

原子炉容器内液面揺動防止方策の解析的検討 (I)

流動抑制用リングプレートの検討

1996年3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、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。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

システム開発推進部・技術管理室

原子炉容器内液面揺動防止方策の解析的検討 (I) ～流動抑制用リングプレートの検討～

報告者 松本 英一※
実施責任者 村松 寿晴※※

要 旨

自由液面を有する流れの解析への適用を目的として、これまでの実績が豊富なVOFモデルを組み込んだAQUA-VOFコードを開発した。本報ではAQUA-VOFコードを用いて、原子炉上部プレナム内の解析を行い、流動抑制用リングプレートの効果についての検討結果を報告する。

本検討により、リングプレートの設置は原子炉容器壁に沿って上昇する軸方向の運動量を半径方向および周方向に分散させ、その結果、局所的な自由液面の盛り上がりやくぼみの発生を抑制することを示した。また、リングプレートの設置高さは、基準液面からより低い位置に設置したほうが、自由液面液位差および液面勾配の低減に有効である。本条件（基準液面より1.125 m, 1.50 m 下部に設置）での解析では、リングプレートを設置しないケースに比べ、自由液面液位差および液面勾配の最大値が50%以下に低減することを明らかにした。

※ ; 株式会社CSK オープンシステム事業部

※※ ; 大洗工学センター基盤技術開発部 熱流体技術開発室

Investigation of Prevention Systems for Free Surface Oscillations using Numerical Methods (I)
~ Investigation on the Effect of Ring Plates ~

Eiichi Matsumoto[※], Toshiharu Muramatsu^{※※}

Abstract

In the case of thermohydraulic analysis including free surface, it is need to use a appropriate modeling for free surface motion. Therefore, the AQUA - VOF code was developed for the analysis of thermohydraulic phenomena with the free surface motions.

In this study, analysis with the AQUA - VOF code was carried out for the upper plenum in reactor vessel to investigate efficiency of ring plates which are to eliminate the free surface oscillations. Through the analysis it is obtained that ring plates have a sufficiently high potential to eliminate the free surface oscillations due to the dispersion of axial momentum along the reactor vessel to both radial and circumferential directions. In the caluculations with the ring plates, maximum difference of the free surface level and maximum gradient of the free surface was reduced to about 50 percent compared to that for the case without the ring plates.

※ ; Open System Division, CSK Corp.

※※ ; Thermal Hydraulic Research Section, Advanced Technology Division, OEC, PNC

原子炉容器内液面揺動防止方策の解析的検討 (I)

～流動抑制用リングプレートの検討～

目次

第1章 緒言	1
第2章 原子炉構造	2
第3章 解析	3
3.1 解析条件	3
3.2 解析結果	3
第4章 検討	5
第5章 結言	7
参考文献	8
APPENDIX	33
1. 本解析で用いた入力データ	35

List of Figures

- Fig.2.1 Cross-Sectional View of Reactor Vessel
- Fig.2.2 Cross-Sectional View of Outer Barrel of Outlet Nozzle
- Fig.3.1 Mesh Arrangements for Upper Plenum with Baffle Ring
- Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration ($J=1-24$)
- Fig.3.3 Velocity Vector at the Free Surface Level
- Fig.3.4 Free Surface Level Distribution in the Upper Plenum
- Fig.4.1 Circumferential Distribution of Maximum Free Surface Height Difference
- Fig.4.2 Free Surface Configuration and Radial Distribution of Axial Velocity
- Fig.4.3 Free Surface Configuration and Radial Distribution of Axial Velocity
- Fig.4.4 Circumferential Distribution of Maximum Free Surface Gradient
- Fig.4.5 Comparison of Maximum Free Surface Height Difference and Free Surface Gradient under each Case
- Fig.4.6 Comparison between Result of using VOF Model and No VOF Model

第1章 緒言

動燃では、FBR実証炉の設計研究を支援するため、電気出力60万kW級のプラントを対象に大型FBRの設計研究作業を実施してきている。この内、上部プレナム内に発生する熱流動挙動は、プラント設計自体に直接影響を及ぼすと考えられることから、平成2年度より単相多次元熱流動解析コードAQUAを用いた評価解析が実施された^{1),2),3)}。

これまでに得られている解析的評価結果によれば、定格負荷運転時の原子炉容器プレナム液面近傍では、炉容器壁から炉心上部機構壁に向かう液面流速が1 m/s程度となり、炉心上部機構壁近傍での下降流により、冷却材中へのカバーガス巻き込みの発生が懸念されている。そのため、平成4年度においては、液面近傍流速低減化方策の一つとしてリングプレート設備および開放型炉心上部機構（UIS）設備を取り上げ、その有効性を明らかにした⁴⁾。従来のAQUAコードには自由液面モデルが組み込まれていなかったため、自由液面を含む流れの解析に際しては、すべり壁条件を設定していた。そこで、平成6年度にHirtらにより開発された自由液面モデルVOF法⁵⁾をAQUAコードに組み込みAQUA-VOFコードを開発した⁶⁾。本報では、AQUA-VOFコードを用いて原子炉上部プレナム内の解析を行い、流動抑制用リングプレートの効果についての検討結果を報告する。

第2章 原子炉構造

Fig.2.1 に電気出力60万kW級の大型高速炉の原子炉構造を示す。また、出口配管近傍の構造をFig.2.2 に示す。

プラント主要項目を以下に示す。

原子炉出力	160万kWt (60万kWe)
ループ数	3
原子炉入口温度	380°C
出口温度	530°C
1次冷却系流量	8410kg/s
原子炉容器内径	8400 φ
炉心上部機構外径	3000 φ
炉心槽外径	4700 φ
原子炉入口配管内径	736.6 (12.7t)
出口配管内径	812.8 φ
上部プレナム高さ	6000 (炉心槽上端より)
炉心構成要素数	
内側炉心燃料	156体
外側炉心燃料	132体
主炉停止制御棒	19体
後備炉停止制御棒	6体
SUS遮断体	138体
B ⁺ C遮断体	252体

第3章 数値解析

3.1 解析条件

本解析では、カバーガス空間を含む原子炉上部プレナム領域を解析対象とする。なお、カバーガス圧力は一定 (1.886×10^5 Pa) であると仮定する。解析パラメータは、リングプレート設置高さであり、以下に示す3条件を設定した。

1. リングプレートなし (Case-1)
2. 20 cm 幅のリングプレートを基準液面より1.125 m下部に、周方向全域に亘って原子炉容器壁および炉上部機構壁に設置 (Case-2)
3. 20 cm 幅のリングプレートを基準液面より1.50 m下部に、周方向全域に亘って原子炉容器壁および炉上部機構壁に設置 (Case-3)

Fig. 3.1 に本解析で用いたメッシュ分割図を示す。また、解析に使用した数値解析条件は、次の通りである。

座 標 系 : $r-\theta-z$ 、3次元円筒座標系

メッシュ分割 : $29^i \times 72^j \times 44^k$

時間積分法 : 完全陰解法

対流項差分項 : 1次風上差分法

乱流モデル : 層流モデル

入口境界条件 : 平衡炉心第5サイクル末期条件

3.3 解析結果

Fig. 3.2 に、垂直断面における流速分布の比較を示す ($J=1 \sim 24$)。リングプレートを設置しない条件 (Case-1) では、炉心から流出した冷却材は原子炉容器壁に沿って上昇し、液面に到達後、流れは炉心上部機構壁に向かう流れに転ずる。その後、冷却材は炉心上部機構壁に衝突して下降流となり、炉心上部機構下端近傍で炉心出口部から上部プレナム内に流入する流れと合流する。垂直断面で見た場合、上部プレナム内に一つの大きな渦を形成していることがわかる (例えば $J=1, 24$ 断面参照)。結果として、容器壁近傍の流れは上昇流となり、液面が盛り上がることとなる。また、出口配管を含む垂直断面 (例えば $J=6, 19$ 参照) においては、出口配管への吸込み効果によって上部プレナム中央近傍の液面がくぼむことになる。

20 cm 幅のリングプレートを基準液面より1.125 m下部に設置した場合 (Case-2)、原子炉容器壁に沿って上昇する冷却材はリングプレートに衝突し、軸方向運動量が半径方向に

拡散している。この結果により原子炉容器壁に沿って上昇する冷却材が液面にまで到達しないため、液面の盛り上がりやくぼみはリングプレートがない場合に比べ大幅に抑えられる。一方、リングプレートより上部における原子炉容器壁近傍においては、剥離渦が形成されている。

20 cm 幅のリングプレートを基準液面より1.50 m下部に設置した場合 (Case-3)、流況はCase-2とほぼ同様となる。しかしながら、冷却材が、炉心出口により近い位置においてリングプレートに衝突するため、軸方向運動量の半径方向および周方向への拡散はCase-2に比べ大きくなる。この効果によって液面の盛り上がりやくぼみは今回実施した3ケースの中で最も小さくなる。

Fig. 3. 3に初期状態における液面相当軸方向位置 ($K=36$)での水平方向流速分布の比較を示す。リングプレートを設置しない条件の場合、上部プレナムでは原子炉容器壁を上昇し炉心上部機構壁を下降する流れが支配的となることから、自由液面近傍では、原子炉容器壁側から中心方向に向う流れが顕著となり、液面での流速は1.5 m/s前後と大きなものとなる。また、入口配管近傍では配管の存在により中心方向へ向かう流れが抑制されることから、この近傍に大きな渦が形成されているが、出口配管近傍では冷却材の吸い込みが行われているため液面近傍での半径方向、周方向の流速は小さく、発生する渦も小さいことがわかる。なお、Case-2, 3では液面近傍において原子炉容器壁側に向かう流れと炉心上部機構壁に向かう流れとに2分した流れとなっている。また、リングプレートの設置により液面に到達する軸方向運動量が抑制されているため、液面近傍での流速は0.5 m/s以下とCase-1に比べ小さくなっていることがわかる。

Fig. 3. 4に自由液面基準高さ (ハンドリングヘッド上端より6 m)からの液位差等値線図を示す。図における数値の単位はcmであり等値線の間隔は1 cmである。図中にそれぞれのケースについての、液位の最高値と最低値を示した位置を示す。また同図の右側の図は、基準液位からの正負領域を示しており、斜線部はくぼみ領域を示し、斜線部以外の領域はもり上がり領域を示している。Case-1では、原子炉容器壁近傍および炉心上部機構壁近傍において液面がもり上がっており、またその勾配も大きいことが等値線の間隔が密なことからわかる。液面がくぼんでいるのはそれ以外の領域であるが特に配管の炉心上部機構側近傍においてその低下が大きい。一方、Case-2, 3においてはCase-1とは逆に原子炉容器側の液位は、配管近傍を除き下がっていることがわかる。また、Case-2と3を比べた場合、液位の高低差の大きいのは最高値と最低値の比較によりCase-2の方であることがわかる。

第4章 検討

Fig. 4.1 に基準液面からの液位差最大値の周方向分布を示す。図中の縦軸は、同一半径方向断面における自由液面液位最大値と最小値の差 ($h_{\max} - h_{\min}$) を示す。本図より Case-1 では液位差の最大値が 20 cm 前後あり、液面の変位差が大きいことがわかる。また、周方向で比較した場合、入口配管の前後でピーク値をもつことがわかる。これは、水平断面におけるベクトル図 (Fig. 3.3) から分かるように、入口配管周りに生じる 3 次元的渦によって液位の高低差が発生したためであると考えられる。Case-2, 3 において入口配管断面位置にピーク値が発生するのは、入口配管と原子炉容器壁との間において液位が盛り上がっているためである。

Fig. 4.2 に、液位が最大を示す周方向断面 (Fig. 4.1 参照) での半径方向の自由液面形状、および基準液面 ($k=36$) における軸方向流速の半径方向分布を示す。Case-1 では、 $J=5$ にて液位が最大値となり、ここでは軸方向流速が約 0.8 m/s、液位のもり上がりが約 15 cm と大きくなっていることがわかる。また、3.5 m 前後にて液面がくぼんでおり、これは流れが上昇流から下降流に転じる結果であると解釈できる。Case-2, 3 では、リングプレートの効果により自由液面液位差は Case-1 と比べると非常に小さいことがわかる。入口配管外側にて軸方向流速が大きいのが、これは半径方向の流れが入口配管自体によって制限されているためである。液位はそれにより多少上昇するが、入口配管に隣接する断面では液位が全体的に低いため大きな上昇とはならない。

Fig. 4.3 に出口配管を含む周方向位置における半径方向の自由液面形状および軸方向流速分布 ($k=36$) を示す。Case-1 では出口配管の外側と内側の間で液位差が大きく約 15 cm あることがわかる。なお、原子炉容器壁近傍では上向き流が支配的であるのに対し、Case-2, 3 では下降流が支配的となっていることがわかる。

Fig. 4.4 に、半径方向についての自由液面勾配の最大値を周方向について示す。全ケースとも、Fig. 4.1 における液位差の周方向最大値分布と定性的に一致し、入口配管近傍にてピーク値をもつ。出口配管近傍にて入口配管ほどピーク値が突出しない原因は、配管下部にて冷却材の吸い込みが発生しているためであると考えられる。

Fig. 4.5 に各ケースにおける液位差および液位勾配最大値の比較を示す。縦軸は Case-1 の結果を用いて規格化を施しており、その値は Case-1 条件からの割合を示すことになる。結果より明らかなようにリングプレートを設置した条件 (Case-2, 3) では、リングプレートを設置しない条件 (Case-1) に比べ液位差および自由液面の勾配最大値ともに 50% 以下に低減されている。また、基準液面からより低い位置にリングプレートを設置したほうが、自由液面の液位差および液面勾配の低減に有効であることがわかる。

Fig. 4.6 に、VOF モデルの用いた場合の自由液面分布 (Fig. 3.4 と同一) と VOF モデルを用いない場合の局所フルード数分布 ($k=35$) 比較を示す。なお、局所フルード数 Fr_L

は下式を用いて算出されたものである。

$$Fr_L = 100 \cdot U^2 / (gL) \quad [-] \quad (4.1)$$

ここで、

U : k=35 における実効流速 $(= (u^2 + v^2 + w^2)^{1/2})$ [m/s]

g : 重力加速度 [m/s²]

L : 代表長さ (0.762m、原子炉入口配管直径)

なお(4.1)式により算出された局所フルード数 Fr_L は、慣性力と重力の割合を示すパラメータであり、この値が小さいほど自由液面のもり上がりが発生しない状態を表わしていると解釈できる。局所フルード数の分布では、各配管から原子炉容器中心に向かう平行な等値線が見られるが、今回のVOFモデルによる自由液面の分布にはみられず、全体的に一致傾向を示していない。この不一致箇所は、各配管での剥離により生じた局所渦近傍 (Fig. 3.3 参照) で顕著であることから、このような箇所での局所フルード数による自由液面分布の把握には限界があると判断できる。

第5章 結論

AQUA - VOFコードを用いて、原子炉上部プレナム内の解析を行い、流動抑制用リングプレートの効果について検討を行った。本検討により、リングプレートの設置は原子炉容器壁に沿って上昇する軸方向の運動量を半径方向および周方向に分散させ、その結果、局所的な自由液面の盛り上がりやくぼみの発生を抑制することを示した。また、リングプレートの設置高さは、基準液面からより低い位置に設置したほうが、自由液面液位差および液面勾配の低減に有効である。本条件（基準液面より1.125 m, 1.50 m下部に設置）での解析では、リングプレートを設置しないケースに比べ、自由液面液位差および液面勾配の最大値が50%以下に低減することを明らかにした。

参考文献

- 1) 村松 壽晴他、大型FBRにおける内筒設置の是非に係わる検討
PNC SN9410 90-147 (1990年10月)
- 2) 村松 壽晴他、大型FBRにおける外筒設置の是非に係わる検討
PNC SN9410 91-089 (1991年3月)
- 3) 村松 壽晴他、大型FBRにおける上部プレナムガス巻き込み防止対策の検討、
部分ディッププレートの検討、PNC SN9410 91-089 (1991年3月)
- 4) 村松 壽晴他、大型FBRにおける原子炉容器上部プレナムガス巻き込み防止対策の検討
(Ⅱ)、Baffle Ring 設備および Porous UIS 設備の検討、PNC ZN9410 92-352 (1992年11月)
- 5) B.D.Nichols、C.W.Hirt、R.S.Hotchkiss、SOLA-VOF: A Solution Algorithm for
Transient, Fluid Flow with Multiple Free Boundaries、LA-8355
- 6) 松本 英一、村松 壽晴、AQUA-VOFコード開発、AQUAコードへのVOFモデルの組み
込みと検証、PNC PN9440 95-005 (1995年3月)

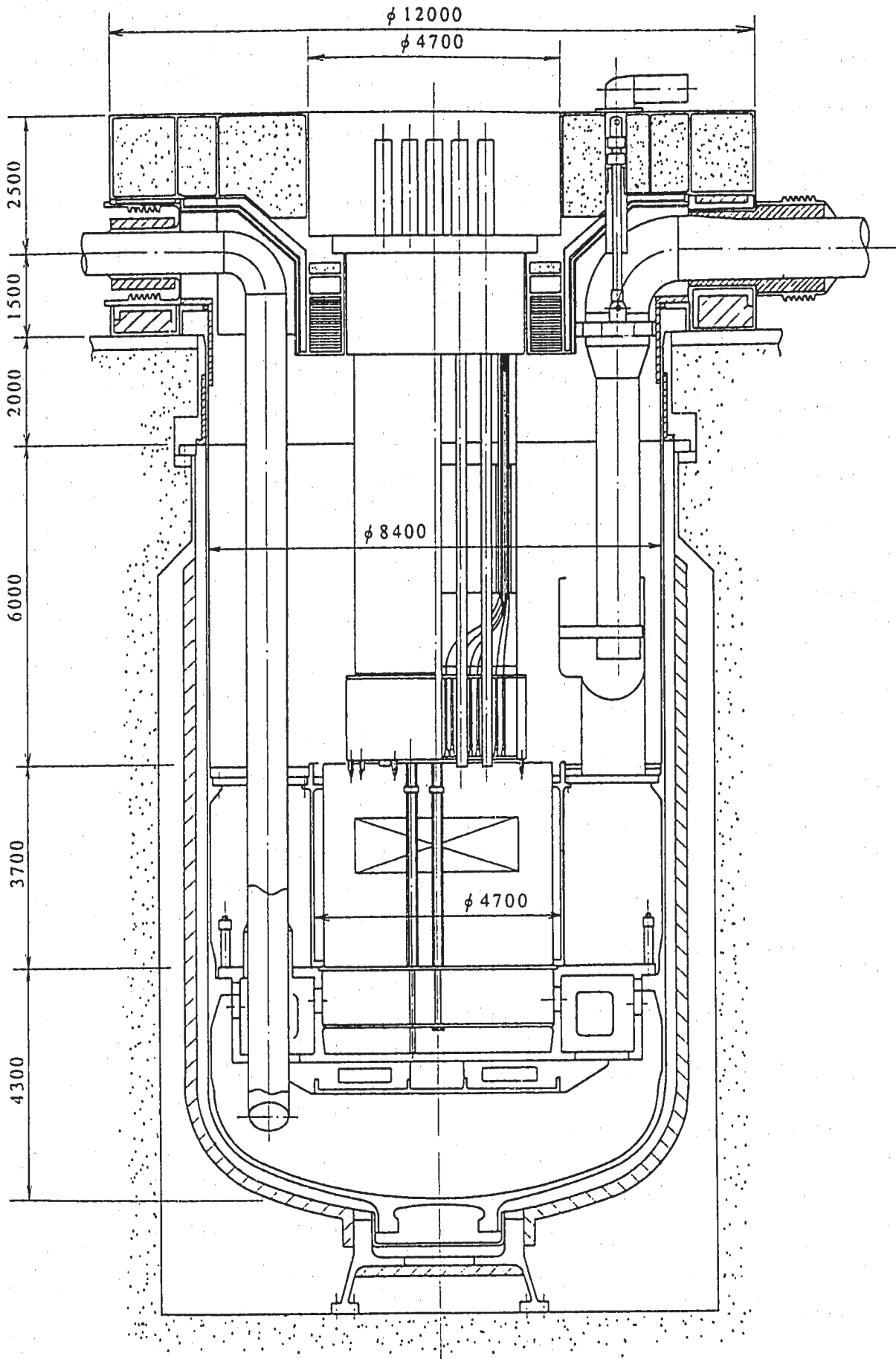


Fig.2.1 Cross-Sectional View of Reactor Vessel

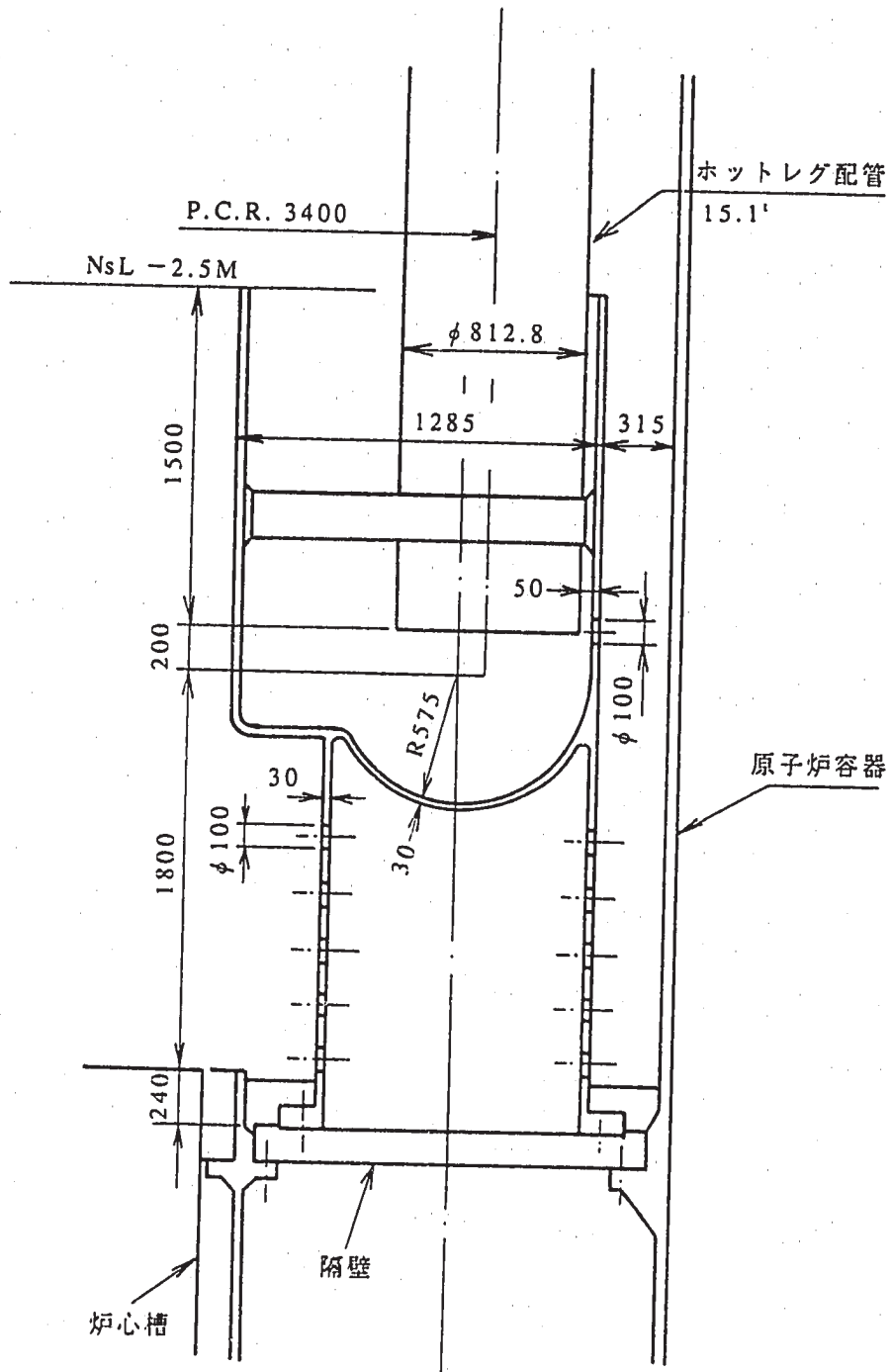


Fig.2.2 Cross-Sectional View of Outer Barrel of Outlet Nozzle

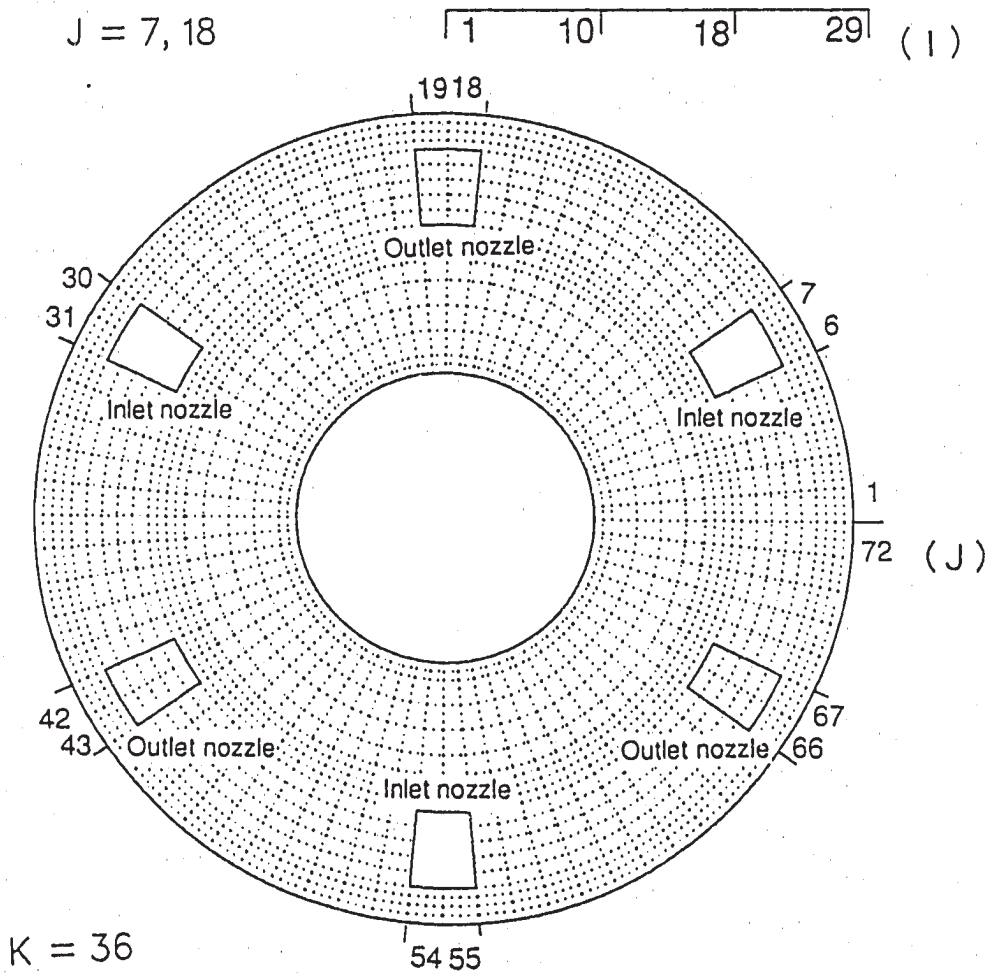
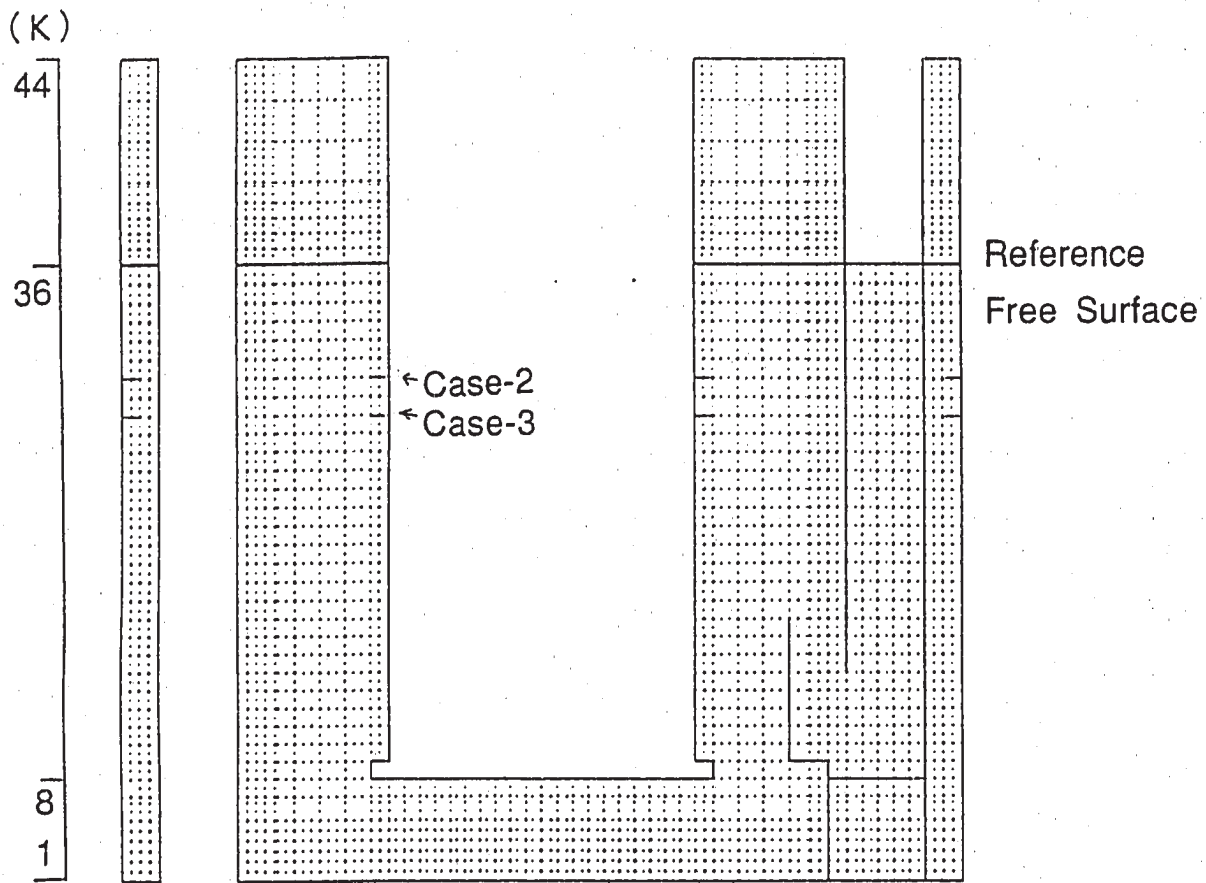
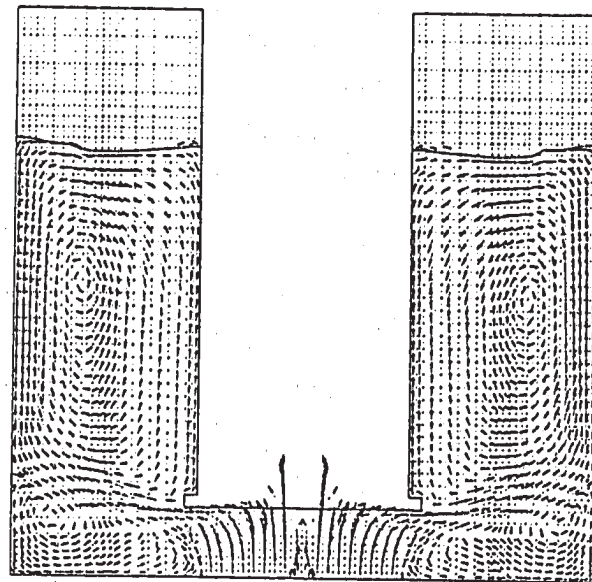
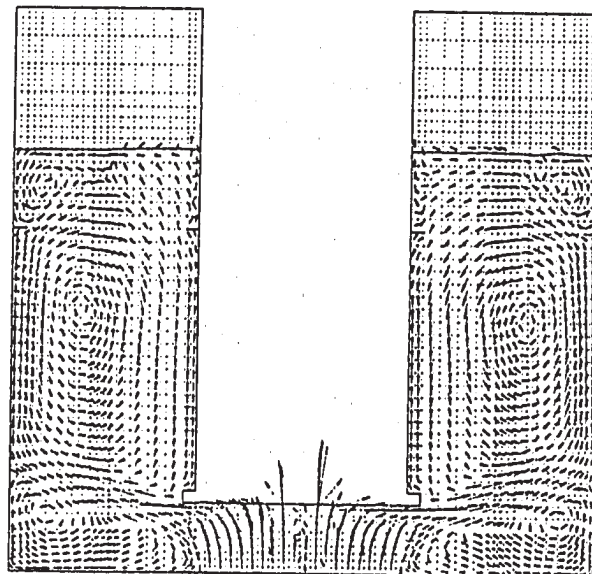


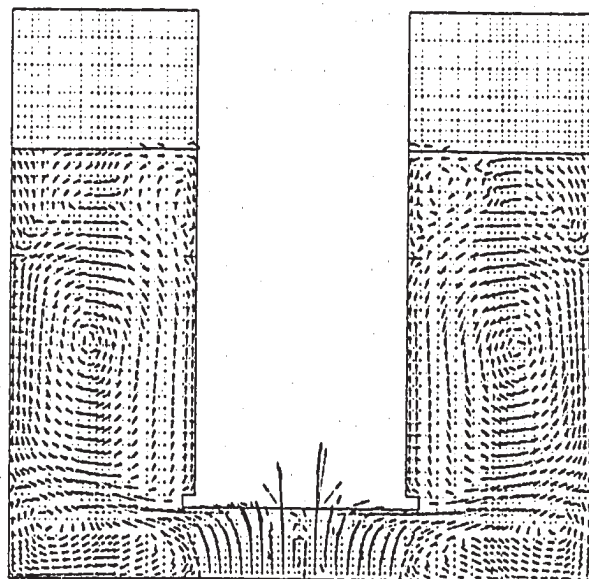
Fig.3.1 Mesh Arrangements for Upper Plenum with Baffle Ring



Case1



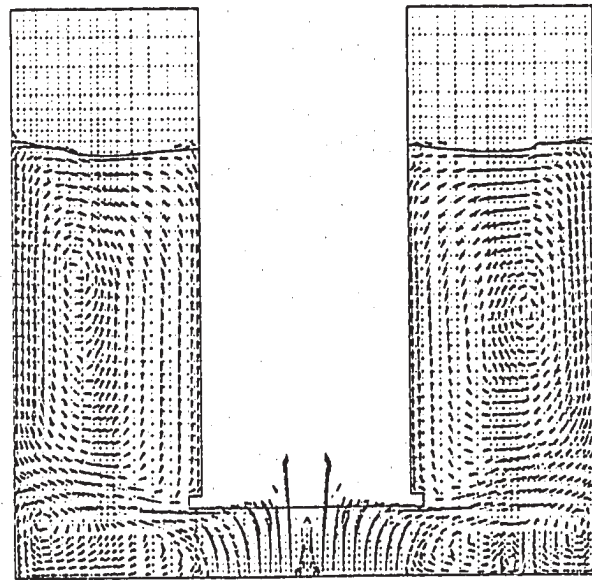
Case2



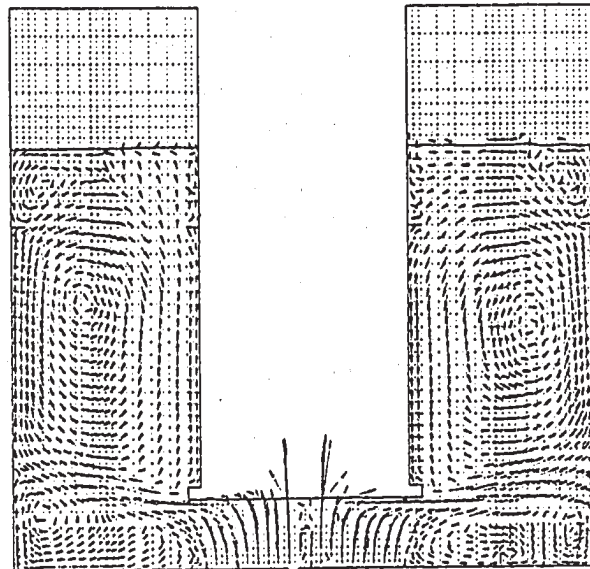
Case3

$J = 1, 24$ 10.00 M/S

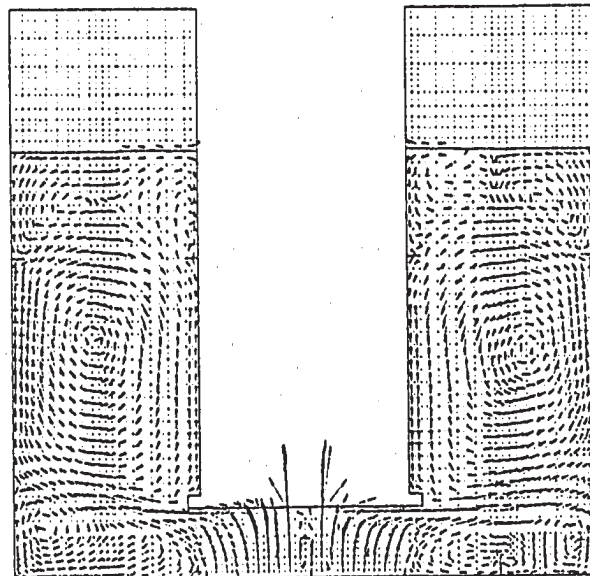
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (1/12)



Case1



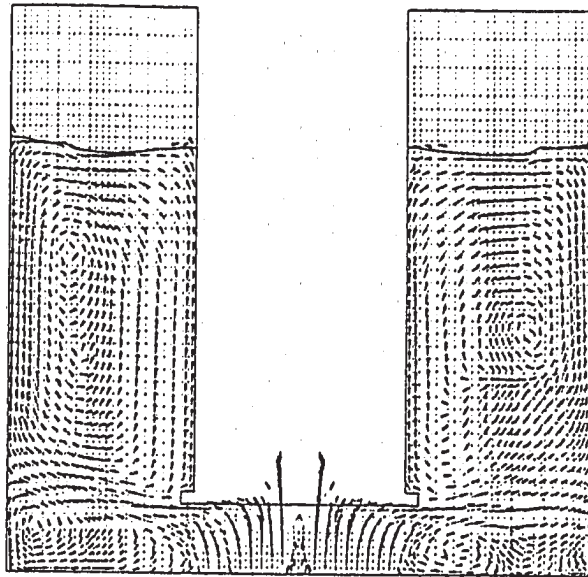
Case2



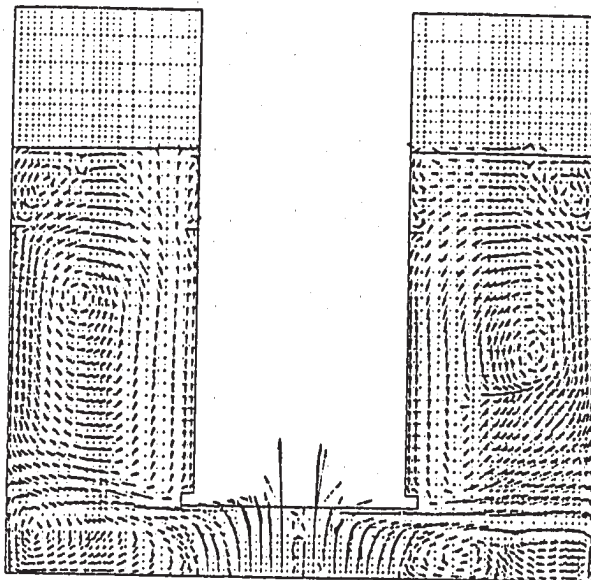
Case3

$J = 2, 23$
10.00 M/S

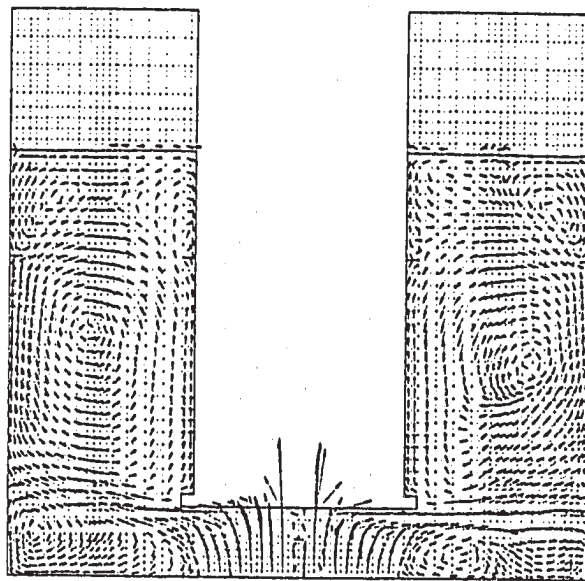
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (2/12)



Case1



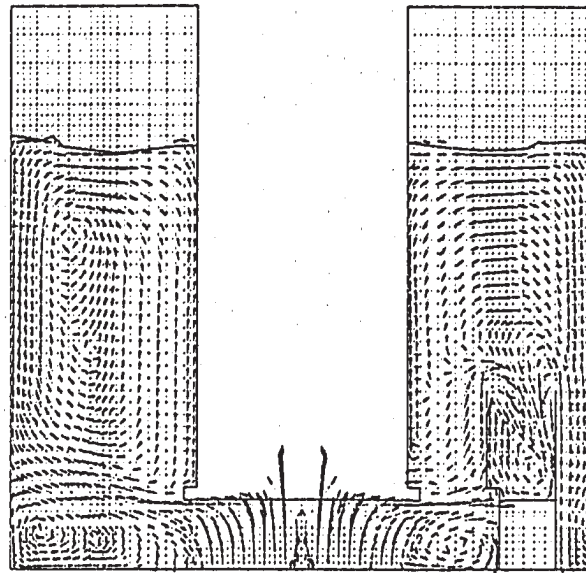
Case2



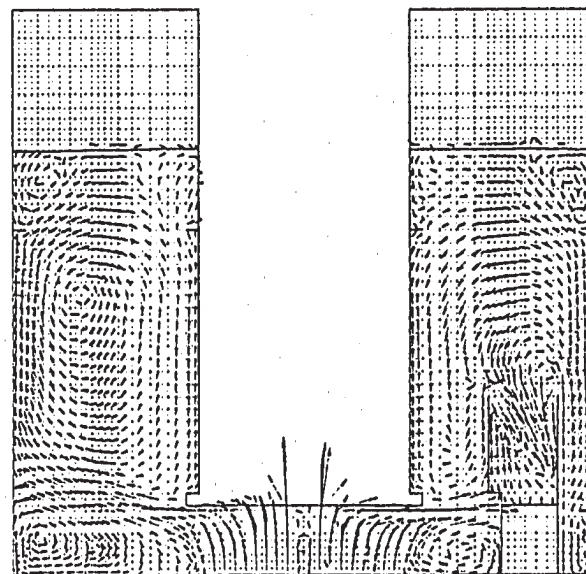
Case3

$J = 3, 22$
10.00 M/S

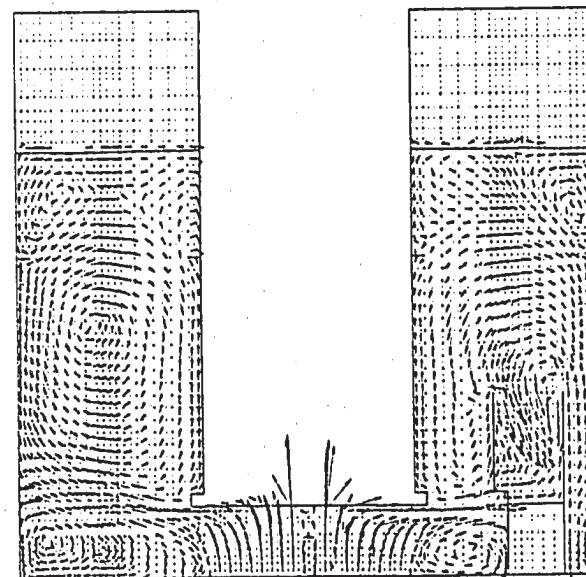
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (3/12)



Case1



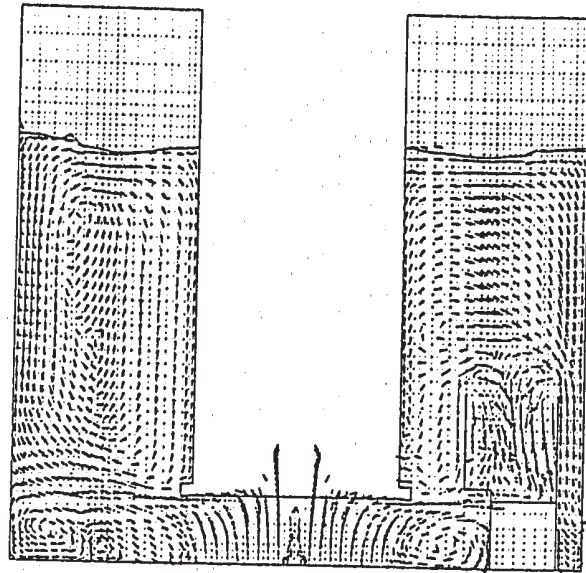
Case2



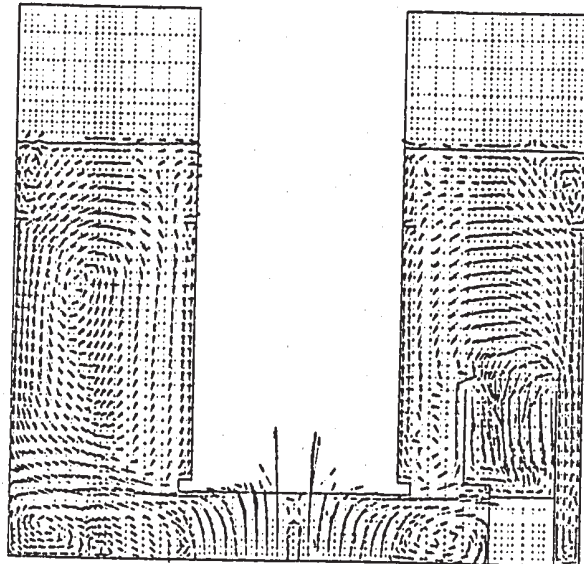
Case3

$J = 4, 21$ 10.00 M/S

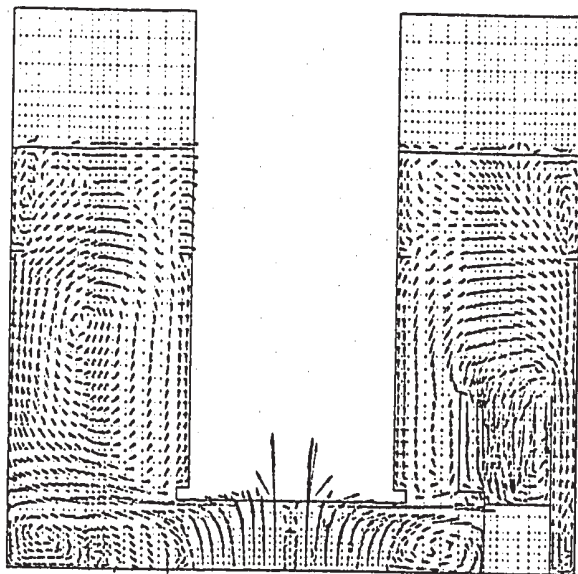
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (4/12)



Case1



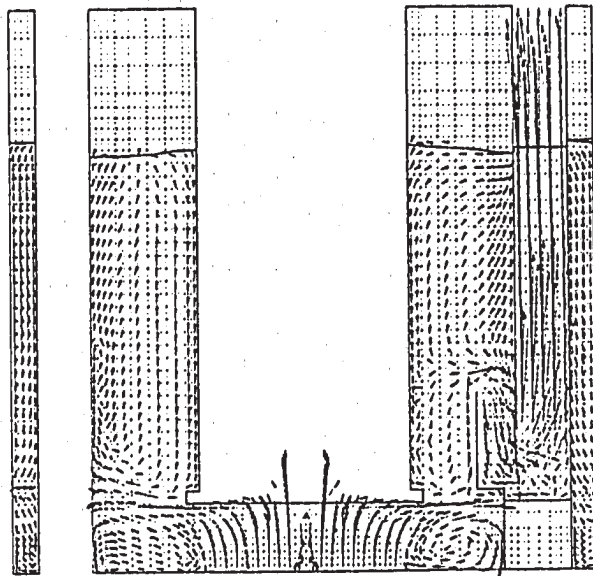
Case2



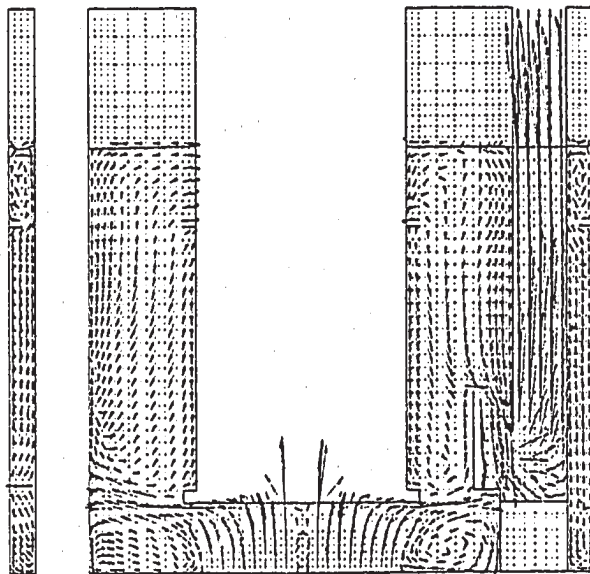
Case3

$J = 5, 20$ 10.00 M/S

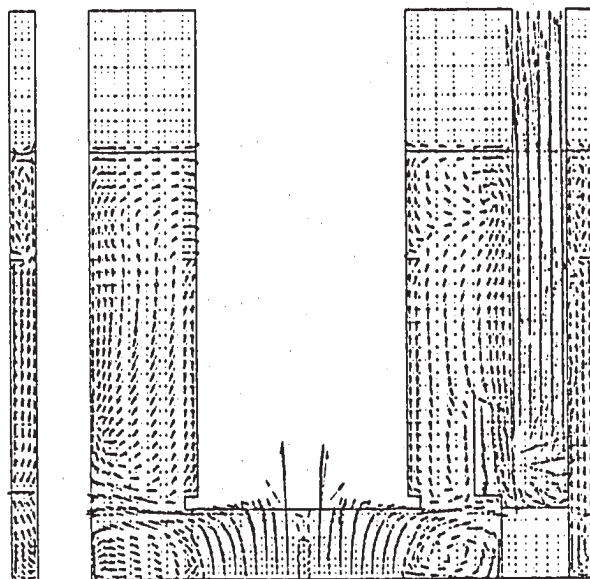
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (5/12)



Case1



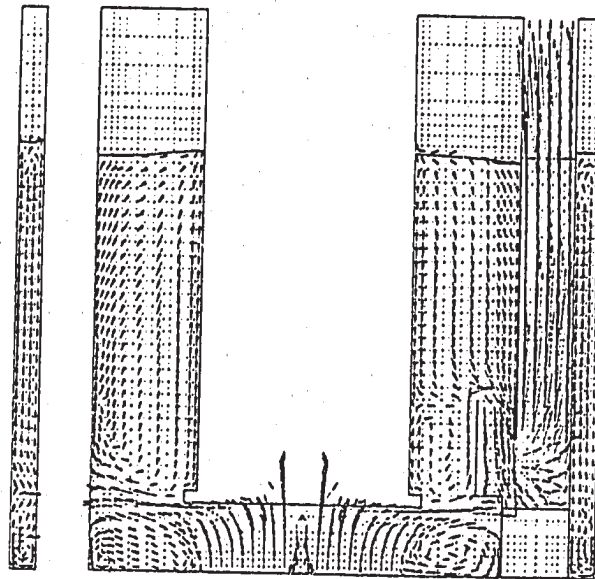
Case2



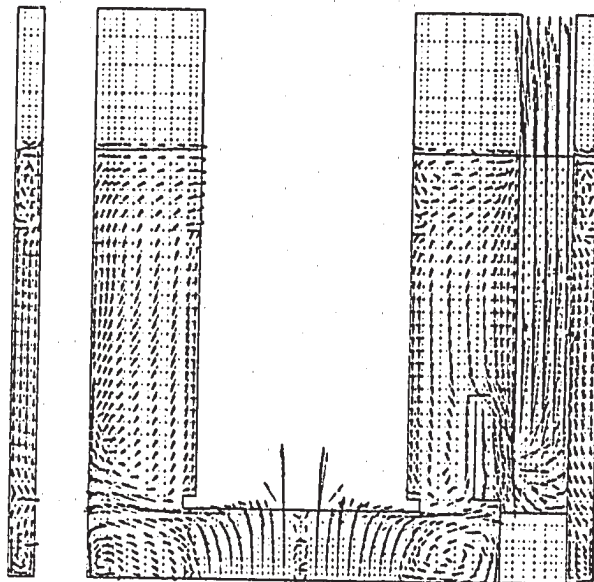
Case3

$J = 6, 19$
10.00 M/S

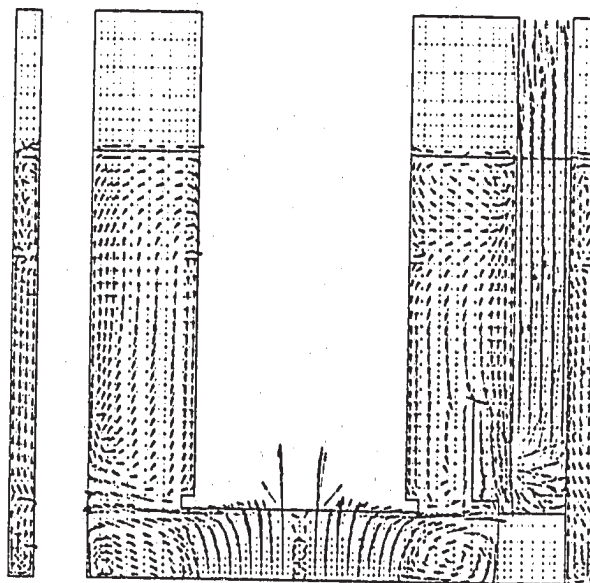
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (6/12)



Case1



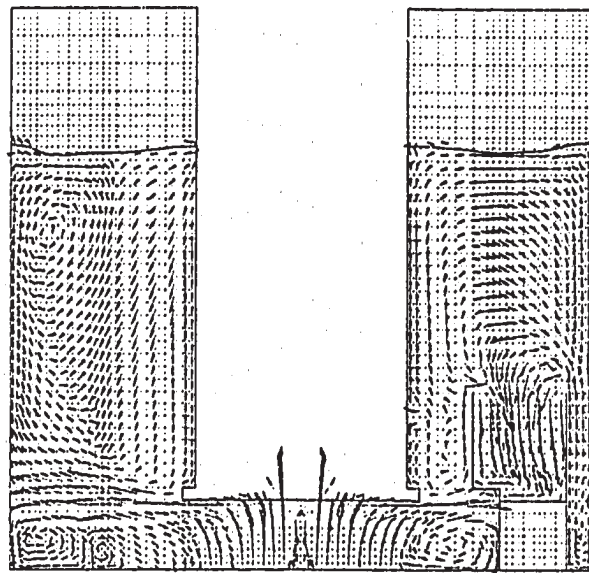
Case2



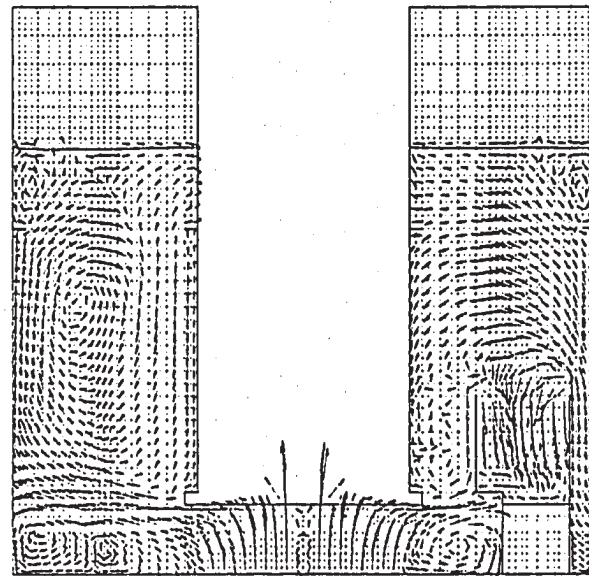
Case3

$J = 7, 13$
10.00 M/S

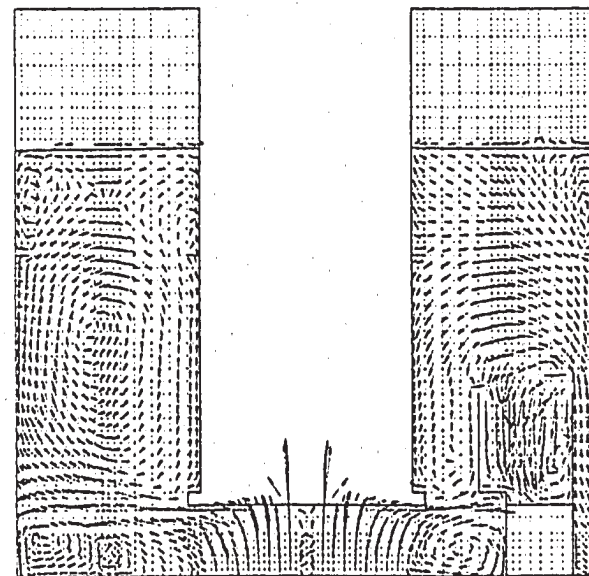
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (7/12)



Case1



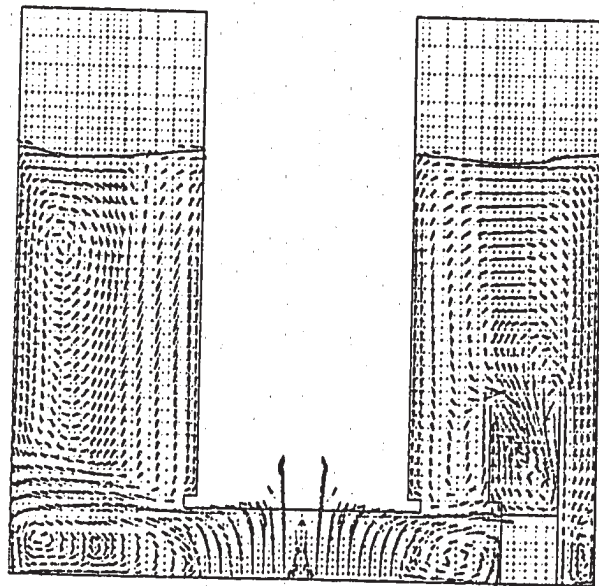
Case2



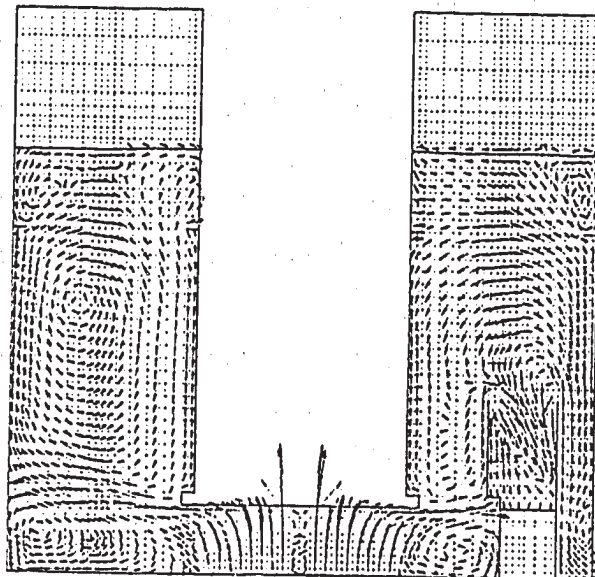
Case3

$J = 8.17$ 10.00 M/S

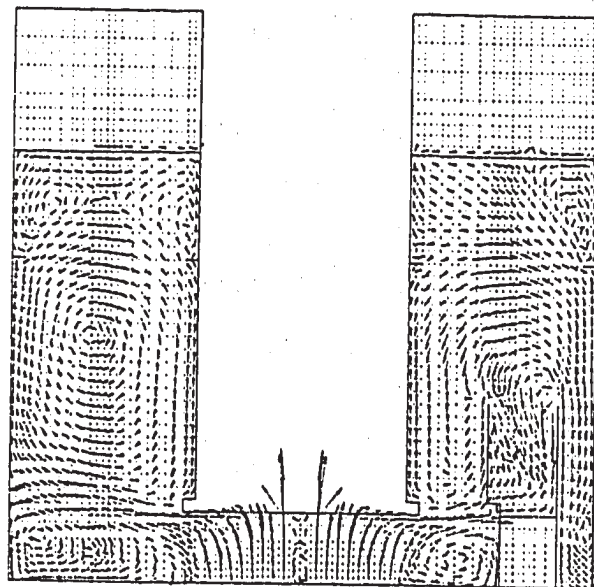
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (8/12)



Case1



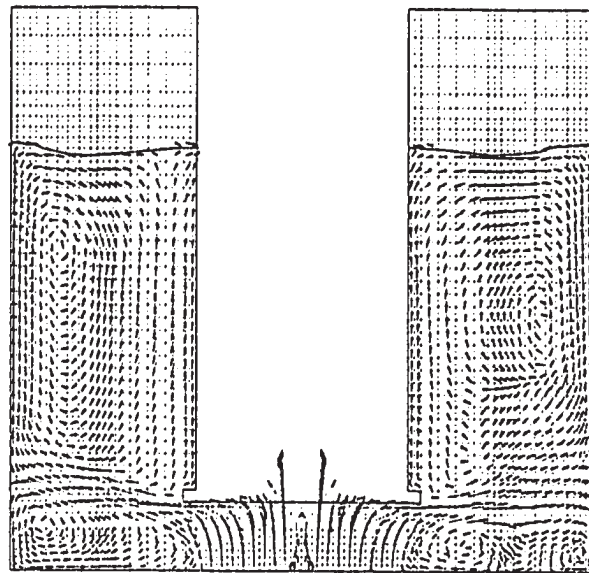
Case2



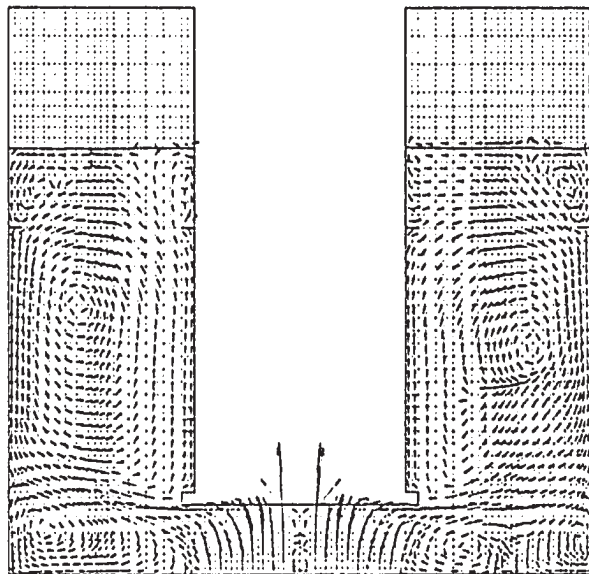
Case3

$J = 9, 16$
10.00 M/S

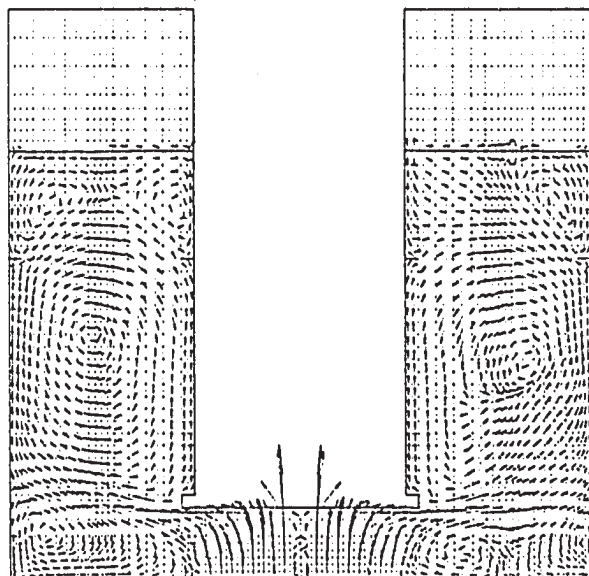
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (9/12)



Case1



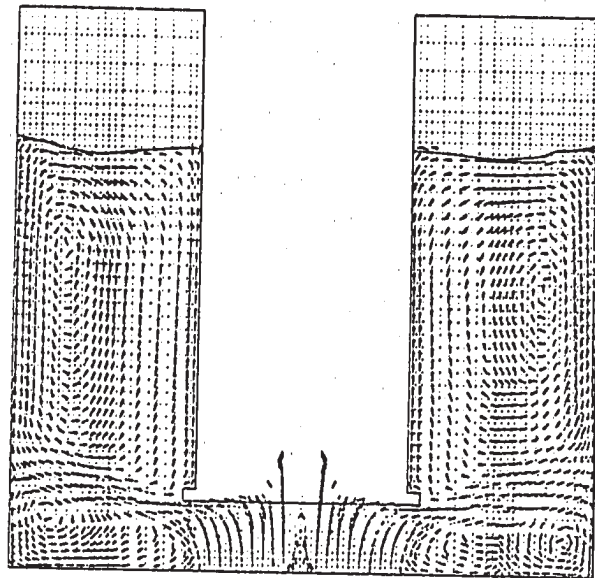
Case2



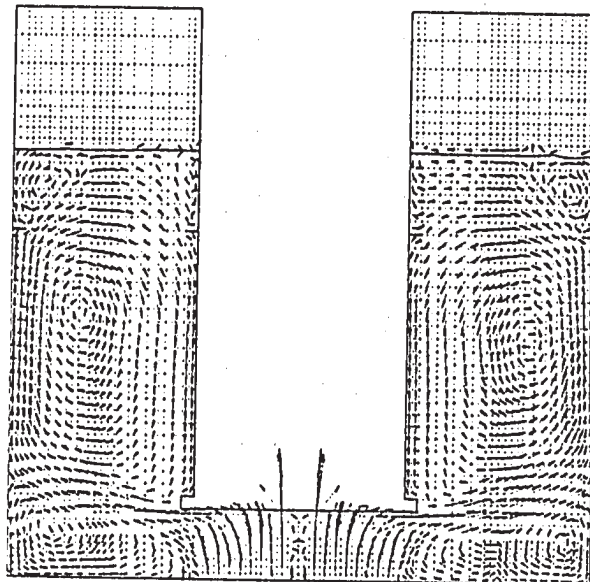
Case3

$J = 10, 15$
10.00 M/S

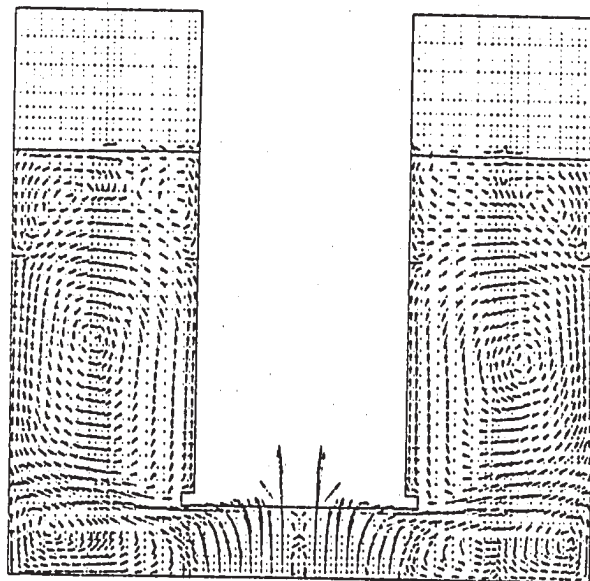
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (10/12)



Case1



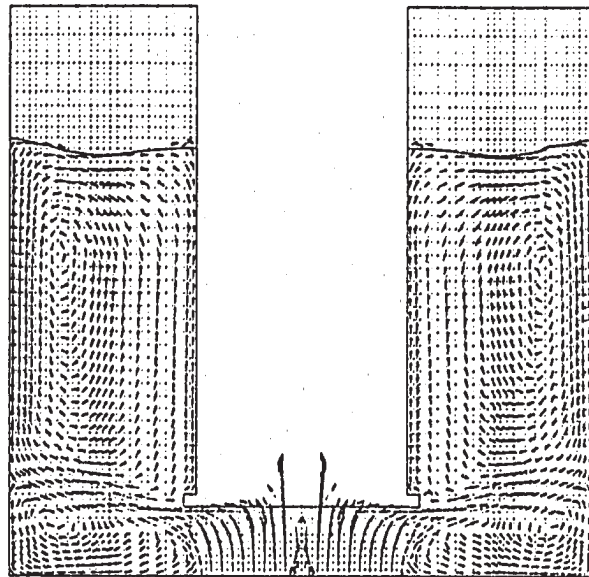
Case2



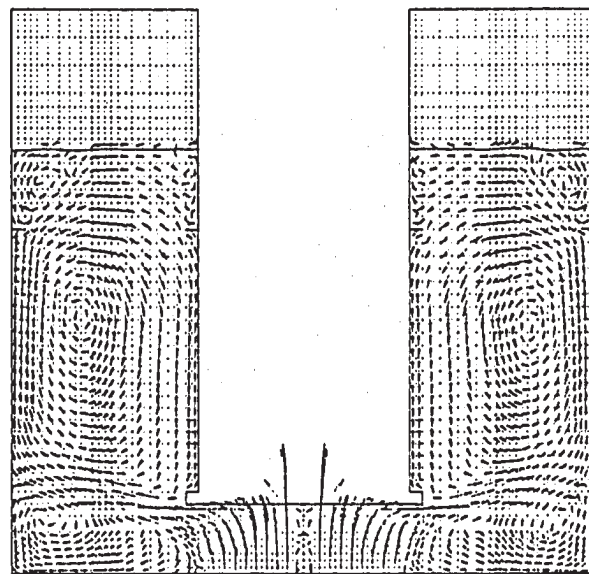
Case3

$J = 11, 14$
10.00 M/S

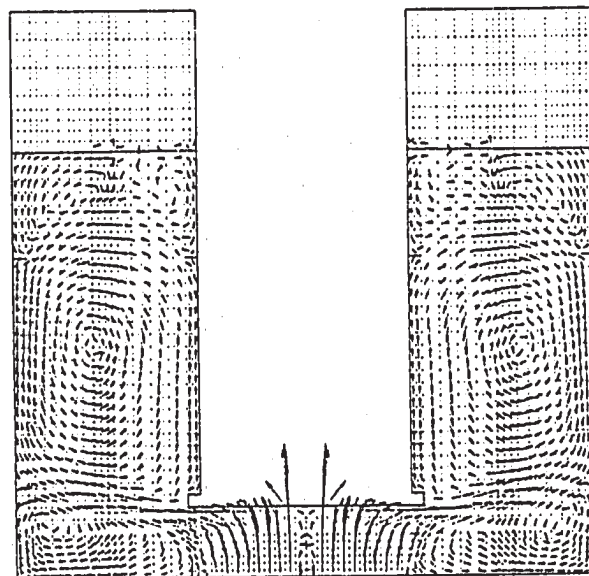
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (11/12)



Case-1



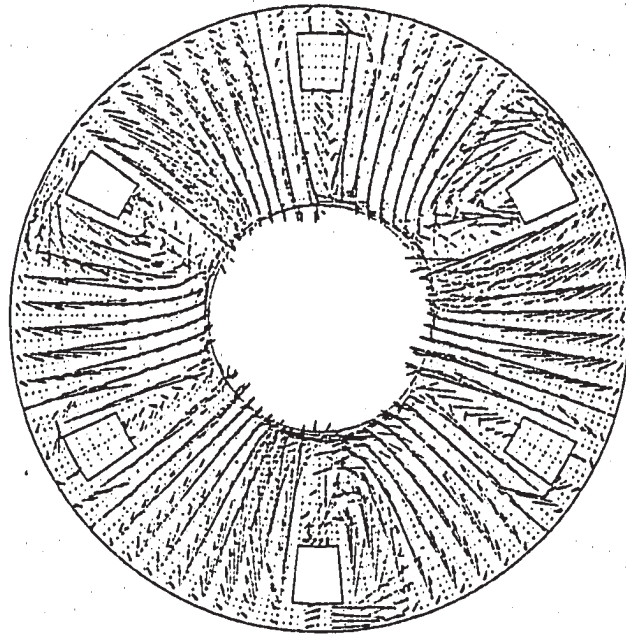
Case-2



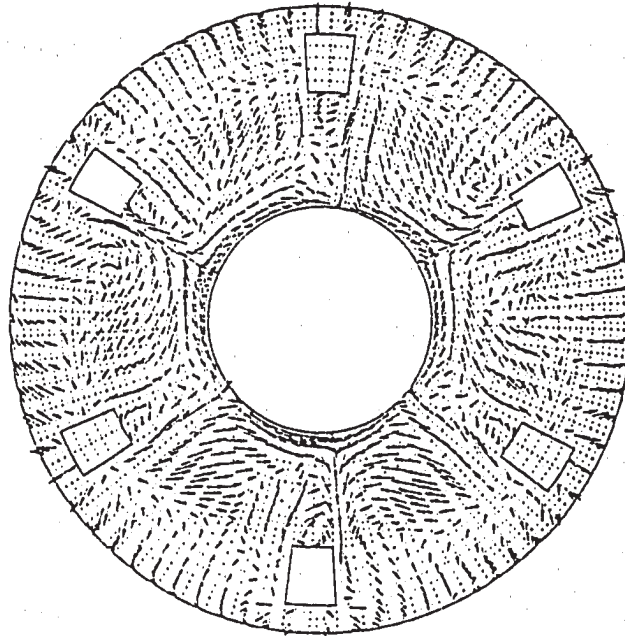
Case-3

$J = 12, 13$ 10.00 M/S

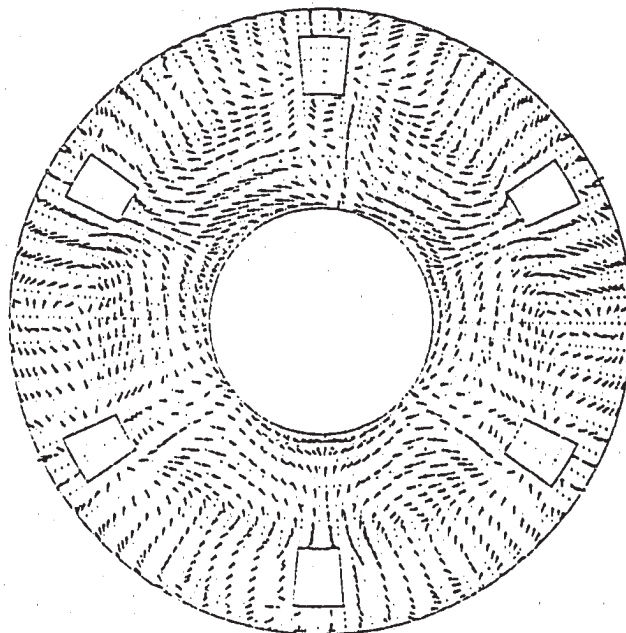
Fig.3.2 Velocity Vector and Free Surface Configuration (12/12)



Case-1



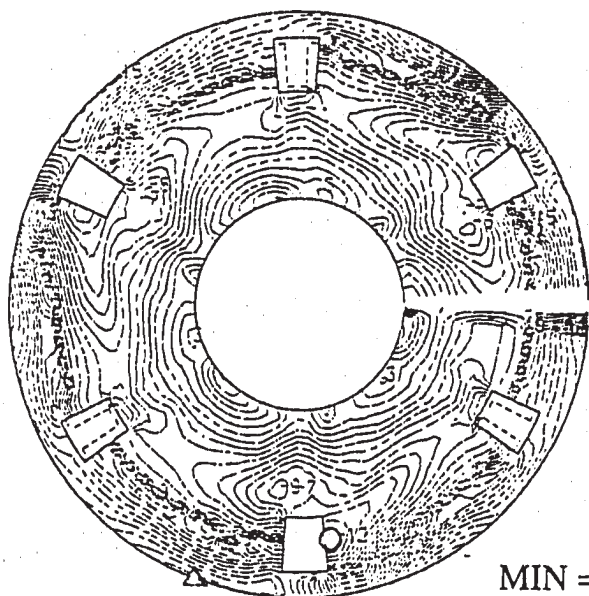
Case-2



Case-3

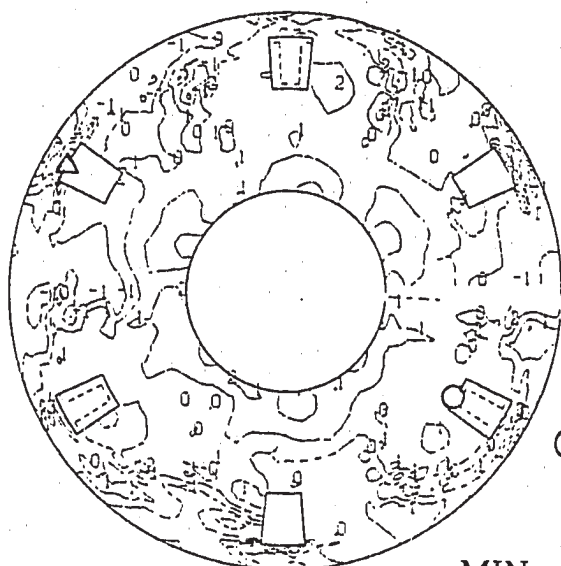
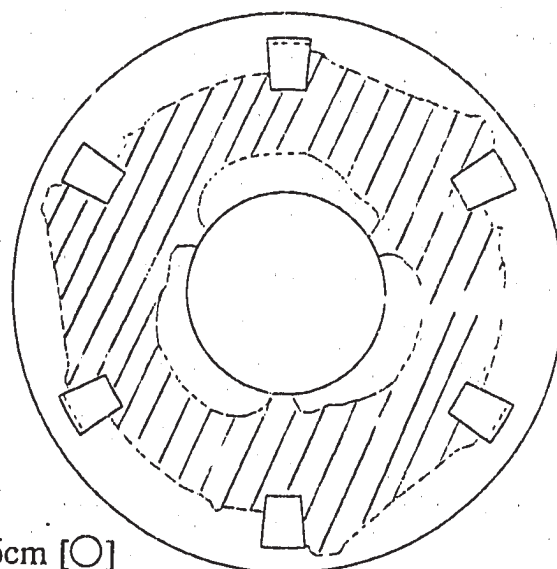
$K = 36$
2.00 M/S

Fig.3.3 Velocity Vector at the Free Surface Level



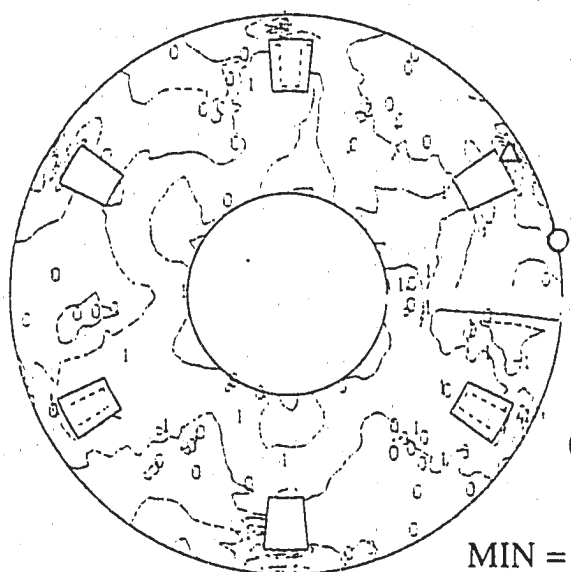
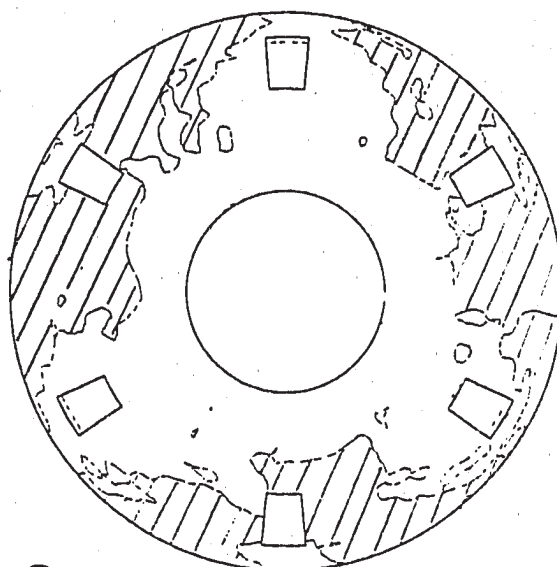
Case-1

MIN = -12.86cm [○]
 MAX= 15.54cm [△]



Case-2

MIN = -3.74cm [○]
 MAX= 5.95cm [△]



Case-3

MIN = -3.48cm [○]
 MAX= 4.21cm [△]

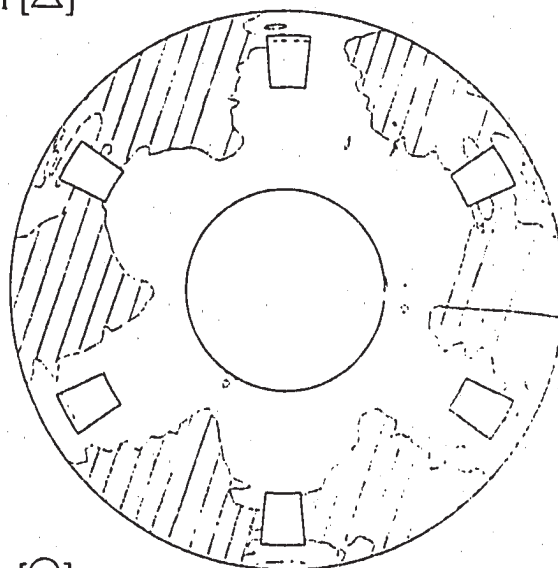


Fig.3.4 Free Surface Level Distribution in the Upper Plenum

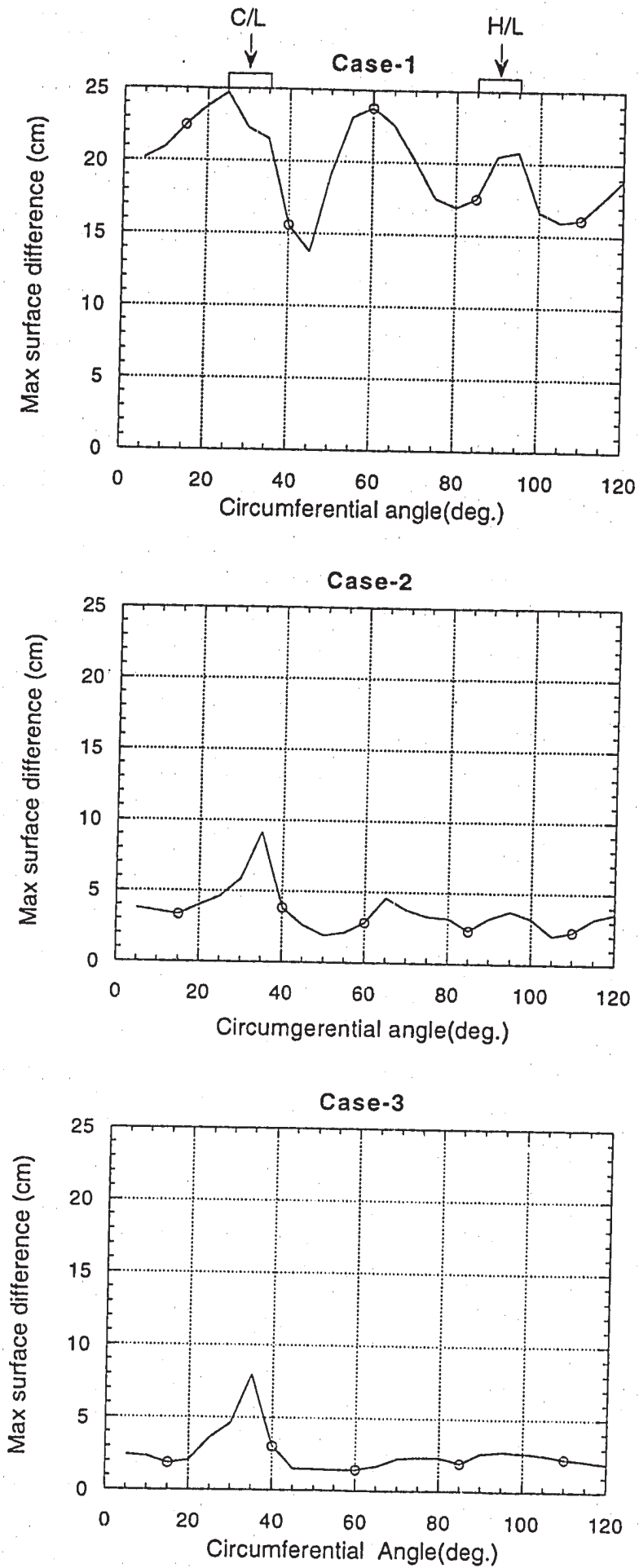


Fig.4.1 Circumferential Distribution of Maximum Free Surface Height Difference

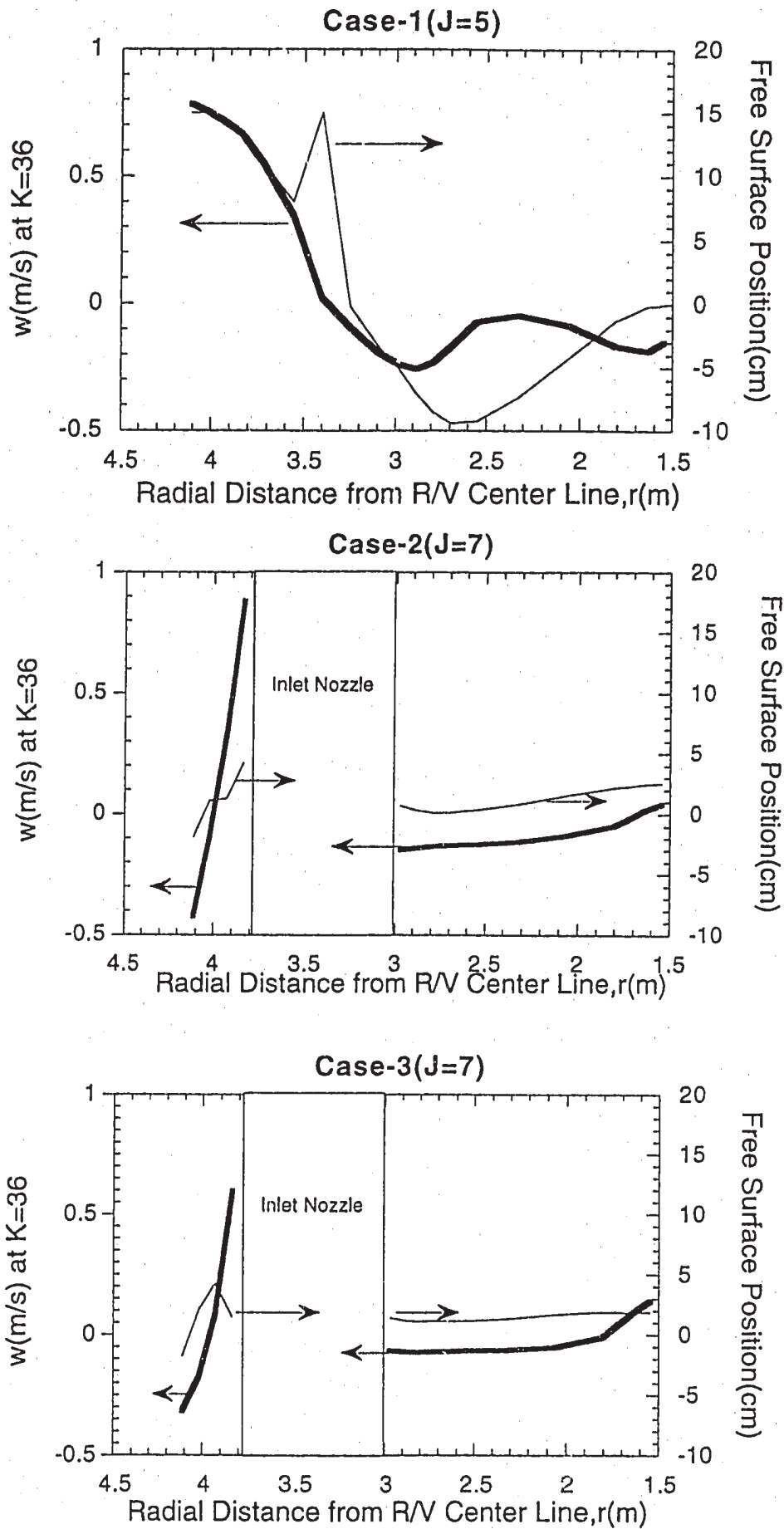


Fig.4.2 Free Surface Configuration and Radial Distribution of Axial Velocity

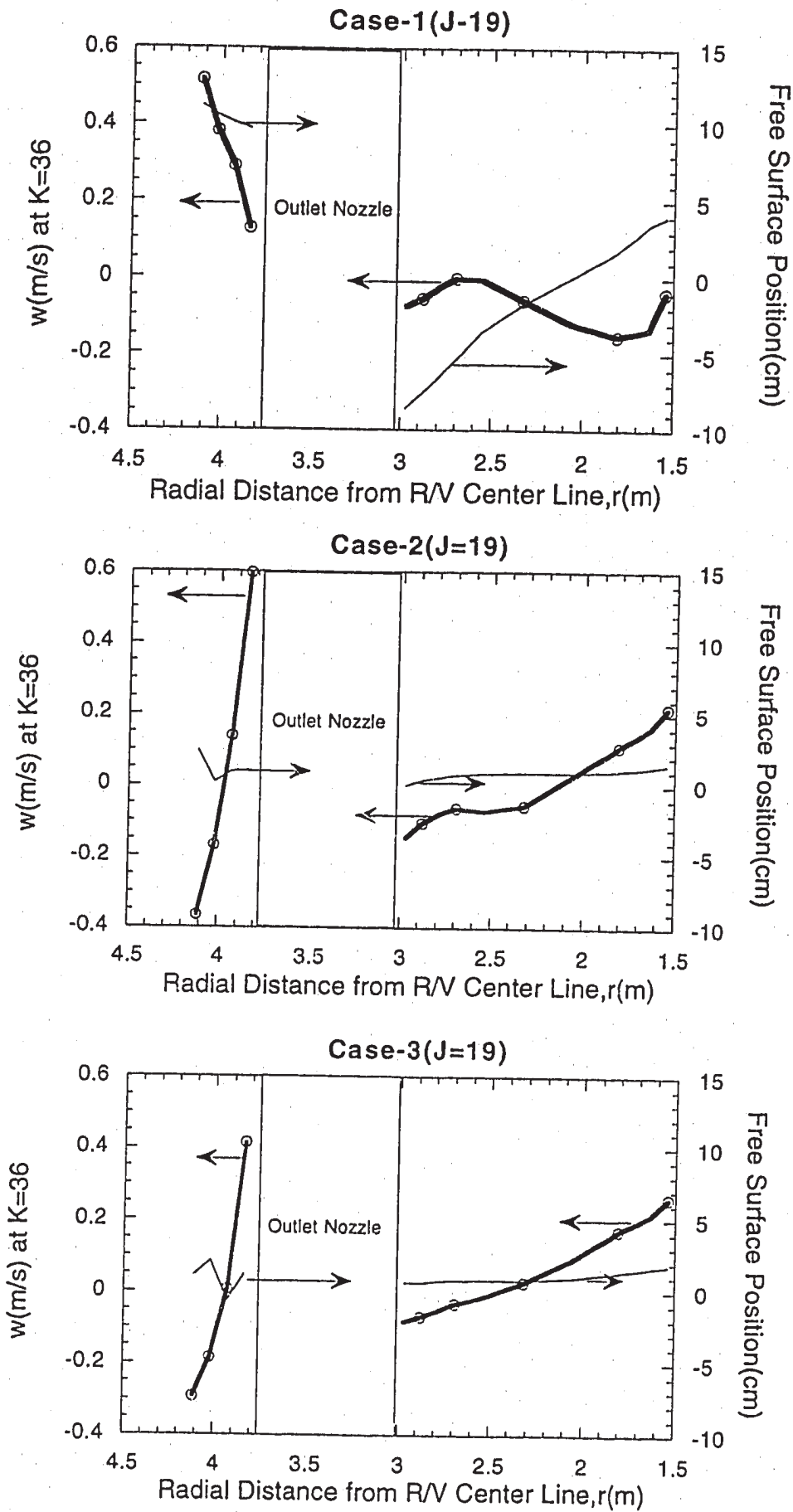


Fig.4.3 Free Surface Configuration and Radial Distribution of Axial Velocity

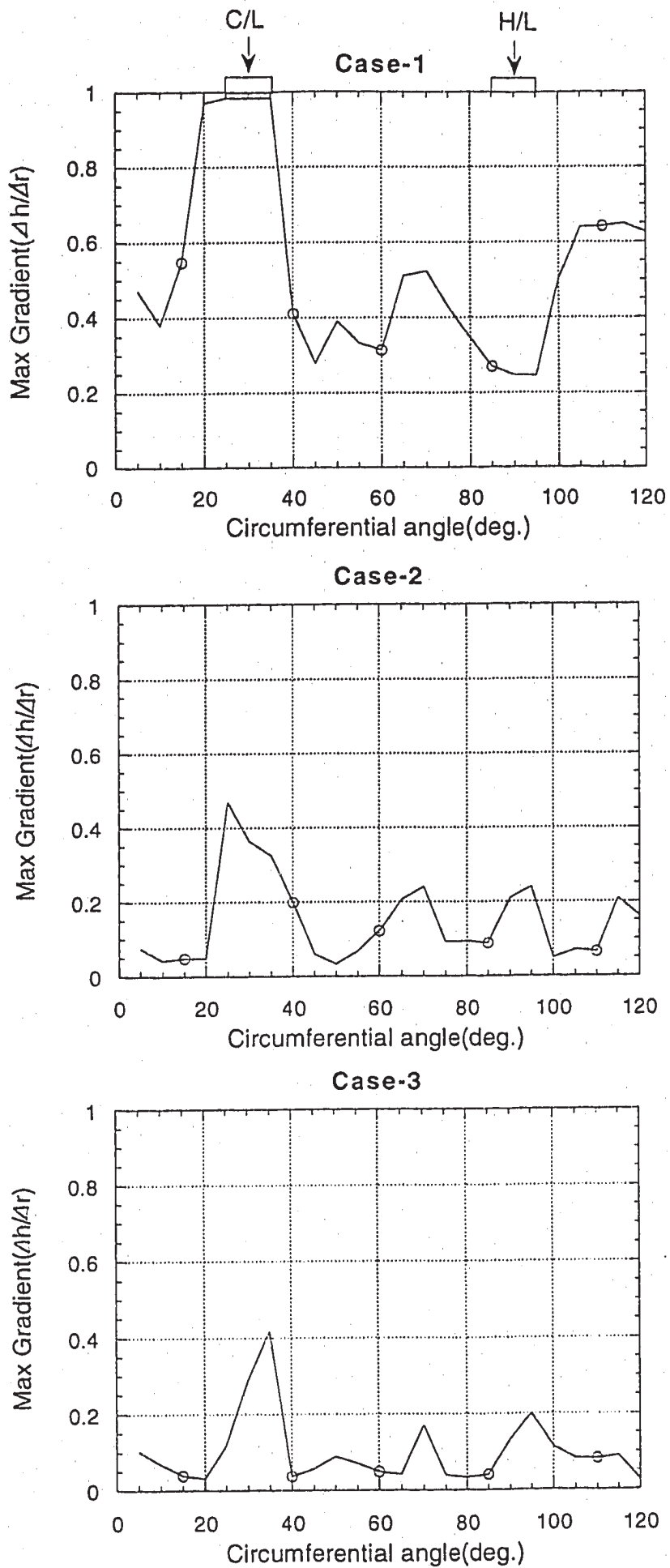


Fig.4.4 Circumferential Distribution of Maximum Free Surface Gradient

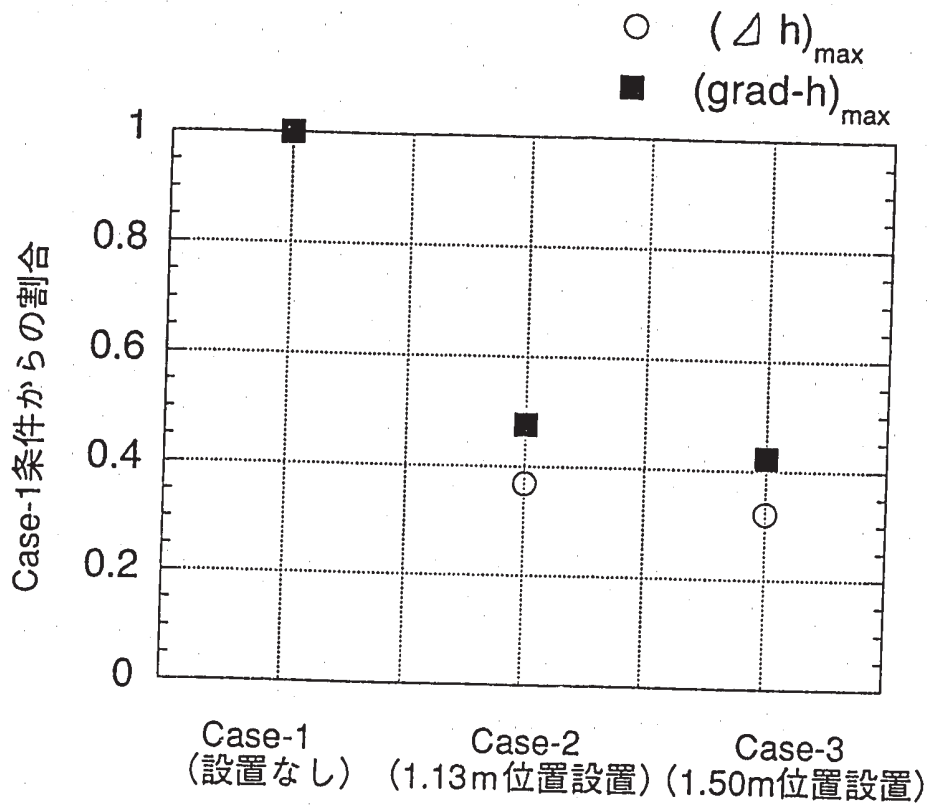
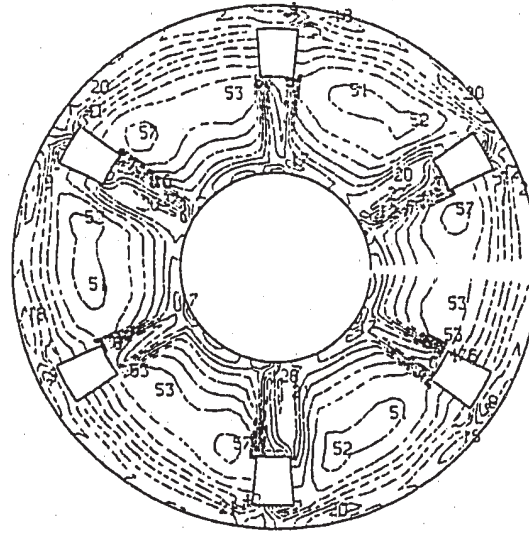
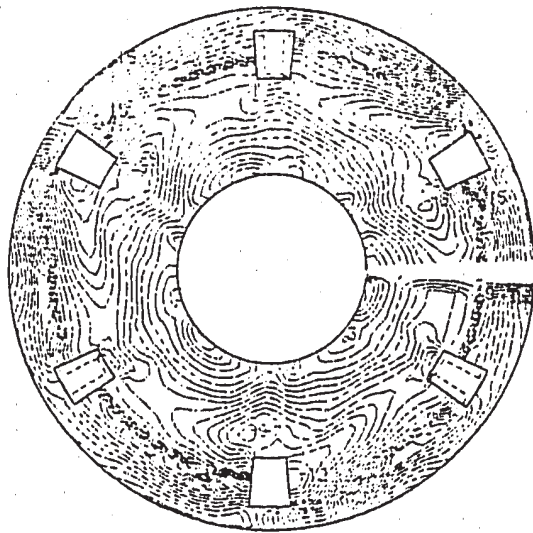
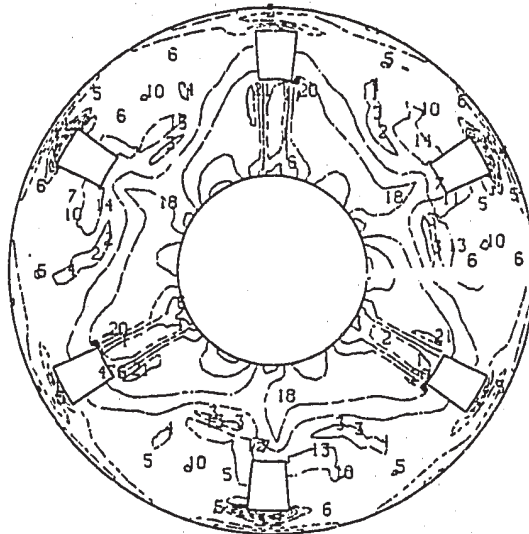
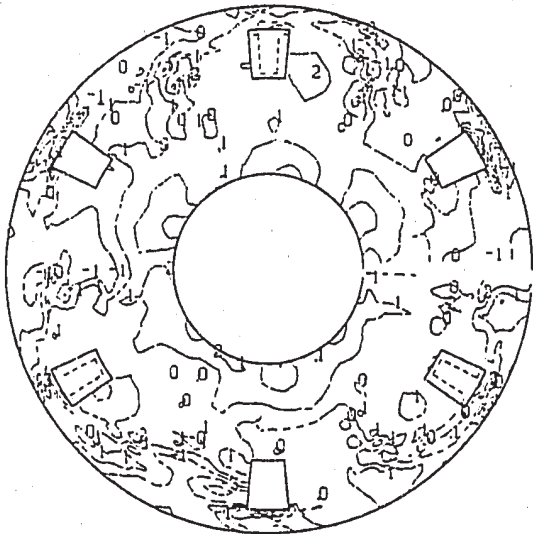


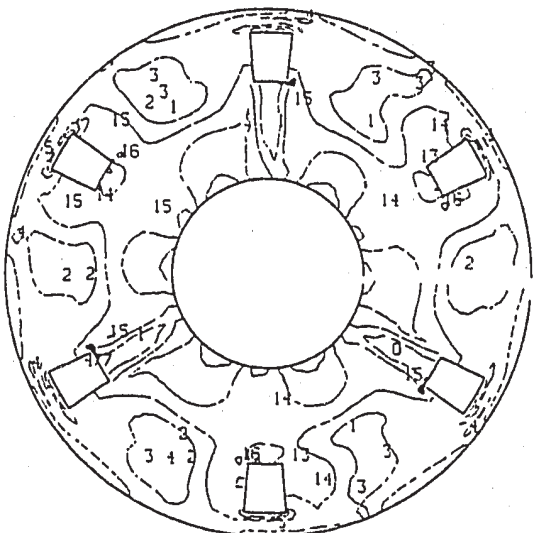
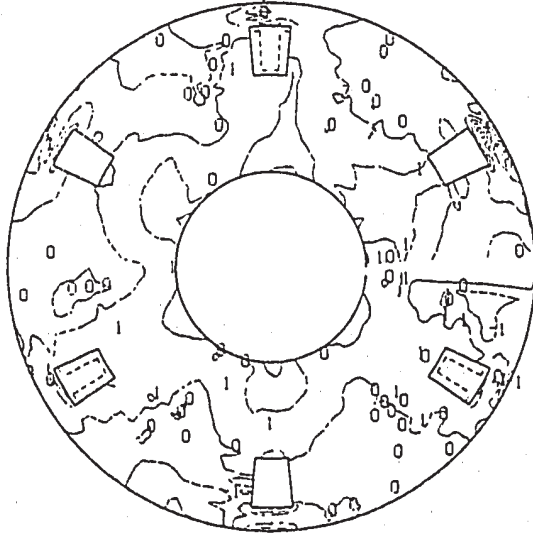
Fig.4.5 Comparison of Maximum Free Surface Height Difference and Free Surface Gradient under each Case



Case-1



Case-2



Case-3

[VOFモデルあり]
液位等値線図

[VOFモデルなし]
局所フルード数 (Fr_L)
 $Fr_L = 100 \cdot U^2 / (gL)$ [-]

U : 実効流速 $(= (u^2 + v^2 + w^2)^{1/2})$ [m/s]

g : 重力加速度 [m/s²]

L : 代表長さ (0.762m、原子炉入口配管直径)

Fig.4.6 Comparison between Result of using VOF Model and No VOF Model

APPENDIX

1. 本解析で用いた入力データ (Case-1)

```

*****
*
* THERMAL STRATIFICATION ANALYSIS FOR DFR UPPER PLENUM
*
* WITH SYMMETRICAL OUTER BARREL (SLIN COLD LEG)
*
* FOR AQUA-VOF REV. : 1994.12.5 E.MATSUOTO
* DATE : AUG.18,'92
* KHAX = 44 L.H. : POG1016.AQUA.RSH2.LOAD
* (S6E6)
* P.D. : EOC OF 6TH CYCLE
*
*****

```

```

*****
*GEOM IGEOM=-1, NL1=18100, NH1=64300, ISYNCH=3, IFITEN=3,
* IFRES=1, INAX=29, JMAX=72, KHAX=44, NSURF=20,
* HFREE=6.0570302,
* DX=10*0.15, 2*0.09, 3*0.2575, 0.1975, 4*0.0923,
* 5*0.15432, 4*0.0923,
* DY=72*0.087266463,
* DZ=6*0.10, 0.227, 10*0.173, 11*0.18182, 8*0.1875, 4*0.15, 0.20, 3*0.4,
* XNORHL= 1., 1., 0., 0., 0., 0., 1., 0.,
* 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
* 0., 0.,
* YNORHL= 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 1.,
* -1., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.,
* 0., 0.,
* ZNORHL= 0., 0., 1., -1., -1., -1., 0., 0.,
* 0., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1.,
* 1., 1.,
* ITURKE=0, IFPCG= 0, IFVOF=-1,

```

```

*****
*END
REG -1.0 1 1 1 72 1 8 1 CENTER LINE
REG -1.0 13 13 1 72 9 9 2 UCS SIDE(+X)
REG -1.0 11 11 1 72 10 44 2 UCS SIDE(+X)
REG -1.0 26 26 6 7 1 44 2 INLET NOZZLE(+X)
REG -1.0 26 26 30 31 1 44 2 *
REG -1.0 26 26 54 55 1 44 2 *
REG -1.0 21 21 18 19 15 36 2 OUTLET NOZZLE(+X), INNER
REG -1.0 21 21 42 43 15 36 2 *
REG -1.0 21 21 66 67 15 36 2 *
REG -1.0 26 26 18 19 15 44 2 OUTLET NOZZLE(+X), OUTER
REG -1.0 26 26 42 43 15 44 2 *
REG -1.0 26 26 66 67 15 44 2 *
REG -1.0 17 17 16 16 10 17 2 OUTER BARREL(+X)
REG -1.0 16 16 17 20 10 17 2
REG -1.0 17 17 21 21 10 17 2
REG -1.0 19 19 16 21 1 9 2
REG -1.0 25 25 16 16 1 17 2
REG -1.0 26 26 17 17 1 17 2
REG -1.0 26 26 18 19 1 15 2
REG -1.0 26 26 20 20 1 17 2
REG -1.0 25 25 21 21 1 17 2
REG -1.0 17 17 40 40 10 17 2 OUTER BARREL(+X)
REG -1.0 16 16 41 44 10 17 2
REG -1.0 17 17 45 45 10 17 2
REG -1.0 19 19 40 45 1 9 2
REG -1.0 25 25 40 40 1 17 2
REG -1.0 25 26 41 41 1 17 2
REG -1.0 26 26 42 43 1 15 2
REG -1.0 26 26 44 44 1 17 2
REG -1.0 25 25 45 45 1 17 2
REG -1.0 17 17 64 64 10 17 2 OUTER BARREL(+X)
REG -1.0 16 16 65 63 10 17 2
REG -1.0 17 17 69 69 10 17 2
REG -1.0 19 19 64 69 1 9 2
REG -1.0 25 25 64 64 1 17 2
REG -1.0 26 26 65 65 1 17 2
REG -1.0 25 26 66 67 1 15 2
REG -1.0 26 26 68 68 1 17 2
REG -1.0 25 25 69 69 1 17 2
REG -1.0 15 29 1 5 1 1 3 BOTTOM(+Z)
REG -1.0 15 20 6 7 1 1 3
REG -1.0 25 29 6 7 1 1 3
REG -1.0 15 29 8 24 1 1 3
REG -1.0 15 29 25 29 1 1 3 BOTTOM(+Z)
REG -1.0 15 20 30 31 1 1 3
REG -1.0 25 29 30 31 1 1 3
REG -1.0 15 29 32 43 1 1 3
REG -1.0 15 29 49 53 1 1 3 BOTTOM(+Z)
REG -1.0 15 29 54 55 1 1 3
REG -1.0 26 29 54 66 1 1 3
REG -1.0 15 29 56 72 1 1 3
REG -1.0 11 12 1 72 10 10 3 THERMAL SHIELD(+Z)
REG -1.0 15 16 17 20 10 10 3 OUTER BARREL(+Z)

```

REG	-1.0	17	18	16	21	10	10	3	
REG	-1.0	19	24	16	21	9	9	3	
REG	-1.0	25	25	17	20	9	9	3	
REG	-1.0	16	16	41	44	10	10	3	OUTER BARREL(-2)
REG	-1.0	17	18	40	45	10	10	3	
REG	-1.0	19	24	40	45	9	9	3	
REG	-1.0	25	25	41	44	9	9	3	
REG	-1.0	16	16	65	68	10	10	3	OUTER BARREL(-2)
REG	-1.0	17	18	64	69	10	10	3	
REG	-1.0	19	24	64	69	9	9	3	
REG	-1.0	25	25	65	68	9	9	3	
REG	-1.0	1	12	1	72	8	8	4	UCS BOTTON(-2)
REG	-1.0	16	16	17	20	9	9	4	OUTER BARREL(-2)
REG	-1.0	17	18	16	21	9	9	4	
REG	-1.0	19	24	16	21	8	8	4	
REG	-1.0	25	25	17	20	8	8	4	
REG	-1.0	16	16	41	44	9	9	4	OUTER BARREL(-2)
REG	-1.0	17	18	40	45	9	9	4	
REG	-1.0	19	24	40	45	8	8	4	
REG	-1.0	25	25	41	44	8	8	4	
REG	-1.0	16	16	65	68	9	9	4	OUTER BARREL(-2)
REG	-1.0	17	18	64	69	9	9	4	
REG	-1.0	19	24	64	69	8	8	4	
REG	-1.0	25	25	65	68	8	8	4	
REG	-1.0	11	29	1	5	44	44	5	NA SURFACE(-2)
REG	-1.0	11	20	6	7	44	44	5	
REG	-1.0	26	29	6	7	44	44	5	
REG	-1.0	11	29	8	17	44	44	5	
REG	-1.0	11	20	18	19	44	44	5	
REG	-1.0	26	29	18	19	44	44	5	
REG	-1.0	11	29	20	24	44	44	5	
REG	-1.0	11	29	25	29	44	44	5	NA SURFACE(-2)
REG	-1.0	11	20	30	31	44	44	5	
REG	-1.0	26	29	30	31	44	44	5	
REG	-1.0	11	29	32	41	44	44	5	
REG	-1.0	11	20	42	43	44	44	5	
REG	-1.0	26	29	42	43	44	44	5	
REG	-1.0	11	29	44	48	44	44	5	
REG	-1.0	11	29	49	53	44	44	5	NA SURFACE(-2)
REG	-1.0	11	20	54	55	44	44	5	
REG	-1.0	26	29	54	55	44	44	5	
REG	-1.0	11	29	56	65	44	44	5	
REG	-1.0	11	20	66	67	44	44	5	
REG	-1.0	26	29	66	67	44	44	5	
REG	-1.0	11	29	68	72	44	44	5	
REG	-1.0	21	25	18	19	36	36	6	OUTLET(-2)
REG	-1.0	21	25	42	43	36	36	6	*
REG	-1.0	21	25	66	67	36	36	6	*
REG	-1.0	29	29	1	72	1	44	7	REACTOR VESSEL(-X)
REG	-1.0	20	20	18	19	15	44	7	OUTLET NOZZLE(-X), OUTER
REG	-1.0	20	20	42	43	15	44	7	*
REG	-1.0	20	20	66	67	15	44	7	*
REG	-1.0	25	25	18	19	15	36	7	OUTLET NOZZLE(-X), INNER
REG	-1.0	25	25	42	43	15	36	7	*
REG	-1.0	25	25	66	67	15	36	7	*
REG	-1.0	20	20	6	7	1	44	7	INLET NOZZLE(-X)
REG	-1.0	20	20	30	31	1	44	7	*
REG	-1.0	20	20	54	55	1	44	7	*
REG	-1.0	15	16	16	16	10	17	7	OUTER BARREL(-X)
REG	-1.0	15	15	17	20	10	17	7	
REG	-1.0	16	16	21	21	10	17	7	
REG	-1.0	13	13	16	21	1	9	7	
REG	-1.0	24	24	16	16	1	17	7	
REG	-1.0	25	25	17	17	1	17	7	
REG	-1.0	25	25	18	19	1	15	7	
REG	-1.0	25	25	20	20	1	17	7	
REG	-1.0	24	24	21	21	1	17	7	
REG	-1.0	16	16	40	40	10	17	7	OUTER BARREL(-X)
REG	-1.0	15	15	41	44	10	17	7	
REG	-1.0	16	16	45	45	10	17	7	
REG	-1.0	13	13	40	45	1	9	7	
REG	-1.0	24	24	40	40	1	17	7	
REG	-1.0	25	25	41	41	1	17	7	
REG	-1.0	25	25	42	43	1	15	7	
REG	-1.0	25	25	44	44	1	17	7	
REG	-1.0	24	24	45	45	1	17	7	
REG	-1.0	16	16	64	64	10	17	7	OUTER BARREL(-X)
REG	-1.0	15	15	65	68	10	17	7	
REG	-1.0	16	16	69	69	10	17	7	
REG	-1.0	13	13	64	69	1	9	7	
REG	-1.0	24	24	64	64	1	17	7	
REG	-1.0	25	25	65	65	1	17	7	
REG	-1.0	25	25	66	67	1	15	7	
REG	-1.0	25	25	68	68	1	17	7	

REG	-1.0	21	24	69	69	1	17	7	
REG	-1.0	21	25	13	13	15	36	8	OUTLET NOZZLE(+Y), INNER
REG	-1.0	21	25	42	42	15	36	8	*
REG	-1.0	21	25	66	66	15	36	8	*
REG	-1.0	21	25	20	20	15	44	8	OUTLET NOZZLE(+Y), OUTER
REG	-1.0	21	25	44	44	15	44	8	*
REG	-1.0	21	25	68	63	15	44	8	*
REG	-1.0	21	25	8	8	1	44	8	INLET NOZZLE(+Y)
REG	-1.0	21	25	32	32	1	44	8	*
REG	-1.0	21	25	56	56	1	44	8	*
REG	-1.0	17	18	16	16	10	17	8	OUTER BARREL(+Y)
REG	-1.0	19	24	16	16	1	17	8	
REG	-1.0	16	16	17	17	10	17	8	
REG	-1.0	25	25	17	17	1	17	8	
REG	-1.0	16	16	21	21	10	17	8	
REG	-1.0	25	25	21	21	1	17	8	
REG	-1.0	17	13	22	22	10	17	8	
REG	-1.0	19	24	22	22	1	17	8	
REG	-1.0	17	18	40	40	10	17	8	OUTER BARREL(+Y)
REG	-1.0	19	24	40	40	1	17	8	
REG	-1.0	16	16	41	41	10	17	8	
REG	-1.0	25	25	41	41	1	17	8	
REG	-1.0	16	16	45	45	10	17	8	
REG	-1.0	25	25	45	45	1	17	8	
REG	-1.0	17	13	46	46	10	17	8	
REG	-1.0	19	24	46	46	1	17	8	
REG	-1.0	17	18	64	64	10	17	8	OUTER BARREL(+Y)
REG	-1.0	19	24	64	64	1	17	8	
REG	-1.0	16	16	65	65	10	17	8	
REG	-1.0	25	25	65	65	1	17	8	
REG	-1.0	16	16	69	69	10	17	8	
REG	-1.0	25	25	69	69	1	17	8	
REG	-1.0	17	18	70	70	10	17	8	
REG	-1.0	19	24	70	70	1	17	8	
REG	-1.0	21	25	17	17	15	44	9	OUTLET NOZZLE(-Y), OUTER
REG	-1.0	21	25	41	41	15	44	9	*
REG	-1.0	21	25	65	65	15	44	9	*
REG	-1.0	21	25	19	19	15	36	9	OUTLET NOZZLE(-Y), INNER
REG	-1.0	21	25	43	43	15	36	9	*
REG	-1.0	21	25	67	67	15	36	9	*
REG	-1.0	21	25	5	5	1	44	9	INLET NOZZLE(-Y)
REG	-1.0	21	25	29	29	1	44	9	*
REG	-1.0	21	25	53	53	1	44	9	*
REG	-1.0	17	18	15	15	10	17	9	OUTER BARREL(-Y)
REG	-1.0	19	24	15	15	1	17	9	
REG	-1.0	16	16	16	16	10	17	9	
REG	-1.0	25	25	16	16	1	17	9	
REG	-1.0	16	16	20	20	10	17	9	
REG	-1.0	25	25	20	20	1	17	9	
REG	-1.0	17	13	21	21	10	17	9	
REG	-1.0	19	24	21	21	1	17	9	
REG	-1.0	17	13	39	39	10	17	9	OUTER BARREL(-Y)
REG	-1.0	19	24	39	39	1	17	9	
REG	-1.0	16	16	40	40	10	17	9	
REG	-1.0	25	25	40	40	1	17	9	
REG	-1.0	16	16	44	44	10	17	9	
REG	-1.0	25	25	44	44	1	17	9	
REG	-1.0	17	13	45	45	10	17	9	
REG	-1.0	19	24	45	45	1	17	9	
REG	-1.0	17	13	63	63	10	17	9	OUTER BARREL(-Y)
REG	-1.0	19	24	63	63	1	17	9	
REG	-1.0	16	16	64	64	10	17	9	
REG	-1.0	25	25	64	64	1	17	9	
REG	-1.0	16	16	68	63	10	17	9	
REG	-1.0	25	25	63	63	1	17	9	
REG	-1.0	17	13	69	69	10	17	9	
REG	-1.0	19	24	69	69	1	17	9	
REG	0.0037698	2	2	1	72	1	1	10	I/C-1(I=2,* 6)
REG	0.0012600	3	3	1	3	1	1	11	I/C-1(I=3,* 2)
REG	0.0012600	3	3	25	32	1	1	11	*
REG	0.0012600	3	3	19	56	1	1	11	*
REG	0.0012600	3	3	13	20	1	1	11	I/C-1(I=3,* 2)
REG	0.0012600	3	3	37	44	1	1	11	*
REG	0.0012600	3	3	61	63	1	1	11	*
REG	0.0050265	4	4	1	72	1	1	12	I/C-2(I=4,* 3)
REG	0.0082332	5	5	1	72	1	1	13	I/C-3(I=5,* 10)
REG	0.0035135	6	6	1	4	1	1	14	I/C-4(I=6,*)
REG	0.0035135	6	6	25	23	1	1	14	*
REG	0.0035135	6	6	49	52	1	1	14	*
REG	0.0035136	6	6	7	15	1	1	14	I/C-4(I=6,*)
REG	0.0035136	6	6	31	40	1	1	14	*
REG	0.0035136	6	6	55	64	1	1	14	*
REG	0.0035137	6	6	19	24	1	1	14	I/C-4(I=6,*)
REG	0.0035137	6	6	43	43	1	1	14	*

```

REG 0.0035187 6 6 67 72 1 1 14 *
REG 0.0050260 7 7 1 1 1 1 15 1/C-5(I=7,* )
REG 0.0050260 7 7 25 25 1 1 15 *
REG 0.0050260 7 7 49 49 1 1 15 *
REG 0.0050265 7 7 4 7 1 1 15 1/C-5(I=7,* )
REG 0.0050265 7 7 28 31 1 1 15 *
REG 0.0050265 7 7 52 55 1 1 15 *
REG 0.0050265 7 7 10 13 1 1 15 1/C-5(I=7,* )
REG 0.0050265 7 7 34 37 1 1 15 *
REG 0.0050265 7 7 58 61 1 1 15 *
REG 0.0050265 7 7 16 19 1 1 15 1/C-5(I=7,* )
REG 0.0050265 7 7 40 43 1 1 15 *
REG 0.0050265 7 7 64 67 1 1 15 *
REG 0.0050267 7 7 22 24 1 1 15 1/C-5(I=7,* )
REG 0.0050267 7 7 46 48 1 1 15 *
REG 0.0050267 7 7 70 72 1 1 15 *
REG 0.0043983 8 8 1 8 1 1 16 0/C-1(I=8,* )
REG 0.0043983 8 8 25 32 1 1 16 *
REG 0.0043983 8 8 49 56 1 1 16 *
REG 0.0043983 8 8 17 24 1 1 16 0/C-1(I=8,* )
REG 0.0043983 8 8 41 48 1 1 16 *
REG 0.0043983 8 8 65 72 1 1 16 *
REG 0.0062831 8 8 9 16 1 1 17 0/C-2(I=8,* )
REG 0.0062831 8 8 33 40 1 1 17 *
REG 0.0062831 8 8 57 64 1 1 17 *
REG 0.0087966 9 9 1 72 1 1 18 0/C-3(I=9,* )
REG 0.0002094 1 1 1 72 1 1 19 C/R (I=1)
REG 0.0012568 3 3 9 12 1 1 19 C/R (I=3)
REG 0.0012568 3 3 33 36 1 1 19 *
REG 0.0012568 3 3 57 60 1 1 19 *
REG 0.0012568 3 3 21 24 1 1 19 C/R (I=3)
REG 0.0012568 3 3 45 48 1 1 19 *
REG 0.0012568 3 3 69 72 1 1 19 *
REG 0.0025135 6 6 5 6 1 1 19 C/R (I=6)
REG 0.0025135 6 6 29 30 1 1 19 *
REG 0.0025135 6 6 53 54 1 1 19 *
REG 0.0025135 6 6 17 18 1 1 19 C/R (I=6)
REG 0.0025135 6 6 41 42 1 1 19 *
REG 0.0025135 6 6 65 66 1 1 19 *
REG 0.0025135 7 7 2 3 1 1 19 C/R (I=7)
REG 0.0025135 7 7 26 27 1 1 19 *
REG 0.0025135 7 7 50 51 1 1 19 *
REG 0.0025135 7 7 8 9 1 1 19 C/R (I=7)
REG 0.0025135 7 7 32 33 1 1 19 *
REG 0.0025135 7 7 56 57 1 1 19 *
REG 0.0025135 7 7 14 15 1 1 19 C/R (I=7)
REG 0.0025135 7 7 38 39 1 1 19 *
REG 0.0025135 7 7 62 63 1 1 19 *
REG 0.0025135 7 7 20 21 1 1 19 C/R (I=7)
REG 0.0025135 7 7 44 45 1 1 19 *
REG 0.0025135 7 7 68 69 1 1 19 *
REG 0.0163362 10 14 1 72 1 1 20 REFLECTOR ETC.

```

```

END
*DATA IFENER=0, MTHCON=-1, MTHMAX=1, II=1,
IDTIME=0, ROTIME=0.3, ZPRESO=6.0570202, GRAVZ=-9.807,
IFHNO=1,
IFHTB=1,
IDISP=0, NTSWRY=1, IREST=60.0,
DI(1)=0.1000,
KFLOW=-3, 1, 1, 1, -3, -1, 1, 1, 1, 11=1,
KTEMP= 9=400, 11=1,
TEMP0= 530.,
VELOC(10)=7.4600, TEMP(10)=530.0,
VELOC(11)=7.4600, TEMP(11)=530.0,
VELOC(12)=7.1100, TEMP(12)=530.0,
VELOC(13)=6.0700, TEMP(13)=530.0,
VELOC(14)=6.3000, TEMP(14)=530.0,
VELOC(15)=5.8300, TEMP(15)=530.0,
VELOC(16)=6.6900, TEMP(16)=530.0,
VELOC(17)=5.8100, TEMP(17)=530.0,
VELOC(18)=5.2300, TEMP(18)=530.0,
VELOC(19)=2.2700, TEMP(19)=530.0,
VELOC(20)=0.2100, TEMP(20)=530.0,
NIPRNT=-9999,
NIPLOT=-9999,
NIPR =012018,022018, 032018,072018,072018, 172018, 232018,
907006,907010,
HYDIN=1.0E10,

```

```

*END
END
F 1.0 1 12 1 72 1 8
F 1.0 11 12 1 72 10 36
F 1.0 13 20 1 72 1 36

```

F	1.0	21	25	1	5	1	36
F	1.0	21	25	8	29	1	36
F	1.0	21	25	32	53	1	36
F	1.0	21	25	56	72	1	36
F	1.0	26	29	1	72	1	36
F	0.0001	11	20	1	72	37	37
F	0.0001	21	25	1	5	37	37
F	0.0001	21	25	8	29	37	37
F	0.0001	21	25	32	53	37	37
F	0.0001	21	25	56	72	37	37
F	0.0001	26	29	1	72	37	37

CINK1=0.0021,CINK2=0.0021,
CINE1=0.0004,CINE2=0.0004,
HYOIH=1.0E10,
KEITER=1,ITKBUG=0,