

# 单相多次元熱流動解析コードAQUA 利用手引書

1991年8月

動力炉・核燃料開発事業団  
大洗工学センター

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するものです。ついては複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう特に注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒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

技術開発部・技術管理室

## 单相多次元熱流動解析コードAQUA 利用手引書

村松 寿晴\* , 二ノ方 寿\*\*

### 要 旨

1983年、米国アルゴンヌ国立研究所(ANL)より導入したCOMMIX-1Aコードを基本として、大幅な数値計算法の改良・整備および機能拡張を行い、单相多次元熱流動解析コードAQUA(Advanced simulation using Quadratic Upstream differencing Algorithm)を開発した。この、AQUAコードは、1987年に実施された使用方法に係わる講習会(Version-1)を経て動燃事業団内に公開され、各種業務に関連する熱流動設計および評価において数多くの具体的成果を提供してきた。

本報は、AQUAコードの新機能(物質輸送モデル: Version-2, 複数多次元モデル: Version-3)の使用方法について、Version-1(オリジナル)を含めた形で再編集した総合取扱い説明書である。

---

\* 大洗工学センター安全工学部原子炉工学室

\*\* 大洗工学センター安全工学部炉心安全工学室

Single-Phase Multi-Dimensional Thermohydraulic Analysis Code AQUA  
Input Manual

Toshiharu Muramatsu\* and  
Hisashi Ninokata \*\*

Abstract

A single-phase multi-dimensional thermohydraulic analysis code AQUA has been developed to establish an analytical tool for the thermohydraulics in a reactor and the other main components of an LMFBR. AQUA is based on the reconstruction of COMMIX-1A, introduced from ANL in 1983, which ranges from the improvements of numerics to the implementation of new functions.

Main features of AQUA different from COMMIX-1A are as follows:

- (1) Original Model Version (version-1)
  - QUICK and QUICK-FRAM schemes as the discretization methods of the convection terms of transport equations
  - ICCG method as a Poisson-type matrix solver
  - $k-\epsilon$  two equation turbulence model
- (2) Mass Transport Model Version(version-2)
  - including the features of version-1
  - transport evaluation of an arbitrary mass fragment
- (3) Multi Regions Model Version(version-3)
  - including the features of version-1
  - coupled evaluation in multi-region multi-dimensional system

---

\* Reactor Engineering Section, Safety Engineering Division, OEC, PNC

\*\* FBR Safety Engineering Section, Safety Engineering Division, OEC, PNC

## 目 次

第1章 緒 言 .....	1
第2章 AQUAコードの概要 .....	2
2.1 オリジナル (Version-1) .....	2
2.2 物質輸送モデル (Version-2) .....	3
2.3 複数多次元モデル (Version-3) .....	4
第3章 AQUAコードの実行 .....	4
3.1 実行手順の概要 .....	4
3.2 入力データの構成 .....	5
3.3 入力データの規定 .....	5
(1) オリジナル (Version-1) .....	23
(2) 物質輸送モデル (Version-2) .....	27
(3) 複数多次元モデル (Version-3) .....	36
第4章 解析結果の図形処理 .....	36
4.1 図形処理の概要 .....	36
4.2 入力データの規定 .....	37
(1) MULTO .....	37
(2) VECTOR .....	37
(3) ISOTHERM .....	38
(4) TODISC .....	39
(5) GRAPHIT .....	40
(6) TODISCM .....	40
(7) GRAPHITM .....	40
(8) GRAPHXYZ .....	41
第5章 AQUAコードの管理 .....	42
5.1 概 要 .....	42
5.2 ロードモジュールの作成 .....	42
第6章 結 言 .....	46
参考文献 .....	47

## 第1章 緒 言

1983年、米国アルゴンヌ国立研究所（ANL）より導入したCOMMIX-1Aコード<sup>1)</sup>を基本として、大幅な数値計算法の改良・整備および機能拡張を行い、単相多次元熱流動解析コードAQUA (Advanced simulation using Quadratic Upstream differencing Algorithm)<sup>2, 3, 4)</sup>を開発した。この、AQUAコードは、1987年に実施された使用方法に係わる講習会（Version-1）を経て動燃事業団内に公開され、各種業務に関連する熱流動設計および評価において数多くの具体的成果を提供してきた。

本報は、文献2-4)には記載されなかったAQUAコードの新機能（物質輸送モデル：Version-2、複数多次元モデル：Version-3）の使用方法について、Version-1(オリジナル)を含めた形で再編集した総合取扱い説明書である。

## 第2章 AQUAコードの概要

### 2.1 オリジナル(Version-1)

AQUAコードのオリジナル(Version-1)は、以下の機能により特徴付けられる。

- (1) 対流項離散化に係わる高次差分法の採用<sup>6)</sup>
- (2) ポアソン型圧力方程式解法の改良<sup>6)</sup>
- (3)  $k-\varepsilon$  2方程式乱流モデルの採用<sup>7)</sup>

(1)の特徴は、1次風上差分法を使用する場合に発生する数値拡散による解の劣化を、空間に関して2次の正確度を持つ QUICK法<sup>8)</sup> およびQUICK-FRAM法<sup>9)</sup> 等の高次差分法を採用してこれを防止した点にある。一般的に、対流が支配的な流動場において、この流れが計算メッシュに対して斜交し、且つこの流れと直交する方向に流速、温度あるいはその他の被輸送量の勾配が存在する条件では、1次風上差分法の使用によって数値解が大幅に劣化する。この効果は、数値粘性効果として表面化し、乱流モデル等の物理モデルの効果を無意味にしかねない。AQUAコードでは上記高次差分法の採用によって、数値拡散より発生する数値粘性効果を物理的な粘性効果(分子粘性、乱流粘性)以下に低減させることが可能となっている。

(2)の特徴は、圧力に関するポアソン方程式(連立1次方程式)の数値解を求めるプロセスにICCG(Incomplete Choleski Conjugate Gradient)法<sup>10)</sup>を採用した点にある。単相流数値解析において最も計算時間を費やす部分の一つは、大型連立1次方程式を解くプロセスである。従来から一般的に使用されている点SOR法では、計算セルが数千以上になると極端に収束性が悪化する。一方、ICCG法は、理論的には $n$ 次元連立1次方程式を高々 $n$ 回の反復で解くことができるCG(Conjugate Gradient)法に、収束性を改善するための前処理(Preconditioning)操作を施した手法である。AQUAコードでは、ICCG法の採用によって、定常計算で約2倍の高速化(対点SOR)が達成されている。

(3)の特徴は、乱流挙動を評価するために、乱流運動エネルギー $k$ とその散逸率 $\varepsilon$ を輸送量とする $k-\varepsilon$ 2方程式モデル<sup>11)</sup>を採用した点にある。乱流挙動の最も単純な記述は、流速変動成分の2乗和で表される乱流運動エネルギー $k$ と渦の特性長 $l$ で表現される。古典的アプローチでは、 $k$ および $l$ は代数式で与えられる(混合長モデル)ものの、これら何れのパラメータも空間および時間の関数であり、工学的応用には限界がある。一方、 $k-\varepsilon$ 2方程式乱流モデルでは、乱流運動エネルギー $k$ に関する輸送方程式を評価するために、乱流運動エネルギー $k$ の散逸率 $\varepsilon(\propto k^{3/2}/l)$ に関する輸送方程式を補助方程式として採用し、空間的な乱流量分布を評価する。AQUAコードでは、この $k-\varepsilon$ 2方程式乱流モデルの採用によって、広範囲の工学的問題に対する乱流解析が可能となっている。

## 2.2 物質輸送モデル(Version-2)

AQUAコードの物質輸送モデル(Version-2)は、Version-1の機能に加え、以下の追加機能により特徴付けられる。

### (1) 任意流体中での希薄物質の対流拡散シミュレーション<sup>12, 13)</sup>

FBRの安全設計においては、原子炉上部カバーガス空間でのFPガス輸送あるいはNa中での遅発中性子(DN)先行核輸送等の物質輸送解析が求められる。Version-2では、拡散溶質の濃度が重力の影響が無視できる程度に希薄であり、その密度は溶媒物質のそれと等しいと仮定し、以下の対流拡散輸送方程式が定式化されている。

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \phi) + \text{div}(\rho u \phi) = \text{div}(\mathcal{D} \text{grad} \phi) \quad (2.1)$$

ここで、

$\phi$  : 拡散溶質濃度

$\rho$  : 溶媒密度

$u$  : 溶媒流速

$\mathcal{D}$  : 相互拡散係数, シュミット数

$t$  : 時間

## 2.3 複数多次元モデル(Version-3)

AQUAコードの複数多次元モデル(Version-3)は、Version-1の機能に加え、以下の追加機能により特徴付けられる。

### (1) 複数の多次元領域を配管で接続した系の熱流動シミュレーション

FBR実証炉として提案されているトップエントリー型炉では、炉容器, IHX容器, ポンプ容器等, 複数の多次元領域を配管で接続することにより1次主冷却系が構成され, この様な系における熱流動現象を精度良く評価することが求められている。Version-3では, 配管モジュール(多次元領域と1次元領域との結合機能)およびポンプモデルを新たに導入することにより, 上記解析評価を可能なものになっている。

## 第3章 AQUAコードの実行

### 3.1 実行手順の概要

AQUAコード本体 (version-1, -2, -3) を実行することにより, 解析対象領域内の各計算セルにおける流速( $U, V, W$ ), 温度 $T$ , 乱流量( $k, \epsilon, \mu, \lambda$ ), 濃度 $\phi$ 等が求められると共に, これらの結果がリスタートファイル(FT10)およびプロットファイル(FT76)内に格納される。この後, リスタートファイルおよびプロットファイルから解析結果を読み出すことにより, 流速ベクター図, 温度コンター図, 時系列(物理量-時間)図, 空間分布(物理量-座標)図等を図形出力することができる。

### 3.2 入力データの構成

AQUAコード本体の実行に係わる入力データは, 何れのVersion も以下に示す構造をとる。

- (1) コメントカード (オプション)
- (2) NAMELIST/GEOM/(不可欠)
- (3) 境界表面規定カード (不可欠)
- (4) NAMELIST/DATA/(不可欠)
- (5) 流動抵抗要素規定カード (オプション)
- (6) NAMELIST/STRUC/(オプション)
- (7) 伝熱要素型規定カード (オプション)
- (8) 伝熱要素位置規定カード (オプション)
- (9) 境界初期条件規定カード (不可欠)
- (10) 内部セル初期条件規定カード (不可欠)

## 3.3 入力データの規定

## (1) オリジナル(Version-1)

## NAMELIST/GEOM/

変数名	内容	特記事項
<u>計算属性の規定</u>		
IFRBS	0 : イニシャルランであり, リスタートファイルに解析結果を書き込まない(*) 1 : イニシャルランであり, リスタートファイルに解析結果を書き込む 2 : リスタートファイルから結果を読み込んで解析を継続し, リスタートファイルに解析結果を書き込まない 3 : リスタートファイルから結果を読み込んで解析を継続し, リスタートファイルに解析結果を書き込む	運動量とエネルギーの計算は, 同一な解法とすること
ISYMCH	-1 : 運動量計算を行わない 2 : 運動量計算を半陰解法で行う 3 : 運動量計算を完全陰解法で行う(*)	
IFITEN	2 : エネルギー計算を半陰解法で行う 3 : エネルギー計算を完全陰解法で行う(*)	
IFPCG	0 : 点SOR法により圧力方程式を解く 5 : ICCG法により圧力方程式を解く(*) 10 : ガウスの消去法により圧力方程式を解く	
<u>計算体系の規定</u>		
IGEOM	0 : デカルト座標系(x-y-z系) -1 : 円筒座標系(r- $\theta$ -z系)	0以外の場合には, NAMELIST/GEOM/内にて当該特性の規定および流動抵抗要素規定カードで位置等の規定が必要となる
NLI	表面要素総数(0)	
NMI	計算セル総数(0)	
IMAX	xまたはr方向の最大メッシュ数(1)	
JMAX	yまたは $\theta$ 方向の最大メッシュ数(1)	
KMAX	z方向最大のメッシュ数(1)	
NSURF	表面総数	
DX(I)	xまたはr軸に沿うメッシュ幅[m]	
DY(J)	yまたは $\theta$ 軸に沿うメッシュ幅[mまたはrad.]	
DZ(K)	z軸に沿うメッシュ幅[m]	
XNORML(N)	表面番号Nの単位法線ベクトルのx成分	
YNORML(N)	表面番号Nの単位法線ベクトルのy成分	
ZNORML(N)	表面番号Nの単位法線ベクトルのz成分	
NFORCE	流動抵抗要素総数(0)	

変 数 名	内 容	特 記 事 項
<u>流動抵抗要素機能の規定</u> NEWFOR	0 : 新しい流動抵抗要素情報は読み込まない 1 : NFORCEが0以上の値であり、且つISTATEの値が2あるいは3の場合、新しい流動抵抗要素情報が読み込まれる	NAMELIST/STRUC/, 伝熱要素型規定カード, 伝熱要素位置規定カードが必要となる
<u>伝熱要素機能の規定</u> ISTRUC	0 : 伝熱要素を使用しない(*) 1 : 伝熱要素を使用する	
NEWTS	0 : 新しい伝熱要素情報は読み込まない 1 : ISTRUCが0以上の値であり、且つISTATEの値が2あるいは3の場合、新しい伝熱要素情報が読み込まれる	
<u>乱流モデル機能の規定</u> ITURKE	0 : 乱流モデルは使用しない 20 : k-ε2方程式乱流モデルを使用する	

## 境界表面規定カード

変 数 名	内 容	特 記 事 項
NAME	<p>本カードは、イニシャルランの場合(ISTATE=0)にのみ必要となる。読み込み形式は、次の通りである。</p> <p>NAME AREA IB IE JB JE KB KE N (A4) (F10.3) 714</p>	
NAME	<p>REG : 規則的表面 IREG: 不規則表面</p>	<p>不規則表面に対する物理モデルは簡易的なものであり、この使用は勧められない</p>
AREA	<p>END : 解析体系規定カードの終了 &lt;0.0 : 表面要素の面積は、NAMELIST/GEOM/で規定したメッシュ幅(DX, DYおよびDZ)より計算される &gt;0.0 : 表面要素の面積は、AREAの値が採用される</p>	
IB IE JB JE KB KE N	<p>固体壁NのI方向メッシュの始まり 固体壁NのI方向メッシュの終り 固体壁NのJ方向メッシュの始まり 固体壁NのJ方向メッシュの終り 固体壁NのK方向メッシュの始まり 固体壁NのK方向メッシュの終り 表面番号</p>	
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 流速境界条件、温度境界条件および表面単位法線ベクトルが同じ場合には、同一の表面番号とすることができる</li> <li>2. 表面番号の並びは、小さな値から大きな値への順番とすること</li> <li>3. 円筒座標系の場合、中心軸についても表面番号を与える必要がある</li> <li>4. 円筒座標系で且つ周方向が<math>2\pi</math>ラジアンである場合には、J=1境界面とJ=JMAX境界面とが内部で自動的に接続されるので、表面番号を規定する必要はない</li> </ol>

NAMELIST/DATA/

変数名	内容	特記事項
<u>計算属性の規定</u>		
ISTATE	0 : 定常計算の開始(*) 1 : 定常計算の継続であり、初期条件はリスタートファイルの情報が採用される 2 : 過渡計算の開始であり、初期条件はリスタートファイルの情報が採用される 3 : 過渡計算の継続であり、初期条件はリスタートファイルの情報が採用される	
IFENER	0 : エネルギー計算を行わない 1 : エネルギー計算を行う(*)	
IFMMO	0 : 運動量式対流項をQUICK-FRAM法で評価 1 : 運動量式対流項を1次風上差分法で評価 2 : 運動量式対流項をQUICK法で評価(*)	
IFMEN	0 : エネルギー式対流項をQUICK-FRAM法で評価(*) 1 : エネルギー式対流項を1次風上差分法で評価 2 : エネルギー式対流項をQUICK法で評価	
IFMTB	0 : 乱流量式対流項をQUICK-FRAM法で評価 1 : 乱流量式対流項を1次風上差分法で評価(*) 2 : 乱流量式対流項をQUICK法で評価	
IBOIL	0 : 沸騰のチェックは行わない 1 : 沸騰のチェックを各時間ステップ毎に行い、沸騰が発生した場合には計算を終了させる	
<u>流動抵抗要素機能の規定</u>		
ICORR(NF)	流動抵抗要素相関式番号(NF=NFORCE) 流動抵抗相関式は、以下の関係により評価される。 $\frac{\Delta P}{\Delta x} = -C_1 \rho  u  u f/L$ $= -FORCES(NF) * RL * ABS(UL) * UL * FCORR/CLENTH(NF)$ $\frac{\Delta P}{\Delta y} = -C_1 \rho  v  v f/L$ $= -FORCES(NF) * RL * ABS(VL) * VL * FCORR/CLENTH(NF)$ $\frac{\Delta P}{\Delta z} = -C_1 \rho  w  w f/L$ $= -FORCES(NF) * RL * ABS(WL) * WL * FCORR/CLENTH(NF)$ ここで、 $FCORR = ACORRL(NC) * RE^{**} BCORRL(NC) + CCORRL(NC)$ for RE < REYTRN(NC) $= ACORRL(NC) * RE^{**} BCORRT(NC) + CCORRT(NC)$ for RE > REYTRN(NC) $RE = RL * SQRT(UL^{**2} + VL^{**2} + WL^{**2}) * RBYLEN(NC) / VIS$ NC : NCORR RL : ρ	

変数名	内容	特記事項
	UL, VL, WL, : u, v, w	
	VIS : $\mu$	
FORCEF(NF)	流動抵抗要素相関式の係数	
REYLEN(NF)	代表長さ[m]	
CLENTH(NF)	<0.0:入力値が特性距離として用いられる[m] >0.0:特性距離がメッシュ幅により与えられる	
ICORR(NF)	流動抵抗要素相関式の番号(<50)	
NCORR(NF)	流動抵抗要素相関式の総数	
REYTRN	遷移レイノルズ数	
ACORRL(NC)	層流条件における流動抵抗要素相関式の係数	
BCORRL(NC)	同上	
CCORRL(NC)	同上	
ACORRT(NC)	乱流条件における流動抵抗要素相関式の係数	
BCORRT(NC)	同上	
CCORRT(NC)	同上	
<u>乱流モデル機能の規定</u>		
TURBV	乱流粘性係数[Pa・s]	for ITURKE=0
TURBC	乱流熱伝導度[W/m°C]	for ITURKE=0
OMEGAK	乱流量式係数に対する緩和係数(0.95)	for ITURKE=20
RELAXK	乱流量式解に対する緩和係数(0.8)	for ITURKE=20
CMUI	乱流モデル定数(0.09)	for ITURKE=20
	$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\epsilon}$ $= RL * CMUI * TURK^{**2} / TURE$	
AKAPPA	カルマン定数(0.4)	for ITURKE=20
SIGK	k 輸送方程式拡散項係数(1.0)	for ITURKE=20
SIGE	$\epsilon$ 輸送方程式拡散項係数(1.3)	for ITURKE=20
CIE	$\epsilon$ 輸送方程式生成項係数(1.44)	for ITURKE=20
C2E	$\epsilon$ 輸送方程式消散項係数(1.92)	for ITURKE=20
C3E	$\epsilon$ 輸送方程式浮力項係数(0.7)	for ITURKE=20
CINK1	k 境界値設定定数( $10^{-3}$ )	for ITURKE=20
CINK2	k 初期値設定定数( $10^{-3}$ )	for ITURKE=20
CINE1	$\epsilon$ 境界値設定定数( $10^{-1}$ )	for ITURKE=20
CINE2	$\epsilon$ 初期値設定定数( $10^{-1}$ )	for ITURKE=20

変数名	内容	特記事項
<u>流体物性値の規定</u>		
IFPROP	0 : 流体物性値として, AQUAコード組み込みの水あるいは ナトリウムのパッケージを使用する 1 : 入力により規定する任意流体物性値を使用する	
FCOH	エンタルピー近似式の定数項	for IFPROP=1
FC1H	エンタルピー近似式の線形1次項 Enthalpy=FCOH+FC1H*TL(J/kg)	for IFPROP=1
FCORO	密度近似式の定数項	for IFPROP=1
FC1RO	密度近似式の線形1次項 Density=FCORO+FC1RO*TL(kg/m <sup>3</sup> )	for IFPROP=1
FCOK	熱伝導度近似式の定数項	for IFPROP=1
FC1K	熱伝導度近似式の線形1次項 Conductivity=FCOK+FC1K*TL(W/m <sup>2</sup> C)	for IFPROP=1
FCOMU	粘性係数近似式の定数項	for IFPROP=1
FC1MU	粘性係数近似式の線形1次項 Viscosity=FCOMU+FC1MU*TL(Pas)	for IFPROP=1
<u>固体材料物性値の規定</u>		
NMATER	固体材料総数(0)	
COK(NM)	熱伝導近似式の定数項(NM=NMATER)	
C1K(NM)	熱伝導近似式の1次項	
C2K(NM)	熱伝導近似式の2次項	
C3K(NM)	熱伝導近似式の3次項 Conductivity=COK+C1K*TL+C2K*TL**2 +C3K*TL**3(W/m <sup>2</sup> C)	
COCP(NM)	比熱近似式の定数項	
C1CP(NM)	比熱近似式の1次項	
C2CP(NM)	比熱近似式の2次項	
C3CP(NM)	比熱近似式の3次項 Specific Heat=COCP+C1CP*TL+C2CP*TL**2 +C3CP*TL**3(J/kg <sup>2</sup> C)	
CORO(NM)	密度近似式の定数項	
C1RO(NM)	密度近似式の1次項	
C2RO(NM)	密度近似式の2次項	
C3RO(NM)	密度近似式の3次項 Density=CORO+C1RO*TL+C2RO*TL**2 +C3RO*TL**3(kg/m <sup>3</sup> )	

変数名	内 容	特記事項
<u>時間進行条件の規定</u>		
IDTIME	0 : 入力により与えられる時間刻み幅(DT)を使用 1 : 入力により与えられる緩和係数(RDTIME)とクラーン条件とから規定される時間刻み幅を使用 ( $DT = RDTIME * DT_c$ , $DT_c$ : クラーン条件から規定される時間刻み幅)	
TSTART	初期時刻[sec], (0.0)	
DT(1)	時間刻み幅[sec], (第1ステップから第LASTDTステップ間)	
DT(2)	時間刻み幅[sec], (第LASTDTステップ以降)	
LASTDT	時間刻み幅変更時間ステップ数(99999)	
RDTIME	時間刻み幅規定用緩和係数(0.8)	
NTHCON	0: 収束判定条件更新のためのルーチン呼び出さない >0: 収束判定条件更新のためのルーチンを第NTHCONステップに呼び出す <0: 収束判定条件更新のためのルーチンを各時間ステップ毎に呼び出す	
NTMAX	計算終了時間ステップ数(99999)	
TIMAX	計算終了シミュレーション時間( $3.6 * 10^7$ sec)	
TREST	リスタートファイルおよびプロットファイル作成のためのCPU時間[20.0sec], ジョブカードで規定された合計CPU時間からTRESTを差し引いたCPU時間が, AQUA本体の繰り返し計算処理に充てられる	
<u>反復条件の規定</u>		
IT(1)	単一時間ステップ内での最大反復回数(10), (第1ステップからLASTITステップ間)	
IT(2)	単一時間ステップ内での最大反復回数(10), (第LASTITステップ以降)	
LASTIT	単一時間ステップ内最大反復回数の変更時間ステップ	
ITMAXP	点SOR法使用時の最大反復回数(99)	
ITMCG	ICCG法使用時の最大反復回数(NM1)	
ITMAXE	エネルギー計算の最大反復回数(99)	
OMEGAV	運動量計算式に対する減速緩和係数(0.8)	
OMEGAE	エネルギー計算式に対する減速緩和係数(0.8)	
OMEGA	圧力方程式解に対する加速緩和係数(1.5)	
RELAXE	エネルギー式解に対する加速緩和係数(0.95)	
EPS1	質量保存式収束判定条件( $1.0 * 10^{-4}$ )	
EPS3	相対変動率収束判定条件( $5.0 * 10^{-5}$ )	
EPS5	エネルギー保存式収束判定条件( $1.0 * 10^{-5}$ )	
EPS7	乱流量式相対変動率収束判定条件( $5.0 * 10^{-5}$ )	

変数名	内 容	特記事項
境界条件の規定		
KFLOW(N)	流速境界条件の型(N=NSURF) -5: 出口境界であり, 質量流量が保存される -4: 出口境界であり, 流速が一様に規定される -3: スリップ境界 -2: 出口境界であり, 流速が保存される -1: 出口境界であり, 運動量が保存される 1: VELOC(N)あるいは境界初期条件規定カードで規定される法線方向流速一定境界であり, 接線方向流速成分はゼロ(No-Slip)である(*) 100+NF: 第NF番過渡関数とVELOC(N)との積で規定される法線方向流速過渡境界	
KTEMP(N)	温度境界条件の型 1: TEMP(N)あるいは境界初期条件規定カードで規定される温度一定境界(*) 100+NF: 第NF番過渡関数とTEMP(N)との積で規定される温度過渡境界 200: TEMP(N)あるいは境界初期条件規定カードで規定される熱流束一定境界 300+NF: 第NF番過渡関数とTEMP(N)との積で規定される熱流束過渡境界 400: 断熱境界 500+NF: 対構造物温度過渡境界	
KPRESS(N)	圧力境界条件の型 0: 圧力境界条件を使用しない(*) 1: PRESS(N)で規定される圧力一定境界 100+NF: 第NF番過渡関数とPRESS(N)との積で規定される圧力過渡境界	Wall Modelの規定が必要となる
VELOC(N)	表面番号Nにおける法線方向流速[m/s]	
TEMP(N)	表面番号Nにおける流体温度あるいは熱流束	
PRESS(N)	表面番号Nにおける圧力[Pa・s]	
TEMPO	初期流体温度[°C]	
PRESO	圧力参照点(XPRESO, YPRESO, ZPRESO)における初期圧力(1.01353*10 <sup>5</sup> Pa)	
XPRESO	圧力参照点のx方向座標[m]	
YPRESO	圧力参照点のy方向座標[m]	
ZPRESO	圧力参照点のz方向座標[m]	
GRAVX	重力加速度のx方向成分[m/s <sup>2</sup> ]	
GRAVY	重力加速度のy方向成分[m/s <sup>2</sup> ]	
GRAVZ	重力加速度のz方向成分[m/s <sup>2</sup> ]	

変数名	内容	特記事項
<u>Wall Modelの規定</u>		
WALLDX(N)	構造材壁の厚さ[m]	
MATWAL(N)	表面Nの材料型	
IHTWAL(N)	熱伝達相関式番号	
HYDWAL(N)	表面Nに対する水力等価値径[m]	
WALLQS(N)	単位体積単位時間当たりの平均発熱量[W/m <sup>3</sup> ]	
OK(K)	規格化軸方向発熱量分布(1.0)	
QIJ(IJ)	規格化半径方向発熱量分布(1.0)	
TSINK(N)	周囲雰囲気温度あるいは媒体温度[°C]	
DTWALL(N)	KTEMP=500+NF使用時の時間刻み幅[sec]	
<u>熱伝達モデルの規定</u>		
NHEATC	熱伝達相関式の総数(1)	
HEAT1L(NH)	ヌッセルト数相関式の係数(NH=NHEATC)	
HEAT2L(NH)	ヌッセルト数相関式の係数	
HEAT3L(NH)	ヌッセルト数相関式の係数	
HEAT4L(NH)	ヌッセルト数相関式の係数	
	$Nu = HEAT1L + HEAT2L * PR^{**} HEAT3L * RE * HEAT4L$	
	for RE < PETR N	
HEAT1T(NH)	ヌッセルト数相関式の係数	
HEAT2T(NH)	ヌッセルト数相関式の係数	
HEAT3T(NH)	ヌッセルト数相関式の係数	
HEAT4T(NH)	ヌッセルト数相関式の係数	
	$Nu = HEAT1L + HEAT2L * PR^{**} HEAT3L * RE * HEAT4L$	
	for RE > PETR N	
PETR N	遷移ペクレ数(47.5)	
<u>過渡関数の規定</u>		
TVAL(NP)	過渡関数の独立変数	
FVAL(NP)	過渡関数の従属変数	
NEND(NF)	第NF番過渡関数の指定点数	
<u>出力条件の規定</u>		
NTPRNT	印刷ルーチン呼び出す時間ステップ数 0:印刷ルーチン呼び出さない >0:第NTPRNTステップに印刷ルーチン呼び出す <0:-NTPRNTステップ毎に印刷ルーチン呼び出す -9999:計算終了直前に印刷ルーチン呼び出す	最大指定数は50個である
TPRNT	印刷ルーチン呼び出すシミュレーション時間 0.0:印刷ルーチン呼び出さない(*) >0.0:TPRNT秒に印刷ルーチン呼び出す <0.0:-TPRNT秒毎に印刷ルーチン呼び出す	最大指定数は50個である

変 数 名	内 容	特 記 事 項
ISTPR NTHPR	<p>計算開始時点で印刷する物理量コードを指定する            計算開始後の印刷時点で印刷する物理量コードを指定する</p> <p>体系内物理量の印刷指定は、コードSVVPLLで行う            S   +:VVPLLのみ印刷する                 -:VVPLL<sub>1</sub>からVVPLL<sub>2</sub>まで印刷する</p> <p>VV 01:流速成分u            02:流速成分v            03:流速成分w            04:エンタルピーh            05:温度T            06:ポリュームポロシティ<math>\gamma_v</math>            07:密度<math>\rho</math>            08:静圧P            09:質量残差<math>\delta</math>            10:x方向サーフェスパーミアビリティ<math>\gamma_x</math>            11:y方向サーフェスパーミアビリティ<math>\gamma_y</math>            12:z方向サーフェスパーミアビリティ<math>\gamma_z</math>            13:密度変動率<math>\partial \rho / \partial t</math>            14:乱流運動エネルギーkおよび散逸率            15:体積発熱量            16:初期静圧            17:圧力上昇量            18:質量残差変動率<math>\partial \delta / \partial P</math>(対圧力)            19:質量残差変動率<math>\partial \delta / \partial h</math>(対エンタルピー)            20:乱流熱伝導度            21:乱流粘性係数</p> <p>P   1: i 面を印刷する            2: j 面を印刷する            3: k 面を印刷する</p> <p>LL   :印刷面 (メッシュ番号)</p> <p>境界物理量の印刷指定は、コードS8VVLLで行う            S   +:VVLLのみ印刷する                 -:VVLL<sub>1</sub>からVVLL<sub>2</sub>まで印刷する</p> <p>VV 01:表面法線流速            02:表面法線熱流束            03:固体壁隣接流体セル番号            04:表面上エンタルピー            05:表面上温度            06:表面要素面積            07:表面上密度            08:表面上圧力</p>	<p>最大指定数は50個である            最大指定数は50個である</p>

変 数 名	内 容	特 記 事 項
NTSMRY NTPLOT	09:固体壁隣接流体セルインデックス 10:表面要素総熱貫流量 LL :印刷面 (表面番号)  時間ステップ情報の印刷間隔(1) 0:解析結果をプロットファイルに書き込まない >0:第NTPLOTステップの解析結果をプロットファイルに書き込む <0:-NTPLOTステップ毎に解析結果をプロットファイルに書き込む	

## 流動抵抗要素規定カード

変 数 名	内 容	特 記 事 項
NAME    N IB IE JB JE KB KE	<p>本カードは、NFORCE&gt;0 で且つNEWFOR=1 の場合にのみ必要となる。読み込み形式は、次の通りである。</p> <p>NAME N IB IE JB JE KB KE (A4) (714)</p> <p>XFOR: x方向の流動抵抗 YFOR: y方向の流動抵抗 ZFOR: z方向の流動抵抗 END :流動抵抗要素規定カードの終了</p> <p>流動抵抗要素番号</p> <p>流動抵抗要素NのI方向メッシュの始まり</p> <p>流動抵抗要素NのI方向メッシュの終り</p> <p>流動抵抗要素NのJ方向メッシュの始まり</p> <p>流動抵抗要素NのJ方向メッシュの終り</p> <p>流動抵抗要素NのK方向メッシュの始まり</p> <p>流動抵抗要素NのK方向メッシュの終り</p>	

NAMLIST/STRUC/

変 数 名	内 容	特 記 事 項
<u>NAMLIST/STRUC/</u>  ITSBUG	本カードは、ISTRUC=1で且つNEWTS=1 の場合のみ必要となる  0 : 伝熱要素情報のデバッグはしない(*) 1 : 伝熱要素情報のデバッグをする	

伝熱要素型規定カード

変数名	内 容	特記事項
<p>NAMELIST/T/ N IXYZ(N)</p> <p>NT RODFR</p>	<p>本カードは、ISTRUC=1で且つNEWTS=1 の場合のみ必要となり、3種類のNAMELIST(T, PおよびM)から構成される。なお、その構成は、以下の規定に従う。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 伝熱要素規定カードは、NAMELIST/T/ の定義で始める。</li> <li>2. 流体が材料1と相互作用を起こす場合は、NAMELIST/T/ の直後にNAMELIST/P/ を挿入する。さらに、流体が材料2とも相互作用を起こす場合には、最後に指定するNAMELIST/M/ の直前にもNAMELIST/P/ を挿入する。</li> <li>3. 分割された各材料間にはギャップが存在し、これは、NAMELIST/M/ で規定する。</li> <li>4. NAMELIST内の全ての変数のデフォルト値はゼロである。</li> <li>5. 新たな伝熱要素(N+1)の規定は、伝熱要素(N)の全ての規定が終了してから行う。</li> </ol> <p>伝熱要素型の番号</p> <p>伝熱要素の形状</p> <p>1: I方向に軸を持つ円筒形伝熱要素 2: J方向に軸を持つ円筒形伝熱要素 3: K方向に軸を持つ円筒形伝熱要素 11: I方向に厚みを持つ平板形伝熱要素 12: J方向に厚みを持つ平板形伝熱要素 13: K方向に厚みを持つ平板形伝熱要素 101: I方向に並ぶ球形伝熱要素 102: J方向に並ぶ球形伝熱要素 103: K方向に並ぶ球形伝熱要素</p> <p>熱源に対する倍率の過渡関数番号</p> <p>IXYZ = 1 ~ 3 の場合、 &lt;0: 各セル内冷却材と相互作用する実際のロッドの数またはその割合</p>	

変数名	内 容	特記事項
<p>OUTR</p> <p><u>NAMelist/F/</u></p> <p>IHT</p> <p>HYD</p> <p><u>NAMelist/M/</u></p> <p>MI</p> <p>NP</p> <p>DR</p> <p>Q</p> <p>SGAP</p> <p>HGAP</p>	<p>&gt;0:ここで与えられた値の絶対値は、各セル内冷却材と相互作用するロッドの単位面積当たりの数またはその割合</p> <p>IXYZ=11~13の場合、</p> <p>&lt;0:対応する計算セル内に占める平板の面積</p> <p>&gt;0:ここで与えた値の絶対値は、平板面積を計算セル面積で割った値と等価である。</p> <p>IXYZ=101~103の場合、</p> <p>&lt;0:対応する計算セル内冷却材と相互作用する球の数あるいはその割合</p> <p>&gt;0:ここで与えた値の絶対値は、計算セルと相互作用する球の単位体積当りの数あるいはその割合</p> <p>伝熱要素の外半径[m], この値は、IXYZ=11~13の場合には使用しない</p> <p>熱伝達相関式番号</p> <p>水力等価値径あるいは代表長さ</p> <p>固体材料番号</p> <p>材料内メッシュ分割数</p> <p>材料内メッシュ分割幅[m]</p> <p>材料内単位時間単位体積当りの発熱量[W/m<sup>3</sup>]</p> <p>材料内メッシュ間のギャップ寸法</p> <p>材料内メッシュ間でのギャップ熱伝達系数[W/m<sup>2</sup>°C]</p>	





## 内部セル初期条件規定カード

変数名	内容	特記事項
	<p>本カードで内部セルを初期化しない場合についても、END カードを第1カラムから第4カラムに挿入する必要がある。 規定形式は、次の通りである。</p> <p>NAME RVAL IB IE JB JE KB KE (A4) (F10.3) (614)</p> <p>AL :ポリュームポロシティー, <math>\gamma_v</math>  ALX :サーフェスパーミアビリティ, <math>\gamma_x</math>  ALY :サーフェスパーミアビリティ, <math>\gamma_y</math>  ALZ :サーフェスパーミアビリティ, <math>\gamma_z</math>  P :圧力[Pa]  QSOU:計算セル体積当りの発熱量[W/m<sup>3</sup>]  TL :温度  UL :x方向流速成分[m/s]  VL :y方向流速成分[m/s]  WL :z方向流速成分[m/s]  END :本カードの終り</p>	
NAME		
RVAL	各変数の値	
IB	内部セル領域のI方向メッシュの始まり	
IE	内部セル領域のI方向メッシュの終り	
JB	内部セル領域のJ方向メッシュの始まり	
JE	内部セル領域のJ方向メッシュの終り	
KB	内部セル領域のK方向メッシュの始まり	
KE	内部セル領域のK方向メッシュの終り	

## (2) 物質輸送モデル(Version-2)

物質輸送モデルを使用する場合には、Version-1 用の入力データの他に以下に示す入力データが必要となる。

MAMELIST/DATA/

変 数 名	内 容	特 記 事 項
<u>計算属性の規定</u> ICONCE	0 : 物質輸送計算を行わない(*) 1 : 物質輸送計算を行う	

## NAMELIST/DATA/

変数名	内容	特記事項
<u>計算属性の規定</u>		
IFMCO	0: 物質輸送式対流項をQUICK-FRAM法で評価(*) 1: 物質輸送式対流項を1次風上差分法で評価 2: 物質輸送式対流項をQUICK法で評価	
<u>物質輸送計算条件の規定</u>		
KCONCB(N)	0: 物質拡散無し境界(*) 1: 一定濃度境界 100+NF: 第NF番目過渡関数とCONC(N)との積で規定される濃度過渡境界	
CONC(N)	表面番号Nにおける濃度[ppm]	
CONCO	初期濃度[ppm]	
DIFFC	相互拡散係数, シュット数[m <sup>2</sup> /s] $DIFFC = FCOCO + FC1CO * TL$	
FCOCO	相互拡散係数に対する温度依存関係式の定数項であり, 等温場解析の場合にはFCOCOの値がDIFFCの値として自動的に規定される	
FC1CO	相互拡散係数に対する温度依存関係式の線形1次項	
<u>出力条件の規定</u>		
NTHPR	計算開始後の印刷時点で印刷する物理量コードを指定する  体系内物質量の印刷指定は, コードSVVPLLで行う S +: VVPLLのみ印刷する -: VVPLL <sub>1</sub> からVVPLL <sub>2</sub> まで印刷する VV 23: 物質濃度および相互拡散係数 P 1: i面を印刷する 2: j面を印刷する 3: k面を印刷する LL : 印刷面(メッシュ番号)	最大指定数は50個である

## 内部セル初期条件規定カード

変 数 名	内 容	特 記 事 項
NAME  RVAL IB IE JB JE KB KE	<p>本カードで内部セルを初期化しない場合についても、END カードを第1カラムから第4カラムに挿入する必要がある。 規定形式は、次の通りである。</p> <p>NAME RVAL IB IE JB JE KB KE (A4) (F10.3) (614)</p> <p>CO :内部セル濃度[ppm] END:本カードの終り</p> <p>変数の値</p> <p>内部セル領域のI方向メッシュの始まり 内部セル領域のI方向メッシュの終り 内部セル領域のJ方向メッシュの始まり 内部セル領域のJ方向メッシュの終り 内部セル領域のK方向メッシュの始まり 内部セル領域のK方向メッシュの終り</p>	

## 境界初期条件規定カード

変数名	内 容	特記事項
NAME  RVAL IB IE JB JE KB KE N	<p>本カードで境界値を初期化しない場合についても、ENDカードを第1カラムから第4カラムに挿入する必要がある。規定形式は、次の通りである。</p> <p>NAME RVAL IB IE JB JE KB KE N (A4) (F10.3) (714)</p> <p>COB:境界濃度[ppm] END:本カードの終り</p> <p>変数の値</p> <p>規定境界表面NのI方向メッシュの始まり 規定境界表面NのI方向メッシュの終り 規定境界表面NのJ方向メッシュの始まり 規定境界表面NのJ方向メッシュの終り 規定境界表面NのK方向メッシュの始まり 規定境界表面NのK方向メッシュの終り 規定表面番号</p>	

## (3) 複数多次元モデル(Version-3)

複数多次元モデルを使用する場合の入力データは、基本的にVersion-1 用の入力データと等価であるが、多次元領域の複数化に伴い入力変数が配列化されているものが存在する。以下に、複数多次元モデル特有の入力データを記述する。なお、以下の記述に含まれない入力変数は、Version-1 用の入力データ構成に従う。

境界表面規定カード

変 数 名	内 容	特 記 事 項
<u>計算属性の規定</u>		
NR1	多次元領域総数	最大15領域までの指定が可能
ISYMCH(NR)	-1: 運動量計算を行わない(NR=NR1) 3: 運動計算を完全陰解法で行う(*)	運動量計算およびエネルギー計算 共に、半陰解法オプションは選択 できない
IFITEN(NR)	3: エネルギー計算を完全陰解法で行う(*)	
IFPCG(NR)	0: 点SOR 法により圧力方程式を解く 5: ICCG法により圧力方程式を解く(*)	
<u>計算体系の規定</u>		
IGEOM(NR)	0: デカルト座標系(x-y-z系) -1: 円筒座標系(r- $\theta$ -z系)	
IMAX(NR)	xまたはr方向の最大メッシュ数(1)	
JMAX(NR)	yまたは $\theta$ 方向の最大メッシュ数(1)	
KMAX(NR)	z方向の最大メッシュ数(1)	
DX(I, NR)	xまたはr軸に沿うメッシュ幅[m]	
DY(J, NR)	yまたは $\theta$ 軸に沿うメッシュ幅[mまたはrad.]	
DZ(K, NR)	z軸に沿うメッシュ幅[m]	
<u>乱流モデル機能の規定</u>		
ITURKE(NR)	0: 乱流モデルは使用しない 20: k- $\epsilon$ 2 方程式乱流モデルを使用する	

## 境界表面規定カード

変数名	内容	特記事項
	<p>本カードは、イニシャルランの場合 (ISTATE=0)にのみ必要となる。読み込み形式は、次の通りである。</p> <p>NAME AREA IB IE JB JE KB KE N NR (A4) (F10.3) (814)</p>	
NAME	<p>REG : 規則的表面 IREG: 不規則表面</p>	不規則表面に対する物理モデルは簡易的なものであり、この使用は勧められない
AREA	<p>END : 解析体系規定カードの終了 &lt;0.0:表面要素の面積は、NAMELIST/GEOM/で規定したメッシュ幅(DX, DYおよびDZ)より計算される &gt;0.0:表面要素の面積は、AREAの値が採用される</p>	
IB	固体壁NのI方向メッシュの始まり	
IE	固体壁NのI方向メッシュの終り	
JB	固体壁NのJ方向メッシュの始まり	
JE	固体壁NのJ方向メッシュの終り	
KB	固体壁NのK方向メッシュの始まり	
KE	固体壁NのK方向メッシュの終り	
N	表面番号	
NR	多次元領域番号	

## NAMELIST/DATA/

変 数 名	内 容	特 記 事 項
<u>計算属性の規定</u> IFENER(NR)	0 : エネルギー計算を行わない 1 : エネルギー計算を行う(*)	
<u>乱流モデル機能の規定</u> TURBV(NR) TURBC(NR)	乱流粘性係数[Pa・s] 乱流熱伝導度[W/m <sup>2</sup> C]	for ITURKE=0 for ITURKE=0
<u>流体物性値の規定</u> IFPROP(NR)	0 : 流体物性値として, AQUAコード組み込みの水あるいはナトリウムのパッケージを使用する 1 : 入力により規定する任意流体物性値を使用する	組み込みパッケージの他に, 1流体のみ可能
<u>反復条件の規定</u> EPS1(NR) EPS3(NR) EPS5(NR) EPS7(NR)	質量保存式収束判定条件( $1.0 \cdot 10^{-4}$ ) 相対変動率収束判定条件( $5.0 \cdot 10^{-5}$ ) エネルギー保存式収束判定条件( $1.0 \cdot 10^{-5}$ ) 乱流量式相対変動率収束判定条件( $5.0 \cdot 10^{-5}$ )	
<u>境界条件の規定</u> KFLOW(N)	流速境界条件の型(N=NSURF) N=600+NS : 流体境界面であり, 2つの多次元領域が流動に関し連続している場合の接続表面を指定する。接続する両多次元領域においてメッシュ分割幅は等しくなければならない。 N=700+NJ : 配管モジュール接合面であり多次元領域と配管モジュールとの接続表面を指定する。 NJはジョイント番号と呼び, 配管モジュール側端面について指定する。なお, 各NJについて接続する多次元領域側では, 1つ以上の表面を同一NJで指定しなければならない。	
TEMPO(NR)	初期流体温度[°C]	
PRESO(NR)	圧力参照点(XPRESO, YPRESO, ZPRESO)における初期圧力( $1.01353 \cdot 10^5$ Pa)	
XPRESO(NR)	圧力参照点のx方向座標[m]	
YPRESO(NR)	圧力参照点のy方向座標[m]	
ZPRESO(NR)	圧力参照点のz方向座標[m]	
GRAVX(NR)	重力加速度のx方向成分[m/s <sup>2</sup> ]	
GRAVY(NR)	重力加速度のy方向成分[m/s <sup>2</sup> ]	
GRAVZ(NR)	重力加速度のz方向成分[m/s <sup>2</sup> ]	

変数名	内 容	特記事項
<p><u>出力条件の規定</u> NTHPR</p>	<p>計算開始後の印刷時点で印刷する物理量コードを指定する          体系内物理量の印刷指定は、コードSVVNPLLLで行う          S +:VVPLLLのみ印刷する          -:VVPLLL<sub>1</sub> からVVPLLL<sub>2</sub> まで印刷する          VV 01:流速成分 u          02:流速成分 v          03:流速成分 w          04:エンタルピー h          05:温度 T          06:ポリュームポロシティー <math>\gamma_v</math>          07:密度 <math>\rho</math>          08:静圧 P          09:質量残差 <math>\delta</math>          10: x 方向サーフェスパーミアビリティー <math>\gamma_x</math>          11: y 方向サーフェスパーミアビリティー <math>\gamma_y</math>          12: z 方向サーフェスパーミアビリティー <math>\gamma_z</math>          13:密度変動率 <math>\partial \rho / \partial t</math>          14:乱流運動エネルギー k および散逸率          15:体積発熱量          16:初期静圧          17:圧力上昇量          18:質量残差変動率 <math>\partial \delta / \partial P</math>(対圧力)          19:質量残差変動率 <math>\partial \delta / \partial h</math>(対エンタルピー)          20:乱流熱伝導度          21:乱流粘性係数          N :多次元領域番号          P 1: i 面を印刷する          2: j 面を印刷する          3: k 面を印刷する          LLL 1:印刷面 (メッシュ番号)</p> <p>境界物理量の印刷指定は、コードS9VVL LLLで行う          S +:VVL LLLのみ印刷する          -:VVL LLL<sub>1</sub> からVVL LLL<sub>2</sub> まで印刷する          VV 01:表面法線流速          02:表面法線熱流束          03:固体壁隣接流体セル番号          04:表面上エンタルピー          05:表面上温度          06:表面要素面積          07:表面上密度</p>	<p>最大指定数は50個である</p>

変 数 名	内 容	特 記 事 項
<p>08:表面上圧力 09:固体壁隣接流体セルインデックス 10:表面要素総熱貫流量 LLLL :印刷面 (表面番号)</p> <p><u>ポンプモデル機能の規定</u></p> <p>LNPMP(NP)</p> <p>QFLOI(NR)</p> <p>NFPMP(NR)</p> <p>DG2(NP)</p> <p>ZHEDR(NP)</p> <p>UOMGR(NP)</p> <p>QFLOR(NP)</p> <p>TORKR(NP)</p> <p>UPONY(NP)</p>	<p>SXIIJJKKNNのコードによりポンプモデルの機能を指定する。</p> <p>S +:流量変化モデル (モデル1) を採用する -:ポンプ完全特性線図およびポンプインペラー角運動量により揚程変化を計算するモデル (モデル2) を採用する</p> <p>X 1:ポンプ内流路がX軸方向に存在する 2:ポンプ内流路がY軸方向に存在する 3:ポンプ内流路がZ軸方向に存在する</p> <p>II :ポンプ位置メッシュ (i 方向) JJ :ポンプ位置メッシュ (j 方向) KK :ポンプ位置メッシュ (k 方向) NN :多次元領域番号</p> <p>ポンプ初期流量[m<sup>3</sup>/s]</p> <p>流量過渡関数番号</p> <p>ポンプのGD2[kgm<sup>2</sup>] ポンプの定格揚程[m] ポンプの定格回転数[rpm] ポンプの定格流量[m<sup>3</sup>/s] ポンプの定格トルク[Nm] ポニーモーター回転数[rpm]</p> <p>&gt;0.0:ポンプ回転数がUPONY 以下になるとUPONY 一定の回転数が保持される &lt;0.0:ポンプ回転数ポンプ回転が停止する</p>	<p>ISTATE=2で且つモデル1が採用される場合に必要。FVAL=0. の規定により、自然循環流路となる。</p> <p>モデル2採用の場合</p>



伝熱要素位置規定カード

変 数 名	内 容	特 記 事 項
<u>NAMELIST/T/</u> IXYZ(N)  RTUBE	伝熱要素の形状 101: I 方向に軸を持つ伝熱管形伝熱要素 102: J 方向に軸を持つ伝熱管形伝熱要素 103: K 方向に軸を持つ伝熱管形伝熱要素 IXYZ=2, 12 あるいは102 を使用する場合は、 NR領域座標軸からの距離	球形伝熱要素は使用できない





## 第4章 解析結果の図形処理

### 4.1 図形処理の概要

本図形処理プログラムは、AQUAコードから出力されたリスタートファイルおよびプロットファイルを基に作画を行う機能を有する。なお、当該プログラムは、以下に示す8個のパッケージから構成される。

(1) MULTO

複数のプロットファイルを1つのファイルに編集する。

(2) VECTOR

速度ベクトル図を作画する。

(3) ISOTHERM

温度、乱流運動エネルギー、乱流運動エネルギー散逸率、乱流粘性係数、乱流熱伝導度および濃度の等値線図を作画する。

(4) TODISC

プロットファイルから、GRAPHITのためのファイルを作成する。

(5) GRAPHIT

TODISCで作成されたファイルから、時系列グラフを作画する。

(6) TODISC M

複数のプロットファイルから、GRAPHIT Mのためのファイルを作成する。

(7) GRAPHIT M

TODISC Mで作成されたファイルから、時系列（物理量－時間）グラフを作画する。

(8) GRAPHXYZ

空間分布（物理量－座標）グラフを作画する。

## 4.2 入力データの規定

## (1) MULTO(NAMELIST/INPUT/)

変数名	内容	特記事項
MTAPE	プロットファイルの数(1)	

## (2) VECTOR(NAMELIST/PLOT/)

変数名	内容	特記事項
SCALE	速度ベクトルのスケール =0.0:自動スケール >0.0:SCALE[m/s]を1[m/s]とする	
IFIJK	作画平面の指定 1: I面 2: J面 3: K面	
IJKL	作画平面番号 >0:メッシュ番号 <0:付加プロットメッシュ番号 IJKL=1, -6の場合には, 第1メッシュと第6メッシュが作画される。IJKL=1, 0の場合には, 第1メッシュのみの作画となる	
SIZE	プロットサイズ[inch]	
IGRID	計算グリッドプロットの有無 0:計算グリッドは作画しない 1:計算グリッドを作画する	
ITAPE	ファイル種別 0:リスタートファイル 1:プロットファイル	
IB	I方向作画最小メッシュ番号	
IE	I方向作画最大メッシュ番号	
JB	J方向作画最小メッシュ番号	
JE	J方向作画最大メッシュ番号	
KB	K方向作画最小メッシュ番号	
KE	K方向作画最大メッシュ番号	
ITIME	>0:シミュレーション時間をプロットする =0:シミュレーション時間をプロットしない	
BTIME	プロット開始時間	プロットファイル使用時のみ
ETIME	プロット終了時間	プロットファイル使用時のみ
DTIME	プロット時間間隔	プロットファイル使用時のみ

## (3) ISOTHERM(NAMELIST/PLOT/)

変数名	内容	特記事項
IFIJK	作画平面の指定 1 : I面 2 : J面 3 : K面	
IJKL	作画平面番号 >0:メッシュ番号 <0:付加プロットメッシュ番号 IJKL=1,-6の場合には, 第1メッシュと第6メッシュが作画される。IJKL=1,0の場合は, 第1メッシュのみの作画となる	
SIZE	プロットサイズ[inch]	
IGRID	計算グリッドプロットの有無 0 : 計算グリッドは作画しない 1 : 計算グリッドを作画する	
ITAPE	ファイル種別 0 : リスタートファイル 1 : プロットファイル	
IB	I方向作画最小メッシュ番号	
IE	I方向作画最大メッシュ番号	
JB	J方向作画最小メッシュ番号	
JE	J方向作画最大メッシュ番号	
KB	K方向作画最小メッシュ番号	
KE	K方向作画最大メッシュ番号	
ITIME	>0:シミュレーション時間をプロットする <0:シミュレーション時間をプロットしない	
BTIME	プロット開始時間	プロットファイル使用時のみ
ETIME	プロット終了時間	プロットファイル使用時のみ
DTIME	プロット時間間隔	プロットファイル使用時のみ
TIMIN	最小物理量	
TMAX	最大物理量	
DELT	物理量間隔	
XSCALE	X方向の座標増減倍率	
YSCALE	Y方向の座標増減倍率	
ZSCALE	Z方向の座標増減倍率	
IDIGIT	>0:等値線図の代わりにデジタル値を作画する	
HITE	デジタル値を作画する場合の数字の幅	
PHI	デジタル値を作画する場合の数字の角度	
LABER	0 : 等値線図のみ作画 1 : 等値線図および最大値と最小値が体系に作画される 2 : 等値線図および最大値と最小値が体系外に作画される	



## (5) GRAPHIT

## 第1カード: IFEXP(I1)

- IFEXP = 0 : 実験データを使用しない  
 = 1 : 実験データを使用する  
 = 2 : 他の計算結果を使用する

## 第2カード: IFCOM(I1)

- IFCOM = 0 : 計算結果を使用しない  
 = 1 : 計算結果を使用する

## 第3カード: グラフタイトル(15A4)

タイトルの終りを, ≡マークとする

## 第4カード: Y軸タイトル(15A4)

タイトルの終りを, ≡マークとする

NAMelist/INPUT/

変 数 名	内 容	特 記 事 項
NVAR1	グラフ番号	
NVAR2	=0: NVAR1のみ作画 >0: NVAR1とVAR2の平均値を作画	
IXTICK	X軸の増分間のグリッド数	
IYTICK	Y軸の増分間のグリッド数	
XORG	X軸の最小値	
XSTEP	X軸の増分	
XMAX	X軸の最大値	
YORG	Y軸の最小値	
YSTEP	Y軸の増分	
YMAX	Y軸の最大値	
MTAPE	ファイルの数	

## (6) TODISCM

TODISCMの取り扱いと同様

## (7) GRAPHITM

GRAPHITMの取り扱いと同様

## (8) GRAPHXYZ

第1カード：グラフィタイトル(15A4)

タイトルの終わりを、 $\yen$ マークとする

第2カード：Y軸タイトル(15A4)

タイトルの終わりを、 $\yen$ マークとするNAMELIST/PLOT/

変数名	内容	特記事項
IFIJK	作画平面の指定 1：X面 2：Y面 3：Z面	
ITAPE	ファイル種別 0：リスタートファイル 1：プロットファイル	
IB	I方向作画最小メッシュ番号	
IE	I方向作画最大メッシュ番号	
JB	J方向作画最小メッシュ番号	
JE	J方向作画最大メッシュ番号	
KB	K方向作画最小メッシュ番号	
KE	K方向作画最大メッシュ番号	
TIMEP(N)	作画指定時刻	
ITHPR	Y軸物理量の選択 1：X方向流速成分 2：Y方向流速成分 3：Z方向流速成分 4：温度	
IFIX	I面固定値	
JFIX	J面固定値	
KFIX	K面固定値	
IXTICK	X軸の増分間のグリッド数	
IYTICK	Y軸の増分間のグリッド数	
XORG	X軸の最小値	
XSTEP	X軸の増分	
XMAX	X軸の最大値	
YORG	Y軸の最小値	
YSTEP	Y軸の増分	
YMAX	Y軸の最大値	
XAXIS	X軸の長さ[inch]	
YAXIS	Y軸の長さ[inch]	

## 第5章 AQUAコードの管理

### 5.1 概 要

AQUAコードを各種の熱流動解析作業に適用させてゆくためには、以下のコード管理作業が必要となる。

- (1) ロードモジュールサイズの増減作業
- (2) 状態方程式パッケージの選択作業

(1)の作業は、AQUAコードが可変領域機構を採用していることから生じる。AQUAコードでは任意の解析を行おうとする場合、最適な大きさを持つロードモジュールを使用し、記憶容量等の縮小化を図っている。従って、解析体系（解析メッシュ）が増加した場合には、これに見合う大きさのロードモジュールを作成する必要がある。この必要となる大きさは、AQUAコードを実行した場合に得られるOUTLIST内に示される。

NNNNN IS THE MINIMUM DIMENSION OF S NEEDED FOR THE ABOVE VALUES.

HHHHH IS THE CURRENT DIMENSION OF S IN COMMON / SPACE / IN SUBROUTINE ALTER.

ここで、NNNNNは解析を行う場合に必要となる可変領域容量であり、HHHHHが現在使用したロードモジュールの可変領域容量である。したがって、NNNNN > HHHHHの場合には、NNNNN以上の大きさのロードモジュールを作成しなければならない。

(2)の作業は、解析に必要な流体物性値を含むロードモジュールを作成することにある。すなわち、AQUAコードでは、水とナトリウムに対する状態方程式が同一の名称サブルーチンにより用意されており、ロードモジュールの作成段階でこれを選択する必要がある。ただし、NAMELIST/DATA/内の入力変数IFPROPを1とし、入力データにより物性値を規定する場合には、ロードモジュール内に組み込まれている状態方程式パッケージが水あるいはナトリウムであってもかまわない。

### 5.2 ロードモジュールの作成

新規にAQUAコードのロードモジュールを作成する場合は、以下のJCL(Version-1用)を使用する。なお、変更点は、

- (1) ロードモジュールサイズ
- (2) 状態方程式パッケージ

不必要な状態方程式パッケージを\*YANKコマンドにより削除する

- (3) コレクションセット各(AQUA versionを変更する場合のみ)
- (4) ロードモジュールDSN

(5) オーバーレイ構造(AQUA versionを変更する場合のみ)

(6) ロードモジュールメンバー各

の6箇所である。

なお、物質輸送モデルを使用する場合のコレクションセット名およびオーバーレイ構造は、それぞれ、

T107C. AQUA. CSET. FORT(VER20)

T107C. AQUA. DATA(OVLY2)

に格納されている。

また、複数多次元モデルを使用する場合は、それぞれ

T107C. AQUA. CSET. FORT(VER30)

T107C. AQUA. DATA(OVLY3)

を使用する。

```

//T107CHMD JOB (. ),HISHOD77,HSGCLASS=X,
// HSGLEVEL=(1,1),NOTIFY=T107C,
// ATTR=(T2,C2,W2)
//*****
//*          *
//* MODIFICATION RUN *
//*          *
//*****
//ARE EXEC PGM=HISTOR,REGION=512K
//STEPLIB DD DSN=SYS9.HISTOR.LOAD,DISP=SHR
//FT05F001 DD *
HISTORIAN(P,C,F,T,1,3)
#D ALTER.10
COMMON /SPACE/ S(1200000),SPAEND (1)
#D BLOCKDA.24
#/ SINGLE 4 , 2 , 1
#/ DOUBLE 4 , 2 , 2
1 / 4 , 2 , 2 /
#/ PROPERTY OPTION
#/ SODIUM - =YANK WAPROP
#/ WATER - =YANK SOPROP
=YANK SOPROP (2)
#READ 9
//FT06F001 DD SYSOUT=*,DCB=(LRECL=133,BLKSIZE=3990,RECFM=FBA)
//FT09F001 DD DISP=SHR,DSN=T107C.AQUA.CSET.FORT(VER110) (3)
// DD DISP=SHR,DSN=T107C.AQUA.CSET.FORT(TRMPUT)
//FT21F001 DD DSN=T107C.AQUA.VER10.OPL,DISP=SHR
//FT22F001 DD DISP=(,DELETE),
// UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(15,2))
//FT23F001 DD DSN=T107C.AQUA.TESTC.FORT,DISP=SHR
//FT25F001 DD UNIT=WORK,SPACE=(4080,(1000,200)),DISP=NEW
//FT27F001 DD UNIT=WORK,SPACE=(4080,(1000,200)),DISP=NEW
//*
//* ---STEP FORT---
//*
//FORT EXEC PGM=JZK0FORT,
// PARM=('TERM,OPTIMIZE(3),LINECOUNT(65),SOURCE(LEVEL,INDENT)',
// 'DOUBLE','LANGLVL(77)','ALC'),
// COND=(8,LE,ARE)
//SYSPRINT DD DSN=T107C.AQUA.OUTLIST,DISP=SHR
//SYSUT1 DD UNIT=SYSSQ,SPACE=(3465,(3,3)),DCB=BLKSIZE=3465
//SYSTEM DD SYSOUT=(*,RUR40),DCB=(LRECL=133,BLKSIZE=3990,RECFM=FBA)
//SYSLIN DD UNIT=SYSSQ,DISP=(MOD,PASS),DCB=BLKSIZE=3200,
// SPACE=(TRK,(10,5),RLSE),DSN=&&LOADSET
//SYSIN DD DISP=SHR,DSN=T107C.AQUA.TESTC.FORT
//*
//* ---STEP LINK---
//*
//LKED EXEC PGM=LINKEDIT,REGION=512K,TIME=3,
// PARM='HAP,LIST,LET,OVLV',COND=(8,LE,FORT)
//SYSLIB DD DSN=SYS1.FORTLIB,DISP=SHR
//SYSUT1 DD UNIT=SYSSQ,SPACE=(TRK,(20,10),RLSE)
//SYSPRINT DD SYSOUT=*,DCB=(LRECL=133,BLKSIZE=3990,RECFM=FBA)
//SYSLIN DD DSN=&&LOADSET,DISP=(OLD,DELETE)
// DD DSN=T107C.LOCF.OBJ,DISP=SHR
// DD DSN=T107C.TLEFT.OBJ,DISP=SHR
// DD DDNAME=SYSIN
//SYSLMOD DD DSN=T107C.AQUA.VER10.LOAD,DISP=SHR (4)
//SYSIN DD *
INSERT MAIN,ERRCHK,LOCF
INSERT I4VAR,R4VAR,I4ARY,R4ARY,SPACE
INSERT MACHIN,REBALS,CCORR,CHEATC,ADDCON
OVERLAY ONE
INSERT CLEAR,TSCAN,ALTER
INSERT AMAIN,TLEFT,RARRAY,RESTAR,PLTAPE,BOIL,TURV11
INSERT BCFL0T,BCFLOW,BCPRES,BCTEMP,BCTEMT,BCTEMO
INSERT GETF,DUCTWA,QDUCTV,GDCONV,WATTIM,WATSTP
INSERT CPLIQ,DRODHL,HLIQ,PSAT1,ROLIQ,THCLIQ,TLIQ,VISLIQ
INSERT HSTRUC,QSTRUC,TSTRUC
INSERT FLGSET,FGHSET
OVERLAY TWO
INSERT GEOM3D,FILLM,HARRAY,IARRAY,SHOME (5)
OVERLAY THREE
INSERT BOXES
OVERLAY TWO
INSERT INITAL,NPROPS,FITIT,ICSSCU
INSERT ICTEMP,BARIN,RSET3,RSET2,REDEF
OVERLAY THREE
INSERT IREBAL
OVERLAY THREE

```

```
INSERT INFORC
OVERLAY THREE
INSERT INPSTR
OVERLAY TWO
INSERT TIMSTP, FORCES
INSERT TKSORC, WLFNCK, SOLVEN, BCTURB, TESORC, VLFNCE
INSERT PEQN, GETDL, TDMA, WLFNCV, REBAZG, REBAZ, SOLVIT, MOMENI
INSERT PCGGO, PCGSVR, FRONTV, FRONTA, FRONTS
INSERT TSVEL, THVEL, TVEL, DEBUGF, ESORCE, TSHEAR, ESHEAR
INSERT FMOMI, FMTRN1, FMTRN2, FLXM, FSCALR, FETRAM, FLXS
OVERLAY THREE
INSERT MOLOOP, XMOMI, YMOMI, ZMOMI, ENLOOP, ENERGI
OVERLAY THREE
INSERT MOICE, XMOME, YHOME, ZHOME, ENICE, EMERGE, SOLVEE
OVERLAY THREE
INSERT TKLOOP, TKENER, TELOOP, TEENER
OVERLAY THREE
INSERT TKICE, TKENEE, TEICE, TEENEE, SOLVTB
OVERLAY THREE
INSERT OUTPUT, RSURFO, ISURFO, LBLE, PSTRUC
INSERT RSTRES
OVERLAY THREE
INSERT INTURB
ENTRY MAIN
NAME S1200KD (6)
```

```
/*
//
```

## 第6章 結 言

本書は、単相多次元熱流動解析コードの各種モデルの内、オリジナル(version-1)、物質輸送モデル(version-2)および複数多次元モデル(version-3)の使用方法について記した総合取り扱い説明書である。AQUAコードを使用した各種熱流動評価作業に役立てば幸である。

参考文献

- 1) Domanus, H. M., et al., COMMIX-1A: A Three-Dimensional Transient Single-Phase Computer Program for Thermal Hydraulic Analysis of Single and Multi-Component Systems, ANL82-25, NUREG/CR-2896(1983)
- 2) 村松, 前川他, 単相多次元熱流動解析コードAQUA入力マニュアル, PNC N9520 87-011 (1987)
- 3) 前川, 村松他, 単相多次元熱流動解析コードAQUA数値計算説明書, PNC N9520 87-012 (1987)
- 4) 村松, 前川他, 単相多次元熱流動解析コードAQUAプログラム解説書, PNC N9520 87-013 (1987)
- 5) 前川, ニノ方, 多次元流動解析コードの整備改良(Ⅱ), タスク2: 数値拡散防止差分法の検討, PNC N9410 86-022(1986)
- 6) 村松, 前川他, 単相流解析におけるポアソン型圧力方程式の高速解法の改良, PNC N9410 87-040(1987)
- 7) 村松, 前川他, 多次元流動解析コードの整備改良(Ⅱ), タスク1: COMMIX-1Aへの $k-\epsilon$ 2 方程式乱流モデルの追加, PNC SN941 85-14(1985)
- 8) Leonard, B. P., A Stable and Accurate Convective Modeling Procedure Based on Quadratic Upstream Interpolation, Comp. Methods Appl. Mech. Eng., 19, (1979)59
- 9) Chapman, M., FRAM-Nonlinear Damping Algorithms for the Continuity Equation, J. Comp. Phys., 44, (1981)84
- 10) Meijerink, J. A. and Van Der Vorst, H. A., An Iterative Solution Method for Linear Systems of Which the Coefficient Matrix is a Symmetric M-Matrix, Math. Comp., 31(1977)148
- 11) Rodi, W., Turbulence Models for Environmental Problems, Prediction Method for Turbulent Flows, Hemisphere(1980)
- 12) 村松, 松本, FBR 実証炉基本仕様選定に係わる検討(回転プラグの検討), 多次元熱流動解析コードAQUAのNaミスト輸送解析能力の評価, PNC SN9410 88-064(1988)
- 13) Muramatsu, T., Ninokata, H., In-Vessel Thermohydraulics Evaluation of a UTOP Accident and DN Precursor Concentration Transport Analysis using a Multi-Dimensional Code, Special Issue of Nuclear Technology on Fast Reactor Safety (1991)