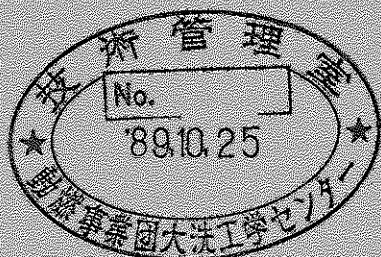


13 7月31

# ナトリウム－水反応解析コード SWACS/REG4

## 使 用 説 明 書



1989年7月

### 技術資料コード

開示区分	レポート No.
S	N9520 89-016

この資料は 図書室保存資料です  
閲覧には技術資料閲覧票が必要です

動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室

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)



配付限定期  
PNC TAN9520 89-016  
1989年 7月

大リーグ・ナトリウム-水反応解析コード SWACS/REG4  
使用説明書

浜田広次・鈴木道博\*\*  
姫野嘉昭・

要旨

「SWACS」コードは総合化コードであり、大リーグ・ナトリウム-水反応に伴う初期スパイク圧と、その二次系への伝播、準定常圧上昇過程およびこれらの現象を支配する主要因子たる水噴出率の4つの計算モジュールから構成される。さらにこれらの各計算モジュールの入出力を管理し、かつ必要により連立計算を実施させるためのメイン・ルーチンがある。

従来「SWACS」コードは、2次系に有液面型SGを設置した原型炉を対象に開発が行なわれてきた。このコードを無液面型でかつ大型のSGを設置した体系に適応するためと、評価精度の向上を図るために、コードの改良を現在進めており、既に初期スパイク圧／圧力波伝播計算モジュールについては改良を終了した。

本報告書は「SWACS」コードの使用者のために、改良後の「SWACS」コードについてその概要及び使用法をまとめたものである。主な内容は計算コードの実行の流れ、入出力形式、計算モデル、ファイル管理、ならびにサンプル計算例、プロッタ・プログラムの使用法である。

\* 大洗工学センター・プラント安全工学室

\*\* 茨城ソフトウェア開発㈱



NOT FOR PUBLICATION  
PNCT BN9520 89-016  
JULY, 1989

Modification of the Large Leak Sodium-Water Reaction Analysis Code,  
SWACS/REG4, for Large Steam Generators Having Non-Cover Gas Space.  
(User's Manual)

H. Hamada\*, M. Suzuki\*\*,  
Y. Himeno\*

#### ABSTRACT

"SWACS" is an integrated computer code consisting of four calculation modules to analyze the consequence of large scale sodium-water reaction: the initial pressure spike and its propagation in the secondary system, the quasi-steady-state pressure, and the water leak rate from failed tube that governs whole accident sequence.

The original SWACS code was developed for prototype fast breeder reactor to evaluate the accidents in their steam generators having cover gas spaces. Following to the development, modification of the code is conducting to apply it to steam generators having no-cover gas spaces as well as to improve an accuracy of the calculated results. So far, modifications of the initial pressure spike and its propagation calculation modules have been completed. Therefore, the present user's manual was prepared.

This report presents the overview of the modified version of the code. Its contents are the calculation flow, the input/output format, the calculation models, the date files, the results of sample calculations, and the operation of plotter program.

---

\*) FBR Plant Safety Section, Safety Engineering Division,  
O-arai Engineering center, PNC

\*\*) Ibaraki Software development, Inc.

## 目 次

1.はじめに	1
2.計算機能	2
2.1 解析対象	2
2.2 計算モジュール	2
(1) 水噴出率計算モジュール(SWAC11)	3
(2) 初期スパイク圧計算モジュール(SWAC57)	3
(3) 圧力波伝播計算モジュール(SWAC5K)	3
(4) 準定常圧計算モジュール(SWAC13)	3
3.計算の流れ	6
4.入力形式	8
4.1 入力データ、カード・デックの構成	8
4.2 コントロール・データ	12
4.2.1 コントロール整数データ	12
4.2.2 コントロール実数データ	12
4.2.3 補足説明	12
4.3 水噴出率計算データ	20
4.3.1 整数データ	20
4.3.2 実数データ	20
4.3.3 補足説明	30
4.3.3-1 計算モデル	30
4.3.3-2 計算条件	31
4.3.3-3 計算メッシュ巾	35
4.3.3-4 その他のオプション	36
4.4 初期スパイク圧計算データ	37
4.4.1 整数データ	37
4.4.2 実数データ	37
4.4.3 補足説明	50
4.4.3-1 計算モデル	50
4.4.3-2 計算条件	59
4.4.3-3 計算メッシュ巾	74

4.5 準定常圧計算データ	75
4.5.1 整数データ	75
4.5.2 実数データ	75
4.5.3 捕足説明	84
4.5.3-1 計算モデル	84
4.5.3-2 計算条件	88
4.5.3-3 計算メッシュ巾	93
4.6 圧力伝播計算データ	94
4.6.1 整数データ	94
4.6.2 実数データ	94
4.6.3 捕足説明	94
5. 入出力ファイル	106
5.1 概要	106
5.2 プロット用データ・ファイル	106
5.3 テーブル・データ・ファイル	108
5.4 リスタート用計算ファイル	109
6. 出力形式	111
7. あとがき	116
8. 参考文献	117

付  
録

付録A サンプル計算	119
A - 1 初期スパイク圧／圧力波伝播計算 (SWAC57R)	120
付録B プロット・プログラムについて	127
B - 1 概 要	127
B - 2 入出力手続き	127
B - 3 プロット形式	129
B - 4 コントロール・データ構成	131
B.4-1 I N T C A R D S	132
B.4-2 モジュール単位のカード構成	133
B - 5 プロット・データの指定方法	135
B - 6 サンプル・インプット	136

## 図　リ　ス　ト

図2-1.	S W A C S の計算モジュール結合関係	4
図2-2.	S W A C S 基本構成図	5
図3-1.	S W A C S コードの計算の流れ	7
図4-1.	S W A C S の入力データ・カード・デックの構成	10
図4-2.	入力データ・カードの形式例	11
図4.3-1.	流路断面積変化の取扱い	30
図4.3-2.	水噴出率計算モデル (ICRW=1の場合)	30
図4.3-3.	水噴出率計算モデル (ICRW=2の場合)	31
図4.3-4.	水噴出率計算モデル (IHBN=0の場合)	32
図4.3-5.	水噴出率計算モデル (IHBN=1の場合)	32
図4.4-1.	セクション、部材、接合点のモデル化例	51
図4.4-2.	セクション、部材の両端接合点番号の入力例	52
図4.4-3.	反応点付近の球モデルの分割	53
図4.4-4.	球モデルと柱モデルの接続	54
図4.4-5.	ヘリカルコイル型SG体系での球モデルと側部柱モデルの分割例	54
図4.4-6.	固定気泡境界モデル(FBM)	55
図4.4-7.	パンケーキ・モデル(BTM)	56
図4.4-8.	差込み配管モデル	58
図4.4-9.	サージタンク接合点	61
図4.4-10.	ナトリウム中ラップチャディスク接合点	62
図4.4-11.	オリフィス接合点	66
図4.5-1.	ノード・リンクのモデル例	84
図4.5-2.	サブリンクの分割例	85
図4.5-3.	カバーガス部のノード分割例	86
図4.5-4.	デッドエンド・ノードの扱い	86
図4.5-5.	リンクの流れ方向定義例	87
図5-1.	S W A C S コードの入出力の流れ	107
図6-1.	入力データの出力形式	112
図6-2.	水噴出率計算の出力形式	113

図6-3.	初期スパイク圧計算および圧力波伝播計算の出力形式	114
図6-4.	準定常圧計算の出力形式	115
図A-1.	PEPT試験装置体系図	123
図A-2.	PEPT試験装置体系計算ネットワークモデル図	124
図A-3.	サンプル計算用入力圧力波形	125
図A-4.	SG胴下部配管接合部での圧力波形	125
図A-5.	接液型ダブルラップチャディスク部での圧力波形	126
図B-1.	プロッタ処理フロー	128
図B-2.(a)	プロット形式－1例	129
図B-2.(b)	プロット形式－2例	130
図B-3.	プロッタ・プログラム・データカード・デック構成	131
図B-4.	コントロール・データの読み込みの流れ図	137

## 表 リ ス ト

表4.2.1 コントロール整数データ (CONT-ID) .....	13
表4.2.2 コントロール実数データ (CONT-RD) .....	19
表4.3.1 水噴出率計算整数データ (SWAC11-ID) .....	21
表4.3.2 水噴出率計算実数データ (SWAC11-RD) .....	25
表4.3.3 境界条件の指定 .....	33
表4.4.1 初期スパイク圧計算整数データ (SWAC57-ID) .....	38
表4.4.2 初期スパイク圧計算実数データ (SWAC57-RD) .....	43
表4.4.3 初期スパイク圧計算／圧力波伝播計算の境界条件 .....	69
表4.5.1 準定常圧計算整数データ (SWAC13-ID) .....	76
表4.5.2 準定常圧計算実数データ (SWAC13-RD) .....	79
表4.5.3 記号表 (初期条件計算) .....	89
表4.6.1 圧力波伝播計算整数データ (SWAC5K-ID) .....	95
表4.6.2 圧力波伝播計算実数データ (SWAC5K-RD) .....	99
表5.1 プロット用データの出力ユニットと指定データ .....	106
表5.2 水噴出率テーブルのコントロール・データ .....	108
表5.3 圧力波テーブルのコントロール・データ .....	109
表5.4 水噴出率計算リストア時のファイルの継続 .....	110
 表A.1 初期スパイク圧／圧力波伝播計算サンプル計算入力データ .....	121

表B-1 水噴出率計算コードのプロット用データ番号 .....	138
表B-2 初期スパイク圧／圧力波伝播計算コードのプロット用データ番号 .....	139
表B-3 初期スパイク圧計算コード(SWAC47R)のプロット用データ記号 .....	140
表B-4 準定常圧計算コード(SWAC13)のプロット用データ番号 .....	142
表B-5 ダウンカマ部圧力伝播計算コード(SWAC5KII)のプロット用データ番号 .....	143
表B-6 S O L A - L O O P コードのプロット用データ番号 .....	144
表B-7 準定常圧計算コード(SWAC13E)のプロット用データ番号 .....	145
表B-8 X-Y・データのプロット用データ番号 .....	147

## 1.はじめに

高速増殖炉(FBR)の2次系における蒸気発生器(SG)大リーク事故時の過渡圧力流動挙動を解析する「SWACS」コードは、2次系に有液面型SGを設置した原型炉を対象に開発が行なわれてきた。このコードを無液面型でかつ大型のSGを設置した体系に適応するためと、評価精度の向上を図るために、コードの改良・整備を現在進めている。これまで既に、初期スパイク圧／圧力波伝播計算モジュールについては無液面型SGを設置した体系への改良を終了し、また他の計算モジュールについても解析機能追加のために幾つかの修正を実施した。

本報告書は、「SWACS」コード使用者の便宜を図るために、旧バージョンの取り扱い説明書を改訂し、新バージョンのコード概要及び使用法についてまとめたものである。主な内容は、コードの概要説明、入出力形式、コントロール・データの取扱い、入力データの作成方法等であり、また付録としてサンプル・プログラム「SWACS.PLOT」の使用法も加えた。

## 2. 計算概要

### 2.1 解析対象

解析の対象は伝熱管破断が発生した事故 SG（以下で述べる準定常圧計算ではカバーガス空間を有しあつ放出系がこの空間に接続されている形式を対象とする），それと連結する健全な SG，2次主冷却系機器である配管，ポンプ，弁，及び中間熱交換器等である。

解析時間は、破断した伝熱管から噴出した水／蒸気とナトリウムとの反応によって初期スパイク圧が発生し、この圧力が系内を伝播・減衰し、その後水素のビルトアップによって上昇する圧力が圧力開放系（放出系）により大気圧まで減衰されて、ナトリウム－水反応が終了するまでである。

### 2.2 計算モジュール

SWACSコードでは、ナトリウム－水反応によって生じる事象を現象別に4つに分け、各々に対して独立した計算モジュールを有している。各計算モジュールは計算結果の引渡し、あるいは連動計算によって結合されている。

旧バージョンのコード（SWACS-REG3）に含まれる4つの計算モジュールの相互関係を図2.1に、また新バージョンの構成を図2.2に示す。その主な改造は、旧バージョンの初期スパイク圧（SWAC57）／圧力波伝播（SWAC5K）計算モジュールを無液面型SGへ適用可能としたもので、両モジュールをSWACSから分離・合体して新バージョン（SWAC57R）とした。この計算モジュールの中で独立した初期スパイク圧計算や圧力波伝播計算も行える。新バージョンの水噴出率計算モジュール（SWAC11）は水／蒸気流動モデルとして流路の分岐・断面積変化の取扱を可能とした。なお、準定常圧計算モジュール（SWAC13）にはコード自体の改造を行っておらず、旧バージョンと基本的に同等の内容である。

本報告書で述べるSWACS/REG4バージョンは、上記のSWAC57R, SWAC11, 及びSWAC13のモジュール全体を指す。各計算モジュールの概要を以下で述べる。

(1) 水噴出率計算モジュール<sup>2), 14)</sup>

蒸気発生器内で伝熱管が瞬時完全破断した場合の破断口両端からの水噴出率変化を計算する。計算対象は入口／出口ヘッダおよび破断口を境界とした事故蒸気発生器伝熱管内の水／蒸気の流動であり、サブクール水、飽和二相流、過熱蒸気の相変化を考慮した一次元流動を連続の式、運動方程式、エネルギー保存式より計算する。数値解法は修正ICE法<sup>11)</sup>を用いている。

(2) 初期スパイク圧計算モジュール<sup>3), 14)</sup>

ナトリウム－水反応により発生した水素ガス気泡が球状に等温膨張すると仮定し、事故蒸気発生器内の初期スパイク圧挙動を計算する。反応部は球モデル、離れた部分では柱モデル、界面移動モデルでナトリウムの圧縮性を考慮した一次元水撃方程式を特性曲線法<sup>12)</sup>により解く。境界として自由液面、盲端、流路分岐等を、圧力開放系としてはシングル型及びダブル型のラプチャディスクを考慮することができる。

(3) 圧力波伝播計算モジュール<sup>4), 14)</sup>

事故蒸気発生器で発生した初期スパイク圧が2次主冷却系内に伝播する過程を計算する。2次主冷却系を等価な配管モデルにモデル化することにより、ナトリウムの圧縮性を考慮した一次元水撃方程式を特性曲線法で解く。本計算は、初期スパイク圧計算の柱モデル部の計算と同一である。但し、初期スパイク圧計算で用いられる球モデルの代わりに圧力既知境界として特定の位置の圧力時間関数を入力で与える。境界の取扱は上記(2)と同様である。

(4) 準定常圧計算モジュール<sup>5), 14)</sup>

初期スパイク圧が収まった後の準定常圧時間領域におけるナトリウム・水素ガス流動および圧力挙動を計算する。計算対象は放出系を含めた2次主冷却系全体で、これをノードとリンクのネットワークモデルにモデル化し連続の式、運動方程式を陰解法<sup>13)</sup>で解く。本計算ではナトリウムは非圧縮性として取り扱い、ナトリウム／水素ガスの二相流の流動は一次元スリップモデルで取り扱う。

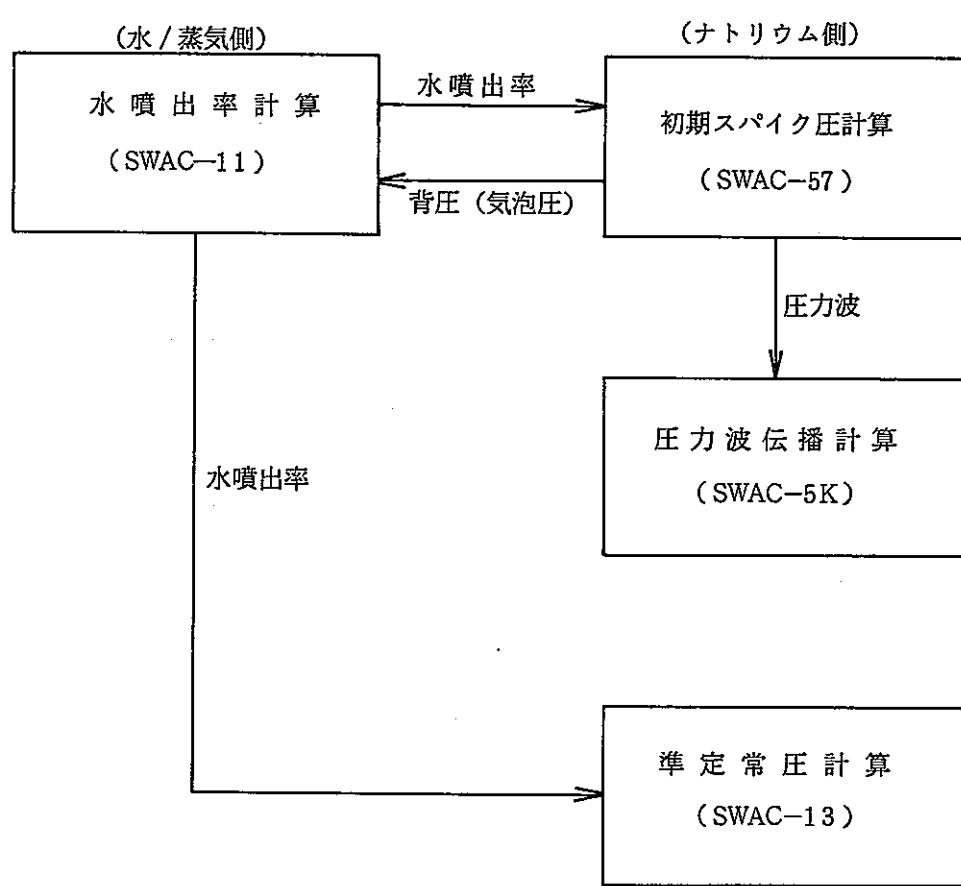


図2.1 SWACSの計算モジュール結合関係

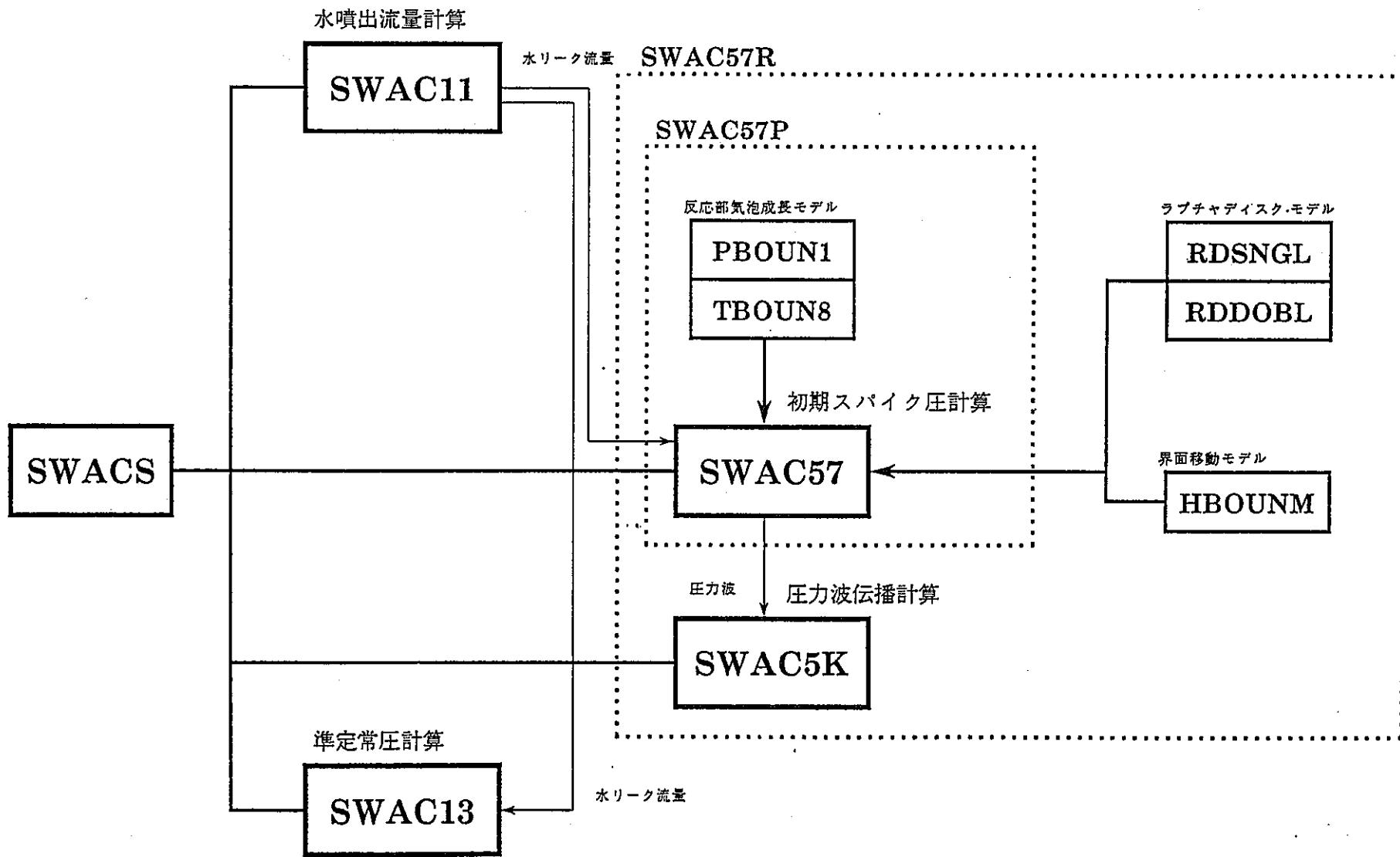


図 2.2 SWACS 基本構成図

### 3. 計算の流れ

コードは、2章で述べた4つの計算モジュールとそれらをコントロールするメイン・ルーチンより構成されている。

メイン・ルーチンは、後述するコントロール用の入力データにより指定された計算モジュールを順次に呼び出して全体の計算の流れをコントロールする。計算の流れ図を図3.1に示す。

同図は4つの計算モジュール全体を計算する場合について示したが、各モジュールは独立しているため、特定のモジュールを任意に選択して単独に使用することもできる。

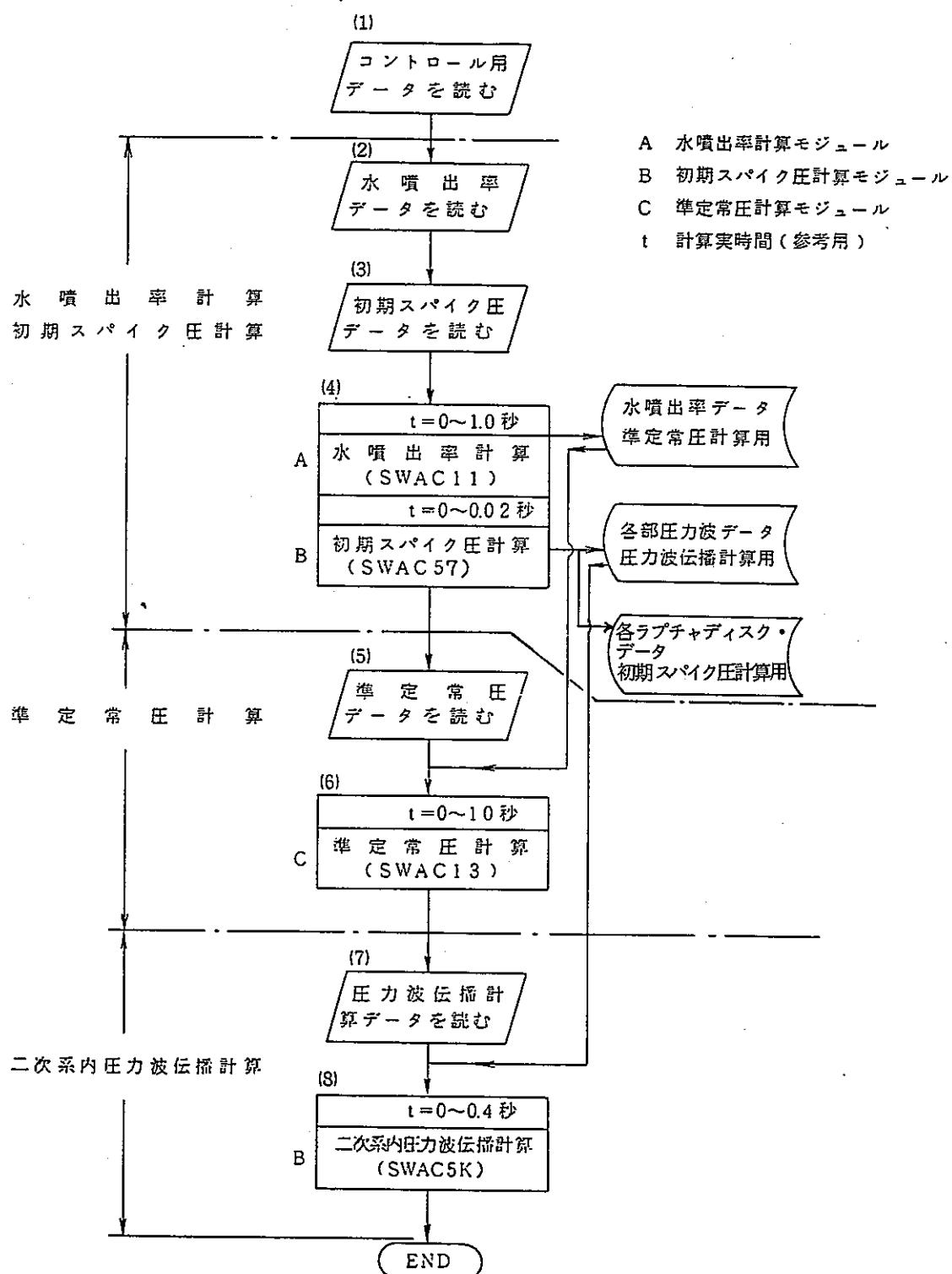


図3.1 SWACSコードの計算の流れ

## 4. 入力形式

### 4.1 入力データ・カード・デック構成

入力データは以下の5種類のデータ・ブロックから成る。

- (1) コントロール用データ・ブロック  
(各モジュールをコントロールするオプション関係のデータ・ブロック)
- (2) 水噴出率計算用のデータ・ブロック
- (3) 初期スパイク圧計算用のデータ・ブロック
- (4) 2次系内圧力波伝播計算用データ・ブロック  
(初期スパイク圧計算とは分割して行う場合に必要である。)
- (5) 準定常圧計算のデータ・ブロック

ここで、各々のデータ・ブロックは以下に示すデータにて構成される。

	カード枚数	FORMAT
I) タイトル・データ	1枚	20A4
II) 整数データ	1枚以上	2I6,10I6
III) 整数データ終了データ	1枚	ブランク・カード
IV) 実数データ	1枚以上	2I6,5E12.5
V) 実数データ終了データ	1枚	ブランク・カード

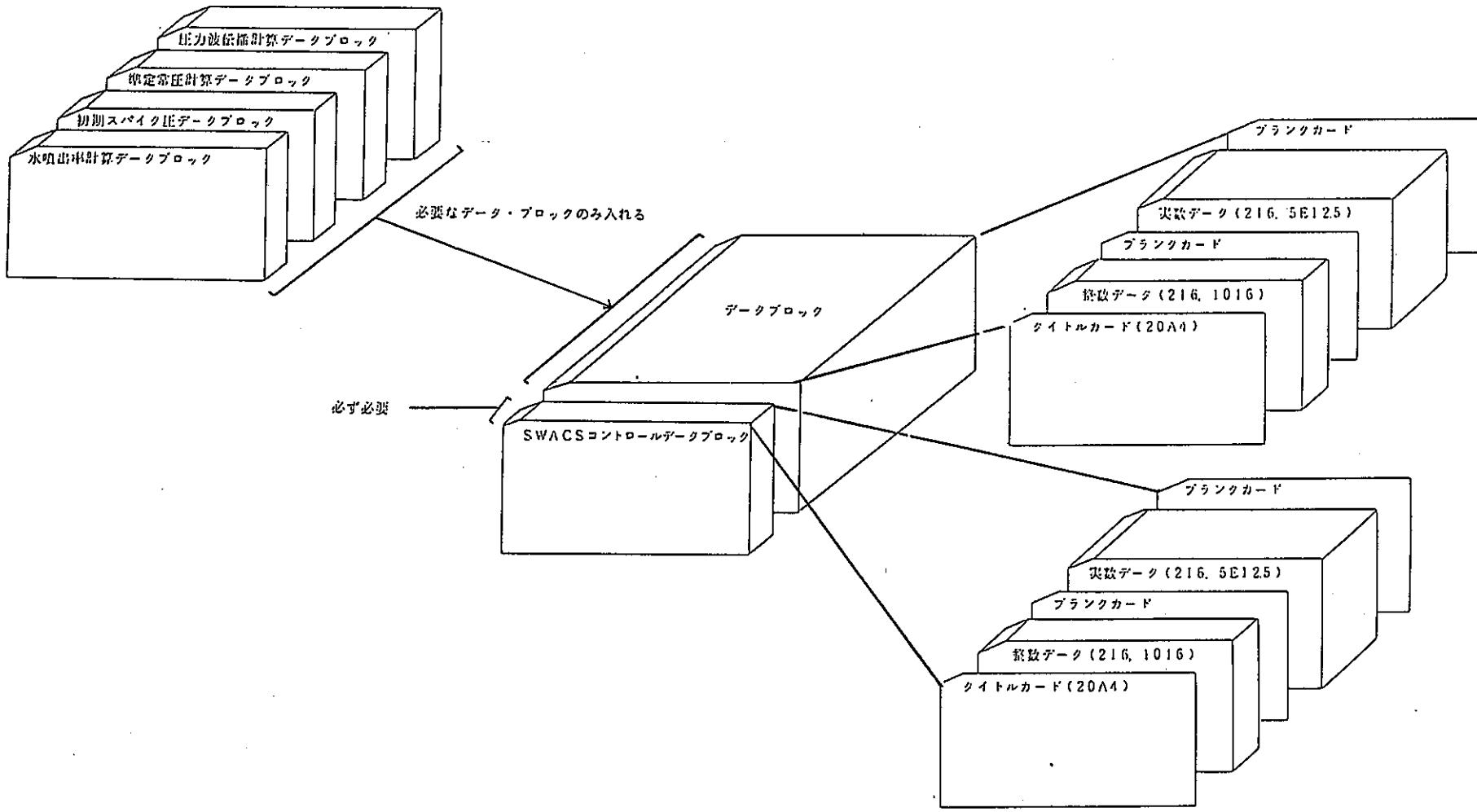
整数および実数データは相対番地形式で入力する形式である。初めのFORMAT 2I6では、1枚のカード上での最初のデータの番地番号をI6で記載し、次のI6で1枚のカードで読み込まれるデータの数を記載する。後に続く整数データ10I6あるいは実数データ5E12.5のFORMATでは、2番目に記したFORMAT I6のデータの数だけ数値を記載する。ここで記載されたデータは対応する番地にストアされる。

なお1枚のカード上では、番地番号は最初の番地番号からデータの数だけ連続した番地でストアされるため、番地に対応するデータがないものはブランクとするか、あるいは連続番号で区切って1枚のカードとし、新たな連続番号を別のカードで同様に続ける。特に記載されていない限りは、入力を省略したデータは0または0.0とみなされる。番地のデータが複数回入力された場合は、後で入力されたデータが有効となる。

計算オプションによって特定の計算だけを実行させる場合は、コントロール用データ・ブロックで指定して計算に必要なデータをブロック単位(1)～(5)で入力し、不用なデータ・ブロックは除く。以下、4.2節より4.6節までに個々のデータの番地とその内容を示す。

説明文中で他のデータを引用する場合は次の記号を用いた。

CONT-ID	:	コントロール用データ	整数データ番地
CONT-RD	:	"	実数データ番地
SWAC11-ID	:	水噴出率計算用データ	整数データ番地
SWAC11-RD	:	"	実数データ番地
SWAC57-ID	:	初期スパイク圧計算用データ	整数データ番地
SWAC57-RD	:	"	実数データ番地
SWAC5K-ID	:	圧力波伝播計算用データ	整数データ番地
SWAC5K-RD	:	"	実数データ番地
SWAC13-ID	:	準定常圧計算用データ	整数データ番地
SWAC13-RD	:	"	実数データ番地



1相のデータ・ブロックの構成

図4-1 SWACSの入力データ・カード・デックの構成

整数データ・カード (216, 1016)

6 11	12 7	18 4	24 8	30 9	36 10	42 0	48 13	.54 14	60 .	66 .	72 1
↑ そのカードのデータ数		入力データ（整数データ）									
↑ そのカードのデータの先頭番地											

- 11 -

実数データ・カード (216, 5E12.5)

6 8	12 3	24 5.0 E-1	36 5.0 E-1	48 1.296 E+0	60 .	72 1
↑ そのカードのデータ数		入力データ（実数データ）				
↑ そのカードのデータの先頭番地						

図 4-2 入力データ・カードの形式例

#### 4.2 コントロール・データ

##### 4.2.1 コントロール整数データ

表4.2.1にコントロール整数データの番地、記号とその内容を示す。

##### 4.2.2 コントロール実数データ

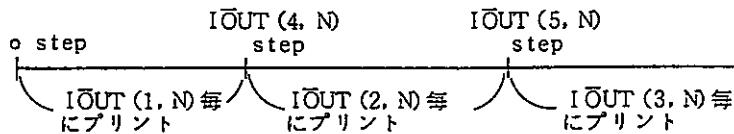
表4.2.2にコントロール実数データの番地、記号とその内容ならびに単位を示す。

##### 4.2.3 補足説明

コントロール・データは、計算モジュールの指定ならびに入出力の指定を行うもので、どの計算モジュールでも必要となる。計算の打ち切りは、整数データ（CONT-ID6～8）と実数データ（CONT-RD2～5）で指定し、早く条件を満たされたデータが有効となる。

表4.2.1 コントロール整数データ (CONT-ID)

番地	記号	内容
1	JIJCT	=1 水噴出率計算を行う。 =2 " をリスト計算する。 =0 " を行わない。
2	JISPB	=1 初期スパイク圧計算を行う。 =0 " を行わない。
3	JQSTD	=1 準定常圧計算を行う。 =0 " を行わない。
4	JISPB2	=1 圧力波伝播計算を行う。 =0 " を行わない。
6	NSTEP	水噴出率計算と初期スパイク圧計算ステップ数 *1)
7	JSTEP	準定常圧計算ステップ数
8	KSTEP	圧力波伝播計算ステップ数  *1) 計算はCONT-ID6～8で指定するステップ数とCONT-RD2～5 で指定する計算終了時刻の早い方で打ち切られる。
11	IOUT(i,1) (i=1,5)	水噴出率計算結果(伝熱管内状態量)出力コントロール *2) (リストア・データの出力コントロールを兼ねる) *3)
16	IOUT(i,2) (i=1,5)	水噴出率計算結果(水噴出率)出力コントロール *2) (水噴出率データ・ファイルの出力コントロールを兼ねる) *4)
21	IOUT(i,3) (i=1,5)	初期スパイク圧計算結果出力コントロール *2)

番地	記号	内 容
26	IOUT(i, 4) (i=1, 5)	準定常圧計算結果出力コントロール *2)
31	IOUT(i, 5) (i=1, 5)	圧力波伝播計算結果出力コントロール *2)
		<p>*2) i=1 初期プリント ステップ数            i=2 中期 " "            i=3 後期 " "            i=4 中期への切換ステップ            i=5 後期への "</p> 
		<p>*3) リスタート・データの有無はNTRSET(CONT-ID37)で指定。            *4) 水噴出率データ・ファイル（初期スパイク圧、準定常圧計算用）の出力の有無はNTWAT(CONT-ID38)で指定。</p>
36	NTAPE	=1 初期スパイク圧計算のプロッタ用ファイルを作成する。 =0 " " 作成しない。
37	NTRESET	=0 水噴出率計算のリスタート用データ・ファイルを作成する。 =1 " " 作成しない
38	NTWAT	=1 水噴出率データファイル（初期スパイク圧、準定常圧計算用） " " を作成する。 " " を作成しない。

番地	記号	内容
39	NTAPE2	=1 圧力波伝播計算のプロット用ファイルを作成する。 =0 " " を作成しない。
40	IPBACK	=1 水噴出率計算で背圧を考慮しない。 =0 " 考慮する。 (水噴出率計算と初期スパイク圧計算を連動計算する)
41	ITER	水噴出率計算のリストア・スタート計算時(JIJCT=2の時)前回作成したり スタート用データ・ファイルの何番目のデータよりスタートする か。(0を入力すると最後のデータが入力される)
42	NW57	=1 初期スパイク圧計算で、水噴出率データを水噴出率データ・ ファイルより入力する。(水噴出率計算時にNTWAT(CONT-ID38) =1として作成したファイル) =0 初期スパイク圧計算で水噴出率データをカードで入力する。 (カード入力の場合は、初期スパイク圧計算データブロック においてNNIW(SWAC57-ID264)に入力点数、TIME(SWAC57-RD611) 、TEMPO(SWAC57-RD711)に時間と水噴出率テーブルを入力する)
43	NW13	=1 準定常圧計算で水噴出率データ・ファイル(水噴出率計算時 にNTWAT(CONT-ID38)=1として作成したファイル)より入力する =0 準定常圧計算で水噴出率データをカードで入力する。 (カード入力の場合は、準定常圧計算データブロックにおい てNWTR(SWAC13-ID901)に入力点数、TT(SWAC13-RD3121)、WTR(S WAC13-RD3141)に時間と水噴出率テーブルを入力する)

番地	記号	内容								
44	NP5	<p>=1, 2 圧力波伝播計算で入力波を初期スパイク圧計算プロック用データ・ファイルより入力する場合の圧力波（入力波）発生点数（初期スパイク圧計算時にNTAPE(CONT-ID36)=1として作成したファイル）</p> <p>NP5=1の場合はINPN05(CONT-ID45)に指定 NP5=2の場合はINPN05とINPNX5(CONT-ID59)に部材番号を入力</p> <p>初期スパイク圧計算の部材番号と圧力波伝播計算の圧力発生接合点番号の対応は以下の通りである。</p> <table style="margin-left: 100px;"> <tr> <td>初期スパイク圧計算</td> <td>圧力波伝播計算</td> </tr> <tr> <td>P(INPN05, 2)</td> <td>→ P(JPWV(1))</td> </tr> <tr> <td>P(INPNX5, 2)</td> <td>→ P(JPWV(2))</td> </tr> <tr> <td>部材番号</td> <td>部材番号</td> </tr> </table> <p>=0 圧力波伝播計算で入力波をカードで入力する。</p>	初期スパイク圧計算	圧力波伝播計算	P(INPN05, 2)	→ P(JPWV(1))	P(INPNX5, 2)	→ P(JPWV(2))	部材番号	部材番号
初期スパイク圧計算	圧力波伝播計算									
P(INPN05, 2)	→ P(JPWV(1))									
P(INPNX5, 2)	→ P(JPWV(2))									
部材番号	部材番号									
45	INPN05	NP5=1, 2の時、入力波の（初期スパイク圧計算時）部材番号、(NP5(CONT-ID44))の説明参照)								
46	MDAT57	NW57=1の時、ファイル上の水噴出率データ点数 (データ点数は水噴出率計算結果のプリントアウトにJTERとして示された数)								
47	MDAT13	NW13=1の時、ファイル上の水噴出率データ点数 (MDAT57と同じ)								

番地	記号	内 容
48	MDAT5	NP5=1の時、ファイル上の圧力データ数 (初期スパイク圧計算結果のプリントアウトプロッタ用情報欄に TRANSFERED STOP NUMBERと示された数)
49	IOP5	=1 準定常圧計算時にイニシアライズの計算結果をプリントアウトする。 =0 " " " トしない。
51	ISEL11	=1 水噴出率計算のプロッタ用ファイルを作成する。 =0 " " " を作成しない。
52	ISEL13	=0 準定常圧計算のプロッタ用ファイルを作成する。 =1 " " " を作成しない。
53	ISKIP7	≥1 初期スパイク圧計算のプロッタファイルの間引きステップ間隔
54	ISKIP5	≥1 圧力波伝播計算 " "
55	ISKIP11	≥1 水噴出率計算 " "
56	ISKIP13	≥1 準定常圧計算 " "
		(間引き間隔=1で全ステップを記憶する。 " =NでNステップ毎に記憶しファイルの大きさは1/Nになる。)
58	IPRINT	=1 各プロッタ用データの最大、最小値をプリントアウトする =0 " " " しない

番地	記号	内 容
59	INPNX5	NP5=2の時、入力波の（初期スパイク圧計算時）部材番号 (NP5(CONT-ID44)の説明参照)

表4.2.2 コントロール実数データ (CONT-RD)

番地	記号	内容	単位
1	TSTART	シミュレーション開始時刻(=0.0)	sec
2	TEIJ	水噴出率計算終了時刻	sec
3	TESP	初期スパイク圧計算終了時刻	sec
4	TEQS	準定常圧計算終了時刻	sec
5	TEPR	圧力波伝播計算終了時刻	sec

#### 4.3 水噴出率計算データ

##### 4.3.1 整数データ

表4.3.1に、水噴出率計算整数データの番地、記号とその内容を示す。

##### 4.3.2 実数データ

表4.3.2に、水噴出率計算実数データ番地および記号とその内容、単位を示す。

表4.3.1 水噴出率計算整数データ (SWAC11-ID)

番地	記号	内 容
1	MBRKUB	破断上流側流路分割数 $\leq 300$
2	MBRKDB	破断下流側流路分割数 $\leq 300$
3	NTUBE	伝熱管本数
4	ITUBE	伝熱管形状の指定 =0 曲管 =1 直管
5	NBRK	伝熱管破断本数 $\leq NTUBE$
6	NY	初期伝熱管内状態量入力点数 $\leq 50$
7	IHBND	ヘッダ側境界条件のオプション =0 圧力、エンタルピー一定条件 =1 盲端  (盲端境界条件の場合は、上流側の伝熱管のみの計算を行う)
8	IBBND	破裂端境界条件のオプション =0 条件なし =1 破裂端セルのCMUL(SWAC11-RD26)倍で制限
9	IFCAL	摩擦圧損係数の処理オプション =0 プログラム内の式で処理 =1 入力値(SWAC11-RD28)一定値とする

番地	記号	内 容
10	JCVT	対流束項の処理オプション =-1 =0 (通常0とする。詳細は文献 <sup>2)</sup> 参照) =1
11	IDEBUG	=0 デバック処理を行わない。 =1 " 行う。  (以下のSWAC11-ID12~19はIDEBUG=1の時のみ有効である。)
12	MNOI	デバックを行う上流側最小セル番号
13	MNOF	" 最大セル番号
14	MNDI	" 下流側最小セル番号
15	MNDF	" 最大セル番号
16	NW1I	デバックを開始するステップ数 (各プログラム単位の出力)
17	NW1F	" 終了 " ( " )
18	NWTPRI	デバックを開始するステップ数 (標準出力リスト)
19	NWTPRF	" 終了 " ( " )
31	ITRMAX	不使用
32	ITRC	不使用
33	NSW	標準出力リストの各セルの状態量のプリントアウトの際のセル間 引き間隔 (defaultで1)
34	IPRERR	不使用
35	IPRMBR	不使用

番地	記号	内容
37	IPHASE	=1 単相から二相の相変化時に変化圧力を飽和圧に制限する。 =0 " " 制限しない。
38	ICRW	=1 CRW法により破断部初期設定を行う。 =0 " 設定を行わない。
39	ICRWC	=0 CRW法と破断前状態の内挿を行う。 =N " 行わない。
41	N2GAS	=0 水／蒸気の計算 =1 ガスの計算
42	IPEX	=0 破断部外圧をPEXB(SWAC11-RD44)で与える。 >0 " を時間関数で与える場合の入力点数 ≤ 25
71	JTER	リスタート計算を行う場合、前回の計算で作成した水噴出率データ・ファイル上の点数
72	NNREST	リスタート計算を行う場合、前回の計算で作成したプロッタ用データ・ファイル上の点数 (JTER, NNRESTのデータは前回作成したファイルに継続書き込みを行うための指定データである。5.4節のリスタート計算用ファイルの説明を参照)
80	ITRUST	Thrust Forceを計算するオプション =0 計算しない =1 計算する

番地	記号	内容
		( I T R U S T = 0 の場合、以下のデータは不要である。 )
81	NSTRT	出口端の直管部メッシュ数
82	NBEND	ペンド部のメッシュ数 但し、 $1 \leq NBEND \leq 4$
83	IPTERM	Thrust Foreを計算する際の出口端圧力の外挿法 =0 破断端 1つ前セル =1 破断端 2つ前セル =2 破断端 1つ前セルと 1つ先セル
84	ITHSWR	Thrust Foreの計算結果を打ち出すオプション =0 打ち出さない =1 打ち出す
85	ITHPLT	Thrust Foreの各成分をプロッタファイルに書き込ませるオプション =0 書き込まない =1 書き込む

表4.3.2 水噴出率計算実数データ (SWAC11-RD)

番地	記号	内 容	単位
1	RLU	上流側伝熱管長さ	m
2	RLD	下流側伝熱管長さ	m
3	DHEX	伝熱管の内径	m
4	DOHEX	" 外径  (管径に変化がない場合はDHEX、DOHEXを入力すればDY(SWAC11-RD351)、DOY(SWAC11-RD401)は入力は不要である。また、管径に変化ある場合はDHEX、DOHEXは入力不要である。)	m
5	ROUGH	伝熱管の内面粗度	m
6	DCOIL	ヘリカルコイル径 (ITUBE(SWAC11-ID4)=0の場合に有効)	m
7	THETA	伝熱管傾き  (右図のようにとる。 水平管では THETA=1.5708)  垂直方向	rad
11	TDTC1	時間メッシュ巾 ( $\Delta t$ ) 切り換え時刻	sec
12	TDTC2	"	sec
13	TDTC3	"	sec

番地	記号	内 容	単位
14	DT	初回時間メッシュ巾 ( $\Delta t$ )	sec
15	DT1	時間メッシュ (DT ~ TDTC1)	sec
16	DT2	" (TDTC1~TDTC2)	sec
17	DT3	" (TDTC2~TDTC3)	sec
18	DT4	" (TDTC3~ )	sec
21	LAMDA	体積粘性係数	kg·sec/m <sup>2</sup>
22	MIU	粘性係数	kg·sec/m <sup>2</sup>
23	TAU	質量拡散係数	m <sup>2</sup> /sec
24	PSI	陰解法、陽解法の重み係数 $0 < \text{PSI} \leq 1.0$	-
25	FAI	" $0 < \text{FAI} \leq 1.0$	-
26	CMUL	IBBND(SWAC11-ID8)=1の場合 (破断端の流速を破断端セル音速*CMULで制限する。)	-
27	AMB	不使用	
28	FFR	IFCAL(SWAC11-ID9)=1の場合の摩擦圧損係数	-
31	PP(1)	上流側ヘッダ圧力 (境界条件)	kg/cm <sup>2</sup> ·a
32	PP(2)	下流側 " ( " )	kg/cm <sup>2</sup> ·a

番地	記号	内 容	単位
33	HP(1)	上流側ヘッダ比エンタルピー（境界条件）	kcal/kg
34	HP(2)	下流側 " ( " )	kcal/kg
41	WG	S G 1 基当りの水／蒸気重量流量 (初期定常(流量均一)状態より計算をスタートする場合はWGを与える。 管内の流量分布を初期条件で与える場合WY(SWAC11-RD301)はWGは入力不要である。)	kg/sec
42	QAV	入力を与える平均伝熱量	kcal/m <sup>2</sup> sec
44	PEXB	破断部外圧(境界条件) (外圧を時間関数で与える場合IPEX(SWAC11-ID42)>0は入力不要である。)	kg/cm <sup>2</sup> ·a
45	KLOSS1	ヘッダ→伝熱管(流路縮小)形状圧損係数	—
46	KLOSS2	伝熱管→ヘッダ(流路拡大) "	—
51	TPX(i) (i=1, IPEX)	破断部外圧時間関数の時間目盛り	sec
76	PPX(i) (i=1, IPEX)	TPX(i)に対応する圧力値  (IPEX>0の時は必要である。)	kg/cm <sup>2</sup> ·a

番地	記号	内容	単位
101	XXQQ	低クオリティ領域で音速を内挿するクオリティ値	—
102	GAMR	不使用	
103	ERRX	不使用	
104	GAMC	不使用	
105	ERRC	不使用	
106	GAMN2	ガスの比熱比	—
107	VISN2	ガスの粘性係数	kg·sec/m <sup>2</sup>
108	RN2	ガスの気体定数 (N2GAS(SWAC11-ID41)-1の場合のみ有効)	kg·m/kg·k
111	RBEND	ベンド部の曲げ径	m
112	THDX1	ベンドとメッシュのずれ ( $\Delta X_1$ )	m
113	THDX2	“ “ ( $\Delta X_2$ )	m
114	THTET1	角度 $\theta_1$	rad
115	THTET2	“ $\theta_2$	rad
116	THTET3	“ $\theta_3$	rad
151	Y(i) (i=1, NY)	初期状態／形状データの入力点座標 (上流側ヘッダをY(i)=0とする。)	m
201	PY(i) (i=1, NY)	Y(i)に対応する圧力	kg/cm <sup>2</sup> ·a

番地	記号	内 容	単位
251	HY(i) (i=1, NY)	Y(i)に対応する比エンタルピー	kcal/kg
301	WY(i) (i=1, NY)	Y(i)に対応する流量	kg/sec
351	DY(i) (i=1, NY-1)	Y(i)～Y(i+1)の間の管内径	m
401	DOY(i) (i=1, NY-1)	Y(i)～Y(i+1)の間の管外径	m
451	RKY(i) (i=1, NY)	Y(i)に対応する形状圧損係数	—

### 4.3.3 换算説明

#### 4.3.3-1 計算モデル

(1) 1次元の水／蒸気の流動を扱っており、流路の分岐及び流路断面積変化も取扱うことができる。流路断面積変化の取扱いでは、図4.3-1に示すように、断面積変化を含むセルは都合上長さ $\Delta x$ の円すい形とみなされる。断面積Aは、セル端で定義する。セル中心での形状は両端の平均値を扱う。

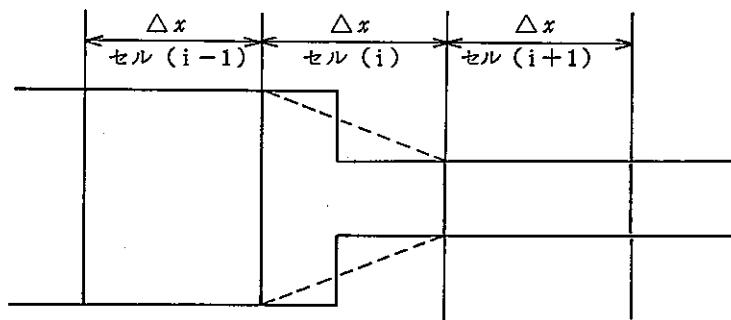


図4.3-1 流路断面積変化の取扱い

(2) 境界条件は、破断開放端（瞬時完全開口）とリザーバ（圧力エンタルピー一定）境界、あるいは盲端境界である。

(3) SG伝熱管破断時の水噴出率評価では、破断口より入口ヘッダ側の伝熱管（便宜上上流側と呼ぶ）と破断口より出口ヘッダ側の伝熱管（下流側と呼ぶ）の両方の流動を同時に計算することができる。（IHBN(SWAC11-ID7)=0の場合）

それに対し、破断端と逆の端が盲端境界の場合（IHBN=1）は端管のみを扱う。

IHBN=1の各々の場合の計算モデルを図4.3-4、4.3-5に示す。

#### (4) CRW法<sup>18)</sup>による初期流量の設定法

CRW法により初期設定を行う指定ICRW(SWAC11-ID38)=1とすると、破断端の手前2セルについてCRW法の計算により初期値設定する。（破断端部は比重量の外挿を行っているため2セルの設定が必要である）

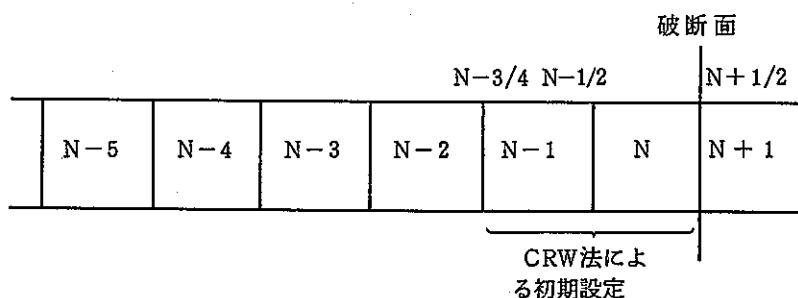


図4.3-2 水噴出率計算モデル（ICRW=1の場合）

また、入力データのICRWC(SWAC11-ID39)は破断前状態量とCRM法による状態量の間の値を内挿で与えるセル数である。

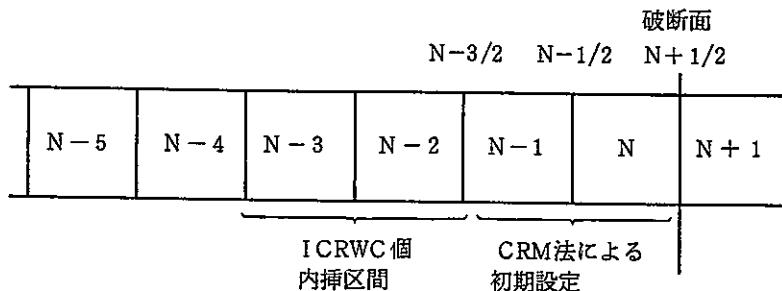


図4.3-3 水噴出率計算モデル (ICRWC=2の場合)

上図の例ではICRWC=2であり、セルN-3,N-2の状態量はセルN-4とセルN-1の状態量より内挿計算により設定する。

#### 4.3.3-2 計算条件

##### (1) 初期条件

水噴出率計算では初期定常状態より、破断開口時間を零とおいて瞬時完全開口として計算を行う。入力データでは、伝熱管各位置Y(i) (SWAC11-RD151)における初期圧力PY(i) (SWAC11-RD201)と比エンタルピーHY(i) (SWAC11-RD251)ならびにSG1基当たりの水／蒸気重量流量WG (SWAC11-RD41)を指定する。各指定位置の間の値は線形内挿される。

初期流速は以下のデータは次式で計算される。

$$u_i = \frac{WG}{NTUBE \times A \times r_i} \quad \dots \dots \dots \quad (4.3.1)$$

ただし

$u_i$  : セル i の初期流速 [ m/sec ]

WG : SG 1 基当たりの水 / 蒸気重量流量 [ kg / sec ]

( SWAC11 - RD 41 )

NTUBE : 伝熱管本数 ( SWAC11 - ID3 )

A : 伝熱管内断面積 [ m<sup>2</sup> ]

$$= \frac{\pi}{4} \times (DHEX)^2$$

DHEX : 伝熱管内径 [ m ] ( SWAC11 - RD4 )

$r_i$  : セル i の比重 [ kg / m<sup>3</sup> ]

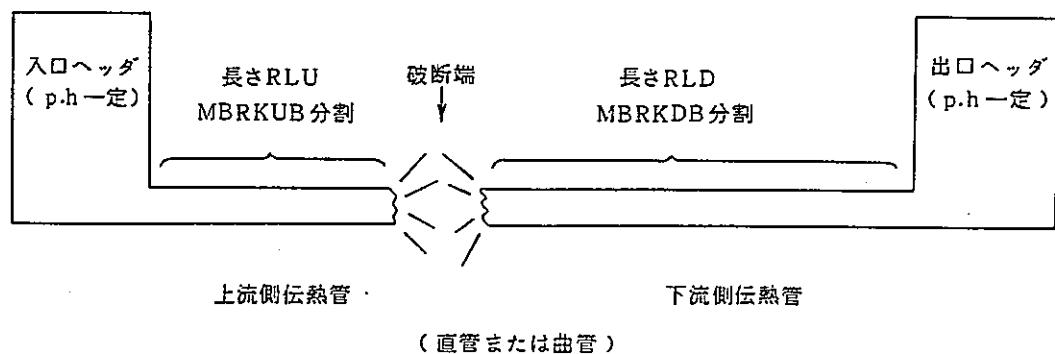


図4.3-4 水噴出率計算モデル ( $IHBND=0$ の場合)

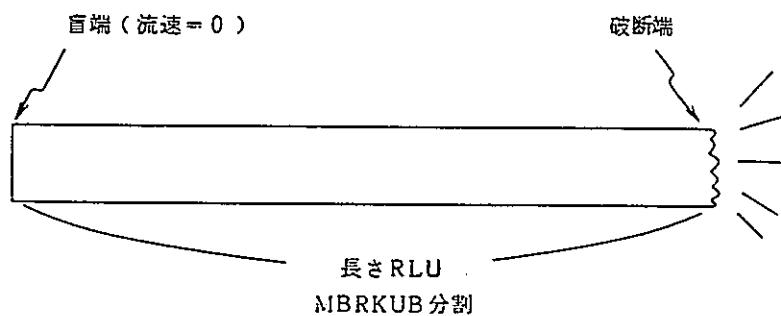


図4.3-5 水噴出率計算モデル ( $IHBND=1$ の場合)

## (2) 境界条件

水噴出率計算で扱われる境界条件は 4.3.3-1 で述べたように破断開放端と上流端（リザーバ、あるいは盲端）である。下表に境界条件を指定する入力データを示す。

表 4.3.3 境界条件の指定

	境 界 条 件	指 定 入 力 デ ー タ
上流端	リザーバ (圧力、エンタルピ 一定)	IHBND=0 (SWAC11-ID7) PP(1), PP(2) (" -RD31) ..... 圧力値 HP(1), HP(2) (" -RD33) ..... エンタルピー KLOSH 1, KLOSH 2 (" -RD45, 46) ..... 圧損
	盲 端	IHBND=1
流出端	開 放 (完全開口)	PEXB (SWAC11-RD44)

各境界条件の扱いの詳細は別報告書<sup>2), 14)</sup> を参照されたい。

## (3) その他の条件

## i) 圧力損失の取扱い

伝熱管内の摩擦圧力損失については、入力データ IFCAL (SWAC11-ID9) により以下のように扱われる。

IFCAL=1 の場合は摩擦損失係数を定数として、FFR (SWAC11-RD28) に入力する。

この場合の圧損は次式となる。

$$\Delta P_f = \frac{FFR}{2g d_i} \cdot \gamma_i \cdot u_i^2 \cdot \Delta x \quad \cdots \cdots (4.3.2)$$

ここで  $d_i$  は管内径 [m],  $\gamma_i$  は比重 [kg/m<sup>3</sup>],  $u_i$  は流速 [m/sec] である。

IFCAL=0 の場合はプログラムで各位置、各時刻におけるレイノルズ数を計算し次のように扱われる。

$$\Delta P_f = \frac{\phi^2 \cdot \epsilon \cdot f_s}{2g d_i} \cdot \gamma'_i \cdot u'^2_i \cdot \Delta x \quad \cdots \cdots (4.3.3)$$

ここで  $\phi^2$  は二相増倍係数 (Martinelli-Nelson 係数) でありプログラムにテーブル化して内蔵している。

$\epsilon$  は管の曲率による増倍係数であり次式で与えられる。

ITUBE (SWAC11-ID4) = 0 の場合

$$\xi = \begin{cases} \left[ Re \cdot \left( \frac{d_i}{D_{coil}} \right)^2 \right]^{0.05} & Re \cdot \left( \frac{d_i}{D_{coil}} \right) \geq 0.034 \\ 1 & Re \cdot \left( \frac{d_i}{D_{coil}} \right) < 0.034 \end{cases} \quad \dots \dots (4.3.4)$$

ITUBE=1 の場合、すなわち直管の場合は  $\xi = 1$  である。ここで  $Re$  はレイノルズ数、  $D_{coil}$  はコイル径 [m] であり入力データ (SWAC11-RD6) で与える。 $f_s$  は通常の管摩擦係数であり、次式で与える。

$$\begin{cases} Re < 2300 & f_s = 64/Re \\ Re \geq 2300 & \frac{1}{\sqrt{f_s}} = -2 \log_{10} \left[ \frac{e/d_i}{3.71} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f_s}} \right] \end{cases} \quad \dots \dots (4.3.5)$$

$$\begin{cases} Re < 2300 & f_s = 64/Re \\ Re \geq 2300 & \frac{1}{\sqrt{f_s}} = -2 \log_{10} \left[ \frac{e/d_i}{3.71} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f_s}} \right] \end{cases} \quad \dots \dots (4.3.6)$$

ここで  $e$  (= ROUGH) は管壁の粗度であり入力データ (SWAC11-RD5) で与える。  
 $r_i'$ ,  $u_i'$  は各々、二相増倍係数を乗ずる際の換算比重量と流速である。

## ii) 入熱の取扱い

伝熱管壁より流入（出）する入熱については以下のように簡略化して扱う。

- ① 热伝热量は、事故開始前の値とし、水側、及び Na 側の流動変化の影響は考えないものとする。従って時間的な変化はないものとする。
- ② 伝熱量は、空間的に均一とする。
- ③ 伝熱管内部での温度勾配は考えないものとする。

以上の仮定により入力データで与える  $Q_{AV}$  (SWAC11-RD42) と、エネルギー式 (別報告書<sup>2), 14)</sup> 参照) 中の  $Q$  (単位体積当りの入熱) の関係は次のようになる。

平均熱伝達量は

$$Q_{AV} = \frac{Q_T}{4.18 \times A_T} \quad [ \text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{sec} ] \quad \dots \dots (4.3.7)$$

伝熱管 1 メッシュ当りの入熱

1 メッシュ当りの伝熱管表面積

$$A_M = \pi d_o \Delta x \quad [ \text{m}^2 ] \quad \dots \dots (4.3.8)$$

入熱量

$$Q' = Q_{AV} \times A_M \quad [ \text{kcal/sec} ] \quad \dots \dots (4.3.9)$$

原方程式に挿入する時は、単位体積当りの入熱であるから

$$\begin{aligned} Q &= Q' / \left( \frac{\pi d_i^2}{4} \Delta x \right) = Q_{AV} A_M / \left( \frac{\pi d_i^2}{4} \Delta x \right) \\ &= (Q_T \cdot d_o) / (1.045 \cdot A_T \cdot d_i^2) \quad [ \text{kcal}/\text{m}^3 \cdot \text{sec} ] \quad \dots \dots (4.3.10) \end{aligned}$$

ただし

総伝熱量	$Q_T$	[Kwatt] (SWAC11-RD42)
伝熱管1メッシュ当りの入熱	$Q'$	[Kcal/sec]
伝熱管内、外径	$d_i, d_o$	[m]
平均熱伝達量	$Q_{AV}$	[Kcal/m <sup>2</sup> · sec]

この(4.3.10)式の処理はイニシアライズのルーチンで行われ、 $Q$ は定数として扱われる。

#### 4.3.3-3 計算メッシュ巾

数値計算に使用される空間メッシュ巾、時間メッシュ巾は各々次のように決める。

##### (1) 空間メッシュ巾 ( $\Delta x$ )

上流側伝熱管について

$$\Delta x_1 = RLU / MBRKUB \quad [m]$$

下流側伝熱管について

$$\Delta x_2 = RLD / MBRKDB \quad [m]$$

ただし

RLU	: 上流側伝熱管長さ	[m]	(SWAC11-RD1)
RLD	: 下流側	" [m]	(SWAC11-RD2)
MBRKDB	: 上流側伝熱管分割数		(SWAC11-ID1)
MBRKUB	: 下流側	"	(SWAC11-ID2)

$\Delta x$ の大きさは、二相流の流出となる場合、計算開始直後の計算結果に対してかなり大きな効果を持つため、事情の許す範囲で小さな値とすることが望ましい。<sup>2)</sup>

##### (2) 時間メッシュ巾 ( $\Delta t$ )

時間メッシュ巾 ( $\Delta t$ ) は入力データ SWAC11-RD14~18 で与える。値としては次式で表わされる Courant 条件を満す範囲で選ぶ。

$$\Delta t \leq \left| \frac{\Delta x}{a} \right|_{\min} \quad \cdots \cdots (4.3.12)$$

ここで  $a$  は水／蒸気の音速で、高温圧縮水の場合 1.200~1.600 m/sec の値である。

特に厳しい初期条件より計算を開始する場合は、(4.3.12)式で決まる  $\Delta t$  の 1/2 程度以下の値で計算を開始するとよい。<sup>2)</sup>

#### 4.3.3-4 その他のオプション

##### (1) 初期流量分布の設定

初期流量は、WG(SWAC11-RD41)かWY(i)(SWAC11-RD301)で指定する。

- ・初期定常状態の場合は、WGに流量を入力する。
- ・初期非定常状態の場合は、WYに流量分布を入力する。

##### (2) 破断部外圧時間関数

破断部外圧(PEX)はオプションで時間関数として入力することができる。IPEX(SWAC11-RD42)に入力圧力-時間テーブルの点数を入力する。IPEX=0の場合は、外圧は一定値の扱いでPEXB(SWAC11-RD44)に与える。IPEX=Nの場合は、TPX(i)(SWAC11-RD51)に時刻、PPX(i)(SWAC11-RD76)に圧力をテーブルとして与える。このテーブルは内挿により補間され使用される。

#### 4.4 初期スパイク圧計算データ

##### 4.4.1 整数データ

表4.4.1に、初期スパイク圧計算整数データの番地、記号とその内容について示す。

##### 4.4.2 実数データ

表4.4.2に、初期スパイク圧計算実数データ番地および記号とその内容、単位について示す。

表4.4.1 初期スパイク圧計算整数データ (SWAC57-ID)

番地	記号	内 容
1	NS	セクション数 $\leq 21$
2	NR(i) (i=1, NS)	各セッション内部材数 $\Sigma NR(i) \leq 50$
22	JS(i) (i=1, NS)	各セッション両端の接合点番号 (4 ~ 6 桁の数)
42	JN(i) (i=1, $\Sigma NR$ )	各部材両端の接合点番号 (4 ~ 6 桁の数) (セッションの 1 から順に座標軸方向に入力)
92	NN(i) (i=1, $\Sigma NR$ )	各部材分割数 $\leq 99$ (JN(i)と同順)
144	MT	サージタンクの個数 $\leq 5$
145	MR	ナトリウム中に設置された R/D 個数 $\leq 10$
146	JT(i) (i=1, MT)	サージタンク接合点番号
151	JR(i) (i=1, MR)	ナトリウム中に設置された R/D 接合点番号
164	JB(i) (i=1, JBN0)	1 分岐境界接合点番号 (必ずセッション端である事) ・圧力一定境界の場合は負の番号とする。 ・流速一定境界の場合は正の番号とする。

番地	記号	内 容
175	NOUT(1)	プリント・アウトコントロール =1 柱領域のすべての点についてプリント・アウト。 =2 球領域のすべての点についてプリント・アウト。 =3 柱領域、球領域の点についてプリント・アウト。 =0 標準プリント・アウト。 (標準指定)
176	NOUT(2)	=0 標準プリント・アウトを行なう。 =1 標準プリント・アウトを行なわない。 (標準指定)
187	JBN0	1分岐境界の個数。 $\leq 10$
201	MFS	自由液面の個数。 $\leq 10$
202	JFS(i) (i=1, MFS)	自由液面接合点番号
212	MRFS	自由空間に設置したラプチャーディスクの個数。 $\leq 10$
213	JRFS(i) (i=1, MRFS)	自由空間に設置したラプチャーディスクの自由液面接合点番号
231	NORIF	オリフィスの個数。 $\leq 5$
232	JORIF(i) (i=1, NORIF)	オリフィスの接合点番号。

番地	記号	内 容																	
250	IOPT57	球モデル計算の選択 =1 水噴出率の入力。 =2 圧力波入力。																	
261	JJNH	球モデル中心に対応する接合点番号。																	
262	JJSP	球領域に対応する柱領域部材両端の接合点番号。																	
263	NNSP	球領域分割数。 (半径方向) $\leq 99$																	
264	NNIW	水噴出率変化を与えるデータ数 (水噴出率計算と運動計算、テープ入力の場合は0)																	
270	IOPT	=0 キャビティ処理を行なわない。 =1 ゼロ・セット近似。 =2 Streeterモデル。																	
271	IOPTX	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; width: 30%;">IOPTX</th> <th style="text-align: center; width: 40%;">衝突発生圧 の 計 算</th> <th style="text-align: center; width: 30%;">キャビティ発生 時 刻 制 約</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">=0</td><td style="text-align: center;">考慮しない</td><td style="text-align: center;">考慮しない</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">=1</td><td style="text-align: center;">考慮する</td><td style="text-align: center;">考慮しない</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">=2</td><td style="text-align: center;">考慮しない</td><td style="text-align: center;">考慮する</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">=3</td><td style="text-align: center;">考慮する</td><td style="text-align: center;">考慮する</td></tr> </tbody> </table>			IOPTX	衝突発生圧 の 計 算	キャビティ発生 時 刻 制 約	=0	考慮しない	考慮しない	=1	考慮する	考慮しない	=2	考慮しない	考慮する	=3	考慮する	考慮する
IOPTX	衝突発生圧 の 計 算	キャビティ発生 時 刻 制 約																	
=0	考慮しない	考慮しない																	
=1	考慮する	考慮しない																	
=2	考慮しない	考慮する																	
=3	考慮する	考慮する																	

番地	記号	内 容
272	MODBUB	反応部モデルのオプション =0 球モデルで計算する =1 球モデルで計算をスタートし BTM に切換える =2 球モデルで計算をスタートし FBM に切換える =-1 スタート時より BTM =-2 スタート時より FBM
237	NPEX	Extra-Pipeの分割数 $\leq 399$
274	KSPSW	球モデル→BTM/FBMの切換えタイミングのオプション  =0 指定時刻で切り換える。 =1 気泡半径が球モデル半径に達すると切り換える。 =2 気泡表面積がパンケーキ表面積と等しくなった時切り換える。
275	IAPRX	移動気泡境界／固定気泡境界の特性曲線法近似の次数 =1 1次近似                    =2 2次近似
277	NELE(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの要素分割数。 $\leq 50$ (1枚目)
287	IFRD(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスク解析コードの選択 =0 従来の解析コード =1 ラプチャーディスク1枚の解析(従来同様) =2 ラプチャーディスク1枚の解析(SWAAM-RD) =3 ラプチャーディスク2枚の解析(SWAAM-RD)

番地	記号	内 容
300	IRLIN(i, j) (i=1, MR) (j=1, 10)	放出系配管部材番号 (放出系配管部の計算時は、必ず指定する。)
400	NELE2(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの要素分割総数 $\leq 50$ (2枚目)

表4.4.2 初期スパイク圧計算実数データ (SWAC57-RD)

番地	記号	内 容	単位
1	XL(i) (i=1, Σ NR)	各部材長さ	m
51	CC(i) (i=1, Σ NR)	各部材音速	m/sec
101	AA(i) (i=1, Σ NR)	各部流路面積	m <sup>2</sup>
151	DE(i) (i=1, Σ NR)	各部材等価直径	m
202	GAM	流体（ナトリウム）の比重	Kg/m <sup>3</sup>
203	UU	流体（ナトリウム）の動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec
204	SR(i) (i=1, MR)	ナトリウム中に設置されたラプチャーディスク断面積	m <sup>2</sup>
214	ZR(i) (i=1, MR)	ナトリウム中に設置されたラプチャーディスク圧損係数	—
224	ST(i) (i=1, MT)	サージタンク断面積	m <sup>2</sup>
229	SST(i) (i=1, MT)	サージタンク入口配管断面積	m <sup>2</sup>

番地	記号	内 容	単位
234	ZT(i) (i=1, MT)	サージタンク入口配管圧力損失係数	—
239	PR(i) (i=1, MR)	ナトリウム中に設置されたラプチャーディスク破裂設定圧力	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
249	HRO	開放系背圧（ナトリウム圧力ヘッド換算）	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
250	PT	基準点の位置の圧力（ “ ” ）	m
255	C1	摩擦係数パラメータ $f=C1 \cdot Re^{C2}$ (0.3164)	—
256	C2	摩擦係数パラメータ $f=C1 \cdot Re^{C2}$ (-0.25)	—
257	ZN(i) (i=1, Σ NR)	各部材形状圧損係数	—
307	Hl(i) (i=1, 接合点)	各接合点の高さ (MFS=1の時は自由液面高さを基準点=0)	m
358	PG	カバーガス初期圧力	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
359	BJ(i) (i=1, JBN0)	1分岐境界条件（圧力、または流速）	—
391	HFS(i) (i=1, MRFS)	自由液面上の自由空間長さ	m

番地	記号	内 容	単位
401	AKAPA	上記自由空間の比熱比	—
402	PRFS(i) (i=1, MRFS)	上記自由空間に設置したラプチャーディスクの破裂設定圧力	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
412	ZFS	自由空間から開放系までの圧損係数	—
421	AORI(i) (i=1, NORIF)	流路オリフィス係数	—
601	FBB	1モルの水から発生するH <sub>2</sub> のモル数	mol/mol
602	XR	球モデルの等価半径	m
603	BPI	気泡の初期圧力	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
604	VT	気泡温度	°C
605	BRI	気泡初期半径	m
606	RTRI	タイムメッシュを決めるパラメータ	—
607	GGG	重力加速度	m/sec <sup>2</sup>
610	CCCP	球モデル部の音速	m/sec <sup>2</sup>

番地	記号	内容	単位
611	TIME(i) (i=1, NNIW)	水噴出率テーブル用時間 (NNIW=0の時は入力不要)	sec
711	TEMP0(i) (i=1, NNIW)	TIMEに対応する水噴出率 (NNIW=0の時は入力不要)	Kg/sec
900	PSAT	キャビティ発生圧力	Kg/cm <sup>2</sup> ・a
901	TSPSW	KSPSW=0 の場合の切り換え時刻	sec
902	TBUR	ラプチャーディスク破裂設定時刻	sec
905	QRAD(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの曲率半径 (1枚目)	m
1005	QDIA(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの直径 (1枚目)	m
1015	QTH(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの厚さ (1枚目)	mm
1025	QYM(i) (i=1, MR)	ヤング率 (1枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1035	QPR(i) (i=1, MR)	ポアソン比 (1枚目)	—

番地	記号	内 容	単位
1045	QEP(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの接線係数 (1枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1055	QGAM(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの密度 (1枚目)	Kg/m <sup>3</sup>
1065	WMAX(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの最大変位 (1枚目)	m
1075	QSY(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの設計降伏点 (1枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1085	QSU(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの設計引張り強さ (1枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1100	GTEMP(i) (i=1, MR)	放出系配管のガス温度	°C
1110	PPGAS(i) (i=1, MR)	放出系配管のガス圧力	Kg/cm <sup>2</sup> ・a
1120	VDUMP(i) (i=1, MR)	放出系配管のガス体積	m <sup>3</sup>
1130	QRAD2(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの曲率半径 (2枚目)	m

番地	記号	内容	単位
1140	QDIA2(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの直径 (2枚目)	mm
1150	QTH2(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの厚さ (2枚目)	mm
1160	QYM2(i) (i=1, MR)	ヤング率 (2枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1170	QPR2(i) (i=1, MR)	ポアソン比 (2枚目)	—
1180	QEP2(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの接線係数 (2枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1190	QGAM2(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの密度 (2枚目)	—
1200	WMAX2(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの最大変位 (2枚目)	mm
1210	QSY2(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの設計降伏点 (2枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1220	QSU2(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスクの設計引張り強さ (2枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>

番地	記号	内容	単位
1230	PBACK1(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスク間のガス圧力 (2枚目)	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
1240	PBACK2(i) (i=1, MR)	2枚目ラプチャーディスク後の背圧 (2枚目)	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
1250	VRDUB(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスク間のガス・ボリウム (2枚目)	m <sup>3</sup>
1260	GRDUB(i) (i=1, MR)	ラプチャーディスク間のガス比熱比(1.67) (2枚目)	—
1270	TOPEN(i) (i=1, MR)	破裂のギャップ・タイム (AINL(i)～AFIN(i)の時間)	sec
1280	AINL(i) (i=1, MR)	初期状態でのラプチャーディスクの開口度	—
1290	AFIN(i) (i=1, MR)	破裂後のラプチャーディスクの開口度	—
1300	GAR(i) (i=1, MR)	破裂後の空間変化のパラメータ (弁開度特性の式の乗数)	—
1310	GVE(i) (i=1, MR)	破裂後の流速変化のパラメータ(圧損)	—

#### 4.4.3 準足説明 \*

##### 4.4.3-1 計算モデル

###### (1) 初期スパイク圧計算モデル

- i) 反応部の気泡およびそれをとりまくナトリウムは、一次元の球座標系（球モデル）で扱う。ナトリウム球の大きさ、初期気泡条件（半径、圧力、温度）は入力データで指定する。気泡が成長しその半径がSGベッセルの半径と等しくなると、特別に設けた一次元の直線座標系である仮想配管（Extra-pipe）部へ気泡体積が保存されるよう内挿近似して移され、その後はこの仮想配管で計算を継続する。
- ii) 蒸気発生器内の各流路は一次元の直線座標系（柱モデル）で扱う。
- iii) 計算モデルで考慮できる境界条件は一分岐境界（圧力一定または流速一定）、自由液面境界、サーナンク接合点、ナトリウム中のラプチャディスク接合点、オリフィス接合点である。
- iv) ラプチャディスクはシングル・ラプチャディスクまたはダブル・ラプチャディスクが扱える。

###### (2) 圧力波伝播計算モデル

- i) 二次冷却系の機器、配管を一次元の直線座標系（柱モデル）で扱う。
- ii) 事故蒸気発生器の入口／出口ノズル部の圧力時間変化は初期スパイク圧計算結果あるいは実験測定値として既に得られているものとし、時間関数として入力で与え境界条件として扱う。
- iii) 計算モデルで考慮できる境界条件は初期スパイク圧計算と同一である。

---

\* 初期スパイク圧計算と圧力波伝播計算（入力データの表は後述の4.6節に示す）は、計算上の圧力源が前者では反応部球モデルにより計算されるが、後者は圧力時間変化が既知の境界として入力データで与える点が異なる。

しかし、他の計算部に関しては両者はまったく同一の扱いであり、計算コードのプログラム構成としても上記を除いて共通のサブルーチンを用いている。

以上のような理由から、入力データの形式、計算モデルの制約等も両者は同一であり、補足説明として本項でまとめてとり扱う。

### (3) 計算モデルの定義

以下に入力データで用いられるモデル上の用語の定義を説明する。

#### 3-1) 柱 モデル

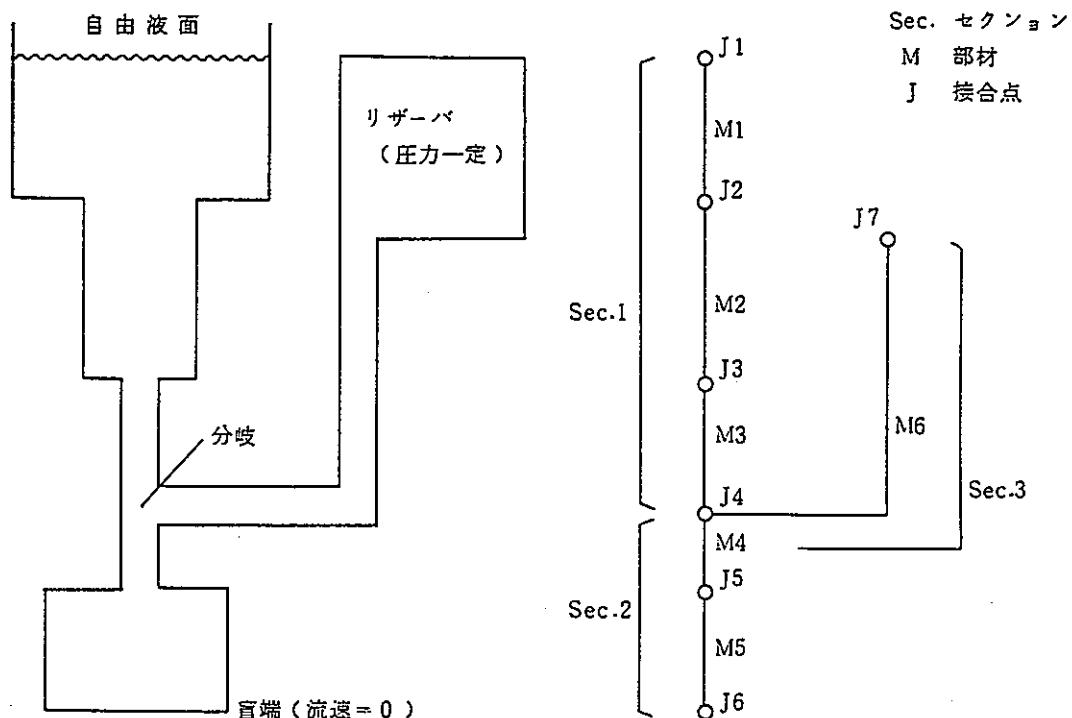


図4.4-1 セクション、部材、接合点のモデル化例

#### i) セクション (Section)

1 分岐境界、自由液面境界、多分岐境界ではさまれた流路を1つのセクションと定義する。

#### ii) 部材 (Member)

1つのセクション内で次のような場合部材として分割する。

- ① 流路断面積が変化する場合
- ② 音速が変化する場合
- ③ ザージタンク、ナトリウム中ラップチャディスク、オリフィスが設置されている場合
- ④ 形状圧損がある場合

なお、初期スパイク圧計算、圧力波伝播計算では、計算結果（圧力、流速）を部材両端（=接合点）ごとに出力する。従って特定の位置（例えば実験測定位置）について計算結果を出力したい場合は上述の定義に関係なく部材として分割する必要がある。

## iii) 接合点(Member)

1つの部材の両端を接合点と定義する。すなわち接合点はセクションの端を含めて計算上のすべての境界条件を指定する点となる。

入力データにより部材番号で指定するものと、接合点番号で指定するものがあるので注意が必要である。

## iv) 部材内分割数

各々の部材については、更に最大99分割までの計算メッシュ巾( $\Delta x$ )に分割できる。すなわち、(部材の長さ) / (部材内分割数) が数値計算上の空間メッシュ巾( $\Delta x$ )となる。

図4.4.2に入力データのセクション、部材の両端接合点番号JS(SWAC57-ID22)、JN(SWAC57-ID42)の入力例を示す。

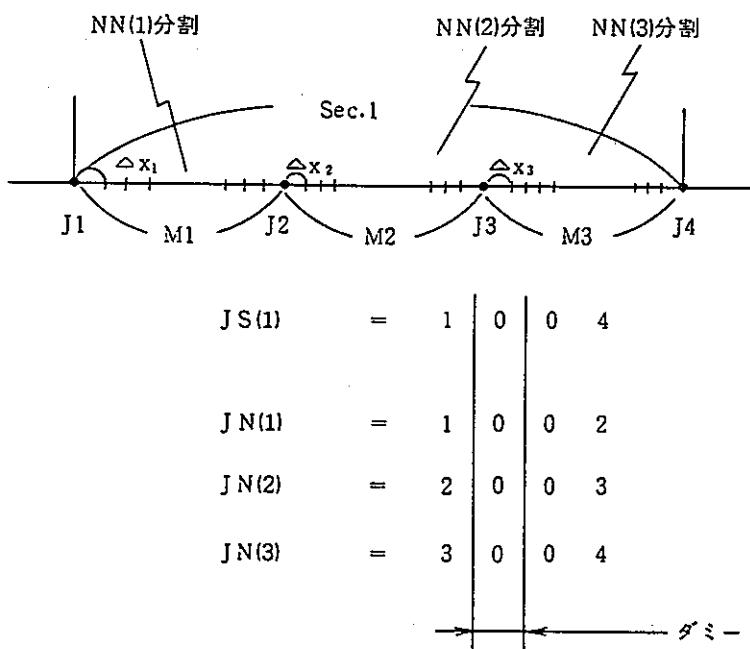


図4.4-2 セクション、部材の両端接合点番号の入力例

## 3-2) 球モデル

球モデルについては、図4.4.3に示すように上半球と下半球に分けて各々計算される。各々の半球は中心に気泡が存在すると仮定して、そのまわりをナトリウムが囲んでいるモデルを考える。

球モデル部の計算メッシュ巾( $\Delta R$ )は図4.4.3に示したように(球モデル半径 - 初期気泡半径) / (球モデル分割数)となる。

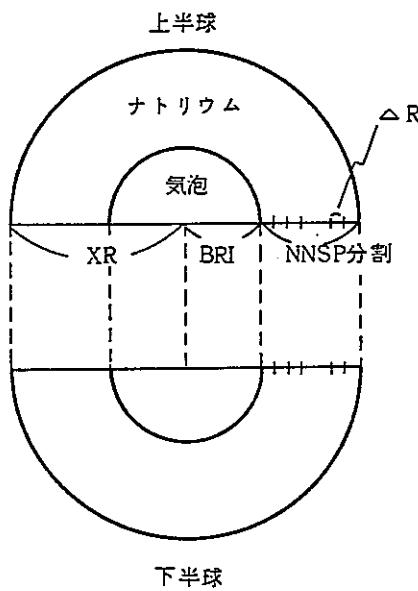


図4.4-3 反応点付近の球モデルの分割

球モデルと柱モデルの接続の例を図4.4.4に示す。球モデルの上半球は上部柱モデル、側部柱モデルと、下半球は下部柱モデル、側部柱モデルと接続される。

側部柱モデルは、上方あるいは下方よりの圧力波（反射波）が反応点のレベルを通過する際のバイパスに相当する。側部柱モデルは、球モデルの上半球、下半球に対応させて2つの部材に分割し、その部材長さは各々球モデルの半径とする。また、断面積は任意に指定できるが通常のSGの体系では、図4.4.5に示すように上（下）柱モデル部の断面積より球の断面積を除いたものを用いる。

なお、JJNH（球モデル中心に対応する接合点番号、SWAC57-ID261）およびJJSP（球モデルに対応する柱領域部材両端の接合点番号、SWAC57-ID262）は、図4.4.4の例ではJJNH=3、JJSP=2004となる。

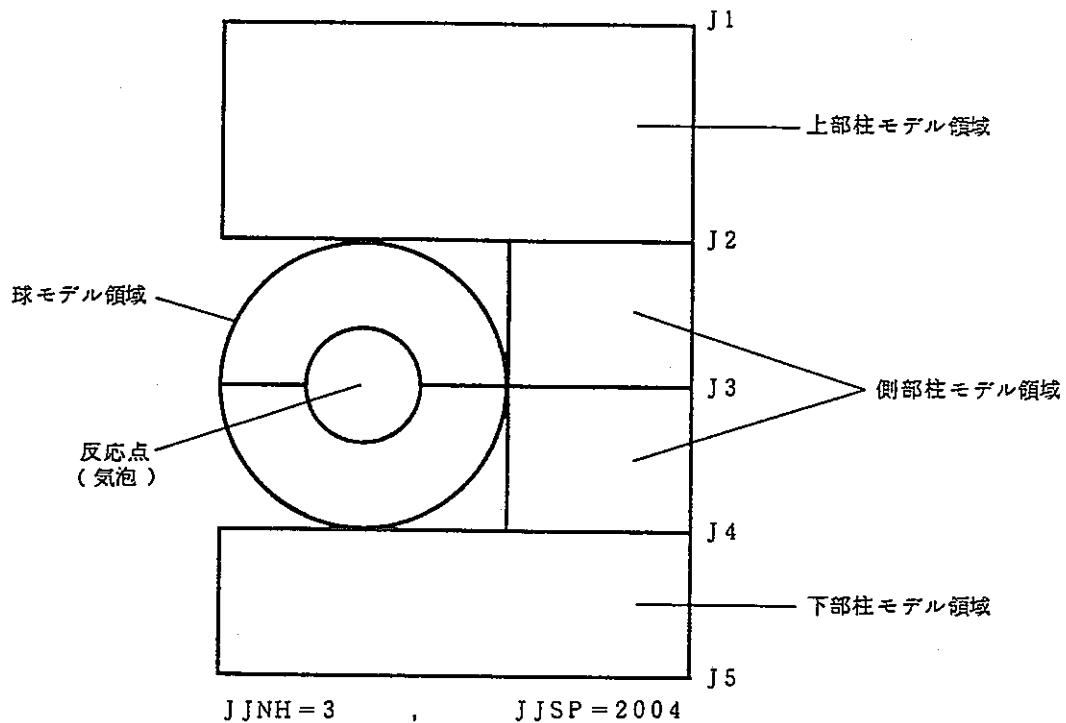


図4.4-4 球モデルと柱モデルの接続

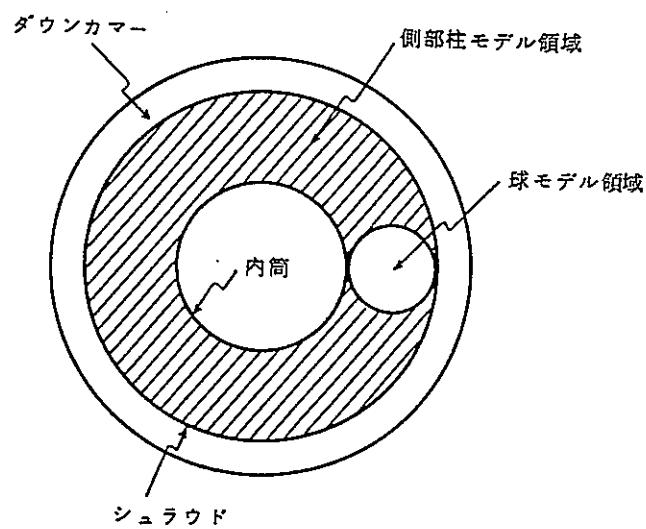


図4.4-5 ヘリカルコイル型 SG 体系での球モデルと側部柱モデルの分割例

### 3-3) 固定気泡境界モデル(FBM)

固定気泡境界モデルについては、図4.4-6に示すように境界の移動を簡易的に扱う計算法（境界の移動を計算しない）で、気泡が成長して界面の位置が初期反応点より遠くなっても計算上は気泡界面が初期反応点に定在しているかのように取り扱う。このモデルは、「液柱分離計算モデル」<sup>14)</sup>などで使用されている。

FBMオプションとしてMODBUB(SWAC57-ID272)が用意されている。FBMの計算法は簡易モデルであるため誤差が累積しやすく長時間領域の計算にはあまり適していない。

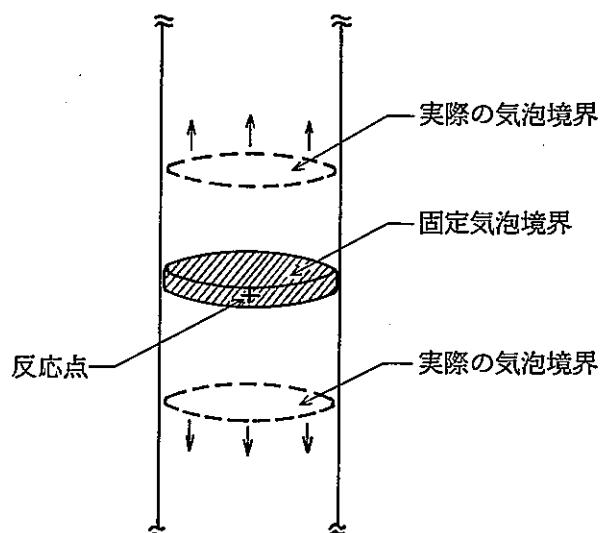


図4.4-6 固定気泡境界モデル(BTM)

## 3-4) パンケーキ・モデル(BTM)

従来のモデルでは、図4.4-7に示すようにナトリウム-水反応時に発生する水素ガス気泡を球形（上半球と下半球に分離して考えてその2つの半球を重ねた形）で扱い、その周囲のナトリウム領域も球座標系で扱っていた。パンケーキ・モデルは、これを任意の時刻TSPSW(SWAC57-RD901)にパンケーキ形の気泡と直線座標系のナトリウムに切り換えて計算時間領域の拡大を計ったものである。

パンケーキ・モデルでは、従来の球領域に対応する領域だけでなく球領域に隣接していた上下の柱領域(Pipe1, Pipe4)も含めて計算を行う。切り換え後のPipe Iは球・柱モデル使用時の球領域(Sphere1, 2)と上下の隣接柱領域(Pipe1, 4)、さらに側部柱領域(Pipe2, 3)の合計6つのモデル(領域)を1つの仮想配管(Extra-Pipe)にまとめたものである。

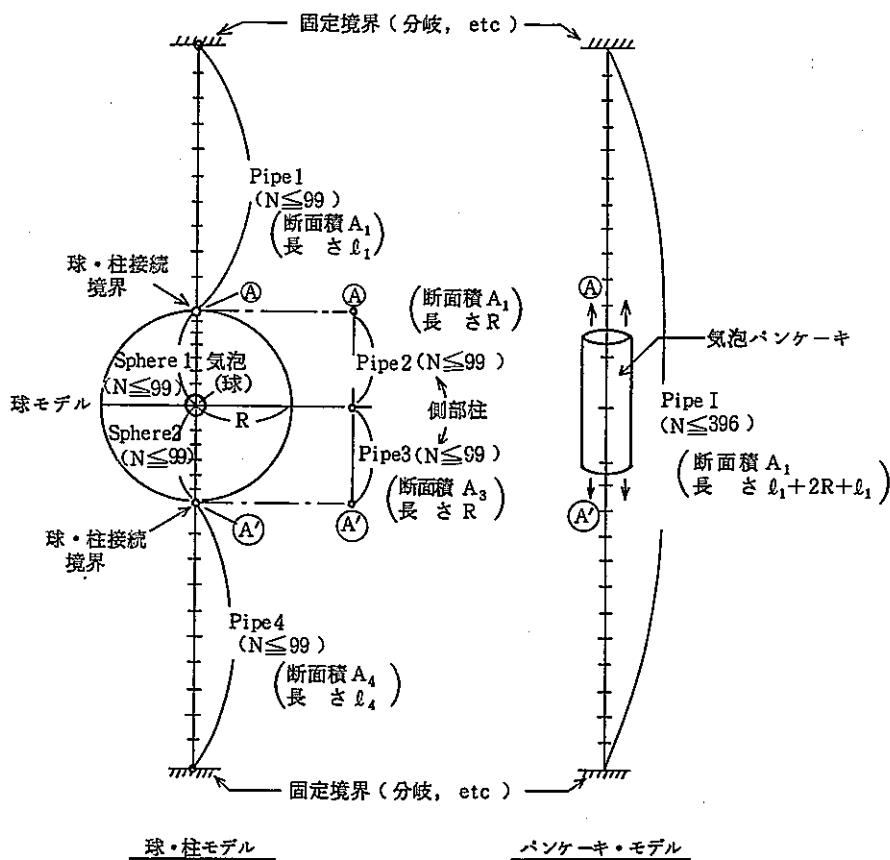


図4.4-7 パンケーキ・モデル (BTM)

- (1) 球・柱モデルからパンケーキ・モデルの切り換えのオプションKSPSW(SWAC57-ID274)には以下の3つがある。
  - (a) 指定時刻TSPSW(SWAC57-RD901)で切り換える。
  - (b) 球座標中で気泡境界が最大球モデル・メッシュに達した時刻でプログラムが自動切り換えを行う。
  - (c) 気泡の表面積が切り換え後のパンケーキ・モデルになった場合のパンケーキ表面積と等しくなった時刻にプログラムが自動切り換えを行う。
- (2) モデル作成の制約  
以下にモデル作成時の制約を述べる。
  - 1) 最大セクション数NS(SWAC57-ID1)は20である。
  - 2) 部材数は全体系の総数が50である。
  - 3) 部材、接合点の番号付けは球モデルを含むチャンネル（破断チャンネル）の上端から下方に向かって順につける。分岐以降の他チャンネルの番号付けは任意である。
  - 4) 最大部材内分割数は99である。
  - 5) 球領域の最大分割数は99である。
  - 6) 1分岐境界の最大数は10である。
  - 7) 自由液面境界の最大数は10である。
  - 8) ナトリウム中ラップチャディスクの最大数は10である。
  - 9) オリフィス境界の最大数は5である。
  - 10) サージタンク境界の最大数は10である。
  - 11) 放出系配管は最大数10である。
  - 12) Extra-Pipeの最大分割数NPEX(SWAC57-ID273)は399である。
  - 13) パンケーキ部に1分岐境界または3分岐境界があってはならない。
  - 14) パンケーキ部の断面積は、図4.4-7より明かなようにPipe1, Pipe4の断面積と等しくなくてはならない。
  - 15) 差込み配管をモデル化すると図4.4-8に示すようなモデルとして取り扱われる。

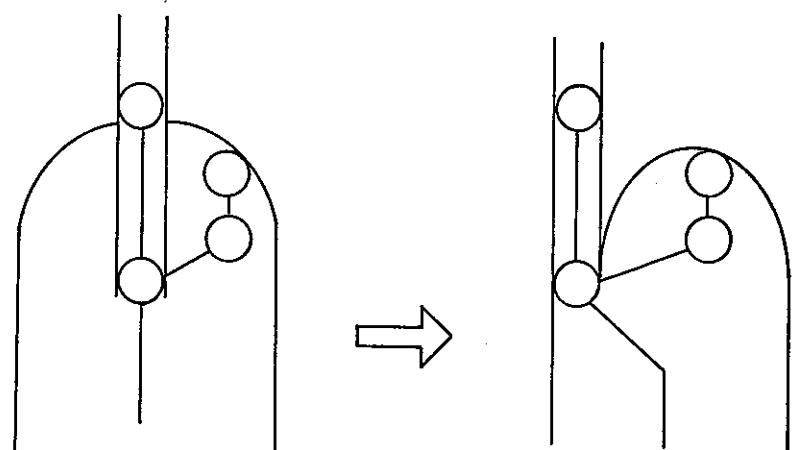


図4.4-8 差込み配管のモデル

#### 4.4.3-2 計算条件

### (1) 初期条件

初期スパイク圧計算では、初期条件として反応点の気泡の初期半径、初期圧力を入力で与える必要がある。また、気泡の温度についても入力で与え定数として扱われる。気泡の初期半径、初期圧力の与え方は任意であるが通常、初期半径は破断伝熱管の内半径相当、初期圧力はナトリウム中の破断位置初期圧力をとる。その他の位置の圧力は、基準となるカバーガス圧力よりナトリウムのヘッド差を差し引いた圧力に設定される。また、初期ナトリウム流速は考慮しない。圧力波伝播についても同様である。

## (2) 境界条件

初期スパイク圧計算、圧力波伝播計算で扱われる境界条件ならびに計算に必要な入力データを表4.4.3に示す。以下に個々の境界条件の計算上の扱いについて説明する。

### i) 反応部気泡境界

反応部については、前項でも述べたように球モデル・ナトリウム中の球状の気泡成長を仮定する。水素ガスの膨張は理想気体の等温変化として次式で表わされる。

$$P_{H_2} \cdot Q_{H_2} = n \cdot R_0 \cdot T_{H_2} \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots (4.4.2)$$

ここで、nは水素ガスモル数(mol)、Fは水と水素ガスのモル転換比(mol/mol)、 $q_w$ は水噴出率(kg/sec)、 $P_{H_2}$ は水素ガス気泡圧力(kg/m<sup>2</sup>)、 $Q_{H_2}$ は水素気泡体積(m<sup>3</sup>)、 $R_0$ は一般気体定数(kg·m/mol·K)、 $T_{H_2}$ は水素ガス温度(°K)である。これらのうち入力データとしてF(=FBB、SWAC57-RD601)、 $T_{H_2}$ (=VT、SWAC57-RD604)を与え定数として扱われる。また、前述したように初期条件として初期気泡圧力(BPI、SWAC57-RD603)と初期気泡半径(BRI、SWAC57-RD605)を指定する必要がある。

## ii) 圧力源境界（圧力波伝播計算）

圧力伝播計算では、特定の1点あるいは2点の接合点の圧力時間変化が既知であるとして、その点を圧力源（発生点）として計算を行う。その圧力変化は時間関数として入力カード・データで与えててもよい。また、初期スパイク圧計算結果のファイルを用いてもよい。入力データのコントロールについては5.3(2)項で詳述する。

## iii) 圧力一定境界と盲端境界

- (a) 流路の端は1分岐境界（圧力一定、盲端）あるいは自由液面境界のいずれかでなくてはならない。（但し、圧力波伝播計算ではii)で述べた圧力源境界でもよい。）
- (b) 1分岐境界は圧力一定境界あるいは盲端（流速一定=0m/sec）とする。
- (c) 1分岐境界はその接合点番号をJB(SWAC57-ID164)で指定する。その際、圧力一定境界の場合は接合点番号に負の符号を付ける。
- (d) 境界条件はBJ(SWAC57-RD359)に入力する。その際、圧力一定境界の場合の入力値は静圧（ヘッド）(m)単位で入力する。

図4.4.1に示した例の場合の入力の指定は以下のようになる。

```

JBN0(SWAC57-ID187)=2      (1分岐境界個数)
JB(1) = 6                  (盲端境界)
JB(2) = -7                 (圧力一定境界)
BJ(1) = 0.0                (m/sec)
BJ(2) = P                  (kg/cm2·a) * 104 / γNa (kg/m3)      (m)

```

γ<sub>Na</sub>は流体（ナトリウム）の比重でGAM(SWAC57-RD202)で指定する値と同一の値とする。

## iv) 自由液面境界

自由液面境界では液面変動によりカバーガスが断熱的に変化すると仮定して計算を行う。従って、カバーガス圧は次式で表わされる。

$$P = P_0 \cdot \left( \frac{HFS}{HFS - FL} \right)^{\kappa} \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (4.4.3)$$

ここで入力で指定するデータは、カバーガス初期圧力PG(SWAC57-RD358)(kg/cm<sup>2</sup>a)、カ

バーガス空間の初期高さ（長さ）HFS(SWAC57-RD391)(m)、カバーガスの比熱比 $\kappa$ (=AKAPA、SWAC57-RD401)の3つである。FLは液面変位(m)でありプログラムで計算される。自由液面の上部カバーガス部には、ラプチャディスクが設置されているとし、ラプチャディスクの破断は次式で判定する。

P > P R F S (SWAC57-RD402) ..... (4.4.4)

ラップチャディスク破断後の液面圧力（静圧）は次式で扱われる。

HRO(SWAC57-RD249)は開放系圧力ヘッド(m)、ZFS(SWAC57-RD412)はカバーガス部から開放系への圧損係数である。VAVは液面の速度(m/sec)である。カバーガス空間の流路に断面積変化がある場合は上記HFS、ZFSの値に補正を加える必要がある。

v) サージ・タンク接合点

サージ・タンクが接続されている接合点では、その接合点の境界条件を次式で与える。

$$H_P = H_T' - \frac{SST}{ST} \cdot \frac{\Delta t}{2} (V_{P_3} - V'_{P_3}) - \frac{ZT}{2g} |V_{P_3}| |V'_{P_3}| \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (4.4.6)$$

$$A_1 \cdot V_{P_1} + A_2 \cdot V_{P_2} + S \cdot S \cdot T \cdot V_{P_3} = 0 \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (4.4.7)$$

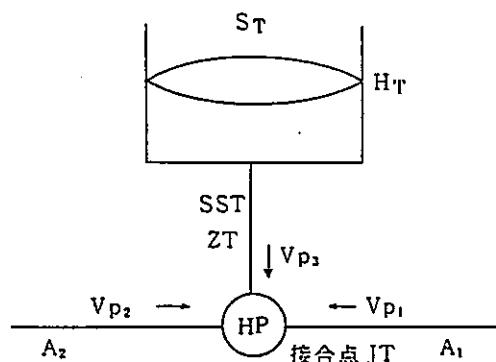


図4.4-9 サージ・タンク接合点

ここで、 $H_P$ はサージ・タンク接合点の圧力ヘッド(m)、 $H'_T$ はサージ・タンク圧力ヘッド(m)、 $ST(SWAC57-RD224)$ はサージ・タンク断面積( $m^2$ )、 $SST(SWAC57-RD229)$ はサージ・タンク入口配管断面積( $m^2$ )、 $ZT(SWAC57-RD234)$ はサージ・タンク入口配管圧損係数、 $V_{P_3}$ はサージ・タンク入口配管流速( $m/sec$ )、 $V_{P1}, V_{P2}$ は各々接合点に流れ込む流速( $m/sec$ )、 $A_1, A_2$ は接続される部材の断面積( $m^2$ )である。

#### vi) ナトリウム中ラプチャディスク接合点

(a) ラプチャディスク接合点（旧モデル）

ラプチャディスク破裂前は、特別な計算は行わない。ラプチャディスク接合点の圧力が破裂設定圧(PR、SWAC57-RD239)を越えた後は次式で境界条件を与える。

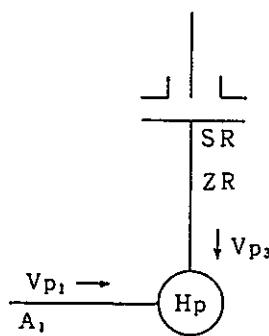


図4.4-10 ナトリウム中ラプチャディスク接合部

ここで $H_P$ はラプチャディスク接合点の圧力ヘッド( m )、 $H_R$ ( SWAC57-RD249 )は開放系背圧ヘッド( m )、 $Z_R$ ( SWAC57-RD214 )はラプチャディスク圧損係数、 $V_{P3}$ はラプチャディスク流速( m/sec )、 $V_{P1}$ は各々接合点に流れ込む流速( m/sec )、 $A_1$ は接続される部材の断面積(  $m^2$  )である。

(b) ラプチャディスク接合点（新モデル）

1) シングル型

（解析モデル）

1枚のラプチャディスクについて、流体（ナトリウム）とディスクの相互作用を考慮した圧力波伝播解析を行う。その際、流体の状態、具体的には以下の式で与える  $C_1$  と  $C_2$  の値、により、ディスクの変形を有限要素法により弾・塑性解析する。

（キャビテーションのない場合）

$$P = C_1 + C_2 * V$$

$$V = f(P)$$

（キャビテーションのある場合）

$$P = \text{cavitation pressure}$$

$$V = f(P)$$

$f$  は非線形関数で、 $P$  と  $V$  は各々圧力とディスクの変位速度である。既知の圧力によるディスクの応答、つまり  $V = f(P)$ 、は有限要素法により計算される。しかし、流体／ディスクの相互作用を計算する時には圧力と変位速度は未知となるため、両者を求める際には、繰り返し計算手法により上述した式を満足させる  $P$  と  $V$  の組合せとして解を求める。

このラプチャディスクは時間とともに変形し、ディスク中央がナイフに接するか、ディスク中心部の変位がある設定値に達すると、ラプチャディスクは完全開口し、その後は開放端として計算を継続する。

（コード使用法）

IFRDラプチャディスク解析コードの選択(SWAC57-ID287)で2を選択する。NELE(SWAC57-ID277)ラプチャディスク要素分割数は、ラプチャディスクを1次元化した時の空間メッシュの分割数／2である。さらに、以下の設定を行う必要がある。

- ・ ラプチャディスク曲率半径(SWAC57-RD905)
- ・ ラプチャディスクの直径(SWAC57-RD1005)
- ・ ラプチャディスクの厚さ(SWAC57-RD1015)
- ・ ヤング率(SWAC57-RD1025)

- ポアソン比(SWAC57-RD1035)
- ラプチャディスクの接線係数(SWAC57-RD1045) (設定しなくてもよい。)
- ラプチャディスクの密度(SWAC57-RD1055)
- ラプチャディスクの最大変位(SWAC57-RD1065)
- ラプチャディスクの設計降伏点(SWAC57-RD1075)
- ラプチャディスクの設計引張り強さ(SWAC57-RD1085)

## 2) ダブル型

### (解析モデル)

ダブルラプチャディスクは、ディスク間の空間をガスで満たした2枚のラプチャディスクで構成されている。1枚目ラプチャディスク（接液部）は、ディスク間のガス圧の影響が十分無視できるものと考えられるため、前項のシングルラプチャディスクモデルとほぼ同様の解析モデルで計算を行う。

1枚目ラプチャディスクの破裂後は、ナトリウムの流入によりディスク間のガスは理想気体として圧縮され、その圧力が2枚目ラプチャディスクへと作用する。ガスは圧縮性であり、ディスクの変形はさほどガス圧に影響しないため、ガスと2枚目ラプチャディスクの相互作用は考慮しない。2枚目ディスクの中心部がある設定値に達した時にディスクは完全開口する。

### (コード使用法)

コード上は、ラプチャディスク接合点に2枚のラプチャディスクとガス空間を模擬しているので、新たにパイプを設ける必要はない。IFRDラプチャディスク解析コードの選択(SWAC57-ID287)で3を選択する。NELE(SWAC57-ID277)1枚目ラプチャディスク要素分割数、NELE2(SWAC57-ID400)2枚目ラプチャディスク要素分割数は、ラプチャディスクを1次元化した時の空間メッシュの分割数／2である。さらに、以下の設定を行う必要がある。

#### ① 1枚目ラプチャディスク

- ラプチャディスク曲率半径(SWAC57-RD905)
- ラプチャディスクの直径(SWAC57-RD1005)
- ラプチャディスクの厚さ(SWAC57-RD1015)
- ヤング率(SWAC57-RD1025)
- ポアソン比(SWAC57-RD1035)

- ・ ラプチャディスクの接線係数(SWAC57-RD1045) (設定しなくてもよい。)
- ・ ラプチャディスクの密度(SWAC57-RD1055)
- ・ ラプチャディスクの最大変位(SWAC57-RD1065)
- ・ ラプチャディスクの設計降伏点(SWAC57-RD1075)
- ・ ラプチャディスクの設計引張り強さ(SWAC57-RD1085)

② 2枚目ラプチャディスク

- ・ ラプチャディスク曲率半径(SWAC57-RD1130)
- ・ ラプチャディスクの直径(SWAC57-RD1140)
- ・ ラプチャディスクの厚さ(SWAC57-RD1150)
- ・ ヤング率(SWAC57-RD1160)
- ・ ポアソン比(SWAC57-RD1170)
- ・ ラプチャディスクの接線係数(SWAC57-RD1180) (設定しなくてもよい。)
- ・ ラプチャディスクの密度(SWAC57-RD1190)
- ・ ラプチャディスクの最大変位(SWAC57-RD1200)
- ・ ラプチャディスクの設計降伏点(SWAC57-RD1210)
- ・ ラプチャディスクの設計引張り強さ(SWAC57-RD1220)
- ・ ラプチャディスク間のガス圧力(SWAC57-RD1230)
- ・ 2枚目ラプチャディスク後の背圧(SWAC57-RD1240)
- ・ ラプチャディスク間のガス・ボリウム(SWAC57-RD1250)
- ・ ラプチャディスク間のガス比熱比(SWAC57-RD1260)
- ・ 破裂のギャップ・タイム(SWAC57-RD1270)  
(1枚目ラプチャディスクが破裂してから完全に開ききるまでの時間)
- ・ 初期状態でのラプチャディスク開口度(SWAC57-RD1280)  
(閉じている: =0.0、100%開口: =1.0)
- ・ 破裂後のラプチャディスク開口度(SWAC57-RD1290)  
(閉じている: =0.0、100%開口: =1.0)
- ・ 破裂後の空間変化のパラメータ(SWAC57-RD1300)
- ・ 破裂後の流速変化のパラメータ(SWAC57-RD1310)

### 3) 放出系配管モデル

IRLIN(SWAC57-ID300)の放出系配管部材番号（1部材のみ）を上記のシングル型及びダブル型のラブチャディスクに対応して必ず指定する。

例) IRLIN(300)=12 ..... ラブチャディスク番号1の放出系配管部材番号12

IRLIN(310)=24 ..... ラブチャディスク番号2の放出系配管部材番号24

最大10個まで

さらに、実数部データとして以下の項目を指定する。

- 放出系配管内のガス温度
  - 放出系配管内のガス圧力
  - 放出系配管内のガス体積

### vii) オリフィス接合点

オリフィスを有する接合点では、その境界条件を次式で与える。

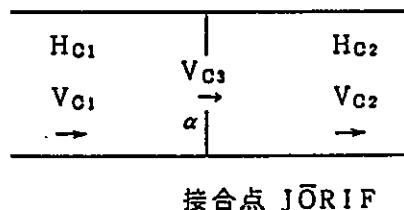


図4.4.11 オリフィス接合点

ここで、 $V_{c3}$ はオリフィスを通過するナトリウム流速(m/sec)、 $\alpha$ (=AORIF, SWAC57-RD421)はオリフィス係数、 $H_{c1}, H_{c2}, V_{c1}, V_{c2}$ は各々オリフィス接合点に接続する圧力ヘッド(m)と流速(m/sec)である。

### (3) その他の条件

S G 内部のコイル部のように形状が複雑な場合の等価断面積は、基本的に次式より求め  
る<sup>17)</sup>。

但し、 $L$ は流路長( m )、 $A(x)$ は流路に沿った断面積(  $m^2$  )である。

音速については、通常の管路について管壁の弾性変形を考慮した次式を適用する<sup>18)</sup>。

ここで、 $C_e$ は弾性管内音速(m/sec)、 $C_\infty$ は無限ナトリウム中音速(m/sec)、 $K$ はナトリウムの体積弾性係数(kg/m<sup>2</sup>)、 $E$ は管壁の縦弾性係数(kg/m<sup>2</sup>)、 $D/t$ は管の内径／管壁の厚さである。

S G の内部のように複雑な内部構造物を持つ流路の場合には、(4.4.14)式は厳密に適用することはできないが、代りとなる適切な式は得られてないため、実験測定値等に頼らざるを得ない。

表4.4.3 初期スパイク圧計算／圧力波伝播計算の境界条件

No	境 界 条 件	指 定 入 力 デ 一 タ
1	反応部気泡境界 (初期スパイク圧計算)	<p>IOPT57 (SWAC57-ID250)=1</p> <p>(気泡条件)</p> <p>FBB (SWAC57-RD601) ..... モル転換比 BPI (SWAC57-RD603) ..... 初期圧力 VT (SWAC57-RD604) ..... 温度 BRI (SWAC57-RD605) ..... 初期半径</p> <p>(球モデル条件)</p> <p>JJNH (SWAC57-ID261) ..... 中心接合点番号 JJSP (SWAC57-ID262) ..... 両端接合点番号 NNSP (SWAC57-ID263) ..... 分割数 XR (SWAC57-RD602) ..... 半径 CCCP (SWAC57-RD610) ..... 音速</p> <p>(パンケーキ・モデル)</p> <p>NPEX (SWAC57-ID273) ..... 分割数 KSPSW (SWAC57-ID274) ..... 切り換え TSPSW (SWAC57-RD901) ..... 切り換え時刻</p> <p>(水噴出率)</p> <p>NNIW (SWAC57-ID264) ..... テーブル点数 TIME (SWAC57-RD611) ..... 時刻 TEMPO (SWAC57-RD711) ..... 水噴出率</p>

No	境 界 条 件	指 定 入 力 デ 一 タ
2	圧力源境界 (圧力波伝播計算)	<p>(初期スパイク圧計算結果ファイルを用いる場合)</p> <p>NPS (CONT-ID44)=1 or 2</p> <p>INPN05 (CONT-ID45) ..... 入力部材番号</p> <p>INPNX5 (CONT-ID59) ..... 入力部材番号</p> <p>MDAT5 (CONT-ID48) ..... 入力データ数</p> <p>NPWV (SWAC5K-ID237) ..... 境界接合点数</p> <p>JPWV (SWAC5K-ID238) ..... 境界接合点番号</p> <p>(入力データカードで圧力波を入力する場合)</p> <p>NP5 (CONT-ID44)=0</p> <p>NPWV (SWAC5K-ID237) ..... 境界接合点数</p> <p>JPWV (SWAC5K-ID238) ..... 境界接合点番号</p> <p>NPTM (SWAC5K-ID240) ..... テーブル点数</p> <p>STIME (SWAC5K-RD426) ..... 時刻</p> <p>PWAVE (SWAC5K-RD476, 526) .. 圧力</p>
3	圧力一定境界	<p>JBN0 (SWAC57-ID187) ..... 個数 *)</p> <p>JB (SWAC57-ID164) ..... 接合点番号</p> <p>BJ (SWAC57-RD359) ..... 圧力値</p>
4	盲端(流速一定境界)	<p>JBN0 (SWAC57-ID187) ..... 個数 *)</p> <p>JB (SWAC57-ID164) ..... 接合点番号</p> <p>BJ (SWAC57-RD359) ..... 流速値 (=0.0)</p>

\*) JBN0は一分岐点の個数で圧力一定境界個数と盲端(流速一定)境界個数の和である。

No	境界条件	指定入力データ
5	自由液面境界	<p>MPS (SWAC57-ID201) ..... 個数            JFS (SWAC57-ID202) ..... 接合点番号            HPS (SWAC57-RD391) ..... 自由空間長さ            AKAPA (SWAC57-RD401) ..... 入力部材番号            PG (SWAC57-RD358) ..... 入力部材番号</p> <p>(カバーガス中ラプチャディスク)            MRPS (SWAC57-ID212) ..... 個数=MFS            JRPS (SWAC57-ID213) ..... 接合点番号=JFS            PRPS (SWAC57-RD402) ..... 破裂圧            ZFS (SWAC57-RD412) ..... 圧損係数            HRO (SWAC57-RD249) ..... 開放系背圧</p>
6	サージ・タンク接合点	<p>MT (SWAC57-ID144) ..... 個数            JT (SWAC57-ID146) ..... 接合点番号            ST (SWAC57-RD224) ..... タンク断面積            SST (SWAC57-RD229) ..... 入口配管断面積            ZT (SWAC57-RD234) ..... 圧損係数</p>
7	ナトリウム中 ラプチャディスク	<p>MR (SWAC57-ID145) ..... 個数            JR (SWAC57-ID151) ..... 接合点番号            SR (SWAC57-RD204) ..... 断面積            ZR (SWAC57-RD214) ..... 圧損係数            PR (SWAC57-RD239) ..... 破裂圧            HRO (SWAC57-RD249) ..... 開放系背圧</p>

No	境 界 条 件	指 定 入 力 デ ー タ
7		<p>(シングル・ラプチャディスク、1枚目)</p> <p>NELE (SWAC57-ID277) ..... 要素分割数      QRAD (SWAC57-RD905) ..... 曲率半径      QDIA (SWAC57-RD1005) ..... 直径      QTH (SWAC57-RD1015) ..... 厚さ      QYM (SWAC57-RD1025) ..... ヤング率      QPR (SWAC57-RD1035) ..... ポアソン比      QEP (SWAC57-ID1045) ..... 接線係数      QGAM (SWAC57-ID1055) ..... R / D 密度      WMAX (SWAC57-RD1065) ..... 最大変位      QSY (SWAC57-RD1075) ..... 設計降伏点      QSU (SWAC57-RD1085) ..... 引張り強さ</p>
		<p>(2枚目ラプチャディスク)</p> <p>NELE2 (SWAC57-ID400) ..... 要素分割数      QRAD2 (SWAC57-RD1130) ..... 曲率半径      QDIA2 (SWAC57-RD1140) ..... 直径      QTH2 (SWAC57-RD1150) ..... 厚さ      QYM2 (SWAC57-RD1160) ..... ヤング率      QPR2 (SWAC57-RD1170) ..... ポアソン比      QEP2 (SWAC57-ID1180) ..... 接線係数      QGAM2 (SWAC57-ID1190) ..... R / D 密度      WMAX2 (SWAC57-RD1200) ..... 最大変位      QSY2 (SWAC57-RD1210) ..... 設計降伏点      QSU2 (SWAC57-RD1220) ..... 引張り強さ</p>

No	境 界 条 件	指 定 入 力 デ 一 タ
7		PBACK1 (SWAC57-ID1230) ..... ガス圧力 PBACK2 (SWAC57-RD1240) ..... 背圧 VRDUB (SWAC57-RD1250) ..... ガス体積 GRDUB (SWAC57-RD1260) ..... ガス比熱比 TOPEN (SWAC57-RD1270) ..... ギャップタイム AINL (SWAC57-RD1280) ..... 初期開口度 AFIN (SWAC57-RD1290) ..... 破裂後開口度 GAR (SWAC57-RD1300) ..... 空間パラメータ GVE (SWAC57-RD1310) ..... 流速パラメータ
8	オリフィス接合点	NORIF (SWAC57-ID231) ..... 個数 JORIF (SWAC57-ID232) ..... 接合点番号 AORIF (SWAC57-RD421) ..... オリフィス係数
9	放出系配管	IRLIN (SWAC57-ID300) ..... 配管番号 GTEMP (SWAC57-RD1100) ..... ガス温度 PPGAS (SWAC57-RD1110) ..... ガス圧力 VDUMP (SWAC57-RD1120) ..... ガス体積

#### 4.4.3-3 計算メッシュ巾

数値計算に使用される空間メッシュ巾、時間メッシュ巾は各々次のように決める。

(1) 空間メッシュ巾 ( $\Delta X$ 、 $\Delta R$ )

柱モデル部については、次のように設定される。

ただし、

$\Delta X_i$  : 部材*i*の空間メッシュ巾(㎜)

X L(i) : 部材 i の長さ (SWAC57-RD602)

NN(i)：部材iの分割数 (SWAC57-RD92)

球モデル部については、次のように設定される。

ただし、

$\Delta R$  : 球モデル部の空間メッシュ巾(ミクロン)

X R : 球モデル部の半径 (SWAC57-RD602) (m)

B R I : 初期気泡半径 (SWAC57-RD603) (m)

N N S P : 球モデル部の分割数(SWAC57-RD263)

## (2) 時間ステップ ( $\Delta t$ )

時間ステップ巾は次式のCourant条件よりプログラム内で処理決定される。

ここで、 $\Delta X_i$ 、 $\Delta R$ は(1)で述べた空間メッシュ巾(m)、 $C_i$ は対応する音速(m/sec)、 $RTR_i$ は入力(SWAC57-RD606)で与える係数で通常1.0とする。

#### 4.5 準定常圧計算データ

##### 4.5.1 整数データ

表4.5.1に準定常圧計算整数データの番地、記号とその内容について示す。

##### 4.5.2 実数データ

表4.5.2に準定常圧計算実数データ番地および記号とその内容、単位について示す。

表4.5.1 準定常圧計算整数データ (SWAC13-ID)

番地	記号	内 容
1	NSG	S G 個数 $\leq 3$
2	NNODE	総ノード数 $\leq 40$
3	NLINK	総リンク数 $\leq 55$
4	NODERT	収納容器のノード番号
5	NNODEC(i) (i=1, NSG)	S G i のカバーガスを有するノード数各 $\leq 5$
8	NODECG(i) (i=1, NSG)	S G i のカバーガス部における放出管接続ノード番号
11	NODEC(i, k) (i=1, NNODEC(k), K=1, NSG)	S G k のカバーガス部を含むノード番号 (S G 毎に入力) (NODEC(1, 2)は16番地、以下同様)
26	NLINKD	S G 間の配管部リンク総数 $\leq 20$
27	LINKD(i) (i=1, NLINKD)	S G 間の配管部リンク番号
47	INODE(i) (i=1, NLINK)	リンク i のイニシアルノード番号

番地	記号	内 容
102	TNODE(i) (i=1, NLINK)	リンクiのターミナルノード番号
157	NLINKH	伝熱管コイルと直交する流路方向を持つリンク総数 $\leq 20$
158	NLINKZ	サブリンクに分割するリンクの総数 $\leq 30$
159	NLINKB	ベンドを有するリンクの総数 $\leq 20$
160	LINKH(i) (i=1, NLINKH)	伝熱管コイルと直交する流路方向を持つリンクの番号 $\leq 20$
180	LINKZ(i) (i=1, NLINKZ)	サブリンクに分割するリンクの番号
210	NZ(i) (i=1, NLINK)	リンクiの (サブリンク数 - 1) $\leq 9$ =0: サブリンクに分割しない =N: (N+1)個のサブリンクに分割
265	LINKB(i) (i=1, NLINKB)	ベンドを有するリンクの番号
285	NBEND(i) (i=1, NLINK)	リンクiの有するベンド数 各 $\leq 10$

番地	記号	内容
340	ZNUMB(j,k) j=1, NBEND(k) k=1, NLINK	リンクkをサブリンクに分割したとき、ベンドjの存在するサブリンク番号（リンク毎に入力） (ZNUMB(1,2)は350番地、以下同様)
890	NNODEW	注水されるノードの総数 $\leq 10$
891	NODEW(i) (i=1, NNODEW)	注水されるノード番号
901	NWTR	水噴出率インプット点数 $\leq 20$ (テープで入力する場合はNWTR=0)
902	NVOID	ボイド率インプット点数 $\leq 20$ = 0:計算されるカバーガス部のボイド率で放出 $\leq 1$ :インプットによりカバーガス部のボイド率を与える時のインプット点数
903	ICDT13	=0:DT(SWAC13-RD3262)の時間メッシュ巾で計算する。 =1:DT13A～DT13C(SWAC13-RD3265～RD3267)の時間メッシュ巾切換を行う。

表4.5.2 準定常圧計算実数データ (SWAC13-RD)

番地	記号	内容	単位
1	LCG(i) (i=1, NNODE)	カバーガス空間を有するノードのガス空間長さ (対応するノード番号について入力) (ノードのガスボリューム; $VG_i = \pi / 4 * DNODE^2 * LCG$ )	m
41	SOLVL	基準点からのNa液位	m
42	LPCOIL	伝熱管コイルの半径方向ピッチ	m
43	DCOIL	伝熱管外径	m
44	HNODE(i) (i=1, NNODE)	基準点からノードの中心高差	m
84	DNODE(i) (i=1, NNODE)	ノードiの相当直径 (ノードiのガスボリューム; $Vi = \pi / 4 * DNODE^2 * LCG$ )	m
124	LNODE(i) (i=1, NNODE)	ノードiの長さ (ノードiのガスボリューム; $Vi = \pi / 4 * DNODE^2 * LCG$ )	m
164	D(j, k) j=1, NZ(k)+1 k=1, NLINK	リンクkのサブリンクjの水力直径 (リンクk毎に入力) (D(1, 2)は174番地、以下同様)	m
714	L(j, k) j=1, NZ(k)+1 k=1, NLINK	リンクkのサブリンクjの長さ (リンクk毎に入力) (L(1, 2)は724番地、以下同様)	m

番地	記号	内容	単位
1264	THETA(j, k) j=1, NBEND(k) k=1, NLINK	リンクkのペンドjの角度 (リンク毎に入力) $\leq 90^\circ$ (THETA(1, 2)は1274番地、以下同様)	—
1814	ZETB(j, k) j=1, NBEND(k) k=1, NLINK	リンクkのサブリンクjの形状圧損係数 (ペンドを除く) (ZETA(1, 2)は1824番地、以下同様)	—
2364	RR(j, k) j=1, NBEND(k) k=1, NLINK	リンクkのサブリンクjの曲率半径/ サブリンク内半径の比 $RR=R/r$ (RR(1, 2)は2374番地、以下同様)	—
2914	NCOIL(i) (i=1, NLINK)	リンクi内のSG軸方向の伝熱管コイル段数	—
2969	PCINT(i) (i=1, NSG)	SGiのカバーガス初期圧力	kg/m <sup>2</sup> ·a
2972	PRINT	放出系、収納容器の初期圧力	kg/m <sup>2</sup> ·a
2973	PATM	大気圧力	kg/m <sup>2</sup> ·a
2974	PRD(i) (i=1, NSG)	SGiのラプチャディスク破裂圧力(差圧)	kg/m <sup>2</sup> ·d

番地	記号	内容	単位
2977	PRD(4)	収納容器のラプチャディスク破裂圧力(差圧)	kg/m <sup>2</sup> ·d
2978	TS	ナトリウム温度	°C
2979	W(i) (i=1, NLINK)	リンクiの初期重量流量	kg/sec
3034	FT(i) (i=1, NNODE)	ノードiにおける水素ガスとナトリウムの絶対温度比	°K/°K
3074	M(i) (i=1, NSG)	S G i付ラプチャディスク破裂開度 (完全開 = ∞)	—
3077	SC	大気放出弁の縮流係数	—
3078	LV	大気放出弁の開き長さ	m
3079	ALPHAW	ナトリウム水反応時のH <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> Oのモル転換比	mol/mol
3080	HSURF	破断点の液面からの深さ	m
3081	FW(i) (i=1, NNODE)	注水ノードiに注水される水の配分率 (Σ FW=1.0)	—
3121	TT(i) (i=1, NWTR)	注水率を指定する時刻 (NWTR(SWAC13-ID901)=0の場合は入力不要)	sec

番地	記号	内容	単位
3141	WTR(i) (i=1, NWTR)	上記時間(TT)に対応する注水率 (NWTR(SWAC13-ID901)=0の場合は入力不要)	kg/sec
3161	NFRICT	摩擦損失係数の二相増倍係数の補正指数 $(\phi^2)^{NFRICT}$	—
3162	S(i) (i=1, NLINK)	リンクiのスリップ比 S=Ug/Umixと定義 但し、Ug ;ガス流速 Umix ;2相流平均流速	—
3217	TV(i) (i=1, NVOID)	ボイド率変化の時間座標 (NVOID(SWAC13-ID902)=0の場合は入力不要)	sec
3237	VALP(i) (i=1, NVOID)	上記時間(TV)に対応するボイド率値 (NVOID(SWAC13-ID902)=0の場合は入力不要)	—
3257	RCONST	水素ガス定数 (420.55)	kgm/kg·K
3258	GRAV	重力加速度 (9.807)	m/sec <sup>2</sup>
3259	GRAVC	重力換算係数 (9.807)	kgm·m/kgf·sec <sup>2</sup>
3260	NT	カバーガスのポリトロープ指数	—
3262	DT	時間メッシュ巾 (ICDT13(SWAC13-ID903)=0の時有効)	sec

番地	記号	内 容	単位
3263	TSTDB	デバック開始時刻	sec
3264	TENDB	デバック終了時刻 (通常はTSTDB=100, TENDB=0というように TSTDB>TENDBにしておく)	sec
3265	DT13A	時間メッシュ巾(0～TT13A)	sec
3266	DT13B	〃 (TT13A～TT13B)	sec
3267	DT13C	〃 (TT13B～ )	sec
3268	TT13A	時間メッシュ巾切換時刻	sec
3269	TT13B	〃 (以上のDT13A～TT13BのデータはICDT13 (SWAC13-ID903)=1の時有効)	sec
3311	A1LINK(j, k) j=1, NZ(k)+1 k=1, NLINK	リンクkのサブリンクjの流路断面積 (A1LINK(1, 2)は3321番地、以下同様) (defaultの場合はD(SWAC13-RD164)より次式 で処理される。)  $A1LINK = \pi / 4 * D^2$	m <sup>2</sup>
3900	ROUGH	流路の壁面粗度(全リンク共通)	m

#### 4.5.3 準定常圧計算

##### 4.5.3-1 計算モデル

準定常圧計算では計算対象の体系をノード、リンクのネットワークモデルにモデル化する。以下に入力データで用いられるノード、リンク、サブリンク等の定義について説明する。

###### 1) ノード (Node)

容積を表わし、各ノードについて圧力、温度、比重、ボイド率等の状態量が定義される。

###### 2) リンク (Link)

各ノード間を接続する流路を表わし、流路を流れる流量が定義される。

リンクを流れる流体の状態量は上流側のノード<sup>\*)</sup>で代表される。(すなわちDonor 差分形を用いている。)

入力データではリンク毎にイニシアル・ノードとターミナル・ノードを指定する。ここでイニシアル・ノードとはモデル作成者が指定する正方向の流れに関する上流側接続ノードで、ターミナル・ノードは同様に下流側接続ノードである。

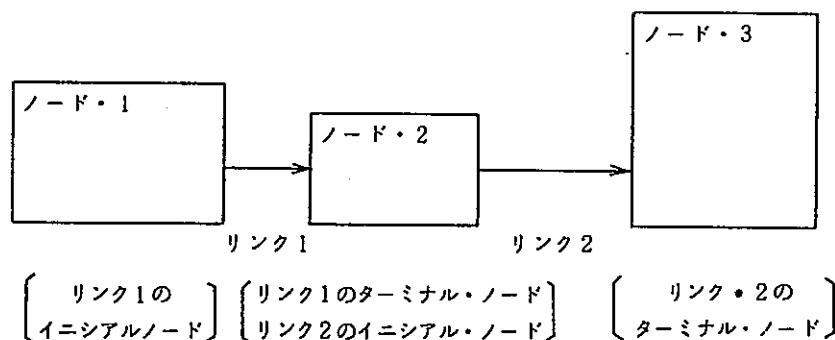


図 4.5-1 ノード・リンクのモデル例

\*) ここでいう上流側ノードとは各時刻の計算結果の流れ方向に対する上流ノードで、入力データのイニシアル・ノードとかならずしも同一ではない。

### 3) サブリンク (Sub-link)

リンクでは各ノード間を流れる流量に対する抵抗を与える必要があるが、1つのリンクについて流路の断面積が変化する場合、そのリンクを更にサブリンクとして分割することができる。また形状圧損係数もサブリンクに対応させて入力する。

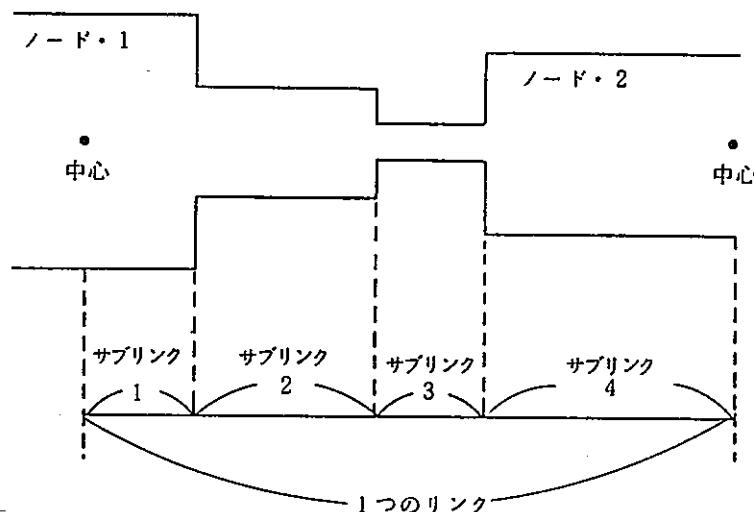


図 4.5-2 サブリンクの分割例

### 4) モデル作成上の制約、注意事項

以下にノード、リンクの制約について記す。

#### ① ノード分割について

- i) 最大ノード数は40個である。
- ii) 収納容器は1つのノードで扱う。
- iii) カバーガス部は1つの代表ノードと、その代表ノードに接続される複数の初期にカバーガスを含むノードで構成する。（図4.5-3を参照）
- iv) 初期にナトリウムで満たされているデッド・エンドのノードはモデル作成時に無視する。（ナトリウムは非圧縮性とみなされるので意味を持たない。図4.5-4を参照）

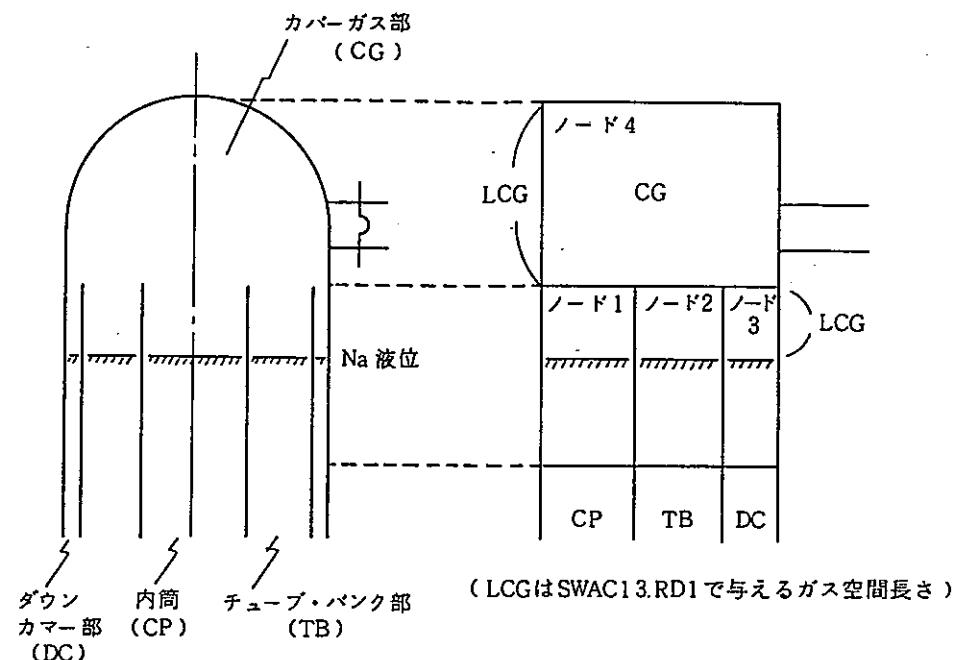


図 4.5-3 カバーガス部のノード分割例

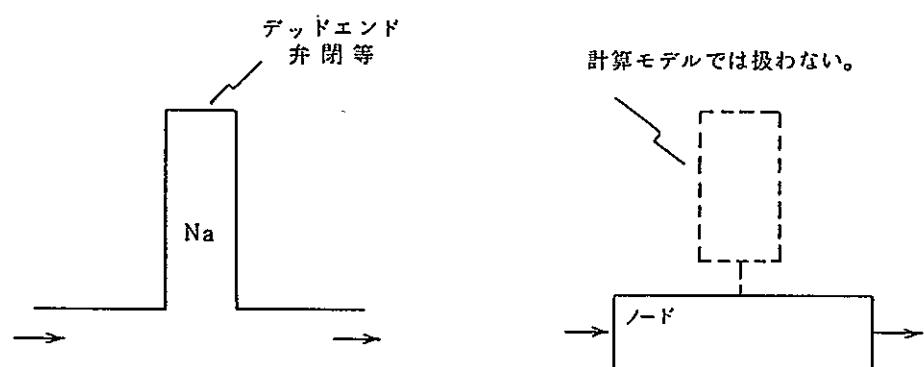


図 4.5-4 デッドエンド・ノードの扱い

② リンクについて

- i) 最大リンク数は 55 個である。
- ii) 1つのリンクについて、最大サブリンク分割数は 10 個である。
- iii) ベンドを有するリンク数は最大 20 個である。また 1つのリンクについての最大ベンド数は 10 個である。<sup>\*)</sup>
- iv) リンクの番号は反応部付近より流れの方向に沿って（収納容器に向って）順番につける。
- v) 反応点ノードを除いてすべてのノードは 1つ以上のリンクのイニシアル・ノードであると同時に、1つ以上のリンクのターミナル・ノードでなくてはならない。（図 4.5-5 参照）
- vi) コイルと直交するリンク、大気放出リンクはサブリンクに分割しない。
- vii) カバーガス・ノードに接続するリンクは、放出系リンクのみ流出方向とし、他は流入方向にイニシアル・ノードとターミナル・ノードを指定する。

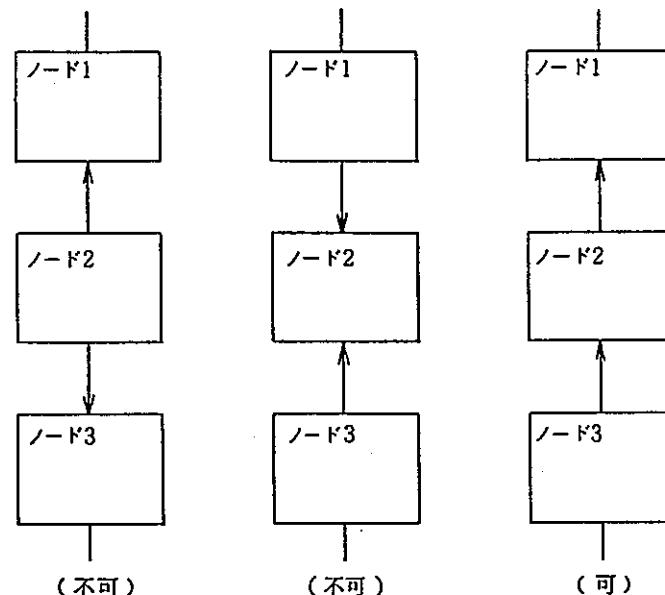


図 4.5-5 リンクの流れ方向定義例

\*) ここでいうベンド数はプログラム内蔵のベンド圧損式を用いる場合のベンド数で、数が上記の制約を越える場合は形状圧損係数（定数）として与えればよい。

## 4.5.3-2 計算条件

## 1) 初期条件

反応部の初期圧は便宜的に以下のように設定される。

反応部と液面をはさむ一次元のナトリウム柱を考える。

流路の抵抗、ヘッド差を無視したナトリウム柱の運動方程式は

$$\rho_{Na} \cdot H_{Na} \frac{d^2 x}{dt^2} = (P_{H_2} - P_{CG}) \cdot g \quad \cdots \cdots (4.5.1)$$

$$P_{H_2} = \frac{T_{H_2} \cdot R}{A \cdot X} - \int_0^t \frac{f \cdot qw}{g} dt \quad \cdots \cdots (4.5.2)$$

ここで初期値を求めるために  $P_{CG}$  を無視し、

$$\int_0^t qw dt \rightarrow qwo \cdot t \text{ とおけば上式は次のようになる。}$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = B \cdot \frac{t}{x} \quad \cdots \cdots (4.5.3)$$

$$B = \frac{T_{H_2} \cdot g \cdot R \cdot f \cdot qwo}{9 \cdot \rho_{Na} \cdot H_{Na} \cdot A} \quad \cdots \cdots (4.5.4)$$

(4.5.3) 式を解くと

$$X = \sqrt{\frac{4}{3}} B \cdot t^{3/2} \quad \cdots \cdots (4.5.5)$$

(4.5.5) 式より初期水素ガス体積を次式で求める。

$$\begin{aligned} V_{H_20} &= A \cdot X_0 = A \cdot \sqrt{\frac{4}{3}} B \cdot \Delta t^{3/2} \\ &= \sqrt{\frac{4 \cdot T_{H_2} \cdot g \cdot R \cdot f \cdot qwo \cdot A}{27 \cdot \rho_{Na} \cdot H_{Na}}} \cdot \Delta t^{3/2} \quad \cdots \cdots (4.5.6) \end{aligned}$$

初期水素ガス圧は

$$P_{H_20} = \frac{T_{H_2} \cdot R}{V_{H_20}} \cdot \frac{f \cdot qwo \cdot \Delta t}{9} \quad \cdots \cdots (4.5.7)$$

以上の記号の意味と入力データとの対応を表 4.5.3 に示す。

表 4.5.3 記号表（初期条件計算）

記号	入力データとの対応	内 容	単 位
A	$\frac{\pi}{4}$ (DNODE) <sup>2</sup> DNODE (SWAC13, RD84)	反応点ノードの断面積 ノードの相当直径	[m <sup>2</sup> ] [m]
B	—	(4.5.4) 式で定義される係数	[m <sup>3</sup> /sec <sup>3</sup> ]
f	ALPHAW (SWAC13, RD3079)	H <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O モル転換比	[mol/mol]
g	GRAV (SWAC13, RD3258)	重力加速度	[m/sec <sup>2</sup> ]
H <sub>Na</sub>	HSURF (SWAC13, RD3080)	反応部～カバーガス部ナトリウム柱長さ	[m]
P <sub>H<sub>2</sub></sub>	—	水素ガス圧力	[kg/m <sup>2</sup> ·a]
P <sub>CG</sub>	PCINT (SWAC13, RD2969)	カバーガス圧力	[kg/m <sup>2</sup> ·a]
q <sub>w</sub>	WTR(1) (SWAC13, RD3141)	水噴出率	[kg/sec]
R	RCONST (SWAC13, RD3257)	水素気体定数	[kgm/kg°K]
T <sub>H<sub>2</sub></sub>	(TS+273) × FT FT (SWAC13, RD3034)	水素ガス温度	[°K]
	TS (SWAC13, RD2978)	水素ガスとナトリウムの絶対温度比	[°K / °K]
	ナトリウム温度	[°C]	
t	—	時間	[sec]
X	—	ナトリウム柱座標	[m]
$\rho_{Na}$	TS (SWAC13, RD2978) より計算	ナトリウム比重	[kg/m <sup>3</sup> ]

## 2) その他の計算条件

## i) 発生水素ガス

準定常圧計算では、水素ガスの発生を次式で扱う。

$$Q_{H_i} = \frac{f_{wi} \cdot f}{g} \cdot q_w \quad \cdots \cdots (4.5.8)$$

ここで  $Q_{H_i}$  はノード  $i$  の水素発生率 [kg/sec] ,  $f_{wi}$  は全水噴出率に対するノード  $i$  への配分率 (SWAC13-RD3081) ,  $f$  は  $H_2/H_2O$  モル転換比 (=ALPHAW, SWAC13-RD3079) ,  $q_w$  は全水噴出率 [kg/sec] である。

(4.5.8) 式で与えられる水素発生率はノードに流入、流出する水素ガスと加え合わせられ、等温変化として扱われる。

## ii) ラプチャーディスク

ラプチャーディスクを含むリンクはカバーガス・ノードの圧力と放出系背圧 (PRINT, SWAC13-RD2972) の差圧がラプチャーディスク破壊圧 (PRD, SWAC13-RD2974) に達するまで閉じた状態として扱われる。

大気放出リンクにもラプチャーディスクが取りつけられており同様に扱われる。

## iii) 圧損の取扱い

ノード・リンクのモデルでは流動はすべてリンクで定義され、圧力損失に関する条件はすべてリンクの番号に対応して入力データで与える。

また前述したようにリンクはサブリンクに分割され、水力直径 ( $D$ , SWAC13-RD164), 流路断面積 (LINK, SWAC13-RD3311), 長さ ( $L$ , SWAC13-RD714) はサブリンク毎に入力する。

なお、形状圧損係数 (ZETB, SWAC13-RD1814) は (サブリンク数 - 1) 個入力することができ  $ZETB(j, k)$  はリンク  $K$  のサブリンク  $j$  の流速に対応する。すなわちリンク  $K$  の圧損は次式となる。

$$\Delta P_{fk} = \Delta P_{1k} + \Delta P_{2k} \quad \cdots \cdots (4.5.9)$$

$$\Delta P_{1k} = \begin{cases} \frac{1}{2g} \cdot \frac{\phi^2}{\rho_k} \cdot \left( \sum_j \frac{\lambda_j L_j}{D_j \cdot A_j^2} \right) \cdot W'_k \cdot |W'_k| \\ \frac{1}{2g} \cdot \frac{\phi^2}{\rho_k} \cdot \frac{\lambda_{cNc}}{A_k^2} \cdot W'_k \cdot |W'_k| \end{cases} \quad (\text{通常のリンク}) \cdots \cdots (4.5.10)$$

$$(\text{コイルと直交するリンク}) \cdots \cdots (4.5.11)$$

$$\Delta P_{2k} = \frac{1}{2g} \cdot \frac{1}{\rho_k} \cdot \left( \sum \frac{\zeta_{Bj}}{A_j^2} + \sum \frac{\zeta_{nj}}{A_j^2} \right) \cdot W_k \cdot |W_k| \quad \cdots \cdots (4.5.12)$$

ここで

$\Delta P_{fk}$	リンク k のトータル圧損 [kg/m³]
$\Delta P_1$	摩擦損失あるいは流れがコイルと直交することによる圧損 [kg/m³]
$\Delta P_2$	その他の圧損 [kg/m³]
D <sub>j</sub>	リンク k, サブリンク j の水力直径 [m]
A <sub>j</sub>	" " の流路断面積 [m²]
L <sub>j</sub>	" " の長さ [m]
$\lambda_j$	" " の摩擦損失係数 [-]
$\lambda_c$	リンク k のコイルによる圧損係数 [-]
$\phi^2$	二相増倍係数 [-]
N <sub>c</sub>	コイル段数 [-]
$\rho_k$	リンク k を流れる流体比重 [kg/m³]
$\zeta_{Bj}$	リンク k, ベンド j に含まれるベンドによる圧損係数 [-]
$\zeta_{nj}$	" " に含まれるベンド以外の形状圧損係数 [-]
W <sub>k'</sub>	二相増倍係数を使用する場合のリンク k の換算流量 [kg/sec]
W <sub>k</sub>	リンク k の流量 [kg/sec]
g	重力加速度 [m/sec²]

である。

## A 通常のリンクの管摩擦損失係数

レイノルズ数 2300 を境として次式で計算される

$$Re < 2300$$

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= 64/Re \\ Re \geq 2300 \quad & \\ 1/\sqrt{\lambda} &= -2 \log_{10} \left[ \frac{e/D}{3.71} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right] \end{aligned} \right\} \quad \cdots \cdots (4.5.13)$$

$\lambda$  はサブリンク毎に計算され、D はサブリンク直徑である。また e は管壁粗度で ROUGH (SWAC13-RD3900) で与える。ROUGH は全リンクで共通して使用される。

## B コイルと直交するリンク

NLINKH (SWAC13-ID157), LINKH (SWAC13-ID160) で指

定されたコイルと直交するリンクは以下の修正 Grimson の式で圧損係数が処理される。

$$\lambda_c = 4 \cdot (1.72)^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot Re^{-0.15} \left\{ 0.23 + \frac{0.11}{(L_p/D_c - 1)} \right\} \quad (4.5.14)$$

$$Re = \frac{D_c \cdot (W/A)}{\mu} \quad (4.5.15)$$

ここで  $\lambda_c$  は (4.5.11) 式で示されたコイル 1 段当りの圧損係数、  $Re$  はレイノルズ数、  $L_p$  (=LPCOIL, SWAC13-RD42) はコイルの径方向ピッチ、  $D_c$  (=DCOIL, SWAC13-RD43) は伝熱管外径、  $W$  は流量、  $A$  はリンク断面積、  $\mu$  は粘性係数である。

#### C. ベンドの圧損

NLINKB (SWAC13-ID159), LINKB (SWAC13-ID265)

NBEND (SWAC13-ID285), ZNUB (SWAC13-ID340) で指定されたベンドについては以下の式で計算される。

$$\begin{cases} \zeta_B = 0.00873 \chi \lambda \theta (R/r) & \\ Re (r/R)^2 < 91 & \\ \zeta_B = 0.00241 \chi \theta Re^{-0.17} (R/r)^{0.84} & \\ Re (r/R)^2 > 91 & \end{cases} \quad (4.5.16)$$

ただし

$$\chi = \begin{cases} 0.95 + 17.2 (R/r)^{-1.96} & \\ R/r < 1.97 & \\ 1.0 & R/r > 1.97 \end{cases} \quad (4.5.17)$$

ここで  $(R/r)$  はベンドの曲率半径／管内半径で RR (SWAC13-RD2364) で与える。  $\theta$  はベンドの角度で THETA (SWAC13-RD1264) で与える。  $\lambda$  は管摩擦損失係数で (4.5.13) 式で計算される。

#### D. ラプチャーディスク開度による圧損

入力データ M (SWAC13-RD3074) により次式で計算される。

$$\zeta = \frac{1}{M^2 \cdot (0.597 - 0.011 \cdot M + 0.432 M^2)^2} \quad (4.5.18)$$

ただし (4.5.18) 式は  $M=1.0$  で  $\zeta=0.965$  となり  $M=\infty$  で  $\zeta=0$  となることに注意が必要である。

## iv) 臨界流

放出系配管に相当するリンクでは臨界流に達しているか否かをチェックする。

臨界流は次の Fauske の式を使用する

$$U_{cri} = \sqrt{g n p^2} \frac{z/\sqrt{\rho_H} + (1-z)/\sqrt{\rho_S}}{z R T \sqrt{\rho_H}} \quad \dots \quad (4.5.19)$$

ここで  $n$  (=NT, SWAC13-RD3260) はポリトロープ指數,  $z$  はクオリティである。

## v) 大気放出弁の流量

大気放出リンクの流量は他のリンクとは独立して次式で扱われる。

$$W = 0.1418 \cdot S_c \cdot D \cdot L_v \cdot (P_R - P_A) \cdot \sqrt{\frac{2}{T_{H_2}}} \quad \dots \quad (4.5.20)$$

ここで  $(\pi D \cdot L_v)$  が面積になるようにする

$S_c$  (SWAC13-RD3077) は大気放出弁の縮流系数。

$D$  は大気放出弁の直径 [m] (=大気放出リンクの直径)

$L_v$  (SWAC13-RD3078) は大気放出弁の弁体の開き長 (リフト) [m]

$P_R$  は収納容器圧力 [ $\text{kg}/\text{m}^2\text{a}$ ] ;  $P_A$  (=PATM, SWAC13-RD2973)

は大気圧 [ $\text{kg}/\text{m}^2\text{a}$ ] ,  $T_{H_2}$  は水素ガス温度 [ $^\circ\text{K}$ ] である。

## 4.5.3-3 計算メッシュ巾

準定常圧計算で用いている数値計算上のメッシュ巾については特に明確な基準はなく、経験的に決めている。

現在までに使用されている実績例<sup>6), 8)</sup> ではノード容積が  $0.2 \sim 1.0 \text{ m}^3$  程度 (収納容器ノードを除く) で時間メッシュ巾は  $\Delta t = 1 \text{ msec}$  である。

#### 4.6 圧力波伝播計算データ

##### 4.6.1 整数データ

表4.6.1に圧力波伝播計算整数データの番地、記号とその内容について示す。

##### 4.6.2 実数データ

表4.6.2に圧力波伝播計算実数データ番地および記号とその内容、単位について示す。

##### 4.6.3 準足説明

4.4.3項を参照。（圧力波伝播計算は計算コード構成上、初期スパイク圧計算の境界条件の選択で処理されるもので計算モデル、制約等も両者は同一である。）

表4.6.1 圧力波伝播計算整数データ (SWAC5K-ID)

番地	記号	内 容
1	NS	セクション数 $\leq 20$
2	NR(i) (i=1, NS)	各セッション内部材数 $\Sigma NR(i) \leq 50$
22	JS(i) (i=1, NS)	各セッション両端の接合点番号 (4~6桁の数)
42	JN(i) (i=1, $\Sigma NR$ )	各部材両端の接合点番号 (4~6桁の数) (セッションの1から順に座標軸方向に入力)
92	NN(i) (i=1, $\Sigma NR$ )	各部材分割数 $\leq 99$ (JN(i)と同順)
144	MT	サージタンクの個数 $\leq 5$
145	MR	ナトリウム中に設置されたR/D個数 $\leq 10$
146	JT(i) (i=1, MT)	サージタンク接合点番号
151	JR(i) (i=1, MR)	ナトリウム中に設置されたR/D接合点番号
164	JB(i) (i=1, JBN0)	1分岐境界接合点番号 (必ずセッション端である事) ・圧力一定境界の場合は負の番号とする。 ・流速一定境界の場合は正の番号とする。

番地	記号	内 容
175	NOUT(1)	プリント・アウトコントロール =1 柱領域のすべての点についてプリント・アウト。 =0 標準プリント・アウト。 (標準指定)
176	NOUT(2)	=1 標準プリント・アウトを行なわない。 =0 標準プリント・アウトを行う。 (標準指定)  (通常NOUT(1)=0, NOUT(2)=1として使用すればよい。)
187	JBN0	1分岐境界の個数 $\leq 10$ (SWAC5K-ID164~173の個数)
201	MFS	自由液面の個数 $\leq 10$
202	JFS(i) (i=1, MFS)	自由液面接合点番号
212	MRFS	自由空間に設置したラップチャディスクの個数 $\leq 10$ (MFS=MRFS)
213	JRFS(i) (i=1, MRFS)	自由空間に設置したラップチャディスクの自由液面接合点番号 (JFSと一致させる)
231	NORIF	オリフィスの個数 $\leq 5$
232	JORIF(i) (i=1, NORIF)	オリフィスの接合点番号

番地	記号	内 容																
237	NPWV	圧力波発生点数 $\leq 2$																
238	JPWV(i) (i=1, NPWV)	圧力波発生接合点番号																
240	NPTM	圧力波入力の時間ステップ $\leq 50$																
250	IOPT57	球モデル計算の選択 (必ずIOPT57=0とする。)																
270	IOPT	=0 キャビティ処理を行なわない。 =1 ゼロ・セット近似。 =2 Streeterモデル。																
271	IOPTX	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%;">衝突発生圧 の 計 算</td> <td style="width: 40%;">キャビティ発生 時 刻 制 約</td> </tr> <tr> <td>=0</td> <td>考慮しない</td> <td>考慮しない</td> </tr> <tr> <td>=1</td> <td>考慮する</td> <td>考慮しない</td> </tr> <tr> <td>=2</td> <td>考慮しない</td> <td>考慮する</td> </tr> <tr> <td>=3</td> <td>考慮する</td> <td>考慮する</td> </tr> </table>		衝突発生圧 の 計 算	キャビティ発生 時 刻 制 約	=0	考慮しない	考慮しない	=1	考慮する	考慮しない	=2	考慮しない	考慮する	=3	考慮する	考慮する	
	衝突発生圧 の 計 算	キャビティ発生 時 刻 制 約																
=0	考慮しない	考慮しない																
=1	考慮する	考慮しない																
=2	考慮しない	考慮する																
=3	考慮する	考慮する																
275	IAPRX	移動気泡境界／固定気泡境界の特性曲線法近似の次数 =1 1次近似                    =2 2次近似																
277	NELE(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの要素分割数。 $\leq 50$ (1枚目)																

番地	記号	内 容
287	IFRD(i) (i=1, MR)	ラプチャディスク解析コードの選択 =0 従来の解析コード =1 ラプチャディスク1枚の解析(従来同様) =2 ラプチャディスク1枚の解析(SWAAM-RD) =3 ラプチャディスク2枚の解析(SWAAM-RD)
300	IRLIN(i, j) (i=1, MR) (j=1, 10)	放出系配管部材番号 (放出系配管部の計算時は、必ず指定する。)
400	NELE2(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの要素分割総数 $\leq 50$ (2枚目)

表4.6.2 圧力波伝播計算実数データ (SWAC5K-RD)

番地	記号	内容	単位
1	XL(i) (i=1, Σ NR)	各部材長さ	m
51	CC(i) (i=1, Σ NR)	各部材音速	m/sec
101	AA(i) (i=1, Σ NR)	各部流路面積	m <sup>2</sup>
151	DE(i) (i=1, Σ NR)	各部材等価直径	m
202	GAM	流体(ナトリウム)の比重	Kg/m <sup>3</sup>
203	UU	流体(ナトリウム)の動粘性係数	m <sup>2</sup> /sec
204	SR(i) (i=1, MR)	ナトリウム中に設置されたラプチャディスク 断面積	m <sup>2</sup>
214	ZR(i) (i=1, MR)	ナトリウム中に設置されたラプチャディスク 圧損係数	-
224	ST(i) (i=1, MT)	サージタンク断面積	m <sup>2</sup>
229	SST(i) (i=1, MT)	サージタンク入口配管断面積	m <sup>2</sup>

番地	記号	内 容	単位
234	ZT(i) (i=1, MT)	サーリタンク入口配管圧力損失係数	—
239	PR(i) (i=1, MR)	ナトリウム中に設置されたラプチャディスク破裂設定圧力	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
249	HRO	開放系背圧(ナトリウム圧力ヘッド換算)	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
250	PT	基準点の位置の圧力( " )	m
255	C1	摩擦係数パラメータ $f=C1 \cdot Re^{C2}$ (0.3164)	—
256	C2	摩擦係数パラメータ $f=C1 \cdot Re^{C2}$ (-0.25)	—
257	ZN(i) (i=1, Σ NR)	各部材形状圧損係数	—
307	HI(i) (i=1, 接合点)	各接合点の高さ (MFS=1の時は自由液面高さを基準点=0)	m
358	PG	カバーガス初期圧力	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
359	BJ(i) (i=1, JBN0)	1分岐境界条件(圧力、または流速)	—
391	HFS(i) (i=1, MRFS)	自由液面上の自由空間長さ	m

番地	記号	内 容	単位
401	AKAPA	上記自由空間の比熱比	—
402	PRFS(i) (i=1, MRFS)	上記自由空間に設置したラプチャディスクの 破裂設定圧力	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
412	ZFS	自由空間から開放系までの圧損係数	—
421	AORI(i) (i=1, NORIF)	流路オリフィス係数	—
426	STIME(i) (i=1, NPTM)	入力圧力波の時間目盛り (STIME(1)=0)	sec
476	PWAVE(i) (i=1, NPTM)	圧力波発生面1の入力圧力波 (接合点JPWV(1)(SWAC5K-ID238)に対応)	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
526	PWAVE(i) (i= 51, NPTM+50)	圧力波発生面2入力圧力波 (接合点JPWV(2)(SWAC5K-ID239)に対応)	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
606	RTRI	タイムメッシュを決めるパラメータ	—
607	GGG	重力加速度	m/sec <sup>2</sup>

番地	記号	内容	単位
900	PSAT	キャビティ発生圧力	Kg/cm <sup>2</sup> ・a
901	TSPSW	KSPSW=0 の場合の切り換え時刻	sec
902	TBUR	ラプチャディスク破裂設定時刻	sec
905	QRAD(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの曲率半径 (1枚目)	m
1005	QDIA(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの直径 (1枚目)	m
1015	QTH(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの厚さ (1枚目)	mm
1025	QYM(i) (i=1, MR)	ヤング率	Kg/mm <sup>2</sup>
1035	QPR(i) (i=1, MR)	ポアソン比	-
1045	QEP(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの接線係数 (1枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1055	QGAM(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの密度 (1枚目)	Kg/m <sup>3</sup>

番地	記号	内 容	単位
1065	WMAX(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの最大変位 (1枚目)	m
1075	QSY(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの設計降伏点 (1枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1085	QSU(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの設計引張り強さ (1枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1100	GTEMP(i) (i=1, MR)	放出系配管のガス温度	°C
1110	PPGAS(i) (i=1, MR)	放出系配管のガス圧力	Kg/cm <sup>2</sup> ・a
1120	VDUMP(i) (i=1, MR)	放出系配管のガス体積	m <sup>3</sup>
1130	QRAD2(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの曲率半径 (2枚目)	m
1140	QDIA2(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの直径 (2枚目)	m
1150	QTH2(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの厚さ (2枚目)	mm

番地	記号	内容	単位
1160	QYM2(i) (i=1, MR)	ヤング率 (2枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1170	QPR2(i) (i=1, MR)	ポアソン比 (2枚目)	—
1180	QEP2(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの接線係数 (2枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1190	QGAM2(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの密度 (2枚目)	—
1200	WMAX2(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの最大変位 (2枚目)	m
1210	QSY2(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの設計降伏点 (2枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1220	QSU2(i) (i=1, MR)	ラプチャディスクの設計引張り強さ (2枚目)	Kg/mm <sup>2</sup>
1230	PBACK1(i) (i=1, MR)	ラプチャディスク間のガス圧力 (2枚目)	Kg/cm <sup>2</sup> ·a
1240	PBACK2(i) (i=1, MR)	2枚目ラプチャディスク後の背圧 (2枚目)	Kg/cm <sup>2</sup> ·a

番地	記号	内容	単位
1250	VRDUB(i) (i=1, MR)	ラプチャディスク間のガス・ボリウム (2枚目)	m <sup>3</sup>
1260	GRDUB(i) (i=1, MR)	ラプチャディスク間のガス比熱比(1.67) (2枚目)	-
1270	TOPEN(i) (i=1, MR)	破裂のギャップ・タイム (AINL(i)～AFIN(i)の時間)	sec
1280	AINL(i) (i=1, MR)	初期状態でのラプチャディスクの開口度	-
1290	AFIN(i) (i=1, MR)	破裂後のラプチャディスクの開口度	-
1300	GAR(i) (i=1, MR)	破裂後の空間変化のパラメータ (弁開度特性の式の乗数)	-
1310	GVE(i) (i=1, MR)	破裂後の流速変化のパラメータ(圧損)	-

## 5. 入出力ファイル

### 5.1 概 要

SWACS ではカード入力 (U05)、プリンター (U06) 以外に図5.1に示す入出力を使用する。これらのデータ・ファイルは3つに分類される。すなわちプロット用データ・ファイルは計算結果（諸量 VS 時間）をプロッタ・プログラムを使用して図示するためのデータ・ファイルであり、U09, U10, U13, U14, U90に出力される。

テーブル・ファイルは、各モジュール間の計算の引継を行うためのデータ・ファイルで、水噴出率のテーブルあるいは、初期スパイク圧計算の圧力波テーブル（プロット用ファイルを兼ねている。）をさす。

リストア用データ・ファイルは水噴出率を途中からリストアするためのデータ・ファイルである。以下5.2節以降に各々のデータ・ファイルの内容と使用方法について説明する。なおプロット・プログラムについては付録Bに示す。

### 5.2 プロット用データ・ファイル

プロット用データ・ファイルはコントロールデータ（4.2節）で出力の有無を指定する。

出力ユニット番号と指定入力データをまとめて下表に示す。

表5.1 プロット用データの出力ユニットと指定データ

計算モジュール	出力ユニット	出力の有無の指定	出力の際のステップ間隔
水噴出率計算 (SWAC11)	U13	ISEL11 (CONT-ID51)	ISKI11 (CONT-ID55)
初期スパイク圧計算 (SWAC57)	U10	NTAPE (CONT-ID36)	SKIP7 (CONT-ID53)
	U90	IFRD (SWAC57-287)	
準定常圧計算 (SWAC13)	U14	ISEL13 (CONT-ID52)	ISKI13 (CONT-ID56)
圧力波伝播計算 (SWAC5K)	U09	NTAPE2 (CONT-ID39)	SKIP5 (CONT-ID54)

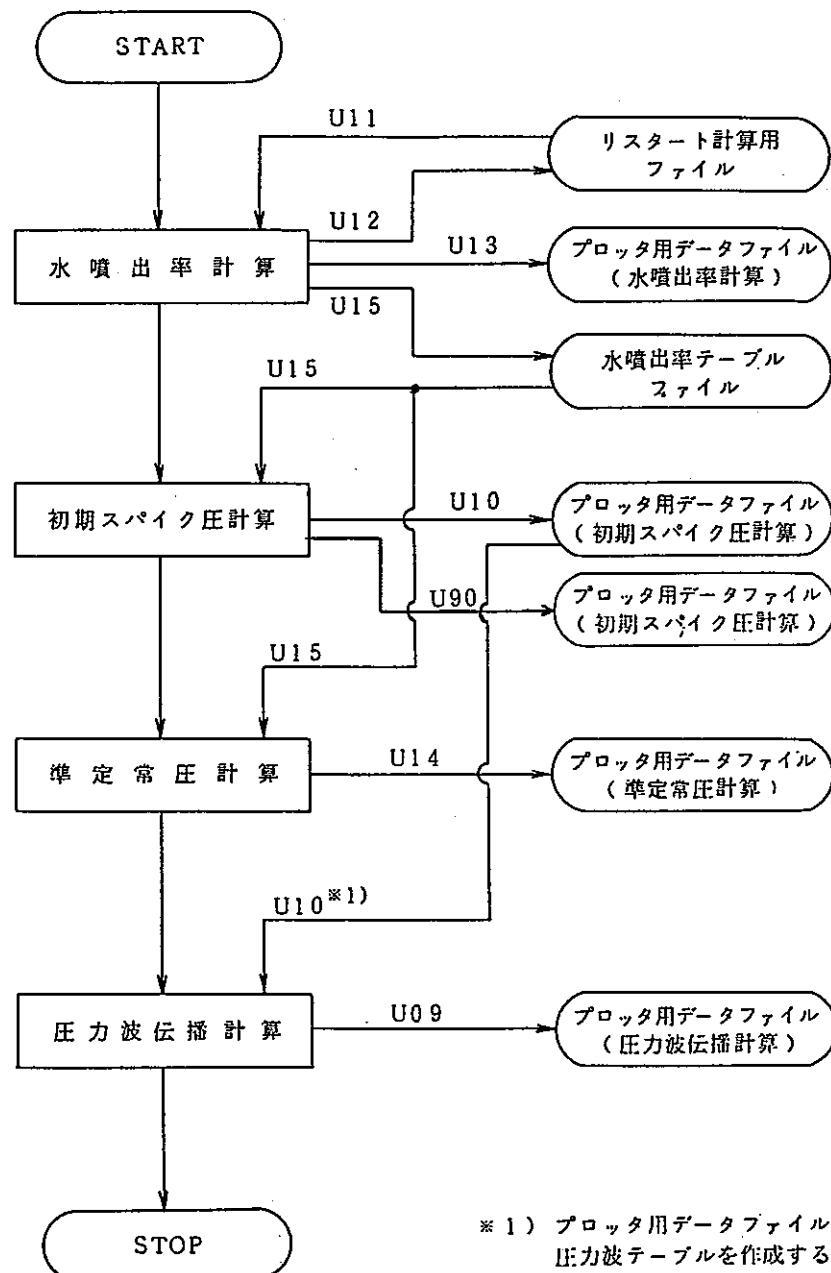


図5.1 SWACS コードの入出力の流れ

### 5.3 テーブル・データ・ファイル

テーブル・データ・ファイルは各計算モジュールのデータの引渡しを行うもので水噴出率テーブルと圧力波テーブルの2種類使用することができる。

#### 1) 水噴出率テーブル

水噴出率計算(SWAC11)を実行した際に作成しその内容は各時刻に於ける水噴出率( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )である。このデータ・ファイルは初期スパイク圧計算(SWAC57)、準定常圧計算(SWAC13)の入力データとして使用することができる。入力ユニット番号はU15である。コントロールメータをまとめて下表5.2に示す。

表5.2 水噴出率テーブルのコントロール・データ

計算モジュール	データ名		内 容
水噴出率計算	NTWAT IOUT(i, 2)	CONT-ID38 CONT-ID16	作成の有無 (=0: NO, =1: YES) 作成の出力間隔
初期スパイク圧計算	NW57	CONT-ID42	=1 データ・ファイルより入力 =0 カードで入力
	MDAT57	CONT-ID46	データ・ファイル点数
準定常圧計算	NW13 MDAT13	CONT-ID43 CONT-ID47	NW57と同様 MDAT57と同様

#### 2) 圧力波テーブル

圧力波テーブルは圧力波伝播計算(SWAC5K)における圧力発生点(圧力既知境界)の圧力時間変化のテーブルを指し通常、事故時の蒸気発生器のナトリウム入口/出口ノズル部の圧力を用いる。SWACSコードでは初期スパイク圧計算(SWAC57)の計算結果を用いることができる。ファイルとしては、5.2節で述べたプロック用データ・ファイルを共用して圧力波伝播計算のイニシアライズ時にそのファイルより圧力波テーブルを作成する。コントロールに必要なデータを表5.3にまとめた。

表 5.3 圧力波テーブルのコントロール・データ

計算モジュール	データ名		内 容
初期スパイク圧計算	NTAPE ISKIP7	CONT-ID36 CONT-ID53	5.2節参照
圧 力 波 伝 播 計 算	NP5 INPN05 INPNX5 MDAT5	CONT-ID44 CONT-ID45 CONT-ID59 CONT-ID48	=1, 2: 圧力発生点数、=0: カード入力 SWAC57計算時の部材番号(発生点1) " " (発生点2) データ・ファイル点数

#### 5.4 リスタート用計算ファイル

水噴出率計算(SWAC11)はリスタート計算の機能を有し一旦計算を行った後、再びその計算の継続を行うことができる。リスタート計算を行うには、予め水噴出率計算時にリスタート用データ・ファイルを作成しなければならない。リスタート用データ・ファイル作成の指定はNTREST(CONT-ID37)とIOUT(i, 1)(CONT-ID11)で行う。出力ユニット番号はU12である。リスタート用データ・ファイルを用いてリスタート計算を行うには上記データ・ファイル(入力ユニット番号=U11)の他に次のデータが必要となる。

##### 1) コントロール・データ (4.2節)

コントロール・データはすべて必要である。また、その際に以下のデータに注意する。  
JIJCT(CONT-ID1)=2とする。

ITER(CONT-ID41)は前回計算の最後より継続計算する場合は0とする。途中から計算する場合は何番目のデータ(リストにJSTARTとして示された数字)からスタートするか指定する。

##### 2) 水噴出率計算データ (4.3節)

変更するデータのみ入力すればよい。但し、分割数、境界条件は変更できない。変更するデータがない場合でもタイトル・カードと終了カード(ブランク)は必要である。前回作成したデータ・ファイルの継続書き込みする際の指定を下表5.4に示す。

表5.4 水噴出率計算リスタート時のファイルの継続

ファイル名	出力ユニット	継続の指定	内容
プロッタ用データ	U13	JTER(SWAC11-ID71)	前回作成のデータ点数
水噴出率デーブル	U15	NNREST(SWAC11-ID72)	前回作成のデータ点数 継続不可(新規作成)
リスタート・データ	U12	—	—

## 6. 出力形式

標準プリントアウトの出力形式を図6.1～6.4に示す。図6.1は入力データのプリントアウトで、コントロール・データならびに各計算モジュール毎に出力される。ここで、出力される数値はプログラム内の各変数に設定された数値であり整数データの桁違いや計算結果の妥当性等をこのリストでチェックできる。なお、準定常圧計算モジュール(SWAC13)については、入力データの指定IOPt(CONT-ID49)により更に詳細な計算のためのイニシアライズ結果も出力される。図6.2～6.4は各計算モジュールの各時刻における諸量の過渡計算結果の出力形式である。なお、初期スパイク圧計算(SWAC57)と圧力波伝播計算(SWAC5K)の出力形式は同一である。（但し、圧力波伝播計算では球モデル部の出力はない。）これらの過渡計算結果の出力コントロールはIOUT(CONT-ID11～)で指定する。

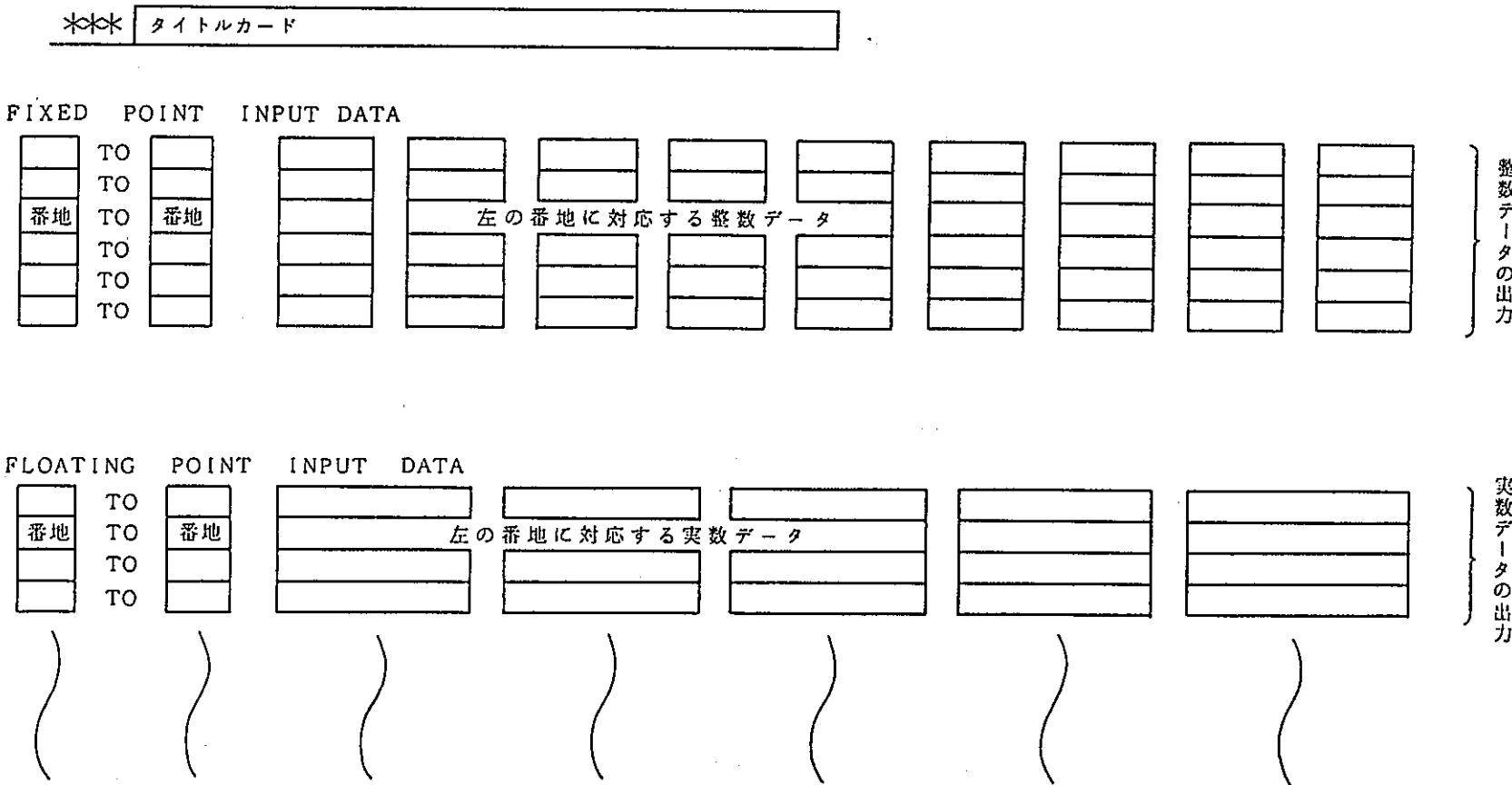


図 6.1 入力データの出力形式

〔伝熱管状態量の出力〕

\*\* STATE OF TUBE \*\*

I STEP =  ステップ数TIME =  時刻 (SEC)

J2	U	W	P	H	I	E	T	R	V0ID	C
セル番号	流速	流量	圧力	エンタルピー	内部エネルギー	全エネルギー	温度	比重量	ボイド率	音速
	[m/sec]	[kg/sec]	[kg/cm <sup>2</sup> a]	[kcal/kg]	[kcal/kg]	[kcal/kg]	[°C]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[—]	[m/sec]

〔水噴出率の出力〕

JTER =   
=   
=   
= 

出力回数

TIME11 =   
=   
=   
= 

時間

[SEC]

RLEAKU =   
=   
=   
= 上流側  
水噴出率  
[kg/本・S]RLEAKD =   
=   
=   
= 下流側  
水噴出率  
[kg/本・S]RLEAK =   
=   
=   
= 合計した  
水噴出率  
[kg/S]

図 6.2 水噴出計算の出力形式

\* STEP =  TIME11 =  (sec) GG1 =  GG2 =  GG =   
 ステップ数 時刻 上流側水噴出率 下流側水噴出率 水噴出量の total  
 $[kg/\text{本}\cdot\text{sec}]$   $[kg/\text{本}\cdot\text{sec}]$   $[kg/\text{sec}]$

FREE LEVEL (M) =    
 自由液面の上昇分 [m]

SECTION	MEMBER	JOINT1	JOINT2	JMAPP	PRES. (KG/CM <sup>2</sup> )		V (M/S)
セクション番号 [—]	部材番号 [—]	ジョイント番号 (左端) [—]	ジョイント番号 (右端) [—]	最大圧力のメッシュ番号 [—]	JOINT1での圧力値 ( $P_1$ ) [kg/cm <sup>2</sup> ]	JOINT2での圧力値 ( $P_2$ ) [kg/cm <sup>2</sup> ]	MAX ( $P_1, P_2$ ) : 部材内最大圧力 [kg/cm <sup>2</sup> ]
							JOINT1での流速 [m/sec]
							JOINT2での流速 [m/sec]
							MAX ( $P_1, P_2$ )における流速 [m/sec]
SPHERE	W1 (KG)	VT (K)	RBI (M)	PP1 (ATA)	VB1 (M/S)	RB2 (M)	PP2 (ATA)
水噴出量	気泡温度	気泡半径 (上半球)	気泡压力	気泡速度 (上半球)	気泡半径 (下半球)	気泡压力	気泡速度 (下半球)

図 6.3 初期スパイク圧計算および圧力波伝播計算の出力形式

TIME = [ 時 — 刻 ]

WATER = [ 水噴出率 ]

( ISTEP = [ ステップ数 ] )

K リンク番号	W 混合物流量 [kg/sec]	WS Na 流量 [kg/sec]	WH H <sub>2</sub> 流量 [kg/sec]	VOIPL ポイド率	U *) 混合物流速 [-]	US ナトリウム 流速 *) [m/sec]	UH H <sub>2</sub> 流速 *) [m/sec]	RUNL 作動状況		
[ ノード番号	P 圧 力 [kg/m <sup>2</sup> ]	R 混合物密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	RH H <sub>2</sub> 密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	VH H <sub>2</sub> 体積 [m <sup>3</sup> ]	VS Na 体積 [m <sup>3</sup> ]	MH H <sub>2</sub> 重量 [kg]	MS Na 重量 [kg]	VOID ポイド率 [-]	RUNN 作動状況	PDET 圧力決定方 法

図 6.4 準定常圧計算の出力形式

(\* リンクの流速は、そのリンクがサブリンクに分割されている場合、最小断面積のサブリンクについて出力される。)

## 7. あとがき

本報告書は、SWACSの現Versionの使用者マニュアルとして作成したものであり、入力データ形式とその説明を主体とした内容になっている。従って各計算モジュールの計算モデル、数値解法については本報告書では扱わず、特に入力データのうち使用者が判断に迷うようなものについてのみ説明を加えた。各計算モジュールの概要は第2章で簡単に述べたが、詳細は報告書<sup>2), 3), 4), 5), 14)</sup>を参照されたい。

おわりに、SWACSコードの改良及び本報告書の作成にあたり適切なご指導・助言を頂いたプラント安全工学室の田辺裕美副主任研究員（現：科技庁）、三宅収副主任研究員に厚く感謝の意を表わします。

## 8. 参考文献

### 1. 長沼辰二郎、岸田雅子、渡辺収

「大リーグ・ナトリウム-水反応コードの総合化-SWACS総合化コードの説明-」  
PNC SJ 206-77-27(1) (1977)

### 2. 渡辺収、三宅収、進藤嘉久、佐藤稔

「大リーグ・ナトリウム-水反応コード-SWACS/REG3水噴出率計算モジュール  
SWAC11の説明-（仮題）」（近刊）

### 3. 進藤嘉久、坂野 介、井崎隆

「大リーグ・ナトリウム-水反応コードの開発-計算コード使用マニュアル」 PNC SJ  
213-76-02(1) (1976)

### 4. 田中義久、坂野耿介

「圧力波伝播計算コードの開発研究(1)」 PNC SJ 213-72-02-2 (1977)

### 5. 田辺裕美、広井博、佐藤稔、堀雅夫

「大リーグ・ナトリウム-水反応時の準定常圧力挙動計算コード SWAC-13-大リーグ・ナトリウム-水反応解析（第2報）-」 PNC SN941 77-170 (1977)

### 6. M. Sato, et al

"Computer code for Large Leak Sodium-Water Reaction Analysis"  
;「DOE/PNC PLANT COMPONENTS W/Gr FIRST JOINT STEAM GENERATOR SEMINAR」  
P.18-1 (No.1 JAPANESE PAPERS) PNC SA013 78-01 (1978)

### 7. 進藤嘉久、山口友久、三宅収、佐藤稔

「大リーグ・ナトリウム-水反応時の初期スパイク圧解析(SWAT-3、Run 3実験解析)-大リーグ・ナトリウム-水反応解析（第5報）-」 PNC SN941 79-27 (1979)

### 8. 三宅収、進藤嘉久、佐藤稔

「大リーグ・ナトリウム-水反応時の準定常圧解析(SWACSコードによるSWAC-3、Run-3実験解析)-大リーグ・ナトリウム-水反応解析（第6報）-」 PNC SN941 79-24 (1979)

### 9. 長沼辰二郎、岸田雅子、渡辺収

「大リーグ・ナトリウム-水反応コードの総合化-SWACSコードのもんじゅ体系への適用」 PNC SJ 206-77-27(2) (1977)

10. 進藤嘉久、三宅収、新留二郎、真鍋二三夫、田中信夫、佐藤稔  
「大リーグ・ナトリウム-水反応解析コード SWACS の原型炉級蒸気発生器体系への適用試計算について - 大リーグ・ナトリウム-水反応解析（第4報） - 」 PNC SN952 79-04 (1979)
11. F.H. Harllow and A.A. Amsden,  
"A Numerical Fluid Dynamics Calculation Method for All Speeds"  
J. Comp. Phys., 8, p197 (1971)
12. V.L. Streeter and E.B. Wylie,  
"Hydraulic Transients", McGraw-Hill Inc., (1967)
13. T.A. Porsching, J.H. Murphy and J.A. Redfield,  
"Stable Numerical Integration OF Conservation Equations for Hydraulic Networks"  
Nuclear Science and Engineering 43 p218 (1971)
14. 三宅収、進藤嘉久、佐藤稔  
「大リーグ・ナトリウム-水反応解析コード - SWACS / REG 3 - (概要説明書) ・  
大リーグ・ナトリウム-水反応解析 (第3報、改訂版) 」 PNC SN952 79-19 (1979)
15. 田中信夫、広井博、吉岡直樹、佐藤稔、堀雅夫  
「SWAT-3 試験における二次系への伝播圧力波の検討 - 大リーグ・ナトリウム-水反応解析 (第3報) 」 日本原子力学会 昭和52年秋の分科会予稿集(E20) (1977)
16. 広井博、佐藤稔、田辺裕美、綿見正和、吉岡直樹、堀雅夫  
「蒸気発生器安全性総合試験装置 (SWAT-3) Run-3試験結果 - 大リーグ・ナトリウム-水反応試験 (第4報) - 」 PNC SN941 78-93 (1978)
17. 秋元徳三、他、  
「高速増殖炉蒸気発生器内におけるナトリウム-水反応による圧力波の伝播に関するシミュレーション実験 (第2報; 蒸気発生器の等価断面積および圧力波の蒸気発生器構造材におよぼす影響について) 」 PNC SN941 76-84, CPIEPI-76001 (1976)
18. Analytical Treatment of Large Leak Pressure Behavior in LMFBR Steam Generators  
PNC N941 80-91 (1980)
19. 三宅、「SWACS 初期スパイク圧計算モジュールの反応部成長モデルの改造: (1)  
計算手法の検討」、P 安室内メモ SC-82-18, 1982年6月
20. 三宅、「SWACS 初期スパイク圧計算モジュールの反応部成長モデルの改造: (2)  
改造内容と試計算」、P 安室内メモ SC-84-15, 1984年4月

付 錄

#### A-1 初期スパイク圧／圧力波伝播計算 (SWAC57R)

本サンプル計算は、初期スパイク圧／圧力波伝播計算モジュールを無液面型SGに適応する目的で行ったコード改良の結果を検証するために、PEPT試験（水中火薬模擬試験）のデータを用いて行った。試験装置の系統構成を図A-1に示す。

計算を簡単にするため、ループからSG単体を隔離した体系で計算を行った。その計算モデルを図A-2に示す。解析体系は、21個の接合点と20個の部材で構成されている。接合点1, 14, 16, 18は盲端（流速一定境界），接合点21は大気開放点（圧力一定境界），接合点20は接液型ダブルラップチャディスク境界点，接合点8（P2）は圧力発生点（圧力既知境界）である。圧力発生点での圧力時間変化を図A-3に示す。これはPEPT試験シリーズIの試験で得た低爆速火薬による圧力波高値を入力値としたものである。計算時の入力データを表A-1に示す。尚、図中のP1～P5, P19は、試験時の圧力波測定点を示している。

主な計算結果を図A-4～A-5に示す。図A-4は接合点12（部材12, ジョイント1）の圧力波形であり、装置ではSG胴下部の配管接合部における圧力波形に相当する。この圧力波形の最大ピーク値は、入力圧力波ピーク圧である約 $20\text{ kg/cm}^2$ （図A-25参照）の2倍相当の約 $40\text{ kg/cm}^2$ を示している。これは、壁面からの反射波の重ね合わせによって生じたものであり、これよりコードによる無液面体系での解析が物理現象を忠実に模擬できているものと考える。

図A-5は、接合点20（部材19, ジョイント2）の圧力波形であり、装置では接液型ダブルラップチャディスク手前における圧力波形に相当する。同図では、圧力波のピークが2箇所現われているが、最初のピークが1枚目のラップチャディスクの破裂時（計算では $3.19\text{ msec}$ で破裂）、2番目のピークが2枚目のラップチャディスクの破裂時（計算では $32.3\text{ msec}$ で破裂）に相当する。1枚目のラップチャディスクが破裂してから2枚目が破裂するまでの間の比較的に緩やかな圧力上昇は、1枚目の破裂破裂によってラップチャディスク間の空間に流入したナトリウムが、その間のガスを断熱圧縮したためと考える。

表A.1 初期スパイク圧／圧力波伝播計算サンプル計算入力データ

```

==== SWACS PEPT2 SGDR DATA(CS1) INITIAL PRESSURE SPIKE CALCULATION ====
    4      1      1
    8      1 99999
   31      5   100    500    500   2500  12500
   36      5      0      0      0      1      0
   54      1      1
   58      1      1

    1      5      0.0      0.0      0.0      0.0      0.1

----- SWACS PEPT2 SGDR DATA CS1 -----
    1      1      7
    2      7     10      2      1      1      1      2      3
   22      7  1011 11013 13014 13015 15016 15018 11021
   42     10  1002 2003 3004 4005 5006 6007 7008 8009 9010 10011
   52     10  11012 12013 13014 13015 15016 15017 17018 11019 19020 20021
   92     10      3      9     12     11     12     10     10     10     12      7
  102     10      8      7      6      6      5      3      6      6      4     80
  145      1      1
  151      1     20
  164      5      1     14     16     18    -21
  175      2      0      1
  187      1      5
  201      1      0
  237      2      1      8
  240      1     50
  250      1      0
  270      1      1
  277      1     10
  287      1      3
  300      1     20
  400      1     10

C----- PIPE LONG -----
    1      5     0.130     0.450     0.600     0.550     0.600
    6      5     0.500     0.500     0.600     0.600     0.350
   11      5     0.400     0.350     0.2754    0.290     0.250
   16      5     0.1245    0.300     0.285     0.160    20.000

C----- VELOCITY -----
   51      5    1180.0    1280.0    1280.0    1280.0    1280.0
   56      5    1280.0    1280.0    1280.0    1280.0    1280.0
   61      5    1280.0    1180.0    1180.0    1180.0    1180.0
   66      5    1180.0    1180.0    1180.0    1180.0    1180.0

C----- PIPE SIZE -----
  101      5    0.01791   0.38485   0.38485   0.38485   0.38485
  106      5    0.38485   0.38485   0.38485   0.38485   0.38485
  111      5    0.38485   0.01791   0.01791   0.01791   0.01791
  116      5    0.01791   0.00479   0.00822   0.00479   0.00479

C----- IN DIAHETER -----
  151      5    0.151     0.700     0.700     0.700     0.700
  156      5    0.700     0.700     0.700     0.700     0.700
  161      5    0.700     0.151     0.151     0.151     0.151
  166      5    0.700     0.078     0.1023    0.078     0.078

C----- HIGH LEVEL -----
  202      3   1000.00  1.13900E-6   0.00479
  214      1      1.0
  239      1      7.0
  249      1      1.0
  250      1      1.0
  255      2    0.3164    -0.25

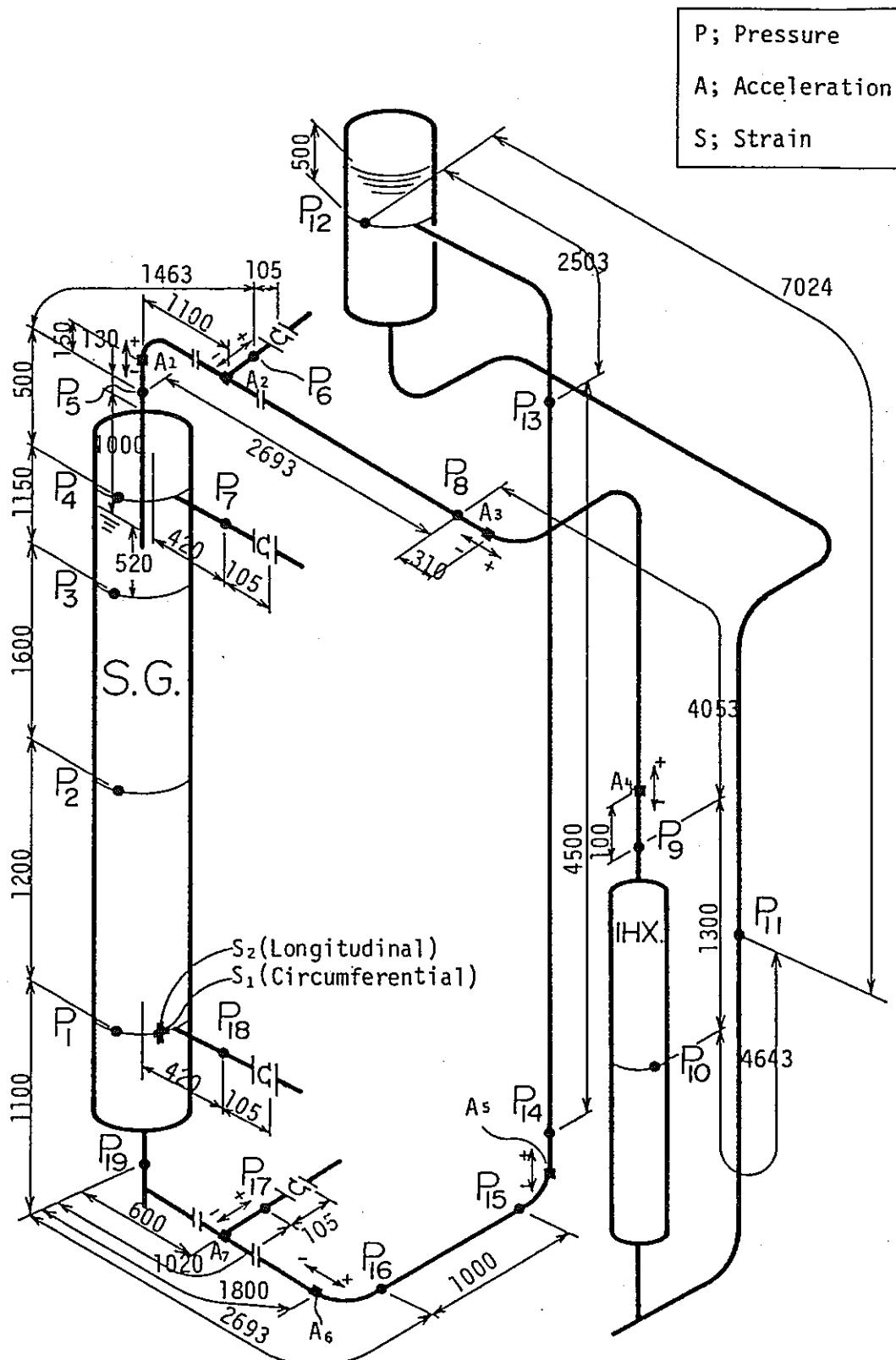
C----- INPUT TIME STEP -----
  307      5      0.0     -0.130    -0.580    -1.180    -1.730
  312      5    -2.330    -2.830    -3.330    -3.930    -4.530
  317      5    -4.880    -5.280    -5.630    -5.630    -5.920
  322      5    -5.920    -5.920    -4.880    -4.880    -4.880

C----- -----
  359      5      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0

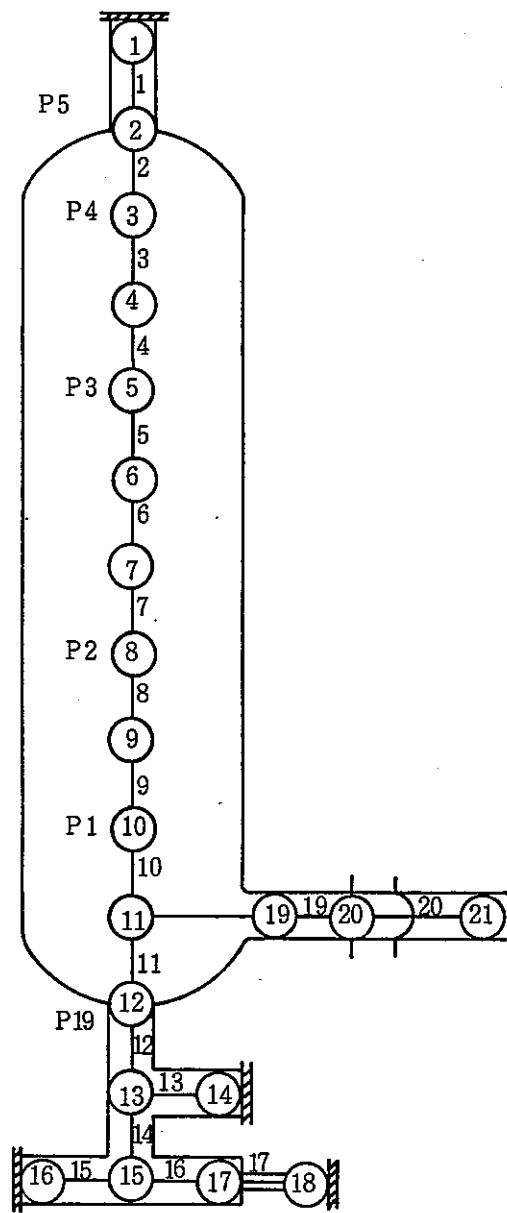
```

PNC SN9520 89-016

451	5	0.01416	0.01517	0.01617	0.01710	0.01812
456	5	0.01910	0.02117	0.02310	0.02410	0.02510
461	5	0.02710	0.02804	0.02911	0.03104	0.03412
466	5	0.04000	0.05107	0.05207	0.05300	0.05400
471	5	0.06000	0.07990	0.08000	0.09000	0.10000
<hr/>						
476	5	0.0	2.51	12.76	20.68	21.65
481	5	16.82	11.02	13.15	16.82	14.50
486	5	11.60	11.80	14.70	16.44	15.86
491	5	11.80	14.32	17.21	17.41	16.83
496	5	14.90	16.06	16.83	12.58	11.81
501	5	9.50	7.00	6.22	6.80	5.83
506	5	5.06	4.68	3.14	3.72	2.56
511	5	1.21	1.41	1.99	0.83	0.26
516	5	0.27	0.00	0.00	0.10	0.00
521	5	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
<hr/>						
606	2	1.0	9.80665			
900	1	1.000				
905	1	0.067				
1005	1	0.089				
1015	1	0.150				
1025	1	20365.2				
1035	1	0.280				
1045	1	203.652				
1055	1	8286.00				
1065	1	0.014				
1075	1	36.8680				
1085	1	65.3060				
<hr/>						
1100	1	20.0				
1110	1	1.0				
1120	1	99999.0				
<hr/>						
1130	1	0.067				
1140	1	0.089				
1150	1	0.150				
1160	1	20365.2				
1170	1	0.280				
1180	1	203.652				
1190	1	8286.00				
1200	1	0.014				
1210	1	36.8680				
1220	1	65.3060				
<hr/>						
1230	1	1.0				
1240	1	1.0				
1250	1	0.00778				
1260	1	1.67				
1270	1	0.004				
1280	1	0.0				
1290	1	1.0				
1300	1	1.0				
1310	1	0.5				

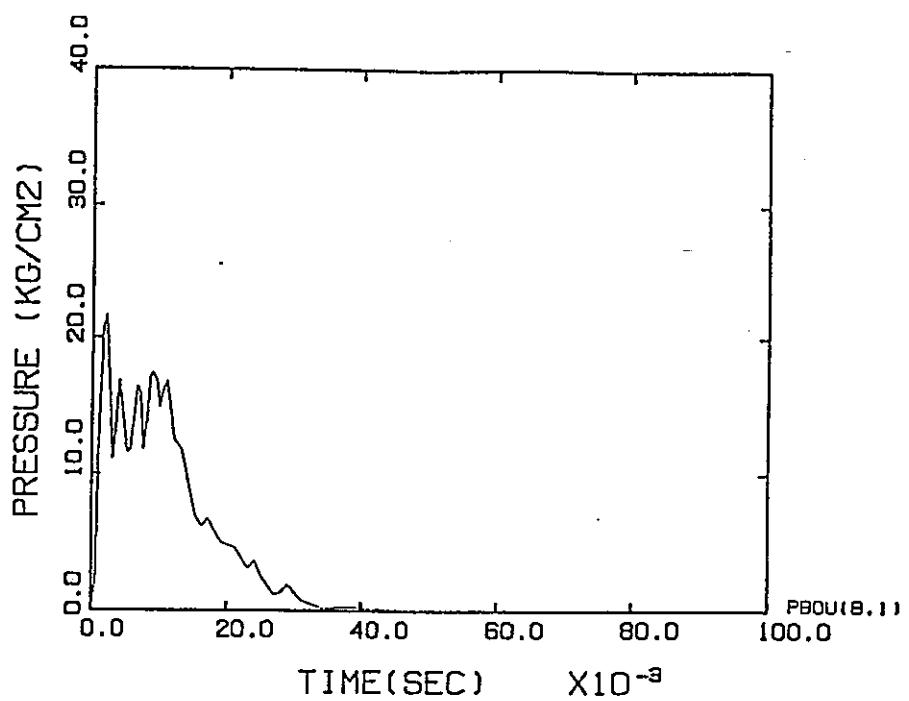


図A-1. PEPT試験装置体系図

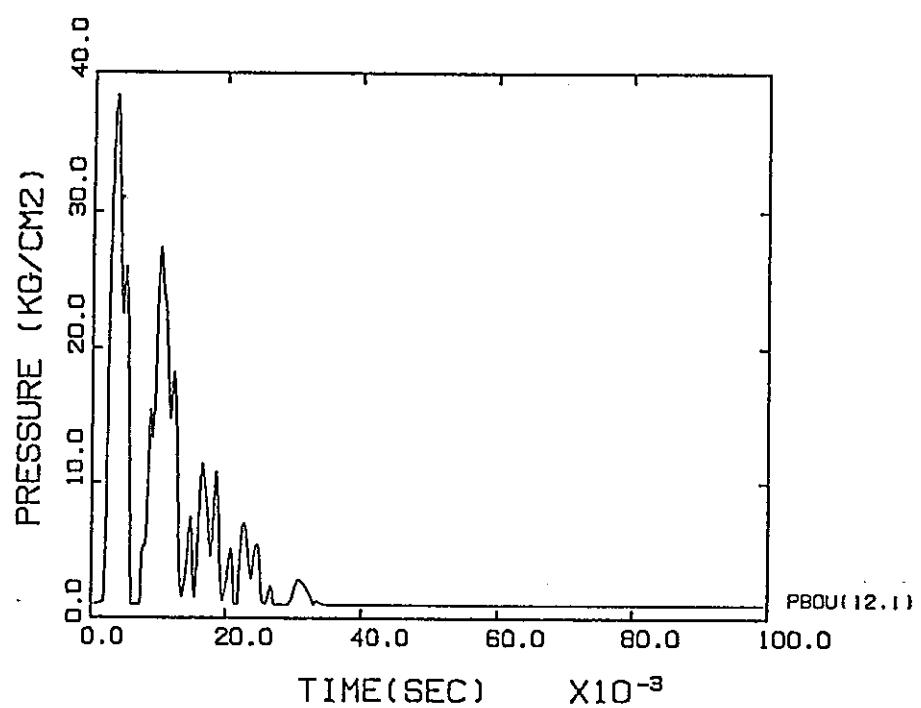


図A-2 PEPT試験装置体系計算ネットワークモデル図

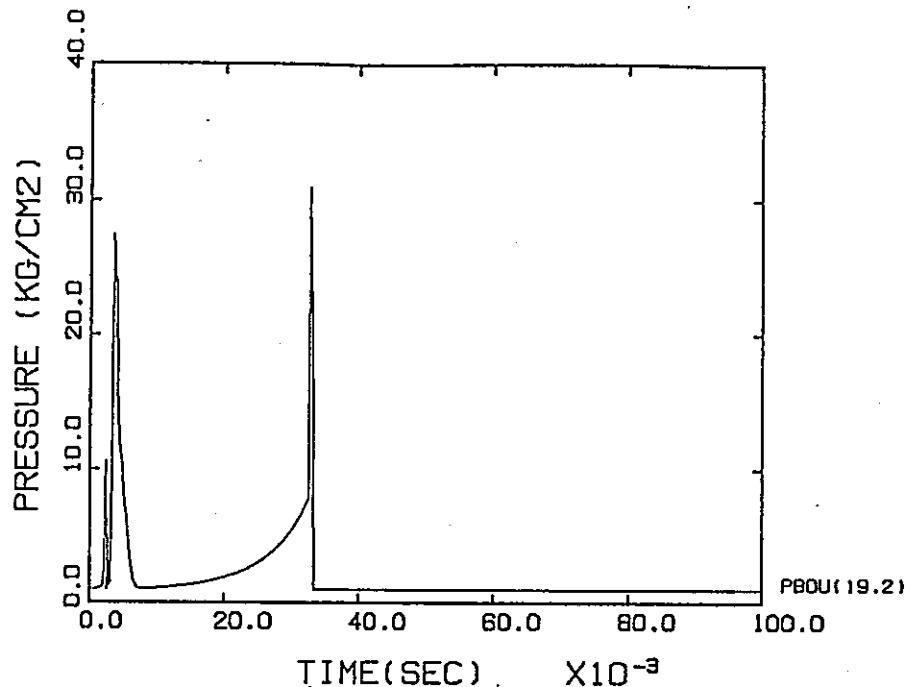
PNC SN 9520 89-016



図A-3. サンプル計算用入力圧力波形



図A-4. SG胴下部配管接合部での圧力波形



図A-5. 接液型ダブルラップチャディスク部での圧力波形

## 付録 B. プロット・プログラムについて

### B - 1 概略

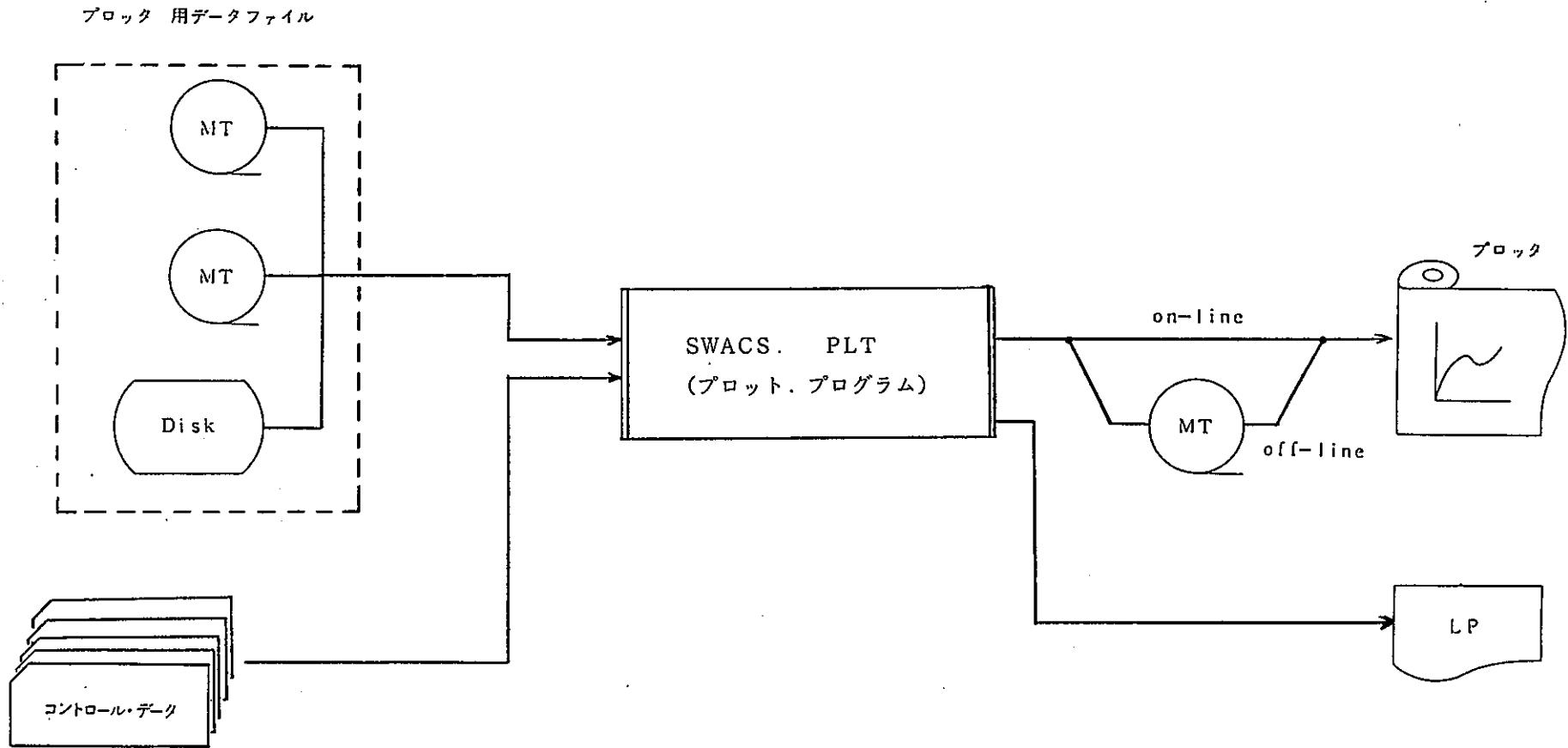
コードの計算結果を図示するためにSWACS.PLTが用意されている。これは、CALCOMPプロット用に作成されたもので、横軸を時間にして任意のスケールで圧力や流速等の計算結果をプロットでき、また、プログラムをCALCOMP以外の他の標準的なプロット用に変換することも容易である。出力形式は、従来と同じである形式-1と1枚のプロット用紙に10枚同時に図示することができる形式-2の2種類の出力形式が用意されている。

図の重ね書きについては、重ね書き本数の制約はないが、線種に制約があり、重ね書き本数: nが大きくなると、n-5・INT(n/5)本目と同じ線種となる。コードでの計算結果と実験データ(X-Y・データ)を同時に図示する機能も用意されている。

### B - 2 入出力手続き

プロット・プログラムの処理フローを図B-1に示す。図に示すコントロール・データはFT05F001で入力し、プロット用データファイルは任意の番号で入力する(ただし、FT05F001, FT06F001は使用できない)。プリント・アウト(LP)はFT06F001で出力する。

入力は、コードの実行で作成されたプロット用データ・ファイルまたは実験データ用テーブル・ファイルであり、ファイルは磁気テープ(MT)上、あるいはディスク上に保存されているものとする。SWACS.PLTによりプロットをオフラインで作動させるか、オンラインとするかは計算機システムにより異なる。

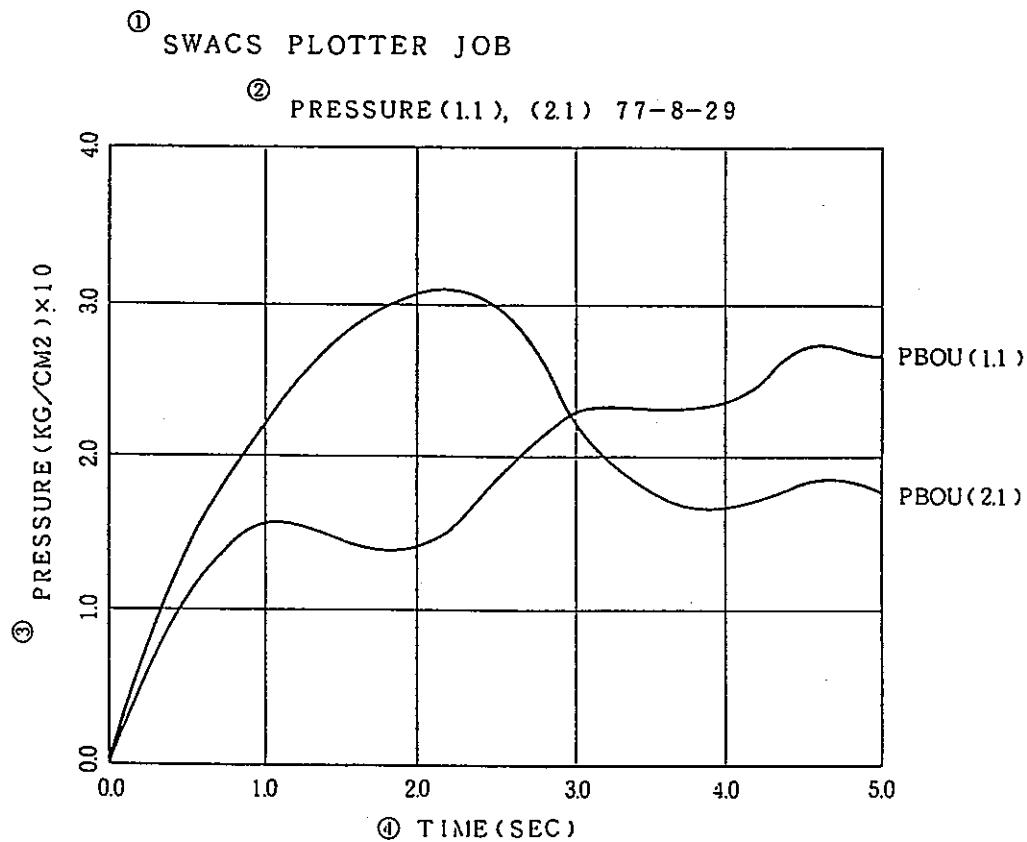


図B-1 プロット処理フロー

B-3 プロット形式

(プロット形式-1)

図B-2(a)にプロット形式-2の例を示す。ここでタイトル文字はグラフの下部にかくこともできる。



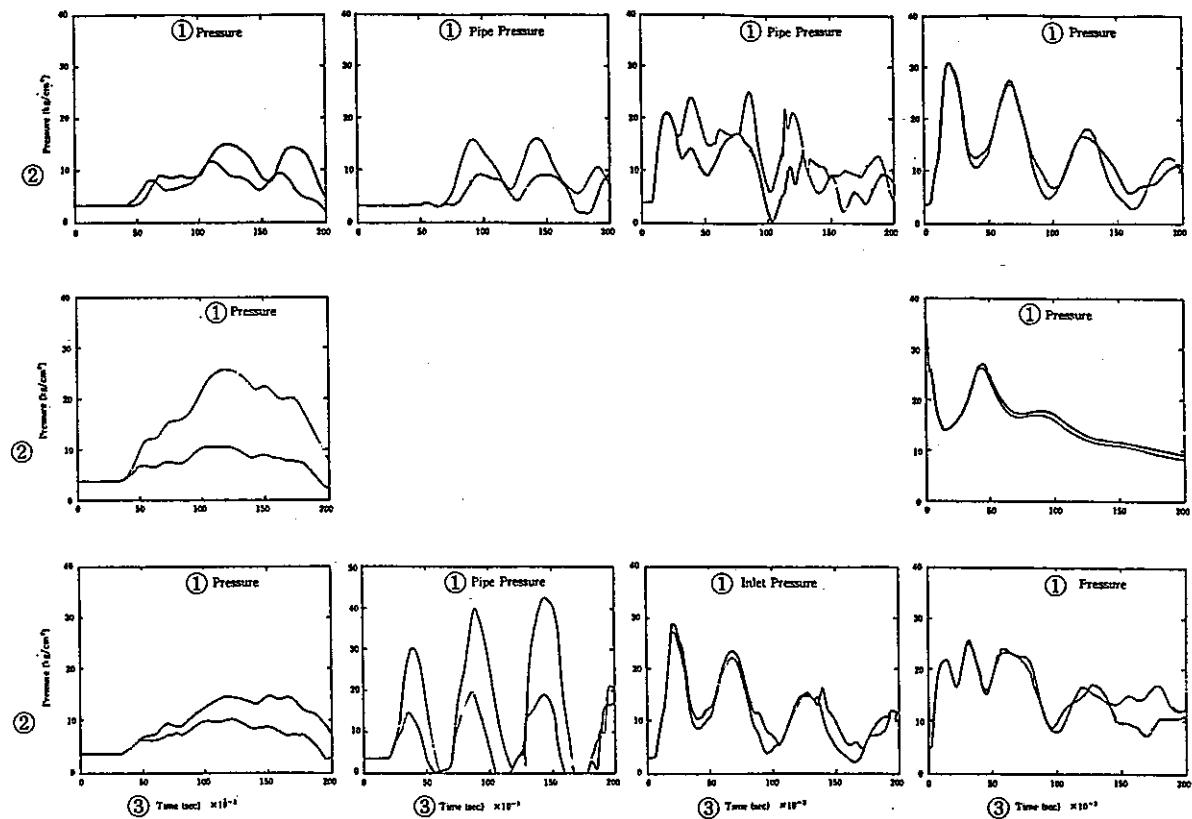
(注)

- ① 共通タイトル(コメント)(カード入力)  
② グラフタイトル ( " ) } グラフの下部にかくこともできる。  
③ Y軸タイトル (プログラムが選択)  
④ X軸タイトル (TIME(SEC)固定)

図B-2(a) プロット形式-1例

(プロット形式-2)

図B-2(b)にプロット形式-2の例を示す。ここではタイトル文字はすべてグラフ内上部に固定である。



① グラフ・タイトル

② Y軸タイトル (プログラムが選択)

③ X軸タイトル (TIME(SEC)固定)

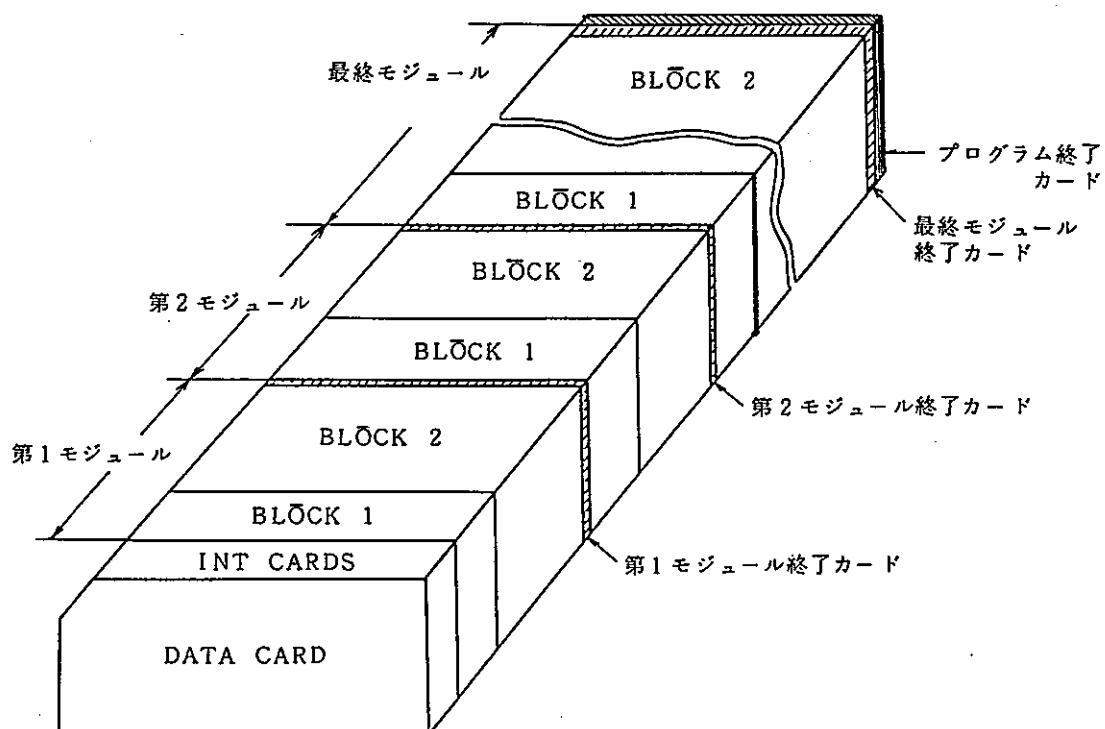
図B-2(b) プロット形式-2例

#### B - 4 コントロールデータの構成

図B-3にコントロールデータ・カードデックの構成を示す。

ここでモジュールとはSWACSコードの計算モジュール（水噴出率計算，初期スパイク圧計算，準定常圧計算，圧力波伝播計算）を示す。

以下に個々のデータの説明を行う。



図B-3 プロッタ・プログラムデータカード・デック構成

B - 4. 1 I N T. C A R D S (2枚)

データ・カードデックの最初に入れる。

COM(1) ~ COM(20)

XLENG YLENG IPTYPE IPRINT ITTY IGRID ICASE

COM(1)~COM(20):データ・カードのタイトル（非実行文）

XLENG : X 軸の長さ (cm)

YLENG : Y 軸の長さ (cm)

IPTYPE =1:グラフ上部にタイトル文字を入れる

=2:グラフ下部にタイトル文字を入れる

IPRINT =1:SOLA-LOOPJ-トのプロットデータをプリント・アウトする

=0: " しない

ITTY =0:CALCOMPによる出力

=1:TEKTR0ディスプレーによる出力（マニュアル）

=2:TEKTR0ディスプレーによる出力（オート）

=3:標準プロッタ出力

IGRID =0:画面に格子線を入れる

=1: " 入れない

ICASE :プロット・ファイル形式の指定

= 1: SWACS に対応 ..... 形式 - 1

= 2: SWAC57R に対応 ..... 形式 - 1

= 3: SWAC13E に対応 ..... 形式 - 1

--1: SWACS に対応 ..... 形式 - 2

--2: SWAC57R に対応 ..... 形式 - 2

--3: SWAC13E に対応 ..... 形式 - 2

B - 4. 2 モジュール単位のカード構成

① B L O C K 1 の構成 (2枚)

NMOD NDX XSTR XLST M1

C(1) ~ C(20)

NMOD = 5:圧力波伝播計算モジュール

= 7:初期スパイク圧計算モジュール

=11:水噴出率計算モジュール

=13:準定常圧計算モジュール

=52:ダウンスマ圧力波伝播計算モジュール

=99:SOLA-LOOPコット

= 0:プログラム終了(必ずカードの最後に入れる)

NDX : X軸(時間軸)の分割数  $\geq 2$

XSTR : X軸の左端の値(プロットさせたい開始時間) (sec)

XLST : X軸の右端の値(プロットさせたい終了時間) (sec)

M1 : ユニット番号

(60~69:無液面型・初期スパイク圧計算モジュール(SWAC57R))

C(1)~C(20):共通タイトル(80文字)

グラフの上部(IPTYPE=1の場合は下部)の1行目にかくタイトル文字で、  
そのモジュール中の全部のプロットに共通して同じタイトルをかく。

注)

1. NMOD=0はプログラム終了カードとみなす。
2. X軸をNDXで分割し、その分割点にX軸の値をかくので(XLST-XSTR)とNDXはうまく割り切れるようにする。  
例) NDX=5, XSTR=0.0, XLST=1.0とするとX軸値は、0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0と分割されることになる。
3. X軸のスケールは次のようになる。 XSCALE=(XLST-XSTR)/XLENG (sec/cm)

② B L O C K 2 の構成（2枚）

1本のグラフについて次の2枚のカードが必要となる。従ってN本のグラフをかかせるには $2 * N$ 枚がB L O C K 2のカード枚数となる。ただし、重ね書きをする時は2枚目のカードは不要でありその分だけ枚数は減る。

NA	NB	NC	NPP	NDY	YSTR	YLST
CC(1)	~	CC(20)				

NA, NB, NC :データを指定するパラメータ（B-5参照）

NPP =1:紙送りを行い新しい座標軸をかきプロットする

=0:前回プロットした座標に同じスケールで重ねてプロットする（NDY, YSTR, YLSTは無効となる。また、CC(1)～CC(20)も不要で2枚目カードはいらない。）

NDY :Y軸の分割数  $\geq 2$

YSTR :Y軸下端の値（プロットの最小値）

YLST :Y軸上端の値（プロットの最大値）

Y軸スケール =  $(YLST - YSTR) / YLENG$  ( /cm )

CC(1)～CC(20):グラフの上部2行目に入るタイトル文字で、そのグラフに対するコメント等を記入する（80文字）

（NPP=0の場合このカードは不要）

③ モジュール終了コード（1枚）

0
---

ゼロ・カードを読むとモジュール終了とみなし、次のモジュールに移りB L O C K 1のカードを読む。

④ プログラム終了コード(1枚)

0

データ・カードの最後にゼロ・カードを入れてプログラムを終了させる。従って、モジュール終了カードとプログラム終了カードの2枚のゼロ・カードがはいることになる。

以上のコントロール・データ・カードの読み込みの流れ図を図B-4に示す。

B-5. プロット・データの指定方法

プロットするデータの選択は BLOCK 2・1枚目カードのNA, NB, NCの3つの整数で指定を行う。各計算モジュールのNA, NB, NCは表B-1～B-8に示した整数で指定を行う。

例1) 初期スパイク圧計算 (NMOD=7)

気泡半径上側 (NA=16, NB=1)

圧力、部材No.5、JOINT-1 (NA=10, NB=5, NC=1)

なお、NA, NB, NCでまちがった(存在しないデータ)の番号を指定してしまった場合は、それを無視しエラー・メッセージを出力し次のデータのプロットに移る。

例外) ラプチャディスク変位プロット出力

ラプチャディスクの変位を出力するためには、特別な入力データが必要である。

また、連続出力はできず1枚のみ出力となっている。

データ形式

COM(1) ~ COM(20)

XLENG YLENG IPTYPE IPRINT ITTY IGRID ICASE  
ITYPE R/D IR/D NELE DPUT D1 D2 TIME

COM(1)～COM(20):データ・カードのタイトル（非実行文）  
XLENG : X 軸の長さ (cm)  
YLENG : Y 軸の長さ (cm)  
IPTYPE =1:グラフ上部にタイトル文字を入れる  
=2:グラフ下部にタイトル文字を入れる  
IPRINT =1:固定  
ITTY =1:固定  
IGRID =1:画面に格子線を入れない（固定）  
ICASE =4:固定  
ITYPE =1:シングル R/D  
=2:ダブル R/D  
R/D : ラプチャディスク番号  
IR/D =1:1枚目（シングル R/D の時は常に1）  
=2:2枚目  
NELE :要素分割数（計算入力データと同じ値とすること）  
DPUT :出力間引き点数  
D1 :曲率半径 (m)  
D2 :ラプチャディスクの直径 (m)  
TIME :出力終了時刻 (sec)

B - 6 サンプル

インプット・データを表 B - 9, B - 10 に示す。

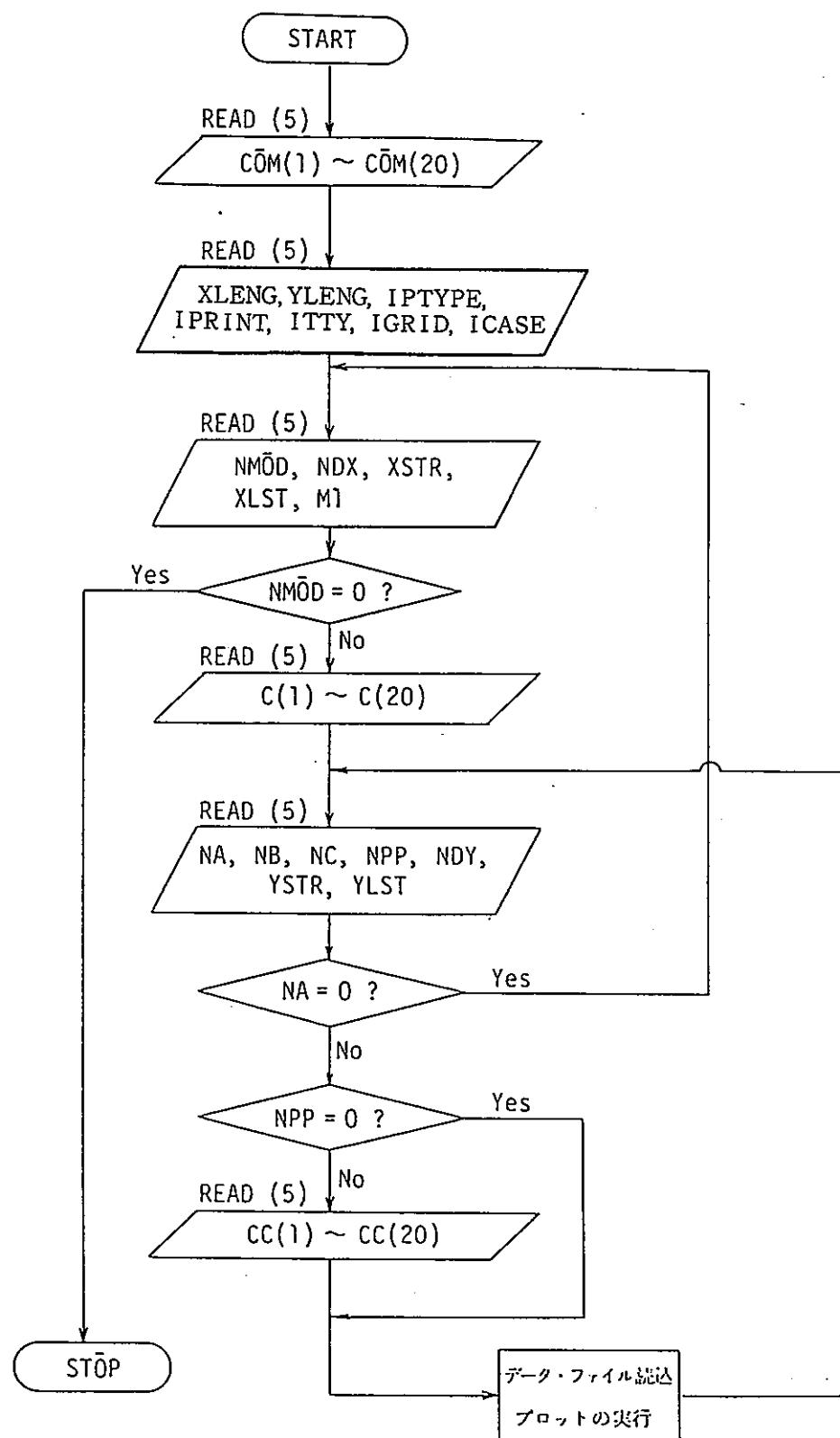


図 B-4 コントロール・データの読み込みの流れ図

表 B - 1 水噴出率計算コードのプロット用データ番号

No	データ名称	単位	N A	N B	N C
1	時刻	sec	1	—	—
2	流速	m/sec	2	1 or 2 *	メ ツ シ ユ 番 号
3	圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	3	1 or 2 *	
4	比エンタルピー	kcal/kg	4	1 or 2 *	
5	比重	kg/m <sup>3</sup>	5	1 or 2 *	
6	温度	°C	6	1 or 2 *	
7	ボイド率	—	7	1 or 2 *	
8	音速	m/sec	8	1 or 2 *	
9	水噴出率(合計)	kg/sec	9	—	—
10	水噴出量	kg	10	—	—
11	上流側水噴出率	kg/sec	11	—	—
12	下流側水噴出率	kg/sec	12	—	—

\* : NB=1 上流側伝熱管、NB=2 下流側伝熱管

表 B - 2 初期スパイク圧／圧力波伝播計算コードのプロット用データ番号

No	デー タ 名 称	単 位	N A	N B	N C
1	時刻	sec	1	—	—
2	自由液面レベル	m	2	液面番号	—
3	自由液面圧力	kg/cm <sup>2</sup>	3	液面番号	—
4	サージタンク・レベル	m	4	タンク番号	—
5	R / D ナトリウム流出量	m <sup>3</sup>	5	R / D 番号	—
6	R / D ナトリウム流速	m/sec	6	R / D 番号	—
7	不使用	—	7	—	—
8	不使用	—	8	—	—
9	不使用	—	9	—	—
10	圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	10	部材番号	ジョイント 番 号 ( 1 or 2 )
11	流速	m/sec	11	部材番号	—
12	水噴出率(上流側)	kg/sec	12	—	—
13	水噴出率(下流側)	kg/sec	13	—	—
14	水噴出率(合計)	kg/sec	14	—	—
15	水噴出量	kg	15	—	—
16	H <sub>2</sub> 気泡半径	m	16	* 1	—
17	H <sub>2</sub> 気泡圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	17		—
18	H <sub>2</sub> 気泡成長速度	m/sec	18		—

\* 1 NB=1:上半球、NB=2:H<sub>2</sub>気泡温度、NB=3:ボリューム

表B-3 初期スパイク圧計算コード(SWAC57R)のプロット用データ番号

No	データ名称	単位	N A	N B	N C
1	時刻	sec	1	-	-
2	自由液面レベル	m	2	液面番号	-
3	自由液面圧力	kg/cm <sup>2</sup>	3	液面番号	-
4	サージタンク・レベル	m	4	タンク番号	-
5	R/Dナトリウム流出量	m <sup>3</sup>	5	R/D番号	-
6	R/Dナトリウム流速	m/sec	6	R/D番号	-
7	不使用	-	7	-	-
8	不使用	-	8	-	-
9	不使用	-	9	-	-
10	圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	10	部材番号	ジョイント 番号 (1 or 2)
11	流速	m/sec	11	部材番号	
12	水噴出率(上流側)	kg/sec	12	-	-
13	水噴出率(下流側)	kg/sec	13	-	-
14	水噴出率(合計)	kg/sec	14	-	-
15	水噴出量	kg	15	-	-
16	H <sub>2</sub> 気泡半径	m	16	* 1	-
17	H <sub>2</sub> 気泡圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	17		-
18	H <sub>2</sub> 気泡成長速度	m/sec	18		-
19	不使用	-	-	-	-
20	不使用	-	-	-	-
21	不使用	-	-	-	-
22	放出系内ガス圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	22	R/D番号	-

\* 1 NB=1:上半球、NB=2:H<sub>2</sub>気泡温度、NB=3:ボリューム

表 B - 3 初期スパイク圧計算コード(SWAC57R)のプロット用データ番号

No	デ タ 名 称	単 位	N A	N B	N C
23	放出系内ガス総体積	m <sup>3</sup>	23	R / D 番号	-
24	放出系内界面移動距離	m	24	R / D 番号	-
25	ダンプ・タンク N a 流出量	kg/sec	25	R / D 番号	-
26	1 枚目 R / D の変化量	kg/cm <sup>2</sup> a	26	R / D 番号	-
27	2 枚目 R / D の変化量	kg/cm <sup>2</sup> a	27	R / D 番号	-
28	R / D 間のガス圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	28	R / D 番号	-

表 B - 4 準定常圧計算コード(SWAC13)のプロット用データ番号

No	デー タ 名 称	単 位	N A	N B	N C
1	時刻	sec	1	—	—
2	水噴出率	kg/sec	2	—	—
3	流量(混合)	kg/sec	3	—	—
4	ナトリウム流量	kg/sec	4	リ	—
5	水素ガス流量	kg/sec	5	ン	—
6	ボイド率(リンク)	—	6	ク	—
7	ナトリウム流速	m/sec	7	番	—
8	水素ガス流速	m/sec	8	号	—
9	流速(均質平均)	m/sec	9	—	—
10	圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	10	—	—
11	比重量(均質平均)	kg/m <sup>3</sup>	11	ノ	—
12	水素ガス比重量	kg/m <sup>3</sup>	12	一	—
13	水素ガス体積	m <sup>3</sup>	13	ド	—
14	ナトリウム体積	m <sup>3</sup>	14	番	—
15	水素ガス重量	kg	15	号	—
16	ナトリウム重量	kg	16	—	—
17	ボイド率(ノード)	—	17	—	—

表 B - 5 ダウンカマ部圧力伝播圧計算コード(SWAC5KII)のプロット用データ番号

No	デ タ 名 称	単 位	N A	N B	N C
1	時刻	sec	1	—	—
2	自由液面レベル	m	2	液面番号	—
3	自由液面圧力	kg/cm <sup>2</sup>	3	液面番号	—
4	サージタンク・レベル	m	4	タンク番号	—
5	R / D ナトリウム流出量	m <sup>3</sup>	5	R / D 番号	—
6	R / D ナトリウム流速	m/sec	6	R / D 番号	—
7	不使用	—	7	—	—
8	不使用	—	8	—	—
9	不使用	—	9	—	—
10	圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	10	部材番号	ジョイント番号 ( 1 or 2 )
11	流速	m/sec	11	部材番号	—
12	不使用	—	12	—	—
13	不使用	—	13	—	—
14	不使用	—	14	—	—
15	不使用	—	15	—	—
16	不使用	—	16	* 1	—
17	不使用	—	17		—
18	不使用	—	18		—
19	気泡圧力	—	—	—	—
20	D C 部流路圧力	—	—	DC流路番号	ノード番号
21	D C 部流路流速	—	—	DC流路番号	ノード番号

\* : SWAC5KIIのプリント・アウトでは適当な間隔を置いて出力されるがプロットは全のノード(メッシュ)点プロット可能。

表 B - 6 SOLA-LOOP コードのプロット用データ番号

No	データ名称	単位	NA	NB	NC
1	時刻	sec	1	セル番号	—
2	混合流速	m/sec	2	セル番号	—
3	ドリフト速度	m/sec	3	セル番号	—
4	圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	4	セル番号	—
5	混合比重量	kg/m <sup>3</sup>	5	セル番号	—
6	混合発生率	kg/m <sup>3</sup> /sec	6	セル番号	—
7	蒸気比重量	kg/m <sup>3</sup>	7	セル番号	—
8	エネルギー	kcal/kg	8	セル番号	—
9	ボイド率	—	9	セル番号	—
10	温度	°C	10	セル番号	—
11	飽和温度	°C	11	セル番号	—
12	壁面温度	°C	12	セル番号	—
13	コンポーネント端流量	kg/sec	13	番号	端番号
14	圧力(ジャンクション)	kg/cm <sup>2</sup> a	14	セル番号	—
15	混合比重量(ジャンクション)	kg/m <sup>3</sup>	15	セル番号	—
16	蒸気比重量(ジャンクション)	kg/m <sup>3</sup>	16	セル番号	—
17	エネルギー(ジャンクション)	kcal/kg	17	セル番号	—
18	蒸気発生率(ジャンクション)	kg/m <sup>3</sup> /sec	18	セル番号	—

表 B - 7 準定常圧計算コード(SWAC13E)のプロット用データ番号

No	データ名称	単位	N A	N B	N C
1	時刻	sec	1	link番号	-
2	水噴出率	kg/sec	2	link番号	-
3	混合流量	kg/sec	3	link番号	-
4	ナトリウム流量	kg/sec	4	link番号	-
5	水素ガス流量	kg/sec	5	link番号	-
6	流体力(受ける力)	kg	6	link番号	-
7	ナトリウム流速	m/sec	7	link番号	-
8	水素ガス流速	m/sec	8	link番号	-
9	平均流速	m/sec	9	link番号	-
10	相対流速	m/sec	10	link番号	-
11	圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	11	node番号	-
12	混合比重	kg/m <sup>3</sup>	12	node番号	-
13	水素ガス比重	kg/m <sup>3</sup>	13	node番号	-
14	ナトリウム比重	kg/m <sup>3</sup>	14	node番号	-
15	水素ガス体積	m <sup>3</sup>	15	node番号	-
16	ナトリウム体積	m <sup>3</sup>	16	node番号	-
17	水素ガス重量	kg	17	node番号	-
18	ナトリウム重量	kg	18	node番号	-
19	ボイド率	-	19	node番号	-
20	水素ガス温度	C:deg	20	node番号	-
21	ナトリウム温度	C:deg	21	node番号	-
22	構造温度	C:deg	22	node番号	-
23	水素ガス内部エネルギー	kcal/kg	23	node番号	-

表 B - 7 準定常圧計算コード(SWAC13E)のプロット用データ番号

No	データ名称	単位	N A	N B	N C
24	ナトリウム内部エネルギー	kcal/kg	24	node番号	-
25	単位時間内の水素ガス熱量総変化率	kcal/kg	25	node番号	-
26	単位時間内のNa熱量総変化率	kcal/kg	26	node番号	-
27	単位時間内の構造熱量総変化率	kcal/kg	27	node番号	-

表 B - 8 X - Y ・ データのプロット用データ番号

N A	N B	N C
負の数を指定 *	負の数を指定 *	X - Y ・ データ・ファイル のユニット番号

\* : NA<0, NB<0を指定することによって X - Y ・ データと識別している。

-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7--  
\*\*\*\*\* PLOT INPUT DATA \*\*\*\*\*  
18.68 6.76 1 0 3 1 2  
7 4 0.0 0.10 60  
PRESSURE JOINT-6 2  
10 6 2 1 4 -10.0 30.0  
  
0  
7 4 0.0 0.10 60  
PRESSURE JOINT-3 2  
10 3 2 1 4 -10.0 30.0  
  
0  
7 4 0.0 0.10 60  
PRESSURE JOINT-1 2  
10 1 2 1 4 -10.0 30.0  
  
0  
0

-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7--  
\*\*\*\*\* PLOT INPUT DATA \*\*\*\*\*  
18.68 6.76 1 0 3 1 2  
7 4 0.0 0.10 60  
PRESSURE JOINT-6 2  
10 6 2 1 4 -10.0 30.0  
  
0  
7 4 0.0 0.10 61  
-10 -99 21 0  
0  
7 4 0.0 0.10 60  
PRESSURE JOINT-3 2  
10 3 2 1 4 -10.0 30.0  
  
0  
7 4 0.0 0.10 61  
-10 -99 22 0  
0  
7 4 0.0 0.10 60  
PRESSURE JOINT-1 2  
10 1 2 1 4 -10.0 30.0  
  
0  
7 4 0.0 0.10 61  
-10 -99 23 0  
0  
0