

高速炉保修線量評価システム「DORE」の開発
システム構築と「もんじゅ」への適用

平成13年3月

核燃料サイクル開発機構
敦賀本部

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒 319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 4 9

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,

Japan

©核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

2001 年

高速炉保守線量評価システム「DORE」の開発 システム構築と「もんじゅ」への適用

飯沢克幸*

要旨

高速炉 1 次冷却系のナトリウムドレン後の点検保守時に被ばくをもたらす主な放射線源は放射性腐食生成物 (CP) である。作業者の被ばくを予測し低減化を計画的に推進することを目的に、CP 挙動解析コード (PSYCHE) の開発整備と遮蔽計算コード (QAD-CG) の利用が進められて来た。これら評価手法を実プラントの運転管理に利用し易いものとするため、解析コードのユーザインターフェースを改良し、計算結果の線量率マップの可視化を含む統合化システムを開発した。これを用いて、「もんじゅ」定格運転 1 次ナトリウム冷却系 CP 飽和線源の予測値による冷却系室線量率分布評価に適用し、有効性を確認した。

本システムは“DORE” (Dose Rate Estimation System for FBR Maintenance) と称し、ネットワーク上の PC・WS 環境において、Web の技術を利用したイントラネット上で稼働するシステムとして構築した。システムは固有の入出力形式を持った解析コード (PSYCHE, QAD-CG)、コード制御と入力データ設定を画面から対話形式で行う Web ブラウザ、市販のアプリケーションソフト (CAD, 可視化, ドキュメント編集)、解析コードと他のソフトとのデータ受渡し処理を行うプリ/ポストプロセッサ、これら受渡しデータの Web 環境への適合化処理ソフト (CGI, Web サーバ, Web クライアント)、及びデータファイルからなる。計算はまず QAD-CG コードを用い、核種、プラントの幾何形状単位線源と材質、及び遮蔽設備データを与え、空間各評価点における線量率変換ライブラリを作成する。次いで、PSYCHE により 1 次 Na 冷却系統配管機器管壁の CP 線源分布を計算し、予め作成された変換ライブラリを用い、各評価点での線量率分布を計算し、結果を可視化ソフト AVS を用いて 3D 表示する。

DORE システムの構築により以下の結果を得た。①解析コードの入力データ設定が対話型画面で行え、利用性が大幅に向上した。②QAD-CG の幾何形状データ作成は、本システムにより CAD ソフト 3D StudioMax を用いた図形による直感的な生成及び検証が可能となった。③線量率計算結果を 3D 表示で機器配置図に重ね可視化し、結果の理解を容易とした。④ネットワーク上に構築することにより分散したユーザからのアクセスが可能となり、PC・WS の利用により計算処理時間が短縮可能となった。

以上、最新の高度情報利用技術の適用により、高速炉保守点検時の線量率分布を予測するための解析コードの集約と利用性の向上が得られた。

* 核燃料サイクル開発機構 敦賀本部 国際技術センター プラント機器技術開発 Gr

Development of Dose Rate Estimation System for FBR Maintenance System Construction and Application to Monju Evaluation

Iizawa Katsuyuki *

Abstract

During maintenance activities on the primary sodium cooling system of an FBR personnel radiation exposure arises mainly from the presence of radioactive corrosion products (CP). A CP behavior analysis code, PSYCHE, and radiation shielding calculation code, QAD-CG, have been developed and applied to investigate the possible reduction of radiation exposure of workers. In order to make these evaluation methods more accessible to plant engineers, the user interface of the codes has been improved and an integrated system, including visualization of the calculated gamma-ray radiation dose-rate map, has been developed. The system has been verified by evaluating the distribution of radiation dose-rate within the Monju primary heat transport system cells from the estimated saturated CP deposition and distribution which would be present following about 20 cycles of full power operation.

The system, "DORE" (Dose Rate Estimation System for FBR Maintenance), is operated under the environment of PC/WS on the JNC intranet. It constitutes of the analytical codes (PSYCHE, QAD-CG) with the peculiar input/output form, the Web browser which controls the codes and sets the input data interactively on the screen, the application software (CAD, visualization, documentation tools), pre/post processor which transmits data from the analysis code to the other software, the software which adjusts for the Web environment (CGI, Web server, Web client) and the data files. Initially the library of radiation dose rates at each of points within the space is calculated by QAD-CG, inputting the radioactive nuclides with the plant geometry forms and material kinds and unit of radioactivity concentration, and the plant shielding structure and material data. Next the deposition and distribution of CP nuclides on the primary sodium piping and components walls is calculated by PSYCHE. Lastly the radiation dose rates at each of the evaluation points can be calculated by QADLIST, using the PSYCHE calculation result and the conversion library, and the radiation dose rate map can be showed in 3D expression by the visualization tool, AVS.

As a result of the development of DORE, we were able to:

① produce the input data of analysis code from the Web browser in dialogue, resulting in a big advancement of their availability; ② produce intuitively and verify the input data of plant geometry form used in QAD-CG calculation by the CAD software, 3D StudioMAX, in the system; ③ aid evaluating a calculated result by visualization of radiation dose rate map, overlapped on the plant piping and component layout; and ④ access to the system from distributed users on the network and shorten the process time using the PC & WS.

Above mentioned the integration and advancement of availability of the analysis codes for estimation of radiation dose rate distribution in FBR maintenance has been achieved using of the latest advanced Information Technology.

* Plant Technology Development Group, International Cooperation and Technology Development Center, Tsuruga Headquarters, Japan Nuclear Cycle Institute

目次

1. はじめに	1
2. 高速炉保修線量評価システム(DORE)の基本システム構成	3
2.1 全体構成	3
2.2 オペレーティングシステムとソフトウェア及びハードウェア	3
2.3 プリプロセッサとポストプロセッサ	4
2.4 CAD及び可視化ソフトとの連動	5
2.5 解析コードの入出力データ管理	5
3. プリプロセッサ	14
3.1 機能概要	14
3.2 インターネットブラウザによるユーザインターフェース	15
3.3 解析コードの入力データファイルとのデータ授受	16
3.4 3D・CADによる幾何形状の設定	17
4. ポストプロセッサ	31
4.1 機能概要	31
4.2 DOREプロトタイプポストプロセッサの構成	33
4.3 可視化ソフトとのインターフェース	35
4.4 計算結果のドキュメント化	36
5. システムの統合化	37
5.1 システムの制御	37
5.2 CGIプログラム	38
5.3 解析コードの中間入力データ	40
6. 解析コード	60
6.1 CP挙動解析コード(PSYCHE)	60
6.2 遮蔽計算コード(QAD-CG)	72
6.3 線量当量率編集コード(QADLIST)	80
7. もんじゅへの適用	81
7.1 概要	81
7.2 定格運転時におけるCP飽和線源分布の予測	81
7.3 線量当量率計算用配管・機器形状モデルの作成	90
7.4 線量当量率変換ライブラリの作成	112
7.5 線量当量率マップ可視化例	112
8. 取扱説明	121
8.1 Web画面による操作	121
8.2 PSYCHE-10コードの入力データ設定	139
8.3 QAD-CGコードの入力データ設定	224
8.4 QADLISTコードの入力データ設定	240
8.5 評価点自動生成プログラムPointの入力データ設定と計算実行	246

8.6	3D Studio MAX の操作	247
8.7	AVS の操作	256
9.	結論	263
	謝辞	
	参考文献	

1. はじめに

高速増殖炉(FBR)プラント運転保守時における作業者の被ばく管理や放射性物質の環境放出管理及び低減化、並びに放射性廃棄物の発生量削減を計画的、効率的に推進することを目的として、高速炉保守線量評価システムを構築し「もんじゅ」への適用化を実施した。本システムはこれまでに開発整備され、利用されて来た、高速炉 Na 冷却系統における放射線源挙動解析コードと遮蔽計算コードを統合化したもので、「Dose Rate Estimation System for FBR Maintenance」を略して DORE と称する。DORE では関連解析コード類をプラント設計や運転管理現場でも利用し易いものとするため、コードのユーザインターフェースを対話形式の画面入力とし、かつ計算結果である線量当量率分布をプラント配管機器形状に重ね可視化表示し結果の理解を容易なものとした。更に、FBR の実用化が当初目標されたよりも長期間を要すると予想され FBR 技術者の世代交代が進むものと考えられるが、近年発展の著しい高度情報技術の活用により当該分野の技術保存を容易に行えるようにし、次世代への技術継承をスムーズに進める環境を整備した。

破損燃料を含まない通常運転下でのプラント点検保守時に作業者の被ばくをもたらす線源として考慮しなければならないのは ^{54}Mn や ^{60}Co 、 ^{58}Co などの放射性腐食生成物(CP)、放射化 Na の内の ^{22}Na 、及びトリチウムである。燃料破損発生時には放射性希ガスや ^{137}Cs などの核分裂生成物(FP)核種も付け加わる。現状の DORE ではプロトタイプ構築段階として CP 及び放射化ナトリウム線源までを取扱っている。今後、トリチウムや FP 線源についても評価可能なようシステムを拡張し順次組込んでゆく計画である。高速炉 CP 挙動解析コードは動燃において開発された PSYCHE コードで、「溶解・沈着モデル」(solution-precipitation model)と称する挙動モデルにより1次ナトリウム冷却系統における CP の発生(炉心材料の放射化と溶出)、ループ中の移行及び配管・機器管壁への付着分布を計算するものである。本コードは、「常陽」において、Mk-II 運転の1次冷却系 CP 飽和が観察されるまでの10年余の期間をかけて実施された CP の配管・機器管壁ビルドアップ実測データを用いて検証され、評価精度として C/E=1.5 が得られた。これを踏まえてこれまでに「もんじゅ」の予測評価に用いて来ている。遮蔽計算コードは米国の Los Alamos 研究所で開発されたいろいろな遮蔽形状を透過する線量を計算する QAD コードを改良整備して利用されている QAD-CGGP2 コード(以下、省略して QAD-CG)を用いた。これは遮蔽体幾何形状を構築するために Combinatorial Geometry と称するサブルーチンを適用し、また、平成元年の国内法改正に対応しコード内のデータを見直したものである^{註)}。

DORE は Web 技術を利用したインターネット/イントラネット上でサーバ/クライアントモデルに基づき構築されたシステムである(国際技術センターに設置したプロトタイプでは1台の高性能 PC でサーバとクライアントを同時に実現している)。サーバに

は解析コードとユーザインターフェースプログラム及び入出力データを格納するデータファイルがインストールされる。クライアントには Web ブラウザによる DORE 制御画面と解析コード入力データ設定画面が表示され、また、QAD-CG コードの幾何形状・入力データ作成のための CAD と計算結果の線量率マップ視覚表示のための可視化ソフト、及びドキュメンテーションのためのオフィスソフトがインストールされる。従って、JNC のイントラネット上であればどこからでも、上記の CAD、可視化、オフィスソフトをインストールしたクライアントを設置しておけば、ブラウザソフトにより DORE のユーザインターフェース画面を立上げ、国際技術センターに設置したものと全く変らぬ環境で利用可能である。

本報告書では第2章から第5章においてシステム構築について述べ、第6章において解析コードの概要を述べ、第7章においてももんじゅ評価への適用結果について示し、第7章において DORE 取扱方法の解説を行う。

注)本報告書の DORE プロトタイプにおける線量評価は平成元年の国内法改正に基づいており、ICRP Pub60 に基づく平成 13 年 4 月 1 日の国内法改正には対応していない。しかし、本改正の影響は 2Mev 以下のガンマ線では少ないと言われているので、 ^{24}Na を除く CP、放射化ナトリウム線源に対しては本報告書の評価で充分妥当すると考えられる。

2. 高速炉保修線量評価システム(DORE)の基本システム構成

2.1 全体構成

DOREシステムはネットワーク上のワークステーション(WS)やパーソナルコンピュータ(PC)の環境において、Webの技術を利用したインターネット/イントラネット上で稼働するシステムである。これはサーバ/クライアントモデルを用い、また、コンピュータ利用環境の日進月歩の発展を考慮に入れ、様々なプラットフォームにおいても最少な変更で稼働できるように構築されている。国際技術センターに設置したプロトタイプハードウェア構成は、コストパフォーマンスや操作性に有利でシステムを集約すると云う観点から、サーバマシンとクライアントマシンを高性能PCを用い同一マシン上で実現した。図2.1にDOREの機能構成と処理の流れを示し、図2.2にWeb環境のハードウェアシステム構成を示した。サーバ側に、Webサーバ、インターネットCGI(Common Gateway Interface)プログラムとその記述言語であるPerl言語開発環境、解析コードとその入力データや計算結果のデータファイルを構築した。一方、クライアント側には、解析コードのユーザインターフェースに利用しているWebブラウザ、CADソフト、可視化ソフト、ワープロソフト、表計算ソフトを搭載した。

2.2 オペレーティング・システム(OS)とソフトウェア及びハードウェア

(1) オペレーティング・システム(OS)

今日、Microsoft社のOSであるWindowsの普及が著しく、多くのパッケージソフトがWindowsに移植され利用できるようになって来ていることを考慮に入れ、OSとしてMicrosoft社のWindows NTを採用した。

(2) 開発環境ソフトウェア及び解析コード

解析コード開発環境としてFortran言語のコンパイラ(PGI社 Fortran Compiler)及びライブラリを採用した。DOREのプロトタイプに集約された解析コードは、高速炉1次ナトリウム冷却系配管・機器管壁におけるCP線源分布を計算するためのCP挙動解析コードPSYCHE10、及び配管・機器周りの線量率分布ライブラリ(配管・機器管壁の単位線源強度分布に対する各評価点における線量率)を計算するための遮蔽計算コードQAD-CGである。

(3) 汎用パッケージソフトウェア

PC上で利用出来る可視化ソフト(AVS社 AVS/Express Viz、以下AVSと記す)、基本幾何形状(プリミティブ)のブーリアン演算可能なCGソフト(AutoDesk社 3D Studio MAX、以下MAXと記す)^{註1)}及びオフィスソフト(Microsoft社Excel, Microsoft Word, Microsoft PowerPoint)など、DOREとして必要な機能を満足し且つコストパフォーマンスに優れ、汎用的でマルチプラットフォームに対応したパッケージソフトを採用した。また、インターネットブラウザソフトには Netscape Communicator を採用した。

注1) CADソフトに相当するが肉厚のあるものに対してはソリッド情報として扱わず面情報として扱う。

(4) ハードウェア

DOREのハードウェアには高性能PCを用いることとし、解析コードの演算処理能力として SPECfp95^{注1)} でPC用プロセッサのIntel PentiumIII-550の15.1以上を有し、また、CPU、メモリ、周辺装置などの処理性能・仕様においてワークステーション(WS)と比べても遜色のないコストパフォーマンスを有し信頼性の高い機種を採用することとした。更に、高速描画処理可能とするため、グラフィックス処理の標準化仕様であるOpen GLを満足するグラフィックスボードを搭載し、描画性能は181.87 CDRS-3(注2) 以上を確保し、可視化ソフト(AVS)及びCADソフト(MAX)による描画の高速化を図った。これらを満足するものとして、HP 社 VISUALIZE Personal Workstation X-class Model X550(CPU:PentiumIII Xenon 550MHz, メインメモリ:256MB×1, グラフィックス: HP VISUALIZE-fx6+=18 MB SGRAM フレーム・バッファ・メモリ)を採用した。

注1)コンピュータの性能評価する標準化団体が95年に制定した浮動小数点演算のベンチマークプログラムによる性能値で、高い値ほど高速演算を意味する。因に、WS用のプロセッサでは25.4が実現されている。

注2)コンピュータの描画性能を測定するベンチマークプログラムによるもので、CDRS-3は3次元のポリゴン描画(塗りつぶし)、シェーディング、テクスチャマッピングなどの総合描画性能値で、高い値ほど高速描画を意味する。因に、高速描画マシンの一つとして知られているSGI社のWSのOnyx2 DSは214.78 CDRS-3である。

2.3 プリプロセッサとポストプロセッサ

DORE構築において解析コードは極力手を加えずに利用しシステム化することを方針とした。そのためにはコードの入出力データ作成部のプリ及びポストプロセッサの機能は确实且つ汎用性のあるものが要求される。

(1) プリプロセッサ

コードの入力データ部を受け持つプリプロセッサに以下の機能を持たせた。

- ・個々の解析コードが有する固有の入力形式のデータをシステムが定める中間形式のデータフォーマットに自動的に変換したり、その逆を行う双方向データ変換コンバータを開発し組込んだ。これにより、今後、新に解析コードを組込みシステムを拡張する場合も容易に行うことができる。
- ・入力データのうち数値データの設定、変更、削除にインターネットで使用されているブラウザのユーザインターフェースを適用することにより、コンピュータの機種に依存しない操作環境を実現させた。
- ・QAD-CGコード特有の幾何形状入力データの作成に対しては、CADソフトとの連動により画面上で図形を確認しながらデータを作成出来るようにし、これにより作成中のデータの正否の判断を容易とした。また、コードの幾何データとCADソフト間で双方向にデータ交換できる機能を持たせることにより、作成され

た入力データをCADソフトで可視化し検証を容易とした。

(2) ポストプロセッサ

解析コードの計算結果は通常はラインプリンタ上に印刷出力されるが、システム化のためDOREではコンピュータ内のファイルに出力し、そこから必要なデータを取り出し、他の解析コードの入力データとしたり、可視化やCADソフト及び表計算ソフトとデータ授受を可能とすることが要求される。そこで、コードの出力部を受け持つポストプロセッサに以下の機能を持たせた。

- ① 計算結果は、サーバにある解析コードと同じファイルシステムに格納されるが、クライアント側にもインターネット上からダウンロードする機能を持たせた。これによりクライアント上のEXCELやWORDにより解析結果の編集ができる。
- ② 計算結果のうち可視化に使用する線量率分布やプラント設備幾何構成データをサーバ側からクライアント側にダウンロードする機能を持たせた。これによりクライアント上の可視化ソフトによりプラント配管・機器形状に重ねて線量率マップを表示できる。

2.4 CAD及び可視化ソフトとの連動

前節で述べたCAD及び可視化ソフトとの連動は次のとおりである。

(1) CADソフトとの連動

MAX(価格は約500 K・)をDOREのCADソフトとして選定した。このソフトはプラグインモジュールによる拡張(他のソフトとの連動化)に対応しており、また、基本幾何形状(プリミティブ)のブーリアン演算も可能なソフトである。CADソフトは幾何情報を専用の数値データに変換する機能を有し、幾何数値データを加工しファイル化したり物理情報と関連づけることも可能である。従って、これらの幾何データや物理データの情報と解析コードの入力データとの間で双方向での変換が可能となる。図 2.3 (a)、(b) にCADによるQAD-CGコードの入力幾何数値データ作成及びコード幾何数値データの可視化表示例を示した。

(2) 可視化ソフトとの連動

計算結果の可視化には汎用性に優れ普及度もあり標準的と見なし得るAVSを選定した。このソフトは表示機能も豊富で、ジオメトリビューワと呼ばれる機能により3次元CADデータをシェーディングして表示し、更に、その上に解析結果を重ねて表示できる。この表示オブジェクトに対し拡大/縮小/視点移動等様々な視覚化操作を加えることができる。ジオメトリビューワへ流し込むデータは次節で述べるように解析コードの出力データ管理として作成される。図2.4に計算結果の可視化の1例を示した。

2.5 解析コードの入出力データ管理

DOREへの解析コードの組込みに関連して入出力データ管理について述べる。

(1) 高速炉CP挙動解析コード(PSYCHE)

PSYCHEコードの入力データに含まれる項目はかなりの数にのぼり、炉心とNaループの幾何形状や材質などのプラントデータ、炉心部での放射化を計算するための核データ、運転スケジュールや燃料交換パターン及び温度、流量、Na中酸素濃度などの運転データ、質量移行モデルパラメータ、その他制御用データなどからなっている。このうち核反応断面積、原子炉内中性子束分布、及び線量率変換ライブラリは共通入力データである。図2.5に共通入力データ作成手順を示した。PSYCHEコードの入力データはブロックに分けて管理され、データブロック内はFortran言語の Name List 形式で記述されている。本システムではデータブロックに分類されたデータを一旦システムが管理している中間データ形式に自動的に変換し、そのファイルを基準にしてインターネットブラウザでデータ設定をできるようにした。データはブロック0000からブロック9000まで10分類され、このうち、データ量の多いブロック(1000: 領域形状、4000: 中性子束データ、5000: ミクロ核反応断面積)は更に階層化し設定画面を細分化し操作性に配慮した。

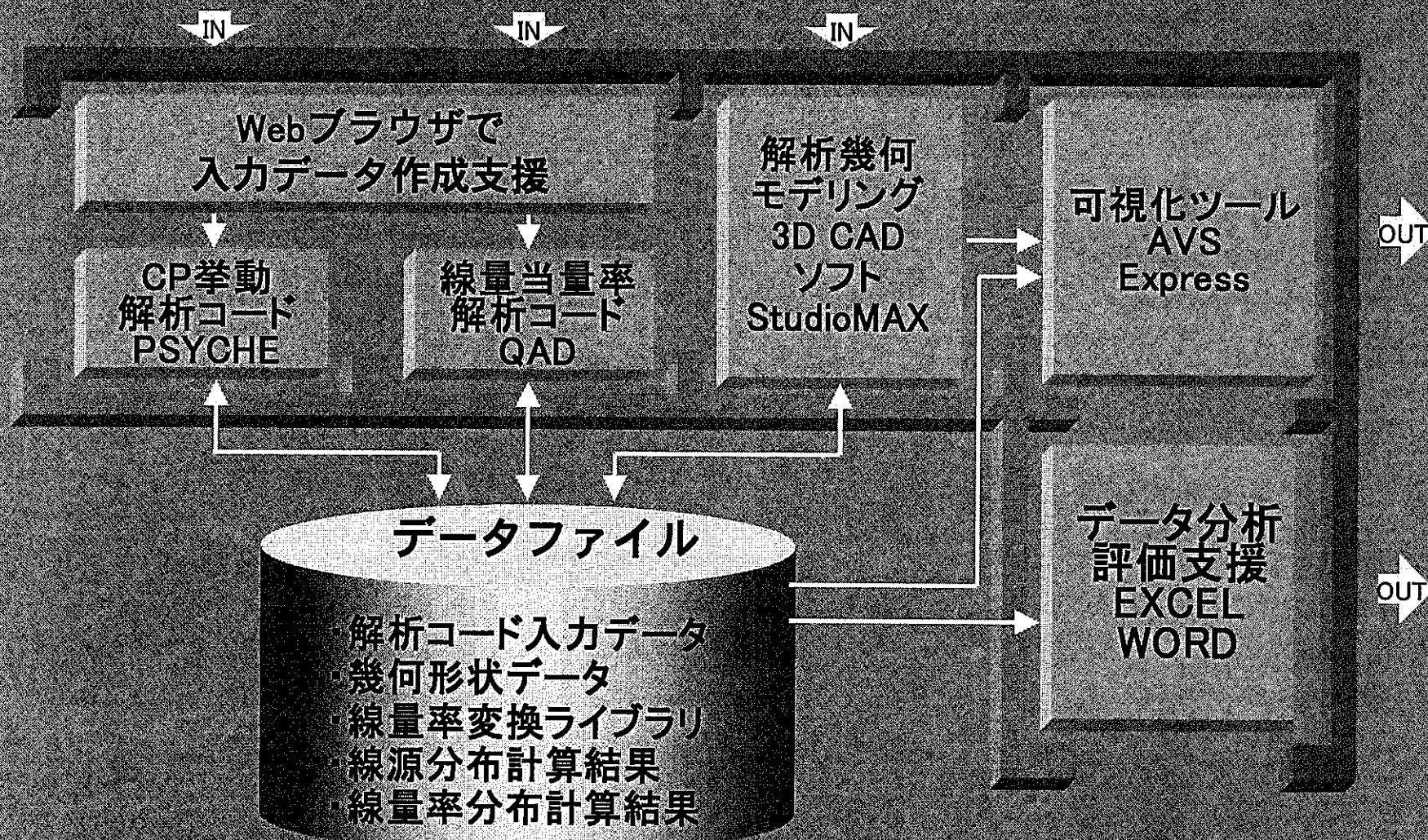
PSYCHEコードのメインフレーム上での主な出力結果はラインプリンタに出力される数値結果と図表結果に分類されるが、DOREでは図表結果は取扱わず数値結果をサーバ内のデータファイルに出力する。数値結果はCPインベントリー(炉心全溶出量、炉心及び冷却系全沈着量、冷却系領域別全沈着量、数値計算精度を意味するマスアンバランス量)、炉心部、冷却系の各領域におけるCP溶出及び沈着挙動計算結果、冷却材中CP濃度、放射化ナトリウム濃度、及び配管・機器周り各評価位置における線量率などである。なお、CP挙動計算結果には管壁表面におけるCPの溶出や沈着のマスフラックスとインベントリーなどの他、管壁中の濃度プロフィールも含まれる。これらの計算結果はサーバ側からクライアント側にダウンロードしてPCの表計算ソフトで扱うことができる。

(2) 遮蔽計算コード(QAD-CG)及び線量率編集コード(QADLIST)

QAD-CGコードは Combinational Geometry の手法(CGサブルーチン)により3次元配列の幾何形状入力データ設定を行っているところに特徴がある。プラント設備(遮蔽設備として扱う)や線源及び対象空間などの幾何形状は基本幾何形状(プリミティブ)を解析空間に配置・組合せブール演算により生成される。基本幾何形状は遮蔽設備に対しては直方体(RPP)、箱(BOX)、球体(SPH)、円柱(RCC)、円錐(TRC)、楕円体(ELL)、直三角柱(WED)、任意の凸面多角形(APB)を選択でき、線源形状に対しては直方体、円柱、球体を選択出来る。このCGのアルゴリズムは一般性に優れたものであるが、上記の幾何形状データがQAD-CGコードの入力データの約8割方を占めており、また、データ作成にはかなりの習熟を要する。そこで、DOREでは幾何形状データの設定/変更はクライアント上のCADソフト(MAX)を用い視覚化により確認しながら行えるようにし、それ以外の遮蔽材や放射線などに関する数値データはクライアント上のブラウザで設定することとした。

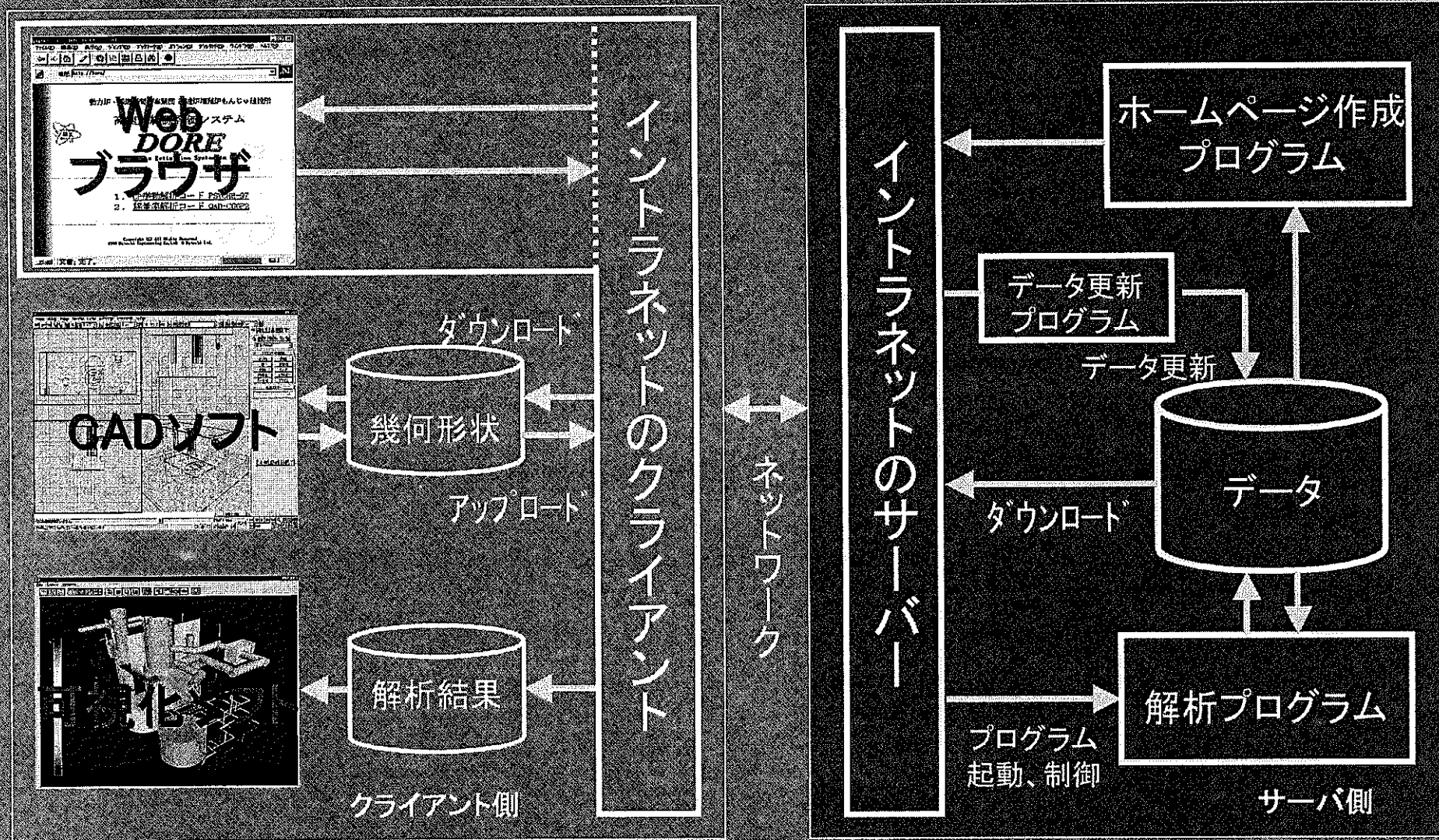
QAD-CGコードの計算結果は線量率ライブラリ(問題となる各線源の単位濃度分布に対する各評価点での線量率)としてファイル(xx··x.dat→@xx··x·Lib)に保存され、線量率編集コードQADLISTにより出力用に編集されたライブラリ(xx··x_QLSTLIB.dat→ xx··x_QLSTLIB.out)及び線源補正後の線量率分布計算結果(xx··x_QLSTDOS.dat→xx··x_QLSTDOS.out)と可視化用データファイル(xx··x_QLSTAVS.dat→ xx··x_QLSTAVS.fld)を作成する。可視化用データファイル(xx··x_QLSTAVS.fld)はクライアントにダウンロードされAVSによりビジュアル化される。

図2.1 DOREシステム機能構成と処理の流れ



- ・ Web技術適用による使い易い解析コードユーザインターフェースを作成
- ・ CADソフトを使用し遮蔽計算コードの幾何形状データ作成を容易化
- ・ 線量当量率マップ計算結果をビジュアルでわかり易く表示
- ・ 解析結果の分析用にオフィスソフトを使用

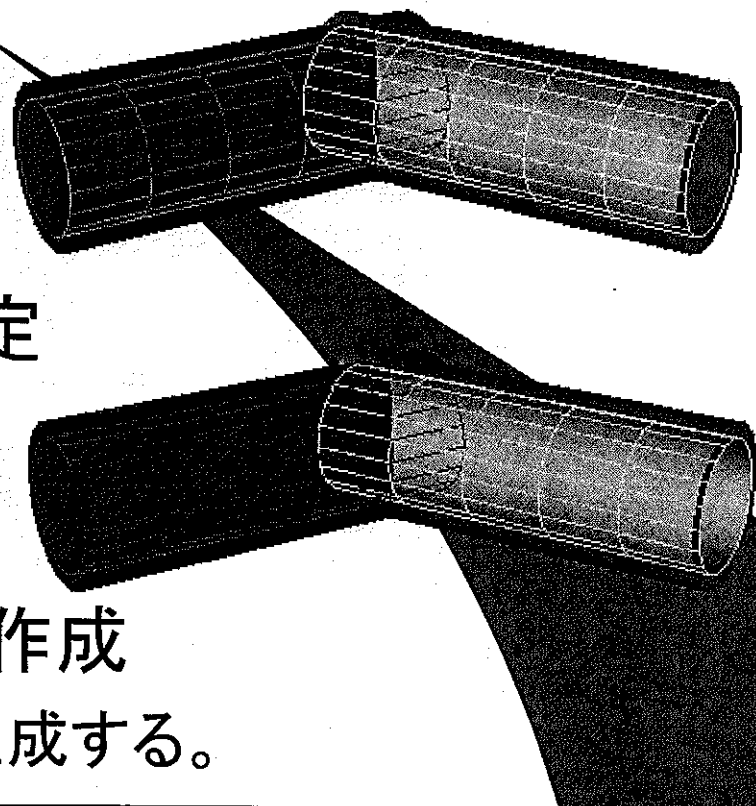
図2.2 DOREのシステム構成



DOREはWeb情報処理技術を用いて、解析コード及びCADや可視化ソフトとを統合しシステム化を行っている。

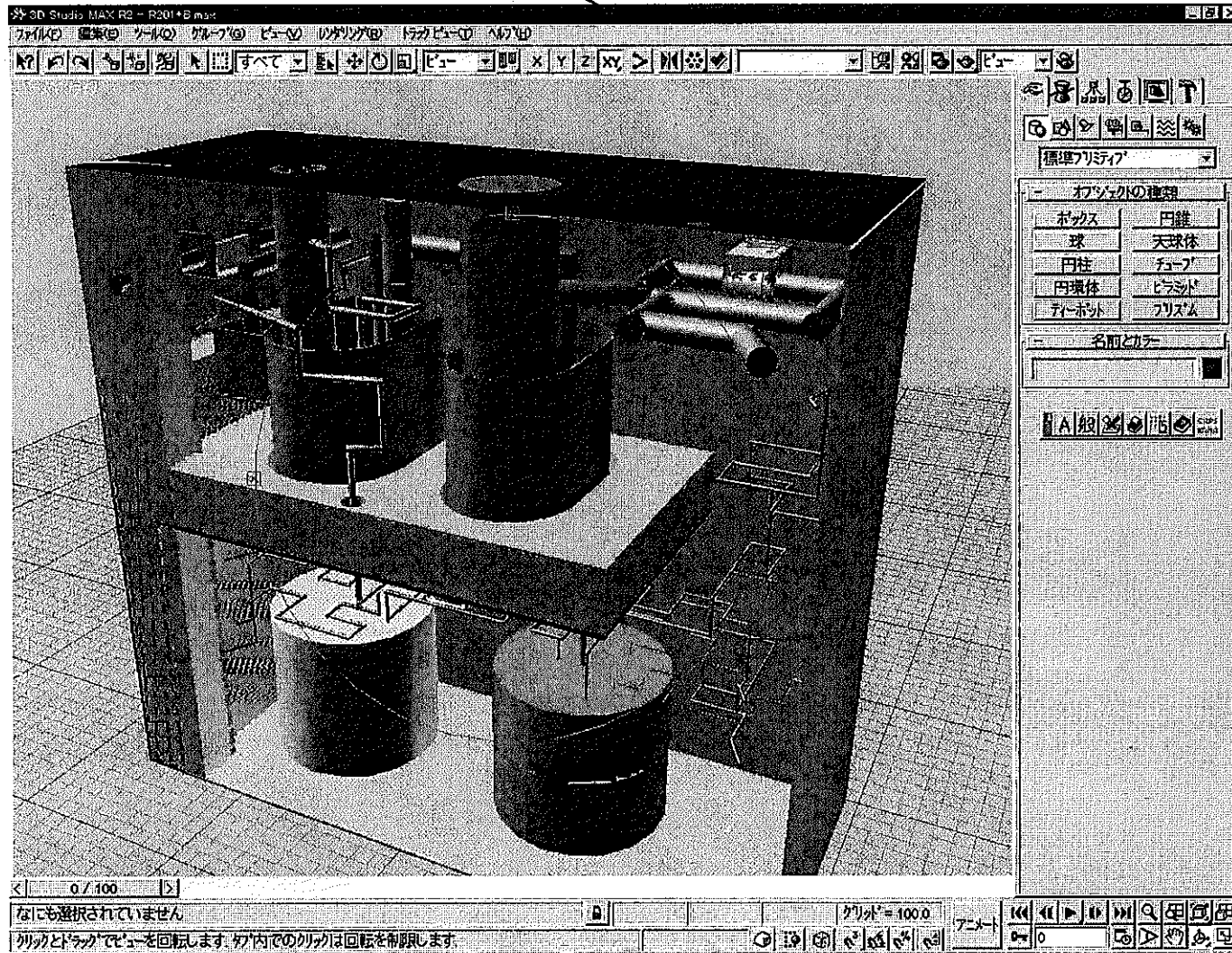
図2.3(a) QAD-CGの幾何形状データ作成例 (配管サンプル)

1. 基本図形(プリミティブ)の設定
 - 4つの円柱を配置する。
2. 基本図形間のブール演算の指定
 - 太い円柱から細い円柱を差し引く
3. 幾何形状を確認しながらデータ作成
 - QAD-CGの入力データを自動生成する。
 - (CG-B, CG-Cカード)



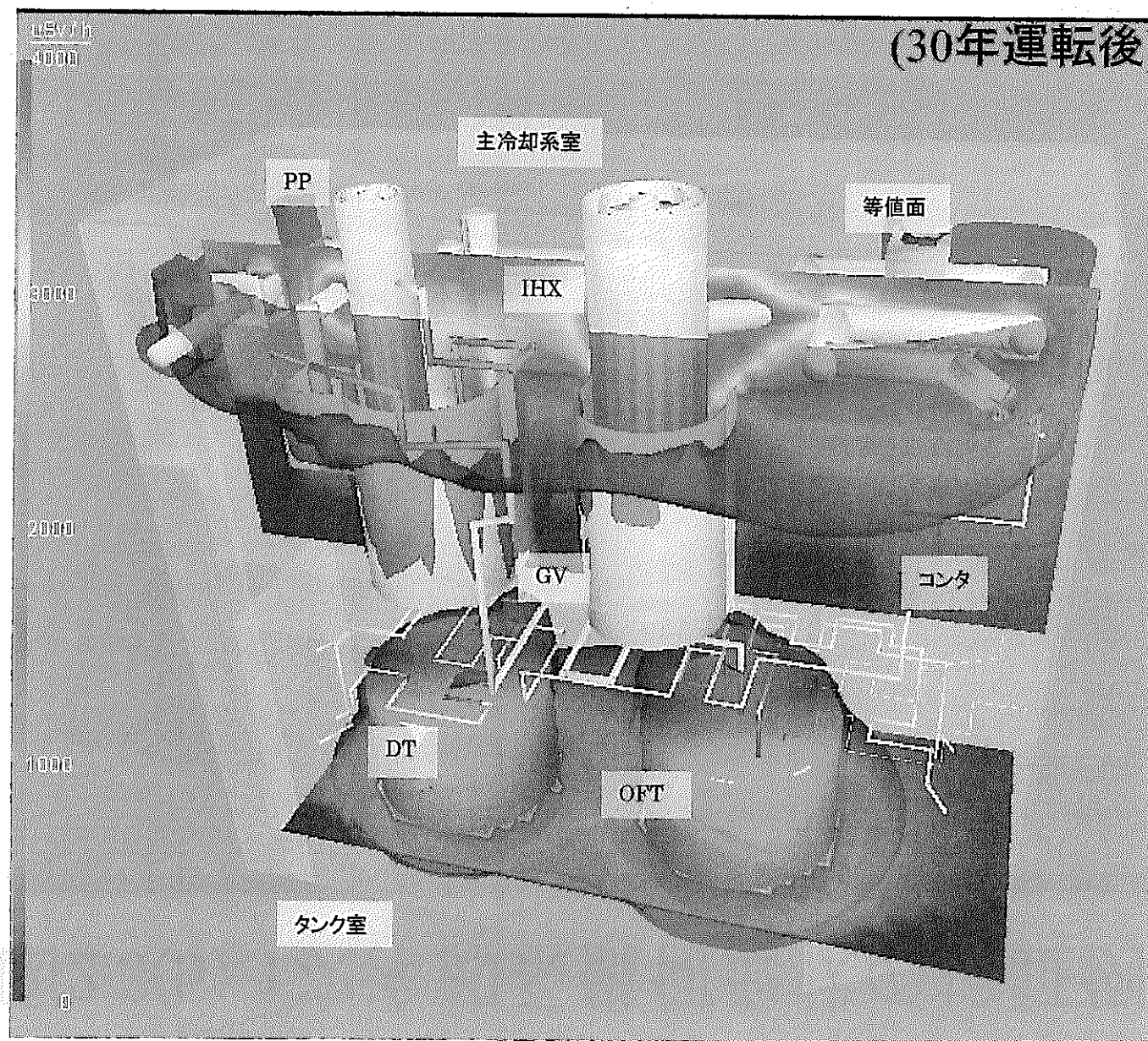
RCC	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-50.00	0.00
		10.00					
RCC	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-50.10	0.00
		8.00					
RCC	3	-5.00	-8.65	0.00	43.30	25.00	-0.00
		10.00					
RCC	4	-5.00	-8.65	-0.00	43.39	25.05	-0.00
		8.00					
Cyl1	0	1	-2				
Cyl2	0	3	-4				

図2.3(b) 1次冷却系幾何形状の検証例



- QAD-CGの幾何形状入力データを視覚的に検証可能

図2.4 「もんじゅ」1次主冷却系室飽和線量当量率マップ可視化例



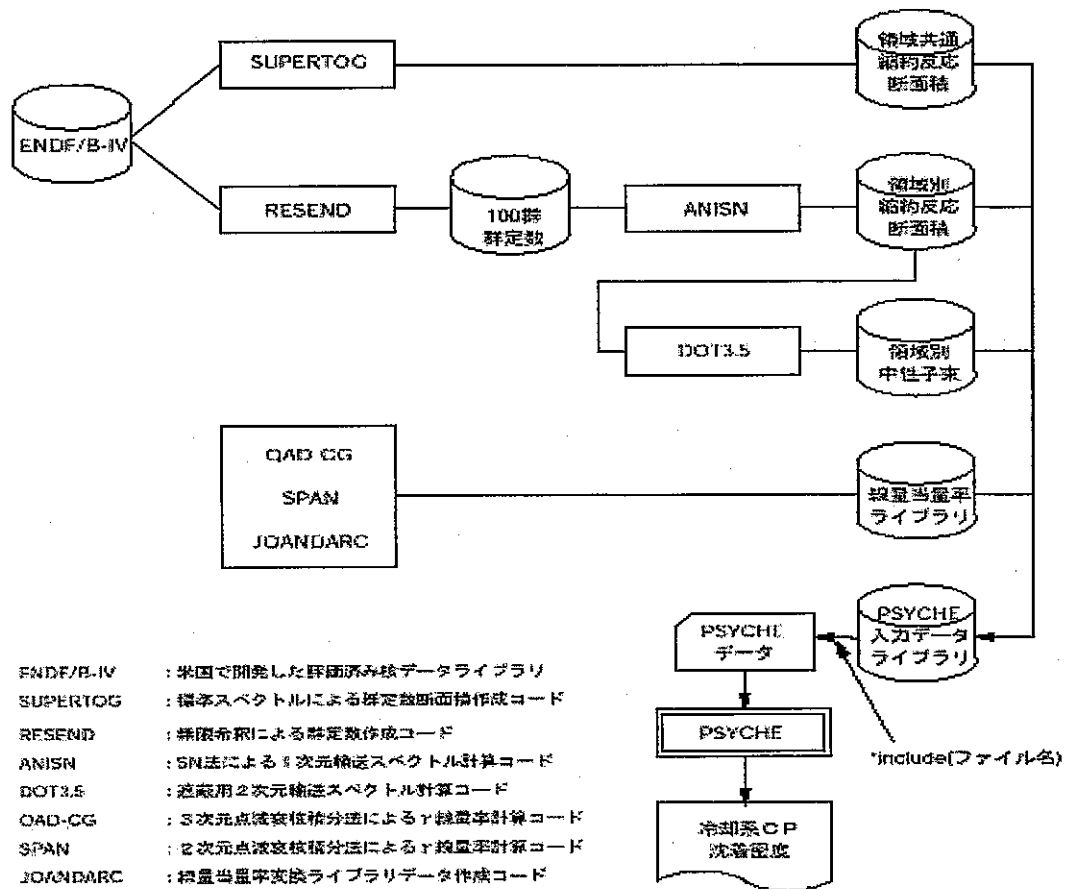


図 2.5 PSYCHE コードの共通入力データの作成手順

3. プリプロセッサ

3.1 機能概要

各種解析コードの入力データを統一したコンセプトで扱えるようなプリプロセッサ機能を有するシステムを開発した。従来、プリプロセッサの開発は個々のアプリケーション毎に、且つ、コンピュータの機種に依存した形でシステムが開発されていたため、コスト高の傾向を免れ得なかった。しかし、近年発展の著しいインターネットのブラウザの概念や技術を利用するとコンピュータの機種や OS に依存しないプリプロセッサを構築でき、本システムでもその技術を積極的に取り入れて作成した。

3.1.1 マンマシン・ユーザインターフェースの作成

近年、コンピュータの普及とダウンサイジングにより PC や WS の利用環境が著しく向上している。その中でも、インターネットによる情報の共有化や伝達手段が高機能化している。例えば、情報のブラウジングの機能は優れた環境を提供しており、Web に代表されるようにコンピュータに詳しくない人でも容易にコンテンツの画面が作成でき、その中に、文章や静止画、動画、音声などのマルチメディアの情報をインターネットに発信できるようになってきた。そして、これらの技術を利用することなしにデータの共有化やオープン化が困難となってきた。本システムの開発においても、インターネットおよび組織内ネットワークであるイントラネットの動向を踏まえて、より高度なマンマシン・ユーザインターフェースを構築することとした。

(1) マンマシン・ユーザインターフェースの仕様

ユーザインターフェースは基本的にインターネット／イントラネット用ブラウザを利用し作成した。インターネット用ブラウザは HTML 言語で記述して作成するが、本システムはバージョン 3.0 の仕様設定に従っている。3.0 バージョンでは新しいインライン・イメージ、数式、表、カスタマイズ可能な項目、表示位置の細かいコントロール、フォーム機能が強化されている。特に、本システムの構築に取って、数式、表、カスタマイズ可能な項目に関する仕様は重要な機能である。

(2) 文書形式による解析コードのユーザインターフェースの作成

インターネット用ブラウザのデータはテキスト文(静的な固定された文書)とタグ付けされて管理されるものに分類されるが、利用者に理解し易いユーザインターフェースとするためにはテキスト文を主体にすれば良いが、動的に変更できない点が問題となる。一方、文書自身をタグ付けすれば動的に変更可能だが、文書の解釈などに関する技術的に解決すべき課題が多い。本システムの解析コードのユーザインターフェースはデータ項目名などの固定部と入力数値などの可変部に対して両者を併用するが、そのため通常の固定内容 HTML 言語生成プログラムの他に、可変内容(動的)HTML 言語生成プログラムを作成し、両者をサーバ側に置きサーバとクライアント間のデータ授受通信を行う CGI プログラム(Common Gateway Interface)を開発した。なお、この動的 HTML 言語生成 CGI プログラムにより、入力設定画面のレイアウトを動的に変更することも可能である。例えば、PSYPHE コードの入力データで炉心領域分割数の

入力値を変更すると、炉心領域に関するデータ項目は炉心領域数だけの入力フィールドが自動的に生成される。

(3) アプリケーションソフトによるユーザインターフェース

表、グラフ等をブラウザに張付け表示し、そこからデータを入力する方法について検討したが、現状では技術的課題が多く DORE のプロトタイプでは断念し、計算結果データの加工などに際しては、サーバからデータをクライアント側にダウンロードし表計算ソフトを起動し利用することとした。グラフについても同様である。この方法では画面上での操作が煩雑になってしまうが、これらの機能については近い将来高機能ソフトの出現を期待できるので、その時点でバージョンアップを考えることとしたい。また、インターネット/イントラネット上で動く CAD の図面や図形の表示と編集が可能なソフトを現状では入手できないため、本プロトタイプでは上述と同様クライアント側で CAD ソフトを起動しサーバからデータをダウンロードし、QAD-CG コードの入力データにおける幾何形状設定を行い、設定後サーバ側にアップロードし解析コード計算に供することとした。計算結果の線量率マップ可視化についても同様で、クライアント側で AVS を起動し可視化データをサーバ側からダウンロードし可視化表示する。

3.1.2 解析コードのプリプロセッサへの組込み

解析コードのプリプロセッサへの組込みに際しての基本方針は以下のとおりである。

- ① 解析コードの計算実行はネットワーク上のサーバ (PC, WS) で行うこと。
- ② 解析コードは基本的に変更しないこと。
- ③ プリプロセッサには GUI (グラフィカルユーザインターフェース) を持たせること。
- ④ 解析コードのバージョンアップや追加に対してプリプロセッサの変更が最小限で行えること。
- ⑤ 将来のコンピュータの利用形態の進歩に対して柔軟に対応出来ること。

3.2 インターネットブラウザによるユーザインターフェース

プリプロセッサのほとんどのユーザインターフェース画面はインターネットブラウザを利用した解析コード入力設定画面であり、テキストフィールドを設定する表形式の画面レイアウトとなる。ここで、既に述べたように幾つかの入力数値データの値によりテキストフィールドの個数を変更できる、動的画面レイアウトの機能を有する CGI プログラムを作成した。

(1) 動的画面レイアウトの機能を持った CGI プログラムの作成

まず、解析コードの入力データに対して、変数の属性 (データの型、意味、物理単位、配列要素サイズ)、変数が所属するデータブロック名称、及び変数の設定画面への配置情報などを簡単な記述言語で定義するようにし、ついで、このデータ属性定義を解釈し階層的な動的 HTML プログラムを自動生成する CGI プログラムを Perl 言語で作成した。図 3.1 に一般的な CGI の仕組みを示した。

(2) 動的 HTML データからブラウザの HTML を生成する CGI プログラムの作成

(1) で生成された動的 HTML データに実際の解析コード入力値を与えブラウザが解釈できる HTML データを生成し、サーバからクライアントに送信し画面を表示する CGI プログラムを作成した。このプログラムは入力データ量が多く1画面に入りきらないような場合にも複数の画面を自動生成し、画面の遷移をボタンの押下により制御できる。

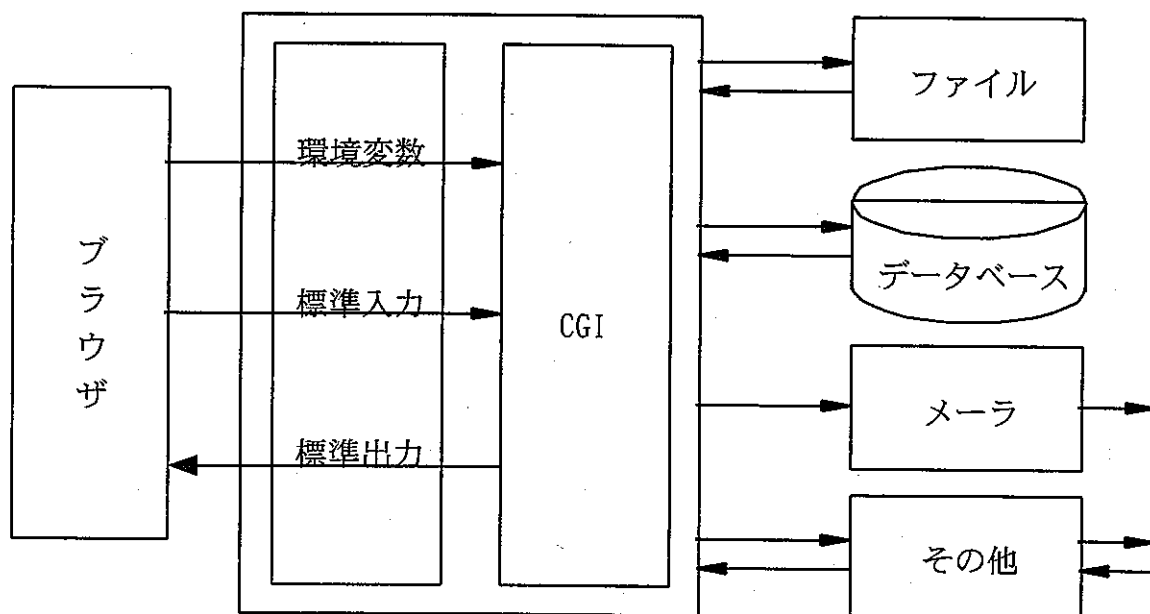


図 3.1 一般的な CGI の仕組み

(3) 解析コードの入力型式変更に伴うデータ属性の変更

解析コードの機能や仕様を変更しプログラムを改造した場合、入力型式も変更されることがある。この場合、HTML のタグ言語を知らなくても比較的簡単にデータ属性を変更することが可能である。

3.3 解析コードの入力データファイルとのデータ授受

個々の解析コードに固有の入力型式のデータをシステムが定める中間形式のデータフォーマットに自動的に変換したり、その逆に中間形式のデータから解析コード固有の入力型式に変換する双方向変換コンバータを作成した。これにより、今後、新たな解析コードをシステムに組み込み拡張することが容易となった。本システムの間接データファイルには入力データの処理に Fortran 言語における NameList 形式のフォーマットを使用した。このデータ形式はプログラムの機能拡張に伴う入力データ項目の変更

や追加に対して、既存の入力データの変更を最小限に止めることができ、また、仕様も明確なためデータ記述方法を理解し易い。また、CGIプログラムの記述言語である Perl には、連想記憶配列と呼ばれる処理があり、NameList 形式のデータの扱いが簡単になる。以上述べたように、本システムではデータ授受の基本部分に中間データファイルを構築することにより、データ入出力の統一化を図った。

3.4 3D-CADによる幾何形状の設定

QAD-CG 遮蔽計算コードの入力データには、かなり詳細な3次元幾何形状データ[遮蔽設備(プラント幾何形状を含む)、線源領域及び空間が用いられて、このデータは形状を特別の仕方で記述する数値データとして入力して作成されている。これを CAD ソフトを用いて作成することができれば、作成形状を視覚的に確認しながらより容易且つ確実にデータを作成し、また、検証することもできる。一般に、このような幾何形状を CAD ソフトにより作成、表示することはそれほど難しいことではないが、QAD-CG コードの幾何形状の表現方法は Combinatorial Geometry という本コード特有の表現方法を用いているため、一般の CAD ソフトの幾何形状表現方法とは異なる。そこで、CAD ソフトに Combinatorial Geometry とのデータ変換機能を持たせ、CAD ソフト上で幾何形状を作成することにより、QAD-CG コードの入力幾何形状データ(CG-B,C カード)を自動生成できるようにした。

3.4.1 Combinatorial Geometry

QAD-CG コードの入力データの幾何形状は、Combinatorial Geometry によって作成される。Combinatorial Geometry では目的とする幾何形状を、まず、表3.1に示したような箱・球体・円形シリンダーなどのような単純な形(プリミティブ)をまず定義し、次に、それらを組み合わせてブール演算により定義する。ここで、Combinatorial Geometry で使用するブール演算の演算記号法としては、(+) \cdot (-) \cdot (OR)という記号が用いられる。この演算記号法では、(+) \cdot によって表現されたプリミティブは、その領域が目的とする幾何形状に含まれることを意味し、(-) \cdot によって表現されたプリミティブは、その領域が目的とする幾何形状から外されることを意味する。そして、(OR)では、(+) \cdot (-) \cdot によって表現された領域(サブゾーン)を1つにまとめて一つの領域(ゾーン)として扱うという条件を意味する。なお、上に述べたプリミティブとブール演算の2つの定義は、QAD-CG コードの入力データのそれぞれ CG-B と CG-C カードの2つの定義に相当している。

表3.1 プリミティブ例

No.	プリミティブの形状	QAD-CGでの表記
1	直方体	RPP
2	箱	BOX
3	球体	SPH
4	円形シリンダー	RCC
5	楕円シリンダー	REC
6	頭部を切った円錐	TRC
7	楕円体	ELL
8	直三角柱	WED
9	4、5、6面の凸面多面体	APB

3.4.2 Combinatorial Geometry による幾何形状の設定例

本節において、CG による幾何形状の設定例を示す。例えば、プリミティブの設定 (CG-B カード) として、図3.2が与えられたとする。

ここで、RPP は X 方向が $-50 \sim 0$ 、Y 方向が $0 \sim 50$ 、Z 方向が $0 \sim 50$ の領域を占める直方体を、RCC は、位置が $(0, 0, -10)$ 、高さベクトルが $(0, 0, 70)$ 、半径が 30 である円柱を、WED は、位置が $(0, 0, 0)$ 、直交する3つの辺のベクトルが $(50, 0, 0)$ 、 $(0, 50, 0)$ 、 $(0, 0, 50)$ である直三角柱を示している。これらのプリミティブを3次元で表現する図3.3のようになる。

次に、ブール演算 (CG-C カード) として、図3.4が与えられたとする。ここで用いる番号はプリミティブの設定で用いられた番号に相当し、1は RPP を、2は RCC を、3は WED を示している。そして、ここでの定義内容は、1と2の論理差と3と2の論理差、及びそれぞれの結果の論理和を示している。この論理演算の結果を3次元で表現すると図3.5のようになる。

RPP	1	-50.0	0.0	0.0	50.0	0.0	50.0
RCC	2	0.0	0.0	-10.0	0.0	0.0	70.0
		30.0					
WED	3	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0
		0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	50.0

図3.2 CG-B カード例

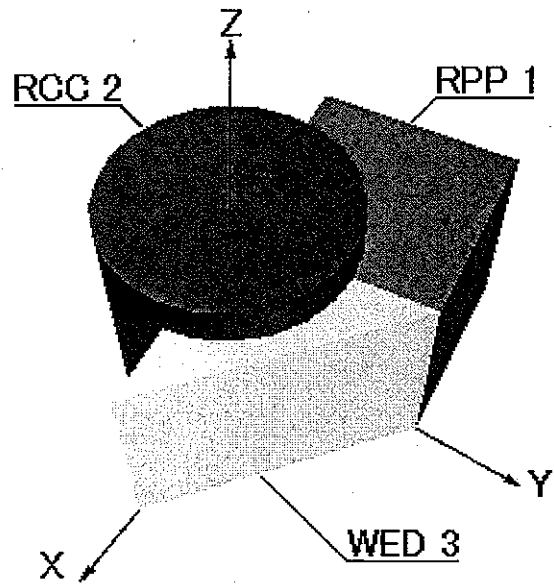


図3.3 プリミティブ図形
(図3.2の結果)

OR	+1	-2	OR	+3	-2
----	----	----	----	----	----

図3.4 CG-Cカード例

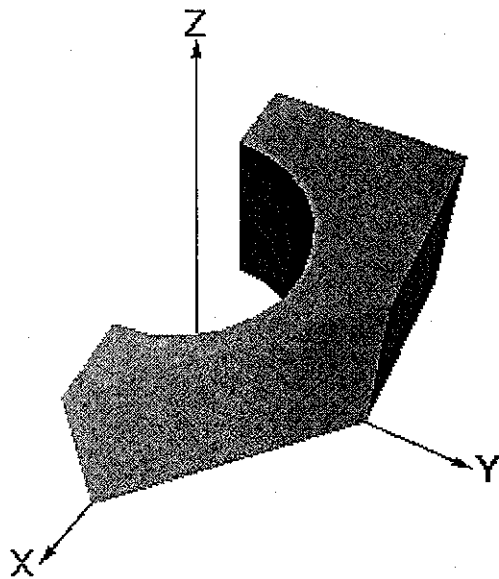


図3.5 演算結果図形
(図3.4の結果)

3.4.3 3D-CADの選定

CADソフトを選定する上で、3DStudioMAX R2、PT/Products、MiniCAD 7Jの3つのソフトを試用した。以下にそれぞれの特徴を記す。

①3DStudioMAX R2

AutoDesk社の3・D CG(コンピュータグラフィックス)ソフトである。これはPCベースの3D CGの世界的なベストセラーソフトである。モデリングからアニメーションまでが作成可能である。オブジェクト指向にもとづいたオープンなアーキテクチャを採用しており、プラグイン(Plug-In)形式の機能拡張が可能である。

②PT/Products

Parametric Technology Corporation社のミッドレンジ3次元CADシステムである。同社のハイエンドシステム3次元CADシステム「Pro/ENGINEER」をベースとして開発されている。

③MiniCAD 7J

エーアンドエー社の汎用パソコンCADソフトであり、建築系CADとして国内の実績が高い。7・Jのバージョンにてブール演算機能等を追加して3次元機能を強化している。また、Plug-In形式の機能拡張が可能である。

次に、以下のa)～f)の項目について、上記のCADソフトを評価した。評価結果を表3.2に示す。

CADソフトの評価項目

- a) Web環境で利用できること。
- b) 機能拡張が可能であること。
- c) プリミティブが利用可能であること。
- d) ブール演算が可能であること。
- e) 操作が容易であること。
- f) 廉価であること。

表3.2 3D-CADソフトの評価結果

No.		a)	b)	c)	d)	e)	f)	
							本体	SDK
①	3DStudioMAX R2	×	○	○	○	○	498K¥	バンドル
②	PT/Products	×	○	×	○	×	880K¥	約 1000K¥
③	MiniCAD 7J	×	○	×	○	△	198K¥	フリー

以上を総合的に判断して、DORE では、3DStudioMAX R2(以下 MAX)を採用することとした。以下に、MAX に対する評価結果の詳細を記する。

a) Web 環境で利用できること。

現在、Web 環境で十分に利用できる 3D CAD ツールはないことが判った。そこで、この項目は選定条件から除外し、今回の DORE プロトタイプでは、3D-CAD ツールはクライアント(PC)上で独立に起動して利用する形態をとることとした。

b) 機能拡張が可能であること。

MAX ではソフトウェア・開発キット(SDK)を使用して Plug-In が開発できる。Plug-In は、Microsoft 社の C++ 開発環境である Visual C++を使用して Windows や Windows95 のダイナミック・リンク・ライブラリ(DLL)として実現される。この DLL を MAX の Plug-In 格納ディレクトリ・ファイル内に置くことにより、MAX に取り込み、機能拡張が実現できる。MAX の Plug-In では、独自のプリミティブや独自フォーマットのファイル入出力の機能等を実現することができる。

c) プリミティブが利用可能であること。

MAXでは標準プリミティブとして、ボックス、円錐、球、天球体、円柱、チューブ、円環体、ピラミッド、ティーポット、プリズムをサポートしている。特に、ボックス、円柱等は、Combinatorial Geometry の RPP、RCC 等に相当する。

d) ブール演算が可能であること。

MAX はブール演算オブジェクトをサポートしており演算が可能である。これによりプリミティブ同士の論理和や論理差を計算することができる。

e) 操作が容易であること。

一般に CAD ソフトは、設計のためのツールであるため 3D 幾何形状を厳密に作成できる。しかし、これが逆に、操作の修得に時間がかかる原因ともなっている。今回の主目的は解析コードの幾何形状を作成することである。そこで幾何形状の作成においては、一般の CAD ソフトよりも操作が容易である CG アニメーション作成ソフトの一つである MAX が有効と考えられる。MAX ではプリミティブ形状を組み

合わせることにより容易に幾何形状を作成できる。

f)ある程度廉価であること

MAX では、本体と SDK 込みで 500K 円を切る価格であり、廉価さの条件を満たすと考えられる。

3.4.4 MAX による幾何形状の設定

MAX により幾何形状の設定を行うためには、

- a)プリミティブ (CG-B カード) の定義機能
- b)ブール演算 (CG-C カード) の定義機能
- c)ファイル入力機能
- d)ファイル出力機能

が必要である。以下ではそれぞれの機能について説明する。

a)プリミティブ (CG-C カード) の定義機能

プラント評価における QAD-CG 解析コードのプリミティブの使用実績から、RPP (直方体)、RCC (円形シリンダー)、WED (直三角柱) をサポートし取扱い可能とした。RPP、RCC について MAX では、ボックス、円柱として標準部品としてサポートされているためこれを利用している。図 3.6 に MAX の標準プリミティブの作成メニューとその作成例を示す。

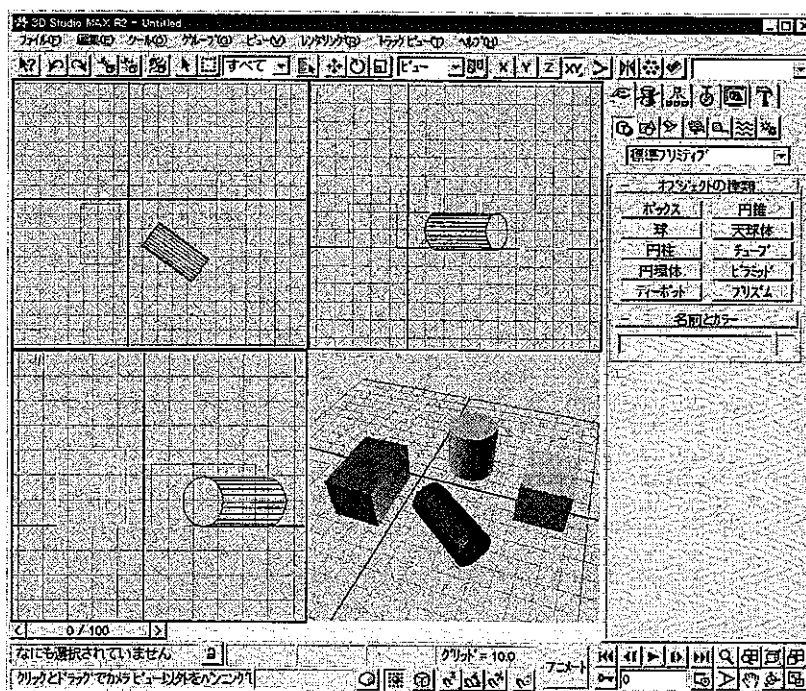


図 3.6 MAX の標準プリミティブの作成メニューと作成例

WED については、これに対応するMAXの標準部品はサポートされていない。そこで WED をサポートするために WED を MAX 上で作成するための Plug-In を作成した。図3.7に作成した WED のメニューを示す。また、図3.8には MAX 上での WED 作成例を示す。

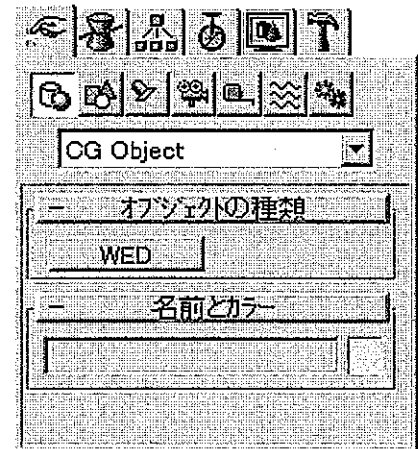


図3.7 WED の作成メニュー

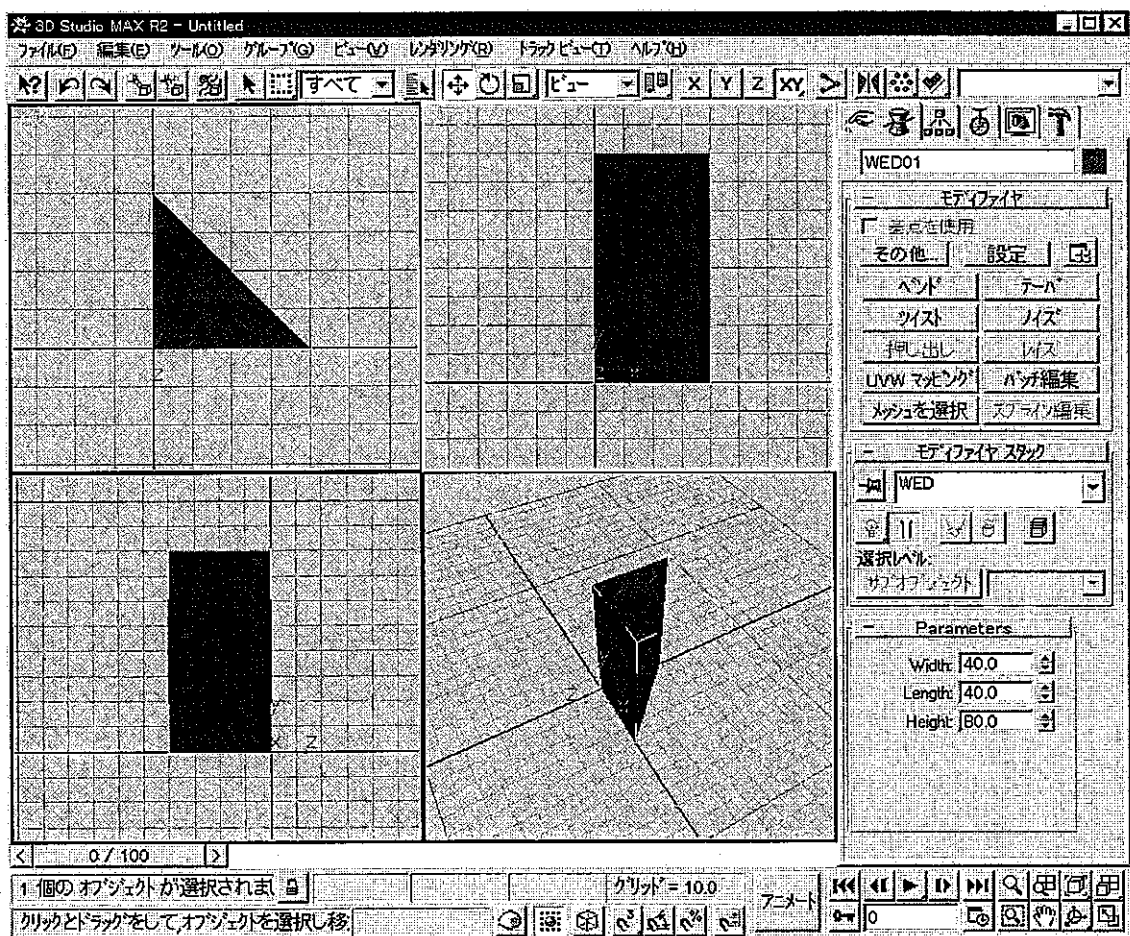


図3.8 WED の作成例

[制限]

MAX ではプリミティブに対して、3次元空間で任意の座標軸(相対座標)に対するスケーリングが可能である。一方、QAD-CG ではこのような仕様がなく絶対座標のみによるため、各プリミティブに対するスケーリングを行ってもファイル出力時には無視するようにしている。また、RPP に対しては3次元空間での任意の座標軸に対する回転の仕様が無いため、これもファイル出力時には無視するようにしている。

b) ブール演算 (CG-C カード) の定義機能

ブール演算に関しては、MAX では合成オブジェクトとしてブール演算オブジェクトをサポートしているのでこれを利用した。図3.9に MAX の合成オブジェクトの作成メニューを、図3.10にブール演算オブジェクトの作成例を示す。MAX のブール演算オブジェクトの演算として「減算」を指定すると Combinatorial Geometry 演算記号法の (-) に相当する結果が得られ、「和」を指定すると Combinatorial Geometry の演算記号法の (OR) に相当する結果が得られる。なお、Combinatorial Geometry 演算記号法の (+) に相当する結果はプリミティブを単に作成した状態に対応する。

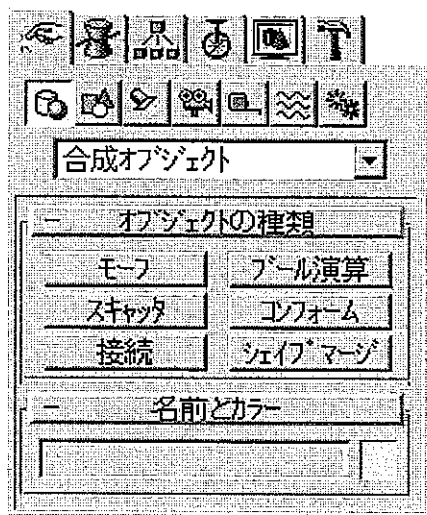


図3.9 MAX の合成オブジェクト作成メニュー

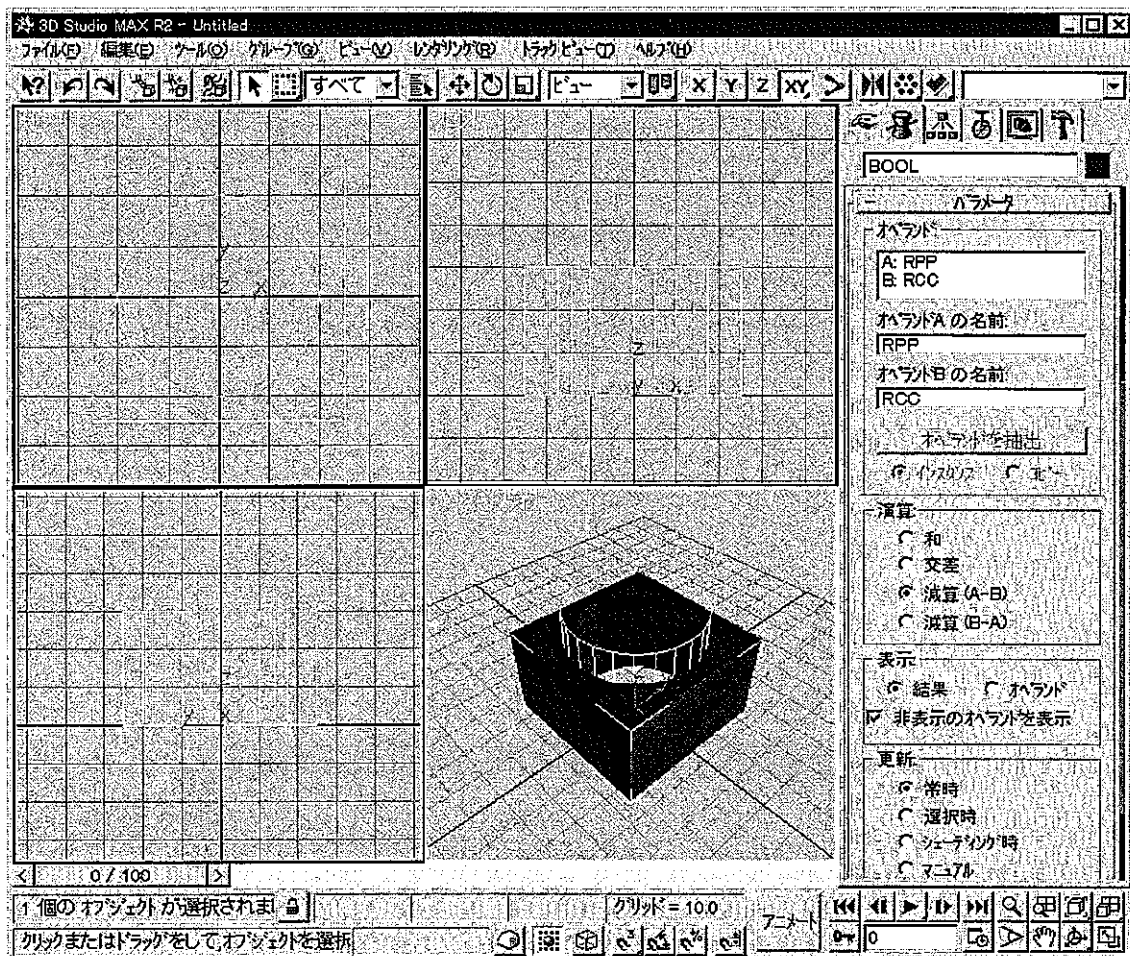


図3.10 ブール演算オブジェクトの作成例

【制限】

MAX でブール演算オブジェクトを作成したときに、そのブール演算の結果が期待通りにならないことが希にある。どんなケースで発生するかは特定できていないが、明らかに MAX 側の不具合である。しかしながら、MAX はパッケージソフトとして、このような不具合に対して個別に開発元が対応するわけではない、という問題がある。

c) ファイル入力機能

MAXにより作成したCGのデータの再利用あるいは既存の入力データを有効利用するため、QAD-CGコードのCG-Bカード、CG-Cカードの情報をMAXから読み込むためのファイル入力 Plug-In を作成した。MAX の「読み込み(I)...」メニューを選択すると「読み込むファイルを選択」(図 3.11 参照)のファイル選択ダイアログが表示され、そこで「ファイルの種類(T):」として「Combin Geom(*.CG)」が使用できるようになる。ここで「ファイル名(N):」に入力するファイル名を指定して「開く(O)」を選択することにより、「Select Option Dialog」(図3.12参照)が表示される。

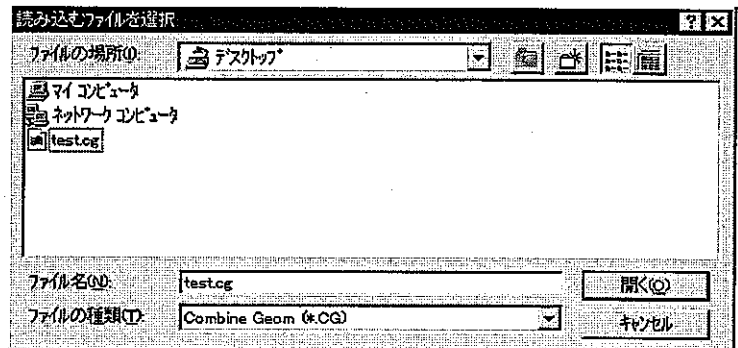
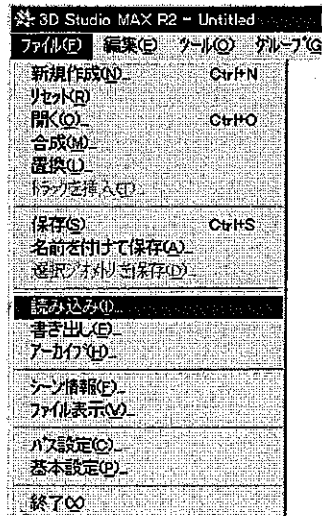


図3.11 「読み込み(I)...」メニューの画面

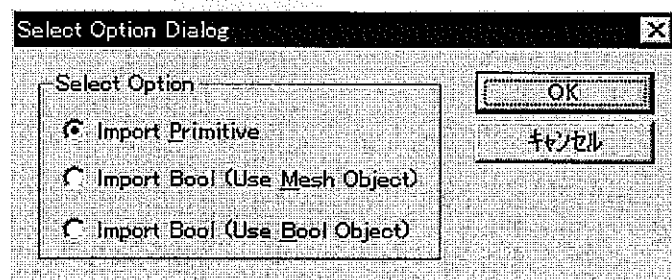


図3.12 入力オプションダイアログ画面

「Import Primitive」を選択すると、プリミティブの定義 (CG-B カード) のみが MAX に取り込まれる。「Import Bool (Use Mesh Object)」を選択すると、プリミティブの定義 (CG-B カード) とブール演算の定義 (CG-C カード) が MAX に取り込まれる。但し、この処理ではプリミティブに使用された形状を一度 3 角形メッシュ情報に変換した後、論理和の計算には SDK のメッシュ合成関数である `CombinMesh()` を使用し、また、論理差の計算にはメッシュブール演算関数である `CalcBoolOp()` を使用して、MAX のメッシュオブジェクトを生成する。この場合、入力した情報からプリミティブ情報が失われるが、「Import Bool (Use Bool Object)」を選択したときよりもブール演算の精度が向上する。このオプションは形状を最終的に確認する場合に使用する。「Import Bool (Use Bool Object)」を選択すると、プリミティブの定義 (CG-B カード) とブール演算の定義 (CG-C カード) が MAX に取り込まれる。この処理では MAX のブール演算オブジェクトに対応している SDK (拡張機能) の `IboolObject`

クラスを使用してブール演算オブジェクトを生成している。これにより、MAX 上でブール演算オブジェクトを作成した場合と同様の結果が得られる。

d) ファイル出力機能

解析コードの CG-B カード、CG-C カードに相当する情報を MAX より書き出すための、ファイル出力 Plug-In を作成した。これにより、MAX の「書き込み(E)...」メニューを選択すると「書き出すファイルを選択」(図3.13参照)のファイル選択ダイアログが表示され、そこで「ファイルの種類(T):」として「Combin Geom(*.CG)」が使用できるようになる。ここで「ファイル名(N):」に出力するファイル名を指定して「保存(S)」を選択することにより、「Select Option Dialog」(図3.14参照)が表示される。

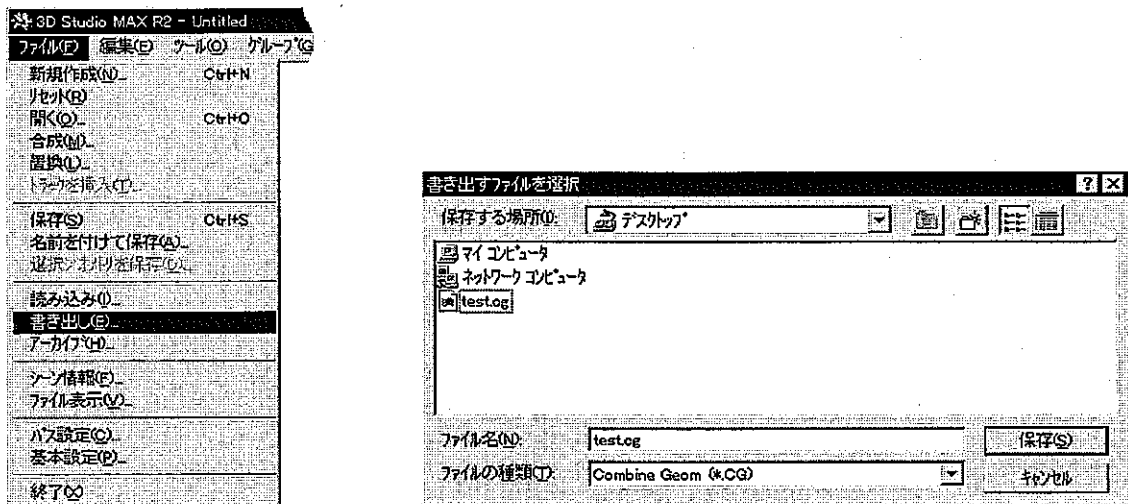


図3.13 「書き込み(E)...」メニューの画面

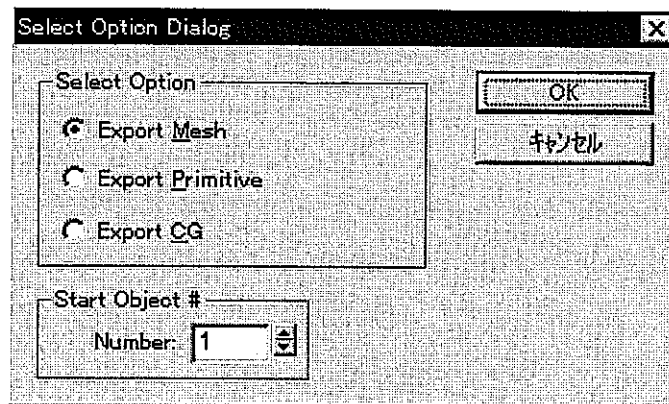


図3.14 出力オプションダイアログ画面

「Export Mesh」を選択すると、作成した幾何形状を3角形パッチ情報として、AVS UCD フォーマットでファイル出力する。ここで得られた結果は、4.4 可視化ソフトのインターフェースで使用する可視化ソフト、AVS / Express Viz で利用可能であり、UCD 読み込みモジュールを用いて可視化ソフト内にこの幾何形状の情報を取り込み可能である。「Export Primitive」を選択すると、プリミティブの定義 (CG-B カード)のみがファイル出力される。その際、各プリミティブは「Start Object #」で指定した番号から順に番号付けされる。「Export CG」を選択すると、プリミティブの定義 (CG-B カード)とブール演算の定義 (CG-C カード)がファイル出力される。その際、各プリミティブは、「Start Object #」で指定した番号から順に番号付けされる。

3.4.5 MAXによる幾何形状作成例

QAD-CGコードの幾何形状の作成画面例を図3.15と16に示す。

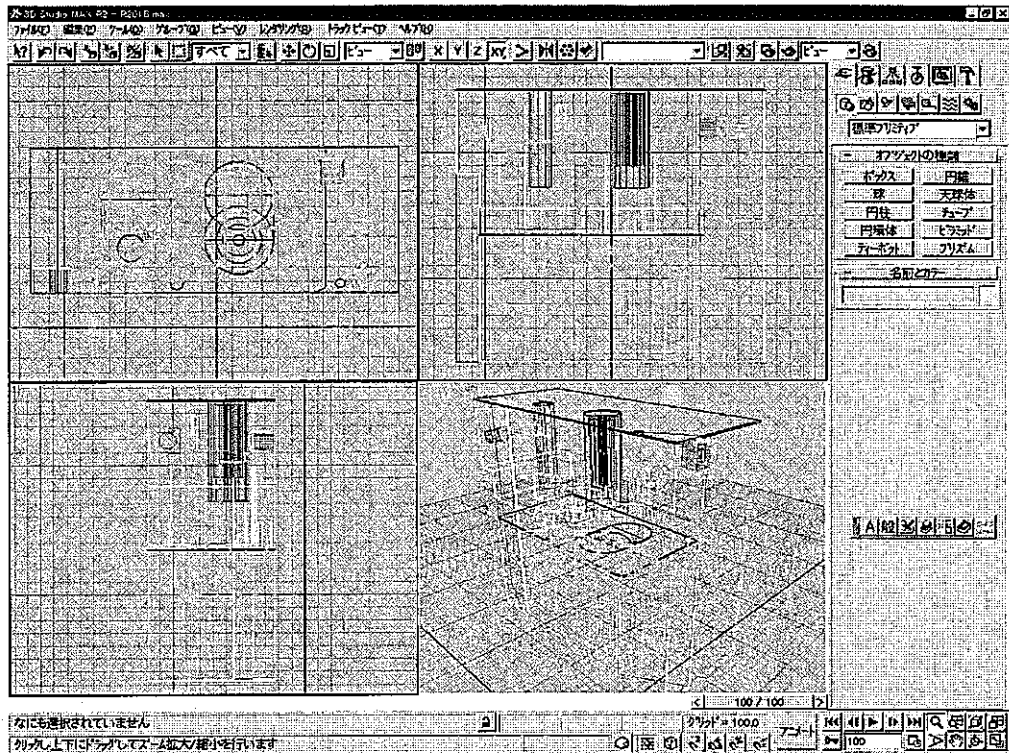


図3.15 MAXによる幾何形状の作成例(1)

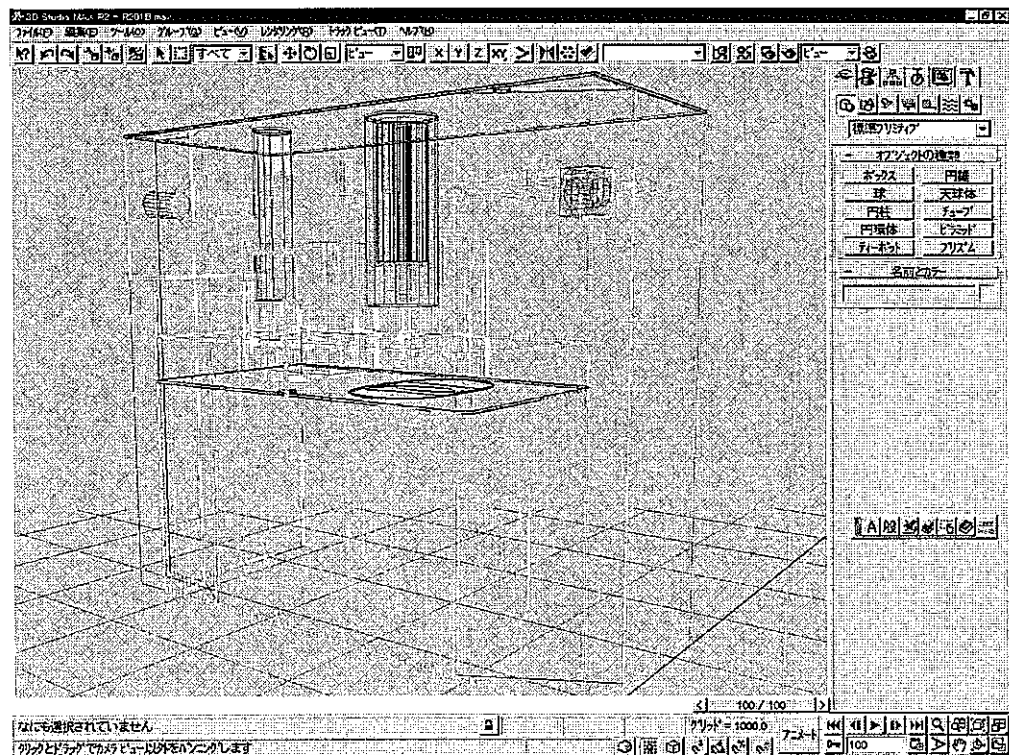


図3.16 MAXによる幾何形状の作成例(2)

3.4.6 サーバへのアップロード

このようにして作成したプリミティブの定義(CG-B カード)、ブール演算の定義(CG-C カード)は他の入力データと共に、サーバ側にアップロードして解析コードの入力として使用する。

4. ポストプロセッサ

4.1 機能概要

DORE に組込んだ解析コードは、汎用コンピュータ上で開発されたため、解析結果のほとんどが数値を主体とした文字をプリンタに出力するような方式になっているのが実情である。しかし、近年 PC の普及と廉価で高機能なソフトウェアが出現し、EXCEL に代表される表計算ソフトのように、解析結果の作表やグラフ化が容易にできるようになってきた。そこで、DORE では、解析結果の分析、編集加工、ビジュアル化を容易にするために、解析結果をサーバ側のファイルシステムに保存させるようにし、必要に応じてクライアント側にダウンロードできるような機能を持たせた。この機能によりクライアント側に表計算ソフトや可視化ソフトを準備しておけば、解析結果のビジュアル化が容易に行えるようになる。

一般に、解析結果は、各々目的のアプリケーションソフト(表計算ソフトや可視化ソフトなど)にデータを受け渡し、視覚的で分かりやすく編集・加工され、利用者に提供されることが望まれる。そこで、まず、解析結果の後処理機能として汎用ポストプロセッサの基本的な概念の検討を行った。図 4.1 は汎用解析結果用ポストプロセッサの概念図を示したものである。ポストプロセッサは、解析結果や入力データファイルから必要とする項目を抽出するデータ抽出機能、抽出されたデータを見やすく並び替えたり、簡単な四則演算(例えば単位変換など)を行えるような編集加工機能、目的のアプリケーションソフトで読み込めるようなデータフォーマット変換機能から構成される。

これらの各機能はいかなる解析結果でも受け入れられるようにすると共に、目的のアプリケーションソフトへ確実にデータが変換できるようにするために、汎用的で一般化され利用しやすいシステムとして構築する必要がある。しかし、このような汎用ポストプロセッサを開発するためには、解決しなければならない技術的課題が多く残されている。

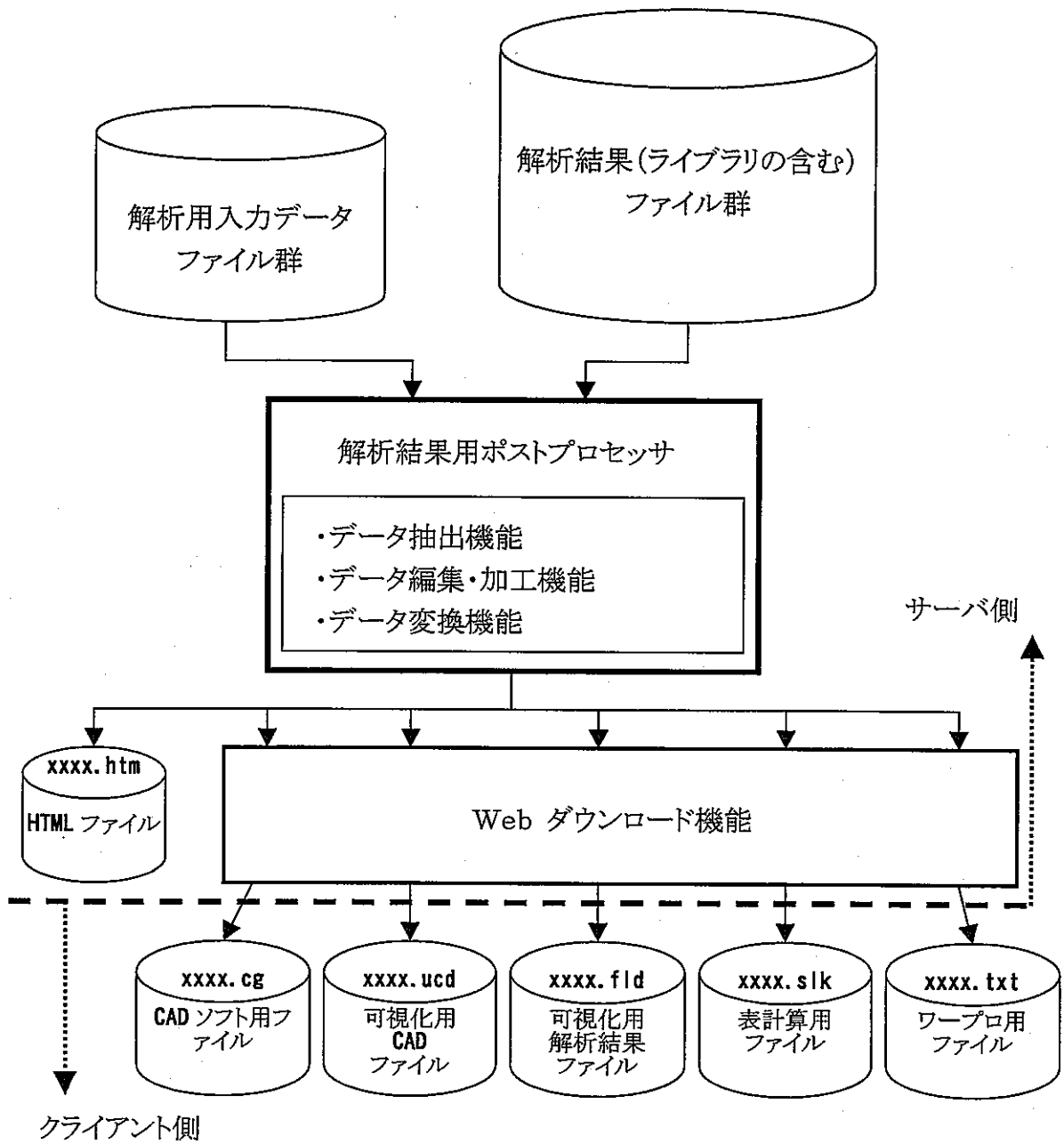


図4.1 解析結果用汎用ポストプロセッサの概念図

4.2 DORE プロトタイプポストプロセッサの構成

DORE のプロトタイプでは、汎用的なポストプロセッサを開発するまでには至らなく、図 4.2 に示したように個々の解析コードの解析結果を対象に個別の後処理用プログラムとして作成した。

4.2.1 QAD-CG コードのポストプロセッサ

QAD-CG コードの解析結果は、単位線源当たりの線量率を3次元評価点に対してライブラリとしてファイルに出力される。この線量率ライブラリは、CP の評価においては PSYCHE コードの解析結果の線源強度を乗じて、全体の線量率分布を再規格化(ノーマライズして編集)して求める。そこで、DORE では、編集出力兼データ変換機能を持ったポストプロセッサとして QADLIST コードを作成した。この QADLIST コードは、線量率分布を再規格化するための編集機能と可視化用ソフトである AVS ヘデータを受け渡すためのデータ変換(XXXX.fld)機能を持っている。

一方、QAD-CG コードで解析した幾何形状データは、QAD-CG コードの入力データから抽出(CG-B、CG-C カード)し、3D StuidoMAX の CAD ソフトに受け渡される。3D StuidoMAX では、CG-B、CG-C カード(XXXX.cg)の特別なデータフォーマットを解釈し、CAD ソフトに取り込める様なプラグインインターフェースを作成し対応した。また、この幾何形状データは、線量率分布と重ねあわせて表示できるようにするために可視化用ソフトである AVS ヘデータを受け渡すためのデータ変換(XXXX.ucd)機能を持っている。

4.2.2 一般のポストプロセッサ機能

今回、DORE のポストプロセッサ機能では、一般の解析結果から表計算ソフトやワープロソフトへのデータ抽出・編集・変換する機能が無いため、利用者は Windows の OS 環境を利用して行うことになる。具体的には、解析コードの解析結果をサーバ側からクライアント側にダウンロードし、フォルダ内の書類として保存した後、コピー&ペーストの操作で EXCEL 等のセルに計算結果を貼り付けることで実現した。

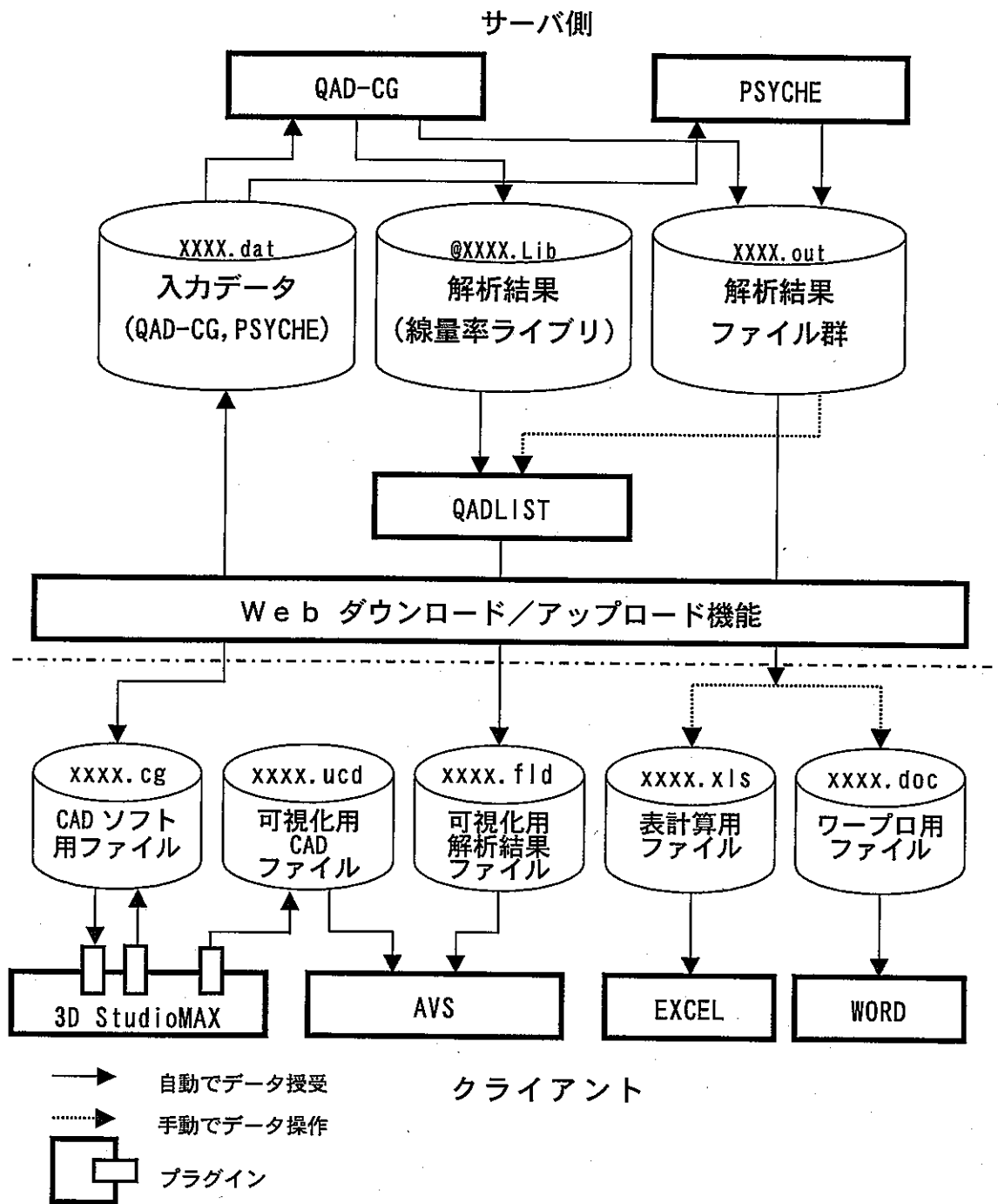


図4.2 DORE プロトタイプポストプロセッサの構成

4.3 可視化ソフトとのインターフェース

4.3.1 可視化ソフトの選定

本システムはWeb環境で作動するが、可視化ツールはこの環境で十分に利用できるものを見出せないため、クライアント(PC)上で独立に起動して利用する形態とし、AVS社のAVS/Express Viz(以下Viz)を使用することとした。Vizは、UNIX上で動作する世界標準可視化ツールで、同社のApplication Visualization System(AVS 5)の後継ソフトであり、WindowsNT4.0やWindows95で利用可能なツールである。特徴として次の点があげられる。

- a) アイコン操作で可視化が可能である。フローチャートを作成するように、アイコン化されたモジュールとよばれる部品を接続していくことにより可視化システムを構築できる。
- b) C、C++、Fortran を使用して自作のモジュールを作成し、ツールに組み込み可能である。これによりカスタマイズがある程度可能である。なお、Vizの上位ソフトであるAVS/Express Developerを用いれば価格は高くなるが、カスタマイズはより一層容易となる。
- c) オープンプラットフォームであり、UNIX、WindowsNT4.0、Windows95等で動作する。

4.3.2 可視化のためのデータ取り込み

主たる可視化対象は解析コードの計算結果(線量率マップ)であるが、これに加えてコードの入力データである幾何形状も可視化の対象とした。これにより、実際の入力データの幾何形状が重ね表示される。

a) 解析結果の可視化

サーバ側の解析コード計算結果の出力としてVizで利用可能なAVS Fieldフォーマット計算結果(xx..x.fld)が得られる。これをサーバからクライアントにダウンロードしてVizに取り込むことにより、解析結果を可視化する。

b) 幾何形状の可視化

クライアント側のMAXにより作成した幾何形状は、MAXの出力としてVizで利用可能なAVS UCDフォーマットとし得ることができる。このデータをそのままVizに取り込むことにより幾何形状を可視化できる。

4.3.3 可視化例

可視化例を次図に示す。

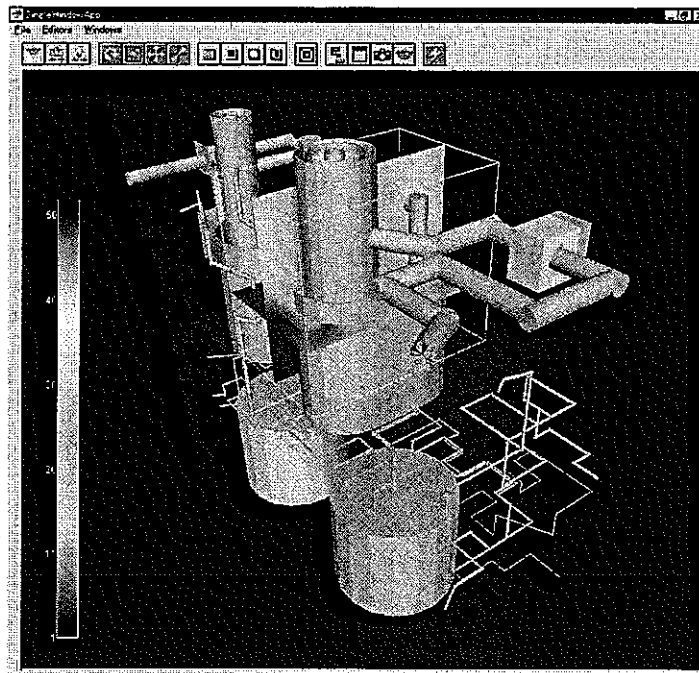


図4.4 Vizでの可視化例

4.4 計算結果のドキュメント化

近年、PCの普及と高機能化が進みソフトウェアの品揃えも豊富である。そこで、DOREでは解析コードの入出力データをサーバ側からクライアント(PC)側にダウンロードしたり、その逆にアップロードしたりできる機能を持たせた。この機能によりサーバ側の計算結果ファイルをクライアントPC側のフォルダ内の書類として保存し、コピー&ペーストの操作でEXCEL等のセルに計算結果を貼り付けることができる。

5. システムの統合化

5.1 システム制御

5.1.1 制御の概要

DOREの制御はインターネット/イントラネット環境上でWebブラウザを用いて実現しており、サーバ側にある解析コードの入力データの設定変更や解析コードの起動などを、クライアント側のWebブラウザから行うことができる。ネットワーク上でクライアント側のWebブラウザからサーバ側のスクリプトやプログラムを起動するにはWebサーバソフトのCGI(Common Gateway Interface)機能を利用するのが一般的であり、本システムでもCGIをこれに利用している。本システムで使用しているWeb環境を5.1.2に述べる。一方、CADソフトや可視化ソフト及びオフィスソフトはクライアント側で動作させるため、Webブラウザとは別に直接これらのアプリケーションソフトを起動し利用する。本システム全体の制御概要を図5.1に示す。また、詳細を5.1.3に述べる。

5.1.2 システムのWeb環境

DOREではWebサーバソフトにApacheを使用している。ApacheはWebサーバソフトであるNCSA HTTP d1.3より派生したもので、処理性能の良さやモジュールにより機能を追加・変更できる拡張性の高さなどから多くのWebサイトで使われている。更に、これはフリーソフトでありその使用に制限がなくソースコードが公開されている。また、CGIスクリプト用の言語には、CGIプログラミング言語として最も利用されているPerlのバージョン5を用いている。Perlはインタプリタベースの言語でUNIXのシェルやC言語と同等の機能を多く持っているプログラミング言語であり、sedとawkの完全なスーパーセットにもなっている。PerlもApache同様に、フリーソフトでありその使用に制限がなく、ソースコードが公開されている。クライアントで使用するWebブラウザにはNetscape社のNavigatorを用いた。

5.1.3 システムの作動

- (1) 可視化ソフトでは解析結果(線量当量率マップ)と幾何形状を可視化している。解析結果はサーバ側で解析コードが処理した結果であるので、これをWebブラウザの画面を用いてダウンロードして使用する。幾何形状にはクライアント側のCADソフトの出力を使用する。
- (2) 遮蔽計算においてCADソフトで作成した幾何形状をQAD-CGコードの入力データの一部として使用する。そのため、これをWebブラウザ画面を用いてサーバ側へアップロードする。
- (3) Webブラウザに表示する画面のうち、オープニング画面やメニュー画面などの

内容が固定のものは、予めサーバに HTML ファイルを格納しておき、Web サーバソフトを通じこれを取得する。

- (4) 入力データの設定変更や計算結果などを表示する画面などでは、その画面を閲覧する時々により、サーバに蓄積されているデータが更新されている可能性があるため、その内容も更新する必要がある。そのような画面では画面が呼び出された時点において、CGI にて Perl のプログラムを起動し、蓄積されているデータから動的に HTML ファイルを生成しこれを利用する。
- (5) 入力データの更新指示を Web ブラウザ側で行った時は、CGI により Perl のプログラムを起動し、ユーザの指示に従ってサーバのデータを更新する。
- (6) 解析コードや各種コンバータ等のサーバ側のプログラムを起動する場合も CGI により制御を行っている。

5.2 CGIプログラム

CGI(Common Gateway Interface)は Web 環境においてサーバとクライアント間のデータ授受通信部のインターフェースである。DORE システムの CGI プログラムは、入力設定画面を HTML 言語でサーバからクライアントに送信するプログラムや画面で設定した数値データをサーバ側に送信する通信プログラム、及び設定画面の遷移をコントロールする制御プログラムから構成される。CGI プログラムのほとんどは Perl と呼ばれるインタプリタ言語で作成した。

(1) 画面設定のための簡易記述データの仕様

解析コードの入力データ画面設定においては、全てのデータ項目に対して画面を準備する必要がある。例えば、CP 挙動解析コード PSYCHE では、入力設定画面は 70 画面にも達する。また、入力データの種類と値によっては画面レイアウトも変更しなければならない。例えば、炉心領域に関するデータ設定では、領域数だけ入力項目を指定できる画面レイアウトにする必要があり、そのためには動的に画面レイアウトを作り出せるようにしなければならない。そこで、DORE システムでは簡易的なデータ記述でブラウザの設定画面を作れるような方式を新に開発した。

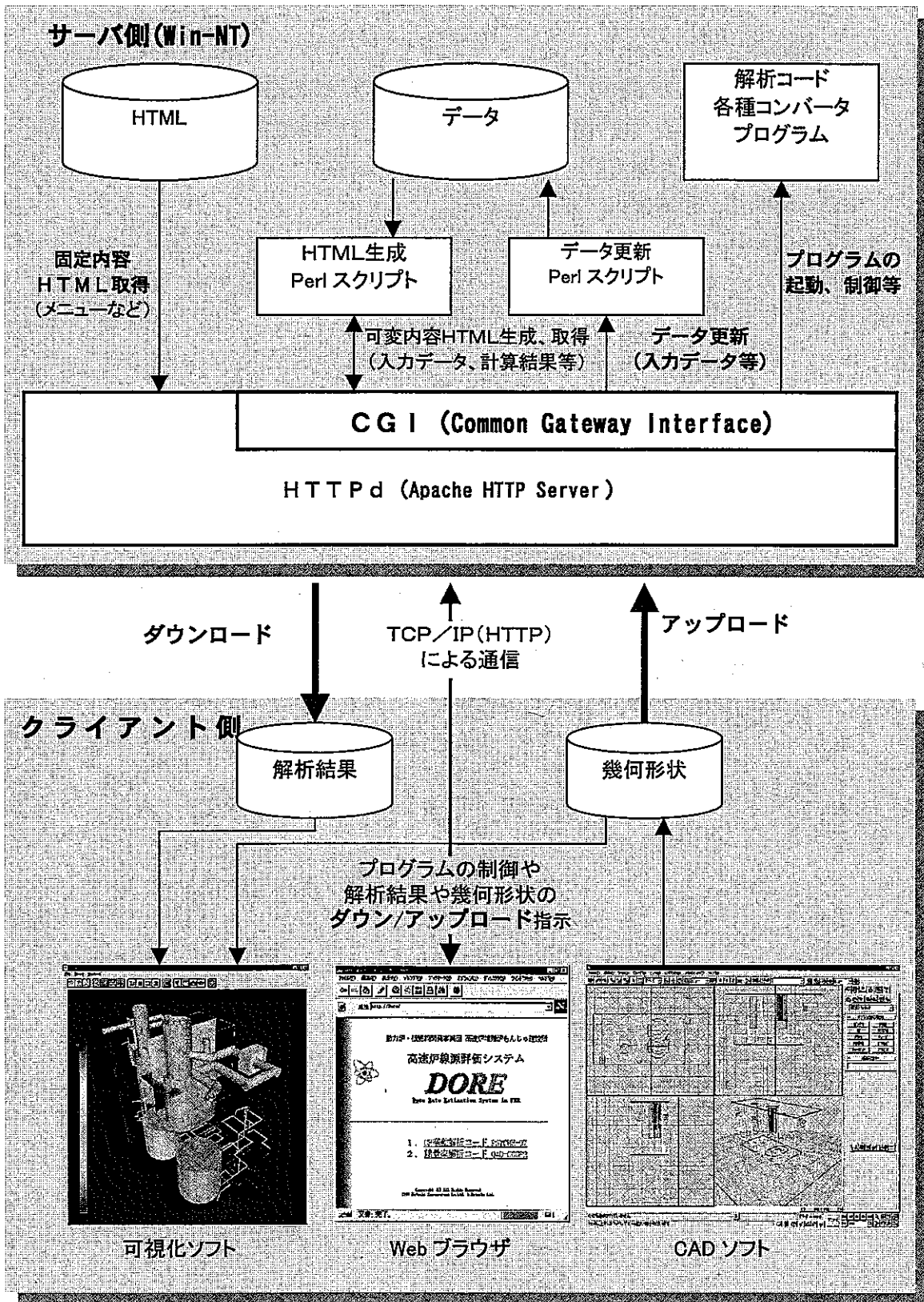


図5.1 DORE システム制御概略図

画面レイアウトを構築するためには、画面タイトル、入力データ項目、入力データの数値と解析コードで使用する変数名称との対応、配列要素（1,2,3次元変数）の場合の表形式表示などについて定義する必要がある。DOREシステムでは入力属性データを画面単位で作成し、それをHTMLに解釈し易い構造化HTML言語へ変換するCGIプログラムを作成した。

(2) 動的HTML言語生成CGIプログラム

上述の(1)項で作成された構造化HTML言語に対して実際に入力データを設定すると、その入力データ値により画面レイアウトを動的に変更できる、動的画面レイアウト生成CGIプログラムを作成した。例えば、先に述べたようにPSYCHEコードの入力データで、炉心領域分割数を入力で変更すると、炉心領域に関するデータ項目に対して領域数だけの入力フィールドが自動的に生成される。

5.3 解析コードの中間入力データ

DOREシステムでは将来の拡張性を考慮し、個々の解析コードが持っている固有の入力データ形式を吸収するために、中間的な入力データフォーマットを設定した。この形式にデータ変換すればサーバのCGIプログラムとクライアントのブラウザの入力データ設定画面間でスムーズにデータ授受ができるようになる。中間入力データの形式は、解析コードが持っている全データ項目をグループ分けしたデータブロックと呼ばれる単位に分割し、その分割データ単位で処理される。また、データの記述はFortranプログラムの標準的入力形式であるName List形式とした。

(1) 中間入力データ形式

中間入力データの形式の記述仕様を以下に説明する。

〈文法〉

```
BlockData =  
  { BlockName = “ブロック名” ;  
    一般データ [, 一般データ] … ;  
  } ;
```

ブロック名 ::= 解析コード固有の名称
一般データ ::= プログラム内変数名 [配列要素] = 値
配列要素 ::= (配列添字 [, 配列添字] …)
値 ::= 整数定数 | 実数定数 | “文字定数”

なお、一般データの行内に注釈を記述することが出来る。
注釈は、# を記述した後に注釈文字を列挙する。

(注) 文法で記述している記号は、BNF記法で表した。

(2) 中間入力データの内容

次頁以降に CP 挙動解析コード PSYCHE プログラムおよび線量当量率解析コード QAD-CG プログラムの中間入力データリスト例を添付した。

PSYCHEプログラム中間入力データ例 (部分)

```
BlockData =
{ BlockName = "PSY0000";
  LTITL = " H5CP-MI MONJU SST + DC : REFERENCE";
  IPLOT( 1) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
  IPCP( 1) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
  IPLC( 1) = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0;
  IPLC( 21) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0;
  IPLC( 41) = 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
  IPLC( 61) = 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0;
  IPLC( 81) = 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1;
  IPLC(101) = 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
  IPLC(121) = 0, 0;
  IPLD( 1) = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
  IPLD( 21) = 0, 0, 0, 0, 0, 0;
  MTD = 1;
  TDAY( 1) = 4365.0;
  SUR( 1) = 6.07, 28.78, 32.39, 37.10, 46.50;
  SUR( 6) = 55.96, 59.78, 68.40, 76.80, 89.41;
  SUR(11) = 99.60, 110.00, 120.02, 130.00, 141.00;
  SUR(16) = 151.00, 161.38;
  SUZ = 0.00;
  SIZE = 0.18;
};
```

```
BlockData =
{ BlockName = "PSY1001";
  NRC = 122;
  MCR = 17;
  MCZ = 15;
  LCN( 1) = "INNER CORE 1", "INNER CORE 2", ".";
  LCN( 3) = "INNER CORE 3", "INNER CORE 4", ".";
  LCN( 5) = "INNER CORE 5", "INNER CORE 6", ".";
  LCN( 7) = "INNER CORE 7", "INNER CORE 8", ".";
  LCN( 9) = "INNER CORE 9", "INNER CORE 10", ".";
  LCN(11) = "INNER CORE 11", "INNER CORE 12", ".";
  LCN(13) = "INNER CORE 13", "INNER CORE 14", ".";
  LCN(15) = "INNER CORE 15", "INNER CORE 16", ".";
  LCN(17) = "INNER CORE 17", "INNER CORE 18", ".";
  LCN(19) = "INNER CORE 19", "INNER CORE 20", ".";
  LCN(21) = "INNER CORE 21", "INNER CORE 22", ".";
  LCN(23) = "INNER CORE 23", "INNER CORE 24", ".";
  LCN(25) = "INNER CORE 25", "INNER CORE 26", ".";
  LCN(27) = "INNER CORE 27", "INNER CORE 28", ".";
  LCN(29) = "INNER CORE 29", "INNER CORE 30", ".";
```

```
LCN( 31) = "OUTER CORE 31", "OUTER CORE 32", ".";
LCN( 33) = "OUTER CORE 33", "OUTER CORE 34", ".";
LCN( 35) = "OUTER CORE 35", "OUTER CORE 36", ".";
LCN( 37) = "OUTER CORE 37", "OUTER CORE 38", ".";
LCN( 39) = "OUTER CORE 39", "OUTER CORE 40", ".";
LCN( 41) = "OUTER CORE 41", "OUTER CORE 42", ".";
LCN( 43) = "LOWER BLANKET", "UPPER BLANKET", ".";
LCN( 45) = "LOWER BLANKET", "UPPER BLANKET", ".";
LCN( 47) = "LOWER BLANKET", "UPPER BLANKET", ".";
LCN( 49) = "LOWER BLANKET", "UPPER BLANKET", ".";
LCN( 51) = "LOWER BLANKET", "UPPER BLANKET", ".";
LCN( 53) = "LOWER BLANKET", "UPPER BLANKET", ".";
LCN( 55) = "LOWER BLANKET", "UPPER BLANKET", ".";
LCN( 57) = "RADIAL BLANKET", "RADIAL BLANKET", ".";
LCN( 59) = "RADIAL BLANKET", "RADIAL BLANKET", ".";
LCN( 61) = "RADIAL BLANKET", "RADIAL BLANKET", ".";
LCN( 63) = "RADIAL BLANKET", "RADIAL BLANKET", ".";
LCN( 65) = "RADIAL BLANKET", "RADIAL BLANKET", ".";
LCN( 67) = "RADIAL BLANKET", "RADIAL BLANKET", ".";
LCN( 69) = "GAS PLENUM", "GAS PLENUM", ".";
LCN( 71) = "GAS PLENUM", "GAS PLENUM", ".";
LCN( 73) = "GAS PLENUM", "GAS PLENUM", ".";
LCN( 75) = "GAS PLENUM", "GAS PLENUM", ".";
LCN( 77) = "GAS PLENUM", "GAS PLENUM", ".";
LCN( 79) = "LOWER BLANKET", "LOWER BLANKET", ".";
LCN( 81) = "LOWER BLANKET", "LOWER BLANKET", ".";
LCN( 83) = "LOWER BLANKET", "LOWER BLANKET", ".";
LCN( 85) = "LOWER BLANKET", "LOWER BLANKET", ".";
LCN( 87) = "LOWER BLANKET", "LOWER BLANKET", ".";
LCN( 89) = "UPPER EDGE", "UPPER EDGE", ".";
LCN( 91) = "UPPER EDGE", "UPPER EDGE", ".";
LCN( 93) = "UPPER EDGE", "UPPER EDGE", ".";
LCN( 95) = "UPPER EDGE", "UPPER EDGE", ".";
LCN( 97) = "UPPER EDGE", "UPPER EDGE", ".";
LCN( 99) = "NEUTRON SCHIELD", "NEUTRON SCHIELD", ".";
LCN(101) = "NEUTRON SCHIELD", "NEUTRON SCHIELD", ".";
LCN(103) = "NEUTRON SCHIELD", "NEUTRON SCHIELD", ".";
LCN(105) = "NEUTRON SCHIELD", "NEUTRON SCHIELD", ".";
LCN(107) = "NEUTRON SCHIELD", "NEUTRON SCHIELD", ".";
LCN(109) = "NEUTRON SCHIELD", "NEUTRON SCHIELD", ".";
LCN(111) = "CONTROL ROD", "CONTROL ROD", ".";
LCN(113) = "CONTROL ROD", "CONTROL ROD", ".";
LCN(115) = "CONTROL ROD", "CONTROL ROD", ".";
LCN(117) = "CONTROL ROD", "CONTROL ROD", ".";
LCN(119) = "CONTROL ROD", "CONTROL ROD", ".";
LCN(121) = "CONTROL ROD", "CONTROL ROD", ".;
```

CSZ(1, 1) = 3.220E-01, 2.600E+03;
CSZ(1, 2) = 3.220E-01, 2.600E+03;
CSZ(1, 3) = 3.220E-01, 2.600E+03;
CSZ(1, 4) = 3.220E-01, 2.600E+03;
CSZ(1, 5) = 3.220E-01, 2.600E+03;
CSZ(1, 6) = 3.220E-01, 2.600E+03;
CSZ(1, 7) = 3.220E-01, 1.730E+03;
CSZ(1, 8) = 3.220E-01, 1.730E+03;
CSZ(1, 9) = 3.220E-01, 1.730E+03;
CSZ(1, 10) = 3.220E-01, 1.730E+03;
CSZ(1, 11) = 3.220E-01, 1.730E+03;
CSZ(1, 12) = 3.220E-01, 1.730E+03;
CSZ(1, 13) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 14) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 15) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 16) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 17) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 18) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 19) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 20) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 21) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 22) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 23) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 24) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 25) = 3.220E-01, 4.330E+03;
CSZ(1, 26) = 3.220E-01, 4.330E+03;
CSZ(1, 27) = 3.220E-01, 4.330E+03;
CSZ(1, 28) = 3.220E-01, 4.330E+03;
CSZ(1, 29) = 3.220E-01, 4.330E+03;
CSZ(1, 30) = 3.220E-01, 4.330E+03;
CSZ(1, 31) = 3.220E-01, 6.070E+03;
CSZ(1, 32) = 3.220E-01, 6.070E+03;
CSZ(1, 33) = 3.220E-01, 6.070E+03;
CSZ(1, 34) = 3.220E-01, 6.070E+03;
CSZ(1, 35) = 3.220E-01, 6.070E+03;
CSZ(1, 36) = 3.220E-01, 6.070E+03;
CSZ(1, 37) = 3.220E-01, 6.930E+03;
CSZ(1, 38) = 3.220E-01, 6.930E+03;
CSZ(1, 39) = 3.220E-01, 6.930E+03;
CSZ(1, 40) = 3.220E-01, 6.930E+03;
CSZ(1, 41) = 3.220E-01, 6.930E+03;
CSZ(1, 42) = 3.220E-01, 6.930E+03;
CSZ(1, 43) = 3.220E-01, 2.600E+03;
CSZ(1, 44) = 3.220E-01, 2.600E+03;
CSZ(1, 45) = 3.220E-01, 1.740E+03;
CSZ(1, 46) = 3.220E-01, 1.730E+03;

CSZ(1, 47) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 48) = 3.220E-01, 3.460E+03;
CSZ(1, 49) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 50) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 51) = 3.220E-01, 4.340E+03;
CSZ(1, 52) = 3.220E-01, 4.330E+03;
CSZ(1, 53) = 3.220E-01, 6.070E+03;
CSZ(1, 54) = 3.220E-01, 6.060E+03;
CSZ(1, 55) = 3.220E-01, 6.940E+03;
CSZ(1, 56) = 3.220E-01, 6.930E+03;
CSZ(1, 57) = 4.170E-01, 4.930E+03;
CSZ(1, 58) = 4.170E-01, 4.930E+03;
CSZ(1, 59) = 4.170E-01, 4.930E+03;
CSZ(1, 60) = 4.170E-01, 4.930E+03;
CSZ(1, 61) = 4.170E-01, 5.480E+03;
CSZ(1, 62) = 4.170E-01, 5.480E+03;
CSZ(1, 63) = 4.170E-01, 4.480E+03;
CSZ(1, 64) = 4.170E-01, 5.480E+03;
CSZ(1, 65) = 4.170E-01, 5.480E+03;
CSZ(1, 66) = 4.170E-01, 5.480E+03;
CSZ(1, 67) = 4.170E-01, 5.480E+03;
CSZ(1, 68) = 4.170E-01, 5.480E+03;
CSZ(1, 69) = 3.220E-01, 2.600E+03;
CSZ(1, 70) = 3.220E-01, 1.730E+03;
CSZ(1, 71) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 72) = 3.220E-01, 3.470E+03;
CSZ(1, 73) = 3.220E-01, 4.330E+03;
CSZ(1, 74) = 3.220E-01, 6.060E+03;
CSZ(1, 75) = 3.220E-01, 6.930E+03;
CSZ(1, 76) = 4.170E-01, 4.890E+03;
CSZ(1, 77) = 4.170E-01, 5.430E+02;
CSZ(1, 78) = 4.170E-01, 5.430E+02;
CSZ(1, 79) = 3.220E-01, 3.390E+02;
CSZ(1, 80) = 3.150E-01, 2.260E+02;
CSZ(1, 81) = 3.220E-01, 4.520E+02;
CSZ(1, 82) = 3.220E-01, 4.520E+02;
CSZ(1, 83) = 3.220E-01, 5.650E+02;
CSZ(1, 84) = 3.220E-01, 7.910E+02;
CSZ(1, 85) = 3.220E-01, 9.040E+02;
CSZ(1, 86) = 4.170E-01, 7.820E+02;
CSZ(1, 87) = 4.170E-01, 8.690E+02;
CSZ(1, 88) = 4.170E-01, 8.690E+02;
CSZ(1, 89) = 3.220E-01, 4.100E+02;
CSZ(1, 90) = 3.220E-01, 2.740E+02;
CSZ(1, 91) = 3.220E-01, 5.470E+02;
CSZ(1, 92) = 3.220E-01, 5.470E+02;

CSZ(1, 93) = 3.220E-01, 6.840E+02;
CSZ(1, 94) = 3.220E-01, 9.570E+02;
CSZ(1, 95) = 3.220E-01, 1.100E+03;
CSZ(1, 96) = 4.170E-01, 9.750E+02;
CSZ(1, 97) = 4.170E-01, 1.080E+03;
CSZ(1, 98) = 4.170E-01, 1.080E+03;
CSZ(1, 99) = 1.150E+00, 1.660E+03;
CSZ(1, 100) = 1.150E+00, 2.010E+03;
CSZ(1, 101) = 1.150E+00, 1.760E+03;
CSZ(1, 102) = 1.150E+00, 1.800E+03;
CSZ(1, 103) = 1.150E+00, 2.180E+03;
CSZ(1, 104) = 1.150E+00, 1.910E+03;
CSZ(1, 105) = 1.150E+00, 1.940E+03;
CSZ(1, 106) = 1.150E+00, 2.350E+03;
CSZ(1, 107) = 1.150E+00, 2.050E+03;
CSZ(1, 108) = 1.150E+00, 2.080E+03;
CSZ(1, 109) = 1.150E+00, 2.520E+03;
CSZ(1, 110) = 1.150E+00, 2.200E+03;
CSZ(1, 111) = 7.500E-01, 6.090E+01;
CSZ(1, 112) = 7.500E-01, 6.090E+01;
CSZ(1, 113) = 7.500E-01, 6.090E+01;
CSZ(1, 114) = 7.500E-01, 6.090E+01;
CSZ(1, 115) = 7.500E-01, 3.660E+02;
CSZ(1, 116) = 7.500E-01, 3.660E+02;
CSZ(1, 117) = 7.500E-01, 3.660E+02;
CSZ(1, 118) = 7.500E-01, 3.660E+02;
CSZ(1, 119) = 7.500E-01, 7.310E+02;
CSZ(1, 120) = 7.500E-01, 7.310E+02;
CSZ(1, 121) = 7.500E-01, 7.310E+02;
CSZ(1, 122) = 7.500E-01, 7.310E+02;

};

BlockData =

{ BlockName = "PSY1002";
NCYCL(1, 1) = 5, 14;
NCYCL(1, 2) = 5, 14;
NCYCL(1, 3) = 5, 14;
NCYCL(1, 4) = 5, 14;
NCYCL(1, 5) = 5, 14;
NCYCL(1, 6) = 5, 14;
NCYCL(1, 7) = 5, 14;
NCYCL(1, 8) = 5, 14;
NCYCL(1, 9) = 5, 14;
NCYCL(1, 10) = 5, 14;
NCYCL(1, 11) = 5, 14;
NCYCL(1, 12) = 5, 14;

NCYCL(1, 13) = 5, 14;
NCYCL(1, 14) = 5, 14;
NCYCL(1, 15) = 5, 14;
NCYCL(1, 16) = 5, 14;
NCYCL(1, 17) = 5, 14;
NCYCL(1, 18) = 5, 14;
NCYCL(1, 19) = 5, 14;
NCYCL(1, 20) = 5, 14;
NCYCL(1, 21) = 5, 14;
NCYCL(1, 22) = 5, 14;
NCYCL(1, 23) = 5, 14;
NCYCL(1, 24) = 5, 14;
NCYCL(1, 25) = 5, 14;
NCYCL(1, 26) = 5, 14;
NCYCL(1, 27) = 5, 14;
NCYCL(1, 28) = 5, 14;
NCYCL(1, 29) = 5, 14;
NCYCL(1, 30) = 5, 14;
NCYCL(1, 31) = 5, 14;
NCYCL(1, 32) = 5, 14;
NCYCL(1, 33) = 5, 14;
NCYCL(1, 34) = 5, 14;
NCYCL(1, 35) = 5, 14;
NCYCL(1, 36) = 5, 14;
NCYCL(1, 37) = 5, 14;
NCYCL(1, 38) = 5, 14;
NCYCL(1, 39) = 5, 14;
NCYCL(1, 40) = 5, 14;
NCYCL(1, 41) = 5, 14;
NCYCL(1, 42) = 5, 14;
NCYCL(1, 43) = 5, 14;
NCYCL(1, 44) = 5, 14;
NCYCL(1, 45) = 5, 14;
NCYCL(1, 46) = 5, 14;
NCYCL(1, 47) = 5, 14;
NCYCL(1, 48) = 5, 14;
NCYCL(1, 49) = 5, 14;
NCYCL(1, 50) = 5, 14;
NCYCL(1, 51) = 5, 14;
NCYCL(1, 52) = 5, 14;
NCYCL(1, 53) = 5, 14;
NCYCL(1, 54) = 5, 14;
NCYCL(1, 55) = 5, 14;
NCYCL(1, 56) = 5, 14;
NCYCL(1, 57) = 5, 14;
NCYCL(1, 58) = 5, 14;


```

NCYCL(1, 59) = 5, 14;
NCYCL(1, 60) = 5, 14;
NCYCL(1, 61) = 5, 14;
NCYCL(1, 62) = 5, 14;
NCYCL(1, 63) = 5, 14;
NCYCL(1, 64) = 5, 14;
NCYCL(1, 65) = 5, 14;
NCYCL(1, 66) = 5, 14;
NCYCL(1, 67) = 5, 14;
NCYCL(1, 68) = 5, 14;
NCYCL(1, 69) = 5, 14;
NCYCL(1, 70) = 5, 14;
NCYCL(1, 71) = 5, 14;
NCYCL(1, 72) = 5, 14;
NCYCL(1, 73) = 5, 14;
NCYCL(1, 74) = 5, 14;
NCYCL(1, 75) = 5, 14;
NCYCL(1, 76) = 5, 14;
NCYCL(1, 77) = 5, 14;
NCYCL(1, 78) = 5, 14;
NCYCL(1, 79) = 5, 14;
NCYCL(1, 80) = 5, 14;
NCYCL(1, 81) = 5, 14;
NCYCL(1, 82) = 5, 14;
NCYCL(1, 83) = 5, 14;
NCYCL(1, 84) = 5, 14;
NCYCL(1, 85) = 5, 14;
NCYCL(1, 86) = 5, 14;
NCYCL(1, 87) = 5, 14;
NCYCL(1, 88) = 5, 14;
NCYCL(1, 89) = 5, 14;
NCYCL(1, 90) = 5, 14;
NCYCL(1, 91) = 5, 14;
NCYCL(1, 92) = 5, 14;
NCYCL(1, 93) = 5, 14;
NCYCL(1, 94) = 5, 14;
NCYCL(1, 95) = 5, 14;
NCYCL(1, 96) = 5, 14;
NCYCL(1, 97) = 5, 14;
NCYCL(1, 98) = 5, 14;
NCYCL(1, 99) = 5, 14;
NCYCL(1, 100) = 5, 14;
NCYCL(1, 101) = 5, 14;
NCYCL(1, 102) = 5, 14;
NCYCL(1, 103) = 5, 14;
NCYCL(1, 104) = 5, 14;

```

```

NCYCL(1, 105) = 5, 14;
NCYCL(1, 106) = 5, 14;
NCYCL(1, 107) = 5, 14;
NCYCL(1, 108) = 5, 14;
NCYCL(1, 109) = 5, 14;
NCYCL(1, 110) = 5, 14;
NCYCL(1, 111) = 5, 14;
NCYCL(1, 112) = 5, 14;
NCYCL(1, 113) = 5, 14;
NCYCL(1, 114) = 5, 14;
NCYCL(1, 115) = 5, 14;
NCYCL(1, 116) = 5, 14;
NCYCL(1, 117) = 5, 14;
NCYCL(1, 118) = 5, 14;
NCYCL(1, 119) = 5, 14;
NCYCL(1, 120) = 5, 14;
NCYCL(1, 121) = 5, 14;
NCYCL(1, 122) = 5, 14;

```

```
);
```

```
BlockData =
```

```
{ BlockName = "PSY1003";
```

```

ZR ( 1) = 39.0, 25.5, 35.0, 15.0, 15.0;
ZR ( 6) = 15.0, 15.0, 15.0, 18.0, 17.0;
ZR (11) = 13.0, 41.5, 38.5, 36.0, 31.0;
IRC(1, 1, 1) = 4, 4;
IRC(1, 2, 1) = 2, 2;
IRC(1, 1, 2) = 5, 5;
IRC(1, 2, 2) = 2, 2;
IRC(1, 1, 3) = 6, 6;
IRC(1, 2, 3) = 2, 2;
IRC(1, 1, 4) = 7, 7;
IRC(1, 2, 4) = 2, 2;
IRC(1, 1, 5) = 8, 8;
IRC(1, 2, 5) = 2, 2;
IRC(1, 1, 6) = 9, 9;
IRC(1, 2, 6) = 2, 2;
IRC(1, 1, 7) = 4, 4;
IRC(1, 2, 7) = 4, 4;
IRC(1, 1, 8) = 5, 5;
IRC(1, 2, 8) = 4, 4;
IRC(1, 1, 9) = 6, 6;
IRC(1, 2, 9) = 4, 4;
IRC(1, 1, 10) = 7, 7;
IRC(1, 2, 10) = 4, 4;
IRC(1, 1, 11) = 8, 8;

```

IRC(1, 2, 11) = 4, 4;
IRC(1, 1, 12) = 9, 9;
IRC(1, 2, 12) = 4, 4;
IRC(1, 1, 13) = 4, 4;
IRC(1, 2, 13) = 5, 5;
IRC(1, 1, 14) = 5, 5;
IRC(1, 2, 14) = 5, 5;
IRC(1, 1, 15) = 6, 6;
IRC(1, 2, 15) = 5, 5;
IRC(1, 1, 16) = 7, 7;
IRC(1, 2, 16) = 5, 5;
IRC(1, 1, 17) = 8, 8;
IRC(1, 2, 17) = 5, 5;
IRC(1, 1, 18) = 9, 9;
IRC(1, 2, 18) = 5, 5;
IRC(1, 1, 19) = 4, 4;
IRC(1, 2, 19) = 6, 6;
IRC(1, 1, 20) = 5, 5;
IRC(1, 2, 20) = 6, 6;
IRC(1, 1, 21) = 6, 6;
IRC(1, 2, 21) = 6, 6;
IRC(1, 1, 22) = 7, 7;
IRC(1, 2, 22) = 6, 6;
IRC(1, 1, 23) = 8, 8;
IRC(1, 2, 23) = 6, 6;
IRC(1, 1, 24) = 9, 9;
IRC(1, 2, 24) = 6, 6;
IRC(1, 1, 25) = 4, 4;
IRC(1, 2, 25) = 8, 8;
IRC(1, 1, 26) = 5, 5;
IRC(1, 2, 26) = 8, 8;
IRC(1, 1, 27) = 6, 6;
IRC(1, 2, 27) = 8, 8;
IRC(1, 1, 28) = 7, 7;
IRC(1, 2, 28) = 8, 8;
IRC(1, 1, 29) = 8, 8;
IRC(1, 2, 29) = 8, 8;
IRC(1, 1, 30) = 9, 9;
IRC(1, 2, 30) = 8, 8;
IRC(1, 1, 31) = 4, 4;
IRC(1, 2, 31) = 9, 9;
IRC(1, 1, 32) = 5, 5;
IRC(1, 2, 32) = 9, 9;
IRC(1, 1, 33) = 6, 6;
IRC(1, 2, 33) = 9, 9;
IRC(1, 1, 34) = 7, 7;

IRC(1, 2, 34) = 9, 9;
IRC(1, 1, 35) = 8, 8;
IRC(1, 2, 35) = 9, 9;
IRC(1, 1, 36) = 9, 9;
IRC(1, 2, 36) = 9, 9;
IRC(1, 1, 37) = 4, 4;
IRC(1, 2, 37) = 10, 10;
IRC(1, 1, 38) = 5, 5;
IRC(1, 2, 38) = 10, 10;
IRC(1, 1, 39) = 6, 6;
IRC(1, 2, 39) = 10, 10;
IRC(1, 1, 40) = 7, 7;
IRC(1, 2, 40) = 10, 10;
IRC(1, 1, 41) = 8, 8;
IRC(1, 2, 41) = 10, 10;
IRC(1, 1, 42) = 9, 9;
IRC(1, 2, 42) = 10, 10;
IRC(1, 1, 43) = 3, 3;
IRC(1, 2, 43) = 2, 2;
IRC(1, 1, 44) = 10, 11;
IRC(1, 2, 44) = 2, 2;
IRC(1, 1, 45) = 3, 3;
IRC(1, 2, 45) = 4, 4;
IRC(1, 1, 46) = 10, 11;
IRC(1, 2, 46) = 4, 4;
IRC(1, 1, 47) = 3, 3;
IRC(1, 2, 47) = 5, 5;
IRC(1, 1, 48) = 10, 11;
IRC(1, 2, 48) = 5, 5;
IRC(1, 1, 49) = 3, 3;
IRC(1, 2, 49) = 6, 6;
IRC(1, 1, 50) = 10, 11;
IRC(1, 2, 50) = 6, 6;
IRC(1, 1, 51) = 3, 3;
IRC(1, 2, 51) = 8, 8;
IRC(1, 1, 52) = 10, 11;
IRC(1, 2, 52) = 8, 8;
IRC(1, 1, 53) = 3, 3;
IRC(1, 2, 53) = 9, 9;
IRC(1, 1, 54) = 10, 11;
IRC(1, 2, 54) = 9, 9;
IRC(1, 1, 55) = 3, 3;
IRC(1, 2, 55) = 10, 10;
IRC(1, 1, 56) = 10, 11;
IRC(1, 2, 56) = 10, 10;
IRC(1, 1, 57) = 3, 3;

IRC(1, 2, 57) = 11, 11;
IRC(1, 1, 58) = 4, 6;
IRC(1, 2, 58) = 11, 11;
IRC(1, 1, 59) = 7, 9;
IRC(1, 2, 59) = 11, 11;
IRC(1, 1, 60) = 10, 11;
IRC(1, 2, 60) = 11, 11;
IRC(1, 1, 61) = 3, 3;
IRC(1, 2, 61) = 12, 12;
IRC(1, 1, 62) = 4, 6;
IRC(1, 2, 62) = 12, 12;
IRC(1, 1, 63) = 7, 9;
IRC(1, 2, 63) = 12, 12;
IRC(1, 1, 64) = 10, 11;
IRC(1, 2, 64) = 12, 12;
IRC(1, 1, 65) = 3, 3;
IRC(1, 2, 65) = 13, 13;
IRC(1, 1, 66) = 4, 6;
IRC(1, 2, 66) = 13, 13;
IRC(1, 1, 67) = 7, 9;
IRC(1, 2, 67) = 13, 13;
IRC(1, 1, 68) = 10, 11;
IRC(1, 2, 68) = 13, 13;
IRC(1, 1, 69) = 12, 14;
IRC(1, 2, 69) = 2, 2;
IRC(1, 1, 70) = 12, 14;
IRC(1, 2, 70) = 4, 4;
IRC(1, 1, 71) = 12, 14;
IRC(1, 2, 71) = 5, 5;
IRC(1, 1, 72) = 12, 14;
IRC(1, 2, 72) = 6, 6;
IRC(1, 1, 73) = 12, 14;
IRC(1, 2, 73) = 8, 8;
IRC(1, 1, 74) = 12, 14;
IRC(1, 2, 74) = 9, 9;
IRC(1, 1, 75) = 12, 14;
IRC(1, 2, 75) = 10, 10;
IRC(1, 1, 76) = 12, 14;
IRC(1, 2, 76) = 11, 11;
IRC(1, 1, 77) = 12, 14;
IRC(1, 2, 77) = 12, 12;
IRC(1, 1, 78) = 12, 14;
IRC(1, 2, 78) = 13, 13;
IRC(1, 1, 79) = 1, 2;
IRC(1, 2, 79) = 2, 2;
IRC(1, 1, 80) = 1, 2;

IRC(1, 2, 80) = 4, 4;
IRC(1, 1, 81) = 1, 2;
IRC(1, 2, 81) = 5, 5;
IRC(1, 1, 82) = 1, 2;
IRC(1, 2, 82) = 6, 6;
IRC(1, 1, 83) = 1, 2;
IRC(1, 2, 83) = 8, 8;
IRC(1, 1, 84) = 1, 2;
IRC(1, 2, 84) = 9, 9;
IRC(1, 1, 85) = 1, 2;
IRC(1, 2, 85) = 10, 10;
IRC(1, 1, 86) = 1, 2;
IRC(1, 2, 86) = 11, 11;
IRC(1, 1, 87) = 1, 2;
IRC(1, 2, 87) = 12, 12;
IRC(1, 1, 88) = 1, 2;
IRC(1, 2, 88) = 13, 13;
IRC(1, 1, 89) = 15, 15;
IRC(1, 2, 89) = 2, 2;
IRC(1, 1, 90) = 15, 15;
IRC(1, 2, 90) = 4, 4;
IRC(1, 1, 91) = 15, 15;
IRC(1, 2, 91) = 5, 5;
IRC(1, 1, 92) = 15, 15;
IRC(1, 2, 92) = 6, 6;
IRC(1, 1, 93) = 15, 15;
IRC(1, 2, 93) = 8, 8;
IRC(1, 1, 94) = 15, 15;
IRC(1, 2, 94) = 9, 9;
IRC(1, 1, 95) = 15, 15;
IRC(1, 2, 95) = 10, 10;
IRC(1, 1, 96) = 15, 15;
IRC(1, 2, 96) = 11, 11;
IRC(1, 1, 97) = 15, 15;
IRC(1, 2, 97) = 12, 12;
IRC(1, 1, 98) = 15, 15;
IRC(1, 2, 98) = 13, 13;
IRC(1, 1, 99) = 1, 3;
IRC(1, 2, 99) = 14, 14;
IRC(1, 1, 100) = 4, 11;
IRC(1, 2, 100) = 14, 14;
IRC(1, 1, 101) = 12, 15;
IRC(1, 2, 101) = 14, 14;
IRC(1, 1, 102) = 1, 3;
IRC(1, 2, 102) = 15, 15;
IRC(1, 1, 103) = 4, 11;

```

IRC(1,2,103) = 15, 15;
IRC(1,1,104) = 12, 15;
IRC(1,2,104) = 15, 15;
IRC(1,1,105) = 1, 3;
IRC(1,2,105) = 16, 16;
IRC(1,1,106) = 4, 11;
IRC(1,2,106) = 16, 16;
IRC(1,1,107) = 12, 15;
IRC(1,2,107) = 16, 16;
IRC(1,1,108) = 1, 3;
IRC(1,2,108) = 17, 17;
IRC(1,1,109) = 4, 11;
IRC(1,2,109) = 17, 17;
IRC(1,1,110) = 12, 15;
IRC(1,2,110) = 17, 17;
IRC(1,1,111) = 1, 3;
IRC(1,2,111) = 1, 1;
IRC(1,1,112) = 4, 9;
IRC(1,2,112) = 1, 1;
IRC(1,1,113) = 10, 12;
IRC(1,2,113) = 1, 1;
IRC(1,1,114) = 13, 15;
IRC(1,2,114) = 1, 1;
IRC(1,1,115) = 1, 1;
IRC(1,2,115) = 3, 3;
IRC(1,1,116) = 2, 10;
IRC(1,2,116) = 3, 3;
IRC(1,1,117) = 11, 13;
IRC(1,2,117) = 3, 3;
IRC(1,1,118) = 14, 15;
IRC(1,2,118) = 3, 3;
IRC(1,1,119) = 1, 3;
IRC(1,2,119) = 7, 7;
IRC(1,1,120) = 4, 9;
IRC(1,2,120) = 7, 7;
IRC(1,1,121) = 10, 12;
IRC(1,2,121) = 7, 7;
IRC(1,1,122) = 13, 15;
IRC(1,2,122) = 7, 7;

```

};

BlockData =

```

{ BlockName = "PSY1004";
  DCO      = 0.7;
  DCOB     = 1.2;
  QQ ( 1)  = 217.0, 279.0, 320.0, 323.0, 292.0;

```

```

QQ ( 6) = 220.0, 195.0, 251.0, 288.0, 291.0;
QQ (11) = 263.0, 198.0, 189.0, 243.0, 279.0;
QQ (16) = 281.0, 254.0, 192.0, 174.0, 224.0;
QQ (21) = 257.0, 260.0, 235.0, 177.0, 158.0;
QQ (26) = 203.0, 233.0, 235.0, 212.0, 160.0;
QQ (31) = 163.0, 210.0, 241.0, 243.0, 220.0;
QQ (36) = 166.0, 125.0, 161.0, 185.0, 187.0;
QQ (41) = 169.0, 127.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (46) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (51) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (56) = 0.0, 0.0, 80.6, 82.6, 0.0;
QQ (61) = 0.0, 33.6, 34.5, 0.0, 0.0;
QQ (66) = 16.1, 16.5, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (71) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (76) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (81) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (86) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (91) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (96) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (101) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (106) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (111) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (116) = 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0;
QQ (121) = 0.0, 0.0;
ITAU ( 1) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
ITAD ( 1) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
ITB ( 1) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
ITB (21) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
ITB (41) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
ITB (61) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
ITB (81) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
ITB (101) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0;
ITB (121) = 0, 0;
IAOPT( 1) = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1;
IAOPT(21) = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1;
IAOPT(41) = 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0;
IAOPT(61) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0;
IAOPT(81) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0;
IAOPT(101) = 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0;
IAOPT(121) = 1, 1;
OMG ( 1) = 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00;
OMG (11) = 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00;
OMG (21) = 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00;
OMG (31) = 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00;
OMG (41) = 0.00, 0.00, 0.01, 0.00, 0.01, 0.00, 0.01, 0.00, 0.01, 0.00, 0.01;
OMG (51) = 0.01, 0.00, 0.01, 0.00, 0.01, 0.00, 0.01, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00;

```

```

OMG ( 61) = 0.01, 0.00, 0.00, 0.00, 0.01, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00;
OMG ( 71) = 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.01, 0.01;
OMG ( 81) = 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.00, 0.00;
OMG ( 91) = 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.01, 0.00;
OMG (101) = 0.00, 0.01, 0.00, 0.00, 0.01, 0.00, 0.00, 0.01, 0.00, 0.00;
OMG (111) = 0.01, 0.00, 0.00, 0.00, 0.01, 0.00, 0.00, 0.00, 0.01, 0.00;
OMG (121) = 0.00, 0.00;

```

```
};
```

```
BlockData =
```

```
{ BlockName = "PSY1005";
```

```

ISRE      = 1;
ISTOP     = 0;
IBRN      = 21;
IBR ( 1)  = 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66;
IBR (11)  = 67, 68, 76, 77, 78, 86, 87, 88, 96, 97;
IBR (21)  = 98;
IFOPT     = 0;
IFCD      = 1;
NRCF      = 12;
NCYCLF(1, 1) = 57, 57;
NCYCLF(1, 2) = 2, 2;
NCYCLF(1, 3) = 57, 57;
NCYCLF(1, 4) = 2, 2;
NCYCLF(1, 5) = 57, 57;
NCYCLF(1, 6) = 2, 2;
NCYCLF(1, 7) = 57, 57;
NCYCLF(1, 8) = 2, 2;
NCYCLF(1, 9) = 57, 57;
NCYCLF(1,10) = 2, 2;
NCYCLF(1,11) = 57, 57;
NCYCLF(1,12) = 2, 2;
CSZF ( 1)  = 12.40, 1.17, 37.30, 3.50, 37.30;
CSZF ( 6)  = 3.50, 74.50, 7.01, 37.30, 3.50;
CSZF (11)  = 37.30, 3.50;
YLCF ( 1)  = 100.00, 100.00, 100.00, 100.00, 100.00;
YLCF ( 6)  = 100.00, 100.00, 100.00, 100.00, 100.00;
YLCF (11)  = 100.00, 100.00;
VMCF ( 1)  = 416.50, 36.70, 1249.50, 110.10, 1249.50;
VMCF ( 6)  = 110.10, 2499.00, 220.00, 1249.50, 110.10;
VMCF (11)  = 1249.50, 110.10;
NTAUL(1, 1) = 60, 60;
NTAUL(1, 2) = 60, 60;
NTAUL(1, 3) = 60, 60;
NTAUL(1, 4) = 60, 60;
NTAUL(1, 5) = 60, 60;

```

```

NTAUL(1, 6) = 60, 60;
NTAUL(1, 7) = 60, 60;
NTAUL(1, 8) = 60, 60;
NTAUL(1, 9) = 60, 60;
NTAUL(1,10) = 60, 60;
NTAUL(1,11) = 60, 60;
NTAUL(1,12) = 60, 60;
NTAUL(1,13) = 60, 60;
NTAUL(1,14) = 60, 60;
NTAUL(1,15) = 60, 60;
NTAUL(1,16) = 60, 60;
NTAUL(1,17) = 60, 60;
NTADL(1, 1) = 60, 60;
NTADL(1, 2) = 60, 60;
NTADL(1, 3) = 60, 60;
NTADL(1, 4) = 60, 60;
NTADL(1, 5) = 60, 60;
NTADL(1, 6) = 60, 60;
NTADL(1, 7) = 60, 60;
NTADL(1, 8) = 60, 60;
NTADL(1, 9) = 60, 60;
NTADL(1,10) = 60, 60;
NTADL(1,11) = 60, 60;
NTADL(1,12) = 60, 60;
NTADL(1,13) = 60, 60;
NTADL(1,14) = 60, 60;
NTADL(1,15) = 60, 60;
NTADL(1,16) = 60, 60;
NTADL(1,17) = 60, 60;
NTBL(1, 1)  = 60, 60;
NTBL(1, 2)  = 60, 60;
NTBL(1, 3)  = 60, 60;
NTBL(1, 4)  = 60, 60;
NTBL(1, 5)  = 60, 60;
NTBL(1, 6)  = 60, 60;
NTBL(1, 7)  = 60, 60;
NTBL(1, 8)  = 60, 60;
NTBL(1, 9)  = 60, 60;
NTBL(1,10)  = 60, 60;
NTBL(1,11)  = 60, 60;
NTBL(1,12)  = 60, 60;
NTBL(1,13)  = 60, 60;
NTBL(1,14)  = 60, 60;
NTBL(1,15)  = 60, 60;
NTBL(1,16)  = 60, 60;
NTBL(1,17)  = 60, 60;

```

NTBL (1, 18) = 60, 60;
NTBL (1, 19) = 60, 60;
NTBL (1, 20) = 60, 60;
NTBL (1, 21) = 60, 60;
NTBL (1, 22) = 60, 60;
NTBL (1, 23) = 60, 60;
NTBL (1, 24) = 60, 60;
NTBL (1, 25) = 60, 60;
NTBL (1, 26) = 60, 60;
NTBL (1, 27) = 60, 60;
NTBL (1, 28) = 60, 60;
NTBL (1, 29) = 60, 60;
NTBL (1, 30) = 60, 60;
NTBL (1, 31) = 60, 60;
NTBL (1, 32) = 60, 60;
NTBL (1, 33) = 60, 60;
NTBL (1, 34) = 60, 60;
NTBL (1, 35) = 60, 60;
NTBL (1, 36) = 60, 60;
NTBL (1, 37) = 60, 60;
NTBL (1, 38) = 60, 60;
NTBL (1, 39) = 60, 60;
NTBL (1, 40) = 60, 60;
NTBL (1, 41) = 60, 60;
NTBL (1, 42) = 60, 60;
NTBL (1, 43) = 60, 60;
NTBL (1, 44) = 60, 60;
NTBL (1, 45) = 60, 60;
NTBL (1, 46) = 60, 60;
NTBL (1, 47) = 60, 60;
NTBL (1, 48) = 60, 60;
NTBL (1, 49) = 60, 60;
NTBL (1, 50) = 60, 60;
NTBL (1, 51) = 60, 60;
NTBL (1, 52) = 60, 60;
NTBL (1, 53) = 60, 60;
NTBL (1, 54) = 60, 60;
NTBL (1, 55) = 60, 60;
NTBL (1, 56) = 60, 60;
NTBL (1, 57) = 60, 60;
NTBL (1, 58) = 60, 60;
NTBL (1, 59) = 60, 60;
NTBL (1, 60) = 60, 60;
NTBL (1, 61) = 60, 60;
NTBL (1, 62) = 60, 60;
NTBL (1, 63) = 60, 60;

NTBL (1, 64) = 60, 60;
NTBL (1, 65) = 60, 60;
NTBL (1, 66) = 60, 60;
NTBL (1, 67) = 60, 60;
NTBL (1, 68) = 60, 60;
NTBL (1, 69) = 60, 60;
NTBL (1, 70) = 60, 60;
NTBL (1, 71) = 60, 60;
NTBL (1, 72) = 60, 60;
NTBL (1, 73) = 60, 60;
NTBL (1, 74) = 60, 60;
NTBL (1, 75) = 60, 60;
NTBL (1, 76) = 60, 60;
NTBL (1, 77) = 60, 60;
NTBL (1, 78) = 60, 60;
NTBL (1, 79) = 60, 60;
NTBL (1, 80) = 60, 60;
NTBL (1, 81) = 60, 60;
NTBL (1, 82) = 60, 60;
NTBL (1, 83) = 60, 60;
NTBL (1, 84) = 60, 60;
NTBL (1, 85) = 60, 60;
NTBL (1, 86) = 60, 60;
NTBL (1, 87) = 60, 60;
NTBL (1, 88) = 60, 60;
NTBL (1, 89) = 60, 60;
NTBL (1, 90) = 60, 60;
NTBL (1, 91) = 60, 60;
NTBL (1, 92) = 60, 60;
NTBL (1, 93) = 60, 60;
NTBL (1, 94) = 60, 60;
NTBL (1, 95) = 60, 60;
NTBL (1, 96) = 60, 60;
NTBL (1, 97) = 60, 60;
NTBL (1, 98) = 60, 60;
NTBL (1, 99) = 60, 60;
NTBL (1, 100) = 60, 60;
NTBL (1, 101) = 60, 60;
NTBL (1, 102) = 60, 60;
NTBL (1, 103) = 60, 60;
NTBL (1, 104) = 60, 60;
NTBL (1, 105) = 60, 60;
NTBL (1, 106) = 60, 60;
NTBL (1, 107) = 60, 60;
NTBL (1, 108) = 60, 60;
NTBL (1, 109) = 60, 60;

```

NTBL(1,110) = 60, 60;
NTBL(1,111) = 60, 60;
NTBL(1,112) = 60, 60;
NTBL(1,113) = 60, 60;
NTBL(1,114) = 60, 60;
NTBL(1,115) = 60, 60;
NTBL(1,116) = 60, 60;
NTBL(1,117) = 60, 60;
NTBL(1,118) = 60, 60;
NTBL(1,119) = 60, 60;
NTBL(1,120) = 60, 60;
NTBL(1,121) = 60, 60;
NTBL(1,122) = 60, 60;
);

```

```
BlockData =
```

```
{ BlockName = "PSY1006";
```

```
NTC = 3;
```

```
ITC (1) = 1, 12, 13;
```

```

TCO( 1,1) = 379.0, 401.0, 427.0, 455.0, 482.0;
TCO( 6,1) = 506.0, 379.0, 400.0, 425.0, 453.0;
TCO(11,1) = 479.0, 503.0, 379.0, 401.0, 426.0;
TCO(16,1) = 454.0, 480.0, 504.0, 379.0, 401.0;
TCO(21,1) = 426.0, 453.0, 480.0, 504.0, 379.0;
TCO(26,1) = 399.0, 424.0, 451.0, 477.0, 500.0;
TCO(31,1) = 378.0, 396.0, 418.0, 442.0, 465.0;
TCO(36,1) = 485.0, 378.0, 395.0, 417.0, 440.0;
TCO(41,1) = 462.0, 482.0, 370.0, 518.0, 370.0;
TCO(46,1) = 514.0, 370.0, 516.0, 370.0, 515.0;
TCO(51,1) = 370.0, 511.0, 370.0, 495.0, 370.0;
TCO(56,1) = 491.0, 370.0, 386.0, 425.0, 443.0;
TCO(61,1) = 370.0, 384.0, 418.0, 434.0, 370.0;
TCO(66,1) = 385.0, 421.0, 438.0, 518.0, 514.0;
TCO(71,1) = 516.0, 515.0, 511.0, 495.0, 491.0;
TCO(76,1) = 443.0, 434.0, 437.0, 370.0, 370.0;
TCO(81,1) = 370.0, 370.0, 370.0, 370.0, 370.0;
TCO(86,1) = 370.0, 370.0, 370.0, 518.0, 514.0;
TCO(91,1) = 516.0, 515.0, 511.0, 495.0, 491.0;
TCO(96,1) = 443.0, 434.0, 437.0, 370.0, 447.0;
TCO(101,1) = 523.0, 370.0, 418.0, 466.0, 370.0;
TCO(106,1) = 404.0, 438.0, 370.0, 381.0, 392.0;
TCO(111,1) = 370.0, 429.0, 488.0, 488.0, 370.0;
TCO(116,1) = 419.0, 468.0, 468.0, 370.0, 429.0;
TCO(121,1) = 488.0, 488.0;
TCO( 1,2) = 388.0, 411.0, 439.0, 469.0, 498.0;
TCO( 6,2) = 524.0, 388.0, 410.0, 438.0, 467.0;

```

```

TCO(11,2) = 495.0, 521.0, 388.0, 411.0, 439.0;
TCO(16,2) = 468.0, 497.0, 522.0, 388.0, 411.0;
TCO(21,2) = 438.0, 467.0, 496.0, 521.0, 387.0;
TCO(26,2) = 409.0, 436.0, 465.0, 493.0, 518.0;
TCO(31,2) = 386.0, 406.0, 430.0, 455.0, 480.0;
TCO(36,2) = 502.0, 386.0, 405.0, 428.0, 453.0;
TCO(41,2) = 477.0, 498.0, 378.0, 537.0, 378.0;
TCO(46,2) = 533.0, 378.0, 535.0, 378.0, 534.0;
TCO(51,2) = 378.0, 530.0, 378.0, 512.0, 378.0;
TCO(56,2) = 508.0, 378.0, 395.0, 437.0, 456.0;
TCO(61,2) = 378.0, 393.0, 429.0, 446.0, 378.0;
TCO(66,2) = 394.0, 433.0, 451.0, 537.0, 533.0;
TCO(71,2) = 535.0, 534.0, 530.0, 512.0, 508.0;
TCO(76,2) = 456.0, 446.0, 450.0, 378.0, 378.0;
TCO(81,2) = 378.0, 378.0, 378.0, 378.0, 378.0;
TCO(86,2) = 378.0, 378.0, 378.0, 537.0, 533.0;
TCO(91,2) = 535.0, 534.0, 530.0, 512.0, 508.0;
TCO(96,2) = 456.0, 446.0, 450.0, 378.0, 460.0;
TCO(101,2) = 542.0, 378.0, 430.0, 481.0, 378.0;
TCO(106,2) = 415.0, 451.0, 378.0, 390.0, 402.0;
TCO(111,2) = 378.0, 442.0, 505.0, 505.0, 378.0;
TCO(116,2) = 431.0, 483.0, 483.0, 378.0, 442.0;
TCO(121,2) = 505.0, 505.0;
TCO( 1,3) = 407.0, 430.0, 458.5, 489.0, 518.0;
TCO( 6,3) = 544.5, 407.0, 429.5, 457.0, 487.0;
TCO(11,3) = 515.0, 541.0, 407.0, 430.0, 458.0;
TCO(16,3) = 488.0, 516.5, 542.5, 407.0, 430.0;
TCO(21,3) = 457.5, 487.0, 515.5, 541.5, 406.5;
TCO(26,3) = 428.5, 455.5, 484.5, 512.5, 538.0;
TCO(31,3) = 405.5, 425.0, 449.0, 475.0, 499.5;
TCO(36,3) = 521.5, 405.5, 424.5, 447.5, 472.5;
TCO(41,3) = 496.5, 518.0, 397.0, 557.0, 397.0;
TCO(46,3) = 553.0, 397.0, 555.0, 397.0, 554.0;
TCO(51,3) = 397.0, 550.0, 397.0, 532.0, 397.0;
TCO(56,3) = 528.0, 397.0, 414.3, 456.5, 476.0;
TCO(61,3) = 397.0, 412.2, 448.7, 466.0, 397.0;
TCO(66,3) = 412.8, 452.0, 470.2, 557.0, 553.0;
TCO(71,3) = 555.0, 554.0, 550.0, 532.0, 528.0;
TCO(76,3) = 476.0, 466.0, 470.0, 397.0, 397.0;
TCO(81,3) = 397.0, 397.0, 397.0, 397.0, 397.0;
TCO(86,3) = 397.0, 397.0, 397.0, 557.0, 553.0;
TCO(91,3) = 555.0, 554.0, 550.0, 532.0, 528.0;
TCO(96,3) = 476.0, 466.0, 470.0, 397.0, 480.0;
TCO(101,3) = 562.0, 397.0, 449.0, 501.0, 397.0;
TCO(106,3) = 434.0, 471.0, 397.0, 409.0, 421.0;
TCO(111,3) = 397.0, 461.0, 525.0, 525.0, 397.0;

```

QAD-CGプログラム中間入力データ例

```

BlockData =
{ BlockName = "A-B_Card";
  ID          = "もんじゅ R-201室 小配管 No.01      小配管 [No.01-No.14]";
  MAT         = 16;      ## ケースタイトル
  NCOMP       = 11;     ## 計算で使用する元素の数 (1≤MAT≤20)
  NREG        = 1;      ## 告げ物質の数 (1≤NCOMP≤20)
  NRGY        = 7;      ## Geometry入力オプション
  NBOUND      = 0;      ## ガンマ線エネルギー群数 (1≤NRGY≤30)
  NSOPT       = 0;      ## 結合Geometryオプション
  NZSO        = 5;      ## 線源の形状
  ISRC        = 1;      ## =0;円柱
  INEUT       = 0;      ## =1;直方体
  NGPF        = 1;      ## =2;球
  NGPL        = 100;    ## 線源領域を含む領域数
  NGPI        = 20;    ## 線源のタイプ
  NGINT       = 0;      ## =0;以前のケースと同じ
  NST         = 3;      ## =1;余弦分割線源ケース
  NOCP        = 1;      ## =2;重みつけ計算
  ## 中性子モーメントデータセットの数
  ## 印刷の先頭線源番号
  ## 印刷の最終線源番号
  ## 印刷の線源間隔
  ## 二次ガンマ線の数
  ## 線源の形状
  ## =1;直方体
  ## =2;箱
  ## =3;円柱
  ## 線源領域番号
};

BlockData =
{ BlockName = "D-F.3_Card";
  LA          = 0;      ## 半径方向の線源分割数 (1≤LA≤200)
  MA          = -1;    ## 軸方向の線源分割数 (1≤MA≤200)
  NA          = 72;    ## θ方向の線源分割数 (1≤NA≤200)
  ## = 0;面線源とする。
  ## =-1;10cm間隔でメッシュ生成する。
  RADI1      = 3.9530E+01; ## 半径方向の最小値
  RADI       = 3.9530E+01; ## 半径方向の最大値
  PHI1       = 0.0000E+00; ##
  PHI2       = 0.0000E+00; ##
  BAS(1)     = 6.0000E+02, 4.4570E+02, 3.1900E+03;
  ## X, Y, Z方向の線源座標
};

```

```

VA(1)       = 3.4889E+02, 0.0000E+00, 0.0000E+00;
## X, Y, Zの線源高さ
};

BlockData =
{ BlockName = "CGA_Card";
  IVOPT      = 0;      ## QADの入力として、0 をセット
  IDBG       = 0;      ## QADの入力として、0 をセット
  JTY        = "もんじゅ R-202室 '97/02/14 モデル作成";
  ## 幾何形状の名称
};

BlockData =
{ BlockName = "CGB_Card";
  GOPT( 1)   = "RCC"; GNAM( 1) = "0";
  GEOM(1, 1) = -393.00, 808.50, 2540.00, 0.00, 0.00, 843.00, 50.00;
  GOPT( 2)   = "RCC"; GNAM( 2) = "0";
  GEOM(1, 2) = -393.00, 808.50, 2541.60, 0.00, 0.00, 839.80, 48.40;
  GOPT( 3)   = "RCC"; GNAM( 3) = "0";
  GEOM(1, 3) = -393.00, 808.50, 2541.60, 0.00, 0.00, 575.40, 48.40;
  GOPT( 4)   = "RCC"; GNAM( 4) = "1";
  GEOM(1, 4) = 600.00, 445.70, 3190.00, 350.00, 0.00, 0.00, 40.64;
  GOPT( 5)   = "RCC"; GNAM( 5) = "1";
  GEOM(1, 5) = 600.00, 445.70, 3190.00, 348.89, 0.00, 0.00, 39.53;
  GOPT( 6)   = "RCC"; GNAM( 6) = "2";
  GEOM(1, 6) = 600.00, 405.06, 3190.00, 0.00, 284.44, 0.00, 40.64;
  GOPT( 7)   = "RCC"; GNAM( 7) = "2";
  GEOM(1, 7) = 600.00, 406.17, 3190.00, 0.00, 283.33, 0.00, 39.53;
  GOPT( 8)   = "RCC"; GNAM( 8) = "3";
  GEOM(1, 8) = 559.36, 689.50, 3190.00, 485.64, 0.00, 0.00, 40.64;
  GOPT( 9)   = "RCC"; GNAM( 9) = "3";
  GEOM(1, 9) = 560.47, 689.50, 3190.00, 484.53, 0.00, 0.00, 39.53;
  GOPT(10)   = "RCC"; GNAM(10) = "4";
  GEOM(1,10) = 1045.00, 648.86, 3190.00, 0.00, 390.64, 0.00, 40.64;
  GOPT(11)   = "RCC"; GNAM(11) = "4";
  GEOM(1,11) = 1045.00, 649.97, 3190.00, 0.00, 389.53, 0.00, 39.53;
  GOPT(12)   = "RCC"; GNAM(12) = "5";
  GEOM(1,12) = 475.00, 1039.50, 3190.00, 610.64, 0.00, 0.00, 40.64;
  GOPT(13)   = "RCC"; GNAM(13) = "5";
  GEOM(1,13) = 475.00, 1039.50, 3190.00, 609.53, 0.00, 0.00, 39.53;
  GOPT(14)   = "RCC"; GNAM(14) = "6";
  GEOM(1,14) = 475.00, 745.56, 3190.00, 0.00, 334.58, 0.00, 40.64;
  GOPT(15)   = "RCC"; GNAM(15) = "6";
  GEOM(1,15) = 475.00, 745.56, 3190.00, 0.00, 333.47, 0.00, 39.53;
  GOPT(16)   = "RCC"; GNAM(16) = "7";
  GEOM(1,16) = 267.34, 649.14, 3190.00, 227.98, 131.62, 0.00, 40.64;
};

```


GOPT(17) = "RCC"; GNAM(17) = "7";
 GEOM(1, 17) = 267.34, 649.14, 3190.00, 227.98, 131.62, 0.00, 39.53;
 GOPT(18) = "RCC"; GNAM(18) = "8";
 GEOM(1, 18) = 145.00, 578.50, 2488.00, 0.00, 0.00, 232.50, 40.64;
 GOPT(19) = "RCC"; GNAM(19) = "8";
 GEOM(1, 19) = 145.00, 578.50, 2488.00, 0.00, 0.00, 232.50, 39.53;
 GOPT(20) = "RCC"; GNAM(20) = "9";
 GEOM(1, 20) = 145.00, 537.86, 2488.00, 0.00, 435.64, 0.00, 40.64;
 GOPT(21) = "RCC"; GNAM(21) = "9";
 GEOM(1, 21) = 145.00, 538.97, 2488.00, 0.00, 434.53, 0.00, 39.53;
 GOPT(22) = "RCC"; GNAM(22) = "10";
 GEOM(1, 22) = 145.00, 973.50, 2447.36, 0.00, 0.00, 790.28, 40.64;
 GOPT(23) = "RCC"; GNAM(23) = "10";
 GEOM(1, 23) = 145.00, 973.50, 2448.47, 0.00, 0.00, 788.06, 39.53;
 GOPT(24) = "RCC"; GNAM(24) = "11";
 GEOM(1, 24) = -563.00, 973.50, 3197.00, 708.00, 0.00, 0.00, 40.64;
 GOPT(25) = "RCC"; GNAM(25) = "11";
 GEOM(1, 25) = -563.00, 973.50, 3197.00, 708.00, 0.00, 0.00, 39.53;
 GOPT(26) = "RCC"; GNAM(26) = "12";
 GEOM(1, 26) = -563.00, 973.50, 2513.00, 0.00, 0.00, 724.64, 40.64;
 GOPT(27) = "RCC"; GNAM(27) = "12";
 GEOM(1, 27) = -563.00, 973.50, 2513.00, 0.00, 0.00, 723.53, 39.53;
 GOPT(28) = "RCC"; GNAM(28) = "13";
 GEOM(1, 28) = -563.00, 528.50, 2513.00, 0.00, 485.64, 0.00, 40.64;
 GOPT(29) = "RCC"; GNAM(29) = "13";
 GEOM(1, 29) = -563.00, 528.50, 2513.00, 0.00, 484.53, 0.00, 39.53;
 GOPT(30) = "RCC"; GNAM(30) = "14";
 GEOM(1, 30) = -563.00, 528.50, 2472.36, 0.00, 0.00, 360.64, 40.64;
 GOPT(31) = "RCC"; GNAM(31) = "14";
 GEOM(1, 31) = -563.00, 528.50, 2473.47, 0.00, 0.00, 359.53, 39.53;
 GOPT(32) = "RCC"; GNAM(32) = "15";
 GEOM(1, 32) = -796.00, 528.50, 2845.00, 163.00, 0.00, 0.00, 30.48;
 GOPT(33) = "RCC"; GNAM(33) = "15";
 GEOM(1, 33) = -796.00, 528.50, 2845.00, 163.00, 0.00, 0.00, 29.53;
 GOPT(34) = "RCC"; GNAM(34) = "16";
 GEOM(1, 34) = -796.00, 528.50, 2814.52, 0.00, 0.00, 390.36, 30.48;
 GOPT(35) = "RCC"; GNAM(35) = "16";
 GEOM(1, 35) = -796.00, 528.50, 2815.47, 0.00, 0.00, 388.46, 29.53;
 GOPT(36) = "RCC"; GNAM(36) = "17";
 GEOM(1, 36) = -796.00, 528.50, 3174.40, 0.00, 560.68, 0.00, 30.48;
 GOPT(37) = "RCC"; GNAM(37) = "17";
 GEOM(1, 37) = -796.00, 528.50, 3174.40, 0.00, 559.73, 0.00, 29.53;
 GOPT(38) = "RCC"; GNAM(38) = "18";
 GEOM(1, 38) = -1040.00, 1058.70, 3174.40, 244.00, 0.00, 0.00, 30.48;
 GOPT(39) = "RCC"; GNAM(39) = "18";
 GEOM(1, 39) = -1040.00, 1058.70, 3174.40, 244.00, 0.00, 0.00, 29.53;

GOPT(40) = "RCC"; GNAM(40) = "19";
 GEOM(1, 40) = -1040.00, 399.50, 3174.40, 0.00, 689.68, 0.00, 30.48;
 GOPT(41) = "RCC"; GNAM(41) = "19";
 GEOM(1, 41) = -1040.00, 400.45, 3174.40, 0.00, 687.78, 0.00, 29.53;
 GOPT(42) = "RCC"; GNAM(42) = "I";
 GEOM(1, 42) = 145.00, 578.50, 2717.00, 0.00, 0.00, 788.00, 150.00;
 GOPT(43) = "RCC"; GNAM(43) = "I";
 GEOM(1, 43) = 145.00, 578.50, 2720.50, 0.00, 0.00, 784.50, 147.00;
 GOPT(44) = "RCC"; GNAM(44) = "I";
 GEOM(1, 44) = 145.00, 578.50, 2767.00, 0.00, 0.00, 738.00, 109.20;
 GOPT(45) = "RCC"; GNAM(45) = "I";
 GEOM(1, 45) = 145.00, 578.50, 2769.50, 0.00, 0.00, 735.50, 106.70;
 GOPT(46) = "RCC"; GNAM(46) = "I";
 GEOM(1, 46) = 145.00, 578.50, 2884.00, 0.00, 0.00, 621.00, 37.30;
 GOPT(47) = "RCC"; GNAM(47) = "I";
 GEOM(1, 47) = 145.00, 578.50, 2902.00, 0.00, 0.00, 603.00, 35.00;
 GOPT(48) = "RCC"; GNAM(48) = "I";
 GEOM(1, 48) = 145.00, 578.50, 2884.00, 0.00, 0.00, 621.00, 106.70;
 GOPT(49) = "RCC"; GNAM(49) = "I";
 GEOM(1, 49) = 145.00, 578.50, 2902.00, 0.00, 0.00, 603.00, 106.70;
 GOPT(50) = "RCC"; GNAM(50) = "P";
 GEOM(1, 50) = -563.00, 528.50, 2729.00, 0.00, 0.00, 776.00, 87.50;
 GOPT(51) = "RCC"; GNAM(51) = "P";
 GEOM(1, 51) = -563.00, 528.50, 2733.00, 0.00, 0.00, 176.00, 83.50;
 GOPT(52) = "RCC"; GNAM(52) = "P";
 GEOM(1, 52) = -563.00, 528.50, 2918.00, 0.00, 0.00, 587.00, 83.50;
 GOPT(53) = "RCC"; GNAM(53) = "P";
 GEOM(1, 53) = -563.00, 528.50, 2918.00, 0.00, 0.00, 587.00, 74.00;
 GOPT(54) = "RPP"; GNAM(54) = "W";
 GEOM(1, 54) = -1525.00, 1500.00, -2000.00, 1492.00, -100.00, 4500.00;
 GOPT(55) = "RPP"; GNAM(55) = "W";
 GEOM(1, 55) = -1214.40, 1189.40, 235.00, 1181.40, 1340.60, 3494.20;
 GOPT(56) = "RPP"; GNAM(56) = "W";
 GEOM(1, 56) = -1225.00, -1035.40, 230.00, 1192.00, 1330.00, 2840.60;
 GOPT(57) = "RPP"; GNAM(57) = "W";
 GEOM(1, 57) = -1046.00, 622.00, 230.00, 1192.00, 2339.40, 2560.40;
 GOPT(58) = "RPP"; GNAM(58) = "G";
 GEOM(1, 58) = -57.00, 347.00, 578.50, 877.20, 2349.00, 2991.00;
 GOPT(59) = "RPP"; GNAM(59) = "G";
 GEOM(1, 59) = -52.00, 342.00, 578.50, 877.20, 2354.00, 2991.00;
 GOPT(60) = "RCC"; GNAM(60) = "G";
 GEOM(1, 60) = 145.00, 578.50, 2349.00, 0.00, 0.00, 642.00, 202.00;
 GOPT(61) = "RCC"; GNAM(61) = "G";
 GEOM(1, 61) = 145.00, 578.50, 2354.00, 0.00, 0.00, 637.00, 197.00;
 GOPT(62) = "RCC"; GNAM(62) = "G";
 GEOM(1, 62) = 145.00, 877.20, 2349.00, 0.00, 0.00, 642.00, 202.00;

GOPT(63) = "RCC"; GNAM(63) = "G";
GEOM(1, 63) = 145.00, 877.20, 2354.00, 0.00, 0.00, 637.00, 197.00;
GOPT(64) = "RPP"; GNAM(64) = "G";
GEOM(1, 64) = -82.00, 372.00, 578.50, 877.20, 2345.00, 2991.00;
GOPT(65) = "RCC"; GNAM(65) = "G";
GEOM(1, 65) = 145.00, 578.50, 2345.00, 0.00, 0.00, 646.00, 227.00;
GOPT(66) = "RCC"; GNAM(66) = "G";
GEOM(1, 66) = 145.00, 877.20, 2345.00, 0.00, 0.00, 646.00, 227.00;
GOPT(67) = "RPP"; GNAM(67) = "G";
GEOM(1, 67) = -739.00, -287.00, 592.50, 855.50, 2383.00, 2991.00;
GOPT(68) = "RPP"; GNAM(68) = "G";
GEOM(1, 68) = -734.00, -292.00, 592.50, 855.50, 2388.00, 2991.00;
GOPT(69) = "RCC"; GNAM(69) = "G";
GEOM(1, 69) = -513.00, 592.50, 2383.00, 0.00, 0.00, 608.00, 226.00;
GOPT(70) = "RCC"; GNAM(70) = "G";
GEOM(1, 70) = -513.00, 592.50, 2388.00, 0.00, 0.00, 603.00, 221.00;
GOPT(71) = "RCC"; GNAM(71) = "G";
GEOM(1, 71) = -513.00, 855.50, 2383.00, 0.00, 0.00, 608.00, 226.00;
GOPT(72) = "RCC"; GNAM(72) = "G";
GEOM(1, 72) = -513.00, 855.50, 2388.00, 0.00, 0.00, 603.00, 221.00;
GOPT(73) = "RPP"; GNAM(73) = "G";
GEOM(1, 73) = -764.00, -262.00, 592.50, 855.50, 2379.00, 2991.00;
GOPT(74) = "RCC"; GNAM(74) = "G";
GEOM(1, 74) = -513.00, 592.50, 2379.00, 0.00, 0.00, 612.00, 251.00;
GOPT(75) = "RCC"; GNAM(75) = "G";
GEOM(1, 75) = -513.00, 855.50, 2379.00, 0.00, 0.00, 612.00, 251.00;
GOPT(76) = "RPP"; GNAM(76) = "G";
GEOM(1, 76) = -886.50, -684.00, 437.50, 619.50, 2755.00, 2991.00;
GOPT(77) = "RPP"; GNAM(77) = "G";
GEOM(1, 77) = -881.50, -689.00, 442.50, 614.50, 2760.00, 2991.00;
GOPT(78) = "RCC"; GNAM(78) = "P";
GEOM(1, 78) = -563.00, 528.50, 2918.00, 0.00, 0.00, 587.00, 69.00;
GOPT(79) = "RCC"; GNAM(79) = "I";
GEOM(1, 79) = 145.00, 578.50, 3467.00, 0.00, 0.00, 38.00, 106.70;
GOPT(80) = "RCC"; GNAM(80) = "I";
GEOM(1, 80) = 145.00, 578.50, 3485.00, 0.00, 0.00, 20.00, 106.70;
GOPT(81) = "RCC"; GNAM(81) = "P";
GEOM(1, 81) = -563.00, 528.50, 2929.50, 0.00, 0.00, 575.50, 27.50;
GOPT(82) = "RCC"; GNAM(82) = "P";
GEOM(1, 82) = -563.00, 528.50, 2932.50, 0.00, 0.00, 572.50, 25.50;
GOPT(83) = "RCC"; GNAM(83) = "P";
GEOM(1, 83) = -563.00, 528.50, 2852.00, 0.00, 0.00, 77.50, 13.00;
GOPT(84) = "RCC"; GNAM(84) = "P";
GEOM(1, 84) = -563.00, 528.50, 2852.00, 0.00, 0.00, 74.50, 38.00;
GOPT(85) = "RCC"; GNAM(85) = "P";
GEOM(1, 85) = -563.00, 528.50, 2918.00, 0.00, 0.00, 5.00, 33.00;

GOPT(86) = "RCC"; GNAM(86) = "P";
GEOM(1, 86) = -563.00, 528.50, 2874.50, 0.00, 0.00, 39.50, 33.00;
GOPT(87) = "RCC"; GNAM(87) = "P";
GEOM(1, 87) = -563.00, 528.50, 2874.50, 0.00, 0.00, 39.50, 27.50;
GOPT(88) = "RCC"; GNAM(88) = "P";
GEOM(1, 88) = -563.00, 528.50, 2855.00, 0.00, 0.00, 4.00, 38.00;
GOPT(89) = "RCC"; GNAM(89) = "P";
GEOM(1, 89) = -563.00, 528.50, 2855.00, 0.00, 0.00, 15.50, 33.00;
GOPT(90) = "RCC"; GNAM(90) = "P";
GEOM(1, 90) = -563.00, 528.50, 3295.00, 0.00, 0.00, 210.00, 83.50;
GOPT(91) = "RCC"; GNAM(91) = "P";
GEOM(1, 91) = -563.00, 528.50, 3295.00, 0.00, 0.00, 210.00, 69.00;
GOPT(92) = "RPP"; GNAM(92) = "P";
GEOM(1, 92) = -533.00, -494.00, 527.25, 529.75, 2937.00, 3305.00;
GOPT(93) = "RPP"; GNAM(93) = "P";
GEOM(1, 93) = -564.25, -561.75, 558.50, 597.50, 2937.00, 3305.00;
GOPT(94) = "RPP"; GNAM(94) = "P";
GEOM(1, 94) = -632.00, -593.00, 527.25, 529.75, 2937.00, 3305.00;
GOPT(95) = "RPP"; GNAM(95) = "P";
GEOM(1, 95) = -564.25, -561.75, 459.50, 498.50, 2937.00, 3305.00;
GOPT(96) = "RCC"; GNAM(96) = "81";
GEOM(1, 96) = -398.50, 433.50, 3113.20, 225.50, 0.00, 0.00, 10.82;
GOPT(97) = "RCC"; GNAM(97) = "81";
GEOM(1, 97) = -398.50, 433.50, 3113.20, 225.50, 0.00, 0.00, 10.17;
GOPT(98) = "RCC"; GNAM(98) = "82";
GEOM(1, 98) = -173.00, 422.68, 3113.20, 0.00, 150.82, 0.00, 10.82;
GOPT(99) = "RCC"; GNAM(99) = "82";
GEOM(1, 99) = -173.00, 423.33, 3113.20, 0.00, 150.17, 0.00, 10.17;
GOPT(100) = "RCC"; GNAM(100) = "83";
GEOM(1, 100) = -393.00, 573.50, 3113.20, 230.82, 0.00, 0.00, 10.82;
GOPT(101) = "RCC"; GNAM(101) = "83";
GEOM(1, 101) = -393.00, 573.50, 3113.20, 230.17, 0.00, 0.00, 10.17;
GOPT(102) = "RCC"; GNAM(102) = "84";
GEOM(1, 102) = -393.00, 573.50, 2882.18, 0.00, 0.00, 241.84, 10.82;
GOPT(103) = "RCC"; GNAM(103) = "84";
GEOM(1, 103) = -393.00, 573.50, 2882.83, 0.00, 0.00, 240.54, 10.17;
GOPT(104) = "RCC"; GNAM(104) = "85";
GEOM(1, 104) = -393.00, 573.50, 2893.00, 0.00, 195.00, 0.00, 10.82;
GOPT(105) = "RCC"; GNAM(105) = "85";
GEOM(1, 105) = -393.00, 573.50, 2893.00, 0.00, 195.00, 0.00, 10.17;
GOPT(106) = "RCC"; GNAM(106) = "61";
GEOM(1, 106) = -673.00, 808.50, 2752.00, 240.00, 0.00, 0.00, 8.26;
GOPT(107) = "RCC"; GNAM(107) = "61";
GEOM(1, 107) = -673.00, 808.50, 2752.00, 240.00, 0.00, 0.00, 7.76;
GOPT(108) = "RCC"; GNAM(108) = "62";
GEOM(1, 108) = -673.00, 808.50, 2743.74, 0.00, 0.00, 297.66, 8.26;

```

GOPT( 109) = "RCC"; GNAM( 109) = "62";
GEOM(1,109) = -673.00, 808.50, 2744.24, 0.00, 0.00, 297.16, 7.76;
GOPT( 110) = "RCC"; GNAM( 110) = "63";
GEOM(1,110) = -673.00, 800.24, 3041.40, 0.00, 94.86, 0.00, 8.26;
GOPT( 111) = "RCC"; GNAM( 111) = "63";
GEOM(1,111) = -673.00, 800.74, 3041.40, 0.00, 94.36, 0.00, 7.76;
GOPT( 112) = "RCC"; GNAM( 112) = "64";
GEOM(1,112) = -673.00, 895.10, 3033.14, 0.00, 0.00, 93.16, 8.26;
GOPT( 113) = "RCC"; GNAM( 113) = "64";
GEOM(1,113) = -673.00, 895.10, 3033.64, 0.00, 0.00, 92.66, 7.76;
GOPT( 114) = "RCC"; GNAM( 114) = "65";
GEOM(1,114) = -673.00, 886.84, 3126.30, 0.00, 208.26, 0.00, 8.26;
GOPT( 115) = "RCC"; GNAM( 115) = "65";
GEOM(1,115) = -673.00, 887.34, 3126.30, 0.00, 207.76, 0.00, 7.76;
GOPT( 116) = "RCC"; GNAM( 116) = "66";
GEOM(1,116) = -681.26, 1095.10, 3126.30, 446.52, 0.00, 0.00, 8.26;
GOPT( 117) = "RCC"; GNAM( 117) = "66";
GEOM(1,117) = -680.76, 1095.10, 3126.30, 445.52, 0.00, 0.00, 7.76;
GOPT( 118) = "RCC"; GNAM( 118) = "I";
GEOM(1,118) = 145.00, 578.50, 2884.00, 0.00, 0.00, 621.00, 27.94;
GOPT( 119) = "RCC"; GNAM( 119) = "I";
GEOM(1,119) = 145.00, 578.50, 2884.00, 0.00, 0.00, 621.00, 26.43;
GOPT( 120) = "RPP"; GNAM( 120) = "W";
GEOM(1,120) = -1215.00, 1190.00, 230.00, 1182.00, 1340.00, 3494.40;
GOPT( 121) = "RPP"; GNAM( 121) = "W";
GEOM(1,121) = -1225.00, 1200.00, 230.00, 1192.00, 1330.00, 3494.40;
GOPT( 122) = "RPP"; GNAM( 122) = "W";
GEOM(1,122) = -1046.00, 622.00, 230.00, 1192.00, 2340.00, 2350.00;
GOPT( 123) = "RPP"; GNAM( 123) = "W";
GEOM(1,123) = -1046.00, 622.00, 230.00, 1192.00, 2340.00, 2560.00;
GOPT( 124) = "RPP"; GNAM( 124) = "W";
GEOM(1,124) = -1046.00, 622.00, 230.00, 1192.00, 2350.00, 2550.00;
GOPT( 125) = "RPP"; GNAM( 125) = "W";
GEOM(1,125) = -1225.00, -1036.00, 230.00, 1192.00, 1330.00, 2840.00;
GOPT( 126) = "RPP"; GNAM( 126) = "W";
GEOM(1,126) = -1225.00, -1046.00, 230.00, 1192.00, 1330.00, 2830.00;
GOPT( 127) = "RPP"; GNAM( 127) = "W";
GEOM(1,127) = -1225.00, 1200.00, 230.00, 1192.00, 3494.40, 3504.40;
GOPT( 128) = "RPP"; GNAM( 128) = "W";
GEOM(1,128) = -1225.00, 1200.00, 230.00, 1192.00, 3504.40, 3505.00;
GOPT( 129) = "RCC"; GNAM( 129) = "W";
GEOM(1,129) = 812.20, 290.04, 3494.20, 0.00, 0.00, 595.00, 30.00;
GOPT( 130) = "RPP"; GNAM( 130) = "W";
GEOM(1,130) = -1214.00, 521.00, 235.00, 1181.40, 3882.00, 4150.00;
GOPT( 131) = "RPP"; GNAM( 131) = "W";
GEOM(1,131) = 921.00, 1189.40, 235.00, 1181.40, 3705.00, 4150.00;

```

```

GOPT( 132) = "RCC"; GNAM( 132) = " ";
GEOM(1,132) = -498.05, 491.00, 3295.00, 99.55, -57.50, 0.00, 10.82;
GOPT( 133) = "RCC"; GNAM( 133) = " ";
GEOM(1,133) = -498.05, 491.00, 3295.00, 99.55, -57.50, 0.00, 10.17;
GOPT( 134) = "RCC"; GNAM( 134) = " ";
GEOM(1,134) = -398.50, 433.50, 3102.38, 0.00, 0.00, 203.44, 10.82;
GOPT( 135) = "RCC"; GNAM( 135) = " ";
GEOM(1,135) = -398.50, 433.50, 3103.03, 0.00, 0.00, 202.14, 10.17;
GOPT( 136) = "RCC"; GNAM( 136) = " ";
GEOM(1,136) = -243.00, 1095.10, 3126.30, 0.00, -121.60, 70.70, 8.26;
GOPT( 137) = "RCC"; GNAM( 137) = " ";
GEOM(1,137) = -243.00, 1095.10, 3126.30, 0.00, -121.60, 70.70, 7.76;
NGEOM = 137;

```

};

BlockData =

```

{ BlockName = "CGC_Card";
  COMB(1, 1) = "CON", " ";
  SZ(1, 1, 1) = 54, -121, -127, -128, -130, -131, -129;
  COMB(1, 2) = "CON", " ";
  SZ(1, 1, 2) = 126;
  SZ(1, 2, 2) = 124, -64, -65, -66, -73, -74, -75;
  COMB(1, 3) = "SUS", " ";
  SZ(1, 1, 3) = 4, -5;
  SZ(1, 2, 3) = 6, -7;
  SZ(1, 3, 3) = 8, -9;
  SZ(1, 4, 3) = 10, -11;
  SZ(1, 5, 3) = 12, -13;
  SZ(1, 6, 3) = 14, -15;
  SZ(1, 7, 3) = 16, -17;
  SZ(1, 8, 3) = 42, -43, -17, -19;
  SZ(1, 9, 3) = 18, -19;
  SZ(1, 10, 3) = 20, -21;
  SZ(1, 11, 3) = 22, -23;
  SZ(1, 12, 3) = 24, -25;
  SZ(1, 13, 3) = 26, -27;
  SZ(1, 14, 3) = 28, -29;
  SZ(1, 15, 3) = 30, -31;
  COMB(1, 4) = "SUS", " ";
  SZ(1, 1, 4) = 50, -51, -52, -33, -31;
  SZ(1, 2, 4) = 53, -78;
  SZ(1, 3, 4) = 84, -85, -86, -88, -89;
  SZ(1, 4, 4) = 87;
  SZ(1, 5, 4) = 83;
  SZ(1, 6, 4) = 81, -82;

```

COMB(1, 5) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 5) = 44, -45; "
 COMB(1, 6) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 6) = 46, -47, -119;
 SZ(1, 2, 6) = 118, -119;
 COMB(1, 7) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 7) = 32, -33;
 SZ(1, 2, 7) = 34, -35;
 SZ(1, 3, 7) = 36, -37;
 SZ(1, 4, 7) = 38, -39;
 SZ(1, 5, 7) = 40, -41;
 COMB(1, 8) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 8) = 1, -2;
 COMB(1, 9) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 9) = 92;
 COMB(1, 10) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 10) = 93;
 COMB(1, 11) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 11) = 94;
 COMB(1, 12) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 12) = 95;
 COMB(1, 13) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 13) = 132, -133;
 SZ(1, 2, 13) = 134, -135;
 SZ(1, 3, 13) = 96, -97;
 SZ(1, 4, 13) = 98, -99;
 SZ(1, 5, 13) = 100, -101;
 SZ(1, 6, 13) = 102, -103;
 SZ(1, 7, 13) = 104, -105;
 COMB(1, 14) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 14) = 106, -107;
 SZ(1, 2, 14) = 108, -109;
 SZ(1, 3, 14) = 110, -111;
 SZ(1, 4, 14) = 112, -113;
 SZ(1, 5, 14) = 114, -115;
 SZ(1, 6, 14) = 116, -117;
 SZ(1, 7, 14) = 136, -137;
 COMB(1, 15) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 15) = 60, -61, -59;
 SZ(1, 2, 15) = 58, -59;
 SZ(1, 3, 15) = 62, -63, -59;
 COMB(1, 16) = "SUS", " ";
 SZ(1, 1, 16) = 69, -70, -68, -77;
 SZ(1, 2, 16) = 67, -68, -77;
 SZ(1, 3, 16) = 71, -72, -68;
 SZ(1, 4, 16) = 76, -77, -70, -68;

COMB(1, 17) = "NAP", " ";
 SZ(1, 1, 17) = 5;
 SZ(1, 2, 17) = 7;
 SZ(1, 3, 17) = 9;
 SZ(1, 4, 17) = 11;
 SZ(1, 5, 17) = 13;
 SZ(1, 6, 17) = 15;
 SZ(1, 7, 17) = 17, -43;
 COMB(1, 18) = "NAP", " ";
 SZ(1, 1, 18) = 19;
 SZ(1, 2, 18) = 21;
 SZ(1, 3, 18) = 23;
 SZ(1, 4, 18) = 25;
 SZ(1, 5, 18) = 27;
 SZ(1, 6, 18) = 29;
 SZ(1, 7, 18) = 31;
 COMB(1, 19) = "NAP", " ";
 SZ(1, 1, 19) = 33, -51;
 SZ(1, 2, 19) = 35;
 SZ(1, 3, 19) = 37;
 SZ(1, 4, 19) = 39;
 SZ(1, 5, 19) = 41;
 COMB(1, 20) = "NAP", " ";
 SZ(1, 1, 20) = 133, -52;
 SZ(1, 2, 20) = 135;
 SZ(1, 3, 20) = 97;
 SZ(1, 4, 20) = 99;
 SZ(1, 5, 20) = 101;
 SZ(1, 6, 20) = 103;
 SZ(1, 7, 20) = 105;
 SZ(1, 8, 20) = 3;
 SZ(1, 9, 20) = 107;
 SZ(1, 10, 20) = 109;
 SZ(1, 11, 20) = 111;
 SZ(1, 12, 20) = 113;
 SZ(1, 13, 20) = 115;
 SZ(1, 14, 20) = 117;
 SZ(1, 15, 20) = 137, -25;
 COMB(1, 21) = "NA", " ";
 SZ(1, 1, 21) = 43, -44;
 COMB(1, 22) = "NA", " ";
 SZ(1, 1, 22) = 47, -118;
 COMB(1, 23) = "NA", " ";
 SZ(1, 1, 23) = 45, -48;
 SZ(1, 2, 23) = 119;
 COMB(1, 24) = "NA", " ";

```

SZ(1, 1, 24) = 80, -46;
COMB(1, 25) = "NA", " ";
SZ(1, 1, 25) = 52, -90, -53;
COMB(1, 26) = "NA", " ";
SZ(1, 1, 26) = 78, -91, -81, -83, -84, -92, -93, -94, -95;
COMB(1, 27) = "NA", " ";
SZ(1, 1, 27) = 51, -84, -30;
SZ(1, 2, 27) = 88, -83;
SZ(1, 3, 27) = 89, -83;
COMB(1, 28) = "NA", " ";
SZ(1, 1, 28) = 85, -83;
COMB(1, 29) = "NA", " ";
SZ(1, 1, 29) = 86, -87;
COMB(1, 30) = "VOI", " ";
SZ(1, 1, 30) = 55, -4, -6, -8, -10, -12, -14, -16, -42, -22,
-24, -26, -1, -50, -34, -36, -38, -40, -56, -57,
-64, -65, -66, -73, -74, -75, -76, -132, -134, -96,
-98, -100, -102, -108, -110, -112, -114, -116, -136;
COMB(1, 31) = "VOI", " ";
SZ(1, 1, 31) = 66, -62, -64;
SZ(1, 2, 31) = 64, -58;
SZ(1, 3, 31) = 65, -60, -64;
COMB(1, 32) = "VOI", " ";
SZ(1, 1, 32) = 75, -71, -73;
SZ(1, 2, 32) = 73, -67, -76;
SZ(1, 3, 32) = 74, -69, -73, -76;
COMB(1, 33) = "VOI", " ";
SZ(1, 1, 33) = 61, -42, -18, -20, -59;
SZ(1, 2, 33) = 59, -42, -18, -20;
SZ(1, 3, 33) = 63, -22, -20, -59;
COMB(1, 34) = "VOI", " ";
SZ(1, 1, 34) = 70, -50, -30, -32, -68, -28, -102, -104;
SZ(1, 2, 34) = 68, -50, -30, -28, -1, -102, -104, -108, -106;
SZ(1, 3, 34) = 72, -26, -28, -1, -108, -106, -68;
SZ(1, 4, 34) = 77, -34, -32, -68, -70;
COMB(1, 35) = "VOI", " ";
SZ(1, 1, 35) = 2, -3;
COMB(1, 36) = "VOI", " ";
SZ(1, 1, 36) = 91, -81, -92, -93, -94, -95;
COMB(1, 37) = "VOI", " ";
SZ(1, 1, 37) = 82;
COMB(1, 38) = "VOI", " ";
SZ(1, 1, 38) = 90, -53;
COMB(1, 39) = "VOI", " ";
SZ(1, 1, 39) = 129;
COMB(1, 40) = "VOI", " ";

```

```

SZ(1, 1, 40) = 130;
COMB(1, 41) = "VOI", " ";
SZ(1, 1, 41) = 131;
COMB(1, 42) = "SUP", " ";
SZ(1, 1, 42) = 79, -80, -46;
COMB(1, 43) = "SUP", " ";
SZ(1, 1, 43) = 48, -49, -46;
COMB(1, 44) = "TPN", " ";
SZ(1, 1, 44) = 49, -79, -46;
COMB(1, 45) = "FE", " ";
SZ(1, 1, 45) = 120, -55, -56, -50, -42, -129;
SZ(1, 2, 45) = 56, -125, -57;
SZ(1, 3, 45) = 57, -123, -64, -65, -66, -73, -74, -75;
COMB(1, 46) = "FE", " ";
SZ(1, 1, 46) = 128, -50, -42, -129;
COMB(1, 47) = "CON", " ";
SZ(1, 1, 47) = 121, -120, -126;
SZ(1, 2, 47) = 125, -126, -123;
SZ(1, 3, 47) = 123, -122, -124, -64, -65, -66, -73, -74, -75;
COMB(1, 48) = "URE", " ";
SZ(1, 1, 48) = 127, -50, -42, -129;
COMB(1, 49) = "URE", " ";
SZ(1, 1, 49) = 122, -64, -65, -66, -73, -74, -75;
NCOMB = 49;

```

```

};
BlockData =
{ BlockName = "CGD-E_Card";
MRIZ(1) = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,
1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1;
## 計算で使用するゾーンのオプション
## = 0:計算で使わない。
## = 1:計算で使用する。
MMIZ(1) = 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,
2, 2, 2, 2, 2, 2, 5, 5, 5, 5,
5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5,
5, 9, 9, 11, 3, 3, 6, 7, 7;
## 計算で使用するゾーンの告げ物質番号
};

```

```

BlockData =
{ BlockName = "M_Card";

```

```

NBLD      = 11;      ## ビルドアップ係数の選択
##      = 1; H2O 線量ビルドアップ係数
##      = 2; Al 線量ビルドアップ係数
##      = 3; Fe 線量ビルドアップ係数
##      = 4; Pb 線量ビルドアップ係数
##      = 5; H2O エネルギー吸収ビルドアップ係数
##      = 6; コンクリート線量ビルドアップ係数
##      = 7; Fe エネルギー吸収ビルドアップ係数
##      = 8; Pb エネルギー吸収ビルドアップ係数

MATZ(1)   = 1, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 25,
           26, 16, 7, 24, 28, 22;
##      告げ物質に対する元素番号

MATGP     = "IRON"; ##
ICGP      = "EXP";  ##
CONGY     = 8.7300E+00; ##
MATDOS    = "IRON"; ##
};

```

```

BlockData =
{ BlockName = "N_Card";
COMP(1, 1)= 1.0500E-02, 2.2200E-03, 1.1100E+00, 3.4400E-02, 7.0700E-03,
            7.7000E-02, 7.4000E-01, 2.8000E-02, 1.7000E-01, 0.0000E+00,
            3.3300E-02, 1.9900E-03, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            0.0000E+00;
COMP(1, 2)= 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            5.6900E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 1.5100E+00, 7.3400E-01,
            0.0000E+00;
COMP(1, 3)= 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            7.8400E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            0.0000E+00;
COMP(1, 4)= 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 8.2500E-01, 0.0000E+00,
            0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            0.0000E+00;
COMP(1, 5)= 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 1.0560E-03,
            0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            0.0000E+00;
COMP(1, 6)= 0.0000E+00, 0.0000E+00, 2.7600E-01, 0.0000E+00, 3.7500E-04,
            4.5000E-02, 1.2000E-01, 6.0000E-03, 2.7400E-01, 4.5000E-03,
            2.5000E-02, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            0.0000E+00;
COMP(1, 7)= 0.0000E+00, 0.0000E+00, 3.2450E-02, 0.0000E+00, 2.4100E-03,
            6.6400E-03, 1.3500E-02, 0.0000E+00, 2.2400E-02, 0.0000E+00,

```

```

2.2400E-04, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
1.2000E-03;
COMP(1, 8)= 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 2.4260E-01, 0.0000E+00,
            0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            3.9540E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 1.0450E+00, 5.0830E+00,
            0.0000E+00;
COMP(1, 9)= 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            3.9540E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 1.0450E+00, 5.0830E+00,
            0.0000E+00;
COMP(1,10)= 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 7.6090E-01, 0.0000E+00,
            0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            4.3510E-01, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 1.1500E-01, 5.5900E-02,
            0.0000E+00;
COMP(1,11)= 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00,
            4.3510E-01, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 1.1500E-01, 5.5900E-02,
            0.0000E+00;
##      告げ物質に対する元素の密度[g/cm3]
};

```

```

BlockData =
{ BlockName = "O-Q_Card";
EG(1)      = 3.2000E-01, 5.1000E-01, 8.1000E-01, 8.4000E-01, 1.1700E+00,
            1.2900E+00, 1.3300E+00;
##      平均ガンマエネルギー[MeV]
GAMEN(1)   = 3.3300E+03, 1.1000E+04, 3.6630E+02, 3.7000E+04, 3.7000E+04,
            3.7000E+04, 3.7000E+04;
##      ガンマ線量エネルギースペクトル
##      [MeV/Cap or Decay]
CONV(1)    = 5.8800E-04, 9.2950E-04, 1.4840E-03, 1.5170E-03, 1.9680E-03,
            2.1140E-03, 2.1700E-03;
##      ガンマ・フラックス線量への変換係数
##      [(reds/hr)/(Mev/cm2・sec)]
};

```

```

BlockData =
{ BlockName = "S-W_Card";
WIDTHHT    = "0.32-1.33";
##      ガンマ線エネルギー領域の合計の幅
WIDTHG(1)  = "0.32", "0.51", "0.81", "0.84",
            "1.17", "1.29", "1.33";
##      ガンマ線グループの幅
UNITG(1)   = "Gamma/sec/cm2", "MiliRem/Hr";
##      ガンマ・フラックスの単位
};

```

};

BlockData =

{ BlockName = "X_Card";

NRCO(1)= 1; RRC(1, 1)= 7.7500E+02, 3.1900E+03, 3.8431E+02;

計算点の形状オプション

=0;円柱 (R, Z, φ) [cm, ラジアン]

=1;直方体(X, Z, Y) [cm]

=2;球 (P, θ, φ) [cm, ラジアン]

LRNM(1)= "計算点番号 001";

計算点の名称

NRCO(2)= 1; RRC(1, 2)= 7.7500E+02, 3.2514E+03, 4.4570E+02;

LRNM(2)= "計算点番号 002";

NRCO(3)= 1; RRC(1, 3)= 7.7500E+02, 3.1900E+03, 5.0709E+02;

LRNM(3)= "計算点番号 003";

NRCO(4)= 1; RRC(1, 4)= 7.7500E+02, 3.1286E+03, 4.4570E+02;

LRNM(4)= "計算点番号 004";

NRCO(5)= 1; RRC(1, 5)= 6.6139E+02, 3.1900E+03, 5.6760E+02;

LRNM(5)= "計算点番号 005";

NRCO(6)= 1; RRC(1, 6)= 6.0000E+02, 3.2514E+03, 5.6760E+02;

LRNM(6)= "計算点番号 006";

NRCO(7)= 1; RRC(1, 7)= 5.3861E+02, 3.1900E+03, 5.6760E+02;

LRNM(7)= "計算点番号 007";

NRCO(8)= 1; RRC(1, 8)= 6.0000E+02, 3.1286E+03, 5.6760E+02;

LRNM(8)= "計算点番号 008";

NRCO(9)= 1; RRC(1, 9)= 8.2250E+02, 3.1900E+03, 6.2811E+02;

LRNM(9)= "計算点番号 009";

NRCO(10)= 1; RRC(1, 10)= 8.2250E+02, 3.2514E+03, 6.8950E+02;

LRNM(10)= "計算点番号 010";

NRCO(11)= 1; RRC(1, 11)= 8.2250E+02, 3.1900E+03, 7.5089E+02;

LRNM(11)= "計算点番号 011";

NRCO(12)= 1; RRC(1, 12)= 8.2250E+02, 3.1286E+03, 6.8950E+02;

LRNM(12)= "計算点番号 012";

NRCO(13)= 1; RRC(1, 13)= 1.1064E+03, 3.1900E+03, 8.6450E+02;

LRNM(13)= "計算点番号 013";

NRCO(14)= 1; RRC(1, 14)= 1.0450E+03, 3.2514E+03, 8.6450E+02;

LRNM(14)= "計算点番号 014";

NRCO(15)= 1; RRC(1, 15)= 9.8361E+02, 3.1900E+03, 8.6450E+02;

LRNM(15)= "計算点番号 015";

NRCO(16)= 1; RRC(1, 16)= 1.0450E+03, 3.1286E+03, 8.6450E+02;

LRNM(16)= "計算点番号 016";

NRCO(17)= 1; RRC(1, 17)= 7.6000E+02, 3.1900E+03, 9.7811E+02;

LRNM(17)= "計算点番号 017";

NRCO(18)= 1; RRC(1, 18)= 7.6000E+02, 3.2514E+03, 1.0395E+03;

LRNM(18)= "計算点番号 018";

NRCO(19)= 1; RRC(1, 19)= 7.6000E+02, 3.1900E+03, 1.1009E+03;

LRNM(19)= "計算点番号 019";

NRCO(20)= 1; RRC(1, 20)= 7.6000E+02, 3.1286E+03, 1.0395E+03;

LRNM(20)= "計算点番号 020";

NORC = 20; ## 計算点の総数

};

6. 解析コード

6.1 CP挙動解析コード (PSYCHE)

6.1.1 開発の経緯

放射性腐食生成物 (CP) は原子炉通常運転時に、炉心部でステンレス鋼燃料被覆管などの中性子照射により発生し、炉外ループの機器・配管壁に移行・付着し系統を汚染するため、プラントの保守点検や補修時の作業者の被ばく線源となる。これまでに、FBRのナトリウム冷却系におけるCP挙動評価のため、PSYCHEコード (Program System for Corrosion Hazard Evaluation for LMFBR) を開発し^{[1]-[3]}、「常陽」Mk-IIにおけるCP実測データを用いてコードの検証を行い^{[4][5]}、「もんじゅ」事前評価に適用してきた^[6]。「常陽」では第3回定期検査以来各定期検査ごとに1次ナトリウム配管長に沿って15ヶ所でγ線Ge半導体検出器を用いてCP核種 (^{54}Mn , ^{60}Co , ^{58}Co 等) の管壁付着分布が測定されてきた。同時に、TLDγ線量計を用いて配管・機器周りの線量率分布 (配管:長さ93位置×4方向、IHX:高さ34位置×8方向、PP (1次系主ポンプ):高さ33位置×8方向) が測定された。管壁付着CPがほぼ飽和に達した第10回定期検査までの計8回のこれら実測データを用いて、コードの検証を行い下表の結果を得た。図6.1(a)(b)に計算値と実測値を比較して示した。なお、現在、PSYCHE10 (純ニッケルゲッター材を用いた炉心集合体組込み式CPトラップ解析オプションを改造したもの)^[18]がコードの最新バージョンとなっている。

「常陽」実測データによるPSYCHEコードの検証精度 (C/E)

領域 \ 項目	CP管壁付着分布		線量率分布
	^{54}Mn	^{60}Co	
1次主配管	1.47 ± 0.20	1.29 ± 0.27	1.75 ± 0.23
IHX			2.13 ± 0.67
1次主ポンプ			1.14 ± 0.36
全平均	1.6 ± 0.5		

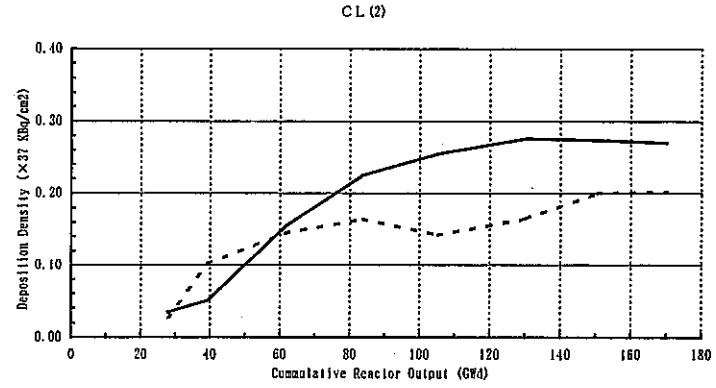
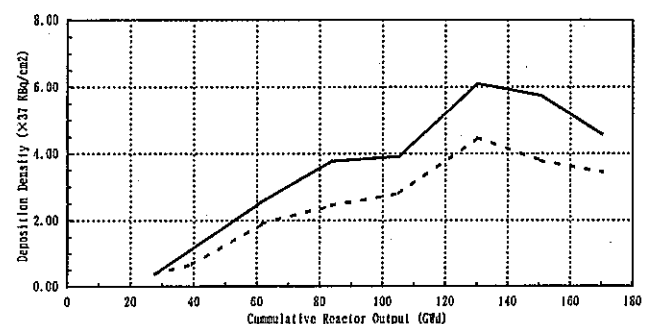
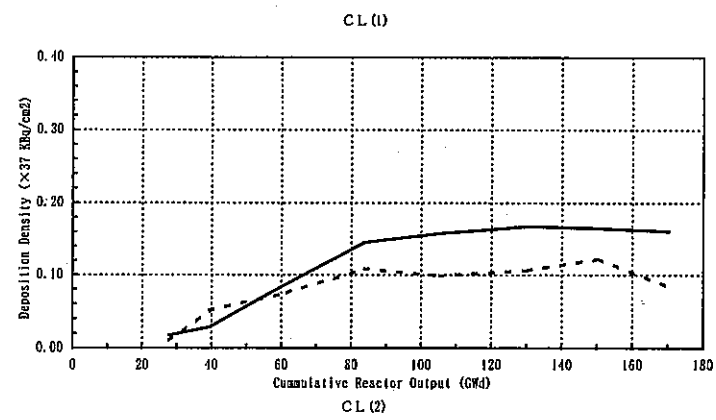
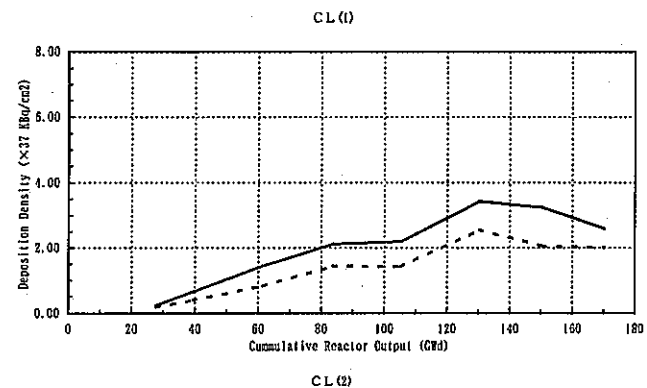
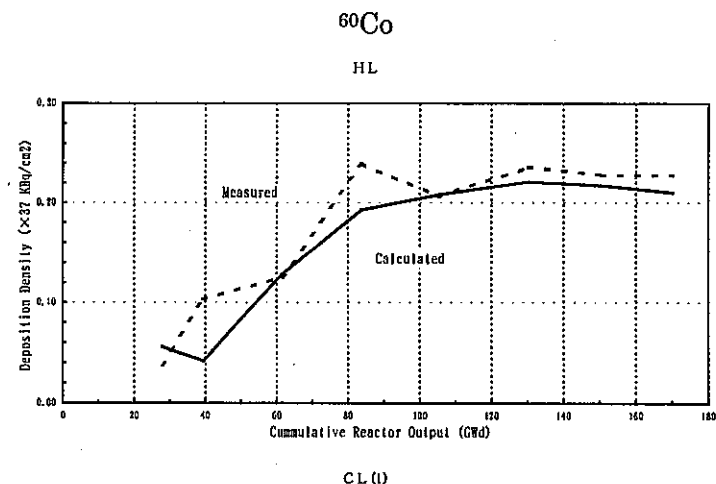
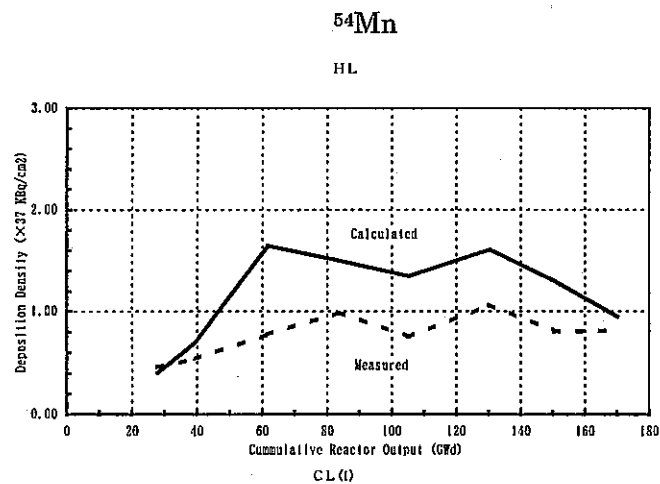


図 6.1(a) 「常陽」 Mk-II における 1 次主冷却系統配管壁 CP 付着ビルドアップの計算値と実測値の比較

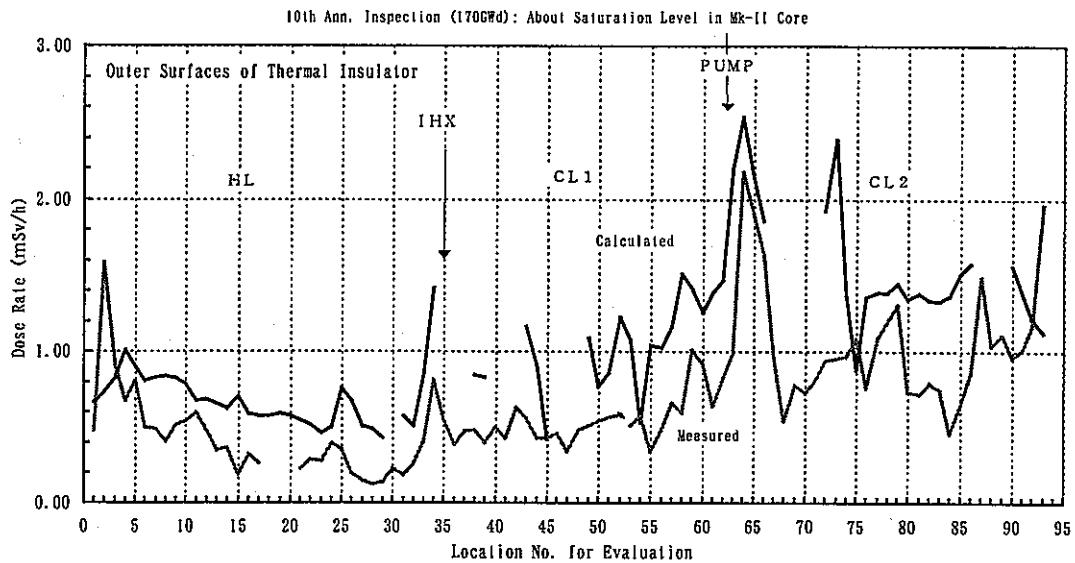


図 6.1(b) 「常陽」 Mk-II における 1 次主冷却系統配管周り飽和線量率分布の計算値と実測値の比較

6.1.2 解析モデル

コードの CP 挙動解析モデルは図 6.1 に示す「溶解・析出モデル」(solution-precipitation model) と称するもので、炉外ナトリウム試験ループ中に放射化ステンレス鋼を浸漬して得られた CP 質量移行試験データ^{[6]-[7]}を解析^{[8]-[10]}して構築されたものである。これまでに、「常陽」、「もんじゅ」の解析評価に用いられ^{[2]-[5]}、類似のものが米国の FFTF にも適用されている^{[11][12]}。ナトリウムループにおける合金元素あるいは CP 核種の質量移行マスフラックスは次の(6-1)～(6-6)式で表される。

ただし、左辺の (+) は放出式、(-) は付着式である。

$$\pm J = D \left[\frac{\partial C}{\partial x} \right]_{x=0} \pm u C_i \quad (6-1)$$

右辺の符号 (+) 界面後退 (減肉) の場合

(-) 界面前進 (表面付着) の場合

$$\left. \begin{aligned} \pm J &= k_s C_i - k'_p C'_i && \text{(マンガンタイプ元素)} \\ \text{または} & && \\ \pm J &= k_s C_i \theta^{1/2} - k'_p C'_i && \text{(コバルトタイプ元素)} \end{aligned} \right\} \quad (6-2)$$

$$(6-3)$$

(1)～(3)式を等値した連続の方程式により、総括質量移行フラックスは次式で表される。

$$\pm J = K' \left(\frac{C_i}{\beta \text{ or } \beta^*} - C' \right) \quad (6-4)$$

$$K' = \frac{k'k'_p}{k'+k'_p} \quad (6-5)$$

$$\left. \begin{aligned} \beta &= \frac{k'_p}{k_s} && \text{(マンガンタイプ元素)} \\ \text{or} & && \\ \beta^* &= \beta / \theta^2 && \text{(コバルトタイプ元素)} \end{aligned} \right\} \quad (6-6)$$

質量移行は次の境界移動型拡散方程式と質量保存方程式で記述される。

拡散方程式：

但し、左辺の (+) は界面後退、(-) は界面前進の場合を表す。

(放出側)

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \pm u_c \frac{\partial C}{\partial x} - \lambda C + R = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (6-7)$$

但し、放射化生成核種の中性子吸収断面積が大きい場合は (^{58}Co , ^{182}Ta 等) λ を核反応消滅過程も考慮して $\lambda + \int \sigma \phi dE_n$ に置き換える。

(付着側)

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \pm u_d \frac{\partial C}{\partial x} - \lambda C = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (6-8)$$

境界条件 (放出側、付着側で共通)：

$$D \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right)_{x=0} = \left(\frac{K'}{\beta \text{ or } \beta^*} \mp u_{\text{corr}} \right) C_i - K' C' \quad (6-9)$$

右辺の符号 (-) 界面後退 (減肉) の場合

(+) 界面前進 (表面付着) の場合

質量保存方程式：

$$\frac{\partial C'}{\partial y} = 4 \frac{K'}{vd} \left(\frac{C_i}{\beta \text{ or } \beta^*} - C' \right) \quad (6-10)$$

初期条件：

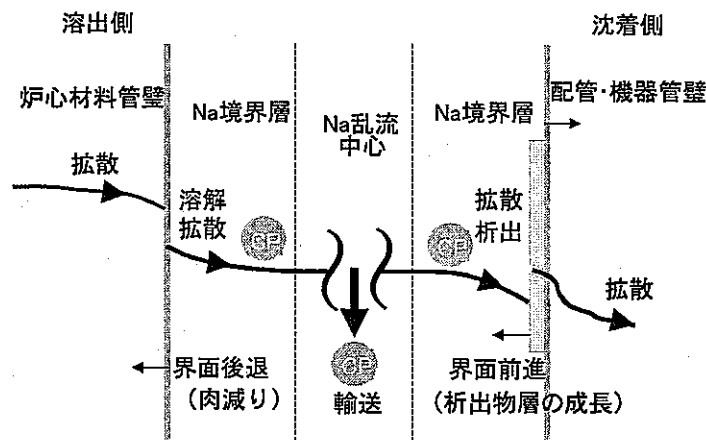
$$\left. \begin{aligned}
 C(x, y, t=0) &= 0 && \text{放射性核種移行の場合} \\
 &= C_0 && \text{安定元素移行の場合 (初期濃度)} \\
 C'(y, t=0) &= 0
 \end{aligned} \right\} (6-11)$$

〔記号の説明〕

- | | | | |
|-----------------------|-------------------|-----------|-----------------------|
| J | マスフラックス | u_c | 界面後退速度 (減肉速度) |
| C | 濃度 | u_d | 界面前進速度 (管壁表面析出物層成長速度) |
| x | 深さ方向座標、y 長さ方向座標 | R | 放射化生成速度 |
| D | 管壁中拡散係数 | λ | 放射性崩壊定数 |
| k'_s | 管壁表面 Na 中溶解反応速度定数 | σ | 核反応断面積 |
| k'_p | Na 中からの析出反応速度定数 | ϕ | 中性子フラックス |
| k | Na 境膜中物質移行係数 | v | Na 流速 |
| θ' | 規格化 Na 中酸素濃度 | d | 等価水力直径 |
| K | 総括物質移行係数 | | |
| β または β^* | 化学的分配係数 | | |
- 下付添字 i は界面を表す ' 付記号は Na 中の量を表す。

図6.2 PSYCHEコードにおけるCP挙動解析モデル

- PSYCHEコードはNa冷却系でのCPの発生、移行、沈着分布を計算
 - ・ 溶出側は被覆管の肉減りと管壁内部からの拡散による放出を考慮
 - ・ 沈着側は管壁表面での析出と内部への拡散を考慮
 - ・ Na中での移行はNa境膜中の拡散とループ中での輸送の質量保存を考慮
- CP挙動モデルは境界移動型拡散方程式と質量保存方程式により記述
- 「常陽」データによるPSYCHEコードの検証精度はC/E=1.6



なお、原子炉プラントに適用する場合にのみ、炉心部の拡散方程式 (6-7) に放射化生成の項 (R) が含まれる。

これらの連立偏微分方程式に対して、幾つかの仮定を設けて飯沢^[8]、M. V. Polley^[9]、W. L. Kuhn^[10]らにより解析近似解が与えられた。これらは全て管壁中の拡散は深さ方向 (x) のみを考慮し、長さ (y) 方向の拡散は考慮していない。それぞれの解の近似度には相違が見られ、飯沢らの解が最も近似度が高い。M. V. Polley 及び W. L. Kuhn らは溶出に対して問題とする Na 中金属元素濃度を 0 と仮定し、放出量を過大側に評価する解を導入した。一方、飯沢らは放出や付着の累積量の数値積分計算のタイムステップ (Δt) 範囲内では、Na ループ回路中の濃度分布が定常であると仮定して ($\frac{\partial C'(y,t)}{\partial t} = 0$; $C'(y=0, t=t_i) = C'_i (const)$, $C_i = 0$ for $t_i \sim t_i + \Delta t$, $i=0, 1, 2, \dots$)、溶出側、付着側とも Na 中濃度を考慮した解析解を導入した。このようにして得られた近似解を用いて、溶出と付着側の双方に対して、管壁中濃度 (C)、ナトリウム中濃度 (C') 及びマスフラックス (J) が解析的に表される。これらの式に含まれるモデルパラメータは、合金元素あるいは核種の管壁中拡散係数 (D)、管壁界面反応とナトリウム境膜中の拡散に関する総括物質移行係数 (K')、界面での順 (溶出) 逆 (沈着) 両反応速度定数の比で表される化学的分配パラメータ (β または β^*)、管壁表面の界面後退 (減肉) 速度 (u_c) と界面前進 (表面析出層の成長) 速度 (u_p) である。表 6.1 に合金々属元素あるいはそれらの放射性同位体のナトリウム中質量移行分類を示したが、化学的分配係数については、溶出しやすく放出速度に対する酸素濃度影響が小さい元素と溶出し難く放出速度に対する酸素濃度影響が大きい元素とに分け、前者をマンガントタイプ、後者をコバルトタイプとし、それぞれ、 β と β^* を適用する。 β^* には参照濃度 (モデルパラメータを決定したループ実験^[6]の酸素濃度=12ppm) に規格化された酸素濃度因子 ($\theta' = \text{酸素濃度}/12$) が含まれる。

表 6.1 ナトリウム中質量移行分類

分類	元素*	化学的分配パラメータ	総括物質移行係数
マンガントタイプ	Mn	β	$K' = \frac{k' k'_p}{k' + k'_p}$
	Ni		
	Ta		
コバルトタイプ	Co	β^*	$K' \approx k'$ for $k' \ll k'_p$
	Fe		
	Cr		

* それぞれの放射性同位体を含む

表6.2 モデルパラメータ (PSYCHE10)

記号 (単位)	名称	式
D (cm ² /s)	実効拡散係数 ^{注1)} (管壁中)	$D = 1.32 \times 10^{-4} \exp\left(-\frac{42.1}{RT}\right)$
u (cm/s)	界面移動速度	$u_c = 3.17 \times 10^{-12} Ox^{0.803}$ $\times \exp\left(12.63 - \frac{22}{RT} - 0.00591 \frac{L}{d}\right)$ $u_d = 3.17 \times 10^{-12} \times 0.0402 \exp\left(\frac{2.29}{RT}\right)$ ^{注2)}
β or β^*	化学的分配係数	(マンガントタイプ) $\beta = 1.58 \times 10^8 \exp(2.13 / RT)$ (コバルトタイプ) $\beta * \theta'^2 = 9.93 \times 10^8 \exp(1.69 / RT)$ $\theta' = Ox' / 12$
K' (cm/s)	総括物質移行係数	(マンガントタイプ) $K' = \frac{k'k'_p}{k'+k'_p}$ $k'_p = 5.05 \times 10^{-3} \exp(3.46 / RT)$ (コバルトタイプ) $K' \approx k' = 0.023 Re^{0.83} Sc^{1/3} D' / d$ $D' = 5.1 \times 10^{-4} \exp(-0.032 / K_B T)$

記号説明 (本文追加) :

- L 等温部長さ (cm), d 等価水力直径 (cm),
- Ox' Na中酸素濃度 (ppm), D' Na中拡散係数 (cm²/s),
- Re レイノルズ数, Sc シュミット数,
- R 気体定数 R=1.987×10⁻³kcal/deg・mol,
- k_B ボルツマン定数 K_B=8.617×10⁻⁵eV/deg

注1) 本式に「常陽」データに適合して決定した補正係数を掛けて用いる
(図 8.77 の説明を参照)。

注2) 本式に「常陽」データに適合して決定した時間依存型の補正係数を掛けて用いる
(図 8.51 の説明を参照)。

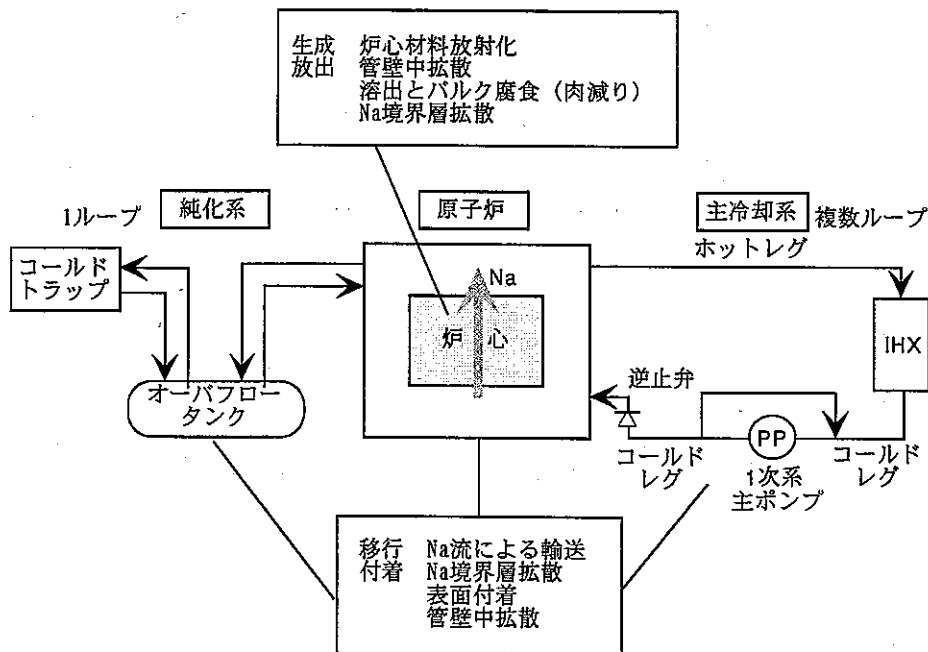
総括物質移動係数についても化学的分配係数の場合と同様に、コバルトタイプとマンガントタイプに分類されると仮定した。この総括物質移動係数 K' はループ等温部の沈着分布の勾配（下流効果）から得られるが、その流速依存性を調べることにより、 ^{60}Co と ^{54}Mn の界面移行は、それぞれ、Na 境膜拡散律速及びそれと界面反応律速の間にあることが示された^[8]。なお、Na 境膜中の物質移行係数 k' には Treybal の式^[13]を用いた。これらのモデルパラメータは、炉外試験ループにおいて放射化ステンレス鋼線源を用いたトレーサ実験データ^{[6][7]}の解析により決定され^[8]、「常陽」データ解析により一部改良した^[5]。また、 u_c は挙動モデルで $t \rightarrow \infty$ の時 $J = u_c C_0$ (C_0 : 管壁中初期濃度) であるので、ナトリウムループを用いた材料の質量移行試験によるステンレス鋼の肉減り速度実験式（定常腐食速度）^{[13][14]}を適用できる。現在用いているモデルパラメータを表 6.2 にまとめて示した。原子炉プラントに適用する場合、 u_d が適合パラメータとして残され、他は原則的には試験ループと実機で共通とするのが目標である。

6.1.3 解析コード

(1) CP 挙動計算の概要

PSYCHE コードでは、実プラントについては、ループ型 FBR 1 次ナトリウム冷却系回路内における CP の発生、移行、管壁付着を 6.2 節で述べた「溶解・析出モデル」に従って計算する。図 6.2 に計算体系模式図を示した。CP の発生（炉

図6.3 PSYCHEコード計算体系模式図



心材料の放射化とそこからのナトリウム中への溶出)は炉心部で起り、ナトリウムの流れによって下流部に運ばれ、配管・機器管壁に付着し、冷却系保守点検時における作業者の被ばく原因となる。一方、ナトリウム中に残留するCPはごく少ない。管壁付着は炉外のループ中で起るだけではなく、炉心部入口や周辺部の低温側でも生ずる。炉心部の燃料集合体や反射体表面などに付着した腐食生成物は溶出した放射性核種を含むだけではなく、中性子照射を受け強く放射化される。これらは、使用済み取出し燃料のナトリウム洗浄時に廃液中へ離脱し、廃液や洗浄設備の強い放射能汚染を引き起こす^[4]。炉心変更による大規模な燃料交換や、炉内に長時間滞在した反射体などの交換が行われる場合は特にそうである。PSYCHEコードでは配管・機器系統管壁におけるCP付着分布を計算するだけでなく、これら炉心部の放射化腐食生成物についても、表面付着物の化学組成(炉内に残されたコバルト基硬質被覆材であるステライトの影響が重要である)を与えて、計算可能とする機能を持たせている^{[3][5]}。

(2) 計算方法

図6.3にPSYCHEコードのフローチャートの概要を示した。実プラント体系及び試験ループ体系における計算が可能である。計算は設定時間(運転時間)を多数の細かなタイムメッシュに分割して行い、各メッシュ内ではナトリウム中CP元素濃度のループ回路に沿った分布は一定であると仮定する(ナトリウム中定常源の仮定)。各タイムステップのCP移行計算は6.2節に述べた解析モデル(解析近似解)を用いて行い、得られた計算結果の各空間領域における管壁及び炉心部入口ナトリウム中濃度を次ステップの初期値とする。このようにして、回路内のマスバランスを完全ではないけれども近似的に保持できる。これは、溶出側でkuhnやPolleyのナトリウム中濃度を0とする方法の改良となっている。各タイムステップにおける回路に沿った各領域での放出あるいは付着のインベントリ(累積量)は次式により計算する。

$$I_{n,l} = I_{n-1,l} \exp[-\lambda\{t - (n-1)\Delta t\}] + J_{n,l} [1 - \exp[-\lambda\{t - (n-1)\Delta t\}]] / \lambda \quad \left. \vphantom{I_{n,l}} \right\} \quad (6-12)$$

$$n=1, 2, 3 \dots$$

$$I_{0,l} = 0 \quad \text{放射性核種放出の場合}$$

$$= I_0 \quad \text{放射性核種付着及び安定元素放出と付着の場合} \quad (6-13)$$

ここで、 $I_{n,l}$ (Ci/cm²) はタイムステップ n における領域 l での放出ないし付着のインベントリを表し、 Δt はタイムステップ幅である。

タイムメッシュ幅の取り方が計算結果のマスバランス(マスバランスからの

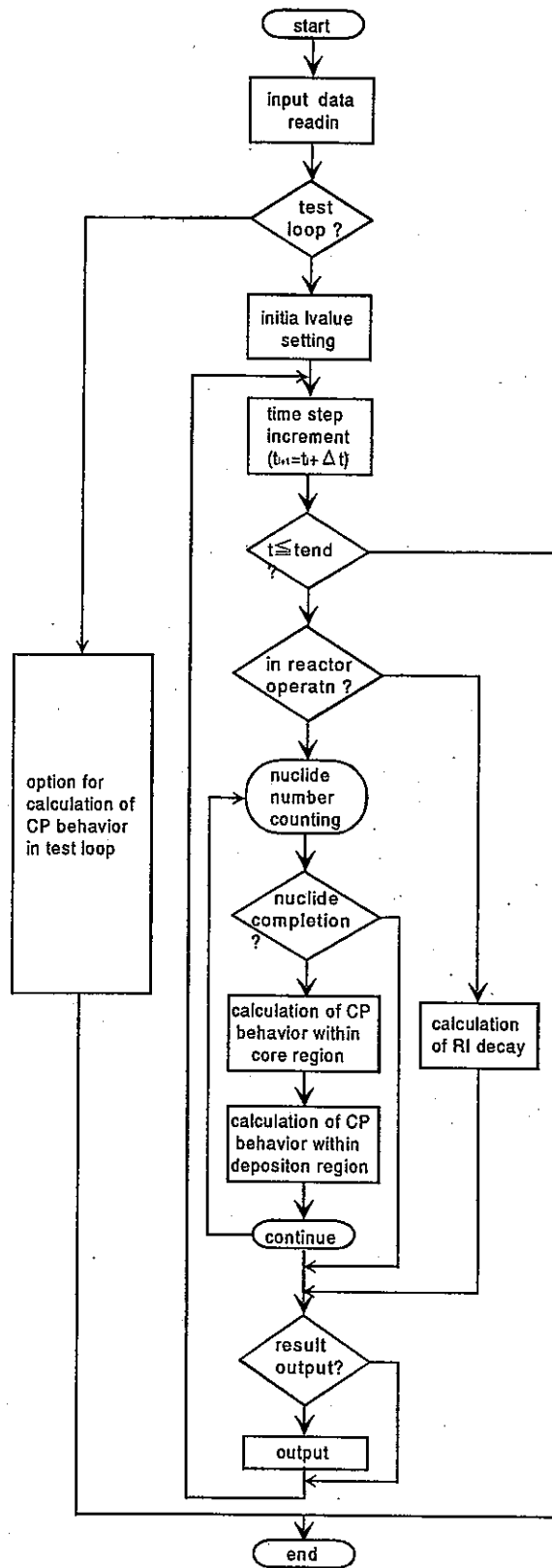


図6.4 PSYCHEフローチャート

ずれ=炉心溶出量-全付着量)に影響する。この値は出力リストの「Deposition density and total inventory in primary loop」のページに出力される。 ^{54}Mn に比べ ^{60}Co の方がより良い結果が得られる傾向を示す。一例を示すと、8,607日運転の計算で0~293日間を $\Delta t=0.1$ 日、294~2153日間を $\Delta t=0.5$ 日、2154~4919日間を $\Delta t=1$ 日、4920~10000日間を $\Delta t=2$ 日と設定した場合、 ^{54}Mn :5.2%、 ^{60}Co :-1.8%のマスバランスからのずれを生じた。良好な結果を得るためには運転初期の変化の大きい期間のタイムメッシュを細かく取るべきである。

(3) 入力データ

表6.3にPSYCHEコードで解析可能な安定及び放射性核種及び生成核反応を示した。安定核種(入力変数名:IST)はステンレス合金材料の質量移行評価に、放射性核種(入力変数名:IRI)はCP線源分布評価に変数設定が必要である。

表6.3 解析核種及び生成核反応

(安定核種:変数名 IST)

(放射性核種:変数名 IRI)

No.	核種	No.	RI No.	核種	生成核反応
1	^{50}Cr	8	1	^{51}Cr	$^{50}\text{Cr}(n, \gamma)^{51}\text{Cr}$
2	^{54}Fe				$^{54}\text{Fe}(n, \alpha)^{51}\text{Cr}$
3	^{58}Fe	9	2	^{54}Mn	$^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$
4	^{58}Ni	10	3	^{56}Fe	$^{54}\text{Fe}(n, \gamma)^{55}\text{Fe}$
5	^{60}Ni	11	4	^{59}Fe	$^{58}\text{Fe}(n, \gamma)^{59}\text{Fe}$
6	^{59}Co	12	5	^{58}Co	$^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}(n, \gamma)^{59}\text{Co}(C)$
7	^{181}Ta	13	6	$^{60}\text{Co}(A)$	$^{59}\text{Co}(n, \gamma)^{60}\text{Co}(A)$ $^{60}\text{Ni}(n, p)^{60}\text{Co}(A)$
		14	7	^{59}Ni	$^{58}\text{Ni}(n, \gamma)^{59}\text{Ni}$
		15	8	^{182}Ta	$^{181}\text{Ta}(n, \gamma)^{182}\text{Ta}(n, \gamma)^{183}\text{Ta}$
		16	9	^{60}Fe	$^{58}\text{Fe}(n, \gamma)^{59}\text{Fe}(n, \gamma)^{60}\text{Fe}$
		17	10	$^{59}\text{Co}(C)$	$^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}(n, \gamma)^{59}\text{Co}(C)$
		18	11	$^{60}\text{Co}(B)$	$^{58}\text{Fe}(n, \gamma)^{59}\text{Fe}(n, \gamma)^{60}\text{Fe} \xrightarrow{\beta} ^{60}\text{Co}(B)$
		19	12	$^{60}\text{Co}(C)$	$^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}(n, \gamma)^{59}\text{Co}(C)(n, \gamma)^{60}\text{Co}(C)$

ここで、 ^{58}Co 及び ^{182}Ta については、それらの中性子吸収断面積が大きいので2重中性子捕獲まで考慮し計算する。また、 ^{60}Co については、主な生成ルートによる $^{60}\text{Co}(A)$ の他に、 ^{58}Co ルートの高次生成反応による $^{60}\text{Co}(C)$ 及び鉄のバーンナップによる $^{60}\text{Co}(B)$ も評価可能としている。 $^{60}\text{Co}(B)$ は超長半減期(30万年)の ^{60}Fe

と放射平衡系を構成するため、廃棄物管理の観点から考慮した。コードでは表中の ID No. により解析核種を設定する。

解析コードの入力データは多岐にわたるが、ここでは概略について述べ、詳細は後章の取扱いマニュアルにおいて示す。入力データは大別すると次のようになる。

① CP 挙動モデルデータ

CP 挙動モデルデータは表 6.2 に示したものが主である。

② プラントモデルデータ

プラントモデルデータは放射化計算用核データ、幾何形状データ、伝熱・流動データ、材料組成データからなる。これらは炉心及び冷却系統ループの各領域あるいは設定した空間メッシュ領域に対して設定する。核データは炉心部の分割メッシュにおける中性子フラックスと放射化断面積からなる。整備済みのデータは定格運転条件に対するものである。幾何形状及び伝熱流動データは、炉心部と冷却系統ループに分かれ、分割メッシュあるいは系統領域に対して、領域長さ、等価水力直径、接液面積計算用直径、冷却材温度、冷却材流速からなり、炉心部では燃料被覆管表面温度の算出のため線出力密度及び熱伝達率が付け加わる。整備済みの伝熱・流動データは定格運転条件に対するものである。

③ 運転条件データ

運転条件データは、運転スケジュールとナトリウム中酸素濃度データである。

④ 計算制御用パラメータ類

計算制御用パラメータにはすでに述べた出力制御及び解析核種や計算タイムメッシュ設定のほか、出力制御や CP トラップ効果解析及び放射化ナトリウム（2重中性子捕獲まで考慮した ^{24}Na , ^{22}Na ）計算など幾つかのオプション計算設定などが含まれる。

なお、高度化炉心への変更などにより運転期間途中での炉心構成の変更がある場合は、冷却系での CP 付着分布を一旦保存し、再スタートの初期条件とし、変更炉心データを与えその後の計算を実施する。プログラムにはそのためのリスタート機能がオプションとして組み込まれている（第 8 章 図 8.78 及び入力データ形式 PSY6000 データブロック参照）。メインフレーム上の JCL によるのでは対応措置済みであるが、DORE プロトタイプでは若干の手直しが必要で今後実施の予定である。

6.2 遮蔽計算コード (QAD-CG)

6.2.1 開発の経緯

QAD コードはロスアラモス研究所において開発された、ガンマ線のいろいろな遮蔽形状の透過を計算する点減衰核 (Point Kernel) コードシリーズの一つである。一般に、QAD コードが採用している点減衰核法では、体積線源を大量の等方的で均質な点線源の集合で表し、それぞれのソースポイントから評価点までの直線距離を算出し、遮蔽領域の距離と遮蔽材の減衰特性により透過放射線の減衰量を計算する。これらコードシリーズの一つに QAD-P5 が、最初に開発されたが、これは Lewis 研究センター (クリーブランド) の G.P.Lahti によって、オリジナルコードにないガンマ線データを追加し改良され、QAD-P5A と名づけられた。QAD-CG コードは QAD-P5A の 05R Geometry サブルーティンの部分を MORSE で使用されている Combinatorial Geometry によって置き換えたものである。この改良で Geometry ゾーンの入力がかなり高速化された。そのほか、コンクリート遮蔽材に関するデータ (線量ビルドアップ係数や組成) の整備及び 100×100 配列のメッシュサイズに対応するためのデータエリアの拡張などの改良も行われた。本邦においては、1970 年代より QAD-CG コードが導入、利用されてきており、日本原子力研究所により ICRP Pub30 などに基づく平成元年の国内法改正への対応及び SI 単位系への整備などが行われ、QAD-CG2P2 としてリリースされ普及している^[15]。DORE プロトタイプではこのバージョンを使用している^{注)}。また、幾つかの点で DORE での使いやすさを考慮し使用範囲の限定を行い、変更を追加した部分もある。

注) ICRP Pub60 に基づく国内法改正 (平成 13 年 4 月 1 日) への対応は今後の課題である (間もなく JAERI より対応バージョンがリリースされる予定)。但し、高速炉の点検保守用線源である CP と ²²Na の場合の被ばく評価への影響は少ないと考えられる。

6.2.2 CG (Combinatorial Geometry) の方法

CG では三次元空間構造を球体、箱、円筒などのような、単純な立体型幾何形状の結合で表す。まず、問題とする空間を幾つかの特徴的なゾーン (線源、遮蔽体、空間) に分割し、それぞれのゾーンは下記の立体型の一つまたは複数の組み合わせで表す。これらは、いずれも中実のソリッドモデルである。

注) 以下の記述において、一般的記述の評価領域と CG で取扱う領域の混同を避けるため、「ゾーン」により CG を意味し、「領域」は評価領域を意味するとする。

- | | |
|--------------------|-------|
| 1. 直方体 | (RPP) |
| 2. 箱 | (BOX) |
| 3. 球体 | (SPH) |
| 4. 円形シリンダー | (RCC) |
| 5. 楕円シリンダー | (REC) |
| 6. 頭部を切った円錐 | (TRC) |
| 7. 楕円体 | (ELL) |
| 8. 直三角柱 | (WED) |
| 9. 4, 5, 6 面の凸面多面体 | (APB) |

2～9の要素形状は空間記述のため設定された X, Y, Z 座標に対して任意に置くことができる。形状 1 は特別な扱いで、座標軸と平行した面を持たなければならない。

幾何的表現の基本は、立体型の「交差」と「結合」の関係により、対象とするゾーン（線源、遮蔽、空間）の位置と形状を定義することである。「交差」と「結合」の演算記号として、(+), (-), (OR) を用いる。プログラムでは、これらの記号を用いて、ゾーンの定義に関連する情報を記述する。もし、立体型に (+) 記号を付けて表せば、対象ゾーンがその立体型に含まれることを意味し、(-) 記号ではその立体型から外されることを意味する。(OR) は対象ゾーンがそこでの全ての立体型に含まれることを表し、(+), (-) によるサブゾーンの全てを一つのゾーンとしてまとめて扱うという条件を意味する。以下に用例を示す。今、次図のように球体 SPH (3) を円形シリンダー RCC (2) が貫いているとする。もし、(2) と (3) が同じ材料であれば、それらをゾーン I という一つのゾーンとして扱い、

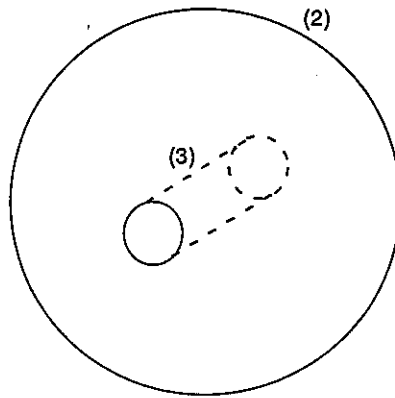
$$I=OR+2 \ OR+3$$

と記述される。次に、材料が異なればシリンダーの穴を持つ球体のゾーン K とシリンダー部のゾーン J に分かれ、それぞれ、

$$J=+2-3$$

$$K=+3$$

と記述される。



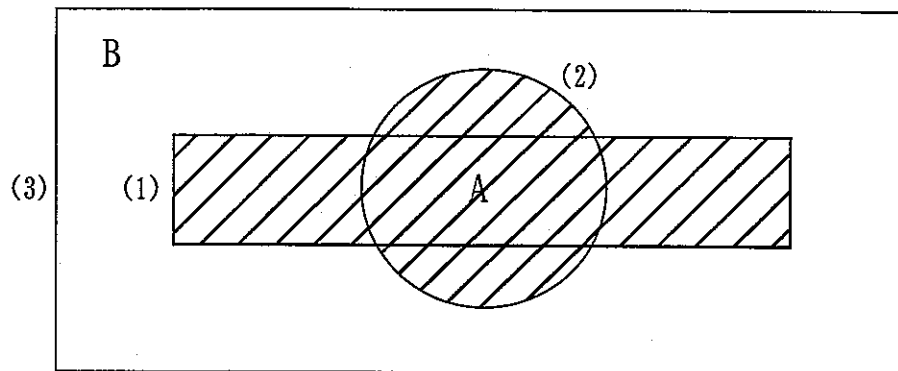
CGによるゾーン記述の用例 (1)

次の用例では斜線を付けたゾーン A と付けていないゾーン B からなるシステムについて考える。これらは二つの箱 BOX (1)、(3) と円形シリンダー RCC (2) によって構成されている。ゾーン A と B は、それぞれ、

$$A = +1+2$$

$$B = 0R +3-1 \quad 0R+3-2$$

と記述される。最初の (0R) 記号は次の (0R) 記号が来るまでの全ての立体型の番号に及ぶ。複数の立体型を組み合わせたゾーンは (+) (-) と (0R) のストリングを含むが、どの空間ポイントも一つの唯一のゾーン (one and only one) により決定されるということが重要である。



CGによるゾーン記述の用例 (2)

CG の幾何形状の入力データは二つの表で構成される。一番目の表は立体型のタイプと位置を記述する。二番目の表は物理的ゾーンを記述する。入力ルーチンによりこれらの表は放射線跡を追跡 (トレーシング) するためのデータ形式に変換される。放射線跡のルーチンは最も外側の幾何形状を通過できないよ

うに作られているので、すべての評価ゾーンは最も外側の幾何形状の内側に置かれなければならない。

以下に、立体型要素形状の各タイプに対する説明を示した。

a. 直方体 (RPP)

直方体境界の x, y, z 座標、即ち、最大値と最小値を指定。

b. 球体 (SPH)

球体の中心点 \underline{V} (V_x, V_y, V_z) と半径を表すスカラー量 R を指定。

c. 円形シリンダー (RCC)

底円の中心点 \underline{V} 、円形シリンダーの高さのベクトル量 \underline{H} (H_x, H_y, H_z) と半径を表すスカラー量 R を指定。

d. 楕円シリンダー (REC)

楕円の底円の中心点 \underline{V} 、楕円シリンダーの高さのベクトル量 \underline{H} 、楕円の底円の長軸 R_1 と短軸 R_2 を指定。

e. 頭部を切った円錐 (TRC)

底円の中心点 \underline{V} 、円錐の高さのベクトル量 \underline{H} 、底円の半径 R_1 と上部円の半径 R_2 を指定。

f. 楕円体 (ELL)

楕円体の二つ焦点 \underline{V}_1 および \underline{V}_2 、楕円長軸の長さを示すスカラー量 R を指定。

g. 直三角柱 (WED)

1つの直角の頂点 \underline{V} を指定。直交 x, y, z 座標で、直三角柱の高さ a_1 、幅 a_2 、長さ a_3 (すべてベクトル量) を指定。

h. 箱 (BOX)

1つの頂点 \underline{V} を指定。正交三次元の x, y, z 座標で、箱の高さ a_1 、幅 a_2 、長さ a_3 (すべてベクトル量) を指定。

i. 多面体 (ARB)

各頂点の索引(1から8まで)を指定し、それぞれ、 x, y, z 座標を指定する。多面体を構成する1つの面は4つの頂点の座標で表されるが、6つの面の入力は時計回りあるいは反時計回り方向で、1つ1つの面のデータを順番に入力していくこと。

なお、DORE では QAD-CG 幾何形状設定は 3.4 節で述べたところの 3D-CAD により行い、データは直感的な CAD 図形構成から自動生成できる。ただし、コードへ

の入力は後章で述べるユーザインターフェース画面入力によってではなく、コード入力データファイルの所定場所にコピー&ペーストにより設定する必要がある。これまでに、「もんじゅ」については、1次主冷却系室 (R201)、タンク室 (R103)、純化系室 (R111)、IHX 上部室 (R407) の入力データファイルが整備済みである。

6.2.3 ガンマ線遮蔽計算

QAD コードは点減衰核法により、遮蔽領域を含む構成各領域におけるガンマ線の透過計算を行う。この方法は、任意の各評価点における線量率を、線源ポイントと評価点を結ぶ直線（視線）上を吸収や散乱を受けることなく評価点に到達した光子（エネルギーE）のフラックスとビルドアップ係数の結合により表す。ビルドアップ係数は、視線が遮蔽領域を貫通するような配列構成において、評価点を通る散乱線の効果を補正するためのものである。この係数は、エネルギーE、配列、遮蔽材質の関数である。なお、ビルドアップ係数には反射に相当する室壁などによる後方散乱は含まれないが、これは貫通孔内面による反射の場合などを除けば無視できる。一般に反射によりガンマ線フラックスは1/10以下（1/50～1/80）に減少する。評価点における線量率は、広がりを持った線源の場合、それぞれのガンマ線エネルギー群に対して線源体積の積分となる。等方線源からの放射光子 S（単位時間、単位体積当りのエネルギーE）による、任意の評価点における線量率 D は次式で表される。

$$D(E, \vec{r}) = K \int_V \frac{S(E, \vec{r}') B(E, \mu |\vec{r} - \vec{r}'|) \exp(-\mu |\vec{r} - \vec{r}'|)}{4\pi |\vec{r} - \vec{r}'|^2} dv \quad (6-14)$$

ここで、

\vec{r} : 線量率評価点位置座標

\vec{r}' : 体積 V 中線源ポイント位置座標

V : 線源領域体積

μ : エネルギーE の減衰係数の合計

$|\vec{r} - \vec{r}'|$: 線源ポイントから評価点までの距離

$B(\mu |\vec{r} - \vec{r}'|, E)$: エネルギーE の線量ビルドアップ係数

K : ガンマ線フラックスから線量率への変換係数

QADではビルドアップ係数をGoldstein-Wilkinsモーメント法に基づくサブルーティンにより計算されるが、詳細はQAD解説書等^{[15][19]}を参照されたい。

注) QADには中性子の遮蔽計算もプログラムされているが、DOREではガンマ線場のみを扱い、中性子線場を扱わないため説明を省く。

6.2.4 線源領域の記述

DOREのQADでは、線源領域は座標系(直交系: x, y, z 、円柱系: r, θ, z)の3軸をそれぞれ200分割、 8×10^6 点までとることができる。線源形状として直方体(1)、箱(2)、円柱(3)が選択できる。領域の境界条件は直交座標系で (x, y, z) の最小/最大値で指定される。冷却系統線源分布に対する計算では、配管・機器形状に則して線源形状を円柱とする。CPの場合は管壁内面分布であり、 $r=0$ 、 z (軸方向)、 ϕ (円周方向)の分割を指定する。放射化ナトリウム及び希ガスFPや ^{131}I 、 ^{137}Cs などナトリウム中への溶解を考慮しなければならないFPを扱う場合は、円柱状の体積線源を扱うことになり、 r に対しても分割数を指定する。また、線源分布タイプを次のうちから指定しなければならない。①前回の計算ケースで使用されたものを用いる(0)、②余弦分布(1)、③重み付け分布(2)の三種類である。DOREの計算は線源/線量率分布変換ライブラリ作成であるので、全てのガンマ線エネルギー群に対し、一様な単位線源分布($1 \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ or cm^3)とし、通常余弦分布タイプとして計算する。

6.2.5 遮蔽領域の判定

遮蔽体領域は領域境界方程式により記述される。種々の幾何学的形状は次の方程式による6タイプの二次曲面で形成される。

$$\text{タイプ 1. } AX^2 + BY^2 + CZ^2 + X_0X + Y_0Y + Z_0Z - K = 0 \quad (6-15)$$

$$2. \quad A(X - X_0)^2 + B(Y - Y_0)^2 + C(Z - Z_0)^2 - K = 0 \quad (6-16)$$

$$3. \quad (X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 + K = 0 \quad (6-17)$$

$$4. \quad X - K = 0 \quad (6-18)$$

$$5. \quad Y - K = 0 \quad (6-19)$$

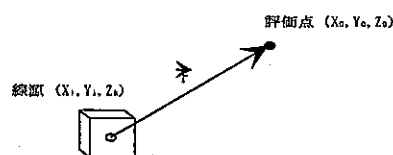
$$6. \quad Z - K = 0 \quad (6-20)$$

コードでは、まず、線源と評価点を結ぶ直線方向の余弦を計算する。

$$\alpha = \frac{X_0 - X}{r}$$

$$\beta = \frac{Y_0 - Y}{r}$$

$$\gamma = \frac{Z_0 - Z}{r}$$



次に、線源から評価点に向けて、この直線上の点が含まれる領域について順次判定していく。直線上の点を (X', Y', Z') とすると、この点からある遮蔽領域境界の曲面 ($f(X, Y, Z) = 0$) までの距離 S は、次式の解で与えられる。

$$HS^2 + 2ES + R = 0 \quad (6-21)$$

ここで、 R は (X', Y', Z') での曲面を表す式の値である。すなわち、

$$R = f(X', Y', Z')$$

また、 H と E はタイプ 1 から 6 の曲面に対して、それぞれ、次式で与えられる。

タイプ 1. $H = A\alpha^2 + B\beta^2 + C\gamma^2$

$$E = (AX' + X_0/2)\alpha + (BY' + Y_0/2)\beta + (CZ' + Z_0/2)\gamma$$

2. $H = A\alpha^2 + B\beta^2 + C\gamma^2$

$$E = A(X' - X_0)\alpha + B(Y' - Y_0)\beta + C(Z' - Z_0)\gamma$$

3. $H = \alpha^2 + \beta^2 - 1 - \gamma^2$

$$E = (X' - X_0)\alpha + (Y' - Y_0)\beta$$

4. $H = 0$

$$E = \alpha/2$$

5. $H = 0$

$$E = \beta/2$$

6. $H = 0$

$$E = \gamma/2$$

(6-15) から (6-20) 式で表される曲面で囲まれた領域を通る直線は、二つの曲面を通る。そこで、ある領域を通る距離は (X', Y', Z') が一つの曲面との交点である時の (6-21) 式の解となる。その解の値により、もう一つの他の曲面との交点の位置は次のようになる。

1) 複素数解 他面との交わりなし

2) 実負数解 他面との交点は (X', Y', Z') より線源側にある。

3) 実正数解 他面との交点は (X', Y', Z') より評価点側にある。

もし、解が実で同じ値を持つならば直線は面に垂直である。また、二つの正根がある場合には、コードは小さい方を正しいものとして扱う。領域を構成する各境界には異なる番号が与えられる。領域内の点 (X^*, Y^*, Z^*) について、この座標値を注目する曲面の境界方程式に代入して得られる値 R^* の正負により、その境界の番号を正または負とする。もし、 R と境界符号の積が負であれば、点 (X^*, Y^*, Z^*) は領域側にある。このような手順により、コードは線源-評価点の間に在る領域に対する判定を行っていく。

上述の QAD-CG におけるアルゴリズムのままでは、視線上の各点のステップごとに、検討空間内の全領域について領域判定をすることになるが、これが QAD-CG を用いた計算時間を膨大にする一因となっている^{註)}。そこで、これを領域ブロック化のアルゴリズムの導入などにより計算量を縮小する試みが現在進められている。また、計算の高速化の手段として並列計算システム化の試みも始まっている。これらの開発によってデコミショニング分野などで必要とされると考えられる、QAD 計算のリアルタイム化が進むと期待される。

注) DORE を用いて「もんじゅ」1次Na冷却系純化系室 (R111) 全域の線量率マップ可視化のための、QAD ライブラリ作成計算を行った。評価点数は $28(x) \times 14(y) \times 23(z) = 9,016$ 点 (50cm メッシュ間隔) で、線源は管壁付着 CP と CT 残留 ^{22}Na である。この時の計算所要時間は 453h であった。

6.2.6 QAD-CG の入力仕様

QAD-CG コードの入力データ作成については、後章の取扱いマニュアルで詳細を述べるが、ここで概要を紹介しておく。入力データとしては次の4種に大別することができる。

① ガンマ線源関連データ

線源強度、ガンマ線エネルギー及び空間分布、線源座標及び形状、線源組成及び密度、線源領域分割方法

② 遮蔽体関連データ

遮蔽体形状、遮蔽体物質組成及び密度

③ 物理データ

線量率変換係数 ($mR/h/\gamma/cm^2s$)

④ 評価点関連データ

評価点座標及び形状

ガンマ線質量吸収係数及びビルドアップ係数に対する物理データはコード内に保有しており、核種の原子番号及び平均エネルギーの指定により使用する。

⑤ ガンマ線質量吸収係数

質量吸収係数は原子番号 1 から 92 番までの全ての元素について、20 群のエネルギー (0.05, 0.06, 0.08, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0, 10.0MeV) に対するデータを保有している。

⑥ ビルドアップ係数

水、コンクリート、鉄及び鉛のビルドアップ係数は各入力エネルギーに対し

てコードサブルーティンにより算出される。ただし、後方散乱は除く。

6.3 線量率編集コード (QADLIST)

PSYCHE コードによる CP 線源分布計算及び QAD-CG コードによる線量率変換ライブラリ計算を終えると、これらの結果を用いて線量率分布計算及びマップ可視化作業の段階に入る。QADLIST はこれらの作業を行うための編集コードである。図 6.4 に一連の計算の手順を示した。QADLIST の入力データは 8 章のマニュアルに沿って作成すればよいが、3 種類のものが用意される。

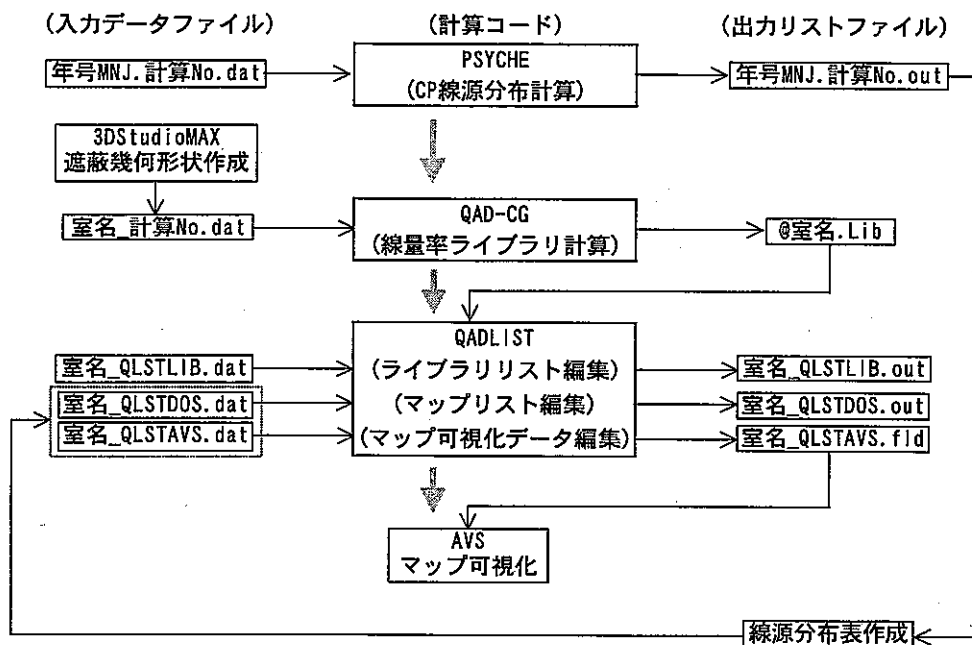


図6.5 CP評価手順

室名_QLSTLIB.dat は QAD-CG 計算結果のライブラリをガンマ線エネルギー群/評価点の見易いテーブルに編集し出力する。室名_QLSTDOS.dat は PSYCHE コードにより得られた線源分布を与えて線量率分布計算結果を出力する。ここで、線源分布は PSYCHE の線源領域のものから QAD-CG の線源領域のものへ調整してやる必要がある。室名_QLSTAVS.dat は AVS ソフトによる可視化用入力データを作成する。ここで、可視化用データの拡張子には fld を用いなければならない。

7. 「もんじゅ」への適用

7.1 概要

本章では、DORE を「もんじゅ」定格運転長期評価に適用し機能確認した結果について述べる。点検保守時の1次冷却系室線量率マップの計算と可視化には、DORE に内蔵されている CP 挙動解析コード PSYCHE を用い計算した CP 飽和線源分布を用いた。さらに、ナトリウムドレン時にナトリウムが残留する可能性のある部位については、性能試験時における遮蔽評価により得られた²²Na 飽和線源を用いその影響についても検討した。線量率変換ライブラリは QAD-CG コードにより計算し、マップ可視化用として、R201 1次主冷却系室(A)、R103 1次オーバフロータンク室、R111 1次ナトリウム純化系室の各全域、及び R201 IHX 周り詳細、R111 CT 周り詳細、R407 IHX 上部室(B)全域、R201 IHX 底部近傍 (CP のほか未ドレン残留放射化ナトリウムも考慮) を作成した。その他、PSYCHE コード検証用として、R201 配管・機器周りの CP 測定計画部位 (176 点) に対するライブラリも併せて作成した。これらの線源分布と線量率変換ライブラリを用いて、QADLIST コードにより線量率マップを計算し、可視化を行い、計算結果データ評価に有効であることを確認した。

7.2 定格運転時における CP 飽和線源分布の予測

(1) 主な計算条件

① 評価 CP 線源

⁵⁴Mn, ⁶⁰Co, ⁵⁸Co

なお、その他の CP 線源は点検保守時における冷却系室の放射線場形成にはほとんど寄与しない。

② 運転工程

表 7.1 に示す運転サイクルとする。1～5 サイクルまでは、低燃焼度炉心、6 サイクル以降は高燃焼度炉心で、54 サイクル運転終了時 (ほぼ 30 年運転経過後) における1次冷却系配管機器管壁の CP 線源分布を計算した。

③ プラントデータ

炉心領域の形状及び熱流動条件、中性子束、核反応断面積、冷却系配管機器形状及び熱流動条件、構材初期組成 (不純物コバルト濃度を除く) は設計評価データ^④を用いた。但し、過去の評価で1次系主ポンプの接液面積計算用直径に誤りがあったので 6880cm から 2290cm に訂正した^④。

④ モデルパラメータ

本計算に用いたモデルパラメータ (構材中不純物コバルト及びナトリウム中酸素濃度を含む) を表 7.2^④に示した。これらは、「常陽」データによるコードの検証結果を反映したものである。

(2) 計算結果^{注)}

以上により計算した1次冷却系（1次主冷却系、1次オーバフロー系、1次ナトリウム純化系）のCP管壁付着分布の計算結果を表7.3に示す。表には、性能試験結果より推定されたナトリウムドレン後にタンク等に残留するナトリウム中²²Na飽和濃度^[16]も示されている。計算結果は部屋別、線源機器別に整理しまとめられている。但し、炉心部のステライト残留部の影響については、表7.2の注(4)の腐食式を設定可能とすれば評価できるが本評価では含めておらず、今後の課題として残されている。以上の結果に基づきQADLISTコードの線源強度入力データを準備する。その際、まず、次節で述べるところの線量率ライブラリ計算(QAD-CG)とCP線源分布計算(PSYCHE)の領域分割の対応に留意しておかなければならない。これは、前者の線源領域分割が後者のそれに比べて細かく取られているためである。次に、QADLIST計算におけるCP線源形状は原則としてPSYCHEの出力のままに管壁付着面線源($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$)として入力する。しかし、IHX(R201室QAD線源領域No.26~30;領域No.については次節参照)とCTエコノマイザーの伝熱管束部(R111室QAD線源領域No.25)及びCTメッシュ部(R111室QAD線源領域No.22)に対しては例外で、PSYCHEの出力である面線源を体積線源($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)に換算して入力する。その結果を表7.3に()内の数値で示しておいた。これは、次節に述べるQAD-CGによる線量率ライブラリ計算モデルを簡略化し、計算の高速化を図ることを目的としている。換算は管束部の全放射能を保存し次式により行う。

$$Sv=(Sa \cdot S)/V$$

ここで、

S: 伝熱管束部の管壁表面積 (cm^2)

V: 伝熱管束部の体積 (cm^3)

Sa: 伝熱管束部のCP管壁付着面線源濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$)

Sv: 伝熱管束部のCP体積線源換算濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)

部位	IHX伝熱管束部	CTエコノマイザ - 伝熱管束部	CTメッシュ部
表面積 (S: cm^2)	1.27E+07	1.49E+05	2.72E+06
体積 (V: cm^3)	1.77E+07	8.98E+04	1.51E+06
換算式	$Sv=0.715Sa$	$Sv=1.66Sa$	$Sv=1.81Sa$

また、ドレンされずナトリウムが残留し、²²Naの体積線源を取扱う領域は、オーバフロータンク(R103室QAD線源領域No.146)とダンプタンク下部(R103室QAD線源領域No.147)及びCTのメッシュ部を除く(同部に対してもナトリウム充填を考慮すべきで今後追加する予定である)他の領域(R111室QAD

線源領域 No.1~21) とする。そのほか、IHX の下部 (R201 室 QAD 線源領域 No.32-1&2) にドレンラインのサイフォンブレイクにより 5 m³ 相当の Na が残留した場合^[17]の影響についても検討した。

注) PSYCHE 及び QADLIST コードでは放射能に対して旧単位系 (μCi) を用い、QAD-CG コードでは SI 単位系 (Bq) を使用している。

表7.1 もんじゅ定格運転原子炉運転計画 (CP挙動評価用)

定格運転 サイクル	日 数 (日)	積算日数 (日)	運転モード	熱出力割合 (%)	原子炉積算出力 (GWd)
1	123	123	運転	100	87.82
	45	168	停止	0	
2	123	291	運転	100	175.64
	120	411	停止	0	
3	123	534	運転	100	263.46
	45	579	停止	0	
4	123	702	運転	100	351.29
	120	822	停止	0	
5	123	945	運転	100	439.11
	45	990	停止	0	
6	148	1138	運転	100	544.78
	120	1258	停止	0	
7	148	1406	運転	100	650.45
	45	1451	停止	0	
以下、6,7サイクル運転パターンの繰り返し					
52	148	11741	運転	100	5405.69
	120	11861	停止	0	
53	148	12009	運転	100	5511.36
	45	12054	停止	0	
54	148	12202	運転	100	5617.03
	120	12322	停止	0	

表7.2 「もんじゅ」CP挙動解析モデルパラメータ

モデルパラメータ	パラメータ値	
	^{54}Mn	$^{60,58}\text{Co}$
管壁中拡散係数 (D)	$0.5 \times D$	D
総括物質移動係数 (K')	K'	K'
化学的分配係数 (β or β^*)	β	β^*
界面後退速度 (u_c)		
炉心部発熱領域と上部	u_c	u_c
HL, IHX上部 (1/5) 及2OF1(往復)	u_c	u_c
界面前進速度 (u_d)		
CL/1	$3.34u_d$	$1.8u_d$
CL/2, PP, CL/3	$1.8 \times 3.34u_d$	$1.8 \times 1.8u_d$
純化系, OF/T	$3.34u_d$	$1.8u_d$
IHX中部 (2/5)	$0.5 \times 3.34u_d$	$0.5 \times 1.8u_d$
IHX下部 (3/5-5/5)	$3.34u_d$	$1.8u_d$
炉心部入口	$1.8 \times 3.34u_d$	$1.8 \times 1.8u_d$
Na中酸素濃度 (Ox')	3ppm (管理目標値)	
炉心材料不純物Co濃度		
燃料, グラファイト, ヲハ管		200ppm
反射体		0.10%
ステライト残留部		58.90%

注)

- (1) モデルパラメータの基準値は表6.2による。
- (2) β^* の酸素濃度依存次数は $n=2$ と設定する。
- (3) 構造材料 (SUS304) 中不純物Co濃度は0.1%とする。
- (4) ステライト残留部は腐食のみを考慮し、磨耗放出は考慮しない。

ステライト腐食式:

$$\text{Log}_{10}R(\mu\text{m/y}) = 0.917 - \frac{2005}{T(K)} + 2\text{Log}_{10}Ox(\text{ppm})$$

表7.3 もんじゅ飽和期における1次冷却系のCP管壁付着密度及び²²Na濃度 (1/2)

部屋	PSYCHE線源領域No.	線源配管・機器	付着密度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$) または 換算濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$) *			濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$) Na ²²	QAD線源領域番号
			Mn ⁵⁴	Co ⁵⁸	Co ⁶⁰		
1次主冷却系室	1	HOTLEG	2.43E+00	2.32E-02	9.48E-01		0~7
	2	IHX(1)	1.69E+00	1.21E-02	5.84E-01		
	3	IHX(2)	2.64E+00	9.92E-03	8.51E-01		
	4	IHX(3)	3.61E+00	8.03E-03	9.04E-01		
	5	IHX(4)	3.70E+00	6.43E-03	8.19E-01		
	6	IHX(5)	3.94E+00	5.28E-03	7.57E-01		
	7	MIDDLELEG代替	4.36E+00	6.47E-03	9.85E-01		22~25
	2-6平均	IHX管束部平均	2.23E+00*	5.97E-03*	5.60E-01*		26~30
	7	MIDDLELEG代替	4.36E+00	6.47E-03	9.85E-01		31~37
	7	MIDDLELEG	4.36E+00	6.47E-03	9.85E-01		8~14
	8	PP	7.71E+00	1.27E-02	2.02E+00		38~56
	9	COLDLEG(1):PP-C/V	7.64E+00	9.53E-03	1.53E+00		15~21
	10	C/V	7.75E+00	1.48E-02	2.35E+00		
	11	COLDLEG(2):C/V-R/V	7.63E+00	9.31E-03	1.49E+00		
12	PP-OFC	7.46E+00	6.02E-03	9.73E-01			
	OFC-ML代替	7.36E+00	7.18E-03	1.16E+00		59~65	
13	OFC	4.50E+00	5.07E-04	8.31E-02			
	OFC-ML代替	7.36E+00	7.18E-03	1.16E+00		57~58	
14	OFC-ML	7.36E+00	7.18E-03	1.16E+00		66~72	
1次ナトリウムタンク室	15**	R/V-OF/T(1)	2.84E+00	1.92E-02	1.07E+00		19~61, 67~75
	16**	R/V-OF/T(2)	3.03E+00	4.57E-03	5.24E-01		117~133
	26**	OF/T-R/V	2.86E+00	2.82E-03	3.85E-01		1~18, 109~116
	18**	OF/T-CT/ECO(1)	4.43E+00	1.92E-03	3.32E-01		62~66, 76~93
	19**	OF/T-CT/ECO(2)	4.08E+00	3.94E-05	3.66E-02		134~143
	25**	CT/ECO-OF/T	1.51E+00	3.40E-06	4.49E-03		94~108
	17	OF/T	1.20E-01	5.47E-06	1.01E-03		144~145
	-	OF/T (残留Na)				8.90E-01	146
	-	D/T (残留Na)				8.90E-01	147

- 注1) 定格54サイクル運転直後
 注2) *はQADLIST計算用体積線源換算濃度入力値
 注3) **はQADLIST計算では考慮していない

表7.3 もんじゅ飽和期における1次冷却系のCP管壁付着密度及びNa22濃度 (2/2)

部屋	PSYCHE線源領域No.	線源配管・機器	付着密度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$) または 換算濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$) *			濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)	QAD線源領域番号
			Mn ⁵⁴	Co ⁵⁸	Co ⁶⁰	Na ²²	
1次ナトリウム (130系線源)	-	C/T A				8.90E-01	1~5
	-	3B配管(130系)				8.90E-01	6~21
	20	CT/ECO (CTへ)	1.61E+00	8.70E-07	1.15E-03		23~24
	24	CT/ECO (管束部)	2.23E+00	1.01E-06	1.33E-03		25
			3.70E+00*	1.68E-06*	2.21E-03*		
		CT/ECO (OF/Tへ)	2.23E+00	1.01E-06	1.33E-03		26~39
	21	CT/ECO-C/T A	1.27E+01	2.40E-05	2.11E-02		51~61
	22	C/T A	3.99E-01	1.09E-07	1.44E-04		22
			7.22E-01*	1.97E-07*	2.61E-04*		
	23	C/T A-CT/ECO	1.25E+01	6.90E-06	9.14E-03		62~77
	18	OF/T-CT/ECO(1)	4.43E+00	1.92E-03	3.32E-01		40~50
19	OF/T-CT/ECO(2)	4.08E+00	3.94E-05	3.66E-02		86~97	
25	CT/ECO-OF/T	1.51E+00	4.00E-06	4.49E-03		78~85	

注1) 定格54サイクル運転直後

注2) *は体積線源換算濃度 (7.4節ライブラリー一覧表脚注参照)

表7.4 R201室配管機器系統CP挙動評価用線量当量率計算点
(1/4)

No.	計算点位置			計算点座標 (cm)		
	領域	径方向	円周方向	X	Z	Y
1	主配管1 (中心)	保温表面	1	775	3190	384
2			2	775	3251	446
3			3	775	3190	507
4			4	775	3129	446
5	主配管2 (中心)	保温表面	1	661	3190	568
6			2	600	3251	568
7			3	539	3190	568
8			4	600	3129	568
9	主配管3 (中心)	保温表面	1	823	3190	628
10			2	823	3251	690
11			3	823	3190	751
12			4	823	3129	690
13	主配管4 (中心)	保温表面	1	1106	3190	865
14			2	1045	3251	865
15			3	984	3190	865
16			4	1045	3129	865
17	主配管5 (中心)	保温表面	1	760	3190	978
18			2	760	3251	1040
19			3	760	3190	1101
20			4	760	3129	1040
21	主配管6 (中心)	保温表面	1	536	3190	893
22			2	475	3251	893
23			3	414	3190	893
24			4	475	3129	893
25	主配管7 (中心)	保温表面	1	412	3190	662
26			2	381	3251	715
27			3	350	3190	768
28			4	381	3129	715
29	主配管8 (中心)	保温表面	1	145	2603	522
30			2	89	2603	579
31			3	145	2603	635
32			4	201	2603	579
33	主配管9 (中心)	保温表面	1	201	2488	776
34			2	145	2544	776
35			3	89	2488	776
36			4	145	2432	776
37	主配管10 (中心)	保温表面	1	145	2843	917
38			2	89	2843	974
39			3	145	2843	1030
40			4	201	2843	974
41	主配管11 (中心)	保温表面	1	-209	3197	917
42			2	-209	3253	974
43			3	-209	3197	1030
44			4	-209	3141	974

(2/4)

No.	計算点位置			計算点座標 (cm)		
	領域	径方向	円周方向	X	Z	Y
45	主配管12 (中心)	保温表面	1	-563	2855	917
46			2	-619	2855	974
47			3	-563	2855	1030
48			4	-507	2855	974
49	主配管13 (中心)	保温表面	1	-507	2513	751
50			2	-563	2569	751
51			3	-619	2513	751
52			4	-563	2457	751
53	主配管14 (中心)	保温表面	1	-563	2621	472
54			2	-619	2621	529
55			3	-563	2621	585
56			4	-507	2621	529
57	主配管15 (中心)	保温表面	1	-723	2845	482
58			2	-723	2891	529
59			3	-723	2845	575
60			4	-723	2799	529
61	主配管16 (中心)	保温表面	1	-796	3010	482
62			2	-842	3010	529
63			3	-796	3010	575
64			4	-750	3010	529
65	主配管17 (中心)	保温表面	1	-750	3174	644
66			2	-796	3221	644
67			3	-842	3174	644
68			4	-796	3128	644
69	主配管18 (中心)	保温表面	1	-750	3174	828
70			2	-796	3221	828
71			3	-842	3174	828
72			4	-796	3128	828
73	主配管19 (中心)	保温表面	1	-750	3174	978
74			2	-796	3221	978
75			3	-842	3174	978
76			4	-796	3128	978
77	主配管20 (中心)	保温表面	1	-918	3174	1012
78			2	-918	3221	1059
79			3	-918	3174	1105
80			4	-918	3128	1059
81	主配管21 (中心)	保温表面	1	-994	3174	729
82			2	-1040	3221	729
83			3	-1086	3174	729
84			4	-1040	3128	729
85	主配管3 (中心)	配管表面	1	823	3190	647
86			2	823	3233	690
87			3	823	3190	732
88			4	823	3147	690

(3/4)

No.	計算点位置			計算点座標 (cm)		
	領域	径方向	円周方向	X	Z	Y
89	主配管7 (中心)	配管表面	1	402	3190	678
90			2	381	3233	715
91			3	360	3190	752
92			4	381	3147	715
93	主配管21 (中心)	配管表面	1	-1008	3174	729
94			2	-1040	3207	729
95			3	-1072	3174	729
96			4	-1040	3142	729
97	IHX (下部0m)	保温表面	1	145	2721	401
98			2	-33	2721	579
99			3	145	2721	756
100			4	323	2721	579
101	IHX (下部1m)	保温表面	1	145	2821	401
102			2	-33	2821	579
103			3	145	2821	756
104			4	323	2821	579
105	IHX (下部2m)	保温表面	1	145	2921	401
106			2	-33	2921	579
107			3	145	2921	756
108			4	323	2921	579
109	IHX (下部3m)	保温表面	1	145	3021	401
110			2	-33	3021	579
111			3	145	3021	756
112			4	323	3021	579
113	IHX (下部4m)	保温表面	1	145	3121	401
114			2	-33	3121	579
115			3	145	3121	756
116			4	323	3121	579
117	IHX (下部5m)	保温表面	1	145	3221	401
118			2	-33	3221	579
119			3	145	3221	756
120			4	323	3221	579
121	IHX (下部6m)	保温表面	1	145	3321	401
122			2	-33	3321	579
123			3	145	3321	756
124			4	323	3321	579
125	IHX (下部7m)	保温表面	1	145	3421	401
126			2	-33	3421	579
127			3	145	3421	756
128			4	323	3421	579
129	PUMP (下部0)	保温表面	1	-563	2733	424
130			2	-668	2733	529
131			3	-563	2733	633
132			4	-459	2733	529

(4/4)

No.	計算点位置			計算点座標 (cm)		
	領域	径方向	円周方向	X	Z	Y
133	PUMP (下部1)	保温表面	1	-563	2833	424
134			2	-668	2799	529
135			3	-563	2833	633
136			4	-459	2833	529
137	PUMP (下部2)	保温表面	1	-563	2933	424
138			2	-668	2933	529
139			3	-563	2933	633
140			4	-459	2933	529
141	PUMP (下部3)	保温表面	1	-563	3033	424
142			2	-668	3033	529
143			3	-563	3033	633
144			4	-459	3033	529
145	PUMP (下部4)	保温表面	1	-563	3133	424
146			2	-668	3133	529
147			3	-563	3133	633
148			4	-459	3133	529
149	PUMP (下部5)	保温表面	1	-563	3233	424
150			2	-668	3233	529
151			3	-563	3233	633
152			4	-459	3233	529
153	OFC (下部0m)	保温表面	1	-393	2542	738
154			2	-464	2542	809
155			3	-393	2542	879
156			4	-323	2542	809
157	OFC (下部1m)	保温表面	1	-393	2642	738
158			2	-464	2642	809
159			3	-393	2642	879
160			4	-323	2642	809
161	OFC (下部2m)	保温表面	1	-393	2732	738
162			2	-464	2742	809
163			3	-393	2742	879
164			4	-323	2742	809
165	OFC (下部3m)	保温表面	1	-393	2842	738
166			2	-464	2842	809
167			3	-393	2842	879
168			4	-323	2842	809
169	OFC (下部4m)	保温表面	1	-393	2942	738
170			2	-464	2942	809
171			3	-393	2942	879
172			4	-323	2942	809
173	OFC (下部5m)	保温表面	1	-393	3042	738
174			2	-464	3042	809
175			3	-393	3042	879
176			4	-323	3042	809

7.3 線量率計算用配管・機器幾何形状モデルの作成

(1) 1次主冷却系室 (R201) 及びオーバフロータンク室 (R103)

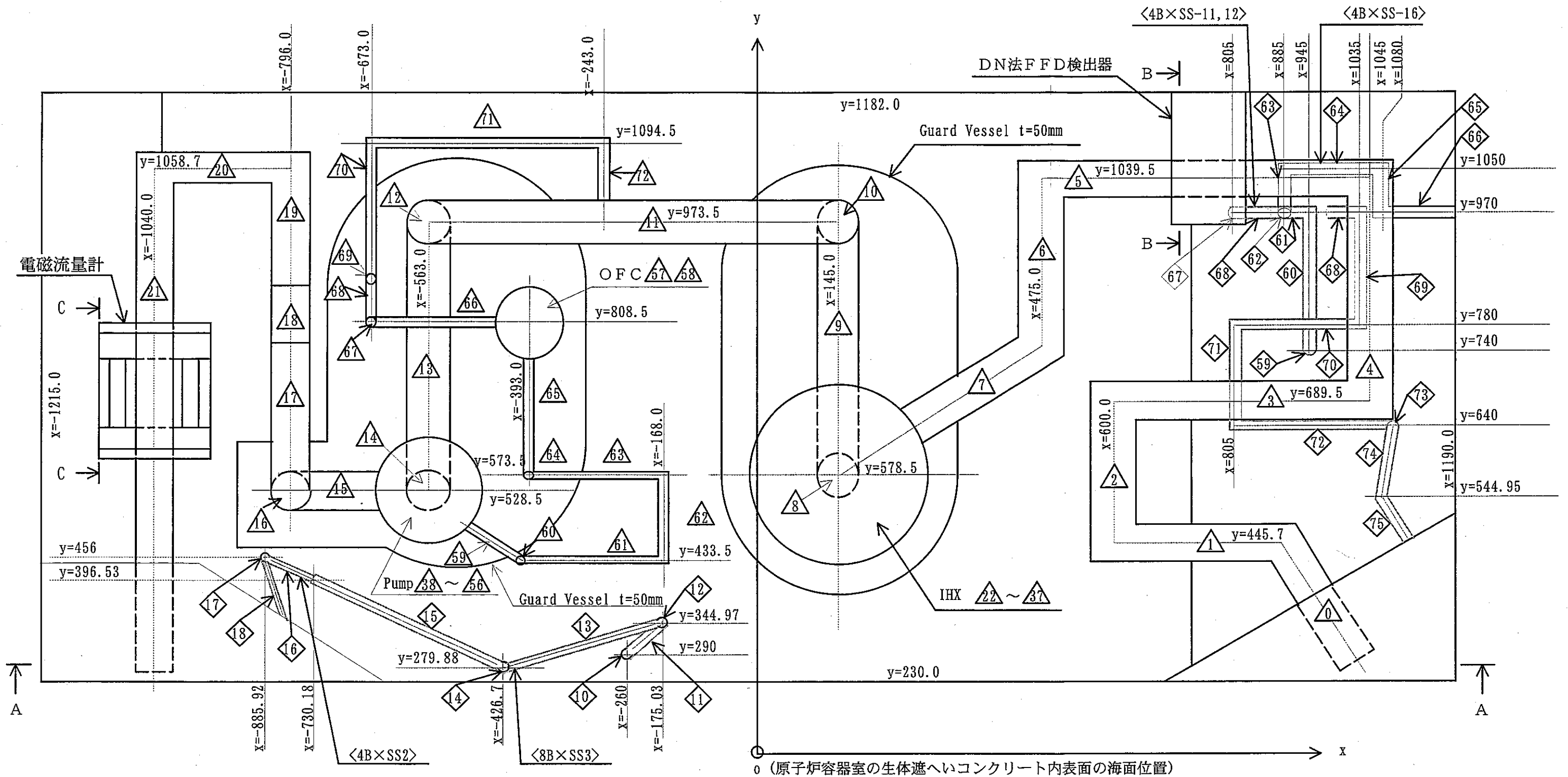
R201 と R103 室は、コンクリート遮蔽壁中間床を介して上階、下階の位置関係にあり、相互の線量率寄与を評価可能とするため、同一計算体系において幾何形状の作成を行った。なお、中間床を除く各部屋の側壁、天井、床の生体遮蔽壁は、QAD-CG の点減衰核法では γ 線の後方散乱を取り扱わないため、モデル化の対象とはしなかった。図 7.1~7.3 に配管系及びオーバフロータンク (OF/T) 及びダンプタンク (D/T) の形状モデルを示した。図 7.4~7.9 に中間熱交換器 (IHX)、主ポンプ (PP)、遅発中性子燃料破損検出器 (DNFFD)、電磁流量計 (EMFM) の機器及び配管エルボの形状モデルを示した。また、作成した形状モデルデータの 3DSudioMAX を用いた可視化による検証結果を図 7.10 に示した。

(2) 1次純化系室 (R111)

図 7.11~7.12 に配管系の形状モデルを示した。図 7.13~7.15 に CT 及び CT エコノマイザーの機器形状モデルを示した。また、作成した形状モデルデータの 3DSudioMAX を用いた可視化による検証結果を図 7.16 に示した。なお、部屋生体遮蔽壁の取り扱い及び配管エルボの形状モデルは前項 (1) に同じである。

(3) その他

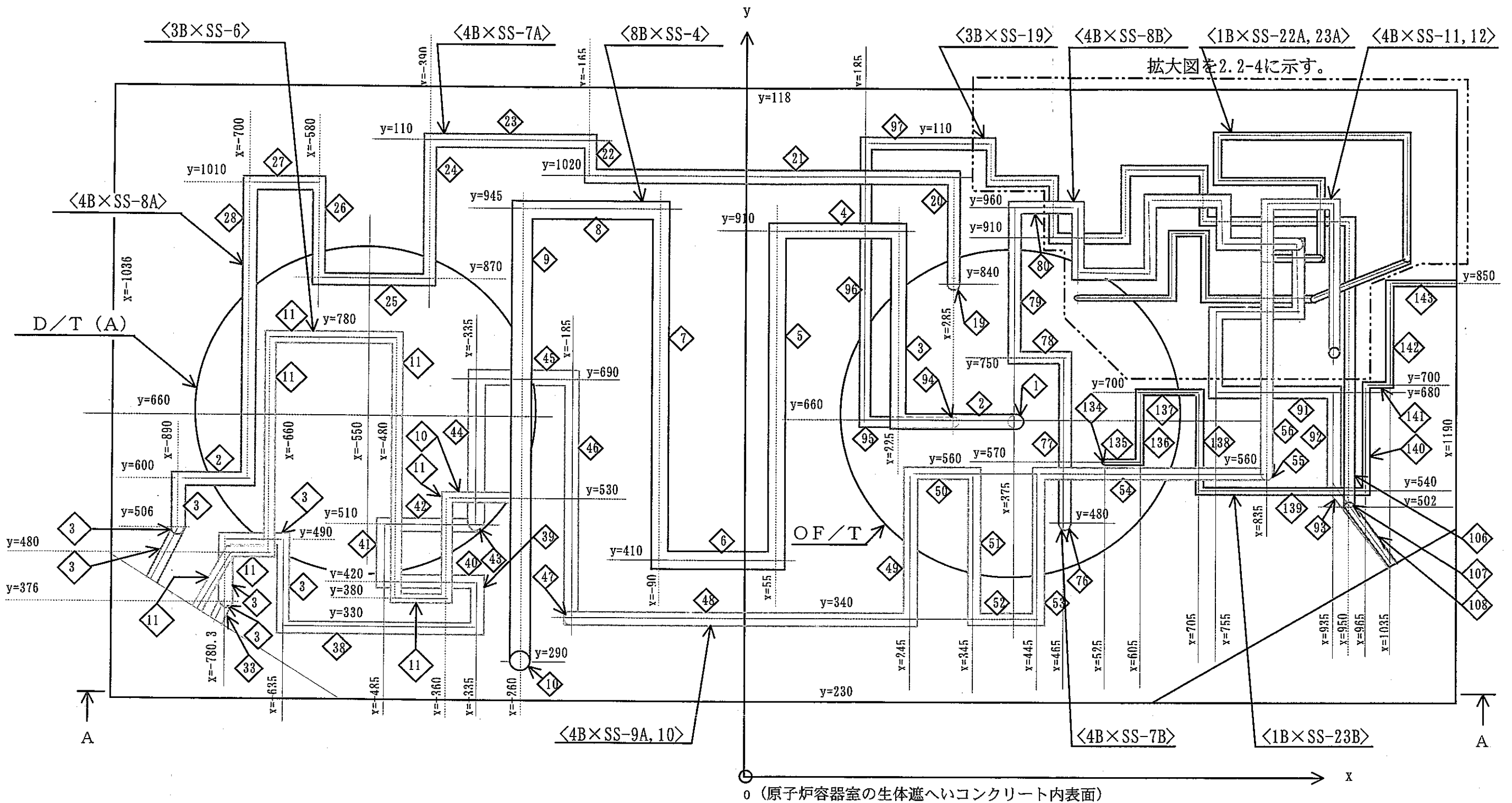
その他として、IHX 底部残留ナトリウム影響の検討及び IHX 上部室 (R407) 線量率評価のため、関連幾何形状の作成を行った。図 7.17 に IHX 底部残留ナトリウム幾何形状モデルを示した。残留ナトリウムは 5m^3 とした。図中の P_1 、 P_2 は評価点でガードベッセルの外側に位置する。IHX 上部室 (R407) は 2次ナトリウム配管が R201 室上部遮蔽壁を貫通し R407 室に到ることから、その影響を確認するために実施した。なお、運転中 (1次ナトリウム充填) も停止中 (1次ナトリウムドレン) も、2次ナトリウムは充填のままとした。図 7.18~7.20 に幾何形状モデルを示した。



原点 (0, 0, EL)

- △~△ : 1次主冷却系室関係の線源領域番号
 - ◇~◇ : 1次オーパフロータンク室関係の線源領域番号
 - < > : 1次オーパフロータンク室関係の配管系統図番号
- 単位: cm

図7.1 1次主冷却系室 (R201) の配管線量率計算用幾何形状モデル (平面図)



原点 (0, 0, EL)

◇～◇：1次オーバフロータンク室関係の線源領域番号
 < >：1次オーバフロータンク室関係の配管系統図番号
 単位：cm

図7.2(a) 1次オーバフロータンク室 (R103) の配管及びタンク線量率計算用幾何形状モデル (平面図)

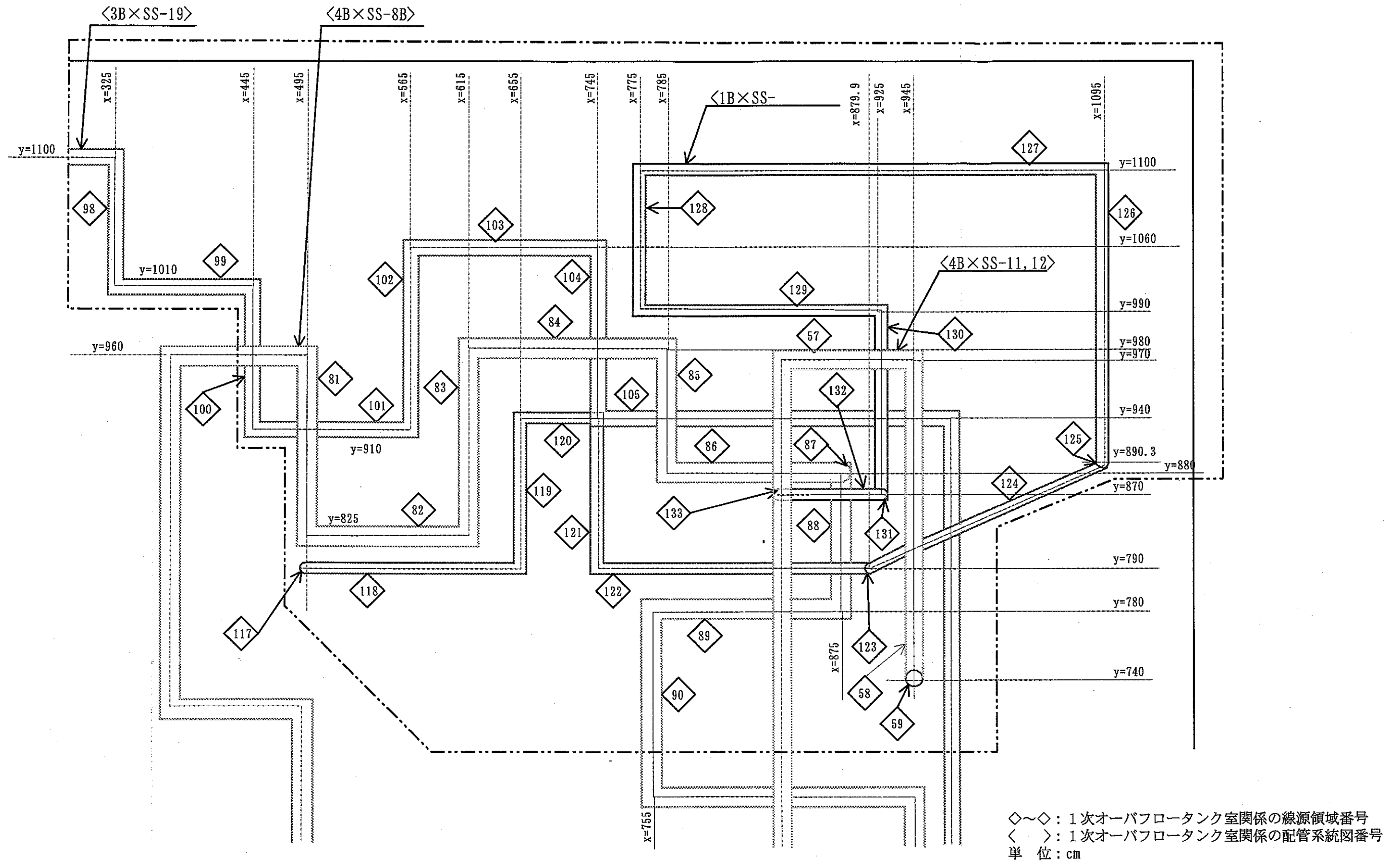


図7.2(b) 1次オーバーフロータンク室 (R103) の配管及びタンク線量率計算用幾何形状モデル (拡大平面図)

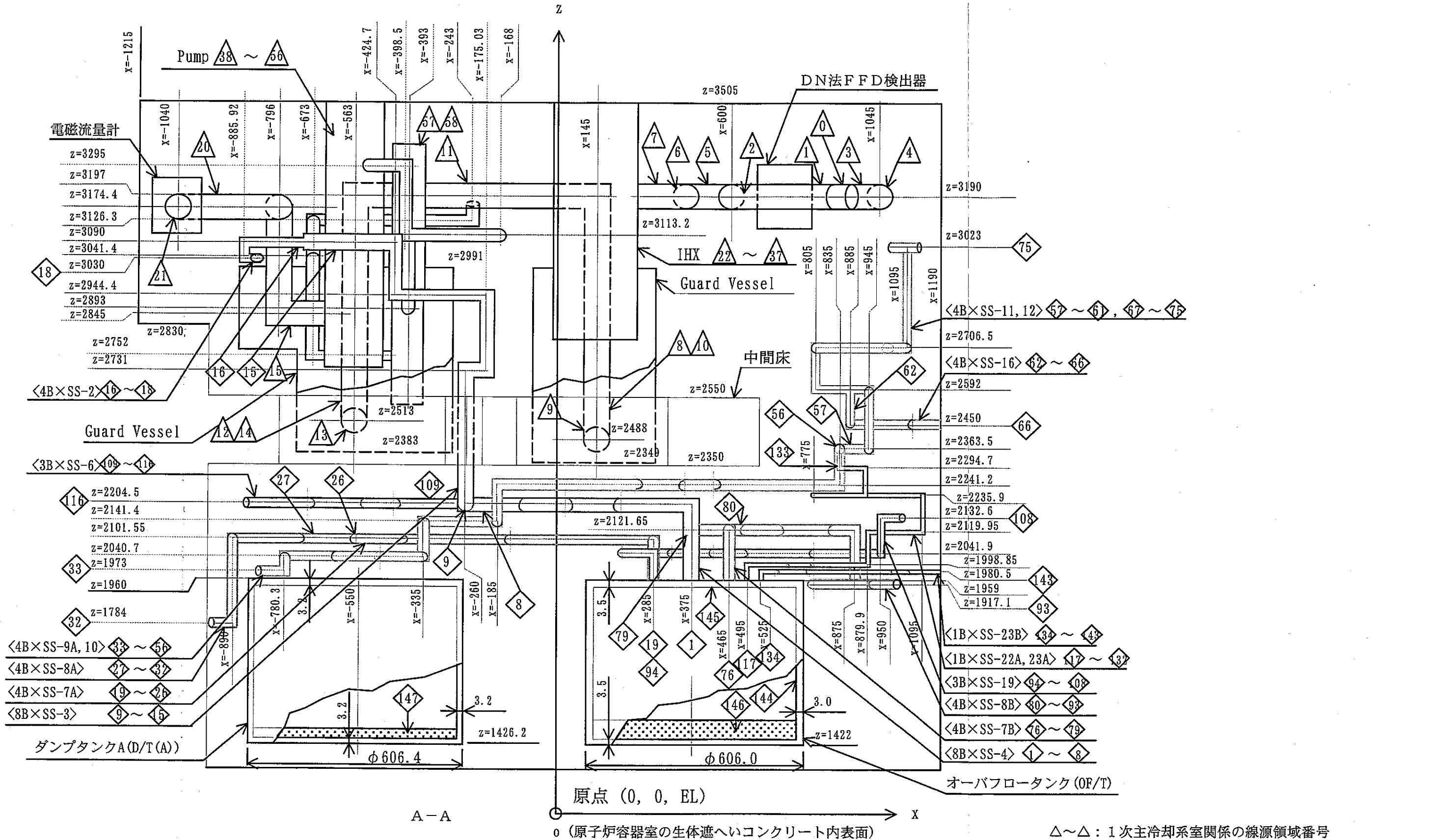


図7.3 1次主冷却系室 (R201) 及び1次オーバフロータンク室 (R103) の配管及びタンク線量率計算用幾何形状モデル (立面図)

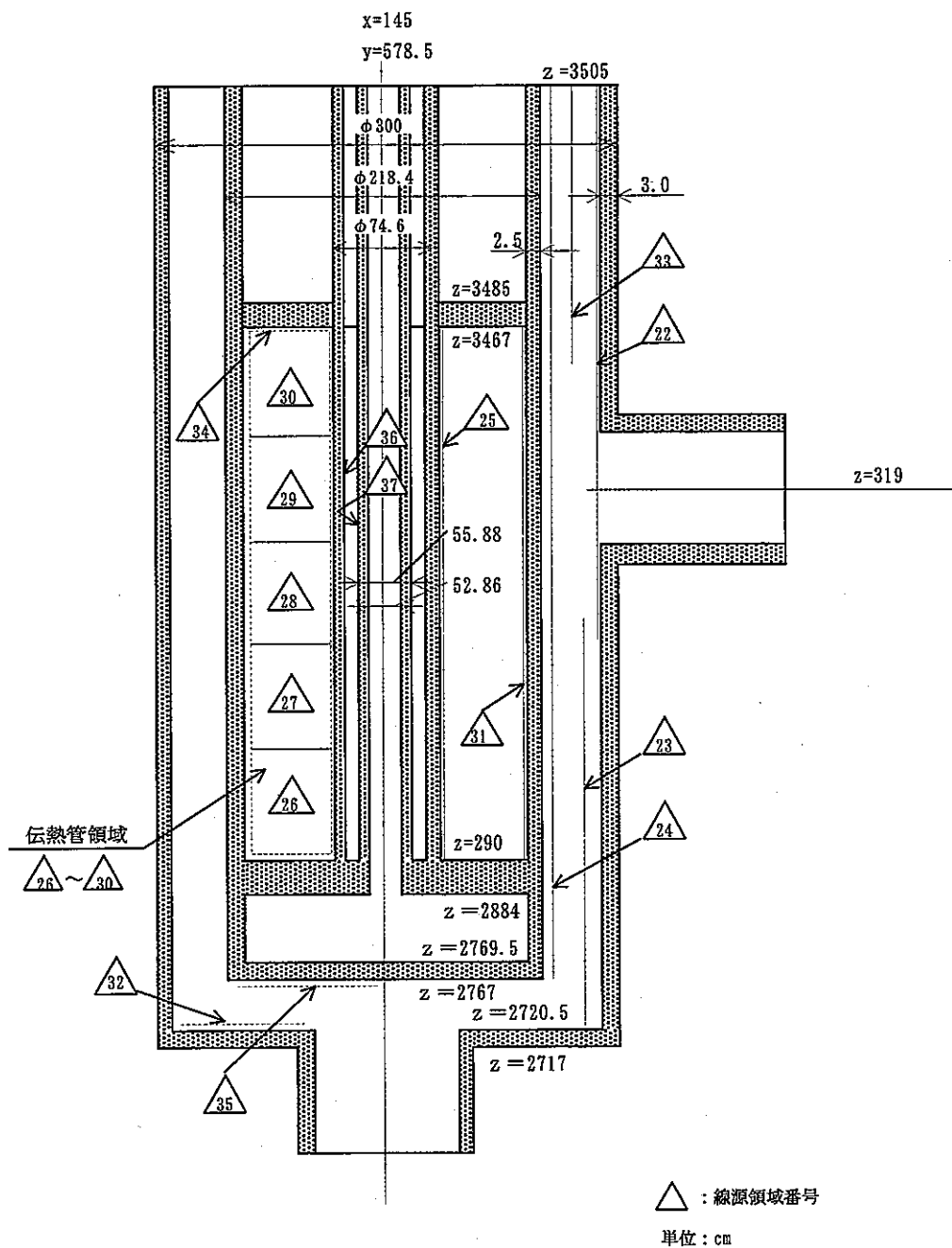


図7.4 1次主冷却系室 (R201) のIHx線量率計算用形状モデル

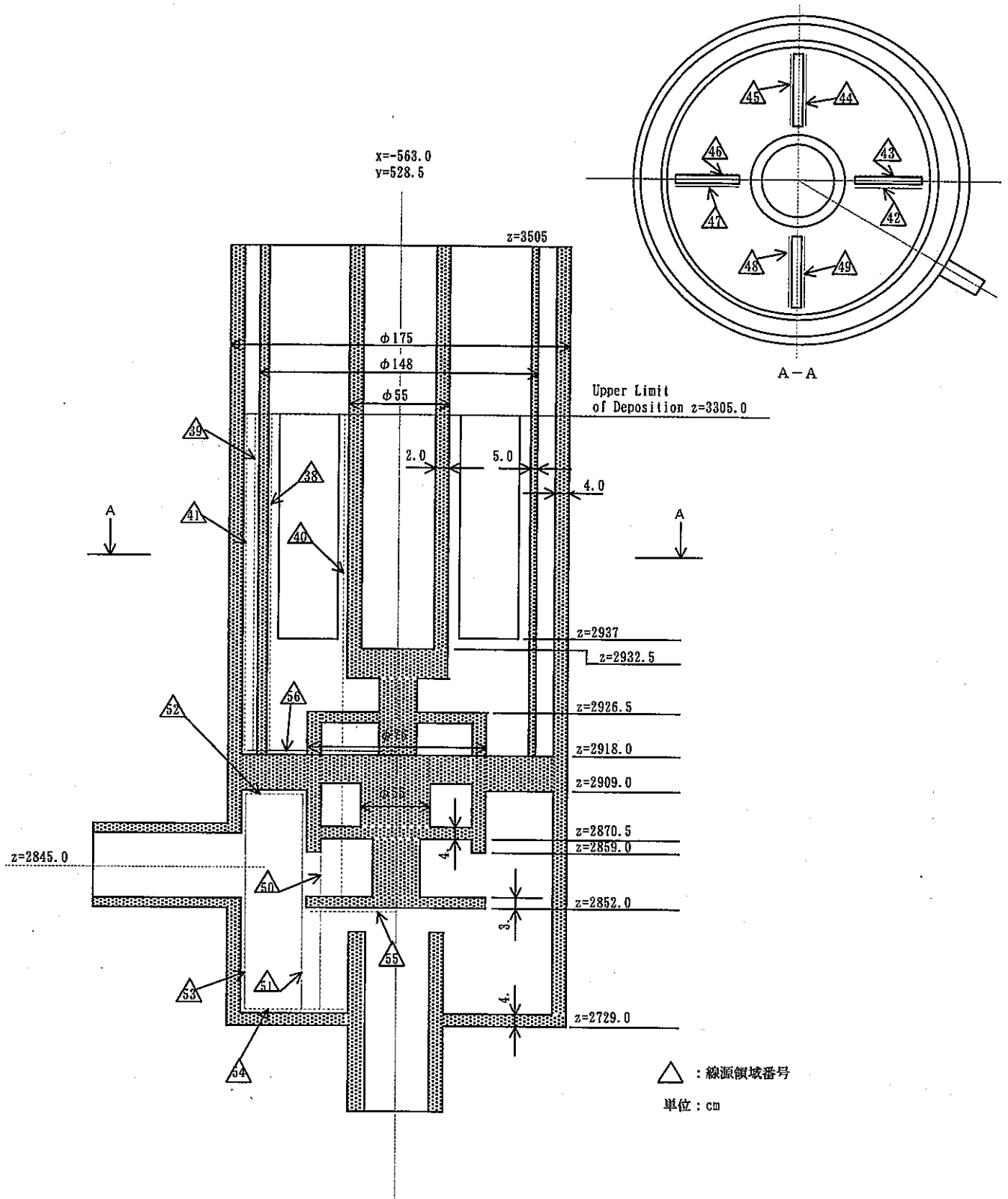


図7.5 1次主冷却系室 (R201) のPP線量率計算用形状モデル

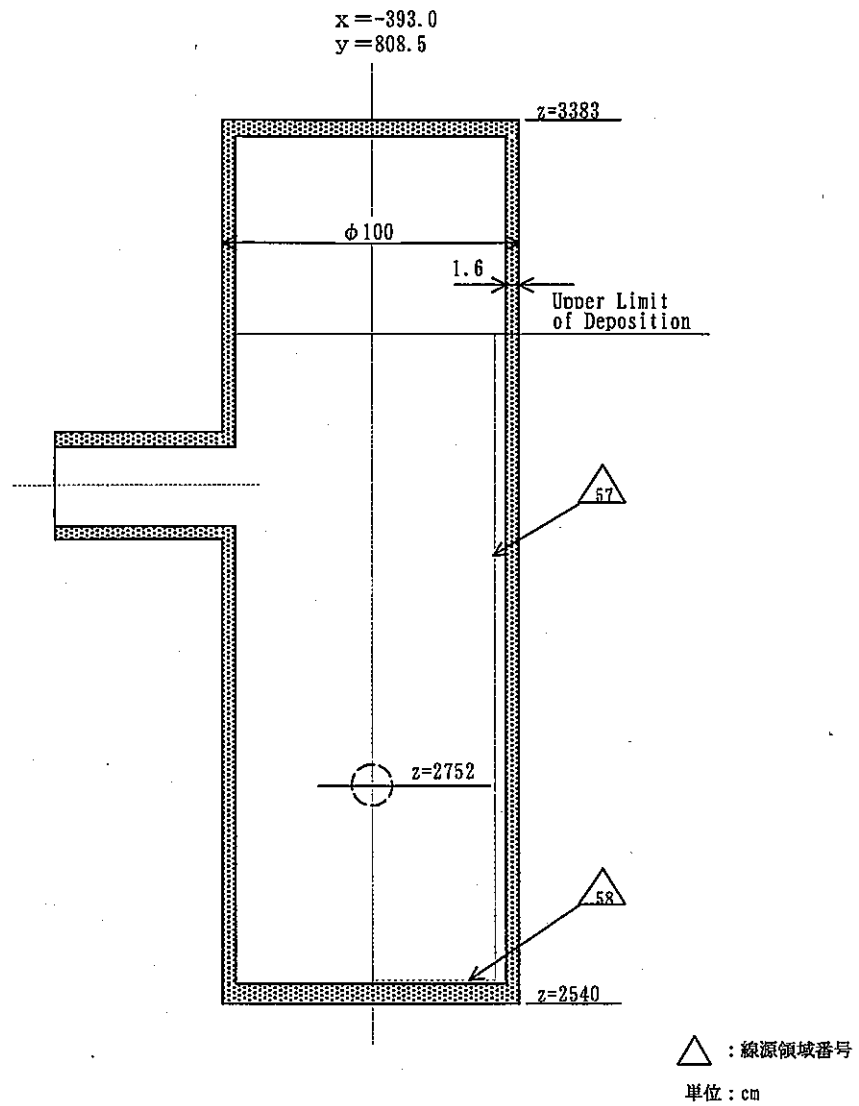


図7.6 1次主冷却系室 (R201) のPPオーバーフローコラム線量率計算用形状モデル

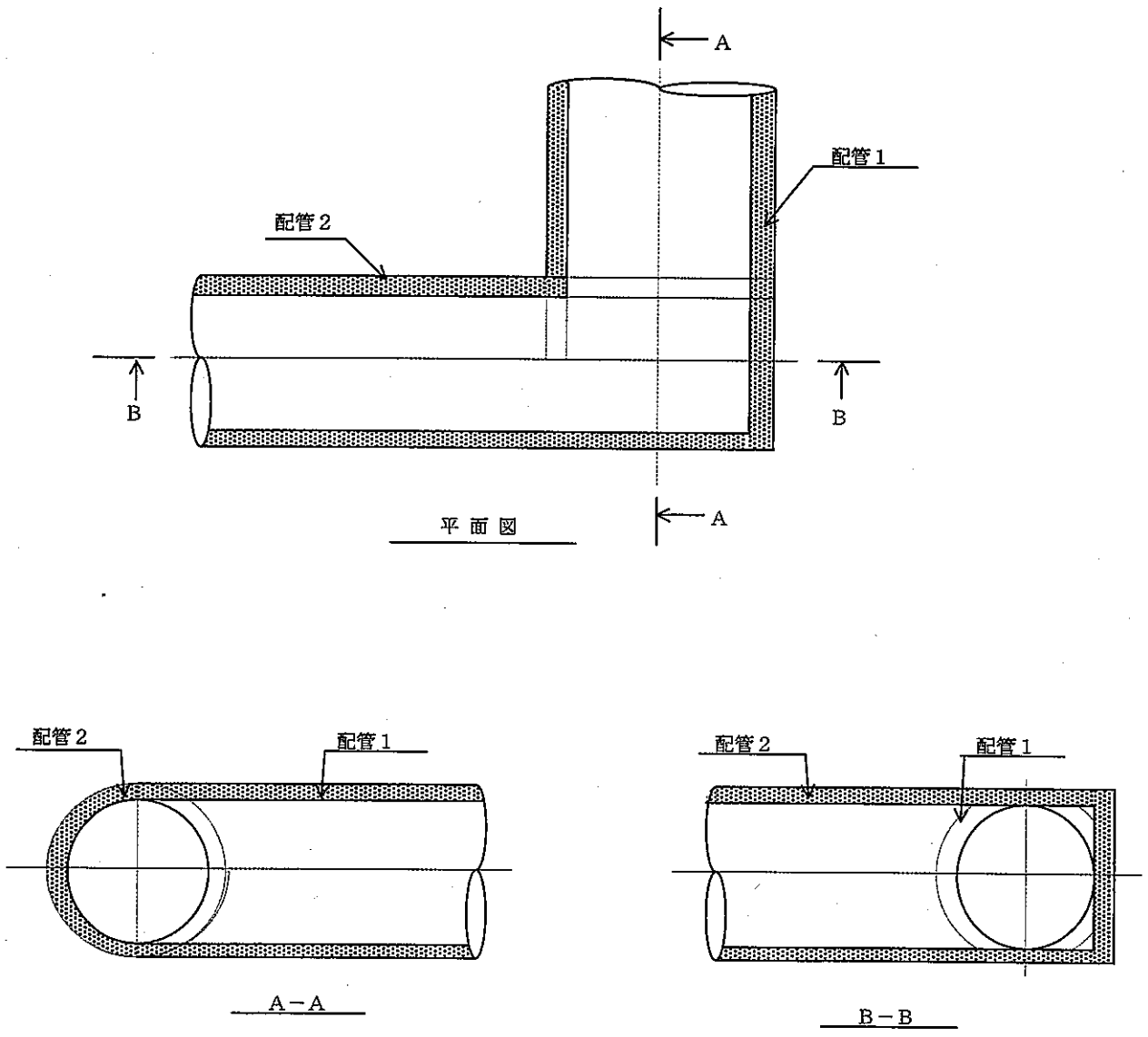


図7.7 配管エルボの線量率計算用形状モデル

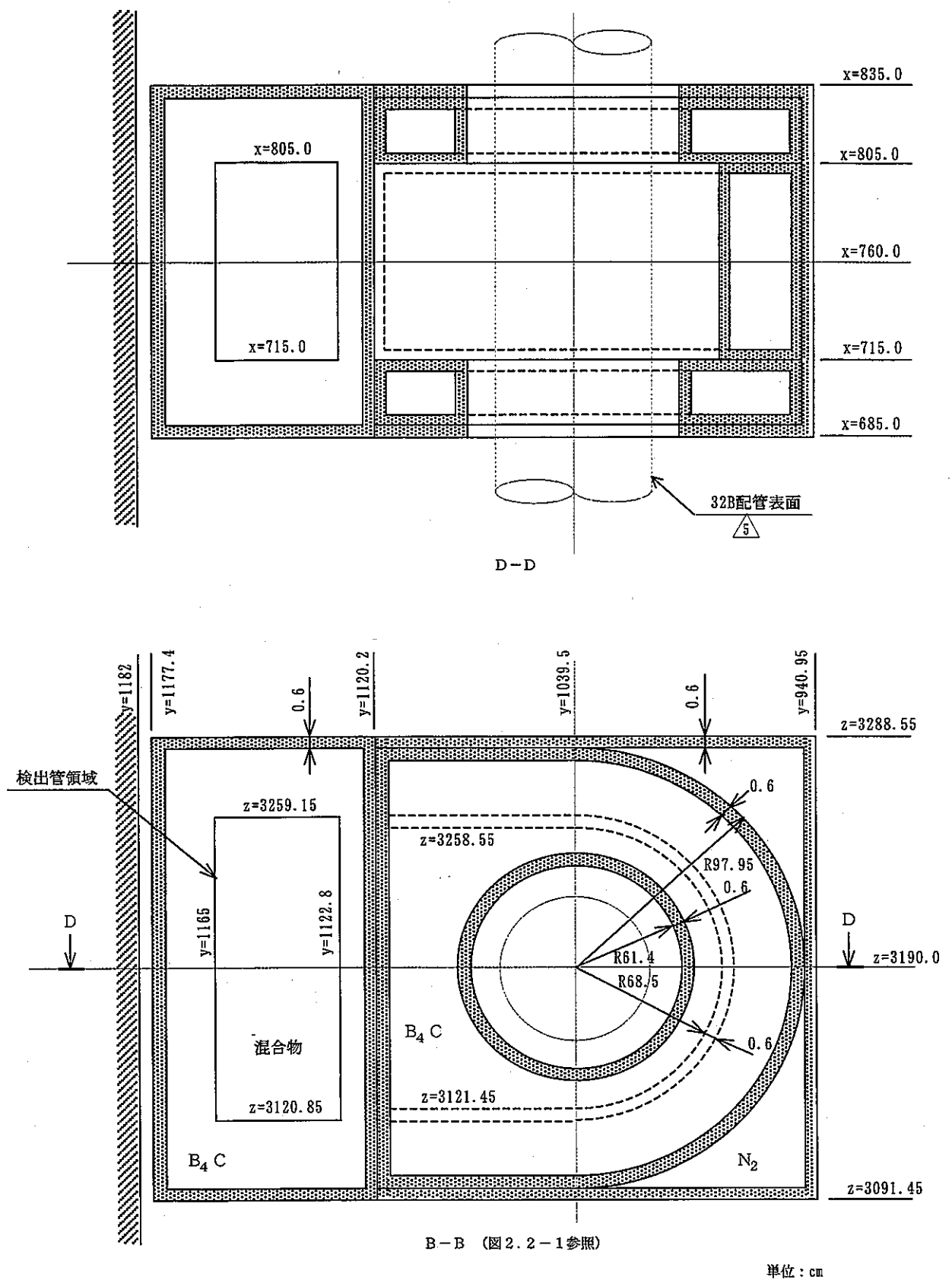
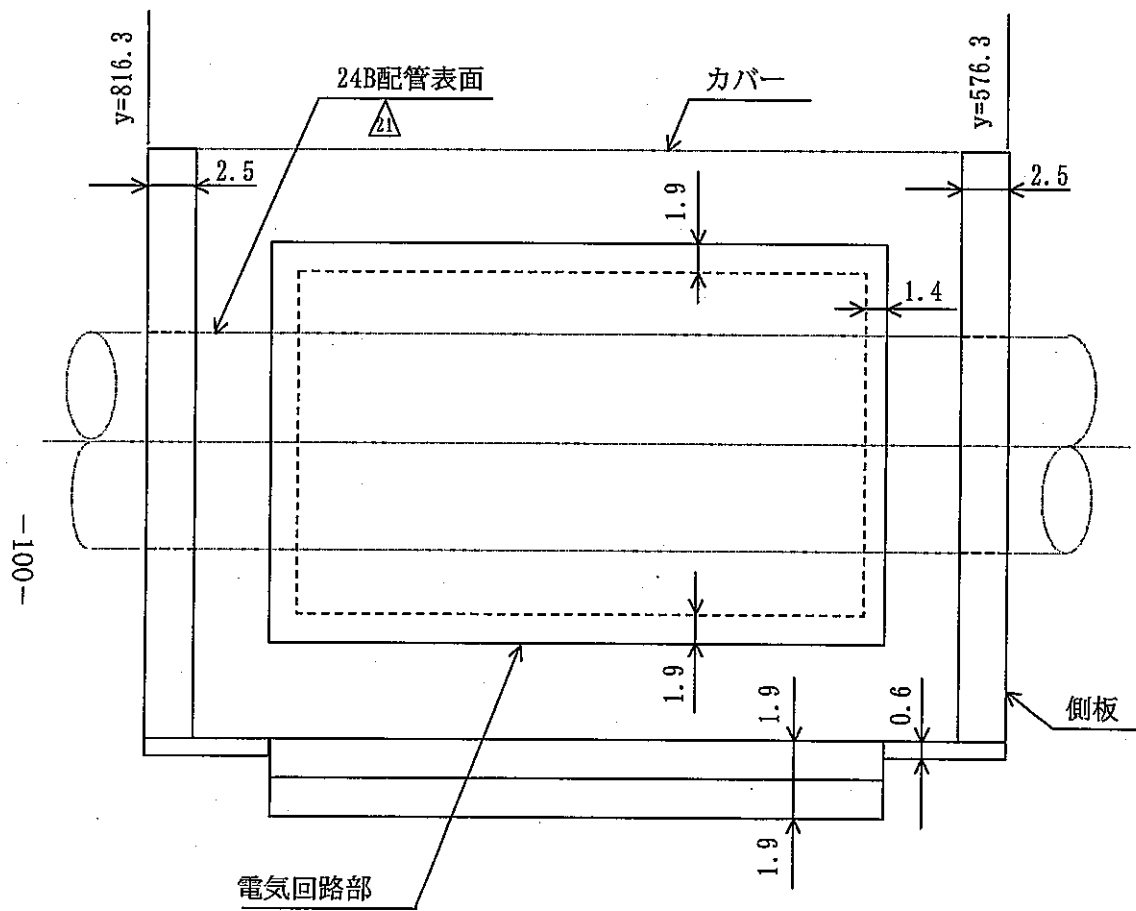
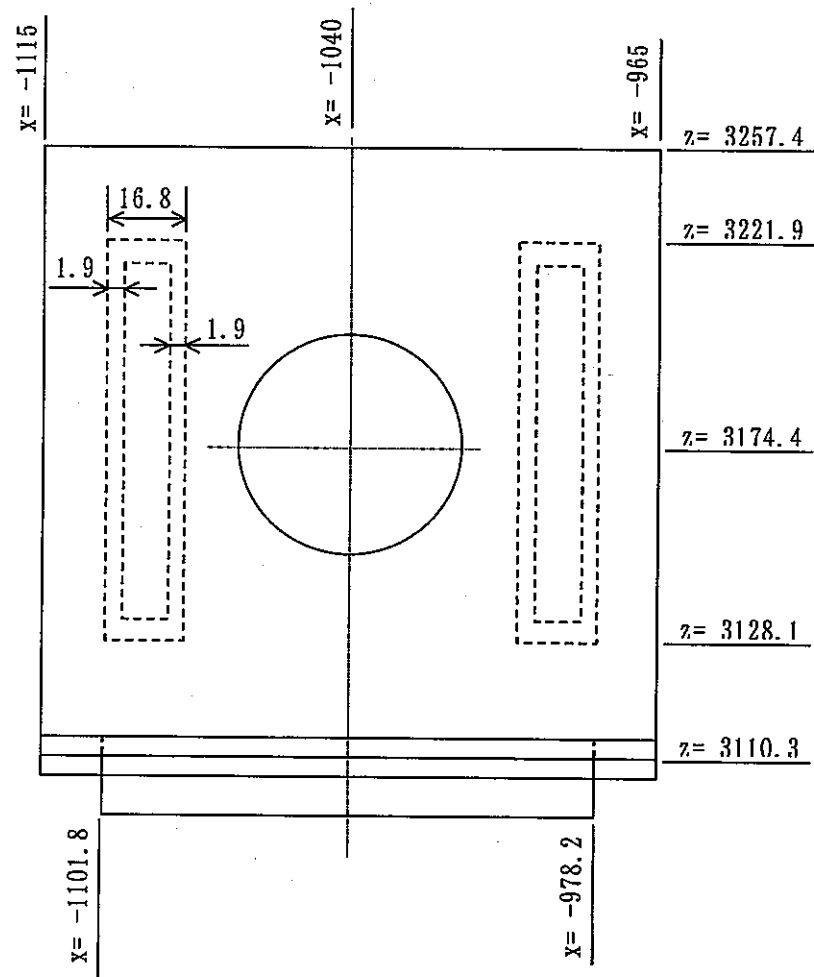


図7.8 1次主冷却系室 (R201) のDNFFD線量率計算用形状モデル



C - C (図 2.2 - 1 参照)



右側面図

図7.9 1次主冷却系室 (R201) のEMFM線量率計算用形状モデル

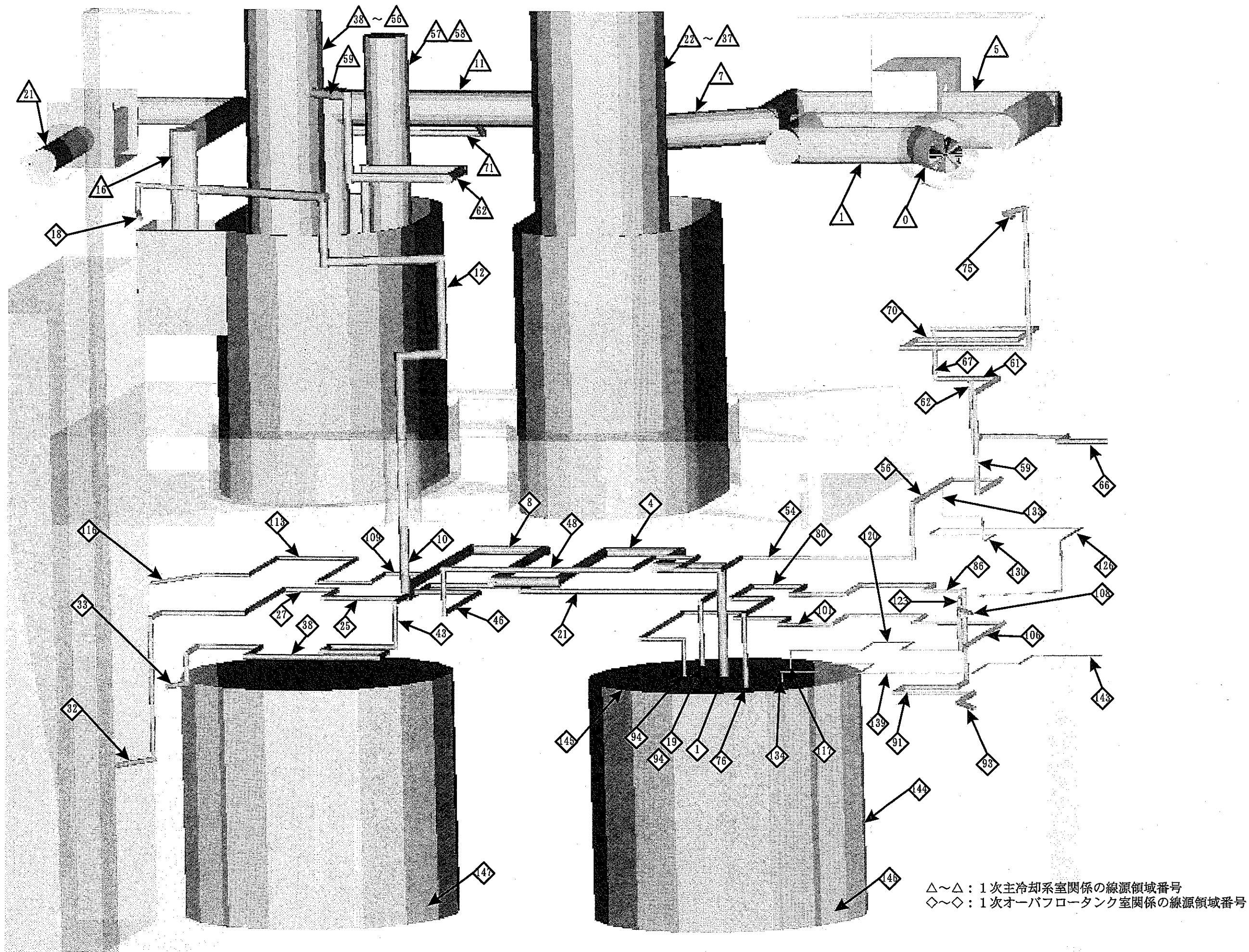


図7.10 1次主冷却系室 (R201) 及び1次オーバフロータンク室 (R103) の配管・機器線量率計算用形状モデルの検証

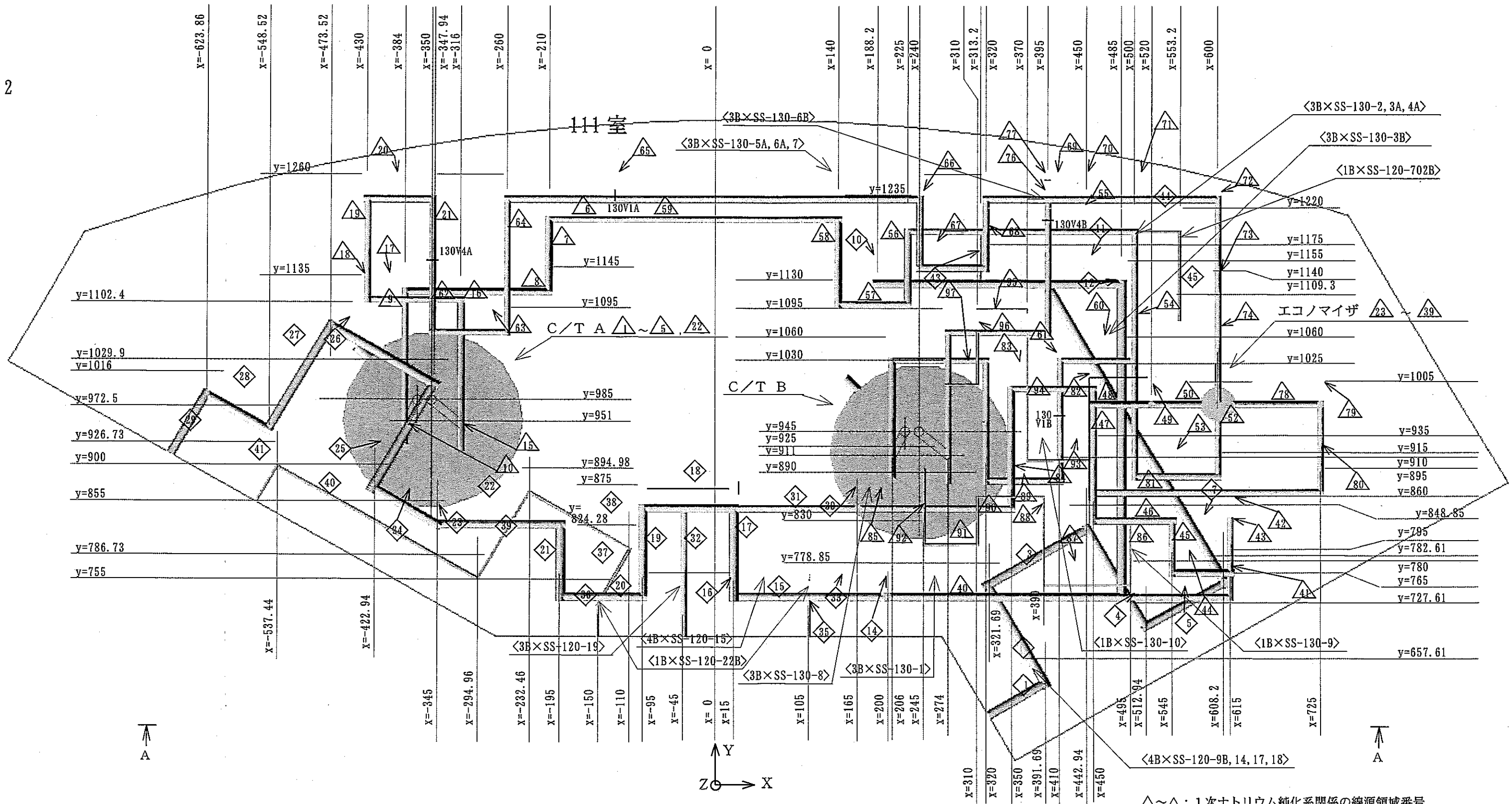
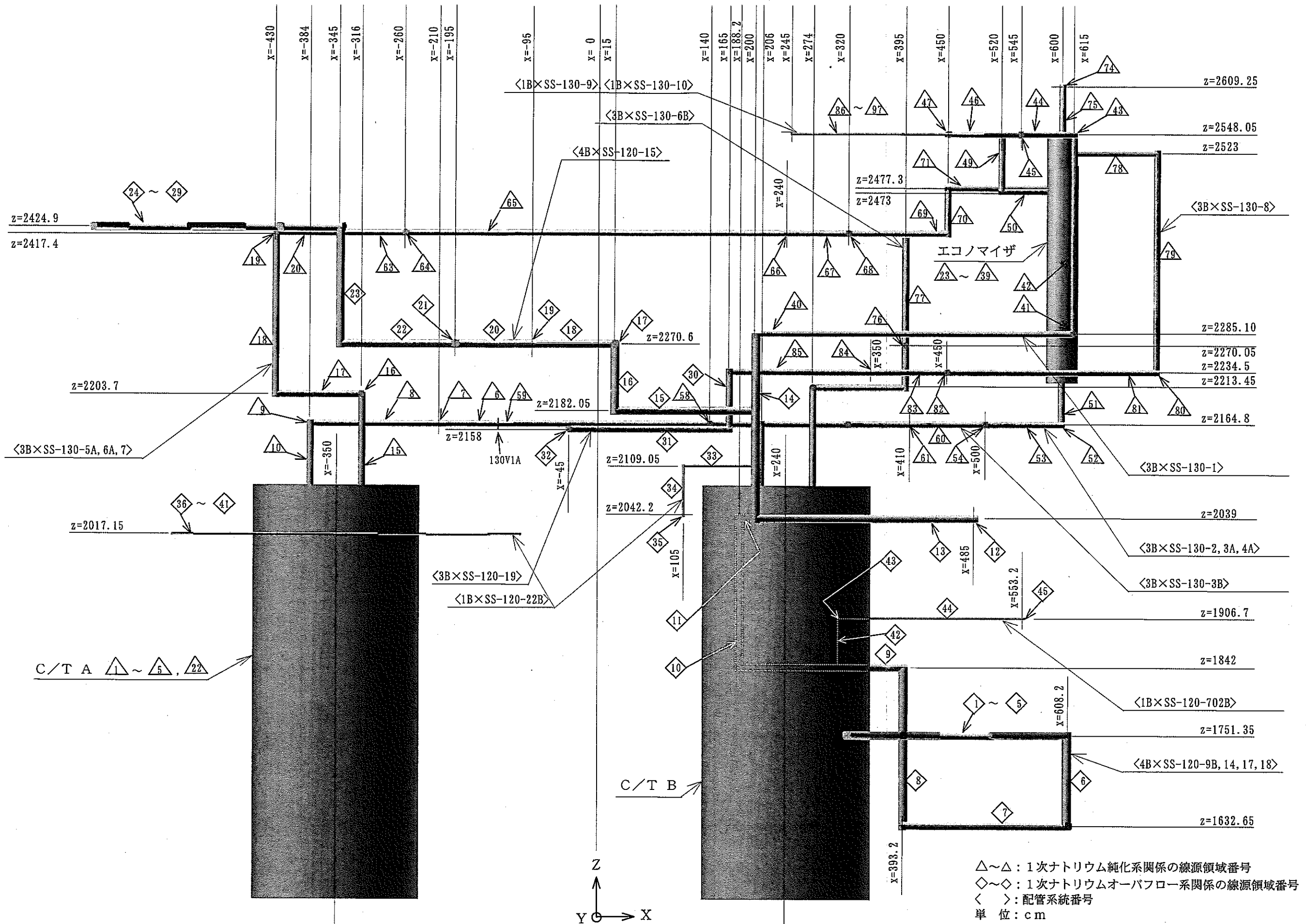


図 7.11 1次ナトリウム純化系室 (R111) 配管系の線量当量率計算用幾何形状モデル (平面図)

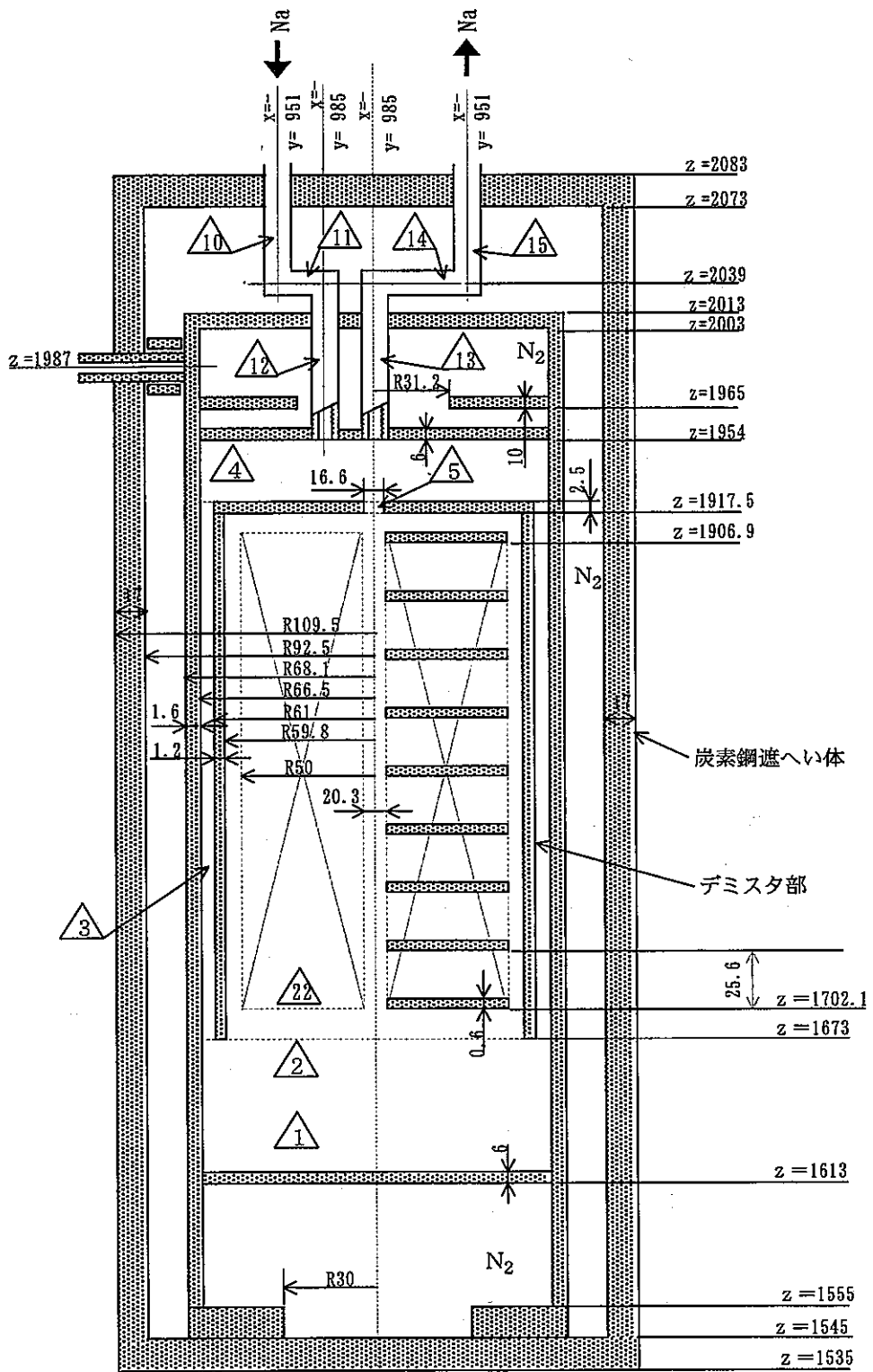
△~△: 1次ナトリウム純化系関係の線源領域番号
 ◇~◇: 1次ナトリウムオーバーフロー系関係の線源領域番号
 < >: 配管系統番号
 単位: cm

座標原点位置
 X: 原子炉建屋の基準線 X 3
 Y: 原子炉容器室の生体遮へいコンクリート外表面
 Z: エレベーション 0m



△～△：1次ナトリウム純化系関係の線源領域番号
 ◇～◇：1次ナトリウムオーバーフロー系関係の線源領域番号
 < >：配管系統番号
 単位：cm
 座標原点位置
 X：原子炉建屋の基準線X3
 Y：原子炉容器室の生体遮へいコンクリート外表面
 Z：エレベーション0m

図 7.12 1次ナトリウム純化系室 (R111) 配管系の線量当量率計算用幾何形状モデル (立面図)



△ : 線源領域番号

単位 : cm

図7.13 1次ナトリウム純化系C/T-Aの線量当量率計算用幾何形状モデル

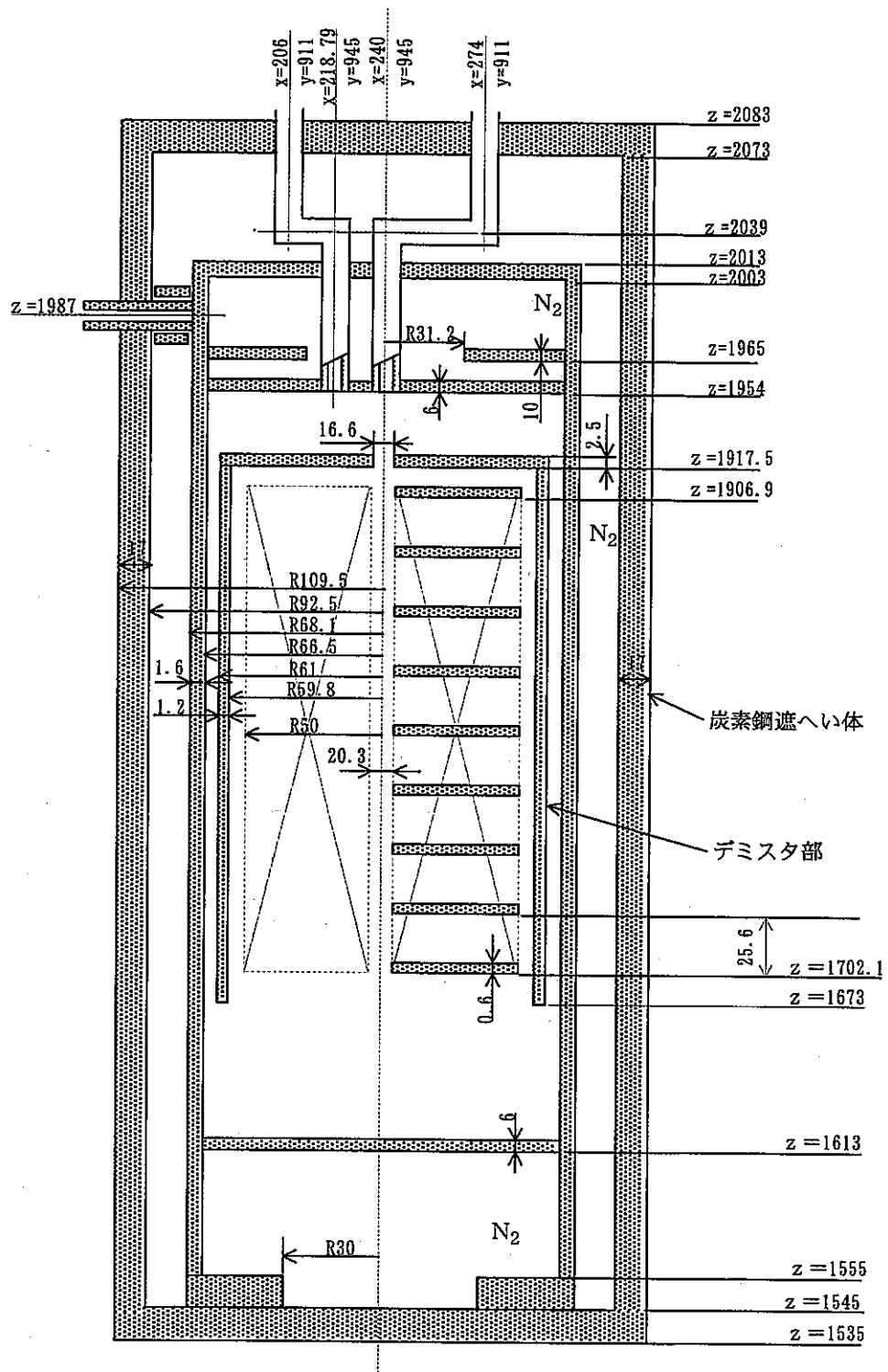


図7.14 1次ナトリウム純化系C/T-Bの線量当量率計算用幾何形状モデル

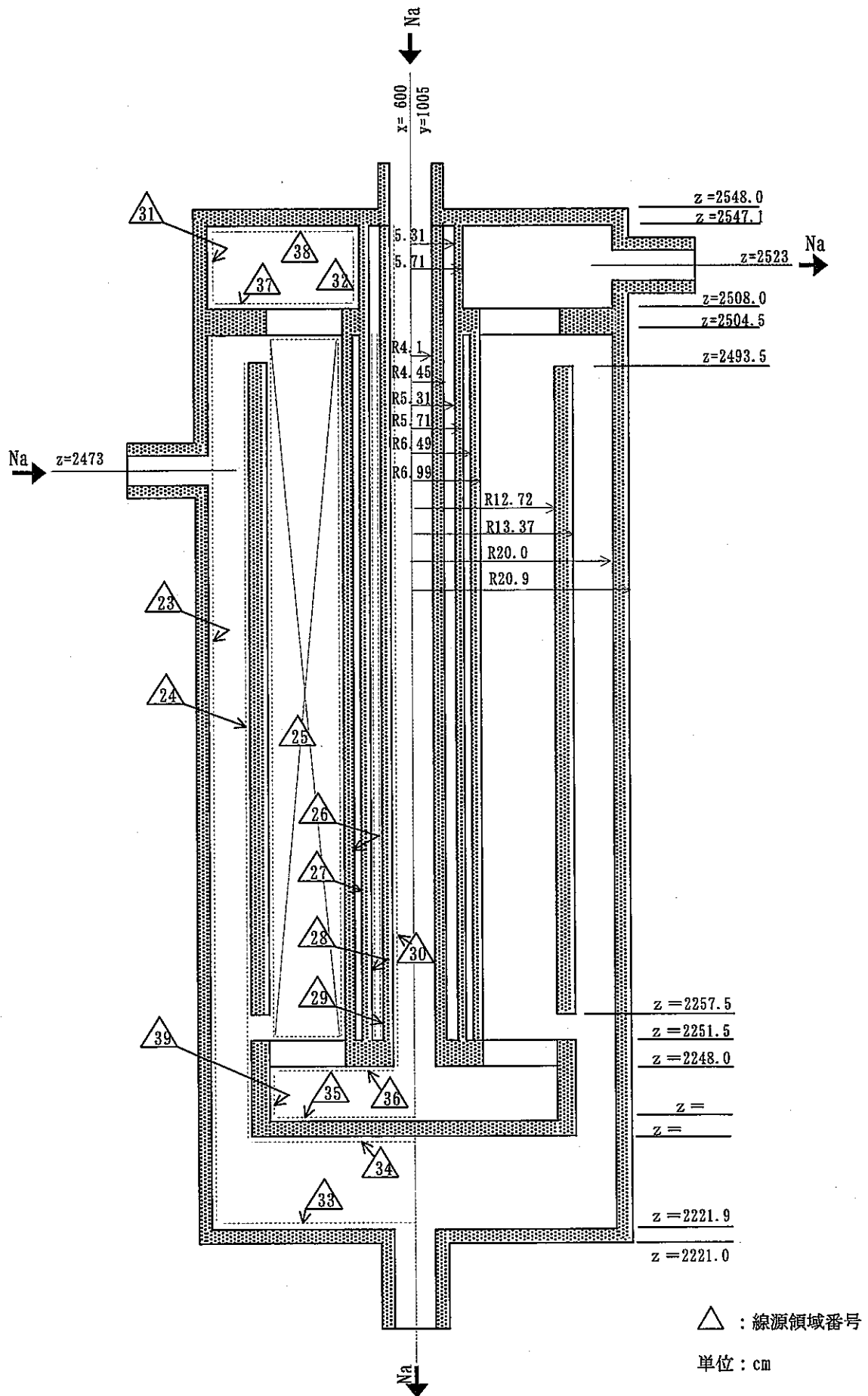


図7.15 1次ナトリウム純化系C/Tエコノマイザーの線量当量率計算用幾何形状モデル

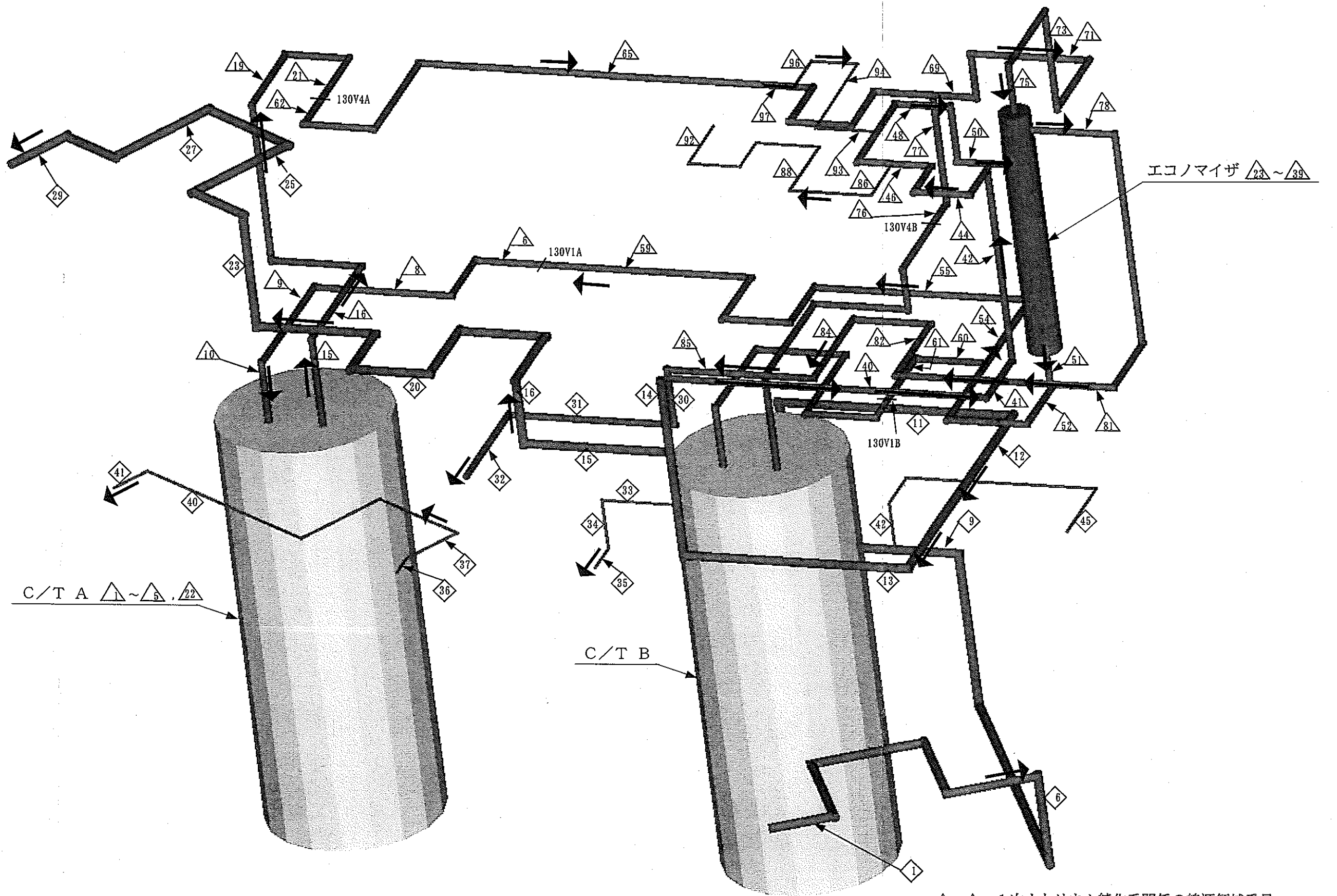


図 7.16 1次ナトリウム純化系 (R111) の配管・機器線量当量率計算用幾何形状モデルの検証

- △～△ : 1次ナトリウム純化系関係の線源領域番号
- ◇～◇ : 1次ナトリウムオーバーフロー系関係の線源領域番号
- ← : Naの流れ方向

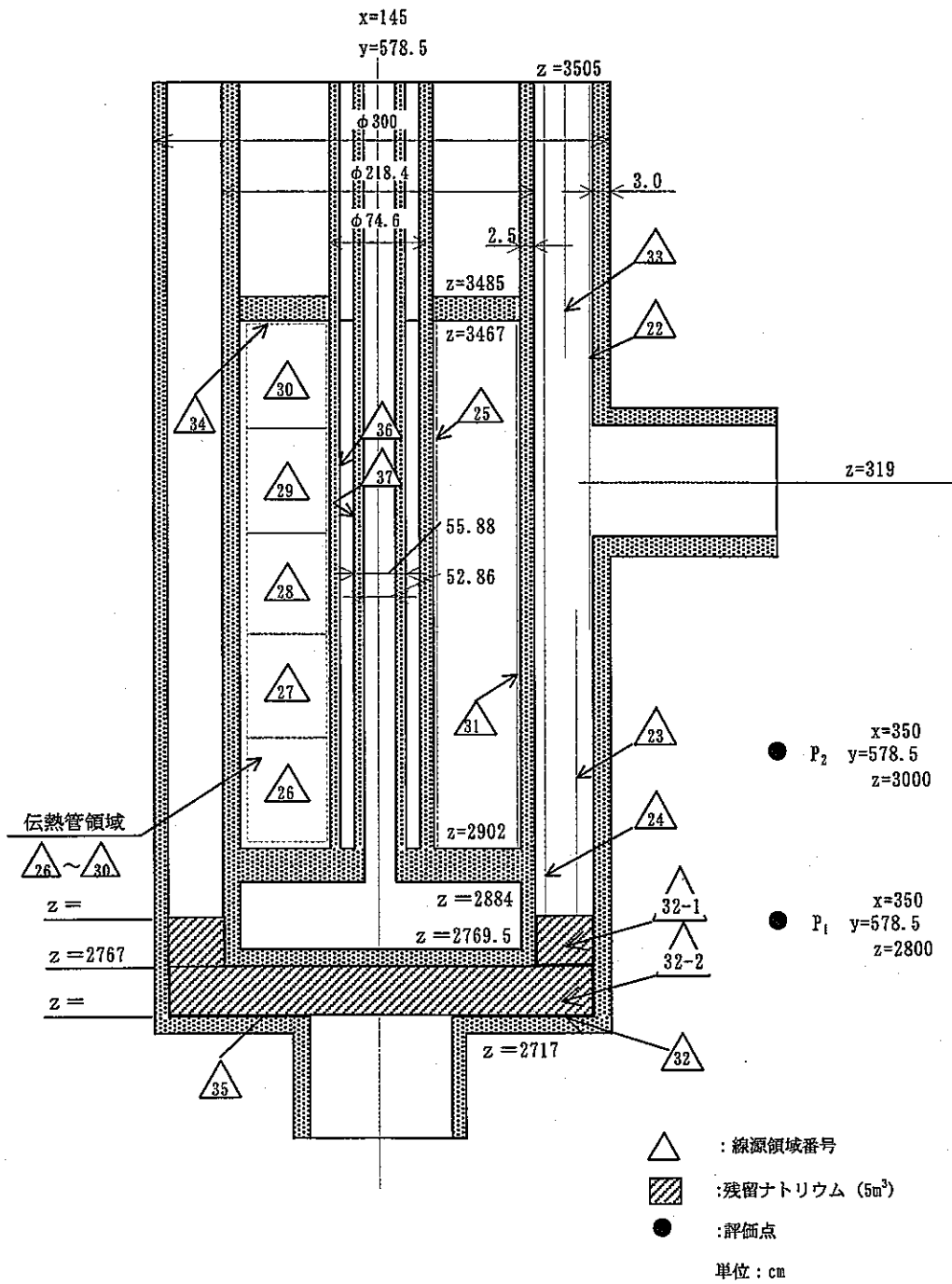


図7.17 IHX底部残留ナトリウム線量率計算用幾何形状モデル

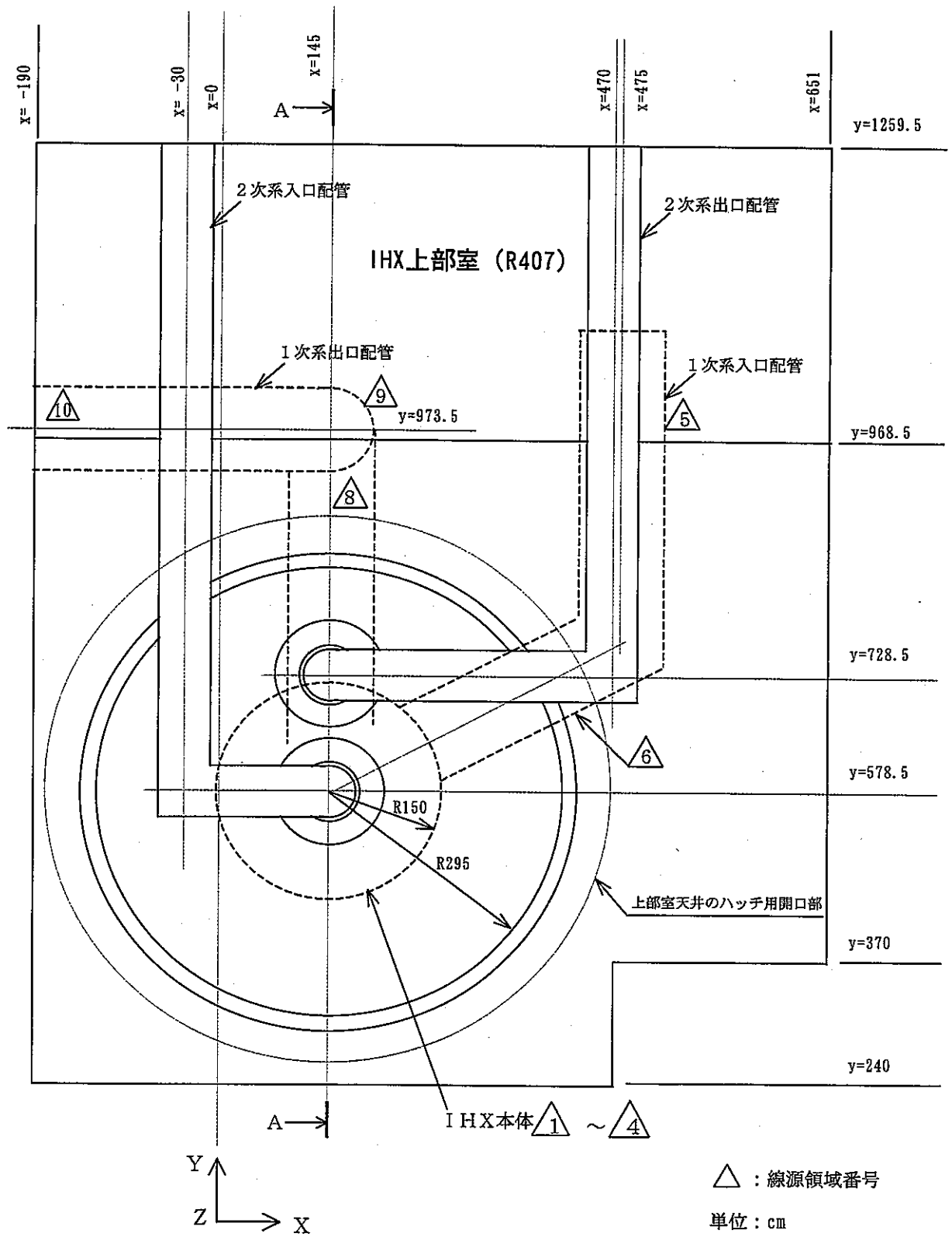


図7.18 IHX上部室 (R407) の線量当量率計算用幾何形状モデル (平面図)

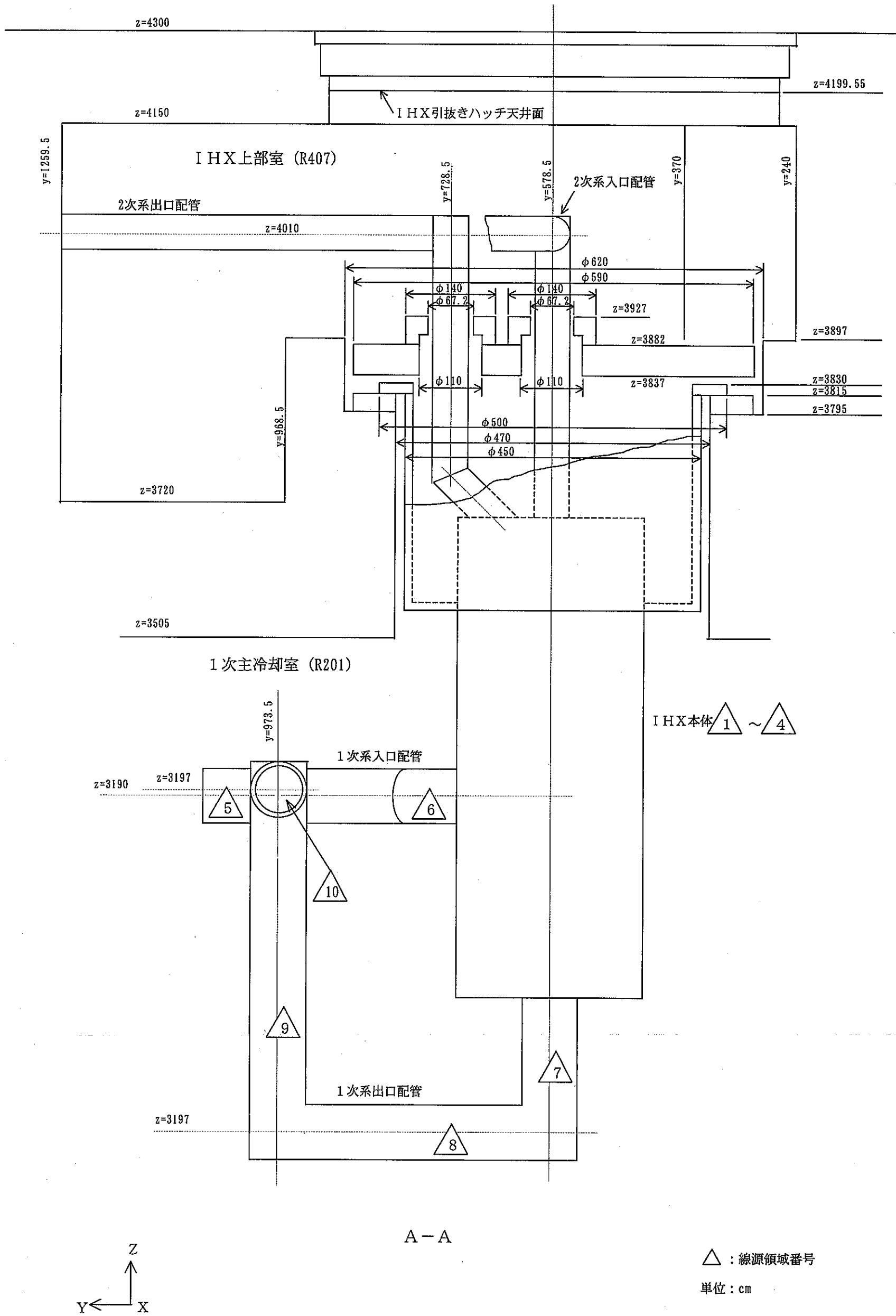


図7.19 IHX上部室 (R407) の線量当量率計算用幾何形状モデル (立面図)

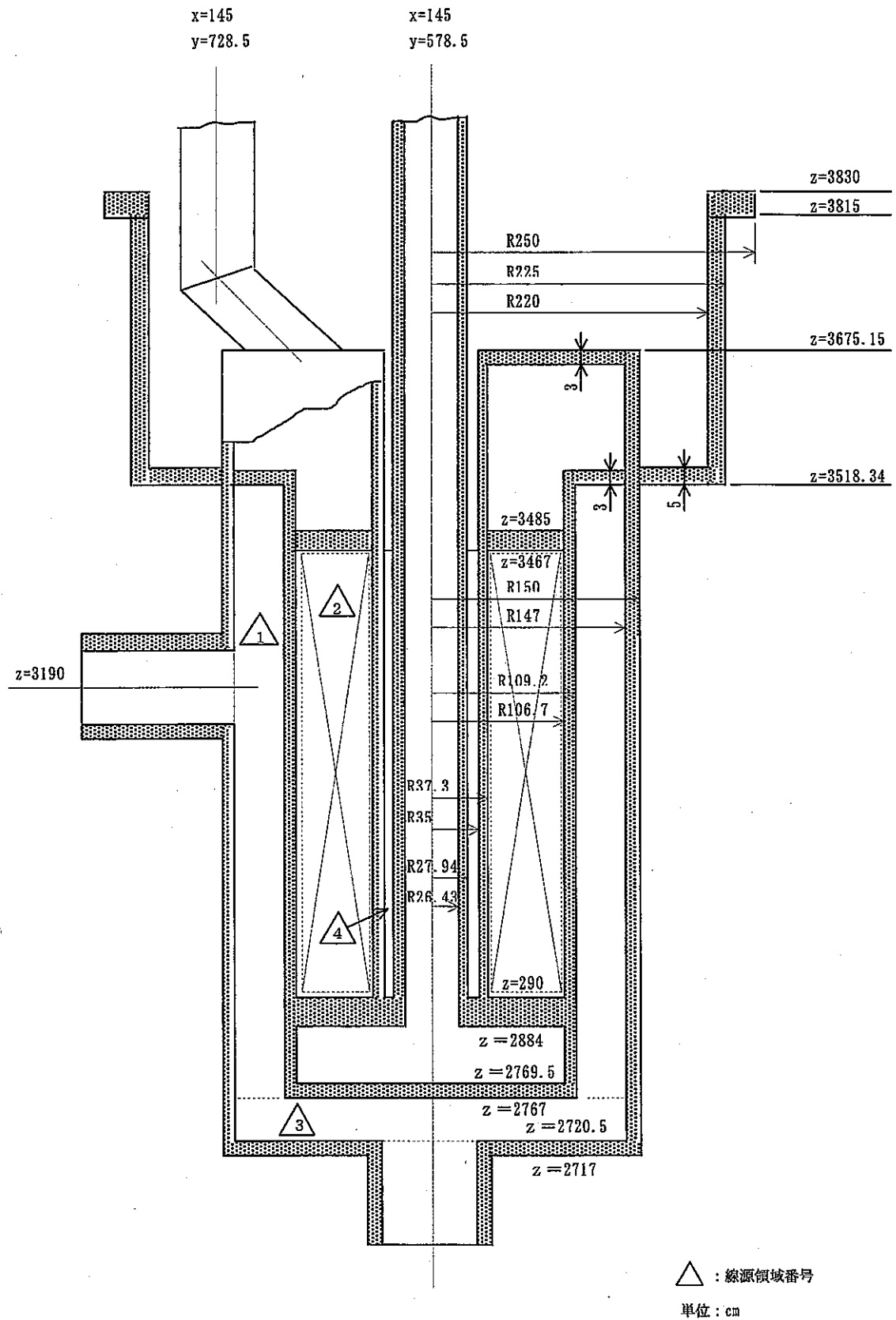


図7.20 IHX上部室 (R407) の線量当量率計算用IHX幾何形状モデル

7.4 線量率変換ライブラリの作成

前節で作成した各冷却系室配管機器の幾何形状モデルを用いて、CP (^{51}Cr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co) 及び放射化ナトリウム (^{22}Na) 核種及び単位線源 ($3.7 \times 10^4 \text{Bq/cm}^2$ 、但し体積線源として扱う領域については $3.7 \times 10^4 \text{Bq/cm}^3$) を与えた時の、線量率マップ可視化用メッシュ格子点における線量率を計算し各部屋に対するライブラリを作成した。DORE に搭載したライブラリ一覧を次表に示した。

室名	用途	ライブラリ名称
R201 (1次主冷却系室A)	R201室線量当量率マップ可視化用	@R201.Lib
	IHX周り線量当量率マップ可視化用	@R201_693.Lib
	IHX底部残留Na影響評価用 (ガードベッセル外表面2点)	@R201_IHX0.Lib
	同上(線量当量率マップ可視化用)	@R201_IHX1.Lib
	R201室配管機器系統CP挙動評価用 (表7.4参照)	@R201_176.Lib
R103 (1次オーバフロータンク室)	オーバフロータンク及びダンプタンク 周り線量当量率マップ可視化用	@R103.Lib
R111 (1次ナトリウム純化系室)	R111室線量当量率マップ可視化用	@R111_Room.Lib*
	CT周り線量当量率マップ可視化用	@R111_CT.Lib
R407 (IHX上部室B)	R407室線量当量率マップ可視化用	@R407_CP_605.Lib

* ライブラリは単位線源に対する各評価点の線量率と定義されているが、@R111_Room.Lib については、CTメッシュ部とCTエコノマイザー伝熱管東部(いずれも体積線源扱い)に対して、 $1 \mu\text{cm}^3$ と与えるべきところを、不整合があり体積線源換算係数を掛けた、それぞれ、 $\times 1.81$ と $\times 1.66$ の値を用いて計算されている。修正には多大の計算時間を要するため現状ではそのままとなっているので、QADLISTによる線源補正計算時に、線源濃度データを与える際、CTメッシュ部とCTエコノマイザー伝熱管東部の濃度はPSYPHE計算結果の表面付着密度 ($S_a \mu\text{cm}^2$) を無補正でそのまま入力すること。

次に、QADライブラリ計算に必要なガンマ線特性データを次表に示した。

ガンマ線エネルギー群 (MeV)	0.32	0.51	0.81	0.84	1.17	1.275	1.33	1.37	2.75
核種	CP	^{51}Cr	^{58}Co	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co		^{60}Co	
	放射化Na		^{22}Na				^{22}Na	^{24}Na	^{24}Na
ガンマ線放出率 (%)	CP	10.2	30	99	100	100		100	
	放射化Na		180				100		100
変換係数* ($\text{mR/h}/\mu\text{cm}^2\text{s}$)	$6.111\text{E}-04$	$1.000\text{E}-03$	$1.538\text{E}-03$	$1.586\text{E}-03$	$2.079\text{E}-03$	$2.219\text{E}-03$	$2.295\text{E}-03$	$2.347\text{E}-03$	$3.826\text{E}-03$

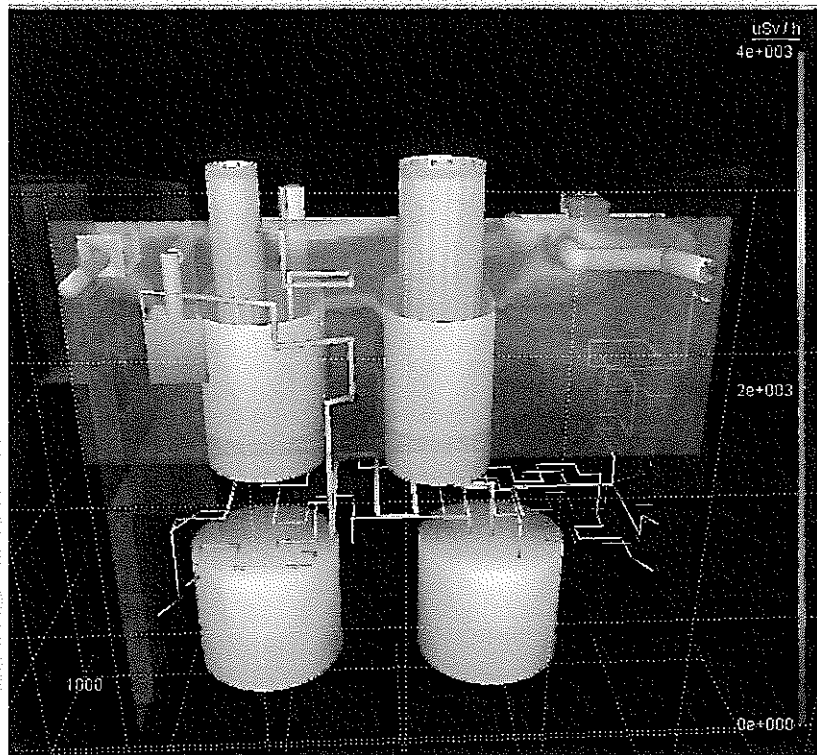
* ガンマ線フラックス/線量率変換係数(今後ICRP Pub60に基づく国内法改正(H13.4.1)に基づき見直しが必要であるが、2MeV以下のガンマ線に対しては影響は少ない。)

7.5 線量率マップ可視化例

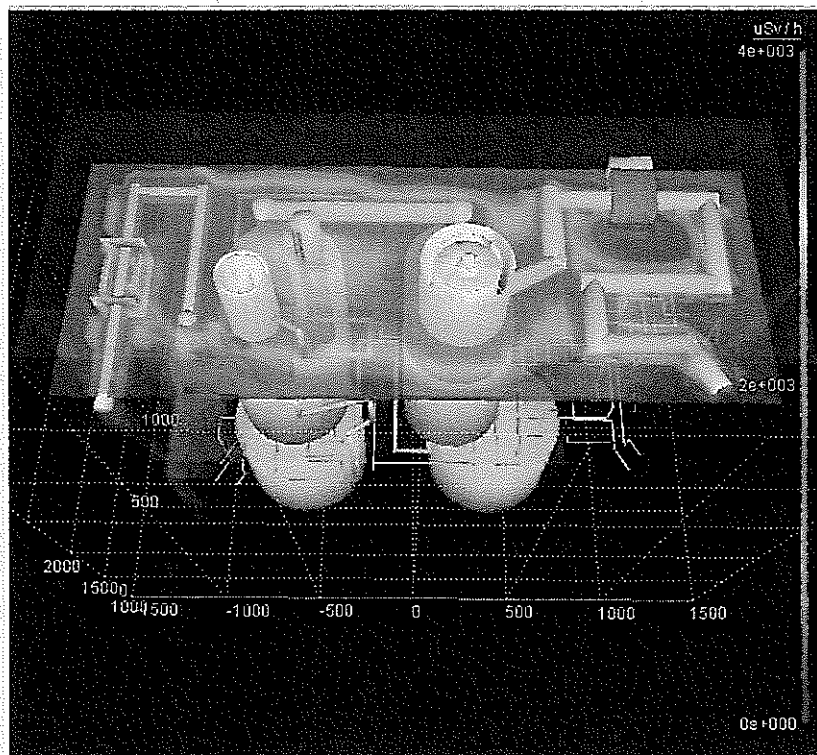
以上により計算した「もんじゅ」冷却系各室の線量率マップの可視化結果を以下に例示する。いずれも定格運転プラント点検保守時におけるCP及び放射化ナトリウムの飽和線源予測値(約30年運転後)に対するものである。

(1) R201 室 (1次主冷却系室 A)

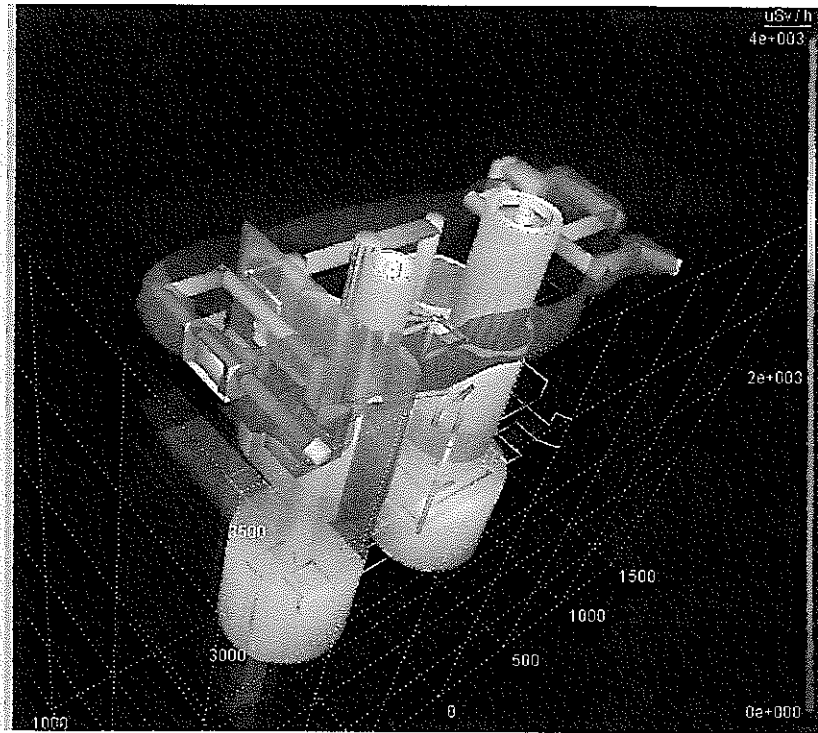
(コンタ 縦スライス)



(コンタ 水平スライス)

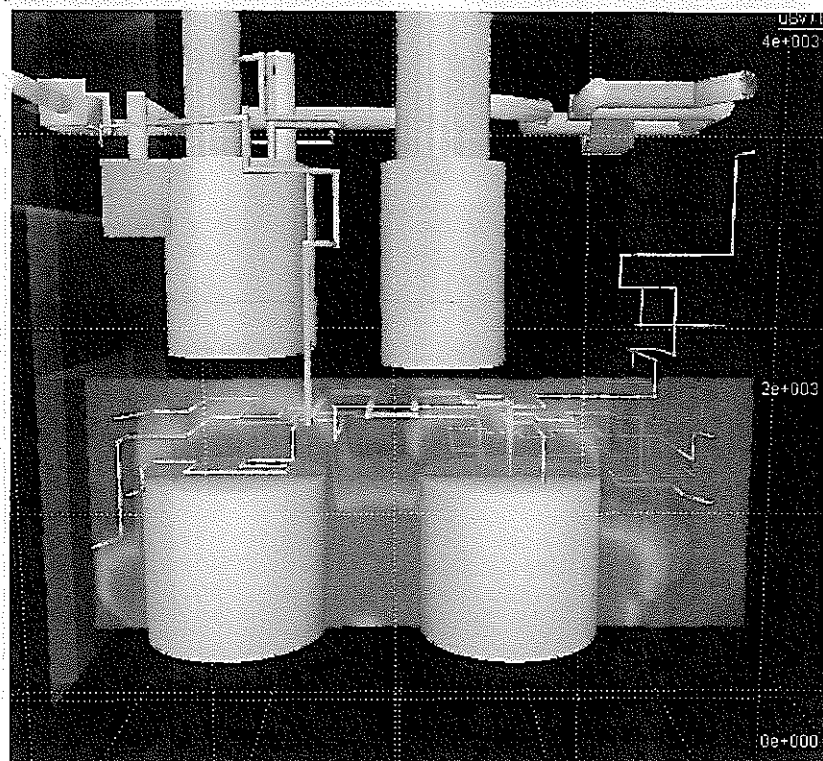


(等値面とコンタ)

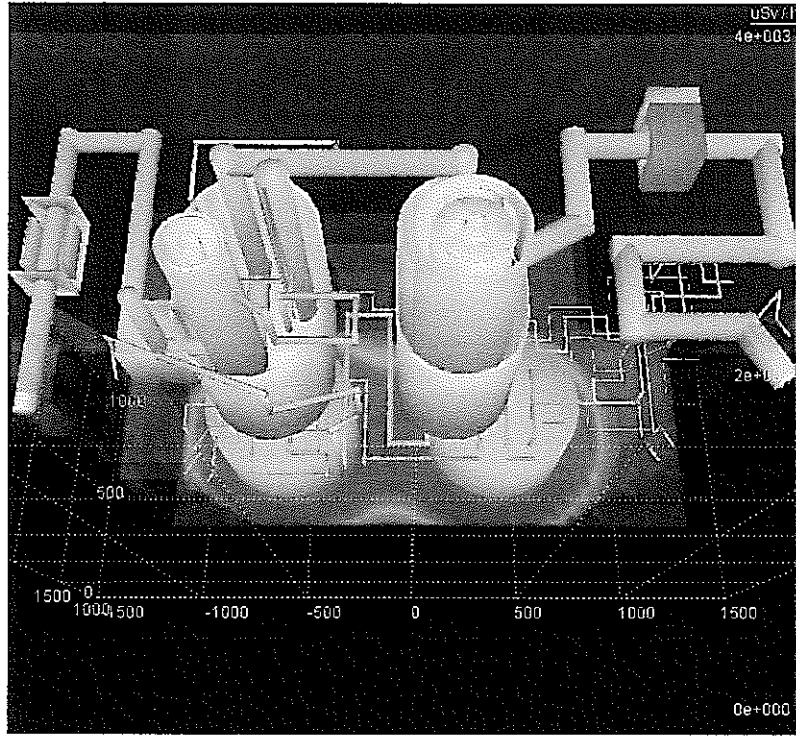


(2) R103室 (1次オーバーフロータンク室)

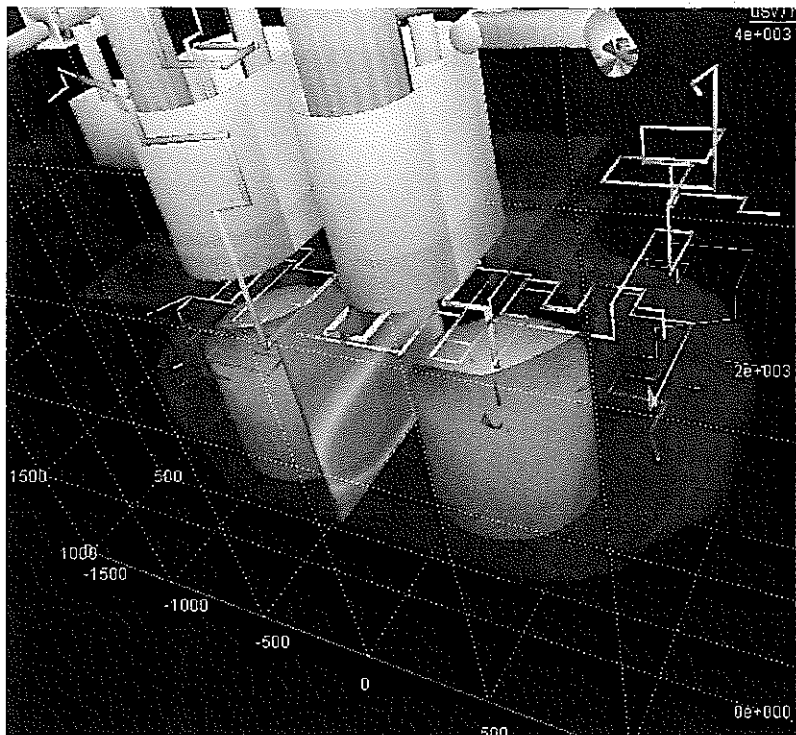
(コンタ 縦スライス)



(コンタ 水平スライス)

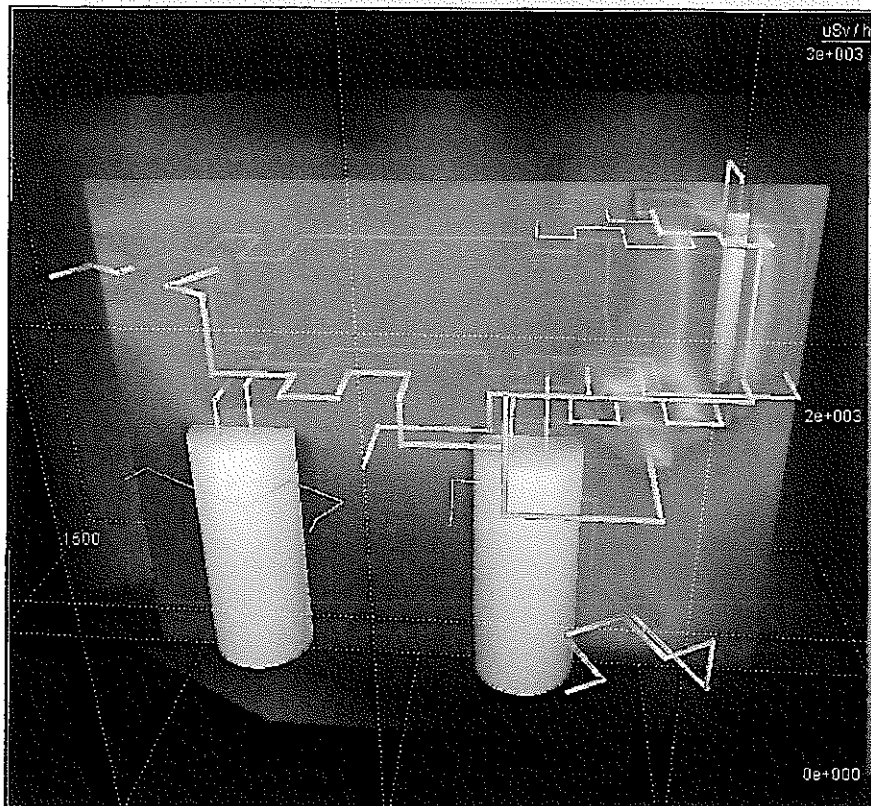


(等値面とコンタ)

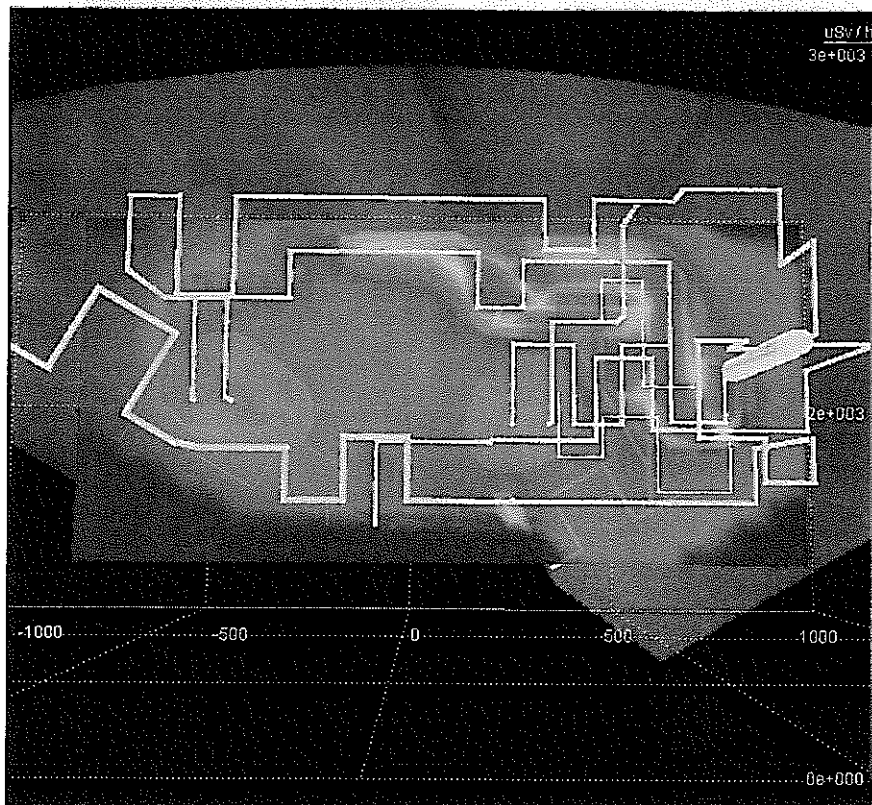


(3) R111室 (1次ナトリウム純化系室)

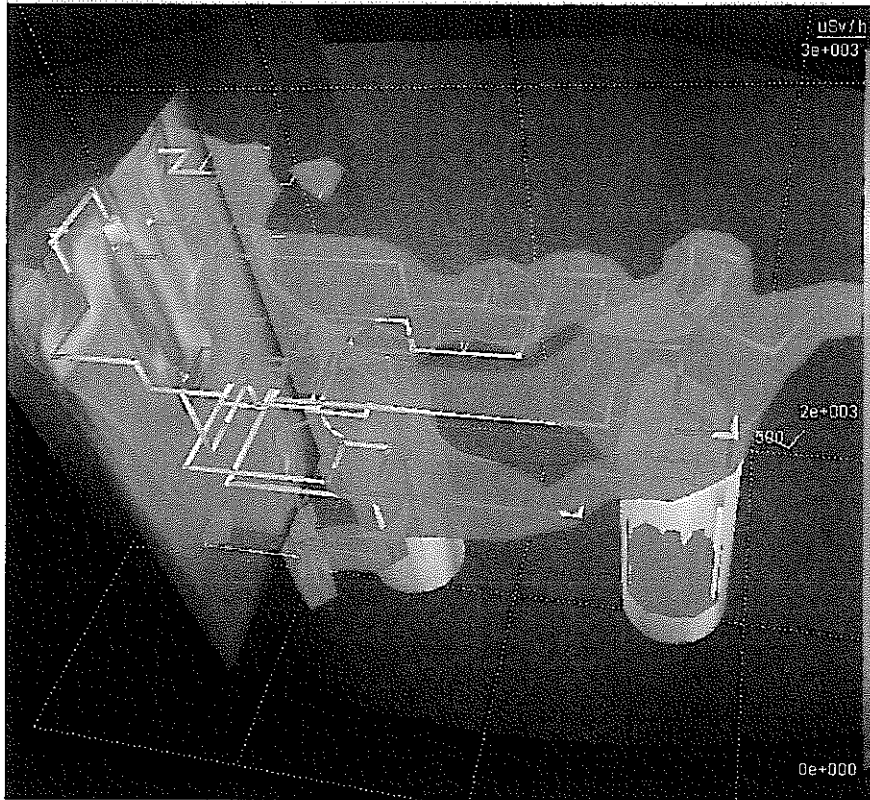
(コンタ 縦スライス)



(コンタ 水平スライス)

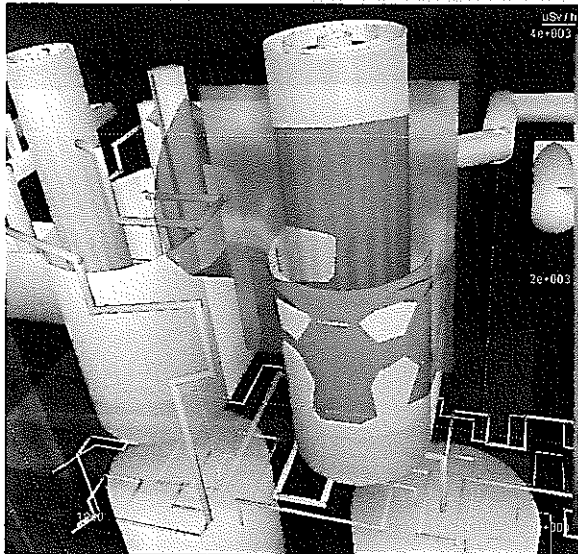


(等値面とコンタ：室背面壁側より)



(4) IHX 底部残留ナトリウムの影響

(等値面とコンタ)

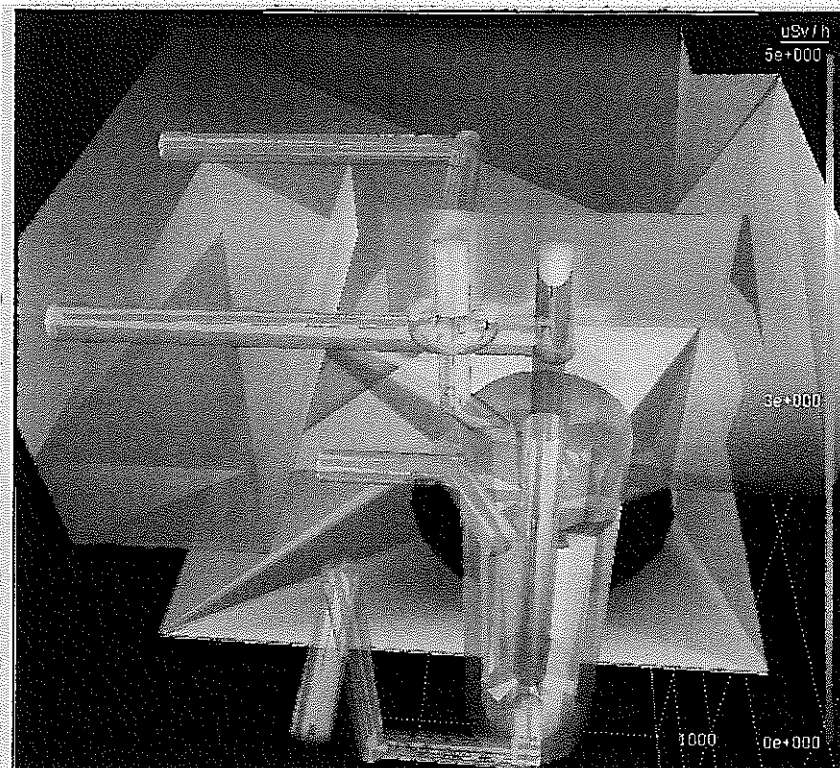


CP及び放射化Na線量当量率の比較

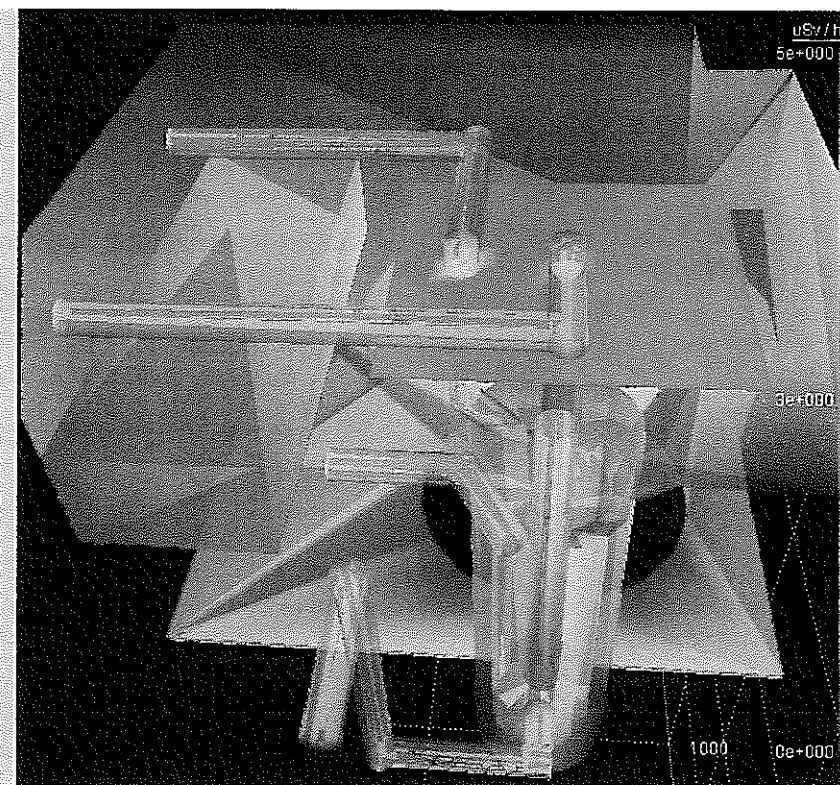
評価点	線量当量率 (μSv/h)		
	CP	放射化Na	合計
P1	369 (50.5%)	362 (49.5%)	731
P2	3473 (99.6%)	12.5 (0.4%)	3485.5

(5) R407室 (IHX 上部室 B)

(コンタ 縦スライス)



(コンタ 水平スライス)



(6) 評価

以上の可視化により得られる知見の概略をまとめると次のようになる。

① R201 室（1次主冷却系室 A）

IHX、ポンプ及びミドルレグ、コールドレグまわりの線量当量率は 4mSv/h オーダに達し、配管機器系統周辺部の空間線量当量率は概ね 2mSv/h 以上に達すると予測される。線量当量率に寄与するのは管壁に付着した CP 線源である。

② R103 室（1次オーバーフロータンク室）

オーバフロータンク、ダンプタンクまわりの線量当量率は 4mSv/h オーダに達し、タンク周辺部の空間線量当量率は概ね 1mSv/h 以上に達すると予測される。線量当量率に寄与するのはほとんどタンクに残留した放射化ナトリウム線源 (^{22}Na) である。

③ R111 室（1次ナトリウム純化系室）

CT からは炭素鋼材による機器遮蔽体効果のため線量当量率寄与は少なく、配管、エコノマイザー管壁に付着した CP からの線量当量率寄与が大きくなる。線量当量率は高いところで 3mSv/h 程度に達する。配管、エコノマイザー周辺部及び運転中の CT-A 外表面部は 1mSv/h 程度に達すると予測される。

④ IHX 底部残留ナトリウムの影響

IHX まわりの線量当量率マップにはほとんど影響が認められず、ガードベッセル外周部の 2 点で比較すると、底部近傍では線量当量率に対する寄与は CP と放射化ナトリウムで同等で 0.7mSv/h に達するが、上部ではもっぱら CP 線源に起因し、3.5mSv/h に達する。

⑤ R407 室（IHX 上部室 B）

線量当量率は $\mu\text{Sv/h}$ オーダで下階の主冷却系室からの影響は、配管に充填された 2 次ナトリウムによる遮蔽効果によりほとんど問題とはならない。

以上示したように、線量当量率マップ可視化により、プラント点検保守時における 1 次冷却系室内の線量当量率分布傾向を、全般的に予測し把握することが容易となった。

なお、今後、「もんじゅ」運転再開により得られる CP 実測データにより解析コードの検証精度を確認し、改良と向上を継続する必要があると考えられる。その場合の要は PSYCHE コードによる線源付着分布の再現である。そのための解析モデルの適合パラメータは 6.1.2 で述べたとおり原則的には界面前進速度 (u_d) で、表 6.2 の u_d 式に補正係数を乗じ実測値に適合する。「常陽」の場合の補正係数 α を基にした「もんじゅ」飽和線源予測における値を第 8 章の図 8.51

の説明欄に記載した。「常陽」では ^{54}Mn に対して運転経過とともに緩やかな増加が認められ、管壁ビルドアップの飽和到達時期の見かけ上の遅延が観察された。これは管壁付着腐食生成物の鉄分やニッケル分の組成の増加により母材基質より、マンガンが付着しやすくなるためと考えられる。さらに、 u_d だけでは適合が困難な場合には管壁中拡散係数(D)も補正係数により適合する。これは運転時間経過とともに管壁スチール表面が選択的溶出や付着により変質していくためと考えられる(例えば炉心部ではフェライト相変質層が形成される)。これらのパラメータは核種別(u_d, D)、領域別(u_d)、時間経過(u_d, D)を考慮して設定可能となっている。なお、表 6.2 の溶解・析出モデルパラメータの式は変更できないが、活性化エネルギーや頻度因子など式に含まれる定数は入力データとして設定可能である。また、燃料洗浄時に廃液中に放出される CP 評価において、反射体領域などの低温で低流速部については、 ^{60}Co 放出量を再現するためには管壁(表面)中の不純物コバルト(^{59}Co)濃度をパラメータとして適合する必要がある。「常陽」の外側反射体については 6.3%であった。これは、機器及び炉心部の接触摺動部に残存しているステライト表面硬質被覆材からのコバルト溶出により発生したコバルトリッチな腐食生成物粒子の、吹き溜まりに類似した現象による該当部への集積・付着及び放射化による効果に相当すると考えられる。

8. 高速炉保線量評価システム (DORE) の操作手順

本システムの制御は、主に Web 環境上で Web ブラウザを用いて実現しており、サーバ側にある解析コードの入力データの設定変更や解析コードの起動などを、クライアント側の Web ブラウザから行うことができる。クライアント側の Web ブラウザからサーバ側のスクリプトやプログラムを起動するには Web サーバソフトの CGI (Common Gateway Interface) 機能を利用するのが一般的であり、本システムでも CGI にこれを利用している。

一方、CAD ソフトと可視化ソフトに関しては、クライアント側で動作させるため、Web ブラウザとは別に、直接 CAD ソフトや可視化ソフトをアプリケーションとして起動して使用する。本システム全体の制御概要を図 8.1 に示す。

8.1 Web 画面による起動

本システムでは、Web サーバソフトに Apache を使用している。Apache は、Web サーバソフトである NCSA HTTPd1.3 より派生したもので、処理性能の良さやモジュールにより機能を追加・変更できる拡張性の高さなどから多くの Web サイトで使われている。さらに、フリーソフトでありその使用に制限がなくソースコードが公開されている。また、CGI スクリプト用の言語としては、CGI 用プログラミング言語として最も利用されている Perl のバージョン 5 を用いている。Perl はインタプリタベースの言語で UNIX のシェルや C 言語と同等の機能を多く持っているプログラミング言語であり、sed と awk の完全なスーパーセットにもなっている。Perl も Apache 同様に、フリーソフトでありその使用に制限がなくソースコードが公開されている。クライアントで使用する Web ブラウザには、Netscape 社の Navigator を用いた。

(1) DORE システム制御の概要

- ① 線量当量率分布の解析結果とプラント幾何形状の可視化は、クライアント側の可視化ソフト (AVS) で実行する。幾何形状に関しては、クライアント側の CAD ソフト (3D Studio MAX) の出力を使用する。ここで、7.3 に述べた「もんじゅ」1次冷却系各室の幾何形状データはインストール済みである。解析結果はサーバ側で解析コードが処理した結果であるので、これを Web ブラウザ画面を用いてダウンロードして使用する。なお、データのアップロードとダウンロード操作にはブラウザ画面のメニューの機能を利用できる。
- ② クライアント側で CAD ソフトで作成した幾何形状データは、CAD コードの入力データの一部として使用する。そのため、Web ブラウザ画面を用いて変更を加える入力データをサーバからダウンロードし、幾何形状データを設定し、ブラウザ画面を用いてサーバへアップロードする。
- ③ Web ブラウザに表示する画面で、オープニング画面やメニュー画面など内容が固定のものは、予めサーバに HTML ファイルを格納してあり、Web サーバソフトを通じてこれを取得する。
- ④ 入力データの設定変更や計算結果などを表示する画面などは、それを閲覧する時々により、サーバに蓄積されているデータが更新されている可能性があるため、その内容を確認のうえ変更すべきである。そのような画面は、画面が呼び出されたタイミングで、蓄積されているデータより、CGI にて Perl のプログラムを起動して動的に HTML ファイルを生成し、これを利用する。
- ⑤ 入力データの更新指示を Web ブラウザ側で行ったときは、CGI により Perl のプログラムを起動して、ユーザの指示に従ってサーバのデータを更新する。

- ⑥ 解析コードや各種コンバータ等のサーバ側のプログラムを起動する場合も CGI にて制御を行っている。

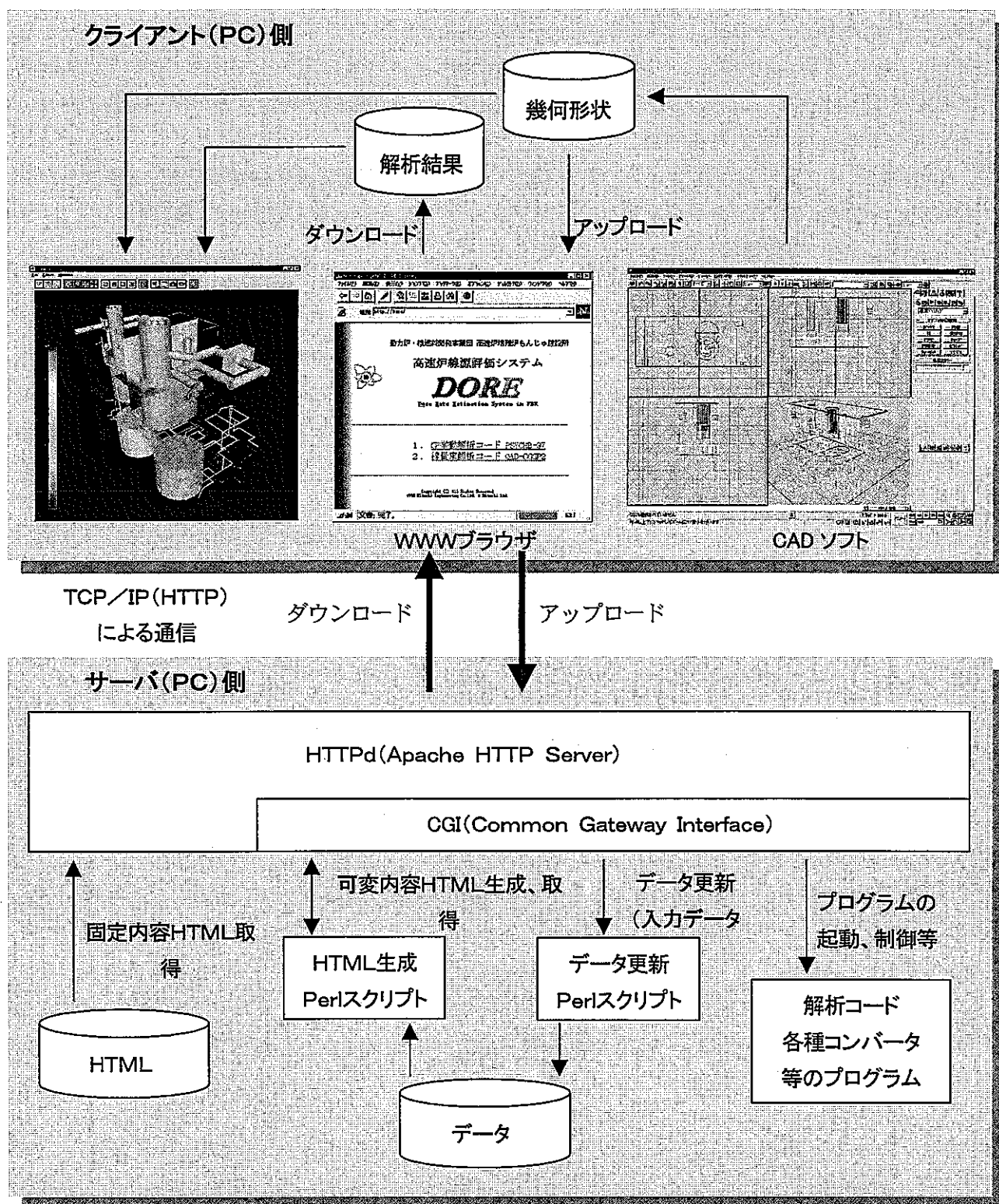


図 8.1 DORE システムの制御

(2) オープニング画面の起動及び解析コードの選択

本システムは、CADソフトと可視化ソフトを除いて、クライアント側のWebブラウザを用いて操作する。ここでは、Webブラウザでの操作を、画面例を用いて説明する。

最初に、本システムがインストールされているサーバのURLを指定することにより、本システムのオープニング画面（図8.2）が表示され、本システムが「1. CP挙動解析プログラム PSYCHE-10」と「2. 線量当量率解析プログラム QAD-CG」と「3. 線量当量率編集プログラム QADLIST」から成り立っていることがわかる。また、本システムではこの画面をルートとして図8.3のような階層でサブ画面を持っており、HTMLのハイパーリンク機能により画面間の遷移を行うことができる。次に、この画面で使用する解析コードを選択することで、それぞれの解析コード用の画面に遷移して行く。

「1. CP挙動解析プログラム PSYCHE-10」用画面を図8.4に、「2. 線量当量率解析プログラム QAD-CG」の画面を図8.5に、「3. 線量当量率編集プログラム QADLIST」の画面を図8.6に示す。

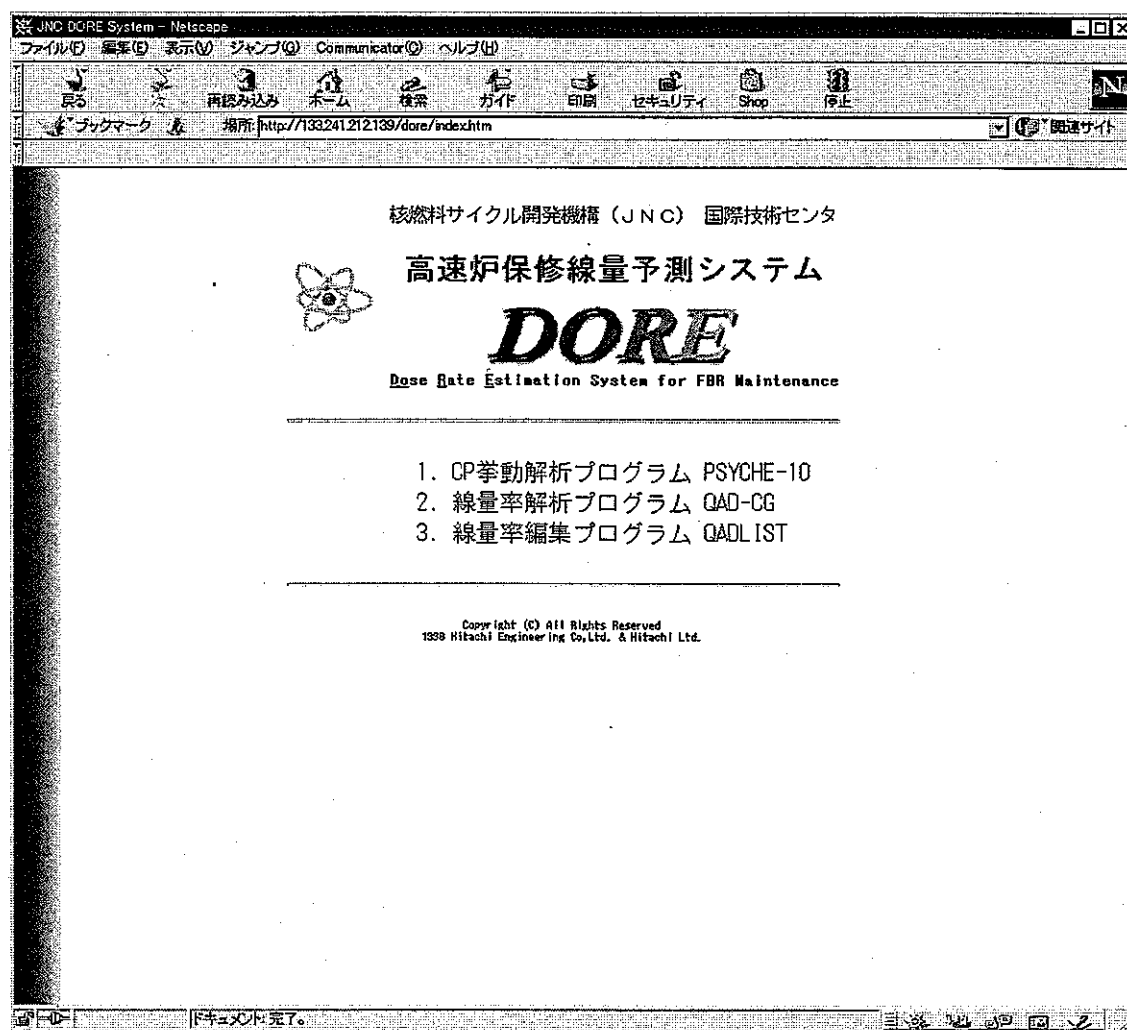


図 8.2 オープニング画面

(3) 解析コードにおける実行作業項目の選択

オープニング画面に表示された解析コードの内から使用するコードを選択すると、それぞれ、図 8.4～図 8.6 の画面が表示される。

① 「1. CP 挙動解析コード PSYCHE-10」画面の説明

図 8.4 の画面で「1. 入力データ選択」を選択すると、図 8.7 の画面が表示される。ここで選択した入力データが、以降の「2. 入力データ編集」で用いられる。ここで、DORE には 7 章で述べた「もんじゅ」定格運転長期評価用のデータを 10 ブロックに分割し部品化して、標準データとしてインストールされている。

(長期評価用部品)

P95MNJ.00.dat, P97MNJ.01L1.dat, P97MNJ.02.dat, P97MNJ.03.dat, P97MNJ.04.dat, P97MNJ.05.dat, P97MNJ.051.dat, P97MNJ.052.dat, P97MNJ.06.dat, P97MNJ.07L1.dat, P97MNJ.08.dat, P97MNJ.09.dat

(出力上昇試験評価用部品)

P97MNJ.00.dat, P97MNJ.01.dat, P97MNJ.02.dat, P97MNJ.03.dat, P97MNJ.04.dat, P97MNJ.05.dat, P97MNJ.051.dat, P97MNJ.052.dat, P97MNJ.06.dat, P97MNJ.07.dat, P97MNJ.08.dat, P97MNJ.09.dat

また、主な標準オプションデータとして、CP トラップ (炉心集合体下部組込み式捕獲器型) 設置効果評価用のデータ^[8]がインストールされている。

(CP トラップ効果評価用部品)

A 型 CP トラップ下部設置 (内側炉心) P95MNJ.LN1.dat

A 型 CP トラップ下部設置 (内側炉心+外側炉心) P95MNJ.LN2.dat

A 型 CP トラップ下部設置 (内側炉心+外側炉心+ブランケット) P95MNJ.LN3.dat

これらは入力データ編集の共通部品となるので入力データとして選択してはならない。編集用に選択することが一般的であるデータは以下のとおりである。

(編集用)

P95MNJ.Case1.dat 標準データによる定格運転 CP 挙動 (飽和) 計算データ

P95MNJ.Case2.dat 標準データによる定格運転 CP トラップ設置効果計算データ

P97MNJ.Case1.dat 標準データによる出力上昇試験 CP 挙動計算データ

(P97MNJ.Case3.dat 標準データによる管壁中 CP 拡散係数式 (Smith 式) 検討用計算データ)

(P97MNJ.Case4.dat 標準データによる CP 挙動マスバランス精度検討用計算データ)

「2. 入力データ編集」を選択すると、図 8.8 の画面が表示される。そこで、「1. 選択入力データ確認」を選択すると、図 8.9 のように現在選択中の入力データの内容が表示される。「2. 編集画面へ」を選択すると、詳細な入力データの設定画面が表示される。この詳細については 8.2 節で説明する。

「3. 入力データのアップロード」の選択では、参照ボタンを押すことで指定されたクライアント上で作成された入力データをサーバにアップロードすることができる。次に、図 8.4 の画面で「3. 入力データ保存」を選択すると、図 8.10 の画面が表示される。ここで編集集中のデータをサーバ中のハードディスクに保存することができる。「4. 解析コード実行」を選択すると図 8.11 の画面が表示される。ここで、入力ファイルや出力ファイルを指定して解析コード実行ボタンを選択することで、図 8.14 の解析コード実行状況画面に切り替わり、解析コードの実行が開始され、その実行状況が表示される。なお、図 8.12 と図 8.13 に QAD-CG と QADLIST の実行画面も示しておいた。計算を完了し、図 8.4 の画面に戻り「5. 解析結果ダウンロード」を選択すると、図 8.15 の画面が表示される。ここで表示されるファイル名称を選択することにより、図 8.16 のように解析結果の内容が表示される。必要に

応じて Web ブラウザを使用してクライアントのハードディスクにこの内容を保存することが可能である。

② 「2. 線量当量率解析プログラム QAD-CG」画面の説明

PSYCHE と同様である。

③ 「3. 線量当量率編集プログラム QADLIST」画面の説明

PSYCHE と同様である。

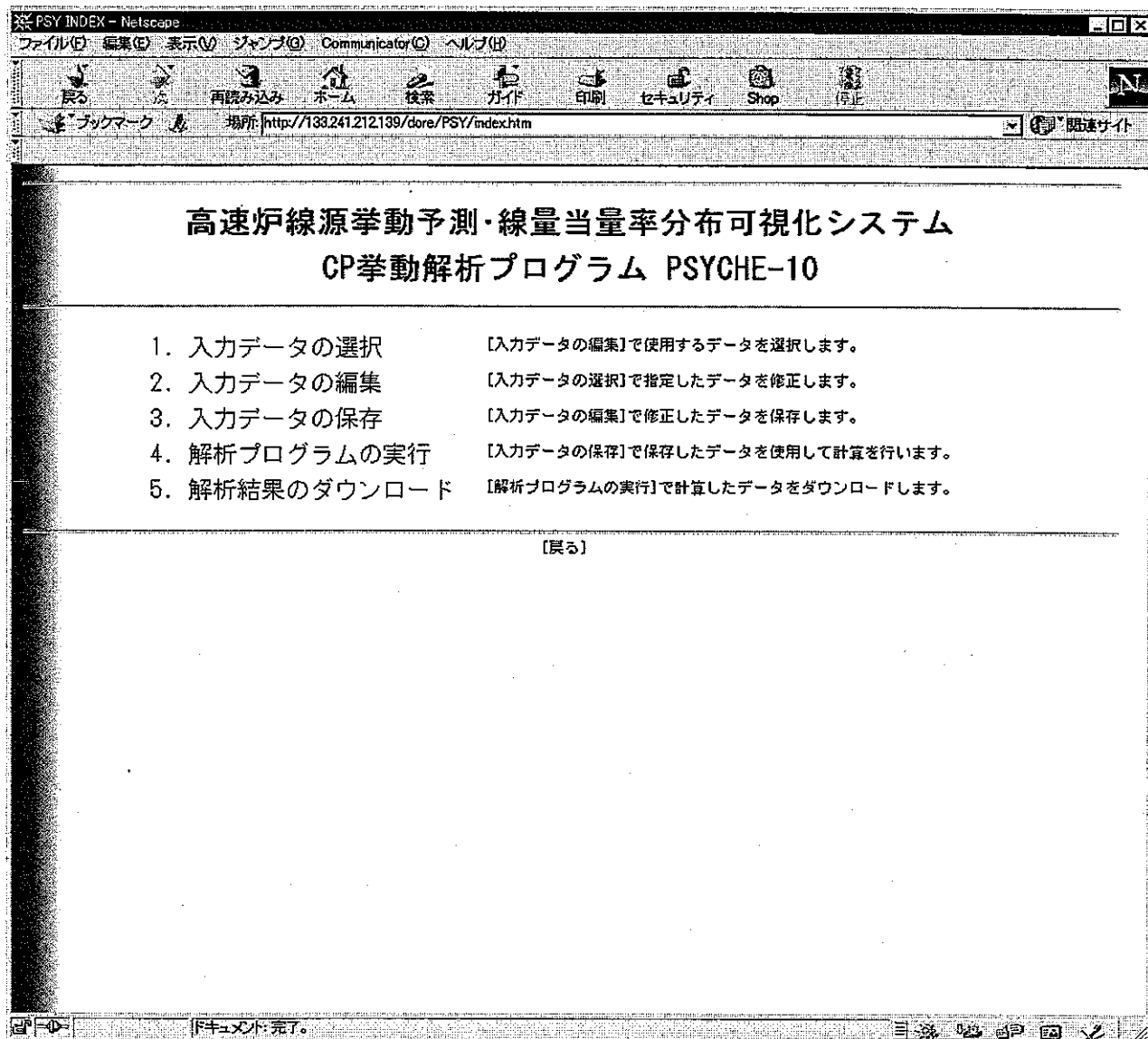


図 8.4 「1. CP 挙動解析プログラム PSYCHE-10」の画面

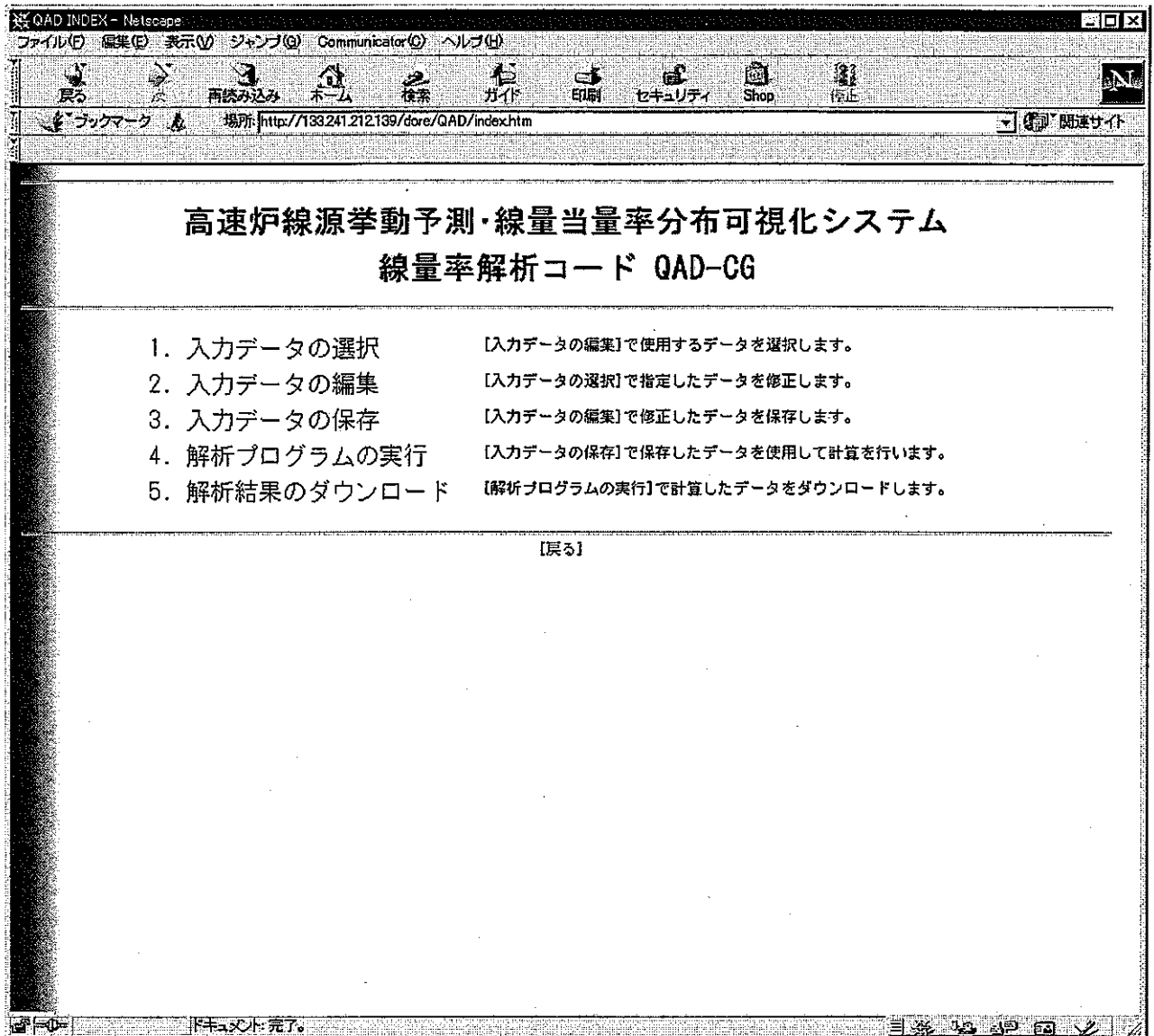


図 8.5 「2. 線量当量率解析プログラム QAD-CG」の画面

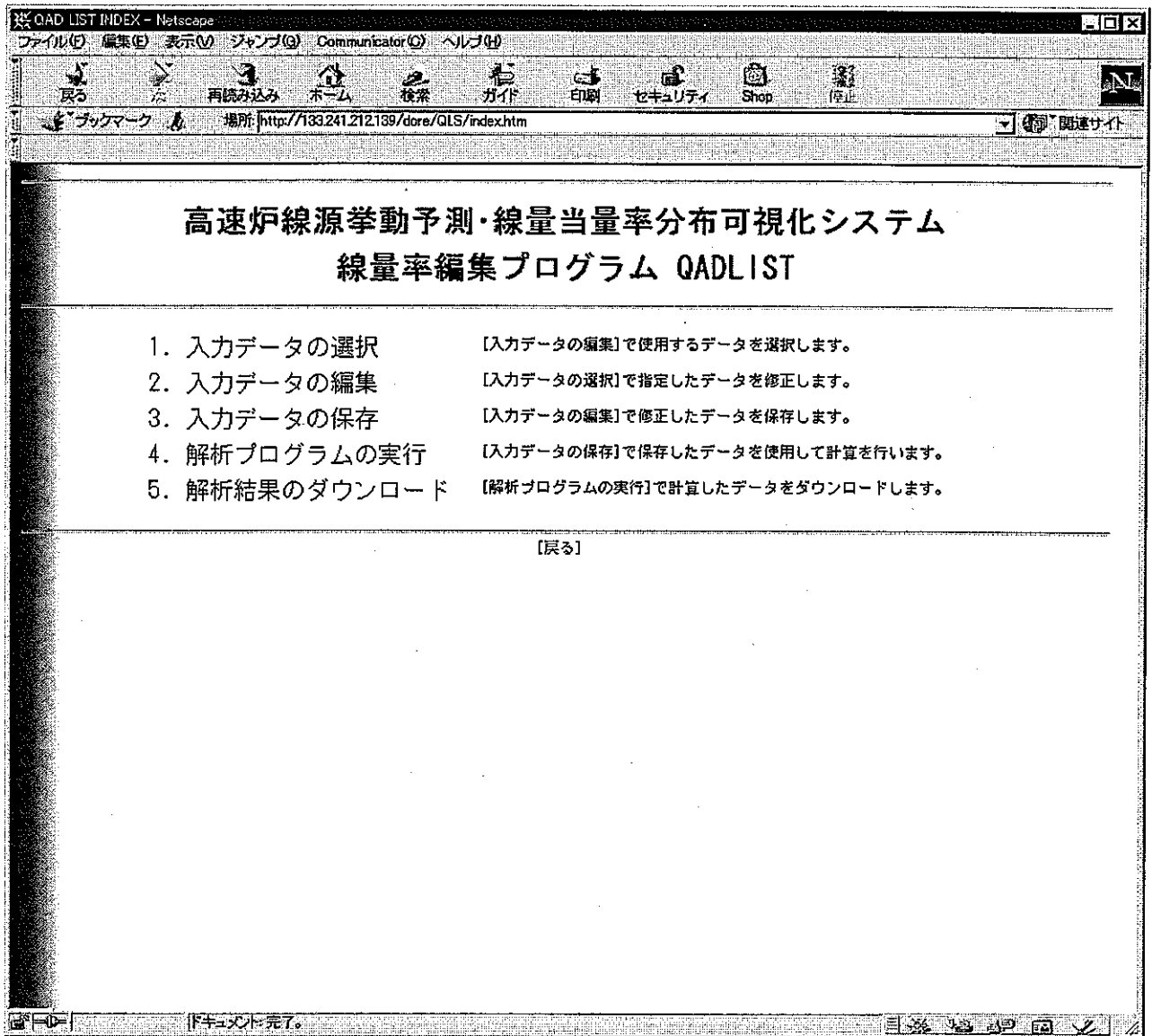


図 8.6 「3. 線量当量率編集プログラム QADLIST」の画面

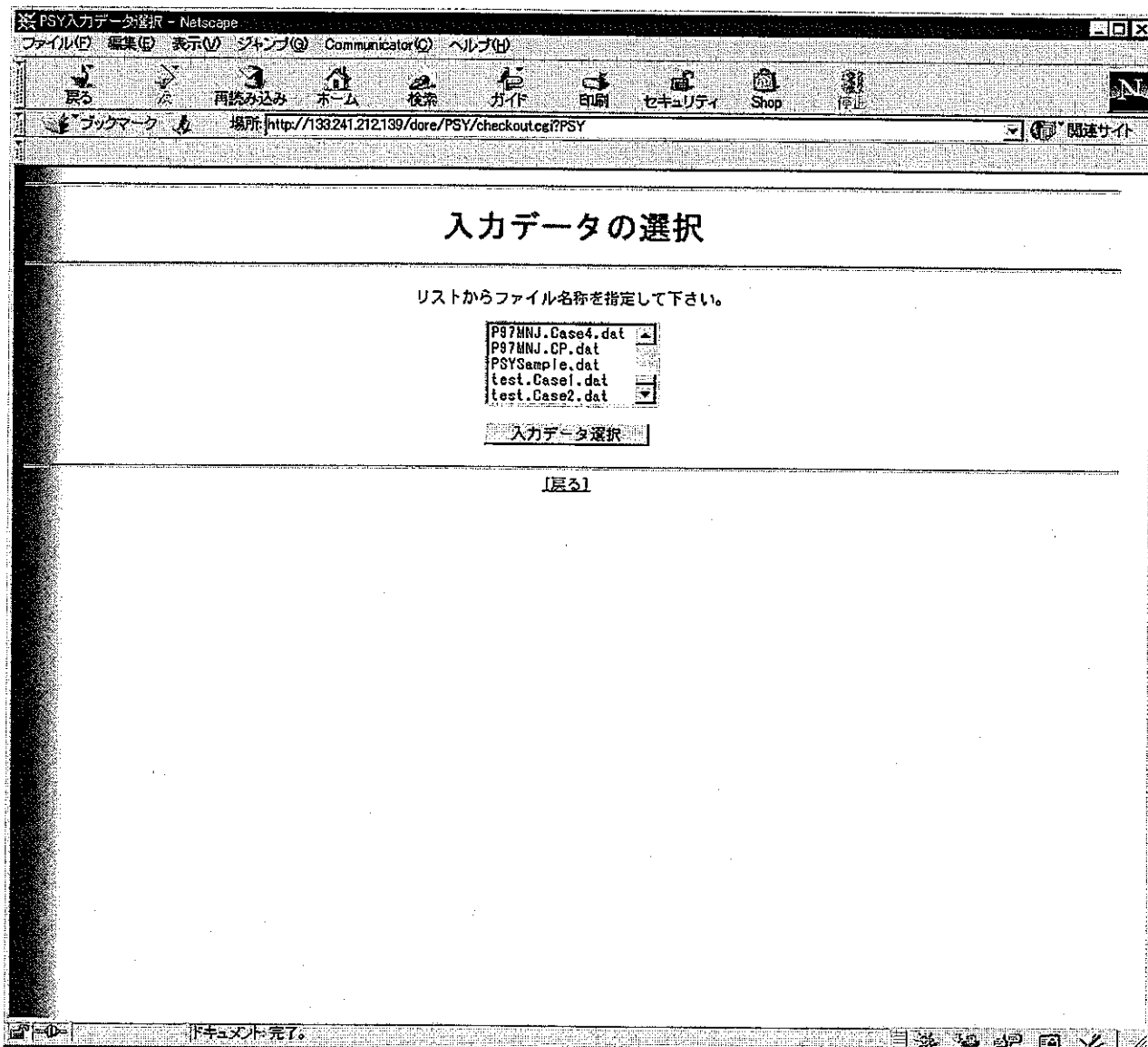


図 8.7 PSYCHE-10 「1. 入力データ選択」画面

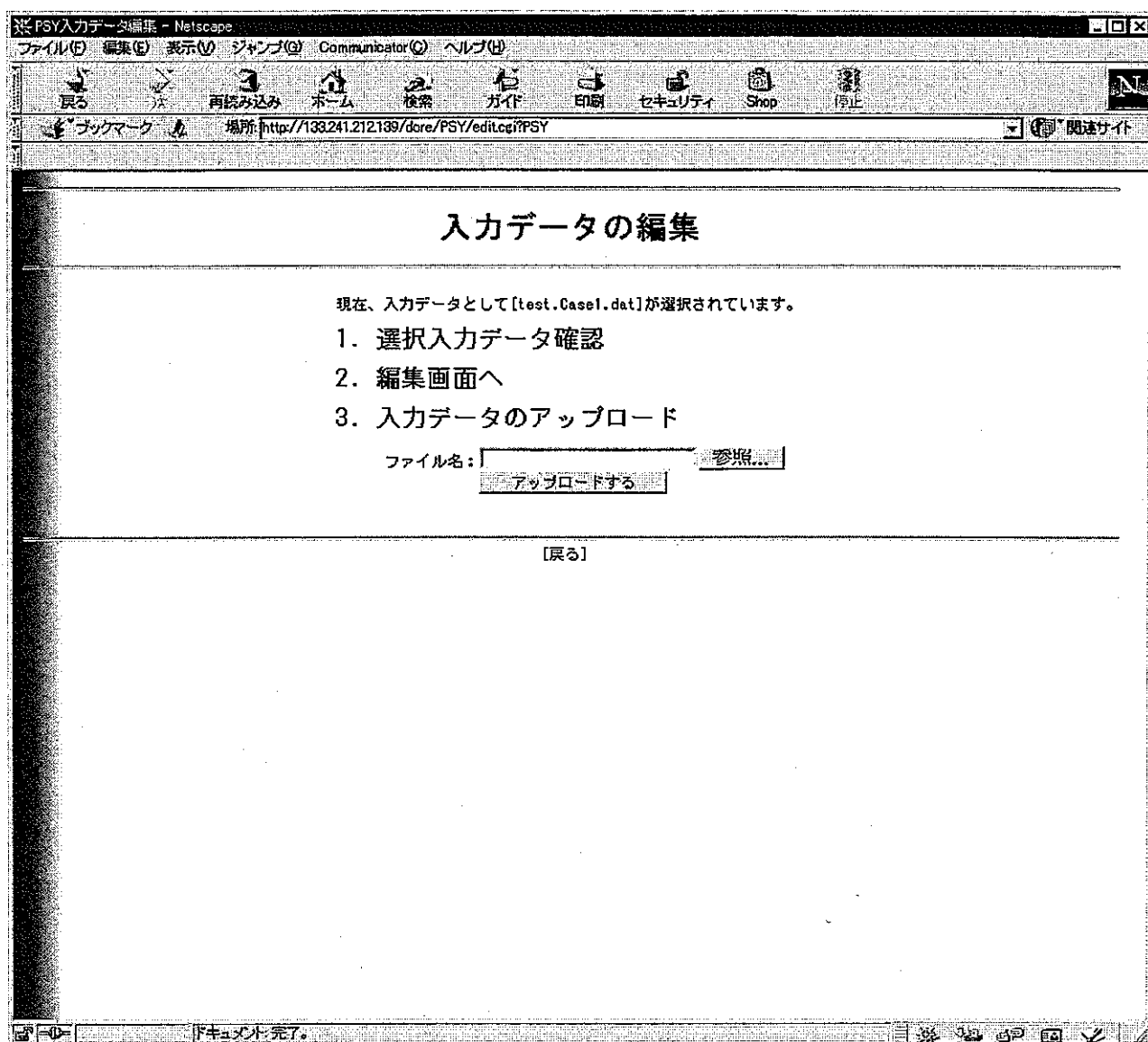


図 8.8 PSYCHE-10 「2. 入力データ編集」画面

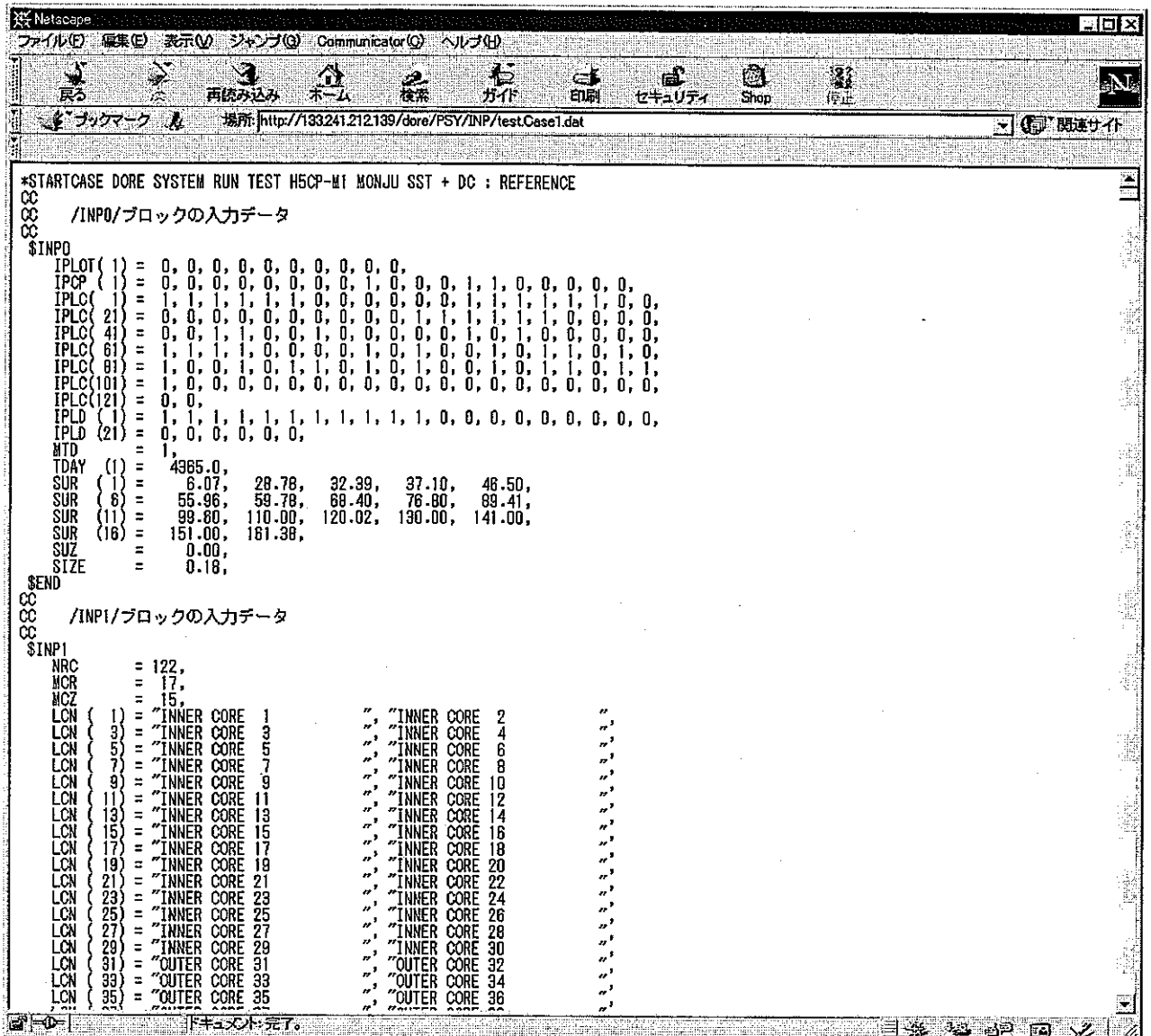


図 8.9 PSYCHE-10 選択入力データ内容表示画面

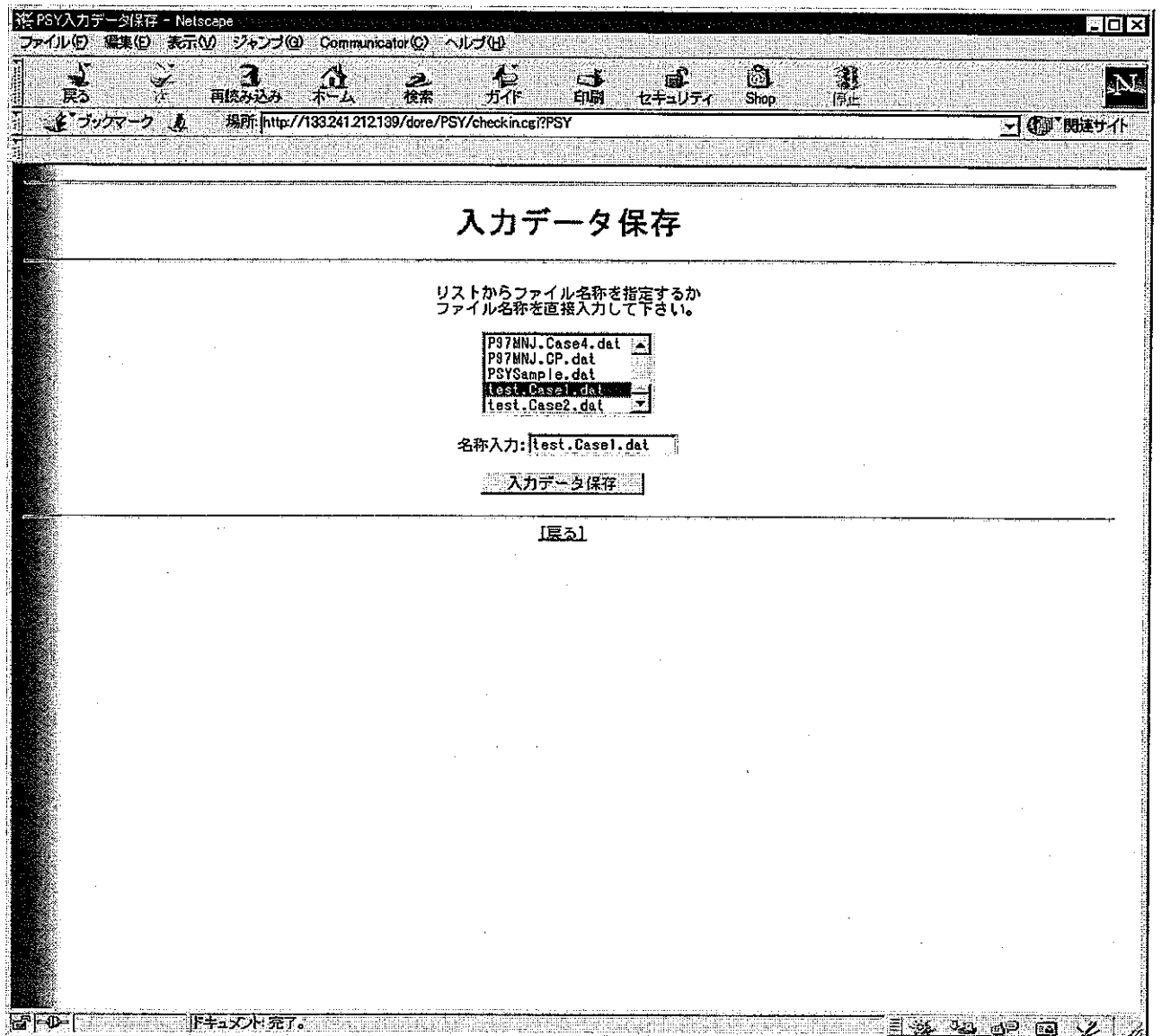


図 8.10 PSYCHE-10 「3. 入力データ保存」画面

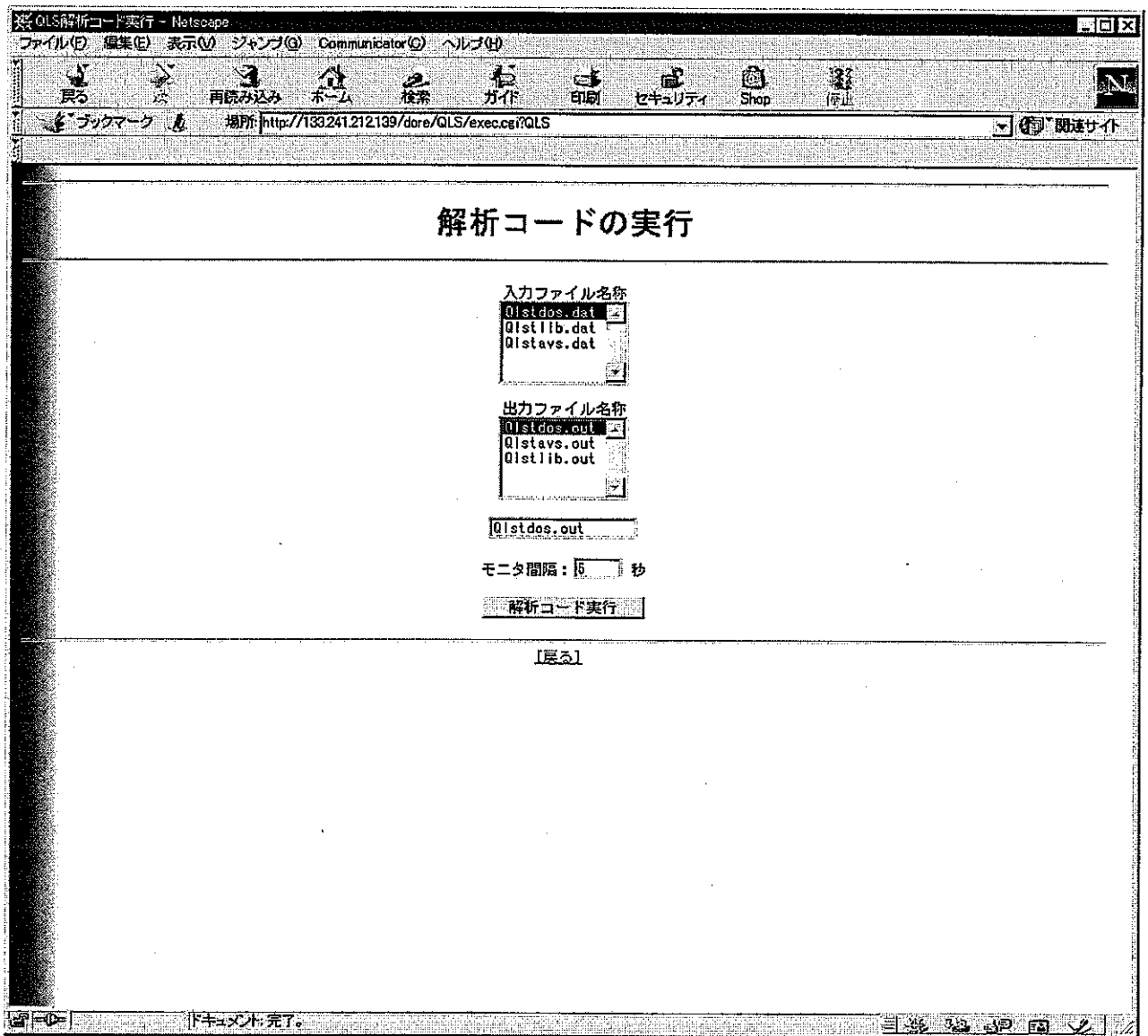


図 8.13 QADLIST 「4. 解析コード実行」画面

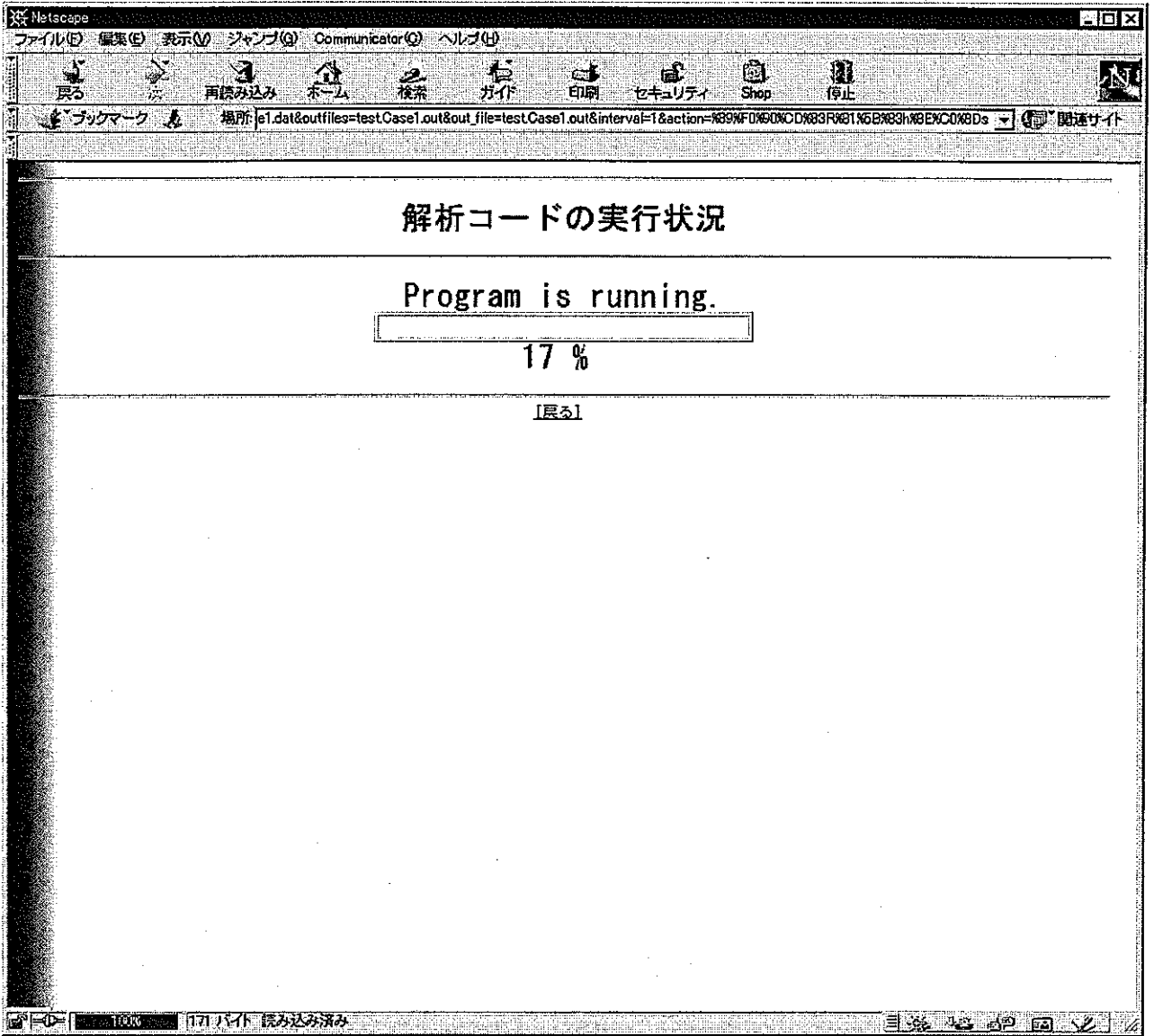


図 8.14 PSYCHE-10 の解析コードの実行状況画面

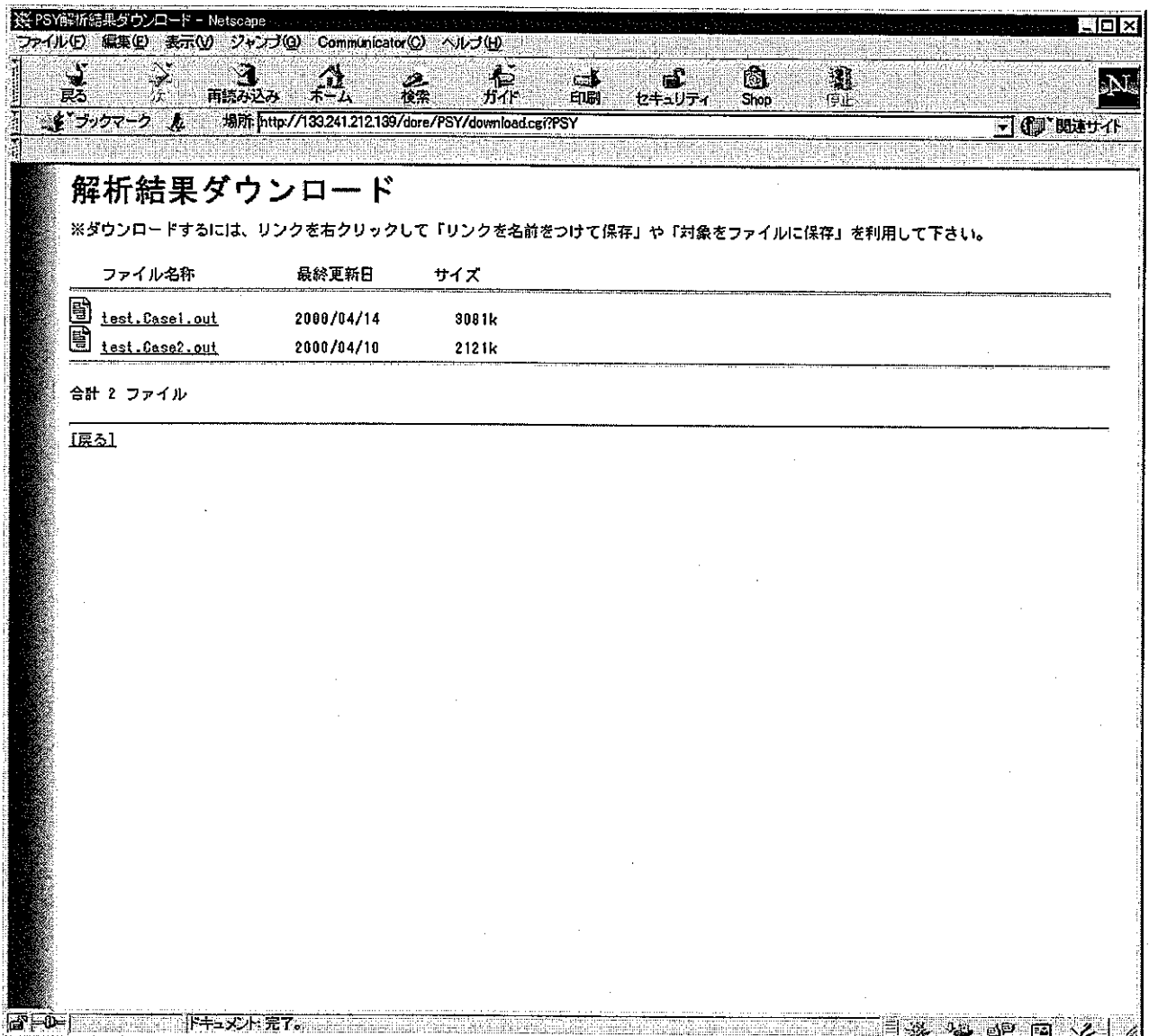


図 8.15 PSYCHE-10 「5. 解析結果ダウンロード」画面

8.2 PSYCHE-10 プログラムの入力データ設定

(1) 画面による設定

「1. CP 挙動解析コード PSYCHE-10」の「2. 入力データ編集」の画面 (図 8.8) から「1. 編集画面へ」を選択すると、「CP 挙動解析計算コード PSYCHE-10 入力データ・インデックス」用画面である図 8.17 が表示される。1~21 のタイトルから該当するものを選択すると、これにハイパーリンクされた図 8.18 から図 8.89 の画面が表示され、そこで入力データの設定を行う。PSY0000~PSY9000 までの各データブロックの説明は 8.2 (2) に示したが、前述の P・・MNJ.00.dat~P・・MNJ.09.dat (メインフレームプログラムの INP0~INP9 に対応) の標準データに相当する。炉心中性子フラックスや核反応断面積などは隔離データとし画面からは編集できない。また、以下の画面で設定ボックス内の変数の変更は、画面下部のボタン (「前のカード」、「」、「次に進む」) のいずれかを押して始めて確定されることに注意しなければならない。

番号	説明	番号	データブロック
1.	計算タイトル、プロッタ出力情報、炉心径方向分割位置	0000	データブロック
2.	炉心領域、炉心幾何形状、炉心組成などに関するデータ設定	1100	データブロック
3.	各種オプション、炉心領域Na温度及び流量、変更サイクル等に関する設定	1200	データブロック
4.	沈着領域に関するデータ設定	2100	データブロック
5.	ループ領域における沈着、溶出、腐食の設定	2200	データブロック
6.	クラッドCP挙動の沈着領域/クラッド分割割合指定	2300	データブロック
7.	試験ループ沈着領域CPトランプ設定	2400	データブロック
8.	主冷却系摩耗領域分割及びNa温度/Na流速変更サイクル設定	2500	データブロック
9.	運転サイクル、出力/停止、原子炉熱出力比率の設定	3000	データブロック
10.	炉心領域の中性子束、炉心磨耗挙動領域の中性子束	4000	データブロック
11.	核反応断面積、崩壊定数、融糸濃度、沈着反応速度など	5100	データブロック
12.	炉心領域/沈着領域でのバルク沈着速度計算パラメータ設定	5200	データブロック
13.	化学的分配パラメータとバルク腐食速度	5300	データブロック
14.	炉心領域/炉心上下部のCPトランプ効率式の係数	5400	データブロック
15.	Na放射性核種の崩壊定数、沈着速度計算パラメータなど	5500	データブロック
16.	融糸濃度変更に関するデータ設定	5600	データブロック
17.	融糸濃度依存性定数/拡散係数変更サイクル、パラメータのデータ設定	5700	データブロック
18.	計算タイムステップ、計算核種などのデータ設定	6000	データブロック
19.	炉心領域/沈着領域の構造材中初期濃度に関するデータ設定	7000	データブロック
20.	計算結果のプリンタ出力に関するデータ設定	8000	データブロック
21.	線量率計算に関するデータ設定	8000	データブロック

前のカード | | |

図 8.17 「PSYCHE-10 入力データ・インデックス」の設定画面

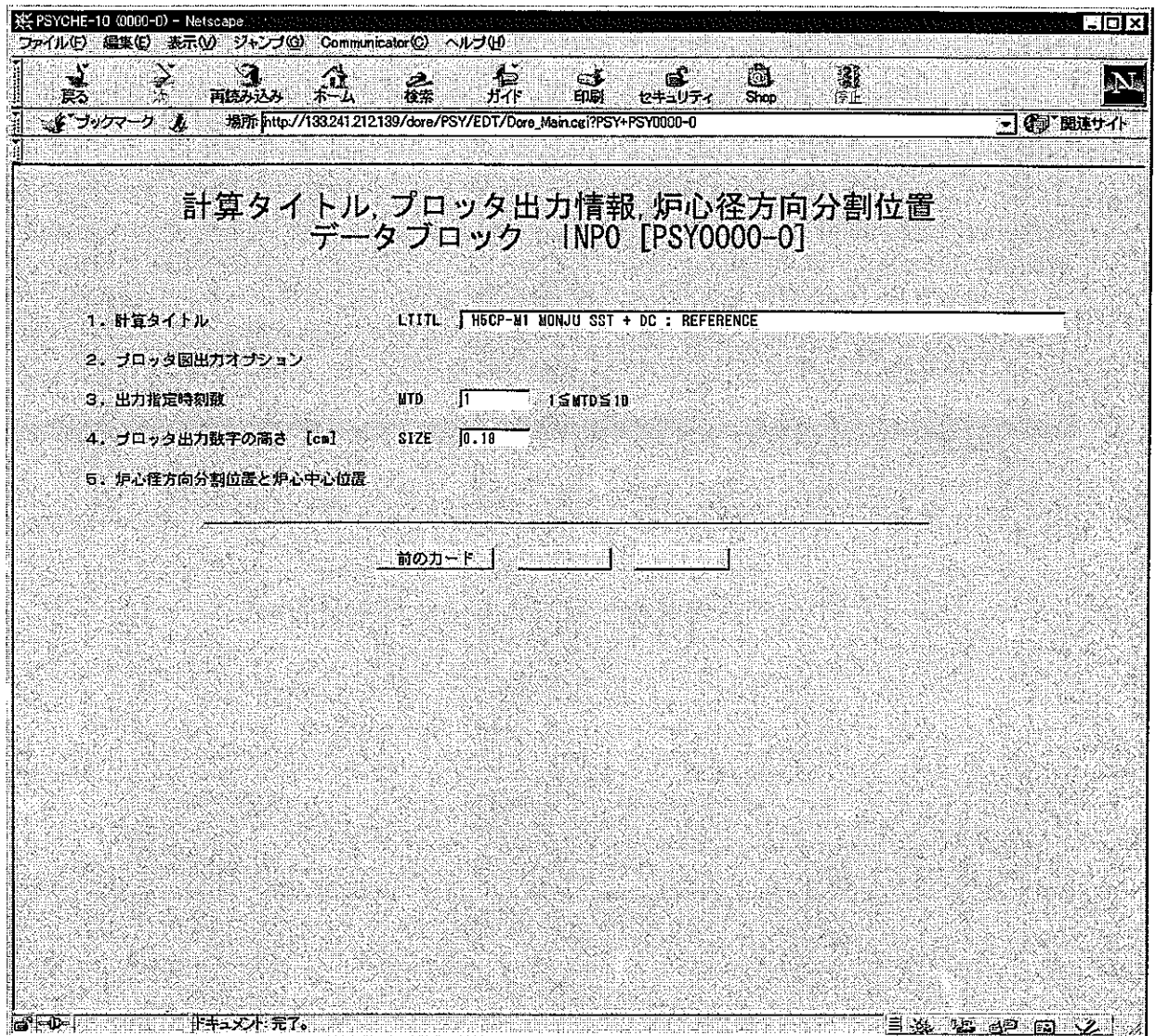


図 8.18 「計算タイトル, プロッタ出力情報, 炉心径方向分割位置」の設定画面

プロッタオプションはメインフレーム用のもので DORE では利用できない。

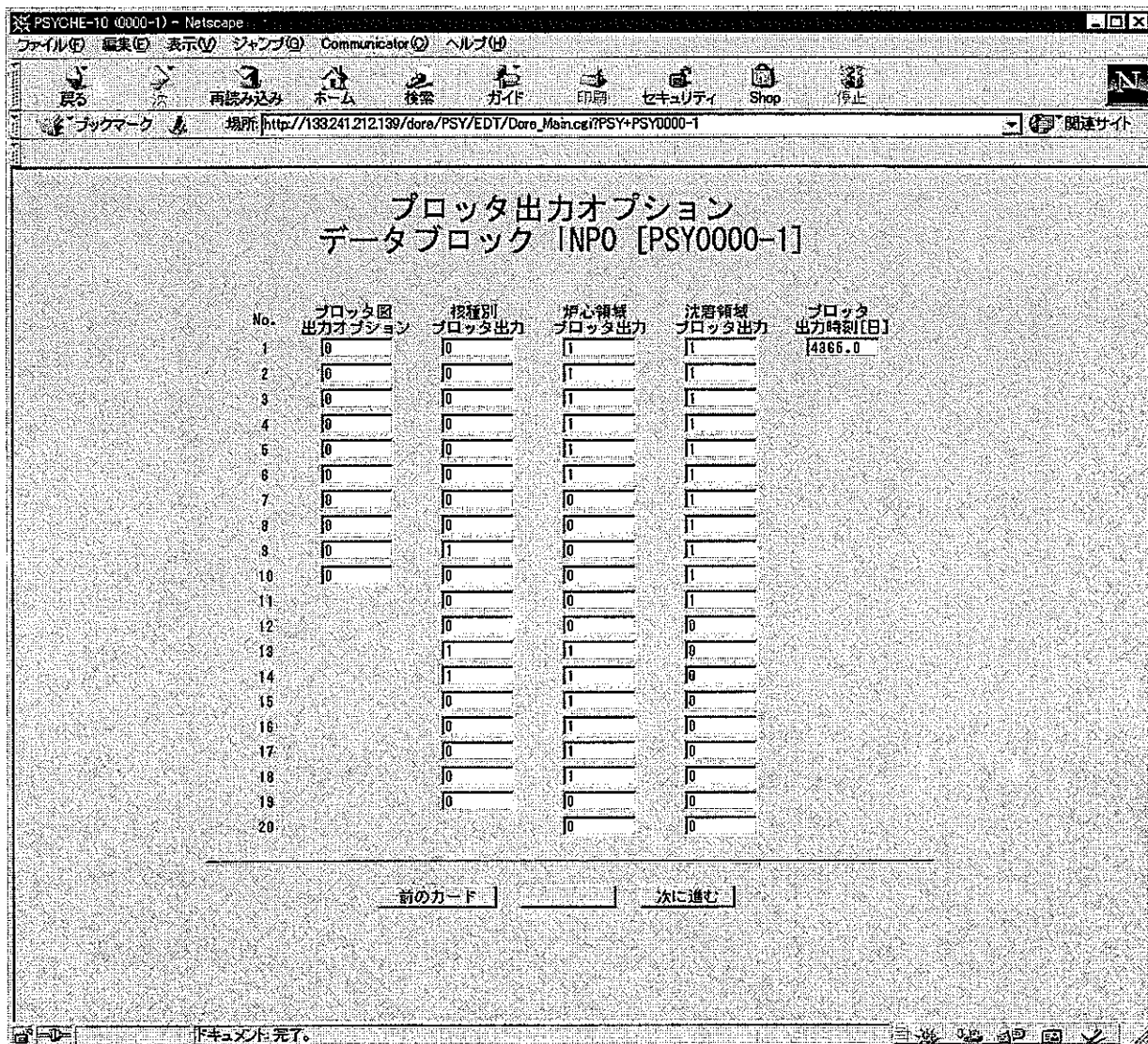


図 8.19 「プロッタ出力オプション」の設定画面

本画面はメインフレーム入力データ作成用のもので DORE では利用できない。

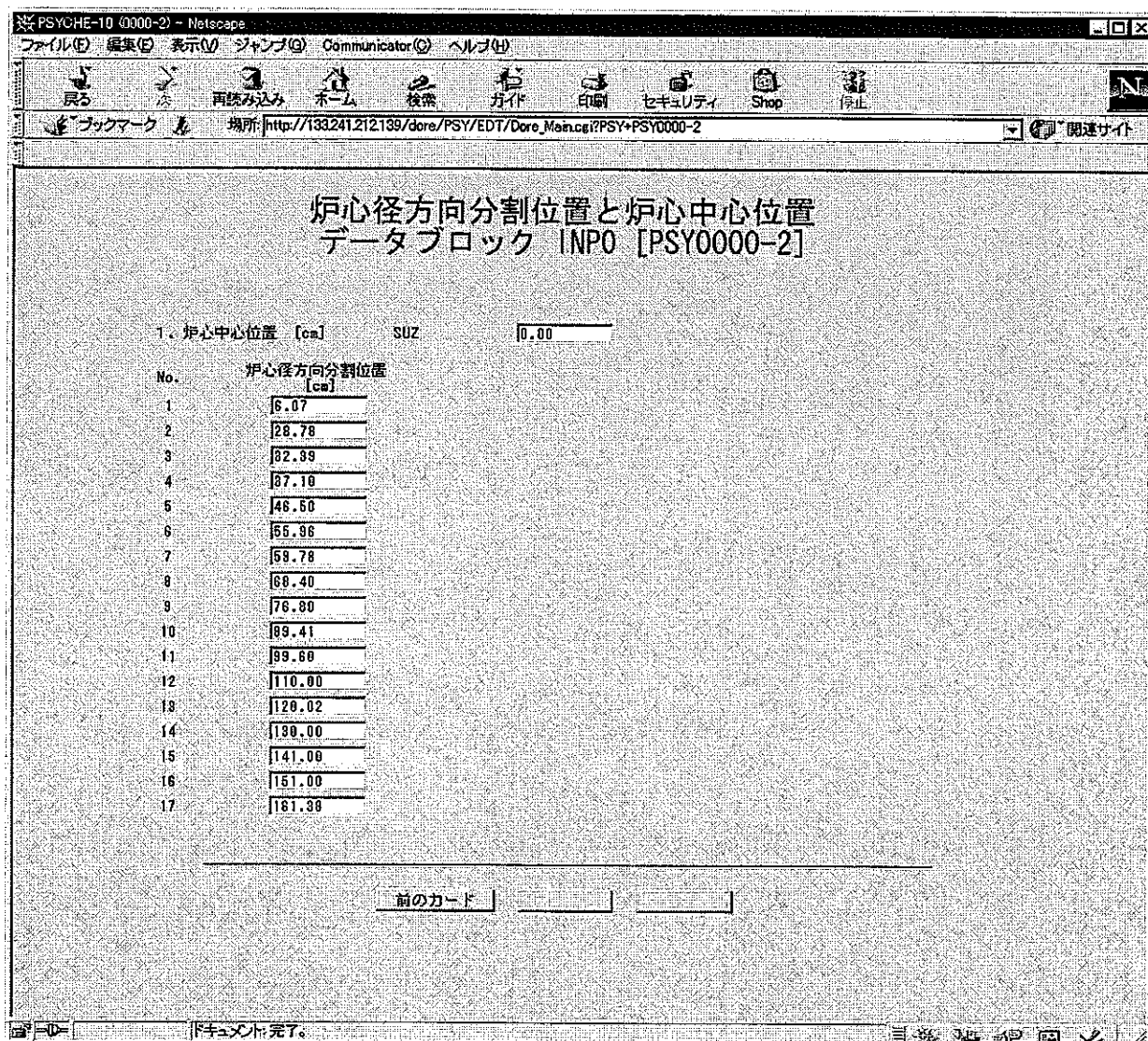


図 8.20 「炉心径方向分割位置と炉心中心位置」の設定画面

本画面は炉心構造により「もんじゅ」評価ではデフォルト値の使用で充分である。

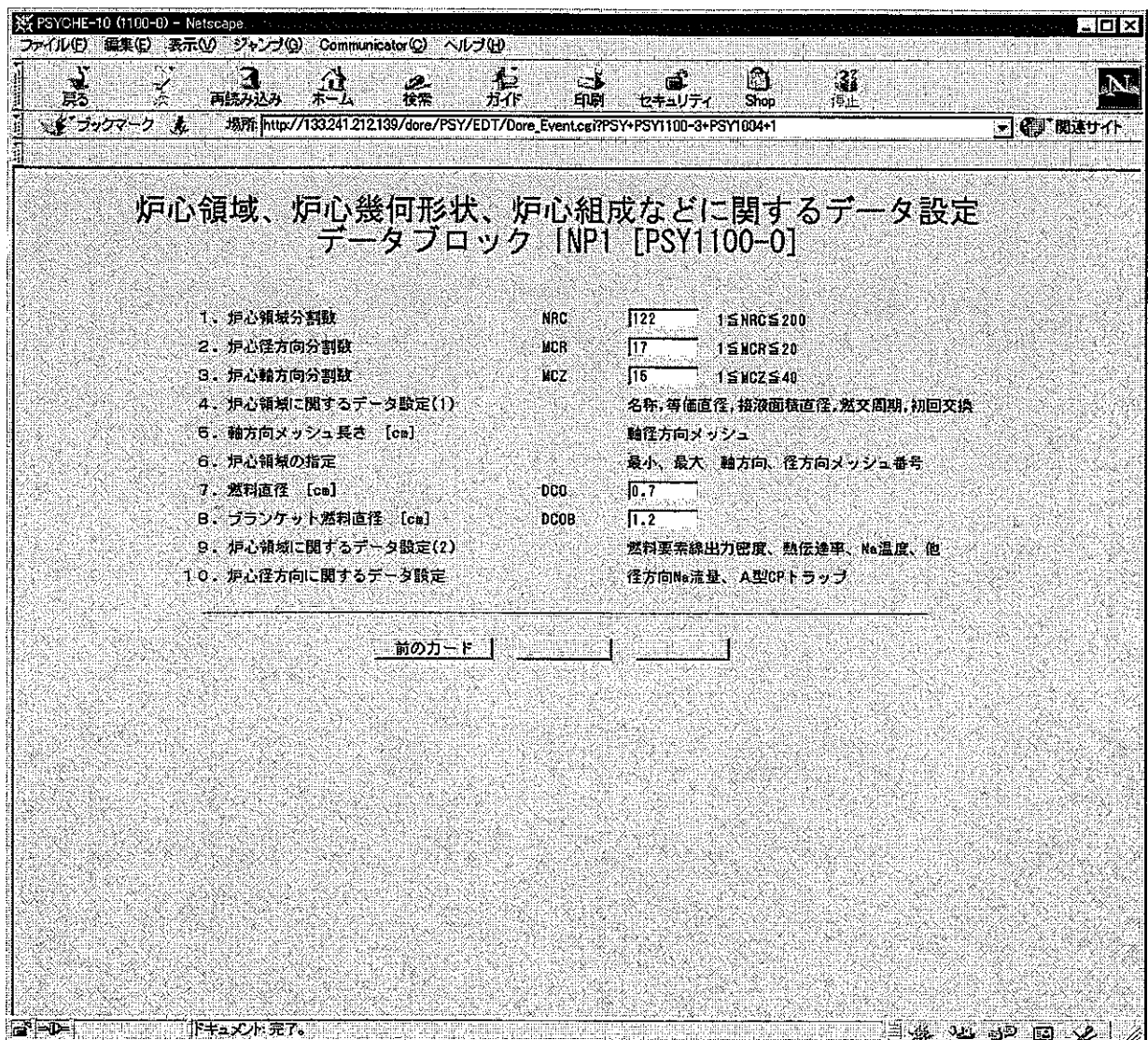


図 8.21 「炉心領域、炉心幾何形状、炉心組成などに関するデータ」の設定画面

本画面は「もんじゅ」評価ではデフォルト値の使用で充分である。

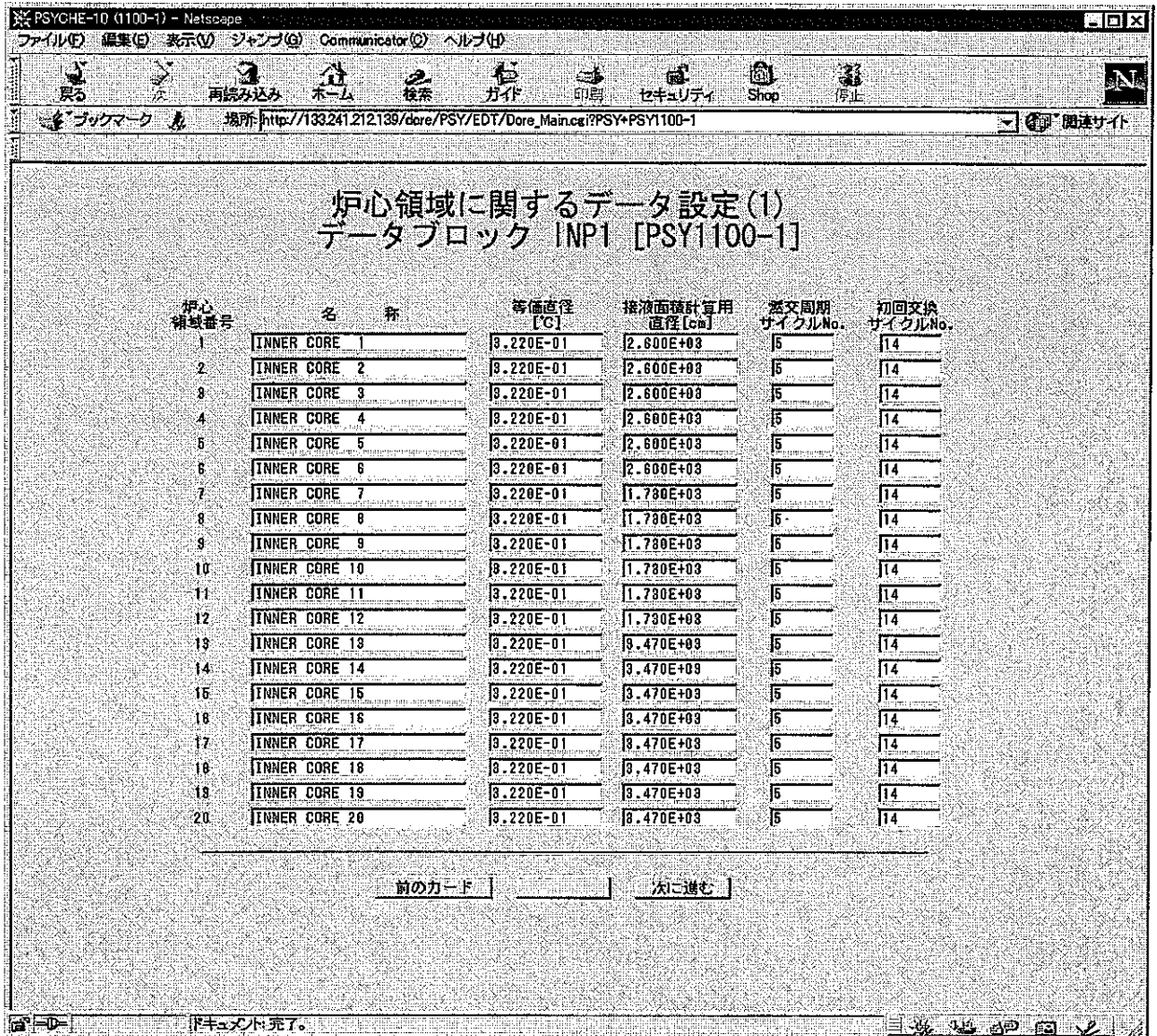


図 8.22 「炉心領域に関するデータ」の設定画面

本画面の等価直径と接液面積計算用直径は炉心構造によるので、「もんじゅ」評価ではデフォルト値の使用で充分である。

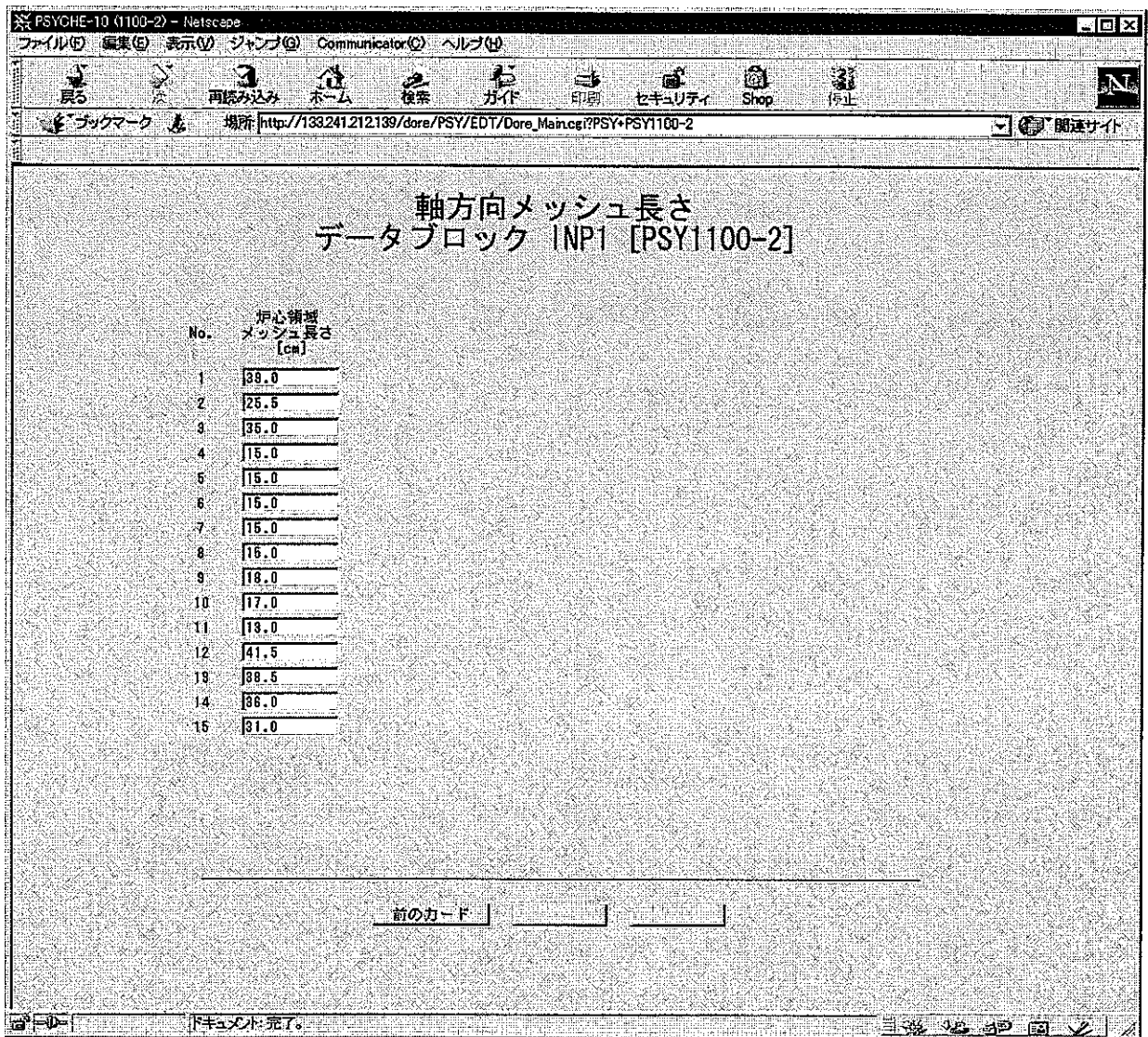


図 8.23 炉心領域「軸方向メッシュ長さ」の設定画面

本画面は「もんじゅ」評価ではデフォルト値の使用で充分である。

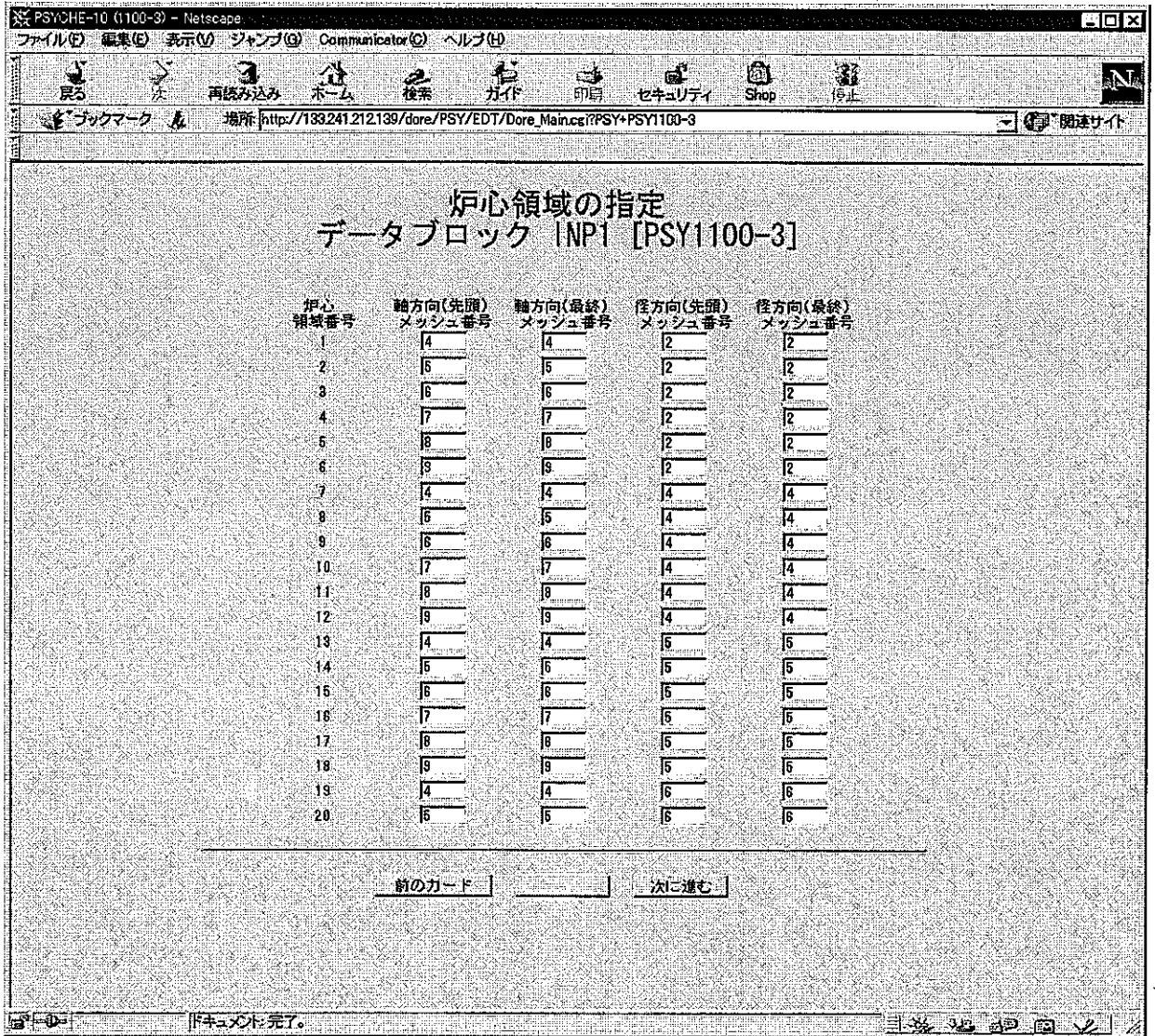


図 8.24 「炉心領域の指定」の設定画面

本画面は「もんじゅ」評価ではデフォルト値の使用で充分である。

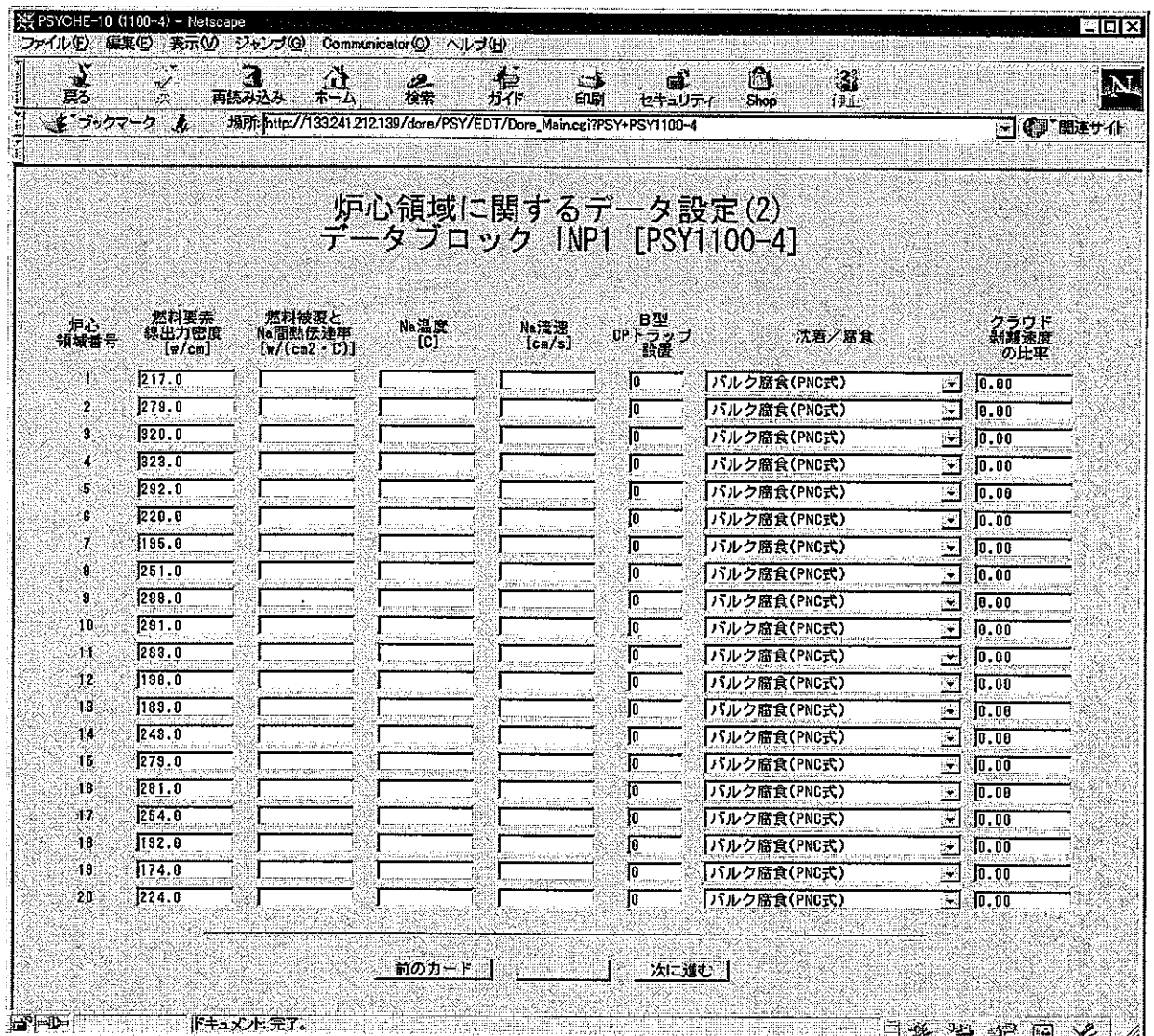


図 8.25 「炉心領域に関するデータ」の設定画面

本画面で、熱伝達率、Na 温度、Na 流速はblankのままよい。デフォルト値（「もんじゅ」定格値）を変更する場合は後の変更画面で設定する。

B 型 CP トラップは設置の有無を 1 or 0 で設定する。なお、CP トラップには炉心集合体組込み式捕獲器型（A 型）と燃料被覆管表面などをニッケルコーティングする（B 型）の 2 種類がある。A 型の設定は PSY1100-5 で行う。次年度の報告書では A 型を推奨している。

沈着/腐食式は各領域に対してメニューから選択する。CP トラップ領域に対しては Ni 腐食式を選択しなければならない。バルク沈着速度に対するクラウド剥離速度の比率は通常は 0 とする。

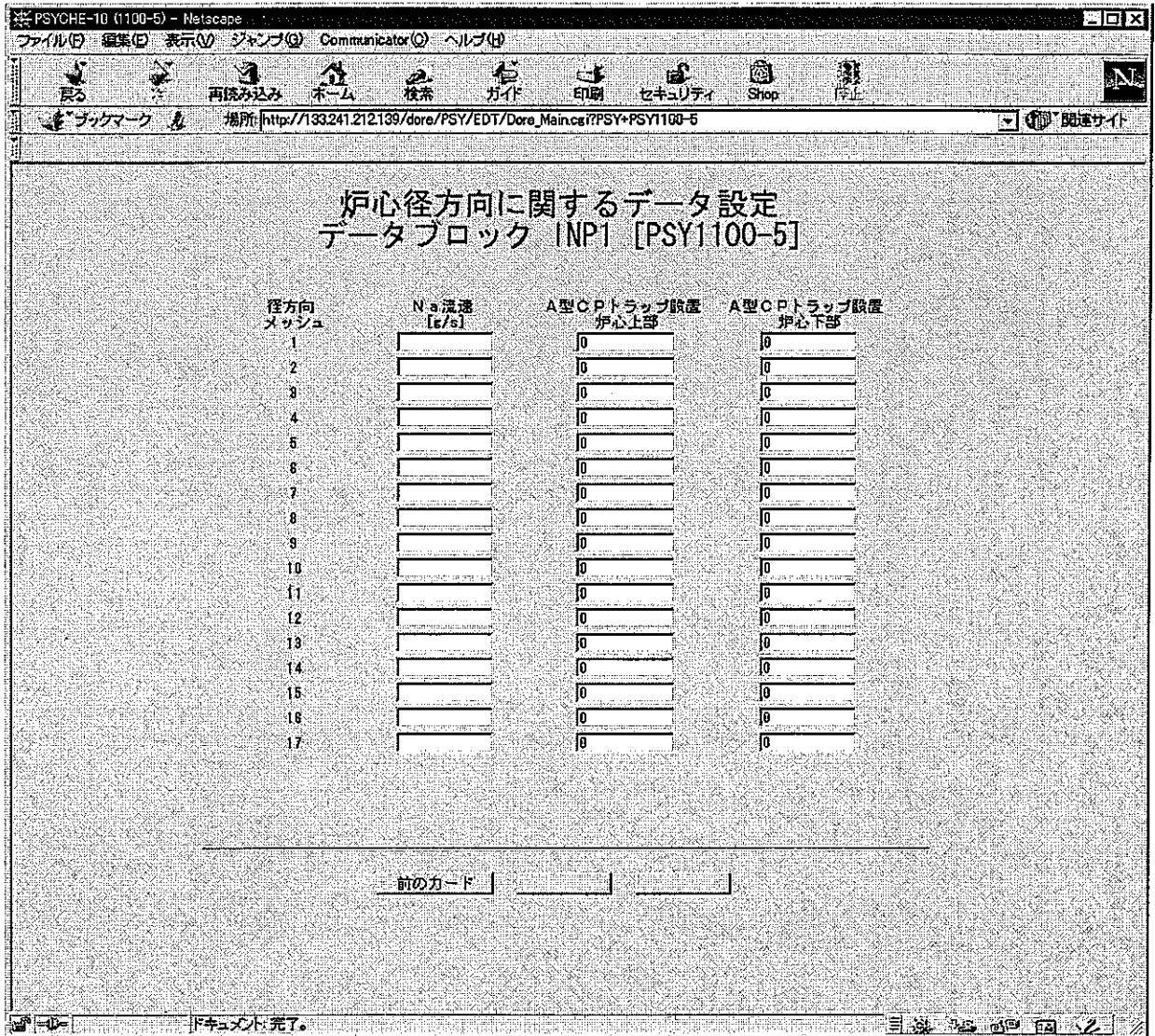


図 8.26 「炉心径方向に関するデータ」の設定画面

A型CPトラップについてもPSY1100-4のB型の場合と同じである。

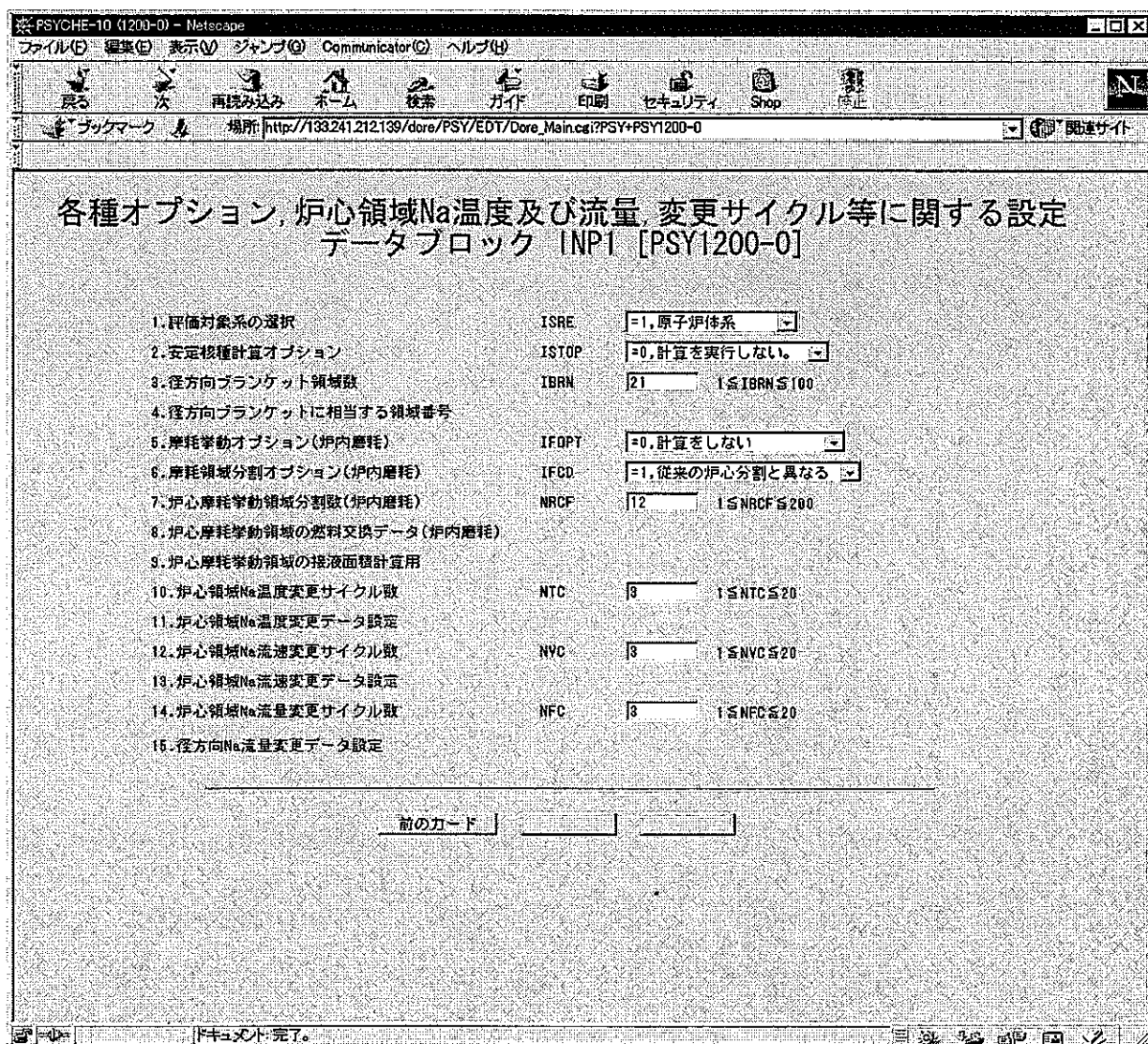


図 8.27 「各種オプション, 炉心領域 Na 温度及び流量変更サイクル等に関する設定画面

5～9 の摩耗挙動オプションは、炉心部接触摺動部表面被覆硬化材（ステライトなど）からの摩擦摩耗放出挙動評価機能に関するものである（参考文献[2] pp38-39 参照）。

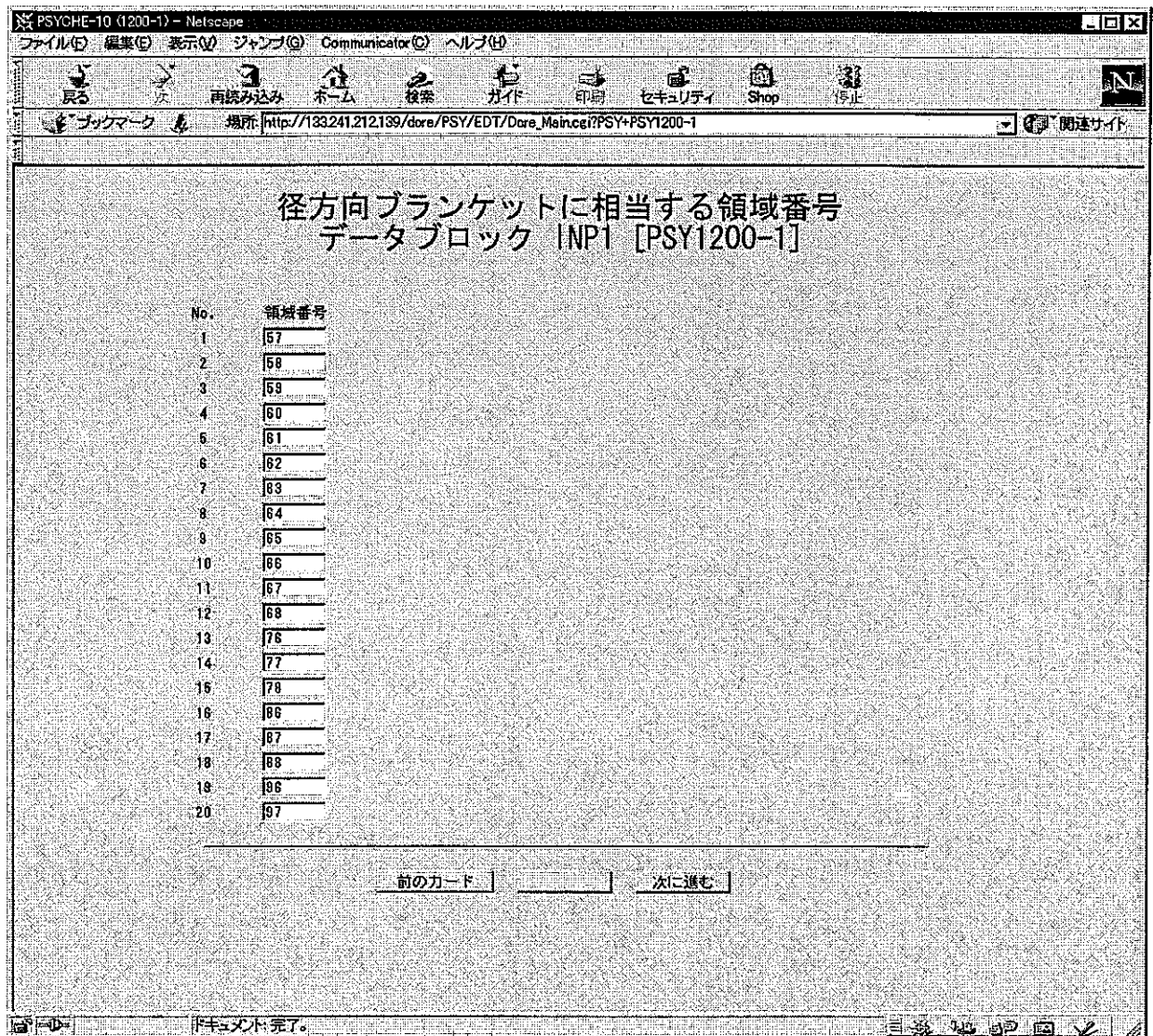


図 8.28 「径方向ブランケットに相当する領域番号」 の設定画面

本画面は「もんじゅ」評価ではデフォルト値の使用で充分である。

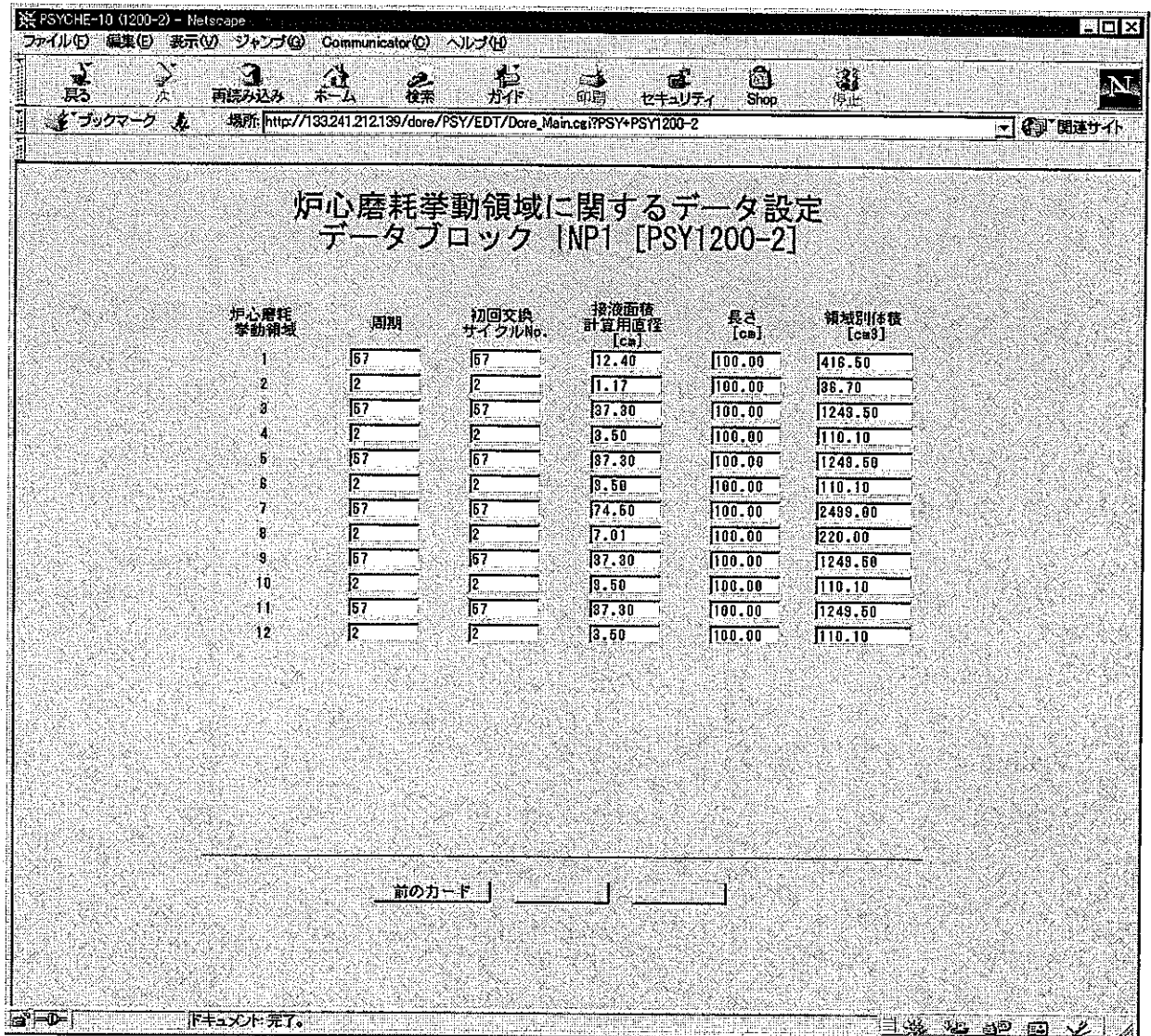


図 8.29 「炉心磨耗挙動領域に関するデータ」の設定画面

本画面は通常はデフォルト値の使用で充分である。

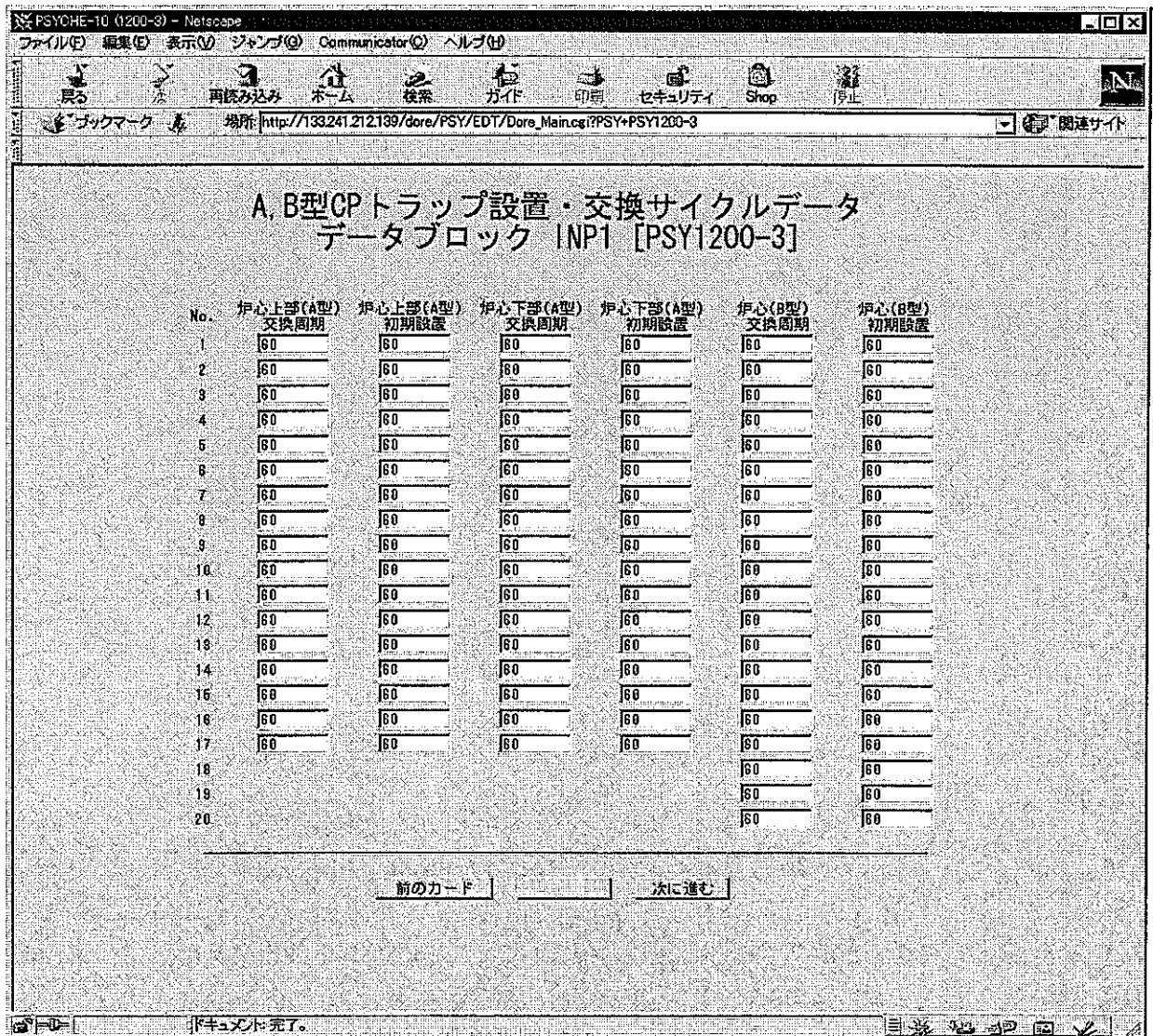


図 8.30 「A, B 型 CP トラップ設置・交換サイクルデータ」の設定画面

本画面は CP トラップ設置効果評価時に設定する。通常はデフォルト値の使用で充分である。

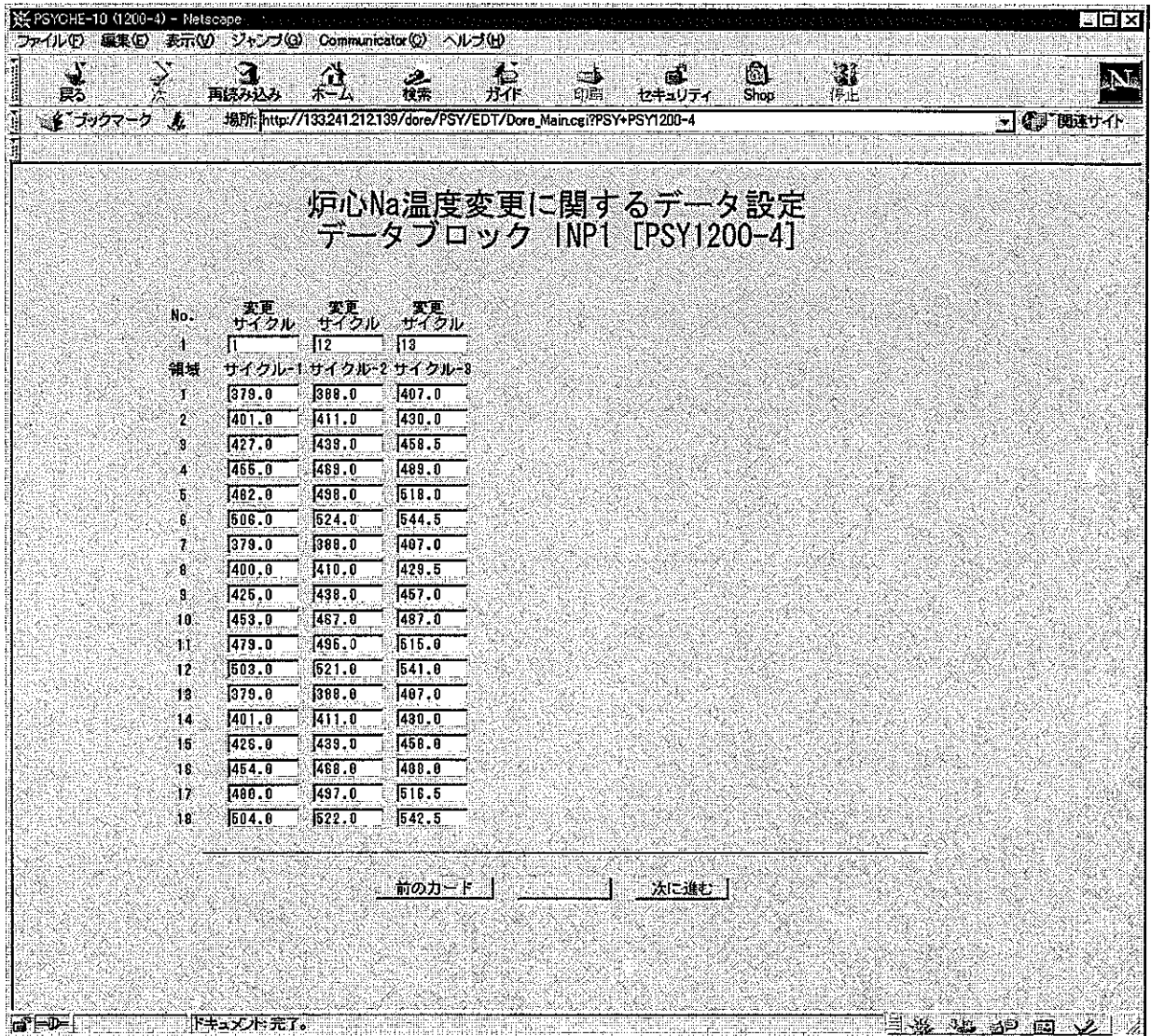


図 8.31 「炉心 Na 温度変更に関するデータ」 の設定画面

「もんじゅ」については、炉心設計データあるいは核熱特性解析コード（DIANA など）による評価値（℃）を炉心全領域に対して入力する。

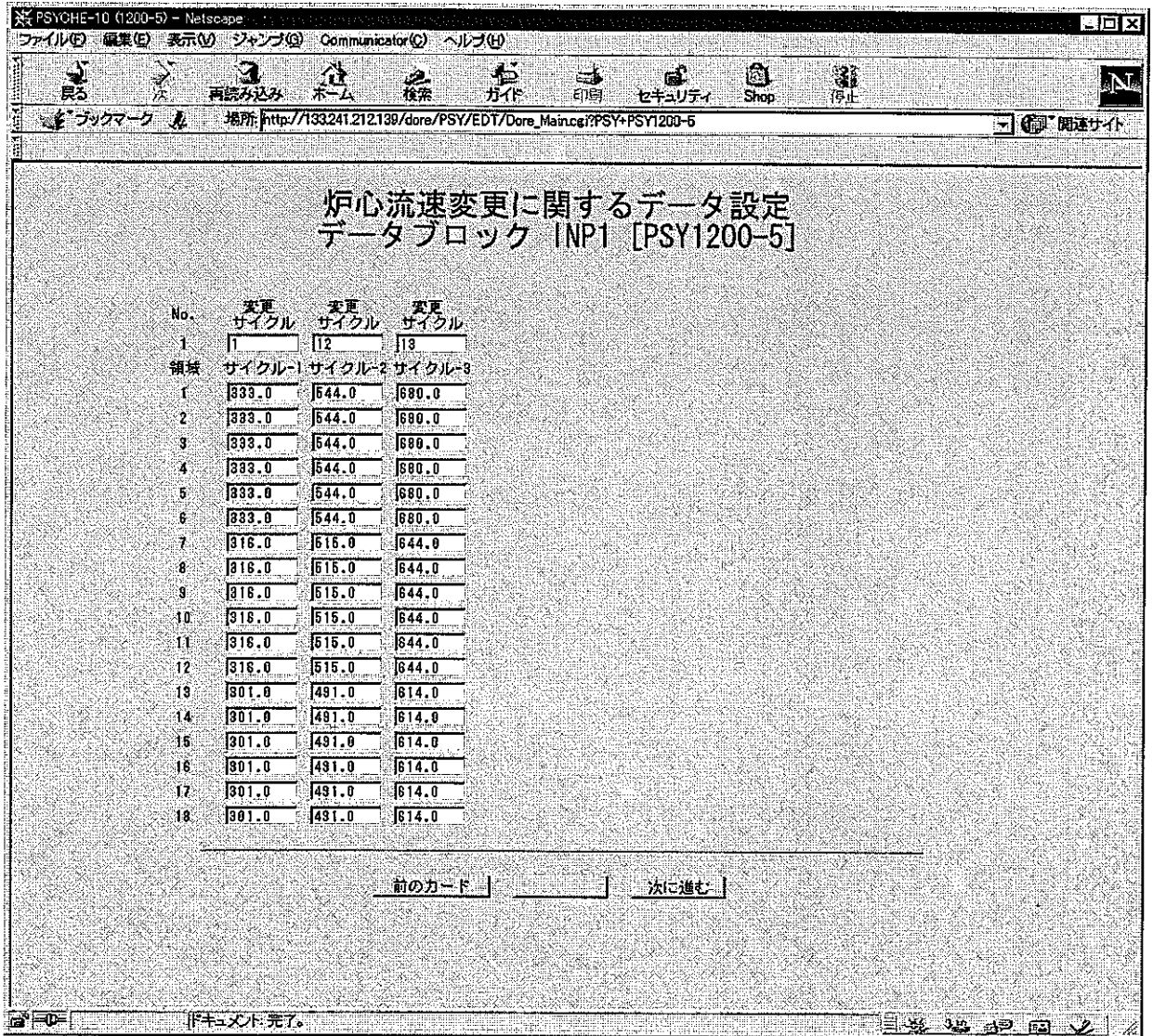


図 8.32 「炉心流速変更に関するデータ」の設定画面

「もんじゅ」については、炉心設計データあるいは核熱特性解析コード（ORIFS など）による評価値（cm/s）を炉心全領域に対して入力する。

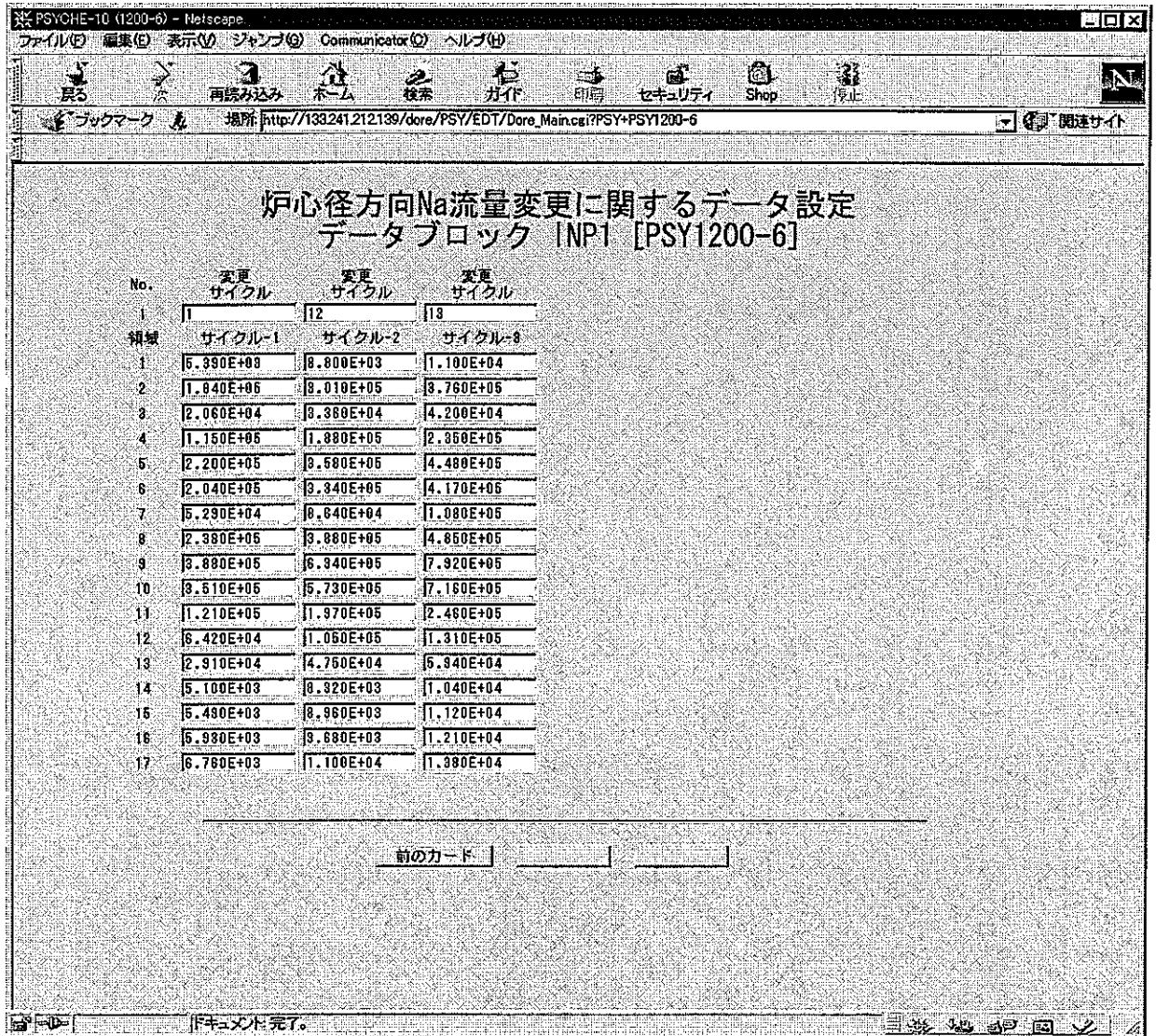


図 8.33 「炉心径方向 Na 流量変更に関するデータ」の設定画面

「もんじゅ」については、炉心設計データあるいは核熱特性解析コード（ORIFS など）による評価値（cm/s）を炉心 17 列に対して入力する。

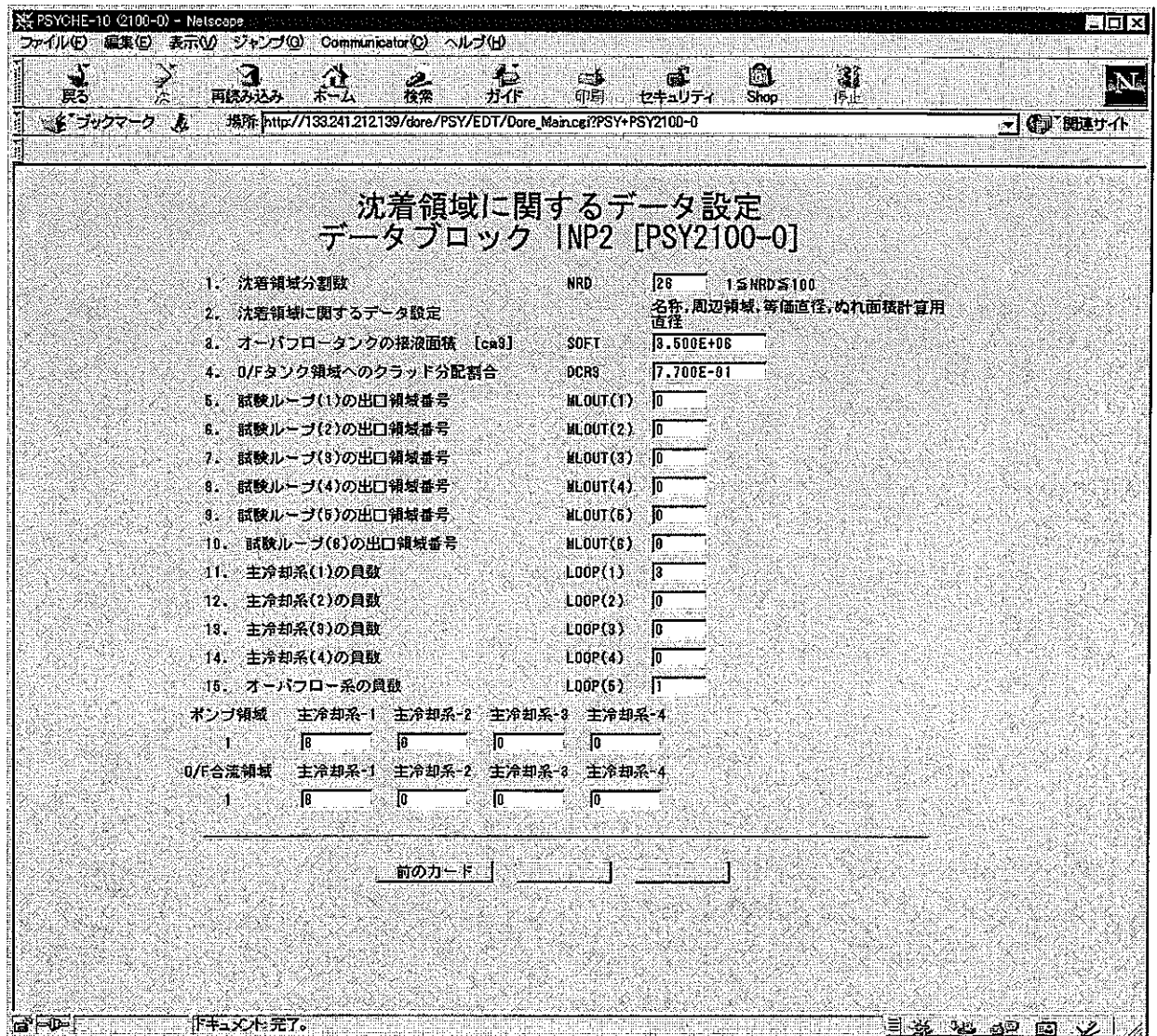


図 8.34 「沈着領域に関するデータ」の設定画面

沈着領域とは CP 挙動モデルの付着解析式を適用する領域を示す。実機の R/V 外のループを主冷却系、実験室用のループを試験ループと名称で区別している。本画面は「もんじゅ」に対して通常はデフォルト値の使用で充分である。なお、計算は主冷却系 (1) (主冷却系-A) についてのみ行い、B, C については同一の挙動として取り扱う。主冷却系の員数とは HL, ML, CL を示す。

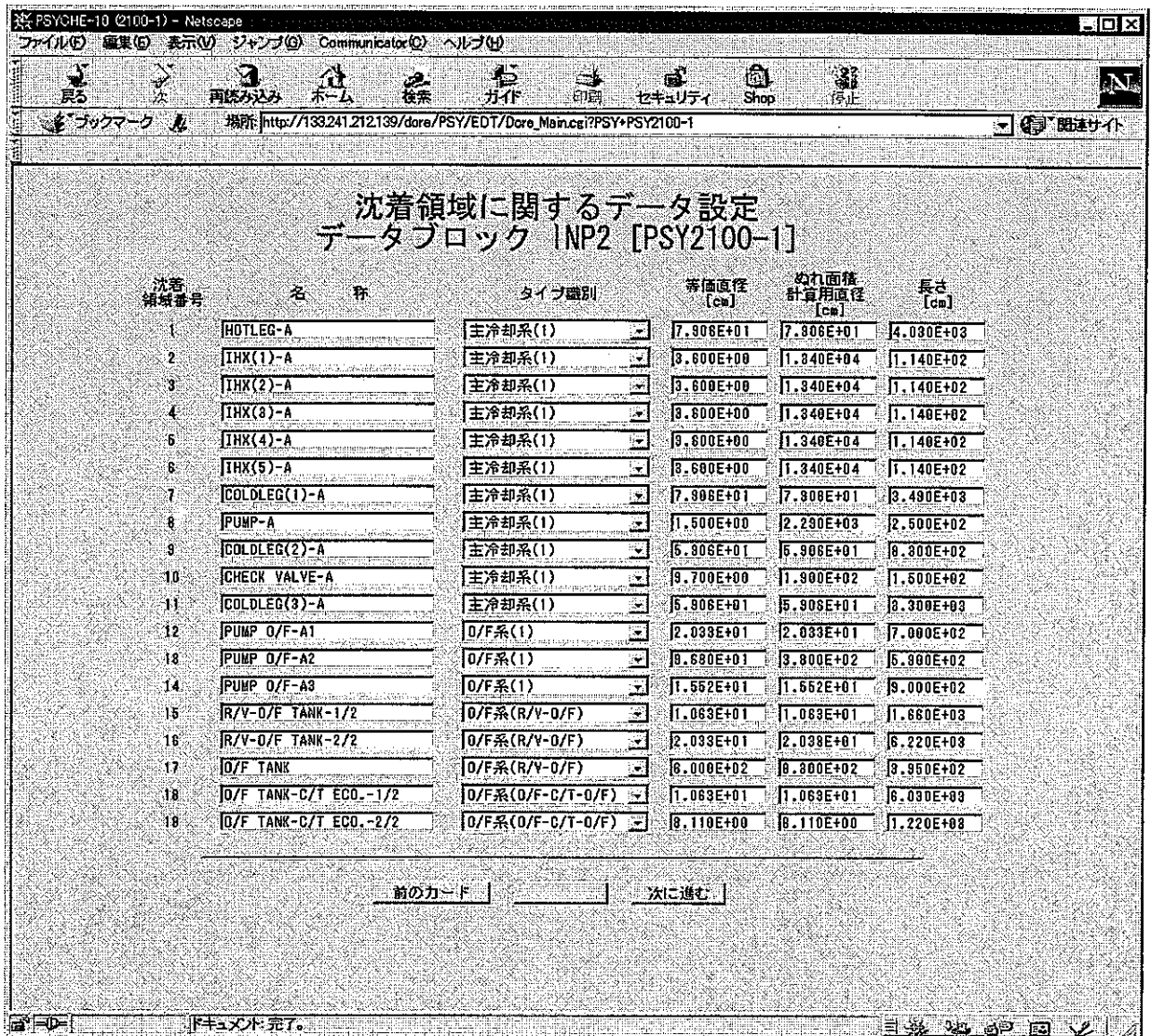


図 8.35 「沈着領域に関するデータ」の設定画面

本画面は「もんじゅ」に対して通常はデフォルト値の使用で充分である。

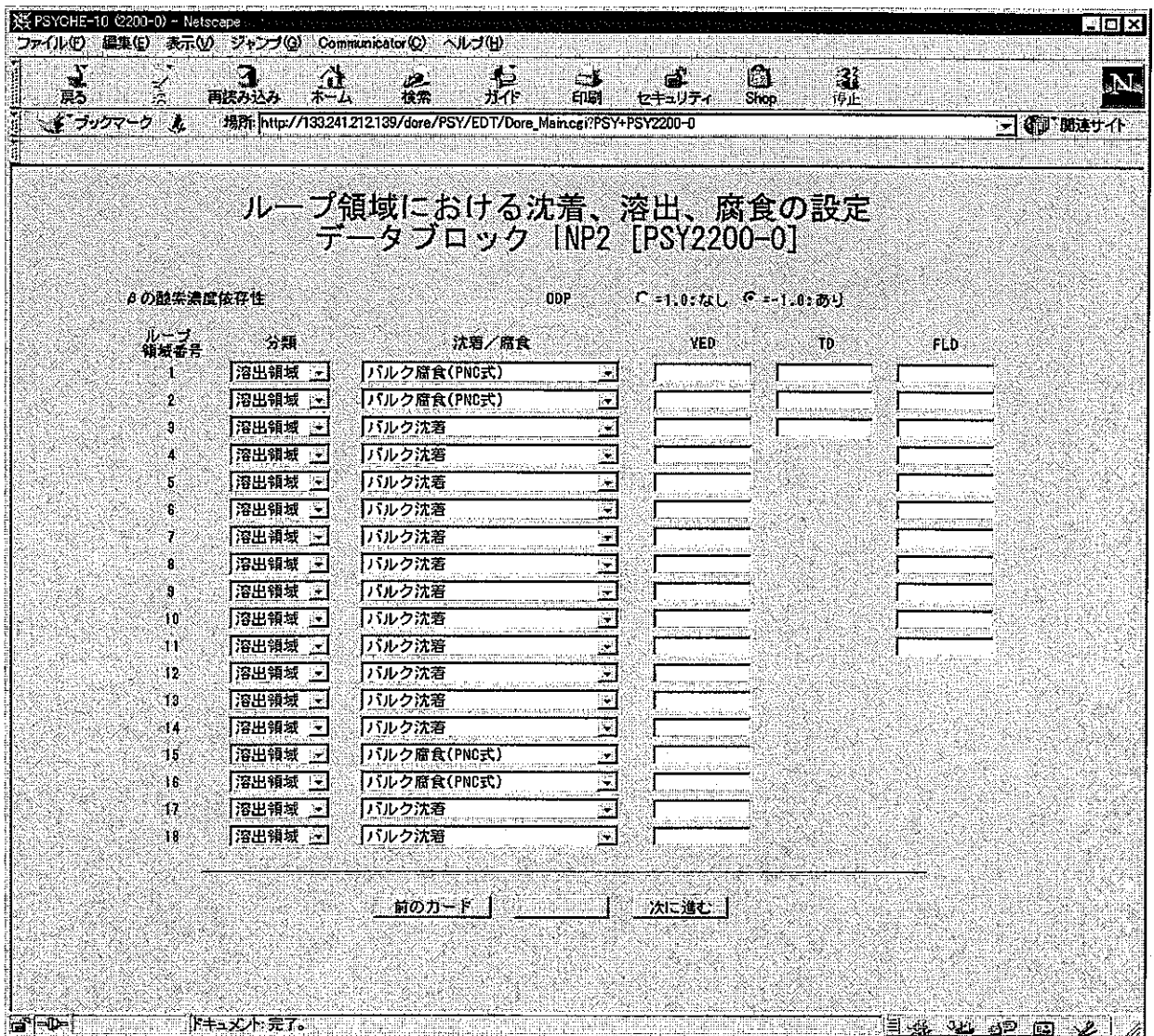


図 8.36 「試験ループ領域における沈着、溶出、腐食」の設定画面

Bの酸素濃度依存性を「あり」に選択する。分類欄は試験ループの場合における指定である。

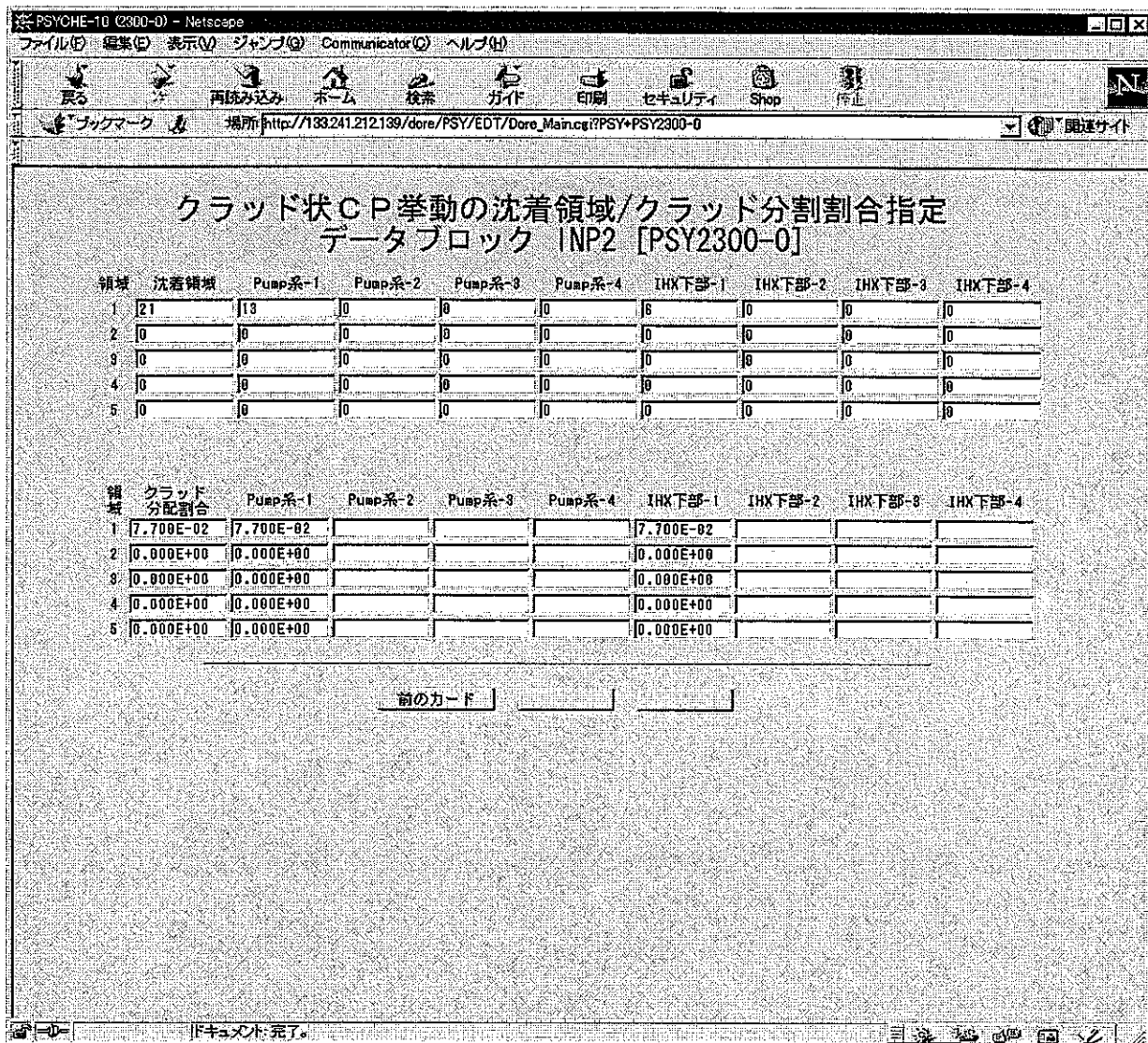


図 8.37 「クラッド状 CP 挙動の沈着領域/クラッド分割割合指定」の設定画面

本画面はクラッド状 CP 挙動評価オプション計算のためのもので、通常は使用しておらず、デフォルト値の設定で充分である。

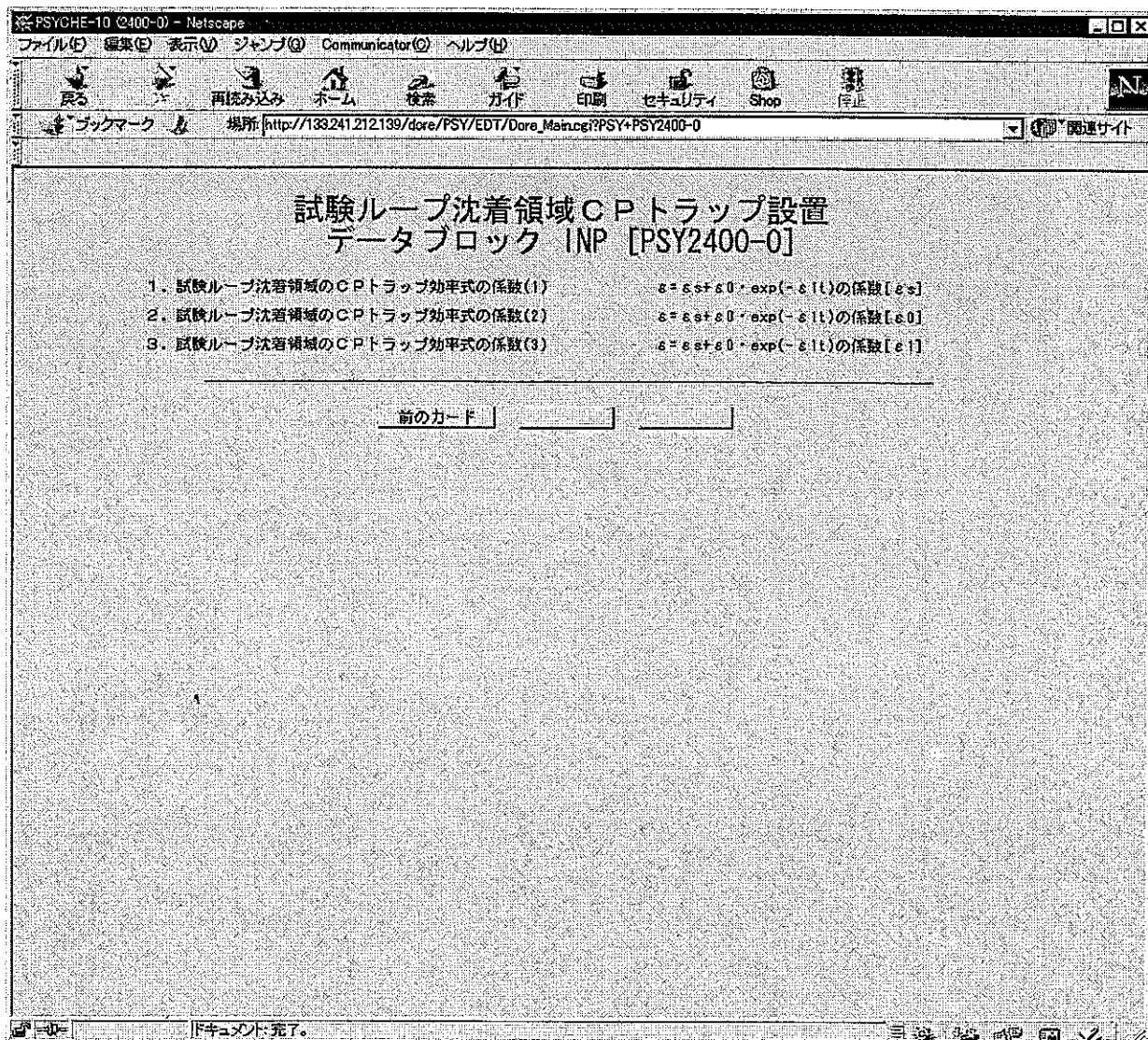


図 8.38 「炉外ループ沈着領域CPトラップ」の設定画面

本画面は試験ループに対する設定のためのものである。

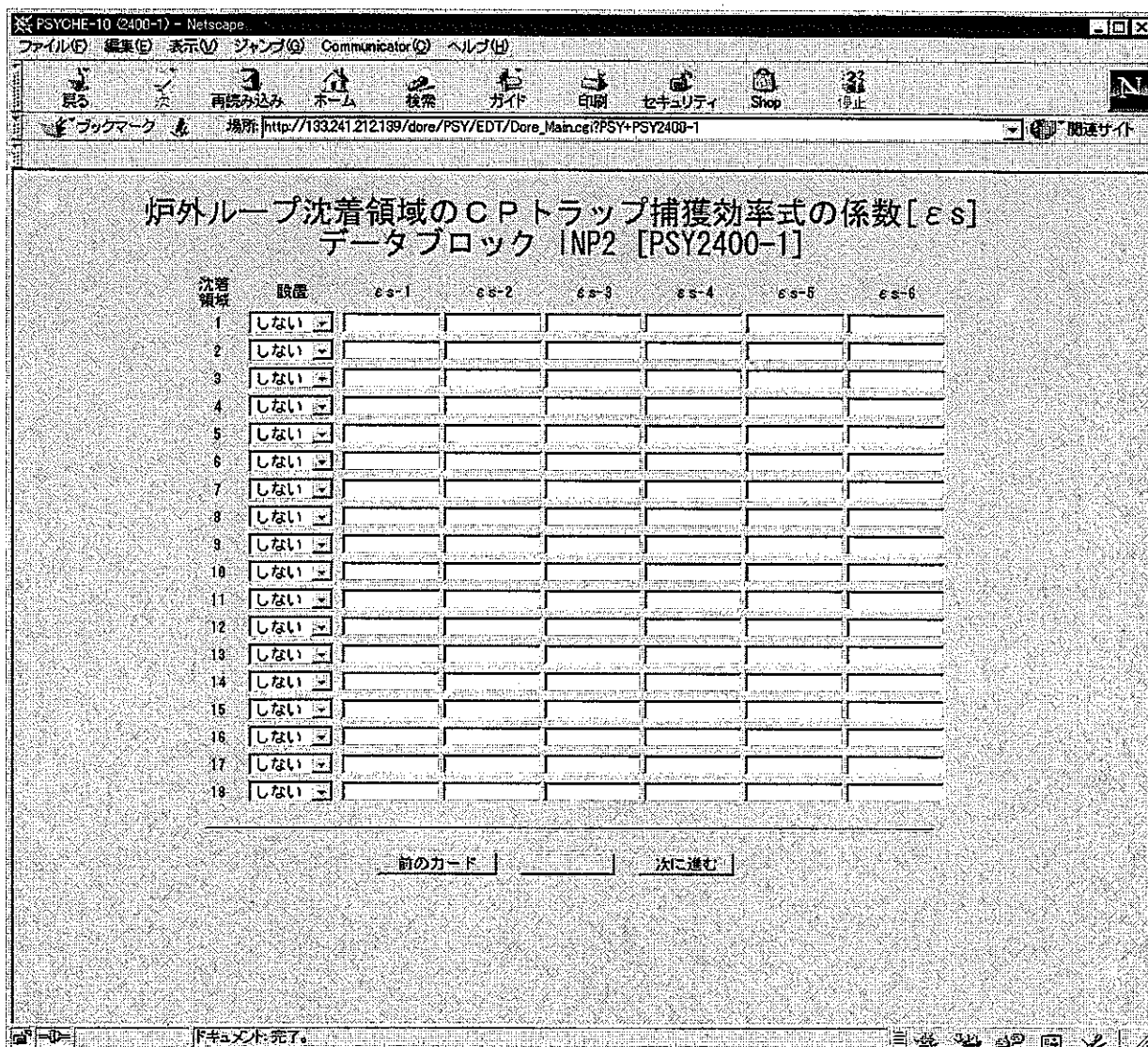


図 8.39 「炉外ループ沈着領域のCPトラップ捕獲効率式の係数[ϵ_s]

本画面は試験ループに対する設定のためのものである。CPトラップ捕獲効率については13年度報告書で示す。

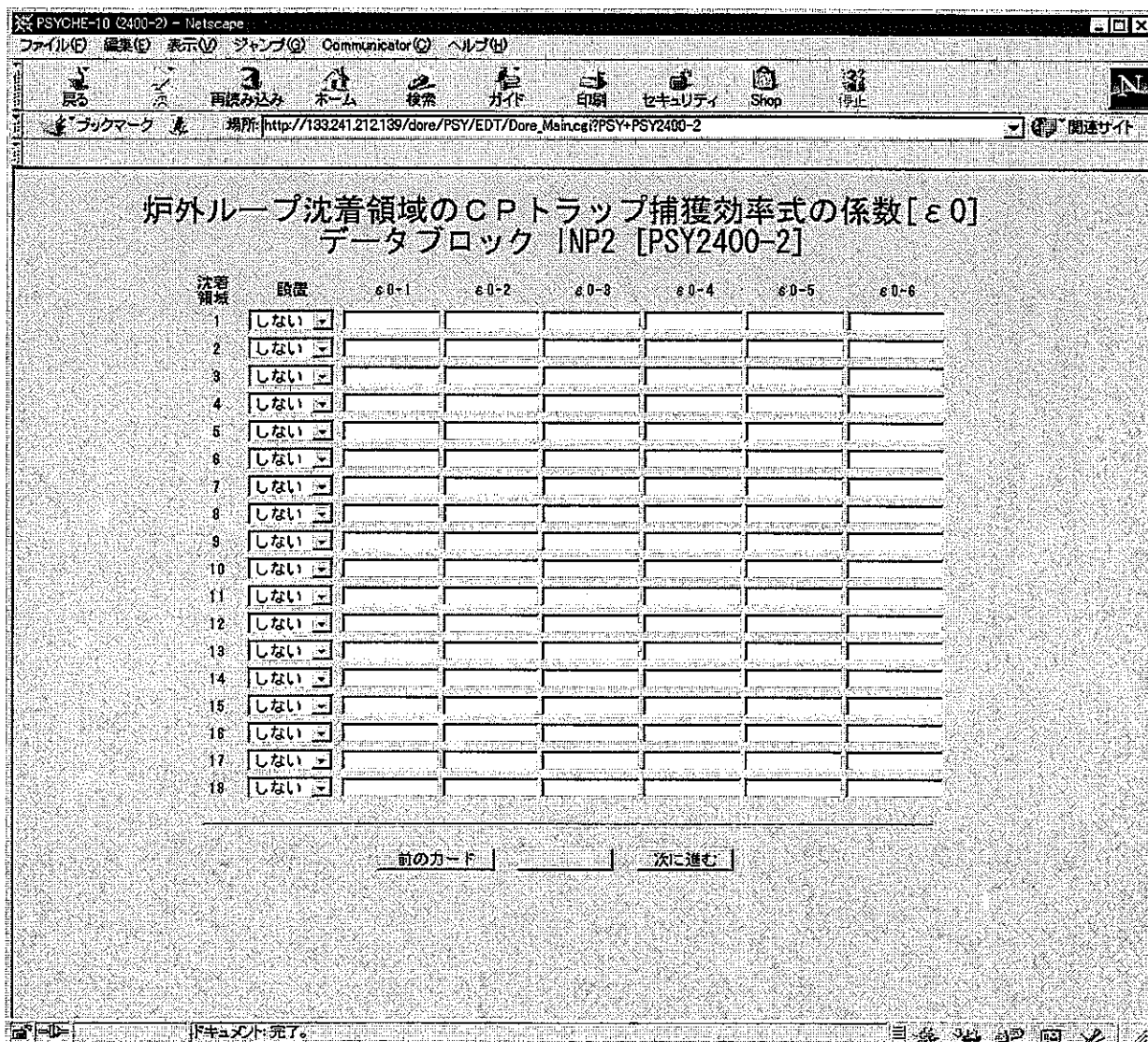


図 8.40 「炉外ループ沈着領域のCPトラップ効率式の係数[ϵ_0]」の設定画面

本画面は試験ループに対する設定のためのものである。CPトラップ捕獲効率については13年度報告書で示す。

PSYCHE-10 (2400-3) - Netscape
 ファイル(F) 編集(E) 表示(V) ジャンプ(J) Communicator(C) ヘルプ(H)
 戻る 進む 再読み込み ホーム 検索 ガイド 印刷 セキュリティ Shop 停止
 ブックマーク 場所: http://133.241.212.139/dore/PSY/EDT/Dore_Main.cgi?PSY+PSY2400-3 関連サイト

炉外ループ沈着領域のCPトラップ捕獲効率式の係数[ϵ_1] データブロック INP2 [PSY2400-3]

沈着 層	設置	ϵ_1-1	ϵ_1-2	ϵ_1-3	ϵ_1-4	ϵ_1-5	ϵ_1-6
1	しない						
2	しない						
3	しない						
4	しない						
5	しない						
6	しない						
7	しない						
8	しない						
9	しない						
10	しない						
11	しない						
12	しない						
13	しない						
14	しない						
15	しない						
16	しない						
17	しない						
18	しない						

ダウンロード完了。

図 8.41 「炉外ループ沈着領域のCPトラップ効率式の係数[ϵ_1]」の設定画面

本画面は試験ループに対する設定のためのものである。CPトラップ捕獲効率については13年度報告書で示す。

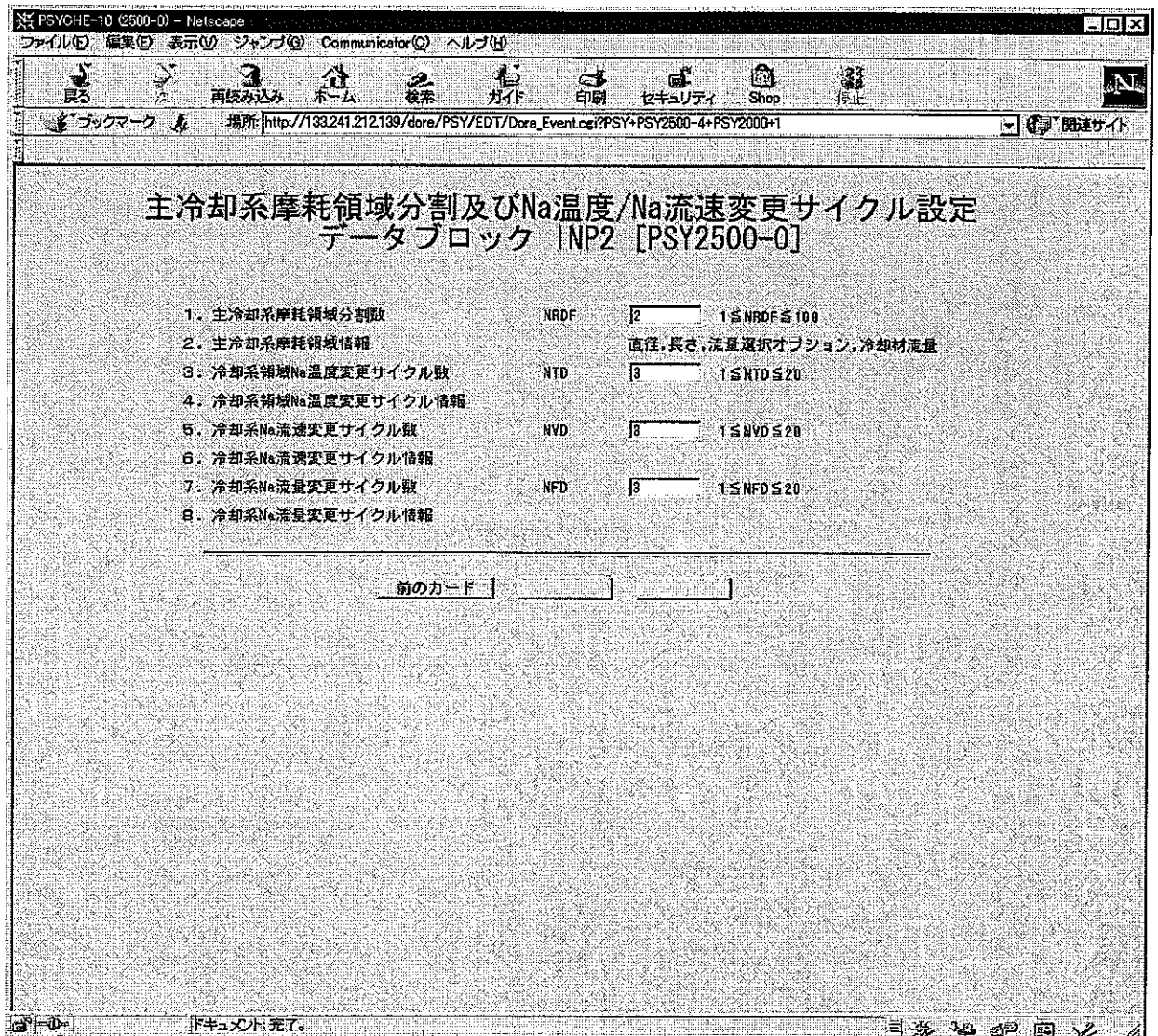


図 8.42 「主冷却系の摩耗領域分割及び Na 温度/Na 流速変更サイクル」の設定画面

本画面において、1, 2 の摩耗挙動オプションは主冷却系機器接触摺動部表面硬質被覆材（ステライトなど）からの摩擦摩耗放出挙動評価機能に関するものである（参考文献[2] pp39-41 参照）。

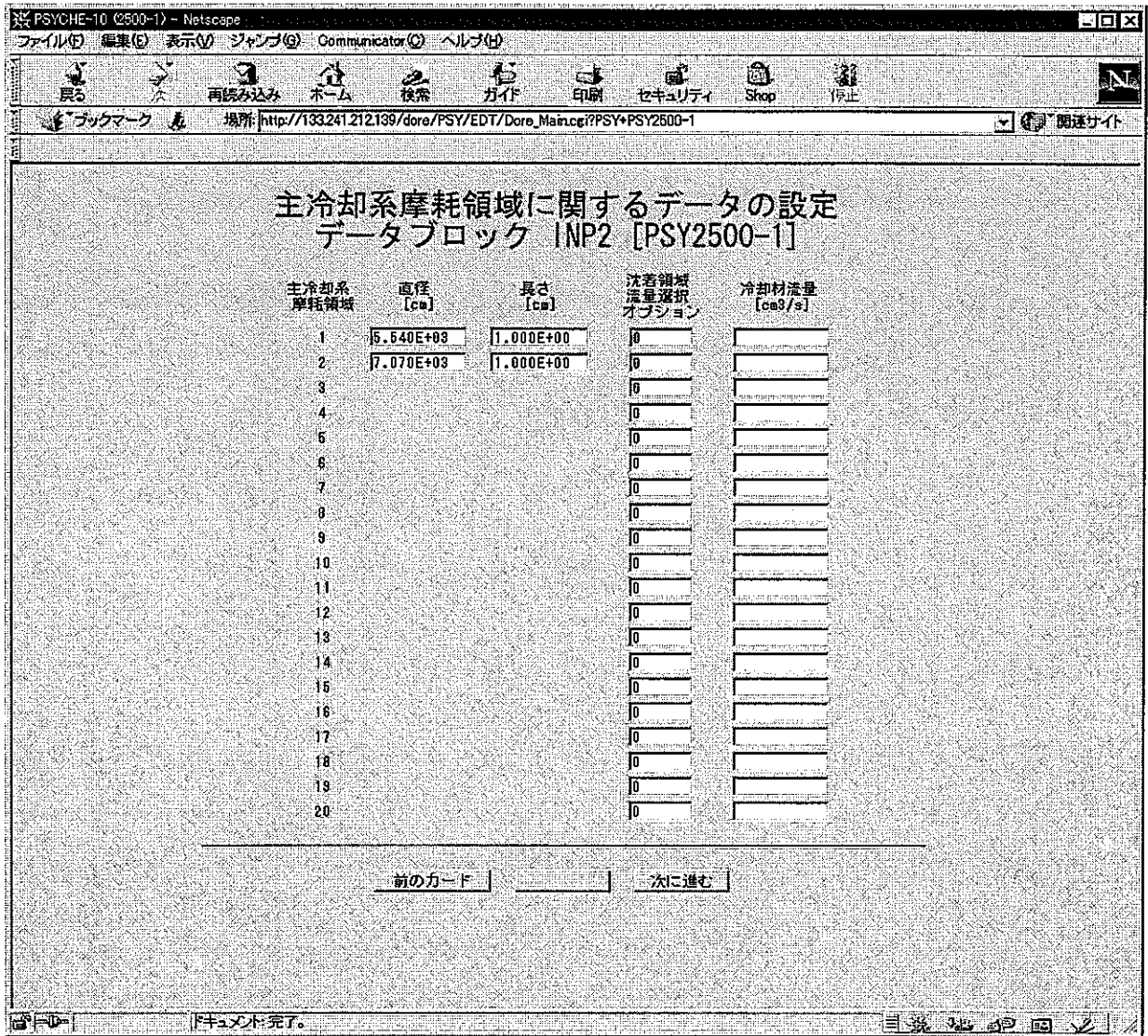


図 8.43 「主冷却系の摩耗領域に関するデータ」の設定画面

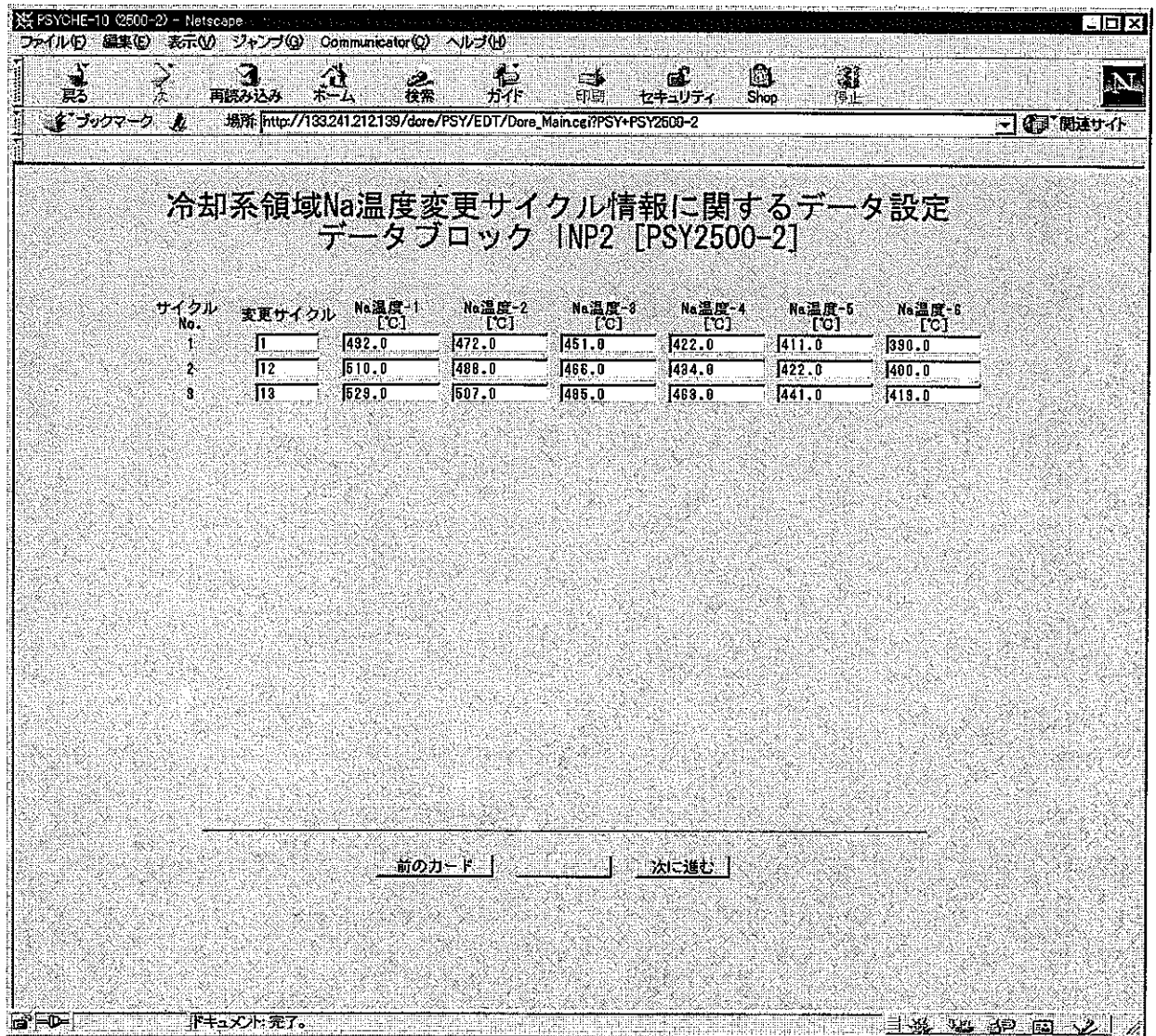


図 8.44 「冷却系領域 Na 温度変更サイクル情報に関するデータ」の設定画面

冷却系統全領域（「もんじゅ」では通常 26 領域）に対して設定する。

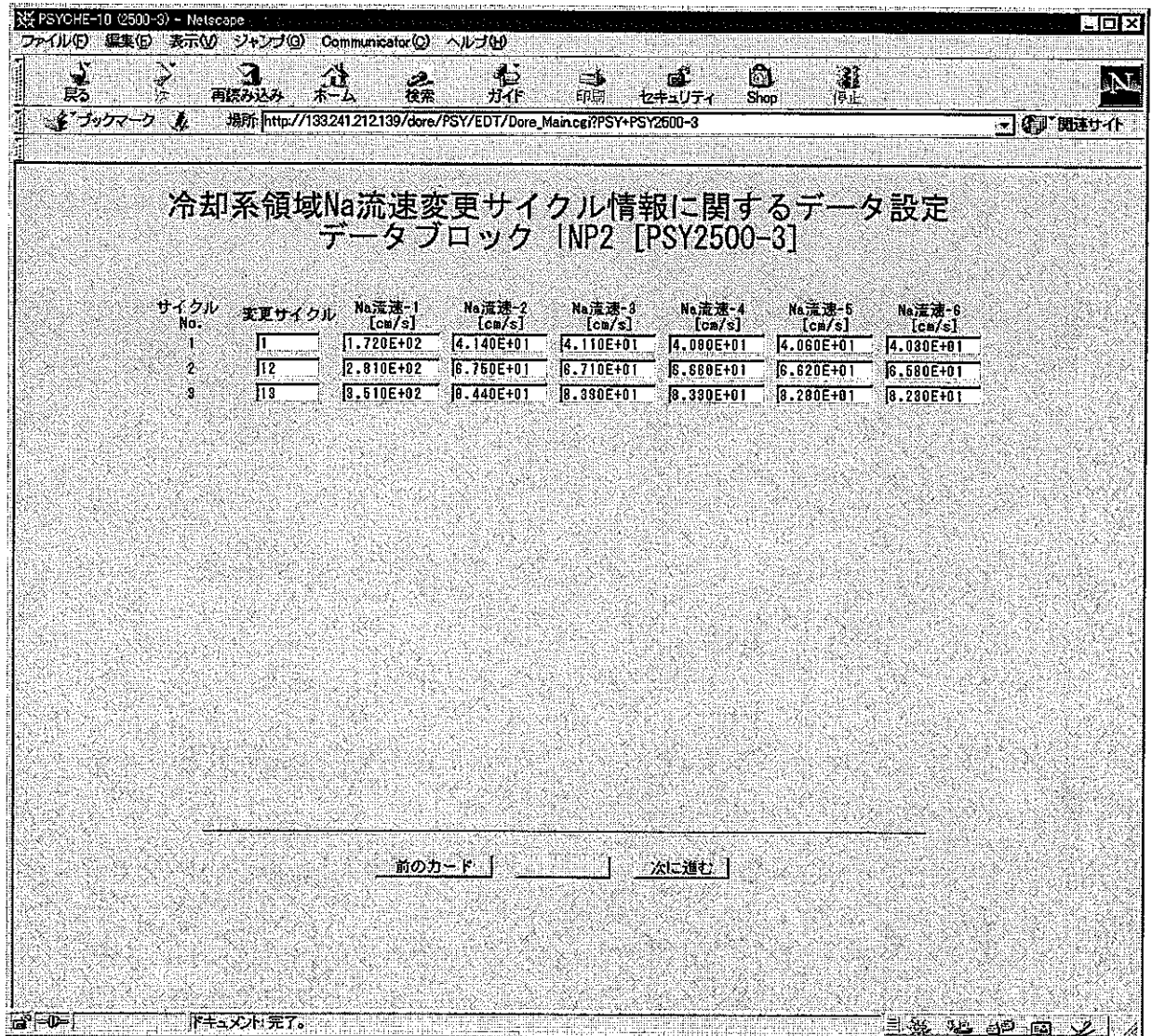


図 8.45 「冷却系領域 Na 流速変更サイクル情報に関するデータ」の設定画面

全冷却系領域（「もんじゅ」では通常 26 領域）に対して設定する。

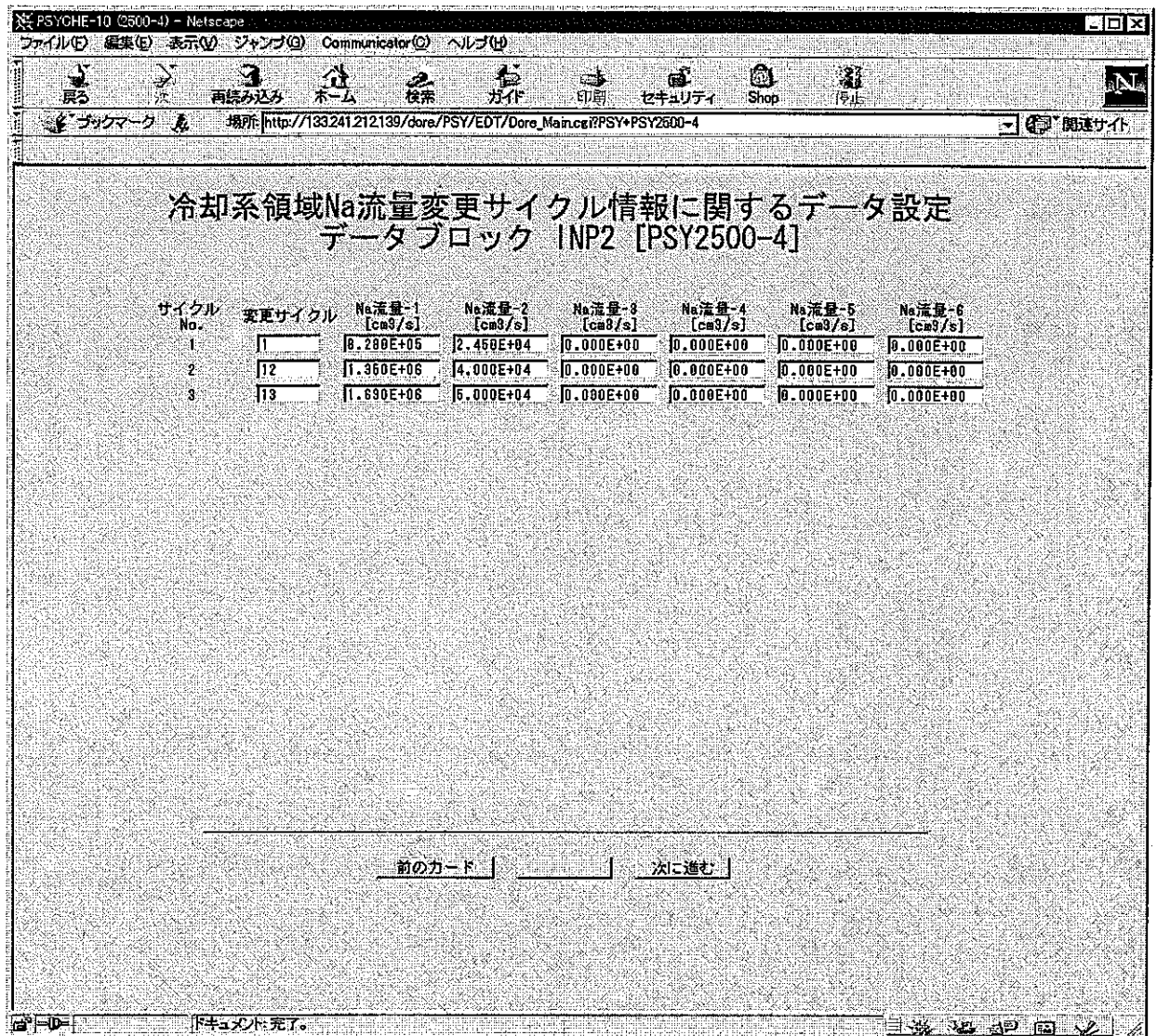


図 8.46 「冷却系領域 Na 流量変更サイクル情報に関するデータ」の設定画面

冷却システムの 11 領域について設定する。分類は下記のとおり。

冷却系統分類

- (1) 主冷却系 (1)
 - (2) 主ポンプオーバーフロー系 (1)
 - (3) 主冷却系 (2)
 - (4) 主ポンプオーバーフロー系 (2)
 - (5) 主冷却系 (3)
 - (6) 主ポンプオーバーフロー系 (3)
 - (7) 主冷却系 (4)
 - (8) 主ポンプオーバーフロー系 (4)
- 主冷却系統は 4 ループまで。
- (9) オーバーフロー系 (R/V-0/F タンク)
 - (10) オーバーフロー系 (O/F タンク-C/T- O/F タンク) (純化系)
 - (11) オーバーフロー系 (O/F タンク-R/V)

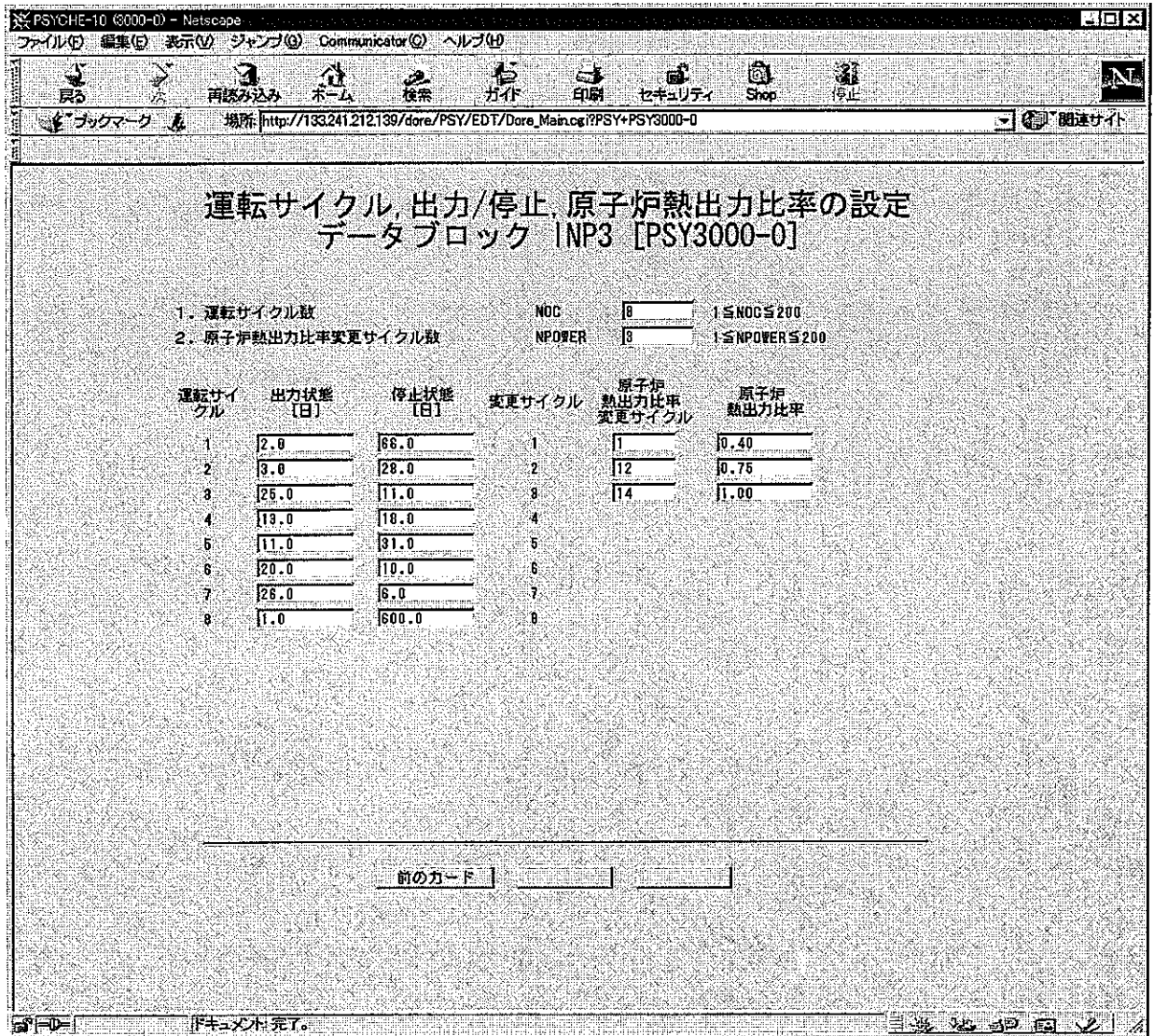


図 8.47 「運行サイクル, 出力/停止, 原子炉熱出力比率」の設定画面

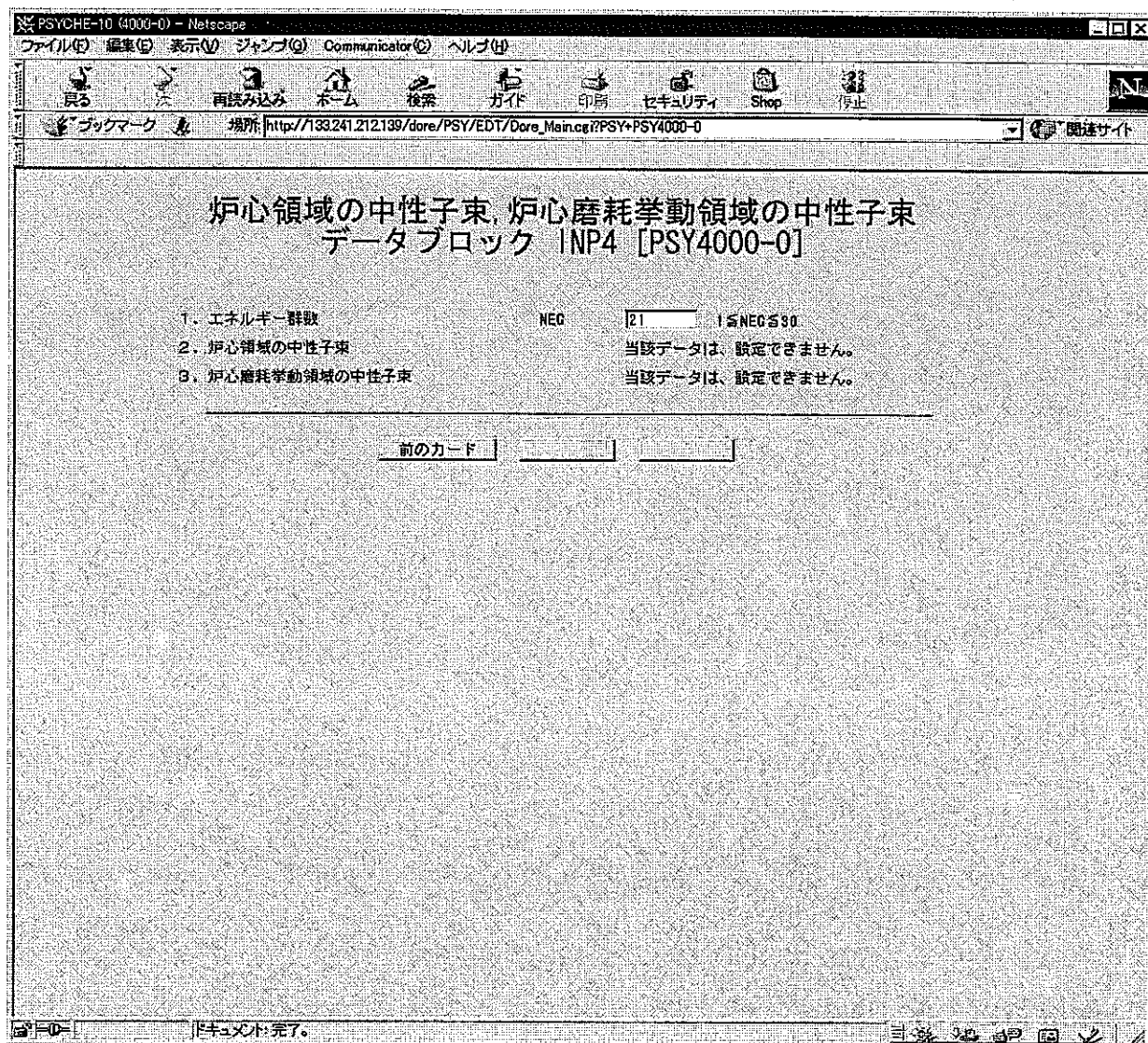


図 8.48 「炉心領域の中性子束, 炉心磨耗挙動領域の中性子束」の設定画面

本画面は「もんじゅ」に対してはデフォルト値の設定で充分である。

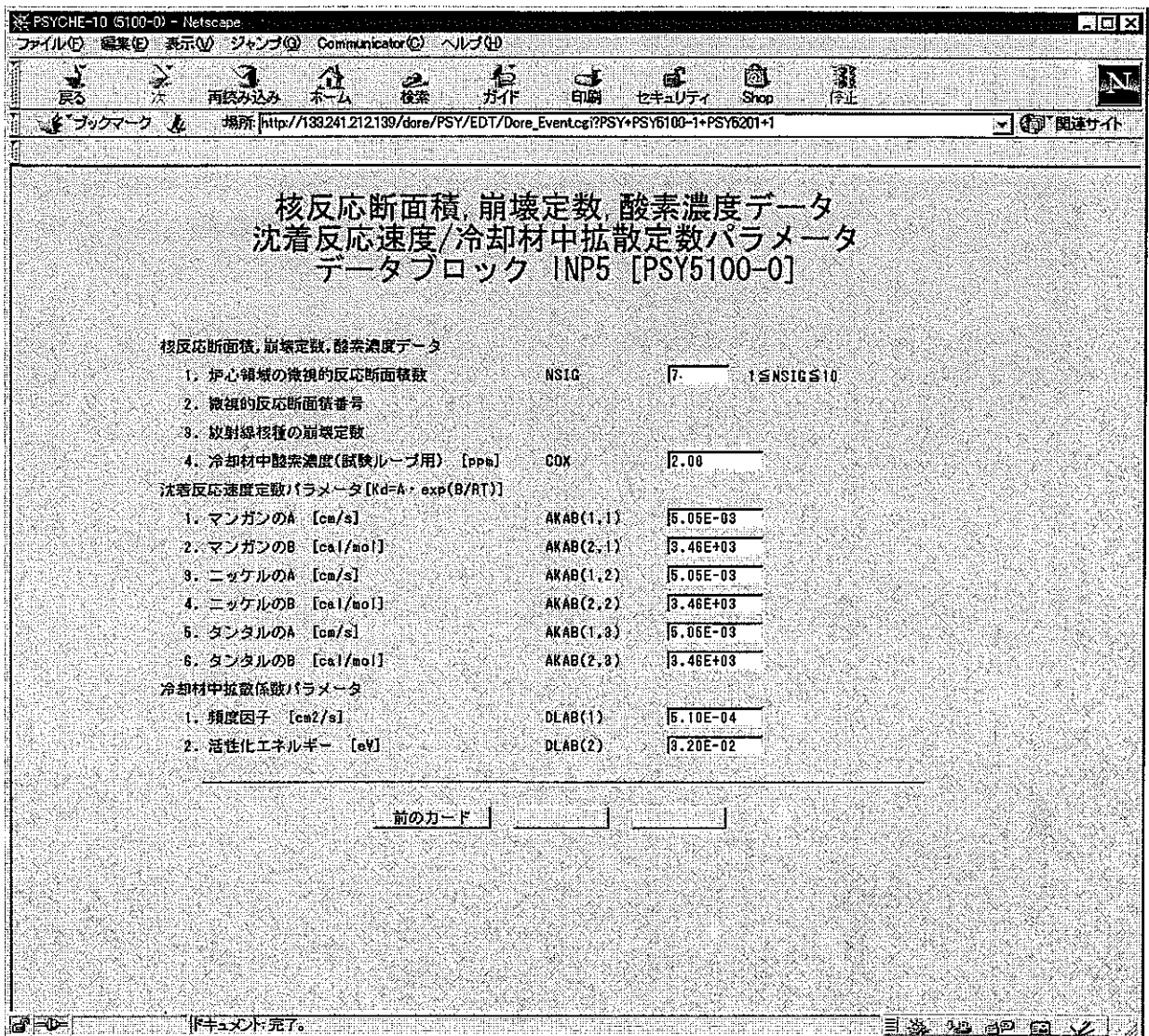


図 8.49 「核反応断面積, 崩壊定数, 酸素濃度データ, 沈着反応速度/冷却材中拡散定数パラメータ」の設定画面

本画面の核反応断面積及び崩壊定数の設定は、「もんじゅ」に対しデフォルト値の使用で充分である。

冷却材中酸素濃度は試験ループに対するものである。

マンガンタイプ CP 元素の沈着反応速度定数 (k_p : 表 6.2 参照) 及び冷却材中拡散係数パラメータ (D : 表 6.2 参照) はデフォルト値で充分である。

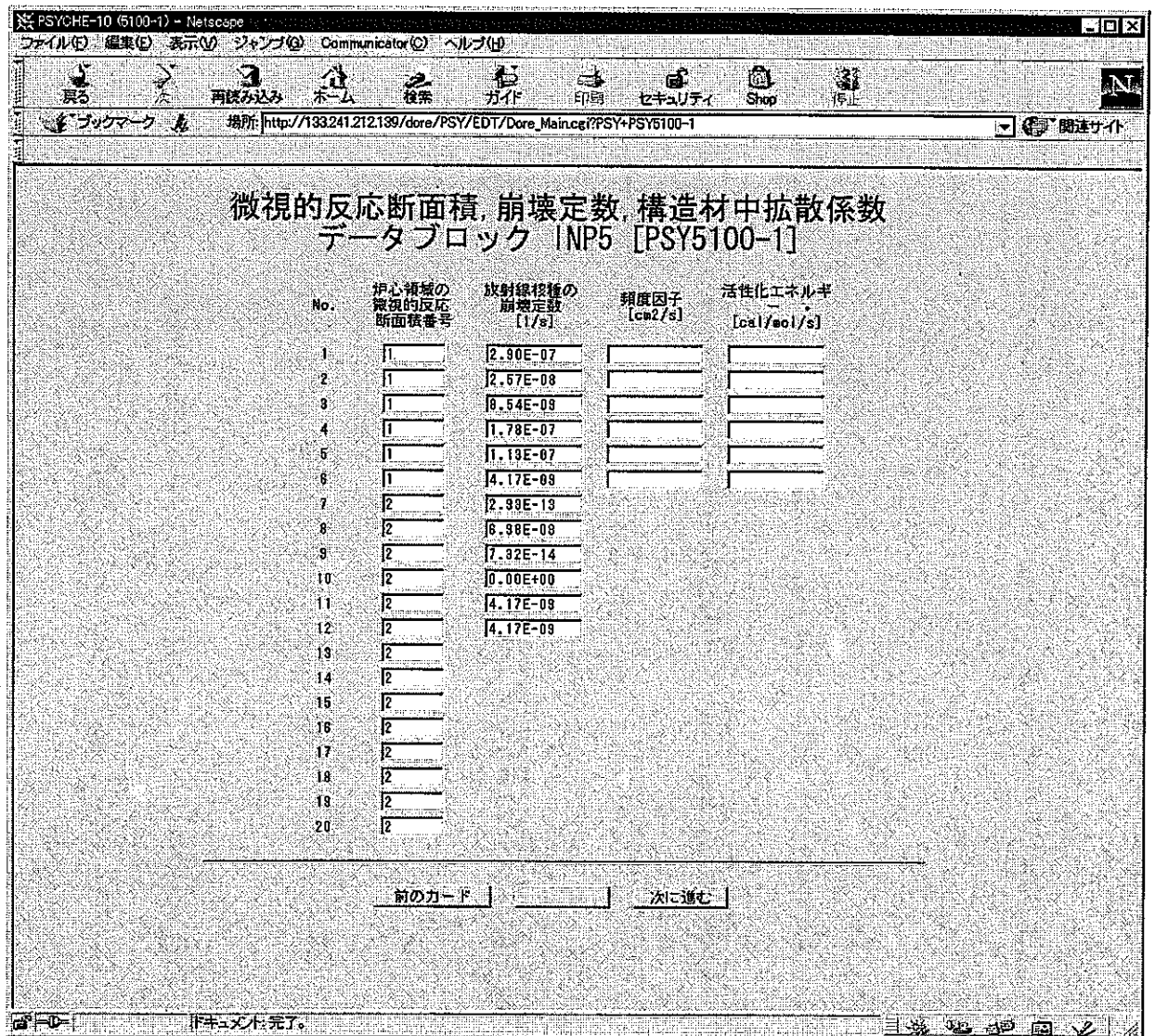


図 8.50 「微視的反應斷面積, 崩壊定数, 構造材中拡散係数」の設定画面

本画面は「もんじゅ」に対してはデフォルト値の設定で充分である。

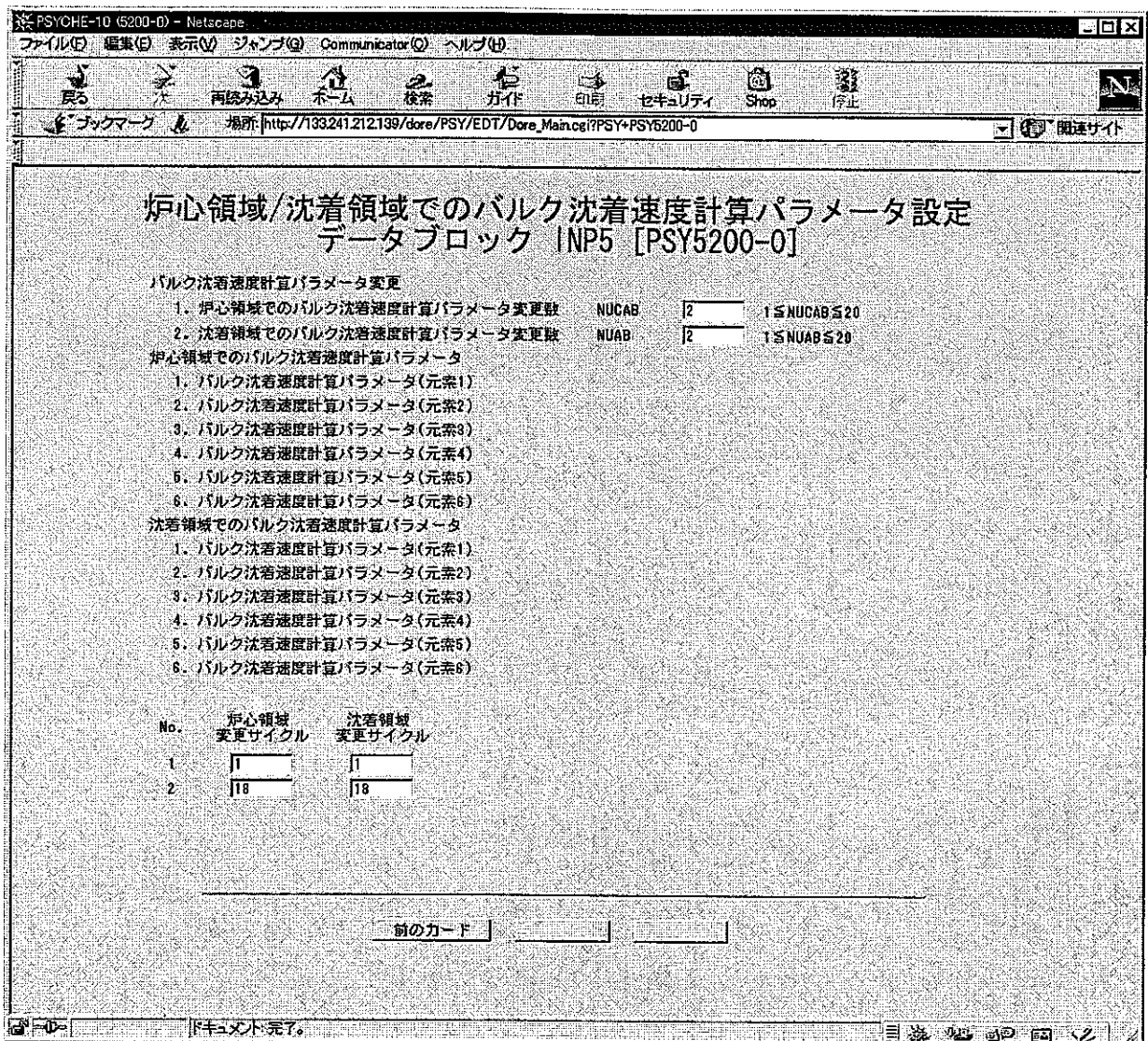


図 8.51 「炉心領域/沈着領域でのバルク沈着速度計算パラメータ」の設定画面

元素番号は以下のとおり。

- 1: クロム (50Cr, 51Cr) 2: マンガン (54Mn) 3: 鉄 (54Fe, 55Fe, 58Fe, 59Fe)
4: コバルト (58Co, 59Co, 60Co) 5: ニッケル (58Ni, 59Ni, 60Ni) 6: タンタル (181Ta, 182Ta)

バルク沈着速度パラメータは $u_d = f \times A e^{\frac{B}{RT}}$ で表される。ここで、 $A=0.0402 \mu/y$ 、 $B=2290 \text{cal}/K \cdot \text{mol}$ で与えられる (表 6.2 参照)。f はコード検証時に重要となる CP の管壁付着分布実測データ適合のための補正係数。「常陽」データに対する最適値 (「もんじゅ」予測解析にも適用) は次のとおり。

「常陽」CP付着分布に対する最適補正係数 (f)

核種	時期	バルク付着領域 (界面前進)					
		IHX中部 (2/5)	IHX下部 (3/5-5/5)	ML	PP, CL	炉心入口	OF/T, 純化系
54Mn	初期	0.4	0.8	0.8	1.44	1.44	0.8
	後期	1.67	3.34	3.34	6.01	6.01	3.34
60Co	初期	0.15	0.3	0.3	0.54	0.54	0.3
	後期	0.9	1.8	1.8	3.24	3.24	1.8

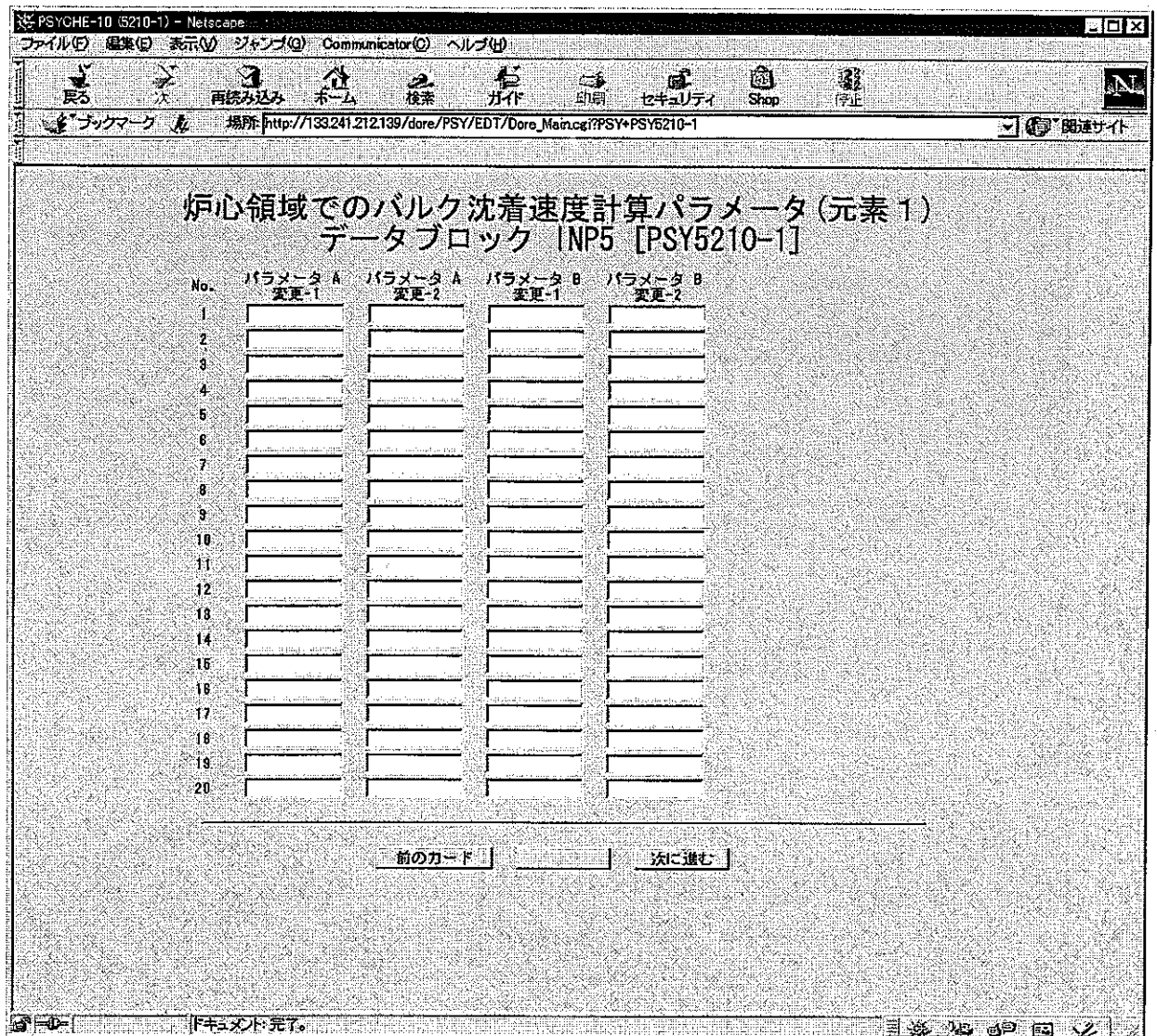


図 8.52 「炉心領域でのバルク沈着速度計算パラメータ (元素1)」 の設定画面

炉心入口及び外周部に設定。以下同様。

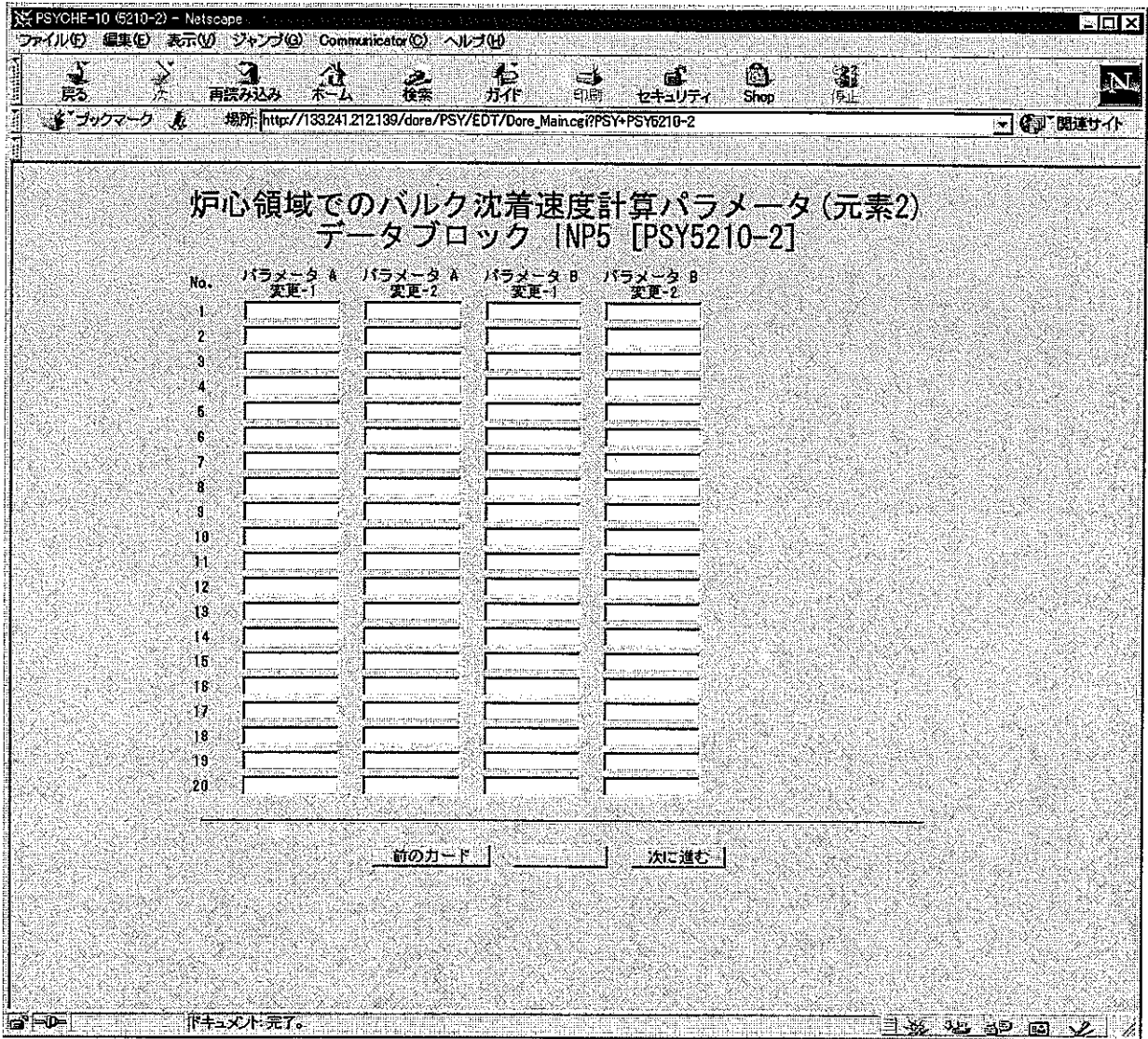


図 8.53 「炉心領域でのバルク沈着速度計算パラメータ (元素 2)」 の設定画面

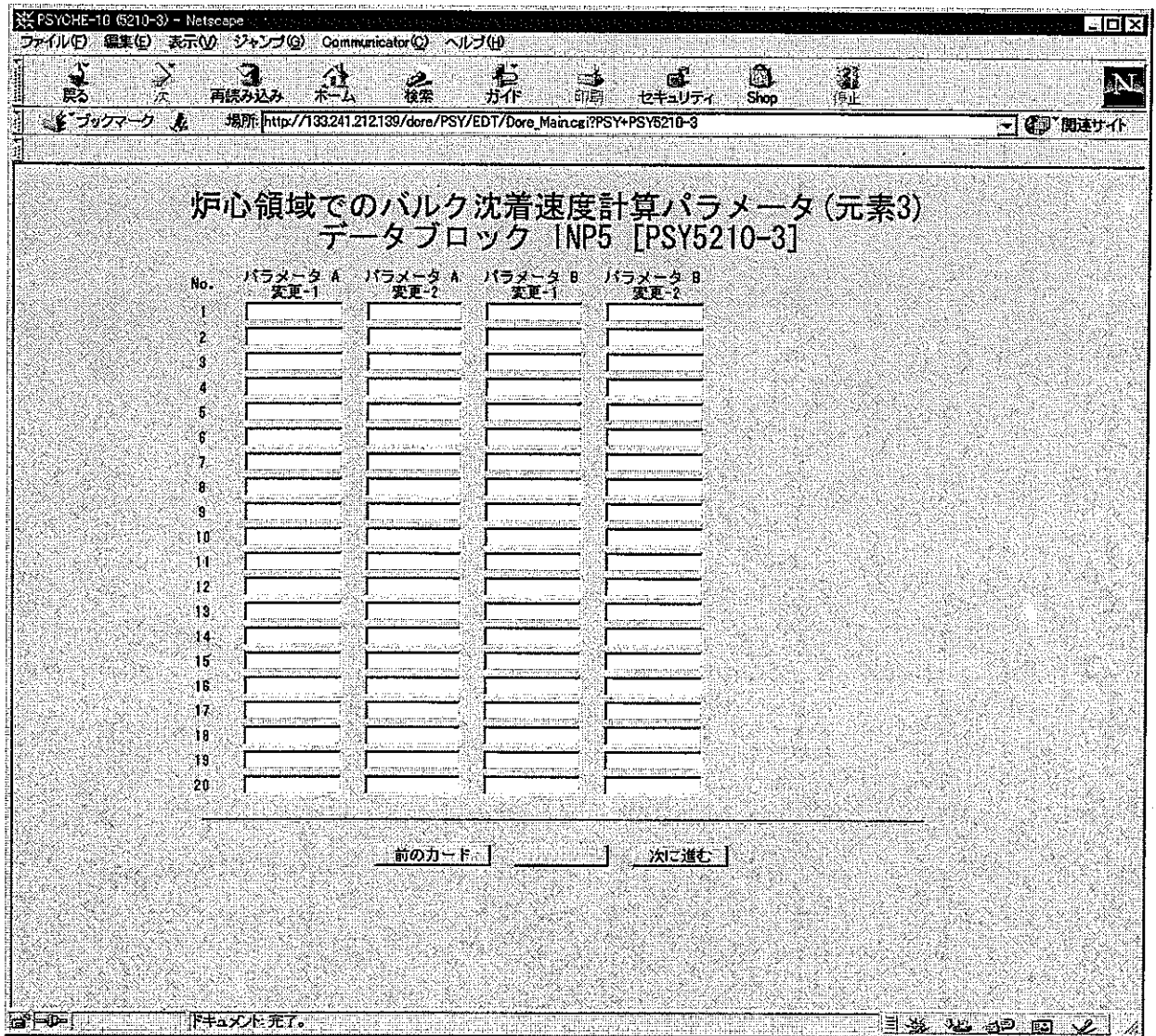


図 8.54 「炉心領域でのバルク沈着速度計算パラメータ (元素3)」 の設定画面

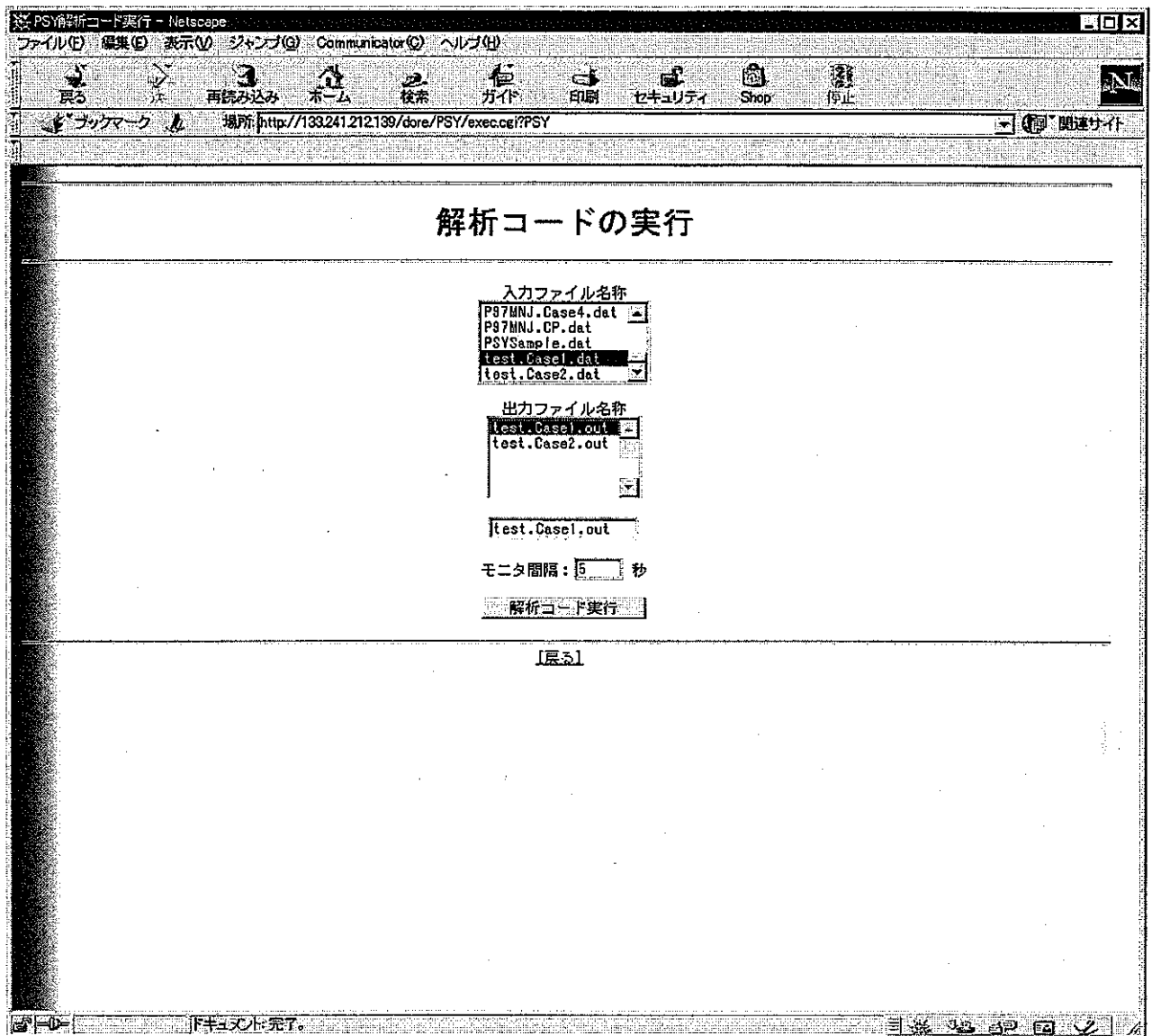


図 8.11 PSYCHE-10 「4. 解析コード実行」画面

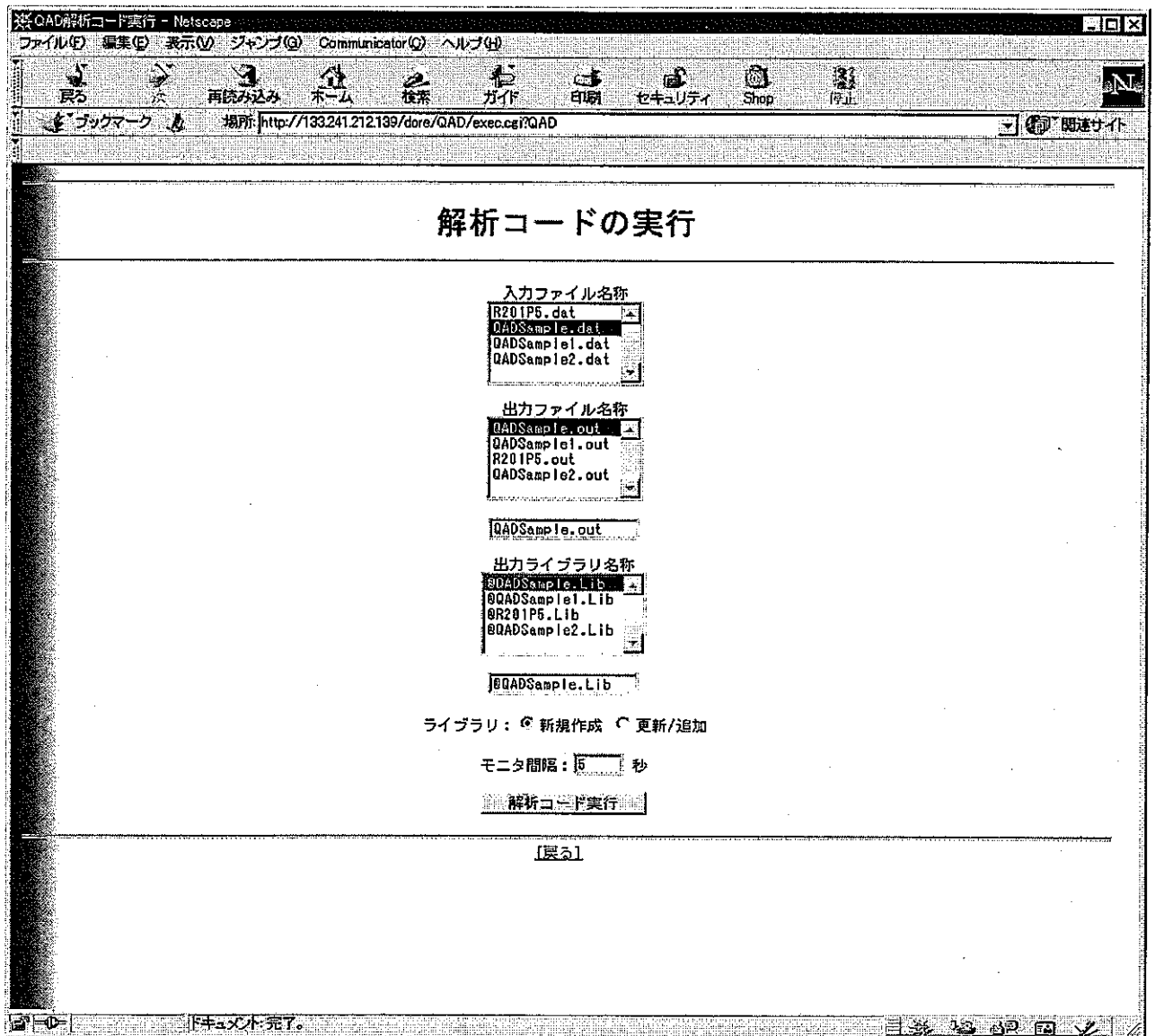


図 8.12 QAD-CG 「4. 解析コード実行」画面

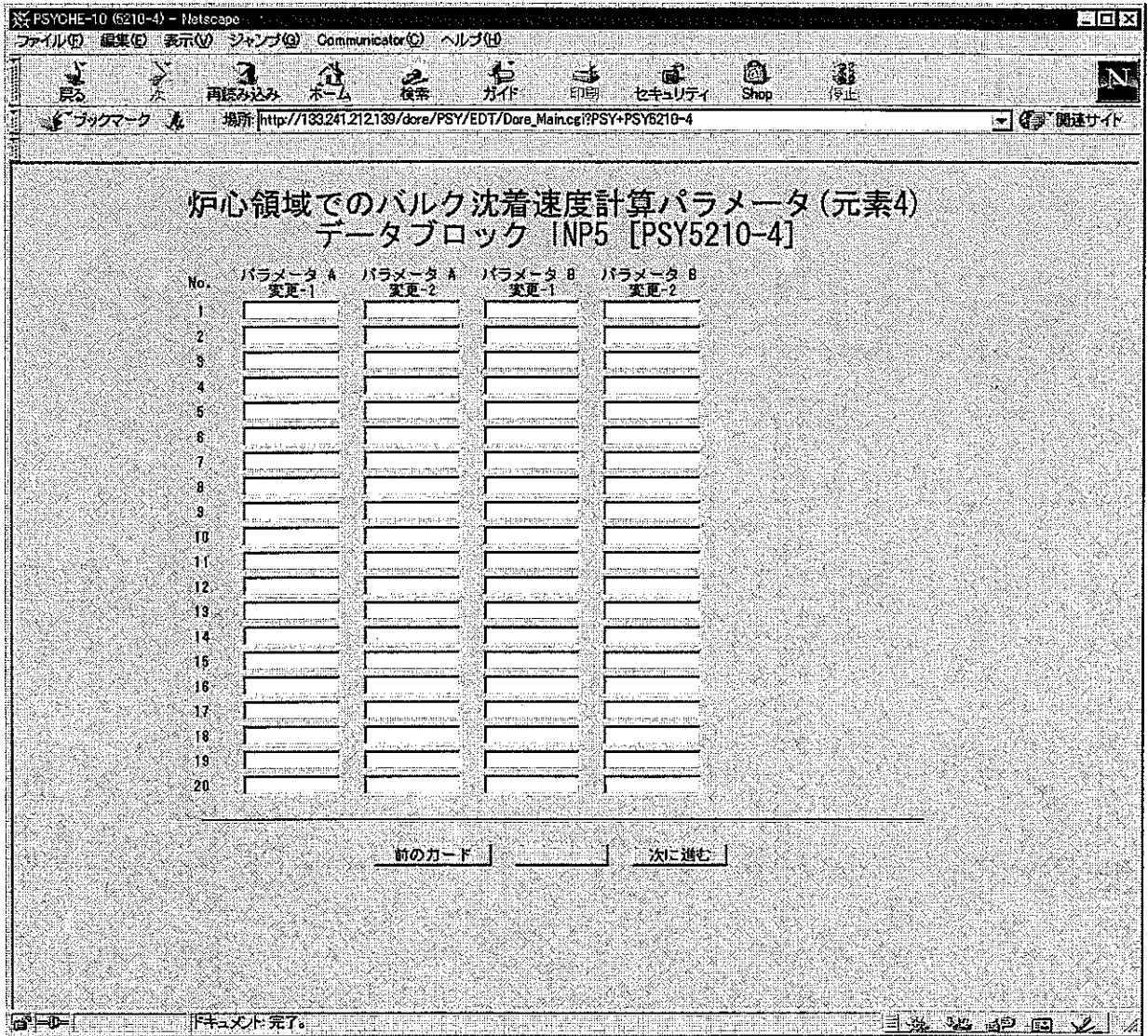


図 8.55 「炉心領域でのバルク沈着速度計算パラメータ (元素4)」 の設定画面

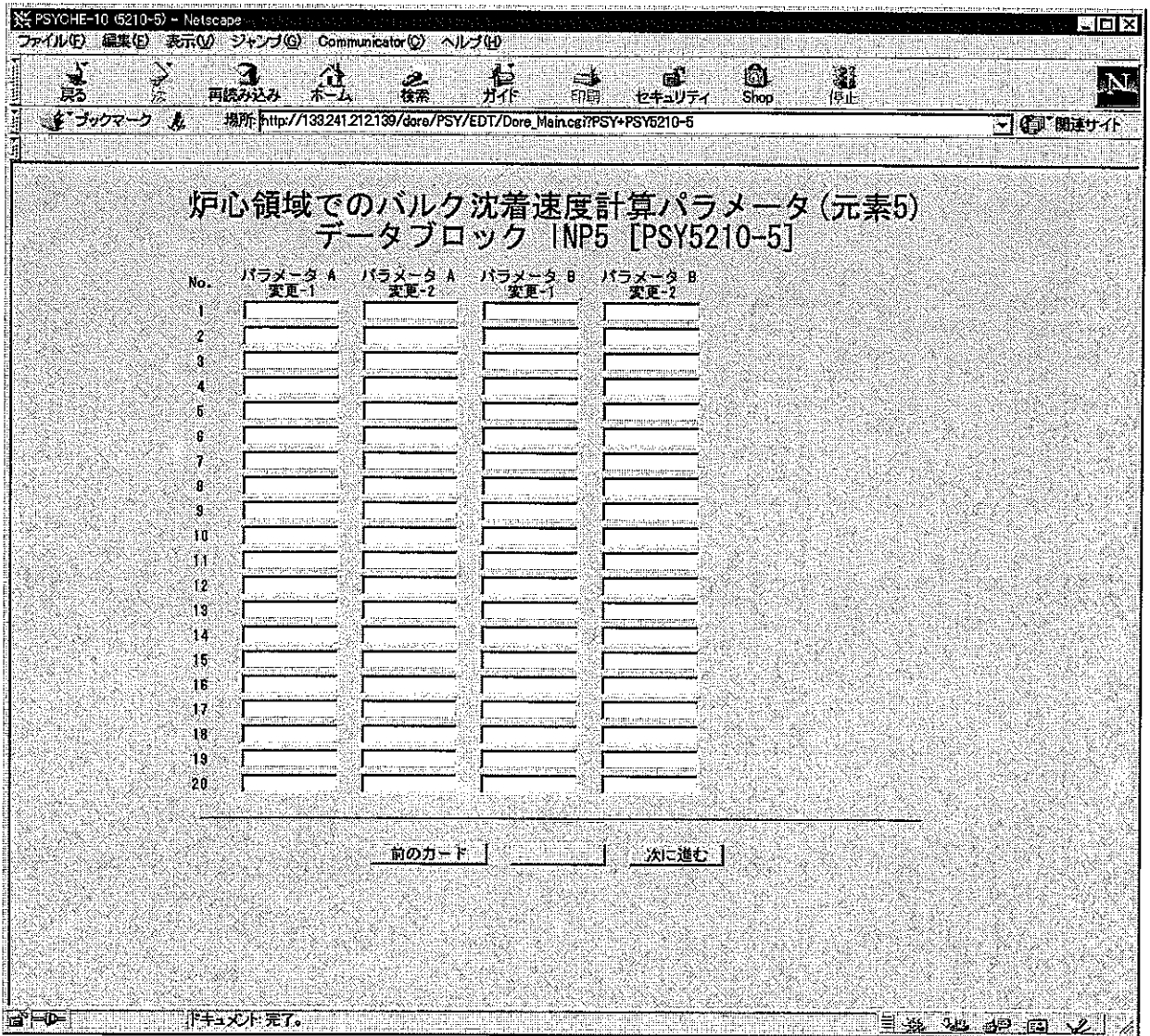


図 8.56 「炉心領域でのバルク沈着速度計算パラメータ (元素5)」の設定画面

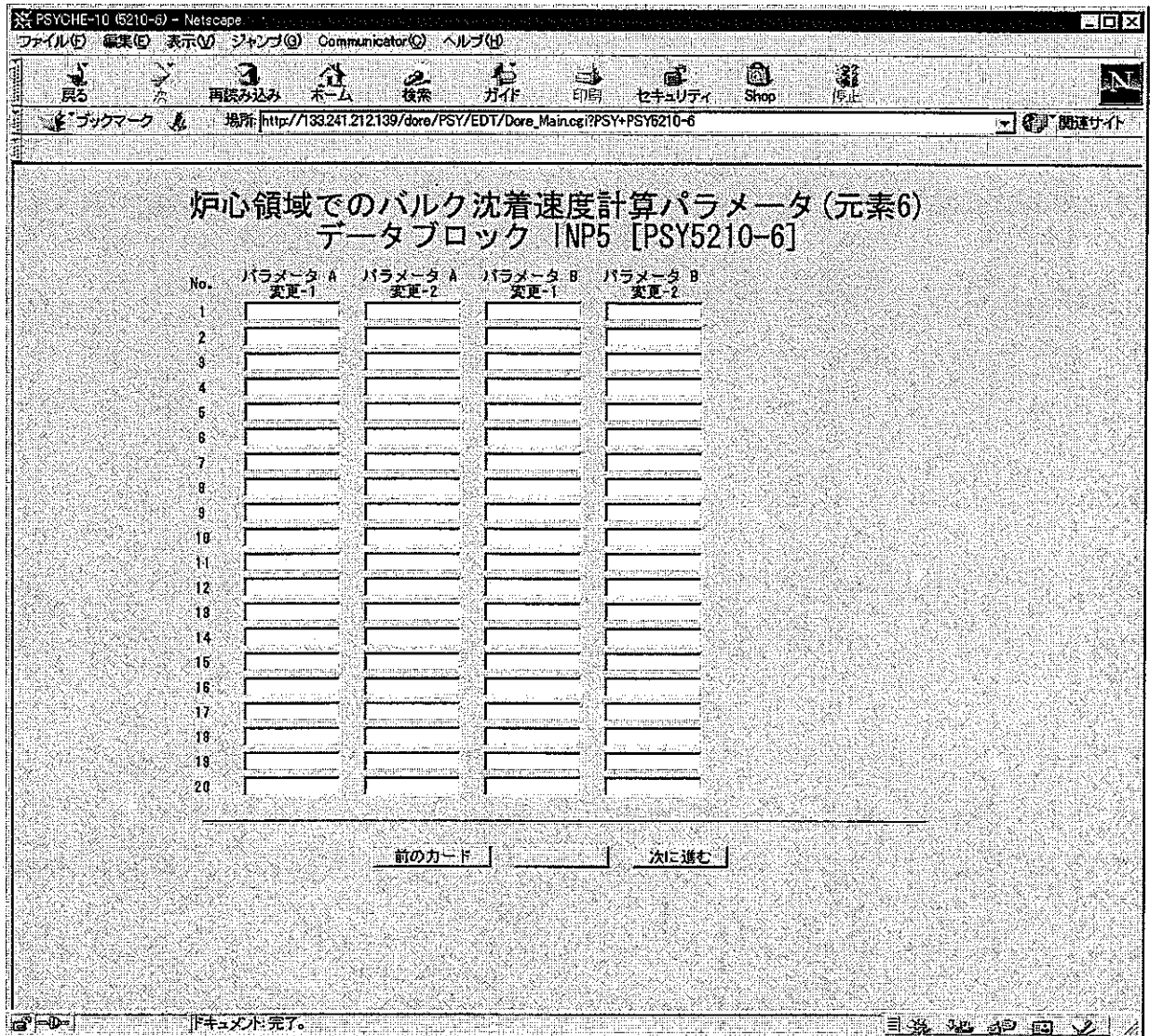


図 8.57 「炉心領域でのバルク沈着速度計算パラメータ (元素6)」 の設定画面

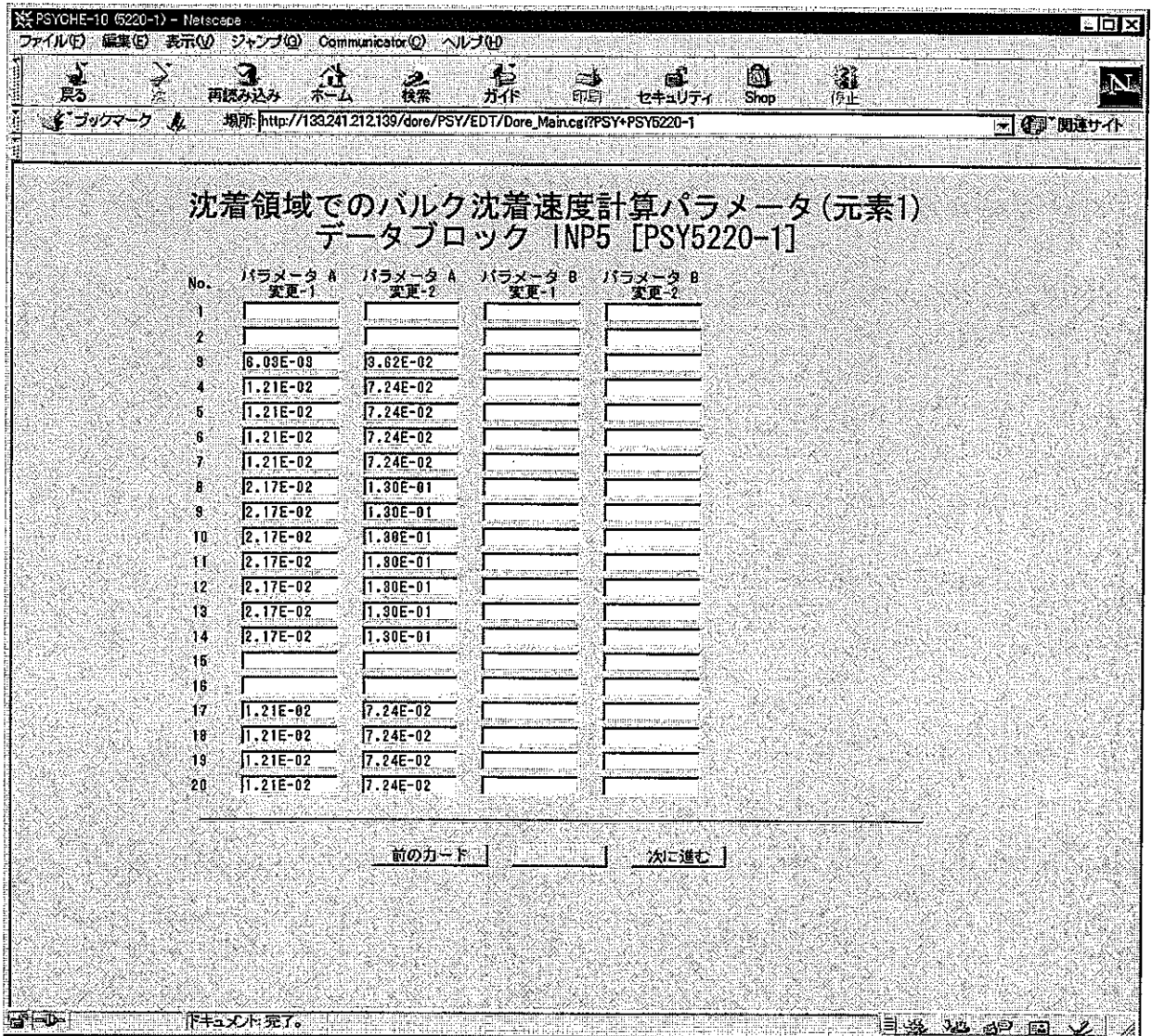


図 8.58 「沈着領域でのバルク沈着速度計算パラメータ(元素1)」の設定画面

「もんじゅ」に対しては、これまでの予測解析では、炉外のループ沈着領域を26領域に分け、領域1(HL配管)、2(IHX 1/5:管束部上部入口)、15(R/V-OF/T(1):オーバーフローライン往路)、16(R/V-OF/T(2):オーバーフローライン往路)、26(OF/T-R/V:オーバーフローライン復路)をバルク腐食領域(界面後退の沈着方程式の適用:6章参照)として扱い、他の領域はバルク沈着領域(界面前進の沈着方程式の適用:6章参照)として扱って来た。今後、実測データが得られコード検証の段階では、コード計算値の適合のためには、IHX管束部の他の領域(領域3、...)やオーバーフローライン復路(領域26)をバルク沈着領域の取扱に変更する必要があることも考えられる。また、各領域の付着速度式の補正係数f値についても同様である。

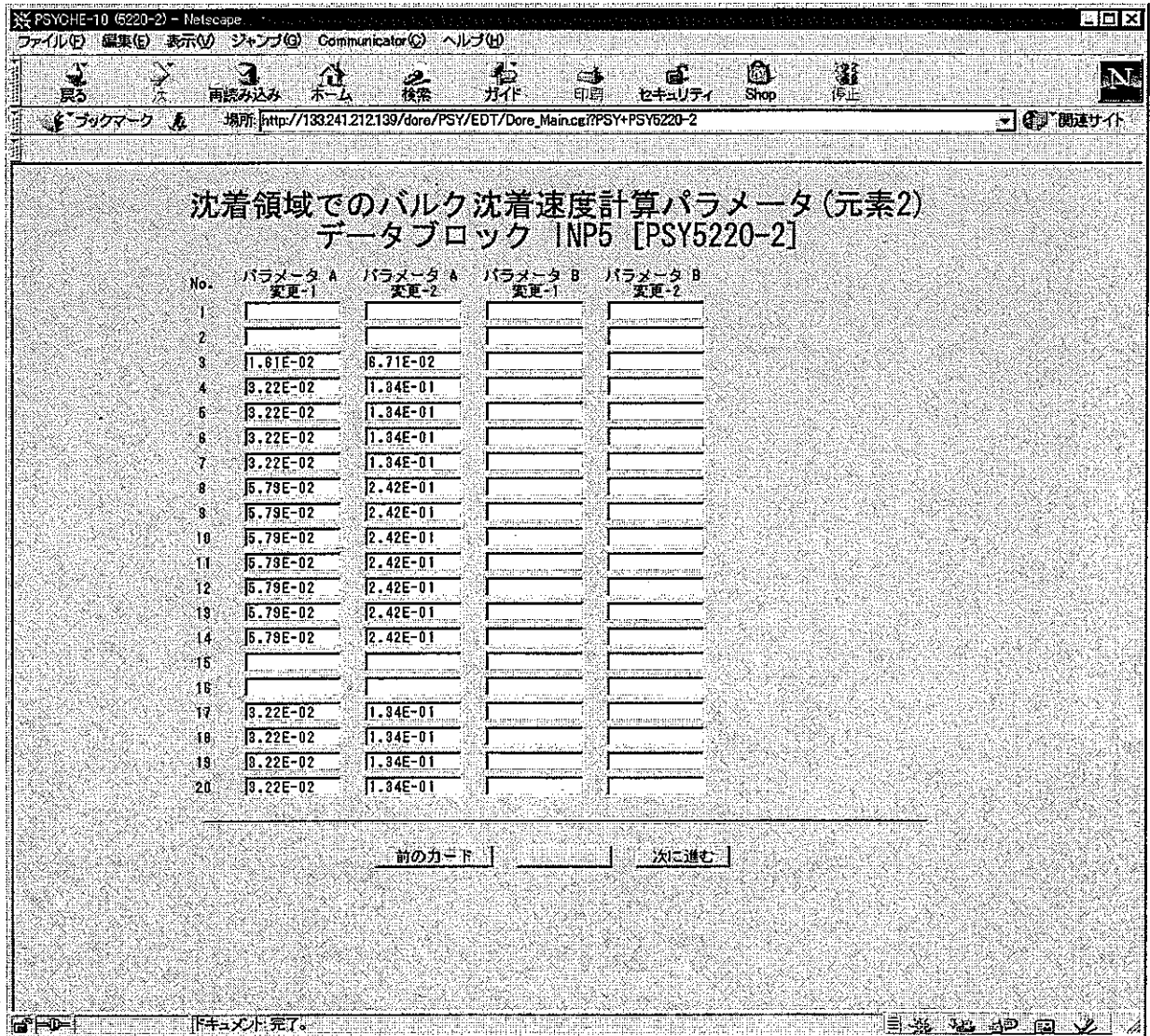


図 8.59 「沈着領域でのバルク沈着速度計算パラメータ (元素2)」 の設定画面

PSYCHE-10 (5220-3) - Netscape
 ファイル(F) 編集(E) 表示(V) ジャンプ(J) Communicator(C) ヘルプ(H)

戻る 進む 再読み込み ホーム 検索 ガイ 印刷 セキュリティ Shop 停止

ブックマーク 場所 http://133.241.212.139/dore/PSY/EDT/Dore_Main.cgi?PSY*PSY5220-3 関連サイト

沈着領域でのバルク沈着速度計算パラメータ(元素3) データブロック INP5 [PSY5220-3]

No.	パラメータ A 変更-1	パラメータ A 変更-2	パラメータ B 変更-1	パラメータ B 変更-2
1				
2				
3	6.03E-08	8.62E-02		
4	1.21E-02	7.24E-02		
5	1.21E-02	7.24E-02		
6	1.21E-02	7.24E-02		
7	1.21E-02	7.24E-02		
8	2.17E-02	1.30E-01		
9	2.17E-02	1.30E-01		
10	2.17E-02	1.30E-01		
11	2.17E-02	1.30E-01		
12	2.17E-02	1.30E-01		
13	2.17E-02	1.30E-01		
14	2.17E-02	1.30E-01		
15				
16				
17	1.21E-02	7.24E-02		
18	1.21E-02	7.24E-02		
19	1.21E-02	7.24E-02		
20	1.21E-02	7.24E-02		

前のカード | | 次の進む

ドキュメント完了。

図 8.60 「沈着領域でのバルク沈着速度計算パラメータ(元素3)」の設定画面

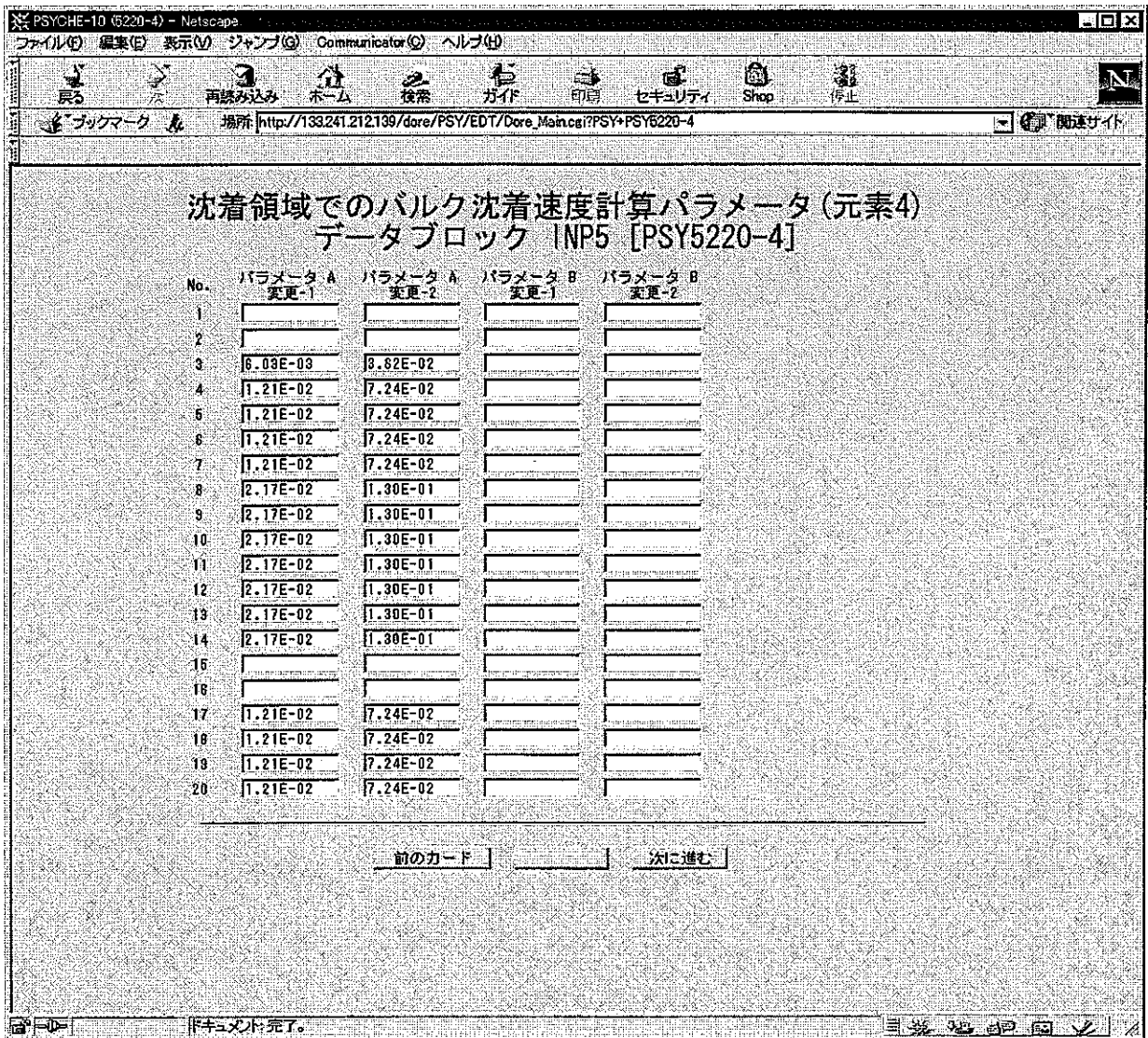


図 8.61 「沈着領域でのバルク沈着速度計算パラメータ (元素4)」 の設定画面

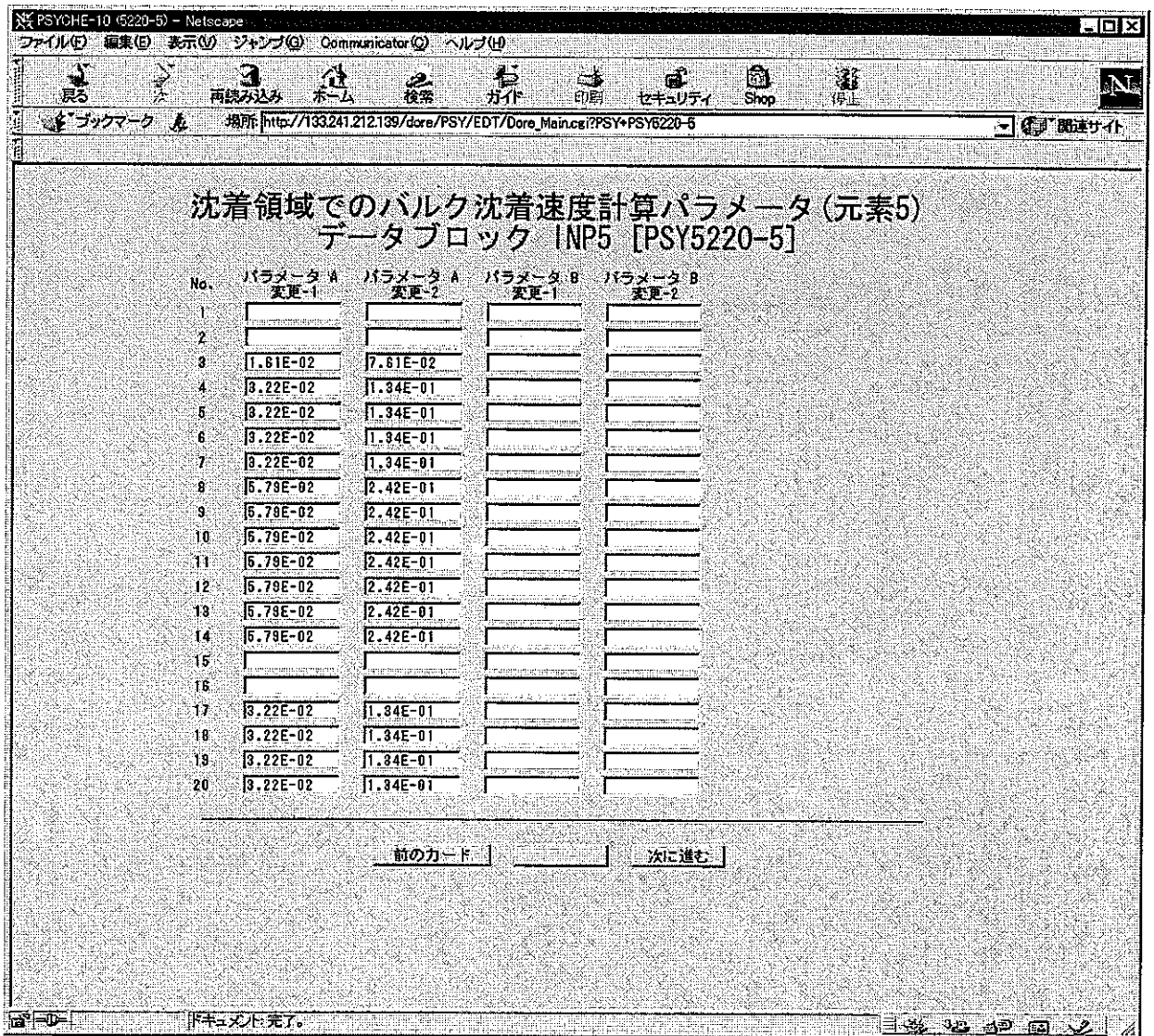


図 8.62 「沈着領域でのバルク沈着速度計算パラメータ (元素5)」 の設定画面

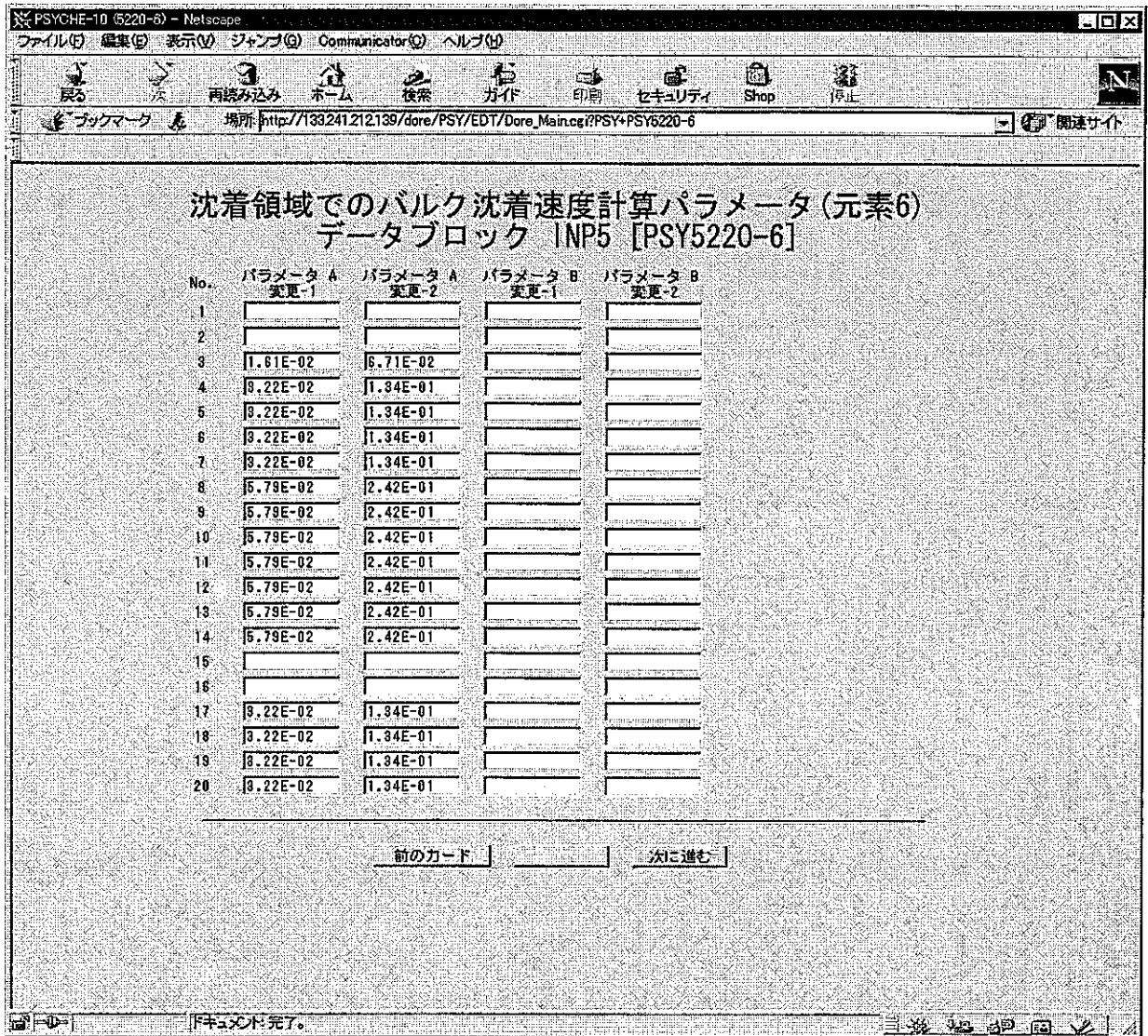


図 8.63 「沈着領域でのバルク沈着速度計算パラメータ (元素6)」 の設定画面

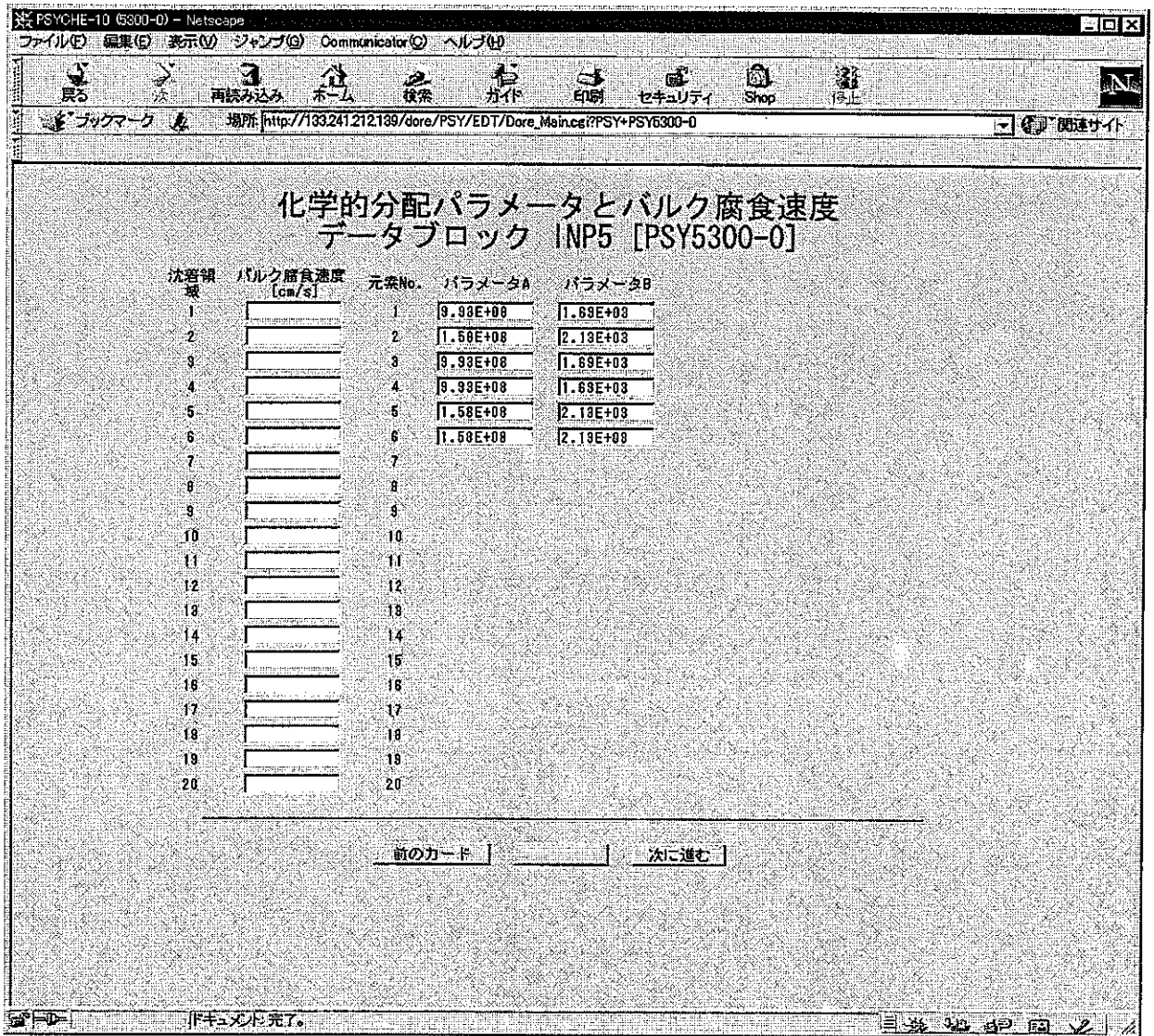


図 8.64 「化学的分配パラメータとバルク腐食速度」の設定画面

バルク腐食速度は PSY2200-0 の画面でバルク腐食（入力）(IBOPT<0) を選択した時のもので、通常は、PNC 式ないし Thorley-Tyzack 式が選択されているので設定不要である。

化学的分配パラメータは β or $\beta \cdot \theta^2 = Ae^{\frac{B}{RT}}$ で表され、通常は、A, B の値はデフォルト値（表 6.1、6.2 参照）の使用で充分である。

元素番号は以下のとおり。

- 1: クロム (50Cr, 51Cr)
- 2: マンガン (54Mn)
- 3: 鉄 (54Fe, 55Fe, 58Fe, 59Fe)
- 4: コバルト (58Co, 59Co, 60Co)
- 5: ニッケル (58Ni, 59Ni, 60Ni)
- 6: タンタル (181Ta, 182Ta)

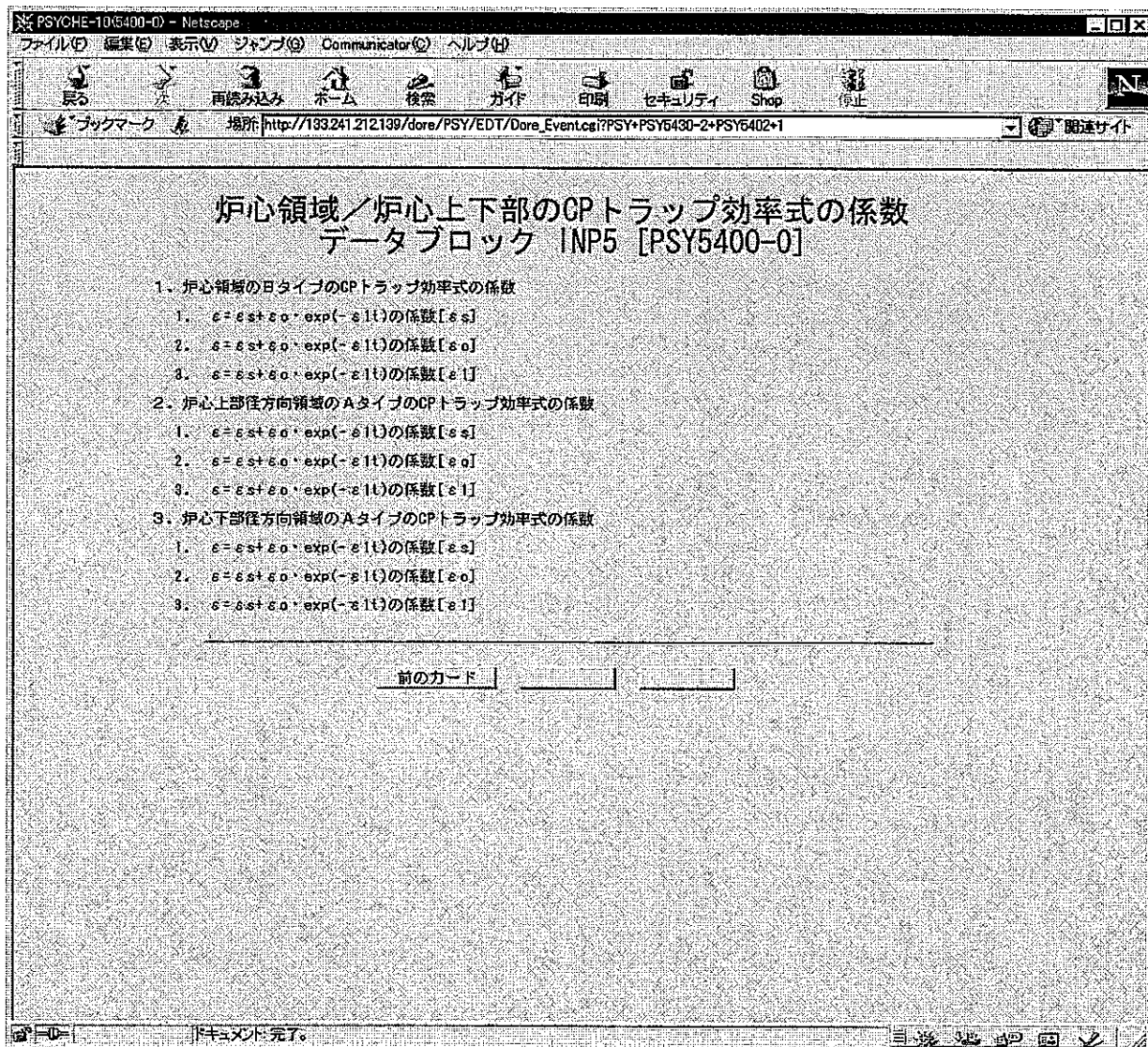


図 8.65 「炉心領域／炉心上下部の CP トラップ効率式の係数」 の設定画面

PSY1100-4 あるいは PSY1100-5 で設置した B 型あるいは A 型 CP トラップのワンスルー捕獲効率を設定する。CP トラップ捕獲効率については 13 年度に提出する報告書で詳しく述べる。 ϵ_0 、 ϵ_1 は捕獲効率の時間依存性を考慮する場合に設定するが、通常は ϵ_s の設定だけで充分である。なお、B 型及び炉心上部径方向領域の A 型の CP トラップの実機適用は推奨されない。

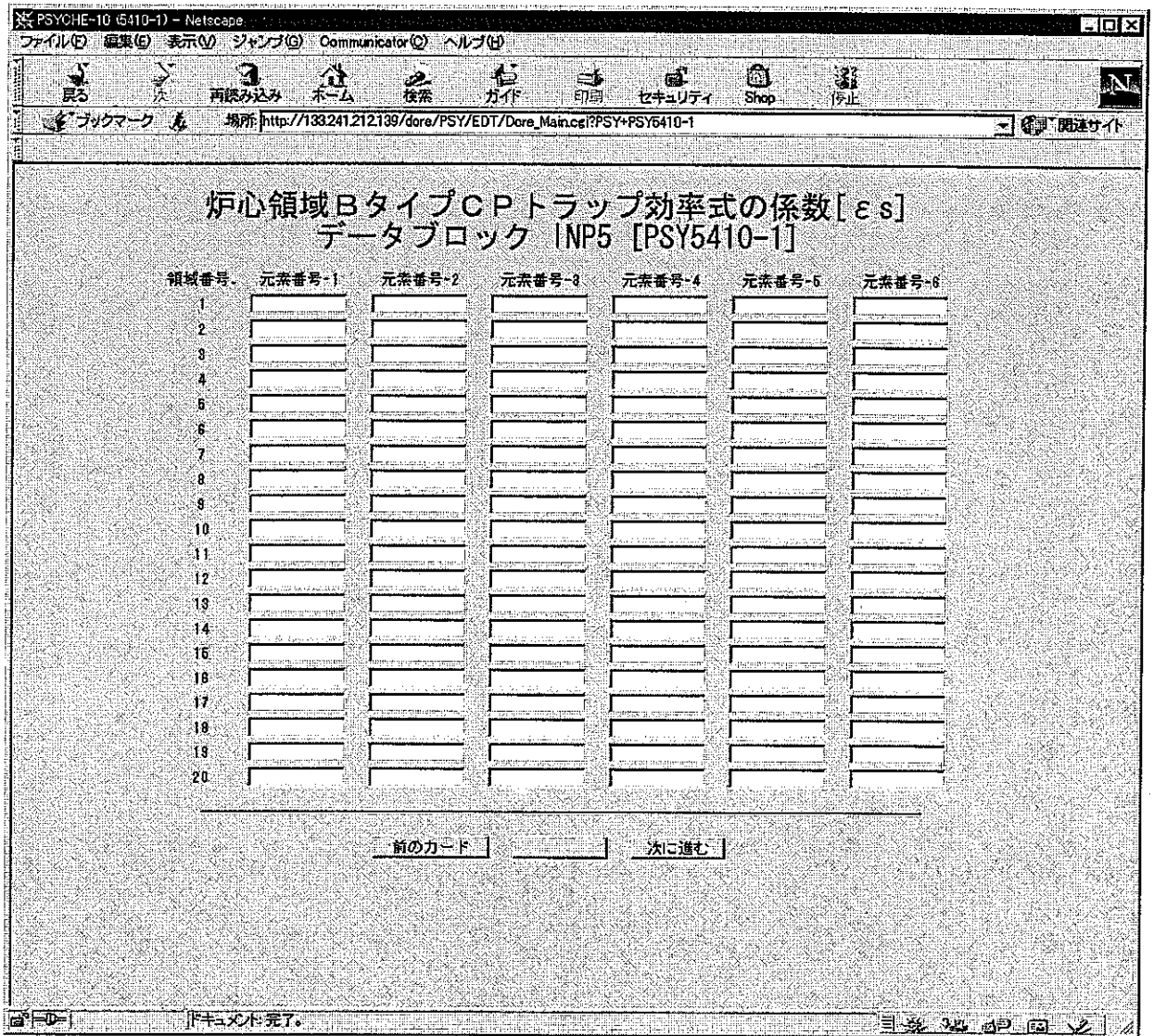


図 8.66 「炉心領域BタイプCPトラップ効率式の係数[ϵ_s]」の設定画面

B 型 CP トラップは Ni コーティングとステンレス鋼母材との接合性（電着、溶着などによる）や炉内設置時の機器間の接触問題など、健全性とパフォーマンスに係わる研究開発課題が多い。

PSYCHE-10 (5410-2) - Netscape
 ファイル(F) 編集(E) 表示(V) ジャンプ(J) Communicator(C) ヘルプ(H)

戻る 進む 再読み込み ホーム 検索 ガイド 印刷 セキュリティ Shop 停止

ブックマーク 場所: http://133.241.212.139/dore/PSY/EDT/Dore_MainLogi?PSY+PSY5410-2 関連サイト

炉心領域BタイプCPトラップ効率式の係数[ϵ_0] データブロック INP5 [PSY5410-2]

領域番号	元素番号-1	元素番号-2	元素番号-3	元素番号-4	元素番号-5	元素番号-6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

PDFテキスト完了。

図 8.67 「炉心領域BタイプCPトラップ効率式の係数[ϵ_0]」の設定画面

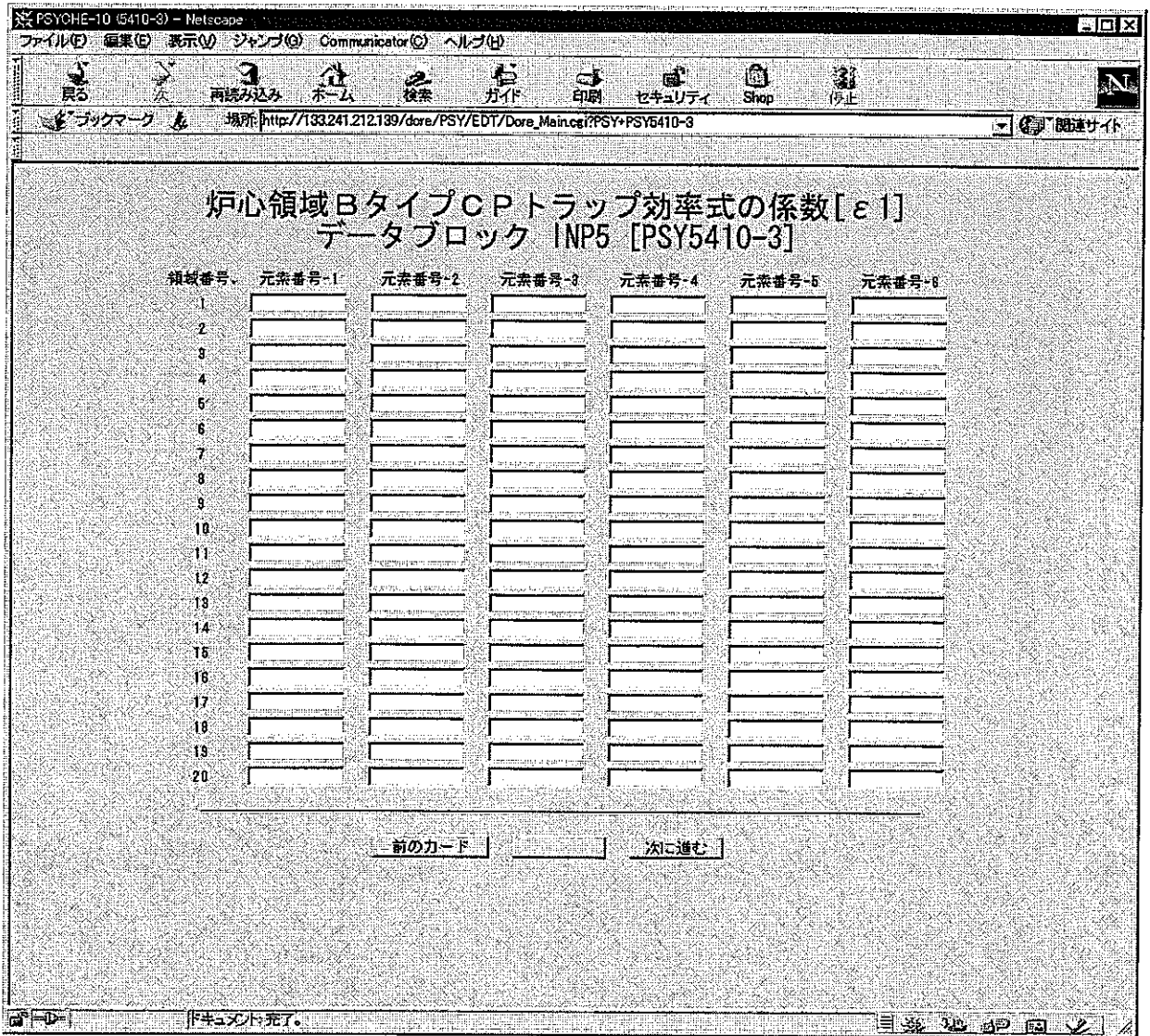


図 8.68 「炉心領域BタイプCPトラップ効率式の係数[ϵ_1]」の設定画面

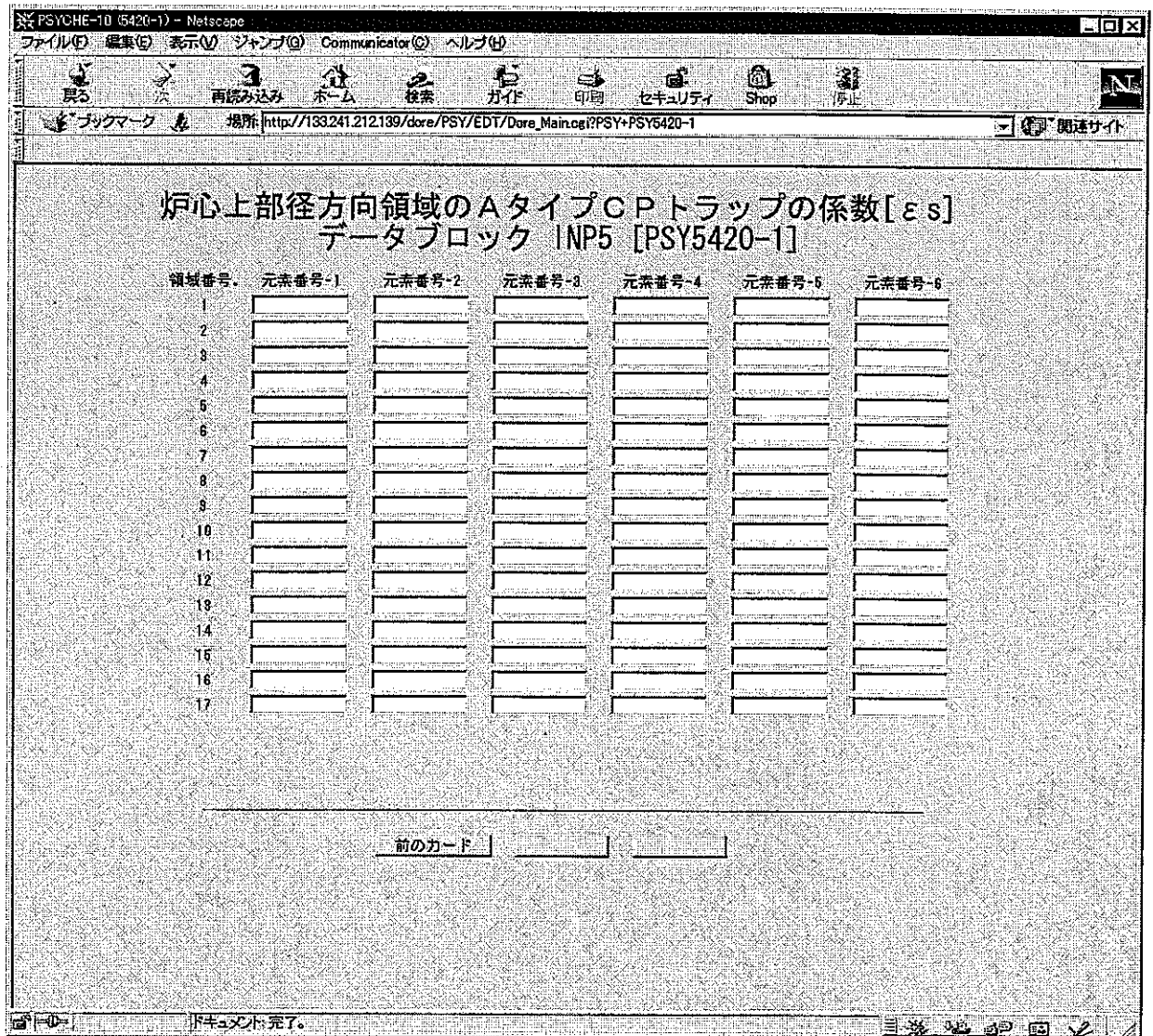


図 8.69 「炉心上部径方向領域のAタイプCPトラップの係数[ϵ_s]」の設定画面

AタイプCPトラップの炉心上部の高温領域設置は、Niの溶出が大きくなり下流部の管壁沈着中のNi組成を増加させ、 ^{54}Mn などのCP沈着を促進するので推奨されない。

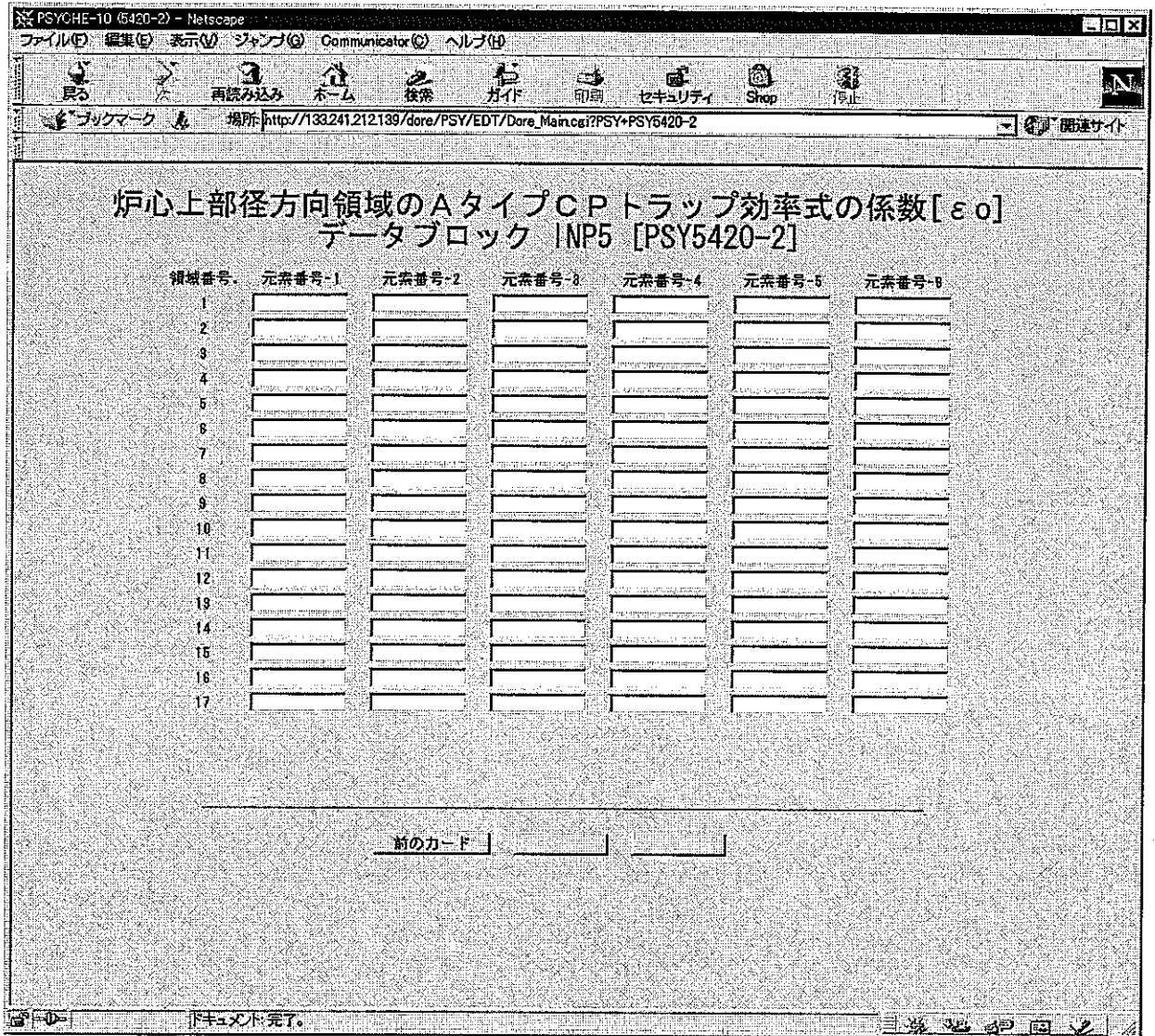


図 8.70 「炉心上部径方向領域のAタイプCPトラップ効率式の係数[ϵ_0]」の設定画面

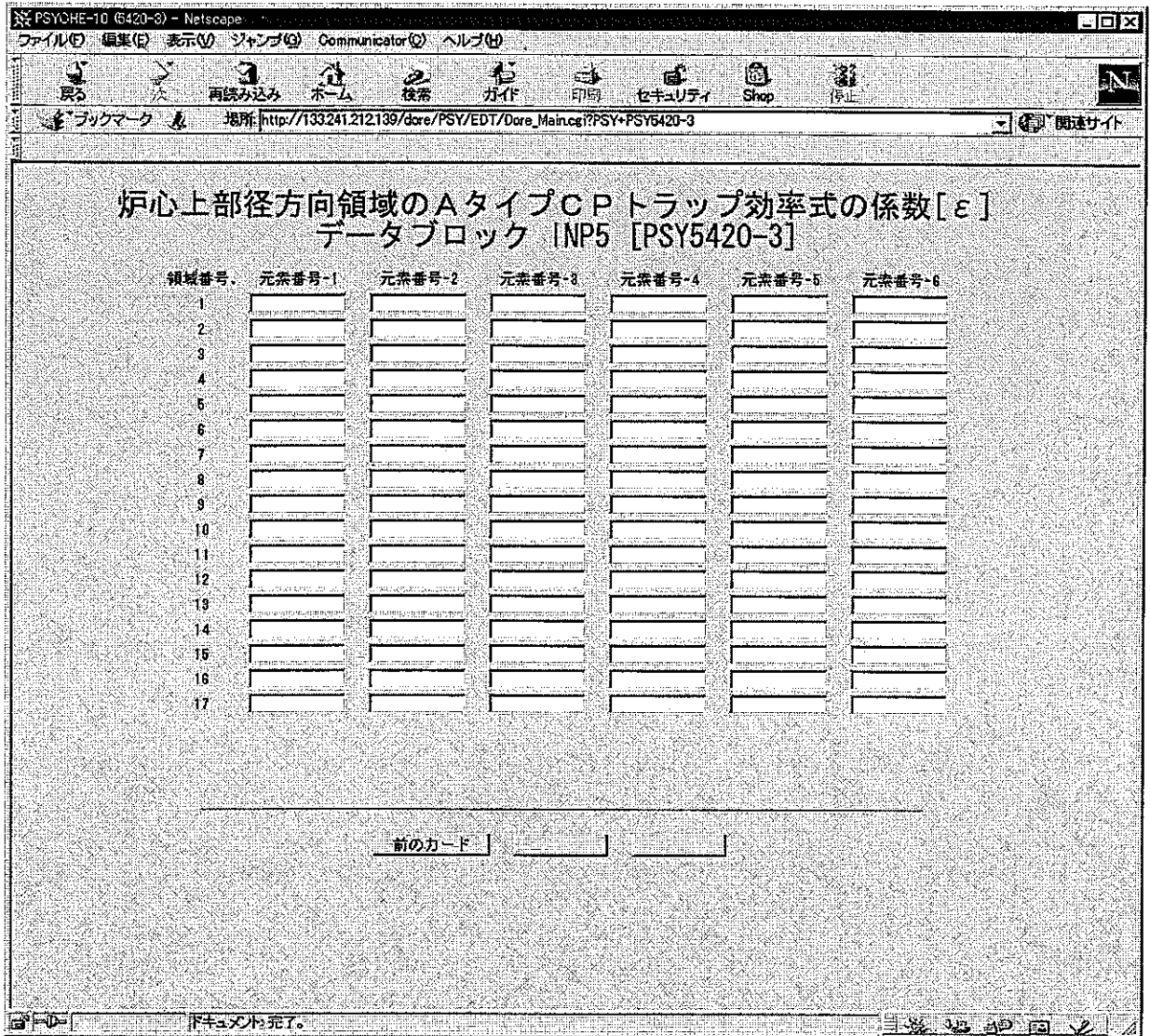


図 8.71 「炉心上部径方向領域のAタイプCPトラップ効率式の係数[ϵ_1]」の設定画面

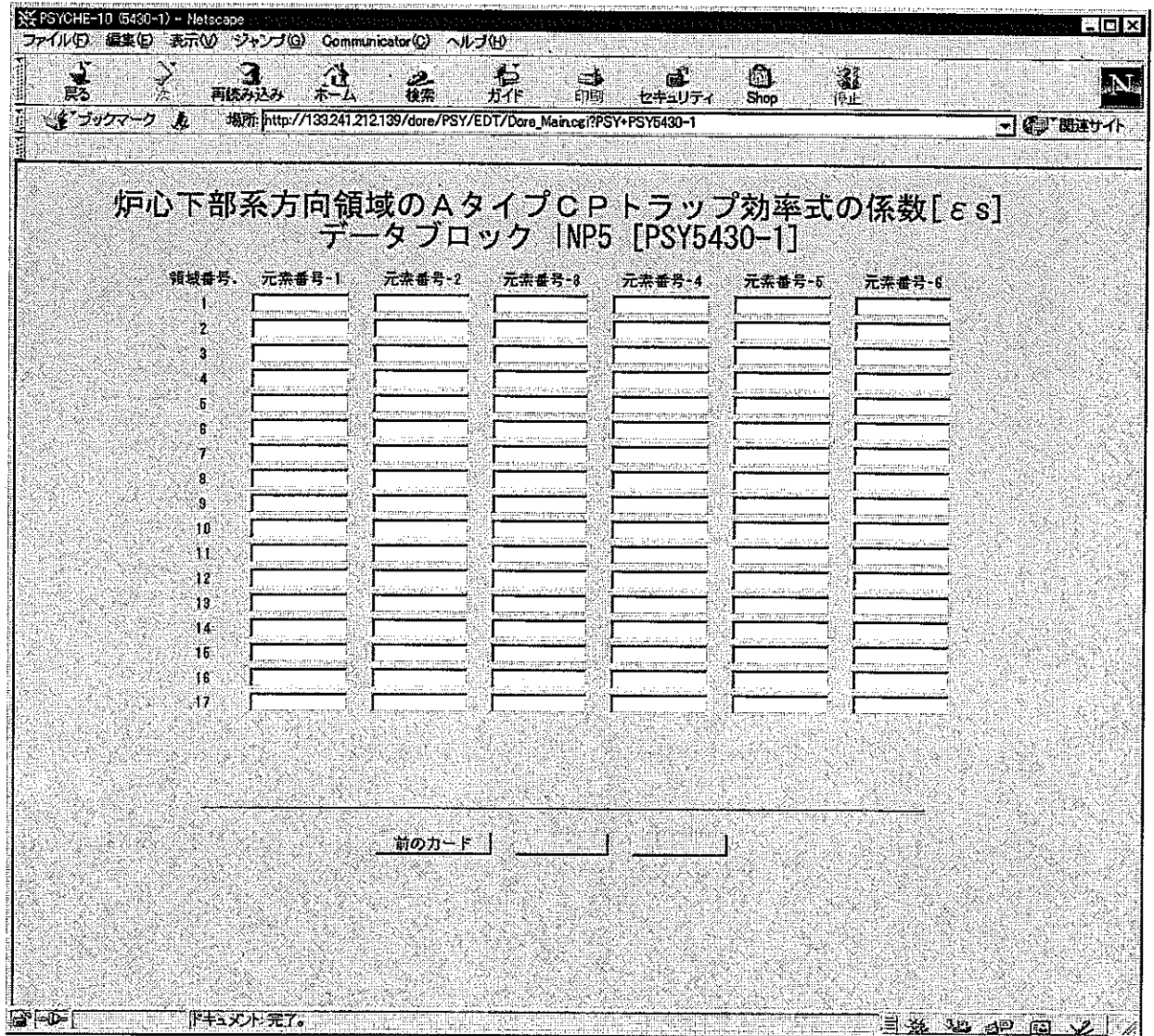


図 8.72 「炉心下部系方向領域のAタイプCPトラップ効率式の係数[ϵ_s]」の設定画面

「もんじゅ」に対してはAタイプCPトラップの炉心下部径方向領域設置が推奨される。

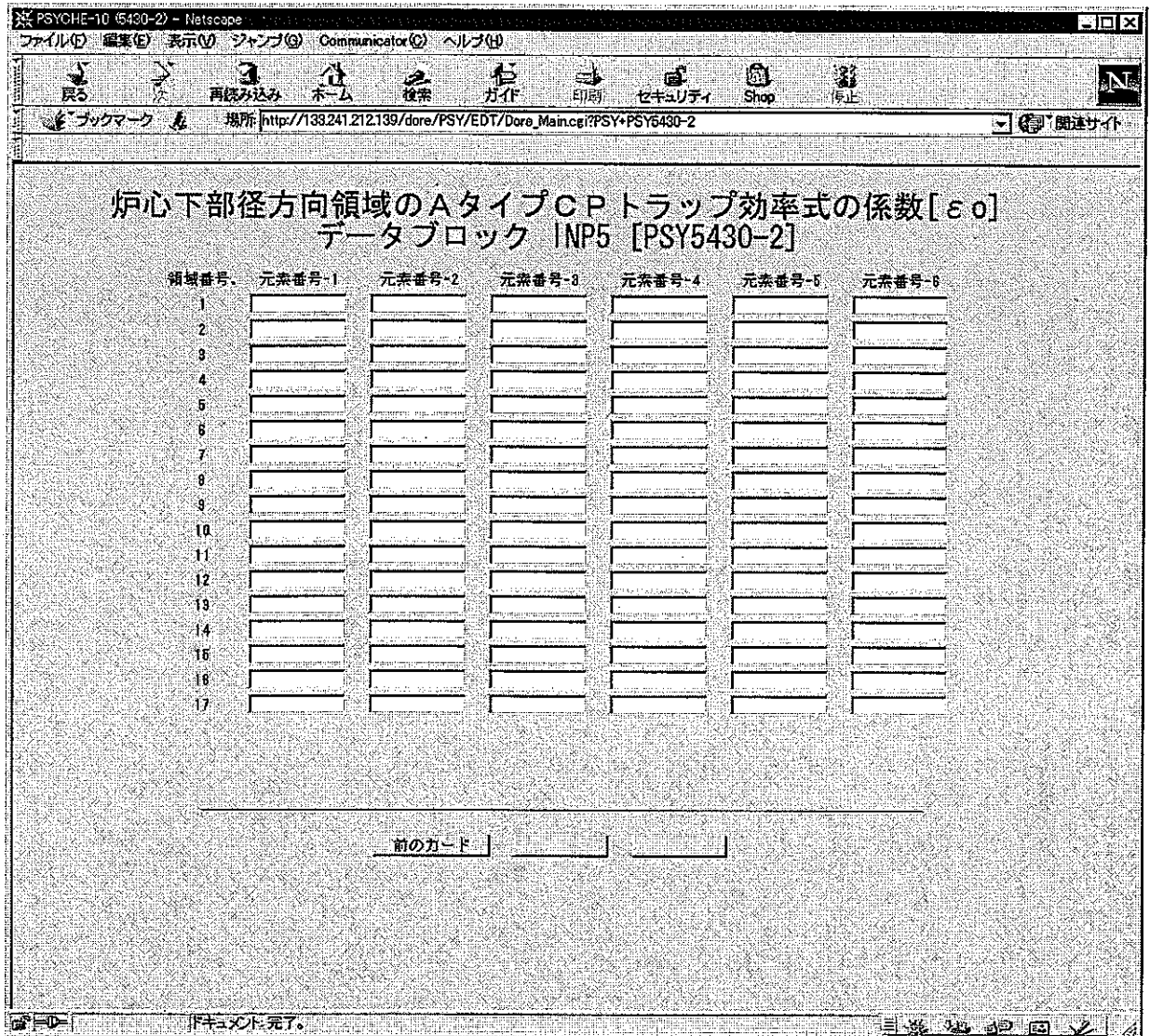


図 8.73 「炉心下部径方向領域のAタイプCPトラップ効率式の係数[ϵ_0]」の設定画面

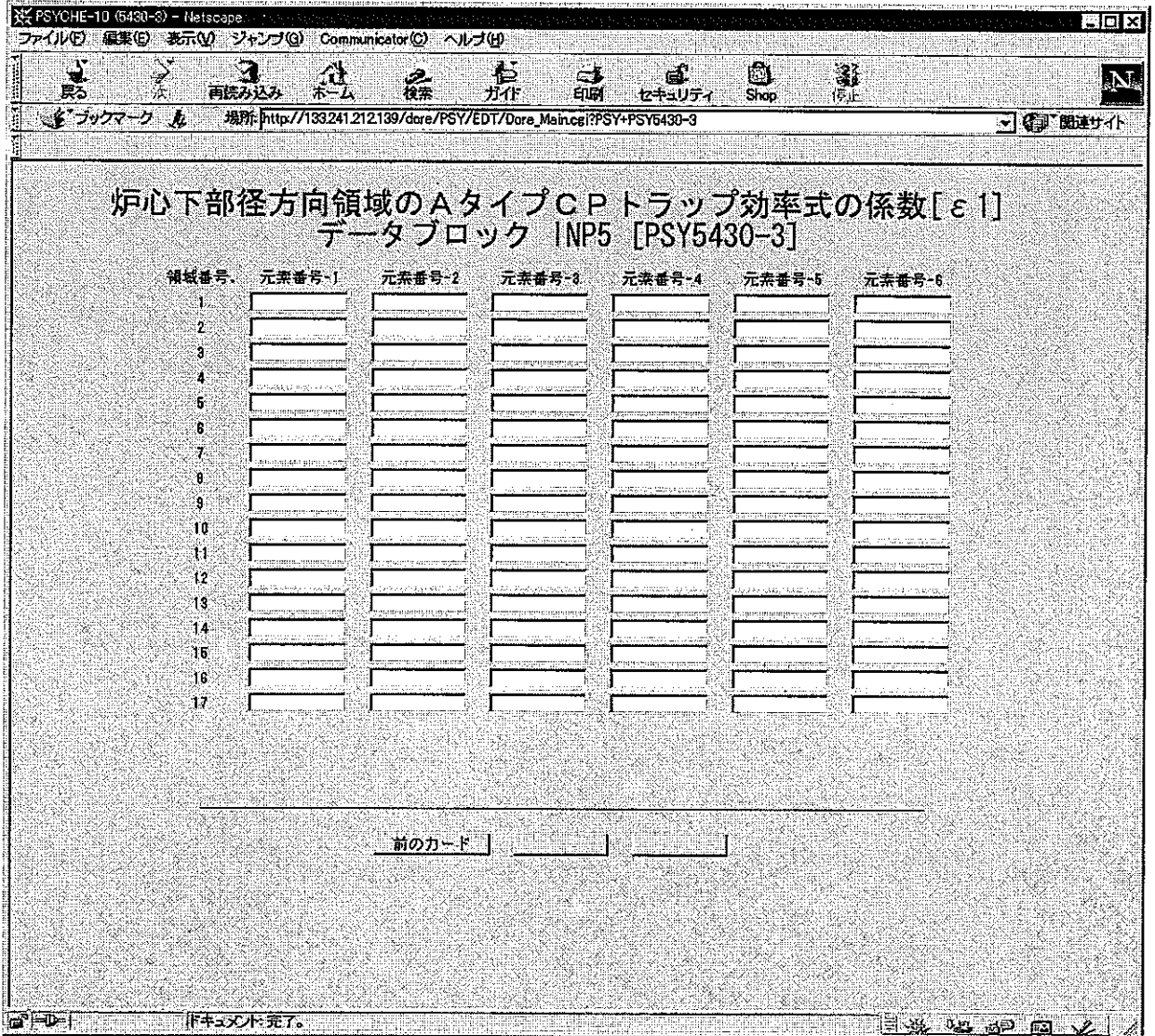


図 8.74 「炉心下部径方向領域のAタイプCPトラップ効率式の係数[ϵ_1]」の設定画面

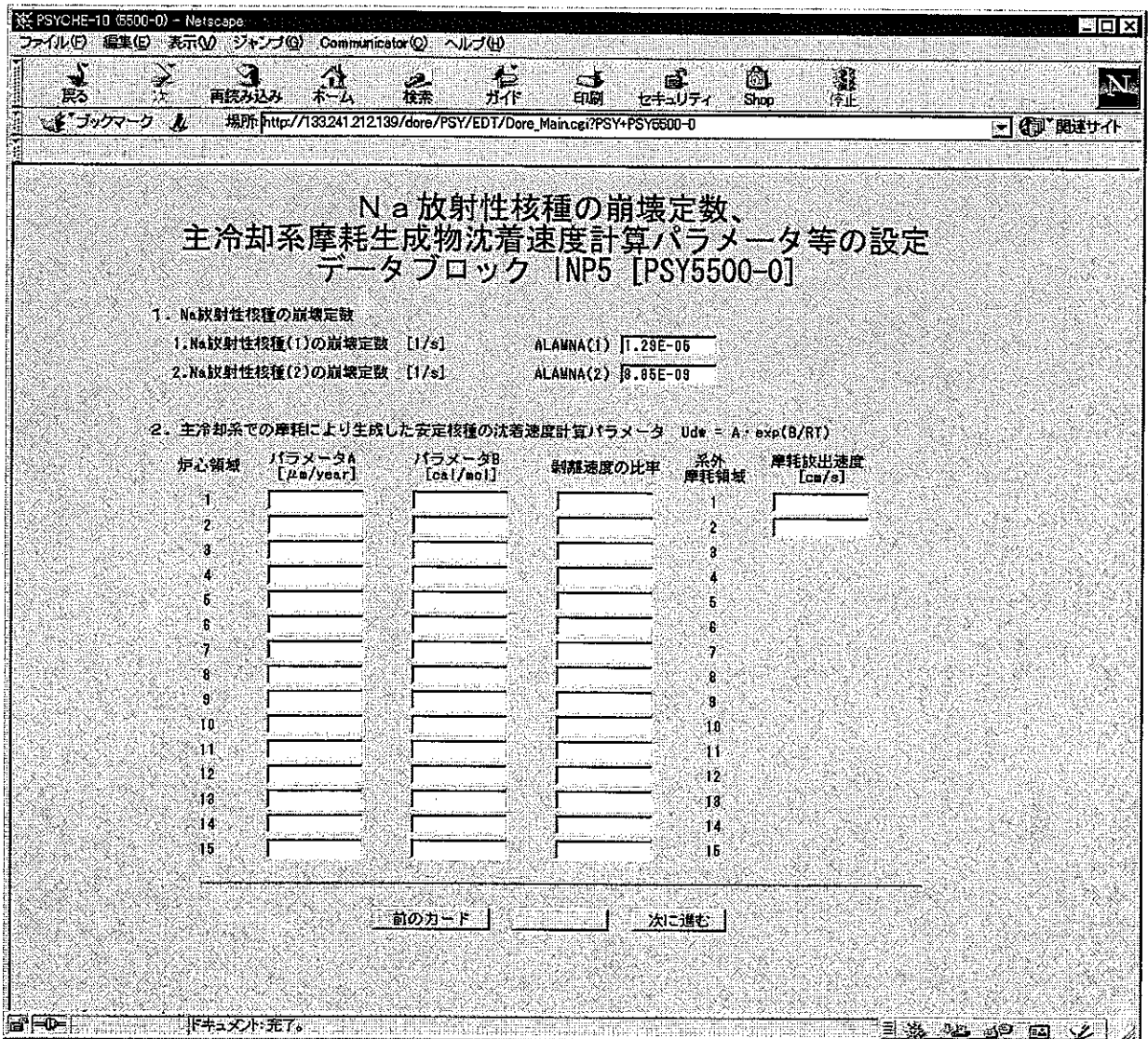


図 8.75 「Na放射性核種の崩壊定数、主冷却系摩擦生成物沈着速度計算パラメータ等」の設定画面

本画面は PSYCHE のオプション機能である放射化ナトリウム及び主冷却系機器接触摺動部表面硬質被覆材（ステライトなど）の摩擦摩擦生成物挙動の評価のためのものである。

Na 放射性核種（1）、（2）は ^{24}Na 、 ^{22}Na を示す。

摩擦摩擦生成物沈着挙動計算パラメータなどの設定については文献 [2] pp39-41 を参照のこと。なお、通常の CP 挙動（放射性腐食生成物の質量移行）計算については、本画面はデフォルト値の設定で充分である。

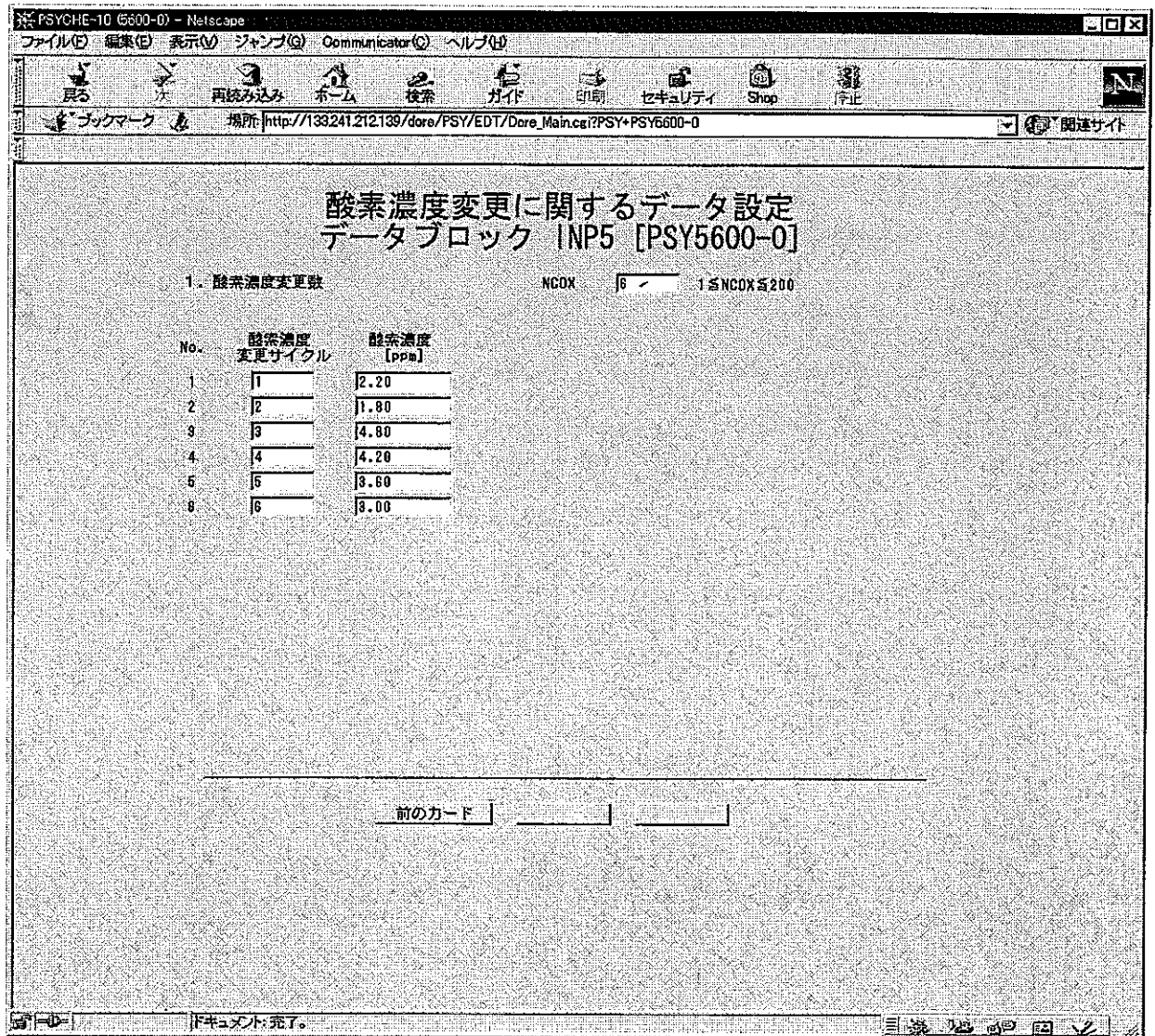


図 8.76 「酸素濃度変更に関するデータ」の設定画面

本画面においてナトリウム中酸素濃度の設定を行なう。酸素濃度は各運転サイクルに対して設定可能で、コード検証に際しては実績濃度を入力する。

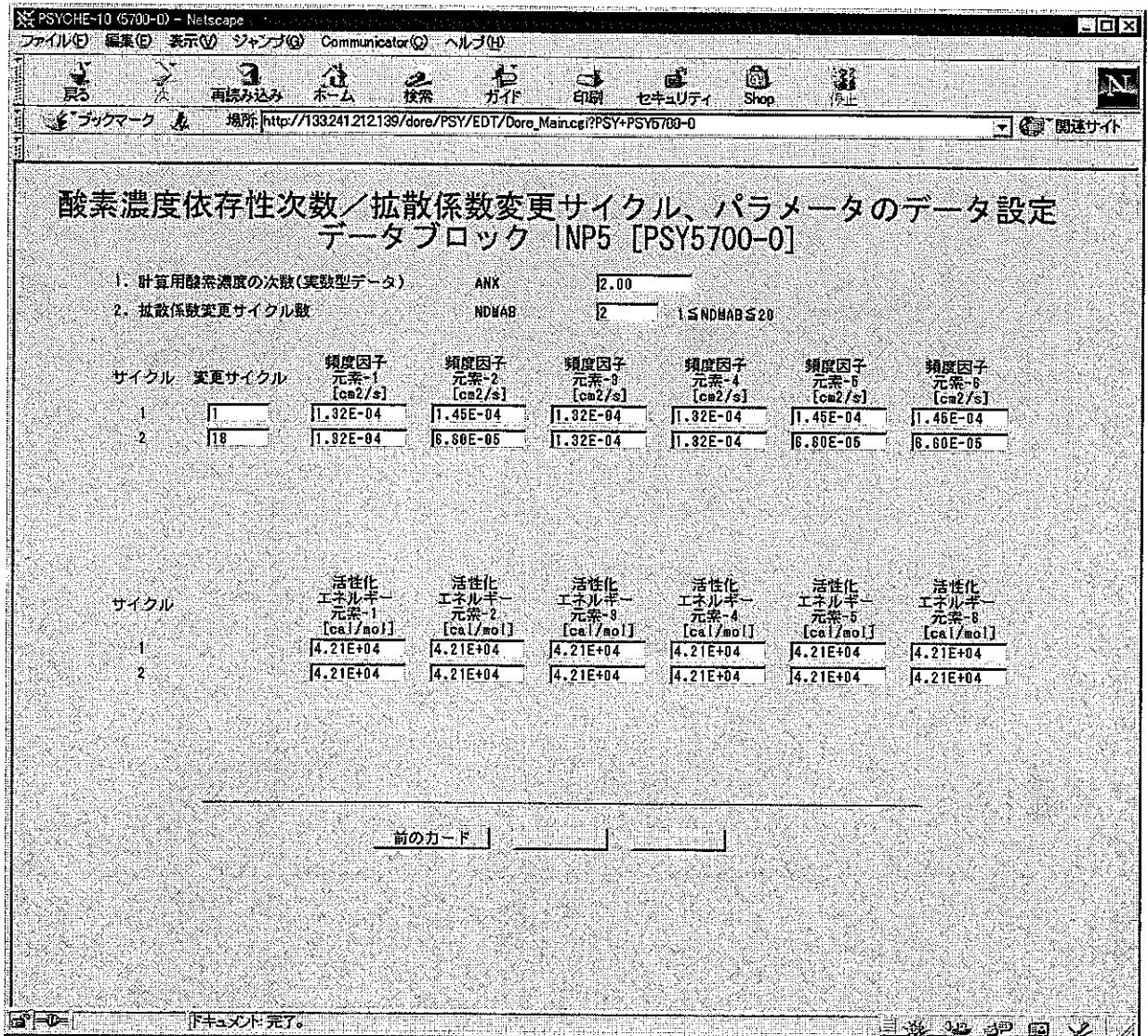


図 8.77 「酸素濃度依存性次数/拡散係数変更サイクル、パラメータのデータ」の設定画面

酸素濃度依存性次数は化学的分配パラメータ β^* (6.1.2 参照) に対するもので、2 (コバルトタイプ元素に対して) を設定する。

管壁中拡散係数 D (表 6.2 参照) は、ステンレス鋼からの CP 金属成分に対して原則的に同一のものを一貫して適用することを目標としているが、コード検証時にはパラメータとして扱わざるを得ない場合も生ずる。現在、「もんじゅ」の予測評価では、マンガン (マンガンタイプとして取り扱っているニッケル、タンタルも含む) に対してのみ、「常陽」でのコード検証結果を踏まえて、表 6.2 の D に初期運転 (出力上昇試験) サイクルにおいては $\times 1.1$ 、後期運転サイクル (定格運転) においては $\times 0.5$ の補正を行なって計算している。

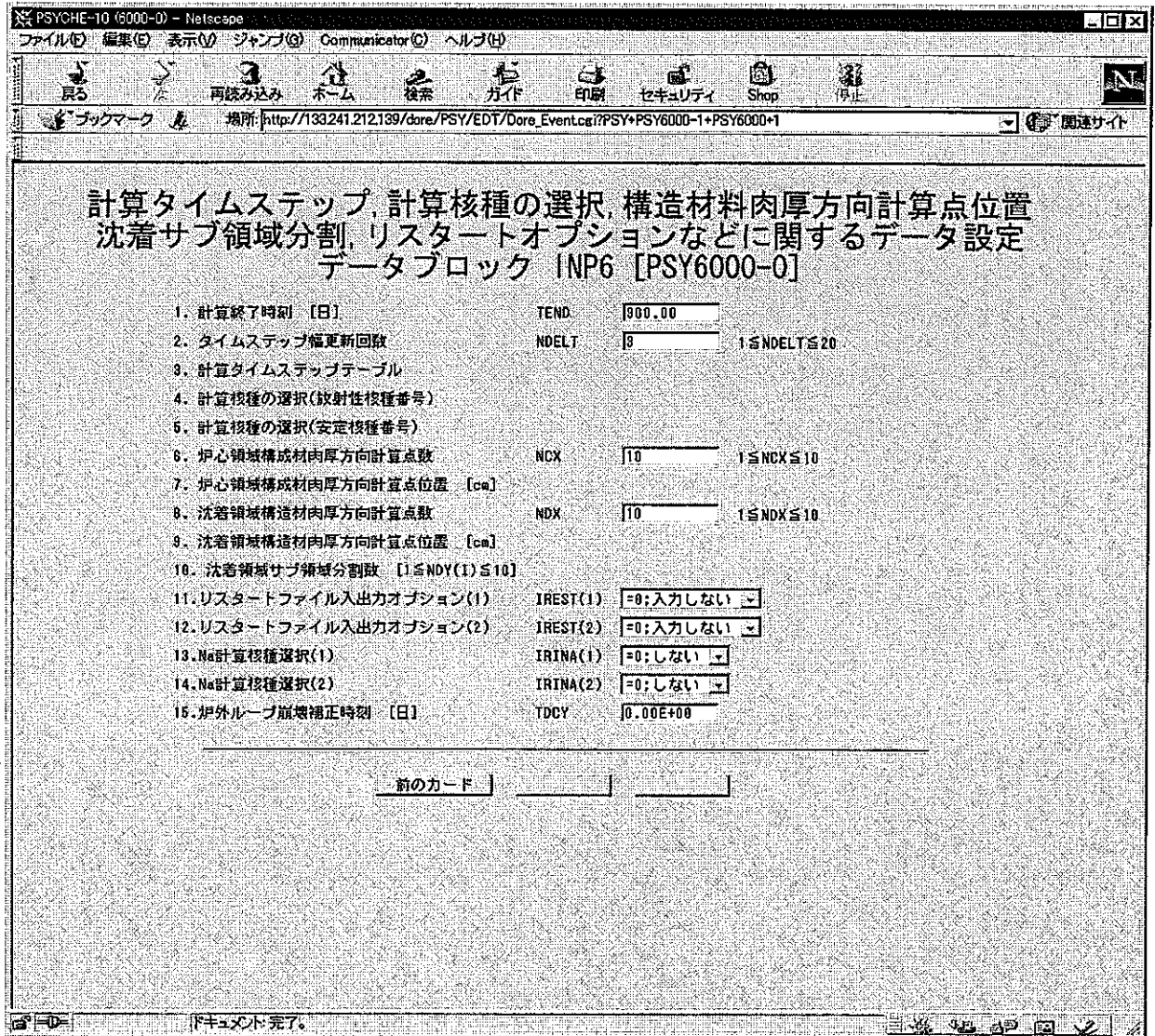


図 8.78 「計算タイムステップ, 計算核種の選択, 構造材料肉厚方向計算点位置, 沈着サブ領域分割, リスタートオプションなどに関するデータ」の設定画面

本画面の 2, 3 の計算タイムステップ設定は次の事項に関連している。PSYCHE コードによる CP 挙動計算では、数値積分の過程から計算誤差が入り込み、CP 溶出量と付着量の間にはわずかではあるがマスバランスからのずれ (=全溶出量-全付着量) を生ずる。この程度は数値計算のタイムメッシュの細かさに依存しており、冷却系回路内で再循環性のある ^{54}Mn の場合の方が ^{58}Co , ^{60}Co に対する場合よりも要求が厳しくなる。一般に、計算開始期や出力変更期など変化の大きい時期に対し、タイムステップを細かく取ると計算精度が良くなる。マスバランスからのずれは 2~3%程度以内に収めるべきである。全体を余り細かく取ると計算時間が長くなるので粗密の按配が必要である。

計算核種番号は表 6.3 参照。

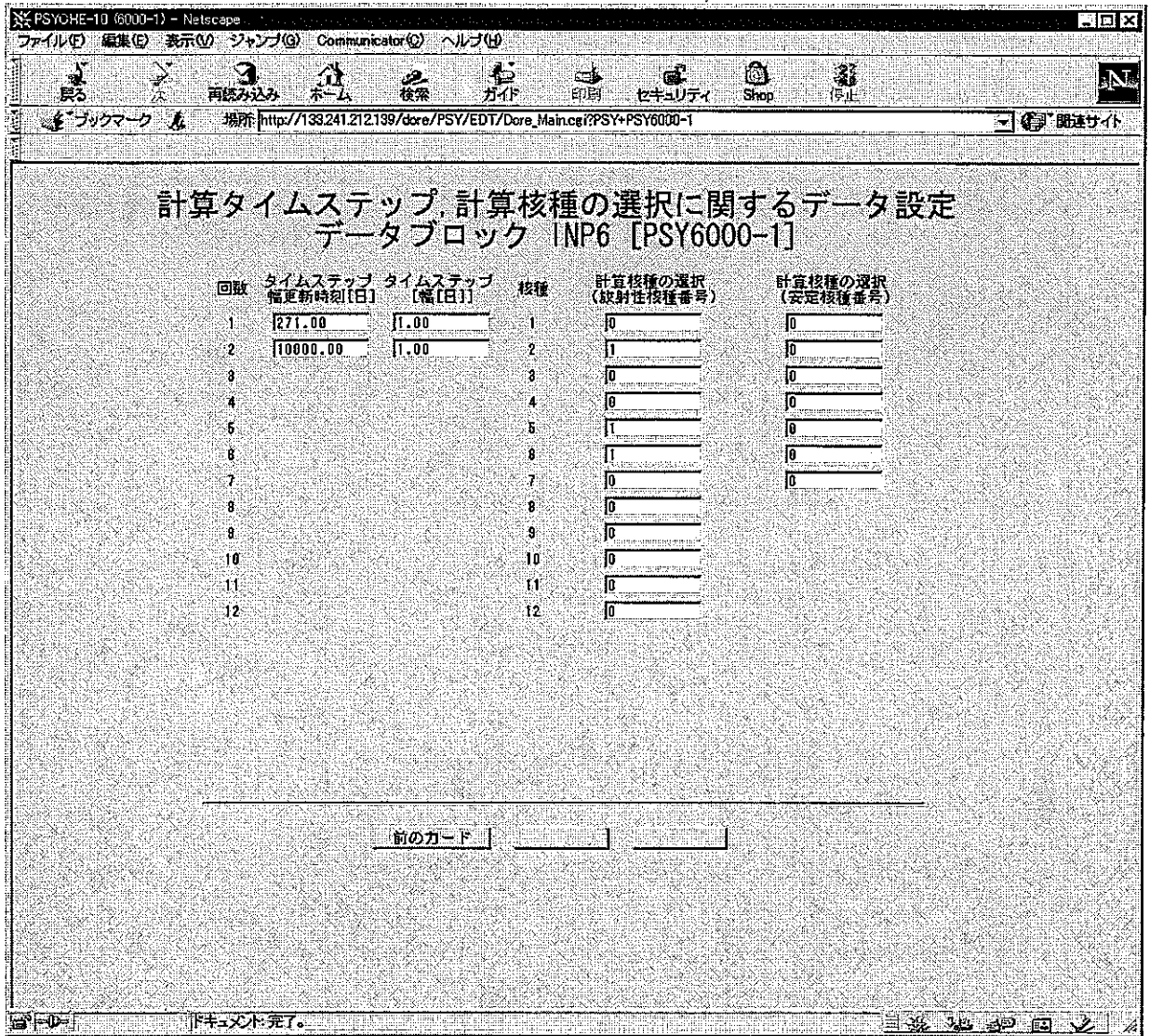


図 8.79 「計算タイムステップ, 計算核種の選択に関するデータ」の設定画面

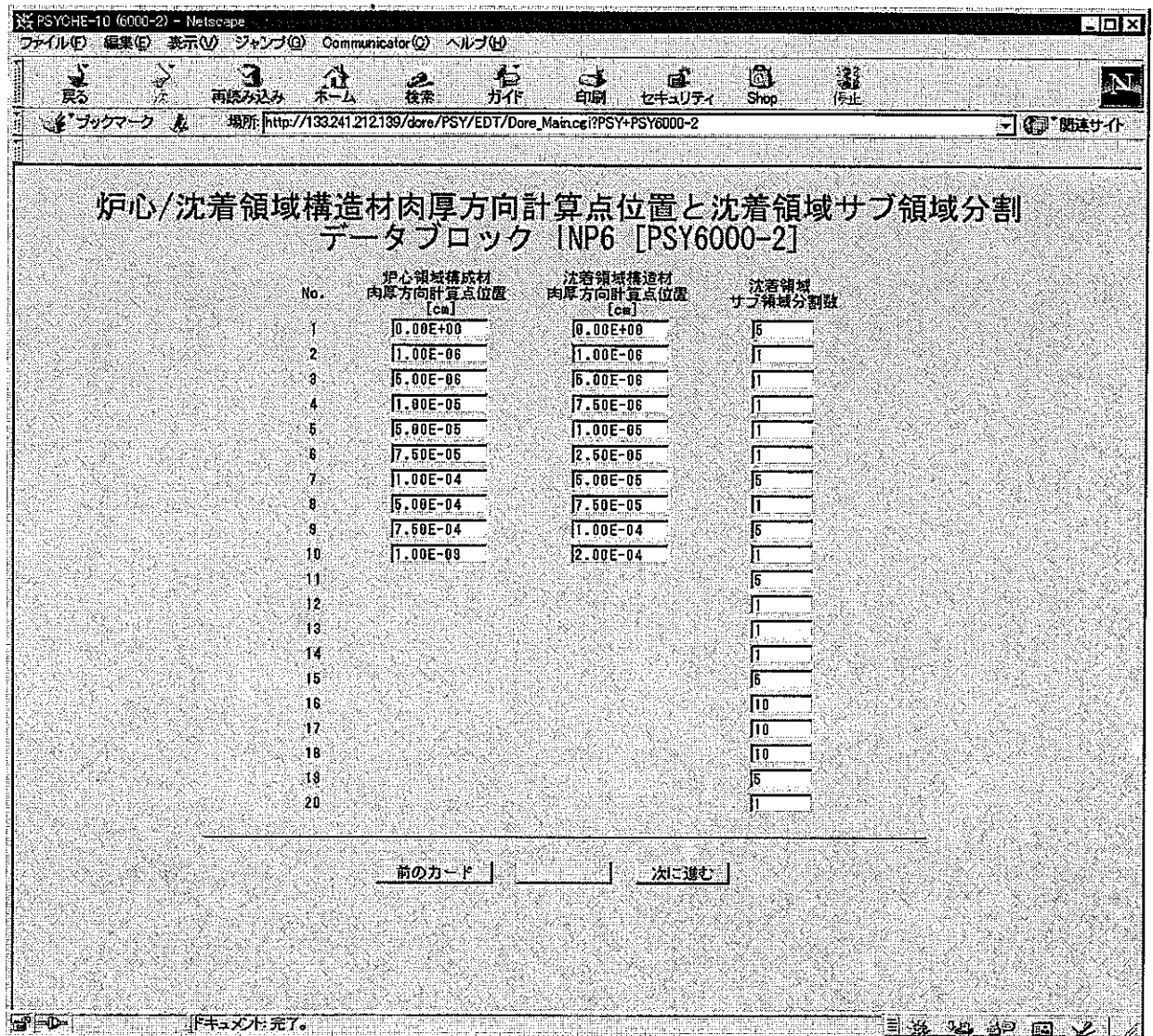


図 8.80 「炉心/沈着領域構造材肉厚方向計算点位置と沈着領域サブ領域分割」の設定画面

肉厚方向計算点位置は管壁中拡散プロフィールを計算するためのものである。
沈着領域サブ領域分割は沈着分布の下流効果を評価するためのものである。

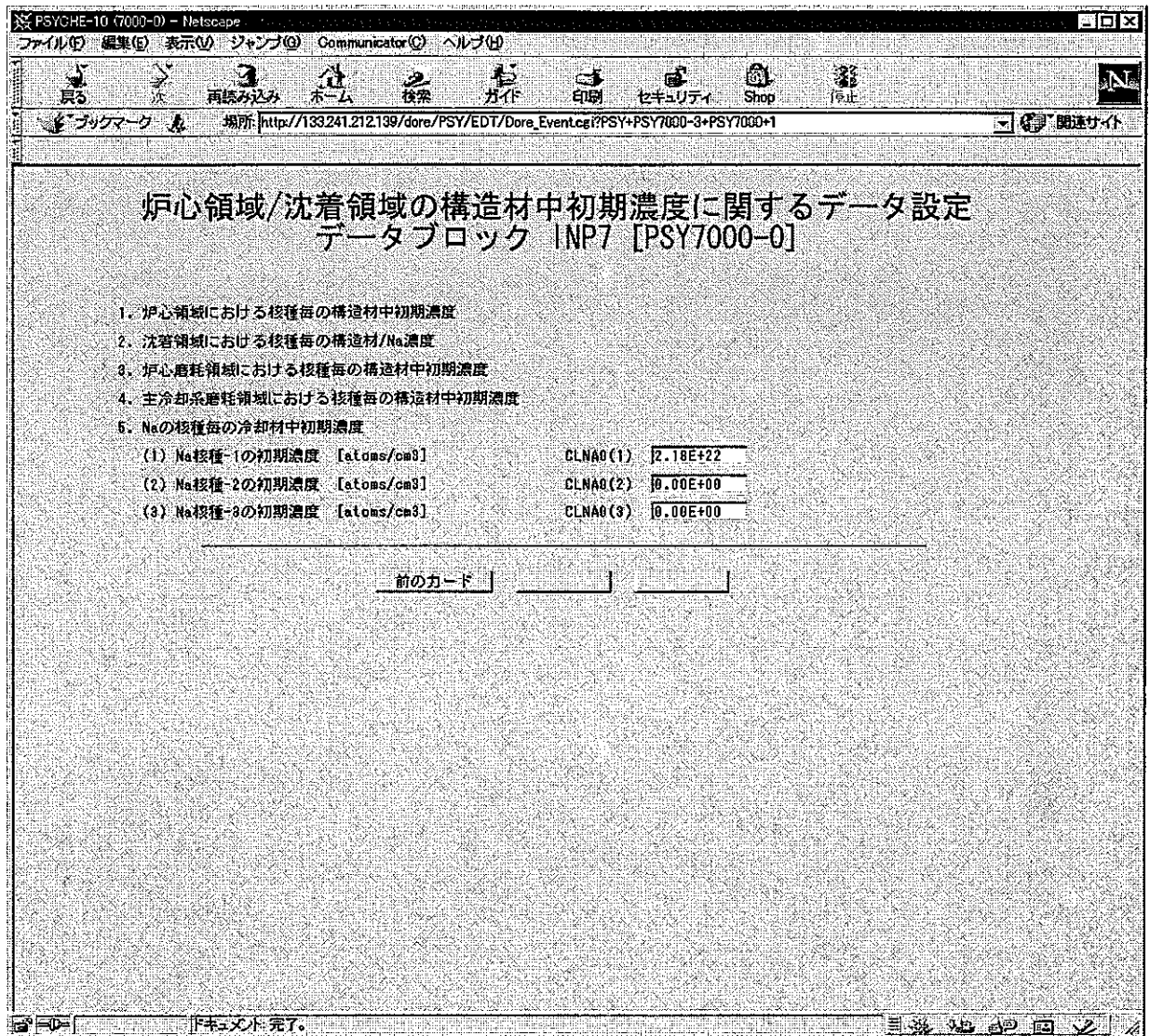


図 8.81 「炉心領域/沈着領域の構造材中初期濃度に関するデータ」の設定画面

Na 核種番号

1: ²³Na 2: ²⁴Na 3: ²²Na

PSYCHE-10 (7000-1) - Netscape
 ファイル(F) 編集(E) 表示(V) ジャンプ(Q) Communicator(C) ヘルプ(H)

見る 戻る 再読み込み ホーム 検索 ガイド 印刷 セキュリティ Shop 停止

ブックマーク 場所 http://133.241.212.139/dore/PSY/EDT/Dore_Main.cgi?PSY+PSY7000-1 関連サイト

炉心領域における核種毎の構造材中初期濃度[atoms/cm³] データブロック INP7 [PSY7000-1]

核種	炉心領域-1	炉心領域-2	炉心領域-3	炉心領域-4	炉心領域-5	炉心領域-6	炉心領域-7	炉心領域-8
1	6.84E+20	6.84E+20	6.84E+20	6.84E+20	6.84E+20	6.84E+20	6.84E+20	6.84E+20
2	8.41E+21	8.41E+21	8.41E+21	8.41E+21	8.41E+21	8.41E+21	8.41E+21	8.41E+21
3	1.81E+20	1.81E+20	1.81E+20	1.81E+20	1.81E+20	1.81E+20	1.81E+20	1.81E+20
4	7.39E+21	7.39E+21	7.39E+21	7.39E+21	7.39E+21	7.39E+21	7.39E+21	7.39E+21
5	2.85E+21	2.85E+21	2.85E+21	2.85E+21	2.85E+21	2.85E+21	2.85E+21	2.85E+21
6	1.64E+19	1.64E+19	1.64E+19	1.64E+19	1.64E+19	1.64E+19	1.64E+19	1.64E+19
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								

下キヤムド:完了。

図 8.82 「炉心領域における核種毎の構造材中初期濃度[atoms/cm³]」の設定画面

核種番号は表 6.3 参照。本画面例では以下のとおり。

1: ⁵⁰Cr 2: ⁵⁴Fe 3: ⁵⁸Fe 4: ⁵⁸Ni 5: ⁶⁰Ni 6: ⁵⁹Co

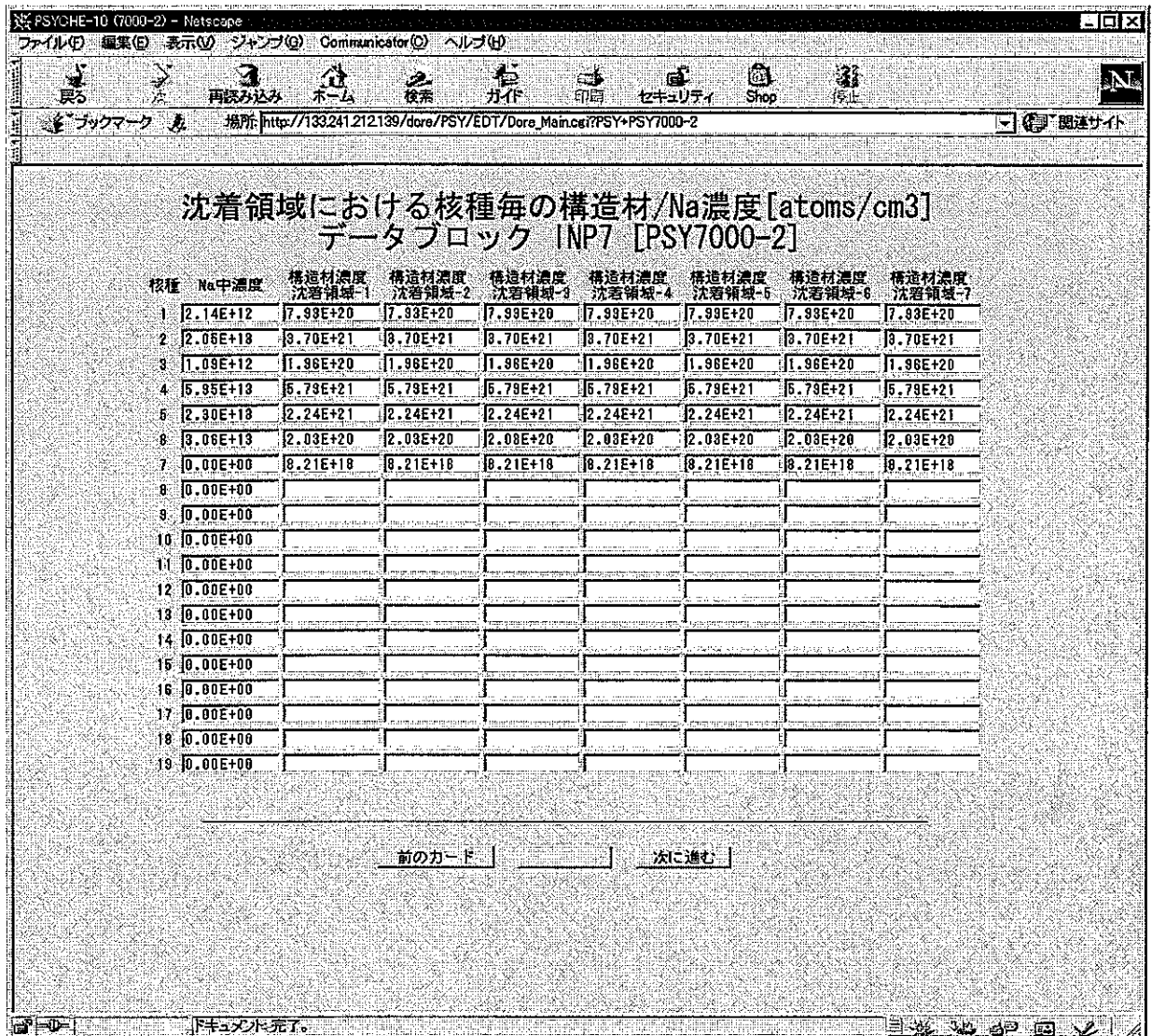


図 8.83 「沈着領域における核種毎の構造材/Na 中濃度 [atoms/cm³]」 の設定画面

PSYCHE-10 (7000-3) - Netscape
 ファイル(F) 編集(E) 表示(O) ジャンプ(Q) Communicator(C) ヘルプ(H)

戻る 再読み込み ホーム 検索 ガイド 印刷 セキュリティ Shop 停止

ブックマーク 場所: http://133.241.212.139/dore/PSY/EDT/Dore_Maince?PSY+PSY7000-3 関連サイト

炉心磨耗領域における核種毎の構造材中初期濃度[atoms/cm3] データブロック INP7 [PSY7000-3]

核種	磨耗領域-1	磨耗領域-2	磨耗領域-3	磨耗領域-4	磨耗領域-5	磨耗領域-6	磨耗領域-7	磨耗領域-8
1	7.48E+20	7.48E+20	7.48E+20	7.48E+20	7.48E+20	7.48E+20	7.48E+20	7.48E+20
2	9.38E+20	9.38E+20	9.38E+20	9.38E+20	9.38E+20	9.38E+20	9.38E+20	9.38E+20
3	4.96E+19	4.96E+19	4.96E+19	4.96E+19	4.96E+19	4.96E+19	4.96E+19	4.96E+19
4	2.98E+22	2.98E+22	2.98E+22	2.98E+22	2.98E+22	2.98E+22	2.98E+22	2.98E+22
5	1.15E+22	1.15E+22	1.15E+22	1.15E+22	1.15E+22	1.15E+22	1.15E+22	1.15E+22
6	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

ドキュメント完了。

図 8.84 「炉心磨耗領域における核種毎の構造材中初期濃度[atoms/cm3]」の設定画面

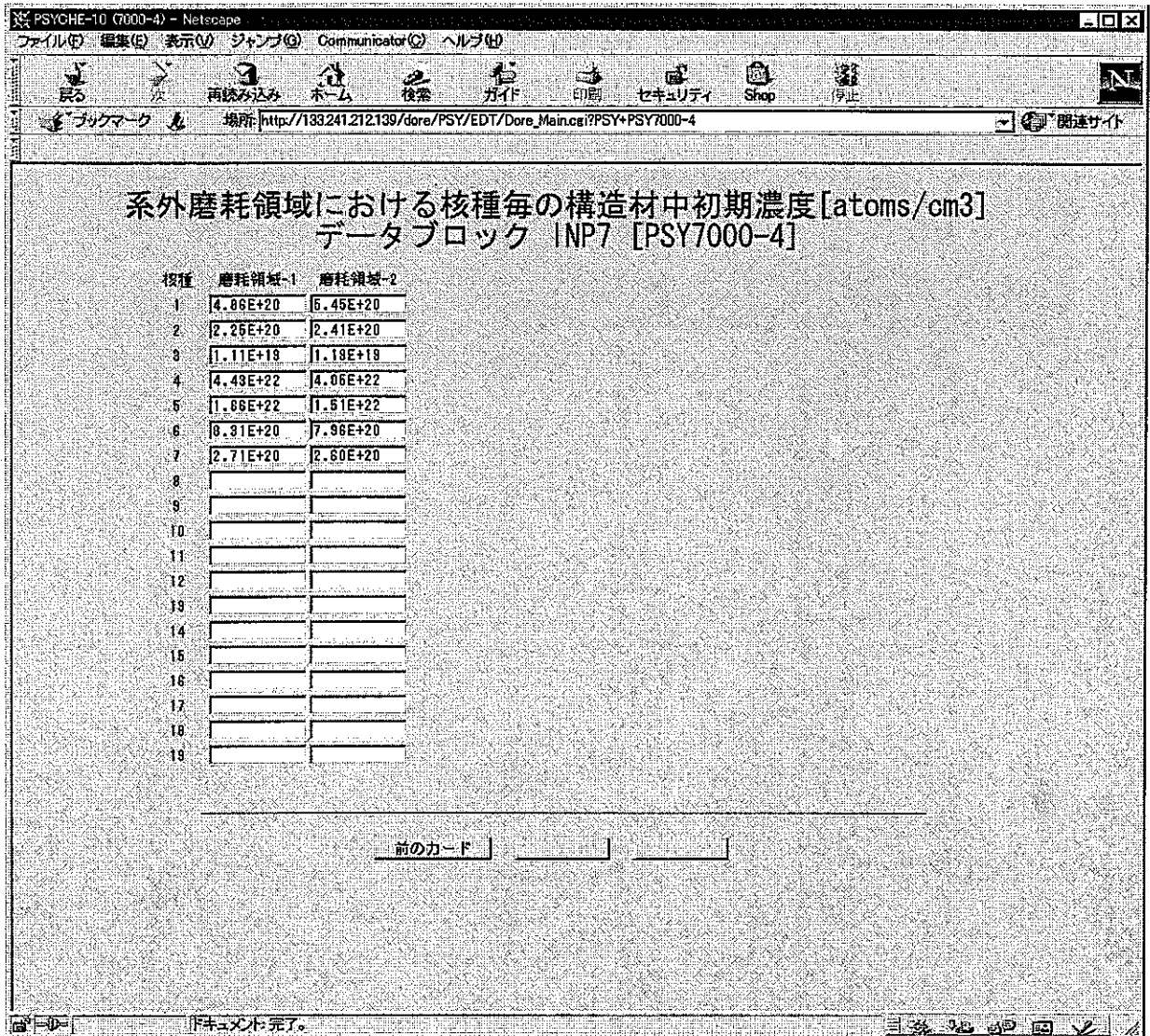


図 8.85 「主冷却系磨耗領域における核種毎の構造材中初期濃度[atoms/cm³]」の設定画面

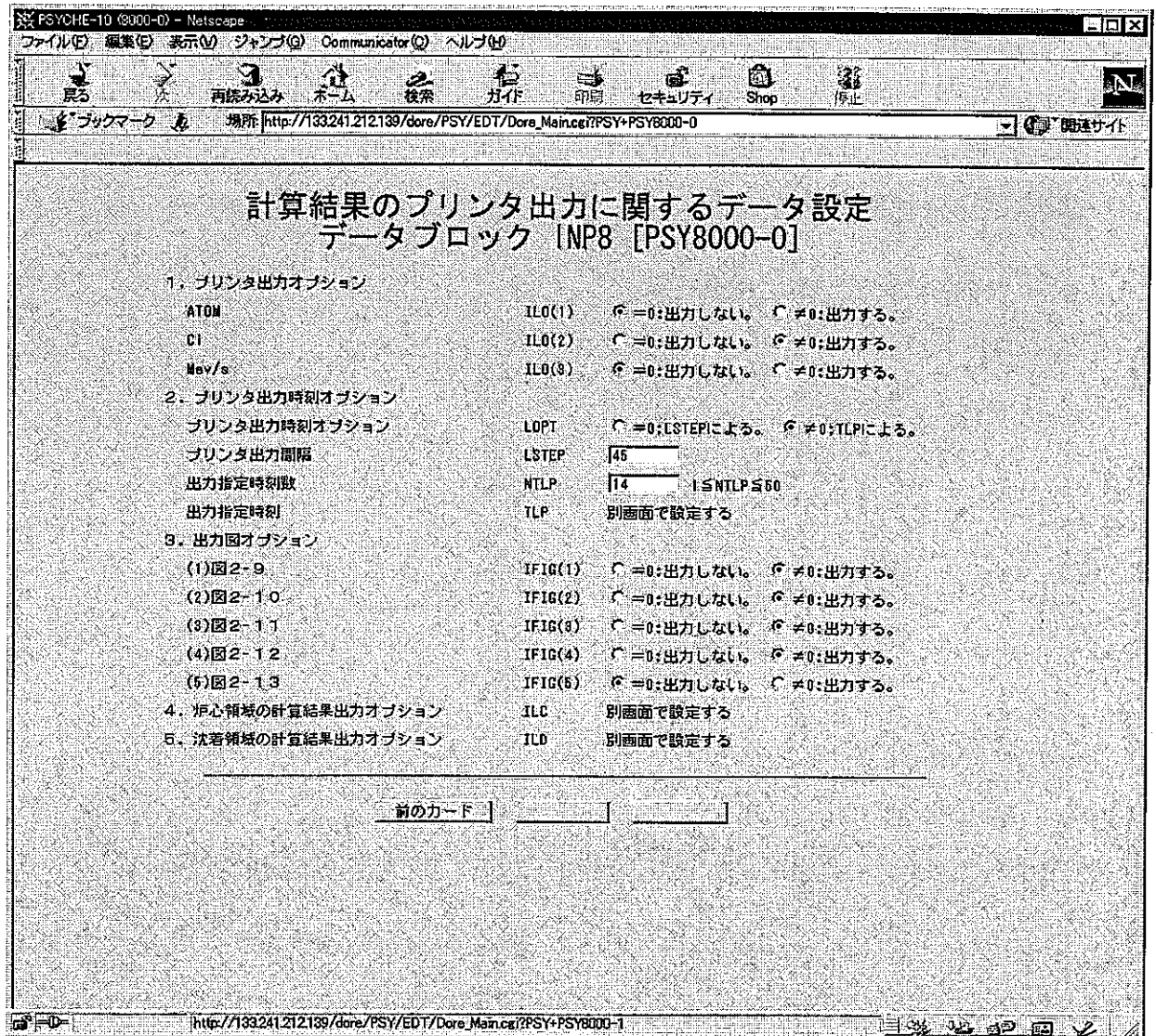


図 8.86 「計算結果のプリンタ出力に関するデータ」の設定画面

本画面の1で出力データの単位を選定する。
 3. の出力図オプションはDOREでは利用できない。

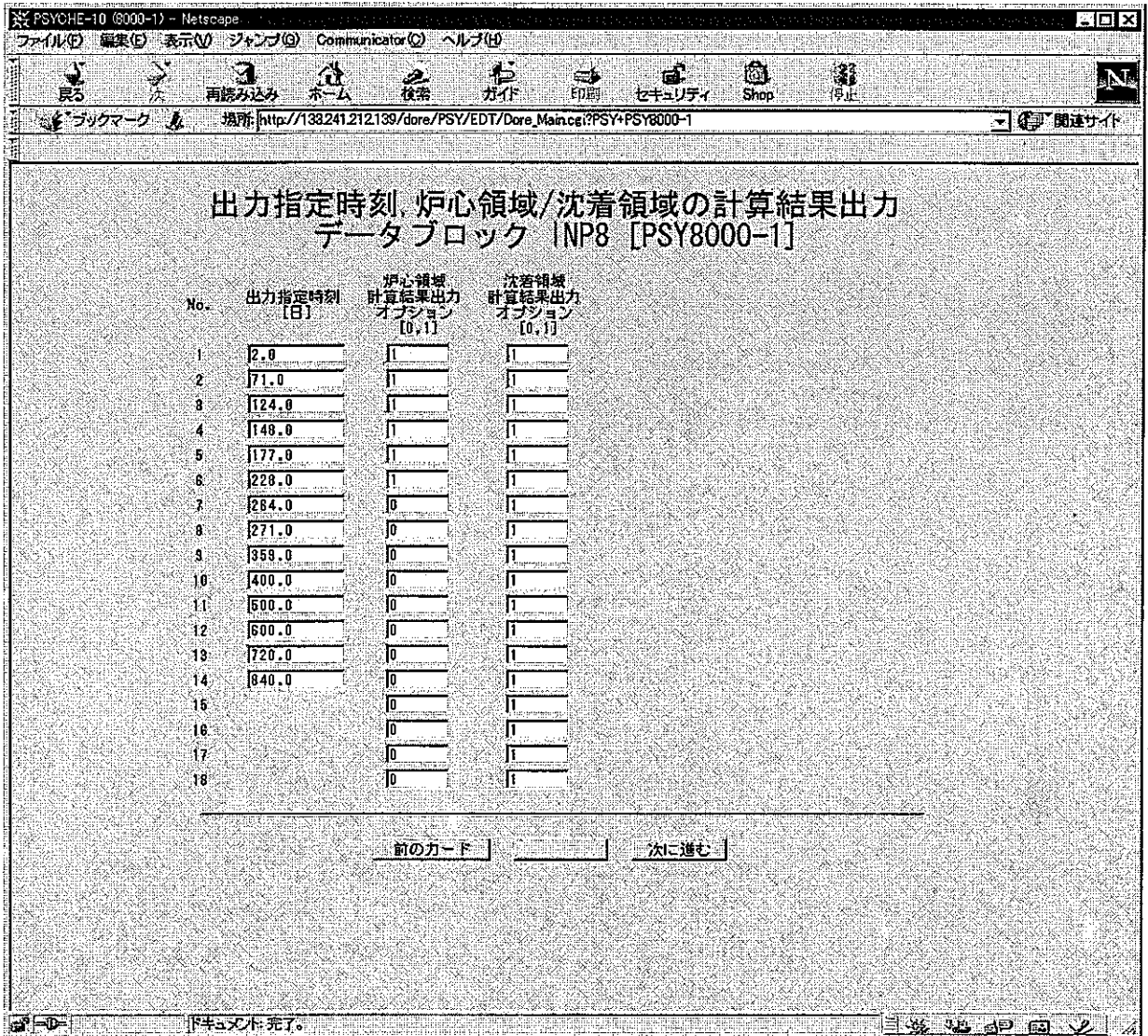


図 8.87 「出力指定時刻, 炉心領域/沈着領域の計算結果出力」の設定画面

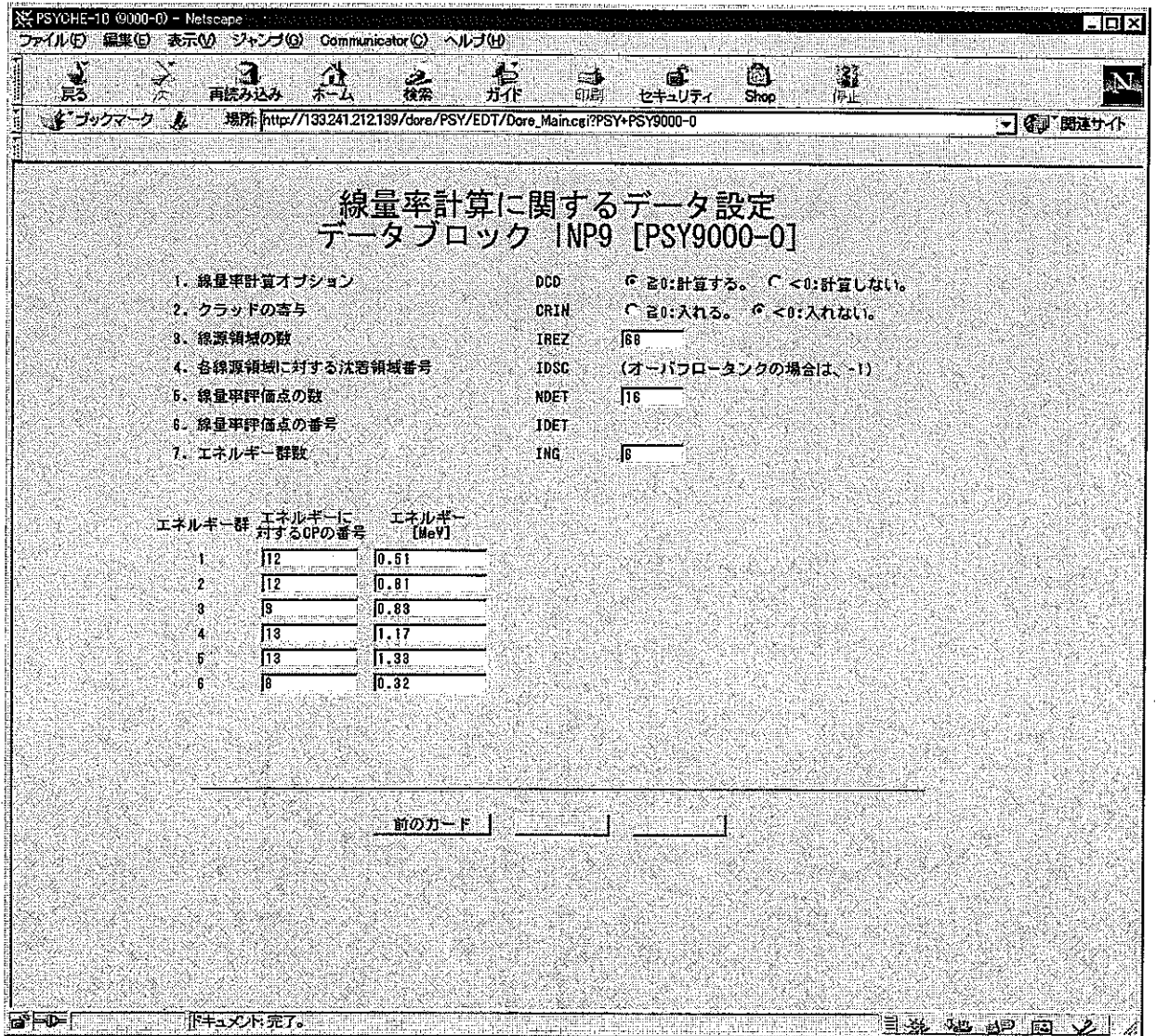


図 8.88 「線量率計算に関するデータ」の設定画面

本画面はメインフレーム用のものでDOREでは利用できない。

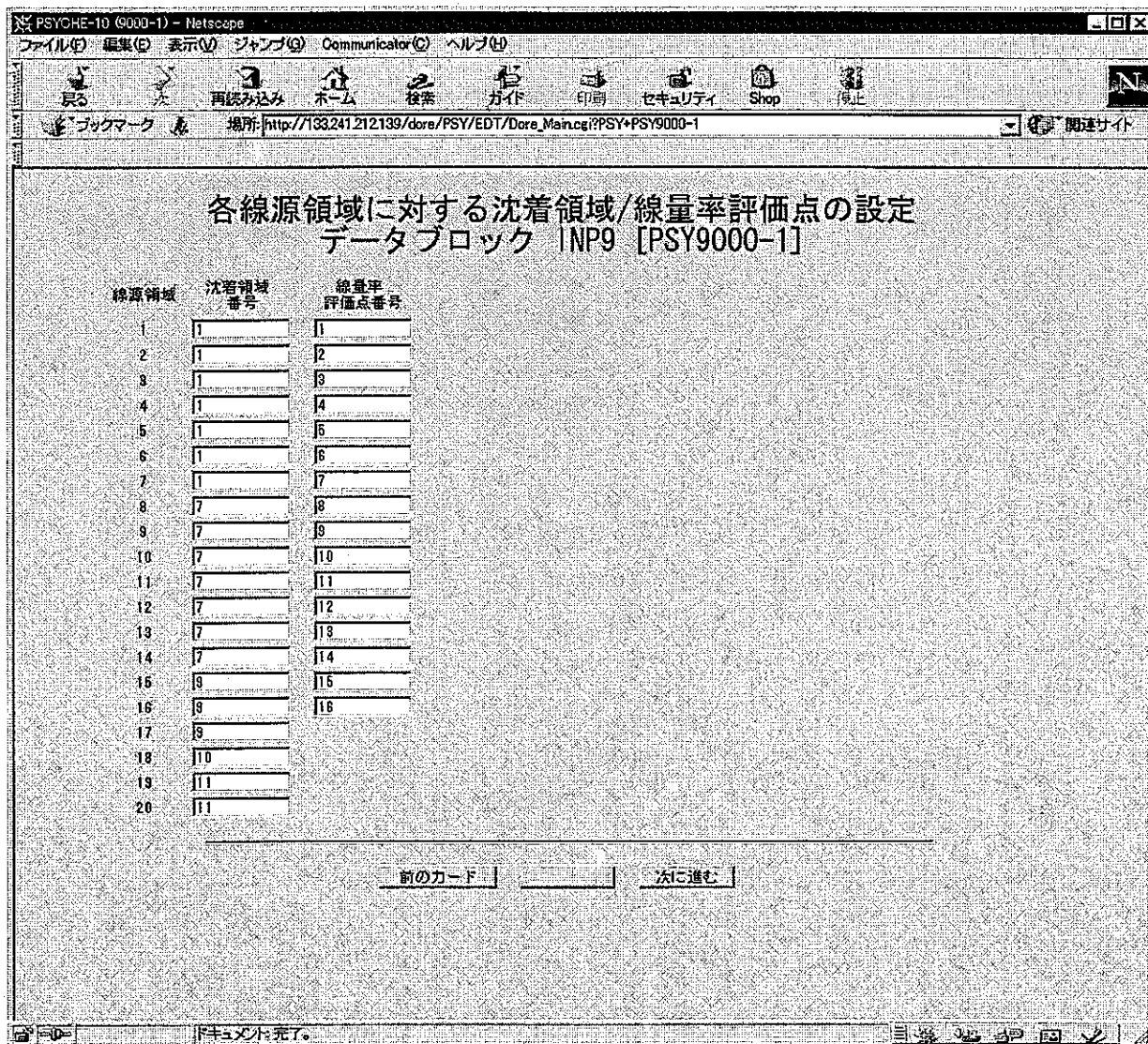


図 8.89 「各線源領域に対する沈着領域/線量率評価点」の設定画面

(2) PSYCHE-10 プログラムの入力データ形式 (マニュアル)

PSY0000 データブロック (INP0)		sample P95MNJ.00.dat
LTITL	A70	計算タイトル カラム11 からカラム80 までに指定する。
IPL0T (10)	Int	プロッター図出力オプション (図番号は表1-1 参照) =0; プロッタ番号i の図出力しない。 =1; 直線のグラフを出力する。 =2; 曲線のグラフを出力する。 =j; 第9図のサイズ指定 1:A1サイズ~4:A4 サイズ
IPCP (19)	Int	核種別プロッター出力オプション =0; 核種iを出力しない。 ≠0; 核種iを出力する。
IPLC (200)	Int	炉心領域プロッター出力オプション =0; 炉心領域iの結果を出力しない。 ≠0; 炉心領域iの結果を出力する。
IPLD (100)	Int	沈着領域プロッター出力オプション =0; 沈着領域iの結果を出力しない。 ≠0; 沈着領域iの結果を出力する。
MTD	Int	出力指定時刻数
TDAY (10)	Real	プロッター出力時刻 [日] (MTD 個与える。)
SUR (20)	Real	炉心径方向分割位置 [cm] (各メッシュの外側位置)
SUZ	Real	炉心入口位置 [cm]
SIZE	Real	第9図の出力数字の大きさ [高さ] 指定 (0.0 以下の場合は0.15cm がセットされる。)

PSY1001 データブロック (INP1)		sample P95MNJ.01.dat
NRC	Int	炉心領域分割数 (1<NRC<200)
MCR	Int	炉心径方向分割数 (1<MCR<20)
MCZ	Int	炉心軸方向分割数 (1<MCZ<40)
LCN (200)	A24	炉心領域No.jの名称
CSZ (2, 200)	Real	炉心領域No.jの形状 等価直径 [cm] 接液面積計算用直径 [cm]

PSY1002 データブロック

NCYCL (2, 200) Int 炉心領域No.jの燃交データ
周期 [サイクル]
初回交換サイクルNo.

PSY1003 データブロック

ZR (40) Real 軸方向メッシュ長さ [cm]
IRC (2, 2, 200) Int 炉心領域の指定 (k:領域No.)
(1, 1, k)最小軸方向メッシュ番号
(2, 1, k)最大軸方向メッシュ番号
(1, 2, k)最小径方向メッシュ番号
(2, 2, k)最大径方向メッシュ番号

PSY1004 データブロック

DCO Real 燃料直径 [cm]
DCOB Real ブランケット燃料直径 [cm]
Q0 (200) Real 炉心領域iの燃料要素線出力密度 [w/cm]
HS (200) Real 炉心領域iの燃料覆管とナトリウム間の熱伝達率 [w/cm²°C]
TC (200) Real 炉心領域iのNa 温度 [°C]
FLR (20) Real 径方向メッシュ番号l のNa 流量 [g/s]
VEC (200) Real 炉心領域 i の Na 流速 [cm/s]
ITAU (20) Int A 型CP トラップが炉心上部に設置されているか?
(i:径方向の分割領域番号)
=0; 設置せず
≠0; 設置
ITAD (20) Int A 型CP トラップが炉心下部に設置されているか?
(i:径方向の分割領域番号)
=0; 設置せず
≠0; 設置
ITB (200) Int B 型CP トラップが炉心領域i に設置されているか?
=0; 設置せず
≠0; 設置
IAOPT (200) Int 炉心領域I の沈着/腐食オプション
=0; バルク沈着
=1; バルク腐食
腐食速度式は、PNC 式
=2; バルク腐食
腐食速度式は、Thorly-Tyzack 式
=3; バルク腐食
腐食速度式は、Ni腐食式

OMG (200) Int バルク沈着速度に対するクラッド剥離速度の比率 (i: 炉心領域番号)

PSY1005 データブロック

ISRE Int 評価対象系の選択
 =1; 原子炉体系
 =2; 炉外試験ループ
 =3; 系外摩擦

ISTOP Int 安定核種計算オプション
 =0; 安定核種の計算を実行しない。
 ≠0; 安定核種の計算を実行する。

IBRN Int 径方向ブランケット領域の数 (<100)

IBR (100) Int 径方向ブランケット燃料に相当する領域番号 (IBRN 個指定)

IFOPT Int 磨耗挙動オプション (炉内磨耗)
 =0; 磨耗の計算をしない。
 =1; 磨耗の計算をする。(濃度に加えなさい)
 =2; 磨耗の計算をする。(濃度に加える)

IFCD Int 磨耗領域分割オプション (炉内磨耗)
 =0; 従来の炉心分割と同じ
 ≠0; 従来の炉心分割と異なる

NRCF Int 炉心磨耗挙動領域分割数 (炉内磨耗)

NCYCLF (2, 200) Int 炉心磨耗挙動領域j の燃料交データ (炉内磨耗)
 (1, j) 周期
 (2, j) 初回交換サイクルNo.

CSZF (200) Real 炉磨耗挙動領域の接液面積計算用直径 [cm] (炉内磨耗)

YLCF (200) Real 炉心磨耗挙動領域の長さ [cm] (炉内磨耗)

VMCF (200) Real 領域別体積 [cm³] (炉内磨耗)

NTAUL (2, 20) Int 炉心上部A 型CP トラップ設置・交換データ
 (j: 径方向分割領域番号)
 (1, j) 交換周期 (サイクル)
 (2, j) 初期設置サイクル

NTADL (2, 20) Int 炉心下部A 部トラップ設置・交換データ
 (j: 径方向分割領域番号)
 (1, j) 交換周期 (サイクル)
 (2, j) 初期設置サイクル

NTBL (2, 200) Int 炉心領域jのB 型CP トラップ設置・交換データ

PSY1006 データブロック

NTC Int 炉心領域Na 温度変更サイクル数 (最大20)

ITC (20) Int 炉心領域Na 温度変更サイクル (最初はサイクル1 を入力)

TCO (200, 20) Real サイクルk での炉心領域i のNa 温度 [°C]

PSY1007 データブロック

NVC Int 炉心領域Na 流速変更サイクル数 (最大20)
 IVC (20) Int 炉心領域Na 流速変更サイクル (最初はサイクル1 を入力)
 VECO (200, 20) Real サイクルk での炉心領域i のNa 流速 [cm/s]

PSY1008 データブロック

NFC Int 炉心径方向Na 流量変更サイクル数 (最大20)
 IFC (20) Int 炉心径方向Na 流量変更サイクル
 FLRO (20, 20) Real サイクルk での径方向領域j のNa 流量 [g/s]
 VOLT Real 1 次冷却材体積 [cm³]

PSY2000 データブロック (INP2)

sample P95MNJ.02.dat

NRD Int 沈着領域分割数 (1 < NRD < 100)
 IDRT (100) Int 沈着領域番号i のタイプ識別
 = 1; 主冷却系(1)
 = 2; ポンプオーバーフロー系(1)
 = 3; 主冷却系(2)
 = 4; ポンプオーバーフロー系(2)
 = 5; 主冷却系(3)
 = 6; ポンプオーバーフロー系(3)
 = 7; 主冷却系(4)
 = 8; ポンプオーバーフロー系(4)
 = 9; オーバフロー系 (R/V - O/Fタンク)
 = 10; オーバフロー系 (O/Fタンク- C/T - O/Fタンク)
 = 11; オーバフロー系 (O/Fタンク - 炉心)
 (但し炉外試験ループ評価時には基本分割図3- 7 に従い
 1~24 に分類する。)
 LDN (100) A24 沈着領域j の名称
 DSZ (2, 100) Real 沈着領域j の形状
 (1, j) 等価直径 [cm]
 (2, j) むれ面積計算用直径 [cm]
 YLD (100) Real 沈着領域i の長さ [cm]
 IPRT (4, 2) Int 主冷却系のポンプオーバーフロー系周辺領域の指定
 (i, 1) 主冷却系i のポンプ領域番号
 (i, 2) 主冷却系i 内の領域中でポンプオーバーフロー系と合流する
 領域の番号

MLOUT (6)	Int	試験ループi の出口領域番号 (ループ番号は図3- 7 参照) (炉外試験ループ用)
LOOP (5)	Int	各系の員数 (1) 主冷却系(1) (2) 主冷却系(2) (3) 主冷却系(3) (4) 主冷却系(4) (5) オーバフロー系
IRDOP (100)	Int	試験ループ領域i の分類 (炉外試験ループ用) =0; 溶出領域 =1; 沈着領域
IBOPT (100)	Int	沈着領域i の沈着/腐食オプション =0; バルク沈着 =1; バルク腐食 腐食速度式は、PNC 式 =2; バルク腐食 腐食速度式は、Thorly-Tyzack 式 <0; バルク腐食 INP5 の入力値 (UD0(100)) を使用する。
ODP	Real	沈着領域における β の酸素濃度依存性 >0; 依存性なし。 <0; 依存性あり。
ICDR (5, 4, 2)	Int	クラッド状挙動の沈着領域指定。 (1~5, 1, 1) 主冷却系(1)のポンプオーバフロー系 (1~5, 2, 1) 主冷却系(2)のポンプオーバフロー系 (1~5, 3, 1) 主冷却系(3)のポンプオーバフロー系 (1~5, 4, 1) 主冷却系(4)のポンプオーバフロー系 (最大5 領域まで指定可能) (1~5, 1, 2) 主冷却(1)のIHX 下部 (1~5, 2, 2) 主冷却(2)のIHX 下部 (1~5, 3, 2) 主冷却(3)のIHX 下部 (1~5, 4, 2) 主冷却(4)のIHX 下部 (最大5 領域まで指定可能)
ICTR (5)	Int	コールドトラップ領域の指定 (クラッド状挙動用) (最大5領域まで指定可能)
SOFT	Real	オーバフロータンクの接液面積 [cm ²] (クラッド用)
DCR1 (40)	Real	ICDR で指定したポンプオーバフロー系 IHX 下部各領域へのクラッド分配割合。 (ICDR にて指定した領域順序に対応させる。) (クラッド用)

DCR2	(5)	Real	コールドトラップ各領域へのクラッド分配割合。(クラッド用) (ICTR にて指定した領域順序に対応させる。)
DCR3		Real	0/Fタンク領域へのクラッド分配割合 (クラッド用)
ITDB	(100)	Real	炉外ループ沈着領域i にCP トラップが設置されているか? (炉外試験ループ用) =0; 設置せず ≠0; 設置
DFTBD	(3, 6, 100)	Real	炉外ループ沈着領域k のCP トラップ効率式の係数 (炉外試験ループ用) (j i 元素番号) $\varepsilon = \varepsilon_s + \varepsilon_0 \exp(-\varepsilon_1 t)$ (1, j, k) ε_s (2, j, k) ε_0 (3, j, k) ε_1
NRDF		Int	系外磨耗領域分割数 (系外磨耗体系)
DSZF	(2, 100)	Real	系外磨耗領域j の形状 (系外磨耗体系) (1, j) 接液面積計算用直径 [cm] (系外磨耗体系) (2, j) 系外磨耗領域j の長さ [cm] (系外磨耗体系)
IUND	(100)	Int	沈着領域j の流量選択オプション =0; FLD(i) の流量 =1; FLDD(i) の流量 (炉外試験ループ評価時に入力)
FLDD	(24)	Real	領域i の冷却材流量 [/s] (炉外試験ループ用) (領域i は図3-6の基本領域に対応させる。)
NTD		Int	冷却系領域Na 温度変更サイクル数 (最大20)
ITD	(20)	Int	冷却系領域Na 温度変更サイクル
TDO	(100, 20)	Real	サイクルK での冷却系領域i のNa 温度 [°C]
NVD		Int	冷却系領域Na 流速変更サイクル数 (最大20)
IVD	(20)	Int	冷却系領域Na 流速変更サイクル
VEDO	(100, 20)	Real	サイクルK での冷却系領域i のNa 流速 [cm/s]
NFD		Int	冷却系統Na 流量変更サイクル数 (最大20)
IFD	(20)	Int	冷却系統Na 流量変更サイクル
FLDO	(24, 20)	Real	サイクルk での冷却系統L のNa 流量 [cm ³ /s] 冷却系統の分類は下記。 (1) 主冷却系 (1) (2) ポンプオーバフロー系 (1) (3) 主冷却系 (2) (4) ポンプオーバフロー系 (2) (5) 主冷却系 (3)

- (6) ポンプオーバーフロー系 (3)
 - (7) 主冷却系 (4)
 - (8) ポンプオーバーフロー系 (4)
 - (9) オーバーフロー系 (R/V - 0/Fタンク)
 - (10) オーバーフロー系 (0/Fタンク- C/T- 0/Fタンク)
 - (11) オーバーフロー系 (0/Fタンク- R/V)
- (但し炉外試験ループ評価時には基本分割図3-9の基本領域に対応させる。

PSY3000 データブロック (INP3)

sample P95MNJ.03.dat

NOC Int

運転サイクル数。(1<NOC<200)

1 サイクルは出力状態と停止状態からなる。

TOC (2, 200) Real

サイクルj の出力、停止時間

(1, j)出力状態時間。[日]

(2, j)停止状態時間。[日]

☆ なお、最終停止時間に多めにとっておく (ΣTOC ~TEND)
だとプロッタのデータが壊れてしまう。

NPOWER Int

原子炉燃出力比率変更サイクル数 (200)

IPOWER (200) Int

原子炉燃出力比率変更サイクル

RPOWER (200) Real

サイクルi の原子炉燃出力比率 [-]

PSY4000 データブロック (INP4)

sample P95MNJ.04.dat

NEG Int

エネルギー群数。(1<NEG<30)

PSY4101 データブロック

PHI (30, 200) Real

炉心領域j, エネルギー群i の中性子束 [n/cm²・s]

PSY4102 データブロック

PHIF (30, 200) Real

炉心磨耗挙動領域j, エネルギー群I の中性子束 [n/cm²・s]

PSY5101 データブロック (INP5)

sample P95MNJ.05.dat

SIG (30, 16, 10) Real

微視的反応断面積 [cm²]

i: エネルギー群番号

j: 核反応番号

k: 微視的反応断面積番号

PSY5201 データブロック

NSIG Int

炉心領域の微視的反応断面積数

ISIG (200) Int

炉心領域i の微視的反応断面積番号

ALAM (12) Real

放射線核種i の崩壊定数 [s⁻¹]

COX	Real	冷却材中酸素濃度 [ppm] … 炉外試験用
AKAB (2, 3)	Real	沈着反応速度定数計算パラメータ $K_d = A \cdot \exp (B/RT)$ (1, 1) マンガンの場合のA [cm /s] (2, 1) マンガンの場合のB [cal/mol] (1, 2) ニッケルの場合のA [cm/s] (2, 2) ニッケルの場合のB [cal/mol] (1, 3) タンタルの場合のA [cm/s] (2, 3) タンタルの場合のB [cal/mol]
DMAB (2, 6)	Real	元素j (添付表参照) の構造材中拡散係数計算パラメータ。 (1, j) 頻度因子。 [cm ² /s] (2, j) 活性化エネルギー。 [cal/mol]
DLAB (2)	Real	冷却材中拡散係数計算パラメータ。 (1) 頻度因子。 [cm ² /s] (2) 活性化エネルギー。 [eV]

PSY5301 データブロック

NUCAB	Int	炉心領域でのバルク沈着速度計算パラメータ変更数 (max 100)
IUCAB (20)	Int	炉心領域でのバルク心着速度計算パラメータ変更サイクル
UCAB (2, 200, 6, 20)	Real	炉心領域j , 元素k , サイクルl の沈着速度計算パラメータ (JAOPT=D の時) $u = A \cdot \exp (B/RT)$ (1, j, k, l) パラメータA [μ m/year] (2, j, k, l) パラメータB [cal/mol]

PSY5302 データブロック

NUAB	Int	沈着領域でのバルク沈着速度計算パラメータ変更数 (max 100)
IUAB (20)	Int	沈着領域でのバルク沈着速度計算パラメータ変更サイクル
UAB (2, 100, 6, 20)	Real	沈着領域j , 元素k , サイクルl の沈着速度計算パラメータ (JAOPT=0 の時) $U = A \cdot \exp (B/RJ)$ (1, j, k, l) パラメータA [μ m/year] (2, j, k, l) パラメータB [cal/mol]

PSY5401 データブロック

BTAB (12)	Real	元素j の化学的分配パラメータ計算パラメータ $B = A \cdot \exp (B/RT)$ パラメータA [μ m/year]
-----------	------	---

UD0 (100) Real パラメータB [cal/mol]
 沈着領域i でのバルク腐食速度 [cm/s] (IBORT<0 の時)

PSY5402 データブロック

EFT (3, 6, 20) Real 炉心領域k のB タイプのCP トラップ効率式の係数
 (j:元素番号)
 $\varepsilon = \varepsilon_s + \varepsilon_0 \exp(-\varepsilon_1 t)$
 (1, j, k) ε_s
 (2, j, k) ε_0
 (3, j, k) ε_1

EFTU (3, 6, 20) Real 炉心上部径方向領域K のA タイプCP トラップ効率式の係数
 (j:元素番号)
 (1, j, k) ε_s
 (2, j, k) ε_0
 (3, j, k) ε_1

EFTD (3, 6, 20) Real 炉心下部径方向領域K のA タイプCPトラップ効率式の係数
 (j:元素番号)
 (1, j, k) ε_s
 (2, j, k) ε_0
 (3, j, k) ε_1

PSY5403 データブロック

UCF (200) Real 炉内磨耗速度 [cm/s]
 SIGF (30, 16, 10) Real 炉内磨耗挙動核反応j, エネルギー群i の微視的反応断面積 [cm²]

PSY5404 データブロック

NSIGF Int 炉内磨耗挙動領域の微視的反応断面積の種類数
 ISIGF (200) Int 炉内磨耗挙動領域の微視的反応断面積番号

SIGNA (30, 4, 10) Real Na の微視的反応断面積 [cm²]
 i; エネルギー番号
 j; 核反応番号
 k; 微視反応断面積番号

PSY5501 データブロック

ALAMNA(2) Real Na 放射性核種i の崩壊定数 [s⁻¹]
 UCAF (2, 200) Real 系外磨耗により生成した安定核種の炉心での沈着速度計算
 パラメータ
 $Udw = A \cdot \exp(B/RT)$
 (1, j) パラメータA [$\mu\text{m/year}$]

			(2, j) パラメータB [cal/mol]
OMGW	(200)	Real	UCAF に対する剥離速度の比率 (i: 炉心領域番号)
UDFR	(200)	Real	系外磨耗領域j の磨耗放出速度 [cm/s]

PSY5502 データブロック

NCOX		Int	酸素濃度変更数 (200)
ICOX	(200)	Int	酸素濃度変更サイクル
PCOX	(200)	Real	酸素濃度 [ppm] コバルト型核種の科学的分配係数

PSY5503 データブロック

ANX		Real	計算用酸素濃度の次数
NDMAB		Int	拡散係数変更サイクル数 (最大20)
IDMAB	(20)	Int	拡散係数変更サイクル
DMABO	(2, 6, 20)	Real	サイクルi での元素m の構造材中拡散係数パラメータ (1, m, i) 頻度因子 [cm ² /s] (2, m, i) 活性化エネルギー [cal/mol]

PSY6000 データブロック (INP6) sample P95MNJ.06.dat

TEND		Real	計算終了時刻。 [日]
NDELТ		Int	タイムステップ幅更新回数。(1<NDELТ<20)
DELТ	(20, 2)	Real	計算タイムステップテーブル。(i=1, NDELТ) (i, 1) タイムステップ幅変更時刻。 [日] (i, 2) タイムステップ幅。 [日]
IRI	(12)	Int	計算核種の選択。(i 放射性核種番号) =0; 計算しない。 ≠0; 計算する。
IST	(7)	Int	計算核種の選択。(i 安定核種番号) =0; 計算しない。 ≠0; 計算する。
NCX		Int	炉心領域構成材厚さ方向計算点数。(1<NCX<10)
CX	(10)	Real	炉心領域構成材厚さ方向計算点。 [cm] CX(1)=0.0, i=1, NCX
NDX		Int	沈着領域構成材厚さ方向計算点数。(1<NDX<10)
DX	(10)	Real	沈着領域構成材厚さ方向計算点。 [cm] DX(1)=0.0, i=1, NDX
NDY	(100)	Int	沈着領域i のサブ領域分割数。(1<NDY(i)<10)
IREST	(2)	Int	リスタートファイル入出力オプション (1)=0; 入力しない。 =1; 入力する。

			(2)=0; 入力しない。 =1; 入力する。
IRINA (2)	Int	Na 計算核種選択。	=0; しない。 ≠0; する。
TDCY	Real	炉外ループ崩壊補正時刻。[日]	

PSY7000 データブロック (INP7)

sample P95MNJ.07.dat

CMCO (200,19)	Real	炉心領域i における核種j の構成材中初期濃度。[atoms/cm ³]
CMDO (100,19)	Real	沈着領域i における核種j の構造材中初期濃度。[atoms/cm ³]
CL0 (19)	Real	ナトリウム中の核種i の濃度。[atoms/cm ³]
CMCOF (200,19)	Real	炉心磨耗領域i における核種j の構造材中初期濃度。[atoms/cm ³]
CLNA0 (3)	Real	Na の核種i の初期濃度。[atoms/cm ³]
CMDOF (100,19)	Real	主冷却系磨耗領域i における核種j の構造材中初期濃度。 [atoms/cm ³]

PSY8000 データブロック (INP8)

sample P95MNJ.08.dat

ILO (3)	Int	プリンタ出力単位オプション。 (1) ATOM (2) Ci (3) MeV/S =0; 出力しない。 ≠0; 出力する。
LOPT	Int	プリンタ出力時刻オプション。 =0; LSTEP による。 ≠0; TLP による。
LSTEP (1)	Int	プリンタ出力間隔。
NTLP (1)	Int	出力指定時刻数。(1<NTLP<50)
TLP (50)※	Real	出力指定時刻 [日] i=1,NTLP
IFIG (5)	Int	出力図オプション。 (1) 図2- 9 (2) 図2-10 (3) 図2-11 (4) 図2-12 (5) 図2-13 =0; 出力しない。 ≠0; 出力する。
ILC (200)	Int	炉心領域i の計算結果出力オプション。 =0; 出力しない。 ≠0; 出力する。

ILD (100) Int 沈着領域i の計算結果出力オプション
 =0; 出力しない。
 ≠0; 出力する。
 注) 運転終了時刻, 計算終了時間の結果はオプションにもよらず
 全て出力される。

※: 出力時間が燃交時と重なる場合出力時間を0.05 日程度小さくする。
 (ケースによっては燃交時に入ってしまう構造材中濃度がゼロとなる。)

PSY9000 データブロック (INP9) sample P95MNJ.09.dat

DCD	Real	線量当量率計算オプション >0; 計算する。 <0; 計算しない。
CRIN	Real	クラッドの寄与入れるか >0; 入れる。 <0; 入れない。
IREZ	Int	線源領域の数
IDSC (132)	Int	各線源領域に対応する沈着領域の番号 (オーバフロータンクの場合は -1 とする。)
NDET	Int	線量当量率評価点の数
IDET (150)	Int	線量当量率評価点の番号
ING	Int	エネルギー群数
NUCG (9)	Int	各エネルギー群に対応するCP の番号
ERG (9)	Real	各群のエネルギー [MeV]

8.3 QAD-CG プログラムの入力データ設定

(1) 画面による設定

起動画面(図 8.2)の「線量当量率解析コード QAD-CG」(図 8.5)の「2. 入力データ編集」の画面(図 8.8)から「2. 編集画面へ」を選択すると、「点減衰による中性子及びガンマ線遮蔽計算コード QAD-CG 入力データ・インデックス」用画面である図 8.90が表示される。そして、これにハイパーリンクされた図 8.91 から図 8.99 の画面で入力データの設定を実施する。なお、QAD-CG の場合、画面入力データ作成になじまないケースがある。まず、線源領域は1つだけに限定され、多線源領域を扱えない。また、線量当量率マップ可視化用データの場合は、計算点数が膨大になるため、本画面の9で入力画面生成処理時間がかかなり長くなり、実際的でない。このような場合は、別途に、線源領域や計算点を作成しオフラインで追加するのが実際的である。

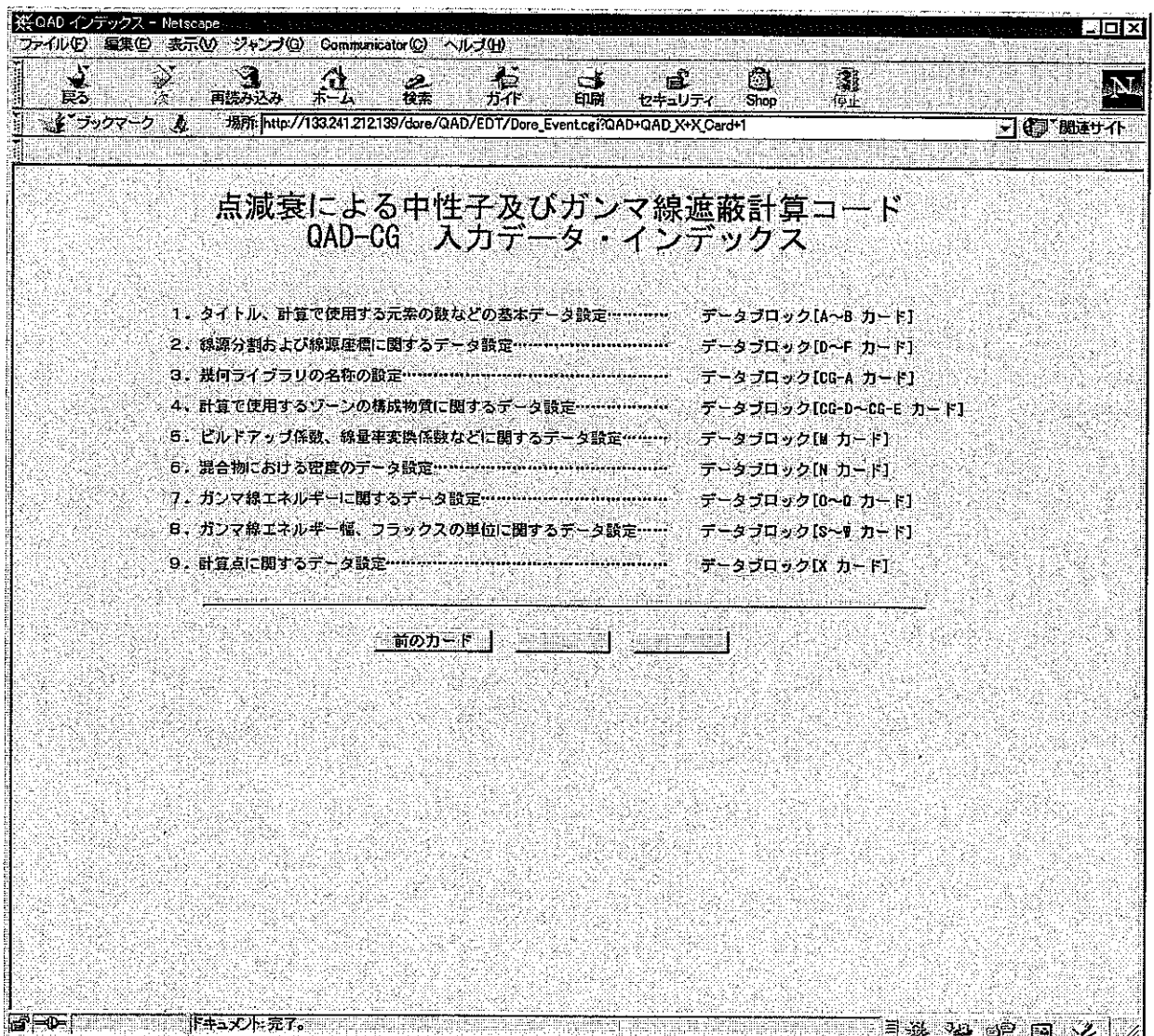


図 8.90 「QAD-CG 入力データ・インデックス」の設定画面

CGB (G カード: 幾何要素形状〈プリミティブ〉設定)、CGC (I カード: 幾何形状演算設定) カードは、別途、3D-StudioMAX により作成し、オフラインで組み込む。

C, R カードは不要 (空白行で現れる)。また、G, H, I, Y カードも通常は不要である。

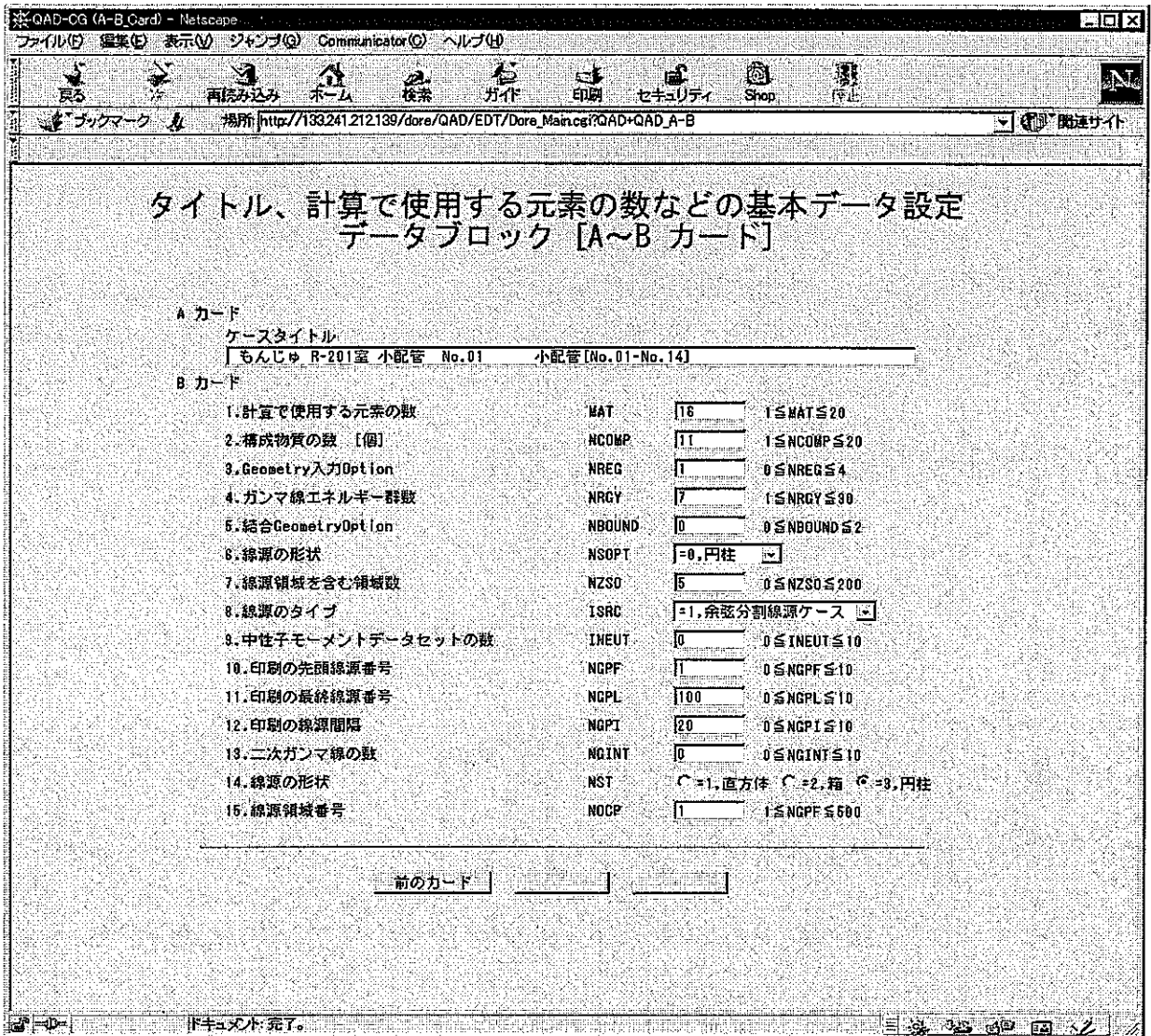


図 8.91 「タイトル、計算で使用する元素の数などの基本データ」の設定画面 (A, B, B' <14, 15 が対応>カード)

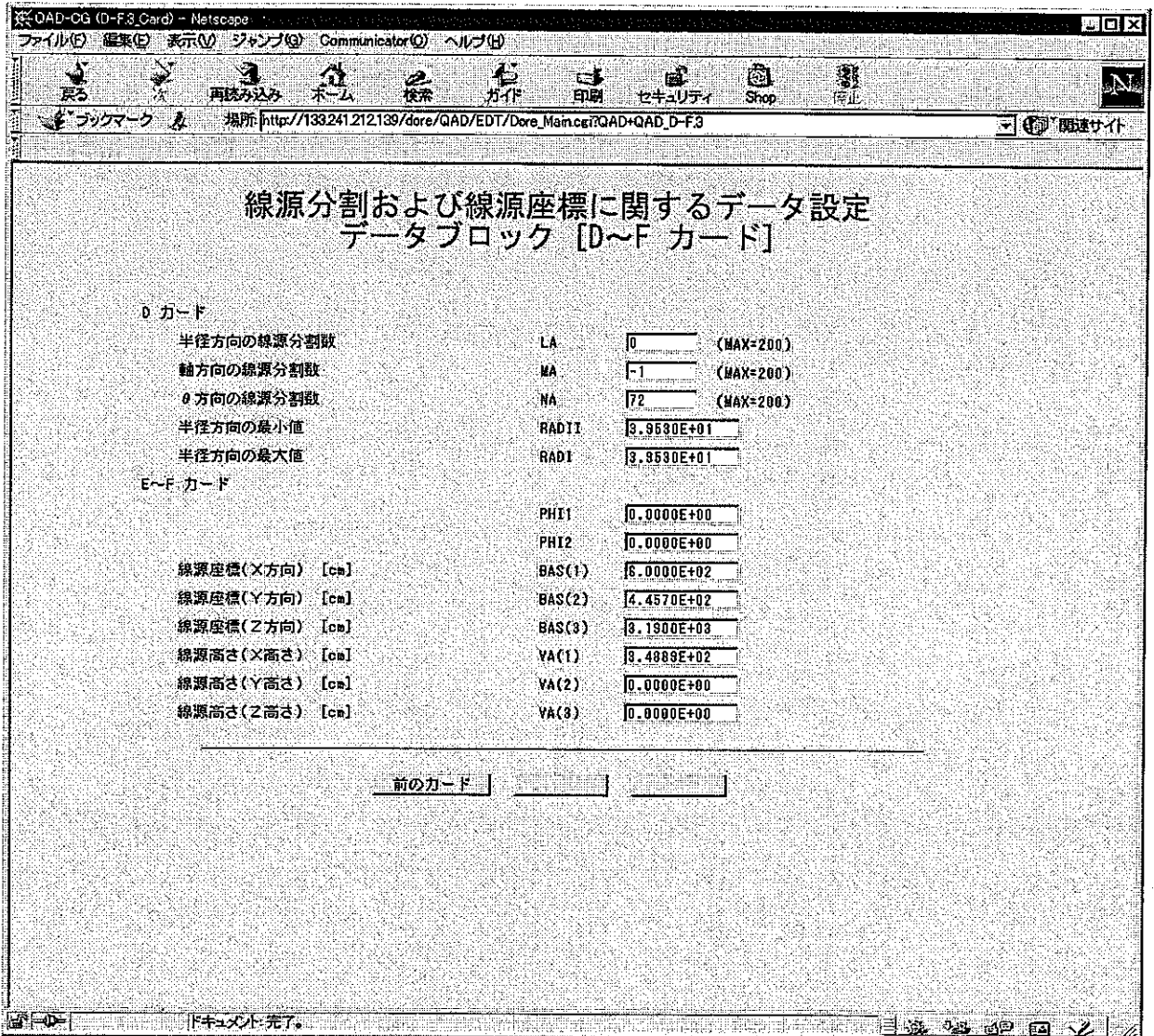


図 8.92 「線源分割および線源座標に関するデータ」の設定画面 (D~F カード)

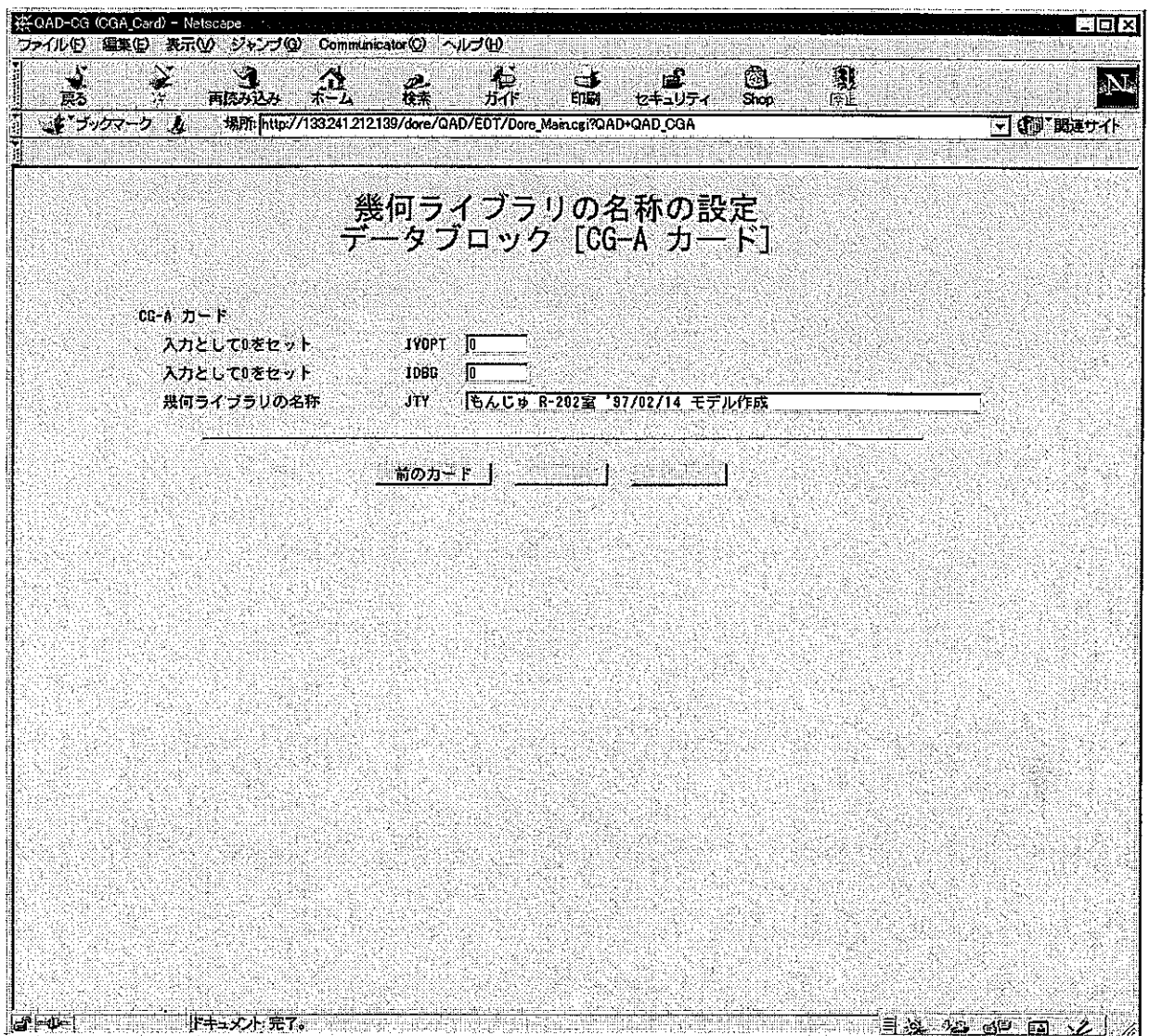


図 8.93 「幾何ライブラリの名称」の設定画面 (CG-A カード)

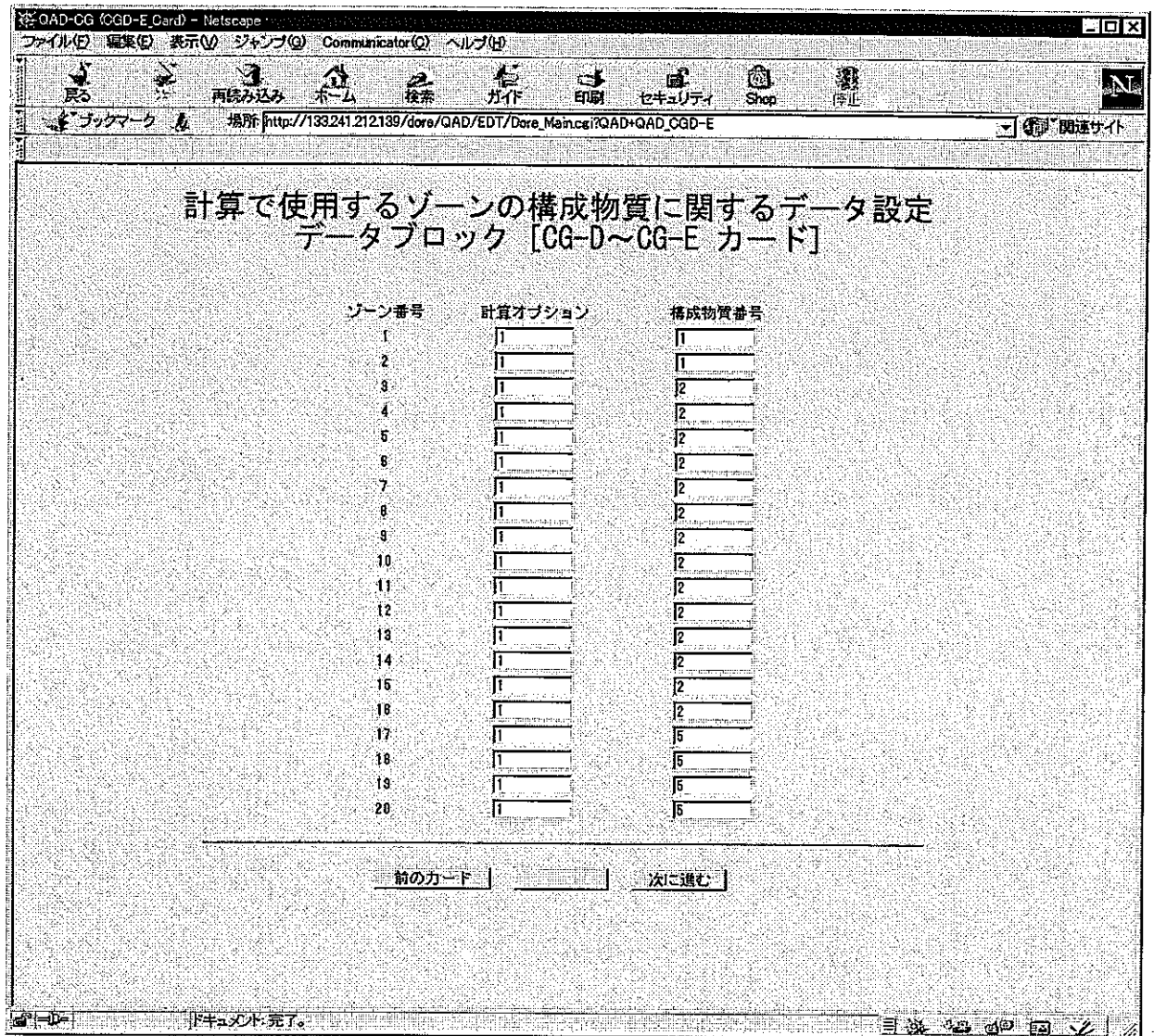


図 8.94 「計算で使用するゾーンの構成物質に関するデータ」の設定画面 (CG-D~E カード)

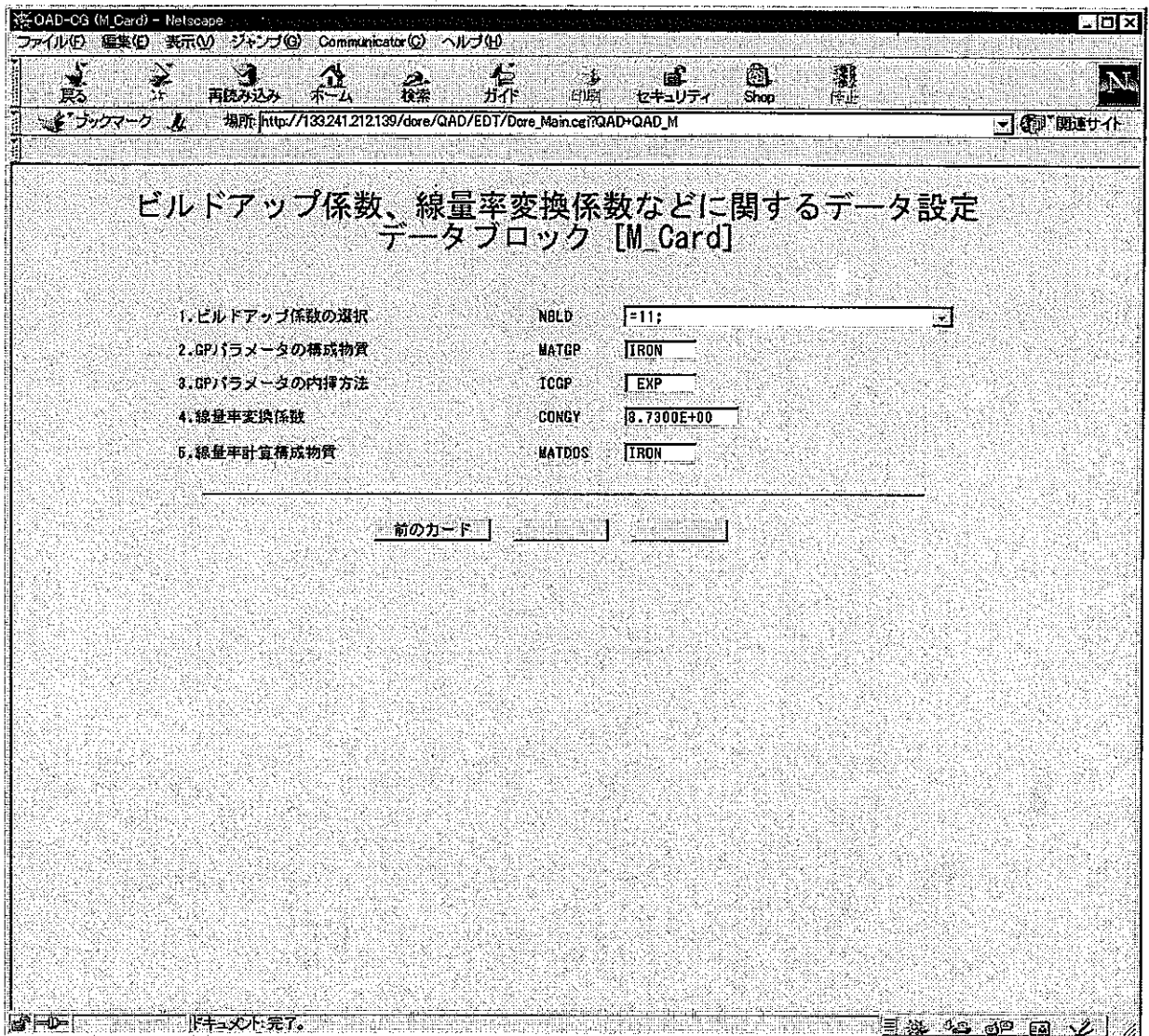


図 8.95 「ビルドアップ係数、線量当量率変換係数などに関するデータ」の設定画面 (Mカード)

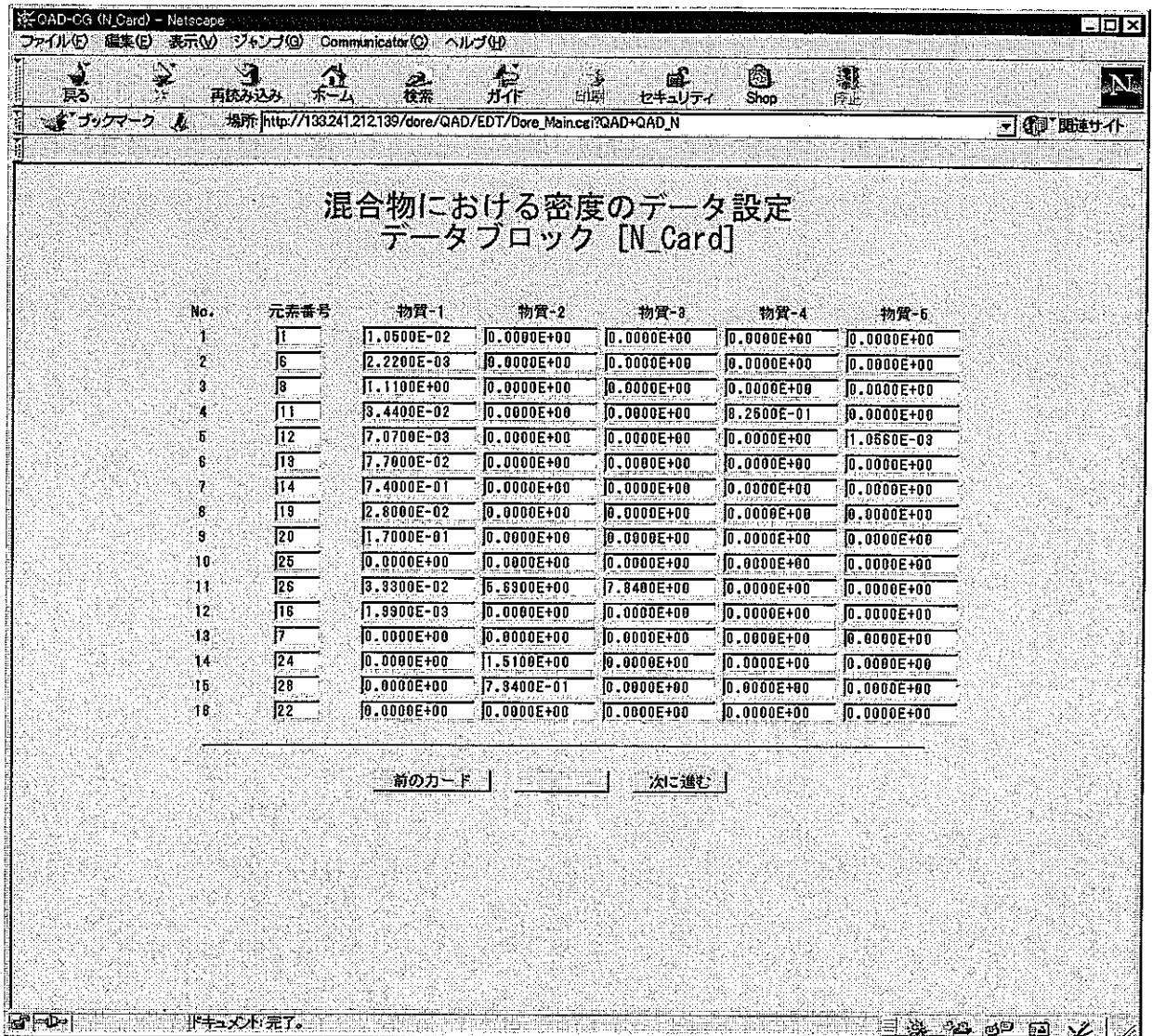


図 8.96 「混合物における密度のデータ」の設定画面 (Nカード)

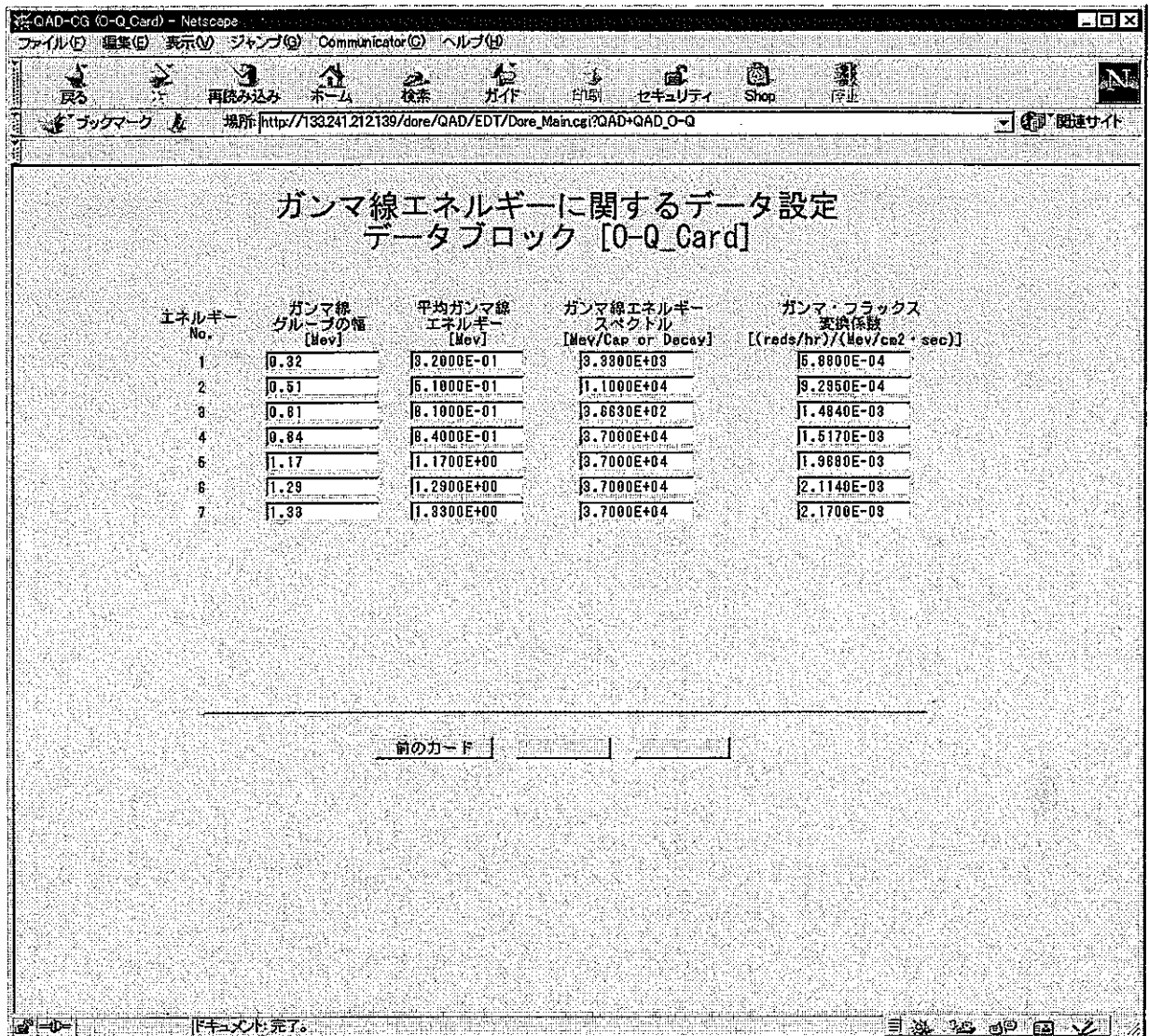


図 8.97 「ガンマ線エネルギーに関するデータ」の設定画面 (0~Q カード)

本画面のガンマ線エネルギースペクトル (P カード) としてガンマ線強度 (線量当量率変換ライブラリ計算の場合は $1\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ or $1\mu\text{Ci}/\text{cm}^3 \times$ ガンマ線放出率) を設定し、ガンマ線フラックス変換係数 (Q カード) には NRGY 値 (R/h/MeV/s) を設定する (7.4 節参照)。

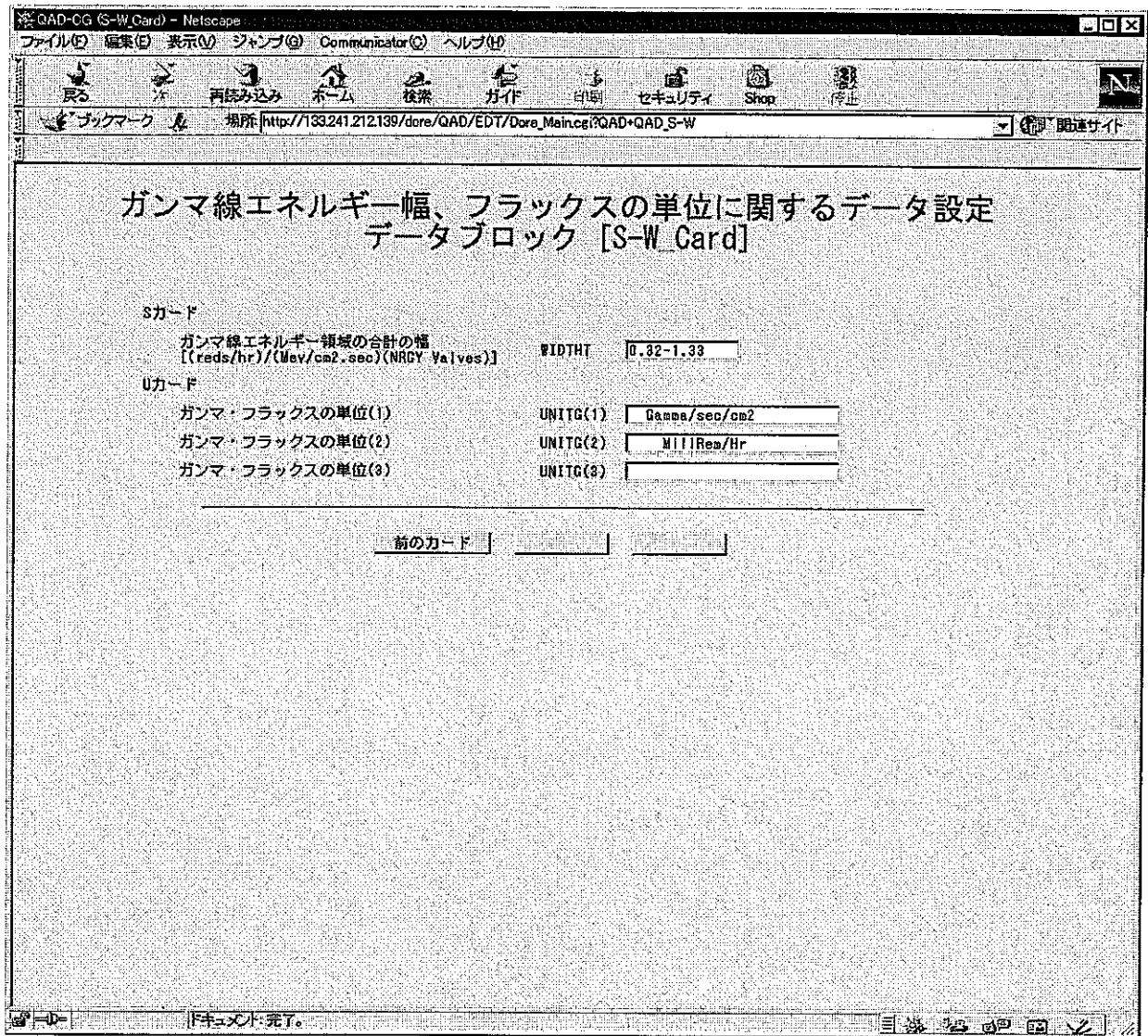


図 8.98 「ガンマ線エネルギー幅、フラックスの単位に関するデータ」の設定画面 (S~W カード)

QAD-CG (QAD-CG V2.0) プログラムの入力データ形式 (マニュアル)

A Card データブロック		<TITLE> (A80)
LTITL		A80 計算ケースのタイトル
B Card データブロック		<CONTROL> (1315)
MAT	Int	計算で使用する元素の数 ($1 \leq \text{MAT} \leq 20$) (以前のケースのカードを使用する場合は、 $\text{MAT} \leq 0$ とし、 カード 0~Mまで必要でなくなる。)
NCOMP	Int	組み立ての数 (構成物質の数) $1 \leq \text{NCOMP} \leq 40$
NREG	Int	Geometry 入力転換 模擬のプラスの数値に等しくする。 (なにか適当なプラスの値にする。) 以前のGeometry入力を使用する場合は、 $\text{NREG} \leq 0$ とする。
NRGY	Int	ガンマ線エネルギーの群数 ($1 \leq \text{NRGY} \leq 30$)
NBOUND	Int	結合Geometry では使用しない。よって"0"を入力する。 (使用していない)
NSOPT	Int	線源の形態 NSOPT=0 ; シリンダー NSOPT=1 ; 直方体 NSOPT=2 ; 球
NZSO	Int	もっとも有望な、線源領域すなわちソース・ポイントを含みそ うな領域番号を入れる。(使用していない)
ISRC	Int	線源のタイプ ISRC=0 ; 以前のケースで使用された線源 ISRC=1 ; 余弦分割線源ケースの使用 ISRC=2 ; 線源にそれぞれの座標軸にそって入力に重みをつけ て計算する。
INEUT	Int	$\text{INEUT} \leq 0$; ガンマ線の計算 $\text{INEUT} > 0$; 中性子の計算。INEUT は使用される中性子モーメ ントデータセットの数である。(≤3)
NGPF	Int	ray geometry のプリント・アウトを要求するための最初の 線源のポイント
NGPL	Int	ray geometry のプリント・アウトを要求するための最後の 線源のポイント
NGPI	Int	ray geometry のプリント・アウトのための増加の線源のポイ ントを選ぶために使用する増加ステップサイズ
NGINT	Int	増加のガンマ計算をするための数 (二次ガンマ線) 注意 ; ray geometry プリントアウトは、指定された線源ポイントか

ら検出器までそれぞれの領域を通過した距離を与えている。
 これを行なうための最初の線源ポイントはNGPF である。次の
 線源ポイントは、NGPF にNGPI を加えることにより選定される
 これは、最後のポイントに達するまで続けられる。(同じ起点
 からのray geometry は、毎回プリント・アウトされる。)
 これは、geometryの入力でのエラーさがしに役立つ。

B' Card データブロック <線源の形状> (HEC独自追加データ) (215)

NST	Int	線源の形状
		=1; 直方体 (RPP)
		=2; 箱 (BOX)
		=3; 円柱 (RCC)
NOCP	int	線源領域番号 (NOCP ≥ 1)

線量率ライブラリを作成するために、計算体系に含まれる線源領域を管理するためのユニークな一貫番号を付ける。

C Card データブロック <ブランク>

ASO	Real	ASO, XISO(i, j)ともに=0.0であるため、ブランク行とする。
XISO(i, j)	Real	

D Card データブロック <線源の分割> (HEC独自追加データ) (315, 3E10.3)

LA	Int	半径方向の線源分割数 (MAX=200)
MA	Int	軸方向の線源分割数 (MAX=200)
NA	Int	θ方向の線源分割数 (MAX=200)
		'=-1' とすると10cm 間隔のメッシュに分割される。
		'= 0 ' とすると面線源となる。
RADII	Real	半径方向の最小値 (cm)
RADI	Real	半径方向の最大値 (cm)

E Card データブロック <線源の座標> (HEC独自追加データ) (10X, 6E10.3)

(円柱線源の場合) (線源の向き) (直方体線源の場合) (線源の向き)

BAS(1)	Real	X 方向	X1	Xmin
BAS(2)	Real	Y 方向	X2	Xmax
BAS(3)	Real	Z 方向	Y1	Ymin
VA(1)	Real	X 高さ	Y2	Ymax
VA(2)	Real	Y 高さ	Z1	Zmin
VA(3)	Real	Z 高さ	Z2	Zmax

F Card データブロック <ゼロセット&サブタイトル> (215, 10X, 10A6)

ILOPT	Int	QAD 入力としてゼロとしてセット
-------	-----	-------------------

IDBG	Int	QAD 入力としてゼロとしてセット
JTY	10A6	geometry (21-80 カラム) でのタイトル
G Card データブロック		<立体型の指定> (2X, A3, 1X, I4, 6E10. 3)
ITYPE	A3	立体型のタイプ。立体型データの読み込み終了(END)まで指定。 (RPP, BOX, RCC, etc)
IALP	Int	ユーザによって割り当てられる立体型番号 (入力するすべての立体型は、1から始まる継続した番号で作らなければならない) ブランクにした場合番号は、継続的に割り当てられる。
FPD(I)	Real	表 3-1 に示される立体型に要求される実数データ。
H Card データブロック		<立体型入力の END> (2X, A3)
END	A3	END
I Card データブロック		<領域(ゾーン)の指定> (2X, A3, I5, 9 (A2, I5))
IALP	A3	入力領域(以下、ゾーン)を定義するカードのそれぞれのセットの最初のカードは、ブランクでなく、何かを入力(例、物質名 SUS)しなければならない。もし、IALPがブランクの場合、このカードは、直前のカード行の続きとして取り扱われる。
NAZ	Int	この入力ゾーンで限定される立体型を残せるゾーンの合計数 (いくつかのゾーンは、一度以上計算するかもしれない)
IIBIAS(I)	A2	JYT(I)でゾーンを入力する場合、必要なら"OR"記号を指定する。
JTY(I)	Int	立体型を組み合わせるゾーンを入力する場合に、必要に応じて (+) 又は (-) 記号を付した立体番号を用いて指定する。
J Card データブロック		<ゾーン入力の END> (2X, A3)
END	A3	END
K Card データブロック		<" 1 "の入力> (14I5)
MRIZ(I)	Int	QADでは必要としない。従って、すべて1を入力。 入力の数は、カードIで入力したゾーンの数とする。
L Card データブロック		<ゾーンの物質指定> (14I5)
MMIZ(I)	Int	カードIで定義したゾーンの構成物質の指定は、カードNで定義される物質番号を用いて指定する。 MMIZ(I)のIは、1からNCOMPまでの範囲でなくてはならない。
M Card データブロック		<物質の構成元素の指定> (8(I5, I4))
NBLD	Int	QAD-CG GP2Ver. のビルドアップの指定) " 11 " を指定
MATZ1	Int	最初の元素として設定する元素の原子番号

MATZ2	Int	二番目のエレメントとして設定する元素の原子番号
.	.	.
.	.	.
.	.	.
MATZn	Int	最後のエレメントとして設定する元素の原子番号 MATZn数=MATの数 (カード B)

M' Card データブロック **<ビルドアップ補正物質の指定>** (A4, X, 3A, 2X, F4. 2, 2X, 4A)

4A	QAD-CG GP2Ver. でのビルドアップを補正する物質の指定 (CONC, IRON, AIR, WATE, LEAD)
3A	“ EXP ” を指定
Real	“ 8.73 ” を指定
4A	本CARDの先頭物質と同じ物質を指定

N Card データブロック **<物質の元素及び成分密度の指定>** (8E9.4)

COMP1	Real	この混成物での最初の元素の成分密度 (g/cm ³)
COMP2	Real	この混成物での二番目の元素の成分密度
.	.	.
.	.	.
.	.	.
COMPn	Real	この混成物での最後の元素の成分密度

注意; 同様な密度 (g/cm³) のリストは、それぞれの混成物について含まれなければならない。カードMで指定した順番に、COMPn セット入力する。COMPn数=MAT数 (カード B)

O Card データブロック **<エネルギー群構造>** (8E9.4)

EBAR	Real	それぞれのグループでの平均ガンマ線エネルギー (MeV) (NRGY 個 (カード B))
------	------	---

P Card データブロック **<線源強度>** (8E9.4)

GAMEN	Real	ガンマ線量エネルギースペクトル。(γ/cm ³ /sec) それぞれのガンマ線エネルギーグループに対して指定する。 (NRGY 個 (カード B))
-------	------	---

Q Card データブロック **<線量当量率換算係数>** (8E9.4)

CONV	Real	ガンマ フラックス→線量への転換係数。 それぞれのガンマ線エネルギーグループに対して指定する。 例、(mR/hr)/(γ/cm ² /sec)の単位で指定した場合、計算結果
------	------	---

の単位は、(mR/hr) 及び (μ Sv/hr) となる。
 また、(μ Gy/hr)/($\gamma/cm^2/sec$)の単位で指定した場合、カード M' の " 8.73 " を " 1.00 " とすれば、計算結果の単位は、(μ Gy/hr) 及び (μ Sv/hr) となる。
 (NRGY 個 (カード B))

R Card データブロック
 FEABSG

<ブランク>
 ブランク行。(行数=カード Q 行数)

S Card データブロック
 WIDTH 2A6

<OUTPUTの表記> (2A6)
 ガンマ線エネルギー領域の合計の幅
 (例 0.1 - 4.0)

T Card データブロック
 WIDTHG(1) 2A6
 WIDTHG(2) 2A6
 .
 .
 .

<OUTPUTの表記> (6(2A6))
 最初のガンマ線グループの幅 (例 4.0 - 3.0)
 二番目のガンマ線グループの幅
 .
 .
 .
 最後のガンマ線グループの幅

U Card データブロック
 UNITG 4A6

<OUTPUTの表記> (3(2A6))
 ガンマ フラックスの単位
 (例、GAMMA /cm² /sec)

UNITG 4A6

カードQ に一致するガンマ線量率の単位
 (例、mR /hour)

UNITG 4A6

カードQ に一致するガンマ線量率の単位
 (例、MICRO Sv /hour)

V Card データブロック
 WTG Real

(NGINT>0の時、必要) (8E9.4)

WTG Real

最初のガンマ線エネルギー・グループの転換係数
 二番目のガンマ線エネルギー・グループの転換係数

.
 .
 .

WTG Real

最後のガンマ線エネルギー・グループの転換係数

注 意 ; 望んでいる他の単位を得るためのガンマ線エネルギー・フラックスを転換するための転換係数がある。これらの係数はNGINTセット数 (カード B) なくてはならない。

W Card データブロック (NGINT>0の時、必要) (3(4A6))
 UNITGI 4A6 これらの増分の量のそれぞれの単位はカード Vの転換係数に一致する。これらの単位は、タイトルの出力に使用される。

X Card データブロック <計算点の座標> (HEC独自追加データ) (2I5, 3E10. 4, A40)
 NORC Int 評価点の番号 (NORC \geq 1)
 線量率ライブラリを作成する時、評価点を管理するためにユニークな一貫番号を付ける。
 NRCOPT Int Receiver Geometry オプション
 =0; 円柱 (RCC)
 =1; 直方体 (RPP)
 =2; 球 (SPH)
 RRC Real R, X, ρ detector 座標 (cm)
 ZRC Real Z, Z, θ detector 座標 (cm, radians)
 PHIRC Real ψ , Y, ψ detector 座標 (cm, radians)
 LRNAM A40 評価点の名称

注意; NRCOPT で指定したオプションに合わせてRRC, ZRC, PHIRCの座標値を指定する。

(例、NRCOPT=1の場合、RRC, ZRC, PHIRCの座標値は、" X, Z, Y")

Y Card データブロック <計算継続終了オプション> (I5)
 NORC Int 評価点データ オプションでカード Xの終了を意味する。
 =-1 ; 本 problem セットの終了の信号
 =-2 ; 本 problem セットは継続する信号

(注記) 本入力データ形式は、高速炉保修用線量評価システム (DORE) で用いる QAD-CG GP2 計算用である。

8.4 QADLIST プログラムの入力データ設定

(1) 画面による設定

起動画面（図 8.2）の「線量当量率編集プログラム QADLIST」（図 8.6）の「2. 入力データ編集」の画面（図 8.8）から「2. 編集画面へ」を選択すると、「線量当量率編集プログラム QADLIST 入力データ・インデックス」用画面である図 8.100 が表示される。そして、これにハイパーリンクされた図 8.101 から図 8.104 の画面で入力データの設定を実施する。

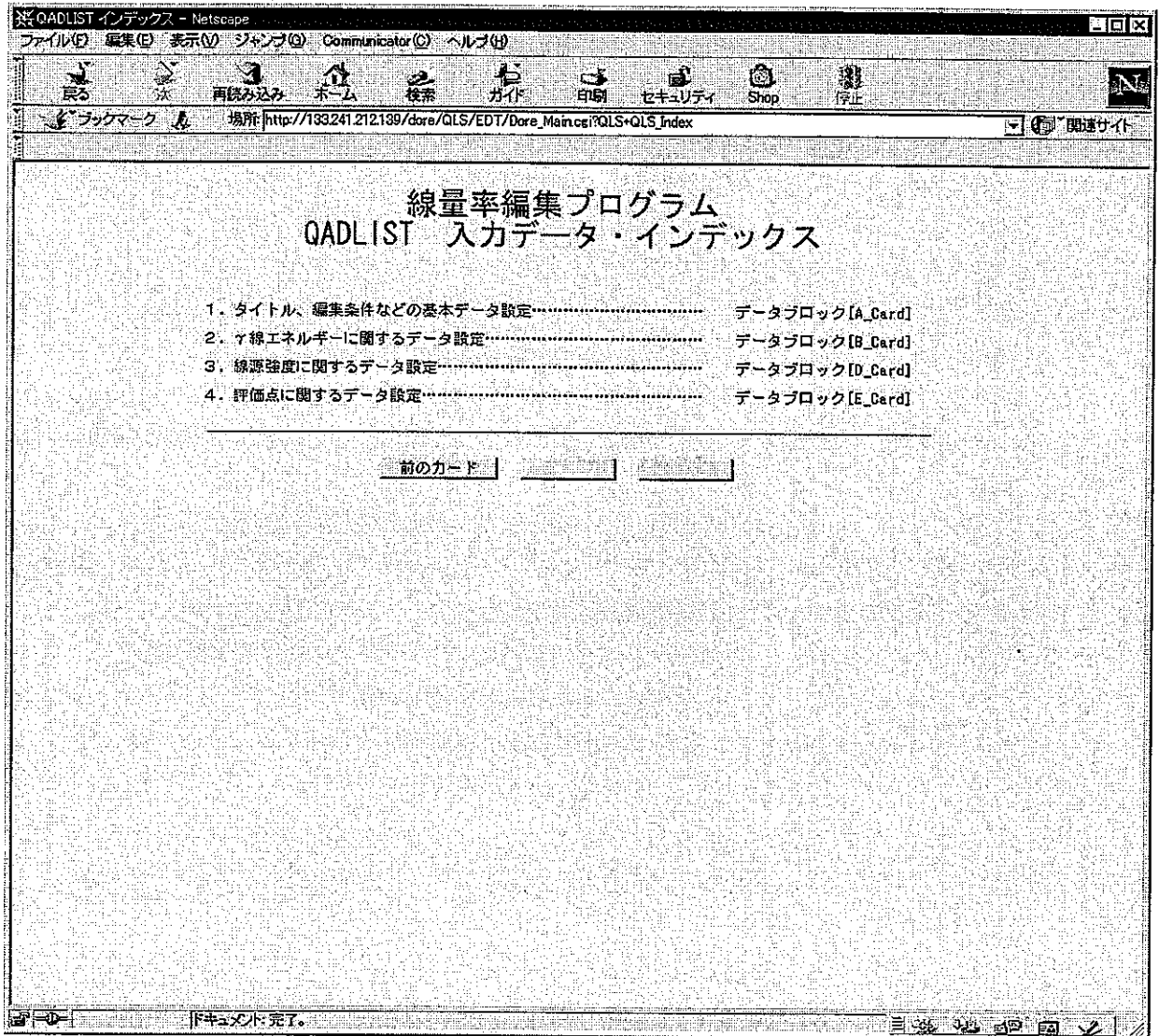


図 8.100 「QADLIST 入力データ・インデックス」の設定画面

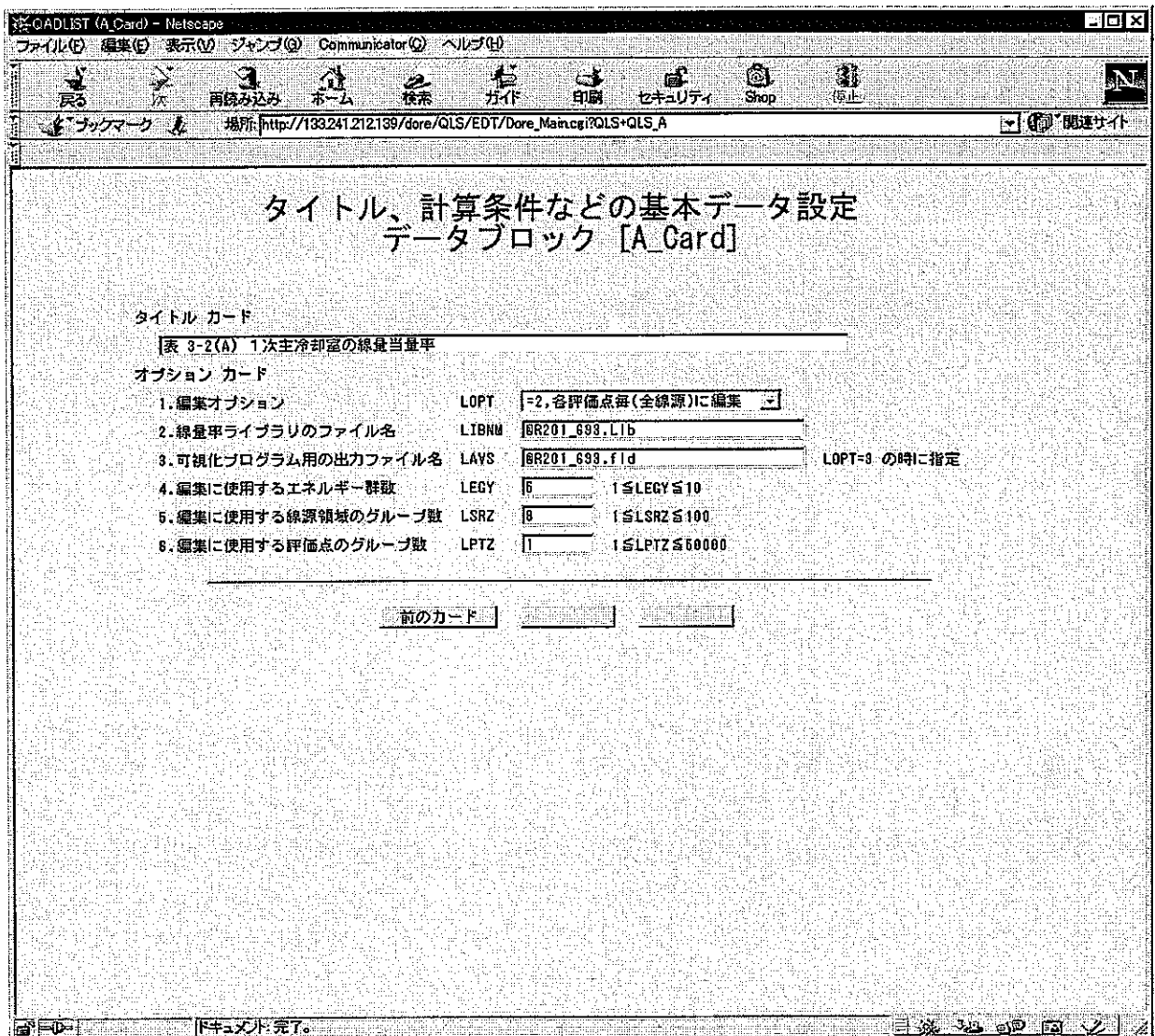


図 8.101 「タイトル、計算条件などの基本データ設定」の画面 (A カード)

関連するファイルの拡張子は表 6.4 参照。

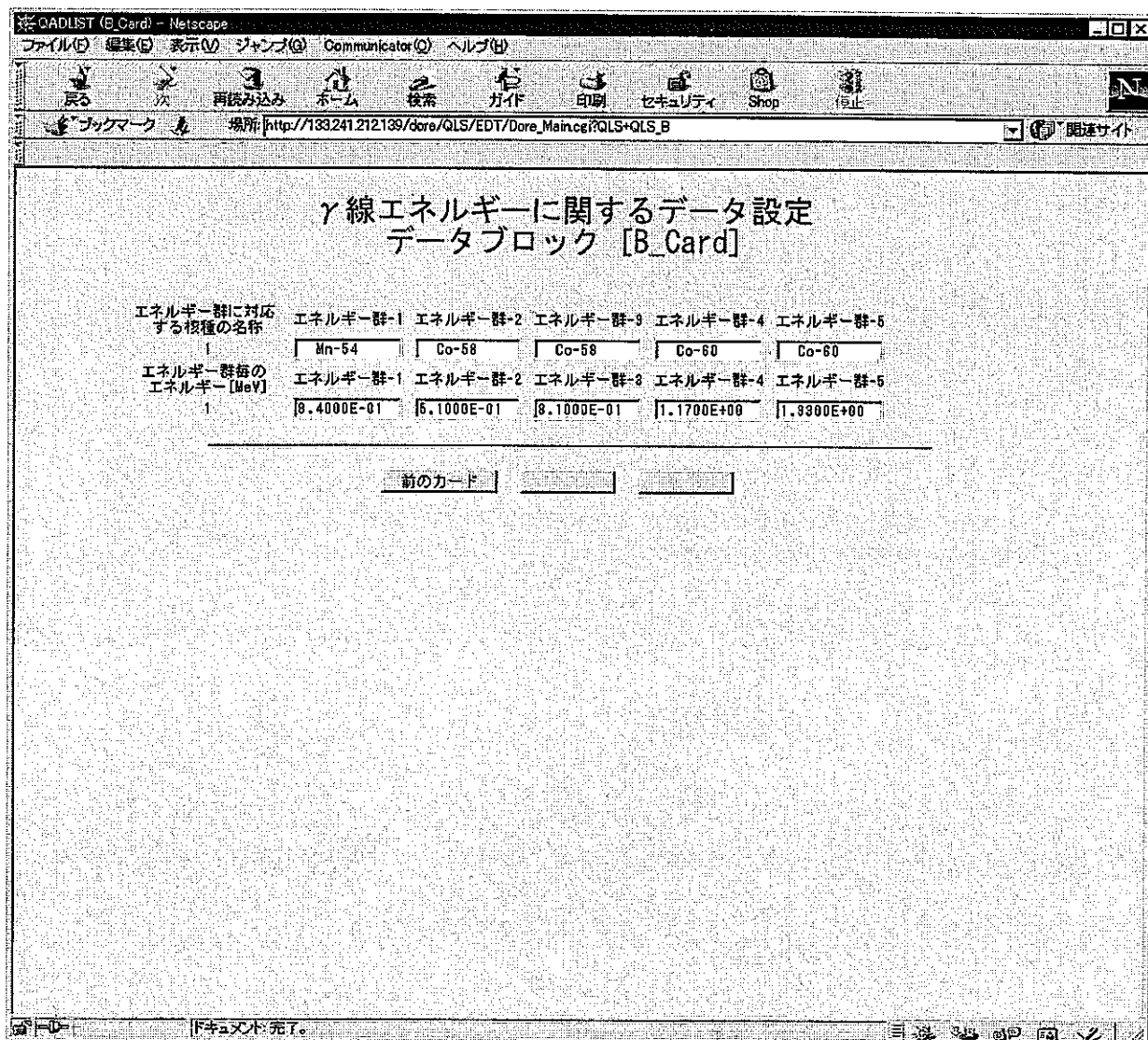


図 8.102 「γ線エネルギーに関するデータ設定」の画面 (Bカード)

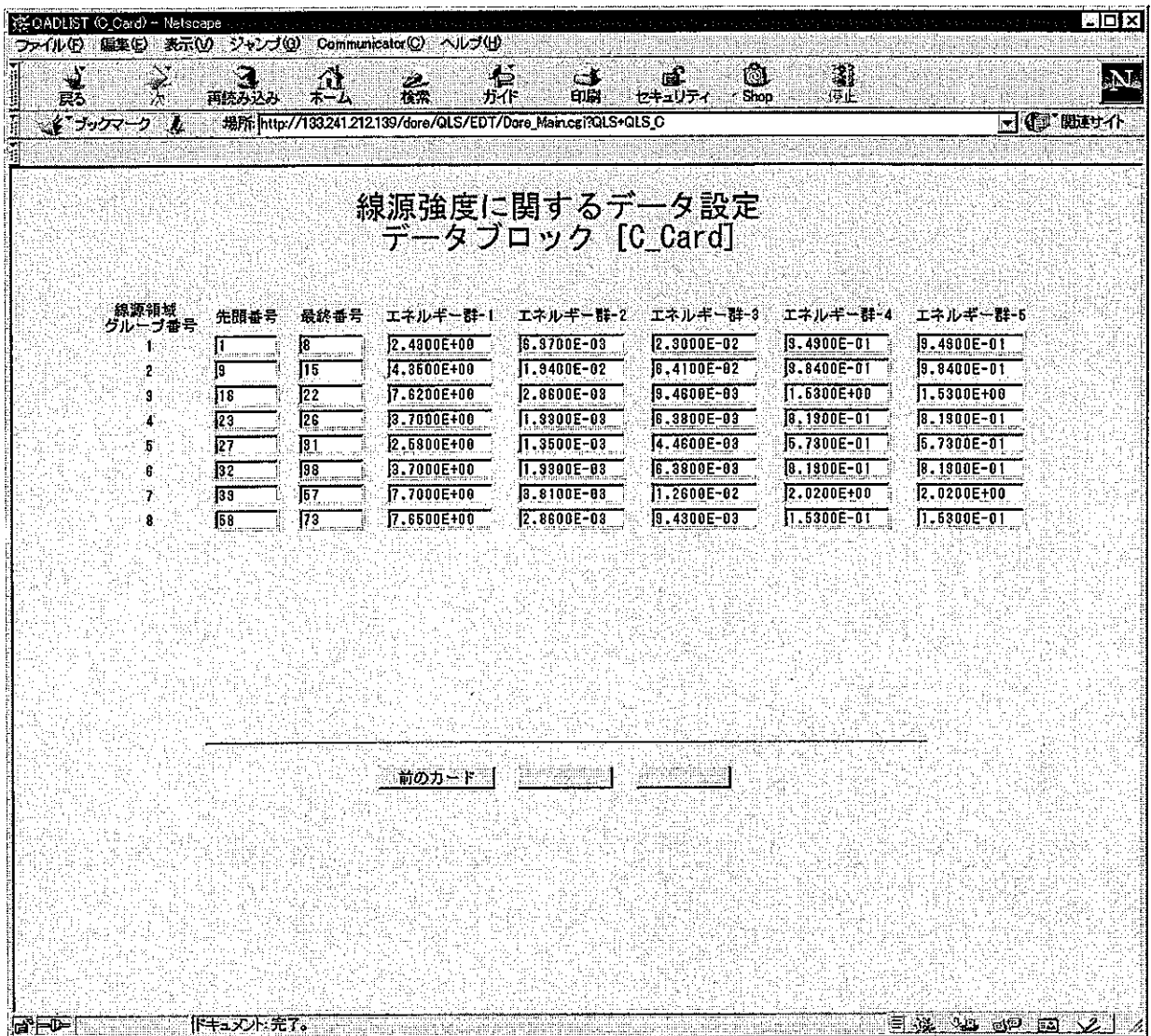


図 8.103 「線源強度に関するデータ設定」の画面 (Cカード)

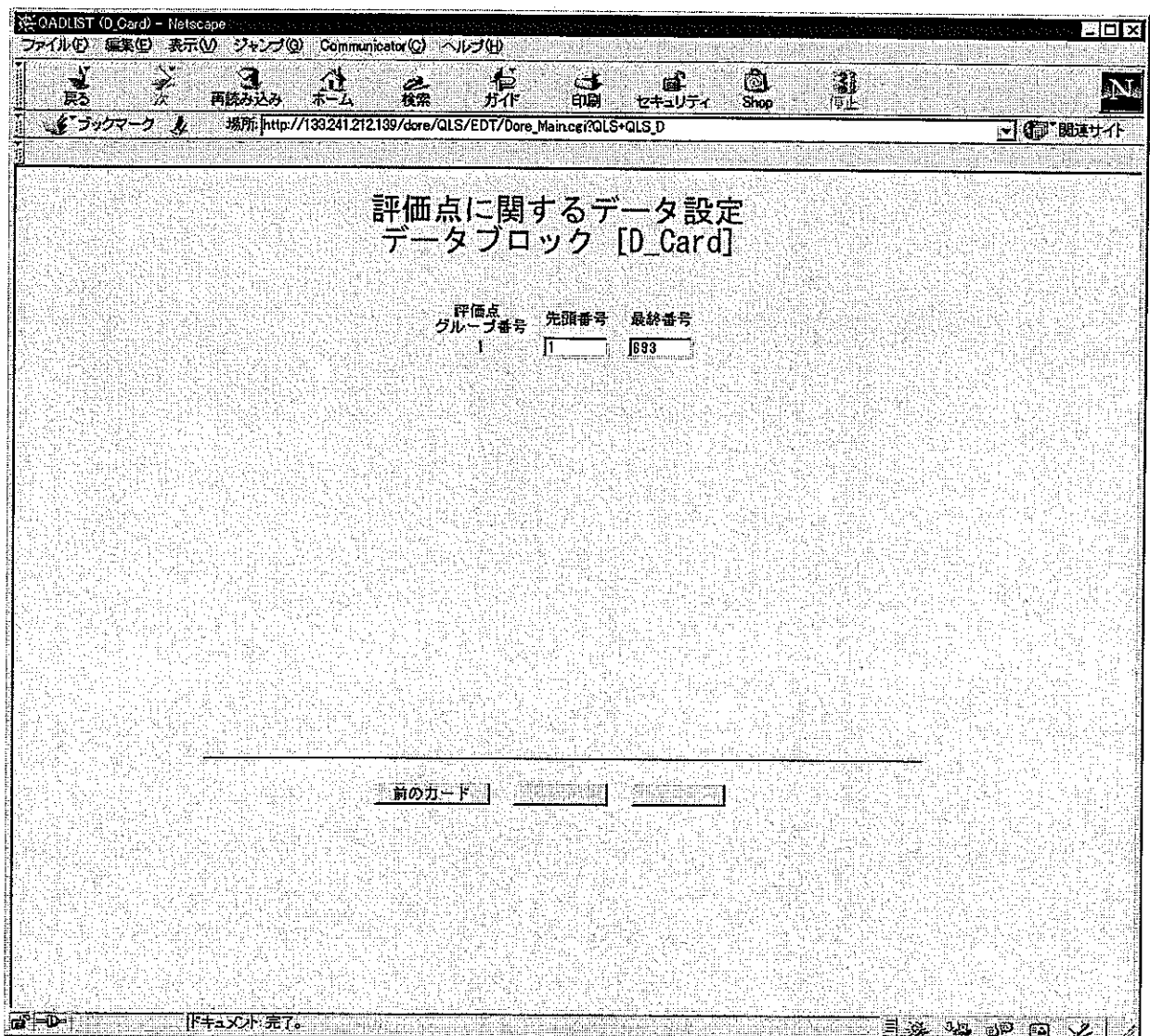


図 8.104 「評価に関するデータ設定」の画面 (Dカード)

(2) QADLIST プログラムの入力データ形式 (マニュアル)

A Card データブロック

LTITL	A80	計算ケースのタイトル
LIBNM	A32	線量当量率ライブラリのファイル名
LOPT	Int	編集オプション = 1; 各線源、各計算点毎に集計し、編集出力する。 = 2; 各計算点毎に全線源の寄与を集計し、編集出力する。 = 3; 全計算ケースの全線源の寄与を集計し、 可視化ソフトのAVSへのデータを作成する。
LAVS	A32	可視化ソフト (AVS) へのファイル名 但し、拡張子は、".fld" でなければならない。 また、このデータは、LOPTが3の時、指定する。
LEGY	Int	編集に使用するエネルギーの群数 ($1 \leq \text{LEGY} \leq 10$)
LSRZ	Int	編集に使用する線源領域のグループ数 ($1 \leq \text{LSRZ} \leq 100$)
LPTZ	Int	編集に使用する評価点のグループ数 ($1 \leq \text{LPTZ} \leq 50000$)

B Card データブロック

EENG(i)	Real	エネルギー群毎のエネルギー [MeV]
LELM(i)	A8	エネルギー群に対応する核種の名称 ここで、iは、編集に使用するエネルギーの群数

C Card データブロック

LSRC(1, j)	Int	線源領域に対する先頭線源番号
LSRC(2, j)	Int	線源領域に対する最終線源番号
FACT(i, j)	Real	上記、線源領域に対するエネルギー群毎の線源強度 ここで、jは、編集に使用する線源領域のグループ数

D Card データブロック

LPNT(1, k)	Int	評価グループに対する先頭計算点番号
LPNT(2, k)	Int	評価グループに対する最終計算点番号 ここで、kは、編集に使用する評価点のグループ数

```
## 8.5 評価点自動生成 プログラム Pointの入力データ設定と計算実行 (マニュアル)
```

```
##
```

```
##
```

```
## この補助プログラムは、QAD-CGの入力データで、可視化の計算を行う時、  
## 評価点データ (X-Card) をオフライン処理で生成するためのものである。  
##
```

```
##
```

```
##
```

```
## 入力データの説明
```

```
##
```

```
## NX, NY, NZ : X-軸の座標点数、Y-軸の座標点数、Z-軸の座標点数
```

```
## (XDST (I), I=1, NX) : X-軸の座標 [cm]
```

```
## (YDST (I), I=1, NY) : Y-軸の座標 [cm]
```

```
## (ZDST (I), I=1, NZ) : Z-軸の座標 [cm]
```

```
##
```

```
##
```

```
## ◎計算データ
```

```
## (1) P201_693.dat
```

```
## X軸-7点、Y軸-11点、Z軸-9点
```

```
## (2) P407_605.dat
```

```
## X軸-11点、Y軸-11点、Z軸-5点
```

```
## (3) P111_Room.dat
```

```
## X軸-22点、Y軸-14点、Z軸-23点
```

```
##
```

```
##
```

```
## 実行プログラム (RunPoint)
```

```
make
```

```
date
```

```
qadPoint.exe < P201_693.dat > P201_693.out
```

```
qadPoint.exe < P407_605.dat > P407_605.out
```

```
qadPoint.exe < P111_Room.dat > P111_Room.out
```

```
qadPoint.exe < P111_ECO.dat > P111_ECO.out
```

```
date
```

```
## 入力データサンプル (P201_693.dat)
```

```
## 7 11 9
```

```
## -200.0 -100.0 0.0 100.0 200.0 300.0 400.0
```

```
## 250.0 300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 900.0 1000.0 1100.0
```

```
## 1150.0
```

```
## 2600.0 2700.0 2800.0 2900.0 3000.0 3100.0 3200.0 3300.0 3400.0
```

8.6 3D StudioMAX の操作

本節では、PC（クライアント）上で稼動する 3D Studio MAX RELEASE 3 の基本操作に関して、その概要を説明する。

(1) 起動

- ① 3D Studio MAX RELEASE 3（以降 MAX と呼ぶ）インストールが完了し、ハードキーが正しく設定されていることを確認して下さい。インストールが完了していない場合は「3D Studio MAX RELEASE 3 インストールガイド」に従ってインストールを完了して下さい。
- ② Windows タスクバーの[スタート]メニューの[プログラム(P)] [Kinetex] [3D Studio MAX R3] を選択するか、もしくは MAX（3dsmax.exe）のアイコン等をダブルクリックして起動して下さい。
- ③ 正しく起動されれば、タイトルバーに[タイトルなし - 3D Studio MAX R3]と表記された MAX の初期画面（図 8.105）が表示される。

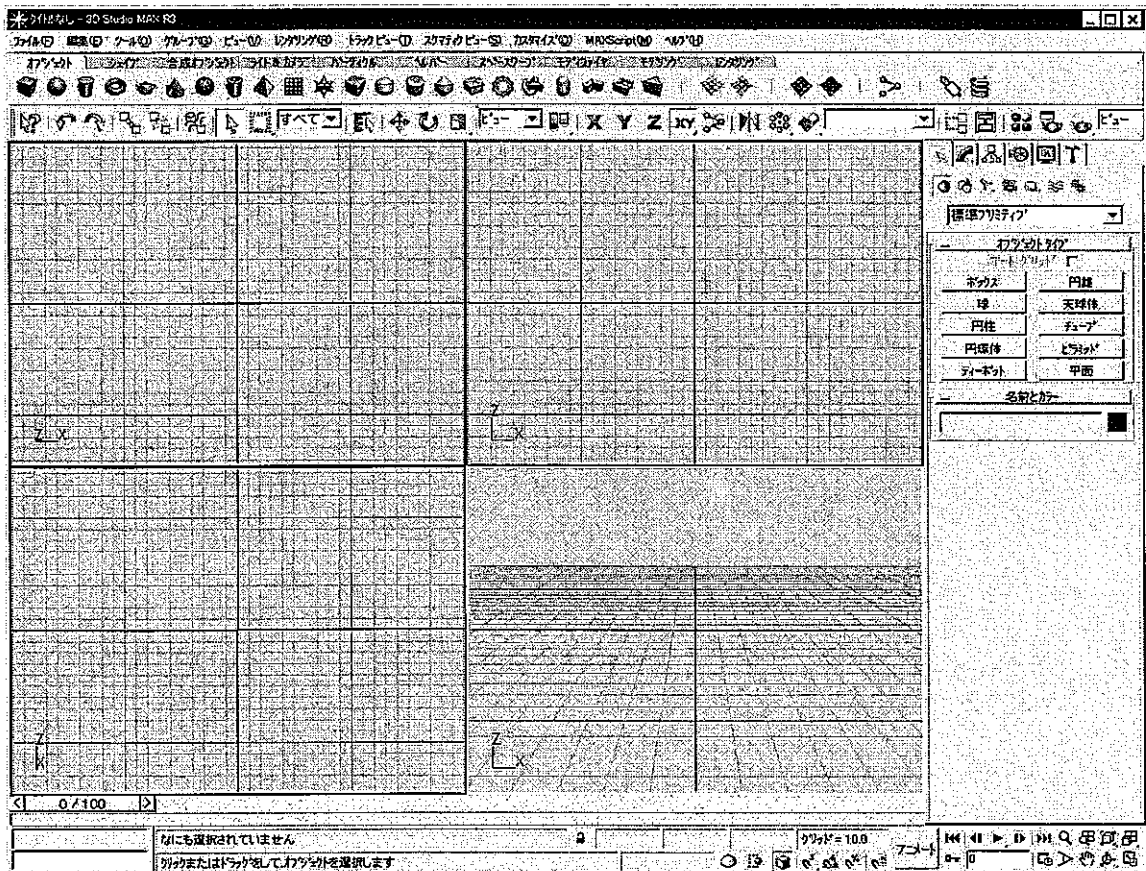


図 8.105 初期画面

(2) 新規作成

ここでは、1つの配管(太い円柱から細い円柱を引き算する)を作成する例を用いて、QAD-CGの入力データを新規作成する方法を説明する。

①Gカード情報(プリミティブ)の作成

QAD-CGの入力データ中のGカード情報を作成する。コマンドパネルで[標準プリミティブ][オブジェクトタイプ][円柱](図8.106)を選択し、[トップ]ビューポートの中心から右にドラックして半径が決定したら、マウスのボタンを放し更に上へカーソルを移動して高さが決定したらそこでクリックすることにより円柱(Cylinder01)が作成(図8.107)できる。ここでは、例えば円柱(Cylinder01)のパラメータは[半径]=10、[高さ]=50とする。

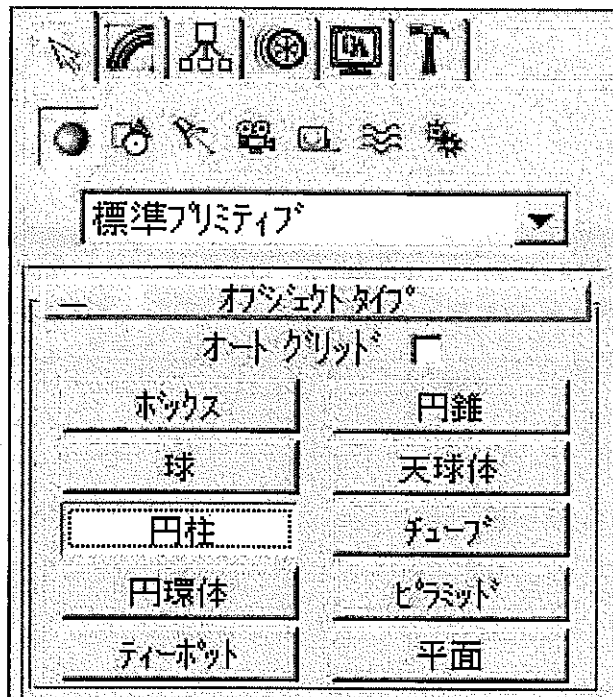


図 8.106 コマンドパネル

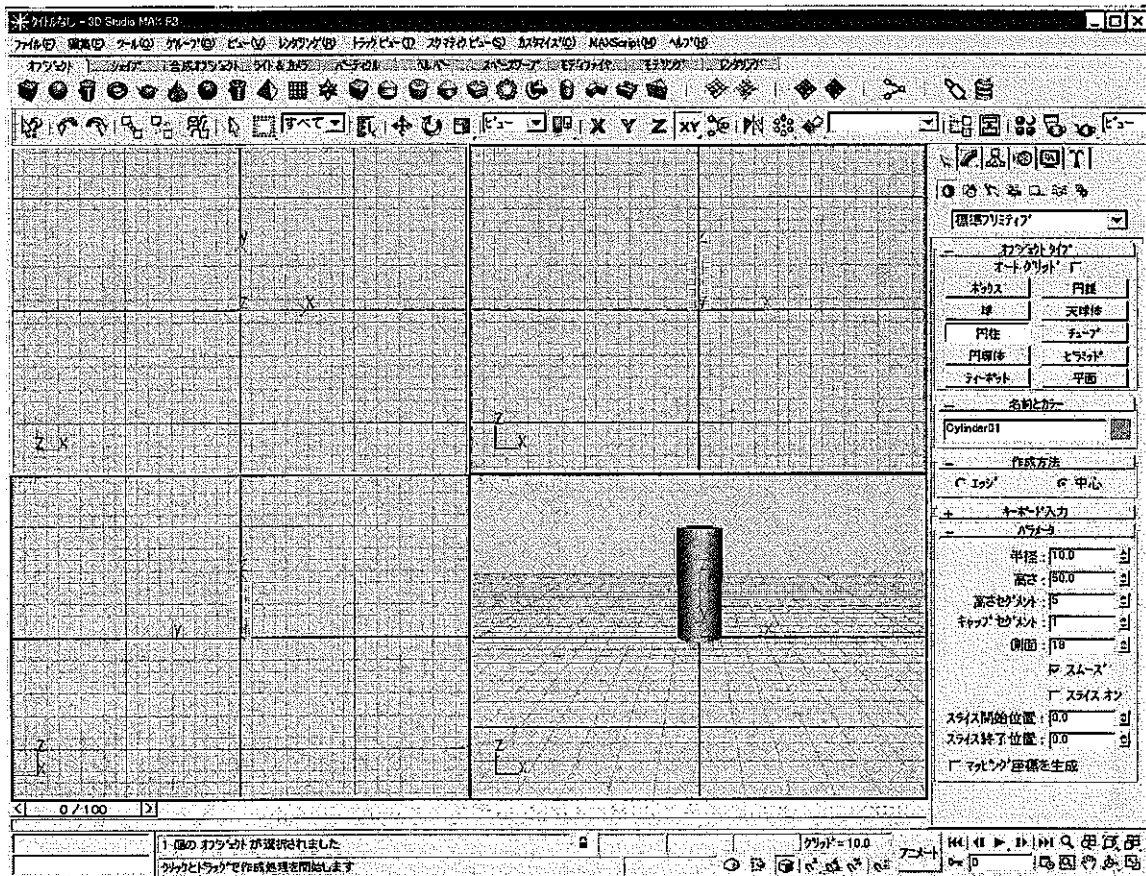


図 8.107 円柱(Cylinder01)表示画面

同様に、円柱の中心座標を同じにして、細く長めの円柱(Cylinder02)を作成する。
円柱(Cylinder02)のパラメータは[半径]=5, [高さ]=51 とする。

この操作により円柱(Cylinder01)と円柱(Cylinder02)の2つが重なって表示される(図 8.108)。

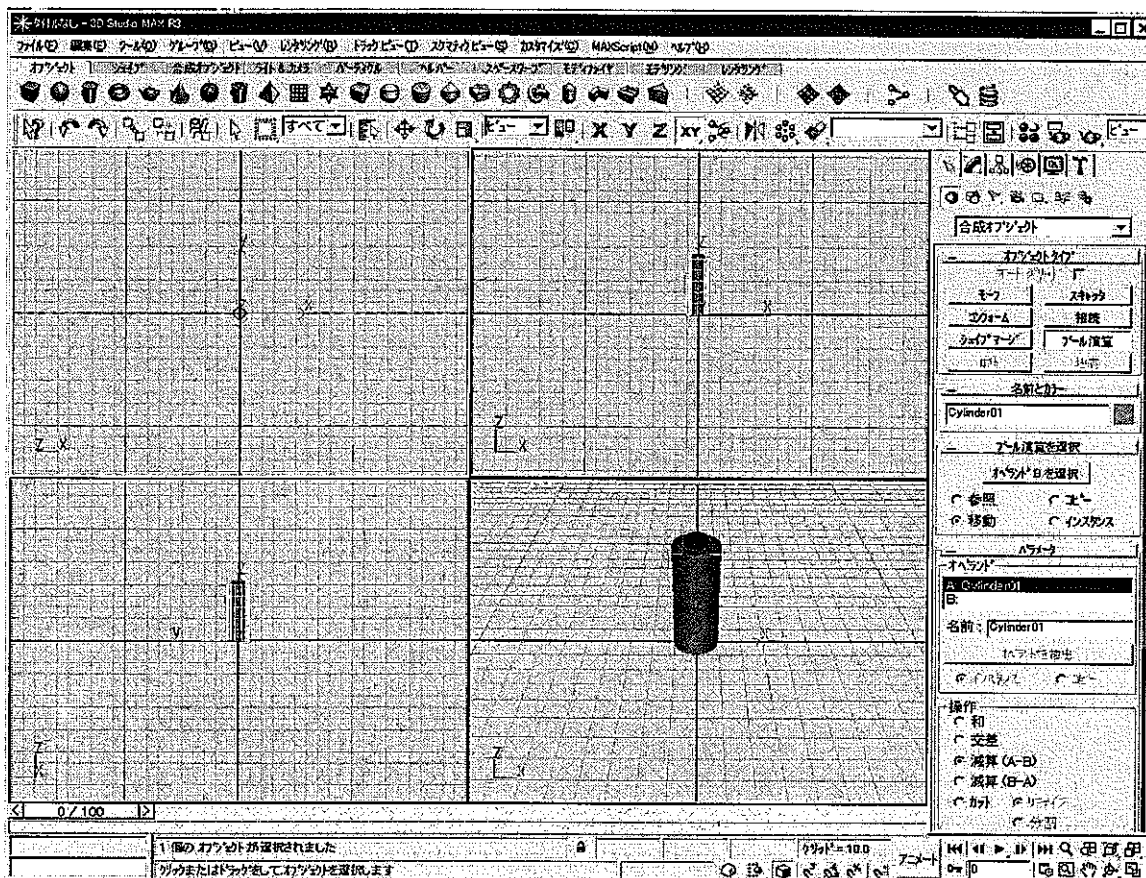


図 8.108 円柱(Cylinder01,02)表示画面

②I カード情報(論理情報)の作成

メインツールバーの[オブジェクトを選択]ボタンを選択してビューポートで円柱(Cylinder01)を選択し、コマンドパネルで[合成オブジェクト][オブジェクトタイプ][ブール演算]を選択します(図 8.109)。

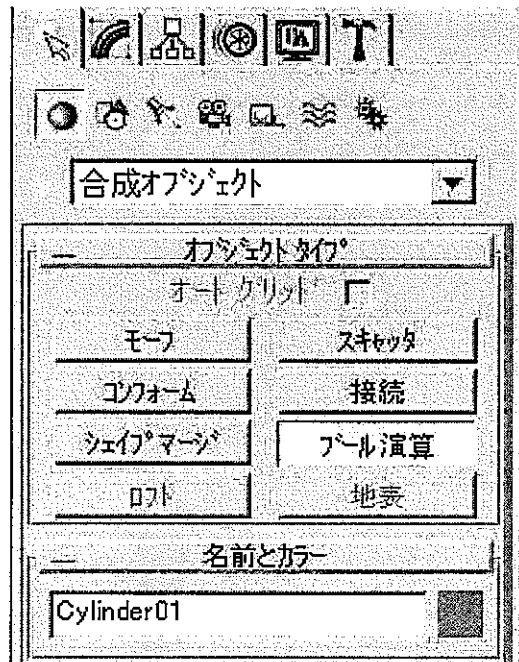


図 8.109 コントロールパネル

更に、コマンドパネルで[ブール演算を選択][ホランド B を選択]を選択し、操作から[減算 A-B]を選択します。ビューポートで円柱(Cylinder02)を選択します。

正しく操作できれば、簡単な配管状の幾何形状が作成されたことが確認できます(図 8.110)。

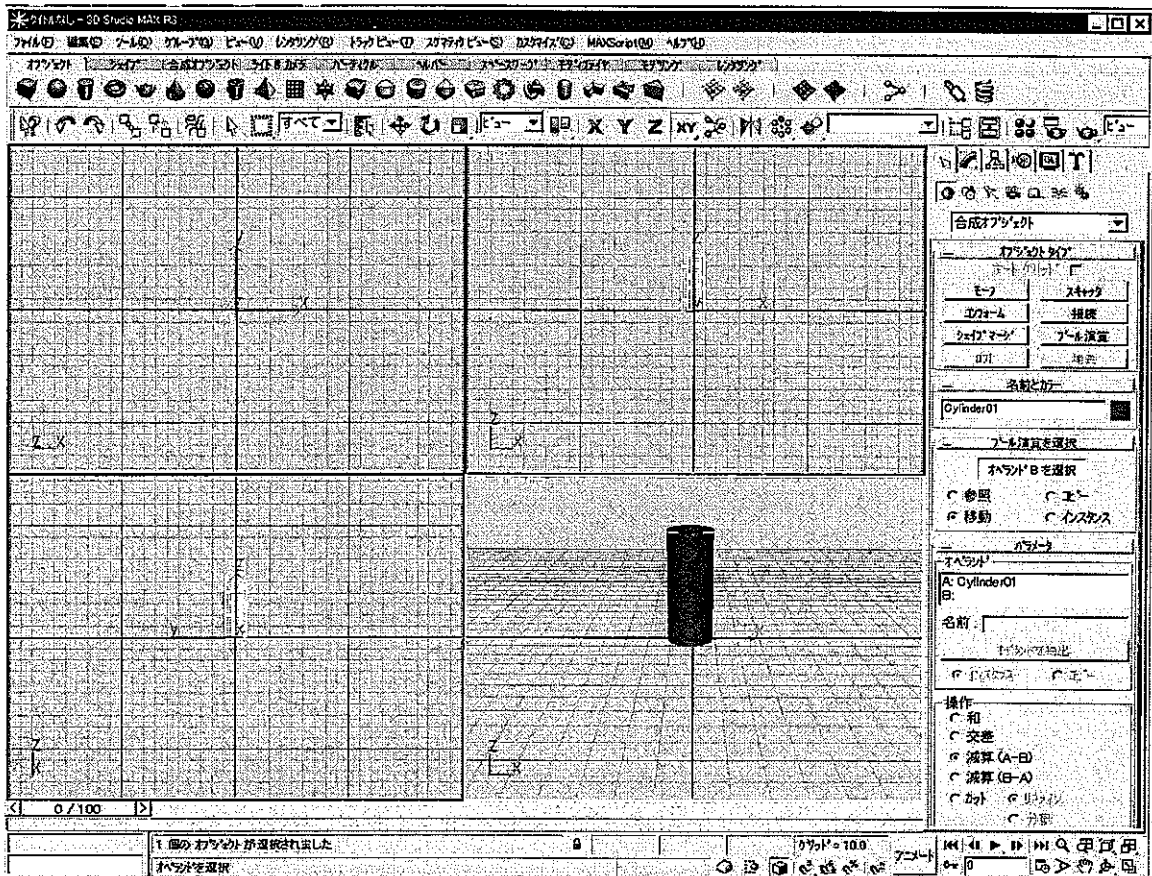


図 8.110 配管完成画面

(3) 読み込みと入力

① QAD-CG 入力データのインポート

解析コード QAD-CG の入力データの G カード情報や I カード情報のデータを MAX 上に取り込むことができます。

これには、予め DORE システムが提供する Cgimp.dle ファイル（プラグイン DLL ファイル）を MAX のプラグインディレクトリにコピーしておく必要があります。正しくコピーされていれば、MAX の [読み込み(I)...] メニュー選択時に表示される [読み込むファイルを選択] ダイアログ（図 8.111）の [ファイルの種類(T):] コンボボックス中に [Combine Geom (*.CG)] が追加されます。

このダイアログの [ファイル名(N):] に読み込むファイル名（拡張子は "cg"）を指定して、[開く(O)] を選択することにより本プラグインにより QAD-CG の入力データが MAX に入力される。

また、以下ではファイル入力処理実行時に表示される [Select Option Dialog] について説明しています。

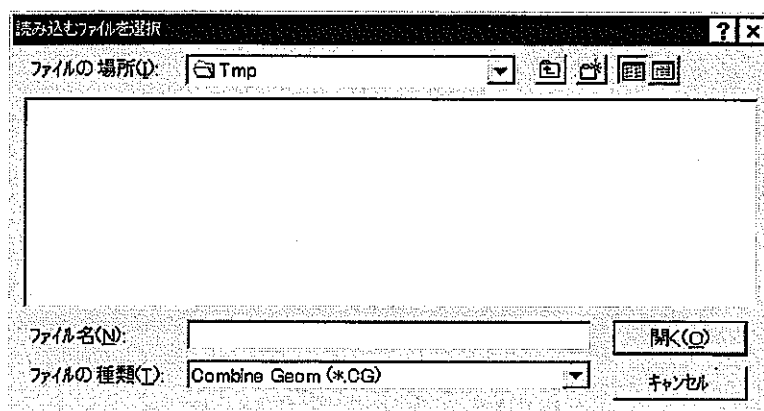


図 8.111 読み込みファイル選択ダイアログ

- Import Primitive

Gカードのみを情報入力します。有効な領域形状は、ボックス：直方体(RPP)、円柱：円形シリンダー(RCC)、WED：直三角柱体(WED)となります。

- Import Bool (Use Mesh Object)

Gカード情報及びIカード情報を入力します。この処理ではGカード情報に使用された形状を一度メッシュに変換した後、論理和にはMAX SDKのCombinMesh()を、論理差にはCalcBoolOp()を使用して、メッシュ(パッチ)オブジェクトを生成します。有効な領域形状は、ボックス：直方体(RPP)、円柱：円形シリンダー(RCC)、WED：直三角柱体(WED)となります。

- Import Bool (Use Bool Object)

Gカード情報及びIカード情報を入力します。この処理ではMAX SDKのClass IBoolObjectを使用してブール演算オブジェクトを生成します。有効な領域形状は、ボックス：直方体(RPP)、円柱：円形シリンダー(RCC)、WED：直三角柱体(WED)となります。

②MAX シーンファイルの読み込み

予め保存されているMAXシーンファイル(~.maxファイル)を開くことができます。[ファイル(F)]メニュー/[開く(O)...]を選択することにより、[ファイルを開く]ダイアログが表示されます。ここで[ファイル名(N):]を指定して、[開く(O)]を選択することにより、シーンファイルが読み込まれます。

(4) 保存と出力

①QAD-CG入力データとしてのエクスポート

MAXで定義した幾何形状を、解析コードQAD-CGのGカード情報やIカード情報として出力できます。また、出力オプションによりAVS・AVS/Expressで利用可能なデータ形式でファイル出力することができます。

これには、予め DORE システムが提供する Cgexp.dle (プラグイン DLL ファイル) ファイルを MAX のプラグインディレクトリにコピーしておく必要があります。正しくコピーされていれば、MAX の [書き出し (E)...] メニュー選択時に表示される [書き出すファイルを選択] ダイアログ (図 8.112) の [ファイルの種類 (T):] コンボボックス中に [Combine Geom (*.CG)] が追加されます。

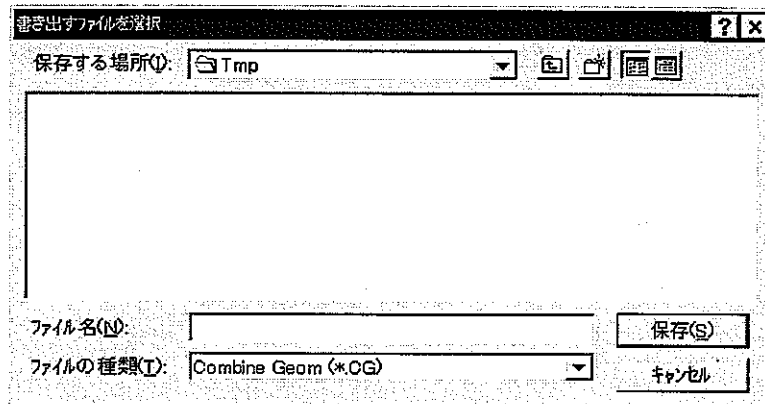


図 8.112 書き出しファイル選択ダイアログ

このダイアログの [ファイルの種類 (T):] から [Combine Geom (*.CG)] を選択し、[ファイル名 (N):] に書き込むファイル名 (拡張子は "cg") を指定します。最後に、[保存 (S)] を選択することによりデータが書き出されます。

また、以下に、出力処理実行時に表示される [Select Option Dialog] について説明します。

・Export Mesh

MAX 上のオブジェクトを 3 角形パッチ情報として出力します。フォーマットは AVS・AVS/Express の UCD データ (~.inp) ファイルです。但し、非選択・非表示のオブジェクトに関する情報は出力されません。必ず、出力情報対象オブジェクトを事前を選択しておく必要があります。

・Export Primitive

G カード情報のみを出力します。

有効な領域形状は、ボックス: 直方体 (RPP)、円柱: 円形シリンダー (RCC)、WED: 直三角柱体 (WED) となります。

これは QAD-CG 入力データの G_Card に相当します。

但し、非表示のオブジェクトに関する情報は出力されません。

・Export CG

Export Primitive に加えて、I カード情報出力します。

但し、非表示のオブジェクトに関する情報は出力されません。

・Start Object #

Export Primitive、Export CGが選択されたとき、Gカード情報に付加される通し番号の開始番号を指定します。QAD-CGの入力データを幾つかの部分に分けて作成する場合に使用します。有効な値は1~5000の間です。

以下に、2. 5. 2で作成した情報を、[Export CG]を選択して出力したデータを示します。

RCC	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50.00						
		10.00				
RCC	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51.00						
		5.00				
END						
Cyl	0	1	-2			
END						

②MAXシーンファイルの保存

MAXで定義した幾何形状を、MAXシーンファイル(~.maxファイル)として保存することができます。[ファイル(F)]メニュー/[保存(S)]を選択することにより、[名前を付けて保存]ダイアログが表示されます。ここで[ファイル名(N):]を指定して、[保存(S)]を選択することにより、シーンファイルとして保存されます。

(5) 終了

メニューバー[ファイル(F)] [終了(X)]を選択することにより、[3D StudioMAX]を終了する。

8.7 AVS操作

本節では、PC上で稼動する AVS/Express の基本操作に関して、その概要を説明する。

(1) 起動

- ① AVS/Express のインストールが完了していることを確認して下さい。インストールされていない場合は「AVS/Express インストールガイド」に従ってインストールを完了して下さい。
- ② Windows タスクバーの[スタート]から[program][AVS Express Collection][Viz Express]を選択し起動して下さい。
- ③ [AVS/Express console]タイトルの画面に続き[AVS/Express-XXXXX]のタイトルの GUI 画面[ネットワークエディタ]が表示され、更に[Multi Window APP]と[Uishell]タイトル画面が画表示されます。ここで[MultiWindowApp]と[Uishell]タイトルの画面は不要な為、メイン画面のメニュー [ファイル(F)][アプリケーション消去(D)]を選択して、この画面を消去します。

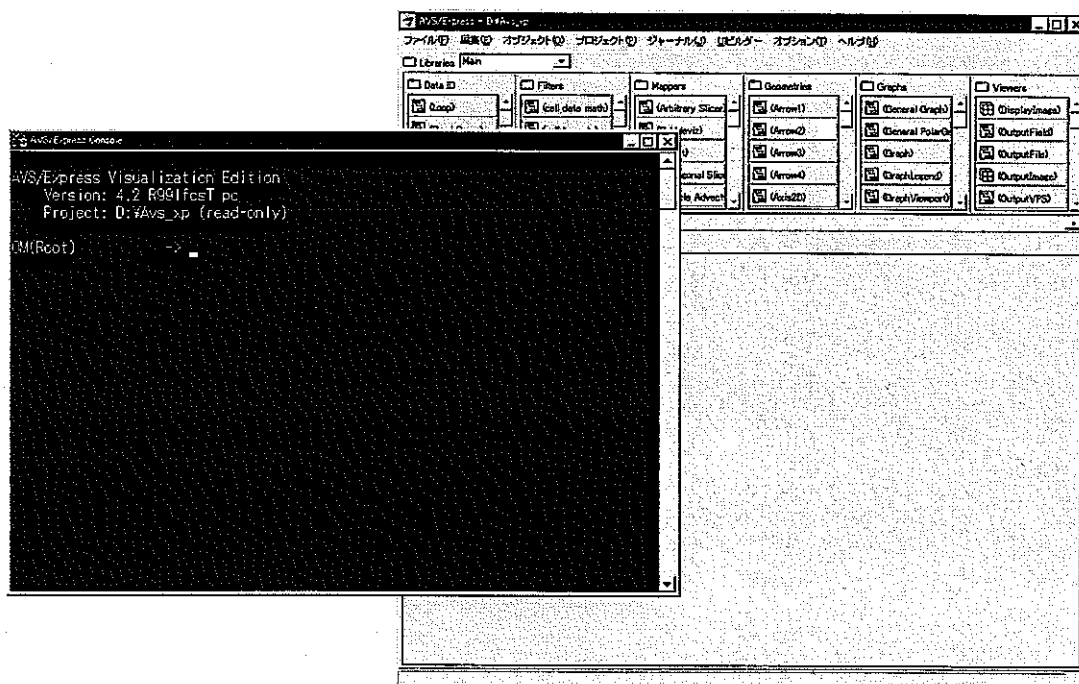


図 8.113 [AVS/Express console],[ネットワークエディタ]画面

(2) アプリケーションの読み込み

ここでは、DORE のサンプルアプリケーションを使用して、説明を行ないます。

[ファイル(F)][アプリケーション読み込み(L)]を選択すると、[アプリケーション読み込み]ダイアログが表示されます (図 8.114)。

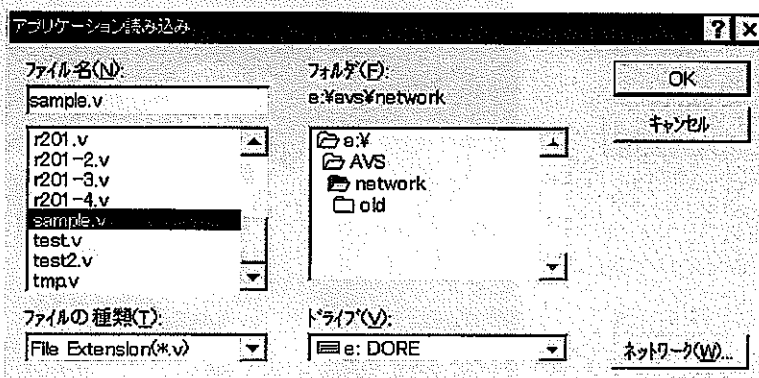


図 8.114 アプリケーション読み込みダイアログ

そこで、[ドライブ(V):]から [e:DORE]を、[フォルダ(F):]から [e:\avs\network]を選択し、そして、[ファイル名(N):]から [sample.v]を選択し、[OK]を選択します。これにより [singleWindowAPP]画面が表示されます (図 8.115)。

(3) 可視化操作

ここでは AVS/Express の可視化操作について説明する。

① オブジェクト操作

[Transform Object ボタン]が選択されている状態で以下のオブジェクト操作が出来ます。

- ・ [Rotate ボタン]を選択し、[表示ウィンドウ]上でマウสดラックすると物体が回転します。
- ・ [Scale ボタン]を選択し、[表示ウィンドウ]上でマウสดラックすると物体の大きさ変わります。
- ・ [Translate ボタン]を選択し、[表示ウィンドウ]上でマウสดラックすると物体が XY 平面で移動します。
- ・ [Z Translate ボタン]を選択し、[表示ウィンドウ]上でマウสดラックすると物体が Z 軸にそって移動します。

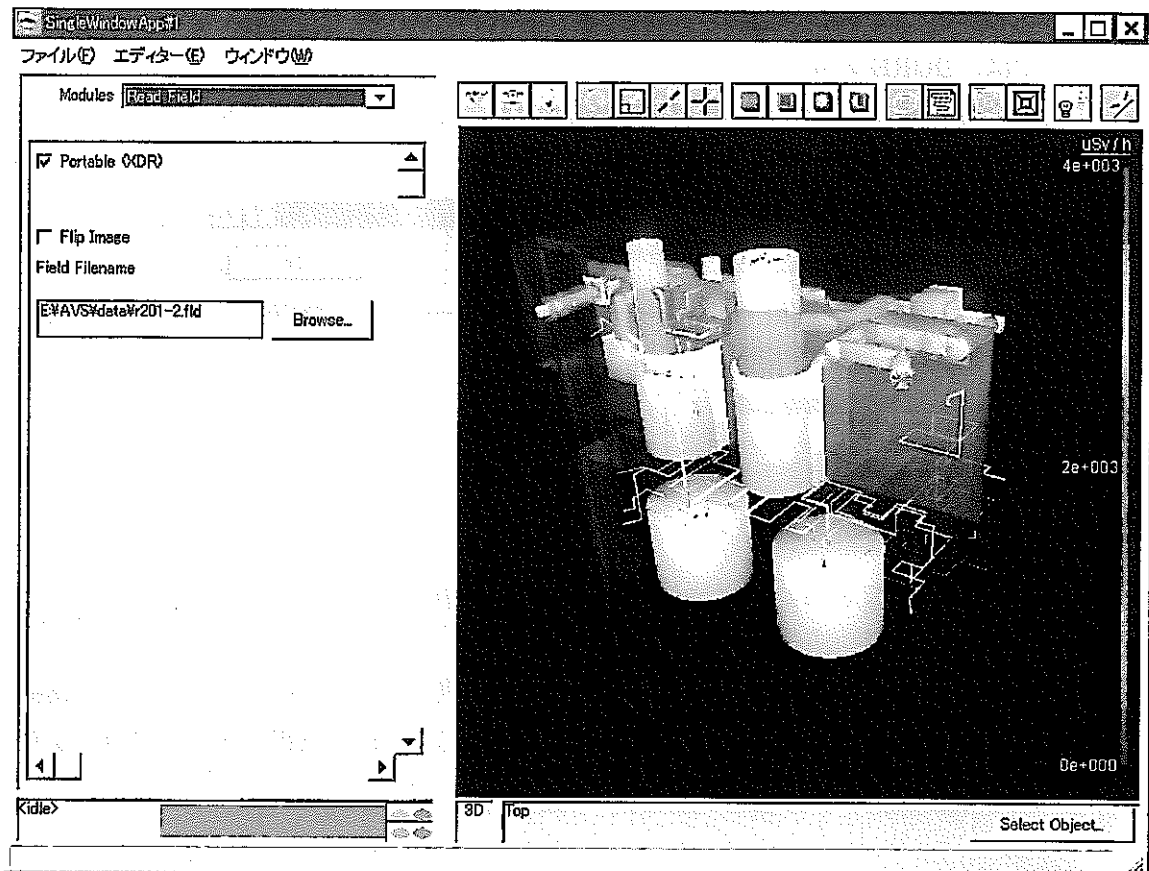


図 8.115 sample.v 画面

② 可視化データの読み込み

可視化のための解析データを読み込むには、まず、[SingleWindowApp]画面の[エディタ(E)][Modules]を選択します。更に、その下方にある[Modules]のリストから[Read Field]を選択します。

そして、[Browse...]を選択し、[Read AVS Field Filename]ダイアログを表示し、予め用意した AVS Field フォーマットのファイルを指定して下さい。これにより指定した解析データにて可視化が行われます。

また、必要に応じて[ネットワークエディタ]の[ワークエリア]中にある[float]モジュールの値を調整して下さい。この値は[LegendVert](凡例)の最大値を決める値です。

③ コンター

コンターの位置等を調整するにはまず、SingleWindowApp 画面の[エディター(E)][Modules]を選択します。

更に、その下方にある[Modules]のリストから[ortoslice]を選択します。

そして、[axis]スライダーを変えることによりコンターの向き(X,Y,Z 軸)が選択できます(図 8.116)。

また、[plane]スライダーを変えることにより、コンターの何番目といった面が
選択できます (図 8.117)。

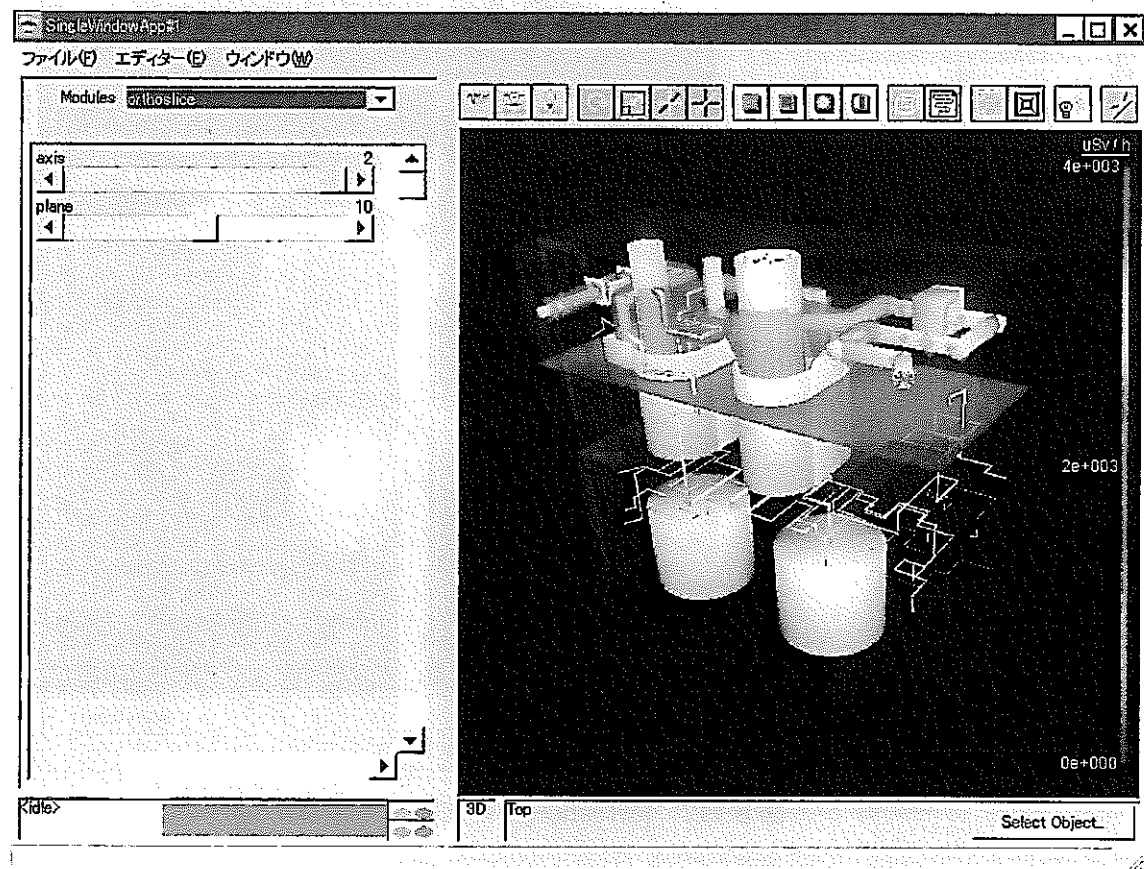


図 8.116 [ortoslice]表示画面

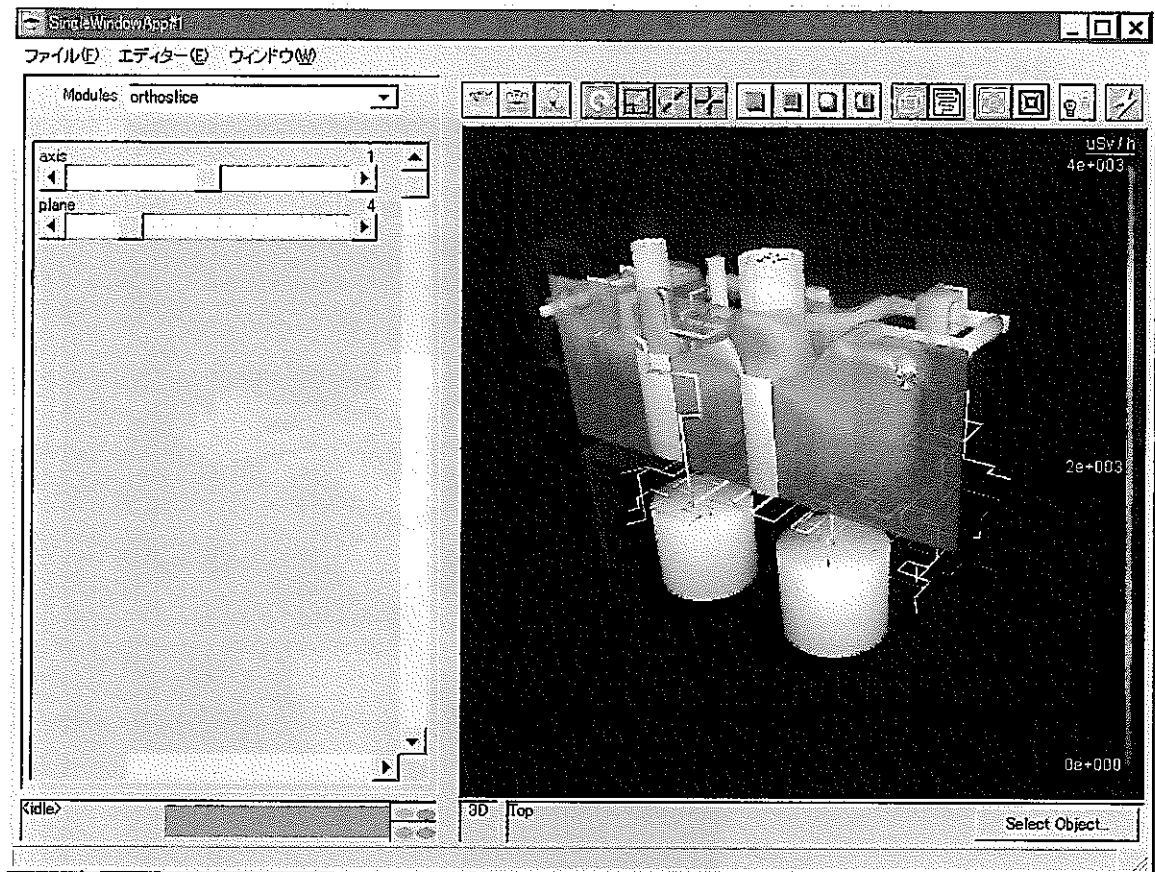


図 8.117 [ortoslice]表示画面

④ 等値面

等値面を調整するには、先ず[SingleWindowApp]画面の[エディター(E)][Modules]を選択します。

更に、その下方にある[Modules]のリストから[isosurface]を選択します。

そして、[iso level]スライダーでは、等値面のレベルが選択できます(図 8.118)。

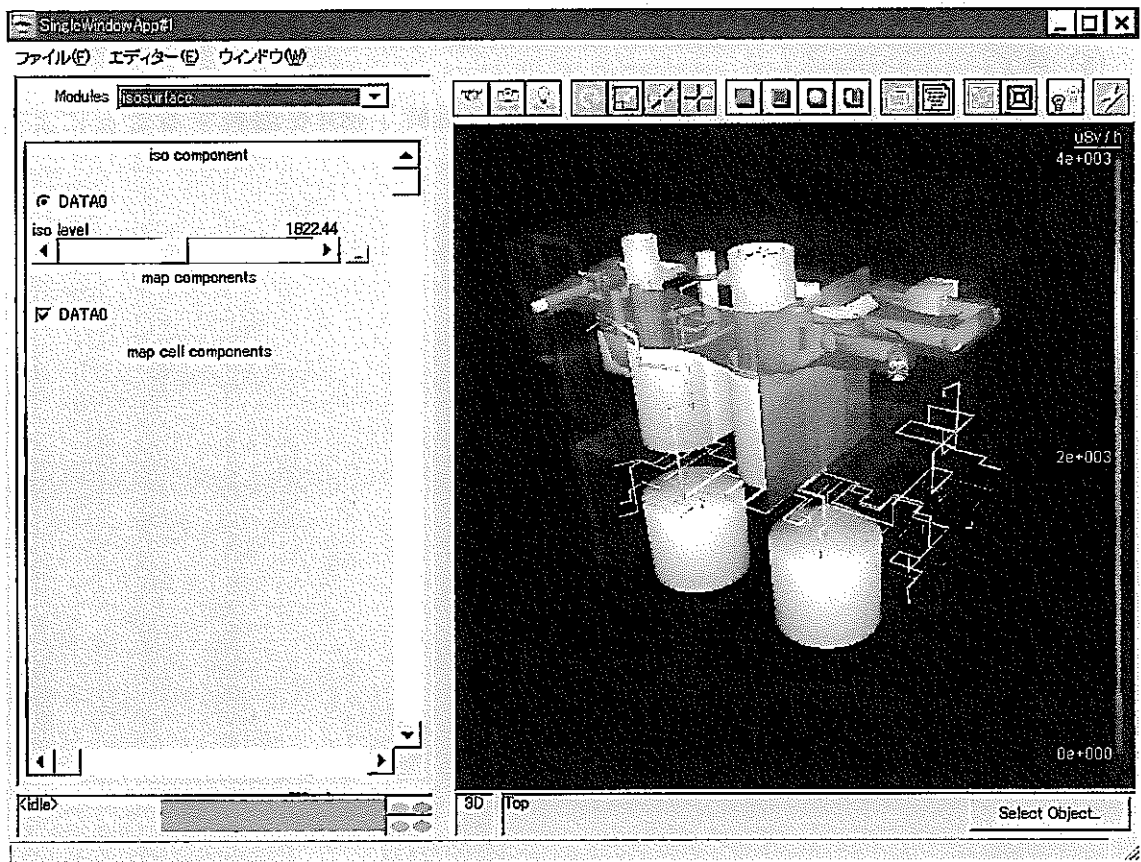


図 8.118 [isosurface]表示画面

(4) アプリケーションの保存と消去、および印刷

① アプリケーションの保存

必要に応じて、アプリケーションを保存して下さい。[ネットワークエディタ]画面の[ファイル(F)][アプリケーション保存(S)]を選択することにより[アプリケーションの保存]ダイアログが表示されます。そこで、任意の[ドライブ(V):]、[フォルダ(F):]、[ファイル名(N):]を指定して保存して下さい。

② アプリケーションの消去

必要に応じて、アプリケーションを消去することができます。[ネットワークエディタ]画面の[ファイル(F)][アプリケーション消去(D)]を選択することによりアプリケーションを消去することができます。

③アプリケーションの印刷

必要に応じて、アプリケーションの表示ウィンドウ(Viewer)の表示内容を印刷することができます。まず[SingleWindowApp]画面の[エディター(E)][Print]を選択します。更に、その下方にある[Print]を選択することにより、表示ウィンドウ(Viewer)の表示内容が印刷されます。

(5) 終了

[ネットワークエディタ]画面の[ファイル(F)][終了(X)]を選択することによりAVS/Express が終了します。

9. 結論

高速炉保守線量評価システム（DORE）を開発した。これにより、1次ナトリウム冷却系における点検保守時の CP 線源分布とこれによる冷却系室内の線量当量率分布の予測が、首尾一貫して解析評価できるようになり、また、結果を可視化表示し理解しやすいようになった。これまで、メインフレーム上で個々に利用されて来た関連解析コード（PSYCHE, QAD-CG, QADLIST）は DORE に統合化され、評価技術の継承と保存をより容易に且つ確実にに行えるようになった。同時に、コードの入力データを画面入力に対話的に作成可能としたので、初心者にも利用しやすいものとなった。また、DORE は高性能 PC 上で稼動し、Web 技術を利用したインターネット/イントラネット上でサーバ/クライアントモデルに基づき構築されたシステムであるので、JNC のイントラネット上であればどこからでも、アクセス可能とすることができる。

本システムを「もんじゅ」に適用するため、1次冷却系配管機器幾何形状データ及び CP 線源に対する各冷却系室の線量当量率変換ライブラリを整備した。これらを用いて定格運転時の CP 飽和線源分布に対する線量当量率マップの可視化表示を行い、保守時の被ばく予測や低減対策立案に必要な放射線状況の全体的トレンド把握に有効なことを確認した。

本システムの操作マニュアルを整備し、放射線評価技術の研究開発並びにプラントの運転員や管理要員の研修と教育及びプラント業務への運用に備えた。

13 年度までに、本システムに高速炉トリチウム挙動解析コード（TTT）及び FP 挙動解析コード（SAFFIRE）も組み込み、システムを拡張し、高速炉運転保守時の放射線評価手法の集約と保存を達成し、プロトタイプの開発を完了する計画である。なお、ICRP Pub60 に基づく国内法改正（平成 13 年 4 月 1 日施行）への対応として、QAD-CG コードのバージョンアップ（日本原子力研究所より QAD-CGGP2R としてリリースの予定）や線量当量率変換ライブラリへの修正などの整備は今後に残された課題である。

謝辞

本研究を進めるに当りご指導いただいた国際技術センタープラント機器技術開発 Gr 渡士克己 GL に感謝致します。また、システム構築とプログラミング作業に携わり本研究に大きな寄与を頂いた、日立エンジニアリング（株）の竹内 純、吉川 暁の両氏、並びに茨城日立情報サービス（株）の漆原 広、堀籠 睦美の両氏に感謝致します。

参考文献

- [1] 飯沢克幸: “ナトリウム冷却材の不純物抑制と被ばく低減”, 原子力工業, 33(11), pp. 62-79 (1987)
- [2] 飯沢克幸等: “高速炉1次冷却系における放射性腐食生成物挙動解析コード (PSYCHE) の改良と整備-アルファベット計画 CP 挙動解析・抑制技術開発-”, PNC TN9410 89-072 (1989)
- [3] 飯沢克幸等: “高速炉における放射性腐食生成物挙動評価手法の整備-「常陽」における挙動評価と解析コードの検証-”, PNC TN9410 92-345(1992)
- [4] K. Iizawa et. al.: “Transport of Radioactive Corrosion Product in Primary Systems of a Sodium Cooled Fast Reactor”, Proc. Material Behaviour and Physical Chemistry in Liquid Metal Systems 2, Plenum Press, ISBN 0-306-45069-0, pp. 9-26 (1995)
- [5] 飯沢克幸: “高速増殖炉における放射性腐食生成物挙動評価手法の整備-解析コード (PSYCHE5) の検証と「もんじゅ」事前評価”, PNC TN2410 95-018(19995)
- [6] N. Sekiguchi et. al.: “Behaviour of Corrosion Product from Irradiated Stainless Steel in Flowing Sodium”, Proc. Specialists' Meeting on Fission and Corrosion Product Behaviour in Primary Circuits of LMFBRs, Demitrovgrad, p. 82 (1975)
- [7] W.F. Brehm: “Effect of Oxygen in Sodium upon Radionuclides Release from Austenitic Stainless Steel”, Proc. Specialists' Meeting on Fission and Corrosion Product Behaviour in Primary Circuits of LMFBRs, Demitrovgrad, p. 186 (1975)
- [8] K. Iizawa et. al.: “Calculational Model and Code for Corrosion Product Transfer in Sodium Systems”, Proc. Specialists' Meeting on Fission and Corrosion Product Behaviour in Primary Circuits of LMFBRs, Karlsruhe, KfK 4279 IWGFR/64, p. 191 (1987)
- [9] M.V. Polley et. al.: “An Analysis of Radioactive Corrosion Product Transfer in Sodium Loop Systems”, J. Nucl. Mater. 75, p. 226 (1978)
- [10] W.L. Kuhn: “Activated Corrosion Product Radiation Levels in the FFTF Heat Transport System Cells and Closed Loop System Modules”, HEDL-TME 76-10, (1976)
- [11] W.F. Brehm: “Measurement and Control of Radioactive Material Transport in the FFTF”, Proc. the 3rd International Conference of Liquid Metal Engineering and Technology for Energy Production, Oxford, p493 (1984)
- [12] W.F. Brehm: “Transport of Radioactive Material in Liquid Sodium”, Proc. Material Behaviour and Physical Chemistry in Liquid Metal Systems 2, Plenum Press, ISBN 0-306-45069-0, pp. 1-8 (1995)

- [13] R.E.Treybal: "Mass Transfer Operations", McGraw-Hill, New York, (1965)
- [14] 田村正昭等: "FBRにおけるCP問題と対策-アルファベット計画 得られた成果と今後の展望(総合報告)-", PNC TN9410 88-047, (1988)
- [15] 坂本幸夫, 田中俊一: "QAD-CGGP2 及び G33-GP2: 照射線量から周辺線量当量及び最大線量当量への換算係数を有する QAD-CGGP 及び G33-GP コードの改良バージョン", JAERI-M 90-110 (日本原子力研究所), (1990)
- [16] 竹内純等: "高速増殖原型炉もんじゅ建設(その 84) -1次冷却材ナトリウムの放射化量評価", 日本原子力学会 1997 年秋の年会予稿集
- [17] もんじゅ建設所プラント第1課設備概要説明書ワーキンググループ編: "高速増殖原型炉「もんじゅ」設備概要説明書", p5-37 (1998)
- [18] "高速炉 CP トラップの開発-要素技術研究開発と「もんじゅ」への適用化検討", JNC 報告書, (2001 出版予定)
- [19] "QAD-CG a Combinational Geometry Version of QAD-P5A a Point Kernel Code for Neutron and Gamma-ray Shielding Calculations", ORNL-CCC-307, (1979)