

原子力発電施設ライフサイクル支援
汎用エンジニアリングデータベースの概念検討

－構築の方策と基本的な機能の考察－

Conceptual Study of Nuclear Power Generation Facilities Life-Cycle Support

Versatile Engineering Database

－Procedure of Development and Consideration of Fundamental Function－

遠藤 秀俊

Hidetoshi ENDO

敦賀本部

国際原子力情報・研修センター

International Nuclear Information and Training Center

Tsuruga Head Office

May 2009

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Review

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.iaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2009

原子力発電施設ライフサイクル支援
汎用エンジニアリングデータベースの概念検討
-構築の方策と基本的な機能の考察-

日本原子力研究開発機構 敦賀本部
国際原子力情報・研修センター
遠藤 秀俊

(2009年2月26日 受理)

国際原子力機関（IAEA）では、原子力安全にかかる知識管理の活動や施設の設備管理にライフサイクルマネジメントの考えを導入し、施設にかかる品質や維持等に知識保存と技術伝承を確保しようとする動きが顕著化している。日本原子力研究開発機構においても研究・開発及び関連する情報の保存（知識保存）の活動等が行われている。

一般産業におけるデータ処理技術の活用や知識保存と技術伝承及び知識管理の成果を用いて、原子力発電施設におけるライフサイクルの各段階での情報、知識を収集し、データベースを構築することができれば、情報、知識を参照することにより、施設の性能、信頼性等を容易に確認することができる。

本報告書では、施設のライフサイクルを支援するためのエンジニアリングデータベースの構築方策、及びデータベースの管理システムの基本的な機能についての考察を行った。

Conceptual Study of Nuclear Power Generation Facilities Life-Cycle Support
Versatile Engineering Database
- Procedure of Development and Consideration of Fundamental Functions -

Hidetoshi ENDO

International Nuclear Information and Training Center, Tsuruga Head Office
Japan Atomic Energy Agency
Tsuruga-shi, Fukui-ken

(Received February 26, 2009)

International Atomic Energy Agency (IAEA) stands out the activity of the knowledge management of nuclear safety and the movement to introduce the idea of the life cycle management into the quality control of maintenance of the nuclear power generation facilities to assure the knowledge preservation and to succeed the technology of facilities. Japan Atomic Energy Agency (JAEA) also has such activities as the knowledge preservation of research and development, and related information.

The facilities' performance reliability can be easily checked with the technology of data processing in the general industry and the results of the knowledge repository, transmitting technology and knowledge management by referring to the information and knowledge if the information and knowledge at each step of the life-cycle of facilities can be built.

This report shows the strategy of the construction of the engineering database to support the life cycle of facilities and the basic function of the management system.

Keywords: Nuclear Power Generation Facilities, Life Cycle, Engineering Database, Fundamental Function, Knowledge

目次

1. はじめに	1
2. 構築の方策	2
2. 1 施設のデータ・情報の枠取り	2
2. 2 知識化管理の仕組み	3
3. 基本的な機能	4
3. 1 主な機能	4
4. NFED の構築	7
4. 1 基本コンセプト	7
4. 2 データ・情報の操作	7
4. 2. 1 主メニュー	7
4. 2. 2 設計情報の管理	7
4. 3 データ・情報の管理機能	9
4. 3. 1 図書類の登録	9
4. 3. 2 設計図書類の検索	9
4. 3. 3 設計図書類の収納	10
4. 4 シミュレーション機能	10
5. 知識化の管理	12
5. 1 知識化要素集合の管理	12
5. 2 データの有効利用	12
5. 3 基本的な検討手順	12
5. 4 知識化管理にかかる確認事項	12
6. NFED の構成	14
6. 1 サーバー・ネットワーク仕様	15
6. 2 NFED の処理フロー	15
6. 3 検索画面管理ソフトウェア	15
6. 4 登録・検索ソフトウェア	15
6. 5 知識化管理ソフトウェア	16
7. 構築のステップ	17
7. 1 ステップ	17
7. 2 設計手順の例	18
8. まとめ	20
謝辞	20
参考文献	21

Contents

1. Introduction.....	1
2. Procedure of construction.....	2
2. 1 Framework of data and information of facilities	2
2. 2 Scheme of knowledge acquisition.....	3
3. Fundamental functions.....	4
3. 1 Main functions	4
4. Construction of NFED.....	7
4. 1 Basic concept.....	7
4. 2 Manipulating of data and information.....	7
4. 2. 1 Main menu.....	7
4. 2. 2 Handling of design information.....	7
4. 3 Control functions of data and information.....	9
4. 3. 1 Registration of documents.....	9
4. 3. 2 Search for design documents.....	9
4. 3. 3 Storage of design documents	10
4. 4 Simulation function.....	10
5. Control of knowledge acquisition	12
5. 1 Basic control of knowledge element sets.....	12
5. 2 Effective usage of data.....	12
5. 3 Basic procedure.....	12
5. 4 Confirmation points on control of knowledge acquisition	12
6. NFED configuration.....	14
6. 1 Hardware specification.....	15
6. 2 Processing flowchart of NFED	15
6. 3 Software of search user interface control.....	15
6. 4 Software of search data and information.....	15
6. 5 Software of knowledge management	16
7. Step of construction database.....	17
7. 1 Step.....	17
7. 2 Sample of design of facilities	18
8. Summary.....	20
Acknowledgements.....	20
References.....	21

図リスト

Fig. 4. 2-1	主メニュー項目の概念	22
Fig. 4. 2-2	設計情報管理の考え方	22
Fig. 4. 2-3	原子炉系機械設備設計情報の例	23
Fig. 4. 2-4	NSSS 機器の設計要求管理項目	23
Fig. 4. 2-5	設計要求一覧の例	24
Fig. 4. 2-6	原子炉系 NSSS 機器設計図書類検索画面例	24
Fig. 4. 2-7	メニュー方式の検索画面例	25
Fig. 4. 2-8	キーワード検索画面の例	25
Fig. 4. 2-9	3次元 CAD モデルによる検索画面の例	26
Fig. 4. 2-10	図面による検索画面の例	26
Fig. 4. 3-1	システムの検索機能 (Web ベース)	27
Fig. 4. 3-2	検索処理の流れ (Web ベース)	27
Fig. 4. 4-1	シミュレーション機能の概念	28
Fig. 7. 2-1	設計評価者が管理する情報	28
Fig. 7. 2-2	フィールド設定された管理項目の例	29
Fig. 7. 2-3	メニュー画面定義の例	29
Fig. 7. 2-4	FORTRAN ソースプログラムの登録例	30
Fig. 7. 2-5	解析報告書表示例	30

This is a blank page.

1. はじめに

エネルギー問題の観点から国内外で原子力発電施設（以下、「施設」という）の建設が計画されているが、施設は、火力発電施設と比較して、運転開始までの時間がかかることや、施設の維持・管理において配慮すべき事項も多い。そのため、国際原子力機関（IAEA）では、原子力安全にかかる知識管理の活動¹⁾や施設の設備管理にライフサイクルマネジメント²⁾の考えを導入し、施設にかかる品質や維持等に知識保存と技術伝承を確保しようとする動きが顕著化している。日本原子力研究開発機構においても研究・開発及び関連する情報の保存（知識保存）の活動等が行われている。

一般産業界では、設計段階から ISO 規格を定め、標準化された表現を製品データに使用し、データ交換プロセスの信頼性を高める等の活動が広く行われている。それらの規格に基づき、設計、建設、試運転、運転、保守の各段階でのデータを整理する方法が検討されている。

一般産業界で行われている方法を採用し、施設のライフサイクル（設計、試運転、運転、保守、廃止措置）において発生する文字等の記号や数字で表され、情報の構成要素となる**データ**、データの集合体で構成されることで作成者の意図が与えられる**情報**を収集し、情報を認識し行動に至らしめる**知識**を体系的に管理することにより、施設のライフサイクルにかかる要件等を容易に確認することができる。

それらの情報、知識を体系的に管理するための研究開発としては、機構の地層処分研究開発部門において、地層処分技術に関する知識管理システムと知識ベースが設計・開発されており、2009（平成 21）年度には、ユーザの要件管理に即して、ほぼ自動的に知識を構造化するための知識管理システムが作成される予定である。³⁾

本書は、一般産業におけるデータ処理技術の活用、機構において研究開発されている知識保存と技術伝承及び知識管理にかかる成果を用いて、施設のライフサイクル管理を行うためのデータベース（原子力発電施設エンジニアリングデータベース (Nuclear power generation Facilities Engineering Database (NFED))）を構築するための方策の考察を行った。

また、公開された情報を参考に、NFED の管理を行うための知識化管理システム (NFEDS) の基本的な機能の考察を行った。NFEDS は、基本的な機能を実現するための知識化管理システムの総称を指す。

2. 構築の方策

基本的な機能、設計段階における機能例についての検討を行うこととする。施設のライフサイクルにかかるデータ、情報の枠取りを検討するには、一般産業界での規格や汎用のツールを用いる。

また、知識化管理の仕組みの検討では知識保存と技術伝承及び知識管理にかかる成果を用いて、関連する改良整備を行う。

2. 1 施設のデータ・情報の枠取り

一般産業界では、以下のような ISO 規格を定め、コンピュータシステムにも依存しない、標準化された表現を製品データに使用し、データ交換プロセスの信頼性を高め、関連経費を削減し、アーカイブ処理の問題を低減している。

- ・ ISO 10303 製品データの表現と交換 (STEP)
- ・ ISO 13584 部品ライブラリ (P-Lib)
- ・ ISO 15531 生産管理データの交換 (MANDATE)
- ・ ISO 15926 石油・ガス生産設備のライフサイクルデータの統合 (石油とガス)

施設の設計、建設、試運転、運転、保守の各段階での情報を整理する枠取りは、ISO 10303 に基づき作成された英国の PISTEP (Process Industries STEP Consortium) の Process Plant Engineering Activity Mode ⁴⁾ の枠取りに基づき検討を行うものとする。PISTEP では、データ、情報の管理は、構成 (configuration)、バージョン (version)、ワークフロー (workflow) 等により行うことが示されている。

施設のための NFED を構築する際には、ISO、Process Plant Engineering Activity Mode、一般産業界の状況等の調査、情報の収集を行い、適宜、反映を行う。施設のデータ、情報の収集には、最新のネットワーク技術、1 台の機器で複数の OS を稼働させる仮想化技術、必要最低限なソフトウェアだけを搭載した端末であるシンクライアントのコンピュータ技術システム等を用いる。

施設の設計及び関連作業を円滑に行うために、施設の設計及び関連作業等で発生したデータ及び情報 (文書、図面、解析コード、入出力データ、計算結果及び調査結果等) の効率的な検索、利用及び、その根拠の管理を一貫して行う必要がある。

そのために、施設の設計、工事認可、試験、廃止措置等において評価すべき事項を施設の設計・評価に反映できるように施設の設置許可申請書等から機能要件のまとめを行い、それらの機能要件の検討、概念設計を行い、機能要件ごとに具体化方策をまとめていく作業を行うことにより、施設のライフサイクルにかかるデータ、情報を収集したデータから有意な情報が生成されること、必要な要件を満たしていること等の確認を行い、枠取りを明らかにする。

2. 2 知識化管理の仕組み

データベース内の知識を用いて判断する過程（判断プロセス）や知見の集約等の機能を備えた知識及び知識ベースを実装するために、知識保存と技術伝承及び知識管理にかかる成果を用いて、知識化管理の仕組みの検討を行うこととする。

当初は、施設のデータ、情報及び評価基準等を組み込み、データ、情報の過不足や評価基準の設定方法の確認、解析コードやソフトウェアを用いて、データ作成手順への適用や評価基準との比較等の過程（**知識化作業**）を繰り返して、データ、情報や関連する知識の構造化された集合（**知識化要素集合**）を形成する。

判断プロセスや知見の集約の機能を備えた知識化管理を行うためには、それらの知識化要素集合に対して、以下に示す判断プロセスの明示化・組み込み、知見の集約等の仕組みが必要となる。

- ・ 判断プロセスの明示化・組み込み

判断プロセスの明示化をするには、それまでに集積された知識化要素集合において実施された判断プロセス（データ、情報を判断プロセスと結びつけて開示すること）の確からしさや成果の成立性を確保し、開示される情報を用いて説明内容を事前・事後の評価を行う。得られた評価により、新たな判断プロセスの組み込みを行う。

- ・ 知識と決定過程が結びついたプロセスの集合（＝知見）の集約化

構造化された知識をプロセスの集合（＝知見）として集約化を行う。その際には、トレーサビリティが確保されていることが必要となる。

また、新たな知識や経験が生み出された場合には、これを体系化し、知見の集約化を行い、データベースに加えていくことが必要となる。

3. 基本的な機能

3. 1 主な機能

施設のライフサイクルに必要なデータ、情報を収集し、管理するための基本情報管理、要求管理、設計の妥当性を確認するシミュレーション、ライフサイクル総合管理、計画・リスク管理、維持管理の機能が必要となる。

以下に、それらの機能の概念を述べる。

知識化管理にかかる項目に関しては、知識管理システムをベースとして、機能の追加を行い、NFEDS の高度化を行うこととする。

なお、NFEDS は、以下の機能を実現するためのシステムの総称である。

(1) 基本情報管理機能

基本情報管理機能（以下、NFED_Basic という）は、システムの基本機能を提供する。NFED_Basic は、文書、図面、解析コード、データ、電子メール、画像、動画、等様々な形式の電子ファイルを統合して管理する機能で、これらの電子ファイルをデータベース管理するとともに、各電子ファイルの管理情報（作成者、承認者、提出先等）の管理や承認プロセスのワークフロー管理等を行う。NFED_Basic は、施設的设计、建設、運転、保守、廃止措置に至るトータルなライフサイクルでエンジニアリング情報を管理する基盤となる機能である。

以下に基本情報管理機能の例を示す。

- ・ 関連する文書（議事録類等）のワークフロー作成・レビュー及び要求管理機能を実現するための関連付け等を行う。
- ・ ワークフロー等のチェックアンドレビュー、分析作業を行い、データベース構築のためのデータ、情報を収集する。
- ・ 日常業務の分析（実績管理等）から報告書、マニュアルの作成までの支援業務を行い、それらをサービスとして展開して、その管理を行う。
- ・ 許認可関連情報等の情報を管理する。

(2) 要求管理機能

要求管理機能（以下、NFED_RM という）は、設計や点検等の要求を基盤とした作業に適用する機能である。NFED_RM は、設計要求を文書形式で関連付けて管理するとともに、それらを元に要求のトレーサビリティも合わせて管理する。要求ベースの NFED_RM を適用することにより、要求の管理と変更に伴う影響の評価を行う。

なお、NFED_RM は、管理する要求に関連する実績情報と NFED-Basic とをリンクさせてトレースを行う。実績情報としては、設計要求に対応した設計図書類、図面、評価報告等や施設点検要求に対応した点検結果関連書類等があげられる。

(3) シミュレーション機能

シミュレーション機能（以下、NFED_SIM という）は、Web ベースの情報共有環境下で時間

を考慮した評価シナリオに基づきシミュレーションを行い、施設的设计から、評価、運転、保守までのデータ、情報のトレーサビリティを確保し、施設のライフサイクル管理基盤情報を提供する機能である。本機能は、以下の評価作業を支援する機能である。

- ・解析/評価対象の定義（データベース定義）
フィールドデータ、データの分布形態の処理、パラメータサーベイ用データ処理等
- ・解析/評価モデル作成（解析・評価に必要な情報のデータベース登録）
データ作成方法のルール化、組み込み
パラメータサーベイ方法のルール化、組み込み
評価方法のルール化、組み込み
入力データ作成
- ・解析コードのデータベース登録（ソースプログラム、実行形式、マニュアル等）
ソースプログラムの管理、実行形式作成方法のルール化
- ・解析
入力データの作成、解析コードの実行、解析結果のデータベース登録
- ・評価
設定された確認事項のチェックを行う。
解析結果へのコメント付け
- ・結果の評価（モデルの不確定性、データの不確定性評価を含む）

（４）ライフサイクル総合管理機能

ライフサイクル管理機能（以下、NFED_PLM という）は、施設設備のライフサイクル管理を行う機能である。NFED_PLM は、設計製作する施設のコンポーネント（燃料、放射性物質を収納する容器や施設維持設備等）のライフサイクルの管理に適応することにより、設計や点検保守に関する情報を提供する。つまり、NFED_PLM 及び NFED_RM を NFED_Basic とリンクすることでライフサイクルと設計要求等を総合的に管理する。

（５）計画・リスク管理機能

計画・リスク管理機能（以下、NFED_PM という）は、設計、製作等の作業について計画とリスク管理を行う機能である。

NFED_PM の計画・リスク管理は、工程に沿った実績の管理を行う。リスク管理は、計画した工程やコスト等のリスクを管理し、計画した予算と期間で要求した作業等の完了を支援する機能である。

NFED_Basic と NFED_PM をリンクすることで工程等の進行に沿って変動するリスクの要因を効率的に抽出する。変動の根拠となる情報は、NFED_Basic より得られる。

（６）作業管理機能

作業管理機能（以下、NFED_ERP という）は、施設のトータルなライフサイクルに沿って作業の情報管理を行う。作業情報管理は、予算、調達、設備・機材の在庫等、日常作業の管理作業（保全管理）向けの機能である。NFED_Basic に NFED_ERP を NFED_Basic とリンクするこ

とで、設備・機材の在庫や調達に関する具体的な情報を把握する。
また、機器の故障率等を算出するためのデータを提供する。

4. NFED の構築

「3. 基本的な機能」を実装するために、標準手順書、SOA (Service Oriented Architecture) 等の手法を用いて、施設のライフサイクルの各段階における NFEDS の機能の検討、NFED 構築の手順の確認を行う。一般に、施設的设计～運転～保守までに蓄積された多量かつ多様な情報がある。

NFED の構築として、当初は各種設計図書類の管理や評価シミュレーションを行い、設定根拠や解析と試験結果を確認する作業を行うこととする。

一般産業界の設計においても、3次元 CAD データ等が設計以降の工程に広く用いられている。基本的には国外、国内で使用実績のある各種ソフトウェアを用いることや、標準的なデータの授受等を最初に調査し、規定することにより、データベース構築にかかる作業工数を少なくすることが可能である。

設計時の CAD データ等を利用し、建設、運転、保守等にかかるデータや研究開発のデータを活用することにより、関連する時間、費用を低減化する。

4. 1 基本コンセプト

NFED は、以下の基本コンセプトに基づき構築するものとする。

- ・施設では、既に設計、工事認可、試験結果等の多様なデータの蓄積があり、これらを有効に活用できるようにする。
- ・施設の評価に係わるデータや文書等を共有化し、かつ、十分な情報セキュリティを確保する。
- ・系統図や配置図等の図面は紙図面から CAD データに変換して管理する。これにより図面から特定の機器や部品を選択して、該当機器や部品に関する必要な情報について検索機能を使い、呼び出せるようにする。CAD データは、原則として 3次元 CAD データを原則とする。
- ・原則として、国外、国内で使用実績のある各種ソフトウェアを組み合わせで使用する。必要に応じてカスタマイズを行うものとする。

4. 2 データ・情報の操作

NFED を利用し、個別作業で作成されたデータベースを統合してネットワークベースのシステムを構築する。ここでは、データ・情報を操作する画面例を示す。

4. 2. 1 主メニュー

Fig. 4.2-1 にシステムの主メニューの概念を以下に示す。主メニューは、施設のライフサイクル全体にわたる情報管理項目を設定する。

4. 2. 2 設計情報の管理

施設の設計・情報管理に関するシステムの考え方は、以下のとおりである。

設計情報を、大きく原子炉系、タービン系、発電機系、その他に分類し、個々の系統ごとに情報を機械設備、電気設備、計測制御設備、建屋に分類し、それらをメニューボタンとし

て設定する（個別分類項目）。Fig. 4.2-2 にその概念を示す。

個別分類項目を選択すると、該当項目の情報について、設計要求、設計図書、図面、安全評価に関する情報メニューボタンが表示される。Fig. 4.2-3 に原子炉系の機械設備メニューボタンを選択した際に表示される画面の例を示す。原子炉系機械設備の設計情報は、以下の分類としている。

設計要求：設計者に対する性能等の要求（文書）

設計図書：設計結果としてまとめられる図書類等（文書、画像、写真、データ等）

図面：設計結果として作成される図面（紙図面、CAD データ）

安全評価：安全評価結果としてまとめられる報告書等（文書、解析コード、データ等）

（1）設計要求の管理

これらの分類項目を系統設計と機器設計に分類して、それぞれの項目を NSSS（原子炉蒸気供給系）設備、BOP（タービン発電機）設備、H&VS（換気空調系）設備に分類してメニューボタンとする。NSSS 機器の設計要求に関する情報を得たい場合は「NSSS 設備 機器設計要求」を選択する。Fig. 4.2-4 に画面例を示す。

Fig. 4.2-4 に示すように、NSSS 機器は原子炉、熱交換器、蒸気発生器、ポンプ、弁、タンク、フィルタに分類し、それらに設計要求一覧、設計要求変更、設計要求達成度、要求トレーサビリティ分析ボタンを設定する。これらのボタンに割り振られる機能は、以下の通りとする。

設計要求一覧：設計条件の基準となる要求を記述した文書の一覧及び該当要求に関連する設計図書類等の検索

設計要求変更：設計条件の基準となる要求の変更及び、変更に影響される設計図書類の一覧

設計要求達成度：提示された個々の要求に対応する設計達成度

要求トレーサビリティ分析：個別要求に関連する設計根拠を記述した文書の追跡と関係の信頼性評価

要求管理情報は、Fig. 4.2-4 に示す画面のボタンを選択することで表示される。原子炉の設計要求一覧ボタンを選択した時に、Fig. 4.2-5 に示す一覧が表示される。

（2）設計図書類の管理

設計図書類は、メニュー方式による検索、キーワード方式による検索、3次元モデルを利用した検索、図面を利用した検索で管理する。Fig. 4.2-6 に原子炉系 NSSS 機器設計図書類を検索する画面例を示す。

Fig. 4.2-6 に示す原子炉のメニュー検索ボタンを選択すると、Fig. 4.2-7 に示す画面が表示される。このようにメニュー検索画面は、ブラウジングして必要な情報を検索する機能を提

供する。

Fig. 4. 2-8 にキーワード検索画面の例を示す。キーワード検索は、Fig. 4. 2-6 に示すように現在開いている画面の条件 (Fig. 4. 2-6 では原子炉系 NSSS 機器設計図書類検索) の範囲の設計図書類をキーワード検索する。 Fig. 4. 2-9 に 3 次元 CAD モデルによる検索画面の例を示す。 Fig. 4. 2-10 に図面による検索画面の例を示す。

4. 3 データ・情報の管理機能

データ・情報の管理機能は、大きく図書類等の「登録」と「検索」に分類する。

4. 3. 1 図書類の登録

(1) 登録可能な図書類のデータ形式

図書類の登録は、各種形式の文書や CAD データ等の登録を可能とする。文書ファイルでは PDF 形式、Ms Word 形式、Excel 形式等の登録が考えられる。図面データは、CAD ソフト開発元各社によりデータ形式が異なるため AutoCAD、SolidWorks、CATIA 等の代表的な CAD システムのデータに対応する。

(2) 図書類の登録

電子文書の本文や CAD データの管理を行うための手段として、電子形式データの管理にかかる情報 (作成日、更新日、更新者、承認者、提出先等) を用いて、電子文書や CAD データの管理情報を効率的にデータベースに登録するための各種の機能を提供する。以下のインポート機能としては、登録する文書や CAD データに記載されている情報に、現在時刻等の管理情報を追加して複数の文書の登録を一括して行う機能を提供する。

- ・他のデータベース情報の管理情報インポート
- ・フォルダからの管理情報インポート
- ・Ms Office ファイル属性データからの管理情報インポート
- ・JPEG ファイル属性データからの管理情報インポート
- ・AutoCAD リファレンスファイルからの管理情報インポート

4. 3. 2 設計図書類の検索

情報の検索を「図面 (3 次元 / 2 次元) に沿って行う」ことができるようにする。図面上の機器類等を選択することで、該当機器類の設計図書類を検索する。

(1) 検索機能

システムの検索機能は、Fig. 4. 3-1 に示すとおり大きく「検索画面管理機能」、「DB 登録管理機能」、「DBMS」、「電子文書類」に分類する。

システムのメニュー画面は以下の 3 種類に分ける。

メニューバー形式画面：検索項目がメニューバーとして画面上に一覧表示される形式の画面
 図面形式画面：検索項目が図面上に表示される画面（3次元/2次元）
 データベース操作画面：検索結果の一覧、一覧から個別文書/図面等の選択と管理情報の表示
 選択文書/図面等の閲覧検索結果の絞り込み検索、選択個別文書/図等の
 マーキング等の操作画面

メニューバー形式画面で検索する情報の区分を選択することにより、選択されたメニュー項目に該当する基本図面（3次元/2次元）が表示される。この図面に示されている機器類等を選択することにより、該当機器類の関連設計図書類や検査書類を検索する。図面上に選択された機器類に関連する文書や図面を検索して結果が一覧表示される。これ以後は、NFEDSの機能を利用して個別文書の閲覧や管理情報の確認等を行う。

NFEDは、メニューと図面により施設情報を大きく絞り込むことを行うことにより検索効率、保守性等が効率的に行うことができる。

（2） 検索処理の流れ

NFEDは、原子炉系機械設備関係等の大分類メニュー（メニューバー形式画面）から該当項目を選択すると、機器図や系統図等の関連する図面やメニューを一覧するサブメニューが表示される。

次に、表示されたサブメニューから該当項目を選択すると図面が表示（図面形式画面）される。

表示された図面上の機器類を選択すると、関連する設計情報をデータベースから検索して一覧表示される。（データベース操作画面）。この流れを Fig. 4.3-2 に示す。

検索結果が複数の文書や図面からなる場合は、更に、条件検索を行う。

4. 3. 3 設計図書類の収納

NFEDは、登録された文書をサーバーのハードディスクに格納する方式を基本とする。設計図書類検索操作を簡便に行うために、メニューと図面の組み合わせによる検索条件の設定方式を採用する。検索機能で示したように、施設の設計図書類を検索する場合は、大きな項目をメニュー画面により選定した後に、検索対象である個別機器類の設計図書類を選択する。

4. 4 シミュレーション機能

本機能は、分散型シミュレーション技術を基盤としたネットワーク情報共有方式によるシミュレーションである。本機能は、対話機能、デジタルモデル、ソルバ（解析コード）、ビジュアライザ及び関連するデータベースから構成される。Fig. 4.4-1 に本システムの体系を示す。

本機能は、個別に開発された解析コード等を総合的に管理するとともに、Web ブラウザを利用して、それらの情報を共有する環境を提供する。

個別研究開発で得られた解析コード整備の成果を統合して利用するサーバークライアント

環境を提供することにより、個別研究開発で得られた解析コードや関連データを Web ベース情報共有環境として統合する。

(1) 対話機能

対話機能は、時間を考慮したシナリオに沿った設計評価シミュレーションシナリオの作成、ソルバインプットデータの作成、時間を考慮したシナリオに沿ったシミュレーションの実行等を管理する。

(2) デジタルモデル

デジタルモデルはシミュレーションモデルを組み立てる際に利用する 3 次元オブジェクトとする。デジタルモデルは、CAD データ等から作成し、ライブラリ化してデータベース管理する。ブラウザ画面のデジタルモデルライブラリ・メニューから評価対象となるものを選択して、評価モデルを組立てる。デジタルモデルは 3 次元形状とその振舞いが記述されたデータである。

(3) ソルバ

ソルバは従来解析コード等と呼ばれていたシミュレーションソフトウェアである。ソルバとしては、FORTRAN 言語や C++、JAVA 言語で開発されたソルバがある。

C++、JAVA 言語は、オブジェクト指向言語の特徴である多態性、継承、カプセル化処理の機能があり、手続き型言語とオブジェクト指向言語を混在させる場合には整備が必要となることがある。

(4) ビジュアライザ

ビジュアライザは、対話機能を介して解析モデルやシミュレーション結果等のビジュアルな表現を行うグラフィックプロセッサである。ビジュアライザを利用して視覚的にシミュレーションを進める。

(5) データベース原子炉施設の分散型モデリングとシミュレーションの例

原子炉施設の分散型モデリングとシミュレーションの例としては、時間を考慮したシナリオ、設計データに基づき設計基準事象と運転時の異常な過渡変化、事故の評価、及び、発生頻度とコンシーケンスをかけたリスク評価、リスク評価等の結果から必要に応じて、設計上の裕度を確認するために、評価（炉心損傷の評価等）を行う等がある。

5. 知識化の管理

知識保存と技術伝承及び知識管理にかかる成果を用いて、当初は、知識化の管理として知識化要素集合の管理の基本的な手順を確認する。

NFEDに格納された知識化要素集合、判断プロセス、知見等を参照、変更、追加作業を行う。

5. 1 知識化要素集合の管理

知識化要素集合の管理は、最新の計算機技術（CAD、Web、並列計算機の技術等）を用いて、設定された施設の設計から廃止措置（処分）までに必要となる情報の収集と解析を行い、収集された情報及び結果が機能要件に基づき規定された要件（判断基準等）を満たしているかを確認する手順を管理することとする。

これらの手順を管理するNFEDSを用いることにより、データ、情報、解析、要件のトレーサビリティの管理を軽減化することができる。

機能要件自体の変更及び成立要件は変わることがあり、それらの変更に対して対応できるようにする。その際には、「要件定義と管理」、「情報管理と統治（ガバナンス）」、「ライフサイクル品質管理」、「変更管理」等の最新のソフトウェア技術に留意して検討する。

5. 2 データの有効利用

ライフサイクルの各段階で作成されるデータは、有効利用を図るために複数のソフトウェアでサポートされている形式で保存する。

5. 3 基本的な検討手順

(1) 施設のライフサイクルで必要とされる全体の項目を抽出して、知識化に関連する作業を行う。

施設は、放射性物質を取り扱うための規制を考慮する。

今回は、リスク情報に基づく規制を取り入れ、その数値目標値を設定する。

(2) プロトタイプを作成し、サンプルデータ、情報を用いてデータベース設計上の作動を確認する。

プロトタイプ用のサンプルデータの例を示す。

(a) 機器設備

設置許可におけるデータ（CADを含む）、解析結果等。

- ・ 通常運転にかかる評価
- ・ 安全機能の確認にかかる評価

(b) コスト

(3) 基本データベース及びその運用で得られた成果に基づき、本格運用するデータベースを構築する。

5. 4 知識化管理にかかる確認事項

知識化要素集合による機能要件、成立上必要とされるデータ、情報が索引されること、当

該の機能が必要とされなくなるまで確保されていることや機能の成立要件の変更があった場合には関連したデータ、情報の提示機能等を確認する。

6. NFED の構成

NFED は、知識ベース（施設のデータ、情報、知識）の収集を行い、データベースの充実をはかるために、どのような形態で運用されるかが重要である。

当初は、設計作業が主となるために、設計図書類管理サーバーを中心に位置付けたサーバー/クライアントシステムを用いる。サーバーとクライアントの通信方式は Web ブラウザ方式を標準とする。

以下に、運用する際に考慮すべき事項を示す。

（使用環境）

高速 LAN ネットワークを前提し、認証されたアクセスポイント（イントラネット）内では、シンクライアントを採用する。

（基本運用）

データベースにかかる検索、分析等の処理は、Web 上のみで行う。インターネット上においても Web ベースで展開できるようなセキュリティを確保する。

（統制処理、セキュリティ）

- ・サーバーに格納するデータ、情報は、暗号化を行う。
- ・コンピュータに格納されるデータ、情報、知識は、アクセスする機器等によりアクセスや書き込み等の制限が行えるようにする。
- ・個人の認証及び MAC アドレスや機器の付属のハードウェア等により機器の認証を行う。
- ・ハードウェア、ソフトウェアによりログイン及び利用履歴管理を行う。

（データベース構築環境）

- ・データベースは、SOA を実現する具体的な技術基盤の標準として「Web サービス」や関連のサービスが、XML で記述されたメッセージを SOAP (Simple Object Access Protocol) でやり取りし、連携して動作できるように、柔軟な構成、プロトコルを採用する。
- ・コンテンツ管理システムやデータの統合利用の形式として非構造化データも XML 形式に変換し XML ベースとすることにより、横断的に検索や分析といった処理を行うことができるようにする。

（データベース構築手順）

- ・施設では、施設の設定ごとのライフサイクルに従って、データベースを構築していくことになる。また、既存施設では、ライフサイクルの途中段階からデータベースの構築に着手することになる。そのため、個別にデータベースを構築し、データベースの統合の作業を行うことになるので、データベースの拡張と保護対策を行うとともに、構築段階においてデータセンターに円滑に移行できるようにする。

6. 1 サーバー・ネットワーク仕様

管理するサーバー仕様は、登録する設計図書類の数量や利用するクライアント数に基づき、通信回線の負荷を考慮して決める。

知識化作業、知識化要素集合の管理に伴う仕様は、NFED で要求される機能の検討を行い、決定する。

6. 2 NFED の処理フロー

NFED のソフトウェアは、検索画面管理ソフトウェア、データベース登録検索ソフトウェア、データベース管理ソフトウェアから構成する。データ、情報を管理するソフトウェアは、業界標準の市販 DBMS 等からデータベースの規模等に応じて採用する。知識化作業、知識化要素集合の管理に伴うソフトウェア仕様変更は、NFED で要求される機能の検討を行い、決定する。

6. 3 検索画面管理ソフトウェア

検索画面管理ソフトウェアは Web ブラウザ対応ソフトウェアで、以下の機能を提供する。

(1) ユーザ認証

ユーザを認証する機能とする。ユーザ認証は原則としてユーザ ID、パスワードによる。ユーザ認証は、ユーザの希望により変更できる。NFED は、検索された設計図書类等へのアクセス権は個別ユーザごとに管理する。アクセス権の管理原則は、登録するユーザごとにメニュー等の操作機能を制限することを基本とする。

(2) 設計図書類検索用画面

設計図書類を検索するための基本メニューが表示される。基本メニューは、原子炉系の機械設備関係ボタンを選択すると、原子炉系機械設備関係の設計図書類を検索するための 3 次元図面やメニューを表示する。

(3) 設計図書類検索用画面の表示と設計図書類検索命令の発行

3 次元図面や検索メニューに一覧される情報は、機器类等の設計図書类等を検索するために利用する。検索画面管理ソフトウェアは、検索用図面を表示した後、3 次元図面上の機器类等を選択することで、該当機器類の設計図書类等の情報検索を行う機能を提供する。

図面上の機器類を選択すると該当機器類の設計図書類の検索命令をデータベース登録検索ソフトウェアに発行する。

6. 4 登録・検索ソフトウェア

データ、情報の登録検索ソフトウェアは、以下の機能を提供する。

データ、情報登録検索ソフトウェアは、検索画面管理ソフトウェアから検索条件を受取るとデータ、情報を検索して該当設計図書类等を一覧するとともに、一覧した設計図書類の管理情報の表示やマーキング等の操作を行う。外部アプリケーションリンクにより解析コードの実行と実行結果のデータ、情報の登録等を行う。

設計図書類等の情報登録を効率的に行う方法として、「設計プロセスの形式化と共有」、「設計文書・データの共有」をコンセプトに、プロセスをワークフローの形に記述し、文書をワークフローに関連付けて管理する手法⁵⁾が公開されており、参考とする。

以下に、設計図書類等の登録の際に留意すべき点を示す。

(1) フォルダ監視

クライアントコンピュータ・ハードディスク内の特定フォルダを監視する機能とする。この機能は、クライアントコンピュータのフォルダにファイルをコピーすると、該当ファイルがサーバーに送信されてサーバーの文書管理フォルダに格納される。フォルダ監視機能は、システムに登録する設計図書類等を、ネットワークを介して複数のクライアントコンピュータから収集して登録する等、効率的な設計図書類の登録を行う。

(2) スキャナ監視

クライアントコンピュータに接続されたスキャナを監視する機能とする。スキャナ監視機能は、クライアントコンピュータに接続されたスキャナが読み込んだ紙文書の書式、バーコードを認識してOCR (Optical Character Reader) 処理を行い、必要項目を登録するとともに、スキャンした電子文書をサーバーに送信してサーバーの文書管理フォルダに格納する

また、以下に、検索を行う際の機能例を示す。

- ・ 図面上で指定された機器類の設計図書類及び、検査記録の検索
- ・ 検索された設計図書類と検査記録の一覧
- ・ 検索一覧から個別文書の選択
- ・ 選択文書の管理情報の表示
- ・ 選択文書の表示 (図面の場合は、拡大/縮小、マーキング等)
- ・ 選択文書の更新記録の一覧 その他

6. 5 知識化管理ソフトウェア

NFED の知識化管理ソフトウェアは、本章の NFED の構成を実現できるソフトウェアを選定し、必要に応じて改良を行う。

7. 構築のステップ

構築は、以下に示すステップで行う。

NFED の構築に必要なデータ、情報や各ステップにおいて利用可能なツール（計算機支援システム）類が入手可能であるとする。必要に応じてプロトタイピング手法を用いて整備を行う。

7. 1 ステップ

ステップ 1：NFED 開発基盤構築のための調査・整備方策の検討

1. 調査

- 1) 既存データベース等により施設の要件の調査を行い、ライフサイクル全体のスコープの整理、対象の明確化をする。
- 2) 施設要件のスコープの整理と対象の提示、確認
- 3) 調査方策の検討
- 4) 調査実施
- 5) 調査内容の反映

以下の項目のための方法を明らかにする。

- ・施設のデータ、情報（要求分析、技術仕様、整備すべき技術等）
- ・主要安全評価関連文書の整理
- ・基本情報管理データ、情報の構築
- ・情報管理手法

2. 整備方策の確認

1. の調査に基づき、サンプルデータを用いて、方法の妥当性を確認する。また、ステップ 2 以降の整備内容を明らかにする。

ステップ 2：要素技術の整備

以下に示す要素技術にかかる項目等の整備を行う。

- ・分散型シミュレーション技術
- ・計画・リスク管理/ワークフロー管理
- ・要求とトレーサビリティの管理機能

ステップ 3：NFED 運用の整備

NFED 運用を行うための項目等の整備を行う。

- ・サーバーコンピュータの製作
- ・評価基準管理 Web 画面の制作
- ・機能の統合（解析コード、計画・リスク管理、トレーサビリティ管理等）
- ・評価基準共有アプリケーションサービス機能の統合

ステップ4：知識ベースのための整備

知識化データと知識ベースを用いて、試験を行う。

- ・知識ベース（ステップ段階において利用可能なツールを用いて行う）
- ・知識化データ・知識ベースによる試験

ステップ5：総合機能試験等

総合的な機能確認のための試験を行い、改良点等を摘出する。

- ・プロトタイプデータによる運用、評価
- ・システムの改良
- ・知識化作業データによる総合機能試験検査

ステップ6：NFEDの公開等

NFEDの公開、拡充を行う。

- ・プロトタイプデータによるNFEDの公開
- ・データ、情報、知識にかかる拡充

7.2 設計手順の例

ステップ1における施設の設計手順の例を示す。

(1) データ変換

設計評価者が必要とする情報は、大きく設計と評価に別ける。評価者が管理する情報はFig. 7.2-1に示す体系とする。

Fig. 7.2-1に示すように設計情報と解析情報の管理効率は、設計評価作業の生産性に影響するため、評価作業に先立ち設計情報と解析情報の管理をシステム化する。NFED_Basicは、設計情報と解析情報を管理する機能を有するものとする。

設計評価者は、準備作業として設計情報と解析情報を入力する。それらの情報形式は紙文書、電子化文書、紙図面、CADデータ、画像、テキスト等様々である。紙文書や紙図面は管理のためにスキャナ等を利用して電子化する。紙図面は必要に応じて2次元/3次元のCADデータに変換する。

(2) 設計情報と解析情報の管理

設計評価者は、準備した設計情報と解析情報をNFED_Basicにより登録する。NFED_Basicは設計評価者が作業し易い以下の機能を提供する。

フィールド等の定義：設計評価者がフィールド等を定義できること。

メニュー画面構成：設計評価者が検索画面等を定義できること。

個別情報の管理：個々の文書等に関する管理情報（作成者、承認者等）の管理を行う。

ビューイング：管理する各種形式の電子ファイルの閲覧できること。

(a) データ、情報のデータベース用定義

設計評価作業は、データを中心に作業の流れを組み立てる。設計評価者は、管理が必要な情報をデータベースに登録する前に管理項目をフィールドに設定する。Fig. 7.2-2 にフィールド設定された管理項目の例を示す。

評価基準等は、データ、情報の関係に依存しているので、入れ子状態の多重定義の管理が行える構造とする。

(b) メニュー画面定義

設計評価者は、データ、情報の定義に引き続いてメニュー画面を定義する。メニュー画面の定義は、NFED_Basic が提供する画面定義ツールを利用する。メニュー画面定義は、データベースに定義されたフィールド項目をドラッグアンドドロップする方法で行う。Fig. 7.2-3 にメニュー画面定義の例を示す。

Fig. 7.2-3 は、管理する個々の情報（文書、図面、解析コード等）の管理情報表示画面をデザインしている例である。設計評価者は、作業に必要な情報の管理項目を設定する。設計図書類だけでなく解析コードを管理する場合は、管理画面により、個別解析コードの管理情報（バージョン、整備担当者、検証/確認の有無等）を管理する。また、解析コードの場合は、入力データの管理や実行も必要になるため、入力データの選択や解析コードの実行（リンク）を行うメニューボタンを設定する。

(c) データ、情報の登録

Fig. 7.2-4 に FORTRAN ソースプログラムの登録例を示す。この例では、フォルダに格納されている複数の FORTRAN ソースプログラムを一括登録している。NFED_Basic はドラッグアンドドロップ方式の登録、フォルダからの一括登録、外部データベースからの一括登録等各種登録方式をサポートする。Fig. 7.2-5 解析報告書の表示例を示す。

8. まとめ

一般産業におけるデータ処理技術の活用、知識保存と技術伝承及び知識管理にかかる成果を用いて、施設の基本的なデータ、情報、知識を体系的に収集・管理して、施設のライフサイクルにかかる汎用のデータベース構築の方策、システムの基本的な機能の考察のとりまとめを行った。

今回、とりまとめた内容は、「7. 構築のステップ」のNFEDの整備作業のステップ1 「NFED開発基盤構築のための調査・整備方策の検討」を行う際の資料となるものである。

謝辞

本報告書を作成するにあたり、地層処分研究開発部門及び次世代原子力システム研究開発部門と意見交換を行い、多くの有益なご意見やご助言をいただきました。関係者に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Knowledge Management and Networking for Enhancing Nuclear Safety
<http://www-ns.iaea.org/downloads/coordination/KM/km-network-luis-taniguchi.pdf>
2007年2月14日
- 2) Safe and effective nuclear power plant life cycle management towards decommissioning
IAEA-TECDOC-1305 August 2002
- 3) 梅木 博之、大澤 英昭、内藤 守正、中野 勝志、牧野 仁史：
“地層処分技術に関する知識管理システムの基本的概念” JAEA-Research 2006-078
- 4) Process Plant Engineering Activity Mode
<http://homepages.rya-online.net/matthew-west/pistep/Documents/PPEAM-A4.pdf>
- 5) 業務プロセスに基づく文書管理システム ShareFast の開発
http://sharefast.sourceforge.net/index_j.html



Fig. 4. 2-1 主メニュー項目の概念

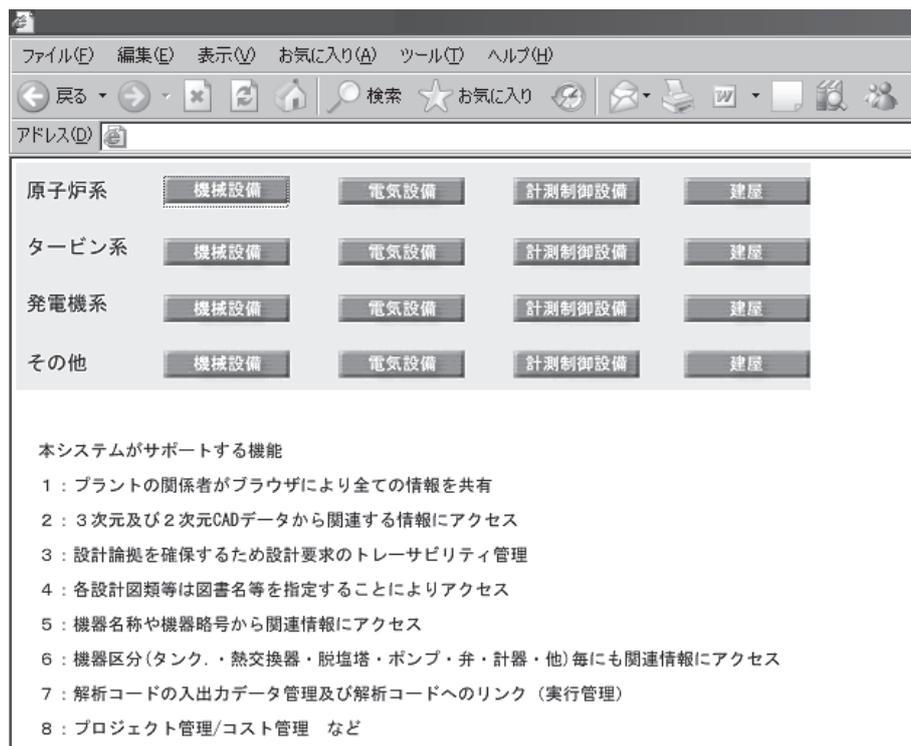


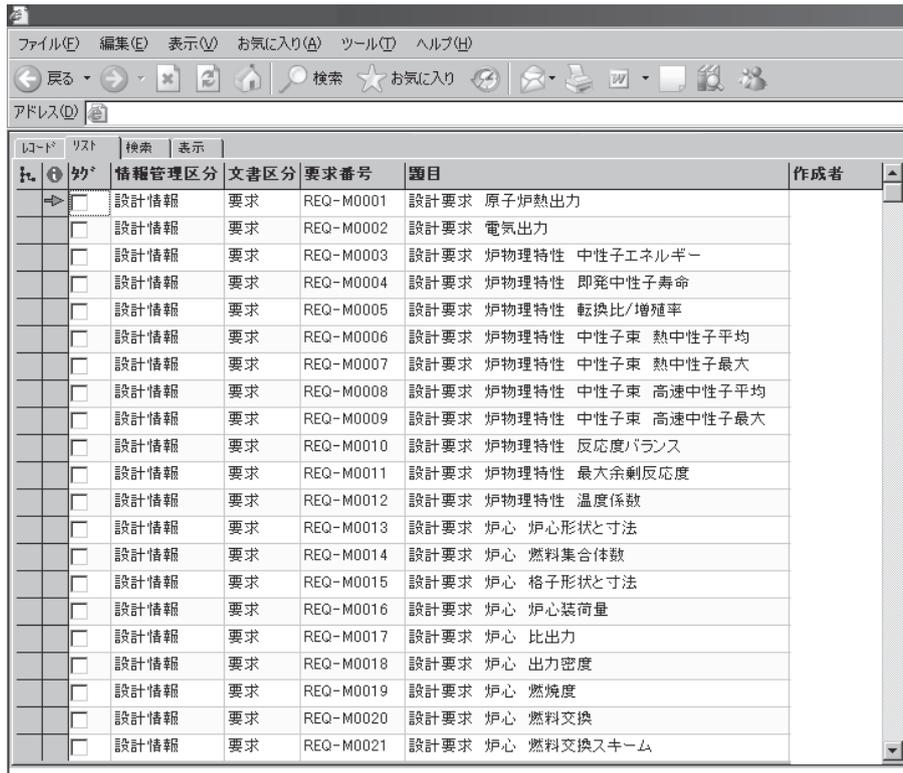
Fig. 4. 2-2 設計情報管理の考え方



Fig. 4. 2-3 原子炉系機械設備設計情報の例

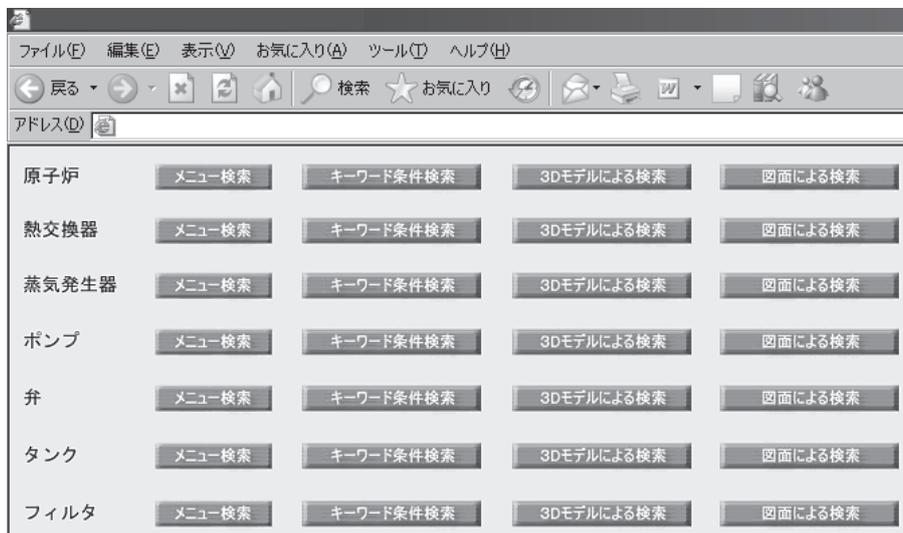


Fig. 4. 2-4 NSSS 機器の設計要求管理項目



情報管理区分	文書区分	要求番号	題目	作成者
設計情報	要求	REQ-M0001	設計要求 原子炉熱出力	
設計情報	要求	REQ-M0002	設計要求 電気出力	
設計情報	要求	REQ-M0003	設計要求 炉物理特性 中性子エネルギー	
設計情報	要求	REQ-M0004	設計要求 炉物理特性 即発中性子寿命	
設計情報	要求	REQ-M0005	設計要求 炉物理特性 転換比/増殖率	
設計情報	要求	REQ-M0006	設計要求 炉物理特性 中性子束 熱中性子平均	
設計情報	要求	REQ-M0007	設計要求 炉物理特性 中性子束 熱中性子最大	
設計情報	要求	REQ-M0008	設計要求 炉物理特性 中性子束 高速中性子平均	
設計情報	要求	REQ-M0009	設計要求 炉物理特性 中性子束 高速中性子最大	
設計情報	要求	REQ-M0010	設計要求 炉物理特性 反応度バランス	
設計情報	要求	REQ-M0011	設計要求 炉物理特性 最大余剰反応度	
設計情報	要求	REQ-M0012	設計要求 炉物理特性 温度係数	
設計情報	要求	REQ-M0013	設計要求 炉心 炉心形状と寸法	
設計情報	要求	REQ-M0014	設計要求 炉心 燃料集合体数	
設計情報	要求	REQ-M0015	設計要求 炉心 格子形状と寸法	
設計情報	要求	REQ-M0016	設計要求 炉心 炉心装荷量	
設計情報	要求	REQ-M0017	設計要求 炉心 比出力	
設計情報	要求	REQ-M0018	設計要求 炉心 出力密度	
設計情報	要求	REQ-M0019	設計要求 炉心 燃焼度	
設計情報	要求	REQ-M0020	設計要求 炉心 燃料交換	
設計情報	要求	REQ-M0021	設計要求 炉心 燃料交換スキーム	

Fig. 4.2-5 設計要求一覧の例



原子炉	メニュー検索	キーワード条件検索	3Dモデルによる検索	図面による検索
熱交換器	メニュー検索	キーワード条件検索	3Dモデルによる検索	図面による検索
蒸気発生器	メニュー検索	キーワード条件検索	3Dモデルによる検索	図面による検索
ポンプ	メニュー検索	キーワード条件検索	3Dモデルによる検索	図面による検索
弁	メニュー検索	キーワード条件検索	3Dモデルによる検索	図面による検索
タンク	メニュー検索	キーワード条件検索	3Dモデルによる検索	図面による検索
フィルタ	メニュー検索	キーワード条件検索	3Dモデルによる検索	図面による検索

Fig. 4.2-6 原子炉系 NSSS 機器設計図書類検索画面例

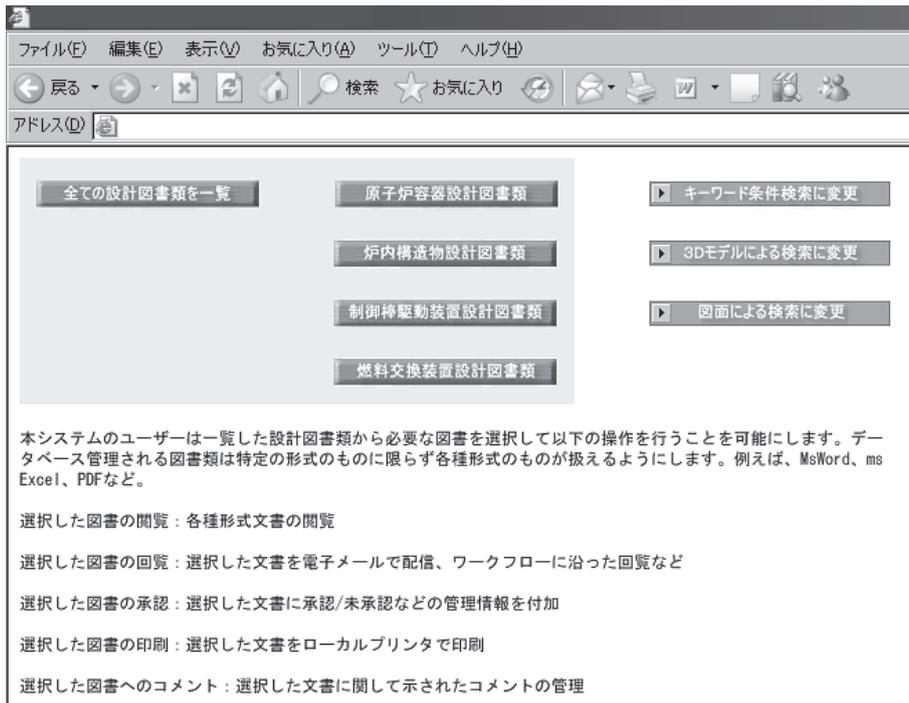


Fig. 4.2-7 メニュー方式の検索画面例

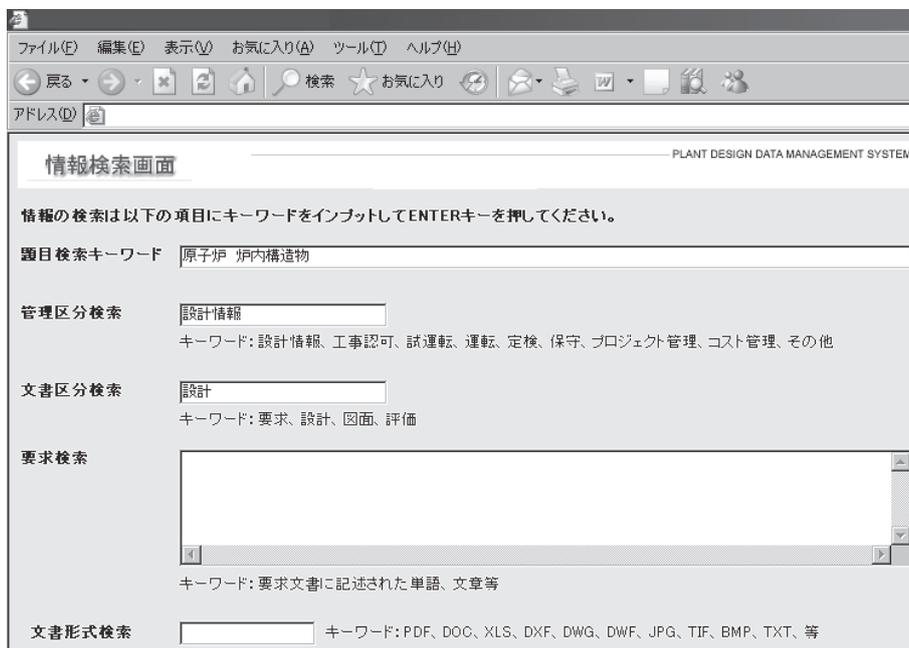


Fig. 4.2-8 キーワード検索画面の例



Fig. 4.2-9 3次元 CAD モデルによる検索画面の例

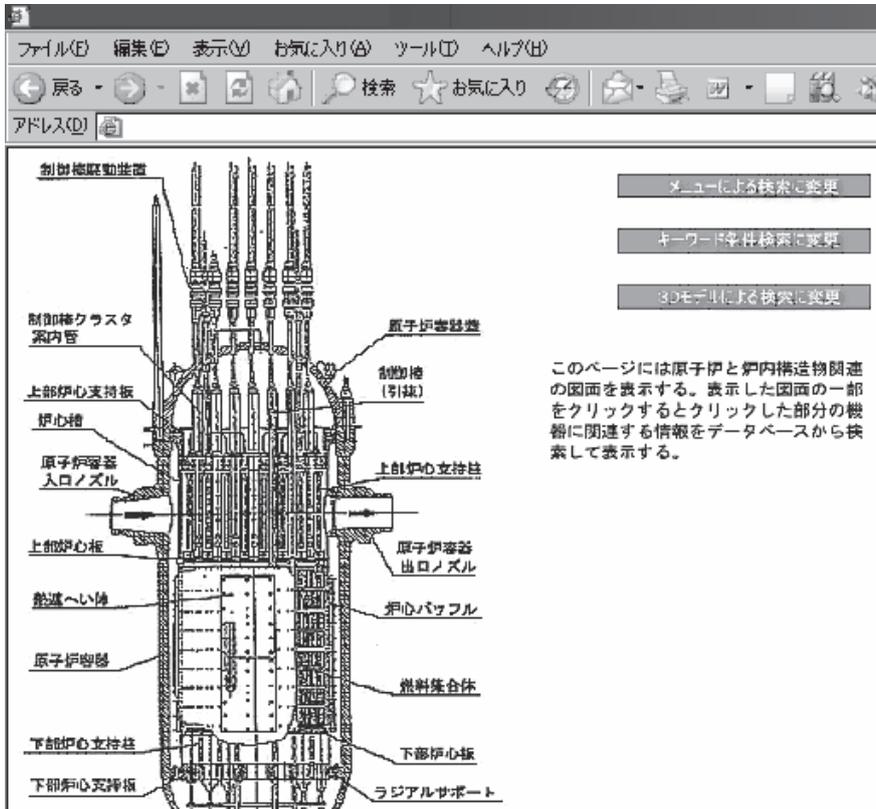


Fig. 4.2-10 図面による検索画面の例

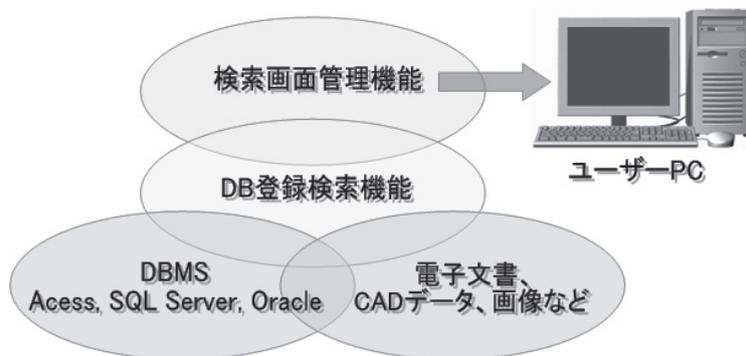


Fig. 4.3-1 システムの検索機能 (Web ベース)

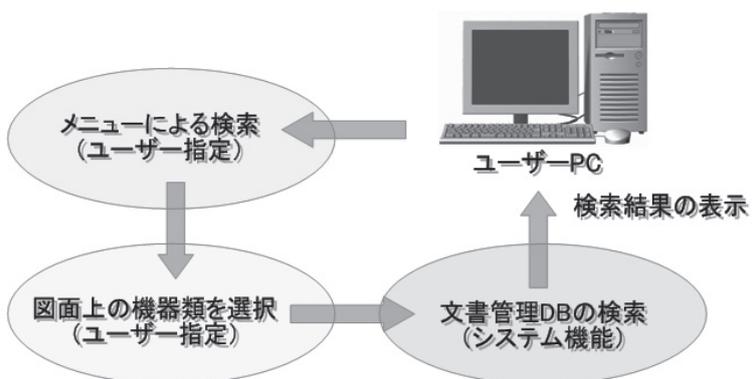


Fig. 4.3-2 検索処理の流れ (Web ベース)

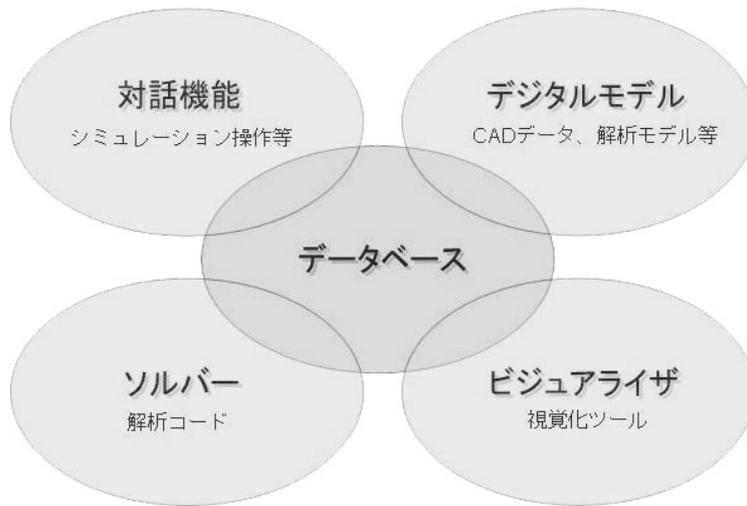


Fig. 4.4-1 シミュレーション機能の概念

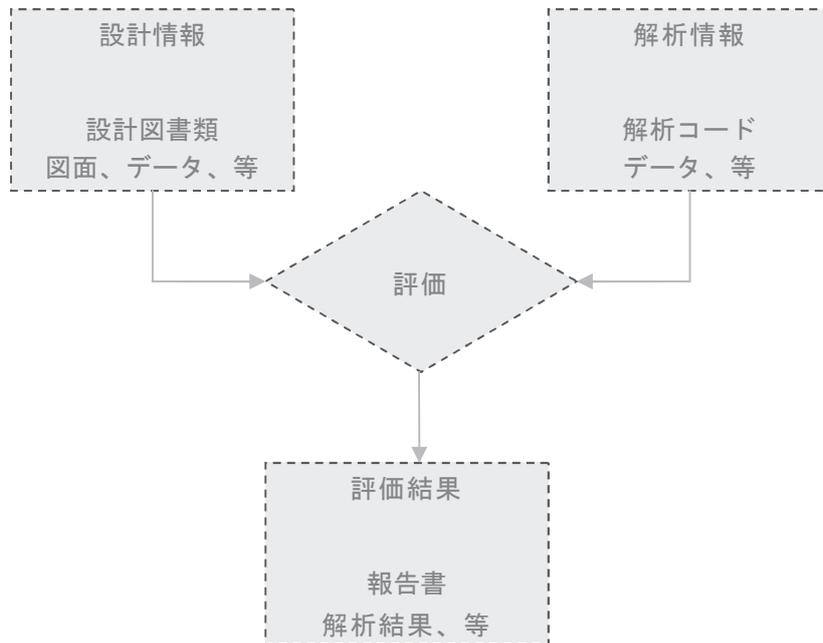


Fig. 7.2-1 設計評価者が管理する情報



Fig. 7.2-2 フィールド設定された管理項目の例

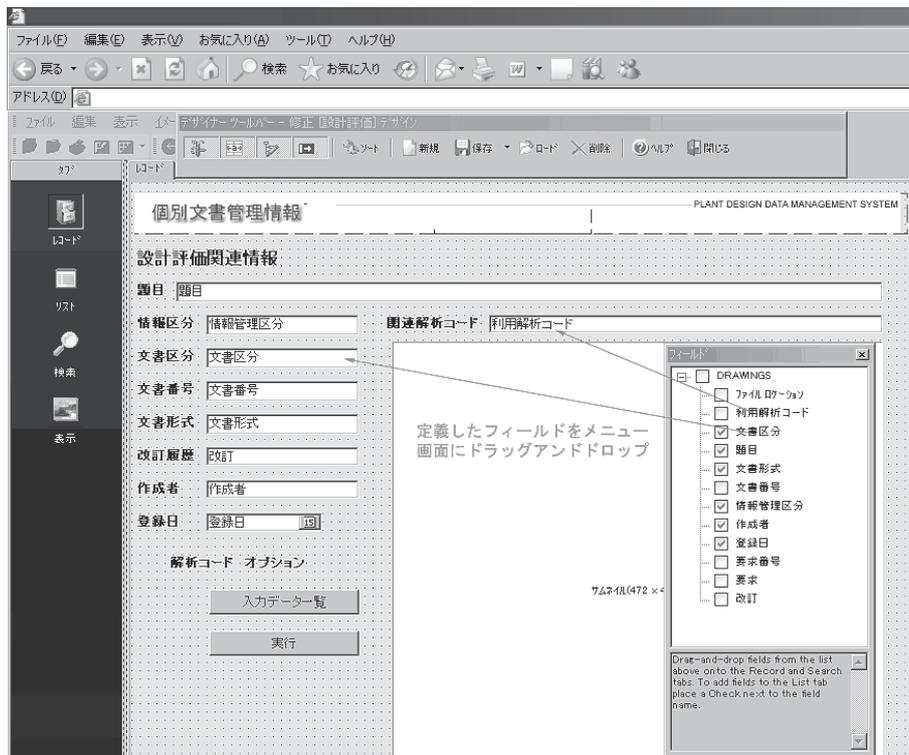


Fig. 7.2-3 メニュー画面定義の例

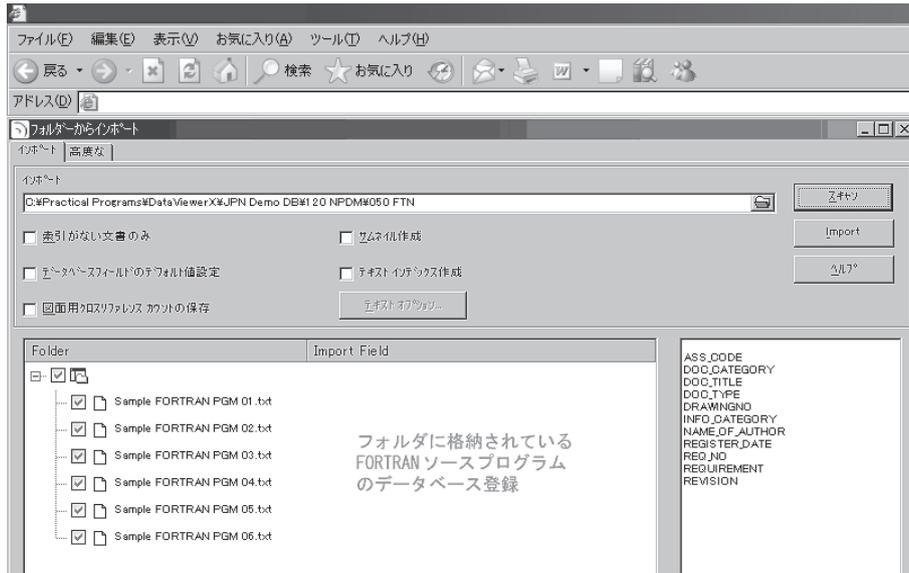


Fig. 7.2-4 FORTRAN ソースプログラムの登録例

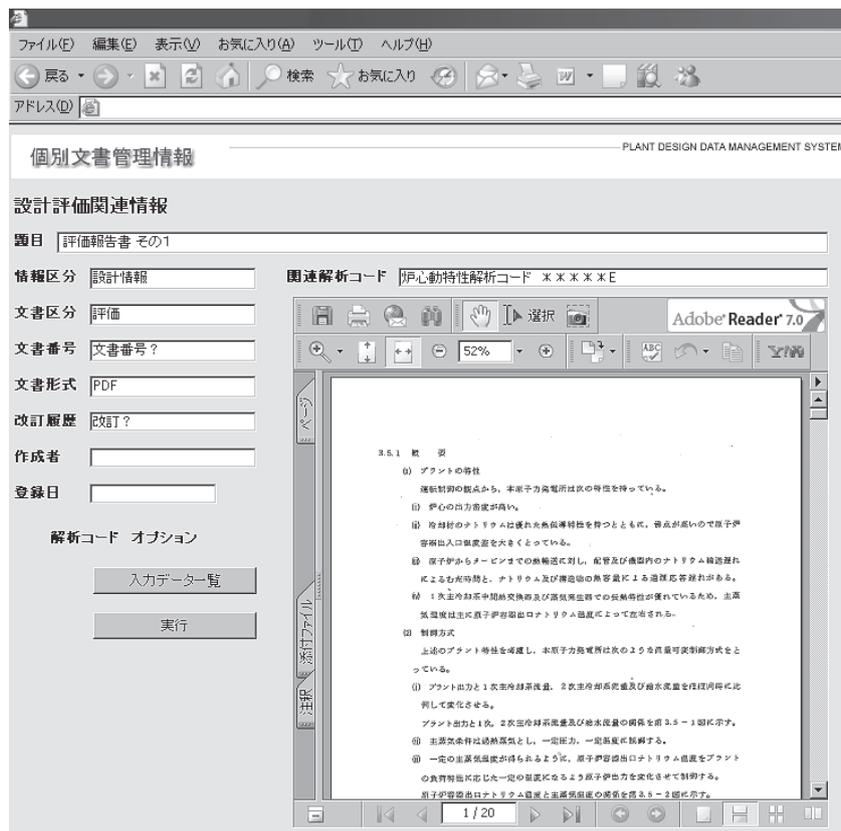


Fig. 7.2-5 解析報告書表示例

国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の)	1
比透磁率 ^(b)	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光照度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
放射線量	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についての、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ³ kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ³ kg s ⁻²
電荷密度	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m kg s ⁻³ A ⁻¹
表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ³ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ⁻¹² cm ²)/2=10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベベル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁻⁴ cd m ⁻²
フォトル	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≙ (10 ³ /4π) A m ⁻¹

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「≙」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット=200 mg=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J ([15°C]カロリ), 4.1868 J ([T]カロリ), 4.184 J ([熱化学]カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1 μm=10 ⁻⁶ m

