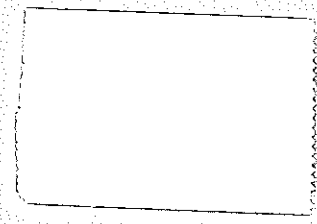
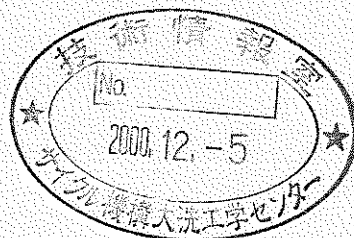


炉内ソースターム解析コード  
TRACER Version 1.0 使用説明書  
(マニュアル)



2000年7月



核燃料サイクル開発機構  
大洗工学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

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

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2000

炉内ソースターム挙動解析コード TRACER Version 1.0  
使用説明書  
(マニュアル)

中桐俊男\*、豊原大輔\*\*、宮原信哉\*

要 旨

高速炉（以下、FBR と略す）の燃料破損時に冷却材中に放出され、一次系内冷却材を経由してカバーガス空間へ至る核分裂生成物（以下、FP と略す）の種類とその量（炉内ソースターム）を機構論的に評価するための解析コードとして、TRACER (Transport phenomena of Radio-nuclides for Accident Consequence Evaluation of Reactor) を開発した。本報告書は、TRACER Version 1.0 の使用説明書として、同コードで扱われる計算モデル、インプット、アウトプットについて取りまとめたものである。

TRACER コードには、破損燃料ピンからの FP 放出挙動、放出された FP が希ガス気泡へ随伴または一次冷却材中へ溶解してカバーガスへ移行する挙動等を計算できるモデルが組み込まれている。

TRACER コードでは、燃料温度、燃料中の FP のインベントリ、一次冷却系の体系、冷却材温度、冷却材流量等を計算条件として、時刻歴の炉容器カバーガス中、一次系冷却材中および気泡中の FP 濃度が計算結果として得られる。

---

\* : 大洗工学センター 要素技術開発部 プラント安全工学グループ

\*\* : 原子力システム株式会社

# In-vessel Source Term Analysis Code TRACER Version 1.0 User's Manual

Toshio Nakagiri<sup>\*</sup>, Daisuke Toyohara<sup>\*\*</sup>,  
Shinya Miyahara<sup>\*</sup>

## Abstract

To evaluate the species and quantities of fission products (FPs) released into the cover gas in an LMFBR during fuel pin failure accidents (In-vessel Source Term), the computer code TRACER (Transport phenomena of Radionuclides for Accident Consequence Evaluation of Reactor) has been developed. This report presents a description of the computational models, input and output as the user's manual of TRACER version 1.0.

TRACER has the models for FPs release behavior from fuel pins, FPs transport behavior in inert gas bubbles and in coolant in primary system.

The users of TRACER need to specify the fuel temperature, FPs inventory in fuel pins, the geometry of primary system, coolant temperature and coolant flow rate. TRACER calculates the time histories of FPs concentration in cover gas, coolant and bubbles.

---

\* : Plant Safety Engineering Group, Advanced Technology Division, O-arai Engineering Center

\*\* : Nuclear Energy System Incorporated

## 目 次

1. はじめに	1
2. TRACER コードの概要	2
2.1 TRACER コードの使用言語およびプログラムのサイズ	2
2.2 TRACER コードのモデル	2
2.2.1 基本的変数の定義	3
2.2.2 燃料ペレット温度挙動モデル	4
2.2.3 燃料ペレットからの FP 放出モデル	4
2.2.4 燃料ピンギャップやガスプレナムからの FP 放出モデル	5
2.2.5 放出した FP が気泡や冷却材への移行計算	7
2.2.6 気泡の放出移行挙動モデル	7
2.2.7 気泡・カバーガス間の移行計算	12
2.2.8 冷却材・気泡間の移行計算	12
2.2.9 一次系冷却材中での FP 移行モデル	13
2.2.10 冷却材・カバーガス間の移行計算	13
2.2.11 崩壊計算	14
2.2.12 崩壊連鎖計算	14
2.2.13 エアロゾル生成モデル	14
2.2.14 エントレインメントにおけるエアロゾル減衰モデル	15
3. 入出力データ	18
3.1 入出力ファイルの論理基盤と実行方法	18
3.2 入力変数の説明	19
3.2.1 BLOCK0 (計算ケースのタイトル名の入力)	19
3.2.2 BLOCK1 (プログラム全体をコントロールする変数を入力)	19
3.2.3 BLOCK2 (計算体系、流路条件、カバーガス条件および気泡強制移行 オプションの指定)	25
3.2.4 BLOCK3 (物質数、量の指定)	26
3.2.5 BLOCK4 (燃料ピン体系、初期インベントリおよび 燃料ピン破損条件の指定)	26
3.2.6 BLOCK5 (気泡ソースデータの指定)	28
3.2.7 BLOCK6 (エアロゾルの粒径分布の指定) および BLOCK7 (エアロゾルの物性および形状係数の指定)	28
3.2.8 BLOCK8 (エントレインメントに関する指定)	28
3.3 アウトプット変数	29
4. 謝辞	31
5. 参考文献	32
Appendix.1 サンプル計算	85

## 図表一覧

## 表一覧

表2.1	FP 放出速度係数	33
表2.2	ドラック係数の計算式	36
表2.3	報告書内容とソースプログラム内の崩壊連鎖における親核種、娘核種および半減期	37
表3.1	入出力ファイルの論理基盤	38
表3.2	BLOCK1 の入力変数	38
表3.3	BLOCK2 の入力変数	45
表3.4.1	BLOCK3 の入力変数	49
表3.4.2	TRACER コードで設定されている物質の引用番号	50
表3.5	BLOCK4 の入力変数	51
表3.6	BLOCK5 の入力変数	53
表3.7	BLOCK6 の入力変数	54
表3.8	BLOCK7 の入力変数	55
表3.9	BLOCK8 の入力変数	55
表3.10	計算ステップ数、計算時間等の出力結果	57
表3.11	燃料ピン等の計算結果	57
表3.12	燃料ピンおよびギャップ中に関連する計算結果	57
表3.13	燃料ピンおよびギャップ中に関連する計算結果	58
表3.14	IOPT (6) (燃料ピン計算オプション) 使用時に必ず出力される計算結果	58
表3.15	新たに発生した気泡群の体積と直径の計算結果	59
表3.16.1	計算時間 t までに発生した気泡の数	59
表3.16.2	気泡形状および速度等の計算結果	59
表3.16.3	各冷却材メッシュ中の気泡内の物質毎のモル数	60
表3.16.4	各冷却材メッシュ中の気泡内の物質毎のモル濃度	61
表3.17.1	径内冷却材中 FP 濃度	61
表3.17.2	径内冷却材中 FP モル濃度	62
表3.18.1	径内気泡中の物質毎の合計モル数	62
表3.18.2	径内気泡中の物質毎の平均の体積モル濃度	63
表3.19	Ci 変換したFPの放出結果	63
表3.20	Ci 変換した各冷却材メッシュの物質毎の合計 (冷却材 + 気泡)	64
表3.21.1	Ci 変換した径内冷却材中 FP モル濃度	65
表3.21.2	Ci 変換した径内気泡中の物質毎の平均の体積モル濃度	66
表3.21.3	径内の合計 (気泡中 + 冷却材中) 物質毎の平均の体積モル濃度	67
表3.22.1	カバーガス内物質の計算結果	67
表3.22.2	カバーガス内雰囲気気状態	68

表3.22.3 各メッシュからカバーガス内へ移行する物質毎の割合	．．．．．68
表3.23 集合体内のエントレイン時の各計算値	．．．．．69

**図一覧**

図2.1 TRACER コード計算機能	．．．．．73
図2.2 NUREG-0772 モデル概念図	．．．．．74
図2.3 気泡膨張の模式図	．．．．．75
図2.4 左辺第2項（流入項）取扱例	．．．．．76
図2.5 エントレインモデルの概要	．．．．．77
図3.1 入力データの構成	．．．．．78
図3.2 BLOCK1 の入力変数と計算の関連図	．．．．．79

## 1. はじめに

高速炉（以下、FBRと略す）の燃料破損時にナトリウム中に放出される放射性物質の挙動は、燃料破損の速やかな検出によるプラント異常事象の防止、保守時の被曝線量の低減、および事故時に放出される放射性物質の量評価等に関して重要である。このため、燃料破損時に冷却材中に放出され、一次系内冷却材を経由してカバーガス空間へ至る核分裂生成物（以下、FPと略す）の種類とその量（炉内ソースターム）をより現実的に評価するための解析コードの開発を目的として、これらのFP移行過程で起こる物理的・化学的挙動を機構論的に取り扱う解析コードTRACER（Transport phenomena of Radio-nuclides for Accident Consequence Evaluation of Reactor）を開発した。

TRACERコードでは、燃料から放出されたFPがカバーガスへ至る過程のうち、以下のものを機構論的に取り扱うことが可能である。

- (1) 燃料ペレット、燃料ピンギャップおよびガスプレナムからのFP放出
- (2) 燃料ピンから放出されたFPの気泡および冷却材への移行
- (3) 気泡の生成、移行挙動
- (4) 冷却材・気泡間のFP移行挙動
- (5) 気泡・カバーガス間のFP移行挙動
- (6) 一次冷却系内FP移行挙動
- (7) 冷却材・カバーガス間移行挙動
- (8) FP崩壊挙動（含む崩壊連鎖挙動）
- (9) エアロゾル生成挙動
- (10) エントレインメントによるエアロゾル減衰挙動

本報告書では、2章でコード内で使用しているモデル式、3章で入出力データについて説明する。また、Appendix.1にサンプル計算結果をまとめた。



## 2. TRACER コードの概要

TRACER コードについて、以下に、使用言語およびプログラムサイズを 2.1 項に、モデルの内容を 2.2 項にそれぞれ示す。

### 2.1 TRACER コードの使用言語およびプログラムのサイズ

使用言語 : FORTRAN77

プログラムサイズ : 約6,000 KB

使用 OS : UNIX

(現状で動作確認を行ったのは、OS に DIGITAL UNIX 4.0 を使用した DEC 社製 VT-ALPHA600 )

### 2.2 TRACER コードのモデル

TRACER コードは、燃料破損時に炉内カバーガス空間へ放出される FP (炉内ソースターム) を評価するものであり、以下の a~l に示すモデルが組み込まれている。ただし、「k. エアロゾル生成モデル」と「l. エントレインメントにおけるエアロゾル減衰モデル」は、単体でのみ使用可能である。モデルの使用される箇所を図 2.1 に示す。

- a. 燃料ペレット温度挙動モデル
- b. 燃料ピンと燃料ピンギャップおよびガスプレナムからの FP 放出モデル
- c. 放出した FP の気泡および冷却材への移行計算
- d. 気泡の放出移行挙動モデル
- e. 気泡・カバーガス間の移行計算
- f. 冷却材・気泡間の移行計算
- g. 冷却材流動モデル
- h. 冷却材・カバーガス間移行計算
- i. 崩壊計算
- j. 崩壊連鎖計算
- k. エアロゾル生成モデル
- l. エントレインメントにおけるエアロゾル減衰モデル

a~l のモデルの内容を以下の項で述べる。

## 2.2.1 基本的変数の定義

計算モデル等の説明にあたり、使用する主要な変数とその意味について、以下に定義する。

## (1) 燃料ペレットおよび燃料ピンギャップ

- $n$  : 燃料ピン軸方向のメッシュ番号、 $n=1, nf$
- $i$  : 燃料ピンチャンネル番号、 $i=1, ifu$
- $ifuel$  : 燃料ピンが存在する冷却材メッシュの番号
- $Tfu(n, i)$  : 時間  $t$  における燃料ピン温度 (K)
- $Tfu0(n, i)$  : 初期燃料ピン温度 (K)
- $np(m)$  : 燃料ピンギャップおよびガスプレナム内に存在する物質  $m$  のモル数 (mol)
- $nt(m)$  : 燃料ペレットおよび燃料ピンギャップから放出した物質  $m$  のモル数 (mol)

## (2) 気泡に関する変数

- $k$  : 気泡グループ番号、 $k=1, kbln$
- $ish(k)$  : 気泡形状番号 (1:球形、2:楕円形、3:球笠)
- $icb(k)$  : 気泡グループ  $k$  が現在存在するメッシュ番号
- $Vb(k)$  : 気泡グループ  $k$  に含まれる気泡1個の体積 ( $m^3$ )
- $Tb(k)$  : 気泡グループ  $k$  に含まれる気泡の温度 (K)
- $Pb(k)$  : 気泡グループ  $k$  に含まれる気泡の圧力 (Pa)
- $db(k)$  : 気泡グループ  $k$  に含まれる気泡の等価直径 (m)
- $ANb(k)$  : 気泡グループ  $k$  に含まれる気泡個数
- $Ub(k)$  : 気泡グループ  $k$  の X 軸方向の移動速度 (m/s)
- $Wb(k)$  : 気泡グループ  $k$  の Y 軸方向の移動速度 (m/s)
- $Xb(k)$  : 気泡グループ  $k$  の X 軸座標 (m)
- $Zb(k)$  : 気泡グループ  $k$  の Z 軸座標 (m)
- $R(t)$  : 時刻  $t$  における気泡半径

## (3) 冷却材に関する変数

- $i$  : 冷却材メッシュ番号、 $i=1, icmax$
- $X(i)$  : 冷却材メッシュ  $i$  の中心位置の X 軸座標 (m)
- $Z(i)$  : 冷却材メッシュ  $i$  の中心位置の Z 軸座標 (m)
- $Xc(i)$  : 冷却材メッシュ  $i$  の X 方向のメッシュ巾 (m)
- $Zc(i)$  : 冷却材メッシュ  $i$  の Z 方向のメッシュ巾 (m)
- $Uc(i)$  : 冷却材メッシュ  $i$  の X 方向の冷却材の流速 (m/s)
- $Wc(i)$  : 冷却材メッシュ  $i$  の Z 方向の冷却材の流速 (m/s)
- $Pc(i)$  : メッシュ  $i$  における冷却材圧力 (Pa)
- $Vc(i)$  : メッシュ  $i$  の冷却材部の体積 ( $m^3$ )
- $Tc(i)$  : メッシュ  $i$  における冷却材温度 (k)

## (4) カバーガスに関する変数

- icover : カバーガス雰囲気が存在するメッシュ番号  
 Vg : カバーガス体積 (m<sup>3</sup>)  
 Hg : カバーガス高さ (m)  
 Pg : カバーガス圧力 (Pa)  
 Tg : カバーガス温度 (K)

## (5) 物質に関する変数

- m : 物質指定番号、m = 1, mxnt  
 nb (m, k) : 気泡 k 内の物質 m のモル数 (mol)  
 nc (m, i) : メッシュ i での冷却材内の物質 m のモル数 (mol)  
 ng (m) : カバーガス内での物質 m のモル数 (mol)  
 Cb (m, k) : 気泡 k 内の物質 m のモル濃度 (mol/m<sup>3</sup>)  
 Cc (m, i) : メッシュ i での冷却材内の物質 m のモル濃度 (mol/m<sup>3</sup>)  
 Cg (m, i) : カバーガス内の物質 m のモル濃度 (mol/m<sup>3</sup>)

## 2.2.2 燃料ペレット温度挙動モデル

TRACER コードでは、冷却材メッシュ中で、複数体の燃料集合体内の燃料ピンを複数個の単チャンネルでモデル化している。

各時間における燃料温度は、入力で指定した各チャンネルにおける初期燃料ピン温度と温度変化係数（初期温度と各時刻の当該燃料ピン温度の比率）から (1) 式により算出される。各時刻の温度変化係数は入力テーブルにより与えられる。

$$T_{fu}(n, i) = f(t) \cdot T_{fu0}(n, i) \quad (1)$$

f(t) : 時間 t における初期温度に対する温度変化係数 (-)

## 2.2.3 燃料ペレットからの FP 放出モデル (モード 1)

燃料ペレットからの直接放出については、NUREG-0772 モデル<sup>d)</sup> を使用して、燃料温度の関数として、放出割合を求める。すなわち、燃料温度 T に依存した放出速度係数 K (T) によって、着目温度での燃料内残留核種の 1 分間当たりの放出割合によって放出速度を与え、放出速度係数は (2) 式で表す。

$$K(t) = -\ln(1-F) / t \quad (2)$$

- F : 等温加熱による全放出割合 (-)  
 t : 加熱時間 (min)  
 K(t) : 放出速度係数 (-)

$$K(t) = A \cdot \exp(B \cdot T) \quad (3)$$

A : 定数 (1/min)

B : 定数 (1/°C)

T : 燃料温度 (°C)

図2.2に NUREG-0772 モデル概念図と本モデルで使用した放出速度係数の温度依存性を示し、放出速度係数を表 2.1 に示す。

#### 2.2.4 燃料ピンギャップおよびガスプレナムからの FP 放出モデル (モード 2)

燃料ピンギャップおよびガスプレナムからの FP 放出に関して、2 種類の FP 放出率の計算方法を使用している。1つは、ピンギャップおよびガスプレナムからピン外へのガスの放出速度から計算する方法で、他方が、入力により直接設定する方法である。

##### (1) ガス放出速度から計算する方法

ピンギャップおよびガスプレナムからピン外へのガス放出速度から計算する方法について以下に述べる。

ガスプレナムおよびギャップからの FP の放出モル数は、次式で求められる。

$$d [n_p(m, i)] / dt = \text{frg}(m, i) \cdot d [N_{pg}(i)] / dt \quad (4)$$

$n_p(m, i)$  : 燃料ピン  $i$  のガスプレナムおよびギャップ内に存在する物質  $m$  のモル数 (mol)

$\text{frg}(m, i)$  : 燃料ピン  $i$  のガスプレナムおよびギャップ内の物質  $m$  のモル分率 (-) (=  $n_{pg}(m, i) / N_{pg}(m, i)$ )

$N_{pg}(i)$  : 燃料ピン  $i$  のガスプレナムおよびギャップ内に存在する全物質のモル数 (mol) (=  $\sum n_{pg}(m, i)$ )

$d [N_{pg}(i)] / dt$  は、次式で求められる。

$$d [N_{pg}(i)] / dt = \{P_{in}(i) \cdot d [V_{pl}(i)] / dt\} / [R \cdot T_{in}(i)] \quad (5)$$

$P_{in}(i)$  : チャンネル  $i$  のガスプレナムおよびギャップ内圧力 (Pa)

$V_{pl}(i)$  : 燃料ピン  $i$  のガスプレナムおよびギャップ内体積 ( $\text{m}^3$ )

R : ガス定数 (8.317 J/mol/K)

$T_{in}$  : チャンネル  $i$  のガスプレナムおよびギャップ内温度 (K)

$$d [V_{pl}(i)] / dt = \{d [m_p(i)] / dt\} / \rho(i) \quad (6)$$

$m_p(i)$  : チャンネル  $i$  のガスプレナムおよびギャップ内の全物質の質量 (kg)  
 $\rho(i)$  : ガスプレナムおよびギャップ内ガス密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$$d[m_p(i)]/dt = -A_{or} \cdot G_{mas}(i) \quad (7)$$

$A_{or}$  : 破損部等価面積 ( $\text{m}^2$ )  
 $G_{mas}(i)$  : 単位面積当たりの質量流量 ( $\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$ )

$$\rho(i) = P_{in}(i) / [G_{con}(i) \cdot T_{in}(i)] \quad (8)$$

$$G_{con}(i) = R / A_{vm}(i) \quad (9)$$

$$A_{vm}(i) = \sum [f_{rg}(m, i) \cdot M(m)] \quad (10)$$

$A_{vm}(i)$  : チャンネル  $i$  内に存在する物質の平均分子量 (-)  
 $M(m)$  : 物質  $m$  の分子量 (-)

$$G_{mas}(i) = P_{in}(i) \cdot M_i(i) \cdot [G_{am}(i)]^{1/2} / [G_{con}(i) \cdot T] \quad (11)$$

$G_{am}(i)$  : 比熱比 ( $C_p / C_v$ )  
 $M_i(i)$  : プレナム出口でのマッハ数 (-)

$M_i(i)$  は、unchoked flow と choked flow により計算方法が異なる。unchoked flow と choked flow の判定は、破損口でのマッハ数を使用して以下のように行う。

$$M_0(i) \leq 1. / [g_{am}(i)]^{1/2} : \text{unchoked flow (音速以下)} \quad (12)$$

$$M_0(i) > 1. / [g_{am}(i)]^{1/2} : \text{choked flow (音速以上)} \quad (13)$$

$M_0(i)$  : 破損口でのマッハ数 (-)

$$M_0(i) = [M_i(i)]^2 / [P_{t0}(i) / P_{in}(i)] \quad (14)$$

$P_{t0}(i)$  : 前タイムステップにおけるチャンネル  $i$  の圧力 (Pa)

それぞれの場合  $M_i(i)$  の計算式を以下に示す。

(unchoked flow の場合)

$$4 \cdot F_{rc}(i) \cdot C_{len}(i) / H_{yd}(i) = [1.0 - (P_{t0}(i) / P_{in}(i)) / G_{am}(i) / [M_i(i)]^2 + \ln [P_{ot}(i) / P_{in}(i)]^2] \quad (15)$$

(choked flow の場合)

$$4 \cdot \text{Frc}(i) \cdot \text{Clen}(i) / \text{Hyd}(i) = 1.0 / \text{gam}(i) / [\text{Mi}(i)]^2 + \ln [\text{gam}(i) \cdot \text{Mi}(i)^2] - 1 \quad (16)$$

$\text{Frc}(i)$  : ギャップ部の抵抗係数

$\text{Clen}(i)$  : 破損部間距離 (m)

$\text{Hyd}(i)$  : 燃料ピンギャップ部の等価直径 (m)

燃料ピンギャップ部の等価直径は次式から算出される。

$$\text{Hyd}(i) = 4A / \text{Pe} \quad (17)$$

$A$  : 等価断面積 ( $\text{m}^2$ )

$\text{Pe}$  : ぬれぶち長さ (m)

## (2) 入力により設定する方法

入力により設定する場合には、燃料ピンから放出される FP の放出割合 ( $\text{DSORXC}(m, i)$  : 一定) で与える。

### 2.2.5 放出した FP の気泡や冷却材への移行計算

上記の 2.2.3 項および 2.2.4 項で計算された冷却材への放出 FP 量は、入力で指定した「放出した FP が冷却材へ移行する割合」を使用した次式で、それぞれ、冷却材中、気泡中へ振り分けられる。計算は物質ごとに全チャンネルでの放出量を分配する。

$$d[\text{nc}(m)] / dt = \text{fc}(m) \cdot d[\text{nt}(m)] \quad (18)$$

$$d[\text{ntb}(m)] / dt = [1 - \text{fc}(m)] \cdot d[\text{nt}(m)] \quad (19)$$

$\text{nt}(m)$  : 全燃料ピンから放出された物質  $m$  のモル数 (mol)

(=  $\text{nt1}(m) + \text{nt2}(m)$ )

$\text{nt1}(m)$  : 燃料ペレットからの直接放出モル数 (mol) (モード 1)

$\text{nt2}(m)$  : プレナムおよびギャップからの放出モル数 (mol)

(モード 2)

$\text{fc}(m)$  : 放出した物質  $m$  が冷却材へ移行する割合 (-)

$\text{ntb}(m)$  : 時間  $dt$  の間に放出した物質  $m$  が気泡へ移行するモル数 (mol)

### 2.2.6 気泡の放出移行挙動モデル

TRACER では、時間  $\Delta t$  の間に燃料ピンから放出された不活性ガスおよび FP 量を、予めインプットで指定した気泡個数で割ることによって気泡体積を算出し、この同一タイム

ステップに含まれる気泡を一つの気泡グループ (k) と定義する。同一のタイムステップに放出された気泡の体積はすべて同じである。この気泡グループの概念を図 2.3 に示す。

### (1) 気泡の生成条件

気泡が生成するのは、時間  $\Delta t$  の間に放出される気泡中の全 FP 量 ((19) 式で求めた  $d[\text{ntb}(m)] / dt$  を全物質について合計したもの) から算出される気泡体積および補正された気泡体積が、入力で指定した気泡の最小体積よりも大きい場合である。

$$V_b > \text{ROPT}(1) \quad (20)$$

ROPT(1) : 入力で指定した気泡の最小体積 ( $\text{m}^3$ )

#### (a) 気泡体積の算出

$$V_b = \{ [\sum_{m=1, \text{mxmt}} d[\text{ntb}(m)/dt] \cdot R \cdot [T_c(\text{ifuel}) / P_c(\text{ifuel})] \cdot \Delta t \} / \text{ANb}(k) \quad (21)$$

ANb(k) : 気泡グループ k の気泡個数 (個) (入力で指定)

#### (b) 気泡体積の補正

$$\text{ANbr}(k) = \text{AN} \cdot \text{ROPT}(2) \quad (22)$$

ANbr(k) : 補正された気泡グループ k の気泡個数 (個)

ROPT(2) : 入力で指定した気泡個数補正係数 (-)

$$V_{br} = V_b \cdot \text{ANb}(k) / \text{ANbr}(k) \quad (23)$$

$V_{br}$  : 補正された気泡体積 ( $\text{m}^3$ )

### (2) 気泡中の FP の物理形態

気泡中の FP の物理形態としては凝縮性ガス、非凝縮性ガス、エアロゾル粒子を考慮する。化学種は k 種、各化学種に対する核種の数は一種類とし、同一化学種については、物理的に同一の振る舞いをすると仮定する。エアロゾル粒子については、同一平均径を仮定する。

### (3) 冷却材中の気泡移行挙動

#### (a) Z 方向の移動速度

冷却材中の気泡の Z 軸方向の移動速度については、気泡と冷却材の相対速度と冷却材の流動速度を合計することにより求める。

気泡と冷却材の相対速度については、気泡の上昇方程式により算出する。

$$[m_b + \text{ROPT}(3) \cdot m_c] \cdot (\partial U_r / \partial t) = (m_c - m_b) \cdot g - C_d \cdot (\pi / 8) \cdot d_e^2 \cdot \rho_c \cdot U_r^2 \quad (24)$$

- $m_b$  : 気泡ガスの質量 (kg)  
 $m_c$  : 気泡が存在するメッシュの冷却材の質量 (kg)  
 $\text{ROPT}(3)$  : 気泡の移行に関する運動方程式における慣性項の冷却材質量の負荷割合 (-)  
 $U_r$  : 気泡の Z 軸方向の相対速度 (m/s)  
 $g$  : 重力加速度 (9.8 m/s<sup>2</sup>)  
 $C_d$  : ドラッグ係数 (-)  
 $d_e$  : 気泡の直径 (m)  
 $\rho_c$  : 冷却材の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$C_d$  (ドラッグ係数) 一覧表を表 2.2 に示す。ドラッグ係数は、 $Re$  の関数より求める方法と気泡形状<sup>2)</sup>により求める方法の2つあり、入力により選択する。

気泡の移動速度は、上で求めた相対速度と冷却材の流動速度を合計して算出する。

$$W_b(k) = U_r + W_c[\text{icb}(k)] \quad (25)$$

$W_b(k)$  : 気泡グループ  $k$  に含まれる気泡の Z 方向の移動速度 (m/s)

#### (b) X 方向の移動速度

X 軸方向の移動速度は、暫定的に気泡の X 軸方向の速度 ( $U_b(k)$ ) を冷却材の流速と同じにする (相対速度をゼロとする) 次式で計算をしている。

$$U_b(k) = U[\text{icb}(k)] \quad (26)$$

また、冷却材との相対速度を計算する方法も使用可能であるが、タイムステップが粗い計算で振動および発散するため、現在はコメント化している。

$$[m_b + \text{ROPT}(3) \cdot m_c] \cdot U_b(k) = -C_d \cdot (\pi / 8) \cdot d_e^2 \cdot \rho_c \cdot U_r^2 \quad (27)$$

(25) 式および (26) 式で求めた現タイムステップでの移動速度と前タイムステップの移動速度の平均から、(28) 式、(29) 式で、現タイムステップでの気泡  $k$  の  $x, z$  座標を求める。

$$X_b(k) = X_{b0}(k) + 0.5 \cdot [U_b(k) + U_{b0}(k)] \cdot dt \quad (28)$$

$$Z_b(k) = Z_{b0}(k) + 0.5 \cdot [W_b(k) + W_{b0}(k)] \cdot dt \quad (29)$$



$Xb_0(k)$  : 前タイムステップでの気泡の X 軸座標 (m)

$Zb_0(k)$  : 前タイムステップでの気泡の Z 軸座標 (m)

$Ub_0(k)$  : 前タイムステップでの気泡の X 軸方向への移動速度 (m/s)

$Zb_0(k)$  : 前タイムステップでの気泡の Z 軸方向への移動速度 (m/s)

#### (4) 気泡径の変化

各形状共、等価球を仮定し、Raylengh の式によって、気泡の直径を求める。Raylengh の式を使用した計算では、入力により、以下に示す (a) と (b) の計算方法のどちらかを選択する。

##### (a) exact な方法

気泡の移動による水頭圧の変動、質量、エネルギー移行を介する気泡内圧の変動による膨張、収縮を考慮する。粘性の効果は考慮しない。また上記の  $d_e$  に基づき、半径  $R(t)$  をもつ気泡を考える。図 2.3 に気泡膨張の模式図を示す。

$$R(t) [\partial^2 R(t) / \partial t^2] + (2/3) [\partial R(t) / \partial t]^2 = (1/\rho c) [P(r, x) - P(\infty, x)] \quad (30)$$

$P(r, x)$  : 現タイムステップにおける水頭圧 (Pa)

$P(r, \infty)$  : 前タイムステップにおける水頭圧 (Pa)

水頭圧は、(31)、(32) 式で求められる

$$P(r, x) = P_g + g \rho c [Z_0 - X_b(k)] \quad (31)$$

$$P(r, \infty) = P_g + g \rho c [Z_0 - X_{b0}(k)] \quad (32)$$

$Z_0$  : 計算体系の X 軸方向の基準座標 (m)

##### (b) 準定常解を求める方法

この方法では、(33) 式により気泡の直径を求める。

$$db(k) = db_0(k) \cdot [P(r, x) / P(r, \infty)]^{(1/3)} \quad (33)$$

$db_0(k)$  : 前タイムステップにおける気泡 k の等価直径 (m)

#### (5) 気泡の分裂

気泡分裂条件として、以下の4つの条件のうち、1つを入力により選択する。いずれも表面での乱れに起因するものである。

(a) We 数が、入力で指定した限界 We 数 (ROPT(9)) よりも大きい場合に分裂する。

限界 We 数 (ROPT(9)) は、通常、6.0 または 15.0 のどちらかを使用する。

$$We = (Ur^2 + Wr^2) \cdot \rho_c \cdot db(k) / \sigma_c \quad (34)$$

$\sigma_c$  : 冷却材の表面張力 (N/m)

(b) 上記 (4) 項の Rayleigh 方程式で求めた気泡径が次式で求める最大気泡径よりも大きいときに分裂する。

$$d_{\max} = \rho_c / [Ur (\rho_g \cdot \rho_c^2)^{1/3}] \quad (35)$$

(c) 次式より求める乱れに有効な時間と乱れ成長の時定数の積が、3.8 を越えたときに分裂する。

$$t(a) \cdot \alpha = (2d / Ug) \cdot \ln [\cot (\lambda / 4d)] \cdot \alpha \quad (36)$$

$t(a)$  : 乱れの成長に有効な時間 (s)

$\alpha$  : 乱れ成長の時定数 (-)

$\lambda$  : 限界安定波長 (m)

(d) 上記 (4) 項の Rayleigh 方程式で求めた気泡径が次式で求める最大気泡径よりも大きいときに分裂する。

$$d_{\max} = \pi [3 \sigma_c / (g \cdot \rho_c)]^{1/2} \quad (37)$$

## (6) 気泡形状の変化

球形、楕円径、球笠径を考慮する。各形状は、(38) 式で求めた Tadaki 数で、(41) 式で判定する。なお、初期形状は球状である。

$$Ta = Re \cdot M^{0.23} \quad (38)$$

$$Re = (Ur^2 + Wr^2)^{1/2} \rho_c \cdot db(k) / \mu_c \quad (39)$$

$$M = g \cdot \mu_c^4 \cdot (\rho_c - \rho_g) / \rho_c^2 \cdot \sigma_c^3 \quad (40)$$

$\mu_c$  : 冷却材の粘性係数 (Pa · s)

$1.0 > Ta$  : 球形

$1.0 \leq Ta < 39.8$  : 楕円体

$39.8 \geq Ta$  : 球笠 (41)

### 2.2.7 気泡・カバーガス間の移行計算

カバーガス領域へ到達した気泡のうち、入力で指定した移行割合分のみがカバーガスに移行してFPを放出し、残りはFPを放出せず、流路内の次のメッシュに移行するものとする。気泡の個数については、移行割合分だけ減少するものとし、残った気泡は流路内の次のメッシュの中心位置へ強制的に移行させる。

#### (1) カバーガスへ移行するFP量

気泡グループkに含まれる気泡のうち、カバーガスに放出される気泡の個数は次式で算出される。

$$AN_{bc}(k) = AN_b(k) \cdot ROPT(4) \quad (42)$$

$AN_{bc}(k)$  : 気泡グループkに含まれる気泡で、カバーガスへ放出されるものの個数 (個)

$ROPT(4)$  : 気泡からカバーガスへの移行割合 (-) (入力で指定)

また、カバーガスに放出されるFP量は次式で算出される。

$$\Delta ng(m) = ROPT(4) \cdot nb(m) \quad (43)$$

#### (2) 次のメッシュに移行する気泡数

$$AN_{b1}(k) = AN_b(k) \cdot (1 - fg_x) \quad (44)$$

$AN_{b1}(k)$  : 気泡グループkに含まれる気泡のうち、次のメッシュに移行する個数 (個)

### 2.2.8 冷却材・気泡間の移行計算

気泡表面を経由した冷却材・気泡間のFP移行量は、次式を使用して求める。

$$d[nc(m, i)] / dt = Kb(m) \cdot ROPT(5) \cdot Ab(k, i) \cdot [Cb(m, k) - Cc(m, i)] \quad (45)$$

$Kb(m)$  : 物質mの移行係数 (-)

$ROPT(5)$  : 物質移行補正係数 (-)

$Ab(k, i)$  : メッシュi中の気泡グループkの全気泡表面積 ( $m^2$ )

$Cb(m, k)$  : 気泡グループkに含まれる物質mの濃度 ( $mol/m^3$ )

$Cc(m, i)$  : メッシュiに含まれる物質mの濃度 ( $mol/m^3$ )

物質mの移行係数は、以下の(46)式または(47)式のどちらかで計算される。式の選定は、

入力により行う。

$$K_b(m) = 2.0 \cdot D_g(m) / d_b(k) \quad (46)$$

$$K_b(m) \cdot d_b(k) / D_g(m) = (2.41 / \pi^{1/2}) \cdot [d_b(k) \cdot f / D_g(m)]^{1/2} \quad (47)$$

$D_g(m)$  : 物質  $m$  のガス相拡散係数 ( $m^2/s$ )

$d_b(k)$  : 気泡  $k$  の等価直径 (m)

$f$  : = 0.5 ( $f_N + f_W$ )

$f_N$  : 気泡の固有振動周期 (1/s)

$f_W$  : 渦による振動周期 (1/s)

### 2.2.9 一次系冷却材中での FP 移行モデル

TRACER コードでは、実機で想定される一次系の体系を取り扱い可能とするため、SAFFIRE コードのフローネットワークモデルを組み込んであり、配管モデル、容器モデルを使用した汎用的な解析体系の構築が可能である。冷却材中の物質濃度変化は次式で計算される。

$$\begin{aligned} \partial n_c(m, i) / \partial t = & - \sum_j^j [C_c(m, j) \cdot u(j) \cdot A(j)] \\ & + \sum K_b(m, l, i) A_b(l, i) N(l, i) [C_b(m, l, i) - C_c(m, i)] \\ & + K_g(m) A_g(i) [C_g(m) - C_c(m, i)] \\ & + S_c(m, i) \end{aligned} \quad (48)$$

$S_c(m)$  : 単位面積、単位時間当たりの物質  $m$  の生成物質量

右辺第 1 項 : 冷却材の流れに関する項

2 項 : 冷却材と気泡の相互作用に関する項

3 項 : 冷却材とカバーガスの相互作用に関する項

4 項 : 物質生成項

図 2.4 に式 (48) の右辺第 1 項 (流入項) の取扱例を示す。この式を時間積分することにより、流動様式に従った移行過程に基づく物質濃度変化が評価される。

### 2.2.10 冷却材・カバーガス間の移行計算

冷却材・カバーガス間の移行は、各タイムステップで、カバーガス内とそれに接するメッシュ内での FP 濃度が瞬時に平衡に達するように計算する。

$$d [n_c(m, i)] / dt = [K_g(m) \cdot C_c(m, i) - C_g(m, i)] / [1.0 + K_g(m)] / dt \quad (49)$$

$$K_g(m) = 1.0 - (1.0 - f_i)^{A_k(m)} \quad (50)$$

ここで

$$f(i) = (23.0 \cdot P^0_{Na}) / (\rho_c \cdot 1000 \cdot R \cdot T_c) \cdot [V_g / V_c(i)] \quad (51)$$

- $K_g(m)$  : 物質  $m$  の冷却材とカバーガスの分配係数 (-)  
 $A_k(m)$  :  $= ca(m) \cdot \exp [cb(m) / T_c(i)]$   
 $ca(m)$ 、 $cb(m)$  : 物質  $m$  に対する飽和蒸気圧式中の定数 (-)  
 $P^0_{Na}$  : 飽和蒸気圧 (Pa)

### 2.2.11 崩壊計算

TRACER コードの崩壊計算は、現状では一次の崩壊による物質量を減少させる計算のみを、燃料、燃料ピンギャップおよびガスプレナム、気泡、冷却材、カバーガスで行っている。

崩壊計算で使用するの式<sup>9)</sup>は、2種類で、燃料、燃料ピンギャップおよびガスプレナムでは(52)式を、気泡、冷却材、カバーガスでは(53)式を使用している。(52)、(53)式で使用している崩壊定数を表2.1に示す。

$$dN/dt = -\lambda \cdot N \quad (52)$$

$$N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) \quad (53)$$

- $N$  : 時刻  $T$  に存在する原子核または素粒子の数  
 $\lambda$  : 崩壊定数 (1/s)  
 $t$  : 時間 (s)

### 2.2.12 崩壊連鎖計算

TRACER コードの崩壊連鎖は、親核種の崩壊により娘核種を生成する計算で、カバーガスのみで行われる。参考となる崩壊連鎖を表2.3に示す<sup>10)</sup>が、現状で考慮されている崩壊連鎖は、2種類 ( $^{89}\text{Kr} \rightarrow ^{89}\text{Rb}$  と  $^{137}\text{Xe} \rightarrow ^{137}\text{Cs}$ ) のみである。

### 2.2.13 エアロゾル生成モデル

エアロゾル生成モデルには、単成分系での均一生成モデル<sup>4),5)</sup>が採用されている。以下に単成分系での均一生成モデルについて述べる。

$n$  個の分子よりなる半径  $r$  の核の存在できる熱力学的確率は、一般にボルツマン則  $\exp(-\Delta G / kT)$  によって表される。 $\Delta G$  は半径  $r$  の核が1個生成される時の自由エネルギーの増加分を示す。理想気体の取り扱いができると仮定すれば、 $\Delta G$  は飽和比  $S$  を用いて以下のように表わされる。

$$\Delta G = -4 \pi k T (\ln S)^2 r^3 / 3 V L + 4 \pi \sigma r^2 \quad (54)$$

- k : ボルツマン定数 (J/K)  
 S : 蒸気の飽和比 (-) (= P / P<sup>0</sup>)  
 T : 絶対温度 (K)  
 VL : 対象物質の蒸気分子 1 個当たりの体積 (m<sup>3</sup>)  
 σ : 粒子の表面張力 (N/m)

(54) 式によれば、S < 1 の時、すなわち蒸気が未飽和のときには、ΔG は r の増加と共に単調に増加する。これは、粒子核が大きくなるほど核生成に大きいエネルギーを必要とし、その存在確率は小さくなることを意味する。従って、S が 1 より小さい場合には核は消滅しやすいことになる。

一方、S が 1 より大きい時、すなわち過飽和蒸気中では、ΔG は r に対し、臨界半径 r<sub>c</sub> で、最大値 ΔG<sub>c</sub> となる。r<sub>c</sub> は ΔG の最大値を求めることで得られる。

$$r_c = 2 \sigma M / (\rho R T \ln S) \quad (55)$$

(54) 式で、半径 r が r<sub>c</sub> を越えると、r が増加するにつれ ΔG は減少し、粒子の存在確率は大きくなるので、臨界半径以上の粒子核は微小粒子へと成長していく。臨界核に対する粒子生成速度は分子濃度 (個 / m<sup>3</sup>) を N とした場合、以下のように表わされる。

$$J = 2 [P / (2 \pi m k T)^{1/2}] \cdot (N V L^{2/3}) \cdot (\sigma V L^{2/3} / k T)^{1/2} \cdot \exp \{ -16 \pi \sigma^3 V L^2 / [3 (k T)^3 (\ln S)^2] \} \quad (56)$$

- J : 粒子生成速度 (個 / m<sup>3</sup> · s)  
 P : 凝縮蒸気の蒸気圧 (Pa)  
 m : 蒸気分子 1 個当たりの質量 (kg)

## 2.2.14 エントレインメントにおけるエアロゾル減衰モデル

冷却材チャンネル内では、エントレインメントによって生成する気泡内液滴とエアロゾル粒子の相互作用により、燃料からの放出 FP が減衰する現象が起こる可能性がある。特に大規模な FP ガス放出時にはこの効果による減衰が期待できると考えられる。

TRACER で使用されているエントレインメントにおけるエアロゾル減衰モデルは、Epstein によるものである。図 2.5 にモデルの概要を示す。現状では、エントレインモデルの出力結果であるエアロゾル個数濃度が、TRACER 本体の計算では使用されていないため、エントレインモデルの TRACER の計算への寄与はない。

## (1) モデル式で使用する変数内容

- $j$  : 計算対象メッシュ番号 (ここでは、TRACER 本体のメッシュ分割とは異なるため、異なる記号を使用する。)  
 $jj$  : 出生メッシュ (エントレインによる液滴が生成されるメッシュ) 番号 : 同一のメッシュ  $j$  内にある液滴でも、生成メッシュごとに液滴速度が異なるため、生成されるメッシュごとに液滴を区別して扱う。)  
 $E0$  : エントレイン係数 (0.1)  
 $uc(j)$  : 燃料ピンのメッシュ  $j$  の下端における流速 (m/s)  
 $ud(j)$  : 燃料ピンのメッシュ  $j$  の下端における液滴速度 (m/s)  
 $Al(j)$  : メッシュ  $j$  におけるエントレイン面積 (m<sup>2</sup>)  
 $A(j)$  : メッシュ境界面積 (m<sup>2</sup>)  
 $Sd(j)$  : メッシュ  $j$  内の液滴生成項 (個/s)  
 $Vg(j)$  : メッシュ  $j$  のガス体積 (m<sup>3</sup>)  
 $rd(j, jj)$  : メッシュ  $jj$  で生成された液滴がメッシュ  $j$  に達した時の液滴半径 (m)  
 $Cd(j)$  : メッシュ  $j$  の液滴個数濃度 (個/m<sup>3</sup>)  
 $Cc(j)$  : メッシュ  $j$  のエアロゾル個数濃度 (個/m<sup>3</sup>)  
 $Uc(j)$  : メッシュ  $j$  のガス流速 (m/s)  
 $cin(j)$  : メッシュ  $j$  内へのエアロゾルソース (個/m<sup>3</sup>/s)  
 $E$  : 衝突確率 (-)  
 $Ur(j, jj)$  : メッシュ  $jj$  で生成された液滴がメッシュ  $j$  に達したときの、液滴に対するガスジェット相対速度 (m/s) (=  $u(j) - ud(j, jj)$ )  
 $Df(1, j)$  : メッシュ  $1 \sim j$  でのエアロゾル成分 (FP) の冷却材への保持係数 (-)

## (2) Epsteinモデルの内容

## (a) 液滴の生成

チャンネル内の任意のメッシュ  $j$  において、実効流路面積を  $A(j)$ 、構造物表面での液膜厚さを  $k(j)$  と仮定する。燃料ピンの各メッシュ境界における流速 ( $uc(j)$ ) が、次式によって算出される限界流速より大きい場合 ( $uc(j) \geq U_{ent}$ ) に、液膜から液滴が生成されるものとする。

$$U_{ent} = 3.1 (\sigma \cdot g \cdot \rho_l / \rho_g)^{1/4} \quad (57)$$

液膜表面から生成された液滴の移動速度は次式によって算出される。

$$ue(j) = E0 \cdot uc(j) \cdot (\rho_g / \rho_l)^{1/2} \quad (58)$$

この時の生成液滴径は、次式で算出される。

$$rd(j) = We \sigma / \{3 \rho_g [u(j)]^2\} \quad (59)$$

生成される液滴の総体積は次式により算出される。

$$d [ve (j)] / dt = ue (j) \cdot Al (j) \quad (60)$$

生成される液滴個数は次式により算出される。

$$Sd (j) = d [ve (j)] / dt / \{4 \pi [rd (j)]^3 / 3\} / \rho l \quad (61)$$

メッシュjに存在する液滴個数濃度は、出生メッシュ（液滴が発生するメッシュ：jj）ごとに以下の(62)～(67)式で計算される。

i) メッシュjより下方のメッシュで液滴が生成した場合の計算 (j > jj)

$$\frac{\partial Cd (j, jj) / \partial t = [Cd (j-1, jj) \cdot ud (j, jj) \cdot A (j) - Cd (j, jj) \cdot ud (j+1, jj) \cdot A (j)]}{Vg (j)} \quad (62)$$

ii) メッシュjで生成した液滴の計算 (j = jj)

$$\frac{\partial Cd (j, jj) / \partial t = [Sd (j) - Cd (j, jj) \cdot ud (j+1, jj) \cdot A (j)]}{Vg (j)} \quad (63)$$

(補足) メッシュ4の計算をしているときを例として以下に説明する。

- ・メッシュ1～メッシュ3で生成した液滴は、個々について、上記の(62)式で計算する。
- ・メッシュ4で生成する液滴とその液滴がメッシュ5へ移行する計算を(63)式で行う。

各時刻での各メッシュjの液滴個数濃度は、(62)、(63)式を時間に対して積分して得られる。

$$Cd (j, jj) = \Sigma [(\partial Cd (j, jj) / \partial t) \cdot dt] \quad (64)$$

(b) 液滴の相互作用によるエアロゾル個数濃度減少速度

液滴の相互作用によるエアロゾル個数濃度の減少速度は、上記で求めた液滴の個数濃度を使用して計算される。

$$[\partial Cc (j) / \partial t]_{ent} = \Sigma jj E \cdot \pi \cdot [rd (j, jj)]^2 \cdot Cd (j, jj) \cdot Ur (j, jj) \cdot Cc (j) \quad (65)$$

$[\partial Cc (j) / \partial t]_{ent}$  : 液滴との相互作用によるエアロゾル濃度の減衰速度  
(個/m<sup>3</sup>/sec)

(c) エアロゾル濃度の計算

i) メッシュ1 (j=1)



$$\begin{aligned} \partial C_c(j) / \partial t = & - [C_c(j) \cdot U_c(j+1) \cdot A(j+1)] / V_g(j) + \text{cin}(j) \\ & - \sum_{jj} [E \cdot \pi \cdot C_d(j, jj) \cdot U_r(j, jj) \cdot C_c(j)] \end{aligned} \quad (66)$$

ii) メッシュ 2 以降 ( $j \neq 1$ )

$$\begin{aligned} \partial C_c(j) / \partial t = & [C_c(j-1) \cdot U_c(j) \cdot A(j)] / V_g(j) \\ & - [C_c(j) \cdot U_c(j+1) \cdot A(j+1)] / V_g(j) + \text{cin}(j) \\ & - \sum_{jj} [E \cdot \pi \cdot C_d(j, jj) \cdot U_r(j, jj) \cdot C_c(j)] \end{aligned} \quad (67)$$

(補足) 液滴とエアロゾルの相互作用計算は、液滴の出生メッシュごとに行っている。

メッシュ 1~j のまでのエアロゾル成分 (FP) の保持係数は次式で与えられる。

$$D_f = C_c(1) / C_c(j) \quad (68)$$

### 3. 入出力データ

本章は、TRACER コードの入出力データについて、VT-ALPHA600 (OS は DIGITAL UNIX 4.0) を使用した場合の入出力ファイルの論理基盤、実行方法、入出力変数の説明についてまとめた。

#### 3.1 入出力ファイルの論理基盤と実行方法

TRACER コードの入出力ファイル一覧を表 3.1 に示し、TRACER コードのプログラムの実行方法例を以下に示す。

##### (1) 初期ケースの実行

入力データ input.d を使用して、リダイレクションにより初期ケースの計算を行い、出力結果を output.d に出力する。

リダイレクションによる実行方法 : `tracer < input.d > output.d`

##### (2) 計算終了後に作成されるファイル

計算終了後は、以下に示すファイルが作成される。

出力結果	:	output.d
リスタートファイル	:	fort.12
プロットファイル	:	fort.15

### (3) リスタート計算

リスタート計算用入力データ inprst.d を作成後、リスタートファイル名を以下に示すように変更して、リダイレクションによりリスタート計算を行う。

変更前                   : fort.12 → 変更後: restin.d  
 リダイレクション       : tracer <inprst.d >outrst.d

リスタート計算用入力データの作成手順は以下である。

- (a) 初期ケース用の入力データ input.d をコピーして inprst.d を作成する。
- (b) inprst.d の入力データの以下に示す変数の数値を修正する。尚、変数の意味については、3.2 項を参照のこと。

- ・ IOPT (1) = 0 → 1
- ・ 計算時間に関連する以下の変数の修正は必須である。

TIMAX、PTIME(I)、DTI(I)

## 3.2 入力変数の説明

入力データは BLOCK0 ~ BLOCK8 の9項目に分かれている。BLOCK0 ではフォーマットを指定し、BLOCK1 ~ BLOCK8 ではNAMELIST 形式で入力データを作成する。BLOCK1 ~ BLOCK8 の入力データの構成を図 3.1 に示す。図 3.1 では、BLOCK6 と BLOCK7 に該当するデータが含まれていないが、これは、現バージョンではこれらのデータを使用しないためである。

以下に、各ブロックで指定する入力変数等について説明する。

### 3.2.1 BLOCK0 (計算ケースのタイトル名の入力)

このブロックでは、計算ケースのタイトル名を入力する。入力データは所定のフォーマット (FORMAT: 18A4) に従って作成すること。

### 3.2.2 BLOCK1 (プログラム全体をコントロールする変数を入力)

このブロックでは、プログラム全体をコントロールするための以下の a ~ f に関するデータを入力する。表 3.2 に入力変数を示す。

- a. 計算オプション (モデルの使用の有無およびモデル式の選択) の指定 (IOPT (1) ~ (21))
- b. プリントアウトオプションの指定 (IPOPT (1) ~ (9))
- c. デバックプリントアウトオプションの指定 (IDBUG (1) ~ (16)、TDEBUG (1) ~ (2))
- d. 計算時間及びタイムステップと出力間隔制御に関する指定 (NCMAX ~ JPS (I))

e. テーブルデータの指定 (NTAB~FTAB (M,N))

f. プログラム内の計算式等で使用される係数値を指定 (ROPT(1)~(4) 及び (9))

表3.2の入力変数とプログラム内で行われている計算との関連性を図 3.2にまとめた。

図 3.2より、各計算で使用されているBLOCK 1の入力変数と、その説明及び注意点を以下の(1)~(10)に示す。

### (1) 計算ケースの判断

データを入力後、プログラム内では、IOPT (1) により、その計算が初期ケースかリスタートケースかを判断する。

### (2) 計算時間、タイムステップ等の設定

計算時間、タイムステップ等の設定は、NCMAX、TIMAX、NPN、PTIME(I)、DTI (I) の入力変数で決められる。これらの変数についての詳細を以下に記す。

#### (a) 計算開始時刻

初期ケースでの計算開始時刻としては、0.0 (s) のみ使用可能である。

#### (b) 計算時間

TRACER では、最大ステップ数 (NCMAX) と最大計算時間 (TIMAX) の両方でシミュレーション時間を指定し、短い時間指定が優先される。

(例) NCMAX = 1,000 ステップ、タイムステップ DTI = 1.0 (s)、TIMAX = 1,500 (s) で計算しているとき、 $NCMAX \times DTI = 1,000 (s) < TIMAX = 1,500 (s)$  であるため、1,000 (s) 後に計算は終了する。

#### (c) NPN について

現象の進展速度の変化等の理由により、計算中にタイムステップ幅 (DTI)、プリント間隔 (JPN)、プロット間隔 (JPL: IOPT (3) = 1 の時有効) およびリスタートファイル作成間隔 (JPS: IOPT (2) = 2 の時有効) を変える必要のある場合には、必要な数の区間数が指定可能である。例えば区間を5段階で変えたい時、NPN = 5 を指定し、関連する変数 (PTIME (I)、DTI (I)、JPN (I)、JPL (I)、JPS (I)) 5組入力する。

#### (d) DTI (I) について

DTI (I) は I 番目の区間での計算タイムステップである。I 番目の区間は PTIME (I-1) から終了時刻 PTIME (I) までである。

### (3) FP 放出計算

TRACER コードで行う FP 放出計算には、気泡ソースオプション (IOPT (5)) と燃料及

びギャップからの FP 放出計算オプション (IOPT (6)) がある。以下にそれぞれの入力変数の詳細を以下に示す。

(a) 気泡ソース指定オプション (IOPT (5))

気泡ソースオプション指定時 (IOPT (5)  $\neq$  0) は、計算初期時間で、BLOCK5 に示す入力変数に従って、FP が放出される。

(b) FP 放出計算オプション (IOPT (6))

i) IOPT (6)  $\neq$  0 のときは、テーブルデータの指定変数であるXTAB (M,1)、FTAB (M,1) の値で求めた燃料温度変化係数と燃料関連の入力データ項目である BLOCK4 で指定する TFUI (チャンネルIに属する燃料ピンの基準温度分布) により、2.2.2 項の (1) 式で燃料温度を計算する。

ii) FPの放出について、IOPT (6) = 1 のときは燃料からの直接放出で計算され、IOPT (6) = 2 のときはギャップからの放出が計算され、IOPT (6) = 3 のときは直接放出とギャップ放出の両方で計算される。

iii) IOPT (6) = 2 及び 3 のときは、IOPT (16) により計算方法が以下に示すように分かれる。

① IOPT (16) = 1 : 放出速度を内部で計算する。

② IOPT (16) = 2 : BLOCK2 で指定したギャップ放出速度 (DSORX (M, I)) により計算される。

(注意) 気泡中へ直接 FP ソースを指定する (IOPT (5)) か燃料ピンからの FP 放出 (IOPT (6)) を指定することが必要である。

(4) 気泡の放出計算

IOPT (7) = 1 のときは、気泡放出に関する以下 ①～③ の計算を行う。

① 気泡への FP 移行量と IOPT (11) (初期気泡数) により、2.2.6 項の (21) 式で、気泡の体積を求める。

② ①で求めた気泡の体積が、ROPT (1) (気泡の最小直径) の入力変数よりも大きい場合は、気泡が発生する。

③ ①で求めた気泡の体積が最小直径 (ROPT (1)) よりも小さい場合でも、ROPT (2) を使い、2.2.6 項の (23)、(24) 式で補正する。そして、補正後の値が、気泡の最小直径 (ROPT (1)) よりも大きい場合は、気泡が発生する。

(注意) BLOCK4 の FCREL (M) (放出した物質 M が冷却材へ移行する割合) を、全部の物質について 1.0 にすると気泡への物質移行量が 0.0 になる (FP が冷却材へ全部移行する) ため、IOPT (7) = 1 にしても気泡が発生しない。したがって、 $\Delta t$  間の気泡発生を考慮する場合には、FCREL (M) = 1.0 以外の値にする。

(5) サブタイムステップの計算

気泡挙動計算等で、微小時間幅での計算が必要な場合に、IOPT (15) で使用してタイム

ステップ間隔の調節をする。IOPT (15) の通常値は、1.0 である。

#### (6) 気泡移行挙動計算

気泡移行挙動計算は、冷却材中の気泡群が存在するときに、計算が開始され、以下の (a) ~ (f) の計算を行う。TRACER コードで冷却材中の気泡群が存在するのは、以下の ① と ② のどちらかを満たしたときである。

- ① 気泡ソースオプションの使用 (IOPT (5)  $\neq$  1) している。
- ② 気泡放出オプションを使用 (IOPT (7) = 1) し、(4)項に示す ② と ③ の条件を満たしている。

#### (a) ドラック係数の計算

IOPT (10) (ドラック係数オプション) で選択した計算方法でドラック係数を求める。計算方法を、表2.2 に示す。

#### (b) Z軸方向の気泡の移動速度の計算

(a) で求めたドラック係数と ROPT (3) の入力変数等を使い、2.2.6 項の (24) 式で Z 軸方向の気泡の移動速度の計算する。

#### (c) 冷却材境界での強制気泡移行オプション (IOPT (12))

隣合うメッシュ位置が極端に離れている場合に、気泡の移行が正常に計算できないために、エラーを起こす不整合がある。これを解決するために、暫定的に設けられたオプションである。

IOPT (12) = 1 にした場合は、気泡が移行元のメッシュに存在する場合は、ただちに移行先のメッシュの座標位置へ移行する計算を行う。

強制気泡移行オプションの使用変数は、BLOCK 2 で以下の入力変数を指定する。

isms (1, i) : 移行元のメッシュ

isms (2, i) : 移行先のメッシュ

XSMS (isms (1, i)) : 移動先の径方向座標

ZSMS (isms (2, i)) : 移動先の軸方向座標

i : 使用する強制気泡移行オプション番号 (= 1 ~ N : N は IOPT (12) で指定)

#### (d) 気泡・カバーガス間の移行計算

気泡が、以下に示す ① と ② の2つの条件を満たすと、ROPT (4) で指定した移行割合分のみがカバーガスに移行して FP を放出し、残りは FP を放出せず、流路内の次のメッシュに移行するものとする。気泡・カバーガス間の移行計算を行う。

- ① 気泡が存在するメッシュにカバーガスがある。
- ② 気泡の座標位置がメッシュの界面座標を越えている。

#### (e) 気泡径の変化

各形状共、等価球を仮定し、Rayleigh の式によって、気泡の直径を求める。

Rayleigh の式は、IOPT (8) により、exactな解を求める2.2.6 項の (30)～(32) 式と準定常解を求める (33) 式のどちらかを選択する。

(注意) 両者ともに、水頭圧を求めるために、BLOCK2 で指定するZORGN (Z 軸の基準座標) を使用する。そのため、BLOCK2 で指定するZORGN (Z 軸の基準座標) に適当な値を入力するとエラー原因になる恐れがある。したがって、ZORGN (Z 軸の基準座標) は、液面座標にする必要がある。

(f) 気泡分離オプション

気泡分離の計算は、4つ (2.2.6 項で示す (34)～(37)) の条件をIOPT (9) で選択して、その条件を満たした場合に行われる。

ここで、IOPT (9)=1 ((34)の条件) を指定した場合は、プログラム内で求めた We 数が、ROPT (9) で指定した限界 We 数よりも大きい場合に、気泡分離の計算を行う。

(7) 冷却材・気泡間の FP 移行計算

気泡表面を經由した冷却材・気泡間の FP 移行量は、IOPT (13) の入力により、2.2.8 項の (46) 及び (47) 式の一方を使って求めた物質移行係数と気泡中成分の物質移行係数に乗ずる比例係数 ROPT (5) 等を使用して、2.2.8 項の (45) 式で求める。

(8) 冷却材、カバーガス中の計算

BLOCK1 の入力変数で、冷却材及びカバーガス中の計算で使用している項目を以下の (a)～(c) に示す。

(a) 冷却材メッシュ間の流量

冷却材メッシュ間の流量について、通常はコード内部で計算するが、冷却材流量係数を XTAB (I,2) と FTAB (I,2) の入力指定によって、流量を制御することもできる。

(b) カバーガスから冷却材への FP 移行計算

通常、TRACERコードでは、カバーガスから冷却材への FP 移行計算を行っていないが、カバーガス内の崩壊連鎖計算 (IOPT (19)) を考慮すると、崩壊連鎖により発生した物質が冷却材へ移行することも考えられるため、IOPT (20) =1 にすることにより、カバーガスから冷却材への FP 移行計算を行う。

(c) 崩壊連鎖計算

IOPT (19) =1 にすることにより、カバーガス内の崩壊連鎖計算を行う。

崩壊連鎖は、2.2.12 項にも記載した 2 種類 ( $^{89}\text{Kr} \rightarrow ^{89}\text{Rb}$  と  $^{137}\text{Xe} \rightarrow ^{137}\text{Cs}$ ) の計算を行う。

(9) エントレインによるエアロゾル減衰計算

IOPT (17) = 1 を指定することにより、BLOCK8 の入力変数を使いエントレインによる減衰計算を考慮する。

ただし、本文中の 2.2.14 項にも記載したように、現状ではエントレインによる減衰計算結果は TRACER 本体での気泡中エアロゾル濃度計算結果に反映されないため、IOPT (17) = 1 を指定した場合にも気泡中エアロゾル濃度に影響はない。

(注意) IOPT (17) = 0 として、エントレインによる減衰計算を行わない場合にも、表 3.8 の定数および変数を指定しないと TRACER 本体の計算が行われなため、適当な数値を入力する必要がある。

#### (10) 計算結果の出力

出力制御について、BLOCK1での入力変数では、プリントアウトとリスタートファイル、プロットファイルへの出力及び、図 3.2に記載していないが、デバックプリントアウトを制御している。

以下の (a) ~ (d) にそれぞれについて示す。

##### (a) プリントアウト

プリントアウト指定変数である IPOPT (1) ~ (9) で、1 を指定した項目については、JPN (I) ステップ毎に計算結果をプリントアウトする。

各オプション (IPOPT (1) ~ (9)) が指定された場合の出力変数については、3.3 項で説明する。

##### (b) リスタートファイルへの保存

IOPT (2) = 1 の場合は最終時間の計算結果を、IOPT (2) = 2 の場合は JPL (I) ステップ毎の計算結果をリスタートファイルへ保存する。

##### (c) プロットファイルへの保存

IOPT (3) = 1 の場合は、JPS (I) ステップ毎に計算結果を、プロットファイルへ出力をする。

##### (d) デバックプリントアウトオプションの指定

計算途中で、プログラムが実行エラーを起こした場合にデバックプリントアウトオプションを使用する。デバックプリントアウトオプションは、デバックの開始時刻および終了時刻を示す TDBUG (1) と (2) 及び、デバック対象ルーチンを示す IDBUG (1) ~ (16) を 1 にすることにより出力される。しかし、現状でプログラム中にデバック文があるのはサブルーチン MOBUB (IDBUG (8)) だけであり、その他のサブルーチンについてデバックプリントを行う場合には、該当するサブルーチン中にデバック文を追加する必要がある。

上記、(1) ~ (10) より、NTAB と FTAB (M,N) によるテーブルデータで入力する燃料温度昇温係数と冷却材流量係数の入力方法例を以下に示す。

```

NTAB = 2
MAXTAB (1) = 8
xtab (1, 1) = 0.0 , 2.0 , 10.0 , 20.0 , 30.0 , 40.0 , 50.0 , 4.320e+4,
ftab (1, 1) = 1.0 , 1.0 , 1.393 , 1.393 , 2.296 , 2.296 , 0.607 , 0.607,
MAXTAB (2) = 2
xtab (1, 2) = 0.0 , 4.320e+4,
ftab (1, 2) = 1.0 , 1.0,

```

## (補足説明)

- i) N=1 のデータは、燃料温度昇温係数を表す。計算方法は2.2.1 項を参照のこと。
- ii) N=2 のデータは、冷却材流量調整係数を表す。
- iii) テーブルの値の間では内挿により求めた値を使用する。

### 3.2.3 BLOCK2 (計算体系、流路条件、カバーガス条件および気泡強制移行オプションの指定)

BLOCK2 は、計算体系を指定するブロックである。BLOCK 2の入力を表 3.3. に示す。表 3.3 より、BLOCK2 で指定する変数について詳細を、以下の (1) ~ (10) に示す。

## (1) 計算体系の全メッシュ数 (ICMAX)

ICMAXは、計算で考慮するメッシュ数を指定する。指定できるメッシュ数の最大値は 30 である。

## (2) 計算体系の基準座標 (XORGN, ZORGN)

計算体系基準座標を指定する変数は、XORGN, ZORGN である。XORGN は、計算上使用しないため、どのような値を指定しても構わない。但し、ZORGN については、気泡径を求めるための Raylengh 式中の水頭圧を算出する (30)、(31) 式を計算するのに必要である。

したがって、ZORGNは、炉容器内のナトリウムプール液面座標 (カバーガスと接するメッシュの上端座標) を指定する必要がある。

## (3) エントレイン計算に必要な変数 (TCW (K, I), ACW (K, I), ALENW (K, I), AGCV (K, I)) について

エントレイン計算に必要な被覆管表面の長さ、面積、温度等を、冷却材温度、メッシュのサイズから決まる境界の長さ、面積と独立に設定するために指定する。例えば DXC = 1 m、DZC = 1 m のメッシュでエントレイン計算のために 0.5 m の長さの壁を設定する場合は ALENW (K, I) = 0.5 と入力する。TRACER では入力で流動方向を予め設定しているので、必ず方向が決まる。



(4) メッシュ間連結流路数 (JCMAX)

メッシュ間の連結流路数を指定するための変数である。メッシュ数が10の単一ループの場合にはJCMAX = 10となる。現状では連結流路数の最大値は30である。

(5) 流路長さ (ALEN (J))

通常、隣接するメッシュの中心点間の距離を流路長 (ALEN (J)) として指定する。

(6) 実効流路抵抗 (GZAI (J))

GZAI は将来的に過渡的に流動計算を行うようになることを考慮して指定するためのもので現バージョンでは考慮されない。

(7) 冷却材の流れの方向 (GDIRE (J))

冷却材の流れ方向を、重力と反対方向 (上向き) を0度として、cos で指定する。上昇側が1.0、下降 (重力方向) が-1.0となる。

(8) 水平方向流路の冷却材の流れの方向 (RDIRE (J))

流路が内向きか、外向きかが指定できないため、R軸に対して流れの方向を指定する。

### 3.2.4 BLOCK3 (物質数、量の指定)

BLOCK3 は、計算で使用される物質の数、量を指定するブロックである。BLOCK3の指定変数を表3.4.1に、TRACERで扱われる物質名と物質番号を表3.4.2に、それぞれ示す。

### 3.2.5 BLOCK4 (燃料ピン体系、初期インベントリおよび燃料ピン破損条件の指定)

BLOCK4 は、燃料ピン体系、温度、初期インベントリ、燃料ピン破損条件を指定するブロックである。BLOCK4の入力変数を表3.5に示す。表3.5より、BLOCK4で指定する変数について、以下の(1)~(8)に、詳細を示す。

(1) 燃料からのFP放出を考慮する該当冷却材メッシュ番号 (IFUEL)

IFUELは、燃料からのFPを放出させる冷却材メッシュ番号を指定するオプションである。指定方法は、BLOCK2で指定した1~ICMAX中の1つを指定する。(複数指定不可)

(2) 燃料ピンの最大チャンネル数 (IFCH)

燃料ピンチャンネルには性質の異なる複数の燃料ピンが含まれるため、IFCHにより、計算で考慮するチャンネル数を指定する。尚、指定できる最大チャンネル数は、3である。

(3) 燃料ピンの軸方向の最大メッシュ分割数 (NFU)

TRACERコードでは、NFUにより燃料ピンの軸方向に10個まで、メッシュ分割をすることができる。しかし、径方向のメッシュ分割はできない。

(4) 各チャンネルの燃料ピンに含まれる物質の初期量インベントリ (QSOR(N, M, I))

各チャンネルの燃料ピンに含まれる物質の初期量インベントリは、QSOR(N, M, I)により指定する。QSOR(N, M, I)は、軸方向のメッシュ位置N、物質M、チャンネルIごとに指定する。

(5) チャンネルIに属する燃料ピンの基準温度分布 (TFUI(N, I))

TFUI(N, I)は、チャンネルIに属する燃料ピンの基準温度分布を表す。指定方法は、NFU (燃料ピンの軸方向の最大メッシュ分割数) × IFCH (チャンネル数) 分だけ指定する必要がある。

(6) 燃料ピンの最大チャンネルの数 (IFCH) だけ指定する必要がある変数

以下に示す変数については、燃料ピンの最大チャンネルの数 (IFCH) を指定する必要がある。

NPIN (I) = 各チャンネルに属する燃料ピンの数

TIFAL (I) = 各チャンネルの燃料ピン破損時刻 (s)

PINN (I) = 各チャンネルの燃料ピンガスプレナム中の圧力 (Pa)

REI (I) = 各チャンネルの燃料ピンの内半径 (m)

PLEN (I) = 各チャンネルの燃料ピンのプレナム長さ (m)

TINN (I) = 各チャンネルの燃料ピンのプレナム温度 (K)

GAM (I) = 各チャンネルの燃料ピンガスプレナム中ガスの比熱比 (-)

(混合ガスの場合は、詳細に評価する必要があるが、現状では暫定的に設定している。)

TOTN (I) = 各チャンネルの燃料破損部の温度 (k)

POTN (I) = 各チャンネルの燃料破損部の圧力 (Pa)

FRC (I) = 各チャンネルの破損燃料ピンの抵抗係数 (-)

CLEN (I) = 各チャンネルの破損燃料ピンガスプレナム・破損部間の距離 (m)

HYD (I) = 各チャンネルの燃料ピンギャップ部等価直径 (m)

AOR (I) = 破損部等価面積 (m<sup>2</sup>)

(7) MXMT (物質数) × IFCH (チャンネル数) 分だけ指定する必要がある変数

以下の変数については、MXMT (物質数) × IFCH (チャンネル数) 分だけ指定する必要がある。

GFRC(M, I) = 各チャンネルの燃料ピンガスプレナム中の物質のモル分率 (-)

PSOR (M, I) = チャンネルIに属する燃料ピンのギャップ部に含まれる物質Mの初期量 (mol)

DSORXC (M, I) = IOPT (16) = 2 のときに、チャンネルIの燃料ピン1本あたりの、物質M (FP) のギャップからの放出速度 (mol/s)

### (8) 放出物質の冷却材への移行率 (FCREL (M))

FCREL (M) は、放出された物質Mが、冷却材へ移行する割合を表す指定変数である。FCREL (M) について、注意点を以下の①と②に示す。

- ① 入力指定した物質 (MXMT) の数だけ指定する必要がある。
- ② 気泡移行挙動計算を行う場合には、1. 以外の値を入力する必要がある。1. を入力すると IOPT (7) = 1 を入力しても、放出物質すべてが冷却材へ移行するため、気泡中の物質量がゼロになり、気泡挙動計算を行わない。

### 3.2.6 BLOCK5 (気泡ソースデータの指定)

BLOCK5 は、気泡ソース指定オプションを指定した時 (IOPT (5) = i : i はメッシュ番号) に使用する変数に関するブロックである。BLOCK5 の入力変数を表 3.6 に示す。表 3.6 の変数は、気泡ソース指定オプションを使用しない (IOPT (5) = 0) ときには、指定する必要はない。

### 3.2.7 BLOCK6 (エアロゾルの粒径分布の指定) および BLOCK7 (エアロゾルの物性および形状係数の指定)

BLOCK6 と BLOCK7 は、気泡内エアロゾル減衰モデルに粒径分布モデルを適用するオプション使用時 (IOPT (21) = 1) に、使用される定数および変数を指定するブロックである。BLOCK6 では、エアロゾルの粒径分布を与えるための入力データを、BLOCK7 では、エアロゾルの物性および形状係数を与えるための入力データを指定する。

BLOCK6 と BLOCK7 の入力変数を表 3.7 ~ 表 3.8 に示す。しかし、TRACER コードの現在のバージョンでは、気泡内エアロゾル減衰モデルに粒径分布モデルを適用するオプション (IOPT (21)) が使用不能であるため、これらの変数の入力は不要である。

### 3.2.8 BLOCK8 (エントレインモデルに関する指定)

BLOCK8 は、エントレインモデルに関する定数および変数を指定するブロックである。BLOCK8 の入力変数を表 3.8 に示す。

しかし、エントレインモデルは、出力結果であるエアロゾル個数濃度が、TRACER 本体にはリンクしていないため、本モデルを使用した場合でも計算へ与える影響はない。

しかし、IOPT (17) = 0 として、エントレインによる減衰計算を行わない場合にも、表 3.8 の定数および変数を指定しないと TRACER 本体の計算が行われないため、適当な数値を入力する必要がある。

### 3.3 アウトプット変数

表3.9～表3.23に、リストに出力する順番に並べた出力変数を示す。表3.9～表3.23より、必ず出力される変数表を(1)に、モデルを使用時に出力されるものを(2)に、インプット変数のプリントアウトオプションで出力有により出力されるものを(3)に、それぞれ示す。

#### (1) 必ず出力されるアウトプット変数

表3.9：計算ステップ数、計算時間、計算時間間隔

表3.11、表3.12：燃料ピンおよびギャップ中に関連する計算結果

表3.14：新たに発生した気泡群の体積と直径

#### (2) 燃料ピン計算オプション使用時 (IOPT (6) = 1.0 R.2) に出力される変数

表3.13：燃料ピンから放出された物質についての計算結果

#### (3) 入力によるプリントアウトオプションにより制御される変数

プリントアウトオプションを出力指定 (IPOPT (1) ~ (9) = 1) したときに出力される変数等について、以下 (a)~(i) に示す。

##### (a) FP 放出部プリントアウトオプション (IPOPT (1) = 1)

表3.10：燃料ピンのチャンネル No. と燃料ピンの温度である。

##### (b) 気泡挙動プリントアウトオプション (IPOPT (2) = 1)

表3.15.1：気泡数

表3.15.2：気泡形状および速度等の計算結果

表3.15.3：冷却材メッシュ IC 中の気泡中の物質 MM のモル数を出力

表3.15.4：冷却材メッシュ IC 中の気泡中の物質 MM のモル濃度を出力

(注) 表3.15.1～表3.15.4の計算結果については、IPOPT (2) = 1にした場合でも、現タイムステップまでの気泡個数 (KBLN) が0ならば出力されない。

##### (c) 径内冷却材中のプリントアウトオプション (IPOPT (3) = 1)

表3.16.1：径内冷却材中の物質 MM のモル数を出力

表3.16.2：径内冷却材中の物質 MM のモル濃度を出力

##### (d) 径内気泡中のプリントアウトオプション (IPOPT (4) = 1)

表3.17.1：径内気泡中の物質 MM のモル数を出力

表3.17.2：径内気泡中の物質 MM のモル濃度を出力

(e) Ci 変換した FP 放出部プリントオプション (IPOPT (5) = 1)

表3.18 : Ci 変換した FP 放出濃度等である。

(f) 径内冷却材 + 気泡中の FP の Ci 数プリントオプション (IPOPT (6))

表 3.19 : 径内冷却材 + 気泡中のに存在する物質 m の Ci 数である。

(g) Ci 変換した径内冷却材中の FP のプリントオプション (IPOPT (7))

表 3.20.1 : 径内冷却材中の物質 MM のモル濃度

表 3.20.2 : 径内気泡中の物質 MM のモル濃度

表 3.20.3 : 径内冷却材 + 気泡中の物質 MM のモル濃度

(h) カバーガス内雰囲気気状態量、FP 濃度プリントアウトオプション (IPOPT (8) = 1)

表 3.21.1 : カバーガス内への物質に関する結果に関する出力変数

表 3.21.2 : 径内気泡中の物質 MM の 雰囲気気状態量の出力変数

表 3.21.3 : 冷却材メッシュ  $i$  からカバーガスへ出力した物質  $mm$  の移行割合

(i) 集合体内でのエントレイン時の各計算値プリントオプション (IPOPT (9) = 1)

表 3.22.1 : エントレインモデルに関する出力結果

#### 4. 謝辞

TRACER コードのモデルの内容、検証計算、インプット、アウトプット変数等の調査に関して、多大なご協力を頂いた株式会社東芝の宮木 和美氏に感謝します。

5. 参考文献

- 1) U. S. NRC, " Technical Basis for Estimating of Product Behavior during LWR Accidents," NUREG-0772, 1981.
- 2) R. Clift, J. R. Grace and M. E. Weber, " Bubble Drops and Particles," Academic Press, 1978.
- 3) 安成弘, 「原子力辞典」, 原子力辞典編修委員会, 1995年6月.
- 4) R. Jonas and W. Schutz, " Motion and Deposition of Particles in Expanding and Oscillating Gas Bubbles," J. Aerosol. Sci. Vol 19 No.6 pp753-765, 1988.
- 5) 笠原三紀夫, 「エアロゾル粒子の生成と形状変化」, 京都大学エネルギー研究所報第69報 pp11-25 1986.
- 6) Ricou, F. P. and Spalding, D. B. " Measurements of Entrainment of Axisymmetrical Turbulent Jets," J, Fluid Mech.11,pp21-32, 1961.
- 7) Morton,B.R., Taylor G. I., and Turner J. C., " Turbulent Gravitational Convection from Maintained and Instantaneous Sources," Proc. Roy. A23, pp1, 1956.
- 8) Morton, B. R., " Forced Plumes," J.Fluid Mech. 5, 99151-163, 1956.

表2.1 FP 放出速度係数 ( 1 / 3 )

引用番号	物質名	1000 < T(°C) < 2200		2200 ≤ T (°C)	
		a	b	a	b
1.0	N2	-	-	-	-
2.0	O2	-	-	-	-
3.0	He	-	-	-	-
4.0	Ar	-	-	-	-
5.0	Kr	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
6.0	Xe	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
7.0	指定なし	-	-	-	-
8.0	〃	-	-	-	-
9.0	〃	-	-	-	-
10.0	〃	-	-	-	-
11.0	H2O (v)	-	-	-	-
12.0	Na (v)	-	-	-	-
13.0	I2 (v)	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
14.0	NaI (v)	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
15.0	CsI (v)	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
16.0	Cs (v)	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
17.0	Te (v)	4.93E-10	0.00677	1.95E-07	0.00404
18.0	UO2 (v)	1.67E-16	0.00768	1.67E-16	0.00768
19.0	Fe (v)	5.33E-13	0.00576	5.33E-13	0.00576
20.0	指定なし	-	-	-	-
21.0	H2O (l)	-	-	-	-
22.0	Na (l)	-	-	-	-
23.0	I2 (l)	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451

(補足説明) F P 放出速度係数(1/s)は上記のaとbを使い以下の式で求めている。

$$rfvel = a \cdot \exp(b \cdot t (^{\circ}\text{C}))$$

(注意) 温度が1000°C以下の場合、rfvelに1.0e-20が代入され、  
放射性物質以外の場合は、rfvelに1.0が代入される。



表2.1 FP 放出速度係数 ( 2 / 3 )

引用番号	物質名	1000 < T(°C) < 2200		2200 ≤ T(°C)	
		a	b	a	b
24.0	NaI (l)	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
25.0	CsI (l)	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
26.0	Cs (l)	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
27.0	Te (l)	4.93E-10	0.00677	1.95E-07	0.00404
28.0	UO <sub>2</sub> (l)	1.67E-16	0.00768	1.67E-16	0.00768
29.0	Fe (l)	5.33E-13	0.00576	5.33E-13	0.00576
30.0	指定なし	-	-	-	-
31.0	ZrCl	7.67E-16	0.00768	7.67E-16	0.00768
32.0	SnCl	7.67E-16	0.00768	7.67E-16	0.00768
33.0	Ru	2.27E-13	0.00768	1.42E-08	0.00262
34.0	Zr	1.38E-11	0.00622	2.40E-07	0.00173
35.0	Ba	1.21E-12	0.00677	1.07E-08	0.00377
36.0	Sb	1.67E-10	0.00667	2.58E-08	0.00303
37.0	Ag	4.93E-10	0.00677	1.95E-07	0.00404
38.0	指定なし	-	-	-	-
39.0	〃	-	-	-	-
40.0	〃	-	-	-	-
41.0	Na <sub>2</sub> O	-	-	-	-
42.0	Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-	-	-	-
43.0	NaOH	-	-	-	-
44.0	B <sub>4</sub> C	-	-	-	-
45.0	指定なし	-	-	-	-

(補足説明) FP放出速度係数(1/s)は上記のaとbを使い以下の式で求めている。

$$rfvel = a \cdot \exp(b \cdot t(^{\circ}\text{C}))$$

(注意) 温度が1000°C以下の場合、rfvelに1.0e-20が代入され、  
放射性物質以外の場合は、rfvelに1.0が代入される。

表2.1 FP 放出速度係数 ( 3 / 3 )

引用番号	物質名	1000 < T(°C) < 2200		2200 ≤ T (°C)	
		a	b	a	b
46.0	<sup>90</sup> Kr	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
47.0	<sup>133</sup> I	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
48.0	<sup>134</sup> I	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
49.0	<sup>135</sup> I	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
50.0	<sup>136</sup> I	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
51.0	<sup>135</sup> Xe	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
52.0	<sup>89</sup> Rb	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
53.0	<sup>90</sup> Rb	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
54.0	<sup>138</sup> Cs	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
55.0	<sup>136m</sup> I	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
56.0	<sup>85</sup> Kr	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
57.0	<sup>89</sup> Kr	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
58.0	<sup>131</sup> I	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
59.0	<sup>137</sup> Cs	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
60.0	<sup>133</sup> Xe	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451
61.0	<sup>137</sup> Xe	2.75E-09	0.00667	3.15E-07	0.00451

(補足説明) FP 放出速度係数(1/s)は上記のaとbを使い以下の式で求めている。

$$rfvel = a \cdot \exp(b \cdot t(^{\circ}\text{C}))$$

(注意) 温度が1000°C以下の場合、rfvelに1.0e-20が代入され、

放射性物質以外の場合は、rfvelに1.0が代入される。

表2.2 ドラック係数の計算式

	条件	DRAG 係数オプション式
Re 数の関数で計算 IOPT ( 10 ) = 1	$Re \leq 1.0E-4$	$Cd = 2400$
	$1.0E-4 < Re \leq 0.01$	$Cd = 3.0/16. + 24.0 / Re$
	$0.01 < Re \leq 20.0$	$Cd = 24. \cdot ( 1. + 0.1315 \cdot Re^{( 0.82 - 0.05 \cdot w ) * 1} / Re$
	$20.0 < Re \leq 260.0$	$Cd = 24.0 \cdot ( 1.0 + 0.1935 \cdot Re^{0.6305} ) / Re$
	$260.0 < Re \leq 1.5E+3$	$\log ( Cd ) = 1.6435 + 1.1242 \cdot w + 0.1558 \cdot w^2$
	$1.5E+3 < Re \leq 1.2E+4$	$\log ( Cd ) = - 2.4571 + 2.5558 \cdot w + 0.9295 \cdot w^2 + 0.1049 \cdot w^3$
	$1.2E+4 < Re \leq 4.4E+4$	$\log ( Cd ) = - 1.9181 + 0.6370 \cdot w + 0.0636 \cdot w^2$
	$4.4E+4 < Re \leq 3.38E+5$	$\log ( Cd ) = - 4.3390 + 1.5809 \cdot w - 0.1546 \cdot w^2$
	$3.38E+5 < Re \leq 4.0E+5$	$Cd = 29.78 - 5.3 \cdot w$
	$4.0E+5 < Re \leq 1.0E+6$	$Cd = 0.1 \cdot w - 0.49$
	$1.0E+6 < Re$	$Cd = 0.19 - 8.0E+4 / Re$
気泡形状考慮 IOPT ( 10 ) = 2	球形	$Cd = 576.0 \cdot amor^{0.5} / eo^{1.5}$
	楕円	$Cd = eo / ( 2.14 + 0.505 \cdot eo )$
	球笠	$Cd = 8. / 3.$

\*1  $w = \log_{10} Re$

表2.3 報告書内容とソースプログラム内の崩壊連鎖における  
親核種、娘核種および半減期

物質	親核種	娘核種	半減期(s)
Kr	$^{89}\text{Kr}$	$^{89}\text{Rb}$	1.91E+02
	$^{90}\text{Kr}$	←	3.30E+01
Xe	$^{133}\text{Xe}$	←	4.56E+05
	$^{135}\text{Xe}$	←	3.28E+04
	$^{137}\text{Xe}$	$^{137}\text{Cs}$	2.34E+02
I	$^{131}\text{I}$	←	6.95E+05
	$^{133}\text{I}$	←	7.31E+04
	$^{134}\text{I}$	←	3.12E+03
	$^{135}\text{I}$	←	2.41E+04
	$^{136}\text{I}$	←	8.30E+01
	$^{136\text{m}}\text{I}$	←	4.81E+01
Rb	$^{89}\text{Rb}$	←	9.24E+02
	$^{90}\text{Rb}$	←	1.75E+02
Cs	$^{137}\text{Cs}$	←	9.45E+08

表 3.1 入出力ファイルの論理基盤

項目	論理機番 (FT)	備考
インプット	5	
アウトプット	6	
PLOTデータ	15	PLOTデータのファイル名は、必ず「fort.15」である。
リスタートファイル	11(入力)	リスタートファイルは、初期ケースで出力されるファイル名とリスタートケース入力時には、以下に示すようにファイル名を変更する必要がある。  初期ケース出力時：fort.12 リスタートファイル入力時：restin.d
	12(出力)	

表 3.2 BLOCK1 の入力変数 (1 / 6)  
(BLOCK 1 開始・終了 FLAG と計算オプション指定変数)

変数名	概要	単位	備考
&GDAT1	BLOCK 1 開始 FLAG	—	
&END	BLOCK 1 終了 FLAG	—	
IOPT(1)	リスタートオプション = 0, 初期ケース = 1, リスタートケース	—	3.2.2の(1) の説明文参照
IOPT(2)	リスタートファイル作成用オプション = 0, 作成しない = 1, 過渡計算最終ステップのみ = 2, 指定ステップ全部	—	3.2.2の(10) の説明文参照
IOPT(3)	プロットファイル作成オプション = 0, 作成しない = 1, 作成する	—	

表 3.2 BLOCK1 の入力変数 (2 / 6)  
(計算オプション指定変数)

変数名	概要	単位	備考
IOPT(4)	使用していない。	—	
IOPT(5)	気泡ソース指定オプション =0, 使用しない =1, 気泡ソースを指定するメッシュ番号	—	3.2.2の (3) の説明文参照
IOPT(6)	燃料ピン計算オプション =0, 考慮しない =1, FP 直接放出のみ =2, FP ギャップ放出のみ =3, 両者混合放出考慮	—	
IOPT(7)	燃料ピンからの気泡放出オプション = 0, 指定しない = 1, 指定する	—	3.2.2の (4) の説明文参照
IOPT(8)	Rayleigh 方程式の解法 (気泡の液滴径を計算する方法) =0, 使用しない =1, exact な解 =2, 準定常解	—	3.2.2の (6) の説明文参照
IOPT(9)	気泡分離オプション = 0, 考慮しない = 1, 限界We数以上で分離 = 2, 気泡の等価直径が気泡の最大直径よりも大きい場合は分離 = 3, 乱れの成長理論の場合は分離 = 4, 気泡の等価直径が気泡の最大直径よりも大きい場合は分離 (注) =1を指定した場合は、ROPT(9)で限界Weを指定すること	—	
IOPT(10)	ドラッグ係数オプション = 1, Re の関数 = 2, 気泡形状考慮	—	
IOPT(11)	初期気泡数オプション = 1, 使用しない = N, 放出された FP ガスを N個の気泡に分けて チャンネルに放出させる	—	3.2.2の (4) の説明文参照
IOPT(12)	冷却材境界での強制的気泡移行オプション = 0, 使用しない = N, 使用する強制的気泡移行オプション。	—	3.2.2の (6) の説明文参照

表 3.2 BLOCK1 の入力変数 (3 / 6)  
(計算オプション指定変数)

変数名	概要	単位	備考
IOPT(13)	冷却材・気泡間の物質移行係数オプション = 0, 使用しない = 1, 本文中の (46) 式使用 = 2, 本文中の (47) 式使用	—	3.2.2の (7) の説明文参照
IOPT(14)	現在使用していない。	—	
IOPT(15)	時間幅 $\Delta t$ の細分割オプション = 0, 細分割しない = N, $\Delta t$ を N 分割する	—	3.2.2の (2) の説明文参照
IOPT(16)	ギャップ放出時の放出率指定オプション = 0, 放出率指定なし (コード内部で計算する。) = 1, 放出率指定あり	—	3.2.2の (3) の説明文参照
IOPT(17)	集合体内冷却材チャンネルでのエントレインによる エアロゾル減衰計算オプション = 0, エントレインによる減衰を考慮しない = 1, エントレインによる減衰を考慮する	—	3.2.2の (9) の説明文参照
IOPT(18)	現在使用していない。	—	
IOPT(19)	カバーガス内での崩壊連鎖計算オプション = 0, 使用しない = 1, 使用する	—	3.2.2の (8) の説明文参照
IOPT(20)	IOPT(19)で崩壊連鎖計算をしたときに発生した 娘核種を冷却材への移行 = 0, 使用しない = 1, 使用する	—	
IOPT(21)	気泡内エアロゾル減衰モデルに粒径分布モデルを 適用するオプション (現在は、使用不可) = 0, 使用しない = 1, 使用する	—	

表 3.2 BLOCK1 の入力変数 (4/6)  
(プリントアウトオプション指定変数)

変数	概要		備考
IPOPT(1)	FP 放出部のプリント	プrintの有無 =0,プリントしない =1,プリントする	3.2.2の(9) の説明文参照
IPOPT(2)	気泡挙動のプリント		
IPOPT(3)	系内冷却材中 FP 濃度のプリント		
IPOPT(4)	系内気泡中 FP 濃度のプリント		
IPOPT(5)	Ci 変換したFP放出部のプリント		
IPOPT(6)	径内冷却材+気泡中のFPのCi数のプリント		
IPOPT(7)	Ci 変換した系内気泡FP 濃度のプリント		
IPOPT(8)	カバーガス内雰囲気気状態量、FP 濃度のプリント		
IPOPT(9)	集合体内でのエントレイン時の各計算値のプリント		

プリントアウトで出力される変数を3.3章に詳しく記載する。



表 3.2 BLOCK1 の入力変数 (4/6)  
(デバックプリントアウトオプション指定変数)

変数	概要	備考
IDBUG(1)	サブルーチンTRDRIVのデバックプリント	プリントの有無 =0,プリントしない。 =1,プリントする。  3.2.2の(10) の説明文参照
IDBUG(2)	サブルーチンTRCONTのデバックプリント	
IDBUG(3)	サブルーチンRESETのデバックプリント	
IDBUG(4)	サブルーチンFUTEMPのデバックプリント	
IDBUG(5)	サブルーチンFPREL1のデバックプリント	
IDBUG(6)	サブルーチンFPREL2のデバックプリント	
IDBUG(7)	サブルーチンFPRELのデバックプリント	
IDBUG(8)	サブルーチンMOBUBのデバックプリント	
IDBUG(9)	サブルーチンETRANのデバックプリント	
IDBUG(10)	サブルーチンCHEMGSのデバックプリント	
IDBUG(11)	サブルーチンFCHAINのデバックプリント	
IDBUG(12)	サブルーチンMTRANのデバックプリント	
IDBUG(13)	サブルーチンAEBUBのデバックプリント	
IDBUG(14)	サブルーチンWTRANのデバックプリント	
IDBUG(15)	サブルーチンCONCALのデバックプリント	
IDBUG(16)	サブルーチンMCOVERのデバックプリント	
IDBUG(17)以降	現在使用されていない。	
TDEBUG(1)	デバッグプリント開始時刻 (s)	
TDEBUG(2)	デバッグプリント終了時刻 (s)	

表 3.2 BLOCK1 の入力変数 (5/7)  
(タイムステップ及び出力間隔制御変数)

変数名	概要	単位	備考
NCMAX	シミュレーションステップ数の最大値	—	3.2.2の(2) の説明文参照
TIMAX	シミュレーション最大時刻	s	
NPN	過渡時入出力コントロール区間数	—	
PTIME(I) (I = 1~NPN)	区間 I の最終時刻	s	
DTI(I) (I = 1~NPN)	区間 I のタイムステップ幅	s	
JPN(I) (I = 1~NPN)	区間 I のプリント間隔	—	3.2.2の(10) の説明文参照
JPL(I) (I = 1~NPN)	区間 I のプロット間隔 (注) IOPT(3) ≠ 1 の時有効	—	
JPS(I) (I = 1~NPN)	区間 I のリスタートファイル作成間隔 (注) IOPT(2) = 2 の時有効	—	

表 3.2 BLOCK1 の入力変数 (6/7)  
(テーブル入力データ変数)

変数名	概要	単位	備考
NTAB	入力するテーブルの種類数 (≤2)	—	N=1のとき 3.2.2の(3) の説明文参照  N=2のとき 3.2.2の(8) の説明文参照
MXTAB(N) (N = 1~NTAB)	テーブル番号 N のデータ組数 (≤20)	—	
XTAB(M,N) (M = 1~ MXTAB(N))	テーブル番号NのX軸データ	任意	
FTAB(M,N) (M = 1~ MXTAB(N))	テーブル番号NのY軸データ	任意	

表 3.2 BLOCK1 の入力変数 (7/7)  
 (プログラム内の計算式等で使用される係数値を指定する変数)

変数	概要	単位	備考
ROPT(1)	FP気泡の最小体積 (= 1.0 E-9 程度を入力する。) (注) IOPT(7)≠0 の時必要。	m <sup>3</sup>	3.2.2の (3) の説明文参照
ROPT(2)	気泡分割補正係数	-	3.2.2の (3) の説明文参照
ROPT(3)	気泡の移行に関する運動方程式における慣性項の冷却材質量の 負荷割合 (通常 0.5 を入力する)	-	3.2.2の (5) の説明文参照
ROPT(4)	気泡の中心座標が液面を越えた時に、気泡内部の物質がカバ- ガス部へ移行する割合	m <sup>3</sup>	3.2.2の (5) の説明文参照
ROPT(5)	気泡中の成分のガス相内拡散を考える場合の、パラメータ解析 用比例係数。(気泡・冷却材間の移行計算で使用)	m <sup>3</sup>	3.2.2の (6) の説明文参照
ROPT(6)~(8)	使用していない		
ROPT(9)	IOPT(9) = 1のときの限界We数 (通常6.0ないし15.0を入力する。default値は6.0である)	-	3.2.2の (5) の説明文参照
ROPT(10)~(14)	使用していない		

表 3.3 BLOCK2 の入力変数 (1/5)

変数名	概要	単位	備考
&CLDAT1	「CLDAT1」は、計算体系を定義するための入力データリストである。	-	
&END	BLOCK1終了FLAG	-	
ICMAX	計算体系の全メッシュ数 ( $\leq 30$ )	-	3.2.3の(1)の説明文参照
XORGN	計算体系の径方向基準座標	m	3.2.3の(2)の説明文参照
ZORGN	計算体系の軸方向基準座標		
TCN(I) (I = 1 ~ ICMAX)	メッシュ I の初期温度	K	
VCN(I) (I = 1 ~ ICMAX)	メッシュ I の体積	m <sup>3</sup>	
PCN(I) (I = 1 ~ ICMAX)	メッシュ I の初期圧力	Pa	
XC(I) (I = 1 ~ ICMAX)	メッシュ I の中心位置の径方向座標	m	
ZC(I) (I = 1 ~ ICMAX)	メッシュ I の中心位置の軸方向座標		
DXC(I) (I = 1 ~ ICMAX)	メッシュ I の径方向メッシュ幅	m	
DZC(I) (I = 1 ~ ICMAX)	メッシュ I の軸方向メッシュ幅		

表 3.3 BLOCK2の入力変数 (2/5)

変数名	概要	単位	備考
IWMAX(I) (I=1~ICMAX)	メッシュ I に接する壁面の数 (> 0) の時有効 ( $\leq 3$ )	-	現在は 3 個までしか考慮していない。
ICOVER(I) (I=1~ICMAX)	メッシュ I に接するカバーガス空間の数 (通常 0 または 1)	-	
TCW(K, I) (K=1~IWMAX(I)) (I=1~ICMAX)	メッシュ I に接する壁面 K の温度	K	3.2.3の(4) の説明文参照
ACW(K, I) (K=1~IWMAX(I)) (I=1~ICMAX)	メッシュ I に接する壁面 K の表面積	m <sup>2</sup>	
ALENW(K, I) (K=1~IWMAX(I)) (I=1~ICMAX)	メッシュ I に接する壁面 K の冷却材流れ方向の長さ	m	
AGCV(K, I) (K=1~IWMAX(I)) (I=1~ICMAX)	メッシュ I がカバーガスに接する場合の接触面積	m <sup>2</sup>	

表 3.3 BLOCK2 の入力変数 (3/5)

変数名	概要	単位	備考
JCMAX	計算体系内のメッシュ間連結流路の最大数 ( $\leq 30$ )	-	3.2.3の(5) の説明文参照
IJC1(J) (J=1~JCMAX(I))	流路 J の上流側メッシュ番号	-	
IJC2(J) (J=1~JCMAX(I))	流路 J の下流側メッシュ番号	-	
VFLW(J) (J=1~JCMAX(I))	流路 J の体積流量	m <sup>3</sup> /s	
ARE(J) (J=1~JCMAX(I))	流路 J の流路断面積	m <sup>2</sup>	
ALEN(J) (J=1~JCMAX(I))	流路 J の流路長	m	3.2.3の(6) の説明文参照
GZAI(J) (J=1~JCMAX(I))	流路 J の実効流路抵抗 (現バージョンでは使用不可)	-	3.2.3の(7) の説明文参照
GDIRE(J) (J=1~JCMAX(I))	流路 J の重力方向成分	-	3.2.3の(8) の説明文参照
RDIRE(J) (J=1~JCMAX(I))	(水平方向) 流路 J の重力方向成分	-	3.2.3の(9) の説明文参照

表 3.3 BLOCK2 の入力変数 (4/5)

変数名	概要	単位	備考
TCGN	カバーガス温度	K	
VCGN	カバーガス領域体積	m <sup>3</sup>	
PCGN	カバーガス圧力	Pa	
HGCN	カバーガス領域高さ	m	
AGCR	カバーガス天井表面積	m <sup>2</sup>	
TGCR	カバーガス天井温度	K	
AGCR	カバーガス領域壁面表面積	m <sup>2</sup>	
TGCW	カバーガス領域壁面温度	K	
RGLEK	カバーガス領域漏洩率	1/s	
PGLEK	カバーガス領域でのプレートアウト減衰係数	1/s	

表3.3 BLOCK2の入力変数 (5/5)

変数名	概要	単位	備考
NCTAB	冷却材流量変化のテーブル番号	-	
ISMS(I,J) (I = 1, 2) (J = 1~IOPT(12))	強制的な気泡の移行を行うメッシュ番号	-	IOPT(12) = 1の とき使用される
XSMS(J) (J = 1~IOPT(12))	強制気泡移行オプション指定時の移動先の径方向座標	m	
ZSMS(J) (J = 1~IOPT(12))	強制気泡移行オプション指定時の移動先の軸方向座標		

表3.4.1 BLOCK3 の入力変数

変数名	概要	単位	備考
&MADAT1	「MADAT1」は、物質指定に関する入力データリストである。		
&END	BLOCK3終了FLAG		
MAMAT	冷却材領域の物質番号（通常 NaL、あるいは H2OL の番号を指定する）	—	
MXMT	計算上考慮される物質の数	—	
MATN(M) (M = 1~MXMT)	計算上考慮される物質の番号	—	
FCGML(M) (M = 1~MXMT)	カバーガス領域に存在する物質のモル分率	—	

(注) TRACERで扱われる物質名と物質番号を次頁に示す。



表3.4.2 TRACER コードで設定されている物質の引用番号

引用番号	物質名	引用番号	物質名	引用番号	物質名	引用番号	物質名
1	N <sub>2</sub>	21	H <sub>2</sub> O (l)	41	Na <sub>2</sub> O	61	<sup>137</sup> Xe
2	O <sub>2</sub>	22	Na (l)	42	Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	62	指定なし
3	He	23	I <sub>2</sub> (l)	43	NaOH	63	指定なし
4	Ar	24	NaI (l)	44	B <sub>4</sub> C	64	指定なし
5	Kr	25	CsI (l)	45	指定なし	65	指定なし
6	Xe	26	Cs (l)	46	<sup>90</sup> Kr		
7	指定なし	27	Te (l)	47	<sup>133</sup> I		
8	〃	28	UO <sub>2</sub> (l)	48	<sup>134</sup> I		
9	〃	29	Fe (l)	49	<sup>135</sup> I		
10	〃	30	指定なし	50	<sup>136</sup> I		
11	H <sub>2</sub> O (v)	31	ZrCl	51	<sup>135</sup> Xe		
12	Na (v)	32	SnCl	52	<sup>89</sup> Rb		
13	I <sub>2</sub> (v)	33	Ru	53	<sup>90</sup> Rb		
14	NaI (v)	34	Zr	54	<sup>138</sup> Cs		
15	CsI (v)	35	Ba	55	<sup>136m</sup> I		
16	Cs (v)	36	Sb	56	<sup>85</sup> Kr		
17	Te (v)	37	Ag	57	<sup>89</sup> Kr		
18	UO <sub>2</sub> (v)	38	指定なし	58	<sup>131</sup> I		
19	Fe (v)	39	〃	59	<sup>137</sup> Cs		
20	指定なし	40	〃	60	<sup>133</sup> Xe		

(v)：気体を表わす。

(l)：液体を表わす。

表3.5 BLOCK4 の入力変数 (1/4)

変数名	概要	単位	備考
&FUDAT1	「FUDAT1」は、燃料ピン計算に関する入力データリストである。	—	
&END	BLOCK4終了FLAG		
IFUEL	燃料からのFP放出を考慮する該当冷却材メッシュ番号 ( $\leq$ ICMAX)	—	3.2.5の(1)の説明文参照
IFCH	燃料ピンの最大チャンネル数 ( $\leq$ 3) (注) 最大数は3である。	—	3.2.5の(2)の説明文参照
NFU	燃料ピンの軸方向(長手方向)でのメッシュ分割数 ( $\leq$ 10) (注) 最大数は10である。	—	3.2.5の(3)の説明文参照
NPIN(I)	チャンネルIに属する燃料ピンの数	—	3.2.5の(6)の説明文参照
NFTAB(I) (I=1,NTAB)	チャンネルIに属する燃料ピンの過渡温度変化を考慮する場合のテーブル番号 ( $\leq$ NTAB)	—	
TFUI(N, I) (I=1,NTAB) (N=1,NFU)	チャンネルIに属する燃料ピンの基準温度分布	K	3.2.5の(5)の説明文参照
QSOR(N, M, I) (I=1,NTAB) (M=1,MXMT) (N=1,NFU)	同チャンネルの燃料に含まれる物質Mの初期インベントリ	mol	3.2.5の(4)の説明文参照
TIFAL(I) (I=1,NTAB)	同チャンネルの燃料ピン破損時刻	s	3.2.5の(6)の説明文参照
PINN(I) (I=1,NTAB)	チャンネルIの燃料ピンガスプレナム中の圧力	Pa	
REI(I) (I=1,NTAB)	チャンネルIの燃料ピンの内半径	m	
PLEN(I) (I=1,NTAB)	チャンネルIの燃料ピンのプレナムの長さ	m	

表3.5 BLOCK4 の入力変数 (2/4)

変数名	概要	単位	備考
TINN (I) (I=1,NTAB)	同燃料ピンのプレナム温度	K	3.2.5の(6) の説明文参照
GFRC (M, I) (M=1,MXMT) (I=1,NTAB)	同燃料ピンガスプレナム中の物質 M のモル分率	-	3.2.5の(7) の説明文参照
GAM (I) (I=1,NTAB)	同燃料ピンガスプレナム中ガスの比熱比		混合ガスの場合に おいては、詳細に 評価する必要があるが、 現状では暫定的に設定して いる。

(注意) 現状では、複数個のメッシュを定義できない。

表3.5 BLOCK4 の入力変数 (3/4)

変数名	概要	単位	備考
TOTN(I) (I= 1, NTAB)	チャンネルIの燃料破損部の温度	K	3.2.5の(6) の説明文参照
POTN(I) (I= 1, IFCH)	各チャンネルの燃料破損部の圧力	Pa	
FRC(I) (I= 1, IFCH)	各チャンネルの破損燃料ピンの抵抗係数	-	
CLEN(I) (I= 1, IFCH)	各チャンネルの破損燃料ピンガスプレナム・破損部間の距離	m	
HYD (I) (I= 1, IFCH)	各チャンネルの燃料ピンギャップ部等価直径	m	
FCREL (M) (M=1,MXMT)	放出された物質が冷却材へ移行する割合	-	3.2.5の(8) の説明文参照
AOR (I) (I= 1, IFCH)	破損部等価面積	m <sup>3</sup>	3.2.5の(6) の説明文参照

表3.5 BLOCK4 の入力変数 (4/4)

変数名	概要	単位	備考
PSOR(M, I) (M=1, MXMT) (I=1, IFCH)	燃料ピンのギャップ部に含まれる物質の初期量	mol	3.2.5の(7) の説明文参照
DSORXC (M, I) (M=1, MXMT) (I=1, IFCH)	各物質 (FP) の燃料ピン1本あたりのギャップからの放出速度 (IOPT(16)=1のとき、本値を使用する)	mol/s	

表3.6 BLOCK5 の入力変数

変数名	概要	単位	備考
&SRDAT1	気泡ソースデータを与える入力データリストである。	-	IOPT (5) ≠1の ときに指定する 必要がある。
&END	BLOCK5 終了 FLAG	-	
VBLSN	初期気泡体積	m <sup>3</sup>	
TBLSN	初期気泡温度	K	
IBLSN	初期気泡の形状タイプ	-	
FBLSN(M) (M ≤ MXMT)	気泡内ガス組成	mol	

表3.7 BLOCK6 の入力変数 (1/2)

変数名	概要	単位	備考
&AEDAT1	「AEDAT1」は、気泡内エアロゾル減衰モデルに粒径分布モデルを適用するオプションが ON ( IOPT ( 21 ) = 1 ) の時のエアロゾル分布を与える入力データリストである。	-	
&END	BLOCK6 終了 FLAG	-	
C0	エアロゾル初期濃度	g/m <sup>3</sup>	MCL=1, 12, 123
SIGG	初期エアロゾル分布の幾何標準偏差	-	
RMIN	エアロゾルの最小半径	cm	
RMAX	エアロゾルの最大半径	cm	
CMIN	エアロゾルの凝集計算を行う最小濃度	g/cm <sup>3</sup>	

(注意) RMINとRMAXについては、以下に示す解法上次式を満足しなければならない。

$$(RMAX/RMIN)^{3/(KL-1)} \geq 2$$

表3.8 BLOCK7 の入力変数

変数名	概要	単位	備考
&AEDAT2	「AEDAT2」は、気泡内エアロゾル減衰モデルに粒径分布モデルを適用するオプションが ON (IOPT(21)=1) の時のエアロゾルの物性および形状係を与える入力データリストである。		
&END	BLOCK6終了FLAG		
R0	エアロゾル粒子の密度	g/cm <sup>3</sup>	
AXGP	気泡内ガスとエアロゾル粒子の熱伝導率の比の値	—	
EPSKG	重力凝集係数に乗じるファクター =1, Fucks relation =-2, HAARM relation	—	
FKAI	重力沈降形状係数	—	
FGAM	凝集形状係数	—	
EPST	乱流エネルギー消費量	cm <sup>2</sup> /s <sup>3</sup>	乱流凝集を考慮する場合に必要。
O(N, I)	基礎式中の係数		

表3.9 BLOCK8 の入力変数 (1/2)

変数名	概要	単位	備考
&ENDAT	「ENDAT1」は、エントレインによる集合体内チャンネルでのエアロゾル減衰モデルに関する入力データリストである。	—	
&END	BLOCK6終了FLAG	—	
TS	エントレインによる集合体チャンネルでのエアロゾル減衰計算の開始時刻	s	
TE	エントレインによるエアロゾル減衰計算の終了時刻	s	

表3.9 BLOCK8 の入力変数 (2/2)

変数名	概要	単位	備考
JMAX	燃料破損位置から上方への冷却材チャンネルの軸方向のメッシュ数 ( $\leq 10$ )	-	
SIGC	冷却材の表面張力	N/m	
RHOL	冷却材密度	kg/m <sup>3</sup>	
RHOG(J)	各メッシュにおける気泡密度	kg/m <sup>3</sup>	
AL(J)	各メッシュにおける壁面温度(エントレイン領域の壁温度)	K	
ACC(J)	各メッシュの境界断面積冷却材チャンネルの各メッシュ境界の断面積)	m <sup>2</sup>	
THKL(J)	各メッシュの初期液膜厚さ (冷却材チャンネルの各メッシュにおける初期液膜厚さ)	m	
VG(J)	各メッシュの体積 (冷却材チャンネル各メッシュの体積)	m <sup>3</sup>	
GM	エアロゾル粒子質量	kg	
VL	エアロゾル粒子の体積	m <sup>3</sup>	
CN	エアロゾル粒子の個数濃度	1/m <sup>3</sup>	
UC(J)	各メッシュ境界における流速	m/s	
TK	冷却材の沸点	K	
EP	エアロゾル粒子の衝突確率	-	
FG	抵抗係数	-	
CIN(J)	各セルでのエアロゾル生成率	1/m <sup>3</sup> /s	下記の IOPIN = 1 の時には使用しない。
DIFG	エアロゾル成長計算のための拡散係数	m <sup>2</sup> /s	
IOPIN	エアロゾルソース指定オプション = 0, 入力 CIN で与えた値を使用 = 1, 均一核生成・不均一核生成によるエアロゾルの生成項を計算		

表3.10 計算ステップ数、計算時間等の出力結果 (必ず出力)

*transient results from fpsort calculation*		
変数名	概要	単位
NC	計算ステップ数	回
TIME(S)	計算時間	s
DT(S)	計算時間間隔	s

表3.11 燃料ピン等の計算結果 (IPOPT (1)=1 の場合は出力される)

*tfu(k) fuel temperature distribution		
I=	燃料ピンのチャンネルNO	燃料ピン温度 TFU (N,I) (単位: K)

表3.12 燃料ピン及びギャップ中に関連する計算結果 (必ず出力)

変数名	概要	単位
pinn(Pa)	チャンネルi3のガスプレナム中の圧力	Pa
tinn(K)	チャンネルi3の燃料ピンのプレナム温度	K
amah1(-)	チャンネルi3の開口部におけるマッハ数	-
vg1(m/s)	チャンネルi3の開口部におけるガス流速	m/s
potn(Pa)	燃料破損部の圧力	Pa
totn(K)	燃料破損部の温度	K
amah2(-)	チャンネルi3のギャップ部におけるマッハ数	-
vg2(m/s)	チャンネルi3のギャップ部におけるガス流速	m/s
pbac(Pa)	流速が最大値 (音速) をとるときの背圧	Pa

(注意) 上記の計算結果は、IFU (燃料ピンの最大チャンネル数) の数、出力される。



表3.13 燃料ピン及びギャップ中に関連する計算結果 (必ず出力)

変数名	概要	単位
vs(m/s)	音速	m/s
gm(kg/m <sup>2</sup> /s)	チャンネルiの燃料破損部におけるギャップ放出ガスの単位面積あたりの質量流速	kg/m <sup>2</sup> /s
dmdt(kg/s)	チャンネルiにおけるプレナム内ガス質量減少速度 (燃料ピン1本当たり)	kg/s
mp(kg)	チャンネルiのプレナム内ガス質量	kg
rh(kg/m <sup>3</sup> )	チャンネルiのプレナム内ガス密度	kg/m <sup>3</sup>
mpt(kg)	チャンネルiのプレナム内ガス質量	kg
vpb(m <sup>3</sup> /s)	チャンネルiにおけるFP (ギャップ放出) の体積流量 (圧力 pbac で算出)	m <sup>3</sup> /s
vpo(m <sup>3</sup> /s)	チャンネルiにおけるFP (ギャップ放出) の体積流量 (圧力 poto で算出)	m <sup>3</sup> /s
v-int(m <sup>3</sup> )	チャンネルiにおけるFP(ギャップ放出) の体積流量 (圧力 pbac で算出)	m <sup>3</sup>

表3.14 IOPT(6) (燃料ピン計算オプション) 使用時に必ず出力される計算結果

変数名	概要	単位
if	燃料ピンのチャンネルNO	—
mm	物質の識別番号	—
dtsor1	チャンネルiにおける物質mの放出率 (直接放出)	mol/s
dtsor2	チャンネルiにおける物質mの放出率 (ギャップ放出)	mol/s
dtsor	物質mの全放出率	mol/s
cbsor	物質mの平均濃度	mol/m <sup>3</sup>
cbsfr	全物質中の物質mのモル分率	—

表3.15 新たに発生した気泡群の体積と直径の計算結果 (必ず出力)

変数名	概要	単位
bl vol.(m**3)	新たに発生した気泡群の合計体積	m <sup>3</sup>
bl dia.(m)	新たに発生した気泡群全体の等価直径	m

表3.16.1 計算時間tまでに発生した気泡の数 (IPOPT(2) が 1 で KBLN &gt; 0 の時に出力)

変数名	概要	単位
kbln(bubble no.)	現タイムステップまでに放出された気泡の数	個
kblo(bubble no.)	前タイムステップまでに放出された気泡の数	個

表3.16.2 気泡形状及び速度等の計算結果 (IPOPT(2) が 1 で KBLN &gt; 0 の時に出力)

変数名	概要	単位
k	気泡の番号	-
mesh	気泡が現時点で存在したメッシュ番号	-
shape	気泡の形状番号	-
deqb(m)	気泡の等価直径	m
vbb1(m <sup>3</sup> )	気泡の体積	m <sup>3</sup>
anob(-)	気泡の個数	-
ecct(b/a)	気泡の離心率	b/a
xbl(m)	気泡のX座標	m
zbl(m)	気泡のZ座標	m
ubv(m/s)	気泡の径方向移動速度	m/s
wbv(m/s)	気泡の軸方向の移動速度	m/s

表3.16.3 各冷却材メッシュ中の気泡内の物質毎のモル数 (IPOPT(2) = 1 の時に出力)

*tmlbn(mol) — mol in k-th l bubble					
(m,j)	1	2	3~8	9	10
mxmt	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT)のモ ル数	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT)のモ ル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT)の モル数	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT) のモル数
mxmt-1	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT-1) のモル数	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT-1) の モル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT-1) のモル数	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT- 1) のモル数
mxmt-2   3	省略	省略	省略	省略	省略
2	冷却材メッシュ1の MATN(2) のモル数	冷却材メッシュ2の MATN(2) のモル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(2) のモル数	冷却材メッシュ10 のMATN(2) のモル 数
1	冷却材メッシュ1の MATN(1) のモル数	冷却材メッシュ1の MATN(2) のモル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(1) のモル数	冷却材メッシュ10 のMATN(1) のモル 数

表3.16.4 各冷却材メッシュ中の気泡内の物質毎のモル濃度 ( IPOPT(2) = 1の時に出力)

*cobn(mol/m**3) — conc. in k-th 1 bubble					
(m,j)	1	2	3~8	9	10
mxmt	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT) のモル濃度
mxmt-1	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT-1)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT-1)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT-1) のモル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT- 1)のモル濃度
mxmt-2 } 3	省略	省略	省略	省略	省略
2	冷却材メッシュ1の MATN(2)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(2)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(2)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(2)の モル濃度
1	冷却材メッシュ1の MATN(1)の モル濃度	冷却材メッシュ1の MATN(2)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(1)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(1)の モル濃度

表3.17.1 径内冷却材中FP濃度 ( IPOPT(3)=1 の時に出力)

*tmlcn(mol) — mol in coolant mesh					
(m,j)	1	2	3~8	9	10
icmax	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT)のモ ル数	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT)のモ ル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT)の モル数	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT) のモル数
icmax-1	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT-1)の モル数	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT-1)の モル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT-1) のモル数	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT- 1)のモル数
icmax-2 } 3	省略	省略	省略	省略	省略
2	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル数	冷却材メッシュ2の MATN(2)のモル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(2)のモル 数	冷却材メッシュ10 のMATN(2)のモ ル数
1	冷却材メッシュ1の MATN(1)のモル数	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(1)のモル 数	冷却材メッシュ10 のMATN(1)のモ ル数

表3.17.2 径内冷却材中FPモル濃度 ( IPOPT(3) = 1 の時に出力 )

*cocn(mol/m**3) — conc. in coolant mesh					
(m,j)	1	2	3~8	9	10
icmax	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT) のモル濃度
icmax-1	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT-1)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT-1)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT-1) のモル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT- 1)のモル濃度
icmax-2 } 3	省略	省略	省略	省略	省略
2	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(2)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(2)の モル濃度
1	冷却材メッシュ1の MATN(1)のモル濃度	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(1)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(1)の モル濃度

表3.18.1 径内気泡中の物質毎の合計モル数 ( IPOPT(4) = 1 の時に出力 )

*tmlbp(mol) — mol in coolant mesh					
(m,j)	1	2	3~8	9	10
icmax	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT) の モル数	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT) の モル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT)の モル数	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT) のモル数
icmax-1	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT-1) の モル数	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT-1) の モル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT-1) のモル数	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT- 1) のモル数
icmax-2 } 3	省略	省略	省略	省略	省略
2	冷却材メッシュ1の MATN(2) のモル数	冷却材メッシュ2の MATN(2) のモル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(2) のモル数	冷却材メッシュ10 のMATN(2) のモ ル数
1	冷却材メッシュ1の MATN(1) のモル数	冷却材メッシュ1の MATN(2) のモル数	省略	冷却材メッシュ9の MATN(1) のモル数	冷却材メッシュ10 のMATN(1) のモ ル数

表3.18.2 径内気泡中の物質毎の平均の体積モル濃度 ( IPOPT(4) = 1 の時に出力 )

*cobp(mol/m**3) — average conc. in bubble					
(m.j)	1	2	3~8	9	10
icmax	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(MXMT) のモル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT) のモル濃度
icmax-1	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT-1)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT-1)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(MXMT- 1)のモル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT- 1)のモル濃度
icmax-2 1 3	省略	省略	省略	省略	省略
2	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(2)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(2)の モル濃度
1	冷却材メッシュ1の MATN(1)のモル濃度	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(1)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(1)の モル濃度

表3.19 Ci 変換した FP の放出結果 ( IPOPT(5) = 1 の時に出力 )

変数名	概要	単位
if	燃料ピンのチャンネル番号	—
mm	物質の識別番号	—
dtsorp	物質Mの放出率	Ci/s
cbsorp	物質Mの濃度	Ci/cc
qsorp	チャンネルI中の物質MのCi数	Ci

表3.20 Ci 変換した各冷却材メッシュの物質毎の合計 (冷却材 + 気泡)  
( IPOPT(6) = 1 の時に出力 )

*tmltot(ci) — ci in coolant+bubble					
(m,j)	1	2	3~8	9	10
icmax	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT)のモ ル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT) のモル濃度
icmax-1	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT-1)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT-1)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT-1) のモル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT- 1)のモル濃度
icmax-2 1 3	省略	省略	省略	省略	省略
2	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(2)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(2)の モル濃度
1	冷却材メッシュ1の MATN(1)のモル濃度	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(1)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(1)の モル濃度

表3.21.1 Ci 変換した径内冷却材中FPモル濃度 (IPOPT(7) ≠ 0で出力)

*cocnp(ci/cc(cl)) — ci/cc in coolant					
(m,j)	1	2	3~8	9	10
icmax	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(MXMT) のモル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT) のモル濃度
icmax-1	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT-1)のモ ル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT-1)のモ ル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(MXMT- 1)のモル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT- 1)のモル濃度
icmax-2 } 3	省略	省略	省略	省略	省略
2	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(2)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(2)の モル濃度
1	冷却材メッシュ1の MATN(1)のモル濃度	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(1)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(1)の モル濃度



表3.21.2 Ci 変換した径内気泡中の物質毎の平均の体積モル濃度 (IPOPT(7) ≠ 0 で出力)

*cobpp(ci/cc(cl)) — ci/cc in bubble					
(m.j)	1	2	3~8	9	10
icmax	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT) のモル濃度
icmax-1	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT-1)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT-1)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(MXMT-1) のモル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT- 1)のモル濃度
icmax-2 ) 3	省略	省略	省略	省略	省略
2	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(2)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(2)の モル濃度
1	冷却材メッシュ1の MATN(1)のモル濃度	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9の MATN(1)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(1)の モル濃度

表3.21.3 径内の合計（気泡中+冷却材中）物質毎の平均の体積モル濃度  
(IPOPT(7) ≠ 0で出力)

*cotot(ci/cc(cl)) — ci/cc in coolant+bubble					
(m,j)	1	2	3~8	9	10
icmax	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(MXMT) のモル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT) のモル濃度
icmax-1	冷却材メッシュ1の MATN(MXMT-1)の モル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(MXMT-1)の モル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(MXMT- 1)のモル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(MXMT- 1)のモル濃度
icmax-2 ↓ 3	省略	省略	省略	省略	省略
2	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	冷却材メッシュ2の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(2)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(2)の モル濃度
1	冷却材メッシュ1の MATN(1)のモル濃度	冷却材メッシュ1の MATN(2)のモル濃度	省略	冷却材メッシュ9 のMATN(1)の モル濃度	冷却材メッシュ10 のMATN(1)の モル濃度

表3.22.1 カバーガス内物質の計算結果 (IPOPT(8)=1の時に出力)

変数名	概要	単位
m	1~MXMTまでの数	—
matn	物質の識別番号	—
imtyp	気泡の形状タイプ	—
tmlg(ml)	ガス中の物質Mの放出量	mol
cog(ml/m <sup>3</sup> )	ガス中の物質Mのモル濃度	mol/m <sup>3</sup>
tmgc(ci)	カバーガス中の物質MのCi数	Ci
fcgml(-)	カバーガス領域中に存在する物質imtのモル分率	—

表3.22.2 カバーガス内雰囲気状態 ( IPOPT(8) = 1 の時に出力)

変数名	概要	単位
*pcgn (Pa) — cover gas pressure	カバーガスの圧力	mol
*vcgn (m3) — cover gas volume	カバーガスの領域体積	mol/m <sup>3</sup>
*tcgn (K) — cover gas temperature	カバーガスの温度	Ci
*ttlgn(c) — cover gas total dose	カバーガス中の全物質のCi数合計	—

表3.22.3 各メッシュからカバーガス内へ移行する物質毎の割合 ( IPOPT(8) =1 の時に出力)

*retention factor					
(m,j)	1	2	3~8	9	10
icmax	冷却材メッシュ1からカバーガスへ移行するMATN(MXMT)の割合	冷却材メッシュ2からカバーガスへ移行するMATN(MXMT)の割合	省略	冷却材メッシュ9からカバーガスへ移行するMATN(MXMT)の割合	冷却材メッシュ10からカバーガスへ移行するMATN(MXMT)の割合
icmax-1	冷却材メッシュ1からカバーガスへ移行するMATN(MXMT-1)の割合	冷却材メッシュ2からカバーガスへ移行するMATN(MXMT-1)の割合	省略	冷却材メッシュ9からカバーガスへ移行するMATN(MXMT-1)の割合	冷却材メッシュ10からカバーガスへ移行するMATN(MXMT-1)の割合
icmax-2 1 3	省略	省略	省略	省略	省略
2	冷却材メッシュ1からカバーガスへ移行するMATN(2)の割合	冷却材メッシュ2からカバーガスへ移行するMATN(2)の割合	省略	冷却材メッシュ9からカバーガスへ移行するMATN(2)の割合	冷却材メッシュ10からカバーガスへ移行するMATN(2)の割合
1	冷却材メッシュ1からカバーガスへ移行するMATN(1)の割合	冷却材メッシュ2からカバーガスへ移行するMATN(1)の割合	省略	冷却材メッシュ9からカバーガスへ移行するMATN(1)の割合	冷却材メッシュ10からカバーガスへ移行するMATN(1)の割合

表3.23 集合体内のエントレイン時の各計算値 (1/8) ( IPOPT(9) =1 の時に出力 )

rrc(m)	$rrj(n/m^{**3}/s)$	rrn(m)	前タイムステップにおけるエアロゾル平均半径	m	臨界核に対する粒子生成速度	$1/m^3 \cdot s$	エアロゾル平均半径	m
--------	--------------------	--------	-----------------------	---	---------------	-----------------	-----------	---

表3.23 集合体内のエントレイン時の各計算値 (2/8) ( IPOPT(9) =1 の時に出力 )

J	X(J)	scd(J)						
1	X(1)	scd(1)	CD(1,1)					
2	X(2)	scd(2)	CD(2,1)	CD(2,2)				
3 ⋮ JMAX-2	X(3)~ X(JMAX-2)	scd(3)~ scd(JMAX-2)	⋮省略	⋮省略				
JMAX-1	X(JMAX-1)	scd(JMAX-1)	CD(JMAX-1,1)	CD(JMAX-1,2)	⋮省略	CD(JMAX-1,JMAX-1)		
JMAX	X(JMAX)	scd(JMAX)	CD(JMAX,1)	CD(JMAX,2)		CD(JMAX-1,JMAX)	CD(JMAX,JMAX)	

表3.23 集合体内のエントレイン時の各計算値 (3/8) (IPOPT(9) = 1の時に出力)

J	X(J)	UD(J)				
1	X(1)	UD(1)	UD(1,1)			
2	X(2)	UD(2)	UD(2,1)	UD(2,2)		
3 ⋮ JMAX-2	⋮省略	⋮省略	⋮省略	⋮省略		
JMAX-1	X(JMAX-1)	UD(JMAX-1)	UD(JMAX-1,1)	UD(JMAX-1,2)	⋮省略	UD(JMAX-1, JMAX-1)
JMAX	X(JMAX)	UD(JMAX)	UD(JMAX,1)	UD(JMAX,2)		UD(JMAX, JMAX)
JMAX+1	X(JMAX+1)	UD(JMAX+1)	UD(JMAX+1,1)	UD(JMAX+1,2)		UD(JMAX, JMAX+1)

J: 冷却材チャンネル番号

X(J): メッシュ境界の軸方向の座標値(m)

UD(J, JJ): メッシュJJからメッシュJに達したガス流速(m/s)

表3.23 集合体内のエントレイン時の各計算値 (4/8) (IPOPT(9) = 1の時に出力)

J	X(J)	scd(J)				
1	X(1)	scd(1)	RD(1,1)			
2	X(2)	scd(2)	RD(2,1)	RD(2,2)		
3 ⋮ JMAX-2	X(3)~ X(JMAX-2)	scd(3)~ scd(JMAX-2)	⋮省略	⋮省略		
JMAX-1	X(JMAX-1)	scd(JMAX-1)	RD(JMAX-1,1)	RD(JMAX-1,2)	⋮省略	RD(JMAX-1, JMAX-1)
JMAX	X(JMAX)	scd(JMAX)	RD(JMAX,1)	RD(JMAX,2)		RD(JMAX, JMAX)

J：冷却材チャンネル番号

X(J)：メッシュ境界の軸方向の座標値

RD(J, JJ)：メッシュJJで生成された液滴がメッシュJに達した時の液滴の平均半径(m)

表3.23 集合体内のエントレイン時の各計算値 (5 / 8 ) ( IPOPT(9) = 1の時に出力 )

変数名	概要	単位
J	冷却材チャンネル番号	—
x(j)	メッシュ境界の軸方向の座標値	m
cc(j)	メッシュJにおけるエアロゾル個数濃度	1/s

表3.23 集合体内のエントレイン時の各計算値 (6/8) ( IPOPT(9) = 1 の時に出力)

変数名	概要	単位
J	冷却材チャンネル番号	—
x(j)	メッシュ境界の軸方向の座標値	m
df(j)	各メッシュでのDecontamination Factor	—

表3.23 集合体内のエントレイン時の各計算値 (7/8) ( IPOPT(9) = 1 の時に出力)

変数名	概要	単位
J	冷却材チャンネル番号	—
x(j)	メッシュ境界の軸方向の座標値	m
vfn(j)	各メッシュでの液滴の合計体積	m

表3.23 集合体内のエントレイン時の各計算値 (8/8) ( IPOPT(9) = 1 の時に出力)

変数名	概要	単位
J	冷却材チャンネル番号	—
x(j)	メッシュ境界の軸方向の座標値	m
thkl(j)	液膜厚さ	m

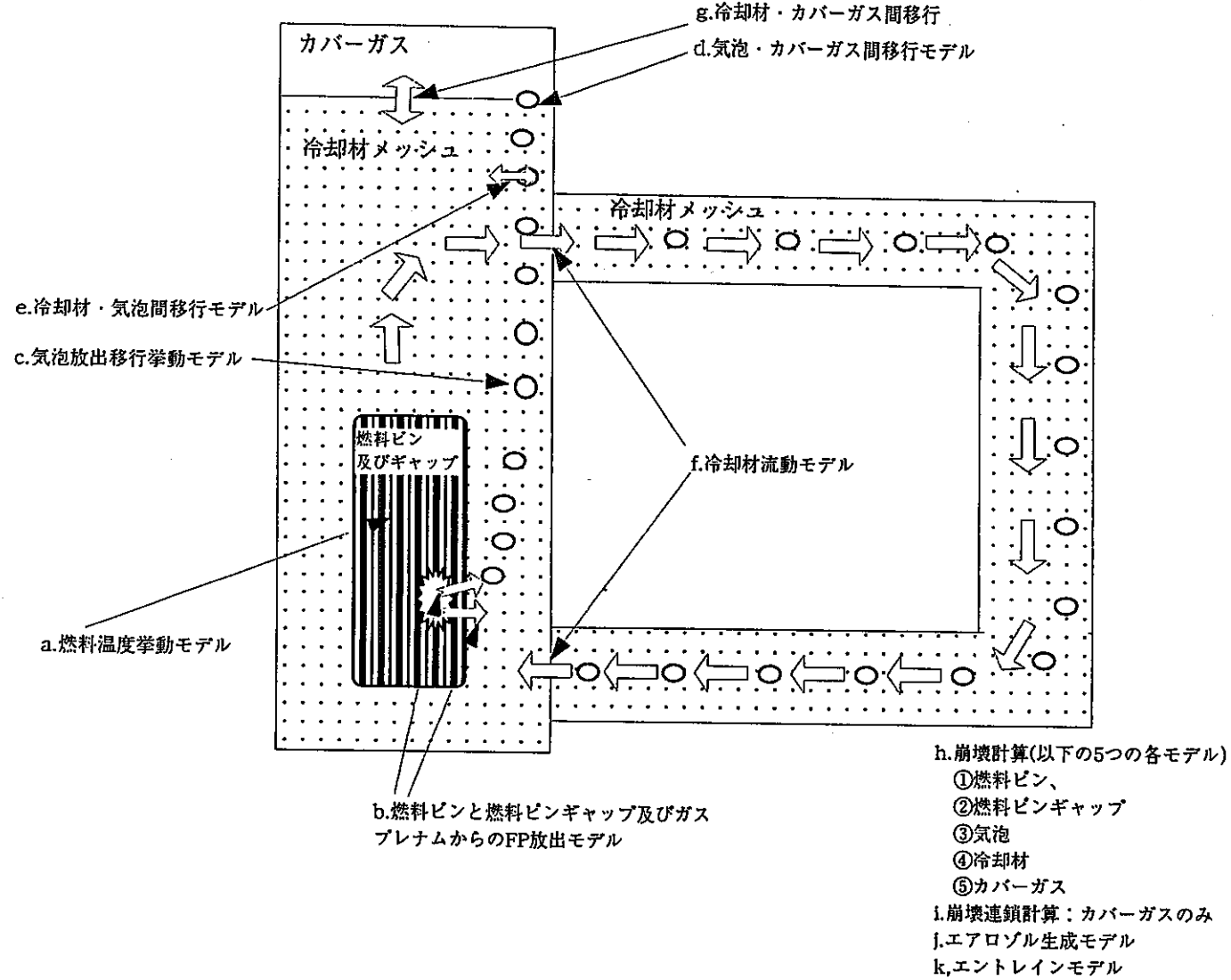
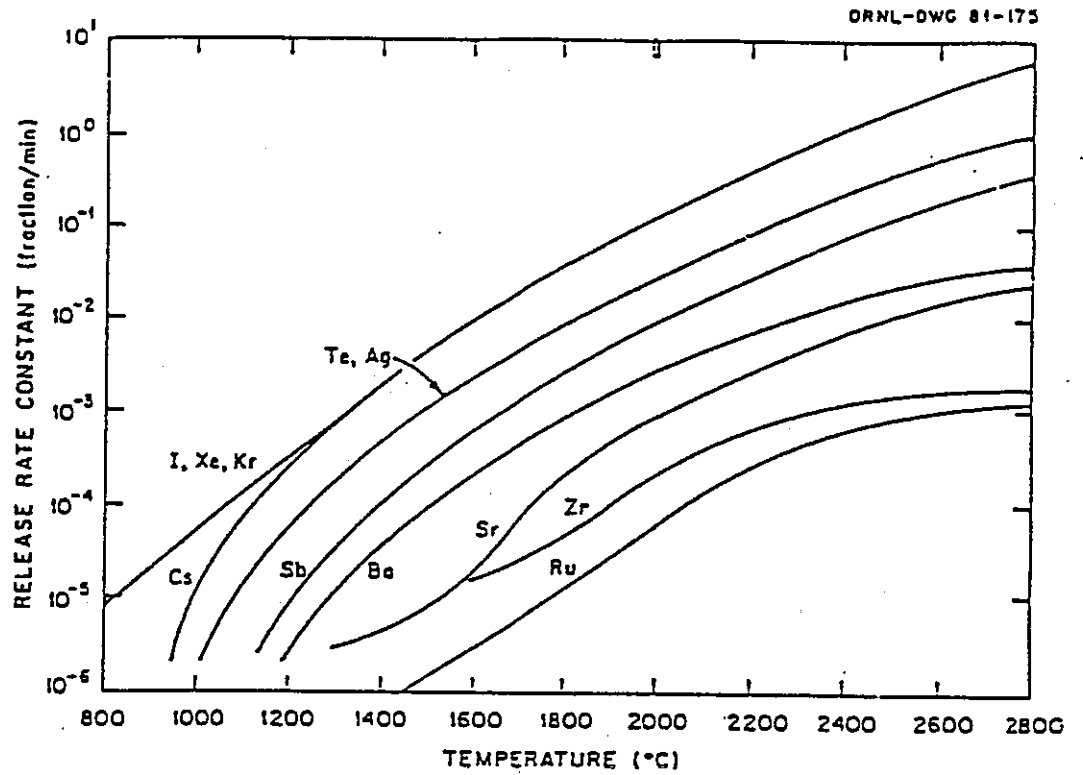
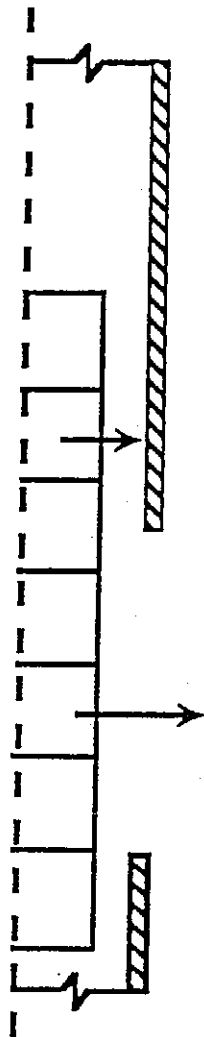


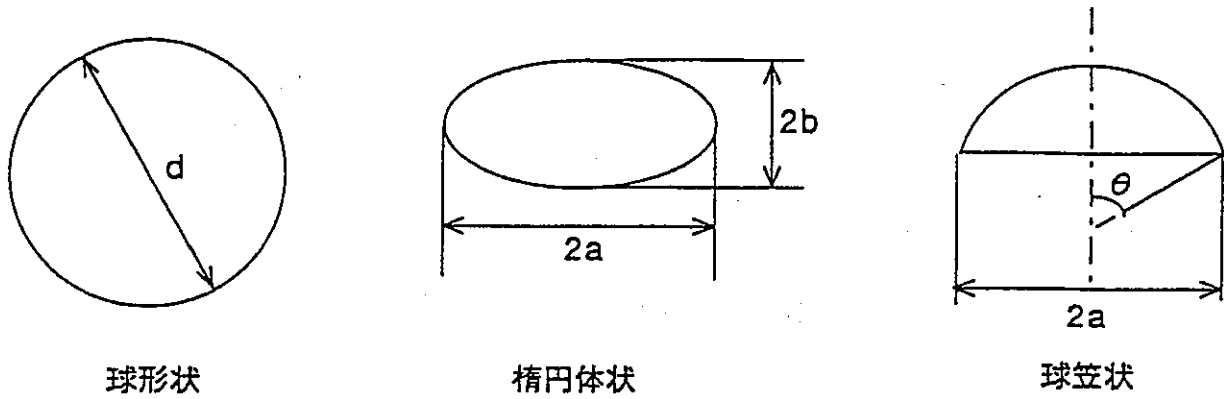
図2.1 TRACER コード計算機能





Fission product release rate constants from fuel - smoothed curves.

図 2.2 NUREG - 0772 モデル概念図



Schematic Illustration of Typical Bubble Shapes

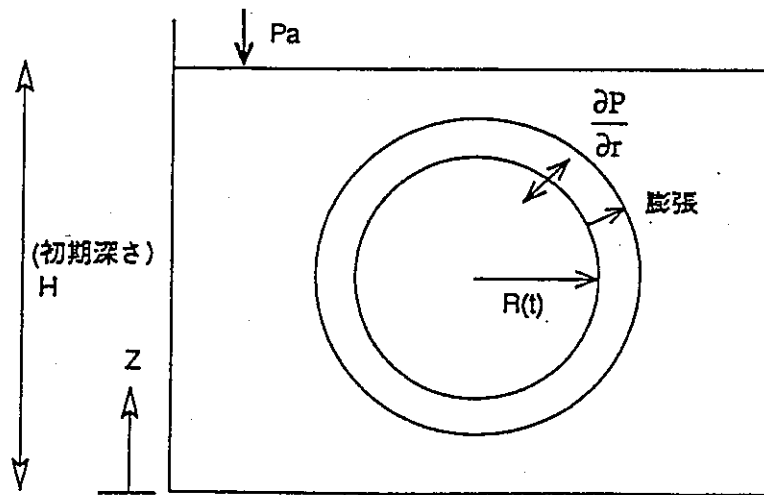


図 2.3 気泡膨張の模式図

$$W_i = \alpha_1 U_i A_1 - \alpha_2 U_i A_2$$

$$\alpha_1 = C_c(m, i1), u_i > 0$$

$$= C_c(m, i), u_i < 0$$

$$\alpha_2 = C_c(m, i), u_{i2} > 0$$

$$= C_c(m, i2), u_{i2} < 0$$

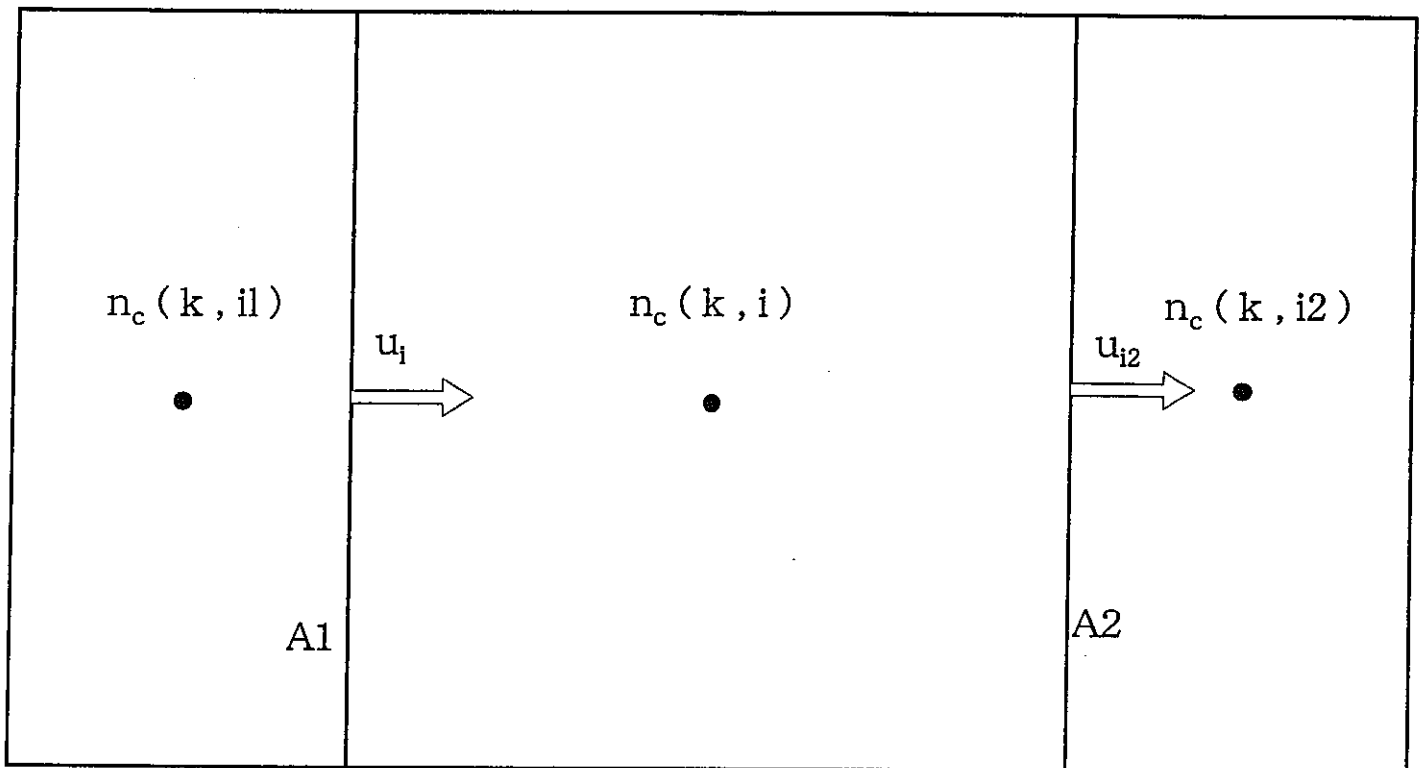


图2.4 左边第二项 (流入项) 取极例

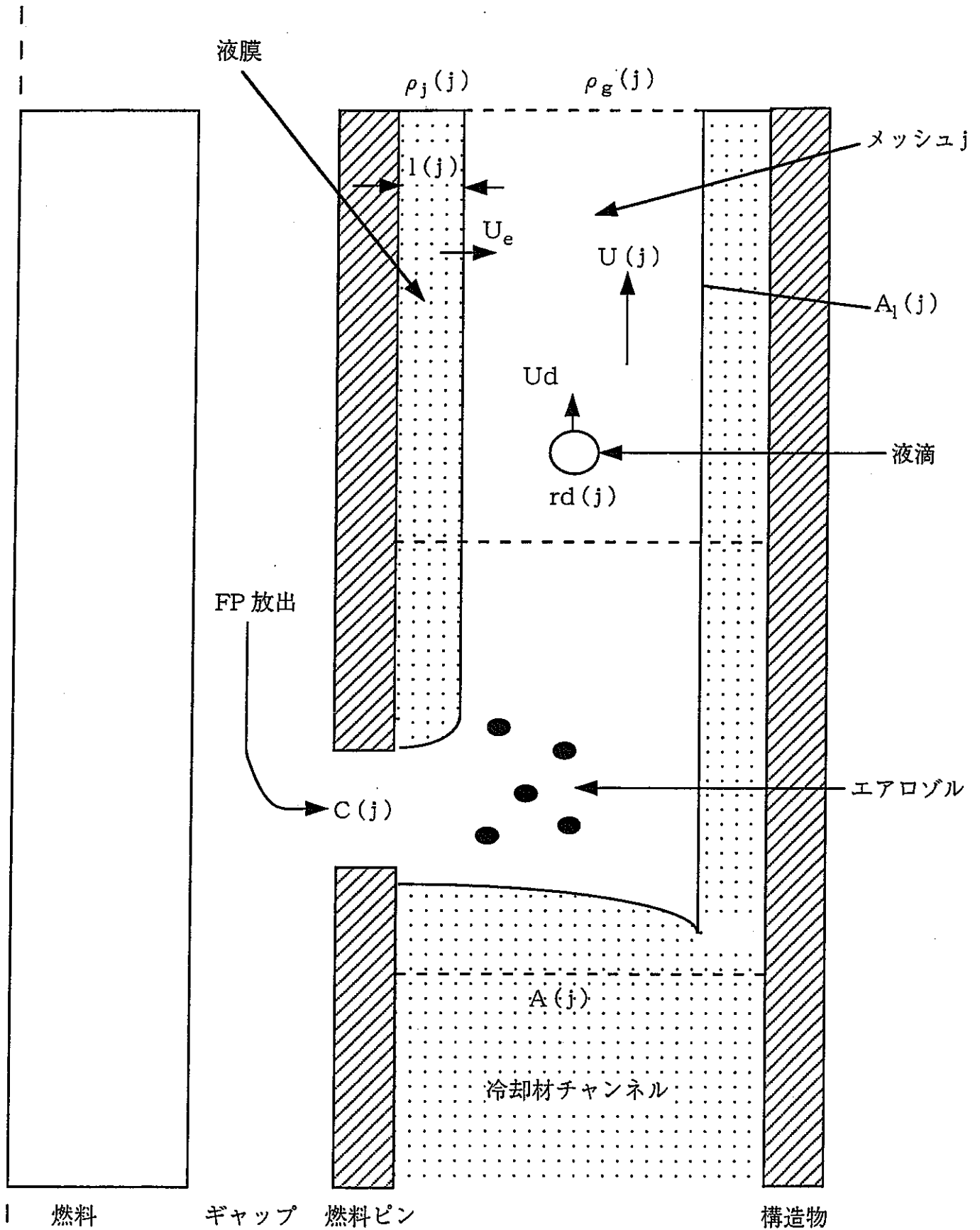


図2.5 エントレインモデルの概要

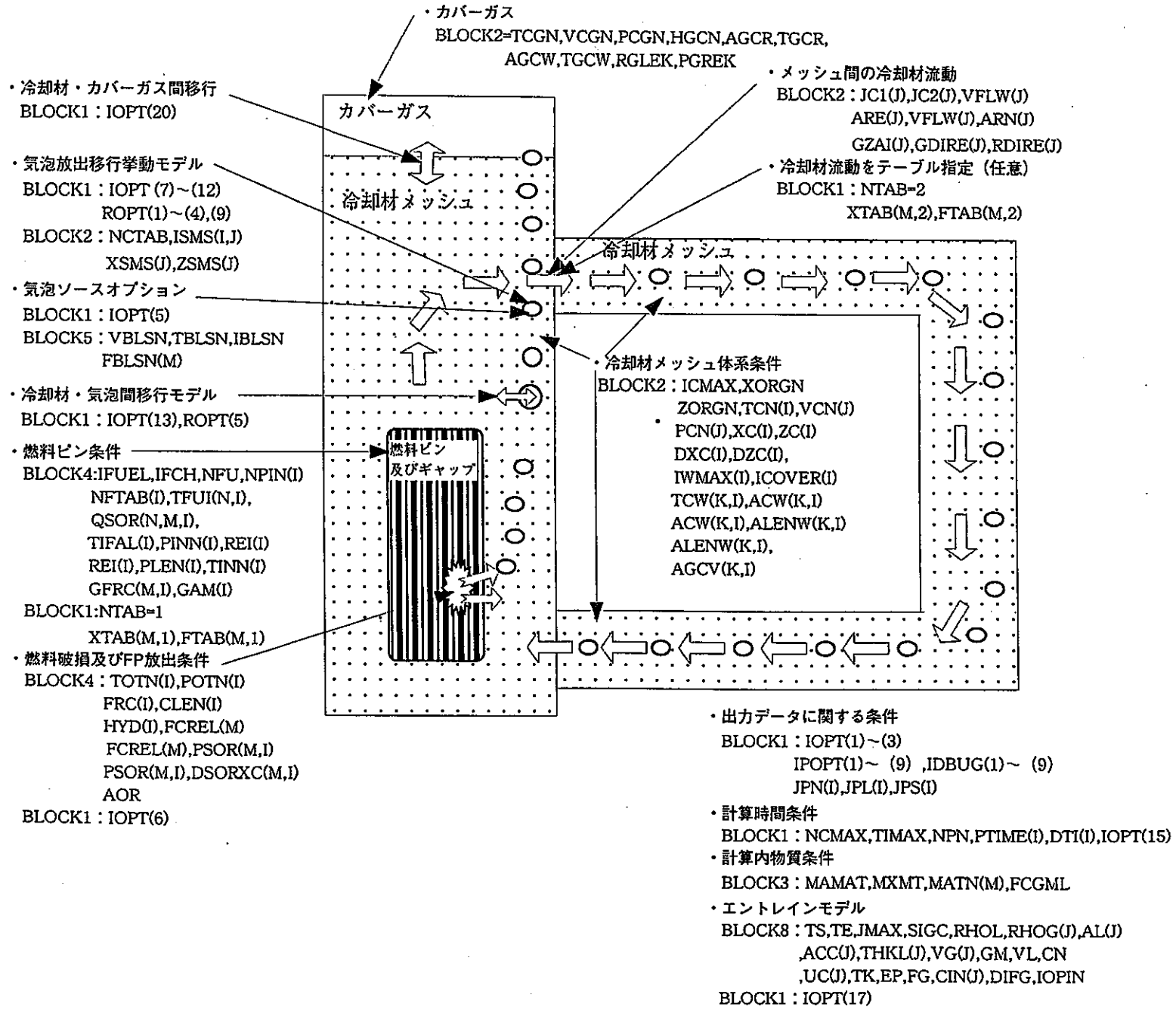
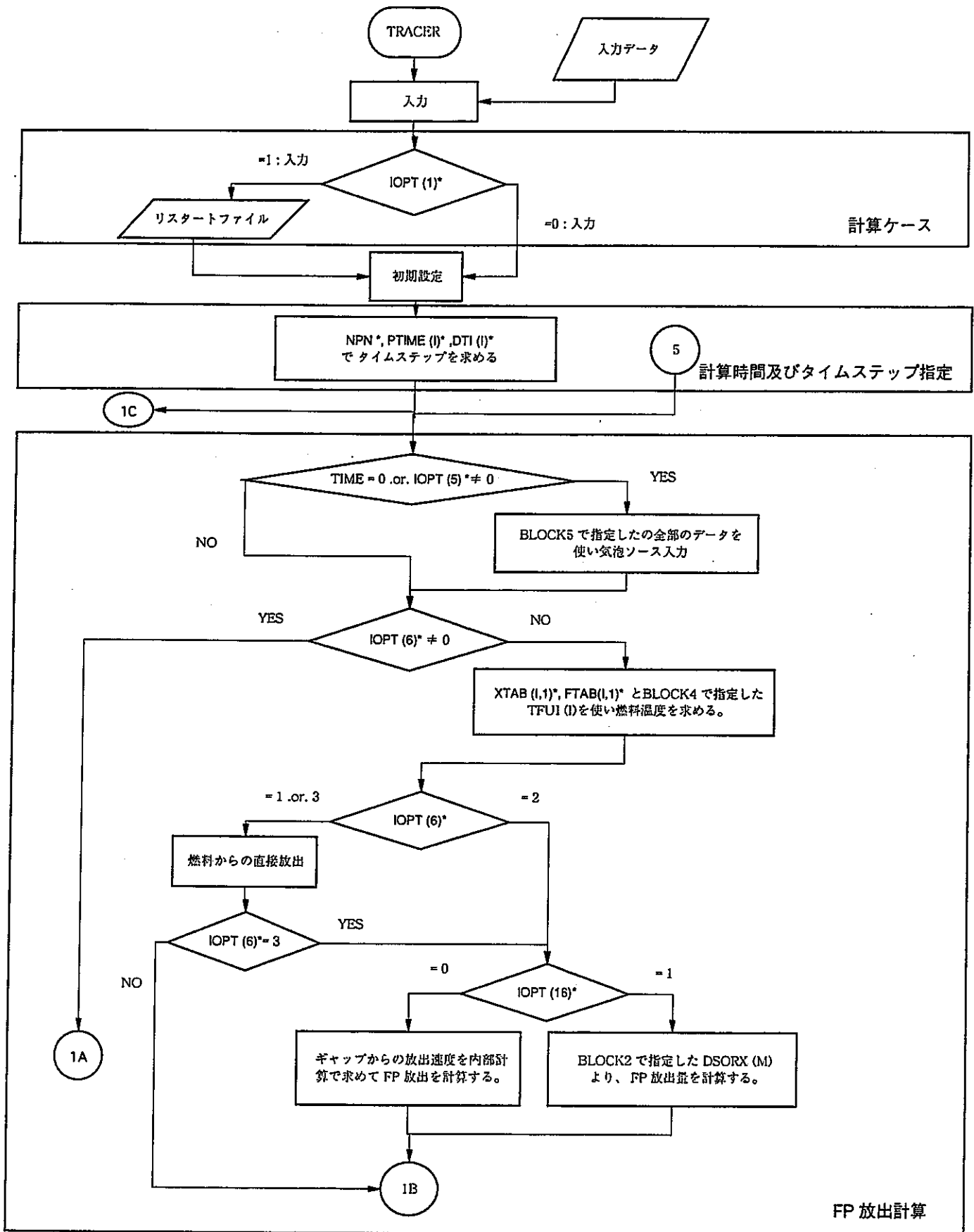
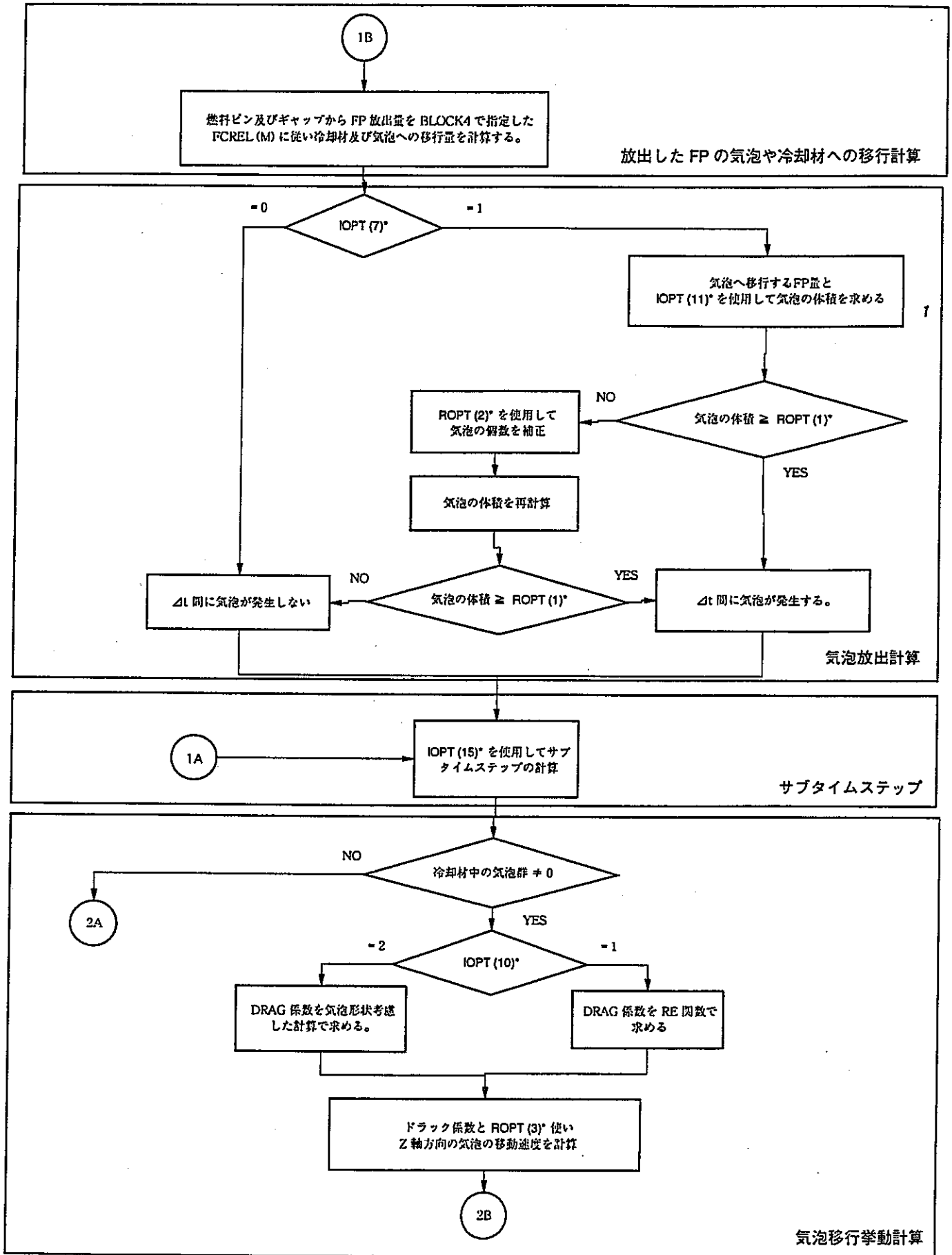


図3.1 入力データの構成



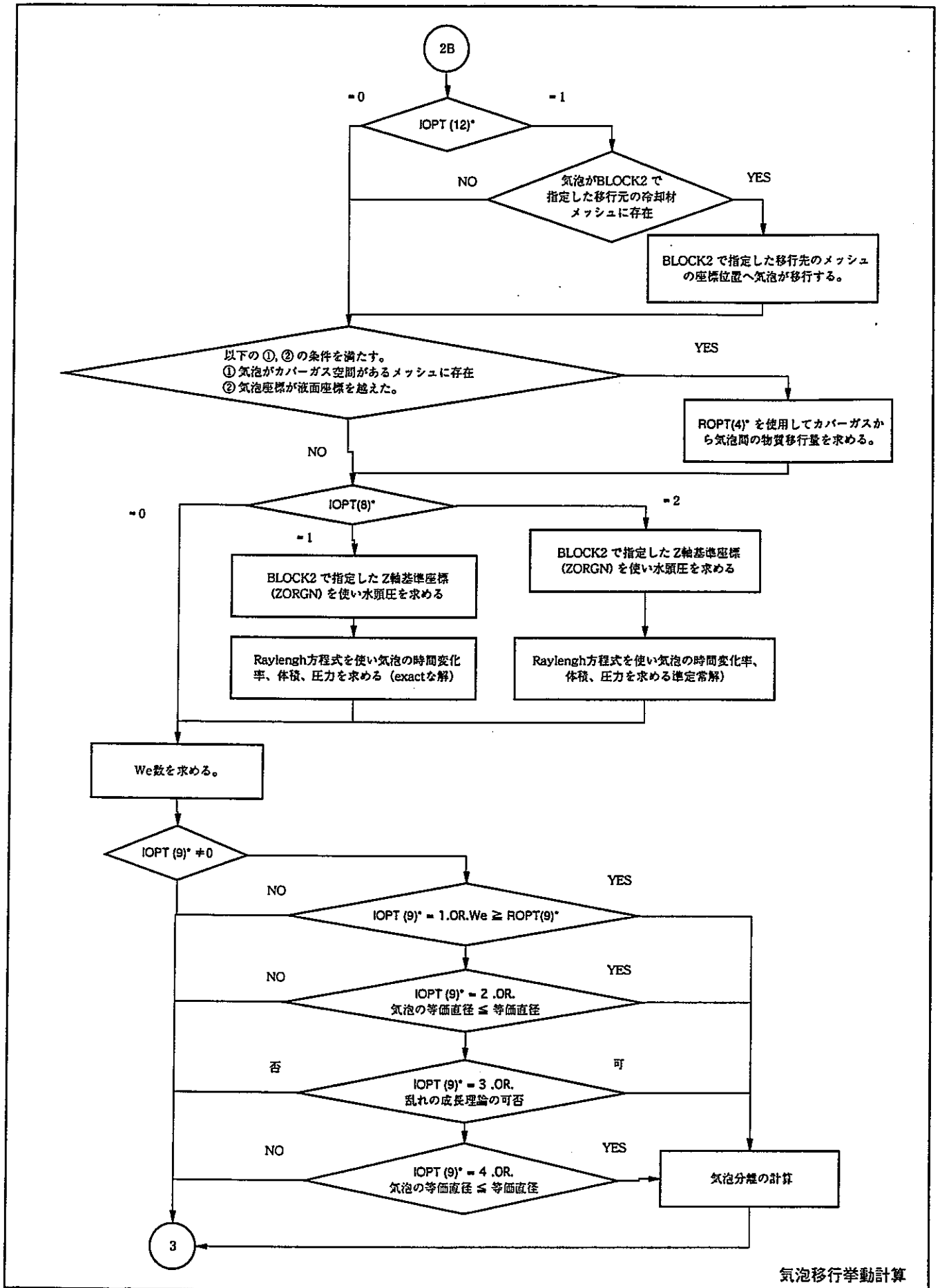
\* : BLOCK1 の入力変数

図 3.2 BLOCK1 の入力変数と計算の関連図 (1/6)



\* : BLOCK1 の入力変数

図 3.2 BLOCK1 の入力変数と計算の関連図 (2/6)

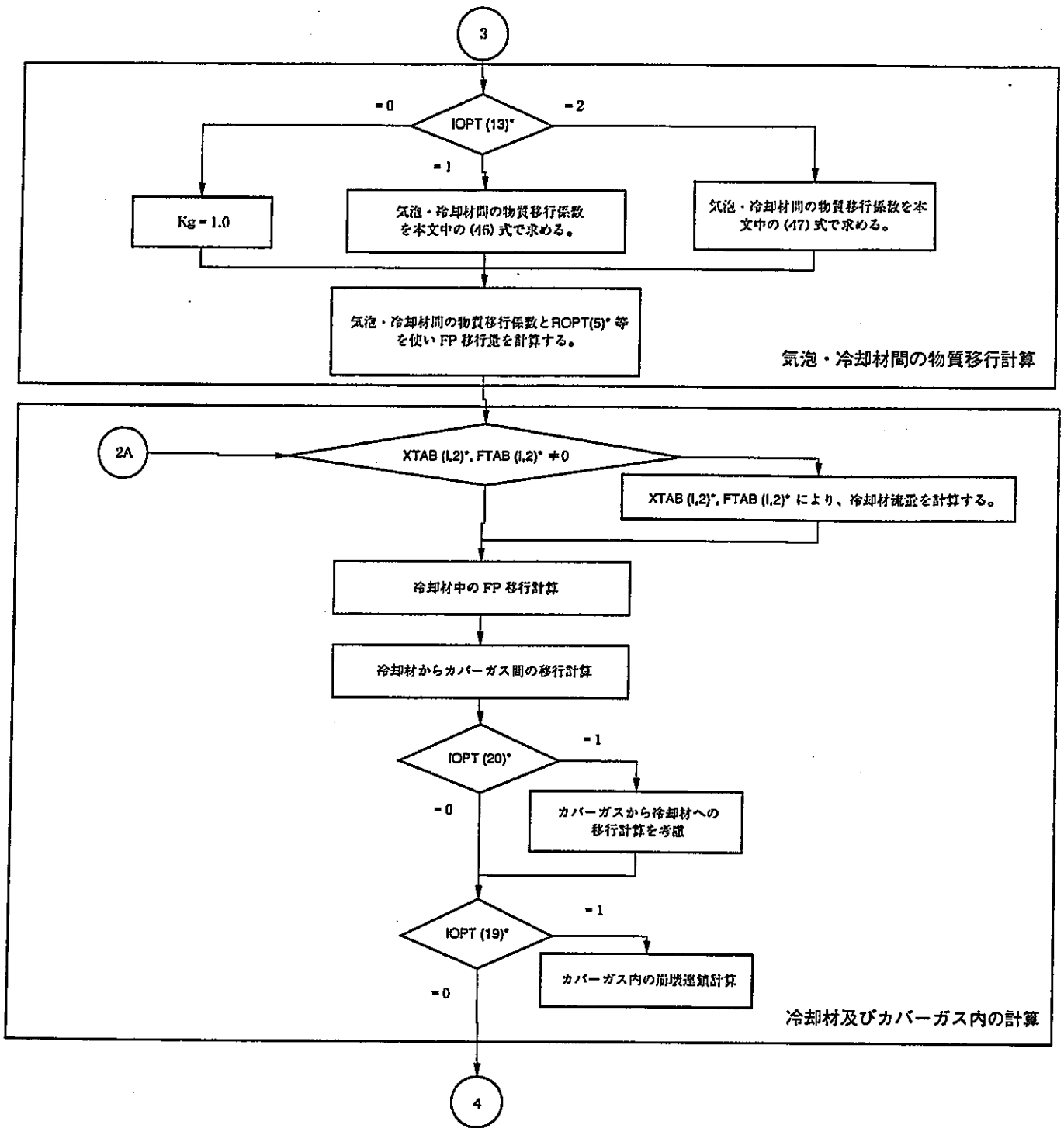


気泡移行挙動計算

\* : BLOCK1 の入力変数

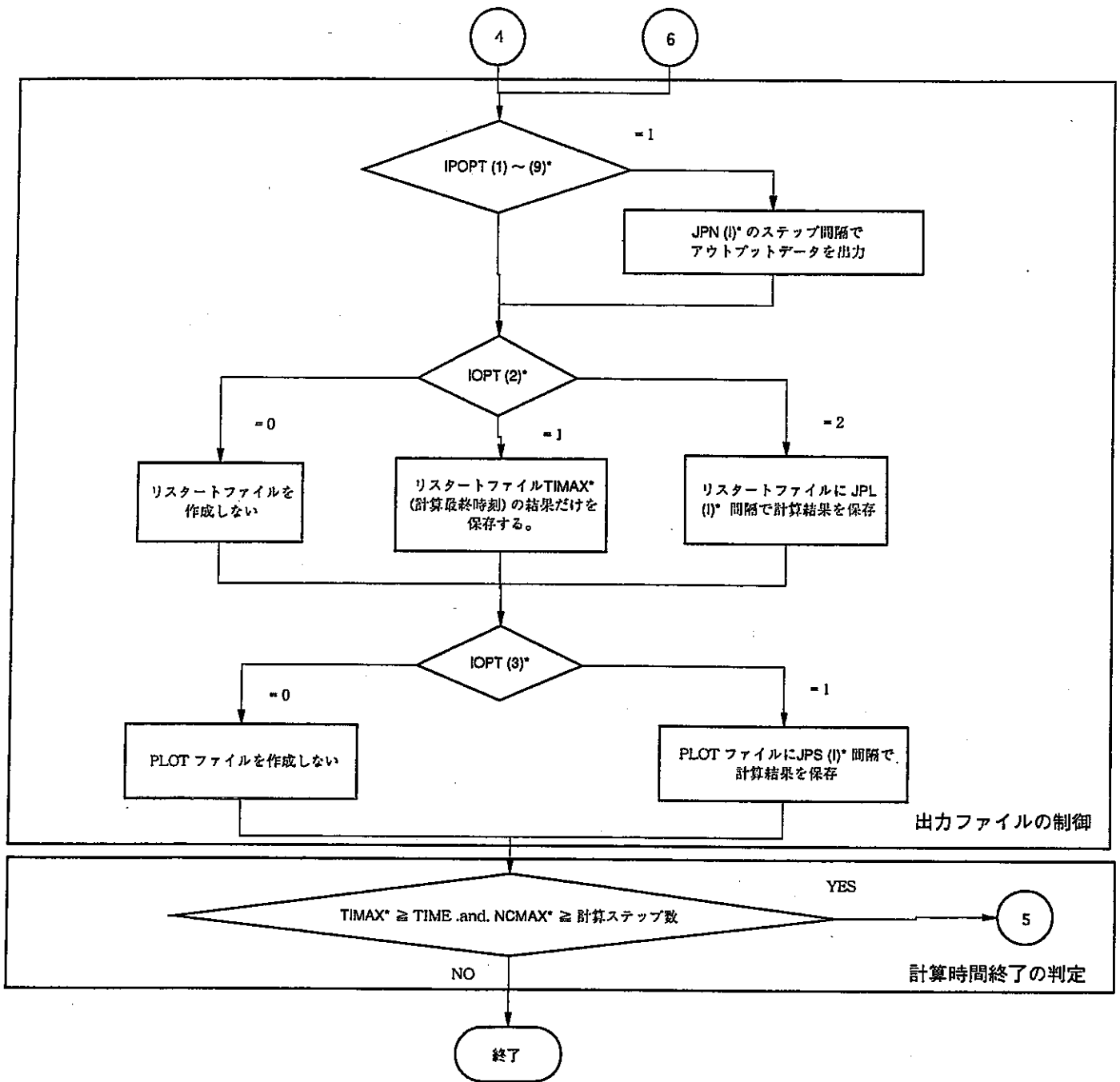
図 3.2 BLOCK1 の入力変数と計算の関連図 (3/6)





\* : BLOCK1 の入力変数

図 3.2 BLOCK1 の入力変数と計算の関連図 (4/6)



\* : BLOCK1 の入力変数

図 3.2 BLOCK1 の入力変数と計算の関連図 (5/6)

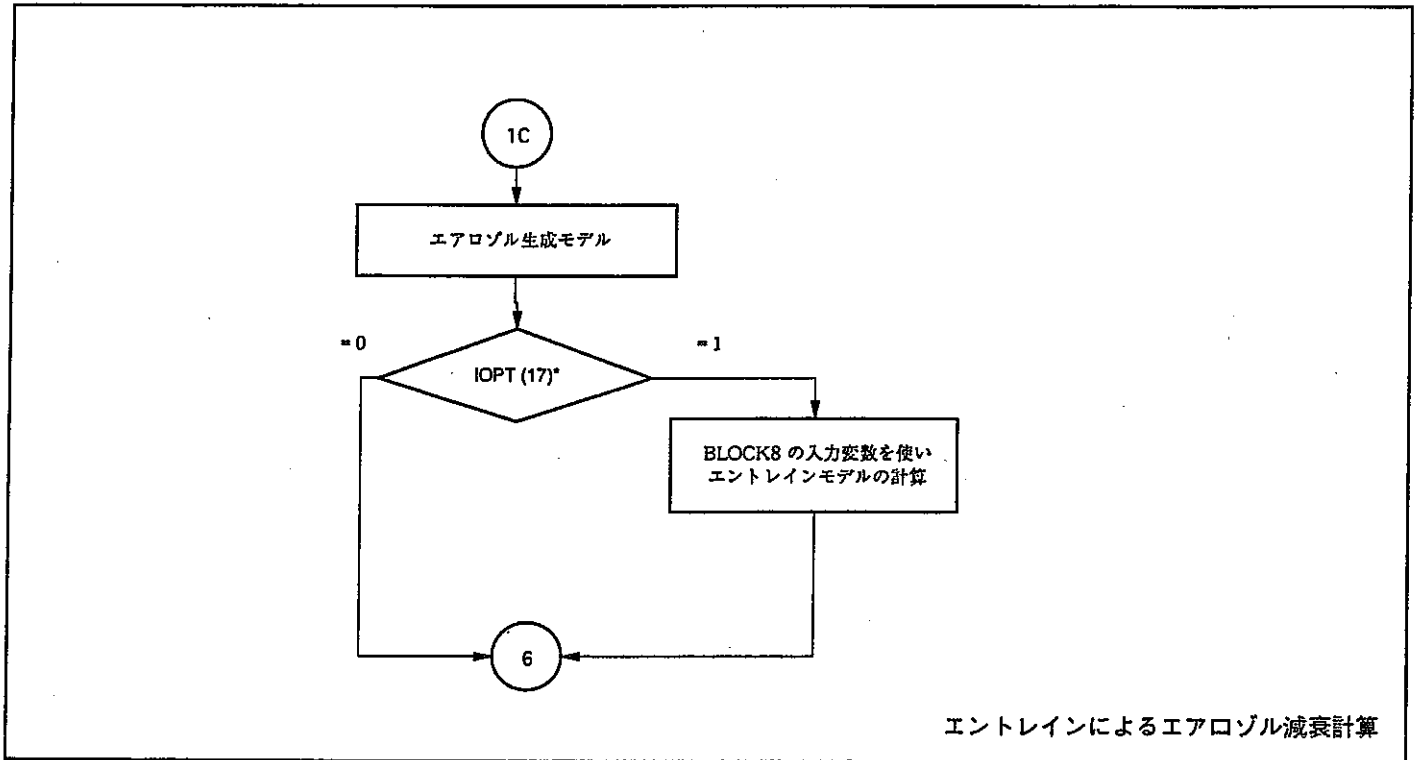


図 3.2 BLOCK1 の入力変数と計算の関連図 (6/6)

## Appendix.1 サンプル計算

本章は、サンプル計算の条件と計算結果について纏めたものである。

サンプル計算は、実機規模の体系と Mol7C/6 試験の2つについて行った。

以下の A-1 と A-2 に、それぞれ実機規模の体系と Mol7C/6 試験に関する計算条件と計算結果を示す。

### A-1 実機規模の体系

本計算は、実機規模の体系で、燃料ピンからの FP 放出、冷却材中の気泡移行および FP のカバーガスへの移行等に関する計算機能を確認するために行った。計算体系と計算条件を以下に示す。

#### A-1.1 計算体系および計算条件

##### (1) 計算体系

図 A-1.1 に計算対象とした体系、表 A-1.1.1 にメッシュ条件、表 A-1.1.2 にカバーガス条件、表 A-1.1.3 ~ 1.1.4 にその他条件を示す。

本計算で取り扱っているメッシュ数は 20 であり、メッシュ 1 が上部プレナム (燃料破損部)、メッシュ 8、9 が中間熱交換機、メッシュ 14 が下部プレナムである。

##### (2) 計算条件

本計算では、燃焼度 80,000 MWD/t の燃料 1 本が破損し、ギャップに蓄積された不活性ガス 100 %、揮発性 FP 20 % が冷却材中に放出されることを想定した。

計算オプションを表 A-1.1.5 に示し、主な計算条件について以下に説明する。

##### (a) 燃料ピンから冷却材中への FP の放出計算

燃料ピンから冷却材中への FP モード、初期インベントリーおよびギャップからの放出速度を表 A-1.1.6 に示し、その他の燃料に関する条件を表 A-1.1.7 ~ 1.1.9 に示す。

##### (b) 気泡の分離計算

気泡の分離計算については、本文中の (33) 式で求めた気泡直径が、(36) 式で求めた最大直径よりも大きい場合に分離する。

##### (c) 気泡からカバーガスへの FP 移行計算

カバーガス領域へ到達した気泡のうち、25% がカバーガスに移行して FP を放出し、残りの気泡は FP を放出せず、流路内のメッシュ 2 に移行するものとした。

##### (d) 気泡からカバーガスへの移行計算

冷却材・カバーガス間の移行については、瞬時平衡モデルを使用した。

## A-1.2 計算結果

図A-1.2.1に、メッシュ1の冷却材および気泡中のFP濃度を、図A-1.2.2に、メッシュ9の冷却材および気泡中のFP濃度を、図A-1.2.3に、カバーガス内のFP濃度をそれぞれ示す。

## A.2 Mol7C/6 試験

### (1) 試験の概要

Mol7C/6試験は1988年にベルギーBR2炉で行われた。

試験に使用された燃料はKNKII(LMFBR)で4年間照射した後に6年間冷却した燃料(平均燃焼度82GWD/t)である。試験はこの燃料30ピンをBR2に挿入し、2日間照射した後、燃料中央の閉鎖物(UO<sub>2</sub>濃縮ウラン)により燃料溶融を起こさせ、燃料中のFPを試験ループ内冷却材に放出させた。試験では、閉塞物への冷却材バルブを閉塞した後に燃料溶融に至り、数本のピンが損傷した。

### A-2.1 計算体系および計算

#### (1) 計算体系

図A-2.1に、計算体系を示す。

冷却材メッシュ数は、16で、メッシュ1が燃料破損部(FP放出部)、メッシュ6、7は膨張タンク部を示している。冷却材は中央チャンネル(メッシュ1、2、3、4、5)より上昇し、周辺チャンネルより下降する。これらの計算体系に関するデータを表A-2.1.1～2.1.5に示す。

#### (2) 計算条件

表A-2.1.6に、使用した計算オプションを示し、主な計算条件について以下に説明する。

##### (a) 燃料ピンから冷却材中へのFPの放出計算

燃料ピンから冷却材中へのFPの放出計算については、燃料から直接放出する計算とギャップからの放出計算の両方を考慮した。燃料からの直接放出は、本文中の2.2.3章で記述したNUREG-0772の式で計算され、ギャップからの放出は、本文中の(4)～(16)式を使いコード内部で計算される。その他、燃料条件を表A-2.1.7～1.2.9に示す。

##### (b) 気泡の分離計算

本文中の(36)式で求める乱れに有効な時間と乱れ成長の時定数の積が、3.8を越えたときに分裂する。

##### (c) 気泡からカバーガスへのFP移行計算

カバーガス領域へ到達した気泡のうち、25%のみがカバーガスに移行してFPを放出し、残りの気泡はFPを放出せず、流路内の次のメッシュに移行するものとした。

(d) 冷却材から気泡への移行計算

冷却材・カバーガス間の移行については、瞬時平衡モデルを使用した。

A-2.2 計算結果

図A-2.2.1 に、メッシュ1 の冷却材および気泡中の FP 濃度を、図A-2.2.2 に、メッシュ9 の冷却材および気泡中の FP 濃度を、図A-2.2.3 に、カバーガス内の FP 濃度をそれぞれ示す。

表A-1.1.1 実機規模体系のメッシュ条件

メッシュNo : I	温度 (k) : TCN	圧力 (Pa) : PCN	体積 (m <sup>3</sup> ) : VCN	中心位置 (m) : xc, zc		メッシュ幅 (m) : dxc	メッシュ幅 (m) : dzc	壁面の数 (-) : iwmax	カバーガス数 (-) : icover
1	802	1.17E+05	227.100	0	10.508	4.68	13.20	1	1
2	802	1.17E+05	3.155	5.554	5.333	6.43	0.79	1	0
3	802	1.17E+05	3.155	11.981	5.333	6.43	0.79	1	0
4	802	1.17E+05	3.155	18.408	5.333	6.43	0.79	1	0
5	802	1.17E+05	3.155	24.835	5.333	6.43	0.79	1	0
6	802	1.17E+05	3.155	31.262	5.333	6.43	0.79	1	0
7	802	1.17E+05	3.155	37.689	5.333	6.43	0.79	1	0
8	769	1.17E+05	6.273	41.739	5.333	1.67	2.85	1	0
9	703	1.17E+05	6.273	41.739	2.483	1.67	2.85	1	0
10	670	1.17E+05	8.620	32.122	2.483	17.56	0.79	1	0
11	670	1.17E+05	8.620	14.562	2.483	17.56	0.79	1	0
12	670	1.17E+05	5.564	-4.373	2.483	20.31	0.59	1	0
13	670	1.17E+05	5.564	-24.683	2.483	17.56	0.59	1	0
14	670	1.17E+05	305.900	-38.368	0	7.06	7.82	1	0
15	802	1.17E+05	2.211	-73.64	10.609	69.00	0.20	1	0
16	802	1.17E+05	257.100	-73.64	10.508	4.60	15.47	1	0
17	802	1.17E+05	0.614	-36.84	10.454	69.00	0.11	1	0
18	738	1.17E+05	0.103	-73.64	28.243	0.08	20.00	1	0
19	393	1.17E+05	0.686	-73.64	39.343	0.63	2.20	1	0
20	738	1.17E+05	0.103	-73.64	28.243	0.08	20.00	1	0

表A-1.1.2 実機規模体系のカバーガス条件

変数の意味と単位	設定値
温度 (K) : TCGN	873
体積 (m <sup>3</sup> ) : VCGN	70
圧力 (Pa) : PCGN	1.01E+05
領域高さ (m) : HGCN	1.7
天井表面積 (m <sup>2</sup> ) : AGCR	785.4
天井温度 (K) : TGCR	773
壁面表面積 (m <sup>2</sup> ) : AGCW	53.41
壁面温度 (K) : TGCW	773
領域漏えい率 (1/s) : RGLEK	1E-10
プレートアウト減衰係数 (1/s) : PGLEK	1E-10
カバーガス領域モル分率 (-) : FCGML(M)	1

表A-1.1.3 実機規模体系のメッシュに接する壁面条件

メッシュNo : I	温度 (°C) : TCW (I,I)	面積 (m <sup>2</sup> ) : ACN (I,I)	冷却材流れ 方向長さ (m) : ALENW(I,I)
1	802	360	13.200
2	802	15.96	6.427
3	802	15.96	6.427
4	802	15.96	6.427
5	802	15.96	6.427
6	802	15.96	6.427
7	802	15.96	6.427
8	769	879	2.850
9	703	879	2.850
10	670	43.61	17.560
11	670	43.61	17.560
12	670	37.68	20.310
13	670	37.68	20.310
14	670	574	7.815
15	802	43.79	69.000
16	802	350	15.470
17	802	23.06	69.000
18	738	0.5089	20.000
19	393	530	2.200
20	738	0.5089	20.000



表1.1.4 実機規模体系のメッシュ間流路条件

流路番号 : J	メッシュ番号 : IJ1→IJ2	流量 (m/s) : VFLW	流路面積 (m <sup>2</sup> ) : ARE	流路長 (m) : ALEN	流路抵抗 (-) : GZAI	重力成分 (-) : GDIRE	水平成分 (-) : RDIRE
1	1→2	1.71	0.491	5.55	1.00	0	1
2	2→3	1.71	0.491	6.43	1.00	0	1
3	3→4	1.71	0.491	6.43	1.00	0	1
4	4→5	1.71	0.491	6.43	1.00	0	1
5	5→6	1.71	0.491	6.43	1.00	0	1
6	6→7	1.71	0.491	6.43	1.00	0	1
7	7→8	1.71	0.491	4.05	1.00	0	1
8	8→9	1.71	0.491	2.85	1.00	-1	0
9	9→10	1.71	0.491	9.62	1.00	0	-1
10	10→11	1.71	0.491	17.56	1.00	0	-1
11	11→12	1.71	0.274	18.94	1.00	0	-1
12	12→13	1.71	0.274	20.31	1.00	0	-1
13	13→14	1.71	0.274	13.69	1.00	0	-1
14	14→1	1.71	17.200	10.51	1.00	1	0
15	1→15	0.02	0.032	36.84	1.00	0	-1
16	15→16	0.02	0.032	36.80	1.00	0	-1
17	16→17	0.02	0.009	36.80	1.00	0	1
18	17→1	0.02	0.009	36.84	1.00	0	1
19	16→18	0.00	0.005	17.74	1.00	1	0
20	18→19	0.00	0.005	11.10	1.00	1	0
21	19→20	0.00	0.005	11.10	1.00	1	0
22	20→16	0.00	0.005	17.74	1.00	-1	0

表A-1.1.5 実機規模体系の使用計算オプション

項目	値	備考
FP放出オプション : IOPT (6)	2	ギャップ放出
燃料ピンからの使用放出計算オプション : IOPT (7)	1	使用
Rayleigh方程式の解法オプション : IOPT (8)	2	準定常解 (本文中の (33) 式使用)
気泡の分離・合体オプション : IOPT (9)	2	(36) 式で求めた気泡の等価直径が最大直径よりも大きい場合に分離
ドラック係数オプション : IOPT (10)	1	Re 関数から求める
初期気泡数 : IOPT (11)	100	100個に分離
冷却材境界での強制的気泡移行オプション : IOPT (12)	1	メッシュ14→1への強制移行
冷却材境界での気泡内物質移行係数オプション : IOPT (13)	2	(46),(47) 式使用
時間幅 $\Delta t$ の細分割オプション : IOPT (15)	20	DTI $\cdot$ (1/20)
ギャップ放出率指定オプション : IOPT (16)	1	DSORX (I,M) により、放出速度を入力
気泡の最小体積 (m <sup>3</sup> ) : ROPT(1)	1.00E-09	本文中の(20)式で使用
気泡分割補正係数 : ROPT(2)	0.1	本文中の(21)式で使用
気泡の移行に関する運動方程式における慣性項の冷却材質量の負荷割合 : ROPT(3)	2	本文中 (24) 式で使用
気泡の中心座標が液面を越えた時に、気泡内部の物質がカバーガス部へ移行する割合 : ROPT(4)	0.25	本文中 (42) 式で使用
気泡物質移行補正係数 : ROPT(5)	0.01	本文中 (45) 式で使用

表A-1.1.6 実機規模体系の燃料ピン内物質条件

物質番号 : M	物質名	初期 インベントリ (mol) : QSOR (M)	ギャップ部に含ま れる物質の初期量 (mol) : PSOR (M)	ギャップからの 放出速度 (mol/s) : DSORXC (M)	ガスプレナム中の 物質のモル分率 (-) : GFRAC (M)
4	Ar	0.00E+00	0.000	0.00E+00	0.00E+00
52	89Rb	3.41E-14	0.000	7.22E-11	6.15E-07
58	131I	2.72E-11	0.000	5.43E-07	4.62E-03
59	137Cs	0.00E+00	0.001	1.14E-04	9.65E-01
56	85Kr	0.00E+00	0.000	1.22E-04	2.06E-02
57	89Kr	6.03E-15	0.000	2.40E-10	4.08E-08
60	133Xe	7.49E-12	0.000	5.44E-05	9.25E-03
51	135Xe	2.67E-12	0.000	2.20E-06	3.72E-04
61	137Xe	2.59E-14	0.000	3.24E-09	5.49E-07

表 A-1.1.7 実機規模体系の燃料条件

項目	値
放出を考慮するメッシュ : IFUCL	1
燃料ピンのチャンネル数 : IFCH	1
チャンネル1の燃料ピン数 : NFU(1)	1
チャンネル1のガスプレナム中の圧力 (Pa) : PINN(1)	5.07E+06
チャンネル1の燃料ピン内半径 (m <sup>2</sup> ) : REI(1)	2.55E-03
チャンネル1の燃料ピンのガスプレナム長さ (m) : PLEN(1)	0.477
チャンネル1のガスプレナム中の温度 (°C) : TINN(1)	803
チャンネル1の燃料ピンのガスプレナム中の比熱比 : GAM(I)	1.666

表 A-1.1.8 実機規模体系の

燃料温度昇温履歴

時間	温度 (k)
0	1273
2	1273
10	1773.289
20	1773.289
30	2922.808
40	2922.808
50	772.711
43200	772.711

表A-2.1.1 Mol7C/6 体系のメッシュ内条件

メッシュNo :I	温度 (k) :TCN	圧力 (Pa) :PCN	体積 (m <sup>3</sup> ) :VCN	中心位置 (m) :xc, zc		メッシュ幅 (m) :dxc	メッシュ幅 (m) :dzc	壁面の数 (-) :lwmax	カバーガス数 (-) :lcover
1	983	1.45E+05	0.003	0	1.2675	4.660E-02	1.575	1	0
2	973	1.37E+05	0.001	0	2.215	4.660E-02	0.320	1	0
3	961	1.34E+05	0.001	0	2.588	1.263E-01	0.426	1	0
4	803	1.25E+05	0.002	0	3.679	1.263E-01	1.756	2	0
5	803	1.11E+05	0.002	0	5.435	1.263E-01	1.756	2	0
6	747	1.03E+05	0.000	0	6.463	1.263E-01	0.300	1	1
7	747	1.03E+05	0.005	0.084075	6.463	4.185E-02	0.300	1	1
8	666	1.08E+05	0.002	0.084075	5.743	4.185E-02	1.140	2	0
9	666	1.23E+05	0.001	0.084075	4.139	4.185E-02	2.068	2	0
10	666	1.30E+05	0.001	0.084075	2.7425	4.185E-02	0.725	2	0
11	666	1.39E+05	0.000	0.084075	1.9725	4.185E-02	0.815	2	0
12	666	1.48E+05	0.004	0.084075	0.8825	4.185E-02	1.365	2	0
13	666	1.54E+05	0.000	0	0.1	2.100E-01	0.200	1	0
14	666	1.52E+05	0.001	0	0.34	4.660E-02	0.280	1	0
15	673	1.48E+05	0.003	0.043225	0.88	3.985E-02	1.360	2	0
16	673	138200	0.002	0.043225	1.9675	3.985E-02	0.815	2	0

表A-2.1.2 Mol7C/6 体系のメッシュに接する壁面条件 (1)

メッシュNo : I	温度 (°C) : TCW (1,I)	面積 (m <sup>2</sup> ) : ACN (1,I)	冷却材流れ 方向長さ (m) : ALENW(1,I)
1	983.00	2.55E-01	1.575
2	973.00	5.18E-02	0.320
3	961.00	6.90E-02	0.426
4(1)	803.00	3.86E-02	1.756
4(2)	803.00	9.93E-02	1.756
5(1)	803.00	3.86E-02	1.756
5(2)	803.00	9.93E-02	1.756
6	747.00	6.16E-03	0.300
7	747.00	1.39E-01	0.300
8(1)	666.00	2.41E-01	1.140
8(2)	666.00	5.28E-01	1.140
9(1)	666.00	2.00E-01	2.668
9(2)	666.00	1.61E-01	2.668
10(1)	666.00	5.66E-02	1.326
10(2)	666.00	4.07E-02	1.326
11(1)	666.00	2.56E-01	0.815
11(2)	666.00	2.05E-01	0.815
12(1)	666.00	4.29E-01	1.364
12(2)	666.00	3.43E-01	1.364
13	666.00	2.78E-02	0.200
14	666.00	5.19E-02	0.280
15(1)	673.00	2.31E-01	1.364

表A-2.1.3 Mol7C/6 体系のメッシュに接する壁面条件 (2)

メッシュNo : I	温度 (°C) : TCW (1,I)	面積 (m <sup>2</sup> ) : ACN (1,I)	冷却材流れ 方向長さ (m) : ALENW(1,I)
15(2)	673.00	3.39E-01	1.364
16(1)	673.00	1.38E-01	1.030
16(2)	673.00	2.02E-01	1.030

表A-2.1.4 Mol7C/6 体系のカバーガス条件

変数の意味と単位		設定値
温度 (K)	: TCGN	747.00
体積 (m <sup>3</sup> )	: VCGN	5.370E-03
圧力 (Pa)	: PCGN	1.013E+05
領域高さ (m)	: HGCN	0.30
天井表面積 (m <sup>2</sup> )	: AGCR	1.790E-02
天井温度 (K)	: TGCR	773.00
壁面表面積 (m <sup>2</sup> )	: AGCW	1.979E-01
壁面温度 (K)	: TGCW	773.00
領域漏えい率 (1/s)	: RGLEK	1.000E-10
プレートアウト減衰係数 (1/s)	: PGLEK	1.000E-10
カバーガス領域モル分率 (-)	: FCGML(M)	-

表2.1.5 Mol7C/6 体系のメッシュ間流路条件

流路番号 :J	メッシュ番号 :IJC1→IJC2	流量 (m/s) :VFLW	流路面積 (m <sup>2</sup> ) :ARE	流路長 (m) :ALEN	流路抵抗 (-) :GZAI	重力成分 (-) :GDIRE	水平成分 (-) :RDIRE
1	1→2	1.868E-03	1.830E-03	9.745E-01	1	1	0
2	2→3	1.868E-03	2.091E-03	3.730E-01	1	1	0
3	3→4	3.735E-03	9.770E-04	1.091E+00	1	1	0
4	4→5	3.735E-03	9.770E-04	1.756E+00	1	1	0
5	5→6	3.735E-03	9.770E-04	1.028E+00	1	1	0
6	6→7	3.735E-03	3.167E-02	5.250E-02	1	0	1
7	7→8	3.735E-03	5.000E-03	7.200E-01	1	-1	0
8	8→9	3.735E-03	5.000E-03	1.904E+00	1	-1	0
9	9→10	3.735E-03	3.574E-04	4.085E-02	1	-1	0
10	10→11	3.735E-03	3.574E-04	4.085E-02	1	-1	0
11	11→12	3.735E-03	3.574E-04	1.090E+00	1	-1	0
12	12→13	3.735E-03	3.574E-04	7.820E-01	1	-1	0
13	13→14	1.868E-03	2.091E-03	2.400E-01	1	1	0
14	14→1	1.868E-03	1.830E-03	7.740E-01	1	1	0
15	13→15	1.868E-03	6.377E-04	7.820E-01	1	1	0
16	15→16	1.868E-03	6.377E-04	1.197E+00	1	1	0
17	16→3	1.868E-03	6.377E-04	3.208E-02	1	1	0

表A-2.1.6 Mol7C/6 体系の使用オプション

項目	値	備考
FP放出オプション : IOPT (6)	3	両者放出考慮
燃料ピンからの使用放出計算オプション : IOPT (7)	1	使用
Raylengh方程式の解法オプション : IOPT (8)	2	準定常解 (本文中の (33) 式使用)
気泡の分離・合体オプション : IOPT (9)	3	(36) 式で求めた気泡の等価直径が最大直径よりも大きい場合に分離
ドラック係数オプション : IOPT (10)	1	Re関数から求める
初期気泡数 : IOPT (11)	100	100個に分離
冷却材境界での強制的気泡移行オプション : IOPT (12)	1	メッシュ14→1への強制移行
冷却材境界での気泡内物質移行係数オプション : IOPT (13)	1	(45) 式を使用する。
時間幅 $\Delta t$ の細分割オプション : IOPT (15)	10	DTI $\cdot$ (1/10)
ギャップ放出率指定オプション : IOPT (16)	0	内部でFP放出率を求める。
気泡の最小体積 (m <sup>3</sup> ) : ROPT(1)	1.00E-09	本文中の(20)式で使用
気泡分割補正係数 : ROPT(2)	0.1	本文中の(21)式で使用
気泡の移行に関する運動方程式における慣性項の冷却材質量の負荷割合 : ROPT(3)	2	本文中 (24) 式で使用
気泡の中心座標が液面を越えた時に、気泡内部の物質がカバーガス部へ移行する割合 : ROPT(4)	0.25	本文中 (42) 式で使用
気泡中の成分のガス相内拡散を考える場合のパラメータ解析用比例係数。 : ROPT(5)	0.01	本文中 (45) 式で使用

表A-2.1.7 Mol7C/6 体系の燃料ピン内物質条件

物質番号 : M	物質名	初期 インベントリー (mol) : QSOR (M)	ギャップ部に含 まれる物質の初 期量(mol) : PSOR (M)	ギャップからの 放出速度 (mol/s) : DSORXC (M)	ガスプレナム中の 物質のモル分率 (-) : GFRAC (M)
3	He	0.000E+00	3.681E-03	-	0.50
4	Ar	0.000E+00	0.000E+00	-	0.00
6	Xe	0.000E+00	3.681E-03	-	0.50
46	90Kr	3.700E-09	0.000E+00	-	0.00
47	133I	4.543E-06	0.000E+00	-	0.00
48	134I	6.223E-07	0.000E+00	-	0.00
49	135I	1.854E-06	0.000E+00	-	0.00
50	136I	1.145E-08	0.000E+00	-	0.00
51	135Xe	5.585E-06	0.000E+00	-	0.00
52	89Rb	1.375E-07	0.000E+00	-	0.00
53	90Rb	3.533E-08	0.000E+00	-	0.00
54	138Cs	3.640E-07	0.000E+00	-	0.00
55	136mI	6.300E-09	0.000E+00	-	0.00

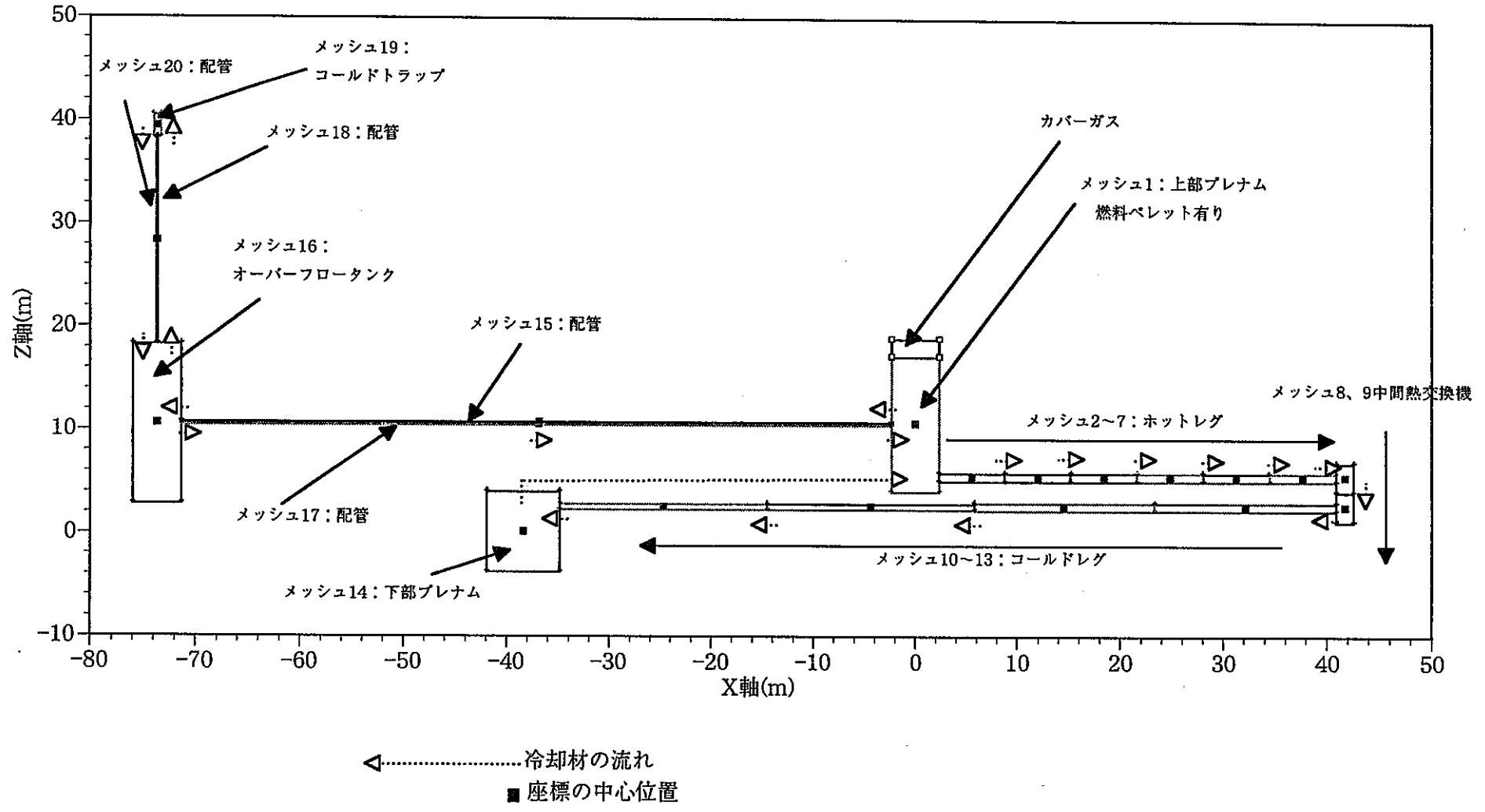


表 A-2.1.8 Mol7C/6 体系の燃料条件

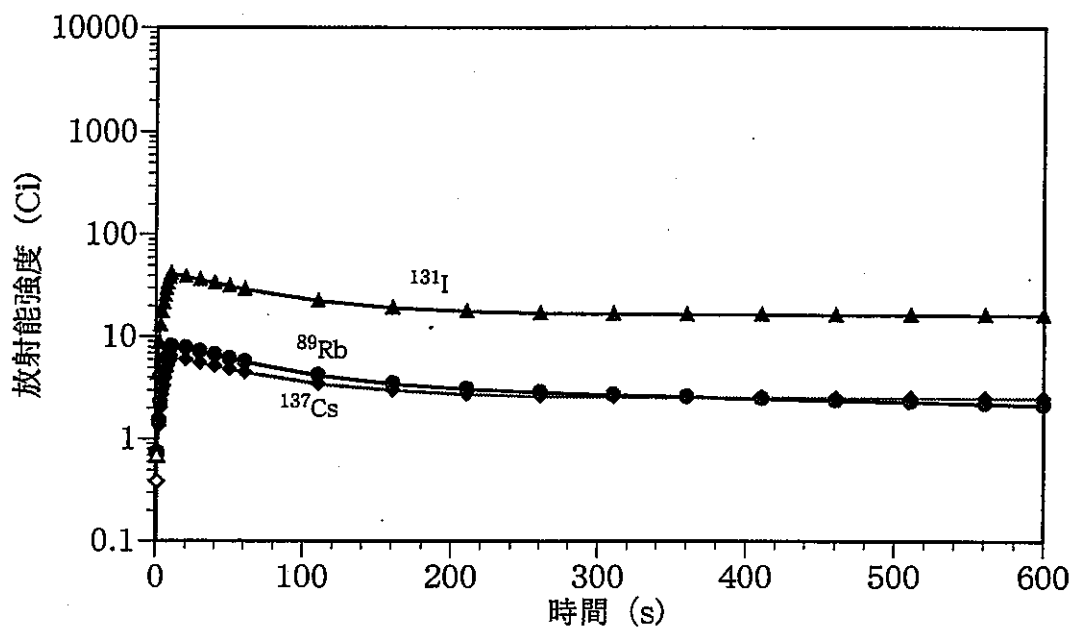
項目		値
放出を考慮するメッシュ	: IFUCL	1
燃料ピンのチャンネル数	: IFCH	1
チャンネル1の燃料ピン数	: NFU(1)	1
チャンネル1のガスプレナム中の圧力 (Pa)	: PINN(1)	5.07E+06
チャンネル1の燃料ピン内半径 (m <sup>2</sup> )	: REI(1)	2.55E-03
チャンネル1の燃料ピンのガスプレナム長さ (m)	: PLEN(1)	0.477
チャンネル1のガスプレナム中の温度 (°C)	: TINN(1)	803
チャンネル1の燃料ピンのガスプレナム中の比熱比	: GAM(I)	1.666

表 A-2.1.9 Mol7C/6 体系の  
燃料温度昇温履歴

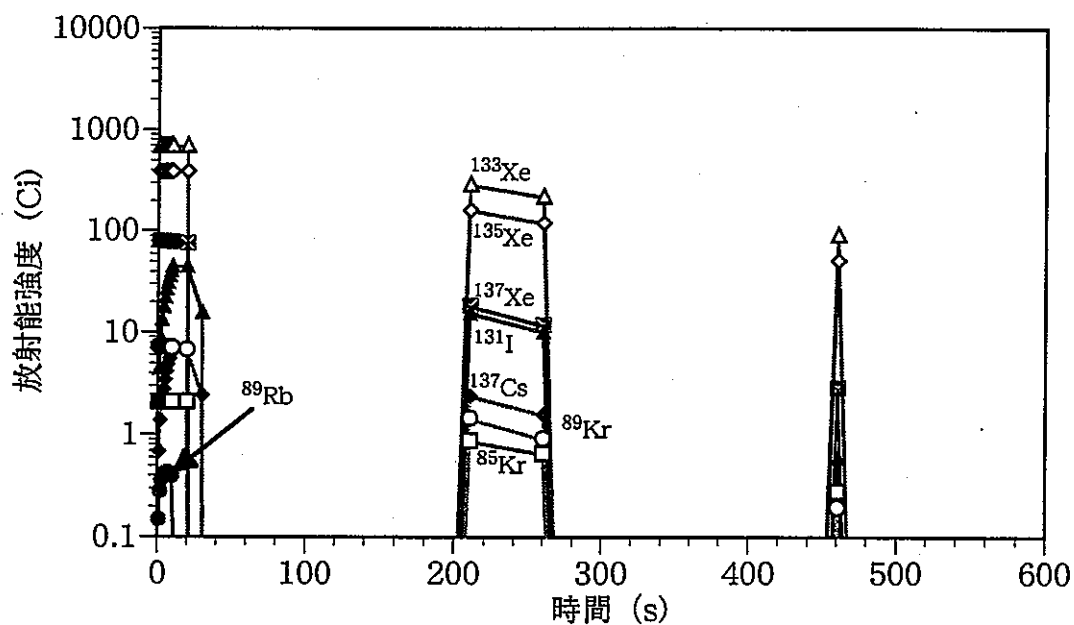
時間	温度 (k)
0	1273
2	1273
10	1773.289
20	1773.289
30	2922.808
40	2922.808
50	772.711
100	772.711



図A-1.1 実機規模の計算体系

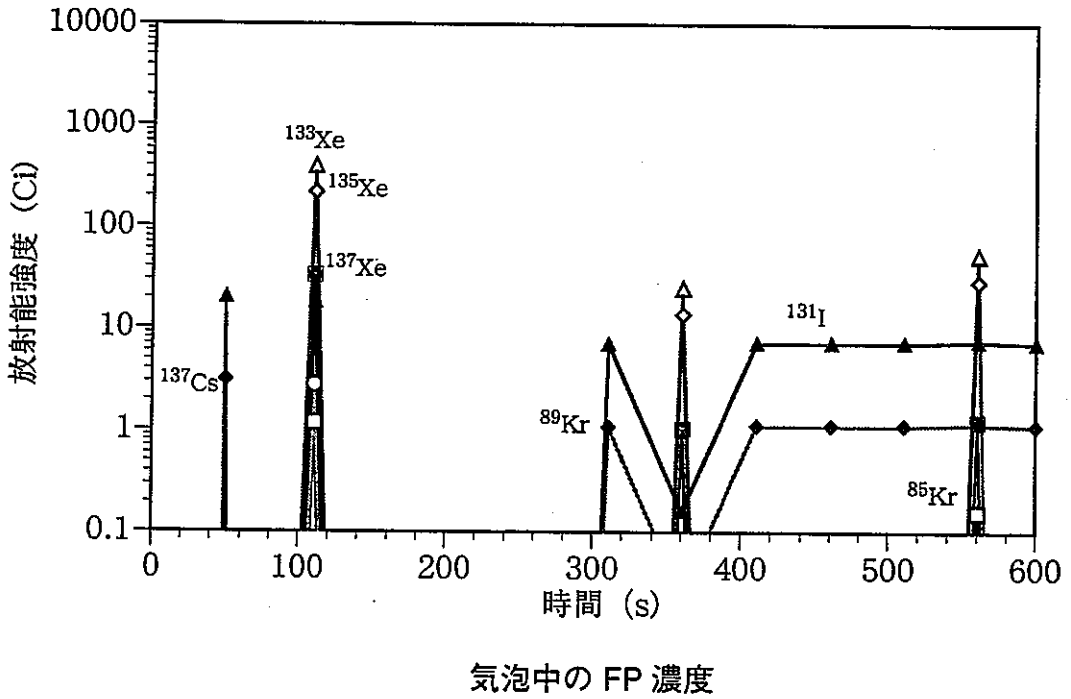
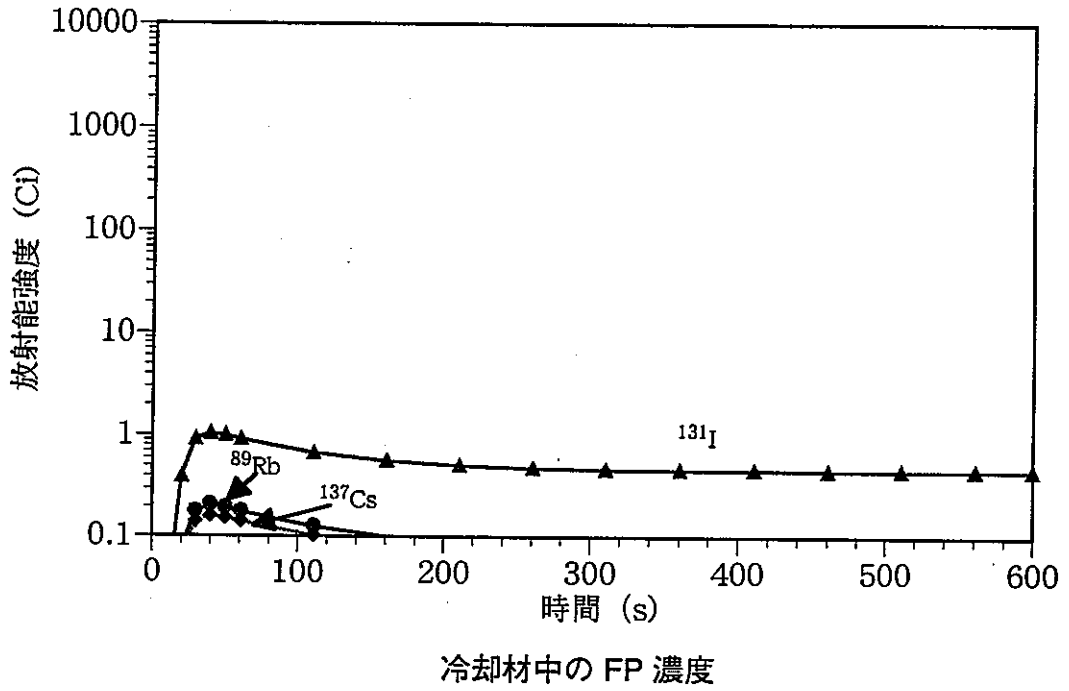


冷却材中の FP 濃度

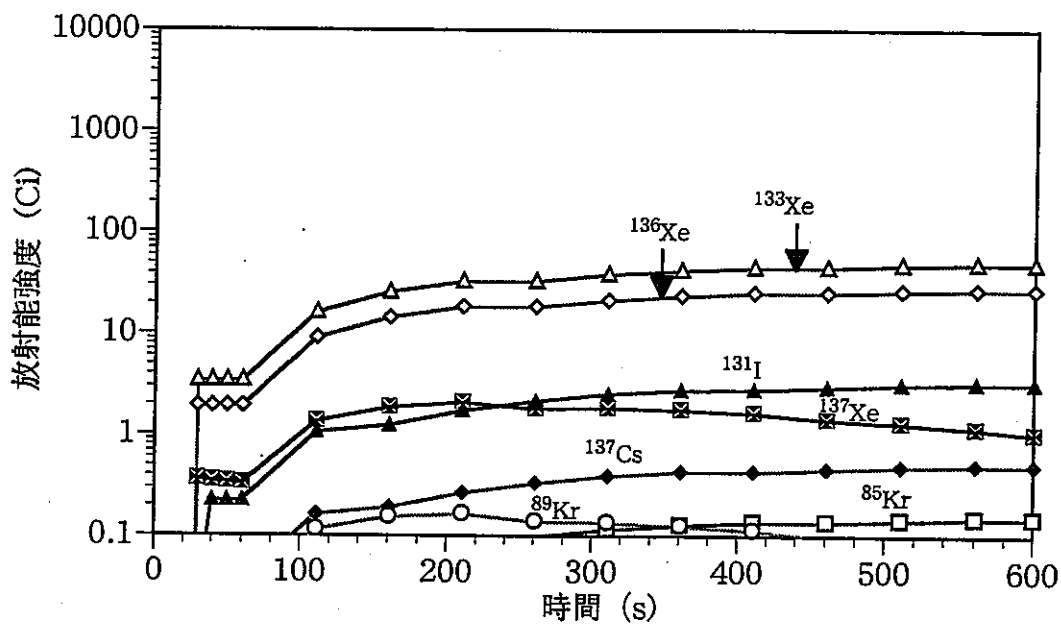


気泡中の FP 濃度

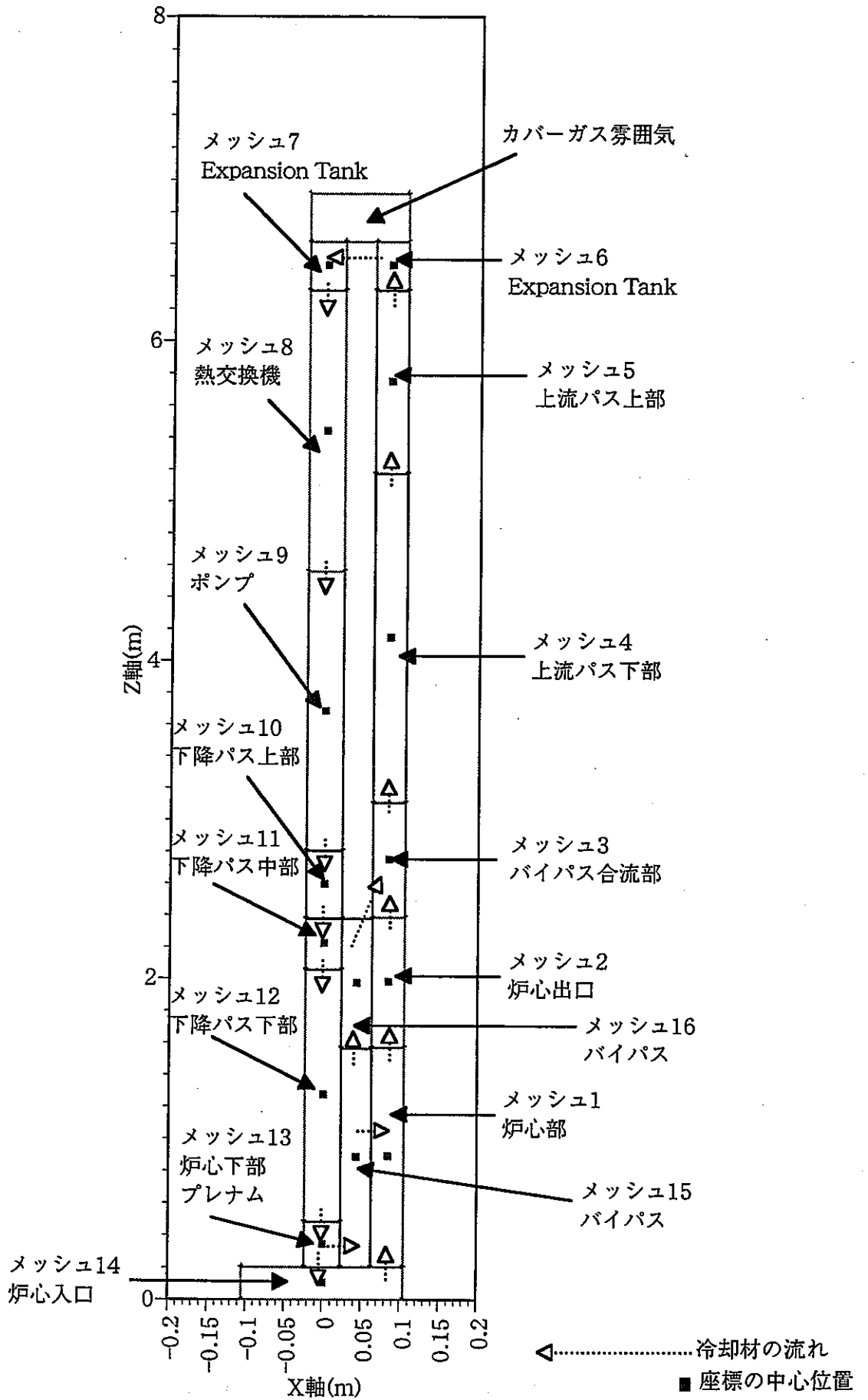
図A-1.2.1 メッシュ1 の冷却材及び気泡中のFP濃度  
(実機規模体系の計算)



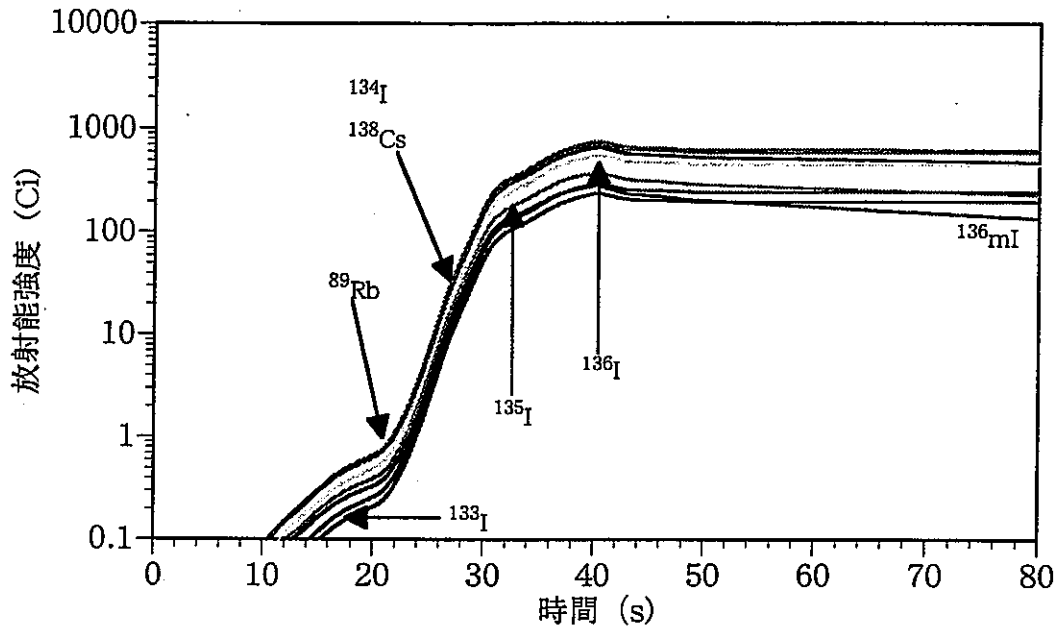
図A-1.2.2 メッシュ9 の冷却材及び気泡中の FP 濃度  
(実機規模体系の計算)



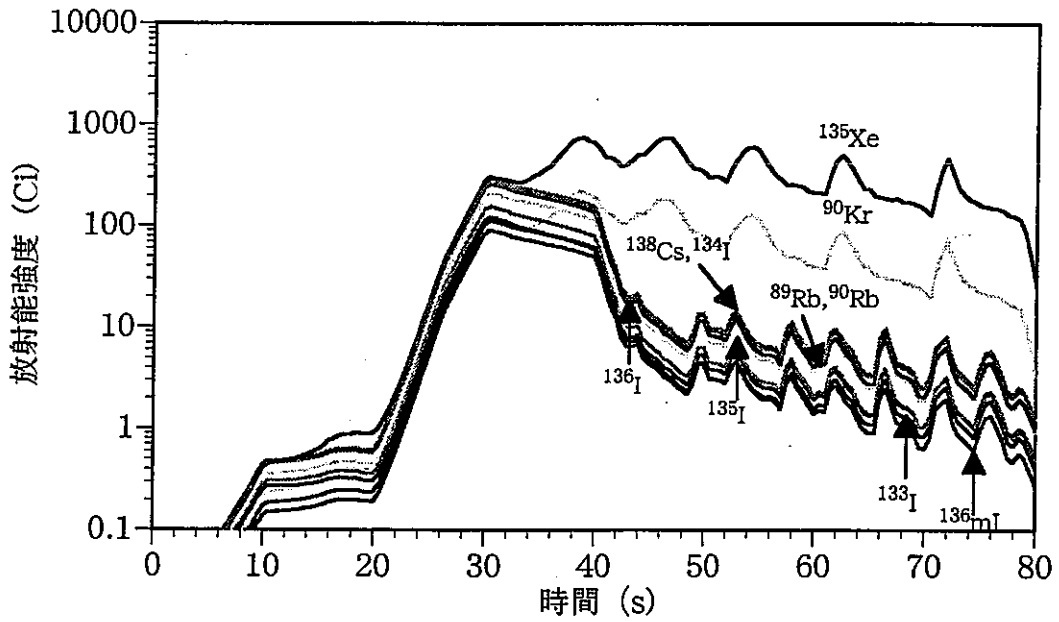
図A-1.2.3 カバーガス内の FP 濃度  
(実機規模体系の計算)



図A-2.1 Mol7C/6 実験体系計算条件

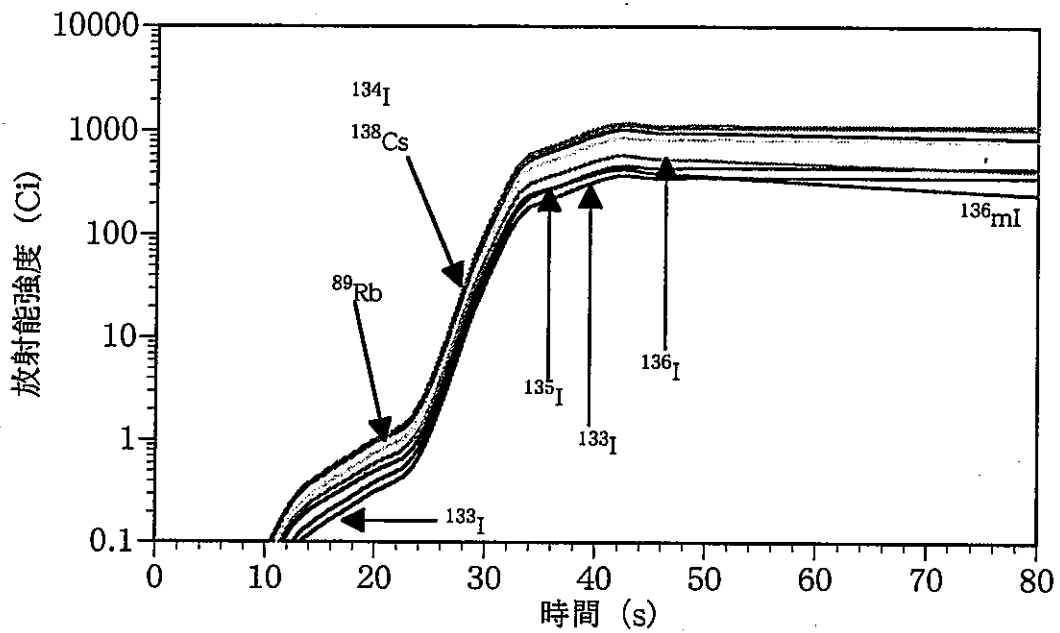


冷却材中の FP 濃度

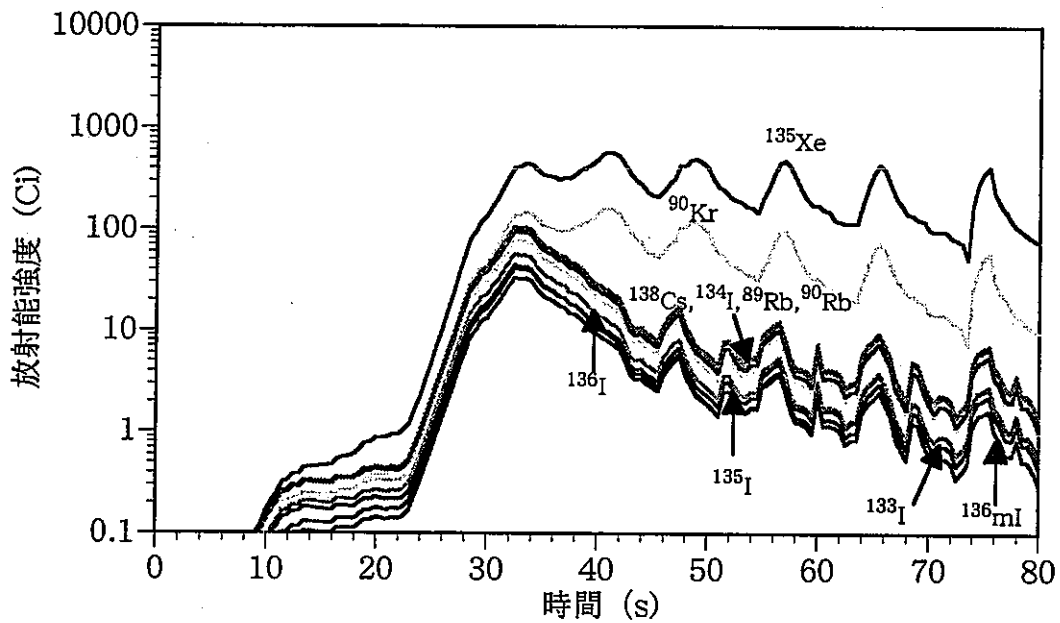


気泡中の FP 濃度

図A-2.2.1メッシュ1の冷却材及び気泡中のFP濃度  
(Mol7C/6試験の計算)



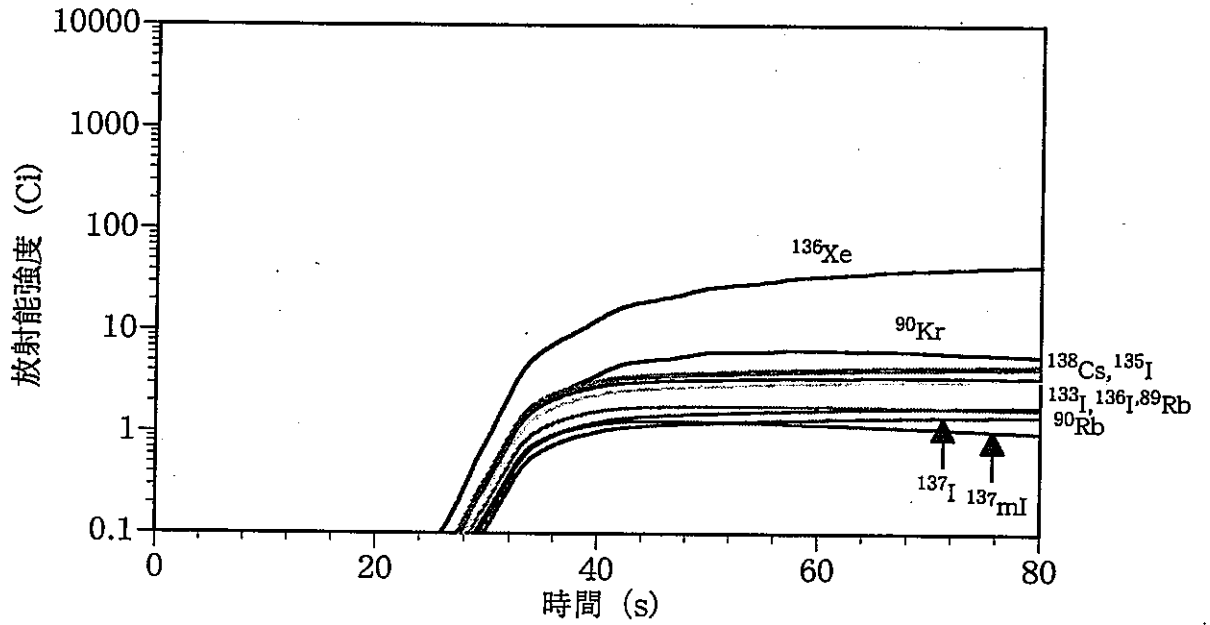
冷却材中の FP 濃度



気泡中の FP 濃度

図A-2.2.2 メッシュ7 の冷却材及び気泡中の FP 濃度  
(Mol7C/6 試験の計算)





図A-2.2.3 カバーガス内の FP 濃度  
(Mol7C/6 試験の計算)

## 実機体系のインプットデータ

```

test run for init.d-prev
&gdatt1
  iopt( 1)= 20*0,
  iopt( 1)= 0, 1, 1,
  iopt( 5)= 0,
  iopt( 6)= 2,
  iopt( 7)= 1,
  iopt( 8)= 2,
  iopt( 9)= 3,
  iopt(10)= 1,
  iopt(11)= 100,
  iopt(12)= 1,
  iopt(13)= 1,
  iopt(14)= 0,
  iopt(15)= 20,
  iopt(16)= 1,
  ipopt( 1)= 10*0,
  ipopt( 1)= 1, 0, 1, 1,
  ipopt( 5)= 1, 0, 0, 1, 0,
  tdebug( 1)= 6.0,
  tdebug( 2)= 8.0,
  idbug( 1)= 50*0,
  ropt(1)= 1.000e-09, ropt(2)= 0.1,
  ropt(3)= 2.0
  ropt(4)= 0.25,
  ropt(5)= 0.01,
  ncmx= 1000000, timax= 6.000e+02,
  npn = 5,
  ptime( 1)= 2.800e+00, 1.000e+01, 6.000e+01, 1.200e+02, 6.000e+02,
  dti( 1)= 2.000e-02, 2.000e-02, 2.000e-01, 1.000e+00,1.000e+00,
  jpn( 1)= 10, 20, 50, 100,100,
  jpl( 1)= 50, 50, 50, 50,50,
  jrs( 1)= 1000, 1000, 500, 500,500,
  ntab= 2,
  mxtab( 1)= 8, 2,
  xtab( 1, 1)= 0.0, 2.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 4.320e+04,
  ftab( 1, 1)= 1.0, 1.0, 1.393, 1.393, 2.296, 2.296, 0.607, 0.607,
  xtab( 1, 2)= 0.0, 4.320e+04,
  ftab( 1, 2)= 2*1.0,
  tdebug(1) = 4.000, 4.100,
  tdebug(1) = 0.000, 0.100,
&end
&cldatt1
  icmax= 20,
  xorgn= 0.0, zorgn= 17.108,
  tcn( 1)= 802.0, 802.0, 802.0, 802.0, 802.0,
  tcn( 6)= 802.0, 802.0, 769.0, 703.0, 670.0,
  tcn(11)= 670.0, 670.0, 670.0, 670.0, 802.0,
  tcn(16)= 802.0, 802.0, 738.0, 393.0, 738.0,
  vcn( 1)= 2.271e+02, 3.155e+00, 3.155e+00, 3.155e+00, 3.155e+00,
  vcn( 6)= 3.155e+00, 3.155e+00, 6.273e+00, 6.273e+00, 8.620e+00,
  vcn(11)= 8.620e+00, 5.564e+00, 5.564e+00, 3.059e+02, 2.211e+00,
  vcn(16)= 2.571e+02, 6.135e-01, 1.031e-01, 6.858e-01, 1.031e-01,
  pcn( 1)= 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05,
  pcn( 6)= 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05,
  pcn(11)= 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05,
  pcn(16)= 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05, 1.166e+05,
  xc( 1) = 00.000, 05.554, 11.981, 18.408, 24.835,
  xc( 6) = 31.262, 37.689, 41.739, 41.739, 32.122,
  xc(11) = 14.562, -04.373, -24.683, -38.368, -36.840,
  xc(16) = -73.640, -36.840, -73.600, -73.640, -73.680,
  zc( 1) = 10.508, 05.333, 05.333, 05.333, 05.333,
  zc( 6) = 05.333, 05.333, 05.333, 02.483, 02.483,
  zc(11) = 02.483, 02.483, 02.483, 00.000, 10.609,
  zc(16) = 10.508, 10.454, 28.243, 39.343, 28.243,
  dxc( 1)= 4.680e+00, 6.427e+00, 6.427e+00, 6.427e+00, 6.427e+00,
  dxc( 6)= 6.427e+00, 6.427e+00, 1.674e+00, 1.674e+00, 1.756e+01,
  dxc(11)= 1.756e+01, 2.031e+01, 2.031e+01, 7.060e+00, 6.900e+01,
  dxc(16)= 4.600e+00, 6.900e+01, 8.100e-02, 6.300e-01, 8.100e-02,
  dzc( 1)= 1.320e+01, 7.906e-01, 7.906e-01, 7.906e-01, 7.906e-01,
  dzc( 6)= 7.906e-01, 7.906e-01, 2.850e+00, 2.850e+00, 7.906e-01,
  dzc(11)= 7.906e-01, 5.906e-01, 5.906e-01, 7.815e+00, 2.020e-01,
  dzc(16)= 1.547e+01, 1.064e-01, 2.000e+01, 2.200e+00, 2.000e+01,
  iwmax( 1)= 20*1,
  tcw(1, 1)= 802.0, acw(1, 1)= 3.600e+02, alenw(1, 1)= 13.2,
  tcw(1, 2)= 802.0, acw(1, 2)= 1.596e+01, alenw(1, 2)= 6.427,
  tcw(1, 3)= 802.0, acw(1, 3)= 1.596e+01, alenw(1, 3)= 6.427,

```

```

tcw(1, 4)= 802.0, acw(1, 4)= 1.596e+01, alenw(1, 4)= 6.427,
tcw(1, 5)= 802.0, acw(1, 5)= 1.596e+01, alenw(1, 5)= 6.427,
tcw(1, 6)= 802.0, acw(1, 6)= 1.596e+01, alenw(1, 6)= 6.427,
tcw(1, 7)= 802.0, acw(1, 7)= 1.596e+01, alenw(1, 7)= 6.427,
tcw(1, 8)= 769.0, acw(1, 8)= 8.790e+02, alenw(1, 8)= 2.85,
tcw(1, 9)= 703.0, acw(1, 9)= 8.790e+02, alenw(1, 9)= 2.85,
tcw(1,10)= 670.0, acw(1,10)= 4.361e+01, alenw(1,10)= 17.56,
tcw(1,11)= 670.0, acw(1,11)= 4.361e+01, alenw(1,11)= 17.56,
tcw(1,12)= 670.0, acw(1,12)= 3.768e+01, alenw(1,12)= 20.31,
tcw(1,13)= 670.0, acw(1,13)= 3.768e+01, alenw(1,13)= 20.31,
tcw(1,14)= 670.0, acw(1,14)= 5.740e+02, alenw(1,14)= 7.815,
tcw(1,15)= 802.0, acw(1,15)= 4.379e+01, alenw(1,15)= 69.,
tcw(1,16)= 802.0, acw(1,16)= 3.500e+02, alenw(1,16)= 15.47,
tcw(1,17)= 802.0, acw(1,17)= 2.306e+01, alenw(1,17)= 69.,
tcw(1,18)= 738.0, acw(1,18)= 5.089e-01, alenw(1,18)= 20.,
tcw(1,19)= 393.0, acw(1,19)= 5.300e+02, alenw(1,19)= 2.2,
tcw(1,20)= 738.0, acw(1,20)= 5.089e-01, alenw(1,20)= 20.,
icover( 1)= 20*0,
icover( 1)= 1,
agcv( 1)= 5.919e+01,
jcmx = 22,
ijc1( 1)= 1, ijc2( 1)= 2,
vflw(1)= 1.713e+00, are(1)= 4.909e-01, alen(1)= 5.554,
gzai(1)= 1.0, gdire(1)= 0.0, rdire(1)= 1.0,
ijc1( 2)= 2, ijc2( 2)= 3,
vflw(2)= 1.713e+00, are(2)= 4.909e-01, alen(2)= 6.427,
gzai(2)= 1.0, gdire(2)= 0.0, rdire(2)= 1.0,
ijc1( 3)= 3, ijc2( 3)= 4,
vflw(3)= 1.713e+00, are(3)= 4.909e-01, alen(3)= 6.427,
gzai(3)= 1.0, gdire(3)= 0.0, rdire(3)= 1.0,
ijc1( 4)= 4, ijc2( 4)= 5,
vflw(4)= 1.713e+00, are(4)= 4.909e-01, alen(4)= 6.427,
gzai(4)= 1.0, gdire(4)= 0.0, rdire(4)= 1.0,
ijc1( 5)= 5, ijc2( 5)= 6,
vflw(5)= 1.713e+00, are(5)= 4.909e-01, alen(5)= 6.427,
gzai(5)= 1.0, gdire(5)= 0.0, rdire(5)= 1.0,
ijc1( 6)= 6, ijc2( 6)= 7,
vflw(6)= 1.713e+00, are(6)= 4.909e-01, alen(6)= 6.427,
gzai(6)= 1.0, gdire(6)= 0.0, rdire(6)= 1.0,
ijc1( 7)= 7, ijc2( 7)= 8,
vflw(7)= 1.713e+00, are(7)= 4.909e-01, alen(7)= 4.050,
gzai(7)= 1.0, gdire(7)= 0.0, rdire(7)= 1.0,
ijc1( 8)= 8, ijc2( 8)= 9,
vflw(8)= 1.713e+00, are(8)= 2.201e+00, alen(8)= 2.850,
gzai(8)= 1.0, gdire(8)=-1.0,
ijc1( 9)= 9, ijc2( 9)= 10,
vflw(9)= 1.713e+00, are(9)= 4.909e-01, alen(9)= 9.617,
gzai(9)= 1.0, gdire(9)= 0.0, rdire(9)=-1.0,
ijc1(10)= 10, ijc2(10)= 11,
vflw(10)= 1.713e+00, are(10)= 4.909e-01, alen(10)= 17.56,
gzai(10)= 1.0, gdire(10)= 0.0, rdire(10)=-1.0,
ijc1(11)= 11, ijc2(11)= 12,
vflw(11)= 1.713e+00, are(11)= 2.740e-01, alen(11)= 18.935,
gzai(11)= 1.0, gdire(11)= 0.0, rdire(11)=-1.0,
ijc1(12)= 12, ijc2(12)= 13,
vflw(12)= 1.713e+00, are(12)= 2.740e-01, alen(12)= 20.31,
gzai(12)= 1.0, gdire(12)= 0.0, rdire(12)=-1.0,
ijc1(13)= 13, ijc2(13)= 14,
vflw(13)= 1.713e+00, are(13)= 2.740e-01, alen(13)= 13.685,
gzai(13)= 1.0, gdire(13)= 0.0, rdire(13)=-1.0,
ijc1(14)= 14, ijc2(14)= 1,
vflw(14)= 1.713e+00, are(14)= 1.720e+01, alen(14)= 10.508,
gzai(14)= 1.0, gdire(14)= 1.0,
ijc1(15)= 1, ijc2(15)= 15,
vflw(15)= 1.673e-02, are(15)= 3.205e-02, alen(15)= 36.84,
gzai(15)= 1.0, gdire(15)= 0.0, rdire(15)=-1.0,
ijc1(16)= 15, ijc2(16)= 16,
vflw(16)= 1.673e-02, are(16)= 3.205e-02, alen(16)= 36.8,
gzai(16)= 1.0, gdire(16)= 0.0, rdire(16)=-1.0,
ijc1(17)= 16, ijc2(17)= 17,
vflw(17)= 1.673e-02, are(17)= 8.891e-03, alen(17)= 36.8,
gzai(17)= 1.0, gdire(17)= 0.0, rdire(17)=1.0,
ijc1(18)= 17, ijc2(18)= 1,
vflw(18)= 1.673e-02, are(18)= 8.891e-03, alen(18)= 36.84,
gzai(18)= 1.0, gdire(18)= 0.0, rdire(18)=1.0,
ijc1(19)= 16, ijc2(19)= 18,
vflw(19)= 3.347e-03, are(19)= 5.153e-03, alen(19)= 17.735,
gzai(19)= 1.0, gdire(19)= 1.0,
ijc1(20)= 18, ijc2(20)= 19,
vflw(20)= 3.347e-03, are(20)= 5.153e-03, alen(20)= 11.1,

```

```

gzai(20)= 1.0, gdire(20)= 1.0,
ijc1(21)= 19, ijc2(21)= 20,
vflw(21)= 3.347e-03, are(21)= 5.153e-03, alen(21)= 11.1,
gzai(21)= 1.0, gdire(21)=-1.0,
ijc1(22)= 20, ijc2(22)= 16,
vflw(22)= 3.347e-03, are(22)= 5.153e-03, alen(22)= 17.735,
gzai(22)= 1.0, gdire(22)=-1.0,
nctab = 2,
tcgn= 873.0,
vcgn= 7.000e+01,
pcgn= 1.013e+05,
hgcn= 1.7,
agcr= 7.854e+02,
tgcr= 773.0,
agcw= 5.341e+01,
tgcw= 773.0,
rglek= 1.000e-10,
pglek= 1.000e-10,
ISMS(1,1) = 14, 1,
XSMS(1) = 0.000, ZSMS(1) = 10.508,
&end
&mdat1
mamat= 22,
mxmt= 9,
matn( 1)= 4, 52, 58, 59, 56, 57, 60, 51, 61,
fcgml( 1)= 9*0.0,
fcgml( 1)= 1.0,
&end
&fudat1
ifuel= 1,
ifch= 1,
nfu= 1,
npin( 1)= 1,
nftab( 1)= 1,
tfui( 1, 1)= 1273.0,
tifal( 1)= 0.0,
fcrel( 1)= 9*0.0,
qsor(1,1,1)= 0.00e+00, psor(1,1)= 0.00e+00, dsorxc(1,1)= 0.00e+00,
qsor(1,2,1)= 3.41e-14, psor(2,1)= 7.22e-10, dsorxc(2,1)= 7.22e-11,
qsor(1,3,1)= 2.72e-11, psor(3,1)= 5.43e-06, dsorxc(3,1)= 5.43e-07,
qsor(1,4,1)= 0.00e+00, psor(4,1)= 1.14e-03, dsorxc(4,1)= 1.14e-04,
qsor(1,5,1)= 0.00e+00, psor(5,1)= 1.22e-04, dsorxc(5,1)= 1.22e-04,
qsor(1,6,1)= 6.03e-15, psor(6,1)= 2.40e-10, dsorxc(6,1)= 2.40e-10,
qsor(1,7,1)= 7.49e-12, psor(7,1)= 5.44e-05, dsorxc(7,1)= 5.44e-05,
qsor(1,8,1)= 2.67e-12, psor(8,1)= 2.20e-06, dsorxc(8,1)= 2.20e-06,
qsor(1,9,1)= 2.59e-14, psor(9,1)= 3.24e-09, dsorxc(9,1)= 3.24e-09,
pinn( 1)= 5.065e+06,
rei( 1)= 2.545e-03,
plen( 1)= 0.477,
tinn( 1)= 803.0,
gfr( 1, 1)= 16*0.0,
gfr( 2, 1)= 6.15e-07,
gfr( 3, 1)= 4.62e-03,
gfr( 4, 1)= 9.65e-01,
gfr( 5, 1)= 2.06e-02,
gfr( 6, 1)= 4.08e-08,
gfr( 7, 1)= 9.25e-03,
gfr( 8, 1)= 3.72e-04,
gfr( 9, 1)= 5.49e-07,
gam( 1)= 1.666,
totn( 1)= 803.0,
potn( 1)= 1.448e+05,
fr( 1)= 0.15,
clen( 1)= 0.800,
hyd( 1)= 1.000e-05,
aor( 1)= 8.0e-07,
&end
&srdat1
&end
&endat1
iopin=0,
ts=0., te=1.e-00,
jmax=5,
sigc=0.147,
rho1=800.,
rho(1)=10*1.8,
cin(1)=1.e08,
uc(1)=11*80.0,
al(1)=10*3.14e-2,
acc(1)=11*7.9e-3,

```

JNC TN9520 2000-003

```
vg(1)=10*1.58e-3,  
gm=4.3e-25,  
vl=4.78e-29,  
cn=1.67e23,  
tk=873.,  
tkin = 973.,  
difg = 0.5e-04,  
fg=3.2e-5,  
ep = 0.005,  
thkl(1)=10*1.e-2  
&end
```

実機体系のアウトプットデータ

\*transient results from fpsort calculation\*

\*nc = 10 \*time(s)= 2.000E-01 \*dt (s)= 2.000E-02

\*tfu(k) fuel temperature distribution

i= 1 1.273E+03

pinn(Pa)	tinn(K)	amah1(-)	vg1(m/s)	potn(Pa)	totn(K)	amah2(-)	vg2(m/s)	pbac(Pa)
9.110E+05	8.030E+02	0.000E+00	0.000E+00	1.448E+05	8.030E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
vs(m/s)	gm(kg/m2/s)	dmdt(kg/s)	mp(kg)	rh(kg/m3)	mpt(kg)	vpb(m3/s)	vpo(m3/s)	v-int(m3)
0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.767E-04	1.820E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
if	mm	dtSor1	dtSor2	dtSor	cbSor	cbSfr		
-	-	(ml/s)	(ml/s)	(ml/s)	(ml/m**3)	(mlfrc)		
1	4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00		
1	52	0.000E+00	7.220E-11	7.220E-11	4.305E-06	2.463E-07		
1	58	0.000E+00	5.430E-07	5.430E-07	3.238E-02	1.852E-03		
1	59	0.000E+00	1.140E-04	1.140E-04	6.798E+00	3.889E-01		
1	56	0.000E+00	1.220E-04	1.220E-04	7.275E+00	4.162E-01		
1	57	0.000E+00	2.400E-10	2.400E-10	1.431E-05	8.187E-07		
1	60	0.000E+00	5.440E-05	5.440E-05	3.244E+00	1.856E-01		
1	51	0.000E+00	2.200E-06	2.200E-06	1.312E-01	7.505E-03		
1	61	0.000E+00	3.240E-09	3.240E-09	1.932E-04	1.105E-05		

bl vol.(m\*\*3)= 3.354E-07 bl dia.(m) = 8.621E-03

\*tmlcn(mol) --- mol in coolant mesh

(m, i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
8	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
7	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	2.359E-12	1.184E-15	3.183E-17	6.798E-19	1.203E-20	1.812E-22	2.375E-24	2.764E-26	1.446E-28	6.840E-31
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
(m, i)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
8	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
7	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	2.143E-33	6.146E-36	2.520E-38	9.614E-41	1.188E-17	4.521E-21	1.168E-26	2.337E-27	2.490E-30	3.388E-34
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

\*cocn(mol/m\*\*3) --- conc. in coolant mesh

(m, i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
8	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
7	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	1.039E-14	3.754E-16	1.009E-17	2.155E-19	3.812E-21	5.744E-23	7.528E-25	4.407E-27	2.306E-29	7.934E-32
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
(m, i)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
8	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
7	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	2.486E-34	1.105E-36	4.529E-39	3.143E-43	5.373E-18	1.758E-23	1.904E-26	2.267E-26	3.630E-30	3.286E-33
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

\*tmlbp(mol) --- mol in coolant mesh

(m, i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	6.478E-10	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
8	4.400E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
7	1.088E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	4.798E-11	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	2.440E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	2.230E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
3	1.086E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	1.208E-11	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
(m, i)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
8	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
7	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

```

5  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
4  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
3  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
2  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
1  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
*cobp(mol/m**3) --- average conc. in bubble
(m,i)  1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
9  1.929E-04 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
8  1.310E-01 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
7  3.240E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
6  1.429E-05 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
5  7.266E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
4  6.789E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
3  3.234E-02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
2  3.597E-06 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
1  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
(m,i)  11     12     13     14     15     16     17     18     19     20
9  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
8  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
7  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
6  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
5  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
4  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
3  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
2  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
1  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
if  mm      dtsorp      cbsorp      qsorp
-   -      (ci/s)      (ci/cc)      (ci)
1   4  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
1  52 8.813E-01 5.255E-02 4.163E-04
1  58 8.811E+00 5.254E-01 4.414E-04
1  59 1.360E+00 8.110E-02 0.000E+00
1  56 4.051E+00 2.415E-01 0.000E+00
1  57 1.418E+01 8.455E-01 3.563E-04
1  60 1.346E+03 8.025E+01 1.853E-04
1  51 7.555E+02 4.505E+01 9.169E-04
1  61 1.561E+02 9.308E+00 1.248E-03
*couver gas information
m  matn  imtyp      tmlg(ml)  cog(ml/m3)  tmgc(ci)  fcgml(-)
1   4      0      9.766E+02  1.395E+01  1.590E-24  1.000E+00
2   52     1      1.112E-16  1.588E-18  1.357E-06  0.000E+00
3   58     0      1.000E-30  1.429E-32  1.623E-23  1.024E-33
4   59     0      1.000E-30  1.429E-32  1.193E-26  1.024E-33
5   56     0      1.000E-30  1.429E-32  3.320E-26  1.024E-33
6   57     0      9.993E-31  1.428E-32  5.904E-20  1.023E-33
7   60     0      1.000E-30  1.429E-32  2.474E-23  1.024E-33
8   51     0      1.000E-30  1.429E-32  3.434E-22  1.024E-33
9   61     0      9.994E-31  1.428E-32  4.815E-20  1.023E-33
*pcgn (Pa) --- cover gas pressure 1.013E+05
*vcgn (m3) --- cover gas volume 7.000E+01
*tcgn (K) --- cover gas temperature 8.730E+02
*ttlgn(c) --- cover gas total dose 1.357E-06
*retension factor
(m,i)  1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
9  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
8  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
7  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
6  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
5  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
4  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
3  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
2  2.569E-02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
1  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
(m,i)  11     12     13     14     15     16     17     18     19     20
9  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
8  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
7  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
6  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
5  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
4  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
3  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
2  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
1  0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00

```

## Mol7C/6 インプットデータ

TEST RUN FOR MOL7C/6 EXPERIMENT MOL7C-8

&amp;GDAT1

```

IOPT( 1)= 20*0,
IOPT( 1)= 0, 1, 1,
IOPT( 6)= 3,
IOPT( 7)= 1, 2, 3, 1,
IOPT(11)= 100,
IOPT(12)= 3,
IOPT(12)= 1,
IOPT(13)= 1,
IOPT(14)= 0,
IOPT(15)= 10,
IPOPT( 1)= 10*0,
IPOPT( 1)= 1, 1, 0, 0,
IPOPT( 5)= 1, 1, 1, 1,
IDBUG( 1)= 50*0,
IDBUG( 8)= 0,
ROPT(1)= 1.000E-09, ROPT(2)= 0.1,
ROPT(3)= 2.0,
ROPT(4)= 0.25,
ROPT(5)= 0.01,
NCMAX= 10000, TIMAX= 8.000E+01,
NPN = 4,
PTIME( 1)= 2.000E-00, 1.000E+01, 4.000E+01, 1.000E+02,
DTI( 1)= 1.000E-01, 1.000E-01, 1.000E-01, 1.000E-01,
JPN( 1)= 200, 200, 200, 200,
JPL( 1)= 5, 5, 5, 5,
JRS( 1)= 500, 500, 500, 500,
NTAB= 2,
MXTAB( 1)= 8, 10,
XTAB( 1, 1)= 0.0, 2.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 100.0,
FTAB( 1, 1)= 1.0, 1.0, 1.393, 1.393, 2.296, 2.296, 0.607, 0.607,
XTAB( 1, 2)= 0.0, 10., 20., 30., 40., 50., 60., 70., 80., 100.,
FTAB( 1, 2)= 10*1.0,
TDEBUG(1) = 4.000, 4.100,

```

&amp;END

&amp;CLDAT1

```

ICMAX= 16,
XORGN= 0.0, ZORGN= 6.613,
TCN( 1)= 983.0, 973.0, 961.0, 803.0, 803.0,
TCN( 6)= 747.0, 747.0, 666.0, 666.0, 666.0,
TCN(11)= 666.0, 666.0, 666.0, 666.0, 673.0,
TCN(16)= 673.0,
VCN( 1)= 2.881E-03, 6.691E-04, 8.897E-04, 1.716E-03, 1.716E-03,
VCN( 6)= 2.736E-04, 5.250E-03, 1.653E-03, 6.325E-04, 5.770E-04,
VCN(11)= 2.303E-04, 3.856E-03, 2.174E-04, 6.692E-04, 3.480E-03,
VCN(16)= 2.222E-03,
PCN( 1)= 1.448E+05, 1.371E+05, 1.341E+05, 1.252E+05, 1.109E+05,
PCN( 6)= 1.025E+05, 1.025E+05, 1.084E+05, 1.234E+05, 1.304E+05,
PCN(11)= 1.391E+05, 1.479E+05, 1.543E+05, 1.524E+05, 1.480E+05,
PCN(16)= 1.382E+05,
XC( 1) = 0.000, 0.000, 0.000, 0.000, 0.000,
XC( 6) = 0.000, 8.4075E-02, 8.4075E-02, 8.4075E-02, 8.4075E-02,
XC(11) = 8.4075E-02, 8.4075E-02, 0.000, 0.000, 4.3225E-02,
XC(16) = 4.3225E-02,
ZC( 1) = 1.2675, 2.2150, 2.5880, 3.6790, 5.4350,
ZC( 6) = 6.4630, 6.4630, 5.7430, 4.1390, 2.7425,
ZC(11) = 1.9725, 0.8825, 0.1000, 0.3400, 0.8800,
ZC(16) = 1.9675,
DXC( 1)= 4.660E-02, 4.660E-02, 1.263E-01, 1.263E-01, 1.263E-01,
DXC( 6)= 1.263E-01, 4.185E-02, 4.185E-02, 4.185E-02, 4.185E-02,
DXC(11)= 4.185E-02, 4.185E-02, 2.100E-01, 4.660E-02, 3.985E-02,
DXC(16)= 3.985E-02,
DZC( 1)= 1.575, 0.320, 0.426, 1.756, 1.756,
DZC( 6)= 0.300, 0.300, 1.140, 2.068, 0.725,
DZC(11)= 0.815, 1.365, 0.200, 0.280, 1.360,
DZC(16)= 0.815,
IWMAX( 1)= 16*0,
IWMAX( 1)= 1,
TCW( 1, 1)= 983.0, ACW( 1, 1)= 2.552E-01, ALENW( 1, 1)= 1.575,
IWMAX( 2)= 1,
TCW( 1, 2)= 973.0, ACW( 1, 2)= 5.182E-02, ALENW( 1, 2)= 0.320,
IWMAX( 3)= 1,
TCW( 1, 3)= 961.0, ACW( 1, 3)= 6.898E-02, ALENW( 1, 3)= 0.426,
IWMAX( 4)= 2,
TCW( 1, 4)= 803.0, ACW( 1, 4)= 3.862E-02, ALENW( 1, 4)= 1.756,
TCW( 2, 4)= 803.0, ACW( 2, 4)= 9.930E-02, ALENW( 2, 4)= 1.756,

```



IWMAX( 5)= 2,  
 TCWC( 1, 5)= 803.0, ACWC( 1, 5)= 3.862E-02, ALENWC( 1, 5)= 1.756,  
 TCWC( 2, 5)= 803.0, ACWC( 2, 5)= 9.930E-02, ALENWC( 2, 5)= 1.756,  
 IWMAX( 6)= 1,  
 TCWC( 1, 6)= 747.0, ACWC( 1, 6)= 6.158E-03, ALENWC( 1, 6)= 0.300,  
 IWMAX( 7)= 1,  
 TCWC( 1, 7)= 747.0, ACWC( 1, 7)= 1.390E-01, ALENWC( 1, 7)= 0.300,  
 IWMAX( 8)= 2,  
 TCWC( 1, 8)= 666.0, ACWC( 1, 8)= 2.407E-01, ALENWC( 1, 8)= 1.140,  
 TCWC( 2, 8)= 666.0, ACWC( 1, 8)= 5.281E-01, ALENWC( 1, 8)= 1.140,  
 IWMAX( 9)= 2,  
 TCWC( 1, 9)= 666.0, ACWC( 1, 9)= 2.002E-01, ALENWC( 1, 9)= 2.668,  
 TCWC( 2, 9)= 666.0, ACWC( 2, 9)= 1.613E-01, ALENWC( 2, 9)= 2.668,  
 IWMAX(10)= 2,  
 TCWC( 1,10)= 666.0, ACWC( 1,10)= 5.655E-02, ALENWC( 1,10)= 1.326,  
 TCWC( 2,10)= 666.0, ACWC( 1,10)= 4.072E-02, ALENWC( 1,10)= 1.326,  
 IWMAX(11)= 2,  
 TCWC( 1,11)= 666.0, ACWC( 1,11)= 2.559E-01, ALENWC( 1,11)= 0.815,  
 TCWC( 2,11)= 666.0, ACWC( 1,11)= 2.047E-01, ALENWC( 1,11)= 0.815,  
 IWMAX(12)= 2,  
 TCWC( 1,12)= 666.0, ACWC( 1,12)= 4.285E-01, ALENWC( 1,12)= 1.364,  
 TCWC( 2,12)= 666.0, ACWC( 1,12)= 3.428E-01, ALENWC( 1,12)= 1.364,  
 IWMAX(13)= 1,  
 TCWC( 1,13)= 666.0, ACWC( 1,13)= 2.776E-02, ALENWC( 1,13)= 0.200,  
 IWMAX(14)= 1,  
 TCWC( 1,14)= 666.0, ACWC( 1,14)= 5.187E-02, ALENWC( 1,14)= 0.280,  
 IWMAX(15)= 2,  
 TCWC( 1,15)= 673.0, ACWC( 1,15)= 2.314E-01, ALENWC( 1,15)= 1.364,  
 TCWC( 2,15)= 673.0, ACWC( 2,15)= 3.385E-01, ALENWC( 2,15)= 1.364,  
 IWMAX(16)= 2,  
 TCWC( 1,16)= 673.0, ACWC( 1,16)= 1.382E-01, ALENWC( 1,16)= 1.030,  
 TCWC( 2,16)= 673.0, ACWC( 2,16)= 2.021E-01, ALENWC( 2,16)= 1.030,  
 ICOVER( 1)= 16\*0,  
 ICOVER( 6)= 1,  
 AGCV( 6)= 1.703E-03,  
 ICOVER( 7)= 1,  
 AGCV( 7)= 1.619E-02,  
 JCMAX = 17,  
 IJC1( 1)= 1, IJC2( 1)= 2,  
 VFLW( 1)= 1.868E-03, ARE( 1)= 1.830E-03,  
 ALEN( 1)= 9.745E-01, GZAI( 1)= 1.0, GDIRE( 1)= 1.0,  
 IJC1( 2)= 2, IJC2( 2)= 3,  
 VFLW( 2)= 1.868E-03, ARE( 2)= 2.091E-03,  
 ALEN( 2)= 3.730E-01, GZAI( 2)= 1.0, GDIRE( 2)= 1.0,  
 IJC1( 3)= 3, IJC2( 3)= 4,  
 VFLW( 3)= 3.735E-03, ARE( 3)= 9.770E-04,  
 ALEN( 3)= 1.091E-00, GZAI( 3)= 1.0, GDIRE( 3)= 1.0,  
 IJC1( 4)= 4, IJC2( 4)= 5,  
 VFLW( 4)= 3.735E-03, ARE( 4)= 9.770E-04,  
 ALEN( 4)= 1.756E-00, GZAI( 4)= 1.0, GDIRE( 4)= 1.0,  
 IJC1( 5)= 5, IJC2( 5)= 6,  
 VFLW( 5)= 3.735E-03, ARE( 5)= 9.770E-04,  
 ALEN( 5)= 1.028E-00, GZAI( 5)= 1.0, GDIRE( 5)= 1.0,  
 IJC1( 6)= 6, IJC2( 6)= 7,  
 VFLW( 6)= 3.735E-03, ARE( 6)= 3.167E-02,  
 ALEN( 6)= 5.250E-02, GZAI( 6)= 1.0, GDIRE( 6)= 0.0, RDIRE( 6)= 1.0,  
 IJC1( 7)= 7, IJC2( 7)= 8,  
 VFLW( 7)= 3.735E-03, ARE( 7)= 1.000E-02,  
 VFLW( 7)= 3.735E-03, ARE( 7)= 5.000E-03,  
 ALEN( 7)= 7.200E-01, GZAI( 7)= 1.0, GDIRE( 7)= -1.0,  
 IJC1( 8)= 8, IJC2( 8)= 9,  
 VFLW( 8)= 3.735E-03, ARE( 8)= 1.000E-02,  
 VFLW( 8)= 3.735E-03, ARE( 8)= 5.000E-03,  
 ALEN( 8)= 1.904E-00, GZAI( 8)= 1.0, GDIRE( 8)= -1.0,  
 IJC1( 9)= 9, IJC2( 9)= 10,  
 VFLW( 9)= 3.735E-03, ARE( 9)= 3.574E-04,  
 ALEN( 9)= 4.085E-02, GZAI( 9)= 1.0, GDIRE( 9)= -1.0,  
 IJC1(10)= 10, IJC2(10)= 11,  
 VFLW(10)= 3.735E-03, ARE(10)= 3.574E-04,  
 ALEN(10)= 1.071E-00, GZAI(10)= 1.0, GDIRE(10)= -1.0,  
 IJC1(11)= 11, IJC2(11)= 12,  
 VFLW(11)= 3.735E-03, ARE(11)= 3.574E-04,  
 ALEN(11)= 1.090E-00, GZAI(11)= 1.0, GDIRE(11)= -1.0,  
 IJC1(12)= 12, IJC2(12)= 13,  
 VFLW(12)= 3.735E-03, ARE(12)= 3.574E-04,  
 ALEN(12)= 7.820E-01, GZAI(12)= 1.0, GDIRE(12)= -1.0,  
 IJC1(13)= 13, IJC2(13)= 14,  
 VFLW(13)= 1.868E-03, ARE(13)= 2.091E-03,  
 ALEN(13)= 2.400E-01, GZAI(13)= 1.0, GDIRE(13)= 1.0,  
 IJC1(14)= 14, IJC2(14)= 1,

```

VFLW(14)= 1.868E-03, ARE(14)= 1.830E-03,
ALEN(14)= 7.740E-01, GZAI(14)= 1.0, GDIRE(14)= 1.0,
IJC1(15)= 13, IJC2(15)= 15,
VFLW(15)= 1.868E-03, ARE(15)= 6.377E-04,
ALEN(15)= 7.820E-01, GZAI(15)= 1.0, GDIRE(15)= 1.0,
IJC1(16)= 15, IJC2(16)= 16,
VFLW(16)= 1.868E-03, ARE(16)= 6.377E-04,
ALEN(16)= 1.197E-00, GZAI(16)= 1.0, GDIRE(16)= 1.0,
IJC1(17)= 16, IJC2(17)= 3,
VFLW(17)= 1.868E-03, ARE(17)= 6.377E-04,
ALEN(17)= 3.208E-02, GZAI(17)= 1.0, GDIRE(17)= 1.0,
NCTAB = 2,
TCGN= 747.0,
VCGN= 5.370E-03,
PCGN= 1.013E+05,
HGCM= 0.3,
AGCR= 1.790E-02,
TGCR= 747.0,
AGCW= 1.979E-01,
TGCW= 747.0,
RGLEK= 1.000E-10,
PGLEK= 1.000E-10,
ISMS(1,1) = 12, 13,
XSMS(1) = 0.000,      ZSMS(1) = 0.100,
&END
&MADAT1
MAMAT= 22,
MXMT= 13,
MATN( 1)= 3, 4, 6,
MATN( 4)= 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55,
FCGML( 1)= 13*0.0,
FCGML( 2)= 1.0,
&END
&FUDAT1
IFUEL= 1,
IFCH= 1,
NFU= 1,
NPIN( 1)= 6,
NFTAB( 1)= 1,
TFUI( 1, 1)= 1273.0,
TIFAL( 1)= 2.0,
QSOR( 1, 1, 1)= 0.000E-00, PSOR( 1, 1)= 3.681E-03, FCREL( 1)= 0.0,
QSOR( 1, 2, 1)= 0.000E-00, PSOR( 2, 1)= 0.000E-00, FCREL( 2)= 0.0,
QSOR( 1, 3, 1)= 0.000E-00, PSOR( 3, 1)= 3.681E-03, FCREL( 3)= 0.0,
QSOR( 1, 4, 1)= 3.700E-09, PSOR( 4, 1)= 0.000E-00, FCREL( 4)= 0.0,
QSOR( 1, 5, 1)= 4.543E-06, PSOR( 5, 1)= 0.000E-00, FCREL( 5)= 0.0,
QSOR( 1, 6, 1)= 6.223E-07, PSOR( 6, 1)= 0.000E-00, FCREL( 6)= 0.0,
QSOR( 1, 7, 1)= 1.854E-06, PSOR( 7, 1)= 0.000E-00, FCREL( 7)= 0.0,
QSOR( 1, 8, 1)= 1.145E-08, PSOR( 8, 1)= 0.000E-00, FCREL( 8)= 0.0,
QSOR( 1, 9, 1)= 5.585E-06, PSOR( 9, 1)= 0.000E-00, FCREL( 9)= 0.0,
QSOR( 1, 10, 1)= 1.375E-07, PSOR( 10, 1)= 0.000E-00, FCREL( 10)= 0.0,
QSOR( 1, 11, 1)= 3.533E-08, PSOR( 11, 1)= 0.000E-00, FCREL( 11)= 0.0,
QSOR( 1, 12, 1)= 3.640E-07, PSOR( 12, 1)= 0.000E-00, FCREL( 12)= 0.0,
QSOR( 1, 13, 1)= 6.300E-09, PSOR( 13, 1)= 0.000E-00, FCREL( 13)= 0.0,
PINN( 1)= 5.065E+06,
REI( 1)= 2.545E-03,
PLEN( 1)= 0.477,
TINN( 1)= 803.0,
GFRC( 1, 1)= 16*0.0,
GFRC( 1, 1)= 0.5,
GFRC( 3, 1)= 0.5,
GAM( 1)= 1.666,
TOTN( 1)= 803.0,
POTN( 1)= 1.448E+05,
FRC( 1)= 0.15,
CLEN( 1)= 0.800,
HYD( 1)= 1.000E-05,
AOR( 1)= 8.0E-07,
&END
&srdat1
&end
&endat1
iopin=0,
ts=0, te=1.e-00,
jmax=5,
sigc=0.147,
rho1=800.,
rhog(1)=10*1.8,
cin(1)=1.e08,
uc(1)=11*80.0,

```

```
al(1)=10*3.14e-2,  
acc(1)=11*7.9e-3,  
vg(1)=10*1.58e-3,  
gm=4.3e-25,  
vl=4.78e-29,  
cn=1.67e23,  
tk=873.,  
tkin = 973.,  
difg = 0.5e-04,  
fg=3.2e-5,  
ep = 0.005,  
thk1(1)=10*1.e-2  
&end
```

Mol7C/6 アウトプットデータ

\*transient results from fpsort calculation\*

\*nc = 200 \*time(s)= 2.000E+01 \*dt (s)= 1.000E-01

\*tfu(k) fuel temperature distribution

i= 1 1.773E+03

pinn(Pa)	tinn(K)	amah1(-)	vg1(m/s)	potn(Pa)	totn(K)	amah2(-)	vg2(m/s)	pbac(Pa)
8.683E+05	8.030E+02	2.548E-03	1.033E+00	1.448E+05	8.030E+02	1.541E-02	6.250E+00	1.448E+05
vs(m/s)	gm(kg/m2/s)	dmdt(kg/s)	mp(kg)	rh(kg/m3)	mpt(kg)	vpb(m3/s)	vpo(m3/s)	v-int(m3)
4.056E+02	9.166E+00	-7.333E-06	8.536E-05	8.795E+00	4.126E-04	5.000E-06	5.000E-06	2.828E-04
if	mm	dtors1	dtors2	dtors	cbors	cbors	cbors	cbors
-	-	(ml/s)	(ml/s)	(ml/s)	(ml/m**3)	(ml/m**3)	(ml/m**3)	(ml/m**3)
1	3	0.000E+00	3.252E-04	3.252E-04	8.856E+00	5.000E-01		
1	4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00		
1	6	0.000E+00	3.252E-04	3.252E-04	8.856E+00	5.000E-01		
1	46	8.900E-13	0.000E+00	8.900E-13	2.424E-08	1.368E-09		
1	47	1.659E-09	0.000E+00	1.659E-09	4.519E-05	2.551E-06		
1	48	2.263E-10	0.000E+00	2.263E-10	6.163E-06	3.480E-07		
1	49	6.769E-10	0.000E+00	6.769E-10	1.843E-05	1.041E-06		
1	50	3.543E-12	0.000E+00	3.543E-12	9.647E-08	5.447E-09		
1	51	2.039E-09	0.000E+00	2.039E-09	5.554E-05	3.136E-06		
1	52	4.949E-11	0.000E+00	4.949E-11	1.348E-06	7.609E-08		
1	53	1.193E-11	0.000E+00	1.193E-11	3.248E-07	1.834E-08		
1	54	1.320E-10	0.000E+00	1.320E-10	3.595E-06	2.030E-07		
1	55	1.728E-12	0.000E+00	1.728E-12	4.706E-08	2.657E-09		

bl vol.(m\*\*3)= 3.672E-06 bl dia.(m) = 1.914E-02

*kbln(bubble no.)	=	181	*kbln(bubble no.)	=	181					
k	mesh	shape	deqb(m)	vbl(m3)	anob(-)	ecct(b/a)	xbl(m)	zbl(m)	ubv(m/s)	wbv(m/s)
1	8	2	1.028E-02	5.683E-07	1.780E+01	2.824E+00	8.408E-02	5.663E+00	0.000E+00	-1.920E-01
2	8	2	1.005E-02	5.314E-07	1.780E+01	2.773E+00	8.408E-02	5.661E+00	0.000E+00	-1.973E-01
3	8	2	9.988E-03	5.217E-07	1.780E+01	2.759E+00	8.408E-02	5.674E+00	0.000E+00	-1.987E-01
4	8	2	9.949E-03	5.156E-07	1.780E+01	2.750E+00	8.408E-02	5.690E+00	0.000E+00	-1.994E-01
5	8	2	9.899E-03	5.079E-07	1.780E+01	2.744E+00	8.408E-02	5.709E+00	0.000E+00	-1.988E-01
6	8	2	9.872E-03	5.037E-07	1.780E+01	2.763E+00	8.408E-02	5.725E+00	0.000E+00	-1.907E-01
7	8	2	9.820E-03	4.958E-07	1.780E+01	2.891E+00	8.408E-02	5.739E+00	0.000E+00	-1.417E-01
8	7	2	9.797E-03	4.924E-07	2.373E+01	2.570E+00	1.008E-01	6.605E+00	1.224E-02	4.637E-01
9	7	2	9.735E-03	4.831E-07	2.373E+01	2.589E+00	9.969E-02	6.571E+00	1.539E-02	3.859E-01
10	7	2	9.701E-03	4.780E-07	2.373E+01	2.610E+00	9.814E-02	6.539E+00	1.990E-02	3.151E-01
172	3	2	4.344E-03	4.293E-08	1.000E+02	1.153E+00	0.000E+00	2.443E+00	0.000E+00	1.528E+00
173	2	2	4.320E-03	4.220E-08	1.000E+02	1.430E+00	0.000E+00	2.322E+00	0.000E+00	1.314E+00
174	2	2	4.295E-03	4.149E-08	1.000E+02	1.424E+00	0.000E+00	2.201E+00	0.000E+00	1.361E+00
175	2	2	4.271E-03	4.079E-08	1.000E+02	1.396E+00	0.000E+00	2.077E+00	0.000E+00	1.398E+00
176	1	2	4.246E-03	4.009E-08	1.000E+02	1.379E+00	0.000E+00	1.951E+00	0.000E+00	1.398E+00
177	1	2	4.222E-03	3.942E-08	1.000E+02	1.374E+00	0.000E+00	1.825E+00	0.000E+00	1.397E+00
178	1	2	4.199E-03	3.875E-08	1.000E+02	1.368E+00	0.000E+00	1.699E+00	0.000E+00	1.395E+00
179	1	2	4.175E-03	3.810E-08	1.000E+02	1.358E+00	0.000E+00	1.574E+00	0.000E+00	1.392E+00
180	1	2	4.152E-03	3.747E-08	1.000E+02	1.291E+00	0.000E+00	1.450E+00	0.000E+00	1.354E+00
181	1	1	4.129E-03	3.687E-08	1.000E+02	1.000E+00	0.000E+00	1.337E+00	0.000E+00	1.080E+00

\*tmlbn(mol) --- mol in k-th 1 bubble

(m,k)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	5.082E-17	6.698E-17	6.715E-17	6.754E-17	6.788E-17	6.840E-17	6.877E-17	6.946E-17	6.993E-17	7.059E-17
12	3.866E-15	5.096E-15	5.109E-15	5.139E-15	5.165E-15	5.204E-15	5.232E-15	5.285E-15	5.321E-15	5.371E-15
11	3.496E-16	4.608E-16	4.620E-16	4.647E-16	4.670E-16	4.706E-16	4.731E-16	4.779E-16	4.812E-16	4.857E-16
10	1.449E-15	1.910E-15	1.915E-15	1.926E-15	1.936E-15	1.951E-15	1.961E-15	1.981E-15	1.995E-15	2.013E-15
9	3.350E-28	7.564E-14	7.886E-14	8.222E-14	8.572E-14	8.937E-14	9.318E-14	9.715E-14	1.013E-13	1.056E-13
8	1.040E-16	1.371E-16	1.374E-16	1.382E-16	1.389E-16	1.400E-16	1.407E-16	1.421E-16	1.431E-16	1.445E-16
7	1.982E-14	2.612E-14	2.619E-14	2.634E-14	2.648E-14	2.668E-14	2.682E-14	2.709E-14	2.728E-14	2.754E-14
6	6.627E-15	8.735E-15	8.758E-15	8.809E-15	8.853E-15	8.921E-15	8.969E-15	9.060E-15	9.121E-15	9.207E-15
5	4.858E-14	6.404E-14	6.420E-14	6.458E-14	6.490E-14	6.540E-14	6.575E-14	6.642E-14	6.687E-14	6.750E-14
4	1.471E-31	3.322E-17	3.463E-17	3.611E-17	3.764E-17	3.925E-17	4.092E-17	4.266E-17	4.448E-17	4.637E-17
3	2.609E-06	2.441E-06	2.394E-06	2.362E-06	2.332E-06	2.303E-06	2.274E-06	2.245E-06	2.217E-06	2.190E-06
2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
1	2.609E+06	2.441E+06	2.394E+06	2.362E+06	2.332E+06	2.303E+06	2.274E+06	2.245E+06	2.217E+06	2.190E+06

\*cobl(mol/m\*\*3) --- conc. in k-th 1 bubble

(m,k)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	8.943E-11	1.260E-10	1.287E-10	1.310E-10	1.337E-10	1.358E-10	1.387E-10	1.411E-10	1.448E-10	1.477E-10
12	6.804E-09	9.590E-09	9.793E-09	9.967E-09	1.017E-08	1.033E-08	1.055E-08	1.073E-08	1.101E-08	1.124E-08
11	6.153E-10	8.672E-10	8.856E-10	9.013E-10	9.195E-10	9.343E-10	9.542E-10	9.707E-10	9.960E-10	1.016E-09
10	2.550E-09	3.595E-09	3.671E-09	3.736E-09	3.812E-09	3.873E-09	3.956E-09	4.024E-09	4.129E-09	4.213E-09
9	5.895E-22	1.424E-07	1.512E-07	1.595E-07	1.688E-07	1.774E-07	1.879E-07	1.973E-07	2.097E-07	2.209E-07
8	1.830E-10	2.579E-10	2.634E-10	2.681E-10	2.735E-10	2.779E-10	2.838E-10	2.887E-10	2.962E-10	3.022E-10
7	3.488E-08	4.916E-08	5.020E-08	5.110E-08	5.213E-08	5.297E-08	5.410E-08	5.503E-08	5.647E-08	5.761E-08
6	1.166E-08	1.644E-08	1.679E-08	1.709E-08	1.743E-08	1.771E-08	1.809E-08	1.840E-08	1.888E-08	1.926E-08
5	8.550E-08	1.205E-07	1.231E-07	1.253E-07	1.278E-07	1.298E-07	1.326E-07	1.349E-07	1.384E-07	1.412E-07
4	2.588E-25	6.251E-11	6.638E-11	7.003E-11	7.412E-11	7.792E-11	8.252E-11	8.665E-11	9.207E-11	9.702E-11
3	4.592E+00	4.594E+00	4.589E+00	4.581E+00	4.591E+00	4.571E+00	4.586E+00	4.560E+00	4.590E+00	4.581E+00
2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
1	4.592E+00	4.594E+00	4.589E+00	4.581E+00	4.591E+00	4.571E+00	4.586E+00	4.560E+00	4.590E+00	4.581E+00

if mm dtorsp cborsp qsort

	(ci/s)	(ci/cc)	(ci)																	
1	3	5.293E-31	1.441E-32	0.000E+00																
1	4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00																
1	6	5.293E-31	1.441E-32	0.000E+00																
1	46	3.042E-01	8.283E-03	4.982E+03																
1	47	2.560E-01	6.972E-03	4.202E+03																
1	48	8.178E-01	2.227E-02	1.342E+04																
1	49	3.173E-01	8.640E-03	5.207E+03																
1	50	4.814E-01	1.311E-02	7.895E+03																
1	51	7.004E-01	1.907E-02	1.149E+04																
1	52	6.041E-01	1.645E-02	9.913E+03																
1	53	7.706E-01	2.098E-02	1.264E+04																
1	54	7.715E-01	2.101E-02	1.266E+04																
1	55	4.050E-01	1.103E-02	6.637E+03																
*tmltot(ci) --- ci in coolant+bubble																				
(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
13	6.278E-01	1.936E-01	1.557E-01	3.391E-01	3.234E-01	5.777E-02	7.197E-01	3.769E-01	1.482E-01	5.577E-02										
12	1.194E+00	3.682E-01	2.960E-01	6.445E-01	6.144E-01	1.097E-01	1.366E+00	7.151E-01	2.811E-01	1.058E-01										
11	1.193E+00	3.679E-01	2.958E-01	6.442E-01	6.142E-01	1.097E-01	1.366E+00	7.151E-01	2.811E-01	1.058E-01										
10	9.347E-01	2.883E-01	2.318E-01	5.047E-01	4.812E-01	8.594E-02	1.070E+00	5.600E-01	2.202E-01	8.286E-02										
9	8.958E-01	2.966E-01	2.235E-01	5.572E-01	5.159E-01	1.109E-01	8.733E-01	9.990E-01	4.286E-01	0.000E+00										
8	7.457E-01	2.300E-01	1.849E-01	4.027E-01	3.840E-01	6.859E-02	8.543E-01	4.473E-01	1.759E-01	6.618E-02										
7	4.909E-01	1.514E-01	1.217E-01	2.651E-01	2.527E-01	4.513E-02	5.618E-01	2.941E-01	1.156E-01	4.351E-02										
6	1.265E+00	3.903E-01	3.138E-01	6.832E-01	6.513E-01	1.163E-01	1.448E+00	7.581E-01	2.980E-01	1.122E-01										
5	3.961E-01	1.222E-01	9.823E-02	2.139E-01	2.039E-01	3.642E-02	4.534E-01	2.373E-01	9.329E-02	3.511E-02										
4	3.901E-01	1.290E-01	9.730E-02	2.427E-01	2.248E-01	4.835E-02	3.810E-01	4.366E-01	1.873E-01	0.000E+00										
3	1.998E-30	5.733E-31	4.388E-31	1.141E-30	1.131E-30	2.492E-31	1.706E-30	2.468E-30	1.131E-30	0.000E+00										
2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00										
1	1.998E-30	5.733E-31	4.388E-31	1.141E-30	1.131E-30	2.492E-31	1.706E-30	2.468E-30	1.131E-30	0.000E+00										
*cocnp(ci/cc(cl)) --- ci/cc in coolant																				
(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
13	1.133E-04	1.240E-04	9.227E-05	9.795E-05	1.009E-04	1.021E-04	9.375E-05	9.755E-05	9.858E-05	9.666E-05										
12	2.152E-04	2.354E-04	1.752E-04	1.860E-04	1.915E-04	1.937E-04	1.779E-04	1.851E-04	1.870E-04	1.834E-04										
11	2.151E-04	2.354E-04	1.751E-04	1.859E-04	1.915E-04	1.937E-04	1.779E-04	1.851E-04	1.870E-04	1.834E-04										
10	1.685E-04	1.844E-04	1.372E-04	1.456E-04	1.500E-04	1.517E-04	1.393E-04	1.449E-04	1.465E-04	1.436E-04										
9	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00										
8	1.345E-04	1.472E-04	1.095E-04	1.163E-04	1.198E-04	1.211E-04	1.113E-04	1.158E-04	1.170E-04	1.147E-04										
7	8.851E-05	9.683E-05	7.205E-05	7.648E-05	7.878E-05	7.968E-05	7.316E-05	7.611E-05	7.691E-05	7.541E-05										
6	2.281E-04	2.496E-04	1.857E-04	1.971E-04	2.030E-04	2.054E-04	1.886E-04	1.962E-04	1.982E-04	1.944E-04										
5	7.141E-05	7.813E-05	5.813E-05	6.171E-05	6.356E-05	6.429E-05	5.903E-05	6.141E-05	6.206E-05	6.085E-05										
4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00										
3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00										
2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00										
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00										
*cobpp(ci/cc(cl)) --- ci/cc in bubble																				
(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
13	1.046E-04	1.653E-04	8.276E-05	9.967E-05	8.757E-05	1.091E-04	4.334E-05	1.305E-04	1.357E-04	0.000E+00										
12	1.991E-04	3.149E-04	1.575E-04	1.896E-04	1.665E-04	2.073E-04	8.233E-05	2.476E-04	2.575E-04	0.000E+00										
11	1.989E-04	3.145E-04	1.574E-04	1.895E-04	1.664E-04	2.072E-04	8.230E-05	2.476E-04	2.575E-04	0.000E+00										
10	1.559E-04	2.466E-04	1.234E-04	1.485E-04	1.304E-04	1.624E-04	6.447E-05	1.939E-04	2.016E-04	0.000E+00										
9	3.109E-04	4.432E-04	2.512E-04	3.247E-04	3.007E-04	4.053E-04	1.663E-04	6.043E-04	6.777E-04	0.000E+00										
8	1.243E-04	1.965E-04	9.835E-05	1.184E-04	1.040E-04	1.296E-04	5.146E-05	1.548E-04	1.611E-04	0.000E+00										

7	8.190E-05	1.295E-04	6.479E-05	7.799E-05	6.848E-05	8.528E-05	3.386E-05	1.018E-04	1.059E-04	0.000E+00
6	2.111E-04	3.338E-04	1.670E-04	2.010E-04	1.765E-04	2.198E-04	8.727E-05	2.624E-04	2.729E-04	0.000E+00
5	6.608E-05	1.045E-04	5.228E-05	6.293E-05	5.526E-05	6.881E-05	2.732E-05	8.215E-05	8.544E-05	0.000E+00
4	1.354E-04	1.928E-04	1.094E-04	1.414E-04	1.310E-04	1.767E-04	7.257E-05	2.641E-04	2.962E-04	0.000E+00
3	6.935E-34	8.568E-34	4.932E-34	6.652E-34	6.588E-34	9.108E-34	3.250E-34	1.493E-33	1.787E-33	0.000E+00
2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
1	6.935E-34	8.568E-34	4.932E-34	6.652E-34	6.588E-34	9.108E-34	3.250E-34	1.493E-33	1.787E-33	0.000E+00

\*cotot(ci/cc(cl)) --- ci/cc in coolant+bubble

(m,i)	11	12	13	14	15	16
13	3.787E-05	0.000E+00	1.168E-04	3.634E-05	0.000E+00	0.000E+00
12	7.185E-05	0.000E+00	2.216E-04	6.894E-05	0.000E+00	0.000E+00
11	7.184E-05	0.000E+00	2.216E-04	6.894E-05	0.000E+00	0.000E+00
10	5.627E-05	0.000E+00	1.736E-04	5.399E-05	0.000E+00	0.000E+00
9	1.965E-04	0.000E+00	6.180E-04	1.979E-04	0.000E+00	0.000E+00
8	4.494E-05	0.000E+00	1.386E-04	4.313E-05	0.000E+00	0.000E+00
7	2.955E-05	0.000E+00	9.114E-05	2.835E-05	0.000E+00	0.000E+00
6	7.616E-05	0.000E+00	2.349E-04	7.308E-05	0.000E+00	0.000E+00
5	2.384E-05	0.000E+00	7.354E-05	2.288E-05	0.000E+00	0.000E+00
4	8.587E-05	0.000E+00	2.701E-04	8.651E-05	0.000E+00	0.000E+00
3	5.451E-34	0.000E+00	1.772E-33	5.957E-34	0.000E+00	0.000E+00
2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
1	5.451E-34	0.000E+00	1.772E-33	5.957E-34	0.000E+00	0.000E+00

(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	2.179E-04	2.893E-04	1.750E-04	1.976E-04	1.885E-04	2.111E-04	1.371E-04	2.280E-04	2.343E-04	9.666E-05
12	4.143E-04	5.503E-04	3.327E-04	3.756E-04	3.581E-04	4.011E-04	2.602E-04	4.326E-04	4.445E-04	1.834E-04
11	4.141E-04	5.499E-04	3.325E-04	3.754E-04	3.579E-04	4.009E-04	2.602E-04	4.326E-04	4.445E-04	1.834E-04
10	3.244E-04	4.309E-04	2.605E-04	2.941E-04	2.804E-04	3.141E-04	2.038E-04	3.388E-04	3.481E-04	1.436E-04
9	3.109E-04	4.432E-04	2.512E-04	3.247E-04	3.007E-04	4.053E-04	1.663E-04	6.043E-04	6.777E-04	0.000E+00
8	2.588E-04	3.437E-04	2.079E-04	2.347E-04	2.238E-04	2.507E-04	1.627E-04	2.706E-04	2.780E-04	1.147E-04
7	1.704E-04	2.263E-04	1.368E-04	1.545E-04	1.473E-04	1.650E-04	1.070E-04	1.779E-04	1.828E-04	7.541E-05
6	4.392E-04	5.834E-04	3.527E-04	3.981E-04	3.796E-04	4.252E-04	2.758E-04	4.586E-04	4.712E-04	1.944E-04
5	1.375E-04	1.826E-04	1.104E-04	1.246E-04	1.188E-04	1.331E-04	8.635E-05	1.436E-04	1.475E-04	6.085E-05
4	1.354E-04	1.928E-04	1.094E-04	1.414E-04	1.310E-04	1.767E-04	7.257E-05	2.641E-04	2.962E-04	0.000E+00
3	6.935E-34	8.568E-34	4.932E-34	6.652E-34	6.588E-34	9.108E-34	3.250E-34	1.493E-33	1.787E-33	0.000E+00
2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
1	6.935E-34	8.568E-34	4.932E-34	6.652E-34	6.588E-34	9.108E-34	3.250E-34	1.493E-33	1.787E-33	0.000E+00

(m,i)	11	12	13	14	15	16
13	1.340E-04	8.330E-05	2.007E-04	1.181E-04	6.504E-05	5.396E-05
12	2.541E-04	1.580E-04	3.807E-04	2.240E-04	1.234E-04	1.023E-04
11	2.541E-04	1.580E-04	3.807E-04	2.240E-04	1.234E-04	1.023E-04
10	1.990E-04	1.237E-04	2.982E-04	1.754E-04	9.661E-05	8.014E-05
9	1.965E-04	0.000E+00	6.180E-04	1.979E-04	0.000E+00	0.000E+00
8	1.589E-04	9.884E-05	2.382E-04	1.401E-04	7.717E-05	6.402E-05
7	1.045E-04	6.498E-05	1.566E-04	9.213E-05	5.073E-05	4.209E-05
6	2.694E-04	1.675E-04	4.036E-04	2.375E-04	1.308E-04	1.085E-04
5	8.432E-05	5.243E-05	1.263E-04	7.434E-05	4.094E-05	3.396E-05
4	8.587E-05	0.000E+00	2.701E-04	8.651E-05	0.000E+00	0.000E+00
3	5.451E-34	0.000E+00	1.772E-33	5.957E-34	0.000E+00	0.000E+00
2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
1	5.451E-34	0.000E+00	1.772E-33	5.957E-34	0.000E+00	0.000E+00

\*cover gas information

m	matn	imtyp	tmlg(ml)	cog(ml/m3)	tmgc(ci)	fcgml(-)
1	3	0	1.118E-04	2.081E-02	1.819E-31	1.273E-03
2	4	0	8.756E-02	1.631E+01	1.425E-28	9.975E-01
3	6	0	1.118E-04	2.081E-02	1.819E-31	1.273E-03
4	46	0	4.409E-14	8.210E-12	1.507E-02	5.023E-13
5	47	1	4.921E-11	9.165E-09	7.593E-03	0.000E+00
6	48	1	6.713E-12	1.250E-09	2.426E-02	0.000E+00
7	49	1	2.008E-11	3.739E-09	9.411E-03	0.000E+00
8	50	1	1.053E-13	1.961E-11	1.431E-02	0.000E+00
9	51	0	1.004E-10	1.870E-08	3.448E-02	1.144E-09
10	52	1	1.468E-12	2.734E-10	1.792E-02	0.000E+00
11	53	1	3.541E-13	6.595E-11	2.288E-02	0.000E+00
12	54	1	3.916E-12	7.293E-10	2.288E-02	0.000E+00
13	55	1	5.147E-14	9.585E-12	1.206E-02	0.000E+00

\*pcgn (Pa) --- cover gas pressure 1.016E+05

\*vcgn (m3) --- cover gas volume 5.370E-03

\*tcgn (K) --- cover gas temperature 7.470E+02

\*ttlnc(ci) --- cover gas total dose 1.809E-01

\*retension factor

(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.049E-05	5.557E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.054E-05	5.558E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
11	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.053E-05	5.558E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
10	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.054E-05	5.558E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
9	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
8	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.051E-05	5.557E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
7	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.054E-05	5.558E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.054E-05	5.558E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.054E-05	5.558E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
(m, i)	11	12	13	14	15	16					
13	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
11	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
10	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
9	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
8	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
7	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
6	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
5	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
3	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					
1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00					