

# 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

部分ディッププレートの検討

1991年10月

動力炉・核燃料開発事業団  
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

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

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

# 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

## 部分ディッププレートの検討

村松 寿晴\*, 村田 正幸\*\*, 家田 芳明\*  
山口 彰\*, 永田 敬\*\*\*, 菅原 悟\*

### 要 旨

大洗工学センター技術開発部プラント工学室で設計研究が進められている大型炉について、液面近傍流速を効果的に低減させ得る原子炉構造を得ること(カバーガス巻き込み防止の観点)を目的として、単相多次元熱流動解析コードAQUAを用いて検討を行った。具体的には、液面近傍に部分的に設置するディッププレート(部分ディッププレート)を対象とし、その設置条件(深さおよび幅)を変化させてその効果を明らかにした。

得られた結果は、次の通りである。

- (1) 今回解析を行った部分ディッププレート設置条件では、その深さを0.75m、その幅を1.905mとした場合に、最も液面近傍流速が低減できることが示された。この条件での値は、約0.33m/sであり、もんじゅでの値にほぼ等しい。
- (2) 温度成層化現象の発生の程度では、もんじゅ条件を上回る445°C/mの値が計算された。部分ディッププレート設備を採用する際には、温度成層化現象を積極的に解消させるための設備対応が必要となる。
- (3) 系統熱過渡特性では、もんじゅ条件(最大-0.28°C/s)を若干上回る最大-0.51°C/sの値が計算された。
- (4) 周方向温度分布特性に関しては、最大約67°C/mの値が計算された。この値は、部分ディッププレートを設置しない場合の約5倍の値に相当する。

---

\* 大洗工学センター安全工学部原子炉工学室

\*\* (株)エヌデーデー

\*\*\* 大洗工学センター技術開発部プラント工学室

October, 1991

Investigation of Preventive Measure of Gas Entrainment  
Phenomena for Large-Scale FBR  
Investigation of Partially Dip Plate

Toshiharu Muramatsu\*, Masayuki Murata\*\*  
Yoshiaki Ieda\*, Akira Yamaguchi\*  
Takashi Nagata\*\*\* and Satoru Sugawara\*

Abstract

In-vessel thermohydraulic analysis with multi-purpose three-dimensional code AQUA as conducted for transient simulating a pump coast down and reactor scram (manual reactor trip event) to confirm efficiency of partially dip plate equipments in a large-scale fast breeder reactor.

Through the analysis using the AQUA code and the discussion based on their results, the following results have been obtained:

[Sodium Surface Velocity]

Maximum surface velocity is 0.33m/s in the condition of  $D=0.75\text{m}$  and  $W=1.905\text{m}$ . The velocity is the same as that of the MONJU reactor.

[Thermal Stratification]

Maximum axial temperature gradient  $445^{\circ}\text{C}/\text{m}$  was calculated. The gradient is nearly equal to the results in the MONJU reactor.

[Main Loop Temperature Transient]

Maximum temperature transients at the outlet nozzle of reactor vessel was  $-0.51^{\circ}\text{C}/\text{s}$ .

[Circumferential Temperature Gradient]

Maximum circumferential temperature gradient at the neighborhood of reactor vessel was  $67^{\circ}\text{C}/\text{m}$ . The gradient is equivalent to five times of that when a partially dip plate is not adopted.

---

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

\*\* NDD Co. Ltd.

\*\*\* Plant Engineering Office, Technology Development Division, OEC, PNC

## 目 次

第1章 緒 言 .....	1
第2章 部分ディッププレート設備の概要 .....	2
第3章 解析条件 .....	3
3.1 解析モデル .....	3
3.2 境界条件 .....	3
3.3.1 定格運転状態での集合体出口部冷却材温度流速条件 .....	3
3.3.2 集合体出口部冷却材温度流速過渡条件 .....	3
第4章 解析結果 .....	5
4.1 定格運転状態でのプレナム内流速分布 .....	5
4.2 原子炉スクラム後のプレナム内温度流速分布 .....	5
第5章 検 討 .....	7
5.1 液面近傍流速特性 .....	7
5.2 温度成層化現象 .....	7
5.3 系統熱過渡特性 .....	8
5.4 周方向温度分布特性 .....	8
5.5 部分ディッププレート設備の効果 .....	8
第6章 結 言 .....	10
参考文献 .....	11

## List of Table

Table 3.1 Themohydraulic Characteristics on Full Operation Condition

Table 3.2 Power and Flow Rate Transients after Reactor Scram

## List of Figures

- Fig. 2.1 Vertical Cut-View of Reactor Vessel
- Fig. 2.2 Illustration of Flow Pattern in the Upper Plenum with Partially Dip Plate
- Fig. 3.1 Vertical View of Mesh Arrangement for Run-10
- Fig. 3.2 Plane View of Mesh Arrangement for Run-10
- Fig. 3.3 Calculational Model for S/A Outlet Temperature Transient after Reactor Scram
- Fig. 3.4 S/A Outlet Temperature Transient after Reactor Scram
- Fig. 4.1 Velocity Distriburions in r-z Plane on Full Power Operation Condition
- Fig. 4.2 Velocity and Temperature Transients in r-z Plane after Reactor Scram for Runs 10 and 3
- Fig. 4.3 Velocity and Temperature Transients in  $\theta$ -z Plane after Reactor Scram for Runs 10 and 3
- Fig. 5.1 Variation of Free Surface Velocity Distribution with Partially Dip Plate Specification
- Fig. 5.2 Relationship Beetween Maximum Surface Velocity and Partially Dip Plate Specification
- Fig. 5.3 Axial Temperature Transients at Adjacent Cells of Reactor Vessel Wall for Runs 10 and 3
- Fig. 5.4 Sodium Temperature Transients at Outlet Nozzle of Reactor Vessel for Runs 10 and 3
- Fig. 5.5 Circumferential Temperature Distribution Transients for Runs 10 and 3 (K=5)
- Fig. 5.6 Circumferential Temperature Distribution Transients for Runs 10 and 3 (K=14)
- Fig. 5.7 Circumferential Temperature Distribution Transients for Runs 10 and 3 (K=28)

## 第1章 緒 言

大洗工学センター技術開発部プラント工学室では、平成3年度 FBR設計研究の一環として、電力による FBR実証炉の設計研究を適切に支援するため、電気出力60万KW級のプラントを対象に設計研究が鋭意実施されている。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を用いた当該熱流動挙動の評価を実施してきている<sup>1, 2)</sup>。平成2年度の作業により得られている評価結果では、定格出力運転時の原子炉容器上部プレナムでは、概ね原子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 程度となっており、炉心上部機構近傍におけるカバーガス巻き込みの発生が懸念される。

平成3年度上半期においては、液面近傍流速を低減させるための設備として部分ディッププレート設備を取り挙げ、その有効性を明らかにする。更にここでは、部分ディッププレート設備の設置により表面化が懸念される熱流動挙動として、(1)系統熱過渡条件の過酷化（有効混合容積の減少）および(2)温度成層化現象の発生に着目し、その程度についても明らかにする。

## 第2章 部分ディッププレート設備の概要

今回対象とする原子炉構造は、Fig. 2.1に示す出口配管外筒構造を有する体系である。なお、出口配管外筒設備は、平成2年度下期に規定した条件から、同軸軸対称構造（O.D. 1400φ）に変更されている。

Fig. 2.2に、検討の対象とする部分ディッププレート設備の概念と上部プレナム内に発生すると考えられる流動状況のイメージを示す。燃料集合体より流出した冷却材は、炉心上部機構下端に衝突した後に原子炉容器壁に至り、原子炉容器壁を上昇する。さらにこの上昇流は、液面下部に設置した部分ディッププレートに衝突して炉心上部機構壁に向かう流れとなり、炉心上部機構壁に沿って下降する。結果的に、反時計回りの大きな循環渦が上部プレナム内に生じる。一方、2次的な渦流動が部分ディッププレート上側に生じるものの、その液面流速の最大値は、部分ディッププレートを設置しない場合よりも小さなものになると予想される。

一方、その最大流速を左右するパラメータとしては、次の2点が考えられる。

- (1) 部分ディッププレート深さ、 $D$
- (2) 部分ディッププレート幅、 $W$

すなわち、部分ディッププレート深さ $D$ を小さくした場合には、部分ディッププレート上側に発生する2次的な渦流動も小さなものとなり、液面近傍流速を有効に低減させることができると考えられるものの、原子炉トリップ等に伴う液面低下時にはその役目を果たすことができなくなると考えられる。一方、部分ディッププレート深さ $D$ を大きくした場合には、原子炉トリップ時に、系統熱過渡条件の過酷化（有効混合容積の減少）および温度成層化現象の発生を誘発することが懸念される。

一方、部分ディッププレート幅 $W$ を小さくした場合には、液面近傍流速を有効に低減させることが困難となり、逆に大きくした場合には、温度成層化現象の発生を誘発することが懸念される。



## 第3章 解析条件

### 3.1 解析モデル

今回解析を行う条件の組み合わせを以下に示す。

		Distance from Reactor Vessel Wall, W			
		1.141m	1.418m	1.706m	1.905m
Distance from Na Surface, D	0.750m	Run-1	Run-4	Run-7	Run-10(Tr.)
	0.563m	Run-2	Run-5	Run-8	Run-11
	0.375m	Run-3(Tr.)	Run-6	Run-9	Run-12

表中、(Tr.)の表示は、過渡解析実施を表す。Fig. 3.1 - Fig. 3.2に、Run-10についてのメッシュ分割図を示す。また、以下に今回の計算に用いる数値計算条件を列記する。

座 標： $r-\theta-z$ ，3次元

メッシュ系： $29^1 \times 24^1 \times 36^1$

差分法：1次風上差分法

時間積分法：完全陰解法

乱流モデル：層流モデル

### 3.2 境界条件

#### 3.2.1 定格運転状態での集合体出口部温度流速条件

定格運転状態における集合体出口部での温度流速分布（平衡炉心第5サイクル末期）をTable 3.1に示す。なお、制御棒集合体および中性子遮蔽体に対する流量配分計画は、現時点において確定していないため、もんじゅでの値を流用して規定した。すなわち、制御棒集合体および中性子遮蔽体それぞれの冷却材流量を、1次主冷却系流量全体の2.9%、1.1%とした。また、当該集合体の出口冷却材温度についても、現時点において未定であることから、原子炉入口温度である380°Cを一定値として与えた。

#### 3.2.2 集合体出口部冷却材温度流速過渡条件

現時点において、同過渡条件が未定であることから、便宜的にもんじゅでの崩壊熱減衰曲

線とポンプコストダウン曲線 (Table 3.2) を使用して過渡条件を設定した。温度換算には、Fig. 3.3 に示すAQUAコードによる1次元モデルを使用した。なお、モデルでは、燃料ペレットを半径方向に3領域、被覆管を2領域に分割し、当該部でのギャップ熱伝達係数として5678.0W/m<sup>2</sup>°C (もんじゅ設置許可申請書記載値<sup>3)</sup>) を用いた。

各流量領域における1000秒までの燃料集合体出口冷却材温度の推移をFig. 3.4 に示す。

## 第4章 解析結果

### 4.1 定格運転状態でのプレナム内流速分布

部分ディッププレート条件を変化させた場合の、定格出力運転時における上部プレナム内流速分布( $J=5$ 面)の変化をFig. 4.1に示す。結果より分かる様に、部分ディッププレート上部に発生する循環渦の強度は、部分ディッププレート深さ $D$ が小さい場合(Run-3, -6, -9 and -12)よりも、部分ディッププレート深さ $D$ を大きくした場合(Run-1, -4, -7 and -10)の方が大きくなる。しかし、部分ディッププレート下部での流速分布に関しては、大きな変化は見られない。一方、部分ディッププレート幅 $W$ のプレナム内流速分布への影響に関しては、部分ディッププレート深さ $D$ を変化させた場合程の変化は見られない。

### 4.2 原子炉スクラム後のプレナム内温度流速分布

原子炉スクラム後の上部プレナム内温度流速分布の推移(Run-10 and -3)として、 $J=5$ 周方向  $r$ - $z$ 断面および  $I=29$ 径方向  $\theta$ - $z$ 断面(原子炉容器壁隣接面)での結果をFig. 4.2およびFig. 4.3にそれぞれ示す。

まず、部分ディッププレート下部での温度流速分布の推移(Fig. 4.1)については、部分ディッププレート深さ $D$ を小さくした条件(Run-3)の場合の方が、大きくした条件(Run-10)の場合よりも温度分布の推移が緩慢である。これは、部分ディッププレート下部に占める高温流体の体積がRun-3の方がRun-10に比べて大きく、原子炉スクラム後に炉心からプレナム内に供給される低温流体によるプレナム内流体の入れ替え時間がRun-10の場合の方がより長くかかることに起因するためであると考えられる。更に、ポンプコーストダウンによりプレナム内での流体慣性力が低下して浮力による効果が優勢(原子炉スクラム後40秒以降)になると、プレナム内温度流速分布に関しても両者で違いが見られる様になる。すなわち、Run-3では、部分ディッププレート下部に占める高温流体の体積がRun-10に比べて大きいこと、慣性力が低下して浮力の効果が現れるまでの時間が短いと共に、部分ディッププレート下部の軸方向距離が長いため、Run-10の場合に比べより複雑な温度流速分布を示す。

一方、部分ディッププレート上部での温度流速分布の推移に関しては、部分ディッププレート幅 $W$ が小さいRun-3の方がRun-10の場合よりも温度の低下が早い。これは、部分ディッププレート下部から上部領域に流入する流量が、Run-3の方がRun-10よりも多いことに起因する。従って、両者を比較した場合には、原子炉容器壁での軸方向温度勾配は、Run-10の方が厳しいものになる。この点に関しては、第5.2節で詳しく検討する。

Fig. 4.3に示した  $I=29$ 径方向  $\theta$ - $z$ 断面(原子炉容器壁隣接面)における結果では、Run

-- 3 および Run--10両者でそれほど大きな差異は見られない。ただし、部分ディッププレート上部での温度推移に関しては、前記の様にRun--3の方がRun--10に比べて早い。

## 第5章 検 討

### 5.1 液面近傍流速特性

Fig. 5.1に、部分ディッププレート設置条件を変化させた場合の液面近傍流速分布 ( $K=36$ )を示す。結果より、部分ディッププレート深さDを小さくするに従って、液面近傍流速が小さくなってゆく様子が理解できる。

液面近傍流速と部分ディッププレート設置条件との関係をFig. 5.2に示す。図中、○印が部分ディッププレート設置条件であり、その直下の数字が液面近傍最大流速値である。なお、同図中の点線は、部分ディッププレートを設置しない場合の液面近傍最大流速値(0.8m/s)を基準とした液面最大流速の低減割合である。結果によれば、部分ディッププレート深さDを大きくし、且つ部分ディッププレート幅Wを大きくした場合が最も低減効果が大きく(Run-3, -58%)、逆に、部分ディッププレート深さDを小さくし、且つ部分ディッププレート幅Wを小さくした場合が最も低減効果が小さい(Run-10, -22%)。

### 5.2 温度成層化現象

Fig. 5.3に、原子炉容器壁隣接セル ( $I=29, J=5$ )における軸方向温度分布の時間推移を示す。第4.2節で述べた様に、部分ディッププレート下部における温度分布は、Run-3とRun-10とで大きな差は見られない。一方、部分ディッププレート上部については、上部領域に流入する流量に違いから、両者に大きな違いが見られる。以下に、両者についての軸方向最大温度勾配の推移を比較して示す。

	Run-10	Run-3
100秒	105.3°C/m	132.7°C/m
200秒	327.7°C/m	321.2°C/m
300秒	365.8°C/m	365.3°C/m
400秒	309.4°C/m	445.8°C/m
500秒	199.3°C/m	381.4°C/m

以上の結果より分かる通り、両者共に急峻な軸方向温度勾配が継続的に発生している様子が理解できる。この結果は、もんじゅでの条件(100~300°C/mが100分程度継続)<sup>4)</sup>にほぼ匹敵するものであり、時間帯によってはもんじゅでの結果を越える軸方向温度勾配も現れている。

### 5.3 系統熱過渡特性

原子炉出口配管端 ( $I=23$ ,  $J=19$ ,  $K=36$ ) における冷却材温度の時間推移をFig. 5. 4に示す。同図中において、実験および破線はそれぞれ Run-10および Run-3の結果であり、一点鎖線は文献2)に示した外筒設備としてモデルA構造を用いた場合の結果である。まず、Run-10の結果では、原子炉スクラム同時に温度降下を開始し、約78秒後に502°Cに到達する。この間における最大温度降下率は約 $-0.36^{\circ}\text{C}/\text{s}$ である。この後、急激な温度降下(約 $-0.51^{\circ}\text{C}/\text{s}$ )が現れ、340秒以降は約 $-0.12^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の最大温度降下率で単調減少する。一方、Run-3の結果では、原子炉スクラム後約78秒までは Run-10での結果に酷似した挙動を示す。ただし、この後は、約340秒まで $-0.28^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の最大温度降下率をもって単調減少する。さらに、340秒以降では、Run-10での結果にほぼ等しい $-0.12^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の最大温度降下率で単調減少する。また、文献2)で示した外筒設備モデルAを用いた場合の結果(一点鎖線)では、原子炉スクラム後110秒までは $-0.31^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 、この後は $-0.51^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の最大温度降下率を示す。

以上に示した最大温度降下率より分かる様に、Run-10およびRun-3共に2)文献で報告した結果を上回らない。また、もんじゅでの結果(最大約 $-0.25^{\circ}\text{C}/\text{s}$ )<sup>4)</sup>を若干上回る値を示すものの、概ねこのもんじゅでの条件から大きく外れない。したがって、今回新たに採用した外筒設備(出口配管に対して同心円条件)と部分ディッププレート設備は、系統熱過渡条件に対して大きな変化をもたらさないものであると判断できる。

### 5.4 周方向温度分布特性

原子炉容器壁に隣接する軸方向3位置 ( $K=5$ ,  $14$  and  $28$ ) における周方向温度分布の時間推移をFig. 5. 5 ~ Fig. 5. 7に示す。両解析ケース各軸方向断面共に、原子炉スクラム後200秒までは最大 $67^{\circ}\text{C}/\text{m}$ の周方向温度勾配が発生するものの、300秒以降はほぼ均一化(最大 $13^{\circ}\text{C}/\text{m}$ の周方向温度勾配以下)する。以上の値は、文献2)で示した外筒設備モデルAを用いた場合(最大約 $14^{\circ}\text{C}/\text{m}$ )の約5倍程度に相当する。

### 5.5 部分ディッププレート設備の効果

前項までにおいて、部分ディッププレート設備の液面近傍流速低減効果および温度成層化現象、系統熱過渡特性および周方向温度分布特性の熱流動挙動への影響について個別に検討した。ここでは、これら各検討項目を総合評価すると共に部分ディッププレート設備の有効性を明らかにする。

以下に、上記4項目についての特徴を、文献2)で示した外筒設備モデルAを用いた場合の結果と合わせて示す。

	Run-10	Run-3	モデルA <sup>2)</sup>
液面近傍流速特性	最大約0.33m/s	最大約0.62m/s	最大約0.8m/s
温度成層化現象	最大約365°C/m	最大約445°C/m	最大約70°C/m
系統熱過渡特性	最大約-0.51°C/s	最大約-0.28°C/s	最大約-0.51°C/s
周方向温度分布特性	最大約67°C/m	最大約64°C/m	最大約14°C/m

以上の結果より分かる通り、今回採用した部分ディッププレート設備により、液面近傍流速を的確に低減させ得ることが示された。とりわけ、Run-10での液面近傍流速は最大約0.33m/sであり、この値はもんじゅでのものにほぼ等しい。従って、部分ディッププレート設備は、液面近傍流速を低減させ、ガス巻き込みを防止する目的に有効であると判断できる。しかし、温度成層化現象については、もんじゅと同程度かあるいはそれを上回る値が計算されており、部分ディッププレート設備を採用する上では、温度成層化現象を積極的に解消させる様な設備対応（例えば、部分ディッププレートをポーラス状にする等）が必要になると考えられる。

一方、系統熱過渡特性に関しては、今回実施した過渡解析結果を見る限り文献<sup>2)</sup>に示した外筒モデルAでの値と同程度の特性を示すものの、液面近傍流速低減効果と系統熱過渡特性緩和効果とは相反する効果を持つ特性を示すことから、今後詳細な検討が必要になると考えられる。また、周方向温度分布特性に関しては、外筒モデルAでの値の約5倍程度の値を示すことから、定量的な熱応力評価が必要になると考えられる。

## 第6章 結 言

大洗工学センター技術開発部プラント工学室で設計研究が進められている大型炉について、液面近傍流速を効果的に低減させ得る原子炉構造を得ること(カバーガス巻き込み防止の観点)を目的として、単相多次元熱流動解析コードAQUAを用いて検討を行った。具体的には、液面近傍に部分的に設置するディッププレート(部分ディッププレート)を対象とし、その設置条件(深さおよび幅)を変化させてその効果を明らかにした。

得られた結果は、次の通りである。

- (1) 今回解析を行った部分ディッププレート設置条件では、その深さを0.75m、その幅を1.905mとした場合に、最も液面近傍流速が低減できることが示された。この条件での値は、約0.33m/sであり、もんじゅでの値にほぼ等しい。
- (2) 温度成層化現象の発生の程度では、もんじゅ条件を上回る445°C/mの値が計算された。部分ディッププレート設備を採用する際には、温度成層化現象を積極的に解消させるための設備対応が必要となる。
- (3) 系統熱過渡特性では、もんじゅ条件(最大-0.28°C/s)を若干上回る最大-0.51°C/sの値が計算された。
- (4) 周方向温度分布特性に関しては、最大約67°C/mの値が計算された。この値は、部分ディッププレートを設置しない場合の約5倍の値の相当する。



## 参 考 文 献

- 1) 村松, 村田, 家田他, 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, 村田, 家田他, 大型FBR における外筒設置効果に係わる検討, PNC SN9410 91-089, 1991年3月
- 3) 高速増殖炉もんじゅ発電所, 原子炉設置許可申請書
- 4) 横田, 仲村他, 高速増殖炉もんじゅ発電所, 原子炉容器の設計・製作・据付報告書, PNC SN2410 89-015, 1989年5月

Table 3.1 Thermohydraulic Characteristics on Full Power Operation Condition

Flow Zone	AQUA Index	Number of S/A (1/3 Sector)	Flow Zone Average		
			P <sub>o</sub> (MW)	T <sub>o</sub> (°C)	F <sub>o</sub> (kg/s)
Inner Core-1	I = 2	6	7.120	554.8	32.1
	I = 3	4	6.972	551.0	32.1
	-2 I = 4	8	6.785	554.9	30.6
	-3 I = 5	10	6.419	574.0	26.1
	-4 I = 6	14	5.995	554.1	27.1
Outer Core-1	-5 I = 7	16	5.468	549.5	25.3
	I = 8	14	5.367	526.9	28.8
	-2 I = 8	10	4.425	524.8	25.0
	-3 I = 9	14	3.740	511.1	22.5

Table 3.2 Power and Flow Rate Transients after Reactor Scram

Decay Power P	
(sec)	(%)
0.0	100.0
1.0	6.3917
2.0	6.1322
3.0	5.9473
5.0	5.6858
7.0	5.4984
10.0	5.2877
20.0	4.8374
30.0	4.5527
50.0	4.1766
70.0	3.9263
100.0	3.6641
200.0	3.1946
300.0	2.9510
500.0	2.6630
700.0	2.4765
1000.0	2.2752

Flow Rate F	
(sec)	(%)
0.0	100.0
:	:
:	:
:	:
:	:
:	:
10.0	41.0992
20.0	21.0112
30.0	10.8125
40.0	9.0000*
50.0	9.0000
60.0	9.0000
70.0	9.0000
:	:
:	:
:	:
1000.0	9.0000

\* : (Pony Motor Flow Rate)

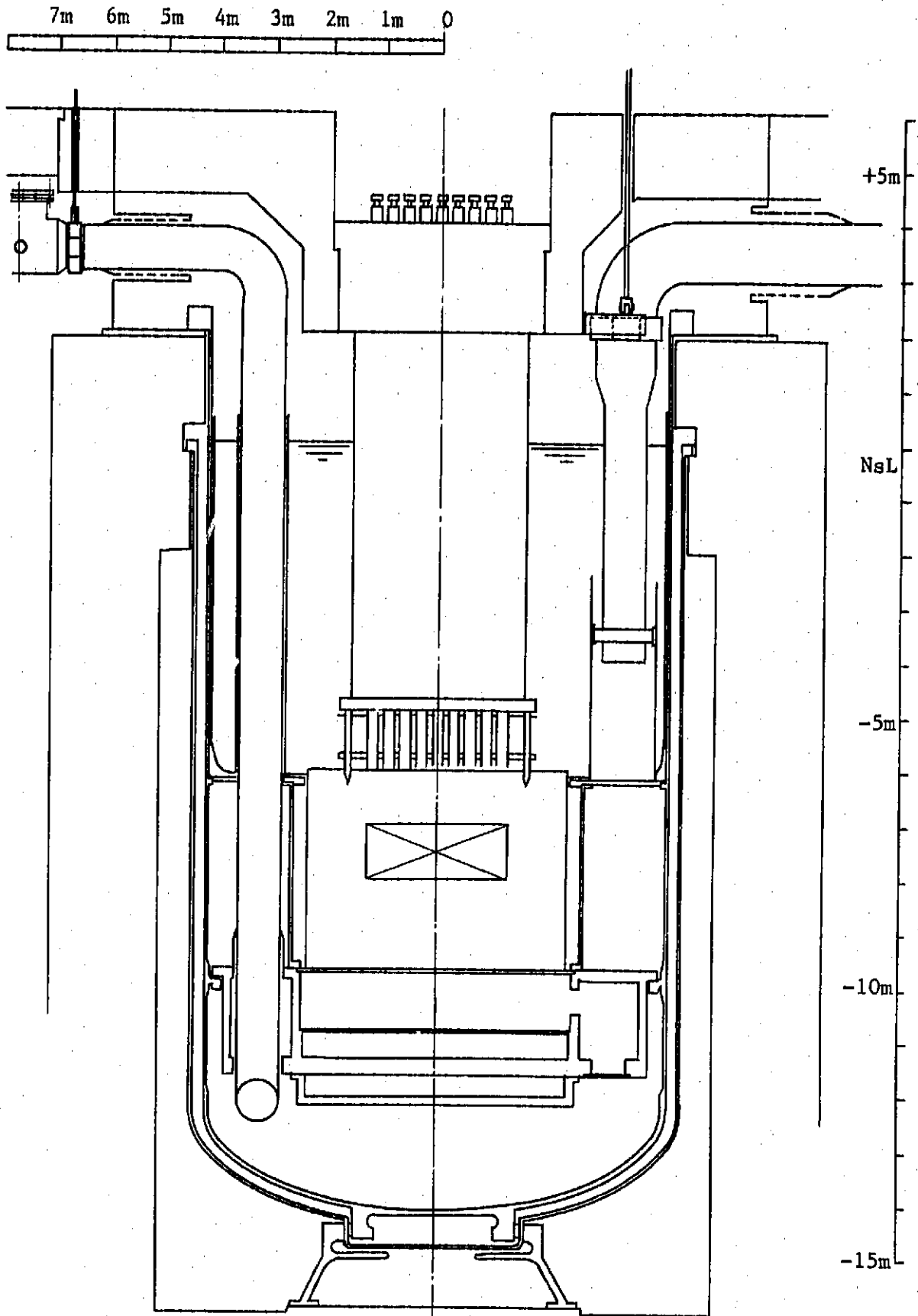


Fig. 2.1 Vertical Cut-View of Reactor Vessel

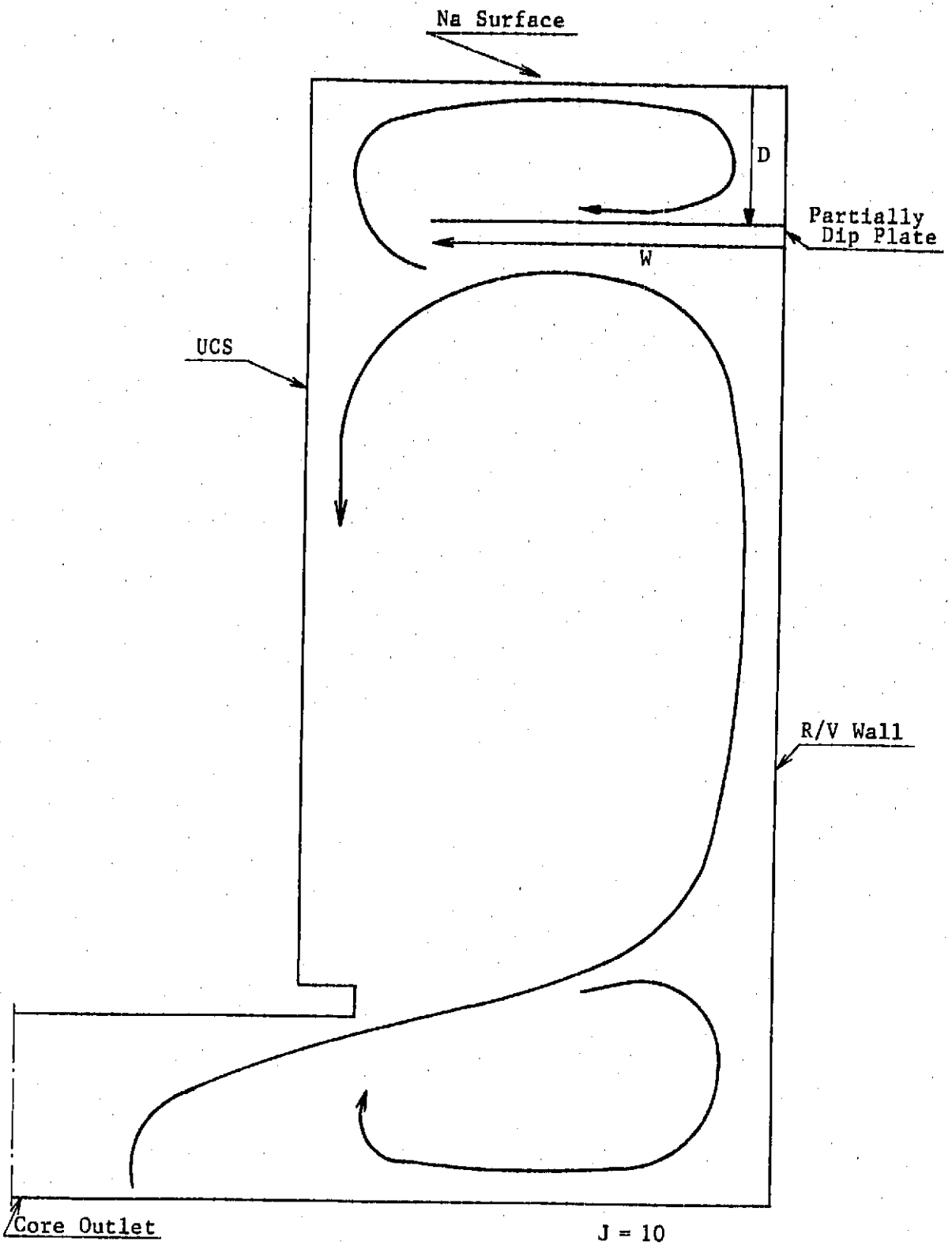


Fig. 2.2 Illustration of Flow Pattern in the Upper Plenum with Partially Dip Plate

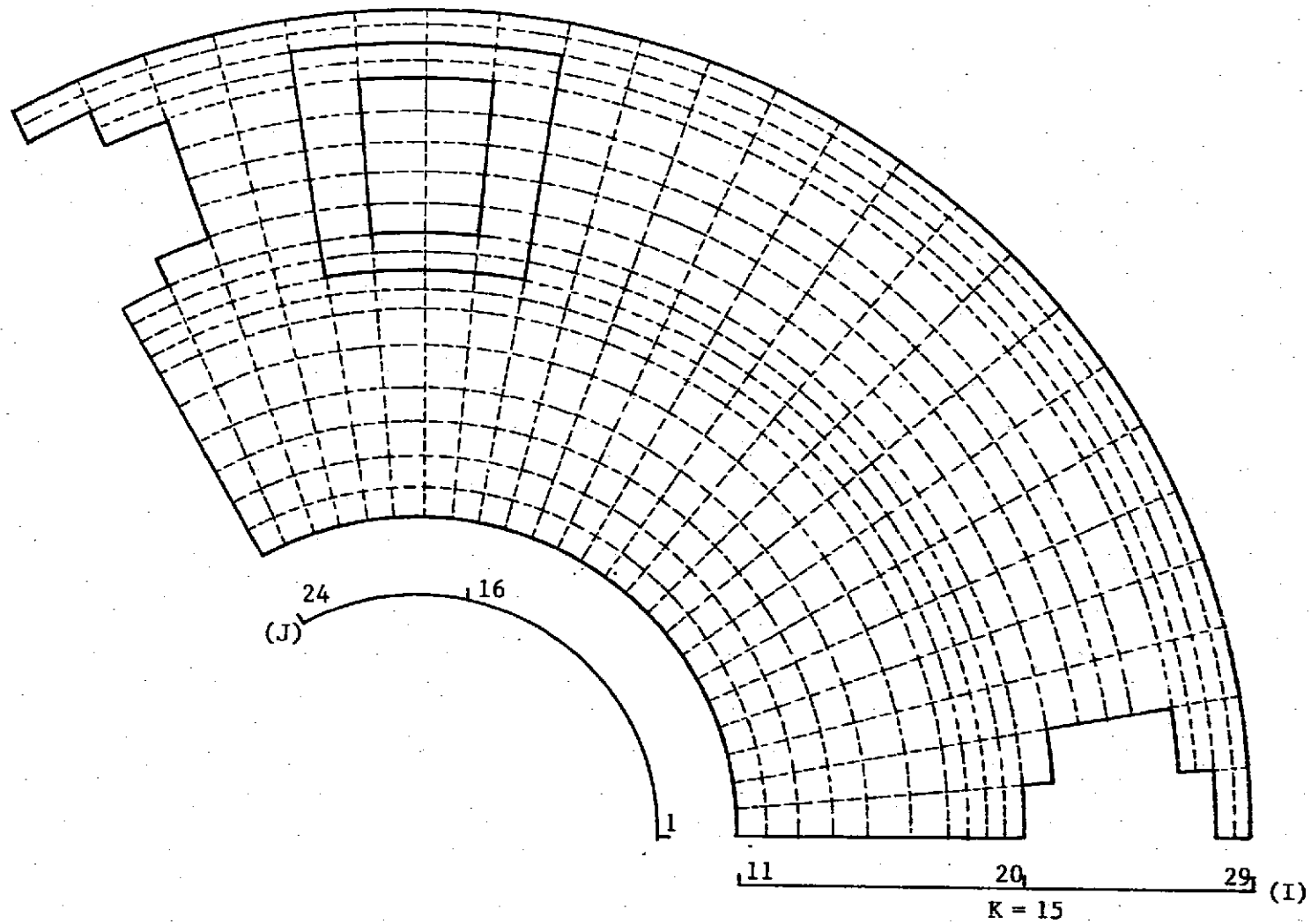


Fig. 3.2 Plane View of Mesh Arrangement for Run-10

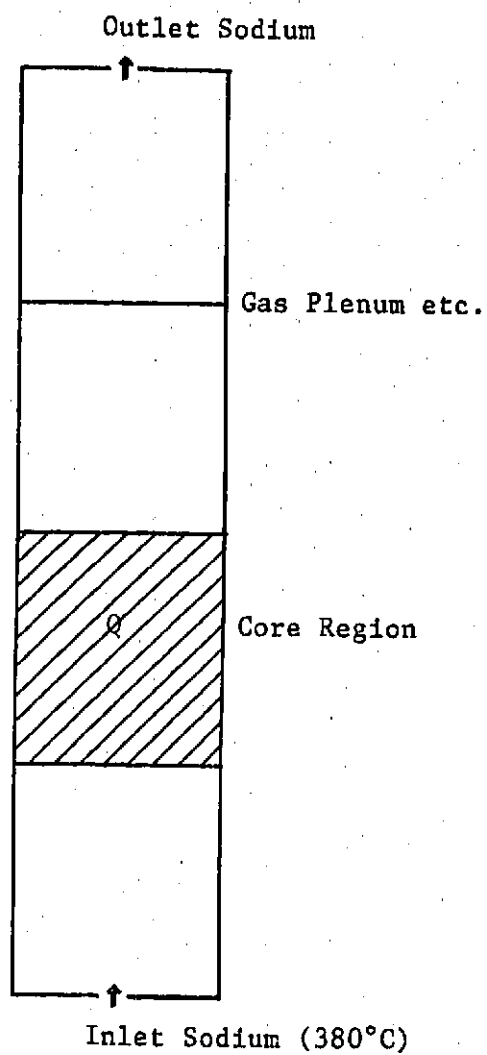


Fig. 3.3 Calculational Model for S/A Outlet Temperature Transient after Reactor Scram

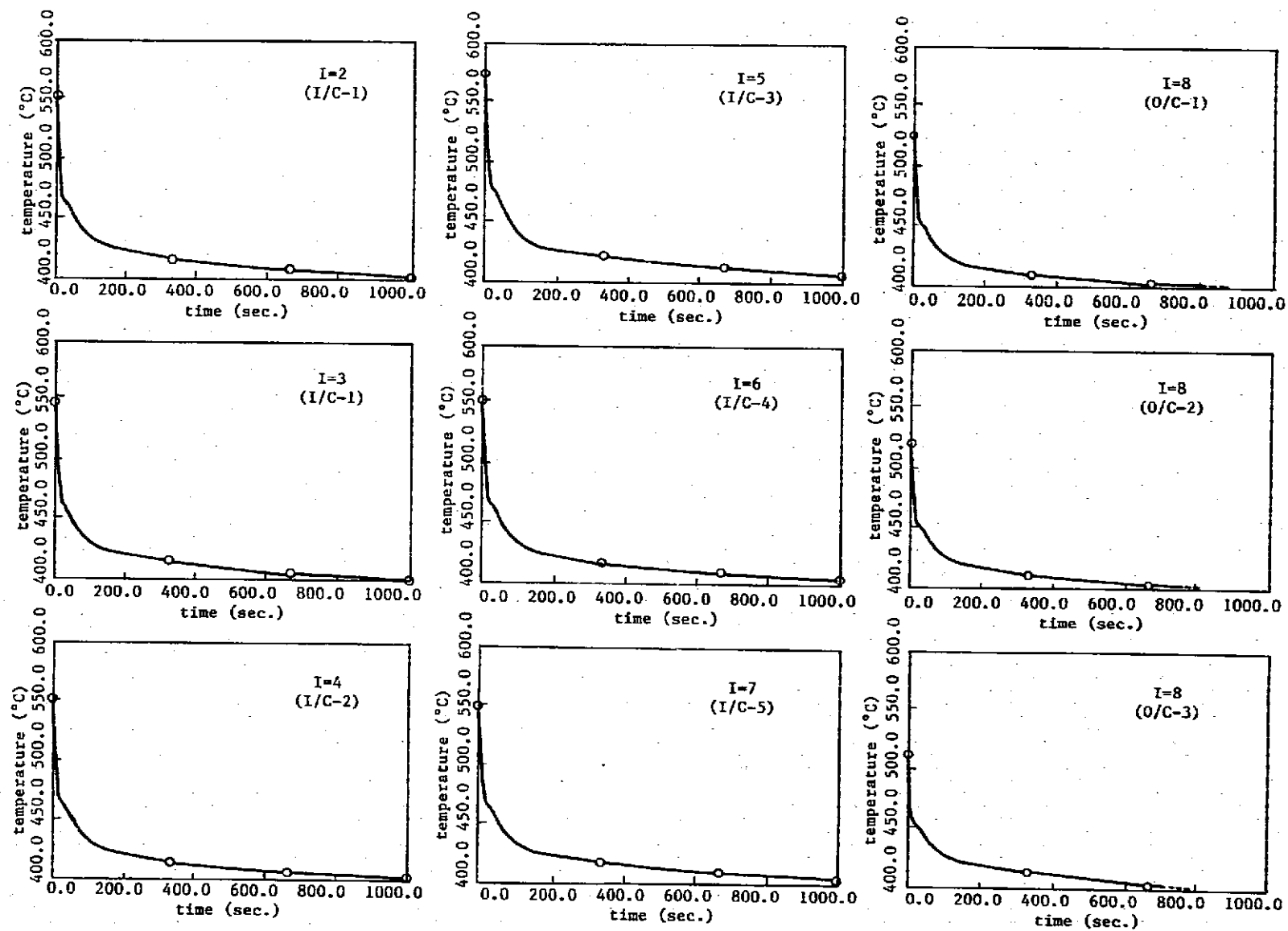


Fig. 3.4 S/A Outlet Temperature Transients after Scram

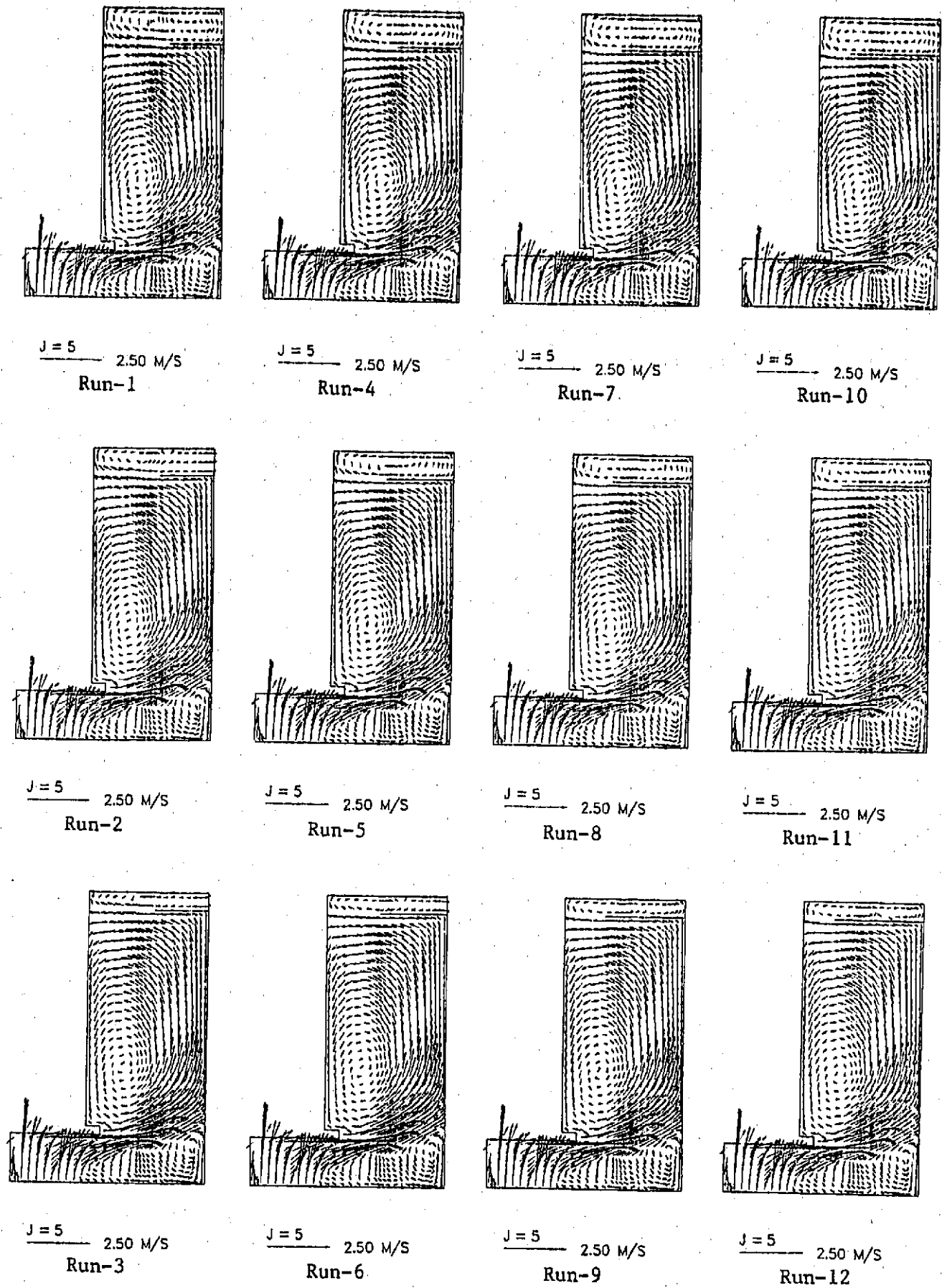


Fig. 4.1 Velocity Distributions in r-z Plane on Full Power Operation Condition



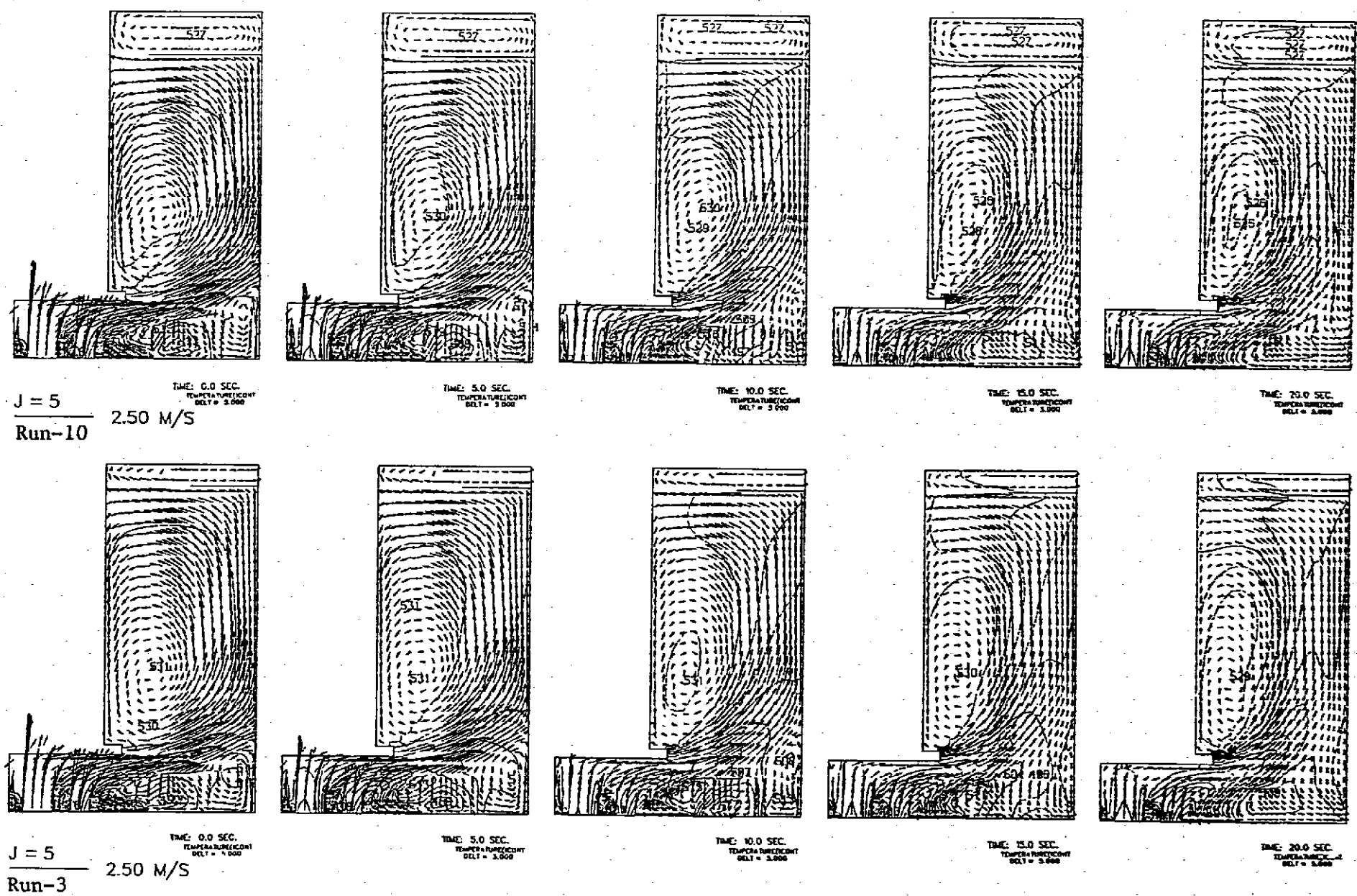


Fig. 4.2 Velocity and Temperature Transients in r-z Plane after Reactor Scram for Runs 10 and 3

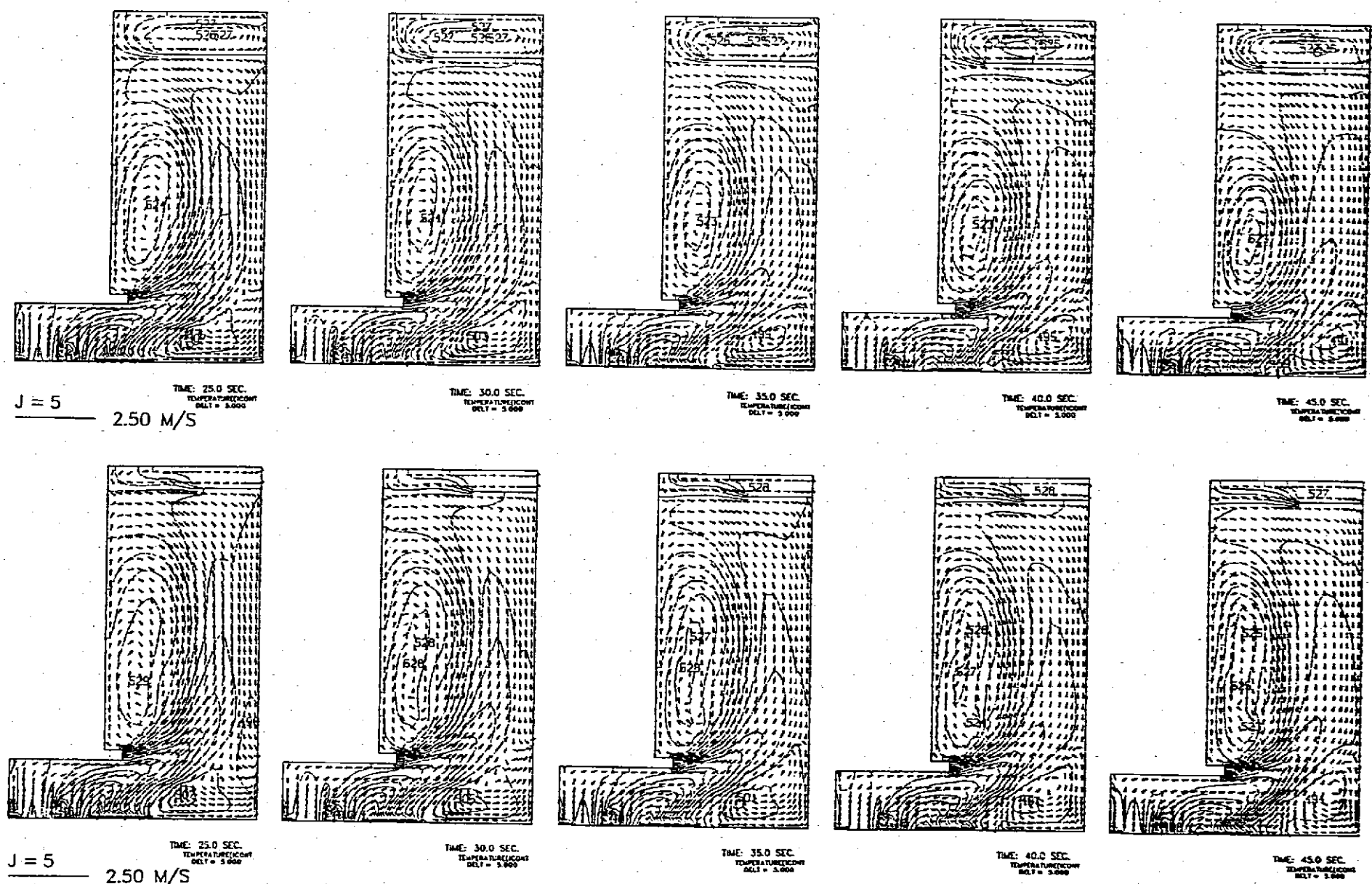


Fig. 4.2 (Continued)

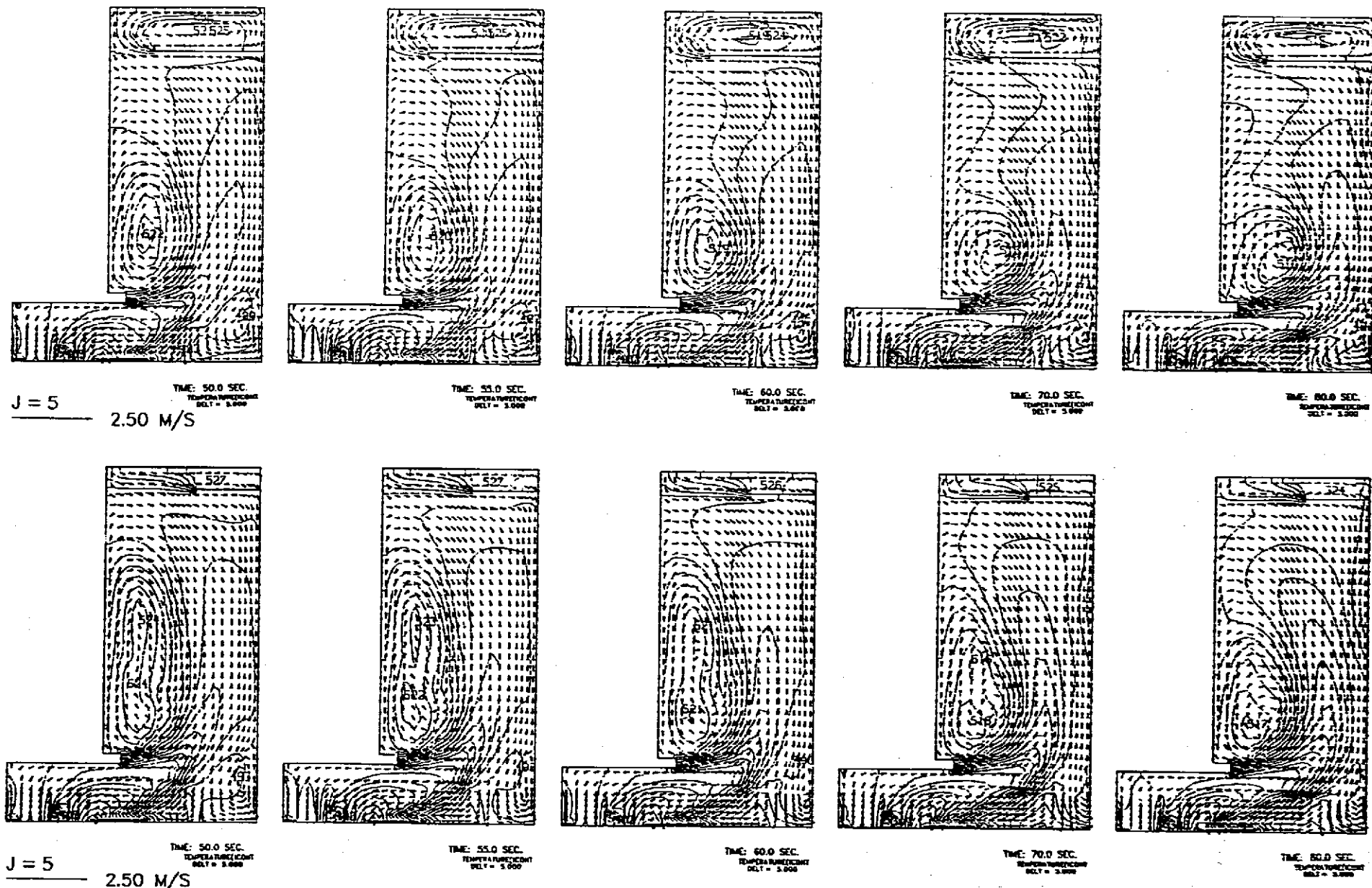


Fig. 4.2 (Continued)

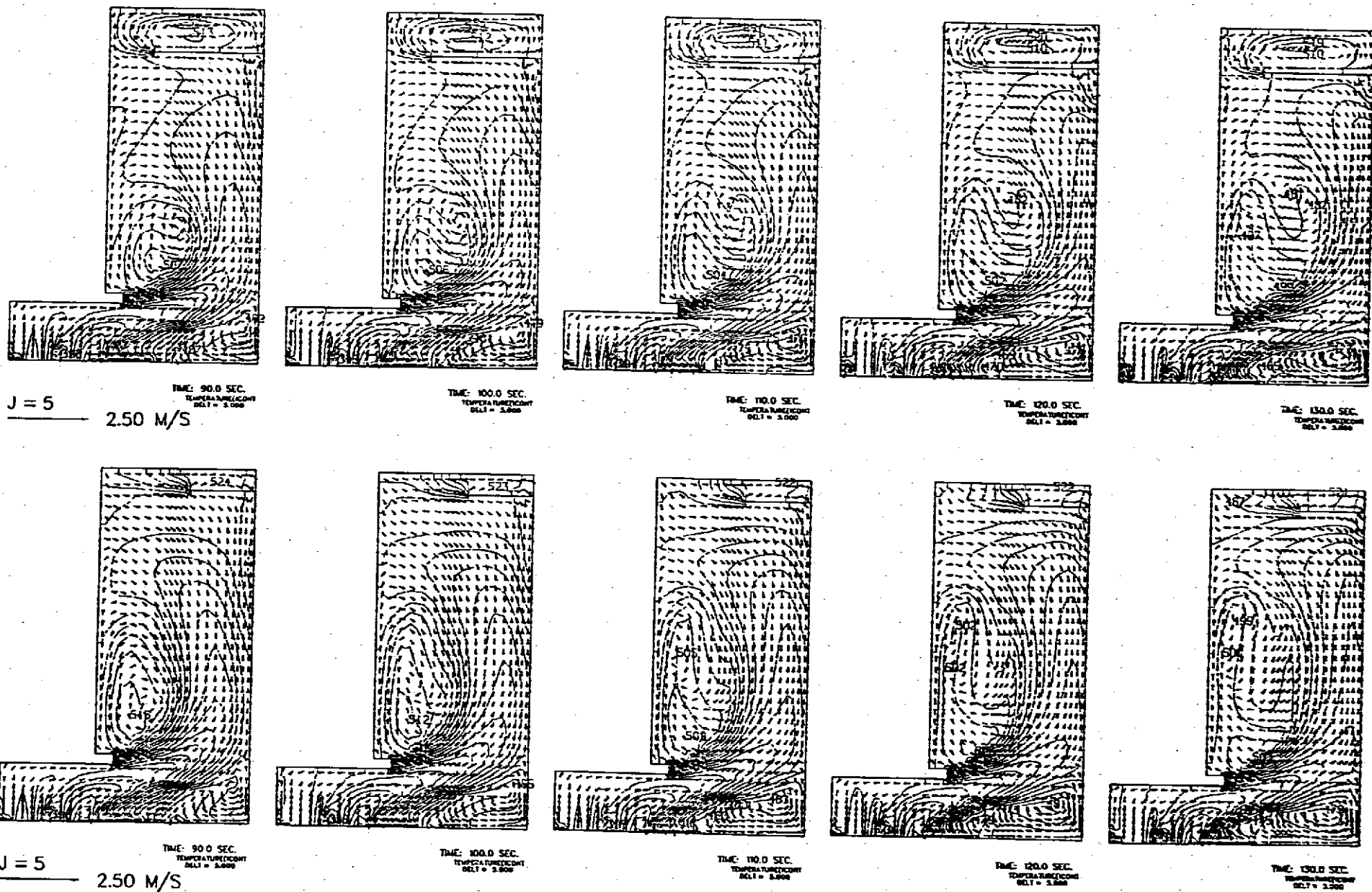


Fig. 4.2 (Continued)

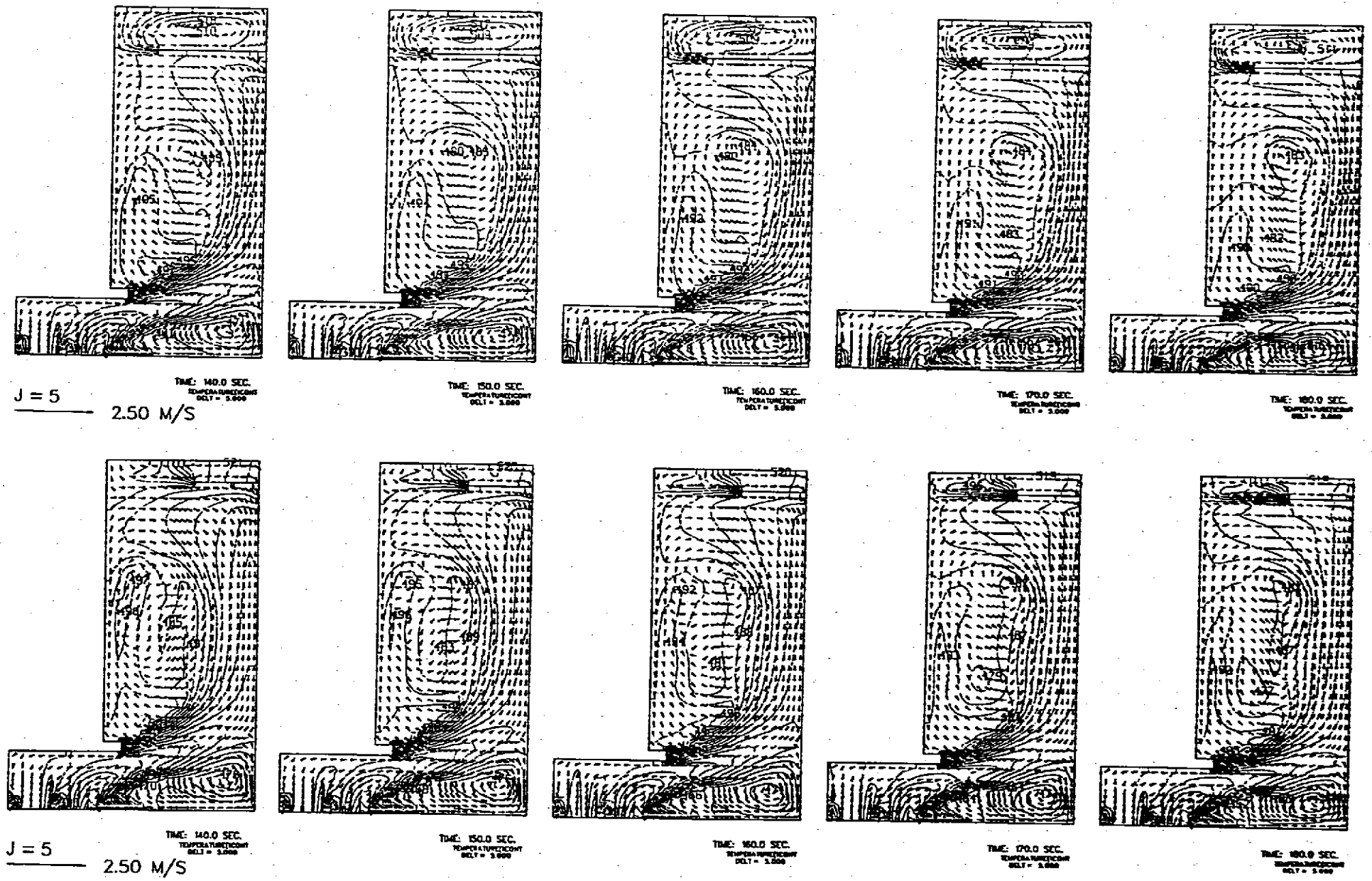


Fig. 4.2 (Continued)

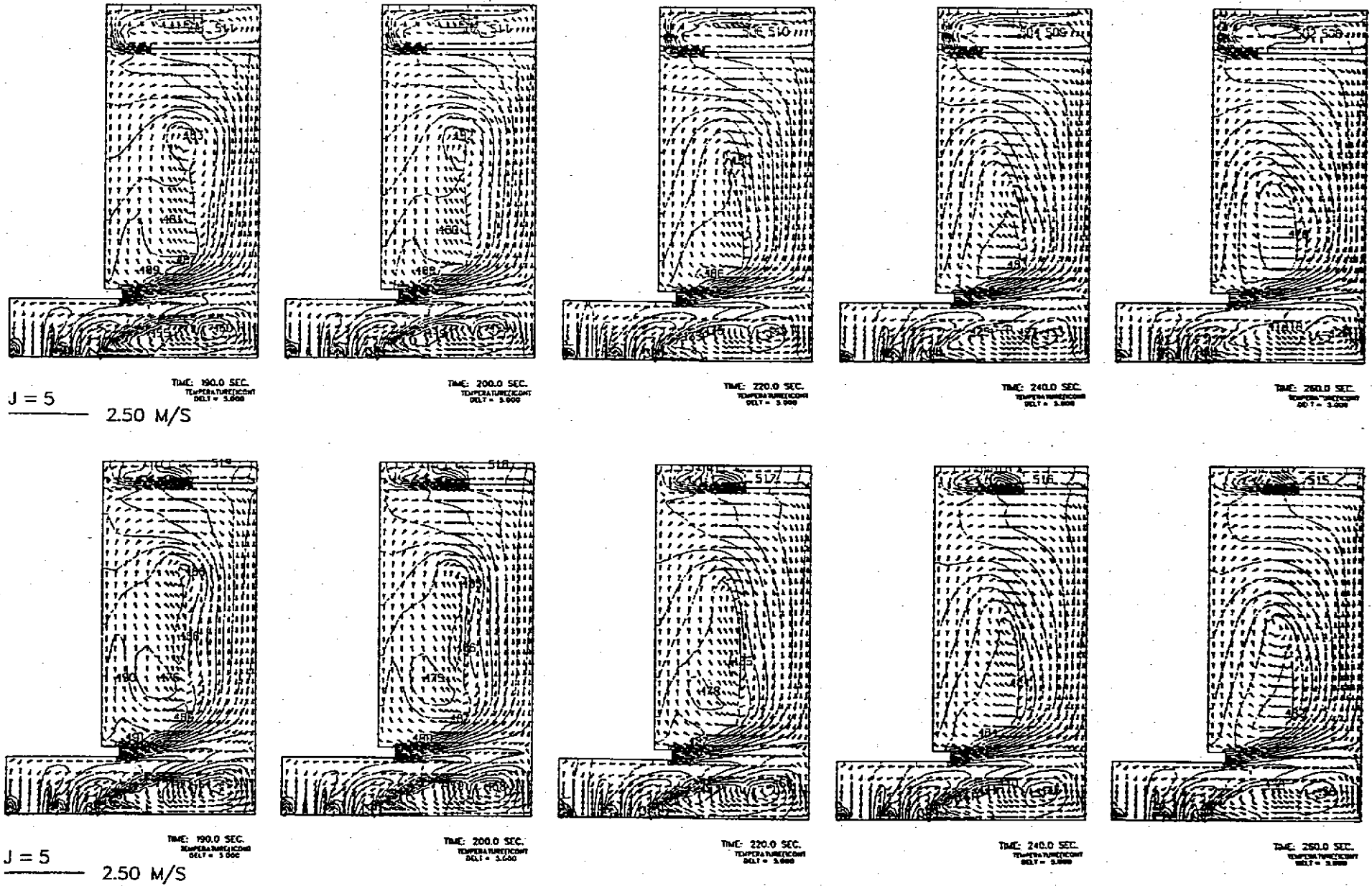


Fig. 4.2 (Continued)

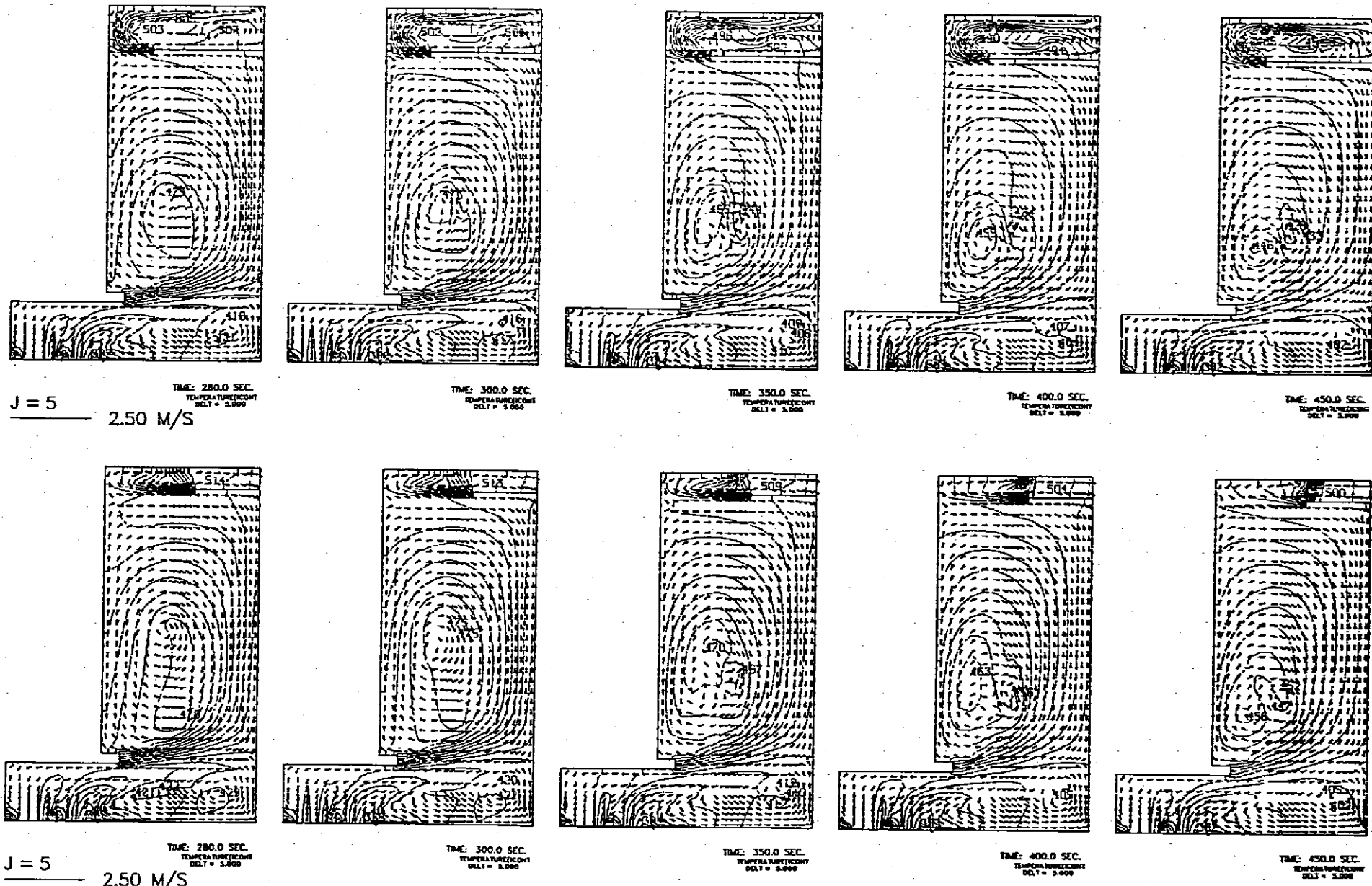


Fig. 4.2 (Continued)

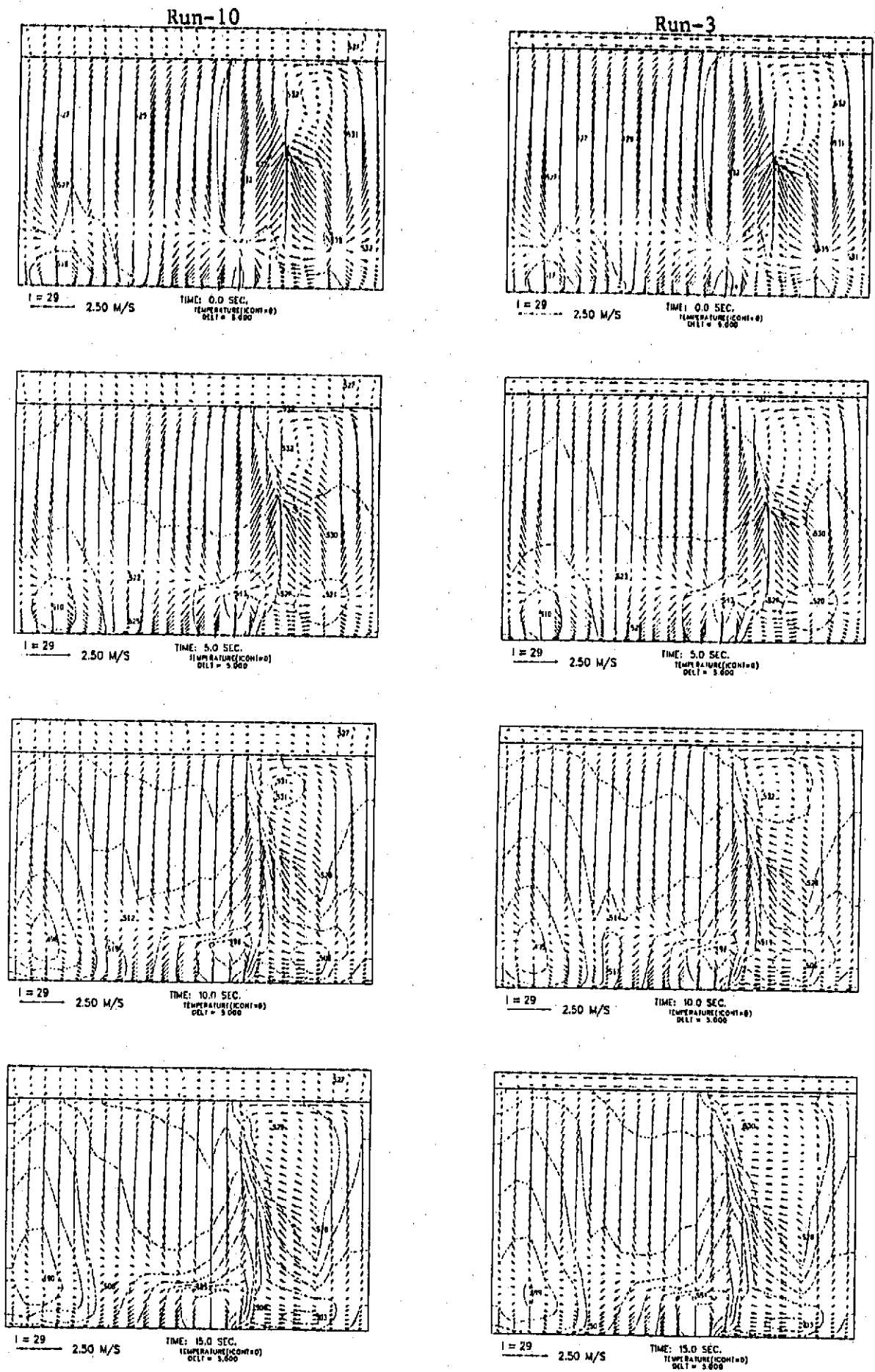
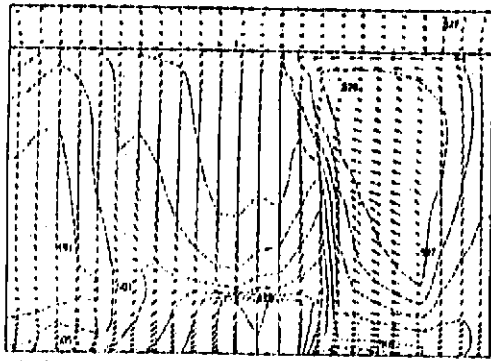
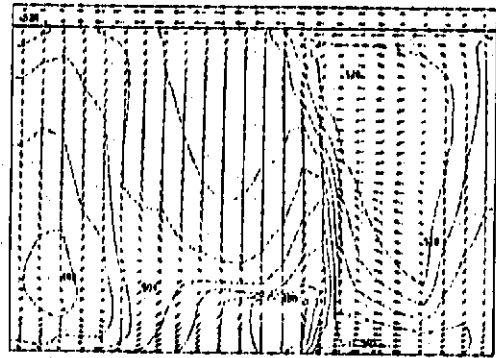


Fig. 4.3 Velocity and Temperature Transients in  $\theta$ - $z$  Plane after Reactor Scram for Runs 10 and 3

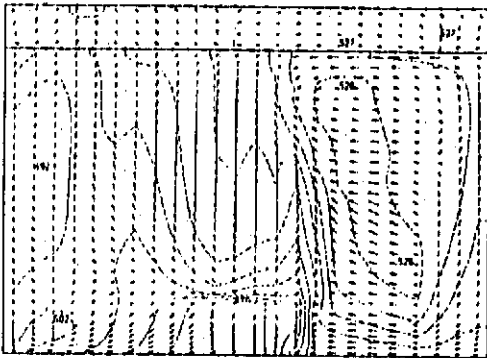




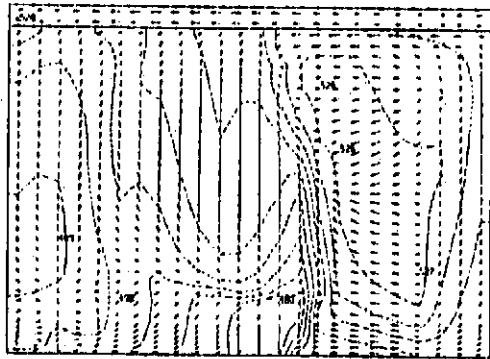
I = 29 2.50 M/S TIME: 20.0 SEC. TEMPERATURE(CONT=0) DELT = 5.000



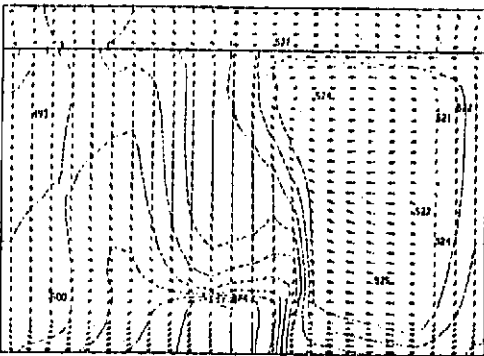
I = 29 2.50 M/S TIME: 20.0 SEC. TEMPERATURE(CONT=0) DELT = 5.000



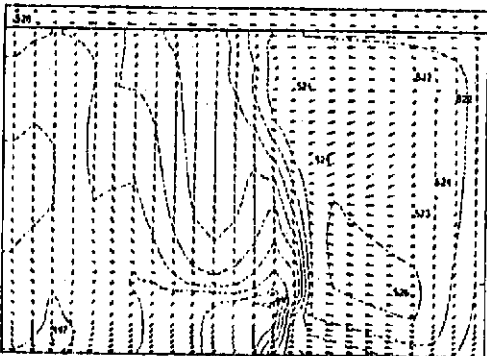
I = 29 2.30 M/S TIME: 25.0 SEC. TEMPERATURE(CONT=0) DELT = 5.000



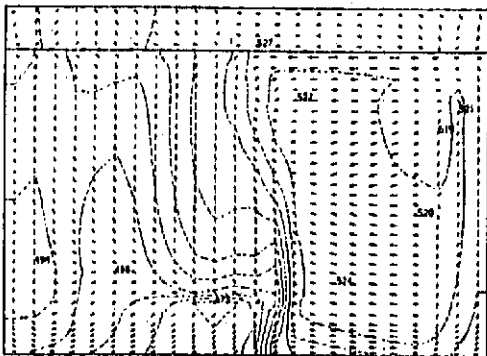
I = 29 2.50 M/S TIME: 25.0 SEC. TEMPERATURE(CONT=0) DELT = 5.000



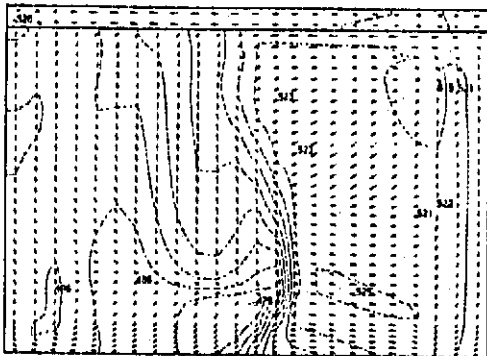
I = 29 2.50 M/S TIME: 30.0 SEC. TEMPERATURE(CONT=0) DELT = 5.000



I = 29 2.50 M/S TIME: 30.0 SEC. TEMPERATURE(CONT=0) DELT = 5.000



I = 29 2.50 M/S TIME: 35.0 SEC. TEMPERATURE(CONT=0) DELT = 5.000



I = 29 2.50 M/S TIME: 35.0 SEC. TEMPERATURE(CONT=0) DELT = 5.000

Fig. 4.3 (Continued)

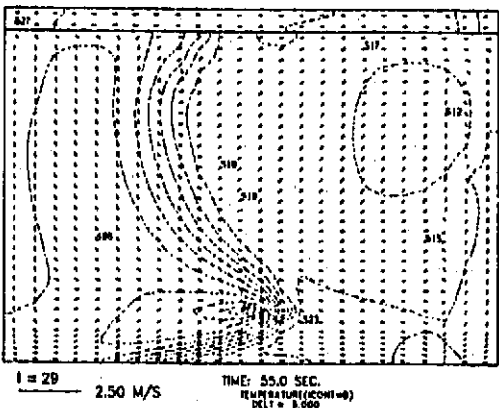
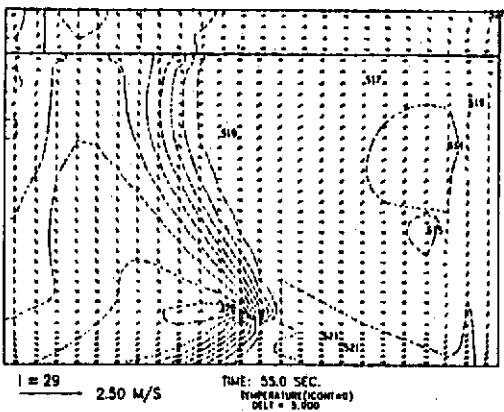
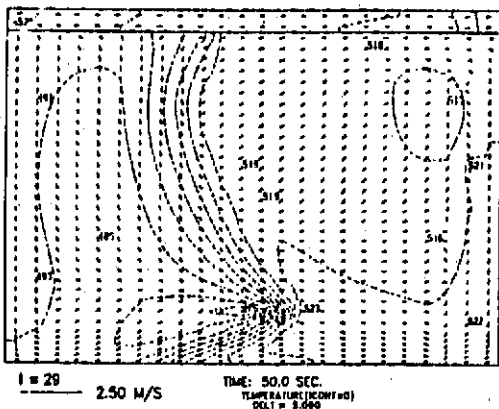
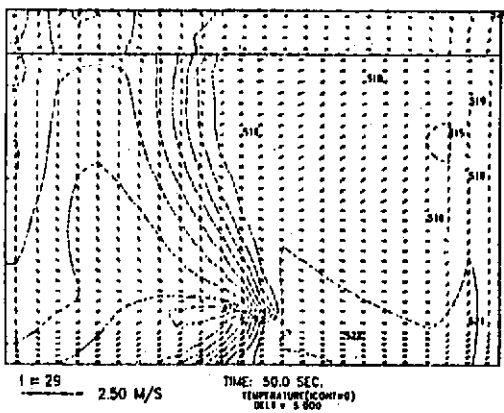
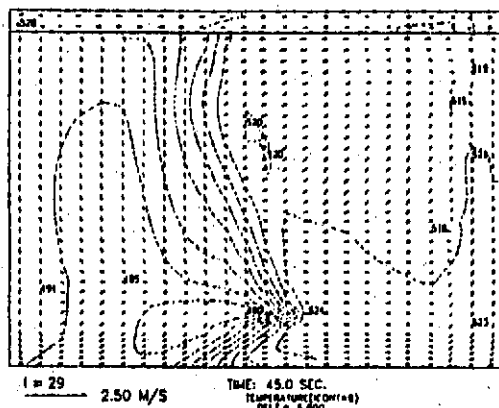
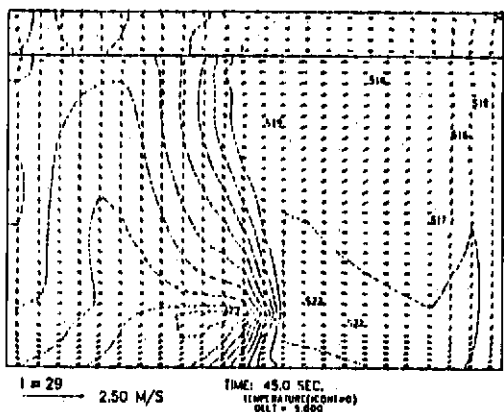
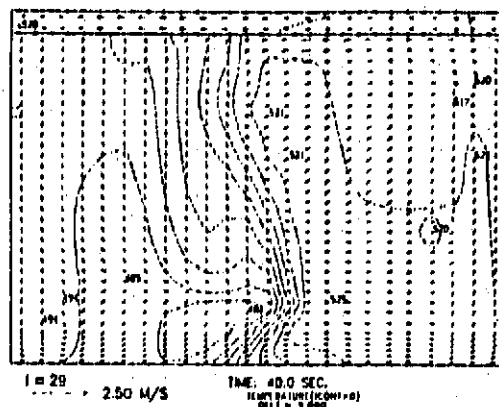
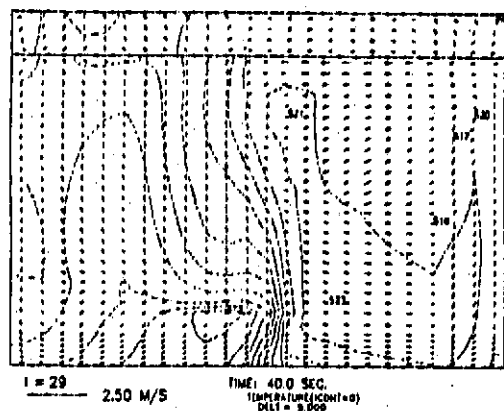


Fig. 4.3 (Continued)

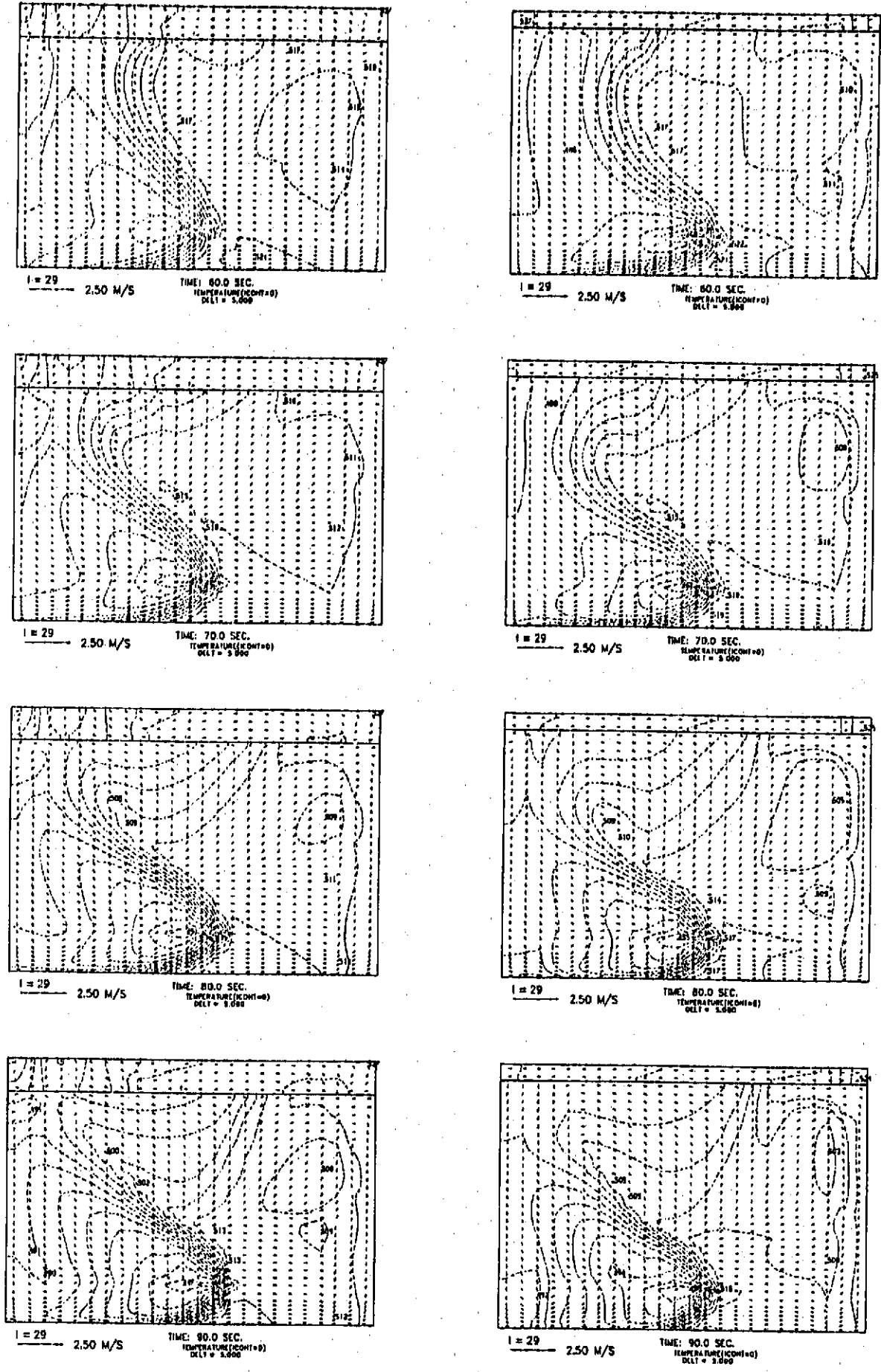


Fig. 4.3 (Continued)

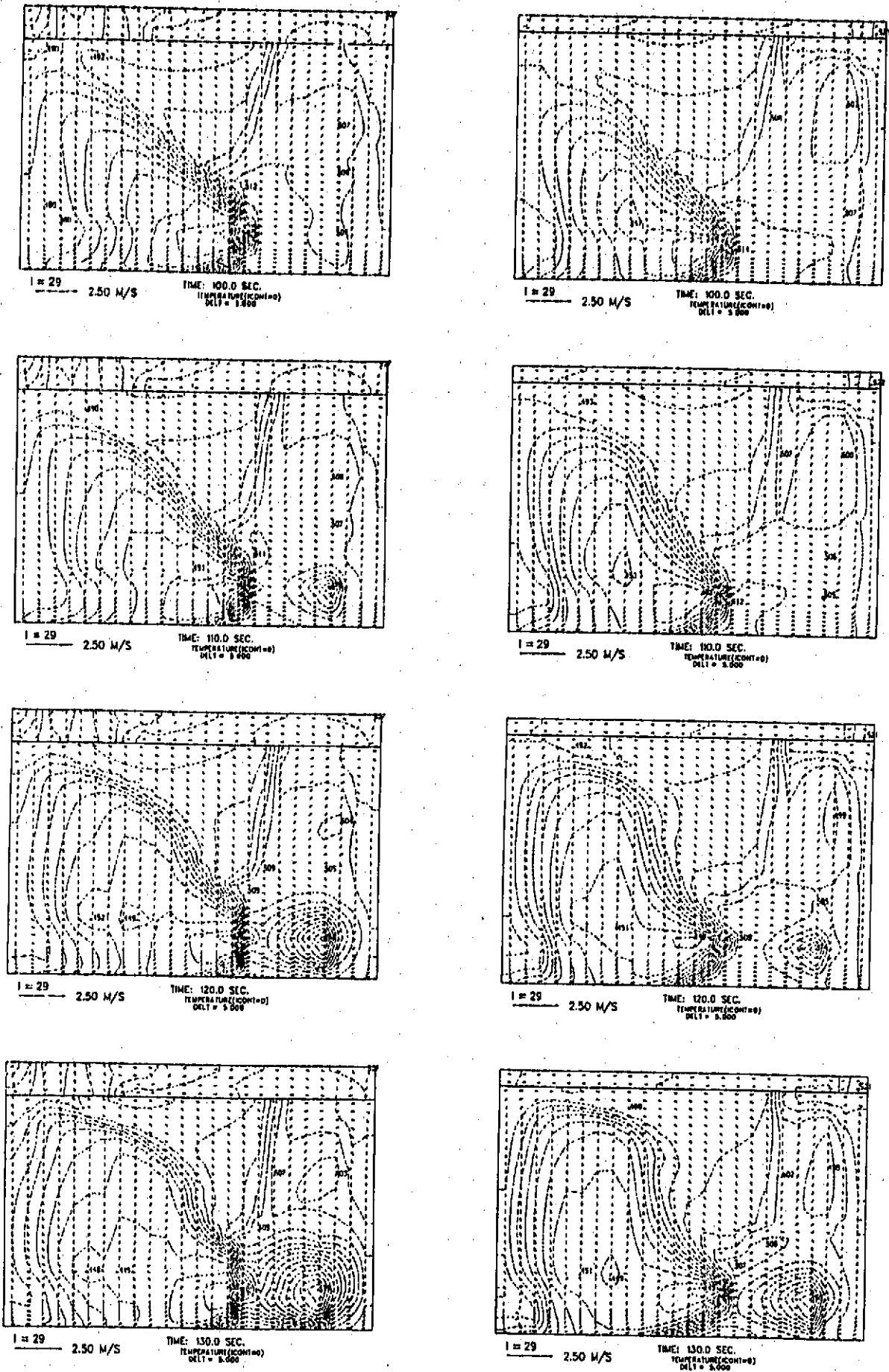


Fig. 4.3 (Continued)

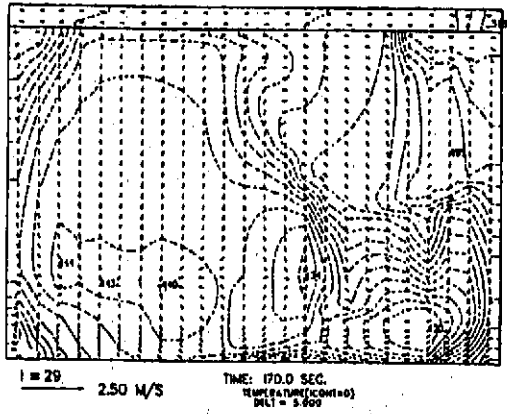
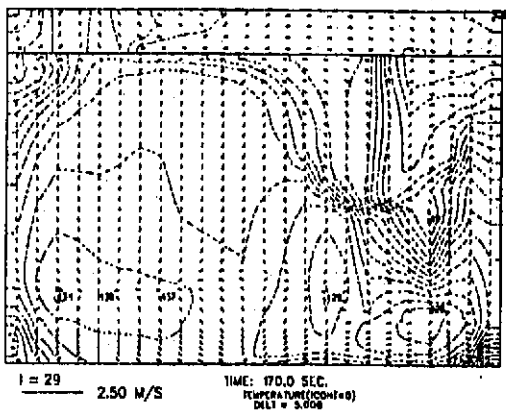
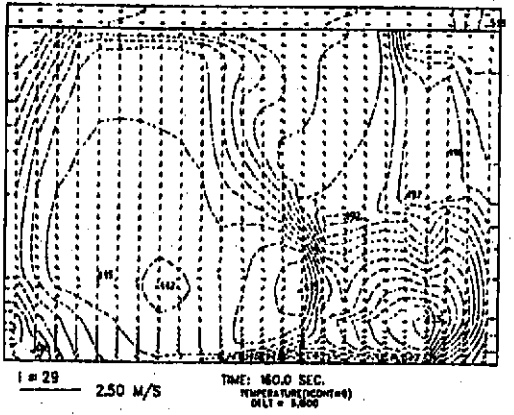
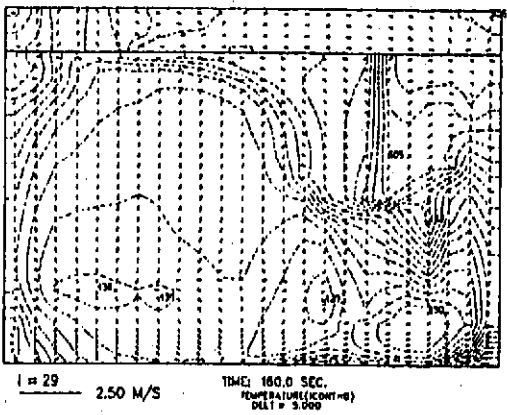
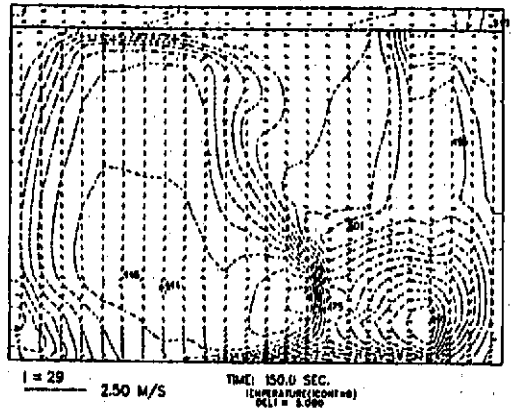
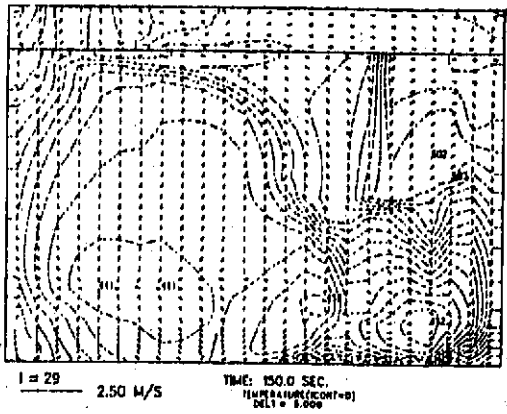
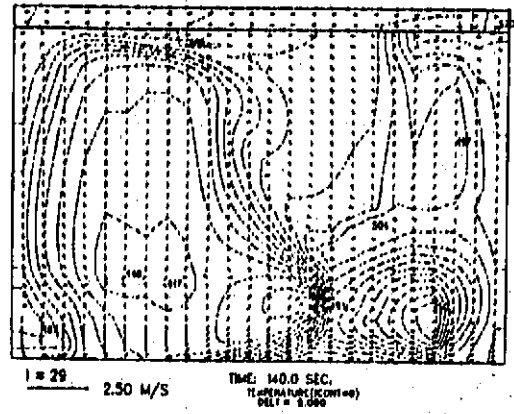
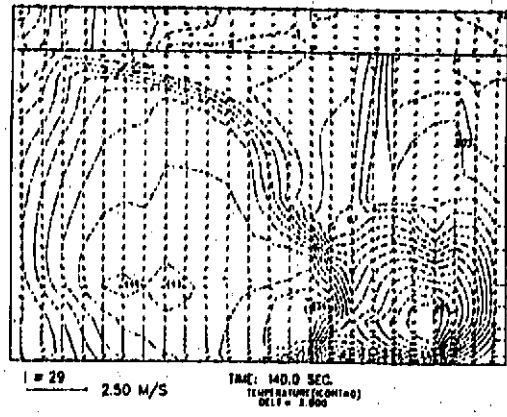


Fig. 4.3 (Continued)

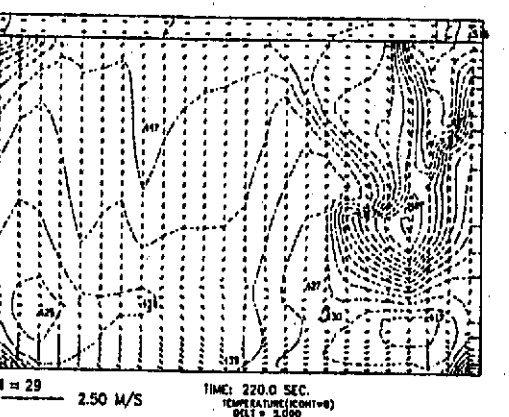
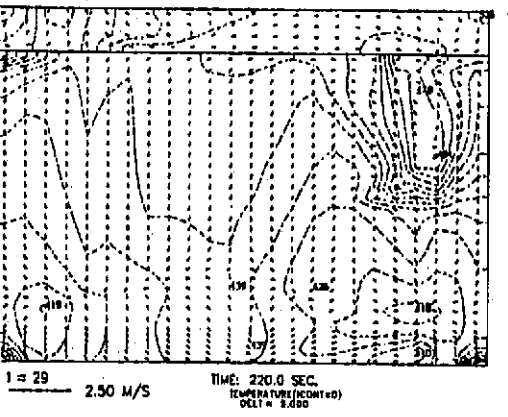
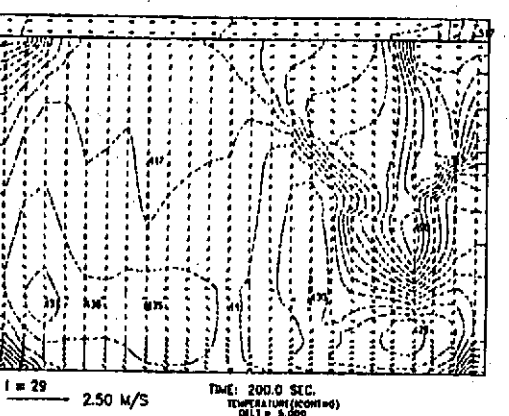
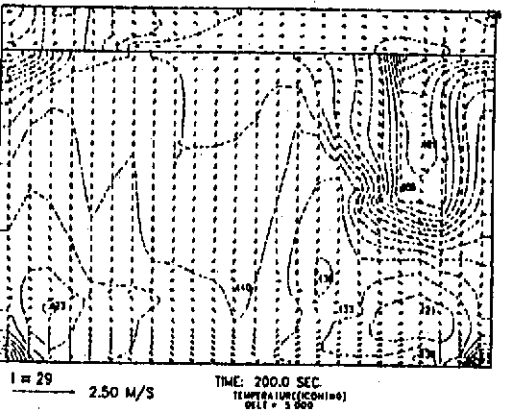
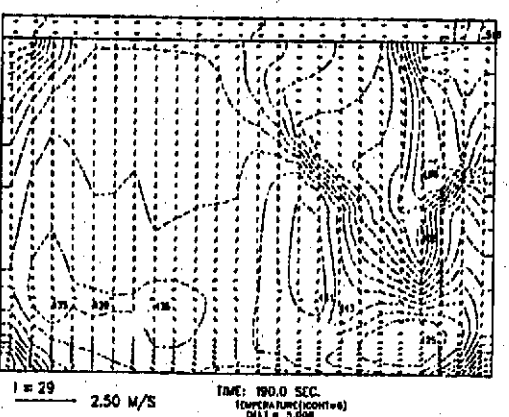
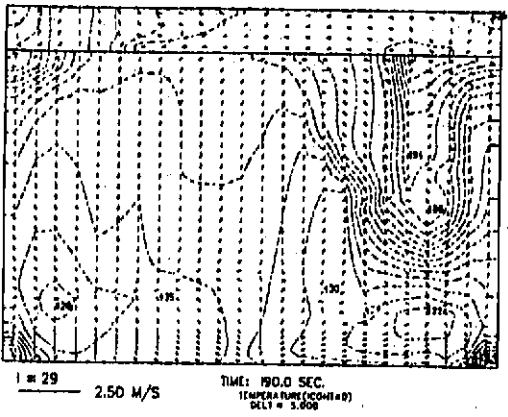
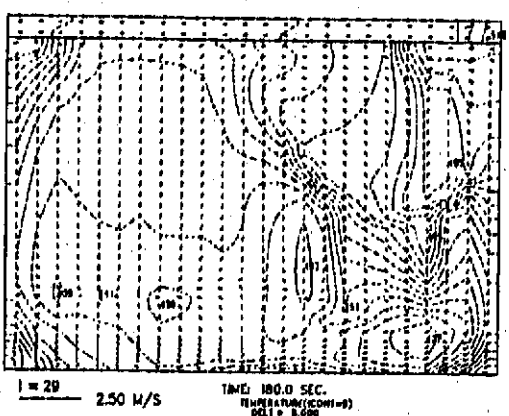
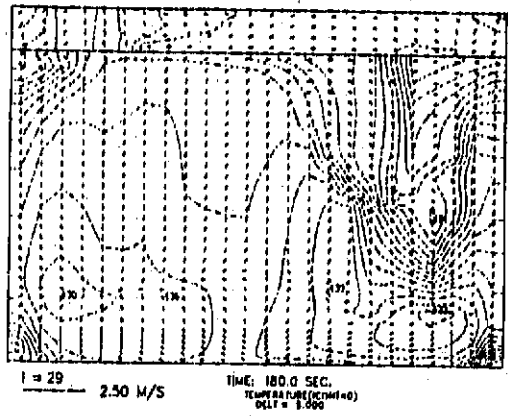


Fig. 4.3 (Continued)

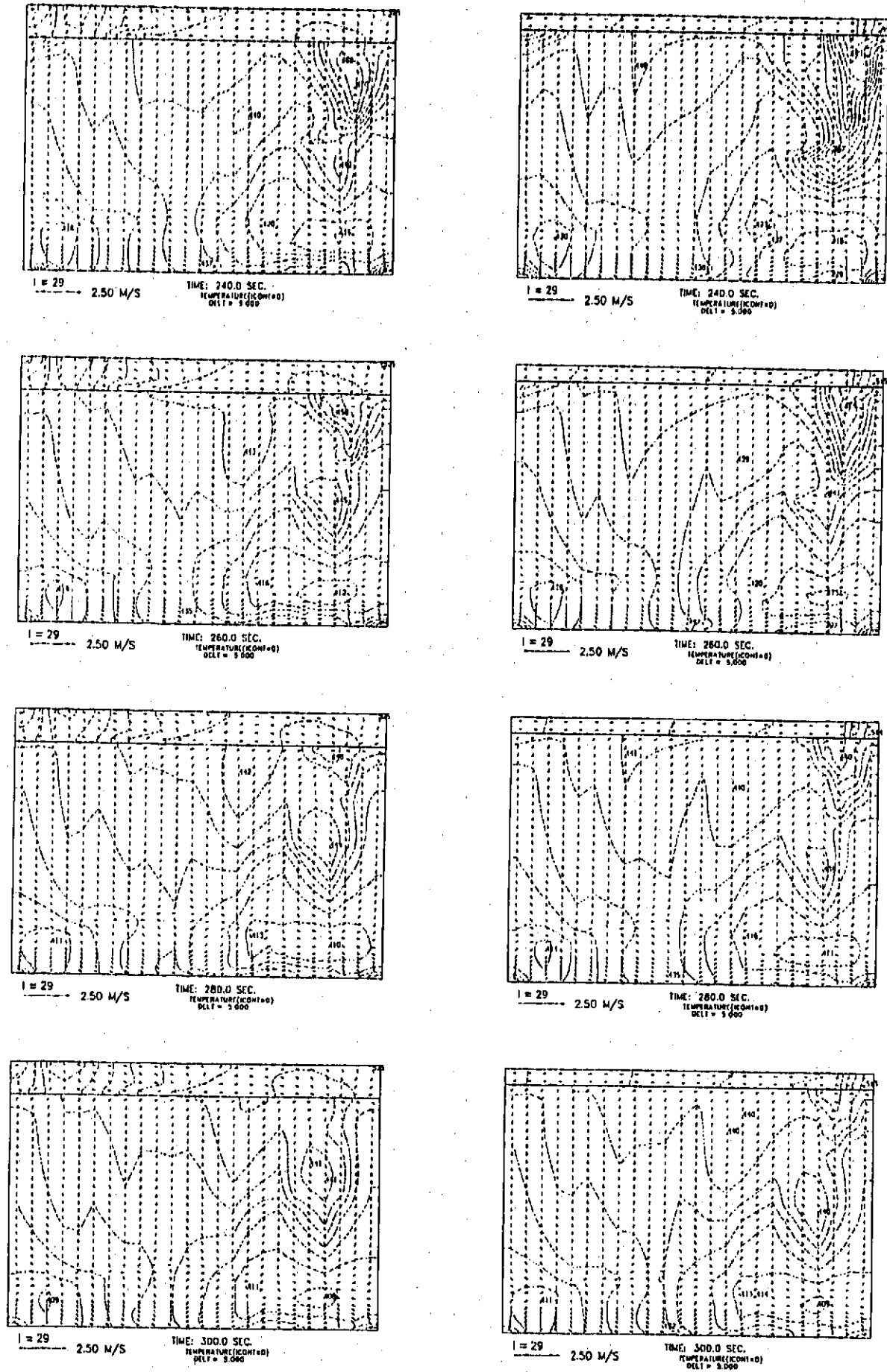


Fig. 4.3. (Continued)

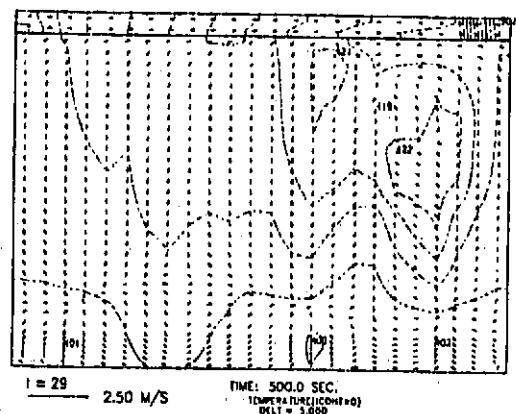
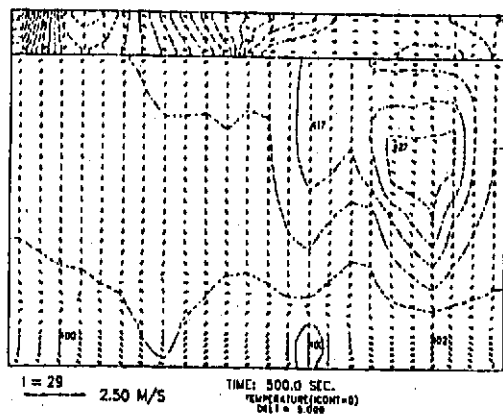
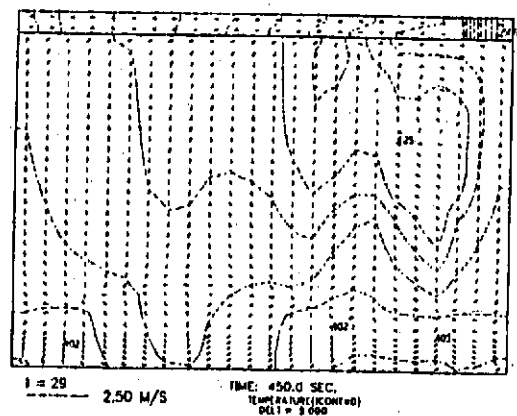
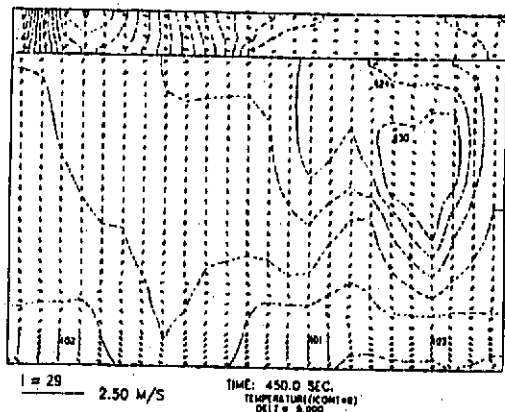
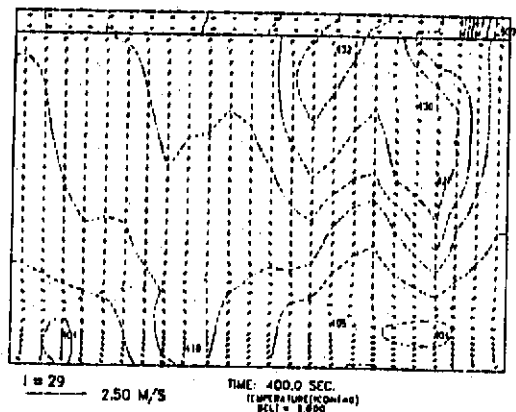
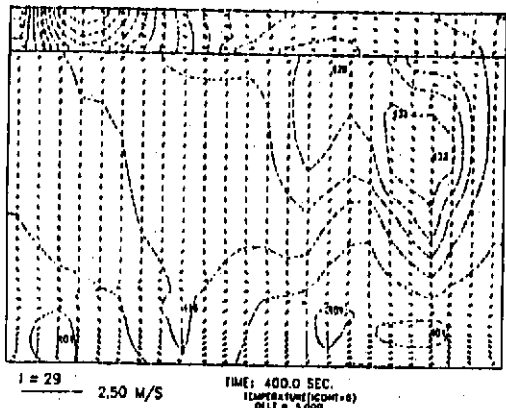
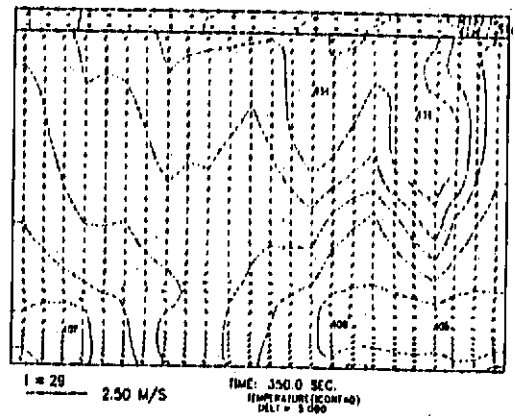
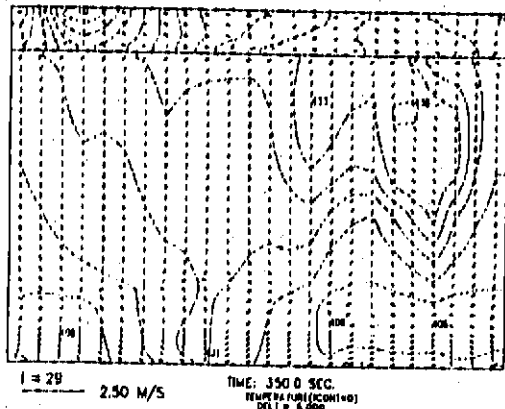
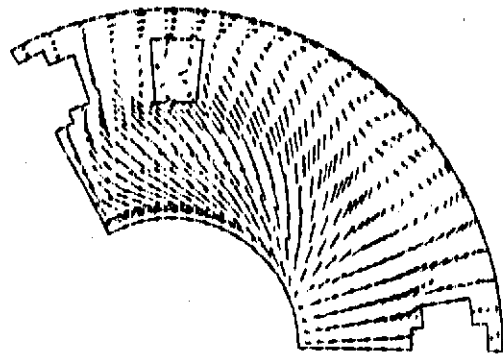
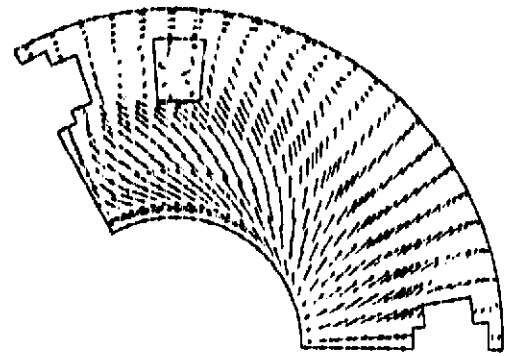


Fig. 4.3 (Continued)

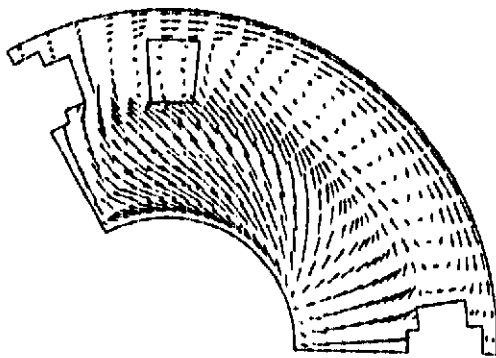




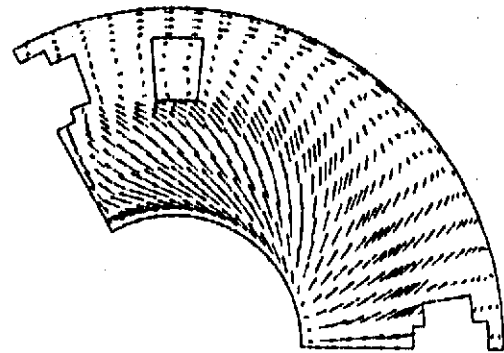
Run-1



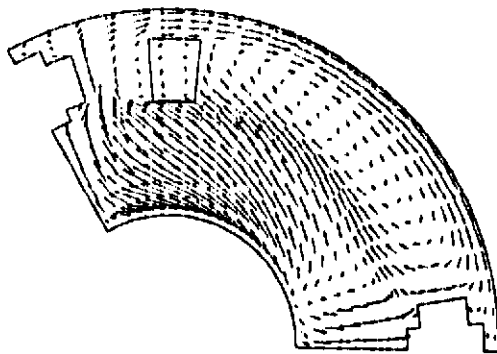
Run-4



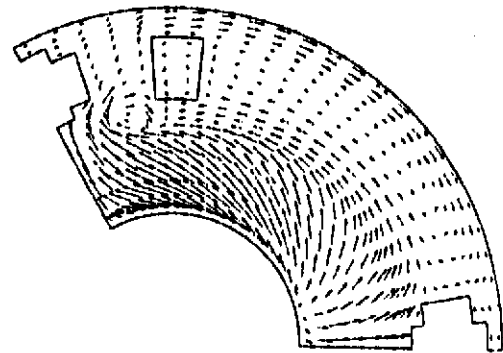
Run-2



Run-5

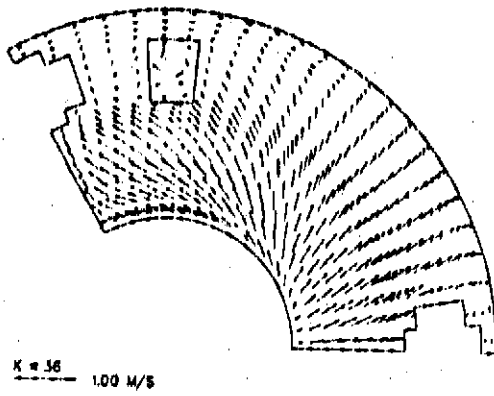


Run-3

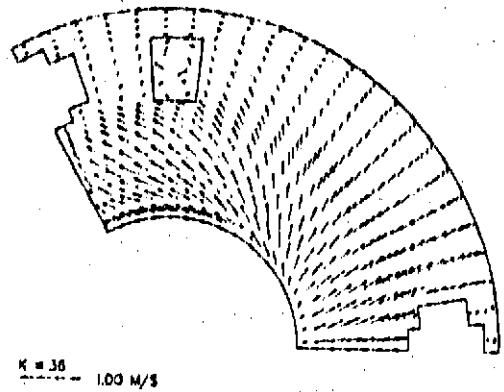


Run-6

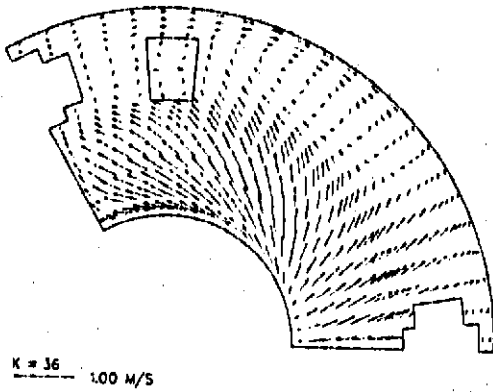
Fig. 5.1 Variation of Free Surface Velocity Distribution with Partially Dip Plate Specification



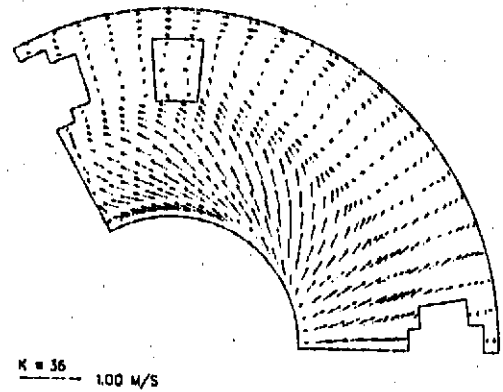
Run-7



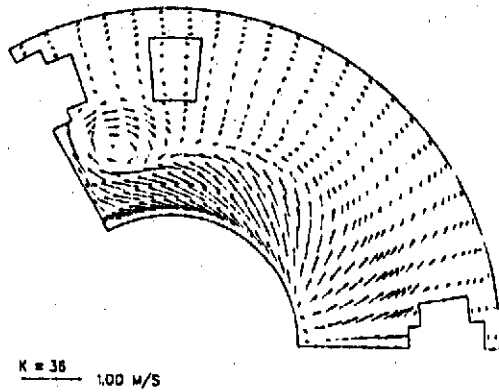
Run-10



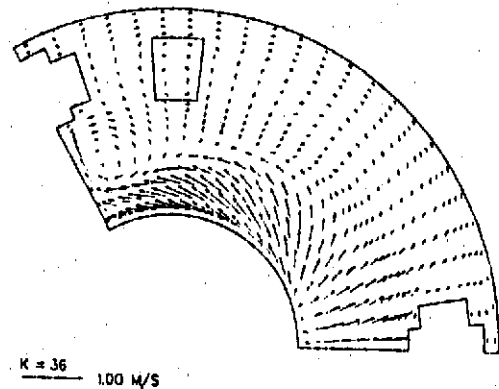
Run-8



Run-11



Run-9



Run-12

Fig. 5.1 (Continued)

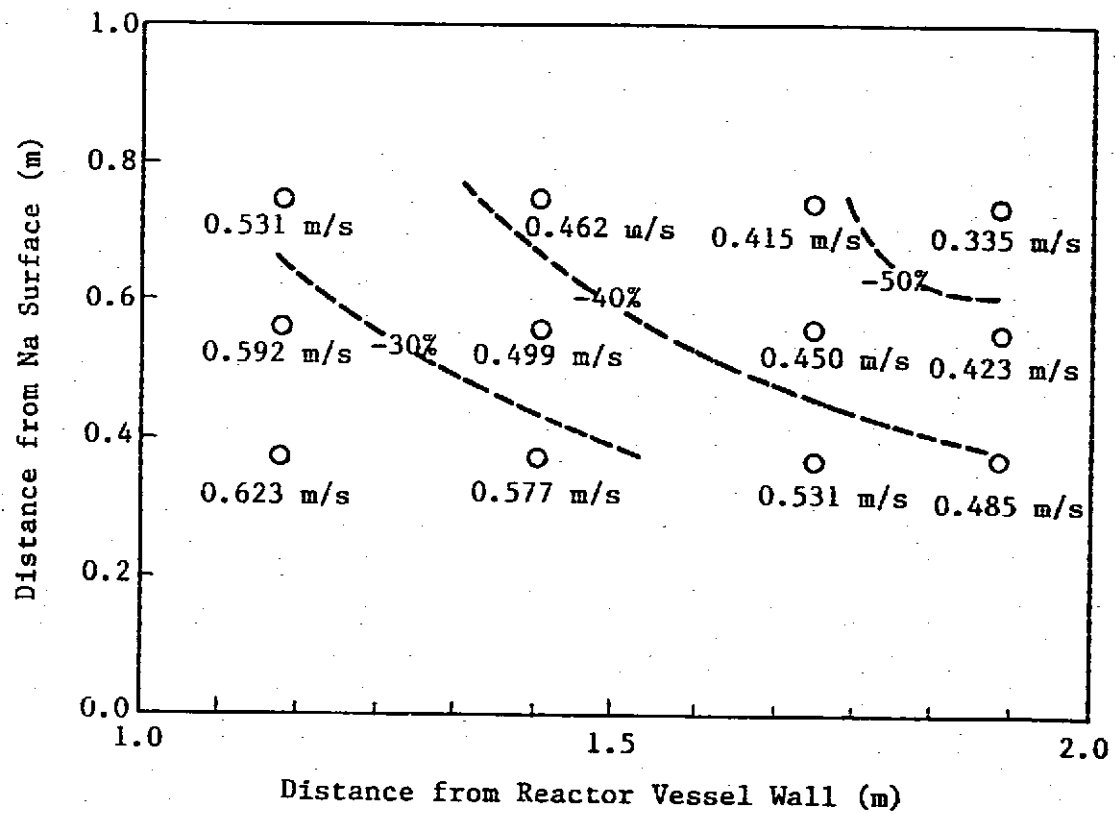
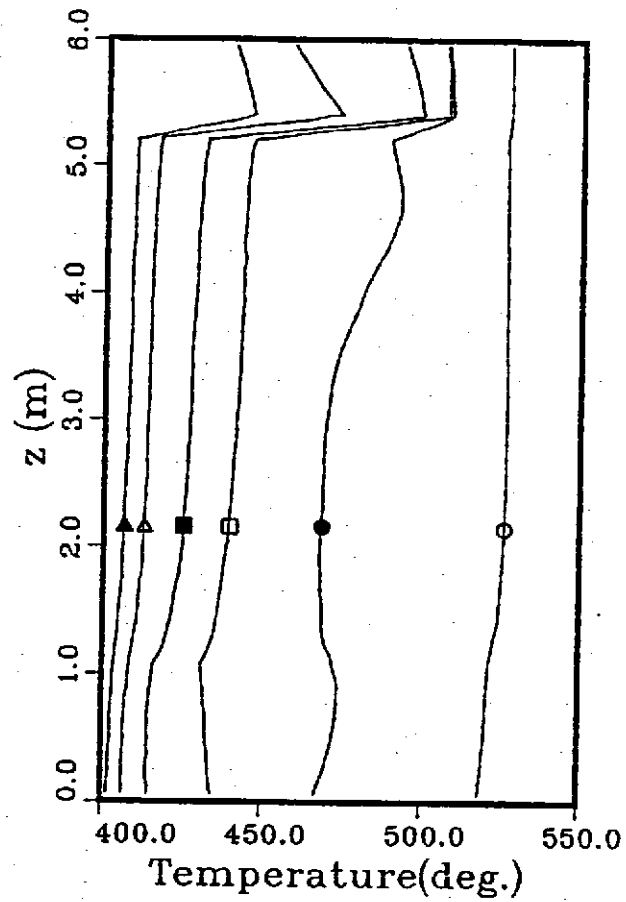
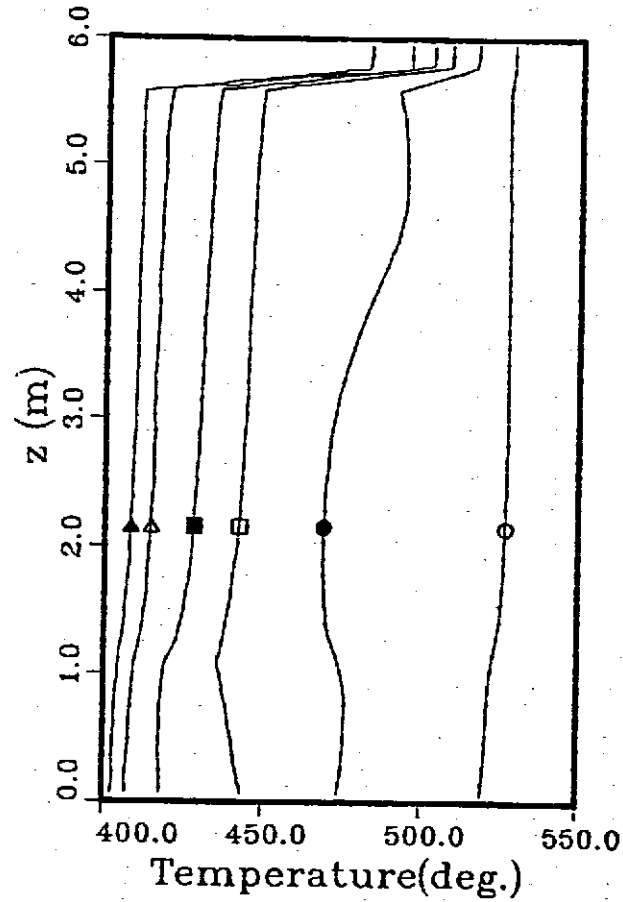


Fig. 5.2 Relation between Maximum Surface Velocity and Partially Dip Plate Specifications



Run-10



Run-3

I= 29  
J= 5  
K=1 , 36

○ : 0.0sec    ■ : 300.0sec  
● : 100.0sec    △ : 400.0sec  
□ : 200.0sec    ▲ : 500.0sec

Fig. 5.3 Axial Temperature Transients at Adjacent Cells of Reactor Vessel Wall for Runs 10 and 3

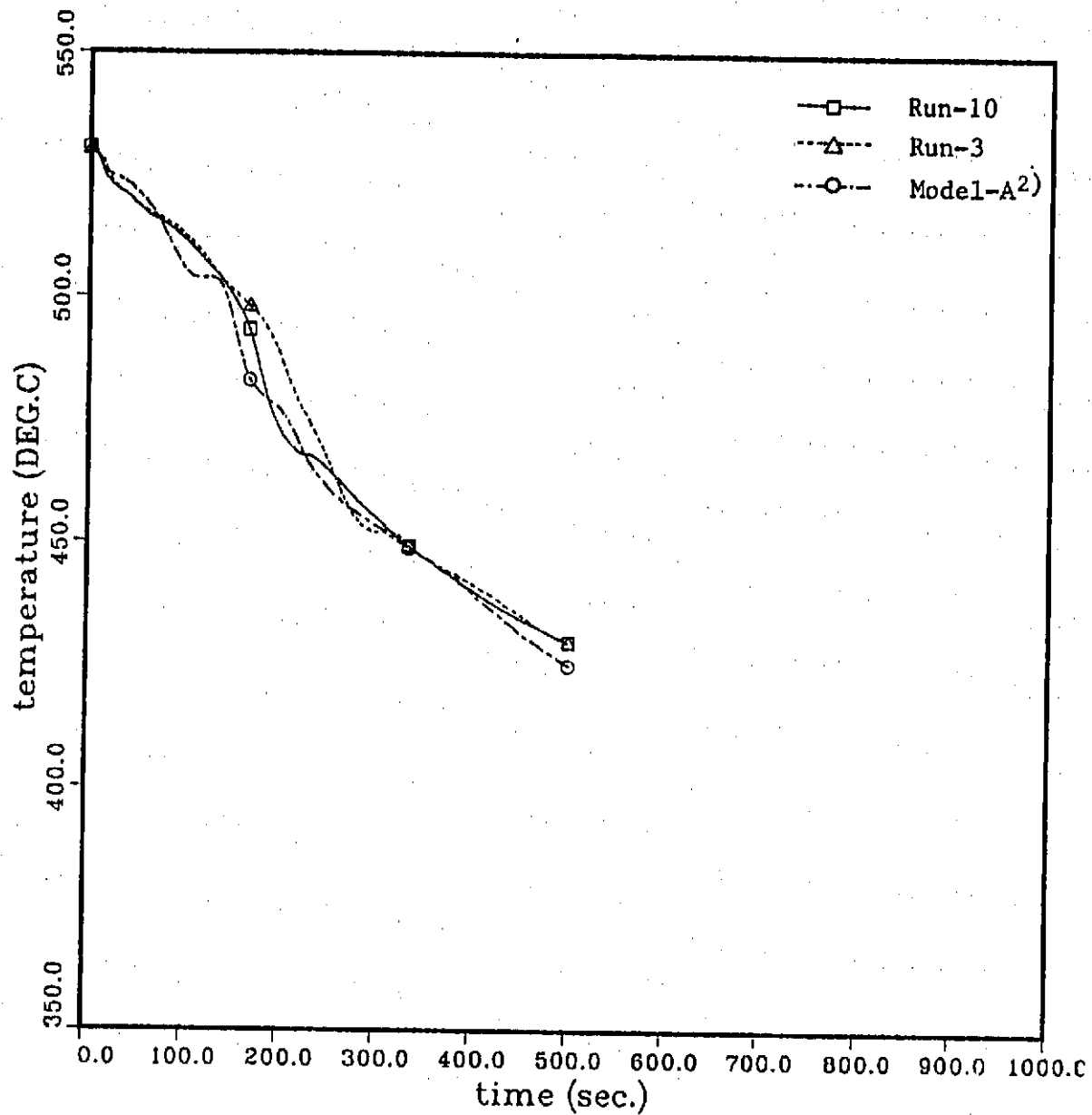
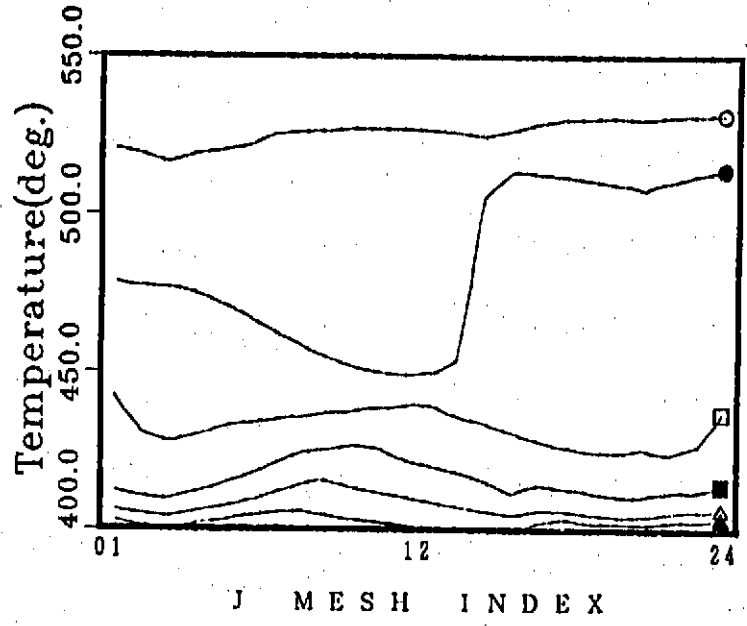
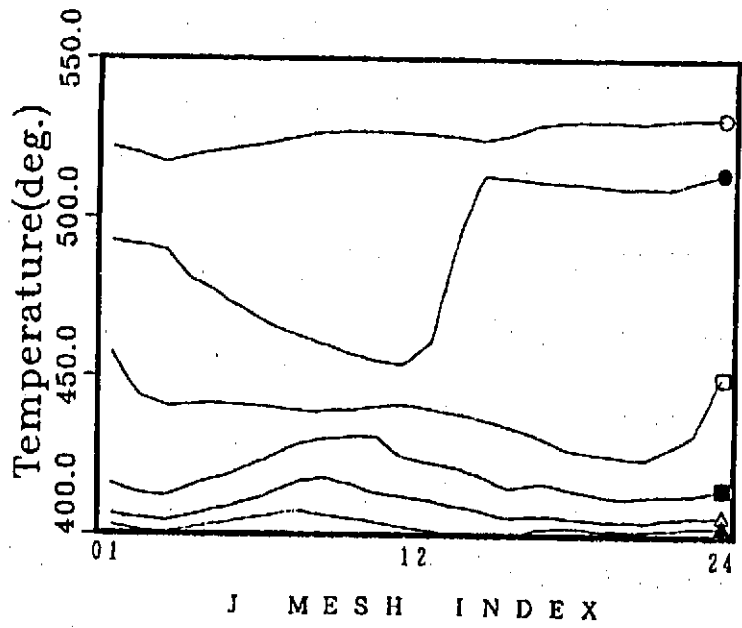


Fig. 5.4 Sodium Temperature Transients at Outlet Nozzle of Reactor Vessel for Runs 10 and 3



Run-10

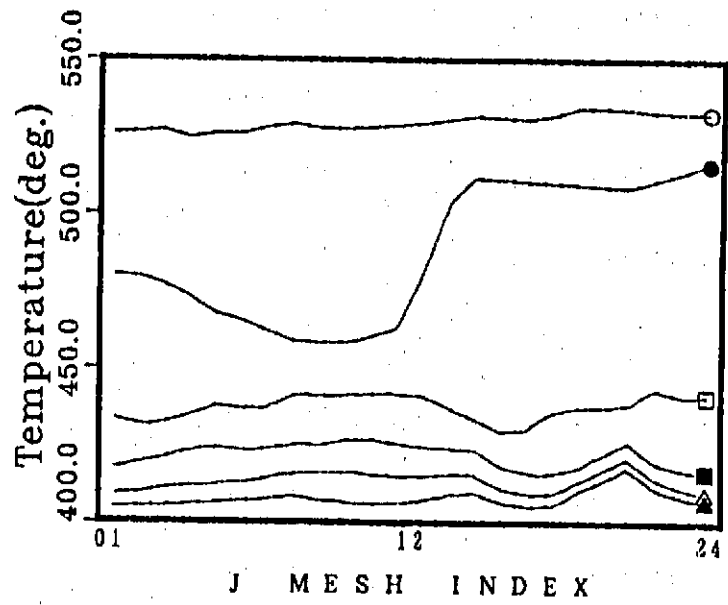


Run-3

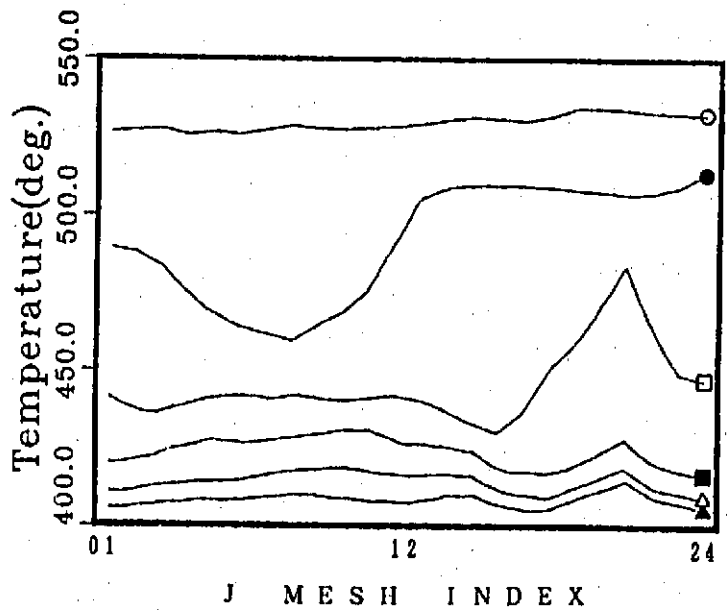
- : 0.0sec    ■ : 300.0sec
- : 100.0sec    △ : 400.0sec
- : 200.0sec    ▲ : 500.0sec

I= 29  
 J= 1 , 24  
 K= 5

Fig. 5.5 Circumferential Temperature Distribution Transients for Runs 10 and 3 (K=5)



Run-10

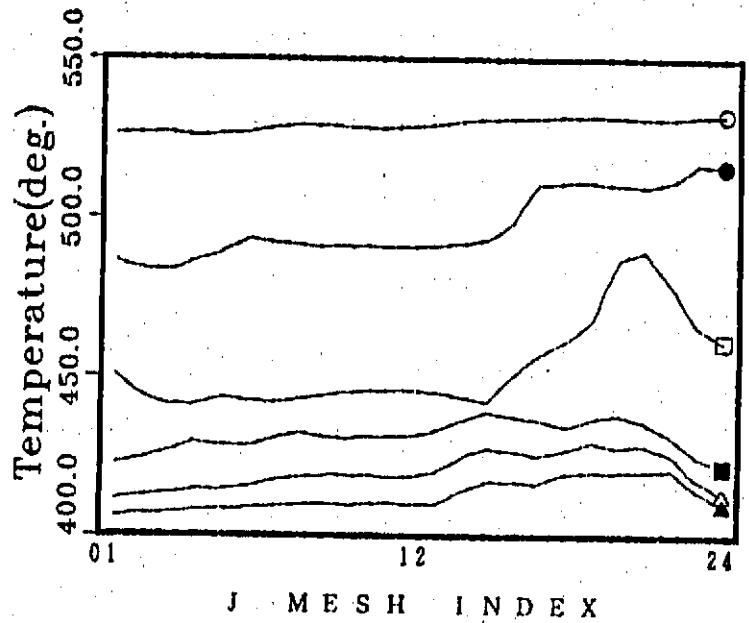


Run-3

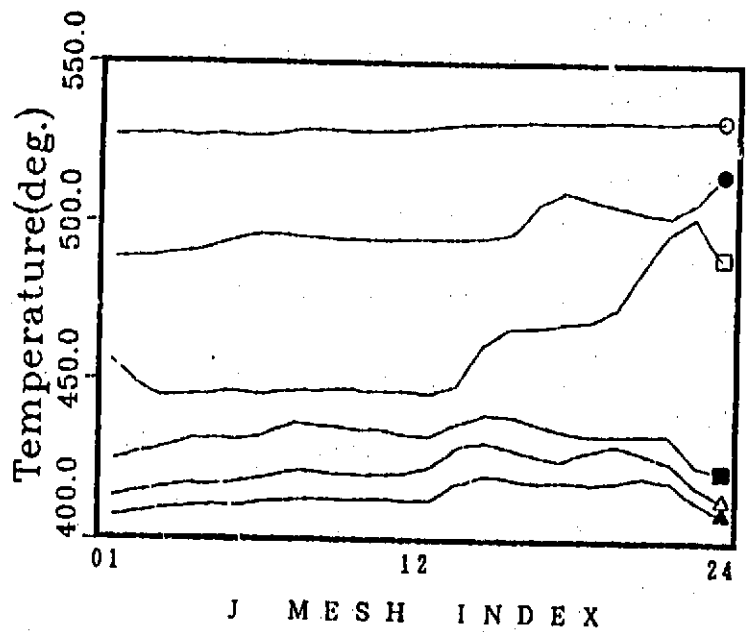
- : 0.0sec    ■ : 300.0sec
- : 100.0sec    ▲ : 400.0sec
- : 200.0sec    ▲ : 500.0sec

I= 29  
 J= 1 , 24  
 K=14

Fig. 5.6 Circumferential Temperature Distribution Transients for Runs 10 and 3 (K=14)



Run-10



Run-3

- : 0.0sec    ■: 300.0sec
- : 100.0sec    ▲: 400.0sec
- : 200.0sec    ▲: 500.0sec

I= 29  
 J= 1 , 24  
 K=28

Fig. 5.7 Circumferential Temperature Distribution Transients for Runs 10 and 3 (K-28)