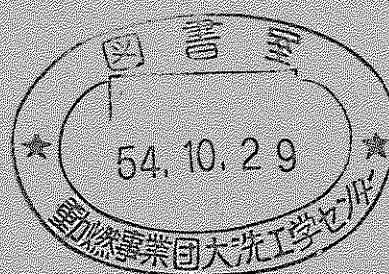


# 大リーグ・ナトリウム-水反応解析コード-SWACS/ REG 3-

( 使用 説 明 書 )

—大リーグ・ナトリウム-水反応解析（第7報）—



1979年9月

動力炉・核燃料開発事業団

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒107 東京都港区赤坂1-9-13

動力炉・核燃料開発事業団

技術協力部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to: Technical  
Evaluation and Patent Office, Power Reactor and Nuclear Fuel Development  
Corporation 9-13, 1-chome, Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development  
Corporation)

Oct., 1979

PNC TN952 79-20

## カリウム-水反応解析コード - SWACS/REG3 -

(使用説明書)

## -カリウム-水反応解析(オク報) -

正誤表

Page	Line	誤	正
22		(図4.3-2 中) 長±RLD ~~~	長±RLU ~~~
65	15	5.2 プローラ-用データ-7A1L	5.2 プローラ-用データ-7A1L
72		(図6.2 中) ボイド率 ~~~	ボイド率 ~~~
82		(表A-1 中)  RD501 100 <sup>+0</sup> <sub>-50</sub> (500°C) RD502 100 <sup>+0</sup> <sub>-50</sub> (300°C)	RD501 100 <sup>+0</sup> <sub>-50</sub> (350°C) RD502 100 <sup>+0</sup> <sub>-50</sub> (500°C)
88	1	A-3 初期スパイク計算 ~~~~~	A-3 初期スパイク計算 ~~~~~
90		(表A-3 中)	(→ 次頁 12訂正表)
107	6	また入力データを表-5に示す。	また入力データを表A-5に示す。

(2/2)

## 表 A-3 初期スケルトン ハーフル計算入力データ

....\*....1....\*....2....\*....3....\*....4....\*....5....\*....6....\*....7....\*....8

== SWACS SAMPLE CAL, CASE.57,01 (SWAT-3,RUN3--ORIGINAL C,01R) ==

1	10	0	1	0	0	0	10000	0	0
21	5	50	50	50	1000	2000			
36	7	1	0	0	0	1	0	0	
51	8	0	0	15	0	0	0	1	1
3	1			0,015					

== SWACS SAMPLE CAL, CASE.57,01 (SWAT-3,RUN3--ORIGINAL C,01R) ==

1	6	5	9	1	3	4	6		
22	5	1010	10011	11014	11018	10024			
42	10	1002	2003	3004	4005	5006	6007	7008	8009
52	10	11012	12013	13014	11015	15016	16017	17018	10019
62	3	21022	22023	23024					19020
92	10	12	8	56	56	88	17	17	16
102	10	2	21	31	34	90	90	13	60
112	3	90	90	23					90
164	3	14	-18	-24					
175	2	0	1						
187	1								
201	2	1	1						
212	2	1	1						
250	1	1							
261	4	7	6008	40	31				
1	5	0.1		0.1		0.7		0.7	1,0905
6	5	0,2095		0,2095		0,1905		0,075	0,05
11	5	0.025		0.35		0.509		0,425	0,4
16	5	1.4		0,2		0.375		0,7	0,7
21	3	0,7		0,7		0,2			
51	5	1055,1		1713,6		1713,6		1713,6	1713,6
56	5	1713,6		1713,6		1713,6		1713,6	1555,0
61	5	1616,7		1616,7		1616,7		1768,6	1768,6
66	5	1768,6		1768,6		859,12		869,12	859,12
71	3	859,12		859,12		859,12			
101	5	0,9795		0,63172		0,63172		0,63172	0,63172
106	5	0,6074		0,6074		0,9795		0,9795	1,228
111	5	1,3273		1,3273		1,3273		0,0873	0,0873
116	5	0,0873		0,0873		0,21512		0,21512	0,21512
121	3	0,21512		0,21512		0,21512			
151	5	0,8164		0,8164		0,8164		0,8164	0,8164
156	5	0,8164		0,8164		0,8164		0,8164	0,9444
161	5	1,3		1,3		1,3		0,3334	0,3334
166	5	0,3334		0,3334		0,11		0,11	0,11
171	3	0,11		0,11		0,11			
202	2	858,61		3,3129	E-7				
249	1	13,0							
255	2	0,3164		-0,25					
307	5	0,0		-0,1		-0,2		-0,9	-1,6
312	5	-2,6905		-2,9		-3,1095		-3,3	-3,375
317	5	-3,525		-3,45		-3,8		-4,309	-3,0
322	5	-1,6		-0,2		0,0		-3,0	
327	4	-1,6		-0,9		-0,2		0,0	-2,3
358	4	15330,		0,0		17,85444		17,85444	
391	1	1,5							
401	2	1,66		1000,					
601	5	0,50000		0,2095		1,7661691		1000,	9,50000E-03
606	2	1,0		9,8					
610	1	1713,6							

表A-3

1 9 7 9 年 9 月

# 大リーグ・ナトリウム-水反応解析コード - SWACS/REG3 - (使用説明書)

## - 大リーグ・ナトリウム-水反応解析 (第7報) -

三宅 収\*, 進藤嘉久\*, 佐藤 稔\*

### 要 旨

動燃事業団で建設を計画中の高速増殖原型炉の蒸気発生器安全設計のため、大リーグ・ナトリウム-水反応事故時の圧力流動挙動を解析する計算コード「SWACS」の開発が進行中である。本報告書は「SWACS」コードの使用者のために、入出力形式およびコントロール・データ取り扱いについて説明するものである。

「SWACS」コードは、総合化コードであり、大リーグ・ナトリウム-水反応の問題現象である初期スパイク圧、初期スパイク圧の二次系への圧力波伝播、準定常圧上昇過程およびこれら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。

「SWACS」コードの構成、基礎方程式、数値計算法の概要については既に大リーグ・ナトリウム-水反応解析 (第3報・改訂版) (SN952 79-19)として報告されている。

本報告の内容は、計算コードの実行の流れ、入力形式、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、プロッタープログラムの使用法の各項目である。

\* 動力炉・核燃料開発事業団、大洗工学センター

蒸気発生器開発部、蒸気発生器安全性試験室

Computer Code for Large Leak Sodium-Water  
Reaction Analysis — SWACS/REG 3 —

(User's Description)

— Large Leak Sodium-Water Reaction Analysis (Report No.7) —

Osam Miyake\*, Yoshihisa Shindo\*, Minoru Sato\*

Abstract

The computer code "SWACS" has been developed in order to analyze the pressure/fluid-flow phenomena during the large scale sodium-water reaction accident of the steam generator on account of the safety design of the prototype LMFBR which PNC plans to construct.

This report describes the input/output format and control data of "SWACS" code for users.

"SWACS" code is the integrated code which consists of four calculation modules, since the analytical aspects of the large scale sodium-water reaction phenomena are taken into consideration, i.e. ; the initial pressure spike, the propagation of pressure spike through the secondary loop, the quasi-steady pressure and the water leak rate which governs the whole phenomena directly. "SWACS" main routine controls I/O procedure of these calculation modules and, if need be, controls the parallel calculation.

The pre-issued report, Report No.3-Revision of "Large Leak Sodium-Water Reaction Analysis" series (SN952 79-19), contents the description of the code structure, the basic equations and the numerical methods of "SWACS" code. This report contents the calculation flow of "SWACS" code, the input/output format and description, the calculation models, the data files, the results of sample calculations and the usage of plotter program.

---

\* Steam Generator Safety Section, Steam Generator Division, O-arai Engineering Center, PNC.

## 目 次

1. まえがき	1
2. SWACS コードの計算機能	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 (SWAC-11)	2
(2) 初期スパイク圧計算 (SWAC-5K/7)	2
(3) 準定常圧計算モジュール (SWAC-13)	2
(4) 圧力波伝播計算モジュール (SWAC-5K)	3
3. SWACS コードの計算の流れ	4
4. SWACS コードの入力形式	6
4.1 入力データ, カード・デックの構成	6
4.2 コントロールデータ	10
4.2.1 コントロール整数データ	10
4.2.2 コントロール実数データ	10
4.2.3 補足説明	10
4.3 水噴出率計算データ	16
4.3.1 整数データ	16
4.3.2 実数データ	16
4.3.3 補足説明	21
4.3.3-1 計算モデル	21
4.3.3-2 計算条件	21
4.3.3-3 計算メッシュ巾	25
4.4 初期スパイク圧計算データ	26
4.4.1 整数データ	26
4.4.2 実数データ	26
4.4.3 補足説明	31
4.4.3-1 計算モデル	31
4.4.3-2 計算条件	36
4.4.3-3 計算メッシュ巾	43
4.5 準定常圧計算データ	44
4.5.1 整数データ	44
4.5.2 実数データ	44

4.5.3 補足説明	50
4.5.3-1 計算モデル	50
4.5.3-2 計算条件	54
4.5.3-3 計算メッシュ巾	59
4.6 圧力波伝播計算データ	60
4.6.1 整数データ	60
4.6.2 実数データ	60
4.6.3 補足説明	60
5. 入出力ファイル	65
5.1 概要	65
5.2 プロッター用データ・ファイル	65
5.3 テーブル・データ・ファイル	67
5.4 リスタート計算用ファイル	68
6. SWACS コードの出力形式	70
7. あとがき	75
8. 参考文献	76

## 付 錄

付録A サンプル計算 .....	79
A - 1 はじめに .....	79
A - 2 水噴出率計算 .....	83
A - 3 初期スパイク圧計算 .....	88
A - 4 準定常圧計算 .....	97
A - 5 圧力波伝播計算 .....	107
A - 6 計算時間 .....	116
付録B プロッタープログラムについて .....	117
B - 1 概略 .....	117
B - 2 入出力手続 .....	117
B - 3 プロット形式 .....	118
B - 4 コントロールデータの構成 .....	119
B - 4・1 INT CARDS .....	120
B - 4・2 モジュール単位のカード構成 .....	120
B - 4・3 プログラム終了カード .....	121
B - 5 プロット・データの指定方法 .....	122
B - 6 サンプル・インプット .....	122

## 図 リ ス ト

図 2 - 1.	SWACS の計算モジュール結合関係	3
図 3 - 1.	SWACS コードの計算の流れ	5
図 4 - 1.	SWACS の入力データ・カード・デックの構成	8
図 4 - 2.	入力データ・カードの形式例	9
図 4・3-1.	水噴出率計算モデル ( IHBND = 0 の場合 )	22
図 4・3-2.	水噴出率計算モデル ( IHBND = 1 の場合 )	22
図 4・4-1.	セクション, 部材, 接合点のモデル化例	32
図 4・4-2.	セクション, 部材の両端接合点番号の入力例	33
図 4・4-3.	反応点付近の球モデルの分割	34
図 4・4-4.	球モデルと柱モデルの接続	35
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	35
図 4・4-6.	サージタンク接合点	40
図 4・4-7.	ナトリウム中ラップチャーディスク接合点	41
図 4・4-8.	オリフィス接合点	42
図 4・5-1.	ノード・リンクのモデル例	50
図 4・5-2.	サブリンクの分割例	51
図 4・5-3.	カバーガス部のノード分割例	52
図 4・5-4.	デッドエンド・ノードの扱い	52
図 4・5-5.	リンクの流れ方向定義例	53
図 5 - 1.	SWACS コードの I/O の流れ	66
図 6 - 1.	入力データの出力形式	71
図 6 - 2.	水噴出計算の出力形式	72
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	73
図 6 - 4.	準定常圧計算の出力形式	74
図 A - 1.	FLOW DIAGRAM FOR SWAT-3	80
図 A - 2.	Reaction Vessel (SWAT-3, Run-3)	81
図 A - 3.	水噴出率サンプル計算モデル	83
FIG.A-4.	SWACS WATER INJECTION CAL. (CASE. 11. 01) WATER INJECTION RATE	85
FIG.A-5.	SWACS WATER INJECTION CAL. (CASE. 11. 01) PRESSURE AT BREAK END, P(1,46)	86
FIG.A-6.	SWACS WATER INJECTION CAL. (CASE. 11. 01) PRESSURE AT MIDDLE OF TUBE, P(1,23)	87
図 A - 7.	計算体系図 (初期スパイク圧計算)	89
FIG.A-8.	SWACS INITIAL PRESSURE CAL. (CASE. 57. 01)	

	WATER INJECTION RATE (INPUT) .....	9 2
FIG.A-9.	SWACS INITIAL PRESSURE CAL. (CASE. 57. 01)	
	H2 BUBBLE PRESSURE .....	9 3
FIG.A-10.	SWACS INITIAL PRESSURE CAL. (CASE. 57. 01)	
	PRESSURE NEAR REACTION POINT, P(7,2).....	9 4
FIG.A-11.	SWACS INITIAL PRESSURE CAL. (CASE. 57. 01)	
	PRESSURE AT LOWER PLENUM, P(12,2).....	9 5
FIG.A-12.	SWACS INITIAL PRESSURE CAL. (CASE. 57. 01)	
	PRESSURE NEAR SODIUM SURFACE, P(2,2) .....	9 6
図 A - 13.	Computational Model for SWAT-3 Run-3	
	Quasi-Steady Pressure Analysis (Model-I).....	9 8
FIG.A-14.	SWACS QUASI-STEADY PRESSURE CAL. (CASE. 13. 01)	
	PRESSURE AT COVER GAS ZONE IN EV, P(10).....	1 0 3
FIG.A-15.	SWACS QUASI-STEADY PRESSURE CAL. (CASE. 13. 01)	
	PRESSURE AT COVER GAS ZONE IN SH, P(15).....	1 0 4
FIG.A-16.	SWACS QUASI-STEADY PRESSURE CAL. (CASE. 13. 01)	
	PRESSURE IN REACTION PRODUCTS TANK, P(22).....	1 0 5
FIG.A-17.	SWACS QUASI-STEADY PRESSURE CAL. (CASE. 13. 01)	
	SODIUM VELOCITY IN RELIEF LINE, VS (24).....	1 0 6
図 A - 18.	圧力波伝播計算モデル.....	1 0 8
FIG.A-19.	SWACS PRESSURE PROPAGATION CAL. (CASE. 5K. 01)	
	PRESSURE IN EV (SOURCE PRESSURE).....	1 1 2
FIG.A-20.	SWACS PRESSURE PROPAGATION CAL. (CASE. 5k. 01)	
	PRESSURE IN COLD-LEG PIPING, P(6,2) .....	1 1 3
FIG.A-21.	SWACS PRESSURE PROPAGATION CAL. (CASE. 5K. 01)	
	PRESSURE IN IHX, P(15,2) .....	1 1 4
FIG.A-22.	SWACS PRESSURE PROPAGAITION CAL. (CASE. 5K. 01)	
	PRESSURE IN SH, P(27,2) .....	1 1 5
図 B - 1.	プロッタージョブの I/O .....	1 1 7
図 B - 2.	プロット形式例.....	1 1 8
図 B - 3.	プロッタープログラムデータカード・デック構成.....	1 1 9
図 B - 4.	コントロール・データの読み込みの流れ図.....	1 2 3

## 表 リ ス ト

表 4.2.1 コントロール整数データ (CONT-ID).....	11
表 4.2.2 コントロール実数データ (CONT-RD).....	15
表 4.3.1 水噴出率計算整数データ (SWAC11-ID).....	17
表 4.3.2 水噴出率計算実数データ (SWAC11-RD).....	19
表 4.3.3 境界条件の指定.....	23
表 4.4.1 初期スパイク圧計算整数データ (SWAC5K/7-ID).....	27
表 4.4.2 初期スパイク圧計算実数データ (SWAC5K/7-RD).....	29
表 4.4.3 初期スパイク圧／圧力波伝播計算の境界条件.....	37
表 4.5.1 準定常圧計算整数データ (SWAC13-ID).....	45
表 4.5.2 準定常圧計算実数データ (SWAC13-RD).....	47
表 4.5.3 記号表 (初期条件計算).....	55
表 4.6.1 圧力波伝播計算整数データ (SWAC5K-ID).....	61
表 4.6.2 圧力波伝播計算実数データ (SWAC5K-RD).....	63
表 5.1 プロッター用データの出力ユニットと指定データ.....	65
表 5.2 水噴出率テーブルのコントロール・データ.....	67
表 5.3 圧力波テーブルのコントロール・データ.....	68
表 5.4 水噴出率計算リスタート時のファイルの継続.....	69
表 A.1 SWAT-3, Run-3 試験条件.....	82
表 A.2 水噴出率サンプル計算入力データ.....	84
表 A.3 初期スパイク圧サンプル計算入力データ.....	90
表 A.4 準定常圧サンプル計算入力データ.....	99
表 A.5 圧力波伝播サンプル計算入力データ.....	109
表 A.6 サンプル計算のCPU時間 (FACOM230/58).....	116
表 B.1 水噴出率計算プロッター用データ番号.....	124
表 B.2 初期スパイク圧／圧力波伝播計算プロッター用データ番号.....	125
表 B.3 準定常圧計算プロッター用データ番号.....	126
表 B.4 サンプル計算のプロッター用入力データ.....	127

## 1. まえがき

「SWACS」コードは、ナトリウム冷却高速増殖炉の蒸気発生器（以下 SG）における大リーク・ナトリウム一水反応事故時の事故 SG, 二次冷却系, 放出系の圧力流動の過渡現象を解析することを目的として開発された計算コードである。

「SWACS」コードが完成されたのは 1977 年<sup>1)</sup>であり、その後蒸気発生器安全性総合試験装置 (SWAT-3) の実験との照合検証<sup>7), 8)</sup>, 原型炉体系での適用計算<sup>9), 10), 11)</sup> 等の実績を積み重ねてきた。またこの間「SWACS」コード自体にも機能上の修正、入出力形式の変更、誤りの改訂が加えられてきており、「SWACS」コードに登録番号 (REG 番号) を付加して整理してきている。  
\*)

「SWACS」コードの現 version である「SWACS/REG 3」について取り扱い説明書を整備するにあたり、使用者の便宜をはかるため、報告書は概要説明書と使用説明書の二分冊の形式をとることにした。前者は「大リーク・ナトリウム一水反応解析コード - SWACS/REG 3 - (概要説明書) - 大リーク・ナトリウム一水反応解析 (第 3 報・改訂版)」PNC SN952 79-19 として報告されており、計算コードの構成、基礎式、解法についてとりまとめられている。

本報告は「SWACS/REG 3」コードの使用説明書であり、実際の計算コードの使用者の手引書として、入出力形式、入力データの作成方法の内容を含んでいる。また付録としてサンプル計算例、ならびに「SWACS/REG 3」コードの計算結果を図示するために用意されたプロッタープログラム「SWACS・PLT」の使用法を加えた。

---

\*) 「SWACS」コードの登録番号については、概要説明書 (文献 14) の付録 C を参照。

## 2. SWACS コードの計算機能

### 2.1 解析対象

空間の対象は伝熱管破断が発生した SG（カバーガス空間を有し，か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。），連結する健全な SG および 2 次主冷却系機器である配管，ポンプ，弁，中間熱交換器とする。

時間の対象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り初期スパイク圧が発生し，この圧力が系内に伝播し，減衰した後に水素のビルドアップにより上昇する圧力が圧力解放系（放出系）により大気圧まで減衰され，ナトリウム－水反応が終了するまでの期間とする。

### 2.2 計算モジュール

SWACS コードでは，大リーグ・ナトリウム－水反応事故に関連する解析事象を 4 つに分割し，各々を独立した計算モジュールと称して区別している。各々の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り結合される。

SWACS コードに含まれる 4 つの計算モジュールの関係を図 2.1 に示し，各計算モジュールの概要を以下に述べる。

#### (1) 水噴出率計算モジュール (SWAC-11)<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よりの水噴出率変化を計算する。計算対象は入口／出口ヘッダ及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 (SWAC-5K/7)<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。反応部近傍は球モデル，離れた部分は柱モデルとする，球－柱モデルを採用し，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，流路分岐等を考慮することができる。

#### (3) 準定常圧計算モジュール (SWAC-13)<sup>5), 14)</sup>

初期スパイク圧が納まった後の準定常圧時間領域における圧力およびナトリウム，水素ガス流動の挙動を計算する。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扱う。

(4) 圧力波伝播計算モジュール (SWAC-5K)<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。

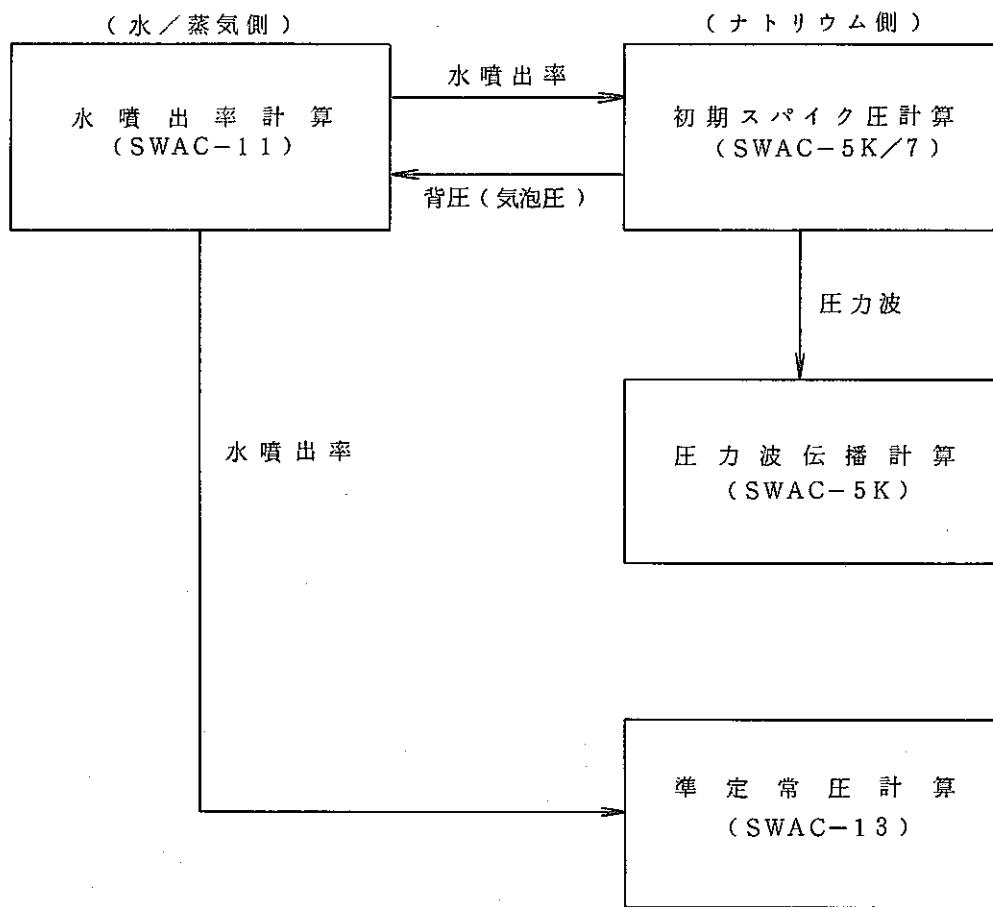


図 2.1 SWACS の計算モジュール結合関係

### 3. SWACS コードの計算の流れ

SWACS 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。

SWACS コードのメイン・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全体の計算の流れをコントロールする。

SWACS コードの計算の流れの例を図 3.1 に示す。図 3.1 では 4 つの計算モジュール全部を計算する場合について示してあるが、特定のモジュールを任意に選択し、単独に使用することもできる。

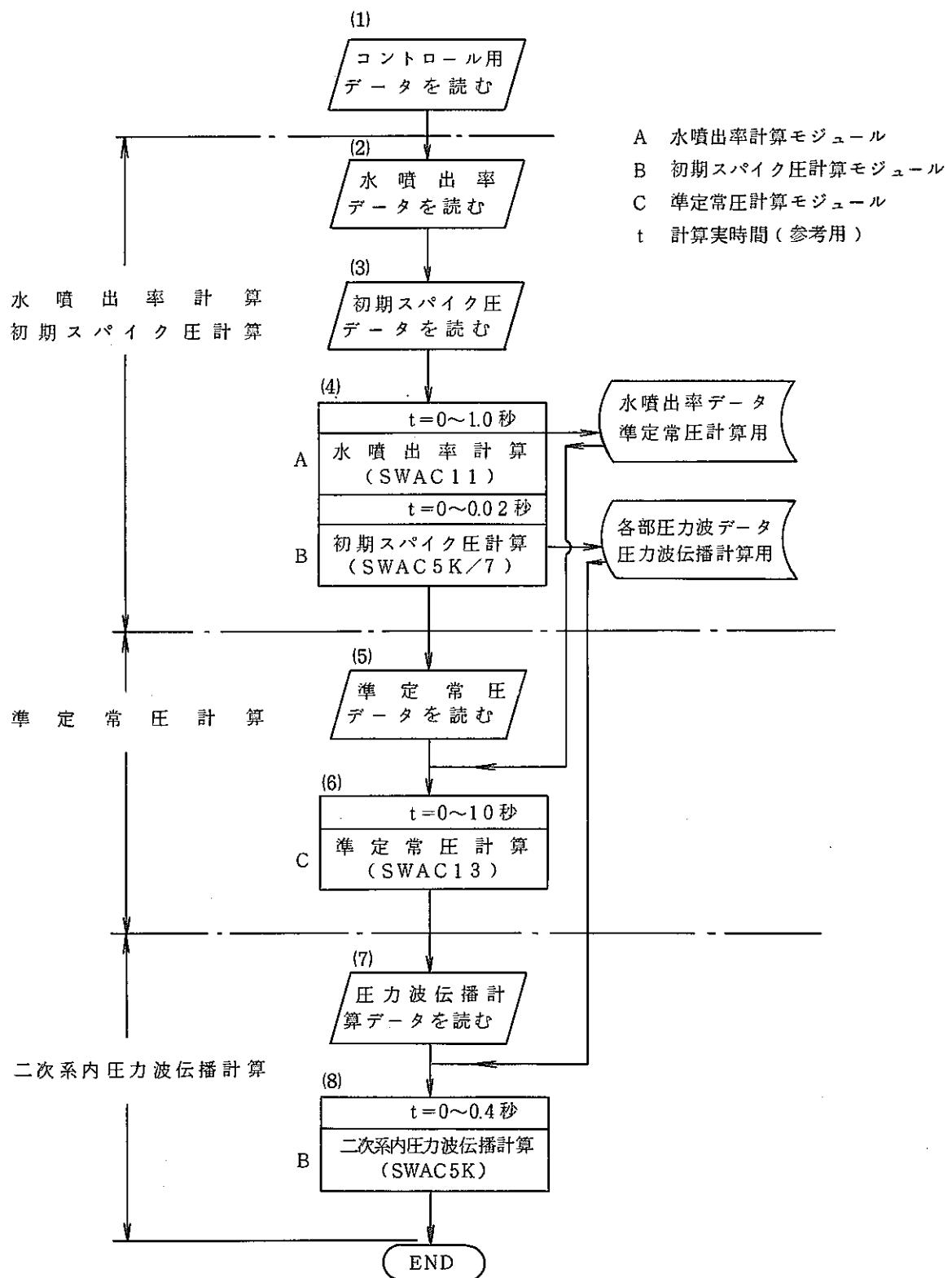


図 3.1 SWACS コードの計算の流れ

## 4. SWACS コードの入力形式

### 4.1 入力データ・カード・デックの構成

SWACS コードの入力データは、以下の 5 種類のデータ・ブロックから成る。

- (1) SWACS 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) 準定常圧計算用のデータ・ブロック
- (5) 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分離して行う場合に必要となる。）

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。

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

整数および実数データは相対番地形式で入力する形式になっており、初めの 2I6 の FORMAT により、1 枚のカード上における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数を記載する。更に、10I6 あるいは 5E12.5 の FORMAT で先に記したデータ数だけ、値を記載する。これにより、読み込まれるデータは対応する番地にストアされることになる。なお、番地番号は、最初の番地番号より、データ数だけ連続して取られるので、番地に対応するデータがないものはブランクとするか、連続番号の番地で区切って 1 枚のカードとし、次は又、別のカードで同様に続けると良い。

特に注記されていない限り、入力を省略したデータは 0、又は 0.0 とみなされる。また同じ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になる。

これら I)～V) に示した 1 つのデータ・ブロックが上記の(1)～(5)の各々 5 組そろって、全過程計算用データが作成される。ここで、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、SWACS コントロール用データ・ブロックにて指定し、計算に必要なデータをブロック毎(1)～(5)の優先順位で入力し、不用なデータ・ブロックを除く。

以下 4.2 節より 4.6 節までに個々のデータの番号とその内容を示す。

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。

C <del>O</del> NT-ID	--	SWACS	コントロール 整数データ番地
C <del>O</del> NT-RD	--	"	実数データ番地
SWAC11-ID	--	SWACS	水噴出率計算 整数データ番地
SWAC11-RD	--	"	実数データ番地
SWAC5K/7-ID	--	SWACS	初期スパイク圧計算 整数データ番地
SWAC5K/7-RD	--	"	実数データ番地
SWAC13-ID	--	SWACS	準定常圧計算 整数データ番地
SWAC13-RD	--	"	実数データ番地
SWAC5K-ID	--	SWACS	圧力波伝播計算 整数データ番地
SWAC5K-RD	--	"	実数データ番地

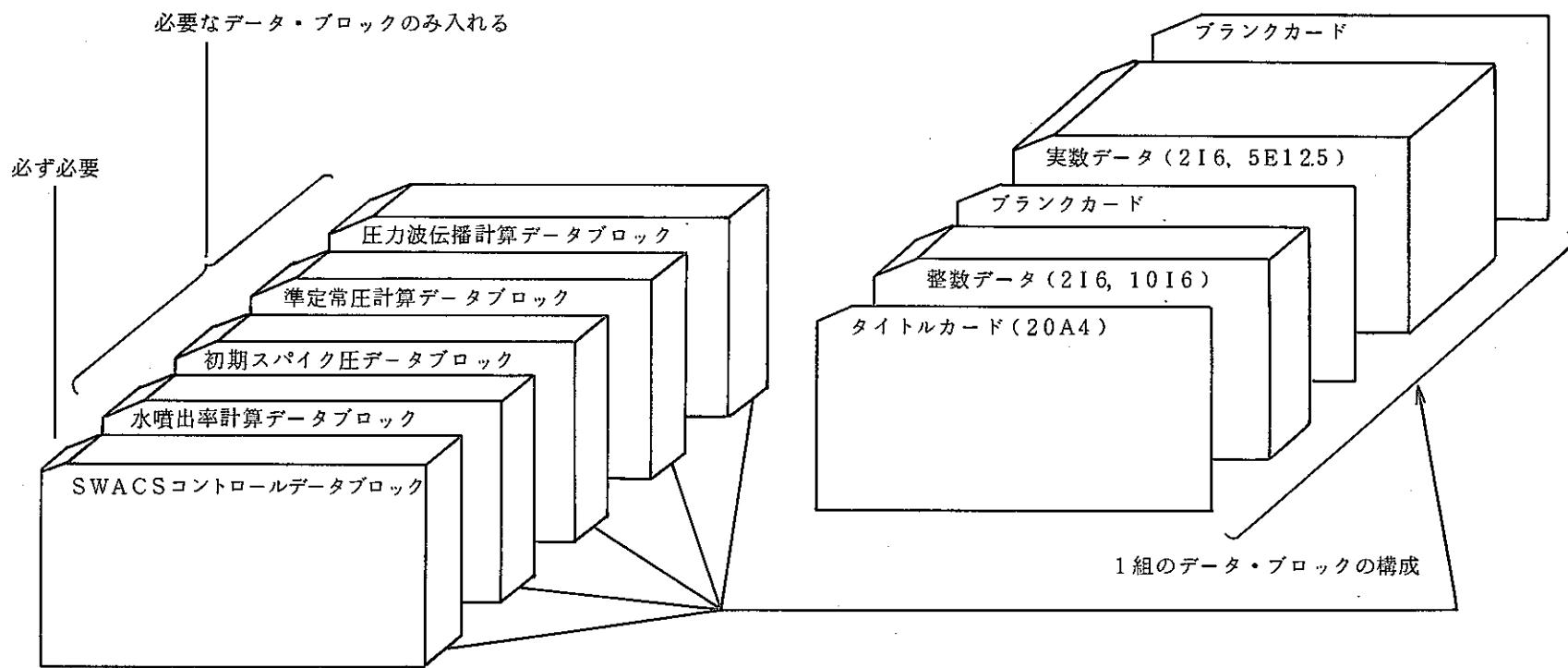
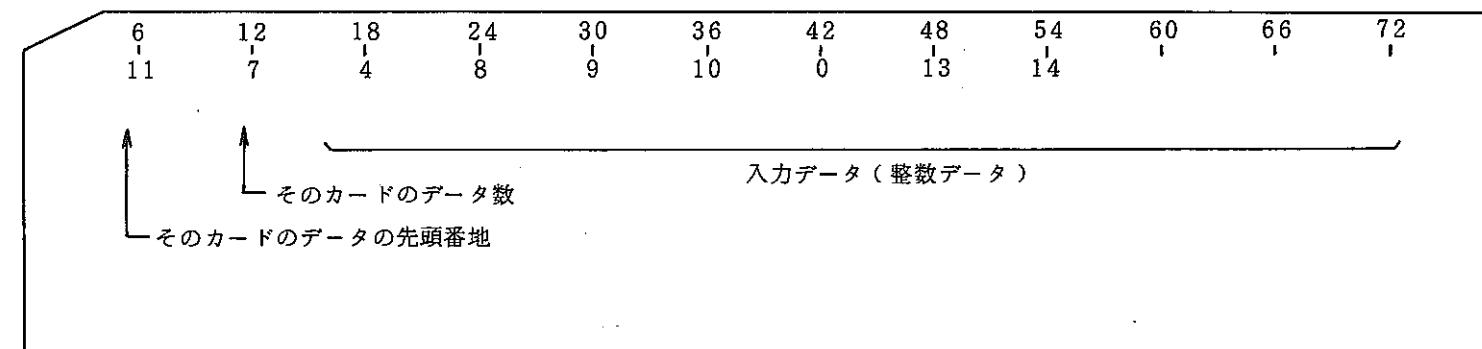


図4-1 SWACSの入力データ・カード・デックの構成

整数データ・カード (216, 1016)



- 9 -

実数データ・カード (216, 5E12.5)

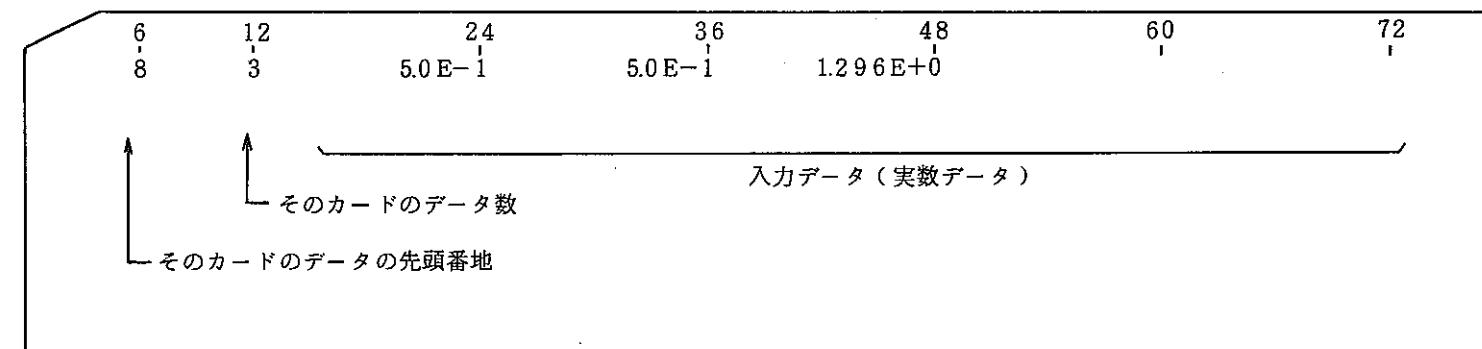


図 4-2 入力データ・カードの形式例

## 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, 記号とその内容について示す。

### 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について示す。

### 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, どのような計算を行う場合でも必要である。

計算の打切りは整数データ (C<sub>0</sub>NT-ID6~8) と実数データ (C<sub>0</sub>NT-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 (C<sup>—</sup>ONT-ID)

番地	記号	内容
1	JIJCT	= 1 水噴出率計算を行う。 = 2 " をリスタート計算する。 = 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。 <sup>※1)</sup>
7	JSTEP	準定常圧計算ステップ数。 <sup>※1)</sup>
8	KSTEP	圧力波伝播計算ステップ数。 <sup>※1)</sup>  ※1) [ 計算は C <sup>—</sup> ONT-ID 6~8 で指定するステップ数と C <sup>—</sup> ONT-RD 2~5 で指定する計算終了時刻の早い方で打ち切られる。 ]
11	I <sup>—</sup> OUT (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 <sup>※2)</sup> (リスタート・データの出力コントロールを兼ねる) <sup>※3)</sup>
16	I <sup>—</sup> OUT (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 <sup>※2)</sup> (水噴出率データ・ファイルの出力コントロールを兼ねる) <sup>※4)</sup>
21	I <sup>—</sup> OUT (i, 3) (i=1, 5)	初期スパイク圧計算結果出力コントロール <sup>※2)</sup>
26	I <sup>—</sup> OUT (i, 4) (i=1, 5)	準定常圧計算結果出力コントロール <sup>※2)</sup>
31	I <sup>—</sup> OUT (i, 5) (i=1, 5)	圧力波伝播計算結果出力コントロール <sup>※2)</sup>  ※2) [ i = 1 初期プリント ステップ間隔 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 " "

番地	記号	内 容
		<p style="text-align: center;">     o step                    I\bar{O}UT (4, N) step                    I\bar{O}UT (5, N) step      I\bar{O}UT (1, N) 每にプリント      I\bar{O}UT (2, N) 每にプリント      I\bar{O}UT (3, N) 每にプリント   </p>
		<p>※3) リスタート・データの出力の有無はNTREST (CONT-ID37) で指定。</p> <p>※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	<p>= 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。</p> <p>= 0 " " 作成しない。</p>
37	NTREST	<p>= 1 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。</p> <p>= 0 " " 作成しない。</p>
38	NTWAT	<p>= 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。</p> <p>= 0 " " 作成しない。</p>
39	NTAPE 2	<p>= 1 圧力波伝播計算のプロッタ用ファイルを作成する。</p> <p>= 0 " " 作成しない。</p>
40	IPBACK	<p>= 1 水噴出率計算で背圧を考慮しない。</p> <p>= 0 " 考慮する。 (水噴出計算と初期スパイク圧計算を連動計算する)</p>
41	ITER	<p>水噴出率計算のリスタート計算時 (JIJCT=2 の時) 前回作成したリスタート用データ・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)</p>
42	NW57	<p>= 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(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。</p> <p>= 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 (SWAC5K/7-ID264)に入力点数, TIME (SWAC5K/7-RD611), TEMPO (SWAC5K/7-RD711) に時間と水噴出率のテーブルを入力する。 ]</p>

番地	記号	内容								
43	NW13	<p>= 1 準定常圧計算で水噴出率データを水噴出率データ・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。</p> <p>= 0 準定常圧計算で水噴出率データをカードで入力する。</p> <p>[ 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-RD-3121), WTR (SWAC13-RD3141) に時間と水噴出率のテーブルを入力する。 ]</p>								
44	NP5	<p>= 1 又は 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タ用データ・ファイル（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）より入力する場合の圧力波（入力波）発生点数。</p> <p>[ NP5=1 の場合は INPN<math>\bar{O}</math>5 (CONT-ID45) に NP5=2 の場合は INPN<math>\bar{O}</math>5 と INPNX5 (CONT-ID59) に入力部材番号を入力する。 ]</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。 ]</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 (INPN<math>\bar{O}</math>5, 1)</td> <td>→ P (JPWV(1))</td> </tr> <tr> <td>P (INPNX5, 1)</td> <td>→ P (JPWV(2))</td> </tr> <tr> <td>部材番号</td> <td>接合点番号</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 (INPN $\bar{O}$ 5, 1)	→ P (JPWV(1))	P (INPNX5, 1)	→ P (JPWV(2))	部材番号	接合点番号
初期スパイク圧計算	圧力波伝播計算									
P (INPN $\bar{O}$ 5, 1)	→ P (JPWV(1))									
P (INPNX5, 1)	→ P (JPWV(2))									
部材番号	接合点番号									
45	INPN $\bar{O}$ 5	NP5=1 又は 2 の時, 入力波の（初期スパイク圧計算時の）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 (図 6.2 参照) ]								
47	MDAT13	NW13=1 の時, ファイル上の水噴出率データ点数								
		[ MDAT57 の注と同じ ]								
48	MDAT5	NP5=1 の時, ファイル上の圧力データ点数								
		[ データ点数は, 初期スパイク圧計算のプリント・アウト Plotter 用情報欄に TRANSFERED STEP NUMBER として示された数 ]								

番地	記号	内容
49	I $\bar{O}$ PT	= 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 " " " 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 " " " 作成しない
52	ISEL13	= 1 準定常圧計算のプロッタ用ファイルを作成する。 = 0 " " " 作成しない。
53	ISKIP7	$\geq 1$ 初期スパイク圧計算のプロッタ用ファイルの間引きステップ間隔
54	ISKIP5	$\geq 1$ 圧力波伝播計算の " "
55	ISKI11	$\geq 1$ 水噴出率計算の " "
56	ISKI13	$\geq 1$ 準定常圧計算の " " <div style="text-align: center; margin-left: 100px;"> <math display="block">\left. \begin{array}{l} \text{間引き間隔} = 1 \text{ で全ステップを記憶する。} \\ \text{=} N \text{ で, } N \text{ ステップ毎に記憶し, ファイルの大きさは } 1/N \text{ になる。} \end{array} \right\}</math> </div>
58	IPRINT	= 1 各プロッタ用データの最大値, 最小値をプリント・アウトする。 = 0 " " " しない
59	INPNX5	NP5=2 の時, 入力波の(初期スパイク圧計算時の)部材番号(NP5(C $\bar{O}$ NT-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, 記号とその内容について示す。

##### 4.3.2 実数データ

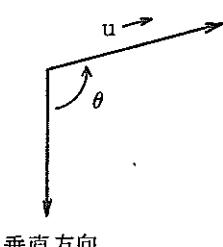
表 4.3.2 に水噴出率計算実数データの番地, 記号とその内容ならびに単位について示す。

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 $\leq 10$
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。 (4.3.3-1 参照)〕
8	IBBND	破断端境界条件のオプション = 0 条件なし = 1 破断端セルのCMUL (SWAC11-RD26) 倍で制限
9	IFCAL	摩擦損失係数の処理のオプション = 0 プログラム内の式で処理 = 1 入力値 (SWAC11-RD28) 一定値とする。
10	JCVT	対流束項の処理のオプション $= \begin{cases} -1 \\ 0 & (\text{通常 } 0 \text{ とする。詳細は文献}^2\text{参照}) \\ 1 \end{cases}$
11	IDEBUG	= 0 デバッグ処理を行わない。 = 1 " 行う。 〔以下の SWAC11-ID12~19 は IDEBUG = 1 の時のみ有効である。〕
12	MN $\bar{O}$ I	デバッグを行う上流側最小セル番号
13	MN $\bar{O}$ F	" " 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	NW1F	デバッグを開始するステップ数 (各サブルーチンのプリント・アウト)
17	NW1F	" 終了する " "

番地	記号	内 容
18	NWTPRI	デバッグを開始するステップ数（標準出力リストのプリント・アウト）
19	NWTPRF	〃 終了する 〃
31	ITRMAX	REG 3 では不使用
32	ITRC	REG 3 では不使用
33	NSW	標準出力リストの各セルの状態量のプリント・アウトの際のセルの間引き間隔（default で 1）
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
		<p style="text-align: center;">〔 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。 〕</p>

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	D HEX	" 外径	m
5	R ROUGH	" 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]	rad
			
11	TDTC 1	時間メッシュ巾 ( $\Delta t$ ) 切換時刻	sec
12	TDTC 2	"	sec
13	TDTC 3	"	sec
14	DT	初回時間メッシュ巾 ( $\Delta t$ )	sec
15	DT 1	時間メッシュ巾 ( DT ~ TDTC 1 )	sec
16	DT 2	" ( TDTC 1 ~ TDTC 2 )	sec
17	DT 3	" ( TDTC 2 ~ TDTC 3 )	sec
18	DT 4	" ( TDTC 3 ~ )	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 の場合の摩擦損失係数	—
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

番号	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	SG 1 基当りの水／蒸気重量流量	kg/sec
42	QT	SG 1 基当りの総伝熱量	Kwatt
43	AHTT	SG 1 基当りの総伝熱面積	m <sup>2</sup>
44	PEXB	破断部外圧（境界条件）	kg/cm <sup>2</sup> ·a
45	KLOSH 1	ヘッダ→伝熱管（流路縮小）形状圧損係数	—
46	KLOSH 2	伝熱管→ヘッダ（流路拡大） "	—
51	Y(i) (i=1, NY)	伝熱管内初期状態量入力点座標 (入口ヘッダよりの距離) [ 入力点数 NY は SWAC11-ID6 で指定 ]	m
61	PY(i) (i=1, NY)	上記 Y(I)に対応する初期圧力	kg/cm <sup>2</sup> ·a
71	HY(i) (i=1, NY)	上記 Y(I)に対応する初期比エンタルピー	Kcal/kg
101	XXQQ	不 使用	
102	GAMR	"	
103	ERRX	"	
104	GAMC	"	
105	ERRC	"	

## 4.3.3 補足説明

## 4.3.3-1 計算モデル

- (1) 1次元の水／蒸気の流動を扱い、流路の分岐、流路断面積変化は扱えない。
- (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 の伝熱管破断時の水噴出率を評価するため両端の破断口よりの水噴出率を同時に計算することができる。すなわち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。（IHBND (SWAC11-ID7)<sup>\*</sup> = 0 の場合）  
これに対し、破断端と逆の端が盲端境界の場合 (IHBND=1) は、単管のみを扱う。  
IHBND=0, 1 の各々の場合の計算モデルを図 4.3.1, 4.3.2 に示す。

## 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条件のもとで計算を行なう。

入力データでは伝熱管各位置 (Y(i), SWAC11-RD51) における初期圧力 (PY(i) SWAC11-RD61) と比エンタルピー (HY(i), SWAC11-RD71), ならびに SG 1 基当りの水／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より次式で計算される。

$$u_i = \frac{WG}{NTUBE \times A \times \gamma_i} \quad \cdots \cdots (4.3.1)$$

ただし

$$\left\{ \begin{array}{l} u_i : セル i の初期流速 [m/sec] \\ WG : SG 1 基当りの水／蒸気重量流量 [kg/sec] \\ \quad (SWAC11-RD41) \\ NTUBE : 伝熱管本数 (SWAC11-ID3) \\ A : 伝熱管内断面積 [m^2] \\ \quad = \frac{\pi}{4} \times (DHEX)^2 \\ DHEX : 伝熱管内径 [m] (SWAC11-RD4) \\ \gamma_i : セル i の比重 [kg/m^3] \end{array} \right.$$

\* 入力データの番地指定の引用記号については P.7 を参照。

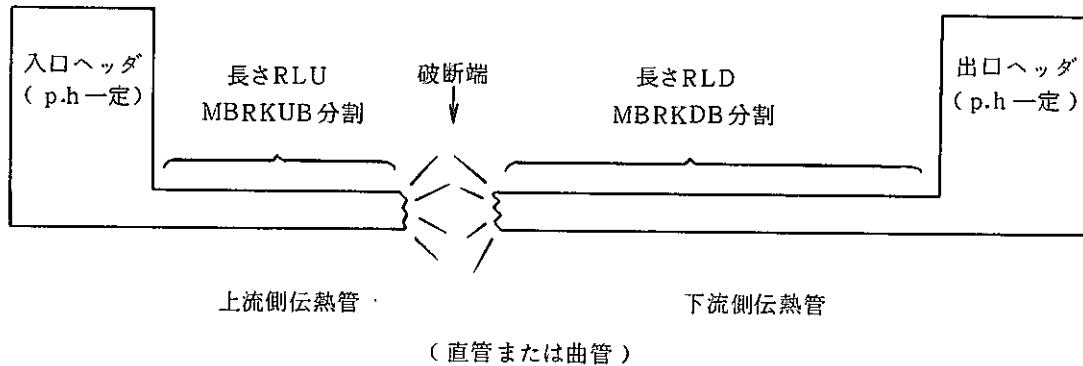


図 4.3-1 水噴出率計算モデル ( $I H B N D = 0$  の場合)

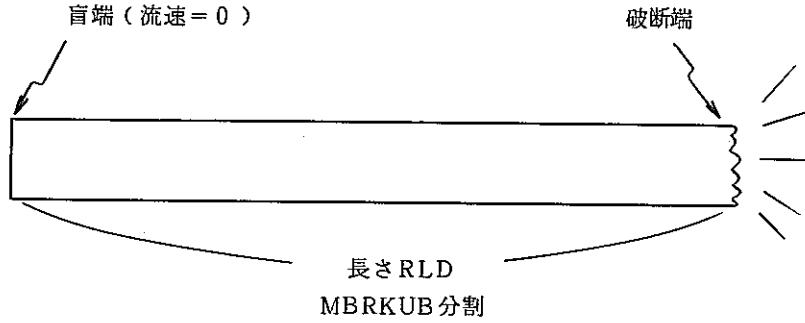


図 4.3-2 水噴出率計算モデル ( $I H B N D = 1$  の場合)

## (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。

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

ここで  $d_i$  は管内径 [m],  $r_i$  は比重 [kg/m³],  $u_i$  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。

$$\Delta P_f = \frac{\phi^2 \xi f_s}{2g d_i} \cdot r_i \cdot u_i^2 \cdot \Delta x \quad \cdots \cdots (4.3.3)$$

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。

$\xi$  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

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

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。

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

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  $Q_T$  (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

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

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

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

入 热 量

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

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

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

ただし

総伝熱量	$Q_T$	[Kwatt] (SWAC11-RD42)
総伝熱面積	$A_T$ (外径基準) [m <sup>2</sup> ]	(SWAC11-RD43)
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>3</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

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_1 = RLU / MBRKUB \quad [\text{m}] \\ \Delta x_2 = RLD / MBRKDB \quad [\text{m}] \end{array} \right\} \quad \cdots \cdots \quad (4.3.11)$$

下流側伝熱管について

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。

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

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  $1/2$ <sup>2)</sup> 程度以下の値で計算を開始するとよい。

#### 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の番地, 記号とその内容ならびに単位について示す。

表 4.4.1 初期スパイク圧計算整数データ (SWAC 5K/7-ID)

番地	記号	内 容
1	NS	セクション数 $\leq 20$
2	NR (i) (i=1, NS)	各セクション内部材数 $\sum_{i=1}^{NS} NR(i) \leq 50$
22	JS (i) (i=1, NS)	各セクション両端の接合点番号 (4 ~ 6 行の数) 〔例えばセクション 2 の両端の接合点番号が 3 と 4 の場合は JS (2) (23 番地) = 3004 とする。〕
42	JN (i) (i=1, ΣNR)	各部材両端の接合点番号 (4 ~ 6 行の数) (セクションの 1 から順に座標軸方向に入力)
92	NN (i) (i=1, ΣNR)	各部材分割数 $\leq 99$ (JN (i) と同順) 〔セクション, 部材, 接合点の定義, ならびに JS, JN の指定 方法は 4.4.3-1 を参照。〕
144	MT	サージタンク個数 $\leq 5$
145	MR	ナトリウム中に設置されたラプチャーディスク個数 $\leq 10$
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ラプチャーディスク接合点番号
164	JB (i) (i=1, JBNO)	1 分岐境界接合点番号 (かならずセクションの端である事) 〔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。〕
175	NOUT (1)	プリント・アウトコントロール = 1 柱領域のすべてのメッシュ点についてプリント・アウトする。 = 2 球領域の " " = 3 柱領域, 球領域の " " = 0 標準プリント・アウト
176	NOUT (2)	= 1 標準プリント・アウトを行う。 = 0 " を行わない。 〔通常 NOUT (1) = 0, NOUT (2) = 1 として使用すればよい。〕

番地	記号	内 容
187	JBN $\bar{O}$	1分岐境界 (L DATA (164)～(173))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 (MFS = MRFS)
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 (JFS と一致させる)
231	N $\bar{O}$ RIF	オリフィスの個数 $\leq 5$
232	J $\bar{O}$ RIF (i) (i=1, N $\bar{O}$ RIF)	オリフィスの接合点番号
250	IOP57	球モデル計算の選択 〔初期スパイク圧計算では IOP57=1 とする。〕
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の数 〔水噴出率計算と運動計算、テープから入力の場合 0 〕

表 4.4.2 初期スパイク圧計算実数データ (SWAC5K/7-RD)

番地	記号	内 容	単位
1	XL (i) (i=1, ΣNR)	各部材長さ 〔 NR は SWAC5K/7-ID2 で指定 〕	m
51	CC (i) (i=1, ΣNR)	各部材音速	m/sec
101	AA (i) (i=1, ΣNR)	各部流路面積	m <sup>2</sup>
151	DE (i=1, ΣNR)	各部材等価直径	m
202	GAM	流体（ナトリウム）の比重量	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 〔 MR は SWAC5K/7-ID145 で指定 〕	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 〔 MT は SWAC5K/7-ID144 で指定 〕	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>
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	kg/cm <sup>2</sup> ·a
249	HR <sub>O</sub>	開放系背圧（ナトリウム圧力ヘッド換算）	m
250	PT	基準点の位置の圧力（ナトリウム圧力ヘッド換算） 〔 MFS (SWAC5K/7-ID201) = 0 のときのみ入力する 〕	m
255	C1	摩擦係数パラメータ	$f = C_1 \text{ Re}^{\frac{C_2}{2}} \quad (0.3164)$
256	C2	摩擦係数パラメータ	$f = C_1 \text{ Re}^{\frac{C_2}{2}} \quad (-0.25)$
257	ZN (i) (i=1, ΣNR)	各部材形状圧損係数	—

番地	記号	内 容	単位
307	H I (i) (i=1, 接合点数)	各接合点の高さ (MFS (SWACSK/7-ID201)=1 の時は自由液面高さを基準点=0とする)	m
358	PG	カバーガス初期圧	kg/m <sup>2</sup> .a
359	B J (i) (i=1, JBN $\bar{O}$ )	1分岐境界条件 (圧力, 又は流速) 〔 JB (SWAC5K/7-ID164) が負( $\rightarrow$ P=CONST) " " が正(+) V=CONST 〕	m m/sec
391	HFS (i) (i=1, MRFS)	自由液面上の自由空間長さ	m
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	A $\bar{O}$ RI (i) (i=1, N $\bar{O}$ RIF)	流路のオリフィス係数	—
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	°K
605	BR I	気泡初期半径	m
606	RTR I	タイムメッシュを決めるパラメータ $\triangle t = \triangle X R / C C / R T R I$ (RTR I $\geq 10$ )	—
607	GGG	重力加速度	m/sec <sup>2</sup>
610	CCCP	球モデル部の音速	m/sec
611	TIME (i) (i=1, NN IW)	水噴出率テーブル用時間 〔 NN IW (SWAC5K/7-ID264)=0 の時は 入力不要 〕	sec
711	TEMPO (i) (i=1, NN IW)	TIME に対応する水噴出率 〔 同 上 〕	kg/sec

#### 4.4.3 補足説明\*

##### 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。
- 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、サージタンク接合点、ナトリウム中のラブチャーディスク接合点、オリフィス接合点である。

###### (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

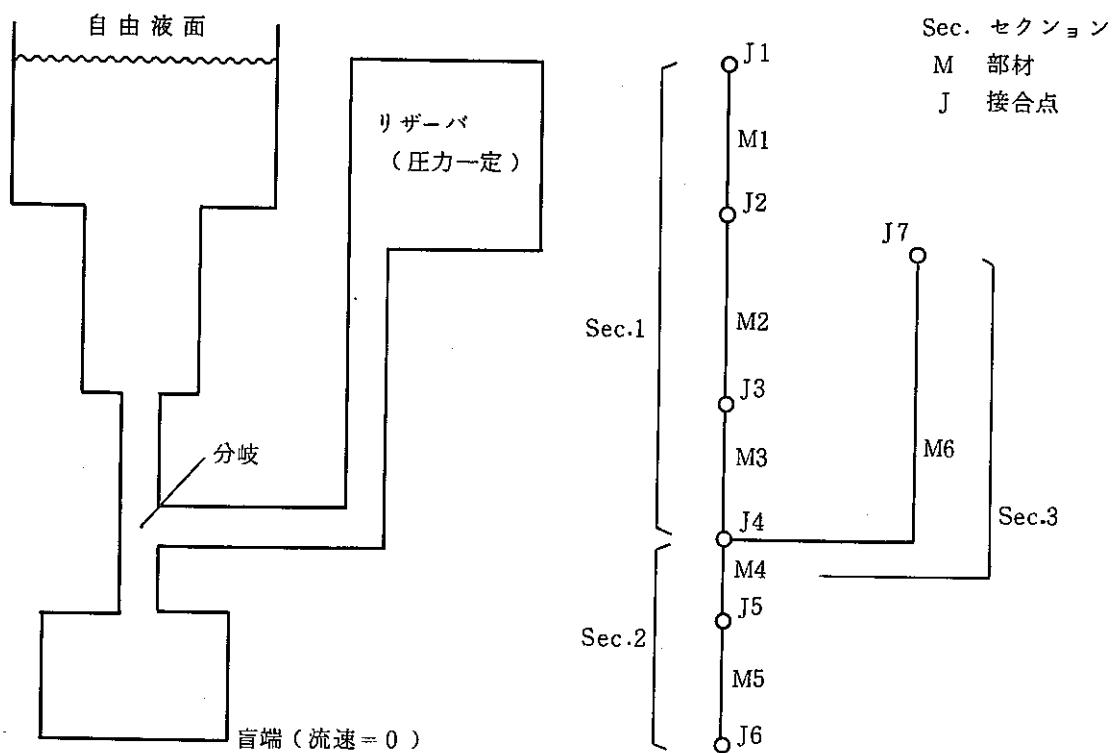


図 4.4-1 セクション，部材，接合点のモデル化例

## 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 サージタンク，ナトリウム中ラップチャーディスク，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 (Joint)

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を注意が必要である。

### 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 (SWAC5K/7-ID22), JN (SWAC5K/7-ID42) の入力例を示す。

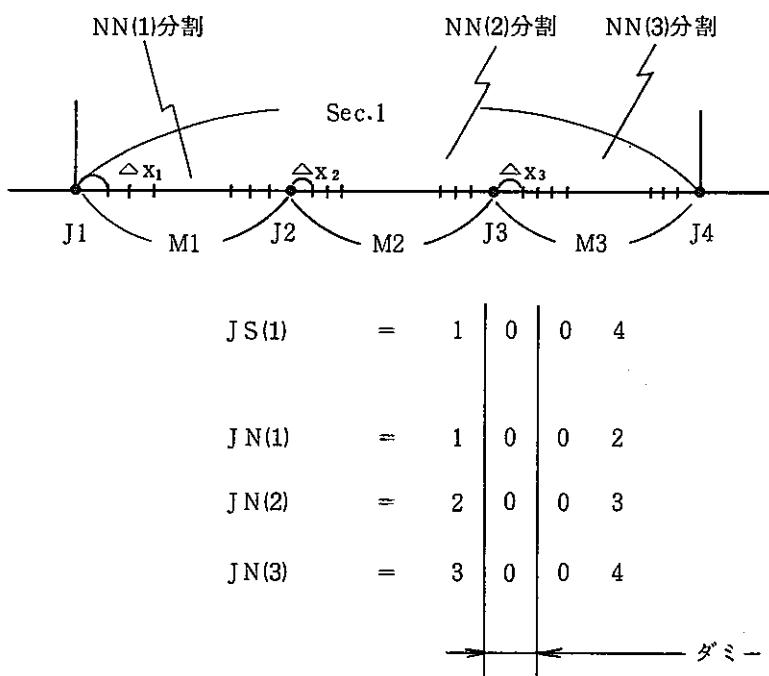


図 4.4-2 セクション、部材の両端接合点番号の入力例

### 3-2) 球モデル

球モデル部については、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、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。

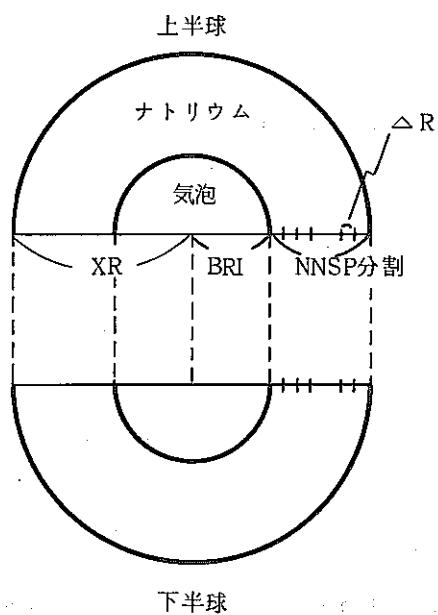


図 4.4-3 反応点付近の球モデルの分割

球モデルと柱モデルの接続の例と図 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、その部材長は各々球モデルの半径と同一とする。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、SWAC5K/7-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、SWAC5K/7-ID262）は、図 4.4.4 の例では JJNH=3, JJSP=2004 となる。

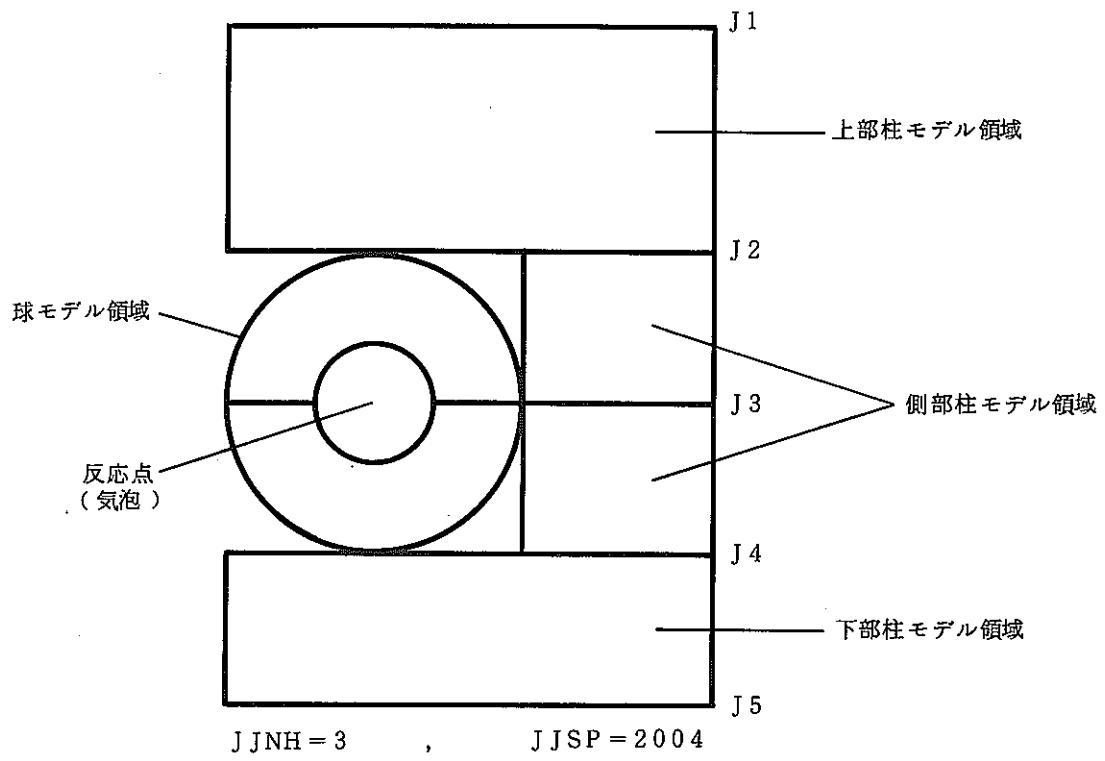


図 4.4-4 球モデルと柱モデルの接続

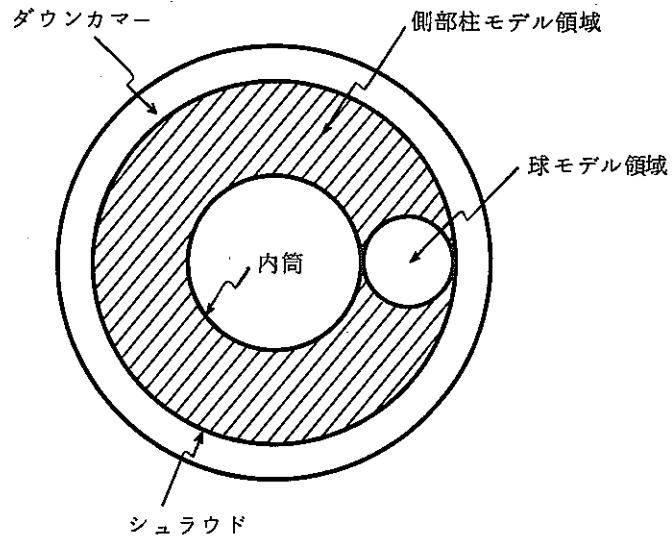


図 4.4-5 ヘリカルコイル型 SG 体系での球モデルと側部柱モデルの分割例

## (4) モデル作成の制約

以下モデル作成時の制約を列挙する。

- I) 最大セクション数は 20 である。
- II) 部材数は全体系の総計が最大 50 である。
- III) 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。
- IV) 最大部材内分割数は 99 である。
- V) 球領域最大分割数は 99 である。
- VI) 1 分岐境界の最大数は 10 である。
- VII) 自由液面境界の最大数は 10 である。
- VIII) ナトリウム中ラプチャーディスクの最大数は 10 である。
- IX) オリフィス境界の最大数は 5 である。
- X) サージタンク境界の最大数は 10 である。

## 4.4.3-2 計算条件

## (1) 初期条件

初期スパイク圧の計算では、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。

圧力波伝播計算においても同様である。

## (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を加える。

## 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、次式で表わされる。

$$n = \frac{F}{0.018} \int_0^t q_w dt \quad \cdots \cdots (4.4.1)$$

$$P_{H_2} \cdot Q_{H_2} = n \cdot R_o \cdot T_{H_2} \quad \cdots \cdots (4.4.2)$$

表 4.4.3 初期スパイク圧／圧力波伝播計算の境界条件

No.	境 界 条 件	指 定 入 力 デ タ
1	反応部気泡境界 (初期スパイク圧計算)	<p>I OPT 57 (SWAC5K/7-ID250) = 1</p> <p>(気泡条件)</p> <p>FBB (SWAC5K/7-RD601) ..... モル転換比</p> <p>BPI (SWAC5K/7-RD603) ..... 初期圧力</p> <p>VT (SWAC5K/7-RD604) ..... 温 度</p> <p>BRI (SWAC5K/7-RD605) ..... 初期半径</p> <p>(球モデル条件)</p> <p>J J NH (SWAC5K/7-ID261) ..... 中心接合点番号</p> <p>J J SP (SWAC5K/7-ID262) ..... 両端接合点番号</p> <p>NNSP (SWAC5K/7-ID263) ..... 分割数</p> <p>XR (SWAC5K/7-RD602) ..... 半 径</p> <p>CCCP (SWAC5K/7-RD610) ..... 音 速</p> <p>(水噴出率)</p> <p>NNIW (SWAC5K/7-ID264) ..... テーブル点数</p> <p>TIME (SWAC5K/7-RD611) ..... 時 刻</p> <p>TEMPO (SWAC5K/7-RD711) ..... 水噴出率</p>
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 (C ONT-ID44) = 1又は2</p> <p>INPN05 (C ONT-ID45) INPNX5 (C ONT-ID59) } ..... 入力部材番号</p> <p>MDAT5 (C ONT-ID48) ..... 入力データ数</p> <p>NPWV (SWAC5K-ID237) ..... 境界接合点数</p> <p>J PWV (SWAC5K-ID238) ..... 境界接合番号</p> <p>(入力データ・カードで圧力波を入力する場合)</p> <p>NP5 (C ONT-ID44) = 0</p> <p>NPWV (SWAC5K-ID237) ..... 境界接合点数</p> <p>J PWV (SWAC5K-ID238) ..... 境界接合番号</p> <p>NPTM (SWAC5K-ID240) ..... テーブル点数</p> <p>S TIME (SWAC5K-RD426) ..... 時 刻</p> <p>PWAVE (SWAC5K-RD476, 526) ..... 圧 力</p>

No	境界条件	指定入力データ
3	圧力一定境界	JBN $\bar{O}$ (SWAC5K/7-ID187) ..... 個数*) JB (SWAC5K/7-ID164) ..... 接合点番号 BJ (SWAC5K/7-RD359) ..... 圧力値
4	盲端(流速一定境界)	JBN $\bar{O}$ (SWAC5K/7-ID187) ..... 個数*) JB (SWAC5K/7-ID164) ..... 接合点番号 BJ (SWAC5K/7-RD359) ..... 流速値 (= 0.0)
5	自由液面境界	MFS (SWAC5K/7-ID201) ..... 個数 JFS (SWAC5K/7-ID202) ..... 接合点番号 HFS (SWAC5K/7-RD391) ..... 自由空間長 AKAPA (SWAC5K/7-RD401) ..... カバーガス比熱比 PG (SWAC5K/7-RD358) ..... カバーガス初期圧 (カバーガス中ラップチャーディスク) MRFS (SWAC5K/7-ID212) ..... 個数 = MFS JRFS (SWAC5K/7-ID213) ..... 接合点番号 = JFS PRFS (SWAC5K/7-RD402) ..... 破裂圧 ZFS (SWAC5K/7-RD412) ..... 圧損係数 HR $\bar{O}$ (SWAC5K/7-RD249) ..... 開放系背圧
6	サーボ・タンク接合点	MT (SWAC5K/7-ID144) ..... 個数 JT (SWAC5K/7-ID146) ..... 接合点番号 ST (SWAC5K/7-RD224) ..... タンク断面積 SST (SWAC5K/7-RD229) ..... 入口配管断面積 ZT (SWAC5K/7-RD234) ..... 圧損係数
7	ナトリウム中 ラップチャーディスク接合点	MR (SWAC5K/7-ID145) ..... 個数 JR (SWAC5K/7-ID151) ..... 接合点番号 SR (SWAC5K/7-RD224) ..... 断面積 ZR (SWAC5K/7-RD229) ..... 圧損係数 PR (SWAC5K/7-RD239) ..... 破裂圧 HR $\bar{O}$ (SWAC5K/7-RD249) ..... 開放系背圧
8	オリフィス接合点	NORIF (SWAC5K/7-ID231) ..... 個数 JORIF (SWAC5K/7-ID232) ..... 接合点番号 AORIF (SWAC5K/7-RD421) ..... オリフィス係数

\*) JBN $\bar{O}$ 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。

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/cm<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, SWAC5K/7-RD601),  $T_{H_2}$  (=VT, SWAC5K/7-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, SWAC5K/7-RD603) と初期気泡半径 (BRI, SWAG 5K/7-RD605) を指定する必要がある。

## ii) 圧力源境界 (圧力波伝播計算)

圧力波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もよく、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

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。(ただし圧力波伝播計算では ii) で述べた圧力源境界でもよい。)

1 分岐境界は圧力一定境界あるいは盲端 (流速一定 = 0 m/s) とする。

1 分岐境界はその接合点番号を JB (SWAC5K/7-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付号をつける。

境界条件は BJ (SWAC5K/7-RD359) に入力する。その際、圧力一定境界の場合入力値は静ヘッド [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。

JBN<sub>O</sub> [SWAC5K/7-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)

B<sub>J</sub>(1) = 0.0 [m/s]

B<sub>J</sub>(2) = P [kg/cm<sup>2</sup> a] × 10<sup>4</sup> / r<sub>Na</sub> [kg/m<sup>3</sup>] [m]

r<sub>Na</sub> は流体 (ナトリウム) の比重で GAM (SWAC5K/7-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。

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

ここで入力で指定するデータは、カバーガス初期圧力 PG (SWAC5K/7-RD358) [kg/cm<sup>2</sup>·a]、カバーガス空間の初期高さ（長さ）HFS (SWAC5K/7-RD391)[m]、カバーガスの比熱比  $\kappa$  (=AKAPA, SWAC5K/7-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、ラプチャーディスクが設置されているとし、ラプチャーディスクの破断は次式で判定する。

$$P > PRFS \text{ (SWAC5K/7-RD402)} \quad \cdots \cdots \text{ (4.4.4)}$$

ラプチャーディスク破断後の液面圧力（静ヘッド）は次式で扱われる。

$$H = HR\bar{O} + \frac{1}{2g} \cdot (ZFS) \cdot (VAV)^2 \quad \cdots \cdots \text{ (4.4.5)}$$

$HR\bar{O}$  (SWAC5K/7-RD249) は開放系圧力ヘッド[m], ZFS (SWAC5K/7-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の値には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。

$$\left\{ \begin{array}{l} H_P = H'_T - \frac{SST}{ST} - \frac{\Delta t}{2} (V_{P3} - V'_{P3}) - \frac{ZT}{2g} \quad V_{P3} | V'_{P3} | \\ A_1 \cdot V_{P1} + A_2 \cdot V_{P2} + SST \cdot V_{P3} = 0 \end{array} \right. \quad \cdots \cdots \text{ (4.4.6)}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \quad \cdots \cdots \text{ (4.4.7)}$$

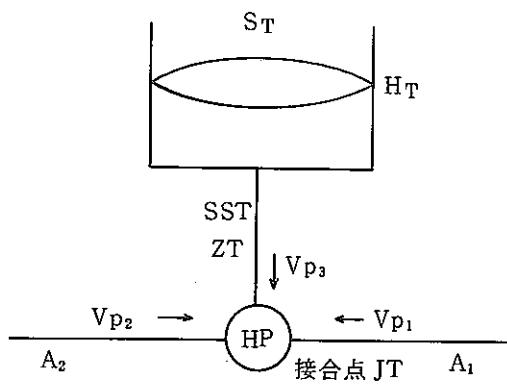


図 4.4-6 サージタンク接合点

ここで  $H_P$  はサージ・タンク接続点の圧力ヘッド[m],  $H'_T$  はサージ・タンク圧力ヘッド[m],  $ST$  (SWAC5K/7-RD224) はサージ・タンク断面積[m<sup>2</sup>],  $SST$  (SWAC

$5\text{K}/7-\text{RD}229$ ) はサージ・タンク入口配管断面積 [ $\text{m}^2$ ],  $ZT$  (SWAC5K/7-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 [ $\text{m/sec}$ ],  $V_{P_1}, V_{P_2}$  は各々接合点に流れ込む流速 [ $\text{m/sec}$ ],  $A_1, A_2$  は接続される部材の断面積 [ $\text{m}^2$ ] である。

#### vi) ナトリウム中ラプチャーディスク接合点

ラプチャーディスク破裂前は、特別な計算は行わない。ラプチャーディスク接合点の圧力が破裂設定圧 ( $PR$ , SWAC5K/7-RD239) を越えた後は次式で境界条件を与える。

$$\left\{ \begin{array}{l} H_P = HR\bar{O} - \frac{ZR}{2g} \cdot V_{P_3} |V_{P_3}| \\ A_1 \cdot V_{P_1} + A_2 \cdot V_{P_2} + SR \cdot V_{P_3} = 0 \end{array} \right. \quad \cdots \cdots (4.4.8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 \cdot V_{P_1} + A_2 \cdot V_{P_2} + SR \cdot V_{P_3} = 0 \end{array} \right. \quad \cdots \cdots (4.4.9)$$

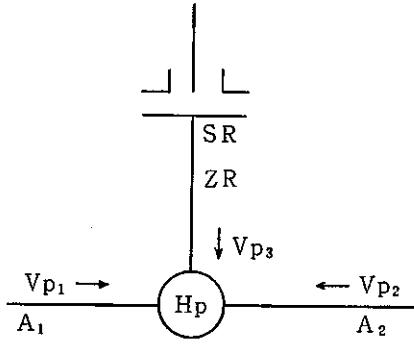


図 4.4-7 ナトリウム中ラプチャーディスク接合点

ここで  $H_P$  はラプチャーディスク接合点の圧力ヘッド [ $\text{m}$ ],  $HR\bar{O}$  (SWAC5K/7-RD249) は開放系背圧ヘッド [ $\text{m}$ ],  $ZR$  (SWAC5K/7-RD229) はラプチャーディスクの圧損係数,  $SR$  (SWAC5K/7-RD224) はラプチャーディスクの断面積 [ $\text{m}^2$ ],  $V_{P_3}$  はラプチャーディスク流速 [ $\text{m/sec}$ ],  $V_{P_1}, V_{P_2}$  は各々接合点に流れ込む流速 [ $\text{m/sec}$ ],  $A_1, A_2$  は接続される部材の断面積 [ $\text{m}^2$ ] である。

#### 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。

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{C_3} = \sqrt{2g(H_{C_1} - H_{C_2})} \\ V_{C_1} = \alpha V_{C_3} \end{array} \right. \quad \cdots \cdots (4.4.10)$$

$$\left. \begin{array}{l} V_{C_2} = \alpha V_{C_3} \end{array} \right. \quad \cdots \cdots (4.4.11)$$

$$\left. \begin{array}{l} V_{C_2} = \alpha V_{C_3} \end{array} \right. \quad \cdots \cdots (4.4.12)$$

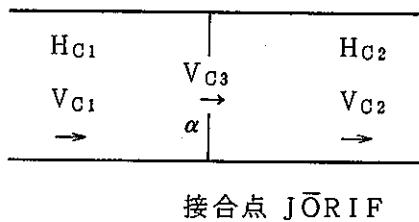


図 4.4.8 オリフィス接合点

ここで  $V_{C3}$  はオリフィスを通過する流速 [m/sec],  $\alpha$  ( $= A\bar{O}RIF$ , SWAC 5K/7-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

SG 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とよい。<sup>17)</sup>

$$A_e = \frac{L}{\int_0^L \frac{dx}{A(x)}} \quad \cdots \cdots (4.4.13)$$

ただし,  $L$  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が適用できる。<sup>12)</sup>

$$C_e = \frac{C_\infty}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} \cdot \frac{D}{t}}} \quad \cdots \cdots (4.4.14)$$

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 [ $kg/m^2$ ],  $E$  は管壁の縦弾性係数 [ $kg/m^2$ ],  $D/t$  は管の内径/管壁の厚さである。

SG の内部のように複雑な内部構造物を持つ流路については (4.4.14) 式は厳密な適用することはできないが, 代りとなる適切な式は存在せず, 実験測定値等に頼らざるを得ない。

## 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。

$$\Delta x_i = XL(i) / NN(i) \quad \cdots \cdots (4.4.15)$$

ただし  $\left\{ \begin{array}{l} \Delta x_i : \text{部材 } i \text{ の空間メッシュ巾 [m]} \\ XL(i) : \text{部材 } i \text{ の長さ (SWAC5K/7-RD1) [m]} \\ NN(i) : \text{部材 } i \text{ の分割数 (SWAC5K/7-ID92)} \end{array} \right.$

球モデル部については次のように設定される。

$$\Delta R = (XR - BRI) / NNSP \quad \cdots \cdots (4.4.16)$$

ただし  $\left\{ \begin{array}{l} \Delta R : \text{球モデル部の空間メッシュ巾 [m]} \\ XR : \text{球モデル部の半径 (SWAC5K/7-RD602) [m]} \\ BRI : \text{初期気泡半径 (" - RD603) [m]} \\ NNSP : \text{球モデル部の分割数 (" - RD263)} \end{array} \right.$

(2) 時間ステップ巾 ( $\Delta t$ )

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。

$$\Delta t = \left| \frac{\Delta x_i (\Delta R)}{C_i \times RTRI} \right|_{\min} \quad \cdots \cdots (4.4.17)$$

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],

$RTRI$  は入力 (SWAC5K/7-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の番地、記号とその内容ならびに単位について示す。

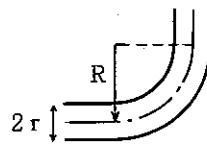
表 4.5.1 準定常圧計算整数データ (SWAC13-ID)

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(j, k) ( $j=1, \text{NNODEC}(k)$ ) ( $k=1, \text{NSG}$ )	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
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) [ = 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 ] $\leq 9$

番地	記号	内 容
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 $\leq 10$
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あたえる時 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) $(\text{ノード } i \text{ のガスピリューム};)$ $VG_i = \frac{\pi}{4} DNODE^2 \cdot LCG$	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 i の中心高差	m
84	DNODE (i) (i=1, NNODE)	ノード i の相当直径	m
124	LNODE (i) (i=1, NNODE)	ノード i の長さ ノード i のボリューム $V_i = \frac{\pi}{4} DNODE^2 \cdot LNDE$	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 每に入力) (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 每に入力) (L (1, 2) は 724 番地, 以下同様)	m
1264	THETA (j, k) (j=1, NBEND(K)) (i=1, NLINK)	リンク k のベンド 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)	m
1814	ZETB (j, k) (j=1, NZ(K)) (K=1, NLINK)	リンク k のサブリング j の形状圧損係数 (ベンドを除く) (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 のベンド j の曲率半径 / サブリンク内半径の比 (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	-



番地	記号	内容	単位
2969	PCINT(i) (i=1, NSG)	S G i 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	
2974	PRD (i) (i=1, NSG)	S G i のラプチャーディスク破壊圧力 (差圧)	kg/m <sup>2</sup> ・d
2977	PRD (4)	収納容器のラプチャーディスク破壊圧力 (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 付ラプチャーディスク破壊開度 (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	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 ( $\sum_i FW = 1.0$ )	—
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
3141	WTR (i) (i=1, NWTR)	上記時間 (TT) に対応する注水率 〔 同上 〕	kg/sec
3161	NFRICT	摩擦損失係数の二相増倍係数の補正指數 $(\phi^2)^{NFRICT}$	—
3162	S (i) (i=1, NLINK)	リンク i のスリップ比 S = U <sub>g</sub> / U <sub>mix</sub> と定義 但し, U <sub>g</sub> ; ガス流速 U <sub>mix</sub> ; 2 相流平均流速	—

番地	記号	内 容	単位
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 〔 同上 〕	—
3257	RCONST	水素ガス定数 (4 2 0 5 5)	kgm/kg°K
3258	GRAV	重力加速度 (9.8 0 7)	m/sec <sup>2</sup>
3259	GRAVC	重力換算係数 (9.8 0 7)	kgm · m / kg f · 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
3263	TSTDB	デバッグ開始時刻	sec
3264	TENDB	デバッグ終了時刻 〔 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	"	sec
		〔 以上の DT13A~TT13B のデータは ICDT13 (SWAC13-ID903)=1 の時有効 〕	
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。 $A1LINK = \frac{\pi}{4} D^2$	m <sup>2</sup>
3900	RROUGH	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。

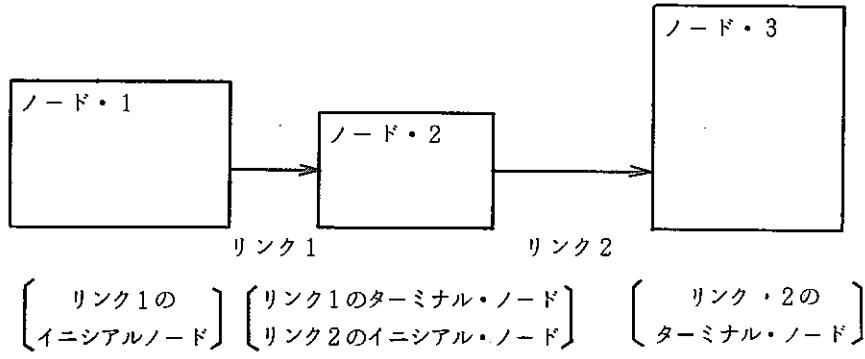


図 4.5-1 ノード・リンクのモデル例

\*) 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。

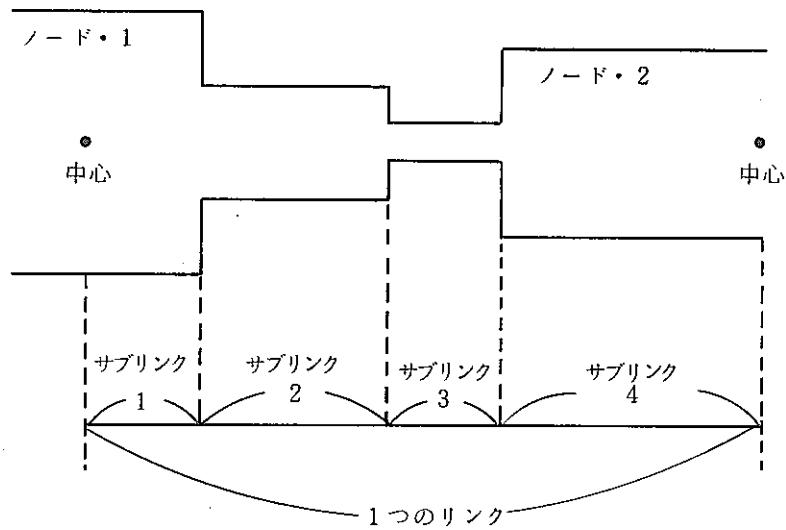


図 4.5-2 サブリンクの分割例

## 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）

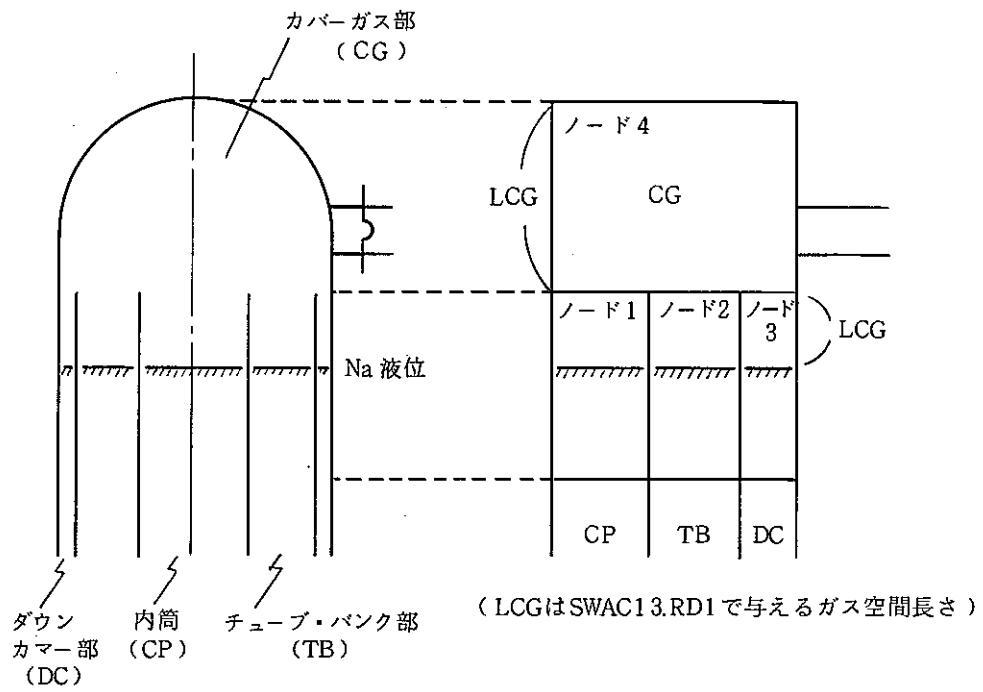


図 4.5-3 カバーガス部のノード分割例

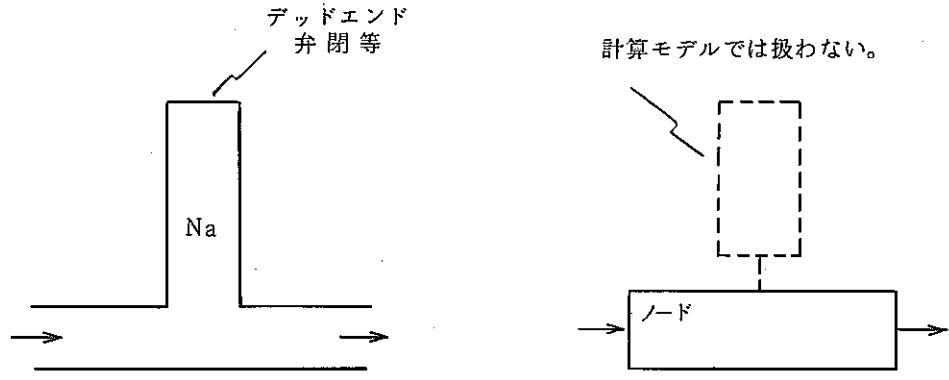


図 4.5-4 デッドエンド・ノードの扱い

## 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。

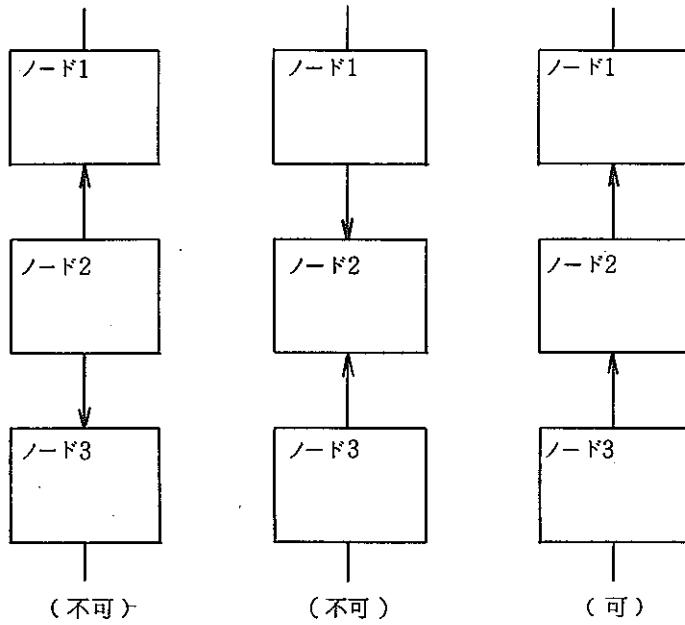


図 4.5-5 リンクの流れ方向定義例

\* ) 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

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

$$P_{H_2} = \frac{T_{H_2} \cdot R}{A \cdot X} - \int_0^t \frac{f \cdot q_w}{9} dt \quad \cdots \cdots (4.5.2)$$

ここで初期値を求めるために  $P_{CG}$  を無視し、

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

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

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

(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。

$$V_{H_20} = A \cdot X_0 = A \cdot \sqrt{\frac{4}{3}} B \cdot \Delta t^{3/2}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot T_{H_2} \cdot g \cdot R \cdot f \cdot q_w \cdot A}{27 \cdot \rho_{Na} \cdot H_{Na}}} \cdot \Delta t^{3/2} \quad \cdots \cdots (4.5.6)$$

初期水素ガス圧は

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

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>2</sup> /sec <sup>3</sup> ]
f	ALPHAW (SWAC13, RD 3079 )	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>C<sub>G</sub></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。

$$Q_{H_i} = \frac{f w_i \cdot f}{9} \cdot q_w \quad \text{----- (4.5.8)}$$

ここで  $Q_{H_i}$  はノード  $i$  の水素発生率 [kg/sec] ,  $f w_i$  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され、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 (サブリング数 - 1) 個入力することができ ZETB ( $j, k$ ) はリンク  $K$  のサブリング  $j$  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。

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

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

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

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

ここで

$\Delta P_{fk}$	リンク k のトータル圧損 [kg/m <sup>3</sup> ]
$\Delta P_1$	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/m <sup>3</sup> ]
$\Delta P_2$	その他の圧損 [kg/m <sup>3</sup> ]
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 [m <sup>2</sup> ]
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 を流れる流体比重量 [kg/m <sup>3</sup> ]
$\zeta_{Bj}$	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/sec <sup>2</sup> ]

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

$$Re < 2300$$

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

$\lambda$  はサブリンク毎に計算され、D はサブリンク直径である。また e は管壁粗度で ROUGH (SWAC 13-RD 3900) 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 (SWAC 13-ID 157), LINKH (SWAC 13-ID 160) 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

$$\chi = \begin{cases} 0.95 + 1.72 (R/r)^{-1.96} & R/r < 1.97 \\ 1.0 & R/r > 1.97 \end{cases} \quad (4.5.17)$$

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. ラプチヤ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

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

ここで  $n$  (=NT, SWAC 13-RD 3260) はポリトロープ指数,  $x$  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

$S_c$  (SWAC 13-RD 3077) 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)

$L_v$  (SWAC 13-RD 3078) 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, SWAC 13-RD 2973)

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の番地，記号とその内容ならびに単位について示す。

##### 4.6.3 補足説明

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)	各セクション内部材数 $\sum_{i=1}^{NS} NR(i) \leq 50$
22	JS(i) (i=1, NS)	各セクション両端の接合点番号
42	JN(i) (i=1, $\sum NR$ )	各部材両端の接合点番号 (セクションの1から順に座標軸方向に入力)
92	NN(i) (i=1, $\sum NR$ )	各部材分割数 $\leq 99$ (JN(i)と同順)
		[ セクション, 部材, 接合点の定義ならびに JS, JNの指定方法は 4.4.3-1 を参照 ]
144	MT	サージタンク個数 $\leq 5$
145	MR	ナトリウム中に設置されたラプチャーディスク個数 $\leq 10$
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ラプチャーディスク接合点番号
164	JB(i) (i=1, JBNO)	1分岐境界接合点番号 (かならずセクションの端である事) [ 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。 ]
175	NOUT(1)	プリント・アウトコントロール = 1 柱領域のすべてのメッシュ点についてプリント・アウトする。 = 0 標準プリント・アウト
176	NOUT(2)	= 1 標準プリント・アウトを行う。 = 0 " を行わない。 [ 通常 NOUT(1)=0, NOUT(2)=1 として使用 すればよい ]

番地	記号	内 容
187	JBN $\bar{O}$	1分岐境界 (L DATA (164) ~ (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プチャーディスクの個数 (MFS = MRFS)
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 (JFS と一致させる。)
231	N $\bar{O}$ RIF	オリフィスの個数 $\leq 5$
232	J $\bar{O}$ RIF (i) (i=1, N $\bar{O}$ RIF)	オリフィスの接合点番号
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 $\leq 50$ [STIME (SWAC5K-RD426), PWAVE (SWAC5K-] [RD476, 526) の入力点数, テープ入力の場合は0]
250	I $\bar{O}$ PT57	球モデル計算の選択 [圧力波伝播計算では I $\bar{O}$ P157=0 とする]

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, $\sum NR$ )	各部材長 〔NRはSWAC5K-ID2で指定〕	m
51	CC (i) (i=1, $\sum NR$ )	各部材音速	m/sec
101	AA (i) (i=1, $\sum NR$ )	各部流路面積	$m^2$
151	DE (i=1, $\sum NR$ )	各部材等価直径	m
202	GAM	流体(ナトリウム)の比重量	kg/m <sup>3</sup>
203	UU	流体(ナトリウム)の動粘性係数	$m^2/sec$
204	SR (i) (i=1, MRFS)	ナトリウム中に設置された ラプチャーデスク断面積 〔MRFSはSWAC5K-ID212で指定〕	$m^2$
214	ZR (i) (i=1, MRFS)	ナトリウム中に設置されたラプチャーデスク圧損係数	—
224	ST (i) (i=1, MT)	サージタンク断面積 〔MTはSWAC5K-ID144で指定〕	$m^2$
229	SST (i) (i=1, MT)	サージタンク入口配管断面積	$m^2$
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, MRFS)	ナトリウム中に設置されたラプチャーデスク設定圧	kg/cm <sup>2</sup>
249	HR $\bar{O}$	開放系背圧(ナトリウム圧力ヘッド換算)	m
250	PT	基準点の位置の圧力(ナトリウム圧力ヘッド換算) (MFS(SWAC5K-ID201)=0のときのみ入力する。)	m
255	C1	摩擦係数パラメータ $f = C_1 \cdot Re^{C_2}$ (0.3164)	

番地	記号	内容	単位
256	C2	摩擦係数パラメータ $f = C_1 \cdot Re^{C_2}$ ( $-0.25$ )	—
257	ZN (i) ( $i=1, \sum NR$ )	各部材形状圧損係数	—
307	HI (i) ( $i=1$ , 接合点数)	各接合点の高さ (MFS (SWAC5K-ID201)=1 の時は 自由液面高さを基準点 = 0 とする)	m
358	PG	カバーガス圧 (MFS (SWAC5K-ID201)=1 のときのみ 入力する)	$kg/m^2a$
359	BJ (i) ( $i=1, JBN\bar{O}$ )	1 分岐境界条件 (圧力, または流速) $\left[ \begin{array}{l} JB (SWAC5K-ID164) \text{が負}(-) P = CONST \\ " \quad \quad \quad \text{が正}(+) V = CONST \end{array} \right]$	m $m/sec$
391	HFS (i) ( $i=1, MRF$ )	自由液面上の自由空間長さ	m
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ップチャーディスクの設定圧力	$kg/cm^2a$
412	ZFS	自由空間から放出系までの圧損係数	—
421	AORI (i) ( $i=1, NORIF$ )	流路のオリフィス係数	—
426	STIME (i) ( $i=1, NPTM$ )	入力圧力波の時間目盛 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〕	$kg/cm^2a$
526	PWAVE (i) ( $i=51, NPTM+50$ )	圧力波発生面 2 の入力圧力波 〔接合点 JPWV(2) (SWAC5K-ID239) に対応〕	$kg/cm^2a$
606	RTRI	タイムメッシュを決めるパラメータ $\Delta t = \Delta X R / CC / RTRI$ ( $RTRI \geq 1.0$ )	—
607	GGG	重力加速度	$m/sec^2$

## 5. 入出力ファイル

### 5.1 概要

SWACSコードではカード入力(UO5), プリンター出力(UO6)以外に図5.1に示すI/O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。すなわちプロッタ用データ・ファイルはSWACSの計算結果(諸量VS時間)をプロッター・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の圧力波テーブル(プロッター用ファイルを兼ねている。)をさす。

リスタート用データ・ファイルは水噴出率計算を途中からリスタートするためのデータ・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。なおプロッター・プログラムについては付録Bに示す。

### 5.2 プロッター用データ・ファイル

プロッター用データ・ファイルはSWACSの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 プロッター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	I SEL11 (C <del>O</del> NT-ID51)	I SKIP11 (CONT-ID55)
初期スパイク圧計算 (SWAC5K/7)	U10	NTAPE (C <del>O</del> NT-ID36)	I SKIP7 (CONT-ID53)
準定常圧計算 (SWAC13)	U14	I SEL13 (C <del>O</del> NT-ID52)	I SKIP13 (CONT-ID56)
圧力波伝播計算 (SWAC5K)	U09	NTAPE2 (C <del>O</del> NT-ID39)	I SKIP5 (CONT-ID54)

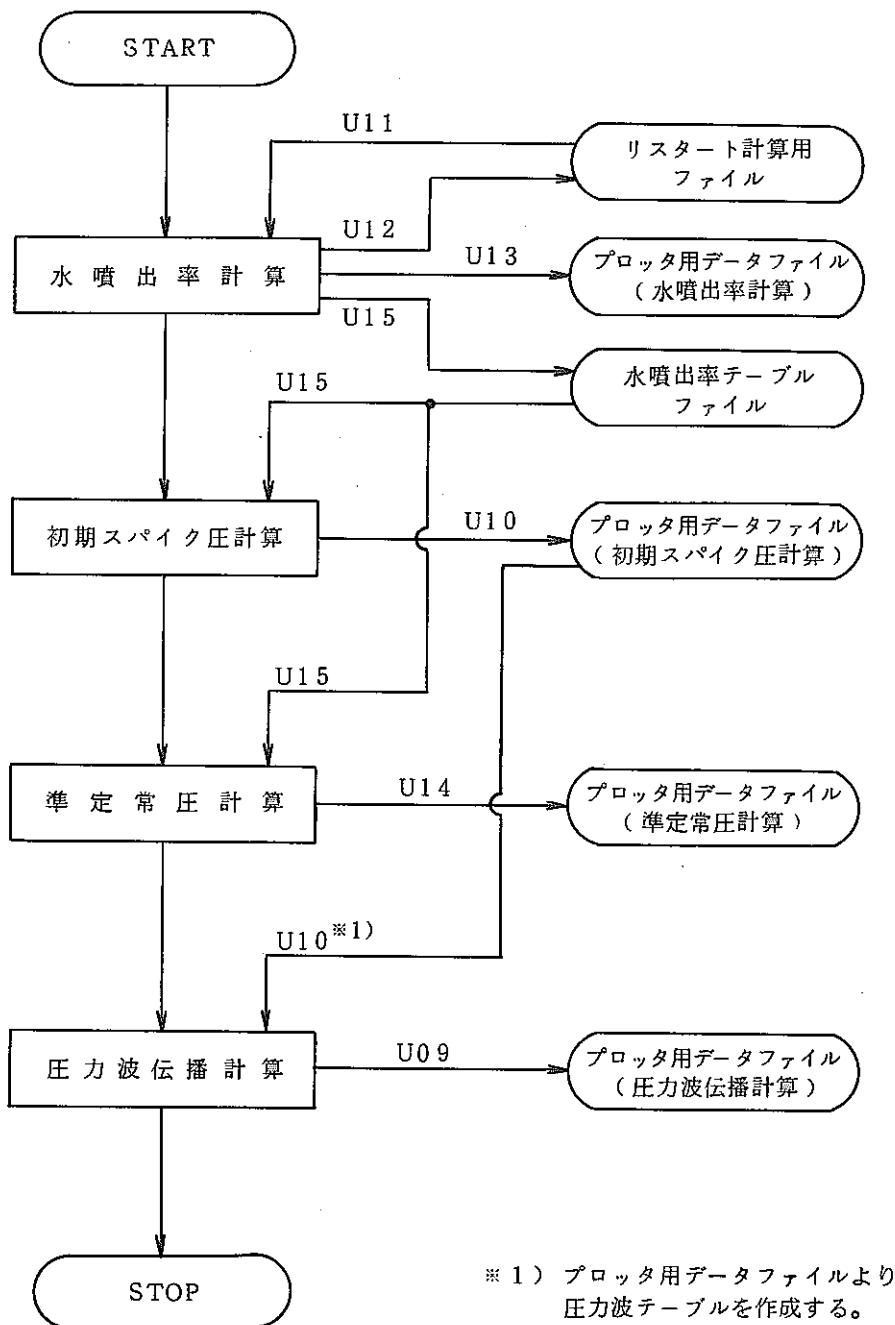


図 5.1 SWACS コードの I/O の流れ

### 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次の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)を実行する際に作成し、その内容は各時刻に於ける水噴出率 [kg/sec] である。

このデータ・ファイルは初期スパイク圧計算 (SWAC5K/7), 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。入出力ユニット番号はU15である。

コントロール・データをまとめて下表に示す。

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 タ 名		内 容
水噴出率計算	NTWAT	C <del>O</del> NT-ID38	作成の有無 (=0 NO, =1 Yes)
	I <del>O</del> UT (i, 2)	C <del>O</del> NT-ID16	作成の出力間隔
初期スパイク圧計算	NW57	C <del>O</del> NT-ID42	=1 テーブル・データ・ファイルより入力 =0 カードで入力
	MDAT57	C <del>O</del> NT-ID46	データ・ファイル点数
準定常圧計算	NW13	C <del>O</del> NT-ID43	NW57と同様
	MDAT13	C <del>O</del> NT-ID47	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 (SWAC5K/7) 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 節で述べたプロッター用データ・ファイルを共用し、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下表にまとめる。

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	C $\bar{O}$ NT-ID36 C $\bar{O}$ NT-ID53	5.2 節を参照
圧力波伝播計算	NP5	C $\bar{O}$ NT-ID44	= 1, 2 圧力発生点数, = 0 カード入力
	INPN $\bar{O}5$	C $\bar{O}$ NT-ID45	初期スパイク圧計算時の部材番号(発生点1)
	INPNX5	C $\bar{O}$ NT-ID59	" " (発生点2)
	MDAT5	C $\bar{O}$ NT-ID48	データ・ファイル点数

#### 5.4 リスタート計算用ファイル

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計算を行うことができる。

リスタート計算を行うためには、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くてはならない。

リスタート用データ・ファイル作成の指定はNTREST(C $\bar{O}$ NT-ID37)とI $\bar{O}$ UT(i, 1)(C $\bar{O}$ NT-ID11)で行なう。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=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)

全部必要である。またその際以下のデータに注意する。

JIJCT(C $\bar{O}$ NT-ID1)=2とする。

ITER(C $\bar{O}$ NT-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。ただし、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は下表のように指定する。

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
プロッター用データ	U 1 3	JTER (SWAC11-ID71)	前回作成のデータ点数
水噴出率テーブル	U 1 5	NNREST (SWAC11-ID72)	"
リスタート・データ	U 1 2	-----	継続不可 (新規に作成する)

## 6. SWACSコードの出力形式

SWACSコードの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等は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(I OPT, C ONT-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。ここで初期スパイク圧計算(SWAC5K/7)と圧力波伝播計算(SWAC5K)の出力形式は同一である。(ただし、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I OUT(C ONT-ID11～)で指定する。

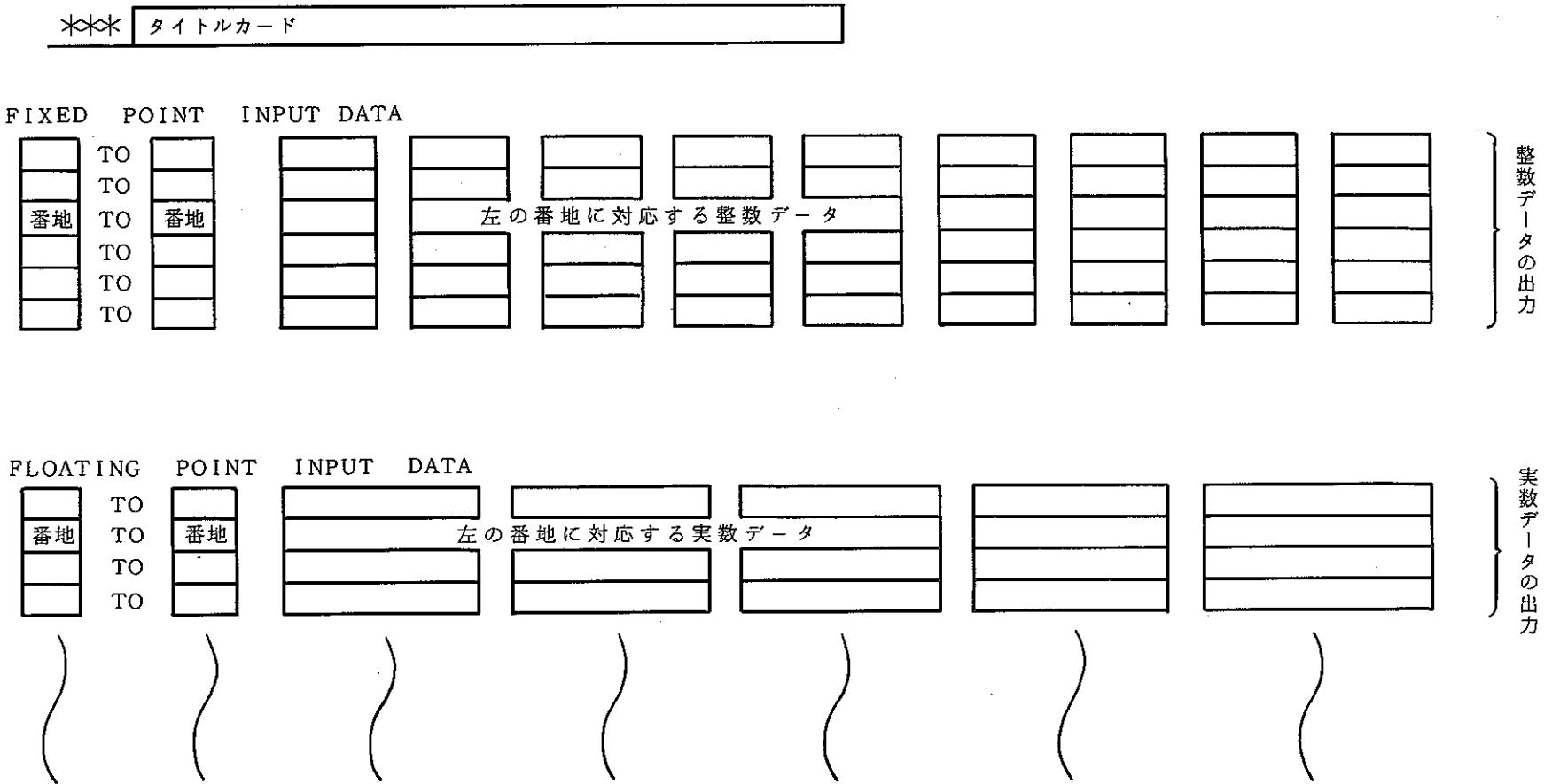


図 6.1 入力データの出力形式

## 〔伝熱管状態量の出力〕

\*\* STATE OF TUBE \*\*

I STEP =  ステップ数      TIME =  時刻 (SEC)

J 2	U	W	P	H	I	E	T	R	VOID	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]

- 72 -

## 〔水噴出率の出力〕

JTER = <input type="text"/> = <input type="text"/> = <input type="text"/>	TIME11 = <input type="text"/> = <input type="text"/> = <input type="text"/>	RLEAKU = <input type="text"/> = <input type="text"/> = <input type="text"/>	RLEAKD = <input type="text"/> = <input type="text"/> = <input type="text"/>	RLEAK = <input type="text"/> = <input type="text"/> = <input type="text"/>
出力回数	時間 [SEC]	上流側 水噴出率 [kg/本・S]	下流側 水噴出率 [kg/本・S]	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)				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
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 ( $P_1$ ) $[kg/cm^2]$	JOINT2での圧力値 ( $P_2$ ) $[kg/cm^2]$	MAX ( $P_1, P_2$ ) : 部材内最大圧力 $[kg/cm^2]$	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)	RB1 (M)	PP1 (ATA)	VB1 (M/S)	RB2 (M)	PP2 (ATA)	VB2 (M/S)		
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
	水噴出量	気泡温度	気泡半径 (上半球)	気泡圧力	気泡速度 (上半球)	気泡半径 (下半球)	気泡圧力	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 = [ 時一刻 ]

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 *) [m/sec]	US ナトリウム流速 *) [m/sec]	UH H <sub>2</sub> 流速 *) [m/sec]	RUNL 作動状況		
I 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/REG3 version の使用者マニュアルとして作成されたものであり、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与えている。

各計算モジュールの概要については 2 章で簡単に述べているが、詳細については別報告書を参照されたい。  
2), 3), 4), 5), 14)

また説明の不十分な部分については付録 A に付したサンプル計算を参照していただければ幸いである。

## 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-水反応解析コード—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, 坂野耿介, 井崎隆  
「大リーグ・ナトリウム-水反応計算コードの開発—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(SWACS コードによる 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 SWAT-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)

- 1 1. F.H. Harlow and A.A. Amsden,  
"A Numerical Fluid Dynamics Calculation Method for All Speeds"  
J. Comp. Phys., 8, p197 (1971)
- 1 2. V.L. Streeter and E.B. Wylie,  
"Hydraulic Transients", McGraw-Hill Inc., (1967)
- 1 3. 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)
- 1 4. 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/REG3-(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)
- 1 5. 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)
- 1 6. 広井博, 佐藤稔, 田辺裕美, 錦見正和, 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)
- 1 7. 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, C PIEPI-76001 (1976)

PNC TN952 79-20

付 錄

## A. サンプル計算

### A-1 はじめに

このサンプル計算で扱う体系は蒸気発生器安全性総合試験装置（以下 SWAT-3 と略す）の RUN-3 試験である。<sup>16)</sup>

SWAT-3 による大リーグ・ナトリウム-水反応試験は計 7 回の試験が終了しており、 SWACS コードの検証計算も進行している。

ここで示す各計算例は SWACS コードの SWAT-3 検証計算の中間報告段階のものであるが、実験測定値と比較して妥当な解を与えていていることが確認されている。<sup>7), 8), 15)</sup>

図 A-1 に SWAT-3 試験装置を示す。SWAT-3 は実機の蒸発器 (EV) を模擬している反応容器、二次冷却系（模擬過熱器 (SH)、模擬中間熱交換器 (IHX) ならびに配管）、放出系（収納容器 (RPT)、配管）、注水系（水加熱器 (WH)、配管、EV 内伝熱管）ならびにドレン系、純化系より構成されている。

図 A-2 には反応容器の構成を示す。反応容器は「もんじゅ」の蒸発器を模擬しており、その縮尺は約 1/2.5 である。

反応容器の上部にはカバーガス部がありナトリウムの液面を有している。

また伝熱管はヘリカルコイル型であり、ダウンカマ、ならびにセンターパイプを有している。

表 A-1 には RUN-3 試験の主な試験条件を示す。

これら、試験装置、条件ならびに試験結果の詳細は別報告書<sup>16)</sup>を参照されたい。

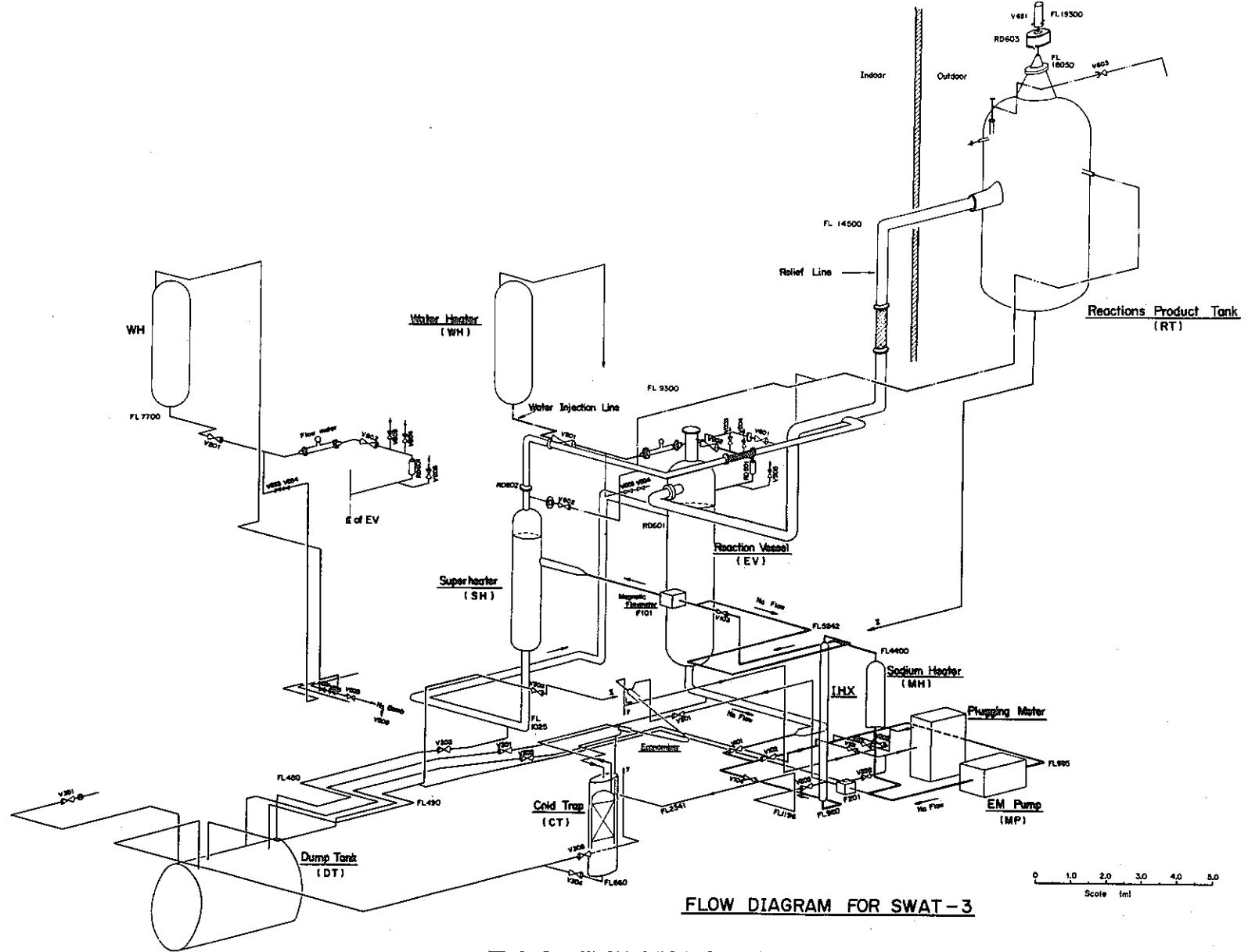
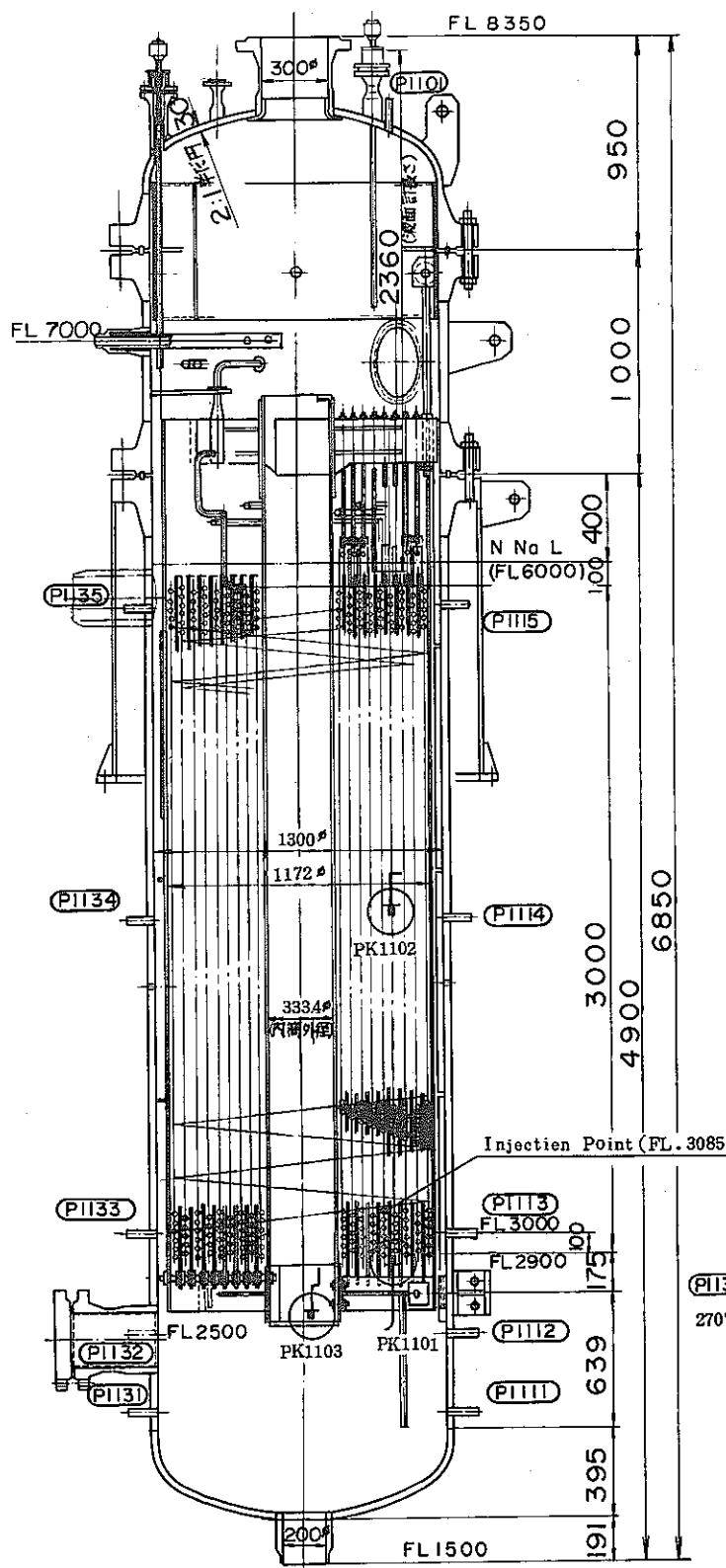


図 A-1 FLOW DIAGRAM FOR SWAT-3



Tag	Location	Direction	Height
P1101	Cover gas	—	—
P1111	Pres. tap	90°	FL, 2200
P1112	"	"	FL, 2550
P1113	"	"	FL, 3000
P1114	"	"	FL, 4400
P1115	"	"	FL, 5800
P1121	"	0°	FL, 2200
P1122	"	"	FL, 2550
P1123	"	"	FL, 3000
P1124	"	"	FL, 4400
P1125	"	"	FL, 5800
P1131	"	270°	FL, 2200
P1132	"	"	FL, 2550
P1133	"	"	FL, 3000
P1134	"	"	FL, 4400
P1135	"	"	FL, 5800
PK1101	Coil	90°	FL, 2900
PK1102	"	90°	FL, 4400
PK1103	Center Pipe	—	FL, 2575

図 A-2 Reaction Vessel (SWAT-3, Run-3)

表 A - 1 SWAT-3 Rn-3 試験条件

項目		単位	Run 3
試験年月日			1976. 9. 16
反応容器	反応容器		蒸発器
内部構造物	内部構造物形式		ヘリカル・IHI
形状	反応点位置		ヘリカル下部5層目
			FL, 3085
注水条件	注水孔・ラプチャ板形式		円筒型・19φ×2以上
	ラプチャ板設定圧		
	RD 501	kg/cm <sup>2</sup>	100 <sup>+0</sup> <sub>-10</sub> (500°C)
	RD 502	kg/cm <sup>2</sup>	100 <sup>+0</sup> <sub>-50</sub> (300°C)
	準定常注水率	kg/sec	8.8(初期)～7.9(後期)
	全注水量	kg	78
	注水配管温度	°C	約300
	水加熱器温度	°C	300
	"圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	149
	"初期給水量	kg	390
	注水弁(V502)弁開時間	sec	9.5
ナトリウム系条件	ナトリウム温度	°C	398
	ナトリウム流量	ℓ/sec	静止
	カバーガス圧		
	蒸発器	kg/cm <sup>2</sup> g	0.5
	過熱器	kg/cm <sup>2</sup> g	0.5
	カバーガス使用ガス		アルゴン
放出系条件	ラプチャ板設定圧		
	RD 601	kg/cm <sup>2</sup>	3 (485°C)
	RD 602	kg/cm <sup>2</sup>	3 (515°C)
	RD 603	kg/cm <sup>2</sup>	1.5 (150°C)
	放出系配管取出し位置		側部
	運転温度		
	放出系配管	°C	272～305
	収納容器	°C	372
	カバーガス圧(収納容器)	kg/cm <sup>2</sup> g	0.5
	カバーガス使用ガス		アルゴン

## A - 2 水噴出率計算

SWAT-3 試験装置では 2 段ラプチャ方式の注水系を採用しているが SWACS ではこれを扱うことができないため、ここでは簡略化した計算モデルで計算を行った例を示す。

図 A - 3 に計算モデルを示す。体系は内径  $19\phi \text{ mm}$ 、長さ  $9.18 \text{ m}$  のパイプであり、初期に圧力  $83 \text{ kg/cm}^2 \text{ a}$ 、エンタルピー  $309.8 \text{ Kcal/kg}$  (温度  $291^\circ\text{C}$ ) のサブクール水が満たされている。

境界条件は時刻 0 で完全開口なる破断開放端と、圧力、エンタルピー一定のリザーバ境界である。

SWACS の入力データを表 A - 2 に示す。

ここでは時間ステップ巾 ( $\Delta t$ ) を  $100 \mu\text{sec}$ 、空間分割数を 46 ( $\Delta x = 9.18 / 46 = 0.2 \text{ m}$ ) としている。

計算結果を図 A - 4 ~ A - 6 に示す。

図 A - 4 は水噴出率の計算結果であり、初期にピークを持った後約  $6 \text{ kg/sec}$  の水噴出率となり、以降はゆっくりと減少し定常化していく傾向にある。ただし初期のピーク値(巾)は数值計算上のオーバーシュートであり、 $\Delta X$ を小さくとるとピーク巾がせまくなる傾向にあることが確認されている。<sup>2)</sup>

図 A - 5、A - 6 はパイプの破断端、ならびに中央付近の圧力変化の計算結果を示したものである。

図 A - 6 では約  $4.5 \text{ msec}$  で減圧波が到達し、飽和圧 ( $77 \text{ kg/cm}^2 \text{ a}$ ) まで圧力が降下し、その後約  $13 \text{ msec}$  でリザーバ境界よりの反射波が戻り圧力が回復している。さらに波形は不明確であるが圧力波の往復により圧力が振動を続けている。

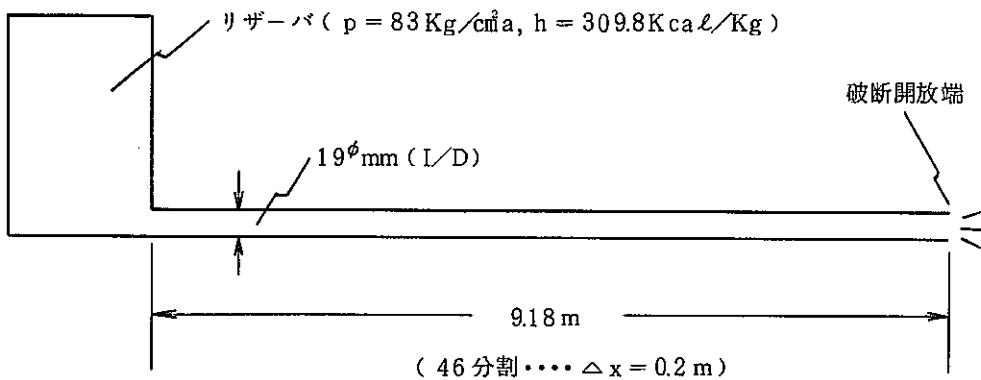


図 A - 3 水噴出率サンプル計算モデル

表 A - 2 水噴出率サンプル計算入力データ

.....\*,..,1.,.,\*,.,,2.,.,\*,.,,3.,.,\*,.,,4.,.,\*,.,,5.,.,\*,.,,6.,.,\*,.,,7.,.,\*,.,,8

== SWACS SAMPLE CAL, CASE,11,01 WATER INJECTION (SWAT=3 RUN=3) ==

1	1	1			
6	1	10000			
11	5	10	10	100	200
16	5	2	2	100	200
40	1	1			
51	5	1	0	0	4
58	1	1			

2 1 50,E-3

== SWAC=11 DATA CASE,11,01 ==

1	6	46	0	1	0	1	2
33	1	5					
1	5	9,18		0,0	19,E-3	25,4E-3	0,005E-3
6	2	0,764		1,637			
11	3	0,1		1,0	2,0		
14	5	100,E-6		100,E-6	100,E-6	100,E-6	100,E-6
21	5	0,0		0,0	0,0	1,0	1,0
31	4	83,0		83,0	309,8	309,8	
44	3	2,0		0,5	1,0		
51	2	0,0		100,0			
61	2	83,0		83,0			
71	2	309,8		309,8			

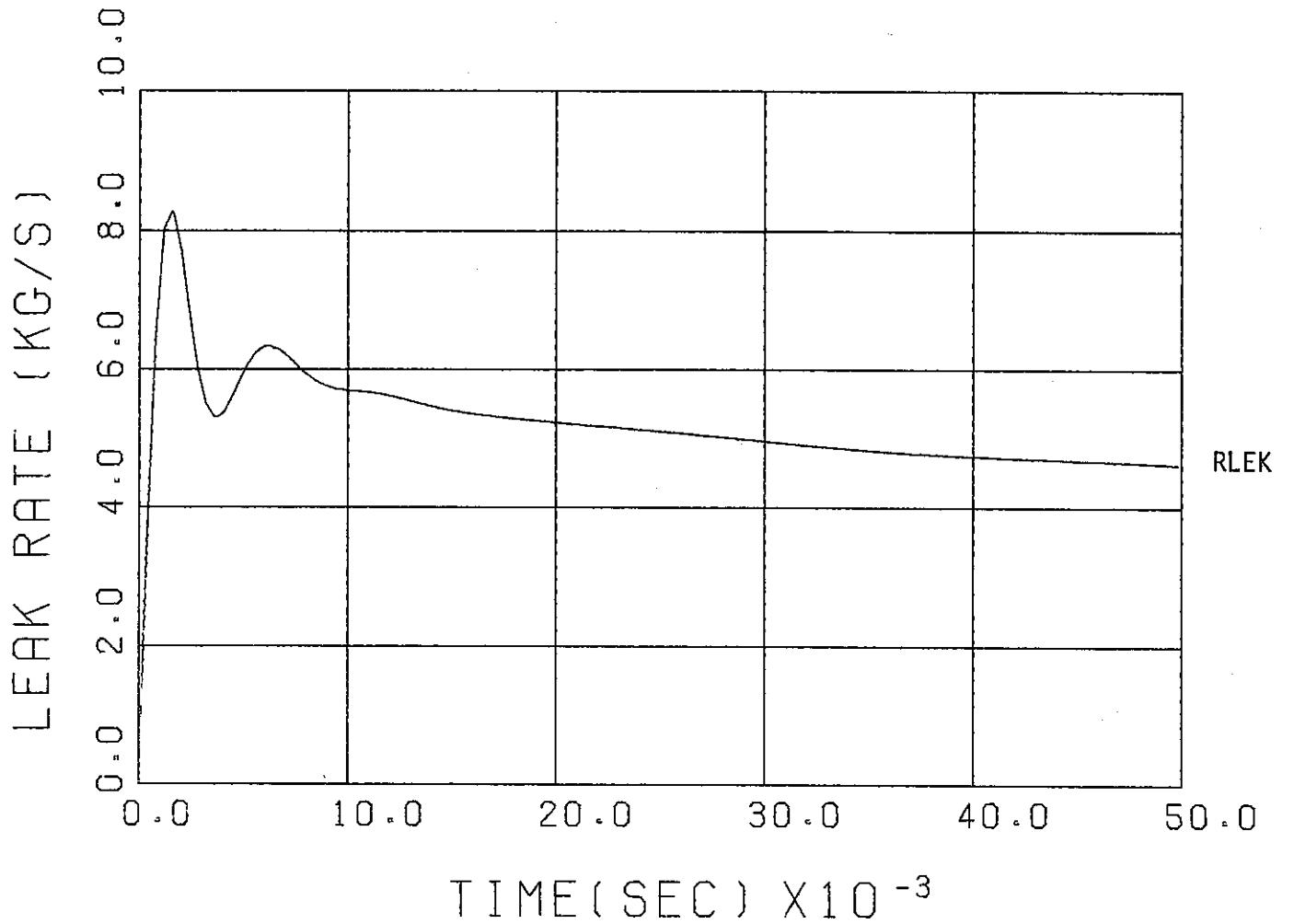


FIG. A-4 SWACS WATER INJECTION CAL. [CASE. 11. 01]  
WATER INJECTION RATE

- 98 -

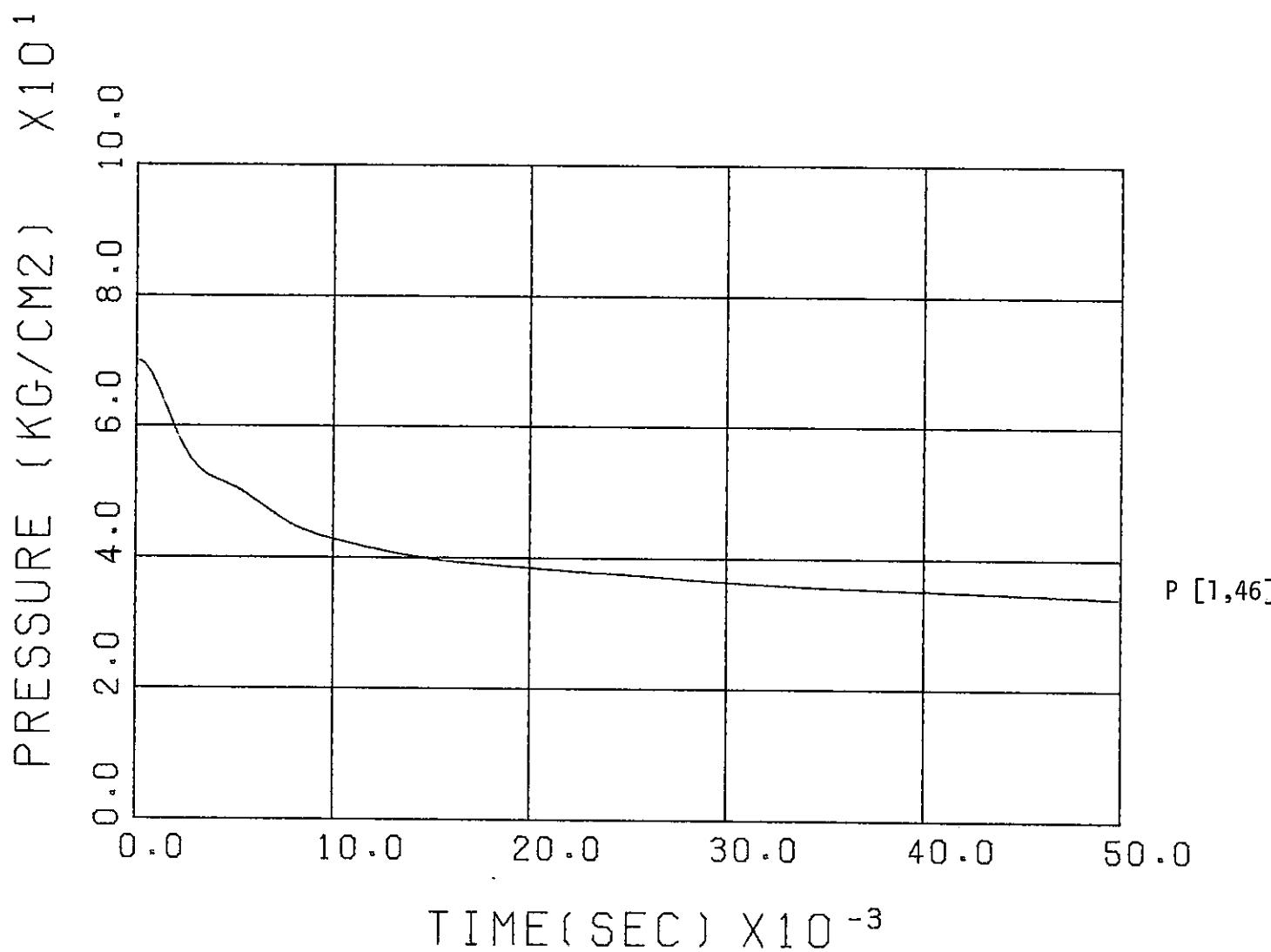


FIG. A-5 SWACS WATER INJECTION CAL. [CASE. 11. 01]  
PRESSURE AT BREAK END P[1,46]

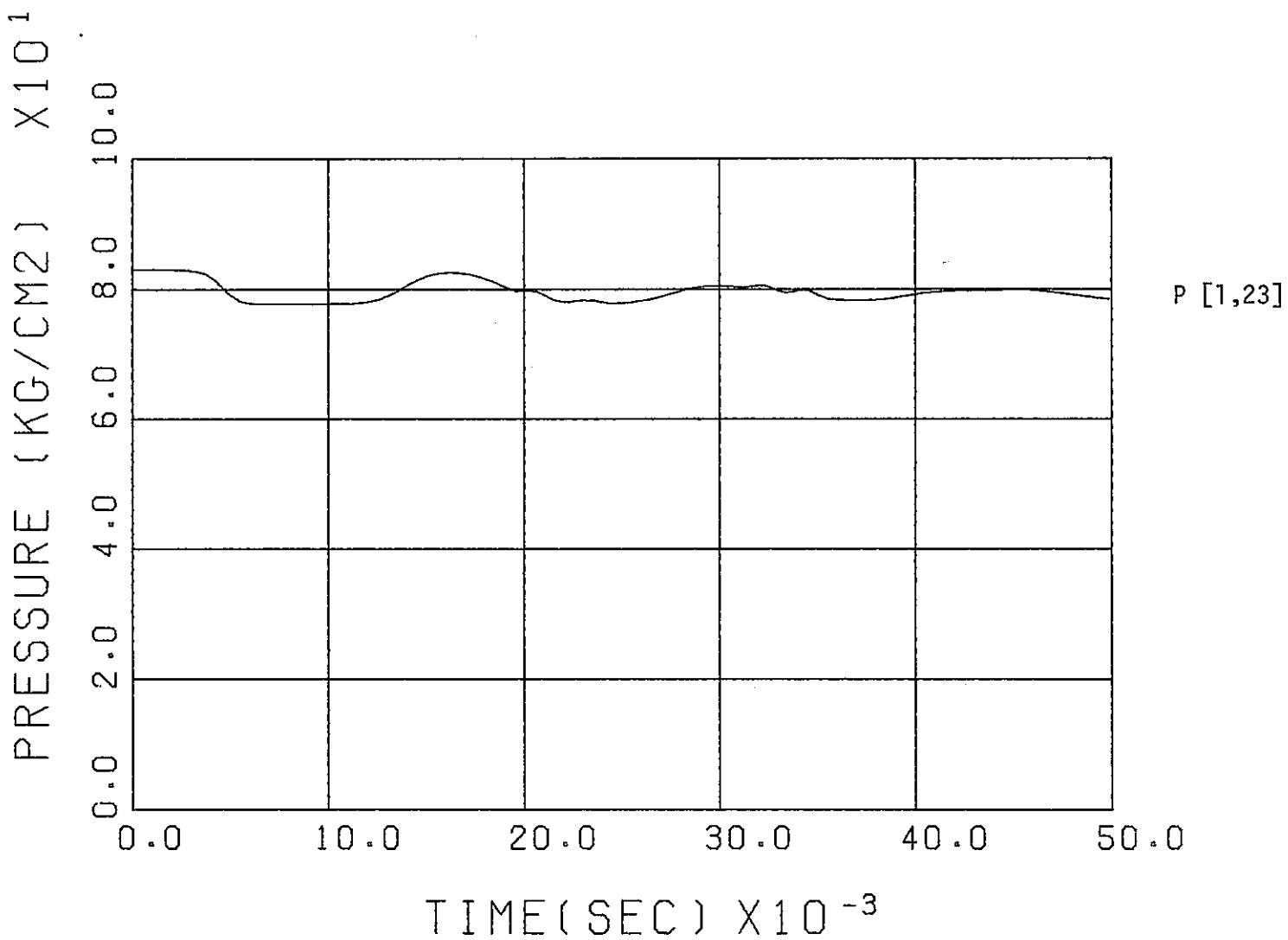


FIG. A-6 SWACS WATER INJECTION CAL. [CASE. 11.01]  
PRESSURE AT MIDDLE OF TUBE P[1,23]

### A - 3 初期スパイク計算<sup>7)</sup>

初期スパイク圧計算では反応容器（事故 S G）を扱う。

図 A - 2 に示した反応容器の内部は図 A - 7 のような球-柱モデルにモデル化する。

S G の軸方向に対し、3つの流路（コイル部 ch.，センターパイプ ch.，ダウンカマ ch.）に分割を行い、各流路は下部で下部プレナム部で結合される。また上部はナトリウム液面であるが、計算モデルではコイル部 ch. のみ自由液面境界で扱い、他は圧力一定境界で近似的に扱っている。

球モデルはコイル部 ch. の下部に接続し、その半径はセンターパイプ外壁とシュラウド内壁の間隙の半分（0.2095m, 図4.4-5 参照）をとっている。

初期気泡半径は 9.5 mm (伝熱管内半径)、初期気泡圧は 1.766 kg/cm<sup>2</sup>a (ナトリウム圧)、水素ガス温度は 1000 °K、H<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 転換比は 0.5 にとっている。またコイル部音速は実験結果から推定した値として 1713.6 m/sec、他の部分については壁の弾性変形を考慮した理論式 (4.4-14) 式より 859~1617 m/sec として与えた。

水噴出率は図 A - 8 に示したもの用いた。これは A - 2 で計算した値のほぼ 2 倍 (両端破断として) である。

入力データを表 A - 3 に示す。

計算結果を図 A - 9 ~ A - 12 に示す。

図 A - 9 は気泡圧力の計算結果であり、初期に約 60 kg/cm<sup>2</sup>a のピークを持った後、急速に減衰する。図 A - 10 は反応部付近のナトリウム中の圧力の計算結果であり、初期にピーク値約 25 kg/cm<sup>2</sup>a、ピーク巾約 5 msec の圧力スパイクを与えている。

図 A - 11 は下部プレナム部でのナトリウム中圧力の計算結果であり容器底端 (盲端) よりの反射等の影響で反応部付近より寧ろ高い圧力ピーク値となっている。図 A - 12 はコイル部の液面付近の圧力の計算結果であり圧力変動は反応部付近と比較して非常に小さなものとなっている。

以上の計算結果は圧力ピーク値について実験測定値よりやや過大評価の傾向にあるが、(例えば反応部付近での測定圧力ピーク値は約 18~20 kg/cm<sup>2</sup>a であった。<sup>16)</sup> 全体的には妥当なものであり、諸パラメータの調整により、さらに実験測定値とより一致をさせることができることが確認されている。<sup>7)</sup>

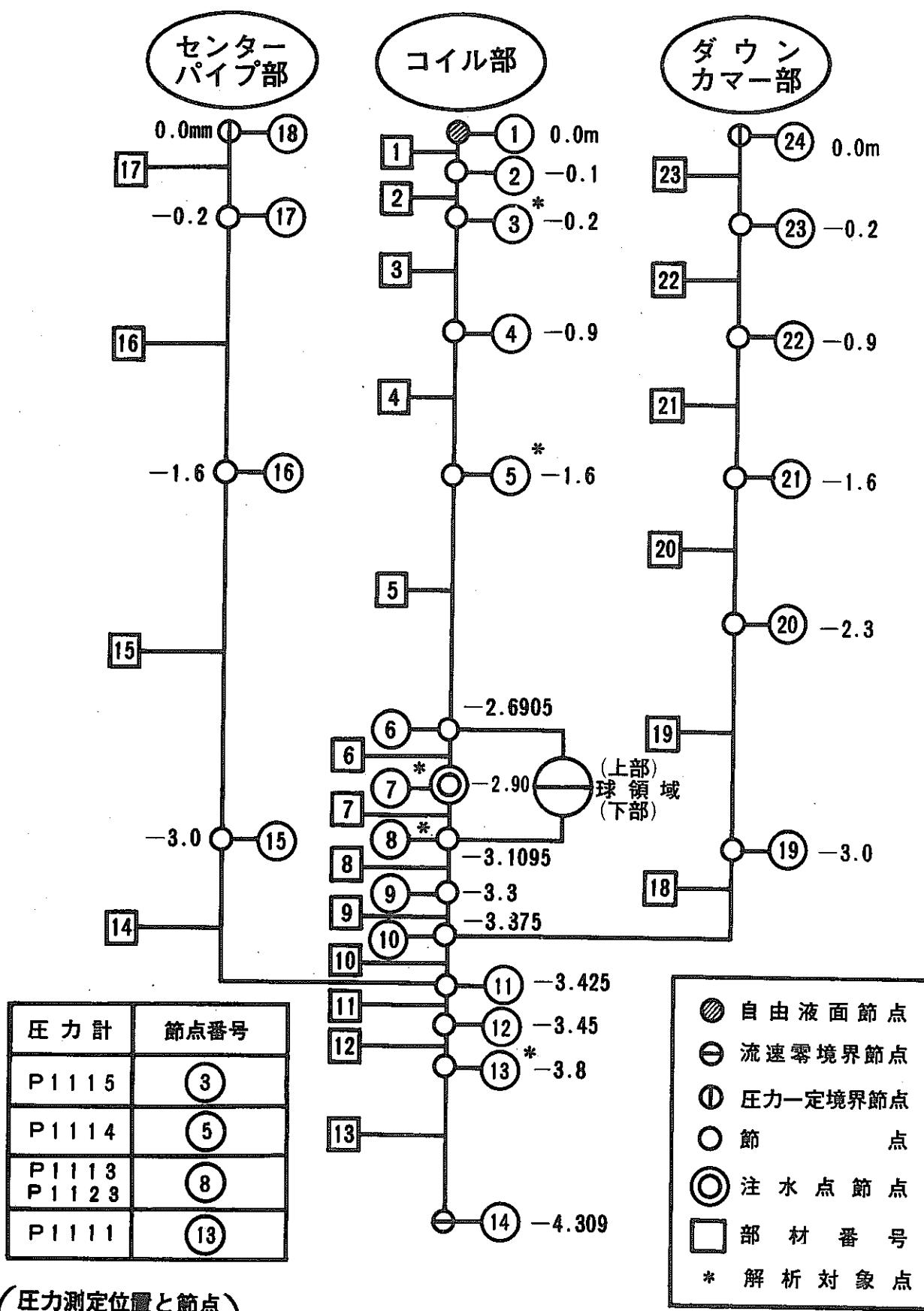


図 A - 7 計算体系図 (初期スパイク圧計算)

表A-3 初期スパイク圧サンプル計算入力データ

.....1....2....3....4....5....6....7....8

```

== SWACS SAMPLE CAL, CASE,57,01 (SWAT=3,RUN3==ORIGINAL C,01R) ==
 1   10      0      1      0      0    0 10000      0      0
 21   5      50      50     50   1000    2000
 36   7      1      0      0      0      1      0      0
 51   8      0      0     15      0      0      0      1      1
               3      1      0,015

== SWACS SAMPLE CAL, CASE,57,01 (SWAT=3,RUN3==ORIGINAL C,01R) ==
 1   6      5      9      1      3      4      6
 22   5  1010 10011 11014 11018 10024
 42   10  1002 2003 3004 4005 5006 6007 7008 8009 9010 10011
 52   10 11012 12013 13014 14015 15016 16017 17018 18019 19020 20021
 62   3  21022 22023 23024
 92   10  12      8      56      56      88      17      17      16      6      4
102   10      2      21      31      34      90      90      13      60      90      90
112   3      90      90      23
164   3      14     -18     -24
175   2      0      1
187   1      3
201   2      1      1
212   2      1      1
250   1      1
261   4      7  6008      40      31

 1   5 0,1      0,1      0,7      0,7      1,0905
 6   5 0,2095  0,2095  0,1905  0,075      0,05
11   5 0,025      0,35      0,509  0,425      0,4
16   5 1,4      0,2      0,375  0,7      0,7
21   3 0,7      0,7      0,2
51   5 1055,1  1713,6  1713,6  1713,6  1713,6
56   5 1713,6  1713,6  1713,6  1713,6  1555,0
61   5 1616,7  1616,7  1616,7  1768,6  1768,6
66   5 1768,6  1768,6  859,12  869,12  859,12
71   3 859,12  859,12  859,12
101  5 0,9795  0,63172  0,63172  0,63172  0,63172
106  5 0,6074  0,6074  0,9795  0,9795  1,228
111  5 1,3273  1,3273  1,3273  0,0873  0,0873
116  5 0,0873  0,0873  0,21512  0,21512  0,21512
121  3 0,21512  0,21512  0,21512
131  5 0,8164  0,8164  0,8164  0,8164  0,8164
156  5 0,8164  0,8164  0,8164  0,8164  0,9444
161  5 1,3      1,3      1,3      0,3934  0,3934
166  5 0,3934  0,3934  0,11      0,11      0,11
171  3 0,11      0,11      0,11
202  2 858,61  3,8129 E-7
249  1 13,0
255  2 0,9164  -0,29
307  5 0,0      -0,1      -0,2      -0,9      -1,6
312  5 -2,6905  -2,9      -3,1095  -3,3      -3,375
317  5 -3,325  -3,45      -3,0      -4,309  -3,0
322  5 -1,6      -0,2      0,0      -3,0      -2,3
327  4 -1,6      -0,9      -0,2      0,0
358  4 19930,  0,0      17,85444  17,85444
391  1 1,3
401  2 1,66      1000,
601  5 0,50000  0,2095  1,7661691  3000,  9,50000E-03
606  2 1,0      9,0
610  1 1713,6
611  5 0,00000  0,50000E-03  1,00000E-03  1,25000E-03  1,50000E-03

```

.....\*....1....\*....2....\*....3....\*....4....\*....5....\*....6....\*....7....\*....8

616	5	2,00000E-03	2,50000E-03	3,00000E-03	3,50000E-03	4,00000E-03
621	5	4,50000E-03	5,00000E-03	5,50000E-03	6,00000E-03	6,50000E-03
626	5	7,00000E-03	7,50000E-03	8,00000E-03	8,50000E-03	9,00000E-03
631	5	9,50000E-03	1,00000E-02	1,05000E-02	1,10000E-02	1,15000E-02
636	5	1,20000E-02	1,25000E-02	1,30000E-02	1,35000E-02	1,40000E-02
641	1	0,10000E+00				
711	5	0,0	11,0	17,5	18,0	17,5
716	5	15,0	12,0	10,0	9,0	9,6
721	5	11,0	12,4	13,6	14,0	13,3
726	5	12,3	11,5	10,8	10,6	10,8
731	5	11,0	11,5	11,9	12,0	11,8
736	5	11,5	11,0	10,6	10,5	10,5
741	1	10,5				

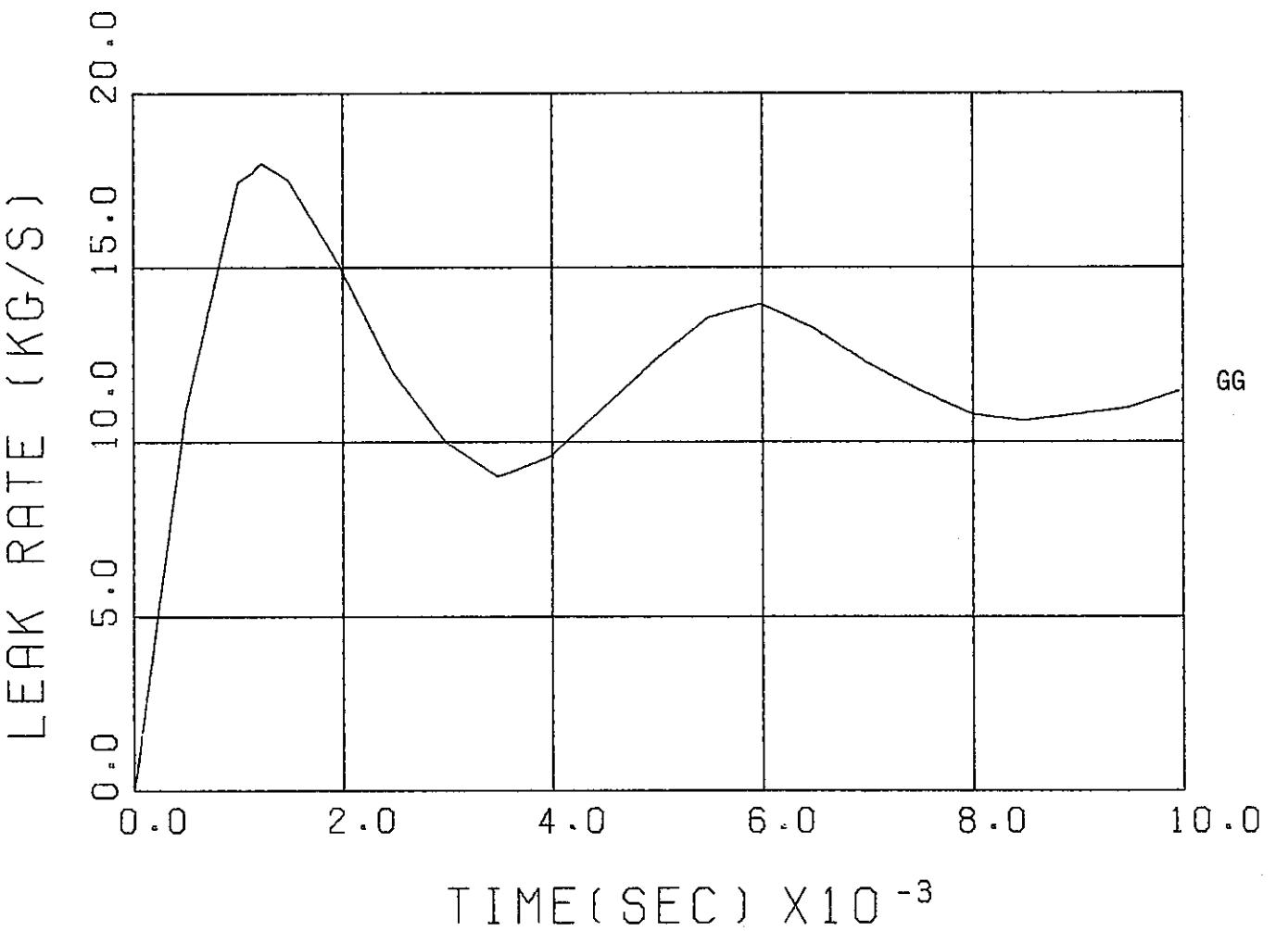


FIG. A-8 SWACS INITIAL PRESSURE CAL. [CASE. 57.01]  
WATER INJECTION RATE [INPUT]

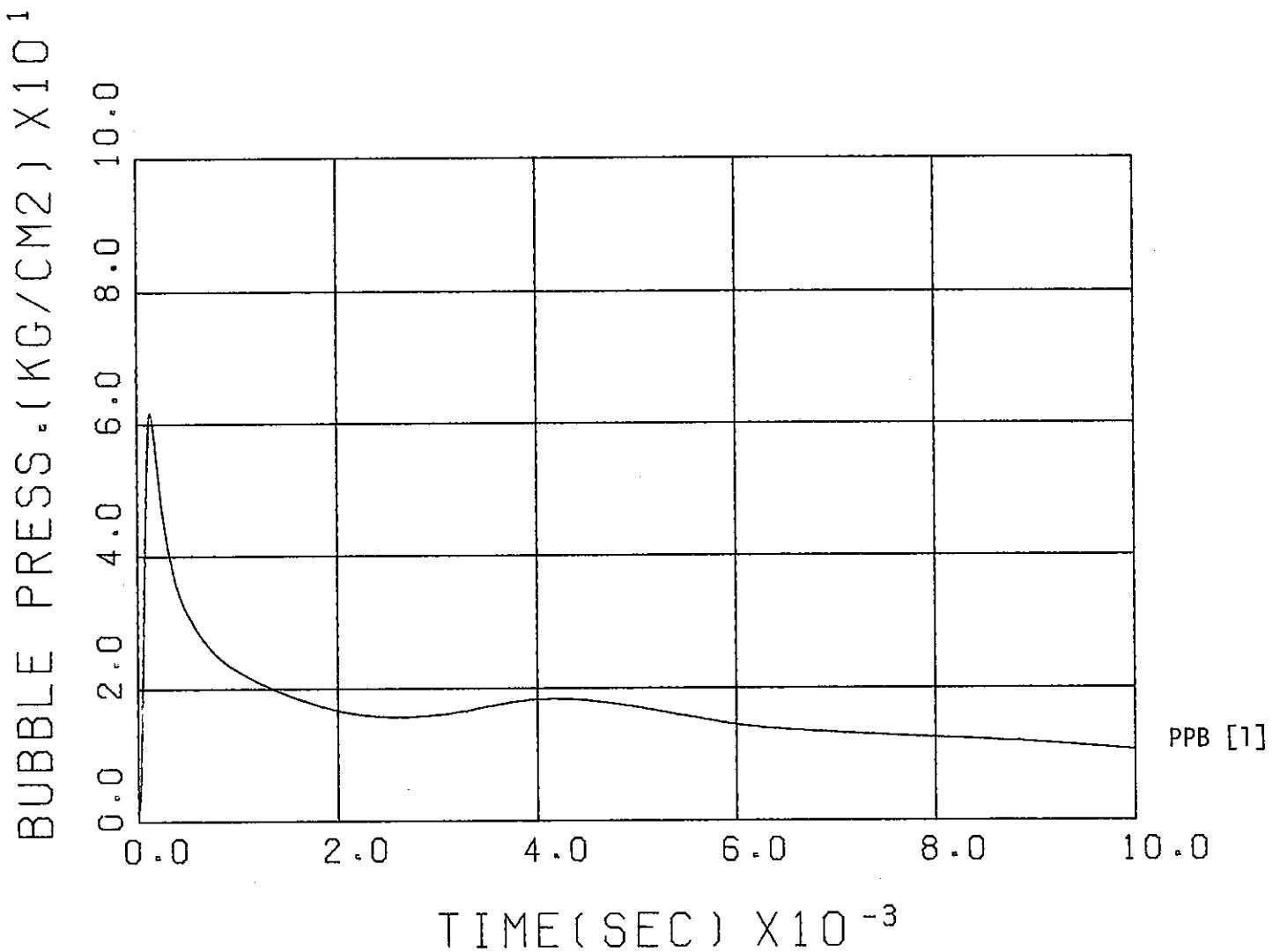


FIG. A-9 SWACS INITIAL PRESSURE CAL. [CASE. 57.01]  
H<sub>2</sub> BUBBLE PRESSURE

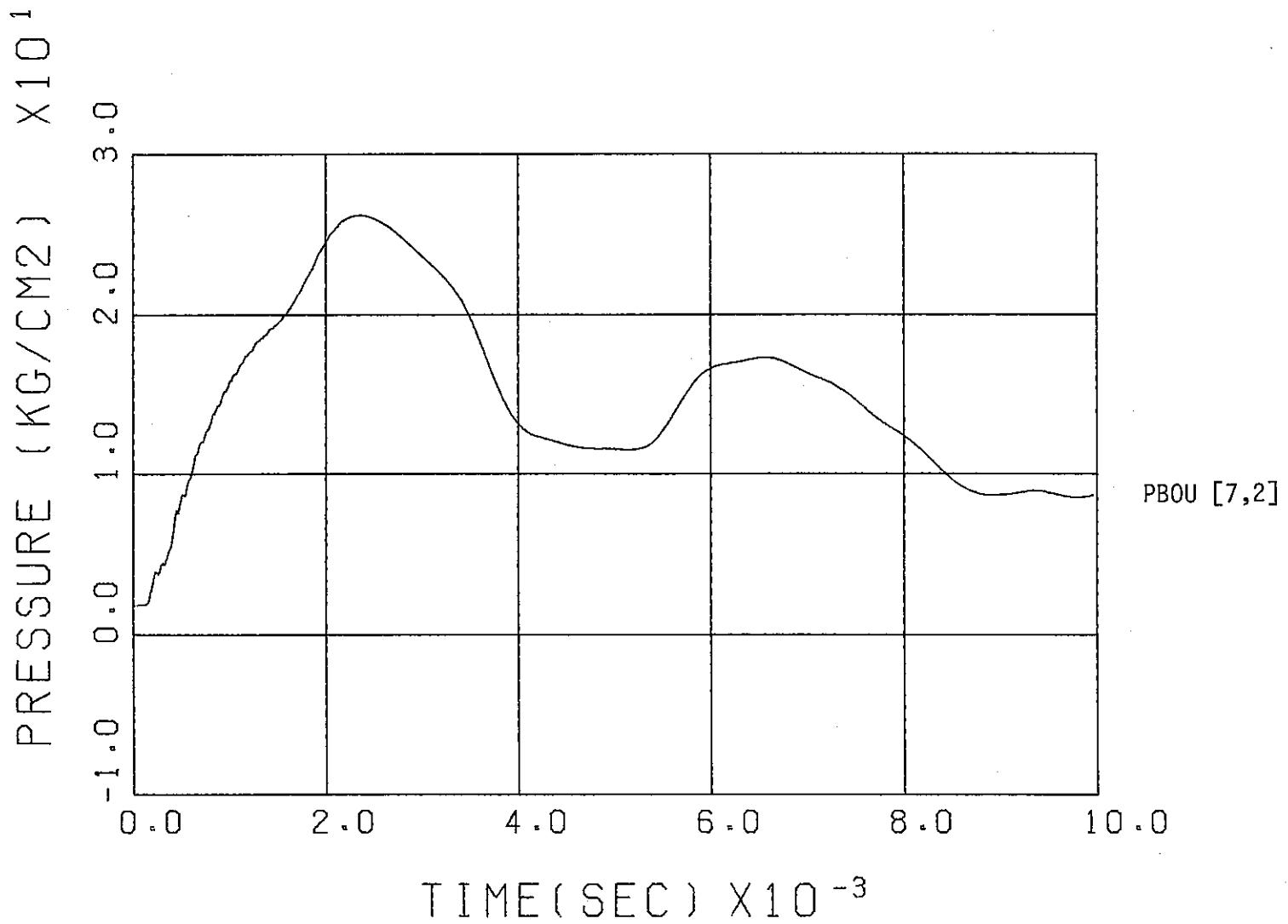


FIG. A-10 SWACS INITIAL PRESSURE CAL. [CASE. 57. 01]  
PRESSURE NEAR REACTION POINT P[7,2]

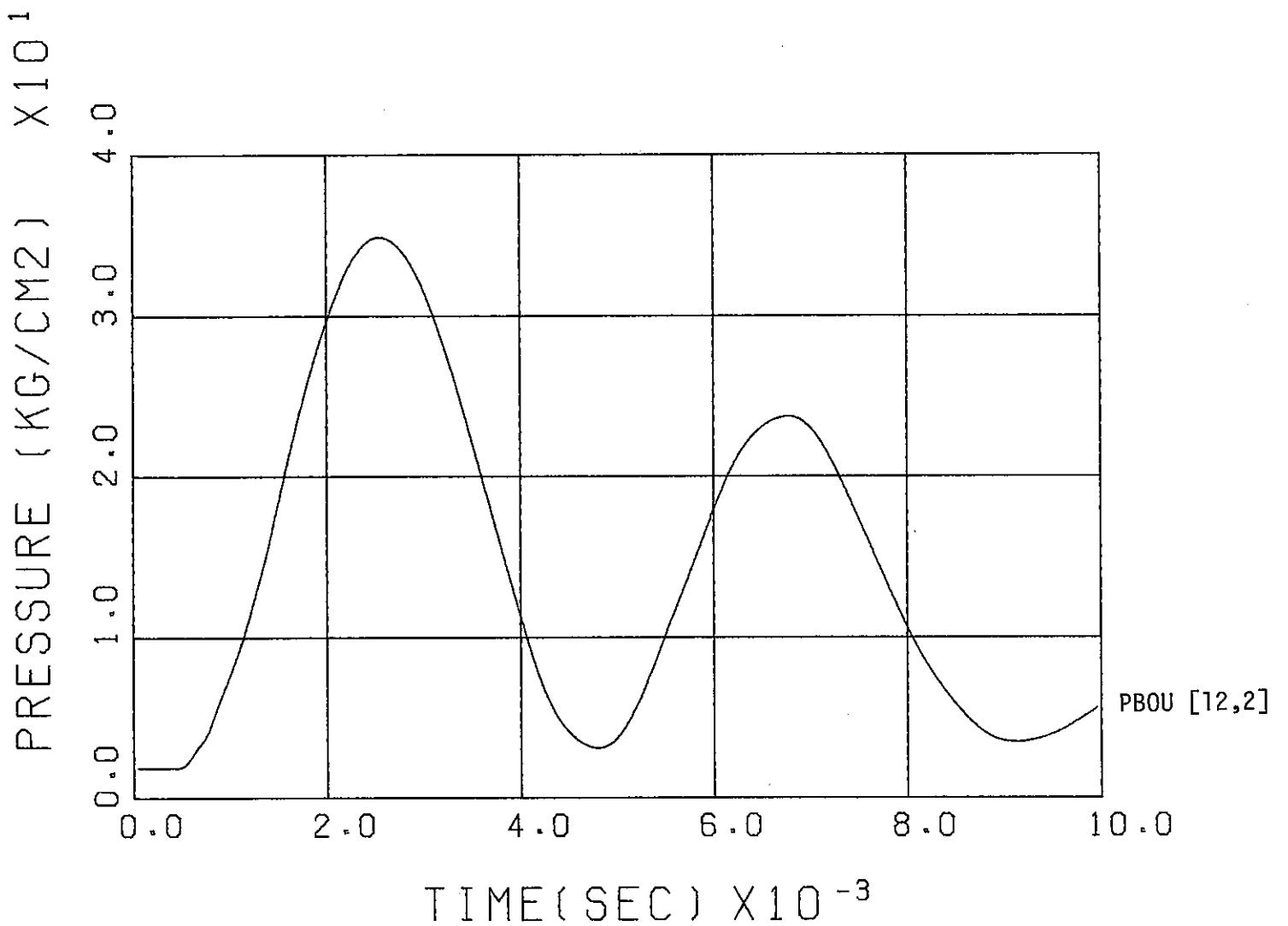


FIG. A-11 SWACS INITIAL PRESSURE CAL. [CASE. 57. 01]  
PRESSURE AT LOWER PLENUM P[12,2]

-96-

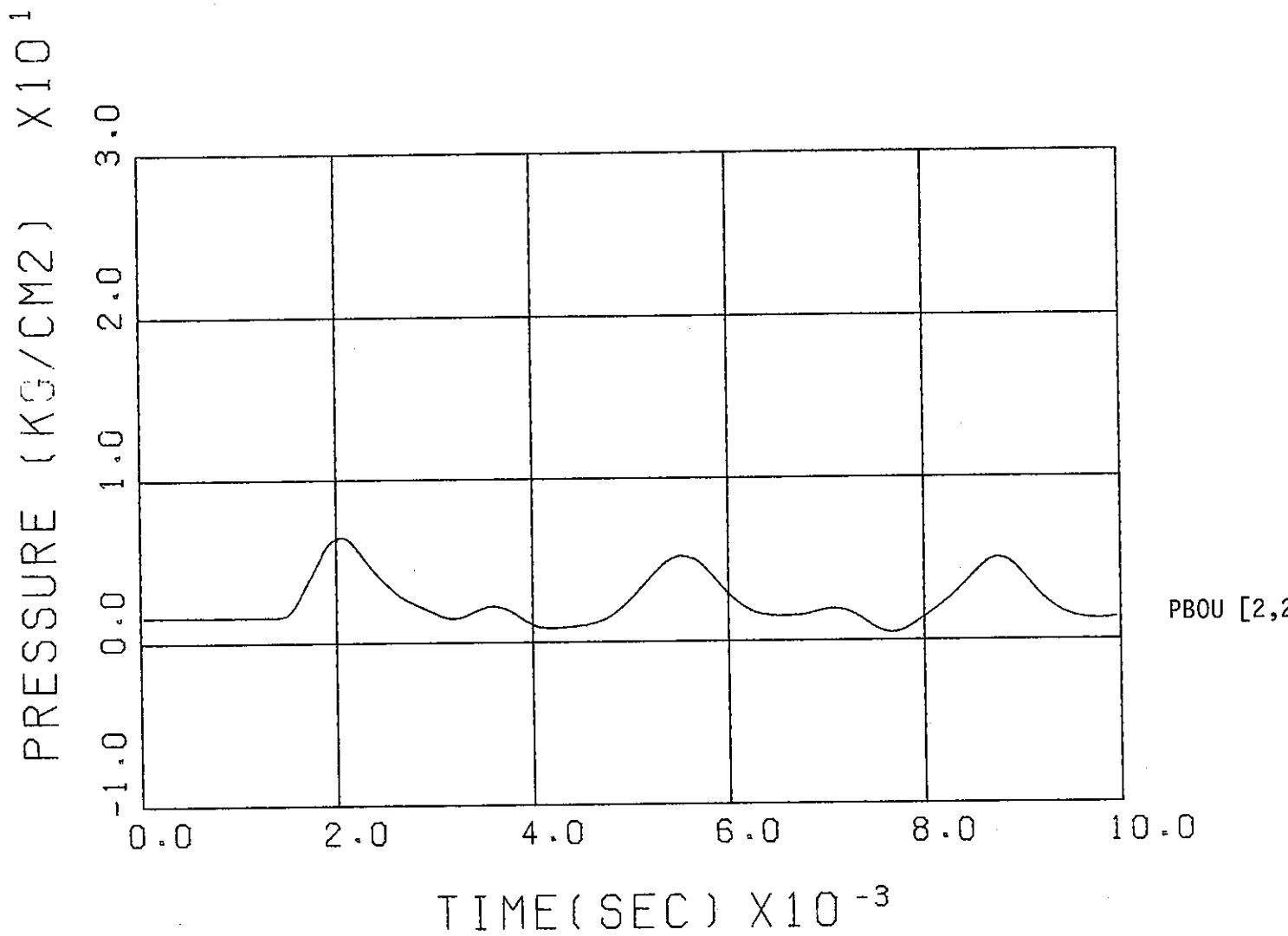


FIG. A-12 SWACS INITIAL PRESSURE CAL. [CASE. 57. 01]  
PRESSURE NEAR SODIUM SURFACE P[2,2]

#### A - 4 準定常圧計算<sup>8)</sup>

準定常圧計算では図A-1に示された反応容器（事故SG），二次系，放出系の全体を扱う。計算モデルを図A-13に示す。計算モデルは22個のノードとノード間をつなぐ31個のリンクから構成される。ノード番号1～10は反応容器内の分割であり，ノード1は反応部を代表している。ノード番号11～16は2次系，ノード番号17～22は放出系を表わす。放出系の接続リンク24，27および大気放出リンク31にはラプチャディスクが設置されている。

計算条件として，ここでは水噴出率を8.21kg/secのステップ変化，H<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O転換比を0.5，水素ガス温度を500°C～398°Cとしている。また反応容器内と放出系のリンクのスリップ比は2.0，他は1.0とした。

計算結果を図A-14～A-17に示す。

図A-14は反応容器カバーガス部圧力の計算結果であり，時刻t=0.63secでラプチャディスクが破断している。その後圧力はややオーバーシュートし緩やかに減衰する。図A-15は模擬過熱器(SH)のカバーガス部圧力の計算結果であり，反応容器より押し出されたナトリウムにより一旦圧力が上昇し，ピーク値を形成する。

図A-16は収納容器(RPT)の圧力計算結果であり，反応容器のラプチャディスクが破断した後，圧力は緩やかに上昇し，時刻5.15secで大気放出弁部のラプチャディスクが破断している。

図A-17は放出系配管部のナトリウム流速の計算結果であり，反応容器のラプチャディスク破断と同時に立ち上り約20m/secとなっている。

以上の計算結果は実験測定値と比較して，ほぼ妥当な結果を与えていていることが確認されている。<sup>8)</sup>

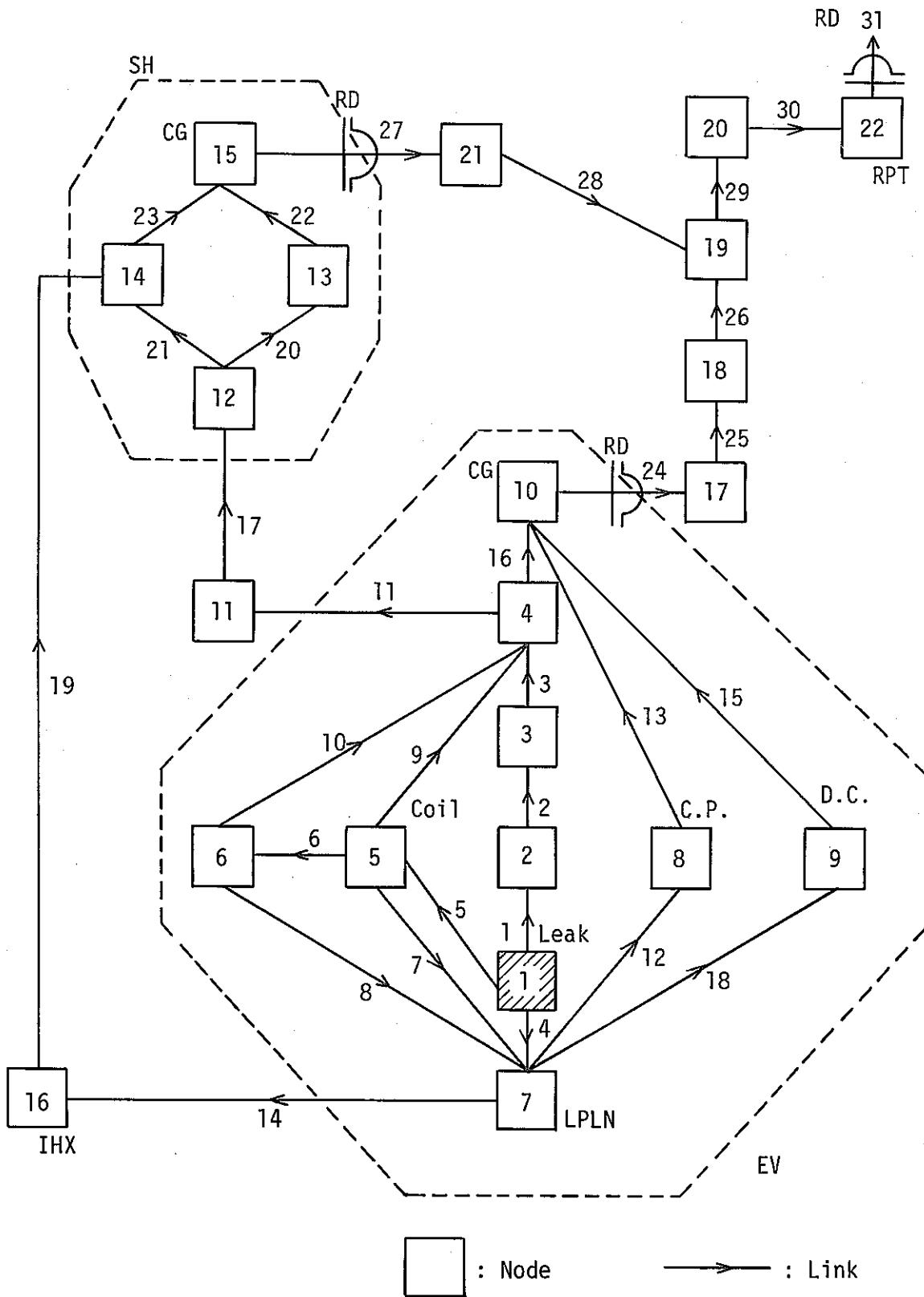


図 A-13 Computational Model for SWAT-3 Run-3  
Quasi-Steady Pressure Analysis (Model-I).

表 A - 4 準定常圧サンプル計算入力データ

.....\*....1.....\*....2.....\*....3.....\*....4.....\*....5.....\*....6.....\*....7.....\*....8

==== SWACS SAMPLE CAL, CASE,13,01 (SWAT=3,RUN3==ORIGINAL A02=C14) =====

3	1	1				
7	1	10000				
26	5	100	100	100	1000	2000
49	1	1				
52	1	1				
56	1	25				
58	1	1				
4	1	6,0				

==== SWACS SAMPLE CAL, CASE,13,01 (SWAT=3,RUN3==ORIGINAL A02=C14) =====

1	10	2	22	31	22	4	3	0	10	15
11	4	4	8	9	10					
16	3	13	14	15						
26	5	4	11	14	17	19				
47	10	1	2	3	1	1	5	5	6	5
57	10	4	7	8	7	9	4	11	7	16
67	10	12	13	14	10	17	18	15	21	19
77	1	22								
102	10	2	3	4	7	5	6	7	7	4
112	10	11	8	10	16	10	10	12	9	14
122	10	14	15	15	17	18	19	21	19	20
132	1	0								
157	3	10	24	10						
160	10	1	2	3	4	7	8	9	10	21
180	10	3	4	5	6	7	8	9	10	11
190	10	13	14	15	16	17	18	19	20	22
200	4	24	27	28	30					
210	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1
220	10	1	1	1	2	1	1	1	1	2
230	10	0	1	1	1	0	0	1	1	0
240	1	0								
265	10	11	14	17	19	24	25	26	27	29
285	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
295	10	3	0	0	6	0	0	2	0	6
305	10	0	0	0	1	1	1	2	0	1
315	1	0								
440	3	2	2	2						
470	6	1	1	2	2	2	2			
500	2	2	1	1						
520	6	2	2	2	2	2	2			
570	1	1								
580	1	1								
590	1	1								
600	2	1	2							
620	1	1								
630	1	1								
890	2	1	1							
901	1	3								
4	1	0,65								
8	3	0,65	0,65		1,296					
13	3	0,50	0,50		0,6759					
41	3	6,00	0,045		0,0254					
44	5	3,4	4,4		5,4		6,325		4,4	
49	5	4,4	2,115		4,4		4,4		6,8	
54	5	1,035	3,5		5,15		5,15		6,85	
59	5	3,398	6,9		9,32		10,9		14,5	
64	2	9,0	14,5							

.....1....\*....2....\*....3....\*....4....\*....5....\*....6....\*....7....\*....8

84	5	0,4734	0,4734	0,4734	1,117	0,6695
89	5	0,4734	1,3	0,3334	0,5233	1,3
94	5	0,2033	0,8	0,2979	0,7339	0,8
99	5	0,2163	0,2979	0,2979	0,2979	0,2979
104	2	0,152	3,0			
124	5	1,0	1,0	1,0	0,75	3,0
129	5	3,0	0,8206	4,0	4,0	1,296
134	5	16,79	0,5143	2,7	2,7	0,6759
139	5	11,725	4,702	4,702	4,702	4,702
144	2	11,7	5,523			
164	1	0,4734				
174	1	0,4734				
184	2	0,4734	1,117			
194	2	0,4734	1,300			
204	2	0,058973	0,058973			
214	2	0,058973	0,058973			
224	2	0,6695	1,300			
234	2	0,4734	1,300			
244	2	0,8655	1,117			
254	2	0,4734	1,117			
264	2	0,2033	0,2033			
274	2	1,3000	0,3334			
284	2	0,3334	1,300			
294	3	0,2033	0,0527	0,2163		
304	2	0,110	1,9			
314	2	1,1170	1,3000			
324	2	0,2033	0,2033			
334	2	1,3	0,110			
344	3	0,2163	0,0527	0,2033		
354	2	0,8000	0,2979			
364	1	0,7339				
374	2	0,2979	0,8			
384	2	0,7339	0,8			
394	2	0,2979	0,2979			
404	1	0,2979				
414	1	0,2979				
424	2	0,1520	0,1520			
434	2	0,1520	0,1920			
444	1	0,2979				
454	2	0,2979	0,2979			
464	1	0,2480				
714	1	1,0				
724	1	1,0				
734	2	0,5	0,325			
744	2	0,5	0,4103			
754	2	0,3	0,3			
764	2	0,3	0,3			
774	2	0,5	0,4103			
784	2	1,0	0,4103			
794	2	2,5	0,325			
804	2	2,0	0,325			
814	2	4,1980	4,1980			
824	2	0,4103	2,0			
834	2	2,0	0,648			
844	3	5,9520	0,1150	2,2500		
854	2	2,0	0,648			
864	2	0,9250	0,6480			
874	2	4,198	4,198			
884	2	0,4103	2,0			
894	3	2,250	15,287	1,254		

.....\*....1....\*....2....\*....3....\*....4....\*....5....\*....6....\*....7....\*....8

904	2	0,2572	1,35			
914	1	1,35				
924	2	1,35	0,338			
934	2	1,35	0,338			
944	2	1,881	1,881			
954	1	3,762				
964	1	3,762				
974	2	2,925	2,925			
984	2	2,925	2,925			
994	1	3,762				
1004	2	1,881	1,881			
1014	1	0,1				
1364	3	90,0	90,0	90,0		
1394	5	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0
1399	1	90,0				
1424	2	90,0	90,0			
1444	5	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0
1449	1	90,0				
1494	1	90,0				
1504	1	90,0				
1514	1	90,0				
1524	2	90,0	90,0			
1544	1	90,0				
1554	1	90,0				
1854	1	0,0				
1864	1	0,0				
1914	1	10,0				
1944	2	0,5	7,2			
1954	1	0,0				
1974	1	1,00				
1984	1	0,0				
1994	2	0,00	2,13			
2044	1	0,50				
2074	1	0,50				
2084	1	1,71				
2104	1	1,00				
2464	3	3,0	3,0	3,0		
2494	5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2499	1	3,0				
2524	2	3,0	3,0			
2544	5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2549	1	3,0				
2594	1	3,0				
2604	1	3,0				
2614	1	3,0				
2624	2	3,0	3,0			
2644	1	3,0				
2654	1	3,0				
2914	4	25,0	25,0	12,5	12,5	
2920	4	12,5	25,0	62,5	50,0	
2934	3	37,5	0,0	37,5		
2969	3	1,5E+4	1,5E+4	1,5E+4		
2972	2	1,5E+4	1,033E+4			
2974	4	3,1E+4	1,0E+6	1,0E+6	1,9E+4	
2978	1	398,0				
3034	5	1,15	1,08	1,0	1,0	1,08
3039	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3044	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3049	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3054	2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

.....1....\*....2....\*....3....\*....4....\*....5....\*....6....\*....7....\*....8

3074	3	1.0E+10	1.0E+10	1.0E+10		
3077	5	1.0	0.06	0.5	2.9	1.0
3121	3	0.0	10.0	100.0		
3141	3	8.21	8.21	8.21		
3161	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3162	5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3167	5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3172	5	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0
3177	5	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0
3182	5	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
3187	5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3192	1	2.0				
3257	4	420.55	9.807	9.807	1.66	
3261	4	100.0	1.0E-3	100.0	100.1	
3351	2	0.5884	0.5884			
3361	2	1.1768	1.1768			
3451	1	0.21512				
3482	1	0.21512				
3900	1	0.05E-3				

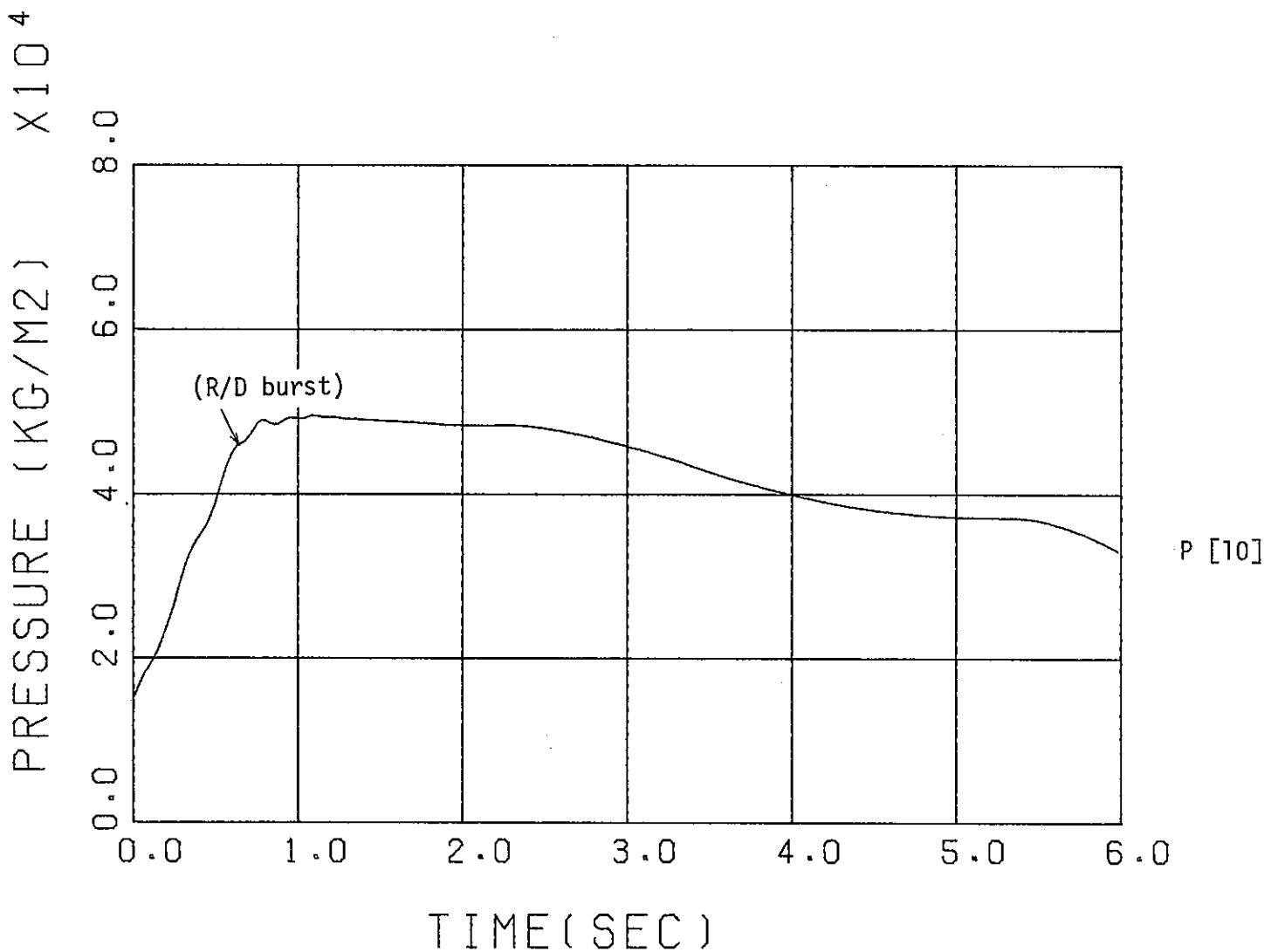


FIG. A-14 SWACS QUASI-STEADY PRESSURE CAL. [CASE. 13. 01]  
PRESSURE AT COVER GAS ZONE IN EV P[10]

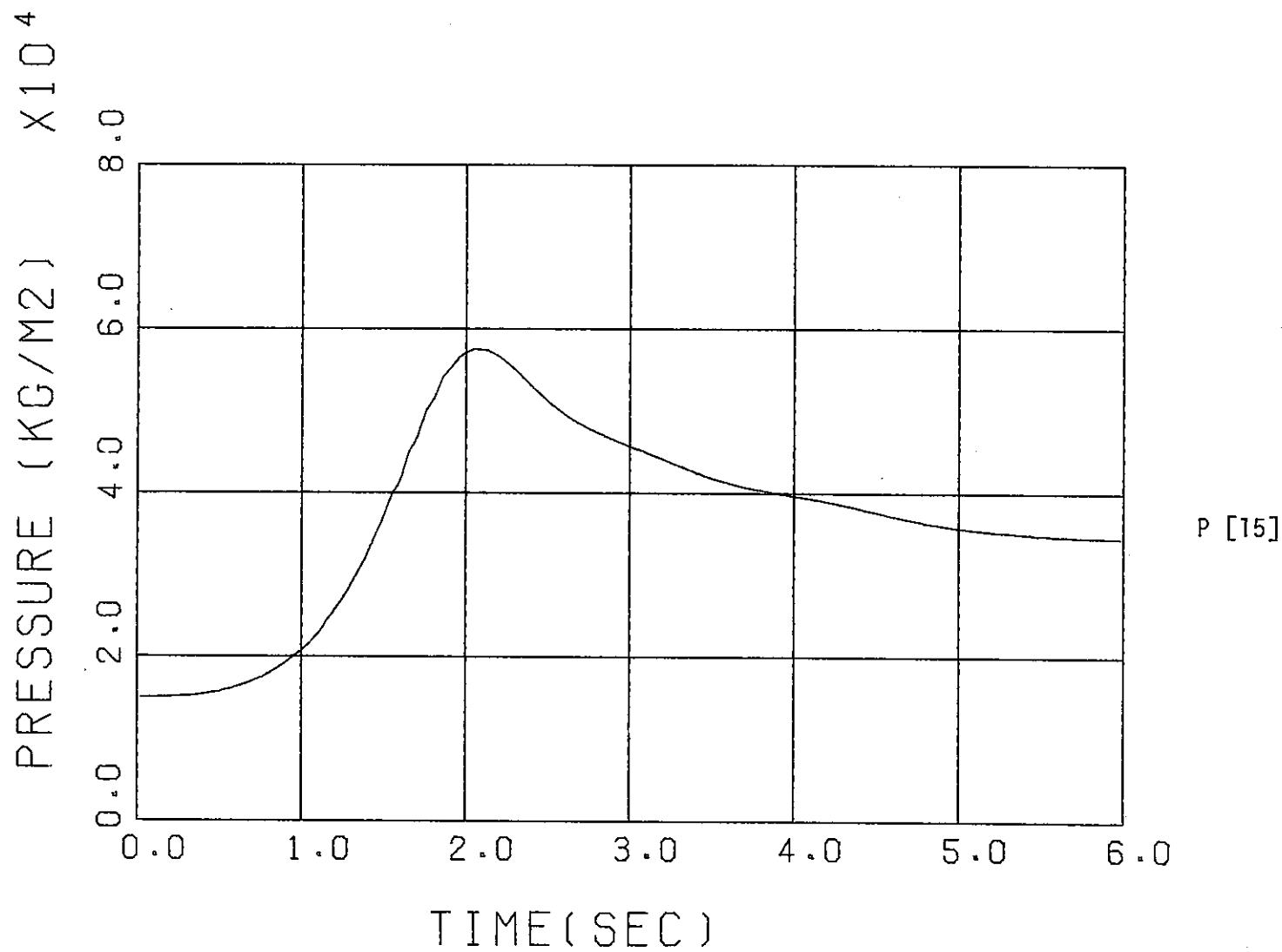


FIG. A-15 SWACS QUASI-STEADY PRESSURE CAL. [CASE. 13. 01]  
PRESSURE AT COVER GAS ZONE IN SH P[15]

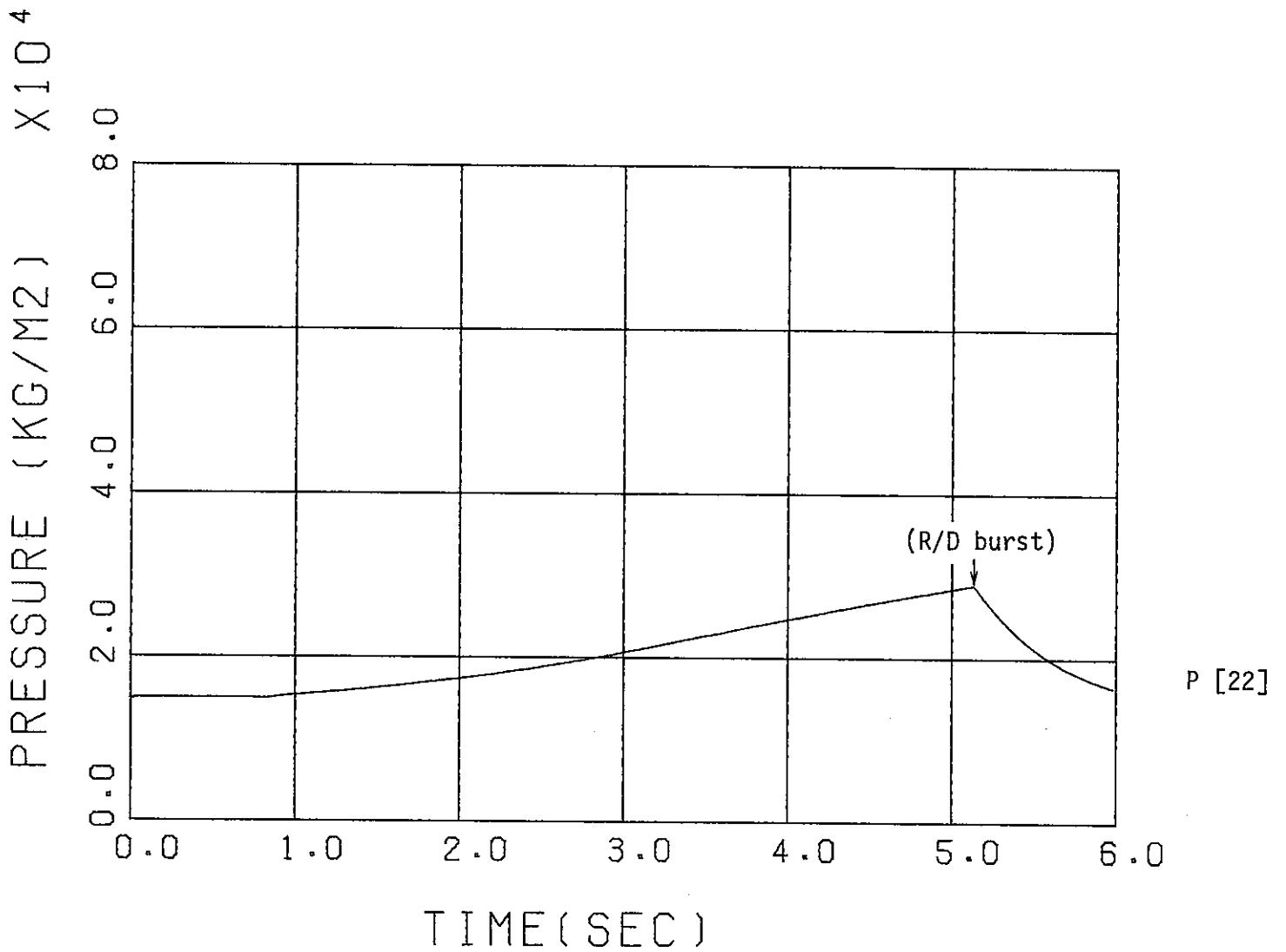


FIG. A-16 SWACS QUASI-STEADY PRESSURE CAL. [CASE. 13. 01]  
PRESSURE IN REACTION PRODUCTS TANK P[22]

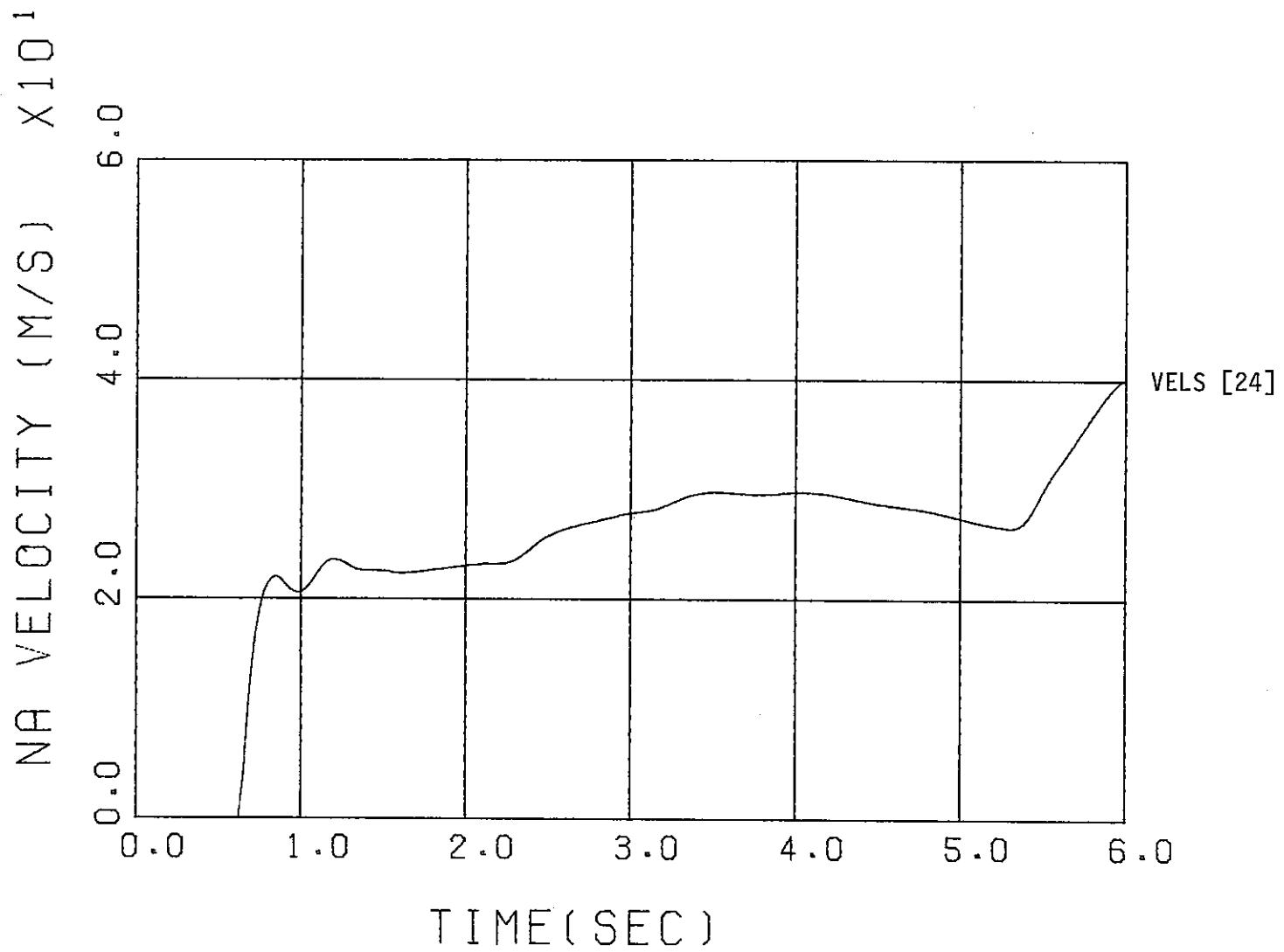


FIG. A-17 SWACS QUASI-STEADY PRESSURE CAL. [CASE. 13. 01]  
SODIUM VELOCITY IN RELIEF LINE VS[24]

### A - 5 圧力波伝播計算<sup>15)</sup>

圧力波伝播計算では図A-1に示した体系のうち、二次系（配管、模擬過熱器、模擬中間熱交換器）を扱う。

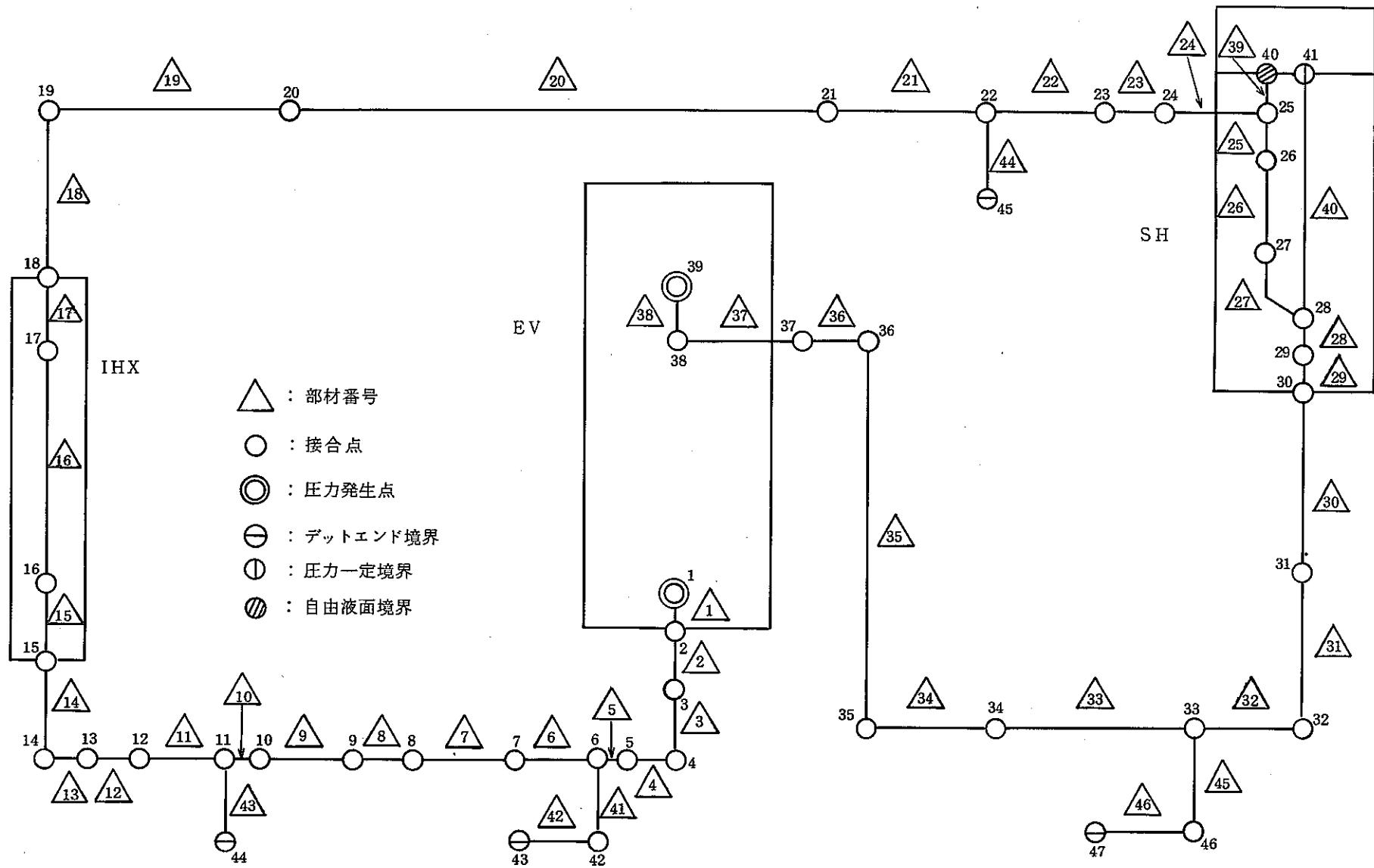
計算モデルを図A-18に示す。体系は46部材、47接合点より構成される。ここで接合点1と39は圧力発生点（圧力既知境界）である。接合点1と39に用いた圧力時間変化を図A-19に示す。これは実験測定値として得られたものである。また入力データを表-5に示す。

主な計算結果を図A-20～A-22に示す。図A-20は接合点7（部材6、ジョイント2）の圧力変化である。計算結果では時刻10 msecで負圧を与えており、これは本計算では液柱分離あるいはキャビテーションの発生を考慮していないためである。

図A-21は模擬中間熱交換器部での圧力変化（接合点16=部材15、ジョイント2）である。時刻約8 msecで圧力波が到達している。

図A-22は模擬過熱器部の圧力変化（接合点29=部材28、ジョイント2）である。時刻約12 msecより圧力に変化が現われているが、圧力源となる反応容器液面近傍での圧力（図A-19、PBOU(38.2)の圧力）が小さいため、模擬過熱器部での圧力も小さい。

以上の計算結果は計算上負圧を生ずる点を除いて、実験測定値とよく一致することが確認<sup>15)</sup>されている。



図A-18 圧力波伝播計算モデル

表 A-5 圧力波伝播サンプル計算入力データ

....\*....1....\*....2....\*....3....\*....4....\*....5....\*....6....\*....7....\*....8

```

==> SWACS SAMPLE CAL, CASE,5K,01 (SWAT=3,RUN3=ORIGINAL L=100 ) ==>
    1     8     0     0     0     1     0     0     0     0 10000
   31     8     1     20    100    10    300     0     0     0
   39     1     1
   44     1     0
   54     1     1
   58     1     1

      5     1     50,E=3

==> SWACS SAMPLE CAL, CASE,5K,01 (SWAT=3,RUN3=ORIGINAL L=100 ) ==>
    1    10    13     5     5    11     3     3     5     6     1     1
   11     4     2     1     1     2
   22    10   1006   6011  11022  22025  25026  28033  33039  25040  28041   6043
   32     3   11044  22045  33047
   42    10   1002   2003   3004   4005   5006   6007   7008   8009   9010  10011
   52    10  11012  12013  13014  14015  15016  16017  17018  18019  19020  20021
   62    10  21022  22023  23024  24025  25026  26027  27028  28029  29030  30031
   72    10  31032  32033  33034  34035  35036  36037  37038  38039  25040  28041
   82     6   6042   42043  11044  22045  33046  46047
   92    10     6     3     4     4     1     25     19     9     12     4
  102    10    12    22     9     2     5     33     7     2     11     79
  112    10    11    22    10     5     2     9     13     1     5     16
  122    10     4     5    55    26     48     9     10     2     2     22
  132     6     2     47     3     7     3     13
  164     5    -41    43    44    45    47
  175     2     0     1
  187     1     5
  201     2     1     40
  212     2     1     40
  237     4     2     1    39     50

      1     5,0,509     0,27     0,4     0,4     0,1
      6     5,2,5     1,944     1,08     1,376     0,5
     11     5,1,45     2,6     1,1     0,188     0,54
     16     5,3,3     0,66     0,188     1,3     9,2
     21     5,1,3     2,596     1,004     0,45     0,15
     26     5,0,8     1,1     0,1     0,5     1,6
     31     5,0,4     0,5     5,45     2,61     4,75
     36     5,0,94     1     0,15     0,15     2,2
     41     5,0,25     5,4     0,314     0,765     0,4
     46     1,1,46
     51     5,1616,69     1752,58     1752,58     1752,58     1752,58
     56     5,1752,58     1752,58     1752,58     1752,58     1752,58
     61     5,2034,73     2034,73     2034,73     2034,73     2034,73
     66     5,2034,73     2034,73     2034,73     2034,73     2034,73
     71     5,1752,58     1752,58     1752,58     1752,58     1752,58
     76     5,1515,82     1515,82     1629,11     1629,11     1752,58
     81     5,1752,58     1752,58     1752,58     1752,58     1752,58
     86     5,1752,58     1752,58     1713,39     1515,82     1752,31
     91     5,2034,73     2034,73     2034,73     2034,73     2034,73
     96     1,2034,73
    101     5,1,32732     3,24612    -2 3,24612    -2 3,24612    -2 3,24612    -2
    106     5,3,24612    -2 3,24612    -2 2,18128    -3 2,18128    -3 2,18128    -3
    111     5,2,18128    -3 2,18128    -3 2,18128    -3 2,18128    -3 3,24612    -2
    116     5,3,24612    -2 3,24612    -2 2,18128    -3 2,18128    -3 2,18128    -3
    121     5,2,18128    -3 2,18128    -3 3,24612    -2 3,24612    -2 4,1234    -1
    126     5,4,1234    -1 4,1234    -1 5,02655    -1 5,02655    -1 3,24612    -2
    131     5,3,24612    -2 3,24612    -2 3,24612    -2 3,24612    -2 3,24612    -2
    136     5,3,24612    -2 3,24612    -2 0,82665    4,1234    -1 7,9673    -2

```

.....1....\*,\*,2...,\*,\*,3...,\*,\*,4...,\*,\*,5...,\*,\*,6...,\*,\*,7...,\*,\*,8

141	5 2,18128	-3 2,18128	-3 2,18128	-3 2,18128	-3 2,18128	-3 2,18128	-3 2,18128
146	1 2,18128	-3					
151	5 1,3	0,2033	0,2033	0,2033	0,2033	0,2033	0,2033
156	5 0,2033	0,2033	0,0527	0,0527	0,0527	0,0527	0,0527
161	5 0,0527	0,0527	0,0527	0,0527	0,0527	0,0527	0,2033
166	5 0,2033	0,2033	0,0527	0,0527	0,0527	0,0527	0,4609
171	5 0,0527	0,0527	0,2033	0,2033	0,2033	0,2033	0,2033
176	5 0,4609	0,4609	0,8	0,8	0,8	0,2033	
181	5 0,2033	0,2033	0,2033	0,2033	0,2033	0,2033	
186	5 0,2033	0,2033	0,8164	0,4609	0,4609	0,3185	
191	5 0,0527	0,0527	0,0527	0,0527	0,0527	0,0527	
196	1 0,0527						
202	2 858,61	3,3129	-6				
249	1 13,						
255	2 0,3164	-0,25					
257	5 0,	0,05	0.	1,70482	-1 0,		
262	5 0,	1,70482	-1 0,	7,70482	-1 0,		
267	5 1,70482	-1 0,6	1,70482	-1 1,10329	0,		
272	5 0,	0,	0,05	3,40964	-1 5,11446	-1	
277	5 1,70482	-1 0,	0,	0,	0,		
282	5 0,	0,	0,	0,	9,31142	-1	
287	5 1,70482	-1 0,	1,70482	-1 3,40964	-1 1,70482	-1	
292	5 0,	0,	0,	0,	0,		
297	5 0,	1,70482	-1 0,	0,	0,		
302	1 1,70482	-1					
307	5=3,70	-4,289	-4,559	-4,959	-4,96663		
312	5=4,96054	-5,01624	-5,05339	-5,07394	-5,1002		
317	5=5,10974	-5,13746	-5,18701	-5,208	-5,02		
322	5=4,48	-1,18	-0,52	-0,332	-0,31707		
327	5=0,21143	-0,1965	-0,1667	-0,15517	-0,15		
332	5=0,3	-1,1	-2,2	-2,3	-2,8		
337	5=4,4	-4,8	-4,80584	-4,86951	-4,9		
342	5=0,15	-0,14031	-0,13	-0,28	0,		
347	5 0,	-5,21854	-5,21854	-5,10974	-0,1965		
352	2=5,20584	-5,20584					
358	9 15330,	17,85444	0,	0,	0,		
363	1 0,						
391	1 1,2						
401	2 1,66	1000,					
426	5 0,	4,79167	-4 0,75	-4 1,625	-3 1,79167	-3	
431	5 2,14583	-3 3,02083	-3 4,3125	-3 5,27003	-3 5,72917	-3	
436	5 6,04167	-3 6,6875	-3 7,29167	-3 8,20833	-3 9,99033	-3	
441	5 1,07917	-2 1,125	-2 1,16667	-2 1,29583	-2 1,40625	-2	
446	5 1,61458	-2 1,72917	-2 1,89792	-2 1,95417	-2 2,10417	-2	
451	5 2,22292	-2 2,32292	-2 2,375	-2 2,5	-2 2,575	-2	
456	5 3,201	-2 3,3264	-2 3,90996	-2 3,71548	-2 3,89121	-2	
461	5 4,20502	-2 4,43096	-2 4,58159	-2 4,70711	-2 5,09629	-2	
466	5 5,22176	-2 5,61088	-2 5,83682	-2 6,22594	-2 6,40167	-2	
471	5 6,69272	-2 6,97908	-2 7,68201	-2 8,38492	-2 9,79079	-2	
476	5 1,05773	2,4001	6,0001	1,78576	61 1,94376	61	
481	5 2,06976	61 1,98976	61 1,26576	61 3,09795	1,85795		
486	5 1,05755	4,05756	9,69756	1,18576	61 7,05756		
491	5 2,45756	1,05756	1,13756	6,49756	8,69756		
496	5 3,09756	2,05756	6,69756	6,69756	9,73756		
501	5 3,29756	3,05756	5,25756	5,49756	3,05756		
506	5 3,85756	4,45756	3,05756	4,69756	3,93756		
511	5 4,13756	4,05756	3,49756	4,09756	3,65756		
516	5 3,17756	3,05756	3,89756	3,49756	4,05756		
521	5 6,69272	6,97908	7,68201	8,38492	9,79079		
526	5 1,03351	1,03351	1,03351	1,03351	2,29351		

.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

531	5	2,83351	4,63351	4,23351	2,23351	1,43351
536	5	2,23351	3,03351	1,83351	3,23351	1,83351
541	5	3,43351	2,23351	2,23351	6,33514 -1	1,03351
546	5	2,43351	3,83351	1,83351	2,23351	3,03351
551	5	1,83351	1,83351	1,83351	1,83351	2,63351
556	5	2,23351	2,03351	1,83351	3,43351	1,43351
561	5	2,63351	2,03351	2,43351	2,23351	1,03351
566	5	2,23351	1,83351	1,83351	2,03351	2,43351
571	5	2,23351	1,83351	2,03351	2,23351	2,23351
606	2	1,0	9,8			

-112-

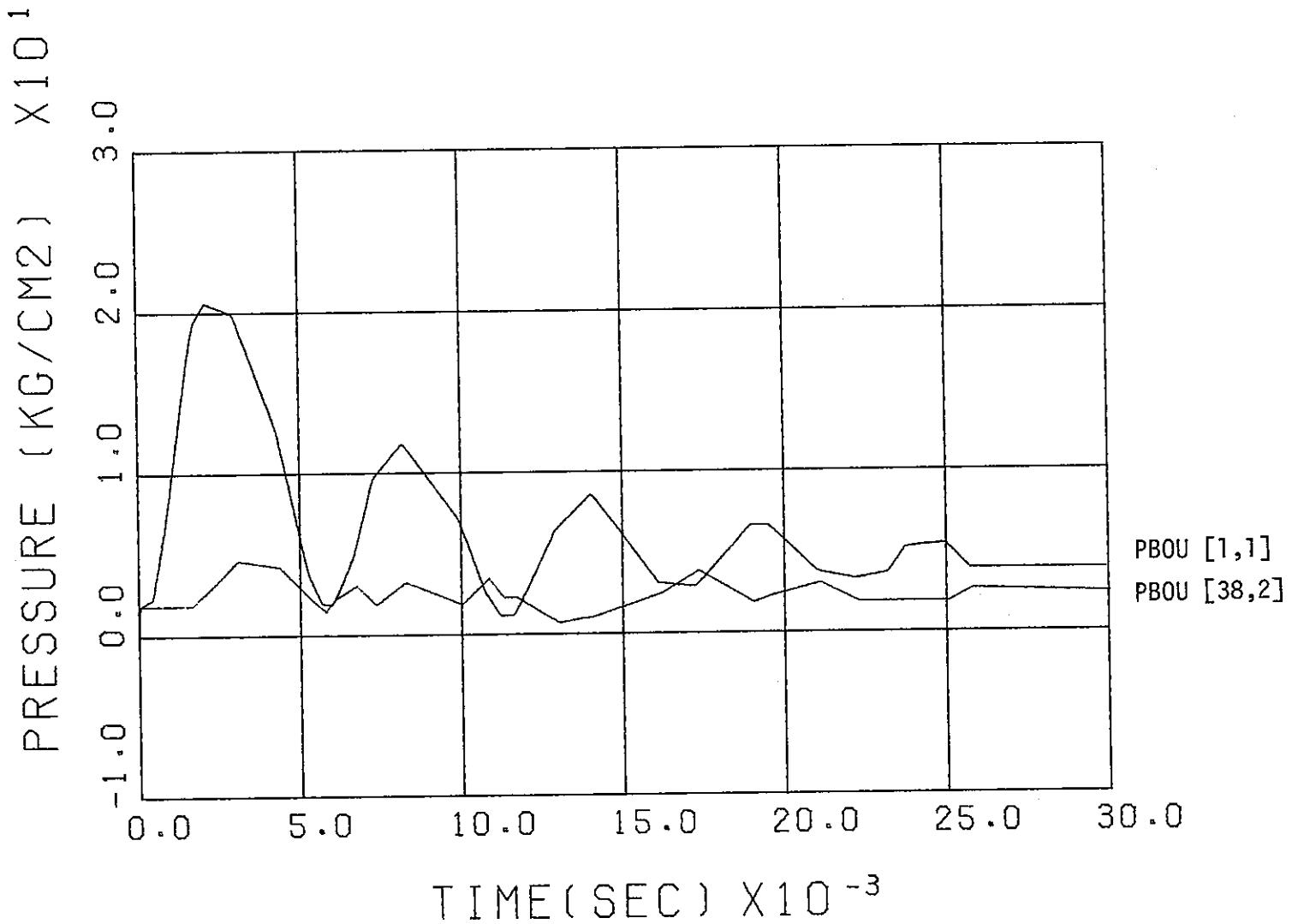


FIG. A-19 SWACS PRESSURE PROPAGATION CAL. [CASE. 5K. 01]  
PRESSURE IN EV [SOURCE PRESSURE]

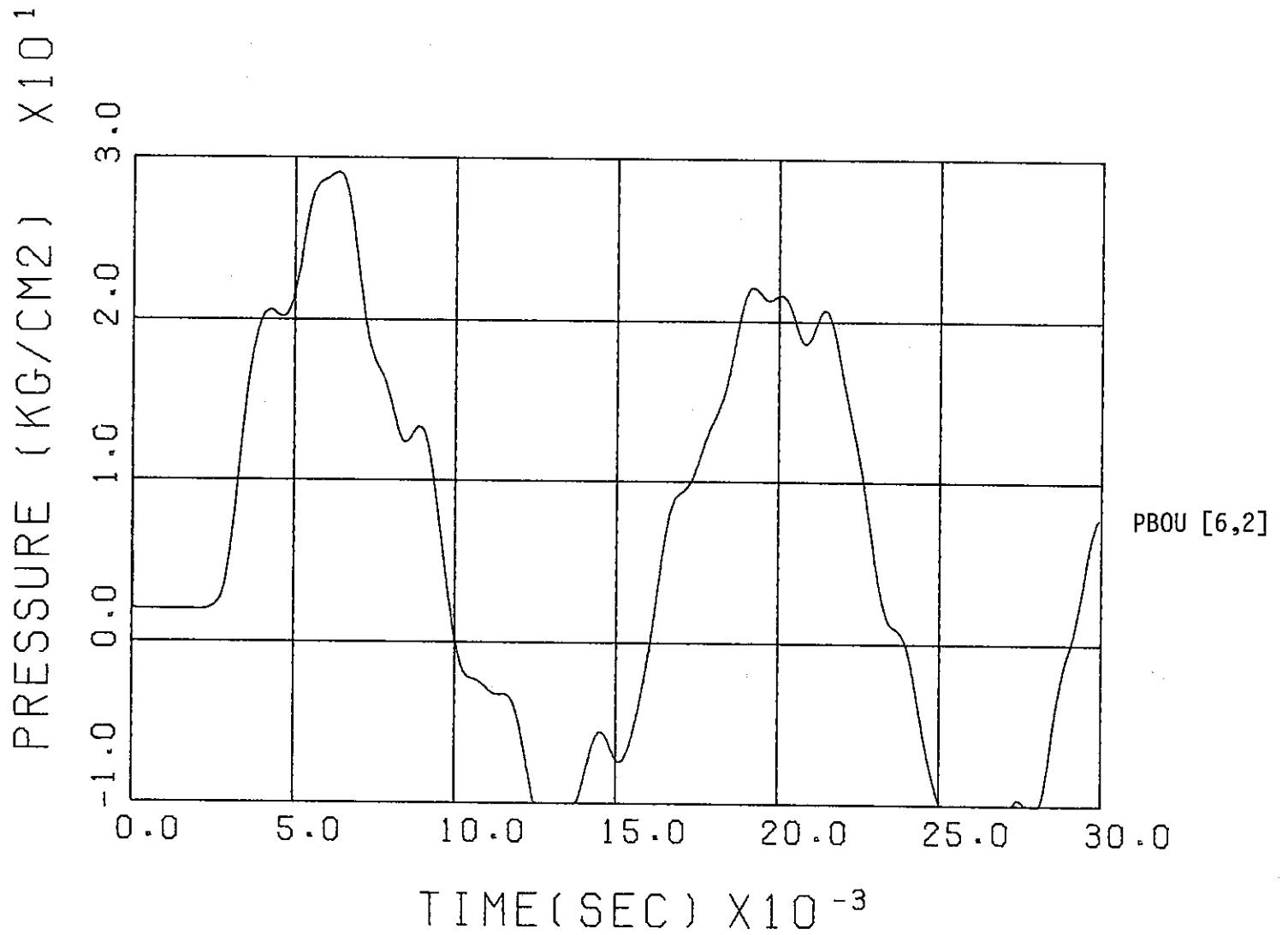


FIG. A-20 SWACS PRESSURE PROPAGATION CAL. [CASE. 5K. 01]  
PRESSURE IN COLD-LEG PIPING P[6,2]

-411-

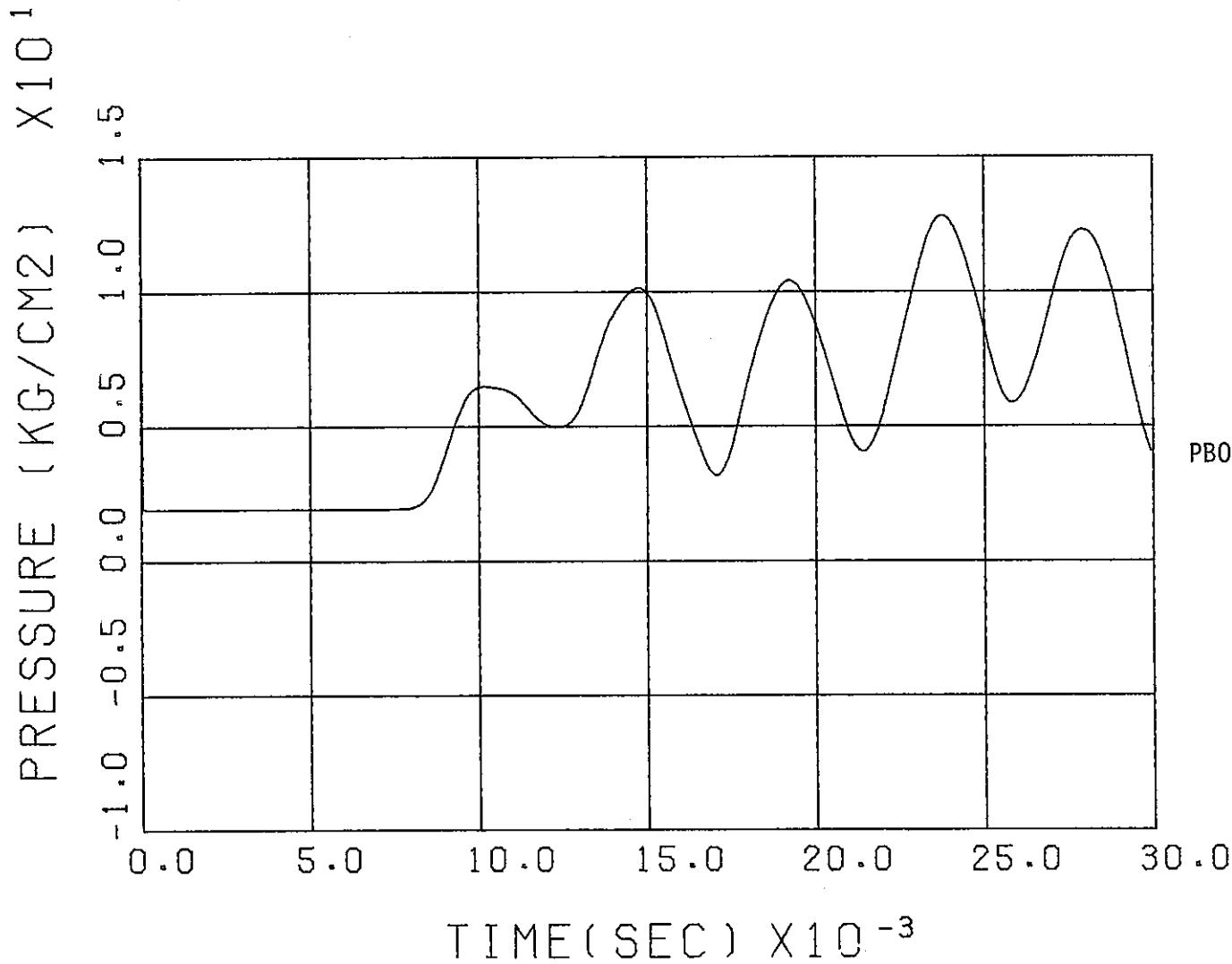


FIG. A-21 SWACS PRESSURE PROPAGATION CAL. [CASE. 5K. 01]  
PRESSURE IN IHX P[15,2]

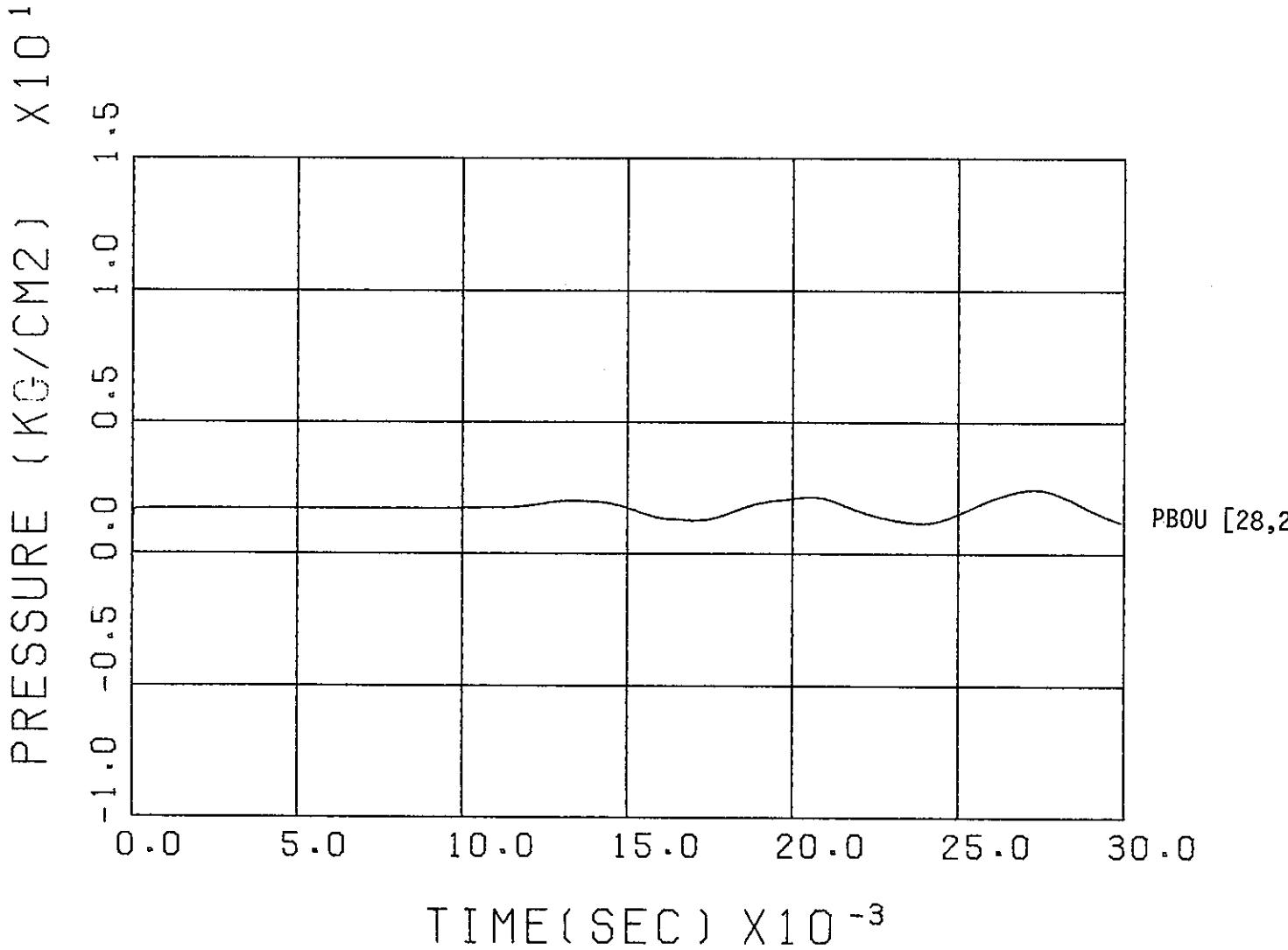


FIG. A-22 SWACS PRESSURE PROPAGATION CAL. [CASE. 5K. 01]  
PRESSURE IN SH P[28,2]

**A - 6 計算時間**

サンプル計算例として示した計算はすべて FACOM 230/58 計算機を用いて計算を実施した。

参考までに、各計算に要した計算時間 (C P U 時間) を下表に示す。

表 A - 6 サンプル計算の C P U 時間 (FACOM 230/58)

計算モジュール	計算モデル	ステップ数	C P U 時間	C P U / ステップ / メッシュ
水噴出率計算	46mesh	500step	4m 43s	$1.2 \times 10^{-3}$ (sec/step/mesh)
初期スパイク圧計算	1044mesh	3450step	46m 40s	$0.8 \times 10^{-3}$ (sec/step/mesh)
準定常圧計算	22node 31link	6000step	55m 34s	$1.8 \times 10^{-3}$ (sec/step/link)
圧力波伝播計算	621mesh	1170step	11m 26s	$1 \times 10^{-3}$ (sec/step/mesh)

## 付 錄 B. プロッタープログラムについて

## B - 1 概略

SWACSコードで計算された諸量の計算結果を図示するために SWACS. PLT が用意されている。

SWACS. PLT は横軸を時間にとり、任意のスケールで圧力、流速等の計算結果をプロットする。SWACS. PLT は CALCOMP プロッター用に作成されているが、他の標準的なプロッター用に変換することも容易である。

## B - 2 入出力手続

SWACS. PLT は SWACS コードの実行により作成されたプロッター用データ・ファイルを入力とする。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 によりプロッターをオンラインで作動させるか、オフラインとするかは計算機システムにより異なる。

I/O のフローチャートを図 B - 1 に示す。

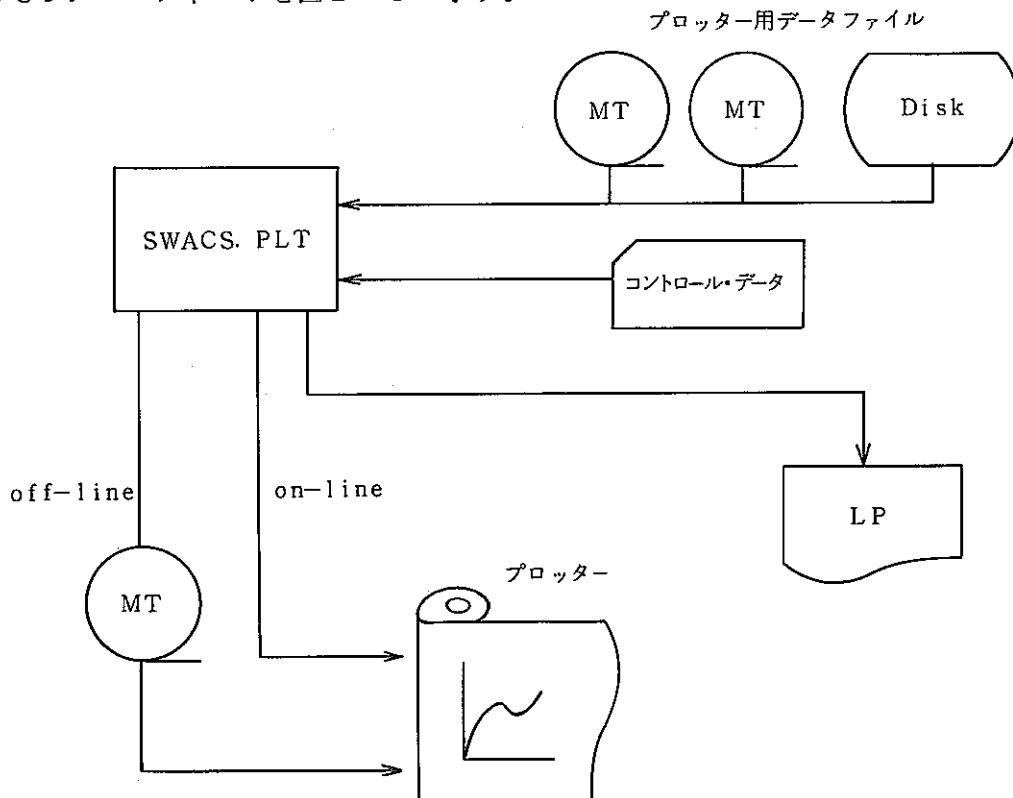
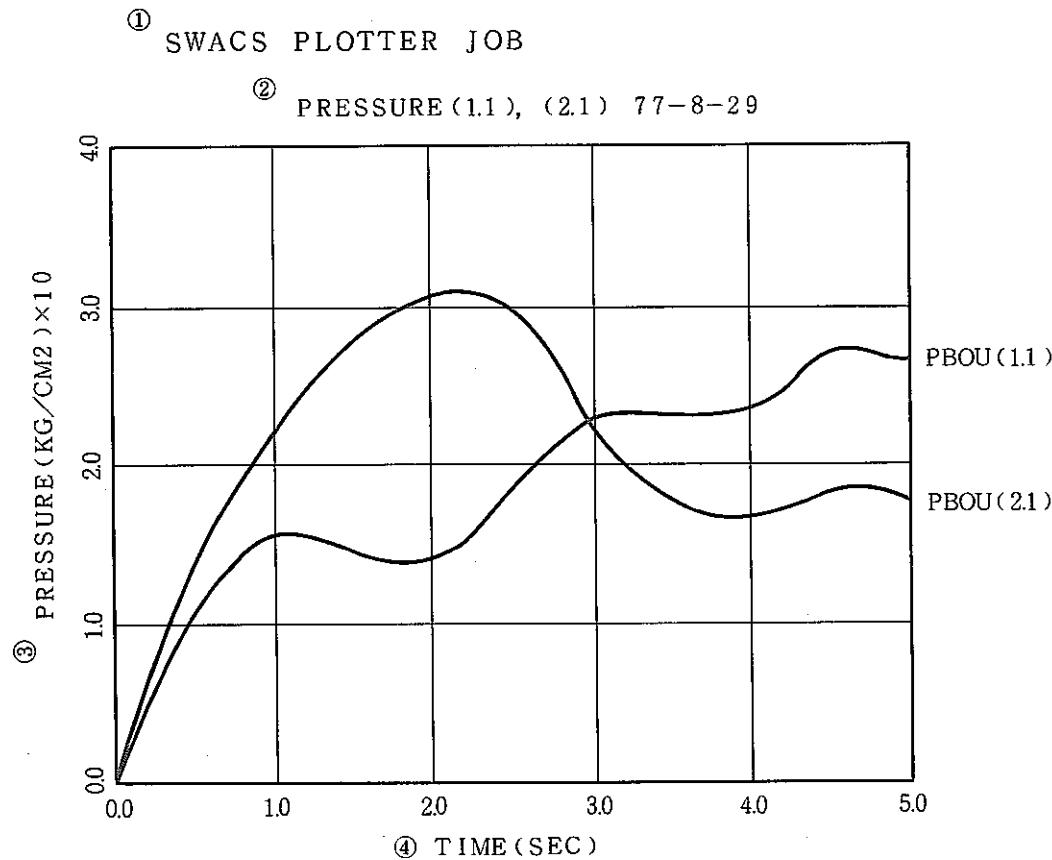


図 B - 1 プロッタージョブの I/O

## B - 3 プロット形式

図 B - 2 にプロット形式の例を示す。ここでタイトル文字はグラフの下部にかかすことでもできる。



(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 )

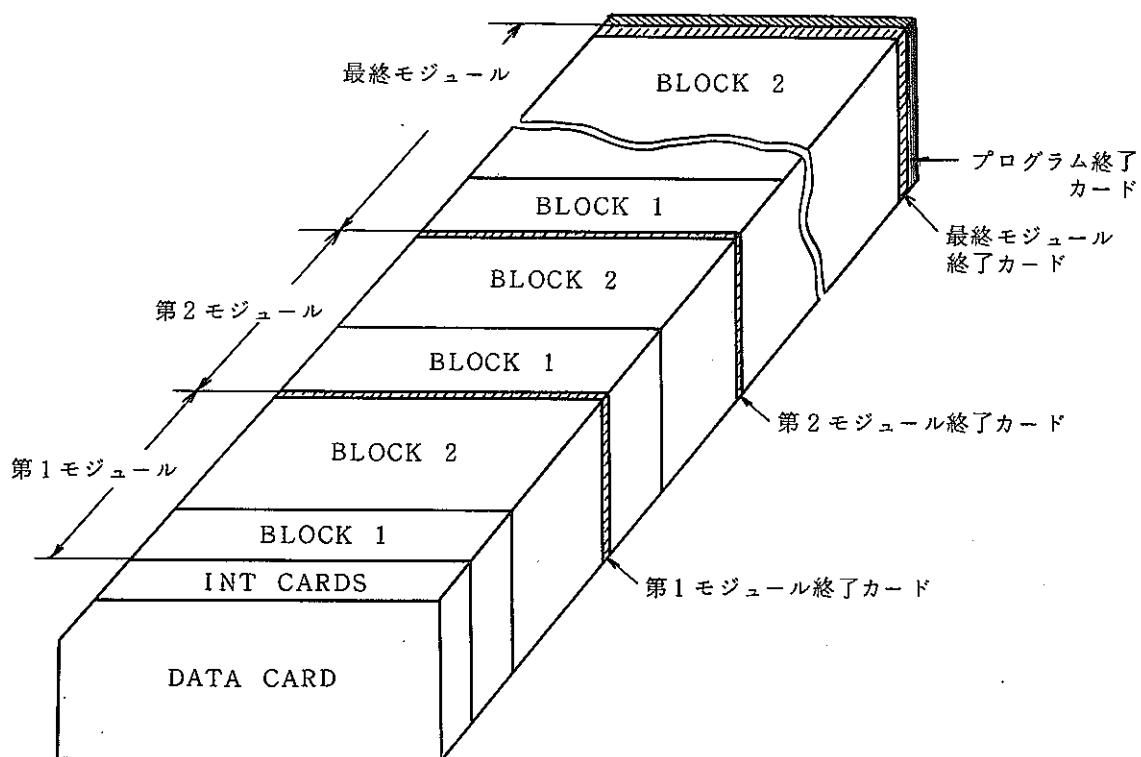
図 B - 2 プロット形式例

#### 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 プロッタープログラムデータカード・デック構成

## B - 4.1 INT. CARDS (2枚)

データ・カードデックの最初に入れる

1	C COM(1) ~ C COM (20)	20 A 4
2	XLENG, YLENG, IPTYPE	2 E 1 2 5, I 6

- C COM(1)~C COM (20) : データカードのタイトルで実行には関係ない。
- XLENG : X軸の長さ (cm)
- YLENG : Y軸の長さ (cm)
- IPTYPE = 0 グラフの上部にタイトル文字を入れる。  
= 1 グラフの下部 "

## B - 4.2 モジュール単位のカード構成

データカードデック中1つのモジュールは2つのブロックとモジュール終了カードより構成される。

## (i) BLOCK1 の構成 (2枚)

1	NMOD	NDX	XSTR	XLST	M1	2 I 6, 2 E 1 2 5, I 6
2		C(1) ~ C (20)				20 A 4

- NMOD = 5 圧力波伝播計算モジュールのプロット  
= 7 初期スパイク圧計算 "  
= 11 水噴出率計算 "  
= 13 準定常圧計算 "
- 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 ; 入力ユニット番号
- C(1)~C 20 : 共通タイトル  $\leq 80$  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とする。

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。

$$\text{XSCALE} = (\text{XLST} - \text{XSTR}) / \text{XLENG} \quad (\text{sec/cm})$$

(ii) BLOCK2 の構成

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  $2 \times N$  枚が BLOCK2 のカード枚数となる。

ただし、かさねがきをする時は 2 枚目のカードは不要でありその分だけ枚数は減る。

1.	NA	NB	NC	NPP	NDY	YSTR	YLST	516, 2E12.5
2.	C C(1)	~	C C (20)					20A4

- NA, NB, NC, : データを指定するパラメータ → B-5 項に示す。
- 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かさねてプロットする。  

この場合以下の NDY, YSTR, YLST は無効で  
 入力する必要はない。  
 また C C(1)~C C (20) も不要で、2 枚目のカ  
 ドはいらない。
- NDY : Y 軸分割数  $\geq 2$
- YSTR : Y 軸下端の値 (プロットの最小値)
- YLST : Y 軸上端の値 ( " 最大値)  
 $: Y$  軸スケール  $= (YLST - YSTR) / YLENG \quad (/cm)$
- C C(1)~C C (20)  
 $: \quad$  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。

NPP=0 の場合このカードは不要

(iii) モジュール終了カード (1 枚)

1	0	I 6
---	---	-----

ゼロカードを読むとモジュール終了とみなし、次に次のモジュールに移り、BLOCK1 のカードを読む。

B-4.3 プログラム終了カード (1 枚)

1	0	I 6
---	---	-----

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。従ってデータカードデッキの最後はモジュール終了のゼロカードとプログラム終了のゼロカードの 2 枚のゼ

ロカードが入ることになる。

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 NA, NB, NC の 3 つの整数で指定を行う。NA, NB, NC は表 B-1 ~ B-3 に示した整数で指定を行う。

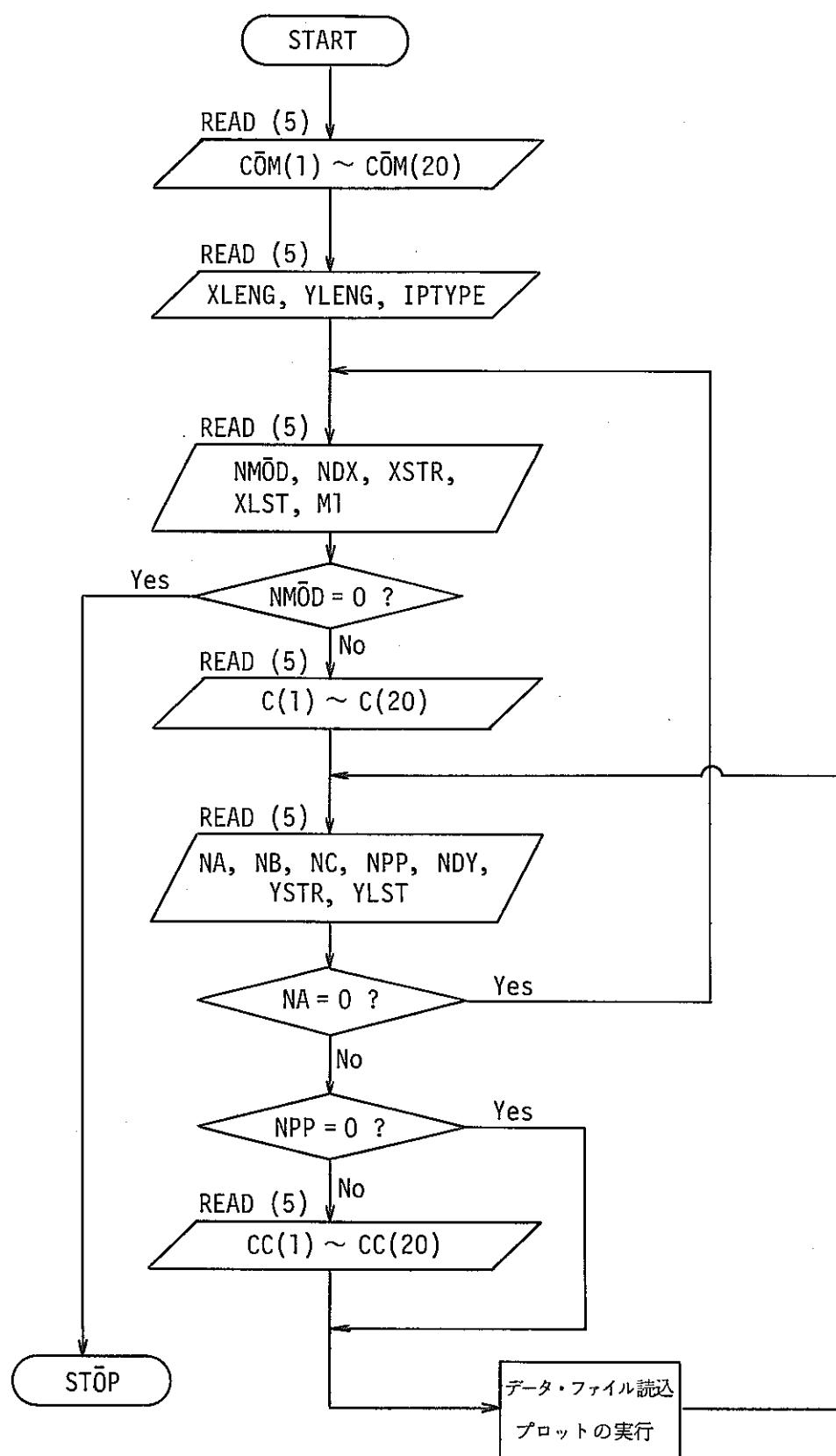
例、初期スパイク圧計算  $MN\bar{O}D = 7$

〔 気泡半径上側	NA = 16, NB = 1
圧力、部材 No. 5, J $\bar{O}$ INT 1	NA = 10, NB = 5, NC = 1
etc	

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し、次のデータのプロットに移る。

#### B-6 サンプル・インプット

付録 A で示した各プロットの作成のためのインプット・データを表 B-4 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 水噴出率計算プロッター用データ番号

No.	データ名	単位	NA	NB	NC
1	時刻	sec	1	_____	_____
2	流速	m/sec	2	_____	_____
3	圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	3	_____	_____
4	比エンタルピー	Kcal/kg	4	NB = 1	_____
5	比重量	kg/m <sup>3</sup>	5	：上流側伝熱管	NC : メッシュ番号
6	温度	℃	6	NB = 2	_____
7	ボイド率	-	7	：下流側伝熱管	_____
8	音速	m/sec	8	_____	_____
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	_____	_____

表 B - 2 初期スパイク圧／圧力波伝播計算プロッター用データ番号

No.	データ名	単位	NA	NB	NC
1	時刻	sec	1	_____	_____
2	自由液面レベル	m	2	自由液面番号	_____
3	自由液面圧力	kg/cm <sup>2</sup> a	3	"	_____
4	サージタンク・レベル	m	4	サージタンク番号	_____
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	"	_____
7	—	—	—	_____	_____
8	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又は2)
11	流速	m/sec	11	部材番号	ジョイント番号 (1又は2)
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	NB = 1 : 上半球 NB = 2 : 下半球	_____
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		_____

表 B - 3 準定常圧計算プロッター用データ番号

No.	データ名	単位	NA	NB	NC
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	_____	_____
5	水素ガス流量	kg/sec	5	_____	_____
6	ボイド率(リンク)	-	6	N B : リンク番号	_____
7	ナトリウム流速	m/sec	7	_____	_____
8	水素ガス流速	m/sec	8	_____	_____
9	流速(均質平均)	m/sec	9	_____	_____
10	圧力	kg/m <sup>2</sup> a	10	_____	_____
11	比重(均質平均)	kg/m <sup>3</sup>	11	_____	_____
12	水素ガス比重	kg/m <sup>3</sup>	12	_____	_____
13	水素ガス体積	m <sup>3</sup>	13	N B : ノード番号	_____
14	ナトリウム体積	m <sup>3</sup>	14	_____	_____
15	水素ガス重量	kg	15	_____	_____
16	ナトリウム重量	kg	16	_____	_____
17	ボイド率(ノード)	-	17	_____	_____

表B-4 サンプル計算のプロッター用入力データ

.....\*....1....\*....2....\*....3....\*....4....\*....5....\*....6....\*....7....\*....8

\*\* SWACS,PLT DATA FOR SAMPLE PROBLEM CALCULATION \*\*

FIG. 11 SWACS WATER INJECTION CAL. (CASE,11,01)

15.0	10.0	1	
11 5	0.0	50,E-3	21
9 0 0 1 5	0.0		10.0
WATER INJECTION RATE			
3 1 46	1 5	0.0	100.0
PRESSURE AT BREAK END P(1,46)			
3 1 23	1 5	0.0	100.0
PRESSURE AT MIDDLE OF TUBE P(1,23)			
0 7 5	0.0	10,E-3	22

FIG. 14 SWACS INITIAL PRESSURE CAL. (CASE,57,01)

14	1 4	0.0	20.0
WATER INJECTION RATE (INPUT)			
17 1 1 5	0.0		100.0
H <sub>2</sub> BUBBLE PRESSURE			
10 2 2 1 4	=10.0		30.0
PRESSURE NEAR SODIUM SURFACE P(2,2)			
10 7 2 1 4	=10.0		30.0
PRESSURE NEAR REACTION POINT P(7,2)			
10 12 2 1 4	0.0		40.0
PRESSURE AT LOWER PLENUM P(12,2)			
0 13 6	0.0	6.0	23

FIG. 10 SWACS QUASI-STADY PRESSURE CAL. (CASE,13,01)

10 10 1 4	0.0	8,0E+4	
PRESSURE AT COVER GAS ZONE IN EV P(10)			
10 15 1 4	0.0	8,0E+4	
PRESSURE AT COVER GAS ZONE IN SH P(15)			
10 22 1 4	0.0	8,0E+4	
PRESSURE IN REACTION PRODUCTS TUNK P(22)			
7 24 1 3	0.0		60.0
SODIUM VELOCITY IN RELIEF LINE VS(24)			
0 5 6	0.0	30,E-3	24

FIG. 10 SWACS PRESSURE PROPAGATION CAL. (CASE,5K,01)

10 10 1 1 1 4	=10.0	30.0	
PRESSURE IN EV (SOURCE PRESSURE)			
10 98 2			
10 6 2 1 4	=10.0		30.0
PRESSURE IN COLD-LEG PIPING P(6,2)			
10 15 2 1 5	=10.0		15.0
PRESSURE IN IMX P(15,2)			
10 28 2 1 5	=10.0		15.0
PRESSURE IN SH P(27,2)			
0 0			