

JAERI 1108

JAERI 1108

自然循環沸騰水型原子炉の熱水力学特性
計算コード —JP-Hydro—

1966 年 7 月

日本原子力研究所

Japan Atomic Energy Research Institute

日本原子力研究所は、研究成果、調査結果の報告のため、つきの3種の研究報告書を、それぞれの通しナンバーを付して、不定期に公刊しております。

1 研究報告	まとまった研究の成果あるいはその一部における重要な結果の報告	JAERI 1001-3999
2 調査報告	総説、展望、紹介などを含め、研究の成果、調査の結果をまとめたもの	JAERI 4001-5999
3. 資 料	研究成果の普及、開発状況の紹介、施設共同利用の手引など	JAERI 6001-6999

このうち既刊分については「JAERI レポート一覧」にタイトル・要旨をまとめて掲載し、また新刊レポートは「原研びよりお」でその都度紹介しています。これらの研究報告書に関する頒布、版権、複写のお問合せは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あてお申し越しください。

Japan Atomic Energy Research Institute publishes the nonperiodical reports with the following classification numbers:

1. JAERI 1001-3999 Research reports,
2. JAERI 4001-5999 Survey reports and reviews,
3. JAERI 6001-6999 Information and Guiding Booklets.

Any inquiries concerning distribution copyright and reprint of the above reports should be directed to the Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

JAERI 1108 自然循環沸騰水型原子炉の熱水力学特性計算コード

—JP-Hydro—

正 誤 表

ページ	行など	誤	正
4	右 44 式	$f(2) = 16/R_e$	$f(2) = 64/R_e$
//	左上から 8	$ARIS(K)$	$ARIS(L)$
	左上から 11	i 番目	I 番目
	13	"	"
	下から 8	"	"
	4	"	"
	上から 30	出口の	ダクト出口の
	右上から 6	i 番目	I 番目
	9	"	"
	12	"	"
	15	"	"
	下から 7	WT_0	WTO

自然循環沸騰水型原子炉の熱水力学特性計算コード — JP-Hydro —

要　　旨

定常状態で作動している BWR 型原子炉の自然循環系のボイド分布、流速分布を計算する計算コード JP-Hydro を開発した。

このコードは多岐管部と単管部からなる流体系に適用される。ここで多岐管部は炉心アセンブリおよびライザーからなっており、単管部はチムニー、ダウンカマーおよびロワー・プレナムである。

種々の圧力損失の定式化は ANL 6063 の方法を用いた。またボイド発生については G. W. MAURER の提案したモデルを採用した。

このような複雑な系に対して関数の性質を利用してることにより、早くかつ安定した数値計算をおこなう方法を開発した。なお、このコードは強制循環系にも適用できるようになっている。

1965 年 8 月

日本原子力研究所 東海研究所

計算センター 森口欽一、鴻坂厚夫

JPDR II プロジェクト 久家靖史

原子炉設計部 小堀哲雄

— JP-Hydro —

A Code for the Study of the Thermal-Hydro Dynamics in a Natural-Circulation, Boiling-Water Nuclear Reactor

Summary

The numerical code "JP-Hydro" was developed for calculation of the distributions of voids and flow velocities in the natural circulation system of a BWR type nuclear reactor, which is in steady state operation. The code can be used for such flow systems as involves a combination of multi-channel and single channel parts; the former includes the core assemblies and risers, and the latter a series of a chimney, a downcomer and lower plenum.

In formulating the various types of pressure losses the method described in ANL 6063 was used, while the model proposed by G. W. MAURER was employed in considering the process of void formation.

A new method of the rapid and stable numerical computation for the type of complex system has been developed, utilizing the specific property of the established function.

The code is also applicable to the case of a forced circulation system.

August 1965

KIN-ICHI MORIGUCHI, ATSUO KOSAKA
Computing Center

YASUSHI KUGE
JPDR-II Project

TETSUO KOBORI
Reactor Design and Engineering Division
Japan Atomic Energy Research Institute

目 次

1. まえがき	1
2. 自然循環系の構成	1
3. 方程式と流体モデル	2
4. 術語の説明	6
5. 加速法と数値計算の安定性	8
6. 熱出力の区分求積法	9
7. Input data の説明とフォーマット	10

Contents

1. Introduction	1
2. Structure of natural circulation system	1
3. Equations and flow model	2
4. Terminology	6
5. Acceleration method and computational stability	8
6. Numerical integration method of heat distribution	9
7. Explanation of input data and format	10

1. まえがき

BWR 型原子炉のように、炉心部の加熱多岐管から、沸騰した流体が冷却系を通り再び加熱部へもどる、自然循環ループの熱水力学的な特性を模擬するコードの開発をおこなった。

原型は IBM 7090 Fortran 2 すでに書かれていたものを、今回 IBM 7044 用に書きかえるとともに物性値を

テープから読み込むのをやめ、2次の近似をもちいるように変え、また void pattern にローカル・ボイリングを加えて沸騰領域を3領域に分ける G. W. MAURER の計算法を採用した。

計算の速さとその安定性はきわめて高く、かつ多様な問題への応用が可能である。

2. 自然循環系の構成

ここで取り扱う自然循環ループの基本的な構成は Fig. 1 に示すような体系である。

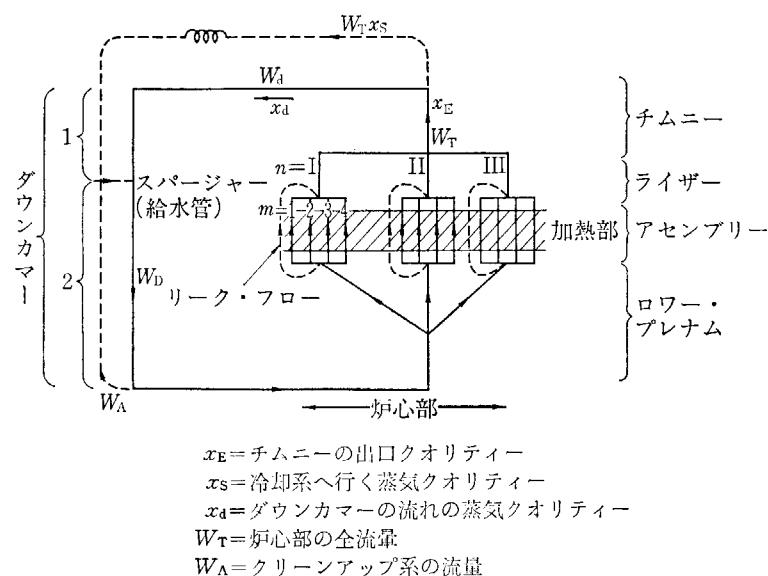
矢印にしたがって循環している流体は、垂直な加熱多岐管（アセンブリ）において沸騰し上昇する。ここで流れはボイドを有する2相流となる。この流れはリーク・フローとともにライザーに集まり、さらに上昇してチムニーにおいて合流する。チムニー上部の流体はダウン・カマーへ溢れ出るが、その際蒸気の部分は冷却系に分流する。ダウン・カマーを降下する流体はその流れとともになおボイドを引きづっているので2相流体である。

しかし、冷却系およびクリーンアップ系から還流する冷却水と、この2相流体が給水管（スパージャー）の所

で混合すると、流体はその温度が飽和点以下に降り、ボイドは消え1相流となってダウン・カマーを走りロワー・プレナムに入る。

ほんの一部分がクリーン・アップ系に分流する他は、ロワー・プレナムに集った流体は再び加熱多岐管へ流入しこの循環ループを繰り返す。

筆者らが計算を適用しようとする系は、この様な体系である。なお図の実線部分は圧力計算をおこない、点線部分はマス・バランスと熱バランスの関係を考慮するだけで圧力損失の計算はおこなわない。また鎖線部分はマス・バランスと熱バランスの関係を考慮する外に、圧力損失の計算をおこなうこともあることを示す。



3. 方程式と流体モデル

自然循環系の流体の運動方程式は、流体の流れに沿った座標 z 点と $z+dz$ 点の圧力差 $dP(z)$ をループ上を 1 周した積分が零ということに同値である。

$$\oint dP(z) = 0 \quad (1)$$

これを単管部と多岐管部の圧力差の和が零とおいて

$$\Delta P_{\text{out}} + \Delta P_{\text{in}} = 0 \quad (2)$$

ただし ΔP_{out} : 単管部の圧力差

ΔP_{in} : 多岐管部の圧力差

とも書ける。

ここで ΔP_{in} は、任意のライザーとそのライザーに属するアセンブリ部との圧力差の和で、すべてのライザーベーについての圧力差は同じになるように速度分布が与えられているとする。

またアセンブリを流れ出た流体は、隣りあったアセンブリに流れこむようなことはない、すなわち部分的に渦を巻くようなことはないと考える。

次に流れの連続性については炉心全流量は各ライザーベーの流れの和であるから、

$$W_T = \sum_n W(n) \quad (3)$$

ただし W_T : 炉心全流量

$W(n)$: n ライザーの流量

となる。 n ライザーはそれに属するアセンブリの流量とリーグ・フローの和であるから、

$$W(n) = \sum_m \omega(m) + W_l(n) \quad (4)$$

ただし $\omega(m)$: m アセンブリの流量

$W_l(n)$: n ライザーのリーグ・フロー

\sum_m : n ライザーに属するアセンブリについての和を現わす

が成り立つ。

単管部については、まずチムニーから冷却系とダウン・カマーに行くボイドの流れの連続性より、

$$W_T x_E = W_T x_S + W_d x_d \quad (5)$$

ただし W_d : ダウン・カマー 1 の流量

x_d : ダウン・カマー 1 の蒸気クオリティー

x_E : チムニーの蒸気クオリティー

x_S : 冷却系へ行く蒸気クオリティー

となる。

ダウン・カマー 1 の流量は

$$W_d = W_T (1 - x_S) \quad (6)$$

であるから 3 つのクオリティー x_E , x_d , x_S の間の関係

$$x_S = \frac{x_E - x_d}{1 - x_d} \quad (7)$$

が導かれる。

スパージャーの下のダウン・カマー 2 の流量は、クリーンアップ系の流量と炉心流量の和であるから、

$$W_D = W_T + W_A = W_T (1 + \Delta_A) \quad (8)$$

ただし W_D : ダウン・カマー 2 の流量

W_A : クリーンアップ系の流量

$$\Delta_A = W_A / W_T \quad (9)$$

となる。

熱バランスの基本的な関係は、定常状態では系が受け全熱量が冷却系からの熱除去量に等しいことから

$$Q_T = W_T \{x_S(h_g - h_F) + \Delta_A(h_D - h_F)\} \quad (10)$$

ただし Q_T : 全熱出力

h_g : 蒸気エンタルピー

h_D : ダウン・カマー 2 の流体のエンタルピー

h_F : 給水のエンタルピー

をうる。

スパージャーにおける熱量の保存の式

$$W_D h_D = W_d \{(1 - x_d)h_f + x_d h_g\} + (W_T x_S + W_A)h_F$$

ただし h_f : 鮎和流体のエンタルピー

と (6), (8) 式よりダウン・カマー 2 のエンタルピー h_D は

$$h_D = \{(1 - x_S)(1 - x_d)h_f + (1 - x_S)x_d h_g + (x_S + \Delta_A)h_F\} / (1 + \Delta_A) \quad (11)$$

が得られる。

また、(10), (11) 式より Δ_A^2 の項を無視すると Δ_A として

$$\begin{aligned} \Delta_A &= x_S W_A (h_g - h_F) / \left[Q_T - x_S (h_g - h_F) W_A \right. \\ &\quad \left. - W_A (1 - x_E) \left(h_f + \frac{x_d h_g - h_F}{1 - x_d} \right) \right] \end{aligned} \quad (12)$$

が求められる。

なお、ここで加熱部における熱出力、熱出力分布、リーグ・ヒートの関係を示す。

もし、熱出力分布が円筒座標系で $\phi(r, z)$ として与えられるなら、これを各アセンブリごとの分布 $q(m, z)$ に変換する。この変換の積分は第 6 章を参照のこと。

全熱出力分布の関係

$$\begin{aligned} Q_T &= \int \phi(r, z) r dr dz = \sum_m \int_{H_{SB}}^{H_{SE}} q(m, z) dz + Q_L \\ &= \sum_m Q(m, H_{SE}) + Q_L \end{aligned} \quad (13)$$

ただし Q_L : リーグ・ヒート

$$Q(m, z) = \int_{H_{SB}}^z q(m, z) dz \quad (14)$$

H_{SE} : 燃料棒の上端の高さ

H_{SB} : 燃料棒の下端の高さ

リーク・フローの加熱に費やすリーク・ヒート Q_L の全熱出力に対する割合を β とすれば

$$Q_L = \beta Q_T = \beta \sum_n Q_N(n) \quad (15)$$

ただし、 $Q_N(n)$ ： n ライザーの部分の全発生熱量であるから

n ライザーとそれに属するアセンブリの熱出力の関係は

$$Q_N(n) = \frac{1}{1 - \beta_{m+n}} \int_{H_{SB}}^{H_{SE}} q(m, z) dz = \frac{1}{1 - \beta_{m+n}} \sum Q(m, H_{SE}) \quad (16)$$

となる。

次に、流体力学的な関係式を出す。筆者らは ANL 6063 にしたがった流体のモデルを採用した。

圧力差の基本式として静水圧、流れと管壁の摩擦損失(簡単に F 損失という)、Expansion & Contraction による圧力損失(簡単に E/C 損失という)、Spacer による圧力損失(S 損失という)、加熱による加速損失(Acc 損失という)の 5 つを考える。そうすると全部の圧力損失 $dP(z)$ は

$$dP(z) = dP_H(z) + dP_F(z) + dP_{E/C}(z) + dP_S(z) + dP_{Acc}(z) \quad (17)$$

と書かれる。

つぎに、これらを各項目別に吟味する。

1) 静水圧

$$dP_H(z) = -g\rho(z)dz \quad (18)$$

密度の求め方はボイリングのモデルにより決まる。

非加熱部 1 相流に対しては密度はその場所のエンタルピーの 2 次の近似式

$$\rho(z) = \rho_a + \rho_b h(z) - \rho_c h^2(z) \quad (19)$$

から求める。

非加熱部 2 相流に対しては上昇流と下降流とで異なった取り扱いをする。

上昇流に対しては加熱部の 2 相流と同様に BANKOFF の式より求めるので加熱部で述べる。

下降流に対してはボイドの浮力と流体のボイドを引き擦る力のバランスから 2 流体の流速のスリップ比 V_{slip} を求め流量および密度の式よりボイド比を求めると、

$$\alpha(z) = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \frac{W_d(x_d v_{fg} + v_f)}{V_{slip} \cdot A(z)} \right\} + \sqrt{\left(1 - \frac{W_d(x_d v_{fg} + v_f)}{V_{slip} \cdot A(z)} \right)^2 + \frac{4 W_d x_d v_g}{V_{slip} \cdot A(z)}} \quad (20)$$

$$V_{slip} = \sqrt{\frac{4g \cdot C_d \cdot v_{fg}}{3 \cdot D_c \cdot v_g}} \quad (21)$$

$$v_{fg} = v_g - v_f \quad (22)$$

ただし、 $A(z)$ ： z 点のチャンネルの面積

v_f ：飽和流体の比体積

v_g ：飽和蒸気の比体積

C_d ：定数(気泡の直径)

D_c ：定数(気泡の drag coef.)

となるから密度は

$$\rho(z) = \{1 - \alpha(z)\}\rho_f + \alpha(z)\rho_g \quad (23)$$

ただし、 ρ_f ：飽和流体の密度 ρ_g ：飽和蒸気の密度で与えられる。

加熱部とボイドパターン

加熱部のボイドの計算法は G. W. MAURER によった。

Fig. 2 のようにボイド比が α_2 以下の領域と α_2 と α_4 の間の領域と α_4 以上になる領域の 3 領域に分割する。

$0 \leq \alpha(z) < \alpha_2$ の領域に対しては MAURER の第一領域の式を用い、 $\alpha_2 \leq \alpha(z) < \alpha_4$ に対してはエンタルピーによる内挿式を $\alpha(z) \geq \alpha_4$ に対しては BANKOFF の式から流速比を出してそれから密度を求めるやり方を用いる。ここで注意すべきは流体が飽和点に達する点 L_{SAT} から蒸気クオリティーができるとしたことで 2 相流体の取扱いは L_{SAT} 以上においておこなう。ローカル・ボイリングの領域は 1 相流の取扱いをおこなう。なお点線のボイド分布はローカル・ボイリングがないと考えて流速比をバンコフの式より出したボイド分布である。

ここで m アセンブリの流体のエンタルピー、クオリティー、飽和点の関係式を示す。まず流体のエンタルピーには

$$h(m, z) = \int_{z_1}^z q(m, z) dz / \omega(m) + h_D = \frac{Q(mz)}{\omega(m)} + h_D \quad (24)$$

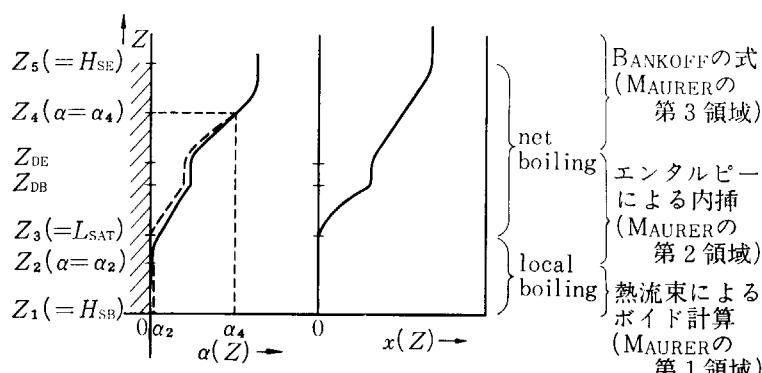


Fig. 2 ボイドフラクション $\alpha(Z)$ より蒸気クオリティー $x(Z)$

となる。

飽和点 $L_{\text{SAT}}(m)$ は

$$Q(m, z_3) = \omega(m)(h_t - h_b) \quad (25)$$

を解いて

$$L_{\text{SAT}}(m) = z_3 \quad (26)$$

と求まる。

クオリティーの式は

$$\begin{aligned} x(m, z) &= \{Q(m, z) - Q(m, z_3)\}/(h_g - h_t)\omega(m) \\ &\quad \text{for } z \geq z_3 \quad (27) \\ &= 0 \quad \text{for } z < z_3 \end{aligned}$$

が得られる。

密度を表わす式はネット・ボイリングに対して

$$\rho(z) = \{1 - \alpha(z)\}\rho_f + \alpha(z)\rho_g \quad (28)$$

で与えられる。なお、ローカル・ボイリングに対しては ρ_f の代りに (19) 式の $\rho(z)$ を用いる。

ボイド比の式としては MAURER の第一領域に対しては熱流束と境膜温度差からボイド比を

$$\alpha_f(z) = \frac{\phi(z) - h_t\{T_f(z) - T(z)\}P_r \cdot \lambda \pi D_0 N_{\text{rod}}}{1.07 \cdot h_t^2 \{T(z_3) - T(z)\} A_{\text{HS}}(m)} \quad (29)$$

で与える。

ここで

$$\phi(z) = q(m, z)/\pi D_0(m) N_{\text{rod}}(m) \quad (30)$$

は燃料 1 本あたりの z 点における単位面積の熱流束である。

ここで $D_0(m)$ は m アセンブリの燃料棒 1 木の直径。
 $N_{\text{rod}}(m)$ は m アセンブリが含む燃料棒の総数。

P_r : プラントル数。

λ : 流体の熱伝導度。

$$h_t = 0.03 \cdot R_e^{0.8} \cdot P_r^{0.4} \cdot \lambda/D_0(m) \quad (31)$$

は熱伝達の係数で、レイノルズ数 R_e は

$$R_e = V_0 \cdot \rho_f \cdot D_0(m) / \rho_b \nu_{\text{SAT}} \quad (32)$$

で与えられる。

ただし、 $D_0(m)$: m アセンブリの等価直径

ν_{SAT} : 鮑和流体の粘性係数

V_0 : 加熱部の流れの鮑和点速度

$T_f(z)$ は燃料管の壁の温度で

$$T_f(z) = T(z_3) + \Delta T_{\text{SAT}}(z) \quad (33)$$

で与えられ、 ΔT_{SAT} は JENS-LOTTES の式より次のようになる。

$$\Delta T_{\text{SAT}}(z) = 6.344\{\phi(z)\}^{0.25} e^{-p/63.27} \quad (34)$$

p : 原子炉系の圧力である。 (k_g/cm^2)

MAURER の第一領域に対するボイド比は

$$\begin{aligned} \alpha(z) &= 0 \quad \text{for } \alpha_f(z) \leq 0 \\ \alpha(z) &= \alpha_f(z) \quad \text{for } \alpha_f(z) > 0 \end{aligned} \quad (35)$$

なお

$$\alpha_2 = \pi t_b N_{\text{rod}}(m) D_0(m) / A_{\text{HS}}(m) \quad (36)$$

は MAURER の第一領域の上限で燃料棒表面に付着したボイドの厚み t_b により指定される。

中間領域 $z_2 \leq z < z_4$ に対するボイド比は

$$\alpha(z) = \alpha_2 + (\alpha_4 - \alpha_2) \frac{h(z) - h(z_2)}{h(z_4) - h(z_2)} \quad (37)$$

で与えられる。 $h(z_4)$ のもとめ方としては、BANKOFF の式を使ったボイド比の式はクオリティーのみに依存するのでボイド比が α_4 のところのクオリティーを $x_4 = \alpha_B^{-1}(\alpha_4)$ と求め、次に x_4 に対応するエンタルピー $h(z_4)$ を次式から

$$h(z_4) = x_4(h_g - h_t) + h_t \quad (38)$$

と求める。

ところで、この式を導く方法には一度も z が顔を出さないので、もし熱出力が小さいアセンブリがあってその中ではボイド比が α_4 に到しない場合でも、燃料棒の上端までのボイド比の内挿式として使用できる。

$z \geq z_4$ 領域に対するボイド比は BANKOFF によるスリップ比の式からえられた次式を使う。

$$\alpha(z) = \alpha_B(z) = \frac{0.71 + 10^{-4} P_{\text{sat}}}{1 + \frac{\rho_g}{\rho_f} \frac{1 - x(z)}{x(z)}} \quad (39)$$

これで静水圧による圧力差を求める手続きはすべて終ったわけであるが、注意すべき点はローカルボイリングのところではボイドはあるがクオリティーは零となっている。これはローカルボイリング領域の流体を単相流として便宜的に取り扱う近似計算である。なお流体の通過できる面積はここでは小さくなっているから、流速は幾分早くなっている。しかし、ローカルボイリングにより生じるボイドは量も少なく、かつその範囲も短かいことが多いので、ローカルボイリング領域での流速の小さい変化は無視した。

なお、補足として加熱部における密度が得られると、各チャンネルごとのダクト内で密度の平均値を求めておく。

$$\bar{\rho}(l) = \bar{\rho}(m, l) = \int_{z_{l-1}}^{z_l} \rho(z) dz / (z_l - z_{l-1}) \quad (40)$$

2) 摩擦損失

流体と管壁との摩擦により生じる損失で

$$dp_F(z) = \frac{V_0^2}{2g} N_F(z) dz \quad (41)$$

で表わす。

ここで

$$N_F(z) = f(z) \cdot R(z) \rho_f^2 \left(\frac{A_0}{A(z)} \right)^2 \frac{1}{D_e(z) \rho(z)} \quad (42)$$

ただし、マルチネリ係数 $R(z)$ は

$$R(z) = R_a + R_b z - R_c z^2 \quad (43)$$

で与えられる。ただし $R_a = 1.0$

摩擦係数 $f(z)$ は

$$f(z) = 16/R_c \quad \text{for } R_c \leq 2,000 \quad (44)$$

$$f(z) = 0.316/R_c^{0.25} \quad \text{for } R_c > 2,000 \quad (45)$$

$$R_c = D_e(z) \frac{V(z)}{\nu_{\text{SAT}}} \quad (46)$$

$$V(z) = V_0 \left[\frac{A_0}{A(z)} \right] \rho_f(z) \quad (47)$$

ただし $V(z)$: z 点の平均流速

A_0 : チャンネルの代表点の流路断面積

$A(z)$: チャンネルの z 点における流路断面積

V_0 : チャンネルの代表点の平均流速

2 相流に対し

$$\rho'(z) = \rho_f \quad (48)$$

1 相流に対し

$$\rho'(z) = \rho(l) \quad (49)$$

$\rho(l)$: l 番目のダクトの平均密度

もし、加熱部がネットボイリングに到しないならば

$$\rho'(z) = \rho \{ z_5 (= H_{SE}) \} \quad (50)$$

である。

任意のチャンネル l のダクトに対しては

$$\begin{aligned} \Delta p_F(l) &= \int_{z_{l-1}}^{z_l} dp_F(z) \\ &= f(l) \bar{R}(l) \rho_f^2 \left(\frac{A_0}{A(l)} \right)^2 \frac{|z_l - z_{l-1}|}{D_e(l) \bar{\rho}(l)} \frac{V_0^2}{2g} \end{aligned} \quad (51)$$

$$\bar{R}(l) = \int_{z_{l-1}}^{z_l} R(z) dz / (z_l - z_{l-1}) \quad (52)$$

3) E/C 損失

$z = z_i$ 点における Expansion Contraction による圧力損失の式は

$$dp_{E/C}(z) = \frac{V_0^2}{2g} N_{E/C}(z) \delta(z - z_i) dz \quad (53)$$

で与えられる。

1 相流に対しては Expansion による圧力損失の項は

$$N_E(z) = \frac{\rho_f^2}{\rho(z)} \left(\frac{A_0}{A(z)} \right)^2 (K_{E/C} - 1 + \sigma^2) \quad (54)$$

Contraction による損失の項は

$$N_C(z) = \frac{\rho_f^2}{\rho(z)} \left(\frac{A_0}{A(z_+)} \right)^2 \left(K_{E/C} + 1 - \frac{1}{\sigma^2} \right) \quad (55)$$

で与えられる。ただし、 $K_{E/C}$ は E/C 損失の係数。

ただし

$$\sigma = \frac{A(z_-)}{A(z_+)} \quad (56)$$

$A(z_+)$ は流れの出口、 $A(z_-)$ は流れの入口の流路断面積

2 相流に対しては

$$N_{E/C}(z) = 2\rho_f \left[x^2(z) \left(\frac{\sigma}{\alpha(z_+)} - \frac{1}{\alpha(z_-)} \right) \rho_f \right] \quad (57)$$

$$+ \{1 - x(z)\}^2 \left[\frac{\sigma}{1 - \alpha(z_+)} - \frac{1}{1 - \alpha(z_-)} \right] \left[\frac{A_0}{A(z_-)} \right]^2 \sigma \quad (57)$$

で与えられる。

$\alpha(z_+)$, $\alpha(z_-)$ はそれぞれ流れの出口と入口のボイド比。

4) スペーサーによる摩擦損失

$z = z_j$ 点に挿入されたスペーサーによる圧力損失は

$$dp_{SP}(z) = \frac{V_0^2}{2g} N_{SP}(z) \delta(z - z_j) dz \quad (58)$$

で与えられる。圧力損失項 $N_{SP}(z)$ は

$$N_{SP}(z) = K_E F_{TPG}(z) \left(\frac{A_0}{A(z)} \right)^2 \frac{\rho_f^2}{\rho'(z)} \quad (59)$$

で与えられる。ただし

$$F_{TPG}(z) = 1 + \frac{v_{fg}}{v_f} x(z) \quad (60)$$

2 相流に対し

$$\rho'(z) = \rho_f$$

1 相流に対し

$$\rho'(z) = \rho(z)$$

と定義される。

5) 加速による圧力損失

加熱部にのみ存在するもので飽和点以下と以上の 2 つの領域に分けて考える。

$$\Delta P_{Acc}(z) = \frac{V_0^2}{2g} (N_{Acc1} + N_{Acc2}) \quad (61)$$

ローカルボイリングの部分に対し

$$N_{Acc1} = 2\rho_f^2 \left(\frac{1}{\rho_f} - \frac{1}{\rho_D} \right) \quad (62)$$

で与えられる。

ネットボイリング領域に対しては

$$N_{Acc2} = 2\gamma \rho_f \quad (63)$$

ただし、

$$\gamma = \frac{(1 - x_e)^2}{1 - \alpha_e} + \frac{x_e^2}{\alpha_e} \frac{\rho_g}{\rho_f} - 1 \quad (64)$$

で与えられる。

ここで x_e , α_e は $z = H_{SE}$ における蒸気クオリティとボイド比である。

4. 術語の説明

ここで、コード使用上是非とも知る必要のある術語を解説する。

1) チャンネル

その中で流量変化のない単管の名称

単管ループでは

名 称	コード
チムニー	CHIM
ダウンカマー1	DCDM
ダウンカマー2	DCDEM
ロワー・プレナム	DCLP

多岐管ループでは

アセンブリ	RIS
ライザー	SPAC
スペーサー	
リーフ・フロー・チャンネル	

2) ダクト

チャンネルを構成する単管部分の名称でその中では流路断面積の変化がなく、かつ、流体の性質が著しく変わらない領域を指す。

3) 非加熱部、加熱部、デッド領域

アセンブリは、下から燃料棒の下端 H_{SB} までと燃料上端からライザーの出口までを非加熱部といい、それぞれ NOHS 1, HOHS 2 のコードで分ける。燃料棒のある H_{SB} から H_{SE} までの領域を加熱部といい、コード HS で示す。普通長い燃料棒はまん中で非燃料要素により接続されているため、この接合部分は加熱部と区別してデッド領域とよぶ。

この領域の指定はチャンネル・ダクトの指定とは別に、デッド領域の下端 Z_{DB} と上端 Z_{DE} との指定による。

4) 状態および占有数

Fig. 3 のように循環系を上からみた具体的な図例により説明する。なお、このコードで使用するアセンブリの

形はすべて正方形にとっている。

この図の原子炉は4本のアセンブリを含む16ヶのライザーと、2本のアセンブリを含む8ヶのライザーから成り立っている。もし、アセンブリの構造が同一であるなら、アセンブリの状態の違いは熱分布の違いによることになる。

普通、原子炉の熱分布は $r-z$ 座標で与えられるから、原子炉の1象限のみを考察の対象にすればよい。しかも、構造が同一のアセンブリからできていれば状態のことなるアセンブリの数は図の場合 12ヶである。というのは2と2'のアセンブリは同じ状態にあると考えられるからである。また、IIとII'のライザーについても同じことがいえる。

この場合には同じ状態の4チャンネルについては圧力計算を繰り返す必要がなく、流量の和を求めるときは同じ状態を占めるチャンネルの数だけ加えればよい。

一般に、 m 状態のアセンブリ（簡単に m アセンブリという）が n 状態のライザー（簡単に n ライザーという）に含まれている（このことは簡単に $m \in n$ という表現を用いる）数が $g(m)$ なら、 n ライザーの流量は

$$W(n) = \sum_m g(m) w(m) + W_l(n) \quad (65)$$

である。

図の場合

$$\begin{aligned} g(1) &= 1 & m \neq 2, 9 \\ g(2) &= g(9) = 2 \end{aligned}$$

ということになる。

炉全体の流量は $I(n)$ を n ライザーの炉心の占有数とすれば

$$W_T = \sum_n I(n) W(n) \quad (66)$$

である。

図の場合、 $I=I'=I''=I'''$ であり II III IV についても事情は同じであるから、

$$\begin{aligned} I(I) &= I(III) = 4 \\ I(II) &= I(IV) = 8 \end{aligned}$$

である。

応用例として I の $2'$ のアセンブリの構造ないし、熱分布だけがことなると I と I' I'' I''' の3つのライザーの状態はことなるから

$$\begin{aligned} I(I) &= 1 \\ I(I') &= 3 \end{aligned}$$

となりアセンブリについても I に属する 2 と $2'$ の占有数は

$$g(2) = g(2') = 1$$

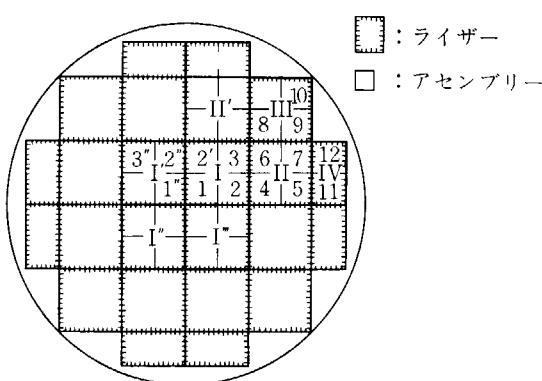


Fig. 3

となるが I' に属するアセンブリについてはアセンブリの番号に "をつけて示すと、前の1と3に対するアセンブリについては

$$g(1'') = g(3'') = 1$$

2に対応するアセンブリについては

$$g(2'') = 2$$

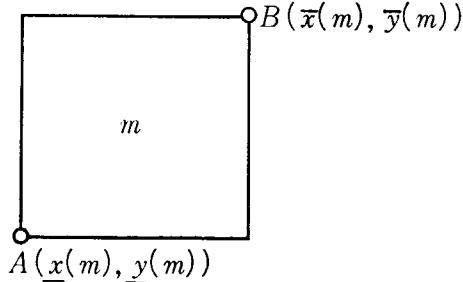
と前と同じになる。

このように状態と状態を占める数を使うことにより、多様で柔軟な計算をおこなうことができる。

6) アセンブリの位置の指定

アセンブリの位置の指定は、熱分布が $r-z$ 座標で与えられる場合アセンブリの熱分布に変換する際に必要である。

さて、正方形のアセンブリの位置の指定は下図のよう



にA点とB点を指定すればよい。

その際、常に

$$\underline{x}(m) < \bar{x}(m)$$

$$\underline{y}(m) < \bar{y}(m)$$

$$\underline{x}(m) \leq \bar{y}(m)$$

$$\bar{x}(m) \leq \bar{y}(m)$$

が成り立つように指定する。

すなわち、 $x=y$ line と x 軸の間の対応するアセンブリの位置において指定すると約束する。

そうすると $A'(x_A^{(2')}, y_A^{(2')})$, $B'(x_B^{(2')}, y_B^{(2')})$ の座標をもつ $2'$ の指定は

$$\underline{x}(2') = y_A(2')$$

$$\underline{y}(2') = x_A(2')$$

$$\bar{x}(2') = y_B(2')$$

$$\bar{y}(2') = x_B(2')$$

として指定すればよろしい。

このような場合は $2'$ の占有数 $g(2')$ は 1 であり、かつ $g(2)$ も 1 であるから両方が 2 重に数えられる心配はなく 2 と $2'$ と状態の番号もことなっているので、安心して任意の場所のことなった状態のアセンブリを同じ場所で何回でも指定できることになる。

5. 加速法と数値計算の安定性

この計算は、与えられた熱分布に対応する自然循環系の状態を求めるため(2)式をいろいろの条件下で解くわけであるが、この式は非線形であり簡単に解を求められないため、初期推定値を与える(2)式を満足するかどうかを見る。もし満足しないなら別の推定値を与えて満足するまで繰り返し計算をおこなう。初期推定値としては炉心の流れを与えるわけであるが、このコードでは、流れをチムニーの蒸気クオリティー x_E に初期推定値を与えることにより発生させる。そうして単管部の圧力計算をおこない次に多岐管へと進む。同一チャンネルに属する多岐管は同じ圧力差にならねばならない。そこでそのような圧力差を生ぜしめる流速分布を求める必要がある。例えばFig. 1 では I-ライザーに属する 4 本のアセンブリとリーク・フロー・チャンネルが同一圧力を実現するよう、流速分布を求め、次に I ライザーの圧力差を求める。この多岐管部の圧力差が丁度ダウン・カマーを含む単管部の圧力差に等しくないときは、さらにアセンブリの部分の圧力差を増加または減少せしめて圧力調整をおこなう。

この計算も trial and error の方法でおこなうわけである。このようにして、単管部の圧力差と多岐管部の圧力差が等しくなるような流速分布を求め、その結果チムニーの蒸気クオリティーが初期推定値に等しくなるような蒸気クオリティーを得られるならその値が求めるものになる。このように、この計算では同じチャンネルに属する多岐管の圧力差を等しく調整する繰り返し計算と、初期推定値の蒸気クオリティーが計算の結果でてくるものに等しくなるまで続ける繰り返しと、2重の繰り返しを含んでいるため、計算の収束が早くなる方法を開発する必要がある。

まず圧力調整の加速法であるが圧力差の内、静水圧 ΔP_H による分の流速の依存性は密度 ρ を通じてゆるやかに変化すると考える。その他の項の圧力差は流速の2乗に大体比例し、流速による依存性は急激である。そこでもし初め与えた流速 V_1 による圧力差が $\Delta P(V_1)$ とな

ったとする。しかしここで求めるのは

$$\Delta P_0 = \Delta P(V) \quad (67)$$

をみたす流速であるとすれば V_1 から V をいかに早くみつけるかという問題である。

これに対して、

$$V = \left(\frac{\Delta P_0 - \Delta P_H(V_1)}{\Delta P(V_1) - \Delta P_H(V_1)} \right)^N V_1 \quad (68)$$

という流速の調整法を見つけた。ここに N は加速因子である。このようにして得た V をあらためて次の推定値にする。

上の式の意味するところは、流速の依存性がゆるやかな部分をさっ引いて流速の依存性がなまに出るようにし、かつ、その収束がもっとも早いように、すなわち、線形に変化せしめるように因子 N をきめることである。 N として現在は $\frac{1}{2}$ を取っているがこれでほとんどの場合十分で、一万分の一に収束するのに普通 3 回ぐらいの繰り返しで到せられる。実際にはもしこの方法で 5 回で収束しない場合は内挿に切りかえる。

蒸気クオリティーの方は考え方方はもう少し複雑である。 x_E の初期推定値を x_E^0 とし、その結果 x_E^1 が出たとする。これを次の初期推定値として入れるという繰り返しをすれば毎回出る X_E の sequence は

$$x_E^0 > x_E^2 > \dots > x_E^{2n} > \dots > x_E^{2n+1} > \dots > x_E^3 > x_E^1 \quad (69)$$

となる。収束する場合は ε を任意の正数とすれば

$$|x_E^{2n} - x_E^{2n+1}| < \varepsilon \quad (70)$$

となる。

上のように x_E の繰り返しごとの値が大小大小の sequence になっているので、このコードによる計算はきわめて安定であるといふことがいえる。

そこで x_E の演算中の推定値の与え方として

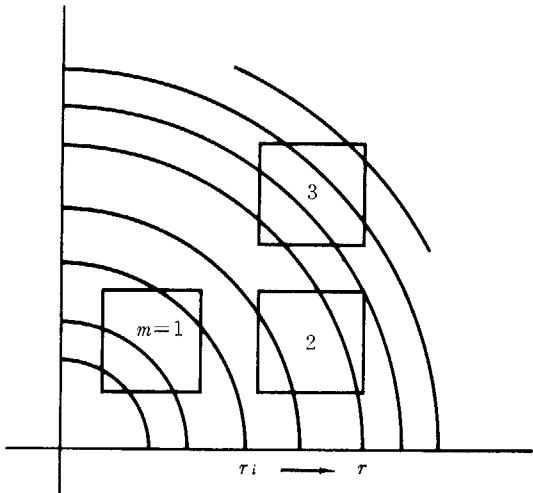
$$x_E = \frac{x_E^{(n)} + x_E^{(n-1)}}{2} \quad (71)$$

を使った方がよいことがわかる。

6. 热出力の区分求積法

円筒座標系で与えられた炉心部の热出力をアセンブリに関する热出力へ変換する計算法。

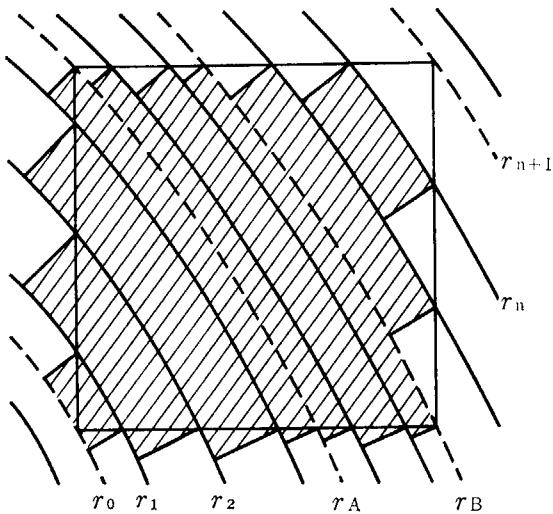
原子炉の热出力分布は2次元の計算ではよく $r-z$ 座標で mesh wise に $\phi(r_i, z_i)$ の形で与えられることが多い。



しかし、JP-HYDRO CODE ではアセンブリごとの热出力が要求されるので、 $r-z$ 座標で与えられた热出力分布を図のような正方形領域上で積分する必要がある。

この積分を次の図に示すような区分求積法を使いおこなった。

m アセンブリを切る $n-2$ 本の r -mesh があったとする。この外に、アセンブリの端に接する r_0 と r_{n+1} と端から切りこむメッシュ r_A, r_B の4本を加えた $n+2$ 本のメッシュを考える（もちろんアセンブリが $x=y$ line の



求積法の図 a

上にある場合は $r_A=r_B$ となりその場合は3本となる）。そして、 r_0, r_{n+1}, r_a, r_b 上の熱出力分布はそのメッシュを挟む2つのメッシュ上の分布から内挿するか、または中心に近い隣り合った2つのメッシュの分布から外挿して値を与える。この $n+2$ 本のメッシュに対し0から $n+1$ 番までの番号对付ける。そのメッシュ上の熱分布を $\phi(r_i, z_j)$ とする。また i 番目のメッシュがアセンブリに張っている弧の長さを s_i とすれば図 b の方では

$$q_b(m, z_j) = \sum_{i=1}^n s_i [\phi(r_i, z_j) + \phi(r_{i+1}, z_j)] \times (r_{i+1} - r_i) / 2$$

図 a の方では

$$q_a(m, z_j) = \sum_{i=1}^n s_i [\phi(r_i, z_j) + \phi(r_{i-1}, z_j)] \times (r_i - r_{i-1}) / 2$$

と求めておいて、この二つの量 $q_a(m, z_j)$ と $q_b(m, z_j)$ の相加平均をとった

$$q(m, z_j) = \frac{1}{2} [q_a(m, z_j) + q_b(m, z_j)]$$

を m アセンブリの $z=z_j$ 点の熱出力分布と定義する。

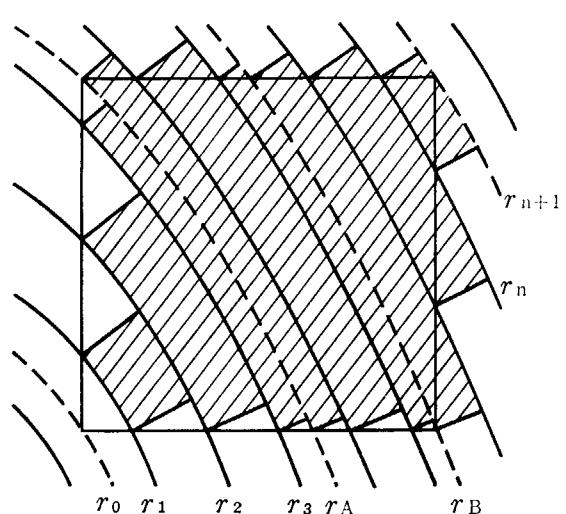
しかし全アセンブリの熱出力分布の総和は全熱出力からリーク・ヒートを除いたもの $Q_T(1-\beta)$ に等しいはずであるが、このように粗い区分求積法では

$$J = \sum_n l(n) \sum_m g(m) \int_{H_{SB}}^{H_{SE}} q(m, z) dz$$

が $Q_T(1-\beta)$ に必ずしも等しくはないから等しくするために

$$\frac{Q_T(1-\beta)}{J}$$

を上に求めた $q(m, z_i)$ に掛けて規格化しておけばよろしい。



求積法の図 b

7. INPUT DATA の説明とフォーマット

Card #1

Date 1, Date 2, Man 1, Man 2. Date 1, Date 2 は頭の方から年月日を次のように入れる。××(年)/××(月)/××(H) の 8 文字を入れる。Man 1, Man 2 は任意のホラリス文字を 12 字書くことができる。

Card #2

XYZR : アセンブリの形の指定
X=Y : アセンブリが正方形
R=Z : アセンブリが同心円のリング形
CHOICE : 热分布の与え方の指定
RZ FLUX : $\phi(r, z)$
MZ FLUX : $q(m, z)$

Card #3

NMAX : ライザーの状態の数
MMAX : アセンブリの状態の数
KMAX : アセンブリのタイプの数
LMAX : ライザーのタイプの数
MN(N), N=1, NMAX : *N* ライザー中のアセンブリの最大状態番号

Card #4

ELN(N), N=1, NMAX : *N* ライザーの炉中の占有数
GM(M), M=1, MMAX : *M* アセンブリがその属するライザー中での占有数

Card #5

LS(N), N=1, NMAX : *N* ライザーのタイプ指定
KK(M), M=1, MMAX : *M* アセンブリのタイプの指定

X=Y の場合

Card #6 MMAX 組

$\left. \begin{array}{l} XL\bar{O}(M)=\underline{x}(m) \\ XUP(M)=\bar{x}(m) \end{array} \right\}$ 正方形アセンブリの *x* 座標
 $\left. \begin{array}{l} YL\bar{O}(M)=\underline{y}(m) \\ YUP(M)=\bar{y}(m) \end{array} \right\}$ 同じく *y* 座標 (*m*)

Card #7

HSB(K), K=1, KMAX : タイプ番号 *K* のアセンブリの燃料棒の下端の高さ; *H_{SB}* (*m*)

Card #8

HSE(K), K=1, KMAX : 同じく上端の高さ; *H_{SE}* (*m*)

Card #9

ZDB(K), K=1, KMAX : タイプ番号 *K* のアセンブリのデット領域の下端の高さ:

Z_{DB} (*m*)

Card #10

ZDE(K), K=1, KMAX: 同じく上端の高さ : *Z_{DE}* (*m*)

R=Z の場合

Card #6' MMAX 組

RL\bar{O}(M) : リング形アセンブリの内半径 (*m*)
RUP(M) : リング形アセンブリの外半径 (*m*)

RZFLUX の場合

Card #11'

IZ : 热分布の *z* 座標のメッシュ数
IR : 热分布の *r* 座標のメッシュ数

Card #12'

Z(J), J=1, IZ : *J* メッシュの *z* 座標の値 (*m*)
R(I), I=1, IR : *I* メッシュの *r* 座標の値 (*m*)

Card #13'

热分布を読み込むための Format の指定
 例, 6 F 10.5 (6(E 10.5, 2X))

Card #14'

((*FRZ(I, J), J=1, IZ*), *I=1, IR*) : 热分布 $\phi(r_i, z_j)$
 (Card #13' に指定した Format で読み込む)

MZFLUX の場合

Card #11

IZ : *z* 座標のメッシュ数

Card #12

Z(J), J=1, IZ : *J* メッシュの *z* 座標の値 (*m*)

Card #13

热分布を読み込むための Format の指定

Card #14 MMAX 組

FMZ(M, J), J=1, IZ : アセンブリごとの热分布 $q(m, z_j)$ (Card #13 に指定した Format で書く)

Card #15

AHS : 加熱部の全流路断面積 (*m²*)

IMAX : 单管部のダクト総数

JKMAX(K), K=1, KMAX : *K* タイプのアセンブリのダクト総数

JKMAX(K), K=1, KMAX : *K* タイプのアセンブリが含むスペーサーの数

ISMAX(L), L=1, LMAX : *L* タイプのライザーのダクト総数

LKMAX(L), L=1, LMAX : *L* タイプのライザーのリーグ・チャンネルのダクト総数

Card #16

RODN(K), K=1, KMAX : *K* タイプのアセンブリ

	りが含む燃料棒の数		
<i>DO(K)</i> , <i>K</i> =1, KMAX:	<i>K</i> タイプのアセンブリの 燃料 1 本あたりの直径 (m)		
Card #17			
<i>AHSK(K)</i> , <i>K</i> =1, KMAX:	<i>K</i> タイプのアセンブ リの加熱部の流路断面積 (m ²)		
Card #18			
<i>ARIS(K)</i> , <i>L</i> =1, LMAX:	<i>L</i> タイプのライザーの 代表点の流路断面積 (m ²)		
Card #19 I MAX 組 単管部			
<i>DUCT(I)</i> :	<i>i</i> 番目のダクトの属するチャンネル・ネ ーム (CHIM, DCDM, DCDEM, DCLP)		
<i>A(I)</i> :	<i>i</i> 番目のダクトの流路断面積 (m ²)		
<i>DE(I)</i> :	" ダクト等価直径 (m)		
<i>H(I)</i> :	" ダクトの入口の高さ (m)		
<i>H(I+1)</i> :	" ダクトの出口の高さ (m)		
<i>ECK(I)</i> :	E/C 圧力損失係数; <i>K_{E/C}</i>		
Card #20 JKMAX(<i>K</i>)枚/KMAX 組 多岐管部ア センブリ			
<i>DUCT(I)</i> :	<i>K</i> タイプのアセンブリの <i>i</i> 番目のダク トの状態指定 (NOHS 1, HS, HOHS 2)		
<i>A(I)</i> :	<i>K</i> タイプのアセンブリの <i>i</i> 番目のダクト の流路断面積		
<i>DE(I)</i> :	<i>K</i> タイプのアセンブリの <i>i</i> 番目のダクト の等価直径		
<i>H(I)</i> :	<i>K</i> タイプのアセンブリの <i>i</i> 番目のダクト の入口の高さ		
<i>H(I+1)</i> :	<i>K</i> タイプのアセンブリの <i>i</i> 番目のダクト の出口の高さ		
<i>ECK(I)</i> :	出口の E/C 係数		
Card #21 IKMAX(<i>K</i>) 枚/KMAX 組 多岐管部アセ ンブリ			
<i>A(I)</i> :	<i>K</i> タイプのアセンブリに属する <i>i</i> 番目の スペーサーの流路断面積		
<i>DE(I)</i> :	<i>K</i> タイプのアセンブリに属する <i>i</i> 番目の スペーサーの等価直径		
<i>H(I)</i> :	<i>K</i> タイプのアセンブリに属する <i>i</i> 番目の スペーサーの高さ: <i>z_j</i>		
<i>H(I+1)</i> :	<i>K</i> タイプのアセンブリに属する <i>i</i> 番目の スペーサーの高さ (=H(<i>I</i>))		
<i>ECK(I)</i> :	スペーサーによる損失係数		
<i>NS(I)</i> :	<i>i</i> 番目のスペーサーが挿入されたアセン ブリのダクト番号		
Card #22 ISMAX(<i>L</i>)枚/LMAX 組 多岐管部 ライザ			
<i>A(I)</i> :	<i>L</i> タイプのライザーの <i>i</i> 番目のダクトの 流路断面積		
<i>DE(I)</i> :	" " 等価直径		
<i>H(I)</i> :	" " 入口の高さ		
<i>H(I+1)</i> :	" " 出口の高さ		
<i>ECK(I)</i> :	E/C 圧力損失係数; <i>K_{E/C}</i>		
Card #23 LKMAX(<i>L</i>) 枚/LMAX 組 多岐管部			
<i>A(I)</i> :	<i>L</i> タイプのライザーに属するリーク・フ ロー・チャンネルの <i>i</i> 番目のダクトの流 路断面積		
<i>DE(I)</i> :	<i>L</i> タイプのライザーに属するリーク・フ ロー・チャンネルの <i>i</i> 番目のダクトの等 価直径		
<i>H(I)</i> :	<i>L</i> タイプのライザーに属するリーク・フ ロー・チャンネルの <i>i</i> 番目のダクトの入 口の高さ		
<i>H(I+1)</i> :	<i>L</i> タイプのライザーに属するリーク・フ ロー・チャンネルの <i>i</i> 番目のダクトの出 口の高さ		
<i>ECK(I)</i> :	ダクト出口の E/C 係数		
Card #24			
<i>KW3</i> :	=0 自然循環, =1 圧力一定の強制循環, =2 流量一定の強制循環		
<i>KW4</i> :	<i>KW4</i> >0 なら, 次からの問題は #24 のカ ードから Read すればよい		
Card #25			
<i>QKWH</i> :	全発生熱量: <i>QT</i> (kW)		
<i>PPP</i> :	炉心圧力: <i>P</i> (kgf/cm ² abs)		
<i>PSIA</i> :	炉心圧力: <i>P_{sia}</i> (1b/inch ² abs)		
<i>HHF</i> :	給水のエンタルピー: <i>h_f</i>		
<i>BETA</i> :	リーク・ヒートの比率: <i>β</i>		
<i>WA</i> :	クリーン・アップ系の流量 (kg/sec)		
<i>ETA</i> :	リーク・フローの比率: <i>η</i> = <i>W_L</i> / <i>W_T</i>		
Card #26			
<i>XDE</i> :	ダウン・カマー 1 の蒸気クオリティー: <i>x_d</i>		
<i>XEO</i> :	チムニーの蒸気クオリティー初期値: <i>x_E⁰</i>		
<i>DXE</i> :	<i>x_s</i> ≤0 の場合の <i>Δx_E</i>		
<i>DXD</i> :	<i>Δx_D</i>		
<i>DDXE</i> :	not available		
<i>FACT</i> :	リーク・フローの流速を下げる factor (普 通 2~3)		
<i>NLK</i> :	リーク・フローの圧力調整の計算ループ の最大数		
Card #27			
<i>DPPUMP</i> :	強制循環に見立てるときの圧力差: <i>P_F</i>		
<i>WT₀</i> :	流量一定の強制循環にした場合の炉心全 流量 <i>W_T</i>		
Card #28			
<i>CNVGRP</i> :	not available		
<i>ETABTA</i> :	<i>ETAWT</i> と書けばリーク・フロー <i>W_L</i> は <i>ηW_T</i> により与えられる		
<i>BURN</i>	not available		

XEMAX: *XEO* の最大値

Card #29

TSAT: 流体の飽和温度: T_{SAT} (°C)

HF : 流体の飽和温度のときのエンタルピー
(kcal/kg)

RF : 流体の飽和温度の時の密度 (kg/m³)

VF : 流体の飽和温度の時の比体積 (m³/kg)

HG : 蒸気の飽和温度のエンタルピー (kcal/kg)

RG : 蒸気の飽和温度の密度 (kg/m³)

VG : 蒸気の飽和温度の比体積 (m³/kg)

Card #30

RAMDL: 流体の熱伝導度: λ (k cal/m·sec·°C)

THB : フィルムボイドの厚さ t_b (m)

ALF4 : ボイド比率 α_4

VVSAT : 飽和点の粘性係数: V_{SAT} (m²/sec)

PR : プラントル数: P_r

Card #31

RHOA: 密度の fitting formula の 0 次係数 ρ_A

RHOB: " 1 " ρ_B

RHOC: " 2 " ρ_C

RA : マルチネリの fitting formula の 0 次係数
 R_A (=1)

RB : マルチネリの fitting formula の 1 次係数
 R_B

RC : マルチネリの fitting formula の 2 次係数
 R_C

TSA : 温度の fitting formula の 0 次係数 T_A

TSB : " 1 " T_B

TSC : " 2 " T_C

Card #32

E1: CORE 部の圧力調整収束因子

E2: INNER 部の圧力調整収束因子

E3: チムニーの蒸気クオリティー収束因子

7044 INPUT DATA FORM I

PAGE 7 OF

氏名 所属	日付 電話	プログラム名 研究テーマ番号			JOB NO. IBJOB DECKNAME		カード色指定 備考	PUNCH 73-80 YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
		1	2	3	4	5	6	7	8	
		1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
#27		(Forced Circulation Data)								
#27		DPPUMP	WT0	--(7F10.0)						
#28		(Option)								
#28		CNVGRP	ETABTA	BURN	XEMAX	--(3(A6,4X),F10.0)				
#29		(物性値)								
#29		TSAT	HF	RF	VF	HG	RG	VG	--(7F10.0)	
#30		(Local Boilingに関するData)								
#30		RAMDL	THB	ALF4	VVSAT	PR	--(7F10.0)			
#31		(種々の2次式fitの係数)								
#31		RH $\bar{\alpha}$ A	RH $\bar{\alpha}$ B	RH $\bar{\alpha}$ C	RA	RB	RC	TSA	--(7F10.0)	
#32		TSB	TSC							
#32		(収束判定因子)								
#32		E1	E2	E3	--(7F10.0)					
		1	2	3	4	5	6	7	8	

#73~75:DATA ID, #6~9:SEQUENTIAL NUMBER

D - 1