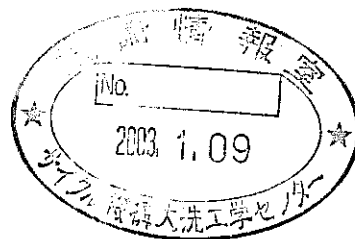


モジュール型プラント動特性解析コード (MSG-COPD)

— コード使用説明書 —

(マニュアル)

2002年11月



核燃料サイクル開発機構  
大洗工学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせ下さい。  
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Toukai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2002

## モジュール型プラント動特性解析コード (MSG-COPD) -コード使用説明書-

(附) 大洗工業センター (マニュアル) module code manual (MSG-COPD)  
(附) 大洗工業センター (マニュアル) module code manual (MSG-COPD)

堺 公明\*

発行所 大洗工業センター

### 要 旨

MSG-COPD コードは、タンク型炉を含む多様な高速増殖炉概念のプラント動特性評価のために、多次元熱流動評価が可能なモジュールを付加したプラント動特性解析コードである。本マニュアルは、MSG-COPD コードの利用者のために、解析コードを構成する各モジュールの内容と入力データの作成方法等を示したコード使用説明書である。

Module type plant system dynamics analysis code (MSG-COPD)  
- Code manual -

Takaaki Sakai\*

Abstract

MSG-COPD is a module type plant system dynamics analysis code which involves a multi-dimensional thermal-hydraulics calculation module to analyze pool type of fast breeder reactors. Explanations of each module and the methods for the input data are described in this code manual.

---

\* *Thermal-Hydraulics Research Group, Advance Technology Division, OEC, JNC*



## 目 次

1. 緒 言 .....	1
2. コードシステム設計 .....	3
2.1 解析範囲 .....	4
2.1.1 解析機能 .....	4
2.1.2 シミュレーションの範囲 .....	6
2.2 コード基本構造 .....	7
2.2.1 モジュール構造 .....	7
2.2.2 計算の流れ .....	10
3. モジュール仕様 .....	28
3.1 モジュール AA (計算コントロール) .....	AA-1～AA-30
3.2 モジュール AC (空気冷却器熱計算) .....	AC-1～AC-42
3.3 モジュール CL (制御系の計算) .....	CL-1～CL-29
3.4 モジュール CR (制御棒の計算) .....	CR-1～CR-12
3.5 モジュール FN (非圧縮性流体流動計算) .....	FN-1～FN-39
3.6 モジュール FS (非圧縮性流体流動計算 [単一流路]) .....	FS-1～FS-18
3.7 モジュール FW (水・蒸気系流動計算) .....	FW-1～FW-44
3.8 モジュール HX (中間熱交換器熱計算) .....	HX-1～HX-46
3.9 モジュール KN (原子炉核計算) .....	KN-1～KN-15
3.10 モジュール LG (安全保護系の計算) .....	LG-1～LG-18
3.11 モジュール LN (非圧縮性流体配管要素熱計算) .....	LN-1～LN-33
3.12 モジュール LS (水・蒸気系配管要素熱計算) .....	LS-1～LS-28
3.13 モジュール MD (非圧縮性流体多次元熱流動計算) .....	MD-1～MD-31
3.14 モジュール MN (完全混合、ミキシングティー計算) .....	MN-1～MN-28
3.15 モジュール PP (ポンプ、送風機等の計算) .....	PP-1～PP-38
3.16 モジュール RX (原子炉熱計算) .....	RX-1～RX-43
3.17 モジュール SG (蒸気発生器熱計算) .....	SG-1～SG-74
3.18 モジュール VV (各種弁の計算) .....	VV-1～VV-22
3.19 エレメントサブルーチン Y .....	Y-1～Y-8
3.20 物性値サブルーチン Z .....	Z-1～Z-17
4. サマリ出力コード SUMY (時系列データ出力) .....	SUMY-1～SUMY-18

# 1. 緒 言

高速増殖炉サイクルの実用化概念の構築のため、多様な高速増殖炉プラントの設計研究が実施されている。冷却材として、ナトリウム、重金属（鉛-ビスマス等）、ガス（ヘリウム及び炭酸ガス）、水等を対象とするとともに、炉心燃料として、MOX、窒化物、金属の各形態を組み合わせ、段階的に有望な概念を選定する。炉型は、「常陽」、「もんじゅ」のようなループ型のみならず、タンク型の自然循環炉など、中小型の革新的なシステムの検討を含んでいる。

FBRのプラント動特性解析コードとして、Super-COPDコードが幅広く利用されてきた。Super-COPDコードは、モジュール構成によるネットワーク型のプラント動特性解析コードであり、対象とするプラント毎に個々のモジュールを組み合わせることによって、柔軟なプラント構成が可能である。一方、タンク型炉のような多様な炉型に幅広く対応するためには多次元的な熱流動を考慮する必要があることから、新たに多次元熱流動計算モジュール(MD)を追加し、MSG-COPDコードとして整備を実施した。MSG-COPDコードは、従来、Super-COPDコードでは考慮できなかった炉容器内の多次元的な熱流動を考慮したプラント動特性解析が可能であり、幅広い多様な概念に対して、より高い精度でのプラント動特性評価が期待される。

本書は、MSG-COPDコードの各モジュール内容及びデータ作成方法等を示した使用説明書である。

## 2. コードシステム設計

## 2. コードシステム設計

プラント動特性解析コードは、

- (1) 解析対象となる機器、系統が多岐にわたり、かつ相互に影響を及ぼす。
- (2) 解析モデルは、一部を除き、比較的単純な一次元モデルの場合が多い。
- (3) 機器、系統毎に境界条件が明瞭である。

等の特徴を持っている。これらの特徴をふまえ、プラント動特性解析コードとして具備すべき、詳細化の程度、検証性、汎用性、経済性、実用性、整備性を備えたコードシステムを構築した。

### 2.1 解析範囲

#### 2.1.1 解析機能

本コードの機能は、

- 1) 原子炉核・熱モデル
- 2) 1次主循環系運動モデル（自由液面、ナトリウム密度変化により収縮〔シュリンク〕を含む）
- 3) 中間熱交換器熱モデル
- 4) 2次主循環系運動モデル（自由液面含む）
- 5) 蒸気発生器熱・運動モデル
- 6) 水／蒸気系熱・運動モデル
- 7) 制御系
- 8) インターロック、安全保護系
- 9) 空気冷却器熱モデル
- 10) ポンプ、弁等の動的機器モデル

である。また、解析範囲としては、

- 1) 通常運転時における過渡変化
- 2) 通常運転時における異常な過渡変化
- 3) 事故

であり、各機器の詳細解析あるいは、安全解析（配管大破断等）は含まない。

MSG-COPD コードは、上記モデル及び対象についてはすべて解析可能であると共に配管破断等についても、配管よりの消滅モデルを含んでおり、標準的な計算は可能である。

また、MSG-COPD は、汎用フローネットワーク及びモジュール構造の採用により、次の FBR システムに適用できる。

- 1) 系統構成 …… ループ、タンク、2 次系削除型
- 2) 熱交換器型式 …… 向流型、並流型、直交流型、直管型、ヘリカルコイル型、有液面、無液面
- 3) SG 系 …… 一体貫流、再循環、分離貫流、ズルツァー
- 4) 崩壊熱除去系 …… DRACS、IRACS、SGAHR
- 5) 冷却材 …… ナトリウム／鉛／鉛ビスマス、水等

また、解析効率の向上のため各モジュール単体で実行可能とすると共に、リスタート機能も有している。

## 2. 1. 2 シミュレーションの範囲

MSG-COPD コードは、プラントシステム及びサブシステムにおける各種外乱に対するシステムの過渡応答解析を行う。このため、FBRプラント全て（水・蒸気系の一部は除く）をシミュレーション可能としている。また、確定したシステムに対しては、安全審査、工認、設計に十分使用可能であると共に、簡略なモデルを使用することにより、各種のプラントシステムの評価も可能である。

以下に解析可能事象の例を示す。

### (1) 運転状態Ⅰ

- ① 各種のステップ、ランプ状外乱に対する各部応答（制御系含む）

### (2) 運転状態Ⅱ

- ① 制御棒誤引抜
- ② 1/2次主循環ポンプ、給水ポンプトリップ
- ③ タービントリップ
- ④ 各種制御系、インターロック故障
- ⑤ 各種弁誤作動
- ⑥ 外部電源喪失
- ⑦ 部分負荷喪失

### (3) 運転状態Ⅲ

- ① 1/2次主循環ポンプスティック
- ② 主蒸気管破損
- ③ 空気冷却器起動失敗

### (4) 運転状態Ⅳ

- ① 蒸気発生器除熱能力喪失事故
- ② 1/2次冷却材喪失

(5) 多重故障

上記 I ~IVの状態の重ね合わせ

2.2 コード基本構造

MSG-COPD コードは、その基本構造にモジュール構造を採用し、入力データにより各モジュール間のインターフェイスを指定することにより任意の解析対象システムを組むことができる。各モジュールは、それぞれ、

- (1) データ入力
- (2) 初期設定計算部分
- (3) 過渡計算部分
- (4) 出力

をもっている。また、モジュールプログラムが複数の機器に対応する場合 (IHX, SG 等), 各機器のシステムデータ及び初期条件は独立に与えることができる。

2.2.1 モジュール構造

コード全体を

- (1) モジュールプログラムを統合するコントロール部分
- (2) 熱計算、流動計算等実際の計算を行うモジュールプログラム部分
- (3) 各モジュールが共通に使用する基本計算要素部分

に分類し、整理した。かつ、各部分に対応するサブルーチンと引用するコモン変数を規則化した。

本コードにおけるモジュールの定義を以下に示す。

- 1) モジュールとは、境界条件の明瞭な、独立性の高い計算を行う一連の計算ルーチンの集合である。



- 2) モジュール間のインターフェイスは、境界条件となる温度・流量等のプロセス量を格納しておくプール変数（特別に定義したコモン変数）を介して行う。
- 3) モジュール間のインターフェイスを入力データで指定することにより、複数のモジュールを組み合わせ、任意の解析対象システムを構成することができる。
- 4) 各モジュールは、そのプログラム構成上、使用するコモン変数及び計算ルーチンに関して、互いに独立とする。
- 5) 各モジュールは、固有のデータ入力ルーチンを持つ。
- 6) 各モジュールは、固有の初期設定計算ルーチンと過渡計算ルーチンを持ち、入力データで構成された解析対象システムの中の計算要素として、汎用的に初期設定計算及び過渡計算を行うことができる。
- 7) 各モジュールは、固有の計算経過時間と計算進み時間幅を持ち、モジュール内で最適の計算進み時間幅を自動設定できる。
- 8) 各モジュールは、固有の中間出力ルーチンを持ち、任意のプール変数をサマリー出力（時系列データ出力）することができる。

以下モジュール構造についての説明を行う。

#### (1) 計算のインターフェイス

プラント動特性解析コードで扱う、核・熱・流動計算、動的機器の計算、制御系・安全保護系の計算について、それらを応答時間定数と境界条件となるプロセス量の種類という観点で整理すると、一般に図 2.2.1 の様な 5 つのグループに分類することができる。

本コードでは、コードの基本構造として、図 2.2.1 に示す各グループについて実施すべき計算内容を適切に分割し、それぞれ独立したプログラムとして記述したモジュール構造を採用している。

## (2) コントロールモジュールと計算モジュール

本コードは、表 2.2.1 に示す様に、コントロールモジュールと、17 種の計算モジュールにより構成される。各計算モジュールの機能は、同表中に示す通りである。これらの各計算モジュールの中から任意の計算モジュールを選択し、入力データにより計算モジュール間のインターフェイスを指定することにより、種々の解析対象システムを自由に構成することができる。コントロールモジュールは、実際の計算を行うものではなく、各計算モジュールの実行動作を総合的に制御するためのものである。

## (3) プール変数

モジュール間のインターフェイスは、特別に定めたコモン変数であるプール変数を介して行われる。プール変数には図 2.2.2 に示すように、出力、温度、エンタルピ、流量、圧力、制御信号等、各計算モジュールの境界条件となる主要なプロセス量の最新のデータがプールされる。また、同図に示すようにプール変数は解析対象システムに外乱を与える場合、及び時系列データ出力（サマリ出力）を行う場合の媒介として使用される。

## (4) コード作成上の規則

本コードの各モジュールは、モジュールの独立性を保証するために、表 2.2.2 に示すコモン変数規則とサブルーチン規則にしたがってプログラミングされている。各計算モジュールは、同表中のモジュールサブルーチンと、モジュールコモン集合体である。

## (5) コードの運用

本コードを用いて解析作業・整備作業を行う際の手順を図 2.2.3 に示す。

- 1) 全てのモジュール（コントロールモジュールと計算モジュール）のソースプログラムは、モジュールバンクとして登録され、一括管理される。同様にコモン変数も、各モジュール毎にモジュールバンクに登録、管理する。尚、コモン変数は

各モジュール毎にまとめて INCLUDE 文で記述されている。

- 2) 解析作業を行う場合、まず、解析上必要となる計算モジュールをピックアップし、モジュールバンクの中から、コントロールモジュールとそれら計算モジュールのソースプログラムとコモン変数を抽出して、解析作業用ファイルを作成する。
- 3) ピックアップした各計算モジュールと、コントロールモジュールで使用するエレメントサブルーチンを、同じくモジュールバンクから抽出し、解析作業用のファイルに加える。
- 4) コントロールモジュールの、メインプログラム (AAMAIN) 中の、計算モジュール呼び込み部 (各計算モジュールにつき 1 行) を改訂する。
- 5) 各モジュールのコモン変数について、プログラム容量を支配する、たとえば、機器の数、ノード分割数等に対応する DIMENSION の大きさを、パラメータ指定する (各モジュールについて、1~2 行の改訂)。
- 6) 解析作業用のソースプログラムをコンパイルし、ロードモジュールを作成する。
- 7) 計算モジュールの修正、追加等の整備作業を行う場合は、モジュールバンクに登録してあるプログラムを改訂、追加すると共に、付属するコードマニュアルの改訂、追加を併せて行う。
- 8) プログラム改修を行う際には、改修前のプログラム対応のデータが新プログラムでも同一の結果になるように、改修を行うことを原則とする。

## 2.2.2 計算の流れ

### (1) プログラムの全体構成

図 2.2.4 に本コードシステムの全体構成を示す。

本コードは、計算コード (MSG-COPD) 及び出力処理コード (時系列印字: SUMY) より成る。また、MSG-COPD はデータ入力、初期設定計算、過渡計算、出力処理部分より成

る。

## (2) データ入力、出力処理

図 2.2.5 に本コードの入出力を示す。

### ① データ入力

データの入力は、1)デフォルトデータ入力、2)リスタートデータ入力、3)変更データ入力の順で行う。2)のリスタートデータの入力は、リスタート計算を行う場合のみ必要となる。また、多次元熱流動計算モジュール(MDモジュール)を使用する場合、上記以外に多次元熱流動計算部ファイルが必要となる。

### ② データ出力

データ出力は、1)リスタートデータ出力、2)サマリ用データ出力、3)サマリ用出力情報出力、4)中間出力がある。リスタートデータ出力はリスタートのためのデータであり、リスタートする際の入力となる。サマリ用出力は、時系列データ出力(サマリ出力)コード SUMY に受け渡される。中間出力は、計算結果の詳細を各モジュール単位で出力する。

## (3) 初期設定計算

本コードでは、過渡計算に先立って初期設定計算を行い、解析対象システム全体の静特性を設定する。初期設定計算は、原則として各計算モジュールの基礎方程式の時間微分項をゼロとした式を解くものであり、熱計算、流動計算、動的機器の計算、制御系・安全保護系の計算、の順で進めてゆく。

### ① 熱計算

動特性解析コードでは、静特性解析コードにより定められたヒートバランス条件(流量、温度、伝面)から大きく逸脱しない範囲で初期条件を設定する必要がある。しかしながら、設定では、伝面余裕等を持っており、実構造データからは、ヒートバランスが取れない場合もある。本コードでは、各熱交換器について、1次側(ヒート

ソース側)、または、2次側(ヒートシンク側)の出力が所定の値になるように、即ち流量及び出入り口温度が所定の値になるよう図 2.2.6 に示すような、収束条件、修正因子によりヒートバランスを設定している。

流量、温度等の境界条件はプール変数により引き渡され、入力データあるいは他の熱計算モジュールで計算された値である。全ての熱計算モジュールについて、計算を行う順を入力データにより指定することによって任意の形のシステム全体のヒートバランスの計算が可能である。図 2.2.7 に計算例を示す。

## ② 流動計算

熱計算モジュールで計算された、自然循環力、蒸気密度等をプール変数を介して入力し、冷却材の流量、圧損分布を既値とし圧力分布、液面、ポンプヘッド等の設定を行う。

## ③ 動的機器

熱・流動計算モジュールで計算された各種情報をプール変数から入力とし、必要な初期設定を行う。例えば、ポンプヘッド、流量を入力とし、ポンプの回転数、トルクの設定をする。また、弁の圧損、流量を入力とし、弁の開度を設定する。

## ④ 制御系・安全保護系

熱・流動・動的機器モジュールで計算された各信号(検出、指令信号)の値をプール変数より入力し、制御系、安全保護系の諸信号の設定を行う。

## (4) 過渡計算

高速増殖炉冷却系の様な複雑なシステムでは、ある部分では現象が急激に推移し、ある部分では緩やかに推移するという具合に、時定数の異なる多くの現象が相互にフィードバックしながら進行している。

本コードのモジュールには、換言すれば、比較的似かよった時定数を持つ計算ルーチンの集合であるため、各モジュールは固有の計算経過時間と計算進み時間幅を持

ち、そのモジュールで扱う現象に対応した最適の計算進み時間幅をコード中で自動設定（または入力データでの設定）しながら計算を進める。

① 計算経過時間

図 2.2.8 に、計算進み例を示す。

本コードは、前計算の計算進み基準となる経過時間“ET” 進み幅“DELTA”を持ち、時計として使用する。

各モジュールの計算は、全モジュールのうち、計算経過時間をもっとも遅れているものから順次進められる。

② 計算進み時間幅

各計算モジュールの時間幅は、1)自動設定、2)入力データのいずれかを選択する。

自動設定の場合、数値計算上の不安定を回避するために、その現象に対応する時定数に対し、計算時間幅を十分小さく（1/3~1/5）する。本コードでは、次のように設定する。

(a) 熱計算

$$C \cdot M \frac{\partial}{\partial T} T = A \cdot U(T-T) - C \cdot G \frac{\partial}{\partial Z} T$$

の基礎式により、タイムステップ  $\tau$  は、

$$\tau \equiv M_{in} \left[ \frac{C \cdot M}{A \cdot U}, \frac{M}{G} \right]$$

(b) 流動計算

$$\frac{L}{g} \frac{\partial}{\partial t} G = \Delta H - f \cdot G^n \equiv \Delta H - (f \cdot G^{n-1}) \cdot G$$

の基礎式より

$$\tau \equiv \frac{L/g}{f \cdot G^{n-1}}$$

(5) プログラムの構造

図 2.2.9 にプログラムの全体構造を、図 2.2.10 に本コードのメインフローチャートを、図 2.2.11 にモジュールのコントロールルーチンのフローチャートを示す。

表 2.2.1 計算モジュール一覧

名 称	機 能	備 考
KN	原子炉核計算	核計算モジュール
RX	原子炉詳細熱計算	熱計算モジュール
HX	中間熱交換器熱計算	
AC	空気冷却器熱計算	
SG	蒸気発生器熱計算	
MN	完全混合, ミキシング・ティ要素熱計算	
LN	冷却系配管要素熱計算	
LS	水・蒸気系配管要素熱計算	
FW	水・蒸気系熱流動計算	熱流動計算モジュール
MD	非圧縮性流体多次元熱流動計算	
FN	非圧縮性流体流動計算	流動計算モジュール
FS	非圧縮性流体流動計算 (分岐・合流なし)	
CR	制御棒の計算	動的機器モジュール
PP	循環ポンプの計算	
VV	各種弁の計算	
CL	制御系の計算	制御系・安全保護系 モジュール
LG	安全保護系の計算	



表 2.2.2 コモン変数規則, サブルーチン規則

サブブルーチン規則

分 類		コモンラベル名 (注1)	入力サブブルーチン名
a	コントロール コモン変数	全計算の コントロール AACn AACIn	AAREAD
b	コントロール コモン変数	プール変数 AAP <AAA>	—
c	モジュールコモン変数 (モジュールXX)	XXMn XXMin <XXA>	XXREAD

(注1) 添字Iは入力データ, nは通し番号, < >はパラメータ指定用のメンバーであることを示す。

サブブルーチン規則

分 類	機 能	呼出し可能 サブブルーチン	使用可能コモン 変数 (注2)	サブブルーチン名	
I	コントロール サブブルーチン	コントロールモ ジュールの計算	I, II, III	a, b	AA****
II	モジュールサ ブルーチン	計算モジュール の計算	II, III (注3)	b, c (注3)	XX**** XXFN** (FUNCTION)
III	エレメントサ ブルーチン	基本的な計算パ ッケージ	III	—	Y**** Z**** (物性値)

(注2) コモン変数規則参照。

(注3) 該当モジュールに属するもののみ。

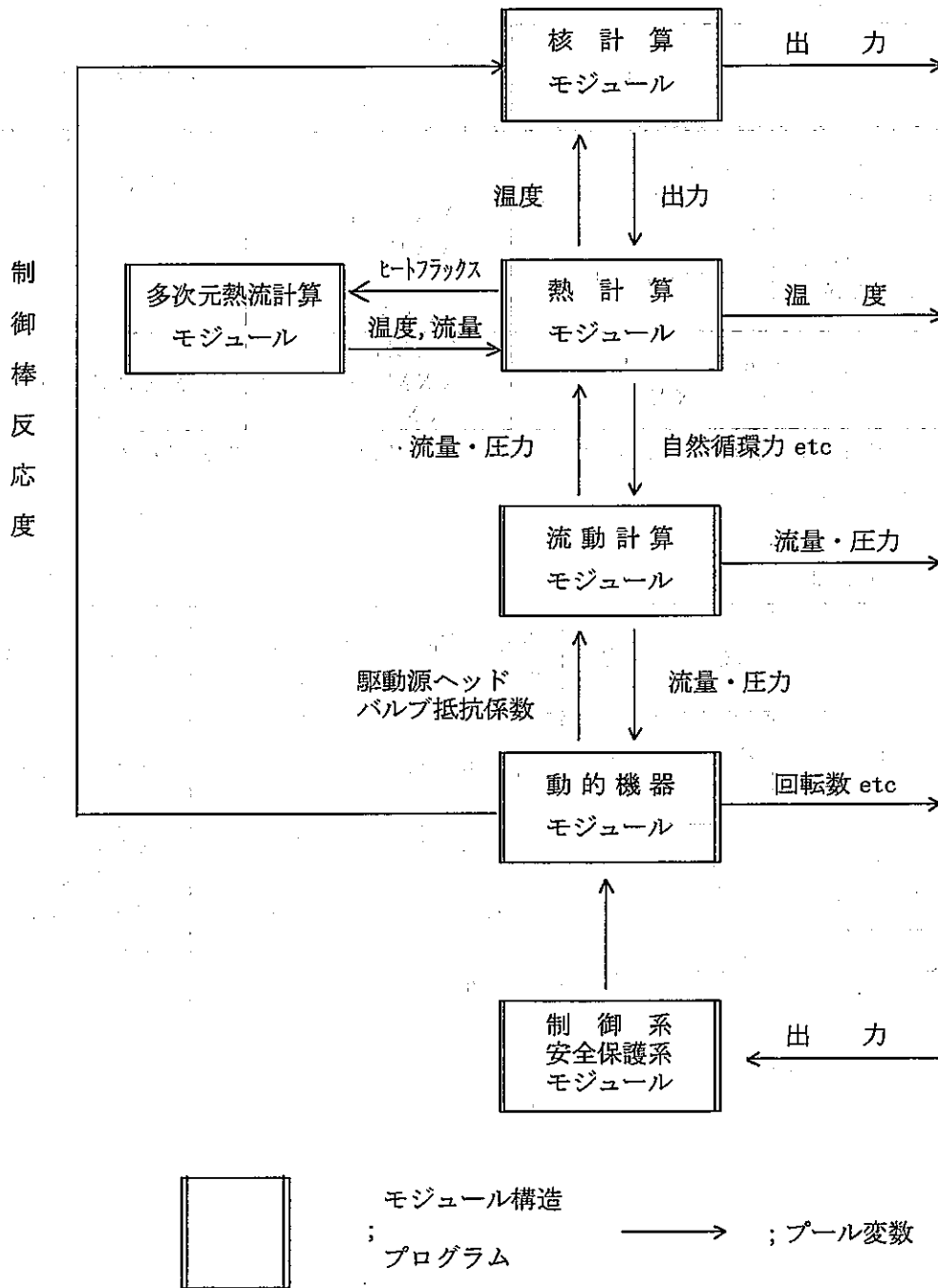
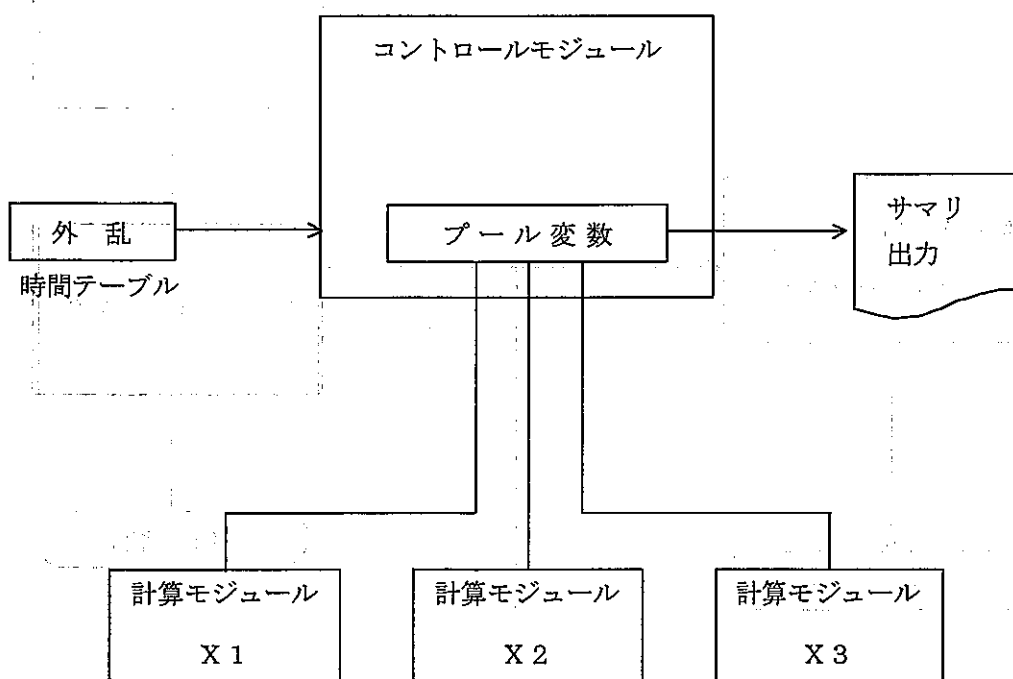
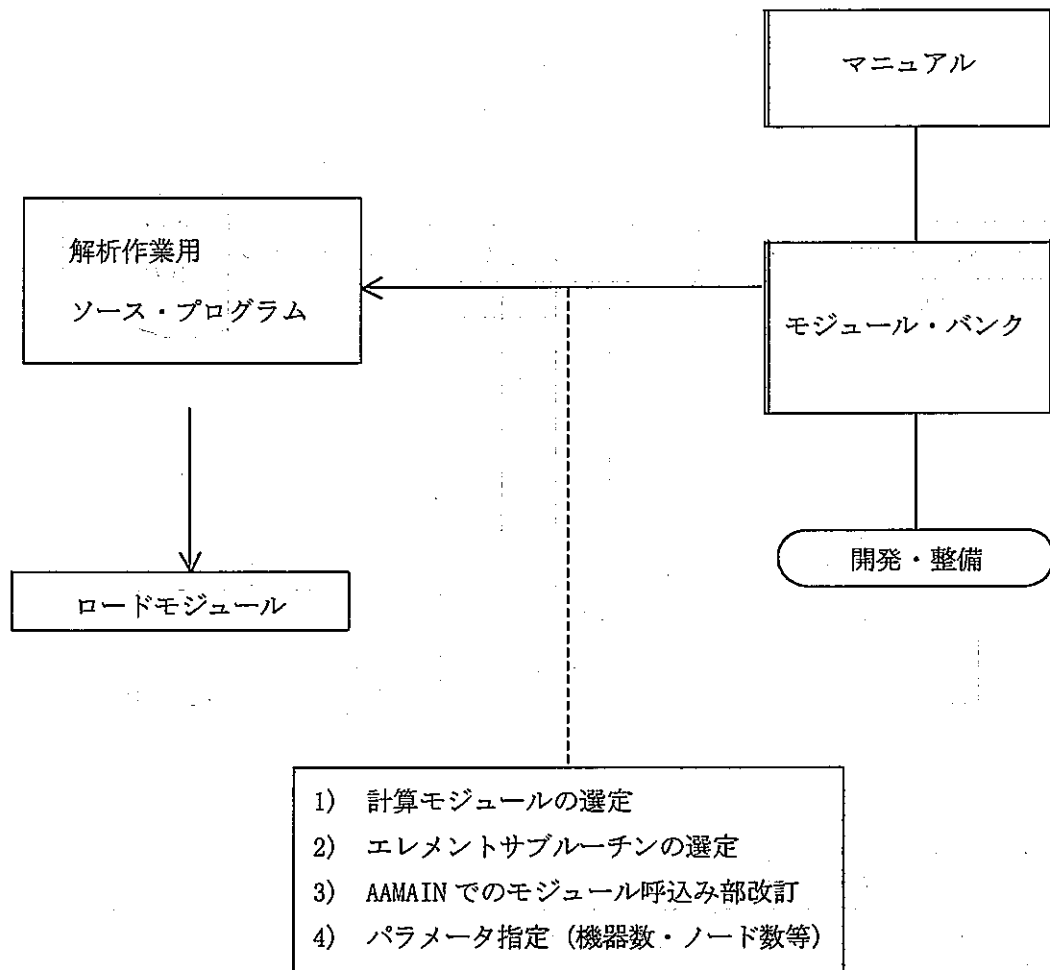


図 2.2.1 モジュール間インターフェイス



プール変数名	意味
TEMP (I)	出力, 温度, 反応度等
FLWN (I, J)	流路網 J, 流路 I の流量
PRSN (I, J)	流路網 J, 圧力ノード I の圧力
PMPN (I, J)	J 番目ポンプ関連 I 番目プロセス量
VLVN (I, J)	J 番目ポンプ関連 I 番目プロセス量

図 2.2.2 コントロールモジュールと計算モジュール



—解析作業—

—開発・整備作業—

図 2.2.3 コードの運用

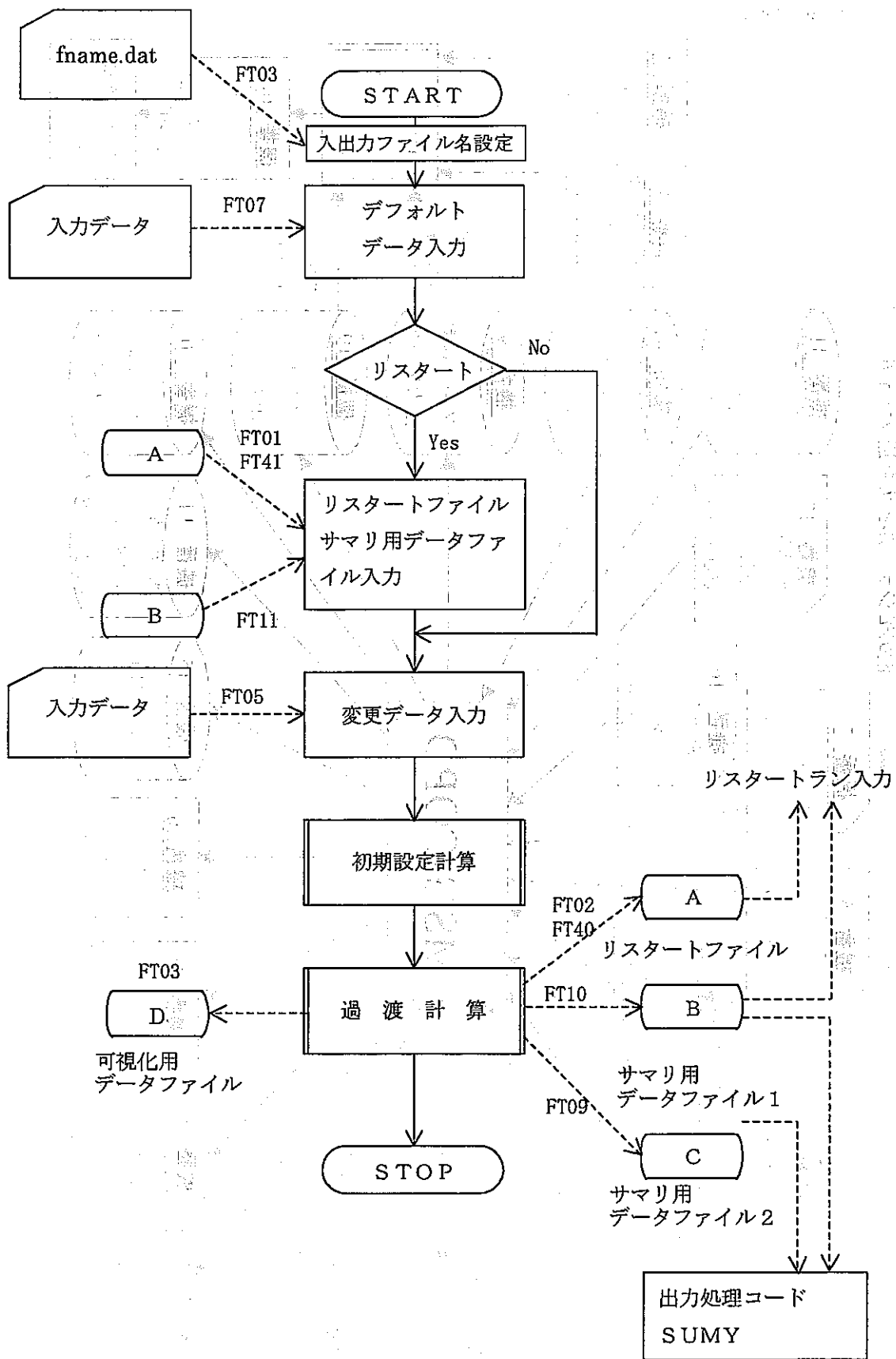


図 2.2.4 計算の流れと入出力

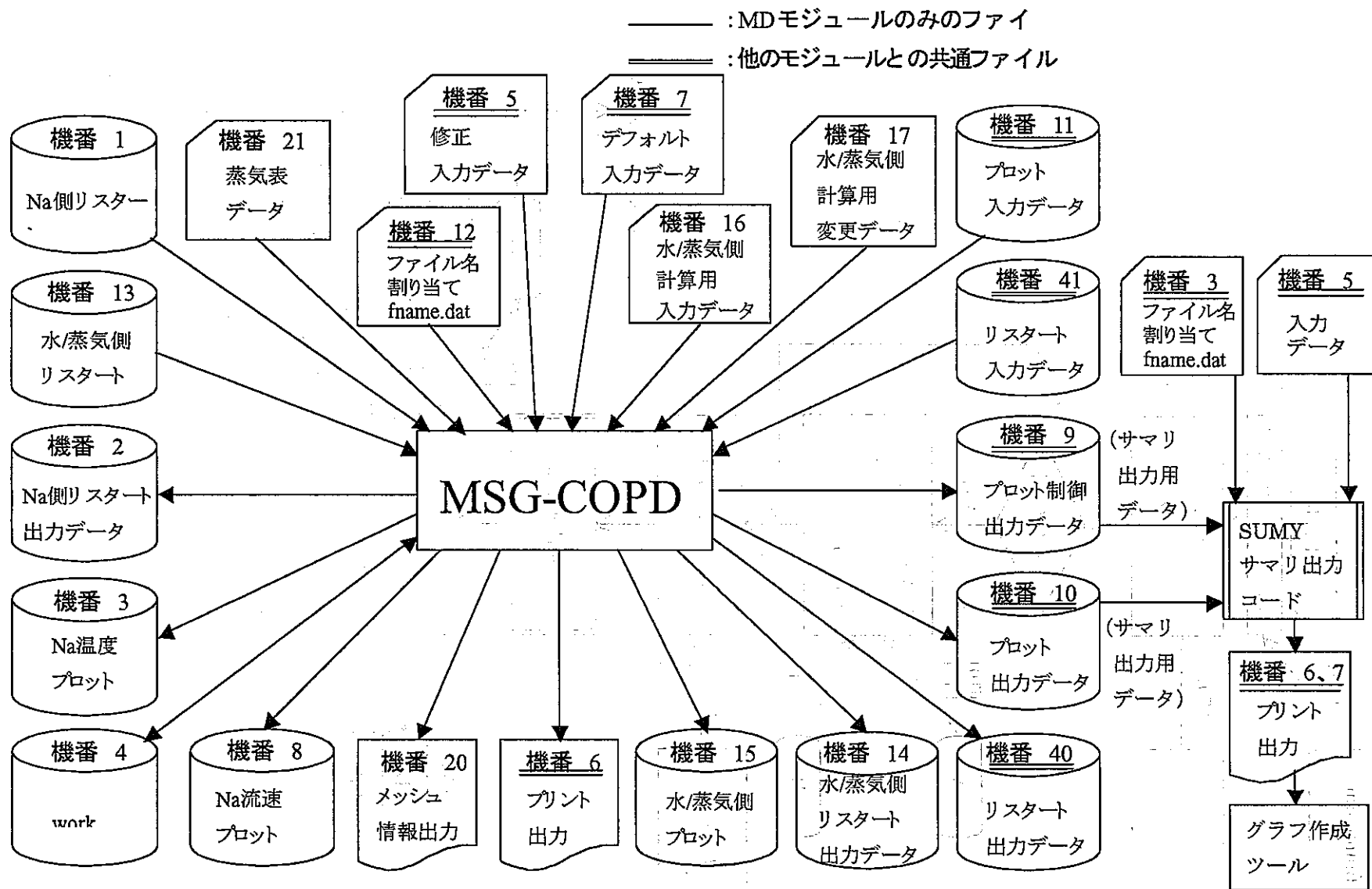
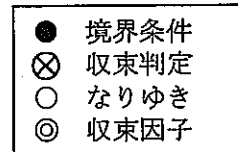
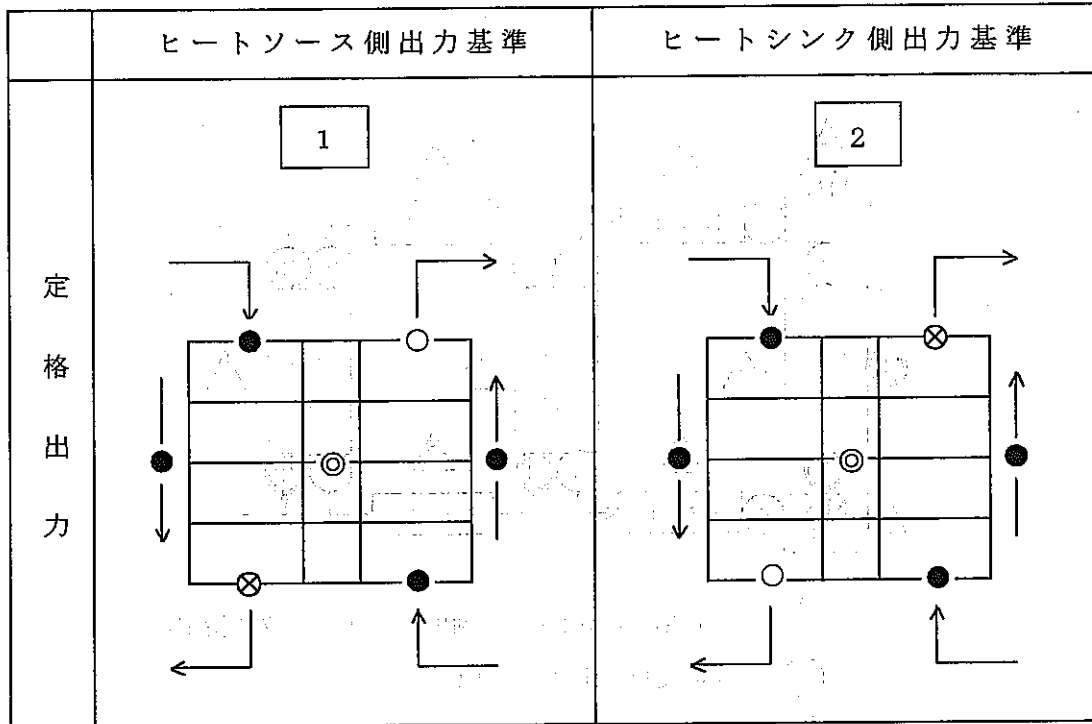
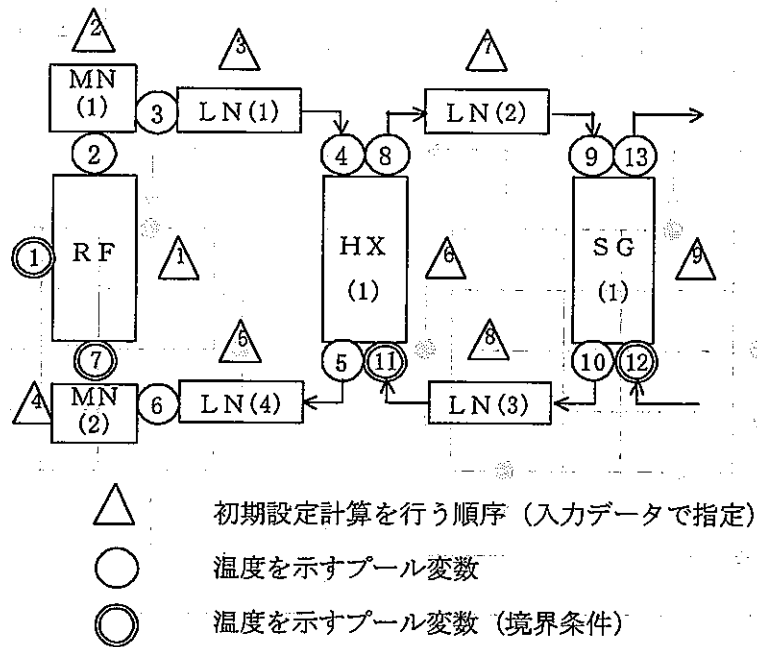


図 2.2.5 入出力処理



収束条件	修正因子
1次側出力を所定の値とする (1次側出口温度を目標の値に一致させる)	1) 伝熱管の汚れ係数 2) 伝熱面積 3) 2次側入口温度 4) 2次側冷却材流量
2次側出力を所定の値とする (2次側出口温度を目標の値に一致させる)	1) 伝熱管の汚れ係数 2) 伝熱面積 3) 1次側入口温度 4) 1次側冷却材流量

図 2.2.6 ヒートバランス設定法



- (1) 原子炉出力 (1) と、原子炉入口温度 (7) を用いて、原子炉ヒートバランス計算を行い、(2) を決める。
- (2) (2) (7) より、MN (1)、LN (1)、MN (2)、LN (4) の初期設定計算を行い (3) (4) (6) (5) を決める。
- (3) (4) (5) (11) を用いてHX (1) のヒートバランス計算を行い、(8) を決める。
- (4) (8) (11) より、LN (2)、LN (3) の初期設定計算を行い、(9) (10) を決める。
- (5) (9) (10) (12) を用いてSG (1) のヒートバランス計算を行い、(13) を決める。

図 2.2.7 熱計算モジュールの初期設定計算例



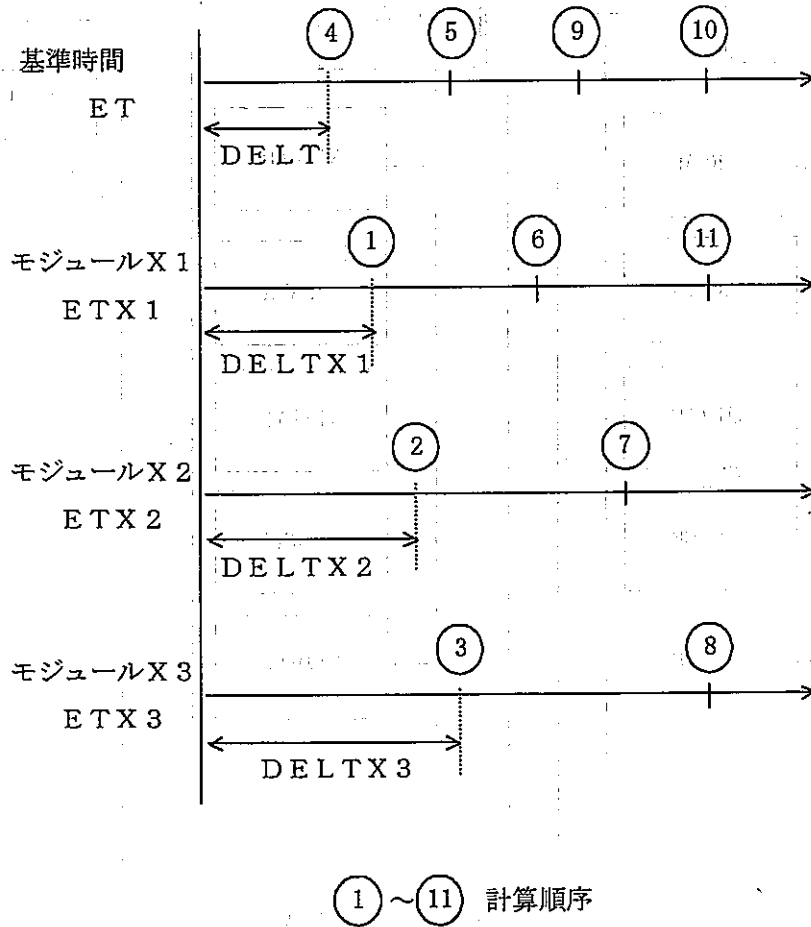


図 2.2.8 計算進みコントロール

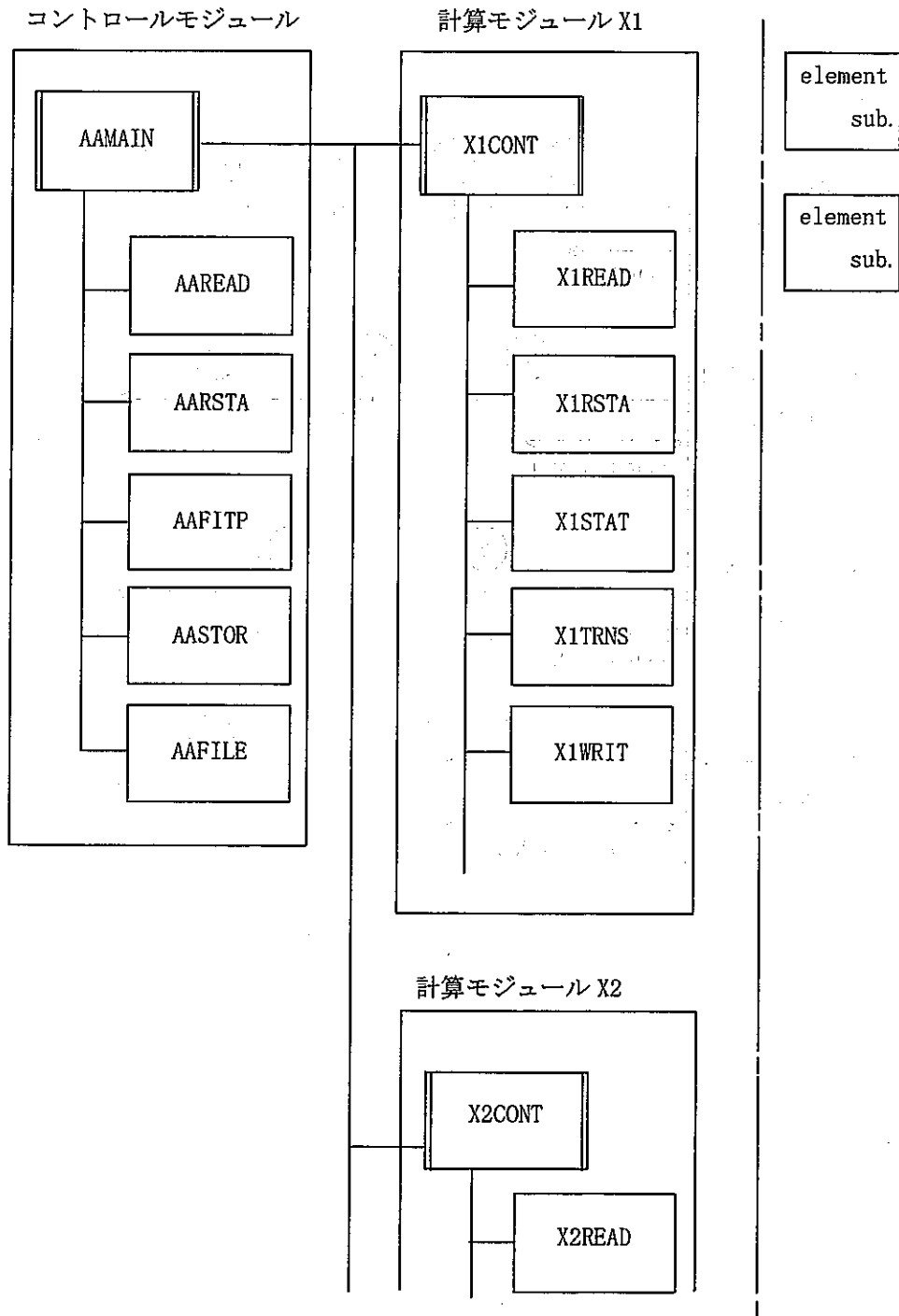


図 2.2.9 プログラムの構造

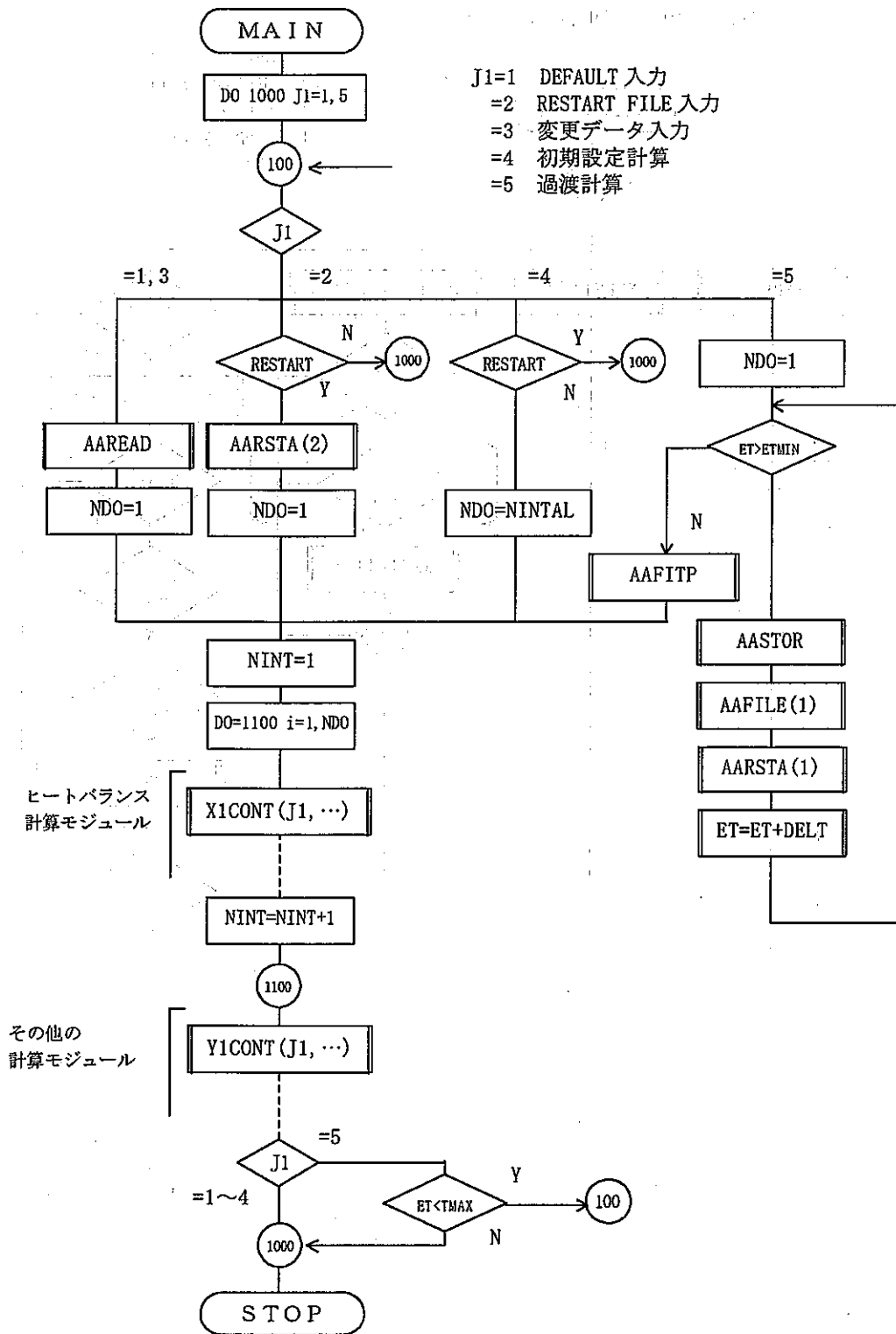
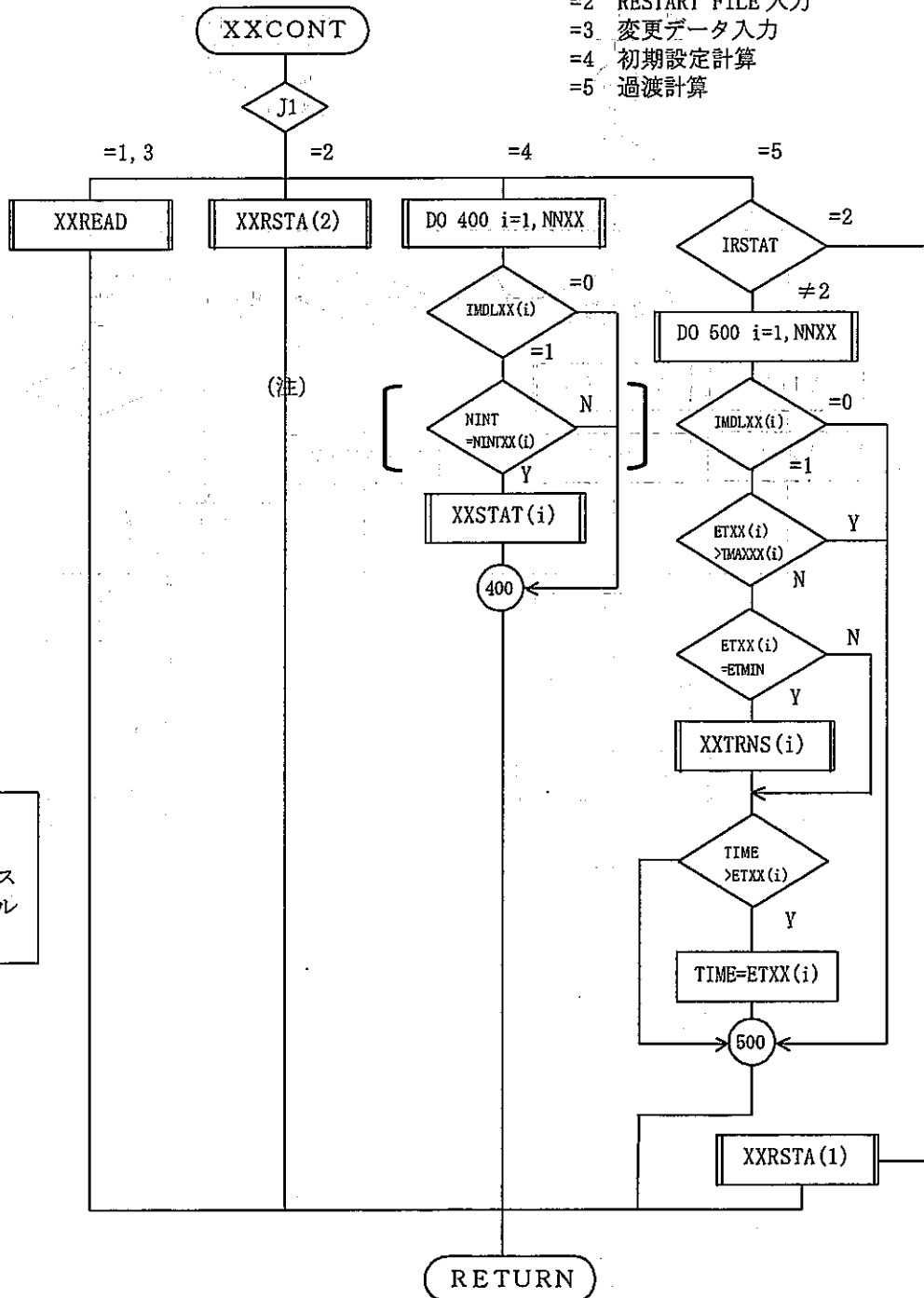


図 2.2.10 MAINフローチャート

XXCONT (J1, MINT, TIME, ETMIN, IRSTAT)

- J1=1 DEFAULT 入力
- =2 RESTART FILE 入力
- =3 変更データ入力
- =4 初期設定計算
- =5 過渡計算



(注)  
[ ] は、  
ヒートバランス  
計算モジュール  
の時入用

図 2.2.11 モジュールコントロールルーチンフローチャート

### 3. モジュール仕様

各計算モジュールの

1. パラメータ変数
2. 入力データ
3. 入力データ作成方法

について示す。

### 3.1 モジュールAA (計算コントロール)

表AA-1 モジュールAAサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
AAMAIN	コード全体のコントロール	CONTROL SUB.
AAREAD	計算コントロールデータ (共通) の入力 プール変数関連データの入力	CONTROL SUB.
AARSTA	コントロールモジュール RESTART FILE の 書出し, 読込み	CONTROL SUB.
AASTOR	サマリ用出力データのストア	CONTROL SUB.
AAFILF	サマリ用出力データの書出し, 読込み	CONTROL SUB.
AAFITP	プール変数への時系列データ, フィッティング入力	CONTROL SUB.
YDISTB	テーブル・データ・フィッティング	ELEMENT SUB.

コントロールモジュール パラメータ変数 (1/1)			
関連サブルーチン			
全サブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
KNTP	プール変数TEMP 最大数	—	
KNFF	プール変数FLWN 流路最大数	—	FLWN(n, m)
KNWF	プール変数FLWN 流路網最大数	—	FLWN(n, m)
KNOP	プール変数PRSN 圧力ノード最大数	—	PRSN(n, m)
KNWP	プール変数PRSN 流路網最大数	—	PRSN(n, m)
KNPM	プール変数PMPN 関連プロセス量最大数	—	PMPN(n, m)
KNNM	プール変数PMPN ポンプ最大数	—	PMPN(n, m)
KNPV	プール変数VLVN 関連プロセス量最大数	—	VLVN(n, m)
KNNV	プール変数VLVN バルブ最大数	—	VLVN(n, m)

## 変数名リスト



コモンブロック名	AACI1		(1/1)
関連サブルーチン			
	モジュールAA	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	AAREAD
		ネームリスト名	NAMAA1
変数名	意味	単位	備考
NINTAL	初期設定計算を行う; 核・熱計算モジュールの総数	—	
IPINIT	コントロールモジュール初期化データの出力 =1; 行う      ≠1; 行わない	—	
DELT	基準計算進み時間幅	sec	
TMAX	計算終了時間	sec	
OUTTIM (i)	サマリデータ出力間隔調整用係数	sec	
OUTDEL (i)	サマリデータ出力間隔調整用係数 ET>OUTTIM(i)の時出力間隔 OUTDEL(i)	sec	
NUMREC	サマリデータ出力レコードの1ブロック当たりの長さ	—	max. 25
IORSTA	リスタートオプション =1; リスタートファイル入力      ≤0; リスタートファイルなし	—	
RSTART	リスタート開始時間	sec	
RSTIM (i)	リスタート出力間隔調整用係数	sec	
RSTDEL (i)	リスタート出力間隔調整用係数 ET>RSTIM(i)の時出力間隔 RSTDEL(i)	sec	
	i = 5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	AACI2 (1/5)		
関連サブルーチン			
	モジュールAA モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	AAREAD
		ネームリスト名	NAMAA2
変数名	意味	単位	備考
NTEMP	プール変数 TEMP へのフィッティング入力 フィッティングするプール変数の数 (max. 20)	—	
NTMP (i)	プール変数 TEMP へのフィッティング入力 プール変数番号	—	
ITMAX (i)	プール変数 TEMP へのフィッティング入力 フィッティングデータ個数 (max. 1500)	—	
XTEMP (j, i)	プール変数 TEMP へのフィッティング入力 時間データ	sec	
YTEMP (j, i)	プール変数 TEMP へのフィッティング入力 プール変数 "TEMP" データ	—	
TGAIN (i)	プール変数 TEMP へのフィッティング入力 ゲイン	—	通常 1.0
ITST (i)	プール変数 TEMP へのフィッティング入力 —	—	通常 2
TIMTMP (k, i)	プール変数 TEMP へのフィッティング入力 データ間隔時間入力 ET>TIMTMP(k, i)の時 データ間隔時間=DELTMP(k, i)	sec	XTEMP を使用 しない時 (XTEMP(2, i) =0の時)
DELTMP (k, i)		sec	
	i = 20, j = 1500, k = 5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	AACI2 (2/5)		
関連サブルーチン			
	モジュールAA モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	AAREAD
		ネームリスト名	NAMAA2
変数名	意味	単位	備考
NFLWN	プール変数 FLWN へのフィッティング入力 フィッティングするプール変数の数 (max. 10)	—	
NFNNET (i)	プール変数 FLWN へのフィッティング入力 流路網番号	—	
NFNPAS (i)	プール変数 FLWN へのフィッティング入力 流路番号	—	
IFNMAX (i)	プール変数 FLWN へのフィッティング入力 フィッティングデータ個数 (max. 1500)	—	
XFLWN (j, i)	プール変数 FLWN へのフィッティング入力 時間データ	sec	
YFLWN (j, i)	プール変数 FLWN へのフィッティング入力 プール変数 "FLWN" データ	kg sec	
FNGAIN (i)	プール変数 FLWN へのフィッティング入力 ゲイン	—	通常 1.0
IFNST (i)	プール変数 FLWN へのフィッティング入力 —	—	通常 2
TIMFLW (k, i)	プール変数 FLWN へのフィッティング入力 データ間隔時間入力 ET>TIMFLW(k, i)の時 データ間隔時間=DELFLW(k, i)	sec	XFLWN を使用 しない時 (XFLWN(2, i) =0の時)
DELFLW (k, i)		sec	
	i = 10, j = 1500, k = 5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	AAC I 2 (3/5)		
関連サブルーチン			
	モジュールAA モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	AAREAD
		ネームリスト名	NAMAA2
変数名	意味	単位	備考
NPRSN	プール変数 PRSN へのフィッティング入力 フィッティングするプール変数の数 (max. 10)	—	
NPNNET (i)	プール変数 PRSN へのフィッティング入力 流路網番号	—	
NPNNOD (i)	プール変数 PRSN へのフィッティング入力 圧力ノード番号	—	
IPNMAX (i)	プール変数 PRSN へのフィッティング入力 フィッティングデータ個数 (max. 1500)	—	
XPRSN (j, i)	プール変数 PRSN へのフィッティング入力 時間データ	sec	
YPRSN (j, i)	プール変数 PRSN へのフィッティング入力 プール変数 "PRSN" データ	$\frac{kg}{m^2}$	
PNGAIN (i)	プール変数 PRSN へのフィッティング入力 ゲイン	—	通常 1.0
IPNST (i)	プール変数 PRSN へのフィッティング入力 —	—	通常 2
TIMPRS (k, i)	プール変数 PRSN へのフィッティング入力 データ間隔時間入力 ET>TIMPRS (k, i) の時 データ間隔時間=DELPRS (k, i)	sec	XPRSN を使用しない時 (XPRSN (2, i) = 0 の時)
DELPRS (k, i)		sec	
	i = 10, j = 1500, k = 5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	AAC I 2 (4/5)		
関連サブルーチン			
	モジュールAA モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	AAREAD
		ネームリスト名	NAMAA2
変数名	意味	単位	備考
NPMPN	プール変数 PMPN へのフィッティング入力 フィッティングするプール変数の数 (max. 10)	—	
NHNMP (i)	プール変数 PMPN へのフィッティング入力 ポンプ番号	—	
NHNNUM (i)	プール変数 PMPN へのフィッティング入力 プロセス量番号	—	
IHNMAX (i)	プール変数 PMPN へのフィッティング入力 フィッティングデータ個数 (max. 1500)	—	
XPMPN (j, i)	プール変数 PMPN へのフィッティング入力 時間データ	sec	
YPMPN (j, i)	プール変数 PMPN へのフィッティング入力 プール変数 "PMPN" データ	—	
HNGAIN (i)	プール変数 PMPN へのフィッティング入力 ゲイン	—	通常 1.0
IHNST (i)	プール変数 PMPN へのフィッティング入力 —	—	通常 2
TIMPMP (k, i)	プール変数 PMPN へのフィッティング入力 データ間隔時間入力 ET>TIMPMP (k, i) の時 データ間隔時間=DELPMP (k, i)	sec	XPMPN を使用しない時 (XPMPN(2, i) =0 の時)
DELPMP (k, i)		sec	
	i =10, j =1500, k =5		

変数名リスト

コモンブロック名	AAC I 2 (5/5)		
関連サブルーチン	モジュールAA モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	AAREAD	
	ネームリスト名	NMAA2	
変 数 名	意 味	単 位	備 考
NV L V N	プール変数 VLVN へのフィッティング入力 フィッティングするプール変数の数 (max. 10)	—	
NV N V L V (i)	プール変数 VLVN へのフィッティング入力 バルブ番号	—	
NV N N U M (i)	プール変数 VLVN へのフィッティング入力 プロセス量番号	—	
I V N M A X (i)	プール変数 VLVN へのフィッティング入力 フィッティングデータ個数 (max. 1500)	—	
X V L V N (j, i)	プール変数 VLVN へのフィッティング入力 時間データ	sec	
Y V L V N (j, i)	プール変数 VLVN へのフィッティング入力 プール変数 “VLVN” データ		
V N G A I N (i)	プール変数 VLVN へのフィッティング入力 ゲイン	—	通常 1.0
I V N S T (i)	プール変数 VLVN へのフィッティング入力 —	—	通常 2
T I M V L V (k, i)	プール変数 VLVN へのフィッティング入力 データ間隔時間入力 ET>TIMVLV(k, i)の時 データ間隔時間=DELVLV(k, i)	sec	XVLVNを使用し ない時 (XVLVN(2, i)= 0の時)
D E L V L V (k, i)		sec	
	i = 10, j = 1500, k = 5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	AACI3 (1/3)		
関連サブルーチン	モジュールAA モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	AAREAD	
	ネームリスト名	NAMAA2	
変数名	意味	単位	備考
NOTEMP	サリ出力用プール変数 TEMP データの 頁数 (max. 200)	—	
NPTEMP (i)	サリ出力用プール変数 TEMP データの i 頁目に出力するデータ数 (max. 10)	—	
NQTEMP (j, i)	サリ出力用プール変数 TEMP データの i 頁目に出力する j 番目データプール変数番号	—	TEMP (m)
TMPNOM (j, i)	頁 i, j 番目データのノーマライズ値 $TEMP = \frac{TEMP}{TMPNOM} * 100$	—	Default =100
NOFLWN	サリ出力用プール変数 FLWN データの 頁数 (max. 100)	—	
NPFLWN (k)	サリ出力用プール変数 FLWN データの i 頁目に出力するデータ数 (max. 10)	—	
NQFLWN (j, k)	サリ出力用プール変数 FLWN データの i 頁目に出力する j 番目データ流路網番号	—	FLWN (n, m)
NRFLWN (j, k)	サリ出力用プール変数 FLWN データの i 頁目に出力する j 番目データ流路番号	—	FLWN (n, m)
WNOMFN (k)	頁 i の流量ノーマライズ値 $FLWN = \frac{FLWN}{WNOMFN} * 100$	$\frac{kg}{sec}$	default =100
	i = 200, k = 100, j = 10		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	AACI3 (2/3)		
関連サブルーチン			
	モジュールAA モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	AAREAD
		ネームリスト名	NAMAA2
変数名	意味	単位	備考
NOPRSN	やり出力用プール変数 PRSN データ7 頁数 (max. 50)	—	
NPPRSN (i)	やり出力用プール変数 PRSN データ7 i 頁目に出力するデータ数 (max. 10)	—	
NQPRSN (j, i)	やり出力用プール変数 PRSN データ7 i 頁目に出力する j 番目データ流路網番号	—	PRSN(n, m)
NRPRSN (j, i)	やり出力用プール変数 PRSN データ7 i 頁目に出力する j 番目データ圧力ノード番号	—	PRSN(n, m)
NOPMPN	やり出力用プール変数 PMPN データ7 頁数 (max. 20)	—	
NPPMPN (k)	やり出力用プール変数 PMPN データ7 i 頁目に出力するデータ数 (max. 10)	—	
NQPMPN (j, k)	やり出力用プール変数 PMPN データ7 i 頁目に出力する j 番目データポンプ番号	—	PMPN(n, m)
NRPMPN (j, k)	やり出力用プール変数 PMPN データ7 i 頁目に出力する j 番目データプロセス量番号	—	PMPN(n, m)
	i = 50, k = 20, j = 10		

変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	AAC1 (1/1)		
関連サブルーチン	モジュールAA モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
ET	基準計算経過時間	sec	
YTIME	サマリ用データ出力時間	sec	
ICOUNT	ストア回数のカウント・データがファイルに書出されるとICOUNT=0にもどる	—	
JTOTAL	ストア回数の積算	—	
JBLOCK	データをファイルに書出した回数の積算	—	
ETMIN	次ステップの計算時間	sec	
RTIME	ストア回数の計算	sec	

変数名リスト

コモンブロック名	AAC2			(1/1)
関連サブルーチン	モジュールAA モジュールサブルーチン			
変数名	意	味	単 位	備 考
T TIME (i t)	サマリ出力用途中変数	時 間	sec	
T TEMP (i t, j, i)	サマリ出力用途中変数	プール変数TEMPに対応	—	
T FLWN (i t, j, k)	サマリ出力用途中変数	プール変数FLWNに対応	—	
T PRSN (i t, j, l)	サマリ出力用途中変数	プール変数PRSNに対応	—	
T PMPN (i t, j, m)	サマリ出力用途中変数	プール変数PNPNに対応	—	
T VLVN (i t, j, n)	サマリ出力用途中変数	プール変数VLVNに対応	—	
	it=50, i=200, j=10, k=100,			
	l=50, m=20, n=50,			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	AAP1 (1/2)		
関連サブルーチン	全サブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
TEMP (i)	プール変数 (出力, 温度, 反応度など)	—	
	i = KNT P		
FLWN (i, j)	プール変数 (流路網 j, 流路 i の流量)	kg/sec	
	i = KNFF, j = KNWF		
PRSN (i, j)	プール変数 (流路網 j 圧力ノード i の圧力)	kg/m <sup>2</sup>	
	i = KNOP, j = KNWP		

変 数 名 リ ス ト



AA-1		入力サブルーチン	各モジュール入力パラメータ	
関連モジュール	一般	変数名	——	
意味	タイムメッシュの設定方法(1/8)		単位	——
<p>各計算モジュールの過渡計算におけるタイムメッシュを設定する際には、次の2つの事柄を考慮する必要がある。</p> <p>(1) 当該計算モジュールが安定であること。</p> <p>(2) 他の計算モジュールの不安定化を引き起こさないこと。</p> <p>以下、(1)、(2)について説明する。</p> <p>なお、タイムメッシュの設定には、コード内自動設定と入力データによる設定を選択できる。</p> <p><u>(1) 当該計算モジュールの安定性</u></p> <p>数値計算上の不安定を回避するためには、その現象（基礎式）に対応する時定数に対して、タイムメッシュを十分に小さくしておけば良い。本コードでは、基本的には次のような考え方に基づいてタイムメッシュを設定している。</p>				

AA-2		入力サブルーチン	核計算モジュール入力サブルーチン	
関連モジュール	核計算モジュール	変数名	——	
意味	タイムメッシュの設定方法について(2/8)		単位	——
<p>核計算モジュール</p> <p>核計算モジュール (KN) には、タイムメッシュを自動設定する機能はなく、経験的に定めている (通常 0.01sec 程度)。但し、即発跳躍近似を用いる場合、核動特性方程式において次の条件が成立している必要があり、注意を要する。</p> $\frac{dN}{dt} \ll \frac{\delta\rho - \sum\beta_m}{\ell}$ <p>ここで、N : 中性子束  <math>\delta\rho</math> : 反応度  <math>\ell</math> : 遅発中性子生成時間  <math>\beta_m</math> : 第m種遅発中性子生成割合</p>				

AA-3		入力サブルーチン	熱計算モジュール入力サブルーチン
関連モジュール	熱計算モジュール	変数名	—
意味	タイムメッシュの設定方法について(3/8)	単位	—
<p>熱計算モジュール</p> $CM \frac{\partial}{\partial t} T = UA \Delta T - CG \frac{\partial}{\partial Z} T$ <p>ここで、T : 温度  G : 流量  A : 伝面密度  U : 熱伝達率  M : 重量密度  C : 比熱</p> <p>この基礎方程式に対する時定数は、<math>CM/UA</math>、及び、<math>M/G</math>である。タイムメッシュは、<math>CM/AU</math>、及び<math>M/G</math>をコード中で全てのノードについて計算してその最小値を求め、その最小値に適切な値（通常0.2程度）を乗じて自動設定する。</p> <p>尚、モジュールLNのむだ時間計算（<math>IOPIL=2</math>）、モジュールMNにおけるミキシング・ティの計算（<math>IOPIL \neq 1</math>）は、この限りではなく、前者ではタイムメッシュを配管の全イベントリと流量から求められる通過時間以下とすれば良く、後者では、もともと計算の不安定要素がないのでタイムメッシュに対する制限もない。</p>			





AA-5		入力サブルーチン	動的機器モジュール入力サブルーチン	
関連モジュール	動的機器モジュール	変数名	——	
意味	タイムメッシュの設定方法について(5/8)	単位	——	
<p>動的機器モジュール</p> <p>次の場合を除いて、特にタイムメッシュに対する制約はない。</p> <p>1) モジュールPP</p> <p>角運動量保存則を解いてポンプの回転数を求める場合 (I OPT 1 = 1) タイムメッシュはポンプの応答時定数 (下記) よりも十分小さな値に設定しなければならない。</p> $\tau = \frac{4\Delta H_0 G_0}{\eta \rho N_0^2 GD^2}$ <p>ここで、<math>\tau</math> : ポンプの応答時定数</p> <p><math>\Delta H_0</math> : 定格ヘッド</p> <p><math>G_0</math> : 定格流量</p> <p><math>N_0</math> : 定格回転数</p> <p><math>\overline{GD^2}</math> : 慣性能率</p> <p><math>\eta</math> : ポンプ効率</p> <p><math>\rho</math> : 流体密度</p> <p>2) モジュールVV</p> <p>バルブの動作特性に1次おくれが含まれる場合、タイムメッシュはその時定数よりも十分小さな値に設定しなければならない。</p>				

AA-6		入力サブルーチン	制御系, 安全保護系入力ルーチン	
関連モジュール	制御系・安全保護系モジュール	変数名	——	
意味	タイムメッシュの設定方法について(6/8)	単位	——	
<p>制御系・安全保護系モジュール</p> <p>システムの中に、1次おくれ計算、積分計算が含まれる場合、タイムメッシュはそれらの時定数よりも十分小さな値に設定しなければならない。</p>				

入力データ説明書

AA-7		入力サブルーチン	各モジュール入力バルブ
関連モジュール	一般	変数名	—
意味	タイムメッシュの設定方法について(7/8)		単位 —
<p><b>(2) 他の計算モジュールの安定性に及ぼす影響</b></p> <p>(1)で述べた計算モジュールの安定性は、不安定現象を発生させないための必要条件であって、いくつかのモジュールを組み合わせて計算を行うと、個々のモジュールは安定に計算できても、全体として不安定化を起すことがある。</p> <p>ex1. モジュールFN又はFWとVVを組合せ、バルブを含む流路網の解析を行う場合、モジュールFNに対してモジュールVVのタイムメッシュを大きくとりすぎると、バルブ自体は安定に計算できても、モジュールFN、FWの入力となるバルブの抵抗係数が急激に変化し、流動計算(FN、FW)が不安定化することがある。</p> <p>ex2. バルブがON-OFF制御弁の場合は、制御系モジュールと共に十分小さな値(0.01sec程度)に設定する必要がある。</p> <p>ex3. 水蒸気熱流動計算モジュールFWは不安定になりやすいため十分小さな値(0.05以下)に設定する必要がある、それに接続するモジュール(SG、VV、CL、PP等)も結びつきを考慮したタイムメッシュに設定する必要がある。</p> <p>従って、実際の解析では、モジュール間の結びつきに十分注意し、タイムメッシュを設定する必要がある。これはある程度ケースバイケースで決めてゆく以外適切な方法はないが、次頁にFBRループ炉全系を対象とした場合の例を挙げておく。この場合比較的時定数が小さく、不安定化を起し易いのは、核、及び水・蒸気流動計算であり、モジュール間の結び着きの強弱を考慮して、他のモジュールのタイムメッシュを決めている。</p>			

AA-8		入力サブルーチン	各モジュール入力サブルーチン
関連モジュール	一般	変数名	—
意味	タイムメッシュの設定方法について(8/8)		単位 —

$\tau$  : 応答時定数

$\Delta t$  : タイムメッシュ

水蒸気系モジュールは  $\tau$  小のため  $\Delta t = 0.01 \sim 0.05$

入力データ説明書

AA-9		入力サブルーチン	熱計算モジュール入力サブルーチン	
関連モジュール	熱計算モジュール	変数名	—	
意味	ヌセルト数の最大値, 最小値について		単位	—
<p>本コードの熱計算モジュールには、伝熱式から熱伝達率を求める際、ヌセルト数の最大値、最小値を設定できる機能がある。以下モジュールLNを例として説明する。(他のモジュールについても同様)</p> <p>モジュールLNのナトリウムと側容量間の伝熱式は、</p> $Nu = A + B \cdot RE^C \cdot Pr^D$ <p>で与えられる。ここで <math>A=0</math>, <math>B=0.023</math>, <math>C=D=0.4</math> (Dittus-Boelterの式) とした場合、流量が低下した場合のヌセルト数の値が <math>Nu \sim 0</math> となる。しかし、実際には流量ゼロでも熱伝導相当の熱伝達は存在するので、便宜的な処置としてヌセルト数の下限値 (AMIN1L) を入力する。この場合、ヌセルト数の計算値は次のようになる。</p>				
<p>尚、この機能を働かせないようにするためには、</p> $AMIN1L = 0.0$ $AMAX1L = \infty$ <p>と入力すれば良い。</p>				

入力データ説明書

AA-10		入力サブルーチン	熱計算モジュール入力サブルーチン
関連モジュール	熱計算モジュール	変数名	—
意味	熱交換器の差分パラメータ (1/2)	単位	—

本コードの熱計算モジュール（熱交換器）の基礎方程式（流体）は以下の通りである。

$$CM = \frac{\partial}{\partial t} T = -CG \frac{\partial}{\partial Z} T - UA (T - T')$$

ここで、T : 温度

G : 流量

A : 伝面密度

U : 熱伝達率

M : 重量密度

C : 比熱

この基礎式は、次の様に差分化される。

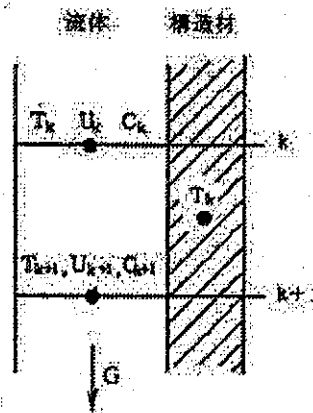
$$\begin{aligned} \frac{M\Delta Z}{2\Delta t} & [ (1 + \beta) C_{k+1} (T(k+1, j+1) - T(k+1, j)) \\ & + (1 - \beta) C_k (T(k, j+1) - T(k+1, j)) ] \\ & = -G (C_{k+1} T(k+1, j+1) - C_k T(k, j+1)) \\ & + 0.5 ((1 + \alpha) U_{k+1} + (1 - \alpha) U_k) A\Delta Z \\ & * [ T'(k, j) - 0.5 ((1 + \alpha) T(k+1, j+1) + (1 - \alpha) T_s(k, j+1)) ] \end{aligned}$$

ここで、添字 k, j はそれぞれ

空間、及び時間メッシュを示し、

$\alpha, \beta$  は、差分パラメータを示す。

(右図参照)



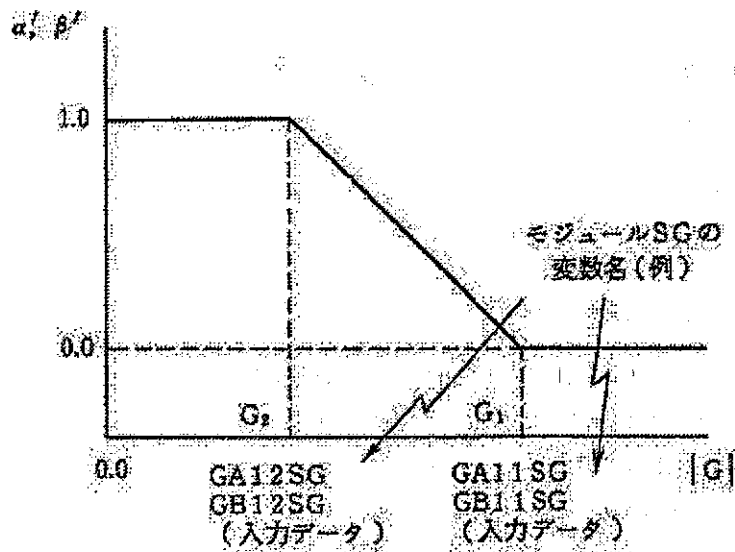
AA-11		入力サブルーチン	熱計算モジュール入力サブルーチン
関連モジュール	熱計算モジュール	変数名	—
意味	熱交換器の差分パラメータ (2/2)	単 位	—

差分パラメータ  $\alpha$ ,  $\beta$  は次の様に定義される。

$$\alpha = \text{sign}(G) \alpha'$$

$$\beta = \text{sign}(G) \beta'$$

$\alpha'$ ,  $\beta'$  は入力データにより, 下記の如く, 0 から 1 の値となる。

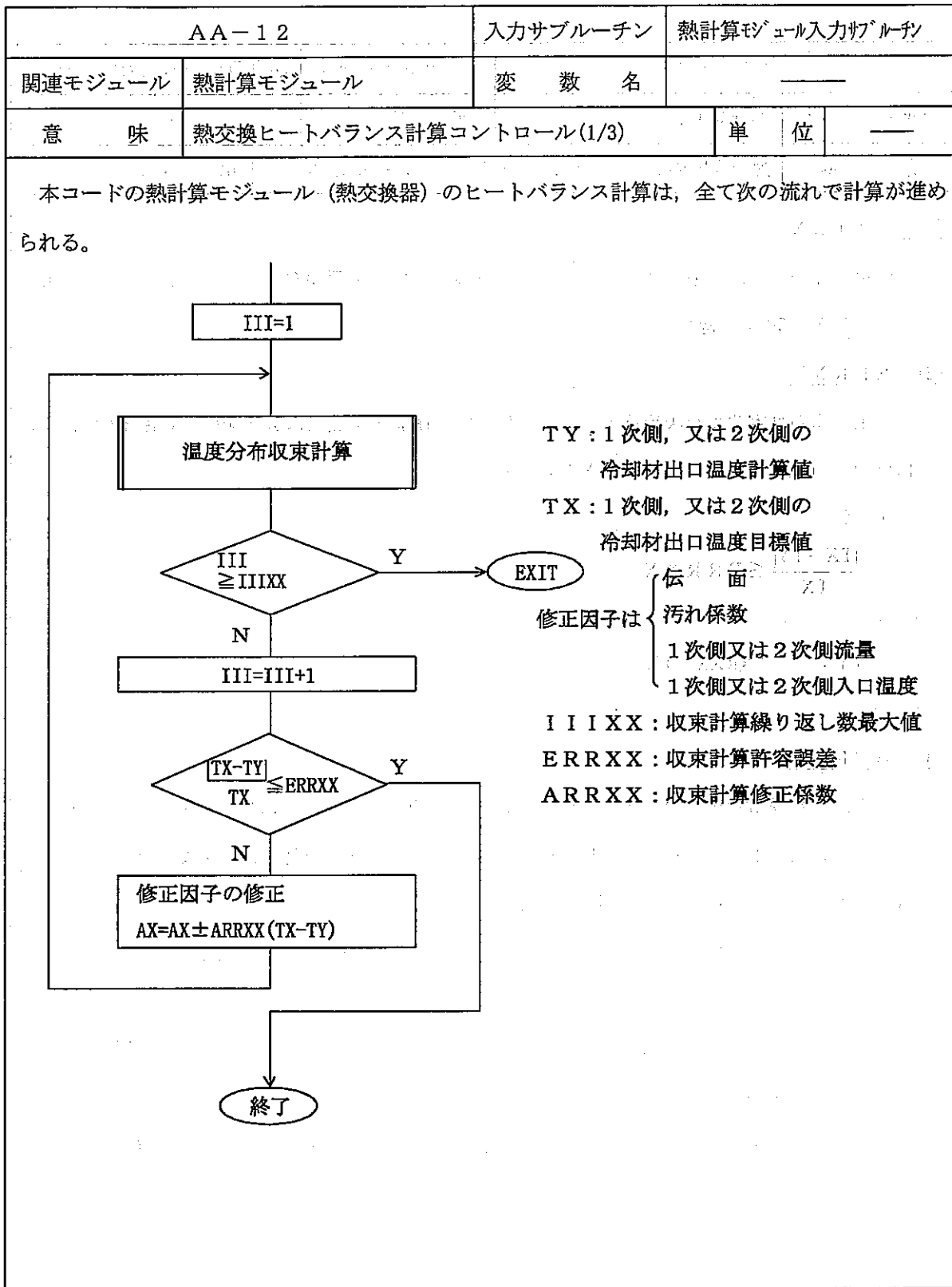


従って, 流量高  $|G| \geq G_1 \rightarrow \alpha' = \beta' = 0.0 \rightarrow$  中心代表差分

流量低  $|G| \geq G_2 \rightarrow \alpha' = \beta' = 1.0 \rightarrow$  出口代表差分

となる。これは, 冷却材の流量が低となった時, 数値計算上の不安定 (逆応答) が発生するのを防ぐための処置であり, 通常  $G_1$  として冷却材の定格流量の 30% 程度,  $G_2$  として 10% 程度の値を入力しておけば良い。(他のモジュールも同様)





入 力 デ ー タ 説 明 書

AA-13		入力サブルーチン	熱計算モジュール入力サブルーチン
関連モジュール	熱計算モジュール	変数名	—
意味	熱交換器のヒートバランス計算コントロール(2/3)	単 位	—
<p>(1) <u>IIIXX</u></p> <p>収束計算のくり返し最大数であるが、収束計算は必ずしも無事終了するとは限らないため、IIIXX=50位が適当。</p> <p>(2) <u>ERRXX</u></p> <p>収束計算の許容誤差を決めるデータであり、熱交換器1次側又は2次側の出口温度の誤差は、ほぼ(出口温度目標値)×ERRXX以下となる。</p> <p>すなわち、</p> $\frac{ TX - TY }{TX} \leq ERRXX$ <p>より、</p> $TY \leq TX - ERRXX \cdot TX$ <p>となる。</p> <p>(3) <u>ARRXX</u></p> <p>伝面、汚れ係数などの修正因子の修正時にかかる重みである。一般に、ARRXXが小さすぎると1次又は2次出口温度が目標値に達するまでに膨大なくり返し計算回数を要旨、逆にARRXXが大きすぎると計算が発散する。</p> <p>ARRXXの最適値はケースバイケースであるため、次のような流れで計算を進める必要がある。</p> <p>1) ARRXX=0.0, ERRXX=∞, IIIXX~5としてヒートバランス計算を行う。</p> <p>この時、初期設定計算の出力オプション(モジュールSGの場合IPSTSG=2)としておく。ARRXX=0.0のため、当然伝面等の修正は行われませんが、修正因子を修正しない場合の温度分布、即ち、1次側又は2次側の出口温度(TY)がわかる。</p>			

AA-14		入力サブルーチン	熱計算モジュール入力サブルーチン	
関連モジュール	熱計算モジュール	変数名	——	
意味	熱交換器ヒートバランス計算コントロール(3/3)		単位	——
<p>2) TY, 及び目標値TXをもとに次の式によりARRXXの値を決める。即ち, 一回目の修正因子の修正の際, 修正巾が, 修正因子の初期値 (AX) の5~10%程度となるようにする。</p> $0.05 \leq \frac{ARRXX \cdot  TX - TY }{AX} \leq 0.1$ <p>3) ARRXXの値を, 上記2)で決めた値に変更し, IIIIXX~50, ERRXX~1.0×10<sup>-4</sup>として再度ヒートバランス計算を行い, 修正因子の収束を確認する。これで収束しない場合は適宜ARRXXの値を変え, 再度トライする。</p> <p>4) 修正因子の収束を確認したら, 修正因子の入力データを変更する。これ以後は, 収束計算を行う必要はないので, ARRXX=0.0, ERRXX~∞としておく。</p>				

入力データ説明書

### 3.2 モジュール A C (空気冷却器熱計算)

モジュールAC

## 1 機能

空気冷却器 (A/C) 熱計算。対象とするA/Cは、管内流体、管外流体空気の向流型熱交換器。

## 2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
管内流体入口温度	TEMP	管内流体出口温度	TEMP
空気入口温度	TEMP	空気伝熱部出口温度	TEMP
管内流体流量	FLWN	空気出口ダクト外部出口温度	TEMP
空気流量	TEMP	管内流体側自然循環力	TEMP
		空気側自然循環力	TEMP
		管内流体平均温度	TEMP

## 3 モデルの概要 (図AC-1参照)

- (1) 独立なA/Cは、最大KNAC (注) 基。
- (2) 各A/Cは、伝熱部、及び出口ダクト部より成る。伝熱部は径方向に管内流体、伝熱管、空気、ダクトより成る単チャンネルモデル、出口ダクト部は径方向に空気、出口ダクトより成る単チャンネルモデルとし、軸方向に多分割 [伝熱部最大KMAC (注) 分割、出口ダクト部最大KLAC (注) 分割] した各温度点について、エネルギー保存則を連立させ

て解く。

- (3) ダクト、及び出口ダクトから空気雰囲気への熱放散を考慮できる。  
 (4) 空気の熱容量を無視する。  
 (5) 管内流体、伝熱管、空気、ダクト、出口ダクトの物性値は温度の関数とする。

但し、物性値を温度によらず一定値として計算することも可。

- (6) 管内流体の逆流を考慮できる。

(注) KNAC, KMAC, KLACはコンパイル時にパラメータ文にて指定。

#### 4. 基礎式

- (1) エネルギー保存則

##### 管内流体

$$C_{na} M_{na} \frac{\partial}{\partial t} T_{na}(z, t) = -C_{na} G_{na}(t) \frac{\partial}{\partial Z} T_{na}(z, t) - U1 A1 (T_{na}(z, t) - T_i(z, t)) \quad \text{———— (1)}$$

##### 伝熱管

$$C_t M_t \frac{\partial}{\partial t} T_t(z, t) = U1 A1 (T_{na}(z, t) - T_t(z, t)) - U2 A2 (T_t(z, t) - T_a(z, t)) \quad \text{———— (2)}$$

##### 伝熱部空気

$$C_a M_a \frac{\partial}{\partial t} T_a(z, t) = C_a G_a(t) \frac{\partial}{\partial Z} T_a(z, t) + U2 A2 (T_t(z, t) - T_a(z, t)) + U5 A5 (T_b(z, t) - T_v(z, t)) = 0 \quad \text{———— (3)}$$

##### 伝熱部ダクト

$$C_v M_v \frac{\partial}{\partial t} T_v(z, t) = U5 A5 (T_b(z, t) - T_v(z, t)) - U6 A6 (T_v(z, t) - T_{air}) \quad \text{———— (4)}$$

出口ダクト部空気

$$C_a M_a \frac{\partial T_a(z,t)}{\partial t} = C_a G_a(t) \frac{\partial T_a(z,t)}{\partial t} - U3 A3 (T_a(z,t) - T_D(z,t)) = 0 \quad (5)$$

出口ダクト

$$C_D M_D \frac{\partial T_D(z,t)}{\partial t} = U3 A3 (T_a(z,t) - T_D(z,t)) - U4 A4 (T_D(z,t) - T_{air}) \quad (6)$$

(2) 熱伝達率, 及び伝熱式

熱伝達率

$$U1 = \frac{1}{\frac{d1+d2}{2d1} \frac{1}{\alpha1} + R1 + \frac{d1+d2}{4k_t} \ln \frac{d1+d2}{2d1}} \quad (7)$$

$$U2 = \frac{1}{\frac{d1+d2}{4k_t} \ln \frac{2d2}{d1+d2} + \frac{d1+d2}{2d2} \frac{1}{\alpha2} + R2} \quad (8)$$

$$U3 = b1 (T_a(z,t) - T_D(z,t))^{b2} \quad (9)$$

b1, b2 は入力データ。

U4, U5, U6 は入力データ。(一定値)

伝熱式

$$\alpha1 = \frac{k_{na}}{d1} (5.0 + 0.025 Pel^{0.8}) \quad (10)$$

(Subbotin の式)

但し,  $Pel = Pr_{na} \frac{|G_{na}(t)| d1}{\rho_{na} S_{na} v_{na}}$

$\alpha_2$  (空気側伝熱式)

—フィン付伝熱管—

$$\alpha_2 = (A_0 + A_f \cdot \eta) \frac{k_a}{De} (0.092 \cdot Re^{0.723} \cdot Pr^{1/3} \cdot \frac{1}{C_f})$$

$$= (A_0 + A_f \cdot \eta) \frac{k_a}{De} (0.023 \cdot Re^{0.88})$$

$Re \geq 3000$  (11)

$Re < 3000$

(修正 Jamesonの式)

但し、  $Re = \frac{De}{\nu_a} \frac{|G_a(t)|}{\rho_a \cdot S_a}$

$$C_f = C_h \cdot \phi / E$$

—ヘリカルコイル型伝熱管—

$$\alpha_2 = \frac{k_a}{De} (a + b \cdot Re^c \cdot Pr^d) \cdot (Pr / Pr_w) \quad (12)$$

又は

$$\alpha_2 = \frac{k_a}{De} (a + b \cdot Re^c \cdot Pr^d)$$

a, b, c, dは入力データ (13)

—空気流量の関数—

$$\alpha_2 = f(Ga) ; \text{空気流量の関数としてテーブルフィッティング}$$

(3) 自然循環力

$$\Delta H_{na}(t) = \int_Z \rho_{na}(z, t) dZ \quad (14)$$

$$\Delta H_a(t) = \int_Z \rho_a(z, t) dZ + \int_Z \rho_{a'}(z, t) dZ \quad (15)$$



— 記号説明 —

na ; 管内流体	1 ; na $\longleftrightarrow$ t
t ; 伝熱管	2 ; t $\longleftrightarrow$ a
a ; 空気 (伝熱部)	3 ; a' $\longleftrightarrow$ D
a' ; 空気 (出口ダクト部)	4 ; D $\longleftrightarrow$ air
D ; 出口ダクト	5 ; a $\longleftrightarrow$ V
V ; ダクト (伝熱部)	6 ; V $\longleftrightarrow$ air
air ; 空気雰囲気	d1 ; 伝熱管内径 [m]
w ; 伝熱管壁 (空気側)	d2 ; 伝熱管外径 [m]
T ; 温度	Pe ; ペクレ数
G ; 流量	Pr ; プラントル数
C ; 比熱	k ; 熱伝導度
M ; 重量	$\rho$ ; 密度
U ; 熱貫流率	$\nu$ ; 動粘性係数
A ; 伝熱面積	$\eta$ ; フィン効率
$\left\{ \begin{array}{l} A_o ; \text{伝熱管外径基準 (=フィン根元} \\ \text{径基準)} \\ A_f ; \text{フィン表面積} \end{array} \right.$	$C_r$ ; 統括補正係数
	$C_b$ ; 配列ピッチにより定まる定数
$\Psi$ ; パス数により定まる定数	E ; 補正係数

## 5 解 法

## (1) 過渡計算

エネルギー保存則について、下記階差式を解く。

管内流体

$$\begin{aligned} & \frac{M_{na} C_{na} (i)}{2\Delta t} [(1+\beta)(T_{na}(i+1, j+1) - T_{na}(i+1, j)) + (1-\beta)(T_{na}(i, j+1) - T_{na}(i, j))] \\ & = \frac{G_{na}(j+1) C_{na}(i)}{\Delta Z} \left( \frac{T_{na}(i+1, j+1) + T_{na}(i+1, j)}{2} - \frac{T_{na}(i, j+1) + T_{na}(i, j)}{2} \right) \\ & \quad - UI(i, j+1) A1 [0.25((1+\alpha)(T_{na}(i+1, j+1) + T_{na}(i+1, j)) \\ & \quad \quad + (1-\alpha)(T_{na}(i, j+1) + T_{na}(i, j))) - T_t(i, j)] \end{aligned} \quad (16)$$

伝熱管

$$\begin{aligned} & C_t(i) M_t \frac{T_t(i, j+1) - T_t(i, j)}{\Delta t} \\ & = UI(i, j+1) A1 [0.5((1+\alpha)T_{na}(i+1, j+1) + (1-\alpha)T_{na}(i, j+1)) \\ & \quad - 0.5(T_t(i, j+1) + T_t(i, j))] \\ & \quad - U2(i, j+1) A2 [0.5(T_t(i, j+1) + T_t(i, j)) - \theta_a(i, j+1)] \end{aligned} \quad (17)$$

伝熱部空気

$$T_a(i, j+1) = \frac{1}{k1} (k2 + (k1 \cdot T_a(i+1, j+1) - k2) * \exp(-\frac{k1 \Delta Z}{C_a(i) G_a(j+1)})) \quad (18)$$

ノード平均温度は、定常エネルギーバランスより、

$$\theta_a(i, j+1) = \frac{1}{k1} (k2 + \frac{C_a(i) G_a(j+1)}{\Delta Z} (T_a(i+1, j+1) - T_a(i, j+1))) \quad (19)$$

但し、 $k1 = U2(i, j+1) A2 + U5(i, j+1) A5$

$$k2 = U2(i, j+1) A2 T_t(i, j) + U5(i, j+1) A5 T_v(i, j)$$

伝熱部ダクト

$$\begin{aligned}
 & C_v(i)M_v \frac{T_v(i,j+1) - T_v(i,j)}{\Delta t} \\
 & = U5(i,j+1)A5(\theta_a(i,j+1) - T_v(i,j+1)) \\
 & \quad - U6(i,j+1)A6(T_v(i,j+1) - T_{air})
 \end{aligned} \tag{20}$$

出口ダクト部空気

$$\begin{aligned}
 T_a(i+1,j+1) &= T_D(i',j) + (T_a(i',j+1) - T_D(i',j)) \\
 & \quad * \exp\left(-\frac{U3(i',j+1)A3\Delta Z}{C_a(i')G_a(j+1)}\right)
 \end{aligned} \tag{21}$$

ノード平均温度は、定常エネルギーバランスより、

$$\theta_a(i',j+1) = T_D(i',j) + \frac{C_a(i')G_a(j+1)}{U3(i',j+1)A3\Delta Z} * (T_a(i+1,j+1) - T_a(i,j+1))$$

出口ダクト

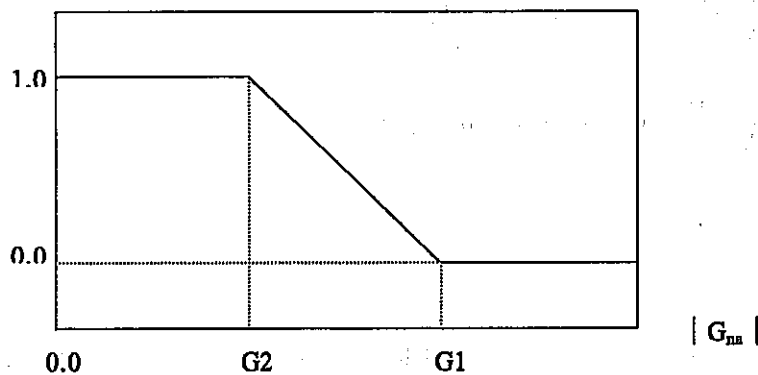
$$\begin{aligned}
 & C_D(i')M_D \frac{T_D(i',j+1) - T_D(i',j)}{\Delta t} \\
 & = U3(i',j+1)A3(\theta_a(i',j+1) - T_D(i',j+1)) - U4A4(T_D(i',j+1) - T_{air})
 \end{aligned} \tag{22}$$

但し、 $\alpha = \text{sign}(G_{na})$   $\alpha'$

$\beta = \text{sign}(G_{na})$   $\beta'$

$\alpha'$ ,  $\beta'$  は下記のように定義される。

$\alpha'$ ,  $\beta'$



G1, G2 は入力データ

## (2) 初期設定計算 (図AC-3参照)

(1) ~ (3) 式の, 定常状態における差分展開式は,

管内流体

$$\begin{aligned}
 & -\frac{G_{na} C_{na}(i)}{\Delta Z} (T_{na}(i+1) - T_{na}(i)) \\
 & - U1(i) A1 (0.5 * (1 + \alpha) T_{na}(i+1) + 0.5 * (1 - \alpha) T_{na}(i) - T_t(i)) = 0
 \end{aligned} \quad (24)$$

伝熱部伝熱管

$$\begin{aligned}
 & U1(i) A1 (0.5 * (1 + \alpha) T_{na}(i+1) + 0.5 * (1 - \alpha) T_{na}(i) - T_t(i)) \\
 & - U2(i) A2 (T_t(i) - \theta_a(i)) = 0
 \end{aligned} \quad (25)$$

伝熱部空気

$$T_a(i) = T_t(i) + (T_a(i+1) - T_t(i)) \text{EXP}(-X(i)) \quad (26)$$

但し,  $X(i) = (U2(i) A2 \Delta Z) / (C_a(i) G_a)$ 

$$\theta_a(i) = T_t(i) + 1/X(i) (T_a(i+1) - T_t(i)) \quad (27)$$

(27) 式を (25) 式に代入し,

$$\begin{aligned}
 & U1(i) A1 (0.5 * (1 + \alpha) T_{na}(i+1) + 0.5 * (1 - \alpha) T_{na}(i) - T_t(i)) \\
 & + \frac{C_a(i) G_a}{\Delta Z} (T_a(i+1) - T_a(i)) = 0
 \end{aligned} \quad (28)$$

(24), (28), (26) 式より, 最終的に以下のように整理される。

管内流体

$$\begin{aligned}
 & \left[ -\frac{G_{na} C_{na}(i)}{\Delta Z} + 0.5 U1(i) A1 (1 - \alpha) \right] T_{na}(i) \\
 & + \left[ \frac{G_{na} C_{na}(i)}{\Delta Z} + 0.5 U1(i) A1 (1 + \alpha) \right] T_{na}(i+1) \\
 & + [-U1(i) A1] T_t(i) = 0
 \end{aligned} \quad (29)$$

伝熱部伝熱管

$$[-0.5 U1(i) A1 (1 - \alpha)] T_{na}(i) + [-0.5 U1(i) A1 (1 + \alpha)] T_{na}(i+1) + [-U1(i) A1] T_t(i)$$

$$+ \left[ -\frac{G_a C_a(i)}{\Delta Z} \right] T_a(i+1) + \left[ \frac{G_a C_a(i)}{\Delta Z} \right] T_a(i) = 0 \quad \text{————— (30)}$$

伝熱部空気

$$[-1 + \text{EXP}(-X(i))] T_t(i) + [-\text{EXP}(-X(i))] T_a(i+1) + [1] T_a(i) = 0 \quad \text{————— (31)}$$

$T_{na}(1) \sim T_{na}(IEND)$ ,  $T_t(1) \sim T_t(IEND-1)$ ,  $T_a(1) \sim T_a(IEND)$  の  $3 * IEND - 1$  個の未知数を有する,  $3 * IEND - 3$  個の連立方程式 (29) ~ (31) 式をマトリクス表示し,

$T_a(IEND)$ ,  $T_{na}(1)$  を境界条件として解く。

$T_t(1) \sim T_t(IEND-1)$  が収束するまで計算を続行する。

出口ダクト部については, (5), (6) 式より,

出口ダクト部空気

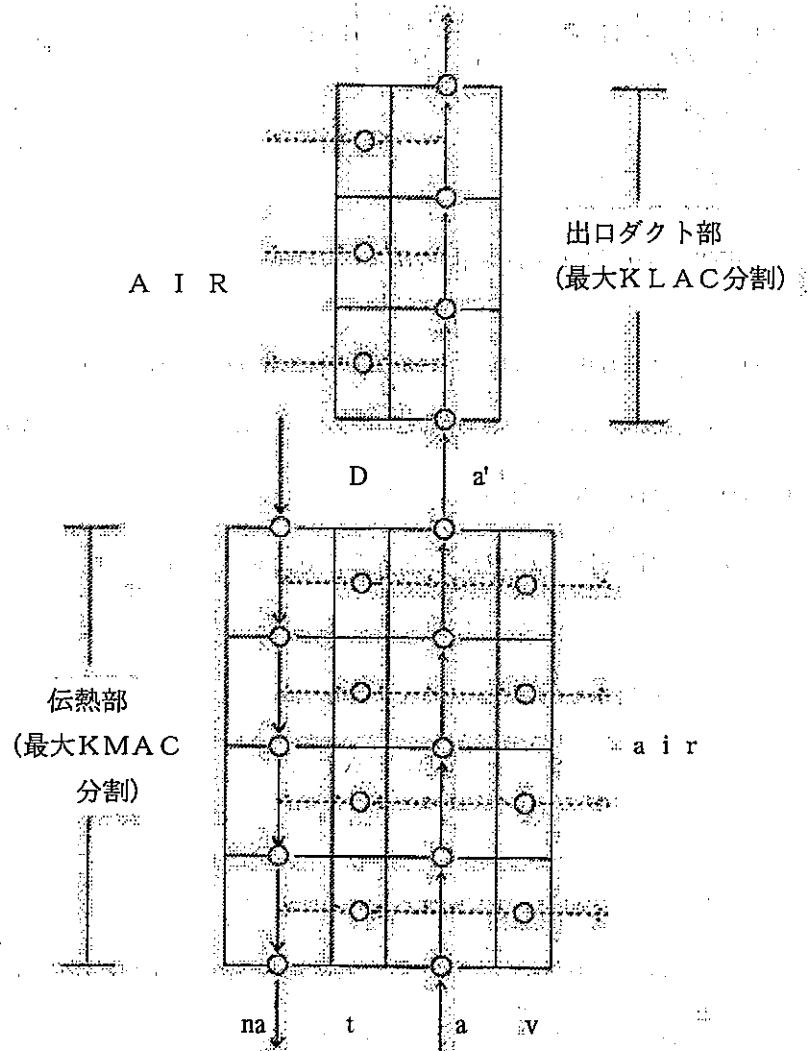
$$T_a(i+1) = T_D(i) + (T_a(i) - T_D(i)) \text{EXP}(-X(i)) \quad \text{————— (32)}$$

出口ダクト

$$U3(i) A3(\theta_a(i) - T_D(i)) - U4A4(T_D(i) - T_{air}) = 0 \quad \text{————— (33)}$$

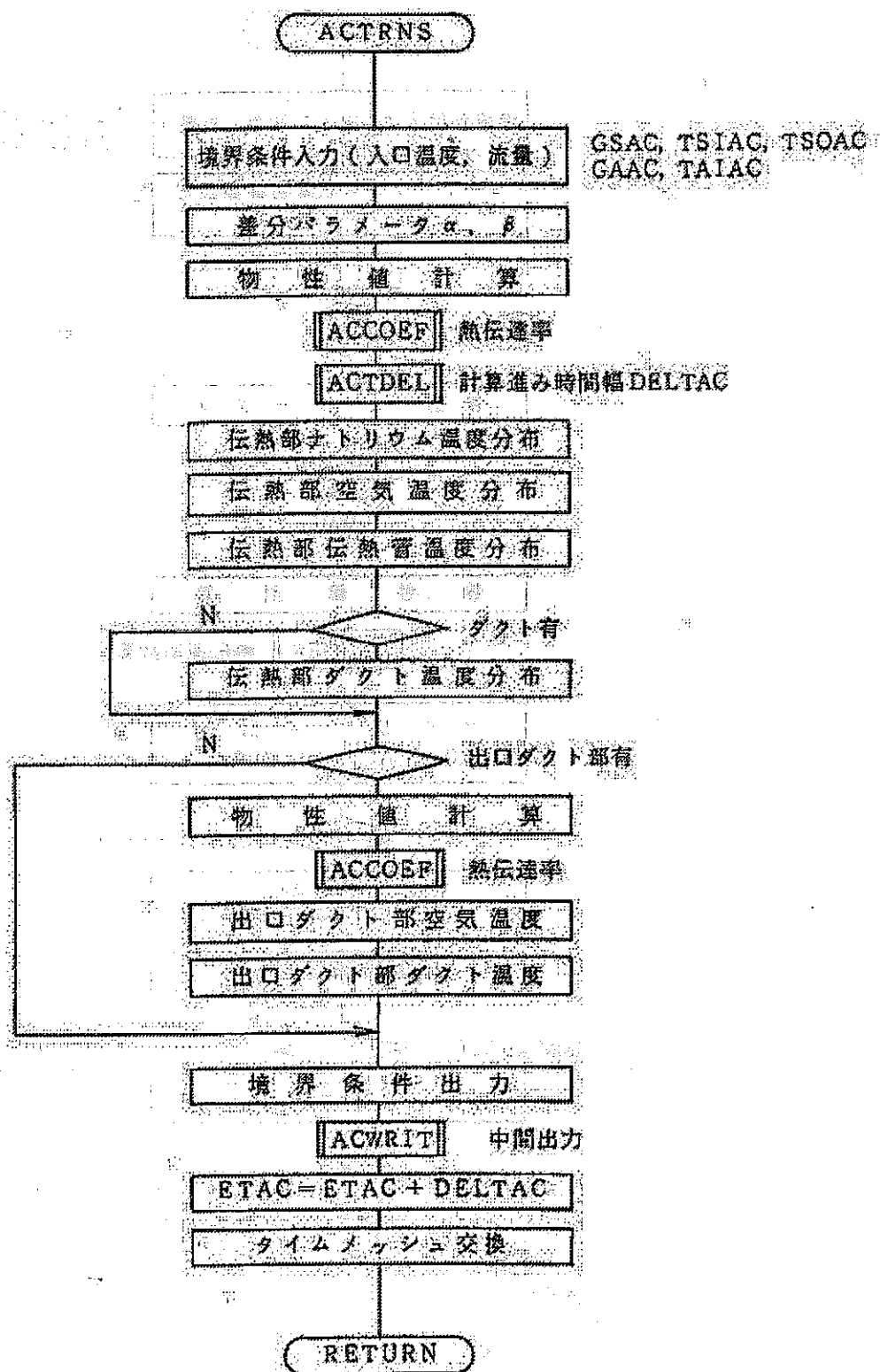
但し,  $\theta_a(i) = T_D(i) + (C_a(i) G_a) / (U3(i) A3 \Delta Z * (T_a(i) - T_a(i+1)))$

(32), (33) 式を用いて,  $T_D(i)$  が収束するまで計算を続行する。



- |            |           |             |
|------------|-----------|-------------|
| 伝熱部        | 出口ダクト部    |             |
| na ; 管内流体  | a' ; 空気   | ○ ; 代表温度点   |
| t ; 伝熱管    | D ; 出口ダクト | → ; 管内流体の流れ |
| a ; 空気     |           | ⇄ ; 空気の流れ   |
| v ; 伝熱部ダクト |           | ⋯ ; 熱伝達     |

図AC-1 空気冷却器熱計算モデル



図AC-2 sub. ACTRNS フローチャート

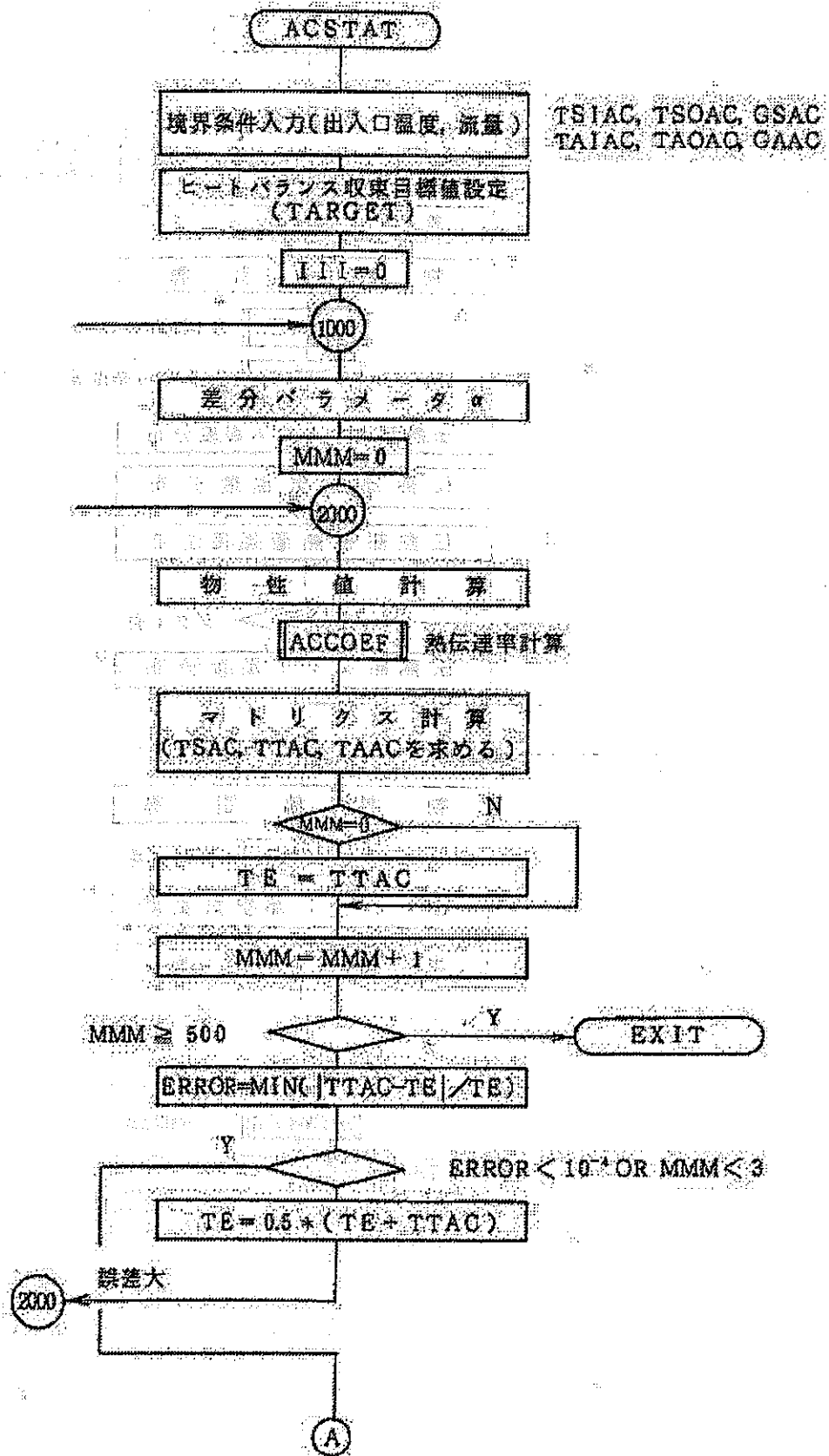
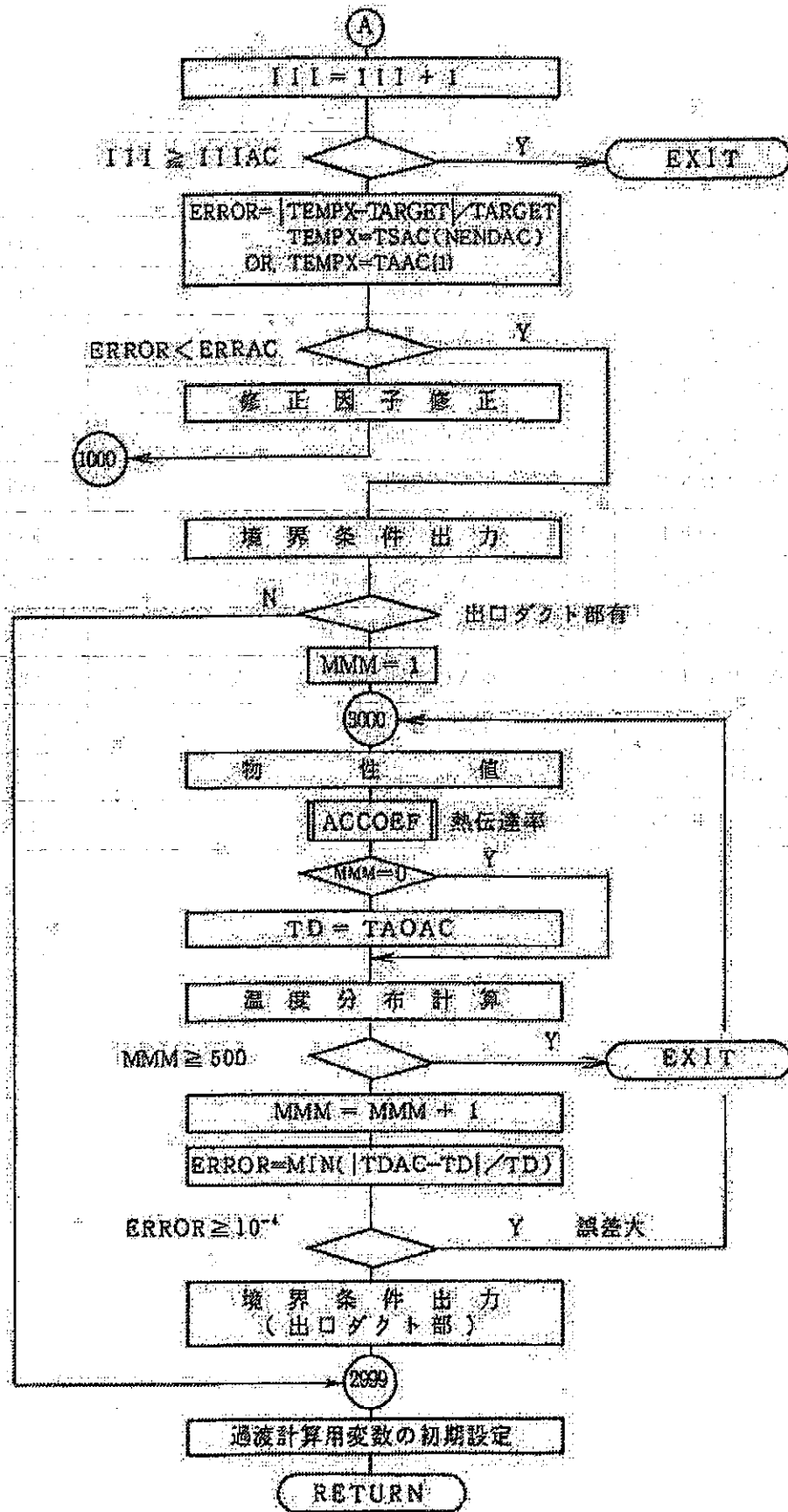


図 AC-3 sub.ACSTAT フローチャート (1/2)





図AC-3 sub.ACSTATフローチャート (2/2)

表AC-1 モジュールACサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
ACCONT	モジュールAC計算コントロール	MODULE SUB.
ACREAD	モジュールAC関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
ACININ	モジュールAC関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
ACRSTA	モジュールAC リスタート・ファイル 書出し, 読み込み	MODULE SUB.
ACSTAT	モジュールAC初期設定計算	MODULE SUB.
ACTRNS	モジュールAC過渡計算	MODULE SUB.
ACCOEF	モジュールAC熱伝達率計算	MODULE SUB.
ACTDEL	モジュールAC計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
ACINV	モジュールAC逆行列計算	MODULE SUB.
ACWRIT	モジュールAC初期状態の出力, 及び中間出力	MODULE SUB.
ZAIR	空気の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZMETL1	構造材の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZFLUID	管内流体の物性値計算	ELEMENT SUB.



コモンブロック名	ACMI 1	(1/7)	
関連サブルーチン			
モジュールAC モジュールサブルーチン		入力サブルーチン ACREAD	
		ネームリスト名 NAMAC1	
変数名	意味	単位	備考
NNAC	モジュールAC A/Cの基数 (MAX KNAC)	—	
IMDLAC (i)	モジュールAC(i) 計算実行の可否	—	
	=1, 実行する ≠1, 実行しない	—	
IOP1AC (i)	モジュールAC(i) =1, 出口ダクト有り ≠1, 出口ダクト無し	—	
IOP2AC (i)	モジュールAC(i) =1, 出口ダクト部放熱有り ≠1, 出口ダクト部放熱無し	—	
IOP3AC (i)	モジュールAC(i) =1, 伝熱部ダクト有り ≠1, 伝熱部ダクト無し	—	
IOP4AC (i)	モジュールAC(i) =1, 伝熱部ダクト放熱有り ≠1, 伝熱部ダクト放熱無し	—	
IOP5AC (i)	モジュールAC(i)	—	
	= 1, 空気側熱伝達 (フィン付伝熱管 JAMSON の式)		
	=10, 空気側熱伝達 (ヘリカルコイル伝熱管) $Nu = a + b \cdot Re^c \cdot Pr^d (Pr/Pr_w)$ 式(12)		
	=11, 空気側熱伝達 (ヘリカルコイル伝熱管) $Nu = a + b \cdot Re^c \cdot Pr^d$ 式(13)		
	≠1~11, 空気側熱貫流率, 空気流量に関するテーブル フィッティング		
IOPRAC (i)	モジュールAC(i) =0, リスタート時初期設定無し ≠0, リスタート時初期設定有り	—	
	i =KNAC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACMI1 (2/7)		
関連サブルーチン			
	モジュールAC: モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	ACREAD
		ネームリスト名	NAMAC1
変数名	意味	単位	備考
NTSIAC (i)	i 番目 A/C 管内流体入口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTSOAC (i)	i 番目 A/C 管内流体出口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NWSAC (i)	i 番目 A/C 管内流体流路網番号	—	FLWN に対応
NFSAC (i)	i 番目 A/C 管内流体流路番号	—	FLWN に対応
NHSAC (i)	i 番目 A/C 管内流体自然循環力 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTAIAC (i)	i 番目 A/C 空気入口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTAOAC (i)	i 番目 A/C 空気伝熱部出口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTDOAC (i)	i 番目 A/C 空気ダクト部出口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NWAAC (i)	i 番目 A/C 空気流路番号 プール変数番号	—	TEMP に対応
NHAAC (i)	i 番目 A/C 空気自然循環力 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTAVS (i)	i 番目 A/C 管内流体平均温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTAVA (i)	i 番目 A/C 空気平均温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
	i = KNAC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACMI 1 (3/7)		
関連サブルーチン			
モジュールAC	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	ACREAD
		ネームリスト名	NAMAC1
変数名	意味	単位	備考
NINTAC (i)	モジュールAC(i) 初期設定計算を行う順序	—	
KHSAC (i)	モジュールAC(i) ヒートバランス収束判定因子 =0: 管内流体出口温度 =1: 空気出口温度	—	
KHEAC (i)	モジュールAC(i) ヒートバランス修正因子 =0: 熱抵抗 =1: 伝面 =2: 空気流量 =3: 管内流体流量 =4: 空気入口温度 =5: 管内流体入口温度	—	
KHBAC (i)	モジュールAC(i) ヒートバランス境界条件入力 =0: 入力データ =1: プール変数	—	
	i=KNAC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACMI 1 (4/7)		
関連サブルーチン			
	モジュールAC モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	ACREAD
		ネームリスト名	NAMAC1
変数名	意味	単位	備考
TSIAC0 (i)	モジュールAC(i) 管内流体入口温度 初期値	°C	
TSOAC0 (i)	モジュールAC(i) 管内流体出口温度 初期値	°C	
TAIAC0 (i)	モジュールAC(i) 空気入口温度 初期値	°C	
TAOAC0 (i)	モジュールAC(i) 空気出口温度 初期値	°C	
GSAC0 (i)	モジュールAC(i) 管内流体流量 初期値	kg sec	
GAAC0 (i)	モジュールAC(i) 空気流量 初期値	kg sec	
IIIIAC (i)	モジュールAC(i) ヒートバランス 収束計算最大数	—	
ERRAC (i)	モジュールAC(i) ヒートバランス 収束許容誤差	—	
ARRAC (i)	モジュールAC(i) ヒートバランス 収束因子修正係数	—	
	i=KNAC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACMI 1			(5/7)
関連サブルーチン				
	モジュールAC	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	ACREAD
			ネームリスト名	NAMAC1
変数名	意	味	単 位	備 考
ITIMAC (i)	モジュールAC(i)	計算進み =0:一定 =1:コード中で計算	—	
DTIMAC (j, i)	モジュールAC(i)	計算進み入力値	sec	ITIMAC=0 の時入力
DDELAC (j, i)	モジュールAC(i)	DTIMAC(j, i) ≤ 時間の時 計算時間進み巾=DDELAC(j, i)	sec	ITIMAC=0 の時入力
DCOTAC (i)	モジュールAC(i)	計算時間進み巾, 計算値の係数	—	ITIMAC=1 の時入力
DMAXAC (i)	モジュールAC(i)	計算進み時間巾 最大値	sec	ITIMAC=1 の時入力
DMINAC (i)	モジュールAC(i)	計算進み時間巾 最小値	sec	ITIMAC=1 の時入力
TMAXAC (i)	モジュールAC(i)	計算終了時間	sec	
ISTAAC (i)	モジュールAC(i)	=1: sub. ACSTAT の出力を行う =2: sub. ACSTAT の詳細出力	—	
IPTRNA (i)	モジュールAC(i)	=1: 中間出力を行う =2: 中間出力の詳細出力	—	
OUTAC (k, i)	モジュールAC(i)	中間出力時間	sec	
	i=KNAC, j=5, k=30			

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	ACMI 1 (6/7)		
関連サブルーチン			
モジュールAC	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	ACREAD
		ネームリスト名	NAMAC1
変数名	意味	単位	備考
KPR1AC (i)	i 番目 A/C 管内流体物性値 =1 ; 温度依存, ≠1 ; 一定	—	
KPR2AC (i)	i 番目 A/C 空気物性値 =1 ; 温度依存, ≠1 ; 一定	—	
KPR3AC (i)	i 番目 A/C 構材物性値 =1 ; 温度依存, ≠1 ; 一定	—	
KPRTAC (i)	i 番目 A/C 伝熱管材質を示すインデックス	—	(注1)
KPRDAC (i)	i 番目 A/C 出口ダクト部材質を示すインデックス	—	(注1)
KPRVAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部ダクト, 材質を示すインデックス	—	(注1)
KPRFAC (i)	i 番目 A/C 管内流体種類を示すインデックス		(注2)
	(注1) =1 ; SUS316      =2 ; SUS304 =3 ; 2¼Cr-1Mo    =4 ; 9Cr-1Mo =5 ; Cu            =6 ; BRASS =7 ; AKLYL        =8 ; 12Cr		
	(注2) =0 ; Na            =1 ; 空気 =2 ; 水            =3 ; 鉛 =4 ; 鉛ビスマス		
	i =KNAC		

変数名リスト

コモンブロック名	ACMI 1 (7/7)		
関連サブルーチン			
モジュールAC	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	ACREAD
		ネームリスト名	NAMAC1
変数名	意味	単位	備考
TSXAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部管内流体基準温度	℃	KPRIAC(i) =0 の時入力
TTXAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部伝熱管基準温度	℃	KPR3AC(i) =0 の時入力
TAXAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部空気基準温度	℃	KPR2AC(i) =0 の時入力
TDXAC (i)	i 番目 A/C 出口ダクト基準温度	℃	KPR3AC(i) =0 の時入力
TADXAC (i)	i 番目 A/C 出口ダクト部空気基準温度	℃	KPR3AC(i) =0 の時入力
TVXAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部ダクト基準温度	℃	KPR3AC(i) =0 の時入力
	(注) 物性値を温度に依らず一定とする場合は、代表値を入力。		
	i = KNAC		

変数名リスト



コモンブロック名	ACMI 2	(2/6)	
関連サブルーチン			
モジュールAC	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	
		ACREAD	
		ネームリスト名	
		NAMAC2	
変数名	意味	単位	備考
D1AC (i)	i 番目 A/C 伝熱部伝熱管内径	m	
D2AC (i)	i 番目 A/C 伝熱部伝熱管外径	m	
A1AC (i)	i 番目 A/C 伝熱部管内流体 $\leftrightarrow$ 伝熱管伝面密度	$\frac{m^2}{m}$	肉厚中心基準
A2AC (i)	i 番目 A/C 伝熱部伝熱管 $\leftrightarrow$ 空気 伝面密度	$\frac{m^2}{m}$	
A3DAC (i)	i 番目 A/C 出口ダクト部 出口ダクト $\leftrightarrow$ 空気 伝面密度	$\frac{m^2}{m}$	IOP1AC(i) =1 の時入力
A4DAC (i)	i 番目 A/C 出口ダクト部 出口ダクト $\leftrightarrow$ 空気雰囲気 伝面密度	$\frac{m^2}{m}$	IOP2AC(i) =1 の時入力
A5AC (i)	i 番目 A/C 伝熱部 空気 $\leftrightarrow$ ダクト 伝面密度	$\frac{m^2}{m}$	IOP3AC(i) =1 の時入力
A6AC (i)	i 番目 A/C 伝熱部 ダクト $\leftrightarrow$ 空気雰囲気 伝面密度	$\frac{m^2}{m}$	IOP4AC(i) =1 の時入力
AHSAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部管内流体重量密度	$\frac{kg}{m}$	
AHTAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部伝熱管重量密度	$\frac{kg}{m}$	
AHVAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部ダクト重量密度	$\frac{kg}{m}$	IOP3AC(i) =1 の時入力
AHDAC (i)	i 番目 A/C 出口ダクト部 出口ダクト重量密度	$\frac{kg}{m}$	IOP1AC(i) =1 の時入力
AVSAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部管内流体流路断面積 (流速計算用)	m <sup>2</sup>	
	i = KNAC		

変数名リスト

コモンブロック名	ACMI 2	(3/6)	
関連サブルーチン			
モジュールAC	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	
		ACREAD	
		ネームリスト名	
		NAMAC2	
変数名	意味	単位	備考
DZAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部伝熱管長さ	m	
DZDAC (i)	i 番目 A/C 出口ダクト長さ	m	IOP3AC(i) =1 の時入力
AIRAC (i)	i 番目 A/C 空気雰囲気気温度	°C	IOP2AC(i) =1 の時入力
DEAAC (i)	i 番目 A/C 空気側伝熱管等価直径	m	
AVAAC (i)	i 番目 A/C 空気側流路断面積	m <sup>2</sup>	
PICHAC (i)	i 番目 A/C 伝熱管フィンピッチ	m	IOP5AC(i) =1 の時入力
TFINAC (i)	i 番目 A/C 伝熱管フィン厚み	m	IOP5AC(i) =1 の時入力
DFINAC (i)	i 番目 A/C 伝熱管フィン外径	m	IOP5AC(i) =1 の時入力
CJMSAC (i)	i 番目 A/C Jameson の式の補正係数	—	IOP5AC(i) =1 の時入力
AHAAC (i)	(不使用)		
	i = KNAC		

変数名リスト

コモンブロック名	ACMI 2 (4/6)		
関連サブルーチン			
モジュールAC	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	ACREAD
		ネームリスト名	NAMAC2
変数名	意味	単位	備考
NU2DAT (i)	i 番目 A/C 伝熱部伝熱管 $\leftrightarrow$ 空気熱通過率 計算用フィッティングデータの個数	—	IOP5AC(i) ≠1 の時入力
U2DATW (k, i)	i 番目 A/C 伝熱部伝熱管 $\leftrightarrow$ 空気熱通過率 計算用流量データ	$\frac{\text{kg}}{\text{sec}}$	IOP5AC(i) ≠1 の時入力
U2DATU (k, i)	i 番目 A/C 伝熱部伝熱管 $\leftrightarrow$ 空気熱通過率 計算用熱通過率データ	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{sec}^\circ\text{C}}$	IOP5AC(i) ≠1 の時入力
U3ACA (i)	i 番目 A/C } $U3=U3ACA(i)$ * (TAVDAC(n, k) - TDAC(n, k)) ** U3ACB(i)	—	IOP1AC(i) =1 の時入力
U3ACB (i)	i 番目 A/C } 出口ダクト部熱通過率係数 出口ダクト $\leftrightarrow$ 空気	—	IOP1AC(i) =1 の時入力
U4ACI (i)	i 番目 A/C 熱通過率入力値 出口ダクト部 出口ダクト $\leftrightarrow$ 空気雰囲気	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{sec}^\circ\text{C}}$	IOP2AC(i) =1 の時入力
RFAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部管内流体側汚れ係数	$\frac{\text{m}^2\text{sec}^\circ\text{C}}{\text{kcal}}$	
AMX1AC (i)	i 番目 A/C 管内流体 $\leftrightarrow$ 伝熱管ヌセルト数 ANSAC(j)の最大値	—	
AMN1AC (i)	i 番目 A/C 管内流体 $\leftrightarrow$ 伝熱管ヌセルト数 ANSAC(j)の最小値	—	
U5AC1 (i)	i 番目 A/C 伝熱部 空気 $\leftrightarrow$ ダクト 熱通過率入力値	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{sec}^\circ\text{C}}$	IOP3AC(i) =1 の時入力
U6AC1 (i)	i 番目 A/C 伝熱部 ダクト $\leftrightarrow$ 空気雰囲気 熱通過率入力値	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{sec}^\circ\text{C}}$	IOP4AC(i) =1 の時入力
RFAAC (i)	i 番目 A/C 伝熱部 空気側汚れ係数	$\frac{\text{m}^2\text{sec}^\circ\text{C}}{\text{kcal}}$	
AMX2AC (i)	i 番目 A/C 伝熱管 $\leftrightarrow$ 空気ヌセルト数 ANAAC(i, j)の最大値	—	IOP5AC(i) =1 の時入力
AMN2AC (i)	i 番目 A/C 伝熱管 $\leftrightarrow$ 空気ヌセルト数 ANAAC(i, j)の最小値	—	IOP5AC(i) =1 の時入力

i = KNAC, j = KMAC, k = 20

変 数 名 リ ス ト









変数名	意 味	単 位	備 考
コモンブロック名	ACM1		(2/3)
関連サブルーチン	モジュールAC モジュールサブルーチン		
CPSAC (i, k)	A/C 伝熱部管内流体 比熱	kcal/ kg°C	
ROSAC (i, k)	A/C 伝熱部管内流体 密度	kg/m <sup>3</sup>	
PRSAC (i, k)	A/C 伝熱部管内流体 プラントル数	—	
VKSAC (i, k)	A/C 伝熱部管内流体 動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec	
TKSAC (i, k)	A/C 伝熱部管内流体 熱伝導率	kcal/ msec°C	
CPTAC (i, k)	A/C 伝熱管 比熱	kcal/ kg°C	
ROTAC (i, k)	A/C 伝熱管 密度	kg/m <sup>3</sup>	
TKTAC (i, k)	A/C 伝熱管 熱伝導率	kcal/ msec°C	
ATKTAC (i, k)	A/C 伝熱管 熱伝導率 (ノード端点)	kcal/ msec°C	
CPAAC (i, k)	A/C 空 気 比熱	kcal/ kg°C	
ROAAC (i, k)	A/C 空 気 密度	kg/m <sup>3</sup>	
PRAAC (i, k)	A/C 空 気 プラントル数	—	
VKAAC (i, k)	A/C 空 気 動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec	
TKAAC (i, k)	A/C 空 気 熱伝導率	kcal/ msec°C	

i=KNAC, k=KMAC

変 数 名 リ ス ト

変数名	意味	単位	備考
CPDAC (i, k)	A/C 出口ダクト部 比熱	kcal/ kg°C	
RODAC (i, k)	A/C 出口ダクト部 密度	kg/m <sup>3</sup>	
TKDAC (i, k)	A/C 出口ダクト部 熱伝導率	kcal/ msec°C	
CPADAC (i, k)	A/C 出口ダクト部空気 比熱	kcal/ kg°C	
ROADAC (i, k)	A/C 出口ダクト部空気 密度	kg/m <sup>3</sup>	
PRADAC (i, k)	A/C 出口ダクト部空気 プラントル数	—	
VKADAC (i, k)	A/C 出口ダクト部空気 動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec	
TKADAC (i, k)	A/C 出口ダクト部空気 熱伝導率	kcal/ msec°C	
CPVAC (i, k)	A/C 伝熱部 ダクト 比熱	kcal/ kg°C	
ROVAC (i, k)	A/C 伝熱部 ダクト 密度	kg/m <sup>3</sup>	
TKVAC (i, k)	A/C 伝熱部 ダクト 熱伝導率	kcal/ msec°C	
	i = KNAC, k = KMAC		

## 変数名リスト

コモンブロック名	ACM2			(1/6)
関連サブルーチン	モジュールAC モジュールサブルーチン			
変数名	意	味	単 位	備 考
TSIAC (n)	i 番目A/C	管内流体入口温度	°C	プール変数との接続
TSOAC (n)	i 番目A/C	管内流体出口温度	°C	プール変数との接続
GSAC (n)	i 番目A/C	管内流体流量	kg/sec	プール変数との接続
HSAC (n)	i 番目A/C	管内流体自然循環力	kg/m <sup>2</sup>	プール変数との接続
TAIAC (n)	i 番目A/C	空気入口温度	°C	プール変数との接続
TAOAC (n)	i 番目A/C	空気伝熱部出口温度	°C	プール変数との接続
TDOAC (n)	i 番目A/C	空気ダクト部出口温度	°C	プール変数との接続
GAAC (n)	i 番目A/C	空気流量	kg/sec	プール変数との接続
HAAC (n)	i 番目A/C	空気自然循環力	kg/m <sup>2</sup>	プール変数との接続
	n = 2 * KNAC			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACM2	(2/6)
関連サブルーチン	モジュールAC モジュールサブルーチン	
変数名	意味	単位 備考
TSAC (n, k)	i 番目A/C 伝熱部 管内流体温度	℃
TTAC (n, k)	i 番目A/C 伝熱部 伝熱管温度	℃
ATTAC (n, k)	i 番目A/C 伝熱部 伝熱管温度 (ノード端点)	℃
TAAC (n, k)	i 番目A/C 伝熱部 空気温度	℃
TAVAAC (n, k)	i 番目A/C 伝熱部 空気温度 (ノード平均値)	℃
TDAC (n, j)	i 番目A/C 出口ダクト部 出口ダクト温度	℃
TADAC (n, j)	i 番目A/C 出口ダクト部 空気温度	℃
TAVDAC (n, j)	i 番目A/C 出口ダクト部 空気温度 (ノード平均値)	℃
TVAC (n, k)	i 番目A/C 伝熱部 ダクト 温度	℃
TAVS (n)	i 番目A/C 伝熱部管内流体温度平均値	℃
TAVA (n)	i 番目A/C 空気温度平均値	℃
	n = 2 * KNAC, k = KMAC, j = KLAC	

変数名リスト



コモンブロック名	ACM2				(4/6)		
関連サブルーチン							
モジュールAC モジュールサブルーチン							
変数名	意 味				単 位	備 考	
ALSAC (i, k)	i 番目A/C	伝熱部	管内流体 伝熱管	Film 熱伝達率	kcal/ m <sup>2</sup> sec°C		
APESAC (i, k)	i 番目A/C	伝熱部	管内流体 伝熱管	ペクレ数	—		
ANUSAC (i, k)	i 番目A/C	伝熱部	管内流体 伝熱管	ヌセルト数	—		
RESAC (i, k)	i 番目A/C	伝熱部	管内流体 伝熱管	レイノルズ数	—		
ALPHAC (i)	i 番目A/C	差分パラメータ				—	
ALAAC (i, k)	i 番目A/C	伝熱部	空気 伝熱管	Film 熱伝達率	kcal/ m <sup>2</sup> sec°C		
APEAAC (i, k)	i 番目A/C	伝熱部	空気 伝熱管	ペクレ数	—		
ANUAAC (i, k)	i 番目A/C	伝熱部	空気 伝熱管	ヌセルト数	—		
REAAC (i, k)	i 番目A/C	伝熱部	空気 伝熱管	レイノルズ数	—		
	i = KNAC, k = KMAC						

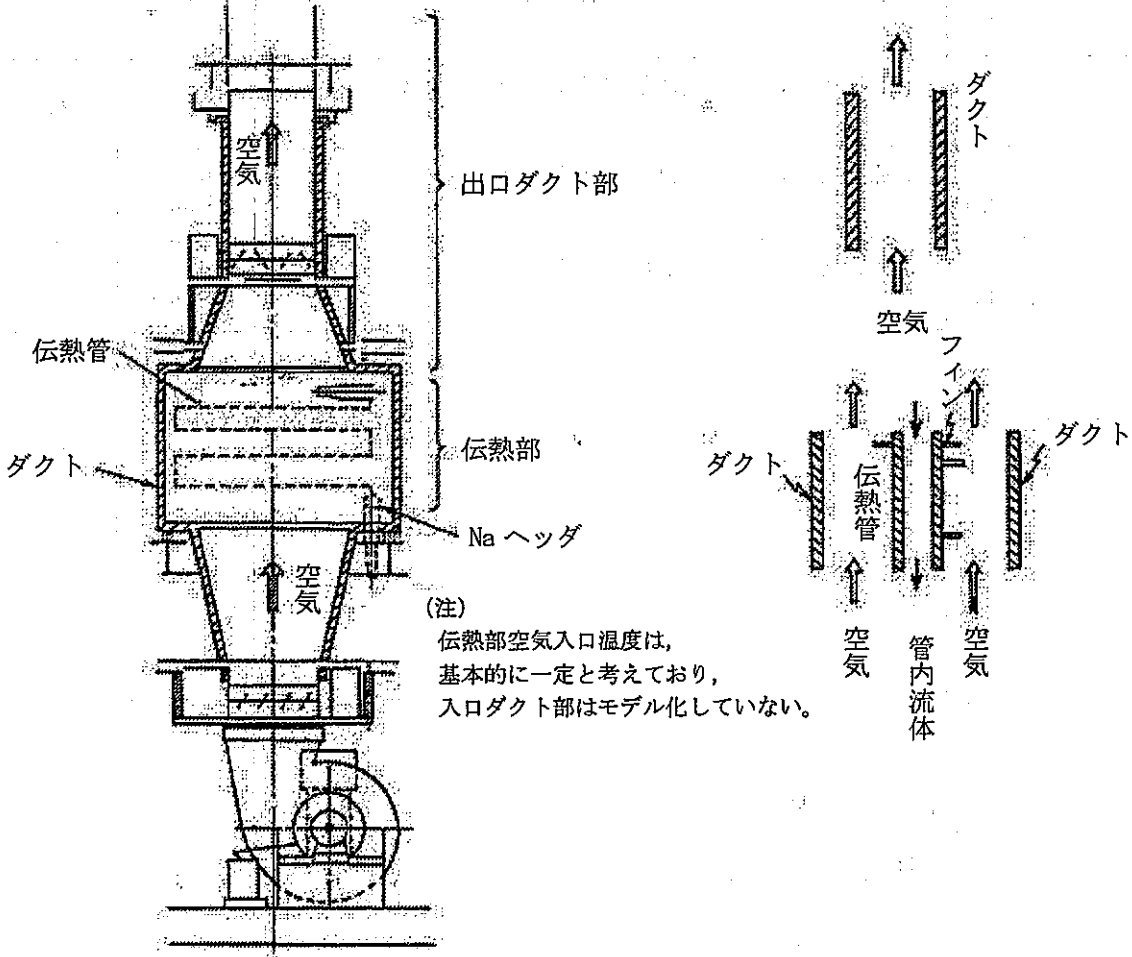
変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACM2			(5/6)
関連サブルーチン	モジュールAC モジュールサブルーチン			
変数名	意	味	単 位	備 考
ALPHAC (i)	i 番目A/C	伝熱部管内流体側差分パラメータ $a$	—	
BETAAC (i)	i 番目A/C	伝熱部管内流体側差分パラメータ $\beta$	—	
DELZAC (i)	i 番目A/C	伝熱部1 ノードあたりの長さ	m	
DLZDAC (i)	i 番目A/C	出口ダクト部1 ノードあたりの長さ	m	
IDAAC (i)	i 番目A/C	=0 ; 伝熱 =1 ; 断熱	—	
HEA1AC (i, k)	i 番目A/C	熱計算用途中変数	—	
	K	HEA1AC (i, k)		
	1	$\frac{d_1+d_2}{2d_1}$		
	2	$\frac{d_1+d_2}{4} \cdot \ln \frac{d_1+d_2}{2d_1}$		
	3	1 ; IOP5AC(i) < 10 の時 $\frac{d_1+d_2}{2d_2}$ ; IOP5AC(i) $\geq$ 10 の時		
	4	$\frac{d_1+d_2}{4} \cdot \ln \frac{2d_2}{d_1+d_2}$		
	5	不 使 用		
	i = KNAC, k = 5			

変 数 名 リ ス ト





AC-1		入力サブルーチン	ACREAD	
関連モジュール	モジュールAC	変数名	——	
意味	空気冷却器熱計算モデルと実機設備との対応	単位	——	
<p>解析モデル概要</p> <p>① 伝熱部及び出口ダクト部をモデル化</p> <p>② 伝熱部は径方向に、管内流体、伝熱管、空気、ダクトより成る。</p> <p>③ 出口ダクト部は径方向に空気、出口ダクトより成る。</p> <p>④ Na側の伝熱部出入口のヘッダ部はモデル化していない (MN or LNとして考慮)</p> <p>設備との対応</p>  <p>(注) 伝熱部空気入口温度は、基本的に一定と考えており、入口ダクト部はモデル化していない。</p>				

AC-2		入力サブルーチン	ACREAD
関連モジュール	モジュールAC	変数名	D1AC, D2AC, A1AC, A2AC, A3DAC, A4DAC, A5AC, A6AC, AHSAC, AHTAC, AHVAC, AHDAC
意味	伝熱管内外径, 伝面密度, 重量密度		単位
<p>伝熱管の内・外径は、裸管の内外径を入力する (D1AC, D2AC)。</p> <p>これは、伝熱管の熱抵抗の計算に用いる。</p> <p>伝面密度・重量密度</p> <p>これらのデータは、熱交換部の単位長さ当りの値を入力する。</p> <p>a) 伝面密度 <math>S_i</math> (<math>m^2/m</math>)</p> $S_i = \frac{S_i}{L_i} \dots\dots\dots ①$ <p><math>S_i</math>: 伝熱面積 (<math>m^2</math>), <math>L_i</math>: 伝熱部長さ (m)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Na ← 伝熱管は裸管の肉厚中心基準</li> <li>・ 伝熱管 ← 空気は、裸管の肉厚中心基準。</li> <li>・ 伝熱部は伝熱管長さ</li> <li>・ 出口ダクト部はモデル化上考慮するダクト高さ。</li> </ul> <p>但し、空気側の表面熱伝達率の入力値と整合を取る必要あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空気 ↔ ダクトはダクト構造材の温度代表点に対応する面積。</li> </ul> <p>b) 重量密度 <math>m</math> (<math>kg/m</math>)</p> $m = \frac{M_i}{L_i} \dots\dots\dots ②$ <p><math>M_i</math>: Na あるいは構造材重量 (kg)</p>			

AC-3		入力サブルーチン	ACREAD	
関連モジュール	モジュールAC	変数名	AVSAC, AVAAC, DEAAC	
意味	流路断面積, 空気側伝熱管等価直径		単位	
<p>流路断面積</p> <p>a) 管内流体側流路断面積  <math display="block">AVSAC = \frac{\pi}{4} d_1^2 \cdot N</math></p> <p>b) 空気側流路断面積                      &lt;フィン付伝熱管 IOP5AC(i)=1 のとき&gt;  <math display="block">AVAAC = \left[ \begin{array}{l} \text{ケーシング} \\ \text{断面積} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{伝熱管} \\ \text{投影面積} \end{array} \right]</math> <math display="block">= W \cdot L - \frac{N}{P_f} \cdot \left[ (d_2 + 2 \cdot \frac{H_f \cdot t_f}{P_f}) \cdot L \right]</math> </p> <p>空気側伝熱管等価直径                      &lt;フィン付伝熱管 IOP5AC(i)=1 のとき&gt;  <math display="block">\ell_s = (2 \cdot H_f + (P_f + t_f)) \cdot 2 / P_f</math> <math display="block">A_o = \pi \cdot d_2 \cdot \frac{P_f - t_f}{P_f}</math> <math display="block">A_f = \pi \cdot \left[ \left( H_f + \frac{d_2}{2} \right)^2 - \left( \frac{d_2}{2} \right)^2 \right] \cdot 2 / P_f</math> <math display="block">DEAAC = 2(A_o + A_f) / \pi \cdot \ell_s</math> </p> <p>但し、フィン外径を考慮せず</p>				
<p> <math>d_1</math> ; 伝熱管内径 (m)  <math>d_2</math> ; 伝熱管外径 (m)  <math>N</math> ; 伝熱管本数  <math>n_d</math> ; 伝熱管引廻し段数  <math>H_f</math> ; 伝熱管フィン高さ (m)  <math>t_f</math> ; 伝熱管フィン肉厚 (m)  <math>P_f</math> ; 伝熱管フィンピッチ (m)  <math>\ell_s</math> ; ぬれぶち長さ (m)  <math>A_o</math> ; 伝熱管伝熱面積密度 (m<sup>2</sup>/m)  <math>A_f</math> ; フィン伝熱面積密度 (m<sup>2</sup>/m)                 </p>				

入力データ説明書

AC-4		入力サブルーチン	ACREAD	
関連モジュール	モジュールAC	変数名	TSXAC, TAXAC, TTXAC TDXAC, TADXAC, TVXAC	
意味	基準温度		単位	℃
<p>基準温度</p> <p>物性値を温度に依らず一定とする場合は、代表値を入力する。</p> $TSXAC(i) = \frac{TI_{Na} + TO_{Na}}{2} \quad KPR1AC(i) = 0 \text{ の時入力}$ $TAXAC(i) = \frac{TI_{AIR} + TO_{AIR}}{2} \quad KRR3AC(i) = 0 \text{ の時入力}$ $TTXAC(i) = \frac{TSXAC(i) + TAXAC(i)}{2} \quad KRR2AC(i) = 0 \text{ の時入力}$ $TDXAC(i) = TTXAC(i) \quad KRR3AC(i) = 0 \text{ の時入力}$ $TADXAC(i) = TTXAC(i) \quad KRR3AC(i) = 0 \text{ の時入力}$ $TVXAC(i) = TTXAC(i) \quad KRR3AC(i) = 0 \text{ の時入力}$ <p style="text-align: right;"> <math>TI_{Na}</math> ; Na 入口温度  <math>TO_{Na}</math> ; Na 出口温度  <math>TI_{AIR}</math> ; 空気入口温度  <math>TO_{AIR}</math> ; 空気出口温度                 </p>				

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
.....  
.....

.....  
.....
$$\frac{1}{s} \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$
.....

.....  
.....
$$\frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$
..... ( )

### 3.3 モジュールCL (制御系の計算)

.....  
.....
$$\frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$
.....

.....  
.....
$$\frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$
.....

.....  
.....
$$\frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$
.....

.....  
.....
$$\frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$
.....

.....  
..... ( )

モジュールCL

## 1 機能

制御系の計算を行う汎用計算ルーチン。

## 2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
任意のプロセス量 (検出信号)	TEMP FLWN PRSN PMPN VLVN	任意のプロセス量 (指令信号)	TEMP FLWN PRSN PMPN VLVN

## 3 モデルの概要

本モデルは、特定の制御系を対象とするのではなく、入力データにより任意の制御系を構成することのできる汎用モデルである。

- (1) 独立的な制御系を最大KCCL個まで考慮できる。
- (2) 各制御系は、検出要素（最大KDCL個）、PID要素（最大KPCL個）、非線形要素（最大KNCL個）、演算要素（最大KOCL個）を持ち、入力データによりこれらの各要素を組み合わせ、任意の制御系を構成する。

## 1) 検出要素（図CL-1参照）

検出要素は、任意のプール変数から任意のプロセス量を入力し、検出遅れ、進相遅相を経た信号を任意のプール変数に出力する。

## 2) PID要素（図CL-2参照）

PID要素は、任意のプール変数から任意のプロセス量を入力し、PID（比例、積分、微分）を経た信号を任意のプール変数に出力する。尚、比例、積分、微分の各信号を任意に切離すことができる。また、非線形要素の出力を用いて、スイッチング動作を行うことができる。

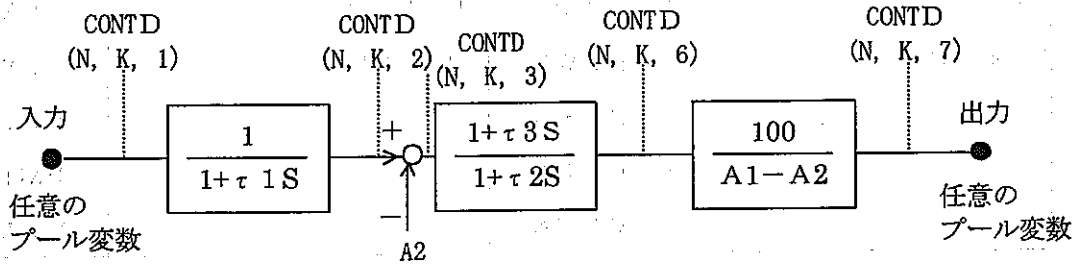
## 3) 非線形要素（図CL-3参照）

非線形要素は、任意のプール変数から任意のプロセス量を入力し、非線形テーブルを経た信号を任意のプール変数に出力する。尚、他の非線形要素の出力を用いて、スイッチング動作を行うことができる。

## 4) 演算要素（図CL-4参照）

演算要素は、任意のプール変数から任意のプロセス量を最大10個まで入力し、加減算、乗除算を経た信号を任意のプール変数に出力する。

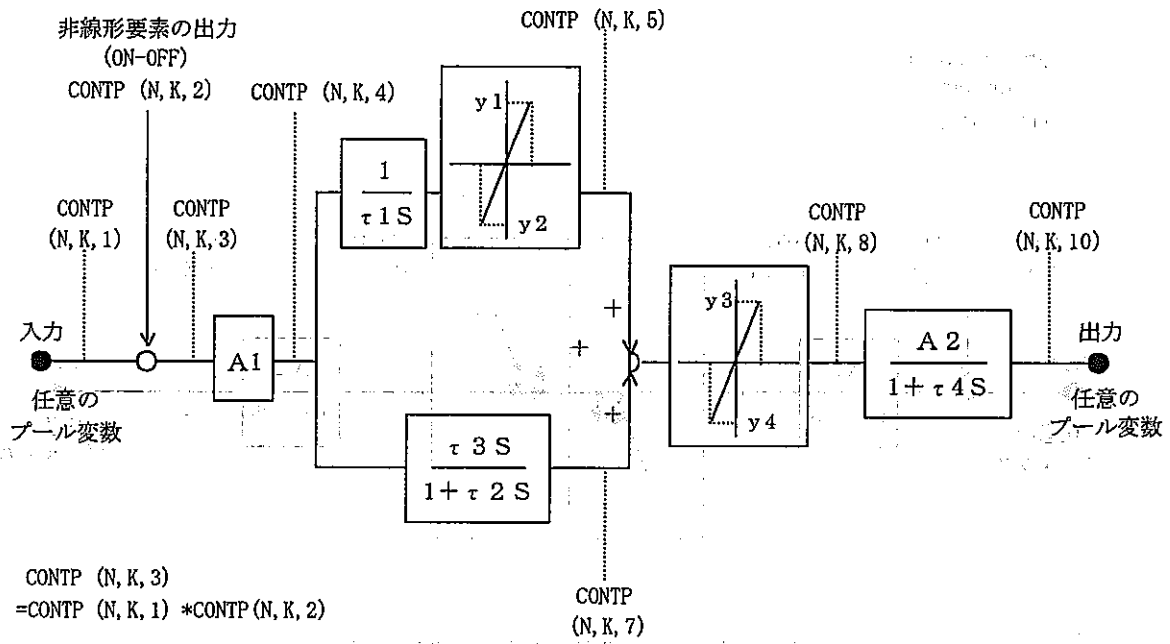
(注) KCCL, KDCL, KPCL, KNCL, KOCLはコンパイル時パラメータ文にて指定



記号	変数名
$\tau_1$	VALCLD(1, K, i)
$\tau_2$	VALCLD(2, K, i)
$\tau_3$	VALCLD(3, K, i)
A 1	VALCLD(4, K, i)
A 2	VALCLD(5, K, i)

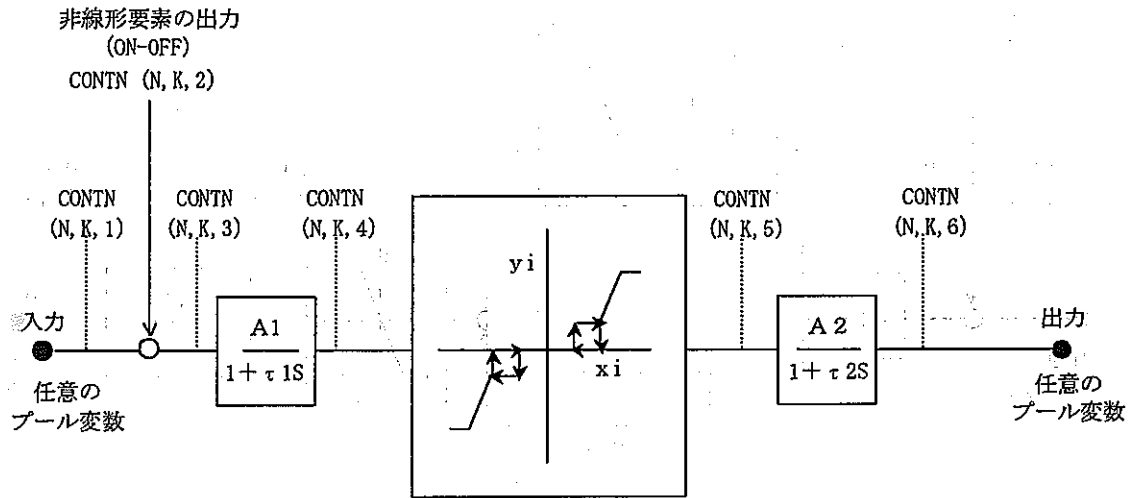
図CL-1 制御系検出要素モデル





記号	変数名
A 1	VALCLP (1, K, i)
$\tau 1$	VALCLP (2, K, i)
y 1	VALCLP (3, K, i)
y 2	VALCLP (4, K, i)
$\tau 2$	VALCLP (5, K, i)
$\tau 3$	VALCLP (6, K, i)
y 1	VALCLP (7, K, i)
y 2	VALCLP (8, K, i)
A 2	VALCLP (9, K, i)
$\tau 4$	VALCLP (10, K, i)

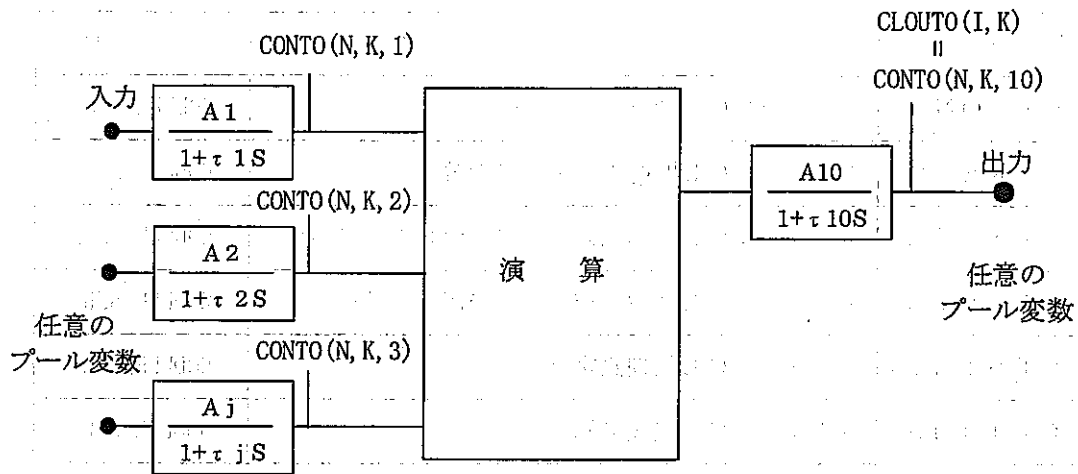
図CL - 2 制御系PID要素モデル



$$\text{CONTN (N, K, 3)} = \text{CONTN (N, K, 1)} * \text{CONTN (N, K, 2)}$$

記号	変数名		
A 1	VALCLN(1, K, i)		
A 2	VALCLN(2, K, i)		
x i		x i 増加	x i 減少
	データ個数	IVLA(k, i)	IVLB(k, i)
	x i	XVLA(j, k, i)	XVLB(j, k, i)
	y i	YVLA(j, k, i)	YVLB(j, k, i)
τ 1	VALCLN(3, k, i)		
τ 2	VALCLN(4, k, i)		

図 CL - 3 制御系非線形要素モデル



加減算  $CONTO(N, K, 10) = \sum_{j=1}^9 VALCLO(J, K, I) * CONTO(N, K, J) * VALCLO(10, K, I)$

乗除算  $CONTO(N, K, 10) = (VALCLO(1, K, I) * CONTO(N, K, 1)) * (VALCLO(2, K, I) * CONTO(N, K, 2))$

$CONTO(N, K, 10) = (VALCLO(1, K, I) * CONTO(N, K, 1)) / (VALCLO(2, K, I) * CONTO(N, K, 2))$

最大値  $CONTO(N, K, 10) = MAX(VALCLO(J, K, I) * CONTO(N, K, J), J=1, 9)$

最小値  $CONTO(N, K, 10) = MIN(VALCLO(J, K, I) * CONTO(N, K, J), J=1, 9)$

記号	変数名
A j	VALCLO(J, K, I)
τ j	VALCLO(J+10, K, I)
A 10	VALCLO(10, K, I)
τ 10	VALCLO(20, K, I)

- J, 加減算 9まで可
- 最大値 9まで可
- 最小値 9まで可
- 乗除算 2

図CL - 4 制御系演算要素モデル

表CL-1 モジュールCLサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
CLCONT	モジュールCL計算コントロール	MODULE SUB.
CLREAD	モジュールCL関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
CLININ	モジュールCL関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
CLRSTA	モジュールCL リポート・ファイル の書出し, 読み込み	MODULE SUB.
CLSTAT	モジュールCL初期設定計算	MODULE SUB.
CLTRNS	モジュールCL過渡計算	MODULE SUB.
CLTDEL	モジュールCL計算済み時間巾の計算	MODULE SUB.
CLCNCT	モジュールCLプール変数との接続	MODULE SUB.
CLWRIT	モジュールCL初期状態の出力, 及び中間出力	MODULE SUB.
CLWRT2	モジュールCLプール変数の出力	MODULE SUB.
YDISTB	テーブル・データ・フィッティング	ELEMENT SUB.



コモンブロック名	CLMI 1	(1/4)	
関連サブルーチン	モジュールCL モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	CLREAD	
	ネームリスト名	NAMCL1	
変数名	意味	単位	備考
NNCL	モジュールCL 制御系の数 (max. KCCL)	—	
IMDLCL (i)	モジュールCL (i) 計算実行の可否 = 1 : 実行する ≠ 1 : 実行しない	—	
IDCL (i)	モジュールCL (i) 検出要素の数 (max. KDCL)	—	
IPCL (i)	モジュールCL (i) PID要素の数 (max. KPCL)	—	
INCL (i)	モジュールCL (i) 非線形要素の数 (max. KNCL)	—	
IOCL (i)	モジュールCL (i) 演算要素の数 (max. KOCL)	—	
J1CL (k, i)	モジュールCL (i) k番目に初期設定を行う要素の種類 =1, 検出要素 =3, 非線形要素 =2, PID要素 =4, 演算要素	—	
J2CL (k, i)	モジュールCL (i) k番目に初期設定を行う要素の番号	—	
	i = KCCL, K = KDCL + KPCL + KNCL + KOCL		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CLMI 1	(2/4)	
関連サブルーチン			
	モジュールCL モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	CLREAD
		ネームリスト名	NAMCL1
変数名	意 味	単 位	備 考
IINTD (k 1, i)	モジュールCL(i) k 1 番目検出要素 = 1, 入力信号初期値を入力データで与える ≠ 1, 入力信号初期値をプール変数入力	—	
CNTD0 (k 1, i)	モジュールCL(i) k 1 番目検出要素, 入力信号初期値	—	IINTD=1 の時入力
IINTP (k 2, i)	モジュールCL(i) k 2 番目PID要素 = 1, 入力信号初期値を入力データで与える ≠ 1, 入力信号初期値をプール変数入力	—	
CNTP0 (k 2, i)	モジュールCL(i) k 2 番目PID要素, 入力信号初期値	—	IINTP=1 の時入力
IINTN (k 3, i)	モジュールCL(i) k 3 番目非線形要素 = 1, 入力信号初期値を入力データで与える ≠ 1, 入力信号初期値をプール変数入力	—	
CNTN0 (k 3, i)	モジュールCL(i) k 3 番目非線形要素, 入力信号初期値	—	IINTN=1 の時入力
IINTO (j, k 4, i)	モジュールCL(i) k 4 番目演算要素 = 1, j 番目入力信号初期値を入力データで与える ≠ 1, j 番目入力信号初期値をプール変数入力	—	
CNTO0 (j, k 4, i)	モジュールCL(i) k 4 番目演算要素, j 番目入力信号初期値	—	IINTO=1 の時入力
	i=KCCL, k1=KDCL, k2=KPCL, k3=KNCL, k4=KOCL, j=10		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CLMI1 (3/4)		
関連サブルーチン			
	モジュールCL	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン
			CLREAD
			ネームリスト名
			NAMCL1
変数名	意味	単位	備考
DTIMCL (j, i)	モジュールCL (i) 計算進み入力値	sec	
DDELCL (j, i)	モジュールCL (i) DTIMCL (j, I) ≤ 時間の時 計算進み時間巾=DDELCL (j, I)	sec	
TMAXCL (i)	モジュールCL (i) 計算終了時間	sec	
IOTMCL (i)	不使用		
DCOTCL (i)	不使用		
DMAXCL (i)	不使用		
DMINCL (i)	不使用		
	i=KCCL, j=5		

変数名リスト







コモンブロック名	CLMI 2			(2/5)		
関連サブルーチン						
	モジュールCL	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	CLREAD		
			ネームリスト名	NAMCL2		
変数名	意	味	単	位	備	考
LCLIP (k, i)	モジュールCL(i)	k番目PID要素, 入力に対応する プール変数の識別	—			(注1)
MCLIP (k, i)	モジュールCL(i)	k番目PID要素, プール変数番号 の指定	—			(注2)
NCLIP (k, i)	モジュールCL(i)	k番目PID要素, プール変数番号 の指定	—			(注2)
LCLOP (k, i)	モジュールCL(i)	k番目PID要素, 出力に対応する プール変数の識別	—			(注1)
MCLOP (k, i)	モジュールCL(i)	k番目PID要素, プール変数番号 の指定	—			(注2)
NCLOP (k, i)	モジュールCL(i)	k番目PID要素, プール変数番号 の指定	—			(注2)
NSWP (k, i)	モジュールCL(i)	k番目PID要素, スイッチとなる 非線形要素の番号	—			
JOFFP (k, i)	モジュールCL(i)	k番目PID要素 = 1 ; 比例信号を切離す	—			
IOPCLP (k, i)	モジュールCL(i)	k番目PID要素 = 1 ; スイッチ信号 < 1 の時積分信号を切り離す。 スイッチなしとする。	—			
		(注1) =1, TEMP =3, PRSN =5, VLVN =2, FLWN =4, PMPN (注2) TEMP について, TEMP(MCLIP), TEMP(MCLOP) その他について, FLWN(MCLIP, NCLIP) FLWN(MCLOP, NCLOP)				
		i=KCCL, k=KPCL				

変数名リスト

コモンブロック名	CLMI 2			(3/5)
関連サブルーチン				
	モジュールCL	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	CLREAD
			ネームリスト名	NAMCL2
変数名	意味		単位	備考
LCLIN (k, i)	モジュールCL (i)	k 番目非線形要素, 入力に対応するプール変数の識別	—	(注 1)
MCLIN (k, i)	モジュールCL (i)	k 番目非線形要素, プール変数番号の指定	—	(注 2)
NCLIN (k, i)	モジュールCL (i)	k 番目非線形要素, プール変数番号の指定	—	(注 2)
LCLON (k, i)	モジュールCL (i)	k 番目非線形要素, 出力に対応するプール変数の識別	—	(注 1)
MCLON (k, i)	モジュールCL (i)	k 番目非線形要素, プール変数番号の指定	—	(注 2)
NCLON (k, i)	モジュールCL (i)	k 番目非線形要素, プール変数番号の指定	—	(注 2)
NSWN (k, i)	モジュールCL (i)	k 番目非線形要素, スイッチとなる非線形要素の番号	—	
	(注 1) =1, TEMP =3, PRSN =5, VLVN =2, FLWN =4, PMPN (注 2) TEMP について, TEMP (MCLIN), TEMP (MCLON) その他について, FLWN (MCLIN, NCLIN) FLWN (MCLON, NCLON)			
	i =KCCL, k =KNCL			

変数名リスト

コモンブロック名	CLMI 2	(4/5)	
関連サブルーチン			
	モジュールCL	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	CLREAD
		ネームリスト名	NAMCL2
変数名	意味	単位	備考
LCLIO (j, k, i)	モジュールCL (i) の k 番目演算要素, j 番目入力に対応するプール変数の識別	—	(注1)
MCLIO (j, k, i)	モジュールCL (i) の k 番目演算要素, j 番目入力に対応するプール変数の指定	—	(注2)
NCLIO (j, k, i)	モジュールCL (i) の k 番目演算要素, j 番目入力に対応するプール変数の指定	—	(注2)
LCLOO (k, i)	モジュールCL (i) の k 番目演算要素, 出力に対応するプール変数の識別	—	(注1)
MCLOO (k, i)	モジュールCL (i) の k 番目演算要素, プール変数番号の指定	—	(注2)
NCLOO (k, i)	モジュールCL (i) の k 番目演算要素, プール変数番号の指定	—	(注2)
JSELO (k, i)	モジュールCL (i) の k 番目演算要素, 演算内容の識別 =1, 加減算 =2, 乗算 3=除算 =4, 最大値 =5, 最小値	—	
IJSTAO (k, i)	モジュールCL (i) の k 番目演算要素, JSTAO(k, i)=1 の時逆設定する入力信号の番号	—	
JSTAO (k, i)	モジュールCL (i) の k 番目演算要素 =1, LSTAO(k, i) 番目入力初期値を逆設定する =2, 入出力信号初期値から VALCLO(10, k, i) を逆設定する		JSELO=1 の時のみ
LSTAO (k, i)	モジュールCL (i) の k 番目演算要素, JSTAO(k, I)=1 の時, 逆設定する入力信号の番号		
	(注1) =1, TEMP =3, PRSN =5, VLVN =2, FLWN =4, PMPN (注2) TEMP について, TEMP(MCLIO), TEMP(MCLOO) その他について, FLWN(MCLIO, NCLIO) FLWN(MCLOO, NCLOO)		
	i=KCCL, k=KOCL, j=10		

変数名リスト

コモンブロック名	CLMI 2	(5/5)	
関連サブルーチン			
	モジュールCL	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	CLREAD
		ネームリスト名	NAMCL2
変 数 名	意 味	単 位	備 考
VALCLD (j, k1, i)	モジュールCL (i) k 1 番目検出要素, 各種入力データ	—	図 CL-1 参照
VALCLP (l, k2, i)	モジュールCL (i) k 2 番目PID要素, 各種入力データ	—	図 CL-2 参照
VALCLN (m, k3, i)	モジュールCL (i) k 3 番目非線形要素, 各種入力データ	—	図 CL-3 参照
IVLA (k3, i)	モジュールCL (i) k 3 番目非線形要素, x i 増加時 テーブルデータ個数	—	入力データ 説明書 CL-2 参照
XVLA (n, k3, i)	モジュールCL (i) k 3 番目非線形要素, x i データ	—	入力データ 説明書 CL-2 参照
YVLA (n, k3, i)	モジュールCL (i) k 3 番目非線形要素, y i データ	—	入力データ 説明書 CL-2 参照
IVLB (k3, i)	モジュールCL (i) k 3 番目非線形要素, x i 減少時 テーブルデータ個数	—	入力データ 説明書 CL-2 参照
XVLB (n, k3, i)	モジュールCL (i) k 3 番目非線形要素, x i データ	—	入力データ 説明書 CL-2 参照
YVLB (n, k3, i)	モジュールCL (i) k 3 番目非線形要素, y i データ	—	入力データ 説明書 CL-2 参照
VALCLO (n, k4, i)	モジュールCL (i) k 4 番目演算要素, 各種入力データ	—	図 CL-4 参照
	i = KCCL, j=5, l=10, m=4, n=20, k1=KDCL, k2=KPCL, k3=KNCL, k4=KOCL		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CLM1	(1/1)
関連サブルーチン	モジュールCL モジュールサブルーチン	
変数名	意味	単位備考
ETCL (i)	モジュールCL (i) 計算経過時間	sec
DELTCL (i)	モジュールCL (i) 計算進み時間巾	sec
MCL1 (i)	モジュールCL (i) タイムメッシュ (1ステップ前)	—
MCL2 (i)	モジュールCL (i) タイムメッシュ (現ステップ)	—
IOUTCL (i)	モジュールCL (i) 中間出力時間の指定	—
	i = KCCL	

変数名リスト

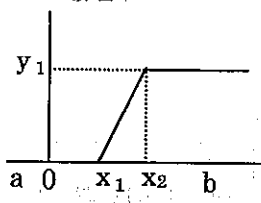
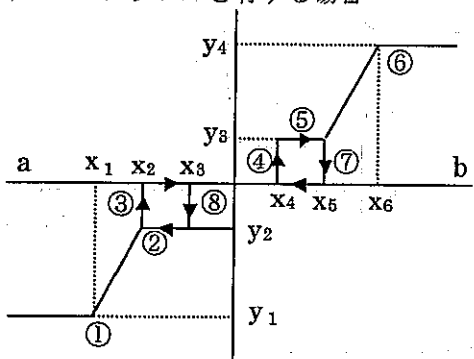
コモンブロック名	CLM2	(1/1)
関連サブルーチン	モジュールCL モジュールサブルーチン	
変数名	意味	単位 備考
CONTD (n, k1, l)	モジュールCL (I) K1番目検出要素, 制御信号	—
CLOUDD (i, k1)	モジュールCL (I) K1番目検出要素, 出力	—
CONTP (n, k2, j)	モジュールCL (I) K2番目PID要素, 制御信号	—
CLOUTP (i, k2)	モジュールCL (I) K2番目PID要素, 出力	—
CONTN (n, k3, m)	モジュールCL (I) K3番目非線形要素, 制御信号	—
CLOUTN (i, k3)	モジュールCL (I) K3番目非線形要素, 出力	—
CONTO (n, k4, j)	モジュールCL (I) K4番目演算要素, 制御信号	—
CLOUTO (i, k4)	モジュールCL (I) K4番目演算要素, 出力	—
	i=KCCL, n=2*KCCL, j=10, l=7, m=6, k1=KDCL, k2=KPCL, k3=KNCL, k4=KOCL,	

変 数 名 リ ス ト



CL-1		入力サブルーチン	CLREAD	
関連モジュール	モジュールCL	変数名	—	
意味	プロセス量の検出から動的機器への出力までの対応	単位	—	
<p>一般に、制御系は、状態量の計測から制御指令信号出力までは下図のようになっており、コードのモデルとの対応は以下のようになっている。</p> <p>(注1) 計測上の遅れであり、通常、流量計・圧力計での遅れは無視される。</p> <p>(注2) フィルタは温度計には通常設置されない。</p> <p>(注3) °C→%スパン or kg/sec →%スパン等の変換が行われる。実際には、センサ出力は電流又は電圧であり、これらを制御装置にて扱い易い信号レベルに変換する。</p> <p>(注4) PID要素だけでなく、作成されている制御装置の構成に従い、非線形要素・演算要素を組み合わせる。</p>				

入力データ説明書

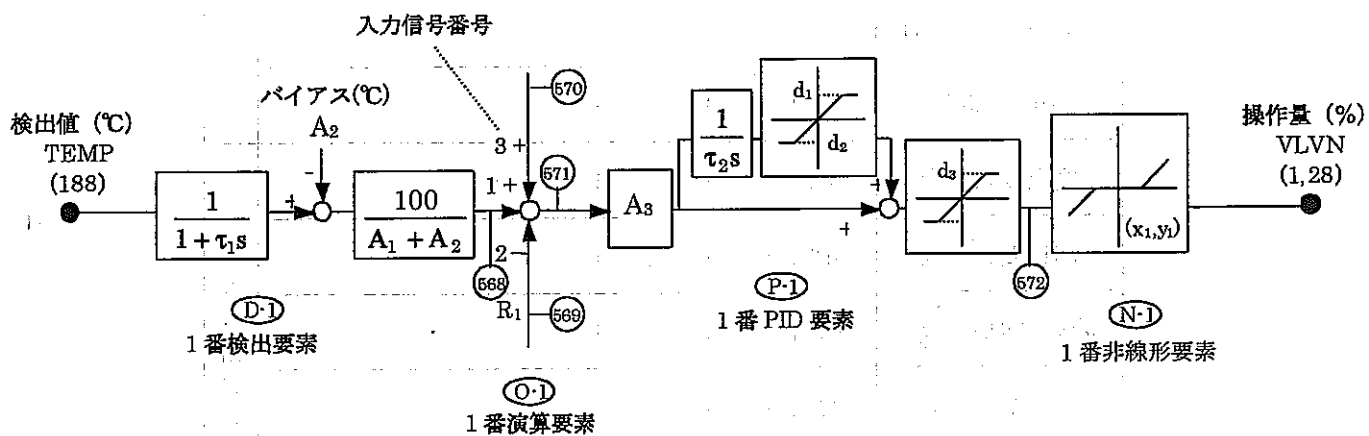
CL-2		入力サブルーチン	CLREAD
関連モジュール	モジュールCL	変数名	IVLA, XVLA, YVLA IVLB, XVLB, YVLB
意味	非線形要素について	単位	—
<p>(1) リミッタの場合</p>  <p>IVLA ..... 4点</p> <p>XVLA = (a, x1, x2, b)</p> <p>YVLA = (0, 0, y, y1)</p> <p>(2) ヒステリシスを有する場合</p>  <p>IVLA ..... 9点</p> <p>XVLAは増加側のため</p> <p>① → ② → ③ → ④ → ⑤ → ⑥</p> <p>XVLBは減少側のため</p> <p>① → ② → ⑧ → ⑦ → ⑤ → ⑥</p> <p>の順に入力する。</p> <p>すなわち, XVLA = (a, x1, x2 - Δ, x2, x4 - Δ, x4, x5, x6, b)</p> <p>YVLA = (y1, y1, y2, 0, 0, y3, y3, y4, y4)</p> <p>XVLB = (a, x1, x2, x3 - Δ, x3, x5 - Δ, x5, x6, b)</p> <p>YVLB = (y1, y1, y2, y2, 0, 0, y3, y4, y4)</p> <p>ここでΔは, 小さい値とする。</p>			

CL-3 (1/2)		入力サブルーチン	CLREAD
関連モジュール	モジュールCL	変数名	—
意味	入力データの作成		単位
<p>モジュールCLの入力</p> <p>データの作成法を示す。</p> <p>図CL-5 MSG-COPD 制御系システムモデル図例、及び表CL-2～表CL-6の入力データ作成表参照。</p> <p>1 制御系のブロック図を各制御要素（検出要素・PID要素…）に分割する。</p> <p>（図CL-5 制御系システムモデル図例 参照）</p> <p>検出要素 ○D-1</p> <p>PID要素 ○P-1</p> <p>非線形要素 ○N-1</p> <p>演算要素 ○O-1</p> <p>（複数個ある時は、-2, -3 と続ける）</p> <p>2 各制御要素について入力及び出力のプール変数番号を設定する。</p> <p>演算要素で複数入力の場合入力信号番号をふる。</p> <p>3 初期値設定</p> <p>3.1 各制御要素での初期値設定</p> <p>各制御要素での初期値設定では、入力信号を元にするか、出力信号を元にするか、また元になる入出力信号はプール変数入力か、入力データによるかを選定する。</p> <p>入力データの説明</p> <p>① JSTAx (k, i)      x = D, P, O</p> <p>=0 ; 入力信号を元に制御信号・出力信号を設定し、出力信号をプール変数に出力。</p> <p>PID要素では、すべて0に設定。</p>			

入力データ説明書

CL-3 (2/2)		入力サブルーチン	CLREAD	
関連モジュール	モジュールCL	変数名	——	
意味	入力データの作成		単位	——
<p>=1 ; 出力信号を元に制御信号・入力信号を設定し、入力信号をプール変数に出力。</p> <p>演算要素では加減算の時だけ指定でき、LSTAO(k, i)番目入力信号を逆算する。</p> <p>=2 ; 演算要素では加減算の時だけ指定でき、入出力信号から出力ゲインを逆算する。</p> <p>② IINTx (k, i) x=D, P, N, O のいずれかで x=Oの時は IINTO (j, k, i)</p> <p>=0 ; 元になる入出力信号にプール変数の値を用いる。</p> <p>=1 ; 元になる入出力信号の初期位置を入力する。対応するプール変数の値は入力値に置き換わる。</p> <p>入力変数はCNTx0 (k, i) x=D, P, N, O のいずれかで x=Oの時は IINTO (j, k, i)</p>				
<p>3. 2 全体の初期値設定</p> <p>各制御要素における初期値の設定方法を考え、制御要素の初期設定順序を決める。</p> <p>(プール変数入力で≠0の場合、既に設定されていなければならない。)</p>				
<p>4 入力データ作成</p> <p>制御系のシステムモデル図例を図 CL-5 に示す。</p> <p>その入力データ作成例を表 CL-2~CL6 に示す。</p>				

入力データ説明書



CL (1)

但し、

- $\tau_1=30$        $A_3=5$        $x_1, y_1$ ; 出力=入力
- $A_1=550$        $\tau_2=120$
- $A_2=450$        $d_1=d_3=100$
- $R_1=45$        $d_2=d_4=0$

図CL-5 制御系システムモデル図例

表CL-2 モジュールCL、制御系構成入力データ表

制御系名称 CL(I)		
制御系番号	CL ( 1 ) =1	
検出要素の数	IDCL ( 1 ) =1	NAMCL1
PID要素の数	IPCL ( 1 ) =1	
非線形要素の数	INCL ( 1 ) =1	
演算要素の数	IOCL ( 1 ) =1	
初期設定計算の 順序と要素の種類	J1CL (1, 1 ) =1,4,2,3	
初期設定計算の 順序と要素の番号	J2CL (1, 1 ) =1,1,1,1	

※J1CL(K, I)  
 =1; 検出要素  
 =2; PID要素  
 =3; 非線形要素  
 =4; 演算要素

表CL-3. モジュールCL、検出要素入力データ表

制御系番号 I		1		
検出要素番号 K		1		
入力	初期値(K, D)	IINTD ( 1, 1) = CNTD0 ( 1, 1) =	IINID=1の時 CNTD0を入力	NAMCL1
	プール変数(K, D)	LCLID ( 1, 1) =1 MCLID ( 1, 1) =188 NCLID ( 1, 1) =	LCLID =1;TEMP(M) =2;FLWN(M,N) =3;PRSN(M,N) =4;PMPN(M,N) =5;VLVN(M,N)	
出力	プール変数(K, D)	LCLOD ( 1, 1) =1 MCLOD ( 1, 1) =568 NCLOD ( 1, 1) =	LCLODも同様	NAMCL2
パラメータ値	時定数(i, K, D)	VALCLD (1, 1, 1) =30.0		
	位相補償(i, K, I)	VALCLD (2, 1, 1) =0.0	$\frac{1 + \tau_3 S}{1 + \tau_2 S}$	
	$\tau_2, \tau_3$	VALCLD (3, 1, 1) =0.0		
規格化(i, K, I)	VALCLD (4, 1, 1) =550.0	VALCLD (5, 1, 1) =450.0	$\frac{100}{A_1 - A_2}$	
$A_1, A_2$				

表CL-4 モジュールCL、PID要素入力データ表

制御系番号 I		1		
検出要素番号 K		1		
入力	初期値 (K, I)	IINTP ( 1, 1) = CNTPO ( 1, 1) =	IINIP=1の時 CNTPOを入力	NAMCL1
	プール変数 (K, I)	LCLIP ( 1, 1) =1 MCLIP ( 1, 1) =571 NCLIP ( 1, 1) =	LCLID =1;TEMP(M) =2;FLWN(M,N)	
	スイッチ (K, I)	NSWP ( 1, 1) =	=3;PRSN(M,N)	
出力	プール変数 (K, I)	LCLOP ( 1, 1) =1 MCLOP ( 1, 1) =572 NCLOP ( 1, 1) =	=4;PMPN(M,N) =5;VLVN(M,N) LCLODも同様	NAMCL2
	演算内容 (K, I)	JOFFP ( 1, 1) =	=1の時比例無し	
パラメータ値	ゲイン (J, K, I)	VALCLP (1, 1, 1) =5.0		
	積分時間 (J, K, I)	VALCLP (2, 1, 1) =120.0		
	積分リミッタ 上限、下限	VALCLP (3, 1, 1) =+100.0 VALCLP (4, 1, 1) =0.0		
	微分時間 (J, K, I)	VALCLP (5, 1, 1) =0.0 VALCLP (6, 1, 1) =0.0	=0の時微分無し	
	出力リミッタ 上限、下限	VALCLP (7, 1, 1) =+100.0 VALCLP (8, 1, 1) =0.0	$\frac{1+\tau_1 S}{1+\tau_2 S}$	
	出力ゲイン	VALCLP (9, 1, 1) =1.0		
	出力遅れ時定数	VALCLP (10, 1, 1) =0.0		



表CL-5 モジュールCL、非線形要素入力データ表

制御系番号 I		1		
検出要素番号 K		1		
入 力	初期値 (K, I)	IINTN ( 1, 1) = CNTNO ( 1, 1) =	IININ =1の時 CNTN0を入力	N A M C L 1
	プール変数 (K, I)	LCLIN ( 1, 1) =1 MCLIN ( 1, 1) =572 NCLIN ( 1, 1) =	LCLIN =1;TEMP(M) =2;FLWN(M,N)	
	スイッチ (K, I)	NSWN ( 1, 1) =	=3;PRSN(M,N)	
出 力	プール変数 (K, I)	LCLON ( 1, 1) =5 MCLON ( 1, 1) =1 NCLON ( 1, 1) =20	=4;PMPN(M,N) =5;VLVN(M,N) LCLONも同様	N A M C L 2
パ ラ メ ー タ 値	入力ゲイン (J, K, I)	VALCLN (1, 1, 1) =1.0		
	入力遅れ時定数	VALCLN (3, 1, 1) =0.0		
	出力ゲイン (J, K, I)	VALCLN (2, 1, 1) =1.0		
	出力遅れ時定数	VALCLN (4, 1, 1) =0.0		
	非線形テーブル Xi上昇時 個数 X, Y	IVLA ( 1, 1) =2 XVLA ( 1, 1) =-100.0,100.0, YVLA ( 1, 1) =-100.0,100.0,		
非線形テーブル Xi低下時 個数 X, Y	IVLB ( 1, 1) =-100.0,100.0, XVLB ( 1, 1) =-100.0,100.0, YVLB ( 1, 1) =-100.0,100.0,			

表CL-6 モジュールCL、PID要素入力データ表

制御系番号 I		1		
検出要素番号 K		1		
入 力	初期値(J, K, I)	IINTO ( , 1, 1) = 1 CNT00 ( , 1, 1) = 45.0	IINTO=1の時 CNT00を入力	N A M C L L
	プール変数(J, K, I)	LCLIO ( , 1, 1) = 1,1,1, MCLIO ( , 1, 1) = 568,569,570 NCLIO ( , 1, 1) =	LCLIO =1; TEMP(M) =2; FLWN(M,N) =3; PRSN(M,N)	
出 力	プール変数(K, I)	LCLOO ( , 1, 1) = 1 MCLOO ( , 1, 1) = 571 NCLOO ( , 1, 1) =	=4; PMPN(M,N) =5; VLVN(M,N) LCLODも同様	N A M C L L 2
パ ラ メ ー タ 値	演算内容(K, I)	JSELO ( 1, 1) = 1	=1;加算 =4;max =2;乗算 =5;min =3;除算	
	初期設定方法	JSTAO ( 1, 1) =	-JSELO-1の時	
	逆設定信号番号	LSTAO ( 1, 1) =	-JSTAO=1の時	
	入力ゲイン	VALCLO (i, 1, 1) = 1.0,-1.0,1.0,	max9個	
	入力遅れ時定数	VALCLO (i+10, 1, 1) = 0.0		
	出力ゲイン	VALCLO (10, 1, 1) = 1.0		
出力遅れ時定数	VALCLO (20, 0, 1) = 0.0			

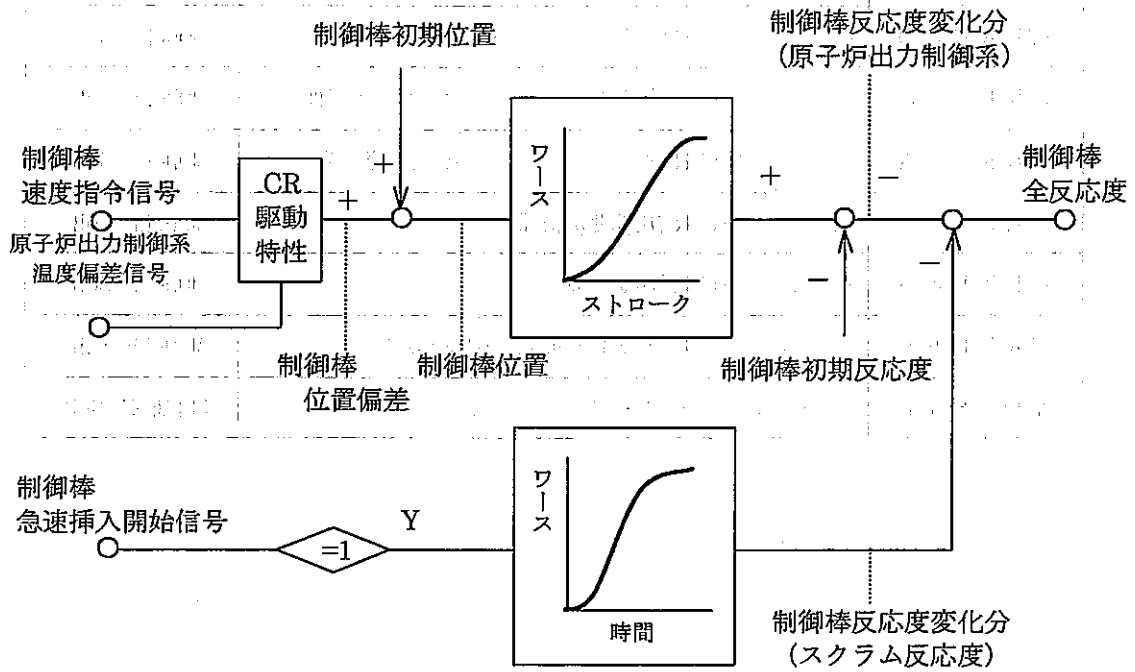
3.4 モジュールCR (制御棒の計算)

モジュールCR

- 1 機能  
制御棒反応度の計算
- 2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
制御棒速度指令信号	TEMP	制御棒反応度変化分 (原子炉出力制御系)	TEMP
制御棒急速挿入開始信号	TEMP	制御棒反応度変化分 (スクラム反応度)	TEMP
原子炉出力制御系温度偏差 信号	TEMP	制御棒全反応度変化分	TEMP

- 3 モデルの概要 (図CR-1参照)  
制御棒速度指令 (原子炉出力制御系) による反応度変化分及び制御棒急速挿入信号 (スクラム) による反応度変化分を求める。



図CR-1 制御棒モデル

表CR-1 モジュールCRサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
CRCONT	モジュールCR計算コントロール	MODULE SUB.
CRREAD	モジュールCR関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
CRBLOK	モジュールCR関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
CRRSTA	モジュールCR リスタート・ファイルの書出し, 読み込み	MODULE SUB.
CRSTAT	モジュールCR初期設定計算	MODULE SUB.
CRTRNS	モジュールCR過渡計算	MODULE SUB.
CRTDEL	モジュールCR計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
YDISTB	テーブル・データ・フィッティング	ELEMENT SUB.

コモンブロック名	CRMI1	(1/2)	
関連サブルーチン			
	モジュールCR	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	
		CRREAD	
		ネームリスト名	
		NAMCR1	
変数名	意	単位	備考
IMDLCR	モジュールCR 計算実行の可否 =1, 実行する ≠1, 実行しない	—	
IOPTCR	モジュールCR 制御棒駆動特性 =0, 簡易モデル =1, 詳細モデル	—	
NVCR	モジュールCR 制御棒速度指令信号に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
NTCR	モジュールCR 温度偏差信号に対応するプール変数番号 (IOPTCR=1 の時入力)	—	TEMP に対応
NSCR	モジュールCR 制御棒急速挿入開始信号に対するプール変数番号	—	TEMP に対応
N1CR	モジュールCR 原子炉出力制御系制御棒反応度変化分に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
N2CR	モジュールCR スクラム反応度に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
NTOTCR	モジュールCR 制御棒全反応度変化分に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CRMI 1	(2/2)	
関連サブルーチン			
モジュールCR モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	
		CRREAD	
		ネームリスト名	
		NAMCR1	
変数名	意味	単位	備考
DTIMCR (j)	モジュールCR 計算進み時間幅入力 DTIMCR(j) ≤ 時間の時, 計算時間進み巾=DDELCR(j)	sec	
DDELCR (j)		sec	
TMAXCR	モジュールCR 計算終了時間	sec	
ISTACR	モジュールCR =0, 初期設定計算の出力をしない =1, sub. STATCRの出力を行う	—	
IDBGCR	モジュールCR =0, 中間出力をしない =1, 中間出力を行う	—	
OUTCR (i)	モジュールCR 中間出力時間の指定	sec	
	j =5, i =30		

変数名リスト



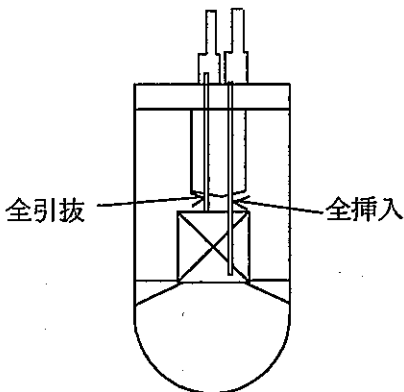
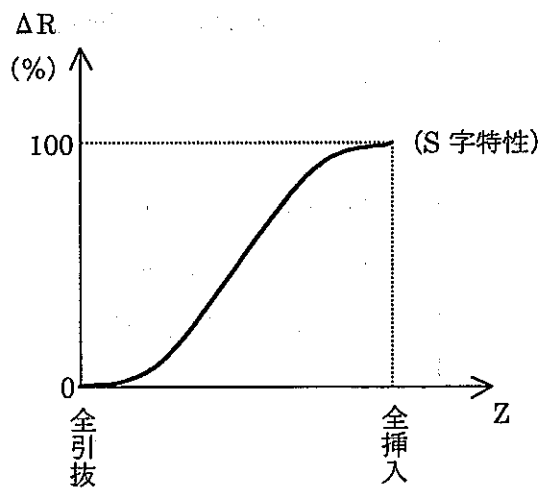
コモンブロック名	CRMI 2	(1/1)	
関連サブルーチン			
モジュールCR モジュールサブルーチン		入力サブルーチン CRREAD	
		ネームリスト名 NAMCR2	
変数名	意味	単位	備考
MCROD	制御棒 (原子炉出力制御系) 位置-反応度 (S字カーブ) フィッティング データ個数	—	
XCROD (k)	制御棒 (原子炉出力制御系) 位置-反応度 (S字カーブ) フィッティング 制御棒位置	m	
RCROD (k)	制御棒 (原子炉出力制御系) 位置-反応度 (S字カーブ) フィッティング 制御棒値	\$	
MBUCK	挿入反応度 (スクラム反応度) 時間-反応度フィッティング データ個数	—	
TBUCK (k)	挿入反応度 (スクラム反応度) 時間-反応度フィッティング スクラム開始からの経過時間	sec	
RBUCK (k)	挿入反応度 (スクラム反応度) 時間-反応度フィッティング 制御棒値	\$	
BUCKS	挿入反応度 (スクラム反応度) 時間-反応度フィッティング ゲイン		通常 1.0
XCR0	原子炉出力制御系 制御棒初期位置	m	
R1CR0	原子炉出力制御系 制御棒初期反応度	\$	(注)
(注) CRSTAT で XCRO から設定するため入力不要			
CRDATA (j)	制御棒駆動特性, 入力データ $\left. \begin{array}{l} j=1 \quad a \text{ (m/s}^2\text{)} \\ =2 \quad b \text{ (m/s)} \end{array} \right\} \text{駆動速度 } V_s = a \Delta t + b$ $\begin{array}{l} =3 \quad \text{駆動速度下限値 (m/s)} \\ =4 \quad \text{駆動速度上限値 (m/s)} \end{array}$		IOPTCR=1 の時入力
k = 50, j = 10			

変数名リスト



コモンブロック名	CRM2	(1/1)
関連サブルーチン		
モジュールCR モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位備考
CONTCR (n, j)	モジュールCR 途中変数 j = 1 制御棒速度指令信号 (m/sec) j = 2 温度偏差信号 (%) j = 3 制御棒引抜, 挿入フラッグ j = 4 制御棒速度 (m/sec) j = 5 途中変数 (sec) j = 6 途中変数 (sec) j = 7 途中変数 (sec) j = 8 制御棒位置偏差 (m) j = 9 制御棒位置 (m) j = 10 出力制御系, 制御棒反応度 (\$) j = 11 出力制御系, 制御棒反応度変化分 (\$) j = 12 j = 13 j = 14 制御棒挿入開始信号 j = 15 スクラム反応度 (\$) j = 16 スクラム反応度投入後経過時間 (sec) j = 17 j = 18 全反応度変化分 (\$) n=2, j=20	

変数名リスト

CR-1		入力サブルーチン	CRREAD
関連モジュール	モジュールCR	変数名	——
意味	計算の概要		単位
<p>(1) 本モジュールでは、制御棒の引抜・挿入による炉心への添加反応度を計算する。</p> <p>(2) 制御棒による反応度添加は、制御棒の移動量及び移動速度によって、それぞれ添加反応度量及び反応度挿入割合が異なる。</p> <p>(3) 解析の目的に応じて、提示データ及び条件が異なる場合があり、本モジュールでは、主に次の2つの計算方法を用意している。</p> <p>(a) 反応度挿入時系列データ（原子炉スクラム時等）                      予め設定した制御棒動作により、反応度挿入変化を時系列データで与える。  <math display="block">\rho(t) = f(t)</math> <math display="block">\rho(t) : \text{添加反応度}</math> <math display="block">t : \text{時間}</math> </p> <p>(b) 反応度S字特性データ（原子炉出力制御時など）                      挿入位置と反応度の相関をテーブルで与えておき、制御棒の位置の変化に応じた添加反応度を計算する。  <math display="block">\rho(t) = q(x(t))</math> <math display="block">x(t) : \text{制御棒位置変化}</math> </p>			
			

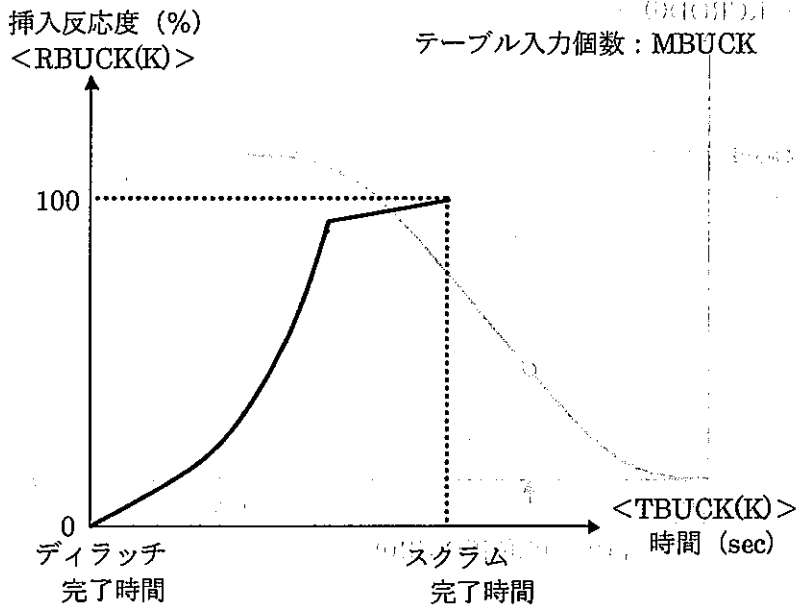
入力データ説明書

CR-2		入力サブルーチン	CRREAD
関連モジュール	モジュールCR	変数名	MCROD, XCROD, RCROD
意味	原子炉出力制御系, 制御棒データ		単位 —
<p>原子炉出力制御系の計算に用いる制御棒(調整棒)のデータ。                  調整棒を1本で代表し, 制御棒位置(m) - 反応度(\$)\$ データを, テーブル入力する。</p> <div style="text-align: center;"> <p>The graph plots reactivity (\$)\$ on the vertical axis against control rod position (m) on the horizontal axis. The vertical axis is labeled '反応度(\$)\$ &lt;RCROD(i)&gt;' and the horizontal axis is '制御棒位置(m) &lt;XCROD(i)&gt;'. The curve begins at a point labeled '全引抜' (fully withdrawn) on the left. It rises to a peak labeled '全反応度' (full reactivity). The horizontal axis also indicates '制御棒初期位置(XCRO)' (initial control rod position) and '全挿入' (fully inserted) on the right. A dashed line shows a step-like function that follows the curve's general shape but has a sharp drop at the '全挿入' point.</p> </div> <p>制御棒初期位置(出力レベル等に依存)によって, <math>\Delta\rho/\Delta Z</math>の値が異なる為, 必要に応じて適切なXCROを入力する。</p>			

入力データ説明書

CR-3		入力サブルーチン	CRREAD
関連モジュール	モジュールCR	変数名	MBUCK, TBUCK, RBUCK, BUCKS
意味	挿入反応度 (スクラム反応度)	時間-反応度データ	単位

原子炉スクラム時の急速な負の反応度挿入を，時間 (sec) - 反応度 (%) のテーブル入力データにより計算する。(下図参照)



なお，挿入反応度は，

$$\Delta \rho (t) = BUCKS * RBUCK (t) \quad \Delta \rho : [\$]$$

で計算するため，RBUCK (K) の単位系は [ \$ ] ， [ φ ] ， [ % ] ， [ 比 ] 等の任意の値で良い。BUCKS の入力値により  $\Delta \rho$  としては単位を [ \$ ] にする必要がある。

入力データ説明書

3.5 モジュールFN（非圧縮性流体流動計算）

モジュールFN

## 1 機能

非圧縮性流体の汎用流動計算。

## 2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
駆動源ヘッド	PMPN	流量	FLWN
バルブ抵抗係数	VLVN	圧力	PRSN
圧力バウガリの圧力 (*1)	PRSN	自由液面の液位	TEMP
湧出・消滅流量 (*1)	FLWN		
給気・排気流量 (*2)	FLWN		
自然循環力 (*3)	TEMP		
流体の平均温度 (*3)(*4)	TEMP		
原子炉トリップ信号 (*4)			

(\*1) 他の流路網と接続する場合、汲上流量の模擬。

(\*2) 各液面のカバーガスについて。

(\*3) 各圧損素子について。

(\*4) シュリンク計算用。



### 3 モデルの概要

- (1) 本モデルは、特定のシステムを対象とするのではなく、入力データにより任意のシステムについて流路網（フローネットワーク）を組み、流動計算を行う汎用モデルである。（図FN-1参照）
- (2) 流体は非圧縮性流体として扱う。
- (3) 流路網数、及び各流路網の圧力ノード数と流路数、各流路上に存在する圧損素子数を、解析対象システムに応じて任意に設定できる。
- (4) 任意の流路に、任意個数の駆動源、及びバルブを設定できる。
- (5) 任意の圧力ノードに、流量境界を任意個数接続できる。
- (6) 流量、又は圧力を境界条件として、他の流路網との接続が可能である。
- (7) 任意の圧力ノードに液面を設定できる。液面の数は、1流路網当り最大5個、又、流体の密度変化（温度変化）、境界流量（オーバーフロー、汲上に対応）による液面の変動が計算できる。尚、カバーガスについては、次の3通りの取扱いが可能である。
  - 1) 一定圧力。（入力値）
  - 2) 封じ込め。
  - 3) 給気・排気による圧力変動を計算。

## 4 基礎式

## (1) 圧損の定義

圧損素子の圧損に関する定義式を示す。

$$\Delta P_{i,k} = \Delta P_{0i,k} \cdot (G_i / G_{0i})^{\alpha_{i,k}} \quad (1)$$

$G_i$	;	流路 i 流量	(kg/sec)
$G_{0i}$	;	〃 基準流量	(kg/sec)
$\Delta P_{i,k}$	;	〃 圧損素子 k の流量 $G_i$ に対する圧損	(kg/m <sup>2</sup> )
$\Delta P_{0i,k}$	;	〃 圧損素子 k の流量 $G_{0i}$ に対する圧損	(kg/m <sup>2</sup> )
$\alpha_{i,k}$	;	〃 圧損素子 k の圧損の流量依存性を示す指数	( — )

尚、 $\alpha_{i,k}$ 、 $\Delta P_{0i}$  については、流量の変化に伴う圧損特性の変化を模擬できる様、

正流時・逆流時とも3領域の流量範囲について、異なる値を設定することができる。

## (2) 質量保存則・運動量保存則

各流路網を構成する圧力ノード M 個のうち、圧力バウンダリノード  $M_B$  を除いた数を  $M_N$ 、流路の数を N とすると、任意の圧力ノード j 及び流路 i について下記の質量保存則、運動量保存則が成立つ。

## 1) 質量保存則

$$\sum_{m=1}^N a_{j,m} G_m = S_j \quad (j=1, \dots, M_N) \quad (2)$$

## 2) 運動量保存則

$$\sum_{n=1}^M b_{i,n} P_n = F_i G_i^{\alpha_i} - \Delta H_i - e_i E_i + v_i V_i |G_i| G_i + L_i / g (dG_i / dt) \quad (i=1, \dots, N) \quad (3)$$

$a_{j,b_{ij}}$	;	流路 i,j の結合係数 (0, ±1)	( — )
$G_i$	;	流路 i の流量	( kg/sec )
$S_j$	;	圧力ノード j に接続する境界流量	( kg/sec )
$P_j$	;	圧力ノード j の圧力	( kg/m <sup>2</sup> )
$F_i$	;	流路 i の圧力損失係数 (合計)	( sec/kgm <sup>2</sup> )
$\Delta H_i$	;	流路 i の自然循環力 (合計)	( kg/m <sup>2</sup> )
$E_i$	;	流路 i の駆動源ヘッド (合計)	( kg/m <sup>2</sup> )
$e_i$	;	流路 i の駆動源存在係数 (0, 1)	( — )
$V_i$	;	流路 i のバルブ抵抗係数 (合計)	( sec/kgm <sup>2</sup> )
$v_i$	;	流路 i のバルブ存在係数 (0, 1)	( — )
$L_i$	;	流路 i の流体慣性	( 1/m )

## (3) カバーガス圧力計算

液面カバーガスの給気・排気による圧力の変動を、下記の式により計算する。

1) 理想気体の状態方程式

$$PV = mR(T_{CG} + 273.16) / (M \cdot 10^{-3}) \quad \text{--- (4)}$$

2) カバーガスの質量保存

$$\frac{dm}{dt} = G_{sup} - G_{ex} \quad \text{--- (5)}$$

- P : カバーガス圧力 ( kg/m<sup>2</sup> )
- G<sub>i</sub> : カバーガス空間の容積 ( m<sup>2</sup> )
- m : カバーガスの重量 ( kg )
- T<sub>CG</sub> : 平均温度 ( deg )
- G<sub>sup</sub> : 給気流量 ( kg/sec )
- G<sub>ex</sub> : 排気流量 ( kg/sec )
- M : 気体の原子量 ( )
- R : 気体定数 (=0.848) ( kg/mol·°K )

尚、カバーガス空間容積 V は液面の液位の関数としてテーブルデータによるフィッティングで求める。

(4) オーバーフロー流量計算

液面にオーバーフロー系が存在する場合、オーバーフロー流量を以下の式で計算する。

$$L_j \leq L_{of} : G_{of} = 0$$

L<sub>j</sub> > L<sub>of</sub> : i) L<sub>of</sub> を超えた全流体が流出。

$$: ii) G_{of} = K \sqrt{L_j - L_{of}}$$

- L<sub>j</sub> : 液面 j の液位 ( m )
- L<sub>of</sub> : 液面 j のオーバーフロー液位 ( m )
- G<sub>of</sub> : 液面 j のオーバーフロー流量 ( kg/sec )
- K : 液面 j のオーバーフロー流量計算用係数 ( - )

(5) シュリンク計算

液体の境界流量（オーバーフロー・汲上）及び、系内各部の温度変化に伴う、流体及び構成機器の膨張・収縮による液面の変動を以下の式により計算する。

1) 構成機器の膨張・収縮

$$v_{i,k} = v_{0i,k} (1 + \alpha_{i,k} (T_{i,k} - T_{0i,k}))^3 \quad \text{--- (6)}$$

$$v_j = v_{0j} (1 + \alpha_j (T_j - T_{0j}))^3 \quad \text{--- (7)}$$

$$A_j = A_{0j} (1 + \alpha_j (T_j - T_{0j}))^2 \quad \text{--- (8)}$$

2) 質量保存則

$$\frac{dm}{dt} = G_{sup} - G_{ex} \quad \text{--- (9)}$$

$$m = \sum_{i,k} v_{i,k} \rho_{i,k} + \sum_j (v_j + (L_j - L_{0j}) A_j) \rho_j \quad \text{--- (10)}$$

- $v_{i,k}$  : 液面に対応しない流路  $i$  上の  $k$  番目圧損素子容積 (  $m^3$  )
- $T_{i,k}$  : 液面に対応しない流路  $i$  上の  $k$  番目圧損素子温度 (  $deg$  )
- $\rho_{i,k}$  : 液面に対応しない流路  $i$  上の  $k$  番目圧損素子平均密度 (  $kg/m^3$  )
- $\alpha_{i,k}$  : 液面に対応しない流路  $i$  上の  $k$  番目圧損素子膨張係数 (  $1/deg$  )
- $v_j$  : 液面  $j$  に対応する要素の容積 (  $m^3$  )
- $A_j$  : 液面  $j$  に対応する要素の液面断面積 (  $m^2$  )
- $T_j$  : 液面  $j$  に対応する要素の温度 (  $deg$  )
- $\rho_j$  : 液面  $j$  に対応する要素の平均密度 (  $kg/m^3$  )
- $\alpha_j$  : 液面  $j$  に対応する要素の膨張係数 (  $1/deg$  )
- $L_j$  : 液面  $j$  の液位 (  $m$  )
- $L_{0j}$  : 液面  $j$  の液位初期値 (  $m$  )
- $m$  : 流路網内全流体インベントリ (  $kg$  )
- $G_{in}$  : 流入境界流量 (合計) (  $kg/sec$  )
- $G_{out}$  : 流出境界流量 (合計) + オーバーフロー流量 (合計) (  $kg/sec$  )
- <添え字>
- 0 : 基準値 (  $-$  )

各流路網について、代表液面を定め、(10)式により代表液面の液位を計算する。他の液面の液位は流動計算により求められる。

尚、液位はテーブルデータによるフィッティングで求める。

5 解 法

時刻  $t + \Delta t$  において、(3)式は次のように書ける。尚、 $\text{sign}$  は、流量の符号(正 $\rightarrow$ +, 負 $\rightarrow$ -)を採るものとする。

$$\sum_{n=1}^M b_{i,n} P_n(t + \Delta t) = \text{sign}(G_i(t)) F_i |G_i(t)|^{\alpha_i - 2} G_i(t + \Delta t)^2 + v_i \text{sign}(G_i(t)) V_i G_i(t + \Delta t)^2 - \Delta H_i - e_i E_i + \frac{L_i}{g} G_i(t + \Delta t) \quad (11)$$

今、 $G_i(t + \Delta t) = G_i(t) + \Delta t \dot{G}_i(t + \Delta t)$  として、これを上式に代入し、

$$\dot{G}_i(t + \Delta t)^2 = \dot{G}_i(t) \times \dot{G}_i(t + \Delta t)$$

と近似すると、次の式が得られる。

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^{M_N} b_{i,n} P_n(t + \Delta t) - [F_i |G_i(t)|^{\alpha_i - 2} + v_i V_i] \text{sign}(G_i(t)) (2 \Delta t G_i(t) \\ & \Delta t^2 \dot{G}_i(t) + \frac{L_i}{g}) \dot{G}_i(t + \Delta t) = (F_i |G_i(t)|^{\alpha_i - 2} + v_i V_i) \text{sign}(G_i(t)) \\ & * G_i(t)^2 - \Delta H_i - e_i E_i - \sum_{n=M_N+1}^M b_{i,n} P_n(t + \Delta t) \end{aligned} \quad (12)$$

また(2)式も同様に時刻  $t + \Delta t$  において、次のように書ける。

$$\sum_{m=1}^N a_{j,m} \dot{G}_m(t + \Delta t) = \dot{S}_j \quad (13)$$

(12)式において、

$$X_j = (F_i |G_i(t)|^{\alpha_i - 2} + v_i V_i) \text{sign}(G_i(t)) (2 \Delta t G_i(t) + \Delta t^2 \dot{G}_i(t)) + L_i / g$$

$$Y_j = (F_i |G_i(t)|^{\alpha_i - 2} + v_i V_i) \text{sign}(G_i(t)) G_i(t)^2 - \Delta H_i - e_i E_i - \sum_{n=M_N+1}^M b_{i,n} P_n(t + \Delta t)$$

と置き、(12)、(13)式から  $G_i(t + \Delta t)$  を消去すると、圧力に関する次の式が得られる。

$$\sum_{n=1}^{M_N} \left[ \sum_{m=1}^N \frac{a_{j,m} b_{m,n}}{X_m} \right] P_n(t + \Delta t) = \sum_{m=1}^N \frac{a_{j,m} Y_m}{X_m} + \dot{S}_j \quad (14)$$

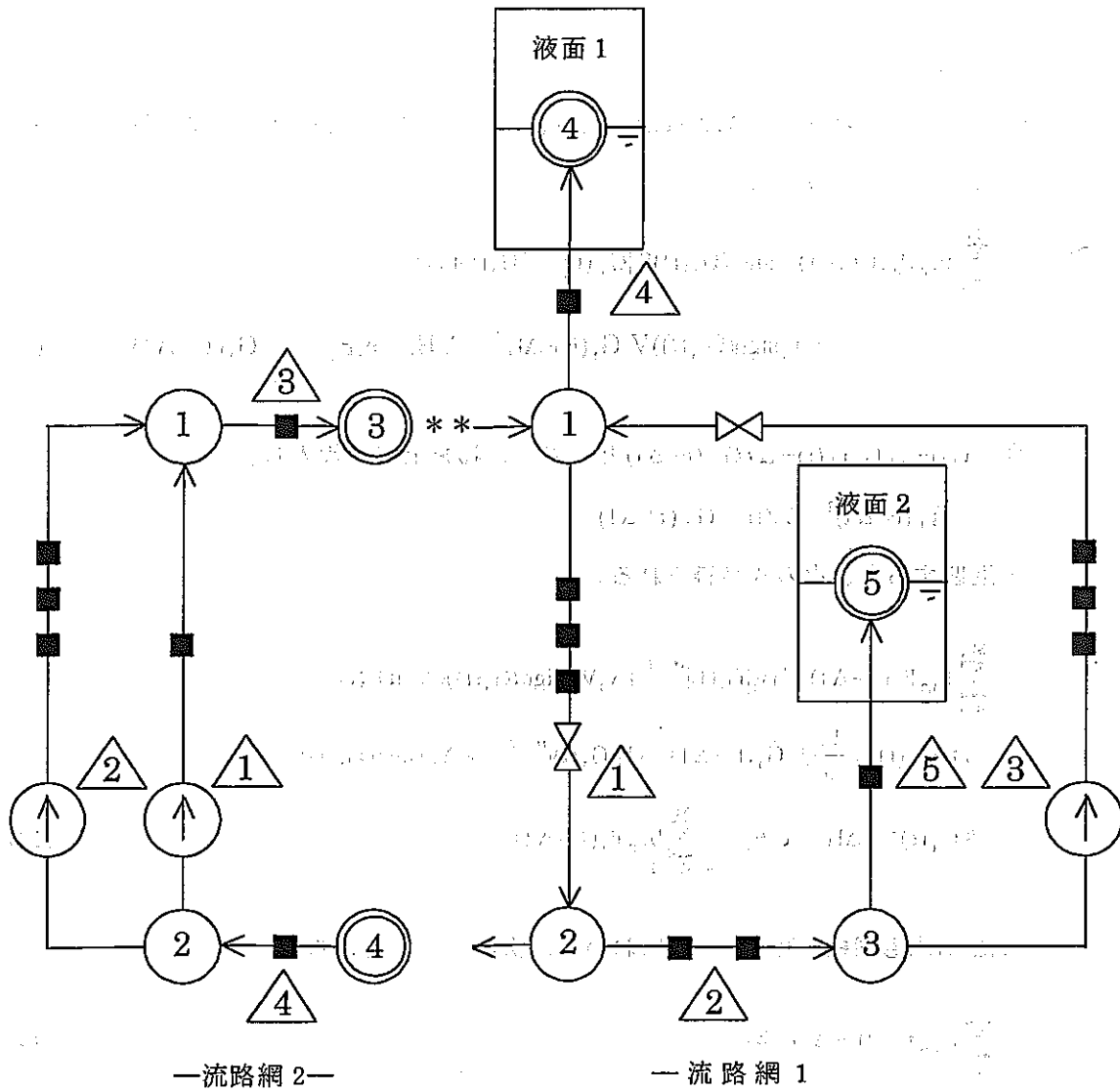
以上、時刻  $t + \Delta t$  における圧力  $P_j(t + \Delta t)$ 、 $j=1 \dots M_N$  が、(14)より求められる。

こうして求めた圧力を、(13)式に代入すれば、

$$\dot{G}_i(t + \Delta t)$$

$i=1 \dots N$  が求まり、 $G_i(t + \Delta t) = G_i(t) + \Delta t \dot{G}_i(t + \Delta t)$

より時刻  $t + \Delta t$  における流量  $G_i(t + \Delta t)$ 、 $i=1 \dots N$  が計算される。



図FN-1 流路網構成

表FN-1 モジュールFNサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
FNCONT	モジュールFN計算コントロール	MODULE SUB.
FNREAD	モジュールFN関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
FNININ	モジュールFN関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
FNRSTA	モジュールFNリスト・ファイルの書出し、読み込み	MODULE SUB.
FNSTAT	モジュールFN初期設定計算	MODULE SUB.
FNTRNS	モジュールFN過渡計算	MODULE SUB.
FNTDEL	モジュールFN計算進み時間巾の設定	MODULE SUB.
FNFCOE	モジュールFN圧損係数の計算	MODULE SUB.
FNGELG	モジュールFNマトリクスへの数値の格納	MODULE SUB.
FNWRIT	モジュールFN初期状態の出力、及び中間出力	MODULE SUB.
YDISTB	テーブル・データ・フィッティング	ELEMENT SUB.
YGELG	マトリックスを解く	ELEMENT SUB.
ZFLUID	流体の物性値計算	ELEMENT SUB.

モジュールFN パラメータ変数			(1/1)
関連サブルーチン	モジュールFN モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
KNFN	モジュールFN 流路網最大数	—	
KFFN	モジュールFN 流路最大数	—	
KEFN	モジュールFN 圧損素子最大数 (各流路)	—	
KOFN	モジュールFN 圧力ノード最大数	—	圧力バウンダリを含む
KBFN	モジュールFN 圧力バウンダリ最大数	—	
KPFN	モジュールFN ポンプ最大数 (各流路)	—	
KVFN	モジュールFN バルブ最大数 (各流路)	—	
KSFN	モジュールFN 流路境界最大数 (各圧力ノード)	—	
KDFN	モジュールFN 圧損素子に対応する熱計算要素最大数	—	

変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	FNMI 1			(2/3)
関連サブルーチン				
	モジュールFN	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	FNREAD
			ネームリスト名	NAMFN1
変数名	意味	単位	備考	
IOTMFN (n)	モジュールFN (n) 計算進み =0, 入力 =1, コード中で計算	—		
DTIMFN (j, n)	モジュールFN (n) 計算進み入力 DTIMFN(j, n) ≤ 時間の時 計算時間進み巾=DDELFN(j, n)	sec	IOTMFN(i)=0 の時入力	
DDELFN (j, n)		sec	IOTMFN(i)=0 の時入力	
DCOTFN (n)	モジュールFN (n) 計算進み時間巾、計算値の係数	—	IOTMFN(i)=1 の時入力	
DMAXFN (n)	モジュールFN (n) 計算進み時間巾、最大値	sec	IOTMFN(i)=1 の時入力	
DMINFN (n)	モジュールFN (n) 計算進み時間巾、最小値	sec	IOTMFN(i)=1 の時入力	
TMAXFN (n)	モジュールFN (n) 計算終了時間	sec		
	n=KNFN, j=5			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI1 (3/3)		
関連サブルーチン			
	モジュールFN	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	FNREAD
		ネームリスト名	NAMFN1
変数名	意味	単位	備考
IPSTFN (n)	モジュールFN (n) =0, 初期設定計算の出力をしない =1, 初期設定計算の出力を行う =2, 初期設定計算の詳細出力	—	
IPTRFN (n)	モジュールFN (n) =0, 中間出力をしない =1, 中間出力を行う =2, 中間出力を行う (詳細出力)	—	
OUTFN (j, n)	モジュールFN (n) 中間出力時間	sec	
	n = KNFN, j = 30		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI 2 (1/5)		
関連サブルーチン			
モジュールFN_モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	FNREAD
		ネームリスト名	NAMFN2
変数名	意 味	単 位	備 考
NFFN (n)	モジュールFN (n) 流路数 (max. KFFN)	—	
NPT1 (i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 上流側圧力ノード番号	—	
NPT2 (i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 下流側圧力ノード番号	—	
JPT1 (k, n)	モジュールFN (n) 初期圧力分布計算 k 番目設定 上流側圧力ノード番号	—	(注)
JPT2 (k, n)	モジュールFN (n) 初期圧力分布計算 k 番目設定 下流側圧力ノード番号	—	(注)
JPTF (k, n)	モジュールFN (n) 初期圧力分布計算 k 番目設定 使用流路番号	—	(注)
JPTX (k, n)	モジュールFN (n) 初期圧力分布計算 k 番目設定 圧力設定の方向と流路の正方向 =1, 一致 =-1, 逆	—	(注)
NEFN (i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子数 (max. KEFN)	—	
ALCF (i, n)	モジュールFN (n) 流路 i の流体慣性	$\frac{l}{m}$	
WINT (i, n)	モジュールFN (n) 流路 i の流量初期値	$\frac{kg}{sec}$	
	(注) 圧力バウンダリから順に入力		
	PP0を入力する場合は、PP0の圧力ノード から順に入力		
	n=KNFN, i=KFFF, k=KOFN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI 2		(2/5)
関連サブルーチン			
	入力サブルーチン	FNREAD	
モジュールFN	モジュールサブルーチン	ネームリスト名	NAMFN2
変数名	意 味	単 位	備 考
JTAV (j, k, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 熱計算要素 j 密度に対するプール変数番号	—	TEMP に対応 (注)
ITINT (n)	モジュールFN (n) =1 ; 圧損素子の平均温度初期値 を入力データで与える	—	(注)
TINT (j, k, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 熱計算要素 j 平均温度初期値	℃	ITINT=1 の時入力 (注)
NDFN (k, i, n)	モジュールFN (n) 圧損素子に対応する熱計算要素 の数 (max. KDFN)	—	(注)
	(注) ISHRNK(n) = 1 の時入力		
	n=KNFN, i=KFFN, k=KEFN, j=KDFN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI2		(3/5)
関連サブルーチン			
モジュールFN モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	FNREAD
		ネームリスト名	NAMFN2
変数名	意味	単位	備考
WDPO (i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損評価時基準流量	$\frac{kg}{sec}$	
KWRN (k, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 正流時圧損領域区分数 (max.3)	—	
WRGN (m, k, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 正流時圧損領域区分流量 (m=1, 領域1と2 m=2, 領域2と3)	$\frac{kg}{sec}$	
DPRS (m, k, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 正流時圧損領域 m の流量 WDPO(i, n) に対する圧損	$\frac{kg}{m^2}$	
ALPH (m, k, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 正流時圧損領域 m の圧損の流量依存指数	—	
KWRR (k, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 逆流時圧損領域区分流量 (max.3)	—	
WRGR (m, k, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 逆流時圧損領域区分流量 (m=1, 領域1と2 m=2, 領域2と3)	$\frac{kg}{sec}$	
DPRR (m, k, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 逆流時圧損領域 m の流量 WDPO(i, n) に対する圧損	$\frac{kg}{m^2}$	
ALPR (m, k, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 逆流時圧損領域 m の圧損の流量依存指数	—	
	n=KNFN, i=KFFN, k=KEFN, m=3		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI 2		(4/5)
関連サブルーチン			
	モジュールFN	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	FNREAD
		ネームリスト名	NAMFN2
変数名	意味	単位	備考
KELHD (i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 自然循環力に対応するプール変数 TEMP の数 (max.5)	—	
JELHD (l, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 自然循環力に対応する l 番目プール変数番号 (l=KELHD(i,n)まで指定)	—	TEMP に対応 (注)
IEINT (n)	モジュールFN (n) = 1 ; 自然循環力初期値を入力データで与える ≠ 1 ; 自然循環力初期値をプール変数で与える	—	(注)
EINT (l, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i l 番目自然循環力初期値 (l=KELHD(i,n)まで指定)	$\frac{kg}{m^2}$	IEINT=1 の時入力 (注)
	(注) KELHD ≥ 1 の時入力		
	n=KNFN, i=KFFN, l=10,		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI 2	(5/5)	
関連サブルーチン			
	モジュールFN モジュールサブルーチン	入力サブルーチン FNREAD	
		ネームリスト名 NAMFN2	
変数名	意味	単位	備考
NPFN (i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 上のポンプ数 (max.KPFN)	—	
J1PMP (l, i, n)	モジュールFN (n) l 番目ポンプ番号 (l=NPFN(i,n)まで指定)	—	PMPN(M, N)
J2PMP (l, i, n)	モジュールFN (n) l 番目ポンプヘッドに対応するプロセス量番号 (l=NPFN(i,n)まで指定)	—	PMPN(M, N)
PHRATE (l, j, i)	モジュールFN (n) l 番目ポンプ初期ヘッドの流路 i 上の全ポンプ初期ヘッドに対する比 (l=NPFN(i,n)まで指定)	—	(注)
NVFN (i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 上のバルブ数 (max.KVFN)	—	
J1VLV (j, i, n)	モジュールFN (n) j 番目バルブ番号 (j=NVFN(i,n)まで指定)	—	VLVN(M, N)
J2VLV (j, i, n)	モジュールFN (n) j 番目バルブ抵抗係数に対応するプロセス量番号 (j=NVFN(i,n)まで指定)	—	VLVN(M, N)
VINT (j, i, n)	モジュールFN (n) j 番目バルブ抵抗係数初期値 (j=NVFN(i,n)まで指定)	$\frac{\text{sec}^2}{\text{kgm}^2}$	ISTVLV≠1 の時入力
ISTVLV (j, i, n)	モジュールFN (n) =1; j 番目バルブの抵抗係数初期値を圧力バランスから逆算する。 ≠1; j 番目バルブの抵抗係数初期値を入力データで与える (j=NVFN(i,n)まで指定)	—	
	(注) 流路 i について $\sum \text{PHRATE}(l, i, n)=1.0$		
	n=KPFN, i=KPFN, l=KPFN, j=KVFN		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	FNMI 3			(1/4)
関連サブルーチン				
	モジュールFN	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	FNREAD
			ネームリスト名	NAMFN2
変数名	意 味		単 位	備 考
NOFN (n)	モジュールFN (n) 圧力ノード数 (max.KOFN)		—	圧力がカブリを含めない
NSFN (j, n)	モジュールFN (n) 圧力ノードj 流量境界の数 (max.KSFN)		—	
JSPAS (l, j, n)	モジュールFN (n) l 番目流量境界に対応する流路番号 (l=NSFN(j, n)まで指定)		—	FLWN(i, j)に対応
LSFN (l, j, n)	モジュールFN (n) l 番目流量境界に対応する流路番号 = 0 ; 流出 = 1 ; 流入 (l=NSFN(j, n)まで指定)		—	
SINT (l, j, n)	モジュールFN (n) l 番目流量境界 流量初期値 (注) (l=NSFN(j, n)まで指定)		kg/sec	
ISFN (l, j, n)	モジュールFN (n) l 番目流量境界 = 1, 任意の流量をプール変数入力 (FLWN) = 2, テーブルデータ入力 (l=NSFN(j, n)まで指定)		—	
J SXNET (l, j, n)	モジュールFN (n) l 番目流量境界 対応する流路網番号		—	ISFN=1の時入力 FLWNに対応
J SXPAS (l, j, n)	モジュールFN (n) l 番目流量境界 対応する流路番号		—	
KSX (l, j, n)	モジュールFN (n) l 番目流量境界 テーブルデータ個数		—	ISFN=2の時入力
XSX (m, l, j, n)	モジュールFN (n) l 番目流量境界 時間データ		sec	ISFN=2の時入力
YSX (m, l, j, n)	モジュールFN (n) l 番目流量境界 流量データ (注)		kg/sec	ISFN=2の時入力
	(注) 流入 : 負, 流出 : 正の値を入力			
	n=KNFN, j=KOFN, l=KSFN, m=10			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI 3 (2/4)		
関連サブルーチン	モジュールFN モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	FNREAD	
	ネームリスト名	NAMFN2	
変数名	意味	単位	備考
NBFN (n)	モジュールFN (n) 圧力バウンダリの数 (max.KBFN)	—	
JBFN (l, n)	モジュールFN (n) l 番目圧力バウンダリに対応する 圧力ノード番号 (l=NBFN(n)まで指定)	—	PRSN(j, i) に対応
IBFN (l, n)	モジュールFN (n) l 番目圧力バウンダリ = 1 ; 任意の圧力ノードの圧力をプール変数 入力する ≠ 1 ; 任意の圧力ノードの圧力をプール変数 入力しない		
JBNET (l, n)	モジュールFN (n) l 番目圧力バウンダリ 対応する 流路網番号	—	IBFN=1 の時入力
JBNOD (l, n)	モジュールFN (n) l 番目圧力バウンダリ 対応する 圧力ノード番号	—	IBFN=1 の時入力
PBO (l, n)	モジュールFN (n) l 番目圧力バウンダリ 圧力初期 値	$\frac{kg}{m^2}$	IBFN≠1 の時入力
PPO (j, n)	モジュールFN (n) 圧力ノード j の圧力初期値 (圧力バウンダリ以外の圧力点を起点として初期圧力分 布を求める場合入力)	$\frac{kg}{m^2}$	
	n=KNFN, l=KBFN, j=KOFN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI 3		(3/4)
関連サブルーチン			
	モジュールFN	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	FNREAD
		ネームリスト名	NAMFN2
変数名	意 味	単 位	備 考
NLFN (n)	モジュールFN (n) 自由液面の数 (max.5)	—	
JLNOD (l, n)	モジュールFN (n) l 番目液面 対応する圧力ノード番号	—	PRSN に対応
JLPAS (l, n)	モジュールFN (n) l 番目液面 対応する流路番号	—	FLWN に対応
JLHIT (l, n)	モジュールFN (n) l 番目液面 液位に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
HEIT (l, n)	モジュールFN (n) l 番目液面 液位高さ初期値	m	(注)
THIT (l, n)	モジュールFN (n) l 番目液面 温度	°C	
KLVLV (l, n)	モジュールFN (n) l 番目液面 液位-容積フィッティング データ個数	—	
XLVLV (j, l, n)	モジュールFN (n) l 番目液面 液位-容積フィッティング 液位データ	m	(注)
YLVLV (j, l, n)	モジュールFN (n) l 番目液面 液位-容積フィッティング 容積データ	m <sup>3</sup>	
KLVLA (l, n)	モジュールFN (n) l 番目液面 液位-断面積フィッティング データ個数	—	
XLVLA (j, l, n)	モジュールFN (n) l 番目液面 液位-断面積フィッティング 液位データ	m	(注)
YLVLA (j, l, n)	モジュールFN (n) l 番目液面 液位-断面積フィッティング 断面積	m <sup>2</sup>	
	(注) 流路 JLPAS(l, n) 上流側圧力点からの高さ		
	n=KNFN, l=6, j=10		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	FNMI 4		(1/3)
関連サブルーチン			
	モジュールFN	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	FNREAD
		ネームリスト名	NAMFN2
変数名	意味	単位	備考
ICGFN ( <i>l</i> , <i>n</i> )	モジュールFN ( <i>n</i> ) <i>l</i> 番目カバーガス圧力計算法の選択 = 1 ; カバーガスなし = 2 ; 封じ込め = 3 ; 給気・排気による圧力変動を計算 = 4 ; 原子炉トリップ信号により、カバーガス圧フィッティング = 5 ; 任意の圧力ノードの圧力をプール変数入力	—	
KCGV ( <i>l</i> , <i>n</i> )	モジュールFN ( <i>n</i> ) <i>l</i> 番目液位-カバーガス空間容積フィッティングデータ個数	—	ICGFN ≥ 2 の時入力
XCGV ( <i>j</i> , <i>l</i> , <i>n</i> )	モジュールFN ( <i>n</i> ) <i>l</i> 番目液位-カバーガス空間容積フィッティング 液位データ	m	ICGFN ≥ 2 の時入力
YCGV ( <i>j</i> , <i>l</i> , <i>n</i> )	モジュールFN ( <i>n</i> ) <i>l</i> 番目液位-カバーガス空間容積カバーガス空間容積データ	m <sup>3</sup>	ICGFN ≥ 2 の時入力
GMOLL ( <i>n</i> )	モジュールFN ( <i>n</i> ) カバーガスの原子量	—	ICGFN ≥ 2 の時入力
GCONL ( <i>n</i> )	モジュールFN ( <i>n</i> ) カバーガスのガス定数	kg·m mol·K	ICGFN ≥ 2 の時入力
JLSUP ( <i>l</i> , <i>n</i> )	モジュールFN ( <i>n</i> ) <i>l</i> 番目カバーガス空間給気流量に対応する流路番号	—	ICGFN ≥ 3 の時入力
JLEX ( <i>l</i> , <i>n</i> )	モジュールFN ( <i>n</i> ) <i>l</i> 番目カバーガス空間排気流量に対応する流路番号	—	FLWN に対応
TCG ( <i>l</i> , <i>n</i> )	モジュールFN ( <i>n</i> ) <i>l</i> 番目カバーガス空間カバーガス温度	°C	ICGFN ≥ 2 の時入力
JCGNET ( <i>l</i> , <i>n</i> )	モジュールFN ( <i>n</i> ) <i>l</i> 番目カバーガス空間入力するカバーガス圧力流路網番号	—	ICGFN=5 の時入力
JCGNOD ( <i>l</i> , <i>n</i> )	モジュールFN ( <i>n</i> ) <i>l</i> 番目カバーガス空間入力するカバーガス圧力ノード番号	—	ICGFN=5 の時入力
	n=KNFN, <i>l</i> =6, <i>j</i> =10		

変数名リスト

コモンブロック名		FNMI 4	(2/3)	
関連サブルーチン				
モジュールFN		モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	FNREAD
			ネームリスト名	NAMFN2
変数名	意味	単位	備考	
NTRPFN (n)	モジュールFN (n) 原子炉トリップ信号に対応するプール変数 TEMPの番号 (この信号=1によりカバーガス圧力フィッティング開始)	—	ICGFN=4 の時入力	
NCGTBL (j, n)	モジュールFN (n) l 番目カバーガス圧力トリップ後フィッティングデータ個数	—	ICGFN=4 の時入力	
GCGTBL (j, n)	モジュールFN (n) l 番目カバーガス圧力トリップ後フィッティングデータゲイン		ICGFN=4 の時入力 通常 1.0	
TCGTBL (m, j, n)	モジュールFN (n) l 番目カバーガス圧力トリップ後フィッティング原子炉トリップからの時間データ	sec	ICGFN=4 の時入力	
XCGTBL (m, j, n)	モジュールFN (n) l 番目カバーガス圧力トリップ後フィッティング圧力データ	kg/m <sup>2</sup>	ICGFN=4 の時入力	
ICGTBL (j, n)	モジュールFN (n) l 番目カバーガス圧力トリップ後フィッティングデータフィッティング開始番号	—	ICGFN=4 の時入力 通常 2.0	
	n=KNFN, j=6, m=10			

変数名リスト

コモンブロック名	FNMI4		(3/3)
関連サブルーチン			
モジュールFN モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	FNREAD
		ネームリスト名	NAMFN2
変数名	意味	単位	備考
ISHRNK (n)	モジュールFN (n) = 1 ; シュリンク計算を行う = 0 ; シュリンク計算を行わない	—	
JSRL (n)	モジュールFN (n) シュリンク計算の代表液面番号	—	ISHRNK=1 の時入力
KSRALF (n)	モジュールFN (n) 構材-膨張係数フィッティング データ個数	—	ISHRNK=1 の時入力
XSRALF (j, n)	モジュールFN (n) 構材-膨張係数フィッティング 構材温度データ	°C	ISHRNK=1 の時入力
YSRALF (j, n)	モジュールFN (n) 構材-膨張係数フィッティング 膨張係数データ	$\frac{1}{°C}$	ISHRNK=1 の時入力
TSR0 (n)	モジュールFN (n) シュリンク計算の基準温度	°C	ISHRNK=1 の時入力
VSRO (m, k, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 基準温度 TSR0 における m 番目熱計 計算要素の容積	m <sup>3</sup>	ISHRNK=1 の時入力
ASRO (l, n)	不使用		
	n=KNFN, i=KFFN, k=KEFN, j=10, l=5, m=KDFN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNM1	(1/1)
関連サブルーチン	モジュールFN モジュールサブルーチン	
変数名	意味	単位 備考
ETFN (n)	モジュールFN (n) 計算経過時間	sec
DELTFN (n)	モジュールFN (n) 計算進み時間巾	sec
MEN1 (n)	モジュールFN (n) タイムメッシュ (1ステップ前)	—
MEN2 (n)	モジュールFN (n) タイムメッシュ (現ステップ)	—
IOUTFN (n)	モジュールFN (n) 中間出力時間の指定	—
ETSTOR (n)	モジュールFN (n) 原子炉トリップからの時間	ICGFN=4 の時入力
IFLAGM (n)	モジュールFN (n) カバーガス計算フラグ	ICGFN=4 の時入力
	n=KNFN	

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	FNM2	(1/1)	
関連サブルーチン	モジュールFN モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
FLOW (i, m)	モジュールFN (n) 流路 i 流量	kg/sec	
FDOT (i, m)	モジュールFN (n) 流路 i 流量時間分布	kg/sec <sup>2</sup>	
FCOE (i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損係数	sec <sup>2</sup> / kgm <sup>2</sup>	
ELHD (i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 自然循環力	kg/m <sup>2</sup>	
PUMP (k1, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i k1 番目ポンプのヘッド	kg/m <sup>2</sup>	
VALV (k2, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i k2 番目バルブの圧損係数	sec <sup>2</sup> / kgm <sup>2</sup>	
TAV (k, j, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k の平均温度	°C	
ROW (k, j, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k の密度	kg/m <sup>3</sup>	
DPCF (K, j, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 圧損領域 K 正流時圧損係数計算用係数	sec/m <sup>2</sup>	
DPCR (K, j, i, n)	モジュールFN (n) 流路 i 圧損素子 k 圧損領域 K 逆流時圧損係数計算用係数	sec/m <sup>2</sup>	
	n=KNFN, i=KFFN, j=KEFN, k=KDFN, M=2*KNFN, k1=KPFN, k2=KVFN, K=3,		

変数名リスト

コモンブロック名		FNM3	(1/1)
関連サブルーチン			
モジュールFN モジュールサブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
PRES (i, n)	モジュールFN (n) 圧力ノードの圧力	kg/m <sup>2</sup>	
SDOT (j, n)	モジュールFN (n) 圧力ノードjの全境界流量の微分値	kg/sec	
SFLW (l, j, m)	モジュールFN (n) 圧力ノードjのl番目境界流量	kg/sec	
GOF (k1, k2, n)	モジュールFN (n) 液面iのk番目オーバーフロー流量	kg/sec	
WCG (k2, m)	モジュールFN (n) 液面iのカバーガス重量	kg	
GSUP (k2, n)	モジュールFN (n) 流路iの給気流量	kg/sec	
GEX (k2, n)	モジュールFN (n) 流路iの排気流量	kg/sec	
WSR (m)	モジュールFN (n) 流路iの系内液体の全重量	kg	
HEIGHT (k2, n)	モジュールFN (n) 液面iの初期高さ	m	
	n=KNFN, j=KOFN, l=KSFN, i=KOFN+KBFN, m=2*KNFN, k1=3, k2=6,		

変数名リスト



FN-1		入力サブルーチン	FNREAD
関連モジュール	モジュールFN	変数名	—
意味	フローネットワークの構成		単位
<p>冷却システム構成に対応させ、下記の各要素により解析対象の流路網（フローネットワーク）を構成する。</p> <p>(1) 流路 配管・熱交換器、循環ポンプ、弁等の冷却材のフローパスを全て表す。</p> <p>(2) 圧力ノード 冷却材の分岐及び合流部は必ず圧力ノードを設け、分岐、合流に関する冷却材の連続の式を考慮する。なお、分岐、合流が無くとも圧力ノードを設置して良い（圧力ノードを適切に設置することで、流路に関する入力データが作成し易くなる）。 また、流動計算上の環境条件として、圧力ノードにおける冷却材の流量境界並びに、カバーガス圧等の圧力バウンダリが考慮できる。</p> <p>(3) 自由液面 原子炉容器、P.O.F.C.等の自由液面を表す。液位を計算するとともに、オーバーフロー流量も計算する。また、カバーガス圧は、一定、カバーガス封じ込め、及び、ガスの給排気によるガス圧調整等の条件が考慮できる。</p>			

FN-2		入力サブルーチン	FNREAD
関連モジュール	モジュールFN	変数名	NOFN, NBFN, NFFN NPT1, NPT2
意味	圧力ノード・流路の設定、流路の性方向の設定	単位	——

下図の様に、圧力ノード点及び、流路に付番する。

下図の例では、

NOFN ( n ) = 3  
NBFN ( n ) = 2  
NFFN ( n ) = 6

となる。このとき、圧力バウンダリの付番が、後になる様にする。(下図の例では、圧力バウンダリの付番を、4、5としている。)

流路の正方向を矢印で示した。下図の例では、流路1について

NPT1 ( 1, n ) = 1  
NPT2 ( 1, n ) = 2

となる。このとき、液面については、カバーガスに対応する圧力ノードが下流側となる様、流路の向きを定める。

全体の指定は

NPT1(1, n)=1, 2, 3, 2, 2,  
NPT2(1, n)=2, 3, 1, 1, 4, となる。

FN-3		入力サブルーチン	FNREAD
関連モジュール	モジュールFN	変数名	下記
意味	流路の圧損特性	単位	—
<p>(1) ある流路 j の圧損素子 l の圧力損失は</p> $\Delta P_{i,l} = \Delta P_{0i,l} \left( \frac{G_i}{G_{0i}} \right)^{\alpha_{i,l}}$ <p>ここで、<math>G_{0i,l}</math> : WDPO ( i , k )</p> <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">正流</span> <span>逆流</span> </p> <p> <math>\Delta P_{0i,l}</math> : DPRS ( m , l , i , k ) 又は DPRR ( m , l , i , k )  <math>\alpha_{i,l}</math> : ALPH ( m , l , i , k ) 又は ALPR ( m , l , i , k )         </p> <p>(2) m は、圧損特性が、流量範囲により異なる場合の流量領域区分を示すサフィックスであり、正流時、逆流時とも 3 領域まで分割できる。(下図)</p> <div style="text-align: center;"> </div>			

FN-4		入力サブルーチン	FNREAD
関連モジュール	モジュールFN	変数名	ALCF (i, k)
意味	流動計算データ	単位	1/m
<p>流体慣性データの作成</p> <p>(1) ある流路は、流路断面積A、長さLの異なるいくつかの流路が接続したものであることが多く、その場合は、次の要領で流体慣性を計算する。</p> $\sum_j \left( \frac{L_j}{A_j} \right) = \frac{L}{A} \quad \dots\dots\dots (1)$ $\sum_j (A_j L_j) = AL \quad \dots\dots\dots (2)$ <p>(1)、(2) より、以下のように求められる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">A = \frac{\sum_j (A_j L_j)}{L}</math> <math display="block">L = \sqrt{\sum_j (A_j L_j) \cdot \sum_j \left( \frac{L_j}{A_j} \right)}</math> </div> <p>(2) 伝熱管等平行の流路パスを1つの流路で表す場合</p> $ALCF(L, n) = \frac{L_i}{m \cdot A_i} \quad \begin{array}{l} L_i ; 1 \text{ 流路パス長さ (m)} \\ A_i ; 1 \text{ 流路断面積 (m}^2\text{)} \\ m : \text{並列流路パス数} \end{array}$ <p>但し、全ての平行流路パスが等しい条件の場合</p> <p>(注) 異なる条件の流路が平行流で繋がっている場合は各々を1流路としてシステムを構成する必要がある。</p> <div style="text-align: center;"> <p style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <span><math>A_j = A_k = A_i</math> <math>L_j = L_k = L_i</math></span> <span><math>A = 3 \times A_i</math> <math>L = L_i</math></span> </p> </div>			

FN-5		入力サブルーチン	FNREAD
関連モジュール	モジュールFN	変数名	NEFN
意味	圧損素子数	単位	—
<p>圧損素子数 (NEFN) について</p> <p>i) 流路の途中で冷却材の分岐、合流がなければ、配管や熱交換機などの複数の機器を1つの流路として取り扱うことができる。また、1つの流路として取り扱った方が、流動計算のマトリックスの次元が低次元となり計算効率が良い。</p> <p>ii) 但し、機器によっては、圧損特性（特に、流量依存性）が異なるため、機器後との圧損特性を考慮する必要がある。これら個々の機器を流動計算上の圧損素子と呼ぶ。</p> <p>iii) 1つの流路において、圧損特性（流量依存性）が同一の場合は、1つの圧損素子として取り扱って良い。</p> <p>ex)</p> $\Delta P_i = \Delta P_{oi} \left( \frac{W_i}{W_o} \right)^{n_i}$ $\Delta P_j = \Delta P_{oj} \left( \frac{W_j}{W_o} \right)^{n_j}$ <p><math>W_i = W_j, n_i = n_j</math> ならば</p> $\Delta P_i + \Delta P_j = (\Delta P_{oi} + \Delta P_{oj}) \cdot \left( \frac{W_i}{W_o} \right)^{n_i}$ $\therefore \Delta P'_i = \Delta P'_{oi} \cdot \left( \frac{W_i}{W_o} \right)^{n_i}$			



FN-6		入力サブルーチン	FNREAD
関連モジュール	モジュールFN	変数名	PHRATE, ISTVLV, VINT
意味	定常圧力分布（圧力分布の初期値）計算時のポンプヘッド、バルブ圧損の取扱い		単位 —
<p>(1) 定常（初期）圧力分布計算におけるポンプヘッドの取扱い</p> <p>(a) 初期圧力分布計算において、ポンプヘッドは既知条件ではなく、逆に圧力バランス計算結果から計算して求めるものとしている。また、ここで求めたポンプヘッドに基づき、モジュールPPにおいてポンプ初期回転数を計算して設定するスキームとしている。</p> <p>(b) 1つの流路にポンプが複数ある場合には、各ポンプヘッド比 PHRATE(<math>l, i, n</math>)を入力する。圧力バランス計算上から求まる全ポンプのポンプヘッドを、入力したポンプヘッド比により個々のポンプヘッド初期値を計算する。</p> $PUMP(l, i, n) = PHRATE(l, i, n) * PWK$ <p>PUMP(<math>l, i, n</math>) : 流路網 <math>n</math>, 流路 <math>i</math>, <math>l</math> 番目のポンプヘッド (<math>kg/m^2</math>)          PHRATE(<math>l, i, n</math>) : 流路網 <math>n</math>, 流路 <math>i</math>, <math>l</math> 番目のポンプヘッド比          PWK : 流路網 <math>n</math>, 流路 <math>i</math> のトータルポンプヘッド</p> <p>但し、<math>\sum_l PHRATE(l, i, n) = 1.0</math></p> <p>(2) 定常圧力分布計算における弁抵抗の取扱い</p> <p>(a) 初期の弁圧損係数を既知として取扱う場合          VINT(<math>j, i, n</math>)を入力する。(ISTVLV(<math>j, i, n</math>)<math>\neq 1</math>)  <math>\Delta P_0 = VINT(j, i, n) \cdot W_N^2</math></p> <p>(b) 圧力分布計算から、既知（境界条件）である流量に基づき、弁圧損係数を逆算する場合          ISTVLV(<math>j, i, n</math>)=1, (VINT は入力する必要なし)</p> <p>この場合、モジュールVVにおいて当該弁の初期値計算方法として、プール変数より弁圧損係数を読み込み、同係数値となる弁開度を計算する方法を指定する。</p>			

モジュールFN-7		入力サブルーチン	FNREAD
関連モジュール	モジュールFN	変数名	I OFFN, OFCNST
意味	オーバーフロー流量計算	単位	—
<p>オーバーフロー流量計算</p> <p>液面にオーバーフロー系が存在する場合、(NOFFN(i,ℓ,n)≥1の時、オーバーフロー流量を以下の式で計算する。</p> <p><math>L_j \leq L_{of}</math> : <math>G_{of}=0</math></p> <p><math>L_j &gt; L_{of}</math> : i) <math>L_{of}</math>を超えた全流体が流出。(IOFFN(i,ℓ,n)=1の時)</p> <p>ii) <math>G_{of} = K\sqrt{L_j - L_{of}}</math> (IOFFN(i,ℓ,n)=2の時)</p> <p><math>L_j</math> : 液面ℓの液位 (m)</p> <p><math>L_{of}</math> : 液面ℓのオーバーフローjの液位 (m)</p> <p><math>G_{of}</math> : 液面ℓのオーバーフローjの流量 (kg/sec)</p> <p>K : 液面ℓのオーバーフローjの流量計算用係数 (—)</p>			

FN-8		入力サブルーチン	FNREAD
関連モジュール	モジュールFN	変数名	JPT1, JPT2 JPTF, JPTX
意味	定性圧力分布計算用データ		単位 —
<p>次頁に例を挙げる。一般的な注意事項は次の通り。</p> <p>(1) 圧力バウンダリノードを起点として全圧力ノードを網羅する様に初期設定の方向 (→) を定める。圧力ノード (NOFN (i)) 分だけ、データ入力する。</p> <p>(2) 他の流路網との接続点となる圧力バウンダリノードが存在する場合は、その圧力バウンダリノードを起点とする。</p> <p>(3) 起点となる圧力バウンダリノードが液面である場合、流路の正方向と、初期設定の方向は必ず逆となる。</p> <p>(4) 流路網内にポンプが存在する場合、ポンプのある流路を通らない様に初期設定の順序を決める。ポンプヘッドが最後に逆算される。</p> <p>(5) 起点となる圧力バウンダリノードが液面の場合、その液面に対応する液位は、入力データHEIGHTで与えられ、他の液面の液位は、自動設定される。</p> <p>(6) 圧力バウンダリノード以外を起点とする場合は、起点となる圧力をPPOより入力して、全圧力ノードを網羅する様に初期設定の方向 (→) を定める。圧力ノード (NOFN (i)) 分だけデータ入力する。</p> <p>(7) 流路にバルブがある場合バルブの圧損係数を入力し、流路端の圧力設定を行う場合 (ISTVLV(l,i,n)≠1) と両端の圧力からバルブの圧損係数を逆算する (ISTVLV(l,i,n)=1) 方法を選択し、それを考慮して初期設定順序を決める。</p>			



FN-10		入力サブルーチン	FNREAD
関連モジュール	モジュールFN	変数名	HEIT, OFLVL1, OFLVL2 XLVLV, XLVLA
意味	液面高さ	単位	—

The diagram shows a vertical rectangular tank. At the bottom center, there is a circle labeled 'N' representing a pump. A vertical line goes up from 'N' to a hatched horizontal line representing the liquid surface. This line is labeled 'I' and has an upward-pointing arrow. To the right of the tank, a vertical dimension line with arrows at both ends is labeled 'h', indicating the height from the pump to the liquid surface. At the top center of the tank, there is a circle labeled 'M' representing a motor. A vertical line goes up from the liquid surface to 'M'. A horizontal line extends from the top left of the tank, and another horizontal line extends from the bottom of the pump 'N'.

液面高さ  $HEIT(l,n)$  は、液面流入流路 I の下端圧力ノード N からの高さ  $h$  を入力する。 $\rho h$  が流路 I の静ヘッドとなる。なお、オーバーフロー液体 ( $OFLVL1(m, l, n), OFLVL2(m, l, n)$ )、液面容積、液面断面積フィッティングデータの液位データも ( $XLVLV(m, l, n), XLVLV(j, l, n)$ ) も、同じである。

入力データ説明書

3.6 モジュールFS (非圧縮性流体流動計算 [単一流路])

モジュールFS

1 機能

非圧縮性流体の汎用流動計算。分岐・合流なしの単一ループの流動計算。

2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
駆動源ヘッド	PMPN	流量	FLWN 又は TEMP
バルブ等圧損係数	VLVN		
自然循環力	TEMP		

3 モデルの概要

- (1) 本モデルは、分岐・合流のない単一の流路の流動計算を行うモデルである。  
(図FS-1参照)
- (2) 流体は非圧縮性流体として扱う。
- (3) 流路に存在する圧損素子数を、解析対象システムに応じて任意に設定できる。
- (4) 流路に、任意個数の駆動源、及びバルブ等の圧損素子を設定できる。
- (5) 自然循環を考慮することができる。

4 基礎式

(1) 圧損の定義

圧損素子の定義式を示す。

$$\Delta P_i = \Delta P_{0i} \cdot (G/G_0)^{\alpha_i} \quad \text{--- (1)}$$

または

$$\Delta P_i = \frac{K_i}{2 \cdot g \cdot A_i^2 \rho_i} \cdot G^2 \quad \text{--- (2)}$$

$\Delta P_i$  ; 圧損素子 i の流量 G に対する圧損 (kg/m<sup>2</sup>)

$\Delta P_{0i}$  ; 圧損素子 i の流量 G<sub>0</sub> に対する圧損 (kg/m<sup>2</sup>)

G ; 流路の流量 (kg/s)

G<sub>0</sub> ; 流路の圧損係数基準流量 (kg/s)

$\alpha_i$  ; 圧損素子の圧損の流量依存性を示す指数

K<sub>i</sub> ; 圧損素子 i の圧損係数

A<sub>i</sub> ; 流路断面積 (m<sup>2</sup>)

$\rho_i$  ; 流体密度 (kg/m<sup>3</sup>)

g ; 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

尚、 $\alpha$  については、流量領域による特性の変化を精度よく模擬できるよう、3 領域の流量範囲について異なる値を設定することができる。

(2) 運動量保存則

次の運動量保存則に基づく。

$$\frac{L}{g} \cdot \frac{dG}{dt} = \sum_j H_j - \sum_j \Delta P_i - \sum_k V_k \cdot G^2 + \Delta E \quad \text{--- (3)}$$

L ; 流路の流体慣性 (1/m)

G ; 流量 (kg/s)

H<sub>j</sub> ; 駆動源 j のヘッド (kg/m<sup>2</sup>)

$\Delta P_i$  ; 圧損素子 i の圧損 (kg/m<sup>2</sup>)

V<sub>k</sub> ; バルブ k の圧損係数

$\Delta E$  ; 流路の自然循環力 (kg/m<sup>2</sup>)

(3) 解法

(a) 動特性解法

(3) 式の前進差分式は次式となる。

$$\frac{L}{g} \cdot \frac{G(t+\Delta t) - G(t)}{\Delta t} = \sum_j H_j - \sum_j \Delta P_{0i} \left( \frac{G(t+\Delta t)}{G_0} \right)^{\alpha_i} - \sum_k V_k \cdot G(t+\Delta t)^2 + \Delta E \quad \text{--- (4)}$$



ここで、

$G(t+\Delta t)^{\alpha_i} = G(t)^{(\alpha_i-2)} \cdot G(t+\Delta t)^2$  と近似し、(4)式に代入し整理すると次式を得る。

$$\left\{ \sum_i \frac{\Delta P_{0i} \cdot G(t)^{(\alpha_i-2)}}{G_0^{\alpha_i}} + \sum_K V_k \right\} G(t+\Delta t)^2 + \frac{L}{g \cdot \Delta t} \cdot G(t+\Delta t) - \left( \frac{L \cdot G(t)}{g \cdot \Delta t} + \sum_j H_j + \Delta E \right) = 0 \quad (5)$$

(5)式は  $G(t+\Delta t)$  に関する 2 次方程式であり、代数式により解を求められる。

(b) 静的解法

流量変化が比較的緩慢で、流体慣性が無視できる時は  $\frac{dG}{dt} = 0$  と仮定して、静的な圧力バ

ランスで流量を求めることができる。この時、(3)式は次式で表わされる。

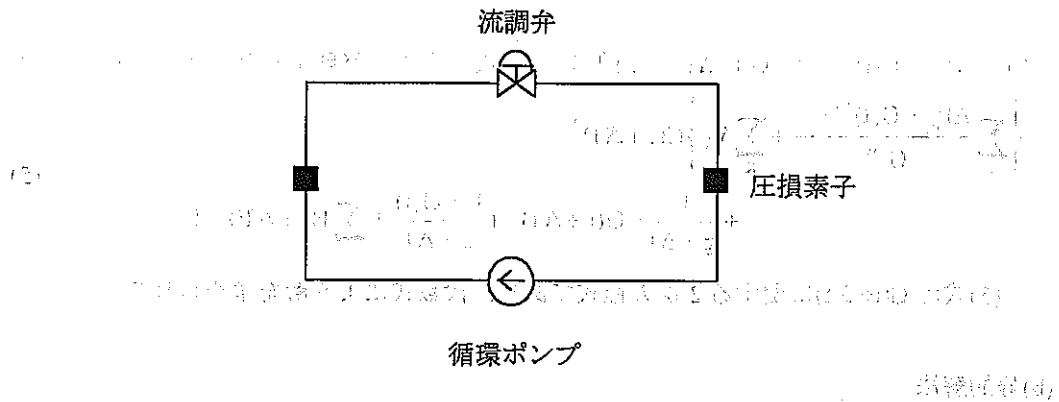
$$\sum_j H_j - \sum_i \Delta P_{0i} \left( \frac{G(t)}{G_0} \right)^{\alpha_i} - \sum_K V_k G(t)^2 + \Delta E = 0 \quad (6)$$

ここで、

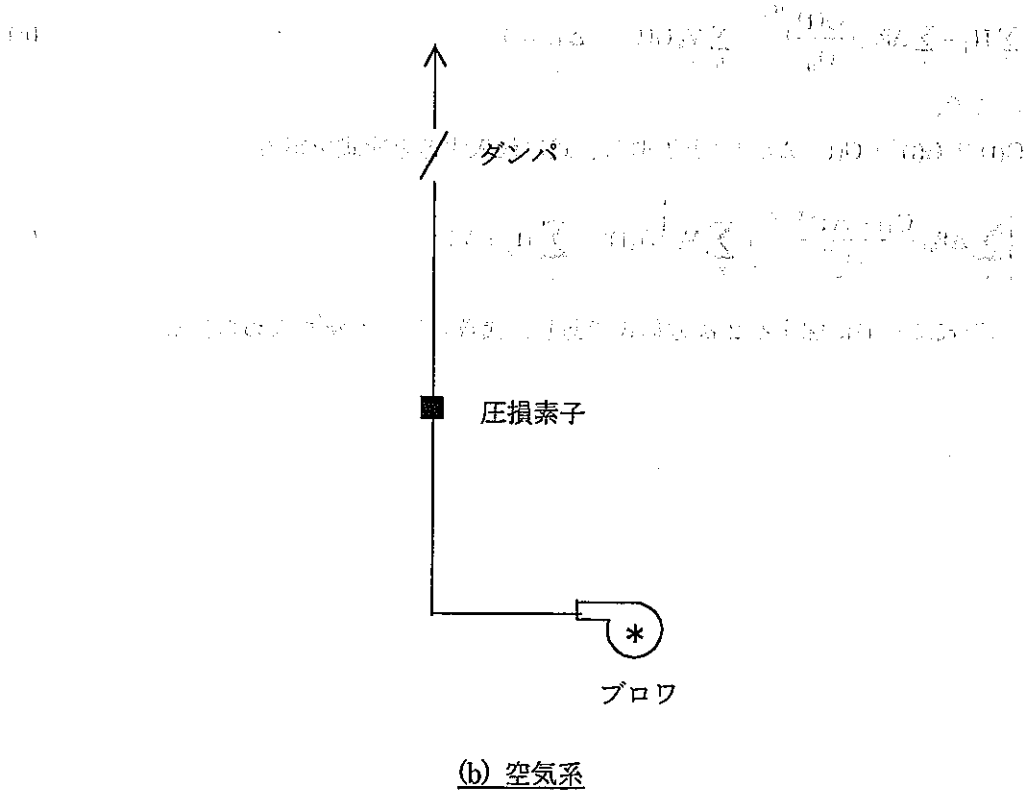
$G(t)^{\alpha_i} = G(t)^2 \cdot G(t-\Delta t)^{\alpha_i-2}$  と近似し、式に代入すると次式を得る。

$$\left\{ \sum_i \Delta P_{0i} \frac{G(t-\Delta t)^{\alpha_i-2}}{G_0^{\alpha_i}} + \sum_K V_k \right\} G(t)^2 = \sum_j H_j + \Delta E \quad (7)$$

(7)式は  $G(t)$  に関する 2 次方程式であり、代数式により解を求められる。



(a) 流体系



(b) 空気系

図FS-1 解析対象システム

表FS-1 モジュールFSサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
FSCONT	モジュールFS 計算コントロール	
FSREAD	モジュールFS 入力データの読み込み	
FSININ	モジュールFS 関連データのデフォルト他	
FSCHEK	モジュールFS 入力データのチェック	
FSRSTA	モジュールFS リスタート・ファイルの書出し、読み込み	
FSSTAT	モジュールFS 初期設定計算	
FSTRNS	モジュールFS 過渡計算	
FSTDEL	モジュールFS 計算進み時間幅の設定	
FSFCOE	モジュールFS 圧損項の計算	
FSWRIT	モジュールFS 初期状態、過渡状態の出力	
ZFLUID	モジュールFS 流体の物性値	



コモンブロック名	FSMI1 (1/3)		
関連サブルーチン			
	入力サブルーチン	FSREAD	
	ネームリスト名	NAMFS1	
変数名	意味	単位	備考
NNFS	モジュールFS 流路の数 (max. KWFS)	—	
IMDLFS (i)	モジュールFS (i) 計算実行の可否 =1: 実行する ≠1: 実行しない	—	
JNETFS (i)	モジュールFS (i) 対応するプール変数 FLWN (I, J) のJに相当する番号	—	(注)
KNETFS (i)	モジュールFS (i) 対応するプール変数 FLWN (I, J) のIに相当する番号	—	(注)
KTMPFS (i)	モジュールFS (i) 対応するプール変数 TEMP (I) のIに相当する番号	—	(注)
	(注) FLWN及びTEMPのいずれかで出力できる、 一方を指定するだけで良い		
	i=KNFS		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FSMI 1 (2/3)		
関連サブルーチン			
	モジュールFS モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	FSREAD
		ネームリスト名	NAMFS1
変数名	意味	単位	備考
IOTMFS (i)	モジュールFS (i) 計算進み =0, 一定 =1, コード中で計算	—	
DTIMFS (j, i)	モジュールFS (i) 計算進み入力値	sec	
DDELFS (j, i)	モジュールFS (i) DTIMFS(j, i) ≤ 時間の時 計算時間進み巾 = DDELFS(j, i)	sec	
DCOTFS (i)	モジュールFS (i) 計算進み時間巾、計算値の係数	—	
DMAXFS (i)	モジュールFS (i) 計算進み時間巾、最大値	sec	
DMINFS (i)	モジュールFS (i) 計算進み時間巾、最小値	sec	
TMAXFS (i)	モジュールFS (i) 計算終了時間	sec	
	i = KNFS、j = 5		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	FSMI 2		(1/6)
関連サブルーチン			
	モジュールFS	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	FSREAD
		ネームリスト名	NAMFS2
変数名	意味	単位	備考
NEFS (i)	モジュールFS (i) 圧損素子数 (max. KEFS)	—	
ALCF (i)	モジュールFS (i) 流体慣性	1/m	
WINT (i)	モジュールFS (i) 流量初期値	kg/s	
	i = KNFS		

変 数 名 リ ス ト









コモンブロック名	FSMI 2		(5/6)
関連サブルーチン	モジュールFS モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	FSREAD	
	ネームリスト名	NAMFS2	
変数名	意味	単位	備考
NPFS (i)	モジュールFS (i) 流路上のポンプ数 (max.KPFS)	—	
J1PMP (j, i)	モジュールFS (i) j 番目ポンプ番号	—	PMPN(M, N)
J2PMP (j, i)	モジュールFS (i) j 番目ポンプヘッドに対応する プロセス量番号	—	PMPN(M, N)
PHRATE (j, i)	モジュールFS (i) j 番目ポンプ初期ヘッドの流路 上の全ポンプ初期ヘッドに対する比	—	(注)
NVFS (i)	モジュールFS (i) 流路上のバルブ数 (max.KVFS)	—	
J1VLV (l, i)	モジュールFS (i) l 番目バルブ番号	—	VLVN(M, N)
J2VLV (l, i)	モジュールFS (i) l 番目バルブ抵抗係数に対応す るプロセス量番号	—	VLVN(M, N)
VINT (l, i)	モジュールFS (i) l 番目バルブ抵抗係数初期値	sec <sup>2</sup> /kgm <sup>2</sup>	ISTVLV≠1 の時入力
ISTVLV (l, i)	モジュールFS (i) =1; l 番目バルブの抵抗係数初期値 を圧力バランスから逆算する。 ≠1; l 番目バルブの抵抗係数初期値 を入力データで与える。	—	
	(注) 流路について $\sum_j \text{PHRATE}(j,i) = 1.0$		
	i = KNFS, j = KPFS, l = KVFS		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FSMI2		(6/6)
関連サブルーチン			
モジュールFS		モジュールサブルーチン	入力サブルーチン FSREAD
		ネームリスト名	NAMFS2
変数名	意味	単位	備考
IOP1FS (i)	モジュールFS (i) 流動計算解法=0; 動的解法=1; 静的解法	—	(注)
IOP2FS (i)	モジュールFS (i) 圧力計算方法=0; 圧損係数=1; 抵抗係数	—	(注)
IOP3FS (i)	モジュールFS (i) 流動計算流体 =0; ナトリウム =1; 空気 (空気冷却器) =2; 水 =3; 鉛 =4; 鉛ビスマス	—	(注)
HDFS (i)	空気冷却器高さ (ダクト部+AC)	m	IOP3FS=1 の時入力
TAIRFS (i)	空気冷却器 外気温度	°C	IOP3FS=1 の時入力
FRICFS (k, j, i)	空気冷却器 伝熱部・ダクト部の抵抗係数 圧損素子 J K 番目熱計算要素の抵抗係数	—	IOP3FS=1 & IOP2FS=1 の時入力
ASFS (k, j, i)	空気冷却器 流路断面積 圧損素子 J K 番目熱計算要素の流路断面積	m <sup>2</sup>	IOP3FS=1 & IOP2FS=1 の時入力
	(注) デフォルトは0		
	i = KNFS、j = KEFS、j = KDFS		

変 数 名 リ ス ト



変数名	意味	単位	備考
コモンブロック名	FSM2		(1/1)
関連サブルーチン	モジュールFS モジュールサブルーチン		
FLOW (ii)	流路 i 流量	kg/sec	
FCOE (i)	流路 i 流路圧損定数項	sec	
ELHD (i)	流路 i 自然循環力 (流体系)	kg/m <sup>2</sup>	
ELHDFS (i)	流路 i 自然循環力 (空気系)	kg/m <sup>2</sup>	
PUMP (j 1, i)	流路 i j 1 番目ポンプのヘッド	kg/m <sup>2</sup>	
VALV (j 2, i)	流路 i j 2 番目バルブの抵抗係数	—	
TAV (k, l, i)	流路 i 圧損素子 1 熱計算要素 k の平均温度	°C	
ROW (k, l, i)	流路 i 圧損素子 1 熱計算要素 k の流体密度	kg/m <sup>3</sup>	
DPCF (m, l, i)	流路 i 圧損素子 1 圧損領域 m の 正流時圧損項計算用係数 (流体系)	sec/m <sup>2</sup>	
DPCR (m, l, i)	流路 i 圧損素子 1 圧損領域 m の 逆流時圧損項計算用係数 (流体系)	sec/m <sup>2</sup>	
DPCA (k, l, i)	流路 i 圧損素子 1 熱計算要素 k の流体密度の 正流時圧損項計算用係数 (空気系)	sec/m <sup>2</sup>	
	i=KNFS, j1=KPFS, l=KEFS, m=3 ii=2*KNFS, j2=KVFS, k=KDFS		

## 変 数 名 リ ス ト

3.7 モジュールFW (水・蒸気系流動計算)



モジュールFW

1 機能

水・蒸気系“ボリューム”要素の熱計算、及び“ボリューム”要素間の流動計算を行なう、汎用熱流動計算ルーチン。

2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
圧損素子の密度	TEMP	ボリュームのエンタルピ温度	TEMP
圧損素子の長さ	TEMP	ボリュームの圧力	PRSN
自然循環力	FLWN	ボリューム間流量	FLWN
ポンプヘッド	PMPN	ボリュームの液位	TEMP
バルブ抵抗係数	VLVN	ブローム流出流量	FLWN
ボリュームへの流入流量	FLWN	ボリュームの密度 過熱度	TEMP
ボリュームへの流入エンタルピ	TEMP	伝熱管からの伝熱量	TEMP
境界流量	FLWN	流路の密度	TEMP
ブロー流出部開口面積	TEMP		
圧力バウンダリの圧力	PRSN		
伝熱管肉厚中心平均温度	TEMP		

### 3 モデルの概要 (図FW-1 参照)

- (1) 水/蒸気系機器の動特性計算に使用するモデル図を図FW-1に示す。本モデルはボリュームと流路パスから構成される1次元の汎用フローネットワークモデルである。
- (2) ボリュームでは、エネルギー保存式、連続の式及び状態方程式を連立して解き、水/蒸気の圧力、エンタルピ及び温度を計算する。
- (3) また、ボリュームでは伝熱管や、配管等との熱交換をモデル化する。但し、ボリュームは集中系モデルで表す。  
この熱交換モデルは伝熱管温度を境界条件(他の計算モジュールの計算結果、ex LS 計算モジュール)として計算し、伝熱管との交換熱量を本計算モジュールの出力変数として他の計算モジュールとの接続を行う。
- (4) 流路パスでは、ボリューム要素間の流量計算を行い、運動量保存式を解く。
- (5) ボリューム及び流路パスの要素数及びこれらの接続は任意であり、入力データにより自由に模擬システムを構築できる。
- (6) ボリュームにおいて、水に溶解していたガス成分の分圧は無視するものとする。

4 基礎式

(1) 質量保存式

$$V_s \frac{\partial \rho_s}{\partial t} + \sum G_{bj} + \sum G_s = -\sum a_m \cdot G_m \quad \text{--- (1)}$$

$V_s$  ; 容積 ( $m^3$ )

$\rho_s$  ; 平均密度 ( $kg/m^3$ )

$G_{bj}$  ; 流入・流出流量 ( $kg/s$ )      $j$  : 流出フロー数

$G_m$  ; 流入・流出流量 ( $kg/s$ )

$a_m$  ; 結合係数 (0,  $\pm 1$ )      $-1$  : 流入  $+1$  : 流出

$G_s$  ; 境界流量 ( $kg/s$ )

(2) エネルギー保存式

[ボリュームの水・蒸気]

$$\rho_s \cdot V_s \frac{\partial H}{\partial t} + V_s \cdot H \frac{\partial \rho_s}{\partial t} - \frac{V_s}{J} \frac{\partial P}{\partial t} + U_t A_t (T_s - T_t) + U_v A_v (T_s - T_v) + \sum G_{bj} \cdot H + \sum G_s \cdot H = -\sum a_m \cdot G_m \cdot H_x \quad \text{--- (2)}$$

[側容量]

$$C_v M_v \frac{\partial T_v}{\partial t} = U_v A_v (T_s - T_v)$$

$H_x$  ; 流入の場合、流入水・蒸気エンタルピー ( $kcal/kg$ )

    ; 流出(飽和蒸気)の場合、飽和蒸気エンタルピー ( $kcal/kg$ )

    ; 流出(飽和水)の場合、飽和水エンタルピー ( $kcal/kg$ )

$U$  ; 熱貫流率 ( $kcal/m^2 \cdot s \cdot ^\circ C$ )

$A$  ; 伝熱面積 ( $m^2$ )

$T$  ; 温度 ( $^\circ C$ )

$G$  ; 重量流量 ( $kg/s$ )

$C$  ; 比熱 ( $kcal/kg \cdot ^\circ C$ )

$M$  ; 重量 ( $kg$ )

(添字)

$s$  ; 胴側流体

$t$  ; 伝熱管

$w$  ; 管内流体

$v$  ; 側容量

[熱伝達率計算式]

$$\frac{1}{U_t} = \frac{d_1 + d_2}{2d_2} \frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1 + d_2}{4k_T} \ln \frac{2d_2}{d_1 + d_2} + R_1 \quad \text{--- (3)}$$

- $d_1$  ; 伝熱管内径 (m)
- $d_2$  ; 伝熱管外径 (m)
- $R_1$  ; よごれ係数 ( $m^2 \cdot s \cdot ^\circ C/kcal$ )
- $K_T$  ; 伝熱管熱伝導度 ( $kcal/m \cdot s \cdot ^\circ C$ )
- $\alpha_1$  ; 熱伝達 ( $kcal/m \cdot s \cdot ^\circ C$ )
- $U_v$  は入力

[ $\alpha_1$  ; 管外熱伝達率]

①凝縮熱伝達率 (飽和二相流)

$$\alpha_1 = \frac{4460 + 17.7(t_d + t_w)}{\sqrt[4]{d(t_d - t_w)}} \quad (4)$$

②単相流 (過熱蒸気及びサブクール水)

$$\alpha_1 = \frac{\lambda}{d} \cdot 0.35 \left( \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \right)^{0.2} Re^{0.6} Pr^{0.36} \left( \frac{Pr}{Pr_w} \right)^{0.25} \quad (5)$$

- $t_d$  ; 飽和蒸気温度 ( $^\circ C$ )
- $t_w$  ; 伝熱管壁温度 ( $^\circ C$ )
- $d$  ; 伝熱管外径 (m)
- $t_m$  ; 液体温度 ( $^\circ C$ )
- $\lambda$  ; 流体の熱伝導度 ( $kcal/mh^\circ C$ ) ;  $(t_w + t_m)/2$  に対する値
- $\sigma_1, \sigma_2$  ;  $\sigma_1 = s_1/d, \sigma_2 = s_2/d$
- $s_1$  ; 流れに直角方向の管のピッチ (m)
- $s_2$  ; 流れの方向の管のピッチ (m)
- Re ; レイノルズ数
- Pr ; プラントル数
- $Pr_w$  ; 壁温度に対するプラントル数

(3) 状態方程式

$$P_{SAT} = f_1(H, \rho_s) \quad (6)$$

$$h_{SAT}^S = f_2(P_{SAT}) \quad (7)$$

$$h_{SAT}^W = f_3(P_{SAT}) \quad (8)$$

$$x = f_4(\rho_s, \rho_{SAT}^S, \rho_{SAT}^W) \quad (9)$$

$$\rho_s = \rho(H, P) \quad (10)$$

- $P_{SAT}$  ; 飽和圧力 (kg/m<sup>2</sup>)
- $h_{SAT}^S$  ; 飽和蒸気エンタルピー (kcal/kg)
- $h_{SAT}^W$  ; 飽和水エンタルピー (kcal/kg)
- $x$  ; クオリティ
- $\rho_s$  ; 二相流密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- $f_i$  ; 蒸気表関数

(4) 機器内水位

$$V_w = V \cdot \rho_s \cdot (1-x) / \rho_{sat}^w \quad \text{--- (11)}$$

$L$  =液位 (m)

$V_w$  =飽和水量 (m<sup>3</sup>)

液位  $L$  を  $V_w$  の関数として次式の関係をデータテーブルで与える。

$$L = f(V_w) \quad \text{--- (12)}$$

(5) ブロー流出流量

$$G_{bj} = G(H_j, P_j, P_0) \quad \text{--- (13)}$$

$G_{bj}$  ; ブロー流出流量 (kg/s)

$P_0$  ; 流出先の圧力 (kg/m<sup>2</sup>)

$P_j$  ; 流出元の圧力 (kg/m<sup>2</sup>)

$H_j$  ; 流出流体のエンタルピー (kcal/kg)

尚、ブロー流出流量は、次の臨界流量計算モデルにより求める。

①水単相流 (HENRY-FAUSKE モデル)

データテーブルを使用

②二相流 (MOODY モデル)

データテーブルを使用

③蒸気単相流 (断熱噴流の式)

$$[P_0 \geq P_c]$$

$$G_{bj} = A_{Sj} C_D \sqrt{2g \frac{k}{k-1} \frac{P_j}{V_j} \left( \left( \frac{P_j}{P_0} \right)^{2/k} - \left( \frac{P_j}{P_0} \right)^{(k+1)/k} \right)} \quad \text{--- (14)}$$

$$[P_0 < P_c]$$

$$G_{bj} = A_{Sj} C_D \sqrt{2g \frac{k}{k-1} \frac{P_j}{V_j} \left( \left( \frac{2}{k+1} \right)^{2/(k-1)} - \left( \frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)} \right)} \quad \text{--- (15)}$$

$$P_c = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{k/(k-1)} P_j \quad (16)$$

$G_{bj}$  ; プロー流出流量 (kg/s)

$A_{sj}$  ; ノズル出口断面積 ( $m^2$ )

$C_D$  ; ノズル絞り係数

$P_j$  ; 流出元の圧力 ( $kg/m^2$ )

$P_0$  ; 流出先の圧力 ( $kg/m^2$ )

$P_c$  ; 臨界圧力 ( $kg/m^2$ )

$V_j$  ; 比容積 ( $m^3/kg$ )

$k$  ; 比熱比 (-)

$g$  ; 重力加速度 ( $m/s^2$ )

(6) 運動量保存式

$$\frac{L_m}{A_m g} \cdot \frac{dG_m}{dt} = P_i - P_j - f_m \cdot G_m^2 - f_{vm} |G_m| \cdot G_m + \Delta H_{pm} + \Delta H_{hm} \quad (17)$$

$L_m$  ; 流路パス長さ (m)

$A_m$  ; 流路パス断面積 ( $m^2$ )

$G_m$  ; 流路パス流量 (kg/sec)

$P_i$  ; 上流側ボリューム圧力 ( $kg/m^2$ )

$P_j$  ; 下流側ボリューム圧力 ( $kg/m^2$ )

$f_m$  ; 流路パス圧力損失係数

$f_{vm}$  ; 流路パス上の弁圧力損失係数

$\Delta H_{pm}$  ; 流路パス上のポンプヘッド ( $kg/m^2$ )

$\Delta H_{hm}$  ; 流路パス上の水頭圧 ( $kg/m^2$ )

5 解法

(10)、(14)式は、次式で変換できる。

$$\frac{\partial \rho_s}{\partial t} = \frac{\partial \rho_s}{\partial H} \frac{dH}{dt} + \frac{\partial \rho_s}{\partial P} \frac{dP}{dt} \quad (18)$$

$$\frac{\partial G_{bj}}{\partial t} = \frac{\partial G_{bj}}{\partial H} \frac{dH}{dt} + \frac{\partial G_{bj}}{\partial P} \frac{dP}{dt} \quad (19)$$

(19)式と(20)式を(1)式及び(2)式に代入すると次式が得られる。

(質量保存)

$$V_s \frac{\partial \rho_s}{\partial H} \frac{dH}{dt} + V_s \frac{\partial \rho_s}{\partial P} \frac{dP}{dt} + \sum_j \left( \frac{\partial G_{bj}}{\partial H} \frac{dH}{dt} + \frac{\partial G_{bj}}{\partial P} \frac{dP}{dt} \right) dt + G_s = -\sum_m G_m \quad (20)$$

(エネルギー保存)

$$\begin{aligned} & \rho_s V_s \frac{dH}{dt} + V_s H \left[ \frac{\partial \rho_s}{\partial H} \frac{dH}{dt} + \frac{\partial \rho_s}{\partial P} \frac{dP}{dt} \right] - \frac{V_s}{J} \frac{dP}{dt} \\ & - U_t A_t (T_s - T_t) + U_v A_v (T_s - T_v) \sum_j \left( \frac{\partial G_{bj}}{\partial H} \frac{dH}{dt} + \frac{\partial G_{bj}}{\partial P} \frac{dP}{dt} \right) dt \cdot H + \sum G_s \cdot H = -\sum_m G_m H \end{aligned} \quad (21)$$

ここで、 $H^{K+1} = H^K + \Delta H^{K+1}$

$$P^{K+1} = P^K + \Delta P^{K+1}$$

$$G_m^{K+1} = G_m^K + \Delta G_m^{K+1}$$

としてタイムメッシュ K, K+1 について(21)、(22)式を階差式に変えて次式を得る。

(質量保存)

$$\begin{aligned} & \left( V_s \frac{\partial \rho_s}{\partial H} + \sum \frac{\partial G_{bj}}{\partial H} \Delta t \right)^k \Delta H^{K+1} + \left( V_s \frac{\partial \rho_s}{\partial P} + \sum \frac{\partial G_{bj}}{\partial P} \Delta t \right)^k \Delta P^{K+1} + \Delta t \sum a_m \Delta G_m^{K+1} \\ & = -G_b^k \Delta t - G_s^k \Delta t - \Delta t \sum a_m G_m^k \end{aligned} \quad (22)$$

(エネルギー保存)

$$\begin{aligned} & \left( \rho_s V_s + V_s H \frac{\partial \rho_s}{\partial H} + \sum \frac{\partial G_{bj}}{\partial H} H \Delta t \right)^k \Delta H^{K+1} + \left( V_s H \frac{\partial \rho_s}{\partial P} - \frac{V_s}{J} + \sum \frac{\partial G_{bj}}{\partial P} H \Delta t \right)^k \Delta P^{K+1} \\ & + \Delta t H_x \Delta G_m^{K+1} = -U_t A_t (0.5(T_{sin} + T_s^{K+1}) - T_t^k) \Delta t + U_v A_v (0.5(T_{sin} + T_s^{K+1}) \\ & - T_t^k) \Delta t - G_b^k H^k \Delta t - G_s^k H_x^k \Delta t - \sum a_m G_m^k H_x^k \Delta t \end{aligned} \quad (23)$$

ここで、

$$T_s^{K+1} = T_s^K + \Delta T_s^{K+1}$$

$$\Delta T_s^{K+1} = \left( \frac{\partial T}{\partial H} \right)_P \cdot \Delta H + \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_H \cdot \Delta P \quad (24)$$

とおく。

(運動量保存式)

(18)式において、

$$\begin{aligned} G_m^n &= (G_m^K)^{n-2} (G_m^{K+1})^2 \\ (G_m^{K+1})^2 &= (G_m^K + \Delta G_m^K)^2 \\ &= (G_m^K)^2 + 2G_m^K \cdot \Delta G_m^K + (\Delta G_m^K)^2 \end{aligned} \quad (25)$$

と近似すると、次式の階差式が得られる。

$$\begin{aligned} \Delta P_i^{K+1} - \Delta P_j^{K+1} - \{ (f_m^K \cdot (G_m^K)^{n-2} + f_v^K) (2G_m^K + \Delta G_m^K) + \frac{L_m^{K+1}}{A_m g \Delta t} \} \Delta G_m^{K+1} \\ = (f_m^K \cdot (G_m^K)^{n-2} + f_v^K) (G_m^K)^2 - (P_i^{K+1} - P_j^{K+1}) - \Delta H_{Pm}^K - \Delta H_{hm}^K \end{aligned} \quad (26)$$

未知数  $\Delta H^{K+1}$ 、 $\Delta P_m^{K+1}$ 、 $\Delta G_m^{K+1}$  について(23)(24)(25)

及び(27)式を連立してインプリシットに解を求める。

ここで

$$\left(\frac{\partial p_s}{\partial H}\right)^k, \quad \left(\frac{\partial p_s}{\partial P}\right)^k, \quad \left(\frac{\partial G_{bj}}{\partial H}\right)^k, \quad \left(\frac{\partial G_{bj}}{\partial P}\right)^k$$

蒸気表及びブロー流出流量計算式を用いて摂動計算により求める。



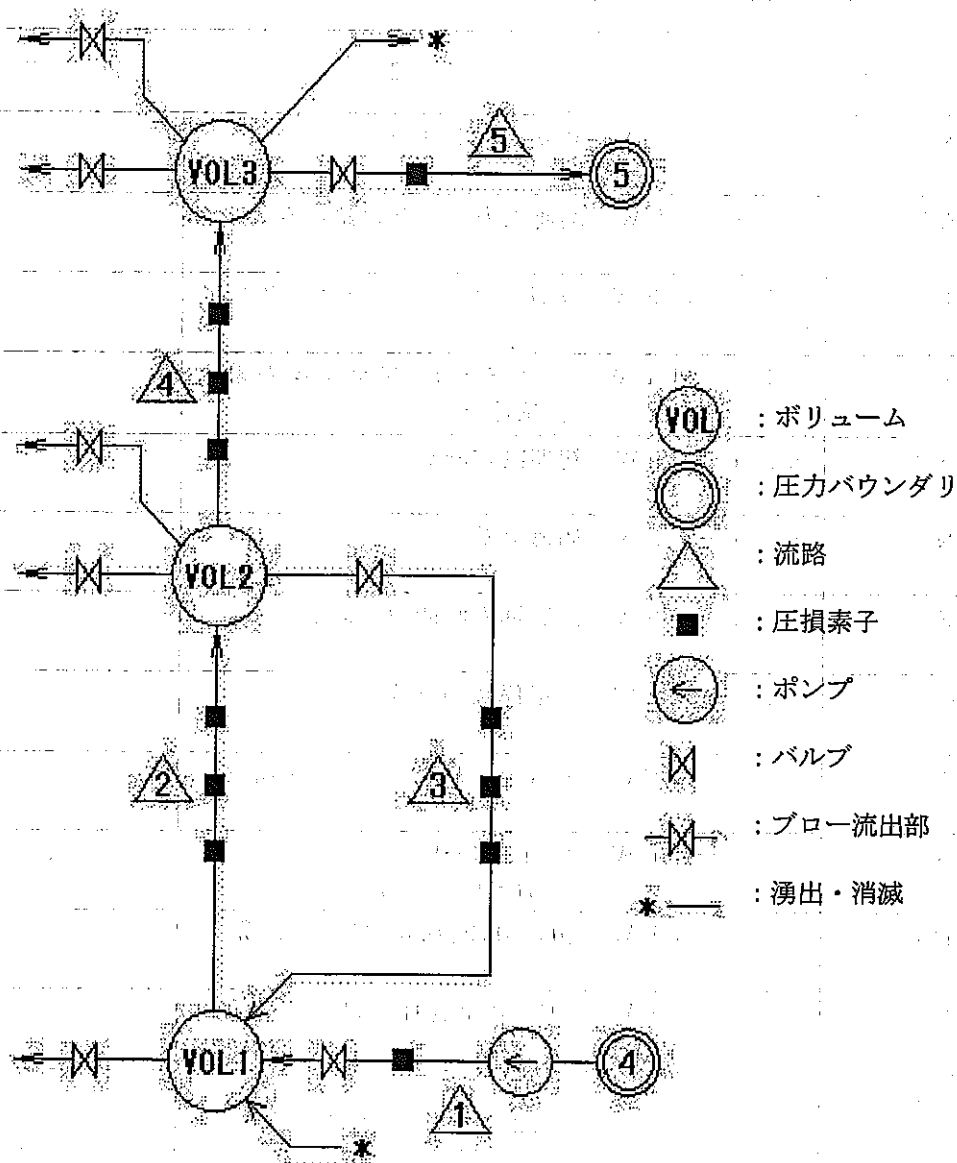


図 FW-1 流路網構成例

表FW-1 モジュールFWサブルーチンリスト(1/2)

サブルーチン名	機 能	属 性
FWCONT	モジュールFW 計算コントロール	
FWREAD	モジュールFW 関連入力データの読み込み	
FWININ	モジュールFW 関連入力データのゼロクリア 他	
FWRSTA	モジュールFW リスタート・ファイルの書出し、読み込み	
FWSTAT	モジュールFW 初期設定計算	
FWTRNS	モジュールFW 過渡計算	
FWTDEL	モジュールFW 計算進み時間巾の計算	
FWFCOE	モジュールFW 圧損係数の計算	
FWSAT	モジュールFW 蒸気表、飽和蒸気条件の計算	
FWDNS	モジュールFW P, T, X→H, ρ P, H→T, X, ρ	
FWSTDR	モジュールFW $(\partial \rho / \partial H)_P (\partial \rho / \partial P)_P$ の計算	
FWSTDT	モジュールFW $(\partial T / \partial H)_P (\partial T / \partial P)_P$ の計算	
FWSTDG	モジュールFW $\Sigma (Gb/H)_P$ 、 $\Sigma (Gb/H)_H$ 、の計算	
FWWRIT	モジュールFW 初期状態の出力、及び中間出力	
FWHCOE	モジュールFW 熱伝達率計算	
FWPROP	モジュールFW 熱伝達率計算用物性値の計算	



モジュールFW パラメータ変数 (1/1)			
関連サブルーチン			
モジュールFW モジュールサブルーチン			
変数名	意 味	単 位	備 考
KWFW	モジュールFW 流路網最大数	—	
KFFW	モジュールFW 流路最大数 (流動計算用)	—	
KEFW	モジュールFW 圧損素子最大数 (各流路)	—	
KPFW	モジュールFW ポンプ最大数 (各流路)	—	
KVFW	モジュールFW バルブ最大数 (各流路)	—	
KOFW	モジュールFW ボリューム要素最大数	—	
KXFW	モジュールFW ボリュームに接続する流路の最大数 (各ボリューム要素)	—	
KBFW	モジュールFW 圧力バウンダリ最大数	—	





コモンブロック名	FWMI 1			(3/3)		
関連サブルーチン						
	モジュールFW	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	FWREAD		
			ネームリスト名	NAMFW1		
変数名	意	味	単	位	備	考
IOTMFW (k)	モジュールFW (k) 計算進み =0、一定 =1、コード中で計算		—			
DTIMFW (j, k)	モジュールFW (k) 計算進み入力値		sec		10TMFW(K) =0 の時入力	
DDELFW (j, k)	モジュールFW (k) DTIMFM(J, K) ≤ 時間の時 計算進み巾=DDELFM(j, i)		sec		10TMFW(K) =0 の時入力	
DCOTFW (k)	モジュールFW (k) 計算時間進み巾、計算値の係数		—		10TMFW(K) =1 の時入力	
DMAXFW (k)	モジュールFW (k) 計算時間進み巾、最大値		sec		10TMFW(K) =1 の時入力	
DMINFW (k)	モジュールFW (k) 計算時間進み巾、最小値		sec		10TMFW(K) =1 の時入力	
TMAXFW (k)	モジュールFW (k) 計算終了時間		sec			
	k = KWFW, j = 5					

変数名リスト

コモンブロック名	FWMI 2 (1/4)		
関連サブルーチン	モジュールFW モジュールサブルーチン		
		入力サブルーチン	FWREAD
		ネームリスト名	NAMFW2
変数名	意味	単位	備考
NFFW (k)	モジュールFW (k) 流路数 (max. KFFW)	—	
NPT1 (i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の上流側ボリューム番号	—	
NPT2 (i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の下流側ボリューム番号	—	
NEFW (i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の圧損素子数 (max. KEFW)	—	
IFRIC (k)	モジュールFW (k) =1 ; FRIC 圧損データ入力 ≠1 ; FRIC 抵抗係数入力	—	
WFRIC (i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の圧損評価用基準流量	$\frac{\text{kg}}{\text{sec}}$	IFRIC=1 の時入力
DPFRIC (l, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の圧損素子 l の WFRIC に 対する圧損	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	IFRIC=1 の時入力
SFRIC (l, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の圧損素子 l の圧損計算 指数	—	
FRIC (l, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の圧損素子 l の圧損計算 用係数 (注) 流路 i (流量 $W_i$ ) 圧損素子 l (密度 $\rho_{i,l}$ 、長 さ $d_{i,l}$ ) に対する圧損は $\Delta P_{i,l} = \text{FRIC}(l, i, k) * (d_{i,l} / \rho_{i,l}) * W_i^2$	$\frac{\text{sec}^2}{\text{m}^2}$	IFRIC≠1 の時入力
ALCF (i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の流体慣性	$\frac{1}{\text{m}}$	
WINT (i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の流量初期値	$\frac{\text{kg}}{\text{sec}}$	
CFINV (l, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の圧損素子 l の逆流時圧 損計算係数	—	
SFINV (l, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の圧損素子 l の逆流時圧 損計算指数	—	
	k = KFWW, i = KFFW, l = KEFW		

変数名リスト







コモンブロック名	FWMI 2 (4/4)		
関連サブルーチン			
モジュールFW: モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	FWREAD
		ネームリスト名	NAMFW2
変数名	意味	単位	備考
NPFW (i, k)	モジュールFW (k) 流路 i 上のポンプ (max. KPFW)	—	
J1PMP (l, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の l 番目ポンプ番号	—	PMPN(M, N)
J2PMP (l, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の l 番目ポンプヘッドに対応するプロセス量番号	—	PMPN(M, N)
PHRATE (l, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の k 番目ポンプ初期ヘッドの流路 i 上の全ポンプ初期ヘッドに対する比	—	(注)
NVFW (i, k)	モジュールFW (k) 流路 i 上のバルブ数 (max. KVFW)	—	
J1VLV (j, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の j 番目バルブ番号	—	VLVN(M, N)
J2VLV (j, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の j 番目バルブ抵抗係数に対応するプロセス量番号	—	VLVN(M, N)
VINT (j, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の j 番目バルブ抵抗係数初期値	$\frac{\text{sec}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}^2}$	
	(注) 流路について $\sum \text{PHRATE}(l, i, k) = 1.0$		
	k=KVFW, i=KPFW, l=KPFW, j=KVFW		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FWMI 3 (1/3)		
関連サブルーチン	モジュールFW モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	FWREAD	
	ネームリスト名	NAMFW2	
変数名	意味	単位	備考
NOFW (k)	モジュールFW (k) ボリューム要素数 (max. KOFW)	—	
VFFW (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 容積	m <sup>3</sup>	
VWOW (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 水容積	m <sup>3</sup>	
VTFW (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 伝熱管重量	kg	
D1 (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 伝熱管重量 内径	m	
D2 (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 伝熱管重量 外径	m	
UFWIN (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 水・蒸気 伝熱管間熱伝達率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$	
AFW (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 水・蒸気 伝熱管間伝熱面積	m <sup>2</sup>	
KPR1FW (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 伝熱管物性値 = 1 ; 温度依存 ≠ 1 ; 一定	—	
KPR2FW (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 伝熱管材質を 示す INDEX =1;SUS316 =3;2-1/4Cr-1Mo =2;SUS304 =4;9Cr-1Mo	—	
TTXX (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 伝熱管基準温度 物性値を温度によらず一定とする場合代表値 (平均値) を入力	—	KPR1FW ≠1 の時 入力
QHETO (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 伝熱管伝熱量初期値	$\frac{\text{kcal}}{\text{s}}$	
NQHET (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 伝熱管伝熱量プール変数番号	—	TEMP に対応
NTAV (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j 伝熱管温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
IVTB (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j =1 タービンボリューム ≠0 タービンボリュームでない		

k = KFW, j = KOFW

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FWMI3		(2/3)
関連サブルーチン			
モジュールFW モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	FWREAD
		ネームリスト名	NAMFW2
変数名	意味	単位	備考
IUI (j, k)	モジュールFW(k) ボリューム要素 j 水蒸気-伝熱管熱伝達率 =0 熱貫流率を入力 =1 凝縮熱伝達率 =2 ドレンクーリングゾーン (水) =3 デ・スーパーヒートゾーン (蒸気)	—	TEMP に対応
IPRL (j, k)	モジュールFW(k) ボリューム要素 j 水蒸気-伝熱管熱伝達率計算用物性値 =0 初期値一定 (相一定) =1 温度・圧力依存 (相一定) =2 温度・圧力依存 (相変化考慮) (注) =2 の時はクリオティにより IUI の値が変わる	—	
HCO (i, j, k)	モジュールFW(k) ボリューム要素 j 水蒸気-伝熱管単相時熱伝達率係数 $C_i$ $Nu = C_1 Re^{C_2} Pr^{C_3} \left(\frac{P_r}{P_{rw}}\right)^{C_4}$	—	IUI=1, 3 の時使用
AVA (j, k)	モジュールFW(k) ボリューム要素 j 水蒸気-伝熱管単相時熱伝達率計算流路断面積	m <sup>2</sup>	
RF1 (j, k)	モジュールFW(k) ボリューム要素 j 水蒸気-伝熱管よごれ係数	$\frac{m^2 \cdot sec \cdot ^\circ C}{kcal}$	
ARR (j, k)	モジュールFW(k) ボリューム要素 j 水蒸気-伝熱管よごれ係数 収束係数	—	
AMAX (j, k)	モジュールFW(k) ボリューム要素 j 水蒸気-伝熱管熱伝達率最大値	$\frac{kcal}{m^2 \cdot sec \cdot ^\circ C}$	
AMIN (j, k)	モジュールFW(k) ボリューム要素 j 水蒸気-伝熱管熱伝達率最小値	$\frac{kcal}{m^2 \cdot sec \cdot ^\circ C}$	
	i=4、k=KWFW、j=KOFW		

変数名リスト



コモンブロック名	FWMI4			(1/5)
関連サブルーチン				
モジュールFW モジュールサブルーチン			入力サブルーチン	FWREAD
			ネームリスト名	NAMFW2
変数名	意味	単位	備考	
NXFW (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の接続する流路数 (max, KXFW)	—		
JHFW (l, j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の l 番目流路エンタルピに対応するプール変数番号	—	TEMPに対応	
JTFW (l, j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の l 番目流路温度に対応するプール変数番号	—	TEMPに対応	
JWFW (l, j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の l 番目流路流路網番号	—	FLWNに対応	
JFFW (l, j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の l 番目流路流路番号	—	FLWNに対応	
CMMFW (l, j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の l 番目流路重み	—		
MXFW (l, j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の l 番目流路 = 1 ; 流路の正方向と当該要素への流入方向が一致 = -1 ; 流路の正方向と当該要素への流出方向が一致	—		
WFW0 (l, j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の l 番目流路流量初期値	$\frac{\text{kg}}{\text{sec}}$		
HFW0 (l, j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の l 番目流路エンタルピ初期値	$\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$		
JRFW (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の密度に対応するプール変数番号	—	TEMPに対応	
JSHFW (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の過熱度に対応するプール変数番号	—	TEMPに対応	
JATFW (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の温度に対応するプール変数番号	—	TEMPに対応	
JROWOT (l, j, k)	モジュールFW (k) 流路 j 圧損素子 l の密度に対応するプール変数番号 (出力用)		TEMPに対応	
	k = KWFW, j = KOFW, l = KXFW			

## 変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	FWMI 4			(4/5)
関連サブルーチン				
	モジュールFW	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	FWREAD
			ネームリスト名	NAMFW2
変数名	意味	単位	備考	
IBXFW ( <i>l</i> , <i>j</i> , <i>k</i> )	モジュールFW ( <i>k</i> ) ボリューム要素 <i>j</i> の <i>l</i> 番目流路 相状態指定 (流出時) = 1 ; 水 (又は二相) = 2 ; 蒸気 (IXFW = 3 の時) = 1 ; 水、= 2 ; 蒸気、= 3 ; 二相 (IXFW ≠ 3 の時)	—		
JBXFW ( <i>l</i> , <i>j</i> , <i>k</i> )	モジュールFW ( <i>k</i> ) ボリューム要素 <i>j</i> の <i>l</i> 番目流路のブロー流出部 開口面積に対応するプール変数番号	—	TEMPに 対応	
JBXFWR ( <i>l</i> , <i>j</i> , <i>k</i> )	モジュールFW ( <i>k</i> ) ボリューム要素 <i>j</i> の <i>l</i> 番目流路のブロー流出流量を逆符号で FLWN に出力する場合の流路番号指定	—	FLWNに 対応	
CHENRY ( <i>k</i> )	モジュールFW ( <i>k</i> ) HENRY-FAUSKE モデルを流量増倍係数	—	IBXFW=1 の 時入力	
CMOODY ( <i>k</i> )	モジュールFW ( <i>k</i> ) MOODY モデルを流量増倍係数	—		
CDSUP ( <i>l</i> , <i>j</i> , <i>k</i> )	モジュールFW ( <i>k</i> ) ボリューム要素 <i>j</i> の <i>l</i> 番目流路 断熱噴流の式流量増倍係数	—	IBXFN=2 の 時入力	
ICXFW ( <i>l</i> , <i>j</i> , <i>k</i> )	モジュールFW ( <i>k</i> ) ボリューム要素 <i>j</i> の <i>l</i> 番目流路 ブロー流出先圧力 = 1 ; 一定圧力 = 2 ; プール変数から入力	—		
JCXNET ( <i>l</i> , <i>j</i> , <i>k</i> )	モジュールFW ( <i>k</i> ) ボリューム要素 <i>j</i> の <i>l</i> 番目流路 ブロー流出先圧力 流路網番号	—	PRSNに 対応	
JCXNOD ( <i>l</i> , <i>j</i> , <i>k</i> )	モジュールFW ( <i>k</i> ) ボリューム要素 <i>j</i> の <i>l</i> 番目流路 ブロー流出先圧力 圧力ノード番号	—	ICXFW=2 の 時入力	
PBACKO ( <i>l</i> , <i>j</i> , <i>k</i> )	モジュールFW ( <i>k</i> ) ボリューム要素 <i>j</i> の <i>l</i> 番目流路 ブロー流出先圧力 入力値	m <sup>2</sup>	ICXFW=2 の 時入力	
	k = KFW、j = KOFW、l = KXFW			

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	FWMI 5 (1/2)		
関連サブルーチン	モジュールFW モジュールサブルーチン		
		入力サブルーチン	FWREAD
		ネームリスト名	NAMFW2
変数名	意 味	単 位	備 考
NBFW (k)	モジュールFW (k) 圧力バウンダリの数 (max, KBFW)	—	
JBFW (l, k)	モジュールFW (k) l 番目圧力バウンダリ 対応する圧力ノード番号	—	PRSNに 対応
IBFW (l, k)	モジュールFW (k) l 番目圧力バウンダリ = 1 ; 任意の圧力ノードの圧力を入力 ≠ 1 ; 初期値一定	—	
JBNET (l, k)	モジュールFW (k) l 番目圧力バウンダリ 対応する流路網番号	—	IBFM=1 の時入力
JBNOB (l, k)	モジュールFW (k) l 番目圧力バウンダリ 対応する圧力ノード番号	—	
PB0 (l, k)	モジュールFW (k) l 番目圧力バウンダリ 圧力初期値	$\frac{kg}{m^2}$	
JPT1 (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の定常圧力分布 計算用 上流側圧力ノード番号	—	(注)
JPT2 (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の定常圧力分布 計算用 下流側圧力ノード番号	—	(注)
JPTF (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の定常圧力分布 計算用 JPT1, JPT2 に対応する流 路番号	—	(注)
JPTX (j, k)	モジュールFW (k) ボリューム要素 j の定常圧力分布 計算用 初期設定の方向と流路の 正方向 = 1 ; 一致 = - 1 ; 逆	—	(注)
	(注) 圧力バウンダリから順に入力		
	k = KFWW、j = KOFW、l = KBFW		

変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	FWM2	(1/1)	
関連サブルーチン			
	モジュールFW モジュールサブルーチン	入力サブルーチン FWREAD	
		ネームリスト名 NAMFW2	
変数名	意味	単位	備考
FLOW (i, n)	モジュールFW (k) 流路 i の流量	$\frac{kg}{sec}$	
DFLOW (i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の流量変化分	$\frac{kg}{sec}$	
FCOE (i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の圧損係数	$\frac{sec^2}{kg \cdot m^2}$	
ROW (l, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の圧損素子 l 密度	$\frac{kg}{m^3}$	
DEL (l, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の圧損素子 l 長さ	m	
ELHD (i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の自然循環力	$\frac{kg}{m^2}$	
PUMP (m1, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の m1 番目ポンプのヘッド	$\frac{kg}{m^2}$	
VALV (m2, i, k)	モジュールFW (k) 流路 i の m2 番目バルブの圧損係数	$\frac{sec^2}{kg \cdot m^2}$	
	n=2*KFW, k=KFW, i=KFFW, l=KEFW m1=KPFW, m2=KVFW		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FWM3			(1/5)
関連サブルーチン				
	モジュールFW	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	FWREAD
			ネームリスト名	NAMFW2
変数名	意 味		単 位	備 考
PFW (j, n)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 圧力	$\frac{kg}{m^2}$	
DPFW (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 圧力変化分	$\frac{kg}{m^2}$	
HFW (j, n)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j エンタルピ	$\frac{kcal}{kg}$	
DHFW (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j エンタルピ変化分	$\frac{kcal}{kg}$	
TFW (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 温 度	°C	
XFW (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j クオリティ	—	
RFW (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 密 度	$\frac{kg}{m^3}$	
TTFW (j, n)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 伝熱管温度	°C	
UFW (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 水・蒸気、伝熱管熱貫流率	$\frac{kcal}{m^2 \cdot sec \cdot ^\circ C}$	
ALVLFW (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 液 位	m	
SHFW (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 過熱度	°C	
QHET (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 伝熱熱量	$\frac{kcal}{sec}$	
TINP (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 流入温度	°C	
TVFW (j, n)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 側容量温度	°C	
UVFW (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 水・蒸気側容量熱貫流率	$\frac{kcal}{m^2 \cdot sec \cdot ^\circ C}$	
	k=KFW, j=KOFW, i=KOFW+KBFW, n=2 * KFW			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FWM3		(2/5)	
関連サブルーチン	モジュールFW モジュールサブルーチン			
		入力サブルーチン	FWREAD	
		ネームリスト名	NAMFW2	
変数名	意	味	単位	備考
DRDHF (j, n)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j $(\partial \rho / \partial H)_P$	$\frac{kg^2}{m^3 \cdot kcal}$	
DRDPF (j, n)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j $(\partial \rho / \partial H)_H$	$\frac{1}{m}$	
DGDHF (j, n)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j $(\partial \rho / \partial H)_P$	$\frac{kg^2}{kcal \cdot sec}$	
DGDPF (j, n)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j $(\partial \rho / \partial H)_H$	$\frac{m^2}{sec}$	
GFWIO (l, j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j の流路 l 流量	$\frac{kg}{sec}$	
HFWIO (l, j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j の流路 l エンタルピ	$\frac{kcal}{kg}$	
TFWIO (l, j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j の流路 l 温度	°C	
ASBFW (l, j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j の流路 l ブロー弁開口面積	m <sup>2</sup>	
PBACK (l, j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j の流路 l ブロー弁放出先圧力	$\frac{kg}{m^2}$	
DTDH (j, n)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j $(\partial T / \partial H)_P$	$\frac{kg \cdot ^\circ C}{kcal}$	
DTDP (j, n)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j $(\partial T / \partial P)_H$	$\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{kg}$	
	k=KFW, j=KOF, l=KXF, n=2*KFW			

変 数 名 リ ス ト





変数名	意	味	単 位	備 考
TSATFW (j)	j 番目ボリューム要素 飽和温度		°C	
HWSTFW (j)	j 番目ボリューム要素 飽和水エンタルピ		$\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$	
HSSTFW (j)	j 番目ボリューム要素 飽和蒸気エンタルピ		$\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$	
HLSTFW (j)	j 番目ボリューム要素 蒸発潜熱		$\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$	
RWSTFW (j)	j 番目ボリューム要素 飽和水密度		$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
RSSTFW (j)	j 番目ボリューム要素 飽和蒸気密度		$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
PRWSFW (j)	j 番目ボリューム要素 飽和水プラントル数		—	不使用
PRSSFW (j)	j 番目ボリューム要素 飽和蒸気プラントル数		—	不使用
VKWSFW (j)	j 番目ボリューム要素 飽和水動粘性係数		$\frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$	不使用
VKSSFW (j)	j 番目ボリューム要素 飽和蒸気動粘性係数		$\frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$	不使用
TKWSFW (j)	j 番目ボリューム要素 飽和水熱伝導率		$\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{sec} \cdot \text{°C}}$	不使用
TKSSFW (j)	j 番目ボリューム要素 飽和蒸気熱伝導率		$\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{sec} \cdot \text{°C}}$	不使用
	j = KOFW			

## 変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	FWM4			(1/1)
関連サブルーチン				
モジュールFW モジュールサブルーチン				
変数名	意	味	単 位	備 考
ACOE (j, i, k)	モジュールFW (k)	流路とボリュームの 接続を示すマトリクス	—	
BCOE (j', i, k)	モジュールFW (k)	流路とボリュームの 接続を示すマトリクス	—	
PRL (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 水・蒸気プラントル数	—	
PRW (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 水・蒸気壁面プラントル数	—	
VKL (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 水・蒸気動粘性係数	$\frac{m^2}{s}$	
TKL (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 水・蒸気熱伝導率	$\frac{kcal}{m \cdot sec \cdot ^\circ C}$	
REL (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 水・蒸気レイノルズ数	—	
ANU (j, k)	モジュールFW (k)	ボリューム要素 j 水・蒸気ヌッセルト数	—	
	K=KFW, j=KOFW, i=KFFW, j'=KOFW+KBFW			

変数名リスト

FW-1		入力サブルーチン	FWREAD	
関連モジュール	モジュールFW	変数名	—	
意味	フローネットワークの構成	単位	—	

水・蒸気系システム構成に対応させ、下記の要素により解析対象の流路網を構成する。

(1) 流路

配管、熱交換器、循環ポンプ、弁等の水・蒸気のフローパスを表わす。流路上には、水・蒸気の圧力と流入流量と流入エンタルピを入力し、流出流量と流出エンタルピを求める計算モジュール（モジュールSG, LS）を直列に配置することができる。また、任意個数の循環ポンプ・弁を配置できる。

(2) ボリューム

ボリュームは、水・蒸気の流入流量と流入エンタルピを入力し、圧力とエンタルピを計算する計算要素である。

流路とボリュームの接続例、及びプロセス量のやりとりを以下に示す。

FP : 流路  
VOL : ボリューム  
○ : 圧力ノード

流路とボリュームの  
接続例

$G_1$  : 流路への流入流量  
 $G_0$  : 流路からの流出流量  
 $H_1$  : 流路への流入エンタルピ  
 $H_0$  : 流路からの流出エンタルピ  
 $P$  : ボリュームの圧力

プロセス量の  
やりとり

入力データ説明書

FW-2		入力サブルーチン	FWREAD
関連モジュール	モジュールFW	変数名	JPT1, TPT2, JPTP, JPTX JBFW, JBNET, JBNOD, IBFW, PBO, PRO
意味	定常圧力計算用入力データ		単位 —

水・蒸気流動計算の初期値計算は、流路網の各流路の流量を既知として、各圧力ノードの圧力が、既知（境界条件）である流量と圧損特性等とバランスするよう行う。

ここで流量を既知（境界条件）としているのは、冷却系システムのヒートバランス条件等で初期流量が固定条件となるためである。

定常圧力分布計算用入力データ

(a) 定常圧力分布は、ある圧力バウンダリーを起点として、隣接する圧力ノードの圧力を流路の流量、圧損特性、水頭圧等によって求め、逐次、すべての圧力ノードの圧力の初期値を計算する。

(b) 入力データは、圧力分布を計算する圧力ノードの順序と、対応する流路番号及び流れの向きを入力すれば良い。

(例) 右下図において

順序	1st	2nd	3rd
JPT1	4	3	2 (上流側圧力ノード番号)
JPT2	3	2	1 (下流側圧力ノード番号)
JPTF	4	2	3 (流路番号)
JPTX	-1	-1	+1 (流れの向き)

(c) 定常圧力分布を計算する起点の圧力ノードは圧力バウンダリーが一般的である。

JBFW (L, N) : 圧力バウンダリーの圧力ノード番号

PBO (J, N) : 圧力ノードJの圧力初期値

(d) 但し、任意の圧力ノードを起点とすることもできる。

PP0 (i, N) で任意の圧力点に圧力初期値を入力する。

入力データ説明書

FW-3		入力サブルーチン	FWREAD
関連モジュール	モジュールFW	変数名	PHRATE, VINT
意味	定常圧力分布計算時のポンプの取扱い		単位
<p>定常（初期）圧力分布計算におけるポンプヘッドの取扱い</p> <p>(a) 初期圧力分布計算において、ポンプヘッドは既知条件ではなく、逆に圧力バランス計算結果から計算して求めるものとしている。また、ここで求めたポンプヘッドに基づき、モジュールPPにおいてポンプ初期回転数を計算して設定するスキームとしている。</p> <p>(b) 1つの流路にポンプが複数ある場合には、各のポンプヘッド比を入力する。圧力バランス計算上から求まる全ポンプのポンプヘッドを、入力したポンプヘッド比により個々のポンプヘッド初期値を計算する。</p> $PUMP(L,I,N)=PHRATE(L,I,N)*PWK$ <p>PUMP(L,I,N) : 流路網N, 流路I, L番目ポンプのポンプヘッド (kg/m<sup>2</sup>)</p> <p>PHRATE(L,I,N) : 流路網N, 流路I, L番目ポンプのポンプヘッド比</p> <p>PWK : 流路網N, 流路Iのトータルポンプヘッド</p> <p>但し, <math>\sum_L PHRATE(L,I,N)=1.0</math></p> <p>定常圧力分布計算における弁抵抗の取扱い</p> <p>初期の弁圧損係数を既知として取扱い</p> <p>VINT(J,I,N)を入力する。</p> $\Delta P_o = VINT(J,I,N) \cdot W_N^2$			

入力データ説明書

FW-4		入力サブルーチン	FWREAD	
関連モジュール	モジュールFW	変数名	IFRIC, WFRIC, DPFRIC, FRIC, SFRIC	
意味	流路の圧損に関するデータ	単位	—	
<p>流路 I の圧損 (順流について)</p> $\Delta P_i = FCOE(I,II) * FLOW(I,II) * ABS(FLOW(I,II))$ $FCOE(I,II) = \sum_{L=1}^{NEFM(I,II)} FRIC(L,I,II) * \frac{DEL(L,I,II)}{ROW(L,I,II)} * ABS(FLOW(I,II))^S$ <p>ここで、FLOW(I,II) 流路網 II, 流路 I の流量</p> <p>FRIC(L,I,II) 流路網 II, 流路 I, 圧損素子 L の抵抗係数</p> <p>DEL(L,I,II) 流路網 II, 流路 I, 圧損素子 L の長さ</p> <p>ROW(L,I,II) 流路網 II, 流路 I, 圧損素子 L の密度</p> <p>SFRIC(I,II) 流路網 II, 流路 I の圧損指数</p> <p>FRIC(L,I,II)については、次の2通りの計算ができる。</p> <p>1) <u>IFRIC(II)=1 のとき</u></p> $FRIC(L,I,II) = \frac{DPFRIC(L,I,II) * ROW(L,I,II)}{WFRIC(I,II) ** SFRIC(I,II) * DEL(L,I,II)}$ <p>ここで、DPFRIC (L,I,II) は、流路 I の流量が WFRIC (I,II) のときの、当該圧損素子の圧損値であり、上記の如く、コード中で FRIC(L,I,II)を自動設定する。</p> <p>2) <u>IFRIC(II)=2 のとき</u></p> <p>FRIC (L,I,II) の値を入力データとして、入力する。</p>				

入 力 デ ー タ 説 明 書



FW-5		入力サブルーチン	FWREAD	
関連モジュール	モジュールFW	変数名	JROW, IRINT, RINT JDEL, IDINT, DINT, IDEL, DELO	
意味	流路の圧損素子の密度, 長さ		単位	—
<p><b>圧損素子Lの密度</b></p> <p>流路網 II, 流路 I 上の圧損素子 L に対応する水・蒸気の密度 ROW (L,I,II) は, 通常, 流路 I 上に配置されている熱計算モジュールで計算される密度の値を, プール変数 TEMP (JROW (L,I,II)) を介して入力する。但し, ROW (L,I,II) として「一定の値」(注) を入力することも可能で, その場合は, IRINT (II) =1 とし, RINT (L,I,II) に, 密度を入力する。</p> <p><b>圧損素子Lの長さ</b></p> <p>流路網 II, 流路 I 上の圧損素子 L に対応する水・蒸気の長さ DEL (L, I, II) は, 通常, 流路 I 上に配置されている熱計算モジュールで計算される領域長さの値を, プール変数 TEMP (JDEL (L, I, II)) を介して入力する。但し, DEL (L, I, II) として「一定の値」(注) を入力することも可能で, その場合は, IDINT (II) =1 とし, DINT (L, I, II) に長さを入力する。</p> <p>入力データ JDEL (L, I, II) は, 圧損素子に対応するものが, SG における液相, 二相, 気相の様な, 過渡的にその領域長さが変化するものである場合, 指定しておく必要がある。しかし, 圧損素子に対応するものが, 例えば蒸気系の配管全体であるような場合, 終始その長さは一定であるため, JDEL (L, I, II) を指定する必要はなく, その場合は, IDEL (L, I, II) =0 とし, 長さデータ DELO (L, I, II) を入力する。</p> <p>(注) これは, 主として, モジュールFWを単独で動かす場合使用する機能である</p>				

FW-6		入力サブルーチン	FWREAD	
関連モジュール	モジュールFW	変数名	ALCF(i, k)	
意味	流体慣性	単位	1/m	
<p>ある流路は、流路断面積A、長さLの異なるいくつかの流路が接続したものである事が多く、その場合は、次の要領で流体慣性を計算する。</p> $\sum_j \left[ \frac{L_j}{A_j} \right] = \frac{L}{A} \dots\dots\dots (1)$ $\sum_j (A_j L_j) = AL \dots\dots\dots (2)$ <p>(1), (2)より、以下のように求められる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">A = \sum_j (A_j L_j) / L</math> <math display="block">L = \sqrt{\sum_j (A_j L_j) \cdot \sum_j \left[ \frac{L_j}{A_j} \right]}</math> </div>				

FW-7		入力サブルーチン	FWREAD	
関連モジュール	モジュールFW	変数名	COFFM	
意味	計算安定化用データ		単位	—
<p>本データは、計算上の不安定を回避するために、設けられたものであり、その値は、半ば経験的に決まるものであり、特に決まった設定法はない。</p> <p>概略の目安として</p> <p style="padding-left: 40px;">COFFW(1,1)=0.0</p> <p style="padding-left: 40px;">COFFW(2,1)=0.0</p> <p>程度の数値が経験的には妥当である。</p> <p>尚、計算上不安定が生じた場合、上記数値を大としてみるが、応答に対して影響ないような十分小さな値とする必要がある。</p>				

入 力 デ ー タ 説 明 書

### 3.8 モジュールHX (中間熱交換器熱計算)

モジュールHX

## 1 機能

中間熱交換器（IHX）熱計算。対象とするIHXは、管内、管外流体が液体（ナトリウム、水、鉛、鉛ビスマス等）の向流型熱交換器。

## 2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
管外流体入口温度	TEMP	管外流体出口温度	TEMP
管内流体入口温度	TEMP	管内流体出口温度	TEMP
管外流体流量	FLWN	管外流体自然循環力	TEMP
管内流体流量	FLWN	管内流体自然循環力	TEMP
シェルに接する 外部流体温度	TEMP	シェル温度平均値	TEMP
		管外流体温度平均値	TEMP
		管内流体温度平均値	TEMP
		交換熱量	TEMP

### 3 モデルの概要

- (1) 独立な I H X は、最大 K N H X (注) 基。
- (2) 径方向には、シェル、管外流体、伝熱管、管内流体より成る単チャンネルモデルとし、軸方向に多分割 (最大 K M H X (注) 分割) した各温度点について、エネルギー保存則を連立させて解く。
- (3) シェルから、空気雰囲気への熱放散をモデル化。
- (4) シェルを介して、他の外部流体との熱交換をモデル化。
- (5) 流体、伝熱管、シェルの物性値は、温度の関数。但し、温度に依らず、一定とすることも可。
- (6) 管外、管内流体の逆流を考慮できる。

(注) K N H X、K M H X はコンパイル時、パラメータ文にて指定。

## 4 基礎式

## (1) エネルギー保存則

管外流体

$$\begin{aligned}
 C_p M_p \frac{\partial}{\partial t} T_p(Z, t) &= -C_p G_p(t) \frac{\partial}{\partial Z} T_p(Z, t) \\
 &\quad - U1A1(T_p(Z, t) - T_t(Z, t)) \\
 &\quad - U3A3(T_p(Z, t) - T_v(Z, t))
 \end{aligned} \quad (1)$$

伝熱管

$$\begin{aligned}
 C_t M_t \frac{\partial}{\partial t} T_t(Z, t) &= U1A1(T_p(Z, t) - T_t(Z, t)) \\
 &\quad - U2A2(T_t(Z, t) - T_s(Z, t))
 \end{aligned} \quad (2)$$

管内流体

$$\begin{aligned}
 C_s M_s \frac{\partial}{\partial t} T_s(Z, t) &= C_s G_s(t) \frac{\partial}{\partial Z} T_s(Z, t) \\
 &\quad + U2A2(T_t(Z, t) - T_s(Z, t))
 \end{aligned} \quad (3)$$

シエル

$$\begin{aligned}
 C_v M_v \frac{\partial}{\partial t} T_v(Z, t) &= U3A3(T_p(Z, t) - T_v(Z, t)) \\
 &\quad - U4A4(T_v(Z, t) - T_{air}) \\
 &\quad - U5A5(T_v(Z, t) - T_{ex})
 \end{aligned} \quad (4)$$

## (2) 熱伝達率、及び伝熱式

熱伝達式

&lt;管外流体—伝熱管&gt;

$$U1 = \frac{1}{\frac{d1+d2}{2d2} \frac{1}{\alpha} + R1 + \frac{d1+d2}{4k_T} \ln \frac{2d2}{d1+d2}} \quad (5)$$

<管内流体—伝熱管>

$$U2 = \frac{1}{\frac{d1+d2}{2d1} \frac{1}{\alpha 2} + R2 + \frac{d1+d2}{4k_T} \ln \frac{d1+d2}{2d1}} \quad (6)$$

<シェルと管外流体>

$$U3 = \frac{1}{\frac{D1+D2}{2D1} \frac{1}{\alpha 3} + \frac{D1+D2}{4k_V} \ln \frac{D1+D2}{2D1}} \quad (7)$$

U4、U5 は入力データ

伝熱式

$$\alpha 1 = \frac{k_P}{d2} (0.625 Pe_1^{0.4}) \quad (8)$$

(Lubarsky-Kaufman の式)

$$\text{但し、 } Pe_1 = Pr_P \cdot \frac{|G_P(t)|}{\rho_P S_P} \frac{d2}{v_P}$$

$$\alpha 2 = \frac{k_S}{d1} (0.625 Pe_2^{0.4}) \quad (9)$$

(Lubarsky-Kaufman の式)

$$\text{但し、 } Pe_2 = Pr_S \cdot \frac{|G_S(t)|}{\rho_S S_S} \frac{d1}{v_S}$$

$$\alpha 3 = \frac{k_P}{D1} (0.625 Pe_3^{0.4}) \quad (10)$$

(Lubarsky-Kaufman の式)

$$\text{但し、 } Pe_3 = Pr_P \cdot \frac{|G_P(t)|}{\rho_P S_P} \frac{D}{v_P}$$

<自然対流を考慮する場合>

$$\alpha 1 = \frac{k_P}{d2} Nu_1$$

(11)式と(12)式の大きい値

$$Nu_1 = a + b Re_1^c Pr_P^d \quad (a, b, c, d ; \text{入力}) \quad (11)$$



$$\begin{cases} Nu_1 = 0.59 (Gr_1 Pr_p)^{1/4} & ; 10^4 \leq Gr_1 Pr_p \leq 10^9 \\ Nu_1 = 0.0251 Gr_1^{2/5} \frac{Pr_p^{7/15}}{(1 + 0.494 Pr_p^{2/3})^{2/5}} & ; Gr_1 Pr_p > 10^9 \end{cases} \quad (12)$$

但し

$$Gr_1 = \frac{g \cdot L^3 \cdot |\rho_w - \rho_p|}{\rho_p \cdot \nu_p^2} \quad w ; \text{壁面 (伝熱管外側)}$$

$$L ; \text{代表長さ (入力)} \quad (13)$$

$$T_w = 1 / (U_{11} + U_{12}) * (U_{11} T_p + U_{12} T_T)$$

$$U_{11} = 1 / \left( \frac{d1 + d2}{2d2} \frac{1}{\alpha 1} + R1 \right)$$

$$U_{12} = 1 / \left\{ \frac{d1 + d2}{4k_T} \ln \left( \frac{2d2}{d1 + d2} \right) \right\}$$

$$\alpha 2 = \frac{k_s}{d1} Nu_2$$

(14) 式と (15) 式の大きい値

$$Nu_2 = a + b Re_2^c Pr_s^d \quad (a, b, c, d ; \text{入力}) \quad (14)$$

$$\begin{cases} Nu_2 = 1.86 (Re_s \cdot Pr_s \cdot d1 / Z)^{1/3} (v_s / v_w)^{0.14} & (15) \\ & ; Re_2 \cdot Pr_s \cdot d1 / Z \geq 12 \\ Nu_2 = 0.023 Re_s^{0.8} Pr_s^{1/3} & (15) \end{cases}$$

$$; 10^4 \leq Re_s \leq 1.2 \times 10^5, \quad 0.7 \leq Pr_s \leq 12$$

但し、 $T_w = 1 / (U_{21} + U_{22}) \cdot (U_{21} T_s + U_{22} T_T)$

w ; 壁面 (伝熱管内側)

z ; 代表長さ (出口からの長さ)

$$U_{21} = 1 / \left( \frac{d1 + d2}{2d2} \frac{1}{\alpha 2} + R2 \right)$$

$$U_{22} = 1 / \left\{ \frac{d1 + d2}{4k_T} \ln \left( \frac{d1 + d2}{2d1} \right) \right\}$$

$$\alpha 3 = \frac{k_p}{D1} Nu_3$$

(16)式と(17)式の大きい値

$$Nu_3 = a + b Re_p^c Pr_p^d \quad (a, b, c, d ; \text{入力}) \quad \text{--- (16)}$$

$$\begin{cases} Nu_1 = 0.59 (Gr_3 Pr_p)^{1/4} & ; 10^4 < Gr_3 Pr_p \leq 10^9 \\ Nu_1 = 0.0251 Gr_3^{2/5} \frac{Pr_p^{7/15}}{(1 + 0.494 Pr_p^{2/3})^{2/5}} & ; Gr_3 Pr_p > 10^9 \end{cases} \quad \text{--- (17)}$$

但し

$$Gr_3 = \frac{g \cdot L^3 \cdot |\rho_w - \rho_p|}{\rho_p \cdot \nu_p^2} \quad \begin{matrix} w ; \text{壁面 (シエル内壁)} \\ L ; \text{代表長さ (入力)} \end{matrix} \quad \text{--- (18)}$$

$$T_w = \frac{1}{U_{31} + U_{32}} (U_{31} T_p + U_{32} T_p)$$

$$U_{31} = 1 / \left( \frac{D1 + D2}{2D1} \frac{1}{\alpha 3} + R2 \right)$$

$$U_{32} = 1 / \left\{ \frac{D1 + D2}{4k_v} \ln \left( \frac{D1 + D2}{2D1} \right) \right\}$$

$$\alpha 4 = \frac{k_{ex}}{D_{ex}} Nu_{ex}$$

$$Nu_{ex} = a + b Re_{ex}^c Pr_{ex}^d \quad \text{--- (19)}$$

a, b, c, d ; 入力

$$Nu_{ex} = 0.0302 Gr_{ex}^{2/5} \cdot \frac{Pr_{ex}^{7/15}}{(1 + 0.494 Pr_{ex}^{2/3})^{2/5}} \quad \text{--- (20)}$$

[他のモジュール(LN)にて計算]

(3) 自然循環力

$$\Delta H_p(t) = \int_Z \rho_p(Z, t) dZ \quad \text{--- (21)}$$

$$\Delta H_s(t) = - \int_Z \rho_s(Z, t) dZ \quad \text{--- (22)}$$

## 5 解 法

## (1) 過渡計算

エネルギー保存則について、下記階差式を解く。

管外流体

$$\begin{aligned}
 & \frac{M_p}{2\Delta t} [(1 + \beta_1)C_p(k+1)(T_p(k+1, j+1) - T_p(k+1, j)) \\
 & \quad + (1 - \beta_1)C_p(k)(T_p(k, j+1) - T_p(k, j))] \\
 & = -\frac{G_p(j+1)}{\Delta Z} (C_p(k+1)T_p(k+1, j+1) - C_p(k)T_p(k, j+1)) \\
 & \quad - 0.5((1 + \alpha_1)U_1(k+1, j+1) + (1 - \alpha_1)U_1(k, j+1))A_1 \\
 & \quad * [0.5((1 + \alpha_1)T_p(k+1, j+1) + (1 - \alpha_1)T_p(k, j+1)) - T_t(k, j)] \\
 & \quad - 0.5((1 + \alpha_1)U_3(k+1, j+1) + (1 - \alpha_1)U_3(k, j+1))A_3 \\
 & \quad * [0.5((1 + \alpha_1)T_p(k+1, j+1) + (1 - \alpha_1)T_p(k, j+1)) - T_v(k, j)]
 \end{aligned} \tag{23}$$

伝熱管

$$\begin{aligned}
 & C_t(k)M_t \frac{T_t(k, j+1) - T_t(k, j)}{\Delta t} \\
 & = 0.5((1 + \alpha_1)U_1(k+1, j+1) + (1 - \alpha_1)U_1(k, j+1))A_1 \\
 & \quad * [0.5((1 + \alpha_1)T_p(k+1, j+1) + (1 - \alpha_1)T_p(k, j+1)) - T_t(k, j+1)] \\
 & \quad - 0.5((1 - \alpha_2)U_2(k+1, j+1) + (1 + \alpha_2)U_2(k, j+1))A_2 \\
 & \quad * [T_t(k, j+1) - 0.5((1 - \alpha_2)T_s(k+1, j+1) + (1 + \alpha_2)T_s(k, j+1))]
 \end{aligned} \tag{24}$$

管内流体

$$\begin{aligned}
 & \frac{M_s}{2\Delta t} [(1 - \beta_2)C_s(k+1)(T_s(k+1, j+1) - T_s(k+1, j)) \\
 & \quad + (1 + \beta_2)C_s(k)(T_s(k, j+1) - T_s(k, j))] \\
 & = -\frac{G_s(j+1)}{\Delta Z} C_s(k)T_s(k, j+1) - C_s(k+1)(T_s(k+1, j+1))
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+0.5((1+\alpha_2)U_2(k+1,j+1)+(1-\alpha_2)U_2(k,j+1))A_2 \\
 &*[T_i(k,j)-0.5((1+\alpha_2)T_s(k+1,j+1)+(1-\alpha_2)T_s(k,j+1))]
 \end{aligned} \tag{25}$$

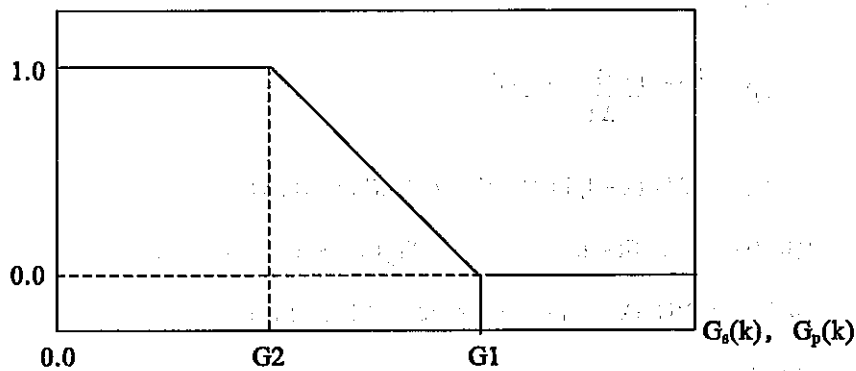
シエル

$$\begin{aligned}
 &C_v(k)M_v \frac{T_v(k,j+1)-T_v(k,j)}{\Delta t} \\
 &=0.5((1+\alpha_1)U_3(k+1,j+1)+(1-\alpha_1)U_3(k,j+1))A_3 \\
 &*[0.5((1+\alpha_1)T_p(k+1,j+1)+(1-\alpha_1)T_p(k,j+1))-T_v(k,j+1)] \\
 &-U_4(k,j+1)A_4(T_v(k,j+1)-T_{air})-U_5(k,j+1)A_5(T_v(k,j+1)-T_{ex})
 \end{aligned} \tag{26}$$

但し、 $j$  ; 時刻,  $k$  ; 空間ステップ

$\alpha_1 = \text{sign}(G_p(i))$      $\alpha_1 = 1$   
 $\alpha_2 = \text{sign}(G_s(i))$      $\alpha_2 = 2$   
 $\beta_1 = \text{sign}(G_p(i))$      $\beta_1 = 1$   
 $\beta_2 = \text{sign}(G_s(i))$      $\beta_2 = 2$   
 $\alpha_1 = 1$ 、 $\alpha_2 = 2$ 、 $\beta_1 = 1$ 、 $\beta_2 = 2$  は下記のように定義される。

$\alpha_1 = 1$ 、 $\alpha_2 = 2$ 、 $\beta_1 = 1$ 、 $\beta_2 = 2$



$G_1$ 、 $G_2$  は入力データ

$G_p(k)$ 、 $G_s(k) \geq G_1$  (高流量) ; 中心代表差分

$G_p(k)$ 、 $G_s(k) \leq G_2$  (低流量) ; 出口代表差分

## (2) 初期設定計算

(1)～(4)式の、定常状態における差分展開式は、

管外流体

$$\begin{aligned}
 & -\frac{G_p}{\Delta Z}(C_p(k+1)T_p(k+1) - C_p(k)T_p(k)) \\
 & -0.5[(1+\alpha_1)U1(k+1) + (1-\alpha_1)U1(k)]A1 \\
 & \quad * [0.5(1+\alpha_1)T_p(k+1) + (1-\alpha_1)T_p(k) - T_t(k)] \\
 & -0.5[(1+\alpha_1)U3(k+1) + (1-\alpha_1)U3(k)]A3 \\
 & \quad * [0.5(1+\alpha_1)T_p(k+1) + (1-\alpha_1)T_p(k) - T_v(k)] = 0 \quad \text{--- (27)}
 \end{aligned}$$

伝熱管

$$\begin{aligned}
 & 0.5[(1+\alpha_1)U1(k+1) + (1-\alpha_1)U1(k)]A1 \\
 & \quad * [0.5(1+\alpha_1)T_p(k+1) + (1-\alpha_1)T_p(k) - T_t(k)] \\
 & -0.5[(1-\alpha_2)U2(k+1) + (1+\alpha_2)U2(k)]A2 \\
 & \quad * [T_t(k) - 0.5(1-\alpha_2)T_s(k+1) + (1+\alpha_2)T_s(k)] = 0 \quad \text{--- (28)}
 \end{aligned}$$

管内流体

$$\begin{aligned}
 & \frac{G_s}{\Delta Z}(C_s(k+1)T_s(k+1) - C_s(k)T_s(k)) + 0.5[(1-\alpha_2)U2(k+1) + (1+\alpha_2)U2(k)]A2 \\
 & \quad * [T_t(k) - 0.5(1-\alpha_2)T_s(k+1) + (1+\alpha_2)T_s(k)] = 0 \quad \text{--- (29)}
 \end{aligned}$$

シェル

$$\begin{aligned}
 & 0.5[(1+\alpha_1)U3(k+1) + (1-\alpha_1)U3(k)]A3 \\
 & \quad * [0.5(1+\alpha_1)T_p(k+1) + (1-\alpha_1)T_p(k) - T_v(k)] \\
 & -U4(k)A4[T_v(k) - T_{air}] - U5(k)A5[T_v(k) - T_{ex}] \quad \text{--- (30)}
 \end{aligned}$$

(17)～(20)式を用いて、 $T_t(k)$ 、 $T_v(k)$ が収束するまで計算を続行する。

— 記号説明 —

[ 記号 ]

- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| T ; 温度 (°C)                          | Re ; レイノルズ数 (—)                      |
| G ; 流量 (kg/s)                        | Pe ; ペクレ数 (—)                        |
| C ; 比熱 (kcal/kg°C)                   | Pr ; プラントル数 (—)                      |
| M ; 重量 (kg/m)                        | Gr ; グラフホフ数 (—)                      |
| U ; 熱貫流率 (kcal/m <sup>2</sup> ·s·°C) | Nu ; ヌセルト数 (—)                       |
| A ; 伝熱面積 (m <sup>2</sup> /m)         | k ; 熱伝導度 (kcal/m·s·°C)               |
| d1 ; 伝熱管内径 (m)                       | ρ ; 密度 (kg/m <sup>3</sup> )          |
| d2 ; 伝熱管外径 (m)                       | ν ; 動粘性係数 (m <sup>2</sup> /s)        |
| D1 ; シェル内径 (m)                       | α ; 熱伝達率 (kcal/m <sup>2</sup> ·s·°C) |
| D2 ; シェル外径 (m)                       |                                      |
| D ; 代表長さ (m)                         |                                      |
- (4 × 流路断面積 / ぬれぶち長さ)

[ 添字 ]

- P ; 管外流体
- T ; 伝熱管
- S ; 管内流体
- V ; シェル
- Air ; 空気雰囲気
- Ex ; 他の外部流体
- 
- 1 ; P ↔ t
- 2 ; t ↔ S
- 3 ; P ↔ V
- 4 ; V ↔ air
- 5 ; V ↔ ex

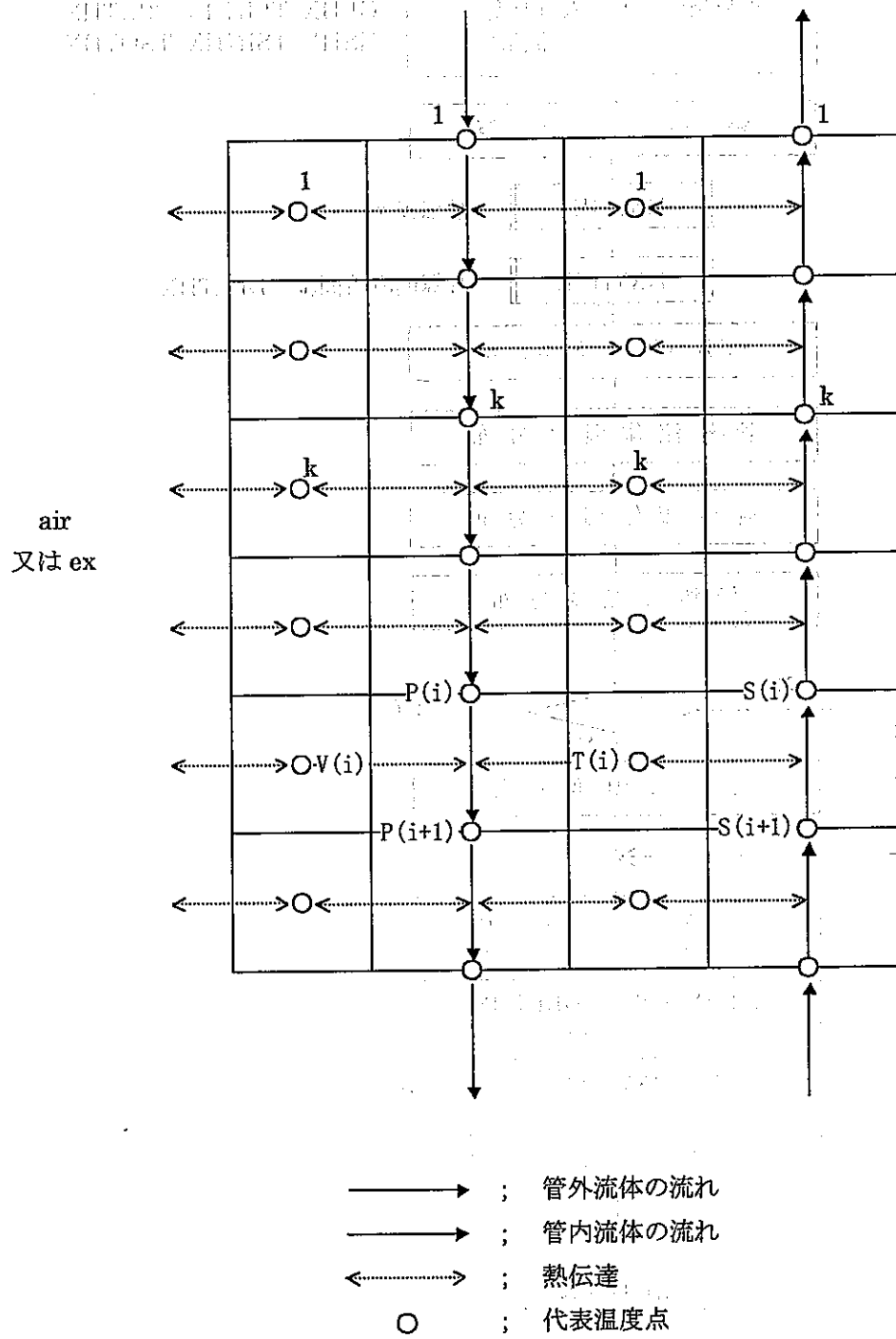
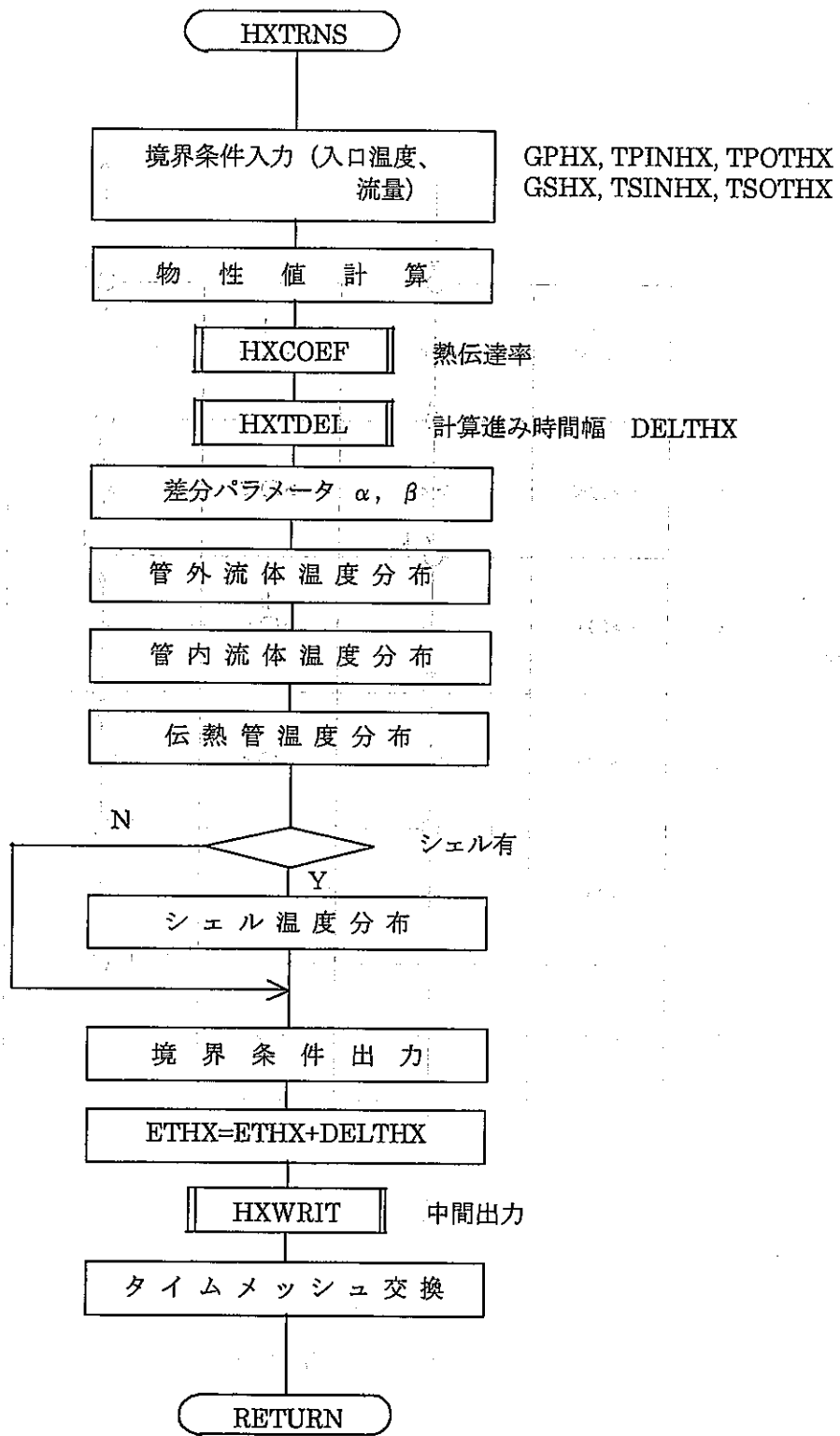
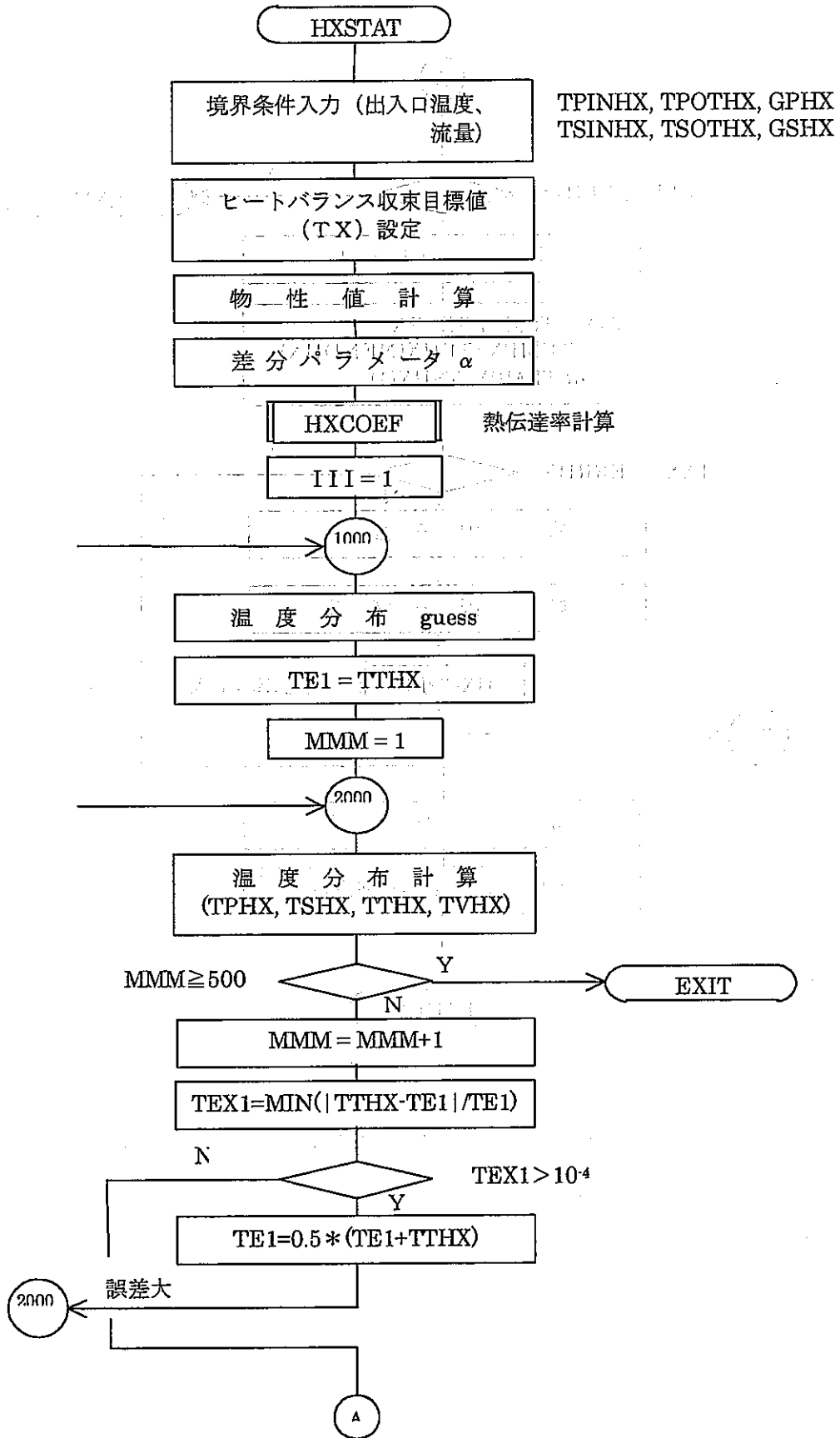


図 HX-1 中間熱交換器熱計算モデル

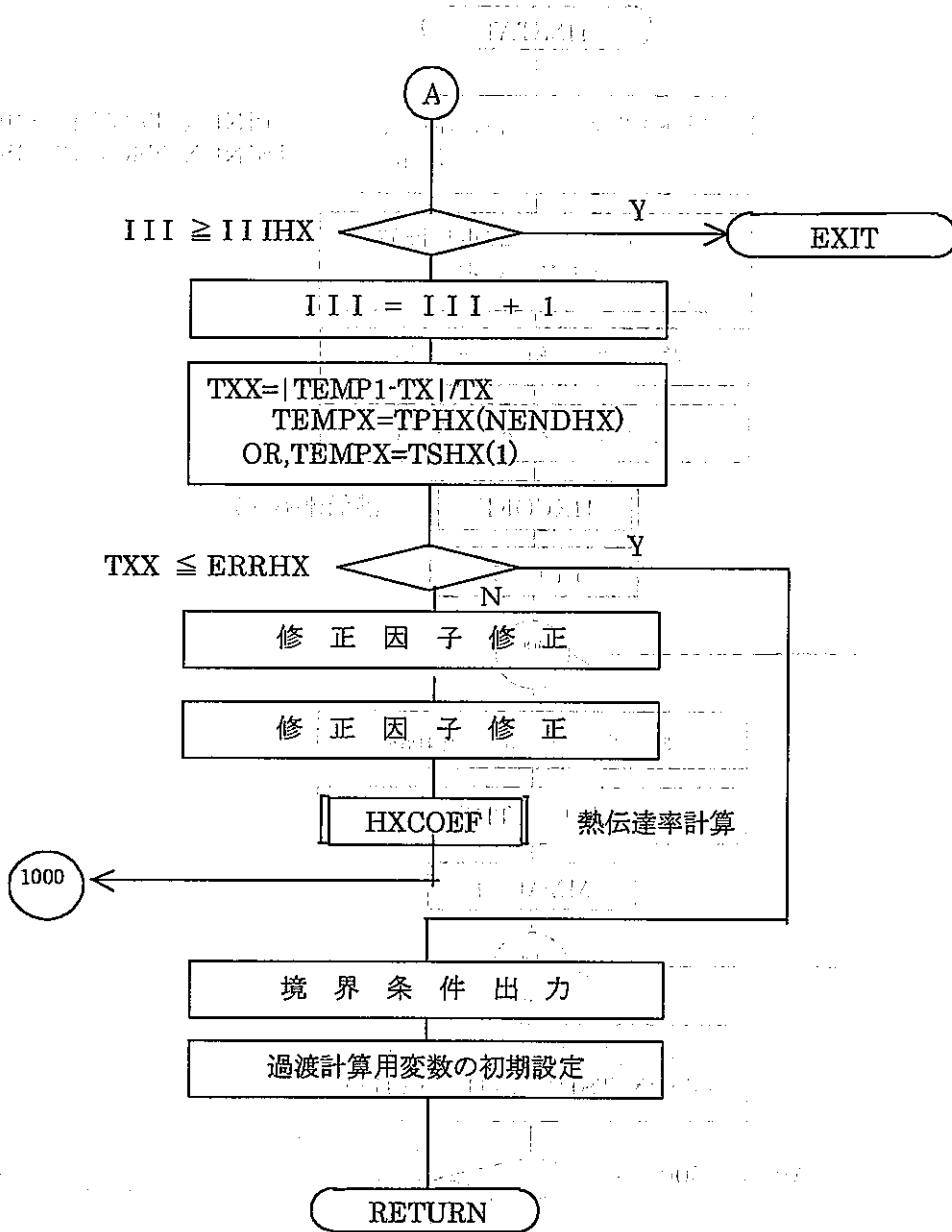


図HX-2 sub.HXTRNSフローチャート





図HX-3 sub.HXSTATフローチャート (1/2)



図HX-3 sub.HXSTATフローチャート (2/2)

表HX-1 モジュールHXサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
HXCONT	モジュールHX計算コントロール	MODULE SUB.
HXRAED	モジュールHX関連入力データの読込み	MODULE SUB.
HXBLOK	モジュールHX関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
HXRSTA	モジュールHX リスタート・ファイル の書出し、読込み	MODULE SUB.
HXSTAT	モジュールHX初期設定計算	MODULE SUB.
HXTRNS	モジュールHX過渡計算	MODULE SUB.
HXCOEF	モジュールHX熱伝達率計算	MODULE SUB.
HXTDEL	モジュールHX計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
HXWRIT	モジュールHX初期状態の出力、及び中間出力	MODULE SUB.
ZMETL1	構造材の物性値計算	MODULE SUB.
ZFLUID	流体の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZWATR2	水の物性値計算	ELEMENT SUB.



コモンブロック名	HXMI 1 (1/8)		
関連サブルーチン			
	モジュールHX	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	HXREAD
		ネームリスト名	NAMHX1
変数名	意 味	単 位	備 考
NNHX	モジュールHX IHXの基数 (max. KNHX)	—	
IMDLHX (i)	モジュールHX (i) 計算実行の可否 =1: 実行する ≠1: 実行しない	—	
IOP1HX (i)	モジュールHX (i) =1: シェル 有り ≠1: シェル 無し	—	
IOP2HX (i)	モジュールHX (i) ≠0: シェルから空気雰囲気への 放熱有り =0: シェルから空気雰囲気への 放熱なし	—	IOP1HX=1 の時入力
IOP3HX (i)	モジュールHX (i) ≠0: シェルと他の外部流体との 熱交換有り =0: シェルと他の外部流体との 熱交換なし	—	IOP1HX=1 の時入力
IOP4HX (i)	モジュールHX (i) ≠1: 伝熱式 Lubarsky-Kaufman の式 =1: 伝熱式係数データ入力	—	
IOPRHX (i)	モジュールHX (i) =0: リスタート時初期設定無し ≠0: リスタート時初期設定有り	—	
	i = KNHX		

変数名リスト

コモンブロック名	HXMI1		(2/8)
関連サブルーチン			
	モジュールHX	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン HXREAD
			ネームリスト名 NAMHX1
変数名	意味	単位	備考
NTPHX (i)	モジュールHX(i) 管外流体入口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTPOHX (i)	モジュールHX(i) 管外流体出口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTSIHX (i)	モジュールHX(i) 管内流体入口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTSOHX (i)	モジュールHX(i) 管内流体出口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTSLHX (i)	モジュールHX(i) シェル平均温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTARHX (i)	モジュールHX(i) シェルに接する空気温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTEXHX (i)	モジュールHX(i) シェルに接する他の外部流体温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NHPHX (i)	モジュールHX(i) 管外流体自然循環力 プール変数番号	—	TEMP に対応
NHSHX (i)	モジュールHX(i) 管内流体自然循環力 プール変数番号	—	TEMP に対応
NWPHX (i)	モジュールHX(i) 管外流体の属する 流路網番号	—	FLWN に対応
NWSHX (i)	モジュールHX(i) 管内流体の属する 流路網番号	—	FLWN に対応
NFPHX (i)	モジュールHX(i) 管外流体の属する 流路番号	—	FLWN に対応
NFSHX (i)	モジュールHX(i) 管内流体の属する 流路番号	—	FLWN に対応
	i = KNHX		

## 変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	HXMI 1			(3/8)
関連サブルーチン				
	モジュールHX	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	HXREAD
			ネームリスト名	NAMHX1
変数名	意味	単位	備考	
NAVPHX (i)	モジュールHX (i) 管外流体平均温度 プール変数番号	—	TEMP に対応	
NAVSHX (i)	モジュールHX (i) 管内流体平均温度 プール変数番号	—	TEMP に対応	
IQSHX (i)	モジュールHX (i) 1次側流体と多次元モジュールMD 接続オプション =0:接続しない =1:接続する	—		
NCHHX (i)	モジュールHX (i) 多次元モジュールMDでのHX モジュールに相当するチャンネル数	—		
NQSHX (k, 30, i)	モジュールHX (i) 各チャンネル、各メッシュの交換熱量 プール変数番号	—	TEMP に対応	
NTQSHX (i)	モジュールHX (i) 総交換熱量 プール変数番号	—	TEMP に対応	
GQSHX (30, i)	モジュールHX (i) 交換熱量の各チャンネルへの配分率	—		
	i =KNHX			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	HXMI 1 (4/8)		
関連サブルーチン	モジュールHX モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	HXREAD	
	ネームリスト名	NAMHX1	
変数名	意味	単位	備考
NINTHX (i)	モジュールHX (i) 初期設定計算を行う順序	—	
KHSHX (i)	モジュールHX (i) ヒートバランス収束判定因子 = 0 : 管外流体出口温度 = 1 : 管内流体出口温度	—	
KHEHX (i)	モジュールHX (i) ヒートバランス修正因子 = 0 : 熱抵抗 = 1 : 伝面 = 2 : 管内流体流量 = 3 : 管外流体流量 = 4 : 管内流体入口温度 = 5 : 管外流体入口温度	—	
KHBHX (i)	モジュールHX (i) ヒートバランス境界条件入力 = 0 : 入力データ = 1 : プール変数	—	
	i = KNHX		

変数名リスト



コモンブロック名	HXMI 1		(5/8)
関連サブルーチン			
	モジュールHX	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	HXREAD
		ネームリスト名	NAMHX1
変数名	意 味	単 位	備 考
ITIMHX (i)	モジュールHX (i) 計算進み =0、入力 =1、コード中で計算	—	
DTIMHX (j, i)	モジュールHX (i) 計算進み入力 DTIMHX(J,N) ≤ 時間の時 計算時間進み巾 = DDELHX(J,N)	sec	ITIMHX=0 の時入力
DDELHX (j, i)		sec	ITIMHX=0 の時入力
DCOTHX (i)	モジュールHX (i) 計算時間進み巾、計算値の係数	—	ITIMHX=1 の時入力
DMAXHX (i)	モジュールHX (i) 計算時間進み巾 最大値	sec	ITIMHX=1 の時入力
DMINHX (i)	モジュールHX (i) 計算時間進み巾 最小値	sec	ITIMHX=1 の時入力
TMAXHX (i)	モジュールHX (i) 計算時間終了時間	sec	
ISTAHX (i)	モジュールHX (i) =1:初期設定計算の出力を行う =2:初期設定計算の出力の詳細出力 =0:初期設定計算の出力をしない	—	
ITRNHX (i)	モジュールHX (i) =1:中間出力を行う =2:中間出力の詳細出力 =0:中間出力の出力をしない	—	
OUTHX (k, i)	モジュールHX (i) 中間出力時間	sec	
	i=KNHX, k=30, j=5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	HXMI 1		(6/8)
関連サブルーチン	モジュールHX モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	HXREAD	
	ネームリスト名	NAMHX1	
変数名	意味	単位	備考
TPIHX (i)	モジュールHX (i) 管外流体入口温度 初期値	℃	(注)
TSIHX (i)	モジュールHX (i) 管内流体入口温度 初期値	℃	(注)
TPOHX (i)	モジュールHX (i) 管外流体出口温度 初期値	℃	(注)
TSOHX (i)	モジュールHX (i) 管内流体出口温度 初期値	℃	(注)
WPHX (i)	モジュールHX (i) 管外流体流量 初期値	kg/sec	
WSHX (i)	モジュールHX (i) 管内流体流量 初期値	kg/sec	
IIHX (i)	モジュールHX (i) ヒートバランス収束計算最大数	—	
ERRHX (i)	モジュールHX (i) ヒートバランス収束許容誤差	—	
ARRHX (i)	モジュールHX (i) ヒートバランス収束因子修正係数	—	
	(注) KHBHX=1 の時は、プール変数の値が設定されていれば、その値に置き換わる。		
	i = KNHX		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	HXMI1 (7/8)		
関連サブルーチン			
	モジュールHX	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	HXREAD
		ネームリスト名	NAMHX1
変数名	意味	単位	備考
KPR1HX (i)	モジュールHX (i) 管外流体物性値 =0:一定、=1:温度依存	—	
KPR2HX (i)	モジュールHX (i) 管内流体物性値 =0:一定、=1:温度依存	—	
KPR3HX (i)	モジュールHX (i) 伝熱管物性値 =0:一定、=1:温度依存	—	
KPR4HX (i)	モジュールHX (i) シェル物性値 =0:一定、=1:温度依存	—	
KPRTHX (i)	モジュールHX (i) 伝熱管材質を示す INDEX	—	(注1)
KPRVHX (i)	モジュールHX (i) シェル材質を示す INDEX	—	(注1)
KPR5HX (i)	モジュールHX (i) 管外流体の種類を示す INDEX		(注2)
KPR6HX (i)	モジュールHX (i) 管内流体の種類を示す INDEX		(注2)
	注1) =1:SUS316      =2:SUS304 =3:2-1/4Cr-1Mo    =4:9Cr-1Mo =5:Cu                =6:BRASS =7:AKLYL		
	注2) =0:ナトリウム      =1:空気 =2:水                =3:鉛 =4:鉛ビスマス		
	i=KNHX		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	HXMI1		(8/8)
関連サブルーチン			
	モジュールHX	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	HXREAD
		ネームリスト名	NAMHX1
変数名	意 味	単 位	備 考
TPXXHX (i)	モジュールHX (i) 管外流体 基準温度	℃	(注)
TSXXHX (i)	モジュールHX (i) 管内流体 基準温度	℃	(注)
TTXXHX (i)	モジュールHX (i) 伝熱管 基準温度	℃	(注)
TVXXHX (i)	モジュールHX (i) シェル 基準温度	℃	(注)
	(注) 物性値を温度によらず一定とする 場合に、代表値 (平均値) を入力		
	i = KNHX		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	HXMI 2			(2/8)
関連サブルーチン				
	モジュールHX	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	HXREAD
			ネームリスト名	NAMHX2
変数名	意 味	単 位	備 考	
D1THX (i)	モジュールHX (i) 伝熱管内径	m		
D2THX (i)	モジュールHX (i) 伝熱管外径	m		
D1VHX (i)	モジュールHX (i) シェル内径	m		
D2VHX (i)	モジュールHX (i) シェル外径	m		
DTHX (i)	モジュールHX (i) 管外流体-伝熱管熱伝達率 計算用 代表長さ	m	4×流路断面積 ぬれぶち長さ	
DVHX (i)	モジュールHX (i) 管外流体-シェル 代表長さ	m	4×流路断面積 ぬれぶち長さ	
A1HX (i)	モジュールHX (i) 管外流体-伝熱管 伝面密度	m <sup>2</sup> /m	肉厚中心 基準	
A2HX (i)	モジュールHX (i) 管内流体-伝熱管 伝面密度	m <sup>2</sup> /m	肉厚中心 基準	
A3HX (i)	モジュールHX (i) 管外流体-シェル 伝面密度	m <sup>2</sup> /m	IOP1HX≠0 の時入力	
A4HX (i)	モジュールHX (i) シェル流体-空気雰囲気 伝面密度	m <sup>2</sup> /m	IOP2HX≠0 の時入力	
A5HX (i)	モジュールHX (i) シェル流体-他の外部流体 伝面密度	m <sup>2</sup> /m	IOP3HX≠0 の時入力	
AHPHX (i)	モジュールHX (i) 管外流体 重量密度	kg/m		
AHSHX (i)	モジュールHX (i) 管内流体 重量密度	kg/m		
AHTHX (i)	モジュールHX (i) 伝熱管 重量密度	kg/m		
	i = KNHX			

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	HXMI 2		(4/8)
関連サブルーチン			
	モジュールHX	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	HXREAD
		ネームリスト名	NAMHX2
変数名	意 味	単 位	備 考
RF1HX (i)	モジュールHX (i) 管外流体 汚れ係数	$m^2sec^{\circ}C / kcal$	
RF2HX (i)	モジュールHX (i) 管内流体 汚れ係数	$m^2sec^{\circ}C / kcal$	
U41HX (i)	モジュールHX (i) シェル—空気雰囲気 熱伝達率	$kcal / m^2sec^{\circ}C$	IOP2HX≠0 の時入力
U51HX (i)	モジュールHX (i) シェル—その他の外部流体 熱伝達率	$kcal / m^2sec^{\circ}C$	IOP3HX≠0 の時入力
AMX1HX (i)	モジュールHX (i) 管外流体—伝熱管ヌッセルト数 の最大値	—	
AMI1HX (i)	モジュールHX (i) 管外流体—伝熱管ヌッセルト数 の最小値	—	
AMX2HX (i)	モジュールHX (i) 管内流体—伝熱管ヌッセルト数 の最大値	—	
AMI2HX (i)	モジュールHX (i) 管内流体—伝熱管ヌッセルト数 の最小値	—	
AMX3HX (i)	モジュールHX (i) 管外流体—シェルヌッセルト数 の最大値	—	
AMI3HX (i)	モジュールHX (i) 管外流体—シェルヌッセルト数 の最小値	—	
	i = KNHX		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	HXMI 2		(5/8)
関連サブルーチン	モジュールHX モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	HXREAD	
	ネームリスト名	NAMHX2	
変数名	意 味	単 位	備 考
GA1 IHX (i)	モジュールHX (i) 差分パラメータ $\alpha 1$ を0とする 管外流体下限流量	kg/sec	
GA1 XHX (i)	モジュールHX (i) 差分パラメータ $\alpha 1$ を1とする 管外流体上限流量	kg/sec	
GB1 IHX (i)	モジュールHX (i) 差分パラメータ $\beta 1$ を0とする 管外流体下限流量	kg/sec	
GB1 XHX (i)	モジュールHX (i) 差分パラメータ $\beta 1$ を1とする 管外流体上限流量	kg/sec	
GA2 IHX (i)	モジュールHX (i) 差分パラメータ $\alpha 2$ を0とする 管内流体下限流量	kg/sec	
GA2 XHX (i)	モジュールHX (i) 差分パラメータ $\alpha 2$ を1とする 管内流体上限流量	kg/sec	
GB2 IHX (i)	モジュールHX (i) 差分パラメータ $\beta 2$ を0とする 管内流体下限流量	kg/sec	
GB2 XHX (i)	モジュールHX (i) 差分パラメータ $\beta 2$ を1とする 管内流体上限流量	kg/sec	
	$i = \text{KNHX}$		

変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	HXMI 2		(8/8)
関連サブルーチン			
	入力サブルーチン	HXREAD	
	ネームリスト名	NAMHX2	
変数名	意味	単位	備考
COF1HX (i, j)	モジュールHX (i) 管外流体—伝熱管伝熱式係数	—	IOP4HX=1 KCOWHX (i, 1) ≠ 1 の時入力(注)
COF2HX (i, j)	モジュールHX (i) 管内流体—伝熱管伝熱式係数	—	IOP4HX=1 KCOWHX (i, 2) ≠ 1 の時入力(注)
COF3HX (i, j)	モジュールHX (i) 管外流体—伝熱管伝熱式係数	—	IOP4HX=1 KCOWHX (i, 3) ≠ 1 の時入力(注)
KCOWHX (i, 1)	モジュールHX (i) 管外流体—伝熱管伝熱式 =0 自然対流を考えない =1 自然対流を考える	—	基礎式 参照
KCOWHX (i, 2)	モジュールHX (i) 伝熱管—管内流体伝熱式 =0 自然対流を考えない =1 自然対流を考える	—	基礎式 参照
KCOWHX (i, 3)	モジュールHX (i) 管外流体—シェル伝熱式 =0 自然対流を考えない =1 自然対流を考える	—	基礎式 参照
CA1WHX (i, j)	モジュールHX (i) 管外流体—伝熱管自然対流時 伝熱式係数	—	IOP4HX=1 KCOWHX (i, 1)=1 の時入力(注)
CA2WHX (i, j)	モジュールHX (i) 伝熱管—管内流体自然対流時 伝熱式係数	—	IOP4HX=1 KCOWHX (i, 2)=1 の時入力(注)
CA3WHX (i, j)	モジュールHX (i) 管外流体—シェル自然対流時 伝熱式係数	—	IOP4HX=1 KCOWHX (i, 3)=1 の時入力(注)
	(注)		
	$Nu = a + bRe^c Pr^d$		
	j = 1 a		
	j = 2 b		
	j = 3 c		
	j = 4 d		
	i = KNHX, j = 4		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	HXM1	(2/3)	
関連サブルーチン	モジュールHX モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
CPPHX (i, k)	モジュールHX (i) 管外流体 比熱	kcal/ kg°C	
ROPHX (i, k)	モジュールHX (i) 管外流体 密度	kg/m <sup>3</sup>	
PRPHX (i, k)	モジュールHX (i) 管外流体 プラントル数	—	
VKPHX (i, k)	モジュールHX (i) 管外流体 動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec	
TKPHX (i, k)	モジュールHX (i) 管外流体 熱伝導率	kcal/ msec°C	
CPSHX (i, k)	モジュールHX (i) 管内流体 比熱	kcal/ kg°C	
ROSHX (i, k)	モジュールHX (i) 管内流体 密度	kg/m <sup>3</sup>	
PRSHX (i, k)	モジュールHX (i) 管内流体 プラントル数	—	
VKSHX (i, k)	モジュールHX (i) 管内流体 動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec	
TKSHX (i, k)	モジュールHX (i) 管内流体 熱伝導率	kcal/ msec°C	
	i = KNHX, k = KMHX		

変数名リスト

コモンブロック名	HXM1	(3/3)	
関連サブルーチン	モジュールHX モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
CPTHX (i, k)	モジュールHX (i) 伝熱管 比 熱	kcal/ kg°C	
ROTHX (i, k)	モジュールHX (i) 伝熱管 密 度	kg/m <sup>3</sup>	
TKTHX (i, k)	モジュールHX (i) 伝熱管 熱伝導率 (メッシュ中点)	kcal/ msec°C	
CPVHX (i, k)	モジュールHX (i) シェル 比 熱	kcal/ kg°C	
ROVHX (i, k)	モジュールHX (i) シェル 密 度	m <sup>2</sup> /sec	
TKVHX (i, k)	モジュールHX (i) シェル 熱伝導率	kcal/ msec°C	
ATKTHX (i, k)	モジュールHX (i) 伝熱管熱伝導率 (メッシュ端点)	kcal/ msec°C	
ATKVHX (i, k)	モジュールHX (i) シェル熱伝導率 (メッシュ端点)	kcal/ msec°C	
RPTOHX (i, k)	モジュールHX (i) 伝熱管外壁流体 密 度 (メッシュ端点)	kg/m <sup>3</sup>	
RPVIHX (i, k)	モジュールHX (i) 伝熱管内壁流体 密 度 (メッシュ端点)	kg/m <sup>3</sup>	
VSTIHX (i, k)	モジュールHX (i) 伝熱管内壁流体 動粘性係数 (メッシュ端点)	m <sup>2</sup> /sec	
	i=KNHX, k=KMHX		

変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	HXM2	(2/7)	
関連サブルーチン	モジュールHX モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
TPINH <i>X</i> ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) 管外流体入口温度	°C	プール変数との接続
TPOTH <i>X</i> ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) 管外流体出口温度	°C	プール変数との接続
TSINH <i>X</i> ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) 管内流体入口温度	°C	プール変数との接続
TSOTH <i>X</i> ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) 管内流体出口温度	°C	プール変数との接続
TSLHX ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) シェル平均温度	°C	プール変数との接続
TARHX ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) シェルに接する空気温度	°C	プール変数との接続
TEXHX ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) シェルに接する他の外部流体温度	°C	プール変数との接続
HPHX ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) 管外流体自然循環力	kg/m <sup>3</sup>	プール変数との接続
HSHX ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) 管内流体自然循環力	kg/m <sup>3</sup>	プール変数との接続
GPHX ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) 管外流体流量	kg/sec	プール変数との接続
GSHX ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) 管内流体流量	kg/sec	プール変数との接続
AVTPHX ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) 管外流体平均温度	°C	プール変数との接続
AVTSHX ( <i>i</i> )	モジュールHX( <i>i</i> ) 管内流体平均温度	°C	プール変数との接続
	$j = \text{KNHX}, i = 2 * \text{KNHX}$		

## 変数名リスト



コモンブロック名	HXM2	(4/7)	
関連サブルーチン	モジュールHX モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
ALF1HX (i, k)	モジュールHX(i) 管外流体-伝熱管 熱伝達率	kcal/ m <sup>2</sup> sec°C	
ALF2HX (i, k)	モジュールHX(i) 伝熱管-管内流体 熱伝達率	kcal/ m <sup>2</sup> sec°C	
ALF3HX (i, k)	モジュールHX(i) 管外流体-シェル 熱伝達率	kcal/ m <sup>2</sup> sec°C	
APE1HX (i, k)	モジュールHX(i) 管外流体-伝熱管 ペクレ数	—	
APE2HX (i, k)	モジュールHX(i) 伝熱管-管内流体 ペクレ数	—	
APE3HX (i, k)	モジュールHX(i) 管外流体-シェル ペクレ数	—	
ANU1HX (i, k)	モジュールHX(i) 管外流体-伝熱管 ヌセルト数	—	
ANU2HX (i, k)	モジュールHX(i) 伝熱管-管内流体 ヌセルト数	—	
ANU3HX (i, k)	モジュールHX(i) 管外流体-シェル ヌセルト数	—	
RE1HX (i, k)	モジュールHX(i) 管外流体 レイノルズ数	—	
RE2HX (i, k)	モジュールHX(i) 管内流体 レイノルズ数	—	
RE3HX (i, k)	モジュールHX(i) 管外流体 レイノルズ数	—	
	i = KNHX, k = KMHX		

## 変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	HXM2	(6/7)	
関連サブルーチン	モジュールHX モジュールサブルーチン		
変数名	意	単位	備考
HET1HX (i, k)	モジュールHX(i) 熱計算用の途中変数	—	(注)
HET2HX (i, k)	モジュールHX(i) 熱計算用の途中変数	—	(注)
HET3HX (i, k)	モジュールHX(i) 熱計算用の途中変数	—	(注)
	i = KNHX, k = 5		
(注)			
k	HET1HX(i,k)	HET2HX(i,k)	HET3HX(i,k)
1	$\frac{d_1 + d_2}{2d_2}$	$\frac{d_1 + d_2}{2d_1}$	$\frac{D_1 + D_2}{2D_1}$
2	$\frac{d_1 + d_2}{4} \ln\left(\frac{2d_2}{d_1 + d_2}\right)$	$\frac{d_1 + d_2}{4} \ln\left(\frac{d_1 + d_2}{2d_1}\right)$	$\frac{D_1 + D_2}{4} \ln\left(\frac{D_1 + D_2}{2D_1}\right)$
3	不使用	不使用	不使用
4	不使用	不使用	不使用
5	不使用	不使用	不使用

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	HXM2	(7/7)
関連サブルーチン	モジュールHX モジュールサブルーチン	
変数名	意味	単位 備考
AL1HX (i)	モジュールHX(i) 差分パラメータ $\alpha_1$	— 解法参照
BL1HX (i)	モジュールHX(i) 差分パラメータ $\beta_1$	— 解法参照
AL2HX (i)	モジュールHX(i) 差分パラメータ $\alpha_2$	— 解法参照
BL2HX (i)	モジュールHX(i) 差分パラメータ $\beta_2$	— 解法参照
AL1HX0 (i)	モジュールHX(i) 差分パラメータ $\alpha_1$	— 解法参照
BL1HX0 (i)	モジュールHX(i) 差分パラメータ $\beta_1$	— 解法参照
AL2HX0 (i)	モジュールHX(i) 差分パラメータ $\alpha_2$	— 解法参照
BL2HX0 (i)	モジュールHX(i) 差分パラメータ $\beta_2$	— 解法参照
IDAHX (i)	モジュールHX(i) 断熱FLAG	—
	i=KNHX	

変 数 名 リ ス ト

HX-1 (1/2)		入力サブルーチン	HXREAD	
関連モジュール	モジュールHX	変数名	---	
意味	実機構造とモデルの対応	単位	---	

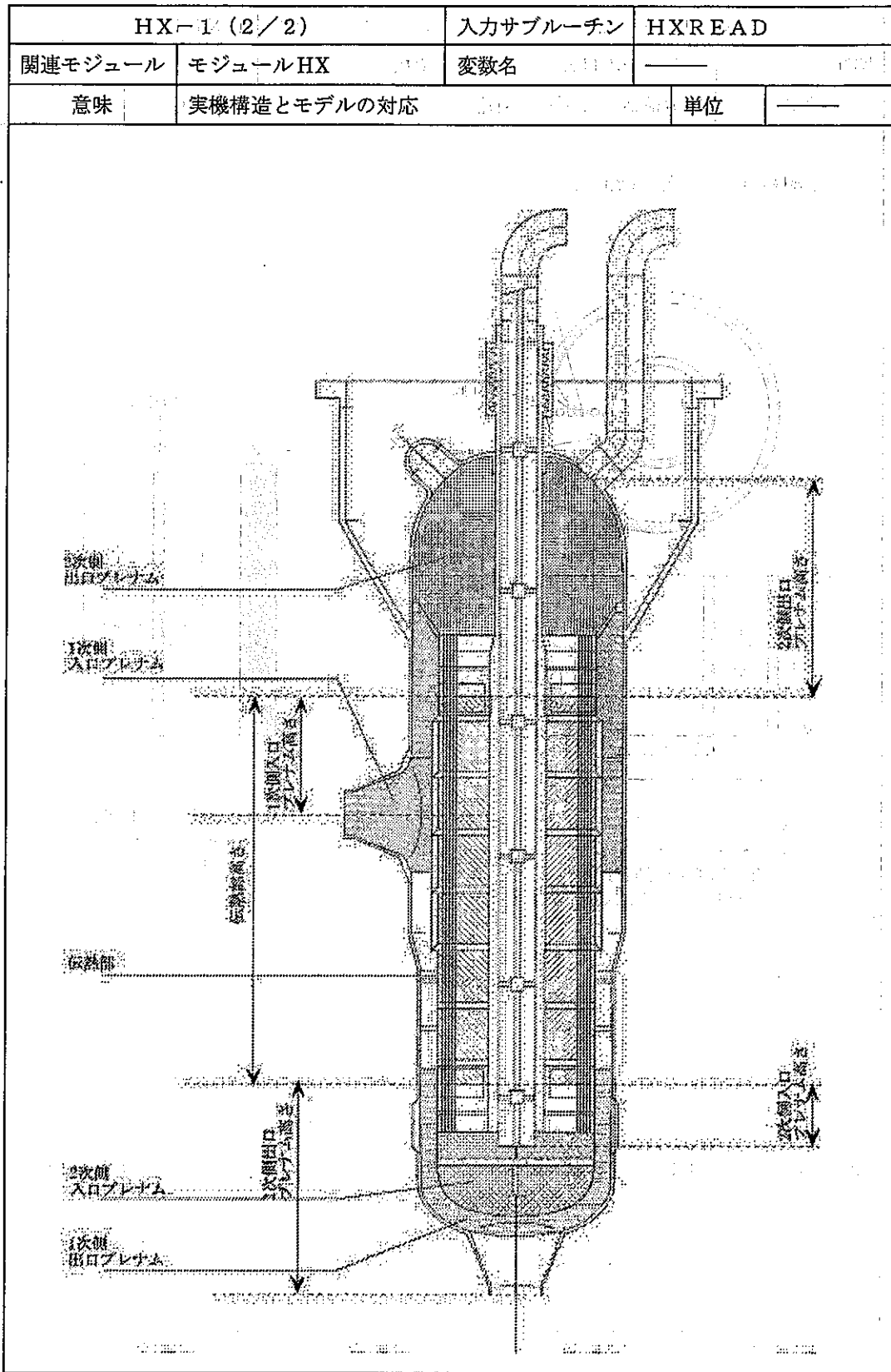
実機構造(有効伝熱部断面積)

$D_1$ :内側シュラウド外径  
 $D_2$ :外側シュラウド外径  
 $L$ :有効伝熱部伝熱管長さ  
 (サポート点を除く)

シェル⇔1次Naの伝熱面積  
 =内側シュラウド外面  
 +外側シュラウド内面  
 とする。

上記の実機構造とモデルとの対応から、内側シュラウドと外側シュラウドをシェルとして扱う。次ページに IHX データ概要図を示す。出入口プレナム部はモジュールMNにて扱う。

入力データ説明書



入 力 デ ー タ 説 明 書



HX-2		入力サブルーチン	HXREAD	
関連モジュール	モジュールHX	変数名	——	
意味	流路断面積、ぬれぶち長さ、伝面密度、重量密度	単位	——	
<p>(1) 1次 Na <math>\longleftrightarrow</math> 伝熱管熱伝達計算用代表長さを求めるため、流路断面積とぬれぶち長さの算出が必要となる。</p> <p>a. 1次側 Na 流路断面積 <math>A_1</math></p> $A_1 = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2 - d_0^2 \cdot n) \dots\dots\dots ①$ <p style="margin-left: 40px;"> <math>D_1</math>: 内側シュラウド外形  <math>D_2</math>: 外側シュラウド内形  <math>d_0</math>: 伝熱管外径  <math>n</math>: 伝熱管本数         </p> <p>b. 1次側 Na ぬれぶち長さ <math>L_1</math></p> $L_1 = \pi (d_0 \cdot n + D_1 - D_2) \dots\dots\dots ②$ <p>c. 2次側 Na 流路断面積 <math>A_2</math></p> $A_2 = \frac{\pi}{4} d_i^2 \cdot n \dots\dots\dots ③$ <p style="margin-left: 40px;"><math>d_i</math>: 伝熱管内径</p> <p>(2) 伝面密度・重量密度</p> <p>a. 伝面密度 <math>s</math></p> $s = \frac{S}{L} \dots\dots\dots ④$ <p style="margin-left: 40px;"> <math>S</math>: 伝面 (伝熱管は肉厚中心基準)  <math>L</math>: 有効伝熱部伝熱管長さ         </p> <p>b. 重量密度</p> $m = \frac{M}{L} \dots\dots\dots ⑤$ <p style="margin-left: 40px;"><math>M</math>: 重量</p>				

入力データ説明書



モジュールKN

1 機能

原子炉核計算。

2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
各部温度	TEMP	フィードバック反応度	TEMP
制御棒反応度	TEMP	ドップラー反応度	TEMP
スクラム反応度	TEMP	全反応度	TEMP
反応度外乱	TEMP	原子炉出力 (除、崩壊熱)	TEMP
		原子炉出力変化率 (除、崩壊熱)	TEMP

3 モデルの概要

- (1) 遅発中性子6群の一点近似核動特性方程式を解く、即発跳躍近似も可。
- (2) 反応度フィードバックとして、KRKN (注) 個の温度フィードバックとドップラー反応度を考慮。
- (3) 温度フィードバック係数は、温度の関数とする。

(注) KRKNは、コンパイル時にパラメータ文にて指定。

## 4 基礎式

## 核動特性方程式

$$\frac{d}{dt}n(t) = \frac{\delta_k(t) - \beta}{L}n(t) + \sum_{m=1}^6 \lambda_m C_m(t) \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt}C_m(t) = \frac{\beta_m}{L}n(t) - \lambda_m C_m(t) \quad (2)$$

## 反応度

$$\delta_k(t) = \rho_{rod}(t) + \rho_s(t) + \rho_d(t) + \rho_{dop}(t) + \sum_{i=1}^{KRKN} \rho_i(t) \quad (3)$$

$$\rho_{dop}(t) = \alpha_{dop} \ln \left( \frac{\bar{T}_1(t) + 273.16}{\bar{T}_{10}(t) + 273.16} \right) \quad (4)$$

$$\rho_i(t) = \alpha_i (\bar{T}_i(t) - \bar{T}_{i0}) \quad (5)$$

## —記号説明—

$n$	; 中性子束 (出力)	[ kcal/sec ]
$\delta_k$	; 全反応度	[ $\Delta k/k$ ]
$\beta_m$	; $m$ 種遅発中性子発生割合 ( $\beta = \sum \beta_m$ )	[ — ]
$\lambda_m$	; $m$ 種遅発中性子先行核崩壊定数	[ 1/sec ]
$C_m$	; $m$ 種遅発中性子先行核密度	[ 1/m <sup>3</sup> ]
$L$	; 遅発中性子生成時間	[ sec ]
$\rho$	; 反応度	[ $\Delta k/k$ ]
$\alpha$	; 反応度係数	[ — ]
$\bar{T}$	; 平均温度	[ °C ]
rod	; 制御棒	
(添字)		
s	; スクラム	
d	; 外乱	
dop	; ドップラー効果	
0	; 初期値	
i	; 物質 i (フィードバック反応度を与えるもの)	
KRKN	; 物質 i の個数	

## 5 解 法

## 核動特性方程式

$$C_m(j+1) = \frac{1.0 - 0.5\lambda_m \Delta t}{1.0 + 0.5\lambda_m \Delta t} C_m(j) + \frac{\beta_m}{L} \frac{n(j) + n(j+1)}{2} \frac{\Delta t}{1.0 + 0.5\lambda_m \Delta t} \quad (6)$$

## &lt;即発跳躍近似&gt;

$$n(j+1) = \frac{0.5\Delta t n(j) B + LA}{\beta - \delta_k(j+1) - 0.5\Delta t B} \quad (7)$$

## &lt;近似なし&gt;

$$n(j+1) = \frac{(L + 0.5\Delta t(\delta_k - \beta) + 0.25\Delta t^2 B)n(j) + \Delta t LC}{L - 0.5\Delta t(\delta - \beta) - 0.25\Delta t^2 B} \quad (8)$$

$$\text{但し、} A = \sum_m \left( \lambda_m C_m(j) \frac{1.0 - 0.5\lambda_m \Delta t}{1.0 + 0.5\lambda_m \Delta t} \right)$$

$$B = \sum_m \frac{\beta_m \lambda_m}{1.0 + 0.5\lambda_m \Delta t}$$

$$C = \sum_m \frac{\lambda_m C_m(j)}{1.0 + 0.5\lambda_m \Delta t}$$

表KN-1 モジュールKNサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
KNCONT	モジュールKN計算コントロール	MODULE SUB.
KNREAD	モジュールKN関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
KNBLOK	モジュールKN関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
KNRSTA	モジュールKNリスタート・ファイルの書出し、読み込み	MODULE SUB.
KNSTAT	モジュールKN初期設定計算	MODULE SUB.
KNTRNS	モジュールKN過渡計算	MODULE SUB.
KNTDEL	モジュールKN計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
KNWRIT	モジュールKN初期状態の出力、及び中間出力	MODULE SUB.
YDISTB	テーブル・データ・フィッティング	ELEMENT SUB.







コモンブロック名	KNMI 1	(1/2)	
関連サブルーチン			
モジュールKN	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	KNREAD
		ネームリスト名	NAMKN1
変数名	意味	単位	備考
NRTOT	ドップラー反応度プール変数指定番号	—	TEMP に対応
NRD	ドップラー反応度プール変数指定番号	—	TEMP に対応
NRC(j)	j 番目温度フィードバック反応度プール変数指定番号 (1 番; 燃料) (注)	—	TEMP に対応
NRR	制御棒反応度プール変数指定番号	—	TEMP に対応
NRS	スクラム反応度プール変数指定番号	—	TEMP に対応
NRG	反応度外乱プール変数指定番号	—	TEMP に対応
NPF	原子炉出力プール変数指定番号 (崩壊熱を除く)	—	TEMP に対応
NTAV(j)	j 番目反応度に対応する体積平均温度プール変数指定番号 (1 番; 燃料) (注)	—	TEMP に対応
NPFD	原子炉出力変化率プール変数指定番号 (崩壊熱を除く)	—	TEMP に対応
	(注) IRCF 個データを入力する。		
	j = KRKN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	KNMI 1	(2/2)	
関連サブルーチン			
モジュールKN	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	KNREAD
		ネームリスト名	NAMKNI
変 数 名	意 味	単 位	備 考
NINTK	モジュールKN 初期設定計算を行う順序	—	
KLDK	= 1 ; 原子炉出力初期値を入力データで与える。 ≠ 1 ; 原子炉出力初期値をプール変数入力。	—	
PFO	原子炉出力初期値	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	KLDK=1の 時入力
IOTIMK	モジュールKN 計算進み =0 ; 入力 =1 ; コード中で計算	—	
DTIMK (j)	モジュールKN 計算進み入力 DTIMK (j) ≤ 時間 計算時間進み幅 = DDELK (j)	sec	IOTIMK=0 の時入力
DDELK (j)		sec	IOTIMK=0 の時入力
DCOTK	モジュールKN 計算進み時間幅 計算値の係数	—	IOTIMK=1 の時入力
DMAXK	モジュールKN 計算進み時間幅最大値	sec	IOTIMK=1 の時入力
DMINK	モジュールKN 計算進み時間幅最小値	sec	IOTIMK=1 の時入力
TMAXK	モジュールKN 計算終了時間	sec	
ISTAK	モジュールKN =1 ; sub. KNSTAT の出力を行う =2 ; " (詳細出力) =0 ; " をしない	sec	
IDBGK	モジュールKN =1 ; 中間出力を行う =2 ; " (詳細出力) =0 ; " をしない	—	
OUTK (k)	モジュールKN 中間出力時刻の指定	sec	
	j = 5, k = 30		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	KNMI 2	(1/1)	
関連サブルーチン	モジュールKN モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	KNREAD	
	ネームリスト名	NAMKN2	
変数名	意味	単位	備考
PNL T	平均即発中性子寿命	sec	
BE (i)	遅発中性子割合	—	
RA (i)	遅発中性子先行核崩壊定数	$\frac{1}{\text{sec}}$	
NFTBL (j)	j 番目温度フィードバック係数 Table データ個数	—	
TFTBL (k, j)	j 番目温度フィードバック係数 温度データ	°C	
CFTBL (k, j)	j 番目温度フィードバック係数 温度係数データ	$\frac{\Delta K / K}{\text{°C}}$	
CDOP	ドップラー係数	$T \frac{dK}{dT}$	
	i =6, k =30, j =KRKN		

変数名リスト



コモンブロック名	KNM2	(1/1)	
関連サブルーチン	モジュールKN モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
PF (k)	崩壊熱を除く、原子炉出力	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	
CI (i, k)	遅発中性子先行核濃度	$\frac{1}{\text{m}^3}$	
BETA	遅発中性子発生割合	—	
TAV (k, j)	j 番目反応度に対応する体積平均温度 (1 番 ; 燃料)	°C	
TAV0 (j)	j 番目反応度に対応する体積平均温度初期値 (1 番 ; 燃料)	°C	
RTOT	全反応度	\$	
RD	ドップラー反応度	\$	
RC (j)	j 番目温度フィードバック反応度 (1 番 ; 燃料)	\$	
RR	制御棒反応度	\$	
RS	スクラム反応度	\$	
RG	反応度外乱	\$	
PFD	原子炉出力変化率 (崩壊熱を除く)	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}^2}$	
	k = 2, i = 6, j = KRKN		

変 数 名 リ ス ト

KN-1		入力サブルーチン	KNREAD
関連モジュール	モジュールKN	変数名	PNLT, BE, RA
意味	フィードバック係数及び中性子データ		単位 sec, -, $\frac{1}{\text{sec}}$
<p>炉心の核計算モジュールでは、核動特性方程式を解くこと・反応度フィードバック係数の算出が行われる。</p> <p>核動特性方程式には即発中性子寿命・遅発中性子割合・遅発中性子先行核崩壊定数の動特性パラメータが必要となる。</p> <p>後者については、たとえば次のようなフィードバック係数を考慮する。</p> <p>① ドップラー温度係数 (注) ドップラー温度係数のみ                  ② 燃料温度係数 <math>\left(T \frac{dK}{dT}\right)</math> の単位である。                  ③ 炉心支持板温度係数                  ④ 冷却材温度係数 その他は <math>\left(\frac{\Delta K/K}{\text{℃}}\right)</math> である。                  ⑤ クラッド温度係数                  ⑥ ラッパ管温度係数</p> <p>動特性パラメータ・フィードバック係数ともに種々の炉心状態により変わるため、解析目的にあわせて選定することとなる。</p>			

入力データ説明書

KN-2		入力サブルーチン	KNREAD	
関連モジュール	モジュールKN	変数名	NFTBL, TFTBL, CFTBL	
意味	フィードバック反応度の計算		単位	—
<div style="text-align: center;"> <p>NFTBL(i) TFTBL(j,i) CFTBL(j,i) 温度フィードバック係数(燃料)</p> </div>				
<p>フィードバック反応度は下式により表される。</p> $\rho_i(t) = \alpha_i (\bar{T}_i - \bar{T}_{i0})$ <p style="text-align: center;">コードとの対応</p> <p><math>\alpha</math> : 反応度係数 (<math>\Delta K/K/^\circ C</math>) <math>\Rightarrow</math> 入力データ NFTBL(i) TFTBL(j,i), CFTBL(j,i)</p> <p><math>\rho</math> : 反応度 (<math>\Delta K/K</math>) <math>\Rightarrow</math> プール変数 TEMP(NRC(i))</p> <p><math>T_i</math> : 平均温度 (<math>^\circ C</math>) <math>\Rightarrow</math> プール変数 TEMP(NTAV(i))</p> <p><math>T_{i0}</math> : 平均温度初期値 (<math>^\circ C</math>) <math>\Rightarrow</math> TAVO(i)</p>				

入力データ説明書

KN-3		入力サブルーチン	KNREAD
関連モジュール	モジュールKN	変数名	KLDK
意味	原子炉出力初期値の与え方	単	位
<p><b>KLDK=0</b></p> <p>初期計算にて、原子炉熱計算モジュールより原子炉出力初期値をプール変数にて受け渡される。原子炉熱計算モジュールは、モジュールKNより前に初期計算を終了していなければならない。主に原子炉熱計算モジュールと組み合わせて用いる。</p> <p><b>KLDK=1</b></p> <p>初期計算にて、原子炉出力初期値を入力データで与える。主に原子炉熱計算モジュールと組み合わない場合用いる。</p>			

入力データ説明書



3.10 モジュールLG (安全保護系の計算)

モジュールLG

1 機能

安全保護系の計算を行う汎用計算ルーチン。

2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
任意のプロセス量 (検出信号)	TEMP FLWN PRSN PMPN VLVN	任意のプロセス量 (指令信号)	TEMP FLWN PRSN PMPN VLVN

### 3 モデルの概要 (図LG-1, 図LG-2参照)

本モデルは、特定の安全保護系を対象とするのではなく、入力データにより任意の安全保護系を構成することのできる汎用モデルである。

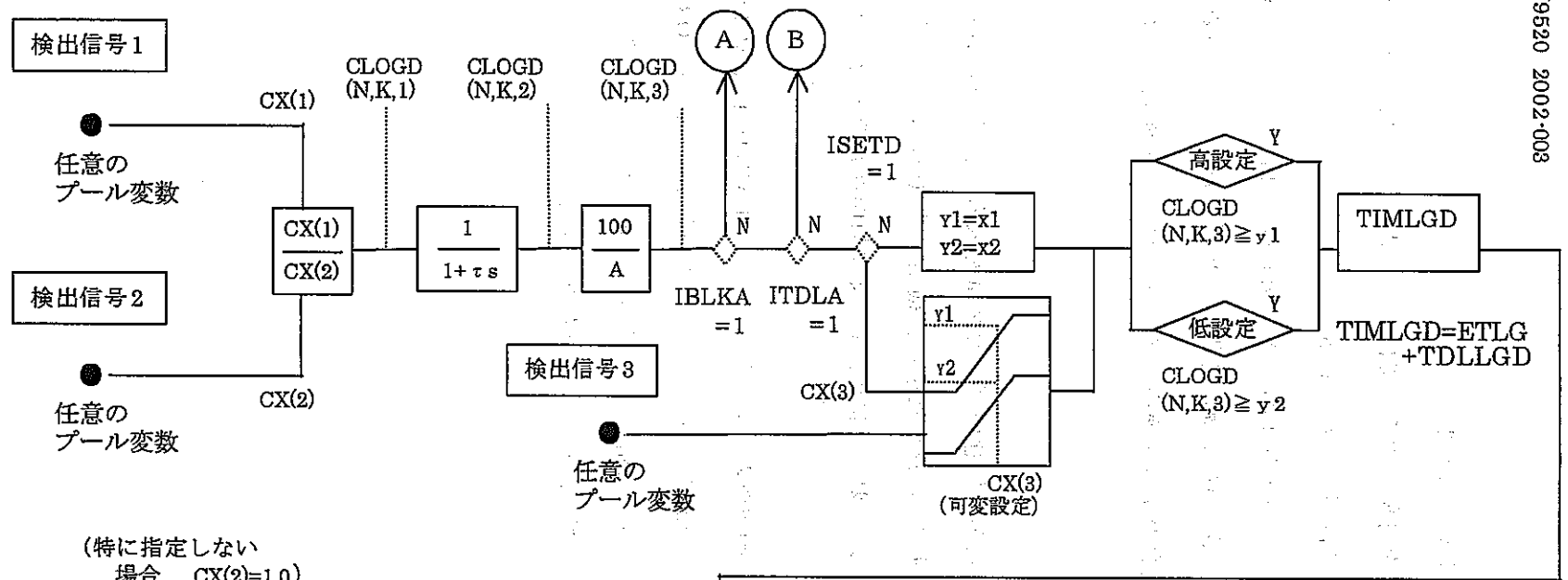
本モデルは安全保護系、インターロックを図LG-1、図LG-2に示すような検出要素 (最大 KDLG 個) と動作要素 (最大 KALG 個) で代表させ、入力データで各要素間の接続を指定することにより、任意の安全保護系、インターロックを構成するものである。

#### (1) 検出要素 (図LG-1参照)

検出要素は、任意のプール変数から任意のプロセス量を入力し、その値が所定の設定値 (高設定・低設定、可変設定) に達した場合、検出信号 (LACTD=1) を任意のプール変数に出力する要素である。本要素は検出遅れ、及び動作遅れを考慮できる。

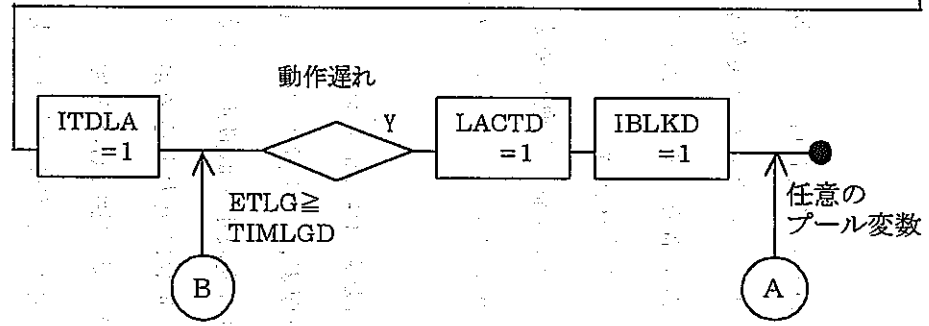
#### (2) 動作要素 (図LG-2参照)

動作要素は、任意の検出要素、動作要素で出力された信号 (LACTD=1, LACTA=1) を任意のプール変数から入力し、それらのうちいずれかの信号が立った時 (OR) 又はそれらの全ての信号が立ったとき (AND)、動作信号 (KACTA=1) を任意のプール変数に出力する要素である。本要素は動作遅れを考慮できる。



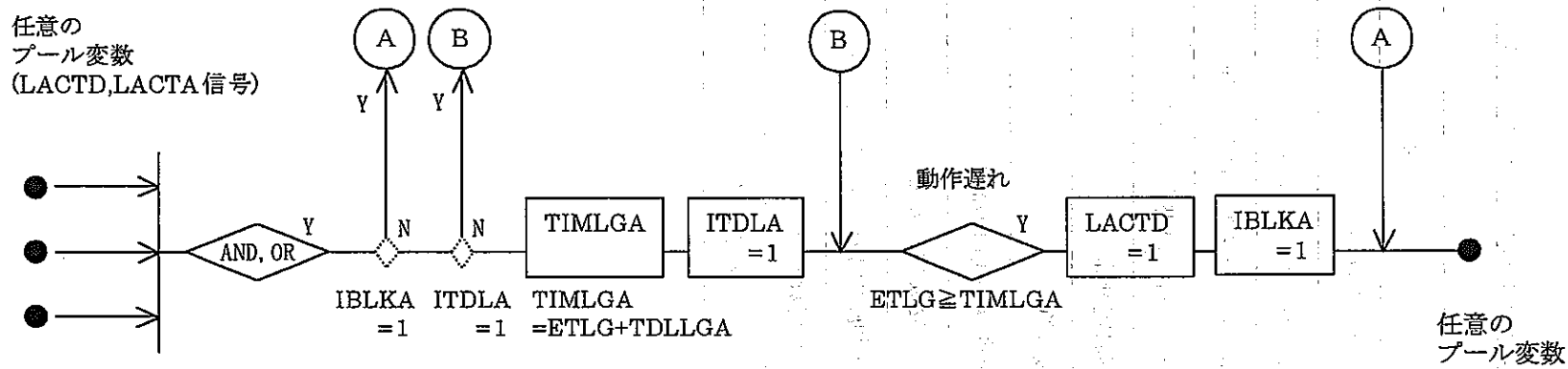
(特に指定しない場合, CX(2)=1.0)

記号	変数名
$\tau$	VALLGD(1,K)
A	VALLGD(2,K)
$\times 1$	VALLGD(3,K)
$\times 2$	VALLGD(4,K)



LG-4

図LG-1 安全保護系, 検出要素モデル



LG-5

図LG-2 安全保護系, 動作要素モデル

表LG-1 モジュールLGサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
LGCONT	モジュールLG計算コントロール	MODULE SUB.
LGREAD	モジュールLG関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
LGININ	モジュールLG関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
LGRSTA	モジュールLG リポート・ファイル の書出し、読み込み	MODULE SUB.
LGSTAT	モジュールLG初期設定計算	MODULE SUB.
LGTRNS	モジュールLG過渡計算	MODULE SUB.
LGTDEL	モジュールLG計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
LGCNCT	モジュールLGプール変数との接続	MODULE SUB.
LGWRIT	モジュールLG初期状態の出力、及び中間出力	MODULE SUB.
LGWRT2	モジュールLGプール変数の出力	MODULE SUB.
YDISTB	テーブル・データ・フィッティング	ELEMENT SUB.



コモンブロック名	LGMI1			(1/3)
関連サブルーチン				
モジュールLG モジュールサブルーチン			入力サブルーチン	LGREAD
			ネームリスト名	NAMLG1
変数名	意味	単位	備考	
IMDLLG	モジュールLG 計算実行の可否 =1 ; 実行する ≠1 ; 実行しない	—		
NDLG	モジュールLG 検出要素の数 (max.KDLG)	—		
NALG	モジュールLG 動作要素の数 (max.KALG)	—		
IINTD (m, k)	モジュールLG k番目検出要素、検出信号m初期値を 入力データで与える	—		
CLGDO (m, k)	モジュールLG k番目検出要素、検出信号m初期値	—	IINTD(m,k) =1の時入力	
IOP1LG (k)	モジュールLG k番目検出要素 =0 ; 検出信号立つ (LACTD=1) と戻らない =1 ; 検出信号設定値により LACTD=0,=1 をとる (信号ブロック不可)			
IOP2LG (ℓ)	モジュールLG k番目動作要素 =0 ; 動作信号立つ (LACTA=1) と戻らない =1 ; 動作信号設定値により LACTA=0,=1 をとる (信号ブロック不可)			
	k=KDLG, m=3, ℓ=KALG			

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	LGMI 1	(2/3)	
関連サブルーチン			
モジュールLG	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	LGREAD
		ネームリスト名	NAMLG1
変数名	意味	単位	備考
DTIMLG (i)	モジュールLG 計算進み入力値	sec	
DDELLG (i)	モジュールLG DTIMLG(i) ≤ 時間の時 計算進み巾=DDELLG(i)	sec	
TMAXLG	モジュールLG 計算終了時間	sec	
IOTMLG	不使用		
DCOTLG	不使用		
DMAXLG	不使用		
DMINLG	不使用		
	i = 5		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名		LGMI 2	(1/4)
関連サブルーチン			
モジュールLG		モジュールサブルーチン	入力サブルーチン
			LGREAD
		ネームリスト名	NAMLG2
変数名	意味	単位	備考
LLGID (m, k)	モジュールLG m番目入力に対応する k番目検出要素 プール変数番号の識別	—	(注1)
MLGID (m, k)	モジュールLG m番目入力に対応する k番目検出要素 プール変数番号の指定	—	(注2)
NLGID (m, k)	モジュールLG m番目入力に対応する k番目検出要素 プール変数番号の指定	—	(注2)
LLGOD (k)	モジュールLG 出力に対応する k番目検出要素 プール変数番号の識別	—	(注1)
MLGOD (k)	モジュールLG 出力に対応する k番目検出要素 プール変数番号の指定	—	(注2)
NLGOD (k)	モジュールLG 出力に対応する k番目検出要素 プール変数番号の指定	—	(注2)
	(注1) =1, TEMP =3, PRSN =5, VLVN =2, FLWN =4, PMPN (注2) TEMP について, TEMP(MLGID), TEMP(MLGOD) その他について, FLWN(MLGID, NLGID) FLWN(MLGOD, NLGOD)		
	k=KDLG, m=3		

変数名リスト

コモンブロック名	LGMI 2		(2/4)
関連サブルーチン			
モジュールLG	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	LGREAD
		ネームリスト名	NAMLG2
変数名	意味	単位	備考
NUMLGA ( $\ell$ )	モジュールLG 入力信号の個数 (max.10) $\ell$ 番目動作要素	—	
LLGIA ( $m, \ell$ )	モジュールLG $m$ 番目入力に対応する $\ell$ 番目動作要素 プール変数の識別	—	(注1)
MLGIA ( $m, \ell$ )	モジュールLG $m$ 番目入力に対応する $\ell$ 番目動作要素 プール変数番号の指定	—	(注2)
NLGIA ( $m, \ell$ )	モジュールLG $m$ 番目入力に対応する $\ell$ 番目動作要素 プール変数番号の指定	—	(注2)
LLGOA ( $\ell$ )	モジュールLG 出力に対応する $\ell$ 番目動作要素 プール変数の識別	—	(注1)
MLGOA ( $\ell$ )	モジュールLG 出力に対応する $\ell$ 番目動作要素 プール変数番号の指定	—	(注2)
NLGOA ( $\ell$ )	モジュールLG 出力に対応する $\ell$ 番目動作要素 プール変数番号の指定	—	(注2)
	(注1) =1, TEMP =3, PRSN =5, VLVN =2, FLWN =4, PMPN (注2) TEMP について, TEMP(MLGIA), TEMP(MLGOA) その他について, FLWN(MLGIA, NLGIA) FLWN(MLGOA, NLGOA)		
	$\ell = KALG, m = 20$		

変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	LGM1	(1/1)
関連サブルーチン	モジュールLG モジュールサブルーチン	
変数名	意味	単位 備考
ETLG	モジュールLG 計算経過時間	sec
DELTLG	モジュールLG 計算進み時間巾	sec
MLG1	モジュールLG タイムメッシュ (1ステップ前)	—
MLG2	モジュールLG タイムメッシュ (現ステップ)	—
IOUTLG	モジュールLG 中間出力時間の指定	—

変数名リスト





LG-1		入力サブルーチン	LGREAD	
関連モジュール	モジュールLG	変数名	—	
意味	入力データの概要		単位	—
<p>(1) 安全保護系及びインターロックは、プロセス量の検出部、トリップ、警報設定部、ロジック回路部から構成され、特定のプロセス量が通常運転範囲を逸脱した場合には、必要な安全保護動作（原子炉トリップ等）を行う。</p> <p>(2) モジュールLGは、プロセス量の検出及び設定部を検出要素モデルで、ロジック回路部を動作要素モデルで模擬している。</p> <p>(3) 検出要素モデルでは、検出器の応答遅れ、及び設定器の応答遅れを、1次送れ及びむだ時間モデルで計算する。</p> <p>(4) 動作要素モデルでは、ロジック回路での AND あるいは OR 動作を計算し、同回路部での動作遅れをむだ時間で計算する。</p> <p>(5) モジュールLGの出力は、動作指令信号値（ON-OFF 値）であり、原子炉スクラム、ポンプトリップ等の実際の機器動作は、プール変数を介して、モジュールCR、PP等で計算される。</p>				

入力データ説明書

LG-2		入力サブルーチン	LGREAD
関連モジュール	モジュールLG	変数名	—
意味	データ作成の要領	単位	—
i) インターロック線図に沿って、モデル化する安全保護系インターロックのモデル図を作成する。 ii) プール変数を付番し、検出要素及び動作要素の入出力信号となるプール変数指定データを作成する。 iii) 検出遅れ、設定値をデータ集に基づき入力する。 iv) モデル図に沿ってロジック動作内容を入力し、動作遅れ時間をデータ集に基づき入力する。			

入力データ説明書

3.11 モジュールLN (ナトリウム系配管要素計算)

モジュールLN

## 1 機能

非圧縮性単相流体、配管要素の熱計算

## 2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
入口温度	TEMP	出口温度	TEMP
流量	FLWN	流体の平均温度	TEMP
発熱密度 (注)	TEMP	自然循環力	TEMP
		配管内任意ノードの 流体温度 (最大 10 点)	TEMP

(注) プール変数入力で発熱考慮の時

## 3 モデルの概要 (図LN-1 参照)

- (1) 独立的な配管は、最大KNLN (注) 要素。
- (2) 各要素は、最大KMLN (注) 次までの多次おくれ、又はむだ時間で近似。
- (3) 各要素は、ノード毎に側容量、及び側容量から空気雰囲気への放熱を考慮できる。  
(多次おくれモデルのみ)
- (4) 流体、側容量の物性値は温度の関数。ただし、温度によらず一定とすることも可。
- (5) 流体の逆流可。
- (6) 流体の自己発熱を模擬できる。

(注) KNLN、KMLNはコンパイル時パラメータ文にて指定。

4 基礎式

(1) エネルギー保存則

流体

$$C_f M_f \frac{\partial}{\partial t} T_f(z,t) = -C_f G_f(t) \frac{\partial}{\partial z} T_f(z,t) - U1A1(T_f(z,t) - T_v(z,t)) + Q(z,t) \quad \text{--- (1)}$$

側容量

$$C_v M_v \frac{\partial}{\partial t} T_v(z,t) = U1A1(T_f(z,t) - T_v(z,t)) - U2A2(T_v(z,t) - T_{air}) \quad \text{--- (2)}$$

(2) 熱伝達率、及び伝熱式

熱伝達率

$$U1 = \frac{1}{\frac{d1+d2}{2d1} \frac{1}{\alpha1} + \frac{d1+d2}{4kv} \ln \frac{d1+d2}{2d1}} \quad \text{--- (3)}$$

U2 は入力データ

伝熱式

$$\alpha 1 = \frac{k_f}{d1} (a + b Re_1^c Pr^d) \quad \text{--- (4)}$$

a,b,c,d は入力データ

—自然対流を考慮する場合—

$$\alpha 1 = \frac{k_f}{L} (0.0302 Gr^{2/5} \frac{Pr^{7/15}}{(1.0 + 0.494 Pr^{2/3})^{2/5}}) \quad \text{--- (5)}$$

(4)(5)式の大となる値

但し、

$$Re1 = \frac{|Gf|}{\rho_f \cdot S_f \cdot v_f} \frac{d1}{v_f}$$

$$G_f = \frac{g \cdot L^3 \cdot \Delta p}{\rho_f \cdot v_f^2}$$

$\rho_f$ は流体密度の平均値。

Lは入力データによる。

$\Delta \rho$ は、流体の平均温度に対応する密度と壁面温度に対応する密度との差の絶対値。

(3) 自然循環力

$$\Delta H_f(t) = \int_z \rho_f(z,t) \cdot C_f \cdot dz \tag{6}$$

$$C_f = -\sin \theta_z$$

## 5 解 法

エネルギー保存側について下記階差式を解く。

流 体 (順流時)

$$\begin{aligned}
 C_f(i)M_f \frac{T_f(i, j+1) - T_f(i, j)}{\Delta t} \\
 &= -C_f(i)G_f(j+1) \frac{T_f(i, j+1) - T_f(i-1, j+1)}{\Delta z} - U(i, j+1)A1(T_f(i, j+1) - T_v(i, j)) \\
 &\quad - U1(i, j+1)A1(T_f(i, j+1) - T_v(i, j)) + Q(i, j+1) \quad \text{--- (7)}
 \end{aligned}$$

流 体 (逆流時)

$$\begin{aligned}
 C_f(i)M_f \frac{T_f(i, j+1) - T_f(i, j)}{\Delta t} \\
 &= -C_f(i)G_f(j+1) \frac{T_f(i+1, j+1) - T_f(i, j)}{\Delta z} - U(i, j+1)A1(T_f(i, j+1) - T_v(i, j)) \\
 &\quad + Q(i, j+1) \quad \text{--- (8)}
 \end{aligned}$$

側容量

$$\begin{aligned}
 C_f(i)M_t \frac{T_v(i, j+1) - T_v(i, j)}{\Delta t} \\
 &= U1(i, j+1)A1(T_f(i, j+1) - T_v(i, j+1)) - U2A2(T_v(i, j+1) - T_{air}) \quad \text{--- (9)}
 \end{aligned}$$

熱伝達率

$$U1(i, j+1) = \frac{1}{\frac{d1+d2}{2d1} \frac{1}{\alpha 1(i)} + \frac{d1+d2}{4kv(i)} \ln \frac{d1+d2}{2d1}} \quad \text{--- (10)}$$

$$Nu(i) = \frac{\alpha 1(i) d1}{k_f(i)} = a + b Re_1(i)^c \cdot Pr(i)^d \quad \text{--- (11)}$$

又は、

$$\text{Nu}(i) = \frac{\alpha l(i) dl}{k_f(i)} = 0.0302 \text{Gr}(i)^{2/5} \frac{\text{Pr}^{7/15}}{(1.0 + 0.494 \text{Pr}^{2/3})^{2/5}} \quad (12)$$

$$\text{但し、Re}_1(i) = \frac{|G_f(j+1)| dl}{\rho_f \cdot S_f v_f(i)}$$

## (2) 初期設定計算

(1)、(2)式の定常状態における差分展開式は、

流体

$$-\frac{G_f}{\Delta Z} (C_f(i)T_f(i) - C_f(i-1)T_f(i-1)) - U1(i)A1(T_f(i) - T_v(i)) + Q(i) = 0 \quad (13)$$

側容量

$$U1(i)A1(T_f(i) - T_v(i)) - U2A2(T_v(i) - T_{\text{air}}) = 0$$

— (14)

(13)、(14)式を用いて、 $T_v(i)$ が収束するまで計算を続行する。

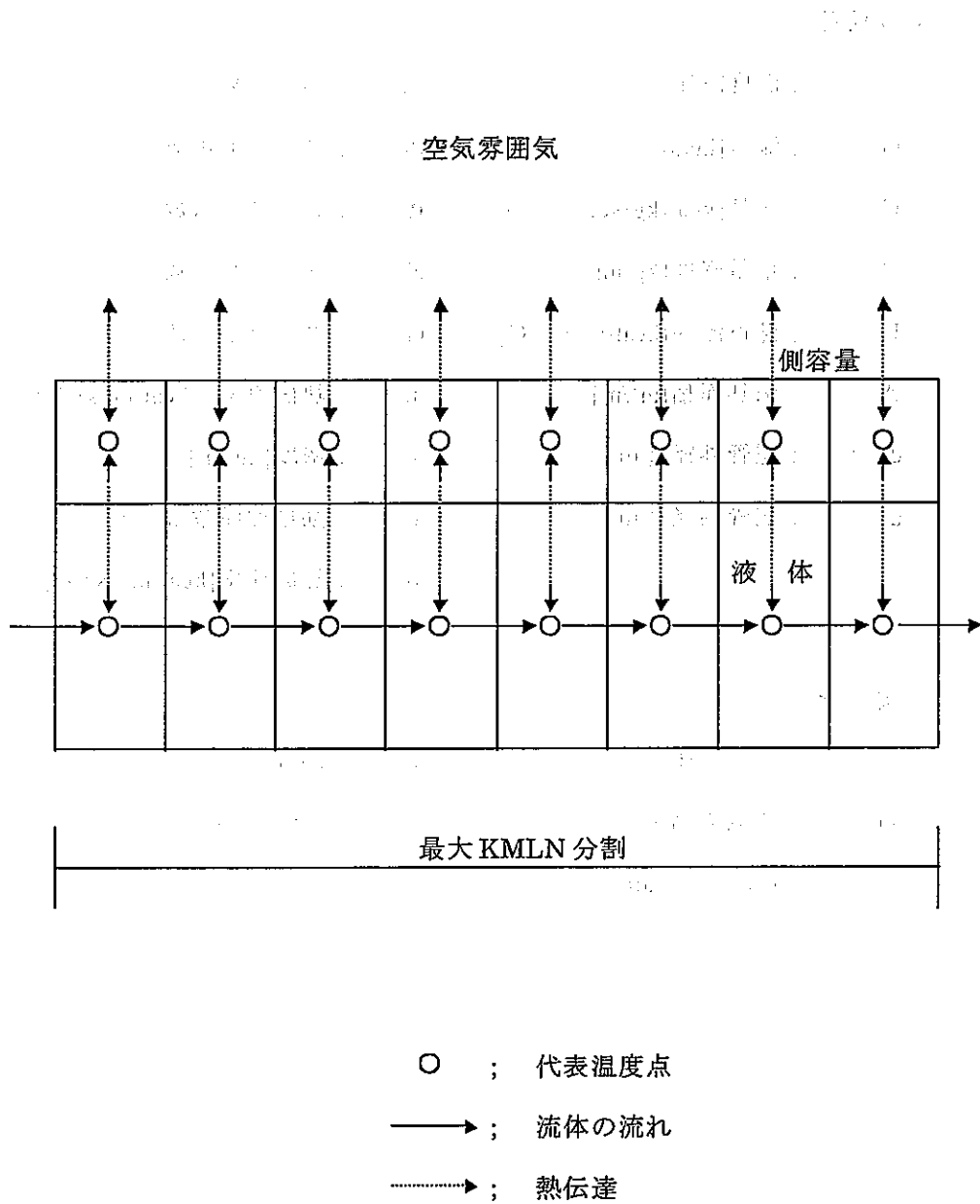


—記号説明—

T	; 温度[°C]	Pe	; ペクレ数 (-)
G	; 流量[kg/s]	Pr	; プラントル数 (-)
C	; 比熱[kcal/kg·sec]	Re	; レイノルス数
M	; 重量密度[kg/m]	Nu	; ヌッセルト数
U	; 熱貫流率[kcal/m <sup>2</sup> ·s·°C]	Gr	; グラフホフ数
A	; 伝熱面積[m <sup>2</sup> /m]	k	; 熱伝導度 (kcal/m·s·°C)
d2	; 配管外径 [m]	ρ	; 密度[kg/m <sup>3</sup> ]
d1	; 配管内径 [m]	ν	; 動粘性係数[m <sup>2</sup> /s]
		α	; 熱伝達率[kcal/m <sup>2</sup> ·s·°C]

(添え字)

f	; 流 体	v	; 側容量
air	; 空気雰囲気	1	; f ←→ v
2	; v ←→ air		



図LN-1 非圧縮性単相流体配管要素熱計算モデル

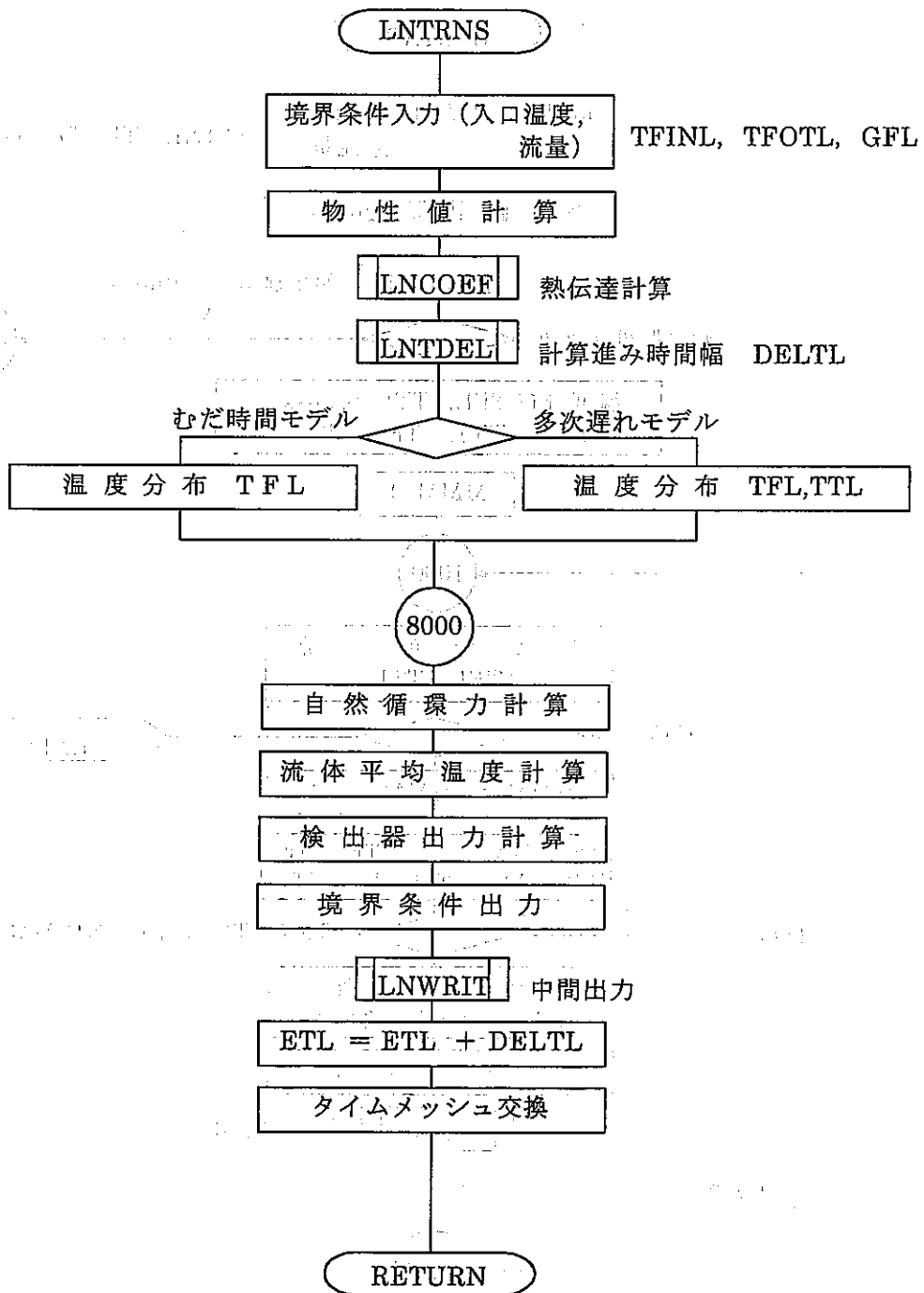


図 LN-2 sub.LNTRNS フローチャート

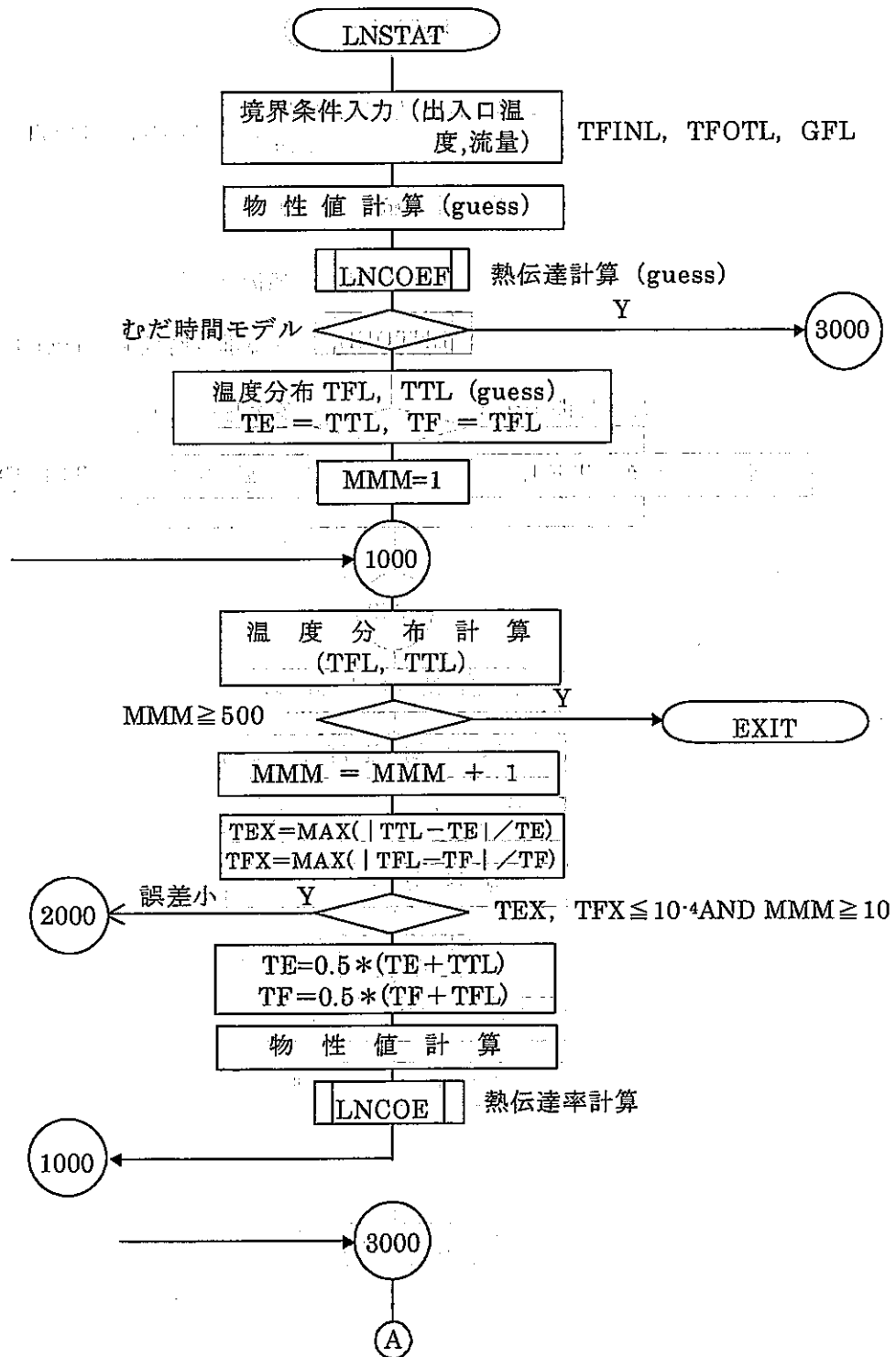


図 LN-3 sub.LNSTAT フローチャート(1/2)

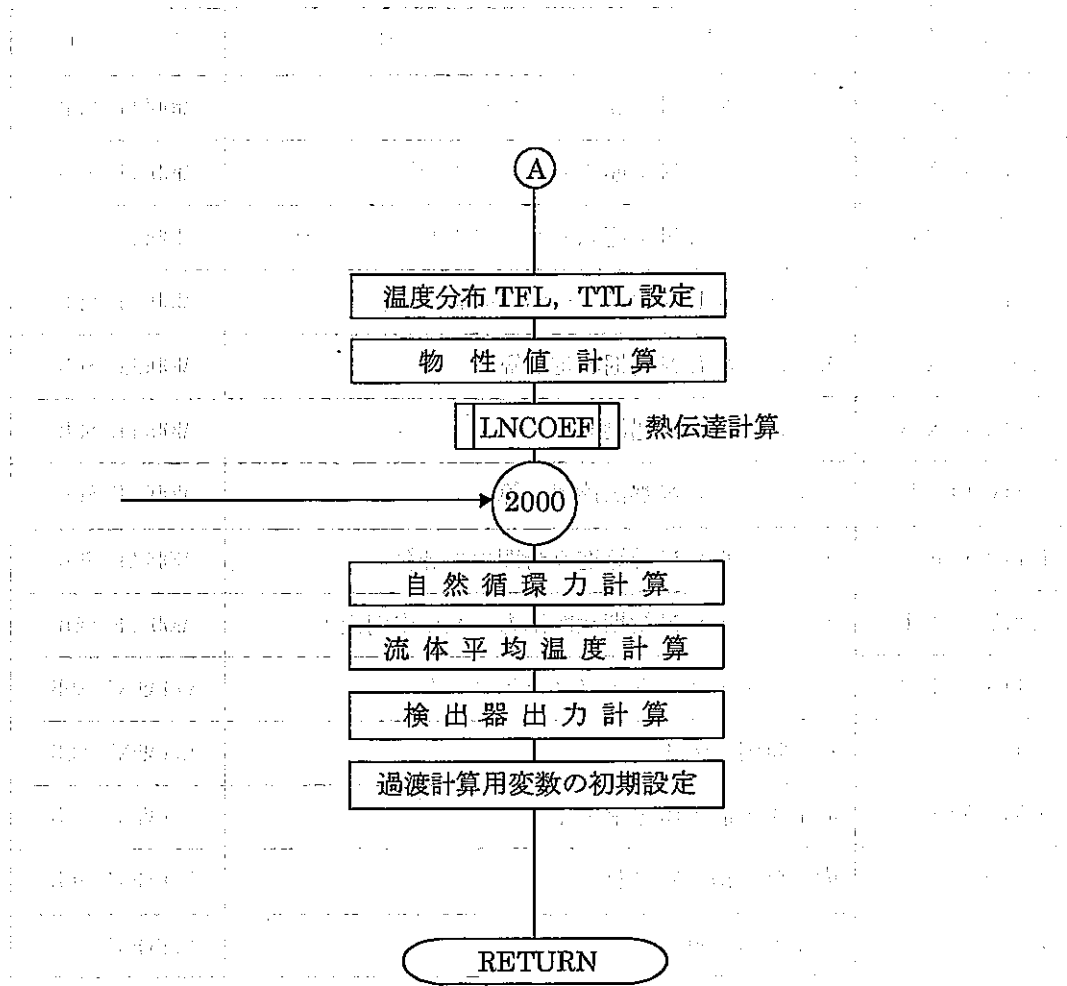


図 LN-3 sub.LNSTAT フローチャート(2/2)

表LN-1 モジュールLNサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
LNCONT	モジュールLN計算コントロール	MODULE SUB.
LNREAD	モジュールLN関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
LNBLK	モジュールLN関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
LNRESTA	モジュールLNリスト・ファイルの書き出し、読み込み	MODULE SUB.
LNSTAT	モジュールLN初期設定計算	MODULE SUB.
LNTRNS	モジュールLN過渡計算	MODULE SUB.
LNCOEF	モジュールLN熱伝達率計算	MODULE SUB.
LNTDEL	モジュールLN計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
LNWRIT	モジュールLN初期状態出力、及び中間出力	MODULE SUB.
YDISTB	テーブル・データ・フィッティング	ELEMENT SUB.
YLAG	むだ時間モデル	ELEMENT SUB.
YMNMX	最小値・最大値を求める。	ELEMENT SUB.
ZMETL1	構造材の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZFLUID	流体の物性値計算	ELEMENT SUB.



コモンブロック名	LNMI 1			(1/6)
関連サブルーチン	モジュールLN			
	モジュールLN	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	LNREAD
			ネームリスト名	NAMLN1
変数名	意味	単位	備考	
NNL	モジュールLN 配管要素の個数 (max.KNLN)	—	LNREAD	
IMDLL (i)	モジュールLN (i) 計算実行の可否 =1; 実行する ≠1; 実行しない	—	LNREAD	
IOP1L (i)	モジュールLN (i) =0; 多次遅れモデル (側容量無し) =1; 多次遅れモデル (側容量有り) =2; むだ時間モデル	—	LNREAD	
IOP2L (i)	モジュールLN (i) =1; 空気雰囲気への放散熱を考慮する ≠1; 空気雰囲気への放散熱を考慮しない	—	IOP1L(i)=1 のとき	
IOP3L (i)	モジュールLN (i) 流体 ← → 側容量伝熱式の種類 =1; 伝熱式係数データ入力 (自然対流を考えない) (注1) =2; 伝熱式係数データ入力 (自然対流を考える) (注2) ≠1,2; 一定 (Nu=AMINIL(i))	—	IOP1L(i)=1 のとき	
	(注1) $Nu = a + b \cdot Re^c \cdot Pr^d$ (a, b, c, dは入力データ)			
	(注2) $Nu = 0.0302 Gr^{2/5} \frac{Pr^{7/15}}{(1 + 0.494 \cdot Pr^{2/3})^{2/5}}$			
	と (注1) 式のうちNu数が大となる方を選択			
IOPRL (i)	モジュールLN (i) =0; リスタート時初期設定無し ≠0; リスタート時初期設定有り	—		
	i = KNLN			

変数名リスト



コモンブロック名	LNMI 1			(2/6)
関連サブルーチン				
	モジュールLN	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	LNREAD
			ネームリスト名	NAMLN1
変数名	意味		単位	備考
NTIL (i)	モジュールLN (i) 入口温度プール変数番号		—	TEMP に対応
NTOL (i)	モジュールLN (i) 出口温度プール変数番号		—	TEMP に対応
NWL (i)	モジュールLN (i) 属する流路網番号		—	FLWN に対応
NFL (i)	モジュールLN (i) 属する流路番号		—	FLWN に対応
NELL (i)	モジュールLN (i) 自然循環に対応する プール変数番号		—	TEMP に対応
NTAVL (i)	モジュールLN (i) 流体の平均温度に対応する プール変数番号		—	TEMP に対応
NOUTL (i)	モジュールLN (i) 流体任意温度出力点数 (max 10)		—	
NUML (j, i)	モジュールLN (i) 上記に対応するプール変数番号 (NOUTL(i)個入力)		—	TEMP に対応
KOUTL (j, i)	モジュールLN (i) 上記に対応する温度ノード番号 (NOUTL(i)個入力)		—	(注)
	(注) TFL(i,k); kに対応			
	i=KNLN, j=10			

変 数 名 リ ス ト







コモンブロック名	LNMI I (6/6)		
関連サブルーチン			
	モジュールLN	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	LNREAD
		ネームリスト名	NAMLN1
変数名	意 味	単 位	備 考
KPR1L (i)	モジュールLN (i) 液体物性値 =1 ; 温度依存 ≠1 ; 一 定	—	
KPR2L (i)	モジュールLN (i) 液体の種類を示す INDEX =0 ; ナトリウム =1 ; 空気 =2 ; 水 =3 ; 鉛 =4 ; 鉛ビスマス	—	
KPR3L (i)	モジュールLN (i) 側容量物性値 =1 ; 温度依存 ≠1 ; 一 定	—	IOP1L(i)=1 の時入力
KPR4L (i)	モジュールLN (i) 側容量の種類を示す INDEX =1 ; SUS316 =3 ; 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Cr-1Mo =2 ; SUS304 =4 ; 9Cr-1Mo =5 ; Cu =6 ; BRASS =7 ; AKLYL =8 ; 12Cr	—	IOP1L(i)=1 の時入力
TFXXL (i)	モジュールLN (i) 流体基準温度	℃	(注)
TTXXL (i)	モジュールLN (i) 側容量基準温度	℃	IOP1L(i)=1 の時入力 (注)
	(注) 物性値を温度によらず一定とする場合代表値 (平均値) を入力		
	i =KNLN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LNMI 2 (1/4)		
関連サブルーチン			
モジュールLN		モジュールサブルーチン	入力サブルーチン LNREAD
		ネームリスト名	NAMLN2
変数名	意味	単位	備考
NENDL (i)	モジュールLN (i) ノード分割数 (max.KNLN) IOP1L(i) ≤ 1 ; NENDL(i) 分割 IOP1L(i) = 2 ; NENDL(i) - 1 分割	—	
D1L (i)	モジュールLN (i) 内径	m	
D2L (i)	モジュールLN (i) 外径	m	
A1L (i)	モジュールLN (i) 流体 ↔ 側容量伝熱面積密度	$\frac{m^2}{m}$	肉厚中心基準
A2L (i)	モジュールLN (i) 側容量 ↔ 空気伝熱面積密度	$\frac{m^2}{m}$	肉厚中心基準
DZL (i)	モジュールLN (i) 長さ	m	
AHFL (i)	モジュールLN (i) 流体重量密度 (熱容量計算用)	$\frac{kg}{m}$	
AHTL (i)	モジュールLN (i) 側容量重量密度 (熱容量計算用)	$\frac{kg}{m}$	IOP1L(i)=1 の時入力
AVFL (i)	モジュールLN (i) 流路断面積 (流速計算用)	m <sup>2</sup>	
U2LIN (i)	モジュールLN (i) 側容量 ↔ 空気熱伝達率	$\frac{kcal}{m^2 \cdot sec \cdot ^\circ C}$	IOP2L(i)=1 の時入力
TAIRL (i)	モジュールLN (i) 空気温度	°C	IOP2L(i)=1 の時入力
	i = KNLN		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	LNMI 2 (3/4)			
関連サブルーチン				
	モジュールLN	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン LNREAD	
			ネームリスト名 NAMLN2	
変数名	意	味	単 位	備 考
FLNL (j, i)	モジュールLN (i)	区分 j の長さ (自然循環力計算用) (注)	m	流動計算にて自然循環力を考慮するとき入力
WGPI (j, i)	モジュールLN (i)	区分 j の水平方向となす角度 $\theta$ (自然循環力計算用) (注)	deg	流動計算にて自然循環力を考慮するとき入力
	(注) 入力データ説明書			
	$i = \text{KNLS}, j = 20$			

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	LNMI 2			(4/4)	
関連サブルーチン					
モジュールLN モジュールサブルーチン			入力サブルーチン	LNREAD	
			ネームリスト名	NAMLN2	
変数名	意味			単位	備考
NQL (i)	モジュールLN (i) 流体の自己発熱を考慮するノ ード数 (max.2)			—	自己発熱 考慮する 時入力
NUMQL (k, i)	モジュールLN (i) 流体の自己発熱を考慮するk番 目のノード番号			—	自己発熱 考慮する 時入力
IOPQL (i)	モジュールLN (i) =1; 流体の自己発熱密度をプール変数入力 ≠1; 流体の自己発熱密度をテーブルデータ入力				自己発熱 考慮する 時入力
NFITQL (k, i)	モジュールLN (i) 流体の自己発熱密度テーブルデ ータ個数 (max.10)			—	IOPQL(i) ≠1の時入 力
TFITQL (l, k, i)	モジュールLN (i) 流体の自己発熱時間データ			sec	IOPQL(i) ≠1の時入 力
QFITQL (l, k, i)	モジュールLN (i) 流体の自己発熱密度データ			$\frac{\text{kcal}}{\text{msec}}$	IOPQL(i) ≠1の時入 力
MQL (k, i)	モジュールLN (i) 流体の自己発熱密度プール変数 番号				IOPQL(i) =1の時入 力
QLO (k, i)	モジュールLN (i) 流体の自己発熱密度初期値				IOPQL(i) =1の時入 力
	i = KNLS, k = 2, l = 10				

変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	LNM2 (1/3)		
関連サブルーチン	モジュールLN モジュールサブルーチン		
変数名	意 味	単 位	備 考
TFINL (j)	モジュールLN (i) 流体入口温度	°C	プール変数との接続
TFOTL (j)	モジュールLN (i) 流体出口温度	°C	プール変数との接続
GFL (j)	モジュールLN (i) 流量	kg/sec	プール変数との接続
ELFL (i)	モジュールLN (i) 自然循環力	kg/m <sup>2</sup>	プール変数との接続
TAVL (i)	モジュールLN (i) 流体平均温度	°C	プール変数との接続
TFL (j, k)	モジュールLN (i) 流体温度	°C	
TTL (j, m)	モジュールLN (i) 側容量温度	°C	
QFL (m)	モジュールLN (i) 流体発熱密度	kcal/ msec	プール変数との接続
	j = KNLN*2, i = KNLN, k = KMLN, m = KLLN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LNM2 (2/3)		
関連サブルーチン	モジュールLN モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
U1L (k)	モジュールLN (i) 流体 $\leftrightarrow$ 側容量熱貫流率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$	
U2L (k)	モジュールLN (i) 側容量 $\leftrightarrow$ 空気熱貫流率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$	
ALF1L (k)	モジュールLN (i) 流体 $\leftrightarrow$ 側容量熱伝達率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$	
ANU1L (k)	モジュールLN (i) 流体 $\leftrightarrow$ 側容量ヌセルト数	—	
RE1L (k)	モジュールLN (i) 流体レイノルズ数	—	
GR1L (k)	モジュールLN (i) 流体グラスホフ数	—	
	k = KLLN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LNM2	(3/3)																			
関連サブルーチン	モジュールLN モジュールサブルーチン																				
変数名	意味	単位	備考																		
HEATIL (i, k)	モジュールLN (i) 熱計算用の途中変数	—	(注)																		
DELZL (i)	モジュールLN (i) 1ノードあたりの長さ	m																			
	(注)																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>K</th> <th>HEATIL(i,k)</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td><math>\frac{d_1 + d_2}{2d_1}</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td><math>\frac{d_1 + d_2}{4} \ln \frac{d_1 + d_2}{2d_1}</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>配管内流体の重量</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>むだ時間モデル 流体進みメッシュの 小数部</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>不使用</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	K	HEATIL(i,k)	単位	1	$\frac{d_1 + d_2}{2d_1}$		2	$\frac{d_1 + d_2}{4} \ln \frac{d_1 + d_2}{2d_1}$		3	配管内流体の重量	kg	4	むだ時間モデル 流体進みメッシュの 小数部	m	5	不使用			
K	HEATIL(i,k)	単位																			
1	$\frac{d_1 + d_2}{2d_1}$																				
2	$\frac{d_1 + d_2}{4} \ln \frac{d_1 + d_2}{2d_1}$																				
3	配管内流体の重量	kg																			
4	むだ時間モデル 流体進みメッシュの 小数部	m																			
5	不使用																				
	i =KNLN, k=5																				

変数名リスト

LN-1	入力サブルーチン	LNREAD	
関連モジュール	モジュールLN	変数名	NENDL
意味	輸送おくれ要素ノード分割数	単位	—

ノード分割数設定方法

1. むだ時間モデル

定格出力時に、1タイムステップあたり1ノード進むことを目安としてノード分割数を設定する。これ以上分割数を少なくすると、場合によっては過渡変化時の応答がなめらかでなくなることがある。算出方法を下記に示す。

ノード数算出方法

$$(\text{ノード数})_{\text{目安}} = \frac{\text{配管内流体重量 (kg)}}{100\% \text{ 定格流量 (kg/sec)}} \times \frac{1}{\Delta t \text{ (sec)}}$$

( $\Delta t$ : タイムステップ)

ただし、ノード数が上式によると200を超える場合は、計算時間の観点から200とする。

ノード数入力上の注意

入口					.....		.....		
	1	2	3	4	5	n	n+1	NENDL	←ノード番号 (分割数+1)

2. 多次遅れモデル

多次遅れモデルでは安定に計算を行うために各ノードの時定数(通過時間)がタイムメッシュより十分大きくなるように設定する必要がある。

$$(\text{ノード数}) < \frac{\text{配管内流体重量 (kg)}}{100\% \text{ 定格流量 (kg/sec)}} \times \frac{1}{\Delta t \text{ (sec)}}$$

ノード数入力上の注意

入口					.....		.....		
	1	2	3	4	n	n+1	NENDL	←ノード番号 (分割数)	

入力データ説明書

LN-2		入力サブルーチン	LNREAD
関連モジュール	モジュールLN	変数名	—
意味	配管データ	単位	—
<p>当該配管が、内径・外径・長さ (<math>d_{ii}</math>, <math>d_{oi}</math>, <math>l_i</math>) の異なる複数の配管の結合したものである場合。                  下記計算式に基づき設定する。</p>			
変数名	計 算 式		
DZL (i) L	$\Sigma_i L_i$		
D1L (i) $d_i$	$d_i \cdot L = \Sigma_i d_{ii} \cdot L_i$ (伝面保存) $(d_{oi}^2 - d_{ii}^2) \cdot L = \Sigma_i (d_{oi}^2 - d_{ii}^2) \cdot L_i$ (配管体積保存) を解く。		
D2L (i) $d_o$			
A1L (i)	$\pi \cdot \left( \frac{d_o + d_i}{2} \right)$		
A2L (i)			
AHFL (i)	$\left[ \frac{\pi}{4} \Sigma_i d_{ii}^2 \cdot L_i \right] / L \cdot \rho_f$		
AHTL (i)	$\left[ \frac{\pi}{4} \Sigma_i (d_{oi}^2 - d_{ii}^2) \cdot L_i \right] / L \cdot \rho_t$		
AVFL (i)	$\left[ \frac{\pi}{4} \Sigma_i d_{ii}^2 \cdot L_i \right] / L$		
<p><math>\rho_f</math>; 流体の代表密度  <math>\rho_t</math>; 側容量の代表密度</p>			



LN-3		入力サブルーチン	LNREAD	
関連モジュール	モジュールLN	変数名	DZL,FLNL,WGPL	
意味	自然循環力計算用データ	単位	m,deg	
<p style="text-align: center;">配管全長=2+3+4+2+2+3+5=16m</p>				
<p>DZL(1)=16.0            FLNL(I,I)=2.0, 3.0, 4.0, 2.0, 2.0, 3.0, 5.0            WGPL(1,1)=0.0, 90.0, 0.0, -90.0, 0.0, 45.0, 0.0</p>				
<p>FLWN, WGPLは20区分まで可。尚自然循環力を考慮しない場合は入力の必要なし。</p>				

LN-4		入力サブルーチン	LNREAD
関連モジュール	モジュールLN	変数名	NQL, NUMQL, NFITQL, TFITQL, QFITQL
意味	発熱密度データ	単位	下記

(入力例)

The diagram shows a horizontal pipe of total length 10m, divided into 5 segments labeled 1 to 5. Segment 1 has a length of 2m. A trapezoidal heat density distribution is shown below the pipe, with its base between segments 2 and 3. The graph to the right plots heat density (MW) against time (seconds). The density is constant at 2MW from 0 to 10 seconds, then decreases linearly to 1MW at 20 seconds, and remains constant at 1MW thereafter.

1 kW=860 kcal/h

$$1 \text{ MW} = 1.0 \times 10^3 \text{ kW} = \frac{860 \times 10^3}{3600} \text{ kcal/sec}$$

発熱密度は、

$$\frac{860 \times 10^3}{3600 \times 2.0} \text{ kcal/sec} = 119.44 \text{ kcal/sec}\cdot\text{m} \quad \text{1kW 発熱時}$$

1 番目配管要素の場合、以下のような入力データとなる。

```

DZL(1)=10.0,
NENDL(1)=5,
NUMQL(1,1)=2, 3,
NFITQL(1,1)=4, 4,
TFITQL(1,1,1)=0.0, 10.0, 20.0, 1.0E+20,
QFITQL(1,1,1)=238.88, 238.88, 119.44, 119.44,
TFITQL(1,2,1)=0.0, 10.0, 20.0, 1.0E+20,
QFITQL(1,2,1)=238.88, 238.88, 119.44, 119.44,
    
```

(発熱密度テーブルデータ入力の場合)

入力データ説明書

LN-5		入力サブルーチン	LNREAD
関連モジュール	モジュールLN	変数名	U2LIN
意味	側容量 $\longleftrightarrow$ 空気熱伝達率		単位
$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$			
$U2LIN(i) = \frac{Q_0}{T_0 - T_{\text{air}}} \cdot \frac{1}{\text{伝熱面積}}$ <p>ここで、</p> <p><math>T_0</math> : Na 基準温度 (<math>^\circ\text{C}</math>)</p> <p><math>T_{\text{air}}</math> : 雰囲気温度 (<math>^\circ\text{C}</math>)</p> <p><math>Q_0</math> : Na 基準温度、雰囲気温度のとき放散熱量 (<math>\text{kcal}/\text{sec} \cdot ^\circ\text{C}</math>)</p> $\therefore U2LIN(i) = \frac{Q_0}{TFXL(i) - TAIRL(i)} \cdot \frac{1}{A2L(i) * DZL(i)}$			

### 3.12 モジュールLS (水・蒸気系配管要素熱計算)

モジュールLS

1 機能

水・蒸気系給水配管の熱計算

2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
入口温度、エンタルピ	TEMP	出口温度、エンタルピ	TEMP
入口流量	FLWN	出口流量	FLWN
任意の外部エンタルピ (注1)	TEMP	自然循環力	TEMP
水・蒸気基準圧力 (注2) 算出用上流側圧力	PRSN	水・蒸気平均密度	TEMP
水・蒸気基準圧力 (注2) 算出用下流側圧力	PRSN		

(注1) 他モジュールとの循環流を考える時入力

(注2) 水・蒸気の物性値計算用

### 3 モデルの概要 (図LS-1参照)

- (1) 独立的な配管は、最大KNLS (注) 要素。
- (2) 各要素内の保有水・蒸気、及び側容量を流れ方向に多分割 (最大KMLS (注)) し、保有水・蒸気については多次おくれで近似。
- (3) 水・蒸気の逆流を考慮できる。
- (4) 順流時、各ノード間の自然対流に相当する循環流量を考慮できる。(循環流量の値は入力データ)
- (5) 蒸気の物性値は温度・圧力の関数、その他の物性値は温度の関数とする。但し側容量の物性値については、一定値として計算することも可。

(注) KNLS、KMLSはコンパイル時パラメータ文にて指定。

### 4 基礎式

#### (1) エネルギー保存側

水・蒸気

$$a_s \rho_s (Z, t) \frac{\partial}{\partial t} H_s (Z, t) = -G_s (Z, t) \frac{\partial}{\partial Z} H_s (Z, t) + \frac{a_s}{J} \frac{\partial}{\partial t} P_s (t) - U (Z, t) A (T_s (Z, t) - T_v (Z, t)) + Q_c \quad (1)$$

側容量

$$C_v M_v \frac{\partial}{\partial t} T_v (Z, t) = U (Z, t) A (T_s (Z, t) - T_v (Z, t)) \quad (2)$$

#### (2) 熱伝達率、及び伝熱式

熱伝達率

$$U (Z, t) = \frac{1}{\frac{d1+d2}{2dl} \frac{1}{a_s (Z, t)} + \frac{d1+d2}{4k_s} \ln \frac{d1+d2}{2dl}} \quad (3)$$

伝熱式 (Dittus-Boelter の式)

$$\alpha_s(Z, t) = \frac{k_s}{dl} (0.023 \text{Re}_s^{0.8} \text{Pr}_s^{0.4}) \quad (4)$$

$$\text{但し、} \text{Re}_s = \frac{|G_s(t)| dl}{\rho_s(Z, t) S_s v_s}$$

(3) 水・蒸気 (二相) 状態方程式

水・蒸気エンタルピー (二相)

$$H_s(Z, t) = (1.0 - X_s(Z, t)) H_{\text{fist}} + X_s(Z, t) H_{\text{gsat}} \quad (5)$$

水・蒸気密度 (二相)

$$\rho_s(Z, t) = \frac{\rho_{\text{gsat}} \cdot \rho_{\text{fist}}}{(1.0 - X_s(Z, t)) \rho_{\text{gsat}} + X_s(Z, t) \rho_{\text{fist}}} \quad (6)$$

(4) 水・蒸気質量保存則

$$\frac{\partial}{\partial Z} G_s(Z, t) + a_s \frac{\partial}{\partial t} \rho_s(Z, t) = 0 \quad (7)$$

(5) 自然循環力

$$\Delta H_s(t) = \int_Z \rho_s(Z, t) C_s dz \quad (8)$$

但し、 $f_g = -\sin \theta$

$\theta$  は、流れ方向と水平方向のなす角度

## 5 解 法

エネルギー保存則について下記解差式を解く。

流体（順流時）

$$\begin{aligned}
 & a_s \rho_s(i, j) \frac{H_s(i, j+1) - H_s(i, j)}{\Delta t} \\
 &= -G \sin(i, j) \frac{H_s(i, j) - H_s(i-1, j)}{\Delta z} + \frac{a_s}{J} \frac{P_s(j+1) - P_s(j)}{\Delta t} \\
 & - U(i, j+1) A (T_s(i, j) - T_v(i, j)) - G_x (2H_s(i, j) - H_s(i-1, j) - H_s(i+1, j)) \quad (9)
 \end{aligned}$$

流体（逆流時）

$$\begin{aligned}
 & a_s \rho_s(i, j) \frac{H_s(i, j+1) - H_s(i, j)}{\Delta t} \\
 &= -G \sin(i+1, j) \frac{H_s(i+1, j) - H_s(i, j)}{\Delta z} + \frac{a_s}{J} \frac{P_s(j+1) - P_s(j)}{\Delta t} \\
 & - U(i, j+1) A (T_s(i, j) - T_v(i, j)) \\
 & - G_x (2H_s(i, j) - H_s(i-1, j) - H_s(i+1, j)) \quad (10)
 \end{aligned}$$

側容量

$$C_v M_v \frac{T_v(i, j+1) - T_v(i, j)}{\Delta t} = U(i, j+1) A (T_s(i, j) - T_v(i, j)) \quad (11)$$

水・蒸気流量については下記階差式による。

$$G_{\text{Sout}}(i, j+1) = G \sin(i, j+1) - a_s \Delta z \frac{P_s(i, j+1) - P_s(i, j)}{\Delta t} \quad (12)$$

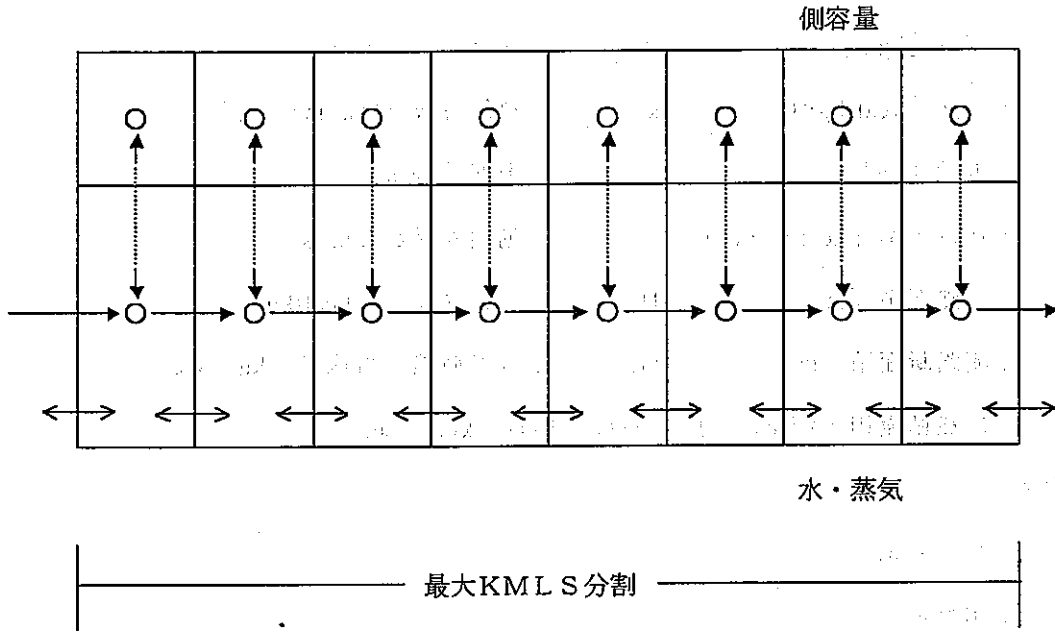


—記号説明—

T	; 温度 [°C]	Pe	; ペクレ数 [-]
G	; 流量 [kg/s]	Pr	; プラントル数 [-]
C	; 比熱 [kcal/kg·°C]	k	; 熱伝導数 [kcal/m·s·°C]
M	; 重量 [kg]	$\rho$	; 密度 [kg/m <sup>3</sup> ]
U	; 熱貫流率 [kcal/m <sup>2</sup> ·s·°C]	$\nu$	; 動粘性係数 [m <sup>2</sup> /s]
A	; 伝熱面積 [m <sup>2</sup> ]	H	; エンタルピー [kcal/kg]
a	; 流路断面積 [m <sup>2</sup> ]	G <sub>x</sub>	; 自然循環相当流量 [kg/sec]
Q <sub>c</sub>	; 自然循環相当流量に対応する移行熱量 [kcal/sec]		

(添字)

s	; 水・蒸気
v	; 側容量
fsat	; 飽和水
gsat	; 飽和蒸気



- ; 代表温度点
- ; 水・蒸気の流れ
- .....→ ; 熱伝達
- ; 自然対流相当循環流量

図LS-1 水・蒸気系給水配管熱計算モデル

表LS-1 モジュールLSサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
LSCONT	モジュールLS計算コントロール	MODULE SUB.
LSREAD	モジュールLS関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
LSININ	モジュールLS関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
LSRSTA	モジュールLS リスタートファイル の書出し、読み込み	MODULE SUB.
LSSTAT	モジュールLS初期設定計算	MODULE SUB.
LSTRNS	モジュールLS過渡計算	MODULE SUB.
LSCOEF	モジュールLS熱伝達率計算	MODULE SUB.
LSTDEL	モジュールLS計算進み時間中の計算	MODULE SUB.
LSPROP	モジュールLS物性値計算	MODULE SUB.
LSSAT	モジュールLS蒸気表、飽和蒸気条件の計算	MODULE SUB.
LSDNS	モジュールLS $H \rightarrow X, T, \rho$ $T, X \rightarrow H$	MODULE SUB.
LSWRIT	モジュールLS初期状態の出力、及び中間出力	MODULE SUB.
ZMETL1	構造材の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZSTEM1	蒸気の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZWATR1	水の物性値計算	ELEMENT SUB.





コモンブロック名	LSMI1 (2/7)			
関連サブルーチン	LSREAD (2/7)			
モジュールLS	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	LSREAD	
		ネームリスト名	NAMLS1	
変数名	意味		単位	備考
NTILS (i)	モジュールLS (i)	水・蒸気入口温度に対応するプール変数番号	—	TEMPに対応
NHILS (i)	モジュールLS (i)	水・蒸気入口エンタルピに対応するプール変数番号	—	TEMPに対応
NTOLS (i)	モジュールLS (i)	水・蒸気出口温度に対応するプール変数番号	—	TEMPに対応
NHOLS (i)	モジュールLS (i)	水・蒸気出口エンタルピに対応するプール変数番号	—	TEMPに対応
NFILS (i)	モジュールLS (i)	水・蒸気入口流量に対応する流路番号	—	FLWNに対応
NFOLS (i)	モジュールLS (i)	水・蒸気出口流量に対応する流路番号	—	FLWNに対応
NWLS (i)	モジュールLS (i)	水・蒸気側に対応する流路網番号	—	FLWNに対応
NHEXLS (i)	モジュールLS (i)	外部エンタルピプールに対応する変数番号	—	TEMPに対応(注)
NRSLS (i)	モジュールLS (i)	水・蒸気平均密度に対応するプール変数番号	—	TEMPに対応
NELLS (i)	モジュールLS (i)	自然循環力に対応するプール変数番号	—	TEMPに対応
	(注) 他モジュールとの循環流を考慮する時入力			
	i=KNLS			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LSMI1	(3/7)	
関連サブルーチン			
モジュールLS モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	LSREAD
		ネームリスト名	NAMLS1
変数名	意味	単位	備考
JPSLS (i)	モジュールLS (i) 水・蒸気基準圧力計算方法 = 1 ; 基準圧力=(P1+P2)/2 = 2 ; 基準圧力=P1+ΔP(G/G0) <sup>2</sup> Gは出口水・蒸気流量	—	
NPSLS1 (i)	モジュールLS (i) 上記 P1 に対応する圧力ノード番号	—	PRSN に対応
NPSLS2 (i)	モジュールLS (i) 上記 P2 に対応する圧力ノード番号	—	PRSN に対応
DPLSXX (i)	モジュールLS (i) 上記 ΔP に対応する圧力差初期値	$\frac{kg}{m^2}$	JPSLS(i)=2 の時入力
GOLSXX (i)	モジュールLS (i) 上記 G0 に対応する圧力差初期値	$\frac{kg}{sec}$	JPSLS(i)=2 の時入力
	i=KNLS		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LSMI1 (4/7)		
関連サブルーチン	モジュールLS モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	LSREAD	
	ネームリスト名	NAMLS1	
変数名	意味	単位	備考
NINTLS (i)	モジュールLS (i) 初期設定計算を行う順序	—	
KHBL S (i)	モジュールLS (i) ヒートバランス境界条件入力	—	
	= 0 ; 入力データ = 1 ; プール変数		
JHUPLS (i)	モジュールLS (i) ヒートバランス計算上エンタルピを固定する側のプール変数番号	—	(注)
TLS0 (i)	モジュールLS (i) 流体温度初期値	°C	KHBL S=0の時入力
XLS0 (i)	モジュールLS (i) 流体クオリティ初期値	—	
WLS0 (i)	モジュールLS (i) 流量初期値	$\frac{kg}{sec}$	
PSLS0 (i)	モジュールLS (i) 熱計算用基準圧力初期値	$\frac{kg}{m^2}$	
	(注) NHIL S(i)、又は NHOL S(i)の値を入力		
	i=KNLS		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	LSMI1	(5/7)	
関連サブルーチン			
モジュールLS モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	LSREAD
		ネームリスト名	NAMLS1
変数名	意味	単位	備考
IOTMLS (i)	モジュールLS (i) 計算進み =0, 一定 =1, コード中で計算	—	
DTIMLS (j, i)	モジュールLS (i) 計算時間進み巾入力 DTIMLS(j,i) ≤ 時間の時 計算時間進み巾=DDELLS(j,i)	sec	IOTMLS(i)=0 の時入力
DDELLS (j, i)		sec	IOTMLS(i)=0 の時入力
DCOTLS (i)	モジュールLS (i) 計算時間進み巾、計算値の係数	—	IOTMLS(i)=1 の時入力
DMAXLS (i)	モジュールLS (i) 計算進み時間巾 最大値	sec	IOTMLS(i)=1 の時入力
DMINLS (i)	モジュールLS (i) 計算進み時間巾 最小値	sec	IOTMLS(i)=1 の時入力
TMAXLS (i)	モジュールLS (i) 計算終了時間	sec	
	i=KNLS, j=5		

変数名リスト



コモンブロック名	LSMI 1 (7/7)		
関連サブルーチン			
	モジュールLS	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	LSREAD
		ネームリスト名	NAMLS1
変数名	意味	単位	備考
KPR1LS (i)	モジュールLS (i) 側容量物性値 = 1 ; 温度依存、 ≠ 1 ; 一定	—	
KPR2LS (i)	モジュールLS (i) 側容量の種類を示すインデックス	—	(注1)
TXXLS (i)	モジュールLS (i) 側容量基準温度	°C	(注2)
	(注1) =1 ; SUS316 =3 ; 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Cr-1Mo =2 ; SUS304 =4 ; 9Cr-1Mo =8 ; 12Cr		
	(注2) 物性値を温度に依らず一定とする場合代表値 (平均値) を入力		
	i =KNLS		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LSMI2 (1/2)		
関連サブルーチン			
	モジュールLS モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	LSREAD
		ネームリスト名	NAMLS2
変数名	意味	単位	備考
NENDLS (i)	モジュールLS (i) ノード分割数 (max.KMLS)	—	
D1LS (k, i)	モジュールLS (i) 第kノード 内径	m	
D2LS (k, i)	モジュールLS (i) 第kノード 外径	m	
A1LS (k, i)	モジュールLS (i) 第kノード 水・蒸気 ←→ 側容量伝面	m <sup>2</sup>	IOP1LS=1 の時入力
VSLS (k, i)	モジュールLS (i) 第kノード 水・蒸気容積	m <sup>3</sup>	
WWLS (k, i)	モジュールLS (i) 第kノード 側容量重量	kg	IOP1LS=1 の時入力
AVSLS (k, i)	モジュールLS (i) 第kノード 流路断面積 (流速計算用)	m <sup>2</sup>	
U1LSIN (i)	モジュールLS (i) 第kノード U1LS(i)の入力値 熱貫流率 (水・蒸気 ←→ 側容量)	kcal/ m2sec	
GXLS	モジュールLS (i) 自然対流相当循環流量	kg/sec	
AMX1LS (i)	モジュールLS (i) ヌッセルト数 ANSLS の最大値	—	
AMN1LS (i)	モジュールLS (i) ヌッセルト数 ANSLS の最小値	—	
	i = KNLS, k = KMLS		

変 数 名 リ ス ト











コモンブロック名	LSM1 (4/4)		
関連サブルーチン	モジュールLS モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
TSATLS	飽和温度	°C	
HWSTLS	飽和水 エンタルピ	kcal/kg	
HSSTLS	飽和蒸気 エンタルピ	kcal/kg	
HLSTLS	蒸発潜熱	kcal/kg	
RWSTLS	飽和水 密度	kg/m <sup>3</sup>	
RSSTLS	飽和蒸気 密度	kg/m <sup>3</sup>	
PRWSLS	飽和水 プラントル数		
PRSSLS	飽和蒸気 プラントル数	—	
VKWSLS	飽和水 動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec	
VKSSLS	飽和蒸気 動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec	
TKWSLS	飽和水 熱伝導率	kcal/ m·sec°C	
TKSSLS	飽和蒸気 熱伝導率	kcal/ m·sec°C	

## 変 数 名 リ ス ト

変数名	意味	単位	備考
コモンブロック名 LSM2 (1/4)			
関連サブルーチン			
モジュールLS モジュールサブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
TILS (n)	モジュールLS (i) 水・蒸気入口 温度	°C	プール変数との接続
HILS (n)	モジュールLS (i) 水・蒸気入口 エンタルピ	kcal/kg	プール変数との接続
TOLS (n)	モジュールLS (i) 水・蒸気出口 温度	°C	プール変数との接続
HOLS (n)	モジュールLS (i) 水・蒸気出口 エンタルピ	kcal/kg	プール変数との接続
GILS (n)	モジュールLS (i) 水・蒸気入口流量	kg/sec	プール変数との接続
GOLS (n)	モジュールLS (i) 水・蒸気出口流量	kg/sec	プール変数との接続
PSLS (n)	モジュールLS (i) 熱計算用基準圧力	kg/m <sup>2</sup>	プール変数との接続
HEXLS (n)	モジュールLS (i) 外部エンタルピ	kcal/kg	プール変数との接続
ARSLs (n)	モジュールLS (i) 水・蒸気平均密度	kg/m <sup>3</sup>	プール変数との接続
ELLS (n)	モジュールLS (i) 自然循環力	kg/m <sup>2</sup>	プール変数との接続
	n=2*KNLS		

## 変数名リスト



コモンブロック名	LSM2	(3/4)	
関連サブルーチン	モジュールLS モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
VLSLS (k)	蒸気流速	m/sec	
PRSLS (k)	蒸気プラントル数	—	
RESLS (k)	蒸気レイノルズ数	—	
ANSLS (k)	蒸気ヌセルト数	—	
ALSLS (k)	蒸気 film 熱伝達率	kcal/ m <sup>2</sup> sec°C	
	k=KMLS		

変数名リスト



LS-1		入力サブルーチン	LSREAD
関連モジュール	モジュールLS	変数名	下記
意味	配管データ	単位	—
<p>下記計算式に基づき設定する。</p> <p>当該配管が、内径・外径・長さ (<math>d_{ii}</math>, <math>d_{oi}</math>, <math>l_i</math>) の異なる、複数の配管の結合したものである場合。</p>			
変数名	計算式		
D1LS (i) $d_i$	$(d_o^2 - d_i^2) \cdot L = \sum_i (d_{oi}^2 - d_{ii}^2) \cdot L_i$ (体積保存)		
D2LS (i) $d_o$	$(d_o - d_i) \cdot L = \sum_i (d_{oi} - d_{ii}) \cdot L_i$ (伝面保存) を解く。		
A1LS (i)	$\pi \cdot \left( \frac{d_o + d_i}{2} \right)$		
VLS (i)	$\frac{\pi}{4} \sum_i d_{ii}^2 \cdot L_i$		
WWLS (i)	$\left[ \frac{\pi}{4} \sum_i (d_{oi}^2 - d_{ii}^2) \cdot L_i \right] \cdot \rho_t$		
AVLS (i)	$\left[ \frac{\pi}{4} \sum_i d_{ii}^2 \cdot L_i \right] / L$		
<p><math>\rho_t</math>; 側容量の代表密度</p>			

LS-2		入力サブルーチン	LSREAD
関連モジュール	モジュールLS	変数名	COFLS
意味	計算安定化用データ		単位
<p>本データは、計算上の不安定を回避するために設けられたものであり、その値は、半ば経験的に決まるものであり、特に決まった設定法はない。</p> <p>概略の目安としては、</p> <p style="padding-left: 40px;">COFLS(1,I)=0.0</p> <p style="padding-left: 40px;">COFLS(2,I)=0.0</p> <p>程度の数値が経験的には妥当である。</p> <p>尚計算不安定が生じた場合上記数値を大きくするのも一方策である。</p> <p>但し、急激な変化を計算する場合は、影響ないように小さくする必要がある。</p>			

### 3.13 モジュールMD (多次元熱流動計算)



モジュールMD

## 1 機能

非圧縮性単相流体の多次元熱流動計算。

## 2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
炉心、熱交換器等からの ヒートソース	TEMP	RVACS 部空気流量	TEMP
		炉心、熱交換器等に対応 する流量	FLWN
		炉心、熱交換器等の入口 温度	TEMP

## 3 モデルの概要 (図MD-1 参照)

- (1) メッシュ数は径方向最大 LI、軸方向最大 LJ、周方向最大 LK (注)。
- (2) 流体の自己発熱を模擬できる。また、他モジュールよりプール変数を介し、ヒートソースを与えることが可能。
- (3) メッシュ間ごとに熱通過を考慮できる。
- (4) 流体の種類を入力データにより指定できる。
- (5) 流体の物性値は温度の関数とする。

(注) LI、LJ、LKはコンパイル時にパラメータ文にて指定。

## 4 基礎式

基礎式は非圧縮性流体の運動量保存則、質量保存則およびエネルギー保存則であり、温度差による浮力効果はブジネ近似を用いている。なお、ここでは簡略化のため直交座標系の基礎式を示す。

## (1) 運動量保存則

x 方向(径方向)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial z} + w \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial P^*}{\partial x} - R_x + H_x + \frac{\partial}{\partial x} v_e \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} v_e \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} v_e \frac{\partial u}{\partial y} \quad (1)$$

y 方向(径方向)

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial z} + w \frac{\partial w}{\partial y} = -\frac{\partial P^*}{\partial z} - R_y + H_y + \frac{\partial}{\partial x} v_e \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} v_e \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} v_e \frac{\partial w}{\partial y} \quad (2)$$

z 方向(軸方向)

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial z} + w \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial P^*}{\partial z} - R_z + H_z + \frac{\partial}{\partial x} v_e \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} v_e \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} v_e \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} g \quad (3)$$

$$v_e = (v + \varepsilon_M) \quad (4)$$

## (2) 質量保存則

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (5)$$

## (3) エネルギー保存則

$$\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial z} + w \frac{\partial h}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} a_e \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} a_e \frac{\partial h}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} a_e \frac{\partial h}{\partial y} + Q \quad (6)$$

$$h = h(T) \quad (7)$$

$$a_e = (a + \varepsilon_H) \quad (8)$$

## 5 解 法

基礎式を差分式に離散化する方法としてはコントロールボリューム法を用いている。コントロールボリューム法の離散化時に円筒座標系( $r-\theta-z$ 系)及びポーラスボディの扱いを導入している。

流速計算では、運動方程式の時間項に対して前進差分、対流項に対しては差分パラメータを含んだ Skewup-Wind 法、又はドナーセル法 (第1次風上差分法)、粘性項に対しては中心差分を適用している。又、乱流の影響は0次で近似して、運動方程式の粘性項は下記のようなになる。

$$\left(1 + \frac{\varepsilon_M}{\nu}\right) \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$\left(1 + \frac{\varepsilon_M}{\nu}\right) \nu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

$$\left(1 + \frac{\varepsilon_M}{\nu}\right) \nu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

ここで、 $\varepsilon_M$  は渦拡散係数で入力データとなる。

解法は運動方程式の差分式より Explicit に流速  $u, v, w$  を求め、次に連立方程式を満足するように圧力の変化を ICCG 法、または PCG 法で解き、流速を修正することによって最終的な流速  $u, v, w$ , 圧力  $p^*$  を決定する方法を採用している。

温度計算では、各ステップで求めた流速  $u, v, w$  を既知の量として、エネルギー方程式の時間項に対して前進差分、対流項に対しては差分パラメータを含んだ Skewup-Wind 法、又はドナーセル法 (第1次風上差分法)、粘性項に対しては中心差分を適用している。

また、拡散項に対しても運動方程式の粘性項と同様に下記に示す近似を用いる。

$$\left(1 + \frac{\varepsilon_H}{\nu}\right) \nu \left( \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} \right)$$

ここで、 $\varepsilon_H$  は熱拡散係数で入力データとなる。

解法はエネルギー方程式の差分式より Explicit にエンタルピを計算している。

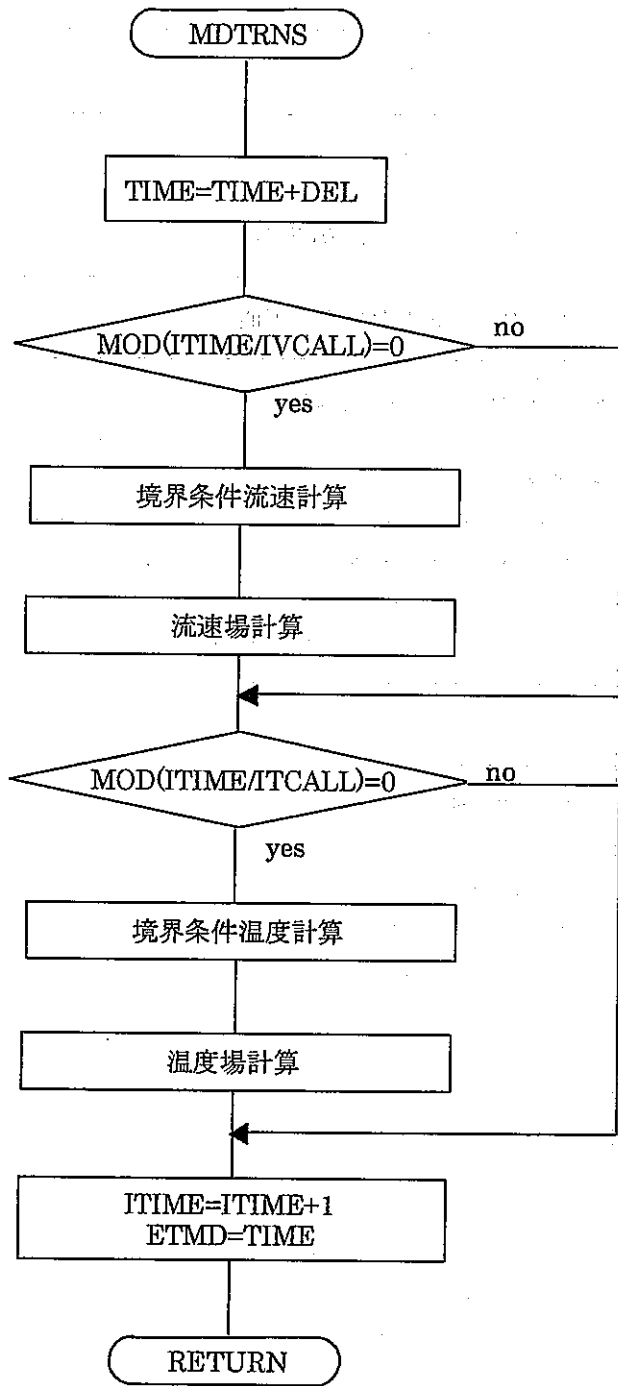
— 記号説明 —

[ 記号 ]

- u ; 径方向流速 (m/s)
- v ; 軸方向流速 (m/s)
- w ; 周方向流速 (m/s)
- P\* ; 圧力 (m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>)
- p ; 圧力 (Pa)
- R ; 圧力損失項 (m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>)
- H ; 圧力生成項 (m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>)
- T ; 温度(°C)
- H ; エンタルピ(kcal/kg)
- Q ; 発熱生成項(kcal/kg·s)
- ν ; 動粘性係数 (m<sup>2</sup>/s)
- a ; 温度伝導率(m<sup>2</sup>/s)
- ρ ; 密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- ε<sub>M</sub> ; 渦拡散係数 (m<sup>2</sup>/s)
- ε<sub>H</sub> ; 熱拡散係数 (m<sup>2</sup>/s)
- x ; 径方向メッシュ長さ (m)
- y ; 周方向メッシュ長さ (m)
- z ; 軸方向メッシュ長さ (m)

[ 添字 ]

- x ; 径方向
- y ; 周方向
- z ; 軸方向



図MD-1 sub.MDTRNSフローチャート

表MD-1 モジュールMDサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
MDCONT	計算コントロール	MODULE SUB.
MDHAED	ポンプヘッドの計算	MODULE SUB.
MDRAED	関連入力データの読み込み(その1)	MODULE SUB.
MDBLOK	関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
MDRSTA	リスタート・ファイル の書出し、読み込み	MODULE SUB.
MDSTAT	初期設定計算	MODULE SUB.
MDTRNS	過渡計算コントロール	MODULE SUB.
INPUT	関連入力データの読み込み(その2)	MODULE SUB.
BCSET	メッシュ設定	MODULE SUB.
VCALIN	境界条件流速計算	MODULE SUB.
VFIELD	流速場計算	MODULE SUB.
TCALIN	境界条件温度計算	MODULE SUB.
SOURCE	発熱項の計算	MODULE SUB.
TEXP	温度場計算	MODULE SUB.
PROP	物性値計算	MODULE SUB.
OUTPUT	プリント出力	MODULE SUB.



コモンブロック名	MDMI-1	(1/2)	
関連サブルーチン			
モジュールMD モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	MDREAD
		ネームリスト名	NAMMD1
変数名	意 味	単 位	備 考
IMDLMD	モジュールMD 計算実行の可否 =1:実行する ≠1:実行しない	—	
NINTMD	初期設定計算を行う順序	—	
TMAXMD	計算終了時間	sec	
NOMD (n1)	発熱/除熱量に対応するプール変数番号	—	IQDPN=2 の時
NRMD	RVACS を模擬するメッシュ数	—	
NWRMD	RVACS の空気流量に対応する流路網プール変数番号	—	
NFRMD	RVACS の空気流量に対応する流路プール変数番号	—	
NI RMD (n2)	RVACS を模擬する径方向メッシュ番号	—	
NJ RMD (n2)	RVACS を模擬する軸方向メッシュ番号	—	
NK RMD (n2)	RVACS を模擬する周方向メッシュ番号	—	
	n1=100、n2=50		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	MDMI 1	(2/2)	
関連サブルーチン			
モジュールMD モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	MDREAD
		ネームリスト名	NAMMD1
変数名	意味	単位	備考
NFMD	他の熱計算モジュールへ接続する流路数	—	
NWFMD	他の熱計算モジュールへ接続する流路網プール変数番号	—	FLWN に対応
NFFMD (n 3)	他の熱計算モジュールへ接続する流路プール変数番号	—	FLWN に対応
NI FMD (n 3)	他の熱計算モジュールへ接続するときの流量算出基準となる径方向メッシュ番号	—	
NJ FMD (n 3)	他の熱計算モジュールへ接続するときの流量算出基準となる軸方向メッシュ番号	—	
NK FMD (n 3)	他の熱計算モジュールへ接続するときの流量算出基準となる径方向メッシュ番号	—	
I J K FMD (n 3)	他の熱計算モジュールへ接続するときの流量算出基準となる方向 = 1: 径方向整流 = 2: 軸方向整流 = 3: 周方向整流 =-1: 径方向整流 =-2: 軸方向整流 =-3: 周方向整流	—	
NT I MD (n 3)	他の熱計算モジュールへ接続するときの入口温度に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
NT O MD (n 3)	他の熱計算モジュールへ接続するときの出口温度に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
NI T MD (n 3)	他の熱計算モジュールへ接続するときの出入口温度に対応する径方向メッシュ番号	—	
NJ T MD (n 3)	他の熱計算モジュールへ接続するときの出入口温度に対応する軸方向メッシュ番号	—	
NK T MD (n 3)	他の熱計算モジュールへ接続するときの出入口温度に対応する周方向メッシュ番号	—	
	n 3 = 3 0		

変数名リスト

コモンブロック名	MDMI 2		(1/2)
関連サブルーチン			
	入力サブルーチン	MDREAD	
モジュールMD	モジュールサブルーチン	ネームリスト名	NAMMD2
変数名	意味	単位	備考
NNPN 2	ポンプ基数 (max. 20)	—	
JPUHD 2 (i)	ポンプ i のポンプヘッドが格納されているプール変数のインデックス	—	PMPN(j, i) の j
NWPMD (i)	ポンプ i の流量を格納するプール変数のインデックス	—	FLWN(m, n) の n
NFPMD (i)	ポンプ i の流量を格納するプール変数のインデックス	—	FLWN(m, n) の m
LPUMPI (i)	ポンプ i を設置する位置の径方向メッシュ番号	—	
LPUMPJ (i)	ポンプ i を設置する位置の軸方向メッシュ番号	—	
LPUMPK (i)	ポンプ i を設置する位置の周方向メッシュ番号	—	
IDIR (i)	ポンプ i のポンプヘッドが加わる方向 = 1 or -1 径方向 = 2 or -2 軸方向 = 3 or -3 周方向 マイナスは負方向を示す	—	
	i=1~20		

変 数 名 リ ス ト

入力データの分類	流動計算データ/構造データ		(1/4)
関連サブルーチン			
	モジュールHX	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	INPUT
		ネームリスト名	GDATA
変数名	意 味	単 位	備 考
I BAR	径方向セル数 (ダミーセルを除く)	—	
J BAR	軸方向セル数 (ダミーセルを除く)	—	
K BAR	周方向セル数 (ダミーセルを除く)	—	
KMAP (LK)	軸方向断面の物質構成マップ出力オプション KMAP (K) = 0 : K 番目軸方向断面を出力しない KMAP (K) = 1 : " 出力する	—	
R 0	円筒座標系における径方向原点の座標値	m	
MATNO (LI, LJ, LK)	セルの物質番号 =0: 構造材 =1: ナトリウム =2: アルゴン =3: 空気 =4: 鉛 =5: 鉛-ビスマス	—	負のときは流動計算をせず構造をブール変数から入力
DEL I (L I)	径方向セル長さ	m	
DEL J (L J)	軸方向セル長さ	m	
DEL K (L K)	周方向セル角度	度	
FLOW I (LI, LJ, LK)	径方向流体境界 0.0<FLOWI≤1.0: 面積閉じ率(構造物の面積割合) =-1.0: フリースリップ境界 =0.0: 流体境界 =2.0: 出口境界 =3.0: 入口境界	—	
FLOW J (LI, LJ, LK)	軸方向流体境界 0.0<FLOWJ≤1.0: 面積閉じ率(構造物の面積割合) =-1.0: フリースリップ境界 =0.0: 流体境界 =2.0: 出口境界 =3.0: 入口境界	—	
FLOW K (LI, LJ, LK)	周方向流体境界 0.0<FLOWK≤1.0: 面積閉じ率(構造物の面積割合) =-1.0: フリースリップ境界 =0.0: 流体境界 =2.0: 出口境界 =3.0: 入口境界	—	
VOLF (LI, LJ, LK)	セルの体積閉じ率(構造物の体積割合)	—	

変 数 名 リ ス ト



入力データの分類	出力制御/計算オプション選択	(3/4)	
関連サブルーチン			
	モジュールHX モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	INPUT
		ネームリスト名	GDATA
変数名	意味	単位	備考
DTRST	リスタートファイル書き出し時間間隔	sec	
IRSTRT	リスタートする計算番号 スタート計算時は0とする。リスタート計算時に大きな値 とすると、リスタートファイルの最後の情報を読み込む	—	
NSTART	入力側リスタートファイルの機番 スタート計算時は0、リスタート計算時は1を指定する	—	
NTWRT	出力側リスタートファイルの機番 2を指定する	—	
NPLOT	プロットファイルの機番 3を指定する	—	
NPLOTV	時系列流速プロットファイルの機番 8を指定する	—	
TPRINT (10)	プリント出力時間 最後は計算時間以上とする	—	
JPRINT (15)	プリント出力オプション K=0:出力しない      K=10:乱流エネルギー, Q K=1:径方向流速, U      K=11:消散率, E K=2:軸方向流速, V      K=12:渦粘性係数, ANYUT K=3:周方向流速, W      K=13: K=4:径方向粘性, TAUJ      K=14: K=5:軸方向粘性, TAUJ      K=15:発熱量, QCAL K=6:周方向粘性, TAUJ K=7:エンタルピ, H K=8:温度, T K=9:圧力, P	—	
KPRINT (15)	プリントアウトするY方向断面	—	
DTPRT	プリント出力時間間隔	sec	
IDM	診断メッセージ出力の時間間隔	sec	

変 数 名 リ ス ト

入力データの分類		出力制御/計算オプション選択 (4/4)	
関連サブルーチン			
		入力サブルーチン	INPUT
		ネームリスト名	GDATA
変数名	意味	単位	備考
IDRC (10)	プロットファイルに書き出す流速の指定 =1:径方向 =2:軸方向 =3:周方向	—	
ILOCA (10)	プロットファイルに書き出す径方向セル番号	—	
JLOCA (10)	プロットファイルに書き出す軸方向セル番号	—	
KLOCA (10)	プロットファイルに書き出す周方向セル番号	—	
DTPLT	時系列プロットデータ書き出し時間間隔	sec	
ISU	プロットファイルに書き出す流速の個数	—	
IQDPN	発熱量オプション =0:ネームリスト INC の発熱量テーブルを使用しない =1: " " 使用する =2:プール変数で発熱量を与える	—	
ICYL	=1:円筒座標系 ≠1:直交座標系	—	
ICYCLE	=1:θ方向にCyclicな流況である ≠1:θ方向にCyclicな流況でない	—	
MATNO1	1次側流体を示すインデックス =1:ナトリウム =2:アルゴン =3:空気 =4:鉛 =5:鉛-ビスマス	—	
MATNO2	カバーガスを示すインデックス =2:アルゴン	—	

変 数 名 リ ス ト

入力データの分類		流動計算データ		(1/4)
関連サブルーチン				
		入力サブルーチン	INPUT	
		ネームリスト名	VDATA	
変数名	意味	単位	備考	
U (LI, LJ, LK)	径方向流速	m/sec		
V (LI, LJ, LK)	軸方向流速	m/sec		
W (LI, LJ, LK)	周方向流速	m/sec		
P (LI, LJ, LK)	圧力( $P^*=gP/\rho$ )	m <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>		
RESU (LI, LJ, LK)	径方向圧力損失係数	—		
RESV (LI, LJ, LK)	軸方向圧力損失係数	—		
RESW (LI, LJ, LK)	周方向圧力損失係数	—		
GJ	軸方向重力加速度	—		
T0	基準密度を計算する代表温度	℃		
T2	基準密度を計算する代表温度(カバーガス部)	℃		
EPSV	流動計算におけるマスバランス収束判定値	—	Default 0.001	
OMG	未使用	—	—	
INU	流動計算における粘性係数のオプション =1:計算する    ≠:計算しない			

変数名リスト

入力データの分類	流動計算データ	(1/1)	
関連サブルーチン			
		入力サブルーチン	INPUT
		ネームリスト名	VDATA
変数名	意味	単位	備考
MAXIT	マスバランスにおける最大反復回数	—	
IOPT1	未使用	—	
LICCG (LI, LJ, LK)	=2: 圧力方程式を PCG 法により解く ≠2: 圧力方程式を ICCG 法により解く 注) PCG 法は ICCG 法に比べ、プログラムのベクトル化が優れており、ベクトル計算機能が付いている計算機では CPU 時間が少なくて済む。	—	
JCONV	=2: 流速の移流項に skew up wind 法を用いる ≠2: 流速の移流項に 1 次精度風上差分法を用いる	—	
ALPHV	=2: 完全風上差分法(もっとも安定した解を得る) ≠2: 中心差分	—	
IOPTRE	=1: Jacob の式より軸方向圧力損失係数を計算する ≠1: " を計算しない	—	IOPTRE=1 の時 Jacob の式に相当する軸方向圧力損失係数をコード内で計算する
RESVA (LI, LJ, LK)	Jacob の式に相当する軸方向圧力損失係数	—	IOPTRE≠1 の時 Jacob の式に相当する軸方向圧力損失係数を入力データで与える

変 数 名 リ ス ト



入力データの分類		熱計算データ		(1/1)
関連サブルーチン				
		入力サブルーチン	INPUT	
		ネームリスト名	TDATA	
変数名	意	味	単	位
T (LI, LJ, LK)	初期温度		°C	
QCAL (LI, LJ, LK)	発熱/除熱量 正: 発熱、負: 除熱		Kcal/m <sup>3</sup> s	
MESH	発熱/除熱を考慮するメッシュ数		—	IQDPN=1 または 2 の時
IQCAL (JA)	発熱/除熱を考慮する径方向メッシュ番号		—	〃
JQCAL (JA)	発熱/除熱を考慮する軸方向メッシュ番号		—	〃
KQCAL (JA)	発熱/除熱を考慮する周方向メッシュ番号		—	〃

変数名リスト

入力データの分類		熱流動計算境界条件データ (1/2)	
関連サブルーチン			
		入力サブルーチン	INPUT
		ネームリスト名	INIC
変数名	意 味	単 位	備 考
TIMUT (JA, JB)	温度に対応する時間テーブル	sec	
TIMUU (JA, JB)	径方向流速に対応する時間テーブル	sec	
TIMUV (JA, JB)	軸方向流速に対応する時間テーブル	sec	
TIMUW (JA, JB)	周方向流速に対応する時間テーブル	sec	
TFUNC (JA, JB)	温度のテーブル	℃	
UFUNC (JA, JB)	径方向流速に対応するテーブル (初期流量を1.0とする)	—	
VFUNC (JA, JB)	軸方向流速に対応するテーブル (初期流量を1.0とする)	—	
WFUNC (JA, JB)	周方向流速に対応するテーブル (初期流量を1.0とする)	—	
IINLET (JA)	温度、流速をあたえる径方向メッシュ番号 (負の時は左側境界)	—	
JINLET (JA)	温度、流速をあたえる径方向メッシュ番号 (負の時は上側境界)	—	
KINLET (JA)	温度、流速をあたえる径方向メッシュ番号 (負の時は手前境界)	—	
MESHIN	温度、流速をあたえるメッシュ数	—	
TSTART	温度、流速をあたえ始める時間	sec	

## 変 数 名 リ ス ト



入力データの分類		発熱量データ		(1/1)
関連サブルーチン				
		入力サブルーチン	INPUTT	
		ネームリスト名	INGEOM	
変数名	意味	単位	備考	
MM	ダミー 0.0を入力	—		
IXCALL	=0:多モジュールから発熱量を受け取らない =1:1 ステップごとに多モジュールから発熱量を受け取る	—		
NN	ダミー 0.0を入力	—		
NN1	ダミー 0.0を入力	—		
NN2	ダミー 0.0を入力	—		
SDC	ダミー 1.0を入力	—		

変 数 名 リ ス ト





MD-1		入力サブルーチン	MDREAD、INPUT
モジュールMD	モジュールMD	変数名	NQMD、MESHQ、IQCAL、JQCAL、KQCAL、IQDPN
意味	発熱/除熱密度に対応するプール変数 (モジュールHXとの結合の場合)		単位 —

IQDPN=2 のときに発熱/除熱密度に対応するプール変数を指定する。  
モジュールMDとモジュールHXを結合するサンプルモデル

モジュールMD 解析モデルにおける発熱密度

QCAL(2,2,2)	QCAL(3,2,2)	QCAL(4,2,2)
QCAL(2,3,2)	QCAL(3,3,2)	QCAL(4,3,2)
QCAL(2,4,2)	QCAL(3,4,2)	QCAL(4,4,2)
ch.1	ch.2	ch.3

モジュールHX 解析モデルにおける発熱量

TEMP(1)	TEMP(4)	TEMP(7)	
TEMP(2)	TEMP(5)	TEMP(8)	
TEMP(3)	TEMP(6)	TEMP(9)	
ch.1	ch.2	ch.3	HX メッシュ

↑ ↑ ↑  
発熱量を配分  
総発熱量 TEMP(10)

上記サンプルモデルに対応する入力データは

モジュールMD 入力データ

```

&NAMMD1
NQMD(1) = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
&END
&TDATA
MESHQ=9,
IQCAL(1) = 3*2, 3*3, 3*4,
JQCAL(1) = 2, 3, 4, 2, 3, 4, 2, 3, 4,
KQCAL(1) = 9*2,
&END
&GDATA
IQDPN=2,
&END
        
```

モジュールHX 入力データ

```

&NAMHX1
IQSHX(1) = 3*1, NCHHX(1) = 3,
NQSHX(1,1,1) = 1, 2, 3,
NQSHX(1,2,1) = 4, 5, 6,
NQSHX(1,3,1) = 7, 8, 9,
NTQSHX(1) = 10,
GQSHX(1,1)=3*0.3333,
&END
        
```

モジュールMD の入力データの説明

MESHQ 発熱/除熱を考慮するメッシュ数

IQCAL 発熱/除熱を考慮する径方向メッシュ番号

JQCAL 発熱/除熱を考慮する軸方向メッシュ番号

KQCAL 発熱/除熱を考慮する周方向メッシュ番号

NQMD 発熱/除熱密度に対応するプール変数番号

IQDPN =0: 発熱/除熱密度を入力しない  
=1: 発熱/除熱密度をテーブルから入力  
=2: 発熱/除熱密度をプール変数から入力

モジュールHX の入力データの説明

IQSHX =1: MD モジュールと接続する

NCHHX MD モジュールの HX に相当するチャンネル数

NQSHX 失熱量に対応するプール変数番号

NTQSHX 総失熱量に対応するプール変数番号

GQSHX 失熱量配分係数

MD-2		入力サブルーチン	NAMMD1																													
関連モジュール	モジュールMD	変数名	NFMD、NFFMD、NWFMD、NIFMD、NJFMD、NKFMD、IJKFMD																													
意味	流量に対応するプール変数 (モジュールHXとの結合の場合)		単位	—																												
<p>サンプルモデル</p> <p>モジュールMD 解析モデルにおける流速</p> <table border="1"> <tr> <td>U,V,W(2,2,2)</td> <td>U,V,W(3,2,2)</td> <td>U,V,W(4,2,2)</td> </tr> <tr> <td>U,V,W(2,3,2)</td> <td>U,V,W(3,3,2)</td> <td>U,V,W(4,3,2)</td> </tr> <tr> <td>U,V,W(2,4,2)</td> <td>U,V,W(3,4,2)</td> <td>U,V,W(4,4,2)</td> </tr> <tr> <td>ch.1</td> <td>ch.2</td> <td>ch.3</td> </tr> </table> <p>モジュールMD 解析モデルにおける流量</p> <table border="1"> <tr> <td>FLWN(1, 1)</td> <td>FLWN(2, 1)</td> <td>FLWN(3, 1)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FLWN(1, 1)</td> <td>FLWN(2, 1)</td> <td>FLWN(3, 1)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FLWN(1, 1)</td> <td>FLWN(2, 1)</td> <td>FLWN(3, 1)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ch.1</td> <td>ch.2</td> <td>ch.3</td> <td>HX メッシュ</td> </tr> </table> <p>制御系モジュールで流量を合計 総流量 FLWN(4,1)</p>					U,V,W(2,2,2)	U,V,W(3,2,2)	U,V,W(4,2,2)	U,V,W(2,3,2)	U,V,W(3,3,2)	U,V,W(4,3,2)	U,V,W(2,4,2)	U,V,W(3,4,2)	U,V,W(4,4,2)	ch.1	ch.2	ch.3	FLWN(1, 1)	FLWN(2, 1)	FLWN(3, 1)		FLWN(1, 1)	FLWN(2, 1)	FLWN(3, 1)		FLWN(1, 1)	FLWN(2, 1)	FLWN(3, 1)		ch.1	ch.2	ch.3	HX メッシュ
U,V,W(2,2,2)	U,V,W(3,2,2)	U,V,W(4,2,2)																														
U,V,W(2,3,2)	U,V,W(3,3,2)	U,V,W(4,3,2)																														
U,V,W(2,4,2)	U,V,W(3,4,2)	U,V,W(4,4,2)																														
ch.1	ch.2	ch.3																														
FLWN(1, 1)	FLWN(2, 1)	FLWN(3, 1)																														
FLWN(1, 1)	FLWN(2, 1)	FLWN(3, 1)																														
FLWN(1, 1)	FLWN(2, 1)	FLWN(3, 1)																														
ch.1	ch.2	ch.3	HX メッシュ																													
<p>サンプルモデルに対応する入力データ</p> <p>モジュールMD 入力データ</p> <pre> &amp;NAMMD1 NFMD=3, NFFMD(1)= 1,2,3, NWFMD(1)= 3*1, NIFMD(1)= 2,3,4, NJFMD(1)= 3*2, NKFMD(1)= 3*2, IJKFMD(1)= 3*2, &amp;END </pre> <p>モジュールMD の入力データの説明</p> <p>NFMD 接続する流路数 NFFMD 接続する流路のプール変数番号 NWFMD 接続する流路網のプール変数番号 NIFMD 対応する径方向メッシュ番号 NJFMD 対応する軸方向メッシュ番号 NKFMD 対応する周方向メッシュ番号 IJKFMD 流量算出時の方向</p> <p>モジュール HX 入力データ</p> <pre> &amp;NAMHX1 NWPHX(1)=1, NFPHX(1)=4, &amp;END </pre> <p>モジュール HX の入力データの説明</p> <p>NWPHX 流路網に対応するプール変数番号 NFPHX 流路に対応するプール変数番号</p>																																



MD-3		入力サブルーチン	MDREAD												
関連モジュール	モジュールMD	変数名	NFTMD、NITIMD、NJTIMD、NKTIMD												
意味	温度に対応するプール変数 (モジュールHXとの結合の場合)		単位 —												
<p>サンプルモデル</p> <p>モジュール MD 解析モデルにおける温度      モジュール HX 解析モデルにおける入口温度</p> <p style="text-align: center;">制御系モジュールで入口温度を計算</p> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr> <td>T(2,2,2)</td> <td>T(3,2,2)</td> <td>T(4,2,2)</td> </tr> <tr> <td>T(2,3,2)</td> <td>T(3,3,2)</td> <td>T(4,3,2)</td> </tr> <tr> <td>T(2,4,2)</td> <td>T(3,4,2)</td> <td>T(4,4,2)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ch.1</td> <td style="text-align: center;">ch.2</td> <td style="text-align: center;">ch.3</td> </tr> </table> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">入口温度 TEMP(1)</p> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 60px; margin: 0 auto;"></div> <p style="text-align: center;">HX メッシュ</p> </div>				T(2,2,2)	T(3,2,2)	T(4,2,2)	T(2,3,2)	T(3,3,2)	T(4,3,2)	T(2,4,2)	T(3,4,2)	T(4,4,2)	ch.1	ch.2	ch.3
T(2,2,2)	T(3,2,2)	T(4,2,2)													
T(2,3,2)	T(3,3,2)	T(4,3,2)													
T(2,4,2)	T(3,4,2)	T(4,4,2)													
ch.1	ch.2	ch.3													
<p>サンプルモデルに対応する入力データ</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>モジュールMD 入力データ</p> <pre>&amp;NAMMD1   NFTMD=3,   NITIMD(1)= 2,3,4,   NJTIMD(1)= 3*2,   NKTIMD(1)= 3*2, &amp;END</pre> <p>モジュールMD の入力データの説明</p> <p>NFTMD 接続する温度数</p> <p>NIFMD 対応する径方向メッシュ番号</p> <p>NIFMD 対応する径方向メッシュ番号</p> <p>NJFMD 対応する軸方向メッシュ番号</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>モジュールHX 入力データ</p> <pre>&amp;NAMHX1   NTPHX(1)=1, &amp;END</pre> <p>モジュールHX の入力データの説明</p> <p>NTPHX 入口温度に対応するプール変数番号</p> </div> </div>															

MD-4		入力サブルーチン	MDREAD、INPUT																								
関連モジュール	モジュールMD	変数名	NQMD、MESHQ、IQCAL、JQCAL、KQCAL、IQDPN																								
意味	発熱/除熱密度に対応するプール変数 (モジュールRXとの結合の場合)		単位 —																								
<p>IQDPN=2 のときに発熱/除熱密度に対応するプール変数を指定する。</p> <p>モジュールMD とモジュールRX を結合するサンプルモデル                  モジュールMD 解析モデルにおける発熱密度                      モジュールRX 解析モデルにおける発熱量</p> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr><td>QCAL(2,2,2)</td><td>QCAL(3,2,2)</td><td>QCAL(3,2,2)</td></tr> <tr><td>QCAL(2,3,2)</td><td>QCAL(3,3,2)</td><td>QCAL(3,3,2)</td></tr> <tr><td>QCAL(2,4,2)</td><td>QCAL(3,4,2)</td><td>QCAL(3,4,2)</td></tr> <tr><td>ch.1</td><td>ch.2</td><td>ch.3</td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td>TEMP(3)</td><td>TEMP(6)</td><td>TEMP(9)</td></tr> <tr><td>TEMP(2)</td><td>TEMP(5)</td><td>TEMP(8)</td></tr> <tr><td>TEMP(1)</td><td>TEMP(4)</td><td>TEMP(7)</td></tr> <tr><td>ch.1</td><td>ch.2</td><td>ch.3</td></tr> </table>				QCAL(2,2,2)	QCAL(3,2,2)	QCAL(3,2,2)	QCAL(2,3,2)	QCAL(3,3,2)	QCAL(3,3,2)	QCAL(2,4,2)	QCAL(3,4,2)	QCAL(3,4,2)	ch.1	ch.2	ch.3	TEMP(3)	TEMP(6)	TEMP(9)	TEMP(2)	TEMP(5)	TEMP(8)	TEMP(1)	TEMP(4)	TEMP(7)	ch.1	ch.2	ch.3
QCAL(2,2,2)	QCAL(3,2,2)	QCAL(3,2,2)																									
QCAL(2,3,2)	QCAL(3,3,2)	QCAL(3,3,2)																									
QCAL(2,4,2)	QCAL(3,4,2)	QCAL(3,4,2)																									
ch.1	ch.2	ch.3																									
TEMP(3)	TEMP(6)	TEMP(9)																									
TEMP(2)	TEMP(5)	TEMP(8)																									
TEMP(1)	TEMP(4)	TEMP(7)																									
ch.1	ch.2	ch.3																									
<p>上記サンプルモデルに対応する入力データは</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>モジュールMD 入力データ</p> <pre>&amp;TDATA MESHQ = 9, IQCAL(1) = 3*2, 3*3, 3*4, JQCAL(1) = 2, 3, 4, 2, 3, 4, 2, 3, 4, KQCAL(1) = 9*2, &amp;END &amp;NAMMD NQMD(1) = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, &amp;END &amp;GDATA IQDPN=2, &amp;END</pre> <p>モジュールMD の入力データの説明</p> <p>MESHQ 発熱/除熱を考慮するメッシュ数</p> <p>IQCAL 発熱/除熱を考慮する径方向メッシュ番号</p> <p>JQCAL 発熱/除熱を考慮する軸方向メッシュ番号</p> <p>KQCAL 発熱/除熱を考慮する周方向メッシュ番号</p> <p>NQMD 発熱/除熱密度に対応するプール変数番号</p> <p>IQDPN =0:発熱/除熱密度を入力しない                  =1:発熱/除熱密度をテーブルから入力                  =2:発熱/除熱密度をプール変数から入力</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>モジュールRX 入力データ</p> <pre>&amp;NAMRX1 IQSRX(1) = 3*1, NQSRX(1,1) = 1, 2, 3, NQSRX(1,2) = 4, 5, 6, NQSRX(1,3) = 7, 8, 9, &amp;END</pre> <p>モジュールRX の入力データの説明</p> <p>IQSRX =1:チャンネルK の各メッシュのクラッド、ラッパ管からの入熱量をプール変数に出力する</p> <p>NQSRX クラッド、ラッパ管からの入熱量に対応するプール変数番号</p> </div> </div>																											

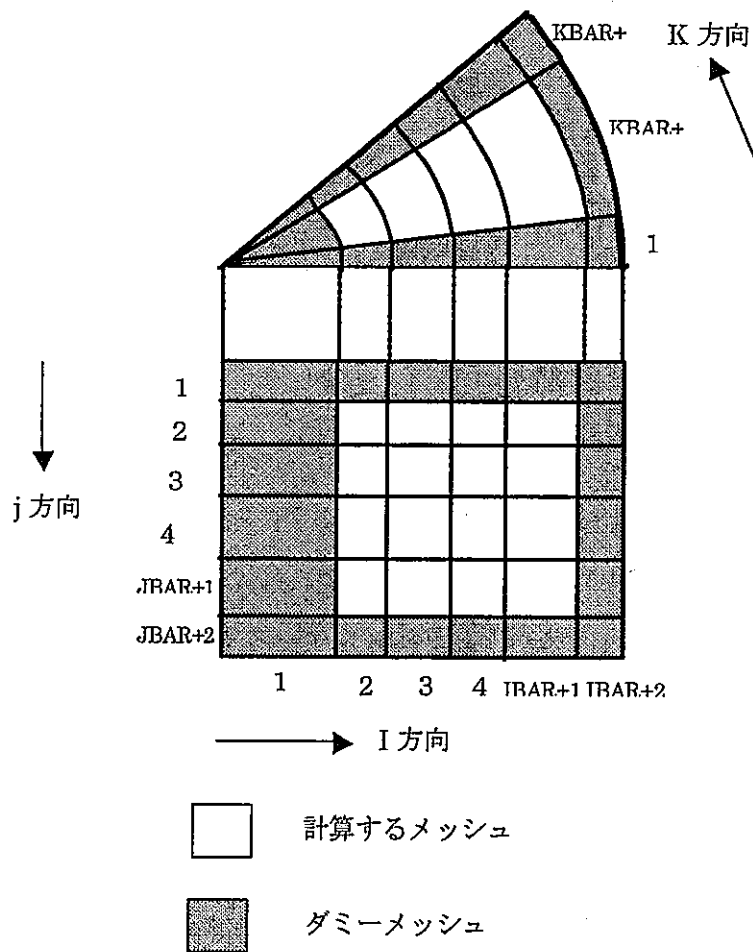
MD-5		入力サブルーチン	MDREAD		
関連モジュール	モジュールMD	変数名	NFMD, NFFMD, NWFMD, NIFMD, NJFMD, NKFMD, IJKFMD		
意味	流量に対応するプール変数 (モジュールRXとの結合の場合)	単位	—		
サンプルモデル					
モジュールMD 解析モデルにおける流速			モジュールRX 解析モデルにおける流量		
U,V,W(2,2,2)	U,V,W(3,2,2)	U,V,W(4,2,2)	FLWN(1, 1)	FLWN(2, 1)	FLWN(3, 1)
U,V,W(2,3,2)	U,V,W(3,3,2)	U,V,W(4,3,2)	FLWN(1, 1)	FLWN(2, 1)	FLWN(3, 1)
U,V,W(2,4,2)	U,V,W(3,4,2)	U,V,W(4,4,2)	FLWN(1, 1)	FLWN(2, 1)	FLWN(3, 1)
ch.1	ch.2	ch.3	ch.1	ch.2	ch.3
			↑	↑	↑
サンプルモデルに対応する入力データ					
モジュールMD 入力データ			モジュールRX 入力データ		
<pre> &amp;NAMMD1   NFMD=3,   NFFMD(1)= 1,2,3,   NWFMD(1)= 3*1,   NIFMD(1)= 2,3,4,   NJFMD(1)= 3*4,   NKFMD(1)= 3*2,   IJKFMD(1)= 3*-2, &amp;END           </pre>			<pre> &amp;NAMRX1   NWRRX(1)=3*1,   NFRRX(1)=1,2,3, &amp;END           </pre>		
モジュールMD の入力データの説明			モジュールRX の入力データの説明		
NFMD 接続する流路数			NWRRX 流路網に対応するプール変数番号		
NFFMD 接続する流路のプール変数番号			NFRRX 流路に対応するプール変数番号		
NWFMD 接続する流路網のプール変数番号					
NIFMD 対応する径方向メッシュ番号					
NJFMD 対応する軸方向メッシュ番号					
NKFMD 対応する周方向メッシュ番号					
IJKFMD 流量算出時の方向					

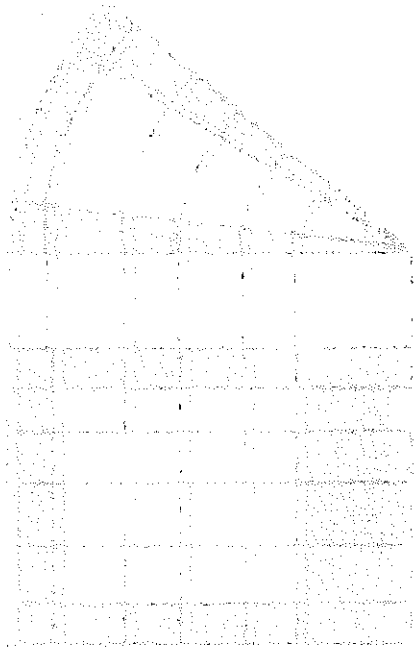


MD-7		入力サブルーチン	INPUT
関連モジュール	モジュールMD	変数名	IBAR, JBAR, KBAR, DELI, DELJ, DELK
意味	メッシュ数およびメッシュ長さ	単位	—

- IBAR: 実際に計算する I 方向メッシュ数
- JBAR: 実際に計算する J 方向メッシュ数
- KBAR: 実際に計算する K 方向メッシュ数
- DELI: ダミーメッシュを含む I 方向メッシュ長さ
- DELJ: ダミーメッシュを含む J 方向メッシュ長さ
- DELK: ダミーメッシュを含む K 方向メッシュ長さ

下図に示すように計算メッシュの外側にダミーメッシュを配置する。IBAR, JBAR, KBAR は実際に計算するメッシュ数であり、各方面のメッシュ数は IBAR, JBAR, KBAR より 2 つずつ多くなる。DDELI, DELJ, DELK はダミーメッシュに関してもあたえるために、IBAR, JBAR, KBAR より 2 つずつ多くなる。ダミーメッシュの長さは通常ゼロでも構わないが、1.0E-05 程度の値を与える。ただし、中空 2 重円柱の場合、容積を保存するために DELI (1) に中空円柱内径を与える



MD-8		入力サブルーチン	INPUT
関連モジュール	モジュールMD	変数名	FLOWI, FLOWJ, FLOWK, VOLF
意味	セルの面積閉じ率および体積閉じ率		単位
<p>FLOWI、FLOWJ および FLOWK は、径方向、軸方向および周方向の面積閉じ率(セル表面積に対する構造物の面積割合)である。つまり、(1-パーミアビリティ)である。なお、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>=0.0:流体境界</li> <li>=-1.0:フリースリップ境界</li> <li>=2.0:入口境界</li> <li>=3.0:出口境界</li> </ul> <p>として境界条件を与えることも可能である。</p> <p>VOLF はセル体積閉じ率(セル体積に対する構造物の体積割合)である。つまり、(1-ポロシティ)である。</p>			
			

3.14 モジュールMN (完全混合・ミキシングティ熱計算)

モジュールMN

## 1 機能

非圧縮性単相流体、完全混合、ミキシング・ティ (M/T) の熱計算。

## 2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
入口温度	TEMP	出口温度	TEMP
流量	FLWN	流体の平均温度	TEMP
他の流体、又は構造材(1)温度 (流体との熱交換)	TEMP	自然循環力	TEMP
他の流体、又は構造材(2)温度 (側容量との熱交換) (注)	TEMP	側容量温度	TEMP
他の流体、又は構造材(3) ↔ 側容量伝熱量 (側容量との熱交換) (注)	TEMP	他の流体、又は構造材(1) ↔ 流体伝熱量 (流体との熱交換)	TEMP

(注) どちらか、又は両方を使用



### 3 モデルの概要 (図MN-1 参照)

- (1) 独立な完全混合、M/T要素は、最大KNMN (注) 要素。
  - (2) 各要素には、流入・流出流としての流路を、最大KMMN (注) 個まで接続できる。また、任意の流路について適宜重みを与えることができる。
  - (3) 各要素は、流体のインベントリの有無を考慮できる。即ちインベントリが有る場合、その要素は完全混合要素となり、インベントリがない場合、M/T要素となる。
  - (4) 接続する流路の流れ方向は任意。
  - (5) 完全混合要素については、側容量、及び側容量から空気雰囲気への熱放散を考慮できる。
  - (6) 流体について、他モジュールの流体又は構造材との熱交換を考慮できる。また、側容量について、他モジュールの流体又は構造材との熱交換を考慮できる。
  - (7) 流体、側容量の物性値は温度の関数。但し、温度によらず一定とすることも可。
- (注) KNNMN、KMMNはコンパイル時パラメータ文にて指定。

4 基礎式

(1) エネルギー保存則

流体

$$C_f M_f \Delta z \frac{\partial}{\partial t} T_f(t) = -C_f G_f(t) (T_f(t) - T_{fm}(t)) - U1A1 \Delta z (T_f(t) - T_v) - U3A3 \Delta z (T_f(t) - T_{ex}) \quad \text{--- (1)}$$

$$G_f(t) = \sum_{i;\text{流入}} G_i(t) \quad \text{--- (2)}$$

$$T_{fm}(t) = \sum_{i;\text{流入}} (T_i(t) G_i(t)) / G_f(t) \quad \text{--- (3)}$$

側容量

$$C_v M_v \frac{\partial}{\partial t} T_v(t) = U1A1 (T_f(t) - T_v(t)) - U2A2 (T_v(t) - T_{air}) - U4A4 (T_v(t) - T_{ex}) + Q_{ex} \quad \text{--- (4)}$$

(2) 熱伝達率

U1,U2,U3,U4 は入力データ

又は

$$U1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{k_v}} \quad \delta ; \text{肉厚} \quad \text{--- (5)}$$

$$U3 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{ex}}{k_{ex}}}$$

伝熱式

$$a_1 = \frac{k_f}{\ell_f} Nu_1 \quad \ell ; \text{長さ} \quad \text{--- (6)}$$

$$\textcircled{1} Nu_1 = a + b Re_1^c Pr_1^d \quad \text{--- (7)}$$

② 自然対流を考慮する場合(7)式と(8)式の大きい方を用いる

$$Nu_1 = 0.0302 Gr_1^{2/5} \frac{Pr_f^{7/15}}{(1 + 0.494 Pr_f^{2/3})^{2/5}} \quad (8)$$

但し、

$$Gr_1 = \frac{g \cdot L_1^3 \cdot |\rho_{fw} - \rho_f|}{\rho_f \cdot \nu_f^2} \quad (9)$$

$$\alpha_3 = \frac{k_f}{\ell_f} Nu_3 \quad (10)$$

①  $Nu_3 = a + b Re_3^c Pr_f^d$  (11)

② 自然対流を考慮する場合(11)式と(12)式の大きい方を用いる

$$Nu_3 = 0.0302 Gr_3^{2/5} \frac{Pr_f^{7/15}}{(1 + 0.494 Pr_f^{2/3})^{2/5}} \quad (12)$$

但し、

$$Gr_3 = \frac{g \cdot L_3^3 \cdot |\rho_{cw} - \rho_f|}{\rho_f \cdot \nu_f^2} \quad (13)$$

w ; 壁面

L ; 代表長さ (入力)

Gr ; グラスホフ数

(3) 自然循環力

$$\Delta H_f(t) = \rho_f(t) C_f \Delta Z$$

但し  $C_f = -\sin \theta$  (14)

$\theta$  は、流れ方向と水平方向のなす角度

## 5 解 法

エネルギー保存則について下記階差式を解く。

流体 (液体)

$$C_f(i)M_f\Delta z\frac{T_f(j+1)-T_f(j)}{\Delta t} = -C_f(i)G_f(j+1)(T_f(j+1)-T_{in}(j+1)) \\ -U1A1\Delta z(T_f(j+1)-T_v(j)) - U3A3\Delta z(T_f(j+1)-T_{ex}) \quad (15)$$

$$G_f(j+1) = \sum_{i:流入} G_i(j+1) \quad (16)$$

$$T_{in}(j+1) = \sum_{i:流入} (T_i(j+1)G_i(j+1)) / G_f(j+1) \quad (17)$$

側容量

$$C_v(i)M_v\frac{T_v(j+1)-T_v(j)}{\Delta t} = U1A1(T_f(j+1)-T_v(j+1)) \\ -U2A2(T_v(j+1)-T_{air}) - U4A4(T_v(j+1)-T_{ex}) + Q_{ex} \quad (18)$$

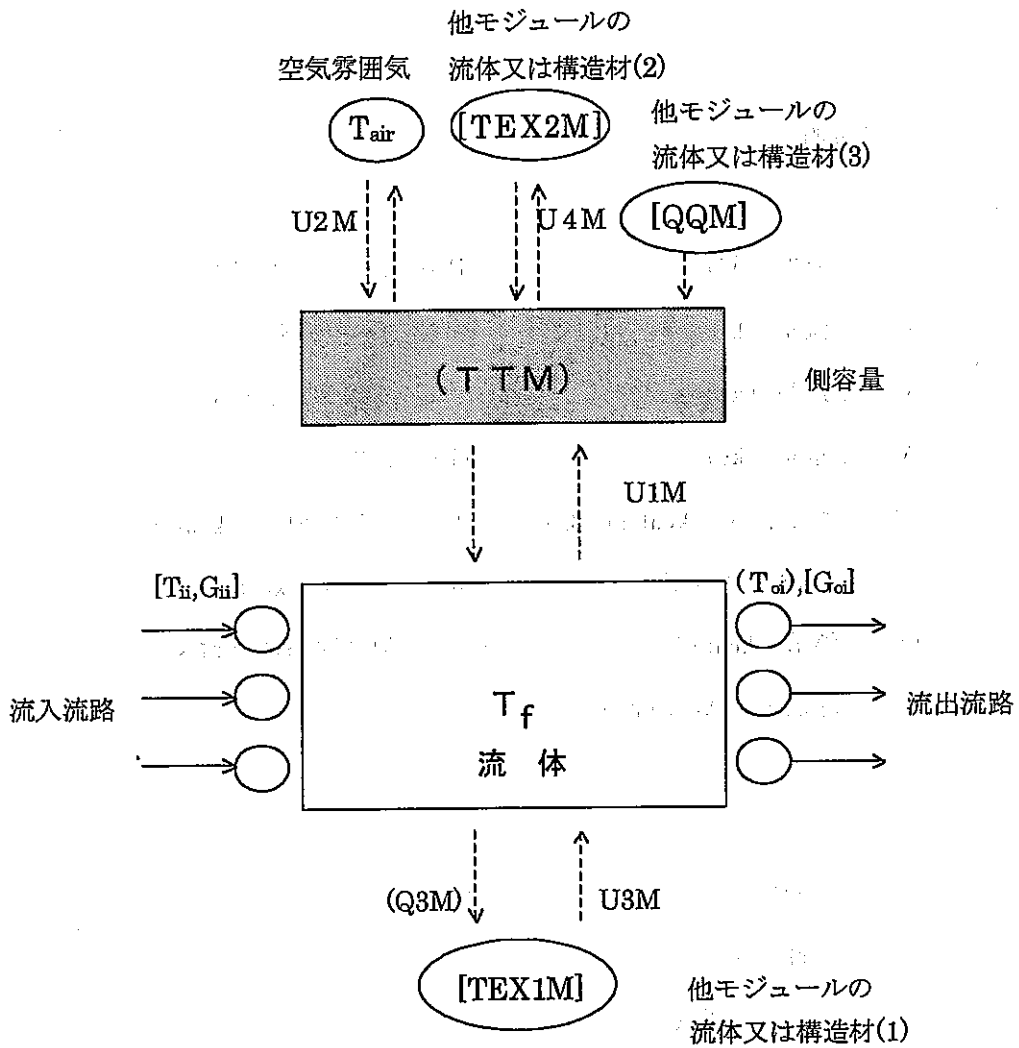
— 記号説明 —

[ 記号 ]

T ; 温度 (°C)	Re ; レイノルズ数 (-)
G ; 流量 (kg/s)	Pe ; ペクレ数 (-)
C ; 比熱 (kcal/kg°C)	Pr ; プラントル数 (-)
M ; 重量 (kg)	Gr ; グラスホフ数 (-)
U ; 熱貫流率 (kcal/m <sup>2</sup> s°C)	k ; 熱伝導度 (kcal/m.s°C)
A ; 伝熱面積 (m <sup>2</sup> )	ρ ; 密度 (kg/m <sup>3</sup> )
Q ; 熱量 (kcal/s)	ν ; 動粘性係数 (m <sup>2</sup> /s)
α ; 熱伝達率 (kcal/m <sup>2</sup> s°C)	

[ 添字 ]

f ; 流体
v ; 側容量
air ; 空気雰囲気
ex ; 当該流体と熱交換する外部流体, 又は構造材 (1)
ex' ; 当該側容量と熱交換する外部流体, 又は構造材 (2)
ex'' ; 当該側容量と熱交換する外部流体, 又は構造材 (3)
1 ; f ←→ v
2 ; v ←→ air
3 ; f ←→ ex
4 ; v ←→ ex



- 流路 (最大 KMMN)
- 熱伝達
- $U^*$  熱貫流率変数
- $T^*$  温度変数
- $Q^*$  伝熱量変数
- [ ] プール変数入力
- ( ) プール変数出力

図 MN-1 非圧縮性単相流体完全混合要素熱計算モデル

表MN-1 モジュールMNサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
MNCONT	モジュールMN計算コントロール	MODULE SUB.
MNRAED	モジュールMN関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
MNININ	モジュールMN関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
MNRSTA	モジュールMN リポート・ファイル の書出し、読み込み	MODULE SUB.
MNSTAT	モジュールMN初期設定計算	MODULE SUB.
MNTRNS	モジュールMN過渡計算	MODULE SUB.
MNCOEF	モジュールMN熱伝達率計算	MODULE SUB.
MNPROP	モジュールMN物性値計算	MODULE SUB.
MNTDEL	モジュールMN計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
MNWRIT	モジュールMN初期状態の出力、及び中間出力	MODULE SUB.
ZMETL1	構造材の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZFLUID	流体の物性値計算	ELEMENT SUB.





コモンブロック名	MNMI 1	(1/6)	
関連サブルーチン	モジュールMN モジュールサブルーチン		
		入力サブルーチン	MNREAD
		ネームリスト名	NAMMI
変数名	意味	単位	備考
NNM	モジュールMN 完全混合要素の数 (max. KNMN)	—	
IMDLM (i)	モジュールMN(i) 計算実行の可否 =1: 実行する ≠1: 実行しない	—	
IOP1M (i)	モジュールMN(i) =1: インベントリ有り ≠1: インベントリ無し (ミキシング・ティ)	—	
IOP2M (i)	モジュールMN(i) =1: 側容量有り ≠1: 側容量無し	—	
IOP3M (i)	モジュールMN(i) =1: 空気雰囲気への熱放散有り ≠1: 空気雰囲気への熱放散無し	—	
IOP4M (i)	モジュールMN(i) =1: 流体→他の流体、構造材(1) との伝熱を考慮 ≠1: 流体→他の流体、構造材(1) との伝熱を考慮しない	—	
IOP5M (i)	モジュールMN(i) =1: 側容量→他の流体、構造材(2) との伝熱を考慮 ≠1: 側容量→他の流体、構造材(2) との伝熱を考慮しない	—	
IOPRM (i)	モジュールMN(i) =0: リスタート時初期設定無し ≠0: リスタート時初期設定有り	—	
	i = KNMN		

変数名リスト



コモンブロック名	MNMI 1	(3/6)	
関連サブルーチン			
	モジュールMN モジュールサブルーチン	入力サブルーチン MNREAD	
		ネームリスト名 NAMMN1	
変数名	意味	単位	備考
NTEX1M (i)	モジュールMN(i) 流体と接するほかの流体、又は構造材(1)温度のプール変数番号	—	TEMP に対応
NTEX2M (i)	モジュールMN(i) 側容量と接するほかの流体、又は構造材(2)温度のプール変数番号	—	TEMP に対応
NTFM (i)	モジュールMN(i) 流体温度のプール変数番号	—	TEMP に対応
NTTM (i)	モジュールMN(i) 側容量温度のプール変数番号	—	TEMP に対応
NHM (i)	モジュールMN(i) 自然循環力のプール変数番号	—	TEMP に対応
NQQM (j, i)	モジュールMN(i) 側容量と他モジュール(流体又は構造材(3))伝熱量のプール変数番号 (入力)	—	TEMP に対応 (注)
NQ3M (i)	モジュールMN(i) 流体と他モジュール(流体又は構造材(1))伝熱量のプール変数番号 (出力)	—	TEMP に対応 (注)
	(注) 当該伝熱考慮の時入力		
	i = KNMN, j = 10		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	MNMI 1	(4/6)	
関連サブルーチン			
モジュールMN モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	MNREAD
		ネームリスト名	NAMMN1
変数名	意味	単位	備考
JTEMPM (j, i)	モジュールMN(i) に接続する j 番目の流路 = 0 ; 初期温度を設定 = 1 ; プール変数入力 = 2 ; 入力データで与える	—	
JHTBM (i)	モジュールMN(i) の初期設定パターンの識別 = 0 ; 初期状態における流出温度と 1 点を除く流入温度が既知 = 1 ; 初期状態における流入温度が、全て既知	—	
NINTM (i)	モジュールMN(i) 初期設定を行う順序	—	
TM (j, i)	モジュールMN(i) に接続する j 番目流路の流体温度 初期値	°C	JTEMPM(j, i) =2 の時入力
WM (j, i)	モジュールMN(i) に接続する j 番目流路の流量初期値	$\frac{kg}{sec}$	
	i = KNMN, j = KMMN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	MNMI1	(5/6)	
関連サブルーチン			
	モジュールMN モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	MNREAD
		ネームリスト名	NAMMN1
変数名	意味	単位	備考
IOTMM (i)	モジュールMN(i) 計算進み =0, 入力 =1, コード中で計算	—	
DTIMM (j, i)	モジュールMN(i) 計算進み入力 DTIMM(j, i) ≤ 時間の時 計算時間進み巾=DDELM(j, i)	sec	IOTMM(i)=0 の時入力
DDELM (j, i)		sec	IOTMM(i)=0 の時入力
DCOTM (i)	モジュールMN(i) 計算時間進み巾、計算値の係数	—	IOTMM(i)=1 の時入力
DMAXM (i)	モジュールMN(i) 計算時間進み巾 最大値	sec	IOTMM(i)=1 の時入力
DMINM (i)	モジュールMN(i) 計算時間進み巾 最小値	sec	IOTMM(i)=1 の時入力
TMAXM (i)	モジュールMN(i) 計算終了時間	sec	
IPSTM (i)	モジュールMN(i) =1, 初期設定計算の出力を行う =2, 初期設定計算の詳細出力 =0, 初期設定計算の出力をしない	—	
IRTRM (i)	モジュールMN(i) =1, 中間出力を行う =2, 中間出力を行う (詳細出力) =0, 中間出力をしない	—	
OUTM (l, i)	モジュールMN(i) 中間出力時間	sec	
	i =KNMN, j =5, l=30		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	MNMI 1	(6/6)	
関連サブルーチン			
モジュールMN モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	MNREAD
		ネームリスト名	NAMMN1
変数名	意味	単位	備考
KPR1M (i)	モジュールMN (i) 流体物性値 = 1 ; 温度依存 ≠ 1 ; 一定	—	
KPR2M (i)	モジュールMN (i) 流体の種類を示す INDEX = 0 ; ナトリウム = 1 ; 空気 = 2 ; 水 = 3 ; 鉛 = 4 ; 鉛ビスマス	—	
KPR3M (i)	モジュールMN (i) 側容量物性値 = 1 ; 温度依存 ≠ 1 ; 一定	—	IOP2M(i)= 1の時入力
KPR4M (i)	モジュールMN (i) 側容量の種類を示す INDEX =1;SUS316 =2;SUS304 =3;2-1/4 Cr-1Mo =4;9Cr-1Mo =5;Cu =6;BRASS =7;AKLYL =8;12Cr	—	IOP2M(i)= 1の時入力
TFXXM (i)	モジュールMN (i) 流体基準温度	℃	(注)
TTXXM (i)	モジュールMN (i) 側容量基準温度	℃	(注)
(注) 物性値を温度によらず一定とする場合代表値(平均値)を入力			
TEX1M0 (i)	モジュールMN (i) 流体に接する他モジュール流体 又は構造材(1)温度初期値	℃	IOP4M(i)= 1の時入力
TEX2M0 (i)	モジュールMN (i) 側容量に接する他モジュール流体 又は構造材(2)温度初期値	℃	IOP5M(i)= 1の時入力
i = KNMN			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	MNM I 2 (1/3)		
関連サブルーチン			
	モジュールMN	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	MNREAD
		ネームリスト名	NAMMN2
変数名	意味	単位	備考
A 1 M (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 側容量 伝熱面積 (肉厚中心基準)	m <sup>2</sup>	IOP2M(i)=1 の時入力
A 2 M (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 空気 伝熱面積 (肉厚中心基準)	m <sup>2</sup>	IOP3M(i)=1 の時入力
A 3 M (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 他流体又は構造材(1) 伝熱面積	m <sup>2</sup>	IOP4M(i)=1 の時入力
A 4 M (i)	モジュールMN(i) 側容量 $\longleftrightarrow$ 他流体又は構造材(2) 伝熱面積	m <sup>2</sup>	IOP5M(i)=1 の時入力
VM I X (i)	モジュールMN(i) 混合重量	kg	IOP1M(i)=1 の時入力
VM I X T (i)	モジュールMN(i) 側容量重量	kg	IOP2M(i)=1 の時入力
U 1 M I N (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 側容量 熱貫流率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$	IOP2M(i)=1 KCOHM(i)=0 の時入力
U 2 M I N (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 空気 熱貫流率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$	IOP3M(i)=1 の時入力
U 3 M I N (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 他の流体又は構造材(1) 熱貫流率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$	IOP4M(i)=1 KCOHM(i)=0 の時入力
U 4 M I N (i)	モジュールMN(i) 側容量 $\longleftrightarrow$ 他の流体又は構造材(2) 熱貫流率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$	IOP5M(i)=1 の時入力
T A I R M (i)	モジュールMN(i) 空気温度	°C	IOP3M(i)=1 の時入力
Z N F M (i)	モジュールMN(i) 自然循環力計算用流体長さ	m	流況計算にて自然循環力を考慮する時入力
W G P M (i)	モジュールMN(i) 水平方向となす角度	deg	流況計算にて自然循環力を考慮する時入力
	i = K N M N		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	MNMI 2	(2/3)					
関連サブルーチン	<table border="1"> <tr> <td>入力サブルーチン</td> <td>MNREAD</td> </tr> <tr> <td>ネームリスト名</td> <td>NAMMN2</td> </tr> </table>			入力サブルーチン	MNREAD	ネームリスト名	NAMMN2
入力サブルーチン	MNREAD						
ネームリスト名	NAMMN2						
モジュールMN モジュールサブルーチン							
変数名	意 味	単 位	備 考				
KCOWM (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 側容量伝熱式 流体 $\longleftrightarrow$ 他モジュール構造材 又は流体伝熱式 = 0 ; 入力データ = 1 ; 伝熱式係数入力(自然対流を考える) $\geq 2$ ; 伝熱式係数入力(自然対流を考えない)	—	IOP2M(i)=1 又は IOP4M(i)=1 の時入力				
CA1WM (i, j)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 側容量伝熱式係数 $Nu_1 = a + b Re^c Pr^d$ $j = 1 \quad ; \quad a$ $2 \quad ; \quad b$ $3 \quad ; \quad c$ $4 \quad ; \quad d$	—	IOP2M(i)=1, KCOWM(i) $\neq$ 0 の時必要				
DTM (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 側容量伝熱式 側容量肉厚 $\div 2$	m	IOP2M(i)=1, KCOWM(i) $\neq$ 0 の時必要				
DFTM (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 側容量伝熱式 代表長さ	m	IOP2M(i)=1, KCOWM(i) $\neq$ 0 の時必要				
AVFM (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 側容量伝熱式 流速計算用断面積	m <sup>2</sup>	IOP2M(i)=1, KCOWM(i) $\neq$ 0 の時必要				
AMX1M (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 側容量伝熱式 ヌッセルト数 ANU1M(i)の最大値	—	IOP2M(i)=1, KCOWM(i) $\neq$ 0 の時必要				
AMI1M (i)	モジュールMN(i) 流体 $\longleftrightarrow$ 側容量伝熱式 ヌッセルト数 ANU1M(i)の最小値	—	IOP2M(i)=1, KCOWM(i) $\neq$ 0 の時必要				
	i = KNMN, j = 4						

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	MNMI 2	(3/3)	
関連サブルーチン			
モジュールMN モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	MNREAD
		ネームリスト名	NAMMN2
変数名	意味	単位	備考
CA3WM (i, j)	モジュールMN(i)流体 ←→ 他モジュール構造材(1) 伝熱式係数 $Nu_3 = a + b Re^c Pr^d$ j=1 ; a 2 ; b 3 ; c 4 ; d	—	IOP4M(i)=1, KCONM(i) ≠ 0 の時必要
DTM3 (i)	モジュールMN(i)流体 ←→ 他モジュール構造材(1) 伝熱式 側容量肉厚 ÷ 2	m	IOP4M(i)=1, KCONM(i) ≠ 0 の時必要
DFTM3 (i)	モジュールMN(i)流体 ←→ 他モジュール構造材(1) 伝熱式 代表長さ	m	IOP4M(i)=1, KCONM(i) ≠ 0 の時必要
AMX3M (i)	モジュールMN(i)流体 ←→ 他モジュール構造材(1) 伝熱式 ヌッセルト数 ANU3M(i)の最大値	—	IOP4M(i)=1, KCONM(i) ≠ 0 の時必要
AMI3M (i)	モジュールMN(i)流体 ←→ 他モジュール構造材(1) 伝熱式 ヌッセルト数 ANU3M(i)の最小値	—	IOP4M(i)=1, KCONM(i) ≠ 0 の時必要
	i = KNMN, j = 4		

変 数 名 リ ス ト



変数名	意味	単位	備考
コモンブロック名	MNM1		(2/2)
関連サブルーチン	モジュールMN モジュールサブルーチン		
CPFM (i)	モジュールMN(i) 流体比熱	kcal/ kg・°C	
ROFM (i)	モジュールMN(i) 流体密度	kg/m <sup>3</sup>	
PRFM (i)	モジュールMN(i) 流体プラントル数	—	
VKFM (i)	モジュールMN(i) 流体 動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec	
TKFM (i)	モジュールMN(i) 流体熱伝導率	kcal/ m・sec・°C	
CPTM (i)	モジュールMN(i) 側容量比熱	kcal/ kg・°C	
ROTM (i)	モジュールMN(i) 側容量密度	kg/m <sup>3</sup>	
TKTM (i)	モジュールMN(i) 側容量熱伝導率	kcal/ m・sec・°C	
RFTIM (i)	モジュールMN(i) 側容量壁面流体密度	kg/m <sup>3</sup>	
RFWIM (i)	モジュールMN(i) 構造材(1)壁面流体密度	kg/m <sup>3</sup>	
TKWM (i)	モジュールMN(i) 構造材(1)熱伝導率	kcal/ m・sec・°C	
TFWT (i)	モジュールMN(i) 側容量壁面温度	°C	
TFWW (i)	モジュールMN(i) 構造材(1) 壁面温度	°C	
	i = KNMN		

## 変数名リスト

コモンブロック名	MNM2	(1/3)	
関連サブルーチン	モジュールMN モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
TFIOM (k, j)	モジュールMN(i) に接続するk番目流路に対応する温度	°C	
GFIOM (k, j)	モジュールMN(i) に接続するk番目流路の流量	kg/sec	(注1)
TEX1M (j)	モジュールMN(i) 流体と接する他の流体又は構造材(1)温度	°C	
TEX2M (j)	モジュールMN(i) 側容量と接するほかの流体又は構造材(2)温度	°C	
TTIOM (j)	モジュールMN(i) 側容量温度	°C	
HFM (j)	モジュールMN(i) 自然循環力	kg/m <sup>2</sup>	
TFM (j)	モジュールMN(i) 流体温度	°C	
TTM (j)	モジュールMN(i) 側容量温度	°C	
TFMIN (j)	モジュールMN(i) 完全混合要素への入口温度	°C	(注2)
GFM (j)	モジュールMN(i) 全流量	kg/sec	(注3)
	(注1) 流入→正, 流出→負		
	(注2) 流入流について $TFMIN(j) = \left\{ \sum_k TFIOM(k, j) * GFIOM(k, j) \right\} / GFM(j)$		
	(注3) 流入流について $GFM(j) = \sum_k GFIOM(k, j)$		
	j = 2 * KNMN, k = KMMN		

変 数 名 リ ス ト



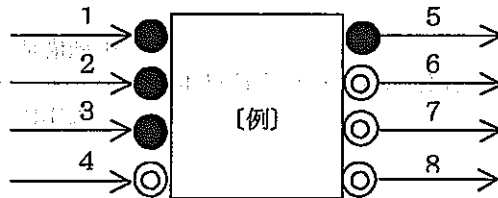
コンプロック名	MNM2	(3/3)	
関連サブルーチン	モジュールMN モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
ALF3M (i)	モジュールMN(i) 流体 $\leftrightarrow$ 他の流体又は構造材(1) 熱伝達率	kcal/ m <sup>2</sup> sec°C	
ANU3M (i)	モジュールMN(i) 流体 $\leftrightarrow$ 他の流体又は構造材(1) ヌッセルト数	—	
RE3M (i)	モジュールMN(i) 流体 $\leftrightarrow$ 他の流体又は構造材(1) レイノルズ数	—	
GR3M (i)	モジュールMN(i) 流体 $\leftrightarrow$ 他の流体又は構造材(1) グラフホフ数	—	
Q3M (i)	モジュールMN(i) 流体と他モジュール(1)との伝熱量	kg/sec	プール変数出力
QQM (i)	モジュールMN(i) 側容量と他モジュール(3)との伝熱量	kg/sec	プール変数入力
	j = KNMN		

変数名リスト

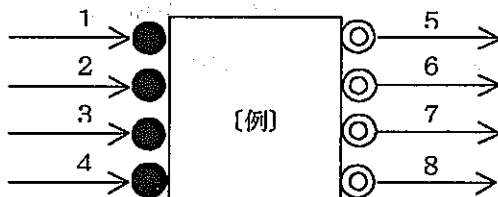
MN-1		入力サブルーチン	MNREAD
関連モジュール	モジュールMN	変数名	JHTBM(i)
意味	初期設定パターンの識別	単位	—

完全混合 (M/T) 要素の初期設定時、次の2通のパターンがある。

JHTBM(i)=0



JHTBM(i)=1



この場合、6, 7, 8番の温度が5番の温度に置かれ、ヒートバランス計算を行った後、流入温度4番が計算される。

○ ; 未知                      ● ; 既知

この場合、流入温度1~4番をもとに、ヒートバランス計算を行い、流出温度5~8番を求める。

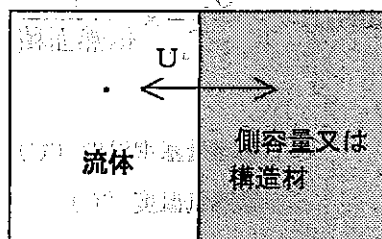
入力データ説明書

MN-2		入力サブルーチン	MNREAD
関連モジュール	モジュールMN	変数名	—
意味	プレナムデータ	単位	—
<p>機器のプレナムをMNで模擬する場合のデータ作成例を示す。</p> <p>(1) <u>プレナム内流体インベントリデータ</u></p> <p>接触構造材の重量を流体重量に次の要領で換算し、両者の和を混合重量とする場合。</p> $\text{混合重量} = \text{流体重量} + \text{接触構造材重量} \times \frac{\text{接触構造材比熱}}{\text{流体比熱}}$ <p>(2) <u>伝面、熱通過率データ等</u></p> <p>一般的には、次の様なデータ設定法が妥当と考えられる。</p> <p>構造材熱容量 …………… 流体に直接接する部分の構造材熱容量の総和。</p> <p>伝 面 …………… 上記構材に対応する、肉厚中心面積の総和。</p> <p>熱通過率 (流体 ↔ 構造材) …… 構造材の平均肉厚の 1 / 2 に相当する熱抵抗に、熱伝達率相当の熱抵抗を加味した値</p> <p>熱通過率 (構造材 ↔ 空気) …… 上記と同様。</p>			



MN-3		入力サブルーチン	MNREAD、U1MIN
関連モジュール	モジュールMN	変数名	U1MIN, U3MIN, U4MIN
意味	流体 ↔ 側容量熱伝達率	単位	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$

- U1MIN 流体 ↔ 側容量
- U3MIN 流体 ↔ 他モジュール構造材(1)
- U4MIN 他モジュール流体(2) ↔ 側容量



熱伝達率の算出例

$$\alpha = Nu \cdot \frac{\lambda}{De}$$

$$Nu = 5.0 + 0.025 \cdot Pe^{0.8}$$

$$Pe = Pr \cdot Re = \frac{Cp \cdot \mu \cdot v \cdot De}{\lambda \cdot \rho}$$

$$= \frac{Cp \cdot \mu}{\lambda} \cdot \frac{W}{a \cdot \rho} \cdot De \cdot \frac{\rho}{\mu}$$

$$= \frac{Cp \cdot De}{a \cdot \lambda} \cdot W$$

Nu : ヌセルト数

$\lambda$  : 熱伝導度 (kcal/m·sec·°C)

De : 等価直径 (m)

W : 流量 (kg/sec)

Cp : 比熱 (kcal/kg·°C)

a : 流路断面積 (m<sup>2</sup>)

$\rho$  : 密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  : 粘性係数 (kg/m·sec)

$\nu$  : 動粘性係数 (m<sup>2</sup>/sec)

肉厚の補正をする。

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + x} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{d}{2\lambda_s}}$$

$$\therefore U = \left( \frac{1}{Nu \cdot \lambda / De} + \frac{d}{2 \cdot \lambda_s} \right)^{-1}$$

d : 肉厚

$\lambda_s$  : 構造材の熱伝導度  
(kcal/m·sec·°C)

$$= \left[ \frac{De}{\lambda \cdot (5.0 + 0.025 \left( \frac{Cp \cdot De \cdot W}{a \cdot \lambda} \right)^{0.8})} + \frac{d}{2 \cdot \lambda_s} \right]^{-1}$$

側容量標準温度	MN-4	入力サブルーチン	MNREAD
関連モジュール	モジュールMN	変数名	U2MIN
意味	側容量 ↔ 空気熱貫流率	単位	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{C}}$
<p> <math display="block">U2MIN(I) = \frac{Q_o}{T_o - T_{air}} \times \frac{1}{\text{伝熱面積}}</math> </p> <p>                     ここで、                 </p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>T_o</math> : 側容量基準温度 (°C)</li> <li><math>T_{air}</math> : 雰囲気温度 (°C)</li> <li><math>Q_o</math> : 流体基準温度 <math>T_o</math>、雰囲気温度 <math>T_{air}</math> のときの放散熱量 (kcal/sec)</li> </ul> <p> <math display="block">\therefore U2MIN(I) = \frac{Q_o}{TFXXM(I) - TAIRM(I)} \times \frac{1}{A2M(I)}</math> </p>			

項目	内容	単位	計算式
ポンプ	ポンプの出力	W	$P = \frac{Q \cdot H}{\eta}$
送風機	送風機の出力	W	$P = \frac{Q \cdot \Delta P}{\eta}$
モジュール P P	モジュール P P の出力	W	$P = \sum P_i$

3.15 モジュール P P (ポンプ、送風機等の計算)

モジュールPP

1 機能

ポンプ（循環ポンプ、送風機等）の計算。

2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
流量	FLWN	ポンプヘッド	PMPN
ポンプ駆動トルク 又は回転数指令信号	PMPN	ポンプ回転数	PMPN
ポンプトリップ信号	PMPN		
ポニーモータ起動信号	PMPN		
ポニーモータトリップ信号	PMPN		
送風機モード信号	TEMP		

3 モデルの概要

(1) 独立したポンプは、最大KNPP（注）基。

(2) 各ポンプは、

ポンプQ-H特性

ポンプ回転数計算方法

を任意に選択できる。

(注) KNPPは、コンパイル時にパラメータ文にて指定。

4 基礎式

ポンプの運動方程式

( $N > N_p$  の時)

$$\frac{\overline{GD}^2}{4g} \frac{dN(t)}{dt} = T_D(t) - T_L(t) \quad \text{———— (1)}$$

$$\frac{\overline{GD}_P^2}{4g} \frac{dN_P(t)}{dt} = \overline{T}_{PD}(t) \quad \text{———— (2)}$$

( $N = N_p$  の時)

$$\left( \frac{\overline{GD}^2}{4g} + \frac{1}{k^2} \frac{\overline{GD}_P^2}{4g} \right) \frac{dN(t)}{dt} = T_D(t) - T_L(t) + \frac{1}{k} \overline{T}_{PD}(t) \quad \text{———— (3)}$$

ポンプ負荷トルク (摩擦トルクを含む)

(ポンプ設計 Q-H 特性式使用時)

$$T_L(t) = \frac{G(t)H(t)}{\eta_f \gamma N(t)} + T_{fr}(t) \quad \text{———— (4)}$$

又は、

$$T_L(t) = \frac{G(t)H(t)}{\eta_p \gamma N(t)} \quad \text{———— (5)}$$

(完全特性式使用時)

$$T_L(t) = T_R \tau + T_{fr}(t) \quad \text{———— (6)}$$

又は、

$$T_L(t) = \beta T_R \tau \quad \text{———— (7)}$$

但し、 $\tau$  は比トルク。

ポンプ特性式

下記の中から選択。

<完全特性式>

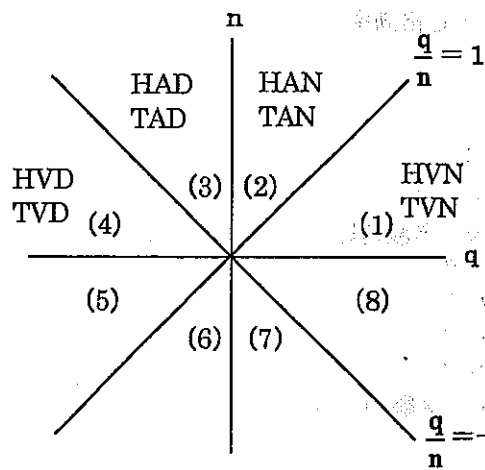
(1) $\frac{q}{n} > 1$	比揚程	$\frac{h}{q^2} = \sum_{m=1}^6 A_1(m) \left(\frac{n}{q}\right)^{m-1}$ HVN
	比トルク	$\frac{\tau}{q^2} = \sum_{m=1}^6 A_5(m) \left(\frac{n}{q}\right)^{m-1}$ TVN
(2) $0 < \frac{q}{n} \leq 1$	比揚程	$\frac{h}{n^2} = \sum_{m=1}^6 A_2(m) \left(\frac{q}{n}\right)^{m-1}$ HAN
	比トルク	$\frac{\tau}{n^2} = \sum_{m=1}^6 A_6(m) \left(\frac{q}{n}\right)^{m-1}$ TAN
(3) $-1 \leq \frac{q}{n} < 0$	比揚程	$\frac{h}{n^2} = \sum_{m=1}^6 A_3(m) \left(\frac{q}{n}\right)^{m-1}$ HAD
	比トルク	$\frac{\tau}{n^2} = \sum_{m=1}^6 A_7(m) \left(\frac{q}{n}\right)^{m-1}$ TAD
(3) $\frac{q}{n} < -1$	比揚程	$\frac{h}{q^2} = \sum_{m=1}^6 A_4(m) \left(\frac{n}{q}\right)^{m-1}$ HVD
	比トルク	$\frac{\tau}{q^2} = \sum_{m=1}^6 A_8(m) \left(\frac{n}{q}\right)^{m-1}$ TVD

(8)

但し、 $h = H(t) / H_R$        $\tau = TF(t) / TF_R$   
 $q = G(t) / G_R$        $n = N(t) / N_R$   
 $A_j$  は係数 (入力データ COEFPM(m,j,n))  
 添字の R は定格値を示す。

領域区分

領域 No	領域	整理変数	運転モード	備考
(1)	HVN TVN	$\frac{n}{q}$	通常ポンプ領域 Normal Pump	記号 H : HEAD T : TORQUE  領域No5~8は不要のため、1~4をモデル化
(2)	HAN TAN	$\frac{q}{n}$		
(3)	HAD TAD	$\frac{q}{n}$	エネルギー消散領域 Normal Dissipation	
(4)	HVD TVD	$\frac{n}{q}$		
(5)	HVT TVT	$\frac{n}{q}$	通常タービン領域 Normal Turbine	
(6)	HAT TAT	$\frac{q}{n}$		
(7)	HAR TAR	$\frac{q}{n}$	逆ポンプ領域 Reverse Pump	
(8)	HVR TVR	$\frac{n}{q}$		



<ポンプ設計 Q-H 特性式>

$$H = a_1 N^2 + a_2 NG + a_3 G \quad \text{--- (9)}$$

— ポンプ効率 —

$$\eta_f(\eta_P) = \frac{(b_1 + b_2 x + b_3 x^2)}{\left(1 + \frac{b_4}{n^2}\right)} \quad \text{--- (10)}$$

但し、 $a_1 \sim a_3, b_1 \sim b_4$ は係数 (入力データ)  $x = \frac{q}{n}$

ポンプ摩擦トルク

下記の中から選択

$$(1) T_{fr}(t) = T_R \cdot \tau_{fr} \quad \text{--- (11)}$$

$$(2) T_{fr}(t) = T_R \cdot \eta_P \quad \text{--- (12)}$$

$$T_{fr} = C_1 + C_2 n + C_3 n^2$$

$$(3) \beta = \eta_{PO} / \eta_P \quad \text{--- (13)}$$

但し、 $C_1 \sim C_3$ は係数 (入力データ)

$\eta_{PO}$  ; 定格効率

— 記号説明 —

$G D^2$	; 慣性能率	[ $kg \cdot m^2$ ]
$p$	; ポニーモータ	[ — ]
$k$	; ポニーモータ減速比	[ $kg \cdot m$ ]
$T_L$	; 負荷トルク	[ $kg \cdot m$ ]
$T_f$	; 流体トルク	[ $kg \cdot m$ ]
$T_{fr}$	; 摩擦トルク	[ $kg \cdot m$ ]
$T_D$	; 駆動トルク	[ $kg \cdot m$ ]
$T_{PD}$	; ポニーモータ駆動トルク	[ $kg \cdot m$ ]
$N$	; 回転数	[ $rad/sec$ ]
$G$	; 流量	[ $kg/sec$ ]
$H$	; ポンプヘッド	[ $kg/m^2$ ]
$\eta_f$	; ポンプ流体効率	[ — ]
$\eta_P$	; ポンプ効率	[ — ]
$\eta_{PO}$	; 定格効率	[ — ]
$\gamma$	; 流体の比重量	[ $kg/m^3$ ]
$\beta$	; 補正係数	[ — ]



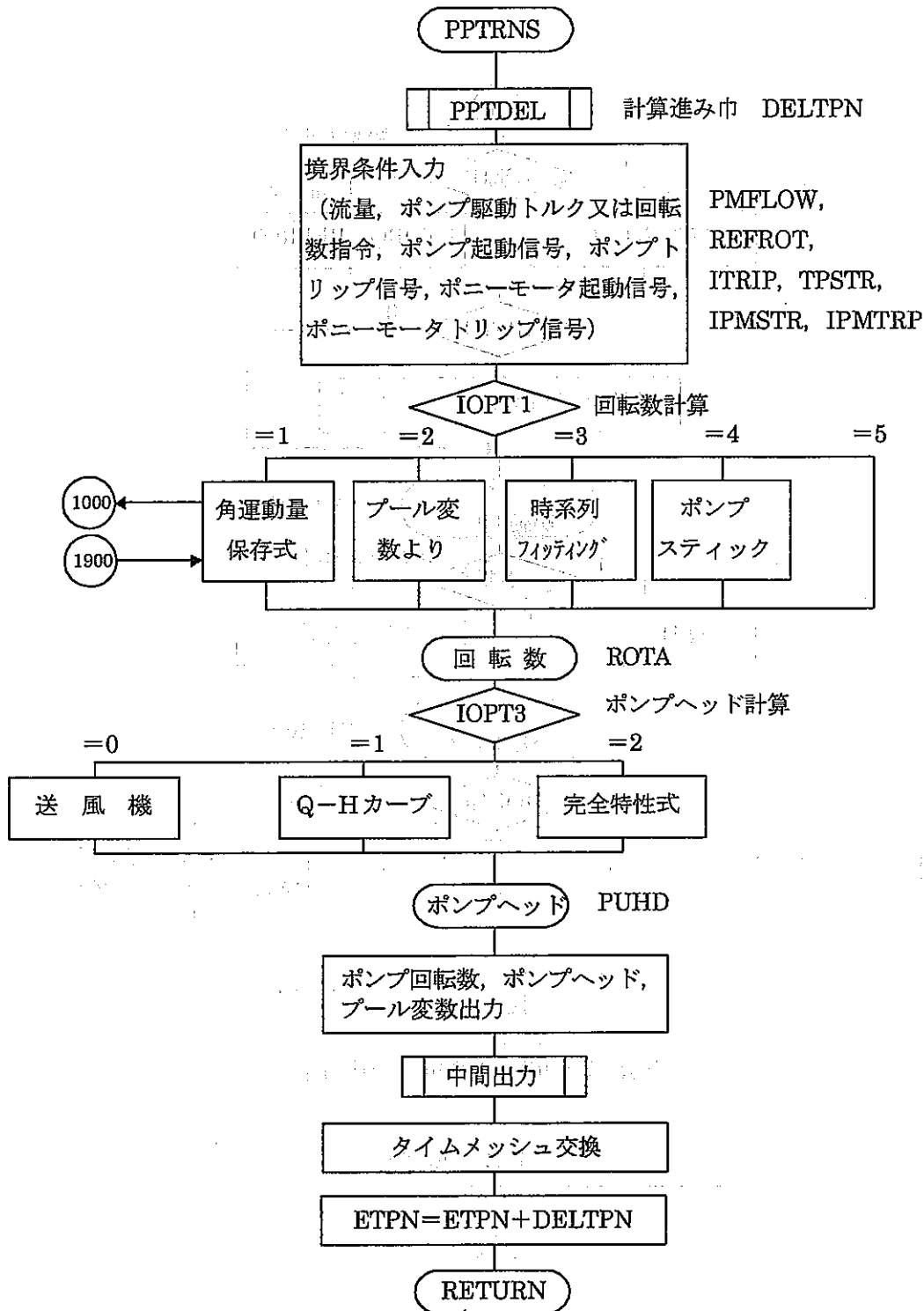
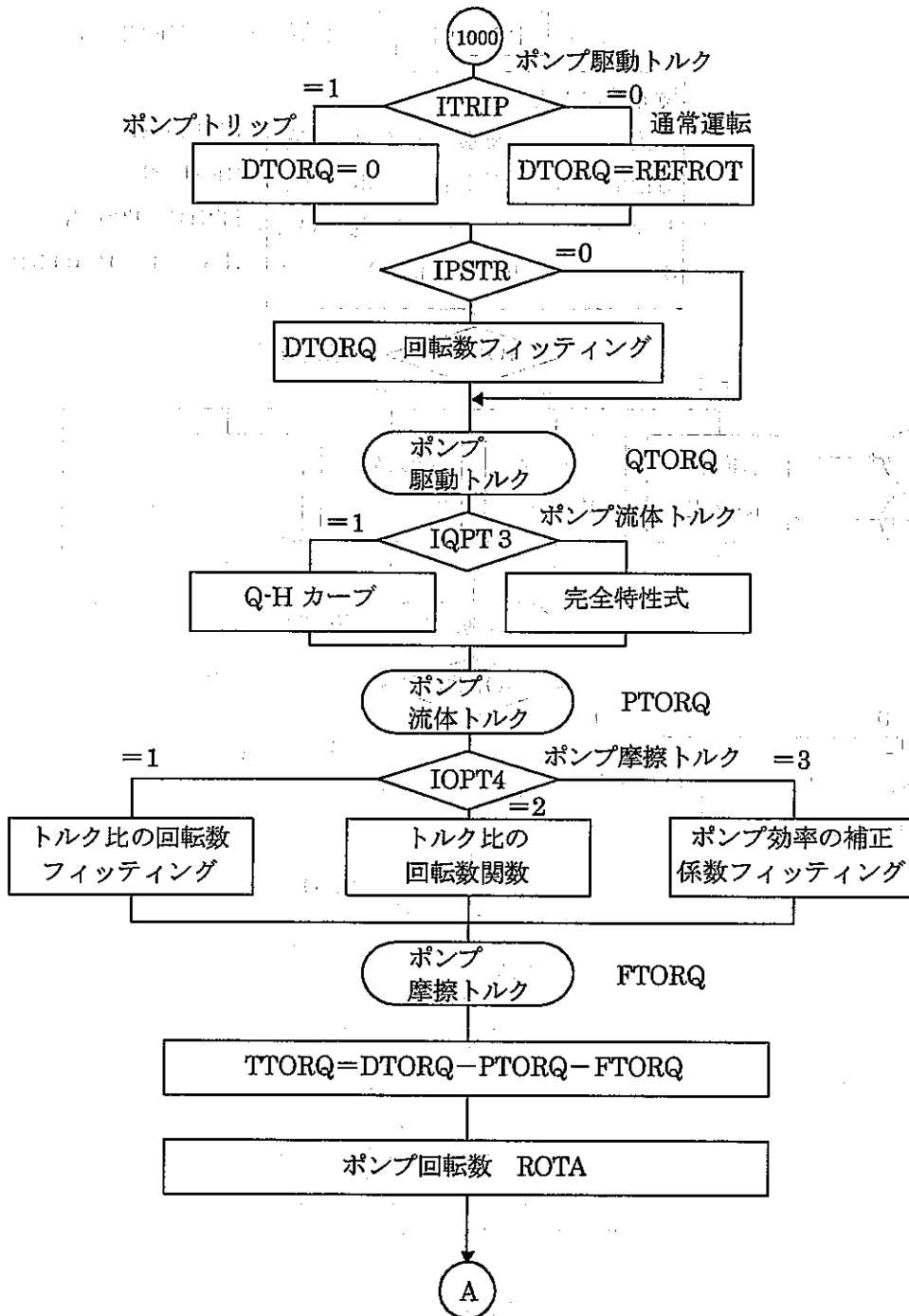


図 P P - 1 Sub. PPTRNS フローチャート(1/3)



図PP-4 Sub. PPTRNS フローチャート(2/3)

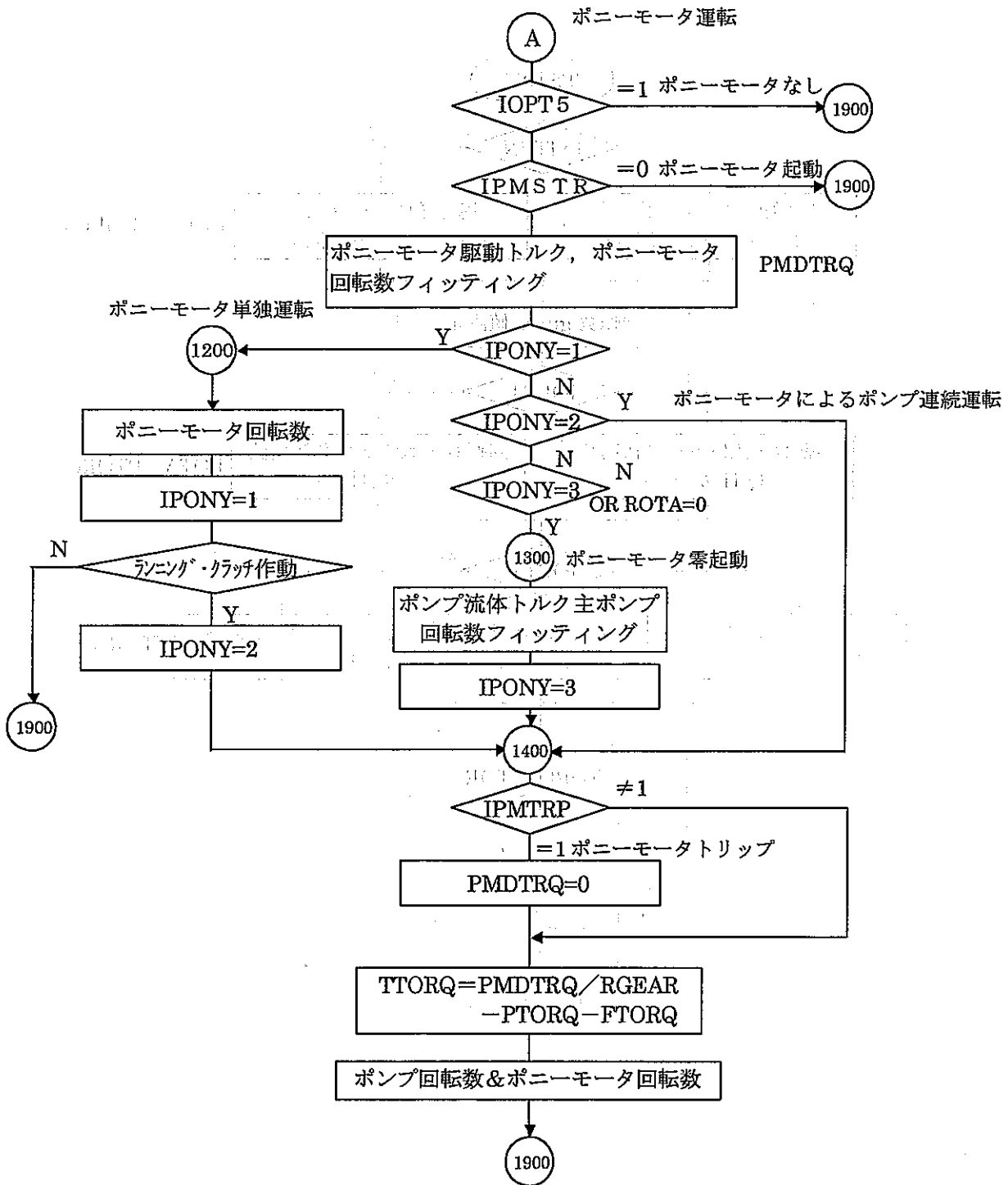


図 P P - 1 Sub. PPTRNS フローチャート(3/3)

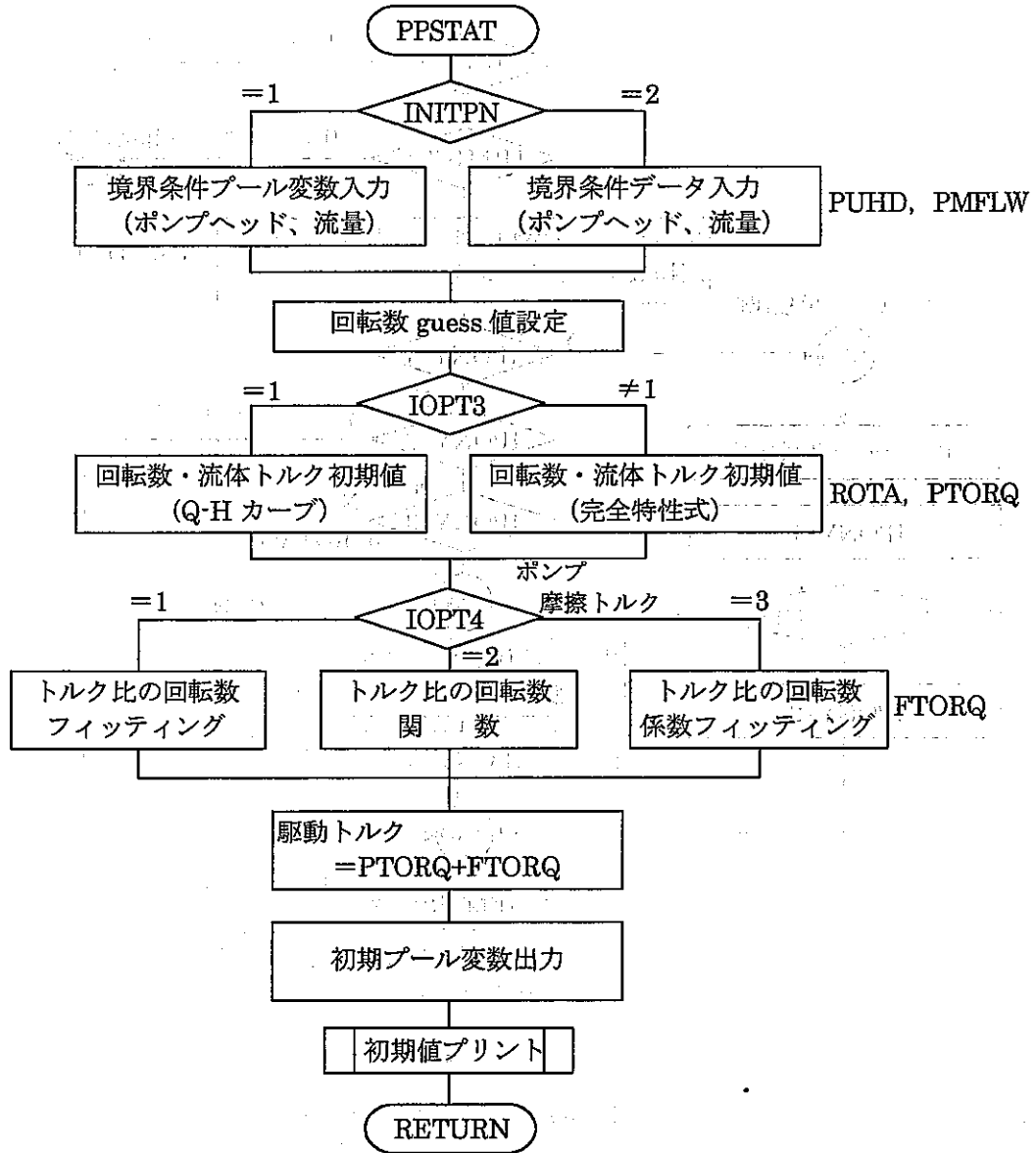


図 PP-2 Sub. PPSTAT フローチャート

表PP-1 モジュールPPサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
PPCONT	モジュールPP計算コントロール	MODULE SUB.
PPREAD	モジュールPP関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
PPBLOK	モジュールPP関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
PPRSTA	モジュールPP リスタート・ファイル の書出し、読み込み	MODULE SUB.
PPSTAT	モジュールPP初期設定計算	MODULE SUB.
PPTRNS	モジュールPP過渡計算	MODULE SUB.
PPTDEL	モジュールPP計算進み時間中の計算	MODULE SUB.
PPWRIT	モジュールPP初期状態の出力、及び中間出力	MODULE SUB.
PPFNA1	モジュールPPポンプ完全特性式 PPFNA1 ポンプヘッド計算 PPFNA2 ポンプトルク計算 PPFNA3 ポンプ摩擦トルク計算 PPFNA4 ポンプ初期回転数計算	MODULE SUB. (FUNCTION)
PPFNB1	モジュールPPポンプQ-H特性式 PPFNB1 ポンプヘッド計算 PPFNB2 ポンプトルク計算 PPFNB3 ポンプ初期回転数計算	MODULE SUB. (FUNCTION)
YDISTB	テーブルデータ・フィッティング	ELEMENT SUB.



コモンブロック名	PPMI 1			(1/3)
関連サブルーチン				
	モジュールPP	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	PPREAD
			ネームリスト名	NAMPP1
変数名	意	味	単 位	備 考
NNPN	モジュールPP (i)	ポンプ基数 (max, KNPP)	—	
IMDLPN (i)	モジュールPP (i)	計算実行の可否=1: 実行する ≠1: 実行しない	—	
KPUMP (i)	モジュールPP (i)	流路網番号	—	FLWN(m, n) の n
JPUMP (i)	モジュールPP (i)	流路番号	—	FLWN(m, n) の n
NNPUMP (i)	モジュールPP (i)	ポンプ基数 (複数並列に配置され たポンプで全て対称に運転され るポンプ台数) 1 台のポンプで代表計算する。	—	
JREF (i)	モジュールPP (i)	ポンプ駆動トルク or ポンプ回転 数指令 プール変数プロセス量番号	—	PMPN(j, i) の j
JPUHD (i)	モジュールPP (i)	ポンプヘッド プール変数プロセス量番号	—	PMPN(j, i) の j
JROTA (i)	モジュールPP (i)	ポンプ回転数 プール変数プロセス量番号	—	PMPN(j, i) の j
JTRIP (i)	モジュールPP (i)	ポンプトリップ信号 プール変数プロセス量番号	—	PMPN(j, i) の j
JPSTR (i)	モジュールPP (i)	ポンプ起動信号 プール変数プロセス量番号 (駆動トルクフィッティング開始信号)	—	PMPN(j, i) の j
JPMSTR (i)	モジュールPP (i)	ポニーモータ起動信号 プール変数プロセス量番号	—	PMPN(j, i) の j
JPMTRP (i)	モジュールPP (i)	ポニーモータトリップ信号 プール変数プロセス量番号	—	PMPN(j, i) の j
	i = KNPP			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PPMI 1			(2/3)
関連サブルーチン				
モジュールPP. モジュールサブルーチン			入力サブルーチン	PPREAD
			ネームリスト名	NAMPP1
変数名	意味	単位	備考	
IOPT1 (i)	第 i 番目ポンプ 回転数計算法オプション =1 ; 角運動量方程式 =2 ; 制御系で回転数計算 =3 ; 時系列入力により与える =4 ; ポンプスティック =5 ; 初期回転数一定	—		
IOPT2 (i)	不使用			
IOPT3 (i)	第 i 番目ポンプ Q-H特性計算オプション =0 ; 送風機 =1 ; 設計Q-Hの2次式近似 =2 ; 完全特性	—		
IOPT4 (i)	第 i 番目ポンプ ポンプ摩擦トルク計算オプション =1 ; 摩擦トルクテーブル入力 =2 ; トルク比2次式近似 =3 ; ポンプ効率補正計算	—	IOPT1=1 の時	
IOPT5 (i)	第 i 番目ポンプ ポニーモータ設定の有無 ≠1 ; ポニーモータ有 =1 ; ポニーモータ無	—	IOPT1=1 の時	
	i = KNPP			

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	PPMI 1	(3/3)	
関連サブルーチン			
モジュールPP	モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	PPREAD	
	ネームリスト名	NAMPP1	
変 数 名	意 味	単 位	備 考
I STPN (i)	モジュールPP (i) =0 ; 初期設定計算の出力をしない =1 ; 初期設定計算の出力を行う =2 ; 初期設定計算の出力を行う (詳細出力)	—	
I DBGN (i)	モジュールPP (i) =0 ; 中間出力をしない =1 ; 中間出力を行う =2 ; 中間出力を行う (詳細出力)	—	
OUTPN (n, i)	モジュールPP (i) 中間出力時間の指定	sec	
INTIPN (i)	モジュールPP (i) 初期設定境界条件 =1 ; 入力データ ≠1 ; プール変数入力	—	
TMAXPN (i)	モジュールPP (i) 計算終了時間	sec	
DTIMP (m, i)	モジュールPP (i) DTIMP(m, i) ≤ 時間の時 計算進み時間中=DDELPN(m, i)	sec	
DDELPN (m, i)		sec	
NRSTP (i)	モジュールPP (i) 初期回転数収束計算 最大回数	—	IOPT3=2 の時
VRLIM (i)	モジュールPP (i) 初期回転数収束計算 許容誤差	—	IOPT3=2 の時
	i = KNPP, n = 30, m = 5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PPMI 2		(1/10)
関連サブルーチン	モジュールPP モジュールサブルーチン		
		入力サブルーチン	PPREAD
		ネームリスト名	NAMPP2
変数名	意味	単位	備考
PMFLIN (i)	モジュールPP (i) ポンプ流量初期値	kg/sec	INITPN=0 の時
ROTA IN (i)	モジュールPP (i) ポンプ回転数初期値	rad/sec	guess 値
PUHD IN (i)	モジュールPP (i) ポンプヘッド初期値	kg/m <sup>2</sup>	INITPN=0 の時
PWFLWR (i)	モジュールPP (i) 定格流量	kg/sec	
ROTAR (i)	モジュールPP (i) 定格回転数	rad/sec	
PHEADR (i)	モジュールPP (i) 定格揚程	kg/m <sup>2</sup>	
PTORQR (i)	モジュールPP (i) 定格トルク	kg・m	
PEFICR (i)	モジュールPP (i) 定格効率	—	
PINERT (i)	モジュールPP (i) GD <sup>2</sup> /4g (含む・駆動モータ)	Kg・m <sup>2</sup> /4g	
RYOYU (i)	モジュールPP (i) ポンプヘッド設定余裕 (ポンプヘッド=計算値×RYOYU)	—	IOPT3≠1 の時
	i =KNPP		

変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	PPMI 2	(4/10)	
関連サブルーチン			
モジュールPP	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	
		PPREAD	
		ネームリスト名	
		NAMPP2	
変数名	意 味	単 位	備 考
NTFR (i)	モジュールPP (i) 摩擦トルク比テーブル入力個数	—	IOPT4=1 の時
RTFR (n, i)	モジュールPP (i) 摩擦トルク比テーブル入力 主ポンプ回転数データ	rad/sec	IOPT4=1 の時
TFR (n, i)	モジュールPP (i) 摩擦トルク比テーブル入力 回転数に対する摩擦トルク比デ ータ	kg・m	IOPT4=1 の時
NEFF (i)	モジュールPP (i) 摩擦トルク比テーブル入力 ポンプ効率補正係数テーブル入 力個数	—	IOPT4=3 の時
REFF (n, i)	モジュールPP (i) 摩擦トルク比テーブル入力 主ポンプ回転数データ	rad/sec	IOPT4=3 の時
TEFF (n, i)	モジュールPP (i) 摩擦トルク比テーブル入力 補正係数データ ポンプ効率	—	IOPT4=3 の時
MPUMP (i)	モジュールPP (i) 起動時駆動トルク特性テーブル 入力 データ個数	—	IPSTR=1 の時
RPROT (n, i)	モジュールPP (i) 起動時駆動トルク特性テーブル 入力 給水ポンプ回転数データ	rad/sec	IPSTR=1 の時
TPTRQ (n, i)	モジュールPP (i) 起動時駆動トルク特性テーブル 入力 給水ポンプ駆動トルクデータ	kg・m	IPSTR=1 の時
	$i = \text{KNPP}, n = 20$		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PPMI 2		(5/10)
関連サブルーチン	モジュールPP モジュールサブルーチン		
		入力サブルーチン	PPREAD
		ネームリスト名	NAMPP2
変数名	意 味	単 位	備 考
PMGD (i)	モジュールPP (i) ポニーモータ GD <sup>2</sup> /4g	kg・m /4g	IOPT5=0 の時入力
RGEAR (i)	モジュールPP (i) ポニーモータ回転数対 ポンプ回 転数減速比		IOPT5=0 の時入力
PMRMAX (i)	モジュールPP (i) ポニーモータ回転数上限値	rad/sec	IOPT5=0 の時入力
MPONY1 (i)	モジュールPP (i) ポニーモータ駆動トルク特性 テーブル入力個数		IOPT5=0 の時入力
RPONY (n, i)	モジュールPP (i) ポニーモータ駆動トルク特性 ポニーモータ回転数データ	rad/sec	IOPT5=0 の時入力
TPONY (n, i)	モジュールPP (i) ポニーモータ駆動トルク特性 駆動トルク	kg・m	IOPT5=0 の時入力
MPONY2 (i)	モジュールPP (i) ポニーモータ零起動時 ポンプ摩擦トルク特性 テーブル入力データ個数		IOPT5=0 の時入力 (注1)
RRPONY (n, i)	モジュールPP (i) ポニーモータ零起動時 ポンプ摩擦トルク特性 主ポンプ回転数データ	rad/sec	IOPT5=0 の時入力 (注1)
FTPONY (n, i)	モジュールPP (i) ポニーモータ零起動時 ポンプ摩擦トルク特性 摩擦トルクデータ	kg・m	IOPT5=0 の時入力 (注1)
	(注1) 回転数<ROTC1 でポニーモータ零起動時摩擦トルク フィッティング		
	i=KNPP, n=20		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PPMI 2	(6/10)	
関連サブルーチン			
モジュールPP	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	
		PPREAD	
		ネームリスト名	
		NAMPP2	
変数名	意味	単位	備考
ROTMAX (i)	モジュールPP (i) 回転数上限値	rad/sec	IOPT1=1 の時入力
ROTMIN (i)	モジュールPP (i) 回転数下限値	rad/sec	IOPT1=1 の時入力
ROTC1 (i)	モジュールPP (i) ポンプ摩擦トルク 特性変曲点回転数	rad/sec	IOPT5=0 の時入力 (注1)
ROTC2 (i)	モジュールPP (i) ポンプ連続運転下限回転数	rad/sec	IOPT5=0 の時入力 (注1)
DTMAX (i)	モジュールPP (i) ポンプ駆動トルク上限値	kg・m	IOPT1=1 の時
DTMIN (i)	モジュールPP (i) ポンプ駆動トルク下限値	kg・m	IOPT1=1 の時
NRDAT (i)	モジュールPP (i) ポンプ回転数変化 テーブル入力データ個数	—	IOPT1=3 の時
RTIME (n, i)	モジュールPP (i) ポンプ回転数変化 テーブル入力 経過時刻	sec	IOPT1=3 の時
TROTA (n, i)	モジュールPP (i) ポンプ回転数変化 テーブル入力 ポンプ回転数データ	rad/sec	IOPT1=3 の時
NST (i)	モジュールPP (i) ポンプ回転数変化 テーブル入力 フィッティング計算インデックス (=2を入力)	—	IOPT1=3 の時
	(注1) 回転数<ROTC1 でポンプモータ零起動時摩擦トルク フィッティング		
	(注2) 回転数<ROTC2 で回転数=0		
	i = KNPP, n = 20		

変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	PPMI 2	(8/10)	
関連サブルーチン	モジュールPP モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	PPREAD	
	ネームリスト名	NAMPP2	
変数名	意味	単位	備考
ACOEFC(m, n, i)	モジュールPP (i) 送風機 Q-H2 次近似式補正係数演算用近似係数 $\alpha = \text{ACOEFC}(1, n, i) + \text{ACOEFC}(2, n, i) * W + \text{ACOEFC}(3, n, i) * W^2 + \text{ACOEFC}(4, n, i) * W^3 + \text{ACOEFC}(5, n, i) * W^4$ n=1: 高速運転 =2: 低速運転	—	IOPT3(i)=0の時のみ使用可
BROTA1(i)	モジュールPP (i) 送風機 高速運転時送風機回転数	rad/sec	IOPT3(i)=0の時のみ使用可
BROTA2(i)	モジュールPP (i) 送風機 低速運転時送風機回転数	rad/sec	IOPT3(i)=0の時のみ使用可
INTMOD(i)	モジュールPP (i) 送風機 運転モードの初期値 =0; 待機, =1; 高速 =2; 低速, =3; 自然通風	—	IOPT3(i)=0の時のみ使用可
MODE1(i)	モジュールPP (i) 送風機 モードI制御信号に対応するプール変数番号	—	IOPT3(i)=0の時のみ使用可
MODE2(i)	モジュールPP (i) 送風機 モードII制御信号に対応するプール変数番号	—	IOPT3(i)=0の時のみ使用可
MODE3(i)	モジュールPP (i) 送風機 モードIII制御信号に対応するプール変数番号	—	IOPT3(i)=0の時のみ使用可
	モジュールPP (i) 送風機 起動モードフィッティングデータ		
TTBL01(j, i)	時間	sec	
XTBL01(j, i)	回転数	rad/sec	
ITBL01(i)	フィッティングデータ個数	—	
ISTB01(i)	—	—	2を入力
GTBL01(i)	ゲイン	—	
	i=KNPP, j=20, m=5, n=2		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PPMI 2	(9/10)	
関連サブルーチン	モジュールPP モジュールサブルーチン		
		入力サブルーチン	PPREAD
		ネームリスト名	NAMPP2
変数名	意味	単位	備考
	モジュールPP (i) 送風機 高速から低速へのフィッティングデータ		
TTBL12 (j, i)	時間	sec	
XTBL12 (j, i)	回転数	rad/sec	
ITBL12 (i)	フィッティングデータ個数	—	
ISTB12 (i)	—	—	2を入力
GTBL12 (i)	ゲイン	—	
	モジュールPP (i) 送風機 低速から自然通風へのフィッティングデータ		
TTBL23 (j, i)	時間	sec	
XTBL23 (j, i)	回転数	rad/sec	
ITBL23 (i)	フィッティングデータ個数	—	
ISTB23 (i)	—	—	2を入力
GTBL23 (i)	ゲイン	—	
	i = KNPP, j = 20		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PPMI 2	(10/10)	
関連サブルーチン	モジュールPP モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	PPREAD	
	ネームリスト名	NAMPP2	
変数名	意 味	単 位	備 考
	モジュールPP (i) 送風機 自然通風から低速へのフ ィッティングデータ		
TTBL32 (j, i)	時間	sec	
XTBL32 (j, i)	回転数	rad/sec	
ITBL32 (i)	フィッティングデータ個数	—	
ISTB32 (i)	—	—	2を入力
GTBL32 (i)	ゲイン	—	
	モジュールPP (i) 送風機 低速から高速へのフィッ ティングデータ		
TTBL21 (j, i)	時間	sec	
XTBL21 (j, i)	回転数	rad/sec	
ITBL21 (i)	フィッティングデータ個数	—	
ISTB21 (i)	—	—	2を入力
GTBL21 (i)	ゲイン	—	
	i=KNPP, j=20		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	PPM2	(1/3)	
関連サブルーチン	モジュールPP モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位 備考	
PMFLOW (i)	モジュールPP (i) 流量	kg/sec	プール変数との接続
ROTA (i, n)	モジュールPP (i) 回転数	rad/sec	プール変数との接続
DTORQ (i)	モジュールPP (i) 駆動トルク	kg・m	
PTORQ (i)	モジュールPP (i) 流体トルク	kg・m	
FTORQ (i)	モジュールPP (i) 摩擦トルク	kg・m	
TTORQ (i, n)	モジュールPP (i) 全トルク	kg・m	
PUHD (i)	モジュールPP (i) ポンプヘッド	kg/m <sup>2</sup>	プール変数との接続
REFROT (i)	モジュールPP (i) 駆動トルク指令 or 回転数指令	kg・m or rad/sec	プール変数との接続
PMROTA (i, n)	モジュールPP (i) ポニーモータ回転数	rad/sec	
PMDTRQ (i, n)	モジュールPP (i) ポニーモータ駆動トルク	kg・m	
ICP (i)	不使用	—	
IPONY (i)	モジュールPP (i) ポニーモータ 運転状態インデックス =1; ポニーモータ単独運転 =2; ポニーモータによる連続運転 =3; ポニーモータ零起動	—	
	i=KNPP, n=2		

## 変 数 名 リ ス ト





PP-1		入力サブルーチン	PPREAD	
関連モジュール	モジュールPP	変数名	—	
意味	入力データの概要		単位	—
<p>(1) システムの冷却材流動を計算する上で必要となる循環ポンプをシステム構成に合わせて流路に設置する。</p> <p>(2) 循環ポンプは1つの閉流路に1基設置されるのが一般的であるが、並列に2基以上設置される場合もある。並列に複数個配置されたポンプがすべて同一仕様で、かつ、同一の条件で運転される場合は、複数個の内、代表1基のポンプについて計算すれば良い。</p> <p style="padding-left: 40px;"><math>NNPUMP(i) = n</math> (n: 並列対称ポンプ基数)</p> <p>ex) 主給水ポンプ (50% × 2基)</p> <p>(3) 本モジュールでの計算のアウトプットはポンプヘッドであり、流動計算モジュールFNあるいはFWでの冷却材循環力として取扱われる。</p> <p style="padding-left: 40px;">ポンプヘッドは、冷却材流量及びポンプ回転数の関数であるポンプQ-H特性式で計算され、次の2つの方式が考慮できる。</p> <p style="padding-left: 80px;">① 完全特性式 (IOPT3(i)=2)</p> <p style="padding-left: 80px;">② 設計Q-Hカーブ近似関数式 (IOPT3(i)=1)</p> <p>(4) ポンプヘッドを計算するのに必要な冷却材流量は本モジュールの入力条件であり、流動計算モジュールよりプール変数を介して与える。一方、ポンプ回転数は本モジュールにて計算する場合と、他モジュールあるいは入力データにより与える場合が選択できる。</p> <p style="padding-left: 80px;">① ポンプ(含、モータ)の角運動量方程式を差分式にて解く (IOPT1(i)=1)</p> <p style="padding-left: 80px;">② 制御系計算モジュール(CL)より与えられる (IOPT1(i)=2)</p> <p style="padding-left: 80px;">③ 時系列の入力データにより与える (IOPT1(i)=3)</p> <p style="padding-left: 80px;">④ ポンプスティックにより回転数が瞬時に零となる (IOPT1(i)=4)</p> <p style="padding-left: 80px;">⑤ 初期回転数のまま一定とする (IOPT1(i)=5)</p> <p>(5) ポンプ回転数を角運動量方程式にて解く場合、原子炉トリップ後の崩壊熱除去運転におけるボニーモータによるポンプ低速運転を模擬できる。</p> <p style="padding-left: 40px;"><math>IOPT5(i) \begin{cases} =0: \text{ボニーモータ有} \\ =1: \text{ボニーモータ無} \end{cases}</math></p>				

変数名リスト



PP-2	入力サブルーチン	PPREAD				
関連モジュール	モジュールPP	変数名				
意味	ポンプ定格諸元値	単位	—			
<p>(1) ポンプのQ-H特性を完全特性式で計算する場合 (IOPT3(i)=2) は、</p> <table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;"> <p>PWFLWR(i) : ポンプ定格流量                      ROTAR(i) : ポンプ定格回転                      PHEADR(i) : ポンプ定格揚程                      PTORQR(i) : ポンプ定格トルク</p> </td> <td style="border: none; font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="border: none; vertical-align: middle;">の入力データが必要となる。</td> </tr> </table> <p>これらは、ポンプ特性が定格値に対する比として無次元化して計算するためである。また、この場合は、PEFICR(i) (定格効率) は不要である。</p> <p>(2) ポンプのQ-H特性を2次式の近似関数で計算する場合 (IOPT3(i)=1) は、有次元のプロセス量で計算するため、上記の定格諸元値は不要である。</p> <p>但し、零割りを防止するため、PWFLWR(i)とROTAR(i)には零以外の値をdummyとして入力する必要がある。</p> <p>(3) ポンプ摩擦トルクをポンプ効率の低下として計算する場合 (IOPT4(i)=3) は、ポンプ定格効率PEFICR(i)のデータが必要である。</p> <p>(4) ポンプQ-H特性を完全特性式で計算する場合、ポンプ定格揚程の不確定幅をRYOYU(i)で簡単に考慮できる。</p> <p>ex) PHEADR(i) = a (kg/m<sup>2</sup>) ± b (%) と与えられた時</p> <p style="padding-left: 40px;">+ b (%) を考慮する場合は <math>RYOYU(i) = 1.0 + \frac{b}{100}</math> を入力する。</p> <p style="padding-left: 40px;">- b (%) を考慮する場合は <math>RYOYU(i) = 1.0 - \frac{b}{100}</math> を入力する。</p> <p>一方、RYOYU(i)=1.0として、PHEADR(i)自体の入力値を不確定幅に応じて変えて入力しても良い。</p>				<p>PWFLWR(i) : ポンプ定格流量                      ROTAR(i) : ポンプ定格回転                      PHEADR(i) : ポンプ定格揚程                      PTORQR(i) : ポンプ定格トルク</p>	}	の入力データが必要となる。
<p>PWFLWR(i) : ポンプ定格流量                      ROTAR(i) : ポンプ定格回転                      PHEADR(i) : ポンプ定格揚程                      PTORQR(i) : ポンプ定格トルク</p>	}	の入力データが必要となる。				

変数名リスト

モジュール名	PP-3	入力サブルーチン	PPREAD
関連モジュール	モジュールPP	変数名	NRSTP, VRLIM
意味	ポンプ初期回転数の計算		単位
<p>(1) モジュールFNの初期圧力分布計算にも述べたように、循環ポンプ初期値計算は、流量及びポンプヘッドを既知の条件として、ポンプQ-H特性より決まるポンプ初期回転数を求めることである。</p> <p>(2) ポンプQ-H特性を完全特性式で計算する場合は (IOPT3(i)=2) ,同式が多次元であるため、収束計算によりポンプ初期回転数を計算する。</p> <p>収束計算の収束判定 : VRLIM(i)</p> $ YY^{i+1} - YY^i  \leq VRLIM(i) : \text{収束}$ <p>YY : ポンプ比回転数  i+1 : i+1 回目に求めた比回転数  i : i 回目に求めた比回転数</p> <p>収束計算の打切回数 : NRSTP(i)</p> <p>ポンプ回転数の初期 Guess 値が不適切な場合は、収束しない場合がある。この場合はあらかじめNRSTP(i) で入力した回数で計算を停止する。</p> <p>[入力目安値]</p> <p>VRLIM(i) ≤ 0.01 (1%以下)  NRSTP(i) ≤ 50~100 回以下</p> <p>(注)</p> <p>ポンプQ-H特性が設計Q-Hカーブを2次の近似関数で計算する場合は (IOPT3(i)=1)、根の公式により代数解 (正值) を求める。従って、NRSTP, VRLIM の入力データは不要。</p>			

変数名リスト

PP-4		入力サブルーチン	PPREAD
関連モジュール	モジュールPP	変数名	COEFPM
意味	ポンプ Q-H特性式 (ポンプヘッド及びポンプ流体トルク)		単位
<p>2次元関数近似式 (IOPT3(i)=1)</p> $\Delta H(t) = \text{COEFPM}(1,1,i) \cdot \{G(t)\}^2 + \text{COEFPM}(2,1,i) \cdot G(t) \cdot N(t) + \text{COEFPM}(3,1,i) \cdot \{N(t)\}^2$ $T_F(t) = \frac{\Delta H(t) \cdot G(t)}{\rho \cdot \eta \cdot N(t)}$ <p><math>\eta = \eta_R</math> (ポンプ効率一定の場合、<math>\text{COEFPM}(j, 2, I) = 0.0</math>)</p> <p>あるいは、</p> $\eta = \frac{\sum_{j=1}^3 \text{COEFPM}(j,2,i) \left(\frac{q}{n}\right)^{j-1}}{1.0 + \frac{\text{COEFPM}(4,2,i)}{n}}$ (ポンプ効率変化を考慮する場合)			
<p>ここで、<math>\Delta H(t)</math> : ポンプヘッド (kg/m<sup>2</sup>) , <math>\rho</math> : 流体密度 (kg/m<sup>3</sup>)</p> <p><math>G(t)</math> : ポンプ流量 (kg/s) , <math>\eta</math> : ポンプ効率</p> <p><math>N(t)</math> : ポンプ回転数 (rad/s)</p> <p><math>T_F(t)</math> : ポンプ流体トルク (kg・m)</p> <p><math>q</math> : <math>G(t)/G_R</math> (比流量)</p> <p><math>n</math> : <math>N(t)/N_R</math> (比回転数)</p> <p>2次元関数近似式の係数 <math>\text{COEFPM}(j, 1, i)</math> は設計特性曲線のサンプル値を上式に代入し、連立方程式を解くことにより与える。</p>			

変数名リスト

PP-5		入力サブルーチン	PPREAD	
関連モジュール	モジュールPP	変数名	——	
意味	ポンプ負荷とトルクの計算	単位	——	
<p>ポンプ負荷トルク <math>T_L</math> の計算</p> $\frac{GD^2}{4g} \frac{dn}{dt} = T_D - T_L$ <p>ここで、<math>T_L = \tau \cdot T_R \cdot \beta + T_{fr}</math></p> <p><math>\tau \cdot T_R</math> : ポンプの完全特性式より算出される。</p> <p><math>\beta</math> : TEFF(1, j, k) テーブルデータによるフィッティング (ポンプ効率)</p> <p><math>T_{fr}</math> : TFR(1, j, k) テーブルデータによるフィッティング (摩擦トルク)</p> <p><math>T_D</math> : ポンプ駆動トルク</p> <p><math>T_L</math> : ポンプ負荷トルク</p>				

変数名リスト

PP-6		入力サブルーチン	PPREAD
関連モジュール	モジュールPP	変数名	下記
意味	ポンプ摩擦トルクの計算 (1/2)	単位	—
<p>(1) ポンプ回転数の依存性をテーブルフィッティングで与える場合 (IOPT4(i)=1)</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>(2) ポンプ回転数の依存性を関数式で与える場合 (IOPT4(i)=2)</p> $\tau = \sum_{j=1}^3 \text{FCOE}(j,1,i) \cdot n^{j-1}, \text{ 但し、 } n > \text{RANGE}(i,1)$ $\tau = \sum_{j=1}^3 \text{FCOE}(j,2,i) \cdot n^{j-1}, \text{ 但し、 } \text{RANGE}(i,2) < n < \text{RANGE}(i,1)$ $\tau = \sum_{j=1}^3 \text{FCOE}(j,3,i) \cdot n^{j-1}, \text{ 但し、 } n < \text{RANGE}(i,2)$ $T_{fric}(t) = \tau \cdot T_{FR}$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\tau</math> : 比トルク</li> <li><math>T_{fric}(t)</math> : ポンプ摩擦トルク (kg・m)</li> <li><math>T_{FR}</math> : ポンプ流体トルク定格値 (kg・m)</li> <li><math>n</math> : 比回転数 (<math>N(t)/N_R</math>)</li> </ul>			

変数名リスト

PP-7		入力サブルーチン	PPREAD	
関連モジュール	モジュールPP	変数名	下記	
意味	ポンプ摩擦トルクの計算 (2/2)		単位	—
<p>(3) ポンプ効率の補正で摩擦トルクを考慮する場合 (IOPT4(i)=3)</p> <p>ポンプ負荷トルクは、一般的に次式で表される。</p> $T_L = T_P + T_{fr}$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>T_P</math> : ポンプ流体トルク</li> <li><math>T_{fr}</math> : ポンプ摩擦トルク</li> <li><math>T_L</math> : ポンプトルク</li> </ul> <p>以上の<math>T_{fr}</math>をポンプ効率の低下としてとらえ、次式の形で解析用データが提示される場合がある。</p> $T_L = \beta \cdot T_P \quad \text{但し、} \beta = \frac{\eta_0}{\eta^*}$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\eta_0</math> ; 定格効率</li> <li><math>\eta^*</math> ; 摩擦トルクを考慮したポンプ効率</li> </ul> <p>この<math>\eta^*</math>をTEFF(n, i)で入力する。</p>				

変数名リスト

PP-8		入力サブルーチン	PPREAD	
関連モジュール	モジュールPP	変数名	ROTC1, MPONY2, RRPONY ROTC2, FTOPNY	
意味	ポンプ低速運転時の解析評価に関するデータ		単位	—
<p>(1) ポンプ摩擦トルクと特性評価、変換回転数及び摩擦トルク</p> <p>ポンプ回転数 <math>N(t)</math> がある一定の低回転数 <math>ROTC1(i)</math> の時、ポンプの摩擦トルクを高回転数の時のものとは異なった特性の値を与える場合がある。</p> $N(t) \leq ROTC1(i)$ $T_{fric}(i) = FTPONY(N(t), i)$ <p>ここで、</p> <p><math>N(t)</math> : ポンプ回転数 (rad/s)</p> <p><math>T_{fric}(i)</math> : ポンプ摩擦トルク (kg・m)</p> <p style="text-align: center;">  </p> <p><math>FTPONY\{RRPONY(j, i), i\}</math> : テーブルデータ</p> <p style="text-align: center;">  </p> <p><math>N(t)</math></p> <p>(2) ポンプ連続運転最低回転数</p> <p>ポンプ回転数が非常に低速回転となった場合、そのような極低速での連続的な運転は設計上保障できないため、安全評価等においては保守側にポンプが停止するものとして評価する場合がある。</p> $N(t) \leq ROTC2(i) \text{ まで低下した時}$ $N(t) = 0.0$				

変数名リスト

PP-9		入力サブルーチン	PPREAD	
関連モジュール	モジュールPP	変数名	RGEAR	
意味	ポニーモータ回転数対主ポンプ回転数減速比		単位	—
<p>ポニーモータ運転時のナトリウム流量は系統圧損と低速運転時のポンプ回転数から決定される。熱過渡解析では逆にポニーモータ運転流量が解析条件として与えられ、この条件に一致するよう入力パラメータを逆設定する。</p> <p>ポニーモータとポンプの動作を考慮している時、この逆設定は次の手順で行う。</p> <p style="text-align: center;">① <u>GIVEN : ポニーモータ運転流量 (and 圧損特性)</u></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">② <u>所定の流量時の系統圧損=ポンプヘッド</u></p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">Q-H特性より</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;"> <span style="display: inline-block; vertical-align: middle;">ポンプ回転数</span> <span style="display: inline-block; vertical-align: middle;">} 決定</span>  <span style="display: inline-block; vertical-align: middle;">ポンプ駆動トルク</span> </p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">ポンプ、ポニーモータ連立の角運動量保存式 (定常バランス) より</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">④ <u>ポニーモータ回転数、駆動トルクが決定</u></p> <p style="text-align: center;"> <math display="block">RGEAR = \frac{\text{主ポンプ回転数}}{\text{ポニーモータ回転数}}</math> </p>				

変数名リスト



3.16 モジュールRX (原子炉熱計算)

モジュールRX

## 1 機能

FBR 炉心熱計算。

## 2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
原子炉出力（除、崩壊熱）	TEMP	原子炉全出力	TEMP
炉心入口温度	TEMP	炉心燃料崩壊熱 ブランケット燃料崩壊熱	TEMP
炉心ナトリウム流量	FLWN	炉心出口温度	TEMP
制御棒急速挿入開始時間	TEMP	燃料、クラッド、冷却材、 ラッパ管のチャンネル平均温度	TEMP
		燃料、クラッド、冷却材、 ラッパ管の炉心平均温度	TEMP
		燃料、クラッド、冷却材の 最高温度	TEMP
		任意のノードにおける燃 料、クラッド、冷却材、ラ ッパ管の温度（*1）	TEMP
		チャンネル出口温度	TEMP
		自然循環力	TEMP
		冷却材の平均温度	TEMP

(\*1) 入力データにより任意のノードの温度を指定する。

### 3 モデルの概要 (図RX-1 参照)

(1) 炉心部全域を任意個数の同心円状領域に分割し、各領域の燃料ピンを代表チャンネルとして模擬し、温度計算を行う。代表チャンネルとして、例えば次のようなチャンネルを想定できる。(最大チャンネル数  $KNRX^{(注)}$  個)

1) ホットチャンネル (最大発熱ピン)

過渡変化時における燃料・クラッド・冷却材の最高温度を求めるために想定するチャンネル。

2) 平均チャンネル (炉心平均ピン)

炉心の平均出力密度、及び平均流量を与えたチャンネル。本チャンネルで求めた各部平均温度を使用して、核計算モジュールにおいて温度フィードバック反応度を計算する。

3) ブランケットチャンネル (径方向ブランケット平均ピン)

径方向ブランケットの平均出力密度、及び平均流量を与えたチャンネル。

(2) 各チャンネルは、径方向には燃料ペレット・クラッド・冷却材・ラップ管、軸方向には炉心燃料・上下ブランケットより成り、次のように領域分割を行う。

1) 径方向

燃料ペレット -----  $KRRX^{(注)}$  分割

クラッド ----- 3 分割

冷却材、ラップ管 ----- 1 領域

2) 軸方向 -----  $KFRX^{(注)}$  分割

(3) 炉出力の軸方向は一定とする。

(4) 径方向の熱伝導は、一次元熱伝導方程式を解くことにより求め、軸方向熱伝導は無視する。

(5) チャンネル間の、熱伝導による熱移動を考慮できる。(最大  $KMRX^{(注)}$  チャンネル)

(6) 原子炉トリップ後の崩壊熱計算は、関数フィッティングによる。

(7) 燃料・クラッド・冷却材・ラップ管の物性値は温度の関数とする。

(注)  $KNRX$ 、 $KRRX$ 、 $KFRX$ 、 $KMRX$  はパラメーター文でコンパイル時に指定。

## 4 基礎式

## (1) 伝熱計算 (図RX-2 参照)

燃料ペレット

$$\rho_f c_f \frac{\partial}{\partial t} T_f(r, z, t) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (K_f r \frac{\partial}{\partial r} T_f(r, z, t)) + q(z, t) \quad \text{--- (1)}$$

クラッド

$$\begin{aligned} a_c \rho_c c_c \frac{\partial}{\partial t} T_c(r, z) &= 2\pi r_{e1} U_b (T_f(r_{nf}, z, t) + T_c(z, t)) \\ &\quad + A_c U_c(z, t) (T_c(z, t) - T_c(z, t)) \quad \text{--- (2)} \end{aligned}$$

ナトリウム

$$\begin{aligned} a_s \rho_s c_s \frac{\partial}{\partial t} T_s(r, z) &+ a_s G_s(t) c_s \frac{\partial}{\partial z} T_s(z, t) \\ &= A_c U_c(z, t) (T_c(z, t) - T_s(z, t)) \\ &\quad + A_s U_s(z, t) (T_s(z, t) - T_c(z, t)) \quad \text{--- (3)} \end{aligned}$$

ラッパ管

$$\begin{aligned} a_s \rho_s c_s \frac{\partial}{\partial t} T_s(r, z) &= A_s U_s(z, t) (T_c(z, t) - T_s(z, t)) \\ &\quad + \sum_j A_{s,j} U_{s,j} (T_{s,j}(z, t) - T_s(z, t)) \quad \text{--- (4)} \end{aligned}$$

## (2) 熱伝達率

$$U_b = \frac{1}{(1/h_b) + (r_{e1}/K_e) \ln((r_{e1} + r_{e2})/2r_{e1})} \quad \text{--- (5)}$$

$$U_c = \frac{1}{(1/h_c(z, t)) + (r_{e2}/K_e) \ln(2r_{e2}/(r_{e1} + r_{e2}))} \quad \text{--- (6)}$$

$$U_s = \frac{1}{(1/h_s(z, t)) + (t_s/2K_s)} \quad \text{--- (7)}$$

$U_{s,j}$ ; 入力

(3) 伝熱式

$h_b$ ; ギャップコニグクタンズ

$$h_c(z, t) = \frac{k_c}{d_c} (7.0 + 0.025 (0.5 Pe_c)^{0.8}) \quad \text{(修正 Lyon の式)} \quad (8)$$

$$h_s(z, t) = \frac{k_s}{d_s} (7.0 + 0.025 (0.5 Pe_s)^{0.8}) \quad \text{(修正 Lyon の式)} \quad (9)$$

但し、 $Pe_c = Pr_c \cdot Re_c$

$Pe_s = Pr_s \cdot Re_s$

(4) 物性値計算

(i) 炉心燃料

熱伝導率 (GEAP-13967)

$$k_f = \left\{ 0.01169 + \frac{1.0}{(0.06717 + \frac{0.2226(1-\gamma)}{O/M - 1.90}) T} + 7.214 \times 10^{-2} \times T^3 \right\} C_1 \quad (10)$$

但し、  
 $k_f$  ; 熱伝導率 (w/cm・°C)  
 $\gamma$  ; 理論密度比  $\left\{ \begin{array}{l} \text{組織不変領域} : 0.85 \\ \text{等軸晶領域} : 0.95 \\ \text{柱状晶領域} : 0.97 \end{array} \right.$   
 $O/M$  ; 化学量論比 1.98  
 $T$  ; 温度 (°C)  $\times C_2$   
 $C_1, C_2$  ; 補正係数 (燃料中心温度を炉心設計より定まる値と一致せざる際、使用する。)

定圧比熱 (HEDL-TME-73-60)

$$C_f = 12.54 + 0.0170 \cdot T - 0.117 \times 10^{-4} \cdot T^2 + 0.307 \times 10^{-8} \cdot T^3 \quad (11)$$

但し、  
 $c_f$  ; 比熱 (cal/mol・K)  
 $T$  ; 温度 (K)、1mol=270g

実験炉用 定圧比熱 (Godfrey の式)

$$C_f = 2.033 \times 10^{-2} + 1.699 \times 10^{-4} T - 1.829 \times 10^{-7} T^2 + 7.872 \times 10^{-11} T^3 - 1.059 \times 10^{-14} T^4 \quad \text{(cal/g・°K)} \quad (11)'$$

密度

$$\rho_f = 9.4 \text{ (g/cm}^3\text{)} \text{ (85\%TD相当)} \quad \text{--- (12)}$$

(ii) ブランケット燃料 (WARD-TM-586)

熱伝導率

$$k_f = k_{95} \frac{F(93)}{F(95)} \quad \text{--- (13)}$$

$$F(\rho) = \frac{1 - \rho'}{1 + \beta \rho'}$$

$$k_{95} = \frac{38.24}{T + 129.4} + 6.13 \times 10^{-13} T^3$$

但し、 $T$  ; 温度 ( $^{\circ}\text{K}$ )

$\rho' = 1.0 - \rho$  ; ペレット内の空孔割合

$\beta = 1.0 - 0.023 / \rho'$  ; 補正係数

$k_{95}$  ; 熱伝導率 (95%TD) ( $\text{w/cm}\cdot\text{K}$ )

定圧比熱 J. Bell 「Uranium Dioxide」 USAEC (1961)

(Physical Properties of Uranium Dioxide)

$$C_f = 18.45 + 2.431 \times 10^{-3} \cdot T - 2.272 \times 10^{-5} \cdot T^2 \quad \text{--- (14)}$$

但し、 $\left\{ \begin{array}{l} C_f \quad ; \text{比熱 (cal/mol}\cdot\text{K)} \\ T \quad ; \text{温度 (K)、1mol=270g} \end{array} \right.$

密度

$$\rho_f = 10.2 \text{ (g/cm}^3\text{)} \text{ (93\%TD相当)} \quad \text{--- (15)}$$

(iii) SUS 316 (クラッド及び構造材)

$$k_z = 0.132 + 1.3 \times 10^{-4} \cdot T$$

熱伝導率 (International Nickel Company)

$$k_z = 0.132 + 1.3 \times 10^{-4} \cdot T \quad \text{--- (16)}$$

但し、 $\left\{ \begin{array}{l} k_z \quad ; \text{熱伝導率 (w/cm}\cdot\text{}^{\circ}\text{C)} \\ T \quad ; \text{温度 (}^{\circ}\text{C)} \end{array} \right.$

定圧比熱 (International Nickel Company)

$$C_p = 0.10604 + 0.1197 \times 10^{-3} \cdot T - 0.28475 \times 10^{-7} \cdot T^2 - 0.54902 \times 10^{-9} \cdot T + 0.949432 \times 10^{-12} \cdot T^4 - 0.431849 \times 10^{-15} \cdot T^5 \quad (17)$$

$$\text{但し、} \begin{cases} C; \text{比熱 (cal/g} \cdot \text{°C)} \\ T; \text{温度 (°C)} \end{cases}$$

実験炉用 定圧比熱 (AECD-3647)

$$C_p = 0.1078 + 4.89 \times 10^{-5} t \quad (\text{cal/g} \cdot \text{°C}) \quad (17)'$$

密度 (GEAP-13967)

$$\rho_t = 7.98506 - 4.5321 \times 10^{-4} \cdot T \quad (18)$$

$$\text{但し、} \begin{cases} \rho; \text{密度 (g/cm}^3\text{)} \\ T; \text{温度 (°C)} \end{cases}$$

実験炉用 密度 (AECD-3647)

$$\rho_t = 7.747 \quad (\text{g/cm}^3) ; \text{一定} \quad (18)'$$

(18)'

## (iv) 冷却材

熱伝導率(ナトリウム) (International Nickel Company)

$$k_t = 0.9292 - 5.8905 \times 10^{-4} \cdot T + 1.1724 \times 10^{-7} \cdot T^2 \quad (19)$$

$$\text{但し、} \begin{cases} k_t; \text{熱伝導率 (w/cm} \cdot \text{°C)} \\ T; \text{温度 (°C)} \end{cases}$$

定圧比熱 (ANL-7323)

$$C_p = 0.34325 - 1.38686 \times 10^{-4} \cdot T - 1.1055 \times 10^{-7} \cdot T^2 \quad (20)$$

$$\text{但し、} \begin{cases} C_p; \text{比熱 (cal/g} \cdot \text{°C)} \\ T; \text{温度 (°C)} \end{cases}$$

密度 (ANL-7323)

$$\rho_p = 0.9500 - 2.2977 \times 10^{-4} \cdot T - 1.4605 \times 10^{-8} \cdot T^2 + 5.638 \times 10^{-12} \cdot T^3 \quad (21)$$

$$\text{但し、} \begin{cases} \rho_p; \text{密度 (g/cm}^3\text{)} \\ T; \text{温度 (°C)} \end{cases}$$

(その他) 物性値参照

## —記号説明—

T	: 温度	( $^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{deg}$ )
G	: 流量	( $\text{kg}/\text{sec}$ )
q	: 発熱密度	( $\text{kcal}/\text{sec}\cdot\text{m}^3$ )
U	: 熱貫流率	( $\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{sec}\cdot^{\circ}\text{C}$ )
h	: 熱伝達率、又はギャップコンダクタンス	( $\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{sec}\cdot^{\circ}\text{C}$ )
a	: 断面積	( $\text{m}^2$ )
A	: 伝熱面積密度	( $\text{m}^2/\text{m}$ )
S	: 流路断面積	( $\text{m}^2$ )
d	: 代表長さ	( $\text{m}$ )
Pe	: ペクレ数	( $-$ )
c	: 比熱	( $\text{kcal}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ )
$\rho$	: 密度	( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
Pr	: プラントル数	( $-$ )
$\nu$	: 動粘性係数	( $\text{m}^2/\text{sec}$ )
k	: 熱伝導率	( $\text{kcal}/\text{m}\cdot\text{sec}\cdot^{\circ}\text{C}$ )
r	: 径方向距離	( $\text{m}$ )
z	: 軸方向距離	( $\text{m}$ )
t	: 時間、又は厚さ	( $\text{sec}$ , or $\text{m}$ )
f	: 燃料	
e	: クラッド	
c	: 冷却材	
s	: ラッパ管	
sj	: 隣接するチャンネルのラッパ管	



## 5 解法方法

## (1) 過渡計算 (図 RX-2、3 参照)

(1)~(4)式に関する階差式を示す。時間に関して陰解差分、空間に関して中心差分を適用する。

燃料ペレット

$$C_t a_{fi} \rho_i C_{fi} \frac{T_{fi}^{n+1} - T_{fi}^n}{\Delta t} = \frac{2\pi \bar{K}_f}{\ln(r_{i+1}/r_i)} (T_{fi+1}^{n+1} - T_{fi}^{n+1}) - \frac{2\pi \bar{K}_{f-1}}{\ln(r_i/r_{i-1})} (T_{fi}^{n+1} - T_{fi-1}^{n+1}) + q_{fi}^{n+1} / \Delta z_j$$

$$\text{但し、 } a_f = \pi (r_i^2 - r_{i-1}^2) \quad \text{--- (22)}$$

クラッド

$$C_t a_c \rho_c C_c \frac{T_c^{n+1} - T_c^n}{\Delta t} = 2\pi r_{cl} U_c (T_{fif}^{n+1} - T_c^{n+1}) + A_c U_c (T_{cj+1}^{n+1} - T_c^{n+1}) \quad \text{--- (23)}$$

冷却材

$$C_t 0.5 a_c \rho_c ((1+\beta) C_{cj+1} \frac{T_{cj+1}^{n+1} - T_{cj+1}^n}{\Delta t} + (1-\beta) C_{cj} \frac{T_{cj}^{n+1} - T_{cj}^n}{\Delta t}) + \frac{a_c G^{n+1}}{\Delta Z_{j+1}} (C_{pj+1} T_{cj+1}^{n+1} - C_{pj} T_{cj}^{n+1}) = 0.5(1+\beta) \frac{\Delta Z_{j+1}}{\Delta Z_{j+1}} (A_c U_{oj+1} (T_{ej+1}^{n+1} - T_{oj+1}^{n+1}) + A_s U_{sj+1} (T_{sj+1}^{n+1} - T_{oj+1}^{n+1})) + 0.5(1-\beta) \frac{\Delta Z_j}{\Delta Z_{j+1}} (A_c U_{cj} (T_{cj}^{n+1} - T_{oj}^{n+1}) + A_s U_{sj} (T_{sj}^{n+1} - T_{oj}^{n+1})) \quad \text{--- (24)}$$

$$\text{但し、 } \bar{\Delta Z}_{j+1} = 0.5(\Delta Z_{j+1} + \Delta Z_j)$$

$\beta$  ; 差分係数、=0 ; 中心差分、=1 ; 出口代表差分

ラップ管

$$C_t a_s \rho_s C_s \frac{T_s^{n+1} - T_s^n}{\Delta t} = A_s U_s (T_{oj+1}^{n+1} - T_s^{n+1}) + q_R^n \quad \text{--- (25)}$$

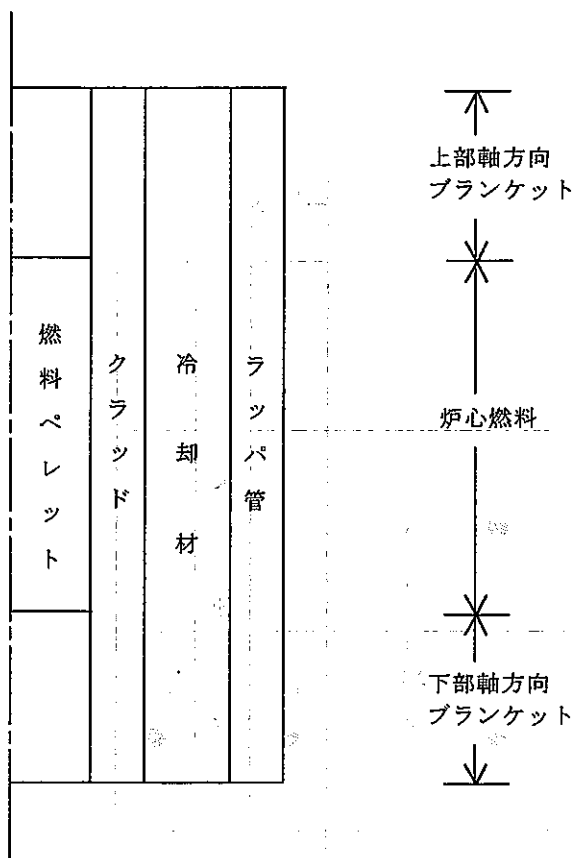
$$\text{但し、 } q_R^n = \sum A_{sj} U_{sj} (T_{sj}^n - T_s^n)$$

(23)~(26)式を  $n+1$  ステップの温度について整理し、ペレット半径方向に対して代数方程式を作り、冷却材入り口側から順に解く。

(2) 初期設定計算 (図 RX-4 参照)

代数方程式時間微分項の係数 ( $C_i$ ) を 0 とし (過渡計算時は 1)、整定するまで繰返し計算を行う。

軸方向領域分割



径方向領域分割

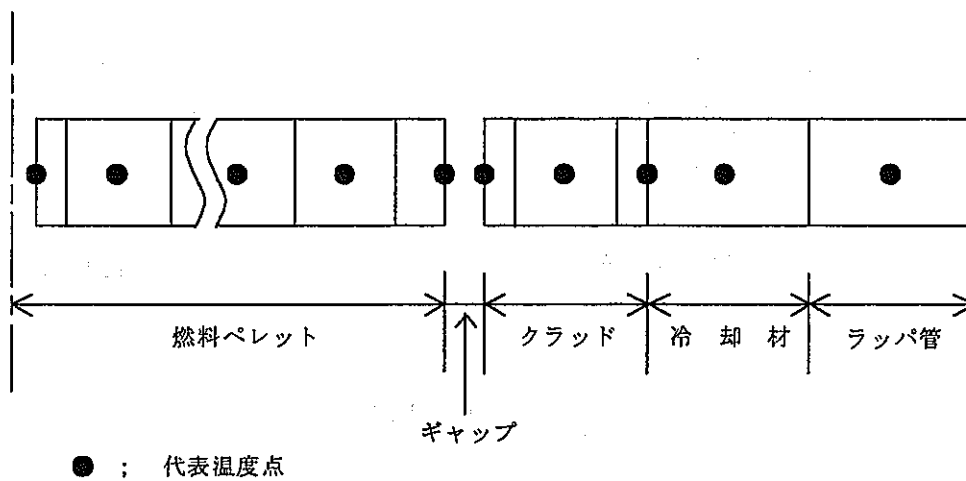
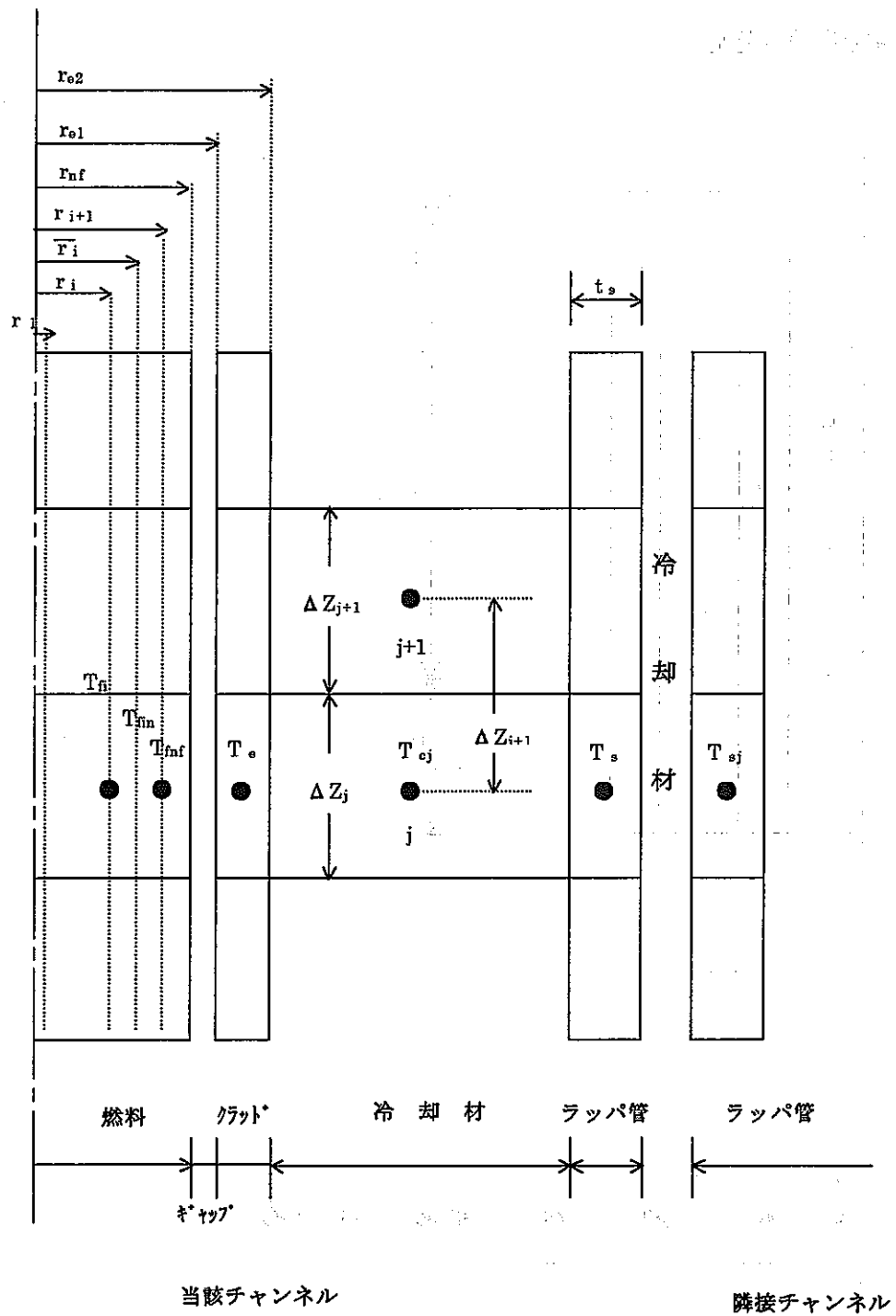


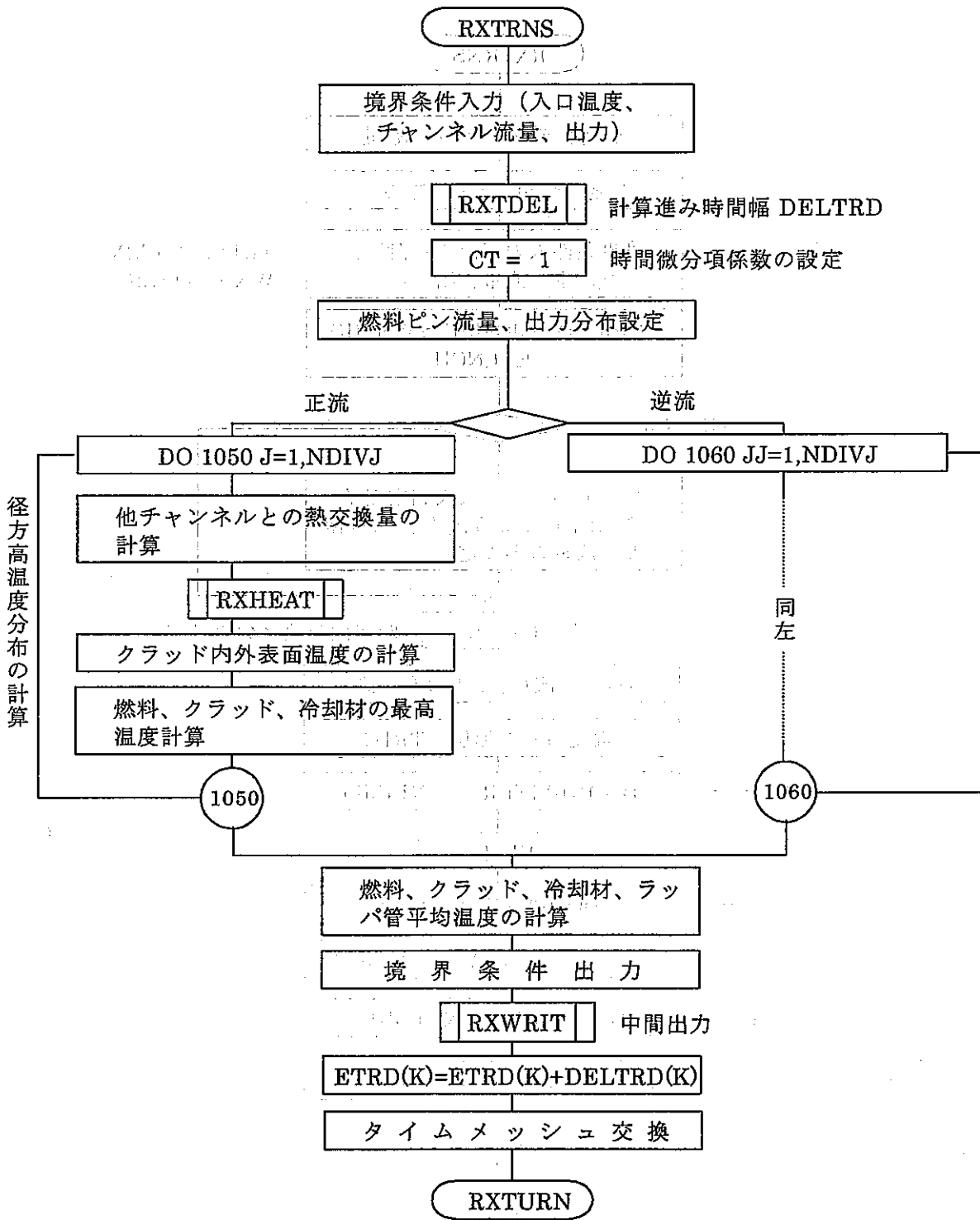
図 RX-1 炉心熱計算モデル (領域分割)



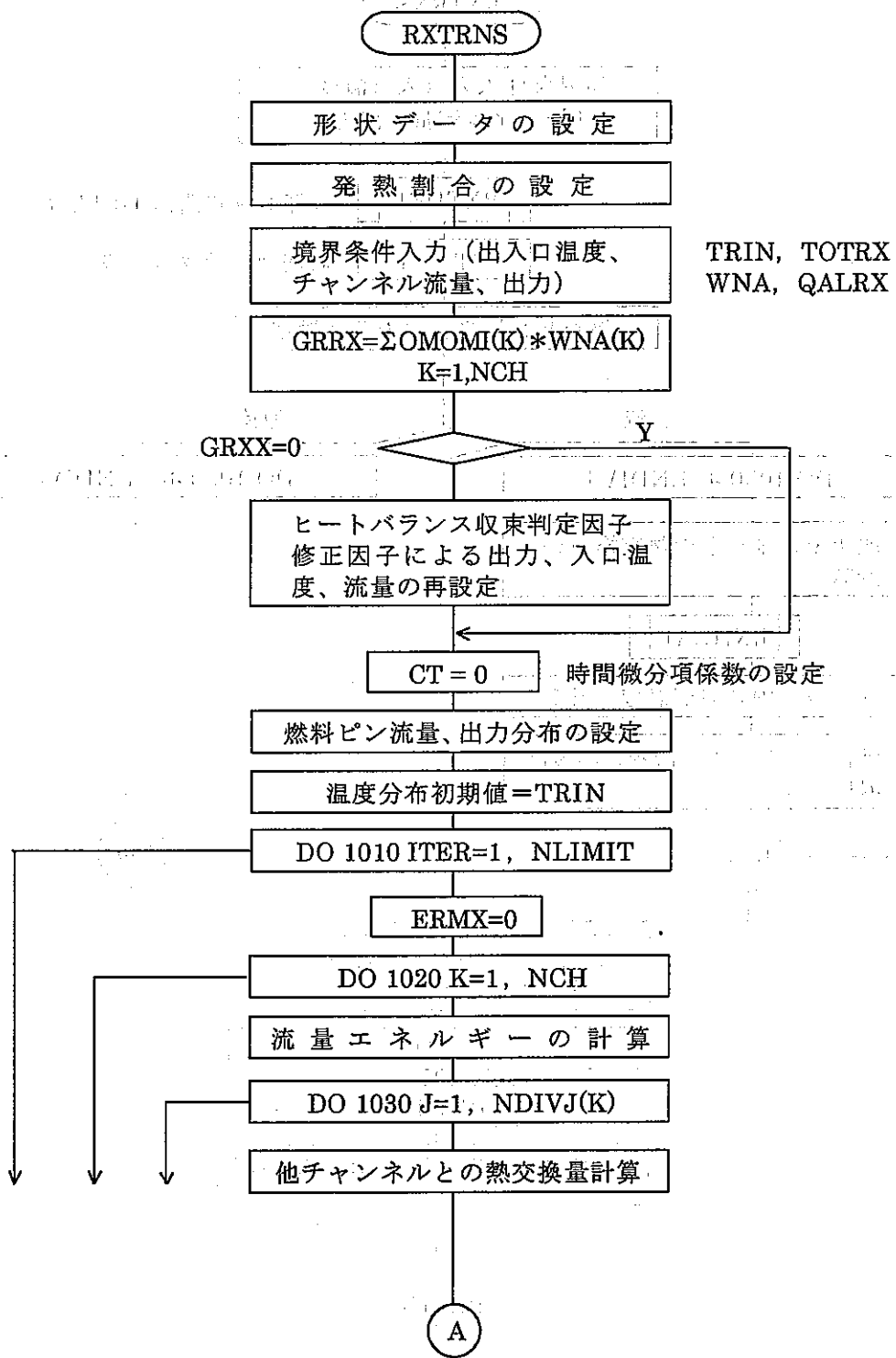
$$\bar{r}_i = \frac{1}{2}(r_i + r_{i+1}), i = 1, nf - 1$$

$$\bar{r}_o = r_i, r_{nf} = r_{nf}$$

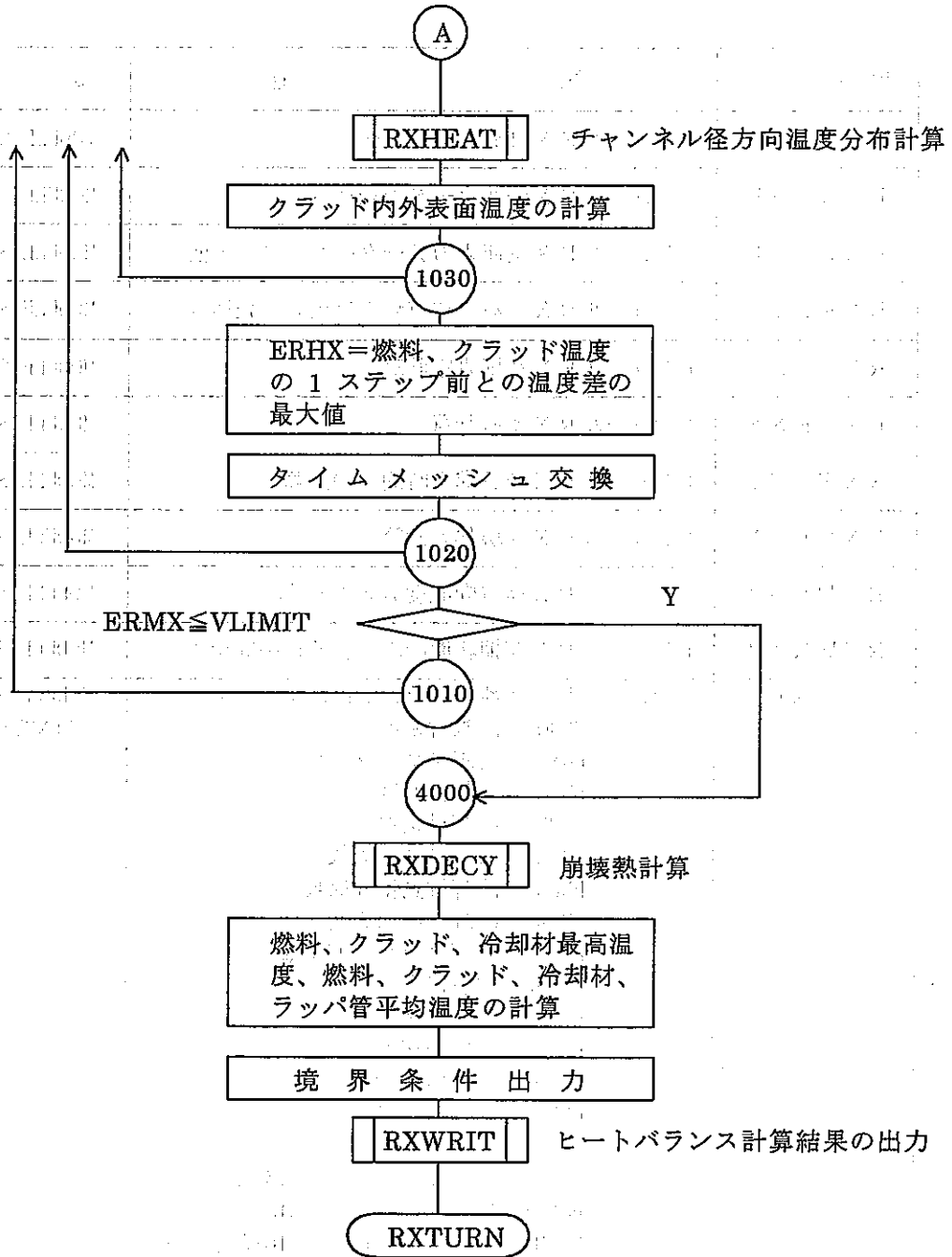
図 RX-2 炉心詳細熱計算モデル (変数名との対応)



図RX-3 sub. RXTRNS フローチャート



図RX-4 sub. RXSTAT フローチャート(1/2)



図RX-4 sub. RXSTAT フローチャート(2/2)

表RX-1 モジュールRXサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
RXCONT	モジュールRX計算コントロール	MODULE SUB.
RXREAD	モジュールRX関連データの読み込み	MODULE SUB.
RXBLOK	モジュールRX関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
RXRSTA	モジュールRX リスタート・ファイル の書出し、読み込み	MODULE SUB.
RXSTAT	モジュールRX初期設定計算	MODULE SUB.
RXTRNS	モジュールRX過渡計算	MODULE SUB.
RXTDEL	モジュールRX計算進み時間中の計算	MODULE SUB.
RXDECY	モジュールRX崩壊熱の計算	MODULE SUB.
RXHEAT	モジュールRX径方向温度分布の計算	MODULE SUB.
RXWRIT	モジュールRX初期状態の出力、及び中間出力	MODULE SUB.
RXFNOO	モジュールRX物性値、及び熱伝達率の計算 FRHON 冷却材密度 FHN 冷却材エンタルピ FHNN 冷却材温度 FCPN 冷却材比熱 FMUN 冷却材粘性係数 FNUN 冷却材動粘性係数 FRAMN 冷却材熱伝導度 FPRN 冷却材プラントル数 FRHOF 燃料密度 FCPF 燃料比熱 FRAMP 燃料熱伝導度 FRHOB フランケット密度 FCPB フランケット比熱 FRAMB フランケット熱伝導度 FRHOS1 クラット、ラッパ (SUS 316) 密度 FCPS1 クラット、ラッパ (SUS 316) 比熱 FRAMS1 クラット、ラッパ (SUS 316) 熱伝導度 FRHOS2 SUS 304 密度 (不使用) FCPS2 SUS 304 比熱 (不使用) FRAMS2 SUS 304 熱伝導度 (不使用) HTRC 熱伝達率	MODULE SUB. (FUNCTION)
YBOUND	マトリックスを解く	ELEMENT SUB
YDISTB		
ZFLUID		







コモンブロック名	RXMI1 (2/8)		
関連サブルーチン			
モジュールRX	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	RXREAD
		ネームリスト名	NAMRX1
変数名	意味	単位	備考
NTRPRX	モジュールRX トリップ遮断器開信号プール変数番号	—	TEMP に対応
NTRIRX (k)	モジュールRX 炉心入口温度プール変数番号	—	TEMP に対応
NTOTRX	モジュールRX 炉心出口温度プール変数番号(OMOMI平均)	—	TEMP に対応
NQRX	モジュールRX 原子炉出力(崩壊熱を除く)プール変数番号	—	TEMP に対応
NQALRX	モジュールRX 原子炉出力プール変数番号	—	TEMP に対応
NDECRX	モジュールRX 炉心燃料崩壊熱プール変数番号	—	TEMP に対応
NBDCRX	モジュールRX ブランケット燃料崩壊熱	—	TEMP に対応
NHEDRX (k)	チャンネルk 自然循環力プール変数番号	—	TEMP に対応
NWRRX (k)	チャンネルk 接続流路網番号	—	FLWN に対応
NFRRX (k)	チャンネルk 接続流路番号	—	FLWN に対応
RATFN (k)	チャンネルk 接続割合	—	
NWARX (k)	チャンネルk 流量割合プール変数番号	—	TEMP に対応
	k=KNRX		

変数名リスト

コモンブロック名	RXMI 1 (3/8)		
関連サブルーチン	モジュールRX モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	RXREAD	
	ネームリスト名	NAMRX1	
変数名	意味	単位	備考
NTAVRX (k)	チャンネルk 冷却材平均温度（流動計算用）プール変数番号	—	TEMP に対応
NTSORX (k)	チャンネルk 出口冷却材温度プール変数番号	—	TEMP に対応
NTAFRX (k)	チャンネルk 燃焼平均温度プール変数番号	—	TEMP に対応
NTACRX (k)	チャンネルk クラッド平均温度プール変数番号	—	TEMP に対応
NTASRX (k)	チャンネルk 冷却材平均温度プール変数番号	—	TEMP に対応
NTAWRX (k)	チャンネルk ラップ管平均温度プール変数番号	—	TEMP に対応
NTPFRX (k)	チャンネルk 燃料最高温度プール変数番号	—	TEMP に対応
NTPCRX (k)	チャンネルk クラッド最高温度プール変数番号	—	TEMP に対応
NTPSRX (k)	チャンネルk 冷却材最高温度プール変数番号	—	TEMP に対応
	k = KNRX		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	RXMI 1		(5/8)
関連サブルーチン			
モジュールRX	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	RXREAD
		ネームリスト名	NAMRX1
変数名	意味	単位	備考
NPOUT (n, k)	チャンネルkその他の出力点 プール変数番号	—	TEMP に対応
KPOUT (n, k)	チャンネルkその他の出力点 種類 = 1 ; 燃料 = 2 ; クラッド = 3 ; 冷却材 = 4 ; ラップ管	—	
IPOUT (n, k)	チャンネルkその他の出力点 径方向メッシュ番号 (クラッド= 1 ; 内面 = 2 ; 中心 = 3 ; 外面 = 4 ; 肉厚中心最高温度)	—	
JPOUT (n, k)	チャンネルkその他の出力点 軸方向メッシュ番号	—	
IFINRX (k)	チャンネルk 過渡時流量入力 = 0 ; = 2 のチャンネルの変化に従う = 1 ; プール変数番号より = 2 ; プール変数番号より (基準流量)	—	
NUMRAD (k)	チャンネルk 径方向熱交換チャンネル数	—	
OMOMI (k)	チャンネルk 炉心出口温度、全出力 (QALRX) に対する重み	—	(注)
	(注) OMOMI≠0 の時 QALRX に合うように QTOTO が修正される。		
	k = KNRX, n = 50		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RXMI1	(6/8)	
関連サブルーチン			
モジュールRX	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	RXREAD
		ネームリスト名	NAMRX1
変数名	意味	単位	備考
KHBRX	モジュールRX 初期境界条件入力 = 0 ; 入力データ = 1 ; プール変数	—	
KHGRX (k)	チャンネルk 流量 初期条件入力 = 0 ; 入力データ = 1 ; プール変数	—	
KHDRX	モジュールRX ヒートバランス収束判定因子 = 0 ; 全出力 = 1 ; 炉心出口温度	—	(注)
KHERX	モジュールRX ヒートバランス修正因子 = 0 ; 全出力 = 1 ; 炉心入口温度 = 2 ; 炉心出口温度 = 3 ; 流量	—	(注)
	(注) OMOMI ≠ 0 の時必要		
	k = KNRX		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RXMI1 (7/8)		
関連サブルーチン	モジュールRX モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	RXREAD	
	ネームリスト名	NAMRX1	
変数名	意味	単位	備考
TRIRIN	モジュールRX 炉心入口温度初期値	°C	
TRORIN	モジュールRX 炉心出口温度初期値	°C	
QRIN	不使用		
QALIN	モジュールRX 原子炉出力初期値	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	
WNAP (k)	チャンネルk 冷却材流量初期値	$\frac{\text{kg}}{\text{sec}}$	
RQBRX	モジュールRX ブランケット燃料出力割合 (崩壊熱出力用)	—	IDECAY=0 の時入力
DTIMRX (n, k)	チャンネルk 計算時間巾 DTIMRX(n, k) ≤ ETRX(k)の時	sec	
DDELRX (n, k)	DELTRD(k)=DDELRX(n, k)	sec	
TMAXRX (k)	チャンネルk 計算打ち切り時間	sec	
ISTARX (k)	チャンネルk =1; SUB. RXSTSAT の出力を行う =2; SUB. RXSTSAT の出力を行う (詳細出力) =0; SUB. RXSTSAT の出力を行わない	—	
IDBGRD (k)	チャンネルk =1; 中間出力を行う =2; 中間出力を行う (詳細出力) =0; 中間出力を行わない	—	
OUTRD (m, k)	チャンネルk 中間出力時間の指定	sec	
	k=KNRX, n=5, m=30		

変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	RXMI 2 (1/6)		
関連サブルーチン	モジュールRX モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	RXREAD	
	ネームリスト名	NAMRX2	
変数名	意 味	単 位	備 考
R1CA (k)	R1 } チャンネルk クラッド $\longleftrightarrow$ 冷却材伝熱式係数	-	
R2CA (k)	R2 } $Nu = R1 + R2 \cdot Re^{c1} \cdot Pr^{c2}$	-	
C1CA (k)	C1 }	-	
C2CA (k)	C2 }	-	
R1ST (k)	R1 } チャンネルk ラップ管 $\longleftrightarrow$ 冷却材伝熱式係数	-	
R2ST (k)	R2 } $Nu = R1 + R2 \cdot Re^{c1} \cdot Pr^{c2}$	-	
C1ST (k)	C1 }	-	
C2ST (k)	C2 }	-	
ASEMBS (k)	チャンネルkに含まれる燃料集合体数	-	
PINS (k)	チャンネルk 燃料集合体に含まれるピンの数	-	
RCON (k)	チャンネルk ギャップコンダクタンス	$\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$	
RINF (i, k)	チャンネルk 軸方向メッシュiの ピン内半径 (センターボイド内半径)	m	
ROUTF (i, k)	チャンネルk 軸方向メッシュiの ピン外半径	m	
	k=KNRX, i=KFRX		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RXMI 2			(2/6)
関連サブルーチン				
	モジュールRX	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	RXREAD
			ネームリスト名	NAMRX2
変数名	意味	単位	備考	
RINCA (k)	チャンネルk クラッド内半径	m		
ROUTCA (k)	チャンネルk クラッド外半径	m		
ACA (k)	チャンネルk クラッド体積密度	$\frac{m^3}{m}$		
DHC (k)	チャンネルk 燃料周り冷却材熱流力等価直径	m		
PCA (k)	チャンネルk クラッド $\longleftrightarrow$ 冷却材伝熱面積密度	$\frac{m^3}{m}$		
PST (k)	チャンネルk 冷却材 $\longleftrightarrow$ ラップ管伝熱面積密度	$\frac{m^3}{m}$		
ASTR (k)	チャンネルk ラップ管体積密度	$\frac{m^3}{m}$		
AC (k)	チャンネルk 冷却材体積密度	$\frac{m^3}{m}$		
THST (k)	チャンネルk ラップ管肉厚	m		
	k=KNRX			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RXMI2 (3/6)		
関連サブルーチン			
モジュールRX	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	RXREAD
		ネームリスト名	NAMRX2
変数名	意味	単位	備考
NDIVJ (k)	チャンネルk 軸方向分割数	-	
NDIVI (k)	チャンネルk 径方向分割数	-	
MATNO (j, k)	チャンネルk 軸方向メッシュ番号 j の物質指定 = 1 ; 燃料又は反射体(制御棒) = 2 ; ブランケット = 3 ; ガスプレナム		
LAMNO (i, j, k)	チャンネルk 燃料系方向メッシュ番号 i, 軸方向メッシュ番号 j の組織変化の指定 = 1 ; 組織不変 = 2 ; 等軸晶 = 3 ; 柱状晶 = 4 ; ブランケット = 5 ; 反射体 = 6 ; B <sub>4</sub> C <sub>2</sub> = 11 ; スランピング燃料		
NRAD (l, k)	チャンネルk 径方向熱交換チャンネル番号	-	(注)
ARAD (l, k)	チャンネルk 径方向熱交換伝熱面積密度	$\frac{m^3}{m}$	(注)
HRAD (l, k)	チャンネルk 径方向熱交換伝熱伝達率	$\frac{kcal}{m^2 \cdot sec \cdot ^\circ C}$	(注)
DELJ (j, k)	チャンネルk 軸方向メッシュ j の長さ	m	
	(注) NUMRAD(k)個指定		
	i = KRRX, j = KFRX, k = KNRX, l = KMRX		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RXMI2			(4/6)		
関連サブルーチン						
	モジュールRX	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	RXREAD		
			ネームリスト名	NAMRX2		
変数名	意	味	単	位	備	考
FCR (k)	チャンネルk	発熱分布	(注)			
FAX (j, k)	チャンネルk	軸方向発熱分布	(注)			
FFU (k)	チャンネルk	燃料ペレット発熱割合	(注)		} 同一単位	
FST (k)	チャンネルk	燃料ペレット以外(構造材)発熱割合	(注)			
FFI (k)	チャンネルk	燃料ペレット発熱分のうち核分裂による割合	(注)		} 同一単位	
FDK (k)	チャンネルk	燃料ペレット発熱分のうち炉心燃料崩壊熱による割合	(注)			
FDB (k)	チャンネルk	燃料ペレット発熱分のうちブランケット燃料崩壊熱による割合	(注)			
QTOTO	モジュールRX	初期原子炉出力 (NCHチャンネル合計)		$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$		
NLIMIT	モジュールRX	ヒートバランス計算 繰り返し回数最大値		-		
VLIMIT	モジュールRX	ヒートバランス計算 許容誤差		-		
		(注) 単位何でもよい (コード中で再設定)				
		j = KFRX, k = KNRX				

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RXMI 2			(5/6)
関連サブルーチン	RXMI 2			
モジュールRX	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	RXREAD	
		ネームリスト名	NAMRX2	
変数名	意味	単位	備考	
MESHL (k)	チャンネルk 反応度計算用平均温度算出のため考慮する軸方向下端メッシュ	—		
MESHU (k)	チャンネルk 反応度計算用平均温度算出のため考慮する軸方向上端メッシュ	—		
TCRCT (k)	チャンネルk 燃料熱伝導度調整係数 1	—		
FCRCT (k)	チャンネルk 燃料熱伝導度調整係数 2	—		
BCRCT (k)	チャンネルk ブランケット熱伝導度調整係数	—		
IDECAY	モジュールRX 崩壊熱 =0; 関数フィッティング =1; テーブルデータフィッティング	—		
DECAY1 (n)	A1(i) } モジュールRX 炉心燃料崩壊熱フィッティング係数	—	IDECAY=0 の時入力	
DECAY2 (n)	A2(i) } t ≤ T (i) のとき	—	IDECAY=0 の時入力	
DECAY3 (n)	A3(i) } QBDCRX = QALRX0*(1-RQBRX) *(A3(i)/(t <sup>A1(i)</sup> +A2(i)))	—	IDECAY=0 の時入力	
DECAYC (m)	C(m) } +C(1)e <sup>-C(2)t</sup> +C(3)e <sup>-C(4)t</sup>	—	IDECAY=0 の時入力	
DECAYT (l)	T(i) }	sec	IDECAY=0 の時入力	
	j = KNRX, n=6, m=4, l=5			

変 数 名 リ ス ト

変数名		意 味	単 位	備 考
I-DNUM		不使用		
TDEC	(i)	不使用		
VDEC	(i)	不使用		
I-STDEC		不使用		
NCDEC		炉心燃料崩壊熱テーブルフィッティングデータ データ個数	—	IDECAY=1 の時入力
TCDEC	(i)	炉心燃料崩壊熱テーブルフィッティングデータ 時間	sec	IDECAY=1 の時入力
VCDEC	(i)	炉心燃料崩壊熱テーブルフィッティングデータ 崩壊熱	} kcal/s	IDECAY=1 の時入力
GCDEC		炉心燃料崩壊熱テーブルフィッティングデータ ゲイン		IDECAY=1 の時入力
ICDEC		炉心燃料崩壊熱テーブルフィッティングデータ 補助変数 (初期=2を入力)	—	IDECAY=1 の時入力
NBDEC		ブランケット燃料崩壊熱テーブルフィッティングデータ データ個数	—	IDECAY=1 の時入力
TBDEC	(i)	ブランケット燃料崩壊熱テーブルフィッティングデータ 時間	sec	IDECAY=1 の時入力
VBDEC	(i)	ブランケット燃料崩壊熱テーブルフィッティングデータ 崩壊熱	} kcal/s	IDECAY=1 の時入力
GBDEC		ブランケット燃料崩壊熱テーブルフィッティングデータ ゲイン		IDECAY=1 の時入力
IBDEC		ブランケット燃料崩壊熱テーブルフィッティングデータ 補助変数 (初期=2を入力)		IDECAY=1 の時入力

i = 30

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RXM1	(1/3)	
関連サブルーチン	モジュールRX - モジュールサブルーチン 入力サブルーチン		
変数名	意 味	単 位	備 考
TRIPRX	モジュールRX トリップ遮蔽器開信号	℃	プール変数との接続
TRINRX (k)	モジュールRX 炉心入口温度	℃	プール変数との接続
TOTRX	モジュールRX 炉心出口温度	℃	プール変数との接続
QRRX	モジュールRX 原子炉出力 (崩壊熱を除く)	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	プール変数との接続
QALRX	モジュールRX 原子炉出力	$\frac{\text{Kcal}}{\text{sec}}$	プール変数との接続
QDECRX	モジュールRX 炉心燃料崩壊熱	$\frac{\text{Kcal}}{\text{sec}}$	プール変数との接続
QBDCRX	モジュールRX ブランケット燃料崩壊熱	$\frac{\text{Kcal}}{\text{sec}}$	プール変数との接続
HEDRX (k)	チャンネルk 自然循環力	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	プール変数との接続
TAVRX (k)	チャンネルk 冷却材平均温度 (流動計算用)	℃	プール変数との接続
TSOTRX (k)	チャンネルk 出口冷却材温度	℃	プール変数との接続
	k = KNRX		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	RXM1	(2/3)	
関連サブルーチン	モジュールRX モジュールサブルーチン 入力サブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
TAVFRX (k)	チャンネルk 燃料平均温度	℃	プール変数との接続
TAVCRX (k)	チャンネルk クラッド平均温度	℃	プール変数との接続
TAVSRX (k)	チャンネルk 冷却材平均温度	℃	プール変数との接続
TAVWRX (k)	チャンネルk ラップ管平均温度	℃	プール変数との接続
TAVFX	炉心平均燃料温度	℃	プール変数との接続
TAVCX	炉心平均クラッド温度	℃	プール変数との接続
TAVSX	炉心平均冷却材温度	℃	プール変数との接続
TAVWX	炉心平均ラップ管温度	℃	プール変数との接続
WNA0 (k)	チャンネルk 流量初期値	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	
FPR (i, j, k)	チャンネルk 燃料ペレット径方向発熱分布	-	
	i = KRRX, j = KFRX, k = KNRX		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RXM1	(3/3)	
関連サブルーチン	モジュールRX モジュールサブルーチン 入力サブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
GRRX	モジュールRX 炉心出口温度計算用全流量	$\frac{\text{kg}}{\text{sec}}$	
TIMDRX	モジュールRX 崩壊熱フィッティング開始時間	sec	
JFRX	モジュールRX 過渡時基準流量チャンネル番号	-	
QALRX0	モジュールRX 原子炉出力初期値	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	
QRRX0	モジュールRX 原子炉出力(崩壊熱を除く)初期値	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	
QDEC0	モジュールRX 炉心燃料崩壊熱初期値	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	
QBDEC0	モジュールRX ブランケット燃料崩壊熱初期値	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	RXM2	(2/3)	
関連サブルーチン	モジュールRX モジュールサブルーチン 入力サブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
TF (i, j, k, n)	チャンネルk 径方向メッシュi, 軸方向メッシュjの燃料温度	℃	
TC (j, k, n)	チャンネルk 軸方向メッシュjの冷却材温度	℃	
TE (j, k, n)	チャンネルk 軸方向メッシュjのクラッド中心温度	℃	
TST (j, k, n)	チャンネルk 軸方向メッシュjのラップ管温度	℃	
TEI (j, k, n)	チャンネルk 軸方向メッシュjのクラッド内面温度	℃	
TEO (j, k, n)	チャンネルk 軸方向メッシュjのクラッド外面温度	℃	
QCH (k)	チャンネルk ピン1本あたりの出力	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	
QF (i, j, k)	チャンネルk 径方向メッシュi, 軸方向メッシュjの出力	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	
QI (k)	チャンネルk 入口流入熱量	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	
WNA (k)	チャンネルk 冷却材流量	$\frac{\text{kg}}{\text{sec}}$	
	i = KRRX, j = KFRX, k = KNRX, n = 2		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RXM2	(3/3)	
関連サブルーチン	モジュールRX モジュールサブルーチン 入力サブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
RF (i, j, k)	チャンネルk 径方向メッシュi, 軸方向メッシュjの燃料半径	m	
AF (i, j, k)	チャンネルk 径方向メッシュi, 軸方向メッシュjの燃料断面積	m <sup>2</sup>	
TPEAKF (k)	チャンネルk 燃料最高温度	°C	プール変数 との接続
TPEKCI (k)	チャンネルk クラッド内面最高温度	°C	プール変数 との接続
TPEKCM (k)	チャンネルk クラッド肉厚中心最高温度	°C	プール変数 との接続
TPEKCO (k)	チャンネルk クラッド外面最高温度	°C	プール変数 との接続
TPEAKS (k)	チャンネルk 冷却材最高温度	°C	プール変数 との接続
TPEAKC (k)	チャンネルk クラッド最高温度	°C	プール変数 との接続
ICHAN	計算チャンネル	—	
FBX (j, k)	チャンネルk 軸方向出力分布	$\frac{\text{kcal}}{\text{sec}}$	
	i=KRRX, j=KFRX, k=KNRX		

変 数 名 リ ス ト

RX-1		入力サブルーチン	RXREAD
関連モジュール	モジュールRX	変数名	NCH
意味	チャンネル数	単位	—

炉心は、炉心燃料集合体、径方向ブランケット燃料集合体、及び制御棒集合体等により構成される。(下図参照)

各集合体での発熱は分布を持ち、また、この発熱分布に対して、冷却材温度の平均化を図るため、各集合体を数領域に分類して、冷却材流量の配分を調整する設計が試される。

したがって、各集合体毎に熱流力条件が異なるため、炉心具での熱流動を詳しく解析する必要があり、本モジュールはこのような多チャンネルの解析を行う。

代表的な模擬チャンネルとしては次のものがある。

- 平均チャンネル : 炉心燃料ピンの出力、流量が前年量の平均条件のチャンネル
- ホットチャンネル : 燃料、被覆管及び流体の温度が最高となる出力、流量条件のチャンネル
- 径方向ブランケットチャンネル : 半径方向のブランケットチャンネルの平均の出力流量チャンネル

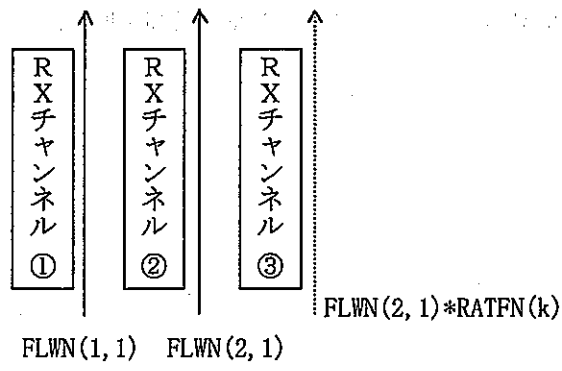
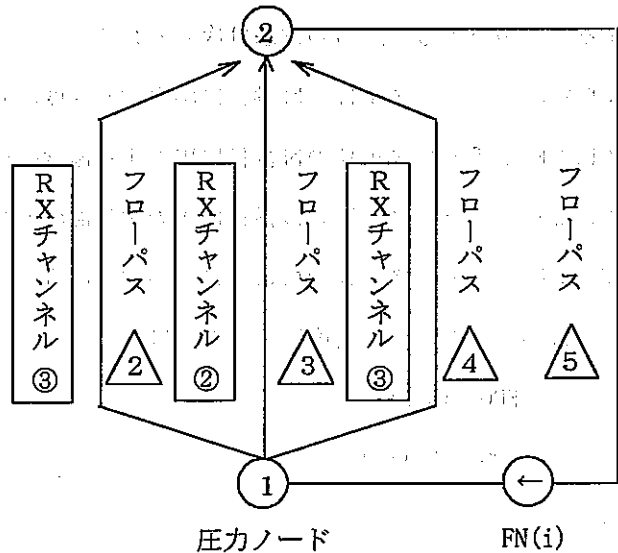
炉心 1/6 モデル

記号	領域		燃料チャンネルのチ
1	流量領域 1	内側	炉心
2	流量領域 2	側	
3	流量領域 3		
4	流量領域 4		
5	流量領域 5	外側	炉心
6	流量領域 6	側	
7	流量領域 7		
8	流量領域 8		
9	流量領域 9	半径方向	ブランケット
10	流量領域 10		
11	流量領域 11		
	制御棒集合体		
	中性子源集合体		
	中性子遮蔽体等		

RX-2		入力サブルーチン	RXREAD
関連モジュール	モジュールRX	変数名	KPOUT
意味	任意ノードの温度の出力方法		単位 —
<p>本計算モジュールは炉心部の詳細解析モデルであるため、一般的な熱計算モジュールの出力 (ex. 機器出口 Na 温度) に加え、燃料被覆管、冷却材の各最高温度を出力させている。各々のプール変数 (TEMP) の指定番号は、NTPFRX (k), NTPCRX (k), NTPSRX (k) である。</p> <p>さらに、より詳細な計算結果が得られるよう、任意のノードの温度をプール変数 (TEMP) により出力することができる。出力の方法は次のとおりである。</p> <p>NPOUT (N, K) : チャンネルKのN番目に出力する温度に対応するプール変数番号</p> <p>KPOUT (N, K) : チャンネルKのN番目に出力する温度の種別</p> <p>IPOUT (N, K) : チャンネルKのN番目に出力する温度の径方向のメッシュ番号</p> <p>JPOUT (N, K) : チャンネルKのN番目に出力する温度の軸方向のメッシュ番号</p> <p>(注) 被覆管内肉厚中心温度出力の指定は</p> <p style="padding-left: 40px;">KPOUT (N, K)=2</p> <p style="padding-left: 40px;">IPOUT (N, K)=4</p> <p>とする。</p> <p>NTPCRX (K) は、内面、中心、外面の最高温度を出力する。</p>			

入力データ説明書

RX-3		入力サブルーチン	RXREAD	
関連モジュール	モジュールRX	変数名	NHEADRX, RATFN, NWRRX, NWARX, NFRRX	
意味	流動計算との関連	単位	—	
<p>1) 解析の目的の応じて、各チャンネルは流動計算と接続する場合 (ex, 自然循環力等による流動再配分効果を考慮する場合) と、流動計算と接続しない場合 (ex, 流量配分が一定と仮定した場合) の双方がモデル化できる。</p> <p>2) 流動計算と接続する場合</p> <p>a) 各チャンネルに対応した、フローネットワークをモジュールFNにて構成する。</p> <p>b) 各チャンネルは他の機器と同様にして</p> <p style="margin-left: 40px;">                 流路網番号 (NWRRX (k))                  流路網番号 (NFRRX (k))                  流路網番号 (NHEADRX (k))             </p> <p>を指定して流動計算と接続する。</p> <p>3) 流動計算と接続しない場合</p> <p>a) 各チャンネルに対応した流量を入力により指定する (FLWN を NAMA から入力) か、又は流動計算に接続されている他のチャンネルの流量を指定することもできる。</p> <p>b) また、他のチャンネルの流量を指定した場合、流量比が既知の条件ならば、流量の値が異なる値でも、一定の比率を用いて流量の値を与えることができる。</p> <p>接続割合 (RATFN (k)) と同プール変数番号 (NWARX (k)) を入力にできる。</p>				



入力データ説明書



RX-4		入力サブルーチン	RXREAD
関連モジュール	モジュールRX	変数名	RQBRX
意味	ブランケット燃料出力割合	単位	—
<p>炉心崩壊熱は、通常、初期全出力に対する割合の時間変化でデータが提示されている。</p> $f_{Decay}(t) = \frac{P_{decay}(t)}{P_0}$ <p><math>f_{Decay}(t)</math> : 崩壊熱割合 (比) ; 一般には <math>f_{Decay}(t)</math> の計算式又は値が示される  <math>P_{decay}(t)</math> : 崩壊熱 [kcal/sec] or [MW] * * ; 単位が同じなら任意  <math>P_0</math> : 初期全発熱量 [kcal/sec] or [MW]</p> <p>炉心燃料と、ブランケット燃料とでは崩壊熱割合が異なる。          このため、ブランケット燃料の崩壊熱は次のように計算する。</p> $P_{B/I} = P_0 \cdot RQBRX \cdot f_{B/I}(t)$ <p>ここで、<math>P_{B/I}</math> : ブランケット燃料崩壊熱 [kcal/sec]  <math>P_0</math> : 初期全発熱量 [kcal/sec]  <math>RQBRX</math> : 初期全発熱量に対するブランケット燃料の発熱割合  <math>f_{B/I}(t)</math> : ブランケット燃料崩壊熱割合</p>			

入力データ説明書

RX-5		入力サブルーチン	RXREAD	
関連モジュール	モジュールRX	変数名	RINF	
意味	燃料ピン内半径 (センターボイド内半径)	単位	m	
<p>燃料ペレットのセンターボイドは、燃料により生成されるとともに、変化する。</p> <p>本モジュールでの解析モデルはセンターボイド径一定で扱っており、その値はRINFで入力する。</p> <p>RINFは、安全解析等で用いられているホットスポットの燃料最高温度を評価する際の取扱いに準じて入力する。</p> <p>炉心設計におけるホットスポット最高温度は、実際の熱流力状態値に種々の工学的不確定係数を考慮して、仮想的かつ保守的なホットスポット温度を評価している。</p> <p>安全解析においてもホットスポット温度を評価する必要があるが、解析上は実際的な（ヒートバランスのとれた）熱流力状態を設定する必要がある。この際にホットスポット値を保守的な設定値に整合させるため、センターボイド径を調整因子として用いている。したがってRINFは調整結果としての値を入力して使用する。</p>				

入力データ説明

RX-6		入力サブルーチン	RXREAD	
関連モジュール	モジュールRX	変数名	下記	
意味	下記	単位	下記	

変数名	意味	単位
RINCA (K)	チャンネルK クラッド内半径	m
ROUTCA (K)	チャンネルK クラッド外半径	m
ACA (K)	チャンネルK クラッド体積密度	m <sup>3</sup> /m
DHC (K)	チャンネルK 燃料周り冷却材熱流力 等価温度	m
PCA (K)	チャンネルK クラッド ↔ 冷却材 伝熱面積密度	m <sup>3</sup> /m
PST (K)	チャンネルK 冷却材 ↔ ラップ管 伝熱面積密度	m <sup>3</sup> /m
ASTR (K)	チャンネルK ラップ管体積密度	m <sup>3</sup> /m
AC (K)	チャンネルK 冷却材体積密度	m <sup>3</sup> /m

$$ACA = \pi (ROUTCA^2 - RINCA^2)$$

右図サブチャンネルの等価直径

$$DHC = \frac{4 \cdot A}{L} \quad A; \text{流路断面積}$$

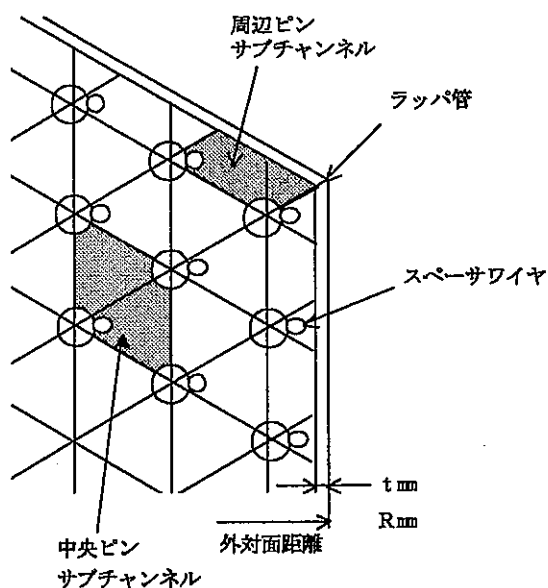
L; ぬれぶち長さ

$A_{ve}$ : 集合体平均    Hot: 中央

$$PCA = 2\pi \times POUTCA$$

$$PST = 2\sqrt{3} (R - 2 \times t) \div PINS$$

$$ASTR = \left\{ \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot R^2 - \frac{\sqrt{3}}{2} (R - 2 \times t)^2 \right\} \div PINS$$



入力データ説明



3.17 モジュールSG (蒸気発生器熱計算)





### 3 モデルの概要 (図SG-1参照)

- (1) 独立なSGは、最大KNSG (注) 基。
  - (2) ダウンカマの有無を考慮できる。
  - (3) 伝熱部は管外流体、伝熱管、水・蒸気、センターパイプ、側容量を軸方向に多分割 (最大KMSG (注) 分割した一次元モデル。ダウンカマ部は管外流体、伝熱管、水・蒸気、シェルを各1部領域で近似する。
  - (4) 伝熱部側容量、ダウンカマ部シェルから空気雰囲気への熱放散を考慮できる。  
伝熱部側容量を介して他モジュール (MN) との伝熱を考慮できる。
  - (5) 伝熱管型式として、ヘリカルコイル型、又は直管型の別、あるいは二重管、又は単管の別を選択できる。
  - (6) 蒸気の物性値は温度・圧力の関数、その他管外流体、伝熱管等の物性値は温度の関数とする。但し、水・蒸気以外の物性値については、一定値として計算することも可。
  - (7) 管外流体、水・蒸気の逆流を考慮できる。
- (注) KNSG、KMSG はコンパイル時パラメータ文にて指定。

## 4 基礎式

## (1) エネルギー保存則

伝熱部管外流体

$$\begin{aligned}
 C_{na} M_{na} \frac{\partial}{\partial t} T_{na}(z, t) = & C_{na} G_{na} \frac{\partial}{\partial z} T_{na}(z, t) \quad \text{--- (1)} \\
 & - U1A1 (T_{na}(z, t) - T_t(z, t)) - U2A2 (T_{na}(z, t) - T_{cp}(z, t)) \\
 & - U3A3 (T_{na}(z, t) - T_w(z, t)) - U4A4 (T_{na}(z, t) - T_{naD}(t))
 \end{aligned}$$

伝熱部伝熱管

$$\begin{aligned}
 C_t M_t \frac{\partial}{\partial t} T_t(z, t) = & U1A1 (T_{na}(z, t) - T_t(z, t)) \quad \text{--- (2)} \\
 & - U5A5 (T_t(z, t) - T_s(z, t))
 \end{aligned}$$

伝熱部水・蒸気

$$\begin{aligned}
 s_s \rho_s(z, t) \frac{\partial}{\partial t} H_s(z, t) = & - G_s(z, t) \frac{\partial}{\partial z} H_s(z, t) + \frac{s_s}{J} \frac{\partial}{\partial t} P_s(t) \quad \text{--- (3)} \\
 & + U5A5 (T_t(z, t) - T_s(z, t))
 \end{aligned}$$

センターパイプ

$$C_{cp} M_{cp} \frac{\partial}{\partial t} T_{cp}(z, t) = U2A2 (T_{na}(z, t) - T_{cp}(z, t)) \quad \text{--- (4)}$$

側容量

$$\begin{aligned}
 C_w M_w \frac{\partial}{\partial t} T_w(z, t) = & U3A3 (T_{na}(z, t) - T_w(z, t)) \quad \text{--- (5)} \\
 & - U6A6 (T_w(z, t) - T_{air})
 \end{aligned}$$

ダウンコマ部管外流体

$$\begin{aligned}
 C_{naD} M_{naD} \frac{\partial}{\partial t} T_{naD}(t) = & \Sigma U4A4 (T_{na}(z, t) - T_{naD}(t)) \quad \text{--- (6)} \\
 & - U7A7 (T_{naD}(t) - T_{ID}(t)) - U8A8 (T_{naD}(t) - T_v(t))
 \end{aligned}$$

ダウンカマ部伝熱管

$$C_{ID} M_{ID} \frac{\partial}{\partial t} T_{ID}(t) = U7A7(T_{naD}(t) - T_{ID}(t)) - U9A9(T_{ID}(t) - T_{sD}(t)) \quad (7)$$

ダウンカマ部水・蒸気

$$S_{sD} \rho_{sD}(t) \frac{\partial}{\partial t} H_{sD}(t) = \frac{G_{sDin}(t) + G_{sDout}(t)}{2} * (H_{sDin}(t) - H_{sD}(t)) / \Delta z + \frac{S_{sD}}{J} \frac{\partial}{\partial t} P_s(t) + U9A9(T_{ID}(t) - T_{sD}(t)) - G_x(H_{sD}(t) - H_{mp}(t)) / \Delta z \quad (8)$$

シエル

$$C_v M_v \frac{\partial}{\partial t} T_v(t) = U8A8(T_{naD}(t) - T_v(t)) - U10A10(T_v(t) - T_{air}(t)) \quad (9)$$

(2) 熱伝達率、及び伝熱式

熱伝達率

$$U1 = \frac{1}{\frac{d1+d2}{2d2} \frac{1}{\alpha 1} + R1 + \frac{d1+d2}{4k_t} \ln \frac{2d2}{d1+d2}} \quad (10)$$

U2、U3 は入力データ。(一定値)

$$U4 = a1Gna(t) + a2 \quad (11)$$

a1、a2 はフィッティング係数 (入力データ)

$$U5 = \frac{1}{\frac{d1+d2}{2d1} \frac{1}{\alpha 5} + R_x + \frac{d1+d2}{4k_t} \ln \frac{d1+d2}{2d1}} \quad (12)$$

U6、U7、U8 は入力データ。(一定値)

$$U9 = \frac{1}{\frac{d1'+d2'}{2d1'} \frac{1}{\alpha 9} + R_x + \frac{d1'+d2'}{4k_{tD}} \ln \frac{d1'+d2'}{2d1'}} \quad (13)$$

U10 は入力データ。(一定値)

伝熱式 (伝熱部管外流体-伝熱部伝熱管)

-ヘリカルコイル型 (Hoe の式) -

$$\alpha 1 = \frac{k_{ma}}{d2} (4.03 + 0.228Pe_1^{2/3}) \quad (14)$$



一直管型 (graber-Rieger) の式 -

$$\alpha_1 = \frac{k_{ns}}{d_2} (C1 + C2 Pe_1^{C3}) \quad (15)$$

$$C1 = 0.25 + 6.2 (P/d_2)$$

$$C2 = -0.007 + 0.032 (P/d_2)$$

$$C3 = 0.8 - 0.024 (P/d_2)$$

但し、 $Pe_1 = Re_1 * Pr_s$

伝熱式 (伝熱部伝熱管 - 伝熱部水・蒸気)

-ヘリカルコイル型 (1) -

<予熱域> 森-中山の式

$$\alpha_5 = \frac{k_s}{dl} \left[ \frac{1}{41} \frac{Pr_s}{Pr_s^{0.6} - 0.062} Re_s^{5/6} \left(\frac{dl}{D}\right)^{1/12} \left\{ 1 + \frac{0.061}{(Re_s \left(\frac{dl}{D}\right)^{2.5})^{1/6}} \right\} \right]$$

$$\text{但し、 } Re_5 = \frac{|G_s(z,t)| \cdot dl}{\rho_s(z,t) S_s v_s} \quad (16)$$

<核沸騰域> 修正 Schrock-Grossman の式

$$\alpha_5 = 2.5 \left(\frac{1}{X_{tt}}\right)^{0.75} \alpha LX \quad (17)$$

$$\text{但し、 } \frac{1}{X_{tt}} = \left(\frac{X_s(z,t)}{1.0 - X_s(z,t)}\right)^{0.9} \left(\frac{\rho_{fsat}}{\rho_{gsat}}\right)^{0.5} \left(\frac{v_{gsat} \rho_{gsat}}{v_{fsat} \rho_{fsat}}\right)^{0.1}$$

$$\alpha LX = \frac{k_{fsat}}{dl} \left[ \frac{1}{41} \frac{Pr_{fsat}}{Pr_{fsat}^{0.6} - 0.062} Re_s^{5/6} \left(\frac{dl}{D}\right)^{1/12} * \left\{ 1 + \frac{0.061}{(Re_s \left(\frac{dl}{D}\right)^{2.5})^{1/6}} \right\} \right]$$

$$Re_5 = \frac{|G_s(z,t)| \cdot dl}{\rho_s(z,t) S_s v_{fsat}} (1.0 - X_s(z,t))$$

<膜沸騰域>

$$\alpha_5 = \frac{1.0 - X_s(z,t)}{1.0 - X_{DNB}} \alpha_{NB} + \frac{X_s(z,t) - X_{DNB}}{1.0 - X_{DNB}} \alpha_{GB} \quad (18)$$

$$\text{但し、} \alpha_{NB} = \frac{k_{fsat}}{dl} \left[ \frac{1}{41 Pr_{fsat}^{0.6} - 0.062} Re_5^{5/6} \left(\frac{dl}{D}\right)^{1/12} * \left\{ 1 + \frac{0.061}{(Re_5 \left(\frac{dl}{D}\right)^{2.5})^{1/6}} \right\} \right]$$

$$\text{そして、} Re_5 = \frac{|G_s(z,t)| dl}{\rho_{fsat} S_s v_{fsat}} (1.0 - X_{DNB})$$

$$\alpha_{GB} = \frac{k_{gsat}}{dl} \left[ \frac{1}{26.2 Pr_{gsat}^{2/3} - 0.074} Re_5^{4/5} \left(\frac{dl}{D}\right)^{1/10} * \left\{ 1 + \frac{0.098}{(Re_5 \left(\frac{dl}{D}\right)^2)^{1/5}} \right\} \right]$$

$$Re_5 = \frac{|G_s(z,t)| dl}{\rho_{gsat} S_s v_{gsat}}$$

<過熱蒸気域> 森—中山の式

$$\alpha_5 = \frac{k_s}{dl} \left[ \frac{1}{26.2 Pr_s^{2/3} - 0.074} Re_s^{4/5} \left(\frac{dl}{D}\right)^{1/10} * \left\{ 1 + \frac{0.098}{(Re_s \left(\frac{dl}{D}\right)^2)^{1/5}} \right\} \right]$$

$$\text{但し、} Re_5 = \frac{|G_s(z,t)| dl}{\rho_s(z,t) S_s v_s} \quad (19)$$

— ヘリカルコイル型 (2) —

<サブクール域> 森—中山の式

ヘリカルコイル型 (1) 参照

<サブクール域, 核沸騰域> Rohsenow の式

$$\alpha_5 = C_{boil} (T_{scale} - T_{sat})^2$$

$$C_{boil} = \frac{\mu_{fsat} h_{fg}}{\left\{ \sigma / (\rho_{sat} - \rho_{gsat}) \right\}^{0.5}} \left[ \frac{C_{P_{fsat}}}{0.013 Pr_{fsat} h_{fg}} \right]$$

$T_{scale}$  ; 伝熱管水・蒸気側表面温度 (°C)

$T_{sat}$  ; 飽和温度 (°C) ,  $h_{fg}$  ; 蒸発潜熱 (kcal/kg)

<膜沸騰域, 過熱蒸気域> 森—中山の式

ヘリカルコイル型 (1) 参照

—直管型—

<予熱域> Dittus-Boelter の式

$$\alpha_5 = \frac{k_s}{dl} (0.023 Re_5^{0.8} Pr_s^{0.4}) \quad (20)$$

但し、 $Re_5 = \frac{|G_s(z,t)| dl}{\rho_s(z,t) S_s v_s}$

<核沸騰域> Jens-Lottes の式

$$\alpha_5 = 6.1438E-4 \cdot \text{EXP} \left( \frac{P_s(t)}{1.5825E5} \right) (T_{sw}(t) - T_{ssat}(t))^{3.0} \quad (21)$$

但し、 $P_s(t)$  ; 水・蒸気圧力 [kg/m<sup>2</sup>]

$T_{sw}(t)$  ; 管表面温度 [°C]

<膜沸騰域> 修正 Tong の式

$$\alpha_5 = \frac{k_s}{dl} (0.0033 Re_5 Pr_{sw}^{0.5}) \quad (22)$$

但し、 $Re_5 = \frac{|G_s(z,t)| dl}{\rho_s(z,t) S_s v_{sw}} * [X_s(z,t) + (1.0 - X_s(z,t)) \frac{\rho_{gsat}}{\rho_{fsat}}] \frac{(\rho_{gsat}) w}{\rho_{fsat}}$

$Pr_{sw}$ 、 $v_{sw}$ 、 $(\rho_{gsat}) w$  は管表面温度に対応する値

<過熱蒸気域> Bishop の式

$$\alpha_5 = \frac{k_s}{dl} (0.073 Re_5^{0.886} Pr_s^{0.61}) \quad (23)$$

但し、 $Re_5 = \frac{|G_s(z,t)| dl}{\rho_s(z,t) S_s v_s}$

伝熱式 (ダウンカマ部伝熱管—ダウンカマ部水・蒸気)

<核沸騰、膜沸騰域>

(17)、(18)式と同様

但し、 $\alpha_5 \rightarrow \alpha_9$

$Re_5 \rightarrow Re_9$

$$s \rightarrow sD$$

$$dl \rightarrow dl'$$

<単相部> Dittus-Bolter の式

$$\alpha_9 = \frac{k_{sD}}{dl} (0.023 Re_9^{0.8} Pr_{sD}^{0.4}) \quad (24)$$

$$\text{但し、} Re_9 = \frac{|G_{sD}(t)| dl'}{\rho_{sD}(t) S_{sD} v_{sD}} \quad (25)$$

ドライアウト相関式

—ヘリカルコイル型—

$$X_{DNB} = 0.75$$

—直管型—

$$X_{DNB} = \frac{255.92}{h_g \left( \frac{\rho_{gsat}}{\rho_{fsat}} \right) \left( \frac{GAV}{S_g} \right)^{0.5}} \quad (26)$$

但し、GAV は水・蒸気流量平均値

(3) 水・蒸気 (二相) 状態方程式

水・蒸気クオリティ (二相)

$$H_s(z,t) = (1.0 - X_s(z,t)) H_{fsat} + X_s(z,t) H_{gsat} \quad (27)$$

$$H_{sD}(t) = (1.0 - X_{sD}(t)) H_{fsat} + X_{sD}(t) H_{gsat} \quad (28)$$

水・蒸気密度 (二相)

$$\rho_s(z,t) = \frac{\rho_{gsat} \cdot \rho_{fsat}}{(1.0 - X_s(z,t)) \rho_{gsat} + X_s(z,t) \rho_{fsat}} \quad (29)$$

$$\rho_{sD}(t) = \frac{\rho_{gsat} \cdot \rho_{fsat}}{(1.0 - X_{sD}(t)) \rho_{gsat} + X_{sD}(t) \rho_{fsat}} \quad (30)$$

(4) 水・蒸気質量保存則

$$\frac{\partial}{\partial z} G_s(z,t) + S_s \frac{\partial}{\partial t} \rho_s(z,t) = 0 \quad (31)$$

$$G_{sDout}(t) - G_{sDin}(t) + S_{sD} \Delta z \frac{\partial}{\partial t} \rho_{sD}(t) = 0 \quad (32)$$

(5) 自然循環力

$$\Delta H_{na}(t) = \int_z \rho_{na}(z, t) dz \quad \text{--- (33)}$$

$$\Delta H_s(t) = - \int_z \rho_s(z, t) dz + \rho_{sD}(t) \Delta z \quad \text{--- (34)}$$

## 5 解 法

## (1) 過渡計算 (図 SG-2 参照)

エネルギー保存則について、下記階差式を解く。

伝熱部管外流体

$$\begin{aligned}
 & \frac{M_{na}}{2\Delta t} [(1-\beta)C_{na}(i+1)(T_{na}(i+1, j+1)-T_{na}(i+1, j)) \\
 & \quad + (1+\beta)C_{na}(i)(T_{na}(i, j+1)-T_{na}(i, j))] \\
 & = \frac{C_{na}(i+1)+C_{na}(i)}{2} G_{na}(i+1) \frac{T_{na}(i+1, j+1)-T_{na}(i, j+1)}{\Delta Z} \\
 & \quad - 0.5((1-\alpha)U1(i+1, j+1)+(1+\alpha)U1(i, j+1)) A1 \\
 & \quad * [0.5((1-\alpha)T_{na}(i+1, j)+(1+\alpha)T_{na}(i, j))-T_t(i+1, j)] \\
 & \quad - 0.5((1-\alpha)U2(i+1, j+1)+(1+\alpha)U2(i, j+1)) A2 \\
 & \quad * [0.5((1-\alpha)T_{na}(i+1, j)+(1+\alpha)T_{na}(i, j))-T_{cp}(i+1, j)] \\
 & \quad - 0.5((1-\alpha)U3(i+1, j+1)+(1+\alpha)U3(i, j+1)) A3 \\
 & \quad * [0.5((1-\alpha)T_{na}(i+1, j)+(1+\alpha)T_{na}(i, j))-T_w(i+1, j)] \\
 & \quad - 0.5((1-\alpha)U4(i+1, j+1)+(1+\alpha)U4(i, j+1)) A4 \\
 & \quad * [0.5((1-\alpha)T_{na}(i+1, j)+(1+\alpha)T_{na}(i, j))-T_{naD}(j)]
 \end{aligned}$$

— (35)

伝熱部伝熱管

$$\begin{aligned}
 & C_t(i+1)M_t \frac{T_t(i+1, j+1)-T_t(i+1, j)}{\Delta t} \\
 & = 0.5((1-\alpha)U1(i+1, j+1)+(1+\alpha)U1(i, j+1)) A1 \\
 & \quad * [0.5((1-\alpha)T_{na}(i+1, j)+(1+\alpha)T_{na}(i, j))-T_t(i+1, j)] \\
 & \quad - 0.5((1+\alpha)U5(i+1, j+1)) \\
 & \quad + (1-\alpha)U5(i, j+1)) A5 \\
 & \quad * [T_t(i+1, j) - 0.5((1+\alpha)T_s(i+1, j) \\
 & \quad + (1-\alpha)T_s(i, j))]
 \end{aligned}$$

— (36)

伝熱部水・蒸気

$$\begin{aligned}
& \frac{S_g \rho_g (i, j) + \rho_g (i+1, j)}{2 \Delta t} [(1 + \beta 2) (H_g (i+1, j+1) - H_g (i+1, j)) \\
& + (1 - \beta 2) (H_g (i, j+1) - H_g (i, j))] \\
& = \frac{G_g (i, j) + G_g (i+1, j)}{2} \frac{H_g (i+1, j+1) - H_g (i, j+1)}{\Delta Z} \\
& + \frac{S_g P_g (j+1) - P_g (j)}{J \Delta t} \\
& + 0.5(1 + \alpha 2 (i+1)) U5 (i+1, j+1) \\
& + (1 - \alpha 2 (i+1)) U5 (i, j+1) A5 \\
& * [T_t (i+1, j) - 0.5((1 + \alpha 2 (i+1)) T_s (i+1, j) \\
& + (1 - \alpha 2 (i+1)) T_s (i, j))] \quad \text{--- (37)}
\end{aligned}$$

センターパイプ

$$\begin{aligned}
& C_{cp} (i+1) M_{cp} \frac{T_{cp} (i+1, j+1) - T_{cp} (i+1, j)}{\Delta t} \\
& = 0.5((1 - \alpha 1) U2 (i+1, j+1) + (1 + \alpha 1) U2 (i, j+1)) A2 \\
& * [0.5((1 - \alpha 1) T_{na} (i+1, j) + (1 + \alpha 1) T_{na} (i, j)) - T_{cp} (i+1, j)] \quad \text{--- (38)}
\end{aligned}$$

側容量

$$\begin{aligned}
& C_w (i+1) M_w \frac{T_w (i+1, j+1) - T_w (i+1, j)}{\Delta t} \\
& = 0.5((1 - \alpha 1) U3 (i+1, j+1) + (1 + \alpha 1) U3 (i, j+1)) A3 \\
& * [0.5((1 - \alpha 1) T_{na} (i+1, j) + (1 + \alpha 1) T_{na} (i, j)) - T_w (i+1, j)] \\
& - U6 (i+1, j+1) + A3 (T_w (i+1, j) - T_{air}) \quad \text{--- (39)}
\end{aligned}$$

ダウンコマ部管外流体

$$\begin{aligned}
& C_{naD} M_{naD} \frac{T_{naD} (j+1) - T_{naD} (j)}{\Delta t} \\
& = A4 \sum_i [0.5((1 - \alpha 1) U4 (i+1, j+1) + (1 + \alpha 1) U4 (i, j+1)) \\
& * (0.5((1 - \alpha 1) T_{na} (i+1, j) + (1 + \alpha 1) T_{na} (i, j)) - T_{naD} (j))] \\
& - U7 (j+1) A7 (T_{naD} (j) - T_{iD} (j)) \\
& - U8 (j+1) A8 (T_{naD} (j) - T_v (j)) \quad \text{--- (40)}
\end{aligned}$$

ダウンカマ部伝熱管

$$\begin{aligned}
 & C_{ID} M_{ID} \frac{T_{ID}(j+1) - T_{ID}(j)}{\Delta t} \\
 & = U7(j+1) A7 (T_{naD}(j) - T_{ID}(j)) \\
 & \quad - U9(j+1) A9 (T_{ID}(j) - T_{sD}(j))
 \end{aligned} \tag{41}$$

ダウンカマ部水・蒸気

$$\begin{aligned}
 & \frac{S_{sD}}{\Delta t} P_{sD}(j) (H_{sD}(j+1) - H_{sD}(j)) \\
 & = \frac{G_{sDin}(j) + G_{sDout}(j)}{2} \frac{H_{sDin}(j+1) - H_{sD}(j+1)}{\Delta Z} \\
 & \quad + \frac{S_{sD} P_s(j+1) - P_s(j)}{J \Delta t} \\
 & \quad + U9(j+1) A9 (T_{ID}(j) - T_{sD}(j)) \\
 & \quad + G_x \frac{H_{mp}(j+1) - H_{sD}(j+1)}{\Delta Z}
 \end{aligned} \tag{42}$$

シエル

$$\begin{aligned}
 & C_v M_v \frac{T_v(j+1) - T_v(j)}{\Delta t} \\
 & = U8(j+1) A8 (T_{naD}(j) - T_v(j)) \\
 & \quad - U10(j+1) A10 (T_v(j) - T_{air})
 \end{aligned} \tag{43}$$



但し、 $\alpha 1 = \text{sign}(G_{na}) \alpha 1'$

$\alpha 2(i+1) = \text{sign}(G_s(i)) \alpha 2'(i+1)$

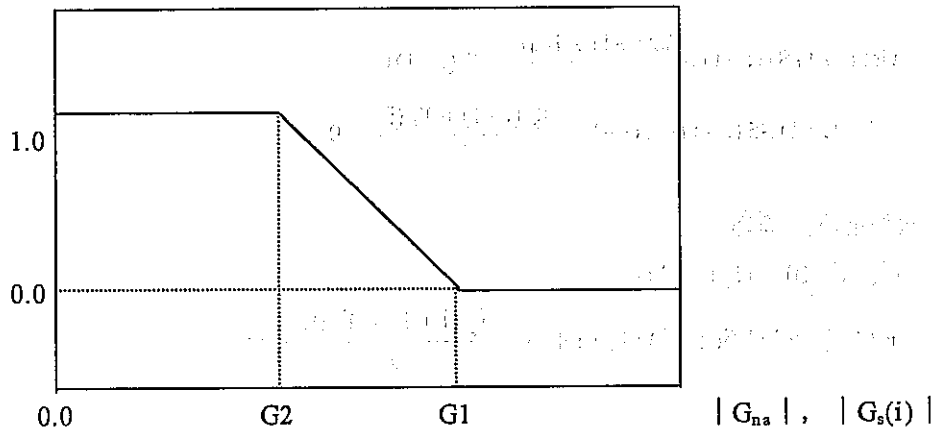
$\beta 1 = \text{sign}(G_{na}) \beta 1'$

$\beta 2(i+1) = \text{sign}(G_s(i)) \beta 2'(i+1)$

$\alpha 1', \alpha 2'(i+1), \beta 1', \beta 2'(i+1)$ は次のように定義される。

$\alpha 1', \alpha 2'$

$\beta 1', \beta 2'$



$G_1, G_2$  は入力データ

$|G_{na}|, |G_s(i)| \geq G_1$  (高流量); 中心代表差分

$|G_{na}|, |G_s(i)| \leq G_2$  (低流量); 出口代表差分

## (2) 初期設定計算 (図 SG-3 参照)

初期設定計算は、過度計算を安定するまで行う (ダミーラン) か、または、以下の式により収束計算を行う。

(1)~(3)式の、定常状態における差分展開式は、

伝熱部管外流体

$$C_{na}(i+1)G_{na} (T_{na}(i+1)-T_{na}(i)) - UN(i+1)S1(i+1)\left(\frac{T_{na}(i+1)+T_{na}(i)}{2}-T_t(i+1)\right)-Q(i+1)=0 \quad (44)$$

伝熱部伝熱管

$$UN(i+1)S1(i+1)\left(\frac{T_{na}(i+1)+T_{na}(i)}{2}-T_t(i+1)\right) - US(i+1)S5(i+1)\left(T_t(i+1)-\frac{T_s(i+1)+T_s(i)}{2}\right)=0 \quad (45)$$

伝熱部水・蒸気

$$G_s(H_s(i)-H_s(i+1)) + US(i+1)S5(i+1)\left(T_t(i+1)-\frac{T_s(i+1)+T_s(i)}{2}\right)=0 \quad (46)$$

$$\text{但し、} CN(i+1) = \frac{C_{na}(i+1)+C_{na}(i)}{2}$$

$$UN(i+1) = \frac{U1(i+1)+U1(i)}{2}$$

$$US(i+1) = \frac{U5(i+1)+U5(i)}{2}$$

$$Q(i+1) = \frac{U4(i+1)+U4(i)}{2} S4(i+1)$$

$$* \left( \frac{T_{na}(i+1)+T_{na}(i)}{2} - T_t(i+1) \right)$$

S1(i+1)、S4(i+1)、S5(i+1)は、ノード i+1 に対応する伝熱面積

(44)～(46)式より、

伝熱部管外流体

$$\begin{aligned} & \left[ \frac{UN(i+1)S1(i+1)}{2} + CN(i+1)G_{na} \right] T_{na}(i) \\ & + \left[ \frac{UN(i+1)S1(i+1)}{2} - CN(i+1) \right] T_{na}(i+1) \\ & - [UN(i+1)S1(i+1)] T_t(i+1) = -Q(i+1) \end{aligned} \quad (47)$$

伝熱部伝熱管

$$\begin{aligned} & \left[ -\frac{UN(i+1)S1(i+1)}{2} \right] T_{na}(i) + \left[ -\frac{UN(i+1)S1(i+1)}{2} \right] T_{na}(i+1) \\ & + [UN(i+1)S1(i+1) + US(i+1)] T_t(i+1) \\ & = [US(i+1)S5(i+1) \frac{T_s(i+1) - T_s(i)}{2}] \end{aligned} \quad (48)$$

伝熱部水・蒸気

$$\begin{aligned} & [US(i+1)S5(i+1)] T_t(i+1) + [G_s] H_s(i) + [-G_s] H_s(i+1) \\ & = [US(i+1)S5(i+1) \frac{T_s(i+1) - T_s(i)}{2}] \end{aligned} \quad (49)$$

$T_{na}(1) \sim T_{na}(iEND)$ 、 $T_t(2) \sim T_t(iEND)$ 、 $H_s(1) \sim H_s(iEND)$ の、 $3 * iEND - 1$ 個の未知数を有する、 $3 * iEND - 3$ 個の連立方程式(47)～(49)式をマトリックス表示し、 $T_{na}(iEND)$ 、 $H_s(1)$ を境界条件として解く。

$T_t(2) \sim T_t(iEND)$ が収束するまで、計算を続行する。

ダウンカマ部については、(6)～(8)式より、

<KHESG ≤ の 1 場合 (U4SG が既知) >

ダウンカマ部伝熱管

$$T_{tD} = G_s (H_{sD} - H_{sDin}) / U9S9 + T_{sD} \quad \text{--- (50)}$$

ダウンカマ部管外流体

$$T_{naD} = \left[ \sum_i \frac{U4(i) + U4(i+1)}{2} A4(i+1) \frac{T_{na}(i) + T_{na}(i+1)}{2} \right] - G_s (H_{sD} - H_{sDin}) / \left[ \sum_i \frac{U4(i) + U4(i+1)}{2} A4(i+1) \right] \quad \text{--- (51)}$$

更に、U7 を次のように設定する。

$$U7 = \frac{U9 A9 (T_{tD} - T_{sD})}{A7 (T_{naD} + T_{tD})} \quad \text{--- (52)}$$

<KHESG ≥ の 2 場合 (U7SG が既知) >

ダウンカマ部伝熱管

$$T_{tD} = G_s (H_{sD} - H_{sDin}) / U9A9 + T_{sD} \quad \text{--- (53)}$$

ダウンカマ部管外流体

$$T_{naD} = T_{tD} + U9A9 (T_{tD} - T_{sD}) / U7A7 \quad \text{--- (54)}$$

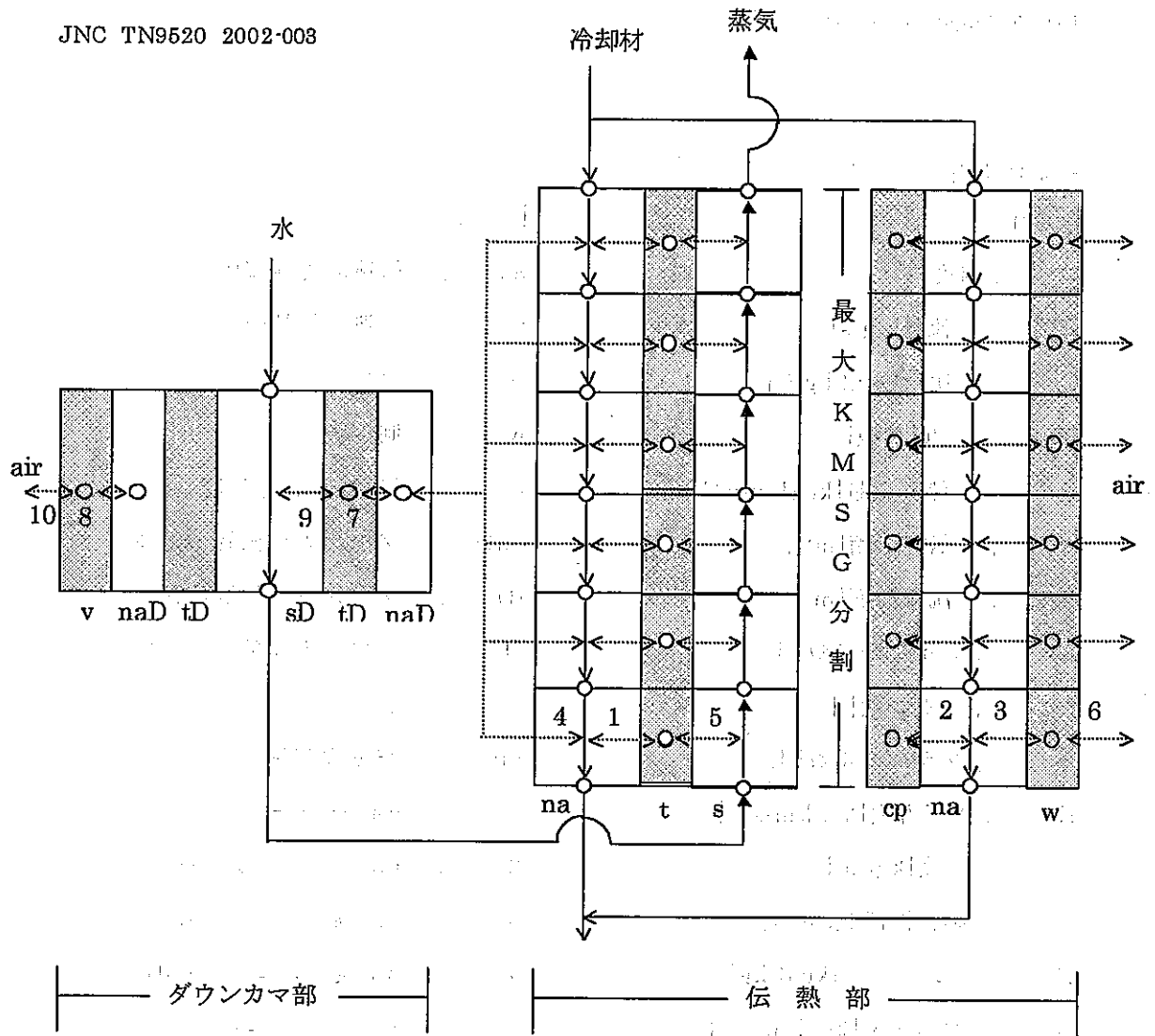
更に U4 を次のように設定する。

$$U4 = G_s (H_{sD} - H_{sDin}) / \left[ \sum_i A4(i+1) \frac{T_{na}(i) + T_{na}(i+1)}{2} - T_{naD} \right] \quad \text{--- (55)}$$

ダウンカマ部は伝熱部とは別に計算し、ダウンカマ部から伝熱部への移行熱量 Q(i+1) が収束するまで計算を続行する。

—記号説明—

[記号]	[添字]
T ; 温度[°C],	na ; 伝熱部管外流体
G ; 流量[kg/s],	t ; 伝熱部伝熱管
C ; 比熱[kcal/kg°C],	cp ; センターパイプ
M ; 重量[kg],	w ; 側容量
U ; 熱貫流量[kcal/m <sup>2</sup> s°C],	s ; 伝熱部水・蒸気
A ; 伝熱面積[m <sup>2</sup> ],	naD ; ダウンカマ部管外流体
S ; 流路断面[m <sup>2</sup> ],	tD ; ダウンカマ部伝熱管
Re ; レイノルズ数[-],	sD ; ダウンカマ部水・蒸気
Pe ; ペクレ数[-],	v ; シェル
Pr ; プラントル数[-],	air ; 空気雰囲気
K ; 熱伝導度[kcal/m <sup>2</sup> s°C],	1 ; na ↔ t
ρ ; 密度[kg/m <sup>3</sup> ],	2 ; na ↔ cp
ν ; 動粘性係数[m <sup>2</sup> /s],	3 ; na ↔ w
H ; エンタルピ[kcal/kg],	4 ; na ↔ naD
α ; 熱伝達率[kcal/m <sup>2</sup> s°C],	5 ; t ↔ s
d1 ; 伝熱部伝熱管内径[m]	6 ; w ↔ air
d2 ; 伝熱部伝熱管外径[m]	7 ; naD ↔ tD
d1' ; ダウンカマ部伝管内径[m]	8 ; naD ↔ v
d2' ; ダウンカマ部伝熱管外径[m]	9 ; tD ↔ sD
P ; 伝熱管ピッチ[m]	10 ; v ↔ air
D ; ヘリカルコイル径[m]	ssat ; 飽和状態
R ; 熱抵抗[m <sup>2</sup> sec°C/kcal]	fsat ; 飽和水
Rx ; 二重管ギャップコンダクタンス [m <sup>2</sup> sec°C/kcal]	gsat ; 飽和蒸気
Gx ; ダウンカマ、給水管間仮想流量 [kg/sec]	in ; 流入
Hmp ; 給水配管出口エンタルピ[kcal/kg]	out ; 流出
h <sub>fg</sub> ; 蒸発潜熱 [kcal/kg]	



— ダウンカマ部 —

— 伝熱部 —

naD ; 管外流体  
 tD ; 伝熱部  
 sD ; 水・蒸気  
 v ; シェル

na ; 管外流体  
 t ; 伝熱部  
 s ; 水・蒸気  
 cp ; シェル  
 w ; 側容量

○ ; 代表温度点  
 → ; 管外流体の流れ  
 → ; 水・蒸気の流れ  
 ↔ ; 熱伝達

図SG-1 蒸気発生器熱計算モデル

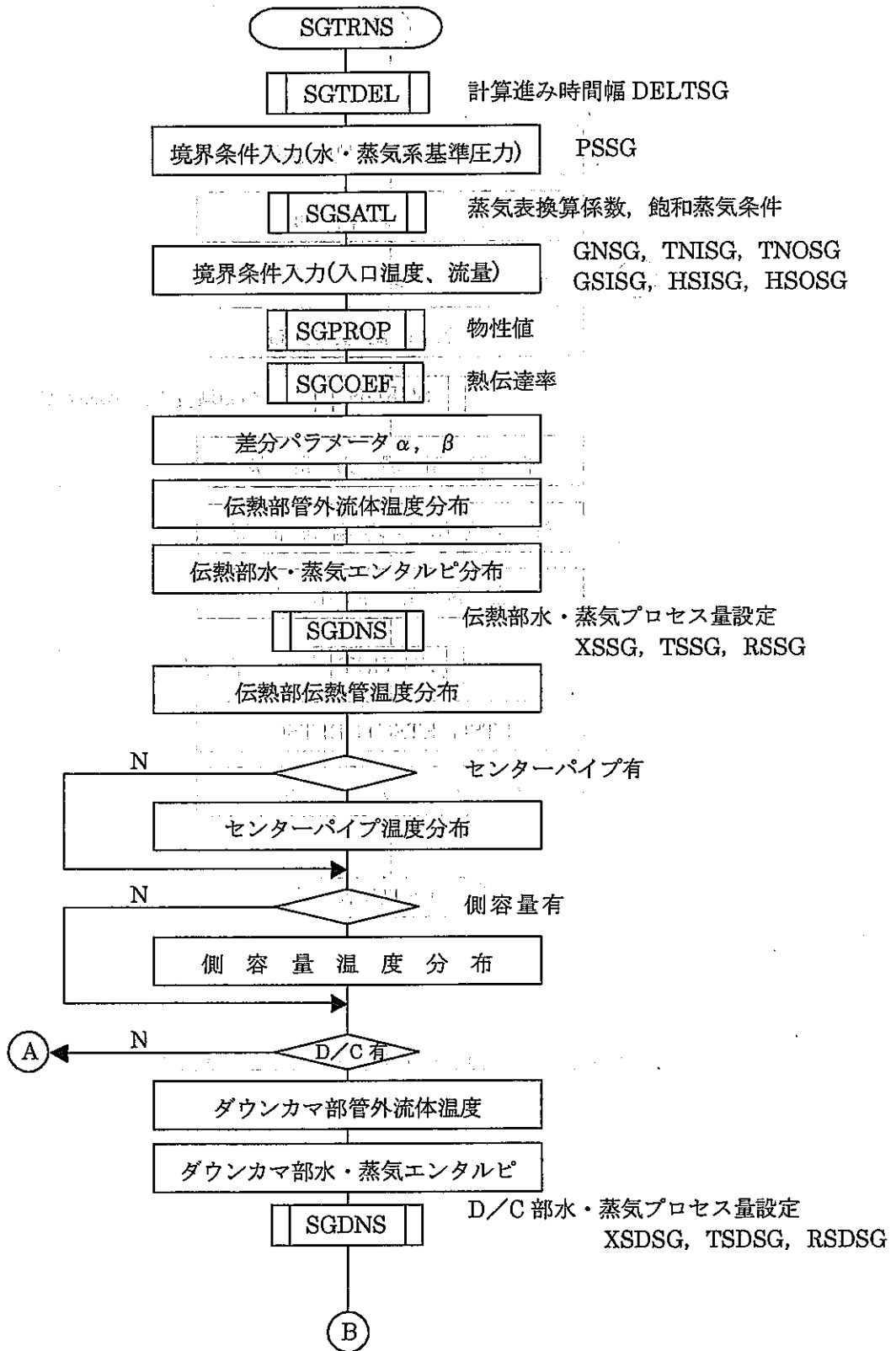
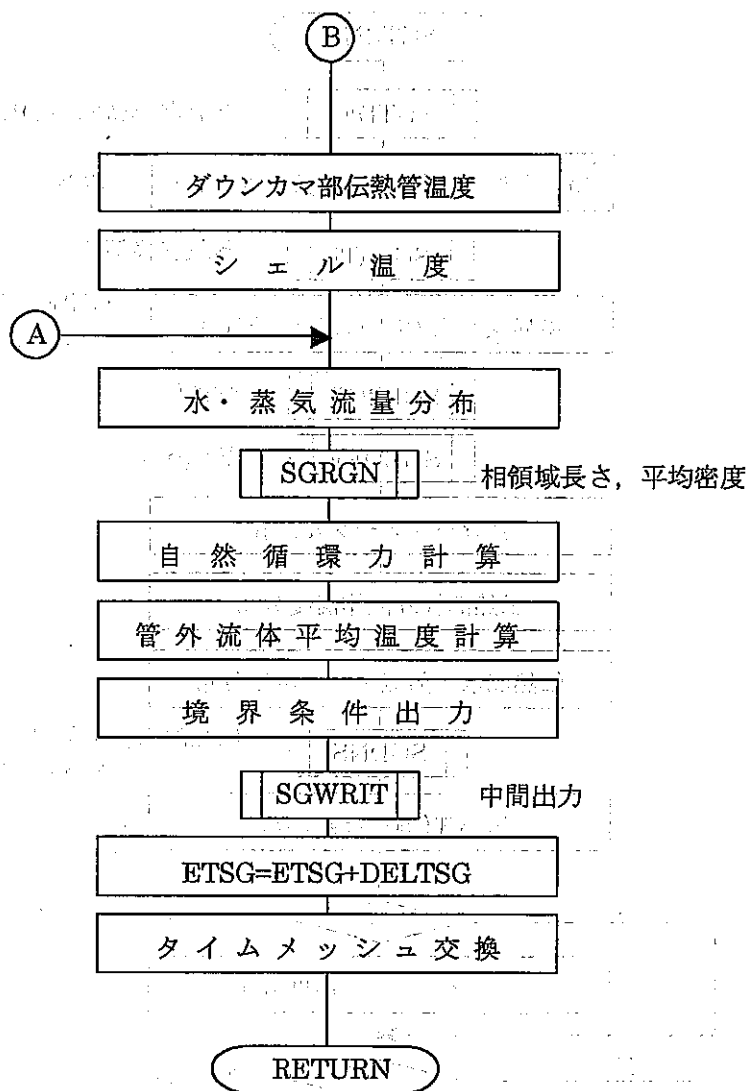


図 SG-2 sub. SGTRNS フローチャート(1/2)



図SG-2 sub. SGRNS フローチャート(2/2)



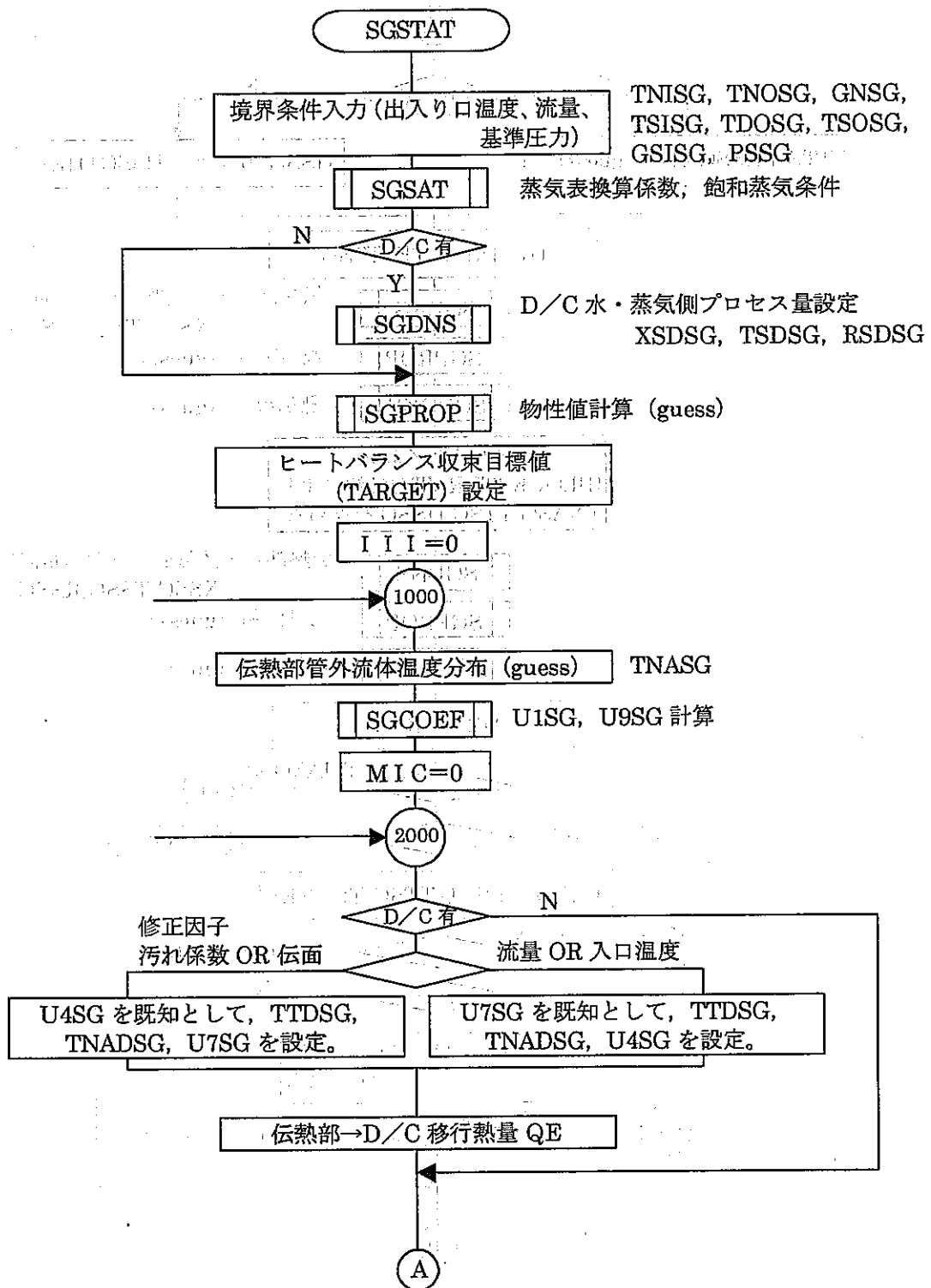
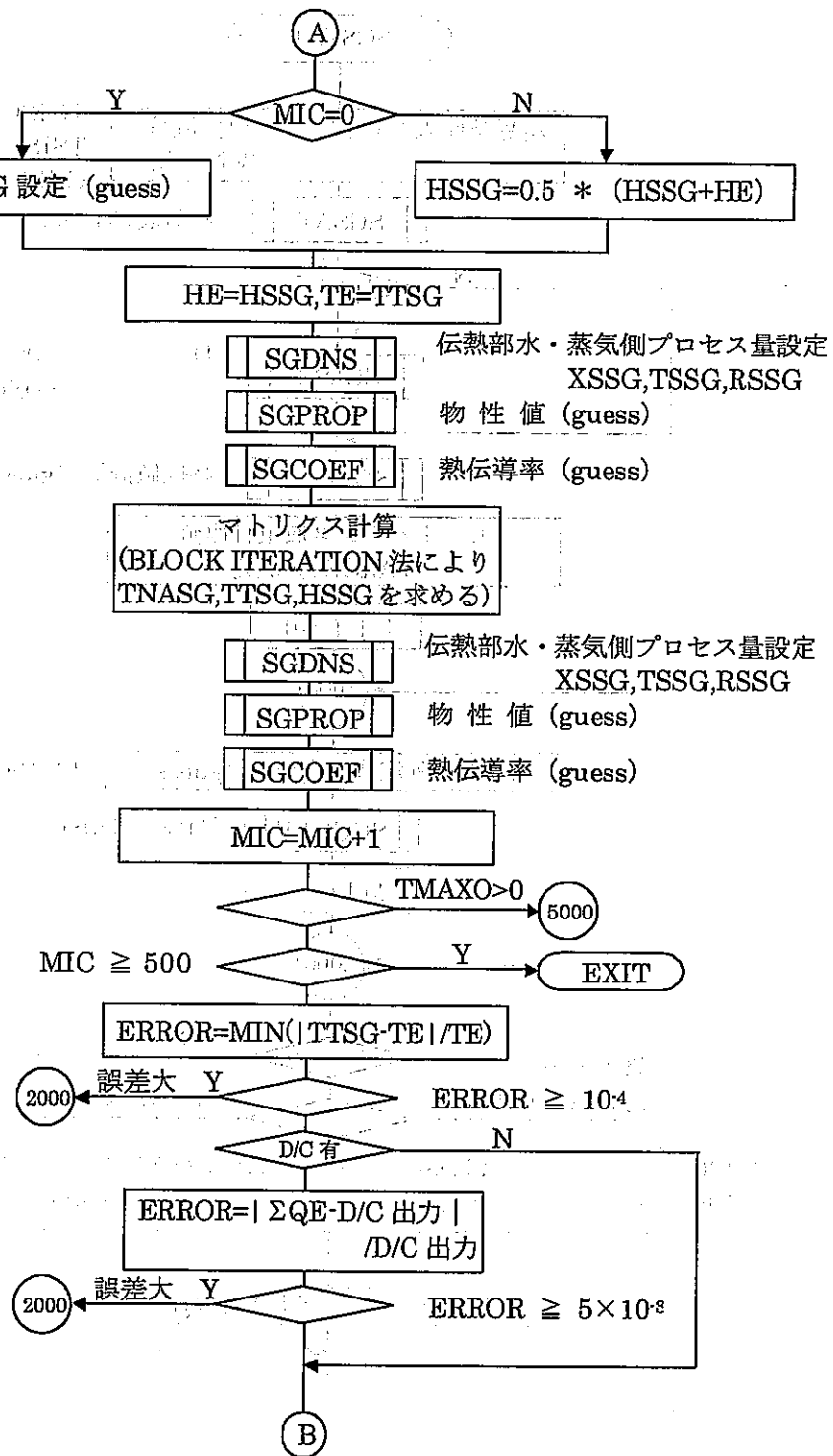
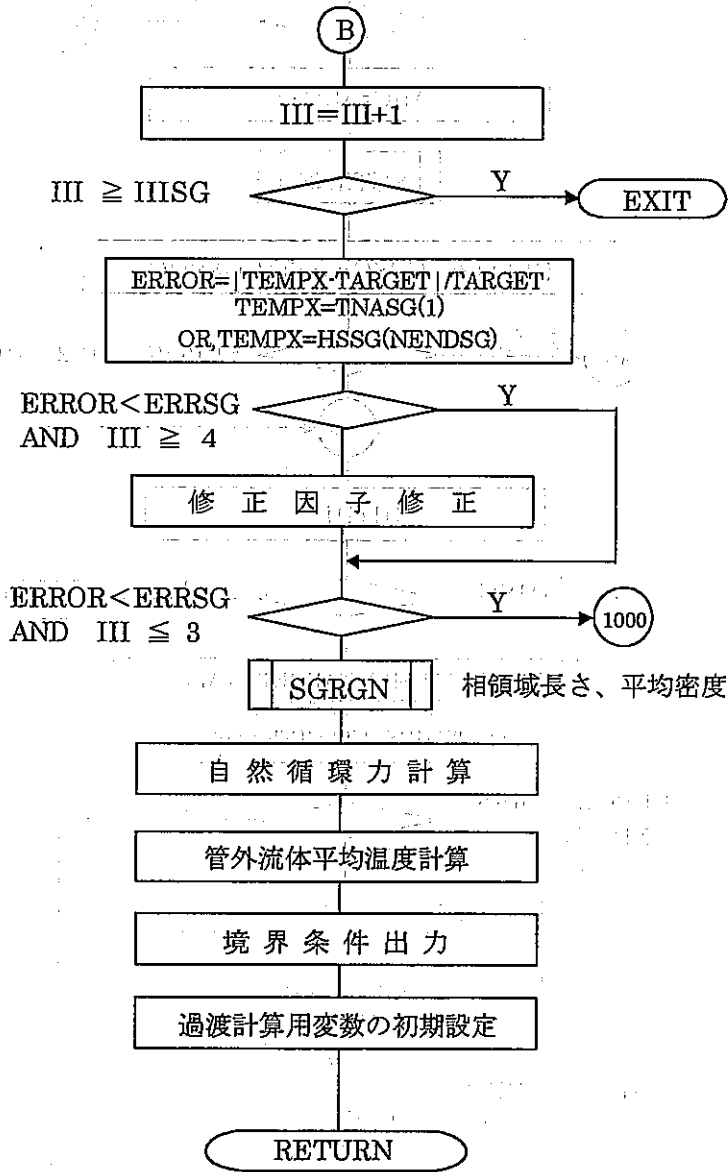


図 SG-3 sub. SGSTAT フローチャート(1/4)



図SG-3 sub.SGSTAT フローチャート(2/4)



図SG-3 sub. SGSTAT フローチャート(3/4)

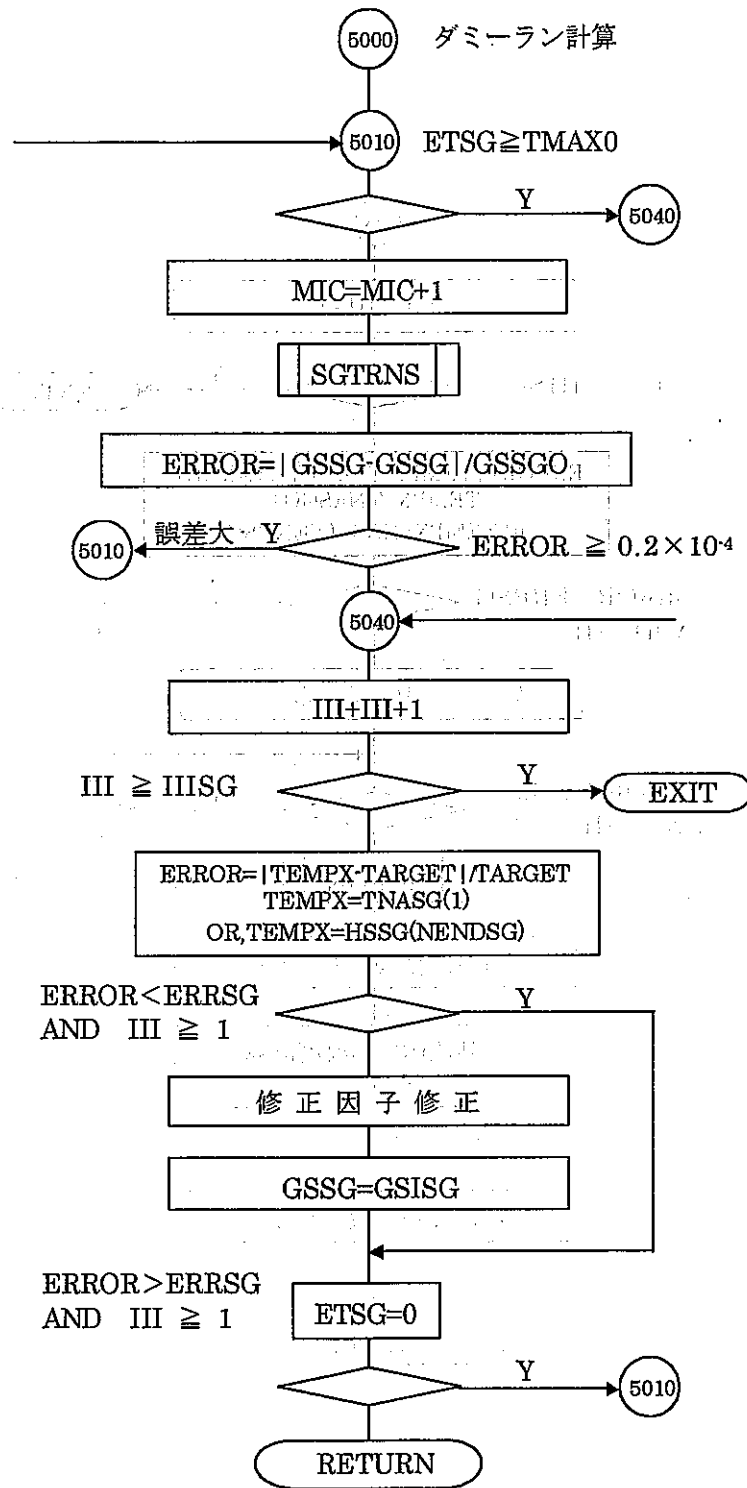


図 SG-3 sub.SGSTAT フローチャート(4/4)

表SG-1 モジュールSGサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
SGCONT	モジュールSG計算コントロール	MODULE SUB.
SGREAD	モジュールSG関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
SGBLOK	モジュールSG関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
SGININ	モジュールSG関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
SGRSTA	モジュールSG リポート・ファイル の書出し、読み込み	MODULE SUB.
SGSTAT	モジュールSG初期設定計算	MODULE SUB.
SGTRNS	モジュールSG過渡計算	MODULE SUB.
SGCOEF	モジュールSG熱伝達率計算	MODULE SUB.
SGTDEL	モジュールSG計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
SGPROP	モジュールSG物性値計算	MODULE SUB.
SGSAT	モジュールSG蒸気表、飽和蒸気条件の計算	MODULE SUB.
SGDNS	モジュールSG $H \rightarrow X$ 、 $T$ 、 $\rho$ $T$ 、 $X \rightarrow H$	MODULE SUB.
SGRGN	モジュールSG各相の領域長さ、平均密度の計算	MODULE SUB.
SGWRIT	モジュールSG初期状態の出力、及び中間出力	MODULE SUB.
YSOLVE	2分法により高次代数方程式を解く	ELEMENT SUB.
ZMETL1	構造材の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZFLUID	管外流体の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZSTEM1	蒸気の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZSTEM2	蒸気の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZSTEM3	蒸気の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZWATR1	水の物性値計算	ELEMENT SUB.



コモンブロック名	SGMI 1 (1/4)		
関連サブルーチン			
	モジュールSG モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	SGREAD
		ネームリスト名	NAMSG1
変数名	意 味	単 位	備 考
NNSG	モジュールSG SGの基数	—	
IMDLSG (i)	モジュールSG (i) 計算実行の可否 =1:実行する =1:実行しない	—	
IOP1SG (i)	モジュールSG (i) ≠1, ダウンカマなし =1, ダウンカマ有り	—	
IOP2SG (i)	モジュールSG (i) ≠1, センターパイプなし =1, センターパイプ有り	—	SG 伝熱部
IOP3SG (i)	モジュールSG (i) ≠0, 側容量なし =1, 側容量有り =2, 側容量有り (放熱あり) =3, 側容量あり (他モジュールとの 伝熱あり)	—	SG 伝熱部
IOP4SG (i)	モジュールSG (i) ≠0, シェルなし =1, シェル有り =2, シェル有り (放熱あり)	—	SG ダウン カマ部
IOP5SG (i)	モジュールSG (i) =0, ヘリカルコイル型伝熱管 (1) Schrock-Grossman の式 =1, 直管型伝熱管 =2, ヘリカルコイル型伝熱管 (2) Rohsenow の式	—	
IOP6SG (i)	モジュールSG (i) ≠1, 伝熱管 単管 =1, 伝熱管 二重管	—	
	i = KNSG		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGMI1		(2/4)
関連サブルーチン			
	モジュールSG	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	SGREAD
		ネームリスト名	NAMSG1
変数名	意味	単位	備考
NTN1SG (i)	i 番目 SG 管外流体入口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTN0SG (i)	i 番目 SG 管外流体出口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NWNSG (i)	i 番目 SG 管外流体側に対応する流路網番号	—	FLWN に対応
NFNSG (i)	i 番目 SG 管外流体側に対応する流路番号	—	FLWN に対応
NENSG (i)	i 番目 SG 管外流体側 自然循環力 プール変数番号	—	TEMP に対応
NTS1SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気入口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NHS1SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気 入口エンタルピ プール変数番号	—	TEMP に対応
NTDOSG (i)	i 番目 SG 水・蒸気 ダウンカム出口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NHDOSG (i)	i 番目 SG 水・蒸気 ダウンカム出口エンタルピ プール変数番号	—	TEMP に対応
NTSOSG (i)	i 番目 SG 水・蒸気出口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NHSOSG (i)	i 番目 SG 水・蒸気 出口エンタルピ プール変数番号	—	TEMP に対応
NWSSG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側に対応する流路網番号	—	FLWN に対応
NFS1SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気入口に対応する流路番号	—	FLWN に対応
NFSOSG (i)	i 番目 SG 水・蒸気出口に対応する流路網番号	—	FLWN に対応

i = KNSG

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	SGMI1 (3/4)		
関連サブルーチン	モジュールSG モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	SGREAD	
	ネームリスト名	NAMSG1	
変数名	意味	単位	備考
NESSG (i)	i 番目 SG 水・蒸気自然循環力 プール変数番号	—	TEMP に対応
NLS1SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側、各相長さ (液相) プール変数番号	—	TEMP に対応
NLS2SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側、各相長さ (二相) プール変数番号	—	TEMP に対応
NLS3SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側、各相長さ (気相) プール変数番号	—	TEMP に対応
NRS1SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側、各相平均密度 (液相) プール変数番号	—	TEMP に対応
NRS2SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側、各相平均密度 (二相) プール変数番号	—	TEMP に対応
NRS3SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側、各相平均密度 (気相) プール変数番号	—	TEMP に対応
NOUTSG (i)	i 番目 SG プール変数として出力する管外流体、水・蒸気又は伝熱管温度データの個数 (max. 10)	—	
JOUTSG (j, i)	i 番目 SG (i) j 番目データについて =1, 管外流体 =2, 伝熱管 =3, 水・蒸気	—	
KOUTSG (j, i)	i 番目 SG j 番目データに対応する。管外流体、伝熱管、又は水・蒸気のノード番号	—	
NUMSG (j, i)	i 番目 SG 対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
NTAVSG (i)	i 番目 SG 管外流体の平均温度に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
	i = KNSG, j = 10		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGMI 1 (4/4)		
関連サブルーチン	モジュールSG モジュールサブルーチン		
		入力サブルーチン	SGREAD
		ネームリスト名	NAMSG1
変数名	意味	単位	備考
NTWSG (k)	i 番目 SG 側容量、他モジュール、プール変数番号 (入力)	—	TEMP に対応 (注1)
NQWSG (k)	i 番目 SG 側容量、他モジュールからの伝熱量、プール変数番号 (出力)	—	TEMP に対応 (注1)
JPSSG (i)	i 番目 SG 水・蒸気基準圧力計算方法 =1; 基準圧力=(P1+P2)/2 =2; 基準圧力=P1+ΔP(G/G0) <sup>2</sup> GはSG出口水・蒸気流量	—	
NPSSG1 (i)	i 番目 SG 上記 P1 に対応する圧力ノード番号	—	PRSN に対応
NPSSG2 (i)	i 番目 SG 上記 P2 に対応する圧力ノード番号	—	PRSN に対応
DPSSGXX (i)	i 番目 SG 上記 ΔP に対応する圧力差初期値 (注2)	kg/m <sup>2</sup>	
GOSGXX (i)	i 番目 SG 上記 G0 に対応する流量初期値 (注2)	kg/sec	
IQSSG (i)	i 番目 SG =0: 交換熱量をプール変数に出力しない =1: 交換熱量をプール変数に出力する	—	
NCHSG (i)	i 番目 SG 対応するMDモジュールのチャンネル数	—	IQSSG(i)=1 の時入力
NQSSG (k, j, i)	i 番目 SG メッシュ k の対応するMDモジュールのチャンネル j の交換熱量プール変数番号	—	〃
QSSG (j, i)	i 番目 SG メッシュ k、チャンネル j の交換熱量プール変数番号	—	〃
NTQSSG (i)	i 番目 SG 交換熱量プール変数番号	—	〃
	i = KNSG, (注1) IOP3SG(i)=3 の時入力 k = KMSG, (注2) JPSSG(i)=2 の時入力		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	SGMI 2	(2/7)	
関連サブルーチン			
	モジュールSG モジュールサブルーチン	入力サブルーチン SGREAD	
		ネームリスト名 NAMSG1	
変数名	意味	単位	備考
TNISG0 (i)	i 番目 SG 管外流体入口温度 初期値	℃	
TNOSG0 (i)	i 番目 SG 管外流体出口温度 初期値	℃	
TSISG0 (i)	i 番目 SG 水・蒸気入口温度 初期値	℃	
TDOSG0 (i)	i 番目 SG 水・蒸気 ダウンカマ出口温度 初期値	℃	
TSOSG0 (i)	i 番目 SG 水・蒸気出口温度 初期値	℃	
XSISG0 (i)	i 番目 SG 水・蒸気入口クオリティ 初期値	—	
XDOSG0 (i)	i 番目 SG 水・蒸気ダウンカマ出口クオリティ 初期値	—	
XSOSG0 (i)	i 番目 SG 水・蒸気出口クオリティ	—	
GNSG0 (i)	i 番目 SG 管外流体流量 初期値	$\frac{kg}{sec}$	
GSSG0 (i)	i 番目 SG 水・蒸気流量 初期値	$\frac{kg}{sec}$	
IIISG (i)	i 番目 SG ヒートバランス収束計算回数最大値	—	
ERRSG (i)	i 番目 SG ヒートバランス収束許容誤差	—	
ARRSG (i)	i 番目 SG ヒートバランス収束因子の修正係数	—	
	i = KNSG		

変 数 名 リ ス ト







コモンブロック名		SGMI 2 (6/7)	
関連サブルーチン			
モジュールSG		モジュールサブルーチン	入力サブルーチン
			SGREAD
		ネームリスト名	NAMSG1
変数名	意味	単位	備考
KPR1SG (i)	i 番目 SG 管外流体物性値 ≠1, 一定 =1, 温度依存	—	
KPR2SG (i)	i 番目 SG 構材物性値 ≠1, 一定 =1, 温度依存	—	
KPR3SG (i)	i 番目 SG 伝熱部伝熱管 材質を示すインデックス	—	(注1)
KPR4SG (i)	i 番目 SG センターパイプ 材質を示すインデックス	—	(注1)
KPR5SG (i)	i 番目 SG 側容量 材質を示すインデックス	—	(注1)
KPR6SG (i)	i 番目 SG ダウンカマ部伝熱管 材質を示すインデックス	—	(注1)
KPR7SG (i)	i 番目 SG シェル 材質を示すインデックス	—	(注1)
KPR8SG (i)	i 番目 SG 管外流体物性値	—	(注2)
	(注1) = 1;SUS316 = 3;2 1/4 Cr-1Mo = 2;SUS304 = 4;9Cr-1Mo = 8;12Cr		
	(注2) = 0;ナトリウム = 3;Pb = 1;空気 = 4;Pb-bi = 2;水		
	i = KNSG		

変数名リスト



コモンブロック名	SGMI 2	(7/7)	
関連サブルーチン			
	モジュールSG	モジュールサブルーチン	
		入力サブルーチン	SGREAD
		ネームリスト名	NAMSG1
変 数 名	意 味	単 位	備 考
TNAXSG (i)	i 番目 SG 伝熱部管外流体 基準温度	°C	(注)
TTXSG (i)	i 番目 SG 伝熱部伝熱管 基準温度	°C	(注)
TCPXSG (i)	i 番目 SG センターパイプ 基準温度	°C	(注)
TWXSG (i)	i 番目 SG 側容量 基準温度	°C	(注)
TNDXSG (i)	i 番目 SG ダウンカマ部管外流体 基準温度	°C	(注)
TVXSG (i)	i 番目 SG シェル 基準温度	°C	(注)
TTDXSG (i)	i 番目 SG ダウンカマ部伝熱管 基準温度	°C	(注)
PSXSG (i)	i 番目 SG 水・蒸気基準圧力 初期値	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	
	(注) 物性値を温度、圧力に依らず一定とする場合に、 代表値 (平均値) を入力		
	i = KNSG		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	SGMI 3			(2/6)
関連サブルーチン				
モジュールSG モジュールサブルーチン			入力サブルーチン	SGREAD
			ネームリスト名	NAMSG2
変数名	意	味	単位	備考
IXSG (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	伝面、インベントリーデータ入力用メッシュ指定	—	
WNASI (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	管外流体重量 (NA) (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	kg	
VSSI (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	水・蒸気容積 (S) (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m <sup>3</sup>	
WTSI (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	伝熱管重量 (T) (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	kg	
WCPSI (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	センターパイプ重量 (CP) (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	kg	
WWSI (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	側容量重量 (W) (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	kg	
S1SI (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	伝面(NA) 管外流体 ↔ (T) 伝熱管 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m <sup>2</sup>	肉厚中心 基準(注)
S2SI (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	伝面(NA) 管外流体 ↔ (CP) センターパイプ (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m <sup>2</sup>	
S3SI (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	伝面(NA) 管外流体 ↔ (W) 側流量 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m <sup>2</sup>	
S4SI (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	伝面(NA) 管外流体 ↔ (NAD) グラウカ部管外 流体 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m <sup>2</sup>	
S5SI (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	伝面(NA) 管外流体 ↔ (S) 水・蒸気 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m <sup>2</sup>	肉厚中心 基準(注)
S6SI (j, i)	i 番目 SG 伝熱部	伝面(NA) 管外流体 ↔ (AIR) 空気 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m <sup>2</sup>	
(注) ヒートバランスの収束パラメータ				
i=KNSG、j=5				

変数名リスト



コモンブロック名	SGMI 3			(4/6)
関連サブルーチン				
	モジュールSG	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	SGREAD
			ネームリスト名	NAMSG2
変数名	意	味	単 位	備 考
D1SG (i)	i 番目 SG	伝熱部 伝熱管内径	m	
D2SG (i)	i 番目 SG	伝熱部 伝熱管外径	m	
ASSG (i)	i 番目 SG	伝熱部 水蒸気側流路断面積 (流速計算用)	m <sup>2</sup>	
ANASG (i)	i 番目 SG	伝熱部 管外流体側流路断面積 (流速計算用)	m <sup>2</sup>	
D1DSG (i)	i 番目 SG	ダウンカマ部 伝熱管内径	m	
D2DSG (i)	i 番目 SG	ダウンカマ部 伝熱管外径	m	
ASDSG (i)	i 番目 SG	ダウンカマ部 水蒸気側流路断面積 (流速計算用)	m <sup>2</sup>	
DHELSG (i)	i 番目 SG	ヘリカルコイル径	m	10p5SG(i) ≠ 1 の時入力
PITSG (i)	i 番目 SG	伝熱管ピッチ	m	10p5SG(i) = 1 の時入力
AIRSG (i)	i 番目 SG	空気温度	°C	10P3SG(i) = 2 又は 10P4SG(i) = 2 の時入力
GXSG (i)	i 番目 SG	ダウンカマ、給水配管間、自然循環相当 流量	$\frac{kg}{sec}$	
	i = KNSG			

変数名リスト

コモンブロック名	SGMI 3			(5/6)
関連サブルーチン				
モジュールSG モジュールサブルーチン			入力サブルーチン	SGREAD
			ネームリスト名	NAMSG2
変数名	意味		単位	備考
U2SGI (i)	i番目SG	U <sub>2</sub> 入力値 伝熱部管外流体 $\longleftrightarrow$ セパ <sup>1)</sup> 熱通過率	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{sec}^\circ\text{C}}$	1OP2SG(i)=1 の時入力
U3SGI (i)	i番目SG	U <sub>3</sub> 入力値 伝熱部管外流体 $\longleftrightarrow$ 側容量熱通過率	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{sec}^\circ\text{C}}$	1OP3SG(i)≥ 1の時入力
U4SGI (i)	i番目SG	U <sub>4</sub> 入力値(注1) 伝熱部管外流体 $\longleftrightarrow$ ダウカ部ナトリウム熱通 過率	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{sec}^\circ\text{C}}$	1OP1SG(i)=1 の時入力
U6SGI (i)	不使用			
U7SGI (i)	i番目SG	U <sub>7</sub> 入力値(注2) ダウカ部管外流体 $\longleftrightarrow$ ダウカ部伝熱管熱 通過率	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{sec}^\circ\text{C}}$	1OP1SG(i)=1 の時入力
U8SGI (i)	i番目SG	U <sub>8</sub> 入力値 ダウカ部管外流体 $\longleftrightarrow$ シェル通過率	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{sec}^\circ\text{C}}$	1OP4SG(i)≥ 1の時入力
U10SGI (i)	i番目SG	U <sub>10</sub> 入力値 シェル $\longleftrightarrow$ 空気熱通過率	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{sec}^\circ\text{C}}$	1OP4SG(i)=2 の時入力
U4SGA (i)	i番目SG	過渡熱計算時 伝熱部管外流体 $\longleftrightarrow$ ダウカ部ナトリウム U4=U4SGA(i) * GNSG(N) + U4SGB(i)	—	1OP1SG(i)=1 の時入力
U4SGB (i)			—	1OP1SG(i)=1 の時入力
RFSG (i)	i番目SG	伝熱部水・蒸気側汚れ係数	$\frac{\text{m}^2 \text{sec}^\circ\text{C}}{\text{kcal}}$	(注3)
RTSGX (i)	i番目SG	二重管型伝熱管のギャップコンダクタン ス	$\frac{\text{m}^2 \text{sec}^\circ\text{C}}{\text{kcal}}$	1OP6SG(i)=1 の時入力
		(注1) KHESG(i) ≥ 2 の時コード中自動設定		
		(注2) KHESG(i) ≤ 1 の時コード中自動設定 KHESG(i) ≥ 2 の時、KHESG(i) ≤ 1 の時設定値を入力		
		(注3) ヒートバランスの収束パラメータ i = KNSG		

変 数 名 リ ス ト







コモンブロック名		SGMI 4	(2/4)
関連サブルーチン			
モジュールSG		モジュールサブルーチン	入力サブルーチン
			SGREAD
		ネームリスト名	NAMSG2
変数名	意味	単位	備考
GA11SG (i)	i番目SG 差分係数 $\alpha_1'$ を0.0とする下限流量	$\frac{kg}{sec}$	基礎式参照 (注)
GA12SG (i)	i番目SG 差分係数 $\alpha_1'$ を1.0とする上限流量	$\frac{kg}{sec}$	基礎式参照 (注)
GB11SG (i)	i番目SG 差分係数 $\beta_1'$ を0.0とする下限流量	$\frac{kg}{sec}$	基礎式参照 (注)
GB12SG (i)	i番目SG 差分係数 $\beta_1'$ を1.0とする上限流量	$\frac{kg}{sec}$	基礎式参照 (注)
GA21SG (i)	i番目SG 差分係数 $\alpha_2'$ を0.0とする下限流量	$\frac{kg}{sec}$	基礎式参照 (注)
GA22SG (i)	i番目SG 差分係数 $\alpha_2'$ を1.0とする上限流量	$\frac{kg}{sec}$	基礎式参照 (注)
GB21SG (i)	i番目SG 差分係数 $\beta_2'$ を0.0とする下限流量	$\frac{kg}{sec}$	基礎式参照 (注)
GB22SG (i)	i番目SG 差分係数 $\beta_2'$ を1.0とする上限流量	$\frac{kg}{sec}$	基礎式参照 (注)
	(注) $\alpha_1', \beta_1' = 0$ ; 中心差分 $= 1$ ; 出口代表 (管外流体)		
	$\alpha_2', \beta_2' = 0$ ; 中心差分 $= 1$ ; 出口代表 (管内流体)		
	$i = KNSG$		

変数名リスト







コモンブロック名	SGM1	(2/5)	
関連サブルーチン	モジュールSG モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
CPNASG (i, k)	i 番目 SG 伝熱管部管外流体 比熱	kcal/ kg°C	
RONASG (i, k)	i 番目 SG 伝熱管部管外流体 密度	kg/m <sup>3</sup>	
PRNASG (i, k)	i 番目 SG 伝熱管部管外流体 プラントル数	—	
VKNASG (i, k)	i 番目 SG 伝熱管部管外流体 動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec	
TKNASG (i, k)	i 番目 SG 伝熱管部管外流体 熱伝導率	kcal/ msec°C	
CPTSG (i, k)	i 番目 SG 伝熱管部伝熱管 比熱	kcal/ kg°C	
ROTSG (i, k)	i 番目 SG 伝熱管部伝熱管 密度	kg/m <sup>3</sup>	
TKTSG (i, k)	i 番目 SG 伝熱管部伝熱管 熱伝導率	kcal/ msec°C	
ATKTSG (i, k)	i 番目 SG 伝熱管部伝熱管 ノード端点での熱伝導率	kcal/ msec°C	
CPCPSG (i, k)	i 番目 SG センターパイプ 比熱	kcal/ kg°C	
ROCPSG (i, k)	i 番目 SG センターパイプ 密度	kg/m <sup>3</sup>	
TKCPSG (i, k)	i 番目 SG センターパイプ 熱伝導率	kcal/ msec°C	
	i = KNSG, k = KMSG		

## 変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGM1	(3/5)	
関連サブルーチン			
モジュールSG モジュールサブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
CPWSG (i, k)	i 番目 SG 側容量 比熱	kcal/ kg°C	
ROWSG (i, k)	i 番目 SG 側容量 密度	kg/m <sup>3</sup>	
TKWSG (i, k)	i 番目 SG 側容量 熱伝導率	kcal/ msec°C	
CPNDSG (i)	i 番目 SG ダウンカマ部管外流体 比熱	kcal/ kg°C	
RONDSG (i)	i 番目 SG ダウンカマ部管外流体 密度	kg/m <sup>3</sup>	
PRNDSG (i)	i 番目 SG ダウンカマ部管外流体 プラントル数	—	
VKNDSG (i)	i 番目 SG ダウンカマ部管外流体 動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec	
TKNDSG (i)	i 番目 SG ダウンカマ部管外流体 熱伝導率	kcal/ msec°C	
CPTDSG (i)	i 番目 SG ダウンカマ部伝熱管 比熱	kcal/ kg°C	
ROTDSG (i)	i 番目 SG ダウンカマ部伝熱管 密度	kg/m <sup>3</sup>	
TKTDSG (i)	i 番目 SG ダウンカマ部伝熱管 熱伝導率	kcal/ msec°C	
CPVSG (i)	i 番目 SG シェル 比熱	kcal/ kg°C	
ROVSG (i)	i 番目 SG シェル 密度	kg/m <sup>3</sup>	
TKVSG (i)	i 番目 SG シェル 熱伝導率	kcal/ msec°C	

i = KNSG、k = KMSG

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	SGM1 (5/5)			
関連サブルーチン	モジュールSG モジュールサブルーチン			
変数名	意	味	単 位	備 考
TSATSG	SG 飽和温度		°C	
HWSTSG	SG 飽和水エンタルピ		kcal/kg	
HSSTSG	SG 飽和蒸気エンタルピ		kcal/kg	
HLSTSG	SG 蒸発潜熱		kcal/kg	
RWSTSG	SG 飽和水密度		kg/m <sup>3</sup>	
RSSTSG	SG 飽和蒸気密度		kg/m <sup>3</sup>	
PRWSSG	SG 飽和水プラントル数		—	
PRSSSG	SG 飽和蒸気プラントル数		—	
VKWSSG	SG 飽和水動粘性係数		m <sup>2</sup> /sec	
VKSSSG	SG 飽和蒸気動粘性係数		m <sup>2</sup> /sec	
TKWSSG	SG 飽和水熱伝導率		kcal/ msec°C	
TKSSSG	SG 飽和蒸気熱伝導率		kcal/ msec°C	

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	SGM2	(1/4)	
関連サブルーチン	モジュールSG モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
TN1SG (n)	i 番目 SG 管外流体入口温度 (NA)	°C	プール変数との接続
TN0SG (n)	i 番目 SG 管外流体出口温度 (S)	°C	プール変数との接続
GNSG (n)	i 番目 SG 管外流体流量	kg/sec	プール変数との接続
ENSG (n)	i 番目 SG 管外流体自然循環力	kg/m <sup>2</sup>	プール変数との接続
TS1SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気 入口温度	°C	プール変数との接続
HS1SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気 入口エンタルピ	kcal/kg	プール変数との接続
TD0SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気 ダウンカメラ出口温度	°C	プール変数との接続
HD0SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気 ダウンカメラ出口温度	kcal/kg	プール変数との接続
TS0SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気 出口温度	°C	プール変数との接続
HS0SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気 出口エンタルピ	kcal/kg	プール変数との接続
GS1SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気 入口流量	kg/sec	プール変数との接続
GS0SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気 出口流量	kg/sec	プール変数との接続
	n=KNSG*2		

## 変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGM2			(2/4)
関連サブルーチン				
モジュールSG モジュールサブルーチン				
変数名	意味	単位	備考	
PSSG (n)	i 番目 SG 水・蒸気側基準圧力	kg/m <sup>2</sup>	プール変数との接続	
ESSG (n)	i 番目 SG 水・蒸気側自然循環力	kg/m <sup>2</sup>	プール変数との接続	
DS1SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気側各相長さ (液相)	m	プール変数との接続	
DS2SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気側各相長さ (二相)	m	プール変数との接続	
DS3SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気側各相長さ (気相)	m	プール変数との接続	
RS1SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気側平均密度 (液相)	kg/m <sup>3</sup>	プール変数との接続	
RS2SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気側平均密度 (二相)	kg/m <sup>3</sup>	プール変数との接続	
RS3SG (n)	i 番目 SG 水・蒸気側平均密度 (気相)	kg/m <sup>3</sup>	プール変数との接続	
TAVSG (n)	i 番目 SG 管外流体平均温度	°C	プール変数との接続	
	n=KNSG*2			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGM2	(3/4)	
関連サブルーチン	モジュールSG モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
TNASG (n, k)	i 番目 SG 伝熱部 管外流体温度 (NA)	°C	
HSSG (n, k)	i 番目 SG 伝熱部 水・蒸気エンタルピ (S)	kcal/kg	
TSSG (n, k)	i 番目 SG 伝熱部 水・蒸気温度	°C	
XSSG (n, k)	i 番目 SG 伝熱部 水・蒸気クオリティ	—	
RSSG (n, k)	i 番目 SG 伝熱部 水・蒸気密度	kg/m <sup>3</sup>	
WSSG (n, k)	i 番目 SG 伝熱部 水・蒸気重量	kg	
TTSG (n, k)	i 番目 SG 伝熱部 伝熱管温度 (T)	°C	
ATTSG (n, k)	i 番目 SG 伝熱部 伝熱管温度 (ノード端点)	°C	
TCPSG (n, k)	i 番目 SG 伝熱部 センターパイプ温度 (CP)	°C	
TWSG (n, k)	i 番目 SG 伝熱部 側容量温度 (W)	°C	
GSSG (n, k)	i 番目 SG 伝熱部 水・蒸気流量 (S)	kg/s	
WTOTSG (n)	i 番目 SG 伝熱部 全保有水量	kg	
	n=KNSG*2, k=KMSG		

変数名リスト

コモンブロック名	SGM2 (4/4)		
関連サブルーチン			
モジュールSG モジュールサブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
TNADSG (n)	i 番目 SGダウンカマ部 管外流体温度 (NA)	°C	
HSDSG (n)	i 番目 SGダウンカマ部 水・蒸気エンタルピ (SD)	kcal/kg	
TSDSG (n)	i 番目 SGダウンカマ部 水・蒸気温度	°C	
XSDSG (n)	i 番目 SGダウンカマ部 水・蒸気クオリティ	-	
RSDSG (n)	i 番目 SGダウンカマ部 水・蒸気密度	kg/m <sup>3</sup>	
WSDSG (n)	i 番目 SGダウンカマ部 水・蒸気重量	kg	
TTDSG (n)	i 番目 SGダウンカマ部 伝熱管温度 (TD)	°C	
TVSG (n)	i 番目 SGダウンカマ部 シェル温度 (V)	°C	
GSDSG (n)	i 番目 SGダウンカマ部 水・蒸気出口流量 (SD)	kg/sec	
	n = KNSG * 2		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	SGM3			(2/3)
関連サブルーチン				
モジュールSG モジュールサブルーチン				
変数名	意味	単位	備考	
VLNSG (k)	SG伝熱部管外流体側 流速	m/sec		
PENSG (k)	SG伝熱部管外流体側 ペクレ数	—		
ANNSG (k)	SG伝熱部管外流体側 ヌセルト数	—		
ALNSG (k)	SG伝熱部管外流体側 熱伝達率	kcal/ m <sup>2</sup> sec°C		
VLSSG (k)	SG伝熱部水・蒸気側 流速	m/sec		
PRSSG (k)	SG伝熱部水・蒸気側 プラントル数	—		
RESSG (k)	SG伝熱部水・蒸気側 レイノルズ数	—		
ANSSG (k)	SG伝熱部水・蒸気側 ヌセルト数	—		
ALSSG (k)	SG伝熱部水・蒸気側 熱伝達率	kcal/ m <sup>2</sup> sec°C		
VLSDSG	SGダウンカマ部水・蒸気側 流速	m/sec		
PRSDSG	SGダウンカマ部水・蒸気側 プラントル数	—		
RESDSG	SGダウンカマ部水・蒸気側 レイノルズ数	—		
ANSDSG	SGダウンカマ部水・蒸気側 ヌセルト数	—		
ALSDSG	SGダウンカマ部水・蒸気側 film 熱伝達率	kcal/ m <sup>2</sup> sec°C		

k=KMSG

## 変 数 名 リ ス ト









コモンブロック名		SGM4			(3/5)
関連サブルーチン					
モジュールSG モジュールサブルーチン					
変数名	意味			単位	備考
HEA1SG (i, k)	i 番目 SG 熱計算用の途中変数			—	
HEA5SG (i, k)	i 番目 SG 熱計算用の途中変数			—	
HEA9SG (i, k)	i 番目 SG 熱計算用の途中変数			—	
	k	HEA1SG (i, k)	HEA5SG (i, k)	HEA9SG (i, k)	
	1	$\frac{d_1 + d_2}{2d_2}$	$\frac{d_1 + d_2}{2d_2}$	$\frac{d'_1 + d'_2}{2d'_2}$	
	2	$\frac{d_1 + d_2}{4} \ln \frac{2d_2}{d_1 + d_2}$	$\frac{d_1 + d_2}{4} \ln \frac{d_1 + d_2}{2d_1}$	$\frac{d'_1 + d'_2}{4} \ln \frac{d'_1 + d'_2}{2d'_1}$	
	3	不使用	不使用	不使用	
	4	不使用	不使用	不使用	
	5	不使用	不使用	不使用	
	i = KNSG, k = 5				

変数名リスト

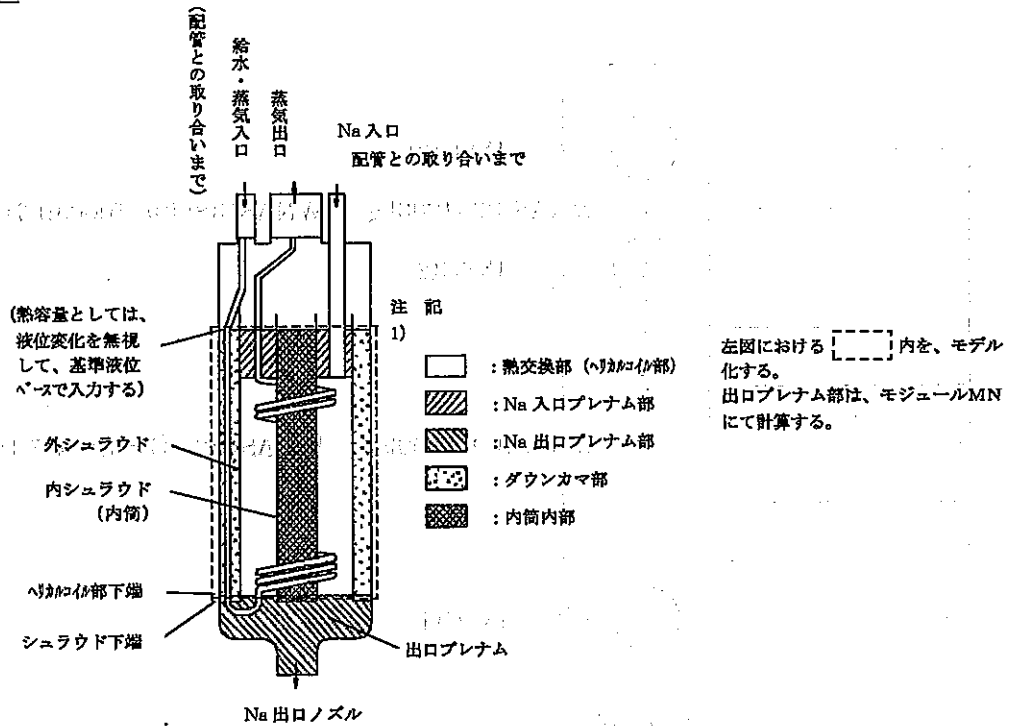
コモンブロック名	SGM4	(4/5)	
関連サブルーチン	モジュールSG モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
QNISG (i)	モジュールSG (i) エネルギー保存チェック用管外流体側流入エネルギー積分値	kcal	
QNOSG (i)	モジュールSG (i) エネルギー保存チェック用管外流体側流出エネルギー積分値	kcal	
QSISG (i)	モジュールSG (i) エネルギー保存チェック用水・蒸気側流入エネルギー積分値	kcal	
QSOSG (i)	モジュールSG (i) エネルギー保存チェック用水・蒸気側流出エネルギー積分値	kcal	
WSISG (i)	モジュールSG (i) 質量保存チェック用水・蒸気側流入流量積分値	kg	
WSOSG (i)	モジュールSG (i) 質量保存チェック用水・蒸気側流出流量積分値	kg	
	i=KNSG		

変 数 名 リ ス ト

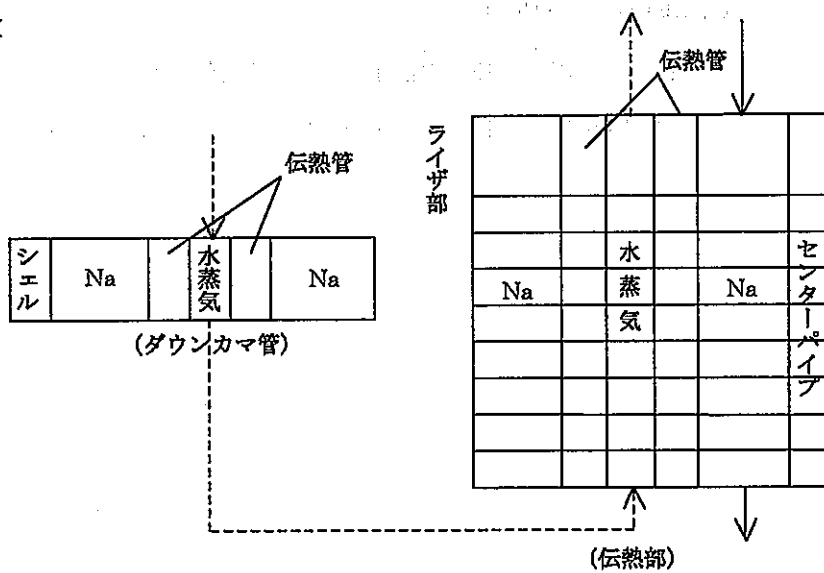


SG-1		入力サブルーチン	SGREAD
関連モジュール	モジュールSG	変数名	—
意味	実機とモデルとの対応	単位	—

**実機構造**



**解析モデル**



**入力データ説明書**

SG-2		入力サブルーチン	SGREAD	
関連モジュール	モジュールSG	変数名	IXSG	
意味	伝面, インベントリデータ入力用メッシュ指定	単位	—	
<p>SG伝熱部のインベントリ、伝熱面積は、軸方向に沿って一様とみなせる範囲の合計の値を入力し、コード中で各ノードの値を自動設定する。(下図の例参照)</p>				
<p style="text-align: center;">ノード番号</p>				
$WNASG(i) = \frac{WNASI(k)}{IXSG(k+1) - IXSG(k)}$				
<p>WNASI(k) ; ノード番号 IXSG(k) ~IXSG(k+1) 間の管外流体重量の合計</p>				
<p>WNASG(i) ; ノード番号 IXSG(k) ~IXSG(k+1) 間の, 1 メッシュあたりの管外流体重量</p>				

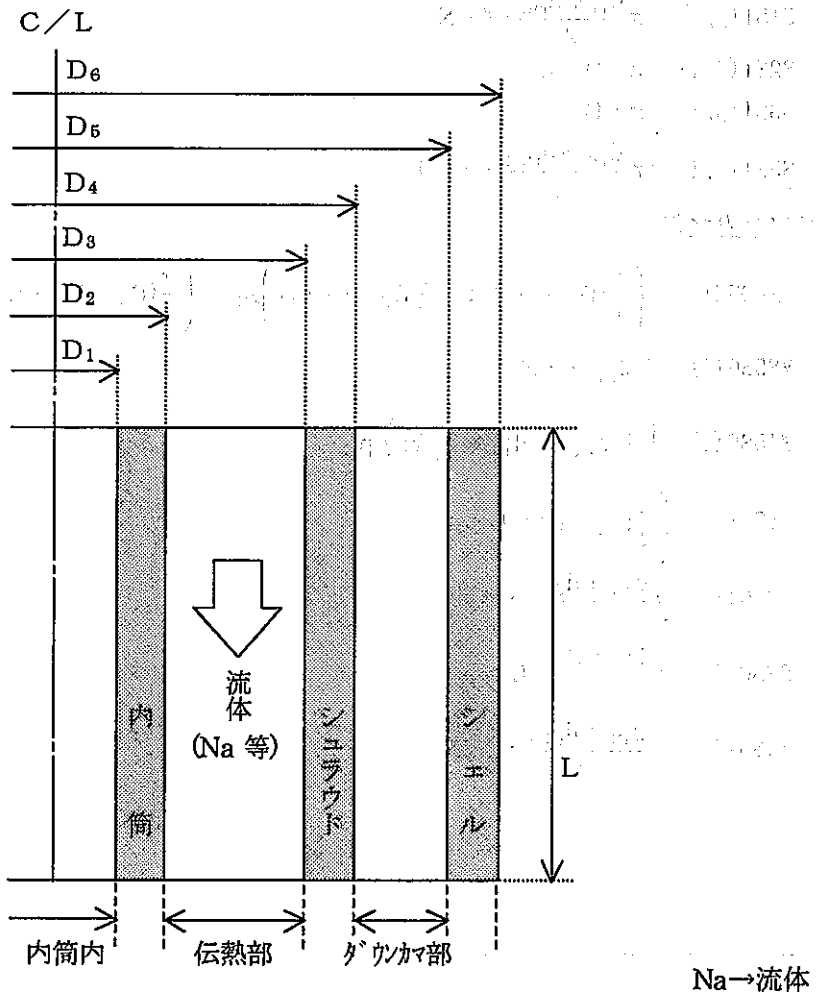
入力データ説明書

SG-3		入力サブルーチン	SGREAD
関連モジュール	モジュールSG	変数名	—
意味	SG 伝熱部、ダウンカマ部インベントリ、伝面データ	単位	—
<p>ナトリウムの流れ方向に沿って、一様とみなせる範囲において、次の要領で算出する。但し解析の目的、対象プラント等に応じて、適宜、設定法を変更する方が良い場合もあるので注意。</p> <p><u>SG伝熱部</u></p> $WNASI(j, i) = \left( \frac{\pi}{4} (D_3^2 - D_2^2) L - \frac{\pi}{4} d_{OUT}^2 \cdot \ell \cdot N \right) \rho_{NA}$ $VSSI(j, i) = \frac{\pi}{4} d_{IN}^2 \cdot \ell \cdot N$ $WTSI(j, i) = \left( \frac{\pi}{4} (d_{OUT}^2 - d_{IN}^2) \cdot \ell \cdot N \right) \rho_T$ $WCPSI(j, i) = \left( \frac{\pi}{4} D_1^2 \cdot L \right) \rho_{NA} + \left( \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) L \right) \rho_{CP} \cdot \frac{C_{CP}}{C_{NA}} \text{ (センターパイプ内流体を含む)}$ $S1SI(j, i) = \pi \frac{d_{in} + d_{out}}{2} \cdot \ell \cdot N$ $S2SI(j, i) = \pi \cdot D_2 \cdot L$ $S3SI(j, i) = \pi \cdot D_3 \cdot L$ $S5SI(j, i) = \pi \frac{d_{IN} + d_{OUT}}{2} \cdot \ell \cdot N$ <p><u>SGダウンカマ部</u></p> $WNADSG(i) = \left( \frac{\pi}{4} (D_6^2 - D_4^2) \cdot L - \frac{\pi}{4} d_{OUT}^2 \cdot \ell \cdot N \right) \rho_{NA} + \left( \frac{\pi}{4} (D_4^2 - D_3^2) \cdot L \right) \rho_{SH} \cdot \frac{C_{SH}}{C_{NA}} \text{ (シラウトを含む)}$ $VSDSG(i) = \frac{\pi}{4} d_{IN}^2 \cdot \ell \cdot N$ $WTDSG(i) = \left( \frac{\pi}{4} (d_{OUT}^2 - d_{IN}^2) \cdot \ell \cdot N \right) \rho_T$ $WVSG(i) = \left( \frac{\pi}{4} (D_6^2 - D_5^2) \cdot L \right) \rho_{SL}$ $S7SG(i) = \pi \frac{d_{IN} + d_{OUT}}{2} \cdot \ell \cdot N$ $S8SG(i) = \pi \frac{D_5 + D_6}{2} \cdot L$ $S9SG(i) = \pi \frac{d_{IN} + d_{OUT}}{2} \cdot \ell \cdot N$			

—記号説明—

$D_1$ : 内筒内径	[ m ]	$\rho_{NA}$ : 管外流体密度	[ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$D_2$ : 内筒外形	[ m ]	$C_{NA}$ : 管外流体比熱	[ $\text{kcal}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ ]
$D_3$ : シュラウド内径	[ m ]	$\rho_T$ : 伝熱管密度	[ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$D_4$ : シュラウド外形	[ m ]	$C_T$ : 伝熱管比熱	[ $\text{kcal}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ ]
$D_5$ : シェル内径	[ m ]	$\rho_{CP}$ : 内筒密度	[ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$D_6$ : シェル外形	[ m ]	$C_{CP}$ : 内筒比熱	[ $\text{kcal}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ ]
$L$ : (注1)	[ m ]	$\rho_{SH}$ : シュラウド密度	[ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$d_{IN}$ : 伝熱管内径	[ m ]	$C_{SH}$ : シュラウド比熱	[ $\text{kcal}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ ]
$d_{OUT}$ : 伝熱管外形	[ m ]	$\rho_{SL}$ : シェル密度	[ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$\ell$ : 伝熱管平均長さ	[ m ]	$C_{SL}$ : シェル比熱	[ $\text{kcal}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ ]
$N$ : 伝熱管本数	[ — ]		

(注1) 管外流体流れ方向に沿って、一様とみなせる範囲の長さ。







SG-4		入力サブルーチン	SGREAD
関連モジュール	モジュールSG	変数名	ASSG, ASDSG
意味	SG 水・蒸気流路断面積 (流速計算用)	単位	m <sup>3</sup>
<p>本データを基に水・蒸気の流速を算出し、伝熱相関式で用いる Re 数を求める。                  ASSG(i)、ASDSG(i)とも次の式で計算する。</p> $ASSG(i) = \frac{\pi}{4} \times (\text{伝熱管内径})^2 \times (\text{伝熱管本数})$ $U = \frac{W}{\rho \cdot ASSG(i)}$ <p>U [m/sec] : 水・蒸気流速                  W [kg/sec] : 水・蒸気流量                  ρ [kg/m<sup>3</sup>] : 水・蒸気密度</p> <p>ヘリカルコイル型、直管型とも同様である。</p>			

SG-5		入力サブルーチン	SGREAD	
関連モジュール	モジュールSG	変数名	ANSG(i)	
意味	SG管外流体側流路断面積(流速計算用)		単位	m <sup>3</sup>
<p>本データを基に、管外流体の流速を算出し、伝熱相関式で用いるRe、Pe数を求める。                  従って、本データは、SG伝熱部全断面積から、伝熱管その他の投影面積を引いた値である。</p> <p>ANSG(i) = SG伝熱部全断面積 - 伝熱管投影面積 - スペーサ等の投影面積</p> $u = \frac{W}{\rho \cdot \text{ANSG}(i)}$ <p>u [m/sec] : 管外流体流速                  W [kg/sec] : 管外流体流量                  ρ [kg/m<sup>3</sup>] : 管外流体密度</p> <p>ヘリカルコイル型                      直管型</p>				

入力データ説明書

SG-6		入力サブルーチン	SGREAD	
関連モジュール	モジュールSG	変数名	U4SG	
意味	SG伝熱部管外流体	SGダウンカマ部管外流体通過熱率	単	位

ダウンカマ部ナトリウム

$$a_{NAD} \rho_{NA} C_{NA} \frac{T_{NAD}(t)}{t} = \Sigma U_4(t) A_4 (T_{NA}(z, t) - T_{NAD}(t)) - U_7(t) A_7 (T_{NAD}(t) - T_{TD}(t)) - U_8(t) A_8 (T_{NAD}(t) - T_V(t))$$

U4SG(i)はシステムデータによる。但しデータの提示のない場合は、次の要領にて計算する。

伝熱部管外流体、シールド間の表面熱抵抗を無視し、シールド内面、ダウンカマ管外流体（肉厚中心）間の熱抵抗を、シールド内面を基準伝面として次式より求める。

$$U4SG = \frac{1}{\frac{r_c}{k_{SH}} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{r_c}{k_{NA}} \ln \frac{r_1 + r_2}{2r_1}}$$

$k_{SH}$ : シールド熱伝導率  $[\frac{kcal}{msec^\circ C}]$      $k_{NA}$ : 管外流体熱伝導率  $[\frac{kcal}{msec^\circ C}]$

入力データ説明書

SG-7		入力サブルーチン	SGREAD
関連モジュール	モジュールSG	変数名	COFSG
意味	計算安定化用データ		単位
<p>本データは、計算上の不安定を回避するために、設けられたものであり、その値は、半ば経験的に決まるものであり、特に決まった設定法はない。</p> <p>概略の目安としては、</p> <p>COFSG (1, i)=0.0</p> <p>COFSG (2, i)=0.0</p> <p>COFSG (3, i)=0.0</p> <p>COFSG (4, i)=0.0</p> <p>程度の数値が経験的には、妥当である。</p> <p>尚、計算不安定が生じタイムメッシュを小さくしても改善されない場合、上記数値を大としてみる。但し、急激な変化を計算する場合は影響がないように小さくする必要がある。</p>			

（1）弁の長さ	（2）弁の長さ	（3）弁の長さ	（4）弁の長さ
（5）弁の長さ	（6）弁の長さ	（7）弁の長さ	（8）弁の長さ
（9）弁の長さ	（10）弁の長さ	（11）弁の長さ	（12）弁の長さ

（1）弁の長さ

（2）弁の長さ

（3）弁の長さ

（4）弁の長さ

（5）弁の長さ

（6）弁の長さ

（7）弁の長さ

（8）弁の長さ

（9）弁の長さ

（10）弁の長さ

（11）弁の長さ

（12）弁の長さ

**3.18 モジュールVV（各種弁の計算）**

（1）弁の長さ

（2）弁の長さ

（3）弁の長さ

（4）弁の長さ

（5）弁の長さ

（6）弁の長さ

（7）弁の長さ

（8）弁の長さ

（9）弁の長さ

（10）弁の長さ

（11）弁の長さ

（12）弁の長さ

モジュールVV

1 機能

各種弁の計算。(ダンパ等を含む)

2 モジュールの入出力

モジュールの入力		モジュールの出力	
項目	対応する プール変数	項目	対応する プール変数
弁開度指令信号	VLVN	弁抵抗係数	VLVN
流量	FLWN	境界流量	FLWN
圧力	PRSN	境界圧カバウンダリの圧力	PRSN
ガスの比重又は蒸気過熱度 (注)	TEMP	弁開度	VLVN

(注) 蒸気の時使用

3 モデルの概要

(1) 独立した弁の最大数は、KNVV (注) 個。

(2) 各弁は、

弁の動作特性

弁の圧損特性

流動計算中での取り扱い

を、任意に選択できる。

(注) KNVVは、コンパイル時にパラメータ文にて指定。

4 基礎式

(1) 弁の動作特性

弁の開度指令信号、又は動作指令信号に対する弁の応答は、次の中から選択する。

<むだ時間+1次遅れ>

$$\tau_A \frac{dx(t)}{dt} = (1-y(t-L)) - x(t) \quad (\text{ON-OFF弁} \quad \text{ON: 閉の場合})$$

$$\tau_A \frac{dx(t)}{dt} = y(t-L) - x(t) \quad (\text{その他}) \quad \text{--- (1)}$$

x ; 開度

y ; 開度指令 (動作指令 OFF ; 0, ON ; 1)

$\tau_A$  ; 1次遅れ時定数 [ SEC ]

L ; むだ時間遅れ [ SEC ]

<むだ時間+一定速度> (ON-OFF弁のみ)

$$x(t) = x(t_0) + y(t-L)\tau_B \Delta t \cdot a \quad \text{--- (2)}$$

x ; 開度

y ; 開度指令

$\tau_B$  ; 動作速度 [ 1/SEC ]

$\Delta t$  ; タイムステップ [ SEC ]

a ; 開閉極性 (±1, 0)

L ; むだ時間遅れ [ SEC ]

<弁開度時系列設定>

弁開度を時間テーブルとして入力する。(流量フィッティングも可)

(2) 弁の圧損特性

弁の圧損特性を下記の中から選択する。

<リニア特性>

$$C_V = C_{V_{max}} \cdot x \quad \text{--- (3)}$$

$C_V$  ; 弁の $C_V$ 値

$C_{V_{max}}$  ; 全開時の弁の $C_V$ 値

x ; 弁開度比

<イコールパーセント特性>

$$C_V = C_{V_{min}} \left( \frac{C_{V_{max}}}{C_{V_{min}}} \right)^{x/x_{max}} \quad \text{--- (4)}$$



- $C_{Vmin}$  ; 弁の制御可能下限値  
 $C_{Vmax}$  ; 弁の制御可能上限値  
 $x_{max}$  ;  $C_{Vmax}$  時の弁開度比

<特性曲線図>

弁  $C_V$  値と弁開度の関係をテーブルフィッティングで与える。(弁開度から直接抵抗係数、流量フィッティングもできる。)

(3) 弁の  $C_V$  値相関式

流量、弁差圧、 $C_V$  値の関係は、下記の中から選択する。

水・ナトリウム

$$C_V = 1.17 Q_L \sqrt{G_T / h} \quad (5)$$

過熱蒸気、非臨界流

$$C_V = Q_g (1.0 + 0.0013s) / 19.4 \sqrt{P_m \cdot h} \quad (6)$$

過熱蒸気、臨界流

$$C_V = Q_g 0.084 (1.0 + 0.0013s) / P1 \quad (7)$$

ガス常温、非臨界流

$$C_V = Q_g G_g / 24.0 \sqrt{h \cdot P_m} \quad (8)$$

ガス高温、非臨界流

$$C_V = Q_g G_g (273.16 + T) / 404.0 \sqrt{h \cdot P_m} \quad (9)$$

タービン、ストドラの式

$$G = \Phi \sqrt{P_{in}^2 - P_{out}^2} / \sqrt{273.16 + T} \quad (10)$$

— 記号説明 —

$Q_L$	;	体積流量	[ $m^3/h$ ]
$Q_s$	;	重量流量	[ $kg/h$ ]
$Q_g$	;	体積流量	[ $m^3/h$ ]
$G_T$	;	密度	[ $g/cm^3$ ]
$G_g$	;	密度	[ $g/cm^3$ ]
$h$	;	弁差圧	[ $kg/cm^2$ ]
$P_m$	;	平均絶対圧	[ $kg/cm^2$ ]
$P_1$	;	弁元圧	[ $kg/cm^2$ ]
$s$	;	過熱度	[ $^{\circ}C$ ]
$T$	;	温度	[ $^{\circ}C$ ]
$\Phi$	;	ストドラ係数	[ — ]
$P_{in}$	;	タービン入口圧力	[ $kg/m^2$ ]
$P_{out}$	;	タービン出口圧力	[ $kg/m^2$ ]
$G$	;	タービン蒸気流量	[ $kg/sec$ ]

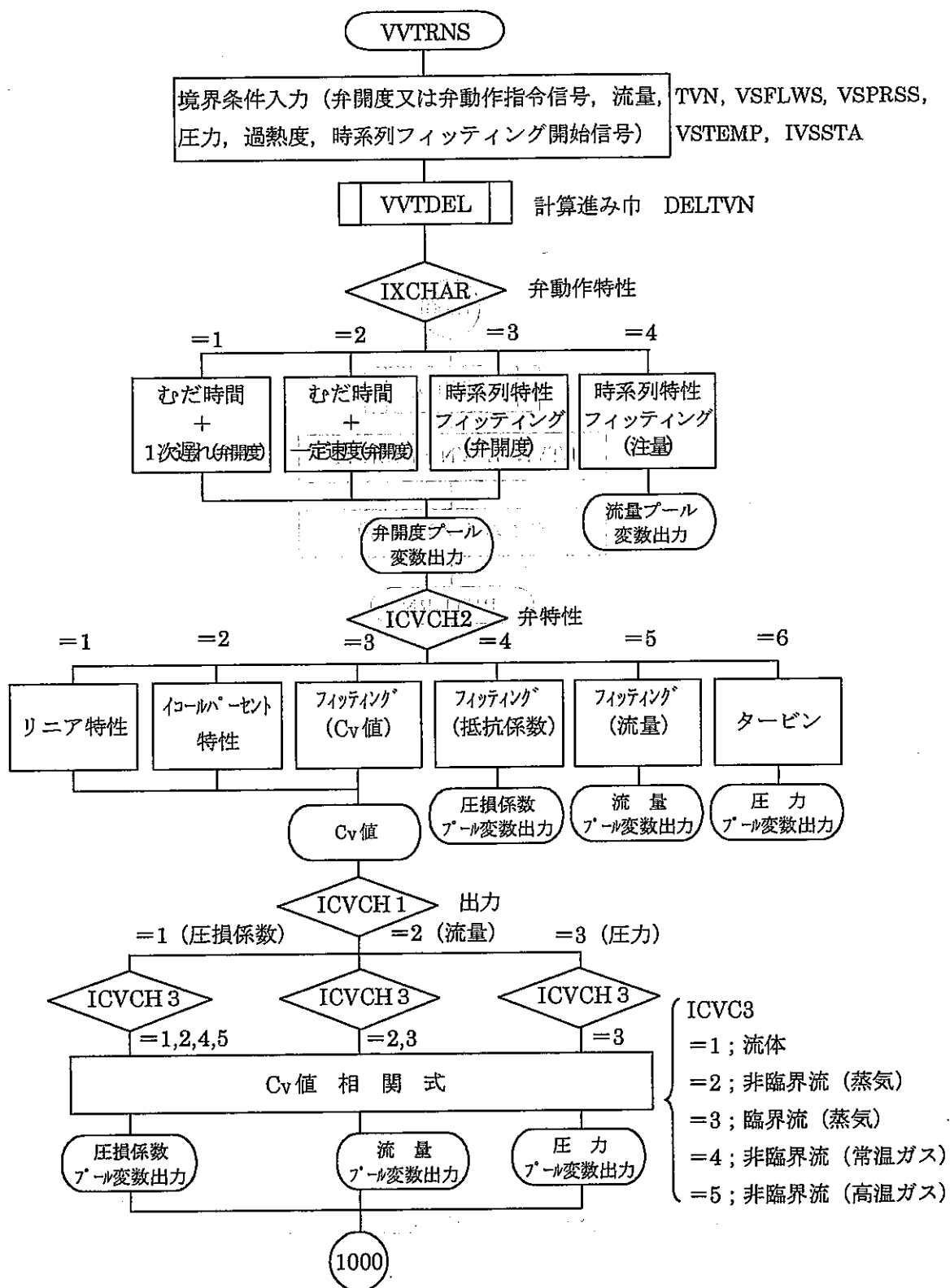
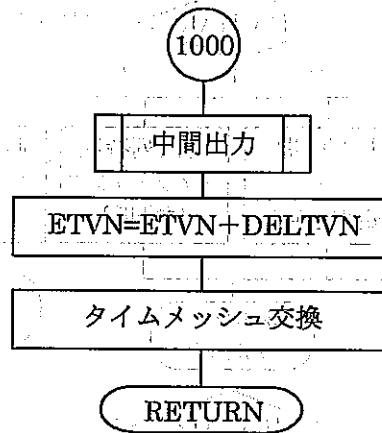
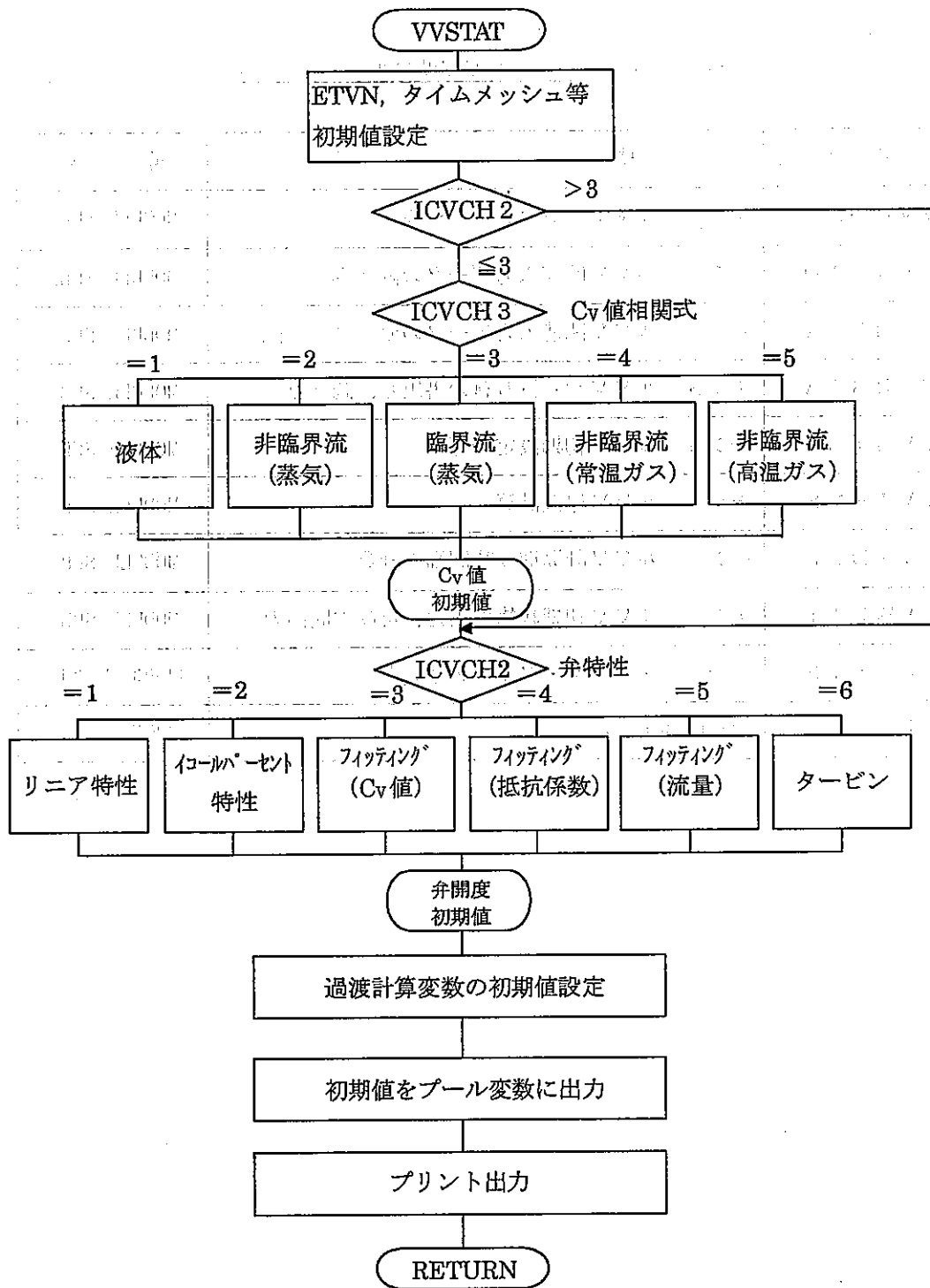


図 VV-1 Sub. VVTRNS フローチャート(1/2)



図VV-1 Sub. VVTRNS フローチャート(2/2)



図VV-2 Sub. VVSTAT フローチャート

表VV-1 モジュールVVサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
VVCONT	モジュールVV計算コントロール	MODULE SUB.
VVREAD	モジュールVV関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
VVBLOK	モジュールVV関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
VVRSTA	モジュールVVリスト・ファイルの書出し、読み込み	MODULE SUB.
VVSTAT	モジュールVV初期設定計算	MODULE SUB.
VVTRNS	モジュールVV過渡計算	MODULE SUB.
VVTDEL	モジュールVV計算進み時間幅の計算	MODULE SUB.
VVWRIT	モジュールVV初期状態の出力、及び中間出力	MODULE SUB.
YDISTB	テーブル・データ・フィッティング	ELEMENT SUB.
YLAG	むだ時間モデル	ELEMENT SUB.



コモンブロック名	VVMI 1	(1/1)	
関連サブルーチン	モジュールVVの初期設定		
モジュールVV モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	
		VVREAD	
		ネームリスト名	
		NAMVV1	
変数名	意 味	単 位	備 考
NNVN	モジュールVV 弁の数 (max, KNVV)	—	
IMDLVN (i)	モジュールVV (i) 計算実行の可否=1: 実行する ≠1: 実行しない	—	
TMAXVN (i)	モジュールVV (i) 計算終了時間	sec	
DTIMVN (j, i)	モジュールVV (i) DTIMVN (j, i) ≤ 計算進み時間の時	sec	
DDELVN (j, i)	計算進み時間巾=DDELVN (j, i)	sec	
ISTAVN (i)	モジュールVV (i) =0: 初期設定計算の出力をしない =1: 初期設定計算の出力を行う =2: 初期設定計算の出力を行う (詳細出力)	—	
IDBGVN (i)	モジュールVV (i) =0: 中間出力をしない =1: 中間出力を行う =2: 中間出力を行う (詳細出力)	—	
OUTVN (k, i)	モジュールVV (i) 中間出力時間の指定	sec	
	i =KNVV, j =5, k=30		

変 数 名 リ ス ト



コモンブロック名	VVMI 2	(1/5)	
関連サブルーチン			
モジュールVV	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	
		VVREAD	
		ネームリスト名	
		NAMVV2	
変数名	意味	単位	備考
NVNSOT (i)	モジュールVV (i) 弁開度比指令値に対応するプロセス量番号	—	VLVN (m, I)のmに対応
NVNANS (i)	モジュールVV (i) 圧損係数に対応するプロセス量番号	—	VLVN (m, I)のm
NVNXVN (i)	モジュールVV (i) 弁開度に対応するプロセス量番号	—	VLVN (m, I)のmに対応
NVSNO (i)	モジュールVV (i) 弁の存在する流路網番号	—	FLWNに対応
NFLWVS (i)	モジュールVV (i) 弁の存在する流路番号	—	FLWNに対応
NPRSVS (i)	モジュールVV (i) 対応する圧力ノード番号	—	PRSNに対応
NTEMP (i)	モジュールVV (i) 蒸気過熱度に対応するプール変数番号	—	TEMPに対応
NVS1 (i)	モジュールVV (i) 弁開度又は流量時間フィッティング開始信号プロセス量番号	—	VLVN (m, I)のmに対応
NVDP (i)	モジュールVV (i) バルブ差圧に対応するプロセス量番号	—	VLVN (m, I)のmに対応
	i =KNVV		

変数名リスト

コモンブロック名	VVMI 2	(2/5)	
関連サブルーチン			
	モジュールVV モジュールサブルーチン	入力サブルーチン VVREAD	
		ネームリスト名 NAMVV2	
変数名	意味	単位	備考
IXCHAR (i)	モジュールVV (i) 弁動作特性 =1; むだ時間+1次遅れ (弁開度) =2; むだ時間+一定速度 (弁開度) =3; 時系列特性 (弁開度) =4; 時系列特性 (流量)	—	
ICVCH1 (i)	モジュールVV (i) モジュール計算出力内容 =1; 圧損係数 (ICVCH3(i)=1, 2, 4, 5の時) =2; 流量 (ICVCH3(i)=2, 3の時) =3; 圧力 (ICVCH3(i)=3の時)	—	
ICVCH2 (i)	モジュールVV (i) 弁特性 (弁開度から) =1; リニア特性 =2; イコール%特性 =3; C <sub>v</sub> 値特性曲線図 } (C <sub>v</sub> 値) =4; ζ値特性曲線 (抵抗係数) =5; 流量フィッティング =6; タービン	—	IXCHAR(i) =1-3の時 入力
ICVCH3 (i)	モジュールVV (i) C <sub>v</sub> 値相関式 =1; 流体 =2; 非臨界流 (蒸気) =3; 臨界流 (蒸気) =4; 非臨界流 (常温ガス) =5; 非臨界流 (高温ガス)	—	ICVCH2(i) =1-3の時 入力
ICVCH4 (i)	モジュールVV (i) 初期設定計算の取扱い =0; 入力データ 初期弁圧損より, 初期開度を設定 =1; プール変数入力 初期抵抗係数より 初期開度を設定	—	ICVCH2(i) =1-3の時 入力
ICVCH5 (i)	モジュールVV (i) タービンモデルの取扱い =0; 弁開度, 流量より, タービン元圧を計算 =1; 弁開度, タービン元圧より, 流量を計算	—	ICVCH2(i) =6の時 入力
	i = KVV		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	VVMI 2	(3/5)	
関連サブルーチン			
モジュールVV モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	
		ネームリスト名	
		VVREAD	
		NAMVV2	
変数名	意味	単位	備考
TAUA (i)	モジュールVV (i) 弁動作特性データ 1次遅れ時定数又は弁開閉速度	(sec)又は は (1/sec)	IXCHAR(i) =1, 2の時
VLATE (i)	モジュールVV (i) 弁動作特性データ むだ時間遅れ	sec	IXCHAR(i) =1, 2の時
AKESME (i)	モジュールVV (i) 弁動作特性データ 開閉指示極性値 = 0; NON ON-OFF 弁 = 1; ON-OFF 弁 ON=開 (弁動作指令入力) = -1; ON-OFF 弁 ON=閉 (弁動作指令入力)	—	IXCHAR(i) =1, 2の時
TFTBL1 (j, i)	モジュールVV (i) 弁開度又は流量時系列テーブル データ入力 時間のデータ	sec	IXCHAR(i) =3, 4の時
XFTBL1 (j, i)	モジュールVV (i) 弁開度又は流量時系列テーブル データ入力 弁開度又は流量データ	(注)	IXCHAR(i) =3, 4の時
ITBL1 (i)	モジュールVV (i) 弁開度又は流量時系列テーブル データ入力 データ個数	—	IXCHAR(i) =3, 4の時
GNTBL1 (i)	モジュールVV (i) 弁開度又は流量時系列テーブル データ入力 ゲイン	(注)	IXCHAR(i) =3, 4の時
	(注) 弁開度 (%) (if IXCHAR(i)=3) 流量 (kg/sec) (if IXCHAR(i)=4)		
XVNMAX (i)	モジュールVV (i) 弁開度比 最大値	%	
XVNMIN (i)	モジュールVV (i) 弁開度比 最小値	%	
	i =KNVV, j =20		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	VVMI 2	(4/5)	
関連サブルーチン	モジュールVV モジュールサブルーチン		
	入力サブルーチン	VVREAD	
	ネームリスト名	NAMVV2	
変数名	意味	単位	備考
CVMAX (i)	モジュールVV (i) 弁特性データ C <sub>v</sub> 値最大値	—	ICVCH2(i) =1, 2の時
CVMIN (i)	モジュールVV (i) 弁特性データ C <sub>v</sub> 値最小値	—	ICVCH2(i) =1, 2の時
XMAX (i)	モジュールVV (i) 弁特性データ C <sub>v</sub> 値が最大値をとる時の弁開度比	%	ICVCH2(i) =1, 2の時
COEFK2 (i)	モジュールVV (i) 弁特性データ C <sub>v</sub> 値から圧損係数への換算係数		ICVCH2(i) =1, 2の時
XZTBL (j, i)	モジュールVV (i) C <sub>v</sub> 値, 抵抗係数, 流量テーブル データ入力 弁開度比 x <sub>j</sub> の値	—	ICVCH2(i) =3, 4, 5の時
ZZTBL (j, i)	モジュールVV (i) C <sub>v</sub> 値, 抵抗係数, 流量テーブル データ入力 x <sub>j</sub> に対応する値	(注)	ICVCH2(i) =3, 4, 5の時
ITBLXZ (i)	モジュールVV (i) C <sub>v</sub> 値, 抵抗係数, 流量テーブル データ入力 データ個数	—	ICVCH2(i) =3, 4, 5の時
GNTBL (i)	モジュールVV (i) C <sub>v</sub> 値, 抵抗係数, 流量テーブル データ入力 ゲイン	(注)	ICVCH2(i) =3, 4, 5の時
	(注) C <sub>v</sub> 値 (IF ICVCH2(i)=3) 抵抗係数 (IF ICVCH2(i)=4) 流量(kg/s) (IF ICVCH2(i)=5)		ICVCH2(i) =3, 4, 5の時
PHIMAX (i)	モジュールVV (i) タービンストドラ係数最大値	—	ICVCH2(i) =6の時
P2 (i)	モジュールVV (i) タービン出口圧力	kg/m <sup>2</sup>	ICVCH2(i) =6の時
T1 (i)	モジュールVV (i) 弁入口蒸気温度	°K	ICVCH2(i)=6 ICVCH2(i)=5 の時
	i=KNVV, j=20		

## 変 数 名 リ ス ト





コモンブロック名	VVM2	(1/2)	
関連サブルーチン	モジュールVV モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
VALVNN (i)	モジュールVV (i) の圧損係数	sec <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ·kg	プール変数と接続
XVN (j)	モジュールVV (i) の弁開度比	—	プール変数と接続
YVN (i)	モジュールVV (i) の弁開度比指令値	—	プール変数と接続
CVVN (i)	モジュールVV (i) の C <sub>vj</sub> の値	—	プール変数と接続
VSFLWS (i)	モジュールVV (i) に対応する水・蒸気の流量	kg/sec	プール変数と接続
VSPRSS (i)	モジュールVV (i) に対応する水・蒸気の圧力	kg/m <sup>2</sup>	プール変数と接続
VSTEMP (i)	モジュールVV (i) に対応する水・蒸気の過熱度	°C	プール変数と接続
IVSSTA (i)	モジュールVV (i) のフィッティング開始信号	—	プール変数と接続
VDP (i)	モジュールVV (i) の圧損	kg/m <sup>2</sup>	プール変数と接続
	i = KNVV, j = 2*KNVV		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意 味	単 位	備 考
COEFK1 (i)	モジュールVV (i) $C_v$ 値計算式使用時の単位換算 用係数	—	$C_v$ 値から 抵抗係数
XNMX (m, i)	モジュールVV (i) むだ時間遅れ計算用係数	—	
XNM (i)	モジュールVV (i) むだ時間遅れ計算用係数	—	
PHI (i)	モジュールVV (i) タービン流 ストドラの式 係数	—	
VINT (i)	モジュールVV (i) 圧損係数の初期値	$\text{sec}^2/m^2 \cdot \text{kg}$	
CVINT (i)	モジュールVV (i) $C_v$ 値の初期値	—	
ZINT (i)	モジュールVV (i) 抵抗係数の初期値	—	
XINT (i)	モジュールVV (i) 弁開度比の初期値	—	
ETSTOR (i)	モジュールVV (i) 弁開度時系列データ時間軸設定 用時間	sec	
	$i = \text{KNVV}, m = 200$		

## 変 数 名 リ ス ト



	VV-1	入力サブルーチン	VVREAD
関連モジュール	モジュールVV	変数名	—
意味	入力データの概要		単位
<p>(1) システムの冷却材流動を計算する上で必要となる弁をシステム構成にあわせて流路に設置する。</p> <p>(2) 弁の計算内容は次の用に分類される。</p> <p>a) 冷却材流動計算中での弁の取扱いによる分類</p> <p>i) 流路の抵抗要素の1つとして弁の圧損係数を計算して出力する。 ex) 流量調節弁など</p> <p>ii) 弁の元圧あるいは圧力差を境界条件（入力条件）として、弁での流量を計算して出力する。 ex) 蒸気安全弁など</p> <p>iii) 弁での流量を境界条件（入力条件）として、弁の元圧、あるいは圧力差を計算して出力する。 ex) 圧力調節弁など</p> <p>b) 弁の特性による分類</p> <p>① 弁の動作特性による分類</p> <p>i) むだ時間+1次遅れ特性</p> <p>ii) むだ時間+一定動作速度特性</p> <p>② <math>C_v</math>値特性（対弁開度）による分類</p> <p>i) イコール%特性</p> <p>ii) リニア特性</p> <p>iii) その他</p> <p>③ <math>C_v</math>値特性（対流体条件）による分類</p> <p>i) 液体（水、ナトリウム等）</p> <p>ii) 蒸気、臨界流 or 非臨界流など</p> <p>iii) その他</p>			

変数名リスト

VV-2		入力サブルーチン	VVREAD	
関連モジュール	モジュールVV	変数名	—	
意味	弁の圧損特性, 抵抗系数値→C <sub>v</sub> 値へ変換		単位	—
<p>抵抗係数計算式は、</p> $\Delta P = \zeta \cdot \frac{\gamma \cdot v^2}{2g} \dots \dots \dots \textcircled{1}$ <p style="text-align: right;"> <math>\left\{ \begin{array}{l} \Delta P : \text{圧損 (kg/m}^2\text{)} \\ \zeta : \text{抵抗係数 (-)} \\ \gamma : \text{密度 (kg/m}^3\text{)} \\ v : \text{流速 (m/sec)} \\ g : \text{重力加速度 (m/sec}^2\text{)} \end{array} \right.</math> </p> <p>C<sub>v</sub>値計算式 (単位換算後のコード中の使用式) は、</p> $C_v = \frac{1.17 \times 3600 \times \sqrt{10} \times Q}{\sqrt{\gamma} \cdot \sqrt{\Delta P}}$ $= 1.332 \times 10^4 \cdot \frac{Q}{\sqrt{\gamma} \cdot \sqrt{\Delta P}} \dots \dots \dots \textcircled{2}$ <p style="text-align: right;"> <math>\left\{ \begin{array}{l} C_v : C_v \text{値 (-)} \\ Q : \text{流量 (kg/sec)} \end{array} \right.</math> </p> <p>①式を変形して、</p> $\Delta P = \zeta \cdot \frac{Q^2}{2A^2 \gamma g} \dots \dots \dots \textcircled{3}$ <p style="text-align: right;"> <math>\left\{ \begin{array}{l} W : \text{流量 (kg/sec)} \\ A : \text{流路断面積 (m}^2\text{)} \end{array} \right.</math> </p> <p>②式を変形して、</p> $\Delta P = \frac{(1.332 \times 10^4)^2 \cdot Q^2}{C_v^2 \cdot \tau} \dots \dots \dots \textcircled{4}$ <p>③式および④式より</p> $\zeta \cdot \frac{1}{2A^2 g} = \frac{(1.332 \times 10^4)^2}{C_v^2}$ $\therefore C_v = 1.332 \times 10^4 \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2g}{\zeta}} \dots \dots \dots \textcircled{5}$ <p>したがって、データ値として与えられたら、AよりC<sub>v</sub>値が求まる。</p>				

変数名リスト

VV-3		入力サブルーチン	各モジュール入力サブルーチン	
関連モジュール	モジュールVV	変数名	—	
意味	イコール%特性弁の {C <sub>V</sub> } min と {C <sub>V</sub> } max 入力の時	単位	—	
<p>イコールパーセント特性弁の開度に対する C<sub>V</sub> 値計算式は、</p> $C_V = C_{Vmin} \times \left( \frac{C_{Vmax}}{C_{Vmin}} \right)^{\frac{x}{x_{max}}} \dots \dots \dots \textcircled{1}$ <p>                     C<sub>V</sub> (x) : 弁開度 x の時の C<sub>V</sub> 値                      C<sub>Vmin</sub> : 弁閉 (あるいは最小開度時) の C<sub>V</sub> 値                      C<sub>Vmax</sub> : 弁全開時の C<sub>V</sub> 値 (弁の C<sub>V</sub> 値は一般的に C<sub>Vmax</sub> のことを言う)                      x<sub>max</sub> : 弁全開時の弁開度                      x : 弁の開度                 </p> <p>                     ①式で C<sub>Vmax</sub>, C<sub>Vmin</sub>, x<sub>max</sub> が入力データとして必要である。                      弁データとしては、C<sub>Vmax</sub> のみが提示されているケースが多いが、C<sub>Vmin</sub> あるいは途中開度での C<sub>V</sub> (x) 値が必要である。                 </p> <p>                     i) 途中開度 x<sub>1</sub> での C<sub>V</sub> 値 (C<sub>V1</sub>) が与えられている場合。                      ①式に x<sub>1</sub>, C<sub>V1</sub> を代入し、C<sub>Vmin</sub> を求めることができる。                 </p> <p>                     ii) C<sub>Vmin</sub> も与えられていれば、それを用いれば良いが、レンジアビリティの値が示されている場合も多い。                 </p> <p>                     レンジアビリティは <math>\left( \frac{C_{Vmax}}{C_{Vmin}} \right)</math> の値である。                 </p>				

変数名リスト



3.19 3次元要素サブチャンネルY-1

エレメントサブルーチンリスト

サブルーチン名	機能	関連モジュール
YBOUND	3重対角マトリックスを解く	R X
YDISTB	テーブル・データをフィッティングする	AA, AC, CK, CL, CR, FM, FN, FW, KN, LG, LN, PP, RF, RX, SG, VV, ZMELT1, ZSTEM3,
YGELG	Gauss の消去法により連立1次方程式を解く	FM, FN, FW
YLAG	むだ時間モデル	LN, VV
YMNMX	最大値・最小値を求める	LN
YSOLVE	2分法により高次方程式を解く	SG

サブルーチン説明書

YBOUND		CALL YBOUND (NDIV13, A, B, C, F)	
機能	3重対角マトリックスを解く		
引数名	I/O	単位	説明
NDIV13	I	—	連立数n (max 2.0)
A	I	—	係数 a <sub>i</sub>
B	I	—	係数 b <sub>i</sub>
C	I	—	係数 c <sub>i</sub>
F	I/O	—	定数及び解 k <sub>i</sub> 及び x <sub>i</sub> [入力] — [出力]
備考			

サブルーチン説明書

YDISTB		CALL YDISTB (X, Y, IM, T, Y1, A, IST)	
機能	テーブル・データをフィッティングする。		
引数名	I/O	単位	説明
X	I		X軸の値
Y	I		Y軸の値
IM	I		データ数
T	I		求めたいY1の値に対するXの値
Y1	O		X軸Tに対するY軸の値
A	I		ゲイン
IST	I/O		X軸のデータ番号(次のステップのフィッティング開始点)

備

```

graph TD
    Start([YDISTB]) --> D1{T-X(1)}
    D1 -- 0 --> B1[Y1=Y(1)  
IST=2]
    D1 -- + --> L1[DO 60I=IST, IM]
    L1 --> D2{T-X(I)}
    D2 -- 0 --> B2[Y1=Y(I)  
IST=I]
    D2 -- + --> B3[M=I-1  
IST=M]
    B3 --> C1["Y1 = Y(M) + (Y(M+1) - Y(M)) * (T - X(M)) / (X(M+1) - X(M))"]
    C1 --> B4[Y1 = A1 * Y1]
    B4 --> L1
    D2 -- - --> B5[Y1=Y(IM)  
IST=IM]
    B5 --> B4
    B4 --> End([RETURN])
    
```

考

サブルーチン説明書

YGELG		CALL YGELG (R, A, M, N, EPS, IER)																		
機能	Gauss の消去法により連立 1 次方程式を解く。																			
引数名	I/O	単位	説明																	
R	I/O		定数部及び解																	
A	I		係数部																	
M	I		連立数																	
N	I		= 1																	
EPS	I		ERROR 判定値																	
IER	O		計算結果 = 0 ; 正 常 = 1 ; 連立数が 1 以下																	
備考	<p> <math display="block">a_{1,1} X_1 + a_{1,2} X_2 + \dots + a_{1,n} X_n = c_1</math> <math display="block">a_{2,1} X_1 + a_{2,2} X_2 + \dots + a_{2,n} X_n = c_2</math> <math display="block">a_{n,1} X_1 + a_{n,2} X_2 + \dots + a_{n,n} X_n = c_n</math> </p> <p>                     R(I)                     <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td><math>c_1</math></td> <td><math>c_2</math></td> <td>.....</td> <td><math>c_n</math></td> </tr> </table> </p> <p>                     A(I)                     <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td><math>a_{1,1}</math></td> <td><math>a_{2,1}</math></td> <td>...</td> <td><math>a_{n,1}</math></td> <td><math>a_{2,1}</math></td> <td><math>a_{2,2}</math></td> <td>...</td> <td><math>a_{n,2}</math></td> <td>.....</td> </tr> </table> </p> <p style="text-align: right;"> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td><math>a_{1,n}</math></td> <td><math>a_{2,n}</math></td> <td>...</td> <td><math>a_{n,n}</math></td> </tr> </table> </p>			$c_1$	$c_2$	.....	$c_n$	$a_{1,1}$	$a_{2,1}$	...	$a_{n,1}$	$a_{2,1}$	$a_{2,2}$	...	$a_{n,2}$	.....	$a_{1,n}$	$a_{2,n}$	...	$a_{n,n}$
$c_1$	$c_2$	.....	$c_n$																	
$a_{1,1}$	$a_{2,1}$	...	$a_{n,1}$	$a_{2,1}$	$a_{2,2}$	...	$a_{n,2}$	.....												
$a_{1,n}$	$a_{2,n}$	...	$a_{n,n}$																	



サブルーチン説明書

YLAG		CALL YLAG (TN, NMESH, DELT, TLAG, XLUM)	
機能	むだ時間モデル		
引数名	I/O	単位	説明
TN	I/O	℃	配管内流体温度
NMESH	I	—	ノード分割数-1
DELT	I	sec	計算進み時間
TLAG	I	sec	時定数; 配管重量/流量 (配管通過時間)
XLUM	I/O	—	流体進みメッシュの小数部
備考	<p>EX. メッシュ数 10                      DELT 間に進むメッシュ数 <math>XLUM1=XLUM+DELT*FLOAT(NMESH)/TLAG</math>            DELT 間に進むメッシュ数 4            DELT 間に進むメッシュ数 (整数部) <math>LUMP1=INT(XLUM1)</math>            DELT 間に進むメッシュ数 (小数部) <math>XLUM=XLUM1-LUMP1</math></p> <p style="text-align: center;">整 流 時</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>TN (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)</p> <p>TN (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)</p> <p>DELT 後入口 ↑</p> <p>温度 (境界温度)      逆 流 時</p> <p>TN (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)</p> <p>TN (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)</p> <p>DELT 後</p> <p>出口温度 ↑</p> <p>温度 (境界温度)</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>ILL I</p> <p>6 → 10</p> <p>5 → 9</p> <p>4 → 8</p> <p>3 → 7</p> <p>2 → 6</p> <p>ILUM1=LUMP1+2</p> <p>IEND=NMESH+1</p> <p>DO 131 I=IEND, ILUM1, -1</p> <p>ILL=I-LUMP1</p> <p>TN(I)=TN(ILL)</p> <p>ILUM2=LUMP1+1</p> <p>DO 132 I=2, ILUM2</p> <p>TN(I)=TN(1)</p> <p>ILL I</p> <p>5 → 1</p> <p>6 → 2</p> <p>7 → 3</p> <p>8 → 4</p> <p>9 → 5</p> <p>ILUM1=NMESH+LUMP1</p> <p>DO 111 I=1, ILUM1</p> <p>ILL=I-LUMP1</p> <p>TN(I)=TN(ILL)</p> <p>ILUM2=ILUM1+1</p> <p>IEND=NMESH+1</p> <p>DO 112 I=ILUM2, NMESH</p> </div> </div>		

サブルーチン説明書

YMNMX		CALL YMNMX (A, II, AMIN, AMAX)	
機能	最大値・最小値を求める。		
引数名	I/O	単位	説明
A	I	—	データ配列
II	I	—	配列要素数
AMIN	O	—	最小値
AMAX	O	—	最大値
備考	<pre> graph TD     Start([YMNMX]) --&gt; Init[AMIN=A(1) AMAX=A(1)]     Init --&gt; Loop[DO 10 I=1,II]     Loop --&gt; Min{A(I):AMIN}     Min -- "&lt;" --&gt; MinProc[AMIN=A(I)]     Min -- "≥" --&gt; Max{A(I):AMAX}     Max -- "&gt;" --&gt; MaxProc[AMAX=A(I)]     Max -- "≤" --&gt; Join(( ))     MinProc --&gt; Join     MaxProc --&gt; Join     Join --&gt; End([RETURN])             </pre>		

サブルーチン説明書

YSOLV		CALL YSOLV (A, X10, X20, XX, EPS)	
機能	2分法により高次方程式を解く		
引数名	I/O	単位	説明
A	I		高次方程式の係数 (max 4)
X10	I		根の左側の値
X20	I		根の右側の値
XX	O		根
EPS	I		収束判定値

備考

```

graph TD
    Start([YSOLV]) --> DefFunc[/FUNK(X)=((A(1)*X+A(2))*X+A(3))*X+A(4))*X+A(5)/]
    DefFunc --> Cond1{X10 > X20}
    Cond1 -- Yes --> Swap1[X1=X20  
X2=X10]
    Cond1 -- No --> Init[X1=X10  
X2=X20]
    Swap1 --> Init
    Init --> Init2[XTEMP=X2  
IIX=0]
    Init2 --> LoopStart[ ]
    subgraph Loop [ ]
        LoopStart --> Calc[Y1=FUNC(X1)  
Y2=FUNC(X2)  
XX=0.5*(X1+X2)  
AA=Y1*Y2]
        Calc --> Cond2{AA < 0}
        Cond2 -- Yes --> Swap2[X2=X1  
X1=X2]
        Cond2 -- No --> IncIIX[IIX=IIX+1]
        Swap2 --> IncIIX
    end
    IncIIX --> Cond3{IIX > 100}
    Cond3 -- Yes --> CalcError[ERROR=ABS(XX-XTEMP)  
XTEMP=XX]
    CalcError --> Cond4{ERROR > EPS}
    Cond4 -- Yes --> ErrMsg[ERROR MESSAGE]
    ErrMsg --> Return1([RETURN])
    Cond4 -- No --> LoopStart
    Cond3 -- No --> Cond5{ERROR <= EPS}
    Cond5 -- Yes --> Return2([RETURN])
    
```

### 3.20 物性値サブルーチンZ

## 物性値サブルーチンリスト

サブルーチン名	内 容	関連モジュール
ZFLUID	冷却材物性値コントロール	AC, FN, FS, HX, LN, MN, SG, CK, RF, RX
ZSODUM	ナトリウムの物性値	ZFLUID
ZAIR	空気の物性値	AC, FS ZFLUID
ZWATR2	水の物性値	ZFLUID
ZPLMBM	鉛の物性値	ZFLUID
ZPBB1	鉛ビスマスの物性値	ZFLUID
ZMETL1	鋼材の物性値	AC, HX, LN, LS, MN, SG, FM, RF
ZSTEM1	水・蒸気の物性値 (関数フィッティング)	SG, FW, LS, FM
ZSTEM2	水・蒸気の物性値 (蒸気表)	SG, FW, FM
ZSTEM3	水・蒸気の物性値 (飽和条件)	SG, FW
ZBLOW1	水蒸気噴出流量 (水、2相)	FW, FM
ZBLOW2	水蒸気噴出流量 (蒸気)	FW, FM
ZWATR1	水の物性値	FW, LS, SG

サブルーチン説明書

ZFLUID			CALL ZFLUID (LL, IJ, TX, X)
機能	冷却材物性値コントロール		
LL	I	-	冷却材種類 (注1)
IJ	I	-	物性値種類
TX	I	℃	温度
X	O	(注2)	物性値
(注1) LL=0 ; ナトリウム (CALL ZSODUM) =1 ; 空気 (CALL ZAIR) =2 ; 水 (CALL XWATR2) =3 ; 鉛 (CALL ZPLMBM) =4 ; 鉛ビスマス (CALL ZPBBI)			
(注2)			
I J	X	単 位	
1	比熱 (C <sub>p</sub> )	kcal/kg・℃	
2	密度 (ρ)	kg/m <sup>3</sup>	
3	プラントル数 (Pr)	-	
4	動粘性係数 (ν)	m <sup>2</sup> /s	
5	熱伝導率 (λ)	kcal/m・sec・℃	

サブルーチン説明書

ZSODUM		CALL ZSODUM (IJ, TX, X)	
機能	ナトリウムの物性値		
引数名	I/O	単位	説明
I J TX X	I I O	— °C (注1)	物性値種類 (注1) ナトリウムの温度 ナトリウムの物性値
(注1)			
I J	X	単位	
1	比熱 (C <sub>p</sub> )	kcal/kg·°C	
2	密度 (ρ)	kg/m <sup>3</sup>	
3	プラントル数 (Pr)	—	
4	動粘性係数 (ν)	m <sup>2</sup> /s	
5	熱伝導率 (λ)	kcal/m·sec·°C	
I J	計算式	出典	
1	$C_p = 0.34325 - 1.38686 \times 10^{-4} \cdot TX + 1.1055 \times 10^{-7} \cdot TX^2$	ANL-7323	
2	$\rho = 1000(0.9500 - 2.2977 \times 10^{-4} \cdot TX - 1.4605 \times 10^{-8} \cdot TX^2 + 5.638 \times 10^{-12} \cdot TX^3)$	ANL-7323	
3	$Pr = 0.008901 - 1.167 \times 10^{-5} \cdot TX + 6.67 \times 10^{-9} \cdot TX^2$	伝熱工学資料 改訂3版 (注)	
4	$\nu = 6.27 \times 10^{-7} - 9.5 \times 10^{-10} \cdot TX + 5.56 \times 10^{-13} \cdot TX^2$	伝熱工学資料 改訂3版 (注)	
5	$\lambda = 0.02388(0.9292 - 5.8905 \times 10^{-4} \cdot TX + 1.1724 \times 10^{-7} \cdot TX^2)$	ANL-7323	

(注) 300°C、450°C、500°Cの3点をサンプル点としてフィッティングを行ったもの。

サブルーチン説明書

Z A I R		CALL ZAIR(IJ, TX, X)	
機能	空気の物性値		
引 数 名	I/O	単 位	説 明
I J T X X	I I O	- °C (注1)	物性値種類 (注1) 空気の温度 空気の物性値
(注1)			
I J	X	単 位	
1	比熱 (C <sub>p</sub> )	kcal/kg·°C	
2	密度 (ρ)	kg/m <sup>3</sup>	
3	プラントル数 (Pr)	—	
4	動粘性係数 (ν)	m <sup>2</sup> /s	
5	熱伝導率 (λ)	kcal/m·sec·°C	
I J	計 算 式		出 典
1	$C_p = 5.493 \times 10^{-8} T X^2 + 1.5253 \times 10^{-5} T X + 0.23989$		
2	$\rho = -6.5819 \times 10^{-9} T X^3 + 8.0508 \times 10^{-6} T X^2 - 0.0039919 T X + 1.2453$		
3	$Pr = 3.5206 \times 10^{-7} T X^2 - 2.0773 \times 10^{-4} T X + 0.71707$		
4	$\nu = (-2.8025 \times 10^{-10} T X^3 + 9.8963 \times 10^{-7} T X^2 + 9.1964 \times 10^{-4} T X + 0.13753) \times 10^{-4}$		
5	$\lambda = (-2.2924 \times 10^{-8} T X^2 + 6.6479 \times 10^{-5} T X + 0.020771) / 3600.0$		

(注) 最小二乗法により、0~500°Cの温度範囲でフィッティング



サブルーチン説明書

Z W A T R 1		CALL ZWATR1 (IJ, TX, X)	
機能	水の物性値		
引 数 名	I / O	単 位	説 明
I-J TX X	I I O	°C (注1)	物性値種類 (注1) 水の温度 (I-J≠1)、水のエンタルピ (I-J=1) 水の物性値
(注1)			
	I J	X	単 位
	0	エンタルピ (h)	kcal/kg
	1	温度 (t)	°C
	2	密度 (ρ)	kg/m <sup>3</sup>
	3	プラントル数 (Pr)	—
	4	動粘性係数 (ν)	m <sup>2</sup> /s
	5	熱伝導率 (λ)	kcal/m·sec·°C
	6	比熱 (C <sub>p</sub> )	kcal/kg·°C
I J	計 算 式		出 典
0	$h = 1.0561 \times 10^{-3} (TX)^2 + 0.68588 (TX) + 22.774 \quad (TX \geq 100.0)$ $h = 1.01923 (TX) \quad (TX < 100.0)$		
1	$t = \frac{-0.5 \times (0.68588 - \sqrt{0.68588^2 - 4.0 \times 1.0561 \times 10^{-3} \times (22.744 - TX)})}{1.0561 \times 10^{-3}}$ $t = 0.98113 (TX) \quad (TX < 101.923)$		
2	$\rho = 4.8518 \times 10^{-8} (TX)^4 + 3.1157 \times 10^{-5} (TX)^3 - 0.009517 (TX)^2 + 0.46462 (TX) + 980.74 \quad (TX \geq 100.0)$ $\rho = -0.2405 \times 10^{-2} (TX)^2 - 0.228 (TX) + 1005.19 \quad (TX < 100.0)$		
3	$Pr = 1.7011 \times 10^{-9} (TX)^4 - 1.5154 \times 10^{-6} (TX)^3 + 5.2993 \times 10^{-4} (TX)^2 - 0.086919 (TX) + 6.5 \quad (TX \geq 100.0)$ $Pr = 0.24 \times 10^{-3} (TX)^2 - 0.718 \times 10^{-1} (TX) + 6.5421 \quad (TX < 100.0)$		
4	$\nu = 1.5825 \times 10^{-16} (TX)^4 - 1.589 \times 10^{-13} (TX)^3 + 6.1585 \times 10^{-11} (TX)^2 - 1.1148 \times 10^{-8} (TX) + 9.3909 \times 10^{-7} \quad (TX \geq 100.0)$ $\nu = 3.304 \times 10^{-11} (TX)^2 - 1.0128 \times 10^{-8} (TX) + 9.7947 \times 10^{-7} \quad (TX < 100.0)$		
5	$\lambda = \frac{-6.9273 \times 10^{-9} (TX)^3 - 3.2342 \times 10^{-7} (TX)^2 + 3.9719 \times 10^{-4} (TX) + 0.5572}{3600.0}$ $\lambda = -1.36 \times 10^{-9} (TX)^2 + 3.722 \times 10^{-7} (TX) + 1.3937 \times 10^{-4} \quad (TX < 100.0)$		
6	$C_p = 7.5774 \times 10^{-10} (TX)^4 - 5.2649 \times 10^{-7} (TX)^3 + 1.3846 \times 10^{-4} (TX)^2 - 0.015379 (TX) + 1.6135 \quad (TX \geq 100.0)$ $C_p = 0.52 \times 10^{-5} (TX)^2 - 0.73 \times 10^{-3} (TX) + 1.030484 \quad (TX < 100.0)$		

サブルーチン説明書

ZWATR2		CALL ZWATR2(IJ, TX, X)	
機能	水の物性値		
引数名	I/O	単位	説明
I J	I	—	物性値種類 (注1)
T X	I	°C	水の温度
X	O	(注2)	水の物性値
(注1)			
	I J	X	単位
	1	比熱 (C <sub>p</sub> )	kcal/kg·°C
	2	密度 (ρ)	kg/m <sup>3</sup>
	3	プラントル数 (Pr)	—
	4	動粘性係数 (ν)	m <sup>2</sup> /s
	5	熱伝導率 (λ)	kcal/m·sec·°C
(注2)			
I J	計算式		出典
1	C <sub>p</sub> =1.0		
2	ρ = -0.0035011(T X) <sup>2</sup> -0.086058(T X)+1001.2		
3	P <sub>r</sub> = 1.5763×10 <sup>-7</sup> (T X) <sup>4</sup> -4.9621×10 <sup>-6</sup> (T X) <sup>3</sup> +0.0061245(T X) <sup>2</sup> -0.38264(T X)+12.632		
4	ν = {3.199×10 <sup>-8</sup> (T X) <sup>4</sup> -8.6064×10 <sup>-6</sup> (T X) <sup>3</sup> +9.215×10 <sup>-4</sup> (T X) <sup>2</sup> -0.052297(T X)+1.747} 1.0×10 <sup>-6</sup>		
5	λ = {-5.4654×10 <sup>-6</sup> (T X) <sup>2</sup> +0.0015315(T X)+0.48995} / 3600.0		

サブルーチン説明書

ZPLMBM		CALL ZPLMBM(IJ, TX, X)	
機能	鉛の物性値		
引数名	I/O	単位	説明
I J TX X	I I O	— °C (注2)	物性値種類 (注1) 鉛の温度 鉛の物性値
(注1)			
	I J	X	単位
	1	比熱 (C <sub>p</sub> )	kcal/kg·°C
	2	密度 (ρ)	kg/m <sup>3</sup>
	3	プラントル数 (Pr)	—
	4	動粘性係数 (ν)	m <sup>2</sup> /s
	5	熱伝導率 (λ)	kcal/m·sec·°C
(注2)			
I J	計算式	適用範囲	出典
1	C <sub>p</sub> =0.038	圧力条件：大気圧(0.10MPa) 温度条件：334°C~527°C	[1]
2	ρ=1.0983×10 <sup>4</sup> -1.178·TX	圧力条件：大気圧(0.10MPa) 温度条件：334°C~1000°C	[1]
3	Pr=3.9236×10 <sup>-2</sup> -4.0105×10 <sup>-5</sup> ·TX	圧力条件：大気圧(0.10MPa) 温度条件：334°C~527°C	[1]
4	ν=3.8657×10 <sup>-7</sup> -4.1527×10 <sup>-10</sup> ·TX	圧力条件：大気圧(0.10MPa) 温度条件：334°C~527°C	[1]
5	λ=4.2589×10 <sup>-3</sup> -1.118×10 <sup>-6</sup> ·TX	圧力条件：大気圧(0.10MPa) 温度条件：334°C~527°C	[1]

[1] 炉心燃料工学 Gr. 「ガス・鉛の物性関係式の調査/整理 (実用化戦略調査研究)」

サブルーチン説明書

Z P B B I		CALL ZPBBI (IJ, TX, X)	
機能	鉛ビスマスの物性値		
引 数 名	I/O	単 位	説 明
I J T X X	I I O	— °C (注2)	物性値種類 (注1) 鉛ビスマスの温度 鉛ビスマスの物性値
(注1)			
	I J	X	単 位
	1	比熱 (C <sub>p</sub> )	kcal/kg·°C
	2	密度 (ρ)	kg/m <sup>3</sup>
	3	プラントル数 (Pr)	—
	4	動粘性係数 (ν)	m <sup>2</sup> /s
	5	熱伝導率 (λ)	kcal/m·sec·°C
(注2)			
I J	計 算 式	適 用 範 囲	出 典
1	C <sub>p</sub> = 0.035	温度条件 : 127°C ~ 527°C	[1]
2	ρ = -1.218 · T X + 1.0729 × 10 <sup>4</sup>	温度条件 : 127°C ~ 527°C	[1]
3	P <sub>r</sub> = 3.7362 · T X <sup>-0.90183</sup>	温度条件 : 127°C ~ 527°C	[1]
4	ν = 6.1423 × 10 <sup>-6</sup> · T X <sup>-0.61106</sup>	温度条件 : 127°C ~ 527°C	[1]
5	λ = 2.3885 × 10 <sup>-6</sup> · T X + 2.3004 × 10 <sup>-3</sup>	温度条件 : 127°C ~ 527°C	[1]

ただし、成分割合は鉛 (45%)・ビスマス (55%)。

[1] 日本機会学会、伝熱工学資料 改定第4版 1986年

サブルーチン説明書

ZMETL1		CALL ZMETL1 (LL, IJ, TX, X)													
機能	鋼材の物性値														
引数名	I/O	単位	説明												
LL	I	-	鋼材の種類												
IJ	I	-	物性値種類 (注1)												
T-X	I	°C	鋼材の温度												
X	O	(注2)	鋼材の物性値												
<p>(注1)</p> <p>LL=1 ; SUS316                  =2 ; SUS304                  =3 ; 2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>Cr-1MO                  =4 ; mod9Cr-1mo                  =5 ; Cu                  =6 ; BRASS                  =7 ; AKLYL                  =8 ; MCM12A (12Cr)</p>															
<p>(注2)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>IJ</th> <th>X</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>比熱 (C<sub>p</sub>)</td> <td>kcal/kg·°C</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>密度 (ρ)</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>熱伝導率 (λ)</td> <td>kcal/m·sec·°C</td> </tr> </tbody> </table>				IJ	X	単位	1	比熱 (C <sub>p</sub> )	kcal/kg·°C	2	密度 (ρ)	kg/m <sup>3</sup>	5	熱伝導率 (λ)	kcal/m·sec·°C
IJ	X	単位													
1	比熱 (C <sub>p</sub> )	kcal/kg·°C													
2	密度 (ρ)	kg/m <sup>3</sup>													
5	熱伝導率 (λ)	kcal/m·sec·°C													

LL=1(SUS316)

IJ	計 算 式	出 典
1	$X = -0.431849 \times 10^{-15}(TX)^5 + 0.949432 \times 10^{-12}(TX)^4 - 0.54902 \times 10^{-9}(TX)^3 - 0.28475 \times 10^{-7}(TX)^2 + 0.1197 \times 10^{-3}(TX) + 0.10604$	International Nickel Company
2	$X = (-4.5321 \times 10^{-4}(TX) + 7.98506) \times 1000.0$	
5	$X = (1.31 \times 10^{-4}TX + 0.132) \times 0.02388$	GEAP-13967

LL=2(SUS304)

IJ	計 算 式	出 典
1	$X = 3.22 \times 10^{-5} \times (TX + 273.16) + 0.112$	ANL-75-55
2	$X = (-1.16 \times 10^{-7} \times T^2 - 2.65 \times 10^{-4} \times T + 7.98) \times 1000.0$ (ただし、 $T = TX + 273.16$ )	
5	$X = (1.39 \times 10^{-2} \times TX + 10.8) / 3600.0$	

LL=3(2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>Cr-1Mo 鋼)

IJ	計 算 式	出 典
1	$X = 1.43988 \times 10^{-4} \times TX + 0.0836$	高速炉用 2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Cr-1Mo 鋼に関する調査
2	$X = -0.539957 \times TX + 7900.38$	
5	$X = 0.00833$	MITI501号改訂案

LL=4(MOD 9Cr-1Mo 鋼)

IJ	計 算 式	出 典
1	$X = 0.10317 \times 10^{-6}(TX)^2 + 0.5059 \times 10^{-4}(TX) + 0.11147$	
2	$X = 7740.0$	
5	$X = (-1.649 \times 10^{-5}(TX)^2 + 1.129 \times 10^{-2}(TX) + 24.57) / 3600.0$	

LL=5(Cu)

IJ	計 算 式	出 典
1	$X = 2.67 \times 10^{-5}(TX) + 0.09033$	
2	$X = 8940.0$	
5	$X = -2.93 \times 10^{-5}(TX) + 0.09683$	

LL=6(BRASS)

IJ	計 算 式	出 典
1	X=0.092	
2	X=8.71×10 <sup>3</sup>	
5	X=0.01444	

LL=7(AKLYL)

IJ	計 算 式	出 典
1	X=0.35	
2	X=1.19×10 <sup>3</sup>	
5	X=5.0×10 <sup>-5</sup>	

LL=8(12Cr)

IJ	計 算 式	出 典
1	表 z-1 直線近似÷4.186	
2	X=7860	
5	表 z-1 直線近似÷4186	

表 Z-1 12Cr 物性値

温度 T (°C)	熱伝導率 λ (J/m·sec·K)	比熱 C (J/g·K)
20	22.7	0.444
200	28.6	0.621
300	30.5	0.681
400	31.2	0.731
500	32.7	0.837
600	34.6	0.983
700	33.9	1.272

サブルーチン説明書

ZSTEM1		CALL ZSTEM1 (IJ, PX, TX, X, Y, Z)	
機能	水・蒸気の物性値		
引数名	I/O	単位	説明
I J	I	-	物性値種類 (注1)
PX	I	kg/m <sup>2</sup>	水・蒸気の圧力
TX	I/O	°C	水・蒸気の温度
X	O	-	} 物性値計算用係数
Y	O	-	
Z	O	-	
(注1)			
I J	入力変数	出力変数	内 容
1	PX, TX	X, Y, Z	エンタルピ <sup>o</sup> (kcal/kg) 係数 (1)
2	PX, TX	X, Y, Z	比容積 (m <sup>3</sup> /kg) 係数 (2)
3	PX, TX	X, Y, Z	プラントル数 (-) 係数 (2)
4	PX, TX	X, Y, Z	動粘性係数 (m <sup>2</sup> /s) (2)
5	PX, TX	X, Y, Z	熱伝導率 (kcal/m·sec·°C) 係数 (2)
6	PX	X, Y, Z	飽和温度 (°C) 係数 (3)
7	PX	X, Y, Z	比 b 容積 (m <sup>2</sup> /kg) 係数 (3)
計 算 式			出 典
$X = B1 \cdot PX^2 + C1 \cdot PX + D1$ $Y = B2 \cdot PX^2 + C2 \cdot PX + D2$ $Z = B3 \cdot PX^2 + C3 \cdot PX + D3$ Bi, Ci, Di は出典を最小二乗法で関数フィッティングを行ったデータ 適用範囲 (1atm~180atm)			日本機会学 会蒸気表 1968年



サブルーチン説明書

ZSTEM2		CALL ZSTEM2(IJ, PXXX, TX, ANS)	
機能	水・蒸気の物性値 (蒸気表)		
引数名	I/O	単位	説明
IJ	I	—	物性値種類 (注1)
PXXX	I	kg/m <sup>2</sup>	水・蒸気の圧力
TX	I	°C	水・蒸気の温度
ANS	O	(注1)	水・蒸気の物性値 (注1)
(注1)			
IJ	入力	ANS	単位
1	PXXX	飽和温度	°C
2	PXXX	飽和水エンタルピ	kcal/kg
3	PXXX	飽和蒸気エンタルピ	kcal/kg
4	PXXX	飽和水比容積	m <sup>3</sup> /kg
5	PXXX	飽和蒸比容積	m <sup>3</sup> /kg
6	PXXX, TX	エンタルピ	kcal/kg
7	PXXX, TX	比容積	m <sup>3</sup> /kg
8	PXXX	飽和水エントロピー	kcal/kg·K
9	PXXX	飽和蒸気エントロピー	kcal/kg·K
10	PXXX, TX	エントロピー	kcal/kg·K
			出典
蒸気表テーブルを温度、圧力で内挿 圧力は定数フィッティング 圧力 1atm~200atm 温度 0°C~800°C			日本機械学会蒸気表 1968年

サブルーチン説明書

ZSTEM3		CALL ZSTEM3(in, io, xin, yout)	
機能	水・蒸気の物性値 (蒸気表)		
引数名	I	単位	説明
in	I	—	入力条件 (注1)
io	O	—	出力条件 (注1)
xin	I	—	入力値 (注1)
yout	O	—	出力値 (注1)
(注1)			
in, io	内 容		単 位
1	圧力		kg/m <sup>2</sup>
2	飽和温度		°C
3	飽和水比容積		m <sup>3</sup> /kg
4	飽和蒸気比容積		m <sup>3</sup> /kg
5	飽和水エンタルピ		kcal/kg
6	飽和蒸気エンタルピ		kcal/kg
7	飽和水エントロピ		kcal/kg・K
8	飽和蒸気エントロピ		kcal/kg・K
			出 典
蒸気表飽和条件を内挿 入力、出力物性を自由に選択 圧力是对数フィッティング			日本機械学 会蒸気表 1968 年

サブルーチン説明書

SUBROUTINE ZBLOW1		CALL ZBLOW1 (HH, PP, IPHASE, CAENRY, CMOODY, GG)	
機能	水・蒸気噴出流量 (水、2相)		
引数名	I	単位	説明
HH	I	kcal/kg	エンタルピー
PP	I	kg/m <sup>2</sup>	圧力
IPHASE	I	—	=1; HENRY-FAUSKE モデル (ザブクール水) =2; MOODY モデル (2相流)
CHENTRY	I	—	IPHASE=1 の時の流量増倍係数
CMOODY	I	—	IPHASE=2 の時の流量増倍係数
GG	O	kg/s・m <sup>2</sup>	流量
			出典
データテーブルを内挿 HENRY-FAUSKE モデル 圧力 10~2400 psi (168.8atm) MOODY モデル 圧力 1.0~3000 psi (211atm)			日本機械学 会蒸気表 1968年

サブルーチン説明書

Z B L O W 2		CALL ZBLOW2 (RR, PP, PBACK, CD, GG)	
機能	水・蒸気噴出流量 (蒸気単相)		
引 数 名	I	単 位	説 明
RR	I	kg/m <sup>3</sup>	密度
PP	I	kg/m <sup>2</sup>	噴出元圧力
PBACK	I	kg/m <sup>2</sup>	噴出先圧力
CD	I	kg/m <sup>2</sup>	断熱噴流の式の流量増倍係数
GG	O	kg/s・m <sup>2</sup>	流量
計 算 式			出 典
断熱噴流の式 $P_c = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} PP \quad k=1, 3 \quad (\text{臨界圧力})$ [PP ≥ P <sub>c</sub> ] $GG = C_D \sqrt{2g \frac{k}{k-1} \frac{PP}{VV} \left( \left( \frac{P_j}{PP} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{P_j}{PP} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right)} \quad (\text{臨界流})$ [PP < P <sub>c</sub> ] $GG = C_D \sqrt{2g \frac{k}{k-1} \frac{PP}{VV} \left( \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1}} - \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}} \right)}$			日本機械学会蒸気表 1968年

概要 1

概要 2

概要 3

#### 4. サマリ出力コード SUMY (時系列データ出力)

概要 4

概要 5

概要 6

概要 7

概要 8

概要 9

#### 4 サマリ出力コード SUMY

##### 4.1 概要

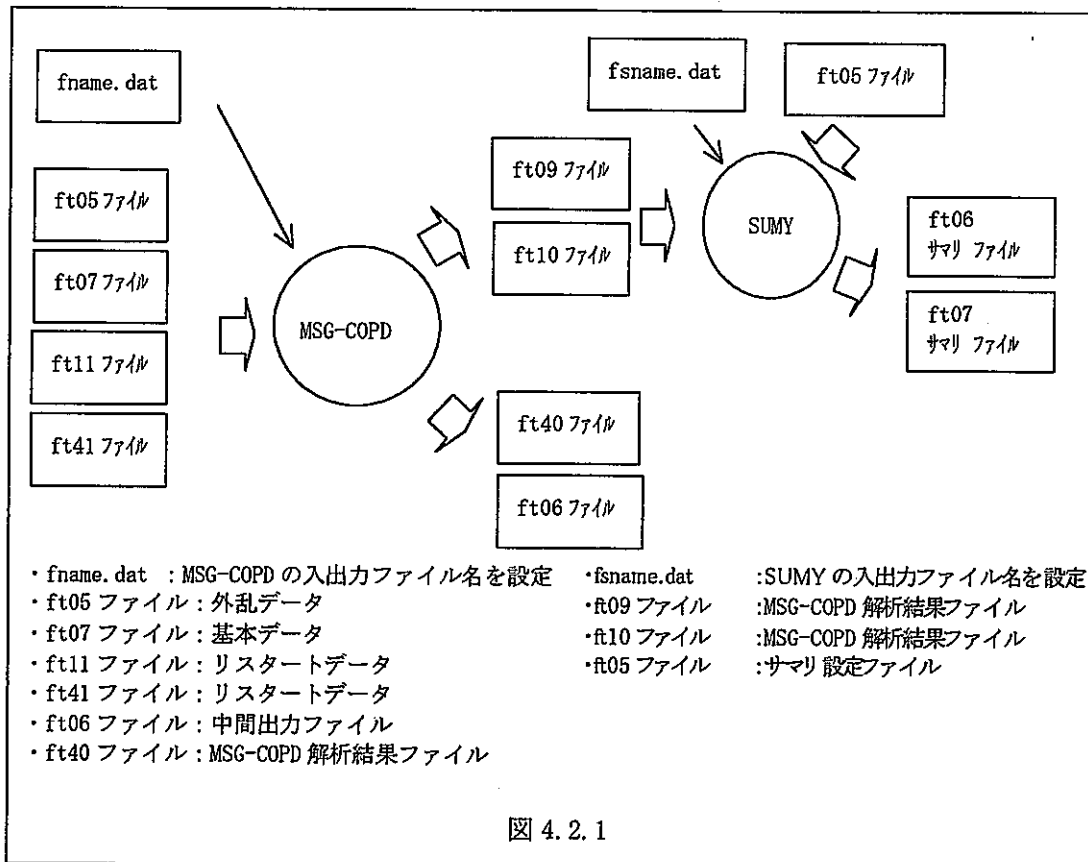
SUMY は、MSG-COPD の計算結果を時系列データ出力するサマリ出力用プログラムである。

SUMY は、出力する時間間隔とプール変数を任意に指定することができる。

##### 4.2 入出力データ構成

###### 4.2.1 ファイル・データの流れ

図 4.2.1 に MSG-COPD 解析から SUMY へのデータの流れ図を示す。SUMY は MSG-COPD の解析結果 (ft09 ファイル、ft10 ファイル) を読み込んで、サマリ設定ファイル (ft05 ファイル) で設定する出力間隔・表示するプール変数の内容に従ってサマリファイルを作成する。SUMY で使用するファイル名は fname.dat で任意のファイル名に設定することができる。



## 4. 3 SUMY 実行方法

SUMY を実行する準備として、サマリ入出力ファイル (fsname. dat) でファイル名の設定、サマリ設定ファイル (ft05 ファイル) で出力間隔・表示するプール変数の設定をする。

## 4.3.1 fsname. dat ファイル

fsname. dat は、ネームリスト形式で記述されている。各項目毎にファイル名を任意のファイル名を設定する。

fsname. dat の例を以下に示す。

```
&fsname
  sin05=' sum. 4000. dat',
  so06 = ' test. s06',
  soex = ' test. ex1',
  S09C = ' test. 09d',
  S10C = ' test. 10d',
&end
```

図 4.3.1 fsname. dat の内容

各項目の情報は次のとおりである。

変数名	ft 番号	意味	備考
sin05	ft05	サマリ設定ファイル名：入力データ	
so06	ft06	サマリ出力（プール変数情報表示）ファイル名	(注)
soex	ft07	サマリ出力ファイル名：EXCEL 対応ファイル (EXCEL でそのまま読み込んで使用することができる為、作図が容易にできる。)	(注)
s09c	ft08	MSG-COPD 解析結果ファイル	
s10c	ft09	MSG-COPD 解析結果ファイル	

(注) ft06 ファイルは、プール変数情報及び Excel ファイルにした時のスタート位置の行列番号情報を添付している。ft07 ファイルはデータのための出力である。

### 4.3.2 入力データ

入力データ ft05 ファイルは、ネームリスト形式で記述されており、サマリの出力間隔の設定と表示するプール変数の設定を行う。

入力データの例を図 4.3.2 に示す。この例では0～10秒まで1秒間隔で出力、10～500秒まで10秒間隔で出力、500～1300秒まで10秒間隔、1300～3500秒まで100秒間隔、それ以降は100秒間隔で出力となる。

```

&NAMEIN
  NMAX=150 .....出力点数上限値
  SUMTIM(1)= 0.0, 10.0, 500.0, 1300.0, 3500.0,
  SUMDEL(1)= 1.0, 10.0, 10.0, 100.0, 100.0, }出力間隔設定
  IPRINT      = 1, .....出力形式 通常1
&END
&NAAA2
  NOTEMP      = 10,
  NPTEMP(1)   = 10,10,10,10,10,
               10,10,10,10, 10,
  NQTEMP(1, 1) = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,
               11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20,
               21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30,
               31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40,
               41, 50, 51, 52, 53, 60, 61, 62, 63, 64,
               70, 71, 72, 80, 81, 82, 90, 91, 92, 93,
               100,110,117,200,201,202,203,210,211,212,
               213,214,215,216,217,218,230,231,232,233,
               250,251,252,255,256,257,258,268,269,267,
               261,262,263,264,270,271,272,273,321,499,
  NOFLWN      = 1,
  NPFLWN(1)   = 8,
  NQFLWN(1, 1) = 1, 1, 1, 2, 6, 6, 6, 6,
  NRFLWN(1, 1) = 1, 2, 3, 1, 9, 8, 5, 4,

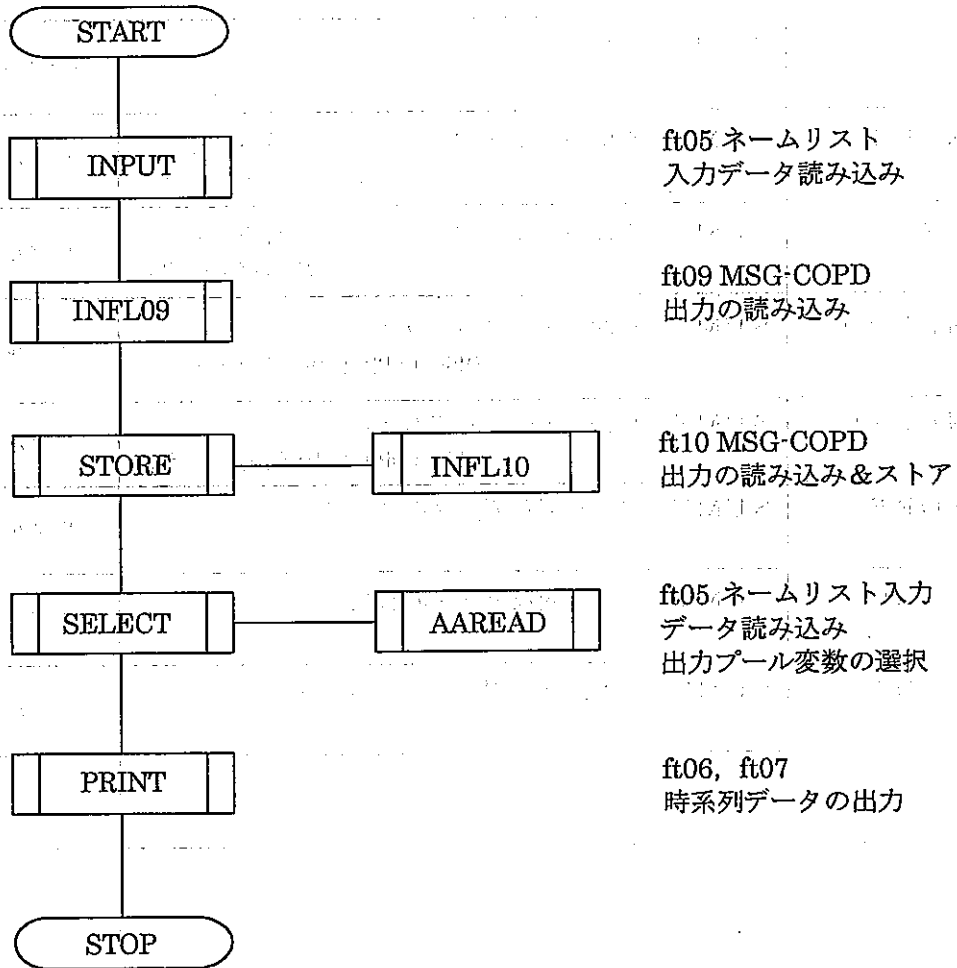
  NOPRSN      = 1,
  NPPRSN(1)   = 4,
  NQPRSN(1, 1) = 1, 1, 6, 6,
  NRPRSN(1, 1) = 1, 2, 1, 2,

  NOVLVN      = 1,
  NPVLVN(1)   = 1,
  NQVLVN(1, 1) = 1,
  NRVLVN(1, 1) = 3,
&END
    
```

サマリ表示するプール変数設定。  
入力しない時はMSG-COPD  
&NAAA2 で設定した全プール変数

図 4.3.2 SUMY 入力データの例





図SUMY-1 SUMYフローチャート

表SUMY-1 ルーチンリスト

ルーチン名	機 能	備 考
MAIN	SUMY 全体のコントロール	メインルーチン
INPUT	SUMY ft05 ネームリスト データの読み込み (コントロールデータ)	サブルーチン
AAREAD	SUMY ft05 ネームリスト データの読み込み (プール変数指定データ)	サブルーチン
INFL09	SUMY ft09 データの読み込み (MSG-COPD ft09 出力データ)	サブルーチン
INFL10	SUMY ft10 データの読み込み (MSG-COPD-ft10 出力データ)	サブルーチン
STORE	SUMY プール変数データをストア	サブルーチン
SELECT	SUMY プール変数データの選択	サブルーチン
PRINT	SUMY ft06, ft07 時系列データの出力	サブルーチン





コモンブロック名	SUI1	(1/1)	
関連サブルーチン	SUMY 全サブルーチン		
		入力ルーチン	INPUT
		ネームリスト名	NAMEIN
変数名	意味	単位	備考
SUMTIM (i)	サマリ出力間隔調整用係数	sec	
SUMDEL (i)	サマリ出力間隔調整用係数 時間 $\geq$ SUMTIM(i)のサマリ出力時間間隔 SUMDEL(i)	sec	
IPRINT	サマリ出力形式 = 0 ; ペーパー出力形式 (50行で改ページ) = 1 ; 後処理用 (改ページなし)		
NMAX	サマリ出力 時系列データ出力点数上限値 出力点 $>$ NMAXの時 NMAX まで出力 (max NUMS)		デフォルト NUMS
	i=5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	AACI3 (1/3)		
関連サブルーチン	SUMY 全サブルーチン		
	入力サブルーチン	AAREAD	
	ネームリスト名	NAMA2	
変数名	意味	単位	備考
NOTEMP	サマリ出力用プール変数 TEMP データ出力 頁数 (max. 200)	—	
NPTEMP (i)	サマリ出力用プール変数 TEMP データ出力 i 頁目に出力するデータ数 (max. 10)	—	
NQTEMP (j, i)	サマリ出力用プール変数 TEMP データ i 頁目に出力する j 番目データプール変数番号	—	TEMP (m)
TMPNOM (j, i)	頁 i, j 番目データのノーマライズ値 $TEMP = \frac{TEMP}{TMPNOM} * 100$	—	default =100
NOFLWN	サマリ出力用プール変数 FLWN データ出力 頁数 (max. 100)	—	
NPFLWN (k)	サマリ出力用プール変数 FLWN データ出力 k 頁目に出力するデータ数 (max. 10)	—	
NQFLWN (j, k)	サマリ出力用プール変数 FLWN データ出力 k 頁目に出力する j 番目データ流路網番号	—	FLWN (n, m)
NRFLWN (j, k)	サマリ出力用プール変数 FLWN データ出力 k 頁目に出力する j 番目データ流路番号		FLWN (n, m)
WNOMFN (k)	頁 k の流量ノーマライズ値 $FLWN = \frac{FLWN}{WNOMFN} * 100$	$\frac{kg}{sec}$	default =100
	i = 200, k = 100, j = 10		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	AACI3 (2/3)		
関連サブルーチン			
	SUMY 全サブルーチン	入力サブルーチン	AAREAD
		ネームリスト名	NAMAA2
変 数 名	意 味	単 位	備 考
NOPRSN	サリ出力用プール変数 PRSN データ出力 頁数 (max. 50)	—	
NPPRSN (i)	サリ出力用プール変数 PRSN データ出力 i 頁目に出力するデータ数 (max. 10)	—	
NQPRSN (j, i)	サリ出力用プール変数 PRSN データ出力 i 頁目に出力する j 番目データ流路網番号	—	PRSN(n, m)
NRPRSN (j, i)	サリ出力用プール変数 PRSN データ出力 i 頁目に出力する j 番目データ圧力ノード番号	—	PRSN( <u>n</u> , m)
NOPMPN	サリ出力用プール変数 PMPN データ出力 頁数 (max. 20)	—	
NPPMPN (k)	サリ出力用プール変数 PMPN データ出力 k 頁目に出力するデータ数 (max. 10)	—	
NQPMPN (j, k)	サリ出力用プール変数 PMPN データ出力 k 頁目に出力する j 番目データポンプ番号	—	PMPN(n, m)
NRPMPN (j, k)	サリ出力用プール変数 PMPN データ出力 k 頁目に出力する j 番目データプロセス量番号	—	PMPN( <u>n</u> , m)
	i = 50, k = 20, j = 10		

変 数 名 リ ス ト











コモンブロック名	AAC 2 (1/1)		
関連サブルーチン			
SUMY 全サブルーチン			
変 数 名	意 味	単 位	備 考
TTIME (i t)	時 間 読み込み変数	sec	(注) ft10 入力 データ
TTEMP (i t, j, i)	プール変数TEMP 読み込み変数	—	(注) ft10 入力 データ
TFLWN (i t, j, k)	プール変数FLWN 読み込み変数	—	(注) ft10 入力 データ
TPRSN (i t, j, ℓ)	プール変数PRSN 読み込み変数	—	(注) ft10 入力 データ
TPMPN (i t, j, m)	プール変数PNPN 読み込み変数	—	(注) ft10 入力 データ
TVLVN (i t, j, n)	プール変数VLVN 読み込み変数	—	(注) ft10 入力 データ
	(注) MSG-COPD 出力ファイルから読み込む		
	it=50, i=200, j=10, k=100,		
	ℓ=50, m=20, n=50,		

変 数 名 リ ス ト

SUMY-1		入力サブルーチン	input	
		変数名	SUMTIM, SUMDEL, NMAX	
意味	サマリ出力時間間隔の設定方法について		単位	sec
<p>サマリ出力時間間隔を設定するには、次の2つの事柄を考慮する必要がある。</p> <p>(1) サマリ出力されるデータの個数は最大 NMAX 点。          NMAX より大きい場合 NUMS で切られる。          NMAX はパラメータ NUMS 以下の値とする。          NMAX のデフォルト値は NUMS である。</p> <p>(注1)</p> <p>(2) MSG-COPD の解析データで設定している出力間隔が最小値となる。</p> <p>注1 ; NMAA2 OUTTIM, OUTDEL で設定</p> <p>具体的な設定は以下である。</p> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">500.0~1300.0 秒まで 10.0 秒間隔でサマリを出力する。</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <pre> &amp;NAMEIN SUMTIM(1)= 0.0, 10.0, 500.0, 1300.0, 3500.0, SUMDEL(1)= 1.0, 10.0, 10.0, 100.0, 100.0                     </pre> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">0.0~10.0 秒まで 1.0 秒間隔でサマリを出力する。</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">3500.0 秒以降を 100.0 秒間隔でサマリを出力する。</div> </div>				

入力データ説明書

SUMY-2		入力サブルーチン	AAREAD
		変数名	
意味	サマリ表示するプール変数設定方法について	単位	
<p>サマリ表示するプール変数は、ft05 ファイルのネームリストに設定することにより、任意のプール変数を表示することができる。</p> <p>設定方法は MSG-COPD &amp;NMAAA2 と同じである。</p> <p>サマリ表示するプール変数を設定する際には、次の事柄を考慮する必要がある。</p> <p>(1) プール変数を表示するには、MSG-COPD の解析データ (05 ファイル、07 ファイル) &amp;NMAAA2 でサマリ出力用プール変数で設定されていなければならない。</p> <p>具体的な設定は以下である。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <pre> &amp;NMAAA2 NOTEMP      = 1,          ← ページ数 NPTEMP(1)   = 10,       ← 10ケの変数/1ページ NQTEMP(1, 1) = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, </pre> <p style="text-align: center;">TEMP変数の番号</p> </div> <p>上記のプール変数の設定だと以下のようにサマリ表示される。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <pre> 1100  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00 1200  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00 1300  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00 1400  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00 1500  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00 1600  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00 1700  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00 1800  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00 1900  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00 2000  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00  1.000E+00 </pre> </div> <p>同様に FLWN, PRSN, VLVN のプール変数を設定する。</p> <p>(2) &amp;NMAAA2 で変数を設定しない場合、MSG-COPD で設定しているプール変数すべてが設定される。</p> <p>(3) TMPNOM, WNOMFN で TEMP データ, FLWN データのノーマライズができる。</p>			