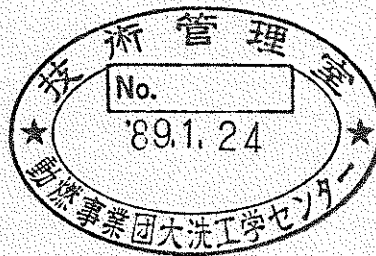


区分変更	
変更理由	＝
決定年月日	平成13年7月31日

モジュール型プラント動特性解析コード Super-COPD

コードシステム解説書



1988年8月

動力炉・核燃料開発事業団

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ください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松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, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

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



モジュール型プラント動特性解析コード Super-COPD

コードシステム解説書

仲井悟*¹, 岩崎隆*², 保田仁司*¹

島川佳郎*³, 丹治幹雄*³

要 旨

「もんじゅ」用プラント動特性解析コード“COPD”を基に，“COPD”の機能を全て含み、なおかつ種々のプラント概念に適用できるプラント動特性解析コード“Super-COPD”を開発した。

本コードは、プラント動特性解析コードに要求される1)詳細化の整合性、2)検証性、3)経済性、4)汎用性、5)整備状況、6)実用性の項目を満足することを目標とした。基本的解析モデルは“COPD”コードを継承し、コードの基本構造としてモジュール構造を採用した。

本コードを用いることにより、“COPD”コードの機能を含み、かつ、機器、系統毎あるいは、実験体系、種々のFBR体系の動特性解析を効率的に実施することが可能となった。

本書は“Super-COPD”コードの改良、整備を実施するために必要なプログラム構成、変数の意味、解析モデル、数値計算等を記述した。

* 1 機器構造開発部機器システム開発室

* 2 原子力システム部

* 3 三菱原子力工業(株)



NOT FOR PUBLICATION
PNC/TN9520 88-019
August, 1988

Super-COPD Module Integrated Plant Dynamics Analysis Code

Code System Description (Programmer's Manual)

Satoru Nakai^{*1}, Takashi Iwasaki^{*2},
Hitoshi Yasuda^{*1}, Yoshiro Shimakawa^{*3},
and Mikio Tanji^{*3}

Abstract

"Super-COPD" A plant dynamics analysis code is developed in order to apply to various concepts of LMFBR by improving MONJU plant dynamics analysis code "COPD" and "Super-COPD" involves all calculation model of "COPD".

The target of this code is to satisfy the following six items which are required to a plant dynamics analysis code, 1) adjustability of modeling, 2) using verified models and solution, 3) minimum running cost, 4) availability to various plant system, 5) good maintenance capacity, 6) good usability. This code consists of some calculation modules and analysis modes are based on "COPD" code.

Development of this code makes it possible to simulate LMFBR plant of any configuration, components, systems and experimental rig involving all function of "COPD".

In this report, program structure, meaning of variable, mathematical model, numerical method and so on are described to improve "Super-COPD" code for usage of programmer's manual.

*1 Components and Systems Development Section, Components and Systems Division, O-arai Engineering Center, PNC

*2 Nuclear Energy System Inc.

*3 Mitsubishi Atomic Power Industries, Inc.

目 次

1. 緒 言	1
2. コード基本構造	2
2.1 モジュール構造	2
2.2 計算の流れ	5
3. モジュール仕様	
3.1 モジュールA A (計算コントロール)	21
3.2 モジュールA C (空気冷却器熱計算)	37
3.3 モジュールC K (逆止弁の計算)	73
3.4 モジュールC L (制御系の計算)	89
3.5 モジュールC R (制御棒の計算)	109
3.6 モジュールF A (空気系流動計算)	117
3.7 モジュールF M (水・蒸気系熱流動計算)	127
3.8 モジュールF N (非圧縮性流体流動計算)	162
3.9 モジュールH X (中間熱交換器熱計算)	190
3.10 モジュールK N (原子炉核計算)	235
3.11 モジュールL G (安全保護系の計算)	246
3.12 モジュールL N (非圧縮性単相流体配管要素熱計算)	261
3.13 モジュールL S (水蒸気系配管要素熱計算)	288
3.14 モジュールL W (原子炉下部プレナム熱計算)	314
3.15 モジュールM N (完全混合, ミキシング・ティ要素熱計算)	324
3.16 モジュールP C (空冷復水器熱計算)	348
3.17 モジュールP P (循環ポンプの計算)	394
3.18 モジュールR F (原子炉熱計算簡易モデル)	412
3.19 モジュールR X (原子炉熱計算詳細モデル)	440
3.20 モジュールS G (蒸気発生器熱計算)	473
3.21 モジュールU P (原子炉上部プレナム熱計算)	535

3.22	モジュールV A (空気冷却器風量計算)	559
3.23	モジュールV V (各種弁の計算)	573
3.24	モジュールY (エレメント・サブルーチン)	590
3.25	モジュールZ (物性値計算)	598
4.	結 言	608
5.	参考文献	609
APPENDIX		
1.	コモン・マップ	610
2.	プログラム・ツリー	615

図リスト

図 2.1.1	モジュール間インターフェイス	10
図 2.1.2	コントロールモジュールと計算モジュール	11
図 2.1.3	コードの運用	12
図 2.2.1	計算の流れと入出力	13
図 2.2.2	出力処理	14
図 2.2.3	ヒートバランス設定法	15
図 2.2.4	熱計算モジュールの初期設定計算例	16
図 2.2.5	計算進みコントロール	17
図 2.2.6	プログラムの構造	18
図 2.2.7	MAINフローチャート	19
図 2.2.8	モジュールコントロールルーチンフローチャート	20
図 AC-1	空気冷却器熱計算モデル	46
図 AC-2	sub. ACTRNSフローチャート	47
図 AC-3	sub. ACSTATフローチャート	48
図 CK-1	逆止弁モデル	78
図 CL-1	制御系検出要素モデル	92
図 CL-2	制御系PID要素モデル	93
図 CL-3	制御系非線形要素モデル	94
図 CL-4	制御系演算要素モデル	95
図 CR-1	制御棒モデル	111
図 FM-1	流路網構成例	136
図 FN-1	流路網構成例	169
図 HX-1	中間熱交換器熱計算モデル	202
図 HX-2	sub. HXTRNSフローチャート	203
図 HX-3	sub. HXSTATフローチャート	204
図 LG-1	安全保護系, 検出要素モデル	249

図 L G - 2	安全保護系, 動作要素モデル	250
図 L N - 1	非圧縮性単相流体配管要素熱計算モデル	268
図 L N - 2	sub. LNTRNSフローチャート	269
図 L N - 3	sub. LNSTATフローチャート	270
図 L S - 1	水・蒸気系給水配管熱計算モデル	294
図 L W - 1	1次おくれモデル	317
図 L W - 2	むだ時間モデル	317
図 M N - 1	非圧縮性単相流体完全混合要素熱計算モデル	329
図 M N - 2	sub. MNTRNSフローチャート	330
図 M N - 3	sub. MNSTATフローチャート	331
図 P C - 1	空冷復水器熱計算モデル	358
図 P C - 2	sub. PCTRNSフローチャート	359
図 P C - 3	sub. PCSTATフローチャート	360
図 R F - 1	炉心熱計算モデル	418
図 R F - 2	sub. RFTRNSフローチャート	419
図 R F - 3	sub. RFSTATフローチャート	420
図 R X - 1	炉心詳細熱計算モデル (領域分割)	448
図 R X - 2	炉心詳細熱計算モデル (変数名との対応)	451
図 R X - 3	sub. RXTRNSフローチャート	452
図 R X - 4	sub. RXSTATフローチャート	453
図 S G - 1	蒸気発生器熱計算モデル	491
図 S G - 2	sub. SGTRNSフローチャート	492
図 S G - 3	sub. SGSTATフローチャート	494
図 U P - 1	通常運転時プレナム分割	541
図 U P - 2	界面形成時プレナム分割	541
図 A P - 1	C. B. -S. P. MAP	610
図 A P - 2	Tree Structure	615

表リスト

表 2. 1. 1	計算モジュール一覧	8
表 2. 1. 2	プール変数一覧	9
表 2. 1. 3	コモン変数規則, サブルーチン規則	9
表 A A - 1	モジュール A A サブルーチンリスト	22
表 A C - 1	モジュール A C サブルーチンリスト	50
表 C K - 1	モジュール C K サブルーチンリスト	79
表 C L - 1	モジュール C L サブルーチンリスト	96
表 C R - 1	モジュール C R サブルーチンリスト	112
表 F A - 1	モジュール F A サブルーチンリスト	120
表 F M - 1	モジュール F M サブルーチンリスト	137
表 F N - 1	モジュール F N サブルーチンリスト	170
表 H X - 1	モジュール H X サブルーチンリスト	206
表 K N - 1	モジュール K N サブルーチンリスト	239
表 L G - 1	モジュール L G サブルーチンリスト	251
表 L N - 1	モジュール L N サブルーチンリスト	272
表 L S - 1	モジュール L S サブルーチンリスト	295
表 L W - 1	モジュール L W サブルーチンリスト	318
表 M N - 1	モジュール M N サブルーチンリスト	332
表 P C - 1	モジュール P C サブルーチンリスト	363
表 P P - 1	モジュール P P サブルーチンリスト	398
表 R F - 1	モジュール R F サブルーチンリスト	422
表 R X - 1	モジュール R X サブルーチンリスト	455
表 S G - 1	モジュール S G サブルーチンリスト	497
表 U P - 1	モジュール U P サブルーチンリスト	542
表 V A - 1	モジュール V A サブルーチンリスト	562
表 V V - 1	モジュール V V サブルーチンリスト	578

表 Z - 1 モジュール Z サブルーチンリスト 600

1. 緒 言

1. 緒 言

FBRのプラント動特性解析の対象は、原子炉から水蒸気系までの熱輸送系、ポンプ、弁等の動的機器、制御、安全保護系と多岐にわたっている。また、各種外乱に対するシステムの応答を制御、熱過渡、安全の面から解析する必要がある。これらの特徴をもつプラント動特性解析コードに要求される性能としては、以下の6点が考えられる。

- (1) 詳細化の整合：設計、安全審査、各種概念評価等の各種使用目的に応じ、必要十分な解析モデルの詳細度を選択できること。同時に、コード全体の解析モデルの整合がとれていること。
- (2) 検証性：使用する解析モデル、仮定等の妥当性が各種実験等により確認されていること。
- (3) 経済性：コードのターンアラウンド（CPU時間メモリーサイズ、必要入力データ）を考慮し、解析体系に合わせた精度で計算できること。
- (4) 汎用性：FBRプラントには種々の概念が考えられ、それらの概念に対し、コードの偏正を行なうことなく、入力データのみにより柔軟に対応できること。
- (5) 整備状況：解析モデルの追加、変更に対し、容易に行なえること。すなわち、メンテナンス性が良好なこと。
- (6) 実用性：入力データの作成が容易に可能であり、特殊な知識、経験を有しなくても使用可能であること。また、出力処理等も整っていること。

“Super-COPD”コードは上記(1)から(6)を満足すべく開発した。本書は、“Super-COPD”コードの開発・整備作業を実施するために必要な、プログラム構成、変数の意味、解析モデル、数値計算等を記述したコードシステム解説書である。

2. コード基本構造

2. コード基本構造

Super-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ー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

をもっている。また、モジュールプログラムが複数個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。

2.1 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な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ユモン変数を規則化した。

本コードにおけるモジュール定義を以下に示す。

- 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、複数個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巾を持ち、モジュール内で最適な計算進み時間巾を自動設定できる。
- 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）、及びプロット出力（グラフ出力）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なう。

(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2.1.1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2.1.1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2.1.1に示す様に、コントロールモジュールと、22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、各計算モジュールで実行する計算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2.1.2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）、グラフ出力（プロット出力）を行う場合の媒介として使用される。

表 2.1.2 にプール変数の一覧表を示す。

(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 2.1.3 に示すコモン変数規則とサブルーチン規則に従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、モジュールコモンの集合体である。

(5) コードの運用

本コードを用いて解析作業・整備作業等を行う際の手順を図 2.1.3 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、一括管理する。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の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、例えば、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、追加するとともに、付属するコードマニュアルの改訂、追加を併せて行う。

2.2 計算の流れ

(1) プログラムの全体構成

図 2.2.1 に本コードシステムの全体構成を示す。

本コードは、計算部コード (Super-COPD) 及び出力処理コード (時系列印字: SUMY, 図形処理: EDIT) より成る。また, Super-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 2.2.2 に本コードの入出力を示す。

① データ入力

データの inputs 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なう。2)のリスタート入力については、リスタート計算を行う場合のみ必要となる。また、入力データは全て、ネームリスト形式の入力である。

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・プロット用データ出力, 3)サマリ・プロット用出力情報出力, 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。サマリプロット用出力は、時系列データ出力 (サマリ出力) コード SUMY 及び図形処理 (グラフ出力) コード EDIT に受けわたされる。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, の順に進めてゆく。

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、即ち流量及び出入口温度が所定の値になるよう図2.2.3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わたされ、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、計算を行な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2.2.4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、圧損分布を既知とし、圧力分布、液面、ポンプヘッド等の設定を行なう。

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なう。

(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、時定数の異なる多数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、比較的似通った時定数をも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巾を持ち、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巾をコード中で自動設定しながら計算を進める。

① 計算経過時間

図 2.2.5 に、計算進み例を示す。

本コードは、全計算の計算進み基準となる経過時間“ET”進み巾“DELT”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、計算経過時間が最も遅れているものから順次進められる。

② 計算進み時間巾

各計算モジュールの時間巾は、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、計算時間巾を充分小さく(1/3~1/5)にする。本コードでは、次の様に設定する。

(a) 熱計算

$$C \cdot M \frac{\partial T}{\partial t} = A \cdot U (T' - T) - C \cdot G \frac{\partial T}{\partial Z}$$

の基礎式により、タイムステップ τ は、

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

(b) 流動計算

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

$$\simeq \Delta H - (f \cdot G^{n-1}) \cdot G$$

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 2.2.6 にプログラムの全体構造を、図 2.2.7 に本コードのメインのフローチャートを、図 2.2.8 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2.1.1 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
RF	原子炉簡易熱計算	熱計算モジュール
RX	原子炉詳細熱計算	〃
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	〃
PC	空冷復水器熱計算	〃
MN	完全混合, ミキシング・テイ要素熱計算	〃
LN	非圧縮性単相流体配管要素熱計算	〃
LS	水・蒸気系配管要素熱計算	〃
LW	原子炉下部プレナム熱計算	〃
UP	原子炉上部プレナム熱流動計算	熱流動計算モジュール
FM	水・蒸気系熱流動計算	〃
FN	非圧縮性単相流体流動計算	流動計算モジュール
FA	空気系流動計算	〃
VA	空気冷却器風量計算	〃
CR	制御棒の計算	動的機器モジュール
CK	送止弁の計算	〃
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 2.1.2 プール変数一覧

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 番目バルブ関連 I 番目プロセス量

表 2.1.3 コモン変数規則, サブルーチン規則

コモン変数規則

分類		コモンラベル名 (注1)	入力サブルーチン名
a	コントロール	全体計算の	AAREAD
	コモン変数	コントロール	
b	"	プール変数 <AAA>	—
c	モジュールコモン変数 (モジュールXX)	XXMn XXMI n <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。

サブルーチン規則

分類	機能	呼出し可能 サブルーチン	使用可能コモン変数 (注2)	サブルーチン名
I	コントロール サブルーチン	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。

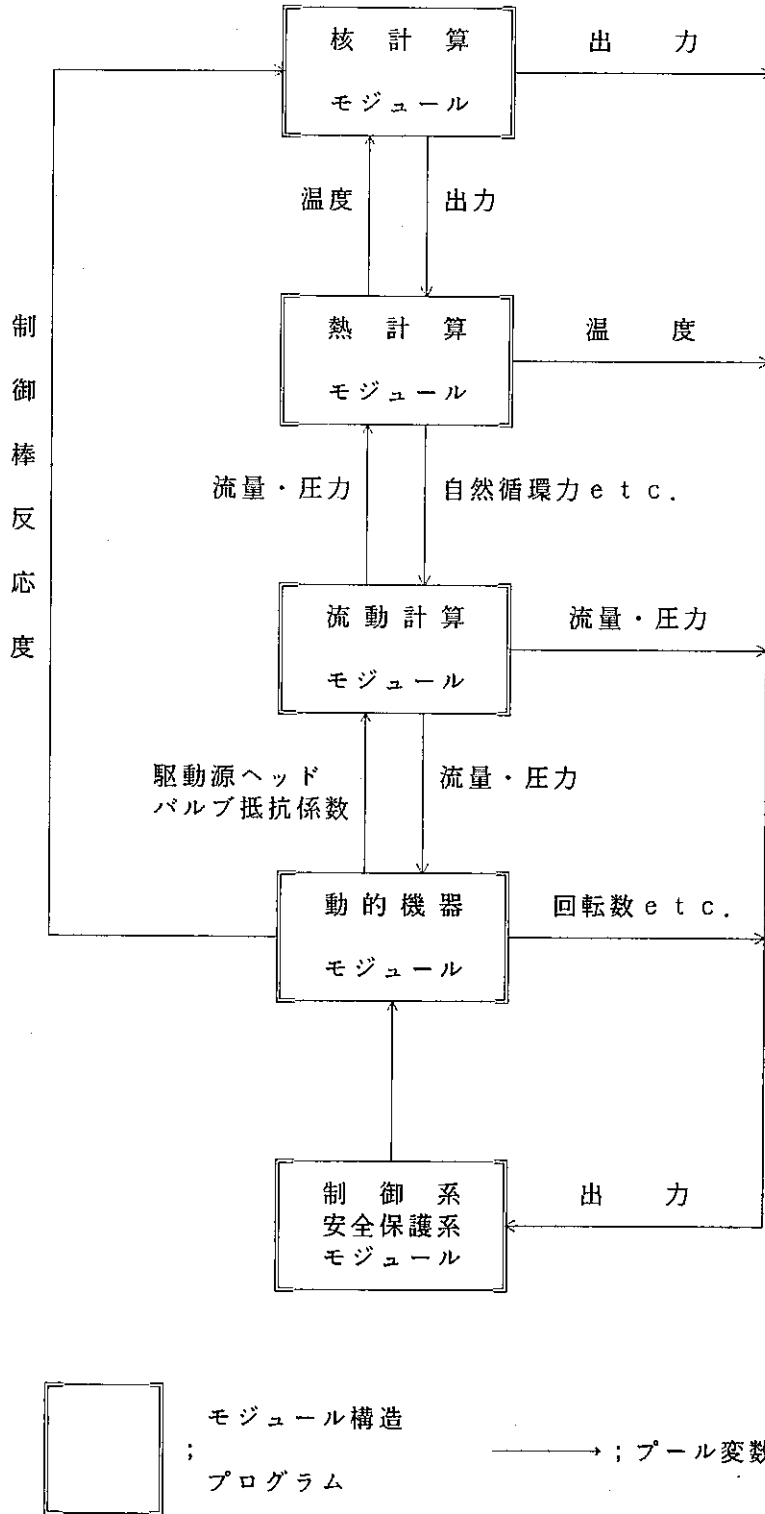


図 2.1.1 モジュール間インターフェイス

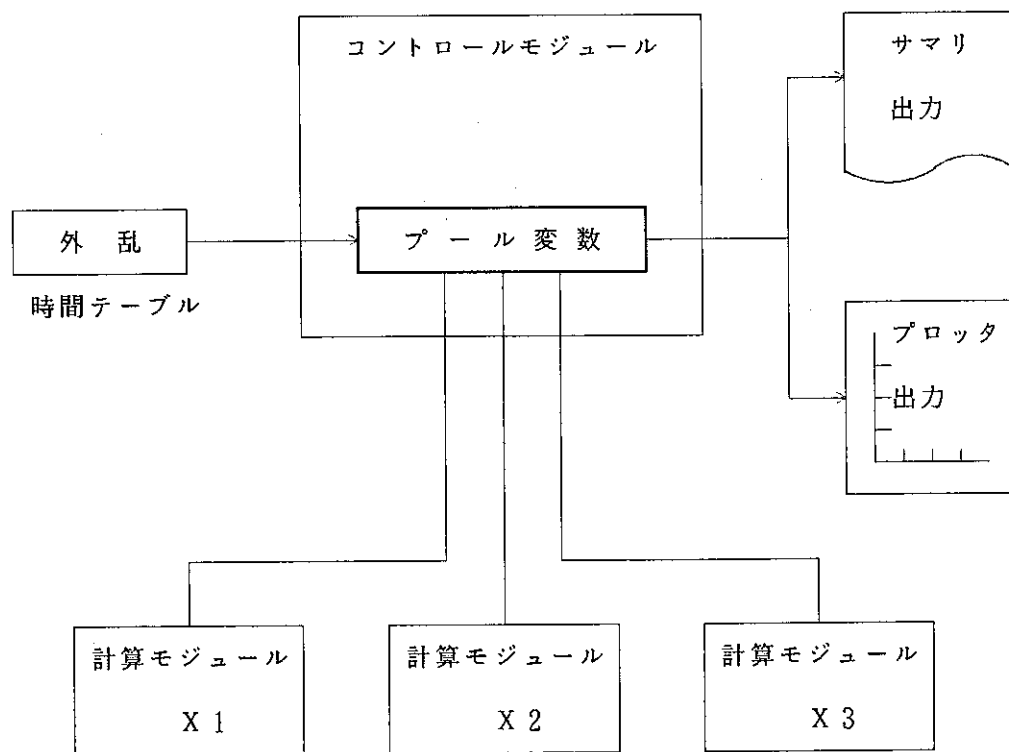
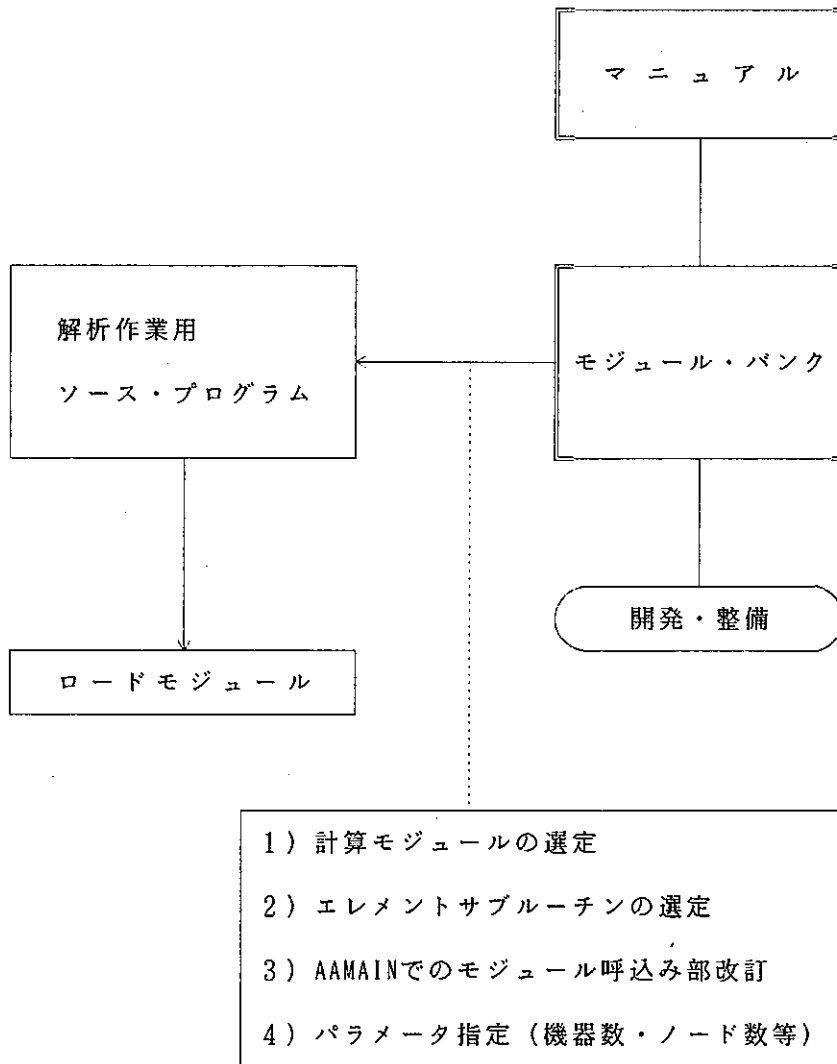


図2.1.2 コントロールモジュールと計算モジュール



— 解析作業 —

— 開発・整備作業 —

図2.1.3 コードの運用

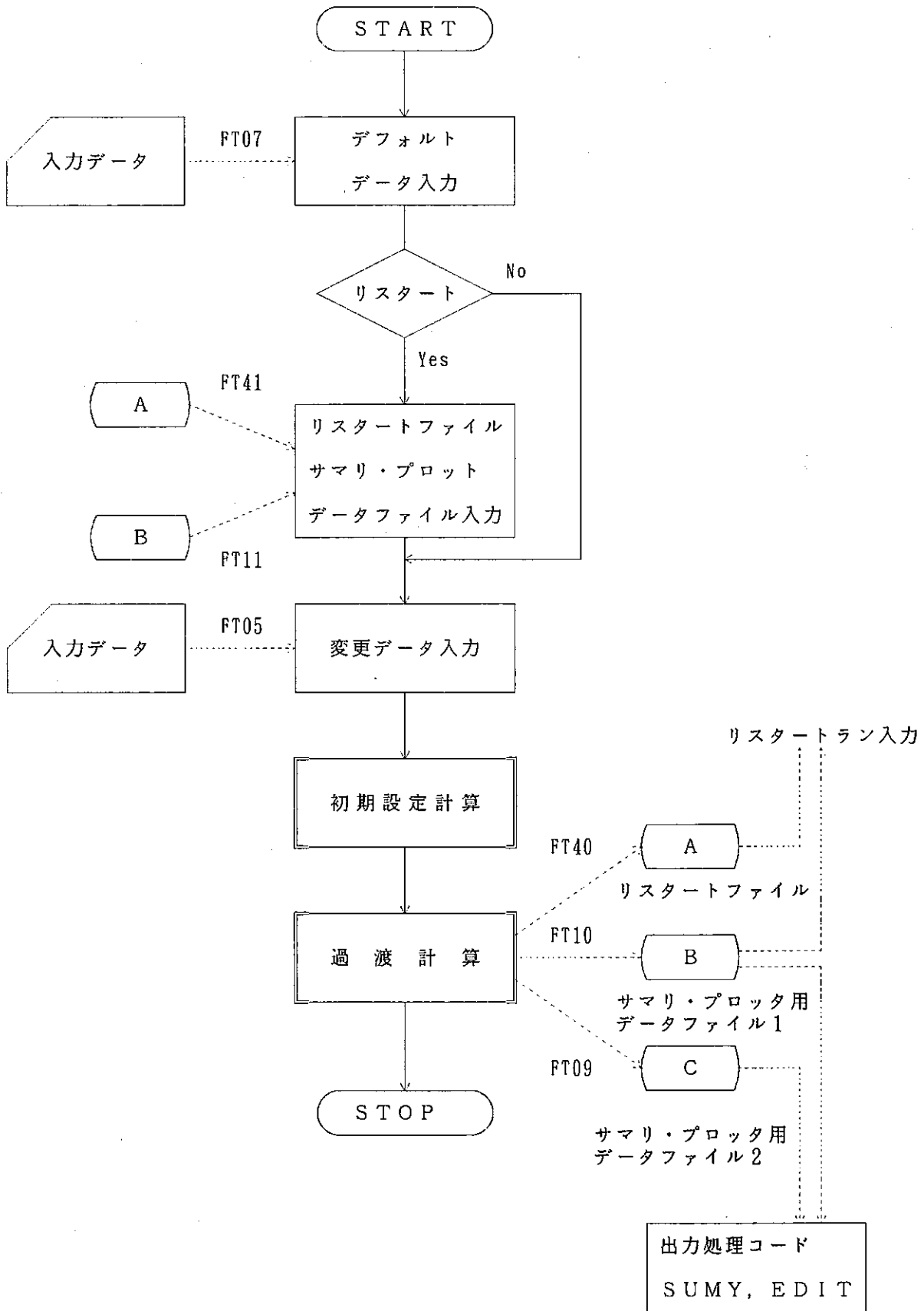


図 2.2.1 計算の流れと入出力

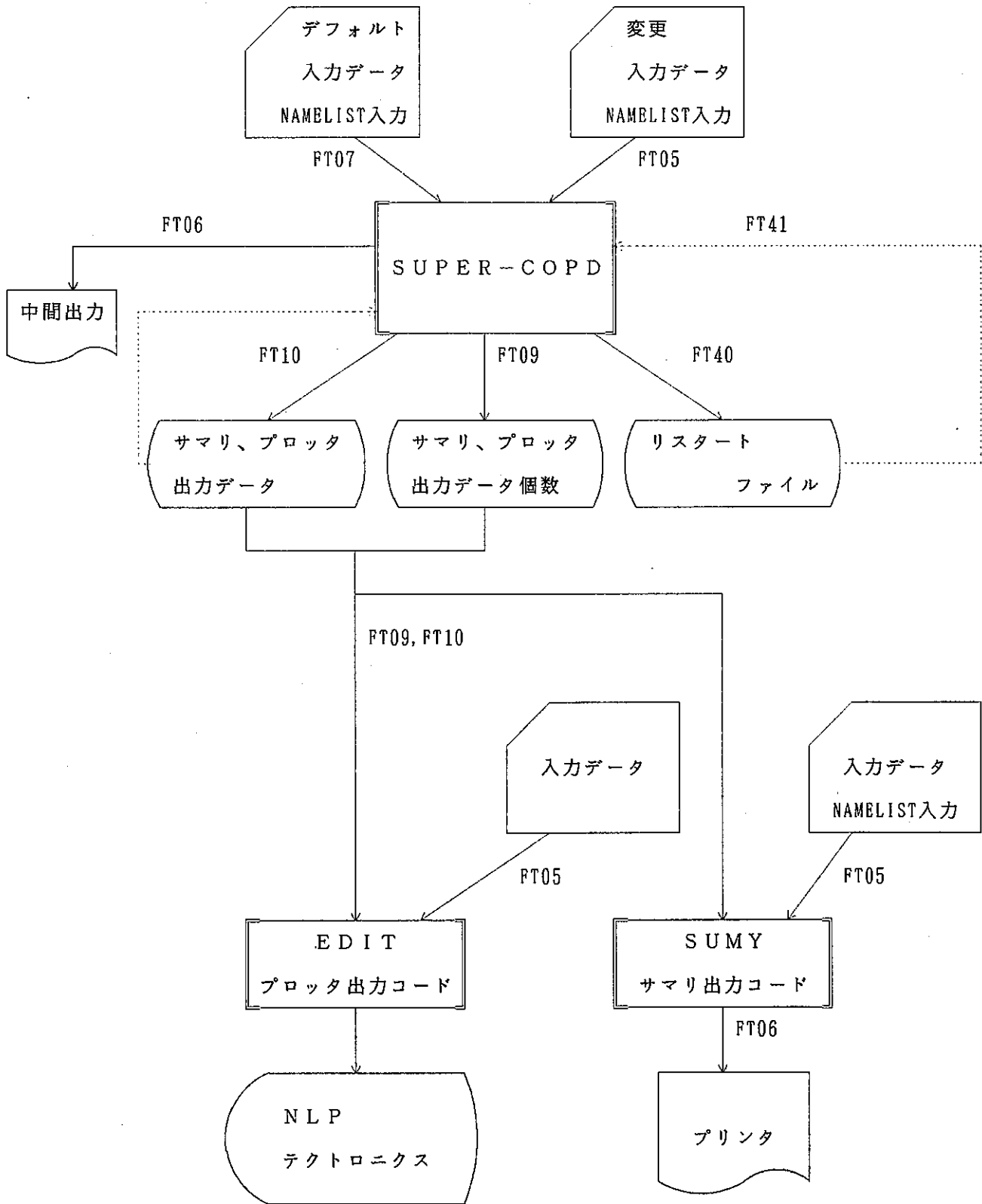
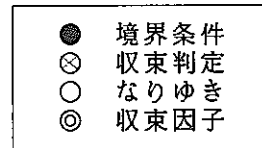
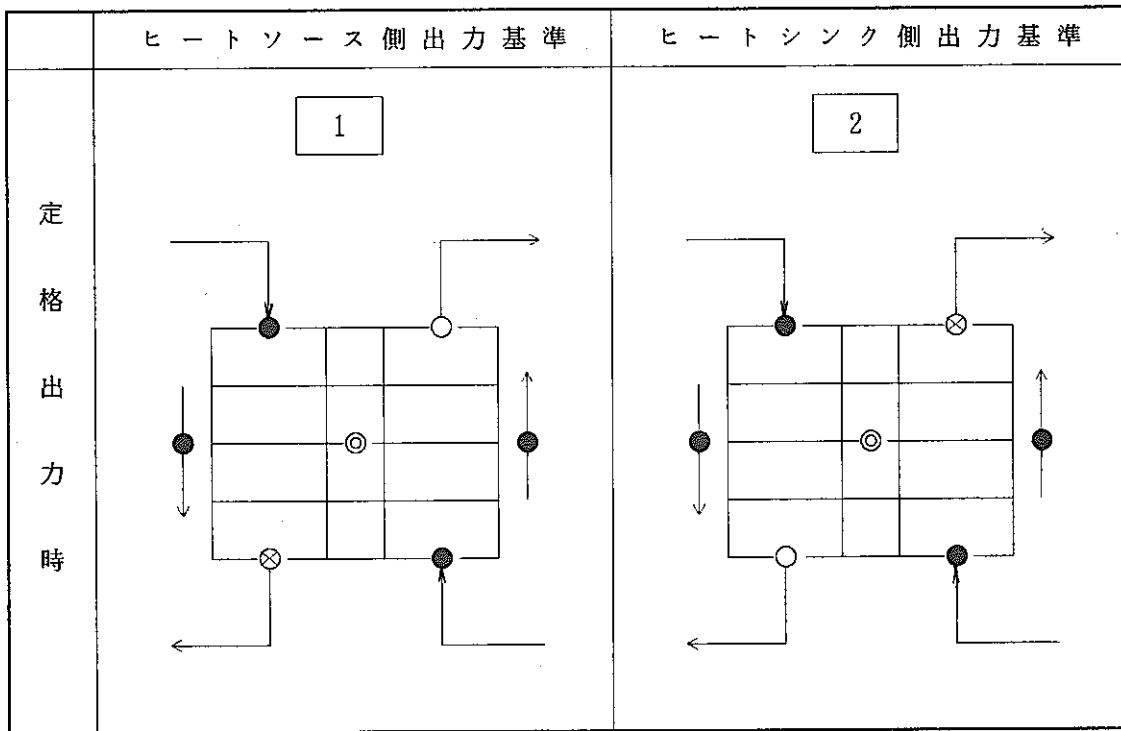
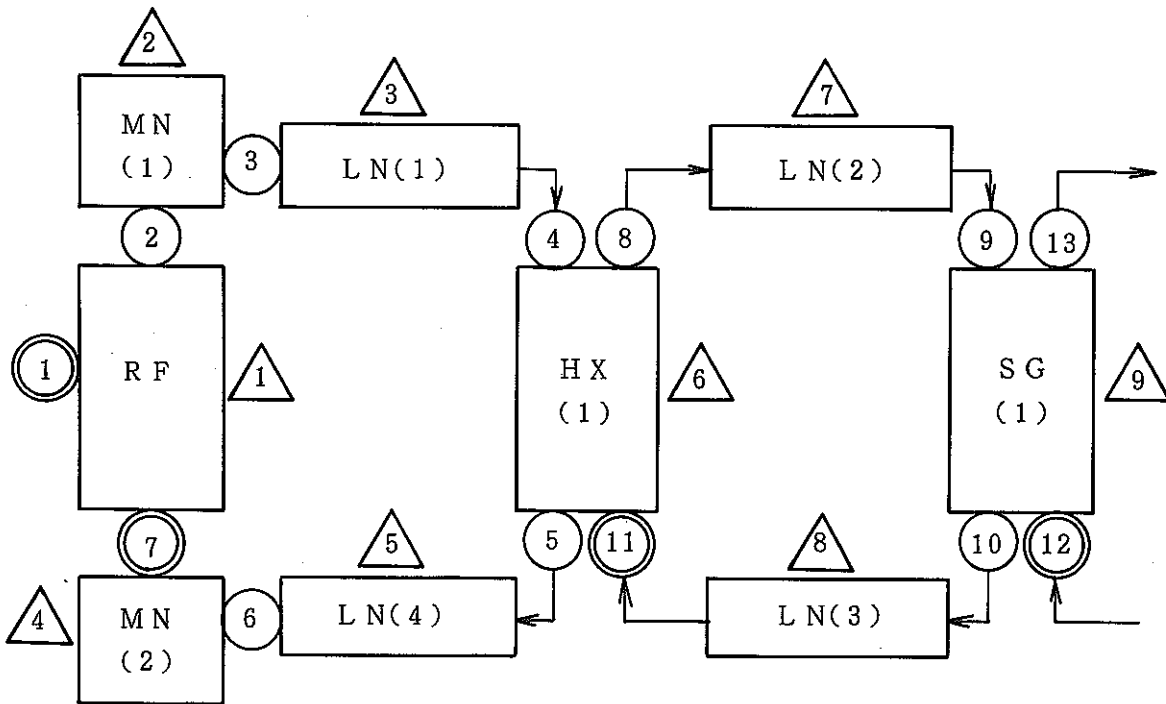


図2.2.2 出力処理



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 2.2.3 ヒートバランス設定法



- △ 初期設定計算を行う順序（入力データで指定）
- 温度を示すプール変数
- ◎ 温度を示すプール変数（境界条件）

- (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 2.2.4 熱計算モジュールの初期設定計算例

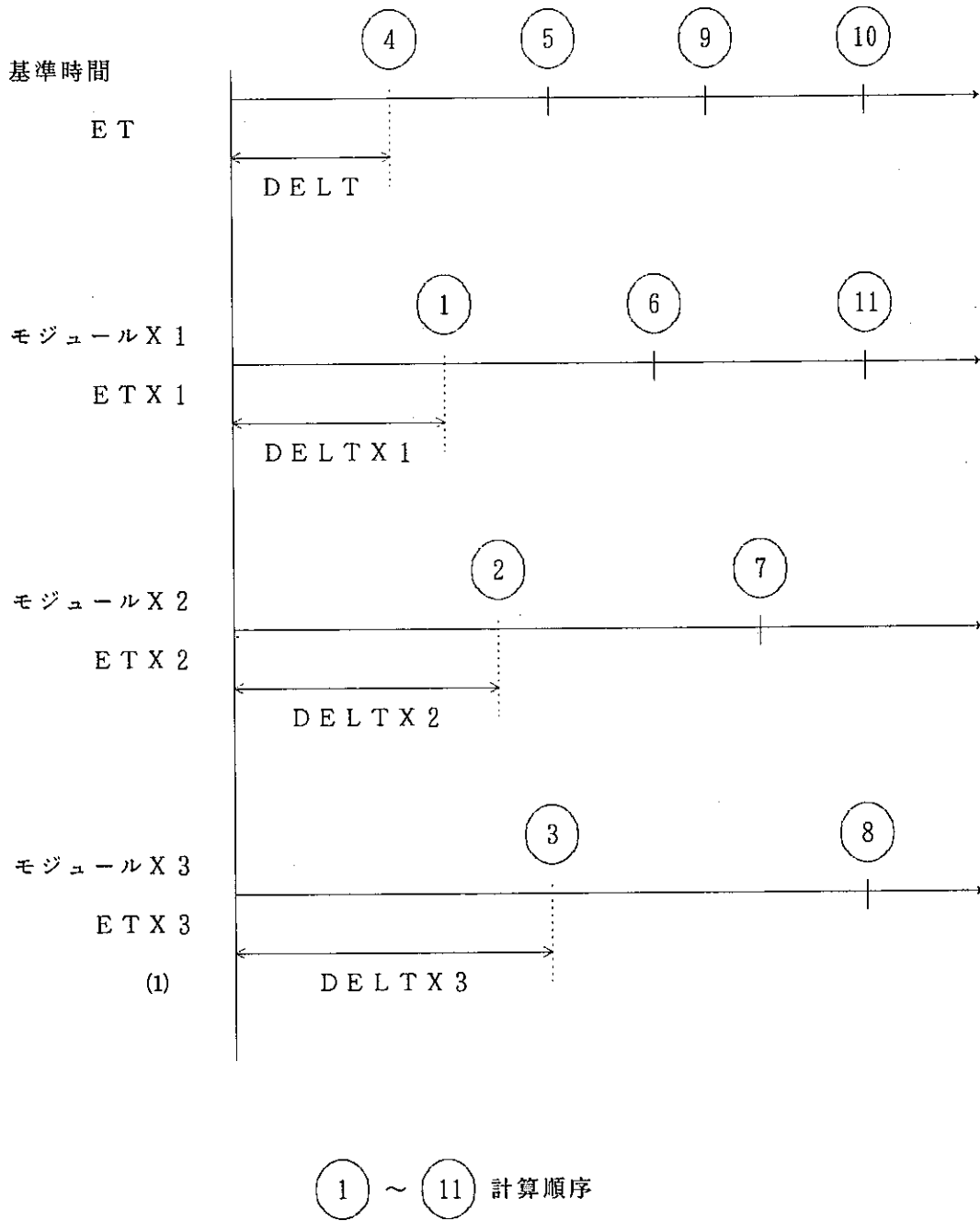


図 2.2.5 計算進みコントロール

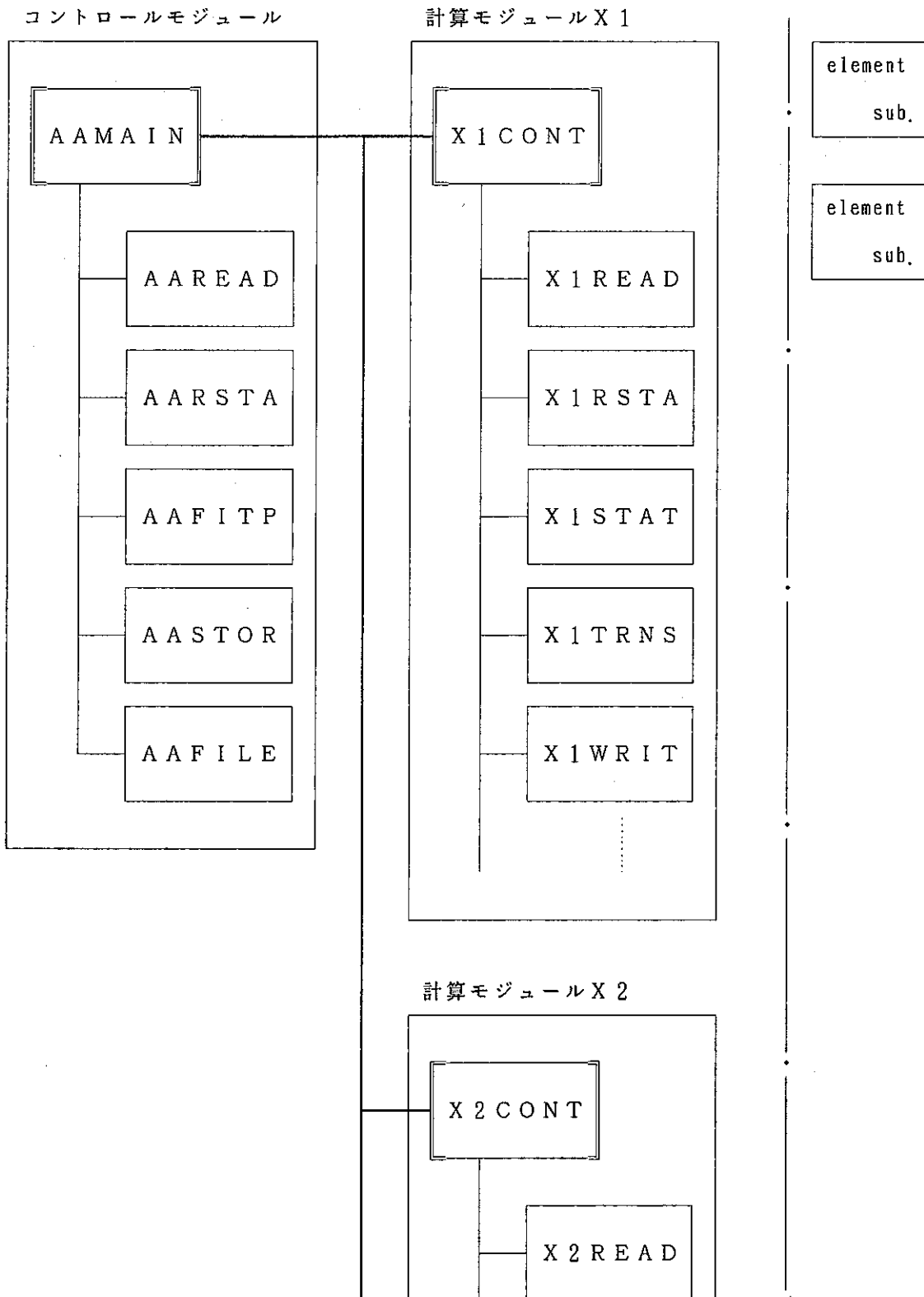


図 2.2.6 プログラムの構造

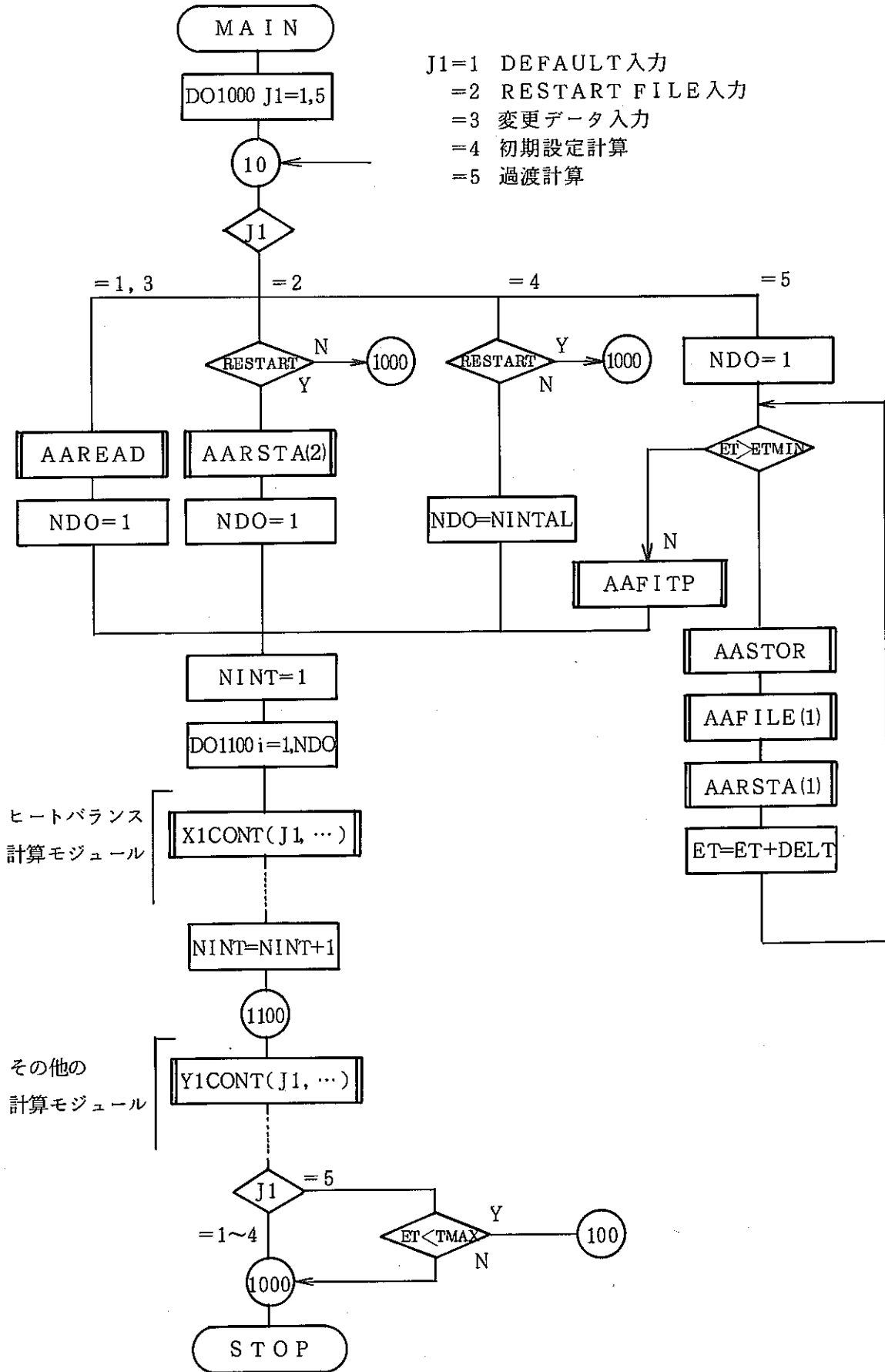


図 2.2.7 MAINフローチャート

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

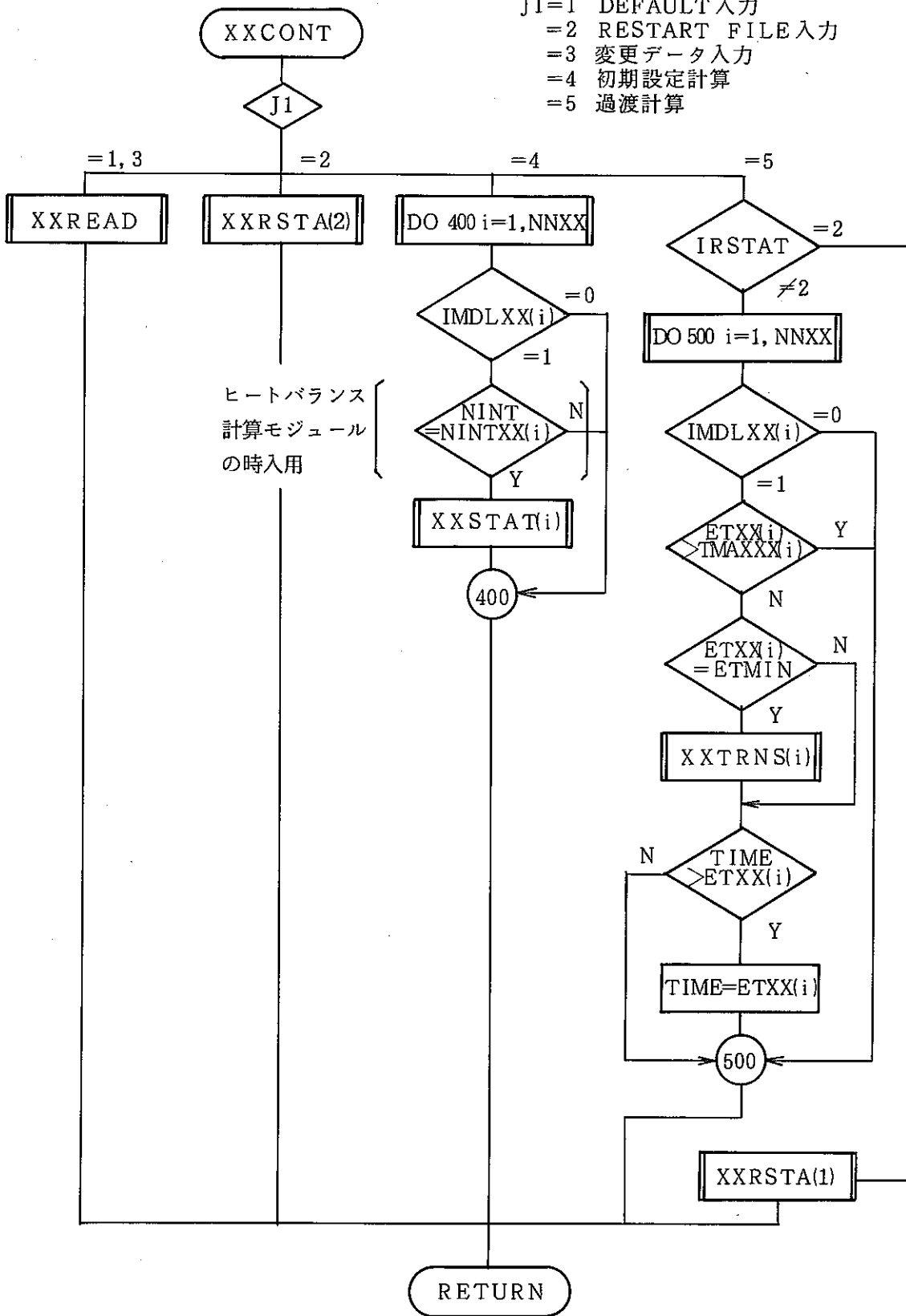


図 2.2.8 モジュールコントロールルーチンフローチャート

3. モジュール仕様

各計算モジュールの

1. 機能
2. モジュールの入出力
3. モデルの概要
4. 基礎式
5. 解法
6. パラメータ変数, コモンブロックについて示す。

3.1 モジュール A A (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・プロッタ用出力データのストア	CONTROL SUB.
AAFILE	サマリ・プロッタ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 コントロールサブルーチン 計算モジュールREADサブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
K N T P	プール変数 T E M P 最大個数	-	
K N F F	プール変数 F L W N 流路数最大値		
K N W F	プール変数 F L W N 流路網数値		
K N O P	プール変数 P R S N 圧力ノード数		
K N W P	プール変数 P R S N 流路網数値		
K N P M	プール変数 P M P N 関連プロセス量個数値		
K N N M	プール変数 P M P N ポンプ最大個数		
K N P V	プール変数 V L V N 関連プロセス量 個数最大値		
K N N V	プール変数 V L V N バルブ最大個数		

変数名リスト

コモンブロック名	A A C I 1 (1/1)		
関連サブルーチン			
	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
N I N T A L	初期設定計算を行なう，核・熱計算モジュールの総数	—	
I P I N I T	コントロールモジュール初期化データの可否 = 1, 行なう ≠ 1, 行わない	—	
D E L T	基準計算進み時間巾	sec	
T M A X	計算終了時間	sec	
O U T T I M (I)	プロッター&サマリデータ出力間隔調整用係数	sec	
O U T D E L (I)	プロッター&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	
N U M R E C	プロッター&サマリデータ出力レコードの 1ブロック当たりの長さ	—	
I O R S T A	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	—	
R S T A R T	リスタート開始時間	sec	
R S T T I M (I)	リスタート出力間隔調整用係数	sec	
R S T D E L (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				
		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	
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, 30)	—	
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
	I = 20, J = 30			

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			
	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
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. 30)	—
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
	I = 10, J = 30		

変数名リスト

コモンブロック名	A A C I 2			(3/5)
関連サブルーチン				
		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	
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. 30)	-	
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	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
	I = 10, J = 30			

変数名リスト

コモンブロック名	AACI2 (4/5)		
関連サブルーチン			
	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
NPMPN	プール変数PMPNへのフィッティングするプール変数の数 (max. 10)	—	
NHNPM (I)	プール変数PMPNへのフィッティング入力 ポンプ番号	—	
NHNNU (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	—	
IHNMA (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. 30)	—	
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	—	
HNGAI (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
	I = 10, J = 30		

変数名リスト

コモンブロック名	A A C I 2			(5/5)
関連サブルーチン				
		入力サブルーチン	AAREAD	
		ネームリスト名	NAAAA2	
変 数 名	意 味	単 位	備 考	
NVLVN	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)	—	
NVNVLV (I)	プール変数VLVNへの フィッティング入力	バルブ番号	—	
NVNUM (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	—	
IVNMAX (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.30)	—	
XVLVN (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	
YVLVN (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	—	
VNGAIN (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
IVNST (I)	プール変数VLVNへの フィッティング入力	—	—	通常2
	I = 10, J = 30			

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				
		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	
NOTEMP	サマリ (プロッタ) 出力用 フル変数TEMPデータ 頁数 (max. 20)	-		
NPTEMP (I)	サマリ (プロッタ) 出力用 I 頁目 フル変数TEMPデータ 数 (max. 10)	-		
NQTEMP (J, I)	サマリ (プロッタ) 出力用 I 頁目 フル変数TEMPデータ データプール変数番号	-		
TMPNOM (J, I)	頁 I, J 番目データのノーマライズ値	-	default = 100	
	I = 20, J = 10			
NOFLWN	サマリ (プロッタ) 出力用 フル変数FLWNデータ 頁数 (max. 10)	-		
NPFLWN (I)	サマリ (プロッタ) 出力用 I 頁目 フル変数FLWNデータ 数 (max. 10)	-		
NQFLWN (J, I)	サマリ (プロッタ) 出力用 I 頁目 フル変数FLWNデータ データ流路網番号	-		
NRFLWN (J, I)	サマリ (プロッタ) 出力用 I 頁目 フル変数FLWNデータ データ流路番号	-		
WNOMFN (I)	頁 I の流量ルーマライズ値	kg/sec	default = 100	
	I = 10, 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			
	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
NOPRSN	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数 PRSN データスト7 頁数 (max. 10)	—	
NPPRSN (I)	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数 PRSN データスト7 I 頁目に出力するデータ 数 (max. 10)	—	
NQPRSN (J, I)	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数 PRSN データスト7 I 頁目に出力する J 番目 データ流路番号	—	
NRPRSN (J, I)	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数 PRSN データスト7 I 頁目に出力する J 番目 データ圧力ノード番号	—	
	I = 5, J = 10		
NOPMPN	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数 PMPN データスト7 頁数 (max. 5)	—	
NPPMPN (I)	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数 PMPN データスト7 I 頁目に出力するデータ 数 (max. 10)	—	
NQPMPN (J, I)	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数 PMPN データスト7 I 頁目に出力する J 番目 データポンプ番号	—	
NRPMPN (J, I)	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数 PMPN データスト7 I 頁目に出力する J 番目 データプロセス量番号	—	
	I = 5, J = 10		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	AACI3 (3/3)		
関連サブルーチン			
		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
NOVLVN	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数VLVNデータ7 頁数 (max. 5)	—	
NPVLVN (I)	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数VLVNデータ7 I 頁目に出力するデータ 数 (max. 10)	—	
NQVLVN (J, I)	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数VLVNデータ7 I 頁目に出力する J 番目 データバルブ番号	—	
NRVLVN (J, I)	サマリ (プロッタ) 出力用 プール変数VLVN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	—	
	I = 5, 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			
変数名	意味	単位	備考
ET	基準計算経過時間	sec	
YTIME	プロッタ&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	A A P 1 (1/2)		
関連サブルーチン			
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)		
	$I = K N T P$		
FLWN (I , J)	プール変数	kg / sec	
	(流路網 J , 流路 I の流量)		
	$I = K N F F , J = K N W F$		
PRSN (I , J)	プール変数	kg / m ²	
	(流路網 J 圧力ノード I の圧力)		
	$I = K N O P , J = K N W P$		

変数名リスト

コモンブロック名	A A P 1 (2/2)		
関連サブルーチン			
変 数 名	意	味	単 位 備 考
PMPN (I, J)	プール変数		-
	(J番目ポンプ関連プロセス量)		
	I = KNPM, J = KNNM		
VLVN (I, J)	プール変数		-
	(J番目バルブ関連プロセス量)		
	I = KNPV, J = KNNV		

変 数 名 リ ス ト

3.2 モジュール A C (空気冷却器熱計算)

モジュール A C

1 機能

空気冷却器 (A/C) 熱計算。対象とする A/C は、管内流体ナトリウム、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
ナトリウム入口温度	TEMP	ナトリウム出口温度	TEMP
空気入口温度	TEMP	空気伝熱部出口温度	TEMP
ナトリウム流量	FLWN	空気出口/外側出口温度	TEMP
空気流量	TEMP	ナトリウム側自然循環力	TEMP
		空気側自然循環力	TEMP
		ナトリウム平均温度	TEMP

3 モデルの概要 (図 A C - 1 参照)

- (1) 独立な A/C は、最大 K N A C (注) 基。
- (2) 各 A/C は、伝熱部、及び出口ダクト部より成る。伝熱部は径方向にナトリウム、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 K M A C (注) 分割、出口ダクト部最大 K L A C (注) 分割〕した各温度点について、エネルギー

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) ナトリウム，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) ナトリウムの逆流を考慮できる。

(注) KNAC, KMAC, KLAC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

ナトリウム

$$C_{na} M_{na} \frac{\partial}{\partial t} T_{na}(z, t) = -C_{na} G_{na}(t) \frac{\partial}{\partial z} T_{na}(z, t) - U_1 A_1 (T_{na}(z, t) - T_t(z, t)) \quad (1)$$

伝熱管

$$C_t M_t \frac{\partial}{\partial t} T_t(z, t) = U_1 A_1 (T_{na}(z, t) - T_t(z, t)) - U_2 A_2 (T_t(z, t) - T_a(z, t)) \quad (2)$$

伝熱部空気

$$C_a M_a \frac{\partial}{\partial t} T_a(z, t) = C_a G_a(t) \frac{\partial}{\partial z} T_a(z, t) + U_2 A_2 (T_t(z, t) - T_a(z, t)) - U_5 A_5 (T_a(z, t) - T_v(z, t)) = 0 \quad (3)$$

伝熱部ダクト

$$C_v M_v \frac{\partial}{\partial t} T_v(z, t) = U_5 A_5 (T_a(z, t) - T_v(z, t)) - U_6 A_6 (T_v(z, t) - T_{air}) \quad (4)$$

出口ダクト部空気

$$C a' M a' \frac{\partial}{\partial t} T a' (z, t) = C a' G a' (t) \frac{\partial}{\partial t} T a' (z, t) - U 3 A 3 (T a' (z, t) - T D (z, t)) = 0 \quad \text{--- (5)}$$

出口ダクト

$$C D M D \frac{\partial}{\partial t} T D (z, t) = U 3 A 3 (T a' (z, t) - T D (z, t)) - U 4 A 4 (T D (z, t) - T a i r) \quad \text{--- (6)}$$

(2) 熱伝達率, 及び伝熱式

熱伝達率

$$U 1 = \frac{1}{\frac{d 1 + d 2}{2 d 1} \frac{1}{\alpha 1} + R 1 + \frac{d 1 + d 2}{4 K t} \ln \frac{d 1 + d 2}{2 d 1}} \quad \text{--- (7)}$$

$U 2 = f(G a) : \text{空気流量の関数として} \quad \text{--- (8)}$

テーブルフィッティング

$U 3 = b 1 (T a' (z, t) - T D (z, t))^{b 2} \quad \text{--- (9)}$

b 1, b 2は入力データ。

U 4, U 5, U 6は入力データ。(一定値)

伝熱式

$$\alpha 1 = \frac{k n a}{d 1} (5.0 + 0.025 P e 1^{0.8}) \quad \text{--- (10)}$$

(Subbotinの式)

但し, $P e 1 = P r n a \frac{|G n a(t)|}{\rho n a S n a} \frac{d 1}{\nu n a}$

(3) 自然循環力

$$\Delta H n a(t) = \int_z \rho n a(z, t) C n a d z \quad \text{--- (11)}$$

$$\Delta H_a(t) = \int_z \rho_a(z,t) C_a dz + \int_Z \rho_{a'}(z,t) C_{a'} dz \quad (12)$$

— 記号説明 —

na	; ナトリウム	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]
		d2	; 伝熱管外径 [m]

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。

ナトリウム

$$\begin{aligned} & \frac{M_{na} C_{na}(i)}{2 \Delta t} \{ (1 + \beta) (T_{na}(i+1, j+1) - T_{na}(i+1, j)) \\ & \quad + (1 - \beta) (T_{na}(i, j+1) - T_{na}(i, j)) \} \\ = & - \frac{G_{na}(j+1) C_{na}(i)}{\Delta Z} \left(\frac{T_{na}(i+1, j+1) + T_{na}(i+1, j)}{2} \right. \\ & \left. - \frac{T_{na}(i, j+1) + T_{na}(i, j)}{2} \right) \\ & - U_1(i, j+1) A_1 \{ 0.25((1 + \alpha) (T_{na}(i+1, j+1) + T_{na}(i+1, j)) \\ & \quad + (1 - \alpha) (T_{na}(i, j+1) + T_{na}(i, j))) \\ & \quad - T_t(i, j) \} \quad (13) \end{aligned}$$

伝熱管

$$\begin{aligned}
& C t(i) M t \frac{T t(i, j+1) - T t(i, j)}{\Delta t} \\
& = U 1(i, j+1) A 1 \{0.5((1 + \alpha) T n a(i+1, j+1) + (1 - \alpha) T n a(i, j+1)) \\
& \quad - 0.5(T t(i, j+1) + T t(i, j))\} \\
& \quad - U 2(i, j+1) A 2 \{0.5(T t(i, j+1) + T t(i, j)) - \theta a(i, j+1)\} \\
& \hspace{15em} \text{----- (14)}
\end{aligned}$$

伝熱部空気

$$\begin{aligned}
T a(i, j+1) &= \frac{1}{k 1} (k 2 + (k 1 \cdot T a(i+1, j+1) - k 2) \\
& \quad * \exp \left(- \frac{k 1 \Delta Z}{C a(i) G a(j+1)} \right)) \text{----- (15)}
\end{aligned}$$

ノード平均温度は、定常エネルギーバランスより、

$$\begin{aligned}
\theta a(i, j+1) &= \frac{1}{k 1} \left(k 2 + \frac{C a(i) G a(j+1)}{\Delta Z} (T a(i+1, j+1) \right. \\
& \quad \left. - T a(i, j+1)) \right) \text{----- (16)}
\end{aligned}$$

但し、 $k 1 = U 2(i, j+1) A 2 + U 5(i, j+1) A 5$

$$k 2 = U 2(i, j+1) A 2 T t(i, j) + U 5(i, j+1) A 5 T v(i, j)$$

伝熱部ダクト

$$\begin{aligned}
& C v(i) M v \frac{T v(i, j+1) - T v(i, j)}{\Delta t} \\
& = U 5(i, j+1) A 5 (\theta a(i, j+1) - T v(i, j+1)) \\
& \quad - U 6(i, j+1) A 6 (T v(i, j+1) - T a i r) \text{----- (17)}
\end{aligned}$$

出口ダクト部空気

$$\begin{aligned}
T a'(i'+1, j+1) &= T D(i', j) + (T a'(i', j+1) - T D(i', j)) \\
& \quad * \exp \left(- \frac{U 3(i', j+1) A 3 \Delta Z}{C a'(i') G a(j+1)} \right) \text{----- (18)}
\end{aligned}$$

ノード平均温度は、定常エネルギーバランスより、

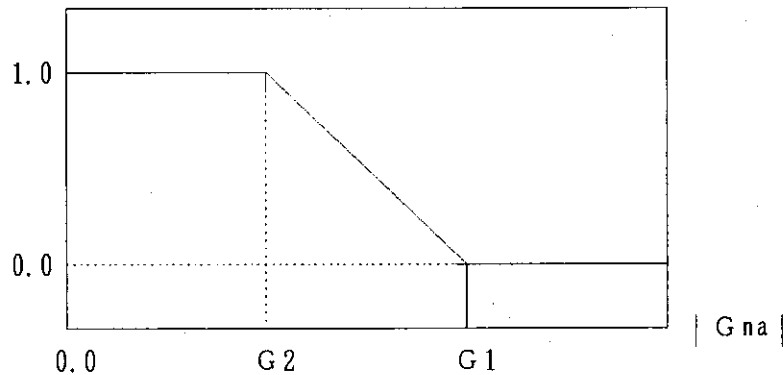
$$\theta a' (i', j+1) = TD(i', j) + \frac{Ca' (i') Ga (j+1)}{U3 (i', j+1) A3 \Delta Z} * (Ta' (i'+1, j+1) - Ta' (i', j+1)) \quad (19)$$

出口ダクト

$$CD(i') MD \frac{TD(i', j+1) - TD(i', j)}{\Delta t} = U3 (i', j+1) A3 (\theta a' (i', j+1) - TD(i', j+1)) - U4 A4 (TD(i', j+1) - Tair) \quad (20)$$

但し、 $\alpha = \text{sign}(Gna) \alpha'$
 $\beta = \text{sign}(Gna) \beta'$
 α', β' は下記のように定義される。

α', β'



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、

ナトリウム

$$-\frac{Gna Cna (i)}{\Delta Z} (Tna (i+1) - Tna (i)) - U1 (i) A1 (0.5 * (1 + \alpha) Tna (i+1) + 0.5 * (1 - \alpha) Tna (i) - Tt (i)) = 0 \quad (21)$$

伝熱部伝熱管

$$U1(i) A1 (0.5*(1+\alpha) T_{na(i+1)} + 0.5*(1-\alpha) T_{na(i)} - T_t(i)) - U2(i) A2 (T_t(i) - \theta_a(i)) = 0 \quad \text{--- (22)}$$

伝熱部空気

$$T_a(i) = T_t(i) + (T_a(i+1) - T_t(i)) \text{EXP}(-X(i)) \quad \text{--- (23)}$$

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

$$\theta_a(i) = T_t(i) + 1 / X(i) (T_a(i+1) - T_a(i)) \quad \text{--- (24)}$$

(24) 式を (22) 式に代入し,

$$U1(i) A1 (0.5*(1+\alpha) T_{na(i+1)} + 0.5*(1-\alpha) T_{na(i)} - T_t(i)) + \frac{C_a(i) G_a}{\Delta Z} (T_a(i+1) - T_a(i)) = 0 \quad \text{--- (25)}$$

(21) , (25) , (23) 式より,

ナトリウム

$$\begin{aligned} & \left[- \frac{G_{na} C_{na}(i)}{\Delta Z} + 0.5 U1(i) A1 (1-\alpha) \right] \underline{T_{na}(i)} \\ & + \left[\frac{G_{na} C_{na}(i)}{\Delta Z} + 0.5 U1(i) A1 (1+\alpha) \right] \underline{T_{na}(i+1)} \\ & + [- U1(i) A1] \underline{T_t(i)} = 0 \quad \text{--- (26)} \end{aligned}$$

伝熱部伝熱管

$$\begin{aligned} & [-0.5 U1(i) A1 (1-\alpha)] \underline{T_{na}(i)} \\ & + [-0.5 U1(i) A1 (1+\alpha)] \underline{T_{na}(i+1)} + [-U1(i) A1] \underline{T_t(i)} \\ & + [- \frac{G_a C_a(i)}{\Delta Z}] \underline{T_a(i+1)} + [\frac{G_a C_a(i)}{\Delta Z}] \underline{T_a(i)} = 0 \quad \text{--- (27)} \end{aligned}$$

伝熱部空気

$$\begin{aligned} & [-1 + \text{EXP}(-X(i))] \underline{T_t(i)} \\ & + [-\text{EXP}(-X(i))] \underline{T_a(i+1)} + [1] \underline{T_a(i)} = 0 \quad \text{--- (28)} \end{aligned}$$

$T_{na}(1) \sim T_{na}(IEND)$, $T_t(1) \sim T_t(IEND-1)$, $T_a(1) \sim T_a(IEND)$ の $3*IEND-1$ 個の未知数を有する, $3*IEND-3$ 個の連立方程式 (26) ~ (28) 式をマトリクス表示

し、 $Ta(iEND)$, $Tna(1)$ を境界条件として解く。

$Tt(1) \sim Tt(iEND-1)$ 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

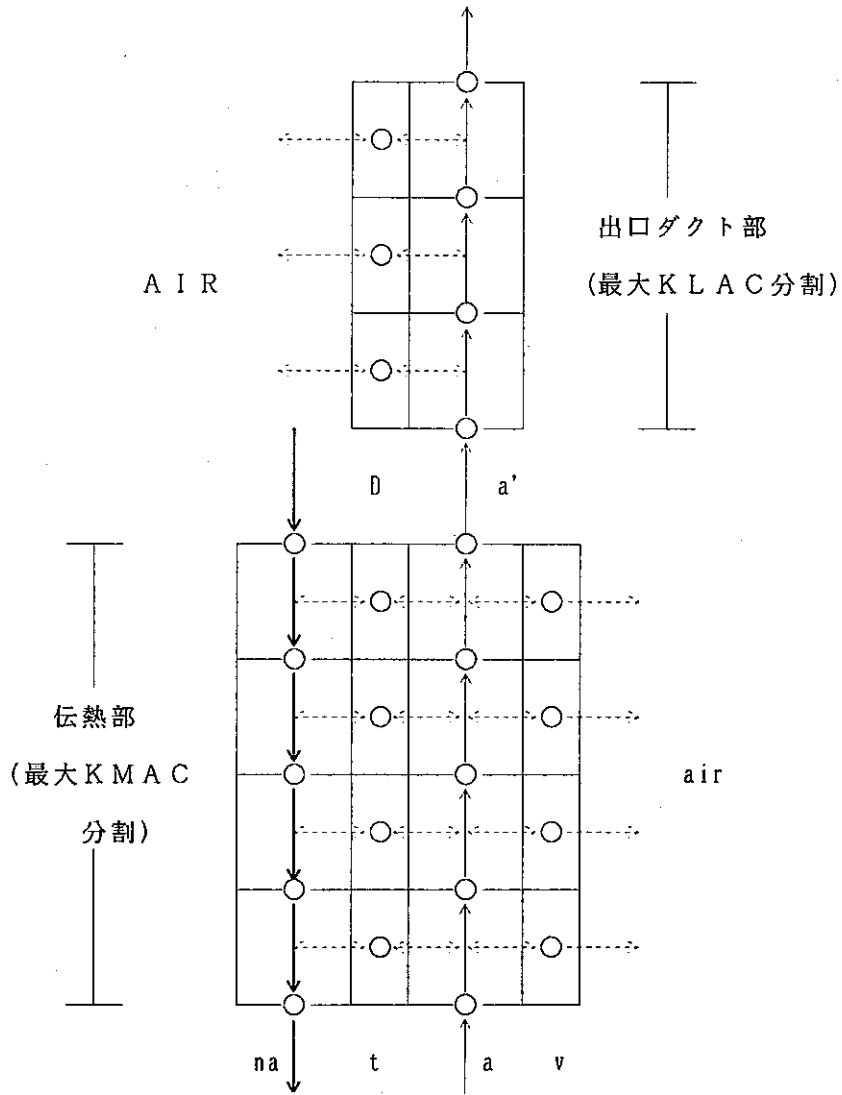
$$Ta'(i'+1) = TD(i') + (Ta'(i') - TD(i')) \exp(-X(i')) \quad \text{--- (29)}$$

出口ダクト

$$U3(i')A3(\theta a'(i') - TD(i')) - U4A4(TD(i') - Tair) = 0 \quad \text{--- (30)}$$

$$\text{但し、} \theta a'(i') = TD(i') + (Ca'(i')Ga) / (U3(i')A3 \Delta Z) \\ * (Ta'(i') - Ta'(i'+1))$$

(29), (30) 式を用いて、 $TD(i')$ が収束するまで計算を続行する。



- | | | |
|------------|--------------|--------------|
| —— 伝熱部 —— | —— 出口ダクト部 —— | |
| na ; ナトリウム | a' ; 空気 | ○ ; 代表温度点 |
| t ; 伝熱管 | D ; 出口ダクト | → ; ナトリウムの流れ |
| a ; 空気 | | → ; 空気の流れ |
| v ; 伝熱部ダクト | | ⋯→ ; 熱伝達 |

図 A C - 1 空気冷却器熱計算モデル

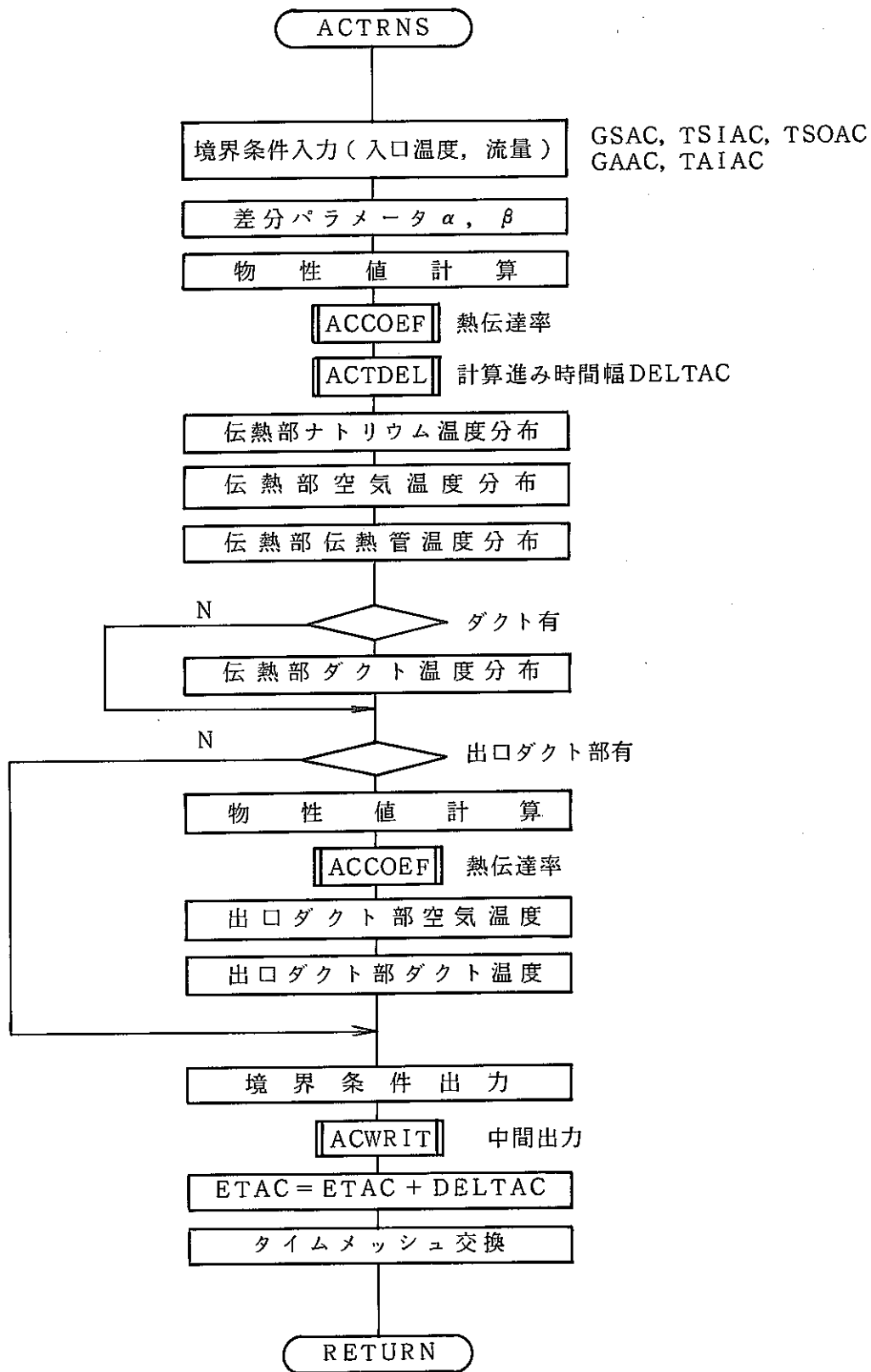


図 A C - 2 sub. ACTRNSフローチャート

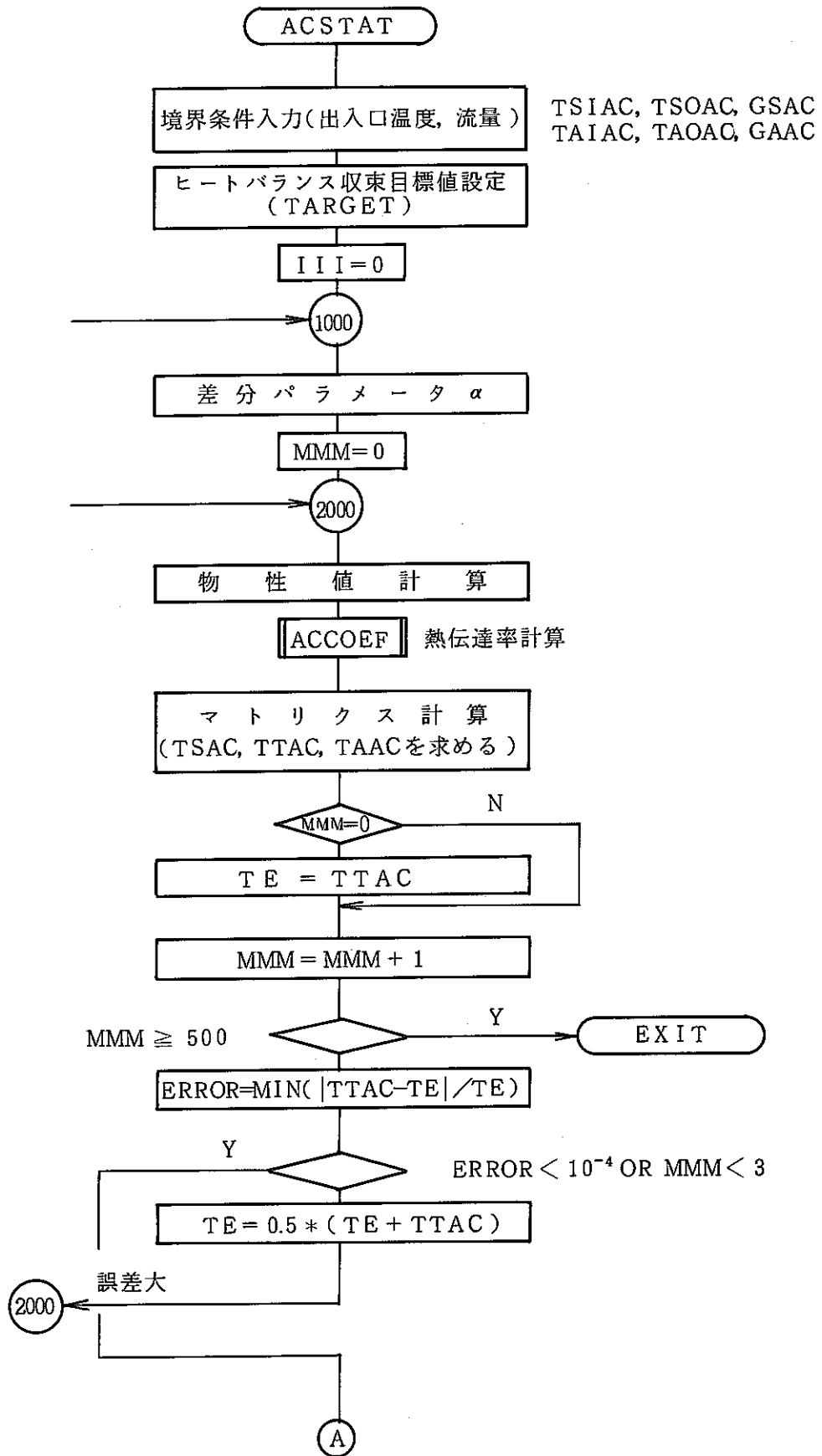
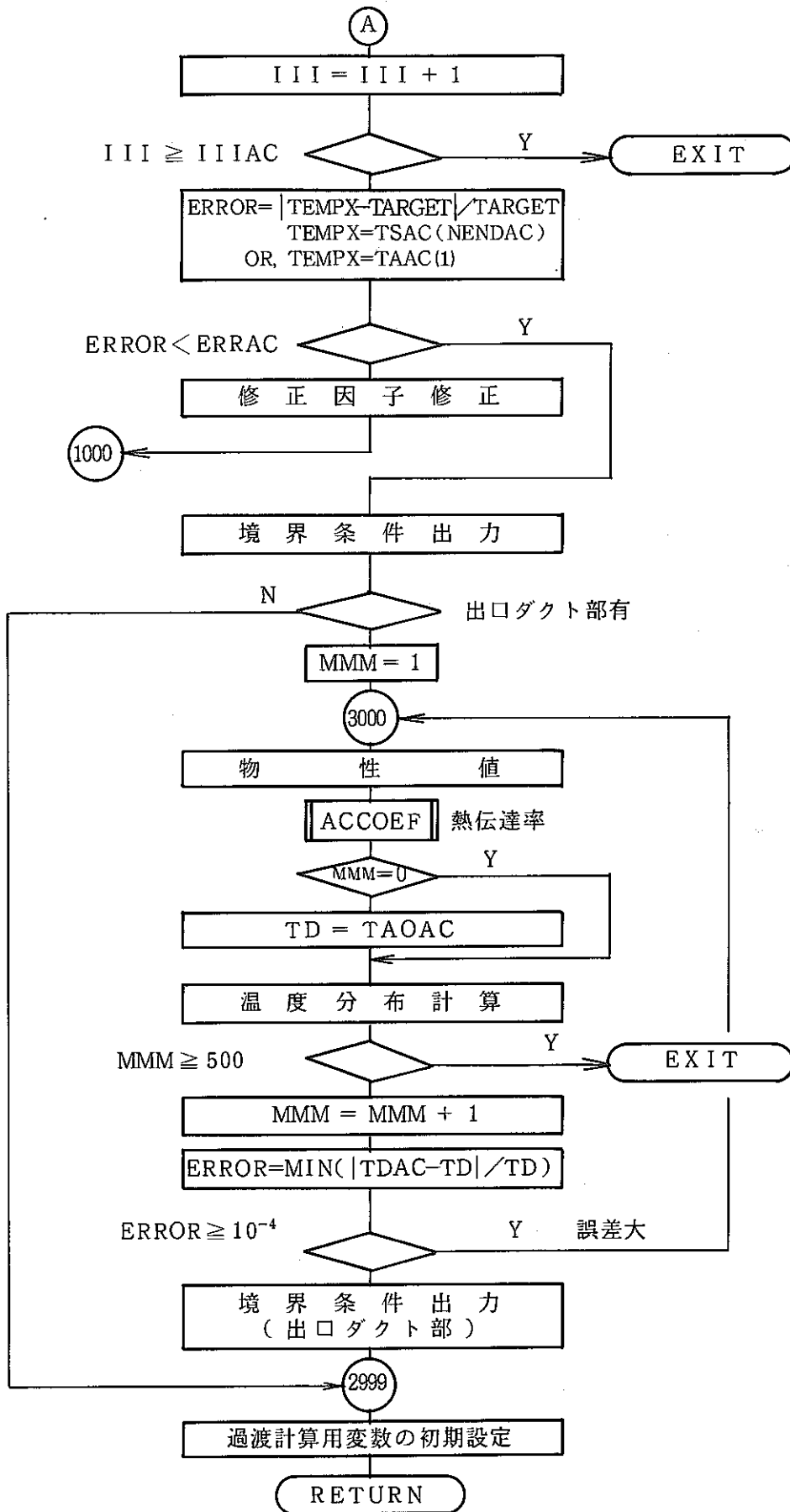


図 A C - 3 sub. ACSTATフローチャート (1/2)



図A C - 3 sub.ACSTATフローチャート (2/2)

表A C - 1 モジュールA C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A C計算コントロール	MODULE SUB.
ACREAD	モジュールA C関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
ACININ	モジュールA C関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
ACRSTA	モジュールA C RESTART FILEの書出し, 読み込み	MODULE SUB.
ACSTAT	モジュールA C初期設定計算	MODULE SUB.
ACTRNS	モジュールA C過渡計算	MODULE SUB.
ACCOEF	モジュールA C熱伝達率計算	MODULE SUB.
ACTDEL	モジュールA C計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
ACINV	モジュールA C逆行列計算	MODULE SUB.
ACWRIT	モジュールA C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.
ZSODUM	ナトリウムの物性値計算	ELEMENT SUB.

コモンブロック名	ACMI1 (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)	= 1, ダクト部有り モジュールAC (i) ≠ 1, ダクト部無し	-	
IOP2AC (i)	= 1, ダクト部放熱有り モジュールAC (i) ≠ 1, ダクト部放熱無し	-	
IOP3AC (i)	= 1, 伝熱部ダクト有り モジュールAC (i) ≠ 1, 伝熱部ダクト無し	-	
IOP4AC (i)	= 1, 伝熱部ダクト放熱有り モジュールAC (i) ≠ 1, 伝熱部ダクト放熱無し	-	
IOP5AC (i)	= 1, 空気側熱伝達 (JAMSONの式) モジュールAC (i) ≠ 1, 空気側熱伝達 (FITTING式)	-	
	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	ナトリウム入口温度	プール変数番号	-	TEMP に対応
NTSOAC (i)	i 番目A/C	ナトリウム出口温度	プール変数番号	-	TEMP に対応
NWSAC (i)	i 番目A/C	ナトリウム流路網番号		-	FLWN に対応
NFSAC (i)	i 番目A/C	ナトリウム流路番号		-	FLWN に対応
NHSAC (i)	i 番目A/C	ナトリウム自然循環力	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	ナトリウム平均温度	変数番号	-	TEMP に対応
	i = KNAC				

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACMI1 (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 : ナトリウム出口温度 = 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 : ナトリウム流量 = 4 : 空気入口温度 = 5 : ナトリウム入口温度	-	
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	ACM11			(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)	ナトリウム入口温度 初期値	℃	
TSOAC0 (i)	モジュールAC (i)	ナトリウム出口温度 初期値	℃	
TAIAC0 (i)	モジュールAC (i)	空気入口温度	℃	
TAOAC0 (i)	モジュールAC (i)	空気出口温度	℃	
GSAC0 (i)	モジュールAC (i)	ナトリウム流量	kg/sec	
GAAC0 (i)	モジュールAC (i)	空気流量	kg/sec	
IIIAC (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	ACMI1			(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 (j, i)	モジュールAC (i) 中間出力時間	sec		
	i = KNAC, j = 5			

変数名リスト

コモンブロック名	ACMI1 (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 ナトリウム物性値 = 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)
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)
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)
	(注) = 1 ; SUS316 = 3 ; 2 1/4Cr-1Mo = 2 ; SUS304 = 4 ; 9Cr-1Mo		
	i = KNAC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACMI1 (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 伝熱部ナトリウム基準温度	℃	(注)
TTXAC (i)	i 番目A/C 伝熱部伝熱管基準温度	℃	(注)
TAXAC (i)	i 番目A/C 伝熱部空気基準温度	℃	(注)
TDXAC (i)	i 番目A/C 出口ダクト基準温度	℃	(注)
TADXAC (i)	i 番目A/C 出口ダクト部空気基準温度	℃	(注)
TVXAC (i)	i 番目A/C 伝熱部ダクト基準温度	℃	(注)
	(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	ACMI2 (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	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
NENDAC (i)	I 番目 A/C 伝熱部ノード分割数 (MAX KMAC)	—	
MENDAC (i)	I 番目 A/C 出口ダクト部ノード分割数 (MAX KLAC)	—	
NTAC (i)	I 番目 A/C 伝熱管本数	本	
	i = KNAC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACMI2 (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 伝熱部ナトリウム ↔ 伝熱管 伝面密度	m ² /m	肉厚中心 基準
A2AC(i)	i番目A/C 伝熱部伝熱管 ↔ 空気 伝面密度	m ² /m	
A3DAC(i)	i番目A/C 出口ダクト部 ↔ 空気 伝面密度	m ² /m	
A4DAC(i)	i番目A/C 出口ダクト部 ↔ 空気雰囲気 伝面密度	m ² /m	
A5AC(i)	i番目A/C 伝熱部 空気 ↔ ダクト 伝面密度	m ² /m	
A6AC(i)	i番目A/C 伝熱部 ダクト ↔ 空気雰囲気 伝面密度	m ² /m	
AHSAC(i)	i番目A/C 伝熱部 ナトリウム 重量密度	kg/m	
AHTAC(i)	i番目A/C 伝熱部伝熱管 重量密度	kg/m	
AHVAC(i)	i番目A/C 伝熱部ダクト 重量密度	kg/m	
AHDAC(i)	i番目A/C 出口ダクト部 出口ダクト 重量密度	kg/m	
AVSAC(i)	i番目A/C 伝熱部 ナトリウム流路断面積 (流速計算用)	m ²	
	i = KNAC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACMI2			(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		
AIRAC(i)	i 番目 A/C 空気雰囲気温度	℃		
DEAAC(i)	i 番目 A/C 空気側伝熱管等価直径	℃		
AVAAC(i)	i 番目 A/C 空気側流路断面積	m ²		
PICHAC(i)	i 番目 A/C 伝熱管フィンピッチ	m		
TFINAC(i)	i 番目 A/C 伝熱管フィン厚み	m		
DFINAC(i)	i 番目 A/C 伝熱管フィン外径	m		
ETFAC(i)	i 番目 A/C 伝熱管フィン効率	-		
	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	U2 計算用フィテングデータの個数	-	
U2DATW (j, i)	i 番目A/C	U2 計算用流量データ	kg/sec	
U2DATU (j, i)	i 番目A/C	U2 計算用熱貫流率データ	Kcal/m ² sec°C	
U3ACA (i)	i 番目A/C	U3 = U3ACA (i) * (TAVDAC (n, k)	-	
U3ACB (i)	i 番目A/C	-TDAC (n, k) **U3ACB (i)	-	
U4ACI (i)	i 番目A/C	U4 入力値	Kcal/m ² sec°C	
RFAC (i)	i 番目A/C	伝熱部 ナトリウム側汚れ係数	m ² sec°C /Kcal	
AMX1AC (i)	i 番目A/C	ANUSAC (i, k) の最大値	-	
AMN1AC (i)	i 番目A/C	ANUSAC (i, k) の最小値	-	
U5ACI (i)	i 番目A/C	U5 入力値	Kcal/m ² sec°C	
U6ACI (i)	i 番目A/C	U6 入力値	Kcal/m ² sec°C	
RFAAC (i)	i 番目A/C	伝熱部 空気側汚れ係数	m ² sec°C /Kcal	
AMX2AC (i)	i 番目A/C	ANUAAC (i, k) の最大値	-	
AMN2AC (i)	i 番目A/C	ANUAAC (i, k) の最小値	-	

i = KNAC, j = 20

変数名リスト

コモンブロック名	ACM1	(1/3)	
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			
変数名	意味	単位	備考
ETAC (i)	モジュールAC (i) 計算経過時間	sec	
DELTAC (i)	モジュールAC (i) 計算進み時間巾	sec	
MAC1 (i)	モジュールAC (i) タイムメッシュ (1ステップ前)	-	
MAC2 (i)	モジュールAC (i) タイムメッシュ (現ステップ)	-	
IOUTAC (i)	モジュールAC (i) 中間出力時間の指定	-	
	i = KNAC		

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 伝熱部ナトリウム 比熱	kcal/ kg℃	
ROSAC (i, k)	A/C 伝熱部ナトリウム 密度	kg/m ³	
PRSAC (i, k)	A/C 伝熱部ナトリウム プラントル数	—	
VKSAC (i, k)	A/C 伝熱部ナトリウム 動粘性係数	m ² /sec	
TKSAC (i, k)	A/C 伝熱部ナトリウム 熱伝導率	kcal/ msec℃	
CPTAC (i, k)	A/C 伝熱管 比熱	kcal/ kg℃	
ROTAC (i, k)	A/C 伝熱管 密度	kg/m ³	
TKTAC (i, k)	A/C 伝熱管 熱伝導率	kcal/ msec℃	
ATKTAC (i, k)	A/C 伝熱管 熱伝導率 (ノード端点)	kcal/ msec℃	
CPAAC (i, k)	A/C 空気 比熱	kcal/ kg℃	
ROAAC (i, k)	A/C 空気 密度	kg/m ³	
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 ² /sec	
TKAAC (i, k)	A/C 空気 熱伝導率	kcal/ msec℃	

i = KNAC, k = KMAC

変数名リスト

コモンブロック名	ACM1	(3/3)	
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			
変数名	意味	単位	備考
CPDAC (i, j)	A/C 出口ダクト部 比熱	kcal/ kg℃	
RODAC (i, j)	A/C 出口ダクト部 密度	kg/m ³	
TKDAC (i, j)	A/C 出口ダクト部 熱伝導率	kcal/ msec℃	
CPADAC (i, j)	A/C 出口ダクト部空気 比熱	kcal/ kg℃	
ROADAC (i, j)	A/C 出口ダクト部空気 密度	kg/m ³	
PRADAC (i, j)	A/C 出口ダクト部空気 プラントル数	—	
VKADAC (i, j)	A/C 出口ダクト部空気 動粘性係数	m ² /sec	
TKADAC (i, j)	A/C 出口ダクト部空気 熱伝導率	kcal/ msec℃	
CPVAC (i, k)	A/C 伝熱部 ダクト 比熱	kcal/ kg℃	
ROVAC (i, k)	A/C 伝熱部 ダクト 密度	kg/m ³	
TKVAC (i, k)	A/C 伝熱部 ダクト 熱伝導率	kcal/ msec℃	
	i = KNAC, k = KMAC, j = KLAC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACM2	(1/5)	
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 ナトリウム入口温度	℃	フル変数 との接続
TSOAC (n)	i 番目A/C ナトリウム出口温度	℃	フル変数 との接続
GSAC (n)	i 番目A/C ナトリウム流量	kg/sec	フル変数 との接続
HSAC (n)	i 番目A/C ナトリウム自然循環力	kg/m ²	フル変数 との接続
TAIAC (n)	i 番目A/C 空気入口温度	℃	フル変数 との接続
TAOAC (n)	i 番目A/C 空気伝熱部出口温度	℃	フル変数 との接続
TDOAC (n)	i 番目A/C 空気ダクト部出口温度	℃	フル変数 との接続
GAAC (n)	i 番目A/C 空気流量	kg/sec	フル変数 との接続
HAAC (n)	i 番目A/C 空気自然循環力	kg/m ²	フル変数 との接続
	n = 2 * KNAC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACM2	(2/5)	
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 ナトリウム温度	℃	
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 ナトリウム温度平均値	℃	
	n = 2 * KNAC, k = KMAC, j = KLAC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	ACM2 (3/5)			
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
U1AC (n, k)	i 番目 A/C	熱伝達率 伝熱部 ナトリウム ↔ 伝熱管	kcal/ m ² sec ² °C	
U2AC (n, k)	i 番目 A/C	熱伝達率 伝熱部 伝熱管 ↔ 空気	kcal/ m ² sec ² °C	
U3AC (n, j)	i 番目 A/C	熱伝達率 出口ダクト部 出口ダクト ↔ 空気	kcal/ m ² sec ² °C	
U4AC (n, j)	i 番目 A/C	熱伝達率 出口ダクト部 出口ダクト ↔ 空気雰囲気	kcal/ m ² sec ² °C	
U5AC (n, k)	i 番目 A/C	熱伝達率 伝熱部 空気 ↔ ダクト	kcal/ m ² sec ² °C	
U6AC (n, k)	i 番目 A/C	熱伝達率 伝熱部 ダクト ↔ 空気雰囲気	kcal/ m ² sec ² °C	
	n = 2 * KNAC, k = KMAC, j = KLAC			

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	味	単 位	備 考
HEA1AC (i, k)	i 番目 A/C	熱計算用途中変数	—	
ALPHAC (i)	i 番目 A/C	伝熱部ナトリウム側差分パラメータ α	—	
BETAAC (i)	i 番目 A/C	伝熱部ナトリウム側差分パラメータ β	—	
DELZAC (i)	i 番目 AC	伝熱部 1 ノードあたりの長さ	m	
DLZDAC (i)	i 番目 AC	出口ダクト部 1 ノードあたりの長さ	m	
	K	HEA1AC (i, k)		
	1	$\frac{d_1 + d_2}{2 d_1}$		
	2	$\frac{d_1 + d_2}{4} = L_n \frac{d_1 + d_2}{2 d_1}$		
	3	不 使 用		
	4	不 使 用		
	5	不 使 用		
	i = KNAC, k = 5			

変数名リスト

3.3 モジュールCK（逆止弁の計算）

モジュールCK

1 機能

ダッシュポット付き逆止弁の計算。

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
ナトリウム流量	FLWN	逆止弁開度	VLVN
ナトリウム温度	TEMP	逆止弁抵抗係数	VLVN

3 モデルの概要

- (1) 独立した逆止弁は、最大KNCK（注）基。
- (2) ダッシュポットを含む弁の運動方程式を、ルンゲ・クッタ法を用いて解く。
- (3) 使用するナトリウム物性値（密度）は、温度の関数、又は一定値。
- (4) 逆止弁は、初期全開状態とする。

（注）KNCKは、コンパイル時にパラメータ文にて指定。

4 基礎式（図CK-1参照）

弁体の運動方程式

$$\langle \phi < \theta \leq \alpha \rangle$$

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -W L g \sin(\theta' - \beta) + L f F f \quad \text{———— (1)}$$

$$\langle 0 \leq \theta \leq \phi \text{ (ダッシュポット作動時)} \rangle$$

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -W L g \sin(\theta' - \beta) + L f F f + L d F d \quad \text{———— (2)}$$

但し、

$$F_f = \frac{\pi}{4} d^2 \frac{1}{K f^2} \frac{r}{2g} \left(V \cos \theta' - L f \frac{d\theta}{dt} \right)^2$$

(流体が弁体に及ぼす力)

$$F_d = \frac{C_T r S}{2g} \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + Kx + fS_0 + fR - \cos \delta$$

(ダッシュポットが弁体に与える力)

$$\frac{1}{K f^2} = \frac{f(\theta') k(\theta')}{\cos^2 \theta'}$$

$$V = \frac{G}{r A}$$

$$x = a \theta' + b$$

5 解 法

(1), (2) 式より、

$\langle \phi < \theta \leq \alpha \rangle$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{L f}{I} \frac{\pi}{4} d^2 \frac{r}{2g} f(\theta') k(\theta')$$

$$\begin{aligned} * \left(\frac{G}{r A} - L f \frac{\pi}{180} \frac{\omega'}{\cos \theta'} \right) & \left| \frac{G}{r A} - L f \frac{\pi}{180} \frac{\omega'}{\cos \theta'} \right| \\ - \frac{W L g}{I} \sin(\theta - \beta) & \text{----- (3)} \end{aligned}$$

(3) 式を、2階2次のルンゲ・クッタ法を用いて解く。

$\langle 0 \leq \theta \leq \phi \rangle$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{Lf}{I} \frac{\pi}{4} d^2 \frac{r}{2g} f(\theta')k(\theta')$$

$$* \left(\frac{G}{rA} - Lf \frac{\pi}{180} \frac{\omega'}{\cos \theta'} \right) \left| \frac{G}{rA} - Lf \frac{\pi}{180} \frac{\omega'}{\cos \theta'} \right|$$

$$- \frac{WLg}{I} \sin(\theta - \beta)$$

$$+ \frac{Ld}{I} \left(\frac{CT r S a^2}{2g} \omega'^2 + K a \theta' + K b + f S O + f R - W d \cos \delta \right)$$

———— (4)

(4) 式は,

$$\frac{d\omega}{dt} = e \omega'^2 + h(\theta', \omega')$$

———— (5)

但し,

$$e = \frac{Ld}{I} \frac{CT r S a^2}{2g}$$

$$h = \frac{Lf}{I} \frac{\pi}{4} d^2 \frac{r}{2g} f(\theta')k(\theta')$$

$$* \left(\frac{G}{rA} - Lf \frac{\pi}{180} \frac{\omega'}{\cos \theta'} \right)$$

$$* \left| \frac{G}{rA} - Lf \frac{\pi}{180} \frac{\omega'}{\cos \theta'} \right| - \frac{WLg}{I} \sin(\theta - \beta)$$

$$+ \frac{Ld}{I} (K a \theta' + K b + f S O + f R - W d \cos \delta)$$

(4) 式で, $\frac{d\omega}{dt} = 0$ と仮定し, ω' を求める。

$h(\theta', \omega') < 0$ の時,

$$\frac{d\theta'}{dt} = \omega' = 0$$

$h(\theta', \omega') \geq 0$ の時,

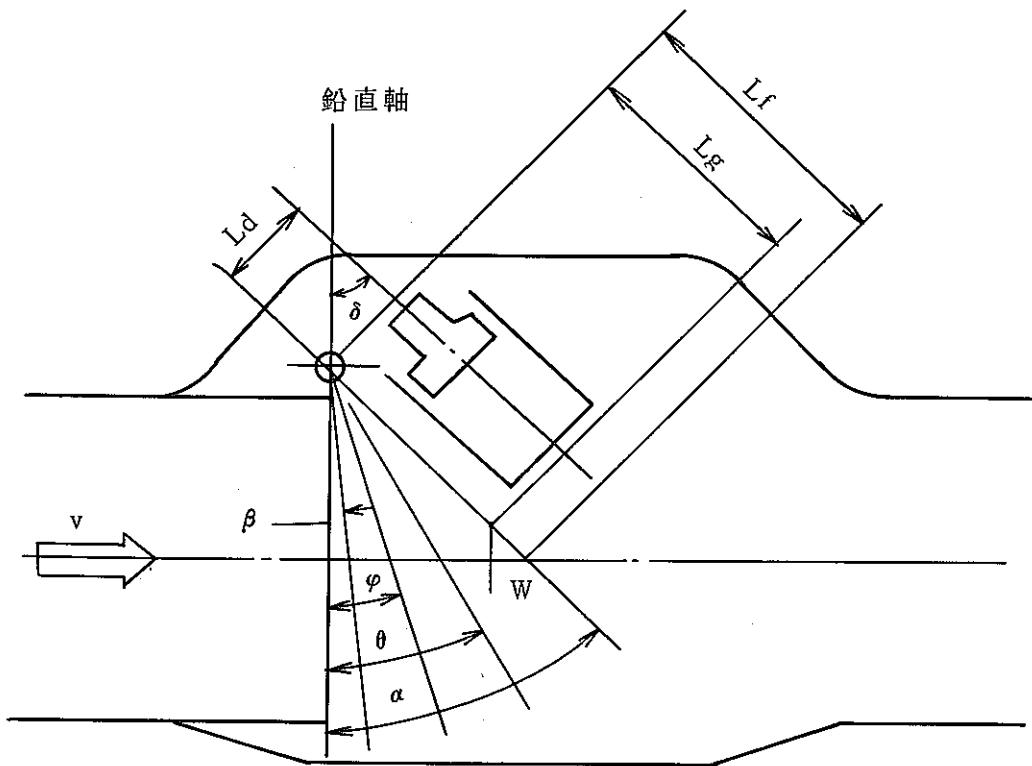
$$\frac{d\theta'}{dt} = \omega' = -\sqrt{h(\theta', \omega') / e}$$

— 記号説明 —

θ	; 逆止弁開度	[rad]
θ'	; 逆止弁開度	[degree]
ω	; 逆止弁角速度	[rad/sec]
ω'	; 逆止弁角速度	[degree/sec]
G	; 流量	[kg/sec]
A	; 流量計算用断面積	[m ²]
V	; 流速	[m/sec]
I	; 慣性モーメント	
W	; 流体中での弁体重量	[kg]
Lg	; 回転中心より弁体重心までの長さ	[m]
Lf	; 回転中心より弁体中心までの長さ	[m]
Ld	; ダッシュポット作動アーム長さ	[m]
β	; フリーハング時の弁開度	[degree]
α	; 全開時の弁開度	[degree]
ϕ	; ダッシュポット作動開始時弁開度	[degree]
$f(\theta)$	; 逆止弁モーメント係数	
$K(\theta)$	; 逆止弁抵抗係数	
S	; ダッシュポット内断面積	[m ²]
CT	; ダッシュポットオリフィス係数	
fR	; ダッシュポット内摩擦力	[kg]
x	; ダッシュポットストローク	[mm]
a, b	; 逆止弁—ストローク変換係数	
fS	; ダッシュポットスプリング初期荷重	[kg]

$$fS_0 = fR + Wd \cos \delta$$

W_d	；ダッシュポットピストン重量	[kg]
δ	；ダッシュポット中心軸と鉛直のなす角度	[degree]
k	；ダッシュポットスプリング定数	[kg/mm]
γ	；ナトリウムの比重量	[kg/m ³]
a	；弁座内径	[m]



図CK-1 逆止弁モデル

表CK-1 モジュールCKサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
CKCONT	モジュールCK計算コントロール	MODULE SUB.
CKREAD	モジュールCK関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
CKBLOK	モジュールCK関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
CKRSTA	モジュールCK RESTART FILE書出し, 読み込み	MODULE SUB.
CKSTAT	モジュールCK初期設定計算	MODULE SUB.
CKTRNS	モジュールCK過渡計算	MODULE SUB.
CKCOEF	モジュールCK係数計算	MODULE SUB.
CKDIFF	モジュールCKルンゲ・タック微分項計算	MODULE SUB.
CKWRIT	モジュールCK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.
ZSODUM	ナトリウムの物性値計算	ELEMENT SUB.

コモンブロック名	CKMI1	(1/2)		
関連サブルーチン				
モジュールCK モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	CKREAD	
		ネームリスト名	NAMCK1	
変数名	意	味	単 位	備 考
NNCK	モジュールCK 逆止弁の基数 (max. KNCK)		-	
IMDLCK (i)	モジュールCK 計算実行の可否 = 1 : 実行する (i) ≠ 1 : 実行しない		-	
NTSCK (i)	i 番目逆止弁ナトリウム温度プール変数番号 (注)		-	TEMP に対応
NWSCK (i)	i 番目逆止弁ナトリウム流路網番号		-	FLWN に対応
NFSCK (i)	i 番目逆止弁ナトリウム流路番号		-	FLWN に対応
NVOCK (i)	i 番目逆止弁開度のプール変数番号		-	VLVN に対応
NVFCK (i)	i 番目逆止弁抵抗係数変数番号		-	VLVN に対応
NVCK (i)	i 番目逆止弁弁番号		-	VLVN に対応
	(注) ナトリウム密度計算用 密度一定の時は不要			
	i = KNCK			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CKMI 1 (2/2)		
関連サブルーチン			
モジュールCK モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	CKREAD
		ネームリスト名	NAMCK1
変数名	意味	単位	備考
VOPCK0 (i)	i 番目 逆止弁開度 初期値 (全開)	deg	(注)
	(注) 45.0を入力		
DMAXCK (i)	モジュールCK 計算進み時間巾 最大値 (i)	sec	
DMINCK (i)	モジュールCK 計算進み時間巾 最小値 (i)	sec	
TMAXCK (i)	モジュールCK 計算終了時間 (i)	sec	
ISTACK (i)	モジュールCK = 1 : Sub. CKSTAT の出力を行なう (i) = 2 : Sub. CKSTAT (詳細出力)	-	
IDBGCK (i)	モジュールCK = 1 : 中間出力を行う (i) = 2 : 中間出力を行う (詳細出力)	-	
OUTCK (j, i)	モジュールCK の中間出力時間の指定 (i)	sec	
KPCCK (i)	モジュールCK ナトリウム密度 (i) = 1 ; 温度依存 ≠ 1 ; 一定	-	
TSXCK (i)	モジュールCK ナトリウム基準温度 (i)	℃	
	i = KNCK, j = 30		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CKMI 2		(1/3)
関連サブルーチン			
モジュールCK モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	CKREAD	
	ネームリスト名	NAMCK2	
変数名	意味	単位	備考
DDSCK (i)	i 番目 逆止弁ダッシュポット作動開始弁開度	deg	
AGCK (i)	i 番目 逆止弁流速計算用断面積	m ²	A
WVCK (i)	i 番目 逆止弁流体中での弁体重量	kg	W
ZGVCK (i)	i 番目 逆止弁回転中心より弁体重心までの長さ	m	L _g
ZFVCK (i)	i 番目 逆止弁回転中心より弁体中心までの長さ	m	L _f
ZDVCK (i)	i 番目 逆止弁ダッシュポット作動アームの長さ	m	L _d
OFVCK (i)	i 番目 逆止弁フリーハング時の弁開度	degree	β
ADCK (i)	i 番目 逆止弁ダッシュポット内断面積	m ²	S
FDOCK (1, i)	i 番目 逆止弁ダッシュポット 切換弁開度 オリフィス係数	degree	C _T
(2, i)	i 番目 逆止弁ダッシュポット オリフィス係数 (弁開度 \geq FDOCK(1, i))	—	
(3, i)	i 番目 逆止弁ダッシュポット オリフィス係数 (弁開度 $<$ FDOCK(1, i))	—	
	i = KNCK		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CKMI2 (3/3)		
関連サブルーチン			
モジュールCK モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	CKREAD	
	ネームリスト名	NAMCK2	
変数名	意味	単位	備考
IMOCK (i)	i 番目逆止弁 モーメント係数フィッティング個数	-	
VMOCK (k, i)	i 番目逆止弁 弁開度データ	deg	(注1)
CMOCK (k, i)	i 番目逆止弁 モーメント係数	-	(注1)
IDMCK (i)	未使用	-	
IFCCK (i)	i 番目逆止弁 抵抗係数フィッティング個数	-	
VFCCK (k, i)	i 番目逆止弁 弁開度データ	deg	(注1)
CFCK (k, i)	i 番目逆止弁 抵抗係数	-	(注2)
IDFCCK (i)	未使用	-	
	(注1) 逆流時データは弁開度データを負で表わす		
	(注2) $\Delta P = f G^2$ の f (ΔP ; kg/m ² , G; kg/sec)		
	i = KNCK		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CKM2 (1/2)		
関連サブルーチン			
モジュールCK モジュールサブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
TSCK(j)	i 第目逆止弁 ナトリウム温度	℃	7-ル変数との接続
GSCK(j)	i 第目逆止弁 ナトリウム流量	kg/sec	7-ル変数との接続
VOPCK(j)	i 第目逆止弁 開度	deg	7-ル変数との接続
VFRCK(j)	i 第目逆止弁 抵抗係数	—	7-ル変数との接続
	(注) $\Delta p = f G^2$ の f に対応		
OMGCK(j)	i 番目逆止弁 角速度	deg/sec	
MOMCK(i)	i 番目逆止弁 モーメント係数	—	
GCSCCK(i)	i 番目逆止弁 逆止弁閉開始流量	kg/sec	
IVOPCK(i)	i 番目逆止弁 逆止弁動作オプション = 0 ; 不作動, = 1 ; 作動	—	
	i = KNCK, j = 2 * KNCK		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CKM2			(2/2)		
関連サブルーチン						
モジュールCK モジュールサブルーチン						
変数名	意	味	単	位	備	考
PCCK (k, i)	モジュールCK (i) 途中変数		—			
	K	内容				
	1	$\frac{\pi d^2}{8} \frac{Lfr}{Lg}$				
	2	$\frac{l}{Ar}$				
	3	$\frac{Lf\pi}{180}$				
	4	$\frac{WLg}{I}$				
	5	—				
	6	$\frac{CTrSa^2}{2g} \times 10^{-6} (\theta' \geq FDOCK(1, i))$				
	7	$\frac{CTrSa^2}{2g} \times 10^{-6} (\theta' < FDOCK(1, i))$				
	8	Ka				
	9	$Ka + fso - Wdcos\delta$				
	10	$\frac{Ld}{I}$				
	i = KNCK, k = 10					

変 数 名 リ ス ト

3.4 モジュールCL（制御系の計算）

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KCC L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ることができる。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。

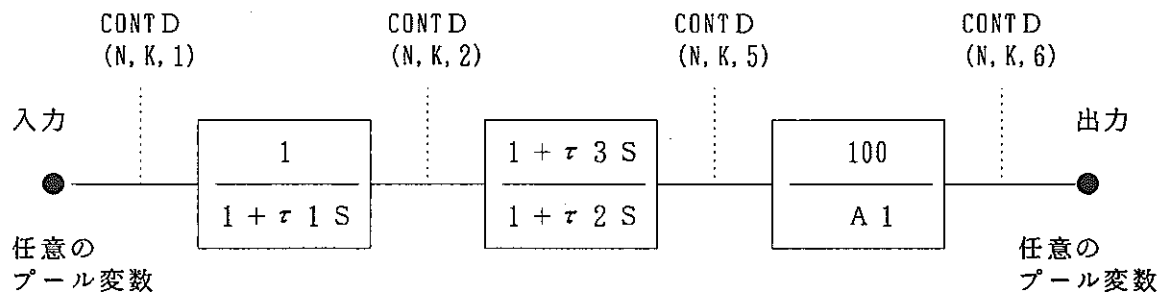
3) 非線形要素 (図CL-3参照)

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)

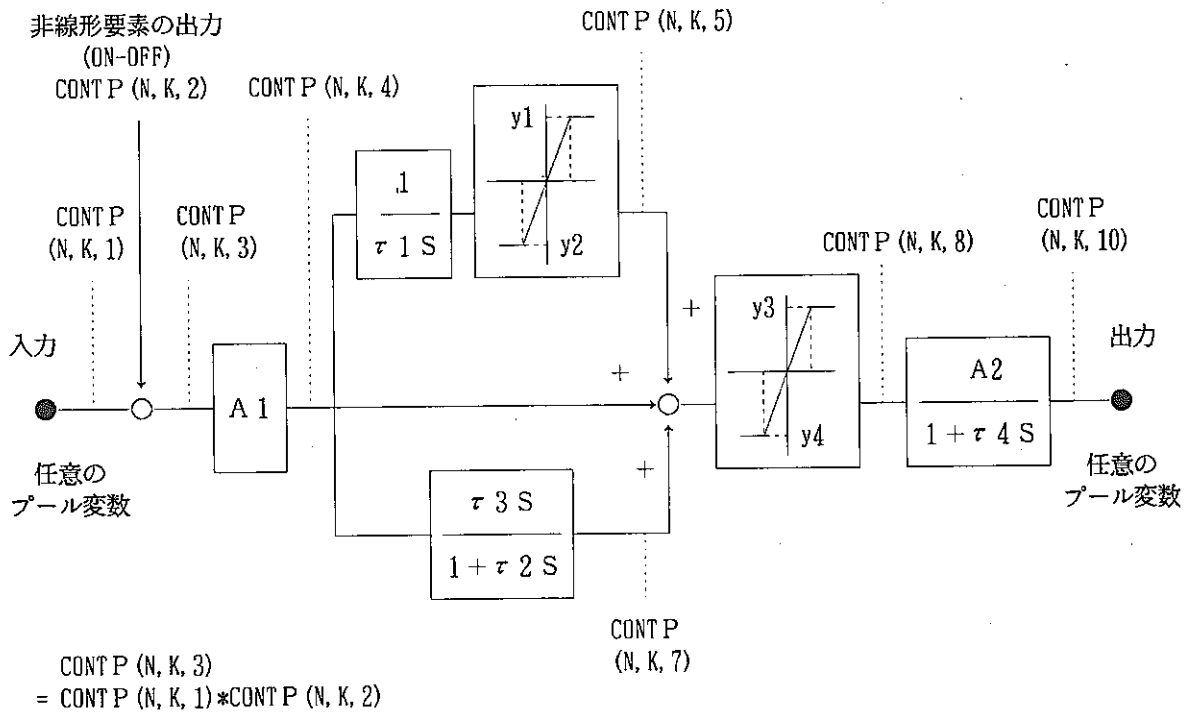
演算要素は、任意のプール変数から任意のプロセス量を最大10個まで入力し、加減算、乗除算を経た信号を任意のプール変数に出力する。

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



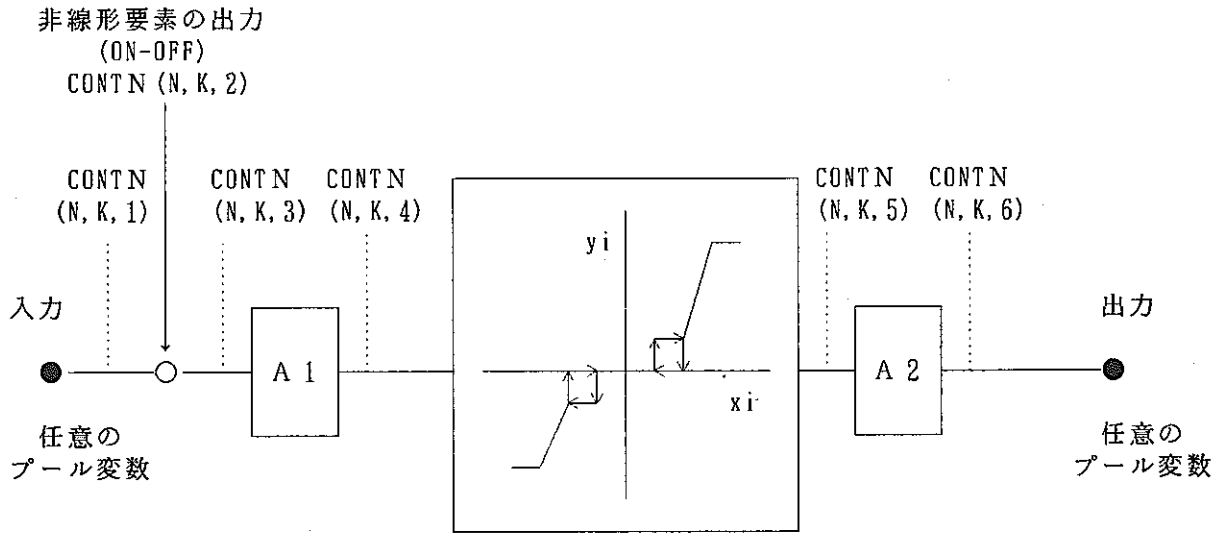
記号	変数名
$\tau 1$	VALCLD (1, K, i)
$\tau 2$	VALCLD (2, K, i)
$\tau 3$	VALCLD (3, K, i)
A 1	VALCLD (4, K, i)

図 C L - 1 制御系検出要素モデル



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

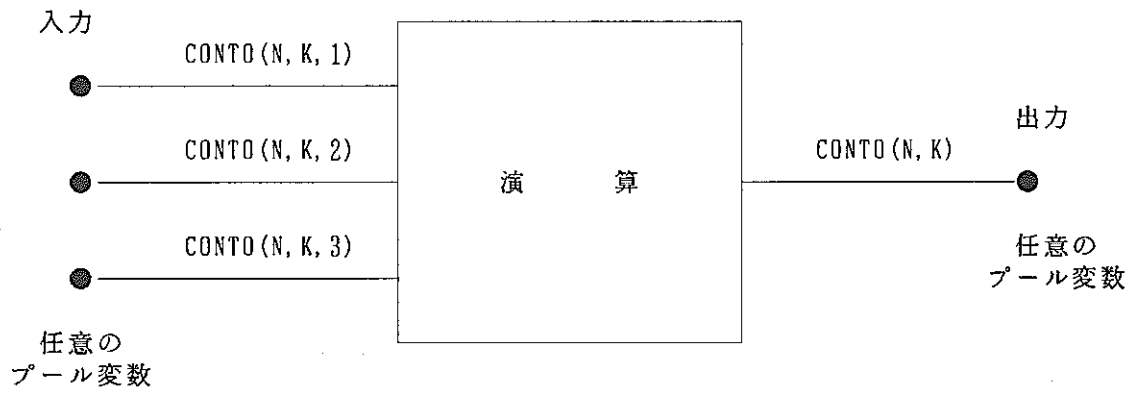
図CL-2 制御系PID要素モデル



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

記号	変数名		
A 1	VALCLN (1, K, i)		
A 2	VALCLN (2, K, i)		
x i y 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)

図CL-3 制御系非線形要素モデル



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

乗除算
$$CLOUTO(N, K) = (VALCLO(1, K, i) * CONTO(N, K, 1)) * (VALCLO(2, K, i) * CONTO(N, K, 2))$$

又は,
$$CLOUTO(N, K) = (VALCLO(1, K, i) * CONTO(N, K, 1)) / (VALCLO(2, K, i) * CONTO(N, K, 2))$$

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 RESTART FILE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計算進み時間中の計算	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.

モジュールCL パラメータ変数 (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
KCCL	モジュールCL 独立な制御系最大数	-	
KDCL	モジュールCL 検出要素最大数	-	
KPCL	モジュールCL PID要素最大数	-	
KNCL	モジュールCL 非線形要素最大数	-	
KOCL	モジュールCL 演算要素最大数	-	

変数名リスト

コモンブロック名	CLMI1 (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	CLM I I (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
I I N T D (K 1, I)	モジュールCL (I) = 1, 入力信号初期値を入力データで与える K 1 番目検出要素	-	
C N T D 0 (K 1, I)	モジュールCL (I) 入力信号初期値 K 1 番目検出要素	-	
I I N T P (K 2, I)	モジュールCL (I) = 1, 入力信号初期値を入力データで与える K 2 番目PID要素	-	
C N T P 0 (K 2, I)	モジュールCL (I) 入力信号初期値 K 2 番目PID要素	-	
I I N T N (K 3, I)	モジュールCL (I) = 1, 入力信号初期値を入力データで与える K 3 番目非線形要素	-	
C N T N 0 (K 3, I)	モジュールCL (I) 入力信号初期値 K 3 番目非線形要素	-	
I I N T O (J, K 4, I)	モジュールCL (I) = 1, 入力信号初期値を入力データで与える K 4 番目演算要素	-	
C N T O 0 (J, K 4, I)	モジュールCL (I) J 番目入力信号初期値 K 4 番目演算要素	-	
	I = KCCL, K 1 = KDCL, K 2 = KPCL, K 3 = KNCL, K 4 = 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 時間進み巾 = DDELCL(J, I)	sec	
TMAXCL (I)	モジュールCL (I) 計算終了時間	sec	
	I = KCCL, J = 5		

変数名リスト

コモンブロック名	CLM I 1 (4/4)		
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
IPSTCL (I)	モジュール (I) = 1, sub.CLSTATの出力を行う	-	
IPTRCL (I)	モジュール (I) = 1, 中間出力を行う	-	
OUTCL (J, I)	モジュール (I) 中間出力時間	sec	
	I = KCCL, J = 30		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CLMI2			(1/5)
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
LCLID (K, I)	モジュールCL (I) K番目検出要素	入力に対応するプール変数の 識別	-	(注1)
MCLID (K, I)	モジュールCL (I) K番目検出要素	プール変数番号の指定	-	(注2)
NCLID (K, I)	モジュールCL (I) K番目検出要素	プール変数番号の指定	-	(注2)
LCLOD (K, I)	モジュールCL (I) K番目検出要素	出力に対応するプール変数の 識別	-	(注1)
MCLOD (K, I)	モジュールCL (I) K番目検出要素	プール変数番号の指定	-	(注2)
NCLOD (K, I)	モジュールCL (I) 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(MCLID), TEMP(MCLOD) その他について, FLWN(MCLID, NCLID) FLWN(MCLOD, NCLOD)			
	I = KCCL, K = KDCL			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CLMI2 (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	-	
	(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	CLMI2			(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	CLMI2 (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) 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) K 番目演算要素	プール変数番号の指定		(注2)
NCLIO (J, K, I)	モジュールCL (I) K 番目演算要素	プール変数番号の指定		(注2)
LCLOO (K, I)	モジュールCL (I) K 番目演算要素	J 番目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) 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) 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) 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		
LSTAO (K, I)	モジュールCL (I) 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) 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
	(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	CLMI2			(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) K1番目検出要素	各種入力データ	-	
VALCLP (J, K2, I)	モジュールCL (I) K2番目PID要素	各種入力データ	-	
VALCLN (J, K3, I)	モジュールCL (I) K3番目非線形要素	各種入力データ	-	
IVLA (K3, I)	モジュールCL (I) K3番目非線形要素	x_i 増加時テーブルデータ個 数	-	
XVLA (J, K3, I)	モジュールCL (I) K3番目非線形要素	x_i データ	-	
YVLA (J, K3, I)	モジュールCL (I) K3番目非線形要素	y_i データ	-	
IVLB (K3, I)	モジュールCL (I) K3番目非線形要素	x_i 減少時テーブルデータ個 数	-	
XVLB (J, K3, I)	モジュールCL (I) K3番目非線形要素	x_i データ	-	
YVLB (J, K3, I)	モジュールCL (I) K3番目非線形要素	y_i データ	-	
VALCLO (J, K4, I)	モジュールCL (I) K4番目演算要素	各種入力データ	-	
	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	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

変数名	意 味	単 位	備 考
COMONBLOCK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		
CONTD (N, K1, J)	モジュールCL (I) 制御信号 K1番目検出要素	-	
CLOUTD (I, K1)	モジュールCL (I) 出力 K1番目検出要素	-	
CONTP (N, K2, J)	モジュールCL (I) 制御信号 K2番目PID要素	-	
CLOUTP (I, K2)	モジュールCL (I) 出力 K2番目PID要素	-	
CONTN (N, K3, J)	モジュールCL (I) 制御信号 K3番目非線形要素	-	
CLOUTN (I, K3)	モジュールCL (I) 出力 K3番目非線形要素	-	
CONTO (N, K4, J)	モジュールCL (I) 制御信号 K4番目演算要素	-	
CLOUTO (I, K4)	モジュールCL (I) 出力 K4番目演算要素	-	
	I = KCCL, N = 2 * KCCL, K1 = KDCL, K2 = KPCL, K3 = KNCL, K4 = KOCL, J = 10		

変数名リスト

3.5 モジュールCR（制御棒の計算）

モジュールCR

1 機能

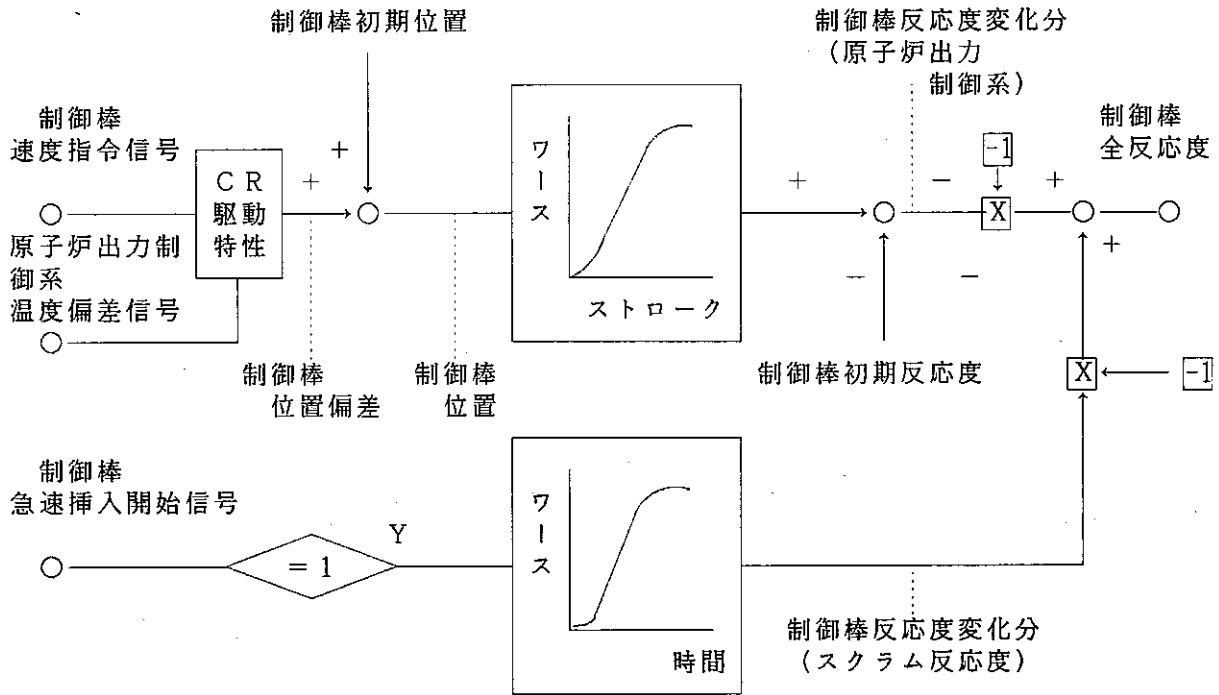
制御棒反応度の計算。

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に示す。



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CRRESTART FILEの書出し, 読込み	MODULE SUB.
CRSTAT	モジュールCR初期設定計算	MODULE SUB.
CRTSNS	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	CRMI 1 (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	NAMCR1		
変数名	意	味	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 : もんじゅモデル		
NVCR		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 の場合入力)		
NSCR		制御棒急速挿入開始信号プール変数番号	—	TEMP に対応
N1CR		原子炉出力制御系 制御棒反応度変化分プール変数番号	—	TEMP に対応
N2CR		スクラム反応度変化分プール変数番号	—	TEMP に対応
NTOTCR		制御棒全反応度変化分プール変数番号	—	TEMP に対応
DTIMCR (j)	モジュールCR	計算進み時間巾 DTIMCR(j) ≤ ETCRの時 DELTCR = DDELTCR(j)	sec	
DDELTCR (j)	モジュールCR		sec	
TMAXCR	モジュールCR	計算終了時間	sec	
ISTACR	モジュールCR	= 1 : Sub. CRSTATの出力を行う	—	
IDBGCR	モジュールCR	= 1 : 中間出力を行う = 2 : 中間出力を行う (詳細出力)	—	
OUTCR (i)	モジュールCR	の中間出力時間の指定	—	

j = 5, i = 30

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CRMI2			(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-反応度フィッティング	制御棒価値	\$	
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	制御棒価値	\$	
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	-	
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	\$	
CRDATA (j)	制御棒駆動特性データ			-
	k = 50			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	CRM 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			
変数名	意 味	単 位	備 考
CONT CR (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)	VD	
J = 2	温度偏差信号 (%)	TD	
J = 3	制御棒引抜き, 挿入フラッグ	α	
J = 4	制御棒速度 (m/sec)	VS	
J = 5	途中変数 (sec)	t0	
J = 6	途中変数 (sec)	T1	
J = 7	途中変数 (sec)	T2	
J = 8	制御棒位置偏差 (m)	P	
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

3.6 モジュール F A (空気系流動計算)

モジュール F A

1 機能

空気系の流動計算。

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
ブローヘッド	PMPN	空気流量	TEMP
ベーン, ダンパの抵抗係数	VLVN		
自然循環力	TEMP		

3 モデルの概要

- (1) 独立した空気流路は最大KNFA（注）流路。
 - (2) 各流路には、ブロー、及びベーン、ダンパを各一個設定できる。
- （注）KNFAはコンパイル時パラメータ文にて指定。

4 基礎式

運動方程式

$$\frac{L}{g} \frac{d}{dt} G(t) = \Delta HB(t) + \rho_{air} h_0 + \Delta HEL(t) - \left(KB(t) + \frac{k_0}{2 a^{**2} \rho_{air} g} \right) G(t)^2 \quad (1)$$

— 記号説明 —

- L ; 流体慣性
[1/m]
- g ; 重力加速度
[m/sec²]

G	;	空気流量	
			[kg/sec]
ΔH_B	;	フロアヘッド	
			[kg/m ²]
ΔH_{EL}	;	自然循環力 (伝熱部, ダクト部)	
			[kg/m ²]
ρ_{air}	;	空気 (外気) 密度	
			[kg/m ³]
h_0	;	伝熱部, ダクト部高さの合計	
			[m]
a	;	流路断面積	
			[m ²]
K _B	;	ベーン, ダンパの抵抗係数	
			[sec ² /kg m ²]
K ₀	;	伝熱部, ダクト部圧損係数の合計	
			[—]
t	;	時間	
			[sec]

5 解 法

(1)式について,

- 1) $dG/dt=0$ として, dynamic に解く。
- 2) $dG/dt=0$ として, static に解く。

表FA-1 モジュールFAサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
FACONT	モジュールFA計算コントロール	MODULE SUB.
FAREAD	モジュールFA関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
FABLOK	モジュールFA関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
FARSTA	モジュールFA RESTART FILEの書出し, 読み込み	MODULE SUB.
FASTAT	モジュールFA初期設定計算	MODULE SUB.
FATRNS	モジュールFA過渡計算	MODULE SUB.
FATDEL	モジュールFA計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
FAWRIT	モジュールFA初期状態の出力, 及び中間出力	MODULE SUB.
YRUNG2	2次ルンゲタック法	ELEMENT SUB.
ZAIR	空気の物性値計算	ELEMENT SUB.

モジュールFA パラメータ変数 (1/1)			
関連サブルーチン			
モジュールFA モジュールサブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
KNFA	モジュールFA 流路数最大値	-	

変数名リスト

コモンブロック名	FAMI1 (1/1)		
関連サブルーチン			
モジュールFA モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	PARBAD
		ネームリスト名	NAMFA1
変数名	意味	単位	備考
NNFA	モジュールFA 流路数	-	
IMDLFA (I)	モジュールFA 計算実行の可否 = 1 : 実行する ≠ 1 : 実行しない	-	
DMAXFA (I)	モジュールFA 計算進み時間巾 最大値	sec	ITIMFA(I)=1 の時入力
DMINFA (I)	モジュールFA 計算進み時間巾 最小値	sec	ITIMFA(I)=1 の時入力
TMAXFA (I)	モジュールFA 計算終了時間	sec	
ITIMFA (I)	モジュールFA 計算進み = 0 ; 一定 = 1 ; コード中で計算	-	
DTIMFA (J, I)	モジュールFA DTIMFA(J, I) ≤ ETFA(I) の時	sec	ITIMFA(I)=0 の時入力
DDELFA (J, I)	DELTA(I) = DDELFA(J, I)	sec	ITIMFA(I)=0 の時入力
DCOTFA (I)	モジュールFA 計算進み時間巾, 計算値の係数	-	ITIMFA(I)=1 の時入力
ISTAFA (I)	モジュールFA = 1 ; SUB, FASTATの出力を行う = 2 ; (詳細出力)	-	
IDBGFA (I)	モジュールFA = 1 ; 中間出力を行う = 2 ; 中間出力を行う (詳細出力)	-	
OUTFA (K, I)	モジュールFA の中間出力時間の指定	sec	
	I = KNFA, J = 5, K = 30		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名		F A M I 2		(1/2)	
関連サブルーチン					
モジュールF A		モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	P A R B A D
				ネームリスト名	N A M F A 2
変数名	意	味	単 位	備 考	
N E L H D A (I)	流路 I	自然循環力 (伝熱部, ダクト部) に対するプール変数番号	—	T E M P に対応	
N T A F A (I)	流路 I	空気流量に対応するプール変数No.	—	T E M P に対応	
N P A 1 (I)	流路 I	ブロアの番号	—	P M P N に対応	
N P A 2 (I)	流路 I	ブロアのヘッドに対応する プロセス量番号	—	P M P N に対応	
N V A 1 (I)	流路 I	ベーン・ダンパの番号	—	V L V N に対応	
N V A 2 (I)	流路 I	ベーン・ダンパの抵抗係数に対応する プロセス量番号	—	V L V N に対応	
A L C F A (I)	流路 I	流体慣性	1 / m	I O P 1 F A (I) = 2 のとき入力	
H D F A (I)	流路 I	伝熱部・ダクト部合計高さ	m		
T A I R F A (I)	流路 I	外気温度	℃		
F R I C F A (I)	流路 I	伝熱部・ダクト部 抵抗係数の合計	—	(注)	
A S F A (I)	流路 I	流路断面積	m ²		
		(注) I O P 2 F A (I) ≠ 1 の時, コード中で自動設定される			
		I = K N F A			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FAM1	(1/1)	
関連サブルーチン			
モジュールFA モジュールサブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
ETFA (I)	モジュールFA (I) 計算経過時間	sec	
DELTF A (I)	モジュールFA (I) 計算進み時間巾	sec	
MFA1 (I)	モジュールFA (I) タイムメッシュ (1ステップ前)	-	
MFA2 (I)	モジュールFA (I) タイムメッシュ (現ステップ)	-	
IOUTFA (I)	モジュールFA (I) 中間出力時間メッシュ指定	-	
	I = KNFA		

変 数 名 リ ス ト

3.7 モジュールFM（水・蒸気系熱流動計算）

モジュールFM

1 機能

水・蒸気系の“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	TEMP
圧損素子の長さ	TEMP	ボリュームの圧力	PRSN
自然循環力	TEMP	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	TEMP
ボリュームへの流入エンタルピ	TEMP		
湧出し・消滅流量	FLWN		
ブロー流出部開口面積	TEMP		
圧力バウンダリの圧力	PRSN		

3 モデルの概要 (図FM-1参照)

- (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、当該水・蒸気系のボリューム要素の熱計算、ボリューム要素間の流動計算を行う汎用モデルである。
- (2) 流路網数、各流路網のボリューム数と流路数、及び各流路の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。
- (3) 任意の流路上に、任意個数の駆動源、バルブ、圧損素子を設定できる。
- (4) 各ボリュームに接続する流路数を任意に設定できる。ボリュームに接続する流路は、以下の3種類について考慮できる。
 - 1) 流路 (FLOW SEGMENT) との接続
 - 2) 湧出・消滅
 - 3) ブロー流出部 (安全弁、逃し弁、破断口等に対応)
- (5) 各ボリュームは側容量を考慮できる。
- (6) 水・蒸気の物性値は温度と圧力の関数、側容量の物性値は温度の関数、又は一定値とする。
- (7) 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。

4 基礎式

各流路網を構成するボリューム数をMN，圧力バウンダリ数をMB，流路の数をNとすると、任意のボリュームj，流路iについて、下記の質量保存則，エネルギー保存則，運動量保存則，及び状態方程式が成立つ。

(1) 質量保存則

$$V_j \frac{\partial \rho_j}{\partial t} + \sum G_{bj} + \sum S_j = \sum_{m=1}^N a_{jm} G_m \quad \text{--- (1)}$$

(j = 1 \dots MN)

G_m は、接続する流路端の流量

(2) エネルギー保存則

水・蒸気

$$\rho_j v_j \frac{\partial H_j}{\partial t} + v_j H_j \frac{\partial \rho_j}{\partial t} - \frac{v_j}{J} \frac{\partial P_j}{\partial t} + U_j A_j (T_j - T_{vj}) + \sum G_{bj} H_j + S_j H_x = \sum_{m=1}^N a_{jm} G_m H_x \quad (2)$$

(j = 1 \dots MN)

S_j, G_m が当該ボリュームに流入する方向である場合

H_x は接続する流路出口端のエンタルピ

S_j, G_m が当該ボリュームから流出する方向である場合

H_x = H_j

側容量

$$C_{pjmj} \frac{\partial T_{vj}}{\partial t} = U_j A_j (T_j - T_{vj}) \quad (3)$$

(j = 1 \dots MN)

U_j は、入力データ

(3) 運動量保存則

$$\sum_{n=1}^{MN+MB} b_{in} P_n = f_i |G_i| G_i + V_i |G_i| G_i - \Delta H_{ei} - \Delta H_{pi} + \frac{L_i}{g} \frac{dG_i}{dt} \quad (4)$$

(i = 1 \dots N)

f_i は、流路 i 上に存在する圧損失素子について、(f r i l / 2 a ρ D g) を加算したもの。

(4) 状態方程式

$$\rho_j = \rho_j (H_j, P_j) \quad (5)$$

(5) ブロー流出流量

$$G_{bj} = G_{bj} (H_j, P_j, P_o) \quad (6)$$

P_o は流出先の圧力

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。

水単相流 (HENRY-PAUSKEモデル)

データテーブルを使用

二相流 (MOODY モデル)

データテーブルを使用

蒸気単相流 (断熱噴流の式)

$$G b_j = A s_j C D \sqrt{2 g \frac{k}{k-1} \frac{P_j}{V_j} \left(\left(\frac{P_j}{P_o} \right)^{2/k} - \left(\frac{P_j}{P_o} \right)^{(k+1)/k} \right)}$$

$$G b_j = A s_j C D \sqrt{2 g \frac{k}{k-1} \frac{P_j}{V_j} \left(\left(\frac{2}{k+1} \right)^{2/(k+1)} - \left(\frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)} \right)}$$

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

5 解 法

(4), (5) 式より,

$$\frac{\partial \rho_j}{\partial t} = \left(\frac{\partial \rho_j}{\partial H_j} \right) \frac{dH_j}{dt} + \left(\frac{\partial \rho_j}{\partial P_j} \right) \frac{dP_j}{dt} \quad \text{--- (7)}$$

$$\frac{\partial G b_j}{\partial t} = \left(\frac{\partial G b_j}{\partial H_j} \right) \frac{dH_j}{dt} + \left(\frac{\partial G b_j}{\partial P_j} \right) \frac{dP_j}{dt} \quad \text{--- (8)}$$

(7), (8) 式を, (1) ~ (2) 式に代入すると,

質量保存則

$$v_j \left(\frac{\partial \rho_j}{\partial H_j} \right) \frac{dH_j}{dt} + v_j \left(\frac{\partial \rho_j}{\partial P_j} \right) \frac{dP_j}{dt} + \Sigma \left[\left(\frac{\partial G b_j}{\partial H_j} \right) \frac{dH_j}{dt} + \right.$$

$$\left. \left(\frac{\partial G b_j}{\partial P_j} \right) \frac{dP_j}{dt} \right] + \Sigma S_j = \Sigma_{m=1}^N a_{jm} G_m \quad \text{--- (9)}$$

エネルギー保存則

$$\begin{aligned}
 & v_j \rho_j \frac{dH_j}{dt} + v_j H_j \left(\frac{\partial \rho_j}{\partial H_j} \right) \frac{dH_j}{dt} + \left(\frac{\partial \rho_j}{\partial P_j} \right) \frac{dP_j}{dt} - \frac{v_j}{J} \frac{dP_j}{dt} \\
 & + U_j A_j (T_j - T v_j) + \Sigma \left[\left(\frac{\partial G_{bj}}{\partial H_j} \right) \frac{dH_j}{dt} + \left(\frac{\partial G_{bj}}{\partial P_j} \right) \frac{dP_j}{dt} \right] dt \cdot H_j \\
 & + \Sigma S_j H_x = \Sigma_{m=1}^N a_{jm} G_m H_x \quad \text{--- (10)}
 \end{aligned}$$

(9), (10) 式について,

$$\begin{aligned}
 H_j^{k+1} &= H_j^k + \Delta H_j^{k+1} \\
 P_j^{k+1} &= P_j^k + \Delta P_j^{k+1} \\
 G_i^{k+1} &= G_i^k + \Delta G_i^{k+1}
 \end{aligned} \quad \text{--- (11)}$$

として, タイムメッシュ $k, k+1$ について展開すると,

質量保存則

$$\begin{aligned}
 & \left(v_j \left(\frac{\partial \rho_j}{\partial H_j} \right) + \Sigma \left(\frac{\partial G_{bj}}{\partial H_j} \right) \Delta t \right) \frac{\Delta H_j^{k+1}}{H_j^k} + \left(v_j \left(\frac{\partial \rho_j}{\partial P_j} \right) + \Sigma \left(\frac{\partial G_{bj}}{\partial P_j} \right) \Delta t \right) \frac{\Delta P_j^{k+1}}{P_j^k} \\
 & + \Delta t \Sigma_{m=1}^N a_{jm} \frac{\Delta G_m^{k+1}}{G_m^k} = - \Sigma G_{bj} \Delta t - \Sigma S_j \Delta t + \Sigma_{m=1}^N a_{jm} G_m^k \Delta t \quad \text{--- (12)}
 \end{aligned}$$

エネルギー保存則

$$\begin{aligned}
 & \left(v_j \rho_j + v_j H_j \left(\frac{\partial \rho_j}{\partial H_j} \right) + \Sigma \left(\frac{\partial G_{bj}}{\partial H_j} \right) H_j \Delta t \right) \frac{\Delta H_j^{k+1}}{H_j^k} \\
 & + \left(v_j H_j \left(\frac{\partial \rho_j}{\partial P_j} \right) - \frac{v_j}{J} + \Sigma \left(\frac{\partial G_{bj}}{\partial P_j} \right) H_j \Delta t \right) \frac{\Delta P_j^{k+1}}{P_j^k} \\
 & + \Delta t H_x \Sigma_{m=1}^N a_{jm} \frac{\Delta G_m^{k+1}}{G_m^k} = - U_j A_j (T_j - T v_j) \Delta t \\
 & - \Sigma G_{bj} H_j \Delta t - \Sigma S_j H_x \Delta t + \Sigma_{m=1}^N a_{jm} G_m^k H_x \Delta t \quad \text{--- (13)}
 \end{aligned}$$

(4) 式については,

$$(G i^{k+1})^2 = (G i^k + \Delta G i^{k+1})^2 = (G i^k)^2 + 2 G i^k \Delta G i^{k+1} + \Delta G i^k \Delta G i^{k+1}$$

と仮定し,

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^{MN+MB} b i n \Delta P n^{k+1} - (\text{sgn}(G i^k) (f i^k + V i^k) (2 G i^k + \Delta G i^k) \\ & + \frac{L i}{\Delta t g}) \Delta G i^{k+1} = \text{sgn}(G i^k) (f i^k + V i^k) (G i^k)^2 \\ & - (\sum_{n=1}^{MN+MB} b i n P n^k + \Delta H e i^k + \Delta H p i^k) \end{aligned} \quad (14)$$

未知数 $\Delta H j^{k+1}$, $\Delta P j^{k+1}$, $\Delta G i^{k+1}$ について, (12) ~ (14) 式を用いて, $2MN + N$ 個の式を連立させ, implicit に解を求める。

尚, $(\frac{\partial \rho j^k}{\partial H j})$, $(\frac{\partial \rho j^k}{\partial P j})$, $(\frac{\partial G b j^k}{\partial H j})$, $(\frac{\partial G b j^k}{\partial P j})$ については,

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。

(12) 式より,

$$\bar{X} 11(j, j) \Delta H j^{k+1} + \bar{X} 12(j, j) \Delta P j^{k+1} + \bar{X} 13(j, i) \Delta G i^{k+1} = \bar{Y} 1(j) \quad (15)$$

(13) 式より,

$$\bar{X} 21(j, j) \Delta H j^{k+1} + \bar{X} 22(j, j) \Delta P j^{k+1} + \bar{X} 23(j, i) \Delta G i^{k+1} = \bar{Y} 2(j) \quad (16)$$

(14) 式より,

$$\bar{X} 31(i, j) \Delta H j^{k+1} + \bar{X} 32(i, j) \Delta P j^{k+1} + \bar{X} 33(i, i) \Delta G i^{k+1} = \bar{Y} 3(i) \quad (17)$$

(15) ~ (17) 式より,

$$\begin{pmatrix}
 \begin{array}{ccc}
 \xrightarrow{j_2} & \xrightarrow{j_2} & \xrightarrow{i_2} \\
 \uparrow & & \\
 j_1 & \bar{X}_{11} & \bar{X}_{12} & \bar{X}_{13} \\
 & (j_1, j_2) & (j_1, j_2) & (j_1, i_2) \\
 \downarrow & & & \\
 j_1 & \bar{X}_{21} & \bar{X}_{22} & \bar{X}_{23} \\
 & (j_1, j_2) & (j_1, j_2) & (j_1, i_2) \\
 \uparrow & & & \\
 i_1 & \bar{X}_{31} & \bar{X}_{32} & \bar{X}_{33} \\
 & (j_1, j_2) & (j_1, j_2) & (j_1, i_2) \\
 & = 0 & & \\
 \downarrow & & &
 \end{array} \\
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 \Delta H 1^{k+1} \\
 \vdots \\
 \Delta H j 1^{k+1} \\
 \Delta P 1^{k+1} \\
 \vdots \\
 \Delta P j 1^{k+1} \\
 \Delta G 1^{k+1} \\
 \vdots \\
 \Delta G i 1^{k+1}
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 \bar{Y} 1 (j_1) \\
 \vdots \\
 \bar{Y} 2 (j_1) \\
 \vdots \\
 \bar{Y} 3 (i_1)
 \end{pmatrix}
 \tag{ 18}$$

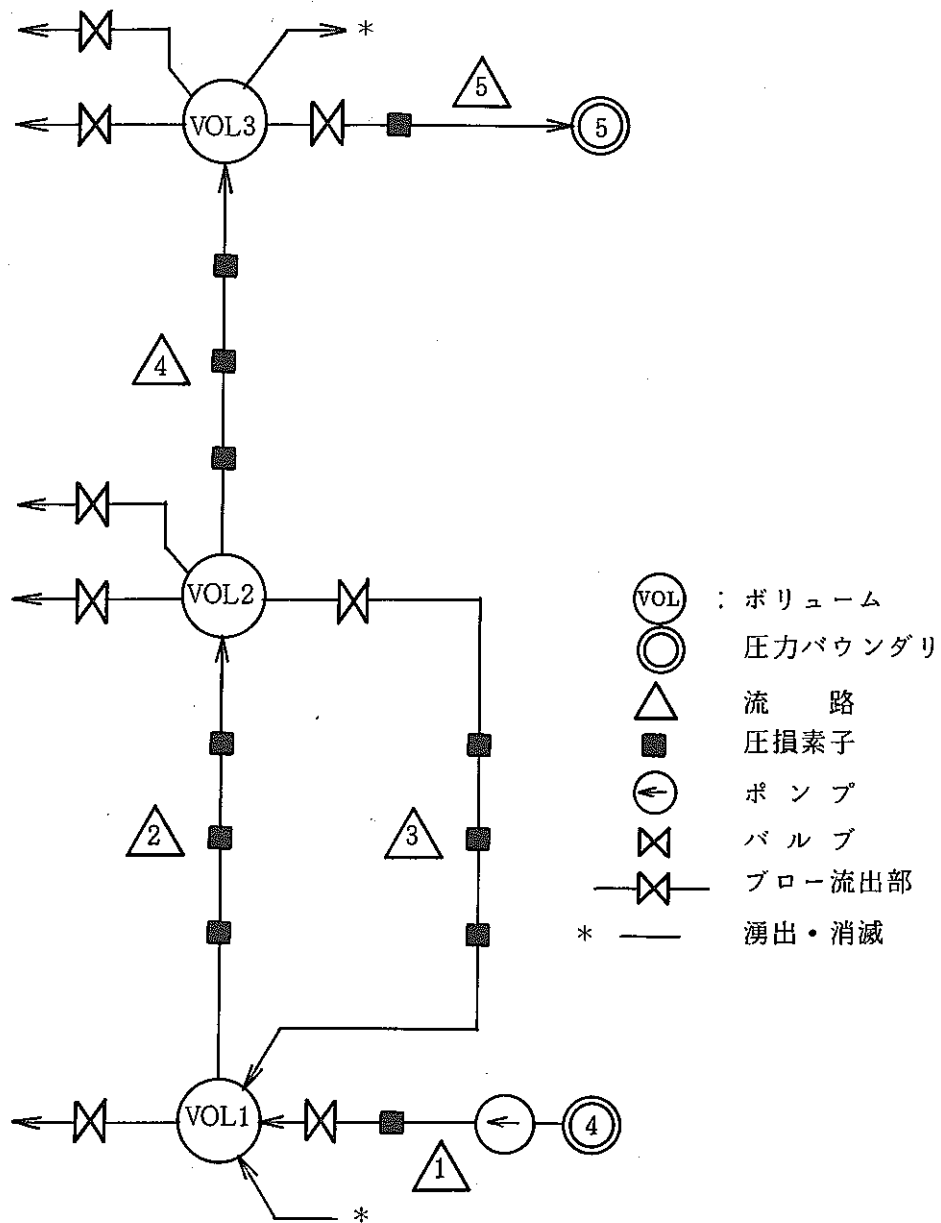
(18) 式を Gauss の消去法によって解き,

$\Delta H j^{k+1}$, $\Delta P j^{k+1}$, $\Delta G i^{k+1}$ を求める。

—— 記号説明 ——

- G_m : ボリュームに接続する流路の流量 [kg/sec]
- G_{bj} : ボリューム j からのブロー流出流量 [kg/sec]
- A_{sj} : " ブロー流出部開口面積 [m^2]
- S_j : " 湧出し・消滅流量 [kg/sec]
- P_j : " 圧力 [kg/ m^2]
- P_o : " ブロー流出部流出先圧力 [kg/ m^2]
- ρ_j : " 密度 [kg/ m^3]
- v_j : " 容積 [m^3]

H_j	:	ボリュームj エンタルピ	[kcal/kg]
U_j	:	" 側部容量との熱伝達率	[kcal/m ² °C s]
A_j	:	" " 伝熱面積	[m ²]
T_j	:	" 温度	[°C]
T_{vj}	:	" 側容量温度	[°C]
a, b	:	流路の結合係数 (0, ±1)	[-]
G_i	:	流路i の流量	[kg/sec]
f_i	:	" 圧損係数 (合計)	[sec ² /kg m ²]
ΔH_{pi}	:	" ポンプヘッド (合計)	[kg/m ²]
ΔH_{ei}	:	" 自然循環力 (合計)	[kg/m ²]
V_i	:	" バルブ抵抗係数 (合計)	[sec ² /kg m ²]
L_i	:	" 流体慣性	[1/m]
a	:	" 流路断面積	[m ²]
D	:	" 等価直径	[m]
l	:	" 長さ	[m]
g	:	重力加速度	[m/sec ²]
k	:	比熱比	[-]
CD	:	流量係数	[-]



図FM-1 流路網構成例

表FM-1 モジュールFMサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
F M C O N T	モジュールFM計算コントロール	MODULE SUB.
F M R E A D	モジュールFM関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
F M I N I N	モジュールFM関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
F M R S T A	モジュールFMRESTART FILEの書出し, 読み込み	MODULE SUB.
F M S T A T	モジュールFM初期設定計算	MODULE SUB.
F M T R N S	モジュールFM過渡計算	MODULE SUB.
F M T D E L	モジュールFM計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
F M F C O E	モジュールFM圧損係数の計算	MODULE SUB.
F M S A T	モジュールFM蒸気表, 飽和蒸気条件の計算	MODULE SUB.
F M D N S	モジュールFMP, T, X \rightarrow H, ρ P, H, \rightarrow T, X, ρ	MODULE SUB.
F M S T D R	モジュールFM (ρ / H) p, (ρ / P) H の計算	MODULE SUB.
F M S T D G	モジュールFM Σ (G b / H) p, Σ (G b / P) H, の計算	MODULE SUB.
F M W R I T	モジュールFM初期状態の出力, 及び中間出力	MODULE SUB.
Y D I S T B	テーブル・データ・フィッティング	ELEMENT SUB.
Y G E L G	マトリックスを解く	ELEMENT SUB.
Z B L O W 1	ブロー流量計算	ELEMENT SUB.
Z B L O W 2	ブロー流量計算	ELEMENT SUB.
Z M E T L 1	構造材の物性値計算	ELEMENT SUB.
Z S T E M 2	蒸気の物性値計算	ELEMENT SUB.

モジュールFM パラメータ変数 (1/1)			
関連サブルーチン			
モジュールFM モジュールサブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
KWFM	モジュールFM 流路網最大値	-	
KFFM	モジュールFM 流路最大数 (流動計算用)	-	
KEFM	モジュールFM 圧損素子最大数 (各流路)	-	
KPFM	モジュールFM ポンプ最大数 (各流路)	-	
KVFM	モジュールFM バルブ最大数 (各流路)	-	
KOFM	モジュールFM ボリューム要素最大数	-	
KXFM	モジュールFM ボリュームに接続する流路の最大数 (各ボリューム要素)	-	
KBFM	モジュールFM 圧力バウンダリ最大数	-	

変数名リスト

コモンブロック名	FMMI 1 (3/7)			
関連サブルーチン				
モジュールFM モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	FMREAD		
	ネームリスト名	NAMFM1		
変数名	意	味	単位	備考
IOTMFM (K)	モジュールFM (K)	計算進み =0, 一定 =1, コード中で計算	—	
DTIMFM (J, K)	モジュールFM (K)	計算進み入力値	sec	IOTMFM(K)=0 の時入力
DDELFM (J, K)	モジュールFM (K)	DTIMFM(J, K) ≤ 時間の時 計算時間進み巾 = DDELFM(J, K)	sec	IOTMFM(K)=0 の時入力
DCOTFM (K)	モジュールFM (K)	計算時間進み巾, 計算値の係数	—	IOTMFM(K)=1 の時入力
DMAXFM (K)	モジュールFM (K)	計算進み時間巾 最大値	sec	IOTMFM(K)=1 の時入力
DMINFM (K)	モジュールFM (K)	計算進み時間巾 最小値	sec	IOTMFM(K)=1 の時入力
TMAXFM (K)	モジュールFM (K)	計算終了時間	sec	
	K = KWFM, J = 5			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FMMI2 (4/7)		
関連サブルーチン			
モジュールFM モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	FMREAD	
	ネームリスト名	NAMFM2	
変数名	意味	単位	備考
NFFM (K)	モジュールFM 流路数 (max. KFFM) (K)	-	
NPT1 (I, K)	モジュールFM 流路 I 上流側ボリューム番号 (K)	-	
NPT2 (I, K)	モジュールFM 流路 I 下流側ボリューム番号 (K)	-	
NEFM (I, K)	モジュールFM 流路 I 圧損素子数 (max. KEFM) (K)	-	
IFRIC (K)	モジュールFM =1, FRIC コード中自動設定 (K) =2, FRIC 入力データとして入力	-	
WFRIC (I, K)	モジュールFM 流路 I の圧損評価用基準流量 (K)	kg/sec	IFRIC=1 の時入力
DPFRIC (L, I, K)	モジュールFM 流路 I 圧損素子 L の WFRIC に対する (K) 圧損	kg/m ²	
FRIC (L, I, K)	モジュールFM 流路 I 圧損素子 L の圧損計算用係数 (K) (注) 流路 I (流量 W _I) 圧損素子 L (密度 ρ _{IL} , 長さ d _{IL}) に対する圧損は ΔP _{IL} = FRIC(L, I) * (d _{IL} / ρ _{IL}) * W _I ²	sec ² /m ⁶	IFRIC=2 の時入力
ALCF (I, K)	モジュールFM 流路 I の流体慣性 (K)	1/m	
WINT (I, K)	モジュールFM 流路 I の流量初期値 (K)	kg/sec	
	K = KWFM, I = KFFM, L = KEFM		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FMMI 2		(5/7)
関連サブルーチン			
モジュールFM モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	FMREAD	
	ネームリスト名	NAMFM2	
変数名	意味	単位	備考
JROW (L, I, K)	モジュールFM (K) 密度に対する 流路I圧損素子L プール変数番号	-	TEMP に対応
IRINT (K)	モジュールFM (K) = 1 ; 圧損素子の密度初期値を 入力データで与える	-	
RINT (L, I, K)	モジュールFM (K) 密度初期値 流路I圧損素子L	kg/m ³	IRINT=1 の時入力
IDEL (L, I, K)	モジュールFM (K) 長さについて 流路I圧損素子L = 0 ; 一定 = 1 ; 可変	-	
DEL0 (L, I, K)	モジュールFM (K) 長さ 流路I圧損素子L	m	IDEL=0の 時入力
JDEL (L, I, K)	モジュールFM (K) 長さに対する 流路I圧損素子L プール変数番号	-	TEMP に対応
IDINT (K)	モジュールFM (K) = 1 ; 圧損素子の長さ初期値を 入力データで与える	-	IDEL=1の 時入力
DINT (L, I, K)	モジュールFM (K) 長さ初期値 流路I圧損素子L	m	IDINT=1 の時入力
	K = KWFM, I = KFFM, L = KEFM		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FMMI 2			(6/7)
関連サブルーチン				
モジュールFM モジュールサブルーチン	入力サブルーチン		FMREAD	
	ネームリスト名		NAMPM2	
変数名	意	味	単 位	備 考
KELHD (I, K)	モジュールFM (K) 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, K)	モジュールFM (K) 流路 I	自然循環力に対応する L 番目プール変数番号	-	TEMP に対応
IEINT (K)	モジュールFM (K) = 1, 自然循環力初期値を入力 データで与える		-	
EINT (L, I, K)	モジュールFM (K) 流路 I	自然循環力初期値	kg/m ²	IEINT=1 の時入力
	K = KWFM, I = KFFM, L = 5			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FMM I 2			(7/7)
関連サブルーチン				
モジュールFM モジュールサブルーチン	入力サブルーチン	FMREAD		
	ネームリスト名	NAMFM2		
変数名	意	味	単位	備考
NPFM (I, K)	モジュールFM (K)	流路 I 上のポンプ数 (max. KPFM)	—	
J1PMP (L, I, K)	モジュールFM (K)	L 番目ポンプ番号	—	PMPN(M, N)
J2PMP (L, I, K)	モジュールFM (K)	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FM (K)	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	—	(注)
NVFM (I, K)	モジュールFM (K)	流路 I 上のバルブ数 (max. KVFM)	—	
J1VLV (L, I, K)	モジュールFM (K)	J 番目バルブ番号	—	VLVN(M, N)
J2VLV (L, I, K)	モジュールFM (K)	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 (L, I, K)	モジュールFM (K)	J 番目バルブ抵抗係数初期値	sec ² / kg m ²	
		(注) 流路 I について $\sum \text{PHRATE}(L, I, K) = 1.0$		
		K = KWFM, I = KFFM, L = KPFM, J = KVFM		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FMMI 3			(1/6)
関連サブルーチン				
モジュールFM モジュールサブルーチン			入力サブルーチン	FMREAD
			ネームリスト名	NAMFM2
変数名	意	味	単位	備考
NOFM (K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素数 (max. KOFM)	-	
VFFM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 容積	m ³	
VTFM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 側容量重量	kg	
UFMIN (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 水・蒸気, 側容量間熱伝達率	kcal/ m ² sec ²	
AFM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 水・蒸気, 側容量間伝熱面積	m ²	
KPR1FM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 側容量物性値 = 1 ; 温度保存 ≠ 1 ; 一定	-	
KPR2FM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 側容量材質を示すINDEX =1;SUS316 =2;SUS304 =3;2-1/4Cr-1Mo =4;9Cr-1Mo	-	
TTXX (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 側容量基準温度 (*) (*) 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	-	
K = KWFM, J = KOFM				

変数名リスト

コモンブロック名		FMMI3		(3/6)	
関連サブルーチン					
モジュールFM モジュールサブルーチン		入力サブルーチン		FMREAD	
		ネームリスト名		NAMFM2	
変数名	意	味	単位	備考	
NXFM (J, X)	モジュールFM (K) ボリューム要素 J	接続する流路数 (max, KXPM)	—		
JHFM (L, J, K)	モジュールFM (K) ボリューム要素 J	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
JTFM (L, J, K)	モジュールFM (K) ボリューム要素 J	L 番目流路	温度に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
JWFM (L, J, K)	モジュールFM (K) ボリューム要素 J	L 番目流路	流路網番号	—	FLWN に対応
JFFM (L, J, K)	モジュールFM (K) ボリューム要素 J	L 番目流路	流路番号	—	FLWN に対応
CMMFM (L, J, K)	モジュールFM (K) ボリューム要素 J	L 番目流路	重み	—	
MXFM (L, J, K)	モジュールFM (K) ボリューム要素 J	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
WFM0 (L, J, K)	モジュールFM (K) ボリューム要素 J	L 番目流路	流量初期値	kg/sec	
HFM0 (L, J, K)	モジュールFM (K) ボリューム要素 J	L 番目流路	エンタルピ初期値	kcal/kg	
JRFM (J, K)	モジュールFM (K) ボリューム要素 J	密度に対応するプール変数番号		—	TEMP に対応

K=KWFM, J=KOFM, L=KXFM

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FMMI 3	(4/6)	
関連サブルーチン			
モジュールFM モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	FMREAD
		ネームリスト名	NAMFM2
変 数 名	意 味	単 位	備 考
IXFM (L, J, K)	モジュールFM (K) ポリューム要素J L番目流路 属性 = 1 ; 流路 (FLOW SEGMENT) との接続 = 2 ; 湧出・消滅 = 3 ; プロー流出	-	
IFXFM (L, J, K)	モジュールFM (K) L番目流路 流動計算上対応する流路番号	-	IXFM=1 の時入力
	K = KWFM, J = KOFM, L = KXFM		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名		FMMI 3		(5/6)
関連サブルーチン				
モジュールFM モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	FMREAD	
		ネームリスト名	NAMFM2	
変数名	意	味	単 位	備 考
ISXFM (L, J, K)	モジュールFM (K) ボリューム要素J, L番目流路 = 1 ; 湧出・消滅流量に任意の流路の流量を入力 = 2 ; 湧出・消滅流量テーブルデータ入力		-	ISXFM=2の時 時入力
J1SXFM (L, J, K)	モジュールFM (K) 対応する流路網番号		-	
J2SXFM (L, J, K)	モジュールFM (K) 対応流路番号		-	ISXFM =1の時 時入力
KSXFM (L, J, K)	モジュールFM (K) テーブルデータ個数		-	
XSXFM (L, J, K)	モジュールFM (K) 時間データ		sec	
YSXFM (L, J, K)	モジュールFM (K) 流量データ		kg/sec	
	K = KWFM, J = KOFM, L = KXFM, M = 10			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FMMI3			(6/6)
関連サブルーチン				
モジュールFM モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	FMREAD	
		ネームリスト名	NAMFM2	
変数名	意	味	単 位	備 考
IBXFM (L, J, K)	モジュールFM (K) ボリューム要素 J	相状態指定 = 1 ; 水, 又は二相 = 2 ; 蒸気	-	IBXFM=3の 時入力
JBXFM (L, J, K)	モジュールFM (K)	L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
JBXFMR (L, J, K)	モジュールFM (K)	L番目流路のブロー流出流量を逆符号でPLWNに出力する場合の流路番号指定	-	FLWN に対応
CHENRY (K)	モジュールFM (K)	HENRY-FAUSKEモデルを用いる際の流量増倍係数	-	IBXFM=1 の時入力
CMOODY (K)	モジュールFM (K)	MOODY モデルを用いる際の流量増倍係数	-	
CDSUP (L, J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素 J L番目流路断熱噴流の式流量増倍係数	-	IBXFM=2 の時入力
ICXFM (L, J, K)	モジュールFM (K)	ブロー流出先圧力 = 1 ; 一定圧力 = 2 ; プール変数から入力	-	
JCXNET (L, J, K)	モジュールFM (K)	ブロー流出先圧力 流路網番号	-	PRSNに対応
JCXNOD (L, J, K)	モジュールFM (K)	ブロー流出先圧力 圧力ノード番号	-	ICXFM =2の時 入力
PBACK0 (L, J, K)	モジュールFM (K)	ブロー流出先圧力入力値	kg/m ²	ICXFM=1 の時入力
	K = KWFM, J = KOFM, L = KXFM			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FMMI 4 (1/2)		
関連サブルーチン			
モジュールFM モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	FMREAD
		ネームリスト名	NAMFM2
変数名	意味	単位	備考
NBFM (K)	モジュールFM 圧力バウンダリの数 (max, KBFM) (K)	-	
JBFM (L, K)	モジュールFM L番目圧力バウンダリ (K) 対応する圧力ノード番号	-	PRSN に対応
IBFM (L, K)	モジュールFM L番目圧力バウンダリ (K) = 1 ; 任意の圧力ノードの圧力を入力	-	
JBNET (L, K)	モジュールFM L番目圧力バウンダリ (K) 対応する流路網番号	-	IBFM=1の 時入力
JBNOD (L, K)	モジュールFM L番目圧力バウンダリ (K) 対応する圧力ノード番号	-	
PB0 (L, K)	モジュールFM L番目圧力バウンダリ (K) 圧力初期値	kg/m ²	
JPT1 (J, K)	モジュールFM (K) ポリューム要素J 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FM (K) 下流側圧力ノード番号 定常圧力分布計算用	-	(注)
JPTF (J, K)	モジュールFM (K) JPT1, JPT2 に対応する 定常圧力分布計算用 流路番号	-	(注)
JPTX (J, K)	モジュールFM (K) 初期設定の方向と流路の正方 定常圧力分布計算用 向 = 1 ; 一致 = -1 ; 逆	-	(注)
	(注) 圧力バウンダリから順に入力		
	K = KWFM, J = KOFM, L = KBFM		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FMMI 4	(2/2)	
関連サブルーチン			
モジュールFM モジュールサブルーチン		入力サブルーチン	FMREAD
		ネームリスト名	NAMFM2
変数名	意味	単位	備考
COFFM (L, K) L = 1 L = 2	モジュールFM (K) 計算安定化用データ ($\partial \rho / \partial H$) P, ($\partial \rho / \partial P$) H, に関する一時遅れ時定数 ($\partial G b / \partial H$) P, ($\partial G b / \partial P$) H, に関する一時遅れ時定数	sec	
PP0 (J, K)	モジュールFM (K) ボリュームJの初期圧力 (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)	kg/m ²	
	K = KWFM, L = 5		

変数名リスト

コモンブロック名	FMM 2			(1/1)
関連サブルーチン				
モジュールFM モジュールサブルーチン				
変数名	意	味	単位	備考
FLOW (I, N)	モジュールFM (K)	流路 I	流量	kg/sec
DFLOW (I, K)	モジュールFM (K)	流路 I	流量変化分	kg/sec
FCOE (I, K)	モジュールFM (K)	流路 I	圧損係数	sec ² / kg m ²
ROW (L, I, K)	モジュールFM (K)	圧損素子 L	密度	kg/m ³
DEL (L, I, K)	モジュールFM (K)	圧損素子 L	長さ	m
ELHD (I, K)	モジュールFM (K)	圧損素子 L	自然循環力	kg/m ²
PUMP (M1, I, K)	モジュールFM (K)	M 1 番号ポンプのヘッド		kg/m ²
VALV (M2, I, K)	モジュールFM (K)	M 2 番号バルブの抵抗係数		sec ² / kg m ²
	N = 2 * KWFM, K = KWFM, I = KFFM, L = KEFM, M 1 = KP FM, M 2 = KV FM			

変数名リスト

コモンブロック名	FMM 3			(1/5)
関連サブルーチン				
モジュールFM モジュールサブルーチン				
変数名	意	味	単位	備考
PFM (J, N)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 圧力	kg/m ²	
DPFM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 圧力変化分	kg/m ²	
HFM (J, N)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J エンタルピ	kcal/kg	
DHFM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J エンタルピ 変化分	kcal/kg	
TFM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 温度	℃	
XFM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J クオリティ	-	
RFM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 密度	kg/m ³	
TTFM (J, N)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 側容量温度	℃	
UFM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 水・蒸気, 側容 量間熱伝達率	kcal/ m ² sec℃	
ALVLFM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 液位	m	
SHFM (J, K)	モジュールFM (K)	ボリューム要素J 過熱度	℃	
	K = KWFM, J = KOFM, I = KOFM + KBFM, N = 2 * KWFM			

変数名リスト

変数名	意 味	単 位	備 考
DRDHF _M (J, N)	モジュールFM (K) $(\partial \rho / \partial H)_p$ ボリューム要素 J	kg ² / m ³ kcal	
DRDPF _M (J, N)	モジュールFM (K) $(\partial \rho / \partial P)_H$ ボリューム要素 J	l/m	
DGDHF _M (J, N)	モジュールFM (K) $(\partial G / \partial H)_p$ ボリューム要素 J	kg ² / kcal sec	
DGDPF _M (J, N)	モジュールFM (K) $(\partial G / \partial P)_H$ ボリューム要素 J	m ³ /sec	
GFMI _O (L, J, K)	モジュールFM (K) 流路L 流量 ボリューム要素 J	kg/sec	
HFMIO (L, J, K)	モジュールFM (K) 流路L エンタルピ ボリューム要素 J	kcal/kg	
TFMIO (L, J, K)	モジュールFM (K) 流路L 温度 ボリューム要素 J	℃	
ASBF _M (L, J, K)	モジュールFM (K) 流路L ブロー弁開口面積 ボリューム要素 J	m ²	
PBACK (L, J, K)	モジュールFM (K) 流路L ブロー弁放出先圧力 ボリューム要素 J	kg/m ²	
	K = KWFM, J = KOFM, L = KXFM		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FMM3	(3/5)
関連サブルーチン		
モジュールFM モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位備考
STL1FM (L, J)	J番目ボリューム要素 蒸気物性値算出用係数 エンタルピー→温度	- 不使用
STL2FM (L, J)	J番目ボリューム要素 蒸気物性値算出用係数 温度→比容積	- 不使用
STL3FM (L, J)	J番目ボリューム要素 蒸気物性値算出用係数 温度→プラントル数	- 不使用
STL4FM (L, J)	J番目ボリューム要素 蒸気物性値算出用係数 温度→動粘性係数	- 不使用
STL5FM (L, J)	J番目ボリューム要素 蒸気物性値算出用係数 温度→熱伝導率	- 不使用
STL6FM (L, J)	J番目ボリューム要素 蒸気物性値算出用係数 圧力→飽和温度	- 不使用
	J = K OFM, L = 3	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FMM3	(4/5)	
関連サブルーチン			
モジュールFM モジュールサブルーチン			
変数名	意 味	単 位	備 考
TSATFM (J)	J 番目ボリューム要素 飽和温度	℃	
HWSTFM (J)	J 番目ボリューム要素 飽和水エンタルピ	kcal/kg	
HSSTFM	J 番目ボリューム要素 飽和蒸気エンタルピ	kcal/kg	
HLSTFM (J)	J 番目ボリューム要素 蒸発潜熱	kcal/kg	
RWSTFM (J)	J 番目ボリューム要素 飽和水密度	kg/m ³	
RSSTFM (J)	J 番目ボリューム要素 飽和蒸気密度	kg/m ³	
PRWSFM (J)	J 番目ボリューム要素 飽和水プラントル数	-	不使用
PRSSF (J)	J 番目ボリューム要素 飽和蒸気プラントル数	-	不使用
VKWSFM (J)	J 番目ボリューム要素 飽和水動粘性係数	m ² /sec	不使用
VKSSF (J)	J 番目ボリューム要素 飽和蒸気動粘性係数	m ² /sec	不使用
TKWSFM (J)	J 番目ボリューム要素 飽和水熱伝導率	kcal/ msec℃	不使用
TKSSF (J)	J 番目ボリューム要素 飽和蒸気熱伝導率	kcal/ msec℃	不使用
	J = KOFM		

変 数 名 リ ス ト

3.8 モジュール F N (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
圧力パング列の圧力 (*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 (*4)(*3)	TEMP		

(*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、湧出し・消滅流量を任意個数時間テーブルで入力できる。
- (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）、及び湧出・消滅流量（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。

$$\Delta P_{ik} = \Delta P_{ik0} (G_i / G_{i0})^{\alpha_{ik}} \quad \text{————— (1)}$$

G_i	:	流路 i 流量	(kg/sec)
G_{i0}	:	" 基準流量	(kg/sec)
ΔP_{ik}	:	" 圧損素子 k の流量 G_i に対する圧損	(kg/m ²)
ΔP_{ik0}	:	" 圧損素子 k の流量 G_{i0} に対する圧損	(kg/m ²)
α_{ik}	:	" 圧損素子 k の圧損の流量依存性を示す指数	(—)

尚、 α_{ik} 、 ΔP_{ik0} 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MBを除いた数

をMN, 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

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

2) 運動量保存則

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

a_{ji}, b_{ij}	: 流路の結合係数 (0, ±1)	(-)
G_i	: 流路iの流量	(kg/sec)
S_j	: 圧力ノードjの湧出・消滅流量	(kg/sec)
P_j	: 圧力ノードjの圧力	(kg/m ²)
F_i	: 流路iの圧力損失係数 (合計)	(sec ² /kgm ²)
ΔH_i	: " 自然循環力 (合計)	(kg/m ²)
E_i	: " 駆動源ヘッド (合計)	(kg/m ²)
e_i	: " 駆動源存在係数 (0, 1)	(-)
V_i	: " バルブ抵抗係数 (合計)	(sec ² /kgm ²)
v_i	: " バルブ存在係数 (0, 1)	(-)
L_i	: " 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

$$P V = m R (T_{cg} + 273.16) / (M \cdot 10^{-3}) \quad \text{--- (4)}$$

2) カバーガスの質量保存

$$d m / dt = G_{sup} - G_{ex} \quad \text{--- (5)}$$

P	: カバーガス圧力	(kg/m ²)
V	: カバーガス空間の容積	(m ³)
m	: カバーガスの重量	(kg)
T_{cg}	: " 平均温度	(deg)
G_{sup}	: 給気流量	(kg/sec)
G_{ex}	: 排気流量	(kg/sec)
M	: 気体の原子量	(-)
R	: 気体定数 (=0.848)	(kgm/molk)

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。

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

$L_j > L_{of}$: i) L_{of} を超えた全流体が流出。

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

L_j	:	液面 j の液位	(	m)		
L_{of}	:	"	オーバーフロー液位	(	m)	
G_{of}	:	"	"	流量	(	kg/sec)
K	:	"	"	流量計算用係数	(-)

(5) シュリンク計算

液体の湧出・消滅（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脹・収縮による液面の変動を以下の式により計算する。

1) 構成機器の膨脹・収縮

$$v_{ik} = v_{ik0} (1 + \alpha_{ik} (T_{ik} - T_{ik0})) \quad (6)$$

$$v_j = v_{j0} (1 + \alpha_j (T_j - T_{j0})) \quad (7)$$

$$A_j = A_{j0} (1 + \alpha_j (T_j - T_{j0})) \quad (8)$$

2) 質量保存則

$$d m / dt = G_{in} - G_{out} \quad (9)$$

$$m = \sum_{ik} v_{ik} \rho_{ik} + \sum_j (v_j + (L_j - L_{j0}) A_j) \rho_j \quad (10)$$

v_{ik}	:	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_{ik}	:	"	温度	(	deg)
ρ_{ik}	:	"	平均密度	(	kg/m ³)
α_{ik}	:	"	膨脹係数	(	1/deg)
v_j	:	液面 j に対応する要素の容積	(	m ³)	
A_j	:	"	液面断面積	(	m ²)
T_j	:	"	温度	(	deg)
ρ_j	:	"	平均密度	(	kg/m ³)
α_j	:	"	膨脹係数	(	1/deg)
L_j	:	液面 j の液位	(	m)	
L_{j0}	:	"	液位初期値	(	m)
m	:	流路網内全流体インベントリ	(	kg)	
G_{in}	:	湧出流量 (合計)	(	kg/sec)	
G_{out}	:	消滅流量 (合計) + オーバーフロー流量 (合計)	(	kg/sec)	
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もとめる。

5 解 法

時刻 $t + \Delta t$ において、(3)式は次のように書ける。

$$\sum_{n=1}^M b_{in} P_n(t+\Delta t) = \operatorname{sgn}(G_i(t)) F_i(G_i(t)) G_i(t+\Delta t)^2 + v_i \operatorname{sgn}(G_i(t)) V_i G_i(t+\Delta t)^2 - \Delta H_i - e_i E_i + \frac{L_i}{g} G_i(t+\Delta t) \quad (11)$$

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、

$G_i(t+\Delta t)^2 = G_i(t) \times G_i(t+\Delta t)$ と近似すると、次の式が得られる。

$$\sum_{n=1}^{MN} b_{in} P_n(t+\Delta t) - \left[(F_i(G_i(t)) + v_i V_i) \operatorname{sgn}(G_i(t)) (2 \Delta t G_i(t) + \Delta t^2 \dot{G}_i(t)) + \frac{L_i}{g} \right] G_i(t+\Delta t) = (F_i(G_i(t)) + v_i V_i) \operatorname{sgn}(G_i(t)) * G_i(t)^2 - \Delta H_i - e_i E_i - \sum_{n=MN+1}^M b_{in} P_n(t+\Delta t) \quad (12)$$

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。

$$\sum_{m=1}^N a_{jm} G_m(t+\Delta t) = S_j \quad (13)$$

(12)式において、

$$X_i = (F_i(G_i(t)) + v_i V_i) \operatorname{sgn}(G_i(t)) (2 \Delta t G_i(t) + \Delta t^2 \dot{G}_i(t)) + L_i / g$$

$$Y_i = (F_i(G_i(t)) + v_i V_i) \operatorname{sgn}(G_i(t)) G_i(t)^2 - \Delta H_i - e_i E_i - \sum_{n=MN+1}^M b_{in} P_n(t+\Delta t)$$

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。

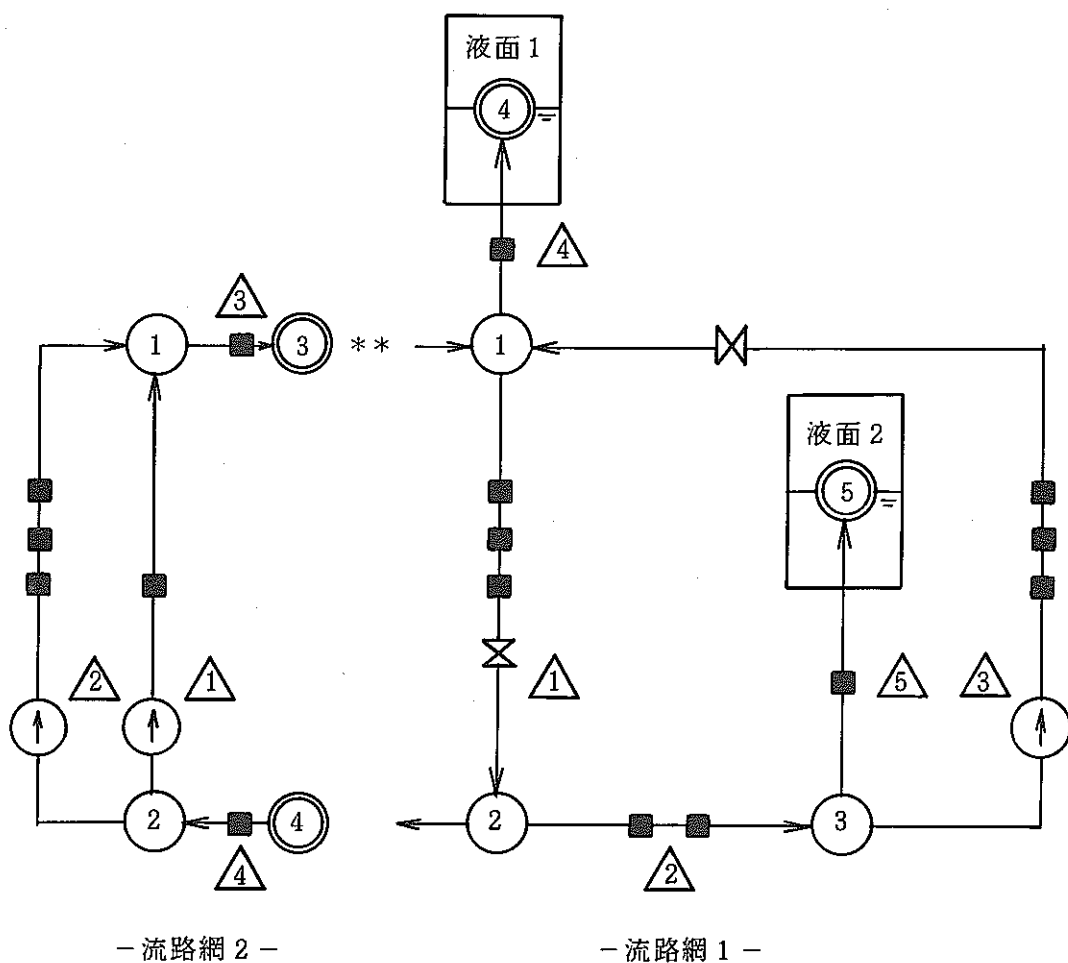
$$\sum_{n=1}^{MN} \left\{ \sum_{m=1}^N \frac{a_{jm} b_{mn}}{X_m} \right\} P_n(t+\Delta t) = \sum_{m=1}^N \frac{a_{jm} Y_m}{X_m} + S_j \quad (14)$$

以上、時刻 $t + \Delta t$ における圧力 $P_j(t+\Delta t)$ 、 $j = 1 \dots MN$ 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、

$G_i(t+\Delta t)$ 、 $i = 1 \dots N$ 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。



- : 圧力ノード
- ◎ : 圧力バウンダリノード
- △ : 流路
- : 圧損素子
- ⊙→ : 駆動源
- ⊗ : バルブ
- * : 湧出・消滅

図FN-1 流路網構成例

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.
FNRAED	モジュールFN関連入力データの読込み	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FNRESTART FILEの書出し, 読込み	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計算進み時間巾の計算	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.
ZSODUM	ナトリウムの物性値計算	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	—	
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 湧出・消滅最大数 (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	FNMI1 (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	NAMFN1	
変数名	意	味	単 位	備 考
NNFN	モジュールFN	流路網の数 (max, KNFN)	-	
IMDLFN (N)	モジュールFN(N)	計算実行の可否 = 1 : 実行する ≠ 1 : 実行しない	-	
JNETFN (N)	モジュールFN(N)	対応するプール変数, PLWN(I, J) PRSN(I, J) のJに相当する番号	-	
	N=KNFN			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI1 (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, 一定 =1, コード中で計算	-	
DTIMFN (J, N)	モジュールFN(N) 計算進み入力値	sec	IOTMFN(N)=0 の時の入力
DDELFN (J, N)	モジュールFN(N) DTIMFN(J, N) ≤ 時間 の時 計算時間進み巾 = DDELFN(J, N)	sec	IOTMFN(N)=0 の時の入力
DCOTFN (N)	モジュールFN(N) 計算時間進み巾, 計算値の係数	-	IOTMFN(N)=1 の時の入力
DMAXFN (N)	モジュールFN(N) 計算時間進み巾 最大値	sec	IOTMFN(N)=1 の時の入力
DMINFN (N)	モジュールFN(N) 計算時間進み巾 最小値	sec	IOTMFN(N)=1 の時の入力
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	NAMFN1
変数名	意味	単位	備考
IPSTFN (N)	モジュールFN(N) =1, sub.FNSTATの出力を行う =2, sub.FNSTAT詳細出力	—	
IPTRFN (N)	モジュールFN(N) =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	FNMI2 (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	NAMFN2	
変数名	意味	単位	備考
NFFN (N)	モジュールFN(N) 流路数 (max, KFPN)	—	
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 (J, N)	モジュールFN(N) 圧力ノードj 定常圧力分布計算用 上流側圧力ノード番号	—	(注)
JPT2 (J, N)	モジュールFN(N) 圧力ノードj 定常圧力分布計算用 下流側圧力ノード番号	—	(注)
JPTF (J, N)	モジュールFN(N) 圧力ノードj 定常圧力分布計算用 JPT1, JPT2に対応する流路番号	—	(注)
JPTX (J, N)	モジュールFN(N) 圧力ノードj 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)
NEFN (I, N)	モジュールFN(N) 流路I 圧損素子数 (max, KFPN)	—	
ALCF (I, N)	モジュールFN(N) 流路Iの流体慣性	1/m	
WINT (I, N)	モジュールFN(N) 流路Iの流量初期値	kg/sec	
	(注) 圧力バウンダリから順に入力		
	N=KNFN, I=KFPN, J=KOPN		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意味	単位	備考
WDP0 (I, N)	流路網N, 流路I 圧損評価時基準流量	—	
KWRN (L, I, N)	流路網N, 流路I 正流時圧損領域区分数 (max.3) 圧損素子L	—	
WRGN (M, L, I, N)	流路網N, 流路I 正流時圧損領域の区分流量 (m=1, 領域1と2 m=2, 領域2と3)	kg/sec	
DPRS (M, L, I, N)	流路網N, 流路I 正流時圧損領域mの流量 WDP0(I, K) に対する圧損	kg/m ²	
ALPH (M, L, I, N)	流路網N, 流路I 正流時圧損領域mの圧損の流量依 存指数	—	
KWRR (L, I, N)	流路網N, 流路I 逆流時圧損領域区分数 (max.3)	—	
WRGR (M, L, I, N)	流路網N, 流路I 逆流時圧損領域の区分流量 (m=1, 領域1と2 m=2, 領域2と3)	kg/sec	
DPRR (M, L, I, N)	流路網N, 流路I 逆流時圧損領域mの流量 WDP0(I, K) に対する圧損	kg/m ²	
ALPR (M, L, I, N)	流路網N, 流路I 逆流時圧損領域mの圧損の流量依 存指数	—	
	N=KNFN, I=KPFN, L=KEFN, M=3		

変数名リスト

コモンブロック名	FNMI2 (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)	流路網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)	流路網N, 流路I 自然循環力に対応するL番目プール変数番号	-	TEMPに対応
IEINT (N)	流路網N =1, 自然循環力初期値を入力データで与える	-	
EINT (L, I, N)	流路網N, 流路I L番目自然循環力初期値	kg/m	IEINT=1の時入力
	N=KNFN, I=KRFN, L=5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI2 (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	—	PHPN (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	—	PHPN (M, N)
PHRATE (L, I, N)	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	—	(注)
NVFN (I, N)	モジュールFN(N) 流路I上のバルブ数 (max, KVPN)	—	
J1VLV (J, I, N)	モジュールFN(N) J番目バルブ番号	—	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	—	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	sec ² / kg m 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。	—	
	(注) 流路Iについて $\sum \text{PHRATE}(L, I, N) = 1.0$		
	N=KNFN, I=KPFN, L=KPFN, J=KVPN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名		FNMI3		(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
NOFN (N)	流路網N	圧力ノード数 (max. KOFN)	—	
NSFN (J, N)	流路網N	圧力ノードJ湧出・消滅の数 (max. KOFN)	—	
JSPAS (L, J, N)	流路網N	L番目湧出・消滅に対応する流路番号	—	FLWN に対応
LSFN (L, J, N)	流路網N	L番目湧出・消滅 =1, 消滅 =0, 湧出	—	
SINT (L, J, N)	流路網N	L番目湧出・消滅 流量初期値 (*)	kg/sec	
ISFN (L, J, N)	流路網N	L番目湧出・消滅 =1, 任意の流量 (FLWN) を入力 =2, テーブルデータ入力	—	
JSXNET (L, J, N)	流路網N	L番目湧出・消滅 対応する流路網番号	—	ISFN=1 の時入力
JXPAS (L, J, N)	流路網N	L番目湧出・消滅 対応する流路番号	—	FLWN に対応
KSX (L, J, N)	流路網N	L番目湧出・消滅 テーブルデータ個数	—	ISFN=2 の時入力
XSX (M, L, J, N)	流路網N	L番目湧出・消滅 時間データ	sec	
YSX (M, L, J, N)	流路網N	L番目湧出・消滅 流量データ (*)	kg/sec	
	N=KNFN, J=KOFN, L=KSFN, M=10			

(*) 湧出；負，消滅；正の値を入力

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI3 (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
NBFN (N)	流路網N 圧力バウンダリの数 (max. KBFN)	-	
JBFN (L, N)	流路網N L番目圧力バウンダリに対応する 圧力ノード番号	-	PRSN に対応
IBFN (L, N)	流路網N L番目 =1, 任意の圧力ノードの圧力を 入力	-	
JBNET (L, N)	流路網N L番目 対応する流路網番号	-	IBFN=1 の時入力
JBNOD (L, N)	流路網N L番目 対応する圧力ノード番号	-	
PB0 (L, N)	流路網N L番目 圧力初期値	kg/m ²	
PP0 (J, N)	流路網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)	kg/m ²	
	N=KNFN, L=KBFN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	FNMI3 (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	単位	備考
NLFN (N)	流路網N 自由液面の数 (max.5)	—	
JLNOD (L, N)	流路網N L番目液面 対応する圧力ノード番号	—	PRSN に対応
JLPAS (L, N)	流路網N L番目液面 対応する流路番号	—	PLWN に対応
JLHIT (L, N)	流路網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)	流路網N L番目液面 液位高さ初期値 (*)	m	
THIT (L, N)	流路網N L番目液面 温度	℃	
KLVLV (L, N)	流路網N L番目液面 液位-容積 FITTING DATA個数	—	
XLVLV (J, L, N)	流路網N L番目液面 液位データ	m	
YLVLV (J, L, N)	流路網N L番目液面 容積データ	m ³	
KLVLA (L, N)	流路網N L番目液面 液位-断面積 FITTING DATA個数	—	
XLVLA (J, L, N)	流路網N L番目液面 液位データ	m	
YLVLA (J, L, N)	流路網N L番目液面 断面積データ	m ²	
	(*) リスタート時 =0 とする。		
	N=KNFN, L=5, 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	FNRBAD	
	ネームリスト名	NAMFN2	
変数名	意味	単位	備考
NOFFN (L, N)	流路網N L番目液面 オーバーフローの数 (max. 3)	-	
IOFFN (J, L, N)	流路網N L番目液面 流量計算方法の選択 J番目オーバーフロー=1, 計算(i)=2, 計算(ii)	-	
JOFPAS (J, L, N)	流路網N L番目液面 対応する流路番号	-	FLWN に対応
OFLVL (J, L, N)	流路網N L番目液面 オーバーフロー液位	m	
OFCNST (J, L, N)	流路網N L番目液面 オーバーフロー流量計算用係数	-	IOFFN=2 の時入力
OFLVL1 (J, L, N)	流路網N オーバーフロー液位 (原子炉トリップ前)	m	
OFLVL2 (J, L, N)	流路網N オーバーフロー液位 (原子炉トリップ後)	m	
JTRIP (N)	流路網N 原子炉トリップ信号に対応するプール変数 TEMP番号	-	
	N=KNFN, L=5, J=3		

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)	流路網N =1, シュリンク計算を行う	-	
JSRL (N)	流路網N シュリンク計算の代表液面番号	-	ISHRNK=1 の時入力
KSRALF (N)	流路網N 構材温度-膨張係数FITTING DATA個数	-	
XSRALF (J, N)	流路網N 構材温度データ	℃	
YSRALF (J, N)	流路網N 膨張係数データ	1/℃	
TSR0 (N)	流路網N 基準温度	℃	
VSR0 (L, I, N)	流路網N 流路I 基準温度TSR0における容積 圧損素子L	m ³	
ASR0 (K, N)	不使用		
	N=KNFN, I=KFFN, L=KEFN, J=10, K=5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	F N M 1 (1/1)		
関連サブルーチン			
モジュールF N 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	
MFN1 (N)	モジュールFN(N) タイムメッシュ (1ステップ前)	-	
MFN2 (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	-	
	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)	流路網N	流路I	流量	kg/sec
FDOT (I, M)	流路網N	流路I	流量時間分布	kg/sec ²
FCOE (I, N)	流路網N	流路I	圧損係数	sec ² / kg m ²
ELHD (I, N)	流路網N	流路I	自然循環力	kg/m ²
PUMP (K1, I, N)	流路網N	流路I	K1番目ポンプのヘッド	kg/m ²
VALV (K2, I, N)	流路網N	流路I	K2番目バルブの圧損係数	sec ² / kg m ²
TAV (L, I, N)	流路網N	流路I	圧損素子Lの平均温度	℃
ROW (L, I, N)	流路網N	流路I	圧損素子Lの密度	kg/m ²
DPCF (K, L, I, N)	流路網N	流路I	圧損素子L 圧損領域K 正流時圧損係数計算用係数	sec/m ²
DPCR (K, L, I, N)	流路網N	流路I	圧損素子L 圧損領域K 逆流時圧損係数計算用係数	sec/m ²
	M=2*KNFN, N=KNFN, I=KPFN, L=KEFN, K=3 K1=KPFN, K2=KVFN			

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 (J, N)	流路網N 圧力ノードJの圧力	kg/m ²	
SDOT (J, N)	流路網N 圧力ノードJ 全湧出・消滅流量の微分値	kg/sec	
SFLW (L, J, M)	流路網N 圧力ノードJ L番目湧出・消滅流量	kg/sec	
GOF (K, I, N)	流路網N 液面I K番目オーバーフロー流量	kg/sec	
WCG (I, M)	流路網N 液面I カバーガス重量	kg	
GSUP (I, N)	流路網N 液面I 給気流量	kg/sec	
GEX (I, N)	流路網N 液面I 排気流量	kg/sec	
WSR (M)	流路網N 系内液体の全重量	kg	
HEIGHT (I, N)	流路網N 液面I 初期高さ	m	
	M=2*KNFN, N=KNFN, J=KOPN, L=KSPN, I=5, K=3		

変 数 名 リ ス ト

3.9 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（IH X）熱計算。対象とするIH Xは、管外流体1次ナトリウム、又は水管内流体2次ナトリウム又は水の、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
1次流体入口温度	TEMP	1次流体出口温度	TEMP
2次流体入口温度	TEMP	2次流体出口温度	TEMP
1次流体流量	FLWN	1次側自然循環力	TEMP
2次流体流量	FLWN	2次側自然循環力	TEMP
シェルに接する 外部流体温度	TEMP	シェル温度平均値	TEMP
		1次流体温度平均値	TEMP
		2次流体温度平均値	TEMP

3 モデルの概要 (図HX-1参照)

- (1) 独立なIHXは、最大KNHX (注)基。
- (2) 径方向には、シェル、1次側流体、伝熱管、2次側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KMHX (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) 1次、2次流体の逆流を考慮できる。

(注) KNHX, KMHX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

1次側流体

$$\begin{aligned}
 C_p M_p \frac{\partial}{\partial t} T_p (Z, t) = & - C_p G_p (t) \frac{\partial}{\partial Z} T_p (Z, t) \\
 & - U_1 A_1 (T_p (Z, t) - T_t (Z, t)) \\
 & - U_3 A_3 (T_p (Z, t) - T_v (Z, t)) \quad \text{———— (1)}
 \end{aligned}$$

伝熱管

$$\begin{aligned}
 C_t M_t \frac{\partial}{\partial t} T_t (Z, t) = & U_1 A_1 (T_p (Z, t) - T_t (Z, t)) \\
 & - U_2 A_2 (T_t (Z, t) - T_s (Z, t)) \quad \text{———— (2)}
 \end{aligned}$$

2次側流体

$$\begin{aligned}
 C_s M_s \frac{\partial}{\partial t} T_s (Z, t) = & C_s G_s (t) \frac{\partial}{\partial Z} T_s (Z, t) \\
 & + U_2 A_2 (T_t (Z, t) - T_s (Z, t)) \quad \text{———— (3)}
 \end{aligned}$$

シェル

$$\begin{aligned}
 C_v M_v \frac{\partial}{\partial t} T_v (Z, t) = & U_3 A_3 (T_p (Z, t) - T_v (Z, t)) \\
 & - U_4 A_4 (T_v (Z, t) - T_{air}) \\
 & - U_5 A_5 (T_v (Z, t) - T_{ex}) \quad \text{———— (4)}
 \end{aligned}$$

(2) 熱伝達率, 及び伝熱式

熱伝達式

$$U_1 = \frac{1}{\frac{d_1+d_2}{2d_2} \frac{1}{\alpha_1} + R_1 + \frac{d_1+d_2}{4kT} L_n \frac{2d_2}{d_1+d_2}} \quad \text{———— (5)}$$

$$U_2 = \frac{1}{\frac{d_1+d_2}{2d_1} \frac{1}{\alpha_2} + R_2 + \frac{d_1+d_2}{4kT} L_n \frac{d_1+d_2}{2d_1}} \quad \text{———— (6)}$$

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

U4, U5 は, 入力データ

伝熱式

$$\alpha 1 = \frac{k_p}{d2} (0.625 Pe1^{0.4}) \quad (8)$$

(Lubarsky-Kaufmanの式)

$$\text{但し, } Pe1 = Pr_p \cdot \frac{|G_p(t)|}{\rho_p S_p} \frac{d2}{\nu_p}$$

$$\alpha 2 = \frac{k_s}{d1} (0.625 Pe2^{0.4}) \quad (9)$$

(Lubarsky-Kaufmanの式)

$$\text{但し, } Pe2 = Pr_s \cdot \frac{|G_s(t)|}{\rho_s S_s} \frac{d1}{\nu_s}$$

$$\alpha 3 = \frac{k_p}{D} (0.625 Pe3^{0.4}) \quad (10)$$

(Lubarsky-Kaufmanの式)

$$\text{但し, } Pe3 = Pr_p \cdot \frac{|G_p(t)|}{\rho_p S_p} \frac{D}{\nu_p}$$

自然対流を考慮する場合

$$\alpha 1 = \frac{k_p}{d} Nu1$$

$$Nu1 = a + b Re1^c Pr_p^d \quad (a, b, c, d ; \text{入力}) \quad (11)$$

(11)式と(12)式の大きい値

$$\left\{ \begin{array}{l} Nu1 = 0.59 (Gr1 Pr_p)^{1/4} ; 10^4 \leq Gr3 Pr_p \leq 10^9 \end{array} \right. \quad (12)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Nu1 = 0.0251 Gr1^{2/5} \frac{Pr_p^{7/15}}{(1+0.494 Pr_p^{2/3})^{2/5}} ; Gr3 Pr_p > 10^9 \end{array} \right. \quad (12)$$

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

但し

$$Gr_3 = \frac{(g * L)^{**3} * |\rho_w - \rho_p|}{Pr_p + \nu_p^{**2}} \quad \begin{array}{l} w ; \text{壁面 (シェル内壁)} \\ L ; \text{入力} \end{array} \quad \text{--- (18)}$$

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

$$\begin{array}{l} U_{31} = 1 / \left\{ \frac{D1+D2}{2 D1} \frac{1}{\alpha 3} + R2 \right\} \\ U_{32} = 1 / \left\{ \frac{D1+D2}{K Kv} \ln \left(\frac{D1+D2}{2 D1} \right) \right\} \end{array}$$

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

$$Nu_{ex} = a + b Re_{ex}^c Pr_{ex}^d \quad \text{--- (1)}$$

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。

1次側流体

$$\begin{aligned}
 & \frac{M_p}{2\Delta t} [(1+\beta) C_p(k+1) (T_p(k+1, j+1) - T_p(k+1, j)) \\
 & \quad + (1-\beta) C_p(k) (T_p(k, j+1) - T_p(k, j))] \\
 = & - \frac{G_p(j+1)}{\Delta Z} (C_p(k+1) T_p(k+1, j+1) - C_p(k) (T_p(k, j+1))) \\
 & - 0.5((1+\alpha_1) U_1(k+1, j+1) + (1-\alpha_1) U_1(k, j+1)) A_1 \\
 & * [0.5((1+\alpha_1) T_p(k+1, j+1) + (1-\alpha_1) T_p(k, j+1)) - T_t(k, j)] \\
 & - 0.5((1+\alpha_1) U_3(k+1, j+1) + (1-\alpha_1) U_3(k, j+1)) A_3 \\
 & * [0.5((1+\alpha_1) T_p(k+1, j+1) + (1-\alpha_1) T_p(k, j+1)) - T_v(k, j)]
 \end{aligned} \tag{13}$$

伝熱管

$$\begin{aligned}
 C_t(k) M_t & \frac{T_t(k, j+1) - T_t(k, j)}{\Delta t} \\
 = & 0.5((1+\alpha_1) U_1(k+1, j+1) + (1-\alpha_1) U_1(k, j+1)) A_1 \\
 & * [0.5((1+\alpha_1) T_p(k+1, j+1) + (1-\alpha_1) T_p(k, j+1)) - T_t(k, j+1)] \\
 & - 0.5((1-\alpha_2) U_2(k+1, j+1) + (1+\alpha_2) U_2(k, j+1)) A_2 \\
 & * [T_t(k, j+1) - 0.5((1-\alpha_2) T_s(k+1, j+1) + (1+\alpha_2) T_s(k, j+1))]
 \end{aligned} \tag{14}$$

2次側流体

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

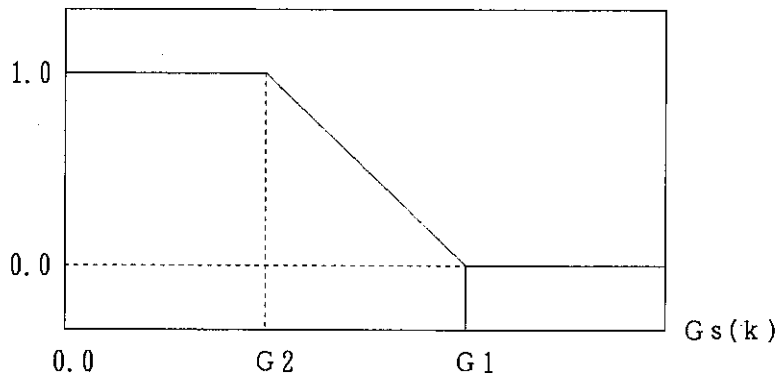
$$\begin{aligned}
 &+ 0.5((1-\alpha_2)U_2(k+1, j+1) + (1+\alpha_2)U_2(k, j+1)) A_2 \\
 &* [T_v(k, j) - 0.5((1-\alpha_2)T_s(k+1, j+1) + (1+\alpha_2)T_s(k, j+1))]
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

シェル

$$\begin{aligned}
 C_v(k) M_v &= \frac{T_v(k, j+1) - T_v(k, j)}{\Delta t} \\
 &= 0.5((1+\alpha_1)U_3(k+1, j+1) + (1-\alpha_1)U_3(k, j+1)) A_3 \\
 &* [0.5((1+\alpha_1)T_p(k+1, j+1) + (1-\alpha_1)T_p(k, j+1)) - T_v(k, j+1)] \\
 &- U_4(k, j+1) A_4 (T_v(k, j+1) - T_{air}) \\
 &- U_5(k, j+1) A_5 (T_v(k, j+1) - T_{ex})
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

但し、 $\alpha_1 = \text{sign}(G_p(i))$ $\alpha'1$
 $\alpha_2 = \text{sign}(G_s(i))$ $\alpha'2$
 $\beta_1 = \text{sign}(G_p(i))$ $\beta'1$
 $\beta_2 = \text{sign}(G_s(i))$ $\beta'2$
 $\alpha'1, \alpha'2, \beta'1, \beta'2$ は下記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

$G_p(k), G_s(k) \geq G_1$ (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 (図HX-3参照)

(1)~(4)式の、定常状態における差分展開式は、

1次側流体

$$- \frac{G_p}{\Delta Z} (C_p(k+1) T_p(k+1) - C_p(k) T_p(k))$$

$$\begin{aligned}
 & - 0.5 [(1 + \alpha_1) U_1(k+1) + (1 - \alpha_1) U_1(k)] A_1 \\
 & \quad * [0.5((1 + \alpha_1) T_p(k+1) + (1 - \alpha_1) T_p(k)) - T_t(k)] \\
 & - 0.5 [(1 + \alpha_1) U_3(k+1) + (1 - \alpha_1) U_3(k)] A_3 \\
 & \quad * [0.5((1 + \alpha_1) T_p(k+1) + (1 - \alpha_1) T_p(k)) - T_v(k)] = 0
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

伝熱管

$$\begin{aligned}
 & 0.5 [(1 + \alpha_1) U_1(k+1) + (1 - \alpha_1) U_1(k)] A_1 \\
 & \quad * [0.5((1 + \alpha_1) T_p(k+1) + (1 - \alpha_1) T_p(k)) - T_t(k)] \\
 & - 0.5 [(1 - \alpha_2) U_2(k+1) + (1 + \alpha_2) U_2(k)] A_2 \\
 & \quad * [T_t(k) - 0.5((1 - \alpha_2) T_s(k+1) + (1 + \alpha_2) T_s(k))] = 0
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

2次側流体

$$\begin{aligned}
 & \frac{G_s}{\Delta Z} (C_s(k+1) T_s(k+1) - C_s(k) T_s(k)) \\
 & + 0.5 [(1 - \alpha_2) U_2(k+1) + (1 + \alpha_2) U_2(k)] A_2 \\
 & \quad * [T_t(k) - 0.5((1 - \alpha_2) T_s(k+1) + (1 + \alpha_2) T_s(k))] = 0
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

シェル

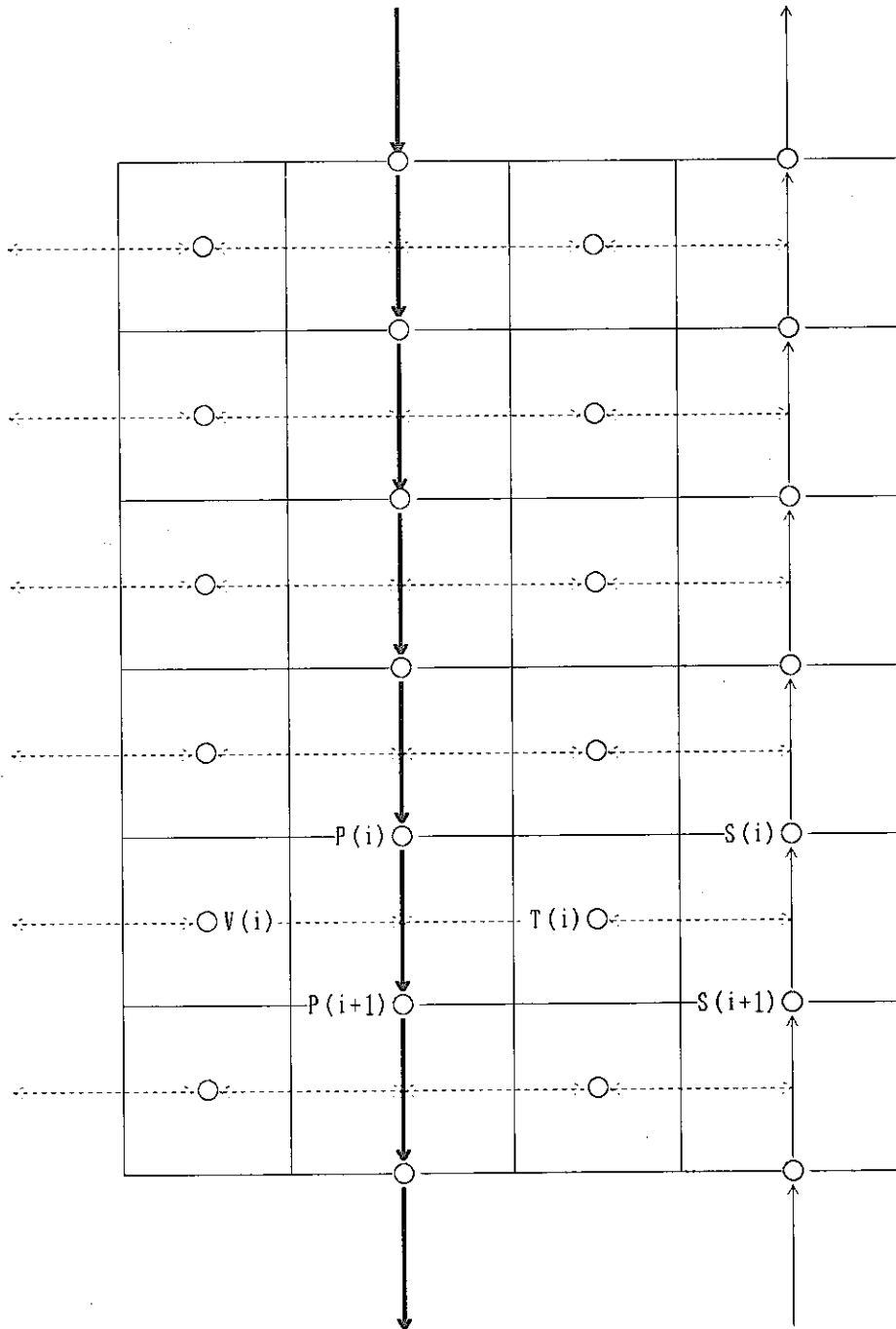
$$\begin{aligned}
 & 0.5 [(1 + \alpha_1) U_3(k+1) + (1 - \alpha_1) U_3(k)] A_3 \\
 & \quad * [0.5((1 + \alpha_1) T_p(k+1) + (1 - \alpha_1) T_p(k)) - T_v(k)] \\
 & - U_4(k) A_4 [T_v(k) - T_{air}] \\
 & - U_5(k) A_5 [T_v(k) - T_{ex}]
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

(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 ——

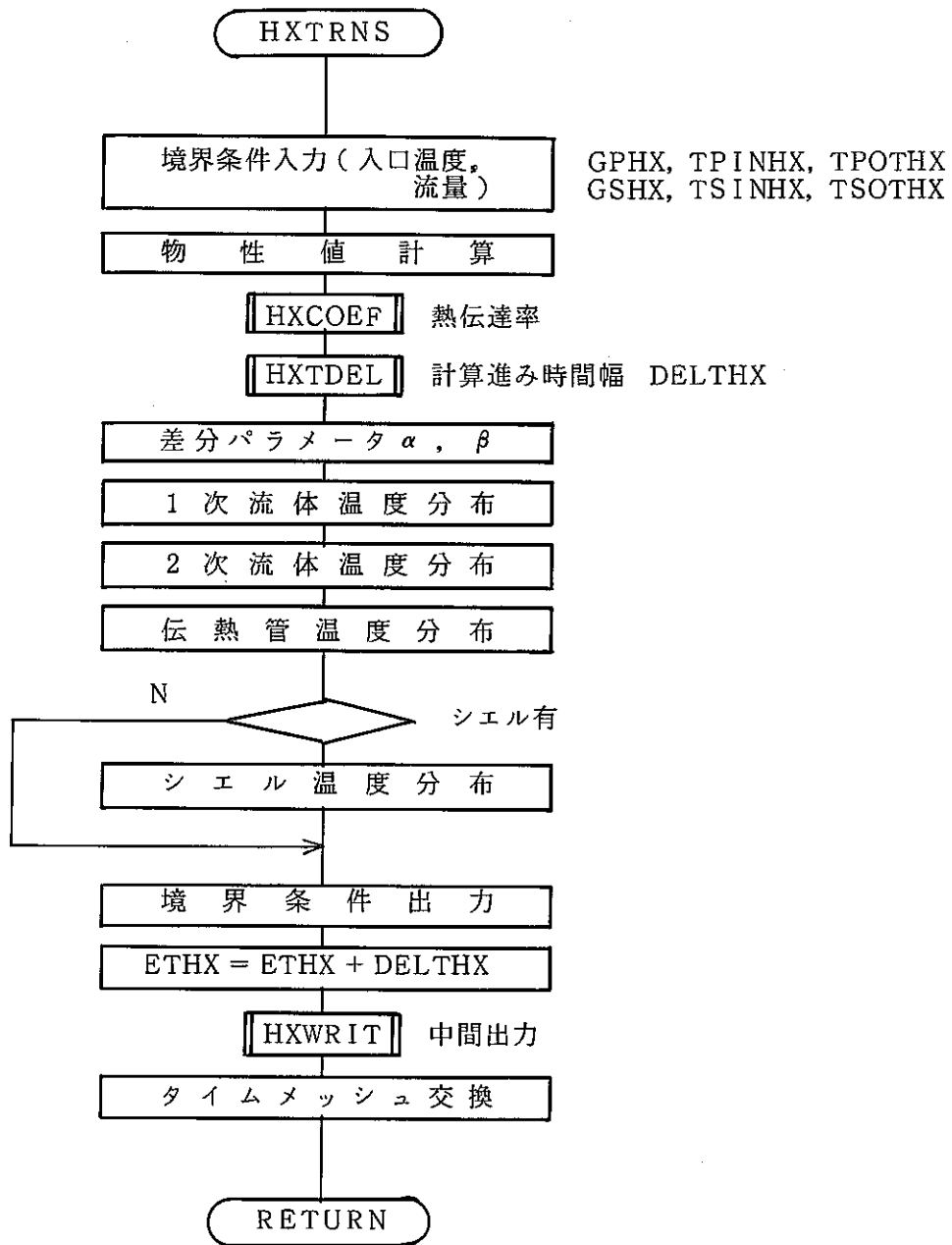
- P ; 1次側流体
 t ; 伝熱管
 S ; 2次側流体
 V ; シェル
 air ; 空気雰囲気
 ex ; 他の外部流体
 d1 ; 伝熱管内径
 [m]
 d2 ; 伝熱管外径
 [m]
 D1 ; シェル内径
 [m]
 D2 ; シェル外径
 [m]
 D ; 代表長さ
 [m]
 (4*流路断面積/ぬれぶち長さ)
 1 ; P ←→ t
 2 ; t ←→ S
 3 ; P ←→ V
 4 ; V ←→ air
 5 ; V ←→ ex

air
又は ex

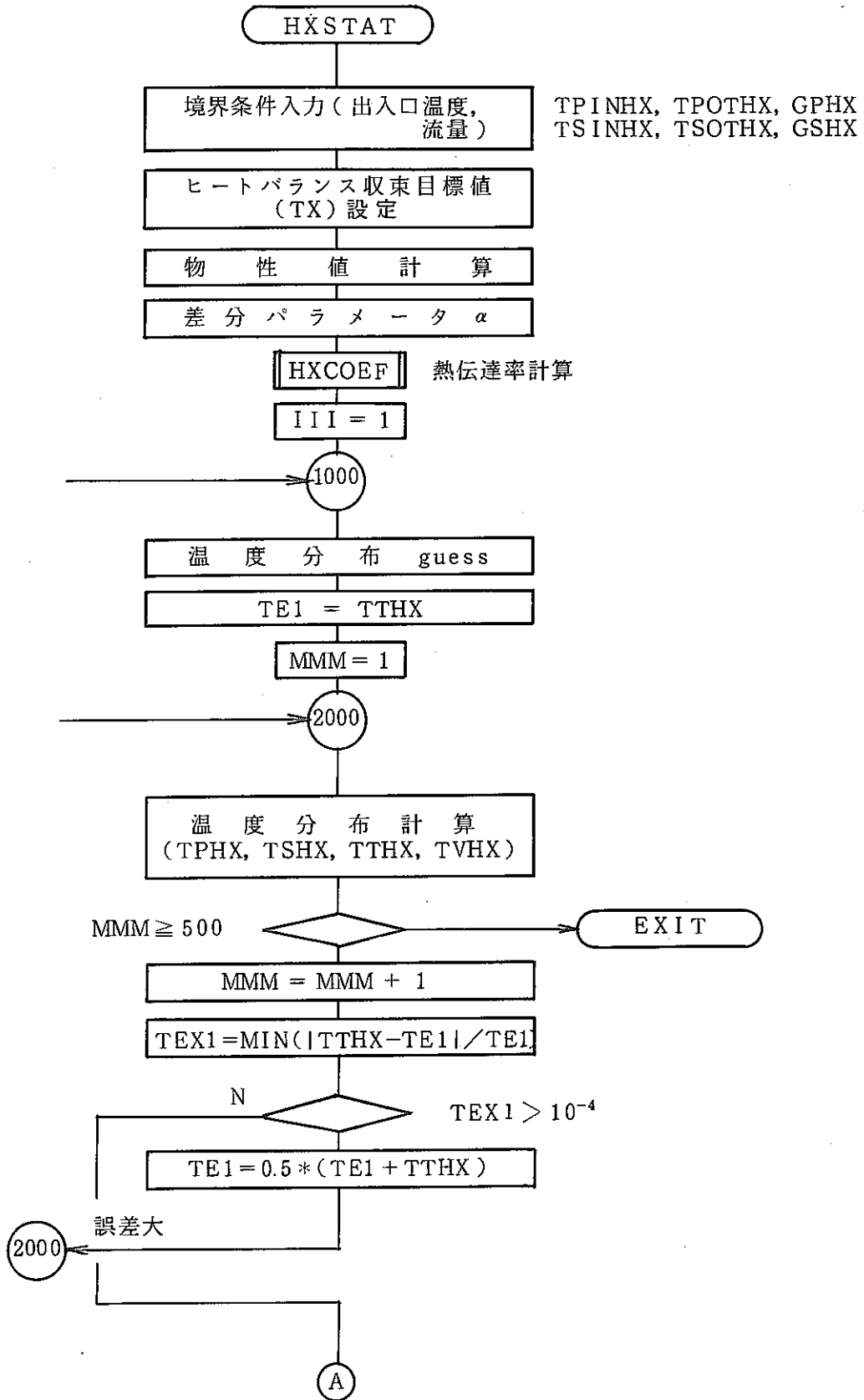


- ; 1次流体の流れ
- ; 2次流体の流れ
- - - - - ; 熱伝達
- ; 代表温度点

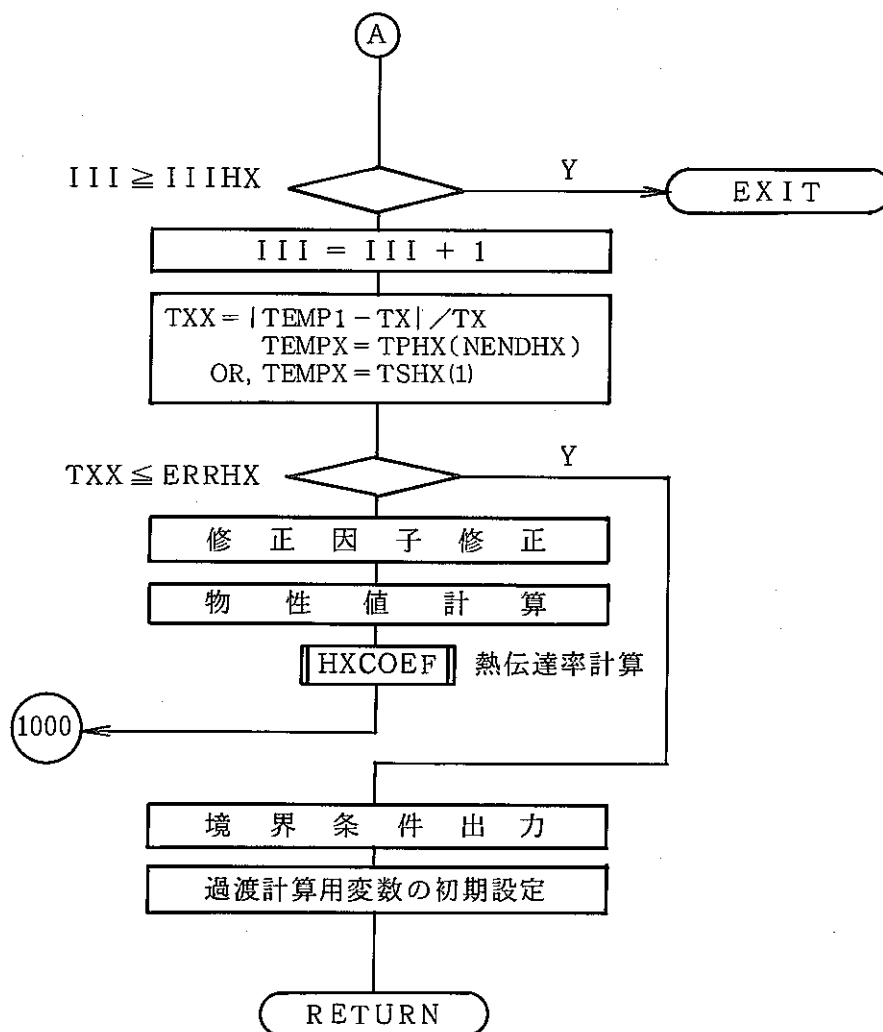
図 H X - 1 中間熱交換器熱計算モデル



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.
HXREAD	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HXRESTART FILE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.
ZSODUM	ナトリウムの物性値計算	ELEMENT SUB.
ZWATR2	水の物性値計算	ELEMENT SUB.

コモンブロック名	HXMI1 (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 I H X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	—	
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	—	
	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	
NTPIHX (i)	モジュールHX(i) 1次流体入口温度 伝熱部	プール変数番号	-	TEMP に対応
NTPOHX (i)	モジュールHX(i) 1次流体出口温度 伝熱部	プール変数番号	-	TEMP に対応
NTSIHX (i)	モジュールHX(i) 2次流体入口温度 伝熱部	プール変数番号	-	TEMP に対応
NTSOHX (i)	モジュールHX(i) 2次流体出口温度 伝熱部	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 伝熱部	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 伝熱部	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 伝熱部	プール 流体温度 変数番号	-	TEMP に対応
NHPHX (i)	モジュールHX(i) 1次側自然循環力 伝熱部	プール変数番号	-	TEMP に対応
NHSHX (i)	モジュールHX(i) 2次側自然循環力 伝熱部	プール変数番号	-	TEMP に対応
NWPHX (i)	モジュールHX(i) 1次流体の属する 伝熱部	流路網番号	-	FLWN に対応
NWSHX (i)	モジュールHX(i) 2次流体の属する 伝熱部	流路網番号	-	FLWN に対応
NFPHX (i)	モジュールHX(i) 1次流体の属する 伝熱部	流路番号	-	FLWN に対応
NFSHX (i)	モジュールHX(i) 2次流体の属する 伝熱部	流路番号	-	FLWN に対応
	i=KNHX			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	HXMI1 (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 : 1次側出口温度 = 1 : 2次側出口温度	-	
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 : 2次側流量 = 3 : 1次側流量 = 4 : 2次側入口温度 = 5 : 1次側入口温度	-	
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	HXMI1 (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, 一定 =1, コード中で計算	-	
DTIMHX (j, i)	モジュールHX(i) 計算進み入力値	sec	ITIMHX=0 の時入力
DDELHX (j, i)	モジュールHX(i) DTIMHX(J, N) ≤ 時間の時 計算時間進み巾 = DDELHX(J, N)	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) 計算終了時間	sec	
ISTAHX (i)	モジュールHX(i) =1: sub. HXSTATの出力を行う =2: sub. HXSTATの詳細出力	-	
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	-	
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	HXMI1 (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
TPHX (i)	モジュールHX(i) 1次流体入口温度 初期値 伝熱部	℃	
TSHX (i)	モジュールHX(i) 2次流体入口温度 初期値 伝熱部	℃	
TPOHX (i)	モジュールHX(i) 1次流体出口温度 初期値 伝熱部	℃	
TSOHX (i)	モジュールHX(i) 2次流体出口温度 初期値 伝熱部	℃	
WPHX (i)	モジュールHX(i) 1次流体流量 初期値 伝熱部	kg/sec	
WSHX (i)	モジュールHX(i) 2次流体流量 初期値 伝熱部	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 伝熱部	-	
ERRHX (i)	モジュールHX(i) ヒートバランス収束許容誤差 伝熱部	-	
ARRHX (i)	モジュールHX(i) ヒートバランス収束因子修正係数 伝熱部	-	
	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) 1次流体物性値 =0:一定, =1:温度依存	-	
KPR2HX (i)	モジュールHX(i) 2次流体物性値 =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)
KPRVHX (i)	モジュールHX(i) シェル材質を示すINDEX	-	(注)
KPR5HX (i)	モジュールHX(i) 流体の種類を示すINDEX =1; ナトリウム =2; 水		
	(注) =1:SUS316 =2:SUS304 =3:2-1/4Cr-1Mo =4:9Cr-1Mo =5:Cu =6:BRASS =7:AKLYL		
	N=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	NAMHXI	
変数名	意	味	単位	備考
TPXXHX (i)	モジュールHX(i) 1次流体 基準温度		℃	(注)
TSXXHX (i)	モジュールHX(i) 2次流体 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	HXMI2 (1/9)		
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
NENDHX (i)	モジュールHX(i) 伝熱部 ノード分割数 (max. KNHX)	—	
	i=KNHX		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	HXMI2			(2/9)
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)	i 番目 IHX 伝熱管内径 伝熱部		m	
D2THX (i)	i 番目 IHX 伝熱管外径 伝熱部		m	
D1VHX (i)	i 番目 IHX シェル内径 伝熱部		m	
D2VHX (i)	i 番目 IHX シェル外径 伝熱部		m	
DTHX (i)	i 番目 IHX 伝熱部	1次側流体 代表長さ ⇔ 伝熱管熱伝達率計算用	m	$\frac{4 \times \text{流路断面積}}{\text{ねれぶち長さ}}$
DVHX (i)	i 番目 IHX 伝熱部	1次側流体 代表長さ ⇔ シェル	m	$\frac{4 \times \text{流路断面積}}{\text{ねれぶち長さ}}$
A1HX (i)	i 番目 IHX 伝熱部	1次側流体 伝面密度 ⇔ 伝熱管	m ² /m	肉厚中心 基準
A2HX (i)	i 番目 IHX 伝熱部	2次側流体 伝面密度 ⇔ 伝熱管	m ² /m	肉厚中心 基準
A3HX (i)	i 番目 IHX 伝熱部	1次側流体 伝面密度 ⇔ シェル	m ² /m	
A4HX (i)	i 番目 IHX 伝熱部	シェル流体 伝面密度 ⇔ 空気雰囲気	m ² /m	
A5HX (i)	i 番目 IHX 伝熱部	シェル流体 伝面密度 ⇔ 他の外部流体	m ² /m	
AHPHX (i)	i 番目 IHX 伝熱部	1次側流体 重量密度	kg/m	
AHSHX (i)	i 番目 IHX 伝熱部	2次側流体 重量密度	kg/m	
AHTHX (i)	i 番目 IHX 伝熱部	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	HXMI2 (4/9)		
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)	i 番目 I H X 1 次側流体 汚れ係数 伝熱部	m ² sec °C /kcal	
RF2HX (i)	i 番目 I H X 2 次側流体 汚れ係数 伝熱部	m ² sec °C /kcal	
U4IHX (i)	i 番目 I H X シェル ⇄ 空気雰囲気 熱伝達率 伝熱部	kcal/ m ² sec °C	
U5IHX (i)	i 番目 I H X シェル ⇄ その他の外部流体 熱伝達率 伝熱部	kcal/ m ² sec °C	
AMX1HX (i)	i 番目 I H X ANU1HX(i, k) の最大値 伝熱部	-	
AMI1HX (i)	i 番目 I H X ANU1HX(i, k) の最小値 伝熱部	-	
AMX2HX (i)	i 番目 I H X ANU2HX(i, k) の最大値 伝熱部	-	
AMI2HX (i)	i 番目 I H X ANU2HX(i, k) の最小値 伝熱部	-	
AMX3HX (i)	i 番目 I H X ANU3HX(i, k) の最大値 伝熱部	-	
AMI3HX (i)	i 番目 I H X ANU3HX(i, k) の最小値 伝熱部	-	
	i=KNHX		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	HXMI2			(5/9)
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
GA1IH (i)	i番目IH 伝熱部	差分パラメータ α_1 を0とする 1次流体下限流量	kg/sec	
GA1XH (i)	i番目IH 伝熱部	差分パラメータ α_1 を1とする 1次流体上限流量	kg/sec	
GB1IH (i)	i番目IH 伝熱部	差分パラメータ β_1 を0とする 1次流体下限流量	kg/sec	
GB1XH (i)	i番目IH 伝熱部	差分パラメータ β_1 を1とする 1次流体上限流量	kg/sec	
GA2IH (i)	i番目IH 伝熱部	差分パラメータ α_2 を0とする 2次流体下限流量	kg/sec	
GA2XH (i)	i番目IH 伝熱部	差分パラメータ α_2 を1とする 2次流体上限流量	kg/sec	
GB2IH (i)	i番目IH 伝熱部	差分パラメータ β_2 を0とする 2次流体下限流量	kg/sec	
GB2XH (i)	i番目IH 伝熱部	差分パラメータ β_2 を1とする 2次流体上限流量	kg/sec	
	i=KNHX			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	HXMI2		(7/9)
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
ZNPHX (i)	i 番目 IHX 伝熱部自然循環力計算用 1 次側流体高さ (符号下向きを正)	m	
ZNSHX (i)	i 番目 IHX 伝熱部自然循環力計算用 2 次側流体高さ (符号下向きを正)	m	
	i=KNHX		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	HXMI2			(8/9)	
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	
CA1WHX (i, 1)	i 番目 IHX 伝熱部	1 次側流体 ⇨ 伝熱管ヌセルト数係数 a	-	}	
CA1WHX (i, 2)	i 番目 IHX 伝熱部		b		} KCONHX(1,1) ≠ 0 の時必要
CA1WHX (i, 3)	i 番目 IHX 伝熱部		$Nu1 = a + bRe1^c Prp^d$			c
CA1WHX (i, 4)	i 番目 IHX 伝熱部		d		d
CA2WHX (i, 1)	i 番目 IHX 伝熱部	伝熱管 ⇨ 2 次側流体ヌセルト数係数 a	-	}	
CA2WHX (i, 2)	i 番目 IHX 伝熱部		b		} KCONHX(1,2) ≠ 0 の時必要
CA2WHX (i, 3)	i 番目 IHX 伝熱部		$Nu2 = a + bRe2^c Pr5^d$			c
CA2WHX (i, 4)	i 番目 IHX 伝熱部		d		d
CA3WHX (i, 1)	i 番目 IHX 伝熱部	1 次側流体 ⇨ シェルヌセルト数係数 a	-	}	
CA3WHX (i, 2)	i 番目 IHX 伝熱部		b		} KCONHX(1,3) ≠ 0 の時必要
CA3WHX (i, 3)	i 番目 IHX 伝熱部		$Nu3 = a + bRe1^c Prp^d$			c
CA3WHX (i, 4)	i 番目 IHX 伝熱部		d		d
KCOWHX (i, 1)	1 次側流体 ⇨ 伝熱管ヌセルト数 =0 自然対流を考慮しない =1 自然対流を考慮する		-	基礎式 参照	
KCOWHX (i, 2)	伝熱管 ⇨ 2 次側流体ヌセルト数 =0 自然対流を考慮しない =1 自然対流を考慮する		-	基礎式 参照	

i=KNHX

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	H X M 1 (1/3)		
関連サブルーチン			
モジュールH X モジュールサブルーチン			
変 数 名	意 味	単 位	備 考
ETHX (i)	モジュールHX(i) 計算経過時間	sec	
DELTHX (i)	モジュールHX(i) 計算進み時間巾	sec	
MHX1 (i)	モジュールHX(i) タイムメッシュ (1ステップ前)	—	
MHX2 (i)	モジュールHX(i) タイムメッシュ (現ステップ)	—	
IOUTHX (i)	モジュールHX(i) 中間出力時間の指定	—	
	i=KNHX		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意味	単位	備考
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			
CPPHX (i, k)	モジュールHX(i) 1次側流体 比熱 伝熱部	kcal/ kg℃	
ROPHX (i, k)	モジュールHX(i) 1次側流体 密度 伝熱部	kg/m ³	
PRPHX (i, k)	モジュールHX(i) 1次側流体 プラントル数 伝熱部	-	
VKPHX (i, k)	モジュールHX(i) 1次側流体 動粘性係数 伝熱部	m ² /sec	
TKPHX (i, k)	モジュールHX(i) 1次側流体 熱伝導率 伝熱部	kcal/ msec℃	
CPSHX (i, k)	モジュールHX(i) 2次側流体 比熱 伝熱部	kcal/ kg℃	
ROSHX (i, k)	モジュールHX(i) 2次側流体 密度 伝熱部	kg/m ³	
PRSHX (i, k)	モジュールHX(i) 2次側流体 プラントル数 伝熱部	-	
VKSHX (i, k)	モジュールHX(i) 2次側流体 動粘性係数 伝熱部	m ² /sec	
TKSHX (i, k)	モジュールHX(i) 2次側流体 熱伝導率 伝熱部	kcal/ msec℃	
	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 伝熱部	kcal/ kg℃	
ROTHX (i, k)	モジュールHX(i) 伝熱管 密 度 伝熱部	kg/m ³	
TKTHX (i, k)	モジュールHX(i) 伝熱管 熱伝導率 伝熱部 (メッシュ中点)	kcal/ msec℃	
CPVHX (i, k)	モジュールHX(i) シェル 比 熱 伝熱部	kcal/ kg℃	
ROVHX (i, k)	モジュールHX(i) シェル 密 度 伝熱部	kg/m ³	
TKVHX (i, k)	モジュールHX(i) シェル 熱伝導率 伝熱部	kcal/ msec℃	
ATKTHX (i, k)	モジュールHX(i) 伝熱管 (メッシュ端点) 伝熱部 熱伝導率	kcal/ msec℃	
ATKVHX (i, k)	モジュールHX(i) シェル (メッシュ端点) 伝熱部 熱伝導率	kcal/ msec℃	
RPTOHX (i, k)	モジュールHX(i) 伝熱管外壁流体 密 度 伝熱部 (メッシュ端点)	kg/m ³	
RPVIHX (i, k)	モジュールHX(i) シェル内壁流体 温 度 伝熱部 (メッシュ端点)	kg/m ³	
VSTIHX (i, k)	モジュールHX(i) 伝熱管内壁流体 動粘性係数 伝熱部 (メッシュ端点)	m ² /sec	
	i=KNHX, k=KMHX		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	味	単 位	備 考
コモンブロック名	H X M 2			(1/7)
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				
T P I N H X (j)	i 番目 I H X 伝熱部	1 次側流体入口温度	℃	フル変数との接続
T P O T H X (j)	i 番目 I H X 伝熱部	1 次側流体出口温度	℃	フル変数との接続
T S I N H X (j)	i 番目 I H X 伝熱部	2 次側流体入口温度	℃	フル変数との接続
T S O T H X (j)	i 番目 I H X 伝熱部	2 次側流体出口温度	℃	フル変数との接続
T S L H X (j)	i 番目 I H X 伝熱部	シェル平均温度	℃	フル変数との接続
T A R H X (j)	i 番目 I H X 伝熱部	シェルに接する空気温度	℃	フル変数との接続
T E X H X (j)	i 番目 I H X 伝熱部	シェルに接する他の外部流体温度	℃	フル変数との接続
H P H X (j)	i 番目 I H X 伝熱部	1 次側流体自然循環力	kg/m ³	フル変数との接続
H S H X (j)	i 番目 I H X 伝熱部	2 次側流体自然循環力	kg/m ³	フル変数との接続
G P H X (j)	i 番目 I H X 伝熱部	1 次側流体流量	kg/sec	フル変数との接続
G S H X (j)	i 番目 I H X 伝熱部	2 次側流体流量	kg/sec	フル変数との接続
A V T P H X (i)	i 番目 I H X 伝熱部	1 次側流体平均温度	℃	フル変数との接続
A V T S H X (i)	i 番目 I H X 伝熱部	2 次側流体平均温度	℃	フル変数との接続
	j=2*KNHX i=KNHX			

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
TPHX (j, k)	i 番目 I H X 1 次側流体温度 伝熱部	℃	
TSHX (j, k)	i 番目 I H X 2 次側流体温度 伝熱部	℃	
TTHX (j, k)	i 番目 I H X 伝熱管温度 (メッシュ中点) 伝熱部	℃	
TVHX (j, k)	i 番目 I H X シェル温度 伝熱部	℃	
ATTHX (j, k)	i 番目 I H X 伝熱管温度 (メッシュ端点) 伝熱部	℃	
ATVHX (j, k)	i 番目 I H X シェル温度 (メッシュ端点) 伝熱部	℃	
TSTIHX (j, k)	i 番目 I H X 伝熱管内壁流体温度 (メッシュ端点) 伝熱部	℃	
TPTOHX (j, k)	i 番目 I H X 伝熱管外壁流体温度 (メッシュ端点) 伝熱部	℃	
TPVIHX (j, k)	i 番目 I H X シェル内壁流体温度 (メッシュ端点) 伝熱部	℃	
	j=2*KNHX k=KMHX		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	H X M 2	(3/7)	
関連サブルーチン			
モジュール H X モジュールサブルーチン			
変 数 名	意 味	単 位	備 考
U 1 H X (J , K)	I 番目 I H X 1 次側流体 ⇨ 伝熱管 熱伝達率 伝熱部	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot \text{sec} \cdot \text{℃}}$	
U 2 H X (J , K)	I 番目 I H X 2 次側流体 ⇨ 伝熱管 熱伝達率 伝熱部	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot \text{sec} \cdot \text{℃}}$	
U 3 H X (J , K)	I 番目 I H X 1 次側流体 ⇨ シェル 熱伝達率 伝熱部	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot \text{sec} \cdot \text{℃}}$	
U 4 H X (J , K)	I 番目 I H X シェル ⇨ 空気雰囲気 熱伝達率 伝熱部	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot \text{sec} \cdot \text{℃}}$	
U 5 H X (J , K)	I 番目 I H X シェル ⇨ その他の外部流体 熱伝達率 伝熱部	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot \text{sec} \cdot \text{℃}}$	
	J=2*KNHX K=KMHX		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意 味	単 位	備 考
コモンブロック名		H X M 2 (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			
ALF1HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 1次側流体 film熱伝達率 ↔ 伝熱管	kcal/ m ² sec °C	
ALF2HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 伝熱管 film熱伝達率 ↔ 2次側流体	kcal/ m ² sec °C	
ALF3HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 1次側流体 film熱伝達率 ↔ シェル	kcal/ m ² sec °C	
APE1HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 1次側流体 ペクレ数 ↔ 伝熱管	—	
APE2HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 伝熱管 ペクレ数 ↔ 2次側流体	—	
APE3HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 1次側流体 ペクレ数 ↔ シェル	—	
ANU1HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 1次側流体 ヌセルト数 ↔ 伝熱管	—	
ANU2HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 伝熱管 ヌセルト数 ↔ 2次側流体	—	
ANU3HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 1次側流体 ヌセルト数 ↔ シェル	—	
RE1HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 1次側流体 レイノルズ数	—	
RE2HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 2次側流体 レイノルズ数	—	
RE3HX (i, k)	i 番目 I H X 伝熱部 1次側流体 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 (5/7)			
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
DELZHX (i)	i 番目 IHX	伝熱部 伝熱管1ノードあたりの長さ	m	
GR1HX (i, k)	i 番目 IHX	1次側流体に伝熱管 グラフホフ数	-	
GR2HX (i, k)	i 番目 IHX	不使用	-	
GR3HX (i, k)	i 番目 IHX	1次側流体にシェル グラフホフ数	-	
	i=KNHX			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名		H X M 2			(6/7)
関連サブルーチン					
モジュールH X モジュールサブルーチン					
変数名	意味			単位	備考
HET1HX (i, k)	i 番目 I H X 熱計算用途中変数 伝熱部				
HET2HX (i, k)	i 番目 I H X 熱計算用途中変数 伝熱部				
HET3HX (i, k)	i 番目 I H X 熱計算用途中変数 伝熱部				
	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	
	i=KNHX, k=5				

変数名リスト

コモンブロック名	HXM 2 (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)	i 番目 IHX 伝熱部 差分パラメータ α_1		
BL1HX (i)	i 番目 IHX 伝熱部 差分パラメータ β_1		
AL2HX (i)	i 番目 IHX 伝熱部 差分パラメータ α_2		
BL2HX (i)	i 番目 IHX 伝熱部 差分パラメータ β_2		
AL1HX0 (i)	i 番目 IHX 伝熱部 差分パラメータ α'_1		
BL1HX0 (i)	i 番目 IHX 伝熱部 差分パラメータ β'_1		
AL2HX0 (i)	i 番目 IHX 伝熱部 差分パラメータ α'_2		
BL2HX0 (i)	i 番目 IHX 伝熱部 差分パラメータ β'_2		
	i=KNHX		

変 数 名 リ ス ト

3.10 モジュールK N（原子炉核計算）

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

$$\delta k(t) = \rho_{rod}(t) + \rho_s(t) + \rho_d(t) + \rho_{dop}(t) + \sum_{i=1}^{K R K N} \rho_i(t) \quad (3)$$

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

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

— 記号説明 —

n	； 中性子束（出力）	[kcal/sec]
δk	； 全反応度	[$\Delta k / k$]
β_m	； m 種遅発中性子発生割合 ($\beta = \sum \beta_m$)	[———]
λ_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 ³]
L	； 遅発中性子生成時間	[sec]
ρ	； 反応度	[$\Delta k / k$]
α	； 反応度係数	[———]
T	； 平均温度	[°C]
rod	； 制御棒	
s	； スクラム	
d	； 外乱	
dop	； ドップラー効果	
0	； 初期値	

5 解 法

核動特性方程式

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

<即発跳躍近似>

$$n(j+1) = \frac{0.5\Delta t n(j) B + L A}{\beta - \delta k(j+1) - 0.5\Delta t B} \quad (7)$$

<近似なし>

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

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KNRESTART FILE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計算済み時間巾の計算	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
IMDLK	モジュールKN 計算実行の可否 = 1 : 実行する ≠ 1 : 実行しない	-	
IOPTK	=0 即発跳躍近似をする =1 しない	-	
IRCF	反応度係数個数	-	
NRTOT	全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)	-	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)	-	TEMP に対応
NPFD	原子炉出力変化率プール変数番号 (崩壊熱を除く)	-	TEMP に対応
	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	KNRBAD
		ネームリスト名	NAMKN1
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。	—	
PF0	原子炉出力初期値 KLDK=1のとき入力	kcal/sec	
IOTIMK	モジュールKN 計算進み =0; 一定, =1; コード中で計算	—	
DTIMK (j)	モジュールKN } DTIMK(j) ≤ ETK の時 DDELTK = 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 計算進み時間巾, 計算値の係数	—	IOTIMK=1 の時入力
DMAXK	モジュールKN 計算進み時間巾最大値	sec	IOTIMK=1 の時入力
DMINK	モジュールKN 計算進み時間巾最小値	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の出力を行なう =2; " (詳細出力)	—	
IDBGK	モジュールKN =1; 中間出力を行なう =2; " (詳細出力)	—	
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
PNLT	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		1/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	℃	
CFTBL (k, j)	j 番目温度フィードバック係数	温度係数データ	ΔK/K/℃	
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	KNM1 (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
ETK	モジュールKN 計算経過時間	sec	
DELTK	モジュールKN 計算進み時間巾	sec	
MK1	モジュールKN タイムメッシュ (ステップ前)	—	
MK2	モジュールKN タイムメッシュ (現ステップ)	—	
IOUTK	モジュールKN 中間出力時間メッシュ指定	—	

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	kcal/sec	
CI (i, k)	遅発中性子先行核濃度	1/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)	℃	
TAV0 (k, 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)	℃	
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)	kcal/sec ²	
	k=2, i=6, j=KRKN		

変 数 名 リ ス ト

3.11 モジュール L G (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

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。

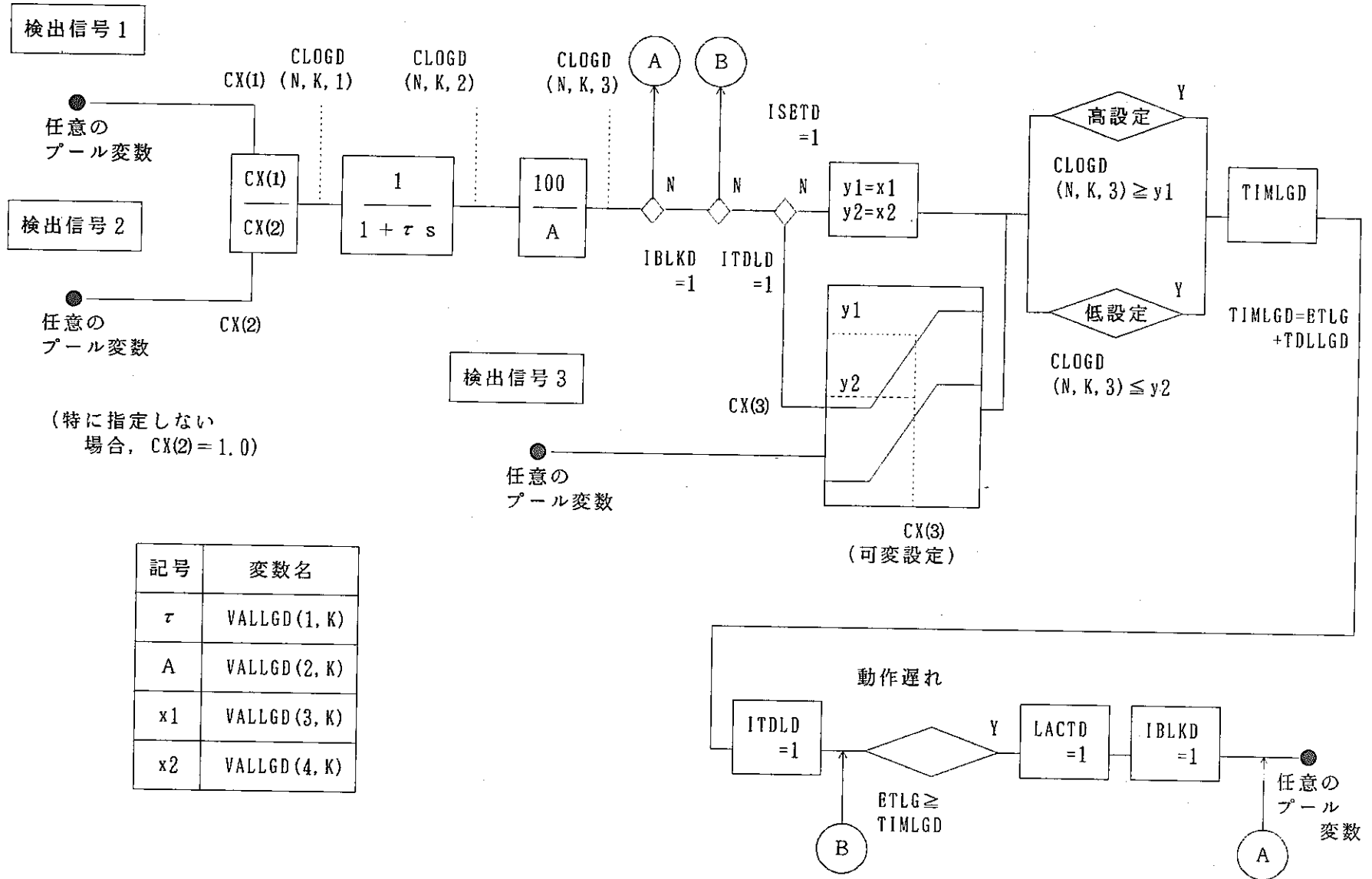
本モデルは安全保護系、インターロックを図1、図2に示すような検出要素（最大KDLG個）と動作要素（最大KALG個）で代表させ、入力データで各要素間の接続を指定することにより、任意の安全保護系、インターロックを構成するものである。

(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。

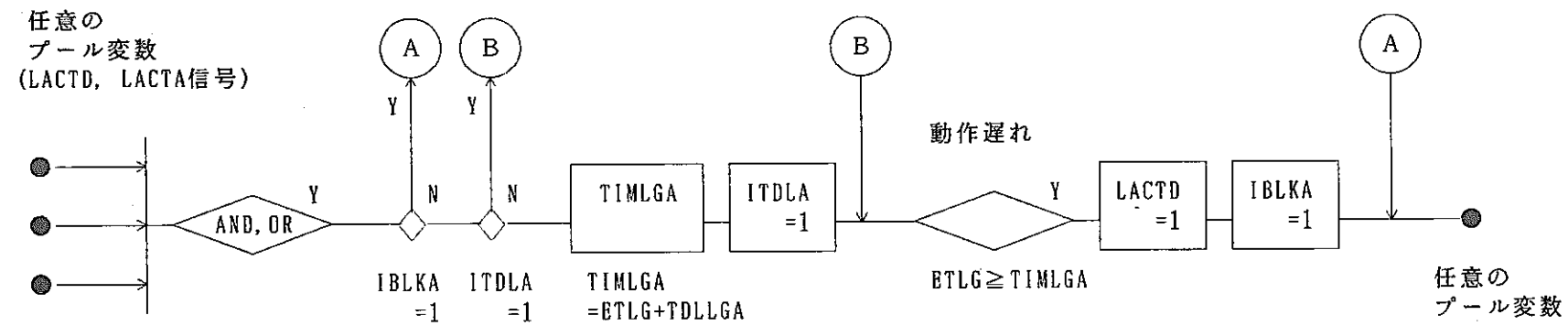
(2) 動作要素（図LG-2参照）

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時（AND）、動作信号（LACTA=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。



記号	変数名
τ	VALLGD (1, K)
A	VALLGD (2, K)
x1	VALLGD (3, K)
x2	VALLGD (4, K)

図 LG-1 安全保護系, 検出要素モデル



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 RESTART FILEの書出し, 読込み	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計算済み時間巾の計算	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	LGM I 1			(1/2)
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 =1 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		—	
CLGD0 (m, k)	モジュールLG K番目検出要素, 検出信号 初期値		—	
	K=KDLG, L=KALG, m=3			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LGMI1 (2/2)		
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	LGBRAD
		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 計算時間進み巾 = DDELLG(I)	sec	
TMAXLG	計算終了時間	sec	
IPSTLG	モジュールLG =1, sub.LGSTATの出力を行なう	-	
IPTRLG	モジュールLG =1, 中間出力を行う	-	
OUTLG (J)	モジュールLG 中間出力時間	sec	
	I=5, J=30		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LGMI2 (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 プール変数の識別	-	(注1)
MLGID (m, k)	モジュールLG プール変数番号の指定 K番目検出要素	-	(注2)
NLGID (m, k)	モジュールLG プール変数番号の指定 K番目検出要素	-	(注2)
LLGOD (k)	モジュールLG 出力に対応する K番目検出要素 プール変数の識別	-	(注1)
MLGOD (k)	モジュールLG プール変数番号の指定 K番目検出要素	-	(注2)
NLGOD (k)	モジュールLG プール変数番号の指定 K番目検出要素	-	(注2)
	(注1) =1, TEMP =3, PRSN =5, VLWN =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	LGMI2			(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 (L)	モジュールLG L番目動作要素	入力信号の個数 (max. 10)	-	
LLGIA (m, L)	モジュールLG L番目動作要素	m番目入力に対する プール変数の識別	-	(注1)
MLGIA (m, L)	モジュールLG L番目動作要素	プール変数番号の指定	-	(注2)
NLGIA (m, L)	モジュールLG L番目動作要素	プール変数番号の指定	-	(注2)
LLGOA (L)	モジュールLG L番目動作要素	出力に対応する プール変数の識別	-	(注1)
MLGOA (L)	モジュールLG L番目動作要素	プール変数番号の指定	-	(注2)
NLGOA (L)	モジュールLG L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)			
	L=KALG, m=10			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LGMI 2 (3/4)		
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
LACTD (K)	モジュールLG 検出信号 K 番目検出要素 = 1, ON ≠ 1, OFF	—	
IBLKD (K)	モジュールLG =1, 検出信号をブロックする。 K 番目検出要素	—	
TDLLGD (K)	モジュールLG LACTD 信号発生遅れ時間 K 番目検出要素	sec	
VALLGD (I, K)	モジュールLG 各種入力データ K 番目動作要素	—	
ISELA (L)	モジュールLG =1, OR ロジック K 番目動作要素 =2, AND ロジック	—	
LACTA (L)	モジュールLG 動作信号 K 番目動作要素 = 1, ON ≠ 1, OFF	—	
IBLKA (L)	モジュールLG =1, 動作信号をブロックする。 K 番目動作要素	—	
TDLLGA (L)	モジュールLG LACTA 信号発生遅れ時間 K 番目動作要素	sec	
	K=KDLG, L=KALG, I=5		

変数名リスト

3.12 モジュールLN（非圧縮性単相流体配管要素熱計算）

モジュールLN

1 機能

非圧縮性単相流体，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	TEMP	出口温度	TEMP
流量	FLWN	流体の平均温度	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

3 モデルの概要 (図LN-1 参照)

- (1) 独立な配管は、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。但し、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) エネルギー保存側

流体

$$C_f M_f \frac{\partial}{\partial t} T_f(z, t) = - C_f G_f(t) \frac{\partial}{\partial t} T_f(z, t) - U_1 A_1 (T_f(z, t) - T_t(z, t)) + Q(z, t) \quad (1)$$

側容量

$$C_v M_v \frac{\partial}{\partial t} T_v(z, t) = U_1 A_1 (T_f(z, t) - T_t(z, t)) - U_2 A_2 (T_t(z, t) - T_{air}) \quad (2)$$

(2) 熱伝達率, 及び伝熱式

熱伝達率

$$U_1 = \frac{1}{\frac{d_1 + d_2}{2 d_1} + \frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1 + d_2}{4 k T} L_n + \frac{d_1 + d_2}{2 d_1}} \quad (3)$$

U2 は入力データ

自然対流を考慮する場合

(4)(5)式の大となる値

$$\alpha_1 = \frac{K_f}{d_1} (A_1 + A_2 Re^{A_3} \cdot Pr^{A_4}) \quad (4)$$

A1~A4は入力データ

又は,

$$\alpha_1 = \frac{K_f}{L} (0.0302 Gr^{2/5} \frac{Pr^{7/15}}{(1.0 + 0.494 Pr^{2/3})^{2/5}}) \quad (5)$$

$$\text{但し, } Re_l = \frac{|Gf| \cdot d_l}{\bar{\rho}_f \cdot S_f \cdot \nu_f}$$

$\bar{\rho}_f$ は流体密度の平均値

$$Gf = \frac{g \cdot L^3 \cdot \Delta \rho}{\rho_f \cdot \nu_f^2}$$

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

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

$$C_f = -\sin \theta$$

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。

流 体 (順流時)

$$\begin{aligned} C_f(i) M_f & \frac{T_f(i, j+1) - T_f(i, j)}{\Delta t} \\ & = -C_f(i) G_f(j+1) \frac{T_f(i, j+1) - T_f(i-1, j+1)}{\Delta z} \\ & \quad - U_1(i, j+1) A_1 (T_f(i, j+1) - T_t(i, j)) \\ & \quad + Q(i, j+1) \quad \text{--- (7)} \end{aligned}$$

流 体 (逆流時)

$$C_f(i) M_f \frac{T_f(i, j+1) - T_f(i, j)}{\Delta t}$$

$$\begin{aligned}
&= -C_f(i) G_f(j+i) \frac{T_f(i+1, j+1) - T_f(i, j+1)}{\Delta z} \\
&\quad - U_1(i, j+1) A_1 (T_f(i, j+1) - T_t(i, j)) \\
&\quad + Q(i, j+1) \qquad \qquad \qquad \text{--- (8)}
\end{aligned}$$

側容量

$$\begin{aligned}
C_t(i) M_t &= \frac{T_t(i, j+1) - T_t(i, j)}{\Delta t} \\
&= U_1(i, j+1) A_1 (T_f(i, j+1) - T_t(i, j+1)) \\
&\quad - U_2 A_2 (T_t(i, j+1) - T_{air}) \qquad \qquad \qquad \text{--- (9)}
\end{aligned}$$

熱伝達率

$$U_1(i, j+1) = \frac{1}{\frac{d_1+d_2}{2d_1} \frac{1}{\alpha_1(i)} + \frac{d_1+d_2}{4kT(i)} \ln \frac{d_1+d_2}{2d_1}} \qquad \text{--- (10)}$$

$$Nu_1(i) = \frac{\alpha_1(i) d_1}{k_f(i)} = A_1 + A_2 Re_1(i)^{A_3} \cdot Pr_f(i)^{A_4} \qquad \text{--- (11)}$$

又は,

$$Nu_1(i) = \frac{\alpha_1(i) d_1}{k_f(i)} = 0.0302 Gr(i)^{2/5} \frac{Pr^{7/15}}{(1.0 + 0.494 Pr^{2/3})^{2/5}} \qquad \text{--- (12)}$$

$$\text{但し, } Re_1(i) = \frac{|G_f(j+1)|}{\rho_f \cdot S_f} \frac{d_1}{\nu_f(i)}$$

(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

$$-\frac{G_f}{\Delta Z} (C_f(i) T_f(i) - C_f(i-1) T_f(i-1)) - U_1(i) A_1 (T_f(i) - T_v(i)) + Q(i) = 0 \quad (13)$$

側容量

$$U_1(i) A_1 (T_f(i) - T_v(i)) - U_2 A_2 (T_v(i) - T_{air}) = 0 \quad (14)$$

(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 ——

f ; 流 体

v ; 側容量

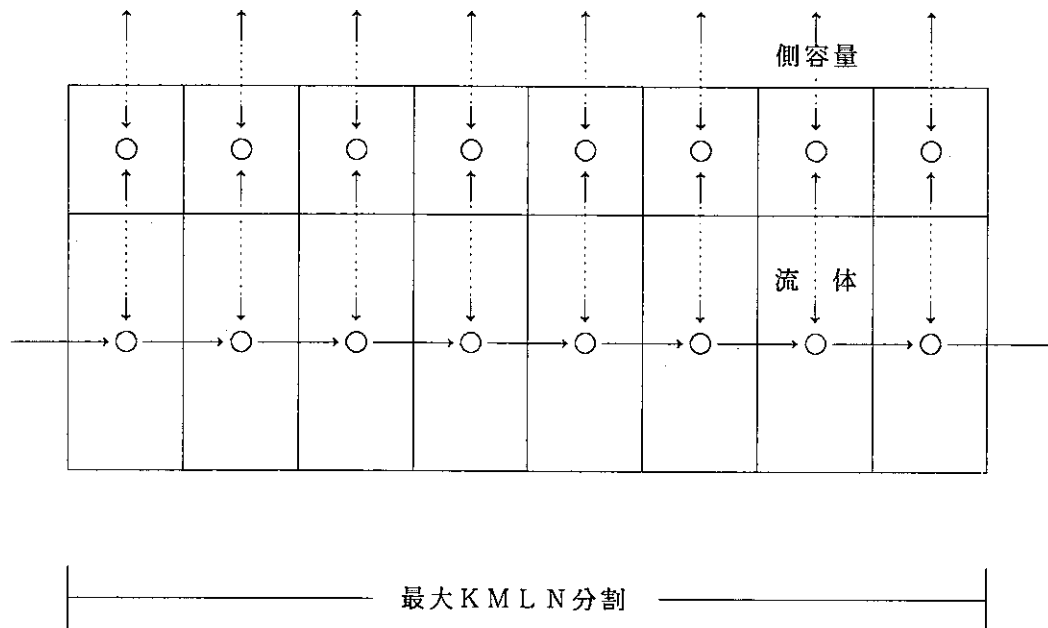
air ; 空気雰囲気

1 ; f \longleftrightarrow v2 ; v \longleftrightarrow air

d1 ; 配管内径 [m]

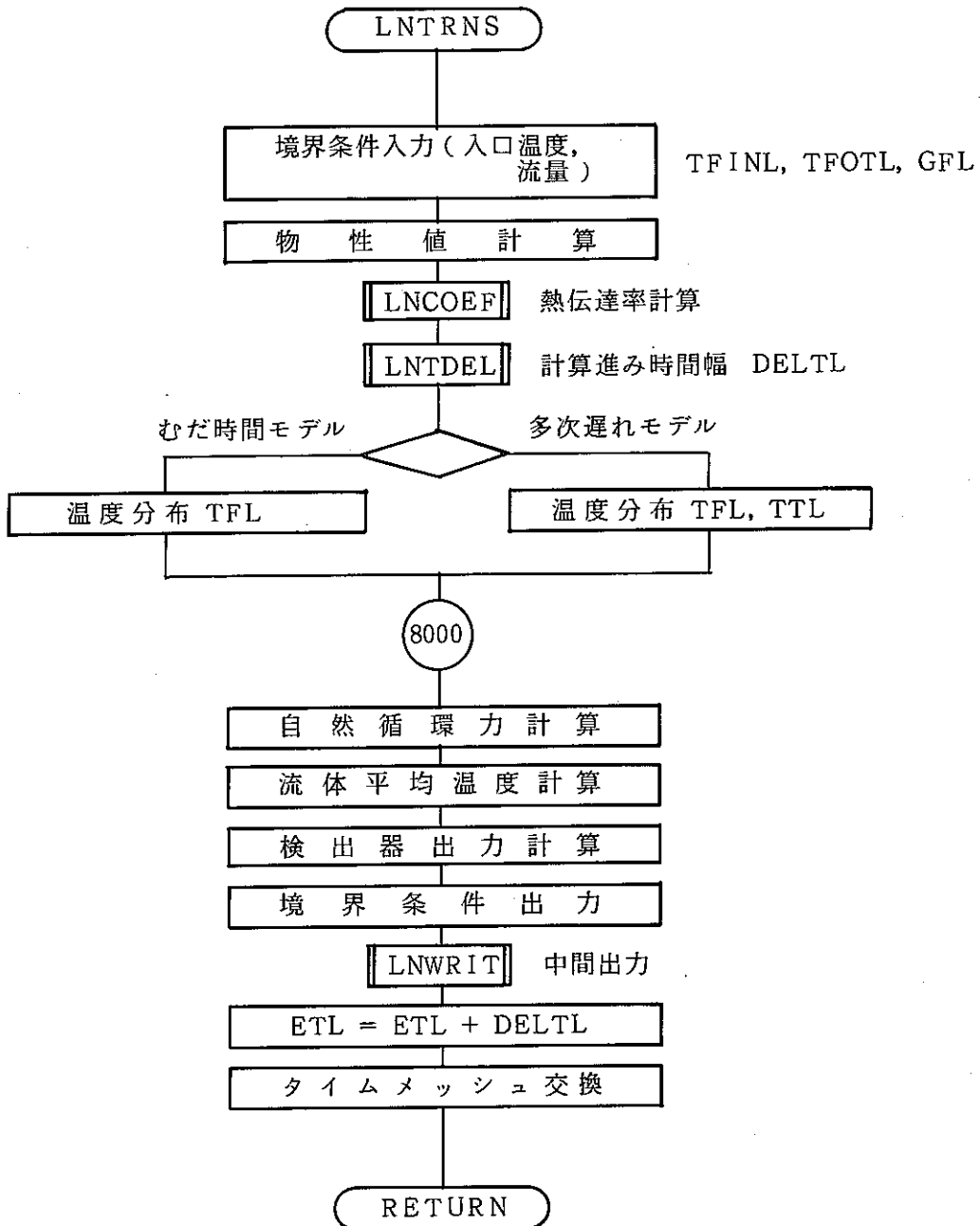
d2 ; 配管外径 [m]

空気雰囲気



- ; 代表温度点
- ; 流体の流れ
-→ ; 熱伝達

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

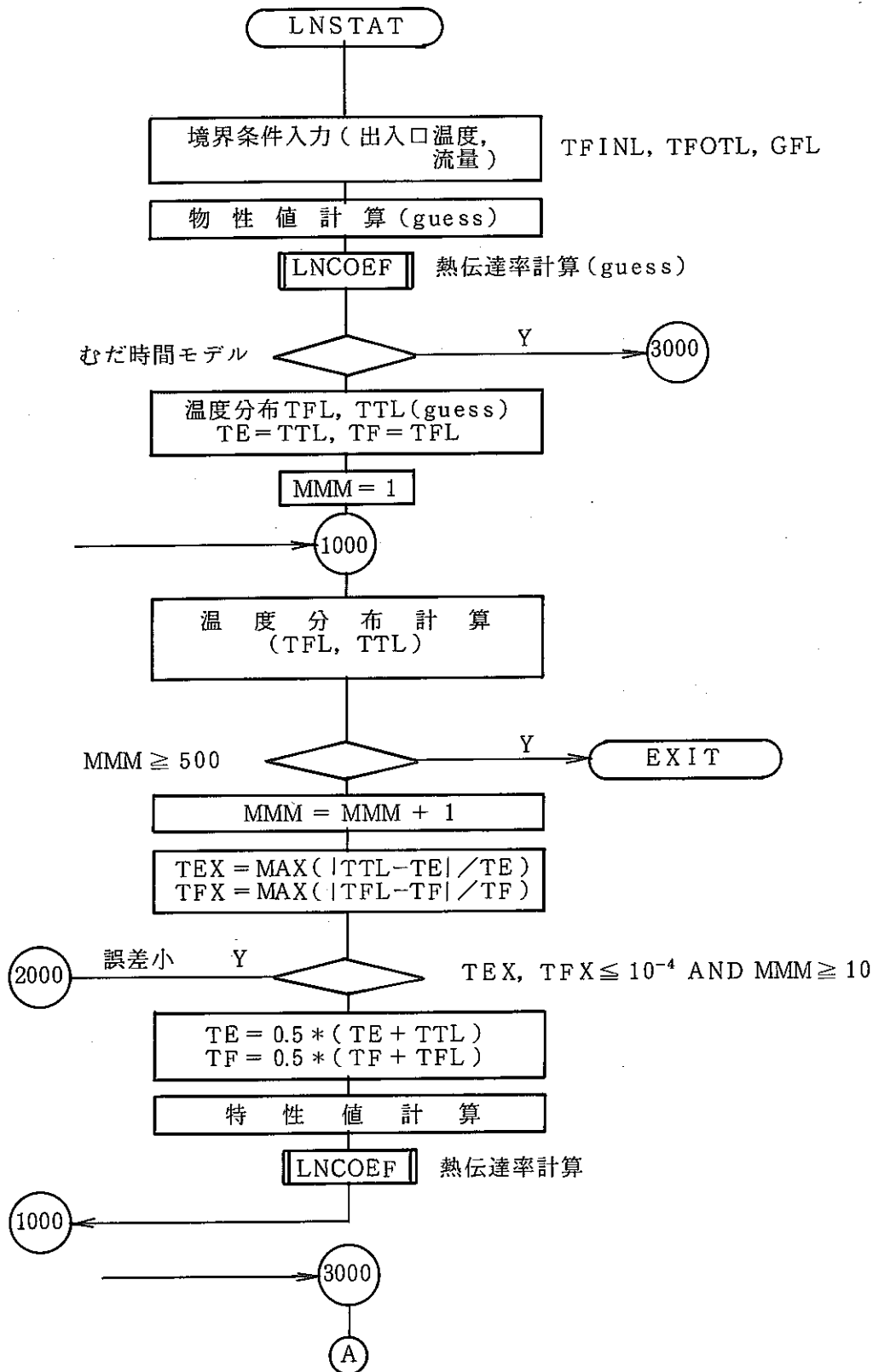
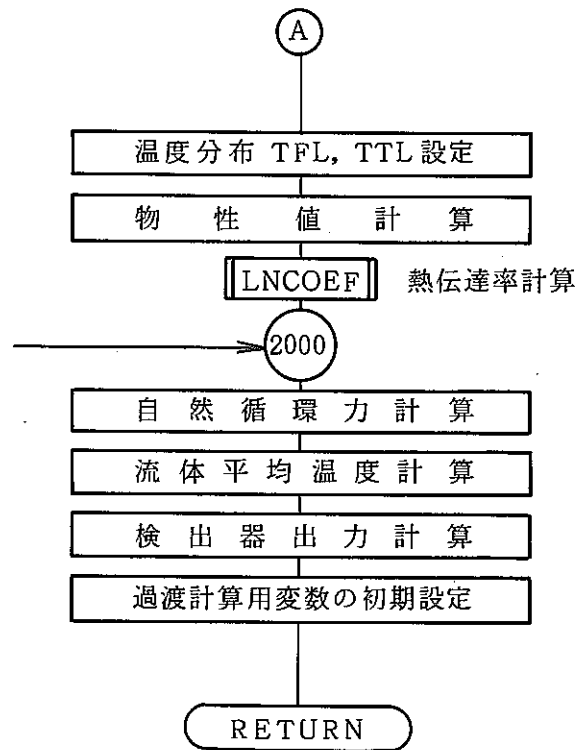


図 LN-3 sub.LNSTATフローチャート (1/2)



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LNRESTART FILEの書出し, 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.
LNCOE	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.
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.
ZSODUM	ナトリウムの物性値計算	ELEMENT SUB.
ZWATR2	水の物性値計算	ELEMENT SUB.

コモンブロック名	LNMI 1 (1/6)		
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	NAMLNI
変数名	意味	単位	備考
NNL	モジュールLN 輸送おくれ要素の個数 (MAX,KNLN)	-	
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	-	
IOP1L (i)	モジュールLN(i) =0 ; 多次おくれモデル =1 ; 多次おくれモデル (側容量有り) =2 ; むだ時間モデル	-	
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	-	IOP1L(i) =1のとき
IOP3L (i)	モジュールLN(i) 流体 ↔ 側容量伝熱式の選択 (下記)	-	
	(=1) $Nu = a + b \cdot Re^c \cdot Pr^d$ (a, b, c, dは入力データ)		
	(=2) $Nu = 0.0302 Gr^{2/5} \frac{Pr^{7/15}}{(1+0.494 Pr^{2/3})^{2/5}}$		
	と上記式のうちNuが大となる方を選択。		
	i=KNLN		

変数名リスト

コモンブロック名	LNMI1 (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)	i 番目輸送おくれ要素入口温度プール変数番号	—	TEMP に対応
NTOL (i)	i 番目輸送おくれ要素出口温度プール変数番号	—	TEMP に対応
NWL (i)	i 番目輸送おくれ要素属する流路網番号	—	FLWN に対応
NFL (i)	i 番目輸送おくれ要素属する流路番号	—	FLWN に対応
NELL (i)	i 番目輸送おくれ要素自然循環に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
NTAVL (i)	i 番目輸送おくれ要素流体の平均温度に対応するプール変数番号	—	
NOUTL (i)	i 番目輸送おくれ要素温度出力点数 (for detector)	—	
NUML (j, i)	i 番目輸送おくれ要素上記に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
KOUTL (j, i)	i 番目輸送おくれ要素上記に対応するノード番号	—	(注)
	(注) TPL(N, k) ; k に対応		
	i=KNLN, j=10		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LNMI1 (3/6)		
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	NAMLNI
変数名	意味	単位	備考
NINTL (i)	モジュールLN(i) 初期設定を行う順序	—	
KHBL (i)	モジュールLN(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		
JTUPL (i)	モジュールLN(i) ヒートバランス計算上温度を固定する側のプール変数番号	—	(注)
TL (i)	モジュールLN(i) 流体温度初期値	℃	
WL (i)	モジュールLN(i) 流量初期値	kg/sec	
	(注) NTIL(i), 又はNTOL(i) の値を入力		
	i=KNLN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LNMI1 (4/6)		
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	単位	備考
IOTML (i)	モジュールLN(i) 計算進み =0, 一定 =1, コード中で計算	-	
DTIML (j, i)	モジュールLN(i) 計算進み入力値	sec	IOTML(I)=0 の時入力
DDELL (j, i)	モジュールLN(i) DTIML(j, i) ≤ 時間 の時 計算時間進み巾 = DDELL(j, i)	sec	IOTML(I)=0 の時入力
DCOTL (i)	モジュールLN(i) 計算時間進み巾, 計算値の係数	-	IOTML(I)=1 の時入力
DMAXL (i)	モジュールLN(i) 計算進み時間巾 最大値	sec	IOTML(I)=1 の時入力
DMINL (i)	モジュールLN(i) 計算進み時間巾 最小値	sec	IOTML(I)=1 の時入力
TMAXL (i)	モジュールLN(i) 計算終了時間	sec	
	i=KNLN, j=5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LNMI 1			(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)	流体物性値	—	
		= 1 ; 温度依存 ≠ 1 ; 一 定		
KPR2L (i)	モジュールLN(i)	流体の種類を示すINDEX	—	
		= 1 ; ナトリウム = 2 ; 水		
KPR3L (i)	モジュールLN(i)	側容量物性値	—	
		= 1 ; 温度依存 ≠ 1 ; 一 定		
KPR4L (i)	モジュールLN(i)	側容量の種類を示すINDEX	—	
		{ =1:SUS316 =2:SUS304 =3:2-1/4Cr-1Mo =4:9Cr-1Mo =5:Cu =6:BRASS =7:AKLYL }		
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	℃	(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	LNMI2 (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		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)	i 番目輸送おくれ要素ノード分割数 (max. KMLN)	-	
D1L (i)	i 番目輸送おくれ要素内径	m	
D2L (i)	i 番目輸送おくれ要素外径	m	
A1L (i)	i 番目輸送おくれ要素流体 ↔ 側容量伝熱面積密度	m ² /m	肉厚中心 基準
A2L (i)	i 番目輸送おくれ要素側容量 ↔ 空気伝熱面積密度	m ² /m	肉厚中心 基準
DZL (i)	i 番目輸送おくれ要素長さ	m	
AHFL (i)	i 番目輸送おくれ要素流体 重量密度 (熱容量計算用)	kg/m	
AHTL (i)	i 番目輸送おくれ要素側容量重量密度 (熱容量計算用)	kg/m	
AVFL (i)	i 番目輸送おくれ要素流路断面積 (流速計算用)	m ²	
U2LIN (i)	i 番目輸送おくれ要素側容量 ↔ 空気熱伝達率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{C}}$	
TAIRL (i)	i 番目輸送おくれ要素空気温度	℃	
	i=KNLN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LNMI2 (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		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
AMAX1L (i)	i 番目輸送おくれ要素 ANU1L(I, K) の最大値	-	
AMIN1L (i)	i 番目輸送おくれ要素 ANU1L(I, K) の最小値	-	
COEFFL (j, i)	i 番目輸送おくれ要素 伝熱式の係数 (下記) (10P3L(i)=1の時入力)		
	$Nu = COEFFL(1, i) + COEFFL(2, i) * Re^{COEFFL(3, i)} * Pr^{COEFFL(4, i)}$		
DXL (i)	i 番目輸送おくれ要素 代表長さ	m	
	i=KNLN, j=4		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LNMI 2 (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		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)	i 番目輸送 区分 j の長さ (自然循環力計算用) おくれ要素	m	
WGPL (j, i)	i 番目輸送 区分 j の水平方向となす角度 おくれ要素 (自然循環力計算用)	deg	
NQL (I)	i 番目輸送 流体の自己発熱 おくれ要素 を考慮する	ノード数 (max, 2)	—
NUMQL (k, i)	i 番目輸送 流体の自己発熱 おくれ要素 を考慮する	k 番目ノードのノード 番号	—
NFITQL (k, i)	i 番目輸送 流体の自己発熱 おくれ要素 を考慮する	TABLE DATA個数 (max, 10)	—
TFITQL (l, k, i)	i 番目輸送 流体の自己発熱 おくれ要素 を考慮する	時間データ	sec
QFITQL (l, k, i)	i 番目輸送 流体の自己発熱 おくれ要素 を考慮する	発熱密度データ	kcal/ msec
i=KNLN, j=10, k=2, l=10			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LNM1 (1/2)		
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
ETL (i)	モジュールLN(i) 計算経過時間	sec	
DELTL (i)	モジュールLN(i) 計算進み時間巾	sec	
ML1 (i)	モジュールLN(i) タイムメッシュ (1ステップ前)	—	
ML2 (i)	モジュールLN(i) タイムメッシュ (現ステップ)	—	
IOUTL (i)	モジュールLN(i) 中間出力時間の指定	—	
	i=KNLN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	L N M 1 (2/2)		
関連サブルーチン			
モジュール L N モジュールサブルーチン			
変 数 名	意 味	単 位	備 考
CPFL (k)	輸送おくれ要素流体 比 熱	kcal/ kg · °C	
ROFL (k)	輸送おくれ要素流体 密 度	kg / m ³	
PRFL (k)	輸送おくれ要素流体 プラントル数	—	
VKFL (k)	輸送おくれ要素流体 動粘性係数	m ² / sec	
TKFL (k)	輸送おくれ要素流体 熱伝導率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$	
CPTL (k)	輸送おくれ要素側容量比熱	kcal/ kg · °C	
ROTL (k)	輸送おくれ要素側容量密度	kg / m ³	
TKTL (k)	輸送おくれ要素側容量熱伝導率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}}$	
	k=KMLN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	L N M 2 (1/3)		
関連サブルーチン			
モジュール L N モジュールサブルーチン			
変 数 名	意 味	単 位	備 考
TFINL (j)	I 番目輸送おくれ要素流体入口温度	℃	7-ル変数との接続
TFOTL (j)	I 番目輸送おくれ要素流体出口温度	℃	7-ル変数との接続
GFL (j)	I 番目輸送おくれ要素流量	kg/sec	7-ル変数との接続
ELFL (i)	I 番目輸送おくれ要素自然循環力	kg/m ²	7-ル変数との接続
TAVL (i)	I 番目輸送おくれ要素流体平均温度	℃	7-ル変数との接続
TFL (j, k)	I 番目輸送おくれ要素流体温度	℃	
TTL (j, k)	I 番目輸送おくれ要素側容量温度	℃	
QFL (k)	I 番目輸送おくれ要素流体発熱密度	kcal/ m sec	
	j=KNLN*2, i=KNLN, k=KMLN		

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)	輸送おくれ要素流体 ↔ 側容量熱伝達率	kcal m ³ ・sec・℃	
U2L (k)	輸送おくれ要素側容量 ↔ 空気熱伝達率	kcal m ³ ・sec・℃	
ALF1L (i, k)	輸送おくれ要素流体 ↔ 側容量film熱伝達率	kcal m ³ ・sec・℃	
ANU1L (k)	輸送おくれ要素流体 ↔ 側容量ヌセルト数	—	
REL (k)	輸送おくれ要素流体レイノルズ数	—	
GR1L (k)	輸送おくれ要素流体グラフホフ数	—	
	k=KMLN		

変 数 名 リ ス ト

3.13 モジュール L S (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	TEMP	自然循環力	TEMP
水・蒸気基準圧力（注） 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） 算出用下流側圧力	PRSN		

（注）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

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

側容量

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

- (2) 熱伝達率、及び伝熱式

熱伝達率

$$U (Z, t) = \frac{1}{\frac{d_1 + d_2}{2d_1} + \frac{1}{\alpha_s (Z, t)} + \frac{d_1 + d_2}{4k_s} + L_n \frac{d_1 + d_2}{2d_1}} \tag{3}$$

伝熱式 (Dittus-Boelterの式)

$$\alpha_s(Z, t) = \frac{kS}{dI} (0.023 \text{ Res}^{0.8} \text{ Prs}^{0.4}) \quad \text{--- (4)}$$

$$\text{但し, Res} = \frac{|G_s(t)|}{\rho_s(Z, t) S_s} \frac{dI}{\nu_s}$$

(3) 水・蒸気（二相）状態方程式

水・蒸気クオリティ（二相）

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

水・蒸気密度（二相）

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

(4) 水・蒸気質量保存則

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

(5) 自然循環力

$$\Delta H_s(t) = \int_z \rho_s(Z, t) C_s dz \quad \text{--- (8)}$$

$$\text{但し, } C_s = -\sin \theta$$

θ 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（順流時）

$$a_s \rho_s(i, j) \frac{H_s(i, j+1) - H_s(i, j)}{\Delta t}$$

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

流体（逆流時）

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

側容量

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

水・蒸気流量については下記階差式による。

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

— 記号説明 —

s ; 水・蒸気

v ; 側容量

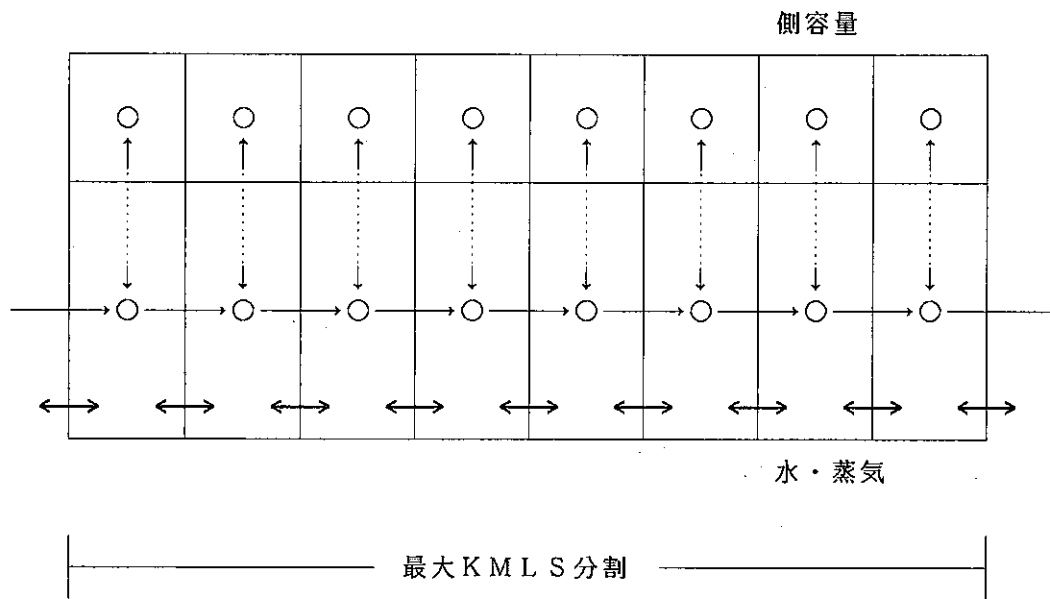
f s a t ; 飽和水

g s a t ; 飽和蒸気

G x ; 自然循環相当流量 [kg/sec]

Q c ; 自然循環相当流量 [kcal/sec]

に対応する移行熱量



- ; 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LSRESTART FILEの書出し, 読込み	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LSH \rightarrow X, T, ρ 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 (1/7)		
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
NNLS	モジュールLS 要素数 (max. KNLS)	-	
IMDLLS (i)	モジュールLS(i) 計算実行の可否 = 1 ; 実行する ≠ 1 ; 実行しない	-	
IOP1LS (i)	モジュールLS(i) = 1 : 側容量有り ≠ 1 : 側容量無し	-	
	i=KNLS		

変数名リスト

コモンブロック名	LSMI1 (2/7)		
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
NTILS (i)	i 番目要素 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)	i 番目要素 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)	i 番目要素 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)	i 番目要素 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)	i 番目要素 水・蒸気入口流量に対応する流路番号	—	FLWN に対応
NFOLS (i)	i 番目要素 水・蒸気出口流量に対応する流路番号	—	FLWN に対応
NWLS (i)	i 番目要素 水・蒸気側に対応する流路網番号	—	FLWN に対応
NHEXLS (i)	i 番目要素 外部エンタルピ プール変数番号	—	TEMP に対応
NRSLS (i)	i 番目要素 水・蒸気平均密度 プール変数番号	—	TEMP に対応
NELLS (i)	i 番目要素 自然循環力 プール変数番号	—	TEMP に対応
	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)	i 番目要素 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) ² G は出口水・蒸気流量	—	
NPSLS1 (i)	i 番目要素 上記P1に対応する圧力ノード番号	—	PRSN に対応
NPSLS2 (i)	i 番目要素 上記P2に対応する圧力ノード番号	—	PRSN に対応
DPLSXX (i)	i 番目要素 上記ΔPに対応する圧力差初期値 *	kg/m ²	
GOLSXX (i)	i 番目要素 上記G0に対応する流量初期値 *	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		
JHUPL S (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	℃	
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	kg/sec	
PSLS0 (i)	モジュールLS(i) 熱計算用基準圧力初期値	kg/m ²	
	(注) NHILS(i), 又はNHOLS(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)	計算進み入力値	sec	IOTMLS(i)=0 の時入力
DDELLS (j, i)	モジュールLS(i)	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
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 (6/7)		
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
IPSTLS (i)	モジュールLS(i) =1, sub.LSSTATの出力を行う =2, sub.LSSTATの詳細出力	-	
IPTRLS (i)	モジュールLS(i) =1, 中間出力を行う =2, 中間出力(詳細出力)	-	
OUTLS (i)	モジュールLS(i) 中間出力時間	sec	
	i=KNLS, j=30		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LSMI1 (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	℃	(注2)
	(注1) =1; SUS316 =3; 2 1/4Cr-1Mo =2; SUS304 =4; 9Cr-1Mo		
	(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)	i 番目輸送おくれ要素ノード分割数 (max. KMLS)		-	
D1LS (k, i)	i 番目輸送おくれ第 k ノード 内径		m	
D2LS (k, i)	i 番目輸送おくれ第 k ノード 外径		m	
A1LS (k, i)	i 番目輸送おくれ第 k ノード 水・蒸気 \longleftrightarrow 側容量, 伝面		m ²	
VSL S (k, i)	i 番目輸送おくれ第 k ノード 水・蒸気容積		m ³	
WWLS (k, i)	i 番目輸送おくれ第 k ノード 側容量重量		kg	
AVSLS (k, i)	i 番目輸送おくれ第 k ノード 流路断面積 (流速計算用)		m ²	
U1LSIN (i)	i 番目輸送おくれ第 k ノード U1LS(N)の入力値		kcal/ m ² sec °C	
GXLS (i)	i 番目輸送おくれ 自然対流相当循環流量		kg/sec	
AMX1LS (i)	i 番目輸送おくれ要素 ANSLSの最大値		-	
AMN1LS (i)	i 番目輸送おくれ要素 ANSLSの最小値		-	
	i=KNLS, k=KMLS			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LSMI 2 (2/2)		
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
FLNLS (k, i)	i 番目要素 第Kノードの長さ (自然循環力計算用)	m	
WGPLS (k, i)	i 番目要素 第Kノード水平方向と流れ方向のなす角度 (自然循環力計算用)	deg	
COFLS (j, i)	i 番目要素 計算安定化のための入力データ		
j=1	密度不完全微分時定数	sec	
j=2	基準圧力一次遅れ時定数	sec	
	i=KNLS, k=KMLS, j=5		

変数名リスト

コモンブロック名	LSM1	(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
ETLS (i)	モジュールLS(i) 計算経過時間	sec	
DELTL (i)	モジュールLS(i) 計算進み時間巾	sec	
MLS1 (i)	モジュールLS(i) タイムメッシュ (1ステップ前)	—	
MLS2 (i)	モジュールLS(i) タイムメッシュ (現ステップ)	—	
IOUTLS (i)	モジュールLS(i) 中間出力時間の指定	—	
ILSXX (i)	モジュールLS(i) 基準圧力設定用FLAG	—	
ALSXX (i)	モジュールLS(i) 基準圧力設定用変数	—	
	i=KNLS		

変数名リスト

コモンブロック名	LSM1 (2/4)		
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
CPWLS (k)	i 番目輸送おくれ要素側容量比熱	kcal/ kg · °C	
ROWLS (k)	i 番目輸送おくれ要素側容量密度	kg / m ³	
TKWLS (k)	i 番目輸送おくれ要素側容量熱伝導率	$\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{sec} \cdot \text{°C}}$	
	k=KMLS		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LSM1 (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
STL1LS (j)	蒸気物性値算出用係数 エンタルピー→温度	—	
STL2LS (j)	蒸気物性値算出用係数 温度→比容積	—	
STL3LS (j)	蒸気物性値算出用係数 温度→プラントル数	—	
STL4LS (j)	蒸気物性値算出用係数 温度→動粘性係数	—	
STL5LS (j)	蒸気物性値算出用係数 温度→熱伝導率	—	
STL6LS (j)	蒸気物性値算出用係数 圧力→飽和温度	—	
	j = 3		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	味	単 位	備 考
TSATLS	モジュールLS 飽和温度		℃	
HWSTLS	モジュールLS 飽和水	エンタルピ	kcal/kg	
HSSTLS	モジュールLS 飽和蒸気	エンタルピ	kcal/kg	
HLSTLS	モジュールLS 蒸発潜熱		kcal/kg	
RWSTLS	モジュールLS 飽和水	密 度	kg/m ³	
RSSTLS	モジュールLS 飽和蒸気	密 度	kg/m ³	
PRWSLS	モジュールLS 飽和水	プラントル数	—	
PRSSLS	モジュールLS 飽和蒸気	プラントル数	—	
VKWSLS	モジュールLS 飽和水	動粘性係数	m ² /sec	
VKSSLS	モジュールLS 飽和蒸気	動粘性係数	m ² /sec	
TKWSLS	モジュールLS 飽和水	熱伝導率	kcal/ msec℃	
TKSSLS	モジュールLS 飽和蒸気	熱伝導率	kcal/ msec℃	

変 数 名 リ ス ト

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)	i 番目要素 水・蒸気入口 温度	℃	フル変数との接続
HILS (n)	i 番目要素 水・蒸気入口 エンタルピ	kcal/kg	フル変数との接続
TOLS (n)	i 番目要素 水・蒸気出口 温度	℃	フル変数との接続
HOLS (n)	i 番目要素 水・蒸気出口 エンタルピ	kcal/kg	フル変数との接続
GILS (n)	i 番目要素 水・蒸気入口流量	kg/sec	フル変数との接続
GOLS (n)	i 番目要素 水・蒸気出口流量	kg/sec	フル変数との接続
PSLS (n)	i 番目要素 熱計算用基準圧力	kg/m ²	フル変数との接続
HEXLS (n)	i 番目要素 外部エンタルピ	kcal/kg	フル変数との接続
ARSLs (n)	i 番目要素 水・蒸気平均密度	kg/m ³	フル変数との接続
ELLS (n)	i 番目要素 自然循環力	kg/m ³	フル変数との接続
	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 (蒸気 ⇄ 側容量(I), 熱伝達)	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 ² sec℃	
	k = KMLS		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	LSM2			(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
HEALS (i, k, j)	i 番目輸送おくれ要素熱計算用の途中変数 (第Kノード)		-			
WSILS (i)	i 番目輸送おくれ要素質量保存則チェック用変数		kg			
WSOLS (i)	i 番目輸送おくれ要素質量保存則チェック用変数		kg			
QSILS (i)	i 番目輸送おくれ要素エネルギー 保存則チェック用変数		kcal			
QSOLS (i)	i 番目輸送おくれ要素エネルギー 保存則チェック用変数		kcal			
	j	HEALS (i, k, j)				
	1	$\frac{d_1 + d_2}{2d_1}$				
	2	$\frac{d_1 + d_2}{4} L_n \frac{d_1 + d_2}{2d_1}$				
	3	不 使 用				
	4	不 使 用				
	5	不 使 用				
	i = KNLS, k = KMLS, j = 5					

変 数 名 リ ス ト

3.14 モジュールLW（原子炉下部プレナム熱計算）

モジュールLW

1 機能

炉心下部プレナムの熱計算

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	自然循環力	TEMP
		ナトリウム平均温	TEMP

3 モデルの概要 (図LW-1, 2参照)

- (1) 流入流としての流路を, 最大4個まで接続できる。
- (2) 1次おくれ, 又はむだ時間で近似。
- (3) 流体の逆流可。

4 基礎式

- (1) エネルギー保存則

$$C_f \cdot V_f \frac{\partial}{\partial t} T_f(t) = -C_f \cdot G_f(t) \cdot (T_f(t) - T_{fin}(t))$$

$$G_f(t) = \sum_i G_i(t)$$

$$T_{fin}(t) = \sum_i (T_i(t) \cdot G_i(t)) / G_f(t)$$

5 解 法

(1) 1次おくれモデル

エネルギー保存則について下記階差式を解く。

$$C_f V_f \frac{T_f(j+1) - T_f(j)}{\Delta t} = -C_f G_f(j+1) (T_f(j) - \frac{T_{fin}(j+1) + T_{fin}(j)}{2})$$

(2) むだ時間モデル

$$T_f(1, j+1) = T_{fin}(j+1)$$

$$T_f(i, j+1) = T_f(1, j+1) \quad ; \quad i = 2 \sim m' + 1$$

$$T_f(i, j+1) = T_f(k, j) \quad ; \quad i = m' + 2 \sim m$$

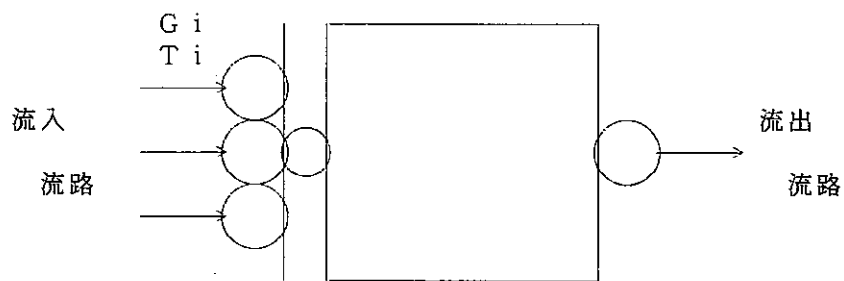
$$m' = m * G_f(j+1) \Delta T / V_f \quad ; \quad k = 2 \sim i - m'$$

—— 記号説明 ——

f ; 流体

m ; 分割数

in ; 入口



————— ; 流路 (流入流路最大 4 個)

図 LW-1 1次おくれモデル

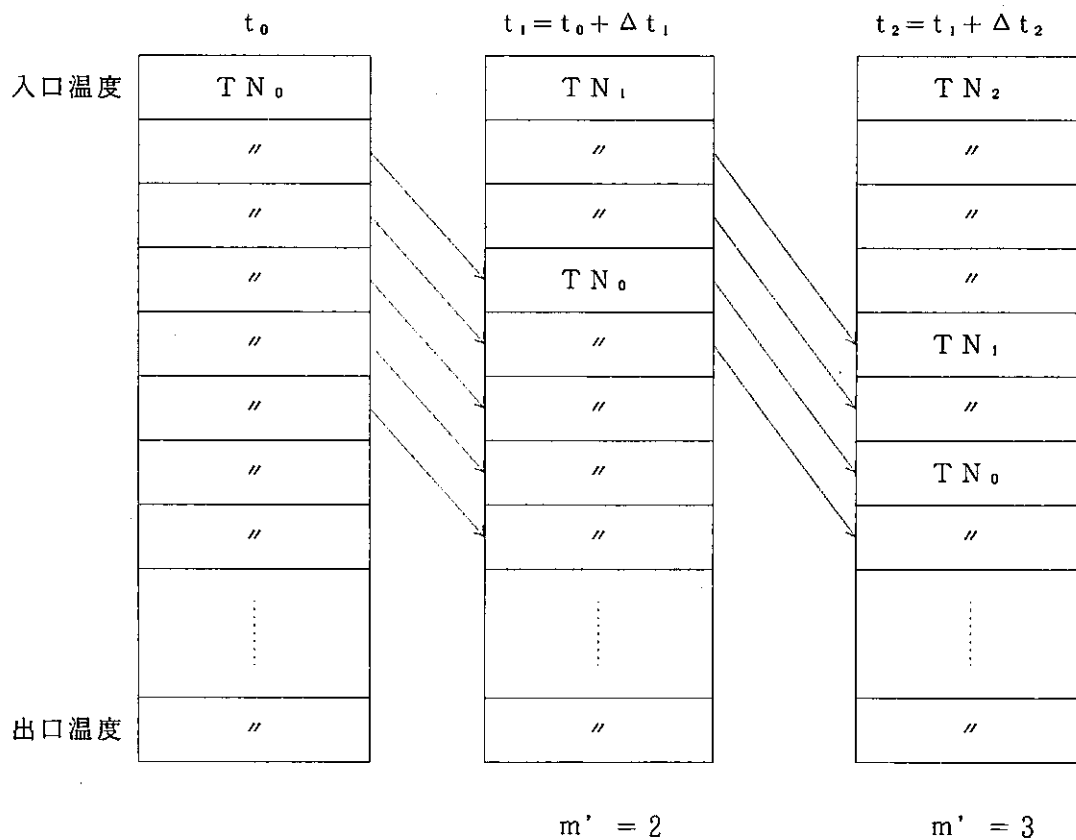


図 LW-2 むだ時間モデル

表LW-1 モジュールLWサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
LWCONT	計算コントロール	MODULE SUB.
LWTRNS	過渡計算コントロール	MODULE SUB.
LWREAD	ネームリストデータ入力	MODULE SUB.
LWRSTA	リスタート処理	MODULE SUB.
LWSTAT	初期設定	MODULE SUB.
LWTDL	計算時間進み巾自動設定	MODULE SUB.

コモンブロック名	L W M I 1			(1/2)
関連サブルーチン				
	モジュールLW モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	READLW	
		ネームリスト名	NAMLW1	
変数名	意	味	単 位	備 考
IMDLLW	計算実行の可否 = 1 ; 実行する ≠ 1 ; 実行しない		—	
IOPTLW	= 0 ; mixingモデル = 1 ; むだ時間モデル		—	
	= 2 ; 新モデル		—	
NINTLW	初期設定計算を行う順序		—	
NTRPLW	トリップ遮断器開信号プール変数番号		—	
NWLW	モジュールLWが存在する流路網番号		—	
NFLW (i)	モジュールLWに接続する i 番目流路に対応する流路番号 (入口部)		—	
NTILW (i)	モジュールLWに接続する i 番目流路に対応する温度のプール変数番号 (入口部)		—	
NTOLW	モジュールLWに接続する流路に対する温度のプール変数番号 (出口部)		—	
NLOOP	モジュールLWに接続する流路数 (入口部)		—	
TNILW (i)	モジュールLWに接続する i 番目流路に対応する温度 (入口部)		℃	
WNILW (i)	モジュールLWに接続する i 番目流路に対応する流量 (入口部)		kg/sec	
KHBLW	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		—	
IPSTLW	= 0 ; LWSTATの出力を行わない = 1 ; LWSTATの出力を行う		—	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	L W M I 2			(2/2)
関連サブルーチン				
モジュールLW モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	READLW	
		ネームリスト名	NAMLW1	
変 数 名	意 味	単 位	備 考	
DTIMLW (m)	計算進み入力値	sec		
DDELLW (m)	DTIMLW (m) ≤ 時間の時 計算時間進み巾 = DDELTLW (m)	sec		
TMAXLW	計算終了時間	sec		
	m=5			

変 数 名 リ ス ト

変数名		意	味	単 位	備 考
VNN		R/V入口プレナムNa重量 (1ループ分)		kg	
AX		逆流時逆流ループに寄与するR/V入口プレナム割合		—	
VLMIXC		R/V入口プレナム原子炉トリップ後切り換え重量		kg	
VMXLP1		R/V入口プレナム内Na重量 (1ループ相当)		kg	
VMXLP2		R/V入口プレナム混合重量相当構造材重量 (全重量)		kg	
RATLP		R/V入口プレナム内Na輸送遅れ重量割合		—	
WLPLIN		輸送遅れ重量切り換えR/V入口ノズル流量上限値		kg/sec	
DZEL		R/V入口プレナム内Na自然循環力算出用高さ		m	

変数名リスト

変数名	意	単 位	備 考
ETLW	計算経過時間	sec	
DELTW	計算時間進み巾	sec	
MLW1	タイムメッシュ (1ステップ前)	-	
MLW2	タイムメッシュ (現ステップ)	-	
WNILP (i)	入口流量	kg/sec	
TNILP (i)	入口温度	℃	
ILPFL (i)	正流 ; = 0 逆流 ; = 1	-	
ILPFLX (i)	正流 ; = 0 逆流 ; = ILPFLX (i) + 1	-	
VLGLP (i)	VMXLP1 * RATLP	kg	
XLUBO	流体進みメッシュ数	-	
XLUB2 (i)	流体進みメッシュ数	-	
XXM (m)	STATLWにて初期値設定	-	

変 数 名 リ ス ト

i = 1 ~ JSECTR

変数名	意	味	単 位	備 考
コモンブロック名	LWM1			(2/2)
関連サブルーチン	モジュールLW モジュールサブルーチン			
TN0LP (i, k, j)	プレナム内温度 (IOPTLW=2の時) i=1~50, k=1~2		℃	
TNI (k, i)	プレナム内温度 (IOPTLW≠2の時) i=1~200, k=1~2		℃	
TN1LP (j)	各ループプレナム出口温度 (IOPTLW=2の時)		℃	
TN2LP (i)	作業変数 (IOPTLW=2の時)		℃	
TN3LP (i)	作業変数 (IOPTLW=2の時)		℃	
ELW	R/V入口プレナム Na 自然循環力		kg/m ³	
TAVLW	R/V入口プレナム Na 平均温度		℃	

変 数 名 リ ス ト

i = 1 ~ J S E C T R

3.15 モジュールMN（完全混合，ミキシング・ティ要素熱計算）

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，又は構造材温度 (側容量との熱交換)	TEMP	側容量温度	TEMP

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) K N M N, K M M N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

$$C_f M_f \Delta z \frac{\partial}{\partial t} T_f(t) = -C_f G_f(t) (T_f(t) - T_{fin}(t)) \\ - U_1 A_1 \Delta z (T_f(t) - T_v) \\ - U_3 A_3 \Delta z (T_f(t) - T_{ex}) \quad \text{———— (1)}$$

$$G_f(t) = \sum_i G_i(t) \quad \text{———— (2)}$$

$$T_{fin}(t) = \sum_i (T_i(t) G_i(t)) / G_f(t) \quad \text{———— (3)}$$

側容量

$$C_v M_v \frac{\partial}{\partial t} T_v(t) = U_1 A_1 (T_f(t) - T_v(t)) \\ - U_2 A_2 (T_v(t) - T_{air}) \\ - U_4 A_4 (T_v(t) - T_{ex}') \quad \text{———— (4)}$$

(2) 熱伝達率

U_1, U_2, U_3, U_4 は入力データ

自然対流を考慮する場合

$$U_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta}{kr}} \quad \delta ; \text{肉厚} \quad \text{———— (5)}$$

U2は入力データ

伝熱式

$$\alpha_1 = \frac{k_{NA}}{\ell} N_{u1} \quad \ell ; \text{長さ} \quad \text{--- (6)}$$

(1) $N_{u1} = a + b Re_1^c Pr_N$ --- (7)

(2) (7)式と(8)式の大きい方を用いる

$$N_{u1} = 0.0302 G_{r1}^{2/5} \frac{P_{rNA}^{7/15}}{(1 + 0.494 P_{rNA}^{2/3})^{2/5}} \quad \text{--- (8)}$$

但し

$$G_{r1} = \frac{(g * L)^{**3} * (\rho_w - \rho_{NA})}{P_{NA} * \nu_{NA}^2} \quad \text{--- (9)}$$

w ; 壁面

L ; 入力

G_{r1} ; グラフホフ数

(3) 自然循環力

$$\Delta H f(t) = \rho f(t) C f \Delta Z$$

但し $C f = -\sin \theta$ --- (10)

θ 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)

$$C f(i) M f \Delta z \frac{T f(j+1) - T f(j)}{\Delta t} = - C f(i) G f(j+1) (T f(j+1) - T f_{in}(j+1))$$

$$\begin{aligned}
 & - U_1 A_1 \Delta z (T_f(j+1) - T_v(j)) \\
 & - U_3 A_3 \Delta z (T_f(j+1) - T_{ex})
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

$$G_f(j+1) = \sum_i G_i(j+1)
 \tag{12}$$

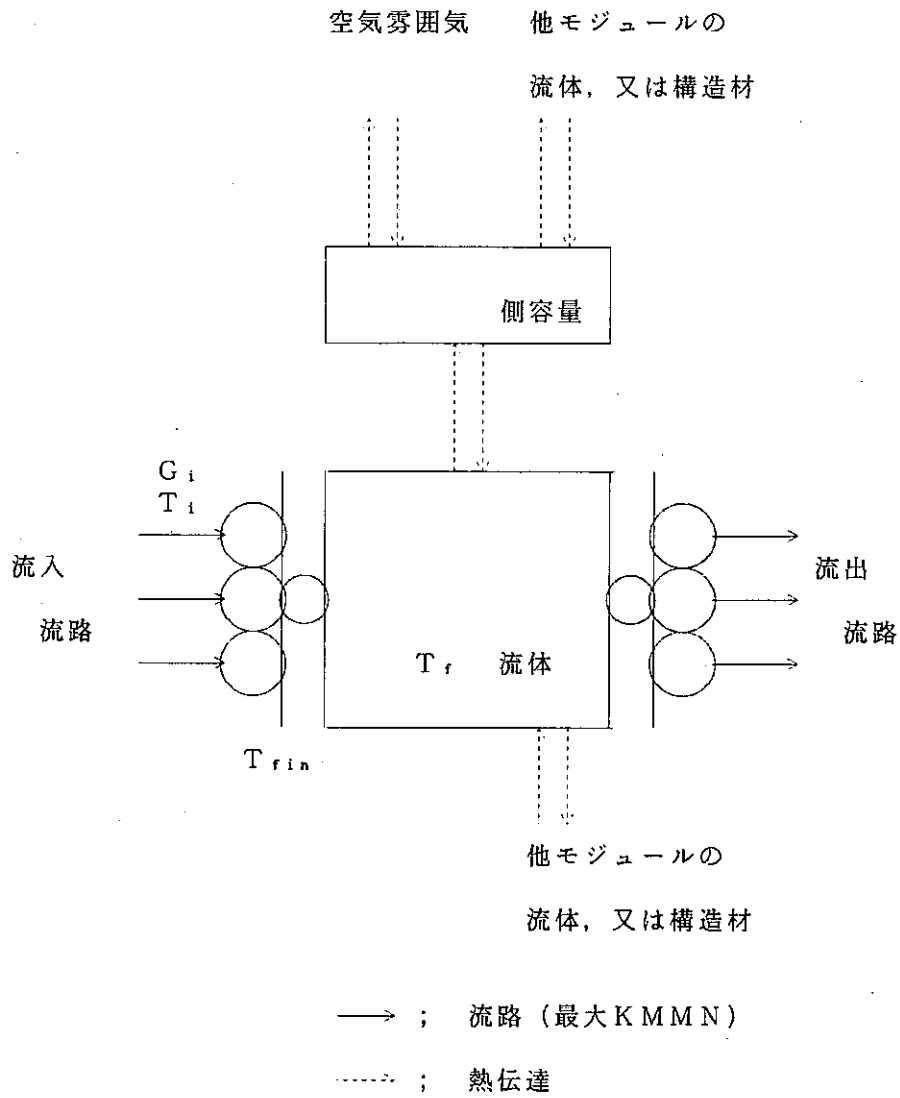
$$T_{fin}(j+1) = \sum_i (T_i(j+1) G_i(j+1)) / G_f(j+1)
 \tag{13}$$

側容量

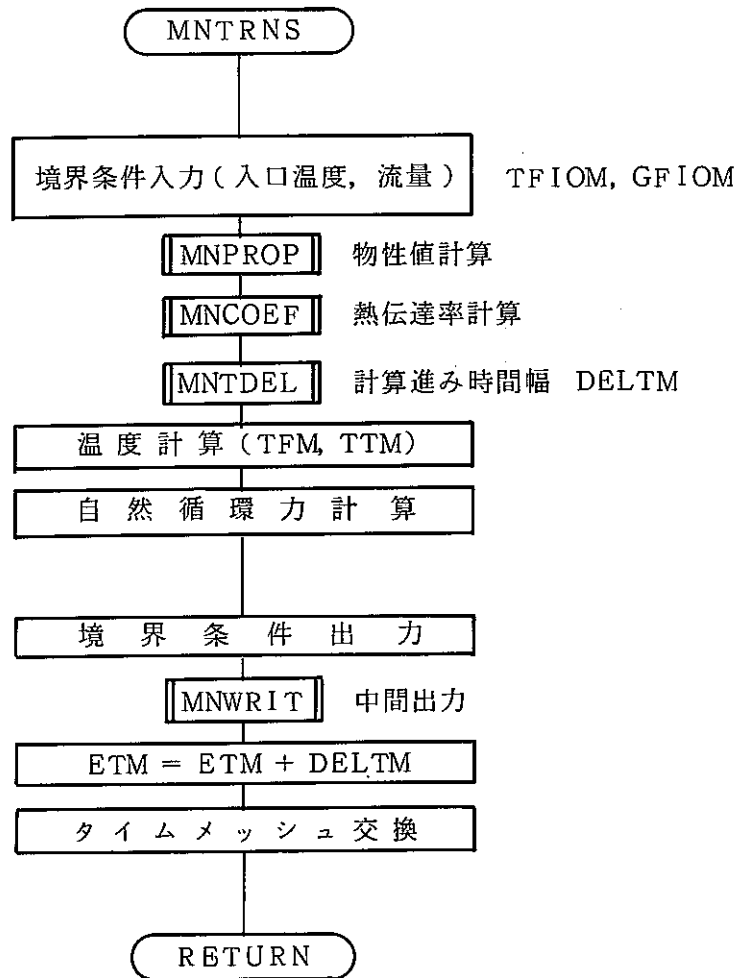
$$\begin{aligned}
 C_v(i) M_v \frac{T_v(j+1) - T_v(j)}{\Delta t} & = U_1 A_1 (T_f(j+1) - T_v(j+1)) \\
 & - U_2 A_2 (T_v(j+1) - T_{air}) \\
 & - U_4 A_4 (T_v(j+1) - T_{ex'})
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

—— 記号説明 ——

- 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
- ex' ; 当該側容量と熱交換する外部流体，又は構造材
- 1 ; f \longleftrightarrow v
- 2 ; v \longleftrightarrow air
- 3 ; f \longleftrightarrow ex
- 4 ; v \longleftrightarrow ex



図MN-1 非圧縮性単相流体完全混合要素熱計算モデル



図MN-2 sub. MNTRNSフローチャート

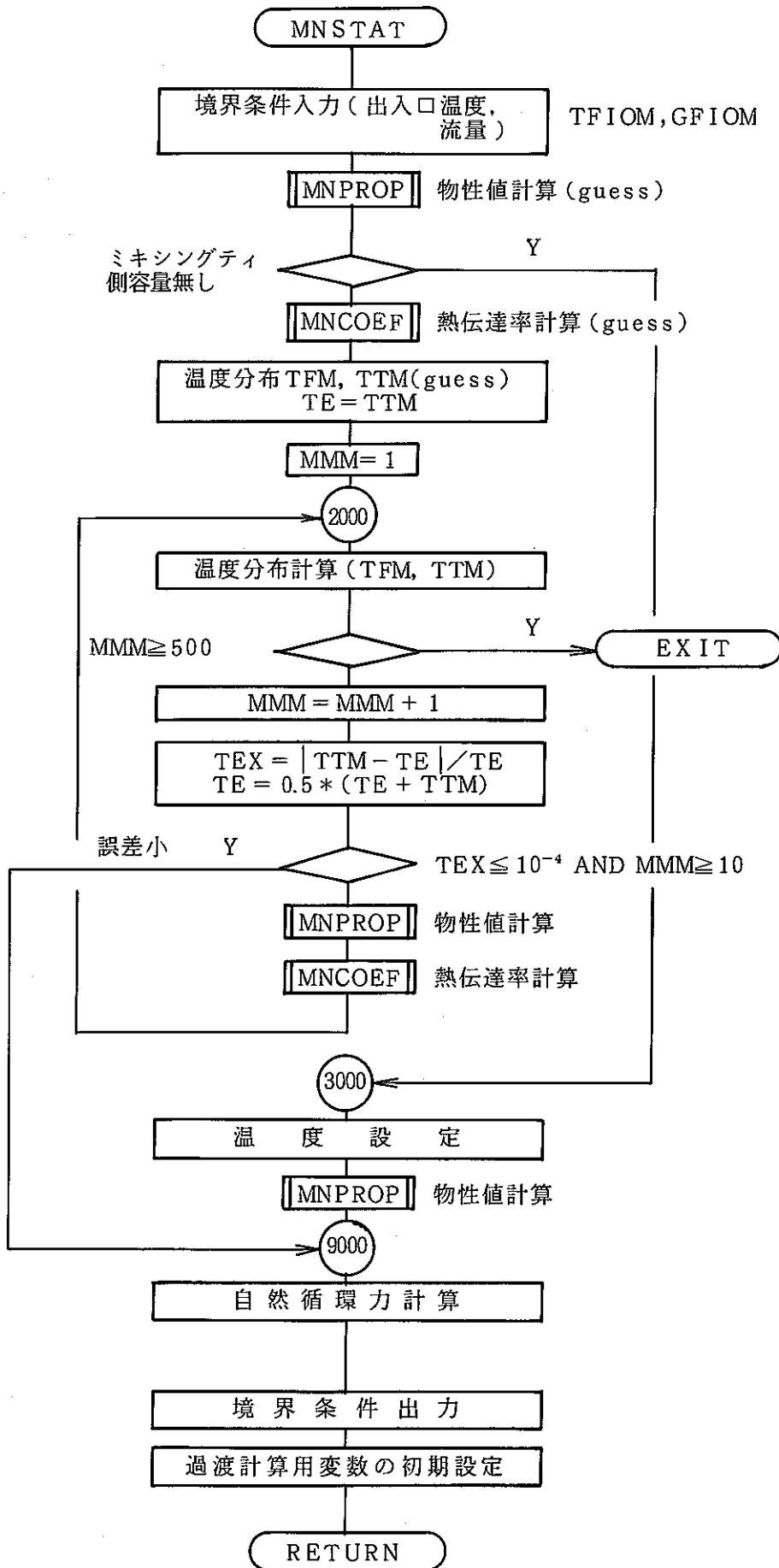


図 MN-3 sub.LNSTATフローチャート

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.
MNREAD	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MNRESTART FILE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.
MNWRT	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.
ZSODUM	ナトリウムの物性値計算	ELEMENT SUB.
ZWATR2	水の物性値計算	ELEMENT SUB.

コモンブロック名	MNMI1 (2/8)		
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	入力サブルーチン名	MNREAD
		ネームリスト名	NAMMI1
変数名	意味	単位	備考
NNMX (i)	モジュールMN (i) に接続する流路数 (max. KMMN)	-	
NWM (i)	モジュールMN (i) が存在する流路網番号	-	FLWN, PRSN に対応
NTM (j, i)	モジュールMN (i) に接続する j 番目流路に対応する温度のプール変数番号	-	TEMP に対応
NFM (j, i)	モジュールMN (i) に接続する j 番目流路に対応する流路番号	-	FLWN に対応
JMX (j, i)	モジュールMN = 1 ; 初期における流路の正方向と要素への流入方向が一致 モジュールMN ≠ 1 ; 初期における流路の正方向と要素への流出方向が一致	- -	
CMM (j, i)	モジュールMN (i) に接続する j 番目流路に対する重み	-	
	i = KNMN, j = KMMN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	MNM I 1			(3/8)
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			入力サブルーチン名	MNRBAD
			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) 流体と接する他の流体, 又は構造材温度のプール変数番号		—	TEMP に対応
NTEX2M (i)	モジュールMN (i) 側容量と接する他の流体, 又は構造材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
	i = KNMN, j = KMMN			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	MNM I 1 (4/8)		
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	入力サブルーチン名	MNREAD
		ネームリスト名	NAMMN1
変数名	意味	単位	備考
JTEMPM (j, i)	i 番目完全混合要素に接続する j 番目の流路	—	
	{ = 0 : 初期設定計算上温度が未知であるもの (ヒートバランス上の下流) = 1 : 初期設定計算上温度が既知であるもの (ヒートバランス上の上流) = 2 : 初期設定計算上, 温度が既知であり, かつ, 入力データにより与えられているもの(ヒートロス)		
JHTBM (i)	i 番目完全混合要素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)	i 番目完全混合要素初期設定を行う順序	—	
TM (j, i)	i 番目完全混合要素に接続する j 番目流路の流体温度 初期値	℃	
WM (j, i)	i 番目完全混合要素に接続する j 番目流路の流量初期 値	kg/sec	
	i = KNMN, j = KMMN		

変数名リスト

コモンブロック名	MNMI1 (5/8)		
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	入力サブルーチン名	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, 一定 = 1, コード中で計算	-	
DTIMM (j, i)	モジュールMN (i) 計算進み入力値	sec	IOTMM(i)= 0の時入力
DDELM (j, i)	モジュールMN (i) 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
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) 計算進み時間巾 最大値	sec	IOTMM(i)= 1の時入力
DMINM (i)	モジュールMN (i) 計算進み時間巾 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	
	i = KNMN, j = 5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	MNMI1 (7/8)										
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	入力サブルーチン名	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 ≠ ; 一定										
KPR2M (i)	モジュールMN (i) 流体の種類を示すINDEX	-									
	= 1 ; ナトリウム = 2 ; 水										
KPR3M (i)	モジュールMN (i) 側容量物性値	-									
	= 1 ; 温度依存 ≠ 1 ; 一定										
KPR4M (i)	モジュールMN (i) 側容量の種類を示すINDEX	-									
	<table border="0"> <tr> <td>=1;SUS316</td> <td>=2;SUS304</td> </tr> <tr> <td>=3;2-1/4Cr-1Mo</td> <td>=4;9Cr-1Mo</td> </tr> <tr> <td>=5;Cu</td> <td>=6;BRASS</td> </tr> <tr> <td>=7;AKLYL</td> <td></td> </tr> </table>	=1;SUS316	=2;SUS304	=3;2-1/4Cr-1Mo	=4;9Cr-1Mo	=5;Cu	=6;BRASS	=7;AKLYL			KPR2M=1 の時入力
=1;SUS316	=2;SUS304										
=3;2-1/4Cr-1Mo	=4;9Cr-1Mo										
=5;Cu	=6;BRASS										
=7;AKLYL											
	i = KNMN										

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	MNM I 1 (8/8)		
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	入力サブルーチン名	MNREAD
		ネームリスト名	NAMMN1
変数名	意 味	単 位	備 考
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		
	i = KNMN		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	MNM I 2		(1/2)
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	入力サブルーチン名	MNREAD
		ネームリスト名	NAMMN2
変 数 名	意 味	単 位	備 考
A 1 M (i)	i 番目完全混合要素流体⇄側容量 伝面	m ²	肉厚中心基準
A 2 M (i)	i 番目完全混合要素側容量⇄空気 伝面	m ²	肉厚中心基準
A 3 M (i)	i 番目完全混合要素流体 ↔ 他流体又は構造材 伝 面	m ²	
A 4 M (i)	i 番目完全混合要素側容量 ↔ 他流体又は構造材 伝 面	m ²	
V M I X (i)	i 番目完全混合要素混合重量	kg	
V M I X T (i)	i 番目完全混合要素側容量重量	kg	
U 1 M I N (i)	i 番目完全混合要素流体⇄側容量 熱伝達率	kcal/ m ² ・sec・℃	
U 2 M I N (i)	i 番目完全混合要素側容量⇄空気 熱伝達率	kcal/ m ² ・sec・℃	
U 3 M I N (i)	i 番目完全混合要素流体 他の流体又は構造材熱伝達率	kcal/ m ² ・sec・℃	
U 4 M I N (i)	i 番目完全混合要素側容量 他の流体又は構造材熱伝達率	kcal/ m ² ・sec・℃	
T A I R M (i)	i 番目完全混合要素空気温度	℃	
Z N F M (i)	i 番目完全混合要素自然循環力計算用流体長さ (符号 下向きを正)	m	
W G P M (i)	i 番目完全混合要素水平方向となす角度	deg	
	i = K N M N		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	MNM I 2 (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	入力サブルーチン名	MNREAD
		ネームリスト名	NAMMN2
変数名	意 味	単 位	備 考
CALWM (i, 1)	i 番目完全混合要素 流体⇌側容量ヌセルト数係数 a	—	KCOWM(1) ≥ 1 の時必要
(i, 2)	$N_{UI} = a + b R_{eNA}^c P_{rNA}^d$	—	KCOWM(1) ≥ 1 の時必要
(i, 3)		—	KCOWM(1) ≥ 1 の時必要
(i, 4)		—	KCOWM(1) ≥ 1 の時必要
CALIM (i)	代表長さ (流体⇌側容量グラスホフ数で使用)	m	KCOWM(1) ≥ 1 の時必要
DTM (i)	側容量肉厚	m	KCOWM(1) ≥ 1 の時必要
DFTM (i)	流体⇌側容量代表長さ	m	KCOWM(1) ≥ 1 の時必要
AVFM (i)	流速計算用断面積	m ²	KCOWM(1) ≥ 1 の時必要
AMXIM (i)	ANUIM(i) の最大値	—	KCOWM(1) ≥ 1 の時必要
AMIM (i)	ANUIM(i) の最小値	—	KCOWM(1) ≥ 1 の時必要
KCOWM (i)	流体 ⇌ 側容量ヌセルト数 = 0 ; 自然対流を ↓ 考えない = 1 ; 自然対流を考える	—	
	i = KNMN		

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)	i 番目完全混合要素流体	比 熱	kcal/ kg・℃	
ROFM (i)	i 番目完全混合要素流体	密 度	kg/m ³	
PRFM (i)	i 番目完全混合要素流体	プラントル数	—	
VKFM (i)	i 番目完全混合要素流体	動粘性係数	m ² /sec	
TKFM (i)	i 番目完全混合要素流体	熱伝導率	kcal/ m・sec・℃	
CPTM (i)	i 番目完全混合要素側容量比熱		kcal/ kg・℃	
ROTM (i)	i 番目完全混合要素側容量密度		kg/m ³	
TKTM (i)	i 番目完全混合要素側容量熱伝導率		kcal/ m・sec・℃	
RFTIM (i)	i 番目完全混合要素側容量内壁流体密度		kg/m ³	
	i = KNMN			

変 数 名 リ ス ト

変数名	意 味	単 位	備 考
TFIOM (k, j)	i 番目完全混合要素に接続する k 番目流路に対応する 温度	℃	
GFIOM (k, j)	i 番目完全混合要素に接続する k 番目流路の流量 (注)	kg/sec	
TEX1M (j)	i 番目完全混合要素流体と接する他の流体又は 構造材温度	℃	
TEX2M (j)	i 番目完全混合要素側容量と接する他の流体又は 構造材温度	℃	
TTIOM (j)	i 番目完全混合要素側容量温度	℃	
HFM (j)	i 番目完全混合要素自然循環力	kg/m ²	
	(注) 完全混合要素への流入 →正 完全混合要素からの流出→負		
ALF1M (i)	i 番目完全混合要素 液体 ↔ 側容量 film熱伝達率	kcal/ m ² sec℃	
ANU1M (i)	i 番目完全混合要素 液体 ↔ 側容量 ヌッセルト数	—	
RE1M (i)	i 番目完全混合要素 液体 ↔ 側容量 レイノルズ数	—	
GR1M (i)	i 番目完全混合要素 液体 ↔ 側容量 グラフホフ数	—	
	j = 2 * KNMN, k = KMMN		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意 味	単 位	備 考
TFM (j)	i 番目完全混合要素流体温度	℃	
TTM (j)	i 番目完全混合要素側容量温度	℃	
TFMIN (j)	i 番目完全混合要素完全混合要素への入口温度	℃	(注1)
GFM (j)	i 番目完全混合要素全流量	kg/sec	(注2)
U1M (j)	i 番目完全混合要素流体 ↔ 側容量 熱伝達率	kcal/ m ² ·sec·℃	
U2M (j)	i 番目完全混合要素側容量 ↔ 空気 熱伝達率	kcal/ m ² ·sec·℃	
U3M (j)	i 番目完全混合要素流体 ↔ 他の流体又は構造材 熱伝達率	kcal/ m ² ·sec·℃	
U4M (j)	i 番目完全混合要素側容量 ↔ 他の流体又は構造材 熱伝達率	kcal/ m ² ·sec·℃	
	(注1) 流入流について $TFMIN(j) = \left\{ \sum_k TFIOM(k, j) * GFION(k, j) \right\} / GFM(j)$		
	(注2) 流入流について $GFM(j) = \sum_k GFION(k, j)$		
TFTIM (j)	i 番目完全混合要素 側容量内壁温度	℃	
	j = 2 * KNMN		

変 数 名 リ ス ト

3.16 モジュール P C (空冷復水器熱計算)

モジュールP C

1 機能

空冷復水器（PACC）熱計算。対象とするPACCは、管外流体空気、管内流体水・蒸気（伝熱管水平配置）の熱交換器とする。

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
水・蒸気入口エンタルピ, 温度	TEMP	水・蒸気出口 エンタルピ, 温度	TEMP
水・蒸気入口流量	FLWN	水・蒸気出口流量	FLWN
水・蒸気基準圧力（注） 算出用上流側圧力	PRSN	水・蒸気側各相領域の 平均密度	TEMP
水・蒸気基準圧力（注） 算出用下流側圧力	PRSN	水・蒸気側各相領域の 長さ	TEMP
空気入口温度	TEMP	水・蒸気側自然循環力	TEMP
空気流量	TEMP	空気伝熱部出口温度	TEMP
		空気出口ダクト部出口温度	TEMP
		空気側自然循環力	TEMP

（注）水・蒸気の物性値計算用

3 モデルの概要 (図PC-1参照)

- (1) 独立なPACCは、最大KNPC (注) 基。
- (2) 各PACCは、伝熱部、及び出口ダクト部より成る。伝熱部は水・蒸気、伝熱管空気、ダクトを軸方向に多分割 (最大KMPC (注) 分割) した一次元モデル。
出口ダクト部は、空気、出口ダクトを軸方向に多分割 (最大KLPC (注) 分割) した一次元モデルとする。
- (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) 蒸気の物性値は温度・圧力の関数、その他空気、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。
- (6) 水・蒸気の逆流を考慮できる。

(注) KNPC, KMPC, KLPC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

$$a_s \rho_s(Z, t) \frac{\partial}{\partial t} H_s(Z, t) = -G_s(Z, t) \frac{\partial}{\partial Z} H_s(Z, t) + \frac{a_s}{J} \frac{\partial}{\partial t} P_s(t) - U_1 A_1 (T_s(Z, t) - T_t(Z, t)) \quad (1)$$

伝熱部伝熱管

$$C_t M_t \frac{\partial}{\partial t} T_t(Z, t) = U_1 A_1 (T_s(Z, t) - T_t(Z, t)) - U_2 A_2 (T_t(Z, t) - T_a(Z, t)) \quad (2)$$

伝熱部空気

$$C_a M_a \frac{\partial}{\partial t} T_a(Z, t) = C_a G_a(t) \frac{\partial}{\partial Z} T_a(Z, t) + U_2 A_2 (T_t(Z, t) - T_a(Z, t)) - U_5 A_5 (T_a(Z, t) - T_v(Z, t)) = 0 \quad (3)$$

伝熱部ダクト

$$C_v M_v \frac{\partial}{\partial t} T_v(Z, t) = U_5 A_5 (T_a(Z, t) - T_v(Z, t)) - U_6 A_6 (T_v(Z, t) - T_{air}) \quad (4)$$

出口ダクト部空気

$$C_a' M_a' \frac{\partial}{\partial t} T_a'(Z, t) = -C_a' G_a'(t) \frac{\partial}{\partial Z} T_a'(Z, t) - U_3 A_3 (T_a'(Z, t) - T_D(Z, t)) = 0 \quad (5)$$

出口ダクト

$$C_D M_D \frac{\partial}{\partial t} T_D(Z, t) = U_3 A_3 (T_a'(Z, t) - T_D(Z, t)) - U_4 A_4 (T_D(Z, t) - T_{air}) \quad (6)$$

(2) 熱伝達率, 及び伝熱式

熱伝達率

$$U_1 = \frac{1}{\frac{d_1 + d_2}{2d_1} + \frac{1}{\alpha_1} + R_1 + \frac{d_1 + d_2}{4kt} \ln \frac{d_1 + d_2}{2d_2}} \quad (7)$$

$$U_2 = a_1 G_a(t)^2 + a_2 G_a(t) + a_3 \quad (8)$$

a_1, a_2, a_3 はフィティング係数 (入力データ)

$$U_3 = b_1 (T_a'(Z, t) - T_D(Z, t))^{b_2} \quad (9)$$

b_1, b_2 は入力データ。

U_4, U_5, U_6 は入力データ。(一定値)

伝熱式

<水領域> Dittus-Boelterの式

$$\alpha_1 = \frac{K_s}{d_1} (0.023 Re_1^{0.8} Pr_s^{0.4}) \quad (10)$$

$$\text{但し, } Re1 = \frac{|G_s(Z, t)|}{\rho_s(Z, t) S_s} \frac{d1}{\nu_s}$$

<二相領域>

$$\alpha_1 = \frac{k_{fsat}}{L} \left[0.25 \left(\frac{L}{d1} \right)^{-0.4} H^{-0.6} \left(\frac{Re1 Pr_{fsat}}{R} \right)^{0.8} \right] \quad \text{--- (11)}$$

($Re1 \geq 5.0E6$)

$$\alpha_1 = \frac{k_{fsat}}{d1} \left[0.725 \frac{\phi_m A}{\pi} \left(\frac{Ga Pr_{fsat}}{H} \right)^{1/4} \right] \quad \text{--- (12)}$$

($Re1 < 5.0E6$)

$$\text{但し, } H = \frac{C_{pfsat}(T_{ssat} - T_w)}{h_{fg}}$$

C_{pfsat} ; 飽和水の比熱

T_w ; 壁面温度

$$R = \left(\frac{\rho_{fsat} \mu_{fsat}}{\rho_{gsat} \mu_{gsat}} \right)^{0.5}$$

μ ; 粘性係数

$$Re1 = \frac{|G_s(Z, t)|}{\rho_s(Z, t) S_s} \frac{L}{\nu_{fsat}}$$

$$Ga = \frac{g \cdot d1}{\nu_{fsat}}$$

$$\frac{\phi_m A}{\pi} = 0.77$$

L ; 二相領域の z 方向長さ

<蒸気域> Dittus-Boelterの式

$$\alpha_1 = \frac{k_s}{d1} (0.023 Re1^{0.8} Pr_s^{0.4}) \quad \text{--- (13)}$$

$$\text{但し, } Re1 = \frac{|G_s(Z, t)|}{\rho_s(Z, t) S_s} \frac{d1}{\nu_s}$$

(3) 水・蒸気（二相）状態方程式

水・蒸気クオリティ（二相）

$$H_s(Z, t) = (1.0 - X_s(Z, t)) H_{fsat} + X_s(Z, t) H_{gsat} \quad \text{———— (14)}$$

水・蒸気密度（二相）

$$\rho_s(Z, t) = \frac{\rho_{gsat} \cdot \rho_{fsat}}{(1.0 - X_s(Z, t)) \rho_{gsat} + X_s(Z, t) \rho_{fsat}} \quad \text{———— (15)}$$

(4) 水・蒸気質量保存則

$$\frac{\partial}{\partial Z} G_s(Z, t) + a_s \frac{\partial}{\partial t} \rho_s(Z, t) = 0 \quad \text{———— (16)}$$

(5) 自然循環力

$$\Delta H_s(t) = \int_z \rho_s(Z, t) \sin \theta dz \quad \text{———— (17)}$$

$$\Delta H_a(t) = \int_z \rho_a(Z, t) dz + \int_z \rho_a'(Z, t) dz \quad \text{———— (18)}$$

但し, θ は伝熱管の水平面に対する傾き。

5 解 法

(1) 過渡計算（図PC-2参照）

エネルギー保存則について, 下記階差式を解く。

伝熱部水・蒸気

$$\begin{aligned} & \frac{a_s}{2 \Delta t} \frac{\rho_s(i, j) + \rho_s(i+1, j)}{2} \\ & * [(1 + \beta(i+1)) (H_s(i+1, j+1) - H_s(i+1, j)) \\ & + (1 - \beta(i+1)) (H_s(i, j+1) - H_s(i, j))] \\ & = - \frac{G_s(i, j) + G_s(i+1, j)}{2} \frac{H_s(i+1, j+1) - H_s(i, j+1)}{\Delta Z} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{a_s}{J} \frac{P_s(j+1) - P_s(j)}{\Delta t} \\
& - 0.5((1 + \alpha(i+1))U_1(i+1, j+1) + (1 - \alpha(i+1))U_1(i, j+1))A_1 \\
& * [0.5((1 + \alpha(i+1))T_s(i+1, j) + (1 - \alpha(i+1))T_s(i, j)) - T_t(i+1, j)]
\end{aligned}
\tag{19}$$

伝熱部伝熱管

$$\begin{aligned}
C_t(i+1)M_t & \frac{T_t(i+1, j+1) - T_t(i+1, j)}{\Delta t} \\
& = 0.5((1 + \alpha)U_1(i+1, j+1) + (1 - \alpha)U_1(i, j+1))A_1 \\
& * [0.5((1 + \alpha)T_s(i+1, j+1) + (1 - \alpha)T_s(i, j+1)) - T_t(i+1, j+1)] \\
& - U_2(i+1, j+1)A_2 [T_t(i+1, j+1) - \Theta_a(i+1, j+1)]
\end{aligned}
\tag{20}$$

伝熱部空気

$$\begin{aligned}
T_a(i, j+1) & = \frac{1}{k_1} (k_2 + (k_1 T_a(i+1, j+1) - k_2)) \\
& * \exp\left(-\frac{k_1 \Delta Z}{C_a(i+1)G_a(j+1)}\right)
\end{aligned}
\tag{21}$$

ノード平均温度は、定常エネルギーバランスより、

$$\Theta_a(i+1, j+1) = \frac{1}{k_1} \left(k_2 + \frac{C_a(i+1)G_a(j+1)}{\Delta Z} (T_a(i+1, j+1) - T_a(i, j)) \right)
\tag{22}$$

但し、 $k_1 = U_2(i+1, j+1)A_2 + U_5(i+1, j+1)A_5$

$$k_2 = U_2(i+1, j+1)A_2 T_t(i+1, j) + U_5(i+1, j+1)A_5 T_v(i+1, j)$$

伝熱部ダクト

$$\begin{aligned}
C_v(i+1)M_v & \frac{T_v(i+1, j+1) - T_v(i+1, j)}{\Delta t} \\
& = U_5(i+1, j+1)A_5(\Theta_a(i+1, j+1) - T_v(i+1, j+1)) \\
& - U_6(i+1, j+1)A_6(T_v(i+1, j+1) - T_{air})
\end{aligned}
\tag{23}$$

出口ダクト部空気

$$T_{a'}(i'+1, j+1) = T_{D}(i', j) + (T_{a'}(i', j+1) - T_{D}(i', j)) \cdot \exp\left(-\frac{U_3(i', j+1) A_3 \Delta z}{C_{a'}(i') G_{a}(j+1)}\right) \quad (24)$$

ノード平均温度は、定常エネルギーバランスより、

$$\Theta_{a'}(i', j+1) = T_{D}(i', j) + \frac{C_{a'}(i') G_{a}(j+1)}{U_3(i', j+1) A_3 \Delta z} * (T_{a'}(i', j+1) - T_{a'}(i'+1, j+1)) \quad (25)$$

出口ダクト

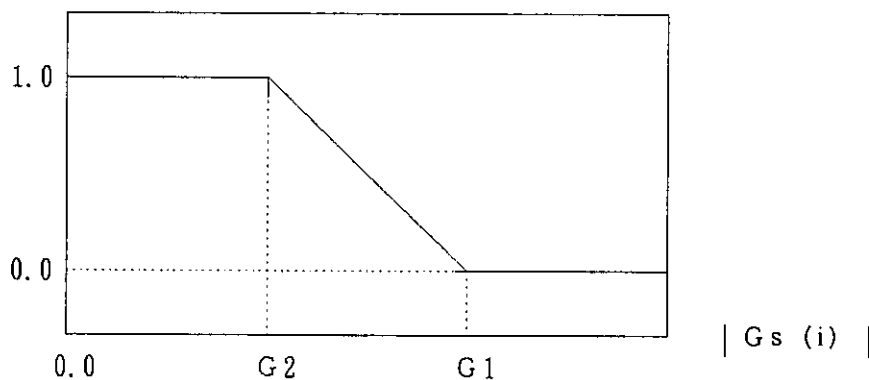
$$C_{D}(i') M_{D} \frac{T_{D}(i', j+1) - T_{D}(i', j)}{\Delta t} = U_3(i', j+1) A_3 (\Theta_{a'}(i', j+1) - T_{D}(i', j+1)) - U_4 A_4 (T_{D}(i', j+1) - T_{air}) \quad (26)$$

但し、 $\alpha(i+1) = \text{sign}(G_s(i)) \alpha'(i+1)$

$\beta(i+1) = \text{sign}(G_s(i)) \beta'(i+1)$

$\alpha'(i+1)$, $\beta'(i+1)$ は下記のように定義される。

α' , β'



G1, G2 は入力データ

$|G_s(i)| \geq G1$ (高流量) ; 中心代表差分

$|G_s(i)| \leq G2$ (低流量) ; 出口代表差分

—— 記号説明 ——

s ; 伝熱部水・蒸気	1 ; s — t
t ; 伝熱部伝熱管	2 ; t — a
a ; 伝熱部空気	3 ; a' — t
v ; 伝熱部ダクト	4 ; v — air
a' ; 出口ダクト部空気	5 ; a — v
v ; 出口ダクト	6 ; v — air
air ; 空気雰囲気	
d1 ; 伝熱部伝熱管内径 [m]	ssat ; 飽和状態
d2 ; 伝熱部伝熱管外径 [m]	fsat ; 飽和水
hfg ; 蒸発潜熱 [kcal/kg]	gsat ; 飽和蒸気

(2) 初期設定計算 (図PC-3参照)

(1)~(3)式の、定常状態における差分展開式は、

伝熱部水・蒸気

$$-G_s(H_s(i+1) - H_s(i)) - \bar{U}_1(i+1) S_1(i+1) (\bar{T}_s(i+1) - T_t(i+1)) = 0 \quad (27)$$

伝熱部伝熱管

$$\bar{U}_1(i+1) S_1(i+1) (\bar{T}_s(i+1) - T_t(i+1)) - U_2(i+1) S_2(i+1) (T_t(i+1) - \Theta_a(i+1)) = 0 \quad (28)$$

伝熱部空気

$$T_a(i) = T_t(i+1) + (T_a(i+1) - T_t(i+1)) \text{EXP}(-X(i+1)) \quad (29)$$

但し、 $\bar{U}_1(i+1) = 0.5 [(1 + \alpha) U_1(i+1) + (1 - \alpha) U_1(i)]$

$$\bar{T}_s(i+1) = 0.5 [(1 + \alpha) T_s(i+1) + (1 - \alpha) T_s(i)]$$

$$X^{-1}(i+1) = (C_a(i+1) G_a) / (U_2(i+1) S_2(i+1))$$

$S_1(i+1)$, $S_2(i+1)$ は ΔF_{i+1} に対応する伝熱面積

$$\Theta_a(i+1) = T_t(i+1) + 1 / X(i+1) (T_a(i+1) - T_a(i)) \quad (30)$$

(30)式を(28)式に代入し、

$$\begin{aligned} & \bar{U}1(i+1) S1(i+1) (\bar{T}s(i+1) - Tt(i+1)) \\ & + Ca(i+1) Ga (Ta(i+1) - Ta(i)) = 0 \end{aligned} \quad \text{--- (31)}$$

(27), (31), (29)式より、

伝熱部水・蒸気

$$\begin{aligned} & [-Gs] \underline{Hs(i+1)} + [Gs] \underline{Hs(i)} + [\bar{U}1(i+1) S1(i+1)] \underline{Tt(i+1)} \\ & = [\bar{U}1(i+1) S1(i+1)] \bar{T}s(i+1) \end{aligned} \quad \text{--- (32)}$$

伝熱部伝熱管

$$\begin{aligned} & [-\bar{U}1(i+1) S1(i+1)] \underline{Tt(i+1)} + [Ca(i+1) Ga] \underline{Ta(i+1)} \\ & + [-Ca(i+1) Ga] \underline{Ta(i)} = [-\bar{U}1(i+1) S1(i+1)] \bar{T}s(i+1) \end{aligned} \quad \text{--- (33)}$$

伝熱部空気

$$\begin{aligned} & [1 - \text{EXP}(-X(i+1))] \underline{Tt(i+1)} \\ & + [\text{EXP}(-X(i+1))] \underline{Ta(i+1)} + [-1] \underline{Ta(i)} = 0 \end{aligned} \quad \text{--- (34)}$$

$Ta(1) \sim Ta(iEND)$, $Tt(2) \sim Tt(iEND)$, $Hs(1) \sim Hs(iEND)$ の、 $3 \cdot iEND - 1$ 個の未知数を有する、 $3 \cdot iEND - 3$ 個の連立方程式(32)～(34)式をマトリクス表示し、 $Ta(iEND)$, $Hs(1)$ を境界条件として解く。

$Tt(2) \sim Tt(iEND)$ 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

$$Ta'(i'+1) = T_D(i') + (Ta'(i') - T_D(i')) \text{EXP}(-X(i')) \quad \text{--- (35)}$$

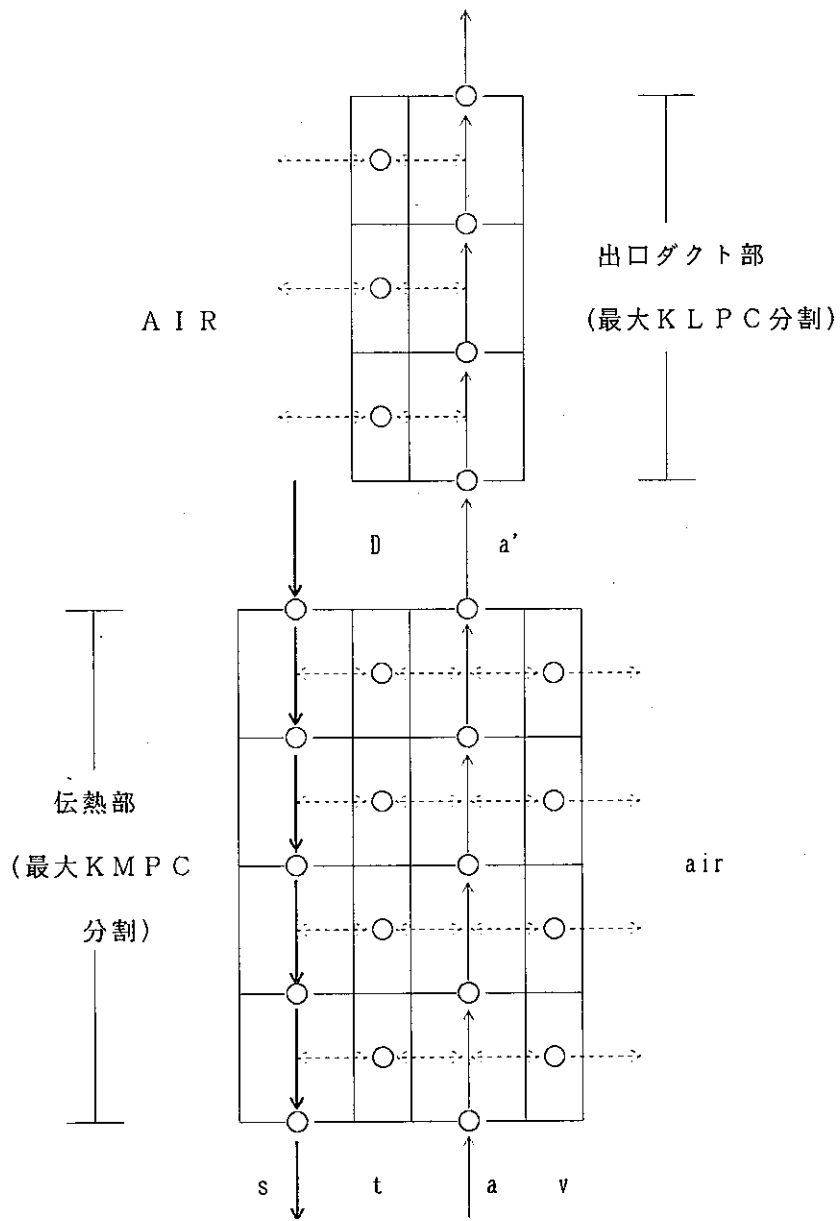
出口ダクト

$$U3(i') A3 (\Theta a'(i') - T_D(i')) - U4 A4 (T_D(i') - T_{air}) = 0 \quad \text{--- (36)}$$

但し、 $\Theta a'(i') = T_D(i') + (Ca'(i') Ga) / (U3(i') A3 \Delta Z)$

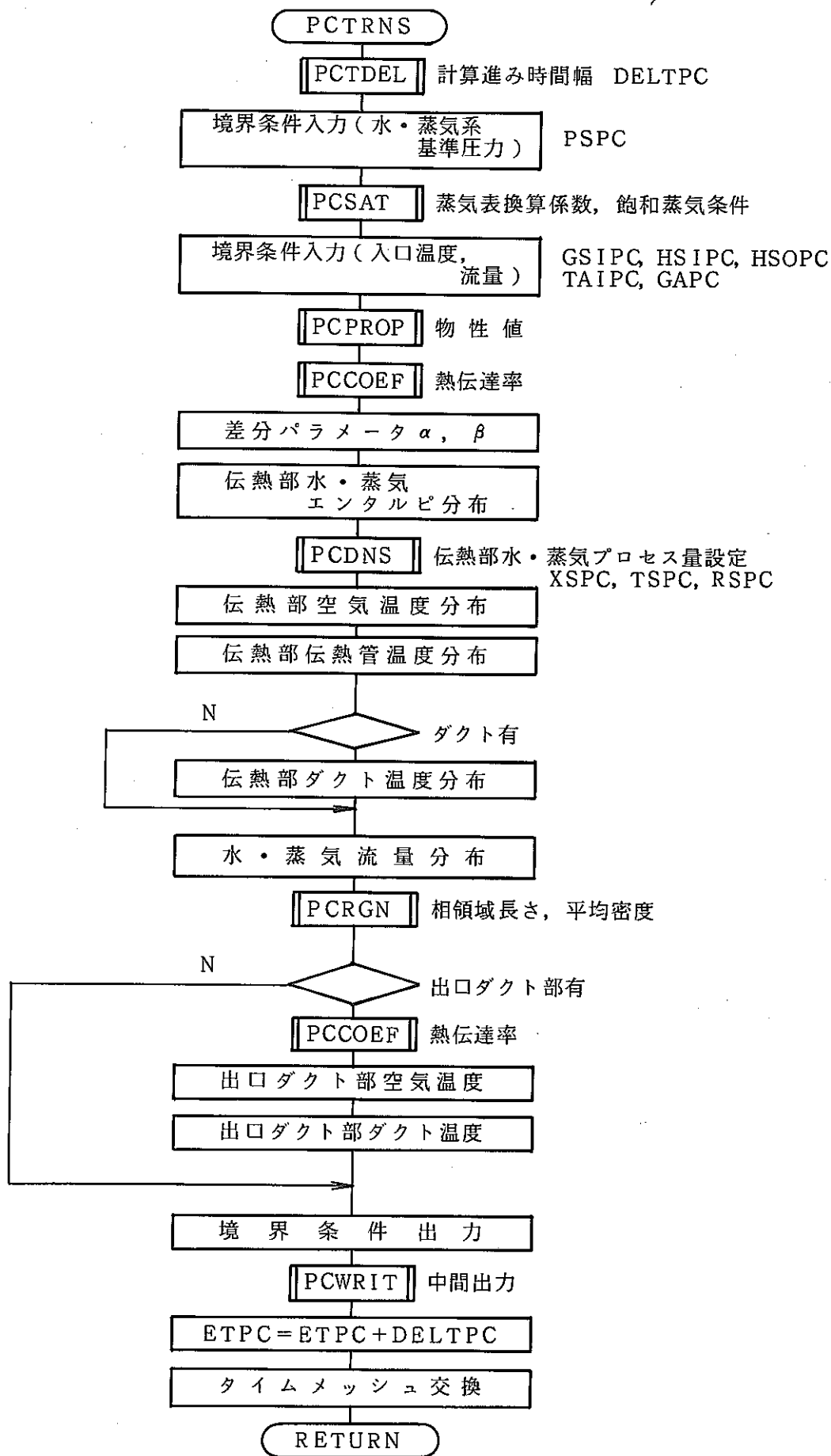
$$* (Ta'(i') - Ta'(i'+1))$$

(35), (36)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 — | |
| s ; 水・蒸気 | a' ; 空気 | ○ ; 代表温度点 |
| t ; 伝熱管 | D ; 出口ダクト | → ; 水・蒸気の流れ |
| a ; 空気 | | → ; 空気の流れ |
| v ; 出口ダクト | | --- ; 熱伝達 |

図PC-1 空冷復水器熱計算モデル



図PC-2 sub. PCTRNSフローチャート

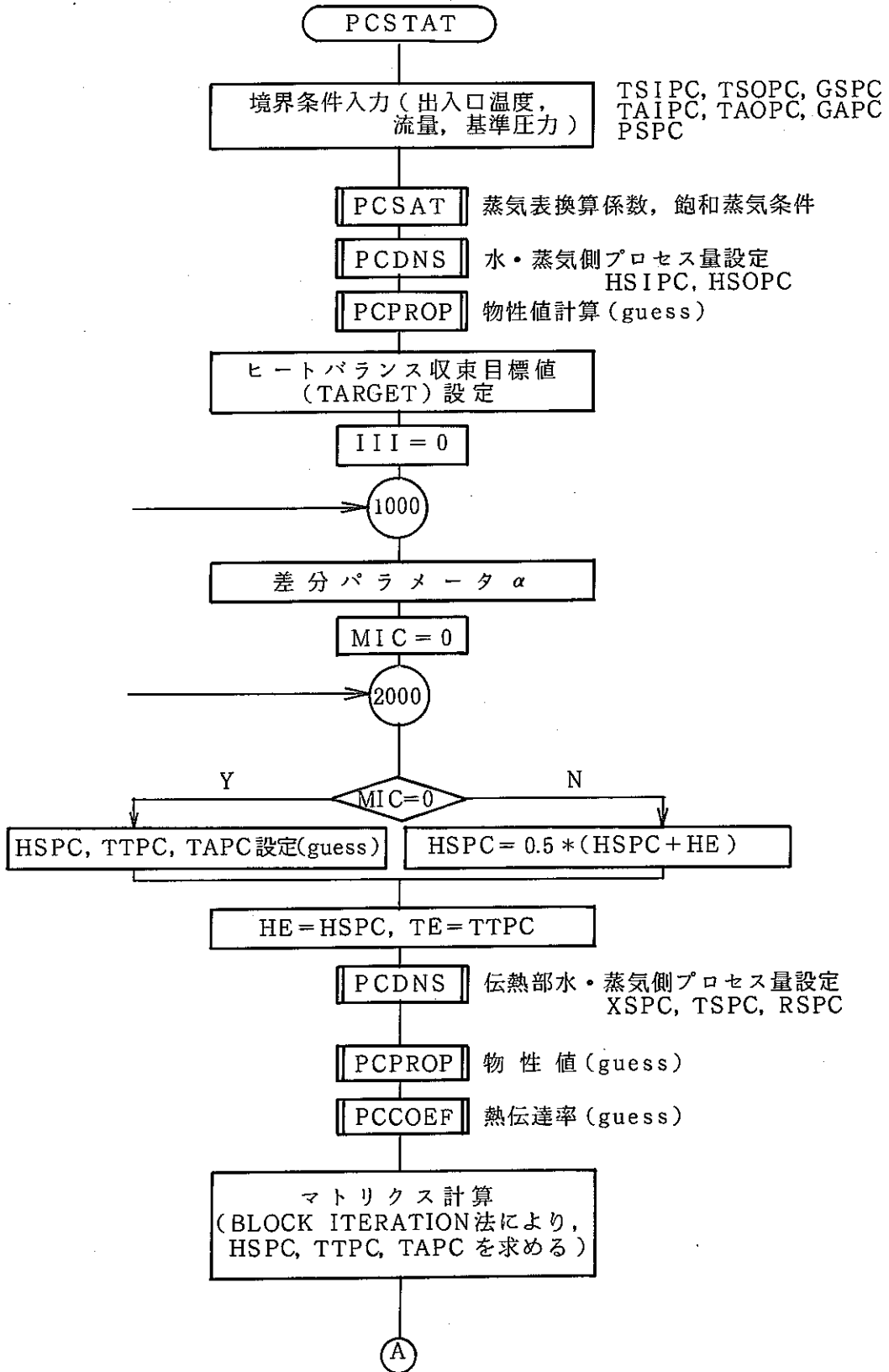


図 P C - 3 sub. PCSTATフローチャート (1/3)

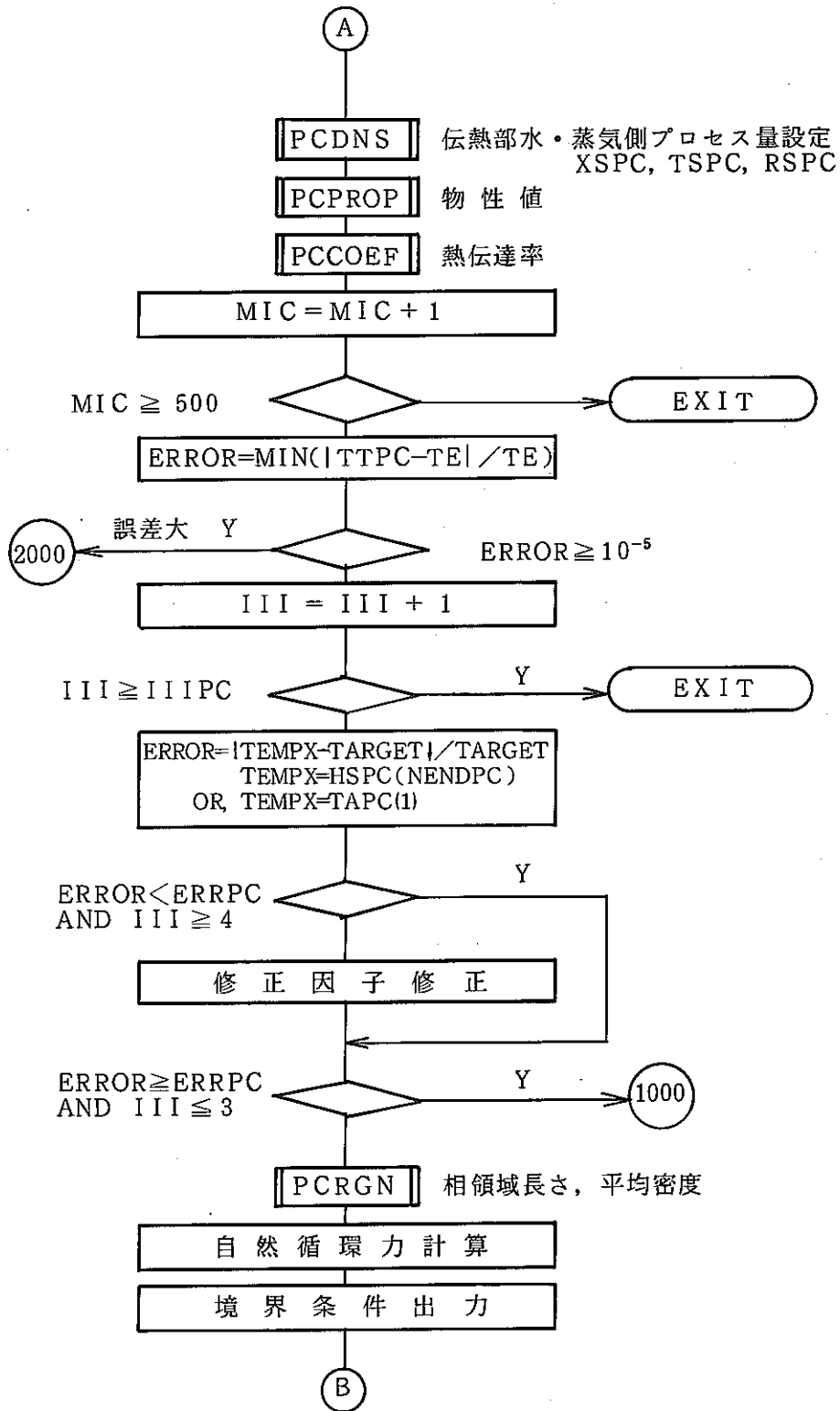


図 P C - 3 sub. PCSTAT フローチャート (2/3)

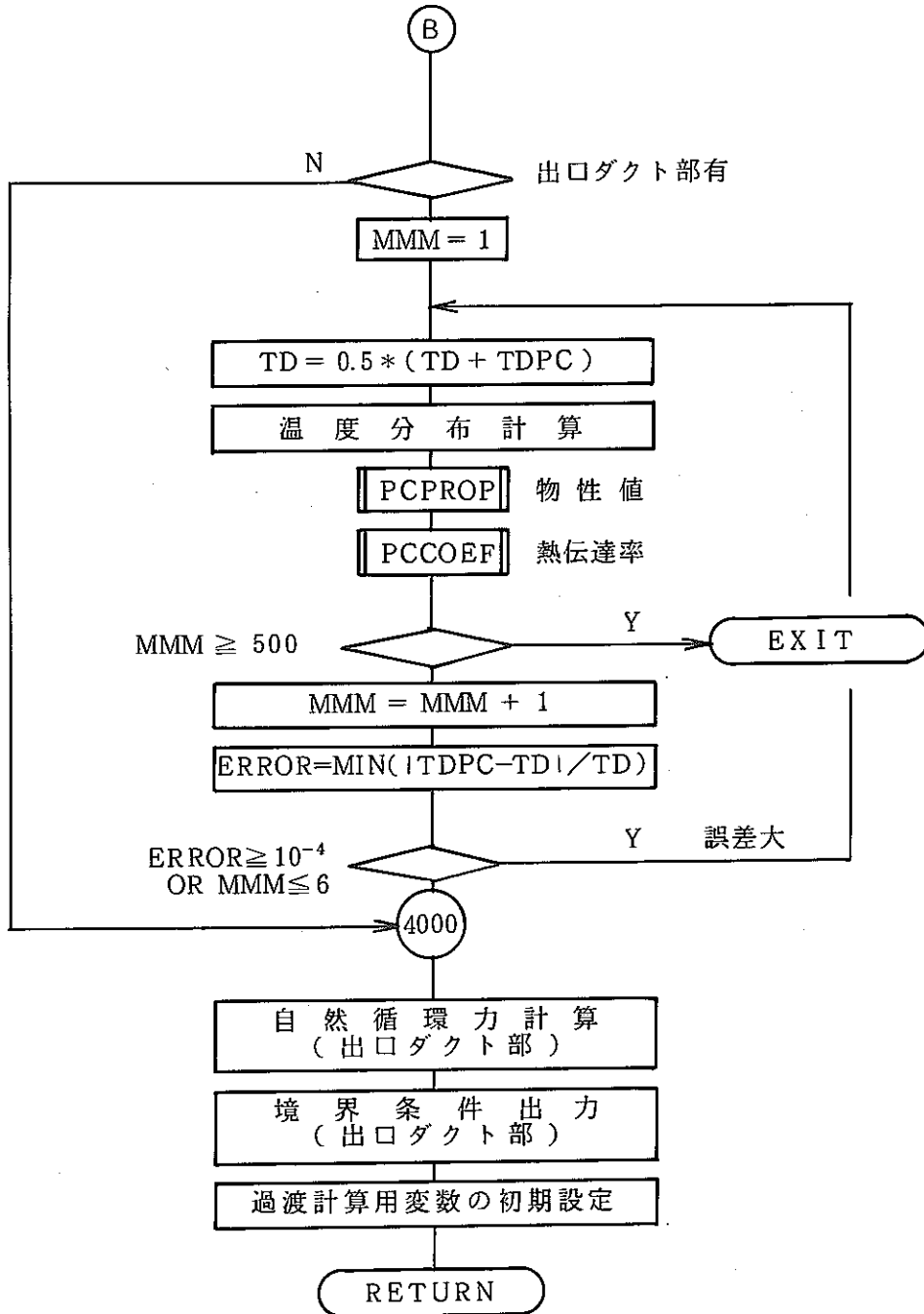


図 PC-3 sub-PCSTATフローチャート (3/3)

表PC-1 モジュールPCサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
PCCONT	モジュールPC計算コントロール	MODULE SUB.
PCREAD	モジュールPC関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
PCBLOK	モジュールPC関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
PCRSTA	モジュールPC RESTART FILEの書出し, 読み込み	MODULE SUB.
PCSTAT	モジュールPC初期設定計算	MODULE SUB.
PCTRNS	モジュールPC過渡計算	MODULE SUB.
PCCOEF	モジュールPC熱伝達率計算	MODULE SUB.
PCTDEL	モジュールPC計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
PCPROP	モジュールPC物性値計算	MODULE SUB.
PCSAT	モジュールPC蒸気表, 飽和蒸気条件の計算	MODULE SUB.
PCDNS	モジュールPC $CH \rightarrow X, T, \rho$ $T, X \rightarrow H$	MODULE SUB.
PCRGN	モジュールPC各相領域長さ, 平均密度の計算	MODULE SUB.
PCWRIT	モジュールPC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.
ZSTEM1	蒸気の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZWATR1	水の物性値計算	ELEMENT SUB.

モジュールPC パラメータ変数 (1/1)			
関連サブルーチン			
モジュールPC モジュールサブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
KNPC	モジュールPC PACC最大基数		
KMPC	モジュールPC 伝熱部最大分割数		
KLPC	モジュールPC 出口ダクト部最大分割数		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI1 (1/4)			
関連サブルーチン				
モジュールPC モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	PCREAD		
	ネームリスト名	NAMPC1		
変数名	意	味	単 位	備 考
NNPC	モジュールPC	PACCの基数 (maxKNPC)	-	
IMDLPC (i)	モジュールPC (i)	計算実行の可否 = 1, 実行する ≠ 1, 実行しない	-	
IOP1PC (i)	モジュールPC (i)	= 1, ダクト部有り ≠ 1, ダクト部なし	-	
IOP2PC (i)	モジュールPC (i)	= 1, ダクト部からの熱放散有り ≠ 1, ダクト部からの熱放散なし	-	
IOP4PC (i)	モジュールPC (i)	= 1, 伝熱部ダクト有り ≠ 1, 伝熱部ダクトなし	-	
IOP5PC (i)	モジュールPC (i)	= 1, 伝熱部ダクトからの熱放散有り ≠ 1, 伝熱部ダクトからの熱放散なし	-	
	i = KNPC			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI1			(2/4)
関連サブルーチン				
モジュールPC モジュールサブルーチン			入力サブルーチン名	PCREAD
			ネームリスト名	NAMPC1
変数名	意味	単位	備考	
NTSIPC (i)	i 番目 PACC 水・蒸気入口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応	
NHSIPC (i)	i 番目 PACC 水・蒸気入口エンタルピ プール変数番号	—	TEMP に対応	
NTSOPC (i)	i 番目 PACC 水・蒸気出口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応	
NHSOPC (i)	i 番目 PACC 水・蒸気出口エンタルピ プール変数番号	—	TEMP に対応	
NWSPC (i)	i 番目 PACC 水・蒸気側に対応する流路網番号	—	FLWN に対応	
NFSIPC (i)	i 番目 PACC 水・蒸気入口に対応する流路番号	—	FLWN に対応	
NFSOPC (i)	i 番目 PACC 水・蒸気出口に対応する流路番号	—	FLWN に対応	
NESPC (i)	i 番目 PACC 水・蒸気自然循環力に対応する流路番号	—	TEMP に対応	
	i = KNPC			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI1			(3/4)	
関連サブルーチン					
モジュールPC モジュールサブルーチン			入力サブルーチン名	PCREAD	
			ネームリスト名	NAMPC1	
変数名	意	味	単位	備考	
NLS1PC (i)	i 番目PACC	水・蒸気側各相長さ, (液相)	プール変数番号	-	TEMP に対応
NLS2PC (i)	i 番目PACC	水・蒸気側各相長さ, (二相)	プール変数番号	-	TEMP に対応
NLS3PC (i)	i 番目PACC	水・蒸気側各相長さ, (気相)	プール変数番号	-	TEMP に対応
NRS1PC (i)	i 番目PACC	水・蒸気各相平均密度 (液相)	プール変数番号	-	TEMP に対応
NRS2PC (i)	i 番目PACC	水・蒸気各相平均密度 (二相)	プール変数番号	-	TEMP に対応
NRS3PC (i)	i 番目PACC	水・蒸気各相平均密度 (気相)	プール変数番号	-	TEMP に対応
NTAIPC (i)	i 番目PACC	空気側伝熱部入口温度	プール変数番号	-	TEMP に対応
NTAOPC (i)	i 番目PACC	空気側伝熱部出口温度	プール変数番号	-	TEMP に対応
NTDOPC (i)	i 番目PACC	空気側ダクト部出口温度	プール変数番号	-	TEMP に対応
NWAPC (i)	i 番目PACC	空気流量	プール変数番号	-	TEMP に対応
NEAPC (i)	i 番目PACC	空気側自然循環力	プール変数番号	-	TEMP に対応
	i = KNPC				

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI 1			(4/4)
関連サブルーチン				
モジュールPC モジュールサブルーチン			入力サブルーチン名	PCREAD
			ネームリスト名	NAMPC1
変数名	意	味	単位	備考
JPSPC (i)	i 番目 PACC	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) ² G は 出口水・蒸気流量	—	
NPSPC1 (i)	i 番目 PACC	上記P1に対応する圧力ノード番号	—	PRSN に対応
NPSPC2 (i)		上記P2に対応する圧力ノード番号	—	PRSN に対応
DPPCXX (i)		上記ΔPに対応する圧力差初期値*	kg/m ²	
GOPCXX (i)		上記G0に対応する流量初期値*	kg/sec	
	* JPSPC(i)=2の時入力			
	i = KNPC			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI2			(1/6)
関連サブルーチン				
	モジュールPC モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	PCREAD	
		ネームリスト名	NAMPC1	
変数名	意	味	単 位	備 考
NINTPC (i)	モジュールPC (i)	初期設定計算を行う順序	-	
KHDPC (i)	モジュールPC (i)	ヒートバランス収束判定因子	-	
		= 0, 水・蒸気出口エンタルピ = 1, 空気出口温度		
KHEPC (i)	モジュールPC (i)	ヒートバランス修正因子	-	
		= 0, 熱抵抗 = 1, 伝熱面積		
		= 2, 水・蒸気流量 = 3, 空気流量		
		= 4, 水・蒸気入口エンタルピ = 5, 空気入口温度		
KHBPC (i)	モジュールPC (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 = KNPC			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI2			(2/6)
関連サブルーチン				
モジュールPC モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	PCREAD	
		ネームリスト名	NAMPC1	
変数名	意	味	単位	備考
TSIPC0 (i)	i 番目PACC	水・蒸気側入口温度	初期値	℃
TSOPC0 (i)	i 番目PACC	水・蒸気側出口温度	初期値	℃
XSI PC0 (i)	i 番目PACC	水・蒸気側入口クオリティ	初期値	—
XSO PC0 (i)	i 番目PACC	水・蒸気側出口クオリティ	初期値	—
TAIPC0 (i)	i 番目PACC	空気側伝熱部入口温度	初期値	℃
TAOPC0 (i)	i 番目PACC	空気側伝熱部出口温度	初期値	℃
GSPC0 (i)	i 番目PACC	水・蒸気流量	初期値	kg/sec
GAPC0 (i)	i 番目PACC	空気流量	初期値	kg/sec
IIIPC (i)	i 番目PACC	ヒートバランス収束計算回数最大値	—	—
ERRPC (i)	i 番目PACC	ヒートバランス収束許容誤差	—	—
ARRPC (i)	i 番目PACC	ヒートバランス収束因子の修正係数	—	—
	i = K.N.P.C			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI 2 (3/6)		
関連サブルーチン			
	モジュールPC モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	PCREAD
		ネームリスト名	NAMPC1
変数名	意 味	単 位	備 考
IOTMPC (i)	モジュールPC計算進み (i) = 0, 一定 = 1, コード中で計算	-	
DTIMPC (j, i)	モジュールPC計算進み入力値 (i)	sec	IOTMPC(i)= 0の時入力
DDELPC (j, i)	モジュールPC DTIMPC(j, i) ≤ 時間の時 (i) 計算時間進み巾 = DDELPC(j, i)	sec	IOTMPC(i)= 0の時入力
DCOTPC (i)	モジュールPC計算時間進み巾, 計算値の係数 (i)	-	IOTMPC(i)= 1の時入力
DMAXPC (i)	モジュールPC計算進み時間巾, 最大値 (i)	sec	IOTMPC(i)= 1の時入力
DMINPC (i)	モジュールPC計算進み時間巾, 最小値 (i)	sec	IOTMPC(i)= 1の時入力
TMAXPC (i)	モジュールPC計算終了時間 (i)	sec	
	i = KNPC, j = 5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI2 (4/6)		
関連サブルーチン			
	モジュールPC モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	PCREAD
		ネームリスト名	NAMPC1
変数名	意味	単位	備考
IPSTPC (i)	モジュールPC = 1, sub.PCSTATの出力を行う (i) = 2, sub.PCSTATの詳細出力	-	
IPTRPC (i)	モジュールPC = 1, 中間出力を行う (i) = 2, 中間出力を行う (詳細出力)	-	
OUTPC (j, i)	モジュールPC 中間出力時間 (i)	sec	
	i = KNP, j = 30		

変数名リスト

コモンブロック名	PCMI 2 (5/6)		
関連サブルーチン			
モジュールPC モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	PCREAD	
	ネームリスト名	NAMPC1	
変数名	意 味	単 位	備 考
KPR1PC (i)	i 番目PACC 空気物性値 = 1, 温度依存 ≠ 1, 一 定	—	
KPR2PC (i)	i 番目PACC 構材物性値 = 1, 温度依存 ≠ 1, 一 定	—	
KPR3PC (i)	i 番目PACC 伝熱管材質を示すインデックス	—	(注)
KPR4PC (i)	i 番目PACC 出口ダクト部を示すインデックス	—	(注)
KPR5PC (i)	i 番目PACC 伝熱部ダクトを示すインデックス	—	(注)
	(注) = 1, SUS316 = 2, SUS304 = 3, 2¼Cr-1Mo = 4, 9Cr-1Mo		
	i = KNPC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI 2			(6/6)
関連サブルーチン				
モジュールPC モジュールサブルーチン			入力サブルーチン名	PCREAD
			ネームリスト名	NAMPC1
変数名	意	味	単位	備考
TTXPC (i)	i 番目PACC 伝熱管	基準温度	℃	(注)
TAXPC (i)	i 番目PACC 伝熱部空気	基準温度	℃	(注)
TDXPC (i)	i 番目PACC 出口ダクト	基準温度	℃	(注)
TADXPC (i)	i 番目PACC 出口ダクト部空気	基準温度	℃	(注)
PSXPC (i)	i 番目PACC 水・蒸気基準圧力	初期値	kg/m ²	
TVXPC (i)	i 番目PACC 伝熱部ダクト	基準温度	℃	(注)
	(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 = KNPC			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI3 (1/4)		
関連サブルーチン			
	モジュールPC モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	PCREAD
		ネームリスト名	NAMPC2
変数名	意味	単位	備考
NENDPC (i)	i 番目PACC伝熱部ノード分割数(max, KMPC)	-	
MENDPC (i)	i 番目PACC出口ダクト部ノード分割数(max, KLPC)	-	
	i = KNPC		

変数名リスト

コモンブロック名	PCMI3 (2/4)		
関連サブルーチン			
モジュールPC モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	PCREAD	
	ネームリスト名	NAMPC2	
変数名	意味	単位	備考
IXPC (j, i)	i 番目 PACC 伝面, インベントリデータ入力用 伝熱部 メッシュ指定	-	
VSPI (j, i)	i 番目 PACC 水・蒸気容積 伝熱部 (S) { IXPC(j, i)~I XPC(j+1, i)間の合計	m ³	
WTPI (j, i)	i 番目 PACC 伝熱管重量 伝熱部 (T) { IXPC(j, i)~I XPC(j+1, i)間の合計	kg	
WVPI (j, i)	i 番目 PACC ダクト重量 伝熱部 (V) { IXPC(j, i)~I XPC(j+1, i)間の合計	kg	
S1PI (j, i)	i 番目 PACC 伝面 伝熱部 (S) ↔ (T) { IXPC(j, i)~I XPC(j+1, i)間の合計	m ²	肉厚中心 基準*
S2PI (j, i)	i 番目 PACC 伝熱部 (T) ↔ (A') { IXPC(j, i)~I XPC(j+1, i)間の合計	m ²	肉厚中心 基準*
S3PI (j, i)	i 番目 PACC 伝面 伝熱部 (A) ↔ (V) { IXPC(j, i)~I XPC(j+1, i)間の合計	m ²	
S4PI (j, i)	i 番目 PACC 伝熱部 (V) ↔ (AIR) { IXPC(j, i)~I XPC(j+1, i)間の合計	m ²	
	* ヒートバランスの収束パラメータ		
	i = KNPC, j = 5		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	味	単 位	備 考
コモンブロック名		PCMI3		(3/4)
関連サブルーチン				
モジュールPC モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	PCREAD	
		ネームリスト名	NAMPC2	
D1PC (i)	i 番目PACC	伝熱管内径	m	
D2PC (i)	i 番目PACC	伝熱管外径	m	
ASPC (i)	i 番目PACC	水・蒸気側流路断面積 (流速計算用)	m ²	
AAPC (i)	i 番目PACC	空気側流路断面積 (流速計算用)	m ²	不使用
AIRPC (i)	i 番目PACC	空気露点気温度	℃	
AHDPC (i)	i 番目PACC	出口ダクト重量密度 (熱容量計算用)	kg/m	
A3DPC (i)	i 番目PACC	空気 ↔ 出口ダクト 伝面密度	m ² /m	
A4DPC (i)	i 番目PACC	出口ダクト ↔ 外気 伝面密度	m ² /m	
DZDPC (i)	i 番目PACC	ダクト長さ	m	
	i = KNPC			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI3		(4/4)		
関連サブルーチン					
モジュールPC モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	PCREAD		
		ネームリスト名	NAMPC2		
変数名	意	味	単位	備考	
U2PCA (i)	i 番目 PACC	$U_2 = U2PCA(i) * GAPC(N)^2$	-		
U2PCB (i)	i 番目 PACC		$+ U2PCB(i) * GAPC(N)$ $+ U2PCC(i)$	-	
U2PCC (i)	i 番目 PACC			-	
U3PCA (i)	i 番目 PACC	$U_3 = U3PCA(i)$ $* (TAVDPC(N, k) - TDPC$	-		
U3PCB (i)	i 番目 PACC		(N, k) $* * U3PCB(i)$	-	
U4PCI (i)	i 番目 PACC	U ₄ 入力値	kcal/ m ² sec ²		
U5PCI (i)	i 番目 PACC	U ₅ 入力値	kcal/ m ² sec ²		
U6PCI (i)	i 番目 PACC	U ₆ 入力値	kcal/ m ² sec ²		
RFPC (i)	i 番目 PACC	伝熱部・水・蒸気側汚れ係数	m ² sec ² / kcal	*	
AMX1PC (i)	i 番目 PACC	ANSPC(k) の最大値	-		
AMN1PC (i)	i 番目 PACC	ANSPC(k) の最小値	-		
		* ヒートバランスの収束パラメータ			
		i = KNPC			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCMI4			(1/6)
関連サブルーチン				
モジュールPC モジュールサブルーチン			入力サブルーチン名	PCREAD
			ネームリスト名	NAMPC2
変数名	意	味	単位	備考
GA1PC (i)	i番目	PACC	ALPHPCを0.0とする下限流量	kg/sec
GA2PC (i)	i番目	PACC	ALPHPCを1.0とする上限流量	kg/sec
GB1PC (i)	i番目	PACC	BETAPCを0.0とする下限流量	kg/sec
GB2PC (i)	i番目	PACC	BETAPCを1.0とする上限流量	kg/sec
HEISPC (i)	i番目	PACC	水・蒸気側高さ（自然循環力計算用）	m
HEAPC (i)	i番目	PACC	空気側（伝熱部）（自然循環力計算用）	m
HEADPC (i)	i番目	PACC	空気側（出口ダクト部）（自然循環力計算用）	m
COFPC (j, i)	i番目	PACC	計算安定化のための入力データ	-
j = 1			伝熱部 密度不完全微分時定数	sec
	i = KNPC, j = 10			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCM1 (2/6)		
関連サブルーチン	モジュールPC モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
ETPC (i)	モジュールPC 計算経過時間 (i)	sec	
DELTPC (i)	モジュールPC 計算進み時間巾 (i)	sec	
MPC1 (i)	モジュールPC タイムメッシュ (1ステップ前) (i)	-	
MPC2 (i)	モジュールPC タイムメッシュ (現ステップ) (i)	-	
IOUTPC (i)	モジュールPC 中間出力時間の指定 (i)	-	
IPCXX (i)	モジュールPC 基準圧力設定用FLAG (i)	-	
APCXX (i)	モジュールPC 基準圧力設定用変数 (i)	-	
	i = KNPC		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	味	単 位	備 考
コモンブロック名		PCM1 (3/6)		
関連サブルーチン		モジュールPC モジュールサブルーチン		
CPTPC (i, k)	i 番目 PACC 伝熱管	比熱	kcal/ kg℃	
ROTPC (i, k)	i 番目 PACC 伝熱管	密度	kg/m ³	
TKTPC (i, k)	i 番目 PACC 伝熱管	熱伝導率	kcal/ msec℃	
ATKTPC (i, k)	i 番目 PACC 伝熱管	熱伝導率 (ノード端点)	kcal/ msec℃	
CPAPC (i, k)	i 番目 PACC 伝熱部空気	比熱	kcal/ kg℃	
ROAPC (i, k)	i 番目 PACC 伝熱部空気	密度	kg/m ³	
PRAPC (i, k)	i 番目 PACC 伝熱部空気	プラントル数	-	
VKAPC (i, k)	i 番目 PACC 伝熱部空気	動粘性係数	m ² /sec	
TKAPC (i, k)	i 番目 PACC 伝熱部空気	熱伝導率	kcal/ msec℃	
CPVPC (i, k)	i 番目 PACC ダクト	比熱	kcal/ kg℃	
ROVPC (i, k)	i 番目 PACC ダクト	密度	kg/m ³	
TKVPC (i, k)	i 番目 PACC ダクト	熱伝導率	kcal/ msec℃	
	i = KNPC, k = KMPC			

変数名リスト

変数名	意	味	単 位	備 考
CPDPC (i, j)	i 番目 PACC 出口ダクト部	比熱	kcal/ kg℃	
RODPC (i, j)	i 番目 PACC 出口ダクト部	密度	kg/m ³	
TKDPC (i, j)	i 番目 PACC 出口ダクト部	熱伝導率	kcal/ msec℃	
CPADPC (i, j)	i 番目 PACC 出口ダクト部空気	比熱	kcal/ kg℃	
ROADPC (i, j)	i 番目 PACC 出口ダクト部空気	密度	kg/m ³	
PRADPC (i, j)	i 番目 PACC 出口ダクト部空気	プラントル数	—	
VKADPC (i, j)	i 番目 PACC 出口ダクト部空気	動粘性係数	m ² /sec	
TKADPC (i, j)	i 番目 PACC 出口ダクト部空気	熱伝導率	kcal/ msec℃	
	i = KNPC, j = KLPC			

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	味	単 位	備 考
コモンブロック名		PCMI1 (5/6)		
関連サブルーチン		モジュールPC モジュールサブルーチン		
STL1PC (j)	蒸気物性値 算出用係数	エンタルピ→温度	-	
STL2PC (j)	蒸気物性値 算出用係数	温度→比容積	-	
STL3PC (j)	蒸気物性値 算出用係数	温度→プラントル数	-	
STL4PC (j)	蒸気物性値 算出用係数	温度→動粘性係数	-	
STL5PC (j)	蒸気物性値 算出用係数	温度→熱伝導率	-	
STL6PC (j)	蒸気物性値 算出用係数	圧力→飽和温度	-	
	j = 3			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCM1 (6/6)		
関連サブルーチン	モジュールPC モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
TSATPC	PACC 飽和温度	℃	
HWSTPC	PACC 飽和水エンタルピ	kcal/kg	
HSSTPC	PACC 飽和蒸気エンタルピ	kcal/kg	
HLSTPC	PACC 蒸発潜熱	kcal/kg	
RWSTPC	PACC 飽和水密度	kg/m ³	
RSSTPC	PACC 飽和蒸気密度	kg/m ³	
PRWSPC	PACC 飽和水プラントル数	—	
PRSSPC	PACC 飽和蒸気プラントル数	—	
VKWSPC	PACC 飽和水動粘性係数	m ² /sec	
VKSSPC	PACC 飽和蒸気動粘性係数	m ² /sec	
TKWSPC	PACC 飽和水熱伝導率	kcal/msec℃	
TKSSPC	PACC 飽和蒸気熱伝導率	kcal/msec℃	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCM2			(1/4)	
関連サブルーチン	モジュールPC モジュールサブルーチン				
変数名	意	味	単位	備考	
TSIPC (n)	i 番目PACC	水・蒸気	入口温度	℃	7-ル変数 との接続
HSIPC (n)	i 番目PACC	水・蒸気	入口エンタルピ	kcal/kg	7-ル変数 との接続
TSOPC (n)	i 番目PACC	水・蒸気	出口温度	℃	7-ル変数 との接続
HSOPC (n)	i 番目PACC	水・蒸気	出口エンタルピ	kcal/kg	7-ル変数 との接続
GSIPC (n)	i 番目PACC	水・蒸気	入口流量	kg/sec	7-ル変数 との接続
GSOPC (n)	i 番目PACC	水・蒸気	出口流量	kg/sec	7-ル変数 との接続
PSPC (n)	i 番目PACC	水・蒸気	基準圧力	kg/m ²	7-ル変数 との接続
ESPC (n)	i 番目PACC	水・蒸気	自然循環力	kg/m ²	7-ル変数 との接続
	n = KNPC * 2				

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	味	単 位	備 考	
DS1PC (n)	i 番目PACC	水・蒸気側各相長さ (液相)	m	フル変数 との接続	
DS2PC (n)	i 番目PACC	水・蒸気側各相長さ (二相)	m	フル変数 との接続	
DS3PC (n)	i 番目PACC	水・蒸気側各相長さ (気相)	m	フル変数 との接続	
RS1PC (n)	i 番目PACC	水・蒸気各相平均密度 (液相)	kg/m ³	フル変数 との接続	
RS2PC (n)	i 番目PACC	水・蒸気各相平均密度 (二相)	kg/m ³	フル変数 との接続	
RS3PC (n)	i 番目PACC	水・蒸気各相平均密度 (気相)	kg/m ³	フル変数 との接続	
TAIPC (n)	i 番目PACC	空気側伝熱部	入口温度	℃	フル変数 との接続
TAOPC (n)	i 番目PACC	空気側伝熱部	出口温度	℃	フル変数 との接続
TDOPC (n)	i 番目PACC	出口ダクト部	出口温度	℃	フル変数 との接続
GAPC (n)	i 番目PACC	空気流量		kg/sec	フル変数 との接続
EAPC (n)	i 番目PACC	空気側自然循環力		kg/m ³	フル変数 との接続
	n = KNPC * 2				

変 数 名 リ ス ト

変数名	意 味	単 位	備 考
コモンブロック名		PCM2 (3/4)	
関連サブルーチン			
モジュールPC モジュールサブルーチン			
HSPC (n, k)	i 番目PACC伝熱部 水・蒸気エンタルピ (S)	kcal/kg	
TSPC (n, k)	i 番目PACC伝熱部 水・蒸気温度 (S)	℃	
XSPC (n, k)	i 番目PACC伝熱部 水・蒸気クオリティ (S)	-	
RSPC (n, k)	i 番目PACC伝熱部 水・蒸気密度 (S)	kg/m ³	
WSPC (n, k)	i 番目PACC伝熱部 水・蒸気重量 (S)	kg	
TTPC (n, k)	i 番目PACC伝熱部 伝熱管温度 (T)	℃	
ATTPC (n, k)	i 番目PACC伝熱部 伝熱管 (ノード端点) (T)	℃	
TAPC (n, k)	i 番目PACC伝熱部 空気温度 (A)	℃	
TAVAPC (n, k)	i 番目PACC伝熱部 空気温度 (ノード平均値)	℃	
TVPC (n, k)	i 番目PACC伝熱部 ダクト温度 (V)	℃	
GSPC (n, k)	i 番目PACC伝熱部 水・蒸気流量 (S)	kg/sec	
	n = KNPC * 2, k = KMPC		

変数名リスト

コモンブロック名	PCM2		(4/4)
関連サブルーチン	モジュールPC モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
TDPC (n, j)	i 番目PACC出口ダクト部 出口ダクト温度 (D)	℃	
TADPC (n, j)	i 番目PACC出口ダクト部 空気温度 (AD)	℃	
TAVDPC (n, j)	i 番目PACC出口ダクト部 空気温度 (ノード 平均値)	℃	
WTOTPC (n)	i 番目PACC 水・蒸気全重量	kg	
	n = KNPC * 2, j = KLPC		

変数名リスト

コモンブロック名	PCM3 (1/5)		
関連サブルーチン	モジュールPC モジュールサブルーチン		
変数名	意 味	単 位	備 考
U1PC (n, k)	i 番目PACC 熱伝達率 (S) ↔ (T)	kcal/ m ² sec℃	
U2PC (n, k)	i 番目PACC 熱伝達率 (T) ↔ (A)	kcal/ m ² sec℃	
U3PC (n, k)	i 番目PACC 熱伝達率 (AD) ↔ (D)	kcal/ m ² sec℃	
U4PC (n, k)	i 番目PACC 熱伝達率 (D) ↔ (AIR)	kcal/ m ² sec℃	
U5PC (n, k)	i 番目PACC 熱伝達率 (A) ↔ (V)	kcal/ m ² sec℃	
U6PC (n, k)	i 番目PACC 熱伝達率 (V) ↔ (AIR)	kcal/ m ² sec℃	
	n = KNPC * 2, k = KMPC, j = KLPC		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCM3			(2/5)
関連サブルーチン	モジュールPC モジュールサブルーチン			
変数名	意	味	単位	備考
VLSPC (k)	PACC 伝熱部水・蒸気側	流速	m/sec	
PRSPC (k)	PACC 伝熱部水・蒸気側	プラントル数	—	
RESPC (k)	PACC 伝熱部水・蒸気側	レイノルズ数	—	
ANSPC (k)	PACC 伝熱部水・蒸気側	ヌセルト数	—	
ALSPC (k)	PACC 伝熱部水・蒸気側	film 熱伝達率	kcal/ m ² sec ²	
ALPHPC (k)	PACC 伝熱部水・蒸気側	差分パラメータ α	—	
BETAPC (k)	PACC 伝熱部水・蒸気側	差分パラメータ β	—	
	k = KMPC			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PCM4			(3/5)	
関連サブルーチン					
モジュールPC モジュールサブルーチン					
変数名	意	味	単位	備考	
VSPC (i, k)	i 番目PACC	伝熱部各ノード	水・蒸気容積 (S)	m ³	
WTPC (i, k)	i 番目PACC	伝熱部各ノード	伝熱管重量 (T)	kg	
WVPC (i, k)	i 番目PACC	伝熱部各ノード	ダクト重量 (V)	kg	
DLZDPC (i, k)	i 番目PACC	出口ダクト1ノードあたりの長さ		m	
S1PC (i, k)	i 番目PACC	伝熱部各ノード 伝面	(S) ↔ (T)	m ²	
S2PC (i, k)	i 番目PACC	伝熱部各ノード 伝面	(T) ↔ (A)	m ²	
S5PC (i, k)	i 番目PACC	伝熱部各ノード 伝面	(A) ↔ (V)	m ²	
S6PC (i, k)	i 番目PACC	伝熱部各ノード 伝面	(V) ↔ (AIR)	m ²	
	i = KNPC, k = KMPC				

変数名リスト

コモンブロック名	PCM4			(4/5)		
関連サブルーチン	モジュールPC モジュールサブルーチン					
変数名	意	味	単	位	備	考
HEA1PC (i, k)	I 番目 PACC 熱計算の途中変数			—		
	K	HEA1PC (i, k)				
	1	$\frac{d_1 + d_2}{2d_1}$				
	2	$\frac{d_1 + d_2}{4} \ln \frac{d_1 + d_2}{2d_1}$				
	3	不 使 用				
	4	不 使 用				
	5	不 使 用				
		$i = KNPC, k = 5$				

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	味	単 位	備 考
コモンブロック名	PCM4			(5/5)
関連サブルーチン	モジュールPC モジュールサブルーチン			
QSIPC (i)	モジュールPC (i)	エネルギー保存則チェック用 水・蒸気側流入エネルギー積分値	kcal	
QSOPC (i)	モジュールPC (i)	エネルギー保存則チェック用 水・蒸気側流出エネルギー積分値	kcal	
QAIPC (i)	モジュールPC (i)	エネルギー保存則チェック用 空気側流入エネルギー積分値	kcal	
QAOPC (i)	モジュールPC (i)	エネルギー保存則チェック用 空気側流出エネルギー積分値	kcal	
WSIPC (i)	モジュールPC (i)	質量保存則チェック用 水・蒸気側流入流量積分値	kg	
WSOPC (i)	モジュールPC (i)	質量保存則チェック用 水・蒸気側流出流量積分値	kg	
	i = KNPC			

変数名リスト

3.17 モジュール P P (循環ポンプの計算)

モジュール P P

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		

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>

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

$$\frac{\overline{GD}_p^2}{4g} \frac{dN_p(t)}{dt} = T_{pD}(t) \quad \text{--- (2)}$$

< $N = N_p$ の時>

$$\left\{ \frac{\overline{GD}^2}{4g} + \frac{1}{k^2} \frac{\overline{GD}^2_p}{4g} \right\} \frac{dN(t)}{dt} = T_D(t) - T_L(t) + \frac{1}{k} T_{pD}(t) \quad \text{--- (3)}$$

ポンプ負荷トルク

下記の中から選択。

$$T_L(t) = \frac{Q(t) H(t)}{\eta_f \tau N(t)} + T_{fri}(t) \quad \text{--- (4)}$$

$$T_L(t) = \frac{Q(t) H(t)}{\eta_p \tau N(t)} \quad \text{--- (5)}$$

$$T_L(t) = TR \tau + T_{fri}(t) \quad \text{--- (6)}$$

$$T_L(t) = \beta TR \tau \quad \text{--- (7)}$$

但し、 τ は比トルク。(4)、(5)式は、ポンプ特性式として(9)式を用いる際に使用し、(6)、(7)式は、ポンプ特性式として(8)式を用いる際に使用する。

ポンプ特性式

下記の中から選択。

< 完全特性式 >

$0 < \left| \frac{q}{n} \right| < 1$	比揚程	$\frac{h}{n^2} = \sum_{m=1}^6 A 1 (m) \left(\frac{q}{n} \right)^{m-1}$
	比トルク	$\frac{\tau}{n^2} = \sum_{m=1}^6 A 2 (m) \left(\frac{q}{n} \right)^{m-1}$
$0 < \left| \frac{n}{q} \right| < 1$	比揚程	$\frac{h}{q^2} = \sum_{m=1}^6 A 3 (m) \left(\frac{n}{q} \right)^{m-1}$
	比トルク	$\frac{\tau}{q^2} = \sum_{m=1}^6 A 4 (m) \left(\frac{n}{q} \right)^{m-1}$

(8)

< ポンプ設計 Q-H 特性式 >

$$h = a 1 n^2 + a 2 n q + a 3 q^2 \quad (9)$$

但し、a 1 ~ a 3 は、入力データ

—— 記号説明 ——

\overline{GD}^2	;	慣性能率	[	kg m ²]
p	;	ポニーモータ	[——]
k	;	ポニーモータ減速比	[	kg m]
T _L	;	負荷トルク	["]
T _f	;	流体トルク	["]
T _{fri}	;	摩擦トルク	["]
T _D	;	駆動トルク	["]
T _{pD}	;	ポニーモータ駆動トルク	["]
N	;	回転数	[	rad/sec]
Q	;	流量	[	kg/sec]
H	;	ポンプヘッド	[	kg/m ²]
η _f	;	ポンプ流体効率	[——]
η _p	;	ポンプ効率	[——]
γ	;	流体の比重量	[	kg/m ³]
β	;	補正係数	[——]

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 PRESTART FILE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計算進み時間幅の計算	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		PPMI1 (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		入力サブルーチン名	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)	第 i 番目ポンプのある流路網番号	-	
JPUMP (i)	第 i 番目ポンプのある流路番号	-	
NNPUMP (i)	第 i 番目ポンプ基数 (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)	第 i 番目ポンプ ; ポンプ駆動トルク or プール変数プロセス量番号 ポンプ回転数指令	-	PMPN(i, j) の i
JPUHD (i)	第 i 番目ポンプ ; ポンプヘッド プール変数プロセス量番号	-	PMPN(i, j) の i
JROTA (i)	第 i 番目ポンプ ; ポンプ回転数 プール変数プロセス量番号	-	PMPN(i, j) の i
JTRIP (i)	第 i 番目ポンプ ; ポンプトリップ信号 プール変数プロセス量番号	-	PMPN(i, j) の i
JPSTR (i)	第 i 番目ポンプ ; 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(i, j) の i
JPMSTR (i)	第 i 番目ポンプ ; ポニーモータ起動信号 プール変数プロセス量番号	-	PMPN(i, j) の i
JPMTRP (i)	第 i 番目ポンプ ; ポニーモータ プール変数プロセス量番号 トリップ信号	-	PMPN(i, j) の i
	i = KNPP		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PPMI1			(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	入力サブルーチン名	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	$\left\{ \begin{array}{l} = 1 ; \text{角運動量方程式} \\ = 2 ; \text{制御系で回転数計算} \end{array} \right.$	—	
		= 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)	第 i 番目ポンプ 駆動トルク計算オプション ; dummy		—	
IOPT3 (i)	第 i 番目ポンプ Q-H特性計算オプション	$\left\{ \begin{array}{l} = 1 ; \text{設計 Q-H の 2 次} \\ \text{式近似} \end{array} \right.$	—	
		= 2 ; 完全特性		
IOPT4 (i)	第 i 番目ポンプ 摩擦トルク計算オプション	$\left\{ \begin{array}{l} = 1 ; \text{摩擦トルク-ル入力} \\ = 2 ; \text{トルク比 2 次式近似} \end{array} \right.$	—	IOPT1=1 の時
		= 3 ; ポンプ効率補正計算		
IOPT5 (i)	第 i 番目ポンプ ポニーモータ設置の有無	$\left\{ \begin{array}{l} = 0 ; \text{ポニーモータ有} \\ = 1 ; \text{ポニーモータ無} \end{array} \right.$	—	IOPT1=1 の時
	i = KNPP			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PPMI1			(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	入力サブルーチン名	PPREAD	
		ネームリスト名	NAMPP1	
変数名	意味	単位	備考	
ISTPN (i)	モジュール =1; SUB, PPSTATの出力を行う PP(i) =2; SUB, PPSTATの出力を行う (詳細出力)	-		
IDBGN (i)	モジュール =1; 中間出力を行う PP(i) =2; 中間出力を行う (詳細出力)	-		
OUTPN (n, i)	モジュール 中間出力時間の指定 PP(i)	sec		
INTIPN (i)	モジュール =0; 初期値計算 モジュールPN単独 PP(i) =1; 初期値計算 他モジュールとのリンク	-		
TMAXPN (i)	モジュール 計算打ち切り時間 PP(i)	sec		
DTIMPN (m, i)	モジュール PP(i) $DTIMPN(m, i) \leq ETPN(i)$ の時 $DELTPN(i) = DDELPN(m, i)$	sec		
DDELPN (m, i)		sec		
NRSTP (i)	第J番目ポンプ 初期回転数収束計算 最大回数	-	IOPT3=2の時	
VRLIM (i)	第J番目ポンプ 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		(1/6)
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		入力サブルーチン名	PPRBAD	
		ネームリスト名	NAMPP2	
変数名	意	味	単位	備考
PMFLIN (i)	第 i 番目ポンプのポンプ流量初期値		kg/sec	INITPN=0 の時
ROTA IN (i)	第 i 番目ポンプのポンプ回転数初期値		rad/sec	guess値
PUHD IN (i)	第 i 番目ポンプのポンプヘッド初期値		kg/m ²	INITPN=0 の時
PWFLWR (i)	第 i 番目ポンプの定格流量		kg/sec	
ROTA R (i)	第 i 番目ポンプの定格回転数		rad/sec	
PHEADR (i)	第 i 番目ポンプの定格揚程		kg/m ²	
PTORQR (i)	第 i 番目ポンプの定格トルク		kg・m	
PEFICR (i)	第 i 番目ポンプの定格効率		—	
PINERT (i)	第 i 番目ポンプのGD ² (含む・駆動モータ)		kg・m ²	
RYOYU (i)	第 i 番目ポンプのポンプヘッド設定余裕 (ポンプヘッド=計算値*RYOYU)		—	IOPT3=2 の時
	i = KNPP			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名		PPMI 2		(2/6)
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		入力サブルーチン名	PPRBA0	
		ネームリスト名	NAMPP2	
変数名	意味	単位	備考	
COEFPM (1, l, i)	第 i 番目ポンプの Q-H 特性関数式係数	-		
COEFPM (2, l, i)	if IOPT3(i)=2; 完全特性 ポンプヘッド係数 (記号; 基礎式参照) l = 1 A 3 (I) I = 1, 6	-		
	l = 2 A 5 (I)	-		
	l = 3 A 7 (I)	-		
	ポンプトルク係数 (記号; 基礎式参照) l = 4 A 2 (I) I = 1, 6 l = 5 A 4 (I)	-		
COEFPM (6, l, i)	l = 6 A 6 (I) if IOPT3(i)=1; 設計 Q-H 特性 ポンプヘッド係数 (記号; 基礎式参照)	-		
	l = 1 ; a ₁ ~ a ₃ ポンプ効率係数 (記号; 基礎式参照) l = 2 ; b ₁ ~ b ₄	-		
FCOE (1, l', i)	第 i 番目ポンプの摩擦トルク関数式係数 C ₁ ~ C ₃ (記号; 基礎式参照)	-	IOPT4=2 の時	
FCOE (2, l', i)	l' = 1 ; 比回転数 n > 0.0117 l' = 2 ; n > 0.005	-	IOPT4=2 の時	
FCOE (3, l', i)	l' = 3 ; n ≤ 0.005	-	IOPT4=2 の時	
	i = KNPP, l = 6, l' = 3			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名		PPMI 2 (3/6)	
関連サブルーチン			
モジュール P P モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	PPREAD
		ネームリスト名	NAMPP2
変数名	意味	単位	備考
NTFR (i)	第 i 番目ポンプ摩擦トルク値テーブル入力個数	-	IOPT4=1 の時
RTFR (n, i)	第 i 番目ポンプ主ポンプ回転数	rad/sec	IOPT4=1 の時
TFR (n, i)	第 i 番目ポンプ同士の回転数に対する摩擦トルク値	kg・m	IOPT4=1 の時
NEFF (i)	第 i 番目ポンプポンプ効率補正值テーブル入力個数	-	IOPT4=3 の時
REFF (n, i)	第 i 番目ポンプ主ポンプ回転数	rad/sec	IOPT4=3 の時
TEFF (n, i)	第 i 番目ポンプ同上ポンプ回転数に対するポンプ効率	-	IOPT4=3 の時
	$i = \text{KNPP}, n = 20$		

変数名リスト

コモンブロック名	PPMI2 (4/6)		
関連サブルーチン			
モジュールPPP モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	PPREAD
		ネームリスト名	NAMPP2
変数名	意味	単位	備考
MSPUMP (i)	第i番目ポンプ, 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
RSPROT (n, i)	第i番目ポンプ, 給水ポンプ回転数	red/sec	IPSTR=1 の時
TSPTRQ (n, i)	第i番目ポンプ, 給水ポンプ駆動トルク	kg・m	IPSTR=1 の時
	ポニーモーターデータ (IOPT5=0の時)		
PMGD (i)	第i番目ポンプのポニーモータ GD^2	kg・m	
RGEAR (i)	第i番目ポンプポニーモータ回転数VS主ポンプ回転数 減速比	-	
PMRMAX (i)	第i番目ポンプポニーモータ回転数上限値	red/sec	
MPONY1 (i)	第i番目ポンプポニーモータ駆動トルク特性テーブル 入力個数	-	
RPONY (n, i)	第i番目ポンプポニーモータ駆動トルク特性ポニーモータ 回転数	red/sec	
TPONY (n, i)	第i番目ポンプポニーモータ駆動トルク特性駆動 トルク	kg・m	
MPONY2 (i)	第i番目ポンプポニーモータ零起動時 テーブル入力 ポンプ摩擦トルク特性 データ個数	-	
RRPONY (n, i)	第i番目ポンプポニーモータ零起動時 主ポンプ ポンプ摩擦トルク特性 回転数	red/sec	
FTPONY (n, i)	第i番目ポンプポニーモータ零起動時 摩擦トルク値 ポンプ摩擦トルク特性	kg・m	
	i = KNPP, n = 20		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PPMI2 (5/6)		
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	入力サブルーチン名	PPREAD
		ネームリスト名	NAMPP2
変数名	意味	単位	備考
ROTMAX (i)	第i番目ポンプ 回転数上限値	rad/sec	IOPT1=1 の時
ROTMIN (i)	第i番目ポンプ 回転数下限値	rad/sec	IOPT1=1 の時
ROTC1 (i)	第i番目ポンプ ポンプ摩擦トルク 特性変曲点回転数	rad/sec	(注)
ROTC2 (i)	第i番目ポンプ ポンプ連続運転下限回転数	rad/sec	
DTMAX (i)	第i番目ポンプ ポンプ駆動トルク上限値	kg・m	IOPT1=1 の時
DTMIN (i)	第i番目ポンプ ポンプ駆動トルク下限値	kg・m	IOPT1=1 の時
	(注) 回転数<ROTC1でポンプモーター零起動時 摩擦トルクフィッティング		
NRDAT (i)	第i番目ポンプ 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)	第i番目ポンプ ポンプ回転数変化 経過時刻	sec	IOPT1=3 の時
TROTA (n, i)	第i番目ポンプ ポンプ回転数変化 ポンプ回転数	rad/sec	IOPT1=3 の時
NST (i)	第i番目ポンプ ポンプ回転数変化 フィッティング計算インデックス	-	IOPT1=3 の時
	i = KNPP, n = 20		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	PPMI2		(6/6)
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		入力サブルーチン名	PPREAD
		ネームリスト名	NAMPP2
変数名	意	単位	備考
ROFLUD (i)	第i番目ポンプ 流体密度	kg/m ³	
	i = 20		

変数名リスト

コモンブロック名	PPM1 (1/1)		
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
ETPN (i)	モジュールPP (i) 計算経過時間	sec	
DELTPN (i)	モジュールPP (i) 計算済み時間中	sec	
MPN1 (i)	モジュールPP (i) タイムメッシュ (1ステップ前)	-	
MPN2 (i)	モジュールPP (i) タイムメッシュ (現ステップ)	-	
IOUTPN (i)	モジュールPP (i) 中間出力時間メッシュ指定	-	
	i = KNPP		

変数名リスト

コモンブロック名	PPM2 (1/2)		
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)	第 i 番目ポンプ流量	kg/sec	7-ル変数 との接続
ROTA (i, n)	第 i 番目ポンプ回転数	rad/sec	
DTORQ (i)	第 i 番目ポンプ駆動トルク	kg・m	
PTORQ (i)	第 i 番目ポンプ流体トルク	kg・m	
FTORQ (i)	第 i 番目ポンプ摩擦トルク	kg・m	
TTORQ (i, n)	第 i 番目ポンプ全トルク	kg・m	
PUHD (i)	第 i 番目ポンプヘッド	kg/m ³	
REFROT (i)	第 i 番目ポンプ駆動トルク指令or回転数指令	kg・m or rad/sec	7-ル変数 との接続
PMROTA (j, n)	第 i 番目ポンプ ポニーモータ回転数	rad/sec	
PMDTRQ (j, n)	第 i 番目ポンプ ポニーモータ駆動トルク	kg・m	
ICP (i)	dummy	-	
IPONY (i)	第 i 番目ポンプポニーモータ 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

コモンブロック名	PPM2 (2/2)		
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
ITRIP (i)	= 1 ; 第 i 番目ポンプ 主モータ トリップ	-	7-ル変数 との接続
IPSTR (i)	= 1 ; 第 i 番目ポンプ 主モータ 起動	-	7-ル変数 との接続
IPMSTR (i)	= 1 ; 第 i 番目ポンプ ポニーモータ 起動	-	7-ル変数 との接続
IPMTRP (i)	= 1 ; 第 i 番目ポンプ ポニーモータトリップ	-	7-ル変数 との接続
	i = KNPP		

変 数 名 リ ス ト

3.18 モジュール R F (原子炉熱計算簡易モデル)

モジュールRF

1 機能

原子炉熱計算。崩壊熱の計算。

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
原子炉出力（除、崩壊熱）	TEMP	炉心全出力	TEMP
炉心入口温度	TEMP	崩壊熱	TEMP
炉心部ナトリウム流量	FLWN	炉心出口温度	TEMP
制御棒急速挿入開始信号	TEMP	炉心部自然循環力	TEMP
		燃料、クラッド、ナトリウム、ラッパ管の平均温度	TEMP

3 モデルの概要（図RF-1参照）

- (1) 径方向に、燃料、クラッド、ナトリウム、ラッパ管より成る単チャンネルモデルとし、軸方向にKNRF（注）分割（炉心燃料、上下ブランケット任意分割）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。
- (2) 原子炉出力の軸方向分布を、Chopped Cosineで近似する。
- (3) 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。
- (4) 燃料、ナトリウム等の物性値は温度の関数とする。（温度によらず一定とすることも可）

（注）KNRF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

燃料

$$C_f M_f \frac{\partial}{\partial t} T_f(Z, t) = Q(Z, t) - U_1 A_1 (T_f(Z, t) - T_c(Z, t)) \quad (1)$$

クラッド

$$C_c M_c \frac{\partial}{\partial t} T_c(Z, t) = U_1 A_1 (T_f(Z, t) - T_c(Z, t)) - U_2 A_2 (T_c(Z, t) - T_{na}(Z, t)) \quad (2)$$

ナトリウム

$$C_{na} M_{na} \frac{\partial}{\partial t} T_{na}(Z, t) = -C_{na} G_{na}(t) \frac{\partial}{\partial t} T_{na}(Z, t) + U_2 A_2 (T_c(Z, t) - T_{na}(Z, t)) - U_3 A_3 (T_{na}(Z, t) - T_w(Z, t)) \quad (3)$$

ラップ管

$$C_w M_w \frac{\partial}{\partial t} T_w(Z, t) = U_3 A_3 (T_{na}(Z, t) - T_w(Z, t)) \quad (4)$$

(2) 熱伝達率, 及び伝熱式

熱伝達率

$$U_1 = \frac{1}{\frac{d_1+d_2}{4k_f} L_n \frac{1}{0.7071} + R_{con} \frac{d_1+d_2}{2d_1} + \frac{d_1+d_2}{4k_c} L_n \frac{d_1+d_2}{2d_1}} \quad (5)$$

$$U_2 = \frac{1}{\frac{d1+d2}{2d2} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{d1+d2}{4kc} L_n \frac{2d2}{d1+d2}} \quad (6)$$

$$U_3 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{tw}{2kw}} \quad (7)$$

伝熱式

$$\alpha_2 = \frac{Kna}{D_2} (7.0 + 0.025(0.5 Pe_2^{0.8})) \quad (8)$$

(修正 Lyonの式)

$$\text{但し, } Pe_2 = Pr_{na} \frac{|G_{na}(t)|}{\rho_{na} S_{na}} \frac{D_2}{\nu_{na}}$$

$$\alpha_3 = \frac{Kna}{D_3} (0.625 Pe_3^{0.4}) \quad (9)$$

(Lubarsky-kaufmanの式)

$$\text{但し, } Pe_3 = Pr_{na} \frac{|G_{na}(t)|}{\rho_{na} S_{na}} \frac{D_3}{\nu_{na}}$$

(3) 崩壊熱

$$Q_{DEC}(t) = Q_0 \frac{A_3}{t^{**}A_1 + A_2} \quad (10)$$

但し, Q_0 は, 原子炉出力初期値

$A_1 \sim A_3$ は, フィッティング係数

又は, 時系列入力

(4) 自然循環力

$$\Delta H_{Na}(t) = - \int_z \rho_{Na}(Z, t) dZ \quad (11)$$

— 記号説明 —

f	; 燃料	d1	; クラッド内径	[m]
c	; クラッド	d2	; クラッド外径	[m]
Na	; ナトリウム	D2, D3	; 代表長さ	[m]
W	; ラッパ管		(4 * 流路断面積 / ぬれぶち長さ)	
1	; f ↔ c	R con	; ギャップコンダクタンス	[m ² sec °C / kcal]
2	; c ↔ Na	tW	; ラッパ管肉厚	[m]
3	; Na ↔ W	DEC	; 崩壊熱	

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。

燃 料

$$C_f(i)M_f \frac{T_f(i, j+1) - T_f(i, j)}{\Delta t}$$

$$= Q(i, j+1) - U_1 A_1 \left(\frac{T_f(i, j+1) + T_f(i, j)}{2} - T_c(i, j+1) \right) \quad (12)$$

クラッド

$$C_c(i)M_c \frac{T_c(i, j+1) - T_c(i, j)}{\Delta t}$$

$$= U_1 A_1 \left(T_f(i, j) - \frac{T_c(i, j+1) + T_c(i, j)}{2} \right)$$

$$- U_2 A_2 \left(\frac{T_c(i, j+1) + T_c(i, j)}{2} - \frac{T_{Na}(i+1, j) + T_{Na}(i, j)}{2} \right) \quad (13)$$

ナトリウム

$$C_{Na}(i)M_{Na} \left(\frac{T_{Na}(i+1, j+1) + T_{Na}(i, j+1)}{2} \right. \\ \left. - \frac{T_{Na}(i+1, j) + T_{Na}(i, j)}{2} \right) / \Delta t$$

$$= - C_{Na}(i)G_{Na}(j+1) \left(\frac{T_{Na}(i+1, j+1) + T_{Na}(i+1, j)}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
& - \frac{T_{na}(i, j+1) + T_{na}(i, j)}{2}) / \Delta Z \\
& + U_2 A_2 (T_c(i, j+1) - \frac{T_{na}(i+1, j+1) + T_{na}(i+1, j) + T_{na}(i, j+1) + T_{na}(i, j)}{4}) \\
& - U_3 A_3 (\frac{T_{na}(i+1, j+1) + T_{na}(i+1, j) + T_{na}(i, j+1) + T_{na}(i, j)}{4} - T_w(i, j+1))
\end{aligned} \tag{14}$$

ラッパ管

$$\begin{aligned}
& C_w(i) M_w \frac{T_w(i, j+1) - T_w(i, j)}{\Delta t} \\
& = U_3 A_3 (\frac{T_{na}(i+1, j) + T_{na}(i, j)}{2} - \frac{T_w(i, j+1) + T_w(i, j)}{2})
\end{aligned} \tag{15}$$

(2) 初期設定計算 (図RF-3参照)

(1)~(3)式の、定常状態における差分展開式は、

燃料

$$Q(i) - U_1 A_1 (T_f(i) - T_c(i)) = 0 \tag{16}$$

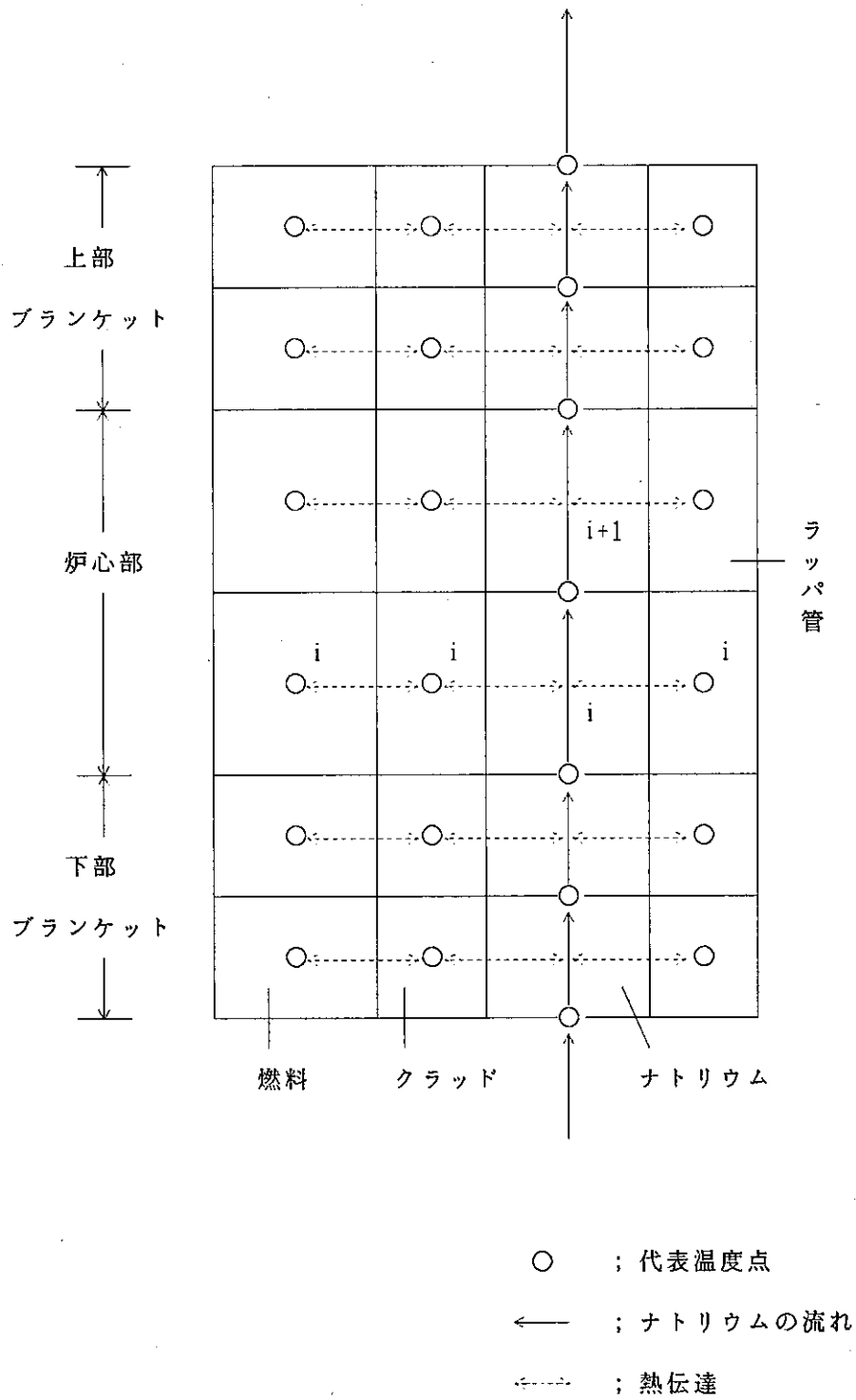
クラッド

$$Q(i) - U_2 A_2 (T_c(i) - \frac{T_{na}(i+1) + T_{na}(i)}{2}) = 0 \tag{17}$$

ナトリウム

$$Q(i) = C_{na}(i) G_{na} (T_{na}(i+1) - T_{na}(i)) / \Delta Z \tag{18}$$

(16)~(18)式を用いて、 $T_{Na}(i)$ が収束するまで計算を続行する。



図RF-1 炉心熱計算モデル

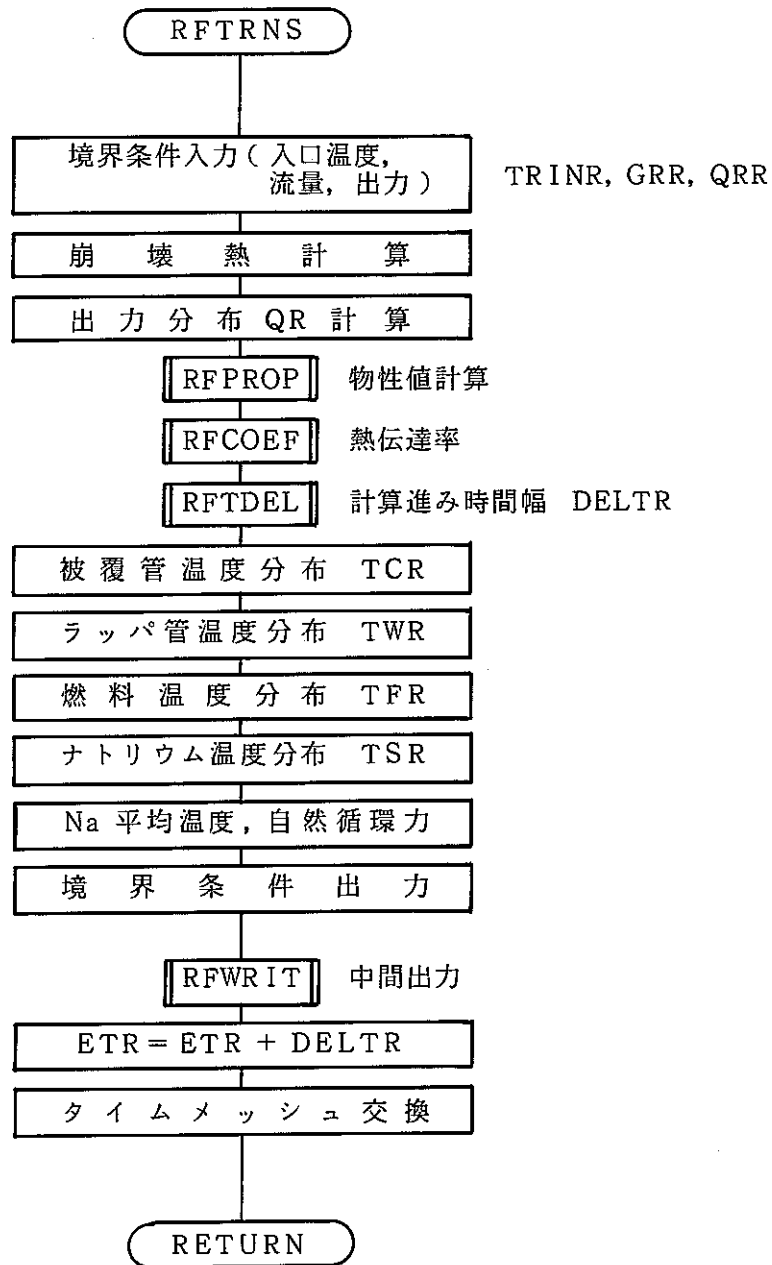


図 RF-2 sub. RFTRNSフローチャート

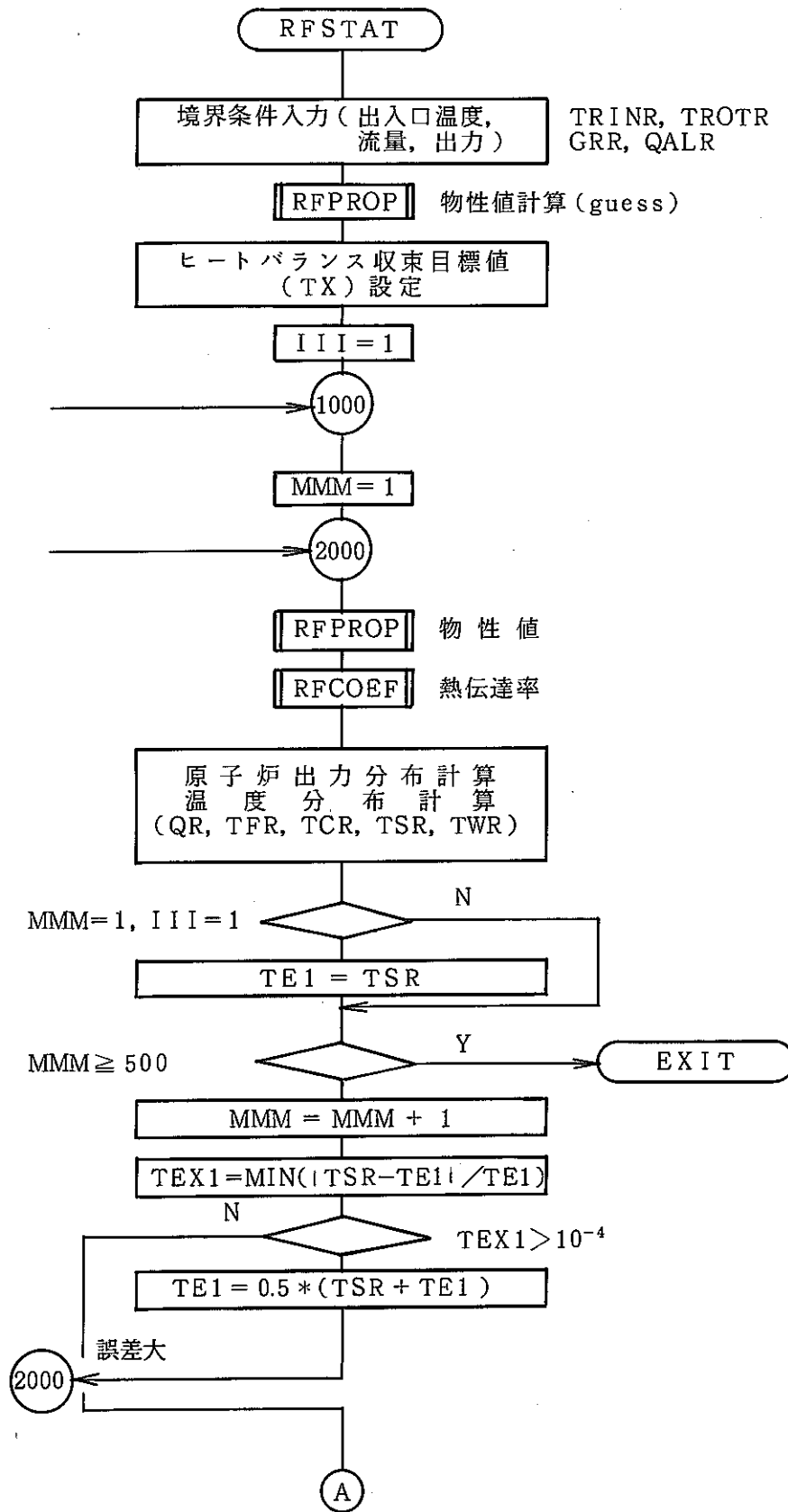
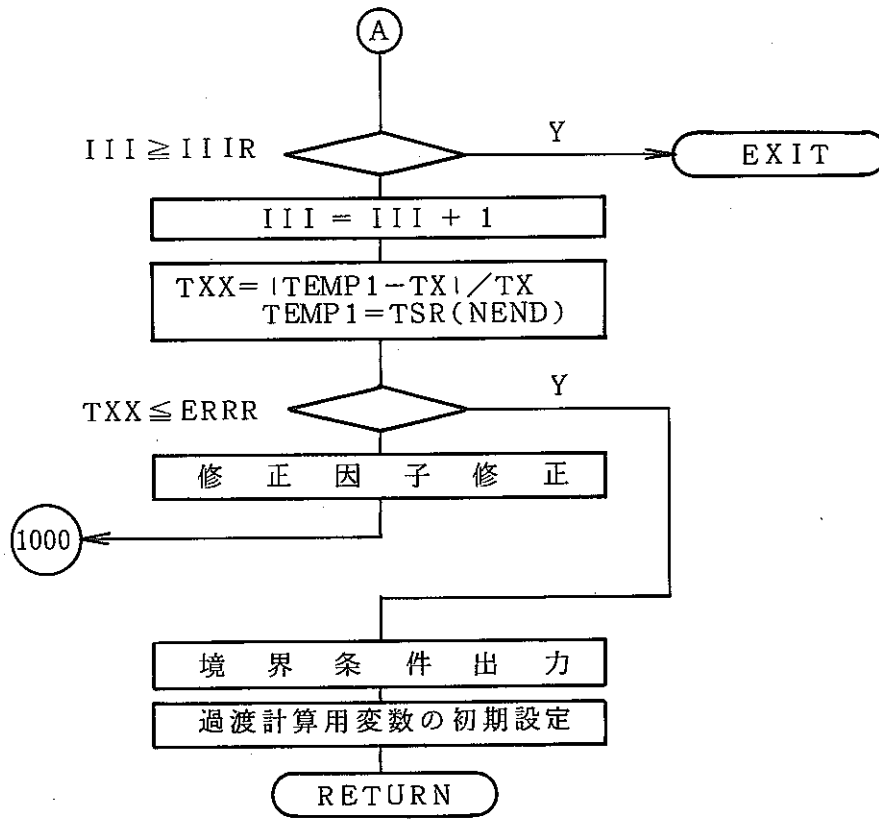


図 R F - 3 sub. RFSTATフローチャート (1/2)



図RF-3 sub.RFSTATフローチャート(2/2)

表RF-1 モジュールRFサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
RFCONT	モジュールRF計算コントロール	MODULE SUB.
RFREAD	モジュールRF関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
RFBLOK	モジュールRF関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
RFRSTA	モジュールRFRESTART FILEの書出し, 読み込み	MODULE SUB.
RFSTAT	モジュールRF初期設定計算	MODULE SUB.
RFTRNS	モジュールRF過渡計算	MODULE SUB.
RFTDEL	モジュールRF計算進み時間巾の計算	MODULE SUB.
RFPROP	モジュールRF物性値の計算	MODULE SUB.
RFcoef	モジュールRF熱伝達率の計算	MODULE SUB.
RFWRIT	モジュールRF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.
ZBLNKT	ブランケット燃料の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZFUEL1	炉心燃料の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZMETL1	構造材の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZSODUM	ナトリウムの物性値計算	ELEMENT SUB.

モジュールRF パラメータ変数 (1/1)			
関連サブルーチン			
モジュールRF モジュールサブルーチン			
変数名	意 味	単 位	備 考
KNRF	モジュールRF 炉心軸方向分割数最大値	—	

変数名リスト

コモンブロック名	RFMI1 (1/7)		
関連サブルーチン			
モジュールRF モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	RFREAD	
	ネームリスト名	NAMRF1	
変数名	意味	単位	備考
IMDLR	モジュールRF計算実行の可否 = 1 : 実行する ≠ 1 : 実行しない	—	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名		RFMI1		(2/7)
関連サブルーチン				
モジュールRF モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	RFREAD	
		ネームリスト名	NAMRF1	
変数名	意味	単位	備考	
NQRR	モジュールRF 原子炉出力 (除崩壊熱) プール変数番号	-	TEMP に対応	
NTRINR	モジュールRF 炉心入口温度 プール変数番号	-	TEMP に対応	
NWRR	モジュールRF 炉心部ナトリウム流量 流路網番号	-	FLWN に対応	
NFRR	モジュールRF 炉心部ナトリウム流量 流路番号	-	FLWN に対応	
NQALR	モジュールRF 炉心全出力 プール変数番号	-	TEMP に対応	
NDECR	モジュールRF 崩壊熱 プール変数番号	-	TEMP に対応	
NTROTR	モジュールRF 炉心出口温度 プール変数番号	-	TEMP に対応	
NTFELR	モジュールRF 燃料平均温度 プール変数番号	-	TEMP に対応	
NTCRDR	モジュールRF クラッド温度 プール変数番号	-	TEMP に対応	
NTSODR	モジュールRF ナトリウム温度 プール変数番号	-	TEMP に対応	
NTWAPR	モジュールRF ラップ管温度 プール変数番号	-	TEMP に対応	
NHDRR	モジュールRF 炉心部自然循環力 プール変数番号	-	TEMP に対応	
NTRITR	モジュールRF トリップ遮断器信号プール変数番号 (崩壊熱フィッティング開始)	-	TEMP に対応	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RFMI1			(3/7)
関連サブルーチン				
モジュールRF モジュールサブルーチン			入力サブルーチン名	RFRBAD
			ネームリスト名	NAMRF1
変数名	意	味	単位	備考
KHDR	モジュールRF =0:出力	ヒートバランス収束判定因子 =1:炉心出口温度	-	
KHER	モジュールRF	ヒートバランス修正因子 =0:原子炉出力 =1:炉心入口温度 =2:炉心出口温度 =3:炉心流量	-	KHDR=1の時入力
KHBR	モジュールRF	境界条件入力 =0:入力データ =1:プール変数	-	
NINTR	モジュールRF	初期設定計算を行う順序		
TRIR	モジュールRF	炉心入口温度初期値	℃	(注)
TROR	モジュールRF	炉心出口温度初期値	℃	(注)
GR	モジュールRF	炉心流量初期値	kg/sec	(注)
QAR	モジュールRF	炉心全出力初期値	kcal/sec	(注)
	(注) KHBR = 0 の時要入力			
	KHBR の値により他の条件から算出するものを指定。			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RFMI1			(4/7)
関連サブルーチン				
	モジュールRF モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	RFPREAD	
		ネームリスト名	NAMRF1	
変数名	意味	単位	備考	
IIIR	モジュールRF ヒートバランス収束計算回数最大値	-		
ERRR	モジュールRF ヒートバランス収束許容誤差	-		
ARRR	モジュールRF ヒートバランス収束因子の修正係数	-		
IOTIMR	モジュールRF 計算進み = 0 : 一定 = 1 : コード中で計算	-		
DTIMR (i)	モジュールRF } 計算進み時間巾入力値 DTIMR (i) ≤ ETRの時 DELTR = DDELR (i)	sec	IOTIMR=0 の時入力	
DDELR (i)		sec	IOTIMR=0 の時入力	
DCOTR	モジュールRF 計算進み時間巾 計算値の係数	-	IOTIMR=1 の時入力	
DMAXR	モジュールRF 計算進み時間巾 最大値	sec	IOTIMR=1 の時入力	
DMINR	モジュールRF 計算進み時間巾 最小値	sec	IOTIMR=1 の時入力	
TMAXR	モジュールRF 計算終了時間	sec		
	i = 5			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RFMI1		(5/7)
関連サブルーチン			
モジュールRF モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	RPREAD	
	ネームリスト名	NAMRF1	
変数名	意味	単位	備考
ISTAR	モジュールRF=1:sub.RFSTATの出力を行う =2:sub.RFSTATの出力を行う(詳細出力)	-	
IDBGR	モジュールRF=1:中間出力を行う =2:中間出力を行う(詳細出力)	-	
OUTR(k)	モジュールRFの中間出力時間の指定	sec	
	k=30		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RFMI1			(6/7)
関連サブルーチン				
	モジュールRF モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	RFREAD	
		ネームリスト名	NAMRF1	
変数名	意	味	単位	備考
KPR1R	モジュールRF 燃料物性値	= 1 : 温度依存 ≠ 1 : 一定	-	
KPR2R	モジュールRF クラッド物性値	= 1 : 温度依存 ≠ 1 : 一定	-	
KPR3R	モジュールRF ナトリウム物性値	= 1 : 温度依存 ≠ 1 : 一定	-	
KPR4R	モジュールRF ラッパ管物性値	= 1 : 温度依存 ≠ 1 : 一定	-	
KPRCR	モジュールRF クラッドの材質を示すインデックス		-	(注)
KPRWR	モジュールRF ラッパ管の材質を示すインデックス		-	(注)
	(注) = 1 ; SUS316 = 3 ; 2¼Cr-1Mo = 2 ; SUS304 = 4 ; 9Cr-1Mo			

変数名リスト

コモンブロック名	RFMI1 (7/7)		
関連サブルーチン			
モジュールRF モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	RFPREAD	
	ネームリスト名	NAMRF1	
変数名	意味	単位	備考
TFXXR	モジュールRF 物性値計算用燃料基準温度	℃	(注)
TUBXXR	モジュールRF 上部ブランケット基準温度	℃	(注)
TLBXXR	モジュールRF 下部ブランケット基準温度	℃	(注)
TCXXR	モジュールRF クラッド基準温度	℃	(注)
TSXXR	モジュールRF ナトリウム基準温度	℃	(注)
TWXXR	モジュールRF ラッパ管基準温度	℃	(注)
	(注) 物性値を温度に依らず一定とする場合に代表値を入力		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RFMI2			(1/3)
関連サブルーチン				
	モジュールRF モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	RFREAD	
		ネームリスト名	NAMRF2	
変数名	意	味	単位	備考
NFLR	モジュールRF 燃料ピン軸方向分割数 (最大KNRF)		-	
NLBR	モジュールRF 下部ブランケット分割数		-	
NUBR	モジュールRF 上部ブランケット分割数		-	
DC1R	モジュールRF クラッド内径		m	
DC2R	モジュールRF クラッド外径		m	
THWR	モジュールRF ラッパ管肉厚		m	
DS2R	モジュールRF ナトリウム ↔ クラッド熱伝達率計 算上の代表長さ		m	$\frac{4 \times \text{流路断面積}}{\text{ぬれぶち長さ}}$
DS3R	モジュールRF ナトリウム ↔ ラッパ管熱伝達率計 算上の代表長さ		m	$\frac{4 \times \text{流路断面積}}{\text{ぬれぶち長さ}}$
A1R	モジュールRF 燃料 ↔ クラッド伝面密度		m ² /m	
A2R	モジュールRF クラッド ↔ ナトリウム伝面密度		m ² /m	
A3R	モジュールRF ナトリウム ↔ ラッパ管伝面密度		m ² /m	
AHCFR	モジュールRF 炉心燃料重量密度		kg/m	
AHBF R	モジュールRF ブランケット重量密度		kg/m	
AHCR	モジュールRF クラッド重量密度		kg/m	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RFMI2		(2/3)
関連サブルーチン			
	モジュールRF モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	RFPREAD
		ネームリスト名	NAMRF2
変数名	意味	単位	備考
AHSR	モジュールRF ナトリウム重量密度	kg/m	
AHWR	モジュールRF ラッパ管重量密度	kg/m	
AVSR	モジュールRF 流速計算用ナトリウム流路断面積	m ²	
ZLCR	モジュールRF 炉心長さ	m	
ZUBR	モジュールRF 上部ブランケット長さ	m	
ZLBR	モジュールRF 下部ブランケット長さ	m	
RCONR	モジュールRF 燃料 ↔ クラッド間ギャップコンダクタンス	m ² sec ² /kcal	
AMAX2R	モジュールRF ANU2R(k)の最大値	—	
AMIN2R	モジュールRF ANU2R(k)の最小値	—	
AMAX3R	モジュールRF ANU3R(k)の最大値	—	
AMIN3R	モジュールRF ANU3R(k)の最小値	—	
QUBR	モジュールRF 上部ブランケット出力割合	—	
QLBR	モジュールRF 下部ブランケット出力割合	—	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RFMI2 (3/3)		
関連サブルーチン			
	モジュールRF モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	RFBREAD
		ネームリスト名	NAMRF2
変数名	意味	単位	備考
IDECR	モジュールRF崩壊熱曲線フィッティングデータ個数	-	
DECTR (i)	モジュールRF崩壊熱曲線時間データ	sec	
DECFR (i)	モジュールRF崩壊熱曲線出力割合データ	-	
IDSTR	モジュールRF ——	-	通常 2
ZNHR	モジュールRF炉心部自然循環力計算用 炉心部高さ (上昇流の場合 負の値を入力)	m	
	i = 30		

変数名リスト

変数名	意 味	単 位	備 考
コモンブロック名	R F M 1		(1/2)
関連サブルーチン	モジュール R F モジュールサブルーチン		
E T R	モジュール R F 計算経過時間	sec	
D E L T R	モジュール R F 計算進み時間巾	sec	
M R 1	モジュール R F タイムメッシュ (1ステップ前)	—	
M R 2	モジュール R F タイムメッシュ (現ステップ)	—	
I O U T R	モジュール R F 中間出力時間メッシュ指定	—	
Q A L R 0	モジュール R F 原子炉全出力初期値	kcal/sec	
C P F R (k)	モジュール R F 燃料比熱	kcal/ kg °C	
R O F R (k)	モジュール R F 燃料密度	kg/m ³	
T K F R (k)	モジュール R F 燃料熱伝導率	kcal/ msec °C	
C P C R (k)	モジュール R F クラッド比熱	kcal/ kg °C	
R O C R (k)	モジュール R F クラッド密度	kg/m ³	
	k = K N R F		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意 味	単 位	備 考
TKCR (k)	モジュールRF クラッド熱伝導率	kcal/ msec $^{\circ}$ C	
CPSR (k)	モジュールRF ナトリウム比熱	kcal/ kg $^{\circ}$ C	
ROSR (k)	モジュールRF ナトリウム密度	kg/m 3	
PRSR (k)	モジュールRF ナトリウムプラントル数	-	
VKCR (k)	モジュールRF ナトリウム動粘性係数	m 2 /sec	
TKCR (k)	モジュールRF ナトリウム熱伝導率	kcal/ msec $^{\circ}$ C	
CPWR (k)	モジュールRF ラッパ管比熱	kcal/ kg $^{\circ}$ C	
ROWR (k)	モジュールRF ラッパ管密度	kg/m 3	
TKWR (k)	モジュールRF ラッパ管熱伝導率	kcal/ msec $^{\circ}$ C	
TIMDR	モジュールRF トリップ開始時間 (崩壊熱フィッティング開始)	sec	
	k = KNRF		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	単位	備考
QRR (j)	モジュールRF 原子炉出力 (除崩壊熱)	kcal/sec	フル変数との接続
TRINR (j)	モジュールRF 炉心入口温度	℃	フル変数との接続
GRR (j)	モジュールRF 炉心部ナトリウム流量	kg/sec	フル変数との接続
QALR (j)	モジュールRF 炉心全出力	kcal/sec	フル変数との接続
DECR (j)	モジュールRF 崩壊熱	kcal/sec	フル変数との接続
TROTR (j)	モジュールRF 炉心出口温度	℃	フル変数との接続
TFELR (j)	モジュールRF 燃料平均温度	℃	フル変数との接続
TCRDR (j)	モジュールRF クラッド温度	℃	フル変数との接続
TSODR (j)	モジュールRF ナトリウム温度	℃	フル変数との接続
TWAPR (j)	モジュールRF ラップ管温度	℃	フル変数との接続
HDRR (j)	モジュールRF 炉心部自然循環力	kg/m ³	フル変数との接続
TRIPR (j)	モジュールRF トリップ遮断器開信号 (0-1信号)	-	フル変数との接続
	j = 2		

変数名リスト

変数名	意	味	単位	備考
ALF2R (k)	モジュールRF クラッド ↔ ナトリウム	film 熱伝達率	kcal/ m ² sec ² °C	
ALF3R (k)	モジュールRF ナトリウム ↔ ラッパ管	film 熱伝達率	kcal/ m ² sec ² °C	
APE2R (k)	モジュールRF クラッド ↔ ナトリウム	ペクレ数	—	
APE3R (k)	モジュールRF ナトリウム ↔ ラッパ管	ペクレ数	—	
ANU2R (k)	モジュールRF クラッド ↔ ナトリウム	セル数	—	
ANU3R (k)	モジュールRF ナトリウム ↔ ラッパ管	セル数	—	
RE2R (k)	モジュールRF クラッド ↔ ナトリウム	レイブル数	—	
RE3R (k)	モジュールRF ナトリウム ↔ ラッパ管	レイブル数	—	
DELZR (k)	モジュールRF 炉心1ノードあたりの長さ		m	
AHFR (k)	モジュールRF ノードKの燃料重量密度		kg/m	
	k = KNRF			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名		RFM2			(4/4)
関連サブルーチン		モジュールRF モジュールサブルーチン			
変数名	意味			単位	備考
HET1R (k)	モジュールRF 熱計算上の途中変数			-	
HET2R (k)	モジュールRF 熱計算上の途中変数			-	
HET3R (k)	モジュールRF 熱計算上の途中変数			-	
	k	HET1R	HET2R	HET3R	
	1	$\frac{d_1+d_2}{2d_1}$	$\frac{d_1+d_2}{2d_2}$	不使用	
	2	$\frac{d_1+d_2}{4} \text{Ln} \left(\frac{d_1+d_2}{2d_1} \right)$	$\frac{d_1+d_2}{4} \text{Ln} \left(\frac{2d_2}{d_1+d_2} \right)$	不使用	
	3	$\frac{d_1+d_2}{4} \text{Ln} \left(\frac{1}{0.7071} \right)$	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	
		k = 5			

変 数 名 リ ス ト

3.19 モジュール R X (原子炉熱計算詳細モデル)

モジュール R X

1 機 能

F B R 炉心詳細熱計算。

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，ナトリウ ム，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
		ナトリウムの平均温度	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 R X - 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 $KNRX$ 個)
(注)

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・ナトリウム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・ナトリウム・ラッパ管、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

(注)
 燃料ペレット $KRRX$ 分割
 クラッド 3 分割
 ナトリウム、ラッパ管 1 領域

2) 軸方向

(注)
 $KFRX$ 分割

- (3) 炉出力の軸方向分布は一定とする。
 (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。
 (注)
 (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 $KMRX$ チャンネルとの)

- (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・ナトリウム・ラッパ管の物性値は温度の関数とする。

(注) KNRX, KRRX, KPRX, 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

燃料ペレット

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

クラッド

$$a_e \rho_e c_e \frac{\partial}{\partial t} T_e(r, z) = 2\pi r_{e1} U_b (T_f(r_{hf}, z, t) - T_e(z, t)) + A_c U_c(z, t) (T_c(z, t) - T_e(z, t)) \quad (2)$$

ナトリウム

$$a_c \rho_c c_c \frac{\partial}{\partial t} T_c(r, z) + a_c G_c(t) c_c \frac{\partial}{\partial z} T_c(z, t) = A_c U_c(z, t) (T_e(z, t) - T_c(z, t)) + A_s U_s(z, t) (T_s(z, t) - T_c(z, t)) \quad (3)$$

ラップ管

$$a_s \rho_s c_s \frac{\partial}{\partial t} T_s(r, z) = A_s U_s(z, t) (T_c(z, t) - T_s(z, t)) + \sum_j A_{sj} U_{sj} (T_{sj}(z, t) - T_s(z, t)) \quad (4)$$

(2) 熱伝達率

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

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

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

U_{sj} ; 入力

(3) 伝熱式 (修正Lyonの式)

$$h_c(z, t) = \frac{k_c}{d_c} (7.0 + 0.025 (0.5 Pe_c)^{0.8}) \quad \text{--- (9)}$$

$$h_s(z, t) = \frac{k_c}{d_s} (7.0 + 0.025 (0.5 Pe_s)^{0.8}) \quad \text{--- (10)}$$

但し, $Pe_c = Pr_c G_c(t) d_c / (\rho_c S_c \nu_c)$

$Pe_s = Pr_c G_c(t) d_s / (\rho_c S_c \nu_c)$

(4) 物性値計算

(i) 炉心燃料

熱伝導率 (GEAP-13967)

$$k_f = \left\{ 0.01169 + \frac{1.0}{0.02226(1-\gamma)} + 7.214 \times 10^{-2} \times T^3 \right\} C_1$$

$$\left(0.06717 + \frac{0.02226(1-\gamma)}{O/M - 1.90} \right) T \quad \text{--- (11)}$$

但し, k_f ; 熱伝導率 (w/cm°C)

γ ; 理論密度比 $\left\{ \begin{array}{l} \text{組織不変領域} \quad 0.85 \\ \text{等軸晶領域} \quad 0.95 \\ \text{柱状晶領域} \quad 0.97 \end{array} \right.$

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)

$$C_f = 12.54 + 0.0170 \cdot T - 0.117 \times 10^{-4} \cdot T^2 + 0.307 \times 10^{-8} \cdot T^3 \quad \text{--- (12)}$$

但し, c_f ; 比熱 (cal/mol·K)

T ; 温度 (K), 1 mol = 270 g

密 度

$$r_f = 9.4 \text{ (g/cm}^3\text{)} \text{ (85\% TD相当)} \quad \text{--- (13)}$$

(ii) ブランケット燃料 (WARD-TM-586)

熱伝導率

$$k_f = k_{ss} \frac{F(93)}{F(95)} \quad \text{--- (14)}$$

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

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

但し、

$$\left\{ \begin{array}{l} T \text{ ; 温度 (K)} \\ \rho' = 1.0 - \rho \text{ ; ペレット内の空孔割合} \\ \beta = 1.0 - 0.023 / \rho' \text{ ; 補正係数} \\ k_{ss} \text{ ; 熱伝導率 (95\% TD) (w/cm K)} \end{array} \right.$$

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

(Physical Properties of Uranium Dioxide)

$$c_f = 18.45 + 2.431 \times 10^{-3} \cdot T - 2.272 \times 10^{-5} \cdot T^2 \quad \text{--- (15)}$$

但し、

$$\left\{ \begin{array}{l} c_f \text{ ; 比熱 (cal/mol K)} \\ T \text{ ; 温度 (K), 1 mol = 270 g} \end{array} \right.$$

密 度

$$r_f = 10.2 \text{ (g/cm}^3\text{)} \text{ (93\% TD相当)} \quad \text{--- (16)}$$

(iii) SUS 316 (クラッド及び構造材)

熱伝導率 (International Nickel Company)

$$k = 0.132 + 1.3 \times 10^{-4} \cdot T \quad \text{--- (17)}$$

但し、

$$\left\{ \begin{array}{l} k \text{ ; 熱伝導率 (w/cm }^\circ\text{C)} \\ T \text{ ; 温度 (}^\circ\text{C)} \end{array} \right.$$

定圧比熱 (International Nickel Company)

$$C = 0.10604 + 0.1197 \times 10^{-3} \cdot T - 0.28475 \times 10^{-7} \cdot T^2 \\ - 0.54902 \times 10^{-9} \cdot T^3 + 0.949432 \times 10^{-12} \cdot T^4 - 0.431849 \times 10^{-15} \cdot T^5 \quad (18)$$

但し, $\begin{cases} C ; \text{比熱 (cal/g} \cdot \text{°C)} \\ T ; \text{温度 (°C)} \end{cases}$

密度 (GEAP-13967)

$$r = 7.98506 - 4.5321 \times 10^{-4} \cdot T \quad (19)$$

但し, $\begin{cases} r ; \text{密度 (g/cm}^3\text{)} \\ T ; \text{温度 (°C)} \end{cases}$

(iv) ナトリウム

熱伝導率 (ANL-7323)

$$k c = 0.9292 - 5.8905 \times 10^{-4} \cdot T + 1.1724 \times 10^{-7} \cdot T^2 \quad (20)$$

但し, $\begin{cases} k c ; \text{熱伝導率 (w/cm}^2\text{°C)} \\ T ; \text{温度 (°C)} \end{cases}$

定圧比熱 (ANL-7323)

$$C c = 0.34325 - 1.38686 \times 10^{-4} \cdot T + 1.1055 \times 10^{-7} \cdot T^2 \quad (21)$$

但し, $\begin{cases} C c ; \text{比熱 (cal/g} \cdot \text{°C)} \\ T ; \text{温度 (°C)} \end{cases}$

密度 (ANL-7323)

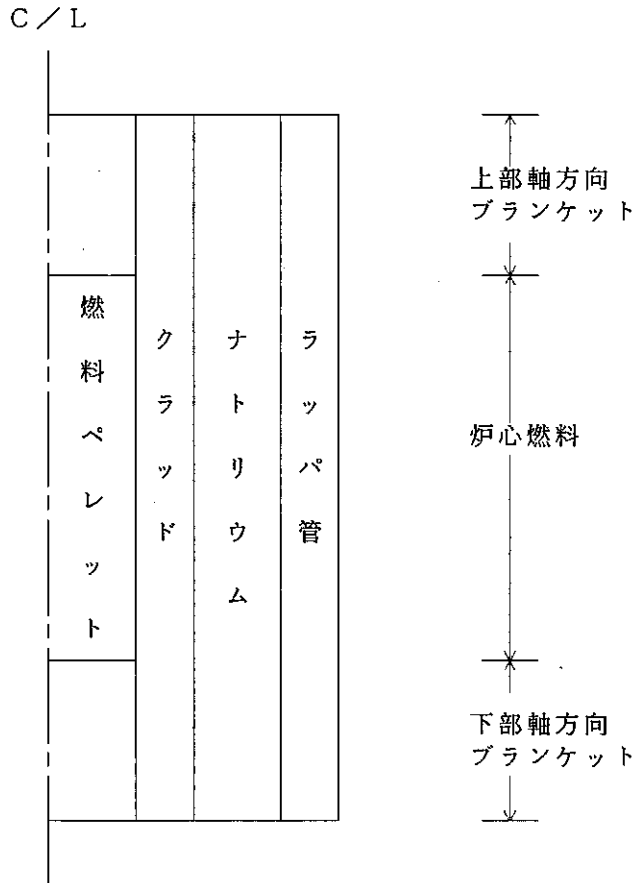
$$r c = 0.9500 - 2.2977 \times 10^{-4} \cdot T - 1.4605 \times 10^{-8} \cdot T^2 + 5.638 \times 10^{-12} \cdot T^3 \quad (22)$$

但し, $\begin{cases} r c ; \text{密度 (g/cm}^3\text{)} \\ T ; \text{温度 (°C)} \end{cases}$

-記号説明-

T	: 温 度	(deg)
G	: 流 量	(kg/sec)
q	: 発熱密度	(kcal/secm ²)
U	: 熱貫流率	(kcal/m ² sec °C)
h	: 熱伝達率, 又はギャップコンダクタンス	(kcal/m ² sec °C)
a	: 断面積	(m ²)
A	: 伝熱面積密度	(m ² /m)
S	: 流路断面積	(m ²)
d	: 代表長さ	(m)
Pe	: ペクレ数	(-)
c	: 比 熱	(kcal/kg °C)
ρ	: 密 度	(kg/m ³)
Pr	: プラントル数	(-)
ν	: 動粘性係数	(m ² /sec)
k	: 熱伝導率	(kcal/msec °C)
r	: 径方向距離	(m)
z	: 軸方向距離	(m)
t	: 時間, 又は厚さ	(sec, or m)
f	: 燃 料	
e	: クラッド	
c	: ナトリウム	
s	: ラッパ管	
s _j	: 隣接するチャンネルのラッパ管	

軸方向領域分割



径方向領域分割

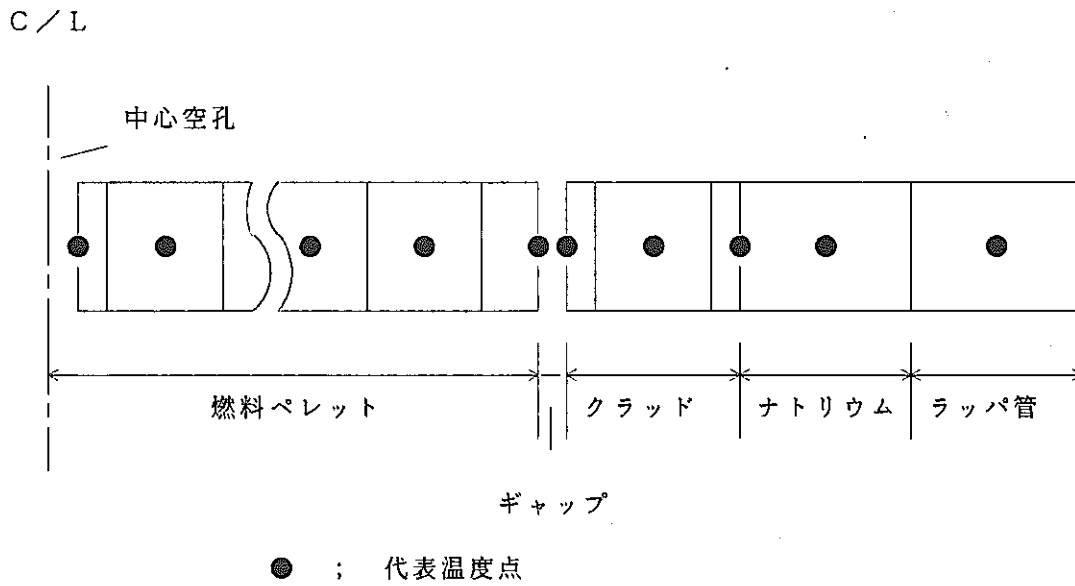


図 R X - 1 炉心詳細熱計算モデル (領域分割)

5 解 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

$$\begin{aligned}
 & a f_i \rho f C f_i \frac{T f_i^{n+1} - T f_i^n}{\Delta t} \\
 &= \frac{2 \pi \bar{K}_i}{\ln(r_{i+1}/r_i)} (T f_{i+1}^{n+1} - T f_i^{n+1}) - \frac{2 \pi \bar{K}_{i-1}}{\ln(r_i/r_{i-1})} (T f_i^{n+1} - T f_{i-1}^{n+1}) \\
 & \quad + q f_i^{n+1} / \Delta z_j \quad \text{--- (23)}
 \end{aligned}$$

$$\text{但し, } a f_i = \pi (r_i^2 - r_{i-1}^2)$$

クラッド

$$\begin{aligned}
 & a e \rho e C e \frac{T e^{n+1} - T e^n}{\Delta t} \\
 &= 2 \pi r e l U b (T f_{i+1}^{n+1} - T e^{n+1}) + A c U c (T c_{j+1}^{n+1} - T e^{n+1}) \quad \text{--- (24)}
 \end{aligned}$$

ナトリウム

$$\begin{aligned}
 & 0.5 a c \rho c \left(C p_{j+1} \frac{T c_{j+1}^{n+1} - T c_{j+1}^n}{\Delta t} + C p_j \frac{T c_j^{n+1} - T c_j^n}{\Delta t} \right) \\
 & + \frac{a c G^{n+1}}{\Delta Z_{j+1}} (C p_{j+1} T c_{j+1}^{n+1} - C p_j T c_j^{n+1}) \\
 &= 0.5 (A c U c_{j+1} (T e_{j+1}^{n+1} - T c_{j+1}^{n+1}) + A s U s_{j+1} (T s_{j+1}^{n+1} - T c_{j+1}^{n+1})) \\
 & + A c U c_j (T e_j^{n+1} - T c_j^{n+1}) + A s U s_j (T s_j^{n+1} - T c_j^{n+1}) \quad \text{--- (25)}
 \end{aligned}$$

$$\text{但し, } \bar{\Delta Z}_{j+1} = 0.5 (\Delta Z_{j+1} + \Delta Z_j)$$

ラッパ管

$$a s \rho s C s \frac{T s^{n+1} - T s^n}{\Delta t} = A s U s (T c_{j+1}^{n+1} - T s^{n+1}) + q R^n \quad \text{--- (26)}$$

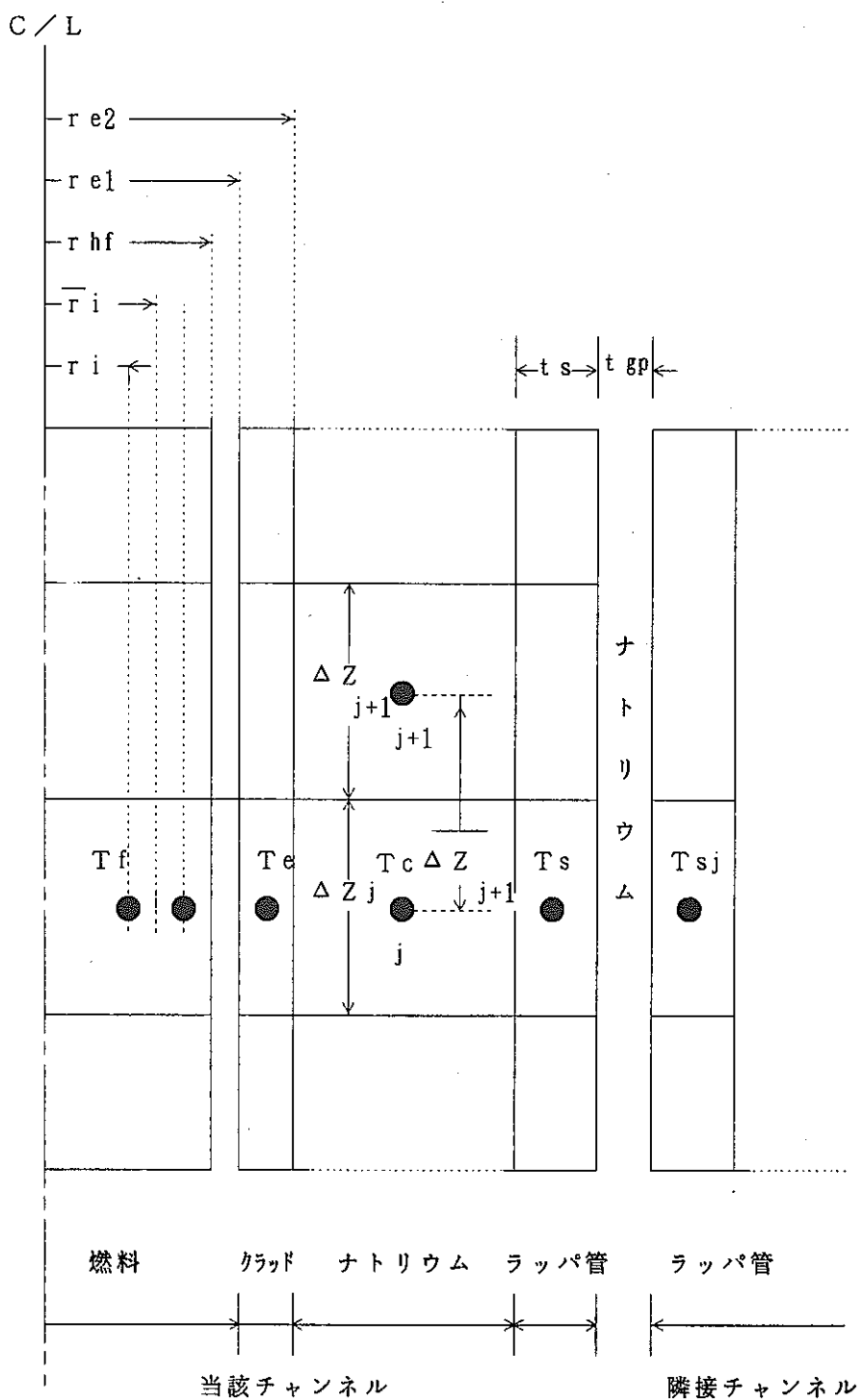
$$\text{但し, } q R^n = \sum A s_j U s_j (T s_j^n - T s^n)$$

(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，ナトリウム入口側から順に解く。

(2) 初期設定計算（図 R X - 4 参照）

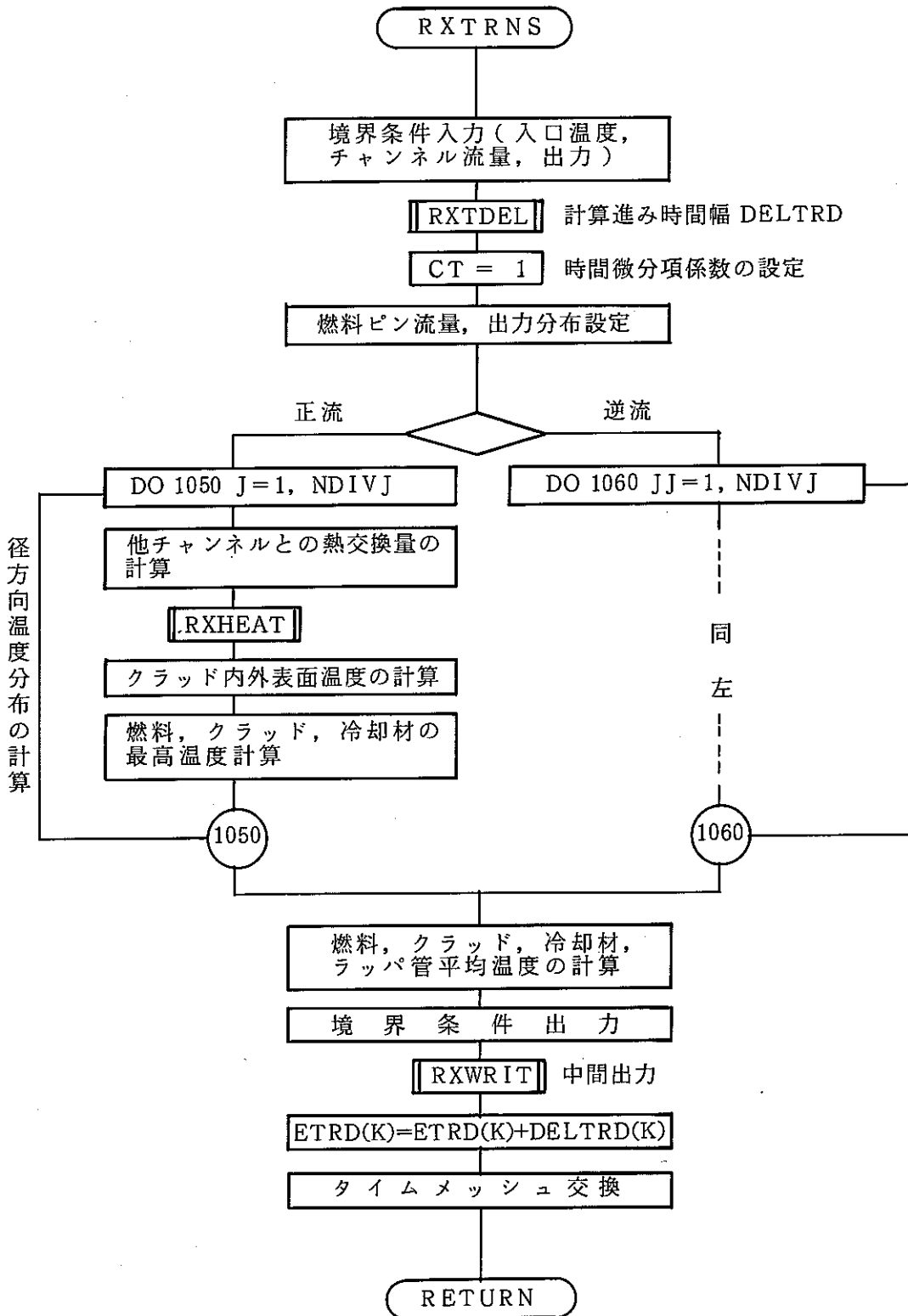
代数方程式時間微分項の係数 C T を 0 とし（過渡計算時は 1），整定するまで繰返し計算を行う。



$$\bar{r}_i = \frac{1}{2} (r_i + r_{i+1}), \quad i = 1, nf - 1$$

$$\bar{r}_0 = r_1, \quad \bar{r}_{nf} = r_{nf}$$

図 R X - 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

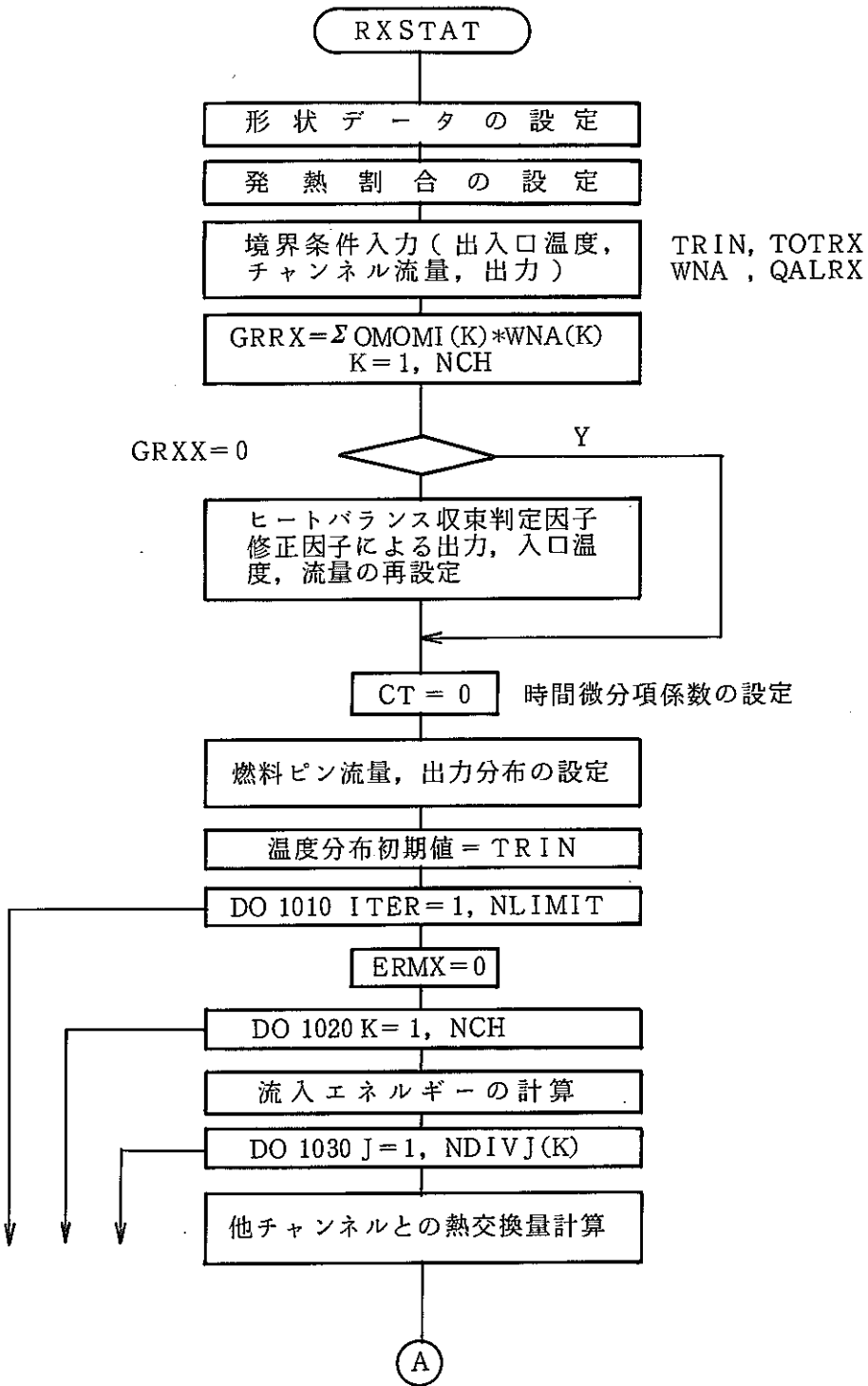
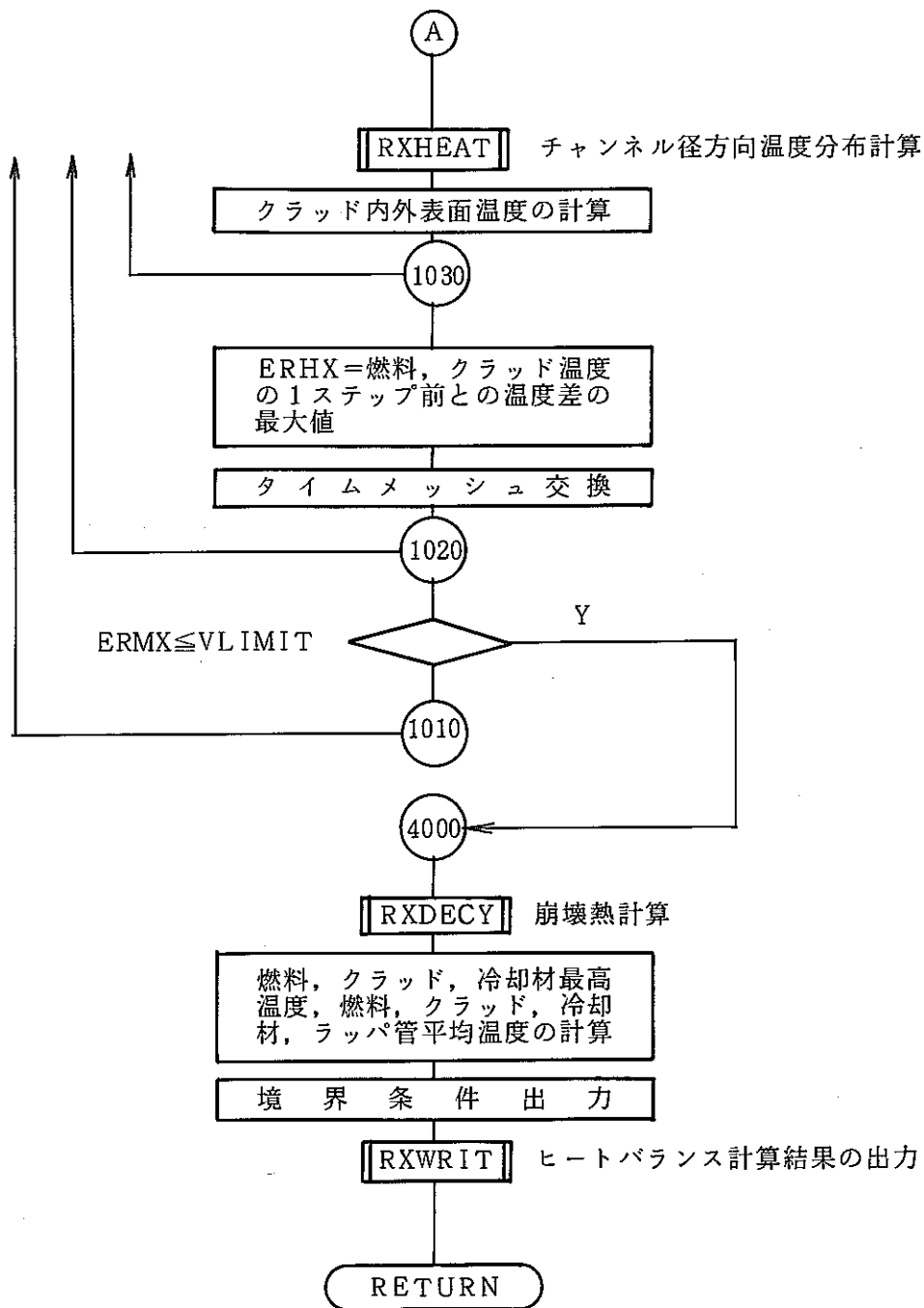


図 R X - 4 sub. RXSTATフローチャート (1/2)



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RXRESTAT FILE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計算進み時間巾の計算	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.
RXFNO0	モジュールRX物性値, 及び熱伝達率の計算 FRHN ナトリウム密度 PHN ナトリウムエンタルピ PHNN ナトリウム温度 PCPN ナトリウム比熱 PMUN ナトリウム粘性係数 FNUN ナトリウム動粘性係数 FRAMN ナトリウム熱伝導度 PPRN ナトリウムプラントル数 FRHOP 燃料 (PU, U) O2密度 FCPF 燃料 (PU, U) O2比熱 FRAMP 燃料 (PU, U) O2熱伝導度 FRHOB フランケット (UO2) 密度 FCPB フランケット (UO2) 比熱 FRAMB フランケット (UO2) 熱伝導度 FRHOS1 SUS 316 密度 FCPS1 SUS 316 比熱 FRAMS1 SUS 316 熱伝導度 FRHOS2 SUS 304 密度 FCPS2 SUS 304 比熱 FRAMS2 SUS 304 熱伝導度 HTRC 熱伝達率	MODULE SUB. (FUNCTION)
YBOUND	マトリックスを解く	ELEMENT SUB.

モジュールRX パラメータ変数 (1/1)			
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			
変 数 名	意 味	単 位	備 考
KNRX	モジュールRX 燃料チャンネル最大個数	—	
KRRX	モジュールRX 燃料ペレット径方向分割数最大個数	—	
KFRX	モジュールRX 燃料チャンネル軸方向 分割数最大個数	—	
KMRX	モジュールRX 隣接熱交換チャンネル最大個数	—	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	RXMI1 (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	入力サブルーチン名	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	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	-	TEMP に対応
NQRRX	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プール変数番号	-	TEMP に対応
NHEDRX (k)	チャンネルk 自然循環力	-	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		RXMI1		(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		入力サブルーチン名	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	燃料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

変数名	意味	単位	備考
COMBLOK名	RXMI1		(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		入力サブルーチン名	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; ラッパ管		
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)		
JPOUT (n)	チャンネルk その他の出力点軸方向メッシュ番号	-	
	(クラッド=1; 内面 =2; 中心, =3; 外面)		
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; プール変数より =2; プール変数より (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=5		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名		RXMI1		(5/6)
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		入力サブルーチン名	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) OMOM1≠0の時必要			
	k=KNRX			

変数名リスト

コモンブロック名	RXMI1 (6/6)		
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	入力サブルーチン名	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	℃	
TRORIN	モジュールRX炉心入口温度初期値	℃	
QRIN	不使用		
QALIN	モジュールRX原子炉出力初期値	kcal/sec	
WNAP (k)	チャンネルk冷却材流量初期値	kg/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)	-	
DTIMRX (n, k)	チャンネルk 計算時間巾 DTIMRX(n, k) ≤ BTRD(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. RXSTAT0出力を行う =2; SUB. RXSTAT0出力を行う(詳細出力)	-	
IDBG RD (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)	-	
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	RXMI2			(1/5)
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			入力サブルーチン名	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 クラッドに冷却材のNu数 フィッティング係数	-	
R2CA (k)	R2	Nu = R1 + R2 · Re ^{c1} · Pr ^{c2}	-	
C1CA (k)	C1		-	
C2CA (k)	C2		-	
R1ST (k)	R1	チャンネルk ラップ管に冷却材のNu数 フィッティング係数	-	
R2ST (k)	R2	Nu = R1 + R2 · Re ^{c1} · 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		kcal/ m ² ·sec·°C	
RINF (j, k)	チャンネルk 軸方向メッシュj のピン内半径 (センターボイド内半径)		m	
ROUTF (j, k)	チャンネルk 軸方向メッシュj のピン外半径		m	
k=KNRX, j=KFRX				

変 数 名 リ ス ト

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, =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	—	
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	m ² /m	
HRAD (l, k)	チャンネルk 径方向熱交換熱伝達率	kcal/ m ² ·sec·°C	
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=KPRX, k=KNRX, l=KMRX		

変数名リスト

コモンブロック名	RXMI2		(4/5)
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	入力サブルーチン名	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)	
FST (k)	チャンネルk 構造材発熱割合	(注)	
FFI (k)	チャンネルk 発熱分のうち核分裂による割合	(注)	
FDK (k)	チャンネルk 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 発熱分のうちブランケット燃料崩壊熱による割合	(注)	
QTOT0	モジュールRX 初期原子炉出力 (NCHチャンネル合計)	kcal/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) 図6.1参照 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

変数名	意味	単位	備考
COMBLOC	RXMI2 (5/5)		
RELATSUB			
	モジュールRX モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名 RXREAD	
		ネームリスト名 NAMRX2	
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	-	
DECAY1 (n)	A1(1) } モジュールRX 炉心燃料崩壊熱フィッティング係数	-	
DECAY2 (n)	A2(1) } t ≤ T(1) のとき	-	
DECAY3 (n)	A3(1) } $QBDCRX = QALRXO * (1 - RQBRX)$ $* (A3(1) / (t^{A1(1)} + A2(1)))$	-	
DECAYC (m)	C(1) } $+ C(1)e^{-C(2)t} + C(3)e^{-C(4)t}$	-	
DECAYT (1)	T(1) } sec	sec	
	k=KNRX, n=6, m=4, l=5		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	味	単位	備考
コモンブロック名		R X M 1		(1/2)
関連サブルーチン		モジュール R X モジュールサブルーチン		
TRIPRX	モジュール R X	トリップ遮断器開信号	℃	フル変数との接続
TRIN	モジュール R X	炉心入口温度	℃	フル変数との接続
TOTRX	モジュール R X	炉心出口温度	℃	フル変数との接続
QRRX	モジュール R X	原子炉出力 (崩壊熱を除く)	kcal/sec	フル変数との接続
QALRX	モジュール R X	原子炉出力	kcal/sec	フル変数との接続
QDECRX	モジュール R X	炉心燃料崩壊熱	kcal/sec	フル変数との接続
QBDCRX	モジュール R X	ブランケット燃料崩壊熱	kcal/sec	フル変数との接続
HEDRX (k)	チャンネル k	自然循環力	kg/m ²	フル変数との接続
TAVRX (k)	チャンネル k	冷却材平均温度 (流動計算用)	℃	フル変数との接続
TSOTRX (k)	チャンネル k	出口冷却材温度	℃	フル変数との接続
		k=KNRX		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意味	単位	備考
コモンブロック名 R X M 1 (2/2)			
関連サブルーチン			
モジュール R X モジュールサブルーチン			
TAVFRX (k)	チャンネルk 燃料平均温度	℃	ノール変数との接続
TAVCRX (k)	チャンネルk クラッド平均温度	℃	ノール変数との接続
TAVSRX (k)	チャンネルk 冷却材平均温度	℃	ノール変数との接続
TAVWRX (k)	チャンネルk ラッパ管平均温度	℃	ノール変数との接続
FPR (i, j, k)	燃料ペレット径方向発熱分布	-	
GRRX	モジュール R X 炉心出口温度計算用全流量	kg/sec	
TIMDRX	モジュール R X 崩壊熱フィッティング開始時間	sec	
JFRX	モジュール R X 過渡時基準流量チャンネル番号	-	
QALRX0	モジュール R X 原子炉出力初期値	kcal/sec	
QRRX0	モジュール R X 原子炉出力(崩壊熱を除く)初期値	kcal/sec	
QDEC0	モジュール R X 炉心燃料崩壊熱初期値	kcal/sec	
QBDEC0	モジュール R X ブランケット燃料崩壊熱初期値	kcal/sec	
WNA0 (k)	チャンネルk 流量初期値	kcal/sec	
i=KRRX, j=KPRX, k=KNRX			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	R X M 2	(2/3)
関連サブルーチン	モジュール R X モジュールサブルーチン	
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のラッパ管温度	℃
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	kcal/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	kcal/sec
QI (k)	チャンネルk 入り口流入出力	kcal/sec
WNA (k)	チャンネルk 冷却材流量	kg/sec
	i=KRRX, j=KFRX, k=KNRX, n=2	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	R X M 2	(3/3)	
関連サブルーチン	モジュール R X モジュールサブルーチン		
変 数 名	意 味	単 位	備 考
R F (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	
A F (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 ²	
T P E A K F (k)	チャンネル k 燃料最高温度	℃	ノル変数との接続
T P E K C I (k)	チャンネル k クラッド内面最高温度	℃	
T P E K C M (k)	チャンネル k クラッド肉厚中心最高温度	℃	
T P E K C O (k)	チャンネル k クラッド外面最高温度	℃	
T P E A K S (k)	チャンネル k 冷却材最高温度	℃	ノル変数との接続
T P E A K C (k)	チャンネル k クラッド最高温度	℃	ノル変数との接続
	i=KRRX, j=KFRX, k=KNRX		

変 数 名 リ ス ト

3.20 モジュールSG（蒸気発生器熱計算）

モジュールSG

1 機能

蒸気発生器（SG）熱計算。対象とするSGは、管外流体ナトリウム、管内流体水・蒸気の向流型熱交換器で、下記型式に対応できる。

- (1) 伝熱管型式 —— ヘリカルコイル型、又は直管型
 二重管、又は単管
- (2) ダウンコマ —— 有り、または無し

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
ナトリウム入口温度	TEMP	ナトリウム出口温度	TEMP
ナトリウム流量	FLWN	ナトリウム側自然循環力	TEMP
水・蒸気入口エンタルピ、 温度	TEMP	ナトリウム平均温度	TEMP
水・蒸気入口流量	FLWN	水・蒸気ダウンコマ出口 エンタルピ、温度	TEMP
水・蒸気基準圧力（注） 算出用上流側圧力	PRSN	水・蒸気出口 エンタルピ、温度	TEMP
水・蒸気基準圧力（注） 算出用下流側圧力	PRSN	水・蒸気出口流量	FLWN
		水・蒸気側自然循環力	TEMP
		水・蒸気側各相領域の 平均密度	TEMP
		水・蒸気側各相領域の 長さ	TEMP
		伝熱部ナトリウム、伝熱管 水・蒸気温度；任意の10点	TEMP

（注）水・蒸気の物性値計算用

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) 伝熱部はナトリウム、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。ダウンカマ部はナトリウム、伝熱管、水・蒸気、シェルを各1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。
- (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、その他ナトリウム、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) ナトリウム、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

伝熱部ナトリウム

$$\begin{aligned}
 C_{na} M_{na} \frac{\partial}{\partial t} T_{na}(z, t) &= C_{na} G_{na} \frac{\partial}{\partial t} T_{na}(z, t) \\
 &- U_1 A_1 (T_{na}(z, t) - T_t(z, t)) \\
 &- U_2 A_2 (T_{na}(z, t) - T_{cp}(z, t)) \\
 &- U_3 A_3 (T_{na}(z, t) - T_w(z, t)) \\
 &- U_4 A_4 (T_{na}(z, t) - T_{naD}(t))
 \end{aligned} \tag{1}$$

伝熱部伝熱管

$$\begin{aligned}
 C_t M_t \frac{\partial}{\partial t} T_t(z, t) &= U_1 A_1 (T_{na}(z, t) - T_t(z, t)) \\
 &- U_5 A_5 (T_t(z, t) - T_s(z, t))
 \end{aligned} \tag{2}$$

伝熱部水・蒸気

$$a_s \rho_s(z, t) \frac{\partial}{\partial t} H_s(z, t) = -G_s(z, t) \frac{\partial}{\partial z} H_s(z, t) + \frac{a_s}{J} \frac{\partial}{\partial t} P_s(t) \\ + U_5 A_5 (T_t(z, t) - T_s(z, t)) \quad \text{--- (3)}$$

センターパイプ

$$C_{cp} M_{cp} \frac{\partial}{\partial t} T_{cp}(z, t) = U_2 A_2 (T_{na}(z, t) - T_{cp}(z, t)) \quad \text{--- (4)}$$

側容量

$$C_w M_w \frac{\partial}{\partial t} T_w(z, t) = U_3 A_3 (T_{na}(z, t) - T_w(z, t)) \\ - U_6 A_6 (T_w(z, t) - T_{air}) \quad \text{--- (5)}$$

ダウンコマ部ナトリウム

$$C_{naD} M_{naD} \frac{\partial}{\partial t} T_{naD}(t) = \Sigma U_4 A_4 (T_{na}(z, t) - T_{naD}(t)) \\ - U_7 A_7 (T_{naD}(t) - T_{tD}(t)) \\ - U_8 A_8 (T_{naD}(t) - T_v(t)) \quad \text{--- (6)}$$

ダウンコマ部伝熱管

$$C_{tDMtD} \frac{\partial}{\partial t} T_{tD}(t) = U_7 A_7 (T_{naD}(t) - T_{tD}(t)) \\ - U_9 A_9 (T_{tD}(t) - T_{sD}(t)) \quad \text{--- (7)}$$

ダウンコマ部水・蒸気

$$a_{sD} \rho_{sD}(t) \frac{\partial}{\partial t} H_{sD}(t) = \frac{G_{sDin}(t) - G_{sDout}(t)}{2} \\ * (H_{sDin}(t) - H_{sD}(t)) / \Delta z + \frac{a_{sD}}{J} \frac{\partial}{\partial t} P_s(t) \\ + U_9 A_9 (T_{tD}(t) - T_{sD}(t)) \\ - G_x (H_{sD}(t) - H_{mp}(t)) / \Delta z \quad \text{--- (8)}$$

シェル

$$C_v M_v \frac{\partial T_v(t)}{\partial t} = U_8 A_8 (T_{naD}(t) - T_v(t)) - U_{10} A_{10} (T_v(t) - T_{air}) \quad (9)$$

(2) 熱伝達率, 及び伝熱式

熱伝達率

$$U_1 = \frac{1}{\frac{d_1+d_2}{2d_2} \frac{1}{\alpha_1} + R_1 + \frac{d_1+d_2}{4kt} \ln \frac{2d_2}{d_1+d_2}} \quad (10)$$

U₂, U₃ は入力データ。(一定値)

$$U_4 = a_1 G_{na}(t) + a_2 \quad (11)$$

a₁, a₂ はフィッティング係数 (入力データ)

$$U_5 = \frac{1}{\frac{d_1+d_2}{2d_1} \frac{1}{\alpha_5} + R_x + \frac{d_1+d_2}{4kt} \ln \frac{d_1+d_2}{2d_1}} \quad (12)$$

U₆, U₇, U₈ は入力データ。(一定値)

$$U_9 = \frac{1}{\frac{d_1'+d_2'}{2d_1'} \frac{1}{\alpha_9} + R_x + \frac{d_1'+d_2'}{4ktD} \ln \frac{d_1'+d_2'}{2d_1'}} \quad (13)$$

U₁₀ は入力データ。(一定値)

伝熱式 (伝熱部ナトリウム-伝熱部伝熱管)

-ヘリカルコイル型 (Hoeの式) -

$$\alpha_1 = \frac{k_{na}}{d_2} (4.03 + 0.228 Pe_1^{2/3}) \quad (14)$$

一直管型 (Graber-Riegerの式) -

$$\alpha 1 = \frac{k_{na}}{d^2} (C_1 + C_2 Pe_1) \quad C_3 \quad \text{--- (15)}$$

$$C_1 = 0.25 + 6.2(P/d^2)$$

$$C_2 = -0.007 + 0.032(P/d^2)$$

$$C_3 = 0.8 - 0.024(P/d^2)$$

$$\text{但し, } Pe_1 = \frac{|G_{na}(t)|}{\rho_{na} \cdot S_{na}} \frac{d^2}{\nu_{na}}$$

伝熱式 (伝熱部伝熱管 - 伝熱部水・蒸気)

-ヘリカルコイル型-

<予熱域> 森-中山の式

$$\alpha 5 = \frac{k_s}{d_1} \left[\frac{1}{41} \frac{Pr_s}{Pr_s^{0.6} - 0.062} Re_5^{5/6} \frac{d_1^{1/12}}{D} \left\{ 1 + \frac{0.061}{d_1^{2.5} \frac{1}{6}} \left(Re_5 \left(\frac{\quad}{D} \right) \right) \right\} \right]$$

$$\text{但し, } Re_5 = \frac{|G_s(z, t)|}{\rho_s(z, t) S_s} \frac{d_1}{\nu_s} \quad \text{--- (16)}$$

<核沸騰域> 修正Schrock-Grossmanの式

$$\alpha 5 = 2.5 \left(\frac{1}{X_{tt}} \right)^{0.75} \alpha_{LX} \quad \text{--- (17)}$$

$$\text{但し, } \frac{1}{X_{tt}} = \left(\frac{X_s(z, t)}{1.0 - X_s(z, t)} \right)^{0.9} \left(\frac{\rho_{fsat}^{0.5} \nu_{gsat}}{\rho_{gsat} \nu_{fsat}} \right)^{0.5} \left(\frac{\rho_{gsat}^{0.1}}{\rho_{fsat}} \right)^{0.1}$$

$$\alpha_{LX} = \frac{k_{fsat}}{d_1} \left[\frac{1}{41} \frac{Pr_{fsat}}{Pr_{fsat}^{0.6} - 0.062} Re_5^{5/6} \frac{d_1^{1/12}}{D} \right]$$

$$* \left\{ 1 + \frac{0.061}{d_1^{2.5} \frac{1}{6}} \left(Re_5 \left(\frac{\quad}{D} \right) \right) \right\}$$

$$Re_5 = \frac{|G_s(z, t)|}{\rho_s(z, t) S_s} \frac{d_1}{\nu_{fsat}} (1.0 - X_s(z, t))$$

< 膜沸騰域 >

$$\alpha_5 = \frac{1.0 - X_s(z, t)}{1.0 - X_{DNB}} \alpha_{NB} + \frac{X_s(z, t) - X_{DNB}}{1.0 - X_{DNB}} \alpha_{GB} \quad (18)$$

$$\text{但し, } \alpha_{NB} = \frac{k_{fsat}}{d_1} \left[\frac{1}{41} \frac{Pr_{fsat}}{Pr_{fsat}^{0.6} - 0.062} Re_5^{5/6} \left(\frac{d_1}{D} \right) \right]$$

$$* \left\{ 1 + \frac{0.061}{d_1^{2.5} \left(\frac{Re_5(d_1/D)}{D} \right)^{1/6}} \right\}$$

$$Re_5 = \frac{|G_s(z, t)|}{\rho_{fsat} S_s} \frac{d_1}{\nu_{fsat}} (1.0 - X_{DNB})$$

$$\alpha_{GB} = \frac{k_{gsat}}{d_1} \left[\frac{1}{26.2} \frac{Pr_{gsat}}{Pr_{gsat}^{2/3} - 0.074} Re_5^{4/5} \left(\frac{d_1}{D} \right) \right]$$

$$* \left\{ 1 + \frac{0.098}{d_1^2 \left(\frac{Re_5(d_1/D)}{D} \right)^{1/5}} \right\}$$

$$Re_5 = \frac{|G_s(z, t)|}{\rho_{gsat} S_s} \frac{d_1}{\nu_{gsat}}$$

< 過熱蒸気域 > 森-中山の式

$$\alpha_5 = \frac{k_s}{d_1} \left[\frac{1}{26.2} \frac{Pr_s}{Pr_s^{2/3} - 0.074} Re_5^{4/5} \left(\frac{d_1}{D} \right) \left\{ 1 + \frac{0.098}{d_1^2 \left(\frac{Re_5(d_1/D)}{D} \right)^{1/5}} \right\} \right]$$

$$\text{但し, } Re_5 = \frac{|G_s(z, t)|}{\rho_s(z, t) S_s} \frac{d_1}{\nu_s} \quad (19)$$

—直管型—

<予熱域> Dittus-Boelterの式

$$\alpha_5 = \frac{k_s}{d_1} (0.023 Re_5^{0.8} Pr_s^{0.4}) \quad \text{--- (20)}$$

$$\text{但し, } Re_5 = \frac{|G_s(z, t)| d_1}{\rho_s(z, t) S_s \nu_s}$$

<核沸騰域> Jens-Lottesの式

$$\alpha_5 = 6.1438E-4 \cdot \text{EXP}\left(\frac{P_s(t)}{1.5825E5}\right) (T_{sw}(t) - T_{ssat}(t))^{3.0} \quad \text{--- (21)}$$

但し, $P_s(t)$; 水・蒸気圧力 [kg/m²]

$T_{sw}(t)$; 管表面温度 [°C]

<膜沸騰域> 修正Tongの式

$$\alpha_5 = \frac{k_s}{d_1} (0.0033 Re_5^{0.5} Pr_{sw}) \quad \text{--- (22)}$$

$$\text{但し, } Re_5 = \frac{|G_s(z, t)| d_1}{\rho_s(z, t) S_s \nu_{sw}}$$

$$* [X_s(z, t) + (1.0 - X_s(z, t)) \frac{\rho_{gsat}}{\rho_{fsat}}] \frac{(\rho_{gsat})_w}{\rho_{gsat}}$$

$Pr_{sw}, \nu_{sw}, (\rho_{gsat})_w$ は管表面温度に対応する値

<過熱蒸気域> Bishopの式

$$\alpha_5 = \frac{k_s}{d_1} (0.0073 Re_5^{0.886} Pr_s^{0.61}) \quad \text{--- (23)}$$

$$\text{但し, } Re_5 = \frac{|G_s(z, t)| d_1}{\rho_s(z, t) S_s \nu_s}$$

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, $\alpha 5 \rightarrow \alpha 9$

$Re 5 \rightarrow Re 9$

$s \rightarrow sD$

$d1 \rightarrow d1'$

<単相部> Dittus-Boelterの式

$$\alpha 9 = \frac{k_{sD}}{d1'} (0.023 Re 9^{0.8} Pr sD^{0.4}) \quad \text{--- (24)}$$

$$\text{但し, } Re 9 = \frac{|G_{sD}(t)|}{\rho_{sD}(t) S_{sD}} \frac{d1'}{\nu_{sD}}$$

ドライアウト相関式

-ヘリカルコイル型-

$$X_{DNB} = 0.75 \quad \text{--- (25)}$$

-直管型-

$$X_{DNB} = \frac{255.92}{h_{fg} \left(\frac{\rho_{gsat}}{\rho_{fsat}} \right) \left(\frac{GAV}{Ss} \right)^{0.5}} \quad \text{--- (26)}$$

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)

$$H_s(z, t) = (1.0 - X_s(z, t)) H_{fsat} + X_s(z, t) H_{gsat} \quad \text{--- (27)}$$

$$H_{sD}(t) = (1.0 - X_{sD}(t)) H_{fsat} + X_{sD}(t) H_{gsat} \quad \text{--- (28)}$$

水・蒸気密度 (二相)

$$\rho_s(z, t) = \frac{\rho_{gsat} \cdot \rho_{fsat}}{(1.0 - X_s(z, t)) \rho_{gsat} + X_s(z, t) \rho_{fsat}} \quad \text{--- (29)}$$

$$\rho sD(t) = \frac{\rho g_{sat} \cdot \rho f_{sat}}{(1.0 - X sD(t)) \rho g_{sat} + X sD(t) \rho f_{sat}} \quad (30)$$

(4) 水・蒸気質量保存則

$$\frac{\partial}{\partial z} G s(z, t) + a s \frac{\partial}{\partial t} \rho s(z, t) = 0 \quad (31)$$

$$G sD_{out}(t) - G sD_{in}(t) + a sD \Delta z \frac{\partial}{\partial t} \rho sD(t) = 0 \quad (32)$$

(5) 自然循環力

$$\Delta H_{na}(t) = \int_z \rho_{na}(z, t) dz \quad (33)$$

$$\Delta H_s(t) = - \int_z \rho_s(z, t) dz + \rho sD(t) \Delta z \quad (34)$$

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。

伝熱部ナトリウム

$$\begin{aligned}
& \frac{M_{na}}{2 \Delta t} [(1-\beta) C_{na(i+1)} (T_{na(i+1, j+1)} - T_{na(i+1, j)}) \\
& \quad + (1+\beta) C_{na(i)} (T_{na(i, j+1)} - T_{na(i, j)})] \\
& = \frac{C_{na(i+1)} + C_{na(i)}}{2} G_{na(i+1)} \frac{T_{na(i+1, j+1)} - T_{na(i, j+1)}}{\Delta Z} \\
& \quad - 0.5 ((1-\alpha) U_1(i+1, j+1) + (1+\alpha) U_1(i, j+1)) A_1 \\
& * [0.5 ((1-\alpha) T_{na(i+1, j)} + (1+\alpha) T_{na(i, j)}) - T_t(i+1, j)] \\
& \quad - 0.5 ((1-\alpha) U_2(i+1, j+1) + (1+\alpha) U_2(i, j+1)) A_2 \\
& * [0.5 ((1-\alpha) T_{na(i+1, j)} + (1+\alpha) T_{na(i, j)}) - T_{cp}(i+1, j)] \\
& \quad - 0.5 ((1-\alpha) U_3(i+1, j+1) + (1+\alpha) U_3(i, j+1)) A_3 \\
& * [0.5 ((1-\alpha) T_{na(i+1, j)} + (1+\alpha) T_{na(i, j)}) - T_w(i+1, j)] \\
& \quad - 0.5 ((1-\alpha) U_4(i+1, j+1) + (1+\alpha) U_4(i, j+1)) A_4 \\
& * [0.5 ((1-\alpha) T_{na(i+1, j)} + (1+\alpha) T_{na(i, j)}) - T_{naD}(j)]
\end{aligned} \tag{35}$$

伝熱部伝熱管

$$\begin{aligned}
& C_t(i+1) M_t \frac{T_t(i+1, j+1) - T_t(i+1, j)}{\Delta t} \\
& = 0.5 ((1-\alpha) U_1(i+1, j+1) + (1+\alpha) U_1(i, j+1)) A_1 \\
& * [0.5 ((1-\alpha) T_{na(i+1, j)} + (1+\alpha) T_{na(i, j)}) - T_t(i+1, j)] \\
& \quad - 0.5 ((1+\alpha_2(i+1))^2 (1-\chi(i+1)) U_5(i+1, j+1) \\
& \quad \quad + (1-\alpha_2(i+1))^2 (\chi(i+1)) U_5(i, j+1)) A_5 \\
& * [T_t(i+1, j) - 0.5((1+\alpha_2(i+1)) T_s(i+1, j) \\
& \quad \quad + (1-\alpha_2(i+1)) T_s(i, j))]
\end{aligned} \tag{36}$$

伝熱部水・蒸気

$$\begin{aligned}
& \frac{a_s}{2 \Delta t} \frac{\rho_s(i, j) + \rho_s(i+1, j)}{2} [(1 + \beta_2) (H_s(i+1, j+1) - H_s(i+1, j)) \\
& \qquad \qquad \qquad + (1 - \beta_2) (H_s(i, j+1) - H_s(i, j))] \\
& = \frac{G_s(i, j) + G_s(i+1, j)}{2} \frac{H_s(i+1, j+1) - H_s(i, j+1)}{\Delta Z} \\
& + \frac{a_s}{J} \frac{P_s(j+1) - P_s(j)}{\Delta t} \\
& + 0.5((1 + \alpha_2(i+1))^2 (1 - X(i+1)) U_5(i+1, j+1) \\
& \quad + (1 - \alpha_2(i+1))^2 (X(i+1)) U_5(i, j+1)) A_5 \\
& * [T_t(i+1, j) - 0.5((1 + \alpha_2(i+1)) T_s(i+1, j) \\
& \quad + (1 - \alpha_2(i+1)) T_s(i, j))] \qquad \qquad \qquad \text{--- (37)}
\end{aligned}$$

センターパイプ

$$\begin{aligned}
& C_{cp}(i+1) M_{cp} \frac{T_{cp}(i+1, j+1) - T_{cp}(i+1, j)}{\Delta t} \\
& = 0.5((1 - \alpha_1) U_2(i+1, j+1) + (1 + \alpha_1) U_2(i, j+1)) A_2 \\
& * [0.5((1 - \alpha_1) T_{na}(i+1, j) + (1 + \alpha_1) T_{na}(i, j)) - T_{cp}(i+1, j)] \\
& \qquad \qquad \qquad \text{--- (38)}
\end{aligned}$$

側容量

$$\begin{aligned}
& C_w(i+1) M_w \frac{T_w(i+1, j+1) - T_w(i+1, j)}{\Delta t} \\
& = 0.5((1 - \alpha_1) U_3(i+1, j+1) + (1 + \alpha_1) U_3(i, j+1)) A_3 \\
& * [0.5((1 - \alpha_1) T_{na}(i+1, j) + (1 + \alpha_1) T_{na}(i, j)) - T_w(i+1, j)] \\
& \quad - U_6(i+1, j+1) + A_3(T_w(i+1, j) - T_{air}) \qquad \qquad \text{--- (39)}
\end{aligned}$$

ダウンカマ部ナトリウム

$$\begin{aligned}
 & C_{naD} M_{naD} \frac{T_{naD}(j+1) - T_{naD}(j)}{\Delta t} \\
 &= A_4 \sum_i [0.5((1-\alpha_1)U_4(i+1, j+1) + (1+\alpha_1)U_4(i, j+1)) \\
 & * (0.5((1-\alpha_1)T_{na}(i+1, j) + (1+\alpha_1)T_{na}(i, j)) - T_{naD}(j))] \\
 & - U_7(j+1)A_7(T_{naD}(j) - T_{tD}(j)) \\
 & - U_8(j+1)A_8(T_{naD}(j) - T_v(j)) \quad \text{--- (40)}
 \end{aligned}$$

ダウンカマ部伝熱管

$$\begin{aligned}
 & C_{tD} M_{tD} \frac{T_{tD}(j+1) - T_{tD}(j)}{\Delta t} \\
 &= U_7(j+1)A_7(T_{naD}(j) - T_{tD}(j)) \\
 & - U_9(j+1)A_9(T_{tD}(j) - T_{sD}(j)) \quad \text{--- (41)}
 \end{aligned}$$

ダウンカマ部水・蒸気

$$\begin{aligned}
 & \frac{a_{sD}}{\Delta t} \rho_{sD}(j)(H_{sD}(j+1) - H_{sD}(j)) \\
 &= \frac{G_{sDin}(j) + G_{sDout}(j)}{2} \frac{H_{sDin}(j+1) - H_{sD}(j+1)}{\Delta Z} \\
 & + \frac{a_{sD}}{J} \frac{P_s(j+1) - P_s(j)}{\Delta t} \\
 & + U_9(j+1)A_9(T_{tD}(j) - T_{sD}(j)) \\
 & + G_x \frac{H_{mp}(j+1) - H_{sD}(j+1)}{\Delta Z} \quad \text{--- (42)}
 \end{aligned}$$

シェル

$$C_v M_v \frac{T_v(j+1) - T_v(j)}{\Delta t} = U_8(j+1) A_8 (T_{naD}(j) - T_v(j)) - U_{10}(j+1) A_{10} (T_v(j) - T_{air}) \quad (43)$$

但し, $\alpha_1 = \text{sign}(G_{na}) \alpha_1'$

$\alpha_2(i+1) = \text{sign}(G_s(i)) \alpha_2'(i+1)$

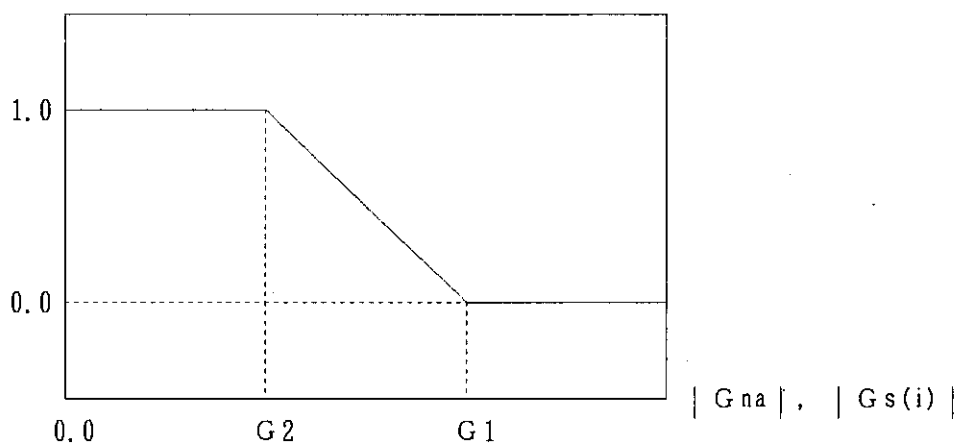
$\beta_1 = \text{sign}(G_{na}) \beta_1'$

$\beta_2(i+1) = \text{sign}(G_s(i)) \beta_2'(i+1)$

$\alpha_1', \alpha_2'(i+1), \beta_1', \beta_2'(i+1)$ は下記のように定義される。

α_1', α_2'

β_1', β_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)

(1)~(3)式の, 定常状態における差分展開式は,

伝熱部ナトリウム

$$\begin{aligned}
 & C N (i+1) G n a (T n a (i+1) - T n a (i)) \\
 & - U N (i+1) S 1 (i+1) \left(\frac{T n a (i+1) + T n a (i)}{2} - T t (i+1) \right) - Q (i+1) = 0
 \end{aligned} \quad \text{--- (44)}$$

伝熱部伝熱管

$$\begin{aligned}
 & U N (i+1) S 1 (i+1) \left(\frac{T n a (i+1) + T n a (i)}{2} - T t (i+1) \right) \\
 & - U S (i+1) S 5 (i+1) \left(T t (i+1) - \frac{T S (i+1) + T S (i)}{2} \right) = 0
 \end{aligned} \quad \text{--- (45)}$$

伝熱部水・蒸気

$$\begin{aligned}
 & G s (H s (i) - H s (i+1)) \\
 & + U S (i+1) S 5 (i+1) \left(T t (i+1) - \frac{T S (i+1) + T S (i)}{2} \right) = 0
 \end{aligned} \quad \text{--- (46)}$$

$$\text{但し, } C N (i+1) = \frac{C n a (i+1) + C n a (i)}{2}$$

$$U N (i+1) = \frac{U 1 (i+1) + U 1 (i)}{2}$$

$$U S (i+1) = \frac{U 5 (i+1) + U 5 (i)}{2}$$

$$Q (i+1) = \frac{U 4 (i+1) + U 4 (i)}{2} S 4 (i+1)$$

$$* \left(\frac{T n a (i+1) + T n a (i)}{2} - T t (i+1) \right)$$

$S 1 (i+1)$, $S 4 (i+1)$, $S 5 (i+1)$ は, ノード $i+1$ に対応する伝熱面積
(44)~(46)式より,

伝熱部ナトリウム

$$\begin{aligned}
 & \left[\frac{UN(i+1)S1(i+1)}{2} + CN(i+1)Gna \right] \underline{Tna(i)} \\
 + & \left[\frac{UN(i+1)S1(i+1)}{2} - CN(i+1)Gna \right] \underline{Tna(i+1)} \\
 & [-UN(i+1)S1(i+1)] \underline{Tt(i+1)} = [-Q(i+1)] \quad \text{--- (47)}
 \end{aligned}$$

伝熱部伝熱管

$$\begin{aligned}
 & \left[-\frac{UN(i+1)S1(i+1)}{2} \right] \underline{Tna(i)} + \left[-\frac{UN(i+1)S1(i+1)}{2} \right] \underline{Tna(i+1)} \\
 + & [UN(i+1)S1(i+1) + US(i+1)S5(i+1)] \underline{Tt(i+1)} \\
 = & [US(i+1)S5(i+1) \frac{TS(i+1) + TS(i)}{2}] \quad \text{--- (48)}
 \end{aligned}$$

伝熱部水・蒸気

$$\begin{aligned}
 & [US(i+1)S5(i+1)] \underline{Tt(i+1)} + [Gs] \underline{Hs(i)} + [-Gs] \underline{Hs(i+1)} \\
 = & [US(i+1)S5(i+1) \frac{TS(i+1) - TS(i)}{2}] \quad \text{--- (49)}
 \end{aligned}$$

$Tna(1) \sim Tna(iEND)$, $Tt(2) \sim Tt(iEND)$, $Hs(1) \sim Hs(iEND)$ 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)式をマトリクス表示し, $Tna(iEND)$, $Hs(1)$ を境界条件として解く。

$Tt(2) \sim Tt(iEND)$ が収束するまで, 計算を続行する。

ダウンコマ部については, (6)~(8)式より,

< KHESG ≤ 1 の場合 (U4SG が既知) >

ダウンコマ部伝熱管

$$TtD = Gs(HsD - HsDin) / U9 S9 + TsD \quad \text{--- (50)}$$

ダウンカマ部ナトリウム

$$T_{naD} = \left[\sum_i \frac{U_4(i) + U_4(i+1)}{2} S_4(i+1) \frac{T_{na(i)} + T_{na(i+1)}}{2} - G_s(H_{sD} - H_{sDin}) \right] / \left[\sum_i \frac{U_4(i) + U_4(i+1)}{2} S_4(i+1) \right] \quad (51)$$

更に、U7 を次のように設定する。

$$U_7 = \frac{U_9 S_9 (T_{tD} - T_{sD})}{S_7 (T_{naD} - T_{tD})} \quad (52)$$

< KHESG ≥ 2 の場合 (U7SG が既知) >

ダウンカマ部伝熱管

$$T_{tD} = G_s(H_{sD} - H_{sDin}) / U_9 S_9 + T_{sD} \quad (53)$$

ダウンカマ部ナトリウム

$$T_{naD} = T_{tD} + U_9 S_9 (T_{tD} - T_{sD}) / U_7 S_7 \quad (54)$$

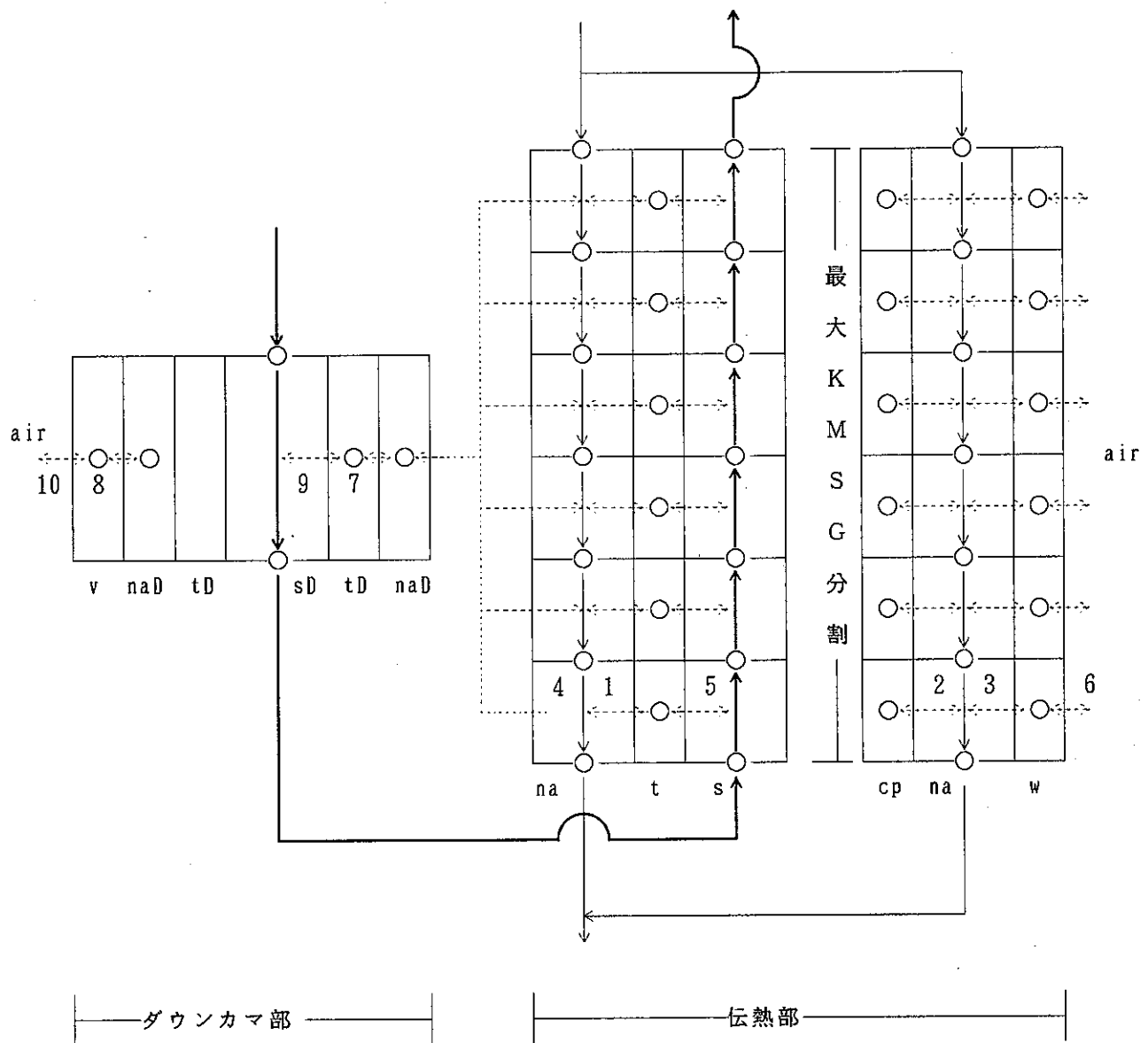
更に、U4 を次のように設定する。

$$U_4 = G_s(H_{sD} - H_{sDin}) / \left[\sum_i S_4(i+1) \frac{T_{na(i)} + T_{na(i+1)}}{2} - T_{naD} \right] \quad (55)$$

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-

na	; 伝熱部ナトリウム	1	; na	←→	t
t	; 伝熱部伝熱管	2	; na	←→	cp
cp	; センターパイプ	3	; na	←→	w
w	; 側容量	4	; na	←→	naD
s	; 伝熱部水・蒸気	5	; t	←→	s
naD	; ダウンカマ部ナトリウム	6	; w	←→	air
tD	; ダウンカマ部伝熱管	7	; naD	←→	tD
sD	; ダウンカマ部水・蒸気	8	; naD	←→	v
v	; シェル	9	; tD	←→	sD
air	; 空気雰囲気	10	; v	←→	air
d1	; 伝熱部伝熱管内径 [m]	ssat	; 飽和状態		
d2	; 伝熱部伝熱管外径 [m]	fsat	; 飽和水		
d1'	; ダウンカマ部伝熱管内径 [m]	gsat	; 飽和蒸気		
d2'	; ダウンカマ部伝熱管外径 [m]	in	; 流入		
P	; 伝熱管ピッチ [m]	out	; 流出		
D	; ヘリカルコイル径 [m]				
R	; 熱抵抗 [m ² sec ² /kcal]				
Rx	; 二重管ギャップコンダクタンス [m ² sec ² /kcal]				
Gx	; ダウンカマ, 給水配管間仮想流量 [kg /sec]				
Hmp	; 給水配管出口エンタルピ [kcal/kg]				
hfg	; 蒸発潜熱 [kcal/kg]				



— ダウンカマ部 —

— 伝熱部 —

naD ; ナトリウム
 tD ; 伝熱部
 sD ; 水・蒸気
 v ; シェル

na ; ナトリウム
 t ; 伝熱部
 s ; 水・蒸気
 cp ; センターパイプ
 w ; 側容量

○ ; 代表温度点
 → ; ナトリウムの流れ
 → ; 水・蒸気の流れ
 ⇄ ; 熱伝達

図SG-1 蒸気発生器熱計算モデル

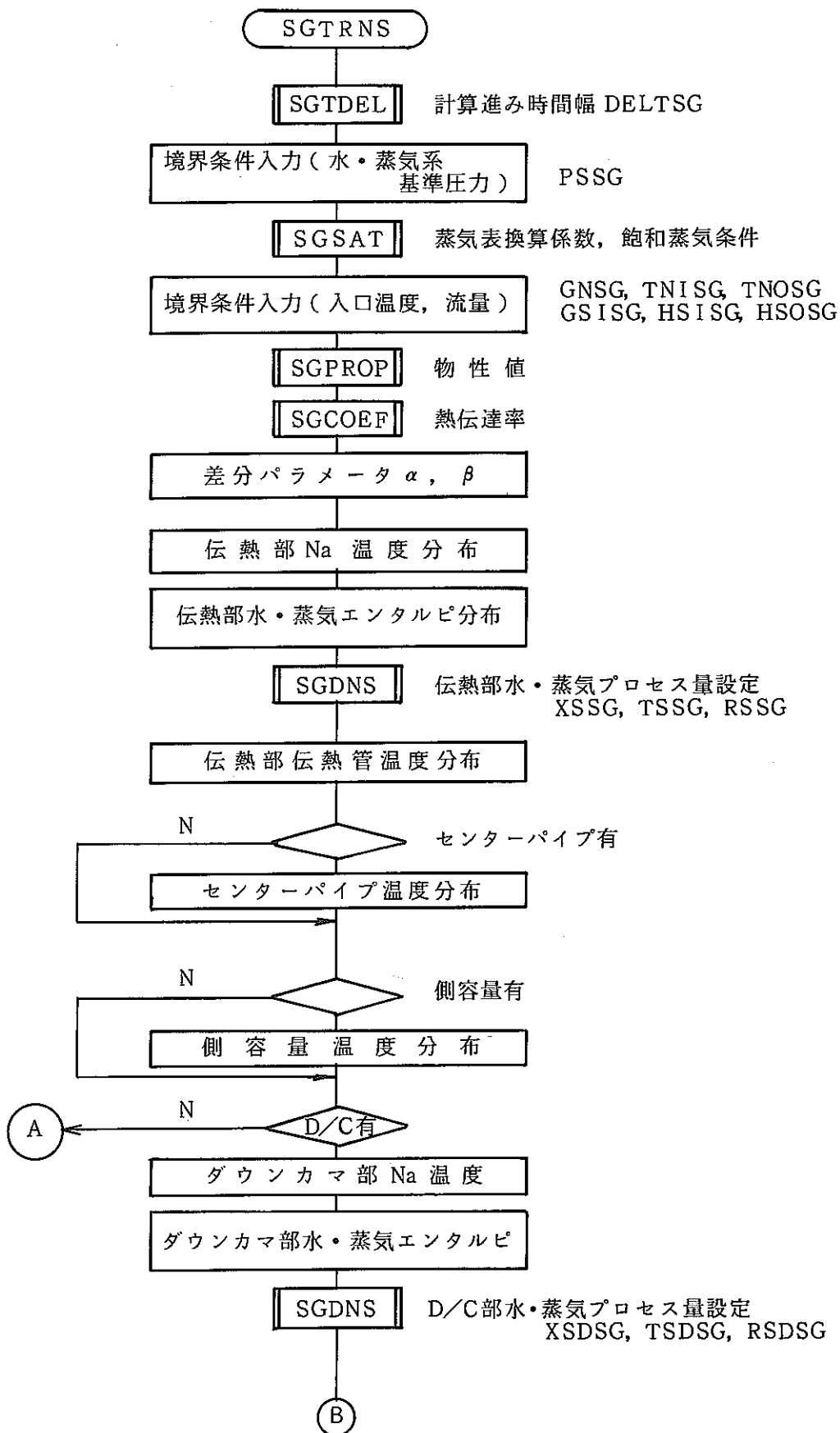
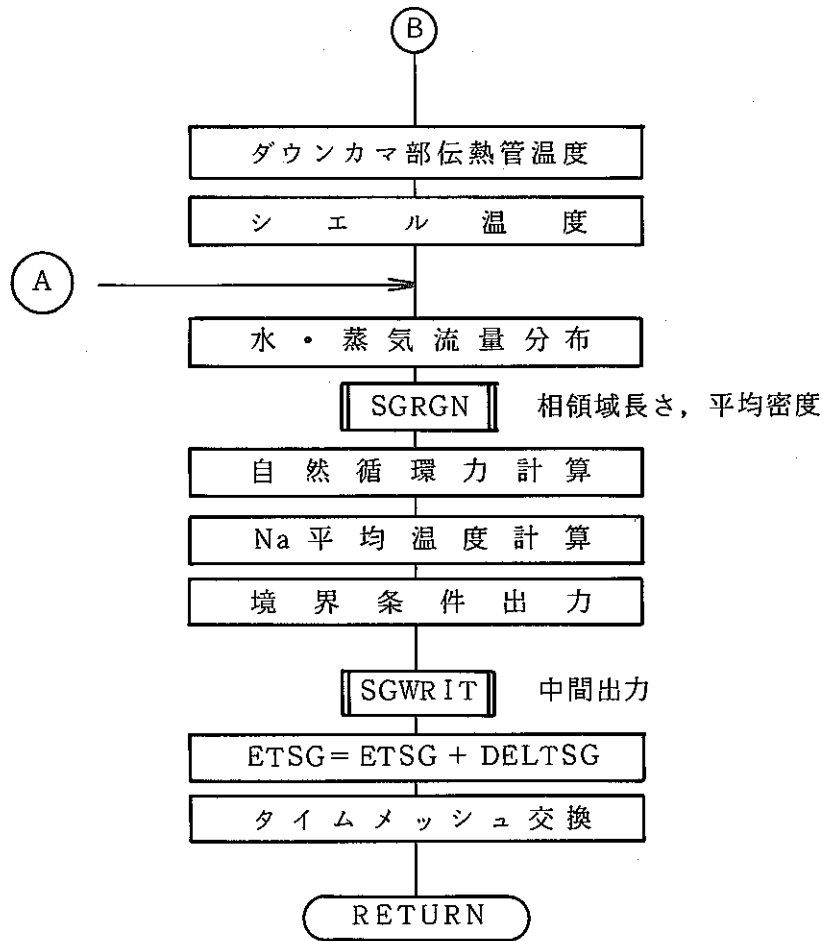
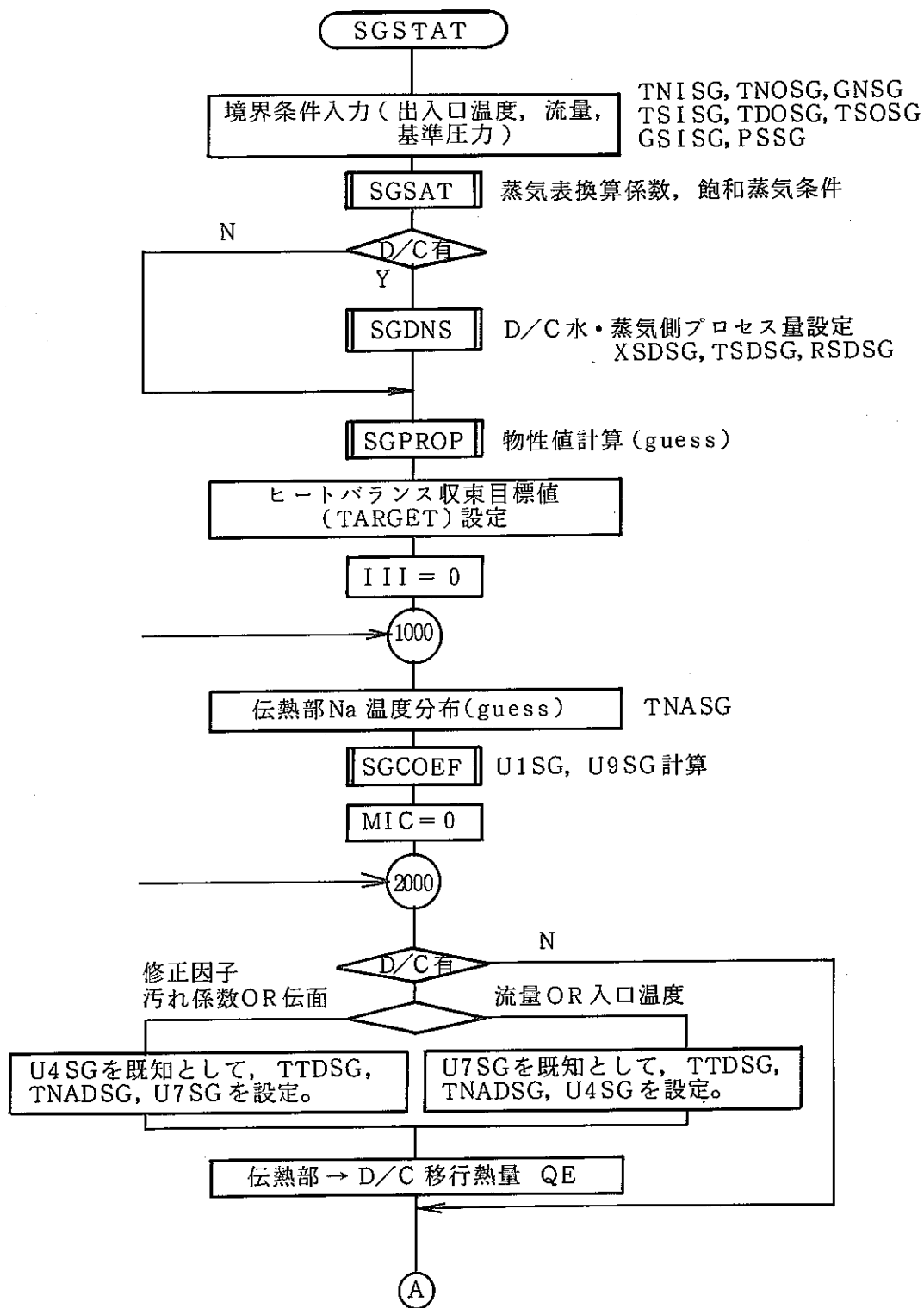


図 SG-2 sub, SGTRNS フローチャート (1/2)



図SG-2 sub.SGTRNSフローチャート(2/2)



図SG-3 sub.SGSTATフローチャート(1/3)

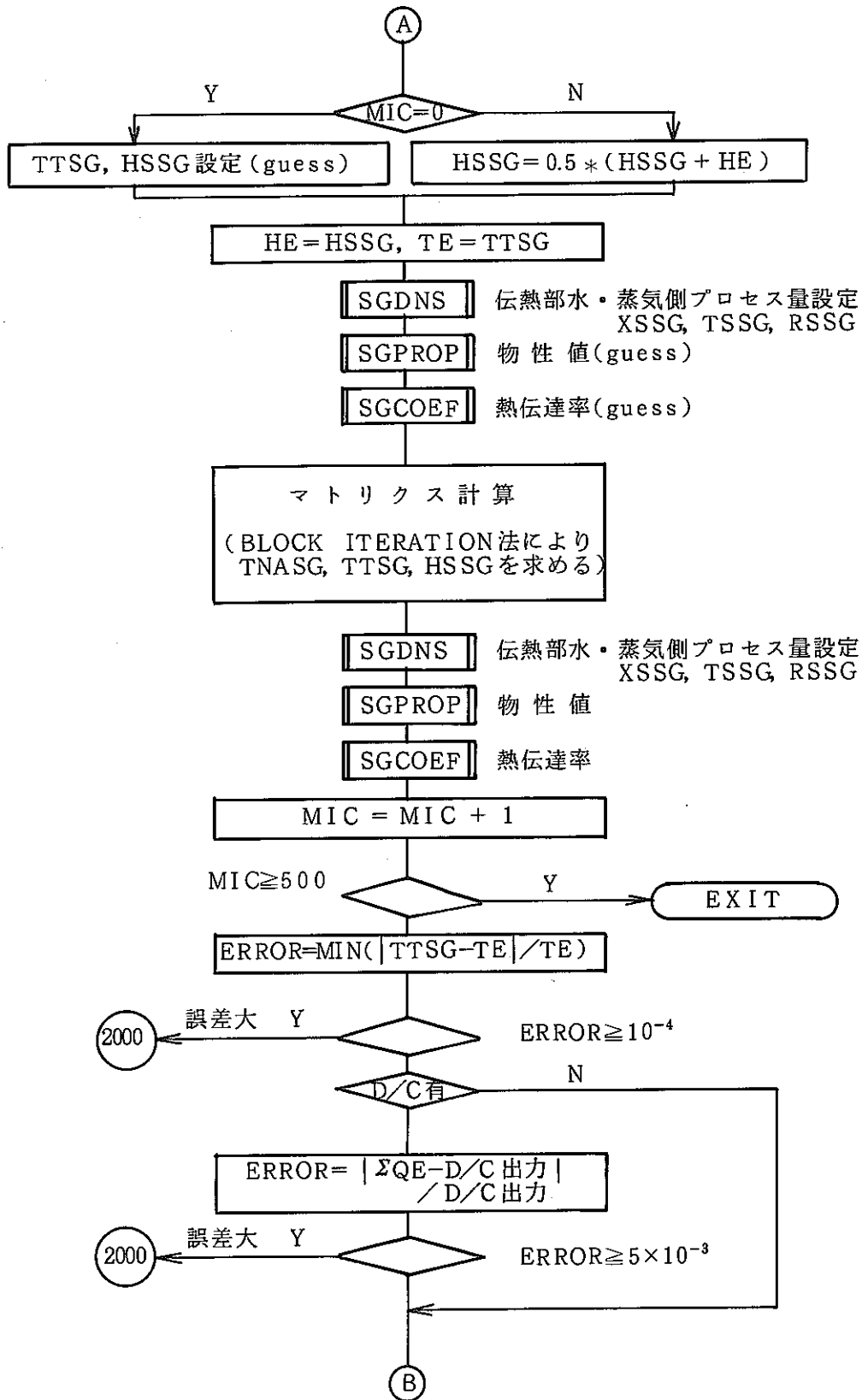
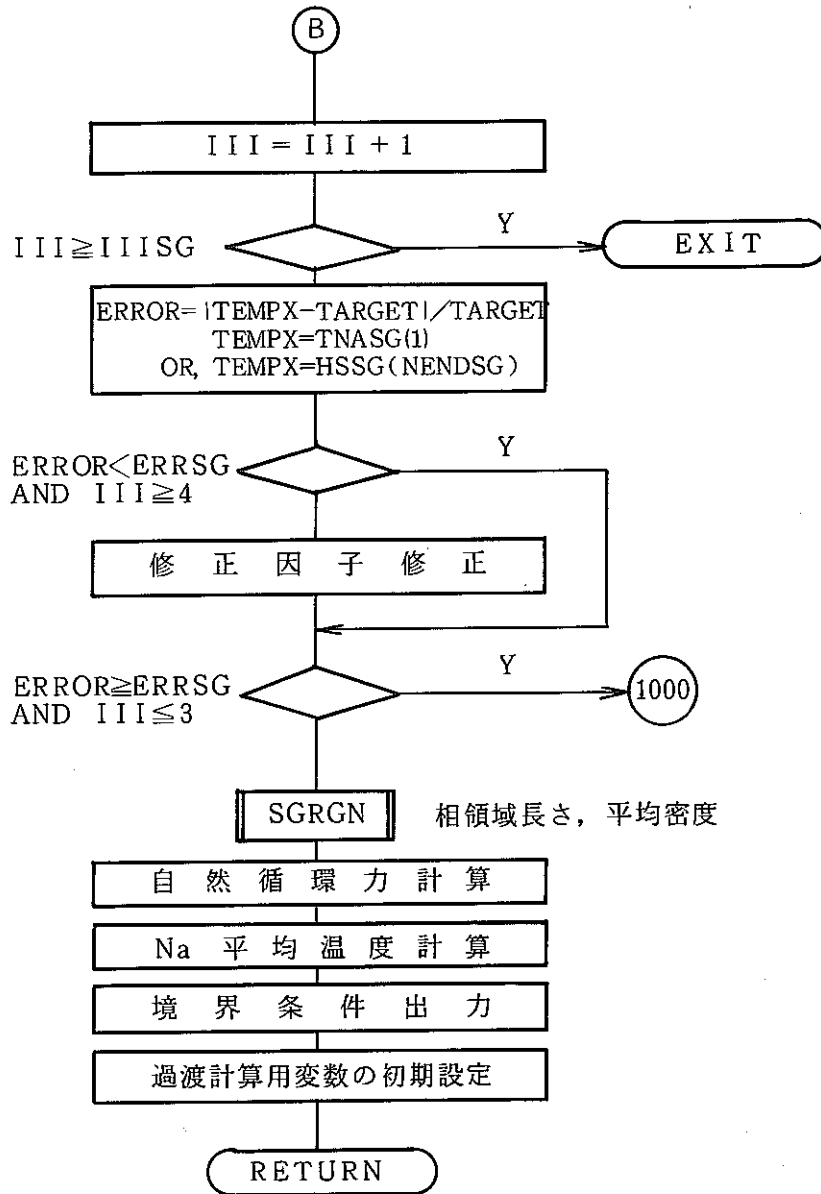


図 SG-3 sub. SGSTATフローチャート (2/3)



図SG-3 sub.SGSTATフローチャート(3/3)

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	MODILE SUB.
SGREAD	モジュールSG関連入力データの読み込み	MODILE SUB.
SGBLOK	モジュールSG関連入力データのゼロクリア他	MODILE SUB.
SGRSTA	モジュールSGRESTART FILEの書出し, 読み込み	MODILE SUB.
SGSTAT	モジュールSG初期設定計算	MODILE SUB.
SGTRNS	モジュールSG過渡計算	MODILE SUB.
SGCOEF	モジュールSG熱伝達率計算	MODILE SUB.
SGTDEL	モジュールSG計算進み時間巾の計算	MODILE SUB.
SGPROP	モジュールSG物性値計算	MODILE SUB.
SGSAT	モジュールSG蒸気表, 飽和蒸気条件の計算	MODILE SUB.
SGDNS	モジュールSGH \rightarrow X, T, ρ T, X \rightarrow H	MODILE SUB.
SGRGN	モジュールSG各相の領域長さ, 平均密度の計算	MODILE SUB.
SGWRIT	モジュールSG初期状態の出力, 及び中間出力	MODILE 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.
ZSODUM	ナトリウムの物性値計算	ELEMENT SUB.
ZSTEM1	蒸気の物性値計算	ELEMENT SUB.
ZWATR1	水の物性値計算	ELEMENT SUB.

モジュールSG パラメータ変数				(1/1)
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
KNSG	モジュールSG	SG最大基数	-	
KMSG	モジュールSG	SG伝熱部最大ノード分割数	-	

変数名リスト

コモンブロック名	SGMI1 (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		入力サブルーチン名	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	-	
IMDL SG (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	-	
IOP1 SG (i)	モジュールSG (i) ≠1 ; ダウンカマなし, =1 ; ダウンカマ有り	-	
IOP2 SG (i)	モジュールSG (i) ≠1 ; センターパイなし, =1 ; センターパイ有り	-	SG伝熱部
IOP3 SG (i)	モジュールSG (i) ≠1, 2 ; 側容量なし, =1 ; 側容量有り, =2 ; 側容量有り(放熱あり)	-	SG伝熱部
IOP4 SG (i)	モジュールSG (i) ≠1, 2 ; 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
IOP5 SG (i)	モジュールSG (i) ≠1 ; ヘリカルコイル型伝熱管, =1 ; 直管型伝熱管	-	
IOP6 SG (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			入力サブルーチン名	SGREAD
			ネームリスト名	NAMSG1
変数名	意味	単位	備考	
NTNISG (i)	i 番目SG ナトリウム入口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応	
NTNOSG (i)	i 番目SG ナトリウム出口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応	
NWNSG (i)	i 番目SG ナトリウム側に対応する流路網番号	—	FLWN に対応	
NFNISG (i)	i 番目SG ナトリウム側に対応する流路番号	—	FLWN に対応	
NENSG (i)	i 番目SG ナトリウム側 自然循環力 プール変数番号	—	TEMP に対応	
NTSISG (i)	i 番目SG 水・蒸気入口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応	
NHSISG (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 ダウンカマ出口温度 プール変数番号	—	TEMP に対応	
NHDOSG (i)	i 番目SG 水・蒸気 ダウンカマ出口エンタルピ 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	
NFSISG (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		入力サブルーチン名	SGREAD
		ネームリスト名	NAMSG1
変数名	意味	単位	備考
NTAVSG (i)	i 番目 SG ナトリウムの平均温度に対応する プール変数番号	-	TEMP に対応
NESSG (i)	i 番目 SG 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 プール変数番号 (液相)	-	TEMP に対応
NLS2SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側, 各相長さ プール変数番号 (二相)	-	TEMP に対応
NLS3SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側, 各相長さ プール変数番号 (気相)	-	TEMP に対応
NRS1SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側, 各相平均温度 プール変数番号 (液相)	-	TEMP に対応
NRS2SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側, 各相平均温度 プール変数番号 (二相)	-	TEMP に対応
NRS3SG (i)	i 番目 SG 水・蒸気側, 各相平均温度 プール変数番号 (気相)	-	TEMP に対応
NOUTSG (i)	i 番目 SG プール変数として出力する。ナトリウム, 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 j 番目データについて = 1 ; ナトリウム, = 2 ; 伝熱管, = 3 ; 水・蒸気	-	
KOUTSG (j, i)	i 番目 SG j 番目に対応する。ナトリウム, 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
	i=KNSG, j=10		

変数名リスト

コモンブロック名	SGMI1	(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		入力サブルーチン名	
		SGREAD	
		ネームリスト名	
		NAMSG1	
変数名	意味	単位	備考
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) ² 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
DPSGXX (i)	i 番目 SG 上記 ΔP に対応する圧力差初期値*	kg/m ²	
DOSGXX (i)	i 番目 SG 上記 G0 に対応する流量初期値*	kg/sec	
	* JPSSG(i)=2の時入力		
	i=KNSG		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGMI2			(1/6)
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			入力サブルーチン名	SGREAD
			ネームリスト名	NAMSG1
変数名	意	味	単位	備考
NINTSG (i)	モジュールSG	初期設定計算を行う順序	—	
KHDSG (i)	モジュールSG	ヒートバランス収束判定因子	—	
		= 0, ナトリウム出口温度 = 1, 水・蒸気出口エンタルピ		
KHESG (i)	モジュールSG	ヒートバランス修正因子	—	
		= 0, 熱抵抗 = 1, 伝熱面積		
		= 2, ナトリウム流量 = 3, 水・蒸気流量		
		= 4, ナトリウム入口温度 = 5, 水・蒸気入口エンタルピ		
KHBSG (i)	モジュールSG	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=KNSG		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGMI2			(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			入力サブルーチン名	SGREAD
			ネームリスト名	NAMSG1
変数名	意	味	単位	備考
TN1SG0 (i)	i 番目SG	ナトリウム入口温度 初期値	℃	
TN0SG0 (i)	i 番目SG	ナトリウム出口温度 初期値	℃	
TS1SG0 (i)	i 番目SG	水・蒸気入口温度 初期値	℃	
TD0SG0 (i)	i 番目SG	水・蒸気ダウンカマ出口温度 初期値	℃	
TS0SG0 (i)	i 番目SG	水・蒸気出口温度 初期値	℃	
XS1SG0 (i)	i 番目SG	水・蒸気入口クオリティ 初期値	-	
XD0SG0 (i)	i 番目SG	水・蒸気ダウンカマ出口クオリティ 初期値	-	
XS0SG0 (i)	i 番目SG	水・蒸気出口クオリティ 初期値	-	
GNSG0 (i)	i 番目SG	ナトリウム流量 初期値	kg/sec	
GSSG0 (i)	i 番目SG	水・蒸気流量 初期値	kg/sec	
II1SG (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	(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		入力サブルーチン名	SGREAD
		ネームリスト名	NAMSG1
変数名	意味	単位	備考
KPR1SG (i)	i 番目 SG ナトリウム物性値 ≠ 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)
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)
KPR5SG (i)	i 番目 SG 側容量 材質を示すインデックス	—	(注)
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)
KPR7SG (i)	i 番目 SG シェル 材質を示すインデックス	—	(注)
	(注) = 1 ; SUS 3 1 6 = 3 ; 2 ¹ / ₄ Cr-1Mo = 2 ; SUS 3 0 4 = 3 ; 9Cr-1Mo		
	i=KNSG		

変数名リスト

コモンブロック名	SGMI2			(6/6)	
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			入力サブルーチン名	SGRBAD	
			ネームリスト名	NAMSG1	
変数名	意	味	単位	備考	
TNAXSG (i)	i 番目SG	伝熱部ナトリウム	基準温度	℃	(注)
TTXSG (i)	i 番目SG	伝熱部伝熱管	基準温度	℃	(注)
TCPXSG (i)	i 番目SG	センターパイプ	基準温度	℃	(注)
TWXSG (i)	i 番目SG	側容量	基準温度	℃	(注)
TNDXSG (i)	i 番目SG	ダウンカマ部ナトリウム	基準温度	℃	(注)
TTDXSG (i)	i 番目SG	ダウンカマ部伝熱管	基準温度	℃	(注)
TVXSG (i)	i 番目SG	シェル	基準温度	℃	(注)
PSXSG (i)	i 番目SG	水・蒸気基準圧力	初期値	kg/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	SGMI3			(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			入力サブルーチン名	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 伝面, インベントリーデータ入力用 伝熱部 メッシュ指定	—		
WNASI (j, i)	i 番目 SG ナトリウム重量 (NA) 伝熱部 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	kg		
VSSI (j, i)	i 番目 SG 水・蒸気容積 (S) 伝熱部 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m ³		
WTSI (j, i)	i 番目 SG 伝熱管重量 (T) 伝熱部 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	kg		
WCPSI (j, i)	i 番目 SG センターパイプ重量 (CP) 伝熱部 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	kg		
WWSI (j, i)	i 番目 SG 側容量重量 (W) 伝熱部 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	kg		
S1SI (j, i)	i 番目 SG 伝面 (NA) \longleftrightarrow (T) 伝熱部 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m ²	肉厚中心 基準*	
S2SI (j, i)	i 番目 SG (NA) \longleftrightarrow (CP) 伝熱部 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m ²		
S3SI (j, i)	i 番目 SG (NA) \longleftrightarrow (W) 伝熱部 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m ²		
S4SI (j, i)	i 番目 SG (NA) \longleftrightarrow (NAD) 伝熱部 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m ²		
S5SI (j, i)	i 番目 SG (T) \longleftrightarrow (S) 伝熱部 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m ²	肉厚中心 基準*	
S6SI (j, i)	i 番目 SG (W) \longleftrightarrow (AIR) 伝熱部 (IXSG(j, i)~IXSG(j+1, i)間の合計)	m ²		
	* 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	SGMI3		(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		入力サブルーチン名	SGREAD
		ネームリスト名	NAMSG2
変数名	意	単位	備考
WNADSG (i)	i 番目 SG ナトリウム重量 (NAD) ダウンカマ部	kg	
VSDSG (i)	i 番目 SG 水・蒸気容積 (SD) ダウンカマ部	m³	
WTDSG (i)	i 番目 SG 伝熱管重量 (TD) ダウンカマ部	kg	
WVSG (i)	i 番目 SG シェル重量 (V) ダウンカマ部	kg	
S7SG (i)	i 番目 SG 伝面 (NAD) ↔ (TD) ダウンカマ部	m²	肉厚中心 基準
S8SG (i)	i 番目 SG (NAD) ↔ (V) ダウンカマ部	m²	
S9SG (i)	i 番目 SG (TD) ↔ (SD) ダウンカマ部	m²	肉厚中心 基準
S10SG (i)	i 番目 SG (V) ↔ (AIR) ダウンカマ部	m²	
	i=KNSG		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGMI3			(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			入力サブルーチン名	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 ²		
ANASG (i)	i 番目SG 伝熱部 ナトリウム側流路断面積 (流速計算用)	m ²		
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 ²		
DHEL SG (i)	i 番目SG ヘリカルコイル径	m	ヘリカル コイル型	
PITSG (i)	i 番目SG 伝熱管ピッチ	m	直管型	
AIRSG (i)	i 番目SG 空気温度	℃		
GXSG (i)	i 番目SG ダウンカマ, 給水配管間 自然循環相当流量	kg/sec		
	i=KNSG			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGMI3 (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		入力サブルーチン名	SGRBAD
		ネームリスト名	NAMSG2
変数名	意味	単位	備考
U2SGI (i)	i 番目 SG U ₂ 入力値	kcal/ m ² sec ² ℃	
U3SGI (i)	i 番目 SG U ₃ 入力値	kcal/ m ² sec ² ℃	
U4SGI (i)	i 番目 SG U ₄ 入力値*	kcal/ m ² sec ² ℃	
U6SGI (i)	i 番目 SG U ₆ 入力値	kcal/ m ² sec ² ℃	
U7SGI (i)	i 番目 SG U ₇ 入力値**	kcal/ m ² sec ² ℃	
U8SGI (i)	i 番目 SG U ₈ 入力値	kcal/ m ² sec ² ℃	
U10SGI (i)	i 番目 SG U ₁₀ 入力値	kcal/ m ² sec ² ℃	
U4SGA (i)	i 番目 SG	—	
	過渡計算時		
U4SGB (i)	i 番目 SG	—	
	$U_4 = U4SGA(i) * GNSG(N) + U4SGB(i)$		
RFSG (i)	i 番目 SG 伝熱部水・蒸気側汚れ係数	m ² sec ² ℃/ kcal	***
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	m ² sec ² ℃/ kcal	
	* KHESG(i) ≥ 2の時コード中自動設定		
	** KHESG(i) ≤ 1の時コード中自動設定 KHESG(i) ≥ 2の時, KHESG(i) ≤ 1時設定値を入力		
	*** 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		SGMI4 (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		入力サブルーチン名	SGREAD
		ネームリスト名	NAMSG2
変数名	意味	単位	備考
GA11SG (i)	i 番目SG ALP1SGを0.0とする下限流量	kg/sec	
GA12SG (i)	i 番目SG ALP1SGを1.0とする上限流量	kg/sec	
GB11SG (i)	i 番目SG BET1SGを0.0とする下限流量	kg/sec	
GB12SG (i)	i 番目SG BET1SGを1.0とする上限流量	kg/sec	
GA21SG (i)	i 番目SG ALP2SGを0.0とする下限流量	kg/sec	
GA22SG (i)	i 番目SG ALP2SGを1.0とする上限流量	kg/sec	
GB21SG (i)	i 番目SG BET2SGを0.0とする下限流量	kg/sec	
GB22SG (i)	i 番目SG BET2SGを1.0とする上限流量	kg/sec	
	i=KNSG		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意味	単位	備考
CPNASG (i, k)	SG 伝熱管部ナトリウム 比熱	kcal/ kg℃	
RONASG (i, k)	SG 伝熱管部ナトリウム 密度	kg/m ³	
PRNASG (i, k)	SG 伝熱管部ナトリウム プラントル数	—	
VKNASG (i, k)	SG 伝熱管部ナトリウム 動粘性係数	m ² /sec	
TKNASG (i, k)	SG 伝熱管部ナトリウム 熱伝導率	kcal/ msec℃	
CPTSG (i, k)	SG 伝熱部伝熱管 比熱	kcal/ kg℃	
ROTSG (i, k)	SG 伝熱部伝熱管 密度	kg/m ³	
TKTSG (i, k)	SG 伝熱部伝熱管 熱伝導率	kcal/ msec℃	
ATKTSG (i, k)	SG 伝熱部伝熱管 ノード端点での熱伝導率	kcal/ msec℃	
CPCPSG (i, k)	SG センターパイプ 比熱	kcal/ kg℃	
ROCPGS (i, k)	SG センターパイプ 密度	kg/m ³	
TKCPSG (i, k)	SG センターパイプ 熱伝導率	kcal/ msec℃	
	i=KNSG, k=KMSG		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	味	単 位	備 考
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			
CPWSG (i, k)	SG 側容量	比熱	kcal/ kg℃	
ROWSG (i, k)	SG 側容量	密度	kg/m ³	
TKWSG (i, k)	SG 側容量	熱伝導率	kcal/ msec℃	
CPNDSG (i)	SG ダウンカマ部ナトリウム	比熱	kcal/ kg℃	
RONDSG (i)	SG ダウンカマ部ナトリウム	密度	kg/m ³	
PRNDSG (i)	SG ダウンカマ部ナトリウム	プラントル数	—	
VKNDSG (i)	SG ダウンカマ部ナトリウム	動粘性係数	m ² /sec	
TKNDSG (i)	SG ダウンカマ部ナトリウム	熱伝導率	kcal/ msec℃	
CPTDSG (i)	SG ダウンカマ部伝熱管	比熱	kcal/ kg℃	
ROTDSG (i)	SG ダウンカマ部伝熱管	密度	kg/m ³	
TKTDSG (i)	SG ダウンカマ部伝熱管	熱伝導率	kcal/ msec℃	
CPVSG (i)	SG シェル	比熱	kcal/ kg℃	
ROVSG (i)	SG シェル	密度	kg/m ³	
TKVSG (i)	SG シェル	熱伝導率	kcal/ msec℃	

i=KNSG, k=KMSG

変 数 名 リ ス ト

変 数 名	意 味	単 位	備 考
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>コモンブロック名 S G M 1 (4/5)</p> <p>関連サブルーチン</p> <p style="text-align: center;">モジュールSG モジュールサブルーチン</p> </div>			
STL1SG (i)	蒸気物性値算出用係数 エンタルピ→温度	—	
STL2SG (i)	蒸気物性値算出用係数 温度→比容積	—	
STL3SG (i)	蒸気物性値算出用係数 温度→プラントル数	—	
STL4SG (i)	蒸気物性値算出用係数 温度→動粘性係数	—	
STL5SG (i)	蒸気物性値算出用係数 温度→熱伝導率	—	
STL6SG (i)	蒸気物性値算出用係数 圧力→飽和温度	—	
	j=3		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意 味	単 位	備 考
TSATSG	SG 飽和温度	℃	
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 ³	
RSSTSG	SG 飽和蒸気密度	kg/m ³	
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 ² /sec	
VKSSSG	SG 飽和蒸気動粘性係数	m ² /sec	
TKWSSG	SG 飽和水熱伝導率	kcal/ msec℃	
TKSSSG	SG 飽和蒸気熱伝導率	kcal/ msec℃	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGM 2 (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 ナトリウム入口温度 (NA)	℃	フル変数との接続
TN0SG (n)	i 番目SG ナトリウム出口温度 (S)	℃	フル変数との接続
GNSG (n)	i 番目SG ナトリウム流量	kg/sec	フル変数との接続
ENSG (n)	i 番目SG ナトリウム側自然循環力	kg/m ²	フル変数との接続
TS1SG (n)	i 番目SG 水・蒸気 入口温度	℃	フル変数との接続
HS1SG (n)	i 番目SG 水・蒸気 入口エンタルピ	kcal/kg	フル変数との接続
TD0SG (n)	i 番目SG 水・蒸気 ダウンカム出口温度	℃	フル変数との接続
HD0SG (n)	i 番目SG 水・蒸気 ダウンカム出口エンタルピ	kcal/kg	フル変数との接続
TS0SG (n)	i 番目SG 水・蒸気 出口温度	℃	フル変数との接続
HS0SG (n)	i 番目SG 水・蒸気 出口エンタルピ	kcal/kg	フル変数との接続
GS1SG (n)	i 番目SG 水・蒸気 入口流量	kg/sec	フル変数との接続
GS0SG (n)	i 番目SG 水・蒸気 出口流量	kg/sec	フル変数との接続
	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 ²	ナール変数との接続
ESSG (n)	i 番目SG 水・蒸気側自然循環力	kg/m ²	ナール変数との接続
DS1SG (n)	i 番目SG 水・蒸気側各相長さ (液相)	m	ナール変数との接続
DS2SG (n)	i 番目SG 水・蒸気側各相長さ (二相)	m	ナール変数との接続
DS3SG (n)	i 番目SG 水・蒸気側各相長さ (気相)	m	ナール変数との接続
RS1SG (n)	i 番目SG 水・蒸気側平均密度 (液相)	kg/m ³	ナール変数との接続
RS2SG (n)	i 番目SG 水・蒸気側平均密度 (二相)	kg/m ³	ナール変数との接続
RS3SG (n)	i 番目SG 水・蒸気側平均密度 (気相)	kg/m ³	ナール変数との接続
TAVSG (n)	i 番目SG ナトリウム平均温度	℃	ナール変数との接続
	n=KNSG*2		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意味	単位	備考
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			
TNASG (n, k)	i 番目SG伝熱部 ナトリウム温度 (NA)	℃	
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	℃	
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 ³	
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)	℃	
ATTSG (n, k)	i 番目SG伝熱部 伝熱管温度 (ノード端点)	℃	
TCPSG (n, k)	i 番目SG伝熱部 センターパイプ温度 (CP)	℃	
TWSG (n, k)	i 番目SG伝熱部 側容量温度 (W)	℃	
GSSG (n, k)	i 番目SG伝熱部 水・蒸気流量 (S)	kg/sec	
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 ナトリウム温度 (NA)	℃	
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	℃	
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 ³	
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)	℃	
TVSG (n)	i 番目SGダウンカマ部 シェル温度 (V)	℃	
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			(1/3)
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
U1SG (n, k)	i 番目SG	熱伝達率 (NA) ↔ (T)	kcal/ m ² sec℃	
U2SG (n, k)	i 番目SG	熱伝達率 (NA) ↔ (CP)	kcal/ m ² sec℃	
U3SG (n, k)	i 番目SG	熱伝達率 (NA) ↔ (W)	kcal/ m ² sec℃	
U4SG (n, k)	i 番目SG	熱伝達率 (NA) ↔ (NAD)	kcal/ m ² sec℃	
U5SG (n, k)	i 番目SG	熱伝達率 (T) ↔ (S)	kcal/ m ² sec℃	
U6SG (n, k)	i 番目SG	熱伝達率 (W) ↔ (AIR)	kcal/ m ² sec℃	
U7SG (n)	i 番目SG	熱伝達率 (NAD) ↔ (TD)	kcal/ m ² sec℃	
U8SG (n)	i 番目SG	熱伝達率 (NAD) ↔ (V)	kcal/ m ² sec℃	
U9SG (n)	i 番目SG	熱伝達率 (TD) ↔ (SD)	kcal/ m ² sec℃	
U10SG (n)	i 番目SG	熱伝達率 (V) ↔ (AIR)	kcal/ m ² sec℃	
	n=KNSG*2, k=KMSG			

変 数 名 リ ス ト

変数名	意 味	単 位	備 考
VLNSG (k)	SG伝熱部ナトリウム側 流速	m/sec	
PENSG (k)	SG伝熱部ナトリウム側 ペクレ数	—	
ANNSG (k)	SG伝熱部ナトリウム側 ヌセルト数	—	
ALNSG (k)	SG伝熱部ナトリウム側 film熱伝達率	kcal/ m ² sec ² °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 film熱伝達率	kcal/ m ² sec ² °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 ² sec ² °C	

k=KMSG

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGM3 (3/3)		
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
ALP1SG	SG伝熱部 ナトリウム側 差分パラメータ α_1	-	
BET1SG	SG伝熱部 ナトリウム側 差分パラメータ β_1	-	
ALP2SG (k)	SG伝熱部 水・蒸気側 差分パラメータ α_2	-	
BET2SG (k)	SG伝熱部 水・蒸気側 差分パラメータ β_2	-	
	k=KMSG		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	SGM4 (1/5)		
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
WNASG (i, k)	i 番目 SG 伝熱部各ノード ナトリウム重量 (NA)	kg	
VSSG (i, k)	i 番目 SG 伝熱部各ノード 水・蒸気容積 (S)	m ³	
WTSG (i, k)	i 番目 SG 伝熱部各ノード 伝熱管重量 (T)	kg	
WCPSG (i, k)	i 番目 SG 伝熱部各ノード センターパイプ重量 (CP)	kg	
WWSG (i, k)	i 番目 SG 伝熱部各ノード 側容量重量 (W)	kg	
	i=KNSG, 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	$\frac{d_1 + d_2}{2d_2}$	$\frac{d_1 + d_2}{2d_1}$	$\frac{d'_1 + d'_2}{2d'_1}$	
	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ナトリウム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ナトリウム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

3.21 モジュールUP（原子炉上部プレナム熱計算）

モジュールUP

1 機能

炉上部プレナム内流量計算，プレナム内領域温度計算，界面形成時領域温度計算，自然循環力の計算

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
入口温度	TEMP	出口温度	TEMP
流入流量	FLWN	プレナム内温度	TEMP
流出流量	FLWN	プレナム内流量	FLWN
		自然循環力	TEMP

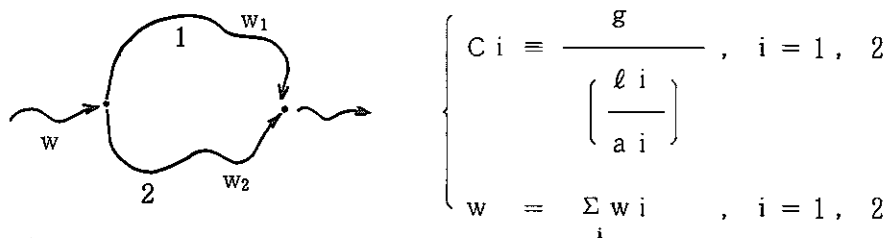
3 モデルの概要（図UP-1，2参照）

- (1) 1フローホール時2パス，2フローホール時5パスについて運動方程式を解き，各パス流量を求める。
- (2) 通常運転時，プレナム内を図UP1-1のように分割し各領域の温度を求める。
（A，B，C，D，E領域は，完全混合モデルで近似する。）
- (3) 界面形成時プレナム内を図1-2のように分割し各領域の温度を求める。（A，B，F領域は完全混合モデル，C，D領域は多分割，E領域は混合に寄与しない。）
- (4) プレナムの自然循環力を求める。
- (5) 通常運転時データ ↔ 界面形成時データの切替はコード内で自動的に行われる。

4 基礎式・解法

あるパスの流量，ある領域の温度の1階時間微分を求め，2次ルンゲクッタ法により，1ステップ時進んだ流量，温度を求める。

(1) 流 量 (1 F. H. 時)



上図パス1，パス2について，次の連立方程式が成立つ。

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{C_1} \frac{dw_1}{dt} = DR_1 + H_1 - DP_1 \quad \text{--- (1) } DR_i : \text{パス } i \text{ 圧力差}^* \\ \frac{1}{C_2} \frac{dw_2}{dt} = DR_2 + H_2 - DP_2 \quad \text{--- (2) } H_i : \text{パス } i \text{ エレベーションヘッド} \\ DR_1 = DR_2 = DR \quad \text{--- (3) } DP_i : \text{パス } i \text{ 圧力損失} \end{array} \right.$$

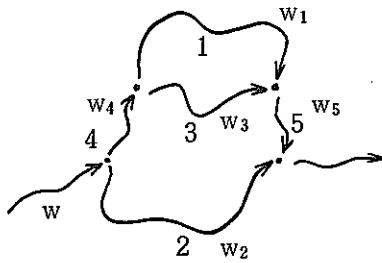
(1) × C₁ + (2) × C₂，(3)から，

$$\begin{aligned} \frac{dw_1}{dt} + \frac{dw_2}{dt} &= \frac{dw}{dt} \\ &= (C_1 + C_2) \cdot DR + \{ C_1(H_1 - DP_1) + C_2(H_2 - DP_2) \} \\ \therefore DR &= \left\{ -C_1(H_1 - DP_1) - C_2(H_2 - DP_2) + \frac{dw}{dt} \right\} / (C_1 + C_2) \quad \text{--- (4)} \end{aligned}$$

DR₁，DR₂が求まったので，(1)，(2)から $\frac{dw_1}{dt}$ ， $\frac{dw_2}{dt}$ が求まる。

*注) 圧力差：ここでは，次の意味に用いる。
 パス i，i = 1，2，……が
 ・同一水兵面
 ・等温
 の条件下にあるときの駆動源からパス i に作用するヘッド。
 (実際にはパス i について DR_i + H_i が圧力差である。)

(2) 流 量 (2 F. H. 時)



$$C_i \equiv \frac{g}{\left[\frac{\ell_i}{a_i} \right]} \quad \left. \begin{array}{l} i = \\ 1 \sim 5 \end{array} \right\}$$

DR_i : パス i 圧力差* (前ページの注参照)
 H_i : " エレベーションヘッド
 DP_i : " 圧力損失

上図パス1～パス5について次の連立方程式が成立つ。

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{C_i} \frac{dw_i}{dt} = DR_i + H_i - DP_i \quad \text{--- } \textcircled{1}, i = 1 \sim 5 \\ W = W_2 + W_4 \quad \text{--- } (5) \\ W_4 = W_1 + W_3 = W_5 \quad \text{--- } (6) \\ DR_5 = DR_2 - DR_4 - DR_1 \quad \text{--- } (7) \\ DR_3 = DR_1 \quad \text{--- } (8) \end{array} \right.$$

② + ④, (5)から

$$C_4 \cdot DR_4 + C_2 \cdot DR_2 = \frac{dw}{dt} - C_4 \cdot (H_4 - DP_4) - C_2 \cdot (H_2 - DP_2) \equiv A \quad (18)$$

--- (9)

② + ⑤, (5), (6)から

$$C_2 \cdot DR_2 + C_5 \cdot DR_5 = \frac{dw}{dt} - C_5 \cdot (H_5 - DP_5) - C_2 \cdot (H_2 - DP_2) \equiv A \quad (19)$$

--- (10)

④ - ① - ③, (6)から

$$C_4 \cdot DR_4 - C_1 \cdot DR_1 - C_3 \cdot DR_3 = -C_4 \cdot (H_4 - DP_4) + C_3 \cdot (H_3 - DP_3) + C_1 \cdot (H_1 - DP_1) \equiv A \quad (20)$$

--- (11)

(9), (10), (11)式の右側が各々 A (18), A (19), A (20)のコード内での定義式である。

(9)から(12)を4×4行列Aを用いて表すと、

$$\begin{aligned}
 A(17) &= 0, 0 \text{ (ダミー)} \\
 A(18) &= \frac{dw}{dt} - C_4(H_4 - DP_4) - C_2(H_2 - DP_2) \\
 A(19) &= \frac{dw}{dt} - C_5(H_5 - DP_5) - C_2(H_2 - DP_2) \\
 A(20) &= -C_4(H_4 - DP_4) + C_3(H_3 - DP_3) + C_1(H_1 - DP_1)
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} A(17) \\ A(18) \\ A(19) \\ A(20) \end{aligned}} \right\} \text{--- (12)}$$

$$(A(17), A(18), A(19), A(20)) = (0, DR_4, DR_2, DR_1) \cdot A$$

ここで

$$A \equiv \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_4 & -C_5 & C_4 \\ 0 & C_2 & C_2+C_5 & 0 \\ 0 & 0 & -C_5 & -(C_1+C_3) \end{pmatrix}$$

A(17), A(18), A(19), A(20)は定義式から明らかなように既知量である。したがってdet A ≠ 0ならば、

$$(0, DR_4, DR_2, DR_1) = (A(17), A(18), A(19), A(20)) \cdot A^{-1} \quad \text{--- (13)}$$

ここで、

$$A^{-1} = \frac{t \sim A}{\det A}, \quad \sim A = (\alpha_{ij}), \quad \sim a_{ij} = (-1)^{i+j} \det D_{ij}$$

(D_{ij}はAのi行j列を除いた行列)

$$A^{-1} \equiv \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-(C_2+C_5)(C_1+C_3)}{\det A} & \frac{-C_5(C_1+C_3)-C_4 \cdot C_5}{\det A} & \frac{-C_4 \cdot (C_2+C_5)}{\det A} \\ 0 & \frac{C_2(C_1+C_3)}{\det A} & \frac{-C_4(C_1+C_3)}{\det A} & \frac{C_2 \cdot C_4}{\det A} \\ 0 & \frac{-C_2 \cdot C_5}{\det A} & \frac{C_4 \cdot C_5}{\det A} & \frac{C_4(C_2+C_5)+C_2 \cdot C_5}{\det A} \end{pmatrix}$$

である。

さて、 DR_4 、 DR_2 、 DR_1 が求まり (7)、(8) から DR_5 、 DR_3 が求まる。

$i = 1 \sim 5$ の全ての (i) について DR_i が求まったので (i) 式から、

$$\frac{dw_i}{dt} \text{ が求められる。}$$

(3) 温 度

各領域の基礎方程式は、

$$\frac{\partial}{\partial t} T(z, t) = - \frac{W}{a \cdot \rho} \cdot \frac{\partial}{\partial z} T(z, t) + \frac{A \cdot U}{a \cdot \rho \cdot c} \cdot \Delta T \quad (14)$$

である。ただし右辺第二項は、C・D領域についてのみ有とする。

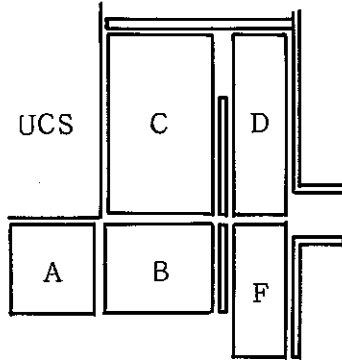
ここで、

T	: 温度	($^{\circ}\text{C}$)
w	: 流量	(kg/sec)
ρ	: 密度	(kg/m^3)
a	: 流路断面積	(m^2)
C	: 比熱	($\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$)
A	: 伝熱面積密度	(m^2/m)
U	: 熱貫流率	($\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^{\circ}\text{C}$)
ΔT	: C・D領域温度差	($^{\circ}\text{C}$)

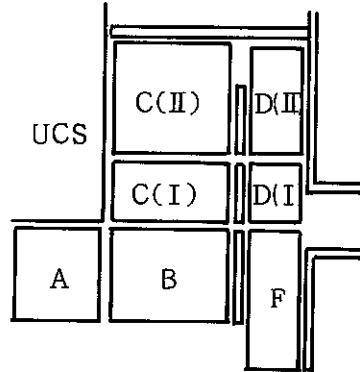
(14)の右辺は既知量であるから、温度の時間1階微分が定義される。

図UP-1 通常運転時プレナム分割

○ 1 F.H. のとき

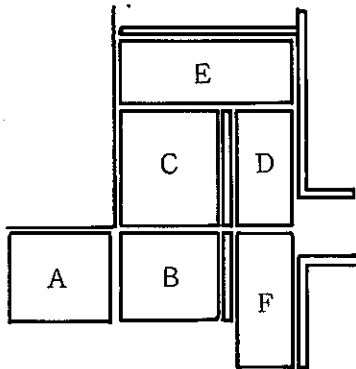


○ 2 F.H. (ICOPT≠0) のとき

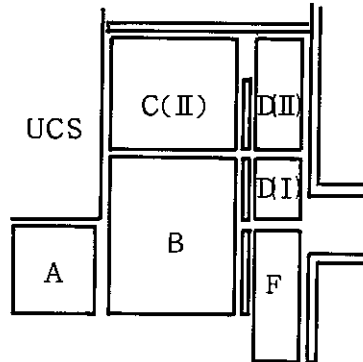


図UP-2 界面形成時プレナム分割

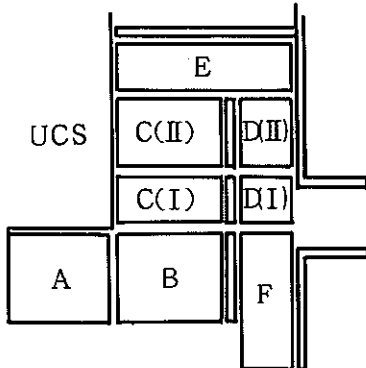
○ 1 F.H. のとき



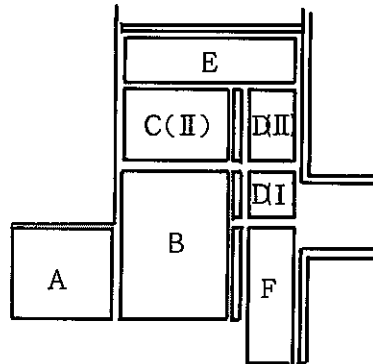
○ 2 F.H. (ICOPT=0) のとき



○ 2 F.H. (ICOPT≠0) のとき



○ 2 F.H. (ICOPT=0) のとき



表UP-1 モジュールUPサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
UPCONT	計算コントロール	MODULE SUB.
UPTRNS	過渡計算コントロール	MODULE SUB.
UPREAD	ネームリストデータ入力	MODULE SUB.
UPRSTA	リスタート処理	MODULE SUB.
UPSTAT	初期設定コントロール	MODULE SUB.
UPSTA1	初期設定 (1 FHM)	MODULE SUB.
UPSTA2	初期設定 (2 FHM)	MODULE SUB.
UPRNG1	2次ルンゲクッタ計算 (1 FHM)	MODULE SUB.
UPRNG2	2次ルンゲクッタ計算 (2 FHM)	MODULE SUB.
UPINV4	逆行列計算 (4 * 4 2 FHM)	MODULE SUB.
UPFCT1	流量, 温度の1階時間微分計算。炉心出口噴流流配 (1 FHM)	MODULE SUB.
UPFCT2	流量, 温度の1階時間微分計算。炉心出口噴流流配 (2 FHM)	MODULE SUB.
UPTDEL	計算時間進み巾自動設定	MODULE SUB.
UPRVP1	流量, 温度算出。界面形成判定 (1 FHM)	MODULE SUB.
UPRVP2	流量, 温度算出。界面形成判定 (2 FHM)	MODULE SUB.
UPSTR1	通常運転時データ ⇔ 界面形成時データ転換 (1 FHM)	MODULE SUB.
UPSTR2	通常運転時データ ⇔ 界面形成時データ転換 (2 FHM)	MODULE SUB.
UPFLW1	非対称運転時アニュラス部流況計算 (1 FHM)	MODULE SUB.
UPFLW2	非対称運転時アニュラス部流況計算 (2 FHM)	MODULE SUB.
UPWRT1	中間出力 (1 FHM)	MODULE SUB.
UPWRT2	中間出力 (2 FHM)	MODULE SUB.
UPPOOL	プロット用プール変数ストア	MODULE SUB.
YDISTB	テーブル・データ・フィッティング	ELEMENT SUB.
ZSODUM	ナトリウムの物性値計算	ELEMENT SUB.

コモンブロック名	UPMI 1			(1/2)
関連サブルーチン				
	モジュールUP	モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	UPREAD
			ネームリスト名	NAMUP1
変 数 名	意	味	単 位	備 考
IMDLUP	モジュールUP計算実行の可否	= 1 ; 実行する ≠ 1 ; 実行しない	—	
NINTUP	モジュールUP初期設定計算を行う順序		—	
NWRKUP	モジュールUPが属する流路網番号		—	
NPSIUP (i)	入口部に対応する流路番号		—	
NPSOUP (i)	出口部に対応する流路番号		—	
NUPTIN (i)	入口温度プール変数番号		—	
NUPTOU (i)	出口温度プール変数番号		—	
NUPNC	代表自然循環力プール変数番号		—	
CMM (i)	計算重み		—	
TCMM	計算重み合計 (入力の必要無し)		—	
JSECTR	炉上部プレナム内セクター数	≤ 4	—	
IUPLNM	炉上部プレナム モデルオプション	= 1 ; 1フローホールモデル = 1 ; 2フローホールモデル	—	
NATVUP (i)	炉上部プレナムセクター i	平均温度プール変数番号	—	
		i=1~JSECTR		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	UPMI1 (2/2)		
関連サブルーチン			
モジュールUP モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	UPREAD
		ネームリスト名	NAMUP1
変数名	意味	単位	備考
IDBGUP	中間出力 オプション = 1 ; 出力	-	
OUTUP (m)	中間出力 指定時刻 m = 1, 30	sec	>0.0
IOUTUP	中間出力 指定時刻カウンター	-	初期値 1 を入力
NRUPF (m, i)	プレナム各種流量 m = 1 ~ 12	-	
NRUPT (m, i)	プレナム各種温度 m = 1 ~ 30	-	
DMUP	時間進み巾調整係数	-	
DMAXUP	時間進み巾最大値	sec	
DMINUP	時間進み巾最小値	sec	
TMAXUP	計算終了時間	sec	
TBCIUP (i)	プレナム温度境界初期値 入口	℃	
TBCOUP (i)	プレナム温度境界初期値 出口	℃	
FBCIUP (i)	プレナム流量境界初期値 入口	kg/sec	
FBCOUP (i)	プレナム流量境界初期値 出口	kg/sec	
i=1~JSECTR			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名		UPMI 2		(1/3)
関連サブルーチン				
モジュールUP		モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	UPREAD
			ネームリスト名	NAMUP2
変数名	意味	単位	備考	
MRVU (1)	C 領域分割数 (1フローホールモデル) C (i) 領域分割数 (2フローホールモデル)	—		
MRVU 2 (1)	D 領域分割数 (1フローホールモデル) D (i) 領域分割数 (2フローホールモデル)	—		
MRVU 3 (1)	C (ii) 領域分割数 (2フローホールモデル)	—		
MRVU 4 (1)	D (ii) 領域分割数 (2フローホールモデル)	—		
ARVCO	A 領域等価断面積	m ²		
ARVU (1, 1)	C 領域等価断面積	m ²		
ARVU (1, 2)	B 領域等価断面積	m ²		
ARVU (1, 3)	D 領域等価断面積	m ²		
ZLRVCO	A 領域長さ	m		
ZLRVU (1, 1)	C 領域長さ (1フローホールモデル) C (i) 領域長さ (2フローホールモデル)	m		
ZLRVU (1, 2)	B 領域長さ	m		
ZLRVU (1, 3)	D 領域長さ (1フローホールモデル) D (i) 領域長さ (2フローホールモデル)	m		
ZLRVU (1, 4)	C (ii) 領域長さ (2フローホールモデル)	m		
ZLRVU (1, 5)	D (ii) 領域長さ (2フローホールモデル)	m		

変数名リスト

コモンブロック名	UPMI 2 (2/3)		
関連サブルーチン			
モジュールUP モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	UPRBA0
		ネームリスト名	NAMUP2
変 数 名	意 味	単 位	備 考
ARVUE	F領域断面積 (1セクター分)	m ²	—
ZLRVUE	F領域長さ	m	
HLRVU	B領域高さ	m	
RUCP	炉上部機構半径	m	
ZEX	内胴半径	m	
ALFA	炉心上部機構傾斜角度	degree	
ADANC	炉心断面積 (1セクター分)	m ²	
FLRATE	逆流に巻き込まれるフローホール流割合	—	
FFRATE	F領域に流入する逆流流量の割合	—	
CWRUP (m)	バスマの9.8/L/A m = 1 ~ 5	m ² /sec ²	
DEPRU0 (m)	定格流量時バスマの圧損 m = 1 ~ 5	kg/m ²	
DEPRUD	定格流量時共通圧損	kg/m ²	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	UPMI 2			(3/3)
関連サブルーチン				
モジュールUP モジュールサブルーチン			入力サブルーチン名	UPREAD
			ネームリスト名	NAMUP2
変数名	意味	単位	備考	
XNRVU (m)	圧損計算流量の指数 m ; フローパス (1~5)	-		
FRHOL	定常時下部フローホール流量割合	%		
FRHOL 2	定常時上部フローホール流量割合	%		
HRVU	内胴熱伝達率	kcal/ m ² sec℃		
FRVU (1)	内胴伝熱面積密度 (1セクター分)	m ² /m		
RWU1MN	益流最小値 (入口流量に対する割合) 2パス時	%		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	UPMI3 (1/3)		
関連サブルーチン			
モジュールUP モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	UPREAD
		ネームリスト名	NAMUP3
変数名	意味	単位	備考
IISTRA	= 1 界面形成判定を行う = 0 界面形成判定を行わない	—	—
IROPT	D領域 = 0 セクター間混合は下端メッシュで行う	—	
	= 1 セクター間混合は逆流到達メッシュで行う	—	
	= 2 セクター間混合は逆流到達メッシュ以下で行う	—	
ICOPT	C (i) 領域設定オプション	—	27ノードモデル
	= 0 C (i) 領域はB領域に含まれる = 1 C (i) 領域有り	—	
MRVUS (1)	界面形成時C (i) 領域分割数	—	
MRVUS2 (1)	界面形成時D (i) 領域分割数	—	
MRVUS3 (1)	界面形成時C (ii) 領域分割数	—	
MRVUS4 (1)	界面形成時D (ii) 領域分割数	—	
ARVUS (1, 1)	界面形成時C領域断面積 (1セクター)	m ²	
ARVUS (1, 2)	界面形成時B領域断面積 (1セクター)	—	
ARVUS (1, 3)	界面形成時D領域断面積 (1セクター)	—	

変 数 名 リ ス ト

変数名	意味	単位	備考
ZLRVUS (1, 1)	界面形成時C (i) 領域長さ	m	-
ZLRVUS (1, 2)	界面形成時B領域長さ	m	
ZLRVUS (1, 3)	界面形成時D (i) 領域長さ	m	
ZLRVUS (1, 4)	界面形成時C (ii) 領域長さ	m	
ZLRVUS (1, 5)	界面形成時D (ii) 領域長さ	m	
FRVUS (1)	界面形成時内胴伝熱面積密度 (1セクター分)	m ² /m	
ARVUF	E領域等価断面積	m ²	
ZLRVUF	E領域長さ	m	
FINW	E領域仮想流入流量 (総流量比)	%	
ERRTP	内胴上部アニュラス上部分割数減少判定温度差	℃	
WOV	オーバーフロー汲み上げ流量	kg/sec	
TIMOV	オーバーフロー汲み上げ温度切り換え時刻	sec	
TOV1	オーバーフロー汲み上げ温度 (TIMOV) 後	℃	
TOV2	オーバーフロー汲み上げ温度 (TIMOV) 前	℃	

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	UPMI 3 (3/3)		
関連サブルーチン			
モジュールUP モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	UPREAD
		ネームリスト名	NAMUP3
変 数 名	意 味	単 位	備 考
WSTR A	界面形成条件 (噴流上昇流割合)	%	-
ERRWP	他セクター流出流入判定流量	%	
IFTB	噴流傾斜角度による流配データ数	-	
FTBL 1 (m)	噴流傾斜角度 m = 1 ~ IFTB	degree	
FTBL 2 (m)	上昇流配 m = 1 ~ IFTB	-	
WN1P	プレナム初期流入流量 (1セクター分)	kg/sec	
TNP 1	プレナム初期温度	℃	

変 数 名 リ ス ト

変数名	意 味	単 位	備 考
ETUP	計算経過時間	sec	
DELTUP	計算進み時間巾	sec	
MUPX1 (i)	タイムメッシュ (1ステップ前)	—	
MUPX2 (i)	タイムメッシュ (現ステップ)	—	
WRVU (i, j)	パス j 流量	kg/sec	
HEADRU (i, j)	パス j 自然循環ヘッド	kg/m ²	
DELRVU (i, j)	パス j 圧力差	kg/m ²	
DELPRU (i, j)	パス j 圧力損失	kg/m ²	
TRVCO (i, j)	A領域温度 j=1; 入口 j=2; 出口	℃	
TRVUD (i, j)	B領域温度 j=1; 入口 j=2; 出口	℃	
TRVUOU (i)	R/V 出口ノズルNA温度	℃	
TATUP (i)	R/V 出口ノズルNA温度	℃	
	i=1~JSECTR		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	単 位	備 考
TRVU (i, m, j)	C領域メッシュi温度 m=1, j=1~51 D領域メッシュi温度 m=2, j=1~51	℃	
WRPOLD	プレナム流入流量/セクター (前ステップ)	kg/sec	
TRPOLD	プレナム流入温度 (前ステップ)	℃	
WINRUP	プレナム流入流量/セクター (現ステップ)	kg/sec	
TINRUP	プレナム流入温度 (現ステップ)	℃	
CXRUVU (j)	パスj流向, j=1~5 但しj=2を除く	-	
DXRVCO	A領域1セルの長さ	m	
DXRVU (i, 1)	C(i)領域1セルの長さ	m	
(i, 2)	B領域1セルの長さ	m	
(i, 3)	D(i)領域1セルの長さ	m	
(i, 4)	C(II)領域1セルの長さ	m	
(i, 5)	D(II)領域1セルの長さ	m	
	i=1~JSECTR		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意味	単位	備考
コモンブロック名		UPM1 (3/3)	
関連サブルーチン			
WARUP (i)	上昇噴流	kg/sec	
WBRUP (i)	下降噴流	kg/sec	
WDRUP (i)	下降噴流の内B領域からC領域へ(或いは逆)の流量	kg/sec	
WUPCON	総流量/セクターの時間微分値	kg/sec ²	
WRVU0 (j)	パス j 定格流量 j = 1 ~ 5	kg/sec	
	i=1~JSECTR		

変数名リスト

コモンブロック名	UPM2 (1/2)		
関連サブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
MRVUP1 (i)	C 領域出口メッシュ番号 (1 FHM) C (i) 領域出口メッシュ番号 (2 FHM)	-	
MRVUP2 (i)	D 領域出口メッシュ番号 (1 FHM) D (i) 領域出口メッシュ番号 (2 FHM)	-	
MRVUP3 (i)	C (II) 領域出口メッシュ番号 (2 FHM)	-	
MRVUP4 (i)	D (II) 領域出口メッシュ番号 (2 FHM)	-	
	メッシュ番号はC (i), C (II) の順に通番 メッシュ番号はD (II), D (i) の順に通番		
MRVUT (i)	MRVU \longleftrightarrow MRVUS	-	
MRVU2T (i)	MRVU2 \longleftrightarrow MRVUS2	-	
MRVU3T (i)	MRVU3 \longleftrightarrow MRVUS3	-	
MRVU4T (i)	MRVU4 \longleftrightarrow MRVUS4	-	
ARVUT (i)	ARVU \longleftrightarrow ARVUS	-	
ZLRVUT (i, j)	ZLRVU \longleftrightarrow ZLRVUS	-	
FRVUT (i)	FRVU \longleftrightarrow FRVUS	-	
	通常運転時データ \longleftrightarrow 界面形成時データの相互転換 時の一時データ格納変数群		
	i=1~JSECTR		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	UPM2 (2/2)		
関連サブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
WRVU2 (i)	パス2 流量平均値 (セクター平均)	kg/sec	
WN1 (i)	プレナム出口流量	kg/sec	
NOD (i)	D領域総分割数	-	
TRVUE (i)	F領域温度	℃	
WU11 (i)	内筒を超える流量	kg/sec	
TFOT (i)	E領域温度	℃	
DXRVU1 (i, j)	C領域 j 番目セル長さ J = 1 ~ 50 (2 FHMの時 C (i), C (II) 通番)	-	
DXRVU3 (i, j)	D領域 j 番目セル長さ J = 1 ~ 50 (2 FHMの時 D (II), D (i) 通番)	-	
WUD (i)	E領域仮想流入流量	kg/sec	
TOV	オーバーフロー汲上げ温度	℃	
	i=1~JSECTR		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意 味	単 位	備 考
コモンブロック名	UPM3	(1/3)	
関連サブルーチン			
Y W (j, k)	流量計算作業領域 j = 1 ~ 4 k = 1 ~ 2	kg/sec	
Y T (m, n)	温度計算作業領域 m = 1 ~ 4 j = 1 ~ 120	℃	
X R A T E (i)	噴流傾斜角	degree	
A M A T (m)	流量計算用行列 m = 1 ~ 20	-	
W D I P U P (i)	液面変動分流量	kg/sec	
T N 1 (i)	R/V出口NA温度作業変数	℃	
H W I N (i)	逆流全上昇距離 (高さ)	m	
M E W N 1 (i)	プレナム出口流量 < 0.0 (プレナム出口温度 < F 領域温度) → 1	-	
M E W U 1 (i)	プレナム出口流量 < 0.0 (プレナム出口温度 < F 領域温度) ∩ (IROPT = 0 ∪ (IROPT ≠ 0 ∩ NDWN1(i) ≠ 1 ∩ HDWUZ(i) ≠ 1)) → 1	-	
M E W U 2 (i)	パス 2 > 0.0 (B 領域出口温度 < D 領域出口温度) → 1	-	
M D W N 1 (i)	プレナム出口流量 < 0.0 (プレナム出口温度 ≥ F 領域温度) → 1	-	
M D W U 2 (i)	パス 2 流量 > 0.0 (B 領域出口温度 ≥ D 領域出口温度) → 1	-	
M B W U 2 (i)	パス 2 流量 < 0.0 → 1	-	
	i=1~JSECTR		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意味	単位	備考
コモンブロック名	UPM3 (2/3)		
関連サブルーチン			
NFLOW (i)	$= -1 \leftarrow DELW(I) < -ERRW$ $= 1 \leftarrow DELW(I) < ERRW$	—	
	$= -2 \leftarrow \text{プレナム出口流量} < 0.0$		
NEIN (i)	$= 1 \leftarrow WEIN > ERRW$	—	
NDIN (i)	$= 1 \leftarrow WDIN > ERRW$	—	
NFIN (i)	$= 1 \leftarrow WFIN > ERRW$	—	
WEIN (i)	F領域に流入する逆流量	kg/sec	
WDIN (i)	D領域から他セクターへの流出流量	kg/sec	
WFIN (i)	F領域から他セクターへの流出流量	kg/sec	
MDWU3 (i)	バス3流量 $< 0.0 \rightarrow 1$	—	
MCWU3 (i)	バス3流量 $\geq 0.0 \rightarrow 1$	—	
ISTRA (i)	ストラ, ノンストラ, 転換フラグ	—	
ISTRA0 (i)	ストラ, ノンストラ, 転換フラグ	—	
ISTRA1 (i)	ストラ, ノンストラ, 転換フラグ	—	
	i=1~JSECTR		

変数名リスト

3.22 モジュールVA（空気冷却器の風量計算）

モジュールVA

1 機能

空気冷却器、空気流量の計算。

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
ダンパ、ベーン開度指令 又は、動作指令	TEMP	ダンパ、ベーン開度	TEMP
空気冷却器起動モード信号	TEMP	空気流量	TEMP
空気冷却器制御モード信号	TEMP		
空気冷却器停止モード信号	TEMP		
制御モード時モードⅠ信号	TEMP		
制御モード時モードⅡ信号	TEMP		
制御モード時モードⅢ信号	TEMP		

3 モデルの概要

- (1) 任意の流路網中の任意の流路に設置された空気冷却器に関する計算を行う。
- (2) 独立な、空気冷却器の最大数はKNVA（注1）個。
- (3) 開度指令信号、及び開度は0.0（全閉）～1.0（全開）、動作指令信号は、0（停止）、1（開）、-1（閉）とする。

- (4) 起動モード、停止モード時の空気流量は時系列フィッティング、制御モード時の空気流量は開度フィッティングである。フィッティングカーブにはモードⅠ、Ⅱ、Ⅲがあり、モード信号により切換わる。切換え後の流量は、切換時と同一になるまでは一定とする。

(注) K N V A はコンパイル時にパラメータ文にて指定。

4 基礎式

(1) 制御時の動作特性

ダンパ、ベーン開度指令信号、又は動作指令信号に対する応答は、次の中から選択できる。

<むだ時間+1次遅れ>

$$\tau A \frac{dx(t)}{dt} = -x(t) \quad (y(t-L) = -1 \text{ の時})$$

$$\tau A \frac{dx(t)}{dt} = (y(t-L) - x(t)) \quad (1) \quad (y(t-L) \neq -1 \text{ の時})$$

但し、 x ; 開度 (0.0~1.0)

y ; 開度指令 (動作指令 0 (停止)、1 (開)、-1 (閉))

τA ; 1次遅れ時定数 [sec]

L ; むだ時間遅れ [sec]

<むだ時間+一定速度>

$$x(t) = x(t_0) + y(t-L) \tau B \Delta t \quad (2)$$

但し、 x ; 開度 (0.0~1.0)

y ; 動作指令 (0 (停止)、1 (開)、-1 (閉))

τB ; 動作速度 [1/sec]

Δt ; タイムステップ [sec]

表VA-1 モジュールVAサブルーチンリスト

サブルーチン名	機 能	属 性
VACONT	モジュールVA計算コントロール	MODULE SUB.
VAREAD	モジュールVA関連入力データの読み込み	MODULE SUB.
VABLOK	モジュールVA関連入力データのゼロクリア他	MODULE SUB.
VARSTA	モジュールVA RESTART FILEの書出し、読み込み	MODULE SUB.
VASTAT	モジュールVA初期設定計算	MODULE SUB.
VATRNS	モジュールVA過渡計算	MODULE SUB.
VATDEL	モジュールVA計算済み時間巾の計算	MODULE SUB.
VAWRIT	モジュールVA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	VAMI 1			(1/1)
関連サブルーチン				
モジュールVA モジュールサブルーチン			入力サブルーチン名	VAREAD
			ネームリスト名	NAMVA1
変数名	意味	単位	備考	
NNVN	モジュールVA 弁の数 (max. KNVA)	—		
IMDLVN (j)	モジュールVA(j) 計算実行の可否 =1:実行する, ≠1:実行しない	—		
TMAXVN (j)	モジュールVA(j) 計算終了時間	sec		
DTIMVN (m, j)	} モジュールVA(j) DTIMVN(m, j) ≤ ETVN(j)の時 DELTVN(j) = DDELVN(m, j)	sec		
DDELVN (m, j)		sec		
ISTAVN (j)	モジュールVA(j) =1;SUB.VASTATの出力を行う =2;SUB.VASTATの出力を行う (詳細出力)	—		
IDBGVN (j)	モジュールVA(j) =1;中間出力を行う =2;中間出力を行う (詳細出力)	—		
OUTVN (1, j)	モジュールVA(j) 中間出力時間の指定	sec		
j=KNVA, m=5, l=30				

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	VAMI2 (1/5)		
関連サブルーチン			
モジュールVA モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	VAREAD
		ネームリスト名	NAMVA2
変数名	意味	単位	備考
NVNSOT (j)	j 番目空気冷却器 開度比指令値に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
NVN XVN (j)	j 番目空気冷却器 開度に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
NFLWVS (j)	j 番目空気冷却器 空気流量に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
NVS1 (j)	j 番目空気冷却器 起動モード信号に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
NVS2 (j)	j 番目空気冷却器 制御モード信号に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
NVS3 (j)	j 番目空気冷却器 停止モード信号に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
MOD1 (j)	j 番目空気冷却器 モードⅠ信号に対応するプール変数番号 (注)	—	TEMP に対応
MOD2 (j)	j 番目空気冷却器 モードⅡ信号に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
MOD3 (j)	j 番目空気冷却器 モードⅢ信号に対応するプール変数番号	—	TEMP に対応
	(注) 制御モード時使用		
	j=KNVA		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	VAMI2		(2/5)
関連サブルーチン			
モジュールVA モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	VAREAD
		ネームリスト名	NAMVA2
変数名	意味	単位	備考
XVNMAX (j)	j 番目空気冷却器 開度比 最大値	-	
XVNMIN (j)	j 番目空気冷却器 開度比 最小値	-	
	j 番目空気冷却器 モードI フィットティングデータ		
XZTBL1 (j, i)	開 度	-	
ZZTBL1 (j, i)	空気流量	kg/sec	
ITBLZ1 (j)	フィットティングデータ個数	-	
GNTBZ1 (j)	ゲイン	-	
	モードII フィットティングデータ		
XZTBL2 (j, i)	開 度	-	
ZZTBL2 (j, i)	空気流量	kg/sec	
ITBLZ2 (j)	フィットティングデータ個数	-	
GNTBZ2 (j)	ゲイン	-	
	j=KNVA, i=20		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	VAMI 2 (3/5)		
関連サブルーチン			
モジュールVA モジュールサブルーチン	入力サブルーチン名	VAREAD	
	ネームリスト名	NAMVA2	
変数名	意味	単位	備考
	j 番目空気冷却器 モードⅢ フィッティングデータ		
XZTBL3 (j, i)	開 度	—	
ZZTBL3 (j, i)	空気流量	kg/sec	
ITBLZ3 (j)	フィッティングデータ個数	—	
GNTBZ3 (j)	ゲイン	—	
	j=KNVA, i=20		

変数名リスト

コモンブロック名	VAMI2 (4/5)		
関連サブルーチン			
モジュールVA モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	VAREAD
		ネームリスト名	NAMVA2
変数名	意味	単位	備考
	j 番目空気冷却器 起動モード フィッティングデータ		
TFTBL1 (j, i)	時間	sec	
XFTBL1 (j, i)	空気流量	kg/sec	
ITBL1 (j)	フィッティングデータ個数	-	
ISTBL1 (j)	—	-	(注)
GNTBL1 (j)	ゲイン		
	停止モード フィッティングデータ		
TFTBL2 (j, i)	時間	sec	
XFTBL2 (j, i)	空気流量	kg/sec	
ITBL2 (j)	フィッティングデータ個数	-	
ISTBL2 (j)	—	-	(注)
GNTBL2 (j)	ゲイン		
	(注) 2 を入力		
	j=KNVA, i=20		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	VAMI2 (5/5)		
関連サブルーチン			
モジュールVA モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	VAREAD
		ネームリスト名	NAMVA2
変数名	意味	単位	備考
	j 番目空気冷却器 制御モード時ベーン、ダンパ動作特性データ		
TAUA (j)	j 番目空気冷却器 1次遅れ時定数又は開閉速度	sec又は 1/sec	
VLATE (j)	j 番目空気冷却器 むだ時間遅れ	sec	
AKESME (j)	j 番目空気冷却器 指令値種類 = 0 ; 開度指令, = 1 ; 開閉指令	-	
IXCHAR (j)	j 番目空気冷却器 動作特性	-	
	= 1 ; むだ時間 + 1次遅れ = 2 ; むだ時間 + 一定速度		
	j=KNVA		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	VAM2	(1/2)	
関連サブルーチン			
モジュールVA モジュールサブルーチン			
変数名	意味	単位	備考
XVN (i)	j番目空気冷却器 ベーン、ダンパ開度比	-	プール変数と接続
YVN (j)	j番目空気冷却器 ベーン、ダンパ開度比指令値or動作指令値	- (注)	プール変数と接続
VSFLWS (j)	j番目空気冷却器 空気流量	kg/sec	プール変数と接続
IVSSTA (j)	j番目空気冷却器 起動モード信号 = 1 ; 起動モード	-	プール変数と接続
IVSCON (j)	j番目空気冷却器 制御モード信号 = 1 ; 制御モード	-	プール変数と接続
IVSSTP (j)	j番目空気冷却器 停止モード信号 = 1 ; 停止モード	-	プール変数と接続
IMODE1 (i)	j番目空気冷却器 モードI信号 = 1 ; モードI	-	プール変数と接続
IMODE2 (i)	j番目空気冷却器 モードII信号 = 1 ; モードII	-	プール変数と接続
IMODE3 (i)	j番目空気冷却器 モードIII信号 = 1 ; モードIII	-	プール変数と接続
	(注) 開度比 0 ; 全閉~1.0 ; 全開 動作指令値 0 ; 停止、1.0 ; 開、-1.0 ; 閉		
	j=KNVA, i=2*KNVA		

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名	VAM2 (2/2)		
関連サブルーチン	モジュールVA モジュールサブルーチン		
変数名	意味	単位	備考
XNMX (200, j)	j 番目空気冷却器 むだ時間送れ計算用変数	—	
XNM (j)	j 番目空気冷却器 むだ時間送れ計算用変数	—	
XINT (j)	j 番目空気冷却器 ベーン、ダンパ開度比初期値	—	
WINT (j)	j 番目空気冷却器 空気流量開度比初期値	kg/sec	
ISIGN1 (j)	j 番目空気冷却器 起動モード時系列フィッティング開始時間設定インデックス	—	
ISIGN2 (j)	j 番目空気冷却器 停止モード時系列フィッティング開始時間設定インデックス	—	
ETSTOR (j)	j 番目空気冷却器 時系列フィッティング開始時間	sec	
IFLAGM (j)	j 番目空気冷却器 モード I、II、III 切り替えインデックス = 1 ; 流量一定	—	
	j=KNVA		

変 数 名 リ ス ト

3.23 モジュール V V (各種弁の計算)

モジュール V V

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	V L V N	弁抵抗係数	V L V N
流量	F L W N	湧出・消滅流量	F L W N
圧力	P R S N	圧力バウンダリの圧力	P R S N
ガスの比重又は蒸気過熱度	T E M P	弁開度	V L V N

3 モデルの概要

(1) 独立した弁の最大数は、K N V V (注) 個。

(2) 各弁は、

弁の動作特性

弁の圧損特性

流動計算中での取扱い

を、任意に選択できる。

(注) K N V V 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>

$$\tau_A \frac{dx(t)}{dt} = (1 - y(t-L)) - x(t) \quad (\text{ON-OFF弁 ON: 閉の場合})$$

$$\tau_A \frac{dx(t)}{dt} = y(t-L) - x(t) \quad (\text{その他}) \quad \text{————— (1)}$$

但し, x ; 開度

y ; 開度指令 (動作指令 OFF; 0, ON; 1)

τ_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)

$$x(t) = x(t_0) + y(t-L) \tau_B \Delta t a \quad \text{————— (2)}$$

但し, x ; 開度

y ; 開度指令

τ_B ; 動作速度 [1/sec]

Δt ; タイムステップ [sec]

a ; 開閉極性 ($\pm 1, 0$)

<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。(流量フィテイングも可)

(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>

$$C_v = C_{v \max} \cdot x \quad \text{————— (3)}$$

但し, 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>

$$Cv = Cv \min \left(\frac{Cv \max \quad x / x \max}{Cv \min} \right) \quad \text{—————} \quad (4)$$

但し, $Cv \min$; 弁の制御可能下限値

$Cv \max$; 弁の制御可能上限値

$x \max$; $Cv \max$ 時の弁開度比

<特性曲線図>

弁 Cv 値と弁開度の関係をテーブルフィテイングで与える。(弁開度から直接抵抗係数、流量フィテイングもできる。)

(3) 弁の Cv 値相関式

流量, 弁差圧, Cv 値の関係は, 下記の中から選択する。

水・ナトリウム

$$Cv = 1.17 Q_L \sqrt{GT / h} \quad \text{—————} \quad (5)$$

過熱蒸気, 非臨界流

$$Cv = Q_s (1.0 + 0.0013s) / 19.4 / \sqrt{P_m h} \quad \text{—————} \quad (6)$$

過熱蒸気, 臨界流

$$Cv = Q_s 0.084 (1.0 + 0.0013s) / P_1 \quad \text{—————} \quad (7)$$

ガス常温, 非臨界流

$$Cv = Q_g G_g / 24.0 / \sqrt{h P_m} \quad \text{—————} \quad (8)$$

ガス高温, 非臨界流

$$Cv = Q_g G_g (273.16 + T) / 404.0 / \sqrt{h P_m} \quad \text{—————} \quad (9)$$

タービン, ストドラの式

$$G = \Phi \sqrt{P_{in}^{**2} - P_{out}^{**2}} / \sqrt{273.16 + T} \quad \text{—————} \quad (10)$$

但し, 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]

GT ; 密度 [g / cm^3]

G_g ; 密度 [g / cm^3]

h	; 弁差圧	[	\text{kg/cm^2]
P_m	; 平均絶対圧	[	\text{kg/cm^2]
P_1	; 弁元圧	[	\text{kg/cm^2]
s	; 過熱度	[	$^{\circ}\text{C}$]
T	; 温度	[	$^{\circ}\text{C}$]
Φ	; ストドラ係数	[—]
P_{in}	; タービン入口圧力	[	\text{kg/m^2]
P_{out}	; タービン出口圧力	[	\text{kg/m^2]
G	; タービン蒸気流量	[	\text{kg/sec]

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 RESTART FILE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.

変数名	意味	単位	備考
IXCHAR (i)	i 番目バルブ 弁動作特性 = 1 ; むだ時間 + 1 次遅れ = 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)	i 番目バルブ モジュール計算出力内容 = 1 ; 圧損係数計算 (ICVCH3(j)=1, 2, 4, 5, の時) = 2 ; 流量計算 (境界条件) (ICVCH3(j)=2, 3 の時) = 3 ; 圧力計算 (境界条件) (ICVCH3(j)=3 の時)	—	
ICVCH2 (i)	i 番目バルブ 弁特性 (弁開度から) = 1 ; リニア特性 = 2 ; イコール%特性 } (Cv 値) = 3 ; Cv 値特性曲線図 = 4 ; ζ 値特性曲線 = 5 ; 流量フィッティング = 6 ; タービン	—	IXCHAR(i) =1-3の時
ICVCH3 (i)	i 番目バルブ Cv 値相関式 = 1 ; 液体 = 2 ; 非臨界流 (蒸気) = 3 ; 臨界流 (蒸気) = 4 ; 非臨界流 (常温気) = 5 ; 非臨界流 (高温気)		ICVCH2(i) =1-3の時
	i=KNVV		

変数名リスト

コモンブロック名	V V M I 2 (4/6)		
関連サブルーチン			
モジュール V V モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	VVREAD
		ネームリスト名	NAMVV2
変 数 名	意 味	単 位	備 考
	j 番目バルブ 弁動作特性データ		
TAUA (i)	j 番目バルブ 1 次遅れ時定数又は弁開閉速度	sec又は 1/sec	IXCHAR(i) =1, 2の時
V L A T E (i)	j 番目バルブ むだ時間遅れ	sec	IXCHAR(i) =1, 2の時
A K E S M E (i)	j 番目バルブ 開閉指示極性値	-	IXCHAR(i) =1, 2の時
	= 0 ; NON ON-OFF (弁開度指令入力) = 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)		
T F T B L 1 (j, i)	FITTING TABLE $x_j = f(t_j)$ の t_j の値	sec	IXCHAR(i) =3, 4の時
X F T B L 1 (j, i)	FITTING TABLE t_j に対応する x_j の値	(注)	IXCHAR(i) =3, 4の時
I T B L 1 (i)	FITTING TABLE FITTING DATA個数	-	IXCHAR(i) =3, 4の時
G N T B L 1 (i)	FITTING TABLE ゲイン	(注)	IXCHAR(i) =3, 4の時
	(注) 弁開度比 (if IXCHAR(j)=3) 流量 (kg/sec) (if IXCHAR(j)=4)		
X V N M A X (i)	FITTING TABLE 弁開度比 最大値	-	
X V N M I N (i)	FITTING TABLE 弁開度比 最小値	-	
	i=KNVV, j=20		

変 数 名 リ ス ト

変数名	意	味	単 位	備 考
	i 番目バルブ弁特性データ			
CVMAX (i)	i 番目バルブ {Cv} max			ICVCH2(i) =1, 2の時
CVMIN (i)	i 番目バルブ {Cv} min			ICVCH2(i) =2の時
XMAX (i)	i 番目バルブ {Cv} max の時の弁開度比			ICVCH2(i) =2の時
COEFK2 (i)	i 番目バルブ 圧損係数への換算係数			ICVCH2(i) =4の時
XZTBL (j, i)	FITTING TABLE 弁開度比 x j の値	-		ICVCH2(i) =3, 4, 5の時
ZZTBL (j, i)	FITTING TABLE x j に対応する 値	(注)		ICVCH2(i) =3, 4, 5の時
ITBLXZ (i)	FITTING TABLE FITTING DATA個数	-		ICVCH2(i) =3, 4, 5の時
GNTBL (i)	FITTING TABLE ゲイン	(注)		ICVCH2(i) =3, 4, 5の時
	(注) Cv 値 (IF ICVCH2(j)=3), 抵抗係数 (IF ICVCH2(j)=4), 流量 (kg/s) (IF ICVCH2(j)=5)			ICVCH2(i) =3, 4, 5の時
PHIMAX (i)	j 番目バルブ ストドラ係数最大値	-		ICVCH2(i) =6の時
P2 (i)	タービン出口圧力	kg/m ²		ICVCH2(i) =6の時
T1 (i)	入口蒸気温度	K		ICVCH2(i) =5の時
	j=KNVV, i=20			

変 数 名 リ ス ト

コモンブロック名		V V M I 2		(6/6)
関連サブルーチン				
モジュール V V モジュールサブルーチン		入力サブルーチン名	VVREAD	
		ネームリスト名	NAMVV2	
変 数 名	意 味	単 位	備 考	
	i 番目バルブ Cv 値相関式データ			
GT (i)	i 番目バルブ 液体の比重	kg/m ³	ICVCH3(i) =1, 4, 5の時	
PINT (i)	i 番目バルブ 圧損の初期値	kg/m ³		
WINT (i)	i 番目バルブ 流量の初期値	kg/sec		
SINT (i)	i 番目バルブ 過熱度の初期値	℃	ICVCH3(i) =2, 3の時	
PMINT (i)	i 番目バルブ 圧力の初期値	kg/m ³	ICVCH3(i) =2, 4, 5の時	

変 数 名 リ ス ト

変数名	意 味	単 位	備 考
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> コモンブロック名 VVM1 (1/1) </div>			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 関連サブルーチン </div>			
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
ETVN (i)	モジュールVV (i) 計算経過時間	sec	
DELTVN (i)	モジュールVV (i) 計算進み時間巾	sec	
MVN1 (i)	モジュールVV (i) タイムメッシュ (1ステップ前)	—	
MVN2 (i)	モジュールVV (i) タイムメッシュ (現ステップ)	—	
IOUTVN (i)	モジュールVV (i) 中間出力時間メッシュ指定	—	
	i=KNVV		

変数名リスト

3.24 モジュール Y (エレメント・サブルーチン)

サブルーチン説明書

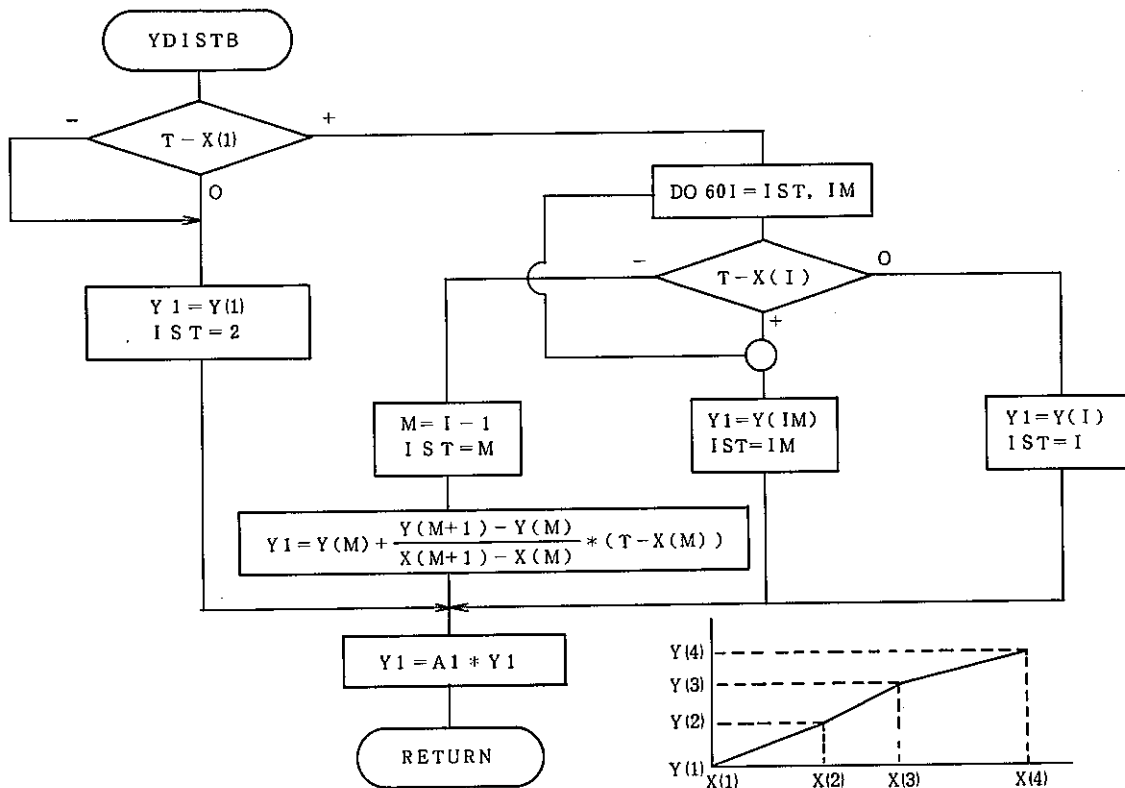
CALLED SEQUENCE		SUBROUTINE YBOUND(NDIV13, A, B, C, F)	
機能	3重対角マトリックスを解く		
引数名	I/O	単位	説明
NDIV13	I	-	n
A	I	-	a_i
B	I	-	b_i
C	I	-	c_i
F	I/O	-	k_i 及び x_i [入力] [出力]
備考	<p>The diagram illustrates the tridiagonal matrix system $Ax = k$. The matrix A is represented by a large bracketed structure containing elements b_i, c_i, a_i, b_i, c_i, a_i, b_i, c_i, a_i, b_i, c_i along the main diagonal and sub-diagonals. The upper and lower triangular regions are filled with '0'. The vector x is shown as a column vector with elements x_1, x_2, \dots, x_n. The vector k is shown as a column vector with elements k_1, k_2, \dots, k_n. An equals sign is placed between the matrix and the vector x.</p>		

サブルーチン説明書

CALLED SEQUENCE		SUBROUTINE 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

備

考



サブルーチン説明書

CALLED SEQUENCE		SUBROUTINE 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	$a_{1,1} x_1 + a_{1,2} x_2 + \dots + a_{1,n} x_n = c_1$ $a_{2,1} x_1 + a_{2,2} x_2 + \dots + a_{2,n} x_n = c_2$ \vdots $a_{n,1} x_1 + a_{n,2} x_2 + \dots + a_{n,n} x_n = c_n$ R (I) <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td>c₁</td> <td>c₂</td> <td>.....</td> <td>c_n</td> </tr> </table> A (I) <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <tr> <td>a_{1,1}</td> <td>a_{2,1}</td> <td>.....</td> <td>a_{n,1}</td> <td>a_{1,2}</td> <td>a_{2,2}</td> <td>.....</td> <td>a_{n,2}</td> <td>.....</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin-left: 200px; margin-top: 20px;"> <tr> <td>a_{1,n}</td> <td>a_{2,n}</td> <td>.....</td> <td>a_{n,n}</td> </tr> </table>			c ₁	c ₂	c _n	a _{1,1}	a _{2,1}	a _{n,1}	a _{1,2}	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 _{1,2}	a _{2,2}	a _{n,2}												
a _{1,n}	a _{2,n}	a _{n,n}																	

サブルーチン説明書

CALLED SEQUENCE		SUBROUTINE 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	—	流体進み時間の小数計	

EX. メッシュ数10
 DELT間に進むメッシュ数4

DELT間に進むメッシュ数 (整数部) LUMP1=INT(XLUM1)
 DELT間に進むメッシュ数 (少数部) XLUM =XLUM1-LUMP1

整流時

備	TN	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)	ILUM1=LUMP1+2	ILL	I
			IEND=NMESH+1	6	→ 10
			DO 131 I=IEND, ILUM1, -1	5	→ 9
			ILL=I-LUMP1	4	→ 8
			TN(I)=TN(ILL)	3	→ 7
			ILUM2=LUMP1+1	2	→ 6
	TN	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)	DO 132 I=2, ILUM2		I
	DELT				2
	後入口		132 TN(I)=TN(I)		3
	温度				4
	(境界温度)				5

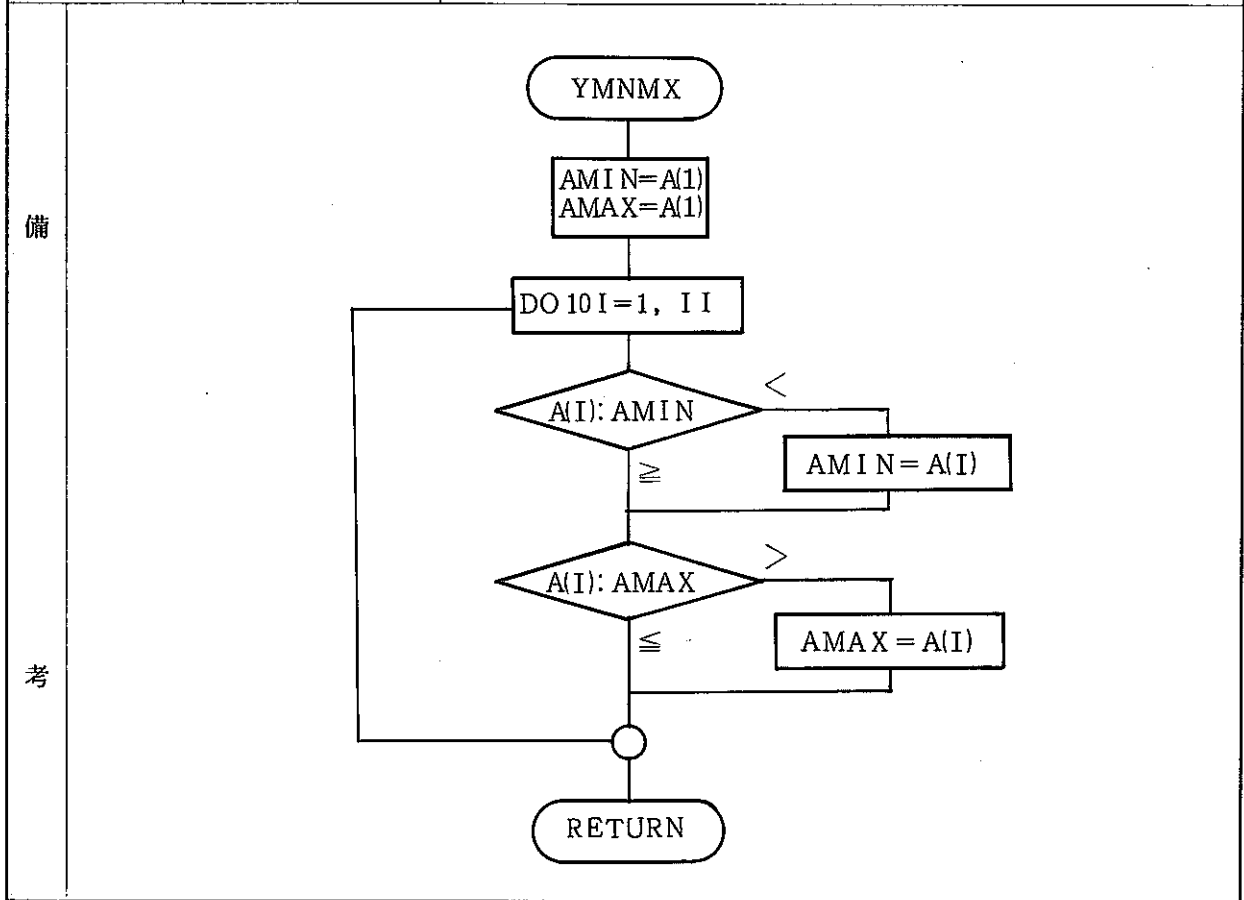
逆流時

考	TN	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)	ILUM1=NMESH+LUMP1	ILL	I
			DO 111 I=1, ILUM1	5	→ 1
			ILL=I-LUMP1	6	→ 2
			TN(I)=TN(ILL)	7	→ 3
			ILUM2=ILUM1+1	8	→ 4
	TN	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)	IEND=NMESH+1		I
	DELT		DO 112 I=ILUM2, NMESH		6
	後		112 TN(I)=TN(IEND)		7
					8
					9
					10

出口温度 (境界温度)

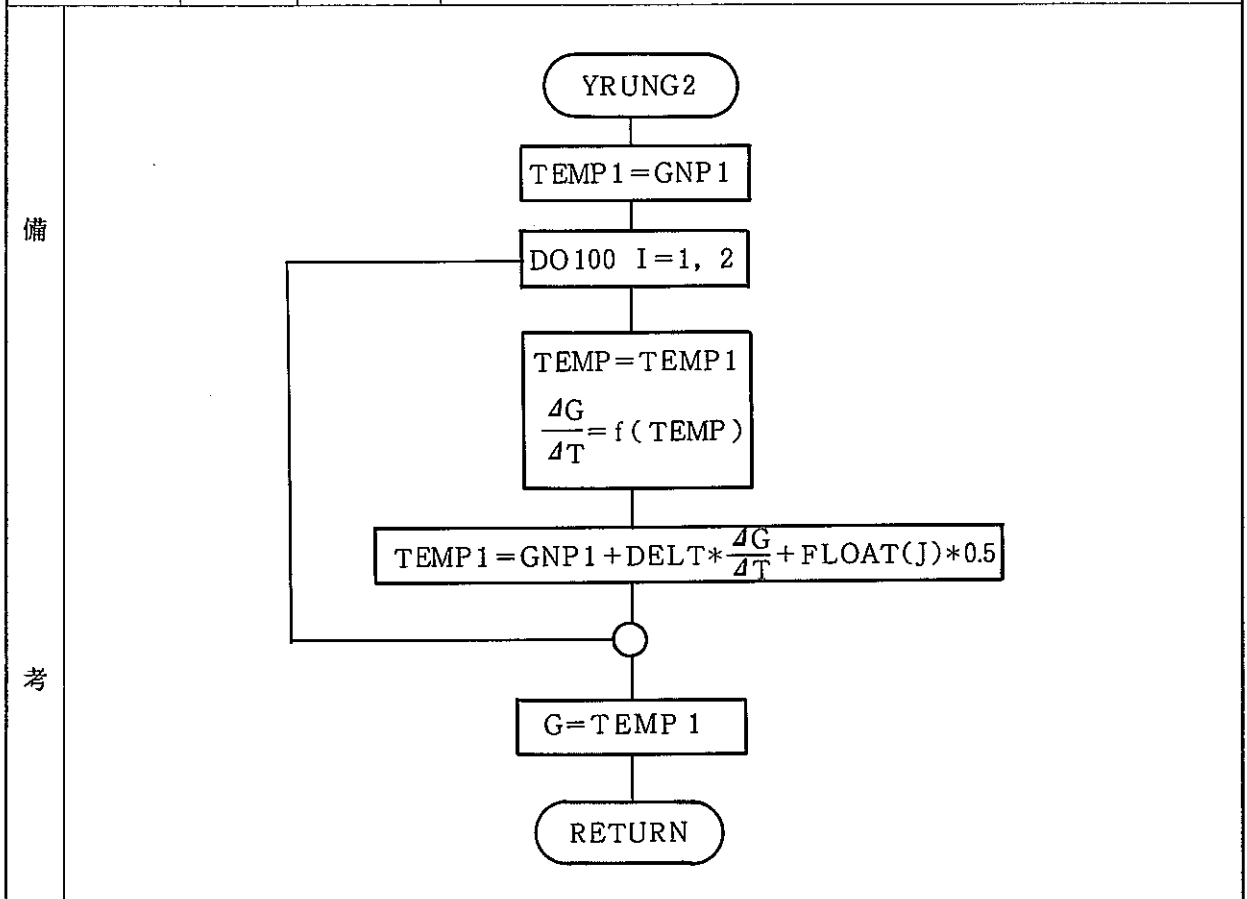
サブルーチン説明書

CALLED SEQUENCE		SUBROUTINE 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	



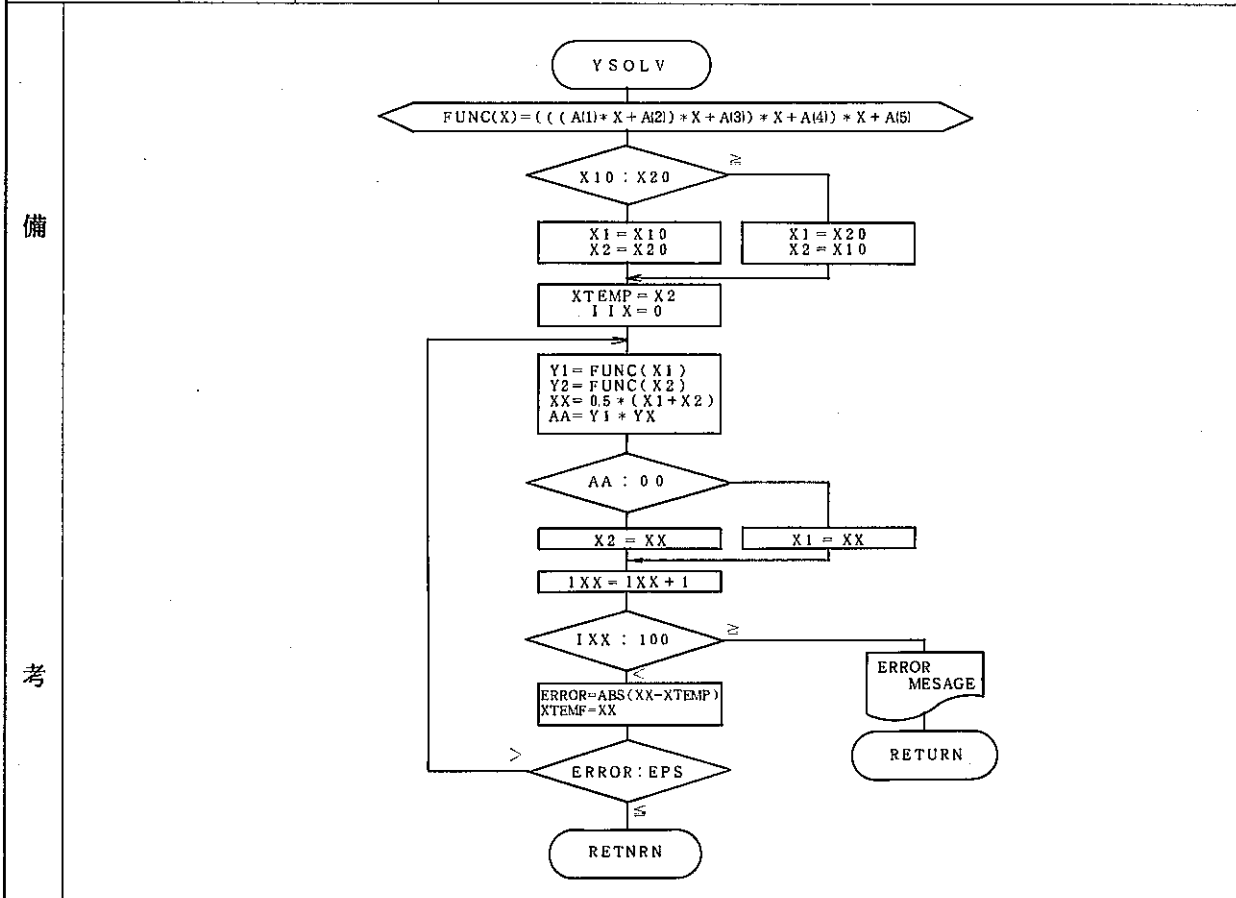
サブルーチン説明書

CALLED SEQUENCE		SUBROUTINE YRUNG2 (DP, ELCX, FCCX, G, GNP1, DELT)		
機能	2 次のRUNGE-KUTTA法			
引 数 名	I/O	単 位	説 明	
DP	I		駆動力項	
ELCX	I		流体慣性項	
FCCX	I		圧損項	
G	O		流量 (現ステップ)	
GNP1	I		流量 (前ステップ)	
DELT	I		計算進み巾	



サブルーチン説明書

CALLED SEQUENCE		SUBROUTINE 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	
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	



3.25 モジュール Z (物性値計算)