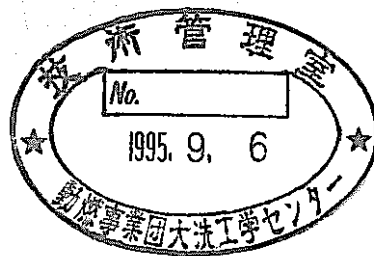


炉内ソースターム挙動解析コード TRACERの改造作業

作業報告書



1995年3月

株式会社 東 芝

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

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

1995年 3月

炉内ソースターム挙動解析コードTRACERの改造作業

宮木 和美*

要 旨

本業務は、燃料破損時に冷却材中に放出され、一次冷却材中を經由して、カバーガス空間へ至る放射性物質の種類とその量（炉内ソースターム）をより現実的に評価するため、動燃団殿所有の炉内ソースターム挙動解析コードTRACERにFP移行過程で起こる物理・化学的挙動を機構論的に記述した解析モデルを追加および改造し、改造された解析コードの機能を原型炉「もんじゅ」の燃料ピン破損を仮定した例題を用いて確認することを目的としている。本業務において実施した作業項目は以下の通りである。

(1) SAFFIREコードの実機一次系フローネットワークモデルの組み込み作業

実機一次冷却系の体系を取り扱い可能とするため、SAFFIREコードにおけるフローネットワークモデルをTRACERコードに組み込み、機能確認計算を実施し、改造されたコードが所定の機能を満足することを確認した。

(2) 解析モデルの改造作業

これまでに実施された各種例題計算結果の考察より抽出された検討課題のうち、結果に大きく寄与する可能性のある、集合体チャンネルでの気泡挙動モデル、FP気泡内ガス・エアロゾル変換モデル、カバーガス内FP減衰モデルの改造を行った。

(3) 改造コードの整備作業

上記改造作業に付随するコードの整合性を取るためのコード整備作業を実施した。

(4) 機能確認計算

本業務で実施した各改造項目に対し、下記の機能確認計算を実施し、所定の機能を満足することを確認した。a. 集合体チャンネル上部の任意の部分について仮定したエントレイン領域でのエアロゾル減衰割合の評価計算、b. 集合体チャンネルの600℃の気泡中に放出された高温CsIによるエアロゾルの生成・成長過程の評価計算、c. 集合体チャンネル内の上昇気泡中のCsIの凝縮による成長の評価計算、d. 液面より供給されるエアロゾルの濃度変化の評価計算、e. 総合確認計算。

本報告書は株式会社東芝が、動力炉・核燃料開発事業団殿との契約により実施した業務の内容を記載したものである。

契約番号： 06C3815

事業団担当部課室および担当者：

大洗工学センター安全工学部プラント安全工学室 宮原 信哉

*) 株式会社 東芝 原子力技術研究所

目 次

	頁
要 旨	i
List of Tables	iii
List of Figures	iv
1. まえがき	1-1
2. SAFFIREコードの実機一次冷却系フローネット ワークモデルの組み込み	2-1
3. 解析モデルの改造	3-1
4. 改造コードの整備作業	4-1
5. 機能確認計算	5-1
6. まとめ	6-1
7. 参考文献	7-1
付録A 改造コード使用説明書	A-1
付録B サンプル入出力リスト	B-1

List of Tables

Table 3-1	Analytical functions and Features of Improvement Code
Table A-1	Description of Input Variables
Table A-2	Sample Input / Output List
Table A-3	List of Comomon Variables

List of Figures

- Figure 2-1 Conceptual View for Connection of
Pipe and Tank Models
- Figure 2-2 Connection of Each Model and
Procedure of Input Data
- Figure 3-1 Schematic Illustration of Analytical Model for
FP Gas Bubble Behavior
- Figure 3-2 Dominant Phenomena
in Mo17C/6 Source Term Experiment
- Figure 3-3 Description of Bubble Behavior Model
in Subassembly
- Figure 3-4 Bubble Transport Model
- Figure 3-5 Description of Entrainment Model
- Figure 3-6 Exchange Model Between Gas and Aerosol Species
- Figure 3-7 Flow Diagram of ABC-INTG Code
- Figure 3-8 Block Diagram of ABC-INTG Code
- Figure 5.1-1 Calculational Model for Sample Problem
- Figure 5.1-2 Activity of Kr-89 and Rb-89 in Cover Gas
as Function of Time
- Figure 5.2(1)-1 Calculational Geometry for Entrain Model

- Figure 5.2(1) -2 Entrained Droplet Number Density
 as Function of Inlet Gas Velocity
- Figure 5.2(1) -3 Entrained Droplet Radius
 as Function of Inlet Gas Velocity
- Figure 5.2(1) -4 Droplet Concentration at the Outlet
- Figure 5.2(1) -5 Special Distribution of Aerosol Concentration
 at Time 0.03 sec.
- Figure 5.2(1) -6 Decontamination Factor as Function
 of Inlet Gas Velocity
- Figure 5.2(1) -7 Decontamination Factor as Function of Time
- Figure 5.2(2) -1 Calculational Geometry for Nucleation
- Figure 5.2(2) -2 Nucleated Particle Radius
 as a Function of Saturation Ratio
- Figure 5.2(2) -3 Nucleation Rate
 as a Function of Saturation Ratio
- Figure 5.2(2) -4 Particle Radius Due to Condensation
- Figure 5.2(3) -1 Calculational Geometry for Aerosol Growth
- Figure 5.2(3) -2 Particle Radius Change During Bubble Rising
- Figure 5.2(4) -1 Calculational Geometry for Aerosol Deposition
 in Cover Gas
- Figure 5.2(4) -2 Aerosol Concentration (Linear Time Scale)

Figure 5.2(4)-3 Aerosol Concentration (Logarithmic Time Scale)

Figure 5.2(5)-1 Calculational Geometry for FP Transport Behavior

Figure 5.2(5)-2 Aerosol Concentration (Linear Time Scale)

Figure 5.2(5)-3 Aerosol Concentration (Logarithmic Time Scale)

Figure A-1 Construction of TRACER

1. まえがき

LMFBRにおいて、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係わる重要な挙動である。本作業では、燃料破損時に冷却材中に放出され、1次系内冷却材を經由して、カバーガス空間へ至る核分裂生成物（FP:Fission Product）の種類とその量をより現実的に評価するために、動力炉・核燃料開発事業団で開発された炉内ソースターム挙動解析コードTRACER⁽¹⁾、⁽²⁾に、FP移行過程で起こる物理・化学的挙動を機構論的に記述した解析機能を追加および改造し、改造された解析コードの機能を原型炉「もんじゅ」の燃料ピン破損を仮定した例題を用いて確認することを目的としている。

作業内容は以下のとおりである。

(1) SAFFIRE コードの実機一次系フローネットワークモデルの組み込み作業

実機一次冷却系の体系を取り扱い可能とするため、SAFFIRE コードにおけるフローネットワークモデル⁽³⁾をTRACER コードに組み込む。

(2) 解析モデルの改造作業

実機での炉内ソースターム挙動に影響が大きいと考えられる以下の項目、即ち、

- a. 集合体チャンネルでの気泡挙動モデル、
- b. FP気泡内ガス・エアロゾル変換モデル、
- c. カバーガス内FP減衰モデル

についての改造を行った。

(3) 改造コードの整備作業

上記改造作業に付随するコードの整合性を取るためのコード整備作業を実施した。

(4) 機能確認計算

上記で改造したTRACERコードの解析機能を確認するため、原型炉「もんじゅ」の燃料ピン破損を仮定した例題計算を実施し、本解析コードが当初計画した解析機能を有することを確認した。

以下、各章で上記の作業項目の内容とその結果を記述する。また解析コード使用説明書（コードの構成、入出力データ等について説明している）、および機能確認計算のサンプル入出力リストを付録として添付した。

2. SAFFIRE コードの実機一次冷却系フローネットワークモデルの組み込み

2.1 一次冷却系フローネットワークモデル組み込みの基本的考え方

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 コードにおけるフローネットワークモデルを TRACER コードに組み込む。

現状の TRACER コードで設定される解析モデルでは、実機で想定される複雑な冷却材流路をモデル化することが困難である。よって、解析体系のより一層の汎用化を目的として、配管モデル、容器モデルを追加する。各モデルと現状の体系の接続概念を図 2-1 に示す。この流路に従い、冷却材中の物質濃度変化は、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \frac{dn_{c(m,i)}}{dt} = & -\Sigma (C_{c(m,j)} u_{(j)} A_{(j)}) \\ & +\Sigma k_{b(m,l,i)} a_{b(l,i)} N_{(l,i)} (C_{b(m,l,i)} - C_{c(m,i)}) \\ & -\Sigma \Gamma_{(m,jw,i)} A_{(jw,i)} C_{c(m,i)} \\ & +k_{g(m)} A_{g(i)} (C_{g(m)} - C_{c(m,i)}) \\ & +S_{c(m,i)} \end{aligned} \quad (2-1)$$

ここで、 $n_{c(m,i)}$: 物質のメッシュ i でのモル数

右辺第 1 項 : 冷却材流れによる物質生成項

2 項 : 気泡との相互作用による物質生成項

3 項 : 壁面との相互作用による物質生成項

4 項 : カバーガスとの相互作用による物質生成項

5 項 : その他の物質生成項

である。

Fig. 2-1 にこれまでの冷却系モデルと追加すべき配管モデル、容器モデルの接続状況を示す。

従来モデルと追加モデルは基本的に配管により接続されるため、配管と容器の接続においては、配管、容器のメッシュ番号を入力データセットで定義し、コード内の初期設定で連結する。各データは現モデルの入力データとほぼ同様の入力データを設定し、各体系がどこで連結しているかを指示して、全体の体系の設定を行う。従来モデルにおける接続部をメッシュ番号 i 、および I に対して、配管モデルのメッシュ番号 $j(k)$ と $J(k)$ を対応させることによって冷却材の流出入部位を定義する。即ち、各部の接続部の流路断面積を、従来モデルに対して $A(i)$ 、 $A(I)$ 、接続配管部に対して $A_p(j(k))$ 、 $A(J(k))$ で指定し、入力データが体積流量 $W(i)$ 、 $W(I)$ で与えられることとし、流速 $u(i)$ 、 $u(I)$ 、および $u_p(j(k))$ 、 $u_p(J(k))$ が算出される。

2.2 体系設定の方法

体系の初期設定の方法を具体的に記述する。Fig. 2-2 に接続概念と入力データの関係を示す。

体系設定と入力の考え方を以下に示す。

- (1) 従来モデル、配管モデル、新規容器モデルは各々閉じた独立な系として設定する。
- (2) 配管モデルは一次元流路とする。
- (3) 容器モデルは多次元流路を設定できるものとする。
- (4) 容器モデルにはカバーガスを1種類有することが可能とする。

従来モデルの体系データセット CLDAT1 に配管接続メッシュ番号 i 、とそれに係わる流路番号を指定する。配管データはデータセットの数 K_p 、外部容器データはデータセットの数 K_t を入力し、各々のメッシュ数 $J(k_p)$ 、 $J(k_t)$ を指定する。Fig. 2-2 は従来容器に配管データセット数が3、外部容器データセット数が2とした場合の例である。

これらのデータは配管データについては PLDAT1、外部容器データについては TLDAT1 の入力ブロックで与え、CLDAT1、PLDAT1、TLDAT1 それぞれの連結部を指定する流路データを与える。

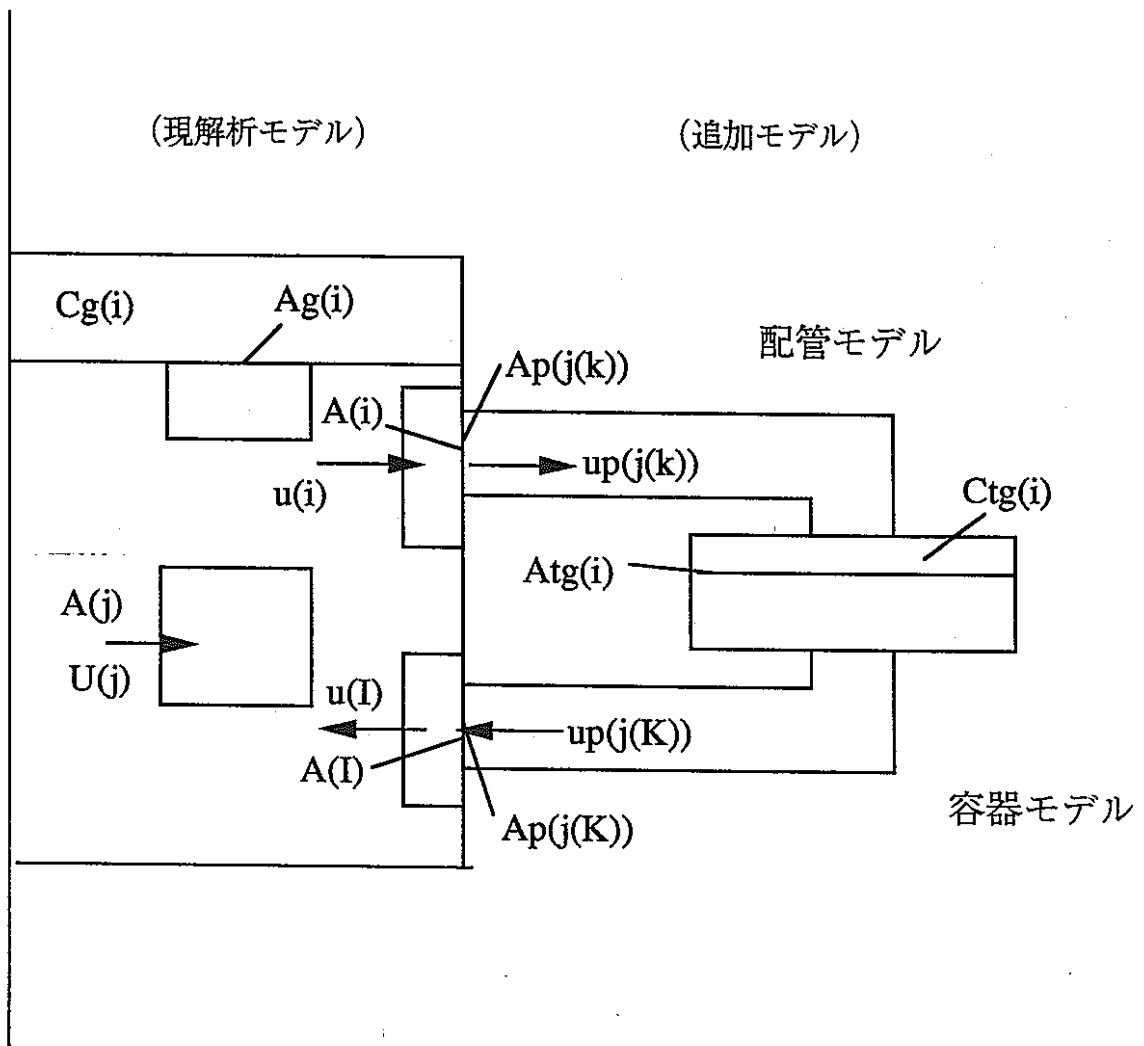
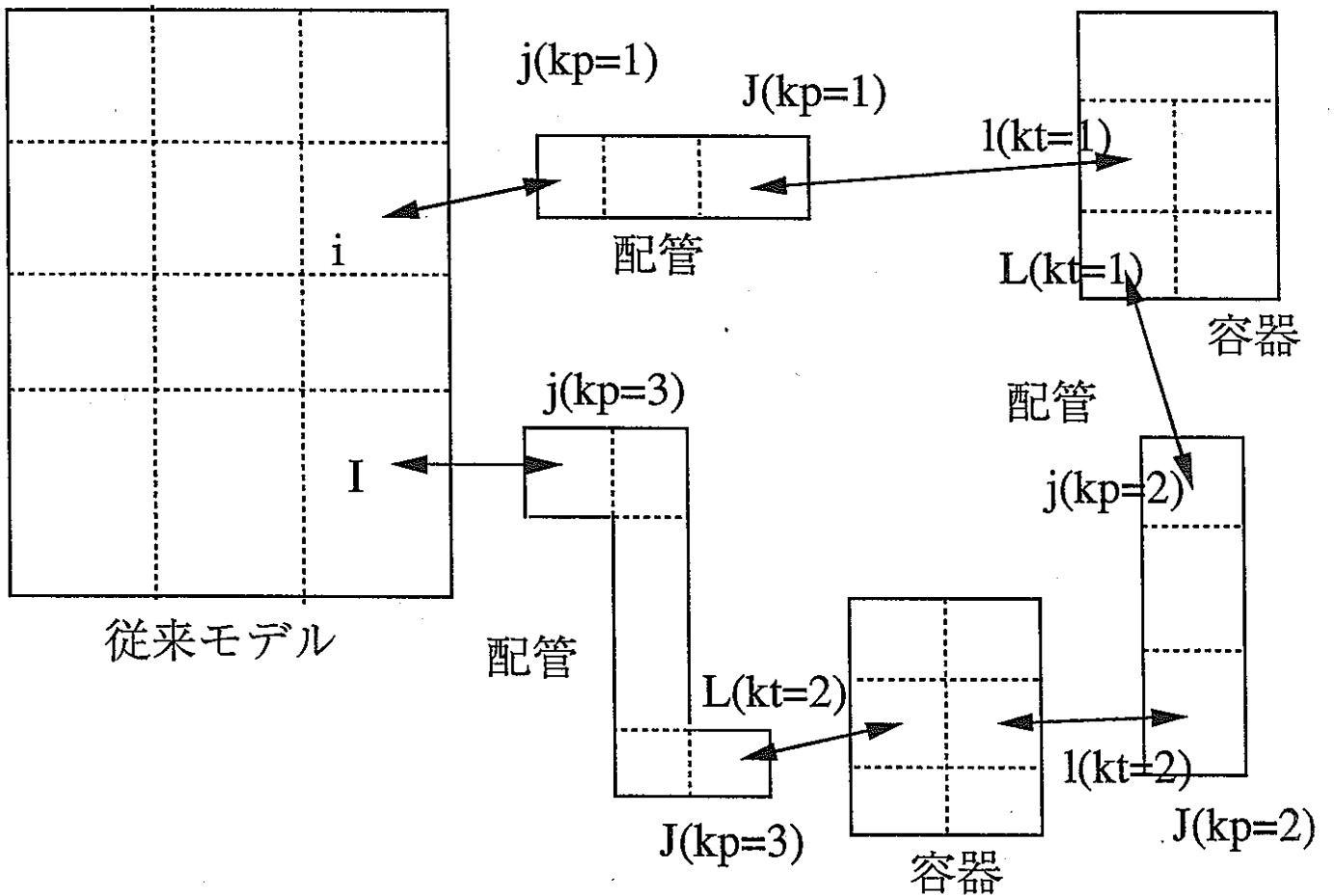


Fig. 2- 1 Conceptual View for Connection of Pipe and Tank Models

Kp=3, Kt=2の場合の例



- ・各々を閉じた系で設定する。
 - ・一次元流路を配管と定義する。
 - ・多次元流路を容器と定義する。
- 容器にはカバーガスを1種類持つことができる。

Fig. 2- 2 Connection of Each Model and Procedure of Input Data

3.解析モデルの改造作業

3.1 概要

TRACER コードは、燃料破損時にカバーガス空間へ放出される FP の種類と量を、移行過程における物理・化学現象をメカニスティックに扱うことによってより現実的に評価するため、不活性ガス・揮発性 FP ガスの気泡生成とその冷却材 Na 中での振る舞い、気泡と Na との間の FP 移行についての解析機能を有している。Fig.3- 1 に気泡挙動モデルの概要、Fig.3- 2 に既存の炉内ソースターム挙動で予想される支配的事象の概観を示す。また、Table 3- 1 に TRACER コードの機能を主要解析対象別に示す。

本作業では、本コードを実機解析に適用するために特に重要と考えられる、

- (1) 集合体チャンネルでの気泡挙動モデルの改造
 - (2) FP 気泡内ガス・エアロゾル変換モデルの改造
 - (3) カバーガス内 FP 減衰モデルの改造
- を実施する。

3.2 改造方針の検討

(1) 集合体チャンネルでの FP 気泡挙動モデルの改造

燃料から放出される FP の物理的形態については、現在、入力（ガス、エアロゾル）で与えられる。放出後の気泡内での FP 沈着挙動は、その物理（化学）形態に強く依存するため、その初期条件の同定が重要となる。また、燃料チャンネル内の気泡挙動については、現在、チャンネル形状（大きさ）に依存せず、無限媒体中での運動と同様の扱いをしている。このため、現状モデルでは、燃料チャンネル内を高流速で移動する FP ガス・エアロゾルの減衰を正確に評価出来ない可能性がある。

この観点から、本作業では、FP 放出後より集合体出口部までの気泡挙動の詳細なモデル化と、同領域でのエアロゾル生成モデルの追加を行う。また、集合体内のチャンネル内流速は、エントレインメントによる液滴のエアロゾル沈着効果を生ずるために十分な流速が期待されるため、これによる減衰効果のモデル化を実施する。Fig. 3-3 に改造する上記のモデルの概念図を示す。

a.燃料チャンネル内の気泡挙動モデル

(a) 目的

後に記述する燃料冷却材チャンネル内でのエントレインメントによるエアロゾルの減衰機構を扱うため、および集合体部出口部での気泡形状の同定のためには冷却材チャンネル内での気泡の上昇速度を把握する必要がある。この目的のために、燃料冷却材チャンネルにおける気泡挙動モデルの改造を行う。

(b) 改造方針

燃料冷却材チャンネルでの気泡挙動モデルの概要をFig.3-4に示す。冷却材チャンネルを円筒で模擬し、以下のピストン流の運動方程式により記述する⁽⁴⁾。

$$du/dt = (P_b - P_c) / (\rho_l \cdot h) - g - F / (A \cdot h \cdot \rho_l) \quad (3-1)$$

ここで、 u : 気泡の速度 (m/s)

P_b : 気泡の圧力 (Pa)

P_c : 冷却材部集合体部出口の圧力 (Pa)

ρ_l : 冷却材密度 (kg/m³)

h : 冷却材の水頭 (m)

g : 重力加速度 (m/s²)

F : 集合体壁での摩擦力 (kg/m²・s²)

A : 冷却材チャンネル断面積 (m²)

である。ここで、 P_b はギャップ放出時の冷却材チャンネルでの背圧で、TRACERコードのFP放出モジュールFPRELにより、算出される。摩擦力 F の与え方はまず第一近似として、

$$F = f_v \cdot u_v |u_v| / 2 \cdot \rho_v \cdot Dh \quad (3-2)$$

の管摩擦の式を適用する。ここで、

f_v : 管摩擦係数 (-)

u_v : 気泡界面の上昇速度 (m/s)

ρ_v : 気泡密度 (kg/m³)

D_h : 流路の等価直径 (m)

である。

b. エアロゾル生成モデル

(a) 目的

冷却材チャンネル内では、燃料破損時のFP化学形態に依存して、凝縮性気体状で放出され、放出後に凝縮により液体/固体粒子に成長する過程、あるいはエアロゾル粒子に蒸気が凝縮して粒子が成長する過程が考えられる。これらの放出時、および放出直後のエアロゾル粒子の生成可能性、および粒子の成長については、燃料破損時についての既往知見が非常に少なく、従来は、粒子径、濃度についてパラメータとして評価されていた。ここでは、エアロゾル粒子生成時の挙動を機構論的に扱うことによって気泡上昇時のFP減衰の基礎データを把握する意味で核生成モデルの改造を行う。

(b) 改造方針

ここでは、凝縮による均一相核生成と不均一相核生成モデルについて検討した。

i. 均一相核生成 (5), (6)

単成分系での均一相核生成について述べる。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 $\exp(-\Delta G/kT)$ によって表わされる。 ΔG 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、 ΔG は飽和比Sを用いて表わすと

$$\Delta G = -4\pi kT (\ln S)^2 r^3 / 3v_L + 4\pi\sigma r^2 \quad (3-3)$$

となる。ここで、

k: ボルツマン定数 (J/K)

T: 絶対温度 (K)

v_L : 対象物質の蒸気分子1個当たりの体積 (m³)

σ : 粒子の表面張力 (N/m)

である。

式(3-3)は $S < 1$ の時、即ち上記が未飽和の時には、 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その核を作るのにより大きい仕事を必要とし、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となる。

一方、 S が1より大きい時、即ち過飽和蒸気中では、 ΔG は r に対し、臨界半径 r_c で最大値 ΔG_c となるような変化をする。 r_c は ΔG の極大値を求めることで得られ、

$$r_c = 2\sigma M / \rho RT \ln S \quad (3-4)$$

$$\Delta G_c = 16 \pi \sigma^3 v_L^2 / \{3(kT \ln S)^2\} \quad (3-5)$$

となる。半径 r が r_c を越えると、 r が増すほど 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ガス分子の凝縮により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 N を全分子濃度(個/ m^3)とした時、

$$J = 2 \left[\frac{P}{\sqrt{2\pi m k T}} \right] (N v_L^{2/3}) \left[\sqrt{\sigma v_L^{2/3} / k T} \right] \times \exp \left[- \frac{16\pi\sigma^3 v_L^2}{3(kT)^3 (\ln S)^2} \right] \quad (3-6)$$

で表わされる。ここで、 J は粒子生成速度(個/ $m^3 \cdot s$)である。

また、 P : 凝縮蒸気の蒸気圧(Pa)

m : 蒸気分子一個あたりの質量(kg)

である。

多成分系における均一核生成については、燃料破損時のような複雑な系に関して適用可能な理論は見いだされなかった。ただし、多成分系を一つの均一相系とみなして評価する方法も提案されており⁽⁵⁾、今後の課題として考慮する必要がある。

ii.不均一核生成⁽⁵⁾

前述の均一核生成でも生成粒子の増加に従い新粒子生成は減少し、既生成粒子への凝縮が支配的となる。凝縮性物質の粒子表面への凝縮は、物質と熱移動に依存する。

蒸気の凝縮速度は、粒子の大きさ r が空気分子の平均自由行程 λ に比較して十分大きい場合と小さい場合に分けて扱われる。

○連続領域、 $\lambda \ll r$ の場合

単位時間に粒子表面に凝縮する蒸気分子の数を凝縮率 F (個/s) で表現する。粒子半径 r が平均自由行程 λ に比べ、非常に大きい連続領域では、拡散理論を用いて計算することができる。この時、

$$F = 4\pi r D (P_{\infty} - P_p) / kT \quad (3-7)$$

ここで、 D : 拡散係数 (m^2/s)

P_{∞} : 媒質の蒸気圧 (Pa)

P_p : 粒子表面での蒸気圧 (Pa)

である。

○自由分子領域、 $\lambda \gg r$ の場合

自由分子領域での凝縮率は、気体分子運動論により表面積 $4\pi r^2$ の粒子表面における分子の凝縮数 $P_p / (2\pi mkT)^{1/2}$ と蒸発数 $P_{\infty} / (2\pi mkT)^{1/2}$ の正味の移動数として求められる。

$$F = \delta (P_{\infty} - P_p) (4\pi r^2) / (2\pi mkT)^{1/2} \quad (3-8)$$

ここで、 δ は粒子に衝突した分子のうち粒子に捕捉される分子の比を表わし、凝縮係数 (condensation coefficient) または付着確率 (Sticking probability) と呼ばれる。

○遷移領域、 $0.1 < Kn (= \lambda / r) < 10$ の場合

遷移領域では、Fuchs and Sutugin⁽⁷⁾ により提案された近似補間式がよく用いられる。

$$F = 4\pi r D (P_{\infty} - P_p) \alpha / kT \quad (3-9)$$

ここで、 α は以下の式で与えられる。

$$\alpha = (1 + Kn) / (1 + 1.71Kn + 1.33Kn^2) \quad (3-10)$$

○粒子の成長速度

凝縮率 F は単位時間あたりの凝縮分子の数であるから、凝縮による粒子の体積 V や粒子径 r の増加速度、 dV/dt 、 dr/dt はそれぞれ、

$$dV/dt = F v_L \quad (3-11)$$

$$dr/dt = (dV/dt) / 4\pi r^2 = F v_L / 4\pi r^2 \quad (3-12)$$

となる。

c. エントレインメントによるエアロゾル減衰モデル

(a) 目的

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冷却材チャンネル内では燃料からの放出FPが減衰する可能性があり、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。この観点から以下に減衰モデルを追加する。

(b) 改造方針

この過程では冷却材チャンネル内でのエントレインされる液滴放出（生成）速度が重要となる。エントレインメントについてはいくつかのモデルが考えられるが、ここでは Epstein によるエントレインモデル⁽⁸⁾⁻⁽¹⁰⁾と Corradini のモデル^{(4), (11)}を考慮する。

i. Epstein モデル

Fig. 3-5 にモデルの概要を示す。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 $l(j)$ と仮定したとき、気泡流モデル（ピストン流モデル）の結果として得られるガス流速 $u(j)$ をエントレイン限界流速⁽¹²⁾

$$u_{ent} = 3.1 (\sigma \cdot g \cdot \rho_l / \rho_g^2)^{1/4} \quad (3-13)$$

と比較して、 $u(j) \geq u_{ent}$ の時、液膜表面から、

$$u_c = Eo \cdot u(j) \cdot (\rho_g / \rho_l)^{1/2} \quad (3-14)$$

の速度で液滴が生成されるとする。ここで、

σ : 表面張力 (N/m)

g : 重力加速度 (m/s^2)

ρ_l : 冷却材密度 (kg/m^3)

ρ_g : ガス密度 (kg/m^3)

Eo : エントレインメント係数 (~ 0.1) (-)

である。

この時の生成液滴径は

$$r_d = We \sigma / (3\rho_g u(j)^2) \quad (3-15)$$

であり、質量速度は、

$$dme/dt = u_c \cdot A_l(j) \cdot \rho_l(j) \quad (3-16)$$

で与えられる。

一方、エアロゾルとの相互作用は、

$$(4/3) \pi r_d^3 \rho_d du_r/dt = (Cd/2) \pi r_d^2 \rho_g (u_r)^2 \quad (3-17)$$

$$u_r = u(j) - u_d \quad (3-18)$$

$$Cd = 55 / Re \quad (3-19)$$

$$\partial C_d(i) / \partial t = -\Sigma(C_d(j) u(j) A(j)) / V_g(i) + S_d(i) \quad (3-20)$$

$$\partial C_c(i) / \partial t = -\Sigma(C_c(j) u(j) A(j)) / V_g(i) - E\pi R_s^2 C_d(i) u_r C_c(i) \quad (3-21)$$

で記述され、流路jでの減衰率は $C(j)/C(j-1)$ で与えられる。

ここで、

$C_a(j)$: エアロゾル濃度 (個/m³)

E : 衝突確率 (-)

u_d : 液滴速度 (m/s)

$C_d(j)$: 単位体積あたりの液滴個数 (個/m³)

R_d : 液滴径 (m)

V_g : メッシュ体積 (m³)

S_d : 液滴生成項 ($-dme/dt / (4\pi R_d^3/3) / \rho_l$) (個/m³)

である。

ii. Corradini のモデル

エントレイン速度を、Rayleigh-Talor 不安定性に基づき加速度と臨界波長から求めたもので、下記の式で表現される。

$$dme/dt = K\rho A (\lambda_e du/dt)^{1/2} \quad du/dt \geq 0 \quad (3-22)$$

$$dme/dt = 0 \quad du/dt \leq 0 \quad (3-23)$$

$$\lambda_e = 2\pi (\sigma / (du/dt) \rho)^{1/2} \quad (3-24)$$

ここで、 K : エントレインメント定数 (=4.65) (-)

λ_e : 臨界波長 (m)

A : 実効表面積 (m²)

である。

ただし、本式は、気泡の流速方向と液滴のエントレイン方向が同方向の場合に適用されるため、現状のモデルに適用するためには、検討が必要であることがわかった。

(2) FP 気泡内ガス・エアロゾル変換モデル

a. 目的

気泡内のガス・エアロゾルの変換は凝縮性FPの効果によるエアロゾルFPの沈着特性に大きい影響を持つと考えられる。現状のコードでは、初期の物質状態として、ガスあるいはエアロゾルで定義されたものについては、気泡内での状態変化が考慮出来ない。このため、気泡内での物質移行に関する上記部分の改造を行う。ここでは、Fig. 3-6に示すようにエアロゾル表面への凝縮・蒸発によるエアロゾルの成長、減少（消滅）に帰着させて考慮することとした。

b. 改造方針

エアロゾル生成における不均一核生成モデルと同様にガス分子の平均自由行程と粒子径との比（Kn数）と粒子表面、媒質中での蒸気圧により、決定される。

(a) 凝縮率（蒸発率）F

凝縮率（蒸発率）Fを下記の式で表現する。

$$F = 4\pi r D (P_{\infty} - P_p) / kT \quad (\lambda \ll r) \quad (3-25)$$

$$F = \delta (P_{\infty} - P_p) (4\pi r^2) / (2\pi m k T)^{1/2} \quad (\lambda \gg r) \quad (3-26)$$

$$F = 4\pi r D (P_{\infty} - P_p) \alpha / kT \quad (0.1 < Kn (= \lambda / r) < 10) \quad (3-27)$$

(b) 粒子の成長速度

凝縮による粒子の体積Vや粒子径rの増加速度、dV/dt、dr/dtをそれぞれ、

$$dV / dt = F v_L \quad (3-28)$$

$$dr / dt = (dV / dt) / 4\pi r^2 = F v_L / 4\pi r^2 \quad (3-29)$$

で表わす。

(3) カバーガス内FP減衰モデルの改造

a. 目的

現在のカバーガス内FPの質量保存式は、カバーガスに接する冷却材からの移行、壁面での実効プレートアウト減衰率、境界からの実効漏洩率を入力で与えて、評価している。本年度は、これに対して、ガス、エアロゾル成分の各々に機構論的な減衰過程を考慮したモデル改造を行う。

b. 改造方針

本年度の改造に関しエアロゾル粒子の挙動をABC-INTG⁽¹³⁾コードのモデルで扱うこととし以下の点に留意する。(ABC-INTGコードの概要をFig. 3-7、Fig. 3-8に示す)

(a) 沈着確率

エアロゾル粒子の沈着確率として、ブラウン拡散沈着確率 β_d 、熱泳動沈着確率 β_t 、重力沈降沈着確率 β_g を考慮する。ここで、 β_d 、 β_t 、 β_g はABC-INTGモデルの表式で与える。尚、温度境界層厚さ δT は次式、あるいは入力値で与えるものとする。

$$\delta T = d_i / Nu \quad (3-30)$$

$$Nu = 0.129 (Gr \cdot Pr)^{1/3} \quad (3-31)$$

$$Gr = g \cdot V_{bi} (T_b - T_c) \rho_b^2 / (T_b \cdot \mu^2) \quad (3-32)$$

ここで、

- Pr: プラントル数 (-)
- d_i : カバーガス直径 (di)
- V_{bi} : カバーガス体積 (Vbi)
- T_b : カバーガス内温度 (K)
- T_c : 冷却材、あるいは壁面温度 (K)
- ρ_b : カバーガス内気体密度 (kg/m³)
- μ : 粘性係数 (Pa·S)

である。

(b) 凝集確率

粒子の凝集に関し、ABC-INTG モデルに従い、ブラウン凝集 β_B 、重力凝集 β_G 、乱流凝集 β_T を考慮する。

ここで、 β_B は次式で与えられる。

$$\beta_B = 4\pi(D_i + D_j)(r_i + r_j) \quad (3-33)$$

D_i : Stokes-Einstein の拡散係数

また、 β_G は

$$\beta_G = \pi(r_i + r_j)^2 |v_i - v_j| \quad (3-34)$$

v_i : 粒子 i の沈降速度

$$\beta_T = \beta_{T,1} + \beta_{T,2} \quad (3-35)$$

$$\beta_{T,1} = \left(\frac{8\pi\rho_b}{15\mu_b} \varepsilon_T \right)^{1/2} (r_i + r_j)^3 \gamma^3 \varepsilon \quad (3-36)$$

$$\beta_{T,2} = \frac{4\rho_b (2\pi)^{1/2}}{9\mu_b} \left(\frac{1.69 \varepsilon_T^3 \rho_b}{15\mu_b} \right)^{1/4} \cdot |r_i(r_i + A_{i1}) - r_j(r_j + A_{j1})| \cdot (r_i + r_j)^2 \cdot \rho^2 \varepsilon / \chi \quad (3-37)$$

ここで、

γ : 凝集形状係数 (-)

χ : 重力沈降形状係数 (-)

ε : 重力衝突効率 (-)

ε_T : 乱流エネルギー消費率 (-)

である。

(c) 生成項

粒子の生成に関し、時間依存の生成項として、 $S(m,i)$ を考慮する。

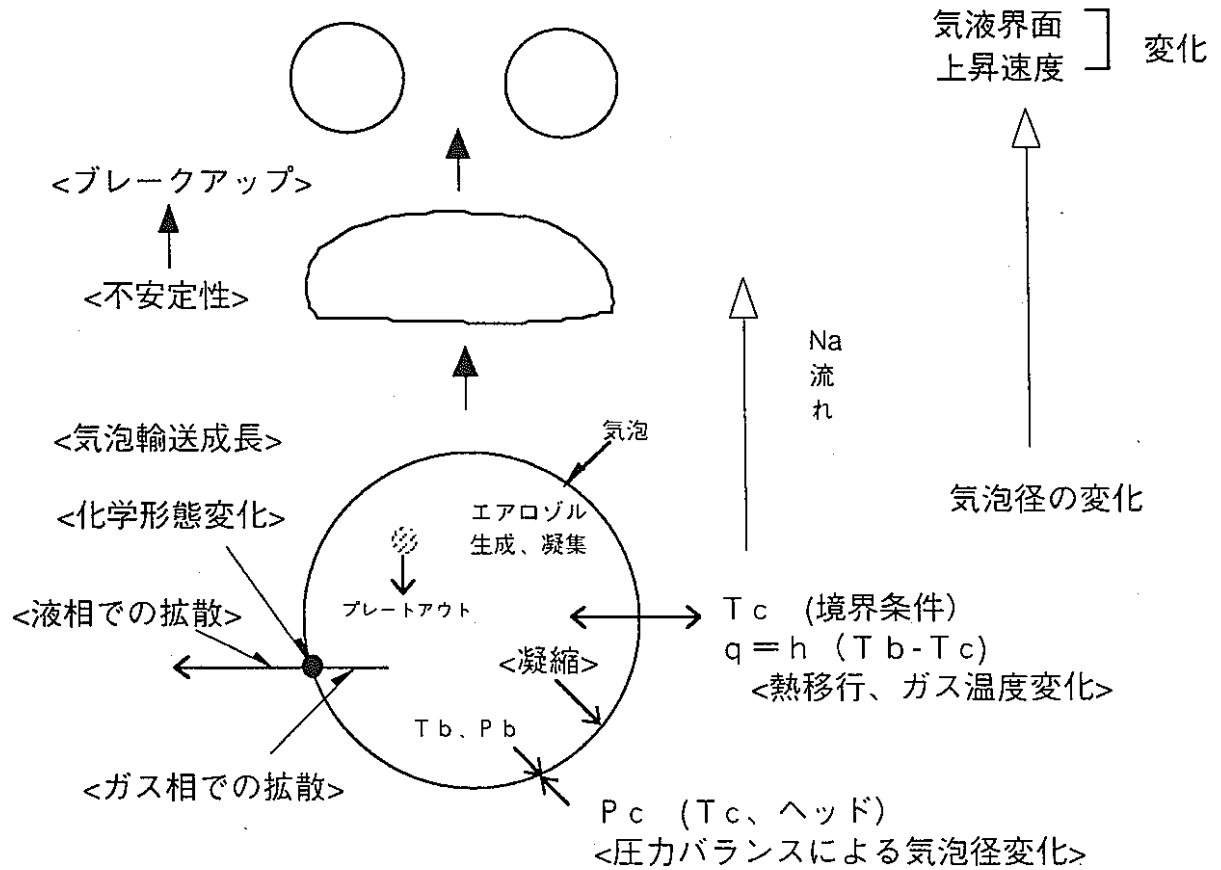
Table 3 - 1 Analytical Functions and Features of Improvement Code (1/2)

主要解析対象	解析モデル	備考
(1) 燃料ペレット 温度挙動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 温度入力 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最終的には過度解析モデル組込み
(2) 燃料から冷却材 中へのFP放出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料からの直接放出 (NUREG0772) ・ 燃料ピン束部での挙動は無視 ・ 放出速度を破損口径、ピンギャップインピーダンスより推定 ・ 集合体出口でガス放出速度から初期気泡径を推定 ・ 気泡組成は入力 	
(3) Naの1次系内 流動	<ul style="list-style-type: none"> ・ ネットワークモデル 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 初年度は流速分布を入力
(4) 気泡挙動 a) 成分 b) 気泡形状 c) 気泡径 d) 上昇速度 e) 分裂, 合体 f) 気泡, 冷却材 間熱移行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 凝縮性ガス, 非凝縮性ガス エアロゾル粒子 ・ 球形, 楕円体 (多気泡), キノコ笠状 ・ エネルギー, 質量移行, 水頭圧, 分裂により変動 (分布, あるいは平均径) ・ 終端速度 ・ 安定性理論により推定 ・ 熱伝導, 輻射, 凝縮 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気泡の成長に応じ, 変動可能とする ・ 1次元の可能性検討 ・ 合体については, 簡易式

Table 3 - 1 Analytical Functions and Features of Improvement Code (2/2)

主要解析対象	解析モデル	備 考
g) ガス成分EOS h) 気液間拡散 i) 化学変化 j) エアロゾルの沈着	<ul style="list-style-type: none"> ・ 理想気体 ・ 液体, ガス相移行係数 ・ 考慮 ・ 考慮 (実効係数で入力) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 化学種の検討は継続 ・ 最終的には、沈着、内部ガス流に伴う沈着、拡散沈着を考慮
(5) カバーガス気液間FP移行モデル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気液到達後移行 ・ 拡散移行 	
(6) 壁面沈着	<ul style="list-style-type: none"> ・ 考慮 	

・対象核種、化学形態に対し、FPの移行を評価



- ・多気泡の場合も、単一気泡の集合として扱う。
- ・空間メッシュは、冷却材流動モデルに従う。

Fig.3-1 Schematic Illustration of Analytical Model for FP Gas Bubble Behavior

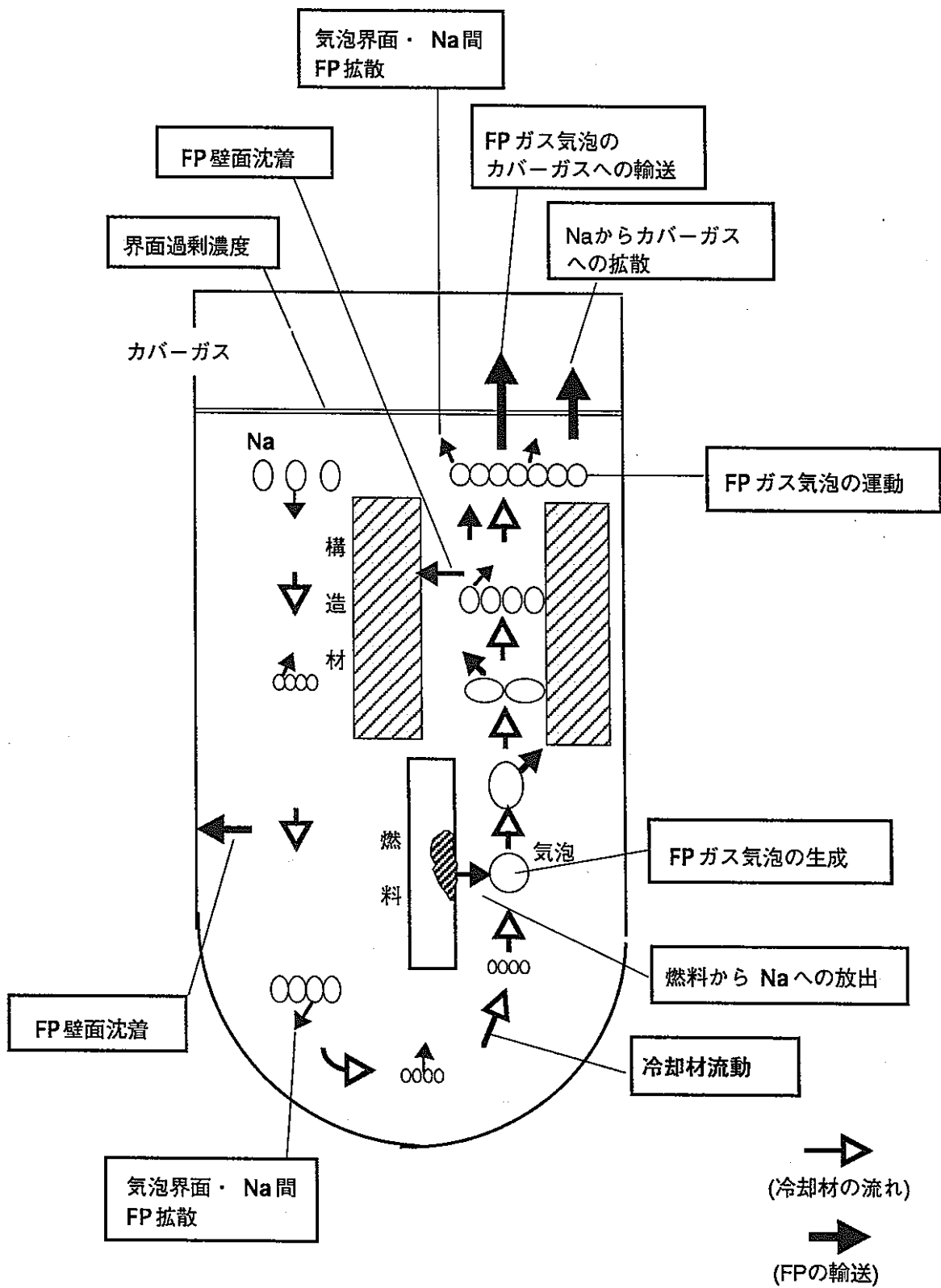


Fig.3-2 Dominant Phenomena in Mol7C/6 Source Term Experiment

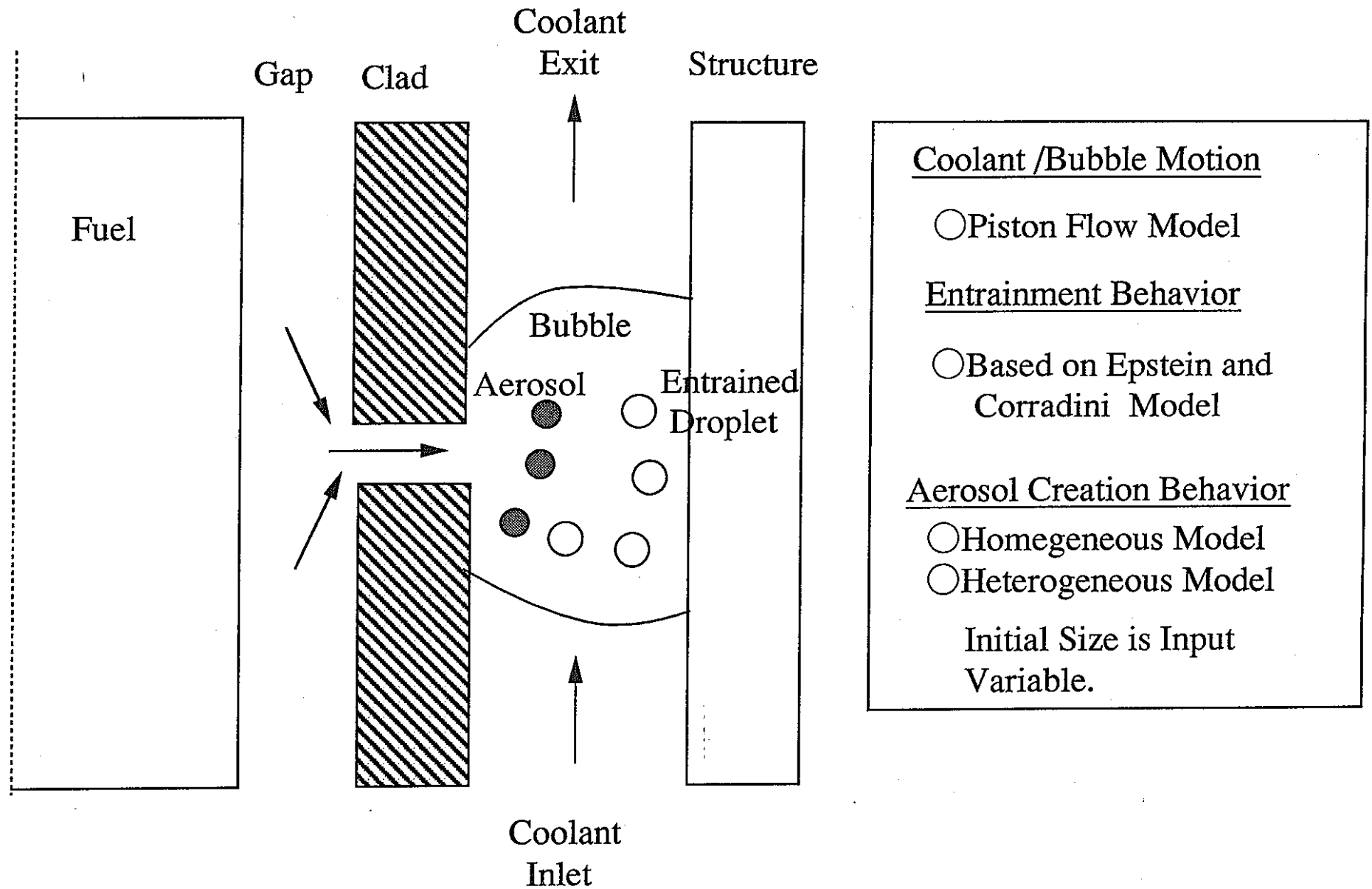


Fig. 3-3 Description of Bubble Behavior Model in Subassembly

気泡上端が冷却材チャンネルを越えると気泡生成モデルに従い、 We 数で決まる気泡塊を生成するものとする。

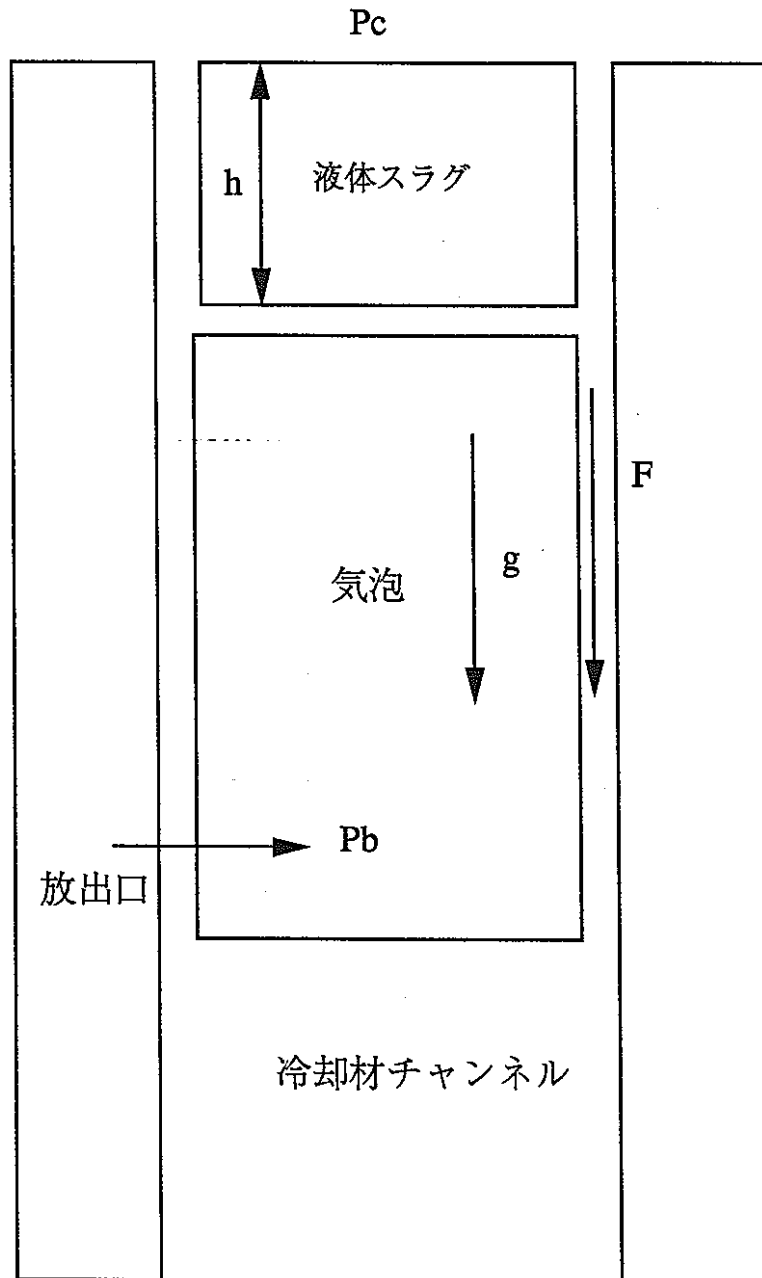


Fig. 3-4 Bubble Transport Model

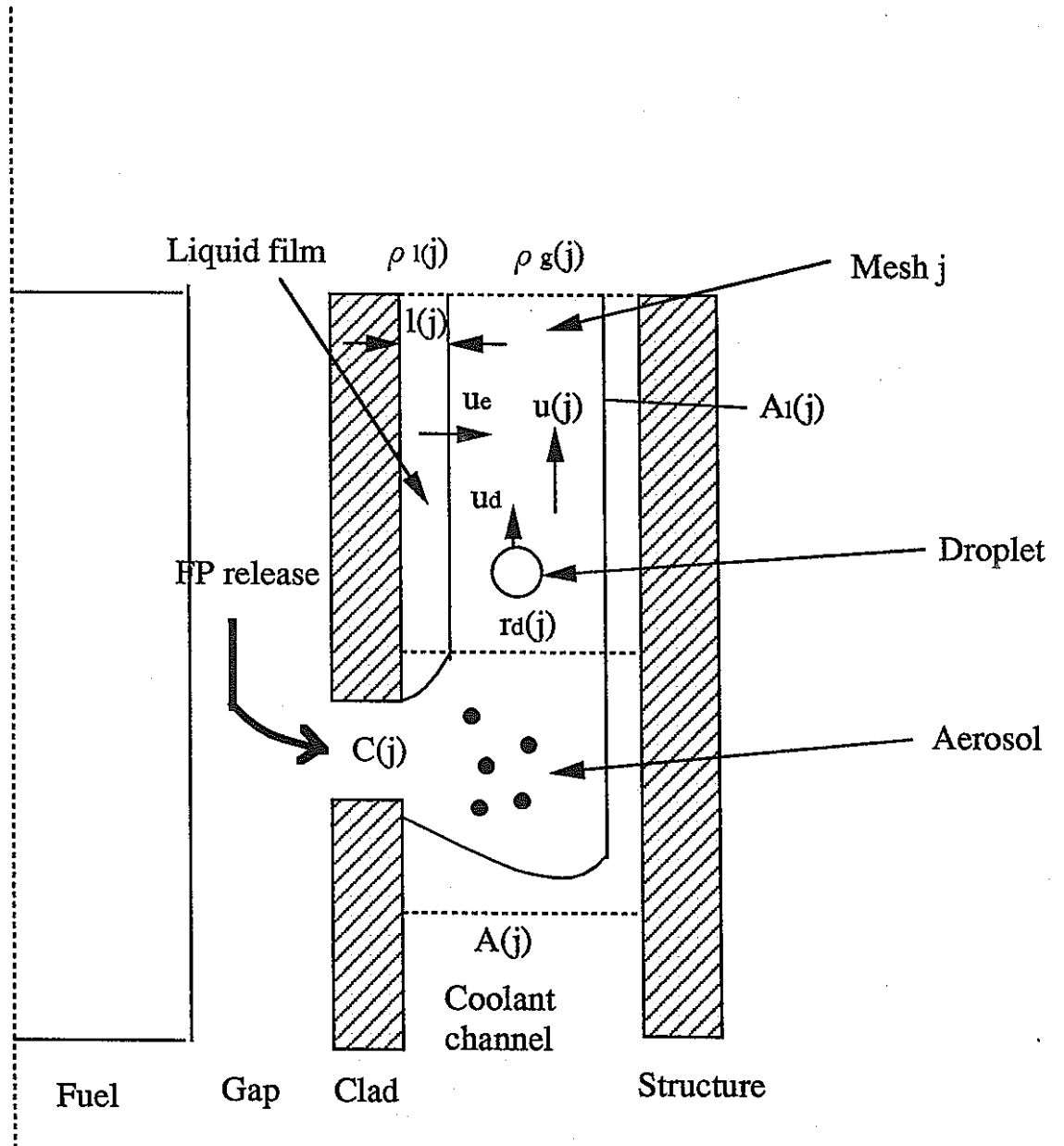
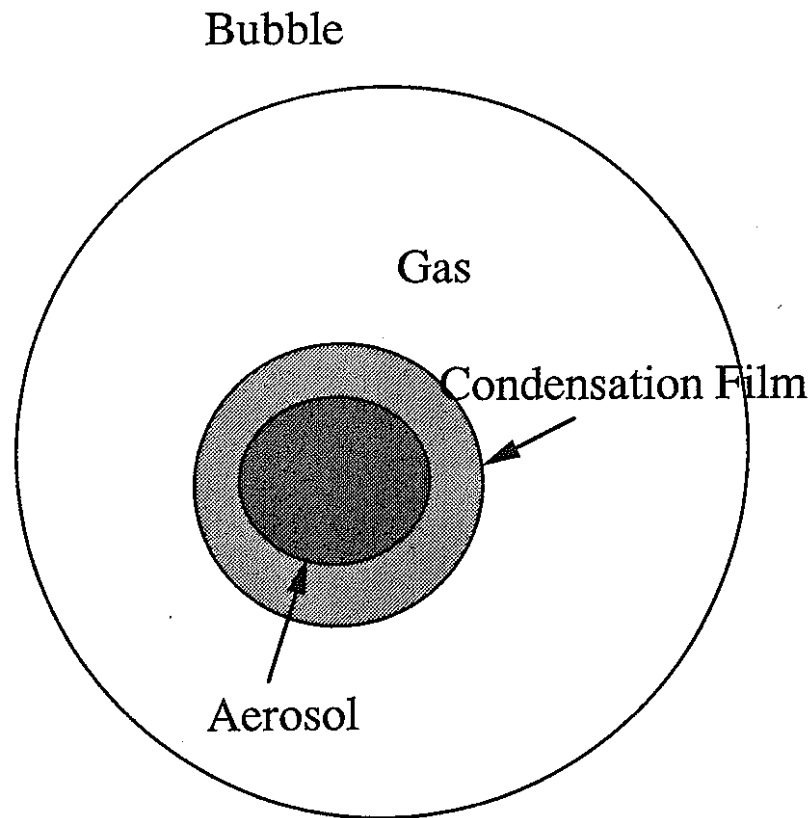


Fig. 3-5 Description of Entrainment Model



Gas/Aerosol Mass Transfer

○ Condensation/Vaporization Model

(Example)

$$\xi = 4 \pi D r \Delta \rho \alpha$$

$$\alpha = (1 + Kn) / (1 + 1.71Kn + 1.333Kn^2)$$

$$Kn = \lambda / r$$

(Fuchs-Sutugin Model)

Fig. 3- 6 Exchange Model Between Gas and Aerosol Species

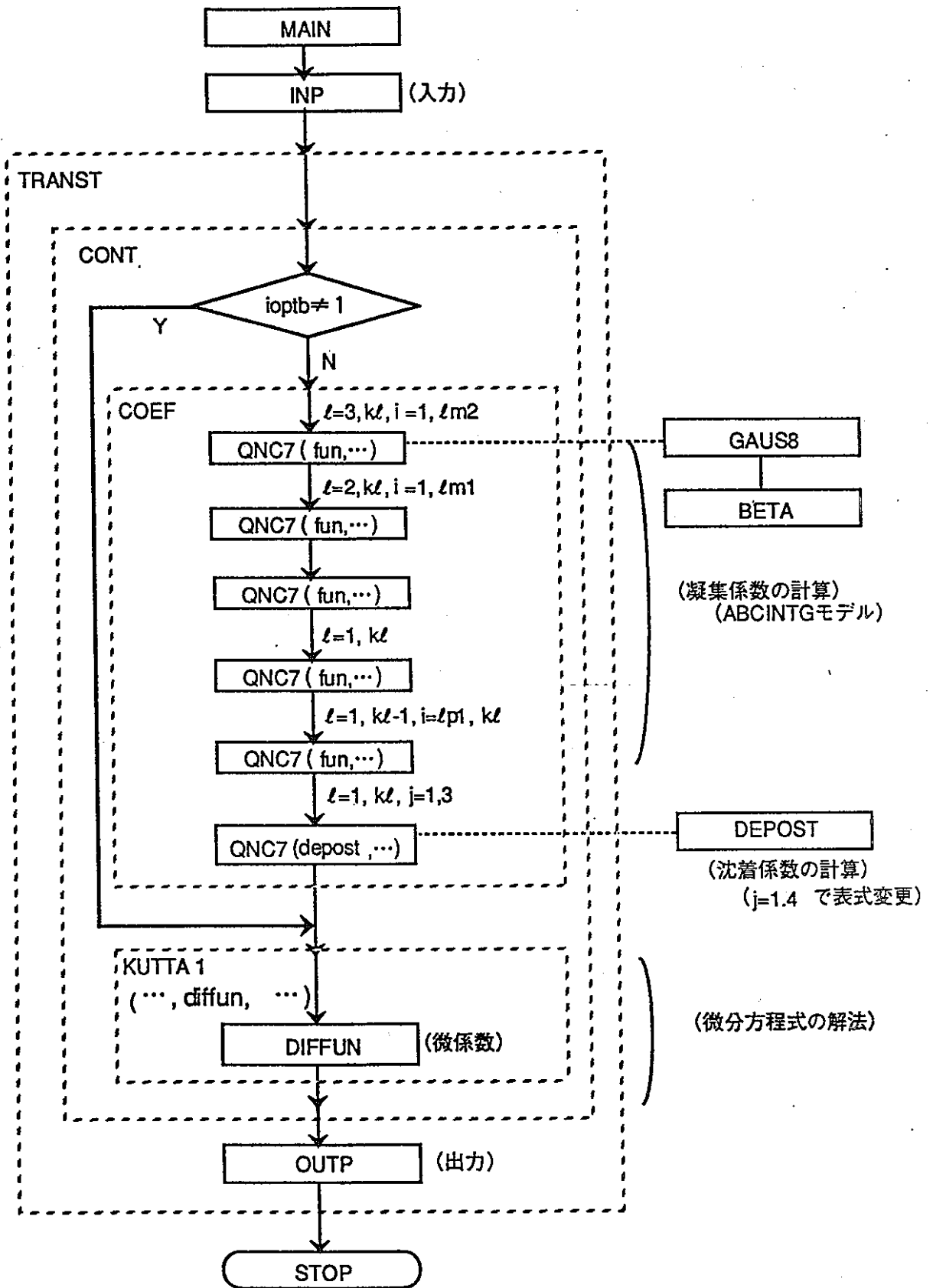


Fig. 3 - 7 Flow Diagram of ABC-INTG Code

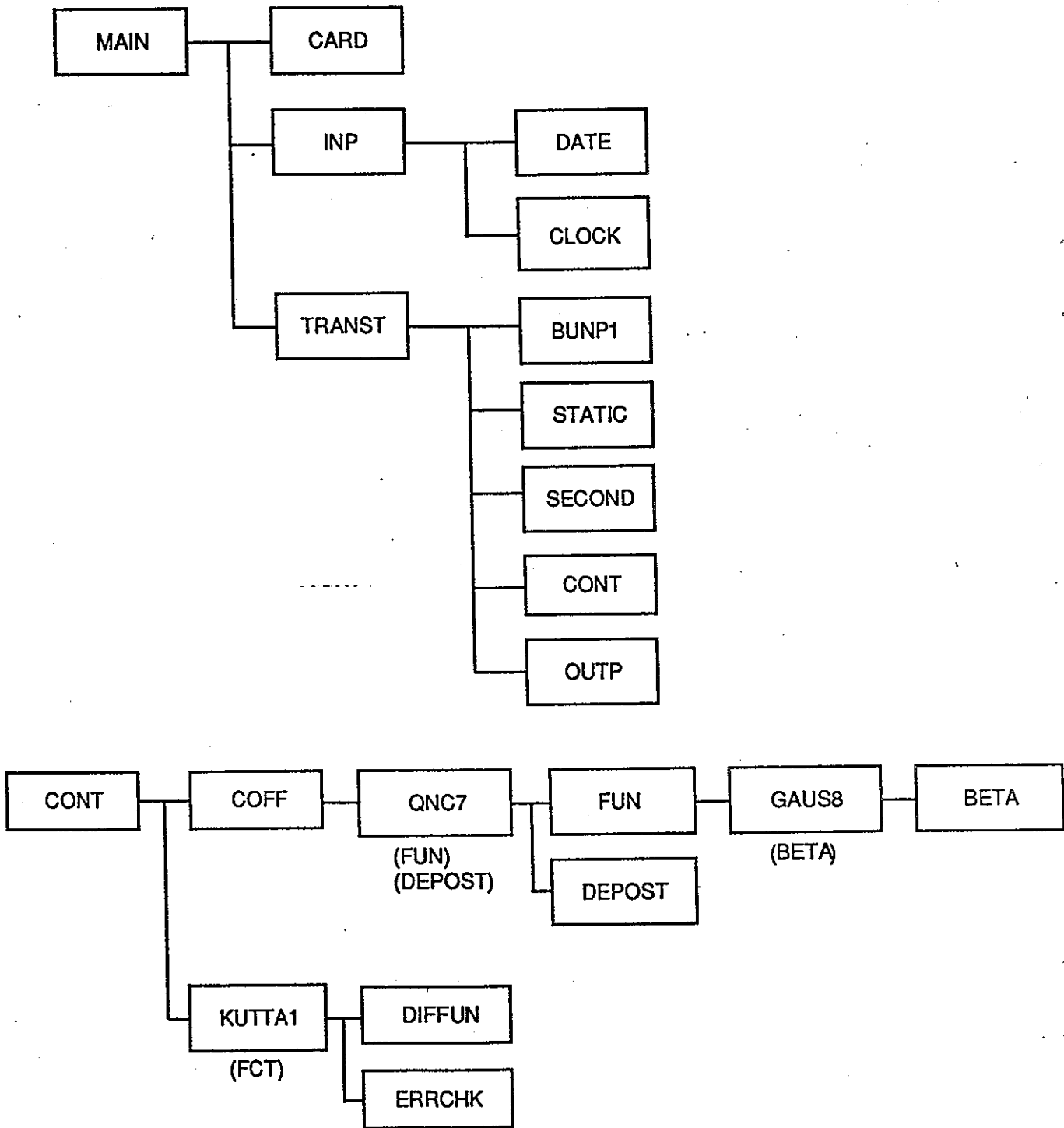


Fig. 3 - 8 Block Diagram of ABC-INTG Code

4. 改造コードの整備作業

TRACER コードの改造に即し、対応する下記の項目についてのコード整備を実施した。

- a. モデル改造に伴う各モジュールの整合性の確認
- b. 化学反応・核壊変モデルを含む物性値の整備
- c. 入出力部の整備
- d. マニュアル、コード変数リストの整備

整備内容を以下に示す。

(1) モデル改造に伴う各モジュールの整合性の確認

本年度は、SAFFIREコードのフローネットワークモデルの組込み、および集合体チャンネルでの気泡挙動モデル、FP気泡内ガス・エアロゾル変換モデル、カバーガス内FP減衰モデルの改造、組込みを実施した。

SAFFIREコードのフローネットワークモデルの組込みに際しては、コードの基本的枠組みを変更せず、サブルーチンSTDRIVにおいて解析体系の設定を実施するよう変更した。

集合体チャンネルでの気泡挙動モデル、およびFP気泡内ガス・エアロゾル変換モデルの改造、組込みに関しては、ENTRAINをはじめとする新規のサブルーチン群を作成し、既存コード構造の中に組み込んだ。

カバーガス内FP減衰モデルの改造、組込みに関しては、既存のカバーガス内挙動解析モジュールにABC-INTGのモデルをベースとした新規モジュールを設定した。

これらのモデル改造に関する機能確認のため、次章に示す各種の解析を行い、各モデル、およびモデルを結合した全体の構造が相互に整合性を有することを確認した。今後は、より広範囲な、解析条件、体系、パラメータ設定に対して機能の確認を行い、高速化等のコード改造を継続することが重要である。

(2) 化学反応・核壊変モデルを含む物性値の整備

本年度の改造部に関し、関連するモジュールに必要な物性値の整備を行い、主に既存の物性値ファンクションへの組込みを行った。対象としたファンクションは、COND、RHO、SURF、VISC、ATOM、DIFFIV、DIFFL、VPRES、SPHT、

DECON、PSTATである。

(3) 入出力部の整備

本年度の新規追加モデルに対して、下記のように入出力部の整備を実施した。

- a. フローネットワークモデルの入力については、READINルーチンを修正し、新たなNamelistの構成を修正した。
- b. 集合体チャンネルでの気泡挙動モデル、およびFP気泡内ガス・エアロゾル変換モデルの改造、組込みに関しても同様に、Namelistの追加、修正を行った。
- c. カバーガス内FP減衰モデルの改造、組込みに関しては、既存のABC-INTGの入力形式を出来るだけ保存する形式で、書式付き入力とした。ただし、将来的には共通のNamelistにより統一する必要がある。
- d. 出力については、既存コードのTROUTからコールされる各モデルに該当するサブルーチンで、各々の結果を出力することとした。

(4) マニュアル、コード変数リストの整備

上記の整備結果を反映したコード内容をまとめて、付録A-1にマニュアル、入力コード変数リストを示した。

5. 機能確認計算

本業務において実施した改造項目に対し、機能確認計算を実施した。計算を実施した各項目について以下にその詳細を述べる。

5.1 フローネットワークモデル改造に係わる確認計算

本業務では、実機一次冷却系の体系を取り扱い可能とするため、SAFFIREコードにおけるフローネットワークモデル⁽³⁾をTRACERコードに組み込み、機能確認計算を実施し、改造されたコードが所定の機能を満足することを確認する。

(1)解析対象

解析の対象とした体系をFig. 5.1-1に示す。

入力の対象とした構造データは「冷却材中のFP挙動解析コードの開発」⁽⁶⁾と同様のデータを使用した。

(2)解析条件

本解析では、燃焼度80,000MWD/tの燃料一本が破損し、ギャップに蓄積された不活性ガスの100%、揮発性FPの20%が冷却材中に放出されることを想定して解析を行う。燃料ピンから冷却材中へのFPの放出については、ギャップ内存在量に比例して放出するモデルを用いた。揮発性FPの気相への移行については平衡論に基づくモデルを用いた。解析の参考としたFPのインベントリ、ギャップ放出率は以下の通りである。

核種	インベントリ(CI)	ギャップ放出率
Rb-89	1.5e+07	0.0957
Kr-85	1.4e+07	1.0
Kr-89	1.2e+07	0.0383
I-131	3.0e+07	0.5
Cs-137	2.0e+07	0.111
Xe-133	5.2e+07	0.879
Xe-135	5.7e+07	0.451
Xe-137	3.7e+07	0.111

ただし、FPのインベントリに関しては上記データをもとに燃料ピン本数でわり、一本当たりのインベントリに換算した。

(2)解析結果

Fig.5.1-2にカバーガス中での代表核種の時間変化を示す。同図はKr-89とRb-89の時間変化を示したもので、従来実施された解析結果を合わせて示した(6)。従来結果では、放出されたKr-89は時間によらず、一定の放射平衡を示し、カバーガス中でKr-89から生成されるRb-89はかなり速く増加し、約一時間後に平衡に達し、Kr-89と同様の放射能強度になる。

しかしながら、本改造コードでは、燃料ピンより放出された希ガスは気泡を形成し、カバーガスにおよそ10秒で移行する。従来解析の解析体系では、上部プレナム部を等価な配管で模擬しており、今回の解析でも同様な想定としているため、冷却材の流れは鉛直方向であり、流れに乗った気泡はカバーガスに輸送される。カバーガスに到達したKr-89は、核崩壊により、娘核種のRb-89に変換され、放射能強度は徐々に低下していく。

従来解析では、Kr-89の強度は時間的に一定となっているが、本解析の条件では、Kr-89は初期の燃料ピン1本分の放出で終了すると考えて良く、放射性強度の時間変化の様子は妥当であると考えられる。

以上より、「もんじゅ」の燃料ピン破損を仮定して、実施した、本解析結果より、今回改造したフローネットワークモデルが所定の機能を満足することが確かめられた。

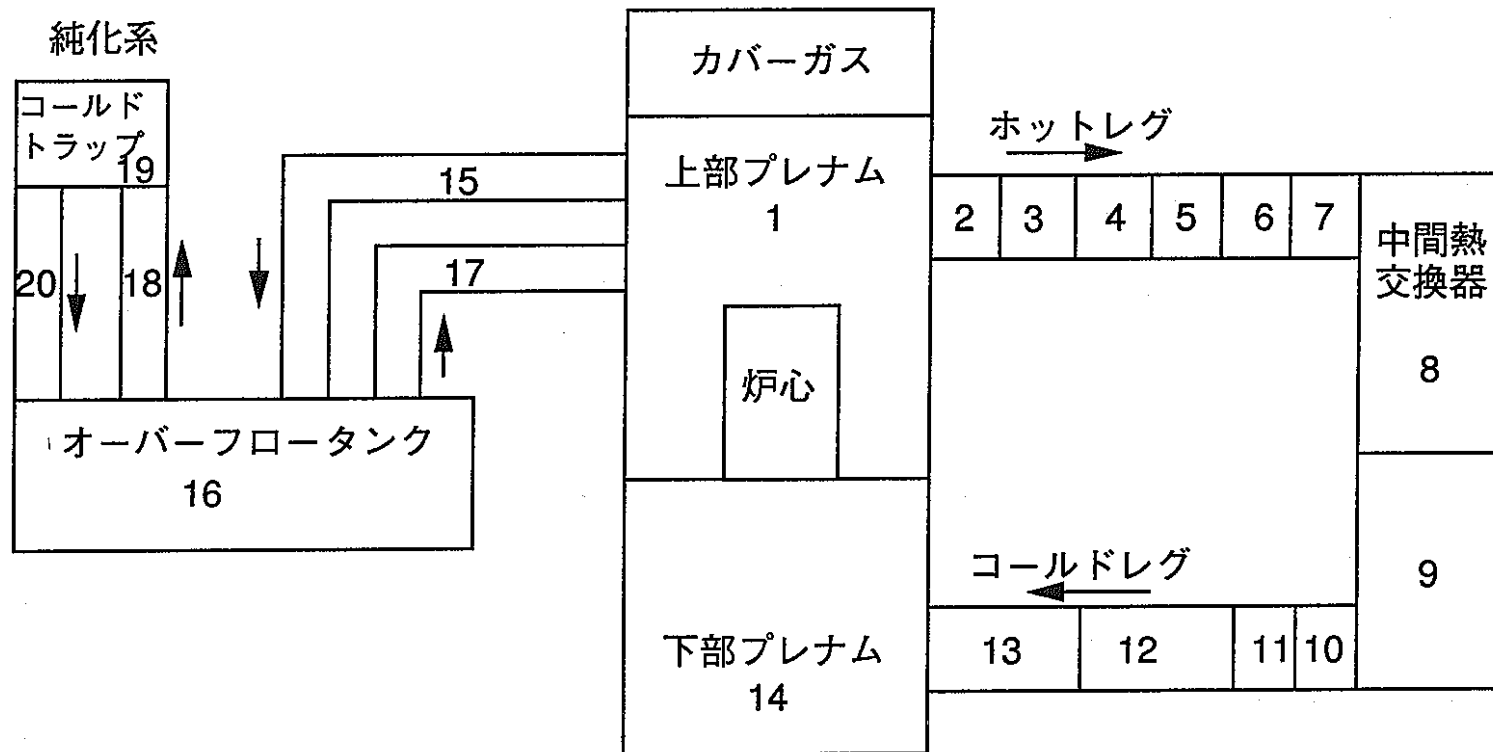


Fig.5.1-1 Calculational model for sample problem

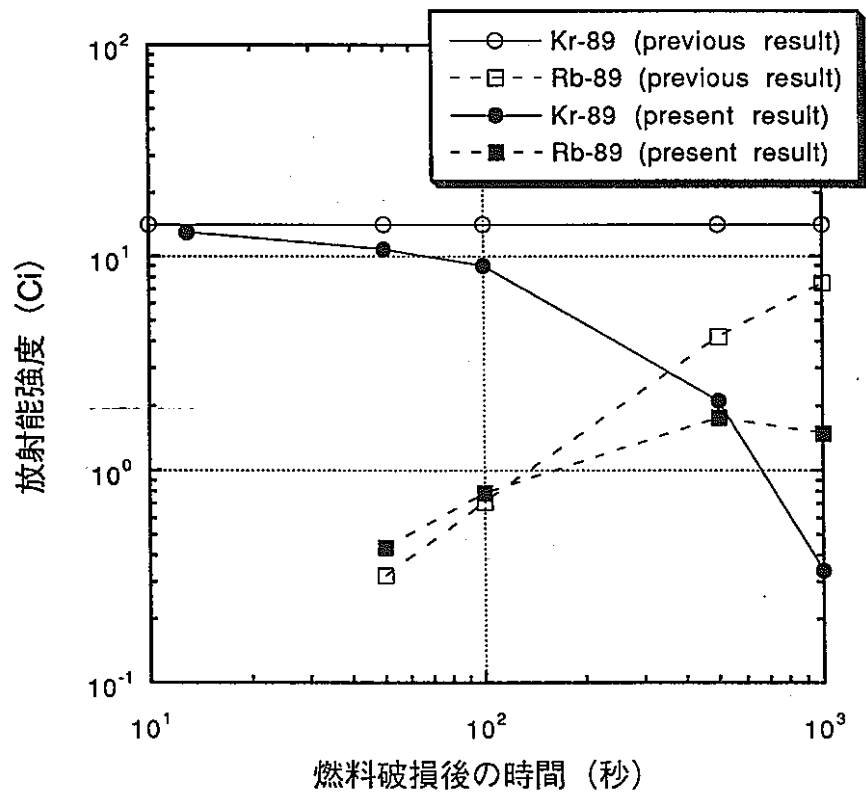


Fig. 5.1-2 Time Dependent Behavior of ⁸⁹Kr and ⁸⁹Rb in the Cover Gas

5.2 改造されたその他の解析モデルの機能確認計算

(1) 解析対象

本業務で実施した改造項目に対して、機能確認のための解析を以下のように実施した。

a. 解析対象1

集合体チャンネルでの気泡挙動モデル、およびエアロゾル減衰モデルの機能確認を行った。このうち、上部の任意の部分についてエントレイン領域を仮定して、その部分でのエアロゾルの減衰割合を評価した。

b. 解析対象2

エアロゾル生成モデルの確認のため、集合体チャンネルに600℃の気泡中にCsIが高温で放出された場合のエアロゾルの生成、成長過程を評価した。

c. 解析対象3

エアロゾル生成過程と同様な考えに基づく、エアロゾルの凝縮による成長に関して解析対象2と条件を変えて、気泡の上昇中に評価を行った。FP気泡内ガス・エアロゾル変換モデル、カバーガス内FP減衰モデルの改造を行い、改造機能の確認解析を実施した。

d. 解析対象4

カバーガスでの減衰モデルの機能を確認するため、液面よりエアロゾルが供給された状態でのエアロゾルの濃度変化についての機能確認を実施した。

e. 解析対象5

上記の各機能を結合した状態で、TRACERの所定の機能を満足することを確かめるために、総合確認計算を実施した。

(2) 集合体チャンネルでの気泡挙動モデル、およびエアロゾル減衰モデルの機能確認

a. 解析体系

Fig.5.2(1)-1に解析体系を示す。本解析体系は、集合体1体の冷却材出口部を模擬したもので、本改造モデルで対象としている気泡中のガスによるエントレインによる減衰過程を評価するために単純化している。本解析では、燃料破損に引き続いて放出される希ガスの放出流速を実機に近い条件とし、基本的にNa/Xe系を対象としている。

b. 解析条件

本解析では集合体上部をFig.5.2(1)-1に示すように、全長0.5mのチャンネルを想定し、出口口径を0.1mとした。本モデルは軸方向に任意のメッシュ分割を可能としているが、ここでは、等分割で5メッシュとした。気泡の放出速度は、気泡の放出形態を基に20m/sから80m/sの範囲でパラメータとして設定した。また、エントレインする場合の制限条件として、集合体出口の液膜厚みを暫定的に0.01cmとした。この値は、集合体出口のハンドリングヘッドでの液体の旋回流により、有限の液膜厚みが、ある時間の間確保されることを想定している。

初期のエアロゾル放出速度は $1.0 \times 10^8 \text{ n/m}^3 \text{ s}$ とした。

c. 解析結果

Fig.5.2(1)-2に、液膜が存在する場合の液滴個数濃度のガス放出速度依存性を示す。ガス速度が増加するにつれて、エントレイン液滴の個数濃度が増加する。Fig.5.2(1)-3にこの時の液滴半径のガス速度依存性を示す。

Fig.5.2(1)-4には、集合体出口部での液滴個数濃度の時間変化を示す。ガス流速が増加するにつれて、個数濃度は急激に減少する。これは、有限の液膜厚みのために、エントレイン効果が大きい速度条件で早期に液膜が消失するためである。

Fig.5.2(1)-5に各放出速度での指定時間（0.03sec）での濃度分布を示す。この時間を選択したのは、Fig.5.2(1)-4の傾向を参照している。

Fig.5.2(1)-6に各流速条件での集合体出口での減衰率をDFで表示した。DFはFig.5.2(1)-4の液滴個数濃度変化に依存して大きく変動するが、同図には各流速条件で液膜が消失する時点での値を示した。この時刻でのDFはガス速度が増大するに従って増大する傾向があるが、80 m/sでは、相対的に液滴径が小さいため液滴、エアロゾル粒子間の相対速度が小さくなるため、逆に減少傾向を示す。

Fig. 5.2(1)-7に集合体出口でのDFの時間変化を示す。例えば、ガス流速 20 m/s では、

初期、 $DF \sim 100$ からおよそ1秒後には $DF=1$ とほとんど減衰しない傾向を示している。

これらの結果から、集合体内のエントレイン液滴との相互作用によるエアロゾル粒子の減衰については、下記の要因に注意を払う必要がある。

(a)減衰効果には、著しい時間依存性が見られる。

(b)液滴の供給源として、ガス放出中の液膜の存在状態の同定が重要である。

(c)本評価では、液滴の軸方向流速は、発生位置とガス流速の関数として定式化したが、実現象では、これ以外に速度分布を生ずる要因として、希ガス放出特性の時間依存性、軸方向位置での集合体出口形状の変化があり、今後の検討が必要である。

(d)本評価では、液滴とエアロゾル粒子の衝突効率を $E_o=0.005$ と設定したが、この値は液滴径、エアロゾル粒子径の関数であり、粒径分布等を加味して調査する必要がある。

(3) エアロゾル生成モデルの機能確認

a. 解析体系

エアロゾル生成モデルの確認のため、集合体チャンネル内の600℃の気泡中にCsIが高温で放出された場合のエアロゾルの生成、成長過程を評価した。解析体系は集合体でのエントレインによる減衰解析での体系と同様である。

b. 解析条件

本解析では、均一核生成モデルでの粒子形成と、それを核として成長する過程を不均一核生成モデルを用いて、エアロゾル粒子の粒径、および個数濃度を評価した。Fig. 5.2(2)-1に解析体系の概念図を示す。解析パラメータとしては、雰囲気気の飽和度、すなわち周辺蒸気の分圧（温度）を選び、 $T=973\text{K}$ より 1273K までをサーベイした。

c. 解析結果

Fig. 5.2(2)-2、3に雰囲気気の飽和度 (P_v/P_∞) の関数として生成粒子の半径、粒子生成率を表す。粒子生成率は飽和比に依存して、大きく変化することが分かる。例えば、 1000°C のCsI雰囲気気が、瞬時に 600°C に冷却されると仮定した条件（飽和度 ~ 400 ）では、生成粒子半径は $2 \times 10^{-10}\text{m}$ 程度でこの時の粒子生成率は $10^{24} \text{ n/m}^3 \text{ s}$ 程度となる。

Fig. 5.2(2)-4には初期雰囲気温度をパラメータとした場合のエアロゾル粒子径の時間的成長の度合いを示す。初期 10^{-10}m の粒子は、飽和度が十分確保されることを仮定すれば、粒子は極めて短い時間に μm オーダーに成長することを示す。

本結果は、粒子生成後、速やかに凝縮による粒子成長が起こり、およそ 0.1sec 後には、通常のエアロゾル評価の対象範囲であるサブ μm 領域に到達することを示しているが、気泡放出時の凝縮性FPの温度挙動、および粒子表面のケルビン効果による蒸気圧変化、粒子表面の熱伝達効果など、評価のベースとなるデータについて検討を加える必要がある。

(4) エアロゾルの凝縮による成長に関する機能確認

a. 解析体系

エアロゾル生成過程と同様な考えに基づき、エアロゾルの凝縮による成長に関して解析対象2と条件を変えて、気泡の上昇中に評価を行った。FP気泡内ガス・エアロゾル変換モデル、カバーガス内FP減衰モデルの改造を行い、改造機能の確認解析を実施した。

b. 解析条件

解析条件として、プール中に集合体から放出される気泡中で、プレナム長6mを移動する場合の粒子の成長を評価した。Fig. 5.2(3)-1に解析体系の概念図を示す。

気泡の初期形状は本コードで与えられるWe数の関数で与えられ、ここではガス流速20 m/sでの条件を設定した。また気泡中ガスの温度変化については、気泡内での対流条件に不確かさが存在することから、気泡上昇中での温度変化が $\Delta T=100^{\circ}\text{C}$ になるよう熱伝達係数を設定して評価した。

c. 解析結果

Fig.5.2(3)-2に20m/sで放出された気泡中での粒子の成長の時間推移を示す。

気泡放出初期において、およそ $2\mu\text{m}$ の半径を持つ粒子は気泡上昇末期にはおよそ $9\mu\text{m}$ に成長することが分かる。

ただし、本評価では、モデル機能の確認のため気泡上昇時のエアロゾルの凝集効果、気泡中でのCsI蒸気濃度の時間変化を無視しているため、粒子の成長が過大評価されている可能性がある。

しかしながら、気泡上昇中での粒径変化は、従来から主張されている気泡内でのエアロゾルの低沈着特性を改善する方向で重要である。

(5) カバーガスでの減衰モデルの機能確認

a. 解析体系

カバーガスでの減衰モデルの機能を確認するため、液面よりエアロゾルが供給された状態でのエアロゾルの濃度変化についての機能確認を実施した。ここでは、実機規模のプラントを対象として、液面からエアロゾルが供給されている場合の粒子濃度の時間変化を求めた。

b. 解析条件

解析体系をFig.5.2(4)-1に示す。対象は典型的な大型炉のカバーガス形状を模擬したもので、集合体一体から放出されるエアロゾルが集合体部で1/10に減衰し、冷却材プール表面から継続的にカバーガス中に与えられるものとした。初期濃度としては、 $2 \cdot 10^{-11} / \text{cc}$ とした。

c. 解析結果

Fig.5.2(4)-2,3に評価結果を示した。本解析では継続的にカバーガスにエアロゾルが供給される条件を設定しているために、供給速度と沈着速度が平衡となる時刻までエアロゾル濃度は増加を続け、およそ $3 \times 10^{-9} \text{g/cc}$ で平衡に達する。本解析の条件は、集合体破損後の放出FPの振る舞いを類推するためには過大な供給条件となっているが、TRACERコードへの結合による新コードシステムが所定の機能を満足することを示すことが出来たと考えられる。

今後、気泡発生時、上昇時と同様に粒子成長について考慮する必要がある。

(6) 総合評価計算

a. 解析体系

集合体でのFP放出よりカバーガスでの長期にわたるエアロゾル減衰に関するモデル改造に対して、上記の各機能を結合した状態で、TRACERの所定の機能を満足することを確かめるために、総合確認計算を実施した。

解析体系をFig. 5.2(5)-1に示す。時刻0に集合体内の燃料ピンが破損し、希ガスと共に揮発性FPが放出され、その後カバーガスにいたる過程を対象としている。

b. 解析条件

Fig. 5.2(5)-1に示すように $0.15\text{m}^3/\text{s}$ （ガス流速 $20\text{m}/\text{s}$ ）で放出される希ガスと共に 1000°C のCsIが放出され、エアロゾル生成、成長、エントレインによる減衰、気泡上昇、カバーガスでの減衰挙動をモデル化した。使用した各モデルの入力条件は、それぞれの評価条件に準じて設定した。ただし、気泡内雰囲気条件の不確かさを考慮し、気泡上昇中の粒子成長については、考慮しないこととした。

また、破損集合体数は、パラメータとして扱い、ここでは40体分を考慮した。

c. 解析結果

Fig.5.2(5)-2,3にFP移行の結果として得られるカバーガス中でのエアロゾル濃度の時間変化を示す。FP放出初期にカバーガス中濃度は急激に上昇するが、 1000sec 程度からエアロゾルの沈着挙動によって濃度は減衰を始め、およそ 10000sec 後には、4桁程度減衰することが示された。

今後、各モデルの精度を高めるとともに、広範なパラメータサーベイを実施して、各モデルの実機条件への適用性について検討することが重要である。

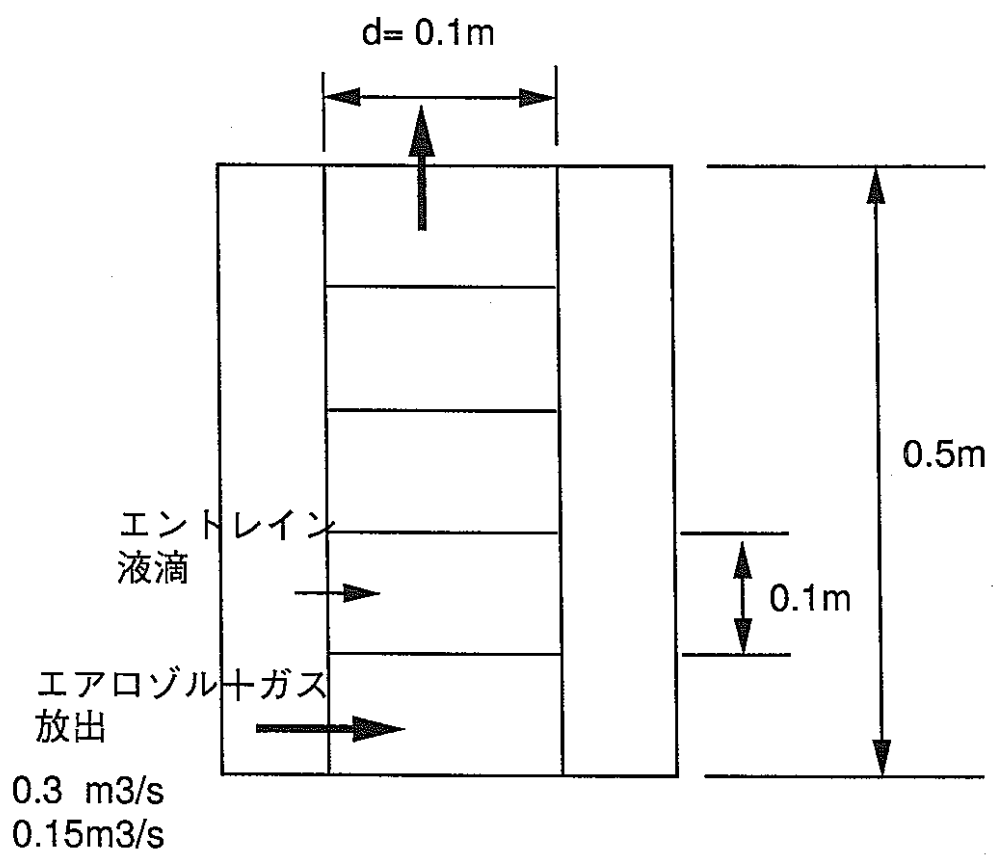


Fig. 5.2(1)-1 Calculational geometry for entrain model

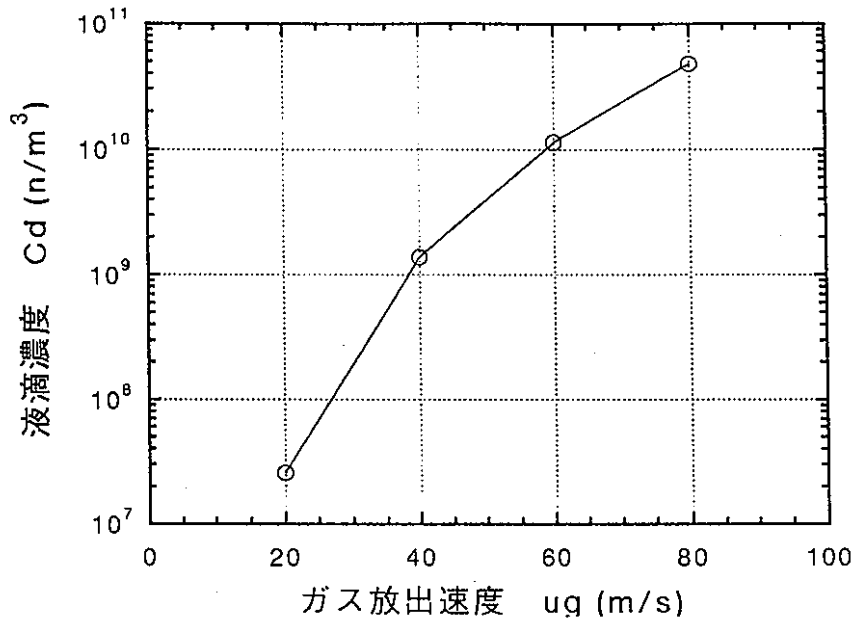


Fig. 5.2(1)-2 Entrained Droplet Number Density as Function of Inlet Gas Velocity

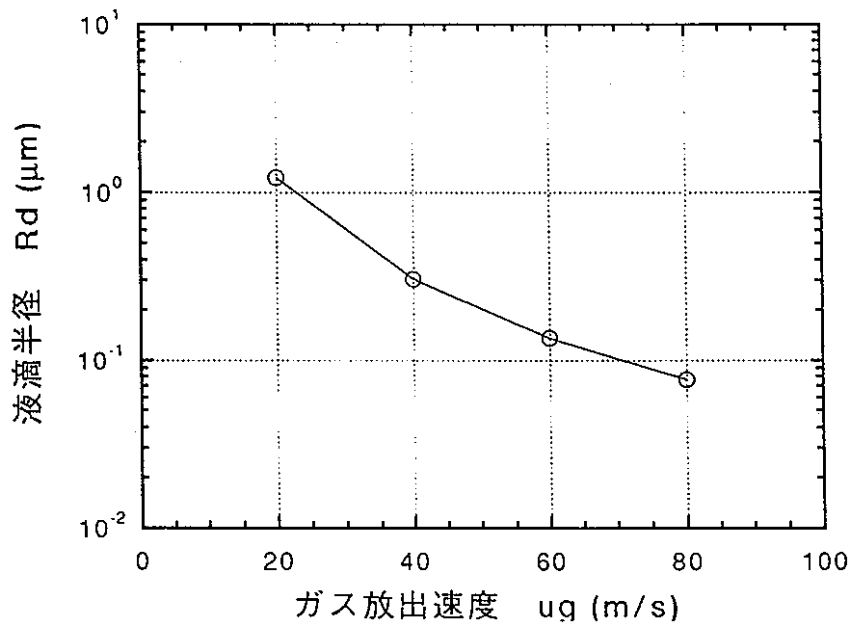


Fig. 5.2(1)-3 Entrained Droplet Radius as Function of Inlet Gas Velocity

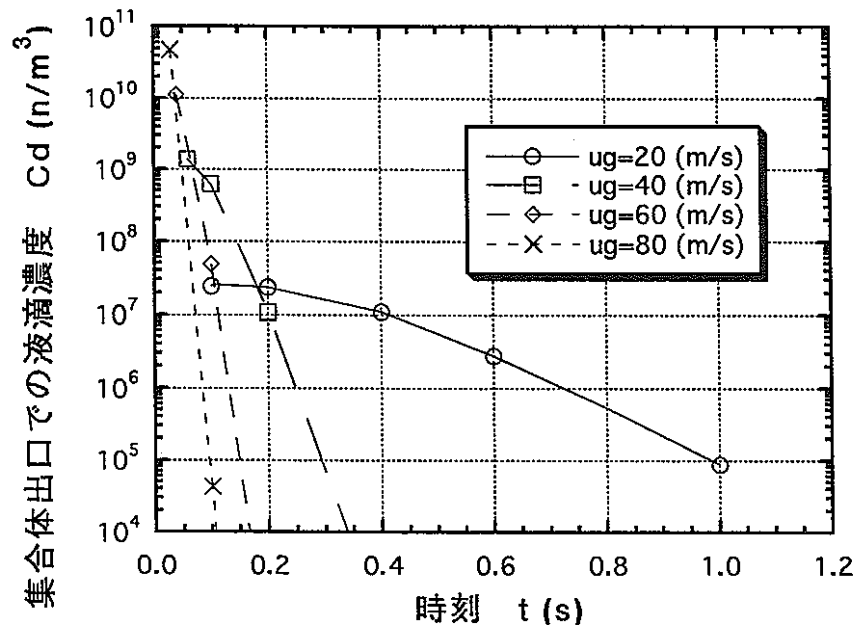


Fig. 5.2(1)-4 Droplet Concentration at the Outlet

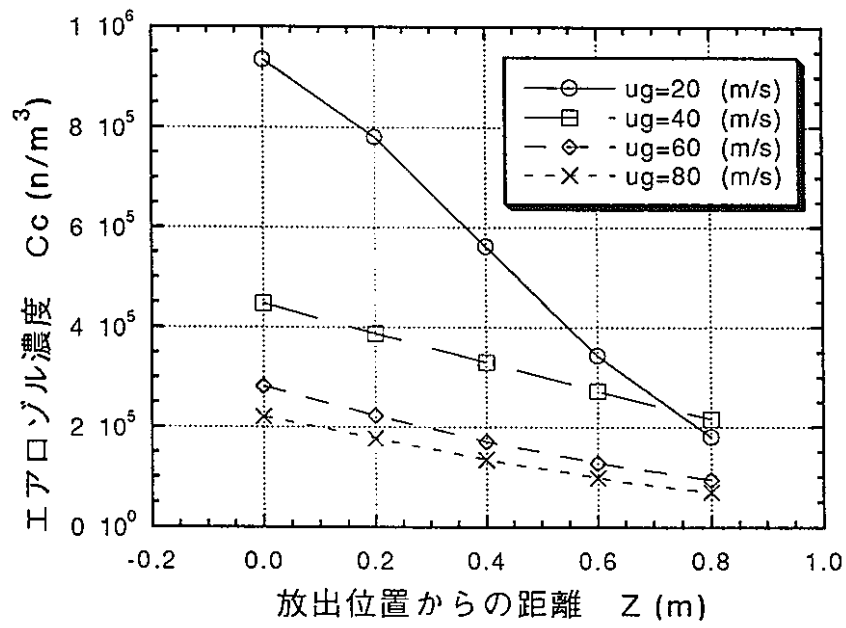


Fig. 5.2(1)-5 Spacial Distribution of Aerosol Concentration at Time 0.03 sec.

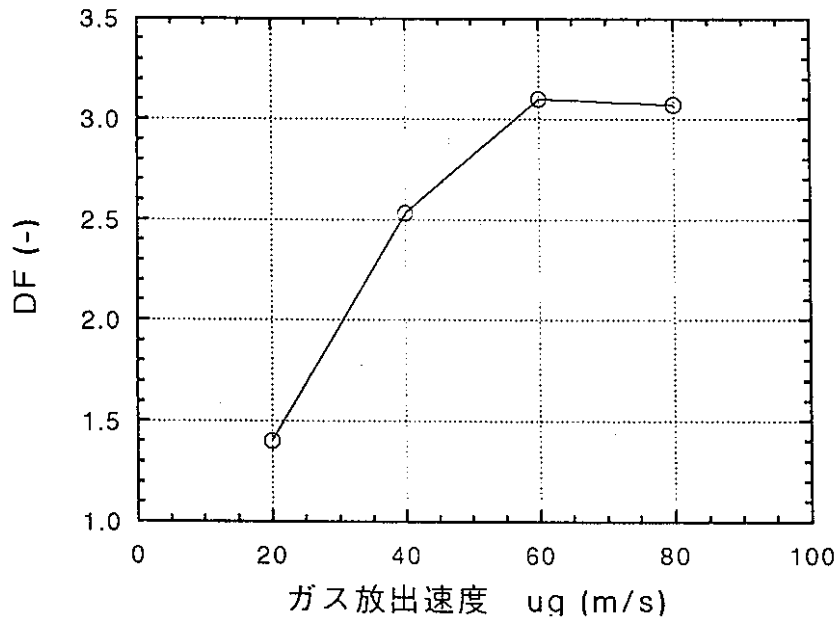


Fig. 5.2(1)-6 Decontamination Factor as Function of Inlet Gas Velocity

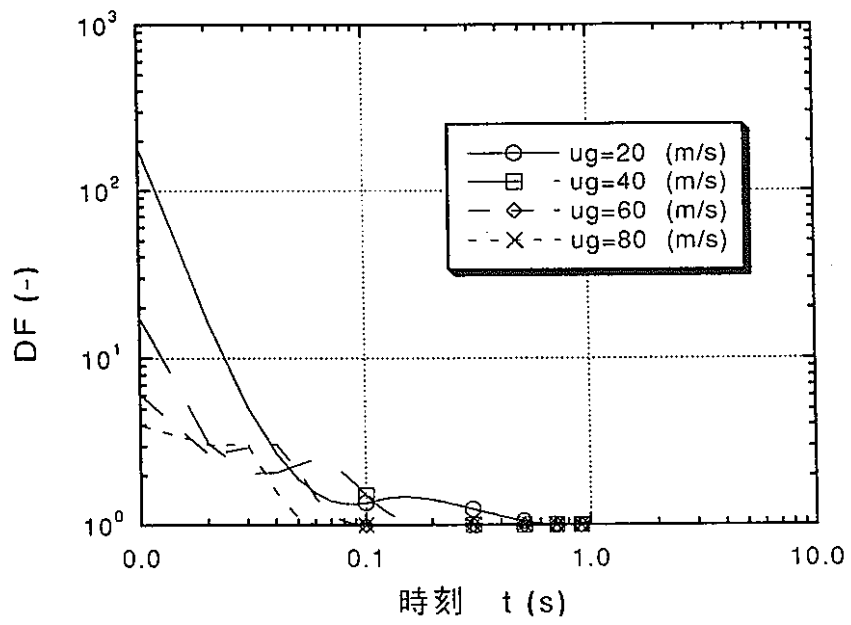


Fig. 5.2(1)-7 Decontamination Factor as Function of Time

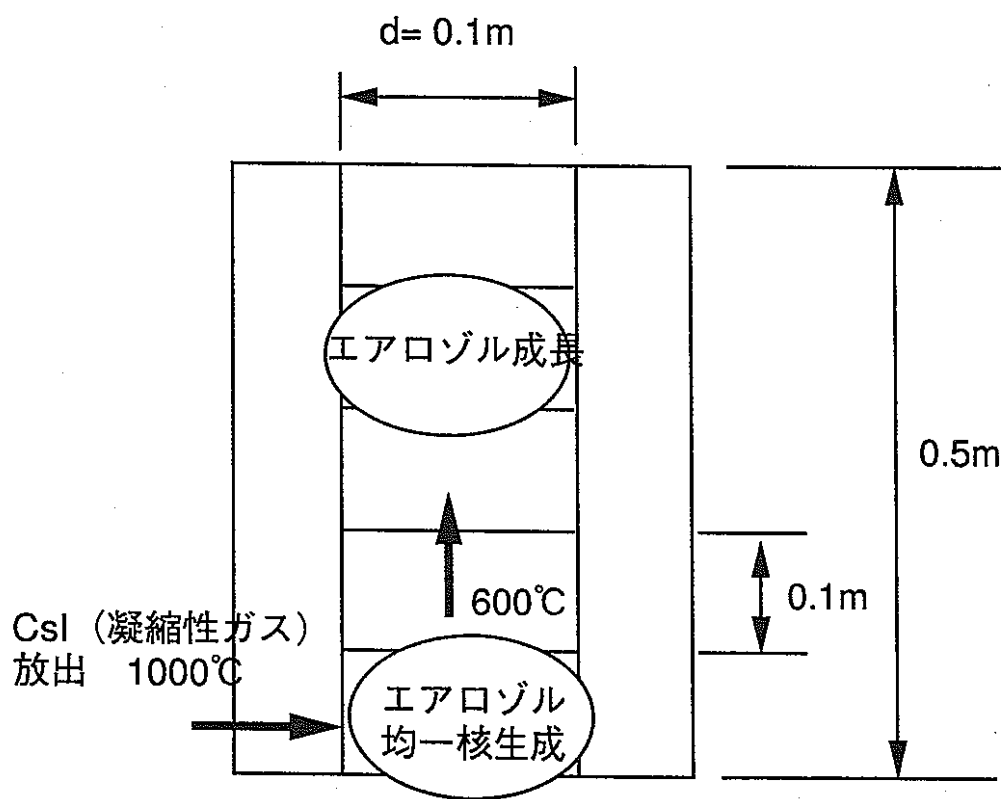


Fig. 5.2(2)-1 Calculational geometry for nucleation

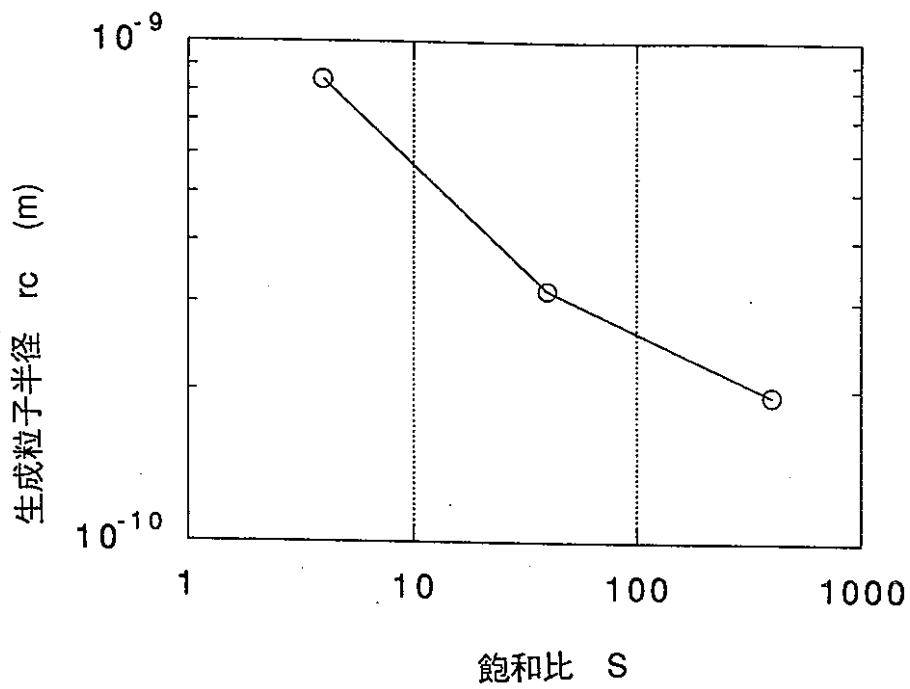


Fig. 5.2(2) - 2 Nucleated Particle Radius as a Function of Saturarion Ratio

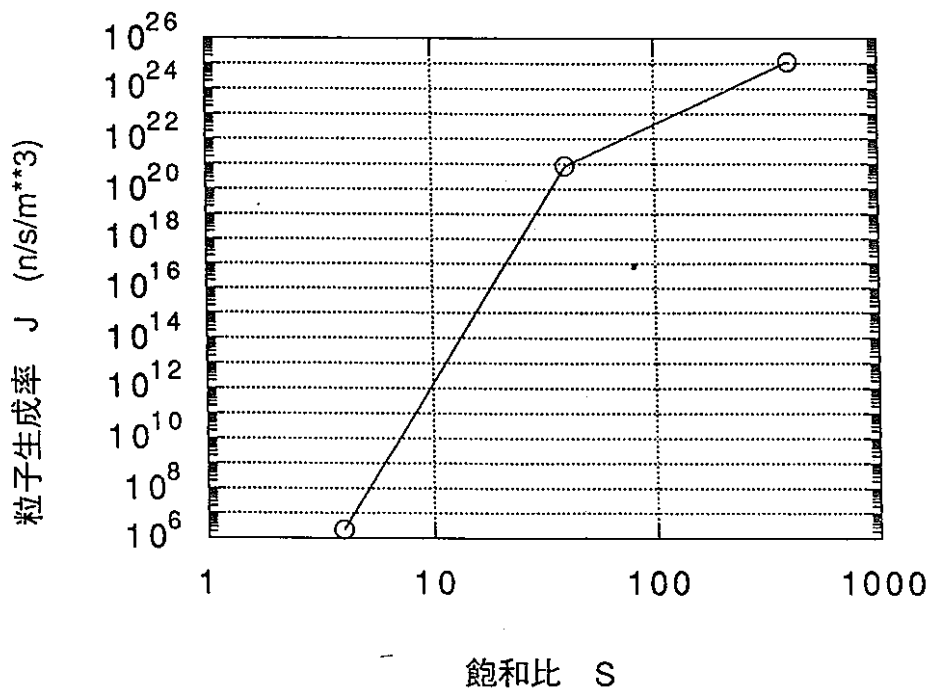


Fig. 5.2(2) - 3 Nucleation Rate as a Function of Saturarion Ratio

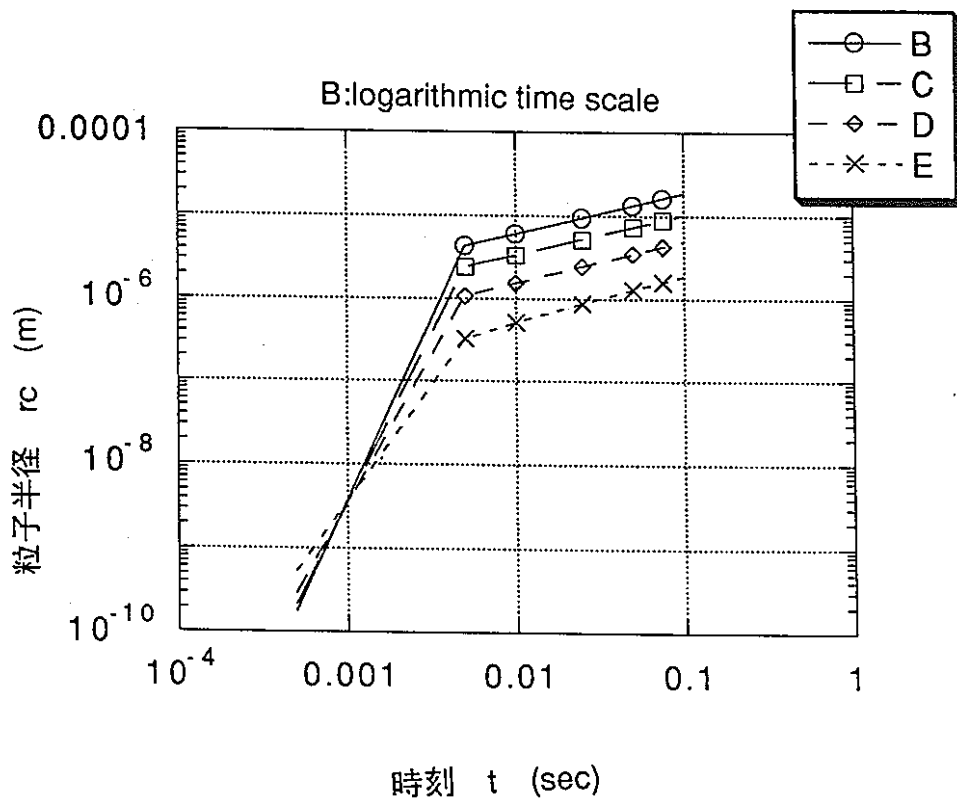
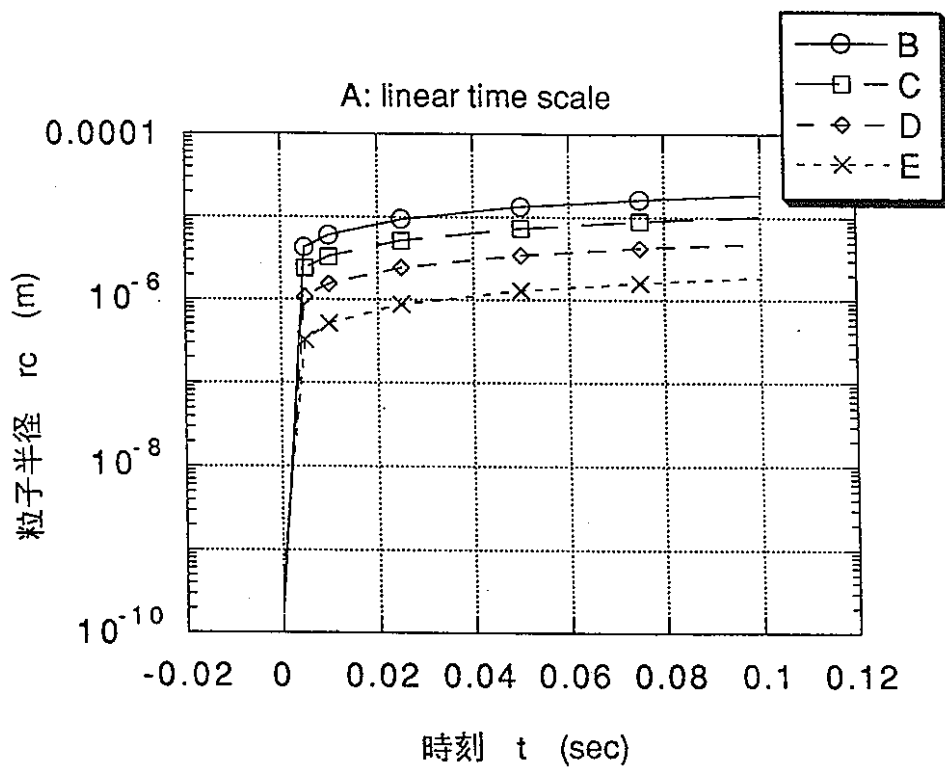


Fig. 5.2(2)-4 Particle radius due to condensation

(B:T=1273K, C:T=1173K, D:T=1073K, E:T=973K)

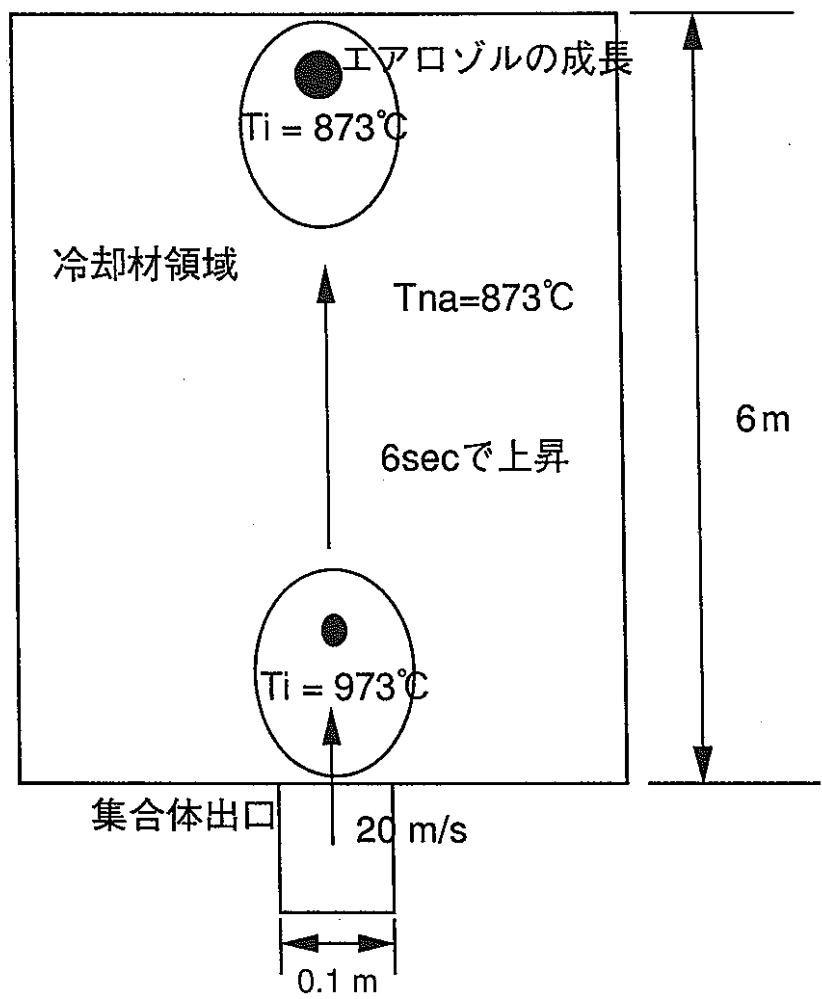


Fig. 5.2(3)-1 Calculational Geometry for Aerosol Growth

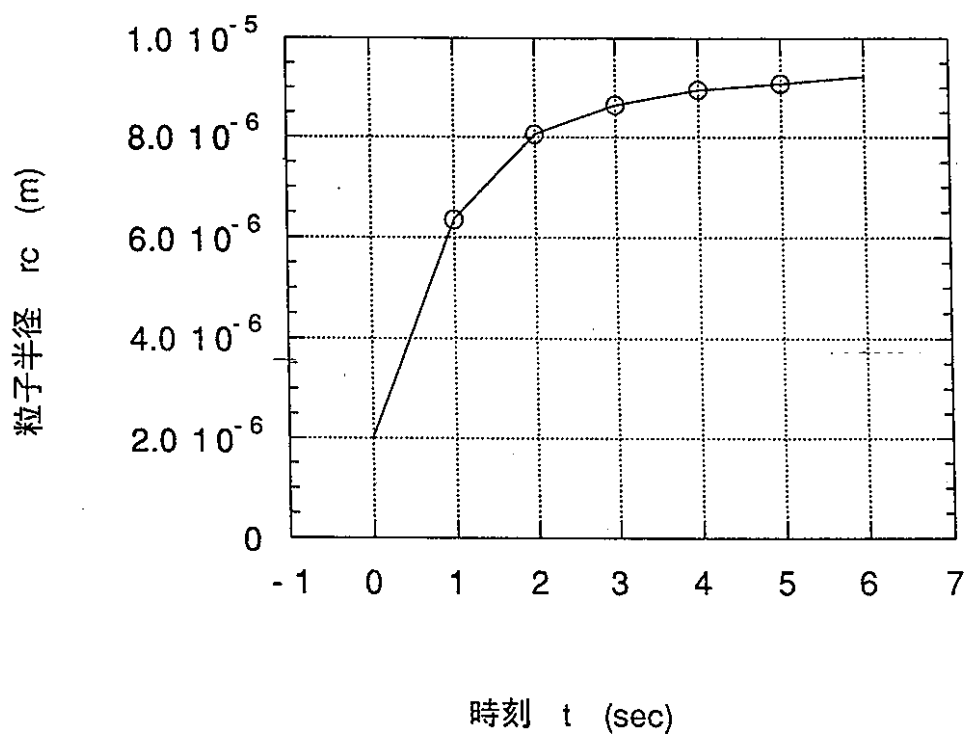


Fig. 5.2(3) - 2 Particle Radius Change During Bubble Rising

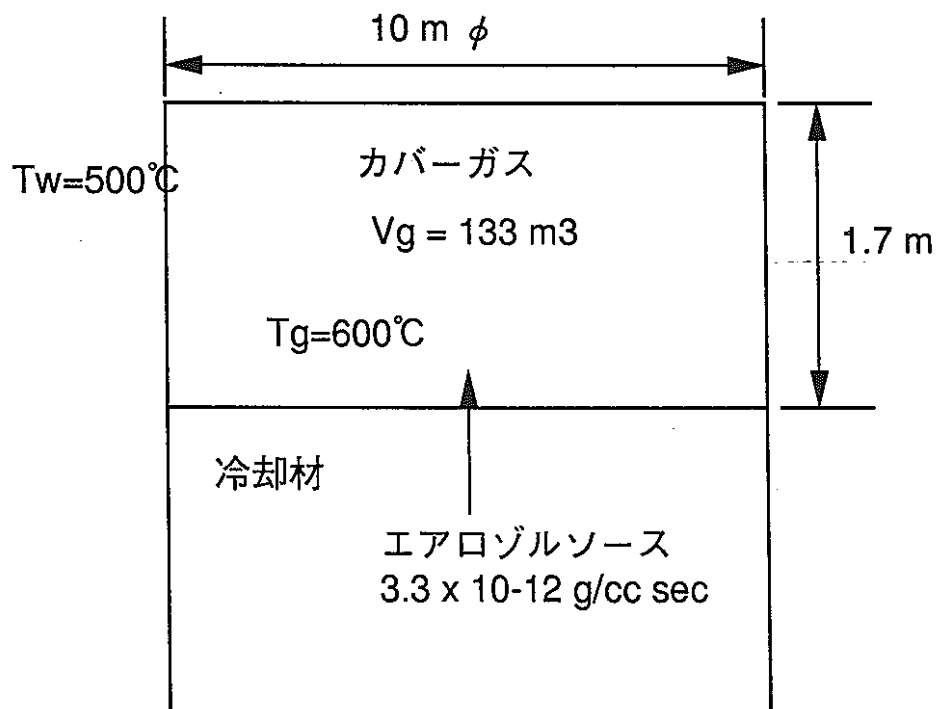


Fig. 5.2(4)-1 Calculational Geometry for Aerosol Deposition in Cover Gas

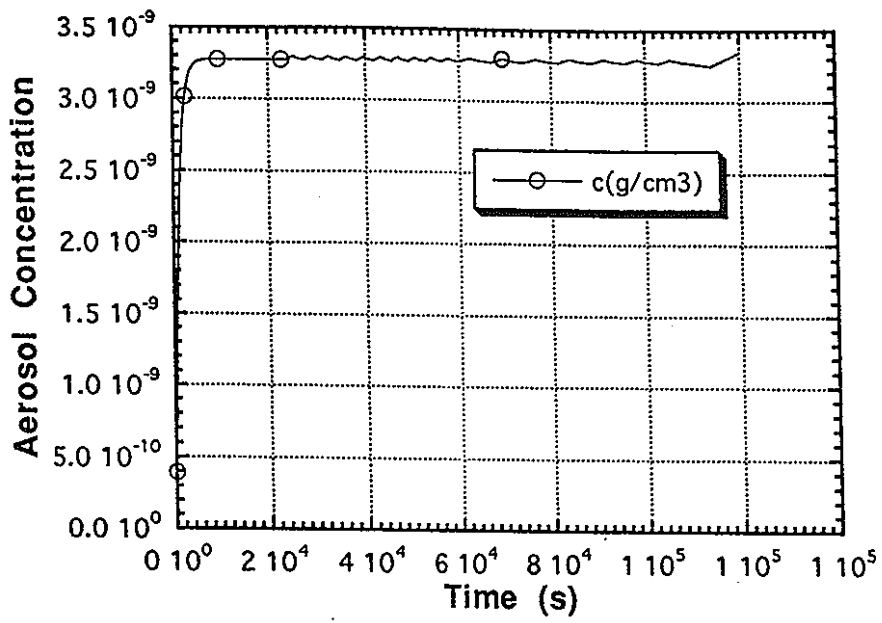


Fig. 5.2(4)-2 Aerosol concentration(Linear time scale)

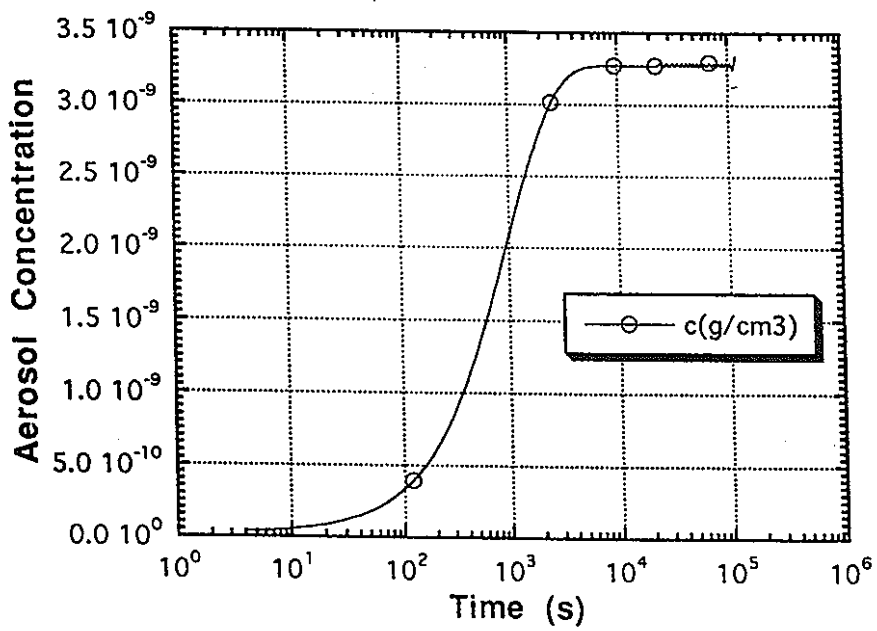


Fig. 5.2(4)-3 Aerosol concentration(Logarithmic time scale)

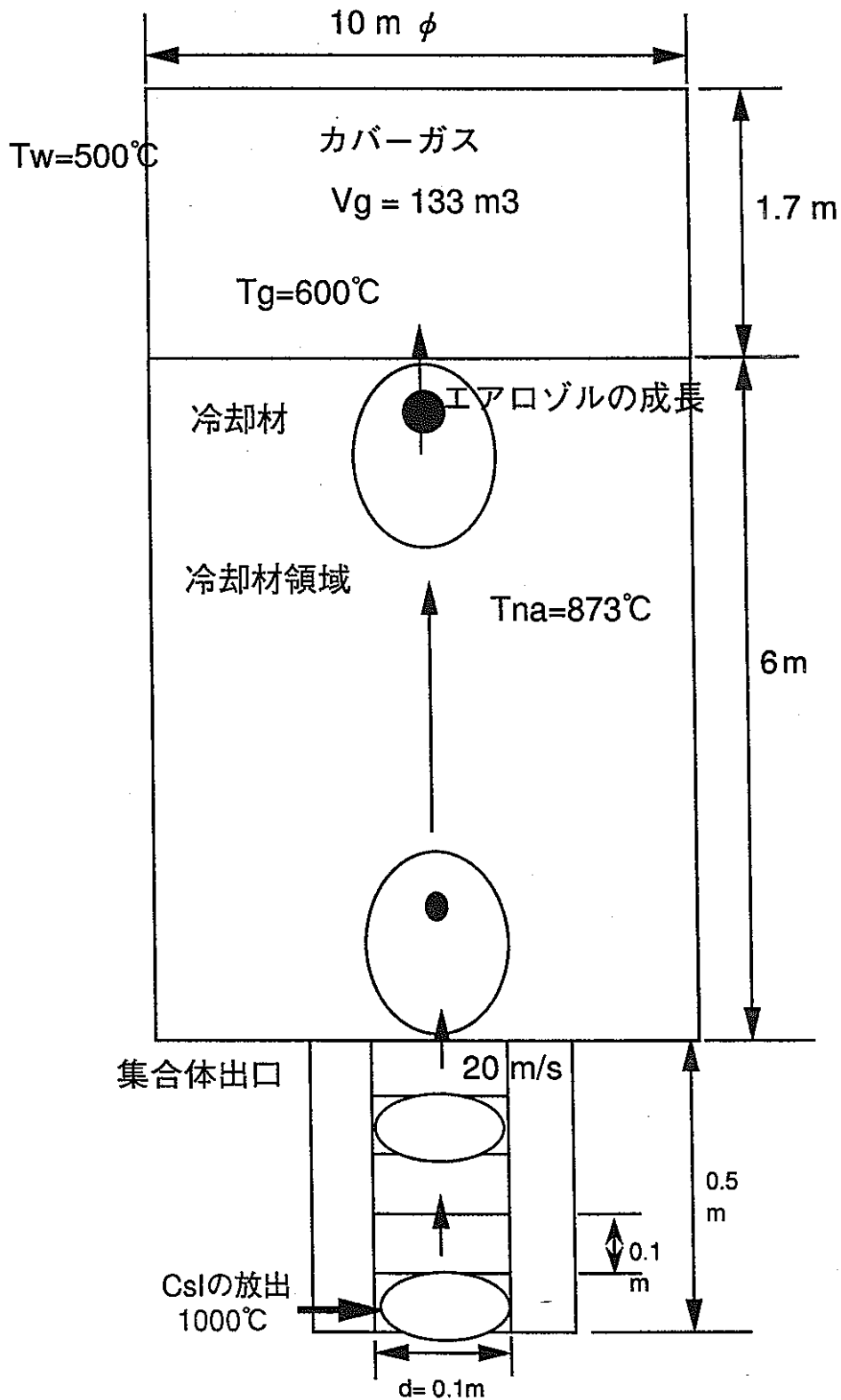


Fig. 5.2(5)-1 Calculational Geometry for FP Transport Behavior

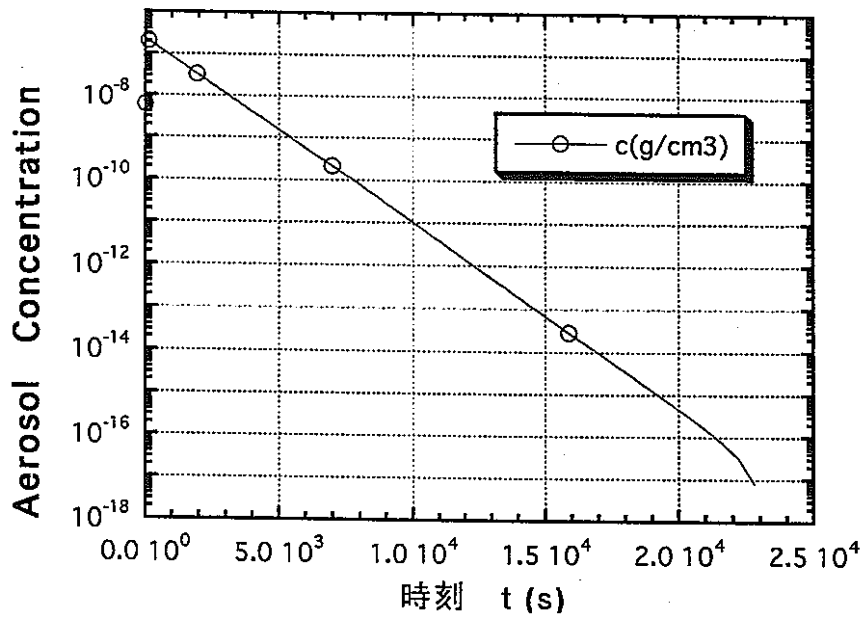


Fig. 5.2(5)-2 Aerosol Concentration
(Linear Time Scale)

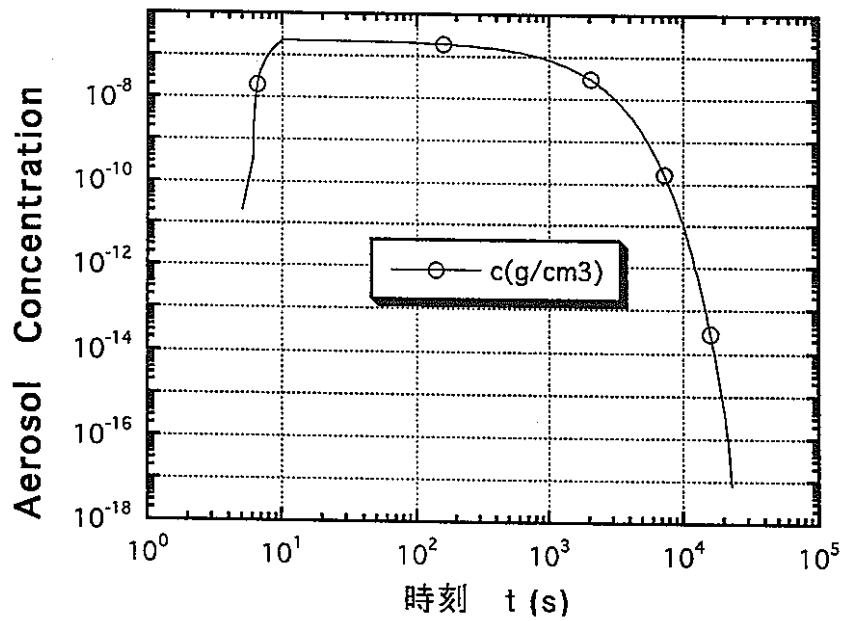


Fig. 5.2(5)-3 Aerosol Concentration
(Logarithmic Time Scale)

6.まとめ

本業務は、燃料破損時に冷却材中に放出され、一次冷却材中を經由して、カバーガス空間へ至る放射性物質の種類とその量（炉内ソースターム）をより現実的に評価するため、動燃団殿所有の炉内ソースターム挙動解析コードTRACERにFP移行過程で起こる物理・化学的挙動を機構論的に記述した解析モデルを追加および改造し、改造された解析コードの機能を原型炉「もんじゅ」の燃料ピン破損を仮定した例題を用いて確認することを目的としている。本業務において実施した作業項目は以下の通りである。

(1) SAFFIREコードの実機一次系フローネットワークモデルの組み込み作業

実機一次冷却系の体系を取り扱い可能とするため、SAFFIREコードにおけるフローネットワークモデルをTRACERコードに組み込み、機能確認計算を実施し、改造されたコードが所定の機能を満足することを確認した。

(2) 解析モデルの改造作業

これまでに実施された各種例題計算結果の考察より摘出された検討課題のうち、結果に大きく寄与する可能性のある、集合体チャンネルでの気泡挙動モデル、FP気泡内ガス・エアロゾル変換モデル、カバーガス内FP減衰モデルの改造を行い、改造機能の確認解析を実施した。

(3) 改造コードの整備作業

上記改造作業に付随するコードの整合性を取るためのコード整備作業を実施した。

(4) 機能確認計算

本業務で改造したフローネットワークモデルに関して機能確認計算を行い、所定の機能を満たすことが確かめた。また、その他の解析モデルについても個別に機能確認計算を行ったところ、おおむね妥当と思われる結果を得ることができ、所定の機能を満足していることが確認された。しかし、より正確な評価を行うために、今後は、ベースデータの見直しや今回の改造で考慮しなかったファクターの導入等を行う必要がある。

7.参考文献

- (1) 宮木和美, 宮原信哉, 「炉内ソースターム挙動解析コードTRACERの開発」,
PNC ZN9410 93-015, 1993年1月
- (2) 宮木和美, 宮原信哉, 「炉内ソースターム挙動解析コードTRACERの開発(II)」,
PNC ZN9410 94-061, 1994年2月
- (3) 山内通則他, 「冷却材中のFP挙動解析コードの開発」, PNC SJ2164 87-004, 1987年4月
- (4) R. Jonas and W. Schütz, "Motion and Deposition of Particles in Expanding
and Oscillating Gas Bubbles," J. Aerosol.Sci., Vol 19, No.6, pp.753-765, 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彙報第69
輯, pp11-25, 1986
- (6) S. K. Friedlander, "Smoke, Dust and Haze," Wiley-Intersci. Pub., pp.209-262, 1977
- (7) N. A. Fuchs and A. G. Sutugin, "High-dispersed aerosols, in "Topics in
Current aerosol research," Pergamon Press, pp1-70, 1971
- (8) Ricou, F. P. and Spalding, D. B., "Measurements of Entrainment of Axisymmetrical Turbulent
Jets," J, Fluid Mech. 11, pp21-32, 1961
- (9) Morton, B.R., Taylor G. I., and Turner J. C., "Turbulent Gravitational Convection from
Maintained and Instantaneous Sources," Proc. Roy. Soc. A23, pp1, 1956
- (10) Morton, B. R., "Forced Plumes," J. Fluid Mech. 5, 99151-163, 1959
- (11) Corradini, M. L., "Heat transfer and fluid flow aspects of fuel-coolant interactions., MIT
Nucl. Eng. Dept-COO-2781-12TR, 1978
- (12) Kutateladze, S. S., "Elements of the Hydrodynamics of Gas-Liquid Systems," Fluid
Mechanics-Soviet Research, 1, pp29-50
- (13) 宮原信哉, 姫野嘉昭, 「エアロゾル挙動解析コードABC-INTG (インプットマニュアル)」,
PNC SN9520 86-010, 1986年10月

付録A TRACER使用説明書

A.1 概要

1次冷却材中の線源挙動を把握するために、

- (1) 気泡内のエアロゾル挙動モデル
- (2) カバーガス/冷却材界面での気泡移行挙動モデル
- (3) 冷却材温度挙動モデル

を主要な改造項目として、TRACERコードの改造作業を実施した。
改造コードの概要は以下の通りである。

- (1) 使用言語 FORTRAN-IV
- (2) プログラムサイズ 約6000KB (変数領域可変)
- (3) カード枚数 約7000枚
- (4) 使用機種 IBM/FACOM 対応

A.2 プログラム構造

改造コードのプログラム構造をFig.A-1に示す。

A.3 サブルーチンの機能

- | | |
|----------------|----------------------------|
| (1) MAIN | TRACERのメインドライバー |
| (2) BLOCK DATA | 定数項等の設定ルーチン |
| (3) READIN | カード入力ルーチン |
| (4) INPOUT | 入力データの内、体系設定に係わるデータの出力ルーチン |
| (5) RSFIRE | リスタートI/Oルーチン |
| (6) STDRIV | 初期状態設定ルーチン |
| (7) STOUT | 初期状態出力ルーチン |
| (8) TRDRIV | 過渡計算のドライバー |
| (9) TRCONT | 過渡計算のコントロールルーチン |
| (10) RESET | 過渡時再設定ルーチン |
| (11) TROUT | 過渡時出力ルーチン |
| (12) TRPLOT | プロットファイルダンプルーチン |
| (13) FUTEMP | 燃料温度計算ルーチン |
| (14) FPREL | 燃料ピンからのFP放出ルーチン |
| (15) MOBUB | 気泡の動的挙動ルーチン |
| (16) ETRAN | 気泡・冷却材間熱伝達ルーチン |

(17) CHEMGS	気泡内ガス成分化学種変化ルーチン
(18) FCHAIN	FP崩壊モジュール
(19) MTRAN	気液間質量移行ルーチン
(20) AEBUB	気泡内エアロゾル挙動ルーチン
(21) WTRAN	壁面沈着挙動ルーチン
(22) CONCAL	冷却材中濃度計算ルーチン
(23) MCOVER	カバーガス内挙動ルーチン
(24) COND	物性値 (熱伝達度)
(25) RHO	同 (密度)
(26) SURE	同 (表面張力)
(27) VISC	同 (粘性係数)
(28) ATOM	同 (原子量)
(29) DIFFV	同 (気相内拡散係数)
(30) DIFFL	同 (液相内拡散係数)
(31) VPRES	同 (飽和蒸気圧)
(32) SPHT	同 (比熱)
(33) DECON	同 (崩壊定数)
(34) BETA	ブラウン運動、重力および乱流による凝集係数解析ルーチン
(35) BUMP1	分布関数
(36) COEF	区間別凝集係数解析ルーチン
(37) CONT	積分コントロールルーチン
(38) DEPOST	沈着速度解析ルーチン
(39) DIFFUN	微係数解析ルーチン
(40) ERRCHK	エラーチェックルーチン
(41) FUN	凝集係数積分制御ルーチン
(42) GAUS8	8点ルジャンドル・ガウス法による積分ルーチン
(43) GENFCM	時間制御ユーティリティルーチン
(44) INP	エアロゾル入力ルーチン
(45) KUTTA1	クッタ・マーソン法による積分ルーチン
(46) OUTP	エアロゾル出力ルーチン
(47) QNC7	7点ニュートン・コーツ法による積分ルーチン
(48) RAVE	粒子番号と質量ごとの平均粒径計算ルーチン
(49) STATIC	粒径の対数平均と標準偏差計算ルーチン
(50) TRANST	エアロゾル挙動のトランジェント計算ルーチン
(51) CIMAGE	入力カードイメージ表示ルーチン
(52) CHGOUT	データ出力時の単位変換ルーチン
(53) CURVE	各種テーブル値の内挿ルーチン
(54) DRAGC	ドラッグ係数算出ルーチン
(55) EDT2DI	2次元整数配列データ表示ルーチン
(56) EDT2DR	2次元実数配列データ表示ルーチン
(57) EDT3DI	3次元整数配列データ表示ルーチン

(58) EDT3DR	3次元実数配列データ表示ルーチン
(59) ENTRAIN	エントレインによるエアロゾル減衰計算ルーチン
(60) FPREL1	燃料ピンからのFP 直接放出計算ルーチン
(61) FPREL2	燃料ピンからのFP ギャップ放出計算ルーチン
(62) ANEW	動粘性係数テーブル
(63) RFVEL	燃料ピンからのFP 放出速度テーブル
(64) PSTAT	飽和蒸気圧計算ルーチン
(65) TABXV	各メッシュにおける液滴速度計算ルーチン

A.4 入力データ説明書

Table A-1 に改造コードの入力データ説明を示す。

A.5 入力データ作成時の注意

入力データ作成の場合に特に物質の指定に注意する必要がある。コード内で 設定されている物質とその引用番号は以下の通り。

```

c*****
c*  in   1 = n2,  2 = o2,  3 = he,  4 = ar,  5 = kr,  *
c*      6 = xe,  7 =   ,  8 =   ,  9 =   , 10=   *
c*     11=h2ov, 12= nav, 13= i2v, 14=naiv, 15=csiv, *
c*     16= csv, 17= tev, 18=uo2v, 19= fev, 20=   , *
c*     21=h2ol, 22= nal, 23= i2l, 24=nail, 25=csil, *
c*     26= csl, 27= tel, 28=uo2l, 29= fel, 30=   , *
c*     31=clzr, 32=clsn, 33= ru,  34= zr,  35= ba, *
c*     36= sb,  37= ag,  38=   , 39=   , 40=   , *
c*     41=na2o, 42=na2o2, 43=naoh, 44= b4c, 45=   , *
c*     46=kr90, 47=i133, 48=i134, 49=i135, 50=i136, *
c*     51=xe135, 52=rb89, 53=rb90, 54=cs138, 55=i136m, *
c*****

```

A.6 リスタートおよびプロット使用上の注意

リスタートおよびプロットに関するデータは入力データ（「プロットGDAT1」）を参照のこと。

A.7 サンプル入出力例

Table A-2 にサンプル入力／出力データ例を示す。

Table A-1 Description of Input Variables (1/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 0	ITITLE (I) I=1, 14 (18A4)	計算ケースタイトル名	-	タイトルカードのみ フォーマット付きデータで 入力する。
Block 1 「GDAT1」	&GDAT1 IOPT (I), I=1, 20	Name List名「GDAT1」 I=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 I=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 I=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 I=5, 気泡ソースを指定する メッシュ番号 I=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 I=7, 燃料ピンからの気泡放出 オプション =0, しない =1, する I=8, Rayleigh 方程式の解法 =0, 解かない =1, exactな解 =2, 準定常解		「GDAT1」はプログラム全体を コントロールする入力データ のブロックを示す。 =1, の時、FC11より入力。 ≠0, の時、FC12にリスタート ファイルを作成する。 ≠0, の時、FC15～にプロット ファイルを作成する。 ソースデータはsrdat1で指定 する。 =0, の時、ソース項を指定 メッシュに指定する。

Table A-1 Description of Input Variables (2/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 1 「GDAT1」	IOPT(I), I=1, 20	<p>I=9, 気泡分離合体オプション =0, 考慮しない =1, 限界We数(=6)以上で分離 =2, (3.7-11式による) =3, (3.7-12式による) =4, (3.7-13式による)</p> <p>I=10, ドラッグ係数オプション =1, Reの関数 =2, 気泡形状考慮</p> <p>I=11, 初期気泡数</p> <p>I=12, 強制気泡オプション</p> <p>I=13, 気泡物質係数オプション =1, (3.7-19式による) =2, (3.7-20式による)</p> <p>I=14, カバーガス移行係数 オプション =1, 瞬時平衡 =2, 拡散移行</p> <p>I=15, dtの分割数</p> <p>I=16, ギャップ放出の放出率 指定オプション =0, 放出率指定なし (コード内部で計算) =1, 放出率指定あり</p> <p>I=17, エントレイン計算 オプション =0, エントレインによる 減衰考慮せず =1, エントレインによる 減衰を考慮</p>		=1のとき、fudat1のdsorxcで 放出率を指定する。

Table A-1 Description of Input Variables (3/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 1 「GDAT1」	ILOPT(I), I=1,10	プリントデータオプション =1, FP放出部プリント =2, 気泡挙動プリント =3, 系内FP濃度プリント =4, カバーガス濃度プリント =5, 壁面濃度プリント =0, プリントしない =1, プリントする		

Table A-1 Description of Input Variables (4/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 1 「GDAT1」	IDBUG(I), I=1,20	デバッグプリントオプション I=1,20 まで、各サブルーチン に対応させてデバッグ プリントを行う =0, デバッグプリント しない =1, デバッグプリントする (I)= 1, TRDRIV = 2, TRCONT = 3, RESET = 4, FUTEMP = 5, FPREL1 = 6, FPREL2 = 7, FPREL = 8, MOBUB = 9, ETRAN =10, CHEMGS =11, FCHAIN =12, MTRAN =13, AEBUB =14, WTRAN =15, CONCAL =16, MCOVER =17, 未使用 =18, 〃 =19, 〃 =20, 〃		

Table A-1 Description of Input Variables (5/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 1 [GDAT1]	NCMAX	シミュレーション時間 ステップの最大値	-	
	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 の最大グローバル時間 ステップ巾	S	
	JPN (I), I=1, NPN	区間I のプリント間隔	-	ILOPTで内容が指定される。
	JPL (I), I=1, NPN	区間I のプロット間隔...	-	ILOPT (3)≠0 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	-	ILOPT (2)=2 の時 有効
	NTAB	入力するテーブルの種類数 (≤10)	-	プログラムで使用されるテ ーブルをここで全て入力し、テ ーブル番号で引用する。
	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(関数值) データ	任意	
	&END	Name list [GDAT1] の終了 フラッグ		

Table A-1 Description of Input Variables (6/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 2 [CLDAT1]	&CLDAT1	Name list名 [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。
	ICMAX	計算体系の全メッシュ数 (≤ 30)		
	XORGN	計算体系の径方向基準座標	m	
	ZORGN	同上 の軸方向基準座標	m	
	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 ³	
	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	実効的座標はXC(I)-XORGNで与えられる。
	ZC(I), I=1, ICMAX	同上 の軸方向座標	m	実効的座標はZC(I)-ZORGNで与えられる。
	DXC(I), I=1, ICMAX	メッシュIの径方向座標巾	m	
	DZC(I), I=1, ICMAX	メッシュIの軸方向座標巾	m	
	IWMAX(I), I=1, ICMAX	メッシュIに接する壁面の数 >0, の時有効 (≤ 3)	-	
	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 or 1)	-	

Table A-1 Description of Input Variables (7/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 2 [CLDAT1]	TCW(K, I), K=1, IWMAX(I)	メッシュI に接する壁面K の 温度	K	
	ACW(K, I), K=1, IWMAX(I)	メッシュI に接する壁面K の 表面積	m ²	
	ALENW(K, I), K=1, IWMAX(I)	メッシュI に接する壁面K の メッシュに沿った長さ	m	
	AGCV(K, I), I=1, ICMAX(I)	メッシュI がカバーガスに 接する場合の接触面積	m ²	
	JCMAX	計算体系内のメッシュ間連結 流路の最大数 (≤30)		
	IJC1(J), J=1, JCMAX	流路J の上流側メッシュ番号		
	IJC2(J), J=1, JCMAX	流路J の下流側メッシュ番号		
	VFLW(J), J=1, JCMAX	流路J の体積流量	m ³ / s	
	ARE(J), J=1, JCMAX	流路J の流路断面積	m ²	
	ALEN(J), J=1, JCMAX	流路J の流路長	m	
	GZAI(J), J=1, JCMAX	流路J の実効流路抵抗	-	現状のオプションでは、考慮 されない。
GDIRE(J), J=1, JCMAX	流路J の重力方向成分			

Table A-1 Description of Input Variables (8/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 2 [CLDAT1]	TCGN	カバーガス温度	K	
	VCGN	カバーガス領域体積	m ³	
	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 ²	
	TGCR	同上 温度	K	
	AGCW	カバーガス領域壁面表面積	m ²	
	TGCW	同上 温度	K	
	RGLEK	カバーガス領域漏洩率	1 / s	
	&END	Name list [CLDAT1] の終了 フラッグ		

Table A-1 Description of Input Variables (9/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 3 「MADAT1」	&MADAT1	Name list名「MADAT1」		「MADAT1」は、物質指定に関する入力データリストである。
	MADAT	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		
	MATIN (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		
	&END	Name list 「MADAT1」の終了フラッグ		

Table A-1 Description of Input Variables (10/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 4 [FUDAT1]	&FUDAT1	Name list名「FUDAT1」		[FUDAT1]は、燃料ピン計算に関する入力データリストである。
	IFUEL	燃料からのFP放出考慮する該当冷却材メッシュ番号 (\leq ICMAX)	-	現状では複数個のメッシュを定義できない。
	IFCH	燃料ピンの最大チャンネル数 (\leq 3)	-	性質の異なる燃料ピンをグループ化して考慮する。
	NFU	燃料ピンの最大軸方向分割数 (\leq 10)	-	
	NPIN(I), I=1, IFCH	チャンネルIに属する燃料ピンの数	-	
	NFTAB(I), I=1, IFCH	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), N=1, NF, I=1, IFCH	チャンネルIに属する燃料ピンの基準温度分布	K	通常 $t=0$ の値を入力し、時間・温度割合のテーブルから時刻 t での分布を算出する。 TFUN(N, I) = TFUI(N, I) \times fx (テーブル値)
	QSOR(N, M, I), N, I, NF, M=1, MXMT I=1, IFCH	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	モル	
	PSOR(M, I), M=1, MXMT I=1, IFCH	同チャンネルのギャップ部に含まれる物質Mの初期インベントリ	モル	
TIFAL(I), I=1, IFCH	同チャンネルの燃料ピン破損時刻	S		
PINN(I), I=1, IFCH	チャンネルIの燃料ピンガスプレナム中の圧力	Pa		

Table A-1 Description of Input Variables (11/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 4 「FUDAT1」	REI (I), I=1, IFCH	チャンネルI の燃料ピンの内半径	m	
	PLEN (I), I=1, IFCH	チャンネルI の燃料ピンのプレナムの長さ	m	
	TINN (I), I=1, IFCH	同燃料ピンのプレナム温度	K	
	GFRC (M, I), M=1, MXMT, I=1, IFCH	同燃料ピンガスプレナム中の物質M のモル分率	-	
	GAM (I), I=1, IFCH	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暫定的に入力。
	TOTN (I), I=1, IFCH	燃料破損部の温度	K	
	POTN (I), I=1, IFCH	同 圧力	Pa	
	FRC (I), I=1, IFCH	破損燃料ピンの抵抗係数		
	CLEN (I), I=1, IFCH	破損燃料ピンガスプレナム・破損部間距離	m	
	HYD (I), I=1, IFCH	燃料ピンギャップ部等価直径	m	$= 4A / Pe$, A : 等価断面積 Pe : ぬれぶち長さ
	AOR (I), I=1, IFCH	破損部等価面積	m ²	
&END	Name list 「FUDAT1」の終了フラッグ	-		

Table A-1 Description of Input Variables (12/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 5				エアロゾル分布カード
E10.0	CO	初期濃度 MCL=1, 12, 123 primary MCL=23 secondary	g/cm ³	MCLの値によってどの容器の初期濃度を示すかが異なる。
E10.0	RG	初期エアロゾル分布の幾何平均半径	cm	
E10.0	SIGG	初期エアロゾル分布の幾何標準偏差	-	
E10.0	RMIN	エアロゾル分布の最小半径	cm	RMIN、RMAXは、解法上、次式を満足しなければならない。
E10.0	RMAX	エアロゾル分布の最大半径	cm	$(RMAX/RMIN)^{3/(KL-1)} \geq 2$
E10.0	CMIN	エアロゾル分布の凝集計算最小濃度	g/cm ³	容器カード参照

Table A-1 Description of Input Variables (13/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 6				エアロゾル物性および形状係数カード
E10.0	R0	エアロゾル粒子の密度	g/cm ³	
E10.0	AXGP	容器内ガスとエアロゾル粒子の熱伝導率の比の値	-	
E10.0	EPSKG	重力凝集係数に乗じるファクター =-1, Fuchs relation =-2, HAARM relation	-	
E10.0	FKAI	重力沈降形状係数	-	
E10.0	FGAM	凝集形状係数	-	
E10.0	EPST	乱流エネルギー消費量	cm ² /s ³	乱流凝集を考慮する時のみ必要
E10.0	FF2	secondaryからの漏洩のうちannulusへ漏れる割合 (0<FF2<1)	-	
E10.0	FFF	annulusのfilterより外気へ漏れる割合 (0<FF2<1)	-	

Table A-1 Description of Input Variables (14/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 7				プロットスケールカード
E10.0	XMINT	濃度変化図の時刻最小値	m	これら4組のデータを入力する時は最小・最大共に入力すること。いずれかを一方しか与えないときはjobはabortされる。 また、両方ともブランクの時は、プログラム内で自動的に決定される。
E10.0	XMAXT	濃度変化図の時刻最大値	m	
E10.0	YMINC	濃度変化図の濃度最小値	g/cm ³	
E10.0	YMAXC	濃度変化図の濃度最大値	g/cm ³	
E10.0	XMINR	粒径分布図の半径最小値	cm	
E10.0	XMAXR	粒径分布図の半径最大値	cm	
E10.0	YMINX	粒径分布図の半径分布最小値	a cm ³ /cm ³	
E10.0	YMAXX	粒径分布図の半径分布最大値	a cm ³ /cm ³	

Table A-1 Description of Input Variables (15/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 8				
E10.0	O(N, 1)	基礎式中の係数		
E10.0	O(N, 2)			
E10.0	O(N, 3)			
E10.0	O(N, 4)			
E10.0	O(N, 5)			
E10.0	O(N, 6)			

Table A-1 Description of Input Variables (16/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 8				
E10.0	TIMS (1, N)	時刻 (J=1, KNTS (N))	m	
E10.0	SOR (1, N)	エアロゾル発生率	g/cm ³ s	
E10.0	TIMS (2, N)			
E10.0	SOR (2, N)			

Table A-1 Description of Input Variables (17/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
Block 9 「ENTDAT」	&ENTDAT	Name List名「ENTDAT」		「ENTDAT」はエントレインに関するデータを入力するブロックを示す。
	TS	エントレインに関連する計算の開始時刻	s	
	TE	エントレインに関連する計算の終了時刻	s	
	JMAX	燃料ピンの軸方向メッシュ分割数	-	
	SIGC	冷却材の表面張力	N/m	
	RHOL	冷却材密度	kg/m ³	
	RHOG (J), J=1, JAX	燃料ピンの各メッシュにおける気泡密度	kg/m ³	
	AL (J), J=1, JMAX	燃料ピン中の各メッシュの内 壁面積 (エントレイン面積)	m ²	
	ACC (J), J=1, JMAX+1	燃料ピン中の各メッシュ境界 の断面積	m ²	
	THKL (J), J=1, JMAX	燃料ピン内壁の初期液膜厚	m	
	VG (J), J=1, JMAX	燃料ピンの各メッシュ体積	m ³	
	GM	エアロゾル構成分子の質量	kg	
	VL	エアロゾル構成分子の体積	m ³	
	CN	エアロゾル構成分子の個数濃 度	1/m ³	
	UC (J), J=1, JMAX+1	燃料ピンの各メッシュ境界に おける流速	m/s	

Table A-1 Description of Input Variables (18/18)

Block No.	変数名	変数の意味	単位	備考
	TK	冷却材沸点	K	
	TKIN	ガス温度	K	
	EP	衝突確率	-	
	FG	抵抗係数	-	
	CIN J=1, JMAX	各セルにおけるエアロゾルソース	1/m ³ ・s	IOPINが1のときこの値は使用しない。
	DIFG	拡散係数	-	
	IOPIN	エアロゾルのソースの与え方を決定 = 0 入力CINで与えた値を使用 = 1 均一相核生成・不均一相核生成によるエアロゾルの生成項を計算	-	
	&END	NAME LIST 「ENTDAT」の終了フラッグ		

Table A-2 Sample Input / Output List

1

```

**** card image. please check your data cards ****
 0      1      2      3      4      5      6      7      8
numb 0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0
 1 test run for mol7c/6 experiment mol7c-8
 2 &cdat1
 3   iopt( 1)= 20*0,
 4   iopt( 1)= 0, 1, 1,
 5   iopt( 5)= 1,
 6   iopt( 6)= 0,
 7   iopt( 7)= 0,
 8   iopt( 8)= 2,
 9   iopt( 9)= 3,
10   iopt(10)= 0,
11   iopt(11)= 1,
12   iopt(12)= 0,
13   iopt(13)= 1,
14   iopt(14)= 0,
15   iopt(15)= 1,
16   ipopt( 1)= 10*0,
17   ipopt( 1) = 1, 1, 1, 1,
18   ipopt( 5)= 0, 0, 0, 1,
19   idbug( 1)= 50*0,
20   idbug( 8)= 0,
21   ropt(1)= 1.000e-09,  ropt(2)= 0.1,
22   ropt(3)= 0.5
23   ropt(4)= 1.00,
24   ropt(5)= 0.01,
25   ropt(5)= 10.0,
26   nrmx= 10000,      timax= 3.000e+00,
27   npr = 4,
28   ptime( 1)= 1.000e-01, 1.000e+00, 3.000e+00, 1.000e+01,
29   dti( 1)= 1.000e-02, 1.000e-02, 1.000e-02, 1.000e-02,
30   jpr( 1)= 10, 10, 10, 100,
31   jpl( 1)= 5, 5, 5, 5,
32   jrs( 1)= 500, 500, 500, 500,
33   ntab= 2,
34   mxtab( 1)= 8, 10,
35   xtab( 1, 1)= 0.0, 2.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 100.0,
36   ftab( 1, 1)= 1.0, 1.0, 1.393, 1.393, 2.296, 2.296, 0.607, 0.607,
37   xtab( 1, 2)= 0.0, 10., 20., 30., 40., 50., 60., 70., 80., 100.,
38   ftab( 1, 2)= 10*1.0,
39   tdbug(1) = 4.000, 4.100,
40   &end
41   &clcat1
42   icrn= 8,
43   xorn= 0.0,      zorn= 2.000,
44   ton( 1)= 773.0, 773.0, 773.0, 773.0, 773.0,
45   ton( 6)= 773.0, 773.0, 773.0,
46   von( 1)= 1.767e-02, 1.767e-02, 1.767e-02, 1.767e-02, 1.767e-02,
47   von( 6)= 1.767e-02, 1.767e-02, 1.767e-02,
48   pon( 1)= 1.166e+05, 1.145e+05, 1.125e+05, 1.105e+05, 1.084e+05,
49   pon( 6)= 1.064e+05, 1.044e+05, 1.023e+05,
50   xc( 1) = 8*0.15,
numb 0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0
 0      1      2      3      4      5      6      7      8

```

1

```

**** card image. please check your data cards ****
 0      1      2      3      4      5      6      7      8
numb 0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0

```

```

51  zc( 1) = 0.125, 0.375, 0.625, 0.875, 1.125,
52  zc( 6) = 1.375, 1.625, 1.875,
53  dxc( 1) = 8*0.30,
54  dzc( 1) = 8*0.25,
55  imax( 1) = 8*1,
56  tcw(1,1)= 773.0, acw(1, 1)= 2.356e-01, alerw(1, 1)= 0.25,
57  tcw(1,2)= 773.0, acw(1, 1)= 2.356e-01, alerw(1, 1)= 0.25,
58  tcw(1,3)= 773.0, acw(1, 1)= 2.356e-01, alerw(1, 1)= 0.25,
59  tcw(1,4)= 773.0, acw(1, 1)= 2.356e-01, alerw(1, 1)= 0.25,
60  tcw(1,5)= 773.0, acw(1, 1)= 2.356e-01, alerw(1, 1)= 0.25,
61  tcw(1,6)= 773.0, acw(1, 1)= 2.356e-01, alerw(1, 1)= 0.25,
62  tcw(1,7)= 773.0, acw(1, 1)= 2.356e-01, alerw(1, 1)= 0.25,
63  tcw(1,8)= 773.0, acw(1, 1)= 2.356e-01, alerw(1, 1)= 0.25,
64  icover( 1) = 8*0,
65  icover( 8) = 1,
66  agcv( 6) = 7.069e-02,
67  jcmx = 7,
68  ijcl( 1) = 1, ijc2( 1) = 2,
69  vflw(1) = 0.000, are(1) = 7.069e-02, alen(1) = 0.25,
70  gzai(1) = 1.0, gdire(1) = -1.0,
71  ijcl( 2) = 2, ijc2( 2) = 3,
72  vflw(2) = 0.000, are(2) = 7.069e-02, alen(2) = 0.25,
73  gzai(2) = 1.0, gdire(2) = -1.0,
74  ijcl( 3) = 3, ijc2( 3) = 4,
75  vflw(3) = 0.000, are(3) = 7.069e-02, alen(3) = 0.25,
76  gzai(3) = 1.0, gdire(3) = -1.0,
77  ijcl( 4) = 4, ijc2( 4) = 5,
78  vflw(4) = 0.000, are(4) = 7.069e-02, alen(4) = 0.25,
79  gzai(4) = 1.0, gdire(4) = -1.0,
80  ijcl( 5) = 5, ijc2( 5) = 6,
81  vflw(5) = 0.000, are(5) = 7.069e-02, alen(5) = 0.25,
82  gzai(5) = 1.0, gdire(5) = -1.0,
83  ijcl( 6) = 6, ijc2( 6) = 7,
84  vflw(6) = 0.000, are(6) = 7.069e-02, alen(6) = 0.25,
85  gzai(6) = 1.0, gdire(6) = -1.0,
86  ijcl( 7) = 7, ijc2( 7) = 8,
87  vflw(7) = 0.000, are(7) = 7.069e-02, alen(7) = 0.25,
88  gzai(7) = 1.0, gdire(7) = -1.0,
89  nctab = 2,
90  togr= 773.0,
91  vogr= 2.121e-02,
92  pogr= 1.013e+05,
93  hgor= 0.3,
94  agor= 7.069e-02,
95  tgor= 773.0,
96  agow= 2.827e-01,
97  tgow= 773.0,
98  rglek= 1.000e-10,
99  pglek= 1.000e-10,
100  &end
numb 0++++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0
      0         1         2         3         4         5         6         7         8

```

1

```

**** card image. please check your data cards ****
      0         1         2         3         4         5         6         7         8
numb 0++++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0+++5+++0
101  smadat1
102  namat= 22,
103  mxmt= 5,
104  matn( 1) = 4, 6, 13, 23, 24,
105  fogml( 1) = 5*0.0,
106  fogml( 1) = 1.0,
107  &end

```

```

108 &fxdat1
109   ifuel= 1,
110 &end
111 &srdat1
112   vblsn = 5.000e-04,
113   tblsn = 773.0,
114   iblsn = 1,
115   fblsn(1) = 0.0, 0.80, 0.20, 0.0, 0.0,
116 &end
117 &endat
118   icpin=0,
119   ts=0.,te=1.e-00,
120   jrax=5,
121   sigc=0.147,
122   rho1=800.,
123   rhog(1)=10*1.8,
124   cin(1)=1.e08,
125   uc(1)=11*80.0,
126   al(1)=10*3.14e-2,
127   acc(1)=11*7.9e-3,
128   vg(1)=10*1.58e-3,
129   gm=4.3e-25,
130   vl=4.78e-29,
131   cr=1.67e23,
132   tk=873.,
133   tkin = 973.,
134   difg = 0.5e-04,
135   fg=3.2e-5,
136   ep = 0.005,
137   thkl(1)=10*1.e-2
138 &end
139 entrainment case
140   5 500 1 18 50 0 0
141   2 0 8
142   0. .5-4 1.7 5.-6 2.5-3
143   .3 .0369 0.3
144
145
146   1. 0.01 0.1 0.5 2. 5. 10. 20. 1.-12 1.-4
147   30. 60. 120. 240. 300. 600. 1200. 2400.
148   6000. 1.2e4
149   6 10 9 6 5 4 8 6
150   6 13 26 17 32 10 30 20
151   0 1 2 3 4 5 6 7 8

```

1

```

**** card image. please check your data cards ****
0 1 2 3 4 5 6 7 8
151 0 1 2 3 4 5 6 7 8
152 22 10
153 1.7e+2 1.33e+8 2.1e+6 7.85e+5 .7 .01
154 1. 1. 1. 1. 1. 1.
155 0. 873. 773. 1.013+6
156 1.+10 873. 773. 1.013+6
157 0. 0. 0.1 3.1e-10 0.10083 3.1e-8 0.10167 4.1e-8
158 0.10833 5.6e-8 0.11667 6.1e-8 0.16667 0. 1.e10 0.
159 0 1 2 3 4 5 6 7 8

```

test nn for mol7c/6 experiment mol7c-8
iopt (1): restart option = 0

```

icpt ( 2):          =          1
icpt ( 3):          =          1
icpt ( 4):          =          0
icpt ( 5):          =          1
icpt ( 6):          =          0
icpt ( 7):          =          0
icpt ( 8):          =          2
icpt ( 9):          =          3
icpt (10):          =          0
ipopt ( 1): long edit option =          1
ipopt ( 2): short edit option =          1
ipopt ( 3):          =          1
ipopt ( 4):          =          1
ipopt ( 5):          =          0
ipopt ( 6):          =          0
ipopt ( 7):          =          0
ipopt ( 8):          =          1
ipopt ( 9):          =          0
ipopt (10):          =          0
nmax   : number of time step      =      10000
nptn   : number of edit intervals =          4
timax  : maximum simulation time(s) = 3.000E+00

```

```

ptime (i): final time in i-th time interval(s)
1.000E-01 1.000E+00 3.000E+00 1.000E+01

```

```

dti (i): time increment in i-th time interval(s)
1.000E-02 1.000E-02 1.000E-02 1.000E-02

```

```

jpn (i): print step in i-th time interval
10      10      10      100

```

```

jpl (i): plot step in i-th time interval
5       5       5       5

```

```

jrs (i): file save step in i-th time interval
500     500     500     500

```

```

icmax : number of cells          =      8  jmax : number of cell junctions =      7
nmmt  : number of materials      =      5
matn  : material type
4     6    13   23   24
xorgn : x-original point (m)     = 0.000E+00  yorgn : y-original point (m)     = 2.000E+00

```

icl	im	icv	tcn(k)	vcn(m ³)	xc(m)	zc(m)	dx(m)	dz(m)
1	1	0	7.730E+02	1.767E-02	1.500E-01	1.250E-01	3.000E-01	2.500E-01
			(wall adjacent cell) no.	tcw(k)	acw(m ²)	alerw(m)		
				1 7.730E+02	2.356E-01	2.500E-01		
2	1	0	7.730E+02	1.767E-02	1.500E-01	3.750E-01	3.000E-01	2.500E-01
			(wall adjacent cell) no.	tcw(k)	acw(m ²)	alerw(m)		
				1 7.730E+02	0.000E+00	0.000E+00		
3	1	0	7.730E+02	1.767E-02	1.500E-01	6.250E-01	3.000E-01	2.500E-01
			(wall adjacent cell) no.	tcw(k)	acw(m ²)	alerw(m)		
				1 7.730E+02	0.000E+00	0.000E+00		
4	1	0	7.730E+02	1.767E-02	1.500E-01	8.750E-01	3.000E-01	2.500E-01
			(wall adjacent cell) no.	tcw(k)	acw(m ²)	alerw(m)		
				1 7.730E+02	0.000E+00	0.000E+00		
5	1	0	7.730E+02	1.767E-02	1.500E-01	1.125E+00	3.000E-01	2.500E-01
			(wall adjacent cell) no.	tcw(k)	acw(m ²)	alerw(m)		
				1 7.730E+02	0.000E+00	0.000E+00		
6	1	0	7.730E+02	1.767E-02	1.500E-01	1.375E+00	3.000E-01	2.500E-01
			(wall adjacent cell) no.	tcw(k)	acw(m ²)	alerw(m)		
				1 7.730E+02	0.000E+00	0.000E+00		
7	1	0	7.730E+02	1.767E-02	1.500E-01	1.625E+00	3.000E-01	2.500E-01


```

(wall adjacent cell) no.   tcw(k)   acw(m*2)   alerw(m)
                        1 7.730E+02 0.000E+00 0.000E+00
8  1  1 7.730E+02 1.767E-02 1.500E-01 1.875E+00 3.000E-01 2.500E-01
(wall adjacent cell) no.   tcw(k)   acw(m*2)   alerw(m)
                        1 7.730E+02 0.000E+00 0.000E+00
(cover gas adjacent cell) agcv : area (m**2)= 0.000E+00

```

```

ijc jcl jc2 vfl(m3/s) are(m*2) alen(m)   gzai   gdire   rdire
  1  1  2 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01 1.000E+00-1.000E+00 0.000E+00
  2  2  3 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01 1.000E+00-1.000E+00 0.000E+00
  3  3  4 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01 1.000E+00-1.000E+00 0.000E+00
  4  4  5 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01 1.000E+00-1.000E+00 0.000E+00
  5  5  6 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01 1.000E+00-1.000E+00 0.000E+00
  6  6  7 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01 1.000E+00-1.000E+00 0.000E+00
  7  7  8 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01 1.000E+00-1.000E+00 0.000E+00

```

cover gas groval data information

```

fognl : mol fraction in cg   = 1.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
togn   : gas temperature(k)   = 7.730E+02   vogn   : gas volume(m**3)   = 2.121E-02
pogn   : gas pressure(Pa)     = 1.013E+05   hogn   : height of cg space(m) = 3.000E-01
agcr   : roof area of cg(m*2) = 7.069E-02   tgrc   : roof temperature(k)   = 7.730E+02
agcw   : wall area of cg(m*2) = 2.827E-01   tgcw   : wall temperature(k)   = 7.730E+02
rglek  : leak rate(1/s)      = 1.000E-10

```

ifch : number of failure group = 0

```

gr. no.   pin no.   R(j/kgK)   cp/cv   rin(m)   plen(m)   tin(k)   tot(k)
gr. no.   pin(Pa)   Pot(Pa)   f(ini)   clen(m)   hyd(m)   aorf(m*2)

```

*coolant mesh information

```

mesh no.   = 1   kku(i):jc no= 0   kkw(i):jc no= 1
  i   k iwcel wveli   warec   walen   gdire
  1   1   2 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
mesh no.   = 2   kku(i):jc no= 0   kkw(i):jc no= 2
  i   k iwcel wveli   warec   walen   gdire
  2   1   1 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
  2   2   3 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
mesh no.   = 3   kku(i):jc no= 0   kkw(i):jc no= 2
  i   k iwcel wveli   warec   walen   gdire
  3   1   2 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
  3   2   4 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
mesh no.   = 4   kku(i):jc no= 0   kkw(i):jc no= 2
  i   k iwcel wveli   warec   walen   gdire
  4   1   3 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
  4   2   5 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
mesh no.   = 5   kku(i):jc no= 0   kkw(i):jc no= 2
  i   k iwcel wveli   warec   walen   gdire
  5   1   4 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
  5   2   6 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
mesh no.   = 6   kku(i):jc no= 0   kkw(i):jc no= 2
  i   k iwcel wveli   warec   walen   gdire
  6   1   5 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
  6   2   7 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
mesh no.   = 7   kku(i):jc no= 0   kkw(i):jc no= 2
  i   k iwcel wveli   warec   walen   gdire
  7   1   6 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
  7   2   8 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
mesh no.   = 8   kku(i):jc no= 0   kkw(i):jc no= 1
  i   k iwcel wveli   warec   walen   gdire
  8   1   7 0.000E+00 7.069E-02 2.500E-01-1.000E+00
mesh xl (m)   xr (m)   uli (m/s)   uri (m/s)   zd (m)   zu (m)   wdi (m/s)   wui (m/s)
  1 0.000E+00 3.000E-01 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 2.500E-01 0.000E+00 0.000E+00
  2 0.000E+00 3.000E-01 0.000E+00 0.000E+00 2.500E-01 5.000E-01 0.000E+00 0.000E+00
  3 0.000E+00 3.000E-01 0.000E+00 0.000E+00 5.000E-01 7.500E-01 0.000E+00 0.000E+00

```

```

4 0.000E+00 3.000E-01 0.000E+00 0.000E+00 7.500E-01 1.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
5 0.000E+00 3.000E-01 0.000E+00 0.000E+00 1.000E+00 1.250E+00 0.000E+00 0.000E+00
6 0.000E+00 3.000E-01 0.000E+00 0.000E+00 1.250E+00 1.500E+00 0.000E+00 0.000E+00
7 0.000E+00 3.000E-01 0.000E+00 0.000E+00 1.500E+00 1.750E+00 0.000E+00 0.000E+00
8 0.000E+00 3.000E-01 0.000E+00 0.000E+00 1.750E+00 2.000E+00 0.000E+00 0.000E+00

```

1

transient results from fpsort calculation

*nc = 0 *time(s)= 0.000E+00 *dt (s)= 0.000E+00

*tfu(k) fuel temperature distribution

*kbln(bubble no.) = 1 *kblo(bubble no.) = 1

k	mesh	shape	deqp (m)	vdbl (m3)	anob (-)	ecct (b/a)	xbl (m)	zbl (m)	ubv (m/s)	wbv (m/s)
1	1	1	9.847E-02	5.000E-04	1.000E+00	0.000E+00	1.500E-01	1.250E-01	0.000E+00	0.000E+00

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

(m,k)	1
5	0.000E+00
4	0.000E+00
3	1.814E-03
2	7.255E-03
1	0.000E+00

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

(m,k)	1
5	0.000E+00
4	0.000E+00
3	3.627E+00
2	1.451E+01
1	0.000E+00

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

(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
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
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
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

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

(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
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
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
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

*tmlcp (mol) --- mol in coolant mesh

(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
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
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
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

*ccbp (mol/m**3) --- average conc. in bubble

(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
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
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
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

*cover gas information

m	natn	intyp	tmlg (ml)	cog (ml/m3)	tmgc (ci)	fcgml (-)
1	4	0	3.342E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.000E+00
2	6	0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
3	13	1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	23	2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	24	2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

*pcgn (Pa) --- cover gas pressure 1.013E+05

```

*vogn (m3) --- cover gas volume      2.121E-02
*togn (K)   --- cover gas temperature 7.730E+02
*ttlgnc(ci) --- cover gas total cbse 0.000E+00
1
# ct = 0.00000D+00

# j x(j)      cd(j)
1 0.000D+00 0.000D+00 0.000D+00
2 2.000D-01 0.000D+00 0.000D+00 0.000D+00
3 4.000D-01 0.000D+00 0.000D+00 0.000D+00 0.000D+00
4 6.000D-01 0.000D+00 0.000D+00 0.000D+00 0.000D+00 0.000D+00
5 8.000D-01 0.000D+00 0.000D+00 0.000D+00 0.000D+00 0.000D+00 0.000D+00

# j x(j)      ud(j)
1 0.000D+00 0.000D+00
2 2.000D-01 4.802D+01 0.000D+00
3 4.000D-01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
4 6.000D-01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
5 8.000D-01 7.068D+01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
6 1.000D+00 7.344D+01 7.068D+01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00

# j x(j)      rd(j)
1 0.000D+00 7.656D-05
2 2.000D-01 7.656D-05 7.656D-05
3 4.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05
4 6.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05
5 8.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05

# j x(j)      cc(j)
1 0.000D+00 0.000D+00
2 2.000D-01 0.000D+00
3 4.000D-01 0.000D+00
4 6.000D-01 0.000D+00
5 8.000D-01 0.000D+00

*transient results from fpsort calculation*
*nc      =      10      *time(s)= 1.000E-01 *ct (s)= 1.000E-02
*tfu(k)  fuel temperature distribution
*kbln(bubble no.) =      1      *kblo(bubble no.) =      1
  k mesh shape decp(m)  vibbl(m3)  ancb(-)  ecct(b/a)  xbl(m)  zbl(m)  ubv(m/s)  wbv(m/s)
  1 1 3 9.860E-02 5.019E-04 1.000E+00 4.167E+00 1.500E-01 1.792E-01 0.000E+00 6.934E-01
*tmlbn(mol) --- mol in k-th 1 bubble
(m,k) 1
5 0.000E+00
4 0.000E+00
3 1.705E-03
2 7.255E-03
1 0.000E+00
*cobn(mol/m**3) --- conc. in k-th 1 bubble
(m,k) 1
5 0.000E+00
4 0.000E+00
3 3.396E+00
2 1.445E+01
1 0.000E+00
*tmlcn(mol) --- mol in coolant mesh
(m,i) 1 2 3 4 5 6 7 8
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
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
3 1.090E-04 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
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
*cocn(mol/m**3) --- conc. in coolant mesh
(m,i) 1 2 3 4 5 6 7 8

```

```

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
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
3  6.167E-03 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
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
*tmlbp (mol) — mol in coolant mesh
(m,i)  1      2      3      4      5      6      7      8
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
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
3  1.705E-03 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
2  7.255E-03 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
*ccbp (mol/m**3) — average conc. in bubble
(m,i)  1      2      3      4      5      6      7      8
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
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
3  3.396E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
2  1.445E+01 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

*cover gas information
m  matn  intyp  tmlg(ml)  cog(ml/m3)  tmgc(ci)  fogml(-)
1  4      0      3.342E-01  1.576E+01  5.439E-28  1.000E+00
2  6      0      0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
3  13     1      0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
4  23     2      0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
5  24     2      0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
*pcgn (Pa) — cover gas pressure  1.013E+05
*vcgn (m3) — cover gas volume  2.121E-02
*tcgn (K) — cover gas temperature  7.730E+02
*ttlgnc (ci) — cover gas total dose  5.439E-28
1
# rrc (m)  rrcj (n/m**3/s)  rrm (m)  5.20108E-10  1.10949E+15  1.86591E-06

# j  x(j)  cd(j)
1  0.000D+00  2.615D+02  2.615D+02
2  2.000D-01  1.307D+03  1.046D+03  2.615D+02
3  4.000D-01  4.643D+03  3.336D+03  1.046D+03  2.615D+02
4  6.000D-01  1.421D+04  9.566D+03  3.336D+03  1.046D+03  2.615D+02
5  8.000D-01  3.983D+04  2.568D+04  9.566D+03  3.336D+03  1.046D+03  2.615D+02

# j  x(j)  ud(j)
1  0.000D+00  0.000D+00
2  2.000D-01  4.802D+01  0.000D+00
3  4.000D-01  5.992D+01  4.802D+01  0.000D+00
4  6.000D-01  6.653D+01  5.992D+01  4.802D+01  0.000D+00
5  8.000D-01  7.068D+01  6.653D+01  5.992D+01  4.802D+01  0.000D+00
6  1.000D+00  7.344D+01  7.068D+01  6.653D+01  5.992D+01  4.802D+01  0.000D+00

# j  x(j)  rd(j)
1  0.000D+00  7.656D-05
2  2.000D-01  7.656D-05  7.656D-05
3  4.000D-01  7.656D-05  7.656D-05  7.656D-05
4  6.000D-01  7.656D-05  7.656D-05  7.656D-05  7.656D-05
5  8.000D-01  7.656D-05  7.656D-05  7.656D-05  7.656D-05  7.656D-05

# j  x(j)  cc(j)
1  0.000D+00  2.500D+05
2  2.000D-01  2.500D+05
3  4.000D-01  2.500D+05
4  6.000D-01  2.500D+05
5  8.000D-01  2.500D+05

# j  x(j)  df(j)

```

1 0.000D+00 1.000D+00
 2 2.000D-01 1.000D+00
 3 4.000D-01 1.000D+00
 4 6.000D-01 1.000D+00
 5 8.000D-01 1.000D+00

j x(j) thkl(j)
 1 0.000D+00 0.000D+00
 2 2.000D-01 0.000D+00
 3 4.000D-01 0.000D+00
 4 6.000D-01 0.000D+00
 5 8.000D-01 0.000D+00

j x(j) vfn(j)
 1 0.000D+00 4.916D-10
 2 2.000D-01 2.458D-09
 3 4.000D-01 8.729D-09
 4 6.000D-01 2.671D-08
 5 8.000D-01 7.499D-08

transient results from fpsort calculation

*nc = 20 *time(s)= 2.000E-01 *dt (s)= 1.000E-02

*tfu(k) fuel temperature distribution

*kbln(bubble no.) = 1 *kblo(bubble no.) = 1

k	mesh	shape	decp(m)	vbbl(m ³)	anob(-)	ecct(b/a)	xbbl(m)	zbl(m)	ubv(m/s)	wbv(m/s)
1	1	3	9.876E-02	5.044E-04	1.000E+00	4.167E+00	1.500E-01	2.486E-01	0.000E+00	6.948E-01

*tmbln(mol) — mol in k-th 1 bubble

(n,k)	1
5	0.000E+00
4	0.000E+00
3	1.603E-03
2	7.255E-03
1	0.000E+00

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

(n,k)	1
5	0.000E+00
4	0.000E+00
3	3.178E+00
2	1.438E+01
1	0.000E+00

*tmicn(mol) — mol in coolant mesh

(n,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
3	2.109E-04	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
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

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

(n,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
3	1.194E-02	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
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

*tmlbp(mol) — mol in coolant mesh

(n,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
3	1.603E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	7.255E-03	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

*cobp(mol/m**3) — average conc. in bubble

(n,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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

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
 3 3.178E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
 2 1.438E+01 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

*cover gas information

m	matn	intyp	tmlg(ml)	cog(ml/m3)	tmgc(ci)	fcgml (-)
1	4	0	3.342E-01	1.576E+01	5.439E-28	1.000E+00
2	6	0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
3	13	1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	23	2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	24	2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

*pcgn (Pa) — cover gas pressure 1.013E+05

*vcgn (m3) — cover gas volume 2.121E-02

*tcgn (K) — cover gas temperature 7.730E+02

*ttlgnc (ci) — cover gas total dose 5.439E-28

1

rrc (m) rcj (n/m**3/s) rxn (m) 5.20108E-10 1.10949E+15 2.67193E-06

j x(j) cd(j)

1 0.000D+00 6.006D-09 6.006D-09
 2 2.000D-01 3.024D-08 2.423D-08 6.006D-09
 3 4.000D-01 1.087D-07 7.844D-08 2.423D-08 6.006D-09
 4 6.000D-01 3.389D-07 2.303D-07 7.844D-08 2.423D-08 6.006D-09
 5 8.000D-01 9.790D-07 6.401D-07 2.303D-07 7.844D-08 2.423D-08 6.006D-09

j x(j) ud(j)

1 0.000D+00 0.000D+00
 2 2.000D-01 4.802D+01 0.000D+00
 3 4.000D-01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
 4 6.000D-01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
 5 8.000D-01 7.068D+01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
 6 1.000D+00 7.344D+01 7.068D+01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00

j x(j) rd(j)

1 0.000D+00 7.656D-05
 2 2.000D-01 7.656D-05 7.656D-05
 3 4.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05
 4 6.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05
 5 8.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05

j x(j) cc(j)

1 0.000D+00 2.500D+05
 2 2.000D-01 2.500D+05
 3 4.000D-01 2.500D+05
 4 6.000D-01 2.500D+05
 5 8.000D-01 2.500D+05

j x(j) df(j)

1 0.000D+00 1.000D+00
 2 2.000D-01 1.000D+00
 3 4.000D-01 1.000D+00
 4 6.000D-01 1.000D+00
 5 8.000D-01 1.000D+00

j x(j) thkl(j)

1 0.000D+00 0.000D+00
 2 2.000D-01 0.000D+00
 3 4.000D-01 0.000D+00
 4 6.000D-01 0.000D+00
 5 8.000D-01 0.000D+00

j x(j) vfn(j)

1 0.000D+00 1.129D-20

2 2.000D-01 5.685D-20
 3 4.000D-01 2.043D-19
 4 6.000D-01 6.372D-19
 5 8.000D-01 1.840D-18

transient results from fpsort calculation

*nc = 30 *time(s)= 3.000E-01 *dt (s)= 1.000E-02

*tfu(k) fuel temperature distribution

*kbln(bubble no.) = 1 *kblo(bubble no.) = 1

k	mesh	shape	decp (m)	vibbl (m3)	anob (-)	ecct (b/a)	xbtl (m)	zbtl (m)	ubv (m/s)	wbv (m/s)
1	2	3	9.892E-02	5.069E-04	1.000E+00	4.167E+00	1.500E-01	3.181E-01	0.000E+00	6.953E-01

*tmlbn (mol) — mol in k-th 1 bubble

(m,k)	1
5	0.000E+00
4	0.000E+00
3	1.507E-03
2	7.255E-03
1	0.000E+00

*cobn (mol/m**3) — conc. in k-th 1 bubble

(m,k)	1
5	0.000E+00
4	0.000E+00
3	2.973E+00
2	1.431E+01
1	0.000E+00

*tmlcn (mol) — mol in coolant mesh

(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
3	2.109E-04	9.571E-05	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
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

*cccn (mol/m**3) — conc. in coolant mesh

(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
3	1.194E-02	5.417E-03	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
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

*tmlbp (mol) — mol in coolant mesh

(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
3	0.000E+00	1.507E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	0.000E+00	7.255E-03	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

*cobp (mol/m**3) — average conc. in bubble

(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
3	0.000E+00	2.973E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2	0.000E+00	1.431E+01	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

*cover gas information

m	matn	intyp	tmlg (ml)	cog (ml/m3)	tmgc (ci)	fcgml (-)
1	4	0	3.342E-01	1.576E+01	5.439E-28	1.000E+00
2	6	0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
3	13	1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	23	2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	24	2	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

*pcgn (Pa) — cover gas pressure 1.013E+05

*vcgn (m3) — cover gas volume 2.121E-02

*tcgn (K) — cover gas temperature 7.730E+02

```

*ttlgnc(ci) — cover gas total dose 5.439E-28
1
# rrc(m) rrcj(n/m**3/s) rrm(m) 5.20108E-10 1.10949E+15 3.28692E-06

# j x(j) cd(j)
1 0.000D+00 1.314D-19 1.314D-19
2 2.000D-01 6.616D-19 5.302D-19 1.314D-19
3 4.000D-01 2.378D-18 1.716D-18 5.302D-19 1.314D-19
4 6.000D-01 7.416D-18 5.038D-18 1.716D-18 5.302D-19 1.314D-19
5 8.000D-01 2.142D-17 1.401D-17 5.038D-18 1.716D-18 5.302D-19 1.314D-19

# j x(j) ud(j)
1 0.000D+00 0.000D+00
2 2.000D-01 4.802D+01 0.000D+00
3 4.000D-01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
4 6.000D-01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
5 8.000D-01 7.068D+01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
6 1.000D+00 7.344D+01 7.068D+01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00

# j x(j) rd(j)
1 0.000D+00 7.656D-05
2 2.000D-01 7.656D-05 7.656D-05
3 4.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05
4 6.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05
5 8.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05

# j x(j) cc(j)
1 0.000D+00 2.500D+05
2 2.000D-01 2.500D+05
3 4.000D-01 2.500D+05
4 6.000D-01 2.500D+05
5 8.000D-01 2.500D+05

# j x(j) df(j)
1 0.000D+00 1.000D+00
2 2.000D-01 1.000D+00
3 4.000D-01 1.000D+00
4 6.000D-01 1.000D+00
5 8.000D-01 1.000D+00

# j x(j) thkl(j)
1 0.000D+00 0.000D+00
2 2.000D-01 0.000D+00
3 4.000D-01 0.000D+00
4 6.000D-01 0.000D+00
5 8.000D-01 0.000D+00

# j x(j) vfn(j)
1 0.000D+00 2.470D-31
2 2.000D-01 1.244D-30
3 4.000D-01 4.470D-30
4 6.000D-01 1.394D-29
5 8.000D-01 4.027D-29

*transient results from fpsort calculation*
*nc = 40 *time(s)= 4.000E-01 *dt (s)= 1.000E-02
*tfu(k) fuel temperature distribution
*kbln(bubble no.) = 1 *kblo(bubble no.) = 1
k mesh shape deqp(m) vtbl(m3) anob(-) ecct(b/a) xbl(m) zbl(m) ubv(m/s) wbv(m/s)
1 2 3 9.909E-02 5.094E-04 1.000E+00 4.167E+00 1.500E-01 3.877E-01 0.000E+00 6.959E-01
*tmbln(mol) — mol in k-th 1 bubble
(m,k) 1
5 0.000E+00
4 0.000E+00

```



```

3 1.417E-03
2 7.255E-03
1 0.000E+00
*cobn(mol/m**3) --- conc. in k-th 1 bubble
(m,k) 1
5 0.000E+00
4 0.000E+00
3 2.783E+00
2 1.424E+01
1 0.000E+00
*tm1cn(mol) --- mol in coolant mesh
(m,i) 1 2 3 4 5 6 7 8
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
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
3 2.109E-04 1.853E-04 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
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
*cccn(mol/m**3) --- conc. in coolant mesh
(m,i) 1 2 3 4 5 6 7 8
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
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
3 1.194E-02 1.048E-02 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
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
*tm1bp(mol) --- mol in coolant mesh
(m,i) 1 2 3 4 5 6 7 8
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
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
3 0.000E+00 1.417E-03 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
2 0.000E+00 7.255E-03 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
*cobp(mol/m**3) --- average conc. in bubble
(m,i) 1 2 3 4 5 6 7 8
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
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
3 0.000E+00 2.783E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
2 0.000E+00 1.424E+01 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

*cover gas information
m matn intyp tm1g(ml) cog(ml/m3) tmgc(ci) fogml(-)
1 4 0 3.342E-01 1.576E+01 5.439E-28 1.000E+00
2 6 0 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
3 13 1 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
4 23 2 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
5 24 2 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
*pcgn (Pa) --- cover gas pressure 1.013E+05
*vcgn (m3) --- cover gas volume 2.121E-02
*tcgn (K) --- cover gas temperature 7.730E+02
*ttlgnc(ci) --- cover gas total dose 5.439E-28
1
# rrc(m) rrcj(n/m**3/s) rrm(m) 5.20108E-10 1.10949E+15 3.80373E-06

# j x(j) cd(j)
1 0.000D+00 2.875D-30 2.875D-30
2 2.000D-01 1.448D-29 1.160D-29 2.875D-30
3 4.000D-01 5.203D-29 3.755D-29 1.160D-29 2.875D-30
4 6.000D-01 1.623D-28 1.102D-28 3.755D-29 1.160D-29 2.875D-30
5 8.000D-01 4.687D-28 3.065D-28 1.102D-28 3.755D-29 1.160D-29 2.875D-30

# j x(j) ud(j)
1 0.000D+00 0.000D+00
2 2.000D-01 4.802D+01 0.000D+00
3 4.000D-01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00

```

```

4 6.000D-01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
5 8.000D-01 7.068D+01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
6 1.000D+00 7.344D+01 7.068D+01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00

```

```

# j x(j) rd(j)
1 0.000D+00 7.656D-05
2 2.000D-01 7.656D-05 7.656D-05
3 4.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05
4 6.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05
5 8.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05

```

```

# j x(j) cc(j)
1 0.000D+00 2.500D+05
2 2.000D-01 2.500D+05
3 4.000D-01 2.500D+05
4 6.000D-01 2.500D+05
5 8.000D-01 2.500D+05

```

```

# j x(j) df(j)
1 0.000D+00 1.000D+00
2 2.000D-01 1.000D+00
3 4.000D-01 1.000D+00
4 6.000D-01 1.000D+00
5 8.000D-01 1.000D+00

```

```

# j x(j) thkl(j)
1 0.000D+00 0.000D+00
2 2.000D-01 0.000D+00
3 4.000D-01 0.000D+00
4 6.000D-01 0.000D+00
5 8.000D-01 0.000D+00

```

```

# j x(j) vfn(j)
1 0.000D+00 5.405D-42
2 2.000D-01 2.721D-41
3 4.000D-01 9.780D-41
4 6.000D-01 3.050D-40
5 8.000D-01 8.812D-40

```

transient results from fpsort calculation

*nc = 50 *time(s)= 5.000E-01 *dt (s)= 1.000E-02

*tfu(k) fuel temperature distribution

*kbln(bubble no.) = 1 *kblo(bubble no.) = 1

k	mesh	shape	decp(m)	vbb1(m3)	anob(-)	ecct(b/a)	xbl(m)	zbl(m)	ubv(m/s)	wbv(m/s)
1	2	3	9.925E-02	5.119E-04	1.000E+00	4.167E+00	1.500E-01	4.573E-01	0.000E+00	6.965E-01

*tm1bn(mol) — mol in k-th 1 bubble

(m,k)	1
5	0.000E+00
4	0.000E+00
3	1.334E-03
2	7.255E-03
1	0.000E+00

*coln(mol/m**3) — conc. in k-th 1 bubble

(m,k)	1
5	0.000E+00
4	0.000E+00
3	2.605E+00
2	1.417E+01
1	0.000E+00

*tm1cn(mol) — mol in coolant mesh

(m,i)	1	2	3	4	5	6	7	8
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
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
3	2.109E-04	2.690E-04	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
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
*cccn(mol/m**3) — conc. in coolant mesh
(m,i) 1 2 3 4 5 6 7 8
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
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
3 1.194E-02 1.523E-02 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
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
*tmllbp(mol) — mol in coolant mesh
(m,i) 1 2 3 4 5 6 7 8
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
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
3 0.000E+00 1.334E-03 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
2 0.000E+00 7.255E-03 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
*ccbp(mol/m**3) — average conc. in bubble
(m,i) 1 2 3 4 5 6 7 8
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
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
3 0.000E+00 2.605E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
2 0.000E+00 1.417E+01 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

*cover gas information
m matr intyp tmkg(ml) ccg(ml/m3) tmgc(ci) fcgml(-)
1 4 0 3.342E-01 1.576E+01 5.439E-28 1.000E+00
2 6 0 . . . 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
3 13 1 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
4 23 2 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
5 24 2 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
*pcgn (Pa) — cover gas pressure 1.013E+05
*vcgn (m3) — cover gas volume 2.121E-02
*tcgn (K) — cover gas temperature 7.730E+02
*ttlgnc(ci) — cover gas total dose 5.439E-28
1
# rrc(m) rrj(n/m**3/s) rrm(m) 5.20108E-10 1.10949E+15 4.25826E-06

# j x(j) cd(j)
1 0.000D+00 6.291D-41 6.291D-41
2 2.000D-01 3.167D-40 2.538D-40 6.291D-41
3 4.000D-01 1.138D-39 8.215D-40 2.538D-40 6.291D-41
4 6.000D-01 3.550D-39 2.412D-39 8.215D-40 2.538D-40 6.291D-41
5 8.000D-01 1.026D-38 6.705D-39 2.412D-39 8.215D-40 2.538D-40 6.291D-41

# j x(j) ud(j)
1 0.000D+00 0.000D+00
2 2.000D-01 4.802D+01 0.000D+00
3 4.000D-01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
4 6.000D-01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
5 8.000D-01 7.068D+01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00
6 1.000D+00 7.344D+01 7.068D+01 6.653D+01 5.992D+01 4.802D+01 0.000D+00

# j x(j) rd(j)
1 0.000D+00 7.656D-05
2 2.000D-01 7.656D-05 7.656D-05
3 4.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05
4 6.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05
5 8.000D-01 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05 7.656D-05

# j x(j) cc(j)
1 0.000D+00 2.500D+05
2 2.000D-01 2.500D+05
3 4.000D-01 2.500D+05

```

4 6.000D-01 2.500D+05
5 8.000D-01 2.500D+05

j x(j) df(j)
1 0.000D+00 1.000D+00
2 2.000D-01 1.000D+00
3 4.000D-01 1.000D+00
4 6.000D-01 1.000D+00
5 8.000D-01 1.000D+00

j x(j) thkl(j)
1 0.000D+00 0.000D+00
2 2.000D-01 0.000D+00
3 4.000D-01 0.000D+00
4 6.000D-01 0.000D+00
5 8.000D-01 0.000D+00

j x(j) vfn(j)
1 0.000D+00 1.183D-52
2 2.000D-01 5.954D-52
3 4.000D-01 2.140D-51
4 6.000D-01 6.674D-51
5 8.000D-01 1.928D-50

Table A-3 List of Common Variables (1/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
char00	ititle	(14)	runのタイトル	-	c, i
prop00	grav	-	重力加速度 (9.806)	m/s ²	r, d
	sig	-	ステファンボルツマン定数 (5.67032e-08)	W/m ² ·K ⁴	r, d
	pi	-	円周率 (π)	-	r, d
	gasc	-	ガス定数 (8.317)	J/mol·K	r, d
	abgno	-	アボガドロ数 (6.022e+23)	n/mol	r, d
	cino	-	1 ci の崩壊数 (3.7e+10)	-	r, d
int00	iopt	ip	計算オプションのフラグ	-	i, i
	ipopt	ip	プリントオプションのフラグ	-	i, i
	idbug	ip	デバッグオプションのフラグ	-	i, i
	ncmax	-	計算最大サイクル数	-	i, i
	nc	-	計算サイクル数	-	i, i
	npn	-	過渡時入出力コントロール区間数	-	i, i
	jpn	i10	各区間のプリント間隔	-	i, i
	jpl	i10	各区間のプロット間隔	-	i, i
	jrs	i10	各区間のリスタートファイル作成間隔	-	i, i
	ntab	-	テーブル種別個数	-	i, i
	mxtab	ip	各テーブルデータの最大組み数	-	i, i
	int01	icmax	-	計算体系の全メッシュ数	-
iwmax		im	メッシュ im に接する壁面の数	-	i, i
icover		im	メッシュ im に接するカバーガスの数	-	i, i
jcmax		-	計算体系内のメッシュ間連結流路の最大数	-	i, i
ijc1		jm	流路 jm の上流側メッシュ番号	-	i, i
ijc2		jm	流路 jm の下流側メッシュ番号	-	i, i
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)	-	i, i
mxmt		-	計算上考慮される物質の数	-	i, i
matn		imt	計算上考慮される物質の番号	-	i, i
imtyp		i100	物質タイプ 0: ガス、1: 凝縮ガス、2: 液体、4: 固体	-	i, d

Table A-3 List of Common Variables (2/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
int02	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	-	i, i
	ifch	-	燃料ピンの最大チャンネル数	-	i, i
	nfu	-	燃料ピンの最大軸方向分割数	-	i, i
	npin	i3	チャンネル i3 に属する燃料ピン本数	-	i, i
	nftab	i3	チャンネル i3 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	-	i, i
int03	kku	im	メッシュ im の水平方向の流路数	-	i, i
	iucel	i5, im	メッシュ im に連結水平流路番号 i5 で接するメッシュ番号	-	i, i
	kkw	im	メッシュ im の垂直方向の流路数	-	i, i
	iwcel	i5, im	メッシュ im に連結垂直流路番号 i5 で接するメッシュ番号	-	i, i
	nctab	-	冷却材流量の時間変化テーブルの番号	-	i, i
int04	kbln	-	現タイムステップまでに放出された気泡の数	-	i
	kblo	-	前タイムステップまでに放出された気泡の数	-	i
	icbn	ib	番号 ib の気泡が現時刻で存在するメッシュ番号	-	i
	icbo	ib	番号 ib の気泡が前時刻で存在したメッシュ番号	-	i
	ishape	ib	番号 ib の気泡の形状番号 (1: 球形, 2: 楕円, 3: 球笠)	-	i
	isms	i2, iopt	強制的な気泡の移行を行うメッシュの指定	-	i, i
	iblsn	-	初期気泡分割数	-	i, i

Table A-3 List of Common Variables (3/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real00	timax	-	シミュレーション最大時刻	s	r, i
	ptime	i10	区間 i10 の最終時刻	s	r, i
	dti	i10	区間 i10 の最大グローバル時間ステップ幅	s	r, i
	xtab	i20, i50	テーブル番号 i50 の x 軸データ	任意	r, i
	ftab	i20, i50	テーブル番号 i50 の y 軸 (関数值) データ	任意	r, i
	time	-	シミュレーション時刻	s	r
	dt	-	タイムステップ	s	r
	tdebug	i2	i2=1: デバッグプリント開始時刻 i2=2: デバッグプリント終了時刻	s	r, i
	ropt	i50	計算のオプションとして使用する値	添字に依存	r, i
	tisub	-	サブタイムステップに基づくシミュレーション時刻	s	r
	dtsub	-	サブタイムステップ	s	r
real01	xorgn	-	計算体系の径方向基準座標	m	r, i
	zorgn	-	計算体系の軸方向基準座標	m	r, i
	tcn	im	メッシュ im の初期温度	K	r, i
	vcn	im	メッシュ im の体積	m ³	r, i
	pcn	im	メッシュ im の初期圧力	Pa	r, i
	xc	im	メッシュ im の中心位置の径方向座標	m	r, i
	zc	im	メッシュ im の中心位置の軸方向座標	m	r, i
	dx	im	メッシュ im の径方向座標幅	m	r, i
	dz	im	メッシュ im の軸方向座標幅	m	r, i
	tcw	i5, im	メッシュ im に接する壁面 i5 の温度	K	r, i
	acw	i5, im	メッシュ im に接する壁面 i5 の表面積	m ²	r, i
	alenw	i5, im	メッシュ im に接する壁面 i5 のメッシュに沿った長さ	m	r, i
	agcv	im	メッシュ im がカバーガスに接する場合の接触面積	m ²	r, i
	vflw	jm	流路 jm の初期体積流量	m ³ /s	r, i
	are	jm	流路 jm の流路断面積	m ²	r, i
	alen	jm	流路 jm の流路長	m	r, i
	gzai	jm	流路 jm の実効流路抵抗	-	r, i
gdire	jm	流路 jm の重力方向成分		r, i	

Table A-3 List of Common Variables (4/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
	tcgn	-	カバーガス温度	K	r, i
	vcgn	-	カバーガス領域体積	m ³	r, i
	pcgn	-	カバーガス圧力	Pa	r, i
	hgcn	-	カバーガス領域高さ	m	r, i
	agcr	-	カバーガス天井表面積	m ²	r, i
	tgcr	-	カバーガス天井温度	K	r, i
	agcw	-	カバーガス領域壁面表面積	m ²	r, i
	tgcw	-	カバーガス領域壁面温度	K	r, i
	rglek	-	カバーガス領域漏洩率	1/s	r, i
	fcgml	imt	カバーガス領域に存在する物質 imt のモル分率	-	r, i
	pglek	-		1/s	r, i
	rdire	jm	流路 jm の径方向成分		r, i
	xr	im	メッシュ im の右端の座標	m	r
	xl	im	メッシュ im の左端の座標	m	r
	zu	im	メッシュ im の上端の座標	m	r
	zd	im	メッシュ im の下端の座標	m	r
	uri	im	メッシュ im の右端における初期平均流速	m/s	r
	uli	im	メッシュ im の左端における初期平均流速	m/s	r
	wui	im	メッシュ im の上端における初期平均流速	m/s	r
	wdi	im	メッシュ im の下端における初期平均流速	m/s	r
	ur	im	メッシュ im の右端における平均流速	m/s	r
	ul	im	メッシュ im の左端における平均流速	m/s	r
	wu	im	メッシュ im の上端における平均流速	m/s	r
	wd	im	メッシュ im の下端における平均流速	m/s	r
	fblsn	imt	気泡内ガス中の物質 imt の初期モル分率	-	r, i
	vblsn	-	初期気泡体積	m ³	r, i
	tblsn	-	気泡内ガス初期温度	K	r, i

Table A-3 List of Common Variables (5/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real02	tfui	i10, i3	チャンネル i3 に属する燃料ピンの初期基準温度分布	K	r, i
	qsor	i10, imt, i3	チャンネル i3 に属する燃料ピンの燃料部に含まれる物質 imt の初期インベントリ	mol	r, i
	tifal	i3	チャンネル i3 の燃料ピン破損時刻	s	r, i
	pinn	i3	チャンネル i3 の燃料ピンガスプレナム中の圧力	Pa	r, i
	rei	i3	チャンネル i3 の燃料ピンの内半径	m	r, i
	plen	i3	チャンネル i3 の燃料ピンのプレナムの長さ	m	r, i
	tinn	i3	チャンネル i3 の燃料ピンのプレナム温度	K	r, i
	gfrc	imt, i3	チャンネル i3 の燃料ピンガスプレナム中の物質 imt のモル分率	-	r, i
	gam	i3	チャンネル i3 の燃料ピンガスプレナム中のガスの比熱比	-	r, i
	totn	i3	燃料破損部の温度	K	i, i
	potn	i3	燃料破損部の圧力	Pa	r, i
	frc	i3	チャンネル i3 の破損燃料ピンの抵抗数	-	r, i
	clen	i3	チャンネル i3 の破損燃料ピンガスプレナム・破損部間距離	m	r, i
	hyd	i3	燃料ピンギャップ部等価直径	m	r, i
	aor	i3	破損部等価面積	m ²	r, i
tfu	i10, i3	チャンネル i3 に属する燃料ピンの温度分布	K	r	
psor	imt, i3	チャンネル i3 に属する燃料ピンのギャップ部に含まれる物質 imt の初期インベントリ	mol	r, i	

Table A-3 List of Common Variables (6/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real03	uveli	i5, im	メッシュ im に接する連結水平流路番号 i5 の初期流速	m/s	r
	uarec	i5, im	メッシュ im に接する連結水平流路番号 i5 の流路断面積	m ²	r
	ualen	i5, im	メッシュ im に接する連結水平流路番号 i5 の流路長	m	r
	wveli	i5, im	メッシュ im に接する連結垂直流路番号 i5 の初期流速	m/s	r
	warec	i5, im	メッシュ im に接する連結垂直流路番号 i5 の流路断面積	m ²	r
	walen	i5, im	メッシュ im に接する連結垂直流路番号 i5 の流路長	m	r
	uveln	im	メッシュ im に接する連結水平流路の平均流速	m/s	r
	wveln	im	メッシュ im に接する連結垂直流路の平均流速	m/s	r
	uvelcn	i5, im	現タイムステップにおける、メッシュ im に接する連結水平流路番号 i5 の流速	m/s	r
	uvelco	i5, im	前タイムステップにおける、メッシュ im に接する連結水平流路番号 i5 の流速	m/s	r
	wvelcn	i5, im	現タイムステップにおける、メッシュ im に接する連結垂直流路番号 i5 の流速	m/s	r
	wvelco	i5, im	前タイムステップにおける、メッシュ im に接する連結垂直流路番号 i5 の流速	m/s	r
	gdir	i5, im	メッシュ im に接する連結流路番号 i5 の重力方向成分		r
	rdir	i5, im	メッシュ im に接する連結流路番号 i5 の径方向成分		r

Table A-3 List of Common Variables (7/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real04	vpl	i3	チャンネル i3 の燃料ピンガスプレナム体積	m ³	r
	rhop	i3	チャンネル i3 のプレナム内ガス密度	kg/m ³	r
	gcon	i3	チャンネル i3 のプレナム内ガスの組成で質量換算したガス定数	J/kg·K	r
	ampn	i3	チャンネル i3 のプレナム内ガス質量	kg	r
	ampt	i3	チャンネル i3 におけるプレナム内ガス質量の現タイムステップまでの減少分	kg	r
	volftp	i3	チャンネル i3 におけるギャップ放出 FP の累積体積 (圧力 poto で算出)	m ³	r
	pino	i3	前タイムステップにおけるチャンネル i3 の燃料ピンガスプレナム中の圧力	Pa	r
	poto	i3	前タイムステップにおけるチャンネル i3 の燃料破損部の圧力	Pa	r
	tino	i3	前タイムステップにおけるチャンネル i3 の燃料ピンのプレナム温度	K	r
	ampo	i3	前タイムステップにおけるチャンネル i3 のプレナム内ガス質量	kg	r
	amah1	i3	チャンネル i3 の開口部におけるマッハ数	-	r
	amah2	i3	チャンネル i3 のギャップ部におけるマッハ数	-	r
	vg1	i3	チャンネル i3 の開口部におけるガス流速	m/s	r
	vg2	i3	チャンネル i3 のギャップ部におけるガス流速	m/s	r
	vson	i3	音速	m/s	r
	pbac	i3	流速が最大値 (音速) をとるときの背圧	Pa	r
	volftp	i3	チャンネル i3 における FP (ギャップ放出) の体積流量 (圧力 pbac で算出)	m ³ /s	r
	volftp1	i3	チャンネル i3 における FP (ギャップ放出) の体積流量 (圧力 poto で算出)	m ³ /s	r
	gmas	i3	チャンネル i3 の燃料破損部におけるギャップ放出ガスの単位面積当り質量流量	kg/m ² ·s	r
	dmpdt	i3	チャンネル i3 におけるプレナム内ガス質量減少速度 (燃料ピン1本あたり)	kg/s	r
dmp	i3	チャンネル i3 における時間 Δt でのプレナム内ガス質量減少 (燃料ピン1本あたり)	kg	r	
toto	i3	燃料破損部温度	K	r	

Table A-3 List of Common Variables (8/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real05	vbbln	ib	番号 ib の気泡の体積	m ³	r
	tbbln	ib	番号 ib の気泡の温度	K	r
	pbbln	ib	番号 ib の気泡の気泡内圧力	Pa	r
	deqbn	ib	番号 ib の気泡の等価直径	m	r
	anobn	ib	番号 ib の気泡個数	-	r
	ubvn	ib	番号 ib の気泡の径方向移動速度	m/s	r
	wbvn	ib	番号 ib の気泡の軸方向移動速度	m/s	r
	xbln	ib	番号 ib の気泡の x 座標	m	r
	zbln	ib	番号 ib の気泡の z 座標	m	r
	tmlbn	imt, ib	番号 ib の気泡中の物質 imt のモル数	mol	r
	cobn	imt, ib	番号 ib の気泡中の物質 imt の体積モル濃度	mol/m ³	r
	drdtn	ib	番号 ib の気泡の半径の時間変化率	m/s	r
	vbblo	ib	前タイムステップにおける気泡の体積	m ³	r
	tbblo	ib	前タイムステップにおける気泡の温度	K	r
	pbblo	ib	前タイムステップにおける気泡内圧力	Pa	r
	deqbo	ib	前タイムステップにおける気泡の等価直径	m	r
	anobo	ib	前タイムステップにおける気泡個数	-	r
	ubvo	ib	前タイムステップにおける気泡の径方向移動速度	m/s	r
	wbvo	ib	前タイムステップにおける気泡の軸方向移動速度	m/s	r
	xblo	ib	前タイムステップにおける気泡の x 座標	m	r
	zblo	ib	前タイムステップにおける気泡の z 座標	m	r
	tmlbo	imt, ib	前タイムステップにおける気泡中の各物質のモル数	mol	r
	cobo	imt, ib	前タイムステップにおける気泡中の各物質の体積モル濃度	mol/m ³	r
	drdto	ib	前タイムステップにおける気泡半径の時間変化率	m/s	r
	ecct	ib	番号 ib の気泡の離心率	-	r
	xsms	jm	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	r
	zsms	jm	強制気泡移行オプション指定時の移動先の軸方向座標	m	r

Table A-3 List of Common Variables (9/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real06	tmlcn	imt, im	冷却材メッシュ im 中の物質 imt のモル数	mol	r
	cocn	imt, im	冷却材メッシュ im 中の物質 imt のモル濃度	mol/m ³	r
	tmlgn	imt	ガス中の物質 imt のモル数	mol	r
	cogn	imt	ガス中の物質 imt のモル濃度	mol/m ³	r
	tmlgrn	imt	Reserved for Future Work		
	srgrn	imt	Reserved for Future Work		
	tmlgwn	imt	Reserved for Future Work		
	srgwn	imt	Reserved for Future Work		
	tmlwn	imt, i5, im	Reserved for Future Work		
	srwln	imt, i5, im	Reserved for Future Work		
	srpln	imt, im	Reserved for Future Work		
	tmlco	imt, im	前タイムステップにおける冷却材メッシュ im 中の物質 imt のモル数	mol	r
	coco	imt, im	前タイムステップにおける冷却材メッシュ im 中の物質 imt のモル濃度	mol/m ³	r
	tmlgo	imt	前タイムステップにおけるガス中の物質 imt のモル数	mol	r
	cogo	imt	前タイムステップにおけるガス中の物質 imt のモル濃度	mol/m ³	r
	tmlgro	imt	Reserved for Future Work		
	srgro	imt	Reserved for Future Work		
	tmlgwo	imt	Reserved for Future Work		
	srgwo	imt	Reserved for Future Work		
	tmlwo	imt, i5, im	Reserved for Future Work		
srwlo	imt, i5, im	Reserved for Future Work			
srplo	imt, im	Reserved for Future Work			

Table A-3 List of Common Variables (10/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
	dndt1	imt, im	メッシュ im における単位時間当りの物質 imt の変化分 (冷却材流動による)	mol/s	r
	dndt2	imt, im	メッシュ im における単位時間当りの物質 imt の変化分 (気泡から冷却材への移行)	mol/s	r
	dndt3	imt, im	メッシュ im における単位時間当りの物質 imt の変化分 (冷却材中から壁面への沈着)	mol/s	r
	dndt4	imt, im	メッシュ im における単位時間当りの物質 imt の変化分 (カバーガス・気泡間の移行)	mol/s	r
	dndt5	imt, im	メッシュ im における単位時間当りの物質 imt の変化分 (化学変化による物質の減少)	mol/s	r
	dndt6	imt, im	メッシュ im における単位時間当りの物質 imt の変化分 (化学変化による物質の増加)	mol/s	r
	dndt7	imt, im	メッシュ im における単位時間当りの物質 imt の変化分 (崩壊による減少)	mol/s	r
	dsor1	imt, im, i3	チャンネル i3、メッシュ im における物質 imt の放出率 (直接放出)	mol/s	r
	dtSor1	imt, i3	チャンネル i3 における物質 imt の放出率 (直接放出)	mol/s	r
	dtSor2	imt, i3	チャンネル i3 における物質 imt の放出率 (ギャップ放出)	mol/s	r
	dtSor	imt	物質 imt の全放出率	mol/s	r
	cbsor	imt	物質 imt の平均濃度	mol/m ³	r
	cbsfr	imt	全物質中の物質 imt のモル分率	-	r
	vbbls	-	新たに発生した気泡群の合計体積	m ³	r
	deqs	-	新たに発生した気泡群全体の等価直径	m	r
	vbbp	im	冷却材メッシュ im 中の気泡体積合計	m ³	r
	tmlbp	imt, im	冷却材メッシュ im 中の物質 imt のモル数合計	mol	r
	cobp	imt, im	冷却材メッシュ im 中の物質 imt の平均の体積モル濃度	mol/m ³	r
	dtaer	imt			
	fcrel	imt	物質 imt の壁面への沈着率		
	dsorxc	imt, i3	燃料ピン1本あたりの物質 imt のFPギャップ放出のソース (iopt(16)=1で有効)	mol/s	r

Table A-3 List of Common Variables (11/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real07	dmpdtp	i3	チャンネル i3 におけるプレナム内ガス質量減少速度	kg/s	r
	dtsorp	imt	物質 imt の放出率	ci/s	r
	cbsorp	imt	物質 imt の濃度	ci/m ³	r
	qsorp	imt, i3	チャンネル i3 中の物質 imt の ci 数	ci	r
	cocnp	imt, im	メッシュ im の冷却材中の物質 imt の濃度	ci/m ³	r
	cobpp	imt, im	メッシュ im の気泡中の物質 imt の濃度	ci/m ³	r
	tmlcnp	imt, im	メッシュ im の冷却材中の物質 imt の ci 数	ci	r
	tmlbpp	imt, im	メッシュ im の気泡中の物質 imt の ci 数	ci	r
	tmltot	imt, im	メッシュ im 中の物質 imt の合計 ci 数	ci	r
	cotot	imt, im	メッシュ im 中の物質 imt の平均濃度	ci/m ³	r
	tmlgnc	imt	カバーガス中の物質 imt の ci 数	ci	r
	ttlgn	-	カバーガス中の全物質の ci 数合計	ci	r

Table A-3 List of Common Variables (12/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
prop10	fk0	-			
	g	-			
	pi	-			
	pi43	-			
	ot	-			
int10	iicl	-			
	nprit	-	プリント間隔指定テーブル長さ	-	
	nbtype	-			
int11	nb2a	-			
	nb2b	-			
	nb3	-			
	nb4	-			
	ndepst	-			
	newcof	-			
int12	nstop	-	計算打ち切り回数	-	
	ncf	-	最初の容器を表すフラグ 1 : primary, 2 : secondary	-	
	ncl	-	最後の容器を表すフラグ 2 : secondary, 3 : annulas	-	
	ldt	-	タイムステップテーブル長さ	-	
	npri	-	プリント間隔 (nuclد の値により挙動が異なる)		
	ioptr	-	リスタートランを表すフラグ	-	
	knt	3	各容器の温度・圧力テーブル長さ	-	
	kntl	3	各容器の漏洩率テーブル長さ	-	
	knts	3	各容器の発生率テーブル長さ	-	
	kntf	-	フィルタ効率テーブル長さ	-	
	mdt	ldt	各タイムゾーンで計算する回数	-	
	nucld	-	放射性物質挙動計算オプション	-	
int13	kl	-			

Table A-3 List of Common Variables (13/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real10	hh	3	各容器の高さ	m	
	vv	3	各容器の体積	m ³	
	ss	3	各容器の表面積 (床面積を含む)	m ²	
	sf	3	各容器の床面積	m ²	
	pr	3	正值：容器内プラントル数 負値：絶対値がガスと壁との温度勾配	- K/m	
	deld	3	容器内拡散境界層厚さ	m	
	o	3, 6	各容器における基礎式の係数	-	
	epskg	-	重力凝集係数に乗じるファクター -1. : Fuchs relation -2. : HAARM relation	-	
	tmax	-	計算打ち切りのための現象最大時刻	s	
	time	-	現在の現象時刻	s	
	sigga	-			
	ff2	-	secondary からの漏洩のうち、annulus へ漏れる割合	-	
	fff	-	annulus のフィルターから外部に漏れる割合	-	
	pritt	50	プリント時刻指定	s	
	fkai	-	動沈降形状係数	-	
fgam	-	凝集形状係数	-		
epst	-	乱流エネルギー消費量	m ² /s ³		

Table A-3 List of Common Variables (14/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real11	cf	3			
	ram	3			
	gra	3			
	t	3			
	tx	3			
	fmi	3			
	ro0	3			
	fl	3			
	delt	3			
	flv	3			
	tub	3			
	op	6			
	tuc	3			
real12	rx	-			
	rai	-			
	ri2	-			
	vx	-			
	aal	-			
	bb1	-			
	vmin	-			
	vmax	-			
vgx	-				
real13	ftr	51, 3	容器 j2 における粒子群 j1 の漏洩係数	-	

Table A-3 List of Common Variables (15/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real14	c0	-	容器 ncf の初期エアロゾル濃度	g/m^3	
	rg	-	初期エアロゾル分布の幾何平均半径	m	
	sigg	-	初期エアロゾル分布の幾何標準偏差	-	
	rmin	-	エアロゾル分布の最小半径	m	
	rmax	-	エアロゾル分布の最大半径	m	
	cmin	-	エアロゾル分布の凝集計算最小濃度	kg/m^3	
	ro	-	エアロゾル粒子の密度	kg/m^3	
	akgp	-	容器内ガスとエアロゾル粒子の熱伝導率の比の値	-	
	eta	-			
	tit	10	計算タイトル		
	dt	50	各タイムゾーンにおけるタイムステップ	s	
	tim	50, 3	各容器の温度・圧力テーブルの時刻カラム	s	
	tl	50, 3	各容器の温度・圧力テーブルの容器内ガス温度カラム	K	
	tw	50, 3	各容器の温度・圧力テーブルの容器内壁温度カラム	K	
	pl	50, 3	各容器の温度・圧力テーブルの容器内ガス圧力カラム	Pa	
hll	50, 2, 3	各容器の漏洩率テーブル	s, % _{vol} /day		
sor	50, 2, 3	各容器の発生率テーブル	s, $\text{kg/m}^3 \cdot \text{s}$		
etabl	50, 2	Annulus の Filter 効率テーブル	s, -		

Table A-3 List of Common Variables (16/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real15	rname	38			
	ramda	29			
	gasmev	11, 2			
	coefar	10			
	coefpu	6, 3			
real16	ur0	16, 3			
	alfa	13			
	ftime0	-			
	sornuc	2, 16			
real17	cmdy	-			
	cmhs	-			
	xmint	-	時刻-濃度のプロットにおける時刻最小値		
	xmaxt	-	時刻-濃度のプロットにおける時刻最大値		
	yminc	-	時刻-濃度のプロットにおける濃度最小値		
	ymaxc	-	時刻-濃度のプロットにおける濃度最大値		
	xminr	-	粒径分布プロットにおける半径最小値		
	xmaxr	-	粒径分布プロットにおける半径最大値		
	yminx	-	粒径分布プロットにおける粒径分布最小値		
ymaxx	-	粒径分布プロットにおける粒径分布最大値			

Table A-3 List of Common Variables (17/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real18	r	51			
	v	51			
	vs	51, 3			
	vd	51, 3			
	vtt	51, 3			
	rln	51			
	aln	51			
	srce	51			
	xn0	51			
	x00	51			
	x0r	51			
	dum	51, 4			
	wset	3			
	wdif	3			
	wthp	3			
	floor	3			
	wall	3			
	deltpr	3			
	soc	3			
	sfx	3			
	dfx	3			
	tfx	3			
	conc	3			
	rmn	3			
	sgn	3			
	r50	3			
	sleak	3			
ctim	2502, 4				
fleak	3				
tsorce	3				

Table A-3 List of Common Variables (18/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
real19	totl	-			
	bmas	-			
	sfilt	-			
	cpsec	-			
real20	a1	-			
	a2	-			
	delta	-			

Table A-3 List of Common Variables (19/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
int30	iopin	-	エアロゾル生成量をコード内で評価することを指定するフラグ	-	
	jmax	-	冷却材チャンネル内メッシュ分割数	-	
real30	ts	-	エントレイン計算開始時刻	s	
	te	-	エントレイン計算終了時刻	s	
	sigc	-	冷却材の表面張力	N/m	
	rho1	-	冷却材密度	kg/m ³	
	rhog	jmax	ガス密度	kg/m ³	
	ud	jmax+1, jmax	メッシュ j2 で生成された液滴が j1 番目のメッシュ境界に達した時の液滴速度	m/s	
	uc	jamx+1	ガス流速	m/s	
	rd	jmax, jmax	メッシュ j2 で生成された液滴がメッシュ j1 に達した時の液滴の平均半径	m	
	cc	jmax	メッシュ jmax におけるエアロゾル個数濃度	1/m ³	
	cd	jmax, jmax	メッシュ j2 で生成された液滴がメッシュ j1 に達した時のエアロゾル個数濃度	1/m ³	
	al	jmax	メッシュ jmax におけるエントレイン面積 (ガスジェットと液膜の接触面積)	m ²	
	acc	jmax+1	メッシュ境界面積	m ²	
	vg	jmax	ガス体積	m ³	
	gl	-	ガス分子の平均自由行程	m	
	gm	-	ガス分子1個あたり質量	kg	
	vl	-	ガス分子1個あたり体積	m ³	
	cn	-	ガス分子の個数濃度	1/m ³	
	pv	-	冷却材チャンネル内飽和蒸気圧	Pa	
tk	-	冷却材チャンネル内ガス温度	K		

Table A-3 List of Common Variables (20/20)

COMMON名	変数名	配列	変数の意味	単位	属性
	tkin	-	燃料ピン破損部からの放出ガスの温度	K	
	sr	-	飽和比	-	
	thkl	jmax	液膜厚さ	m	
	ep	-	液滴とエアロゾルの衝突確率	-	
	fg	-	管摩擦係数	-	
	cin	jmax	エアロゾルソース (iopin = 1 のとき、コード内で新粒子生成を計算するため無効)	1/m ³ ·s	
	x	jamx+1	メッシュ境界の軸方向座標	m	
	df	jmax	各メッシュでの Decontamination Factor	-	
	urn	jmax, jmax	メッシュ j2 で生成された液滴がメッシュ j1 の中央部に達した時の、液滴に対するガスジェットの相対速度	m/s	
	vfn	jmax	各メッシュでの液滴の合計体積	m ³	
	rrc	-	エアロゾル生成モデルにおける臨界半径	m	
	rrj	-	臨界核に対する粒子生成速度	1/m ³ ·s	
	rro	-	前タイムステップにおけるエアロゾル平均半径	m	
	rrn	-	エアロゾル平均半径	m	
	difg	-	拡散係数	-	

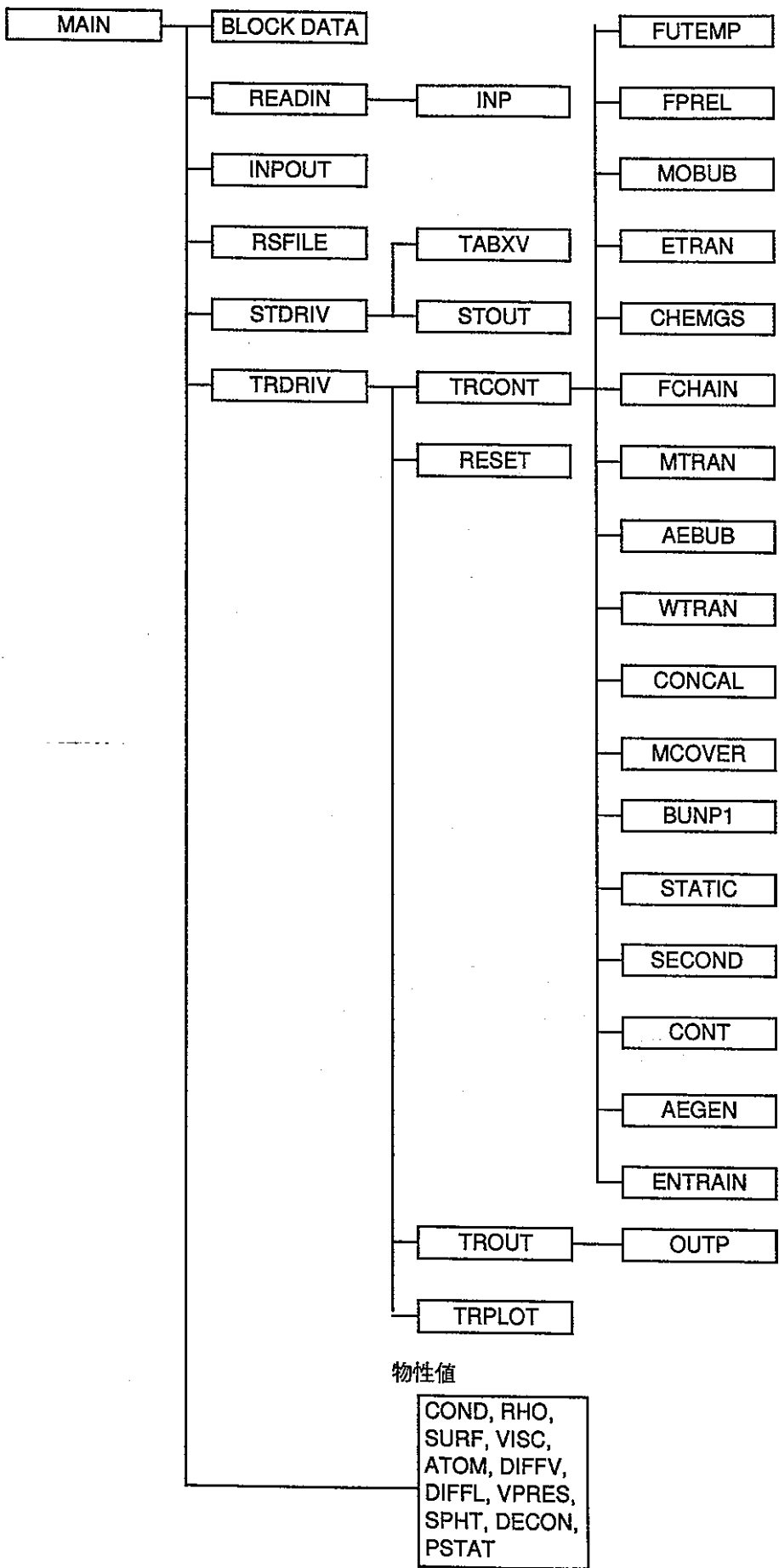


Fig. A-1 Construction of TRACER