

JAERI-Data/Code

96-032



高温ガス炉用プラント動特性解析コード
‘ACCORD’ の開発

1996年11月

竹田武司・橘 幸男・國富一彦・板倉洋文*

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問合せは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1996

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 いばらき印刷株

高温ガス炉用プラント動特性解析コード 'A C C O R D' の開発

日本原子力研究所大洗研究所高温工学試験研究炉開発部

竹田 武司・橋 幸男・國富 一彦

板倉 洋文*

(1996年10月1日受理)

将来の高温ガス炉（H T G R）の安全性を実証する一段階として、高温工学試験研究炉を用いた安全性実証試験を計画しており、試験の評価、将来H T G Rの設計および安全解析を行う上で、プラント動特性解析コードが必要となる。従来のH T G R用プラント動特性解析コードは、事象発生後数千秒までのプラントシステムの挙動のみしか解析できない。また、オンライン・シミュレータは、固有のプラントシステムの挙動のみしか解析できない。そのため、以下の特徴を有する新たなH T G R用プラント動特性解析コード 'A C C O R D' を開発した。(1) 炉心の熱容量をモデル化することで、事象発生後数千秒を超えるプラントシステムの挙動が解析できる。(2) プラントシステムを構成する機器毎にパッケージ化し、パッケージの組み替えを行うことで、任意のプラントシステムのプラント動特性が解析できる。(3) 機器の伝熱計算、ヘリウム系、加圧水系の流動計算を独立して行えるようにすることで、機器毎の伝熱流動特性について解析できる。A C C O R Dコードの核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、制御系モデル、安全保護系モデルを組み合わせた計算モデルの妥当性は、他のプラント動特性解析コードとのクロスチェックを行うことで確認した。

Development of Analytical Code 'ACCORD' for Incore and
Plant Dynamics of High Temperature Gas-cooled Reactor

Takeshi TAKEDA, Yukio TACHIBANA, Kazuhiko KUNITOMI and Hirofumi ITAKURA*

Department of HTTR Project
Oarai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received October 1, 1996)

Safety demonstration test of the High Temperature Engineering Test Reactor will be carried out to demonstrate excellent safety features of a next generation High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR). Analytical code for incore and plant dynamics is necessary to assess the results of the safety demonstration test and to perform a design and safety analysis of the next generation HTGR. Existing analytical code for incore and plant dynamics of the HTGR can analyze behavior of plant system for only several thousand seconds after an event occurrence. Simulator on site can analyze only behavior of specific plant system.

The 'ACCORD' code has been, therefore, developed to analyze the incore and plant dynamics of the HTGR. The followings are the major characteristics of this code. (1) Plant system can be analyzed for over several thousand seconds after an event occurrence by modeling the heat capacity of the core. (2) Incore and plant dynamics of any plant system can be analyzed by rearranging packages which simulate plant system components one by one. (3) Thermal hydraulics for each component can be analyzed by separating heat transfer calculation for component from fluid flow calculation for helium and pressurized water systems.

The validity of the 'ACCORD' code including models for nuclear calculation, heat transfer and fluid flow calculation, control system and safety protection system, was confirmed through cross checks with other available codes.

* CSK Co Ltd.

Keywords: HTGR, HTTR, Plant System, Incore Dynamics, Plant Dynamics, Analytical Code, Thermal Hydraulics, Safety Analysis

目 次

1. 緒 言	1
2. 高温工学試験研究炉（H T T R）の概要	3
3. プラント動特性解析コード ‘A C C O R D’ の概要	9
3. 1 計算体系	9
3. 2 炉心核計算モジュール	9
3. 3 伝熱計算モジュール	11
3. 4 流動計算モジュール	19
3. 5 制御系モジュール	22
3. 6 安全保護系モジュール	23
3. 7 崩壊熱計算モデル	24
3. 8 热伝達率相関式	25
3. 9 热物性値	30
4. プログラムの構成	59
4. 1 プログラムの概要	59
4. 2 サブルーチンおよびファンクション	59
5. プログラムの使用方法	68
5. 1 入力データ	68
5. 2 出力データ	68
5. 3 ジョブ・コントロール	69
5. 4 制限条件	70
6. 他のプラント動特性解析コードとのクロスチェック	117
6. 1 ‘A S U R A’ コードとのクロスチェック	117
6. 2 ‘T H Y D E - H T G R’ コードとのクロスチェック	119
7. 結 言	126
謝 辞	126
参考文献	127
付録A H T T Rの10%ステップ状出力変化の解析の入力リスト	129

Contents

1. Introduction	1
2. Outline of the High Temperature Engineering Test Reactor(HTTR)	3
3. Outline of Analytical Code 'ACCORD' for Incore and Plant Dynamics	9
3.1 Calculation System	9
3.2 Nuclear Calculation Module	9
3.3 Heat Transfer Calculation Module	11
3.4 Fluid Flow Calculation Module	19
3.5 Control System Module	22
3.6 Safety Protection System Module	23
3.7 Decay Heat Calculation Model	24
3.8 Correlation of Heat Transfer Coefficient	25
3.9 Thermophysical Properties	30
4. Program Structure	59
4.1 Outline of Program	59
4.2 Subroutines and Functions	59
5. User's Manual	68
5.1 Input Data	68
5.2 Output Data	68
5.3 Job Control Language	69
5.4 Allowable Limit Conditions	70
6. Cross Check with Other Available Codes for Incore and Plant Dynamics	117
6.1 Cross Check with 'ASURA' Code	117
6.2 Cross Check with 'THYDE-HTGR' Code	119
7. Conclusion	126
Acknowledgement	126
References	127
Appendix A Input Data List for 10% Stepwise Change of Reactor Power of the HTTR ..	129

1. 緒 言

どのような事故が発生したとしても炉心溶融を生じない将来高温ガス炉(High Temperature Gas-cooled Reactor : HTGR)^(1, 1)の安全性を実証する一段階として、ピンインブロック型HTGRである高温工学試験研究炉^(1, 2) (High Temperature engineering Test Reactor : H T T R)を用いた、安全性実証試験^(1, 3)を計画している。安全性実証試験では、燃料最高温度の観点から厳しい事象である反応度事故および減圧事故の模擬試験を行い、HTGRが有する軽水炉より大きな炉心の熱容量、負の反応度フィードバックに基づく固有の安全性により、事故時の燃料最高温度が許容値を満足することを確認する。安全性実証試験の評価、本試験結果を反映させた将来HTGRの設計および安全解析を行う上で、プラント動特性解析コードが必要となる。Fig. 1.1に将来HTGRの開発とプラント動特性解析コードとの関係を示す。

従来のHTGR用プラント動特性解析コードとしては、「ICALUS. 2」^(1, 4)、「ASURA」^(1, 5)、「THYDE-HTGR」^(1, 6)、「VESPER」^(1, 7)等がある。ICALUS. 2コードおよびVESPERコードは、通常運転時、原子炉スクラム時の流動計算ができない。ASURAコードは、原子炉スクラム時の流動計算ができない。THYDE-HTGRコードは、炉心の温度応答特性に多大な影響を与える炉心の熱容量をモデル化していないため、事象発生後数千秒までのプラントシステムの挙動のみしか解析できない。また、オンサイト・シミュレータ^(1, 8)は、固有のプラントシステムの挙動のみしか解析できない。

そのため、従来のHTGR用プラント動特性解析コードおよびオンサイト・シミュレータに代わる、以下の特徴を有する新たなHTGR用プラント動特性解析コード(Analytical Code for Incore and Plant Dynamics : ACCORD)の開発を行った。

- (1) 炉心の熱容量をモデル化することで、事象発生後数千秒を超えるプラントシステムの挙動が解析できる。
- (2) プラントシステムを構成する機器毎にパッケージ化し、パッケージの組み替えを行うことで、任意のプラントシステムのプラント動特性が解析できる。
- (3) 機器の伝熱計算、ヘリウム系、加圧水系の流動計算を独立して行えるようにすることで、機器毎の伝熱流動特性について解析できる。

ACCORDコードは、炉心核計算モジュール、原子炉、熱交換器および配管の伝熱計算モジュール、ヘリウム系、加圧水系の流動計算モジュール、制御系モジュール、安全保護系モジュールで構成する。これらの計算モジュールを適切に組み合わせることにより、プラントシステムの核特性および伝熱流動特性に関する定常、過渡応答の評価が可能となる。また、ACCORDコードは、FORTRAN77言語を使用しており、エンジニアリング・ワークステーション(Engineering Work Station : EWS)上で実行させる。EWSのハードウェアは富士通S-4/20L、オペレーション・システムはSystem V Release 4.0(ソラリス 2.4版)である。

本報告書は、高温ガス炉用プラント動特性解析コード'ACCORD'の使用マニュアルとして作成し、解析コードの概要、プログラムの構成および使用方法等について説明したものである。2章ではHTTRの概要、3章ではACCORDコードの概要を示す。4章ではプログラムの構成、5章ではプログラムの使用方法について説明する。

6章では、ACCORDコードの核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、制御系

モデルを組み合わせた計算モデルの妥当性を確認するために実施した制御系を用いたHTTRプラント動特性の解析についてのASURAコードとのクロスチェックの結果を示す。また、ACCORDコードの核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、安全保護系モデルを組み合わせた計算モデルの妥当性を確認するために実施したHTTRプラント動特性の安全解析についてのTHYDE-HTGRコードとのクロスチェックの結果を示す。

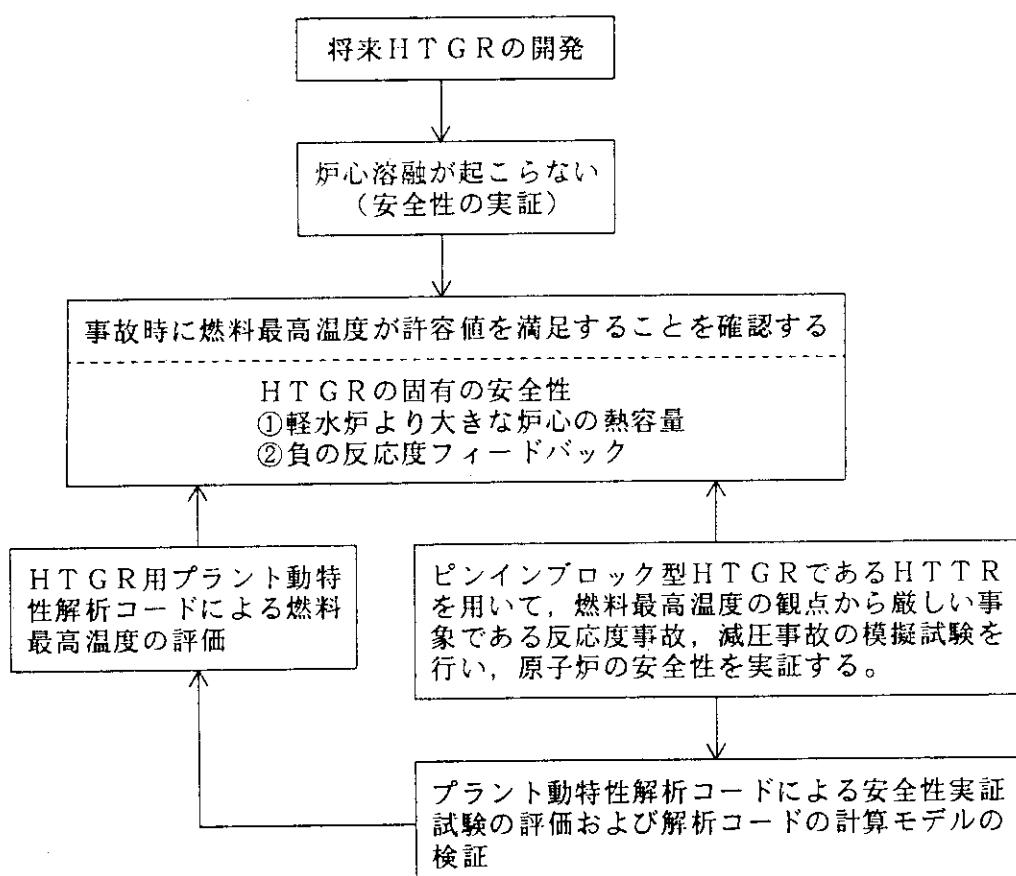


Fig. 1.1 Relationship between development of next generation HTGR and analytical code for incore and plant dynamics

2. 高温工学試験研究炉(HTTR)の概要

HTTRは、黒鉛減速ヘリウムガス冷却型の原子炉であり、熱出力は30MW、原子炉出口冷却材温度は、定格運転時850°C、高温試験運転時950°Cである。Table 2.1にHTTRの基本仕様、Fig. 2.1に原子炉の構造断面図を示す。

原子炉は、原子炉圧力容器、燃料体、反射体、炉内構造物、制御棒等から構成される。炉心は、Fig. 2.2に示すように、30カラムの燃料領域、16カラムの制御棒領域、12カラムの可動反射体領域等から構成されている。燃料領域には954本(1カラム当たり33本または31本)の冷却材流路がある。燃料体は、Fig. 2.3に示すように、ピンインブロック型である。燃料棒は、円筒形の黒鉛スリーブ中に燃料コンパクトを封入したものである。燃料コンパクトは、被覆燃料粒子を黒鉛粉末に分散して焼結したものである。原子炉の反応度制御は、炉心領域および可動反射体領域の計16対の制御棒で行う。

HTTRの原子炉冷却系は、Fig. 2.4に示すように、主冷却系、補助冷却系、炉容器冷却系により構成される。主冷却系は、1次冷却系、2次ヘリウム冷却系および加圧水冷却系から成り、原子炉で発生した熱を最終的には加圧水冷却系の空気冷却器(Air Cooler : AC)により大気へ放散する系統である。1次冷却系は、中間熱交換器(Intermediate Heat Exchanger : IHX)と1次加圧水冷却器(Primary Pressurized Water Cooler : PPWC)の2種類の熱交換器を並列に設置している。1次冷却系の運転方法は、1次PPWCで約20MW、IHXで約10MWの除熱を行う並列運転と、1次PPWCのみで約30MWの除熱を行う単独運転がある。2次ヘリウム冷却系は、IHXにおいて1次ヘリウムから2次ヘリウムへ伝達された熱を2次加圧水冷却器(Secondary PWC : SPWC)を介して加圧水冷却系に伝達する系統である。原子炉に接続する配管、IHXからの高温の2次ヘリウムを2次PWCに導く配管は二重管構造としている。内管の内側には高温のヘリウムを流し、内管と外管の環状部には低温のヘリウムを流す。補助冷却系は、原子炉スクラム時に、炉心からの核分裂生成物の崩壊熱および残留熱を除去するための系統であり、補助ヘリウム系および補助冷却水系から成る。炉容器冷却系は、補助冷却系によりヘリウムを炉心に強制循環させて冷却することができない事故時に、圧力容器の外側の自然対流および輻射伝熱により炉心の冷却を行う。また、通常運転時は、圧力容器を取り囲むコンクリート製の1次遮へい体を冷却している。

HTTRの制御系は、原子炉出力、原子炉出口冷却材温度、1次冷却材流量等を制御するものであり、原子炉出力制御装置、プラント制御装置から成る。Fig. 2.5に並列運転における制御系の基本構成を示す。原子炉出力制御装置は、原子炉出力制御系および原子炉出口温度制御系から成る。プラント制御装置は、原子炉入口温度制御系、1次冷却材流量制御系、1次冷却材圧力制御系等から成り、主冷却系の起動・停止および通常運転時におこり得る外乱に対して、温度、流量、圧力、差圧等のプロセス量を制御する。

HTTRの安全保護系は、原子炉の安全性を損なう恐れのある異常状態時、あるいは、このような事態の発生が予測される場合に、それらの状態を速やかに検知し、防止あるいは抑制するための系を起動させるものである。安全保護系を作動させる要因となる原子炉スクラム信号には、出力領域中性子束高、IHX 1次冷却材流量低、1次PPWCヘリウム流量低等がある。

Table 2.1 Major specification of the HTTR

原子炉出力	3 0 MW
冷却材	ヘリウム
原子炉入口／出口冷却材温度	3 9 5 / 8 5 0 ~ 9 5 0 °C
1 次冷却材圧力	4 M P a
炉心構造材	黒鉛
炉心有効高さ	2 . 9 m
炉心等価直径	2 . 3 m
出力密度	2 . 5 MW / m ³
燃料	二酸化ウラン・被覆粒子／黒鉛分散型
ウラン濃縮度	3 ~ 1 0 % (平均 6 %)
燃料体形式	ピンインブロック型
原子炉圧力容器	鋼製(2 1 / 4 C r - 1 M o 鋼)
主冷却系回路数	1 ループ(I H X および P W C)

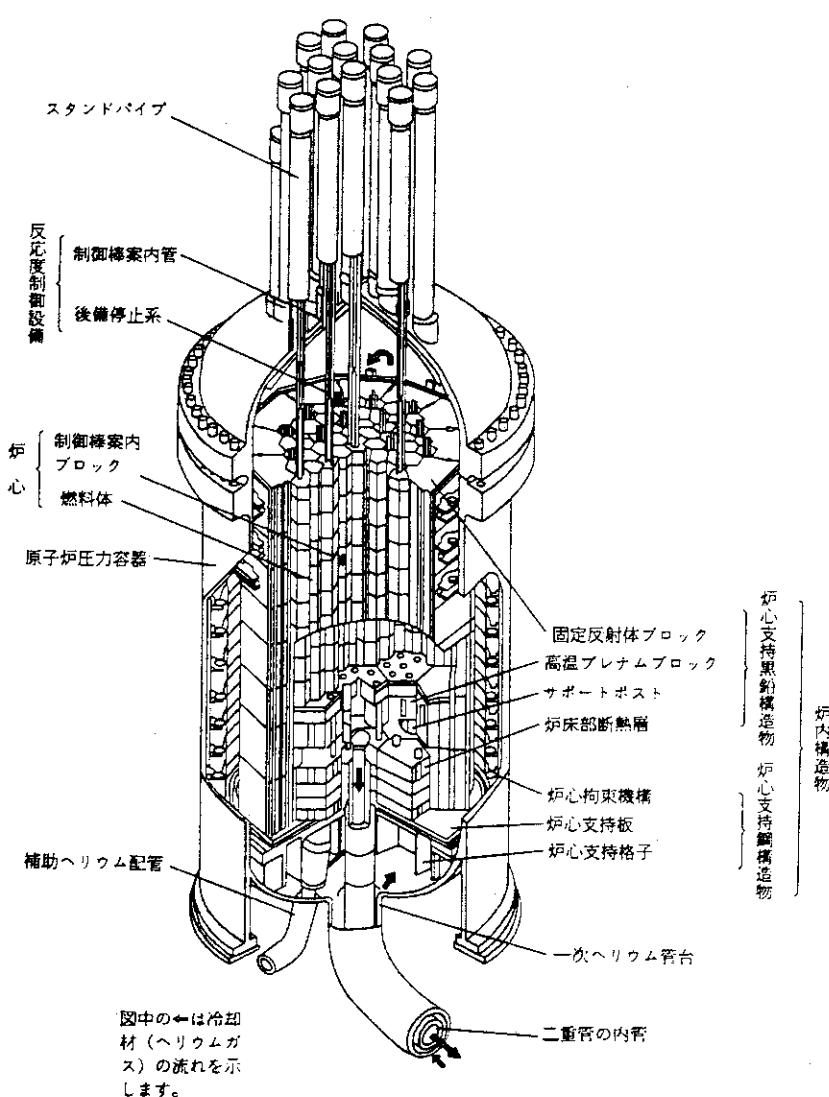


Fig. 2.1 Bird's-eye view of reactor vessel and core for the HTTR

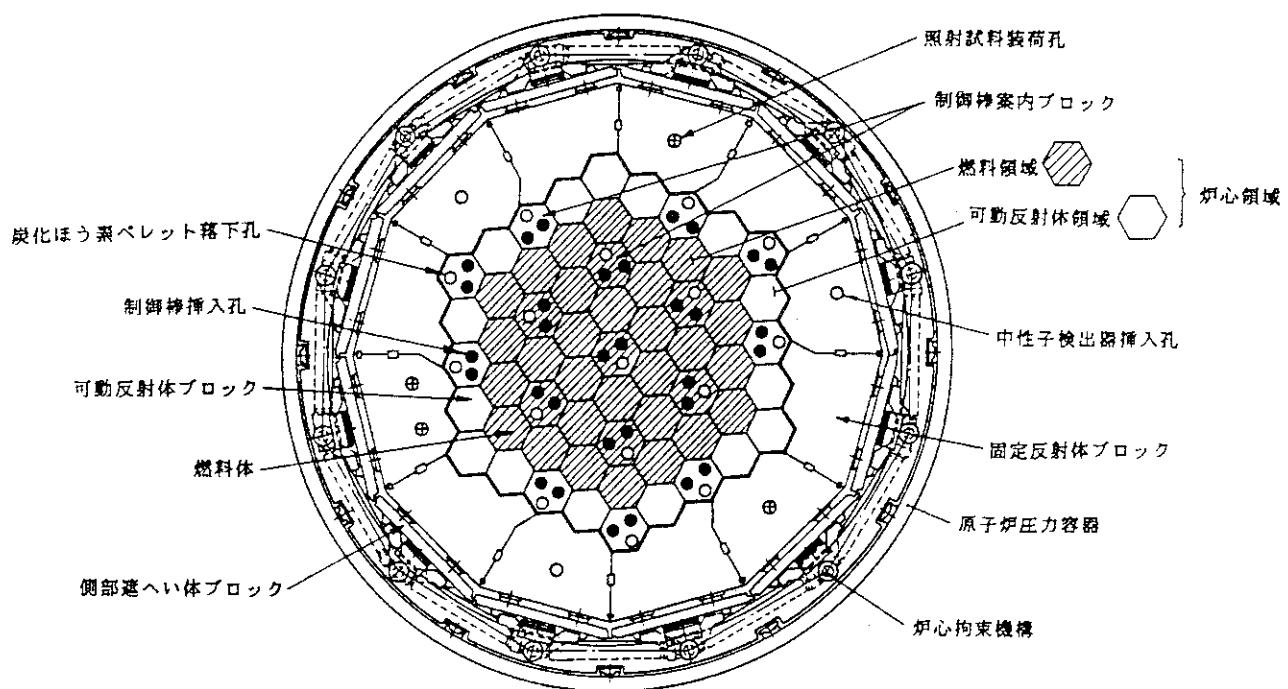
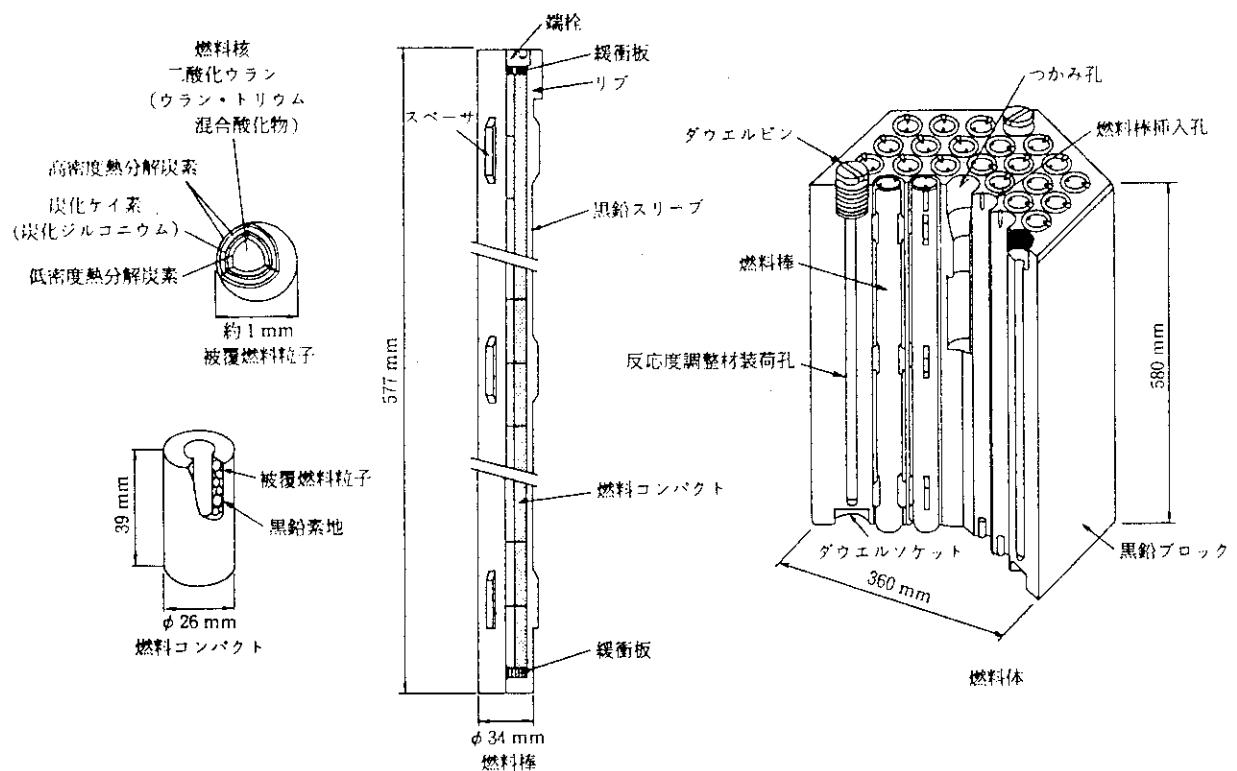


Fig. 2.2 Horizontal arrangement of reactor core for the HTTR



試験燃料体の構造は、標準燃料体の構造とほとんど同一である。かっこ内は試験燃料体についての材質を表す。

Fig. 2.3 Configuration of fuel element for the HTTR

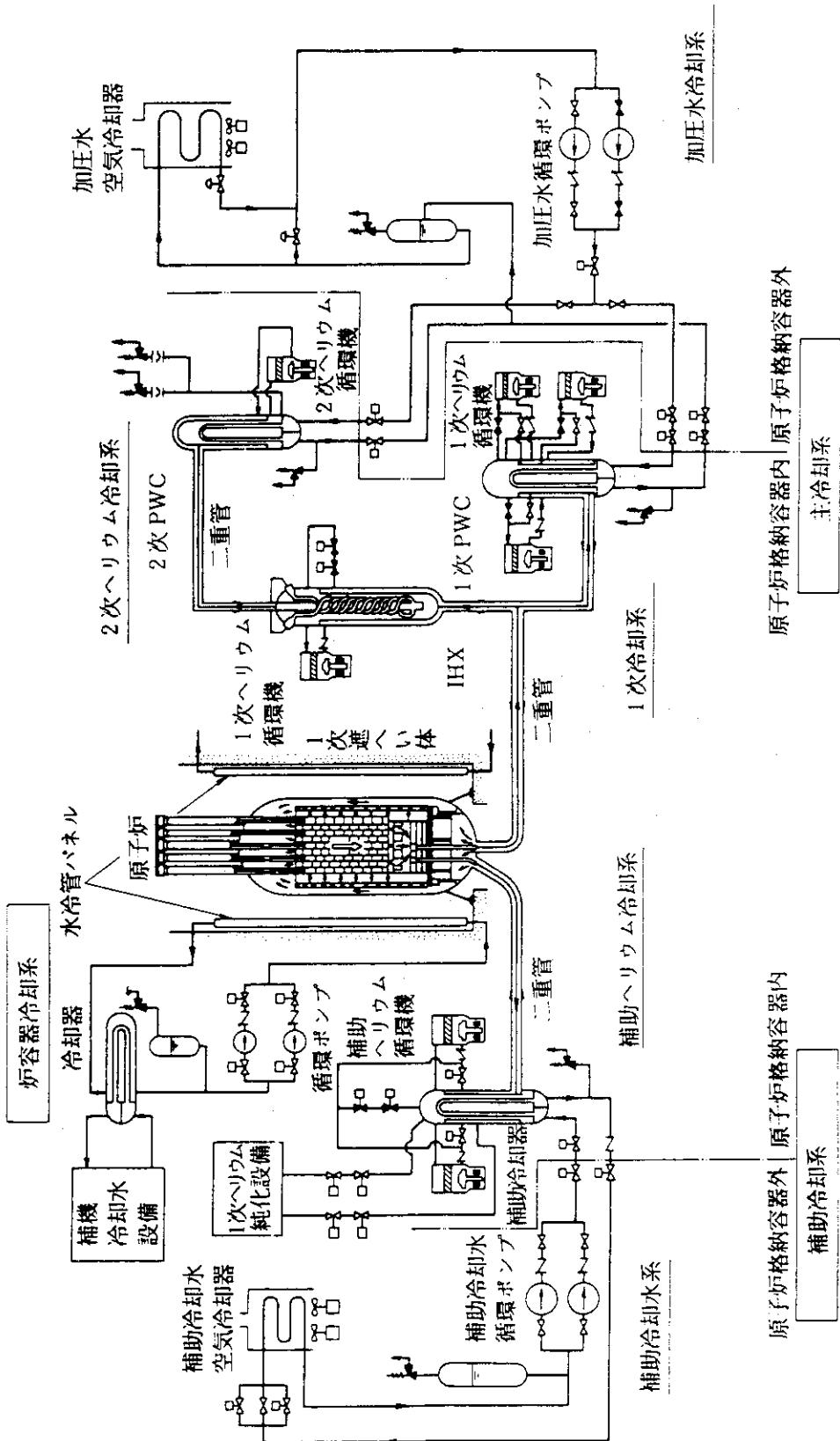


Fig. 2.4 Schematic diagram of cooling system for the HTTR

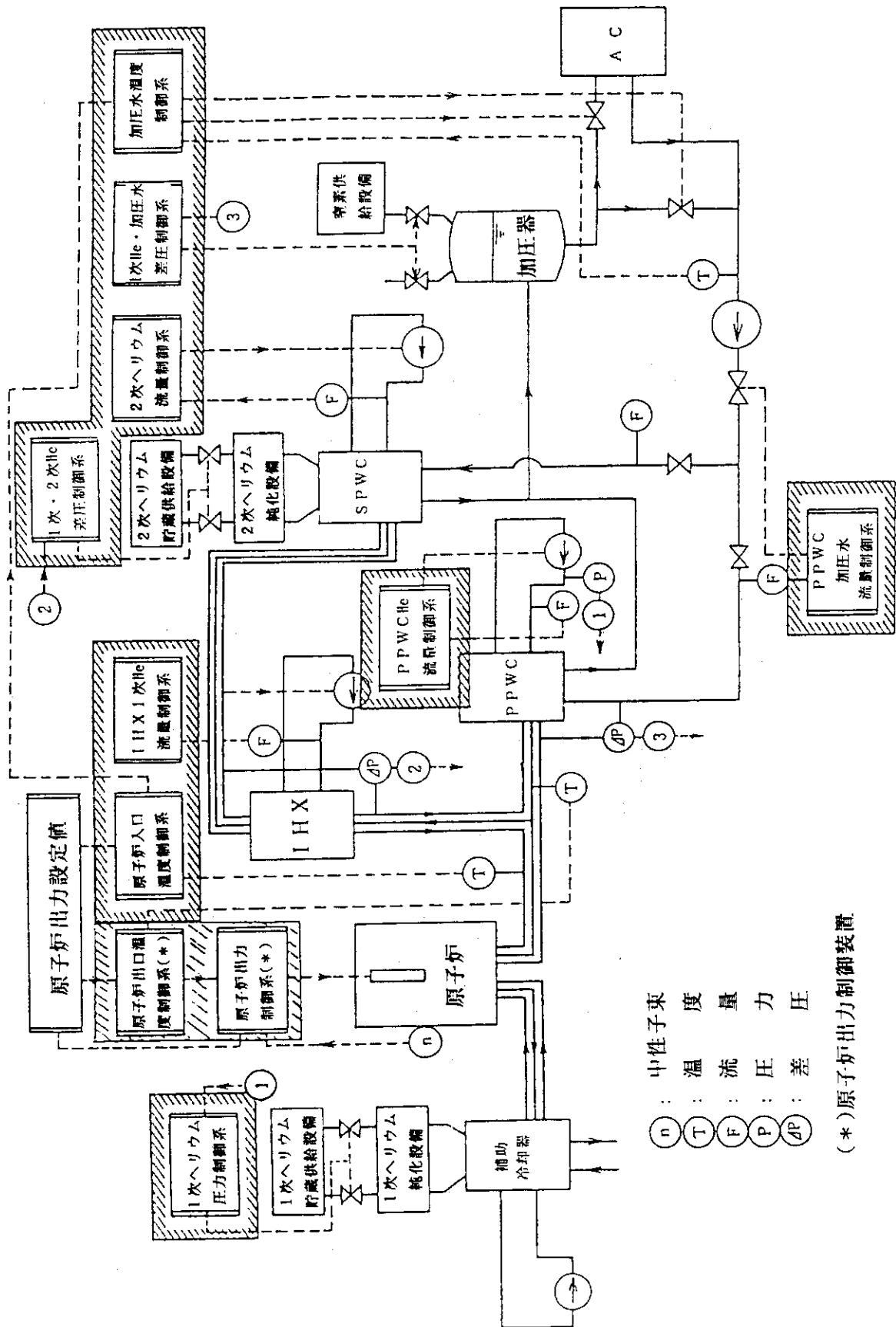


Fig. 2.5 Schematic diagram of plant control device for the HTTR

3. プラント動特性解析コード 'ACCORD' の概要

3.1 計算体系

Fig. 3.1.1に示すように、ACCORDコードは炉心核計算モジュール、原子炉、熱交換器および配管の伝熱計算モジュール、ヘリウム系、加圧水系の流動計算モジュール、制御系モジュール、安全保護系モジュールで構成する。これらの計算モジュールを適切に組み合わせることにより、プラントシステムの核特性および伝熱流動特性に関する定常、過渡応答の評価が可能となる。

3.2 炉心核計算モジュール

炉心核計算モジュールでは、HTGRの炉心動特性解析コード 'BLOOST-J2' ^(3.1) の核動特性計算モデルにXe-135の濃度計算モデルを加えたモデルを用いて、炉心核計算を行う。BLOOST-J2コードの核動特性計算モデルは、Fort St. Vrain炉^(3.2)で行われた50%原子炉出力における制御棒挿入、引き抜き試験のデータを用いて、その妥当性が確認されている。また、本モジュールでは、3.3.1項で述べる燃料の平均チャンネルにおいて、炉心の燃料体積平均温度と減速材体積平均温度を計算して、燃料と減速材の温度変化に伴うフィードバック反応度を求め、Xe-135の濃度変化に伴うフィードバック反応度と制御棒の挿入、あるいは、引き抜きに伴う反応度印加との収支により、原子炉出力を計算する。

Xe-135の濃度は、U-235の核分裂およびI-135のβ崩壊による生成とXe-135のβ崩壊および中性子吸収による消失の過程に基づく動特性方程式(3.2.1), (3.2.2)を解いて求める。平衡状態のI-135の濃度 I_0 およびXe-135の濃度 X_0 は、式(3.2.1), (3.2.2)において時間微分項を零とし、それぞれ式(3.2.3), (3.2.4)で表される。時間 t および平衡状態におけるXe-135の濃度と反応度の関係は、それぞれ式(3.2.5), (3.2.6)で表され、Xe-135の濃度変化によるフィードバック反応度 $\Delta\rho_{Xe}$ は、式(3.2.7)で表される。ここで、原子炉出力 N と炉内平均中性子束 ϕ には、式(3.2.8)の関係がある。

ACCORDコードには、Xe-135の微視的吸収断面積 σ_{abs} 、U-235の巨視的核分裂断面積 Σ_f 、炉内平均中性子束 ϕ の値として、HTGRの格子燃焼特性解析コード 'DELIGHT' ^(3.3)を用いて求められたHTTRの燃焼10日における値を与えている。

遅発中性子6群の1点近似動特性方程式(3.2.9), (3.2.10)とXe-135の濃度についての動特性方程式(3.2.1), (3.2.2)は、Cohen^(3.4)の4次のRunge-Kuttaの陽解法により積分して解く。1点近似動特性方程式(3.2.9)のトータル反応度 ρ_{total} は、式(3.2.11)で与える。ACCORDコードには、燃料温度係数および減速材温度係数として、それぞれFig. 3.2.1^(3.5), Fig. 3.2.2^(3.5)に示すHTTRの反応度特性を組み込んでいる。燃料温度係数、減速材温度係数を求める際の代表温度は、それぞれ炉心平均燃料温度、炉心平均減速材温度である。ACCORDコードには、燃料平均チャンネルの出力分布として、Fig. 3.2.3^(3.6)に示すHTTRの燃焼330日における原子炉出口冷却材温度950°C運転時の出力分布を組み込んでいる。外部反応度 ρ_{ext} は、制御棒の挿入、あるいは、引き抜きに伴う添加反応度として与える。スクラム

反応度 ρ_{scram} は、原子炉スクラム時の制御棒挿入による添加反応度として与える。ACCO RD コードには、スクラム反応度として、Fig. 3.2.4^(3,7) に示すHTTRの安全解析で用いたスクラム反応度特性を組み込んでいる。

なお、燃料温度係数、減速材温度係数、燃料平均チャンネルの出力分布等を変更することで、安全性実証試験の評価、将来HTGRの設計および安全解析は可能である。

$$\frac{d I}{d t} = \gamma_{Te} \sum_i \phi - \lambda_1 I \quad (3.2.1)$$

$$\frac{d X}{d t} = \gamma_{xe} \sum_i \phi + \lambda_1 I - X \sigma_{axe} \phi - \lambda_{xe} X \quad (3.2.2)$$

$$I_0 = \frac{\gamma_{Te} \sum_i \phi}{\lambda_1} \quad (3.2.3)$$

$$X_0 = \frac{\gamma_{xe} \sum_i \phi + \lambda_1 I_0}{\sigma_{axe} \phi + \lambda_{xe}} = \frac{(\gamma_{xe} + \gamma_{Te}) \sum_i \phi}{\sigma_{axe} \phi + \lambda_{xe}} \quad (3.2.4)$$

$$\rho_{xe} = \frac{1}{\eta P \varepsilon} \frac{\sum_{axe}}{\sum_i} = \frac{1}{\eta P \varepsilon} \frac{\sigma_{axe}}{\sum_i} X \quad (3.2.5)$$

$$\rho_{xe0} = \frac{1}{\eta P \varepsilon} \frac{\sum_{axe0}}{\sum_i} = \frac{1}{\eta P \varepsilon} \frac{\sigma_{axe}}{\sum_i} X_0 \quad (3.2.6)$$

$$\Delta \rho_{xe} = \rho_{xe0} - \rho_{xe} \quad (3.2.7)$$

$$N = a \phi \quad (3.2.8)$$

$$\frac{d N}{d t} = \frac{\rho_{total} - \beta}{\ell} N + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i + S \quad (3.2.9)$$

$$\frac{d C_i}{d t} = \frac{\beta_i}{\ell} N - \lambda_i C_i \quad (3.2.10)$$

$$\rho_{total} = \rho_{ex} + \rho_{scram} + \int \alpha_{fuel} d T_{fuel} + \int \alpha_{mod} d T_{mod} + \Delta \rho_{xe} \quad (3.2.11)$$

[記号]

I : I-135の濃度(cm^{-3})

t : 時間(sec)

γ : 核分裂収率

Σ_f : U-235の巨視的核分裂断面積(cm^{-1})
 ϕ : 炉内平均中性子束($\text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$)
 λ : 崩壊定数(sec^{-1})
 X : $X_{\text{e}-135}$ の濃度(cm^{-3})
 σ_a : 微視的吸収断面積(cm^2)
 Σ_a : 巨視的吸収断面積(cm^{-1})
 ρ : 反応度($\Delta k/k$)
 $\Delta \rho$: 反応度変化($\Delta k/k$)
 η : 1個の熱中性子が核燃料に吸収されるにつき、発生する核分裂中性子の個数
 P : 共鳴を逃れる確率
 ε : 高速中性子による核分裂効果
 N : 原子炉出力(W)
 a : 原子炉出力を炉内平均中性子束に変換する係数($\text{cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{W}$)
 β_i
 $\beta = \sum_{i=1}^6 \beta_i$
 β_i : 第*i*群の遅発中性子生成率
 ϑ : 即発中性子寿命(sec)
 λ_i : 第*i*群の遅発中性子先行核崩壊定数(sec^{-1})
 C_i : 第*i*群の遅発中性子先行核密度(W)
 S : 中性子源(W/sec)
 α : 温度係数($\Delta k/k \cdot K$)
 T : 平均温度(K)
(下付き添え字)
 T_e : $T_{\text{e}-135}$
 I : I_{-135}
 X_e : $X_{\text{e}-135}$
 0 : 平衡状態
total : トータル
ex : 外部
scram : スクラム
fuel : 燃料
mod : 減速材

3.3 伝熱計算モジュール

伝熱計算モジュールでは、原子炉、IHX、PWC、AC、二重管等のHTGRを構成する機器の伝熱計算が可能である。HTTRを例に、本モジュールの説明を以下に示す。

3.3.1 原子炉伝熱計算モデル

原子炉を炉心部、炉側部、炉床部に分類し、それぞれモデル化する。

(1) 廉心部の伝熱計算モデル

廉心部の伝熱計算モデルは、Fig. 3.3.1に示すように、1本の燃料棒で代表させた単チャンネルモデルとする。伝熱計算モデルは、径方向が燃料コンパクト、黒鉛スリーブ、ヘリウム流路、黒鉛ブロック、軸方向が上部遮へい体、上部可動反射体、燃料棒、下部可動反射体、高温プレナムブロックを対象とする。ヘリウムは、黒鉛スリーブと黒鉛ブロックの間の環状部を鉛直上方から下方に向かって流れる。単チャンネルモデルの伝熱計算において、燃料の平均チャンネルとホットチャンネルの2本に対し、径方向と軸方向の構造材、ヘリウムを考慮した等価熱伝導率に基づいた2次元 $r - z$ 体系の熱伝導方程式(3.3.1)をPeaceman-Rachfordの交互方向陰解法^(3, 8)により解く。燃料コンパクトと黒鉛スリーブ間のギャップでは、ヘリウムの熱伝導および輻射伝熱を考慮する。また、燃料コンパクトの中空部分では、ヘリウムの熱伝導を考慮する。なお、ACCORDコードでは、廉心バイパス流れを考慮し、HTTRの燃焼日数330日における原子炉出口冷却材温度950°C運転時の廉心有効流量を、文献(3.6)に基づき与えている。

Fig. 3.3.2に廉心部の核計算および伝熱計算の体系を示す。燃料平均チャンネルは、廉心の平均的な温度応答を評価するためのものであり、廉心の燃料体積平均温度と減速材体積平均温度を計算してフィードバック反応度を求め、制御棒の挿入、あるいは、引き抜きに伴う反応度印加との収支により、原子炉出力を計算する。

一方、ホットチャンネルは、廉心内で最も原子炉出力の高いチャンネルの温度応答を評価するためのものであり、燃料平均チャンネルで求めた原子炉出力に対して、出力ピーキング係数を考慮することで燃料最高温度を求める。ACCORDコードには、燃料のホットチャンネルの出力分布として、Fig. 3.2.3^(3, 6)に示すHTTRの燃焼330日における原子炉出口冷却材温度950 °C運転時の出力分布を組み込んでいる。また、同運転時の出力ピーキング係数を、文献(3.6)に基づき与えている。

原子炉スクラム後は、崩壊熱(3.7節参照)を考慮して伝熱計算を行う。

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k_r \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + k_z \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + q \quad (3.3.1)$$

[記号]

ρ : 密度(kg/m^3)

C_p : 比熱($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

T : 温度(K)

t : 時間(sec)

k : 等価熱伝導率($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)

r : 径方向座標(m)

z : 軸方向座標(m)

q : 発熱密度(W/m^3)

(下付き添え字)

r : 径方向

z : 軸方向

燃料平均チャンネルにおけるヘリウム温度は、1次元 z (ヘリウムの流れ方向)体系の定常熱伝達方程式(3.3.2)を解くことで求める。一方、ホットチャンネルにおけるヘリウム温度は、ヘリウム流量に工学的安全係数を考慮した1次元 z 体系の定常熱伝達方程式(3.3.2)を解くことで求める。ACCORDコードには、HTTRの固定反射体ブロック間の隙間から炉心に直接流れ込む漏れ流れ、燃料体等の積層面を横切るクロス流れの誤差およびカラム弯曲による流量低下を考慮した流量配分に関する工学的安全係数を、文献(3.9)に基づき与えている。

なお、燃料平均チャンネルおよびホットチャンネルの出力分布、出力ピーピング係数等を変更することで、安全性実証試験の評価、将来HTGRの設計および安全解析は可能である。

$$C_{pH} G_H \frac{d T_H}{d z} = \sum U S (T_i - T_H) \quad (3.3.2)$$

[記号]

C_p : 比熱(J/kg·K)

G : 質量流量(kg/sec)

T : 温度(K)

z : 軸方向座標(m)

U : 等価熱伝達率(W/m²·K)

S : 単位長さ当たりの伝熱面積(m²/m)

(下付き添え字)

H : ヘリウム

i : ヘリウムに接する構造材

(2) 炉側部の伝熱計算モデル

炉側部の構造材の温度応答を評価するため、炉心から側部構造材への熱の流出条件、炉側部を流れるヘリウムと炉容器冷却系による除熱効果を考慮してモデル化する。したがって、Fig. 3.3.3 に示すように、径方向が炉心最外周燃料チャンネル、可動反射体、固定反射体、低温ヘリウム流路、圧力容器、軸方向が上部遮へい体、上部可動反射体、燃料棒、下部可動反射体、高温プレナムブロックをモデル化する。低温ヘリウムは、固定反射体と圧力容器の間の環状部を鉛直下方から上方に向かって流れる。炉側部温度は、1次元 r 体系の非定常熱伝導方程式(3.3.3)をCrank-Nicolsonの陰解法^(8, 10)により解くことで求める。原子炉スクラム後は、崩壊熱(3.7節 参照)を考慮して伝熱計算を行う。ヘリウム温度は、1次元 z (ヘリウムの流れ方向)体系の定常熱伝達方程式(3.3.2)を解くことで求める。

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k_r \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + q \quad (3.3.3)$$

[記号]

ρ : 密度(kg/m³)

C_p : 比熱(J/kg·K)

T : 温度(K)
 t : 時間(sec)
 k : 等価熱伝導率(W/m·K)
 r : 径方向座標(m)
 q : 発熱密度(W/m³)
 (下付き添え字)
 r : 径方向

圧力容器と炉容器冷却系間の伝熱計算は、空気の自然対流熱伝達と輻射伝熱を考慮した等価熱伝導率を用いて行う。空気の自然対流熱伝達は、3.8.3項の空気の熱伝達率相関式(3.8.21)～(3.8.23)を用いて計算する。輻射伝熱は、式(3.3.4)、(3.3.5)で与えられる熱伝達率を用いて計算する。したがって、圧力容器と炉容器冷却系間の等価熱伝達率は、式(3.3.6)で与える。なお、炉容器冷却系の表面温度は、一定温度境界とする。

$$h_r = \sigma F (T_R + T_V)(T_R^2 + T_V^2) \quad (3.3.4)$$

$$F = \left\{ \frac{1}{F_{RV}} + \left(\frac{1}{\varepsilon_R} - 1 \right) + \frac{A_R}{A_V} \left(\frac{1}{\varepsilon_V} - 1 \right) \right\}^{-1} \quad (3.3.5)$$

$$h_{RV} = h_n + h_r \quad (3.3.6)$$

[記号]

h_r : 輻射伝熱熱伝達率(W/m²·K)
 σ : ステファン・ボルツマン定数(W/m²·K⁴)
 T : 表面温度(K)
 F_{RV} : 圧力容器と炉容器冷却系間の形態係数(=1)
 ε : 輻射率
 A : 表面積(m²)
 h_n : 自然対流熱伝達率(W/m²·K)
 h_{RV} : 圧力容器と炉容器冷却系間の等価熱伝達率(W/m²·K)
 (下付き添え字)
 R : 圧力容器
 V : 炉容器冷却系

(3) 炉床部の伝熱計算モデル

炉床部の構造材の温度応答を評価するため、Fig. 3.3.4に示すように、軸方向は高温プレナムブロックの下側を流れる高温ヘリウム流路、プレナム下部ブロック、炭素ブロック、下端ブロック、炉心支持板、支持板の鉛直下方を流れる低温ヘリウム流路までモデル化する。高温ヘリウムは外周から中心に向かって流れ、低温ヘリウムは中心から外周に向かって流れ。炉床部温度は、1次元z体系の非定常熱伝導方程式(3.3.7)をCrank-Nicolsonの陰解法により解く

ことで求める。

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k_z \left(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{z} \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (3.3.7)$$

[記号]

ρ : 密度(kg/m³)

C_p : 比熱(J/kg·K)

T : 温度(K)

t : 時間(sec)

k : 等価熱伝導率(W/m·K)

z : 軸方向座標(m)

(下付き添え字)

z : 軸方向

ヘリウム温度は、1次元r(ヘリウムの流れ方向)体系の定常熱伝達方程式(3.3.8)を解くことで求める。

$$C_{pH} G_H \frac{d T_H}{d r} = \sum U S (T_i - T_H) \quad (3.3.8)$$

[記号]

C_p : 比熱(J/kg·K)

G : 質量流量(kg/sec)

T : 温度(K)

r : 径方向座標(m)

U : 等価熱伝達率(W/m²·K)

S : 単位長さ当たりの伝熱面積(m²/m)

(下付き添え字)

H : ヘリウム

i : ヘリウムに接する構造材

3.3.2 中間熱交換器(IHX)伝熱計算モデル

IHXの伝熱管はヘリカルコイル型であり、胴側を1次ヘリウム、伝熱管内を2次ヘリウムが流れる。IHXの伝熱計算モデルは、Fig. 3.3.5に示すように、伝熱管1本で代表させた単チャンネルモデルであり、径方向に固体領域1点、流体領域2点を扱い、軸方向に多数点を扱う分割モデルとする。1次ヘリウム温度は、1次元z(ヘリウムの流れ方向)体系の定常熱伝達方程式(3.3.9)を解くことで求める。2次ヘリウム温度は、1次元z体系の定常熱伝達方程式(3.3.10)を解くことで求める。伝熱管温度は、非定常熱伝達方程式(3.3.11)を解くことで求められる。

(1) 1次ヘリウム温度

$$C_{p1} G_1 \frac{d T_1}{d z} = (U S)_1 (T_1 - T_t) \quad (3.3.9)$$

(2) 2次ヘリウム温度

$$C_{p2} G_2 \frac{d T_2}{d z} = (U S)_2 (T_t - T_2) \quad (3.3.10)$$

(3) 伝熱管温度

$$(\rho C_p v)_t \frac{d T_t}{d t} = (U A)_1 (T_1 - T_t) - (U A)_2 (T_t - T_2) \quad (3.3.11)$$

[記号]

C_p : 比熱(J/kg·K)

G : 質量流量(kg/sec)

T : 温度(K)

z : 軸方向座標(m)

U : 等価熱伝達率(W/m²·K)S : 単位長さ当りの伝熱面積(m²/m)A : 伝熱面積(m²)ρ : 密度(kg/m³)v : 体積(m³)

(下付き添え字)

1 : 1次ヘリウム

2 : 2次ヘリウム

t : 伝熱管

3.3.3 加圧水冷却器(PWC)伝熱計算モデル

PWCは逆U字管を用いたシェル・チューブ型熱交換器であり、胴側をヘリウム、伝熱管内を加圧水が流れる。PWCには、PPWC、SPWCおよび補助冷却器がある。加圧水は、逆U字管内をヘリウムと同方向に流れ、逆U字部で反転して逆方向に流れる。PWCの伝熱計算モデルは、Fig. 3.3.6に示すように、伝熱管1本で代表させた単チャンネルモデルであり、径方向に固体領域2点、流体領域3点を扱い、軸方向に多数点を扱う分割モデルとする。伝熱管温度は、非定常熱伝達方程式(3.3.12), (3.3.13)を解くことで求める。加圧水温度は、非定常熱伝達方程式(3.3.14), (3.3.15)を解くことで求める。ヘリウム温度は、定常熱伝達方程式(3.3.16)を解くことで求める。

(1) 伝熱管温度(高温側)

$$(\rho C_p v)_{th} \frac{d T_{th}}{d t} = (U A)_{He} (T_{He} - T_{th}) - (U A)_{wh} (T_{wh} - T_{th}) \quad (3.3.12)$$

(2) 伝熱管温度(低温側)

$$(\rho C_p v)_{t1} \frac{dT_{t1}}{dt} = (UA)_{w1}(T_{w1} - T_{t1}) - (UA)_{t1}(T_{He} - T_{t1}) \quad (3.3.13)$$

(3) 加圧水温度(高温側)

$$(\rho A_t)_{wh} \frac{\partial H_{wh}}{\partial t} = (US)_{wh}(T_{wh} - T_{w1}) - G_{wh} \frac{\partial H_{wh}}{\partial z} \quad (3.3.14)$$

(4) 加圧水温度(低温側)

$$(\rho A_t)_{w1} \frac{\partial H_{w1}}{\partial t} = (US)_{w1}(T_{t1} - T_{w1}) - G_{w1} \frac{\partial H_{w1}}{\partial z} \quad (3.3.15)$$

(5) ヘリウム温度

$$(C_p G)_{He} \frac{dT_{He}}{dz} = -(US)_{He1}(T_{t1} - T_{He}) - (US)_{Heh}(T_{wh} - T_{He}) \quad (3.3.16)$$

[記号]

 ρ : 密度(kg/m^3) C_p : 比熱($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$) v : 体積(m^3) T : 温度(K) t : 時間(sec) U : 等価熱伝達率($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$) A : 伝熱面積(m^2) A_t : 流路断面積(m^2) H : 比エンタルピー(J/kg) S : 単位長さ当りの伝熱面積(m^2/m) G : 質量流量(kg/sec) z : 軸方向座標(m)

(下付き添え字)

 th : 伝熱管(高温側) $t1$: 伝熱管(低温側) wh : 加圧水(高温側) $w1$: 加圧水(低温側) He : ヘリウム Heh : 高温側伝熱管に接するヘリウム Hel : 低温側伝熱管に接するヘリウム

3. 3. 4 空気冷却器(A C)伝熱計算モデル

A Cはコイル型熱交換器であり、胴側を空気、伝熱管内を加圧水が流れる。A Cには、加圧

水ACと補助冷却水ACがある。ACの伝熱計算モデルは、Fig. 3.3.7に示すように、伝熱管1本で代表させた単チャンネルモデルであり、伝熱管内加圧水と空気の流れ方向について多数分割したモデルとする。空気は伝熱管に対して直交流とする。伝熱管温度は、非定常熱伝達方程式(3.3.17)を解くことで求める。加圧水温度は、1次元z(空気の流れ方向)体系の非定常熱伝達方程式(3.3.18)を解くことで求める。空気温度は、1次元z体系の定常熱伝達方程式(3.3.19)を解くことで求める。

(1) 伝熱管温度

$$(\rho C_p v)_t \frac{d T_t}{d t} = (U A)_w (T_w - T_t) - (U A)_a (T_w - T_a) \quad (3.3.17)$$

(2) 加圧水温度

$$(\rho A_t)_w \frac{\partial H_w}{\partial t} = -(U S)_w (T_w - T_t) + G_w \frac{\partial H_w}{\partial z} \quad (3.3.18)$$

(3) 空気温度

$$(C_p G)_a \frac{d T_a}{d z} = (U S)_a (T_t - T_a) \quad (3.3.19)$$

[記号]

 ρ : 密度(kg/m^3) C_p : 比熱($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$) v : 体積(m^3) T : 温度(K) t : 時間(sec) U : 等価熱伝達率($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$) A : 伝熱面積(m^2) A_t : 流路断面積(m^2) H : 比エンタルピ(J/kg) G : 質量流量(kg/sec) S : 単位長さ当たりの伝熱面積(m^2/m) z : 軸方向座標(m)

(下付き添え字)

 w : 加圧水 a : 空気 t : 伝熱管

3.3.5 二重管伝熱計算モデル

二重管のライナの内側は高温ヘリウム、内管と外管の間の環状部は低温ヘリウムが流れる。二重管には、1次系二重管、2次ヘリウム系二重管および補助ヘリウム系二重管がある。二重

管の伝熱計算モデルは、Fig. 3.3.8に示すように、径方向はライナの内側を流れる高温ヘリウム、ライナ、断熱材、内管、低温ヘリウム、外管、保温材を対象とする。ヘリウムの流れは対向流でモデル化する。二重管温度は、1次元 r 体系の非定常熱伝導方程式(3.3.20)をCrank-Nicolsonの陰解法により解くことで求める。ヘリウム温度は、1次元 z (ヘリウムの流れ方向)体系の定常熱伝達方程式(3.3.2)を解くことで求める。なお、保温材の表面温度は、一定温度境界とする。

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k_r \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad (3.3.20)$$

[記号]

ρ : 密度(kg/m^3)

C_p : 比熱($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

T : 温度(K)

t : 時間(sec)

k : 等価熱伝導率($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)

r : 径方向座標(m)

(下付き添え字)

r : 径方向

3.4 流動計算モジュール

流動計算モジュールでは、ヘリウム系と加圧水系の流動計算が可能である。ヘリウム、加圧水それぞれに対して、流体の流れを幾つかの圧力点と流路で代表させた1次元のフローネットワークで近似し、流路における運動方程式と圧力点における連続の式を連立して解き、ヘリウムおよび加圧水の流量と圧力を求める。HTTRを例に、本モジュールの説明を以下に示す。

3.4.1 ヘリウム系流動計算モデル

HTTRの1次系と補助ヘリウム系を接続したヘリウム流路の圧力点と流路のフローネットワーク図を並列運転に対してFig. 3.4.1、単独運転に対してFig. 3.4.2に示す。単独運転時のフローネットワークでは、IHXのバイパス流れを考慮している。また、2次ヘリウム系流路の圧力点と流路のフローネットワーク図をFig. 3.4.3に示す。基準圧力は、理想気体の状態方程式(3.4.1)を解くことで求める。1次系と補助ヘリウム系を接続したヘリウム流路の基準圧力点は、補助冷却器用ヘリウム循環機出口とする。2次ヘリウム系流路の基準圧力点は、SPWC用ヘリウム循環機出口とする。

ヘリウム流路毎に圧縮性流体に基づく加速損失を考慮した運動方程式(3.4.2)～(3.4.6)をRunge-Kutta法により解く。また、ヘリウム流路に設ける圧力点毎に連続の方程式(3.4.7)を解く。流動圧力損失 ΔP_f および加速損失 ΔP_a において、逆流を考慮する。流路 x におけるヘリウム循環機のヘッド ΔP_{px} は、ヘリウム循環機の Q (吐出量) - H (全揚程)特性に基づき計算する。ACCORDコードには、1次系と2次系のヘリウム循環機の Q - H 特性として、Fig.

3.4.4^(3, 11) に示すQ-H特性予想曲線を組み込んでいる。また、補助ヘリウム系のヘリウム循環機のQ-H特性として、Fig. 3.4.5^(3, 11) に示すQ-H特性予想曲線を組み込んでいる。

$$P = \frac{R I}{\sum_m \frac{V_m}{T_m}} \quad (3.4.1)$$

$$\frac{L_x}{g A_x} - \frac{d G_x}{d t} = \Delta P_{tx} - (\Delta P_{fx} + \Delta P_{hx} + \Delta P_{ax} - \Delta P_{px}) \quad (3.4.2)$$

$$\Delta P_{tx} = P_{in} - P_{out} \quad (3.4.3)$$

$$\Delta P_{fx} = \frac{|G_x| + |G_x|}{2 g \rho_x A_x^2} \left(f_x \frac{L_x}{d_x} + k_x \right) \quad (3.4.4)$$

$$\Delta P_{hx} = \rho_x (H_{inx} - H_{outx}) \quad (3.4.5)$$

$$\Delta P_{ax} = \left(\frac{1}{\rho_{outx}} - \frac{1}{\rho_{inx}} \right) \frac{|G_x| + |G_x|}{g A_x^2} \quad (3.4.6)$$

$$\sum_x G_{ix} = 0 \quad (3.4.7)$$

[記号]

P : 壓力(kg/m²)

R : 気体定数(kgm/kg·K)(= 211.9)

I : インベントリ(kg)

V : 体積(m³)

T : 絶対温度(K)

L : 流路長(m)

g : 重力加速度(m/sec²)

A : 流路断面積(m²)

G : 質量流量(kg/sec)

t : 時間(sec)

ΔP_t : 差圧(kg/m²)

ΔP_f : 流動圧力損失(kg/m²)

ΔP_h : 位置損失(kg/m²)

ΔP_a : 加速損失(kg/m²)

ΔP_p : 循環機のヘッド(kg/m²)

ρ : 密度(kg/m³)

f : 摩擦損失係数
 d : 流路内径(m)
 k : 形状損失係数
 H : 高さ(m)
 G_i : 圧力点*i*につながる流路*x*の質量流量(kg/sec)
 (下付き添え字)
 m : 構成要素部
 x : 流路
 in : 入口
 out : 出口

3.4.2 加圧水系流動計算モデル

HTTRの加圧水系流路の圧力点と流路のフローネットワーク図を並列運転に対してFig. 3.4.6, 単独運転に対してFig. 3.4.7に示す。また、補助冷却水系流路の圧力点と流路のフローネットワーク図をFig. 3.4.8に示す。基準圧力は、入力データで与える。加圧水系流路の基準圧力点は、加圧水加圧器とする。補助冷却水系流路の基準圧力点は、補助冷却水加圧器とする。

加圧水流路毎に運動方程式(3.4.8)～(3.4.11)をRunge-Kutta法により解く。また、加圧水流路に設ける圧力点毎に連続の方程式(3.4.12)を解く。流動圧力損失 ΔP において、逆流を考慮する。流路*x*における循環ポンプのヘッド ΔP_{rx} は、循環ポンプのQ-H特性に基づき計算する。ACCORDコードには、加圧水循環ポンプのQ-H特性として、Fig. 3.4.9^(3.12)に示すQ-H特性予想曲線を組み込んでいる。また、補助冷却水循環ポンプのQ-H特性として、Fig. 3.4.10^(3.13)に示すQ-H特性予想曲線を組み込んでいる。

$$\frac{L_x}{g A_x} \frac{d G_x}{d t} = \Delta P_{tx} - (\Delta P_{fx} + \Delta P_{hx} - \Delta P_{px}) \quad (3.4.8)$$

$$\Delta P_{tx} = P_{in} - P_{out} \quad (3.4.9)$$

$$\Delta P_{fx} = \frac{G_x |G_x|}{2 g \rho_x A_x^2} \left(f_x \frac{L_x}{d_x} + k_x \right) \quad (3.4.10)$$

$$\Delta P_{hx} = \rho_x (H_{inx} - H_{outx}) \quad (3.4.11)$$

$$\sum_x G_{ix} = 0 \quad (3.4.12)$$

[記号]

L : 流路長(m)
 g : 重力加速度(m/sec²)

A : 流路断面積(m²)
 G : 質量流量(kg/sec)
 t : 時間(sec)
 ΔP_c : 差圧(kg/m²)
 ΔP_f : 流動圧力損失(kg/m²)
 ΔP_h : 位置損失(kg/m²)
 ΔP_p : 循環機のヘッド(kg/m²)
 P : 圧力(kg/m²)
 ρ : 密度(kg/m³)
 f : 摩擦損失係数
 d : 流路内径(m)
 k : 形状損失係数
 H : 高さ(m)
 G_i : 圧力点 i につながる流路 x の質量流量(kg/sec)
 (下付き添え字)
 x : 流路
 in : 入口
 out : 出口

3.5 制御系モジュール

制御系モジュールでは、以下の方針でHTGRの制御系をモデル化している。

- (1) 制御系を複数個用意し、任意の制御系を選択可能にする。
- (2) 制御動作は、PI(比例・積分)動作またはON-OFF動作とする。
- (3) 制御目標値は入力データとして与える。また、制御目標値を時間により変動させることを可能にする。
- (4) ACCORDコードに組み込んだ制御系を以下の通りであり、Fig. 3.5.1~Fig. 3.5.8にHTTRの制御系ブロック図および制御定数標準値を示す^(3, 14)。
 1. 原子炉出力制御系、2. 原子炉入口温度制御系、3. 加圧水温度制御系、4. PPWCヘリウム流量制御系、5. PPWC加圧水流量制御系、6. IHX1次ヘリウム流量制御系、7. 2次ヘリウム流量制御系、8. 1次・2次ヘリウム差圧制御系
- (5) 安全保護系が作動している時は、制御系はバイパスする。

制御項目の中で、制御系の弁の開度 ξ は式(3.5.1)で求める。加圧水系流動計算モジュールにおいて式(3.5.2)により、弁 j の流路断面積 A_j を計算する。

$$\frac{d \xi}{d t} = \frac{\xi_0 - \xi}{\tau} \quad (3.5.1)$$

$$A_j = A_{0j} \xi_j \quad (3.5.2)$$

[記号]

- ξ : 弁開度
 t : 時間(sec)
 ξ_0 : 弁開度指令値(= 1 : 全開, = 0 : 全閉)
 τ : 時定数(sec)
 A_j : 弁 j の流路断面積(m^2)
 A_{0j} : 弁 j の全開時の流路断面積(m^2)
 ξ_j : 弁 j の開度

つぎに、差圧制御系の弁(加圧弁、減圧弁)における圧力流量特性の基礎式は、圧縮性流体に対するBernoulliの式に基づく式(3.5.3)^(3, 15)を用いる。

$$W = C_d A \left\{ P_u \rho_u \frac{k}{k+1} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}} \right\}^{0.5} \quad (3.5.3)$$

[記号]

- W : 絞りを通過する質量流量(kg/sec)
 C_d : 絞り部の流量係数(= 1.0)
 A : 絞り開口面積(m^2)
 P_u : 絞り上流絶対圧力(Pa)
 ρ_u : 絞り上流密度(kg/m³)
 k : 比熱比(= $C_p/C_v = C_p/(C_p - R)$)
 C_p : 定圧比熱(J/kg·K)
 C_v : 定積比熱(J/kg·K)
 R : 気体定数の換算値(= 気体定数/気体分子量)(J/kg·K)

3. 6 安全保護系モジュール

安全保護系モジュールでは、以下の方針でHTGRの安全保護系をモデル化している。

- (1) スクラム信号を複数個用意することで、1つ以上の指定でスクラムさせることを可能にする。
- (2) 強制的に任意の時間でスクラムさせることを可能にする。
- (3) ACCORDコードに組み込んだ安全保護系を以下の通りであり、Table 3.6.1^(3, 7)にHTTRのスクラム信号の設定値を示す。
 1. 任意の時間における手動スクラム、2. 出力領域中性子束高、3. IHX 1次冷却材流量低、4. PPWCヘリウム流量低、5. IHX出口1次冷却材温度高、6. PPWC出口ヘリウム温度高、7. 原子炉出口冷却材温度高、8. 廉心差圧低、9. PPWC加圧水流量低、10. 1次冷却材・加圧水差圧高、11. 1次冷却材・加圧水差圧低、12. 1次・2次ヘリウム差圧大、13. 2次ヘリウム流量低
- (4) 物理量がスクラム信号の設定値に達してから原子炉スクラム信号を発するまでの応答時間

(1次遅れ成分), および, スクラム信号の設定値に達してから補助冷却系が起動するまでの時間を考慮する。

- (5) 原子炉スクラム後の1次ヘリウム循環機, 2次ヘリウム循環機の制動停止は, 制動停止曲線にしたがう。ACCORDコードには, これらの循環機の制動停止曲線として, Fig. 3.6.1^(3, 7)に示すHTTRの安全解析で用いた制動停止曲線を組み込んでいる。
- (6) 原子炉スクラム後の制御棒の反応度特性は, 反応度曲線にしたがう。ACCORDコードには, 反応度曲線として, Fig. 3.2.4^(3, 7)に示すHTTRの安全解析で用いたスクラム反応度曲線を組み込んでいる。

3.7 崩壊熱計算モデル

原子炉スクラム後の核分裂生成物の崩壊熱は, Shure^(3, 16)の式(3.7.1)とアクチニドの崩壊熱^(3, 17)の式(3.7.2)~(3.7.4)の和で計算する。崩壊熱の計算定数AとBは, 原子炉スクラム後の時間tの関数として, Table 3.7.1で与えられる^(3, 16)。

$$\frac{P_d}{P_0} = \frac{A}{2} t^{-B} \quad (3.7.1)$$

$$\frac{P_{ACT}}{P_0} = \frac{1}{Q} \{ F_{29}(t) + F_{39}(t) \} \quad (3.7.2)$$

$$F_{29}(t) = E_{29} R \exp(-\lambda_u t) \quad (3.7.3)$$

$$F_{39}(t) = E_{39} R \left\{ \frac{\lambda_u}{\lambda_u - \lambda_{NP}} \exp(-\lambda_{NP} t) - \frac{\lambda_{NP}}{\lambda_u - \lambda_{NP}} \exp(-\lambda_u t) \right\} \quad (3.7.4)$$

[記号]

P : 原子炉出力(W)

A, B : 崩壊熱の計算定数

Q : 1核分裂当りの放出エネルギー(J)

t : 原子炉スクラム後の時間(sec)

E : β崩壊時の放出エネルギー(J)

R : 原子炉運転中のU-239の生成率 (HTTRの燃焼330日のデータに20%の安全余裕を考慮した値)

λ : 崩壊定数(sec⁻¹)

(下付き添え字)

o : 定格

d : 崩壊熱

ACT : アクチニド

U : U-239

NP : N_P-239

3.8 热伝達率相關式

ACCORDコードに組み込んだ熱伝達率相關式を以下に示す。ヘリウム、加圧水、空気流路の形状に応じて、これらの熱伝達率相關式から選択する。

3.8.1 ヘリウムの熱伝達率相關式

(1) 環状流チャンネル

環状流となる上部遮へい体領域ヘリウム、上部可動反射体領域ヘリウム、黒鉛スリーブと黒鉛ブロックの間の環状部ヘリウム、炉側部高温ヘリウム、炉側部低温ヘリウム、二重管低温ヘリウムの熱伝達率として、式(3.8.1)～(3.8.4)(Nu₁^(3.18), Nu₁^(3.19))から得られる熱伝達率を与える。

$$Nu = \max(Nu_1, Nu_1) \quad (3.8.1)$$

$$Nu_1 = C(\alpha) \cdot (T_b/T_w)^{0.5} \quad (3.8.2)$$

$$C(\alpha) = -4.8268\alpha^3 + 12.7516\alpha^2 - 12.2505\alpha + 9.7170 \quad (3.8.3)$$

$$Nu_1 = 0.020 \cdot \alpha^{-0.16} \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4} \cdot (T_b/T_w)^{0.5} \quad (3.8.4)$$

[記号]

Nu : ヌセルト数($= h \cdot k / D_e$)

h : 热伝達率(W/m²·K)

k : 热伝導率(W/m·K)

D_e : 等価直径($= d_o - d_i$)(m)

d_i : 環状チャンネルの内径(m)

d_o : 環状チャンネルの外径(m)

α : 直径比($= d_i / d_o$)

Re : レイノルズ数($= D_e \cdot u_i / \nu$)

u_i : 環状内流の平均速度(m/sec)

ν : 動粘性係数(m²/sec)

Pr : プラントル数($= C_p \cdot \mu / k$)

C_p : 比熱(J/kg·K)

μ : 粘性係数(kg/m·sec)

T_b : バルク温度(K)

T_w : 壁温(K)

(2) 円管流チャンネル

円管流となる下部可動反射体領域ヘリウム、高温プレナムブロック領域ヘリウム、二重管高温ヘリウムの熱伝達率として、式(3.8.5)～(3.8.7)から得られる熱伝達率を与える^(3.20)。

$$Nu = \max(Nu_1, Nu_1) \quad (3.8.5)$$

$$Nu_1 = 4.36 \cdot (T_b/T_w)^{0.5} \quad (3.8.6)$$

$$Nu_1 = 0.020 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4} \cdot (T_b/T_w)^{0.5} \quad (3.8.7)$$

[記号]

Nu : ヌセルト数($= h \cdot k / D_e$)
 h : 热伝達率($W/m^2 \cdot K$)
 k : 热伝導率($W/m \cdot K$)
 D_e : 等価直径($= d_i$)(m)
 d_i : 管の内径(m)
 Re : レイノルズ数($= D_e \cdot u_i / \nu$)
 u_i : 管内流の平均速度(m/sec)
 ν : 動粘性係数(m^2/sec)
 Pr : プラントル数($= C_p \cdot \mu / k$)
 C_p : 比熱(J/kg·K)
 μ : 粘性係数(kg/m·sec)
 T_b : パルク温度(K)
 T_w : 壁温(K)

(3) 軸対称平板流

軸対称平板流となる炉床部高温ヘリウムの热伝達率として、式(3.8.8)から得られる热伝達率を与える^(3.21)。

$$Nu = 0.94 \cdot Re^{0.5} \cdot Pr^{0.4} \quad (3.8.8)$$

[記号]

Nu : ヌセルト数($= h \cdot k / D_e$)
 h : 热伝達率($W/m^2 \cdot K$)
 k : 热伝導率($W/m \cdot K$)
 D_e : 等価直径(m)
 Re : レイノルズ数($= D_e \cdot u / \nu$)
 u_i : 平均速度(m/sec)
 ν : 動粘性係数(m^2/sec)
 Pr : プラントル数($= C_p \cdot \mu / k$)
 C_p : 比熱(J/kg·K)
 μ : 粘性係数(kg/m·sec)

(4) 平行平板流

平行平板流となる炉床部低温ヘリウムの热伝達率として、式(3.8.9)～(3.8.11)から得られる热伝達率を与える^(3.20)。

$$Nu = 8.23 \quad (Re \leq 3000) \quad (3.8.9)$$

$$Nu = (0.0203 \cdot 6000^{0.789} \cdot Pr^{0.33} - 8.23) \cdot (Re - 3000) / 3000 + 8.23 \quad (3000 < Re \leq 6000) \quad (3.8.10)$$

$$Nu = 0.0203 \cdot Re^{0.789} \cdot Pr^{0.33} \quad (6000 < Re) \quad (3.8.11)$$

[記号]

Nu : ヌセルト数($= h \cdot k / D_e$)
 h : 热伝達率($W/m^2 \cdot K$)

k : 熱伝導率($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)

D_e : 等価直径(m)

Re : レイノルズ数($= D_e \cdot u / \nu$)

u_i : 平均速度(m/sec)

ν : 動粘性係数(m^2/sec)

Pr : プラントル数($= C_p \cdot \mu / k$)

C_p : 比熱($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

μ : 粘性係数($\text{kg}/\text{m}\cdot\text{sec}$)

(5) ヘリカルコイル型熱交換器の管内流

ヘリカルコイル型熱交換器の管内流となる IHX 伝熱管内を流れる低温ヘリウムの熱伝達率として、式(3.8.12)～(3.8.14)から得られる熱伝達率を与える^(3.22)。

$$Nu = \max(Nu_{i1}, Nu_{i2}) \quad (3.8.12)$$

$$Nu_{i1} = 4.36 \cdot 0.148 \cdot Dean^{0.5} / (1 - 1.813 \cdot Dean^{-0.5}) \quad (3.8.13)$$

$$Nu_{i2} = 0.0223 \cdot Re^{(5/6)} \cdot d_i^{*} \cdot Pr / (Pr^{0.6} - 0.057) \cdot \{1 + 0.0615 / (Re \cdot d_i^{*2.5})^{(1/6)}\} \quad (3.8.14)$$

[記号]

Nu : ヌセルト数($= h \cdot k / D_e$)

h : 熱伝達率($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)

k : 熱伝導率($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)

D_e : 等価直径($= d_i$)(m)

d_i : 管の内径(m)

$Dean$: ディーン数($= Re \cdot d_i^{*0.5}$)

Re : レイノルズ数($= D_e \cdot u_i / \nu$)

u_i : 管内流の平均速度(m/sec)

ν : 動粘性係数(m^2/sec)

d_i^* : 無次元数($= d_i / D_m$)

D_m : ヘリカルコイルの平均直径(m)

Pr : プラントル数($= C_p \cdot \mu / k$)

C_p : 比熱($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

μ : 粘性係数($\text{kg}/\text{m}\cdot\text{sec}$)

(6) ヘリカルコイル型熱交換器の管外流

ヘリカルコイル型熱交換器の管外流となる IHX 脈部を流れる高温ヘリウムの熱伝達率として、式(3.8.15)～(3.8.18) ($Nu_{o1}^{(3.23)}$ ($Re_o \geq 7000$), $Nu_{o2}^{(3.24)}$ ($Re_o < 7000$)) から得られる熱伝達率を与える。

$$Nu_o = 0.33 \cdot C_h \cdot Re_o^{0.6} \cdot Pr^{0.3} \quad (Re_o \geq 7000) \quad (3.8.15)$$

$$Nu_o = \max(Nu_{o1}, Nu_{o2}) \quad (Re_o < 7000) \quad (3.8.16)$$

$$Nu_{o1} = 4 \quad (3.8.17)$$

$$Nu_{o2} = 0.057 \cdot C_o \cdot \max(Re_{min}, Re_o)^{0.8} \cdot Pr^{0.4} \quad (3.8.18)$$

[記号]

Nu_0 : ヌセルト数($= h \cdot k / D_e$)
 h : 热伝達率($W / m^2 \cdot K$)
 k : 热伝導率($W / m \cdot K$)
 D_e : 等価直径(m)
 C_h : 係数($= 0.9$)
 Re_0 : レイノルズ数($= D_e \cdot u_0 / \nu$)
 u_0 : 管外流の平均速度(m / sec)
 ν : 動粘性係数(m^2 / sec)
 Pr : プラントル数($= C_p \cdot \mu / k$)
 C_p : 比熱($J / kg \cdot K$)
 μ : 粘性係数($kg / m \cdot sec$)
 C_0 : 係数($= 0.835$)
 Re_{min} : 最小レイノルズ数($= 800$)

(7) バッフル・チューブ型热交換器の管外流

バッフル・チューブ型热交換器の管外流となるPWC胴部を流れる高温ヘリウムの热伝達率として、式(3.8.19)から得られる热伝達率を与える^(3.25)。

$$Nu = 0.40 \cdot Re^{0.6} \cdot Pr^{0.36} \cdot (Pr/Pr_w)^{0.25} \quad (3.8.19)$$

[記号]

Nu : ヌセルト数($= h \cdot k / D_e$)
 h : 热伝達率($W / m^2 \cdot K$)
 k : 热伝導率($W / m \cdot K$)
 D_e : 等価直径(m)
 Re : レイノルズ数($= D_e \cdot u_0 / \nu$)
 u_0 : 管外流の平均速度(m / sec)
 ν : 動粘性係数(m^2 / sec)
 Pr : プラントル数($= C_p \cdot \mu / k$)
 C_p : 比熱($J / kg \cdot K$)
 μ : 粘性係数($kg / m \cdot sec$)
 Pr_w : 伝熱管壁面でのプラントル数

3.8.2 加压水の热伝達率相関式

バッフル・チューブ型热交換器の管内流となるPWCおよびACの伝熱管内を流れる加压水の热伝達率として、式(3.8.20)から得られる热伝達率を与える^(3.26)。

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.86} \cdot Pr^{0.36} \cdot (Pr/Pr_w)^{0.25} \quad (3.8.20)$$

[記号]

Nu : ヌセルト数($= h \cdot k / D_e$)
 h : 热伝達率($W / m^2 \cdot K$)
 k : 热伝導率($W / m \cdot K$)

D_e : 等価直径(m) Re : レイノルズ数($= D_e \cdot u_\infty / \nu$) u_∞ : 管外流の平均速度(m/sec) ν : 動粘性係数(m²/sec) Pr : プラントル数($= C_p \cdot \mu / k$) C_p : 比熱(J/kg·K) μ : 粘性係数(kg/m·sec) Pr_w : 伝熱管壁面でのプラントル数

3. 8. 3 空気の熱伝達率相関式

(1) 垂直対向加熱壁を有する密閉空間内流

垂直対向加熱壁を有する密閉空間内流となる圧力容器と炉容器冷却系間を流れる空気の熱伝達率として、式(3.8.21)～(3.8.23)から得られる熱伝達率を与える^(3.27)。

$$Nu = 0.36 \cdot Pr^{0.051} \cdot (H/W)^{-0.11} \cdot Ra^{0.25} \quad (10^7 < Ra < 4 \times 10^9) \quad (3.8.21)$$

$$Nu = 0.084 \cdot Pr^{0.051} \cdot Ra^{0.3} \quad (4 \times 10^9 < Ra < 2 \times 10^{12}) \quad (3.8.22)$$

$$Nu = 0.039 \cdot Ra^{0.33} \quad (2 \times 10^{12} < Ra) \quad (3.8.23)$$

[記号]

 Nu : ヌセルト数($= h \cdot k / D_e$) h : 热伝達率(W/m²·K) k : 热伝導率(W/m·K) D_e : 等価直径(m) Pr : プラントル数($= C_p \cdot \mu / k$) C_p : 比熱(J/kg·K) μ : 粘性係数(kg/m·sec) H : 高さ(m) W : 幅(m) Ra : レーレー数($= Pr \cdot Gr$) Gr : グラスホフ数($= g \cdot B \cdot H^3 \cdot (T_v - T_s) / \nu^2$) g : 重力加速度(m/sec²) B : 体積膨張率(1/K) T_v : 炉容器冷却系の温度(K) T_s : 空気の温度(K)($= (T_v + T_R) / 2$) T_R : 圧力容器の温度(K) ν : 動粘性係数(m²/sec)

(2) バッフル・チューブ型熱交換器の管外流

バッフル・チューブ型熱交換器の管外流となるACの胴部を流れる空気の熱伝達率として、式(3.8.24)から得られる熱伝達率を与える^(3.28)。

$$h = 4.882 \cdot 208 \cdot (0.205 \cdot G)^{0.5} \cdot 3600 \cdot 1.163 \quad (3.8.24)$$

[記号]

 h : 热伝達率($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$) G : 単位面積当りの質量流量($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$)

3.9 热物性値

ACCORDコードに組み込んだ热物性値を以下に示す。流体、構造材の種類に応じて、これらの热物性値から選択する。

3.9.1 ヘリウムの热物性値

原子炉、IHX伝熱管内および胴部、PWC胴部、二重管のライナ内側および内管と外管の間の環状部内を流れるヘリウムの热物性値等に適用する。密度、比熱、热伝導率、粘性係数は全て文献(3.29)にしたがう。

3.9.2 構造材の热物性値

(1) IG-110黒鉛

IG-110黒鉛を材料とした黒鉛スリーブ、黒鉛ブロック、可動反射体の热物性値に適用する。密度、比熱は文献(3.30)にしたがう。热伝導率は文献(3.29)にしたがう。

(2) 被覆燃料粒子、黒鉛と炭素混合材

被覆燃料粒子、黒鉛と炭素混合材を材料とした燃料コンパクトの热物性値に適用する。密度、比熱は文献(3.30)にしたがう。热伝導率は文献(3.29)にしたがう。

(3) PGX黒鉛

PGX黒鉛を材料とした高温プレナムブロック、固定反射体、プレナム下部ブロック、下端ブロックの热物性値に適用する。密度、比熱は文献(3.30)にしたがう。热伝導率は文献(3.29)にしたがう。

(4) ASR-ORB炭素

ASR-ORB炭素を材料とした炭素ブロックの热物性値に適用する。密度、比熱、热伝導率は全て文献(3.30)にしたがう。

(5) カポサイト

カポサイトを材料とした二重管の保温材の热物性値に適用する。密度、比熱、热伝導率は全てメーカカタログ値。

(6) カオウール

カオウールを材料とした二重管の断熱材の热物性値に適用する。密度、比熱、热伝導率は全てメーカカタログ値。

(7) 21/4Cr-1Mo鋼

21/4Cr-1Mo鋼を材料とした圧力容器、炉心支持板、ACの伝熱管、二重管の内管および外管の热物性値に適用する。密度 ρ (kg/m^3)、比熱 C_p ($\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$)、热伝導率 λ ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$) は全て文献(3.31)にしたがい、温度 T (K) の最小2乗近似(1次式)で与える。

$$\rho = -3.3098 \times 10^{-1} \times (T - 273.15) + 7.8221 \times 10^3 \quad (3.9.1)$$

$$C_p = 4187 \cdot \{1.1294 \times 10^{-4} \times (T - 273.15) + 9.9174 \times 10^{-2}\} \quad (3.9.2)$$

$$\lambda = 1.163 \cdot \{-2.7091 \times 10^{-3} \times (T - 273.15) + 2.8240 \times 10^1\} \quad (3.9.3)$$

(8) ハステロイ X R

ハステロイ X R を材料とした IHX の伝熱管、二重管のライナの熱物性値に適用する。密度 ρ (kg/m³) は文献(3.32) のハステロイ X、比熱 C_p (J/kg·K)、熱伝導率 λ (W/m·K) は文献(3.33) のハステロイ X にしたがい、比熱と熱伝導率は温度 T (K) の最小 2 乗近似(1 次式)で与える。

$$C_p = 4187 \cdot \{5.8713 \times 10^{-5} \times (T - 273.15) + 1.0499 \times 10^{-1}\} \quad (3.9.4)$$

$$\lambda = 1.163 \cdot \{1.7166 \times 10^{-2} \times (T - 273.15) + 7.6496\} \quad (3.9.5)$$

(9) S U S 3 2 1 T B

SUS321TB を材料とした PWC の伝熱管の熱物性値に適用する。密度 ρ (kg/m³)、比熱 C_p (J/kg·K) は文献(3.21) の SUS304、熱伝導率 λ (W/m·K) は文献(3.34) にしたがい、温度 T (K) の最小 2 乗近似(1 次式)で与える。

$$\rho = -4.018 \times 10^{-1} \times (T - 273.15) + 7.9374 \times 10^3 \quad (3.9.6)$$

$$C_p = 4187 \cdot \{5.324 \times 10^{-5} \times (T - 273.15) + 1.1675 \times 10^{-1}\} \quad (3.9.7)$$

$$\lambda = 1.163 \cdot \{1.1782 \times 10^{-2} \times (T - 273.15) + 1.3086 \times 10^1\} \quad (3.9.8)$$

(10) S U S 3 0 4

SUS304 を材料とした上部遮へい体の熱物性値に適用する。密度 ρ (kg/m³)、比熱 C_p (J/kg·K)、熱伝導率 λ (W/m·K) は全て文献(3.21) にしたがい、温度 T (K) の最小 2 乗近似(1 次式)で与える。

$$\lambda = 1.163 \cdot \{1.2286 \times 10^{-2} \times (T - 273.15) + 1.2885 \times 10^1\} \quad (3.9.9)$$

3.9.3 加圧水の熱物性値

PWC および AC の伝熱管内を流れる加圧水の熱物性値に適用する。密度、比熱、熱伝導率、粘性係数は全て文献(3.21) にしたがう。

3.9.4 空気の熱物性値

AC の胴部を流れる空気の熱物性値に適用する。密度、比熱、熱伝導率、粘性係数は全て文献(3.21) にしたがう。

Table 3.6.1 Reactor scram signal and its established value
of the HTTR^(3, 7)

原子炉スクラム信号	スクラム設定値
出力領域中性子束高	20 %
IHX 1次冷却材流量低	92 %
PPWCヘリウム流量低	93 %
IHX 出口 1次冷却材温度高	410 °C
PPWC 出口ヘリウム温度高	425 °C
原子炉出口冷却材温度高	86.9 °C ^(*1)
	96.7 °C ^(*2)
炉心差圧低	78 %
PPWC 加圧水流量低	87 %
1次冷却材・加圧水差圧高	8.5 kg/cm ²
1次冷却材・加圧水差圧低	1.5 kg/cm ²
1次・2次ヘリウム差圧大	1.8 kg/cm ²
2次ヘリウム流量低	88 %

(*1)定格運転 (*2)高温試験運転

Table 3.7.1 Decay heat parameters^(3, 16)

時間 t (sec)	A	B
0.1 ≤ t < 10.0	12.05	0.00639
10.0 ≤ t < 150.0	15.31	0.1807
150.0 ≤ t < 4.0 × 10 ⁶	26.02	0.2834
4.0 × 10 ⁶ ≤ t < ∞	53.18	0.3350

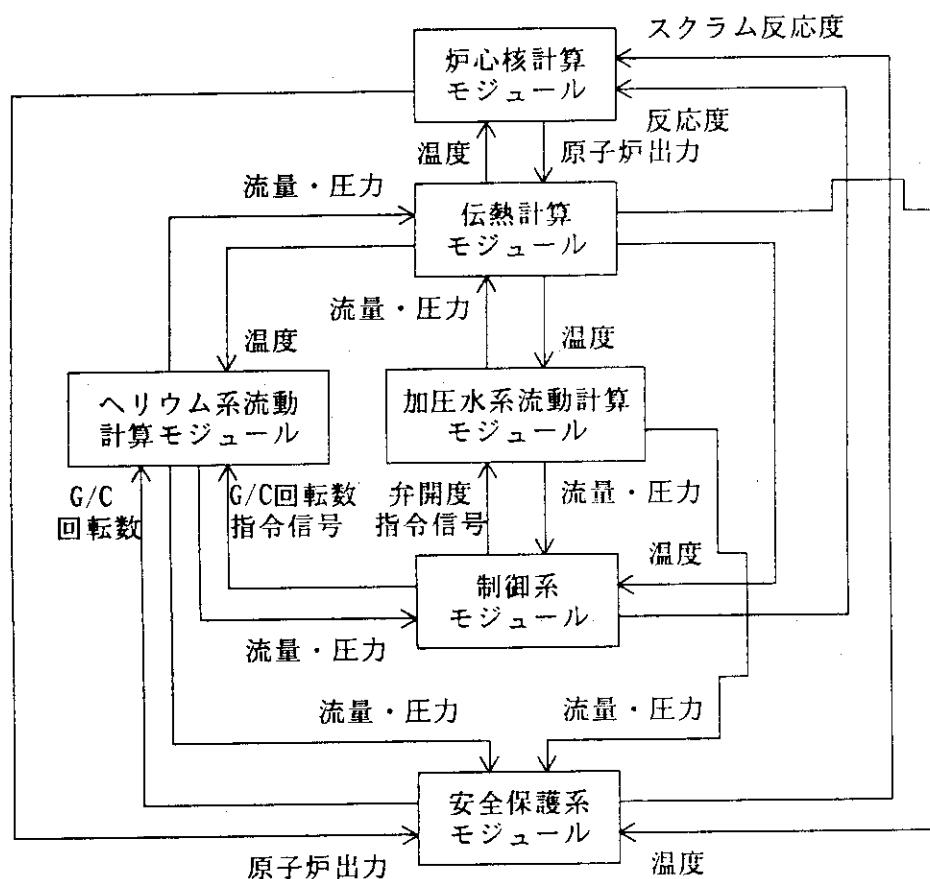


Fig. 3.1.1 Calculation system of 'ACCORD' code

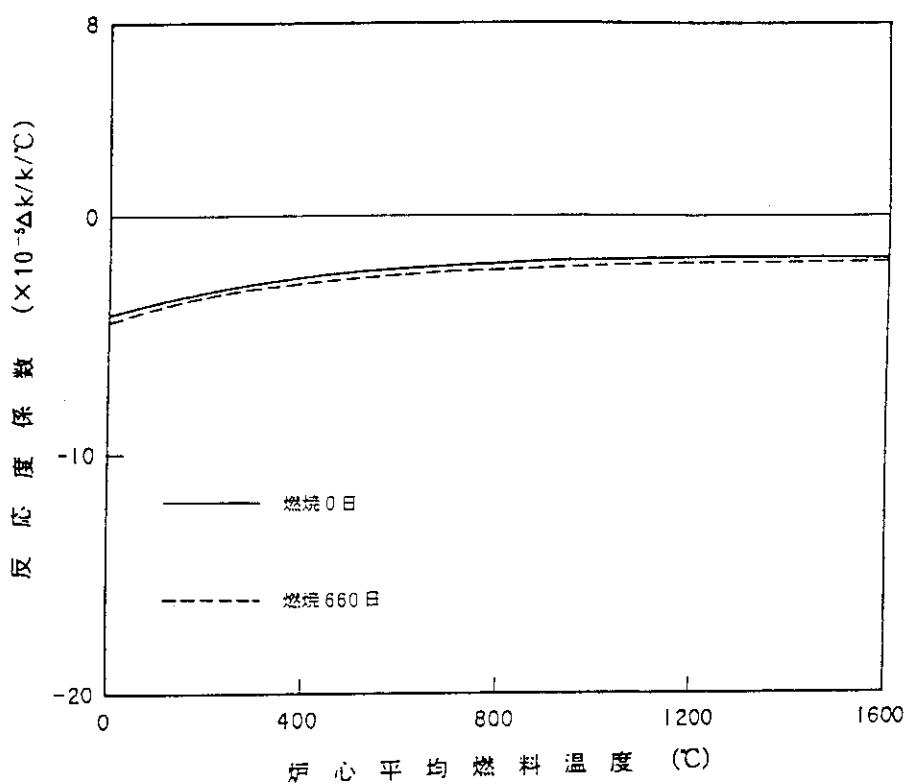


Fig. 3.2.1 Relationship between mean fuel temperature and its coefficient of reactivity^(3, 5)

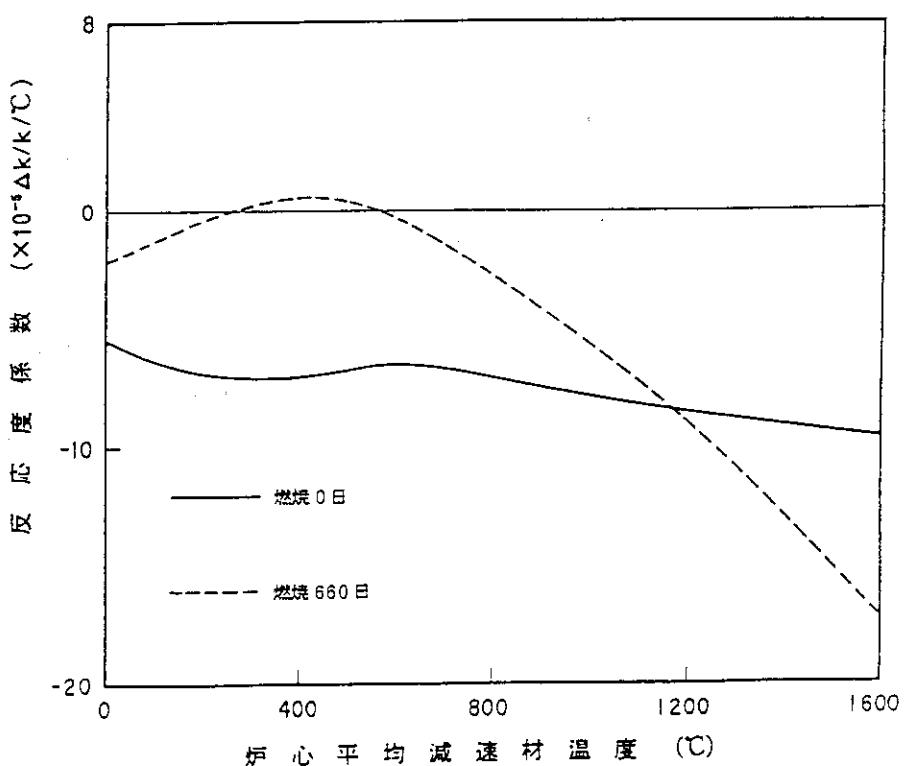


Fig. 3.2.2 Relationship between mean moderator temperature and its coefficient of reactivity^(3, 5)

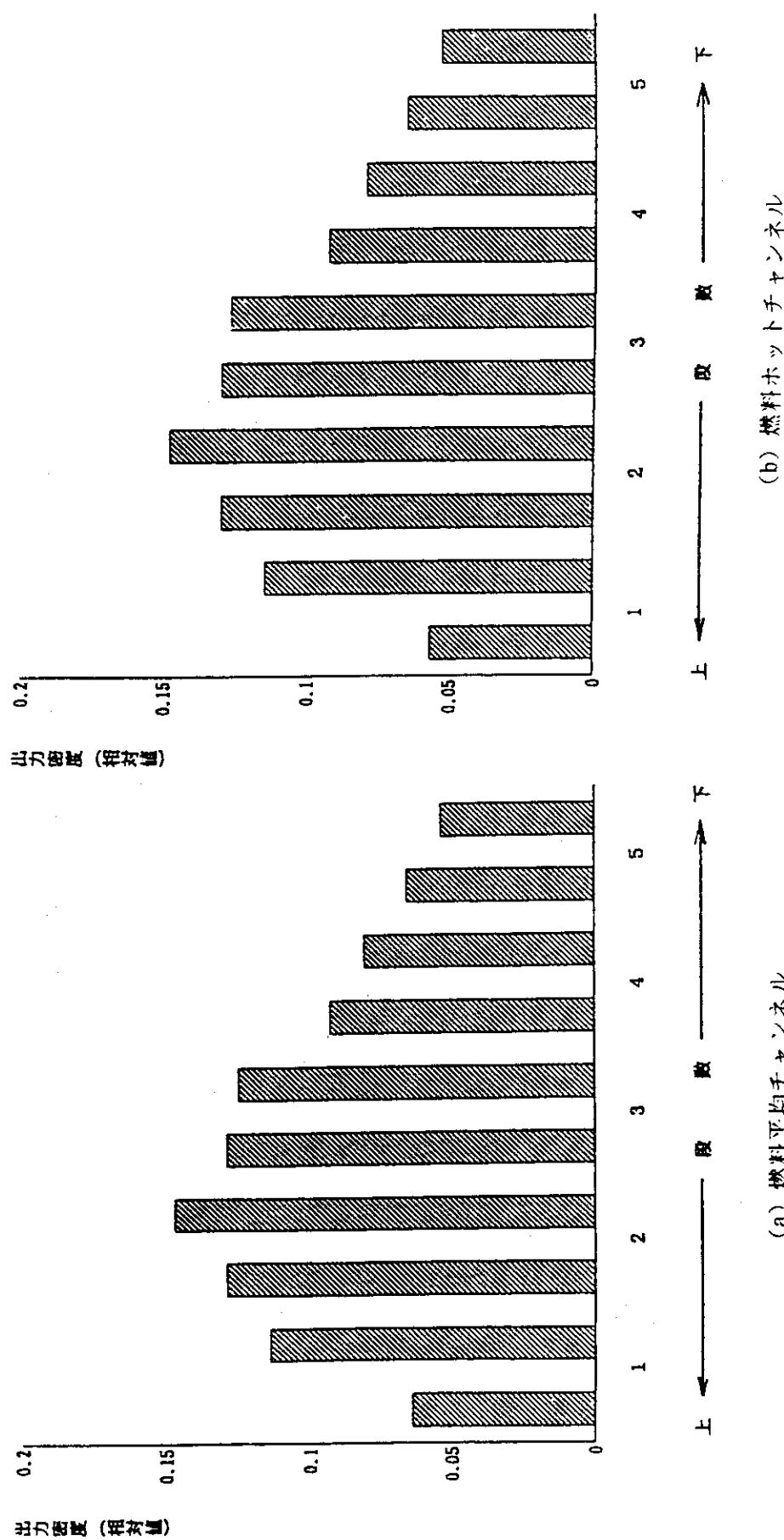
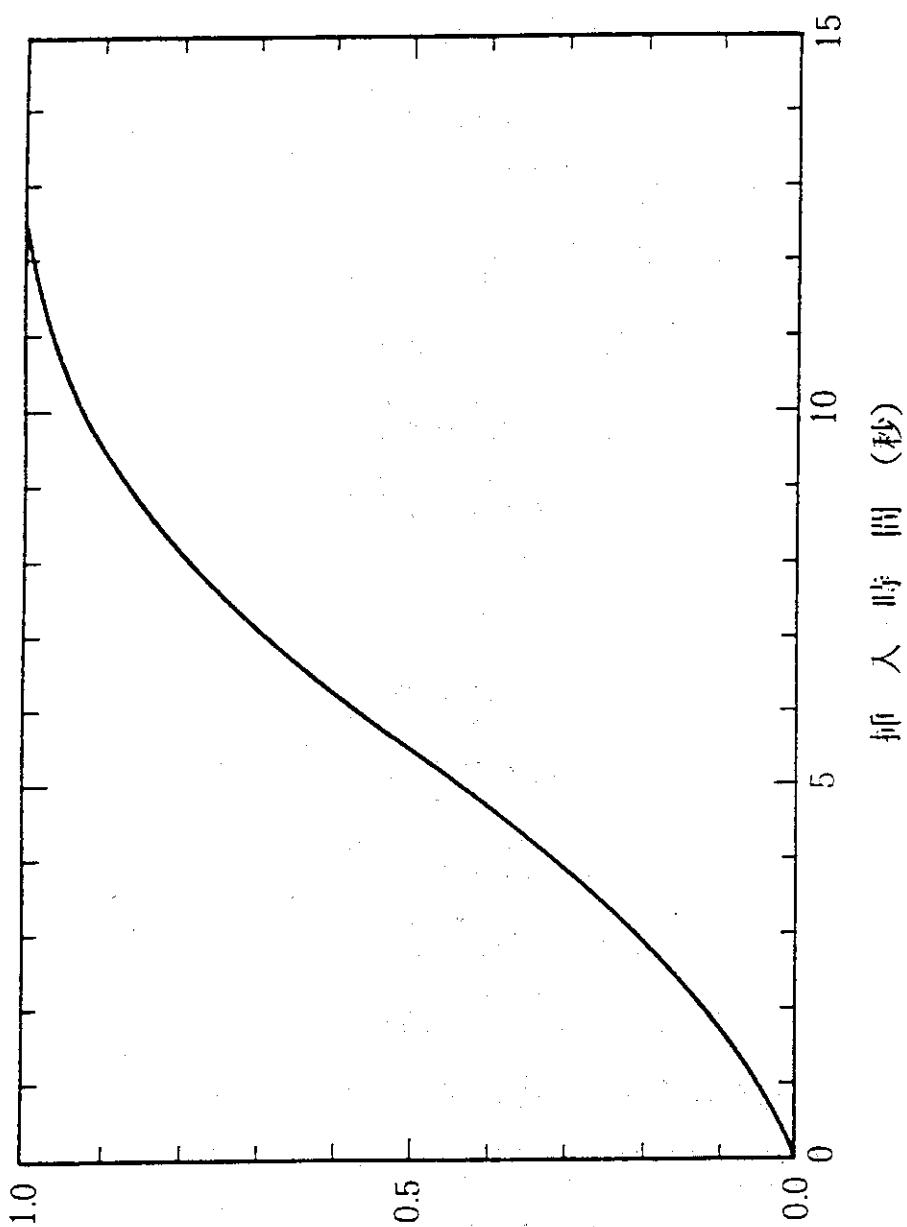


Fig. 3.2.3 Reactor power distribution of fuel mean channel and hot channel (3, 6)



挿入度の特性(全挿入度に対する割合)

Fig. 3.2.4 Insert characteristic of scram reactivity
used in the HTTR safety analysis^(3, 7)

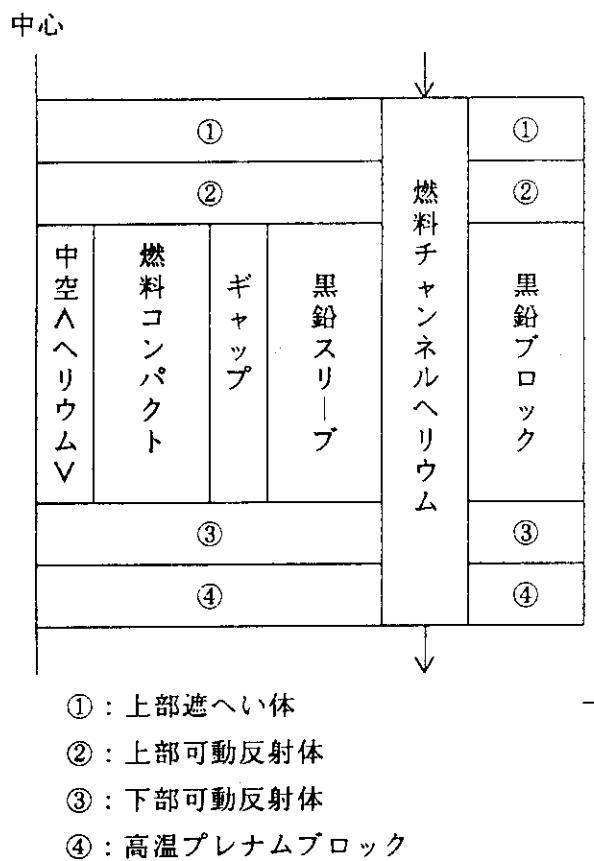


Fig. 3.3.1 Reactor core part model for heat transfer calculation

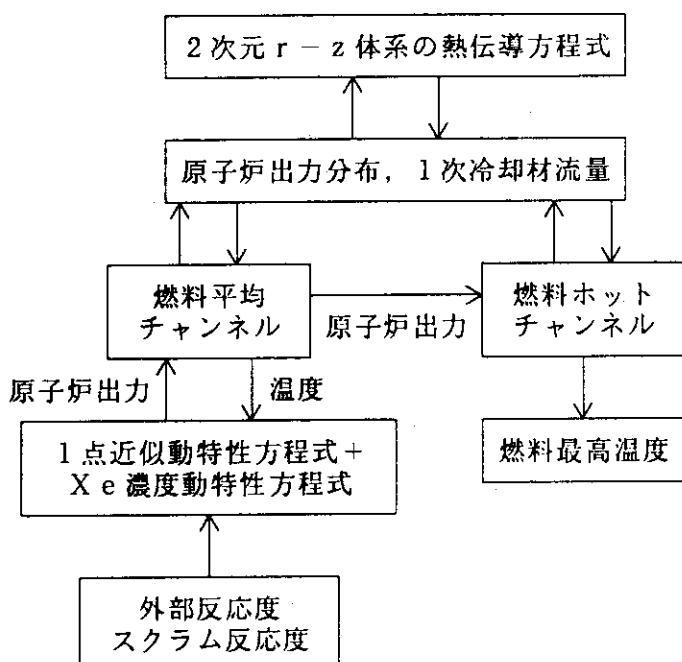
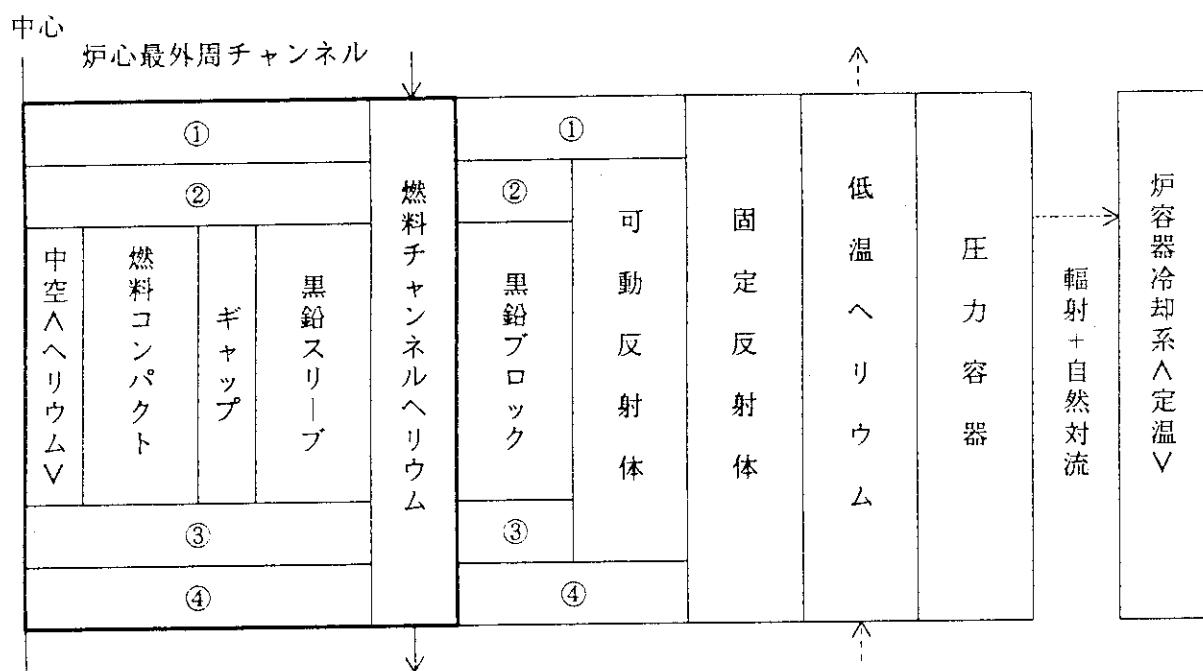


Fig. 3.3.2 Nuclear and heat transfer calculation system for reactor core part



- ① : 上部遮へい体
- ② : 上部可動反射体
- ③ : 下部可動反射体
- ④ : 高温プレナムブロック

太線枠内は炉心最外周チャンネル
 → 燃料チャンネルヘリウムの流れ
 --> 低温ヘリウムの流れ
 --> 空気の流れ

Fig. 3.3.3 Reactor side part model for heat transfer calculation

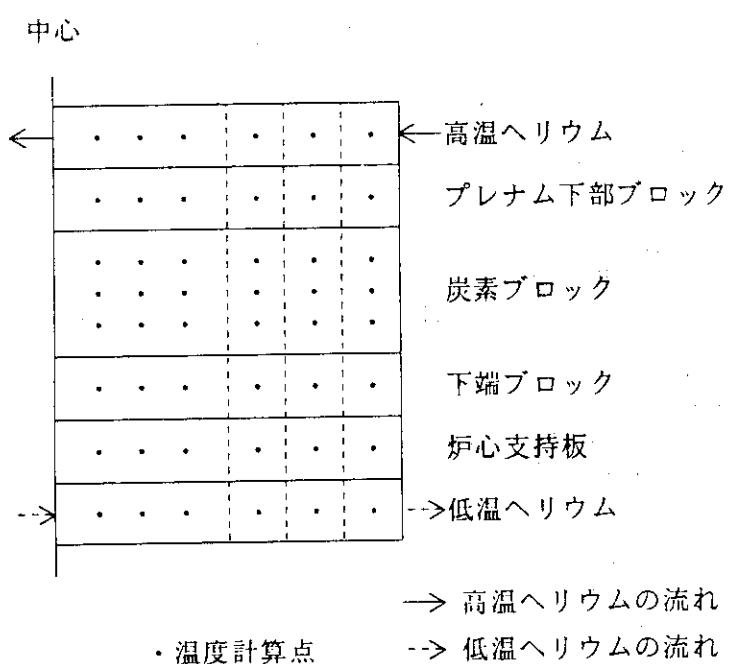


Fig. 3.3.4 Reactor bottom part model for heat transfer calculation

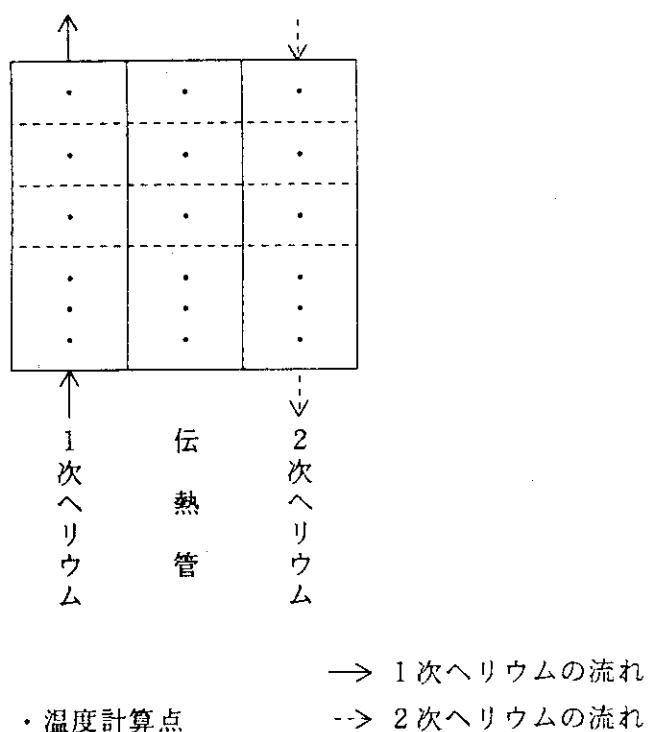


Fig. 3.3.5 IHX model for heat transfer calculation

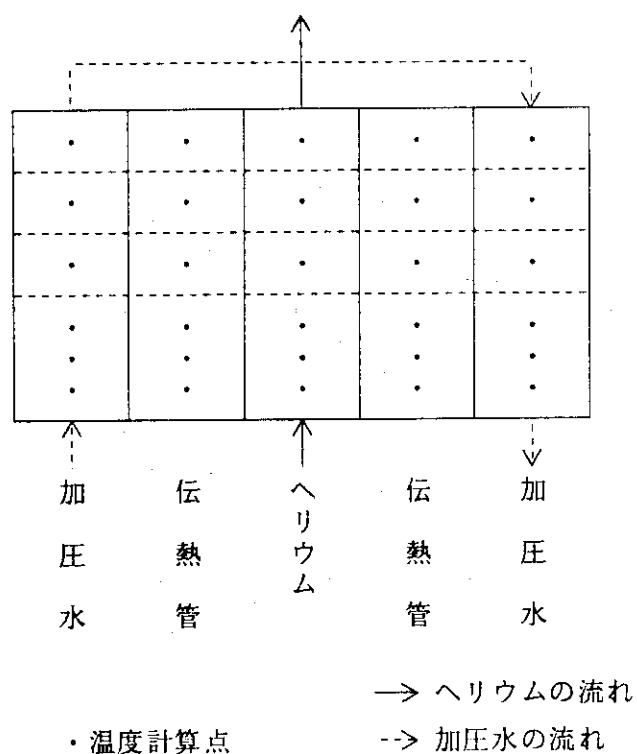


Fig. 3.3.6 PWC model for heat transfer calculation

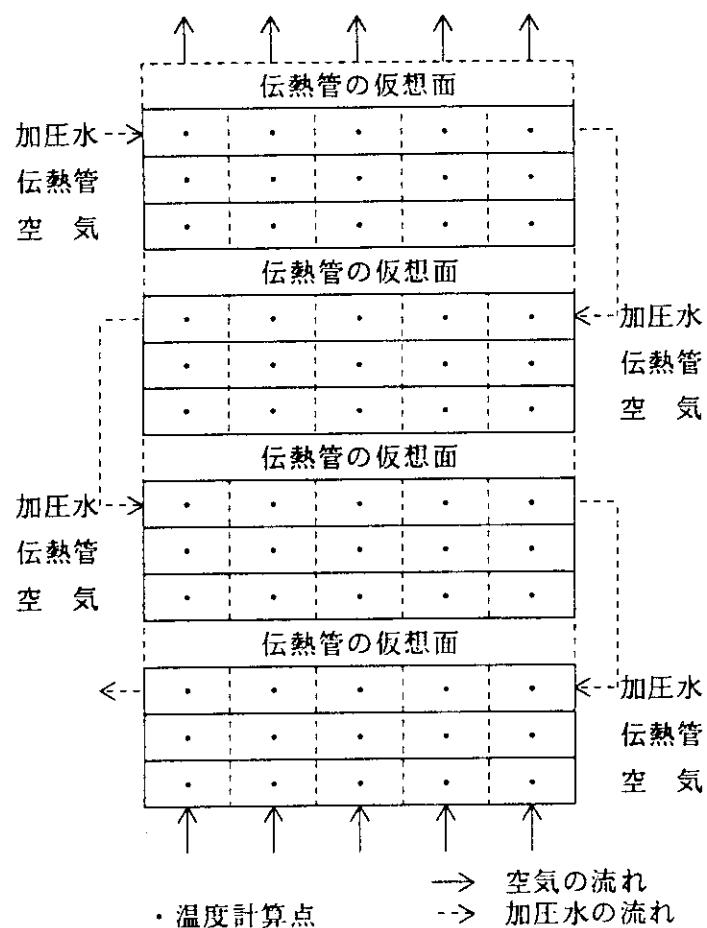


Fig. 3.3.7 AC model for heat transfer calculation

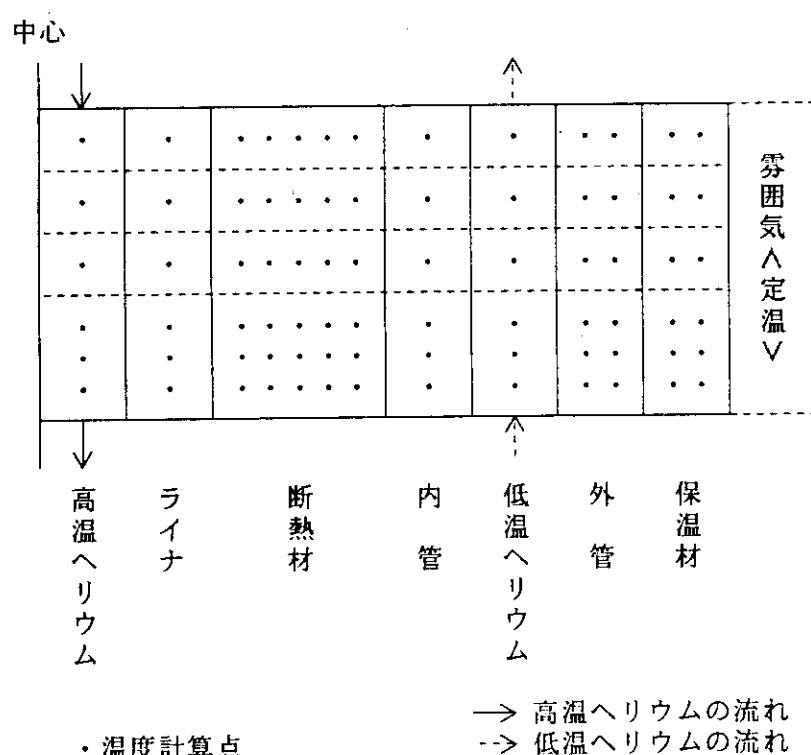


Fig. 3.3.8 Hot gas duct model for heat transfer calculation

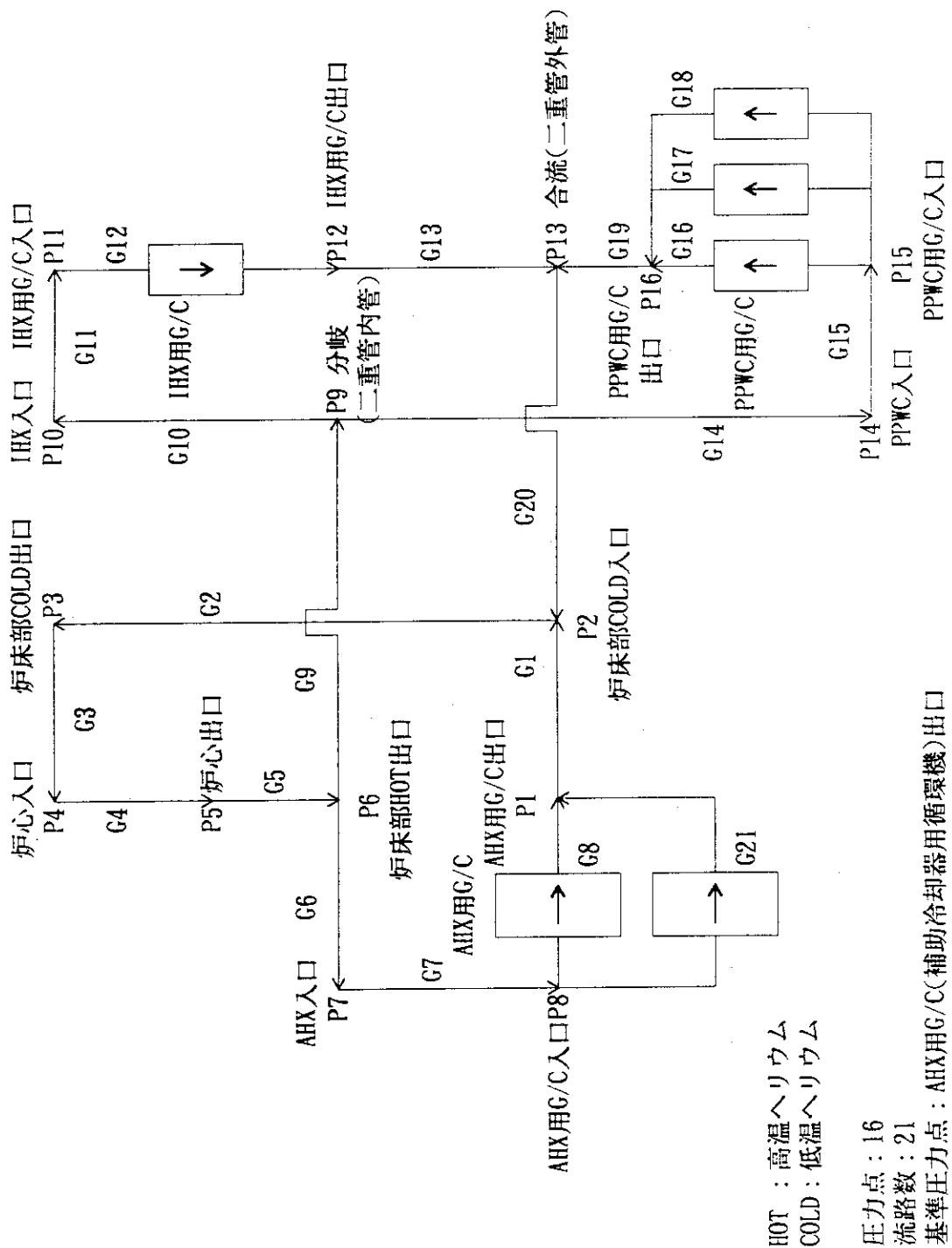


Fig. 3.4.1 Flow network diagram of primary and auxiliary helium systems under parallel loaded operation

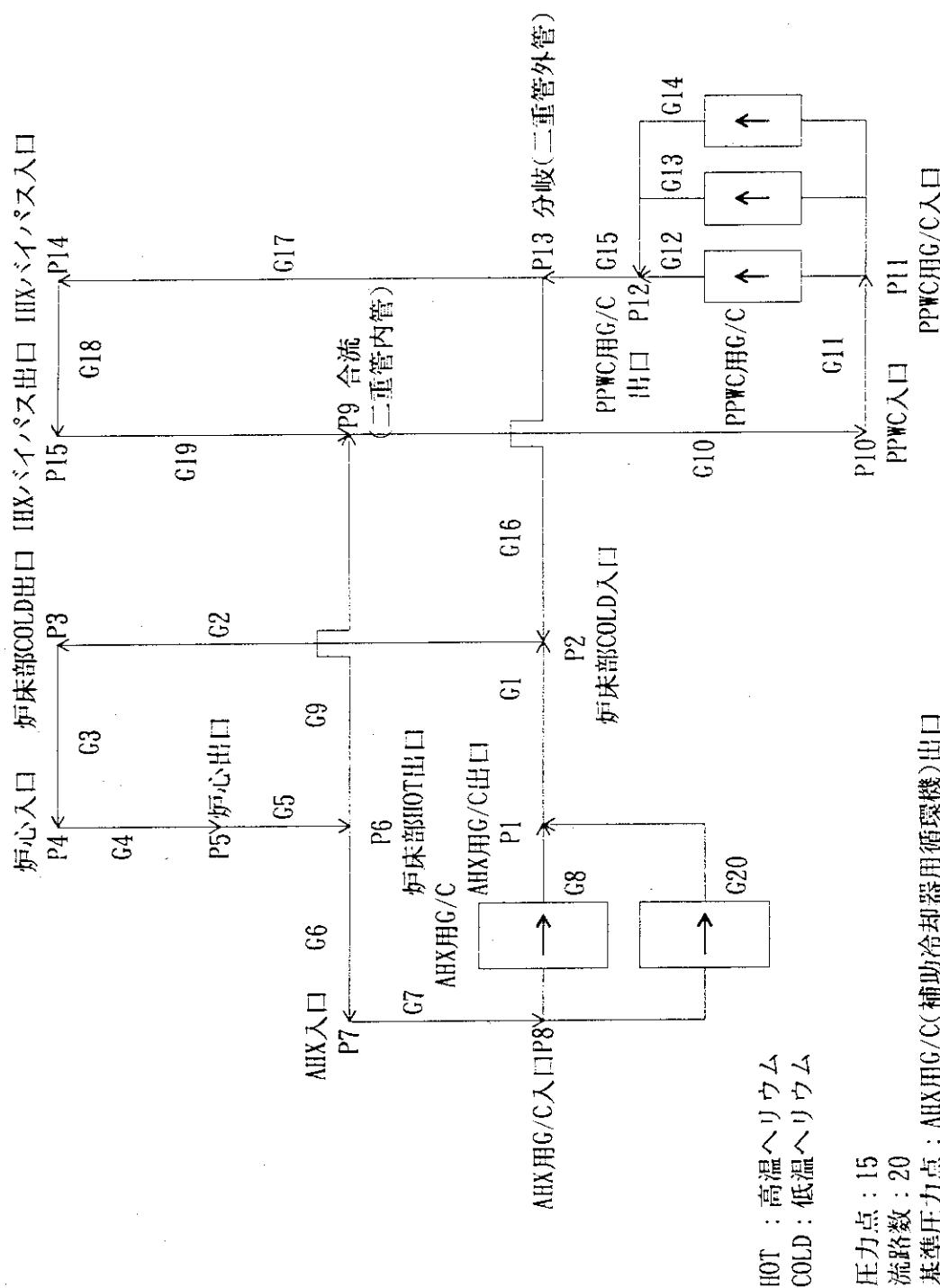


Fig. 3.4.2 Flow network diagram of primary and auxiliary helium systems under single loaded operation

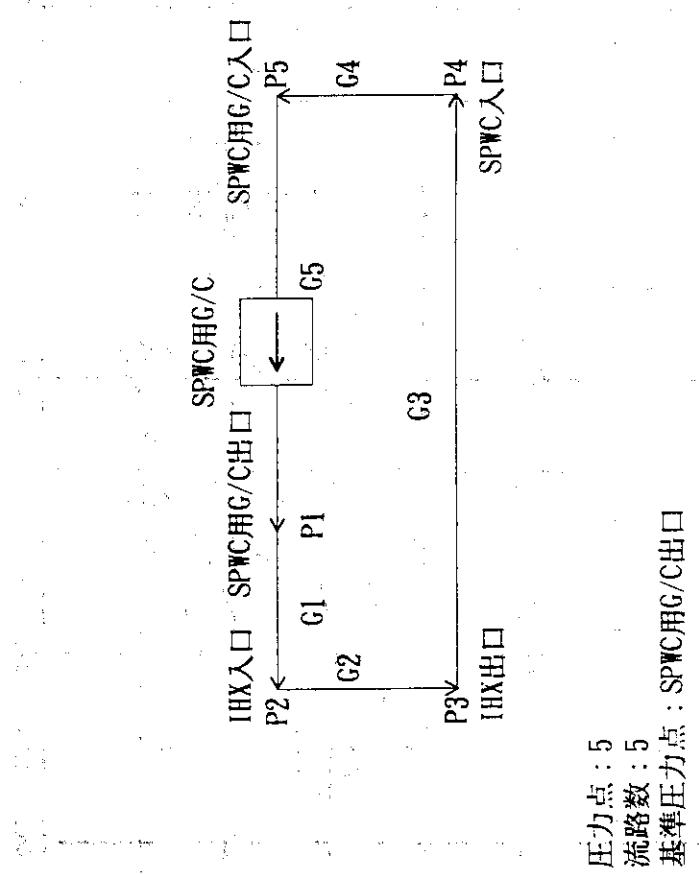


Fig. 3.4.3 Flow network diagram of secondary helium system

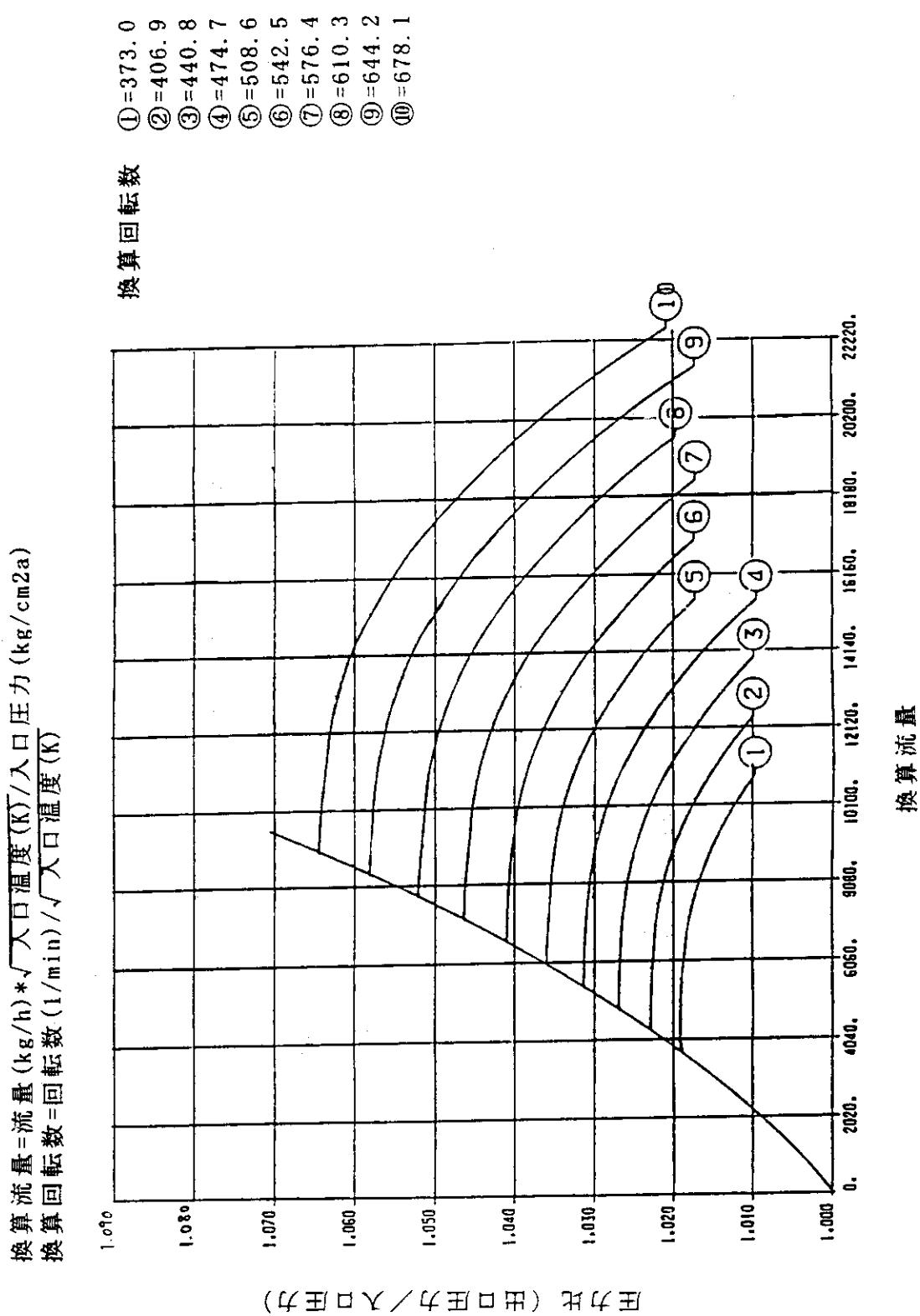
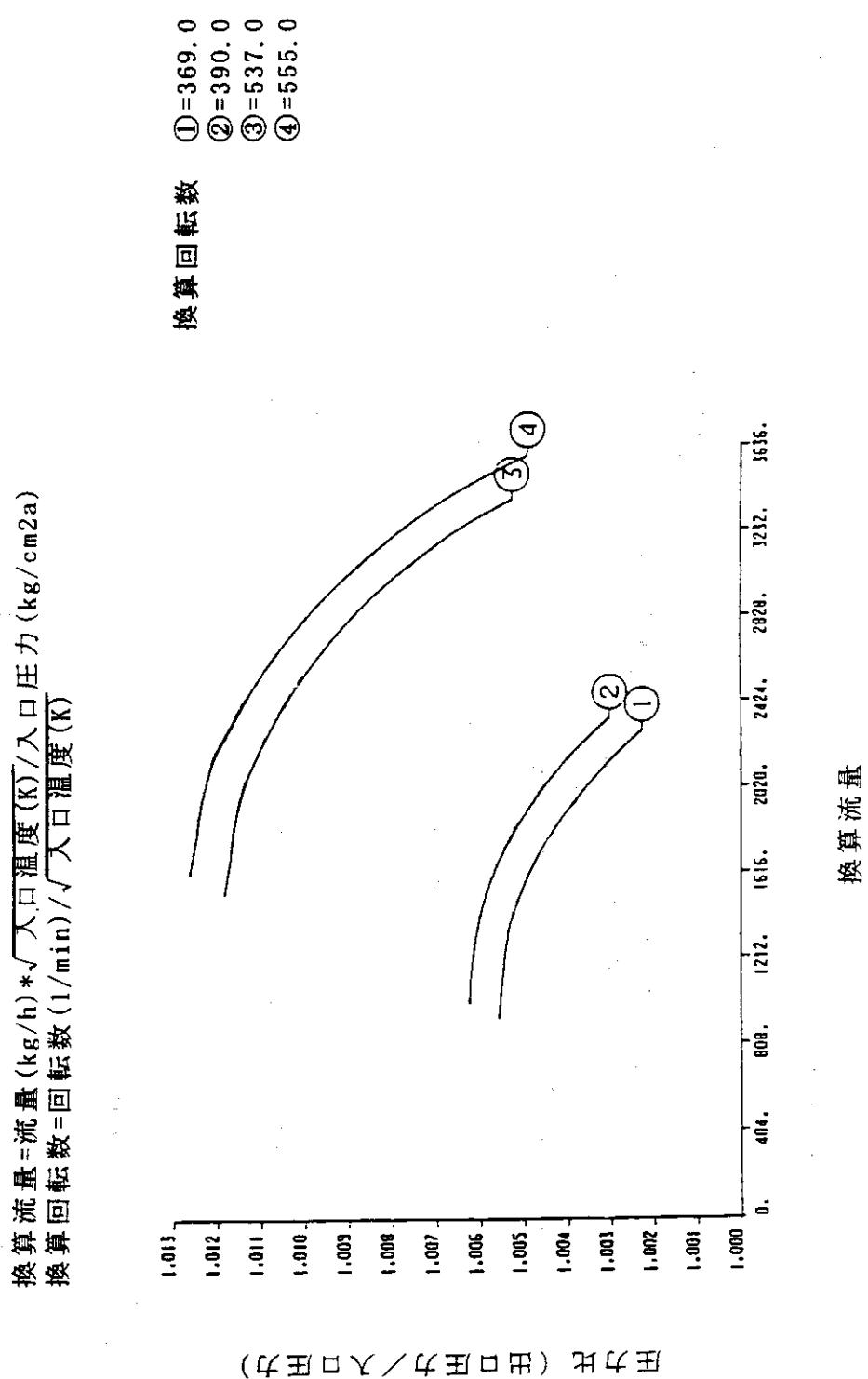
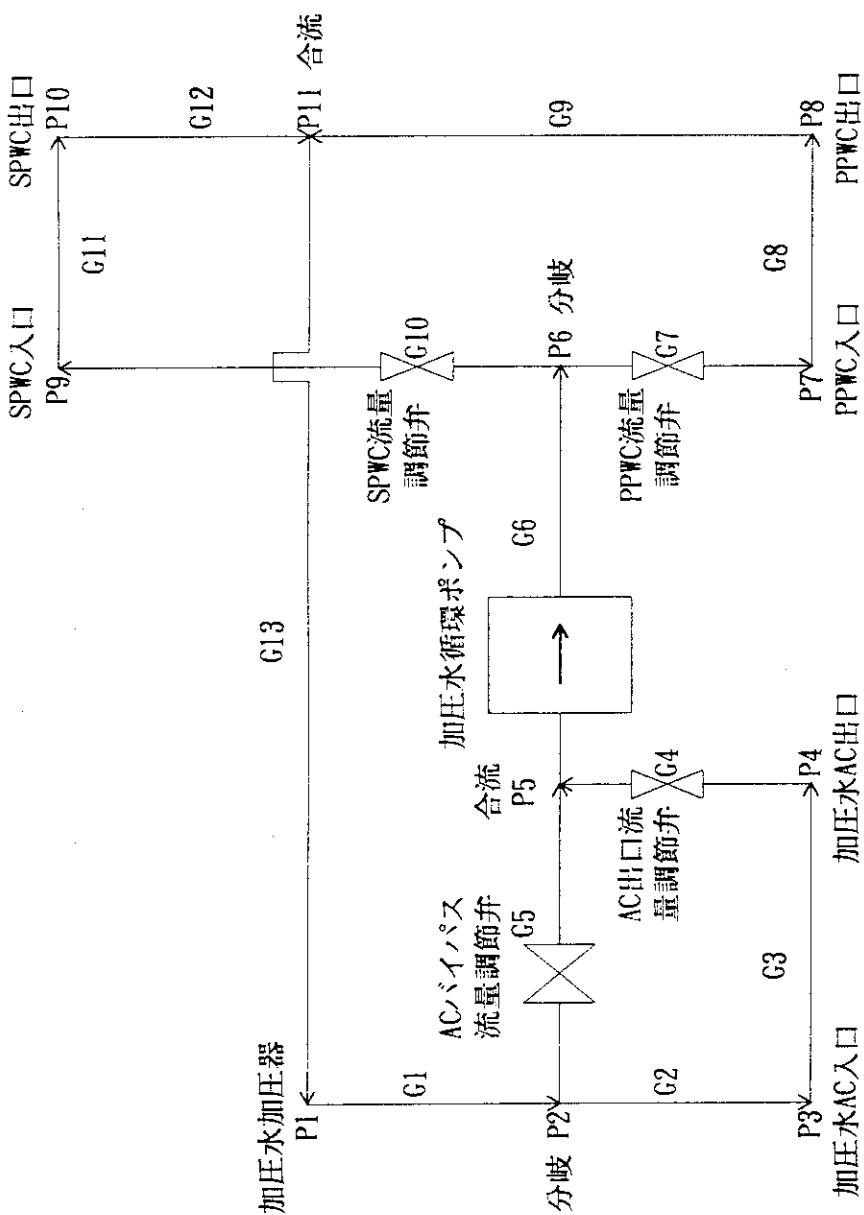


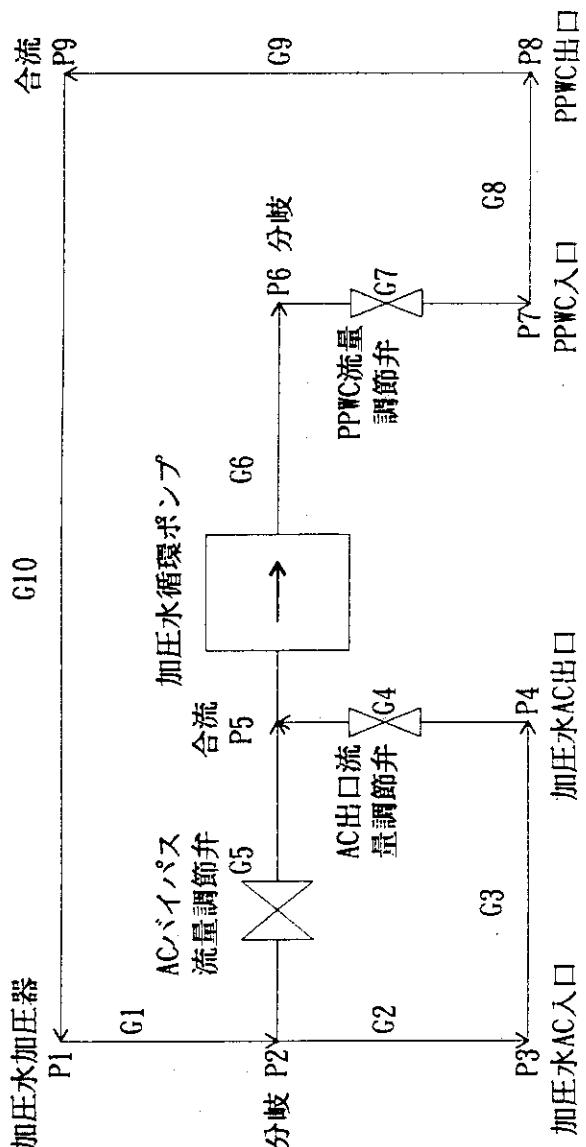
Fig. 3.4.4 Q-H characteristic of primary and secondary helium gas circulators (3..11)

Fig. 3.4.5 Q-H characteristic of auxiliary helium gas circulator^(3.11)



压力点：11
流路数：13
基准压力点：加压水加压器

Fig. 3.4.6 Flow network diagram of pressurized water system under parallel loaded operation



圧力点: 11
流路数: 13
基準圧力点: 加圧水加压器

Fig. 3.4.7 Flow network diagram of pressurized water system under single loaded operation

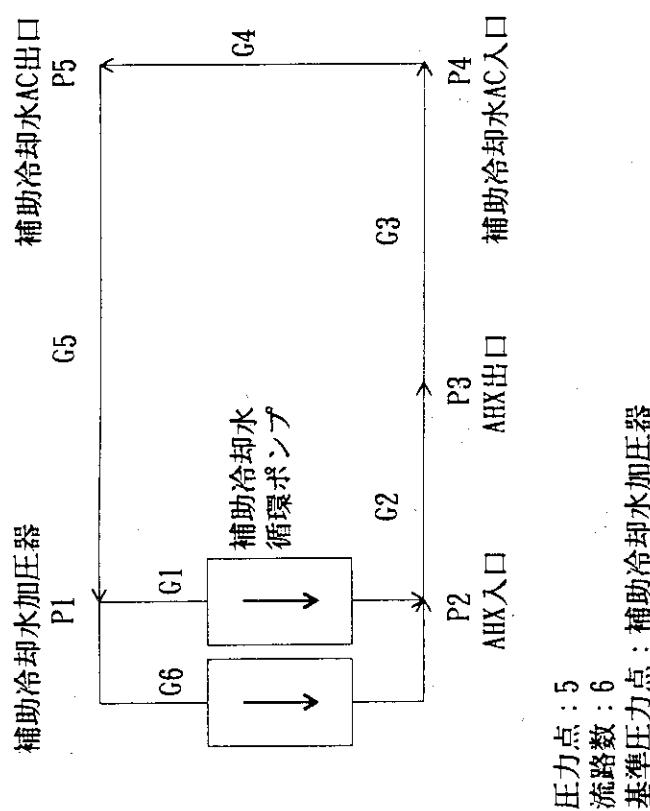
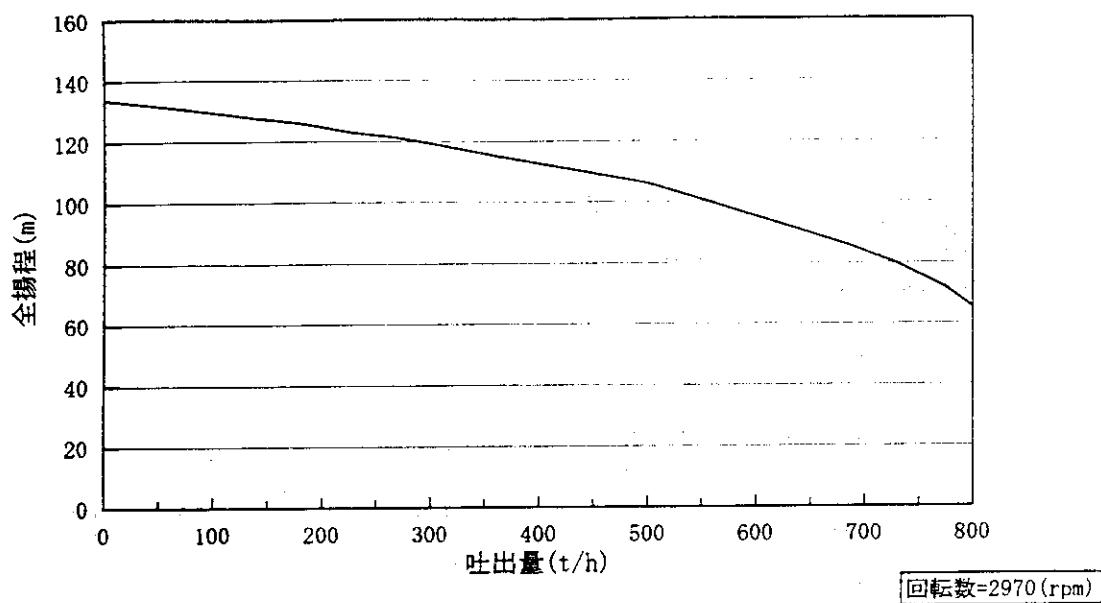
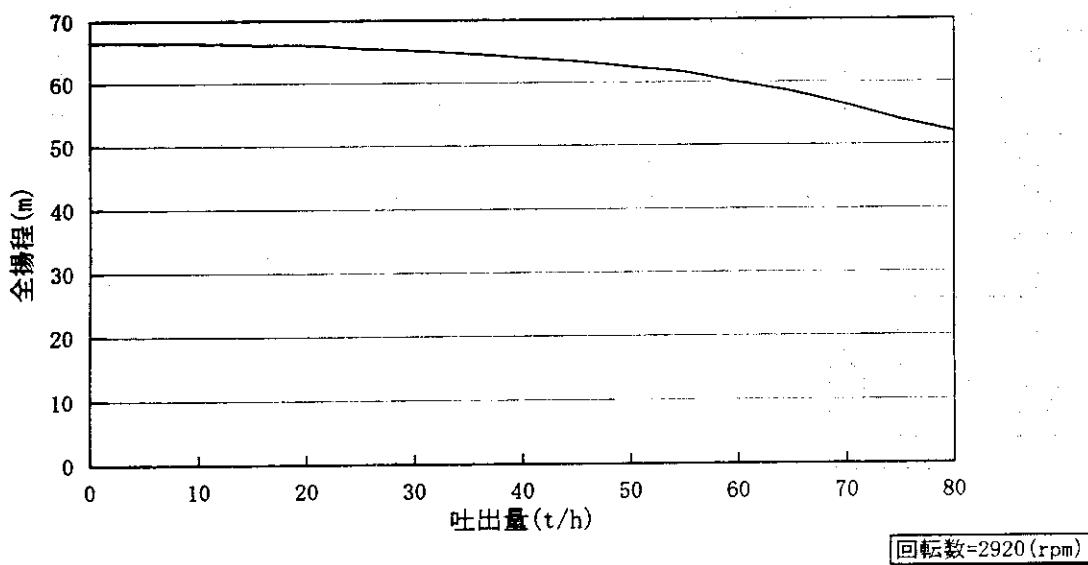
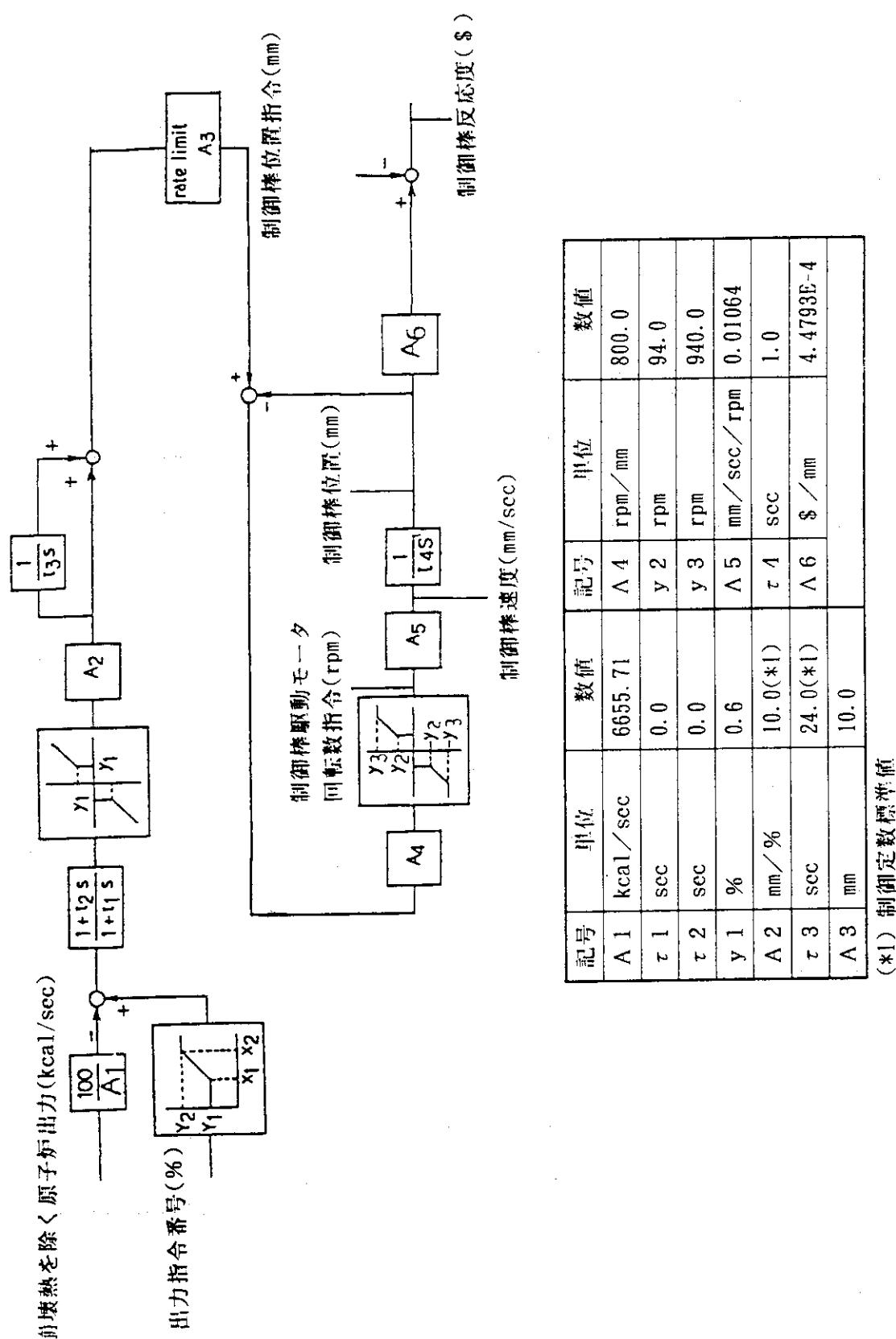


Fig. 3.4.8 Flow network diagram of auxiliary water system

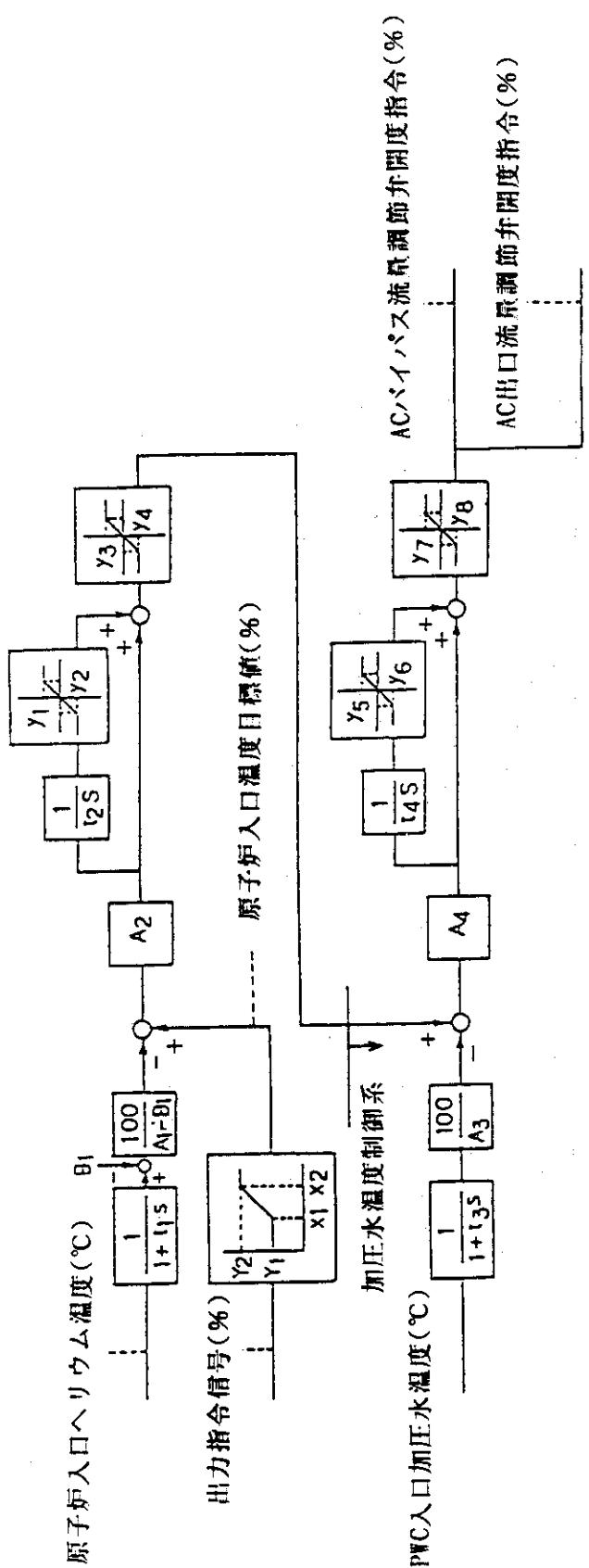
Fig. 3.4.9 Q-H characteristic of pressurized water pump^(3, 12)Fig. 3.4.10 Q-H characteristic of auxiliary cooling water pump^(3, 13)



記号	単位	数値	記号	単位	数値
A ₁	kcal/sec	6655.71	A ₄	rpm/mm	800.0
τ_1	sec	0.0	y ₂	rpm	94.0
τ_2	sec	0.0	y ₃	rpm	940.0
y ₁	%	0.6	A ₅	mm/scc/rpm	0.01064
A ₂	mm/%	10.0(*1)	τ_4	scc	1.0
τ_3	scc	24.0(*1)	A ₆	\$/mm	4.4793E-4
A ₃	mm	10.0			

(*1) 制御定数標準値

Fig. 3.5.1 Block diagram and control parameters for reactor power control system (a, b, c)



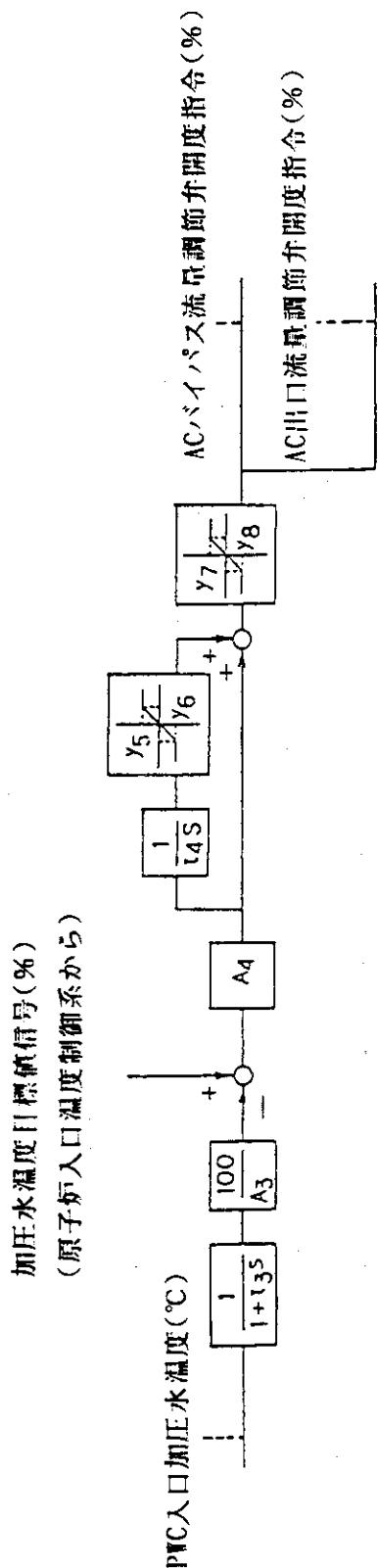
記号	単位	数値	記号	単位	数値
τ_1	sec	75.0	y_1	%	(*2)
A_1	°C	450.0	y_2	%	(*3)
B_1	°C	150.0	y_3	%	(*2)
A_2	-	1.0(*1)	y_4	%	(*3)
τ_2	scc	600.0(*1)			

(*1) 制御定数標準値

(*2) 100% 原子炉出力時のPWC入口加圧水温度 + 10°C 相当値

(*3) 30% 原子炉出力時のPWC入口加圧水温度 - 10°C 相当値

Fig. 3.5.2 Block diagram and control parameters for reactor inlet temperature control system (s. 14)

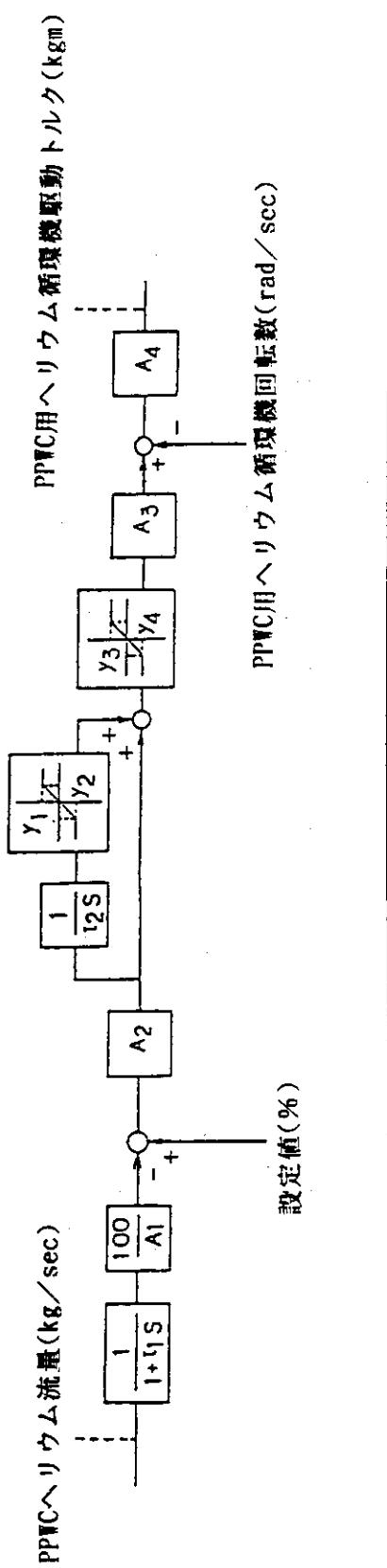


記号	単位	数値	記号	単位	数値
τ_3	sec	40.0	y_5	%	(*2)
Λ_3	°C	300.0	y_6	%	(*2)
Λ_4	-	2.0(*1)	y_7	%	(*2)
τ_4	sec	120.0(*1)	y_8	%	(*2)

(*1) 制御定数標準値

(*2) ACのバイパス流量とACの加圧水流束の比が20~80%の範囲に収まる
ように弁開度を調整する。

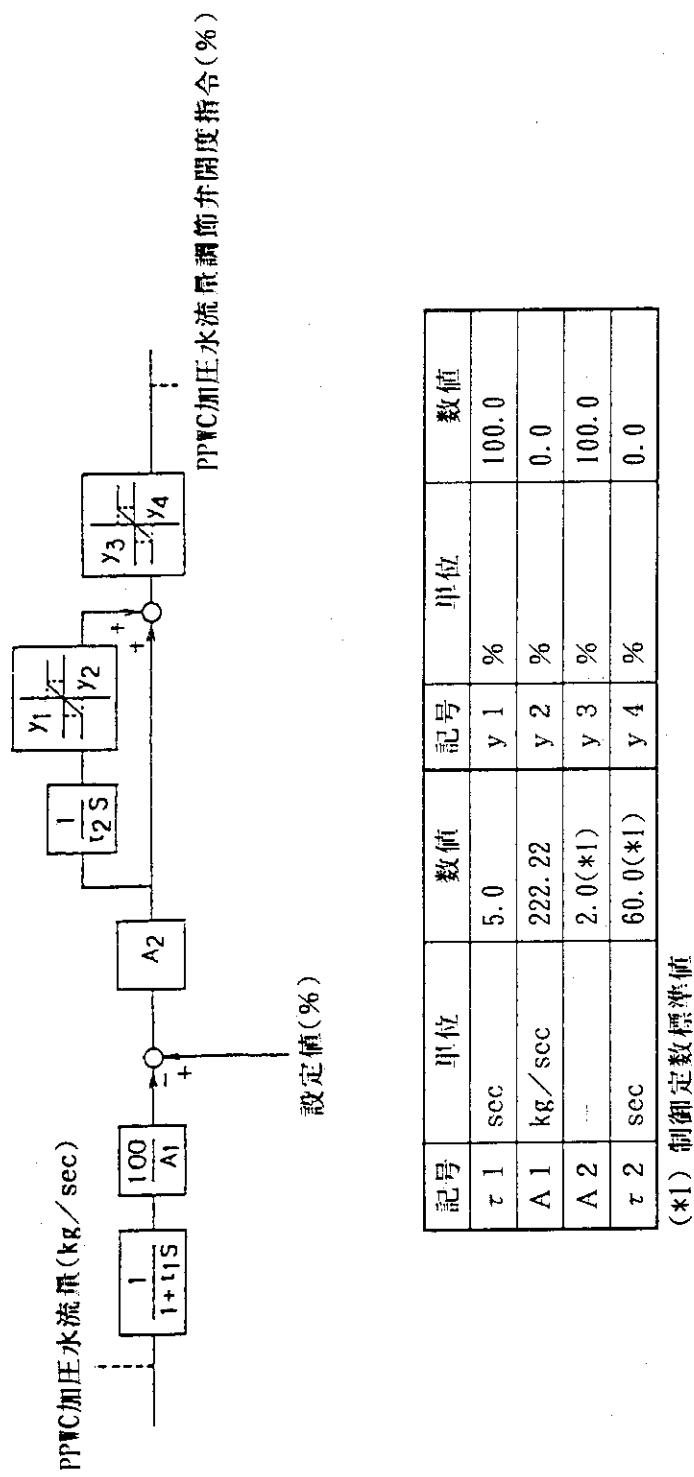
Fig. 3.5.3 Block diagram and control parameters for pressurized water temperature control system (*1, *2)



記号	単位	数値	記号	単位	数値
τ_1	sec	5.0	y_2	%	0.0
A_1	kg/sec	14.1667	y_3	%	100.0
A_2	$-$	1.0(*1)	y_4	%	0.0
τ_2	sec	60.0(*1)	A_3	$rad/sec\% / rad/sec$	13.09
y_1	%	100.0	A_4	$kgm/rad/sec$	0.44242

(*1) 制御定数標準値

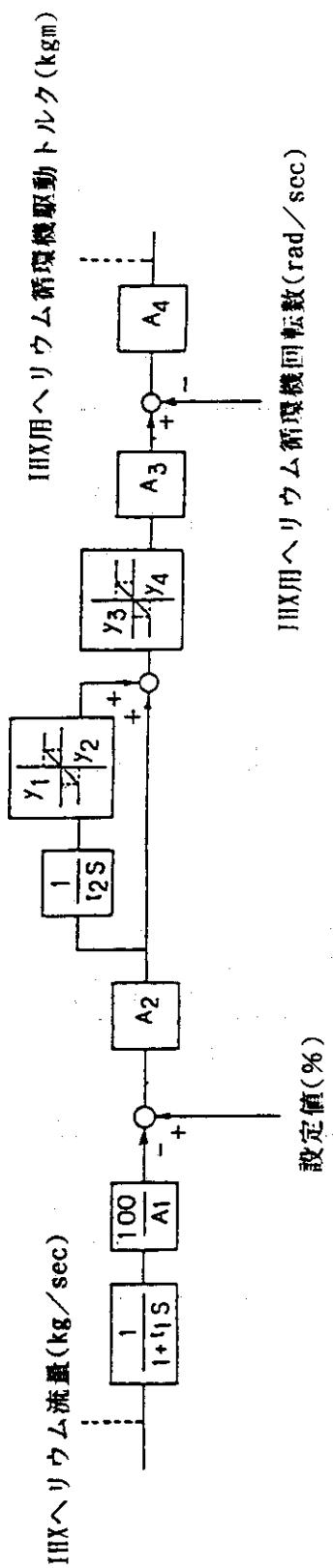
Fig. 3.5.4 Block diagram and control parameters for PPIWC helium flow rate control system (3, 14)



記号	単位	数値	記号	単位	数値
τ_1	sec	5.0	y_1	%	100.0
A_1	kg/sec	222.22	y_2	%	0.0
A_2		2.0(*1)	y_3	%	100.0
τ_2	sec	60.0(*1)	y_4	%	0.0

(*1) 制御定数標準値

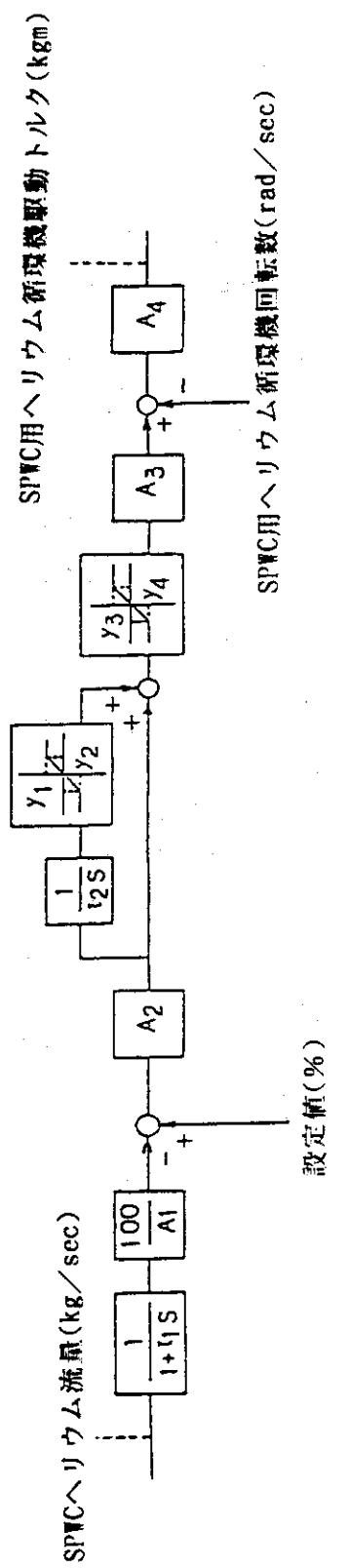
Fig. 3.5.5 Block diagram and control parameters for PPWC pressurized water flow rate control system^(3, 14)



記号	単位	数値	記号	単位	数値
τ_1	sec	5.0	y 2	%	0.0
A 1	kg/sec	4.7222	y 3	%	100.0
A 2	-	0.6(*1)	y 4	%	0.0
τ_2	sec	60.0(*1)	A 3	rad/sec/%	13.09
y 1	%	100.0	A 4	kgm/rad/sec	0.55780

(*1) 制御定数標準値

Fig. 3.5.6 Block diagram and control parameters for IIX helium flow rate control system (3.14)



記号	単位	数値	記号	単位	数値
τ_1	sec	5.0	y 2	%	0.0
A 1	kg/sec	4.4444	y 3	%	100.0
A 2	-	0.6(*1)	y 4	%	0.0
τ_2	sec	60.0(*1)	A 3	rad/sec/%	13.09
y 1	%	100.0	A 4	kgm/rad/sec	0.63603

(*1) 制御定数

Fig. 3.5.7 Block diagram and control parameters for secondary helium flow rate control system (s. 14)

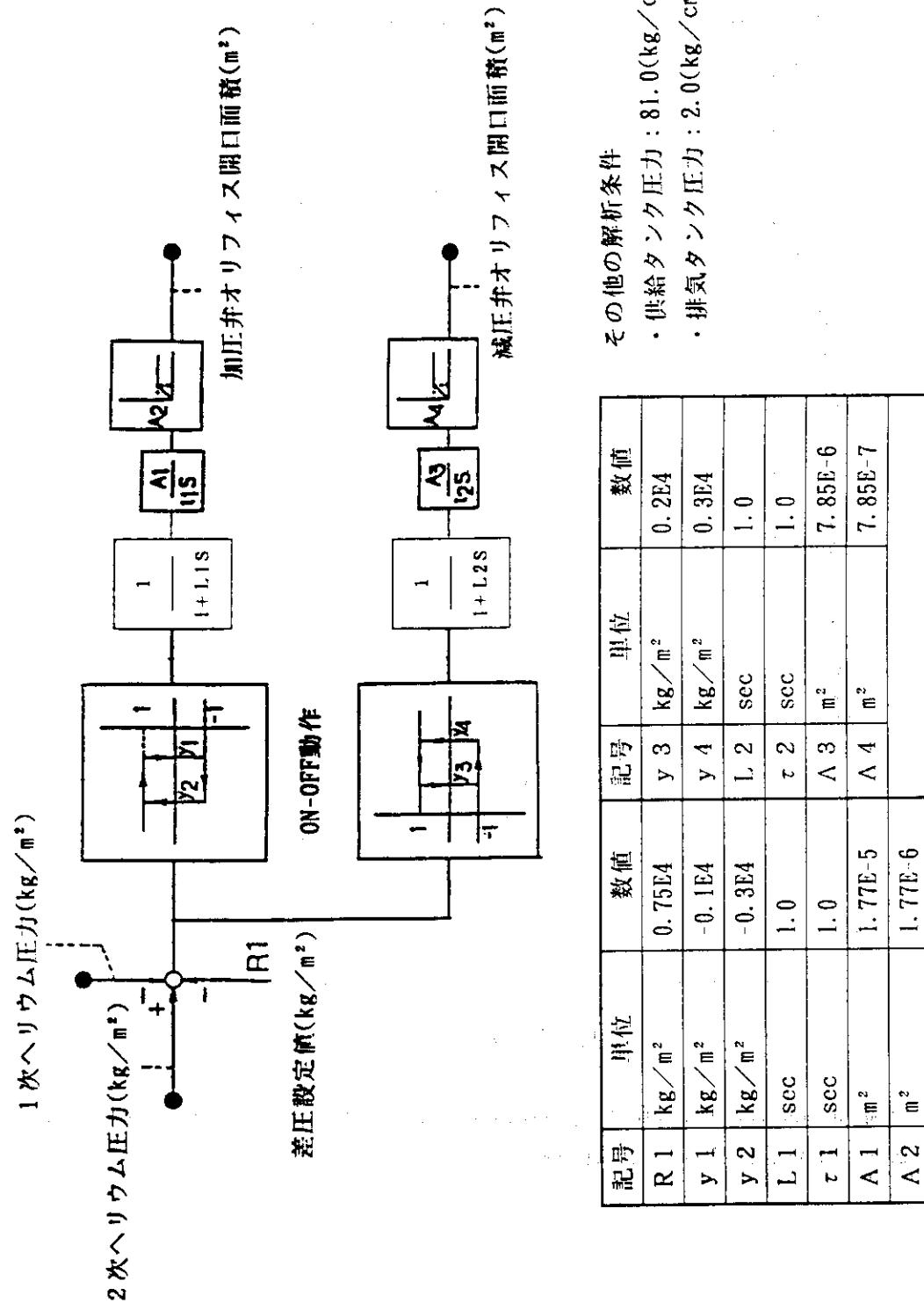


Fig. 3.5.8 Block diagram and control parameters for primary-secondary helium pressure difference control system (s. 14)

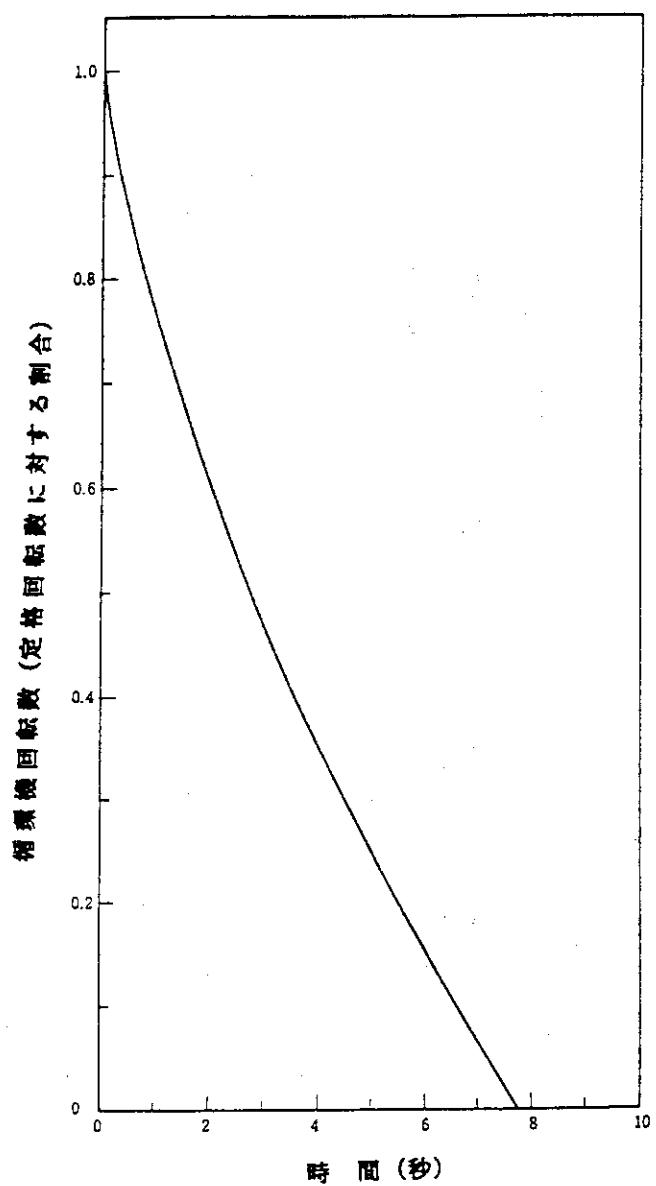


Fig. 3.6.1 Dumping characteristic of primary and secondary helium gas circulators used in the HTTR safety analysis^(3, 7)

4. プログラムの構成

4.1 プログラムの概要

プログラムの一例として、HTTRの解析で用いるプログラムを以下に示す。本プログラムは、約11000ステップのFORTRAN77言語で書かれ、メインプログラム(プログラム名:ACCORD)、100個のサブルーチンおよび27個のファンクションで構成する。サブルーチンの中には、エントリー名を有するルーチンもある。このエントリー名とサブルーチン名の頭3文字は同じであり、後ろ3文字はエントリー名の場合INT, CAL, OUT, DMPとなり、サブルーチンの場合PROとなる。

Fig. 4.1.1にACCORDコードのツリー構造を示し、エントリー名は頭に%を付けて識別している。

Fig. 4.1.2に示すように、メインルーチンの下流にはIOINIT, DTREAD, INPUTX, CALX, DUMPXがあり、それぞれ一度呼び出し、計算を終了する。IOINITは、ACCORDコードをEWS上で作動させる時に必要なファンクションであり、大型計算機で作動させる場合不要となる。DTREADは、機番19にセットされる入力データの変換処理を行うサブルーチンである。INPUTXは、Fig. 4.1.3に示すように、入力データをコントロールするサブルーチンである。CALXは、Fig. 4.1.4に示すように、核計算、伝熱流動計算等を行うサブルーチンである。DUMPXは、Fig. 4.1.5に示すように、計算結果を機番2, 7, 90へダンプ処理するサブルーチンである。

4.2 サブルーチンおよびファンクション

Table 4.2.1にACCORDコードのサブルーチンおよびファンクションの名称とその機能を示す。サブルーチンの一例として、ACLPROでは、ACの入力、計算、出力、ダンプを行う。ファンクションの一例として、AIRPRPでは、空気の物性値の計算を行う。

Table 4.2.1 Subroutines and functions (1/4)

No.	ルーチン名	M/S/F	step数	概 要
1	ACCORD	MAIN	16	メインルーチン
2	ACLPRO	SUB	462	ACの入力, 計算, 出力, ダンプ
3	ACTI	SUB	15	崩壊熱 (ACTIの式) の計算
4	AHXPRO	SUB	223	PWCおよび補助冷却器の入力, 計算, 出力, ダンプ
5	AIRPRP	FUNC	25	空気の物性値の計算
6	ALFA	FUNC	320	ヘリウム, 加圧水, 空気の熱伝達率の計算
7	ALPHAT	FUNC	42	ドプラ反応度の計算
8	AVER	SUB	52	炉心部燃料領域の入力, 初期計算
9	BINPUT	SUB	12	核計算データの入力
10	BLOASS	SUB	93	炉心部領域データのチェック
11	BLOCK	SUB	23	炉心部物性値算出のコントロール
12	BLOCKD	SUB	15	伝熱計算に関するBLOCK DATA ルーチン
13	BLPRIN	SUB	14	冷却材計算値, 炉内平均温度, 反応度等の出力
14	BWRITE	SUB	110	核計算データ, 炉心部初期値の入力および打ち返し
15	CALX	SUB	508	計算全体のコントロール
16	CAP	SUB	9	二重管の計算のコントロール
17	CAPIN	SUB	60	二重管のデータ入力および変数初期化
18	CAPL	SUB	232	二重管の計算
19	CAPNCH	SUB	15	二重管のダンプ処理
20	CAPPRO	SUB	27	二重管の入力, 計算, 出力, ダンプのコントロール
21	CAPRNT	SUB	8	二重管の機器内変数の出力のコントロール
22	CAPRTL	SUB	20	二重管の機器内変数の出力
23	COH	FUNC	20	核計算のRunge-Kutta法で使用する係数の算出
24	COMENT	SUB	13	入力データのコメント行の処理
25	COND C2	SUB	151	燃料ホットチャンネルの等価熱伝導率の算出
26	CONDUC	SUB	151	燃料平均チャンネルの等価熱伝導率の算出
27	CONSTA	SUB	93	炉心部伝熱計算における形状係数の計算
28	COOL1	FUNC	15	炉心部径方向外側境界(COOL1), 内側境界(COOL2), 軸方向上側境界(COOL3), 下側境界(COOL4), 中間流路(COOL5)のヘリウムパラメータの計算。ただし, 現在は使用していない。
29	COOL2	FUNC	15	
30	COOL3	FUNC	36	
31	COOL4	FUNC	36	
32	COOL5	FUNC	15	
33	CORE	SUB	119	炉心部伝熱計算, 核計算のコントロール
34	CORE0	SUB	53	炉心部の計算で使用するCOMMON BLOCKの初期化
35	CORE4	SUB	17	炉心の機器内変数の出力のコントロール
36	CORE5	SUB	42	炉心部のダンプ処理
37	CORPRO	SUB	16	炉心部の入力, 計算, 出力, ダンプのコントロール
38	CTAB	FUNC	42	減速材反応度の計算
39	CTDATA	SUB	8	制御系計算で使用するCOMMON BLOCKの初期化
40	CTLOCK	SUB	7	制御系の上下限チェック

Table 4.2.1 Subroutines and functions (2/4)

No.	ルーチン名	M/S/F	step数	概 要
41	CTLPRO	SUB	302	制御系の入力、計算、出力、ダンプのコントロール
42	CTNLNR	SUB	32	制御系の非線形要素の計算(現在は出力制御系のみ使用)
43	CTONOF	SUB	33	ON-OFF制御の計算
44	CTPID	SUB	21	PID制御の計算
45	CTPWVV	SUB	66	AC流量調節弁開度およびACバイパス弁開度の上下限補正
46	DECAYP	SUB	32	崩壊熱の計算
47	DERIV	SUB	28	原子炉動特性方程式の右辺の計算
48	DPRINT	SUB	57	炉心部グリッドラインデータの打ち返し
49	DSTPRO	SUB	97	外乱の入力、計算
50	DTEST	SUB	42	炉心部入力データのチェック
51	DTREAD	SUB	13	機番19のデータの変換処理
52	DUMPX	SUB	56	終了処理(ダンプ)部のコントロール
53	ERROR	SUB	7	エラー処理
54	ERRORN	SUB	7	制御系および流動計算のエラー処理
55	EXCHNG	SUB	216	流動計算と伝熱計算のインターフェイス
56	EXTRA	SUB	11	炉心部ユーザー変数の入力と打ち返し
57	FAILED	SUB	9	蒸気表のエラールーチン。convis.fに格納されている
58	FIGCN	FUNC	43	炉心部物質番号1(IG-110)の熱伝導率の算出
59	FLDAT2	SUB	264	燃料ホットチャンネルのヘリウム熱伝達率等の算出
60	FLDATA	SUB	22	流動計算で使用するCOMMON BLOCK の初期化
61	FLICHK	SUB	55	流動計算の入力データのチェック
62	FLICNT	SUB	14	流動計算の入力のコントロール
63	FLICST	SUB	245	流動計算の初期定数の計算
64	FLIINP	SUB	140	流動計算の入力
65	FLIPRT	SUB	36	流動計算の入力データの打ち返し
66	FLODAT	SUB	264	燃料平均チャンネルのヘリウム熱伝達率等の算出
67	FLODMP	SUB	19	流動計算のダンプ
68	FLOOUT	SUB	38	流動計算の結果の出力
69	FLOWCA	SUB	100	炉心部ヘリウムデータの入力および打ち返し
70	FLWCAL	SUB	130	流動計算のコントロール
71	FLWCF1	SUB	23	流動計算の微分項にかかる係数の算出
72	FLWCF2	SUB	42	流動計算の運動方程式の各項の計算
73	FLWDNT	SUB	50	流動計算における流体の密度の計算
74	FLWFLO	SUB	59	流動計算における摩擦係数の計算
75	FLWFNC	SUB	35	流動の運動方程式(修正式)の右辺の計算
76	FLWHRY	FUNC	8	流動計算におけるヘリウムのレイノルズ数の計算
77	FLWINV	SUB	66	流動計算の微分項にかかる係数の逆行列の計算
78	FLWPMP	SUB	139	流動計算における循環機またはポンプのヘッドの計算
79	FLWRNG	SUB	94	運動方程式の数値解法ルーチン(Runge-Kutta法)
80	FLWRVS	SUB	21	流動計算における逆流時の処理

Table 4.2.1 Subroutines and functions (3/4)

No.	ルーチン名	M/S/F	step数	概要
81	FLWWDN	FUNC	38	流動計算における加圧水の密度の計算
82	FLWWRY	FUNC	6	流動計算における加圧水のレイノルズ数の計算
83	FLWWVS	FUNC	38	流動計算における加圧水の粘性係数の算出
84	GAUSS	SUB	22	ガウスの消去法（炉側部および炉床部で使用）
85	H4CON	FUNC	68	炉心部物質番号1(IG-110)の熱伝導率にかかる照射ファクターの算出
86	HEATVC	FUNC	39	炉側部境界（圧力容器／VCS）での等価熱伝達率の算出
87	HELIUM	FUNC	45	ヘリウムの物性値の計算
88	IHXPRO	SUB	135	IHXの入力、計算、出力、ダンプのコントロール
89	INITEM	SUB	138	燃料平均チャンネル初期温度分布を機番5から入力
90	INPUT	SUB	99	炉心部伝熱計算に関する入力
91	INPUTX	SUB	133	入力部のコントロール
92	INTEM2	SUB	139	燃料ホットチャンネル初期温度分布を機番5から入力
93	INTERZ	SUB	18	テーブル内挿プログラム
94	IOINIT	FUNC	24	論理機番を環境変数に割り付ける
95	MADAT2	SUB	172	燃料ホットチャンネルの物性値の算出
96	MADATA	SUB	172	燃料平均チャンネルの物性値の算出
97	MP1	SUB	40	炉心部入力のコントロール
98	MP2	SUB	36	炉心伝熱計算で使用する変数の初期化
99	POINTS	SUB	89	炉心部の形状に関する変数のセット
100	PQSU	SUB	72	燃料平均チャンネルのP.R.法で使用する定数の算出
101	PQSU2	SUB	74	燃料ホットチャンネルのP.R.法で使用する定数の算出
102	PRETEM	SUB	99	燃料平均チャンネル初期温度分布を機番16から入力
103	PRINT	SUB	117	炉心の機器内変数の出力
104	PRSPRO	SUB	309	圧力計算の入力、計算、出力、ダンプ
105	PRTEM2	SUB	79	燃料ホットチャンネル初期温度分布を機番16から入力
106	PRTPRO	SUB	162	安全保護系の入力、計算、出力、ダンプ
107	RAT2	SUB	221	燃料平均チャンネルの伝熱計算
108	RAT22	SUB	218	燃料ホットチャンネルの伝熱計算
109	RHEPRO	SUB	243	炉床部の入力、計算、出力、ダンプ
110	RKCOT	SUB	94	核計算
111	RSDPRO	SUB	584	炉側部の入力、計算、出力、ダンプ
112	SINIT	SUB	23	蒸気表の単位変換定数の設定
113	SOLID	FUNC	190	固体の物性値の計算
114	SSATT	FUNC	77	加圧水の飽和温度の計算（現在は未使用）
115	STH205	SUB	411	加圧水の物性値の算出（熱伝導率と粘性係数は除く）
116	STH20I	SUB	32	蒸気表テーブルの入力
117	SUBPT1	SUB	38	作図用計算結果ファイル（機番90）の作成
118	THCON	FUNC	44	加圧水の熱伝導率の計算。convis.fに格納されている。
119	UCAL	FUNC	9	平行平板モデルの等価熱伝達率の計算

VCS : 炉容器冷却系

P. R. 法 : Peaceman-Rachford法

Table 4.2.1 Subroutines and functions (4/4)

No.	ルーチン名	M/S/F	step数	概要
120	UNICON	SUB	99	加圧水の物性値の単位変換を行う。
121	VCLEAR	SUB	10	加圧水の物性値テーブルの初期化
122	VISC	FUNC	44	加圧水の粘性係数の計算。convis.fに格納されている。
123	WATENG	FUNC	26	蒸気エンタルピの計算（現在は未使用）
124	WATENL	FUNC	156	加圧水エンタルピの計算
125	WATER	FUNC	225	加圧水の物性値の算出（現在は未使用。STH205を使用）
126	WRITE1	SUB	60	各機器の出入口変数の出力
127	WRITE2	SUB	41	流動計算結果および機器内変数の出力のコントロール
128	WRITE3	SUB	73	作図項目の計算結果を作図用変数にセット

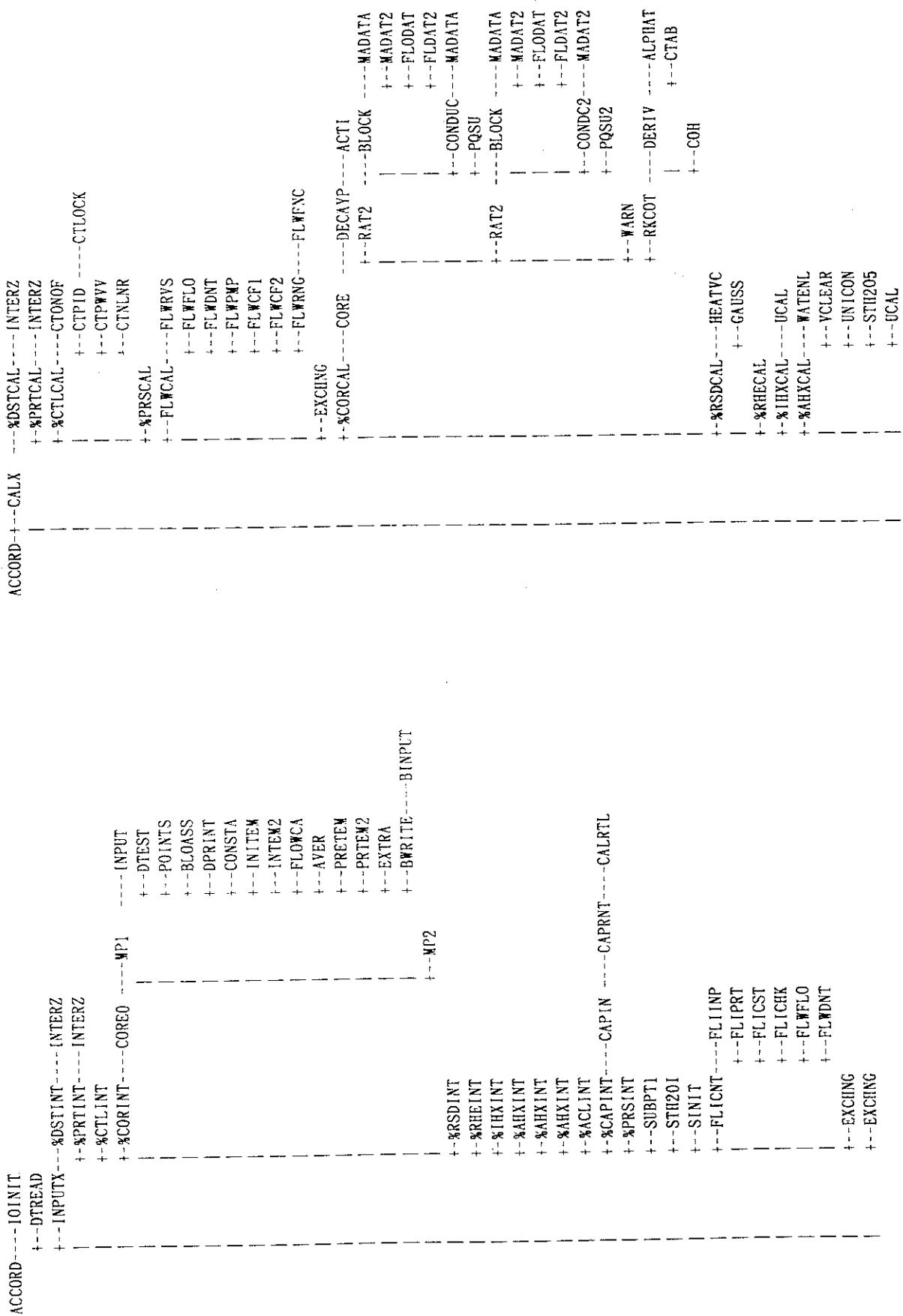


Fig. 4.1.1 Tree structure (1/4)

Fig. 4.1.1 Tree structure (2/4)

% : エントリーノード

% : エントリーノード

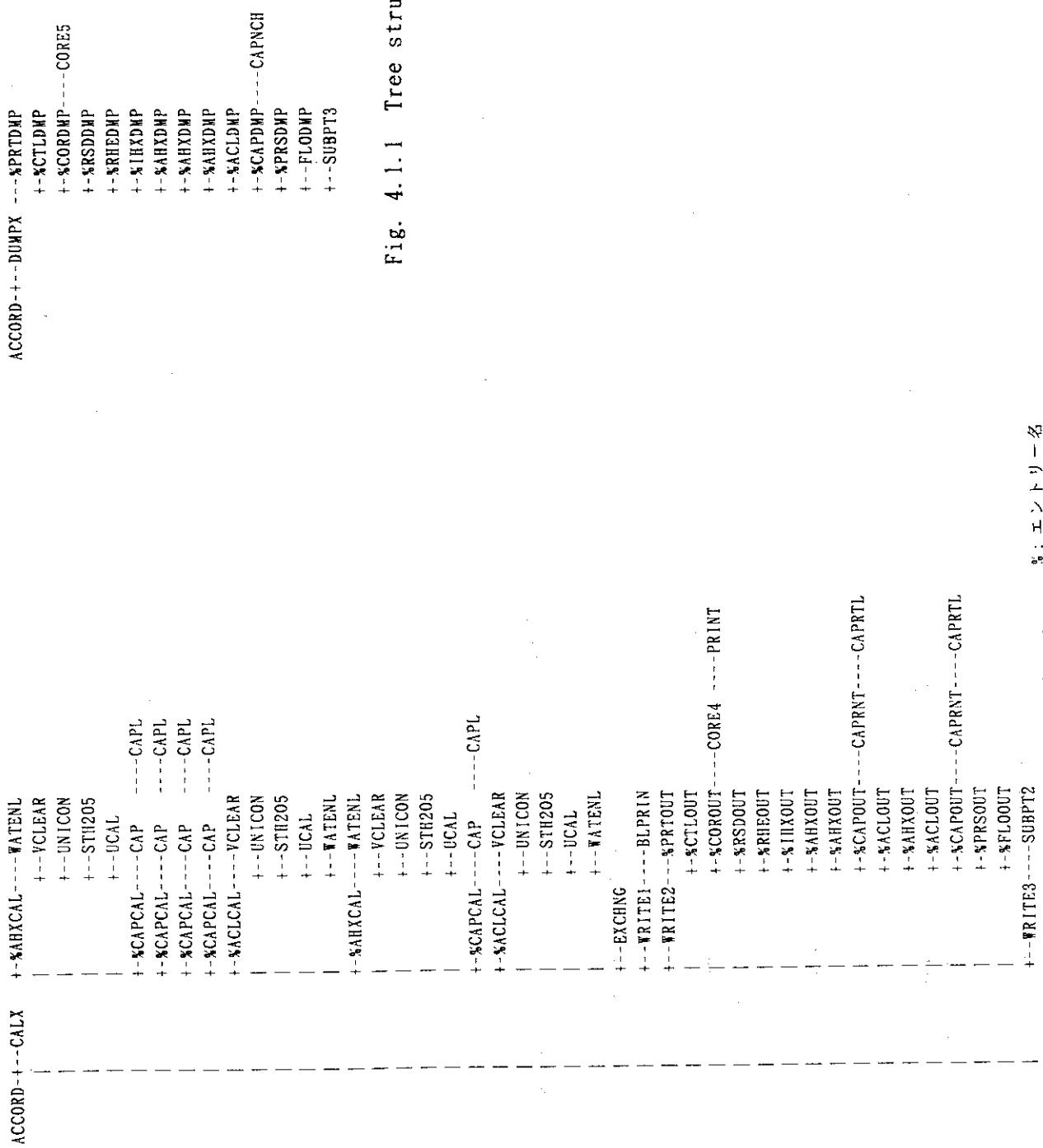


Fig. 4.1.1 Tree structure (4/4)

Fig. 4.1.1 Tree structure (3/4) % : エントリ - 名

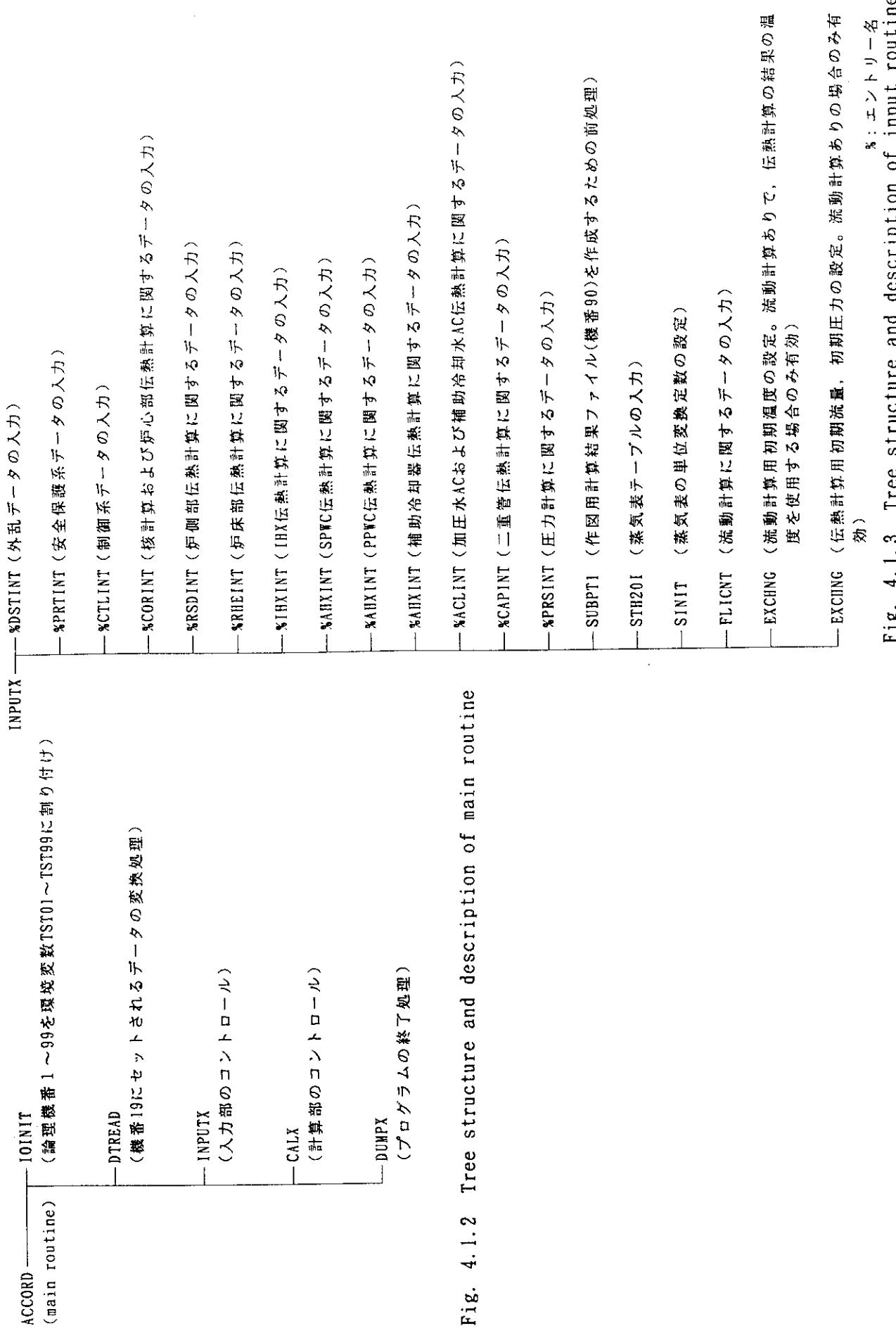


Fig. 4.1.3 Tree structure and description of input routine

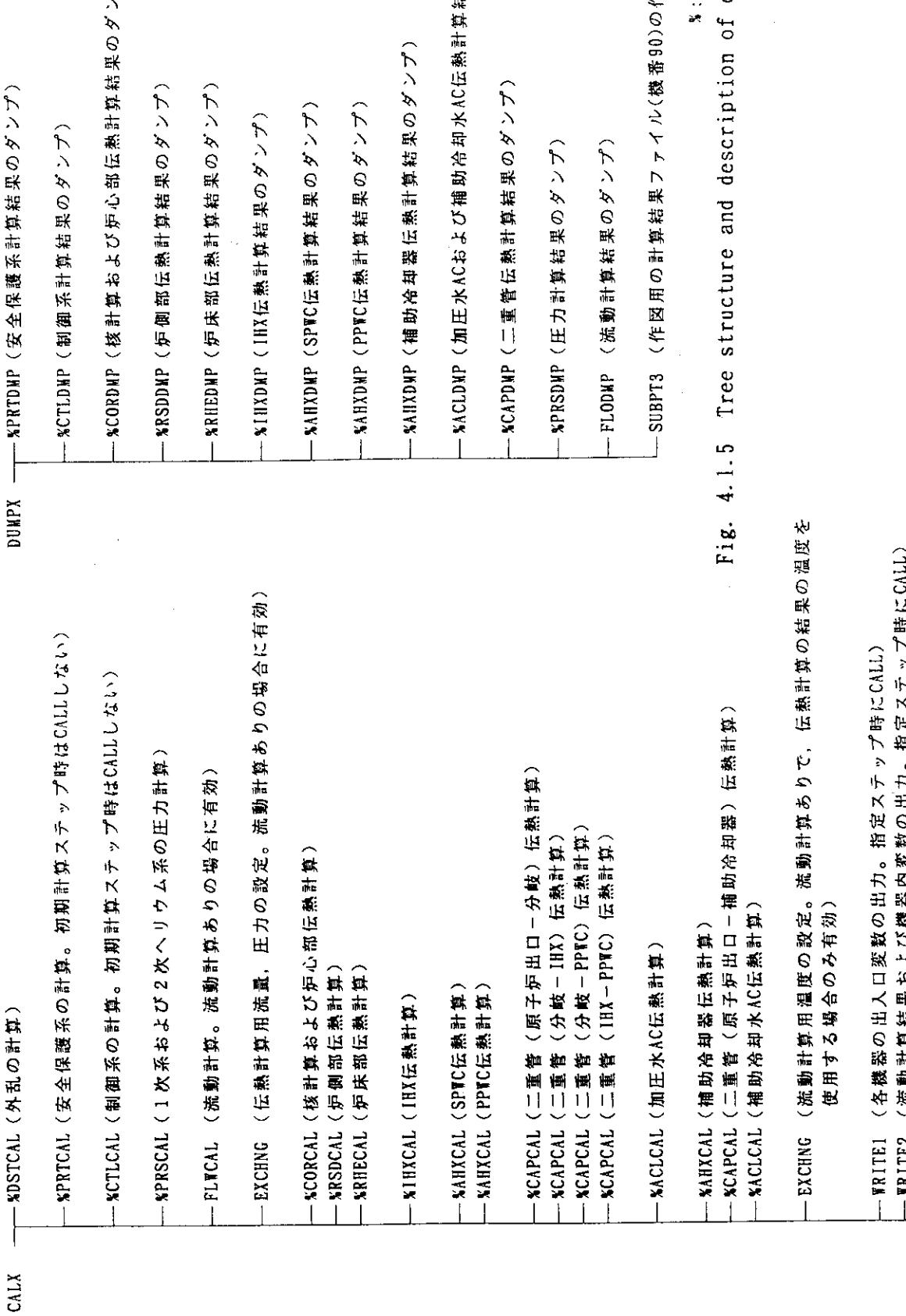


Fig. 4.1.5 Tree structure and description of dump routine

%: エントリー名
*: エントリーネーム
#: フィールド名

Fig. 4.1.4 Tree structure and description of calculation routine

5. プログラムの使用方法

5.1 入力データ

入力データの一例として、HTTRの解析で必要な入力データを以下に示す。機番5に対しては、計算コントロール用データ、核計算用データ、伝熱計算用データ、圧力計算用データをTable 5.1.1～Table 5.1.12に示すフォーマットにしたがいセットする。ここで、Table 5.1.1は共通データ、Table 5.1.2は外乱データ、Table 5.1.3は炉心部データ、Table 5.1.4は炉側部データ、Table 5.1.5は炉床部データ、Table 5.1.6はIHXデータ、Table 5.1.7はSPWCデータ、Table 5.1.8はPPWCデータ、Table 5.1.9は補助冷却器データ、Table 5.1.10はACデータ、Table 5.1.11は二重管データ、Table 5.1.12は圧力計算用データである。

機番10に対しては、加圧水物性値計算用ライブラリである5.3節に示す指定のファイルをセットする。

機番19に対しては、安全保護系データ、制御系データ、流動計算用データをそれぞれTable 5.1.13～Table 5.1.15に示すフォーマットにしたがいセットする。なお、機番19のデータに関して、最初の2カラムが'CC'で始まっている行は、コメント行として取り扱っている。機番19の入力データは、DTREADで一度読み込み、コメント行を除くデータを機番20に出力する。安全保護系ルーチン、制御系ルーチン、流動計算用ルーチンでは、機番20から入力データを読み込む。

機番1に対しては、初期値あるいはリストア値をTable 5.1.16～Table 5.1.28に示すフォーマットにしたがいセットする。ここで、Table 5.1.16は共通の初期値、Table 5.1.17は安全保護系初期値、Table 5.1.18は制御系初期値、Table 5.1.19は炉側部初期値、Table 5.1.20は炉床部初期値、Table 5.1.21はIHX初期値、Table 5.1.22はSPWC初期値、Table 5.1.23はPPWC初期値、Table 5.1.24は補助冷却器初期値、Table 5.1.25はAC初期値、Table 5.1.26は二重管初期値、Table 5.1.27は圧力計算用初期値、Table 5.1.28は流動計算用初期値である。

機番16に対しては、炉心部初期値あるいはリストア値をTable 5.1.29に示すフォーマットにしたがいセットする。

5.2 出力データ

出力データの一例として、HTTRの解析における出力データを以下に示す。機番2の出力フォーマットは、前節のTable 5.1.16～Table 5.1.28に示した機番1にセットする入力フォーマットと同じである。また、機番7の出力フォーマットは、Table 5.1.29に示した機番16にセットする入力フォーマットと同じである。

定常計算を行う場合、過渡計算のリストア計算を行う場合、機番2に出力されたファイルをつきの計算の機番1にセットする入力ファイルとして使用する。また、機番7に出力されたファイルをつきの計算の機番16にセットする入力ファイルとして使用する。機番90の出力フォーマットをTable 5.2.1に示す。

5.3 ジョブ・コントロール

ACCORDコードをEWS上で実行させるためには、以下に示す3つのステップが必要となり、各ステップに制御ファイルが存在する。なお、インクルードファイルに変更を施していない場合、ステップ1が省略できる。さらに、実行ファイルが作成済で、ソースファイルおよびインクルードファイルに変更を施していない場合、ステップ1、2が省略できる。

(1) ステップ1：既存オブジェクトファイルの削除

ソースプログラムのインクルードファイルに対して変更を施した場合、そのファイルを引用している全てのルーチンのオブジェクトファイルを作成し直す必要がある。通常のmakefileでは、インクルードファイルへの変更は認識しないため、実行ファイルを作成する前に既存のオブジェクトファイルを削除しなければならない。そのため、Fig. 5.3.1に示す既存のオブジェクトファイルを削除するシェルコマンドを作成した。これにより、削除対象になっているオブジェクトファイルの存在するディレクトリ名を指定することで、該当ディレクトリにある全てのオブジェクトファイルが削除される。

本シェルコマンドにより、ACCORDコードの全てのオブジェクトファイルは削除されるが、インクルードファイルを修正または追加する時は、全オブジェクトファイルを削除し、全てのルーチンをコンパイルし直すことを推奨する。コマンドの実行方法は、コマンドdelobjを入力するのみである。

(2) ステップ2：実行ファイルの作成

ソースプログラムをEWS上でコンパイル、リンクする場合、制御ファイルmakefileを作成して行うことが有効である。よって、EWS上でコンパイル、リンクするために必要な項目を指定するだけで、自動的にmakefileを作成、実行する制御ファイルを作成した。この制御ファイルの実行方法は、制御ファイル名を入力するのみであり、実行後は指定した実行ファイルが作成される。制御ファイルの内容をFig. 5.3.2に示す。ユーザー側で指定する項目は以下の通りであり、これ以外は変更しないようにする。

- 1) 実行ファイル名。
- 2) ソースプログラムが存在するディレクトリ名。指定したディレクトリ下に存在するファイルの中で、'.f' という識別子で終わっているファイルをソースプログラムとして認識するため、ソースファイルは必ずこの形式にしたがって名前を付ける。ディレクトリは複数指定することが可能であり、ブランクで区切って指定する。複数行にわたる指定の場合、"\"を使用する。
- 3) インクルードファイルが存在するディレクトリ名。
- 4) makefile のマクロ設定。makefile のマクロ名として、コンパイルコマンドとコンパイルオプションを設定する。ACCORDコードは、FORTRAN77言語で作成しているため、コンパイルコマンドは'f77'を設定する。なお、コンパイルオプションの説明は省略する。

(3) ステップ3：プログラムの実行

ステップ1、2で作成された実行ファイルと5.1節で述べた入力ファイルを使用した実行

用制御ファイルの内容をFig. 5.3.3に示す。

実行用制御ファイルの使用方法は、制御ファイル名を入力するのみである。なお、バックグラウンドで実行させたい場合、引き数に'&'をセットする。

実行用制御ファイルを作動させると、はじめに指定したファイルが指定した環境変数にセットされる。ACCORDコードは、ソースプログラムの中で環境変数がTST01～TST99に割り付けられているファイル名を探り、このファイル名で論理機番1～99をオープンにする。

なお、出力機番2, 6, 7, 90にセットするファイルがディスク上に無い場合、新規作成されるが、同じファイル名が存在する場合、上書きされるため注意を要する。機番20のファイルは実行時に作成されるが、実行後自動的に削除される。また、設定された環境変数は、実行後解除される。

5.4 制限条件

ACCORDコードにおける、原子炉、IHX、PWC、AC、二重管の伝熱計算モデルのメッシュ分割数等に対する制限条件をTable 5.4.1に示す。また、ヘリウム流路、加圧水流路の流動計算モデルの圧力点数、流路数等に対する制限条件をTable 5.4.2に示す。なお、流動計算モジュールでは、圧力点数、流路数等に対する制限条件をパラメータ文で管理しているため、制限値の変更は容易に可能である。

Table 5.1.1 Common input data form (1/7)

Table 5.1.1 Common input data form (2/7)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	IDCASE(I) I=1, 2	2A4	ケース番号	—
2	KSTITL(I) I=1, 18	18A4	ケースタイトル	—
3	ITOPT	7110	比熱と密度に関する定常オプション	—
	IPOWER		核計算オプション	—
	ISYSTEM		未使用	
	IHTCHK		未使用	
4	STOP	7E10. 0	計算時間	sec
	RETIRE		CPU余裕時間	sec
5-1	TMTBL(I) I=1, 7	7E10. 0	積分時間刻みと出力の時間範囲テーブル	sec
5-2	TMTBL(I) I=8, 10	3E10. 0	積分時間刻みと出力の時間範囲テーブル	sec
6-1	DTTBL(I) I=1, 7	7E10. 0	積分時間刻みテーブル	sec
6-2	DTTBL(I) I=8, 10	3E10. 0	積分時間刻みテーブル	sec
7-1	NPRTBBL(I) I=1, 7	7110	機器出入口変数出力間隔	—
7-2	NPRTBBL(I) I=8, 10	3110	機器出入口変数出力間隔	—
8-1	NDPTBL(I) I=1, 7	7110	機器内変数詳細出力間隔	—
8-2	NDPTBL(I) I=8, 10	3110	機器内変数詳細出力間隔	—

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
9-1	NPLTBL(I) I=1, 7	7110	プロット出力間隔	—
9-2	NPLTBL(I) I=8, 10	3110	プロット出力間隔	—
10	TSET1	7E10. 0	未使用	
	TSET2		未使用	
11	TSET(1, 1)	7E10. 0	未使用	
	TSET(2, 1)		未使用	
	TSET(3, 1)		未使用	
	TSET(4, 1)		未使用	
	TSET(5, 1)		未使用	
12	TSET(1, 2)	7E10. 0	未使用	
	TSET(2, 2)		未使用	
	TSET(3, 2)		未使用	
	TSET(4, 2)		未使用	
	TSET(5, 2)		未使用	
13	TCONT1	7E10. 0	原子炉出口温度補正值	°C
	TCONT2		原子炉入口温度補正值	°C

Table 5.1.1 Common input data form (3/7)

Table 5.1.1 Common input data form (4/7)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
14	TCONT(1, 1)	7E10. 0	PPWC用G/Cでの昇温値	°C
	TCONT(2, 1)		SPWC用G/Cでの昇温値	°C
	TCONT(3, 1)		IHX用G/Cでの昇温値	°C
	TCONT(4, 1)		未 使用	
	TCONT(5, 1)		未 使用	
15	TCONT(1, 2)	7E10. 0	補助冷却器用G/Cでの昇温値	°C
	TCONT(2, 2)		補助冷却器待機時戻り流量割合	—
	TCONT(3, 2)		未 使用	
	TCONT(4, 2)		配管輸送遅れ時間 (バイパス分岐点→AC)	sec
	TCONT(5, 2)		配管輸送遅れ時間 (バイパス合流点→PWC)	sec
16-1	IFLGST(1) I=1, 7	7110	各機器の入口温度と流动に関する定常フлаг	—
16-2	IFLGST(1) I=8, 14	7110	各機器の入口温度と流动に関する定常フлаг	—
16-3	IFLGST(1) I=15, 21	7110	各機器の入口温度と流动に関する定常フлаг	—
16-4	IFLGST(1) I=22, 28	7110	各機器の入口温度と流动に関する定常フлаг	—
16-5	IFLGST(1) I=29, 33	5110	各機器の入口温度と流动に関する定常フлаг	—
17-1	STVALU(1)	7E10. 0	炬心入口温度設定値	°C

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	STVALU(2)		炬側部低温He入口温度設定値	°C
	STVALU(3)		炬床部高温He入口温度設定値	°C
	STVALU(4)		炬床部低温He入口温度設定値	°C
	STVALU(5)		IHX 高温He入口温度設定値	°C
	STVALU(6)		IHX 低温He入口温度設定値	°C
	PPWC He入口温度設定値		PPWC He入口温度設定値	°C
17-2	STVALU(8)	7E10. 0	PPWC 加圧水入口温度設定値	°C
	STVALU(9)		SPWC He入口温度設定値	°C
	STVALU(10)		SPWC 加圧水入口温度設定値	°C
	STVALU(11)		加圧水系AC加圧水入口温度設定値	°C
	STVALU(12)		二重管 (炬出口-分岐) 高温He入口温度設定値	°C
	STVALU(13)		二重管 (炬出口-分岐) 低温He入口温度設定値	°C
	STVALU(14)		二重管 (分岐-IHX) 高温He入口温度設定値	°C
17-3	STVALU(15)	7E10. 0	二重管 (分岐-IHX) 低温He入口温度設定値	°C
	STVALU(16)		二重管 (分岐-PPWC) 高温He入口温度設定値	°C
	STVALU(17)		二重管 (分岐-PPWC) 低温He入口温度設定値	°C

Table 5.1.1 Common input data form (5/7)

Table 5.1.1 Common input data form (6/7)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	STVALU(18)		二重管 (IHX-SPWC) 高温He入口温度設定値	°C
	STVALU(19)		二重管 (IHX-SPWC) 低温He入口温度設定値	°C
	STVALU(20)		補助冷却器He入口温度 設定値	°C
	STVALU(21)		補助冷却器加圧水入口 温度設定値	°C
17-4	STVALU(22)	7E10. 0	補助冷却水系AC加圧水 入口温度設定値	°C
	STVALU(23)		補助ヘリウム系二重管 高温He入口温度設定値	°C
	STVALU(24)		補助ヘリウム系二重管 低温He入口温度設定値	°C
	STVALU(25)		未使用(全ての流量, 壓 力)	
	STVALU(26)		未使用(1次系の流量, 圧力)	
	STVALU(27)		未使用(2次系の流量, 圧力)	
	STVALU(28)		未使用(加圧水系の流 量, 圧力)	
17-5	STVALU(29)	5E10. 0	未使用(補助冷却水系の 流量, 圧力)	
	STVALU(30)		未使用(流動計算におけ る1次系の温度)	
	STVALU(31)		未使用(流動計算におけ る2次系の温度)	
	STVALU(32)		未使用(加圧水系の温 度)	
	STVALU(33)		未使用(流動計算におけ る補助冷却水系の温度)	

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
18-1	IFLGBP(I I=1, 7)	7110	各機器の伝熱計算のバ イパスフラグ	—
18-2	IFLGBP(I I=8, 14)	7110	各機器の伝熱計算のバ イパスフラグ	—
19-1	BPVALU(1, 1)	7E10. 0	炉心出口温度設定値	°C
	BPVALU(2, 1)		未 使用	
	BPVALU(1, 2)		炉側部高温He出口溫 度 設定値	°C
	BPVALU(2, 2)		炉側部低温He出口溫 度 設定値	°C
	BPVALU(1, 3)		炉床部高温He出口溫 度 設定値	°C
	BPVALU(2, 3)		炉床部低温He出口溫 度 設定値	°C
	BPVALU(1, 4)		IHX 高温He出口溫 度 設定値	°C
19-2	BPVALU(2, 4)	7E10. 0	IHX 低温He出口溫 度 設定値	°C
	BPVALU(1, 5)		SPWC He出口溫度設 定値	°C
	BPVALU(2, 5)		SPWC 加圧水出口溫 度 設定値	°C
	BPVALU(1, 6)		PPWC He出口溫度設 定値	°C
	BPVALU(2, 6)		PPWC 加圧水出口溫 度 設定値	°C
	BPVALU(1, 7)		二重管 (炉出口-分歧) 高温He出口溫度設 定値	°C
	BPVALU(2, 7)		二重管 (炉出口-分歧) 低温He出口溫度設 定値	°C

Table 5.1.1 Common input data form (7/7)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
19-3	BPVALU(1, 8)	7E10. 0	二重管(分岐-IHX) 高温He出口温度設定値	°C
	BPVALU(2, 8)		二重管(分岐-IHX) 低温He出口温度設定値	°C
	BPVALU(1, 9)		二重管(分岐-PPWC) 高温He出口温度設定値	°C
	BPVALU(2, 9)		二重管(分岐-PPWC) 低温He出口温度設定値	°C
	BPVALU(1, 10)		二重管(IHX-SPWC) 高温He出口温度設定値	°C
	BPVALU(2, 10)		二重管(IHX-SPWC) 低温He出口温度設定値	°C
	BPVALU(1, 11)		加圧水系AC加圧水出口 温度設定値	°C
19-4	BPVALU(2, 11)	7E10. 0	未 使用	
	BPVALU(2, 12)		補助冷却器He出口温度 設定値	°C
	BPVALU(2, 12)		補助冷却器加圧水出口 温度設定値	°C
	BPVALU(1, 13)		補助ヘリウム系二重管 高温He出口温度設定値	°C
	BPVALU(2, 13)		補助ヘリウム系二重管 低温He出口温度設定値	°C
	BPVALU(1, 14)		補助冷却水系AC加圧水 出口温度設定値	°C
	BPVALU(2, 14)		未 使用	

Table 5.1.2 Input data form for disturbance (1/4)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	ID	16	外乱データの個数	—
			カード2からカード4を外乱データの個数だけ繰り返す。	
2	ITAB(I)	16, 6X, 5E12. 5	カード4の時間テーブ ルデータの点数	—
	DST0(I)		以下に示す外乱値算出式を参照 CALL INTERZ(ITAB(I), TABD(1, 1, 1)) , T, TAB0)	
	A(I, J)	J=1, 2	T: 時間(sec) DST0(I)=TAB0 +A(I, 1)*exp(-T/A(I, 2))	
	B(I, J)	J=1, 2	+B(I, 1)*sin(2π/B(I, 2)*T) +C(I, 1)+C(I, 2)*T+C(I, 3)*T*T	
3	C(I, J)	J=1, 3	4	TABD(1, K, 1) 6E12. 5 TABD(2, K, 1) K=1, ITAB(I) (外乱値)=DST0(I)*DST0(I)
				指定できる外乱は以下の通り。
外乱 No.	変数名	型	内 容	単 位
1	REACT	R*8	反応度	Δk/k
2	POWSET	R*8	原子炉出力	MW

Table 5.1.2 Input data form for disturbance (2/4)

Table 5.1.2 Input data form for disturbance (3/4)

JAERI-Data/Code 96-032

外乱 No.	変数名	型	内 容	単 位
3	DFLW11	R*8	1次ヘリウム系流量	kg/s
4	DPRS1	R*8	1次系圧力	kgf/cm ² a
5	DBPS11	R*8	1次系流量IHX側分配比	—
6	DFLW2	R*8	2次系ヘリウム流量	kg/s
7	DPRS2	R*8	2次系ヘリウム圧力	kgf/cm ² a
8	DFLW31	R*8	加压水流量 (加压水系)	kg/s
9	DPRS31	R*8	加压水圧力 (加压水系)	kgf/cm ² a
10	DBPS21	R*8	加压水流SPWC側分配 比	—
11	DBPS31	R*8	加压水流AC側分配比	—
12	FLW4(1)	R*8	AC空気流量 (加压水系)	kg/s
13	PRS4(1)	R*8	AC空気圧力 (加压水系)	kgf/cm ² a
14	TMP4(1)	R*8	AC空気入口温度 (加压水系)	°C
15	DFLW12	R*8	1次系流量 (補助ヘリウム系)	kg/s
16	DFLW32	R*8	加压水流 (補助冷却水系)	kg/s

外乱 No.	変数名	型	内 容	単 位
17	PRS3(2)	R*8	加压水圧力 (補助冷却水系)	kgf/cm ² a
18	FLW4(2)	R*8	AC空気流量 (補助冷却水系)	kg/s
19	PRS4(2)	R*8	AC空気圧力 (補助冷却水系)	kgf/cm ² a
20	TMP4(2)	R*8	AC空気入口温度 (補助冷却水系)	°C
21	DBPSCR	R*8	炉心ハイパス流量比	—
22	BPSCNT	R*8	炉側部流量分配比	—
23	HINVT1	R*8	1次系ヘリウムインベ ントリ換算値	kgfm/K
24	HINVT2(1)	R*8	2次系ヘリウムインベ ントリ換算値	kgfm/K
25	CTLDS1	R*8	未使用	
26	CTLDS2	R*8	加压水温度	°C
27	DFGCP1	R*8	PPWC用G/C 1への流量分 配比	—
28	DFGCP2	R*8	PPWC用G/C 2への流量分 配比	—
29	VLVBPS	R*8	ACハイパス流量調節弁 開度	%
30	VLVACL	R*8	AC出口流量調節弁開度	%
31	GC1	R*8	IHX用G/Cの回転数	rpm
32	GC1P1	R*8	PPWC用G/C 1 の回転数	rpm

Table 5.1.2 Input data form for disturbance (4/4)

外乱 No.	変数名	型	内 容	単 位
33	GC1P2	R*8	PPWC用G/C 2 の回転数	rpm
34	GC1P3	R*8	PPWC用G/C 3 の回転数	rpm
35	GC2P	R*8	SPWC用G/Cの回転数	rpm
36	GCA1	R*8	補助冷却器用G/Cの回転数	rpm
37	GCA2	R*8	補助冷却器用G/C 1 の回転数	rpm
38	WPMP1	R*8	加圧水循環ポンプの回転数(加圧水系)	rpm
39	WPMP2	R*8	加圧水循環ポンプの回転数(補助冷却水系1)	rpm
40	WPMP2B	R*8	加圧水循環ポンプの回転数(補助冷却水系2)	rpm
41	VVPWC1	R*8	PPWC加圧水流量調節弁開度	%
42	VVPWC2	R*8	SPWC加圧水流量調節弁開度	%
43	OUTTMP	R*8	原子炉出口温度設定値	°C
44	PRS3B1	R*8	加圧水の加压器出口での圧力(加圧水系)	kgf/cm ² a
45	PRS3B2	R*8	加圧水の加压器出口での圧力(補助冷却水系)	kgf/cm ² a
46	DPRS1C	R*8	1次He圧力制御系のりファレンス値	kgf/cm ² a
47	DPRS2C	R*8	1次／2次He差圧制御系のりファレンス値	kgf/cm ² a

Table 5.1.3 Input data form for reactor core part (1/8)

Table 5.1.3 Input data form for reactor core part (2/8)

JAERI-Data/Code 96-032

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	ISHAPE	I1, 12A6	形状指定データ、タ イトル名	—
	ZZ(I) I=1, 12		—	
2	ZZ(I) I=1, 12	12A6	タイトル名の続き(0枚 から必要な枚数まで)	—
ブランクカード				
3	FRATE	4E12. 4	ホットチャンネル流量 比	—
	P RATE		ホットチャンネル出力 比	—
RADIN			中間流路の外側境界グ リッド番号	—
	SKIP		未使用	
ブランクカード				
4	RAFUJI(I)	6E12. 4	径方向グリッドライン	cm
ブランクカード				
5	AXCRC(J)	6E12. 4	軸方向グリッドライン	cm
			ブランクカード	
カード6, 7により領域を指定する。ただし、燃料領域のデータは3番目に、冷却材領域の場合は物質番号15を入力する。 また、冷却材領域の場合は物質番号15を入力する。				
6	RBL(K)	6E12. 4	領域の径方向左側境界 となるグリッドライン	cm
	RBH(K)		領域の径方向右側境界 となるグリッドライン	cm
カード7から記入する。冷却材の初期温度と冷却材の熱伝達率				
全部記入したらブランクカード				
平均チャンネル(カード8)とホットチャンネル(カード9)の初期温度分布。初期温度分布が同一である領域について以下のデータを繰り返す。冷却材領域の場合は壁面との熱伝達率も入力する。カード12で-1.0を入力する場合、このデータは使用しないが省略は不可。				
8	RMIN	6E12. 4	領域の径方向左側境界 となるグリッドライン	cm
	RMAX		領域の径方向右側境界 となるグリッドライン	cm
	AMIN		領域の径方向左側境界 となるグリッドライン	cm
	AMAX		領域の径方向右側境界 となるグリッドライン	cm
	T		領域の初期温度	°C
全部記入したらブランクカード				

Table 5.1.3 Input data form for reactor core part (3/8)

Table 5.1.3 Input data form for reactor core part (4/8)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
9	RMIN	6E12. 4	領域の径方向左側境界 となるグリッドライン	cm
	RMAX		領域の径方向右側境界 となるグリッドライン	cm
	AMIN		領域の軸方向上側境界 となるグリッドライン	cm
	AMAX		領域の軸方向下側境界 となるグリッドライン	cm
	T		領域の初期温度	°C
	H		冷却材の熱伝達率	kcal/m ² sec
10	DA	6E12. 4	全部記入したらブランクカード	
	D1	未使用		
	D2	未使用		
	D3	未使用		
	D4	未使用		
			ブランクカード2枚	
11	AJB	6E12. 4	全部記入したらブランクカード	
	AJC	メッシュ点	燃料領域の軸方向上側 燃料領域の軸方向下側	メッシュ点

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	AI11		燃料領域の径方向左側 メッシュ点	—
	AI2		燃料領域の径方向右側 メッシュ点	—
	GFRAC		燃料領域内黒鉛の体積 割合	—
	VOID		ボイドの有無	—
			ブランクカード	
12	CURTI		E10. 6 初期温度分布設定データ	hr
13-1	A1	6E12. 4	中間流路の流路断面積	m ²
	A2		中間流路の水力等価直 径	m
	A3		熱伝達率計算式オプシ ヨン	—
	A4		中間流路伝熱面積補正 係数	—
	A5		黒鉛スリーブ熱容量補 正係数	—
	A6		下部可動反射体部熱伝 達率計算式オプション	—
13-2	A7	6E12. 4	下部可動反射体部の軸 方向最大メッシュ点	—
	A8		下部可動反射体部の熱 容量補正係数	—
	A9		下部可動反射体部の流 路断面積	m ²
	A10		下部可動反射体部の水 力等価直径	m

Table 5.1.3 Input data form for reactor core part (5/8)

Table 5.1.3 Input data form for reactor core part (6/8)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
A11			未使用	
A12			高温ブレナム部熱伝達率計算式オプション	—
13-3	A13	6E12. 4	高温ブレナム部の軸方向最大メッシュ点	—
A14			高温ブレナム部の熱容量補正係数	—
A15			高温ブレナム部の流路断面積	m ²
A16			高温ブレナム部の水力等価直径	m
A17			未使用	
A18			未使用	
動特性データは、以下のフォーマットで入力する。 カラム1： ブランク(動特性データの最終カードには0で い値を入力) カラム2-6： カードに入力する最初のデータのロケーションNo カラム7： カードに入力するデータの個数 カラム8-70： 7E9.4のフォーマットで最大7個のデータを入力				
LOC NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	PB	E9. 4	原子炉出力の初期値	MW
2	SOURCE	E9. 4	定常中性子源の出力	MW/sec
3	CHAN	E9. 4	燃料チャンネル数	—
4	POWDEN	E9. 4	未使用	

LOC NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
5	GENTIM	E9. 4	即発中性子寿命	sec
6-11	ALAM(1)	6E9. 4	運発中性子先行核の崩壊定数	sec ⁻¹
12-17	BETA(1)	6E9. 4	運発中性子生成割合	—
18	H	E9. 4	Runge-Kutta積分実行時間初期タイムステップ	sec
19	SMALLH	E9. 4	Runge-Kutta積分実行時間最小タイムステップ	sec
20	Q1	E9. 4	Runge-Kutta積分判断基準	—
21	Q2	E9. 4	Runge-Kutta積分判断基準	—
22	DELTMAX	E9. 4	タイムステップ間の伝熱計算の最低回数	—
23	XMTIME	E9. 4	Runge-Kutta積分残時間	sec
24	TEMPT1	E9. 4	TABA, TABDの多い方のセイント数	—
25-84	TABA	7E9. 4	温度, ドプラ反応度	°C, Δk/k
85-	TABD	7E9. 4	温度, 減速材反応度	°C, Δk/k
144				
145	AVAIL(1)	E9. 4	全冷却材流量に対する中間冷却材流量の比	—
146	AVAIL(2)	E9. 4	全冷却材流量に対する内側冷却材流量の比	—
147-159			未使用	
160	AVAIL(16)	E9. 4	燃料温度係数で与えた △ρにかかるアケラ-	—

Table 5.1.3 Input data form for reactor core part (7/8)

LOC NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
161	AVAIL(17)	E9. 4	減速材温度係数で与えた ρ にかかるアクリー	—
162	AVAIL(18)	E9. 4	LOC NO462以降に入力するRSTAN(J)の個数	—
300	AVAIL(156)	E9. 4	燃料温度係数テーブルの入力点数	—
302	AVAIL(158)	E9. 4	減速材温度係数テーブルの入力点数	—
303-461	RSTAN(J)	E9. 4	未使用	—
462-481	RSTAN(J)	E9. 4	平均チャンネル軸方向出力分布(相対値)	—
NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
15	WWSTAN(J) J=1,AVAIL18	7X, 7E9. 4	ホットチャンネル軸方向出力分布(相対値)	—
16	CORFAC	7X, 7E9. 4	全出力に対する燃心部出力比	—
17	RAISI(I, J) I=1, IMAX	6E12. 5	カード17を軸方向の計算点数分(境界を含む)繰り返す。	E20 n/cm ² , 0.18MeV

Table 5.1.3 Input data form for reactor core part (8/8)

LOC NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
18	GAMTE	2E12. 0	Teの核分裂収率	—
	GAMXE		Xeの核分裂収率	—
19	RMDAI	2E12. 0	Iの崩壊定数	sec ⁻¹
	RMDAX		Xeの崩壊定数	sec ⁻¹
20	SGMF	3E12. 0	U-235のマクロ断面積	cm ⁻¹
	SGMAX		Xe-235の吸收断面積	barn
	FAIP		出力を中性子束に変換する係数	cm ² ・s・MW
21	XNEW	3E12. 0	熱中性子1個に対するn	n
			核分裂中性子の数	$\Delta k/k$
	XPR		共鳴を逃れる確率	—
	XEPRN		高速核分裂因子	—

Table 5.1.4 Input data form for reactor side part (1/4)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	MESHZ	4E10, 3E10. 0	軸方向メッシュ数	—
	NDIVT		主タイムステップの分割数	—
	NRCHA		全燃料チャンネル数	—
	NMCHA		炉側部で取り扱う燃料チャンネル数	—
	RSDFAC		全出力に対する炉側部出力比	—
	PRATE		炉心全出力の初期値	MW
2-1	EDIAH	7E10. 0	高温ヘリウム流路等価直径	m
	FARBH		高温ヘリウム流路流路断面積	m ²
	DIAIH		高温ヘリウム流路内径	m
	DIACH		高温ヘリウム流路外径	m
	VRATO		燃料ブロックの体積比	—
	ARATO		燃料ブロックの伝面比	—
	ACOE3		伝面補正係数(燃料スリーブ／高温ヘリウム)	—
2-2	ACOE4	7E10. 0	伝面補正係数(高温ヘリウム／燃料ブロック)	—
	ACOE11		伝面補正係数(固定反射体／低温ヘリウム)	—
	ACOE12		伝面補正係数(低温ヘリウム／圧力容器)	—

Table 5.1.4 Input data form for reactor side part (2/4)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	ACOE5		合成熱伝導率補正係数(燃料ブロック／可動反射体)	—
	CMESH3		黒鉛スリーブ熱容量補正係数	—
3	HIGHTV	6E10. 0 , 110	圧力容器高さ	m
	WIDTVC		圧力容器と炉容器冷却系との距離	m
	ARA14L		圧力容器表面積	m ²
	ARA14R		炉容器冷却系表面積	m ²
	FVC		形態係数(圧力容器と炉容器冷却系の輻射計算) 空気の平均圧力	kgf/cm ² a
	PAIR		空気物性値算出用繰り返し回数	—
	MITER		空気物性値算出用繰り返し回数	—
4	RCODA	7E10. 0	低温ヘリウムの内側流路の内半径	m
	RCODB		低温ヘリウムの内側流路の外半径	m
	RCODC		低温ヘリウムの外側流路の内半径	m
	RCODD		低温ヘリウムの外側流路の外半径	m
	BPSRF		低温ヘリウムの内側へのバイパス率	—
	BPSPV		低温ヘリウムの外側へのバイパス率	—
	VCONTX		形態係数	(未使用)

Table 5.1.4 Input data form for reactor side part (3/4)

Table 5.1.4 Input data form for reactor side part (4/4)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
5	VCONTY(I) I=1, 7	7E10, 0	形態係数(ギャップ間)	—
6-1	RCOD(I) I=1, 7	7E10, 0	径方向グリッドライン 座標値	m
6-2	RCOD(I) I=8, 14	7E10, 0	径方向グリッドライン 座標値	m
7-1	ZCOD(I) I=1, 7	7E10, 0	軸方向グリッドライン 座標値	m
7-2	ZCOD(I) I=8, MESHZ	7E10, 0	軸方向グリッドライン 座標値	m
8	DGAP(I) I=1, 7	7E10, 0	ギャップの幅	m
9	NRSID	110	出力相対分布入力個数	—

カード番号10をNRSID回繰り返す。

10	IRC	2110, E10, 0	径方向グリッドライン 番号	—
	JZC		軸方向グリッドライン 番号	—
	RHEAT (IRC, JZC)		相対出力比	—
11	NOEQI (I, 1) I=1, 13	1315	物質番号(軸方向メッシュ 番号1)	—
12	NOEQI (I, 2) I=1, 13	1315	物質番号(軸方向メッシュ 番号2)	—
13	NOEQI (I, 3) I=1, 13	1315	物質番号(軸方向メッシュ 番号3～MESHZ-2)	—
14	NOEQI (I, 1) I=1, 13	1315	物質番号(軸方向メッシュ 番号MESHZ-1)	—
15	NOEQI (I, 1) I=1, 13	1315	物質番号(軸方向メッシュ 番号MESHZ)	—

Table 5.1.5 Input data form for reactor bottom part

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	MESHR	4E10, 2E10, 0	径方向メッシュ数	—
	NDIVT		主タイムステップの分割数	—
	MSPOUT		出口管部に対応する径方向メッシュ番号	—
	NSPOUT		高温プレナムプロックヘリウム流入孔の数	—
	RLENG		径方向の長さ	m
	DSPOUT		高温プレナムプロックヘリウム流入孔の直徑	m
2-1	ZC0D(1) I=1, 7	7E10, 0	軸方向グリッドライン 座標値	m
2-2	ZC0D(1) I=1, 7	7E10, 0	軸方向グリッドライン 座標値	m
3	NOEQI(l) I=1, 8	815	物質番号	—
4	NOPT(1)	215	高温ヘリウム熱伝達率 計算式オプション	—
	NOPT(2)		低温ヘリウム熱伝達率 計算式オプション	—

Table 5.1.6 Input data form for IHX (1/2)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
単独運転時は、本データは使用しないが省略は不可。				
1	NZSEC	316	軸方向分割数	—
	NZPIPE		伝熱管本数	—
	NDIHX		主タイムステップの分割数	—
2	ZAM	6E12, 0	伝熱管1本あたりの構造部断面積	m ²
	ZDM		伝熱管肉厚	m
3	ZLH	6E12, 0	1次系の流路長	m
	ZAH		1次系の全流路断面積	m ²
	ZSH		1次系の単位長さあたりの全伝熱面積	m ² /m
	ZDH		1次系の等価直徑	m
	CALFH		1次系の熱伝達率補正係数	—
	FOULH		1次系の汚れ係数	m ² SC/kcal
4	ZLC	6E12, 0	2次系の流路長	m
	ZAC		2次系の伝熱管1本あたりの流路断面積	m ²
	ZSC		2次系の伝熱管1本あたりの単位長さあたりの伝熱面積	m ² /m

Table 5.1.6 Input data form for IHX (2/2)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	ZDC		2 次系の等価直径	m
	CALFC		2 次系の熱伝達率補正係数	—
	FOULC		2 次系の汚れ係数	m ² s°C/kcal
5	NOPTH	3110	1 次側熱伝達率計算式 オプション	—
	NOPTC		2 次側熱伝達率計算式 オプション	—
	KOPT		伝熱管の物質番号	—

Table 5.1.7 Input data form for SPWC (1/2)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
单独運転時は、本データは使用しないが省略は不可。				
1	NTBAHX(1)	2E10, E10.0	伝熱管本数	—
	MDVAHX(1)		軸方向分割数	—
	ZLAHX(1)		軸方向高さ	m
2	DARTB(1)	2E10.0	伝熱管1本あたりの構 造部断面積	m ²
	DTICK(1)		伝熱管肉厚	m
3	ALFW(1,1)	4E10.0	加圧水入口側の伝熱管1 本あたりの流路断面積	m ²
	AHW(1,1)		加圧水入口側の伝熱管 1本あたりの単位長さ あたりの伝熱面積	m ² /m
	DFLWW(1,1)		加圧水入口側の等価直 径	m
	FOULW(1,1)		加圧水入口側の汚れ係 数	m ² s°C/kcal
4	ALFP(1)	4E10.0	ヘリウムの全流路断面 積	m ²
	AHP(1)		ヘリウムの単位長さあ たりの全伝熱面積	m ² /m
	DFLWP(1)		ヘリウムの等価直徑	m
	FOULP(1)		ヘリウムの汚れ係數	m ² s°C/kcal
5	ALFW(2,1)	4E10.0	加圧水出口側の伝熱管1 本あたりの流路断面積	m ²

Table 5.1.7 Input data form for SPWC (2/2)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	AHW(2, 1)		加圧水出口側の伝熱管 1本あたりの単位長さ あたりの伝熱面積	m ² /m
6	ZALF4(1)	2E10. 0	ヘリウムの熱伝達率補正係数	—
	ZALF5(1)		加圧水の熱伝達率補正係数	—
7	NTAHX(1)	110	主タイムステップの分割数	—
8	NOPTP(1)	3110	1次側熱伝達率計算式オプション	—
	NOPTW(1)		加圧水側熱伝達率計算式オプション	—
	KOPT(1)		伝熱管の物質番号	—

Table 5.1.8 Input data form for PPWC (1/2)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	NTBAHX (2)	2110, E10. 0	伝熱管本数	—
	MDVAHX (2)		軸方向分割数	—
	ZLAHX (2)		軸方向高さ	m
2	DARTB(2)	2E10. 0	伝熱管1本あたりの構造部断面積	m ²
	DTHICK(2)		伝熱管肉厚	m
3	ALFW(1, 2)	4E10. 0	加圧水入口側の伝熱管1本あたりの流路断面積	m ²
	AHW(1, 2)		加圧水入口側の伝熱管1本あたりの伝熱面積	m ² /m
	DFLWW(1, 2)		加圧水入口側の等価直徑	m
4	ALFP(2)	4E10. 0	ヘリウムの全流路断面積	m ²
	AHP(2)		ヘリウムの単位長さあたりの全伝熱面積	m ² /m
	DFLWP(2)		ヘリウムの等価直徑	m
	FOULP(2)		ヘリウムの汚れ係数	m ² SC/kcal
5	ALFW(2, 2)	4E10. 0	加圧水出口側の伝熱管1本あたりの流路断面積	m ²

Table 5.1.8 Input data form for PPWC (2/2)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	AHW(2, 2)		加圧水出口側の伝熱管 1本あたりの単位長さ あたりの伝熱面積	m ² /m
	DFLWW(2, 2)		加圧水出口側の等価直 径	m
	FOULW(2, 2)		加圧水出口側の汚れ係 数	m ² SC/kcal
6	ZALF4(2)	2E10. 0	ヘリウムの熱伝達率補 正係数	—
	ZALF5(2)		加圧水の熱伝達率補正 係数	—
7	NTAHX(2)	110	主タイムステップの分 割数	—
8	NOPTP(2)	3110	1次側熱伝達率計算式 オプション	—
	NOPTW(2)		加圧水側熱伝達率計算 式オプション	—
	KOPT(2)		伝熱管の物質番号	—

Table 5.1.9 Input data form for auxiliary heat exchanger (1/2)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	NTBAHX(3)	2110, E10. 0	伝熱管本数	—
	MDVAHX(3)		軸方向分割数	—
	ZLAHX(3)		軸方向高さ	m
2	DARTB(3)	2E10. 0	伝熱管1本あたりの構 造部断面積	m ²
	DTHICK(3)		伝熱管肉厚	m
3	ALFW(1, 3)	4E10. 0	加圧水入口側の伝熱管1 本あたりの流路断面積	m ² /m
	AHW(1, 3)		加圧水入口側の伝熱管 1本あたりの単位長さ あたりの伝熱面積	m ² /m
	DFLWW(1, 3)		加圧水入口側の等価直 径	m
	FOULW(1, 3)		加圧水入口側の汚れ係 数	m ² SC/kcal
4	ALFP(3)	4E10. 0	ヘリウムの全流路断面 積	m ²
	AHP(3)		ヘリウムの単位長さあ たりの全伝熱面積	m ² /m
	DFLWP(3)		ヘリウムの等価直径	m
	FOULP(3)		ヘリウムの汚れ係数	m ² SC/kcal
5	ALFW(2, 3)	4E10. 0	加圧水出口側の伝熱管1 本あたりの流路断面積	m ²

Table 5.1.9 Input data form for auxiliary heat exchanger (2/2)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
6	AHW(2, 3)		加圧水出口側の伝熱管 1本あたりの伝熱面積	m ² /m
	DFLWW(2, 3)		加圧水出口側の等価直 径	m
	POULW(2, 3)		加圧水出口側の汚れ係 数	m ² sC/kcaJ
7	ZALF4(3)	2E10. 0	ヘリウムの熱伝達率補 正係数	—
	ZALF5(3)		加圧水の熱伝達率補正 係数	—
8	NTAHX(3)	110	主タイムステップの分 割数	—
9	NOPTP(3)	3I10	1次側熱伝達率計算式 オプション	—
	NOPTW(3)		加圧水側熱伝達率計算 式オプション	—
	KOPT(3)		伝熱管の物質番号	—

Table 5.1.10 Input data form for AC (1/4)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	カード1からカード10は加圧水系のACに関するデータを, カード11以降は補助冷却水系のACに関するデータを入力する。			
	NTBACL(1)	3I10, E10. 0	伝熱管本数	—
	NDVACL(1)		段数	—
	MDVACL(1)		横方向メッシュ分割数	—
	ZLACL(1)		有効伝熱部高さ	m
2	DARTB(1)	2E10. 0	伝熱管1本あたりの構 造部断面積	m ²
	DTHICK(1)		伝熱管肉厚	m
3	ARFW(1)	3E10. 0	加圧水側の伝熱管1本 あたりの流路断面積	m ²
	AHW(1)		加圧水側の伝熱管1本 あたりの単位長さあた りの伝熱面積	m ² /m
	DFLWW(1)		加圧水側の熱的等価直 径	m
4	ARFA(1)	3E10. 0	空気側の伝熱管1本あ たりの流路断面積	m ²
	AHA(1)		空気側の伝熱管1本あ たりの単位長さあたり の伝熱面積	m ² /m

Table 5.1.10 Input data form for AC (2/4)

Table 5.1.10 Input data form for AC (3/4)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	DFLWA(1)		空気側の熱的等価直径	m
5	ALCOEW(1)	2E10. 0	加圧水側熱伝達率補正係数	—
	ALCOEA(1)		空気側熱伝達率補正係數	—
6	NTACL(1)	110	主タイムステップの分割数	—
7	NOPTW(1)	3I10	加圧水側熱伝達率計算式オプション	—
	NOPTA(1)		空気側熱伝達率計算式オプション	—
	KOPT(1)		伝熱管の物質番号	—
8	SLNA1(1)	3E10. 0	段ピッチ(三角配列)	m
	SLNA2(1)		列ピッチ(三角配列)	m
	SDIAM(1)		伝熱管直径	m
9	MOPACL(1)	110	ACのタイプ	—
10	FOULW(1)	2E10. 0	加圧水側汚れ係数	$m^2 \text{SC}/\text{kcal}$
	FOULA(1)		空気側汚れ係数	$m^2 \text{SC}/\text{kcal}$
			カード11以降は補助冷却水系のACに関するデータを入力する。	
11	NTBACL(2)	3I10, E10. 0	伝熱管本数	—

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	NDVACL(2)		段数	—
	MDVACL(1)		横方向メッシュ分割数	—
	ZLACL(2)		有効伝熱部高さ	m
12	DARTB(2)	2E10. 0	伝熱管1本あたりの構造部断面積	m^2
	DTHICK(2)		伝熱管肉厚	m
13	ARFW(2)	3E10. 0	加圧水側の伝熱管1本あたりの流路断面積	m^2
	AHW(2)		加圧水側の伝熱管1本あたりの単位長さあたりの伝熱面積	m^2/m
	DFLWW(2)		加圧水側の熱的等価直徑	m
14	ARFA(2)	3E10. 0	空気側の伝熱管1本あたりの流路断面積	m^2
	AHA(2)		空気側の伝熱管1本あたりの単位長さあたりの伝熱面積	m^2/m
	DFLWA(2)		空気側の熱的等価直徑	m
15	ALCOEW(2)	2E10. 0	加圧水側熱伝率補正係数	—

Table 5.1.10 Input data form for AC (4/4)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	ALCOEA(2)		空気側熱伝達率補正係 数	—
16	NTACL(2)	110	主タイムステップの分 割数	—
17	NOPTW(2)	3110	加圧水側熱伝達率計算 式オプション	—
	NOPTA(2)		空気側熱伝達率計算式 オプション	—
	KOPT(2)		伝熱管の物質番号	—
18	SLMA1(2)	3E10. 0	段ピッチ(三角配列)	m
	SLMA2(2)		列ピッチ(三角配列)	m
	SDIAM(2)		伝熱管直径	m
19	MOPACL(2)	110	ACのタイプ	—
20	FOLULW(2)	2E10. 0	加圧水側汚れ係数	$m^2 sC/kcal$
	FOLULA(2)		空気側汚れ係数	$m^2 sC/kcal$

Table 5.1.11 Input data form for hot gas duct (1/4)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
			カード1～6に(原子炉出口一分岐)の二重管データを、7～12に(分岐—IHX)のデータを、13～18に(分岐—IHW)のデータを、19～24に2次系のデータを、25～30に補助系のデータを入力する。	
1	NR(1)	15	軸方向分割数	—
2	AXIAL(1)	E12. 5	軸方向長さ	m
3-1	R(I, 1)	6E12. 5	径方向座標値	m
3-2	R(I, 1)	I=1, 6	6E12. 5	径方向座標値
3-3	R(I, 1)	I=7, 12	E12. 5	径方向座標値
4	TROOM(1)	6E12. 5	外部雰囲気温度	°C
	HROOM(1)		境界熱伝達率	$kcal/m^2 sC$
5	NOPT1(1)	215	高温側熱伝達率計算式 オプション	—
	NOPT2(1)		低温側熱伝達率計算式 オプション	—
6	KOPT(I, 1)	715	物質番号	—
		I=1, 7	カード7～12には(分岐—IHX)の二重管データを入力する。	
7	NR(2)	15	軸方向分割数	—
8	AXIAL(2)	E12. 5	軸方向長さ	m
9-1	R(I, 2)	I=1, 6	6E12. 5	径方向座標値
9-2	R(I, 2)	I=7, 12	6E12. 5	径方向座標値

Table 5.1.11 Input data form for hot gas duct (2/4)

Table 5.1.11 Input data form for hot gas duct (3/4)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
9-3	R(1, 2) l=13	E12. 5	径方向座標値	m
10	TR00M(2)	6E12. 5	外部雰囲気温度	°C
	HR00M(2)		境界熱伝達率	kcal/m ² s°C
11	NOPT1(2)	215	高温側熱伝達率計算式 オプション	—
	NOPT2(2)		低温側熱伝達率計算式 オプション	—
12	KOPT(1, 2) l=1, 7	715	物質番号	—
	カード13～18には(分岐→PWC)の二重管データを入力する。			
13	NR(3)	15	軸方向分割数	—
14	AXIAL(3)	E12. 5	軸方向長さ	m
15-1	R(1, 3) l=1, 6	6E12. 5	径方向座標値	m
15-2	R(1, 3) l=7, 12	6E12. 5	径方向座標値	m
15-3	R(1, 3) l=13	E12. 5	径方向座標値	m
16	TR00M(3)	6E12. 5	外部雰囲気温度	°C
	HR00M(3)		境界熱伝達率	kcal/m ² s°C
17	NOPT1(3)	215	高温側熱伝達率計算式 オプション	—
	NOPT2(3)		低温側熱伝達率計算式 オプション	—

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
18	KOPT(1, 3) l=1, 7	715	物質番号	—
	カード19～24には2次系の二重管データを入力する。			
19	NR(4)	15	軸方向分割数	—
20	AXIAL(4)	E12. 5	軸方向長さ	m
21-1	R(1, 4) l=1, 6	6E12. 5	径方向座標値	m
21-2	R(1, 4) l=7, 12	6E12. 5	径方向座標値	m
21-3	R(1, 4) l=13	E12. 5	径方向座標値	m
22	TR00M(4)	6E12. 5	外部雰囲気温度	°C
	HR00M(4)		境界熱伝達率	kcal/m ² s°C
23	NOPT1(4)	215	高温側熱伝達率計算式 オプション	—
	NOPT2(4)		低温側熱伝達率計算式 オプション	—
24	KOPT(1, 4) l=1, 7	715	物質番号	—
	カード25～30には補助系の二重管データを入力する。			
25	NR(5)	15	軸方向分割数	—
26	AXIAL(5)	E12. 5	軸方向長さ	m
27-1	R(1, 5) l=1, 6	6E12. 5	径方向座標値	m

Table 5.1.11 Input data form for hot gas duct (4/4)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
27-2	R(1, 5) I=7, 12	6E12. 5	径方向座標値	m
27-3	R(1, 5) I=13	E12. 5	径方向座標値	m
28	TROOM(5) HR00W(5)	6E12. 5	外部雰囲気温度 境界熱伝達率	°C kcal/m ² sC
29	NOPT1(5) NOPT2(5)	215	高温側熱伝達率計算式 低温側熱伝達率計算式	— オプション オプション
30	KOPT(1, 5) I=1, 7	715	物質番号	—

Table 5.1.12 Input data form for pressure calculation (1/3)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	KBYP1	7110	1次系圧力計算オプシ ヨン	—
	KBYP2(1)		2次系圧力計算オプシ ヨン	—
	KBYP2(2)		未使用	
	KREAD1		1次系インベントリ計 算オプション	—
	KREAD2(1)		2次系インベントリ計 算オプション	—
	KREAD2(2)		未使用	
2-1	VOLM1(1)	7E10. 0	原子炉下部プレナム体 積	m ³
	VOLM1(2)		炉側部プレナム体積	m ³
	VOLM1(3)		原子炉上部プレナム体 積	m ³
	VOLM1(4)		燃料チャンネル体積	m ³
	VOLM1(5)		高温プレナム体積	m ³
	VOLM1(6)		二重管 1 の高温側体積 (原子炉出口一分岐)	m ³
	VOLM1(7)		二重管 1 の低温側体積 (原子炉出口一分岐)	m ³
2-2	VOLM1(8)	7E10. 0	二重管 2 の高温側体積 (分岐—IHX)	m ³
	VOLM1(9)		二重管 2 の低温側体積 (分岐—IHX)	m ³
	VOLM1(10)		IHX入口プレナム体積	m ³

Table 5.1.12 Input data form for pressure calculation (2/3)

Table 5.1.12 Input data form for pressure calculation (3/3)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	VOLM1(11)		IHX熱交換器体積	m ³
	VOLM1(12)		IHX出口プレナム体積	m ³
	VOLM1(13)		IHX胴部体積	m ³
	VOLM1(14)		二重管 3 の高温側体積 (分歧-PPWC)	m ³
2-3	VOLM1(15)	7E10. 0	二重管 3 の低温側体積 (分歧-PPWC)	m ³
	VOLM1(16)		PPWC入口プレナム体積	m ³
	VOLM1(17)		PPWC熱交換器体積	m ³
	VOLM1(18)		PPWC出口プレナム体積	m ³
	VOLM1(19)		PPWC胴部体積	m ³
	VOLM1(20)		二重管 5 の高温側体積 (補助ヘリウム系)	m ³
	VOLM1(21)		二重管 5 の低温側体積 (補助ヘリウム系)	m ³
2-4	VOLM1(22)	4E10. 0	補助冷却器入口プレナム体積	m ³
	VOLM1(23)		補助冷却器熱交換器体積	m ³
	VOLM1(24)		補助冷却器出口プレナム体積	m ³
	VOLM1(25)		補助冷却器胴部体積	m ³
3-1	VOLM2(1, 1)	7E10. 0	IHX入口プレナム体積	m ³

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	VOLM2(2, 1)		IHX伝熱管体積	m ³
	VOLM2(3, 1)		IHX出口プレナム体積	m ³
	VOLM2(4, 1)		二重管 4 の高温側体積 (2次系)	m ³
	VOLM2(5, 1)		二重管 4 の低温側体積 (2次系)	m ³
	VOLM2(6, 1)		SPWC入口プレナム体積	m ³
	VOLM2(7, 1)		SPWC熱交換器体積	m ³
	3-2	VOLM2(8, 1)	SPWC出口プレナム体積	m ³
	VOLM2(9, 1)		SPWC胴部体積	m ³

Table 5.1.13 Input data form for safety protection system(1/4)

Table 5.1.13 Input data form for safety protection system(2/4)

JAERI-Data/Code 96-032

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	ISCNUM	16	考慮するスクラム信号 の最大数	—
2	SROW0	5E12. 0	全挿入反応度	$\Delta k/k$
	SDELAY		スクラム遅れ時間	sec
	AHXTM		補助系起動時間	sec
	AHXRND(1)		補助冷却器用G/Cの起動 時回転数	rpm
	AHXRND(2)		補助冷却水循環ポンプ 起動時回転数	rpm
3	IFLGSC(1) I=1, ISCNUM	1216	各保護系システムの ON-OFFフラグ	—
	4-1	SREF(1)	6E12. 0	システム1のスクラム設定値 (手動スクラム)
	SREF(2)		システム2のスクラム設定値 (出力領域中性子束高)	MW
	SREF(3)		システム3のスクラム設定値 (IHX 1 次冷却材流量低)	kg/s
	SREF(4)		システム4のスクラム設定値 (PPWCへリウム流量低)	kg/s

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	SREF(5)		システム5 のスクラム設定値 (IHX出口 1次He温度高)	°C
	SREF(6)		システム6 のスクラム設定値 (PPWC出口 He温度高)	°C
4-2	SREF(7)	6E12. 0	システム7 のスクラム設定値 (原子炉出口 He温度高)	°C
	SREF(8)		システム8 のスクラム設定値 (PPWC加圧水流量低)	kg/s
	SREF(9)		システム9 のスクラム設定値 (1次He・加圧水差压高)	kgf/cm ²
	SREF(10)		システム10 のスクラム設定値 (1次He・加圧水差压低)	kgf/cm ²
	SREF(11)		システム11 のスクラム設定値 (1次He・2次He差压大)	kgf/cm ²
	SREF(12)		システム12 のスクラム設定値 (2次ヘリウム流量低)	kg/s
4-3	SREF(13)	E12. 0	システム13 のスクラム設定値 (炉心差压低)	kgf/cm ²
5-1	SACTTM(1)	6E12. 0	システム1 のスクラム応答時間 (手動スクラム)	sec
	SACTTM(2)		システム2 のスクラム応答時間 (出力領域中性子束高)	sec
	SACTTM(3)		システム3 のスクラム応答時間 (IHX 1 次冷却材流量低)	sec
	SACTTM(4)		システム4 のスクラム応答時間 (PPWCへリウム流量低)	sec
	SACTTM(5)		システム5 のスクラム応答時間 (IHX出口 1次He温度高)	sec
	SACTTM(6)		システム6 のスクラム応答時間 (PPWC出口 He温度高)	sec
5-2	SACTTM(7)	6E12. 0	システム7 のスクラム応答時間 (原子炉出口 He温度高)	sec

Table 5.1.13 Input data form for safety protection system(3/4)

Table 5.1.13 Input data form for safety protection system(4/4)

JAERI-Data/Code 96-032

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	SACTM(8)		システム8のスクラン応答時間 (PPWC加圧水流量低)	sec
	SACTM(9)		システム9のスクラン応答時間 (1次He・加圧水差圧高)	sec
	SACTM(10)		システム10のスクラン応答時間 (1次He・加圧水差圧低)	sec
	SACTM(11)		システム11のスクラン応答時間 (1次He・2次He差圧大)	sec
	SACTM(12)		システム12のスクラン応答時間 (2次ヘリウム流量低)	sec
5-3	SACTM(13)	E12.0	システム13のスクラン応答時間 (炉心差圧低)	sec
6	IFGRR(1)	216	スクラン反応度を挿入 するかどうかのフラグ	—
	IFGRR(2)		G/Cの回転数を減少させ るかどうかのフラグ	—
7	ISCTAB	16	カード7の時間テーブ ルデータのセット数	—
8	SCTAB(1, J) SCTAB(2, J) J=1, ISCTAB	6E12.0	スクラン反応度投入割 合	sec, —
9	IPMTAB	16	カード10の時間テーブ ルデータのセット数	—

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
10	PMTAB(1, J) PMTAB(2, J) J=1, IPMTAB	6E12.0	G/C制動停止曲線	sec, —
11	IAHTAB(1)	16	カード12の時間テーブ ルデータのセット数	—
12	AHTAB(1, J, 1) AHTAB(2, J, 1) J=1, IAHTAB(1)	6E12.0	補助冷却器用G/C1起動 割合	sec, —
13	IAHTAB(2)	16	カード14の時間テーブ ルデータのセット数	—
14	AHTAB(1, J, 2) AHTAB(2, J, 2) J=1, IAHTAB(2)	6E12.0	補助冷却器用G/C2起動 割合	sec, —
15	IAHTAB(3)	16	カード16の時間テーブ ルデータのセット数	—
16	AHTAB(1, J, 3) AHTAB(2, J, 3) J=1, IAHTAB(3)	6E12.0	補助冷却水循環ポンプ 1起動割合	sec, —
17	IAHTAB(4)	16	カード18の時間テーブ ルデータのセット数	—
18	AHTAB(1, J, 4) AHTAB(2, J, 4) J=1, IAHTAB(4)	6E12.0	補助冷却水循環ポンプ 2起動割合	sec, —

Table 5.1.14 Input data form for control system (1/8)

Table 5.1.14 Input data form for control system (2/8)

JAERI-Data/Code 96-032

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	ICMAX	216	制御系の数	—
	IPIMAX		PI制御の数	—
2-1	ICNTFG(I) I=1,12	1216	各制御系のON-OFFフラグ	—
2-2	ICNTFG(I) I=13,ICMAX	216	各制御系のON-OFFフラグ	—
3-1	ACFT(I) I=1,6	6E12.5	無次元化するときの基準値(大)	各制御量の単位
3-2	ACFT(I) I=7,12	6E12.5	無次元化するときの基準値(大)	各制御量の単位
3-3	ACFT(I) I=13,ICMAX	2E12.5	無次元化するときの基準値(大)	各制御量の単位
4-1	BCFT(I) I=1,6	6E12.5	無次元化するときの基準値(小)	各制御量の単位
4-2	BCFT(I) I=7,12	6E12.5	無次元化するときの基準値(小)	各制御量の単位
4-3	BCFT(I) I=13,ICMAX	2E12.5	無次元化するときの基準値(小)	各制御量の単位
5-1	TDELAY(I) I=1,6	6E12.5	検出量の遅れ時間	sec
5-2	TDELAY(I) I=7,12	6E12.5	検出量の遅れ時間	sec

無次元化するときの基準値(大)は、制御系ロック図のAIあるいはA3
 無次元化するときの基準値(小)は、制御系ロック図のBIあるいはB1

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
5-3	TDELAY(I) I=13,ICMAX	2E12.5	検出量の遅れ時間	sec
6-1	TDELAY2(I) I=1,6	6E12.5	制御動作信号の補正時間に考慮する遅れ時間	sec
6-2	TDELAY2(I) I=7,12	6E12.5	制御動作信号の補正時間に考慮する遅れ時間	sec
6-3	TDELAY2(I) I=13,ICMAX	2E12.5	制御動作信号の補正時間に考慮する遅れ時間	sec
7-1	TDELAY3(I) I=1,6	6E12.5	制御動作信号の補正時間に考慮する遅れ時間	sec
7-2	TDELAY3(I) I=7,12	6E12.5	制御動作信号の補正時間に考慮する遅れ時間	sec
7-3	TDELAY3(I) I=13,ICMAX	2E12.5	制御動作信号の補正時間に考慮する遅れ時間	sec
8-1	TDELAY4(I) I=1,6	6E12.5	操作量 1 の遅れ時間	sec
8-2	TDELAY4(I) I=7,12	6E12.5	操作量 1 の遅れ時間	sec
8-3	TDELAY4(I) I=13,ICMAX	2E12.5	操作量 1 の遅れ時間	sec
9-1	TDELAY5(I) I=1,6	6E12.5	操作量 2 の遅れ時間(加圧水温度制御系, 1次・2次He差圧制御系のみ)	sec
9-2	TDELAY5(I) I=7,12	6E12.5	操作量 2 の遅れ時間(加圧水温度制御系, 1次・2次He差圧制御系のみ)	sec
9-3	TDELAY5(I) I=13,ICMAX	2E12.5	操作量 2 の遅れ時間(加圧水温度制御系, 1次・2次He差圧制御系のみ)	sec
10-1	TDELAY6(I) I=1,6	6E12.5	未使用	—
10-2	TDELAY6(I) I=7,12	6E12.5	未使用	—
10-3	TDELAY6(I) I=13,ICMAX	2E12.5	未使用	—

Table 5.1.14 Input data form for control system (3/8)

Table 5.1.14 Input data form for control system (4/8)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
11-1	GAIN(1) I=1, 6	6E12. 5	PID比例ゲイン	—
11-2	GAIN(1) I=7, 12	6E12. 5	PID比例ゲイン	—
11-3	GAIN(1) I=13, ICMAX	2E12. 5	PID比例ゲイン	—
12-1	TAU1(1) I=1, 6	6E12. 5	PIDの積分時定数	sec
12-2	TAU1(1) I=7, 12	6E12. 5	PIDの積分時定数	sec
12-3	TAU1(1) I=13, ICMAX	2E12. 5	PIDの積分時定数	sec
13-1	TAUD(1) I=1, 6	6E12. 5	PIDの微分時定数	sec
13-2	TAUD(1) I=7, 12	6E12. 5	PIDの微分時定数	sec
13-3	TAUD(1) I=13, ICMAX	2E12. 5	PIDの微分時定数	sec
14-1	ONOFF1(1) I=1, 6	6E12. 5	加圧弁が‘開’から '閉'になる偏差	kgf/cm ²
14-2	ONOFF1(1) I=7, 12	6E12. 5	加圧弁が‘開’から '閉'になる偏差	kgf/cm ²
14-3	ONOFF1(1) I=13, ICMAX	2E12. 5	加圧弁が‘開’から '閉'になる偏差	kgf/cm ²
15-1	ONOFF2(1) I=1, 6	6E12. 5	加圧弁が‘閉’から '開'になる偏差	kgf/cm ²
15-2	ONOFF2(1) I=7, 12	6E12. 5	加圧弁が‘閉’から '開'になる偏差	kgf/cm ²
15-3	ONOFF2(1) I=13, ICMAX	2E12. 5	加圧弁が‘閉’から '開'になる偏差	kgf/cm ²
16-1	ONOFF3(1) I=1, 6	6E12. 5	減圧弁が‘開’から '閉'になる偏差	kgf/cm ²

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
16-2	ONOFF3(1) I=7, 12	6E12. 5	減圧弁が‘開’から '閉'になる偏差	kgf/cm ²
16-3	ONOFF3(1) I=13, ICMAX	2E12. 5	減圧弁が‘開’から '閉'になる偏差	kgf/cm ²
17-1	ONOFF4(1) I=1, 6	6E12. 5	減圧弁が‘開’から '閉'になる偏差	kgf/cm ²
17-2	ONOFF4(1) I=7, 12	6E12. 5	減圧弁が‘開’から '閉'になる偏差	kgf/cm ²
17-3	ONOFF4(1) I=13, ICMAX	2E12. 5	減圧弁が‘開’から '閉'になる偏差	kgf/cm ²
18-1	SINMIN(1) I=1, 6	6E12. 5	制御値の下限	%
18-2	SINMIN(1) I=7, 12	6E12. 5	制御値の下限	%
18-3	SINMIN(1) I=13, ICMAX	2E12. 5	制御値の下限	%
19-1	SINMAX(1) I=1, 6	6E12. 5	制御値の上限	%
19-2	SINMAX(1) I=7, 12	6E12. 5	制御値の上限	%
19-3	SINMAX(1) I=13, ICMAX	2E12. 5	制御値の上限	%
20	X1D(1) ~ X6D(1)		制御棒駆動モータ一回 転数の非線形要素	rpm
21	Y1D(1) ~ Y5D(1)		制御棒駆動モータ一回 転数の非線形要素	rpm
22	PRRT	4E12. 5	制御棒位置と駆動モータ回転数の比例定数	rpm/mm

Table 5.1.14 Input data form for control system (5/8)

Table 5.1.14 Input data form for control system (6/8)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	RSRT		駆動モータ回転数と制御棒速度の比例定数	mm/s rpm
	PRCRT		制御棒位置と反応度の比例定数	\$/mm
	BEPF		β_{eff}	$\Delta k/k$
23	TIN100	4E12. 5	100%原子炉出力時の原子炉入口温度	°C
	TIN30		30%原子炉出力時の原子炉入口温度	°C
	DPPCNT		原子炉出力制御系の不作動偏差	%
	BPSSMAX		AC/バイパス流量の許容最大値	—
24	ITNK1	616	1次He貯蔵供給設備の圧力ボイント番号	—
	ITNK2		2次He貯蔵供給設備の圧力ボイント番号	—
	IACLN		加圧水のAC側流路の流路数	—
	IBPSN		加圧水のバイパス側流路の流路数	—
	IACLVV		AC出口流量調節弁のある流路番号	—
	IBPSVW		AC/バイパス流量調節弁のある流路番号	—
25	IACL(1) I=1, IACLN	1216	加圧水のAC側流路の流路番号	—
26	IBPS(1) I=1, IBPSN	1216	加圧水のバイパス側流路の流路番号	—

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
27	GCR1	5E12. 5	(IHX用G/Cの4.7222kg/s流量に対応する回転数)/100.0	(rad/s) /%
	GCR1P1		(PPWC用G/C 1 の14.1667kg/s流量に対応する回転数)/100.0	(rad/s) /%
	GCR1P2		(PPWC用G/C 2 の14.1667kg/s流量に対応する回転数)/100.0	(rad/s) /%
	GCR1P3		(PPWC用G/C 3 の14.1667kg/s流量に対応する回転数)/100.0	(rad/s) /%
	GCR2P		(SPWC用G/Cの4.4444kg/s流量に対応する回転数)/100.0	(rad/s) /%
28	TNKP\$1	6E12. 5	1次He供給タンク圧力	kgf/cm ²
	TNKT\$1		1次He供給タンク温度	°C
	TNKP\$2		2次He供給タンク圧力	kgf/cm ²
	TNKT\$2		2次He供給タンク温度	°C
	TNKP\$3		窒素ガス供給タンク圧力	kgf/cm ²
	TNKT\$3		窒素ガス供給タンク温度	°C

Table 5.1.14 Input data form for control system (7/8)

Table 5.1.14 Input data form for control system (8/8)

JAERI-Data/Code 96-032

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
29	VCTAS1	6E12. 5	1次He供給タンク加圧 弁の流量係数	—
	VCTDS1		1次He排気タンク減圧 弁の流量係数	—
	VCTAS2		2次He供給タンク加圧 弁の流量係数	—
	VCTDS2		2次He排気タンク減圧 弁の流量係数	—
	VCTAS3		窒素ガス供給タンク加 圧弁の流量係数 (未使用)	—
	VCTDS3		窒素ガス排気タンク減 圧弁の流量係数 (未使用)	—
30	VVFOPN(1, 1)	6E12. 5	2次He供給タンク加圧 弁の全開時面積	m ²
	VVFOPN(2, 1)		2次He排気タンク減圧 弁の全開時面積	m ²
	VVFOPN(1, 2)		窒素ガス供給タンク加 圧弁の全開時面積 (未使用)	m ²
	VVFOPN(2, 2)		窒素ガス排気タンク減 圧弁の全開時面積 (未使用)	m ²
	VVFOPN(1, 3)		1次He供給タンク加圧 弁の全開時面積	m ²
	VVFOPN(2, 3)		1次He排気タンク減圧 弁の全開時面積	m ²
31	ORGAIN(1, 1)	6E12. 5	2次He加圧弁の開口面 積算出時のGAIN	m ²
	ORGAIN(2, 1)		2次He減圧弁の開口面 積算出時のGAIN	m ²
	ORGAIN(1, 2)		窒素ガス加圧弁の開口 面積算出時のGAIN (未使用)	m ²
	ORGAIN(2, 2)		窒素ガス減圧弁の開口 面積算出時のGAIN (未使用)	m ²

Table 5.1.15 Input data form for fluid flow calculation (1/3)

Table 5.1.15 Input data form for fluid flow calculation (2/3)

JAERI-Data/Code 96-032

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	IFNW	I6	考慮する流路網の数	—
2	RELE	6E12. 0	Runge-Kutta積分を行うときの許容相対誤差	—
	ABSE		Runge-Kutta積分を行うときの許容絶対誤差	—
	ETMMIN		Runge-Kutta積分時の許容最小タイムステップ	sec
	EPSL		逆行列の計算時のビット軸の許容最小値	—
			カード3～12を流路網の数(現在値=4)だけ繰り返す。	
3	IKND(1)	3I6,	流体の種類	—
	IFNM(1)	2E12. 0	流路数	—
	IPNM(1)		圧力ポイント数	—
	PBS(1)		各流路の基準圧力	kgf/cm ² a
	TSX(1)		Runge-Kutta積分時の初期タイムステップ	sec
4	NFP(1, L, 1)	12I6	各流路の上流側, 下流側圧力ポイント番号	—
	NFP(2, L, 1)			
	L=1, IFNM(1)			
5	FLN(L, 1)	6E12. 0	各流路の流路長	m
	L=1, IFNM(1)			

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
6	FSO(L, 1) L=1, IFNM(1)	6E12. 0	各流路の流路断面積	m ²
7	FD(L, 1) L=1, IFNM(1)	6E12. 0	各流路の流路内径	m
8	FK(L, 1) L=1, IFNM(1)	6E12. 0	各流路の形状損失係数	—
9	FFCC(L, 1) L=1, IFNM(1)	6E12. 0	各流路の摩擦係数の補正係数	—
10	NFTG(L, 1) L=1, IFNM(1)	12I6	各流路の流路形状	—
11	FHP(K, 1) K=1, IPNM(1)	6E12. 0	各圧力ポイントの高さ	m
12	IRVS(1)	16	各流路網にある逆止弁の数	—
13	IRVFL(K, 1) K=1, IRVS(1)	12I6	逆止弁のある流路番号	—
14	JPMAX(1)	16	各流路網で考慮するG/Cおよび加圧水循環ポンプの数	—
			カード15を各流路網のG/Cおよび加圧水循環ポンプの数(JPMAX(1))だけ繰り返す。	
15	JPN(J, 1)	3I6, 2E12. 0	G/Cまたは加圧水循環ポンプのある流路番号	—
			G/Cまたは加圧水循環ポンプのタイプ	—
			G/Cの昇温計算に関するフラグ	—
			G/Cまたは加圧水循環ポンプの定常時または定期回転数	rpm

Table 5.1.15 Input data form for fluid flow calculation (3/3)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
	PNQ(J,1)		G/Cからの定常時入熱量	kW
16-1	MACL	1216	流路網 2 のAC出口流量 調節弁の流路番号	—
	MBPS		流路網 2 のACバイパス 流量調節弁の流路番号	—
	MPWC1		流路網 2 のPPWC流量調 節弁の流路番号	—
	MPWC2		流路網 2 のSPWC流量調 節弁の流路番号	—
	MGC1HX		流路網 1 のIHX用G/Cの 循環機番号	—
	MGC1P1		流路網 1 のPPWC用G/C1 の循環機番号	—
	MGC1P2		流路網 1 のPPWC用G/C2 の循環機番号	—
	MGC1P3		流路網 1 のPPWC用G/C3 の循環機番号	—
	MGC2P		流路網 3 のSPWC用G/C の循環機番号	—
	MGCA1		流路網 1 の補助冷却器 用G/C1の循環機番号	—
	MGCA2		流路網 1 の補助冷却器 用G/C2の循環機番号	—
	MPMPM		流路網 2 の加圧水循環 ポンプのポンプ番号	—
16-2	MPMPA	216	流路網 4 の補助冷却水 循環ポンプ1のポンプ番号	—
	MPMPA2		流路網 4 の補助冷却水 循環ポンプ2のポンプ番号	—

流路網 1 は、1 次系と補助ヘリウム系の流路
流路網 2 は、加圧水系の流路

流路網 3 は、2 次ヘリウム系の流路
流路網 4 は、補助冷却水系の流路

Table 5.1.16 Common initial data form

Table 5.1.17 Initial data form for safety protection system

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
1	START LOOP	E10.0 .110	初期時間 主計算繰り返し回数	sec —	初期は0を設定
2	TMAXC1 TMACRO TAINV TAINK TAOTV TACTX	5E10.0 TMACRO TAINV TAINK TAOTV TACTX	低温ヘリウム床部入 高温ヘリウム床部出 PWC加圧水出口温度 AC加圧水入口温度(AC バイパス温度) AC加圧水出口, AC-バイ パス合流温度 PWC加圧水入口温度	°C °C °C °C °C °C	並列運転時は合流後の温度
3	LXC IXIC NYC	3110 1XIC NYC	配管輸送遅れに関する 計算フラグ 配管輸送遅れに関する 計算フラグ 配管輸送遅れに関する 計算フラグ	— — —	バイパス合流点→PWC 初期は0を設定
4	TDRA0C(1) I=1,300	7E10.0 I=1,300	配管内加圧水温度	°C	バイパス合流点→PWC 初期は0を設定
5	LXB IXXB NWB	3110 1XXB NWB	配管輸送遅れに関する 計算フラグ 配管輸送遅れに関する 計算フラグ 配管輸送遅れに関する 計算フラグ	— — —	バイパス分歧点→AC 初期は0を設定
6	TDRA0B(1) I=1,300	7E10.0 I=1,300	配管内加圧水温度	°C	バイパス分歧点→AC 初期は0を設定

Table 5.1.18 Initial data form for control system (1/2)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
1	DTOLD	3E12.5	前ステップのタイムス テップ	sec	
	R0D0		前ステップの制御棒位 置	mm	
	R0SPO		前ステップの制御棒速 度	mm/sec	
	CREACT		前ステップの制御系に よる反応度	$\angle k/k$	
2-1	SG002(1) I=1, 6	6E12.5	前ステップの選れを考 慮した検出量	各制御量 の単位	完全に制御できているときは、各リ フレンス値に等しくなる。 現在、ICMAX=14。
2-2	SG002(1) I=7, 12	6E12.5	前ステップの選れを考 慮した検出量	各制御量 の単位	
2-3	SGD02(1) I=13, ICMAX	2E12.5	前ステップの選れを考 慮した検出量	各制御量 の単位	
3-1	SP1D12(1) I=1, 6	6E12.5	前ステップの制御動作 信号	%	完全に制御できているときは、0.0
3-2	SP1D12(1) I=7, 12	6E12.5	前ステップの制御動作 信号	%	ON-OFF制御の時の単位は、制御量(壓力)の単位。現在この値を実際に 使用しているのは、出力制御系のみ。現在、ICMAX=14。
3-3	SP1D12(1) I=13, ICMAX	2E12.5	前ステップの制御動作 信号	%	
4-1	SP1DN2(1) I=1, 6	6E12.5	前ステップの補正制御 動作信号	%	完全に制御できているときは、0.0
4-2	SP1DN2(1) I=7, 12	6E12.5	前ステップの補正制御 動作信号	%	ON-OFF制御の時の単位は、制御量(壓力)の単位。
4-3	SP1DN2(1) I=13, ICMAX	2E12.5	前ステップの補正制御 動作信号	%	現在、ICMAX=14。

Table 5.1.18 Initial data form for control system (2/2)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
5-1	E1(I) I=1, 6	6E12.5	前ステップまでの積分 %	%	完全に制御できているときは、制 御量と操作基準値の差になる。
5-2	E1(I) I=7, 12	6E12.5	前ステップまでの積分 %	%	
5-3	E1(I) I=13, ICMAX	2E12.5	前ステップまでの積分 %	%	現在、ICMAX=14。
6	V1V0N(I, J) I=1, 2; J=1-3	6E12.5	前ステップまでのオリ フィス弁開度指令信号	%	完全に制御できているときは、0.0
7-1	CONT2(1, 1) CONT2(2, 1) I=1, 3	6E12.5	前ステップの制御値	%	操作量が1つのときは、CONT2(1, 1) はタミーデータ。 現在、ICMAX=14。
7-2	CONT2(1, 1) CONT2(2, 1) I=4, 6	6E12.5	前ステップの制御値	%	
7-3	CONT2(1, 1) CONT2(2, 1) I=7, 9	6E12.5	前ステップの制御値	%	
7-4	CONT2(1, 1) CONT2(2, 1) I=10, 12	6E12.5	前ステップの制御値	%	
7-5	CONT2(1, 1) CONT2(2, 1) I=13, ICMAX	4E12.5	前ステップの制御値	%	

Table 5.1.19 Initial data form for reactor side part

Table 5.1.20 Initial data form for reactor bottom part

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
1-1	THEIN	6E12.0	原子炉側部冷却材入口 温度	°C	
	GHE		冷却材全流量	kg/s	
	GHBH		原子炉側部冷却材全流 量	kg/s	
	GHBC		原子炉側部冷却材流量	kg/s	
	PHE		冷却材圧力	kgf/cm ² a	
	THEND		原子炉側部燃料チャン ネル入口温度	°C	
1-2	THEOUT	3E12.0	原子炉側部冷却材出口 温度	°C	
	POWER		原子炉出力	MW	
	PVTMP		圧力容器温度 (地方向最上段)	°C	
			カーデ 2 を軸方向メッシュ数 (=MESHZ)だけ繰り返す。		
2-1	TD(I,J)	6E12.0	メッシュ平均温度	°C	
	I=1, 6				
2-2	TD(I,I)	6E12.0	メッシュ平均温度	°C	
	I=7, 12				
2-3	TD(I,J)	2E12.0	メッシュ平均温度	°C	
	I=13, 14				
3	T3R(J)	6E12.0	高温側冷却材の右側に 接する構造材表面温度	°C	MESHZ:軸方向分割数
	J=1, MESHZ				
4	T5L(J)	6E12.0	高温側冷却材の左側に 接する構造材表面温度	°C	
	J=1, MESHZ				
5	T1R(J)	6E12.0	低温側冷却材の右側に 接する構造材表面温度	°C	
	J=1, MESHZ				
6	T1L(J)	6E12.0	低温側冷却材の左側に 接する構造材表面温度	°C	
	J=1, MESHZ				
7	T1R(J)	6E12.0	圧力容器外表面温度	°C	
	J=1, MESHZ				

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
1	THIN	4E12.0	高温側冷却材入口温度	°C	
	GHOT		高温側冷却材流量	kg/s	
	PHOT		高温側冷却材圧力	kgf/cm ² a	
	THOUT		高温側冷却材出口温度	°C	
2	TCIN	4E12.0	低温側冷却材入口温度	°C	
	GCOLD		低温側冷却材流量	kg/s	
	PCOLD		低温側冷却材圧力	kgf/cm ² a	
	TCOUT		低温側冷却材出口温度	°C	
			カード 3 を径方向メッシュ数 (=MESHZ)だけ繰り返す。		
3-1	TD(I,J)	6E12.0	メッシュ平均温度	°C	
	I=1, 6				
3-2	TD(I,J)	2E12.0	メッシュ平均温度	°C	
	I=7, 8				
4	T2U(J)	6E12.0	高温側冷却材に接する 構造材表面温度	°C	MESHZ:径方向分割数
	J=1, MESHZ				
5	T7L(J)	6E12.0	低温側冷却材に接する 構造材表面温度	°C	
	J=1, MESHZ				

Table 5.1.21 Initial data form for IHX

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
1	ZIWHO	4E12.0	1 次側冷却材流量	kg/s	
	PH0		1 次側冷却材圧力	kgf/cm ² a	
	ZZNCO		2 次側冷却材流量	kg/s	
	PCO		2 次側冷却材圧力	kgf/cm ² a	
2	ZTH(1,1)	5E12.0	1 次側冷却材メッシュ	°C	NZSEC:軸方向分割数
	I=1, NZSEC		平均温度	°C	
3	ZTM(1,1)	5E12.0	伝熱管温度	°C	
	I=1, NZSEC		平均温度	°C	
4	ZTC(1,1)	5E12.0	2 次側冷却材メッシュ	°C	
	I=1, NZSEC		平均温度	°C	
5	ZTHEH(1,1)	5E12.0	1 次側冷却材グリッド	°C	
	I=1, NZSEC1		ライン温度	°C	
6	ZTHETC(1,1)	5E12.0	2 次側冷却材グリッド	°C	
	I=1, NZSEC1		ライン温度	°C	

Table 5.1.22 Initial data form for SPWC

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
1	WIAHX	4E12.0	ヘリウム冷却材流量	kg/s	
	P1AHX		ヘリウム圧力	kgf/cm ² a	
	W2AHX		加压水流	kg/s	
	P2AHX		加压水圧力	kgf/cm ² a	
			カード2～カード6を2回（入口側と出口側）繰り返す。		
2	TMPWB(I,J,K)	5E12.0	加压水グリッドライン	°C	NP=MVAHX(1), MVAHK(1): 軸方向分割数
	I=1, NP+1		温度		
3	ENTWB(I,J,K)	5E12.0	加压水グリッドライン	kcal/kg	
	I=1, NP+1		エンタルピー		
4	TMPWA(I,J,K)	5E12.0	加压水メッシュ平均温度	°C	
	I=1, NP+1				
5	ENTWA(I,J,K)	5E12.0	加压水メッシュ平均工	kcal/kg	
	I=1, NP+1		ンタルピー		
6	TMPM(I,J,K)	5E12.0	伝熱管温度	°C	
	I=1, NP				
7	TMPPB(I,K)	5E12.0	ヘリウムグリッドライ	°C	
	I=1, NP+1		ン温度		
8	TMPPA(I,K)	5E12.0	ヘリウムメッシュ平均	°C	
	I=1, NP		温度		

Table 5.1.23 Initial data form for PPWC

Table 5.1.24 Initial data form for auxiliary heat exchanger

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
1	W1AHX	4E12.0	ヘリウム冷却材流量	kg/s	
	P1AHX		ヘリウム圧力	kgf/cm ² a	
	W2AHX		加圧水流量	kg/s	
	P2AHX		加圧水圧力	kgf/cm ² a	

カード2～カード6を2回（入口側と出口側）繰り返す。

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考	FORMAT	内 容	単 位	備 考
1	W1AHX	4E12.0	ヘリウム冷却材流量	kg/s		4E12.0	ヘリウム冷却材流量	kg/s	
	P1AHX		ヘリウム圧力	kgf/cm ² a			ヘリウム圧力	kgf/cm ² a	
	W2AHX		加圧水流量	kg/s			加圧水流量	kg/s	
	P2AHX		加圧水圧力	kgf/cm ² a			加圧水圧力	kgf/cm ² a	
					カード2～カード6を2回（入口側と出口側）繰り返す。				
2	TMPWB(1,J,K)	5E12.0	加圧水グリッドライン 温度	°C	NP=M0VAHX(2), M0VAHX(3):軸方向分 割数	5E12.0	加圧水グリッドライン 温度	°C	NP=M0VAHX(3), M0VAHX(3):軸方向分 割数
3	ENTWB(1,J,K)	5E12.0	加圧水グリッドライン エンタルピー	kcal/kg	I=1, NP+1	5E12.0	加圧水グリッドライン エンタルピー	kcal/kg	I=1, NP+1
4	TMPWA(1,J,K)	5E12.0	加圧水メッシュ平均温 度	°C	I=1, NP+1	5E12.0	加圧水メッシュ平均温 度	°C	I=1, NP+1
5	ENTWA(1,J,K)	5E12.0	加圧水メッシュ平均工 ンタルピー	kcal/kg	I=1, NP+1	5E12.0	加圧水メッシュ平均工 ンタルピー	kcal/kg	I=1, NP+1
6	TMPM(1,J,K)	5E12.0	伝熱管温度	°C	I=1, NP	5E12.0	伝熱管温度	°C	I=1, NP
7	TMPPB(1,K)	5E12.0	ヘリウムグリッドライ ン温度	°C	I=1, NP+1	5E12.0	ヘリウムグリッドライ ン温度	°C	I=1, NP+1
8	TMPPA(1,K)	5E12.0	ヘリウムメッシュ平均 温度	°C	I=1, NP	5E12.0	ヘリウムメッシュ平均 温度	°C	I=1, NP

Table 5.1.25 Initial data form for AC (1/2)

Table 5.1.25 Initial data form for AC (2/2)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
カード1～カード9は加圧水系に関するデータを、カード10以降は補助冷却水系に関するデータを入力する。					
1	FLWW	4E12.0	加圧水全流量	kg/s	
	PRSW		加圧水平均圧力	kgf/cm ² a	
	FLWA		空気全流量	kg/s	
	PRSA		空気平均圧力	kgf/cm ² a	
2	PACW(1) J=1, MACL	6E12.0	各段の流量比	—	直管型のみ有効なデータ
カード3をNaCl回線り返す。ただし、NaCl=NDVACL(1):横方向メッシュ分割数 NaCl=MDVACL(1):横方向メッシュ分割数	ENTWG(J, 1, 1) J=1, MACL+1	6E12.0	各段の温度	°C	
カード4をNaCl回線り返す。ただし、NaCl=NDVACL(1):段数 NaCl=MDVACL(1):横方向メッシュ分割数	TMFW(J, 1, 1) J=1, MACL+1	6E12.0	加圧水グリッドライン 温度	°C	
カード5をNaCl回線り返す。ただし、NaCl=NDVACL(1):段数 NaCl=MDVACL(1):横方向メッシュ分割数	ENTWG(J, 1, 1) J=1, MACL+1	6E12.0	加圧水メッシュ平均温 度	°C	
カード6をNaCl回線り返す。ただし、NaCl=NDVACL(1):段数 NaCl=MDVACL(1):横方向メッシュ分割数	TMFW(J, 1, 1) J=1, MACL+1	6E12.0	加圧水メッシュ平均温 度	°C	
カード7をNaCl+1回線り返す。ただし、NaCl=NDVACL(1):段数 NaCl=MDVACL(1):横方向メッシュ分割数	ENTW(J, 1, 1) J=1, MACL+1	6E12.0	空気グリッドライン 温度	°C	
カード8をNaCl回線り返す。ただし、NaCl=NDVACL(1):段数 NaCl=MDVACL(1):横方向メッシュ分割数	TMFW(J, 1, 1) J=1, MACL+1	6E12.0	空気メッシュ平均温 度	°C	
カード9をNaCl回線り返す。ただし、NaCl=NDVACL(1):段数 NaCl=MDVACL(1):横方向メッシュ分割数	TMFW(J, 1, 1) J=1, MACL+1	6E12.0	伝熱管温度	°C	
カード10以降は補助冷却水系に関するデータを入力する。					
10	FLWW	4E12.0	加圧水全流量	kg/s	
	PRSW		加圧水平均圧力	kgf/cm ² a	
	FLWA		空気全流量	kg/s	

Table 5.1.26 Initial data form for hot gas duct (1/4)

Table 5.1.26 Initial data form for hot gas duct (2/4)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
カード1～7には(原子炉出口一分岐)の二重管データを入力する。					
1	THIN	4E12.5	高温側入口温度	°C	
	GHIN		高温側流量	kg/s	
	PH		高温側圧力	kgf/cm ² a	
	THOUT		高温側出口温度	°C	
2	TCIN	4E12.5	低温側入口温度	°C	
	GCIN		低温側流量	kg/s	
	PC		低温側圧力	kgf/cm ² a	
	TCOUT		低温側出口温度	°C	
カード3をNR(1)回だけ繰り返す。ただし、NR(1):軸方向分割数					
3-1	T(M,N,1)	6E12.0	メッシュ平均温度	°C	
	M=1,6				
3-2	T(M,N,1)	6E12.0	メッシュ平均温度	°C	
	M=7,12				
3-3	T(M,N,1)	2E12.0	メッシュ平均温度	°C	
	M=13,14				
4	T2L(N,1)	6E12.0	ライナー内側表面温度	°C	
	N=1, NR(1)				
5	T8R(N,1)	6E12.0	内管外側表面温度	°C	
	N=1, NR(1)				
6	T10L(N,1)	6E12.0	外管内側表面温度	°C	
	N=1, NR(1)				
7	T13R(N,1)	6E12.0	保溫材外側表面温度	°C	
	N=1, NR(1)				
カード8～14には(分岐-HIX)の二重管データを入力する。					
8	THIN	4E12.5	高温側入口温度	°C	
	GHIN		高温側流量	kg/s	
	PH		高温側圧力	kgf/cm ² a	
	THOUT		高温側出口温度	°C	
9	TCIN	4E12.5	低温側入口温度	°C	
	GCIN		低温側流量	kg/s	

Table 5.1.26 Initial data form for hot gas duct (3/4)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
19	T8R(N, 3) N=1, NR(3)	6E12.0	内管外側表面温度	°C	
20	T10L(N, 3) N=1, NR(3)	6E12.0	外管内側表面温度	°C	
21	T12R(N, 3) N=1, NR(3)	6E12.0	保温材外側表面温度	°C	
カード22～28には2次ヘリウム系の二重管データを入力する。					
22	THIN GHIN PH THOUT TCIN GCIN PC TCOUT	4E12.5 kgf/cm ³ a kgf/cm ³ a kgf/cm ³ a 4E12.5 kgf/cm ³ a kgf/cm ³ a kgf/cm ³ a	高温側入口温度 高温側流量 高温側圧力 高温側出口温度 高温側入口温度 低温側流量 低温側圧力 低温側出口温度	°C kg/s kgf/cm ³ a °C kgf/cm ³ a kgf/s kgf/cm ³ a kgf/cm ³ a	
カード24をNR(4)回だけ繰り返す。ただし、NR(4):軸方向分割数					
24-1	T(M, N, 4) M=1, 6	6E12.0	メッシュ平均温度	°C	
24-2	T(M, N, 4) M=7, 12	6E12.0	メッシュ平均温度	°C	
24-3	T(M, N, 4) M=13, 14	2E12.0	メッシュ平均温度	°C	
25	T2L(N, 4) N=1, NR(4)	6E12.0	ライナー内側表面温度	°C	
26	T8R(N, 4) N=1, NR(4)	6E12.0	内管外側表面温度	°C	
27	T10L(N, 4) N=1, NR(4)	6E12.0	外管内側表面温度	°C	
28	T12R(N, 4) N=1, NR(4)	6E12.0	保温材外側表面温度	°C	
カード29～35には補助ヘリウム系二重管データを入力する。					
29	THIN GHIN PH	4E12.5 kgf/cm ³ a kgf/cm ³ a	高温側入口温度 高温側流量 高温側圧力	°C kg/s kgf/cm ³ a	

Table 5.1.26 Initial data form for hot gas duct (4/4)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
19	THOUT		高温側出口温度	°C	
30	TCIN GCIN PC TCOUT	4E12.5 kgf/s kgf/cm ³ a kgf/cm ³ a	低温側入口温度 低温側流量 低温側圧力 低温側出口温度	°C kg/s kgf/cm ³ a kgf/cm ³ a	
カード31をNR(5)回だけ繰り返す。ただし、NR(5):軸方向分割数					
31-1	T(M, N, 5) M=1, 6	6E12.0	メッシュ平均温度	°C	
31-2	T(M, N, 5) M=7, 12	6E12.0	メッシュ平均温度	°C	
31-3	T(M, N, 5) M=13, 14	2E12.0	メッシュ平均温度	°C	
32	T2L(N, 5) N=1, NR(5)	6E12.0	ライナー内側表面温度	°C	
33	TR(N, 5) N=1, NR(5)	6E12.0	内管外側表面温度	°C	
34	T10L(N, 5) N=1, NR(5)	6E12.0	外管内側表面温度	°C	
35	T12R(N, 5) N=1, NR(5)	6E12.0	保温材外側表面温度	°C	

Table 5.1.27 Initial data form pressure calculation

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
1	TINV1	6E12.0	1次系ヘリウムインベントリ換算値	kgfm/K	1バル(1kg・K)
	TINV2(1)		2次系ヘリウムインベントリ換算値	kgfm/K	1バル(1kg・K)
	PRS1		1次系ヘリウム圧力	kgf/cm ² a	平均圧力
	PRS2(1)		2次系ヘリウム圧力	kgf/cm ² a	平均圧力
	PRS3(1)		加压水系加压水圧力	kgf/cm ² a	PPWC入口圧力
	PRS3(2)		補助冷却水系加压水圧力	kgf/cm ² a	補助冷却器加压水出口圧力

Table 5.1.28 Initial data form for fluid flow calculation

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
1	—	A72	コメント行	—	
2	カード2～8を流路網の数（現在値=1）だけ繰り返す。				
2	FS(L,1)	6E12.0	各流路の流路断面積	m ²	
2	L=1,1PNM(1)	6E12.0	各流路の流量	kg/s	
3	FLG(L,1)	6E12.0	各流路の流量	kg/s	
4	TMC(L,1)	6E12.0	各流路の温度	°C	
4	L=1,1PNM(1)	6E12.0	各流路の温度	°C	
5	PSF(L,1)	6E12.0	各流路の圧力	kgf/m ² a	
6	T MCP(K,1)	6E12.0	各圧力ポイントの温度	°C	
6	K=1,1PNM(1)	6E12.0	各圧力ポイントの温度	°C	
7	PSP(K,1)	6E12.0	各圧力ポイントの圧力	kgf/m ² a	
7	K=1,1PNM(1)	6E12.0	各GCまたは加圧水循環ポンプの回転数	rpm	
8	PNN(J,1)	6E12.0	各GCまたは加圧水循環ポンプの回転数	J, JMAX	

Table 5.1.29 Initial data form for reactor core part (1/2)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
1	CURT1	E0.6, 3E10, E5.3	現在時間 径方向メッシュ数	hr	
1	IAMAX	IAMAX	軸方向メッシュ数	—	
1	NITER	NITER	計算回数	—	
1	FIRST	FIRST	核計算時の計算ステップ	—	初期は0.0を入力。
2	GASIN	5E12.0	炉心入口温度	°C	
2	RST	RST	冷却材圧力	kgf/cm ² a	
2	FTSTAN	FTSTAN	冷却材流量	kg/h	
2	TOT	TOT	炉心出入口温度	°C	
2	TMAX	TMAX	燃料最高温度	°C	
3	TP(I,J)	6E12.4	平均チャンネル炉心温度分布	K	
4	TP(I,J)	6E12.4	ホットチャンネル炉心温度分布	K	
4	I=1, I _{MAX} J=1, J _{MAX}	I=1, I _{MAX} J=1, J _{MAX}			
5	N	16, 5E12.0	核動特性計算の微分方 程式の数	—	
5	TRUEL	TRUEL	燃料平均温度	°C	
5	TELEM	TELEM	沸騰材平均温度	°C	
5	A1	A1	初期燃料平均温度	°C	
5	A2	A2	初期沸騰材平均温度	°C	
5	EX	EX	核計算時の計算ステップ プログラム	—	
6	JT	JT	前ステップ燃料平均温 度の温度範囲ラグ	—	
6	GATEA	GATEA	燃料平均温度の温度範 囲に満するラグ	—	ドライバーとバック反応度計算時 のラグ
6	EX1	EX1	反応度計算時の計算ス テップラグ	—	

カード5からカード13は、初期計算時(IFT=0.0)には不要。

Table 5.1.29 Initial data form for reactor core part (2/2)

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位	備 考
	JQ		前ステップ减速材平均 温度の温度範囲フラグ	—	
	GATED		减速材平均温度の温度 範囲に関するフラグ	—	
	EX2		反応度計算時の計算ス テップフラグ	—	减速材フィードバック反応度計算時 のフラグ
7	SLOPH	6E12.0	反応度算出時の傾き	$\angle k/k^{\circ}C$	ドプラフィードバック反応度をデー タから補間して求めるときの傾き
	BPH		反応度算出時の切片	$\angle k/k$	ドプラフィードバック反応度をデー タから補間して求めるときの切片
	TAHPLA		初期燃料平均温度に対 する反応度	$\angle k/k$	
	SLOCT		反応度算出時の傾き	$\angle k/k^{\circ}C$	減速材フィードバック反応度をデー タから補間して求めるときの傾き
	BCT		反応度算出時の切片	$\angle k/k$	減速材フィードバック反応度をデー タから補間して求めるときの切片
	BATC		初期減速材平均温度に對 する反応度	$\angle k/k$	
8	ENERGY	2B12.0	計算開始時からの積分 エネルギー	MJ	減速材フィードバック反応度をデー タから補間して求めるときの傾き
	XROWN		Y濃度による初期反応 度	$\angle k/k$	
9	Y(1)	6E12.0	微分方程式の解	—	
	I=1,1ABS(N)				
10	YP(1)	6E12.0	微分方程式の右辺の値	—	
	I=1,1ABS(N)				
11	A(1)	6E12.0	微分方程式の右辺の係数 積分係数に掛かる係数	—	
	I=1,1ABS(N)				
12	ISC	16, E12.0	崩壊熱計算フラグ	—	
	TSC		崩壊熱計算開始時間	sec	
13	AJIN1	4E12.0	全反応度	$\angle k/k$	
	AJIN2		ドプラフィードバック 反応度	$\angle k/k$	
	AJIN3		減速材フィードバック 反応度	$\angle k/k$	
	AJIN2		Y濃度による反応度	$\angle k/k$	

Table 5.2.1 Output file form for plotting (1/4)

Table 5.2.1 Output file form for plotting (2/4)

JAERI-Data/Code 96-032

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
1	N	I4, E12. 5, 2A4	出力時間点数 最終時間	— sec
	TMAXX			
	KD(I)		ケース番号	—
2	KTITLE(I) I=1, 18	18A4	ケースタイトル	—
3	T(I)	6E12. 5	時間	sec
4	Y(I, 1)	6E12. 5	原子炉出力 (POWER(1))	MW
5	Y(I, 2)	6E12. 5	添加反応度(全反応度) (AJIN)	$\Delta k/k$
6	Y(I, 3)	6E12. 5	燃料最高温度 (TMAX)	°C
7	Y(I, 4)	6E12. 5	1次系圧力 (PRSI)	kgf/cm ² a
8	Y(I, 5)	6E12. 5	2次ヘリウム系圧力 (PRS2(1))	kgf/cm ² a
9	Y(I, 6)	6E12. 5	加圧水系圧力 (PRS3(1))	kgf/cm ² a
10	Y(I, 7)	6E12. 5	補助冷却水系圧力 (PRS3(2))	kgf/cm ² a
11	Y(I, 8)	6E12. 5	1次系原子炉入口温度 (T20CAP(1, L))	°C
12	Y(I, 9)	6E12. 5	補助系起動時の原子炉 入口温度(T20CAP(5, L))	°C
13	Y(I, 10)	6E12. 5	原子炉出口温度 (T10RHE(L))	°C
14	Y(I, 11)	6E12. 5	炉床部低温側流量 (W2RHE)	kg/sec

NO.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
15	Y(I, 12) I=1, N	6E12. 5	Xe濃度による反応度 (AJIN4)	$\Delta k/k$
16	Y(I, 13) I=1, N	6E12. 5	炉床部高温側入口温度 (T11RHE)	°C
17	Y(I, 14) I=1, N	6E12. 5	炉側部低温側入口温度 (T21RSD)	°C
18	Y(I, 15) I=1, N	6E12. 5	圧力容器温度(軸方向最 上段)(PVTMP)	°C
19	Y(I, 16) I=1, N	6E12. 5	炉側部高温側出口温度 (TORSDE(L))	°C
20	Y(I, 17) I=1, N	6E12. 5	炉側部高温側流量 (FLWRSD)	kg/sec
21	Y(I, 18) I=1, N	6E12. 5	炉心入口温度 (TICORE)	°C
22	Y(I, 19) I=1, N	6E12. 5	炉心出口温度 (TOCORE(L))	°C
23	Y(I, 20) I=1, N	6E12. 5	炉心流量 (FLWCOR)	kg/sec
24	Y(I, 21) I=1, N	6E12. 5	PPWC 1次He入口温度 (T11PWC(2))	°C
25	Y(I, 22) I=1, N	6E12. 5	PPWC 1次He流量 (W1PWC(2))	kg/sec
26	Y(I, 23) I=1, N	6E12. 5	PPWC 1次He出口温度 (T10PWC(2, L))	°C
27	Y(I, 24) I=1, N	6E12. 5	PPWC加压水入口温度 (T21PWC(2))	°C
28	Y(I, 25) I=1, N	6E12. 5	PPWC加压水流 (W2PWC(2))	kg/sec
29	Y(I, 26) I=1, N	6E12. 5	PPWC加压水出口温度 (T20PWC(2, L))	°C
30	Y(I, 27) I=1, N	6E12. 5	THX 1次He入口温度 (T111HX(1))	°C

Table 5.2.1 Output file form for plotting (3/4)

Table 5.2.1 Output file form for plotting (4/4)

No.	変数名	FORMAT	内 容	単 位
31	Y(I, 28) I=1, N	6E12. 5 (W1IHX(1))	IHX 1 次He流量 kg/sec	
32	Y(I, 29) I=1, N	6E12. 5 (T10IHX(1, L))	IHX 1 次He出口温度 °C	
33	Y(I, 30) I=1, N	6E12. 5 (T21IHX(1))	IHX 2 次He入口温度 °C	
34	Y(I, 31) I=1, N	6E12. 5 (W21IHX(1))	IHX 2 次He流量 kg/sec	
35	Y(I, 32) I=1, N	6E12. 5 (T20IHX(1, L))	IHX 2 次He出口温度 °C	
36	Y(I, 33) I=1, N	6E12. 5 (T11PWC(1))	SPWC 2 次He入口温度 °C	
37	Y(I, 34) I=1, N	6E12. 5 (W1PWC(1))	SPWC 2 次He流量 kg/sec	
38	Y(I, 35) I=1, N	6E12. 5 (T10PWC(1, L))	SPWC 2 次He出口温度 °C	
39	Y(I, 36) I=1, N	6E12. 5 (T21PWC(1))	SPWC加压水入口温度 °C	
40	Y(I, 37) I=1, N	6E12. 5 (W2PWC(1))	SPWC加压水流 kg/sec	
41	Y(I, 38) I=1, N	6E12. 5 (T20PWC(1, L))	SPWC加压水出口温度 °C	
42	Y(I, 39) I=1, N	6E12. 5 (T11AHX(3))	辅助冷却器ヘリウム入 口温度(T11AHX(3)) °C	
43	Y(I, 40) I=1, N	6E12. 5 (W1AHX(3))	辅助冷却器ヘリウム 流量(W1AHX(3)) kg/sec	
44	Y(I, 41) I=1, N	6E12. 5 (T10AHX(3, L))	辅助冷却器ヘリウム出 口温度(T10AHX(3, L)) °C	
45	Y(I, 42) I=1, N	6E12. 5 (T21AHX(3))	辅助冷却器加压水入口 温度(T21AHX(3)) °C	
46	Y(I, 43) I=1, N	6E12. 5 (W2AHX(3))	辅助冷却器加压水流量 kg/sec	

Table 5.4.1 Allowable limit conditions for heat transfer calculation

コンポーネント	項目	制限値	備考
原子炉炉心部	径方向分割数	15	
	軸方向分割数	20	
原子炉炉側部	径方向構造材数（冷却材含む）	8	固定
	径方向分割数（冷却材含む）	13	固定
	軸方向分割数	20	
原子炉炉床部	径方向分割数	20	
	軸方向構造材数（冷却材含む）	6	固定
	軸方向分割数（冷却材含む）	8	固定
IHX	交換器型	対向流	
	軸方向分割数	20	
	モデル化個数	5	
PWC	交換器型	Uチューブ型	
	軸方向分割数	20	
	モデル化個数（補助冷却器含む）	5	
AC	交換器型	コイル型	
	軸方向分割数	20	
	モデル化個数	5	
二重管	径方向構造材数（冷却材含む）	8	固定
	径方向分割数（冷却材含む）	13	固定
	冷却材流れ方向分割数	20	
	モデル化個数	10	

Table 5.4.2 Allowable limit conditions for fluid flow calculation

定数名	内 容	現在値
MF0	最大流路網数	4
MF1	最大流路数	100
MF2	最大方程式数	20
MF3	各流路の流量を他の流量で表現したときの最大流量数	40
MPP1	最大圧力ポイント数	100
MPF1	各圧力ポイントの上流又は下流側にある最大流路数	10
MPF2	各圧力ポイントを流量で表現したときの最大流量数	40
MJ1	最大ポンプ数	6

```

#!/bin/csh
#
# 指定したディレクトリにあるオブジェクトファイルの削除用シェル
#
# 実行ファイル名。
#
.set execfile = /home/common/out/accord/accordin.out

# オブジェクトファイルのあるディレクトリ名
# `.'で終了するファイルを認識。
set drnm = (/home/common/fort/accord/com/main \
/home/common/fort/accord/com/flw \
/home/common/fort/accord/com/heat \
/home/common/fort/accord/com/ups \
/home/common/fort/accord/com/xei \
/home/common/fort/accord/com/nmnl \
/home/common/fort/accord/com/system \
/home/common/fort/accord/dbl/ctl \
/home/common/fort/accord/dbl/ups \
/home/common/fort/accord/dbl/new \
/home/common/fort/accord/sql/ctl \
/home/common/fort/accord/sql/ups \
/home/common/fort/accord/sql/new)

# オブジェクトファイルの削除
foreach dirktty ($drnm[*])
    rm $dirktty/*.o
end

# メイクファイルの作成 (file name=temp3)
#
# フォルダ名のマクロの設定
set FORT = f77
set FFLAGS = -native -O4 -fplib=libnpt # コンパイルオプション
# この以降は変更の必要はありません。
#
# user id set
.set uid="whoami"
# 現ディレクトリ名の取得。
.set wkdr = `pwd` 

# temp file name
.set tmp1 = templ
.set tmp2 = temp2
.set tmp3 = temp3

# メイクファイルの作成 (file name=temp3)
#
echo '#' > ${wkdr}/${tmp3}
echo "FORT = $FORT" >> ${wkdr}/${tmp3}

```

Fig. 5.3.1 Description of control file
for deleting 'object file'

Fig. 5.3.2 Description of control file
for making 'execution file' (1/3)

```

# メイクファイル実行用ファイルの作成 (file name=temp2)
echo "FFLAGS = $FFLAGS" >> ${wkdr}/$tmp3
echo -n 'OBJS = ' >> ${wkdr}/$tmp3
foreach dirkyt ($drnm[*])
    cd "$dirkyt"
    foreach flnm (*. f)
        echo ' \n' >> ${wkdr}/$tmp3
        echo -n " ${wkdr}/$flnm" >> ${wkdr}/$tmp3
    end
    cd
    foreach flnm (*. f)
        echo "make -f $tmp3" >> ${wkdr}/$tmp1
    end
    cd "$dirkyt"
    foreach flnm (*. f)
        echo "mv ${dirkyt}/*.* ${wkdr}" >> ${wkdr}/$tmp1
    end
    cd
    foreach flnm (*. f)
        echo "make -f $tmp3" >> ${wkdr}/$tmp1
    end
    cd "$dirkyt"
    foreach flnm (*. f)
        echo "mv ${wkdr}/$flnm ${dirkyt}/$flnm" >> ${wkdr}/$tmp1
    end
    cd ${wkdr}/$tmp1
    rm ${wkdr}/$tmp1
    cd ${wkdr}
    chmod '777' ${wkdr}/$tmp2
    #
    # メイクファイル実行用ファイルの起動
    #
    foreach flnm (*. f)
        echo "#>${wkdr}/$tmp3"
    endforeach
    echo "#>${wkdr}/$execfile" >> ${wkdr}/$tmp3
    echo "#>${execfile}" >> ${wkdr}/$tmp3
    echo ". ${execfile}" >> ${wkdr}/$tmp3
    echo ". ${OBJ$}" >> ${wkdr}/$tmp3
    echo ". ${FORT} ${FFLAGS} -o $@ $?" >> ${wkdr}/$tmp3
    #
    foreach dirkyt ($drnm[*])
        cd "$dirkyt"
        foreach flnm (*. f)
            echo "rm ${dirkyt}/$flnm" >> ${wkdr}/$tmp3
            echo "rm ${dirkyt}/$tmp3" >> ${wkdr}/$tmp3
        end
        cd
        foreach flnm (*. f)
            echo "rm ${dirkyt}/$flnm" >> ${wkdr}/$tmp3
            echo "rm ${dirkyt}/$tmp3" >> ${wkdr}/$tmp3
        end
        cd ${wkdr}
        #
        # 後処理 (不要ファイルの削除)
        #
        foreach flnm (*. f)
            rm ${wkdr}/$tmp2
            rm ${wkdr}/$tmp3
            cd ${wkdr}
            rm ${includr}
            cd ${includr}
            foreach flnm (*. f)
                rm ${wkdr}/$flnm
            endforeach
            cd ${wkdr}
            #
            # 後処理 (ファイルのバージョンの変更)
            #
            if ( -f ${execfile} ) then
                chmod '775' ${execfile}
            endif
            foreach dirkyt ($drnm[*])
                find "$dirkyt" -user ${uid} -exec chmod 774 {} \;
            end
        #
        # include fileのコピー
        #
        if ( -d ${includr} ) then
            cp ${includr}/* ${wkdr}
        else
            echo 'include directory not exist'
        endif
        #

```

Fig. 5.3.2 Description of control file
for making 'execution file' (2/3)

Fig. 5.3.2 Description of control file
for making 'execution file' (3/3)

```

#!/bin/csh
setenv TST05 /home/ita/accord/work1/dat950/pset100-90.ft05      # 出力ファイル
setenv TST06 /home/ita/accord/work1/dat950/pset100-90.ft06
setenv TST01 /home/ita/accord/work1/dat950/stp100.wait.ft01
setenv TST16 /home/ita/accord/work1/dat950/stp100.wait.ft16
setenv TST02 /home/ita/accord/work1/dat950/pset100-90.ft02      # 冷却系restart用
setenv TST07 /home/ita/accord/work1/dat950/pset100-90.ft07      # 灯心部restart用
setenv TST90 /home/ita/accord/work1/dat950/pset100-90.ft90      # 作図用出力ファイル
setenv TST19 /home/ita/accord/work1/dat950/pset100-90.ft19

setenv TST20 /home/ita/accord/work1/dat950/ft20.io      # tempo, file
setenv TST10 /home/ita/accord/work1/dat950/sth20t.ft10      # 蒸気表データ (変更不可)
#
time /home/ita/accord/work1/accordln.out

#
unsetenv TST05
unsetenv TST06
unsetenv TST01
unsetenv TST16
unsetenv TST02
unsetenv TST07
unsetenv TST90
unsetenv TST19

unsetenv TST20
unsetenv TST10

set ft20=/home/ita/accord/work1/dat950/ft20.io
if ( -w $ft20 ) then
  rm /home/ita/accord/work1/dat950/ft20.io
else
  echo "$ft20 not exist"
endif

exit

```

Fig. 5.3.3 Description of 'execution file'

6. 他のプラント動特性解析コードとのクロスチェック

H T T R の 10% ステップ状出力変化および 1%/min ランプ状出力変化の 2 事象について、 ACCORD コードによる解析結果と ASURA コードによる解析結果と比較することで、 核計算モデル、 伝熱計算モデル、 流動計算モデル、 制御系モデルを組み合わせた計算モデルの妥当性の確認を行う。 つぎに、 H T T R の商用電源喪失、 加圧水 AC バイパス流量調節弁誤開の 2 事象について、 ACCORD コードによる解析結果と THYDE-HTGR コードによる解析結果と比較することで、 核計算モデル、 伝熱計算モデル、 流動計算モデル、 安全保護系モデルを組み合わせた計算モデルの妥当性の確認を行う。

6. 1 ‘ASURA’ コードとのクロスチェック

6. 1. 1 ‘ASURA’ コードの概要

ASURA コードは、 廉心核計算モジュール、 原子炉、 热交換器および配管の伝熱計算モジュール、 ヘリウム系、 加圧水系の流動計算モジュール、 制御系モジュールで構成する。 廉心部は 1 本の燃料棒で代表させた単チャンネルでモデル化し、 2 次元 r - z 体系の熱伝導方程式を解くことで、 構造材の温度を求める。 廉心部のヘリウム温度は、 1 次元 z 体系の定常熱伝達方程式を解くことで求める。 原子炉出力は、 遅発中性子 6 群の 1 点近似動特性方程式を即発跳躍近似を用いて解くことで求める。

ASURA コードの廉心動特性モデルは、 Fort St. Vrain 廉^(3, 2)で行われた 50 % 原子炉出力における制御棒挿入、 引き抜き試験のデータを用いて、 その妥当性が確認されている。

6. 1. 2 H T T R の 10% ステップ状出力変化の解析

(1) 概 要

H T T R の原子炉出力が 100 % の状態から、 原子炉出力制御系を用いて、 90% になるように制御棒を挿入する。 また、 原子炉出力制御系の作動に伴い、 原子炉入口温度制御系が作動することで、 原子炉入口温度は原子炉出力に応じて変更される。 原子炉の運転状態は原子炉出口温度が 950 °C と最も高くなる高温試験運転とし、 運転方法は並列運転とする。

(2) 解析条件

- 1) 原子炉初期出力は、 100% (定格値) とする。
- 2) 1 次冷却材初期温度は、 入口温度 395°C (定格値)、 出口温度 950°C (定格値) とする。
- 3) 燃料温度係数、 減速材温度係数は、 それぞれ Fig. 3.2.1 (燃焼 0 日)、 Fig. 3.2.2 (燃焼 0 日) にしたがう^(3, 5)。
- 4) 原子炉出力制御系、 原子炉入口温度制御系、 加圧水温度制御系、 流量制御系 (PPWC ヘリウム流量制御系、 PPWC 加圧水流量制御系、 IHX 1 次ヘリウム流量制御系、 2 次ヘリウム流量制御系) および 1 次・ 2 次ヘリウム差圧制御系を作動する。

(3) 解析結果

10% ステップ状出力変化に対する ACCORD コードによる解析結果と ASURA コード

による解析結果^(3, 7)をFig. 6.1.1に比較して示す。

原子炉出力設定値をステップ状に変化させた直後、制御棒が急速に挿入されることで、原子炉出力は定格出力の約94%まで急激に下降する。しかし、燃料温度の下降による正の反応度フィードバック効果により、原子炉出力の下降は抑えられ、定格出力の約95%まで一度上昇する。その後、さらに制御棒が挿入されることにより、原子炉出力は緩やかに下降し、過度のアンダーシュートが生じることなく、約40分後に定格出力の90%に整定する。また、原子炉入口温度の設定値に追従するように加圧水ACのバイパス流量調節弁の開度が調整され、加圧水ACの加圧水流量が増加し、加圧水温度が下降する。よって、原子炉入口冷却材温度は約365 °Cまで下降する。さらに、原子炉出口冷却材温度は、原子炉出力および原子炉入口冷却材温度の変化にしたがい、緩やかに約875°Cまで下降する。

原子炉出力、原子炉出入口冷却材温度に対して、ACCORDコードによる解析結果とASURAコードによる解析結果は、2%以内で一致しており、ACCORDコードの核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、制御系モデルを組み合わせた計算モデルは妥当であると考える。

6. 1. 3 HTTRの1%/minランプ状出力変化の解析

(1) 概要

HTTRの原子炉出力が100%の状態から、原子炉出力制御系を用いて、1%/minの変化率で30%になるように制御棒を挿入する。また、原子炉出力制御系の作動に伴い、原子炉入口温度制御系が作動することで、原子炉入口温度は原子炉出力に応じてランプ状に変更される。原子炉の運転状態は高温試験運転とし、運転方法は並列運転とする。

(2) 解析条件

- 1) 原子炉初期出力は、100%(定格値)とする。
- 2) 1次冷却材初期温度は、入口温度395°C(定格値)、出口温度950°C(定格値)とする。
- 3) 燃料温度係数、減速材温度係数は、それぞれFig. 3.2.1(燃焼0日)、Fig. 3.2.2(燃焼0日)にしたがう^(3, 5)。
- 4) 原子炉出力制御系、原子炉入口温度制御系、加圧水温度制御系、流量制御系(PPPWCヘリウム流量制御系、PPWC加圧水流量制御系、IHX1次ヘリウム流量制御系、2次ヘリウム流量制御系)および1次・2次ヘリウム差圧制御系を作動する。

(3) 解析結果

1%/min ランプ状出力変化に対するACCORDコードによる解析結果とASURAコードによる解析結果^(3, 7)をFig. 6.1.2に比較して示す。

原子炉出力設定値をランプ状に変化させることにより、制御棒が連続的に挿入され、約150分後に原子炉出力は定格出力の30%に整定する。また、原子炉入口温度の設定値に追従するように加圧水ACのバイパス流量調節弁の開度が調整され、加圧水ACの加圧水流量が増加し、加圧水温度が下降する。よって、原子炉入口冷却材温度は約190 °Cまで下降する。さらに、原子炉出口冷却材温度は、原子炉出力および原子炉入口冷却材温度の変化にしたがい、緩やかに約350°Cまで下降する。

原子炉出力、原子炉出入口冷却材温度に対して、ACCORDコードによる解析結果とASURAコードによる解析結果は、4%以内で一致しており、ACCORDコードの核計算モデ

ル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、制御系モデルを組み合わせた計算モデルは妥当であると考える。

6.2 ‘THYDE-HTGR’ コードとのクロスチェック

6.2.1 ‘THYDE-HTGR’ コードの概要

THYDE-HTGRコードは、HTTRの炉心を含む機器系統を有限な体積を有するいくつかの要素(ノード)とそれらを結合する連結点(ジャンクション)で構成するフローネットワークで表す。

各ノード、ジャンクションでは、ヘリウムまたは加圧水に対して連続の方程式、運動量方程式、エネルギー方程式を解き、それらの温度、圧力、流量の過渡応答を求める。また、炉心部は1本の燃料棒で代表させた単チャンネルでモデル化し、燃料の平均チャンネルとホットチャンネルの2本に対して1次元の熱伝導方程式を解くことで、構造材の温度を求める。原子炉出力は、遅発中性子6群の1点近似動特性方程式を解くことで求める。崩壊熱は、11個の崩壊定数の重ね合わせで表したShureの式とアクチニドの崩壊熱の式の和で評価し、原子炉スクラム後の原子炉出力を連続的に計算する。

THYDE-HTGRコードの炉心動特性モデルは、Fort St. Vrain炉^(3,2)で行われた50%原子炉出力における制御棒挿入、引き抜き試験のデータを用いて、その妥当性が確認されている。また、THYDE-HTGRコードの熱交換器の伝熱流動計算モデルは、HXを含めた高温ヘリウムループ実験^(6,1)のデータを用いて、その妥当性が確認されている。

6.2.2 HTTRの商用電源喪失の解析

(1) 概 要

HTTRの出力運転中に送電系統の故障や原子炉施設内の電気設備の故障等により、系統機器の動力の一部または全部が喪失し、1次ヘリウム循環機、2次ヘリウム循環機、加圧水循環ポンプ等の駆動源が喪失し、1次冷却材流量、2次ヘリウム流量、加圧水流量が減少する。1次冷却材流量が安全保護系のスクラム信号設定値に到達した地点で、原子炉はスクラムし、補助冷却系が自動起動されることで、原子炉停止後の崩壊熱を除去する。原子炉の運転状態は高温試験運転とし、運転方法は並列運転とする。

(2) 解析条件

- 1) 原子炉初期出力は、102.5%(定格値100% + 定常誤差2.5%)とする。
- 2) 1次冷却材初期温度は、入口温度397°C(定格値395°C + 定常誤差2°C)，出口温度967°C(定格値950°C + 定常誤差17°C)とする。
- 3) 燃料温度係数、減速材温度係数は、それぞれFig. 3.2.1(燃焼660日), Fig. 3.2.2(燃焼660日)にしたがう^(3,5)。
- 4) 商用電源喪失により、1次ヘリウム循環機、2次ヘリウム循環機、加圧水循環ポンプが同時にコーストダウンする。
- 5) 原子炉がスクラムするまで、原子炉出力を一定とする。
- 6) 原子炉スクラム後、1次ヘリウム循環機、2次ヘリウム循環機の回転数は、Fig. 3.6.1^(3,7)に示す制動停止特性にしたがい低下する。

- 7) 原子炉スクラム時挿入反応度は4.0%△k/kとし、Fig. 3.2.4^(3, 7)に示す反応度挿入曲線にしたがう。
- 8) 安全保護系信号は、「IHX 1次冷却材流量低」とし、スクラム設定値 88%(定格値92% - 定常誤差4%), スクラム応答時間3.2秒とする。
- 9) 原子炉スクラム信号が発してから補助冷却系が立ち上がるまで60秒、補助ヘリウム循環機が定格回転数になるまで80秒とする。
- 10) 単一故障の仮定として、補助ヘリウム循環機1台の起動失敗を考慮する。

(3) 解析結果

商用電源喪失の事象に対するACCORDコードによる解析結果とTHYDE-HTGRコードによる解析結果^(3, 7)をFig. 6.2.1に比較して示す。

商用電源喪失により、1次ヘリウム循環機、2次ヘリウム循環機、加圧水循環ポンプ等の駆動力が喪失し、約5秒で「IHX 1次冷却材流量低」信号の原子炉スクラム点に到達し、原子炉は自動停止する。原子炉スクラム後、補助冷却系が自動起動するため、燃料最高温度は初期値1495°Cを上回らず、約1400°Cに整定する。また、1次冷却材圧力も初期値42.5kg/cm²を上回らず、約41kg/cm²に整定する。さらに、炉心流量は約8%，原子炉入口冷却材温度は約335°Cに整定する。

原子炉出力、原子炉出入口温度、燃料最高温度、1次冷却材圧力、炉心流量、IHX 1次ヘリウム流量に対して、ACCORDコードによる解析結果とTHYDE-HTGRコードによる解析結果は、5%以内で一致しており、ACCORDコードの核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、安全保護系モデルを組み合わせた計算モデルは妥当であると考える。

6. 2. 3 HTTRの加圧水空気冷却器(AC)バイパス流量調節弁誤開の解析

(1) 概要

HTTRの出力運転中に加圧水温度制御系の誤動作により、加圧水ACバイパス流量調節弁が誤開し、加圧水冷却系の除熱量が減少し、加圧水温度が上昇するとともに原子炉入口冷却材温度が上昇する。PPWC加圧水入口温度が安全保護系のインターロック信号設定値に到達した地点で、原子炉はインターロックされ、加圧水循環ポンプが停止する。その後、加圧水流量が安全保護系のスクラム信号設定値に到達した地点で、原子炉はスクラムし、補助冷却系が自動起動されることで、原子炉停止後の崩壊熱を除去する。原子炉の運転状態は高温試験運転とし、運転方法は並列運転とする。

(2) 解析条件

- 1) 原子炉初期出力は、102.5%(定格値100% + 定常誤差2.5%)とする。
- 2) 1次冷却材初期温度は、入口温度397°C(定格値395°C + 定常誤差2°C)，出口温度967°C(定格値950°C + 定常誤差17°C)とする。
- 3) 燃料温度係数、減速材温度係数は、それぞれFig. 3.2.1(燃焼660日), Fig. 3.2.2(燃焼660日)にしたがう^(3, 5)。
- 4) 加圧水ACバイパス流量調節弁が瞬時に、機械的に可能な最大の開度である80%まで誤開するものとする。
- 5) 原子炉がスクラムするまで、原子炉出力を一定とする。
- 6) 原子炉スクラム後、1次ヘリウム循環機、2次ヘリウム循環機の回転数は、Fig. 3.6.1^(3, 7)

に示す制動停止特性にしたがい低下する。

- 7) 原子炉スクラム時挿入反応度は4.0%△k/kとし、Fig. 3.2.4^(3, 7)に示す反応度挿入曲線にしたがう。
- 8) THYDE-HTGRコードではインターロックを考慮できるが、ACCORDコードでは考慮できない。よって、ACCORDコードでは、PPWC加圧水入口温度がインターロック信号「PPWC加圧水入口温度高」の設定値である160 °C(定格値158.4°C + 定常誤差1.6°C)に到達した地点で加圧水循環ポンプを停止させる。
- 9) 安全保護系信号は、「PPWC加圧水流量低」とし、スクラム設定値82%(定格値87% - 定常誤差5%), スクラム応答時間1.3秒とする。
- 10) 原子炉スクラム信号が発してから補助ヘリウム循環機が定格回転数になるまで20秒とする。
- 11) 単一故障の仮定として、補助ヘリウム循環機1台の起動失敗を考慮する。

(3) 解析結果

加圧水ACバイパス流量調節弁誤開の事象に対するACCORDコードによる解析結果とTHYDE-HTGRコードによる解析結果^(6, 2)をFig. 6.2.2に比較して示す。

加圧水ACバイパス流量調節弁が誤開すると、PPWCおよびSPWCへの戻り加圧水温度が上昇し、約90秒で「PPWC加圧水入口温度高」によるインターロックで加圧水循環ポンプが停止する。ACCORDコードによる解析では加圧水循環ポンプ停止後約3秒、THYDE-HTGRコードによる解析では加圧水循環ポンプ停止後約6秒で「PPWC加圧水流量低」信号の原子炉スクラム点に到達し、原子炉は自動停止する。原子炉スクラム直前に燃料最高温度は約1497°Cまで上昇するが、原子炉スクラム後、補助冷却系が自動起動するため約1350°Cに整定する。また、1次冷却材圧力は、加圧水ACバイパス流量調節弁の誤開発生後、原子炉入口冷却材温度の上昇に伴い、初期出力42.5kg/cm²から徐々に上昇し、原子炉スクラム直前に約43kg/cm²まで上昇するが、原子炉スクラム後約40.5kg/cm²に整定する。さらに、原子炉スクラム後、炉心流量は約8%，原子炉入口冷却材温度は約330°Cに整定する。

原子炉出力、原子炉出入口温度、燃料最高温度、1次冷却材圧力、炉心流量に対して、ACCORDコードによる解析結果とTHYDE-HTGRコードによる解析結果は3%以内で一致しており、ACCORDコードの核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、安全保護系モデルを組み合わせた計算モデルは妥当であると考える。

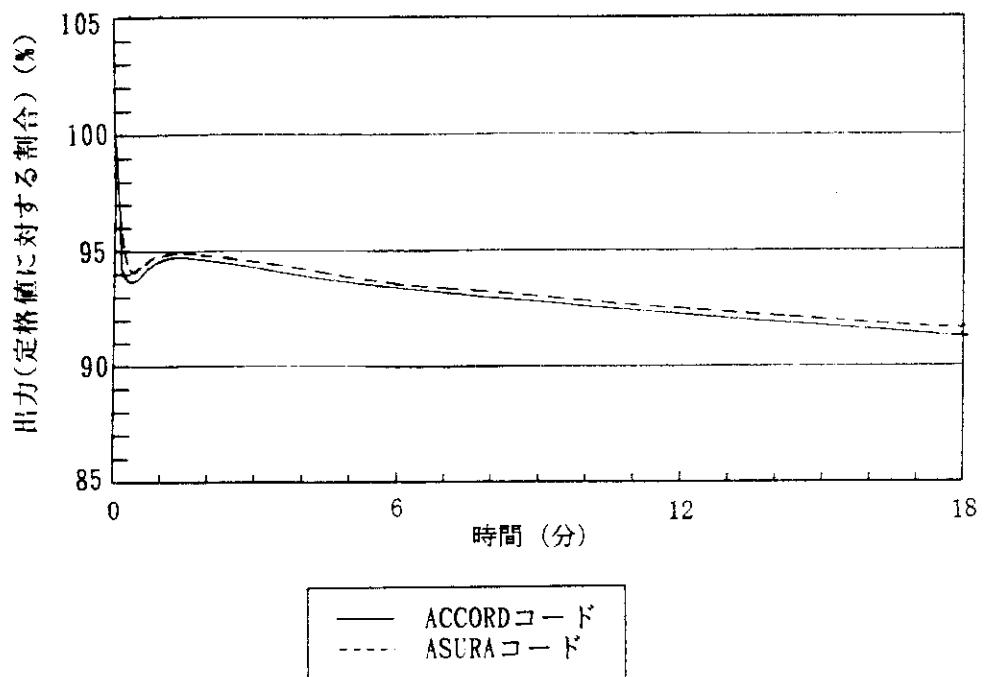


Fig. 6.1.1 Comparison between analytical results with 'ASURA' code and 'ACCORD' code for 10% stepwise change of reactor power of the HTTR (1/2)

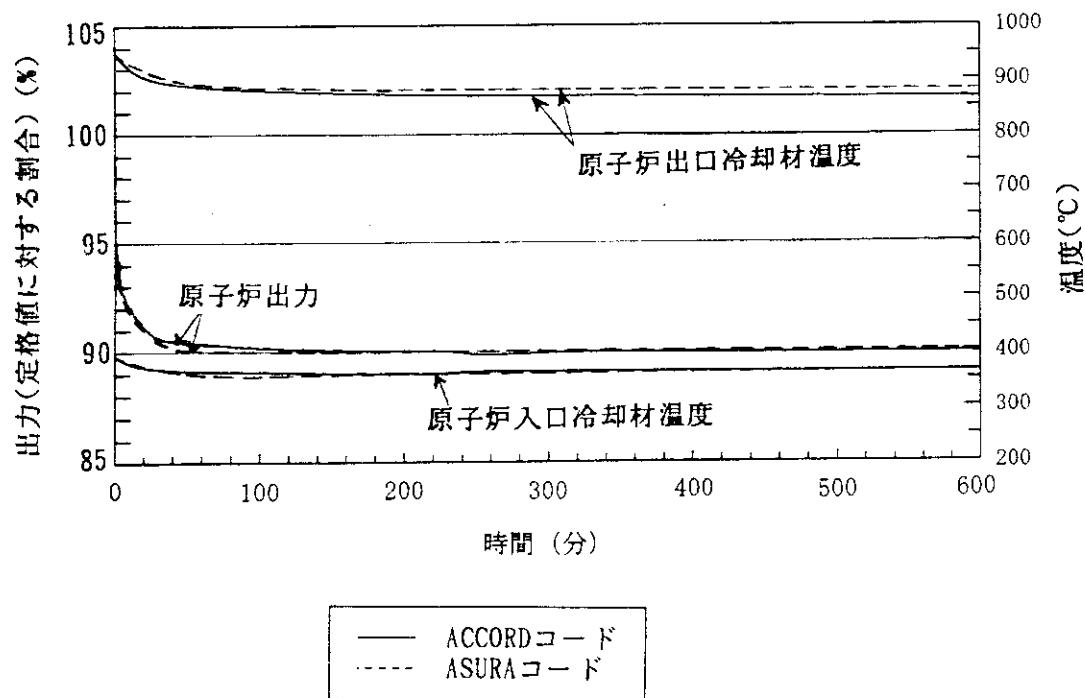


Fig. 6.1.1 Comparison between analytical results with 'ASURA' code and 'ACCORD' code for 10% stepwise change of reactor power of the HTTR (2/2)

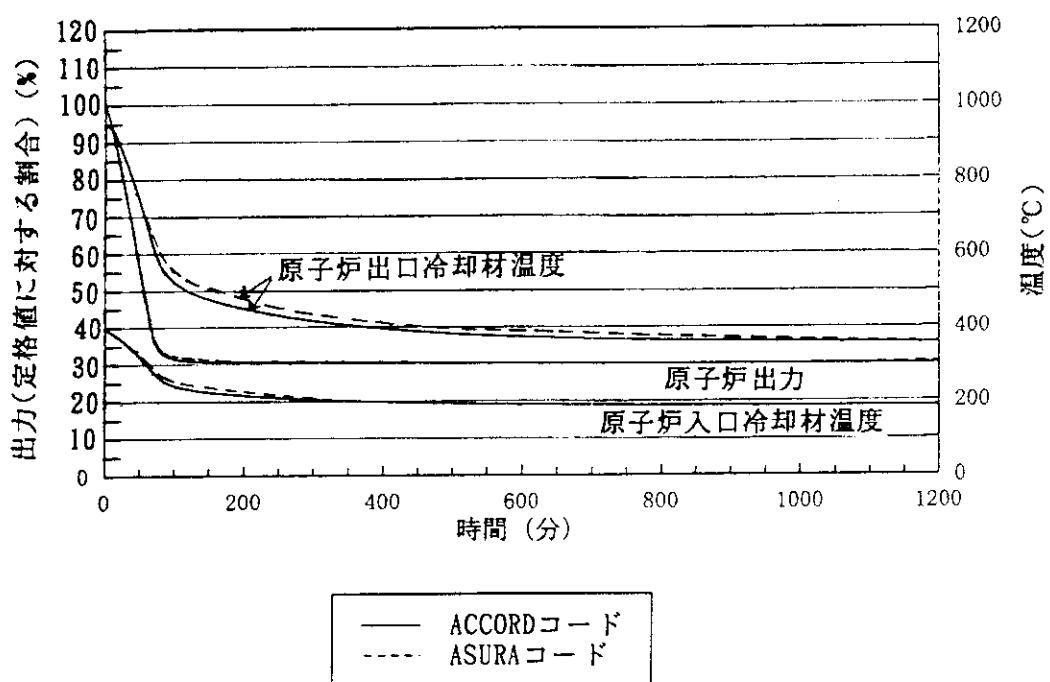


Fig. 6.1.2 Comparison between analytical results with 'ASURA' code and 'ACCORD' code for 1%/min rampwise change of reactor power of the HTTR

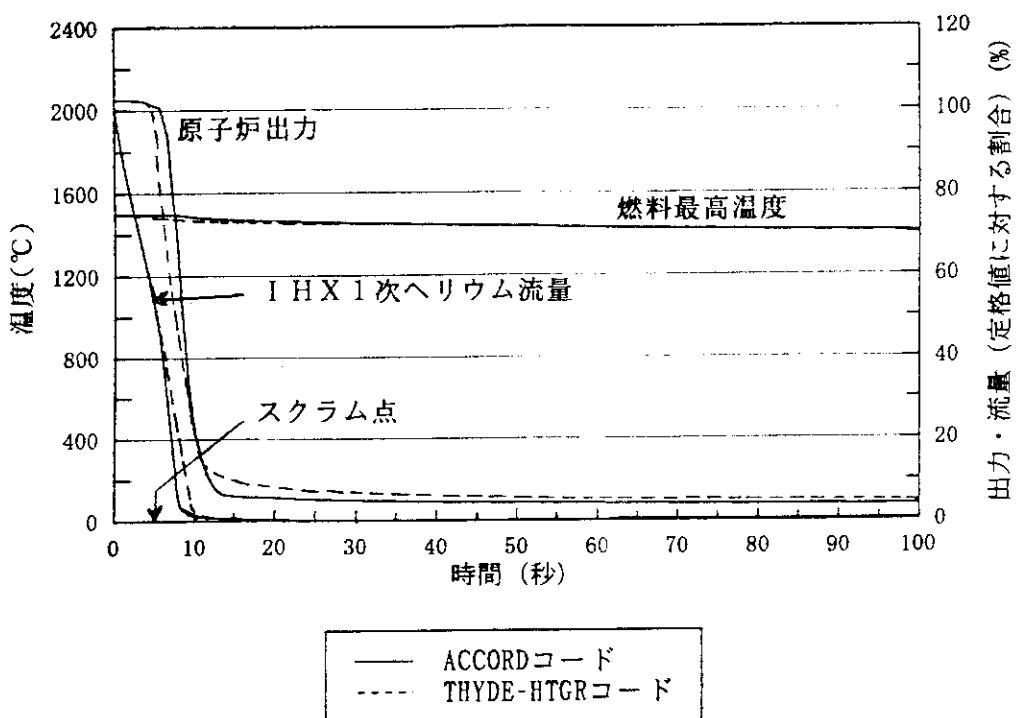


Fig. 6.2.1 Comparison between analytical results with 'THYDE-HTGR' code and 'ACCORD' code for loss of off-site electric power of the HTTR (1/2)

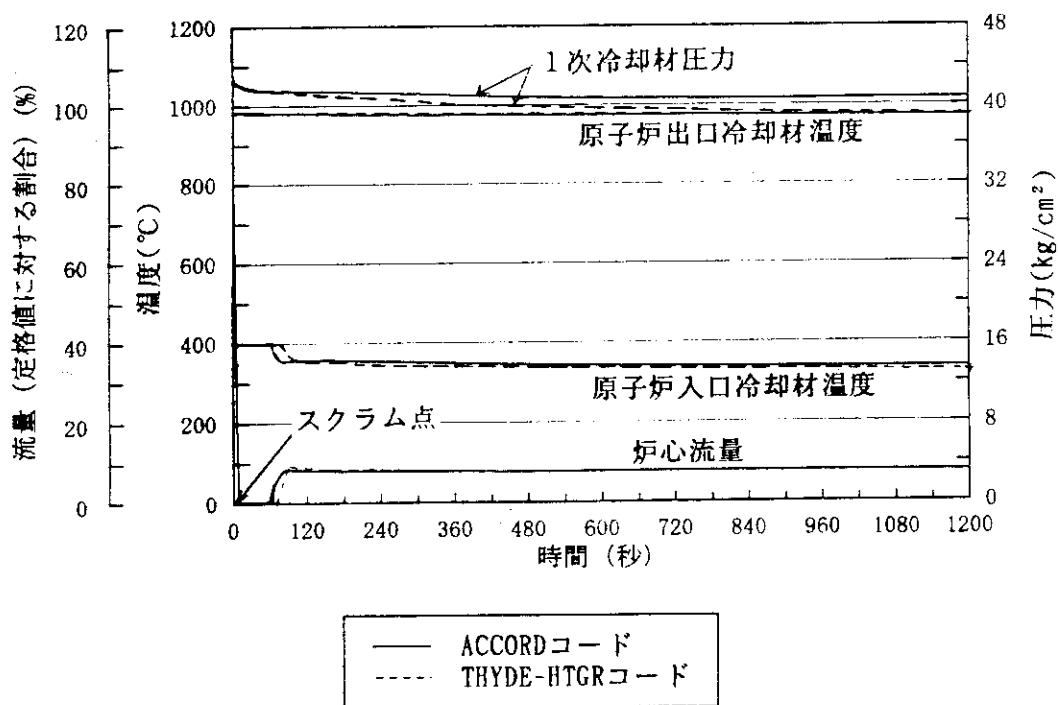


Fig. 6.2.1 Comparison between analytical results with 'THYDE-HTGR' code and 'ACCORD' code for loss of off-site electric power of the HTTR (2/2)

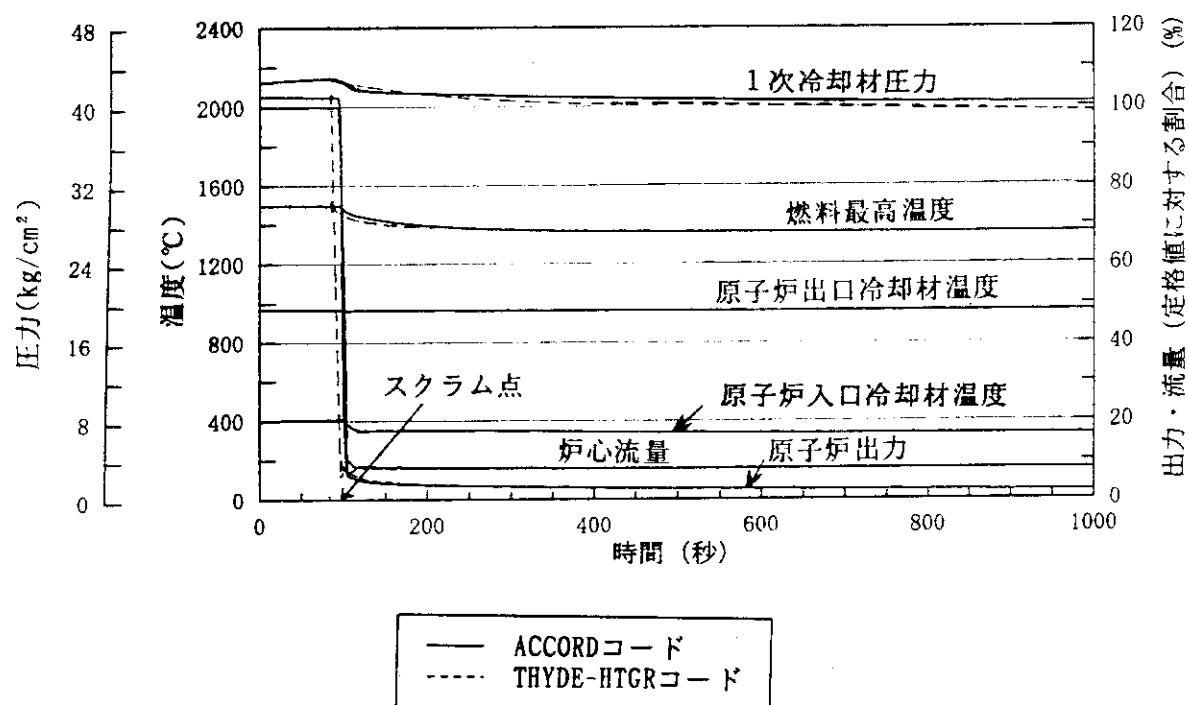


Fig. 6.2.2 Comparison between analytical results with 'THYDE-HTGR' code and 'ACCORD' code for opening of bypass flow control valve of AC of the HTTR

7. 結 言

H T G R用プラント動特性解析コード‘A C C O R D’を開発した。A C C O R Dコードは、炉心核計算モジュール、原子炉、熱交換器および配管の伝熱計算モジュール、ヘリウム系、加圧水系の流動計算モジュール、制御系モジュール、安全保護系モジュールで構成する。

A C C O R Dコードの核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、制御系モデルを組み合わせた計算モデルの妥当性は、制御系を用いたH T T Rプラント動特性の解析について、A S U R Aコードとのクロスチェックを行うことで確認した。また、核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、安全保護系モデルを組み合わせた計算モデルの妥当性は、H T T Rプラント動特性の安全解析について、T H Y D E - H T G Rコードとのクロスチェックを行うことで確認した。

今後、A C C O R Dコードの1次系と補助ヘリウム系、2次ヘリウム系、加圧水系、補助冷却水系流動計算モデルは、それぞれH T T Rを用いた総合機能試験のデータを用いて検証する。核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、制御系モデルを組み合わせた計算モデルは、H T T Rを用いた出力上昇試験、定格運転および安全性実証試験のデータを用いて検証する。また、安全性実証試験における燃料最高温度等について評価する。さらに、A C C O R Dコードを用いて、将来H T G Rの設計および安全解析を行う。

謝 辞

本報をまとめるに当り、特に炉心核計算モデルおよび制御系モデルの作成においてH T T R試験室中川繁昭氏から助言と協力を得たことを記し、ここに深く謝意を表します。

7. 結 言

HTR用プラント動特性解析コード‘ACCORD’を開発した。ACCORDコードは、炉心核計算モジュール、原子炉、熱交換器および配管の伝熱計算モジュール、ヘリウム系、加圧水系の流動計算モジュール、制御系モジュール、安全保護系モジュールで構成する。

ACCORDコードの核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、制御系モデルを組み合わせた計算モデルの妥当性は、制御系を用いたHTTRプラント動特性の解析について、ASURAコードとのクロスチェックを行うことで確認した。また、核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、安全保護系モデルを組み合わせた計算モデルの妥当性は、HTTRプラント動特性の安全解析について、HYDE-HTGRコードとのクロスチェックを行うことで確認した。

今後、ACCORDコードの1次系と補助ヘリウム系、2次ヘリウム系、加圧水系、補助冷却水系流動計算モデルは、それぞれHTTRを用いた総合機能試験のデータを用いて検証する。核計算モデル、伝熱計算モデル、流動計算モデル、制御系モデルを組み合わせた計算モデルは、HTTRを用いた出力上昇試験、定格運転および安全性実証試験のデータを用いて検証する。また、安全性実証試験における燃料最高温度等について評価する。さらに、ACCORDコードを用いて、将来HTGRの設計および安全解析を行う。

謝 辞

本報をまとめるに当り、特に炉心核計算モデルおよび制御系モデルの作成においてHTTR試験室中川繁昭氏から助言と協力を得たことを記し、ここに深く謝意を表します。

参考文献

- (1.1) 國富一彦, 他, 新型高温ガス炉の開発研究, 第73期機械学会全国大会, (1995).
- (1.2) Saito, S. et al., Design of High Temperature Engineering Test Reactor, JAERI 1332 (1994).
- (1.3) 國富一彦, 他, 高温工学試験研究炉(HTTR)の安全性実証試験計画及び試験時の安全評価, JAERI-M 90-070 (1990).
- (1.4) 岡田高志, 他, I C A L U S . 2 : 多目的高温ガス実験炉プラント動特性解析コード, JAERI-M 84-170 (1984).
- (1.5) Shimakawa, Y. et al., The Plant Dynamics Analysis Code ASURA for the High Temperature Engineering Test Reactor(HTTR), Proc. of a specialist's meeting on uncertainties in physics calculations for gas cooled reactor cores, 59~66, (1991).
- (1.6) Hirano, M. and Hada, K., Development of THYDE-HTGR : Computer Code for Transient Thermal-hydraulics of High-temperature Gas-cooled Reactor, JAERI-M 90-071 (1990).
- (1.7) 大橋一孝, 他, 高温ガス炉プラント動特性解析コードの開発, FAPIG第116号, 11-17, (1987).
- (1.8) 例えば, 岡本尚武, 他, 原子力発電所オンサイト・シミュレータの基本仕様 - COSSI システム -, 電力中央研究所No. 282053, (1983).
- (3.1) 中川繁昭, 他, 高温ガス炉の炉心動特性解析コード "B L O O S T - J 2 ", JAERI-M 89-013, (1989).
- (3.2) 例えば, Ball, S. J., et al., High-temperature Gas-cooled Reactor Safety Studies for the Devision of Reactor Safety Research Quarterly Progress Report, NUREG/CR-1521, (1980).
- (3.3) 新藤隆一, 他, 高温ガス冷却炉・格子燃焼特性解析コード - D E L I G H T - 7 -, JAERI-M 90-048, (1990).
- (3.4) Cohen, E. R., Some Topics in Reactor Kinetics, Proc. of Second Geneva Conf., Vol. 2, 306, (1958).
- (3.5) 山下清信, 他, 高温工学試験研究炉の反応度係数の評価, JAERI-M 90-008, (1990).
- (3.6) 丸山創, 他, 高温工学試験研究炉炉心熱流力設計, JAERI-M 88-255, (1988).
- (3.7) 日本原子力研究所, 日本原子力研究所大洗研究所設置変更許可申請書 [HTTR(高温工学試験研究炉)原子炉施設の設置], 本文及び添付書類(一~十)(平成2年10月一部補正), (1990).
- (3.8) Peaceman, D. W. and Rachford, H. H., The Numerical Solution of Parabolic and Elliptic Differential Equations, J. Soc. Indust. Appl. Math. 3, 28-41, (1955).
- (3.9) 丸山創, 他, 高温工学試験研究炉炉心燃料最高温度計算用工学的安全係数の評価, JAERI-M 88-250, (1988).
- (3.10) Crank, J. and Nicolson, P., A Practical Method for Numerical Evaluation of Solutions of Partial Differential Equations of the Heat Conduction Type, Proc.

- Camb. Phil. Soc., 43, 50-67, (1947).
- (3.11) GEC ALSTHOM (RATEAU), private communication.
- (3.12) 三菱重工業(株)高砂製作所, 私信.
- (3.13) 関水社(株), 私信.
- (3.14) 川崎幸三, 他, H T T R の制御特性(その 4)－全系解析－, 私信, (1992).
- (3.15) 日本機械学会, 機械工学便覧, 丸善, B5-209, (1987).
- (3.16) Proposed ANS Standard Decay Energy Release Rates Following Shutdown of Uranium-Fueled Thermal Reactors, ANS-5.1, (1971).
- (3.17) Revised ANS Standard for Decay Heat from Fission Products, Nucl. Tech. Vol. 46, (1979).
- (3.18) Dwyer, O. E., Nucl. Sci. Eng., 17, 336-344, (1963).
- (3.19) Dalle Donne, M. and Merwald, E., Int. J. Heat Mass Transfer, 16, 787, (1973).
- (3.20) Shenoy, A. S. and McEachern, D. W., HTGR Core Thermal Design Methods and Analysis, GA-A12985, (1974).
- (3.21) 日本機械学会, 伝熱工学資料(改訂第 4 版), 丸善, (1986).
- (3.22) 森康夫, 渡辺健次, 高負荷加熱による管内伝熱性能の劣化に関する研究, 日本機械学会論文集(B編), 45, 397, (1979).
- (3.23) Fishenden, M. and Saunders, O. A., Introduction to Heat Transfer, Oxford Clarenden Press, 132, (1950).
- (3.24) 森康夫, 他, 固体ふく射を利用した伝熱特性向上法の研究(第 2 報, 熱交換器による実験), 日本機械学会論文集(B編), 46, 408, (1980).
- (3.25) Zukauskas, A., Advances in Heat Transfer, 8, Academic Press, 138-144, (1972).
- (3.26) Dittus, F. W. and Boelter, L. M. K., Heat Transfer in Automobile Radiators of turbuler tube, 2, 13, (1930).
- (3.27) 垂直対向加熱壁を有する密閉空間内自然対流熱伝達, 第13回日本伝熱シンポジウム講演論文集, B308, (1976).
- (3.28) ABB LUMMUS HEAT TRANSFER, private communication.
- (3.29) 丸山創, 他, 高温工学試験研究炉炉心熱流力設計用データ集, 私信, (1988).
- (3.30) 佐藤貞夫, 他, 多目的高温ガス実験炉用燃料コンパクトおよび炉心・炉心支持黒鉛構造物の材料設計データ-詳細設計(II)-, 私信, (1985).
- (3.31) Yamada, Y. et al., Second report of research cooperation subcommittee 46 on research and development of the methods for inelastic structural analysis, J254 79-02, (1979).
- (3.32) ASME Sec. II, (1989).
- (3.33) ASME Sec. III, Div. 1, (1989).
- (3.34) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sec. III, Div. 1, (1989).
- (6.1) 椎名保顕, 他, 高温工学試験研究炉(H T T R)の安全解析に用いる解析コードとその検証, JAERI-M 90-034, (1990).
- (6.2) 竹田武司, 他, H T T R の安全解析－2次冷却設備の除熱量減少に係る異常過渡変化的解析－, 私信, (1991).

付録 A H T T R の 10% ステップ状出力変化の解析の入力リスト

ACCORDコードの入力リストの一例として、6.1.2項で述べたHTTRの10%ステップ状出力変化の解析の入力データを5.1節に示したフォーマットにしたがい、Fig. A.1～Fig. A.4に示す。

Fig. A.1は、機番5からの計算コントロール用入力データ、核計算用入力データ、圧力計算用入力データである。Fig. A.2は、機番19からの安全保護系入力データ、制御系入力データ、流動計算用入力データである。Fig. A.3は、機番1からの初期値あるいはリスタート値である。Fig. A.4は、機番16からの炉心部初期値あるいはリスタート値である。

JAERJ-Data/Code 96-032

Fig. A.1 Input data list for unit #5 (1/11)

Fig. A.1 Input data list for unit #5 (2/11)

0.0	3	1.0	10.0	1.0	10000.	1.0	1.00000	4	62.3218	0.0	1.0	0.0	1.0	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10000.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	3	1.0	83.33333333	0.0	1.0	0.0	1.00000	4	8978.33148	0.0	1.0	0.0	1.0	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10000.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	1.0	10.0	1.0	1.0	10000.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	3	1.00	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	1.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	1.0	10.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	3	40.0	0.0	1.0	10000.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	1.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	1.0	10.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	3	0.0898	0.0	1.0	10000.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	1.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	1.0	10.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	3	0.08905	0.0	1.0	10000.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	1.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	1.0	10.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	4	138529.0	0.0	1.0	10000.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	1.0	31.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	1.0	30.0	1.0	31.0	1.0	31.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	31.0	1.00000	
10000.0	4	8784.92	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	1.0	31.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	31.0	1.00000	
10000.	4	130.346	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	1.0	31.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	31.0	1.00000	
10000.	4	0.3333333333	30.0	0.3333333333	31.0	0.3333333333	31.0	0.3333333333	4	313.935	0.0	1.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.3333333333	30.0	0.3333333333	31.0	0.3333333333	31.0	0.3333333333	4	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
10000.	4	64.6782	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.00000	30.0	1.00000	31.0	1.00000	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	1.00000	31.0	1.00000	4	61.1655	0.0	1.0	0.0	1.0

Fig. A.1 Input data list for unit #5 (4/11)

Fig. A.1 Input data list for unit #5 (3/11)

Fig. A.1 Input data list for unit #5 (5/11)

Fig. A.1 Input data list for unit #5 (6/11)

Fig. A.1 Input data list for unit #5 (7/11)

Fig. A.1 Input data list for unit #5 (8/11)

Fig. A.1 Input data list for unit #5 (9/11)

5	11	11	8	8	10								
5	6.081	0.1036E+00	0.110E+00	0.151E+00	0.192E+00	0.233E+00	0.274E+00						
0.3152E+00	0.3302E+00	0.3898E+00	0.4100E+00	0.4318E+00	0.4508E+00	0.5068E+00							
0.5818E+00	55.0	0.00278	6	12	11	11	8	8	10				
0.924	0.218E+00	0.225E+00	0.243E+00	0.261E+00	0.279E+00	0.297E+00	0.3152E+00	0.3302E+00	0.3898E+00	0.4100E+00	0.4318E+00	0.5068E+00	
0.5818E+00	55.0	0.00278	6	12	11	11	8	8	10				
5.15	0.120E+00	0.125E+00	0.138E+00	0.151E+00	0.164E+00	0.177E+00	0.1905E+00	0.2032E+00	0.2514E+00	0.2654E+00	0.2794E+00	0.3394E+00	
0.3994E+00	55.0	0.00278	6	12	11	11	8	8	10				
6.318	0.0775E+00	0.0825E+00	0.102E+00	0.121E+00	0.140E+00	0.159E+00	0.1785E+00	0.1935E+00	0.2260E+00	0.2400E+00	0.2540E+00	0.3140E+00	
0.3740E+00	55.5	0.00278	6	12	11	11	8	8	10				
PRESSURE DATA	5	11	11	8	8	10							
1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0		
30.75	76.9	46.15	19.0	9.20	3.72	1.56	1.22	0.51	5.27	10.43	1.625	1.4	0.06
0.03	3.35	9.05	4.875	2.1	0.3	0.4	0.76	0.83	8.97	0.44	0.3	0.3	0.4
1.93	1.04	1.93	0.5	0.5	1.39	3.74	2.60	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87

Fig. A.1 Input data list for unit #5 (11/11)

```

CC---- DATA FOR PROTECT SYSTEM CALCULATION FROM HERE
CC MAX NUMBER OF PROTECT SYSTEM ( = 13)
CC 13
CC S REACT, S DELAY, AXI TIME, AXI G/C RND, AXI POMP RND
-4.00000E-02 4.00000E-01 6.00000E+01 9.50000E+03 2.92000E+03
CC ON - OFF SWITCH
CC 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
CC SCRAM VALUE
1.00000E+03 3.42000E+01 3.14271E+00 6.32930E+00 4.10000E+02 4.25000E+02
9.67000E+02 9.90807E+01 8.50000E+00 1.50000E+00 1.80000E+00 2.64493E+00
1.56000E-01
CC RESPONSE TIME
0.00000E+00 0.00000E+00 3.20000E+00 3.20000E+00 1.00000E+02 1.00000E+02
1.00000E+02 3.20000E+00 3.20000E+00 3.20000E+00 2.20000E+00 3.20000E+00
5.70000E+00
CC ON - OFF SWITCH FOR SCRAM REACTIVITY AND G/C BREAKING
CC 1 1
CC SCRAM REACTIVITY (TIME-REACTIVITY RATE)
12
0.00000E+00 0.00000E+00 9.60000E-01 6.90000E-03 2.07000E+00 3.86000E-02
2.63000E+00 6.90000E-02 3.19000E+00 1.09000E-01 3.75000E+00 1.61400E-01
4.86000E+00 2.82800E-01 7.09000E+00 5.64100E-01 9.35000E+00 8.20700E-01
1.15500E+01 9.64100E-01 1.37800E+01 1.00000E+10 1.00000E+00
CC G/C BREAKING RATIO (TIME-RAT10)
10
0.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 7.60000E-01 2.00000E+00 6.00000E-01
3.00000E+00 4.70000E-01 4.00000E+00 3.50000E-01 5.00000E+00 2.50000E-01
6.00000E+00 1.50000E-01 7.00000E+00 6.00000E-02 7.70000E+00 0.00000E+00
1.00000E+10 0.00000E+00
CC ASS. G/C 1, 2 START UP RAT10 (TIME-RAT10)
3
0.00000E+00 0.00000E+00 2.00000E+01 1.00000E+00 1.00000E+10 1.00000E+00
3
0.00000E+00 0.00000E+00 2.00000E+01 0.00000E+00 1.00000E+10 0.00000E+00
0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

```

Fig. A.2 Input data list for unit #19 (2/8)

JAERI-Data/Code 96-032

```

CC 0.0000E+00 0.0000E+00
CC GAIN
CC 1.0000E-01 1.0000E+01 1.0000E+00 2.0000E+00 6.0000E-01 1.0000E+00
CC 1.0000E+00 1.0000E+00 6.0000E-01 2.0000E+00 1.2000E+00 0.0000E+00
CC 0.0000E+00 0.0000E+00
CC TAU-1
CC 1.0000E+00 2.4000E+01 6.0000E+02 1.2000E+02 6.0000E+01 6.0000E+01
CC 6.0000E+01 6.0000E+01 6.0000E+01 6.0000E+01 6.0000E+01 1.0000E+00
CC 1.0000E+00 1.0000E+00
CC TAU-D
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
CC 0.0000E+00 0.0000E+00
CC ON-OFF
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
CC -1.0000E-01 3.0000E-01
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
CC -6.0000E-01 4.0000E-01
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
CC 1.0000E-01 0.0000E+00
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
CC 6.0000E-01 4.0000E-01
CC MIN - MAX
CC -1.0000E+02 -1.0000E+10 2.4000E+01 1.0000E-03 0.0000E+00 0.0000E+00
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 1.0000E+00 1.0000E+00 0.0000E+00
CC 0.0000E+00 0.0000E+00 1.0000E-10 4.66667E+01 1.0000E+02 1.0500E+02
CC 1.0500E+02 1.0500E+02 1.0500E+02 1.0000E+02 1.0000E+02 0.0000E+00
CC 0.0000E+00 0.0000E+00
CC NON LINEAR ELEMENT OF MOTOR
CC OTHER DATA
CC 8.0000E+02 1.0640E-02 4.4793E-04 6.5000E-03
CC 3.9500E+02 1.8000E+02 6.0000E-01 9.5000E-01
CC 1 1 3 1 4 5
CC 2 3 4
CC 5
CC 1.3090E+01 1.3090E+01 1.3090E+01 1.3090E+01 1.3090E+01 1.3090E+01
CC 8.1000E+01 4.0000E+01 8.1000E+01 4.0000E+01 4.0000E+01 4.0000E+01
CC 1.0000E+00 1.0000E+00 1.0000E+00 1.0000E+00 1.0000E+00 1.0000E+00
CC 1.7700E-06 7.8500E-07 3.1400E-06 3.1400E-06 1.7700E-06 7.8500E-07
CC 1.7700E-05 7.8500E-06 3.1400E-05 3.1400E-05 1.7700E-05 7.8500E-06
CC 1.0000E+00 1.0000E+00 2.0000E+00 2.0000E+00 1.0000E+00 1.0000E+00
CC ---- DATA FOR FLOW CALCULATION FROM HERE
CC ---- DATA FOR FLOW PATH
CC 4
CC ---- ERROR DATA
CC 1.0000E-12 0.0000E+00 1.0000E-20 1.0000E-20
CC ---- 1 RY HELIUM -----
CC ---- FLOW KIND, NO. OF FLOW PATH, NO. OF PRES. POINT,
CC ---- BASE PRESS. (KGFM/M2), TIME STEP FOR RINGE KUTTA (SEC)
CC ----
CC 1 20 16 4.1180E+05 1.0000E-08
CC ---- UPPER AND LOWER PRES. POINT NO. OF EACH FLOW PATH
CC 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7
CC 7 8 8 1 6 9 9 10 10 11 11 12
CC 12 13 9 14 14 15 15 16 15 16 15 16
CC ---- LENGTH (M)
CC 1.2500E+01 1.6300E+00 8.0700E+00 4.6400E+00 0.5200E+00 9.8000E+00
CC 2.9000E+00 3.1500E+00 9.8460E+00 6.0800E+00 7.4500E+00 1.5500E+00
CC 6.25060E+00 6.0800E+00 3.2930E+00 1.2000E+00 1.2000E+00 1.2000E+00
CC 8.49060E+00 9.8460E+00
CC ---- AREA (M2), VALVE FOR CONTROL SYSTEM IS FULL OPEN
CC ---- , AREA OF OTHER VULVE IS REAL VALUE
CC 4.9000E-02 3.9600E-01 2.30270E-01 3.9340E-01 4.1220E-01 1.00100E-01

```

Fig. A.2 Input data list for unit #19 (3/8)

Fig. A.2 Input data list for unit #19 (4/8)

CC---- BASE PRESS. (KGF/M²), TIME STEP FOR RUNGE KUTTA (SEC)
 CC----
 CC---- DIAMETER (M)
 CC---- 7.46000E-02 7.10000E-01 1.20000E+00 7.00000E-03 5.40000E-02 3.57000E-01
 CC---- 3.40600E-01 1.65400E-01 5.92400E-01 5.92400E-01 4.69300E-01 1.19700E-01
 CC---- 1.35200E-01 5.92400E-01 9.51700E-01 2.00700E-01 2.00700E-01 2.00700E-01
 CC---- 1.35200E-01 1.35200E-01
 CC---- FIG. COEFFICIENT
 CC---- 5.0000E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 2.48000E-01
 CC---- 0.0000E+00 1.87281E-02 1.50000E-01 4.56300E+00 0.00000E+00 2.02200E+02
 CC---- 8.57000E+00 3.61000E+00 0.00000E+00 1.38500E+02 1.38500E+02 1.38500E+02
 CC---- 2.56000E+00 3.40000E-01
 CC---- FRI. COEFFICIENT
 CC---- 1.0000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00
 CC---- 1.0000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00
 CC---- 1.0000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00
 CC---- 1.0000E+00 1.00000E+00
 CC---- TYPE OF FLOW PATH
 CC---- 1 1 1 2 2 2 1 1 2 2 2 2
 CC---- HEIGHT OF THE PRES. POINT
 CC---- 1.43000E+01 1.85750E+01 1.85750E+01 2.58380E+01 2.11500E+01 2.00500E+01
 CC---- 1.45500E+01 1.74500E+01 1.45500E+01 1.81500E+01 2.56000E+01 2.40500E+01
 CC---- 1.45500E+01 1.43500E+01 1.76490E+01 1.64490E+01
 CC---- NUMBER OF GYAKUSU BEN
 CC---- 5
 CC---- 8 12 16 17 18
 CC---- NUMBER OF G/C OR POMP ON EACH FLOW NETWORK
 CC---- 5
 CC---- POMP OR G/C DATA -----
 CC----
 CC---- NO. OF FLOW PATH, POMP TYPE,
 CC---- FLAG OF CAL. FOR RISING TEMP. ON G/C
 CC---- REG. RND. NO. OF POMP, INP. HEAT FROM G/C (KW)
 CC----
 CC---- 12 1 2 8.07833E+03 1.06405E+02
 CC---- 16 1 1 6.94523E+03 5.88697E+01
 CC---- 17 1 1 6.94523E+03 5.88697E+01
 CC---- 18 1 1 6.94523E+03 5.88697E+01
 CC---- 8 2 3 9.50000E+03 1.55720E+01
 CC----
 CC---- MAIN WATER -----
 CC----
 CC---- FLOW KIND, NO. OF FLOW PATH, NO. OF PRES.POINT,
 CC----

CC---- BASE PRESS. (KGF/M²), TIME STEP FOR RUNGE KUTTA (SEC)
 CC----
 CC---- UPPER AND LOWER PRES. POINT NO. OF EACH FLOW PATH
 CC----
 CC---- 1 2 2 3 3 4 4 5 5 2 5 5 6
 CC---- 6 7 7 8 8 11 6 9 9 10 10 11
 CC---- 11 1
 CC---- LENGTH (M)
 CC---- 2.00000E+00 6.00000E+01 2.40000E+01 6.80000E+01 1.00000E+01 6.00000E+01
 CC---- 6.20000E+01 4.36000E+00 3.70000E+01 4.60000E+01 6.62000E+00 3.00000E+01
 CC---- 2.60000E+01
 CC---- AREA (M²), VALVE FOR CONTROL SYSTEM IS FULL OPEN
 CC----
 CC---- . AREA OF OTHER VALVE IS REAL VALUE
 CC---- 4.86170E-02 4.36170E-02 1.56100E-01 4.86170E-02 4.86170E-02 4.86170E-02
 CC---- 2.91702E-02 4.35800E-02 4.86170E-02 1.79100E-02 3.33300E-02 1.79100E-02
 CC---- 1.79100E-02
 CC---- DIAMETER (M)
 CC----
 CC---- 2.48800E-01 2.48800E-01 1.98600E-02 2.48800E-01 2.48800E-01 2.48800E-01
 CC---- 2.48800E-01 2.02000E-02 2.48800E-01 1.51000E-01 2.02000E-02 1.51000E-01
 CC---- 1.51000E-01
 CC---- FIG. COEFFICIENT
 CC---- 6.40000E-01 1.86000E+00 0.00000E+00 2.56500E+01 5.79200E+01 7.60000E+00
 CC---- 3.90000E+01 0.00000E+00 1.13500E+01 5.28500E+01 0.00000E+00 1.06300E+01
 CC---- 2.26200E+00
 CC---- FRI. COEFFICIENT
 CC---- 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00
 CC---- 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00
 CC---- 1.00000E+00
 CC---- TYPE OF FLOW PATH
 CC---- 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
 CC----
 CC---- HEIGHT OF THE PRES. POINT
 CC---- 2.51000E+01 2.51000E+01 5.36000E+01 5.36000E+01 2.65000E+01 2.32000E+01
 CC---- 1.10300E+01 1.10300E+01 2.40500E+01 2.40500E+01 2.42011E+01
 CC---- NUMBER OF GYAKUSU BEN
 CC---- 1
 CC---- 6
 CC---- NUMBER OF G/C OR POMP ON EACH FLOW NETWORK
 CC----
 CC---- POMP OR G/C DATA -----
 CC----
 CC---- NO. OF FLOW PATH, POMP TYPE,
 CC----

Fig. A.2 Input data list for unit #19 (5/8)

Fig. A.2 Input data list for unit #19 (6/8)

CC---- FLAG OF CAL. FOR RISING TEMP. ON G/C
 CC---- REG. RND. NO. OF POMP. INP. HEAT FROM G/C (KW)
 CC 6 3 0 2.9700E+03 0.0000E+00

CC----- 2 RY HELIUM -----

CC---- FLOW KIND, NO. OF FLOW PATH, NO. OF PRES. POINT,
 CC---- BASE PRESS. (KGFM2), TIME STEP FOR RUNGE KUTTA (SEC)
 CC 1 5 5 4.21700E+05 1.0000E-08

CC---- UPPER AND LOWER PRES. POINT NO. OF EACH FLOW PATH
 CC 1 2 2 3 4 4 5 5 1
 CC---- LENGTH (M)
 CC 7.16500E+00 2.24000E+01 3.86500E+00 2.75100E+00 8.25000E-01
 CC---- AREA (M2), VALVE FOR CONTROL SYSTEM IS FULL OPEN
 CC---- AREA OF OTHER VALVE IS REAL VALUE
 CC 7.17000E-02 4.63800E-02 1.03800E-01 3.88400E-01 5.70400E-02
 CC---- DIAMETER (M)
 CC 1.0000E-01 2.43000E-01 3.63500E-01 7.03200E-01 1.92800E-01
 CC---- FIG. COEFFICIENT
 CC 5.54000E+00 0.0000E+00 2.30000E+00 0.0000E+00 1.92074E+02
 CC---- FR1. COEFFICIENT
 CC 1.0000E+00 1.0000E+00 1.0000E+00 1.0000E+00 1.0000E+00
 CC---- TYPE OF FLOW PATH
 CC 1 2 2 2 2
 CC---- HEIGHT OF THE PRES. POINT
 CC 2.67690E+01 2.67000E+01 2.86950E+01 2.59440E+01
 CC---- NUMBER OF GYAKUSI BEN
 CC 0
 CC---- NUMBER OF G/C OR POMP ON EACH FLOW NETWORK
 CC 1
 CC---- POMP OR G/C DATA -----

CC---- NO. OF FLOW PATH, POMP TYPE,
 CC---- FLAG OF CAL. FOR RISING TEMP. ON G/C
 CC---- REG. RND. NO. OF POMP. INP. HEAT FROM G/C (KW)
 CC 5 1 1 7.88065E+03 1.24811E+02

CC----- ASS WATER -----

CC---- FLOW KIND, NO. OF FLOW PATH, NO. OF PRES. POINT,
 CC---- BASE PRESS. (KGFM2), TIME STEP FOR RUNGE KUTTA (SEC)

CC---- UPPER AND LOWER PRES. POINT NO. OF EACH FLOW PATH
 CC 1 2 2 3 3 4 4 5 5 1
 CC---- LENGTH (M)
 CC 1.03200E+02 4.94000E+00 1.00600E+02 1.30000E+01 2.32000E+01
 CC---- AREA (M2), VALVE FOR CONTROL SYSTEM IS FULL OPEN
 CC---- AREA OF OTHER VALVE IS REAL VALUE
 CC 6.39000E-03 1.05800E-02 6.39000E-03 1.35900E-02 6.39000E-03
 CC---- DIAMETER (M)
 CC 9.00000E-02 2.02000E-02 9.02000E-02 2.08000E-02 9.02200E-02
 CC---- FIG. COEFFICIENT
 CC 2.97824E+02 0.0000E+00 7.50000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 CC---- FR1. COEFFICIENT
 CC 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00 1.00000E+00
 CC---- TYPE OF FLOW PATH
 CC 3 3 3 3 3
 CC---- HEIGHT OF THE PRES. POINT
 CC 2.42000E+01 1.29000E+01 1.29000E+01 5.07000E+01 5.07000E+01
 CC---- NUMBER OF GYAKUSI BEN
 CC 2
 CC---- NUMBER OF G/C OR POMP ON EACH FLOW NETWORK
 CC 1
 CC---- POMP OR G/C DATA -----

CC---- NO. OF FLOW PATH, POMP TYPE,
 CC---- FLAG OF CAL. FOR RISING TEMP. ON G/C
 CC---- REG. RND. NO. OF POMP. INP. HEAT FROM G/C (KW)
 CC 3 0 2.92000E+03 0.00000E+00

CC---- DATA CONNECTED WITH CONTROL SYSTEM
 CC---- FLOW PATH NO. OF
 CC---- ACL VLV, BPS VLV, PWCI VLV, PWCI2 VLV ON NETWORK 2
 CC---- G/C OR POMP NO. OF
 CC---- IHX G/C, PWCI A G/C, PWCI B G/C, PWCI C G/C ON NETWORK 1
 CC---- PWCI2 G/C ON NETWORK 3
 CC---- ASS1 G/C, ASS2 G/C ON NETWORK 1
 CC---- MAIN POMP ON NETWORK 2
 CC---- ASS POMP 1, ASS POMP 2 ON NETWORK 4
 CC 4 5 6 0 1 2 3 4 1 5 0 1

Fig. A.2 Input data list for unit #19 (7/8)

Fig. A.2 Input data list for unit #19 (8/8)

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (1/12)

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (2/12)

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (3/12)

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (A/12)

8.88911E+02	8.58112E+02	8.25916E+02	7.92285E+02	7.571179E+02
7.20538E+02	6.82425E+02	6.42731E+02	6.01479E+02	5.58670E+02
5.14319E+02	4.68459E+02	4.21138E+02	3.72476E+02	3.22416E+02
3.60206E+02	8.27587E+02	7.94310E+02	7.59132E+02	7.22415E+02
6.84124E+02	6.447230E+02	6.02714E+02	5.59538E+02	5.14793E+02
4.68407E+02	4.20443E+02	3.709535E+02	3.20008E+02	2.67704E+02
9.482282E+02	9.20467E+02	8.91386E+02	8.61002E+02	8.29280E+02
7.936188E+02	7.61695E+02	7.25787E+02	6.88449E+02	6.496380E+02
6.09491E+02	5.67905E+02	5.24961E+02	4.80714E+02	4.35341E+02
3.886338E+02				
8.73170E+02	8.41551E+02	8.08495E+02	7.73956E+02	7.37896E+02
7.002778E+02	6.61071E+02	6.202535E+02	5.77810E+02	5.33741E+02
4.880567E+02	4.40785E+02	3.911969E+02	3.41673E+02	2.88982E+02
2.37007E+02				
3.00560E+00	4.20544E+01	5.738118E+01	3.63893E+01	
1.517076E+02	1.51251E+02	1.50703E+02	1.50041E+02	1.492338E+02
1.470738E+02	1.45607E+02	1.437799E+02	1.415538E+02	1.38764E+02
1.30346E+02				
1.53232E+02	1.527755E+02	1.52201E+02	1.51520E+02	1.50695E+02
1.484638E+02	1.46938E+02	1.45119E+02	1.428238E+02	1.39871E+02
1.31861E+02				
1.514778E+02	1.503772E+02	1.496339E+02	1.48751E+02	1.476838E+02
1.463404E+02	1.447030E+02	1.425778E+02	1.40161E+02	1.37011E+02
1.525339E+02	1.524483E+02	1.51861E+02	1.51030E+02	1.33026E+02
1.477185E+02	1.46043E+02	1.43973E+02	1.41393E+02	1.38179E+02
1.583333E+02	1.59243E+02	1.60361E+02	1.61742E+02	1.63460E+02
1.683343E+02	1.71820E+02	1.76239E+02	1.82076E+02	1.89600E+02
1.517076E+02	1.52157E+02	1.52639E+02	1.53345E+02	1.54124E+02
1.56212E+02	1.57666E+02	1.59314E+02	1.61425E+02	1.64054E+02
1.71473E+02				
1.53232E+02	1.53697E+02	1.54252E+02	1.54919E+02	1.55720E+02
1.575863E+02	1.59307E+02	1.61074E+02	1.63260E+02	1.65382E+02
1.736399E+02				
1.519311E+02	1.52427E+02	1.53021E+02	1.53735E+02	1.54596E+02
1.569111E+02	1.58460E+02	1.60369E+02	1.62739E+02	1.65701E+02
1.534656E+02	1.53975E+02	1.54585E+02	1.55319E+02	1.56205E+02
1.58587E+02	1.60190E+02	1.62167E+02	1.64621E+02	1.67688E+02
1.58745E+02	1.60558E+02	1.62756E+02	1.65431E+02	1.68702E+02
1.77703E+02	1.83883E+02	1.91633E+02	2.01382E+02	2.13659E+02
2.27259E+02	2.41610E+02	2.58838E+02	2.75579E+02	3.04659E+02
3.71983E+02	4.17237E+02	4.72919E+02	5.41852E+02	6.27740E+02
8.71408E+02				
2.34208E+02	2.49950E+02	2.68875E+02	2.91696E+02	3.19314E+02
3.938338E+02	4.441038E+02	5.06158E+02	5.833227E+02	6.79574E+02
6.80486E+00	4.09423E+01	1.13890E+02	3.72593E+01	

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (5/12)

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (6/12)

4.99735E+01	5.00092E+01	5.00575E+01	5.01230E+01	5.02123E+01	5.03350E+01	44.660053	44.904510	45.163395	45.437576	45.727976	46.035577	
5.05650E+01	5.07432E+01	5.10817E+01	5.15722E+01	5.22994E+01	5.34090E+01	46.361422	48.144689	47.742442	47.364250	47.008813	46.674917	
5.51520E+01	4.93395E+01	4.95816E+01	4.96386E+01	4.97162E+01	4.98224E+01	4.99691E+01	48.572387	48.983890	49.421123	49.885461	50.378372	50.901428
5.01736E+01	5.01626E+01	5.08781E+01	5.14883E+01	5.24088E+01	5.38383E+01	51.456310	51.228537	54.498121	53.811313	53.165804	52.559443	51.990231
4.99914E+01	5.00334E+01	5.00902E+01	5.01677E+01	5.02737E+01	5.04200E+01	51.456310	44.316887	44.569299	44.836616	45.119738	45.419619	45.737274
5.06241E+01	5.09112E+01	5.13270E+01	5.19358E+01	5.28542E+01	5.42805E+01	51.456310	47.902951	47.487041	47.095940	46.728214	46.382533	46.057885
5.01838E+01	5.04521E+01	5.081194E+01	5.13260E+01	5.20317E+01	5.30266E+01	51.456310	48.323500	48.748827	49.200630	49.680335	50.189467	50.729654
5.44515E+01	5.65332E+01	5.96431E+01	6.44287E+01	7.20176E+01	8.43127E+01	51.456310	54.422437	53.712224	53.044561	52.417212	51.828088	51.275385
6.89945E+01	7.57259E+01	8.48529E+01	9.72828E+01	1.14309E+02	1.37811E+02	44.782281	45.033952	45.300485	45.582776	45.881777	46.198600	
1.70575E+02	2.16845E+02	2.83286E+02	3.80733E+02	5.27429E+02	7.54702E+02	48.35838	47.943565	47.553346	47.188531	46.841865	46.518170	
101.390690	31.127173	605.000000	1.000000	0.000000	0.000000	48.778139	49.202507	49.653292	50.131916	50.639900	51.179869	
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	54.863329	54.154717	53.488559	52.857624	52.274837	51.723271	
102.119125	106.614055	111.431983	116.612710	122.166475	128.130749	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	
134.520488	164.142527	157.156150	150.714242	144.814200	139.422783	40.406479	40.430467	40.455888	40.482864	40.511460	40.541790	
171.300520	173.883606	112.157575	117.386202	123.011699	129.059773	41.117446	41.039124	41.084567	41.073705	41.066489	41.062905	
134.520488	107.298386	109.023386	114.022339	119.390042	125.151468	131.325618	41.801246	41.825680	41.886158	41.892772	41.935641	41.984930
135.561964	160.649338	153.986220	147.70189	142.118491	136.977611	43.014402	42.966413	42.928300	42.893889	42.881051	42.871716	
167.338476	109.726730	114.771888	120.198951	126.035736	132.310688	40.203240	40.215233	40.227949	40.241432	40.255730	40.270895	
105.034846	169.941346	162.384564	155.451799	149.107701	143.321331	138.629999	40.761963	40.764796	40.770232	40.778824	40.788975	40.802348
144.964993	139.326096	134.214140	129.599180	125.398629	121.665721	41.462402	41.462402	41.470363	41.483239	41.501065	41.523918	
5.555556	22.874903	83.333333	1.000000	0.000000	0.000000	42.407824	42.396046	42.392229	42.395321	42.406346	42.428233	
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	42.590125	42.742992	42.905063	43.076913	43.259158	43.452455	
58.813720	60.219506	61.737238	63.377532	65.122576	66.996200	0.95002E+03	0.10221E+02	0.40350E+02	0.41009E+02	0.39500E+03	0.39500E+03	
91.185239	89.943275	88.967243	88.253012	87.759188	87.520752	0.39392E+03	0.10222E+02	0.41009E+02	0.39500E+03	0.39500E+03	0.39500E+03	
49.406380	50.109753	50.886619	51.688766	52.561288	53.498100	0.94956E+03	0.94279E+03	0.87913E+03	0.75384E+03	0.64879E+03	0.54491E+03	
74.999479	75.081391	75.352241	75.815272	76.440882	77.258476	0.44680E+03	0.38895E+03	0.39492E+03	0.39458E+03	0.39444E+03	0.39444E+03	
89.549612	93.267724	97.284355	101.628185	106.252653	111.221579	0.13636E+03	0.50000E+02	0.13632E+03	0.50000E+02	0.13632E+03	0.50000E+02	
44.190000	44.439475	44.639122	44.974110	45.265386	45.573872	0.94963E+03	0.94247E+03	0.87882E+03	0.75953E+03	0.64848E+03	0.54460E+03	
45.900676	48.117284	47.688619	47.285463	46.906417	46.549972	46.215094	0.44649E+03	0.39864E+03	0.39461E+03	0.39428E+03	0.39414E+03	0.39414E+03
45.900676	48.117284	47.688619	48.967937	49.433323	49.927348	50.451586	0.94948E+03	0.94232E+03	0.87886E+03	0.75938E+03	0.64833E+03	0.54445E+03
51.007721	54.056404	53.368045	52.721077	52.113346	51.542849	0.9432E+03	0.94216E+03	0.87850E+03	0.75922E+03	0.64817E+03	0.54429E+03	
54.710000	51.007721	54.46119E+03	0.39834E+03	0.39431E+03	0.393397E+03	0.39383E+03	0.39431E+03	0.393397E+03	0.39383E+03	0.39431E+03	0.39383E+03	

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (7/12)

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (8/12)

0.13681E+03	0.50000E+02	0.44565E+03	0.39847E+03	0.39318E+03	0.39274E+03	0.39260E+03	0.39044E+03	
0.94917E+03	0.94201E+03	0.87835E+03	0.75907E+03	0.64802E+03	0.54414E+03	0.30123E+03	0.13650E+03	0.50000E+02
0.44603E+03	0.39818E+03	0.39415E+03	0.39382E+03	0.39368E+03	0.39312E+03	0.94833E+03	0.94918E+03	0.87588E+03
0.13677E+03	0.50000E+02	0.94301E+03	0.91855E+03	0.87819E+03	0.75891E+03	0.64786E+03	0.54398E+03	0.44602E+03
0.94589E+03	0.39803E+03	0.39400E+03	0.39400E+03	0.39366E+03	0.39352E+03	0.30112E+03	0.13649E+03	0.50000E+02
0.13673E+03	0.50000E+02	0.94332E+03	0.94317E+03	0.94301E+03	0.94270E+03	0.94255E+03	0.94539E+03	0.39915E+03
0.94239E+03	0.39812E+03	0.39796E+03	0.39781E+03	0.39750E+03	0.39726E+03	0.94880E+03	0.94841E+03	0.39312E+03
0.39827E+03	0.39466E+03	0.39435E+03	0.39420E+03	0.39404E+03	0.39389E+03	0.39267E+03	0.39268E+03	0.39254E+03
0.39735E+03	0.39450E+03	0.39435E+03	0.39420E+03	0.39404E+03	0.39389E+03	0.39267E+03	0.39268E+03	0.39254E+03
0.62888E+02	0.62883E+02	0.62877E+02	0.62871E+02	0.62866E+02	0.62860E+02	0.62818E+02	0.62817E+02	0.62817E+02
0.62854E+02	0.34165E+01	0.40948E+02	0.94828E+03	0.34165E+01	0.41026E+02	0.35526E+03	0.29894E+03	0.24537E+03
0.39464E+03	0.34165E+01	0.41026E+02	0.35526E+03	0.94562E+03	0.71453E+03	0.60313E+03	0.511145E+03	0.97312E+02
0.94887E+03	0.94562E+03	0.85652E+03	0.85652E+03	0.85652E+03	0.71453E+03	0.60313E+03	0.511145E+03	0.87264E+03
0.43336E+03	0.39801E+03	0.39520E+03	0.39449E+03	0.39449E+03	0.39435E+03	0.30172E+03	0.29859E+03	0.24502E+03
0.13693E+03	0.50000E+02	0.94555E+03	0.94555E+03	0.94555E+03	0.94555E+03	0.94555E+03	0.94555E+03	0.97224E+02
0.94674E+03	0.94555E+03	0.85639E+03	0.85639E+03	0.85639E+03	0.85639E+03	0.71441E+03	0.60301E+03	0.511132E+03
0.43324E+03	0.39789E+03	0.39507E+03	0.39437E+03	0.39437E+03	0.39423E+03	0.30163E+03	0.29824E+03	0.24467E+03
0.13690E+03	0.50000E+02	0.94529E+03	0.85613E+03	0.85613E+03	0.85613E+03	0.71415E+03	0.60275E+03	0.51107E+03
0.94861E+03	0.94542E+03	0.85626E+03	0.85626E+03	0.85626E+03	0.85626E+03	0.71428E+03	0.60288E+03	0.51120E+03
0.43311E+03	0.39777E+03	0.39495E+03	0.39495E+03	0.39495E+03	0.39495E+03	0.39410E+03	0.30154E+03	0.29789E+03
0.13687E+03	0.50000E+02	0.94584E+03	0.85648E+03	0.85648E+03	0.85648E+03	0.71415E+03	0.60275E+03	0.51107E+03
0.43299E+03	0.39764E+03	0.39482E+03	0.39482E+03	0.39482E+03	0.39482E+03	0.39412E+03	0.39339E+03	0.30145E+03
0.13684E+03	0.50000E+02	0.94516E+03	0.85600E+03	0.85600E+03	0.85600E+03	0.71402E+03	0.60263E+03	0.51095E+03
0.94835E+03	0.39752E+03	0.39470E+03	0.39470E+03	0.39470E+03	0.39470E+03	0.39399E+03	0.39385E+03	0.30135E+03
0.43287E+03	0.50000E+02	0.94581E+03	0.85623E+03	0.85623E+03	0.85623E+03	0.71402E+03	0.60263E+03	0.51095E+03
0.13681E+03	0.50000E+02	0.94591E+03	0.94578E+03	0.94565E+03	0.94552E+03	0.94552E+03	0.94552E+03	0.39779E+03
0.94604E+03	0.39767E+03	0.39767E+03	0.39767E+03	0.39767E+03	0.39767E+03	0.39742E+03	0.39730E+03	0.39444E+03
0.39456E+03	0.39444E+03	0.39432E+03	0.39432E+03	0.39419E+03	0.39407E+03	0.39407E+03	0.39407E+03	0.39407E+03
0.62884E+02	0.62880E+02	0.62875E+02	0.62871E+02	0.62866E+02	0.62862E+02	0.62871E+02	0.62866E+02	0.62866E+02
0.94839E+03	0.68049E+01	0.40946E+02	0.94878E+03	0.94878E+03	0.94878E+03	0.94878E+03	0.94878E+03	0.39327E+03
0.39310E+03	0.68049E+01	0.41030E+02	0.39327E+03	0.39327E+03	0.39327E+03	0.75737E+03	0.64693E+03	0.54363E+03
0.94839E+03	0.93927E+03	0.87594E+03	0.87594E+03	0.87594E+03	0.87594E+03	0.75737E+03	0.64692E+03	0.54363E+03
0.44608E+03	0.39850E+03	0.39853E+03	0.39853E+03	0.39853E+03	0.39853E+03	0.39324E+03	0.39268E+03	0.30046E+03
0.13650E+03	0.50000E+02	0.93921E+03	0.87591E+03	0.87591E+03	0.87591E+03	0.75731E+03	0.64689E+03	0.54360E+03
0.94888E+03	0.93921E+03	0.87591E+03	0.87591E+03	0.87591E+03	0.87591E+03	0.75731E+03	0.64689E+03	0.54360E+03

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (9/12)

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (10/12)

0.45723E+03 0.42568E+03 0.35032E+03 0.33996E+03 0.33986E+03 0.25988E+03
 0.12271E+03 0.50000E+02 0.91020E+03 0.84594E+03 0.78303E+03 0.67696E+03 0.58899E+03 0.51281E+03
 0.44502E+03 0.41324E+03 0.33695E+03 0.32702E+03 0.32692E+03 0.25052E+03
 0.11948E+03 0.50000E+02 0.88353E+03 0.87433E+03 0.85507E+03 0.85574E+03 0.84634E+03
 0.46214E+03 0.44996E+03 0.43770E+03 0.42535E+03 0.41291E+03 0.37819E+03 0.36557E+03 0.35284E+03 0.34001E+03 0.32707E+03
 0.64596E+02 0.64036E+02 0.63470E+02 0.62901E+02 0.62226E+02 0.64597E+02 0.63470E+02 0.62901E+02 0.62226E+02
 1.37597E+05 8.77227E+03 4.10001E+01 4.21000E+01 3.73231E+01 2.04174E+01
 FLW DATA (INWW= 4
 4.90000E-02 3.96000E-01 2.30270E-01 3.93400E-01 4.12200E-01 1.00100E-01
 9.11200E-02 3.13000E-02 2.75600E-01 2.75600E-01 1.73000E-01 9.06400E-02
 1.11000E-01 2.75600E-01 7.111400E-01 5.20800E-02 5.20800E-02
 1.11000E-01 1.11000E-01 3.61564E-02 1.02576E+01 1.02576E+01 3.61564E-02
 3.61564E-02 3.61564E-02 1.02214E+01 3.41654E+00 3.41654E+00 3.41654E+00
 3.41654E+00 6.80486E+00 6.80486E+00 2.26829E+00 2.26829E+00 2.26829E+00
 6.80486E+00 1.02214E+01 3.93176E-02 3.95389E+02 4.00268E+02 6.77780E+02 9.50412E+02 9.27912E+02
 3.63000E+02 1.98130E+02 9.49479E+02 9.48603E+02 6.68460E+02 3.91633E+02
 3.94948E+02 9.48857E+02 6.68440E+02 3.90601E+02 3.90601E+02 3.90601E+02
 3.93176E-02 3.94460E+02 4.00995E+05 4.09988E+05 4.09976E+05 4.09973E+05 4.09970E+05 4.09969E+05
 4.09511E+05 4.09754E+05 4.09502E+05 4.09484E+05 4.09470E+05 4.09467E+05 4.09393E+05
 4.10257E+05 4.09462E+05 4.09423E+05 4.09404E+05 4.09391E+05 4.09391E+05 4.09391E+05
 3.30000E+02 3.95001E+02 3.95775E+02 4.04761E+02 9.50799E+02 9.50074E+02
 9.05800E+02 6.62600E+01 9.48933E+02 9.48282E+02 3.88638E+02 3.94638E+02
 3.93922E+02 9.48780E+02 3.88101E+02 3.93101E+02
 4.10001E+05 4.09383E+05 4.09988E+05 4.09964E+05 4.09960E+05 4.09506E+05
 4.0515E+05 4.09507E+05 4.09499E+05 4.09470E+05 4.09464E+05 4.10322E+05
 4.10192E+05 4.09425E+05 4.09421E+05 4.10416E+05
 8.07633E+03 6.94523E+03 6.94523E+03 6.94523E+03 1.43580E+03
 4.86170E-02 4.86170E-02 1.56100E-01 3.02990E-02 3.14446E-02 2.97369E-02
 2.91702E-02 4.35800E-02 4.86170E-02 1.79100E-02 3.33300E-02 1.79100E-02
 1.79100E-02 1.71300E+02 1.01391E+02 1.01391E+02 6.98812E+01 1.71272E+02
 1.71272E+02 1.01391E+02 1.36710E+02 1.02119E+02 1.71300E+02 1.30346E+02
 1.13890E+02 1.13890E+02 1.13890E+02 5.73818E+01 5.73818E+01 5.73818E+01
 1.71272E+02 3.24781E+05 3.11272E+05 3.15700E+05 3.29209E+05 3.58241E+05
 1.30346E+02 1.50780E+02 1.71214E+02 1.30346E+02 1.50909E+02 1.71473E+02
 1.71300E+02 3.38256E+05 3.72593E+05 3.64097E+05 3.80191E+05 3.63893E+05 3.53865E+05

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (11/12)

Fig. A.3 Input data list for unit #1 (12/12)

Fig. A-4 Input data list for unit #16 (1/3)

Fig. A.4 Input data list for unit #16 (2/3)

```
0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00  
0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00  
0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00  
0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
```

Fig. A.4 Input data list for unit #16 (3/3)