

分散型材料特性データベース (データフリーウェイシステム)

○藤田充苗\*, 栗原豊\*, 上野文義\*\*, 加納茂機\*\*, 中島甫\*\*\*, 横山憲夫\*\*\*, 岩田修一\*\*\*\*

Distributed Database for Materials (Data-Free-Way system)

M. Fujita\*, Y. Kurihara\*, F. Ueno\*\*, S. Kano\*\*, H. Nakajima\*\*\*. N. Yokoyama\*\*\*, S. Iwata\*\*\*\*

Abstract:

Distributed database system named "Data-Free-Way" for advanced nuclear materials has been developed by National Research Institute for Metals (NRIM), Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) and Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC) under cooperation agreement between these three organizations. In this paper, feature and functions of the system including input data are described together with method to share database among the three organizations as well as example of the easy accessible search of material properties. Results of analysis of tensile properties data on type 316 stainless steel collected by the different organizations and sorted in the present system are also introduced as an example of attractive utilization of the system.

1. 緒言

これまで、金材技研、原研、動燃（以後3機関と略）が各々の得意分野のデータを提供し、そのデータや解析ツールの相互利用が出来るデータフリーウェイ・システムの開発を進めてきた。その結果、1機関では断片的なデータであっても、3機関から同種のデータを集めることによって特定材料や特定の特性についての全体像の把握が可能であることを示した。このシステムに、計量研、船舶研、JICSTの機関が参加し、システム全体としてより多量のデータを保有することとなり、材料選択や材料設計支援に有用なものとなりつつある。本報告では、主に分散データベースの仕組みとシステムから検索したtype316ステンレス鋼の照射損傷挙動のデータ解析結果について主として述べる。

2. システムの概要

ネットワークは、図1に示す機関で構成されており、3機関と同様に計量研、船舶研、JICSTからも、必要とするデータの検索が、データの存在する機関を意識すること無く行える。

システムの性能を最大限に発揮させ、また

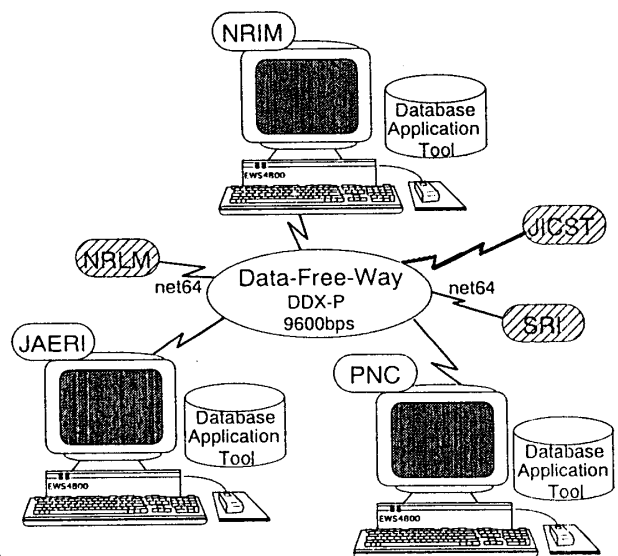


図1 システムの接続状況

円滑な操作性と十分な互換性を確保するため、ハードウェアとソフトウェアは各機関それぞれ同一とした。各機関のハードウェアは、UNIX系EWS、2GB以上の記憶容量を有するハードディスクや通信制御機器からなる。各機関は、データ転送速度9600bpsのNTTのDDX-Pあるいはnet64の公衆回線からなるネットワークで接続されている。通信プロトコルはTCP/IPを使用している。

ソフトウェアは、リレーショナルデータベース管理システム(RDBMS)であるORACLEの他、画像データの表示や画像、作図、科学技術用計算処理用のツールを用意している。

本システムの機能概要を理解するための操作フローを図2に示す。システムは、データベースへのデータ検索・データ加工用のアプリケーション・ソフトウェア・電子メール／掲示板・本システムの概要を説明する機能を持っている。それぞれの機能へのアクセスはメニュー画面上の各ボタンをクリックすることによって容易に実現できる。操作画面は、プルダウンメニューやボタンのクリックを基本に極力キーからの入力をせずにマウス操作で行えるようにした。それによって、初心者でも容易に操作できるシステムとした。

### 3. データベースの概要

#### 3.1 データ内容

Fe基・Ni基等の合金系及びセラミックス系の材料の製造プロセス、化学組成、基礎物性、機械的特性をはじめ、照射、高温及び環境特性の原子力用材料特有のパラメータを合理的に記述できるデータ構造を作成した。図3に示すように、3階層の構造を持ち、素材・試験片・試験条件・結果等の6種のテーブル類、素材製造方法・試験装置・試験雰囲気等の約60種のデータテーブル・素材製造機関名・照射量・腐食量・衝撃値等の約800のデータ項目からなる。

基本となるデータセットの最小単位は、試験片1本である。すなわち、試験片1本の試験結果から、素材、製造方法、試験方法等のデータを遡って知ることが

できるように格納してある。従って、データを検索した結果、異なった傾向を示すデータがあれば、利用者はその点の試験結果をもたらした素材の化学組成、製造履歴、試験方法等を調べ、傾向が異なった原因を究明し、検索結果として用いるか否かを評価することができる。また、組織写真等の画像データも取り扱うことが可能である。

#### 3.2 データの検索

データの検索は、図4に示したシステム利用の操作フローにしたがって行う。利用者は、ウィンドウのメニューから希望の機能をボタンのクリックによって選択できる。

各機関のそれぞれのデータベースから必要とするデータが検索できる仕組みを以下に示す。材料専門分野別の検索に必要なデータ項目を要約したサブウィンドウが表示され、そ

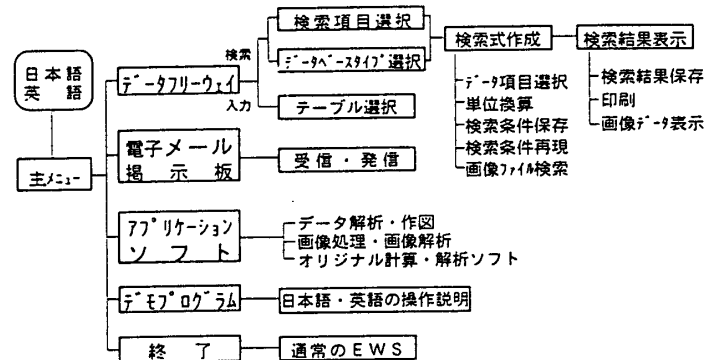


図2 システム機能概要

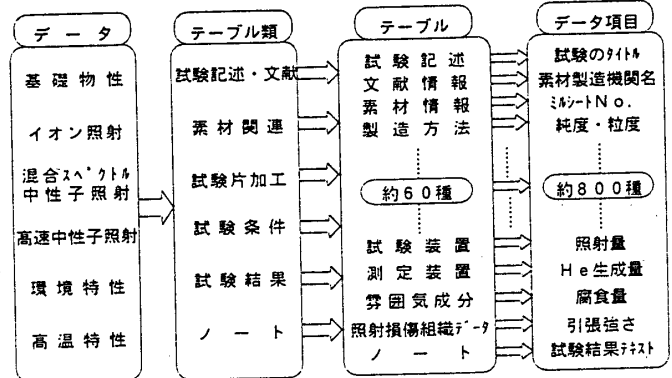


図3 データベースの構造

の中から所定の分野をさらに選択する。次に、その分野のデータがどの機関に存在するかを自動的に調べ、存在する機関とネットワーク接続を行う。所定のデータがどの機関に有るかは、そのデータの所在地を示すデータテーブル所在地管理ファイルによって行う。したがって、新たにデータを追加する場合には、そのデータを収録しているテーブル名を各機関の所在地管理テーブルに追加記す。なお、データのある機関に接続されない時は、接続されない旨のメッセージが表示される。

データ検索用操作画面を用いた検索の方法を以下に示す。RDBMSに収録されたデータを検索するにはSQLによって行われる。しかし、この言語による検索を初心者が予備知識無く行うことは出来ない。なぜなら、SQLによる検索では、必要とするデータが存在するデータベース中のテーブルとデータ項目を指定したり、検索条件をいちいち記述し命令を発効しなければならない。そのため、記述文法を熟知していなければ、自由自在に検索することはできない。そこで、SQLを自動的に発効できる操作画面を作成した。また、検索したデータの単位を任意の単位に変更する機能等も付加されている。この操作画面を用いて、データ検索を行った検索画面と検索結果表示画面を図5に示す。この画面は、高温引張試験において、素材名称にtype316鋼と付く材料を中性子照射した時のはじき出し損傷とHe生成量及び照射環境を検索した例を示している。検索結果の表示画面には、検索結果の加工用ファイルへの保存と印刷の機能を備えている。

以上述べたように、本システムは、利用者が必要なデータを容易に検索解析できるようになっている。さらに、外国人の利用も考慮し、操作画面のほか、操作説明等の表示を日本語・英語の両方で行う等の工夫がなされている。

4. データ統合の利点

多くの機関が協力すると次のような利点が考えられる。

- 1) データ量が増加するので、網羅性に優れたデータの収集が出来る。
  - a 現有データの不足部分の把握
  - b 実験の計画への反映が可能
- 2) 得意分野が異なるので多様な解析ツールや知識の統合、解析・評価の質的、量的向上が図れる。
  - a 発想の異なる研究者によるデータの解析・評価が可能

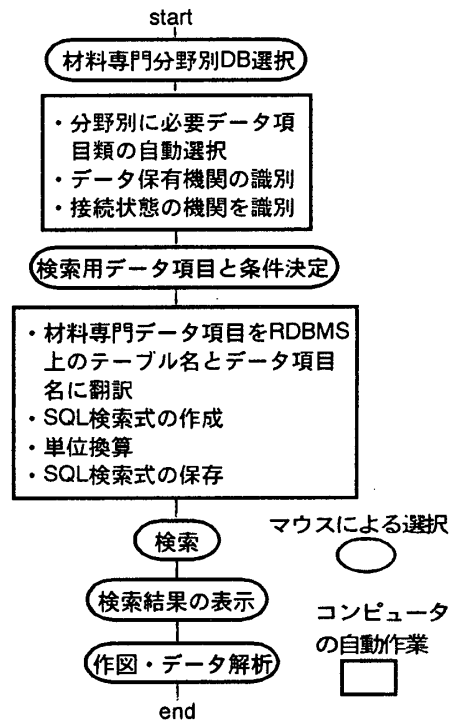


図4 データ検索の流れ

Material Name	Material	Facility (Furnace)	Particle	Displacement (µm)	He Amount (app)	Elongation (%)
JOVO	SUS316	JOVO	FAST NEUTRON	0.00	0.00	12.00
JOVO	SUS316	JOVO	FAST NEUTRON	0.00	0.00	14.00
JOVO	SUS316	JOVO	FAST NEUTRON	0.00	0.00	18.00
JOVO	SUS316	JOVO	FAST NEUTRON	1.00	0.30	16.00
JOVO	SUS316	JOVO	FAST NEUTRON	4.50	1.50	9.00
JOVO	SUS316	JOVO	FAST NEUTRON	7.00	2.30	9.00
JOVO	SUS316	JOVO	FAST NEUTRON	10.00	3.30	5.00
JOVO	SUS316	JOVO	FAST NEUTRON	10.00	3.30	6.00
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	16.00	1060.00	5.00
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	16.00	1060.00	5.30
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	28.00	2030.00	4.50
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	28.00	2030.00	4.40
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	28.00	2030.00	4.00
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	47.00	3580.00	7.70
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	22.00	1600.00	8.40
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	39.00	2920.00	6.60
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	16.00	1060.00	5.30
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	24.00	1600.00	6.40
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	0.30	0.00	6.10
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	0.20	0.00	5.20
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	18.40	1050.00	3.80
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	16.00	1050.00	7.90
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	16.00	1050.00	7.20
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	23.00	1600.00	5.50
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	23.00	2030.00	11.40
HFIR	SUS316	HFIR	FAST NEUTRON	34.00	2600.00	5.20
EBR-II	SUS316(ht 87210)	EBR-II	FAST NEUTRON	0.00	1.00	11.10
EBR-II	SUS316(ht 87210)	EBR-II	FAST NEUTRON	4.00	3.40	9.30
EBR-II	SUS316(ht 87210)	EBR-II	FAST NEUTRON	4.00	3.00	8.00
EBR-II	SUS316(ht 87210)	EBR-II	FAST NEUTRON	4.00	3.30	7.10
EBR-II	SUS316(ht 87210)	EBR-II	FAST NEUTRON	15.00	17.80	1.50
EBR-II	SUS316(ht 87210)	EBR-II	FAST NEUTRON	28.00	20.00	7.50
HFIR	SUS316(ht 87210)	HFIR	FAST NEUTRON	0.00	1.00	17.10
HFIR	SUS316(ht 87210)	HFIR	FAST NEUTRON	0.00	1.00	15.10
HFIR	SUS316(ht 87210)	HFIR	FAST NEUTRON	7.00	300.00	13.10
HFIR	SUS316(ht 87210)	HFIR	FAST NEUTRON	7.00	300.00	13.10
HFIR	SUS316(ht 87210)	HFIR	FAST NEUTRON	19.00	830.00	12.10
HFIR	SUS316(ht 87210)	HFIR	FAST NEUTRON	15.00	880.00	4.70
HFIR	SUS316(ht 87210)	HFIR	FAST NEUTRON	15.00	1100.00	5.10
HFIR	SUS316(ht 87210)	HFIR	FAST NEUTRON	9.00	300.00	7.80
HFIR	SUS316(ht 87210)	HFIR	FAST NEUTRON	15.00	880.00	5.50
HFIR	SUS316(ht 87210)	HFIR	FAST NEUTRON	0.00	1.00	5.20

図5 データ検索の結果

b 豊富なデータに立脚した体系的な知見の抽出

これらの利点を実証した例を示す。核融合炉の炉壁等の候補材であるtype316鋼は、中性子の照射によって核反応が起こり、Heが生成する。このHeは結晶粒界に偏析する等によって脆化の原因となる。この脆化の現象と照射条件との関係を把握するため、3機関の所有するtype316鋼の高温引っ張りやクリープ特性のデータをデータフリーウェイを通して収集し、広範囲の照射条件における破断伸びの変化を調べた。

図6に示すように、金材技研のデータは核融合を想定した非常に高温(1075K)のものであり、原研のデータは低温側のデータが多いものの比較的広い温度範囲が網羅され、動燃のデータは高温側のデータが多く集められている。これらのデータを統合すると、type316鋼の全ての照射温度範囲を網羅できる。照射後の高温引張試験の伸びは非照射の場合と同様に試験温度に対し700K付近に最小値を持つ、下に凸の曲線の傾向を示す。また、同一温度で照射後の伸びの低下が、はじき出し損傷量とHe生成量のどちらかに依存するかを調べた。その結果、低温ではHe生成量に、高温でははじき出し損傷量にそれぞれ依存することがわかった。このように、多機関の協力によりデータを統合することで1機関のみでは得られない広範囲かつ豊富なデータを用いた評価が可能となった。

5. 結言

データフリーウェイの充実を図るには、データの信頼性の確保、豊富なデータ量、利用の拡大、利用者のニーズへの的確な対応等が必要不可欠である。これらの点を常に念頭において開発を進めているが、今後、さらにデータフリーウェイの整備が進めば、原子力用材料だけでなく、他の原子力・エネルギー分野、宇宙開発、製品開発および情報産業等への推進に役立つツールとなるであろう。

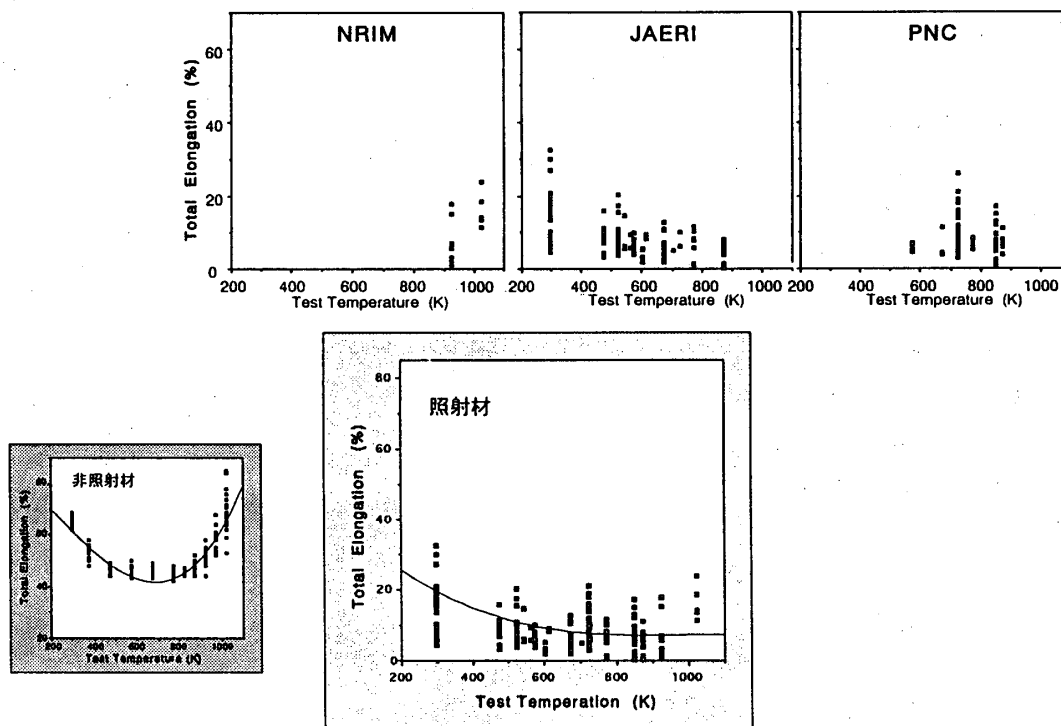


図6 各機関の照射したtype316鋼の高温伸びのデータを統合すると全体像が把握できる例

\* 金属材料技術研究所 (National Research Institute for Metals)

\*\* 動力炉・核燃料開発事業団、\*\*\* 日本原子力研究所、\*\*\*\* 東京大学