

# ATR中小型炉の自然循環特性解析

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1993年2月

株式会社 開発計算センター

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)

1993年 2月

## A T R 中小型炉の自然循環特性解析

村田 満 \*

石井 裕治 \*

## 要 旨

現在の発電用原子炉は、ポンプによる強制循環により冷却材を循環させている。しかし、最近では軽水炉において、ポンプを使用しない「自然循環炉」の研究も進められている。そこで、A T Rの原子炉においても「自然循環炉」の流動解析を行い、1000 Mw<sub>t</sub>級「自然循環炉」の自然循環特性、冷却特性を評価し、成立性検討の資料とする。

本研究では、「自然循環炉」の入口管口径、上昇管口径、炉心長さ、下降管高さ、チャネル出力をパラメータとして解析し、自然循環流量に対する前記のパラメータの感度を以下のように明らかとした。

## (1) 入口管口径の影響

基本ケースの入口管口径 2 Bに対し、3 Bとしたケースの解析を行い、本解析体系では、入口管口径を 2 Bとした方がチャンネル流量が安定することが明らかとなった。

## (2) 上昇管口径の影響

基本ケースの上昇管口径 3 Bに対し、4 B、5 Bとしたケースの解析を行い、上昇管口径は、大きい方が上昇管部の圧力損失が小さくなり、自然循環量が多くなる事が明らかとなった。

## (3) 炉心長さの影響

基本ケースの炉心長さ 3.7mに対し、3.2m、2.7mと炉心を短くしたケースの解析を行い、炉心長さは、短い方が炉心部の圧力損失が小さくなり、自然循環量が多くなる事が明らかとなった。

## (4) 下降管高さの影響

基本ケースの下降管高さ 15mに対し、20m、30mと下降管高さを高くしたケースの解析を行い、下降管高さは、高い方が炉心部と下降管部水頭差が大きくなり、自然循環量が多くなる事が明らかとなった。

また、(1)～(4)の解析結果より、最も感度が大きい項目は下降管高さである事が明らかとなった。さらに、最も循環量の多くなる入口管口径、上昇管口径、炉心長さ、下降管高さの組合せを採用することにより、1 チャンネル当たり 2.8Mw<sub>t</sub>の出力で 4.29kg/sの自然循環量が確保でき、R P F を考慮し平均チャンネルの出力を 2.0Mw<sub>t</sub>程度とし、圧力管本数を片ループ 280 本、両ループで 560 本とすれば、1120 Mw<sub>t</sub>の出力が得られ、1000 Mw<sub>t</sub>級「自然循環炉」は成立すると考えられる。

---

本報告書は、株式会社 開発計算センターが動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契約番号： 04C4974

事業団担当部課室および担当者：

大洗工学センター・安全工学部・新型転換炉安全工学室 高部 幸弘

\*： 株式会社 開発計算センター 科学システム事業部 第三技術室

Feb., 1993,

Analysis of Natural Circulation Charactristic  
in middle size ATR

Mitsuru Murata \*  
Yuji Ishii \*

Abstract

Present nuclear power reactor adopts a forced circulation system. But, the natural circulation studies for light water reactor are recently preceeding. So, on purpose to examine possibility of ATR natural circulation reactor in 1000MW<sub>t</sub> class, we evaluated the natural flow and core cooling characteristic for ATR.

In this study, the sensitivity analyses for the natural circulation characteristic by change inlet pipe diameter, outlet pipe diameter, core length, and downcomer pipe height were executed. Then the sensitivities are as follows.

(1) Influence of inlet pipe diameter

From analyses of the case which was executed using 3B as inlet pipe diameter, against using 2B in the base case, it was clarified that channel flow of the case using 2B is more stable than that of the another.

(2) Influence of outlet pipe diameter

From analyses of the cases which were executed using 4B and 5B as outlet pipe diameter, against using 3B in the base cases, it was clarified that the cases using pipes of a large diameter have more natural flow than the other cases, because of decreasing pressure loss at outlet pipes.

(3) Influence of core length

From analyses of the cases which were executed using 3.2m and 2.7m as core length, against using 3.7m in the base case, it was clarified that the cases using short core length have more natural flow than the other cases, because of decreasing pressure loss at the core.

(4) Influence of downcomer height

From analyses of the cases which were executed using 20m and 30m as downcomer against using 15m in the base case, it was clarified that the cases using high downcomer height have more natural flow than the other cases, because of increasing driving head which is the differential pressure between the core and the downcomer.

And, from the analyses results of (1) to (4), it was crarified that the item of the most largest sensitivity was downcomer height. And then, using the combination which have most natural circulation flows for the parameter which were inlet pipe diameter, core length, and downcomer height, can get 4.29 kg/s as natural circulation flowper channel under the condition of 2.8Mw power per channel, and under considering RPF, under condition of average channel power were 2.0Mw, number of pressure tube is 280 per half, loop number of pressure tube is 560 per both loop, we can get 1120 Mw t power, and then we have an idea that 1000MW<sub>t</sub> class natural circulation reactor is possible.

---

Work performed by The Kaihatsu Computing Service Center, Ltd. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

PNC Liaison: ATR Safety Engineering Section, Safety Engineering Division, O-arai Engineering Center, Yukihiro Takabe.

\* : Technical Division III, Scientific System Department,  
The Kaihatsu Computing Service Center, Ltd.

## 目 次

1 はじめに	1
2. 解析条件及び、解析モデル	3
2.1 基本解析条件	3
2.2 解析モデル	3
2.3 感度解析の内容・条件及び、選定理由	4
3. 自然循環特性解析	17
3.1 基本ケース解析結果	17
3.2 感度解析	17
(1) 入口管口径の影響	17
(2) 上昇管口径の影響	18
(3) 炉心長さの影響	18
(4) 下降管高さの影響	19
(5) 総合解析	19
4. おわりに	65
4.1 成果	65
4.2 今後の課題	65
5. 謝辞	69
6. 参考文献	71
付録1. 解析結果図集	73
付録2. 入力データリスト集	151

## 1. はじめに

現在の発電用原子炉は、ポンプによる強制循環により冷却材を循環させている。しかし、最近では軽水炉において、ポンプを使用しない「自然循環炉」の研究も進められている。そこで、A T Rの原子炉においても「自然循環炉」の流動解析を行い、成立性を検討する必要がある。本報告書は「自然循環炉」の入口管口径、上昇管口径、炉心長さ、下降管高さ、チャンネル出力をパラメータとして解析し、 $1000Mw_t$  級「自然循環炉」の成立性及び、今後の課題についてまとめたものである。

## 2. 解析条件及び、モデル

### 2.1 解析条件

#### (a) 原子炉冷却設備

表2.1に基本ケースの主な原子炉冷却設備配管形状を示し、図2.1に原子炉冷却設備位置関係を示す。表2.1に示すよう蒸気ドラム、下降管口径、下部ヘッダ、入口管口径、炉心下部延長部、炉心上部延長部、上昇管口径は「ふげん」と同様であると想定する。炉心部は、54本燃料集合体（発熱長は3.7mと先行炉と同じ）の形状を用いる。

#### (b) 出力分布

出力分布は表2.2に示す。

R P F、L P Fは共に1.0とし、軸方向の出力分布はA P F = 1.0のCHOPED COSINEとする。

#### (c) 主な相関式

主な相関式を表2.3に示す。

#### (d) 蒸気ドラム圧力

解析時の蒸気ドラム圧力は68.8kg/cm<sup>2</sup>となるよう主蒸気を制御する。

#### (e) 蒸気ドラム水位

解析時の蒸気ドラム水位はNWLとなるよう給水を制御する。

#### (f) 主蒸気流量

68kg/s (全てのチャンネルが0.5Mw/ch出力の時)

#### (g) 給水流量

68kg/s (全てのチャンネルが0.5Mw/ch出力の時)

### 2.2 解析モデル

#### (a) 解析コード

解析コードはATRECS-II/mod3-FIX4を用いる。

#### (b) ノード分割

基本ケース解析時のノード分割を図2.3に示す。下降管は1ループ4本を1本にまとめ、チャンネル部は、1ループ280本のチャンネルを図2.3に示すよう2チャンネルにまとめて模擬する。ここで、1チャンネルは279本をまとめたもの、残り1チャンネルは1本を模擬しているものとする。

#### (c) 解析方法

基本ケース、及び感度解析時の定常計算は零秒～300秒で全チャンネルの出力を零～0.5Mwとし、その後一定とし、定常となる時刻まで計算する。過渡計算では、279本をまとめたチャンネルの出力は0.5Mw一定とし、1本を模擬しているチャンネルは図2.2に示したよう変化させる。解析時間は、出力を上げていったチャンネルのドライアウトする出力が明らかとなるまでとする。

総合解析時は定常計算とする。零秒～300秒で零～2.0Mwとし、その後、2.0Mw一定とする。

### 2.3 感度解析の内容・条件及び、選定理由

自然循環時の循環特性は、冷却系の圧力損失及び、下降管側水頭と炉心側水頭差に大きく依存する。そこで、以下に示すよう系内各配管の口径、長さを変え圧力損失の循環特性に与える影響を評価する。また、下降管高さを変え、水頭差の影響を評価する。

#### (1) 入口管口径の感度解析

炉心入口側単相部圧力損失の自然循環特性に与える影響を評価するため、基本ケースの入口管口径2Bを3Bとし、炉心入口側の圧力損失を小さくした場合の解析を行う。

#### (2) 上昇管口径の感度解析

炉心出口側二相部圧力損失の自然循環特性に与える影響を評価するため、基本ケースの上昇管口径3Bを4B、5B、6Bとし、炉心出口側の圧力損失を小さくした場合の解析を行う。

#### (3) 炉心長さの感度解析

炉心部圧力損失の自然循環特性に与える影響を評価するため、基本ケースの炉心長さ3.7mを3.2m、2.7mとし、炉心部の圧力損失を小さくした場合の解析を行う。この時炉心長さを短くした分は入口管部を長くする。炉心長さを3.2mとしたケースのノード分割図を図2.4に、炉心長さを2.7mとしたケースのノード分割図を図2.5に示す。

#### (4) 下降管高さの感度解析

下降管側水頭と炉心側水頭差の自然循環特性に与える影響を評価するため、基本ケースの下降管高さ15mを20m、30mとし、水頭差を大きくした場合の解析を行う。この時水頭差が大きくなるよう下降管高さを高くした分は上昇管部を長くする。下降管高さを20mとしたケースのノード分割図を図2.6に、下降管高さを30mとしたケースのノード分割図を図2.7に示す。

#### (5) 総合解析

最後に、(1)～(4)の各感度解析結果から、最も多く自然循環量を確保できる解析ケースを設定し解析する。総合解析ケースのノード分割図を図2.8に示す。

また、本解析を行うため、基本ケースより変更したパラメータの値は、表2.4にまとめて示す。

表2.1 原子炉冷却設備配管形状(基本ケース)

(1ループ当たり)

機器・配管名	員数	内径 (m)	長さ (m)	板厚 (mm)	流路面積 (m <sup>2</sup> )	圧力損失 <sup>*4</sup> 係数 (-)	備考
蒸気ドラム <sup>*1</sup>	1	1.765	15.12	110.0	-	-	
下降管	4	0.3176	15.0	19.0	0.0792	0.634	
下部ヘッダー <sup>*1</sup>	1	0.5318	12.2	38.9	-	-	体積 2.7m <sup>3</sup>
入口管 <sup>*1</sup>	280	0.0495	22.3	5.5	0.00192	0.2272	
炉心下部延長部 <sup>*1</sup>	280	0.1026	2.27	4.3	0.00826	4.094	
炉心部	280	(0.009815) <sup>*2</sup> (0.00971)	3.7	4.3	(0.004932) (0.004686)	3.216 <sup>*5</sup>	<sup>*3</sup>
炉心上部延長部 <sup>*1</sup>	280	0.0811	2.075	4.3	0.00516	1.5012 <sup>*6</sup>	
上昇管 <sup>*1</sup>	280	0.0739	14.15	7.6	0.00429	1.528 <sup>*7</sup>	

注) \* 1 : 員数を除いて「ふげん」EOPの解析と同一

\* 2 : 炉心部内径欄は熱力等価直径を示す。

\* 3 : 下段カッコ内は、「ふげん」EOPの解析条件値

\* 4 : 圧力損失係数については「ふげん」と同一とする。

\* 5 : 3.216 (スペーサ压損係数和(TUESP))

\* 6 : 1.5012=0.666 (上部タイプレート压損係数(TUETIB))

+ 0.8352 (上部しゃへいプラグ压損係数(TUEUS))

\* 7 : 1.528 =1.328 (出口管ベンド压損係数(TUEBEN))

+ 0.2 (均質流式評価压損係数(TUEPH))

表2.2 出力分布

項目		解析使用値	参考値 (ふげんEOP解析)
燃料有効長(cm)		370	370
総出力(MWt)		1000 程度	557
ピ ー キ ン グ	R P F	1.00	1.58
	A P F	1.32	1.32
	L P F	1.00	1.22
燃料チャンネル 軸方向出力分布 (一)		8 7 6 5 4 3 2 1	0.604 * 1 0.938 1.172 1.308 1.308 1.172 0.938 0.604
			0.443 1.134 1.32 1.206 1.299 1.258 1.0 0.34

注) \* 1 : APF=1.32のCHOPED COSINE とする。

表2.3 解析に用いる主な相関式

項目	相関式名等
1.ボイドクオリティ 相関式	・修正Smithの式
2.ドライアウト評価式	・36本燃料集合体用相関式
3.核沸騰熱伝達率式	・Jens Lottes

表2.4 感度解析ケース

No.	感度項目	ケース名	入口管口径	炉心長さ (m)	上昇管口径	下降管高さ (m)	備 考
1	基本ケース	1-1	2 B	3. 7	3 B	1 5	ベースケース
2	入口管口径3B	1-2	<u>3 B</u>	3. 7	3 B	1 5	
3	上昇管 口 径	4 B	2-1	2 B	3. 7	<u>4 B</u>	1 5
4		5 B	2-2	2 B	3. 7	<u>5 B</u>	1 5
5		6 B	2-3	2 B	3. 7	<u>6 B</u>	1 5
6	炉 心 長 さ	3.2m	3-1	2 B	<u>3. 2</u>	<u>5 B</u>	1 5
7		2.7m	3-2	2 B	<u>2. 7</u>	<u>5 B</u>	1 5
8	下降管 高 さ	20m	4-1	2 B	3. 7	<u>5 B</u>	<u>2 0</u>
9		30m	4-2	2 B	3. 7	<u>5 B</u>	<u>3 0</u>
10		15m	4-3	2 B	3. 7	<u>5 B</u>	1 5
11	総合ケース	5-1	2 B	<u>2. 7</u>	<u>5 B</u>	<u>3 0</u>	* <sup>1</sup>

注) 下線付きのデータは、ケース1-1から変更した箇所

\*1: ケース4-1, 4-2, 4-3, 5-1については、蒸気ドラム体積を3倍とした。

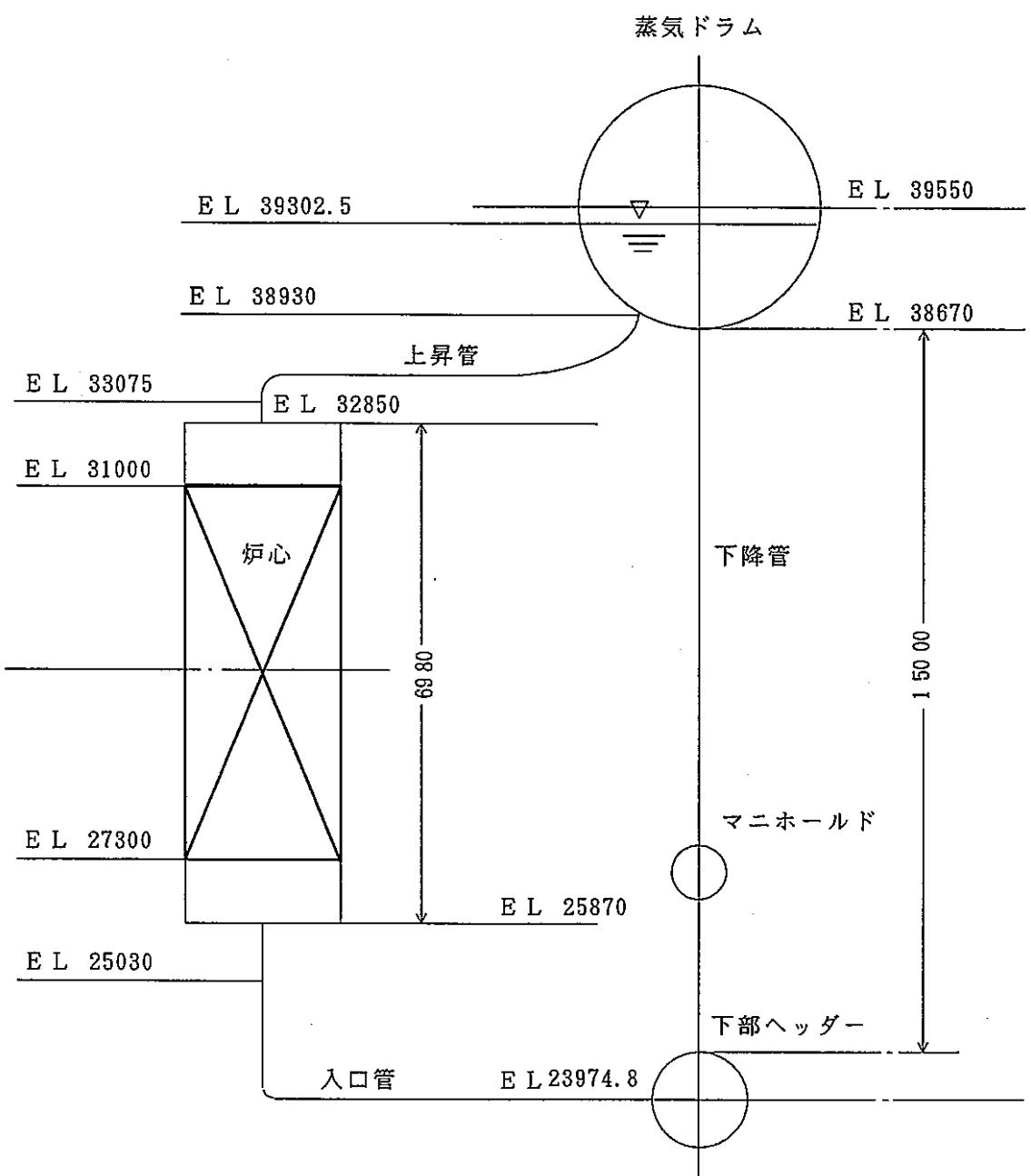


図 2.1 原子炉冷却系設備位置関係

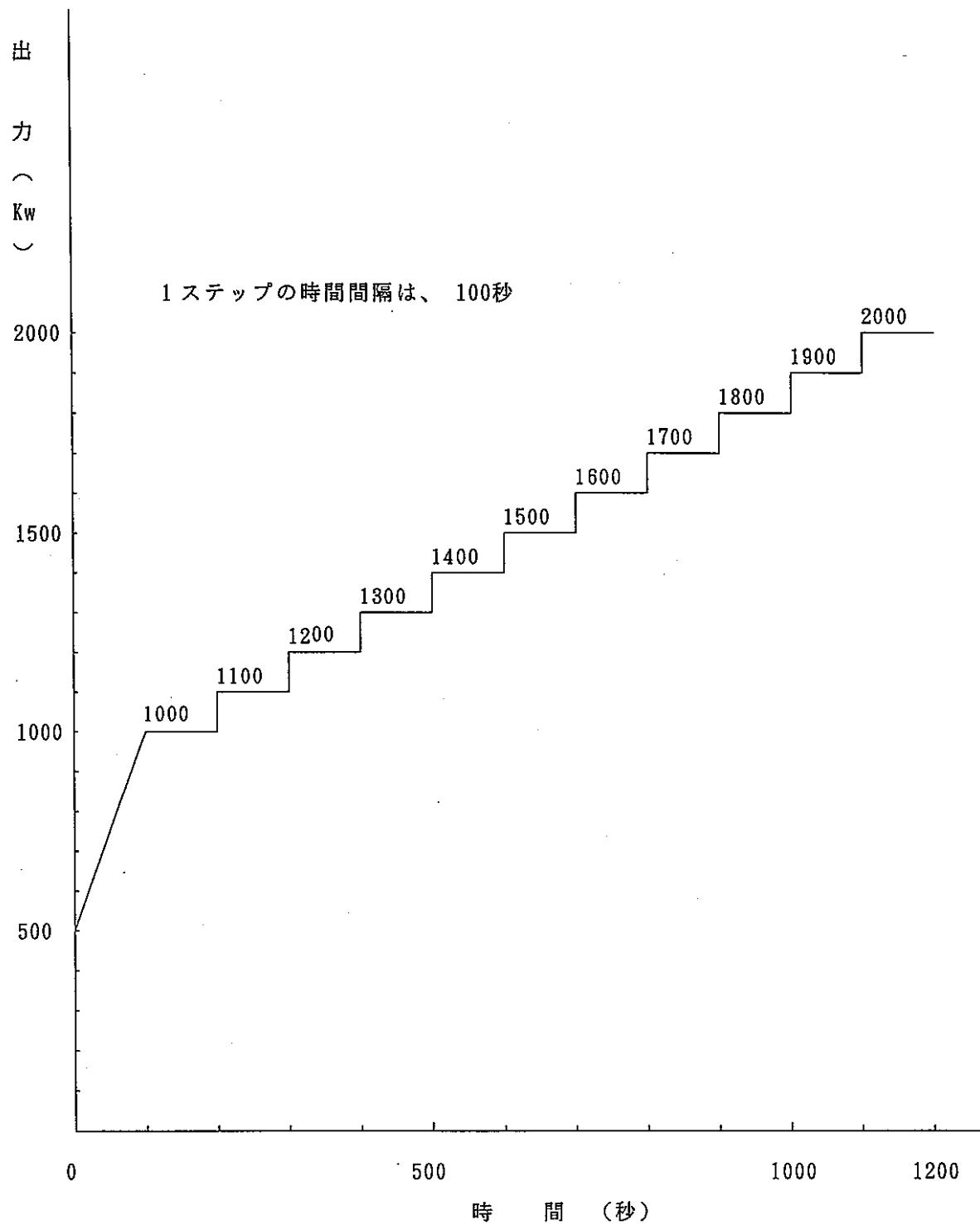


図 2.2 自然循環解析時の熱出力時系列変化

※ エレベーションの

数値の単位はmm。

※ カッコ内の数値は、

(長さ, 高さ) を示す。

(単位: m)

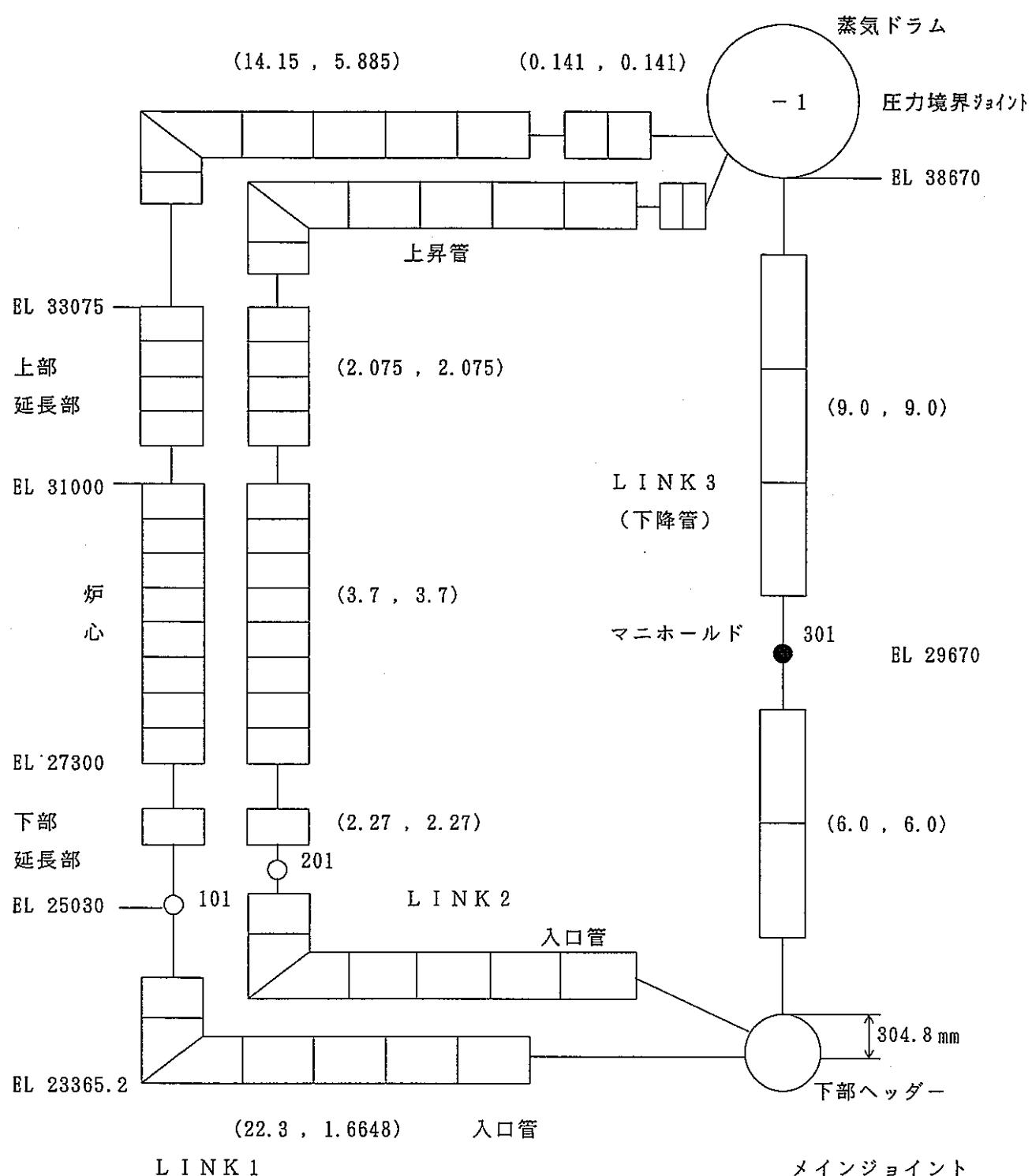


図2.3 自然循環解析時のノード分割図(ベースケース)

※ エレベーションの

数値の単位はmm。

※ カッコ内の数値は、

(長さ, 高さ) を示す。

(単位: m)

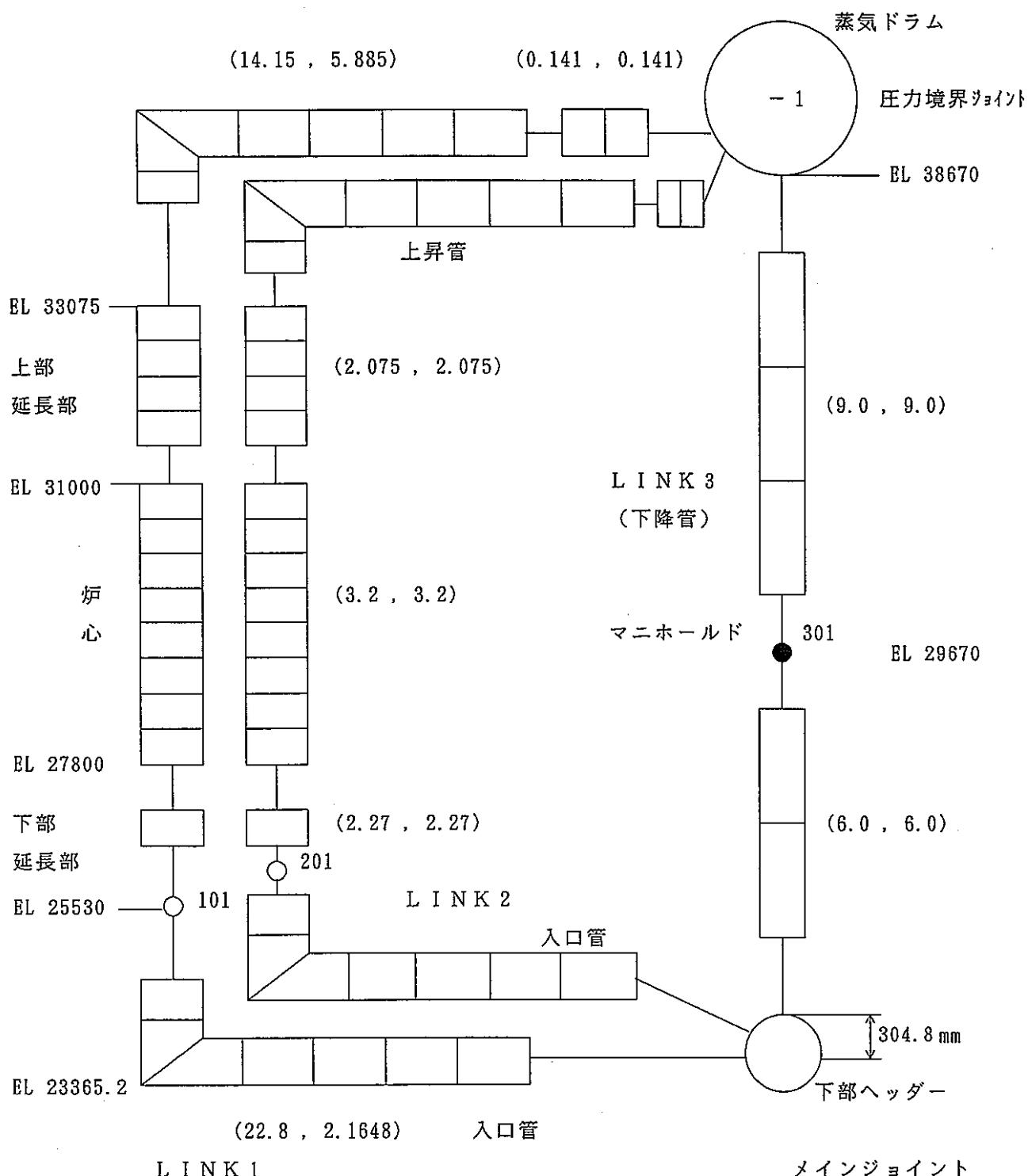


図 2.4 炉心長さを 3. 2 mとした場合のノード分割図

(注) 炉心を短くした分、入口管部を長くする。

※ エレベーションの

数値の単位はmm。

※ カッコ内の数値は、

(長さ, 高さ) を示す。

(単位: m)

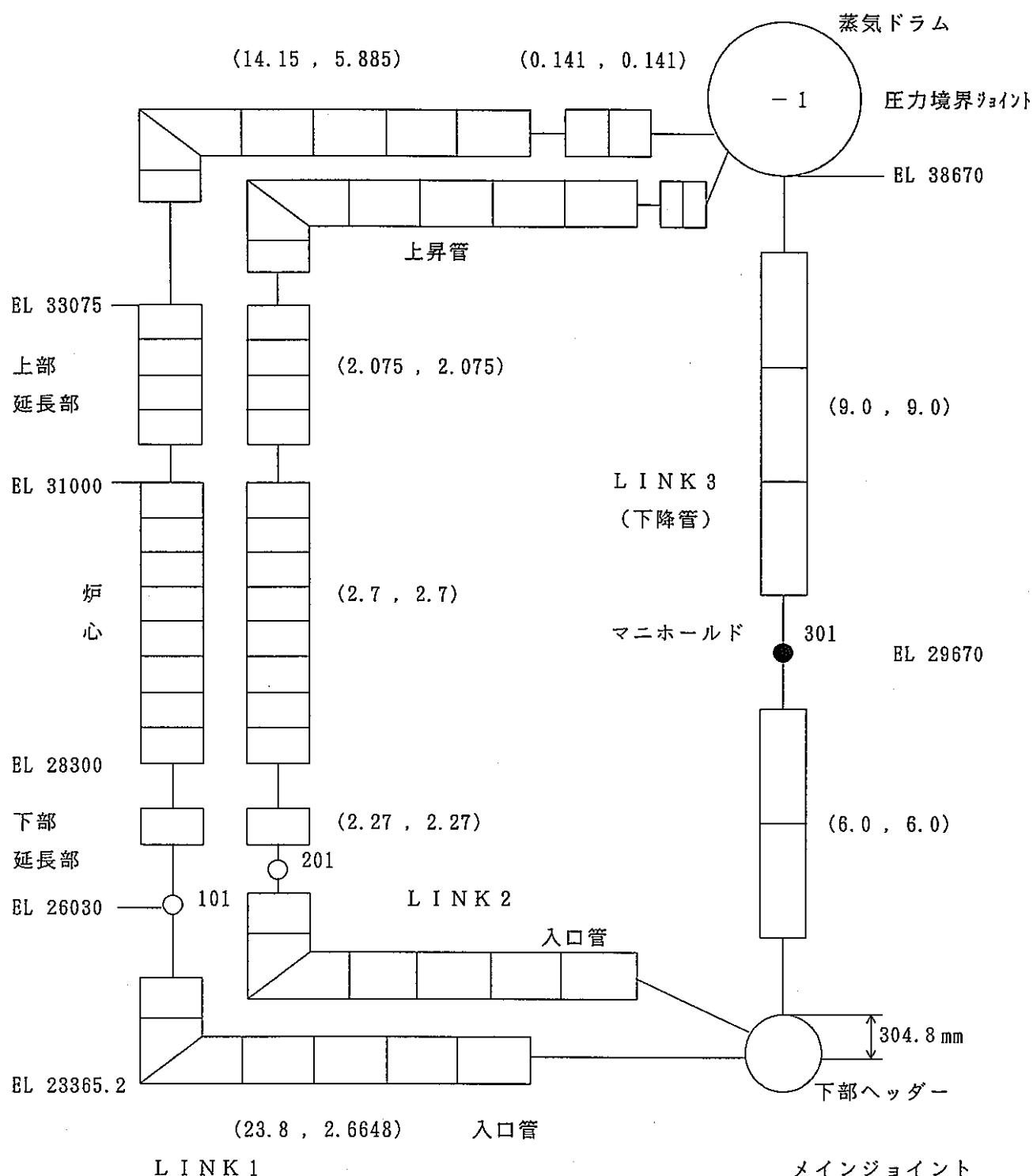


図2.5 炉心長さを2.7mとした場合のノード分割図

(注) 炉心を短くした分、入口管部を長くする。

※ エレベーションの

数値の単位はmm。

※ カッコ内の数値は、

(長さ, 高さ) を示す。

(単位: m)

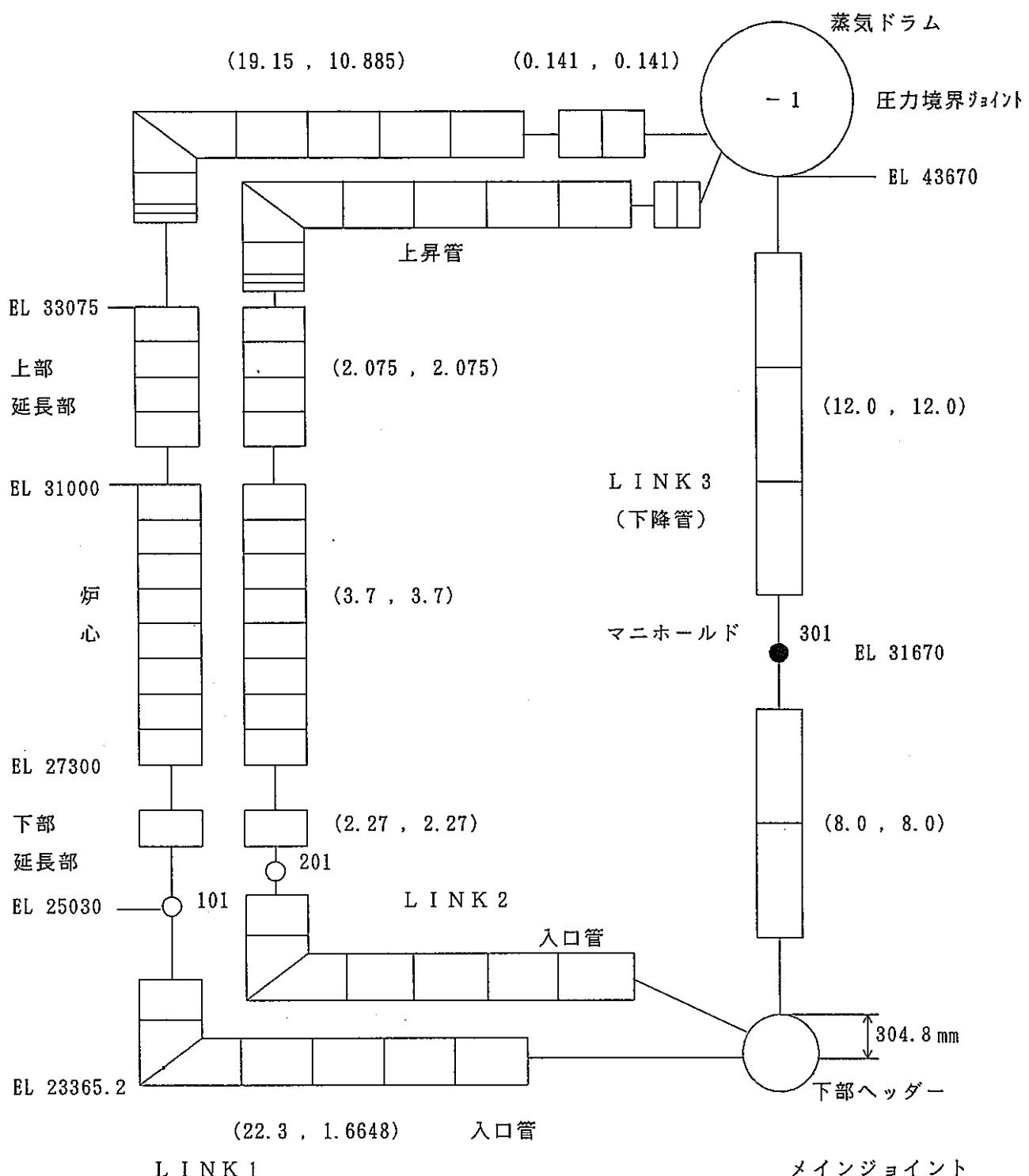


図 2.6 下降管高さを 20 mとした場合のノード分割図

(注) 下降管を長くする分、上昇管を長くする。

※ エレベーションの

数値の単位はmm。

※ カッコ内の数値は、

(長さ, 高さ) を示す。

(単位: m)

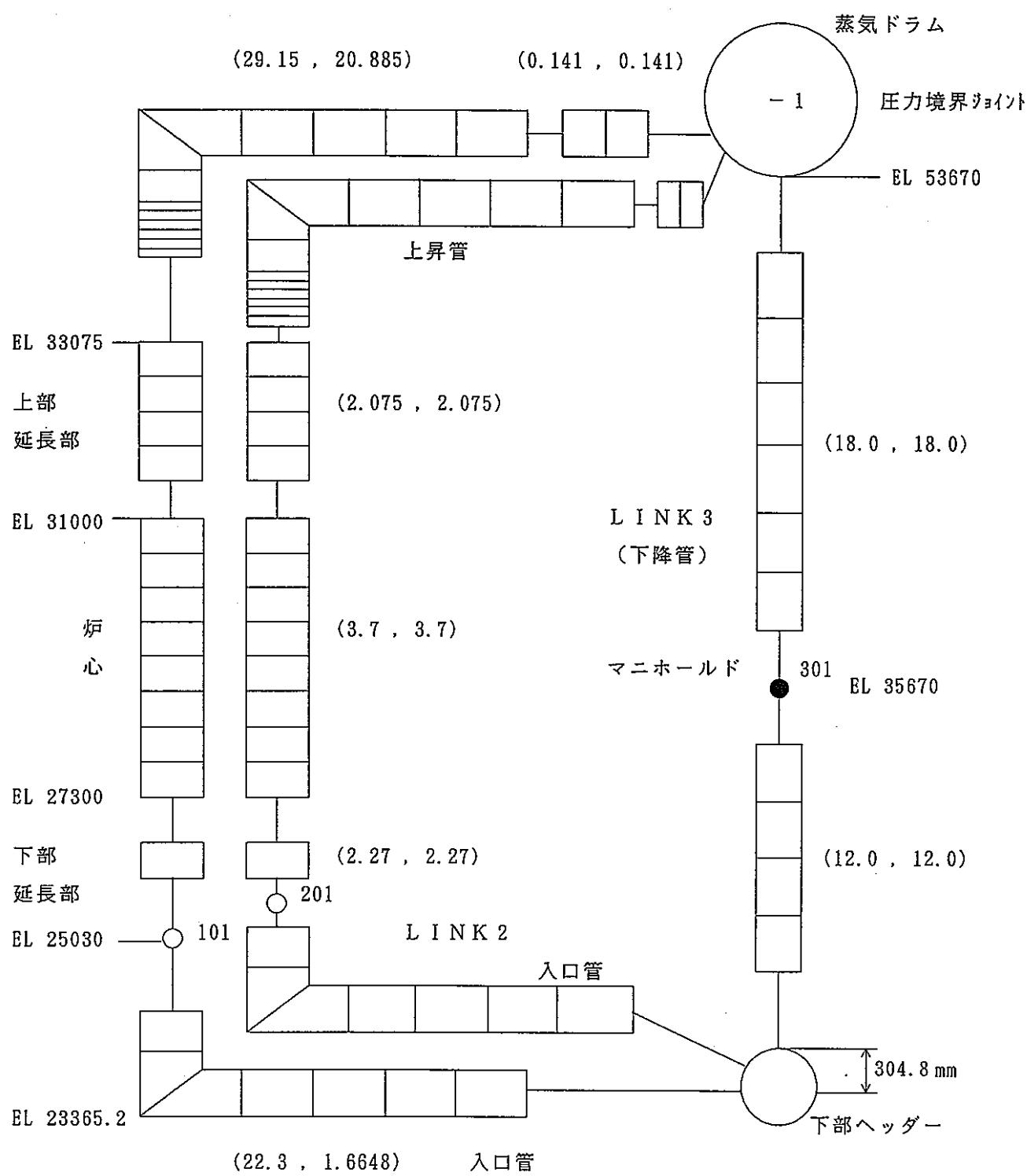


図2.7 下降管高さを30mとした場合のノード分割図

(注) 下降管を長くする分、上昇管を長くする。

※ エレベーションの

数値の単位はmm。

※ カッコ内の数値は、

(長さ, 高さ) を示す。

(単位: m)

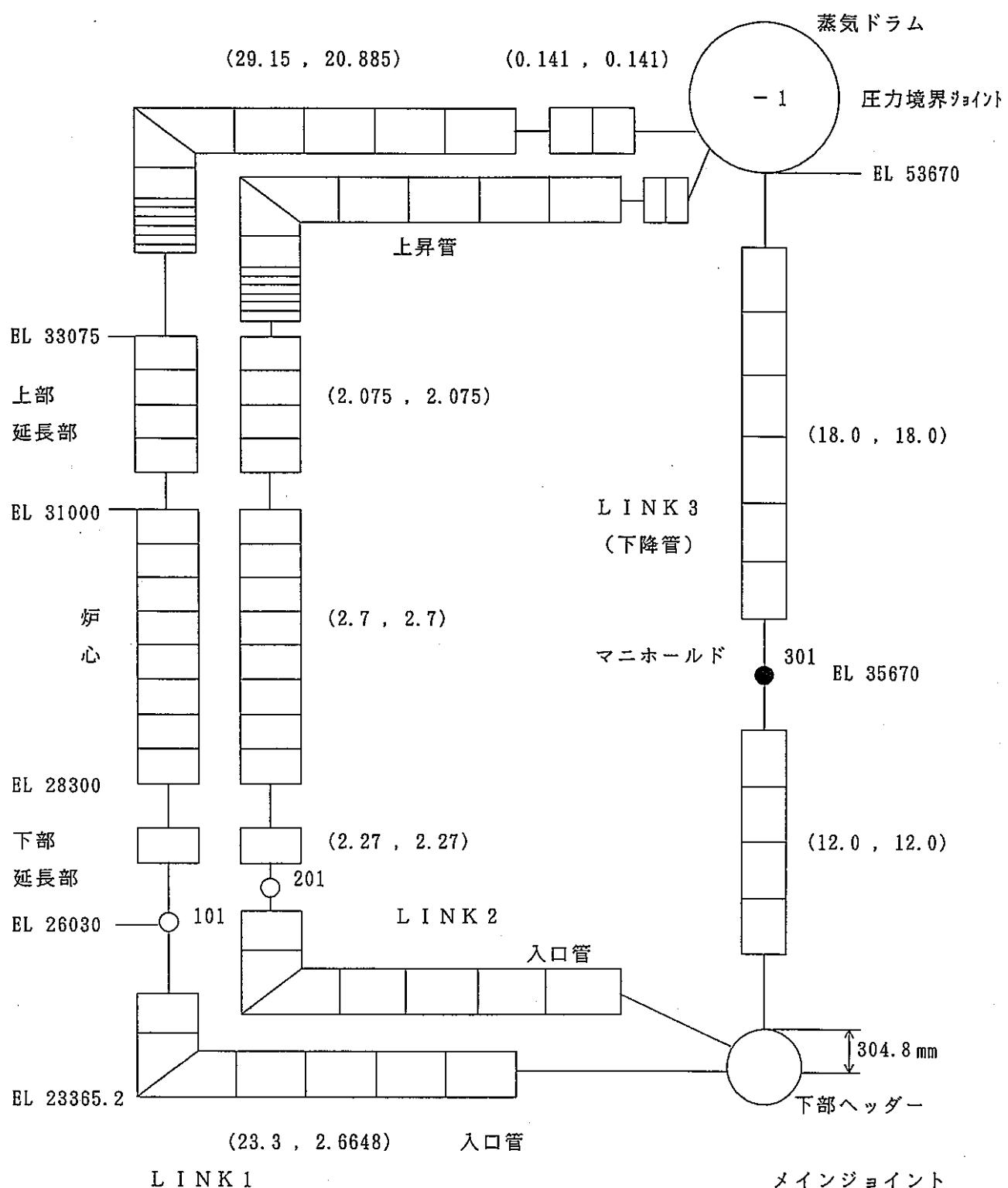


図2.8 総合ケースのノード分割図

### 3. 自然循環特性解析

#### 3.1 基本ケース解析結果

基本ケースのまとめを表3.1、図3.1.1に示す。また、基本ケースの定常計算結果を図3.1.2～3.1.5に、過渡計算結果を図3.1.6～3.1.9に示す。

##### (1) 定常計算結果

図3.1.3に示すよう各チャンネルの出力を零秒～300秒で零Mw～0.5Mwに上昇させ、その後1000秒まで0.5Mw一定とする。チャンネル出力が約0.04Mwでチャンネル流量は約1.8kg/s、300秒で2.0kg/sとなり、その後1000秒までの変化はほとんど無い。蒸気ドラム水位は、出力上昇に伴う炉心ボイド率の上昇によって、初期に上昇する（図3.1.2）が、主蒸気流量に比べ、給水流量が絞られる（図3.1.4）ため蒸気ドラム水位は徐々に低下し、約1000秒でNWLに安定する。蒸気ドラム水位がNWLで安定すると給水流量は主蒸気流量と等しくなり、安定する。1000秒では、蒸気ドラム圧力：68kg/cm<sup>2</sup>、再循環流量：560kg/s、チャンネル流量：2.0kg/s、給水流量：約68kg/s、主蒸気流量：約68kg/s、炉心入口エンタルピー：285.4kcal/kgで安定となる。

##### (2) 過渡計算結果

図3.1.7に示すよう1チャンネルの出力を上昇させる、出力が0.5Mw～1.0Mwの間該当チャンネルの流量は増加するが、出力が1.0Mw以上では、出力上昇により流量が減少する。これは、炉心部～上昇管部のボイド率の上昇によるヘッド差の増加以上に、二相圧損増倍係数が大きくなることによるものと考えられる。このため、出力の上昇に従って炉心は熱的に厳しい状態となり、表3.1と図3.1.1に示すよう基本ケースでは、出力1.9Mwでドライアウトする。このため本ケースでは、1チャンネル当たり1.8Mwの出力が確保されることが明らかとなった。また、最大自然循環流量は2.47kg/s（出力1.0Mw時）である。

#### 3.2 感度解析

##### (1) 入口管口径の影響

基本ケースの入口管口径は2Bである、これに対して3Bと太くしたケースの解析を実施した。入口管口径2B、3Bの計算結果の比較を図3.2.1にまとめて示す。また、入口管口径3Bのケースの解析結果を図3.2.2～図3.2.4に示す。図3.2.3に示すよう本ケースでは出力を1.1Mw以上とすると出力変化チャンネル流量の振動が激しくなり、出力一定とする時間間隔を200秒としても出力が1.4Mw、1.6Mwの場合には、振動が消えなかった。また、ドライアウト出力は1.9Mwであり入口管口径2Bのケースと同じであった。図3.2.1に示すよう出力が1.3Mw以下の場合は、明らかに入口管口径を3Bとしたケースの流量が多く、出力1.0Mwでは、2.79kg/sの流量を得られる。これは入口管口径が大きい場合入口管の圧力損失が小さくなり流れやすくなるためである。しかし、入口部の

圧力損失が小さくなるため流動の安定性は悪くなり、振動が生じやすくなる。従って、入口管は2 Bとした方が良いと考えられる。

### (2) 上昇管口径の影響

基本ケースの上昇管口径は3 Bである、これに対して4 B、5 Bと太くしたケースの解析を実施した。上昇管口径3 B、4 B、及び5 Bの計算結果の比較を図3.3.1にまとめて示す。また、上昇管口径4 Bのケースの解析結果を図3.3.2～図3.3.4、同じく5 Bのケースの解析結果を図3.3.5～図3.3.7に示す。図3.3.1に示すよう上昇管口径が大きくなるにつれ、上昇管部の圧力損失が低下し多くの循環量を確保する事が出来る。ドライアウトするチャンネル出力は、図3.3.1に示すよう上昇管口径3 Bのケースでは、1.9Mw、口径4 B、5 Bのケースでは、2.0Mwとなる。最大確保できる循環量は上昇管口径3 B、4 B、5 Bについてチャンネル出力1.0Mwの時、それぞれ、2.46kg/s、2.61kg/s、2.64kg/sである。そして、それらの比は1.0:1.061:1.073となる。上昇管口径が3 B、4 B、5 Bの流路断面積はそれぞれ 0.00429 m<sup>2</sup>、0.00741 m<sup>2</sup>、0.01146 m<sup>2</sup>でありそれらの比は1.0:1.727:2.671となる。従って、循環量の増加率は、流路断面積の増加率に比較して多くないことが判る。しかし、どの出力においても上昇管口径は大きいほど循環量が多いことが明らかとなった。従って、今後上昇管口径を5 Bとし解析を行う。なお、上昇管口径を6 Bとした解析も行ったが、定常計算の途中で異常終了した。蒸気ドラム体積を変えることにより、解析は可能と考えられるが、上昇管口径を4 Bから5 Bに変えた場合、循環量は顕著に増加していないため6 Bにしても著しい増加は考えられないため、再解析は行わなかった。

### (3) 炉心長さの影響

(2)で上昇管口径を5 Bとしたケース2-2がこれまで最も循環量を確保できることが明らかとなっている、そこでケース2-2を基に炉心長を短くしたケースの感度を調べる。ケース2-2の炉心長さは3.7mである、これに対して3.2m、2.7mと炉心を短くする。ここで、炉心を短くした長さ分入口管を長くする。また、炉心部スペーサの圧力損失は、炉心長さ3.7mの時の値をそれぞれの炉心長さの比で与える。

炉心長さ3.7m、3.2m及び2.7mのケースの解析結果を図3.4.1にまとめて示す。また、炉心長さ3.2mのケースの解析結果を図3.4.2～図3.4.4、同じく2.7mのケースの解析結果を図3.4.5～図3.4.7に示す。図3.4.1示すよう炉心長さが短くなるにつれ、出力が1.0Mwを越える出力領域で多くの循環量を確保する事が出来る。各ケースの循環量の差は出力が高くなるほど大きくなる傾向がある。しかし、出力が1.0Mw以下の出力領域では逆の傾向である。これは、炉心が短い場合炉心入口部の位置が高いため水頭差が小さくなり、出力が低い条件では、炉

心が短い方が循環量が少なく、出力が高くなると炉心部の冷却材クオリティが高くなり二相圧損の影響が強くなるためと考えられる。循環量に差はあるが図3.4.1に示すよう3ケース共チャンネル出力が2.0Mwでドライアウトする。最大確保できる循環量は炉心長さ3.7m、3.2mについてチャンネル出力1.0Mwの時、それぞれ、2.64kg/s、2.63kg/sであり、炉心長さ2.7mのケースでは、チャンネル出力1.1Mwの時、2.64kg/sとなる。

#### (4) 下降管高さの影響

(2)で上昇管口径を5Bとしたケース2-2がこれまで最も循環量を確保できることが明らかとなっている、そこでケース2-2を基に下降管を高くし、上昇管を高くしたケースの感度を調べることとした。しかし、下降管を高くしたケースでは蒸気ドラム内の圧力計算の収束性が悪く、定常計算が最後まで実行できなかつた。そこで入力データの蒸気ドラム体積をケース2-2の3倍とし、計算の安定性をよくした。蒸気ドラム体積が自然循環量に感度のないことを確認するために、蒸気ドラム体積をケース2-2の3倍とし、下降管高さはケース2-2と同様15mとしたケース4-3を設定した。この結果、ケース2-2とケース4-3の自然循環量に差は無く、蒸気ドラム体積が自然循環量に感度のないことを確認できた。次に、蒸気ドラム体積をケース2-2の3倍とし、下降管高さを20mとしたケースをケース4-1、下降管高さを30mとしたケースをケース4-2とし、解析を行つた。

ケース4-1、4-2、4-3のまとめを図3.5.1に示す。また、下降管高さ20mのケースの解析結果を図3.5.2～図3.5.4に、30mのケースの解析結果を図3.5.5～図3.5.7に、同じく15mのケースの解析結果を図3.5.8～図3.5.10に示す。図3.5.1に示すよう下降管高さを高くするにつれ循環量が多くなり、そのためドライアウトの発生する出力領域が高くなることが明確になった。下降管高さを30mとしたケース4-2においては、出力を2.8Mwまで上げられ、最も循環量の多くなる出力は1.5Mwでありその時の循環量は4.29kg/sである。

#### (5) 総合解析

まず、多くのチャンネル出力、チャンネル流量を確保するための解析条件を(1)～(4)の解析結果より以下のように設定した。

- ① 入口管口径 2B
- ② 出口管口径 5B
- ③ 炉心長さ 2.7m
- ④ 下降管高さ 30m

上記解析条件で解析すれば、1本のチャンネルあたり、約3Mwの出力が得られ

ると考えられる。しかし、RPFを1.5程度と考えると平均チャンネルの出力は2Mw程度にする必要がある。従って、片ループ280本の全チャンネルの出力を2Mw(片ループ出力560Mw)とし解析を行なった。解析結果を表3.2、図3.6.1～3.6.4に示す。各チャンネルの出力を零秒～300秒で零Mw～2.0Mwまで上昇させ、その後一定とした。表3.6に示すようループ全体が安定する2000秒においてチャンネル流量は3.19kg/s、主蒸気流量は276.7kg/s 給水流量は276.7kg/s 再循環流量は899kg/sとなる。また、蒸気ドラム圧力は69.0kg/cm<sup>2</sup>となる。この結果、2ループで1000Mw以上の熱出力が得られることが明らかとなった。

表 3.1 自然循環解析（ベースケース）結果一覧

No.	時 間 (秒)	出力比 (-)	主蒸気流量 (kg/s)	給水流量 (kg/s)	チャンネル流量 (kg/s)		蒸気ドラム圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )	炉心入口エンタルビ (kcal/kg)		炉心入口サブクール (°C)		上昇管ボイド率 (-) : ノード	
					HOT	AVE.		HOT	AVE.	HOT	AVE.	HOT	AVE.
1	0.0	0.5	68.14	68.31	2.0	2.0	68.83	285.4	285.4	12.6	12.6	65.54	65.54
2	200.0	1.0	68.33	68.32	2.47	1.99	68.82	285.3	285.3	"	"	82.79	65.56
3	300.0	1.1	68.39	68.43	2.42	"	68.83	"	"	"	"	85.63	65.56
4	400.0	1.2	68.43	68.44	2.33	"	68.84	"	"	12.7	12.7	88.35	65.55
5	500.0	1.3	68.48	68.49	2.18	"	68.85	"	"	"	"	91.04	65.53
6	600.0	1.4	68.53	68.55	2.02	"	68.86	"	"	"	"	93.19	65.52
7	700.0	1.5	68.58	68.59	1.87	"	68.87	"	"	12.8	"	94.88	65.50
8	800.0	1.6	68.64	68.66	1.70	"	68.88	"	"	"	"	96.58	65.49
9	900.0	1.7	68.70	68.71	1.61	"	68.89	"	"	"	"	97.53	65.47
10	1000.0	1.8	68.75	68.76	1.53	"	68.90	"	"	12.9	12.8	98.26	65.46
11	1100.0	1.9	68.80	68.82	1.47	"	68.91	"	"	"	"	98.72	65.45
12	1200.0	2.0	68.86	68.87	1.43	"	68.92	"	"	"	"	99.13	65.44

表 3.2 総合解析結果（定常計算）

No		数 値
1	チャンネル流量(kg/s)	3. 1 9
2	主蒸気流量(kg/s)	2 7 6. 7
3	給水流量(kg/s)	2 7 6. 7
4	給水エンタルピ(kcal/kg)	1 8 2. 3 *1
5	再循環流量(kg/s)	8 9 9. 1
6	蒸気ドラム圧力(kg/cm <sup>2</sup> )	6 9. 0
7	炉心入口エンタルピ(kcal/kg)	2 6 3. 9

注) \*1 ; 給水温度180°Cとしてコードへ入力。

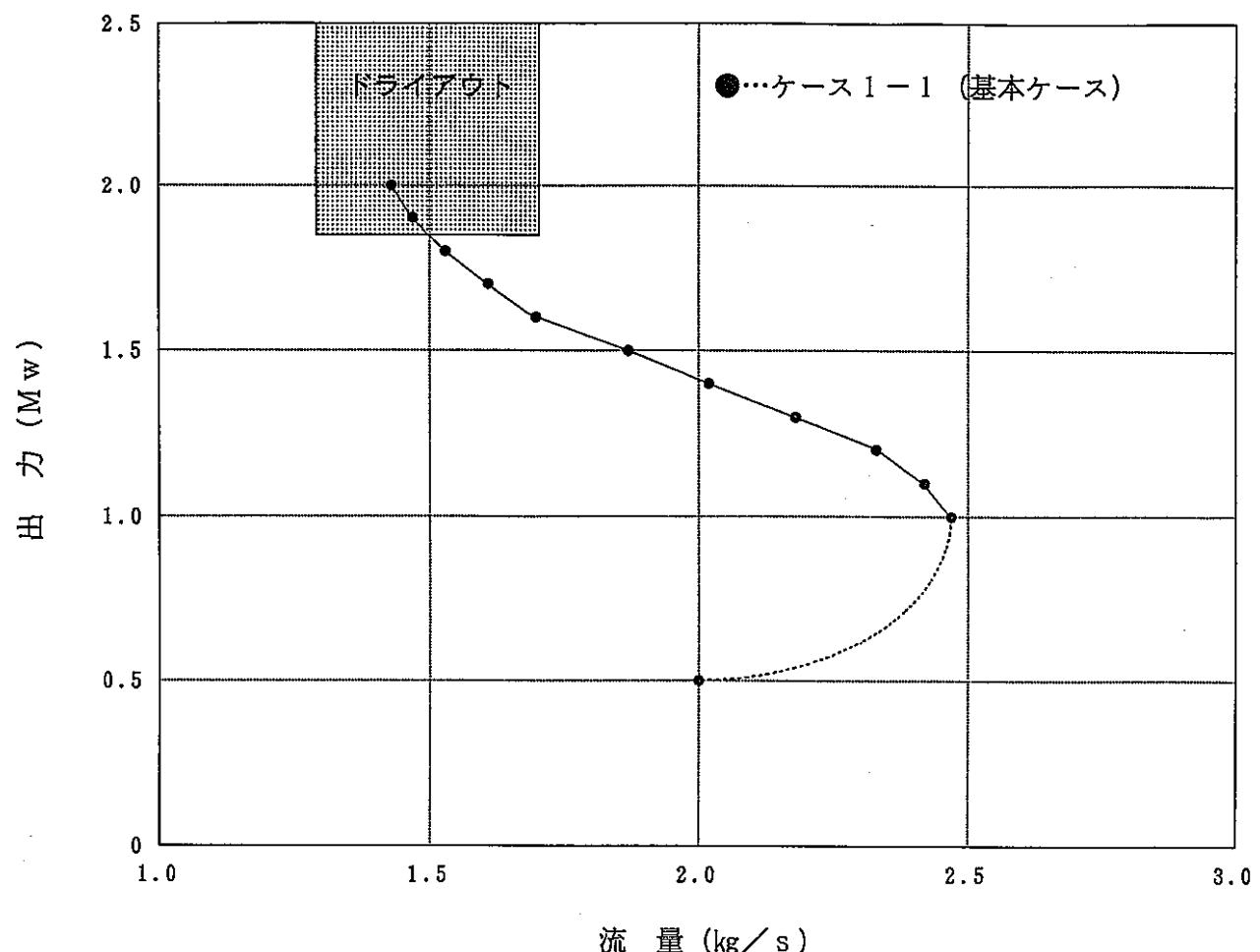


図3.1.1 チャンネル出力と流量の関係（基本ケース）

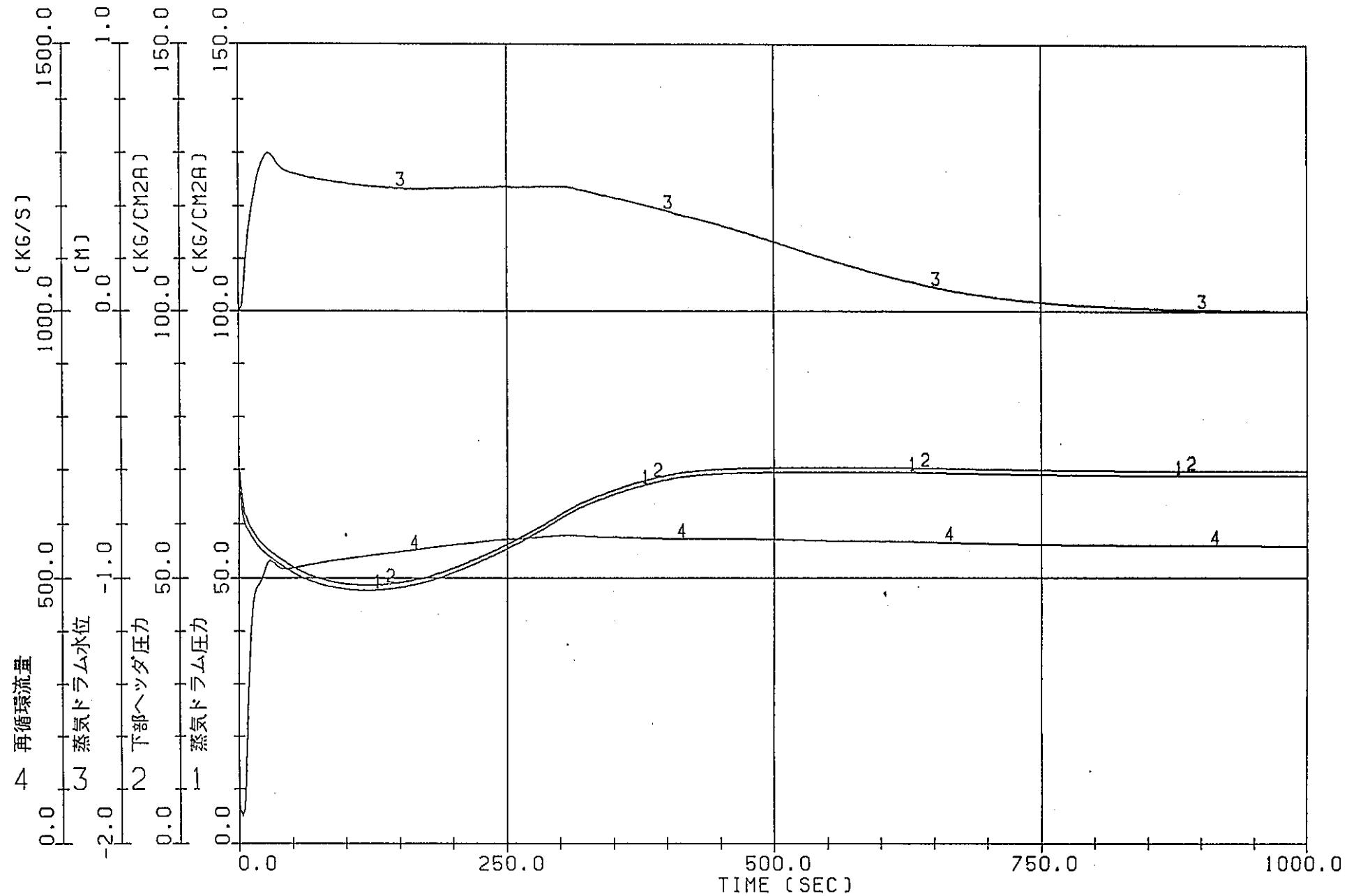


図3.1.2 ATR中小型炉の自然循環特性解析（定常計算）  
(ベースケース, ケース1-1)

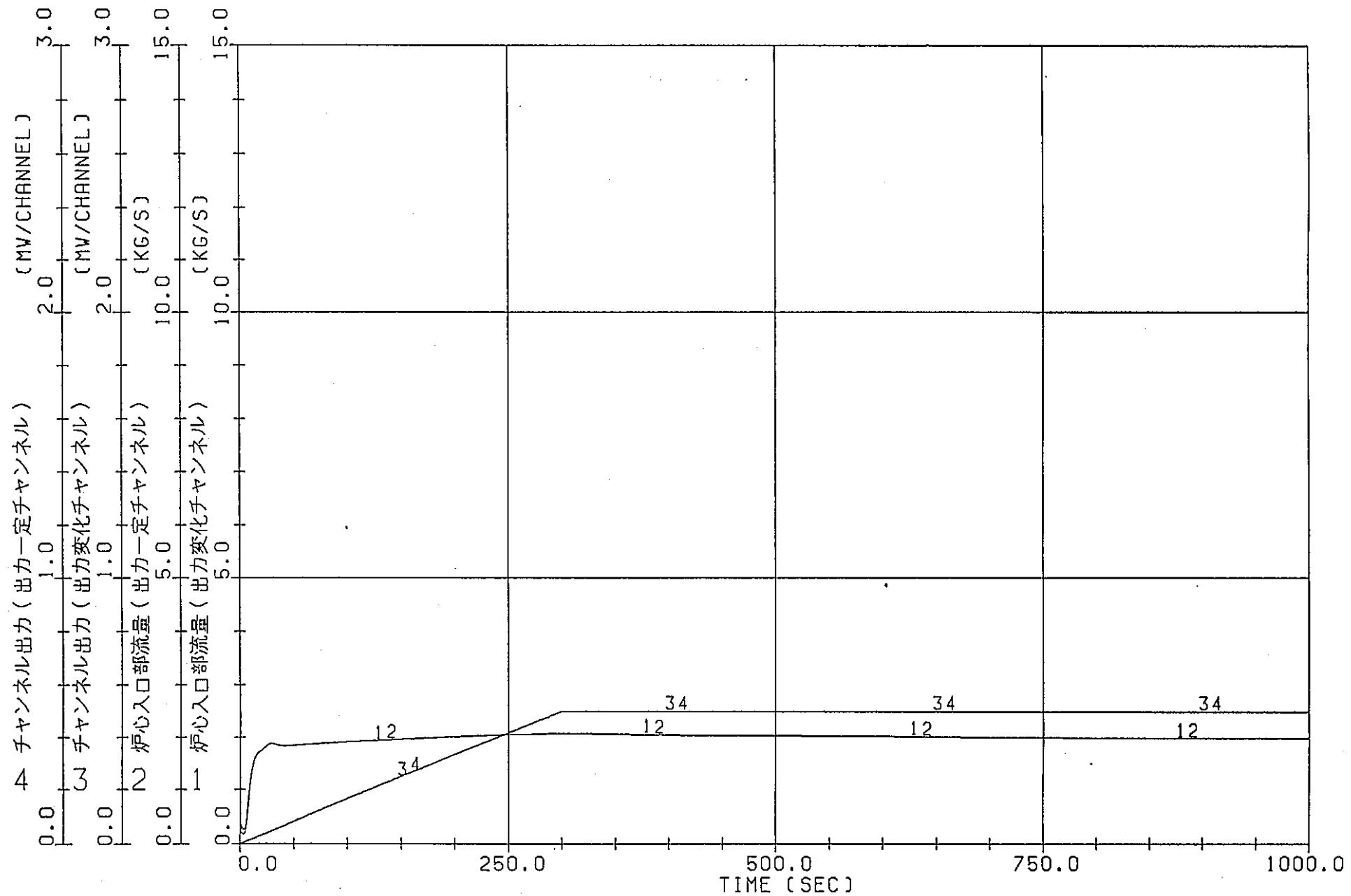


図3.1.3 ATR中小型炉の自然循環特性解析（定常計算）  
(ベースケース, ケース1-1)

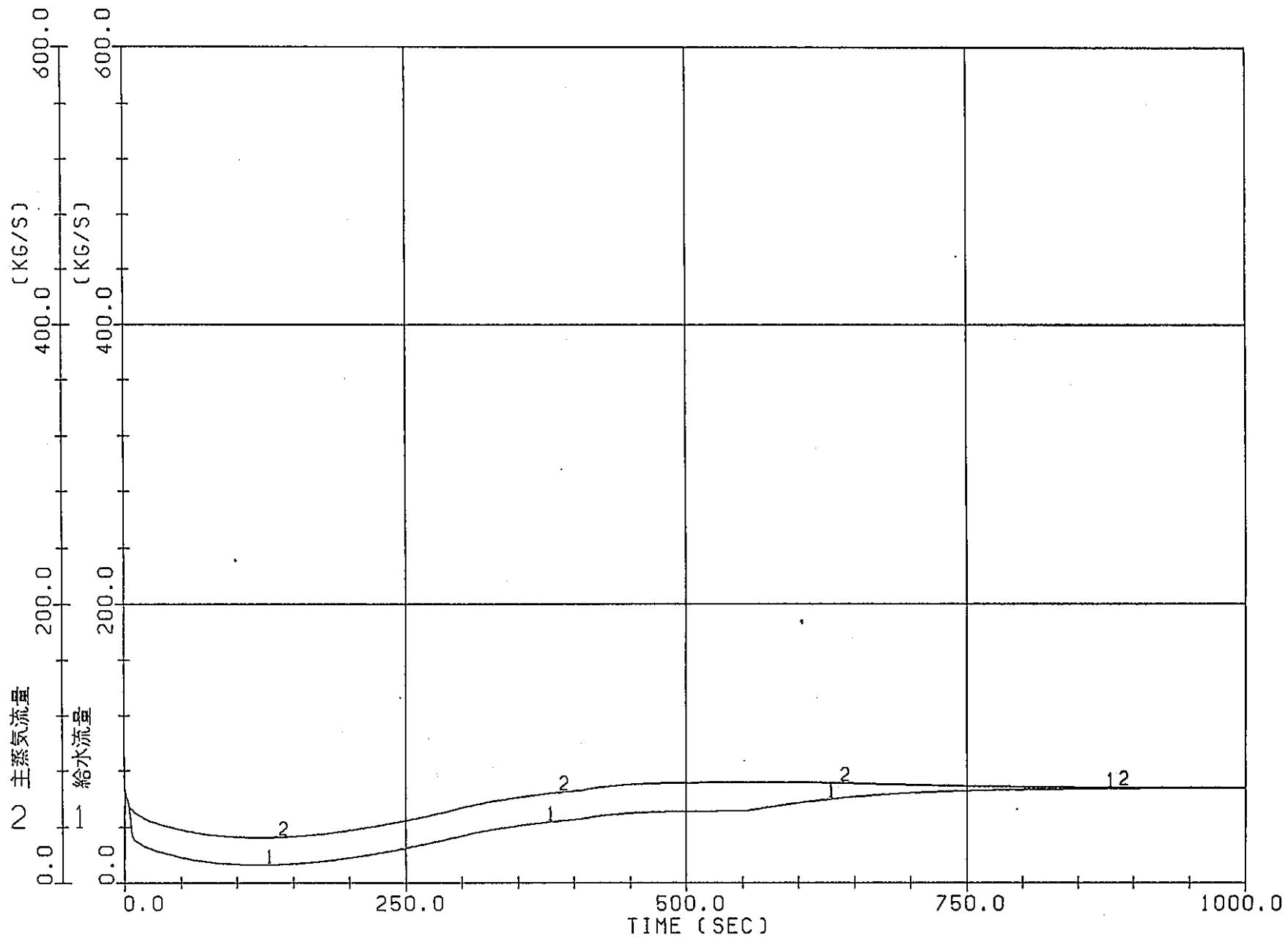


図3.1.4 ATR中小型炉の自然循環特性解析（定常計算）  
(ベースケース, ケース1-1)

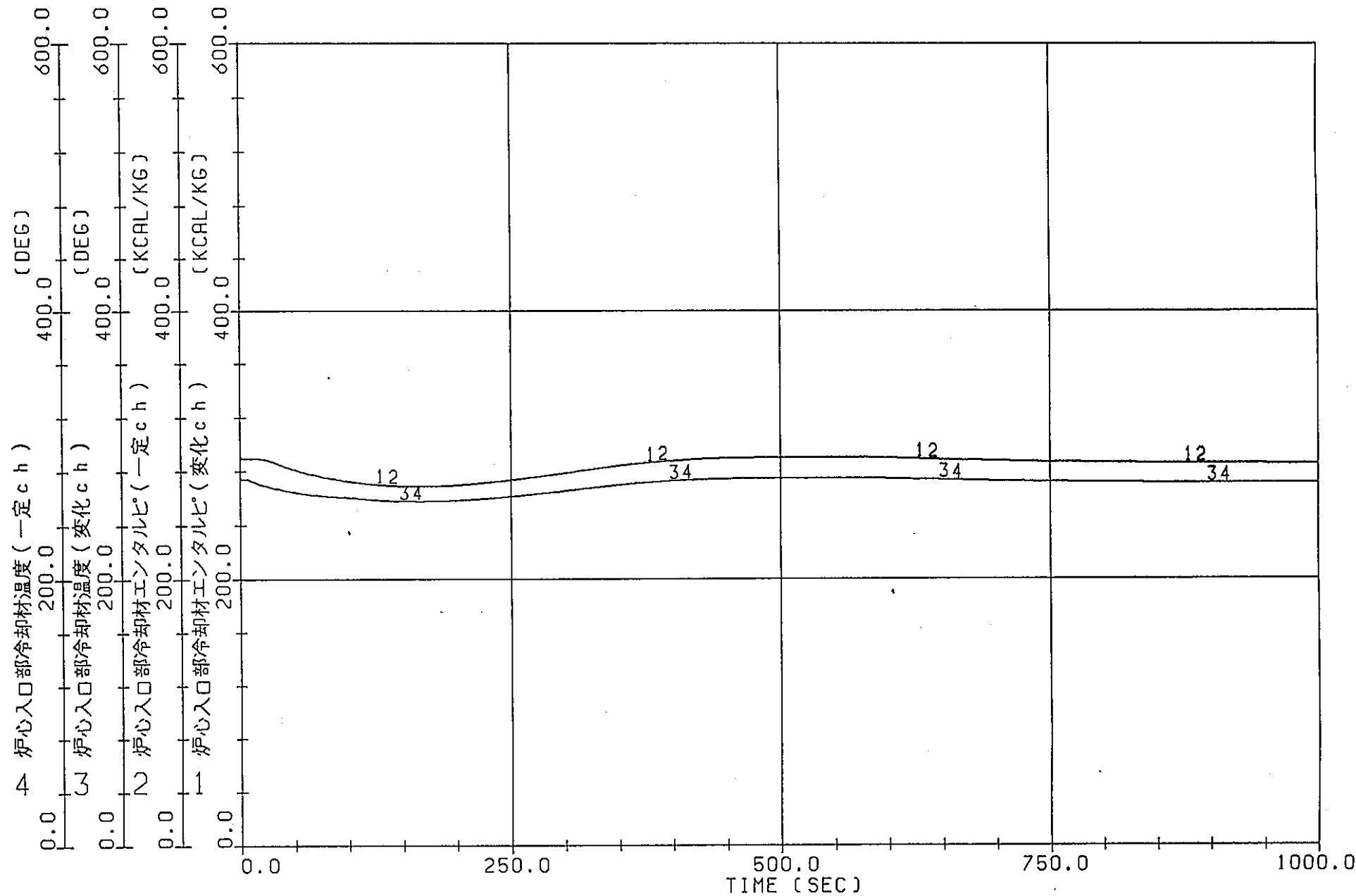


図3.1.5 ATR中小型炉の自然循環特性解析（定常計算）  
(ベースケース、ケース1-1)

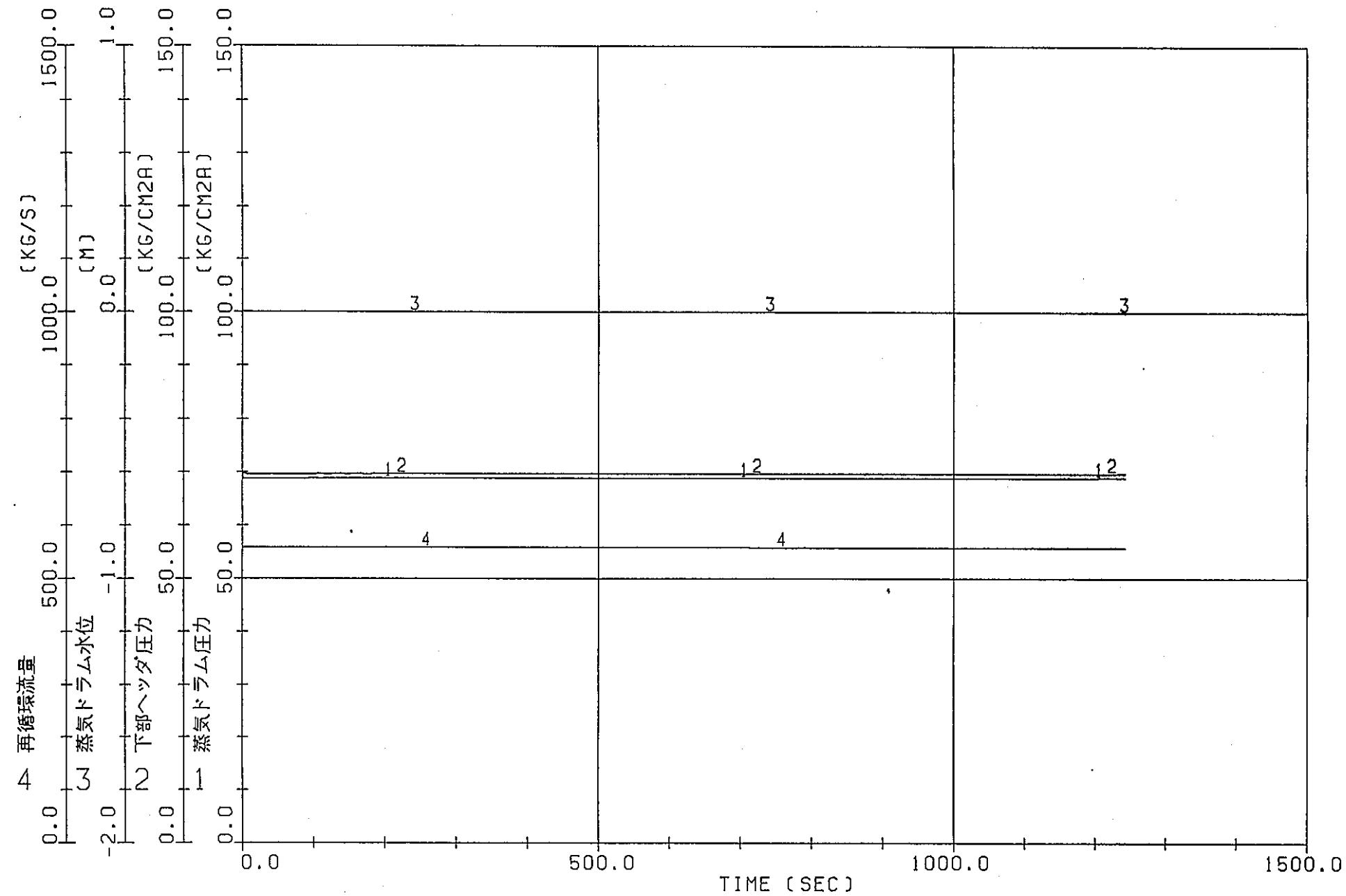


図3.1.6 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(ベースケース, ケース1-1)

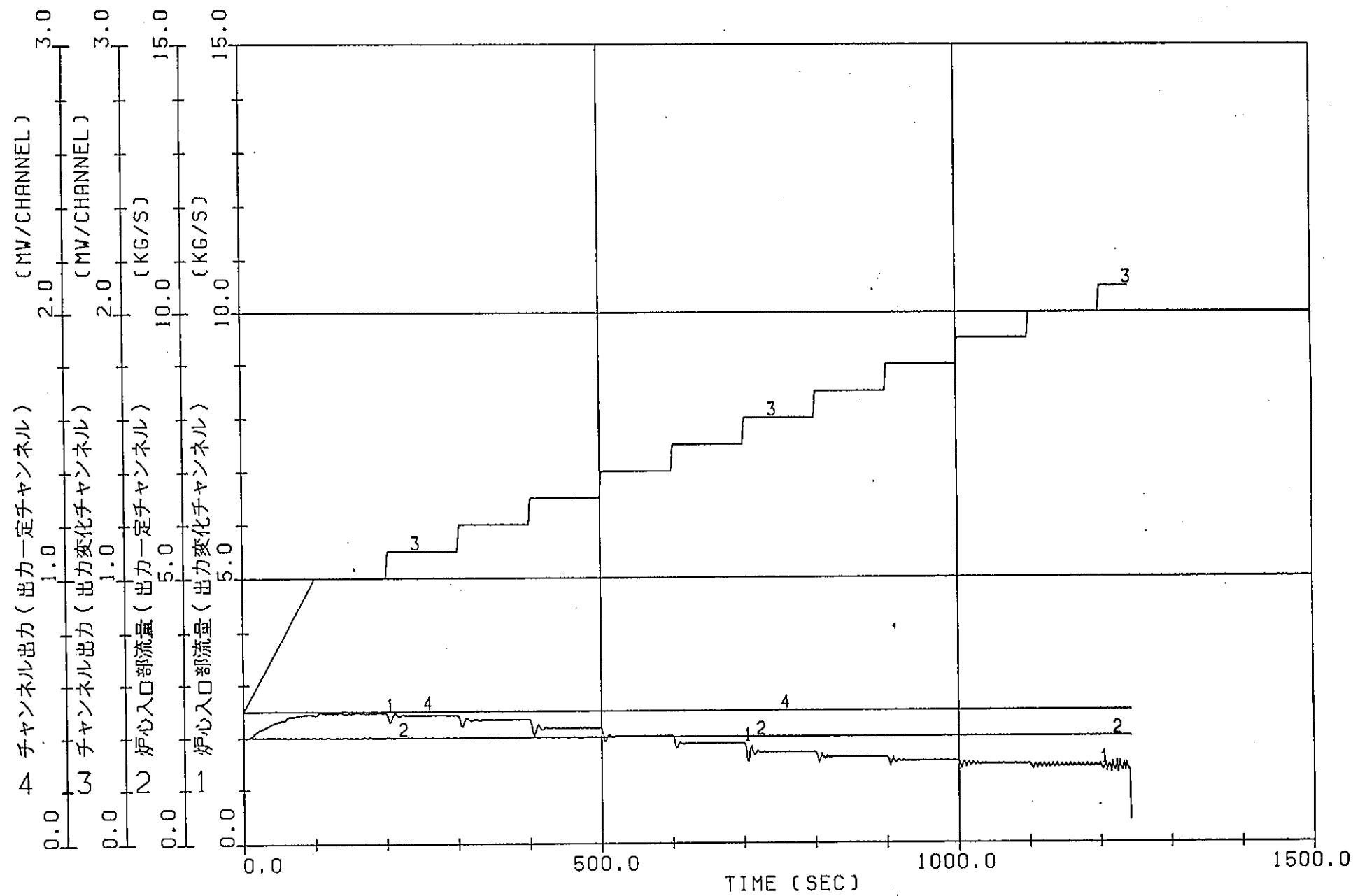


図3.1.7 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(ベースケース, ケース1-1)

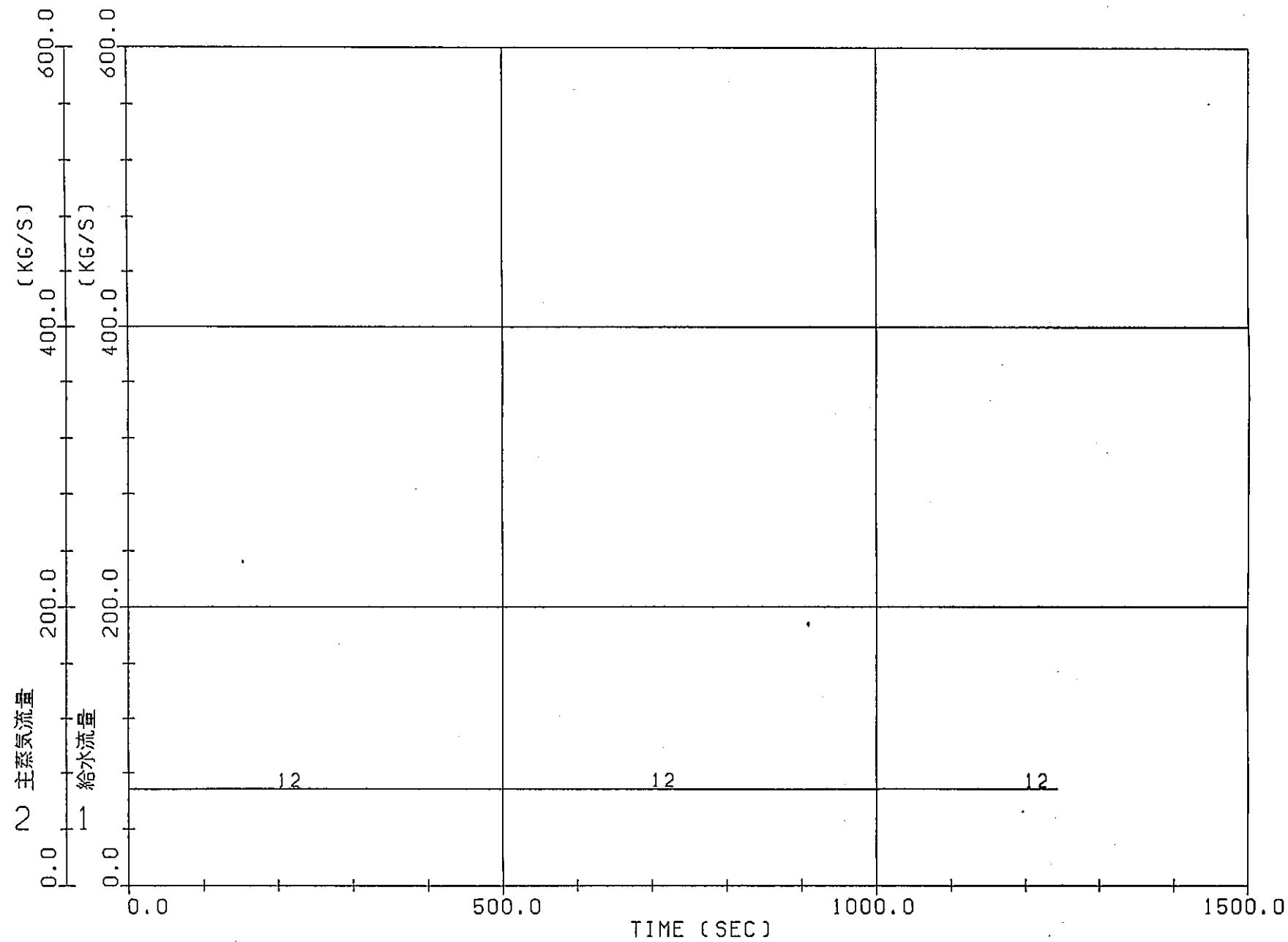


図3.1.8 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(ベースケース, ケース1-1)

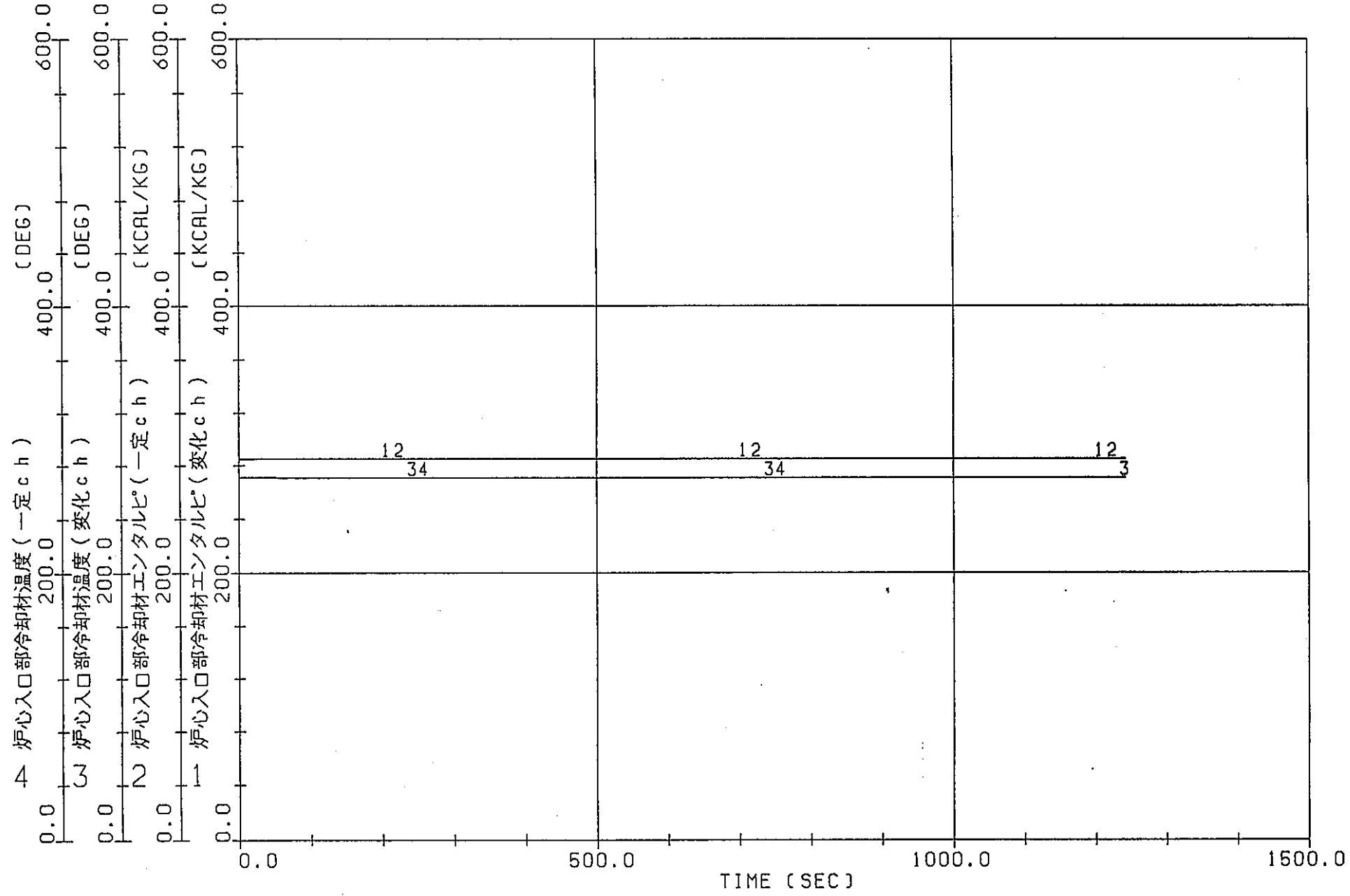


図3.1.9 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(ベースケース, ケース1-1)

No.	出力 (MW)	ホットチャンネル流量 (kg/s)	
		ケース1-1 <sup>*1</sup>	ケース1-2 <sup>*2</sup>
1	0.5	2.00	2.09
2	1.0	2.47	2.79
3	1.1	2.42	2.75
4	1.2	2.33	2.65
5	1.3	2.18	2.26
6	1.4	2.02	2.14
7	1.5	1.87	1.77
8	1.6	1.70	1.71
9	1.7	1.61	1.60
10	1.8	1.53	1.51
11	1.9	1.47	1.47
12	2.0	1.43	—

注) \*1 : ケース1は、ベースケース(入口管口径:2B)、出力を一定とする間隔は、100秒。

\*2 : ケース2は、入口管口径を3Bとし、出力を一定とする間隔は、200秒。

ドライアウト : ケース1-1……1025.0秒(1.9MW), ノード7

ケース1-2……2025.0秒(1.9MW), ノード6, 8

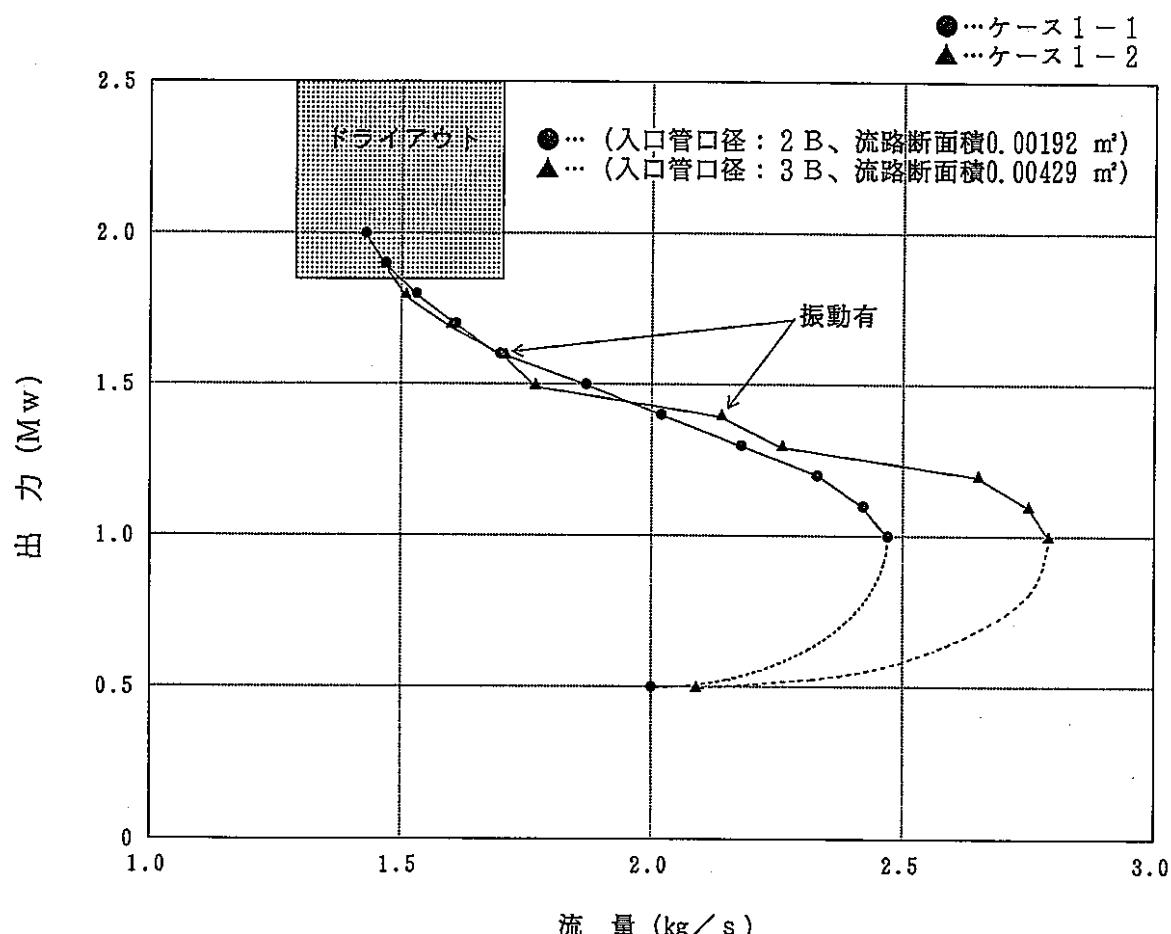


図3.2.1 チャンネル出力と流量の関係(入口管口径の影響)

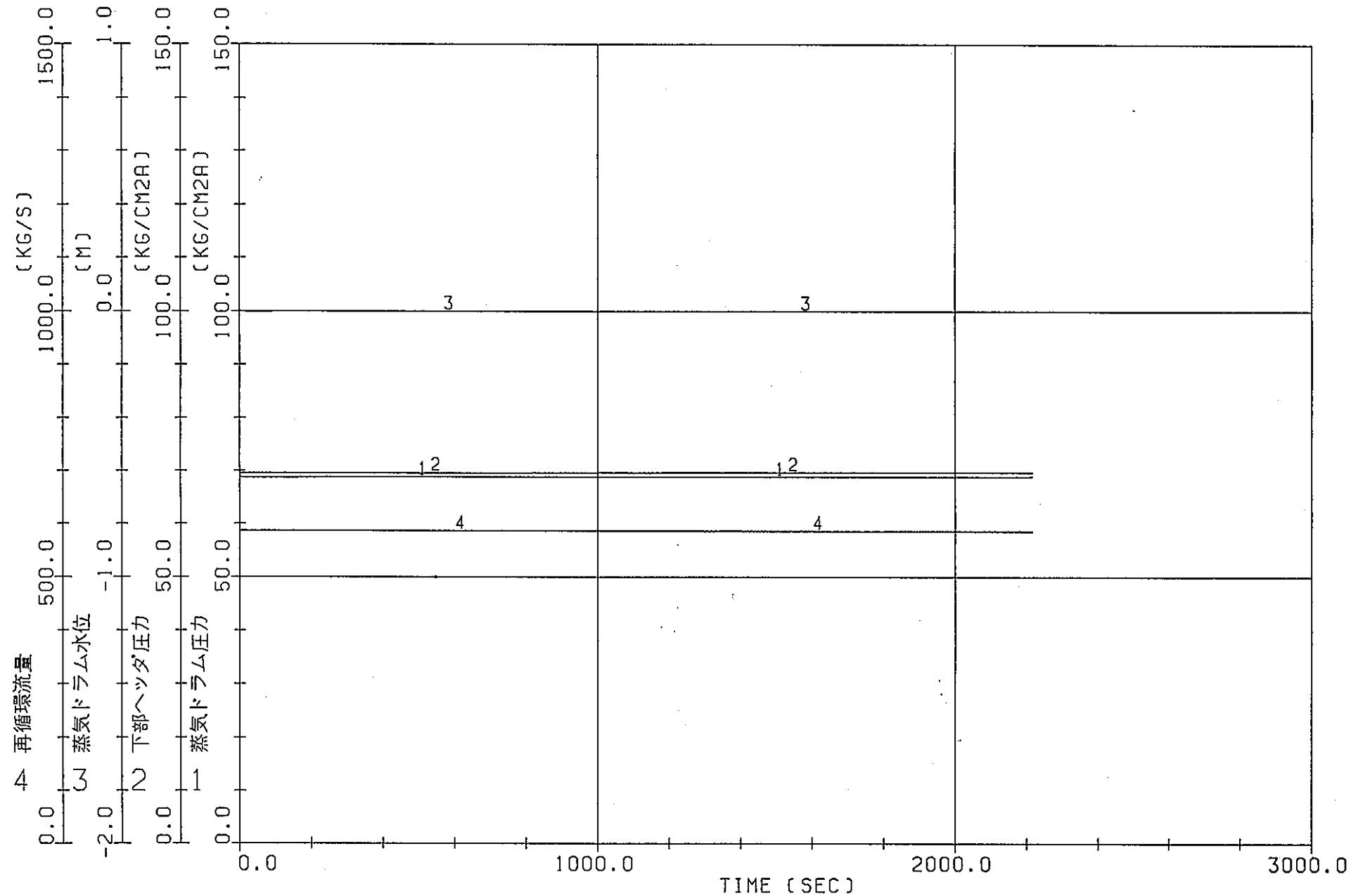


図3.2.2 ATR中小型炉の自然循環特性解析(過渡計算)  
(入口管口径3B, ケース1-2)

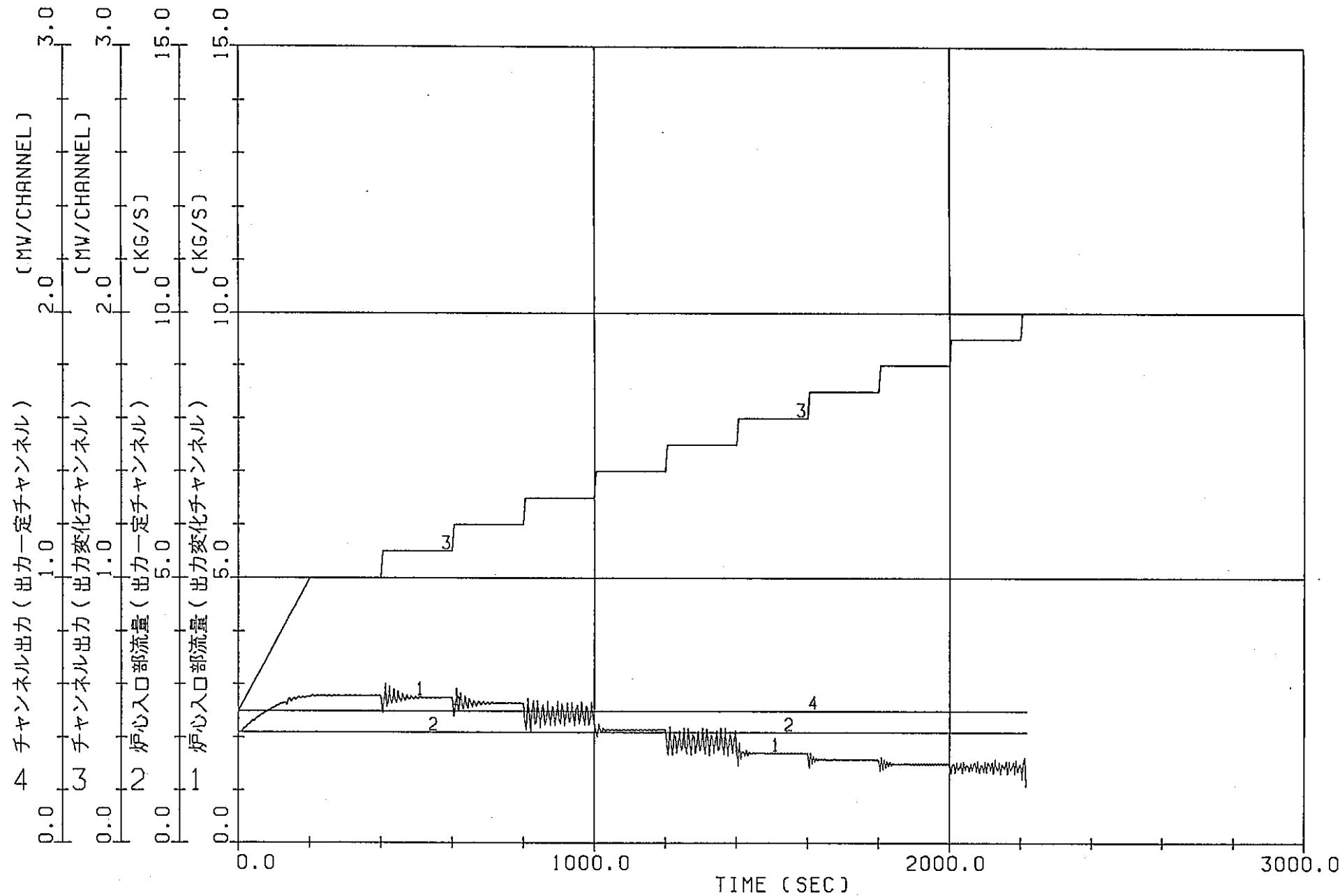


図3.2.3 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(入口管口径3B, ケース1-2)

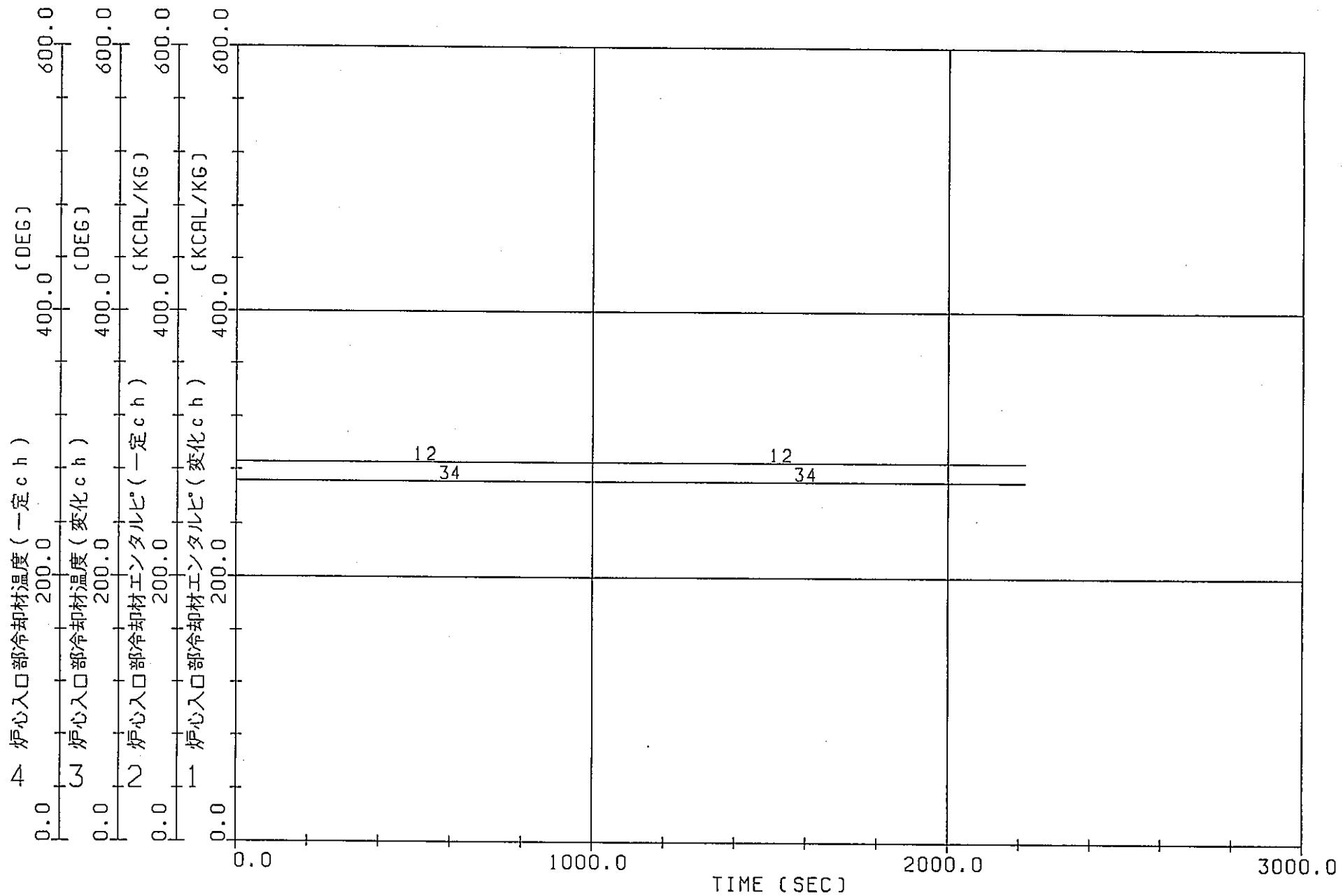


図3.2.4 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(入口管口径3B, ケース1-2)

No.	出力 (MW)	ホットチャンネル流量 (kg/s)			
		ケース 1-1	ケース 2-1	ケース 2-2	ケース 2-3 <sup>1</sup>
1	0.5	2.00	2.03	2.03	
2	1.0	2.46	2.61	2.64	
3	1.1	2.42	2.59	2.62	
4	1.2	2.33	2.53	2.58	
5	1.3	2.18	2.40	2.46	
6	1.4	2.02	2.22	2.27	
7	1.5	1.87	2.05	2.10	
8	1.6	1.70	1.86	1.90	
9	1.7	1.61	1.73	1.77	
10	1.8	1.53	1.64	1.67	
11	1.9	1.47	1.57	1.60	
12	2.0	1.43	1.52	1.54	

注) ケース1-1 : 基本ケース(上昇管口径3B) ケース2-1 : 上昇管口径4B

ケース2-2 : 上昇管口径5B

ケース2-3 : 上昇管口径6B

\*1 : 上昇管口径6Bのケースは、定常計算でアベンド。

(蒸気ドームの体積を調節する事により、解析できる可能性があるが、上昇管口径を

4Bから5Bに変更でも循環量がわずかしか増加しないため、再解析は実施せず。)

ドライアウト : ケース1-1……1025.0秒(1.9MW)、ノード7

ケース2-1……1125.0秒(2.0MW)、ノード6, 8

ケース2-2……1125.0秒(2.0MW)、ノード8

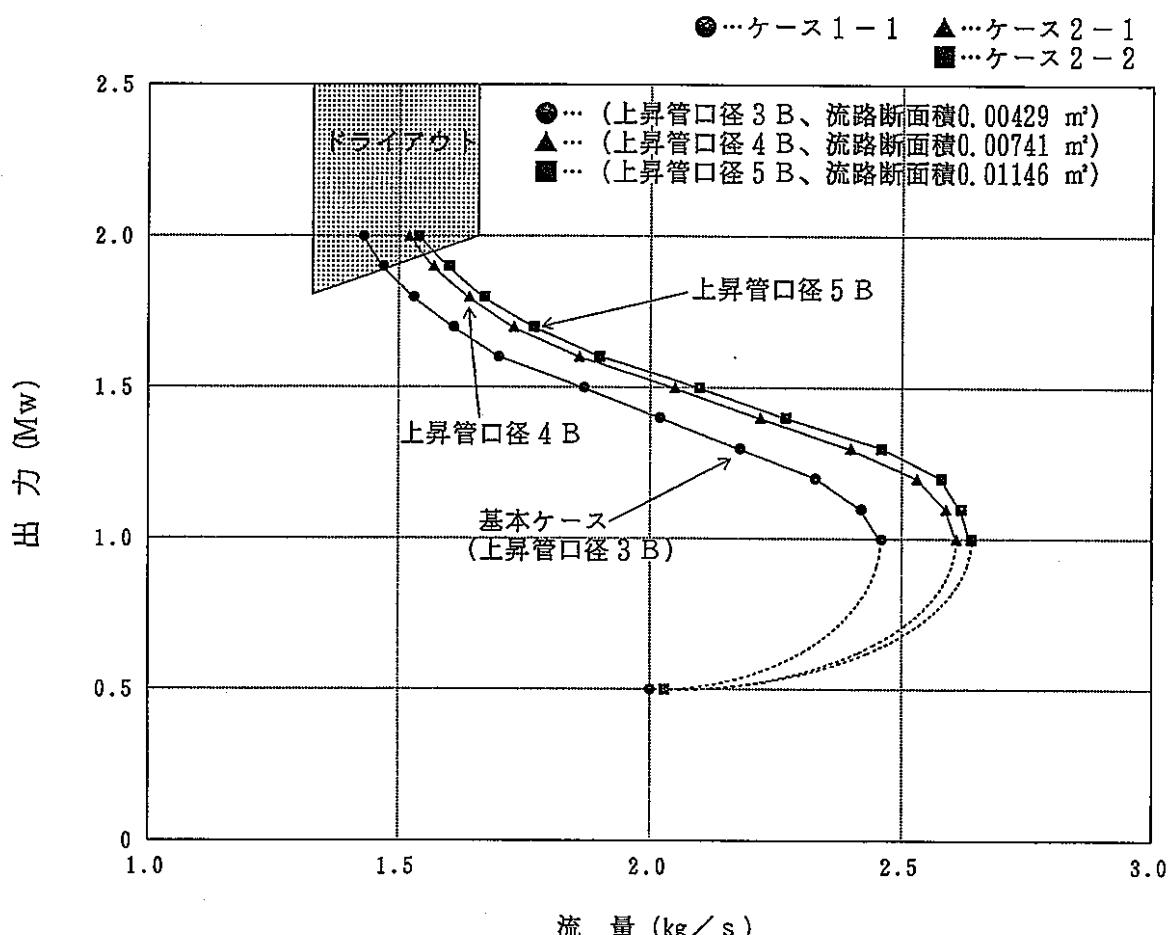


図3.3.1 チャンネル出力と流量の関係(上昇管口径の影響)

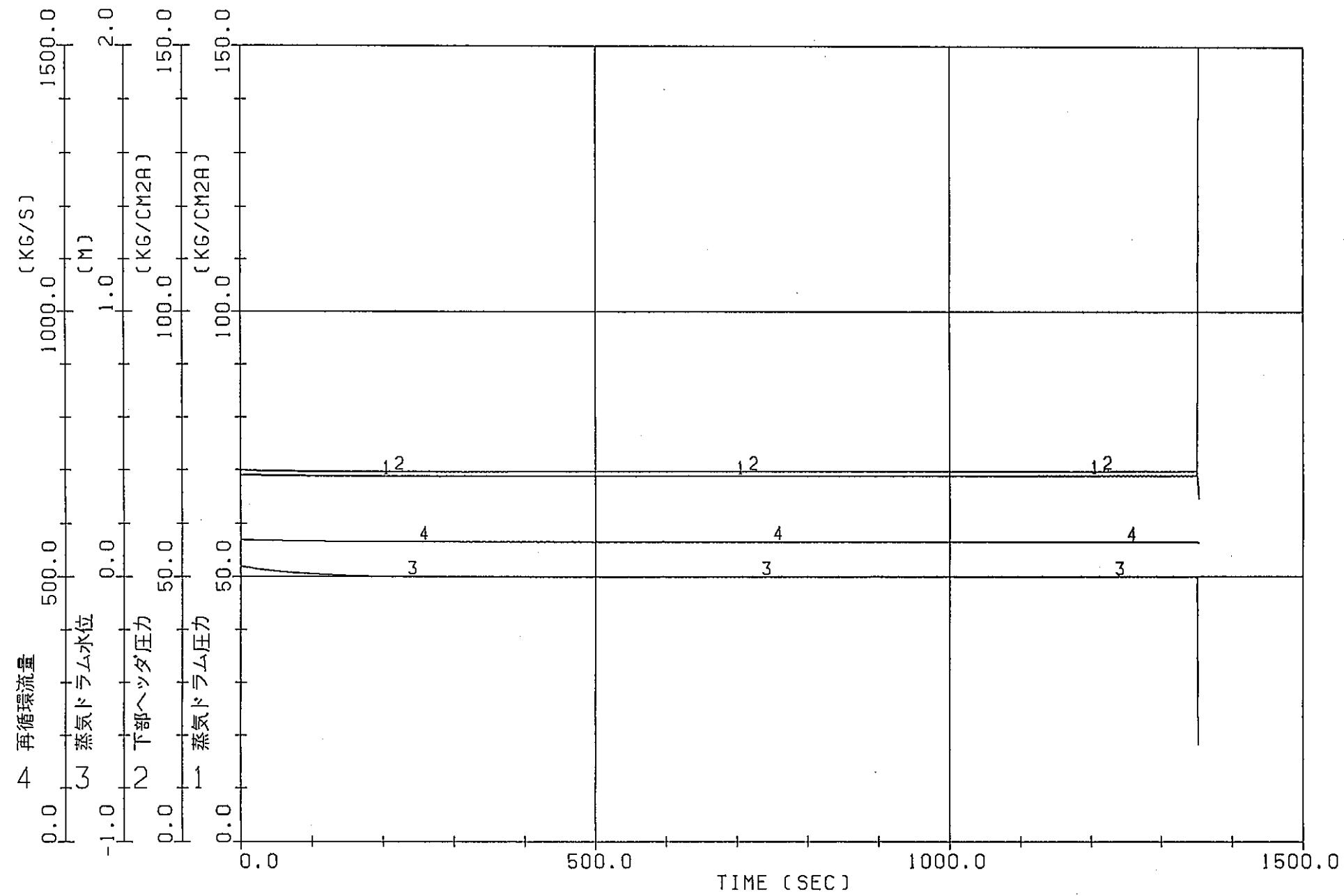


図3.3.2 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(上昇管口径4B, ケース2-1)

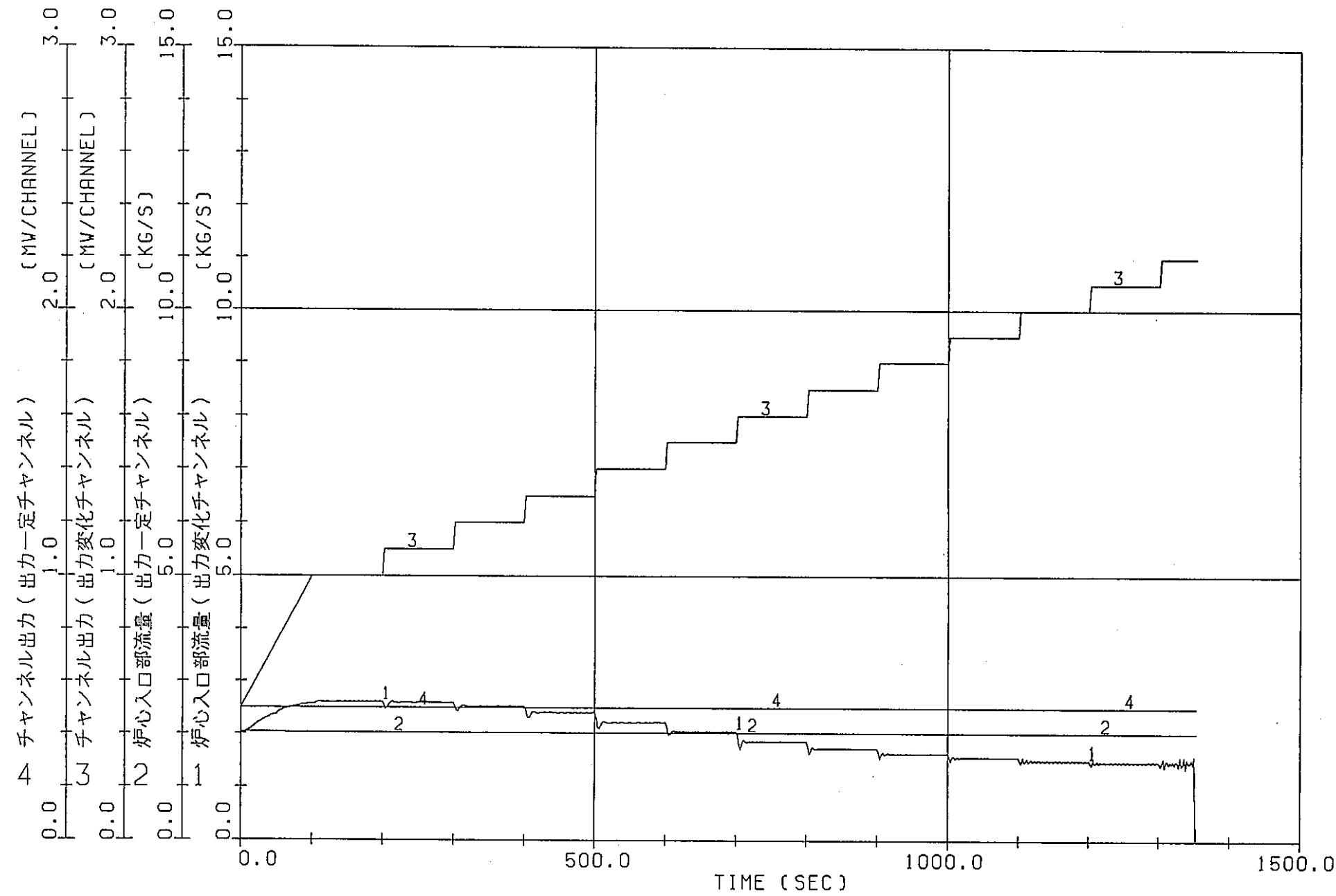


図3.3.3 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(上昇管口径4B, ケース2-1)

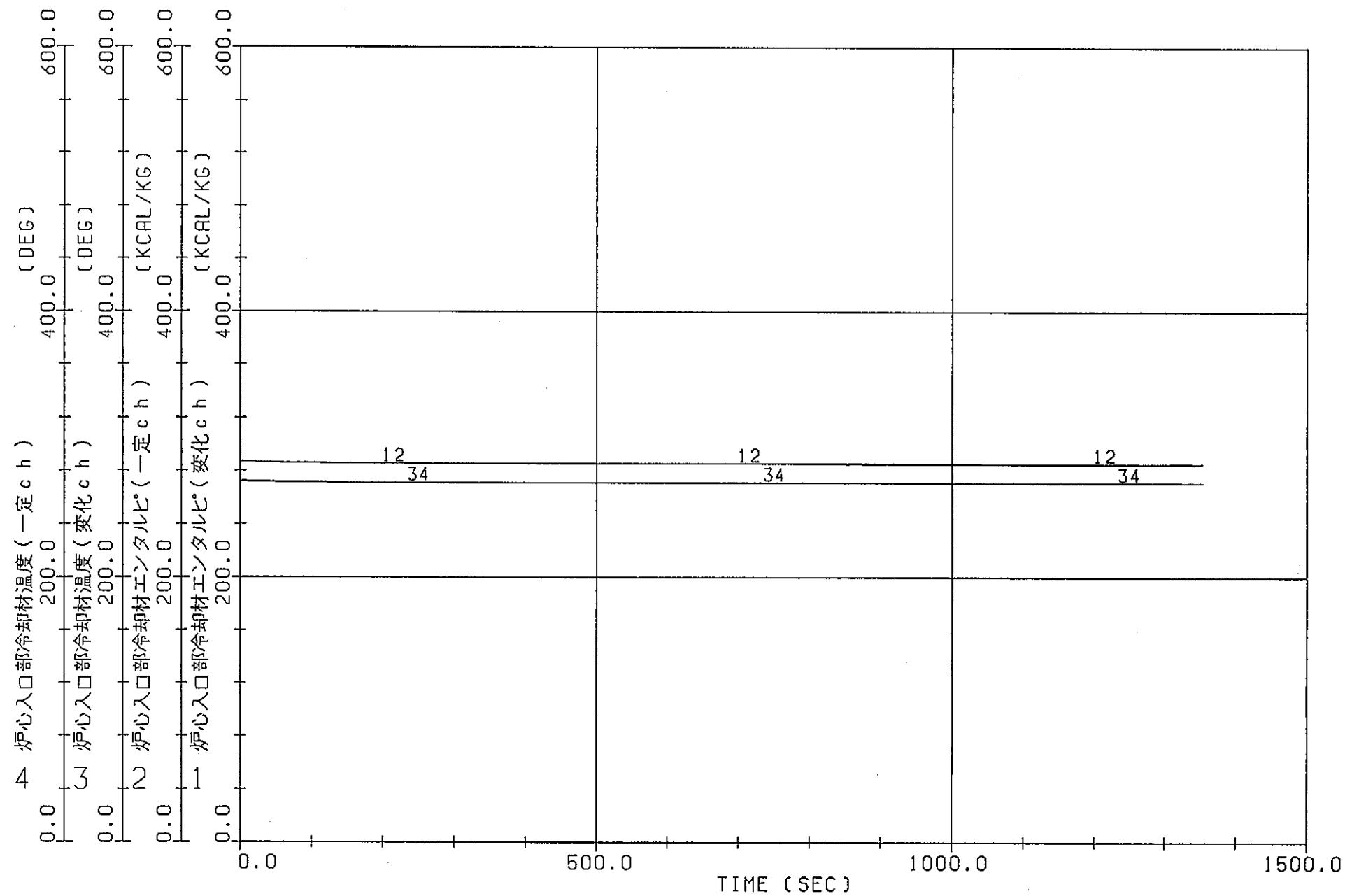


図3.3.4 ATR中小型炉の自然循環特性解析(過渡計算)  
(上昇管口径4B, ケース2-1)

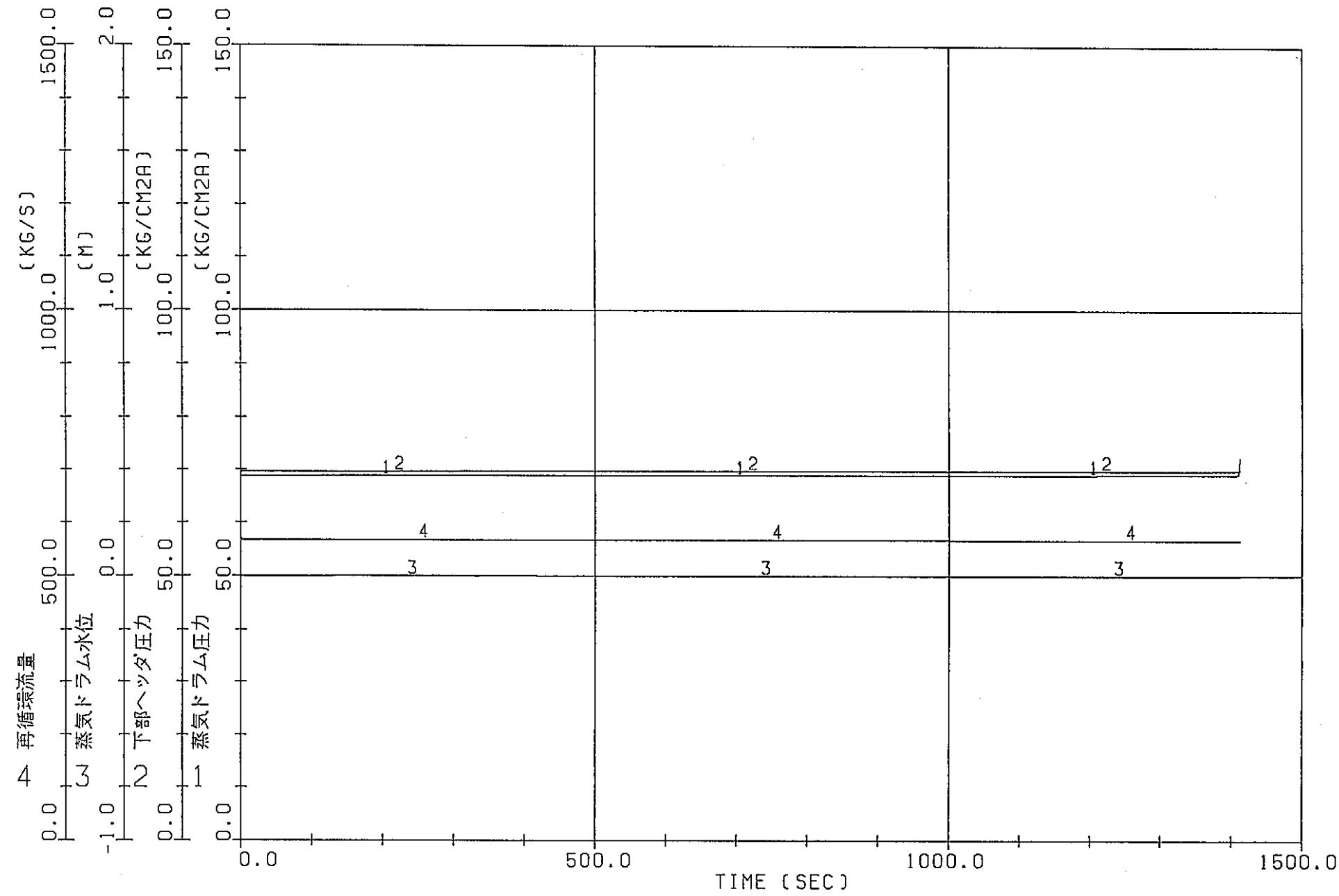


図3.3.5 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(上昇管口径5B, ケース2-2)

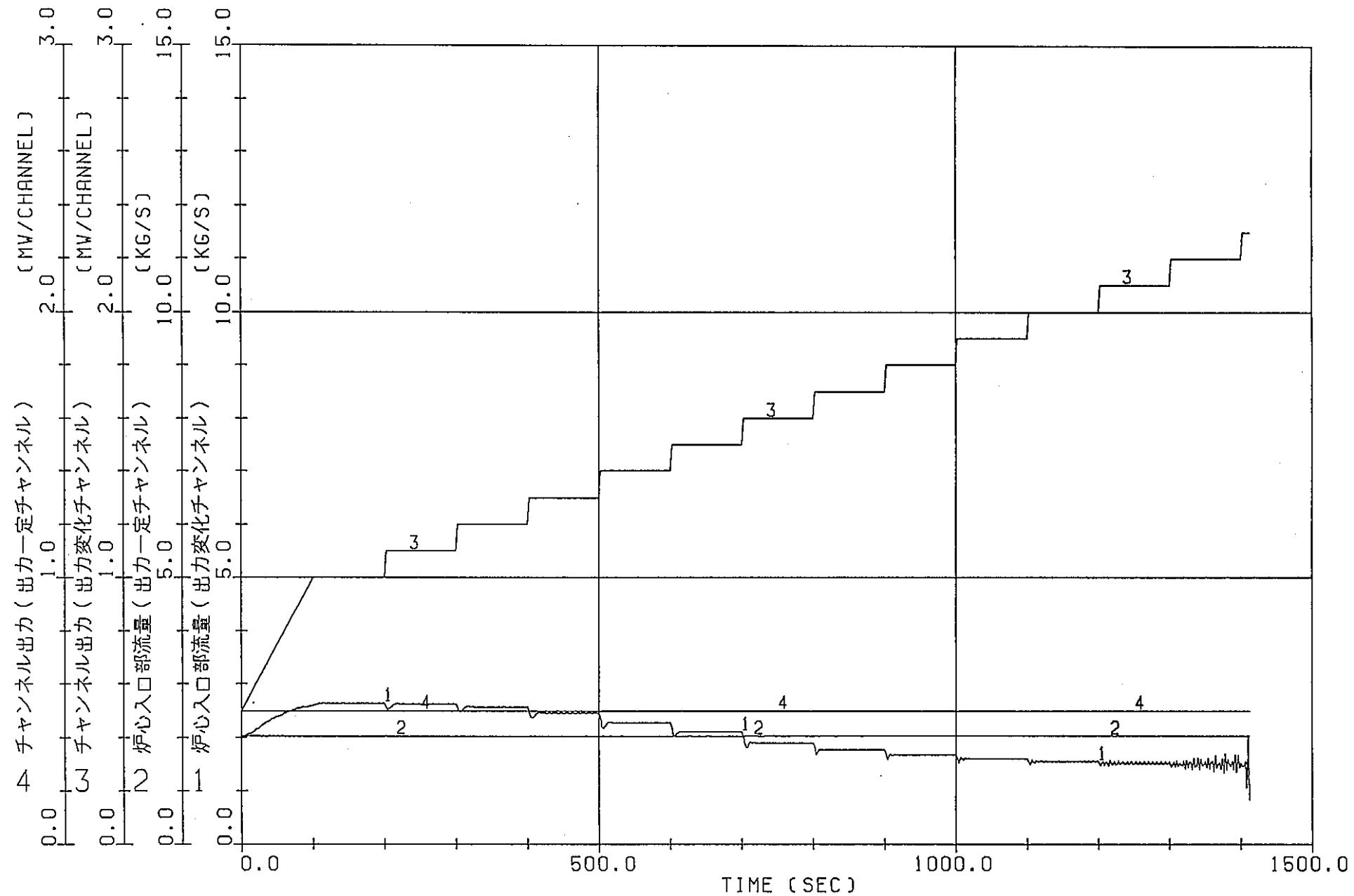


図3.3.6 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(上昇管口径5B, ケース2-2)

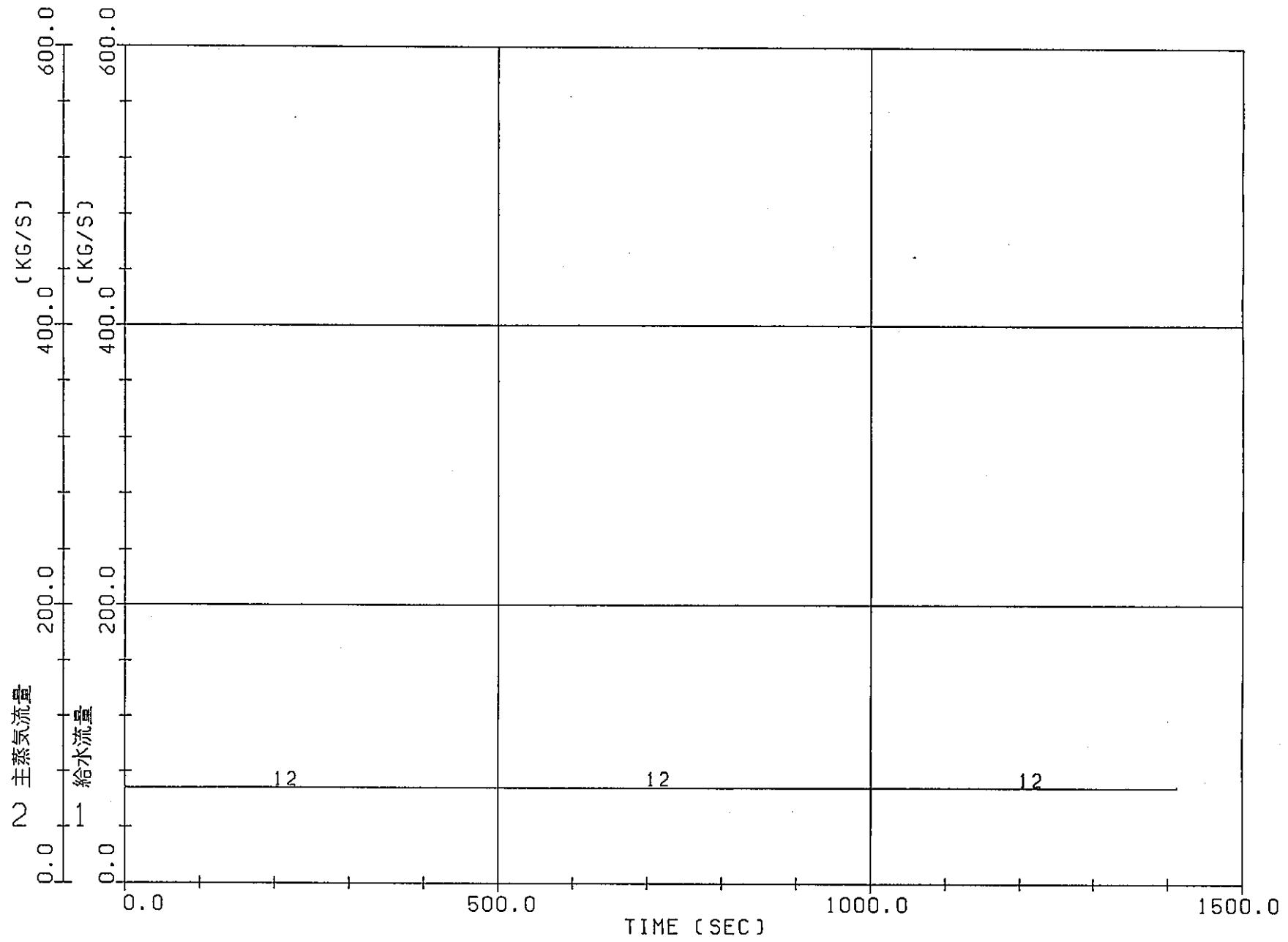


図3.3.7 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(上昇管口径5B, ケース2-2)

No.	出力 (MW)	ホットチャンネル流量 (kg/s)		
		ケース2-2 <sup>*1</sup>	ケース3-1 <sup>*2</sup>	ケース3-2 <sup>*3</sup>
1	0.5	2.03	2.01	2.00
2	1.0	2.64	2.63	2.63
3	1.1	2.62	2.63	2.64
4	1.2	2.58	2.60	2.62
5	1.3	2.46	2.50	2.56
6	1.4	2.27	2.35	2.43
7	1.5	2.10	2.19	2.29
8	1.6	1.90	2.04	2.16
9	1.7	1.77	1.88	2.00
10	1.8	1.67	1.77	1.89
11	1.9	1.60	1.69	1.80
12	2.0	1.54	1.62	1.72
13	2.1	1.54	1.62	1.70
14	2.2	—	1.52	1.59
15	2.3	—	1.57	1.64

注) ケース2-2 : 上昇管口径5B、炉心長さ3.7m

ケース3-1 : 上昇管口径5B、炉心長さ3.2m

ケース3-2 : 上昇管口径5B、炉心長さ2.7m

ドライアウト : ケース2-2……1125.0秒(2.0MW)、ノード8

ケース3-1……1125.0秒(2.0MW)、ノード8

ケース3-2……1150.0秒(2.0MW)、ノード7

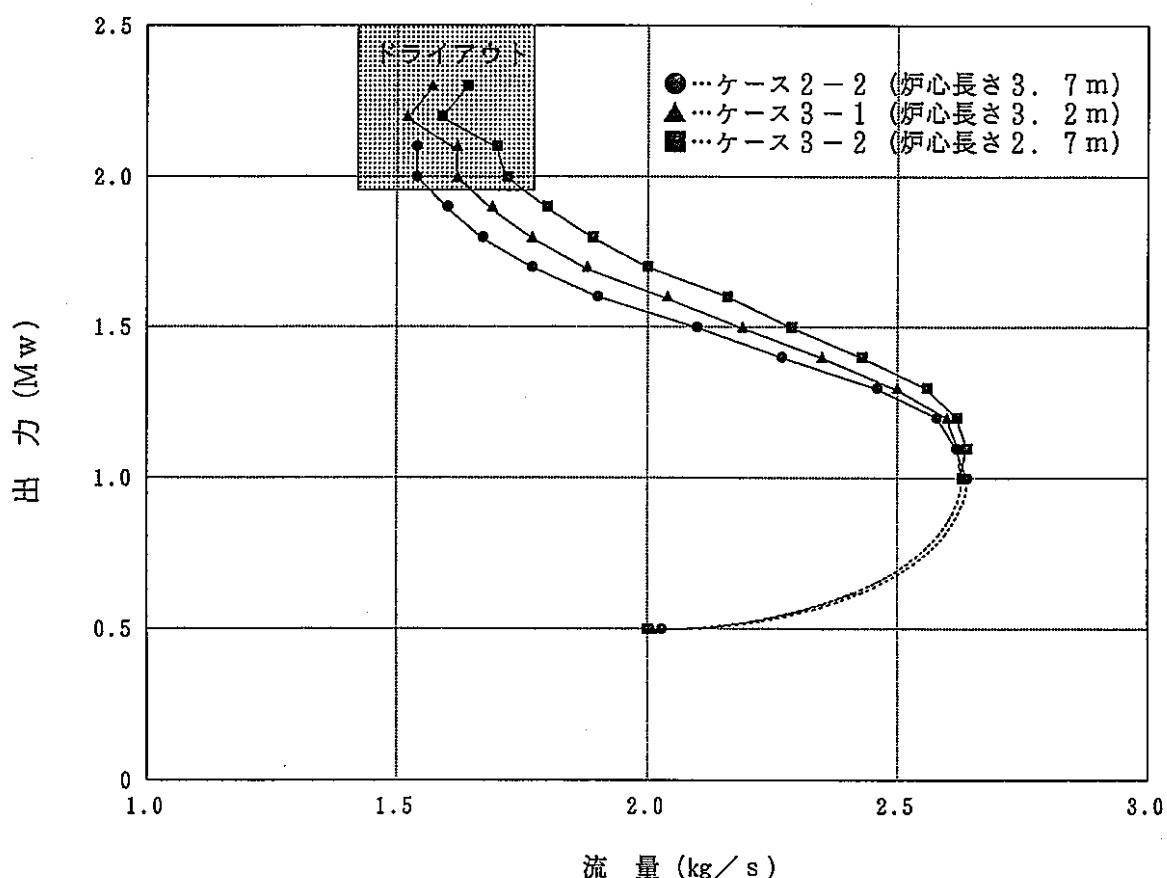


図3.4.1 チャンネル出力と流量の関係（炉心長さの影響）

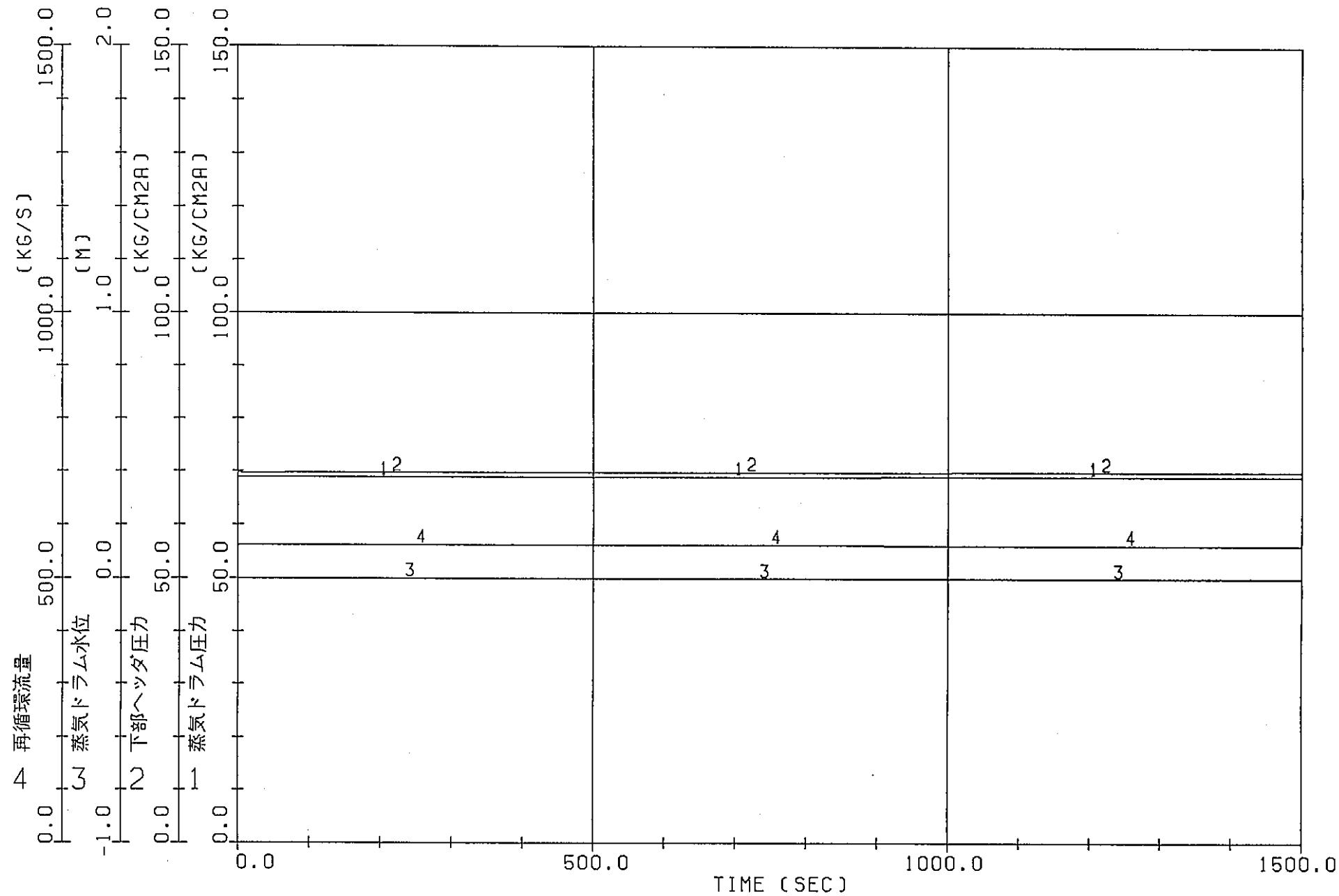


図3.4.2 ATR中小型炉の自然循環特性解析(過渡計算)  
(炉心長さ3.2m, ケース3-1)

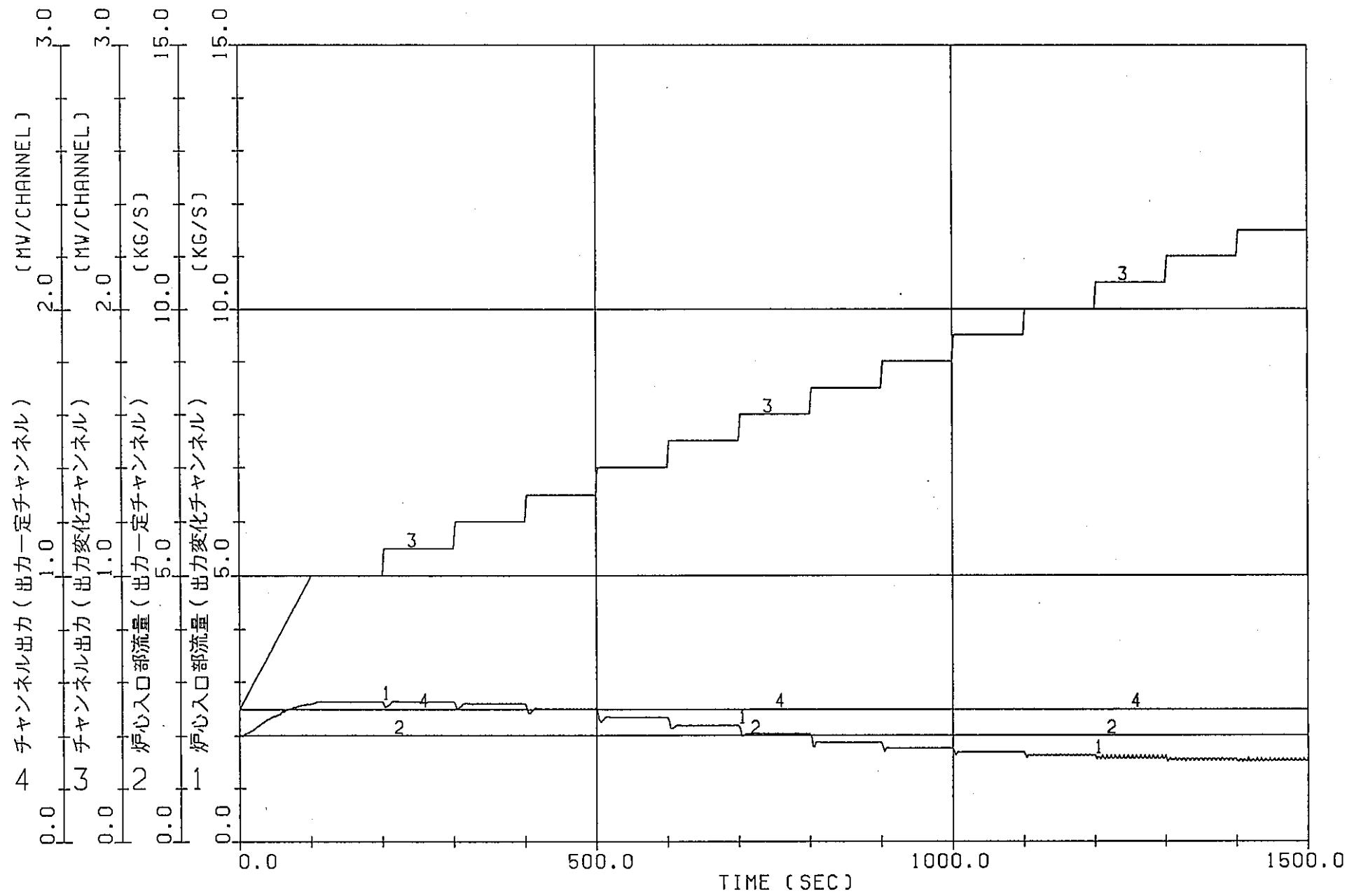


図3.4.3 ATR中小型炉の自然循環特性解析(過渡計算)  
(炉心長さ3.2m, ケース3-1)

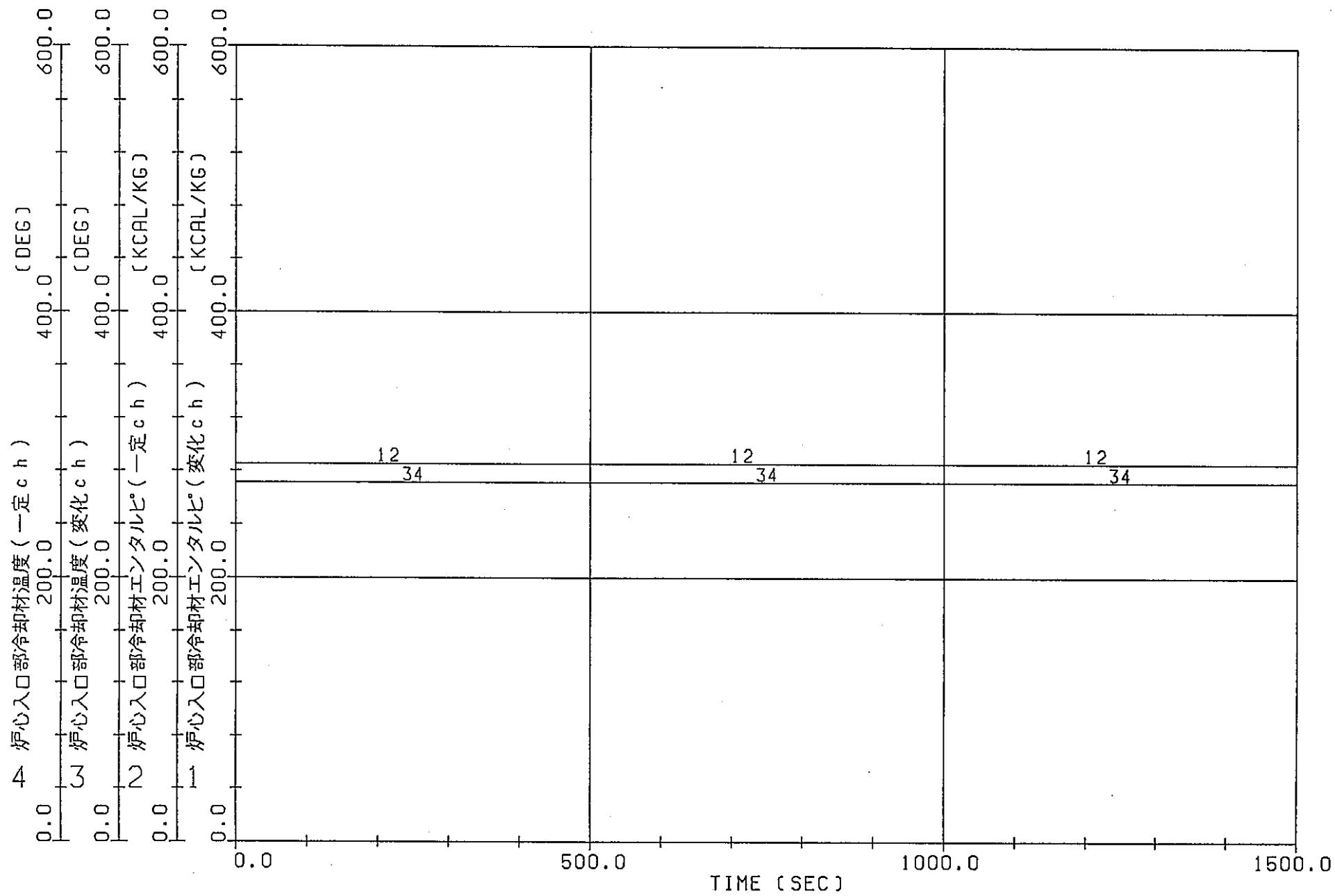


図3.4.4 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(炉心長さ 3. 2 m, ケース 3-1)

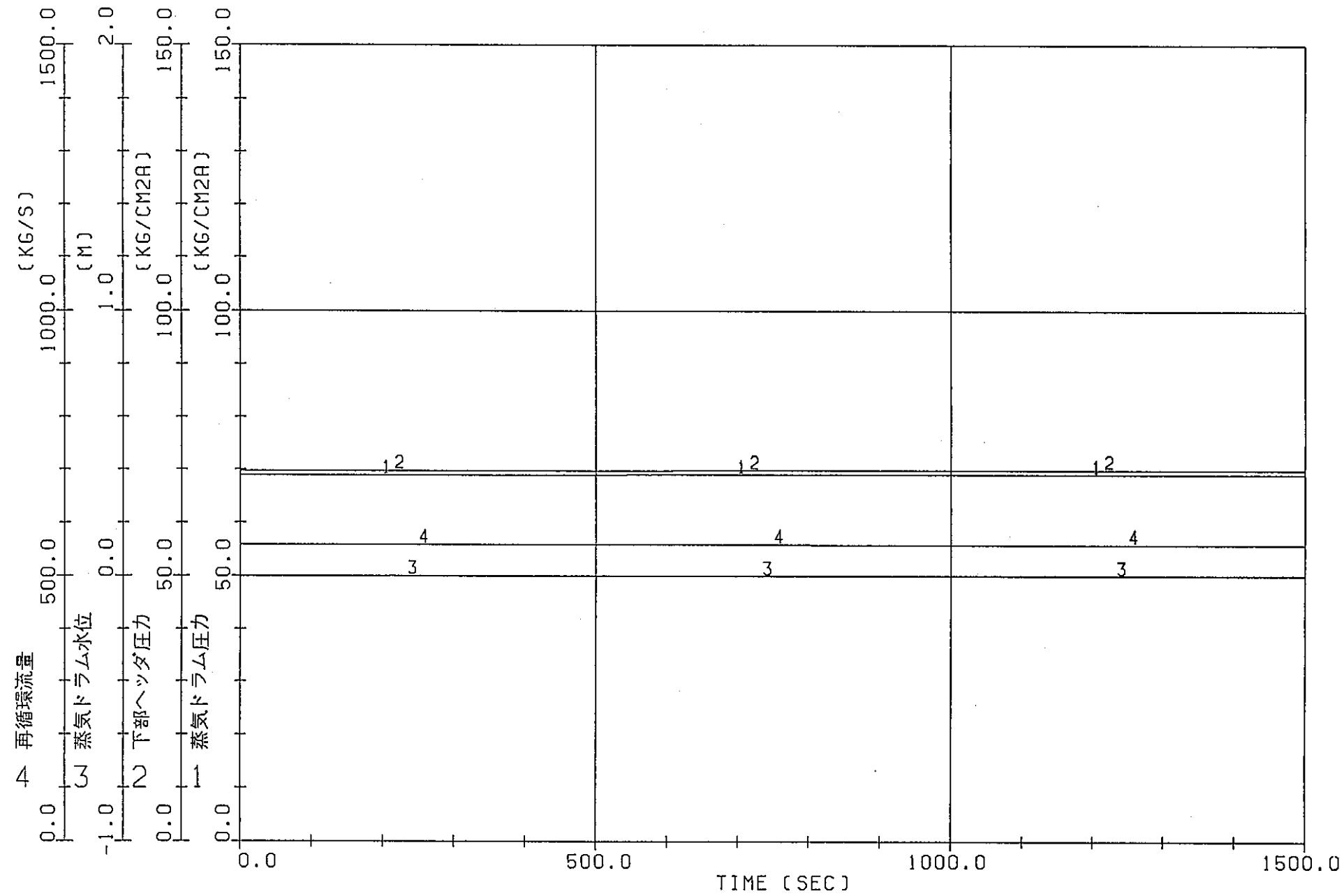


図3.4.5 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(炉心長さ 2.7 m, ケース3-2)

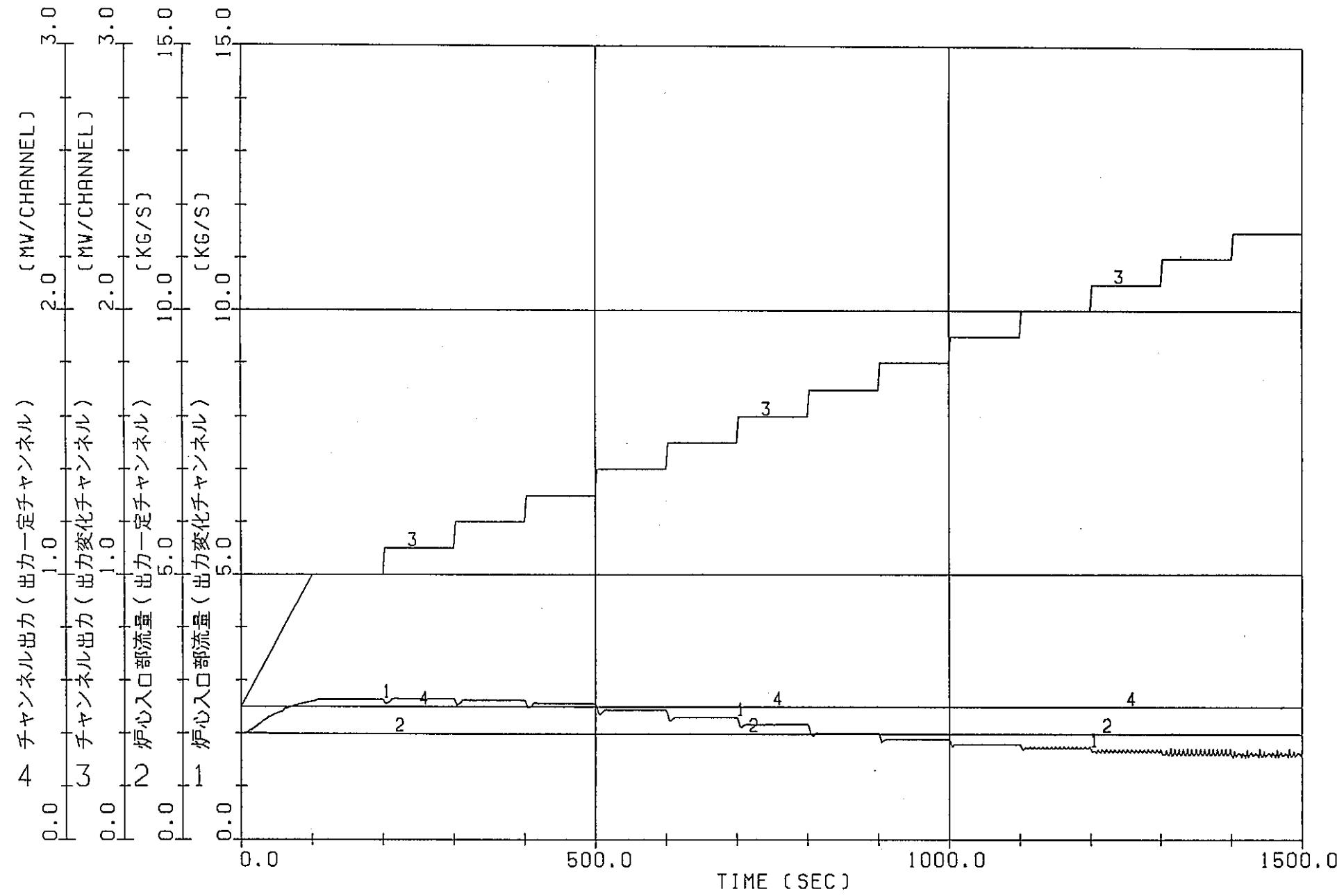


図3.4.6 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(炉心長さ 2.7 m, ケース3-2)

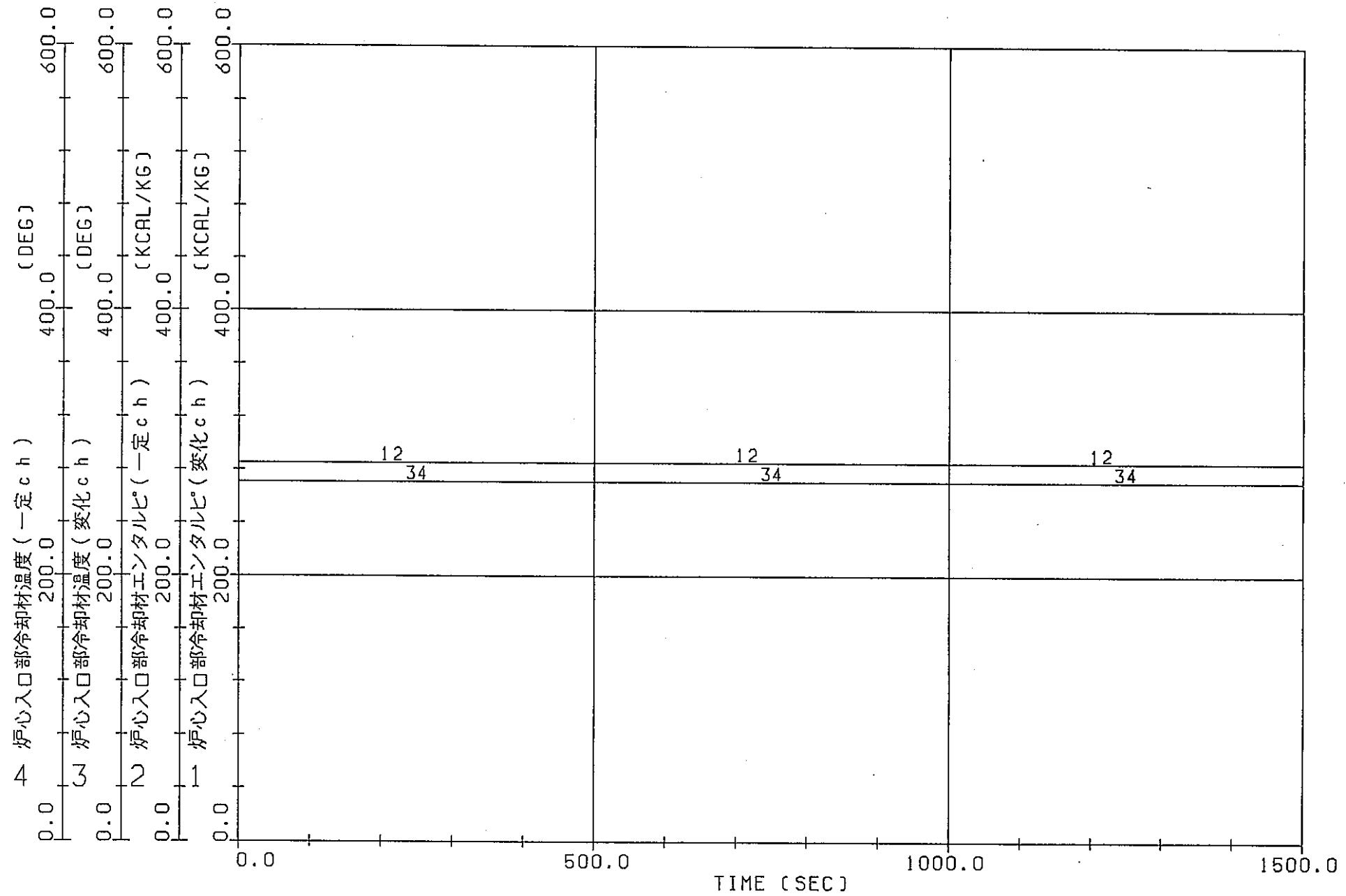


図3.4.7 ATR中小型炉の自然循環特性解析(過渡計算)  
(炉心長さ 2.7 m, ケース3-2)

No.	出力 (MW)	ホットチャンネル流量(kg/s)			No.	出力 (MW)	ホットチャンネル流量(kg/s)		
		ケース4-1 <sup>*1</sup>	ケース4-2 <sup>*2</sup>	ケース4-3 <sup>*3</sup>			ケース4-1 <sup>*1</sup>	ケース4-2 <sup>*2</sup>	ケース4-3 <sup>*3</sup>
1	0.5	2.30	2.63	2.03	12	2.0	2.22	3.96	1.54
2	1.0	3.18	3.86	2.64	13	2.1	2.10	3.75	1.54
3	1.1	3.25	4.03	2.62	14	2.2	2.01	3.54	1.51
4	1.2	3.28	4.13	2.58	15	2.3	1.93	3.29	—
5	1.3	3.26	4.21	2.46	16	2.4	—	3.11	—
6	1.4	3.22	4.26	2.27	17	2.5	—	2.96	—
7	1.5	3.13	4.29	2.10	18	2.6	—	2.82	—
8	1.6	2.99	4.28	1.90	19	2.7	—	2.70	—
9	1.7	2.77	4.25	1.77	20	2.8	—	2.60	—
10	1.8	2.59	4.19	1.67	21	2.9	—	2.49	—
11	1.9	2.37	4.10	1.60	22	3.0	—	2.45	—

注) ケース4-1 : 出口管口径5B、下降管高さ20m、蒸気ドラム体積3倍

ケース4-2 : 出口管口径5B、下降管高さ30m、蒸気ドラム体積3倍

ケース4-3 : 出口管口径5B、下降管高さ15m、蒸気ドラム体積3倍

(ケース4-3を出口管口径5B、下降管高さ15m、蒸気ドラム体積がベースケースと同様のケースと比較し、蒸気ドラム体積は、自然循環流量に感度の無いことを確認した。)

ドライアウト : ケース4-1……1425.0秒(2.3Mw)、ノード7

ケース4-2……2025.0秒(2.9Mw)、ノード7

ケース4-3……1125.0秒(2.0Mw)、ノード8

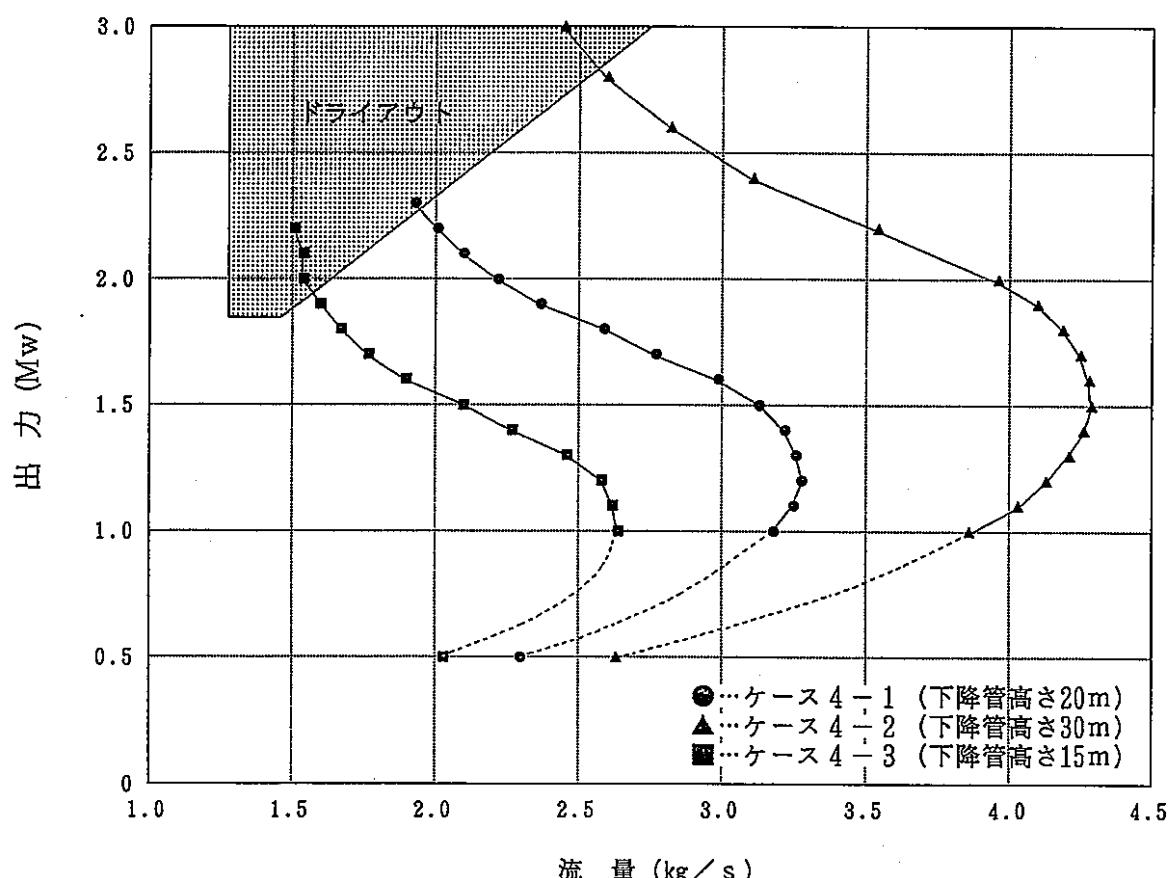


図3.5.1 チャンネル出力と流量の関係（下降管高さの影響）

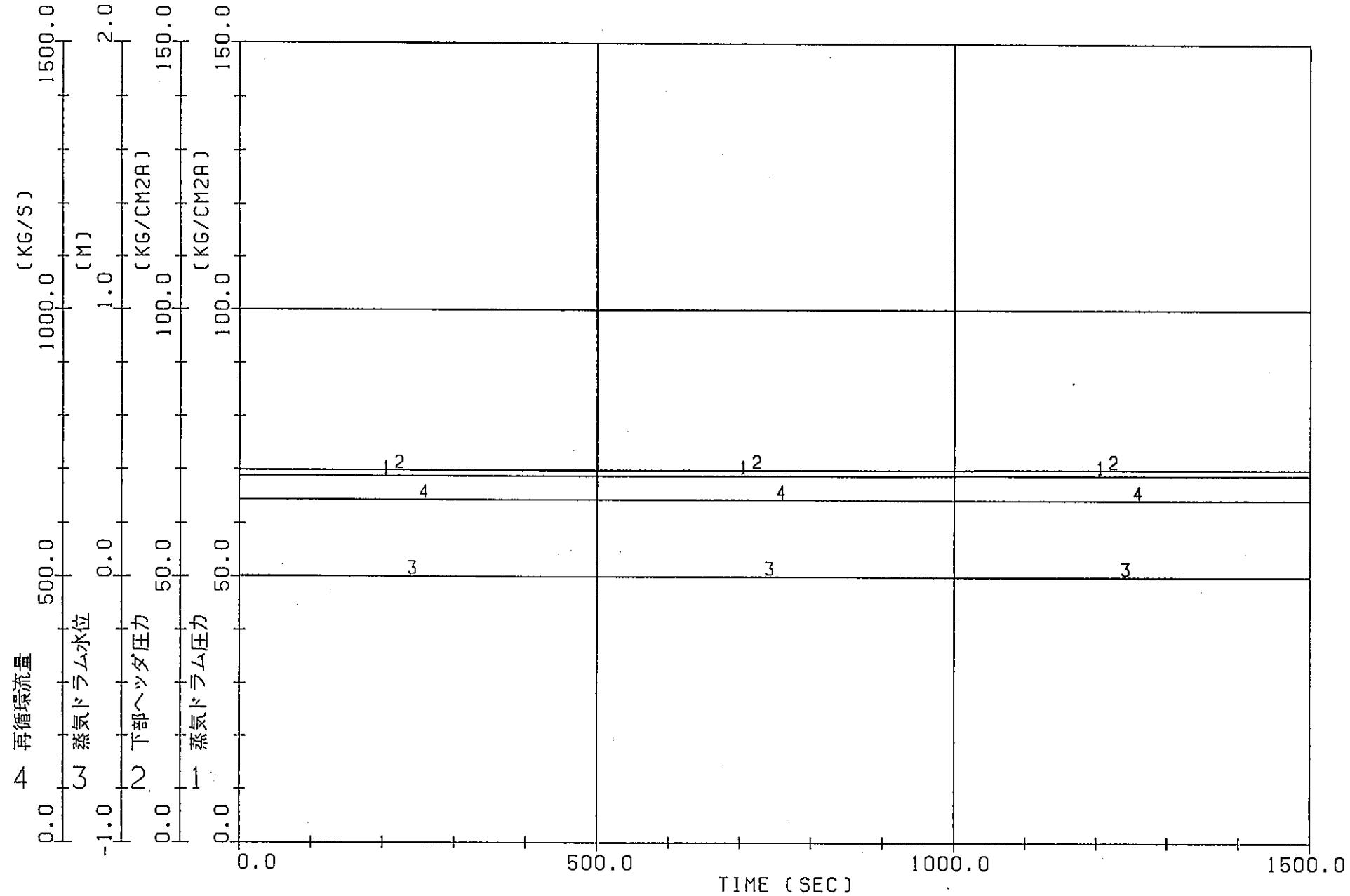


図3.5.2 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(下降管高さ 20 m, ケース4-1)

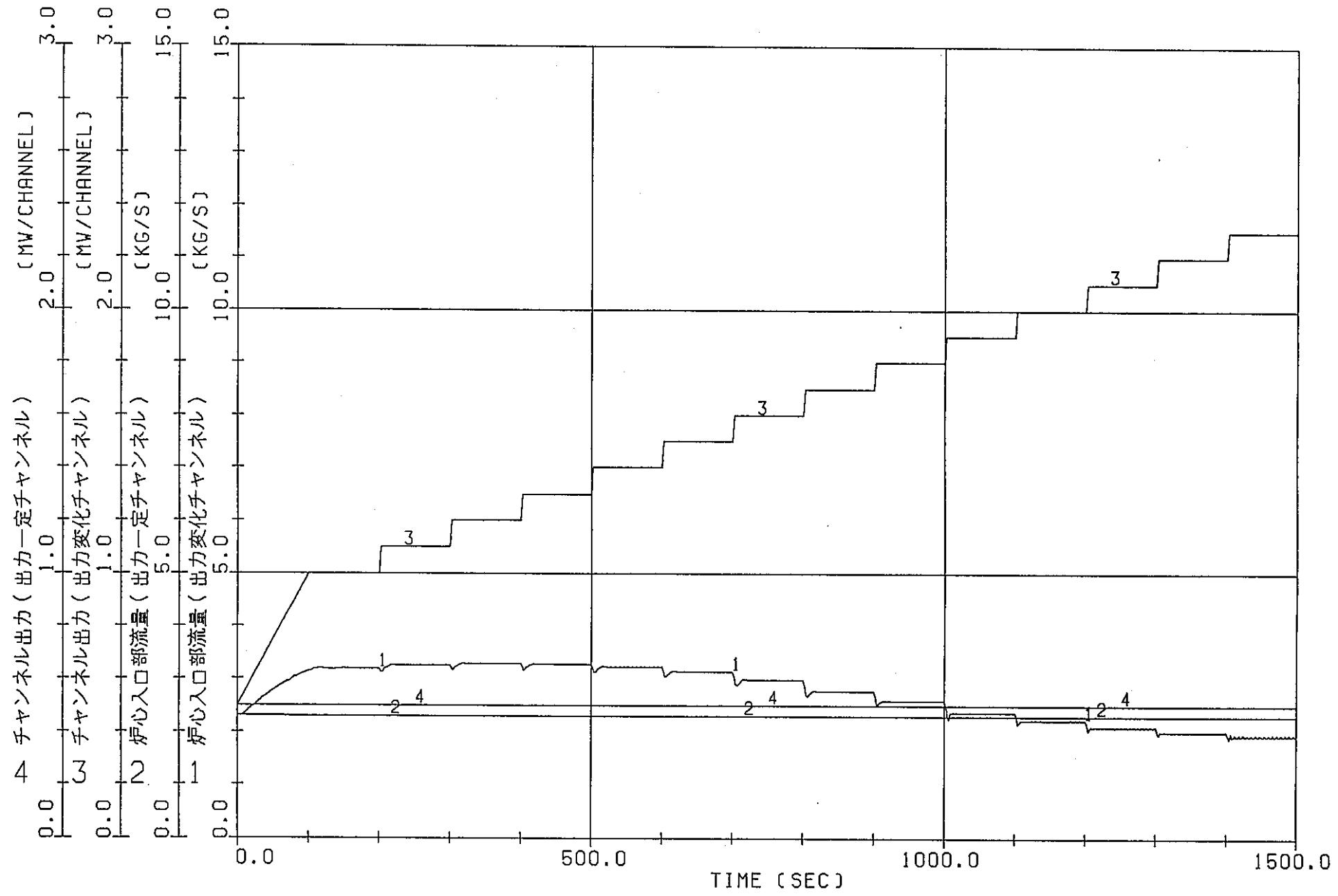


図3.5.3 ATR中小型炉の自然循環特性解析(過渡計算)  
(下降管高さ 20 m, ケース4-1)

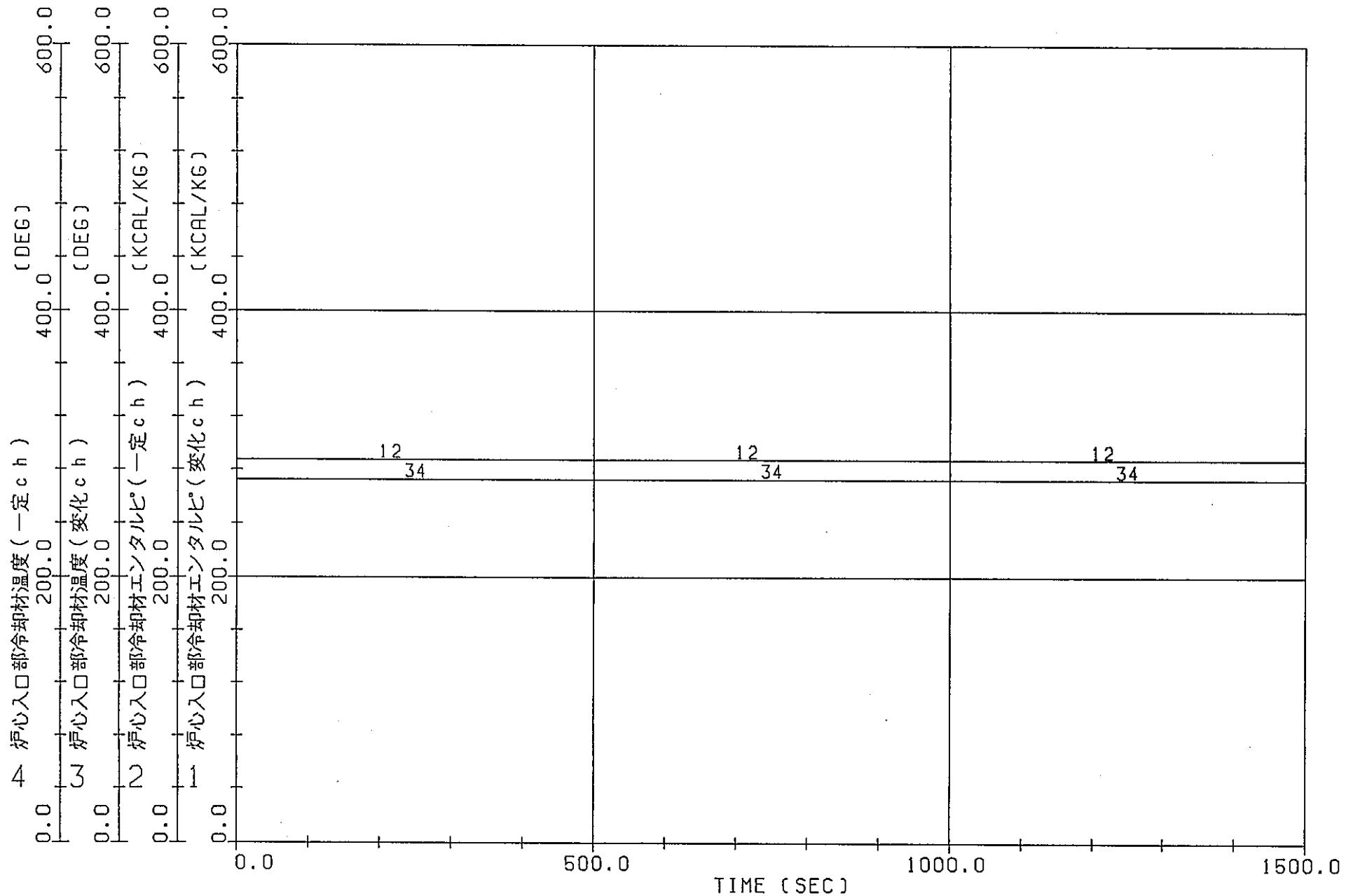


図3.5.4 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(下降管高さ20m, ケース4-1)

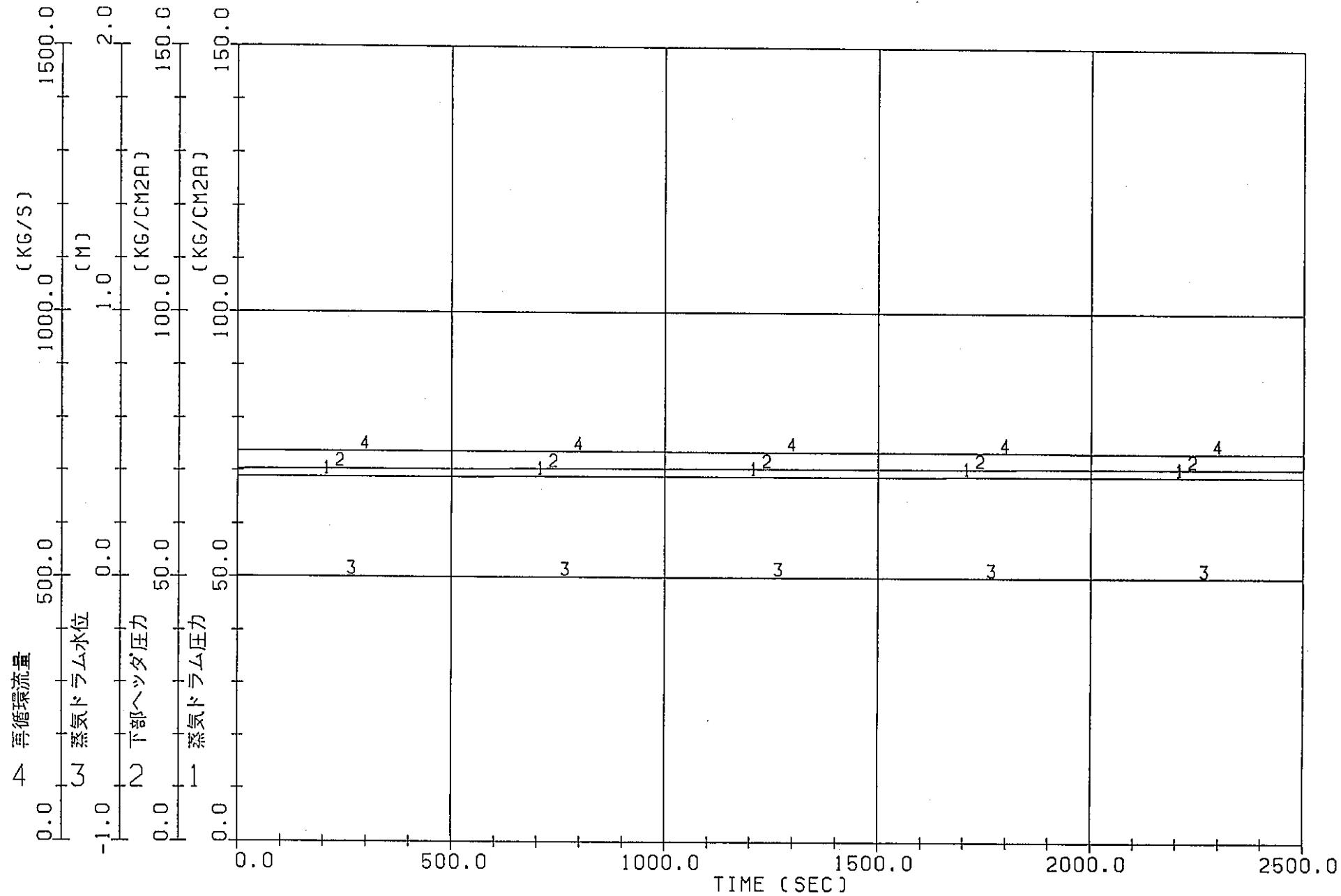


図3.5.5 ATR中小型炉の自然循環特性解析(過渡計算)  
(下降管高さ30m, ケース4-2)

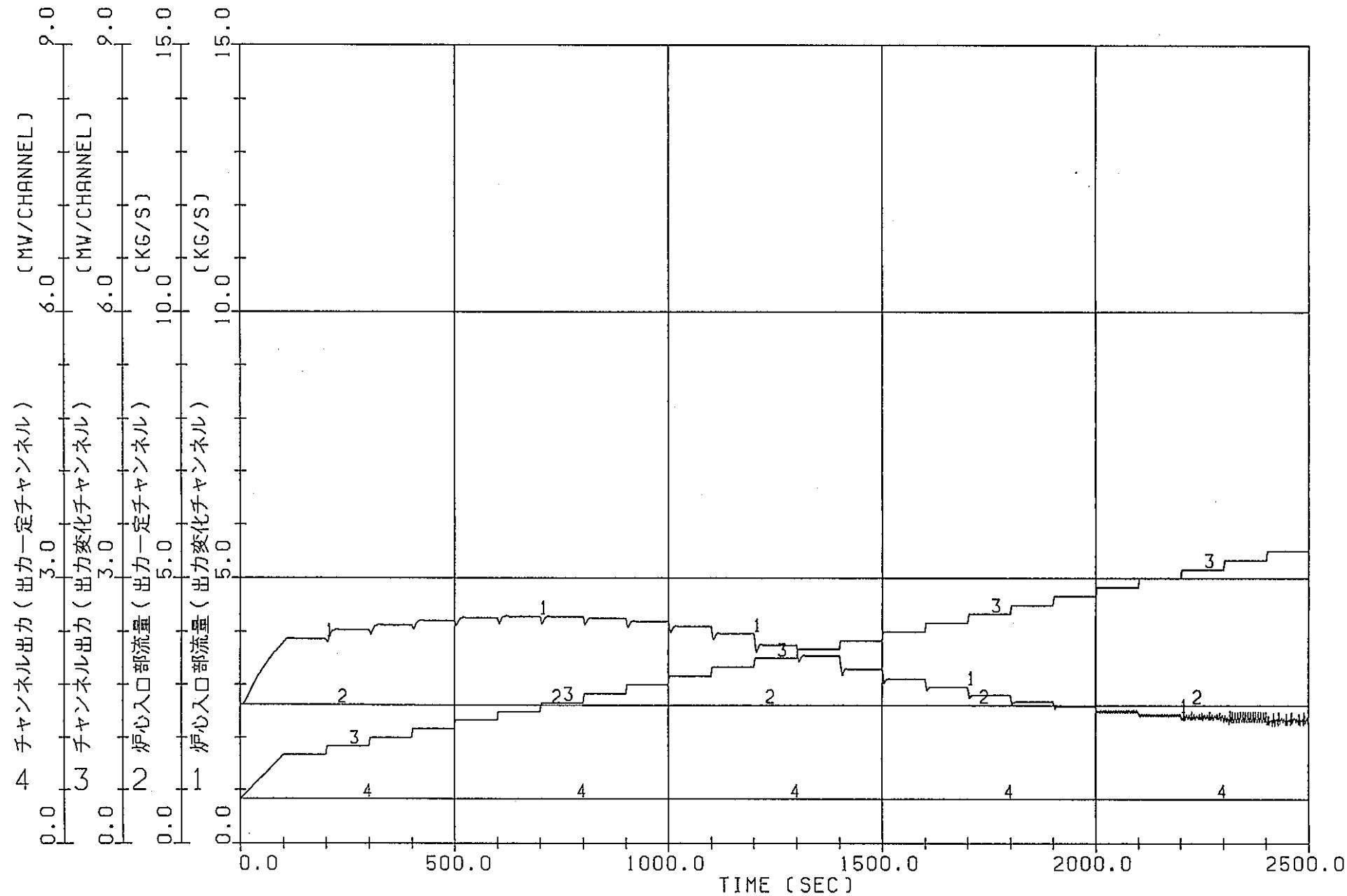


図3.5.6 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(下降管高さ 30 m, ケース4-2)

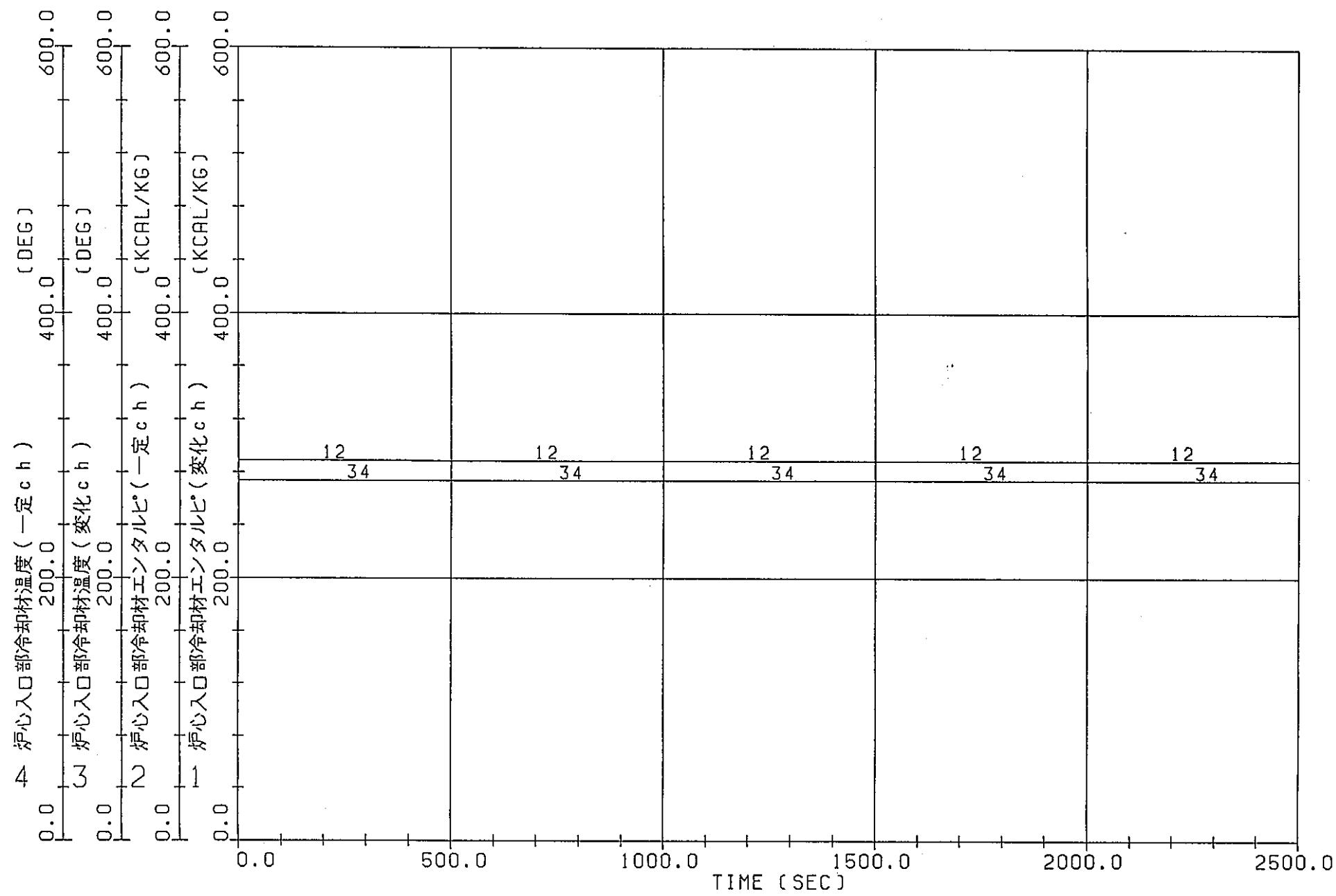


図3.5.7 ATR中小型炉の自然循環特性解析(過渡計算)  
(下降管高さ 30m, ケース4-2)

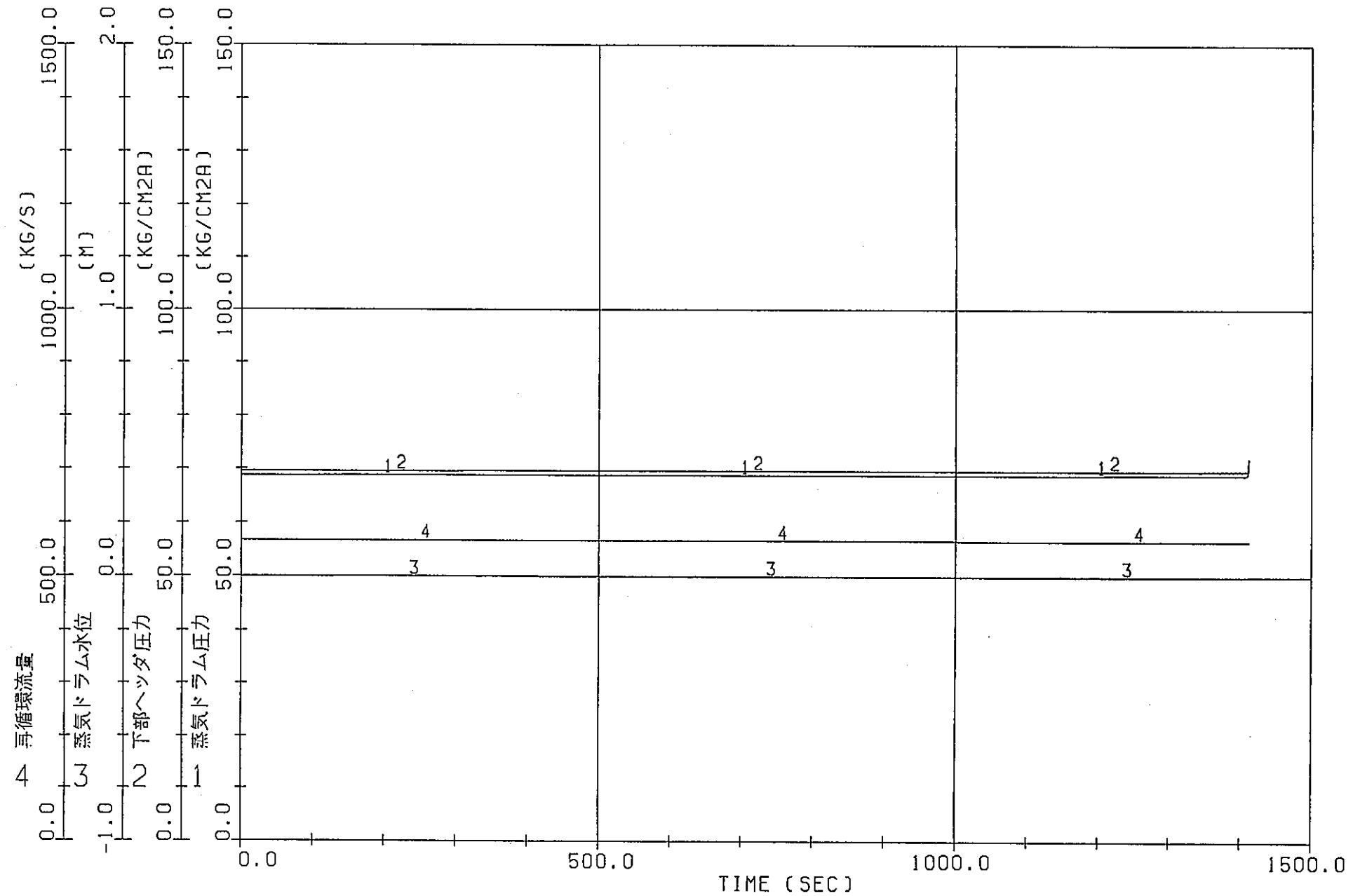


図3.5.8 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(下降管高さ 15 m, ケース 4-3)

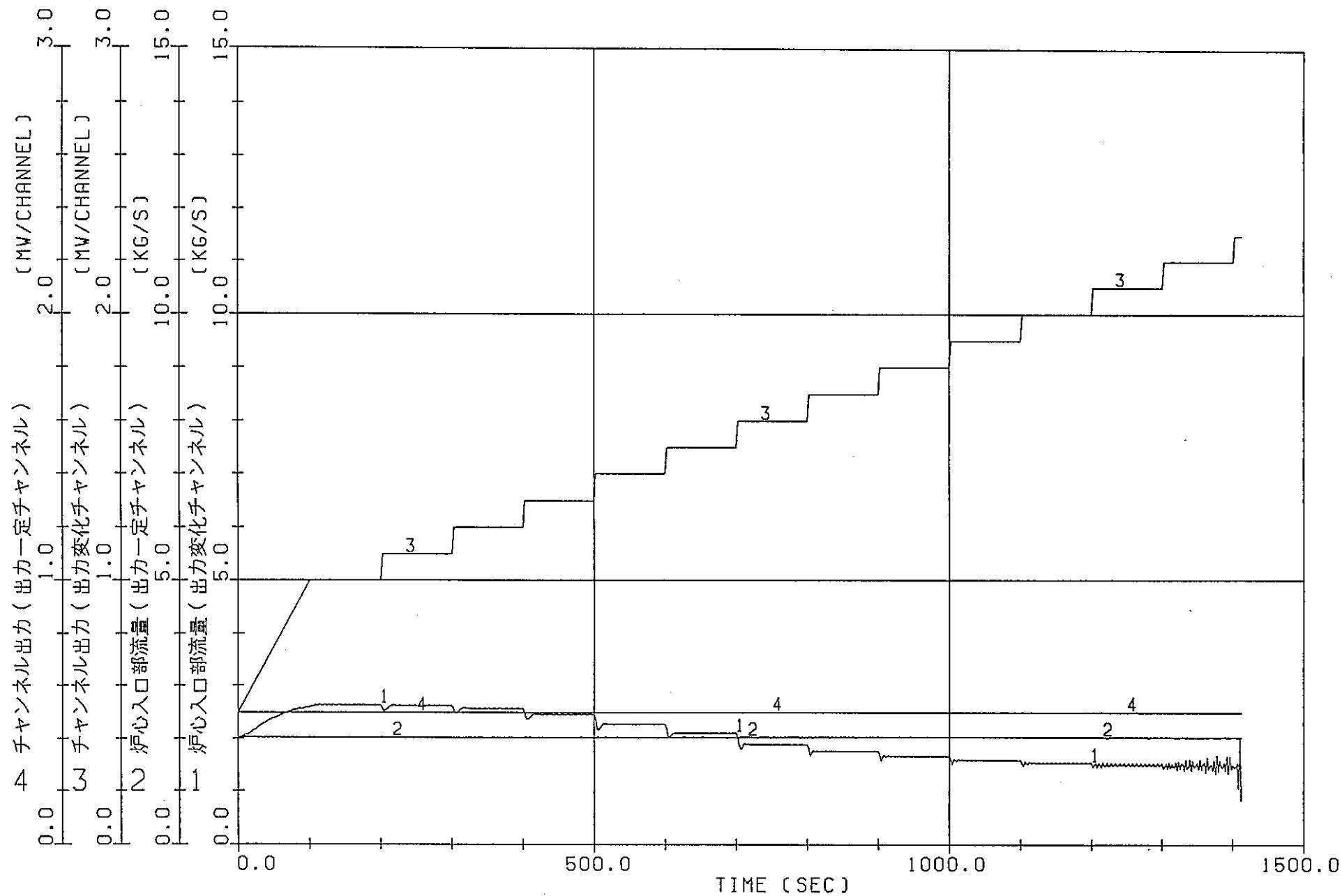


図3.5.9 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(下降管高さ 15 m, ケース4-3)

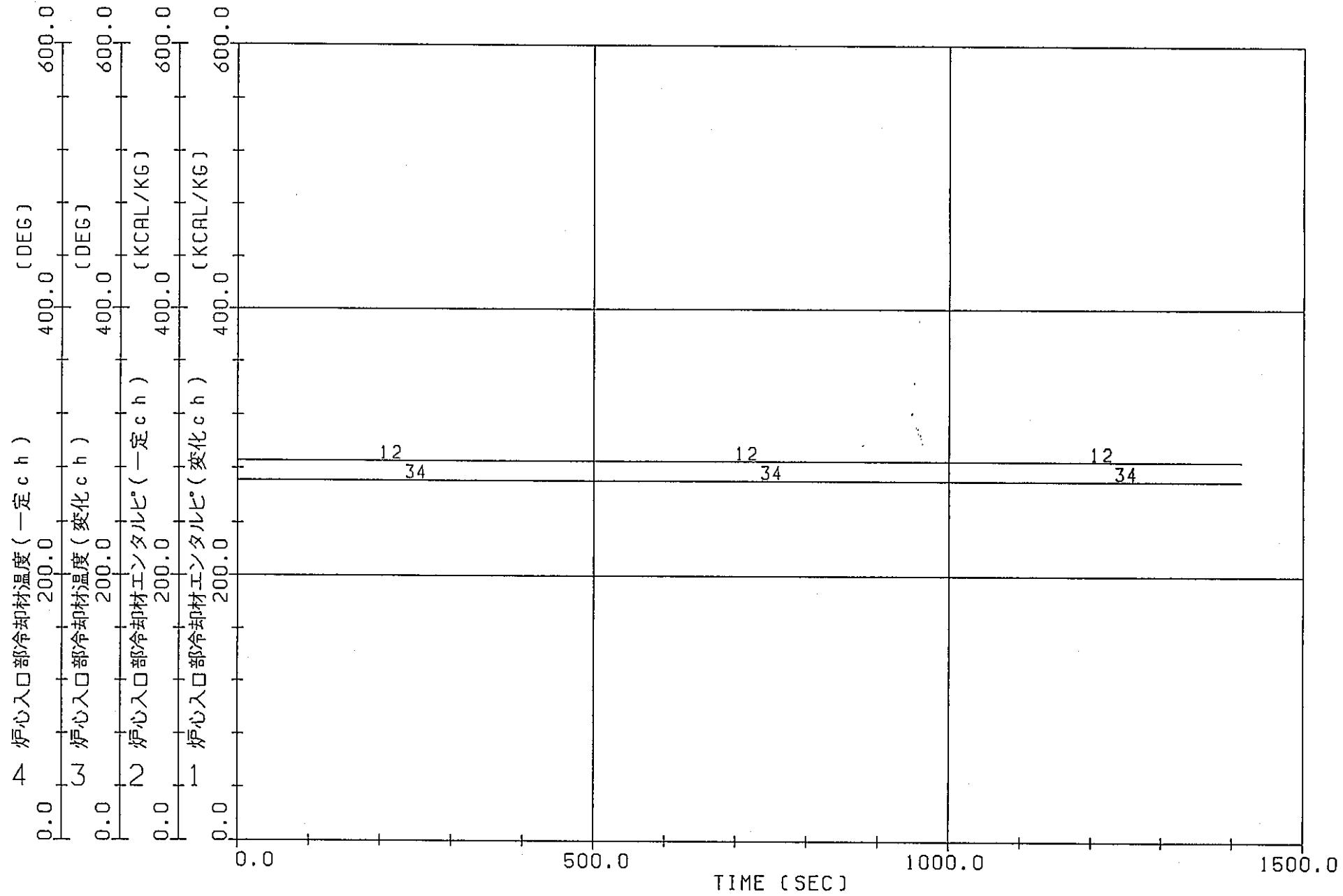


図3.5.10 ATR中小型炉の自然循環特性解析（過渡計算）  
(下降管高さ 1.5 m, ケース 4-3)

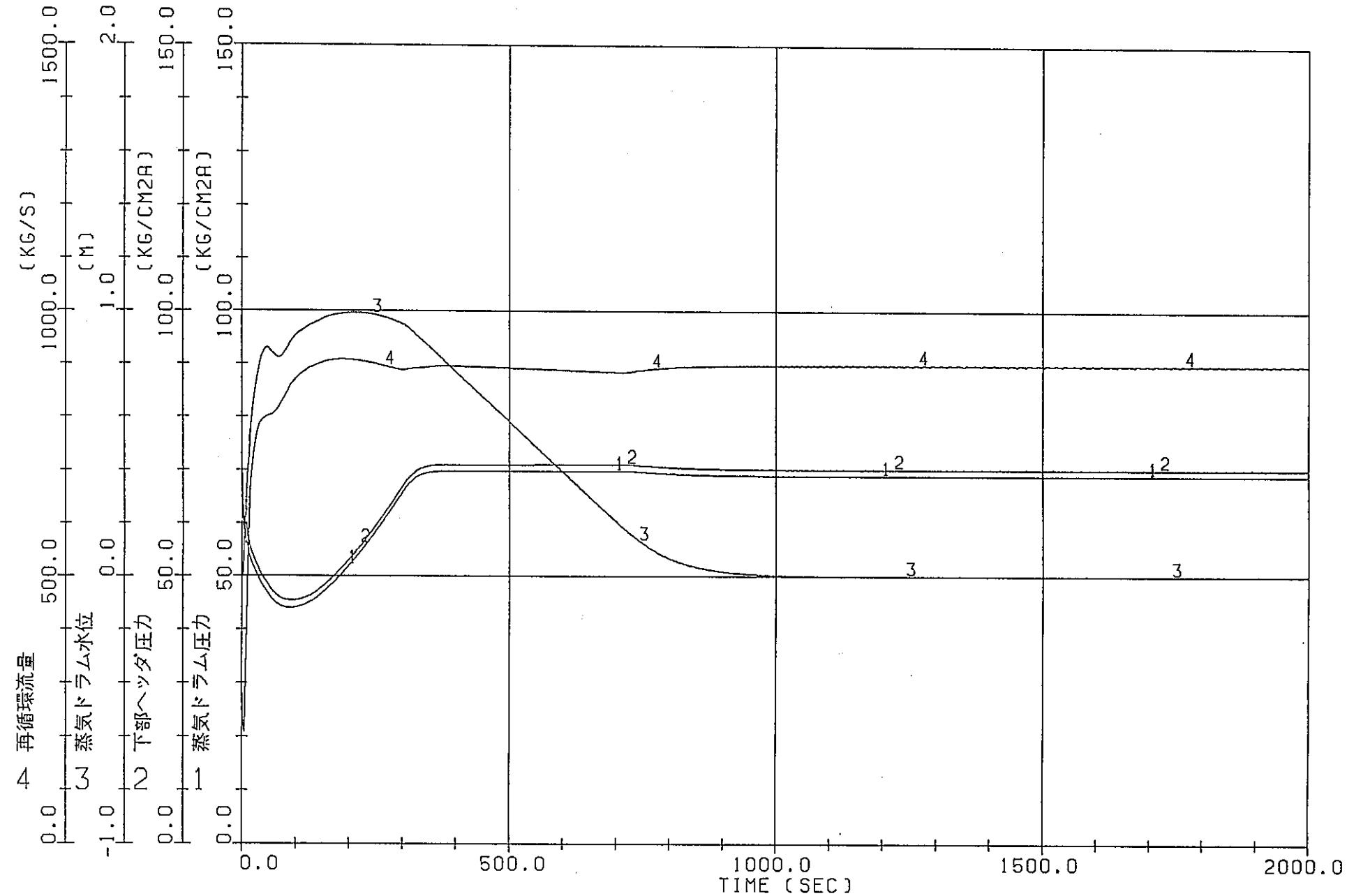


図3.6.1 ATR中小型炉の自然循環特性解析（定常計算）  
(総合解析, ケース 5-1)

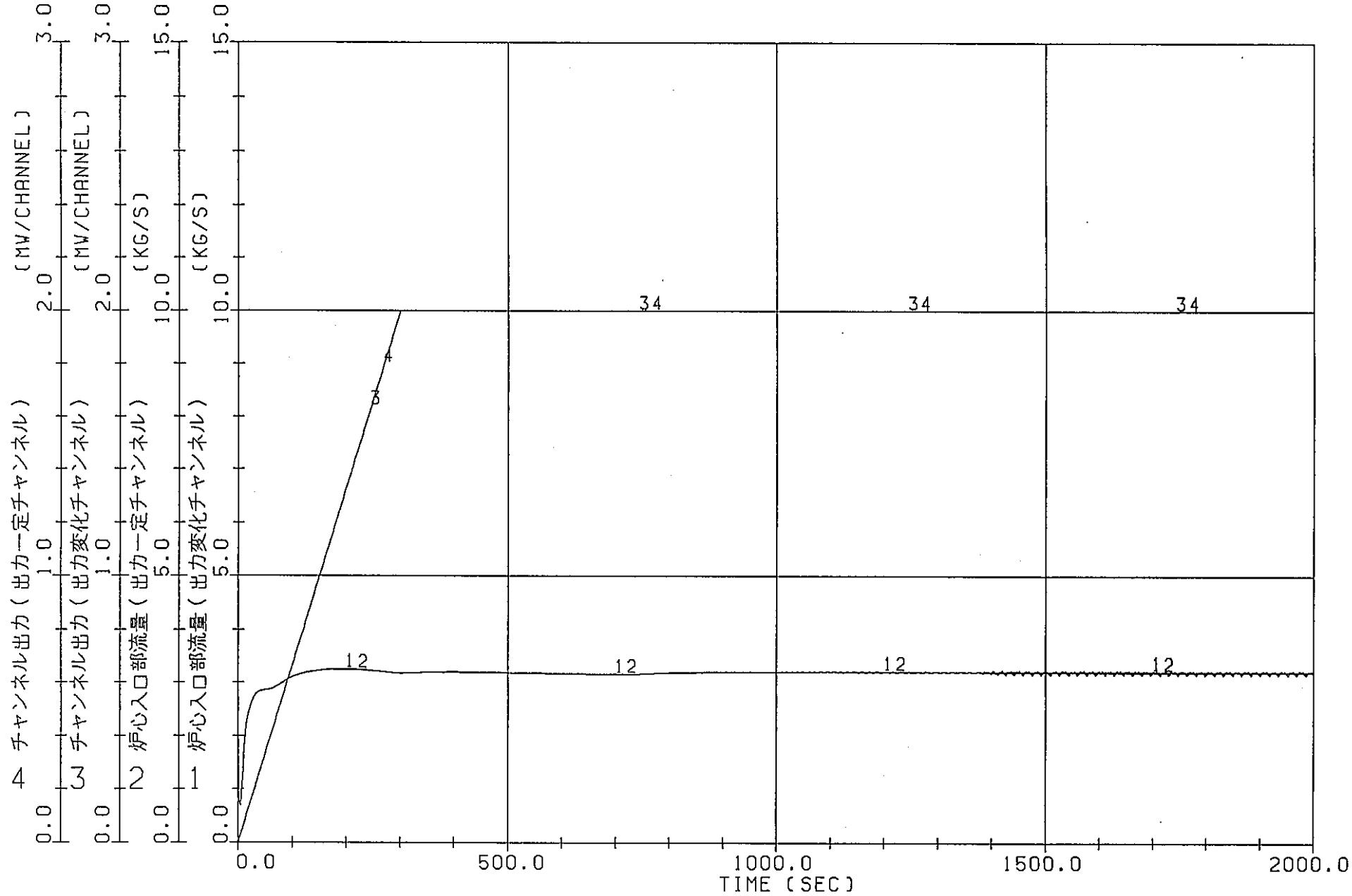


図3.6.2 ATR中小型炉の自然循環特性解析（定常計算）  
(総合解析, ケース5-1)

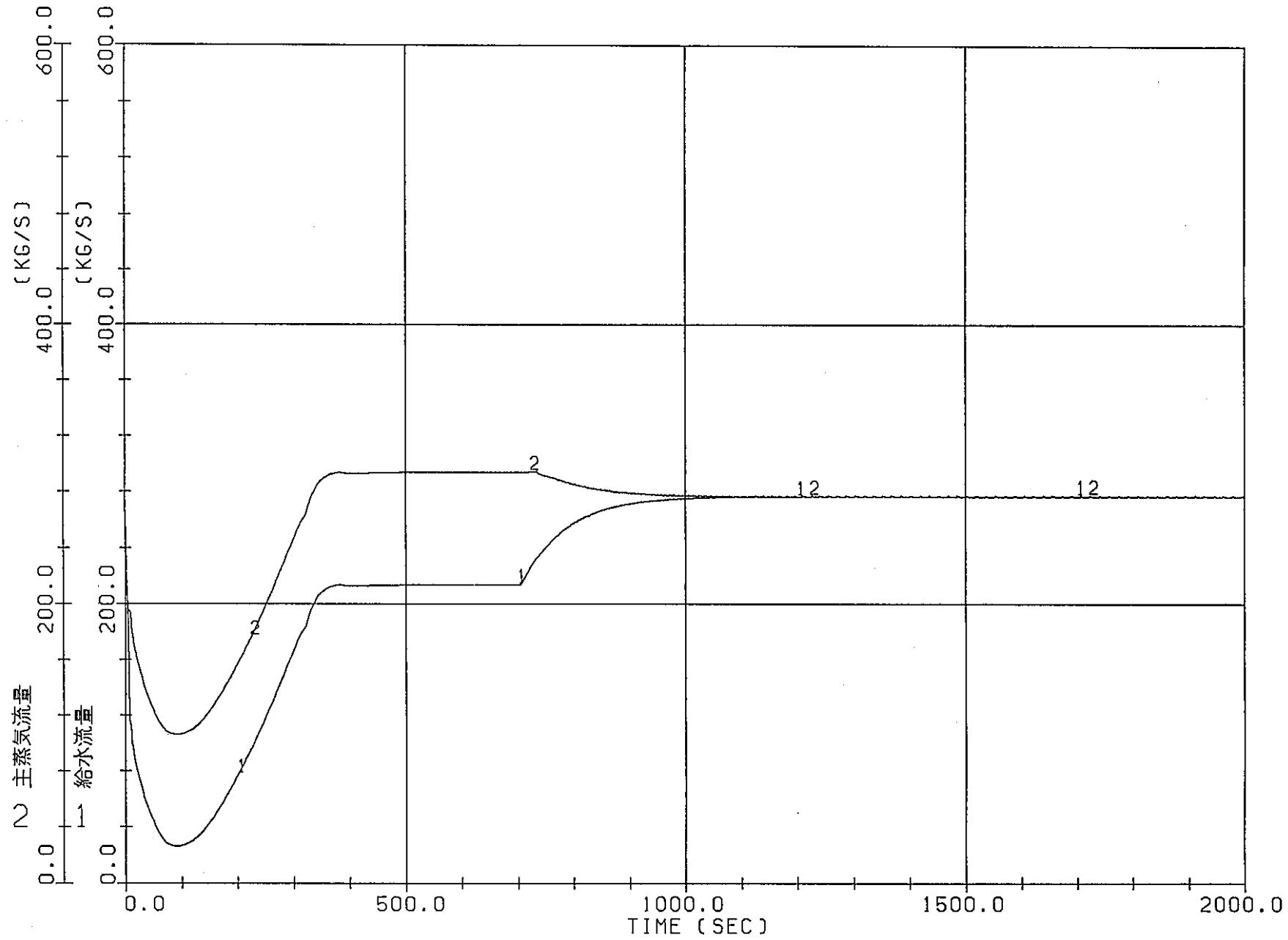


図3.6.3 ATR中小型炉の自然循環特性解析（定常計算）  
(総合解析, ケース5-1)

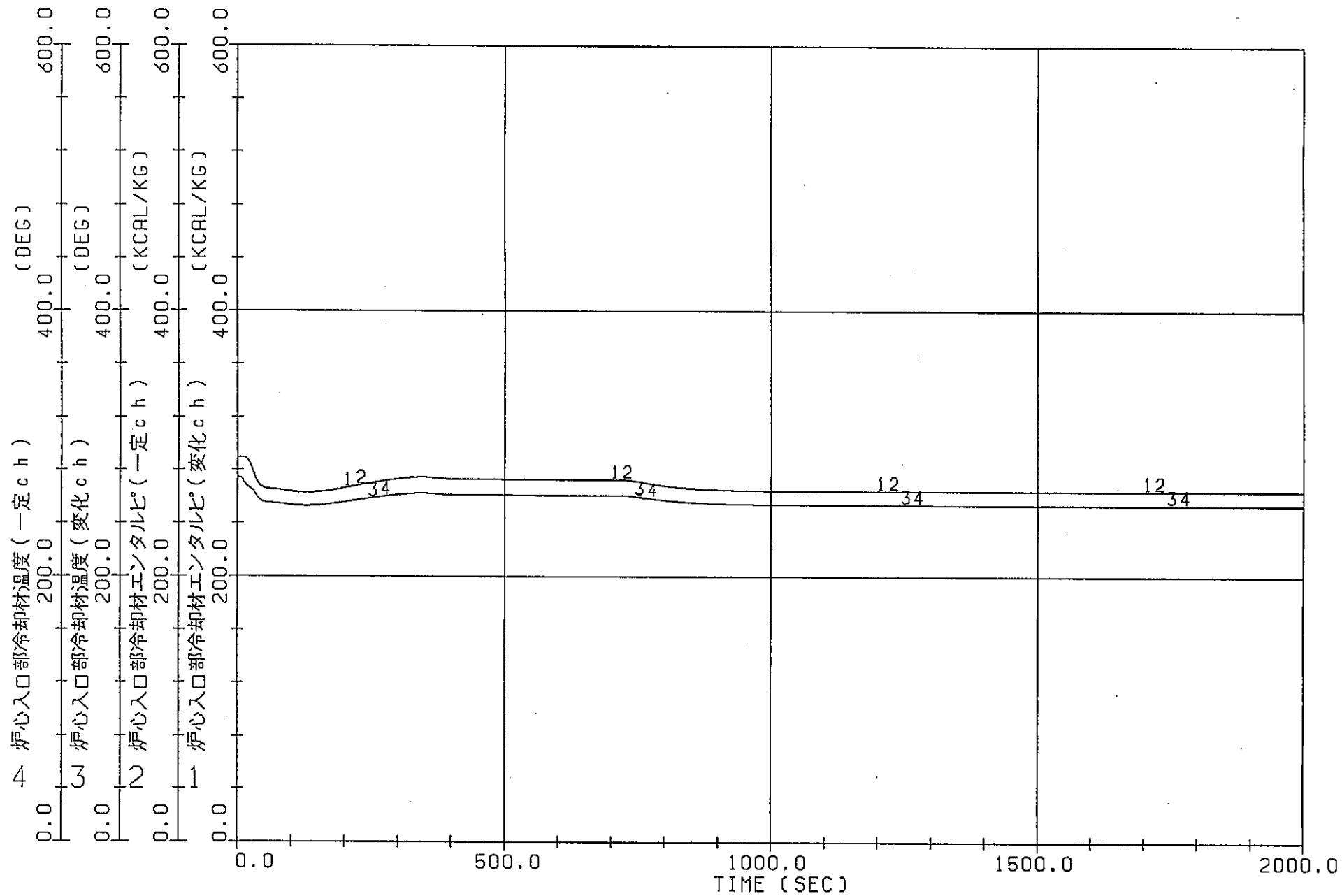


図3.6.4 ATR中小型炉の自然循環特性解析（定常計算）  
(総合解析, ケース5-1)

## 4. おわりに

### 4.1 成果

本作業では、「A T R自然循環炉」の入口管口径、上昇管口径、炉心長さ、下降管高さ、チャネル出力をパラメータとして解析し、自然循環流量に対する前記のパラメータの感度を以下のように明らかとした。

#### (1) 入口管口径の影響

入口管口径は、2 Bとした方が3 Bに較べチャンネル流量が安定する。

#### (2) 上昇管口径の影響

上昇管口径は、大きい方が上昇管部の圧力損失が小さくなり、自然循環量が多くなる。

#### (3) 炉心長さの影響

炉心長さは、短い方が炉心部の圧力損失が小さくなり、自然循環量が多くなる。

#### (4) 下降管高さの影響

下降管高さは、高い方が炉心部と下降管部水頭差が大きくなり、自然循環量が多くなる。また、本項目が自然循環量に対し最も感度が大きい。

さらに、最も循環量の多くなる入口管口径、上昇管口径、炉心長さ、下降管高さの組合せを採用することにより、1チャンネル当たり 2.8Mwの出力で4.29kg/sの自然循環量が確保でき、R P Fを考慮し平均チャンネルの出力を 2.0Mw程度とし、圧力管本数を片ループ 280本、両ループで 560本とすれば、1000Mw<sub>t</sub>級「A T R自然循環炉」は成立するという見通しを得た。

### 4.2 今後の課題

今後の「A T Rの中小型自然循環炉」の成立性検討の課題として以下の項目が挙げられる。

#### (1) 自然循環特性の基礎的検討課題について

本研究においてチャンネル平均出力で 2 Mw程度の出力を確保できる見通しを得ることができたが、さらに自然循環炉としての性能向上を図る目的で以下の項目の検討を提案する。

#### (a) 給水エンタルピの感度の検討

給水エンタルピを低くすると、下降管への流入エンタルピも低下するため、

下降管部冷却材の密度は高くなる。また、炉心入口部の冷却材サブクール度は増加し、炉心部のボイド発生点が出口側に移動する。この下降管部の密度変化とボイド発生点の変化が、自然循環量に与える影響を解析し、自然循環量に対してさらに有利な条件が存在するかどうか検討する必要がある。

(b) 上昇管と圧力管の接続に関する検討

上昇管口径は大きくした方が多くの自然循環流量を確保できる。今回の解析では、上昇管の口径を大きくしても上昇管の本数は変えなかった。従って、流路断面積は増加し、流速は遅くなつたが、管摩擦を増加させる配管内部の接触面積も増加したと考えられる。そこで、ある本数の圧力管から1本の上昇管に接続し、上昇管本数を減らす体系を考えることが出来る。この時の適切な圧力管本数を検討する必要がある。ここで、1本の上昇管に接続する圧力管本数は2～4本程度と考えられる（5本以上をまとめる場合出力制御棒等の配置が困難となる可能性がある。また、現在、2本の配管を1本の配管に接続するにはYピース型の継手等を用いる事により比較的容易であると考えられている）。

また、本検討を行う前に、今回の解析で用いたATRECS-II/mod III-Fix4コードで上述のモデル化が可能であるかどうかの検討も必要である。

(c) 蒸気ドラム内セパレータの要、不要の検討

蒸気ドラム内セパレータを取り除く事が出来れば、同部分の圧力損失がなくなる事により自然循環量を増加させる事が出来ると考えられる。従って、セパレータを取り除いた場合のキャリーオーバ、キャリーアンダーの測定試験を行い、取り除く事が可能かどうかの検討を行う必要がある。

(2) トランジエント時の炉特性の検討について

上記の基礎的検討結果に基づき、本自然循環炉の運転、及び過渡事象時に必要な以下の項目の検討を提案する。

(a) 蒸気ドラムの寸法・形状の検討

蒸気ドラムの寸法は、小さい方が経済的であるが、小さいと蒸気ドラム水位の変動が大きくなりやすい、そこである程度まで大きくする必要がある。従って、トランジエント解析を行い、寸法形状を検討する必要がある。

(b) トランジエント事象の選定

(a)の検討解析を含め、トランジエント事象について解析する必要がある。トランジエント事象としては、MSIVの誤閉鎖、タービントリップ、全給水流量喪失、給水加熱喪失等が考えられるが、指針に照らし検討を行う必要がある。

(c) 運転時の最低M C P Rの検討

本作業の総合解析では、全チャンネルの出力を 2.0Mwとし解析を行ったが、R P Fを決め、出力の高いチャンネルを設定し前述のトランジエント解析を行いC P R評価を行った後、ドライアウトに対する余裕を検討し、O L M C P Rを検討する必要がある。

## 5. 謝辞

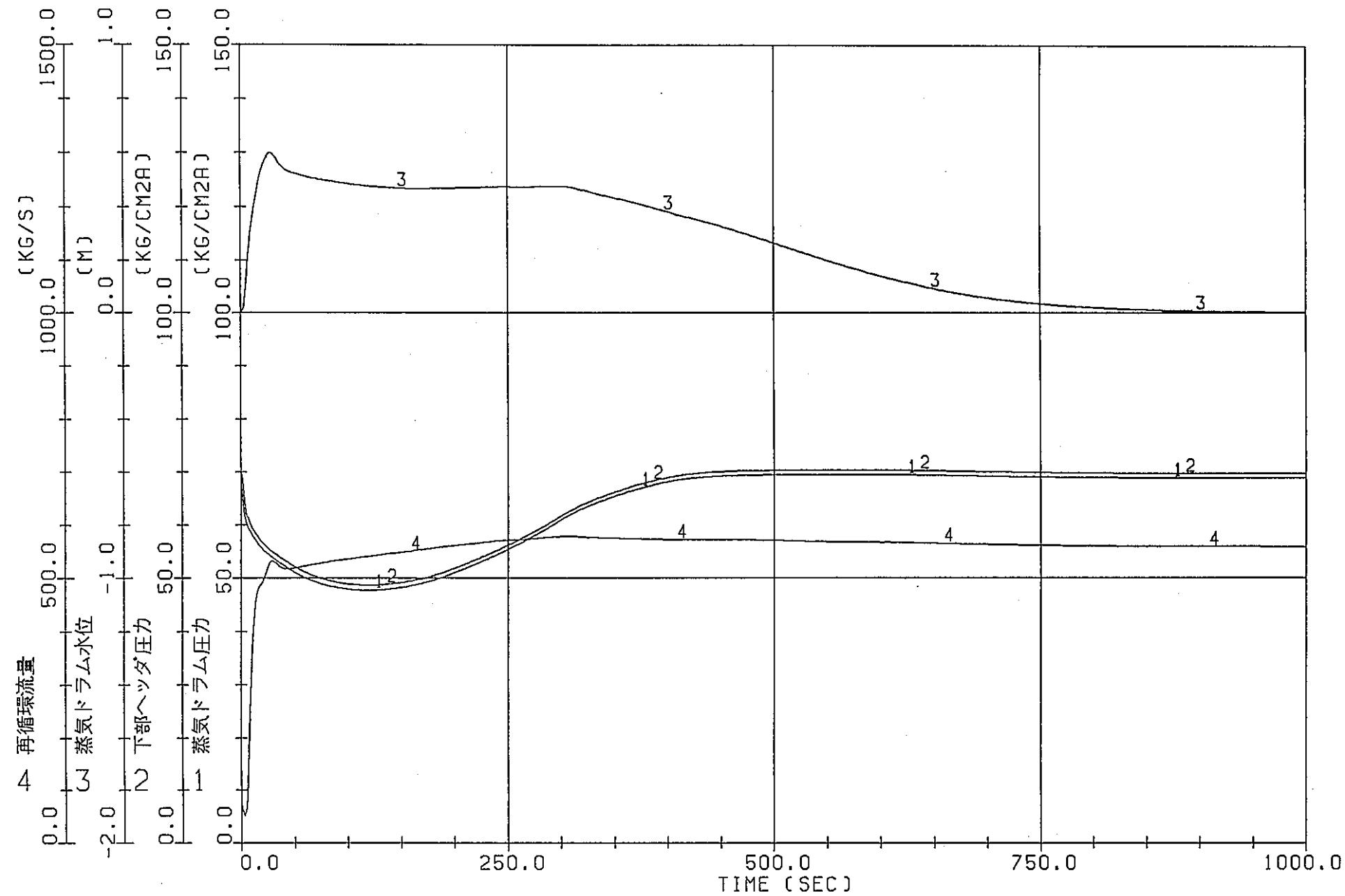
本研究の遂行にあたり、動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター 安全工  
学部 新型転換炉安全工学室の関係各位殿に御討論、御協力を頂き、ここに改めて、  
深く感謝の意を表します。

## 6. 参考文献

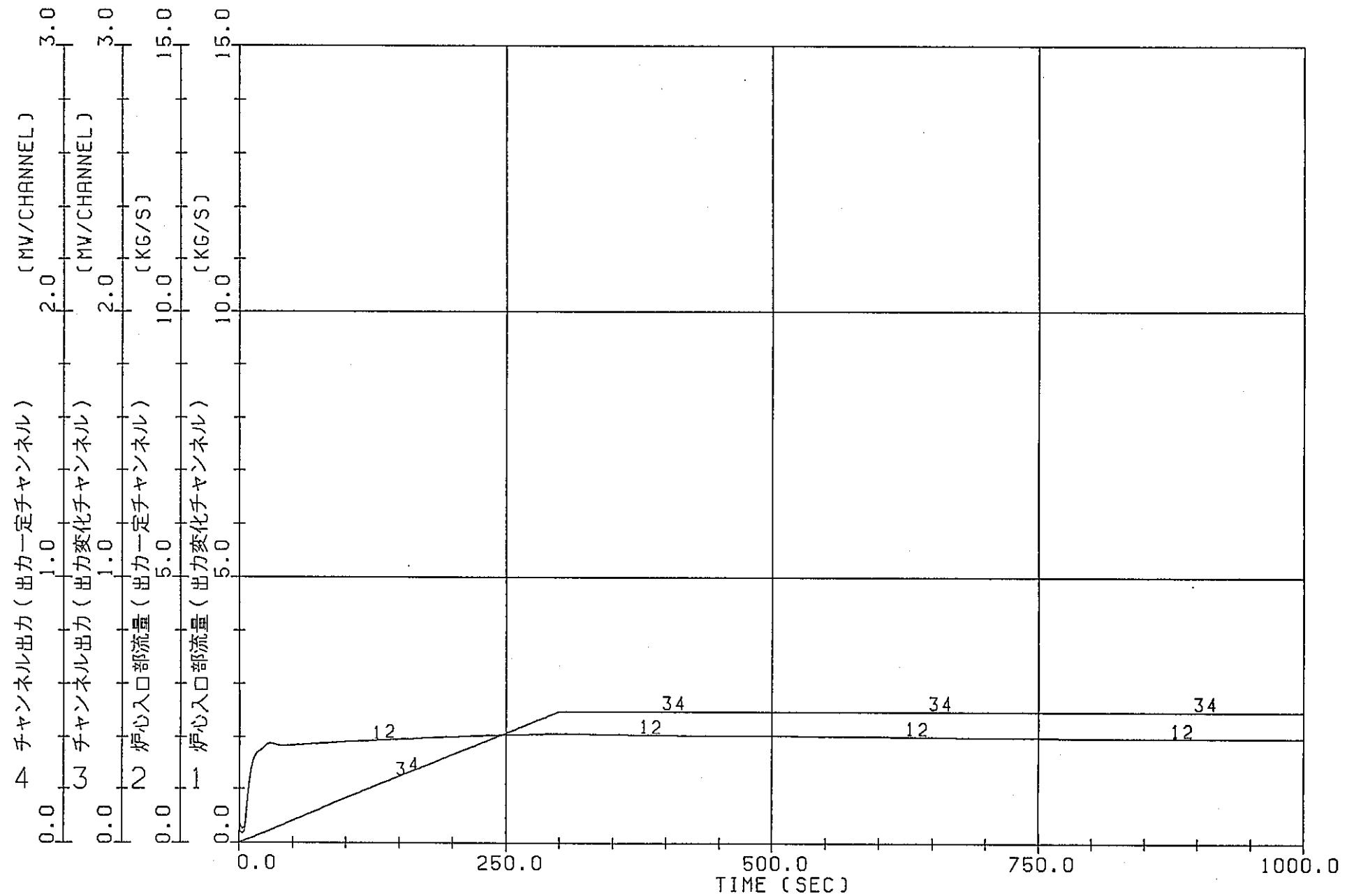
- (1) 動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター、1991年7月  
新型転換炉実証炉 ATRECS-II／mod3-FIX4  
コンピュータ・プログラム取扱い説明書

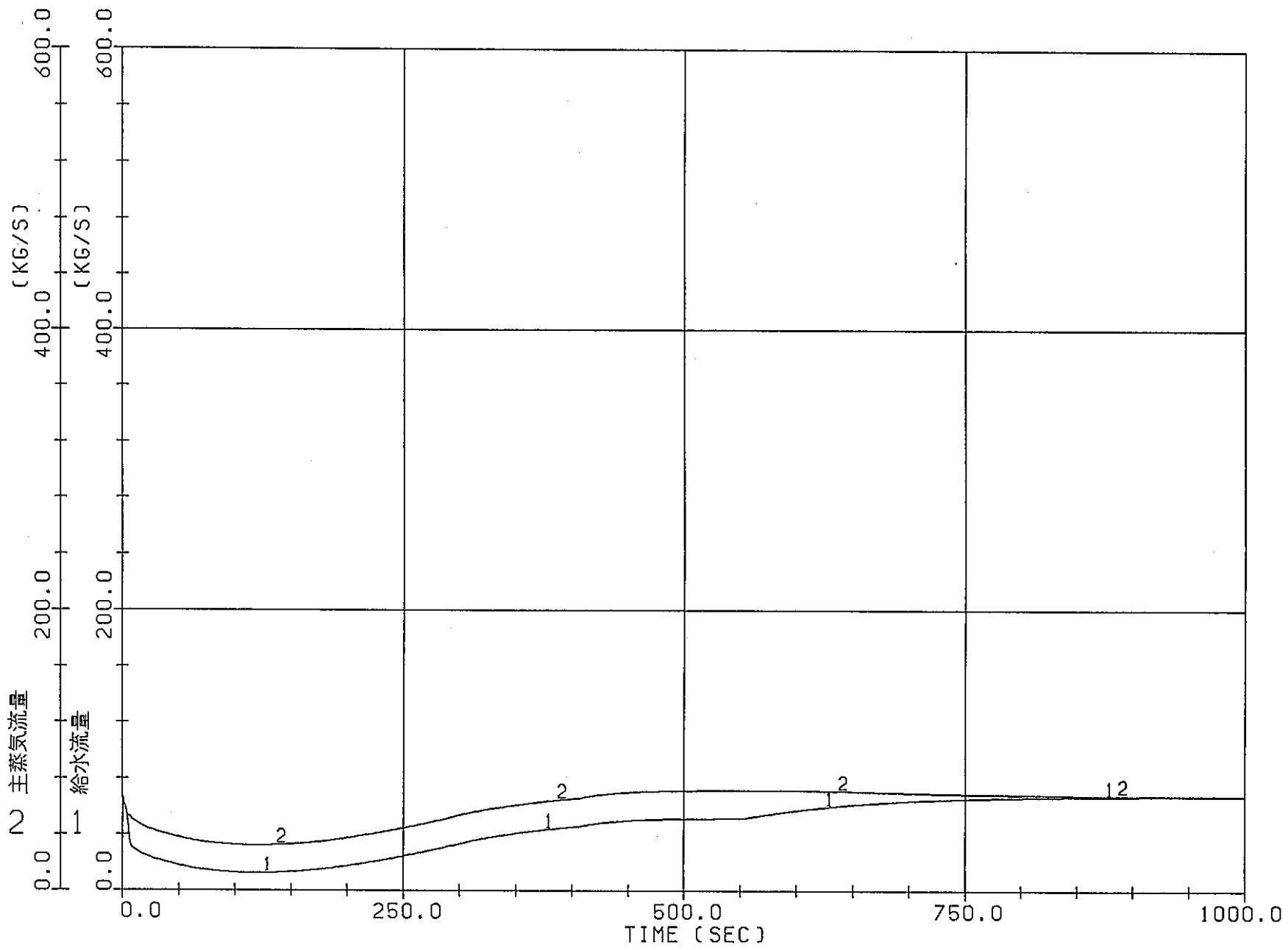
## 付録 1. 角率解析結果図集

No	図 の 内 容	図 番
1.	A T R 中小型炉の自然循環特性解析（定常、過渡計算） (ベースケース, ケース 1-1)	付図 1.1.1 ～付図 1.1.8
2.	A T R 中小型炉の自然循環特性解析（定常、過渡計算） (入口管口径 3 B, ケース 1-2)	付図 1.2.1 ～付図 1.2.8
3.	A T R 中小型炉の自然循環特性解析（定常、過渡計算） (上昇管口径 4 B, ケース 2-1)	付図 1.3.1 ～付図 1.3.8
4.	A T R 中小型炉の自然循環特性解析（定常、過渡計算） (上昇管口径 5 B, ケース 2-2)	付図 1.4.1 ～付図 1.4.8
5.	A T R 中小型炉の自然循環特性解析（定常、過渡計算） (炉心長さ 3. 2 m, ケース 3-1)	付図 1.5.1 ～付図 1.5.8
6.	A T R 中小型炉の自然循環特性解析（定常、過渡計算） (炉心長さ 2. 7 m, ケース 3-2)	付図 1.6.1 ～付図 1.6.8
7.	A T R 中小型炉の自然循環特性解析（定常、過渡計算） (下降管高さ 2 0 m, ケース 4-1)	付図 1.7.1 ～付図 1.7.8
8.	A T R 中小型炉の自然循環特性解析（定常、過渡計算） (下降管高さ 3 0 m, ケース 4-2)	付図 1.8.1 ～付図 1.8.8
9.	A T R 中小型炉の自然循環特性解析（定常、過渡計算） (下降管高さ 1 5 m, ケース 4-3)	付図 1.9.1 ～付図 1.9.8
10.	A T R 中小型炉の自然循環特性解析（定常計算） (総合解析, ケース 5-1)	付図 1.10.1 ～付図 1.10.4

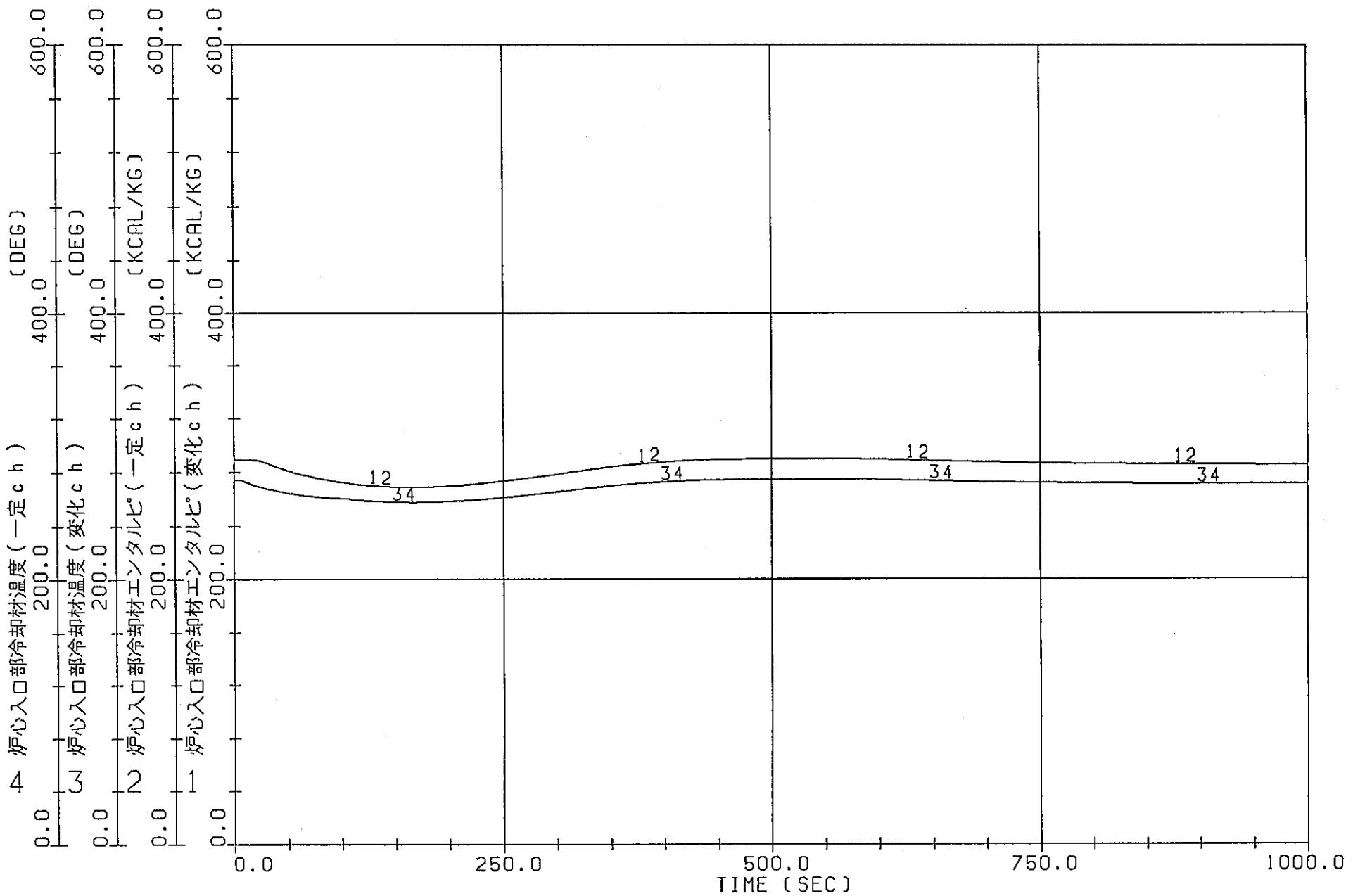


付図1.1.1 自然循環解析(定常計算)  
(ベースケース, A T R E C Sによる解析)

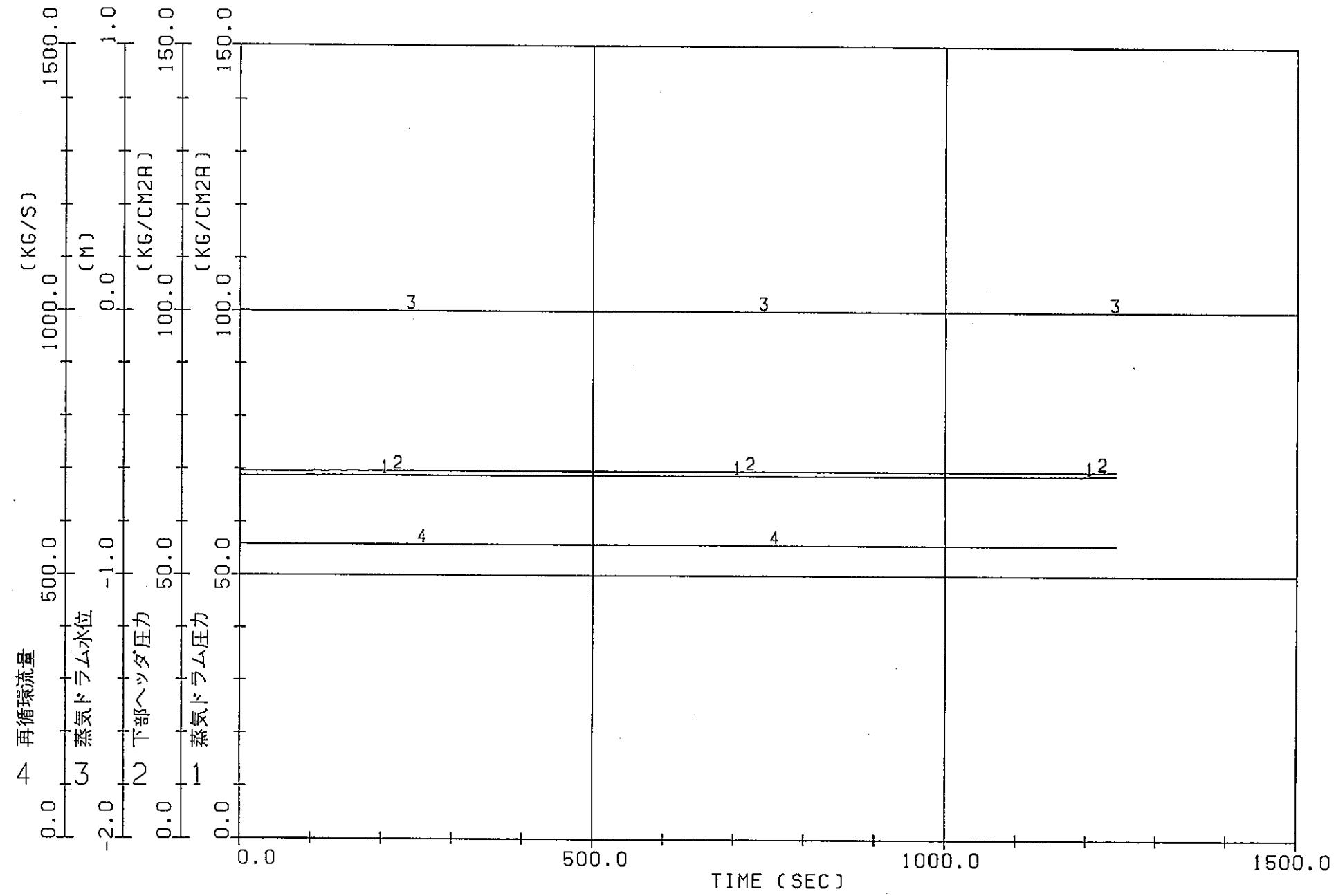




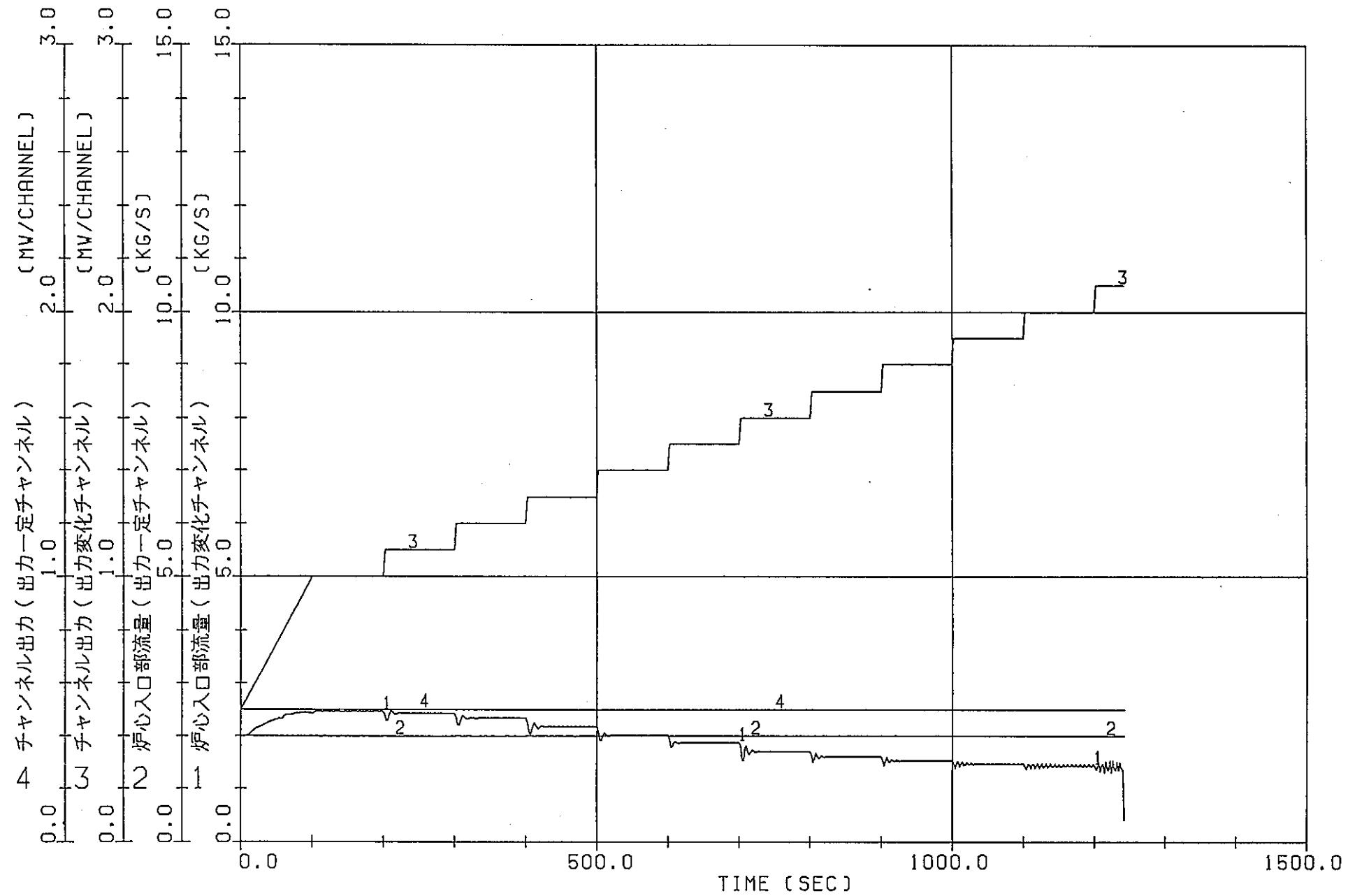
付図1.1.3 自然循環解析（定常計算）  
(ベースケース、ATRECSによる解析)



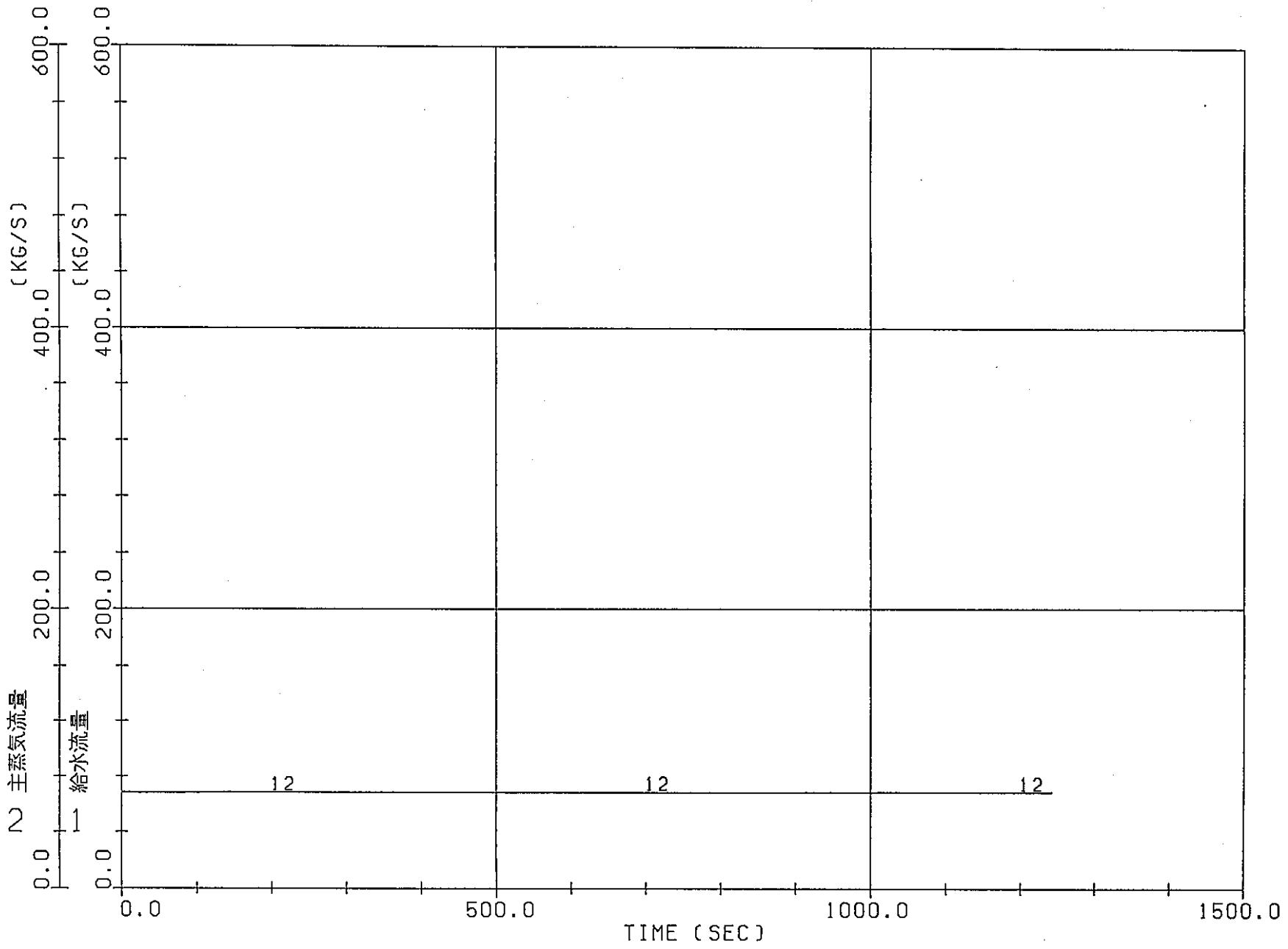
付図1.1.4 自然循環解析(定常計算)  
(ベースケース, ATRECSによる解析)



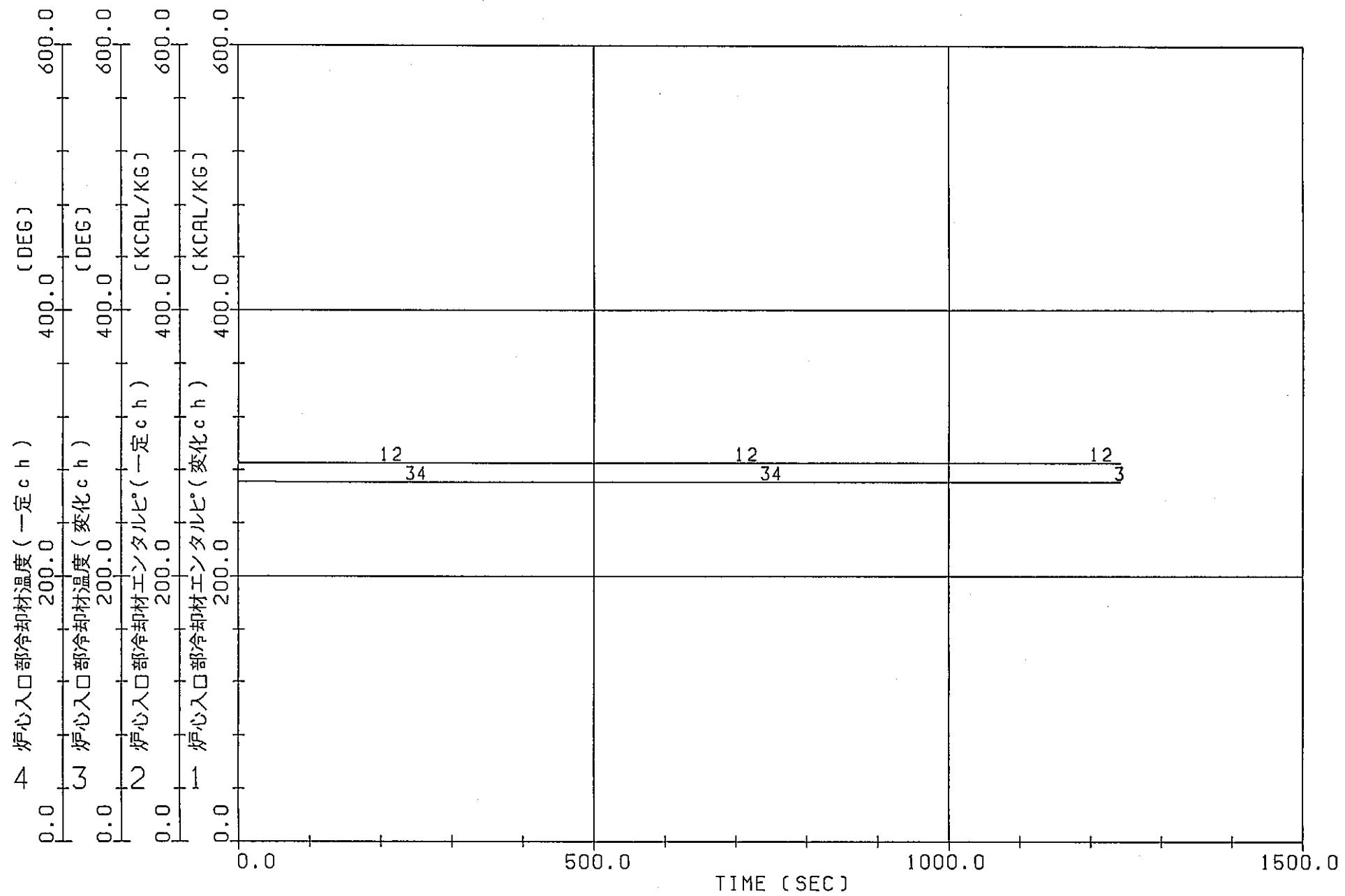
付図 1.1.5 自然循環解析（過渡計算）  
(ベースケース, A T R E C S による解析)



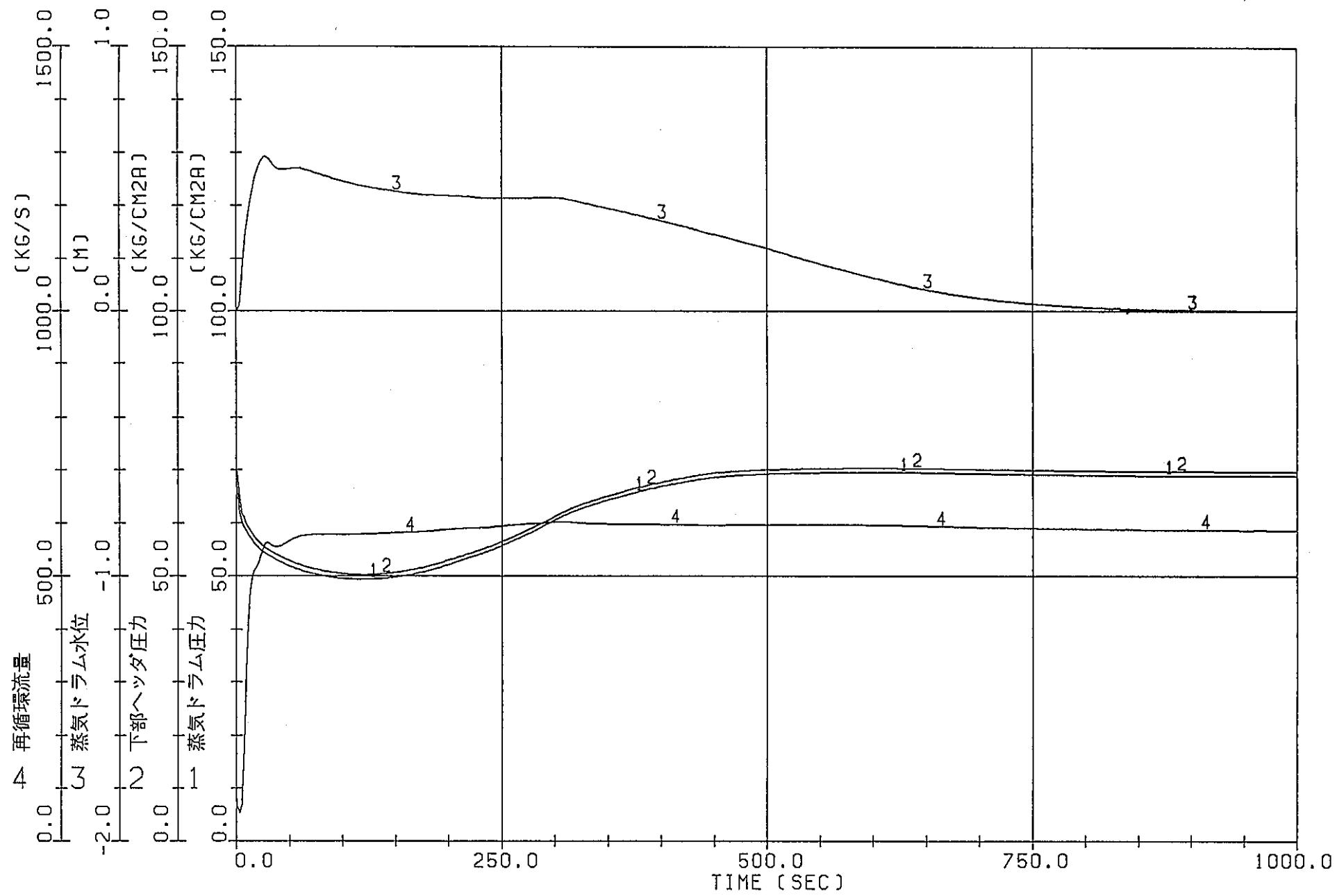
付図1.1.6 自然循環解析(過渡計算)  
(ベースケース, ATRECSによる解析)



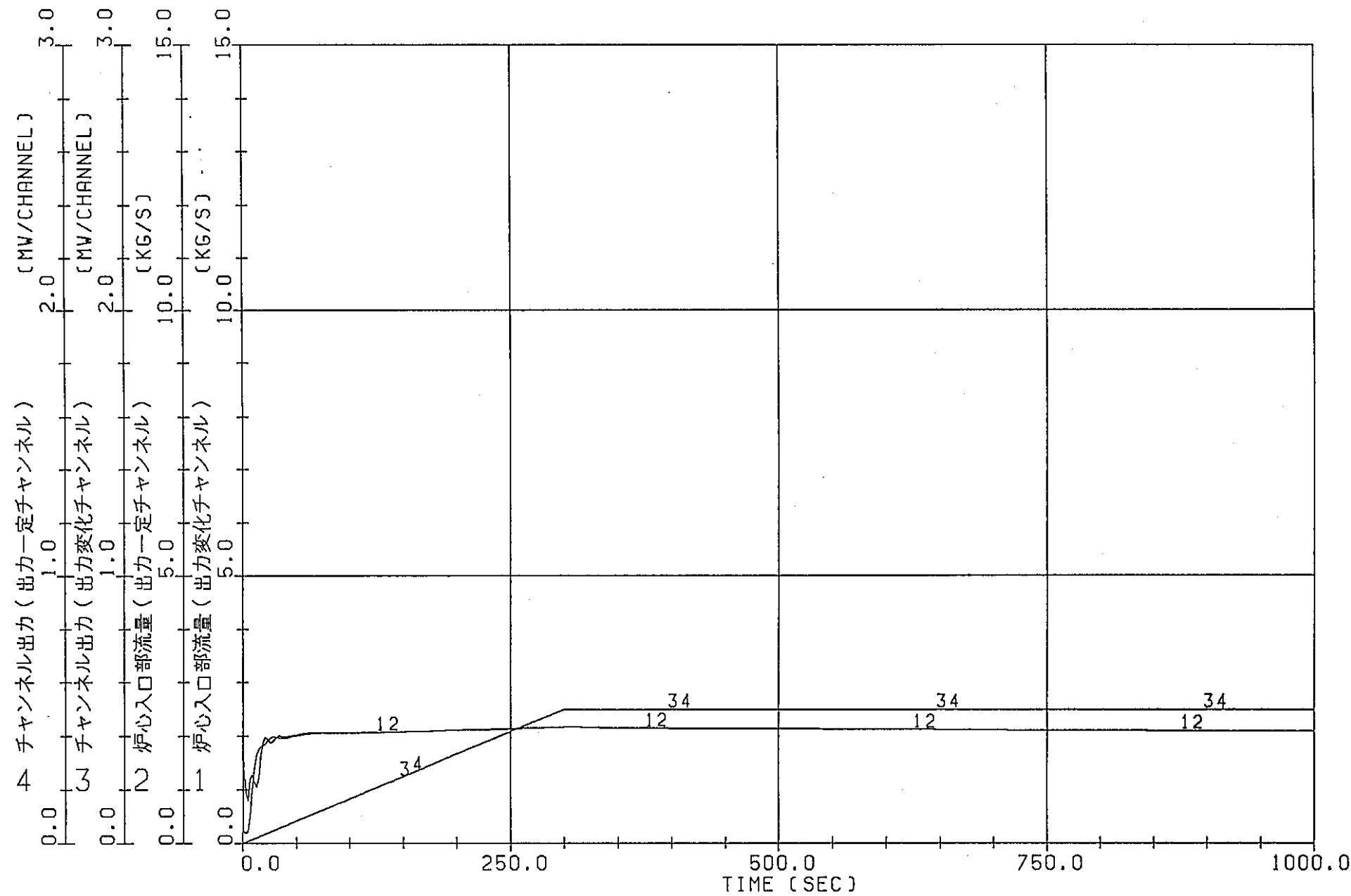
付図1.1.7 自然循環解析(過渡計算)  
(ベースケース, ATRECSによる解析)



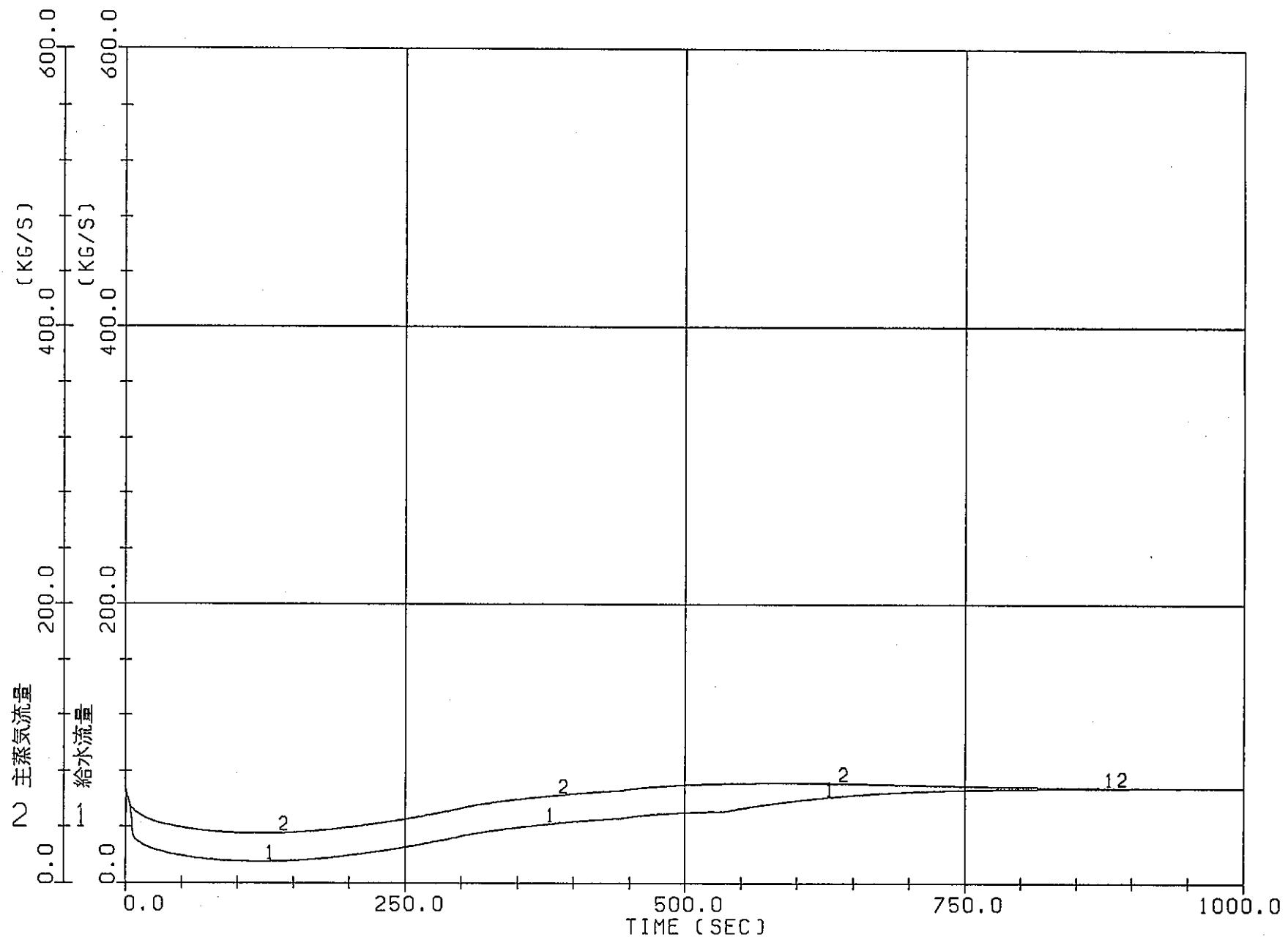
付図1.1.8 自然循環解析(過渡計算)  
(ベースケース, ATRECSによる解析)



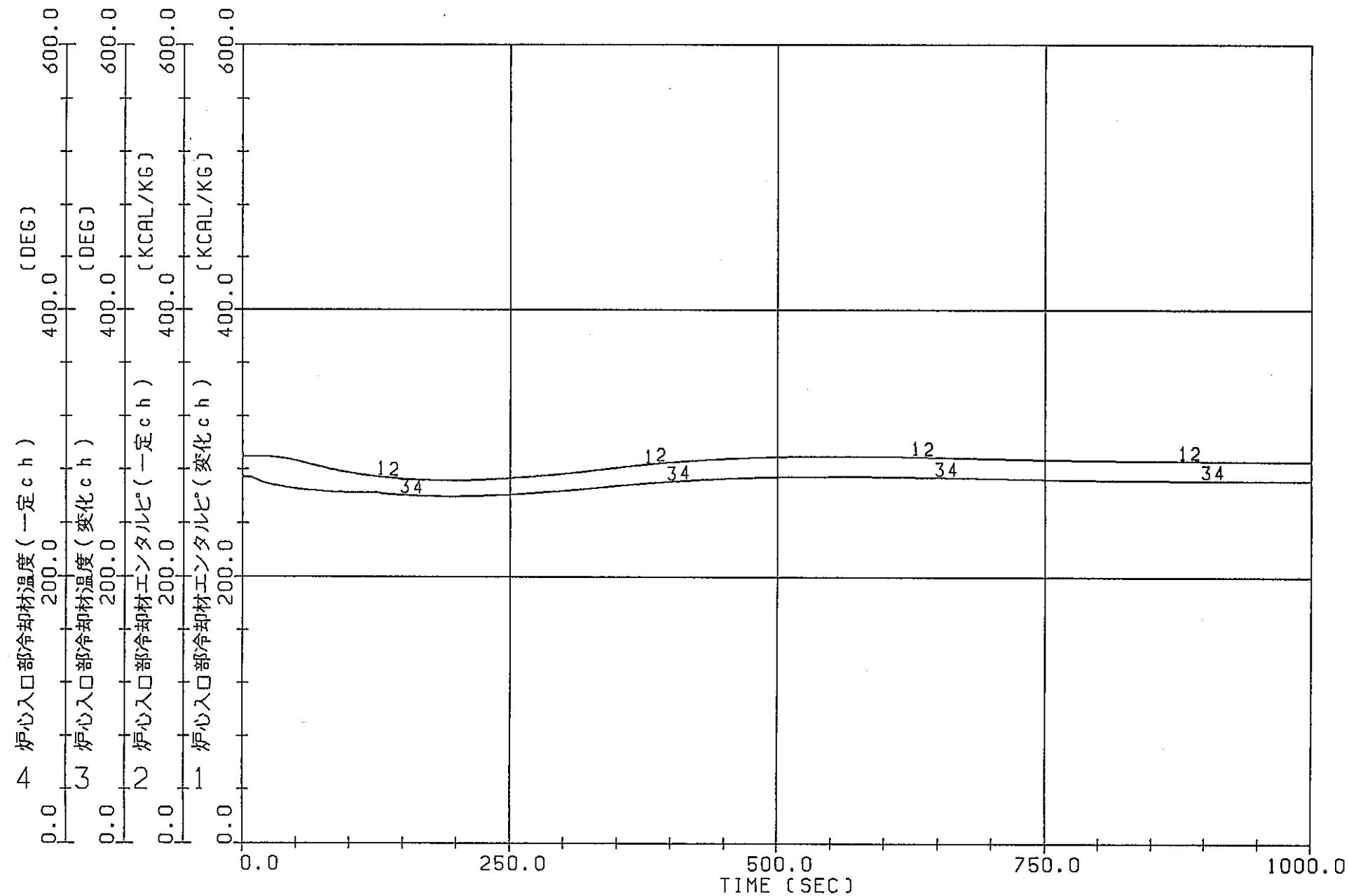
付図1.2.1 自然循環解析(定常計算)  
(ケース1-2, ATRECSによる解析)



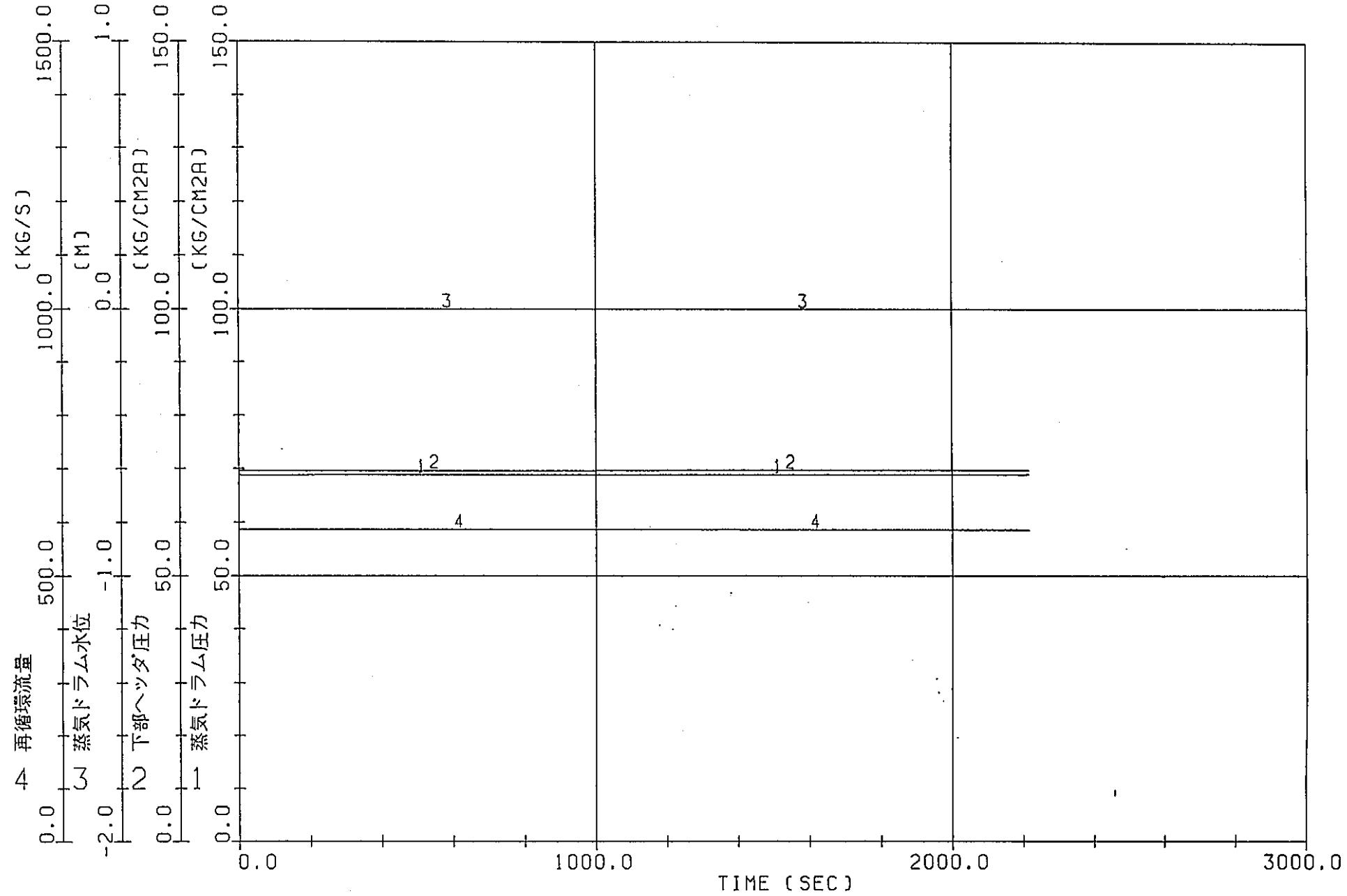
付図1.2.2 自然循環解析（定常計算）  
(ケース1-2, ATRECSによる解析)



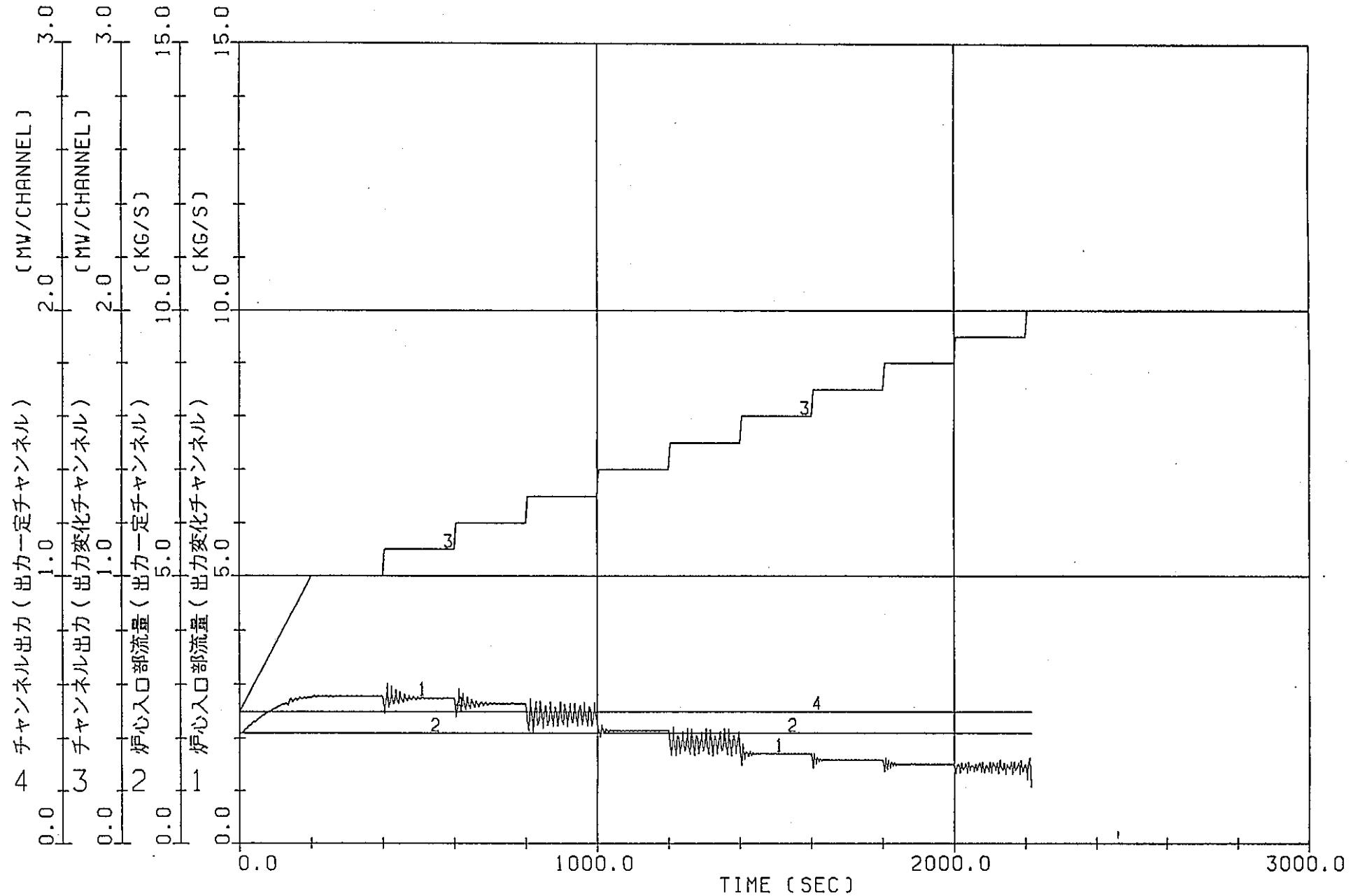
付図1.2.3 自然循環解析(定常計算)  
(ケース1-2, ATRECSによる解析)



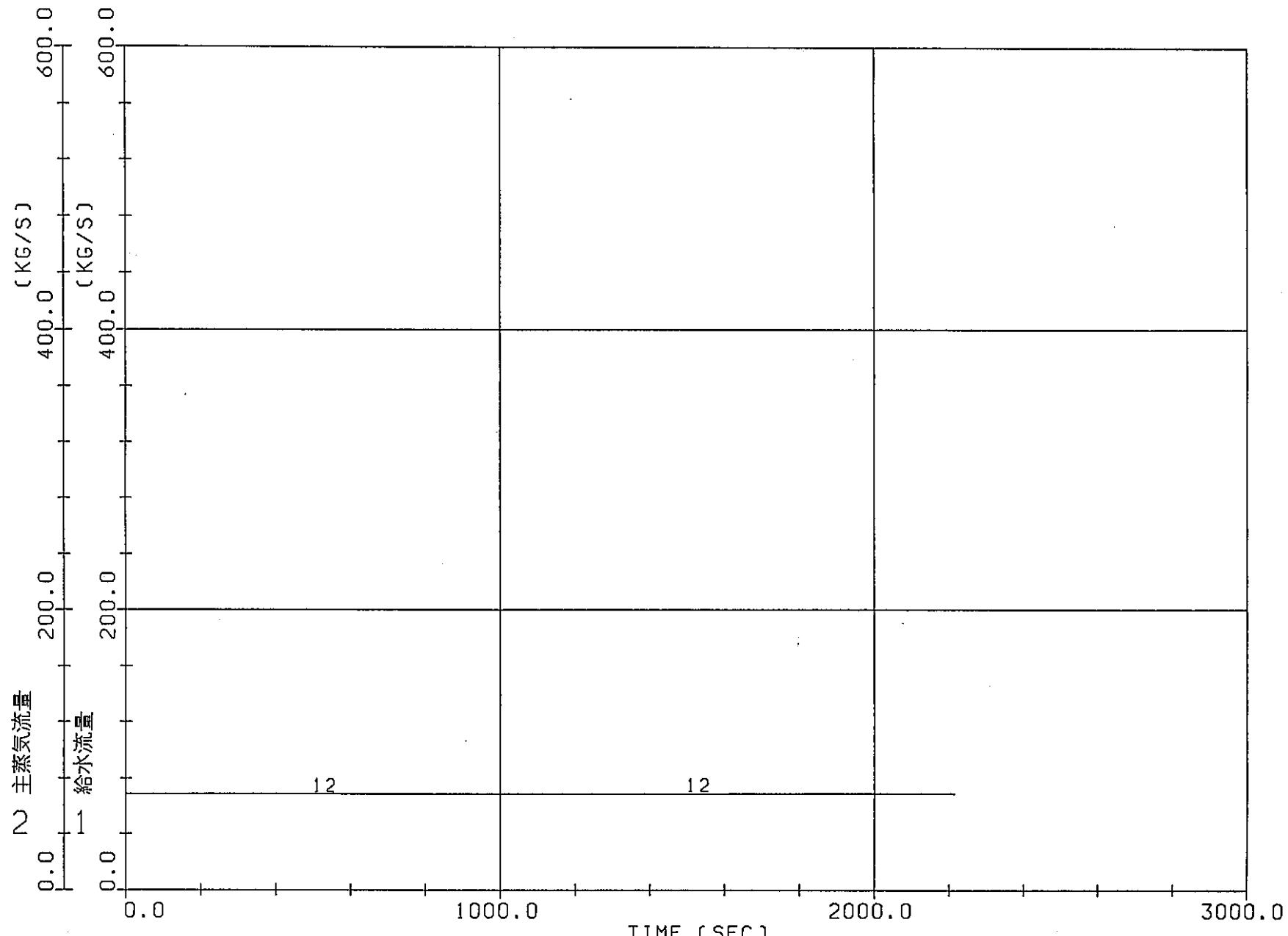
付図1.2.4 自然循環解析(定常計算)  
(ケース1-2, ATRECSによる解析)



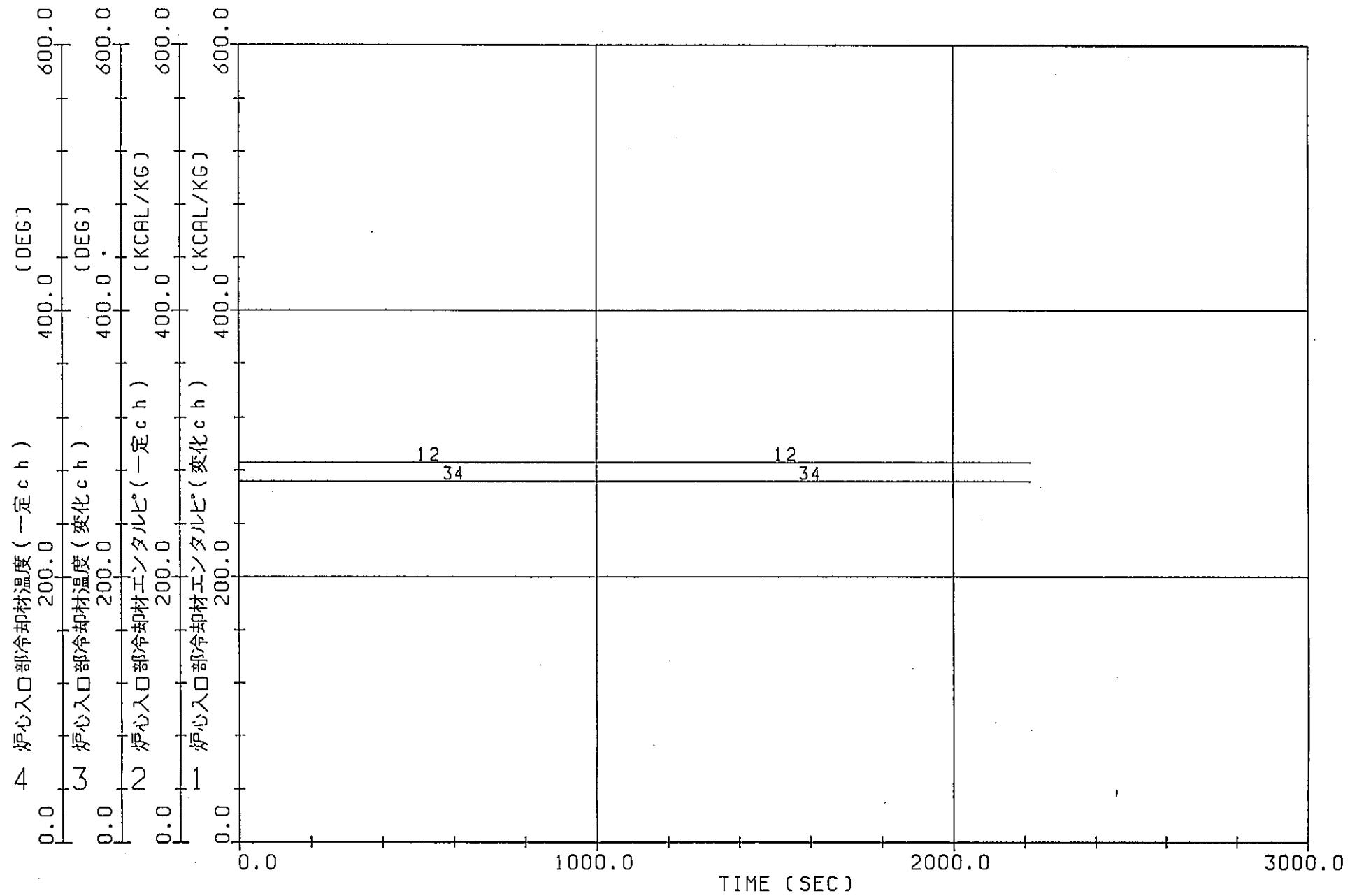
付図1.2.5 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース1-2, ATRECSによる解析)



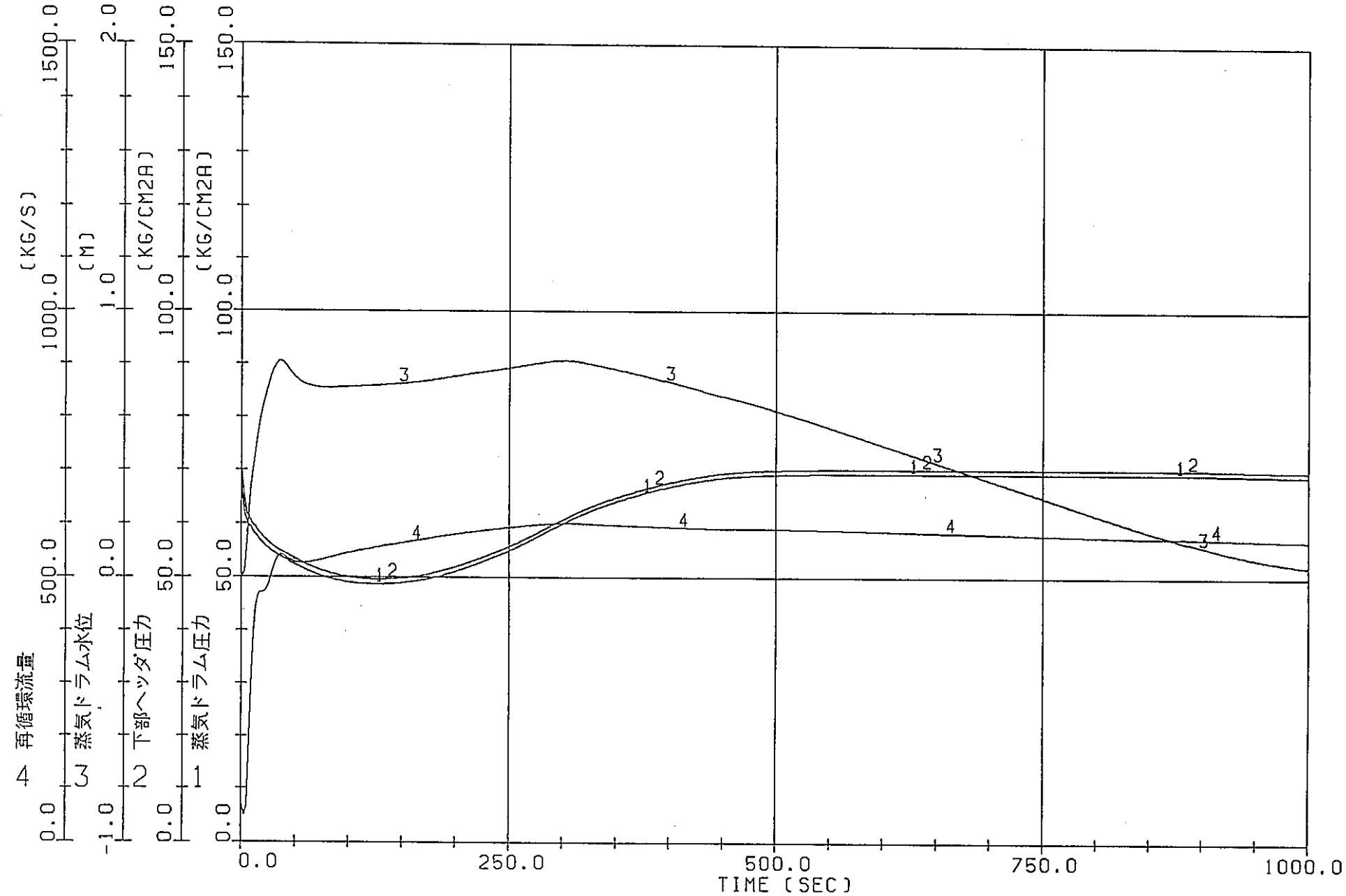
付図1.2.6 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース1-2, ATRECSによる解析)



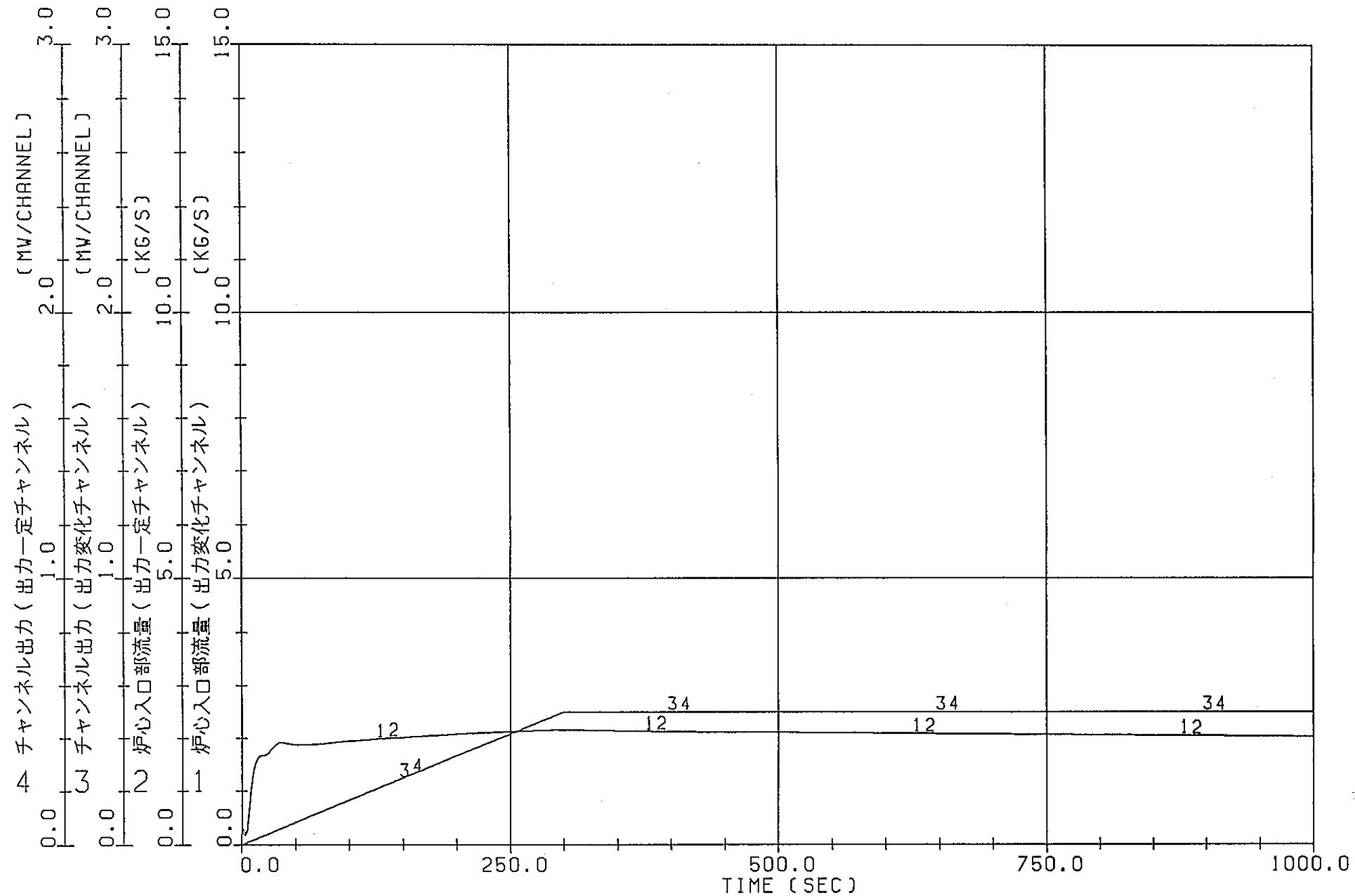
付図1.2.7 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース1-2, ATRECSによる解析)

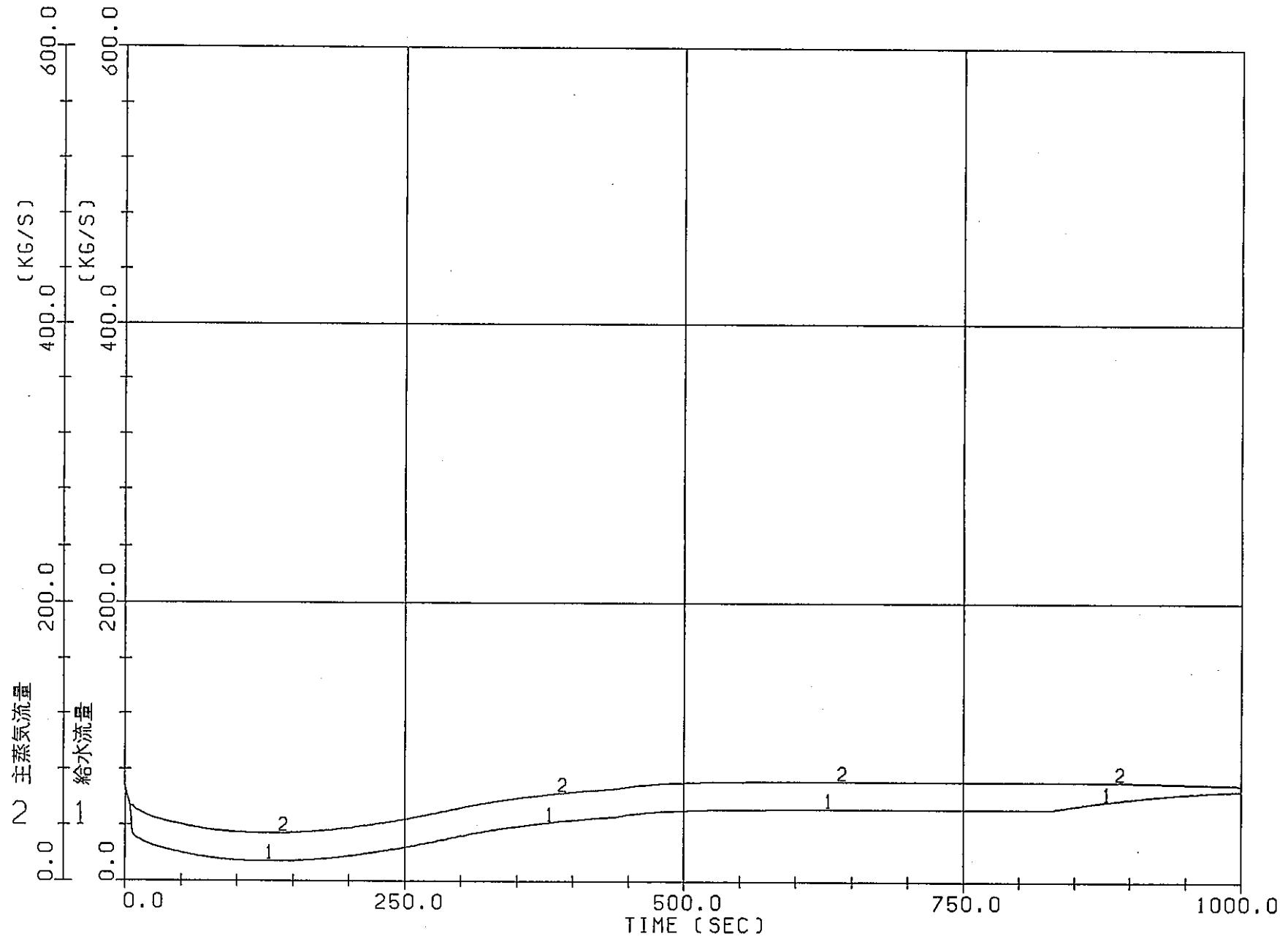


付図1.2.8 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース1-2, ATRECSによる解析)

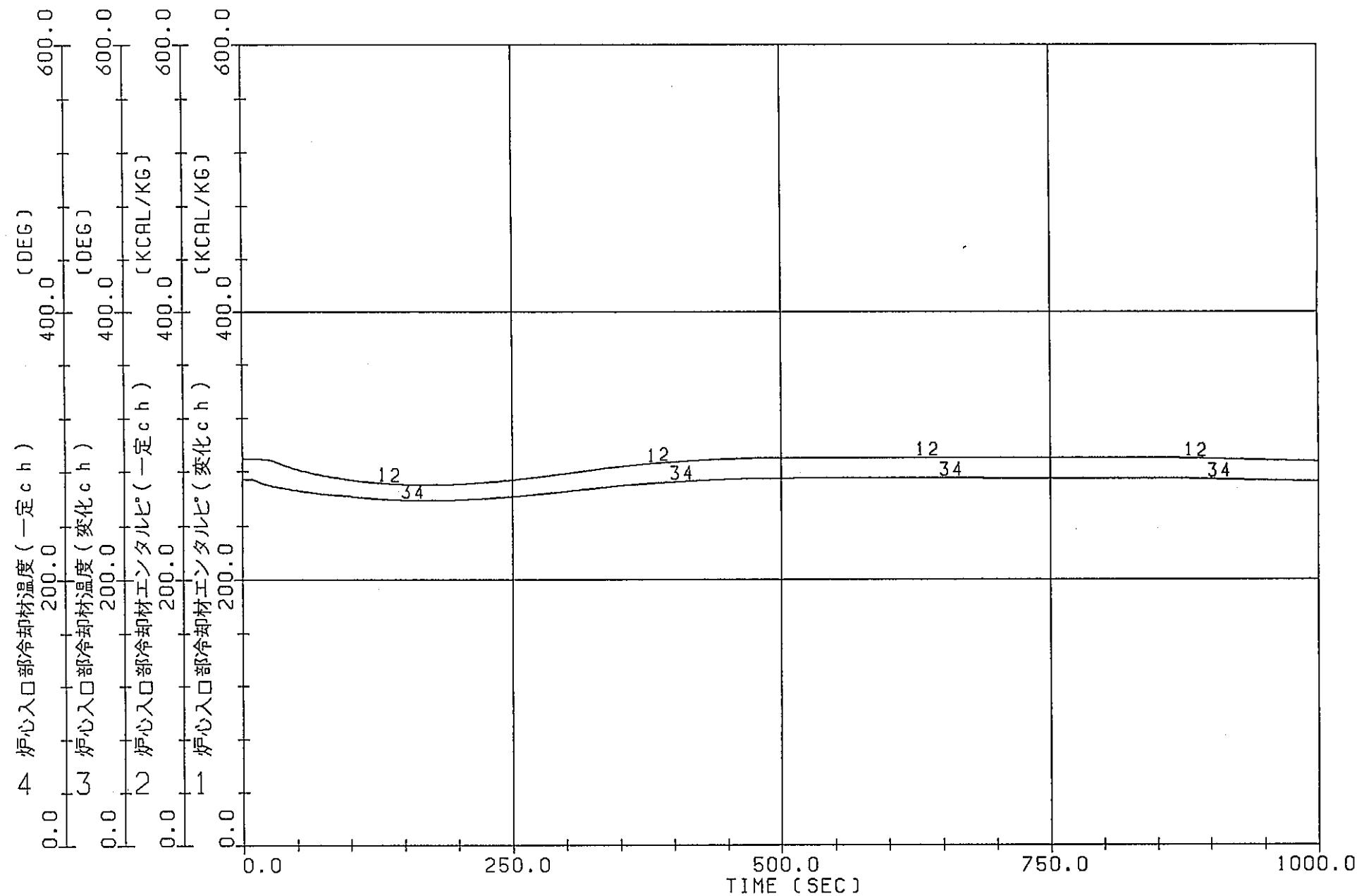


付図1.3.1 自然循環解析(定常計算)  
(ケース2-1, ATRECSによる解析)

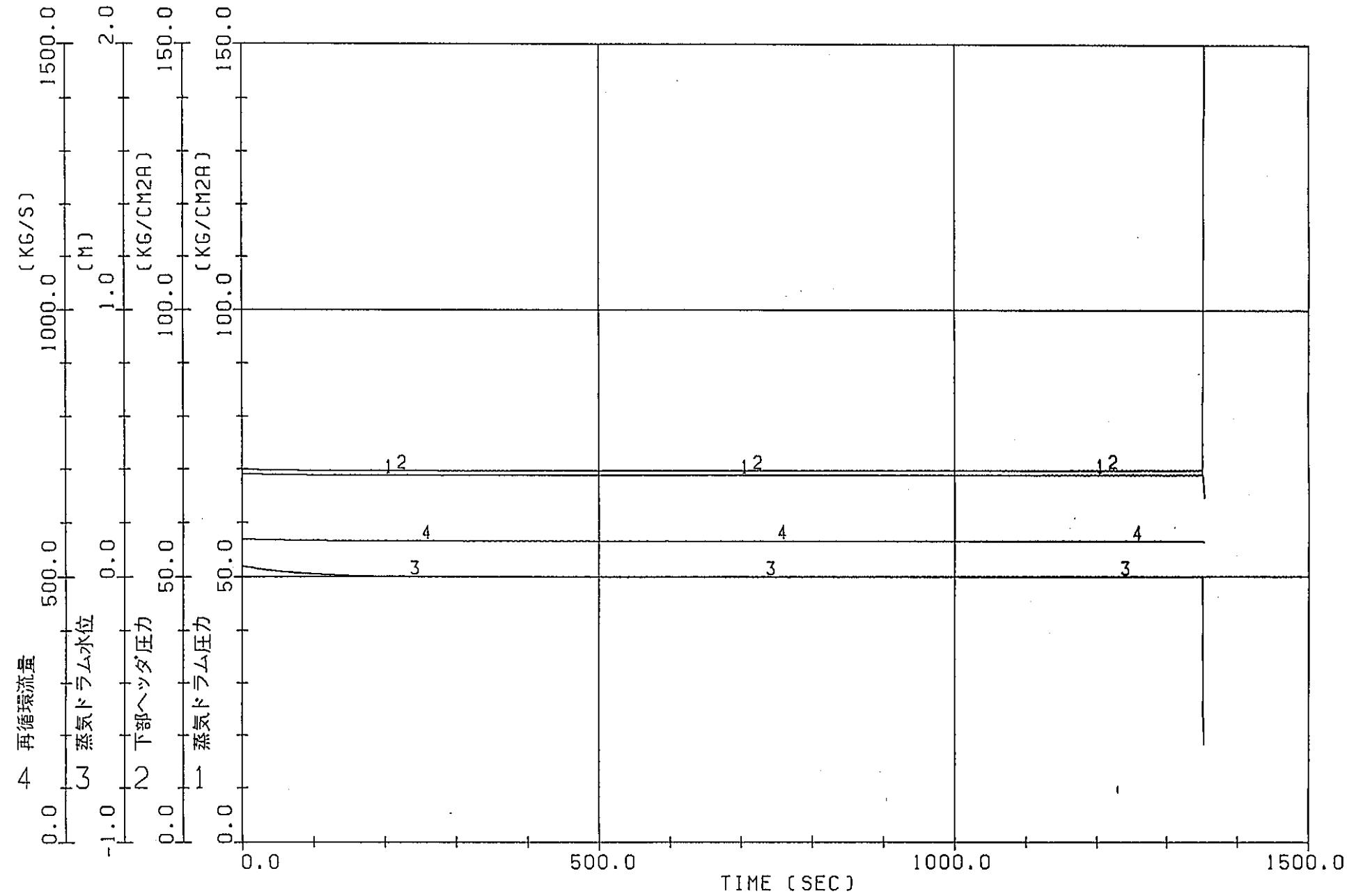




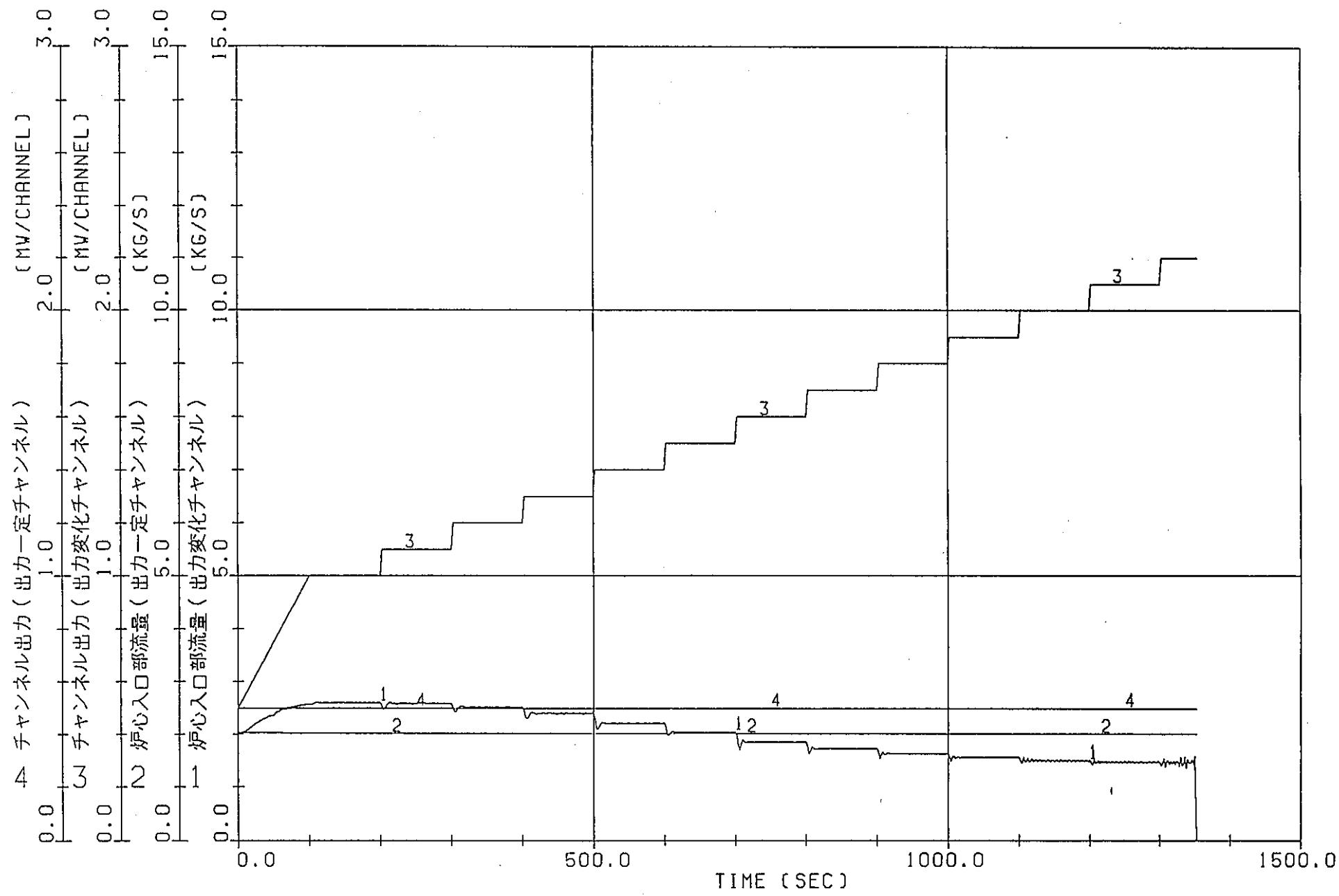
付図1.3.3 自然循環解析（定常計算）  
(ケース2-1, ATRECSによる解析)



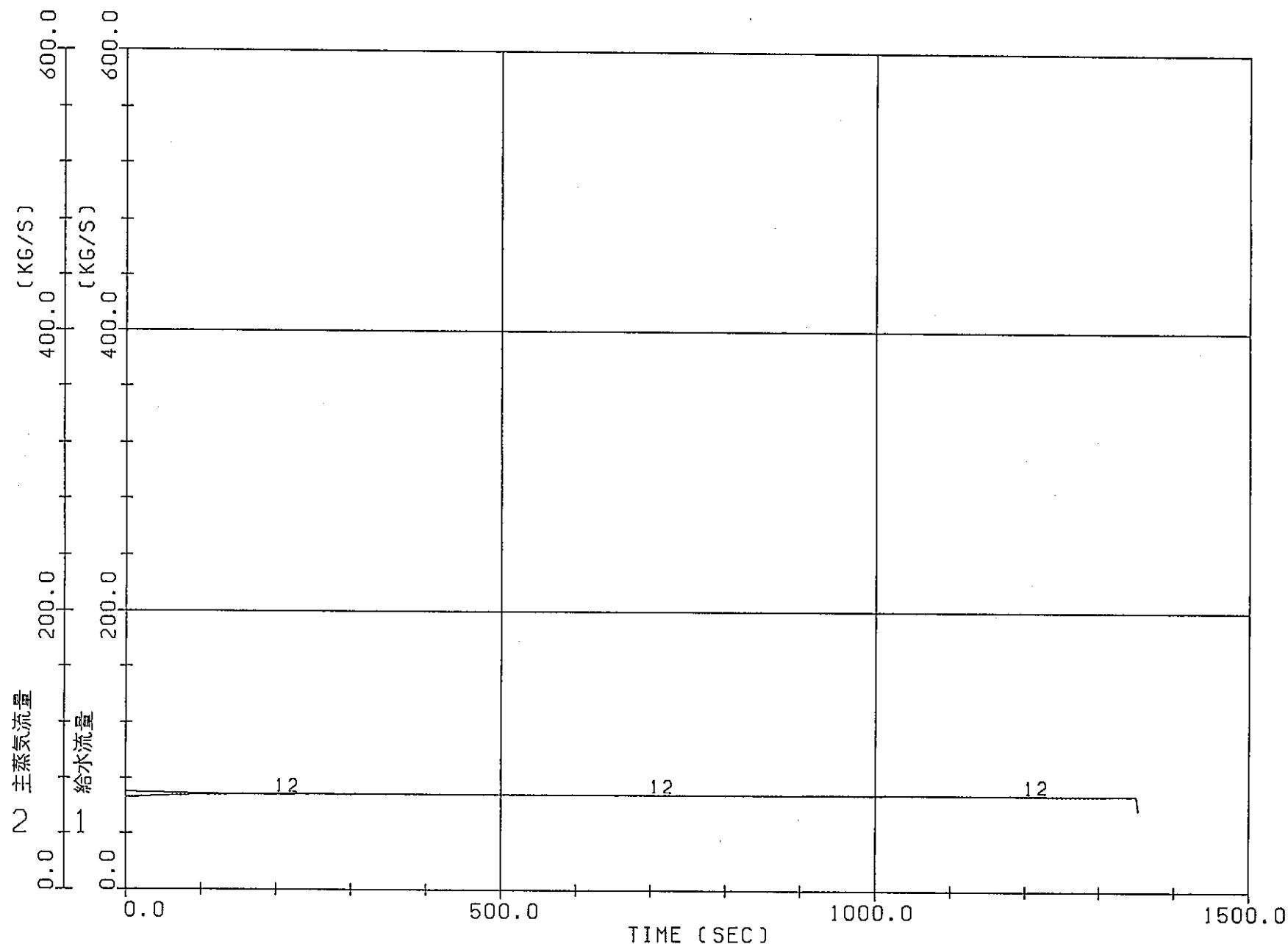
付図1.3.4 自然循環解析(定常計算)  
(ケース2-1, ATRECSによる解析)



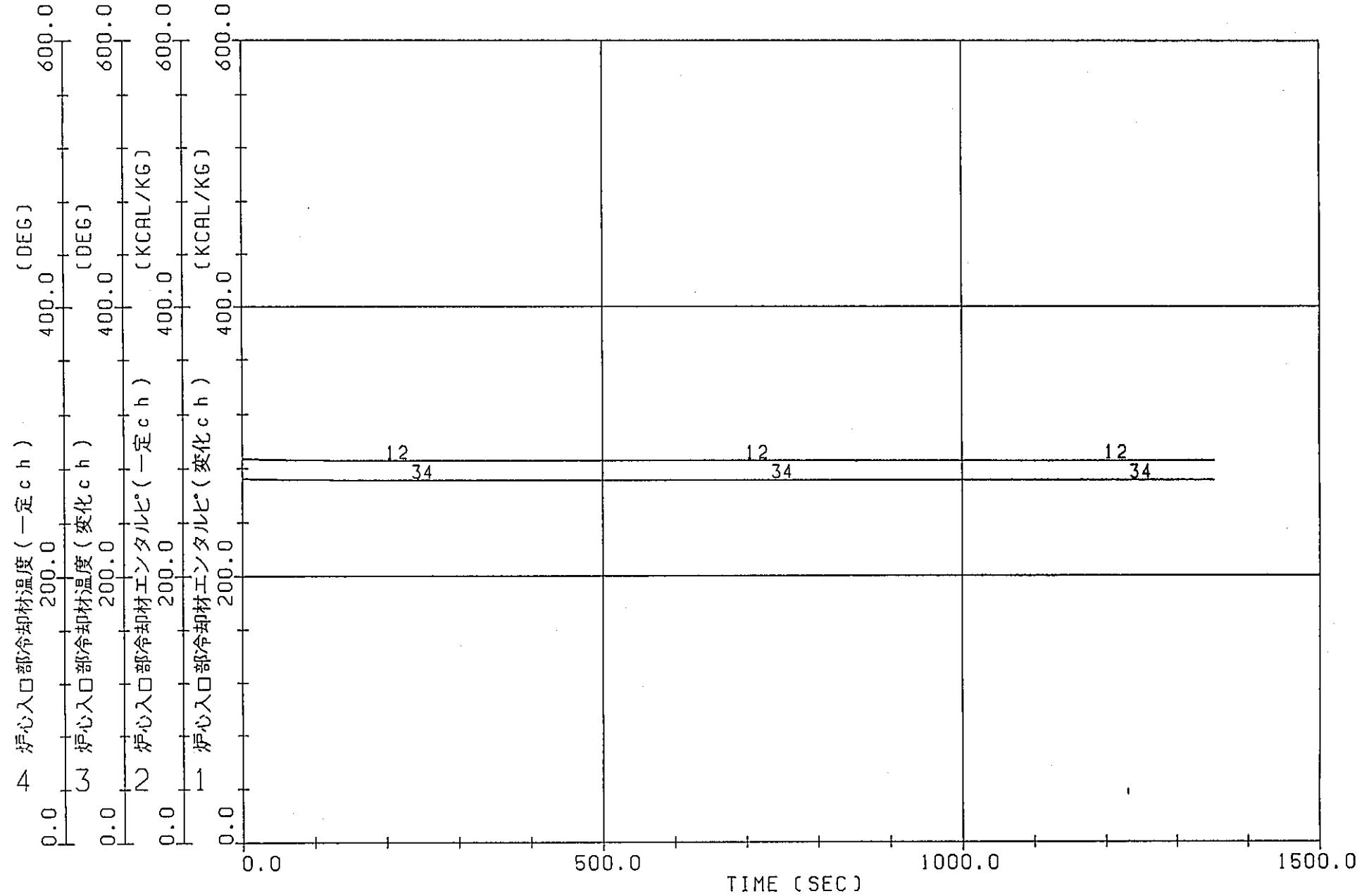
付図1.3.5 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース2-1, ATRECSによる解析)



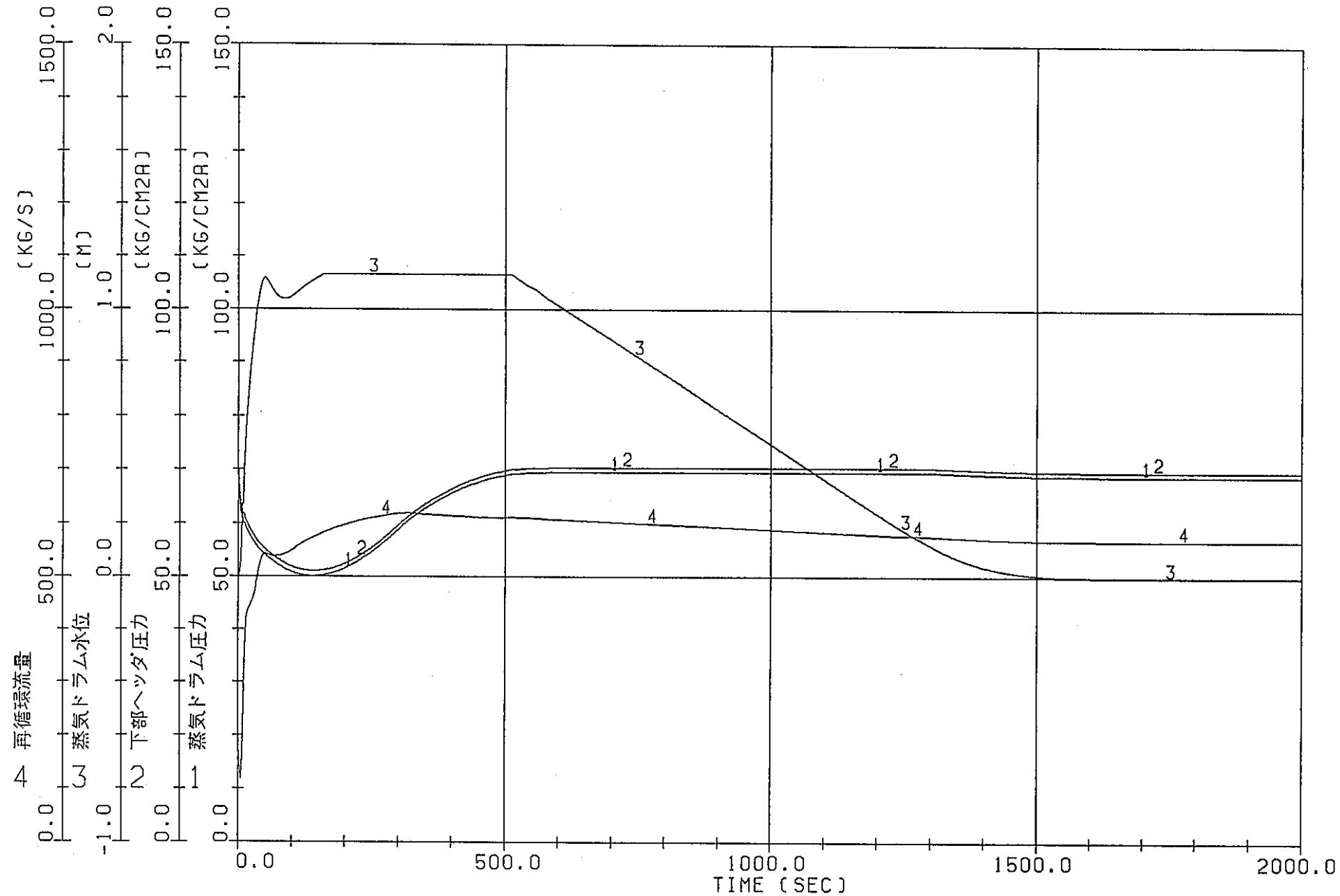
付図1.3.6 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース2-1, ATRECSによる解析)



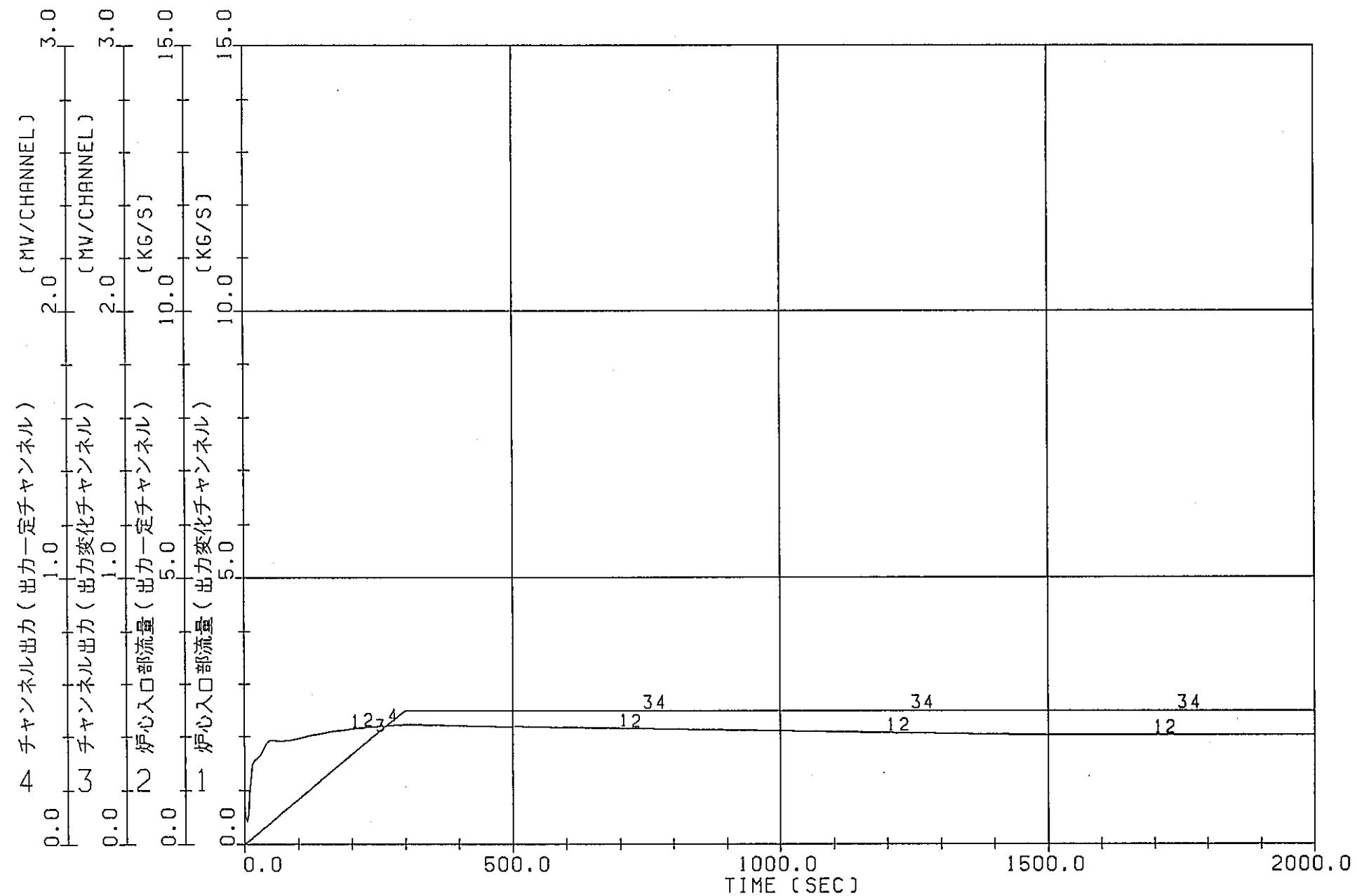
付図1.3.7 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース2-1, ATRECSによる解析)

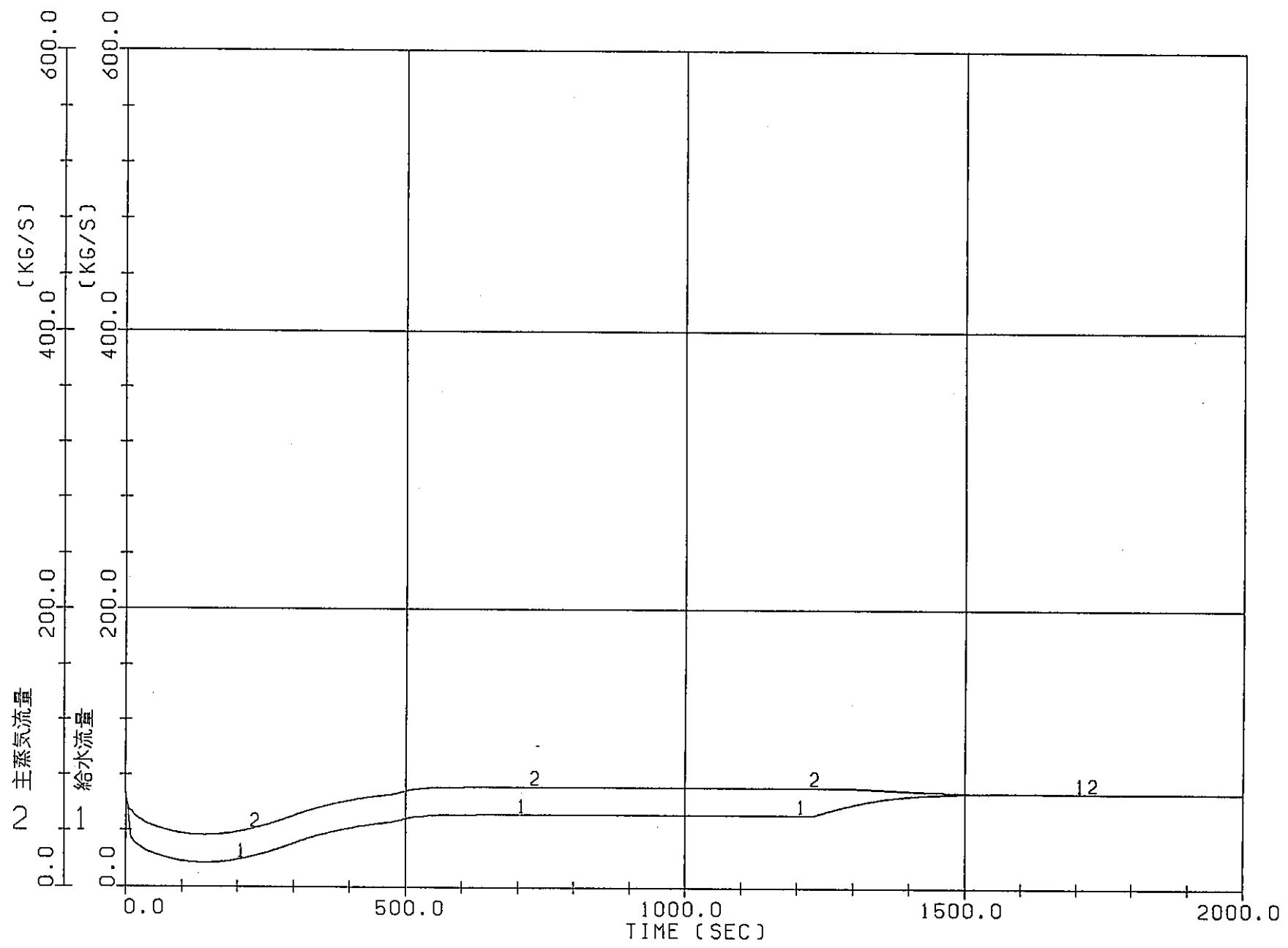


付図1.3.8 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース2-1, ATRECSによる解析)

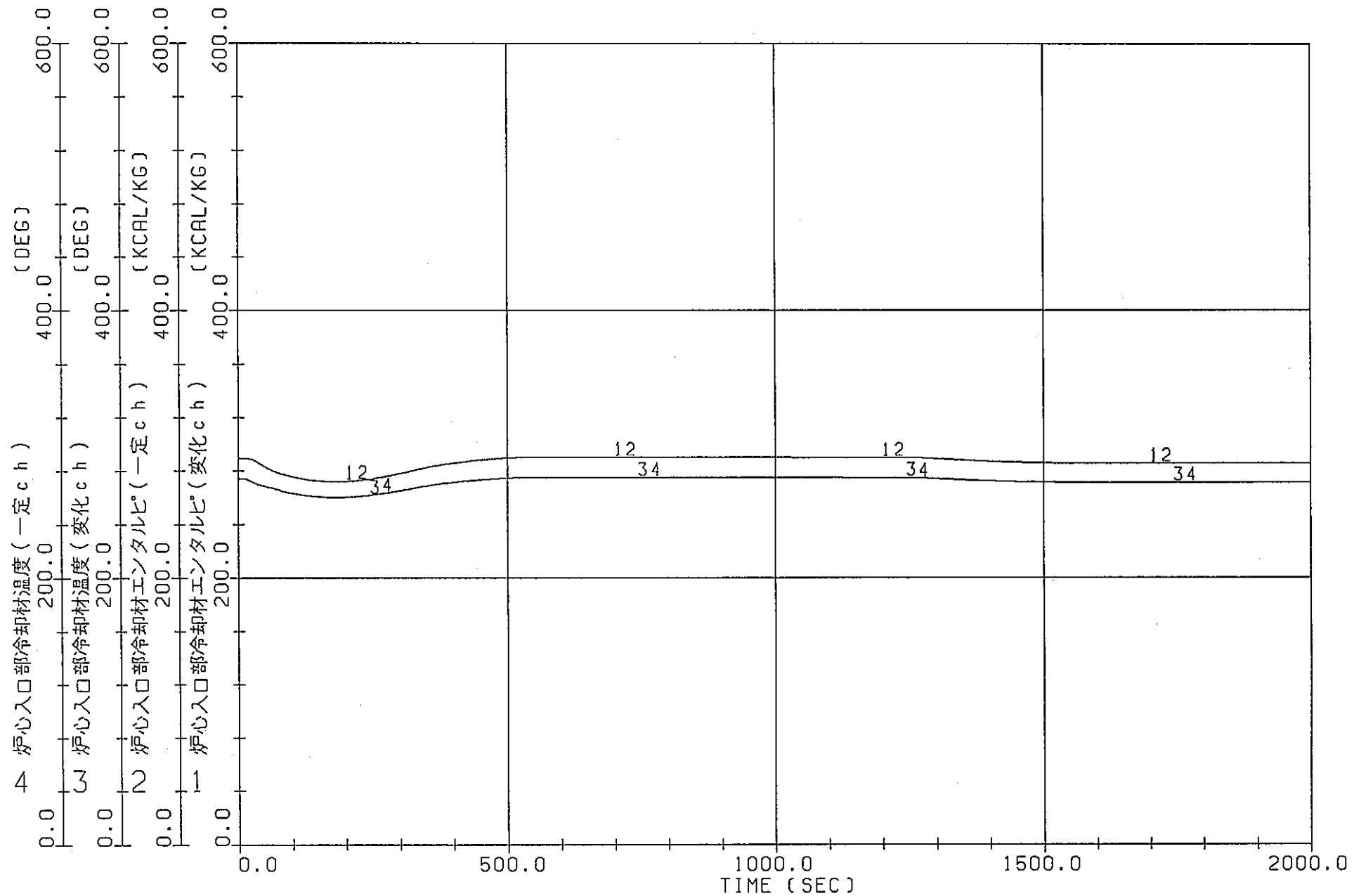


付図1.4.1 自然循環解析(定常計算)  
(ケース2-2, ATRECSによる解析)

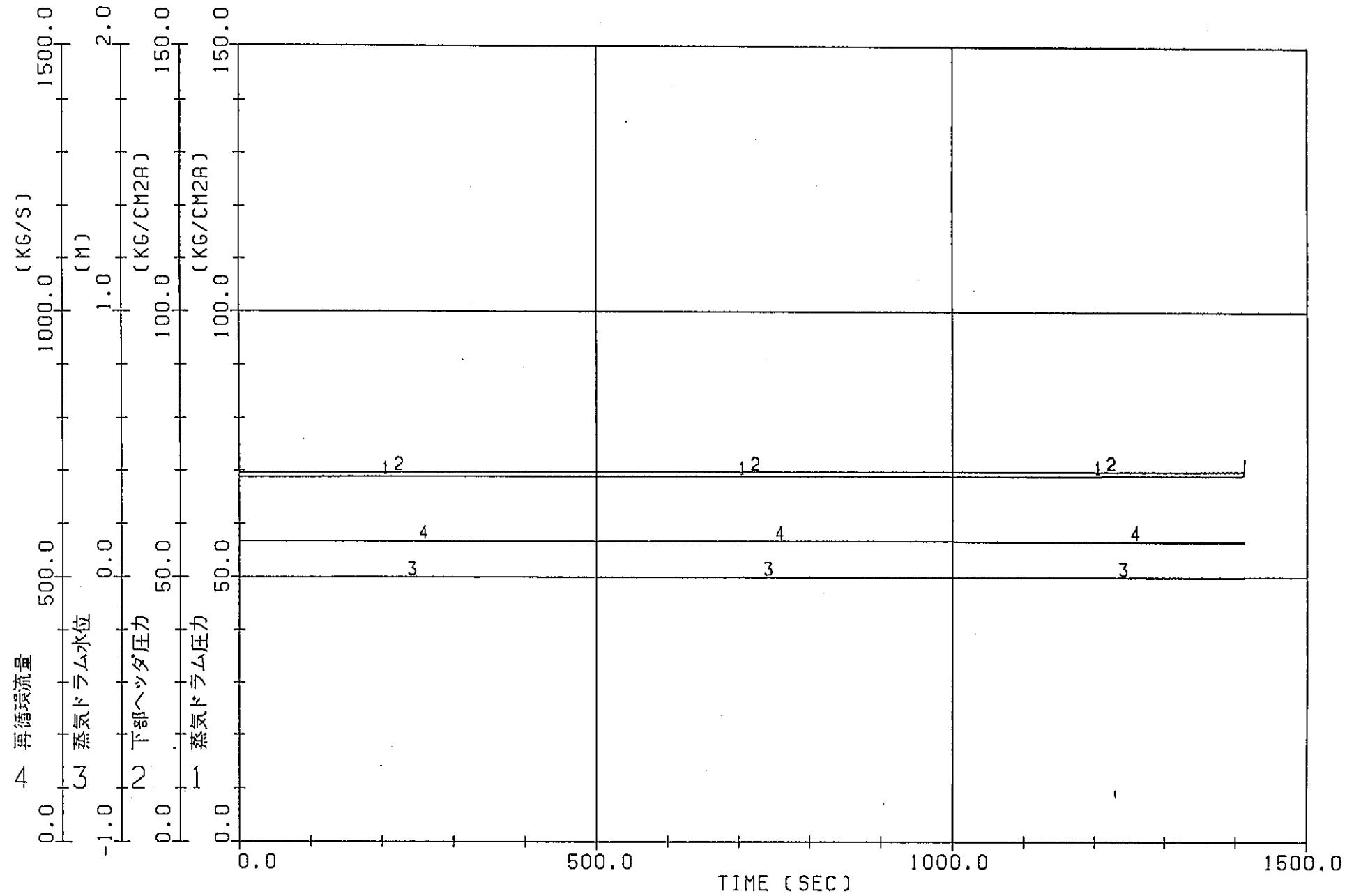




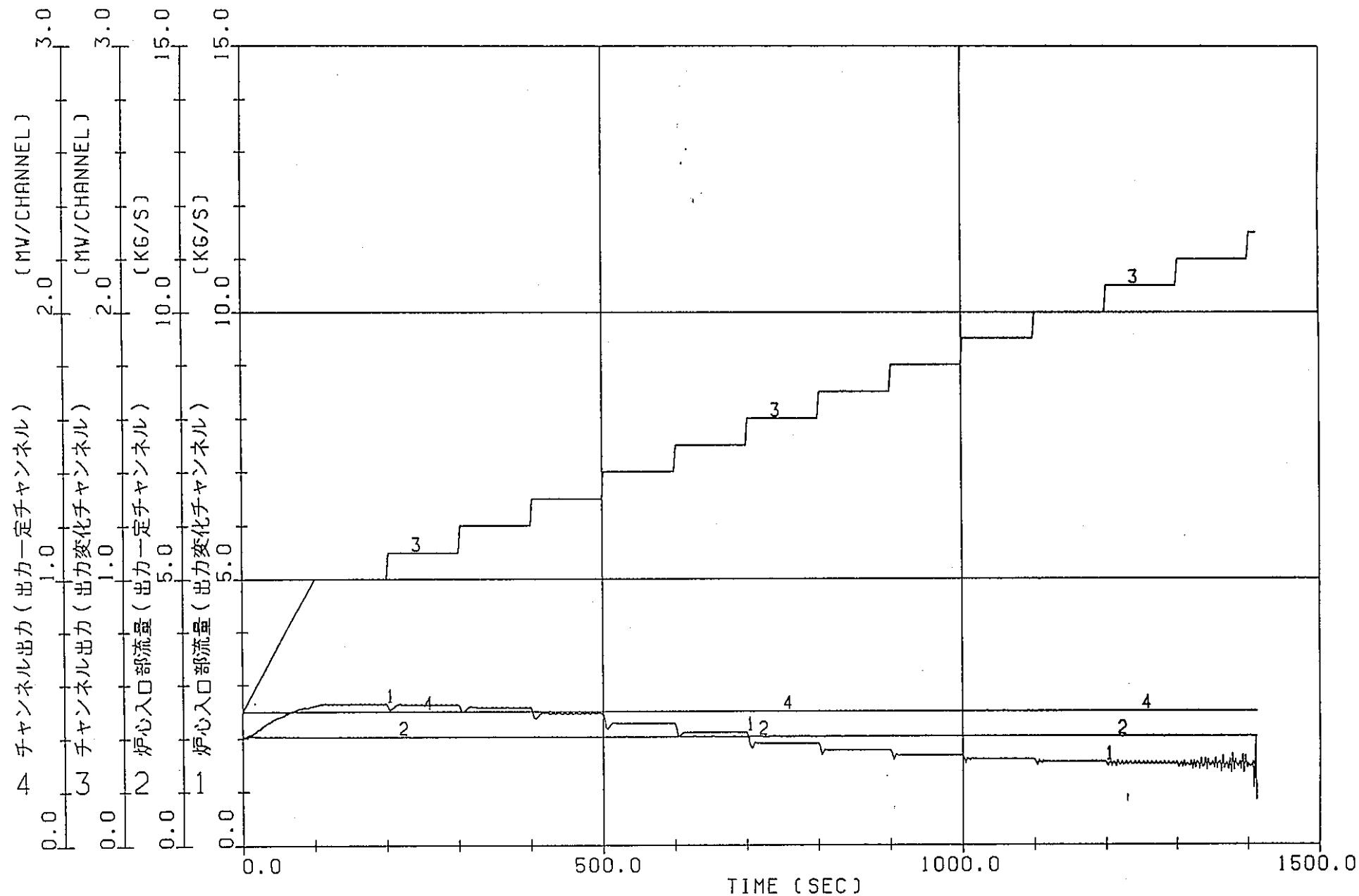
付図1.4.3 自然循環解析(定常計算)  
(ケース2-2, ATRECSによる解析)



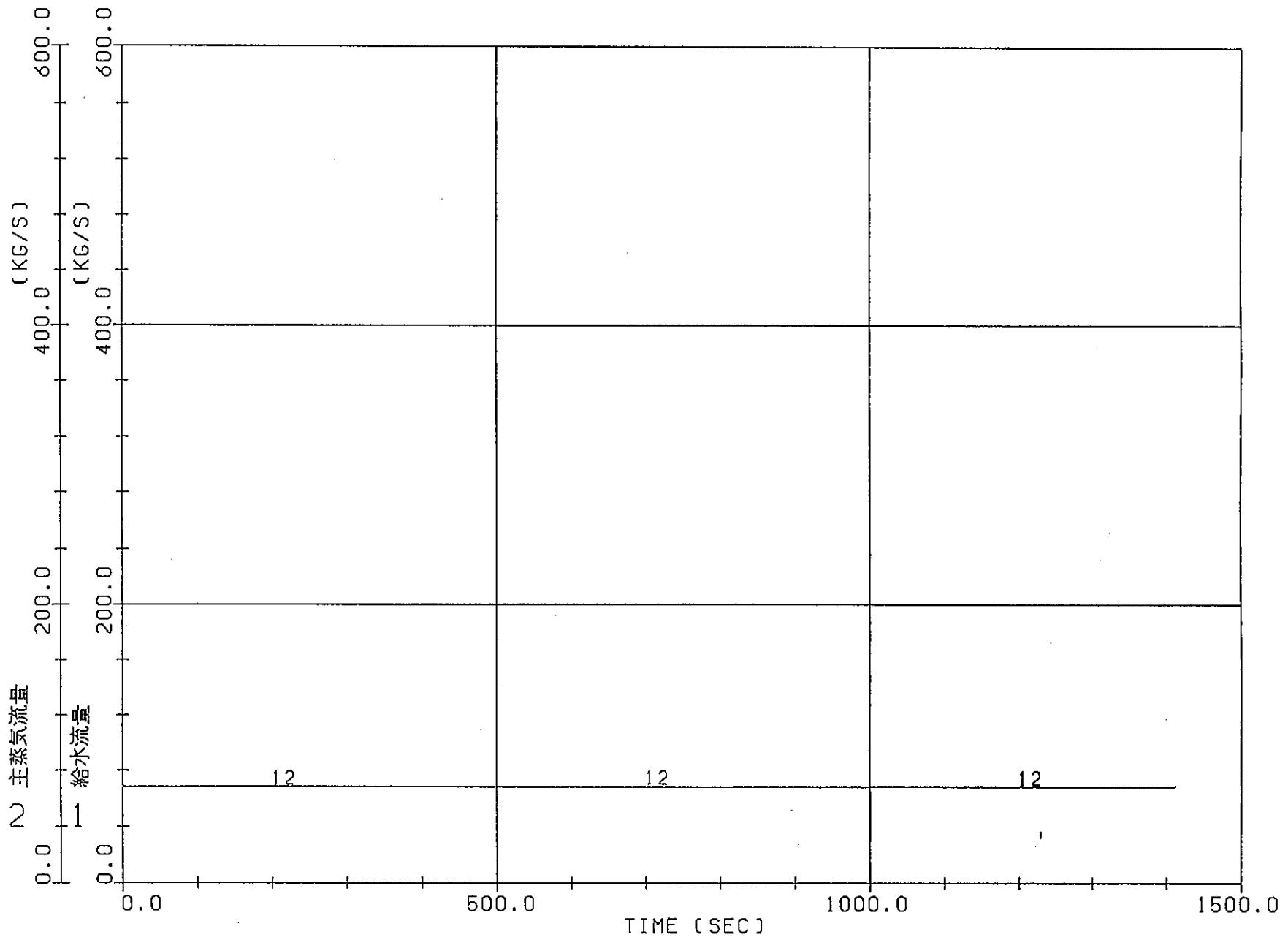
付図1.4.4 自然循環解析(定常計算)  
(ケース2-2, ATRECSによる解析)



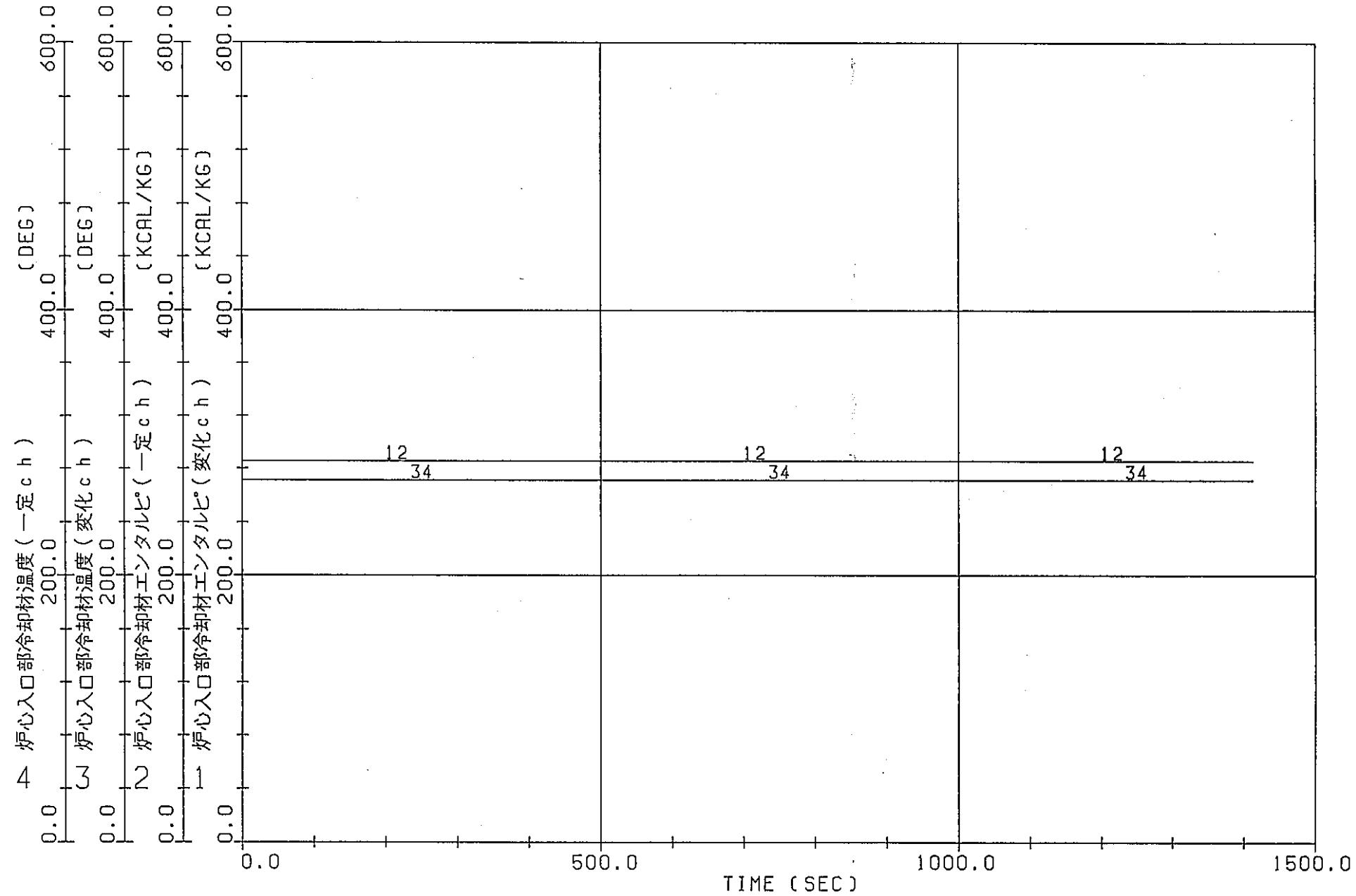
付図1.4.5 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース2-2, ATRECSによる解析)



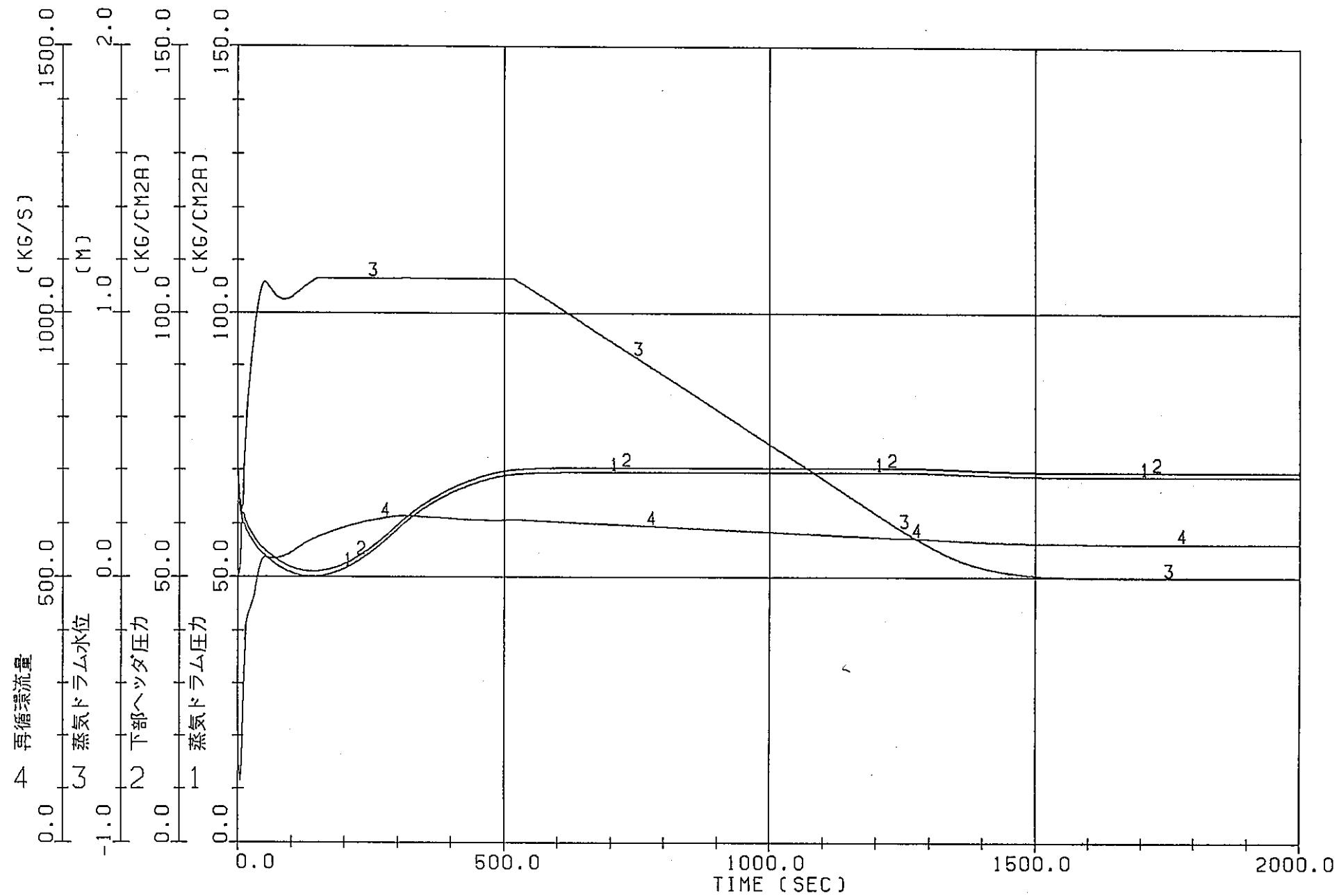
付図1.4.6 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース2-2, ATRECSによる解析)



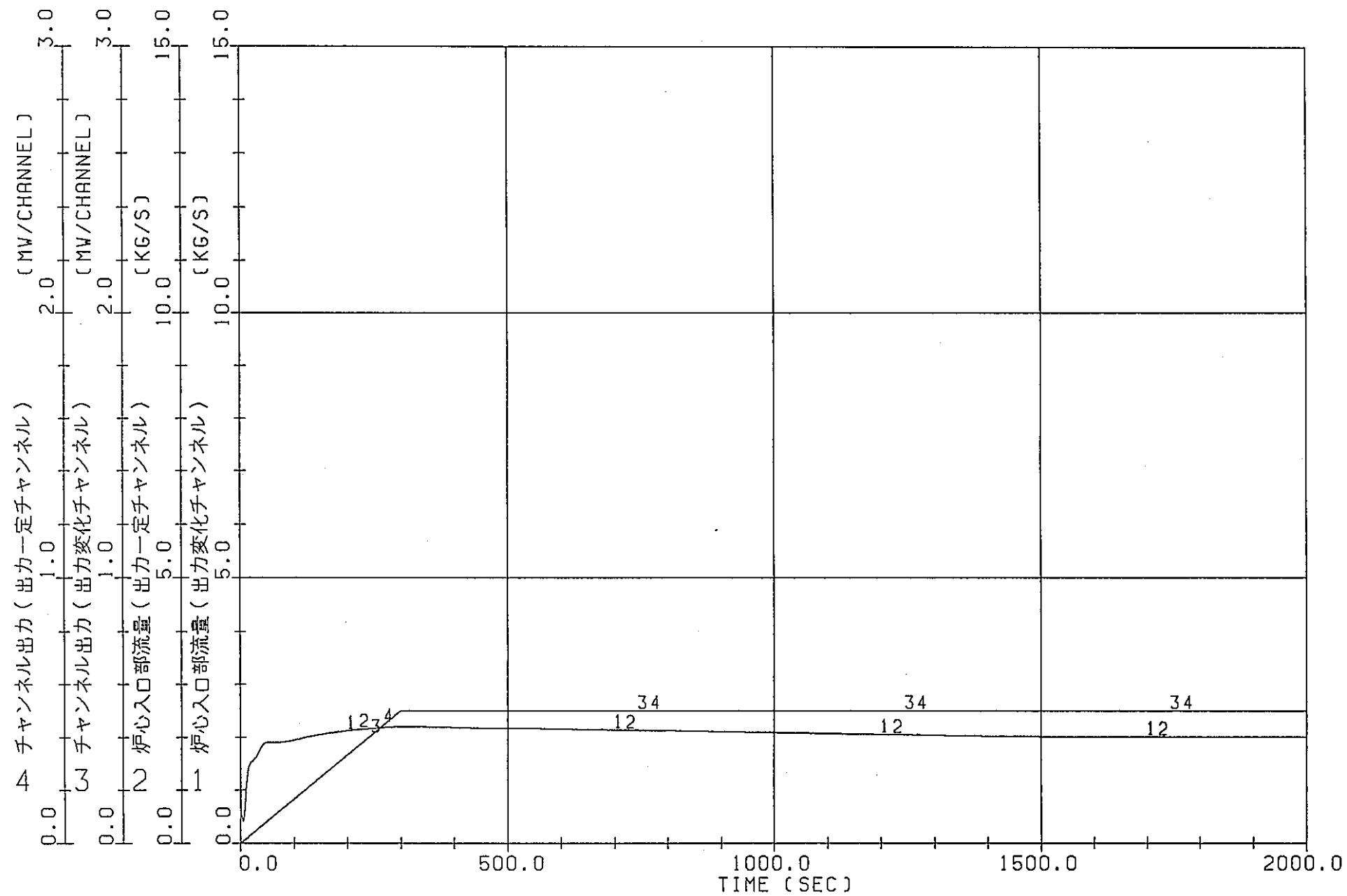
付図1.4.7 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース2-2, ATRECSによる解析)



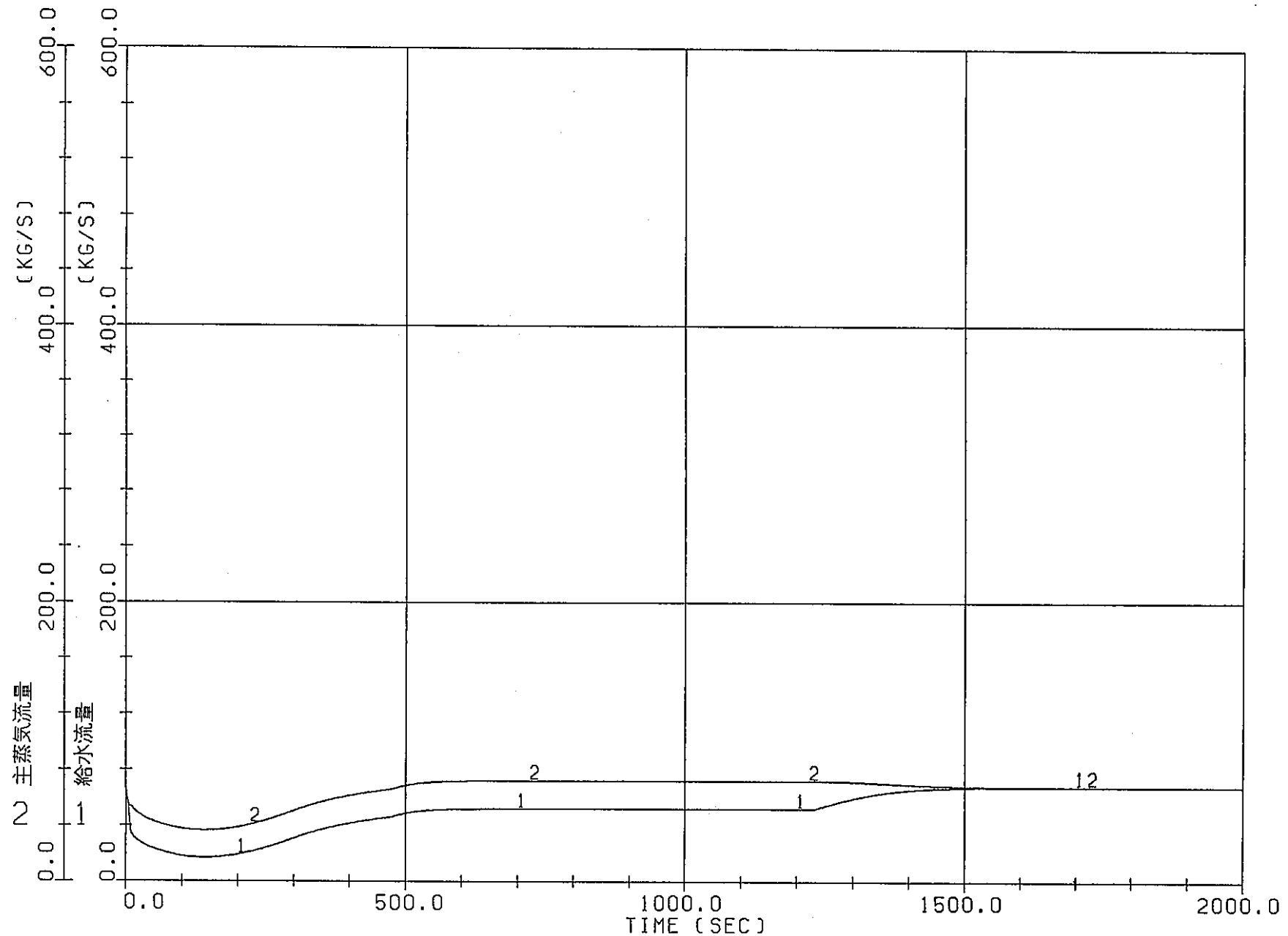
付図1.4.8 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース2-2, ATRECSによる解析)



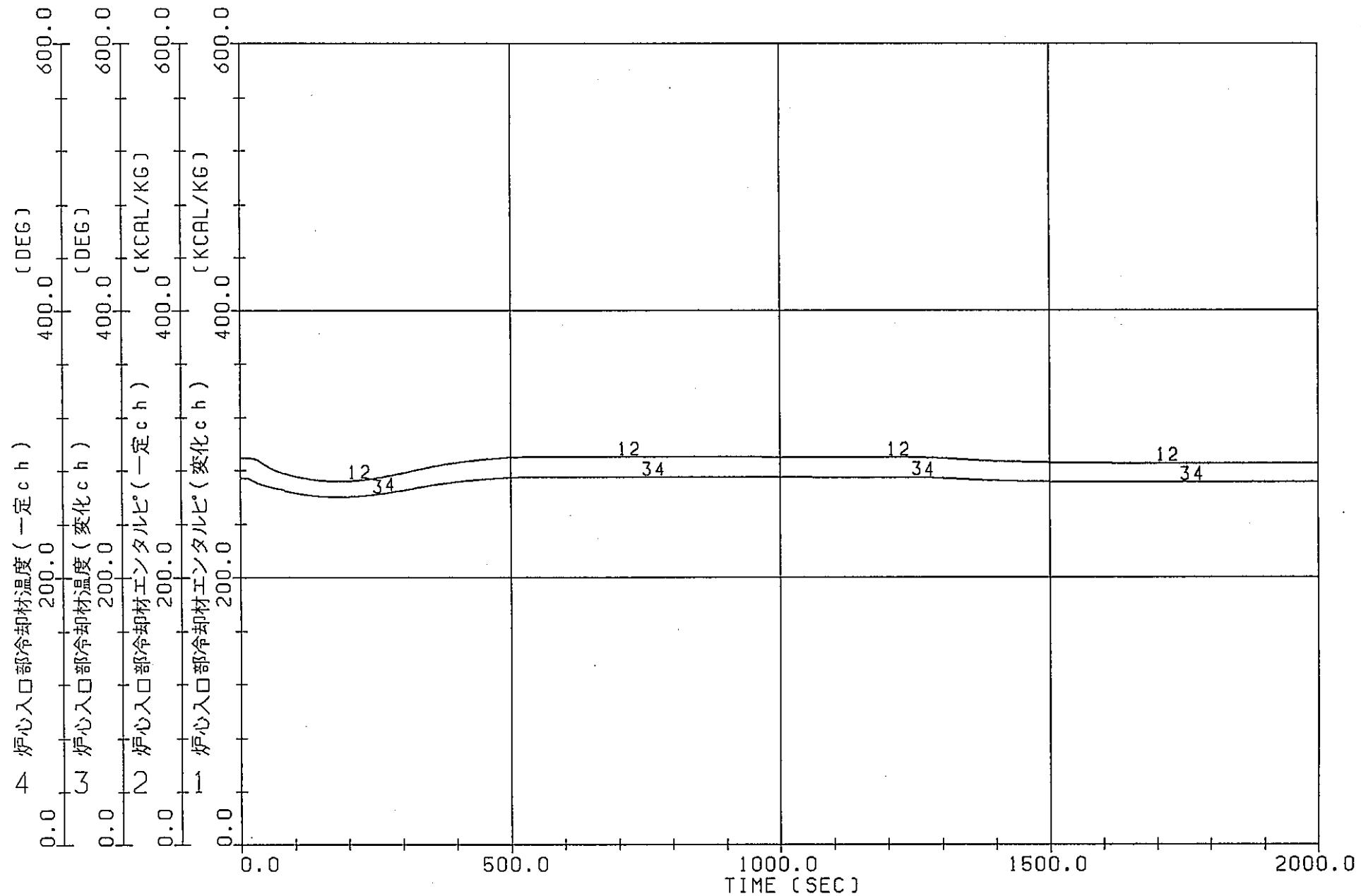
付図1.5.1 自然循環解析(定常計算)  
(ケース3-1, ATRECSによる解析)



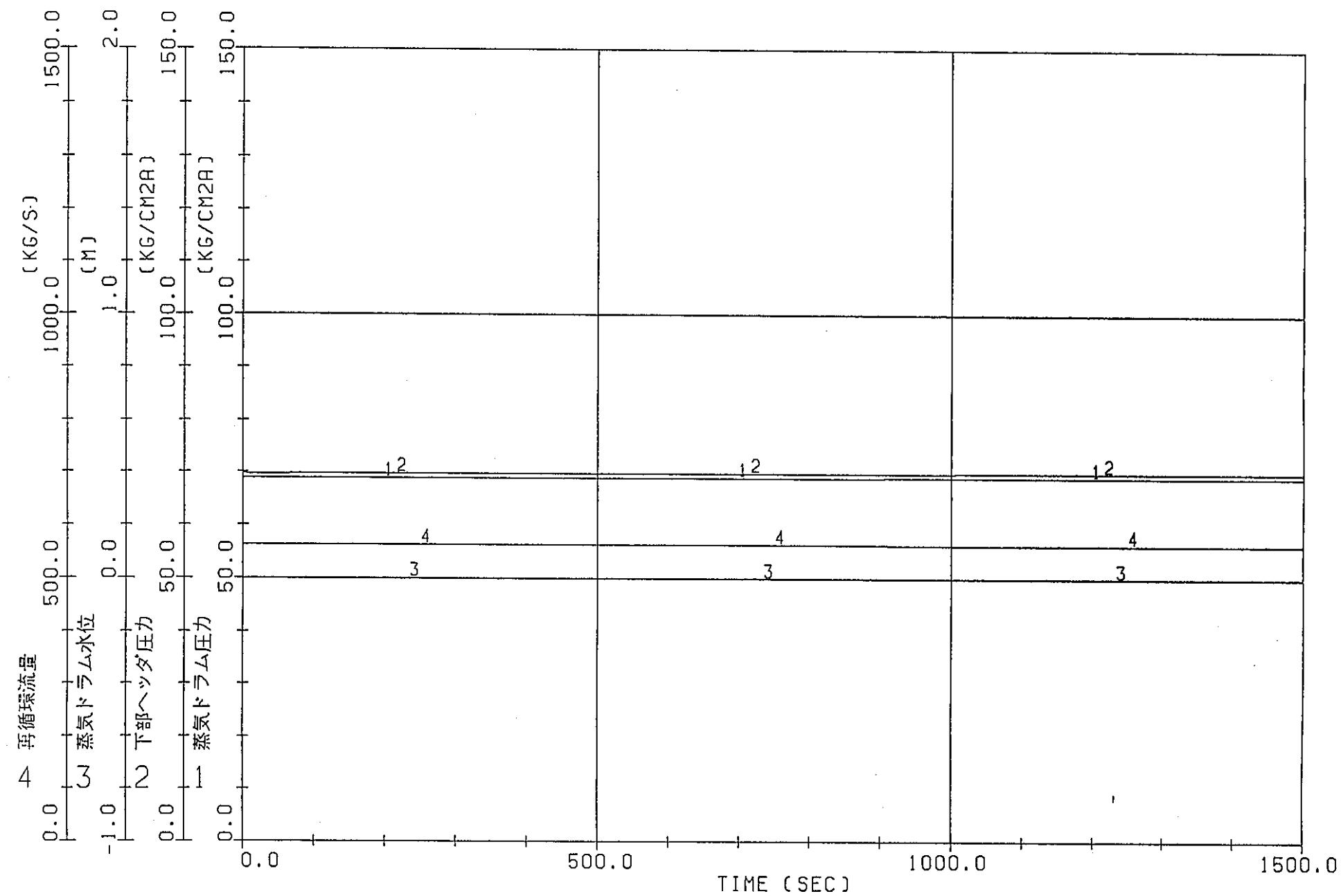
付図1.5.2 自然循環解析(定常計算)  
(ケース3-1, ATRECSによる解析)



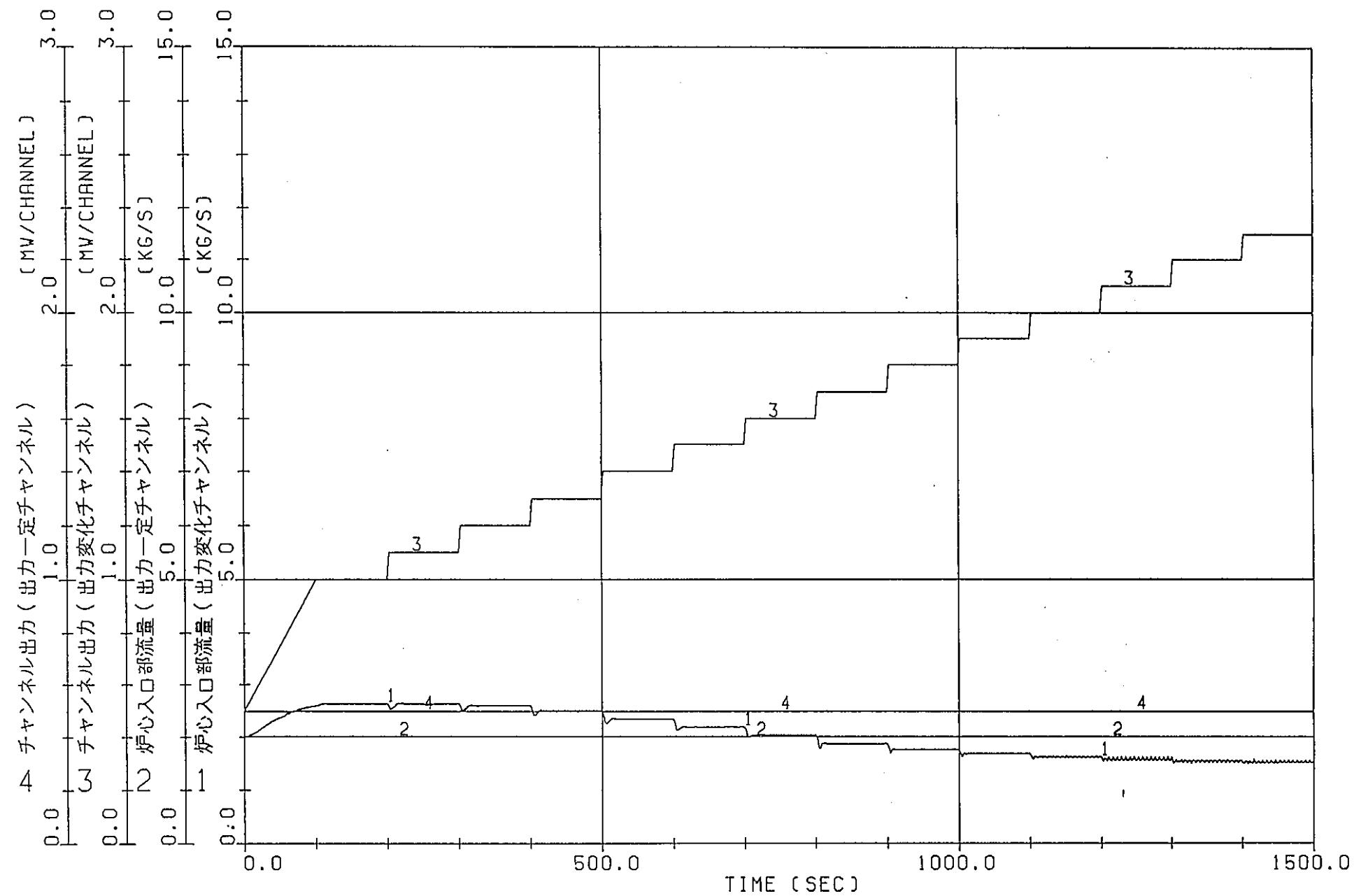
付図1.5.3 自然循環解析(定常計算)  
(ケース3-1, ATRECSによる解析)



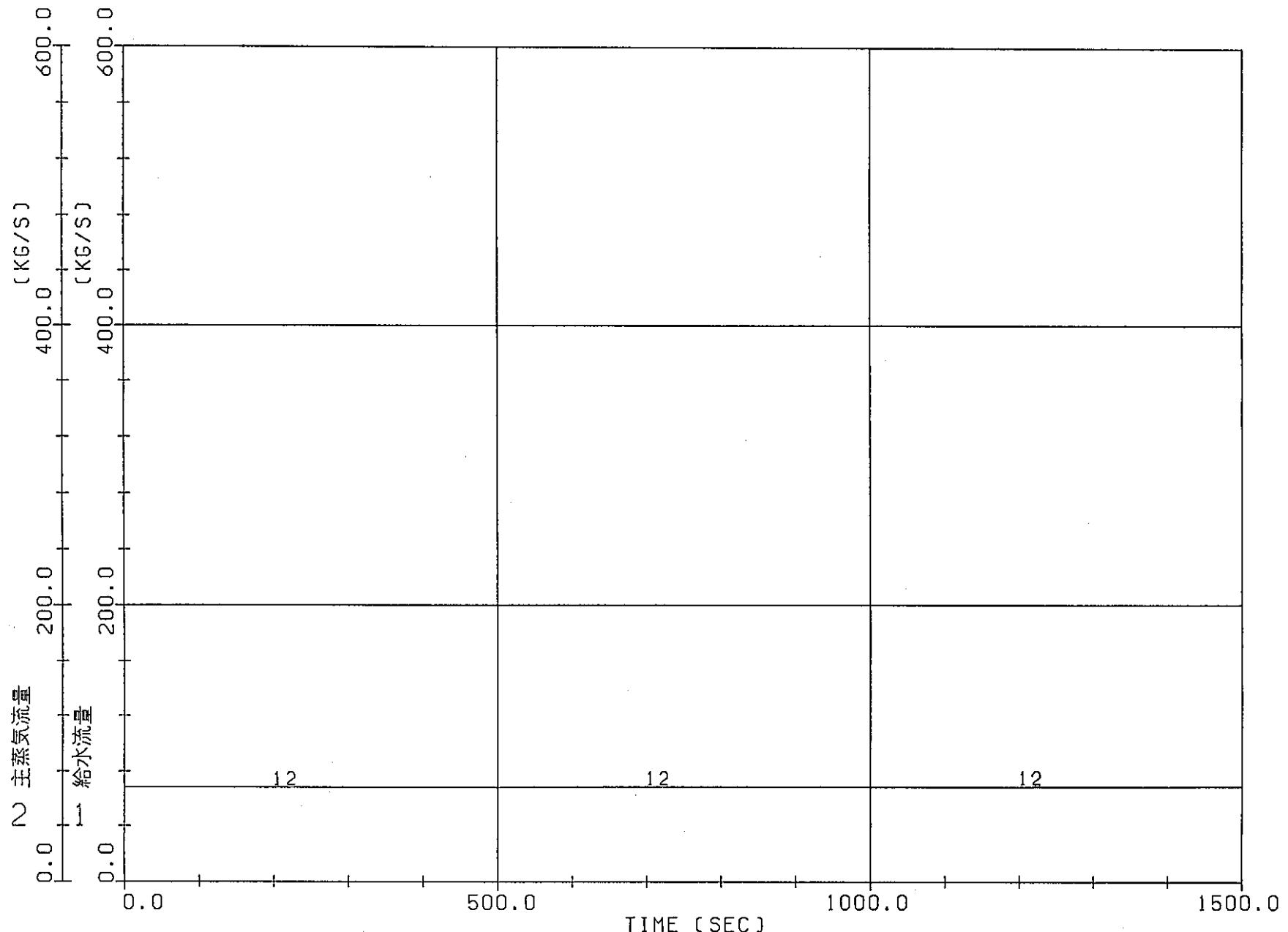
付図1.5.4 自然循環解析(定常計算)  
(ケース3-1, ATRECSによる解析)



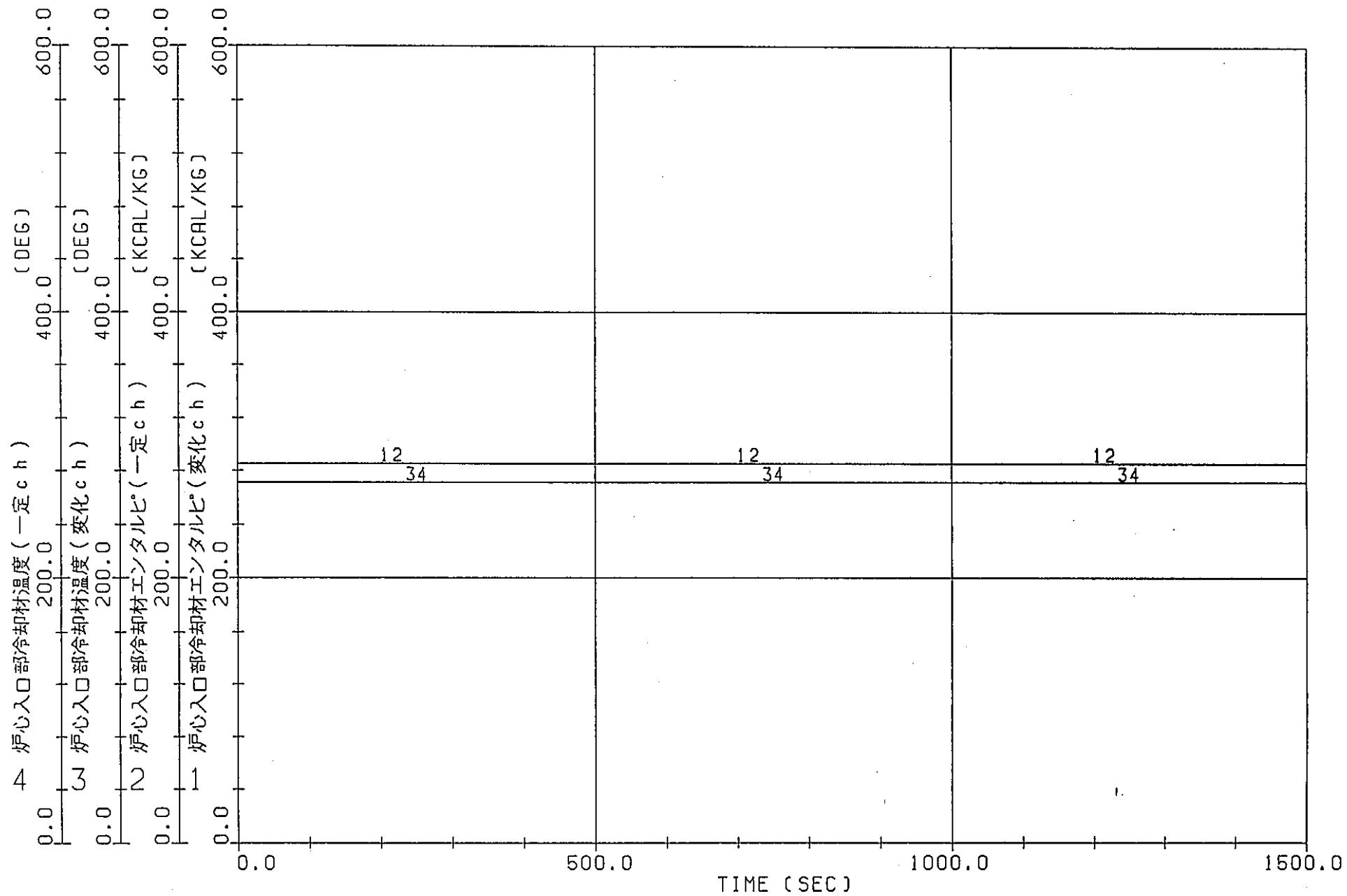
付図1.5.5 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース3-1, ATRECSによる解析)



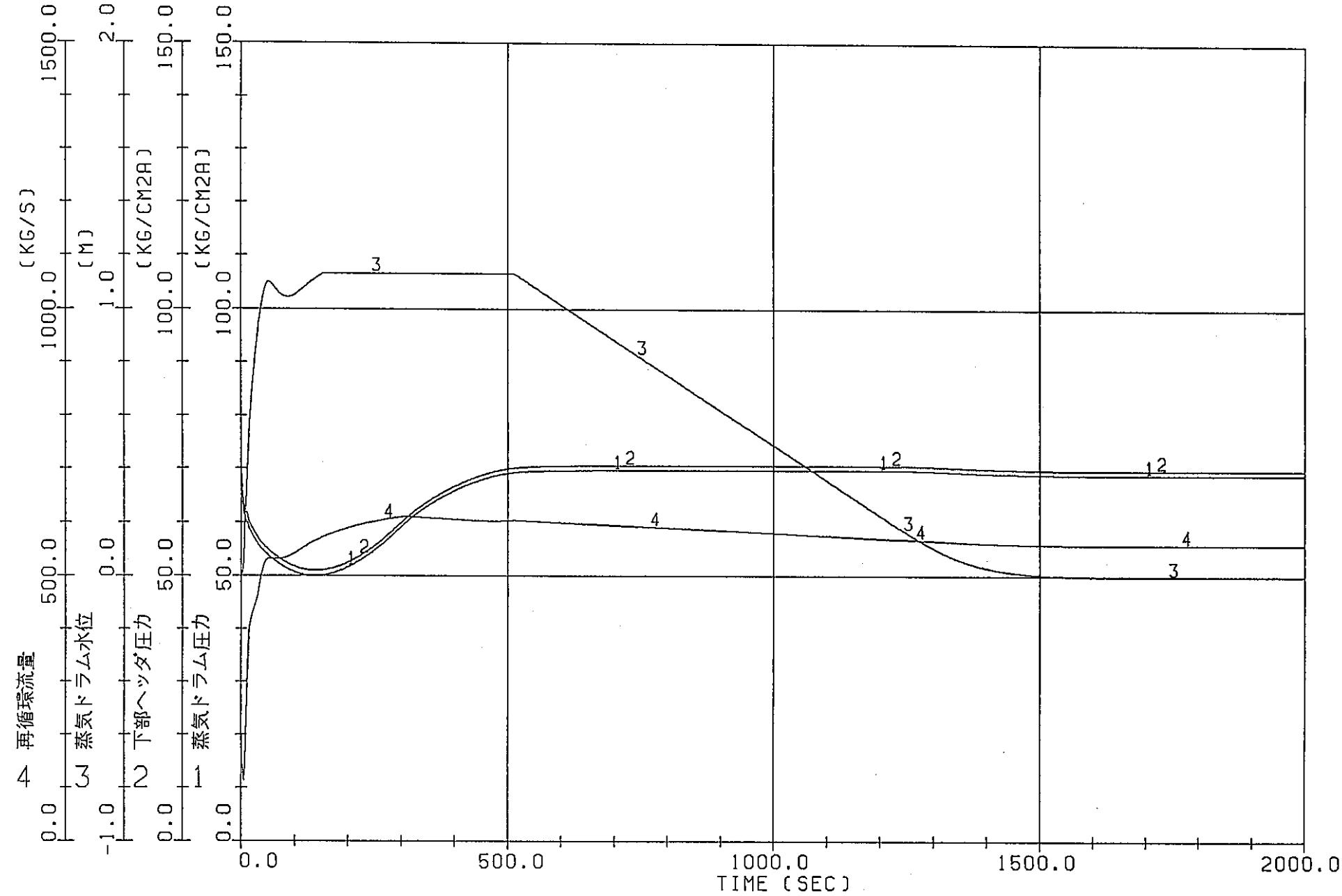
付図1.5.6 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース3-1, ATRECSによる解析)



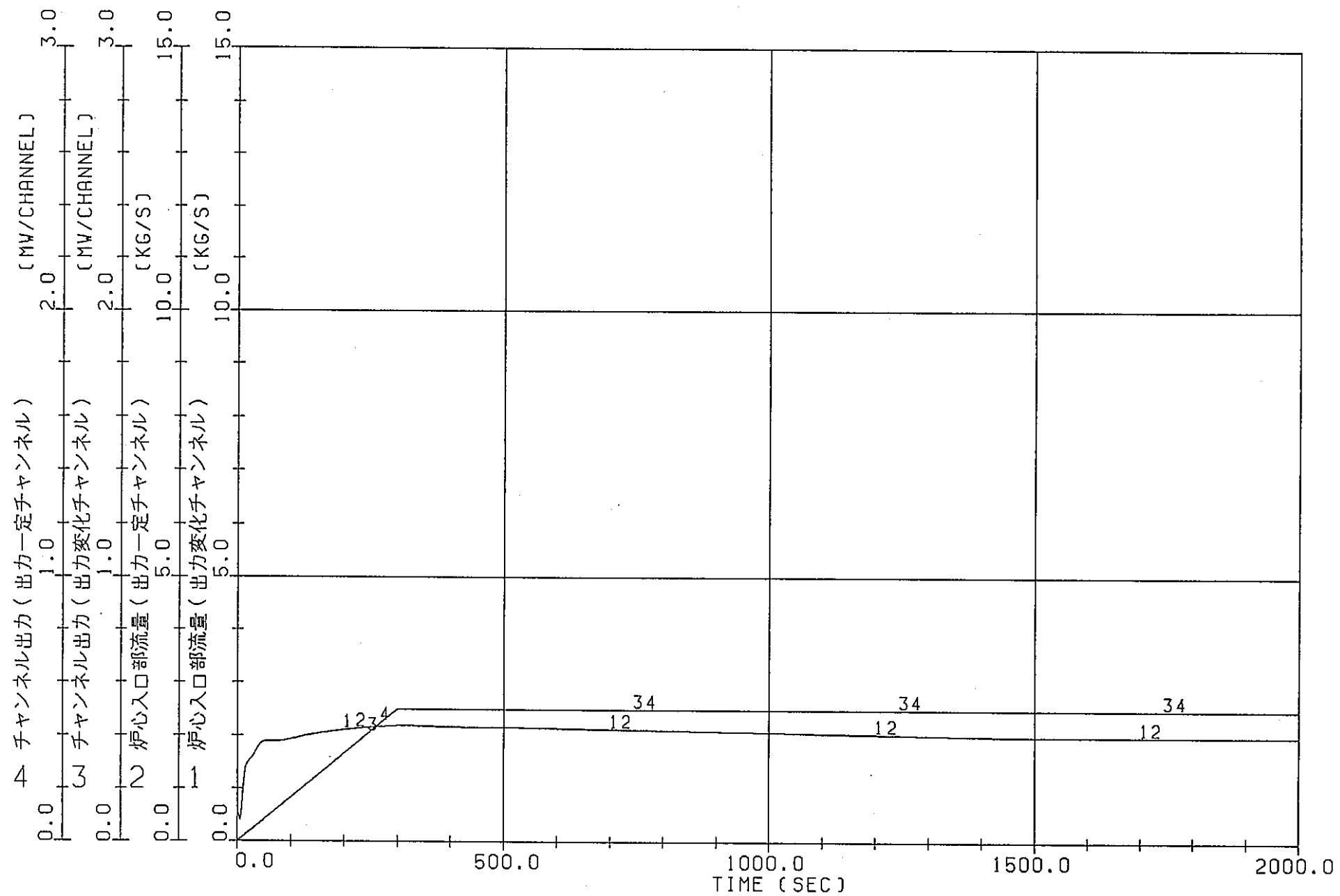
付図1.5.7 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース3-1, ATRECSによる解析)



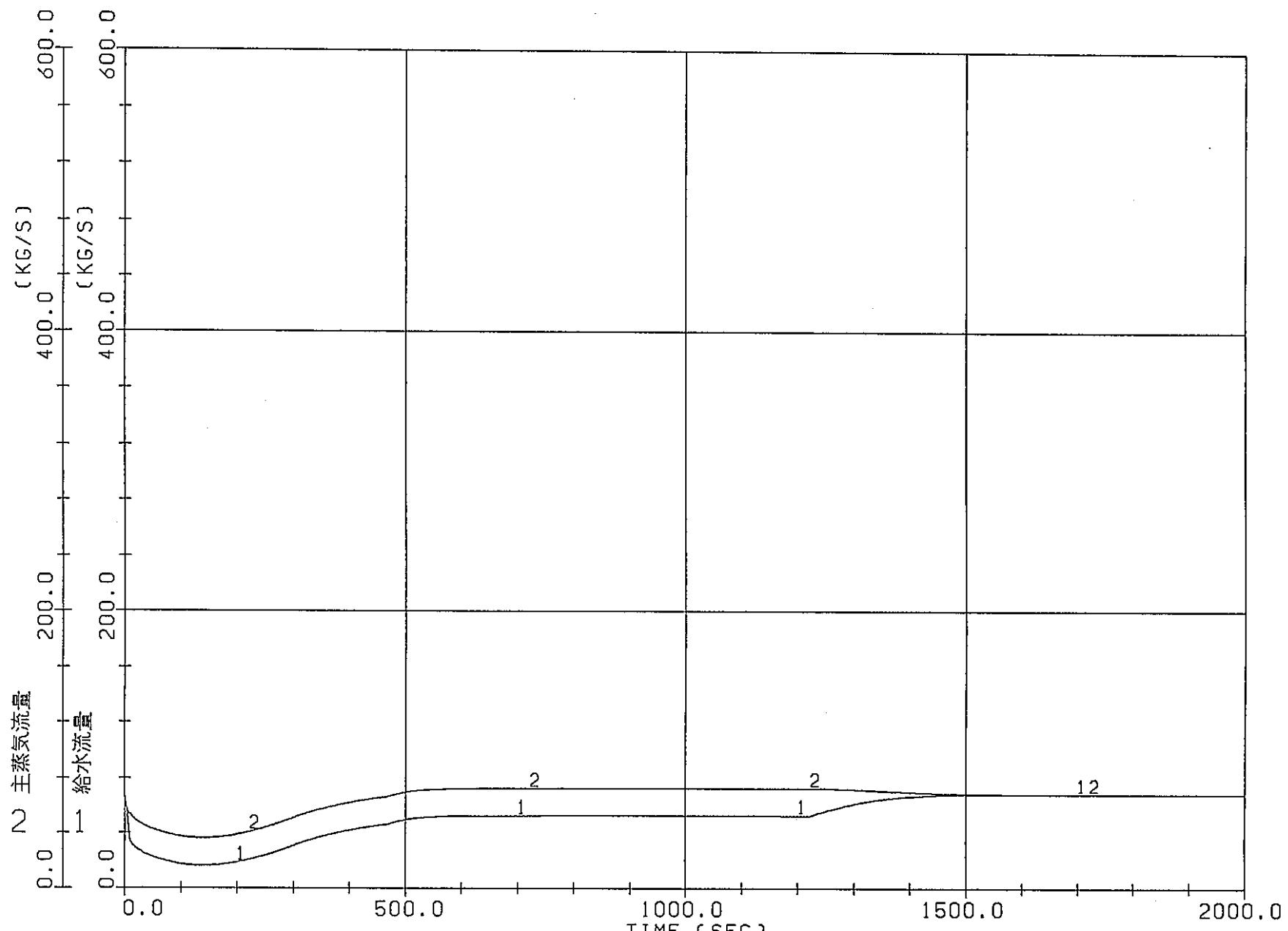
付図1.5.8 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース3-1, ATRECSによる解析)



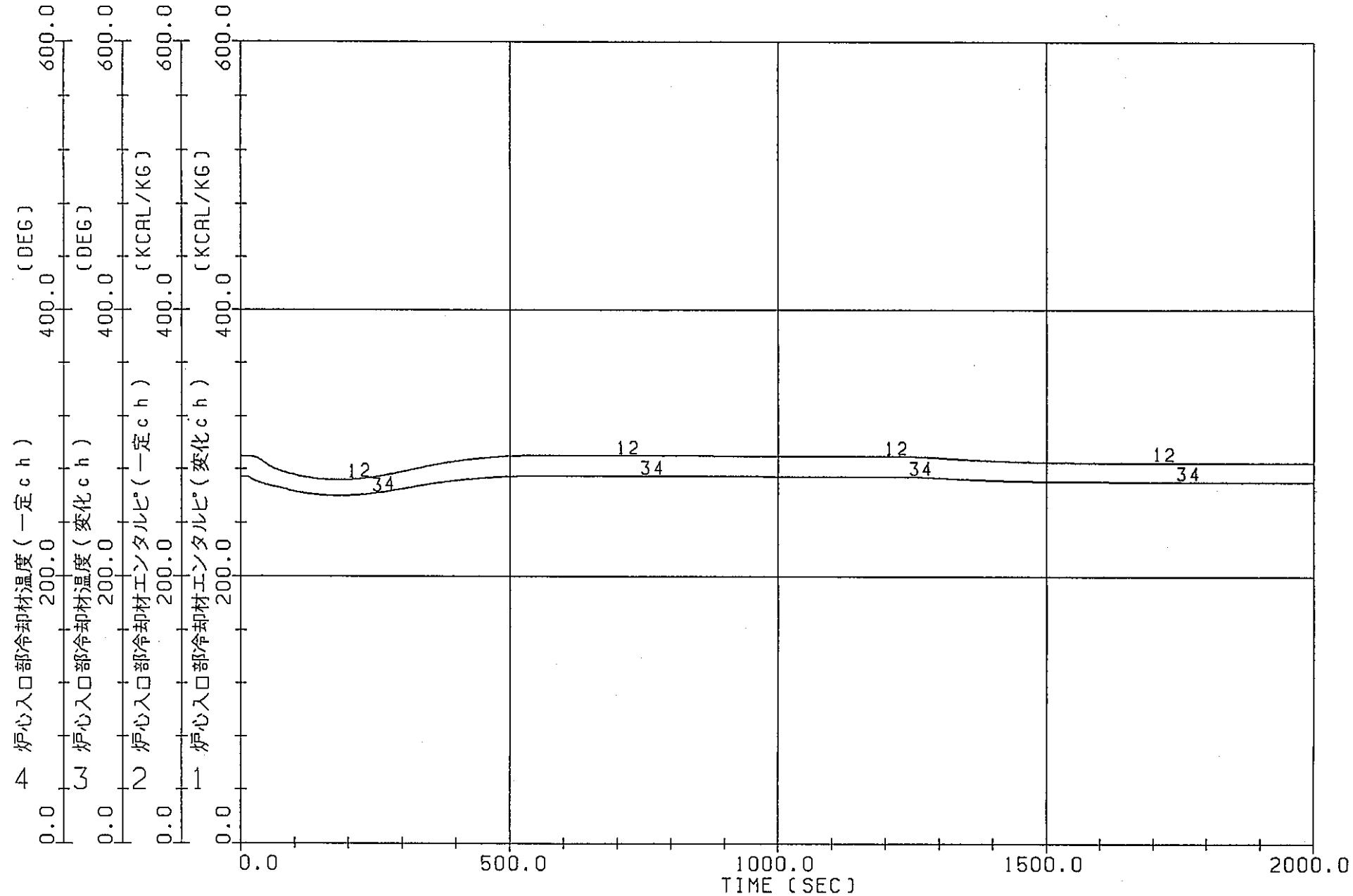
付図1.6.1 自然循環解析(定常計算)  
(ケース3-2, ATRECSによる解析)



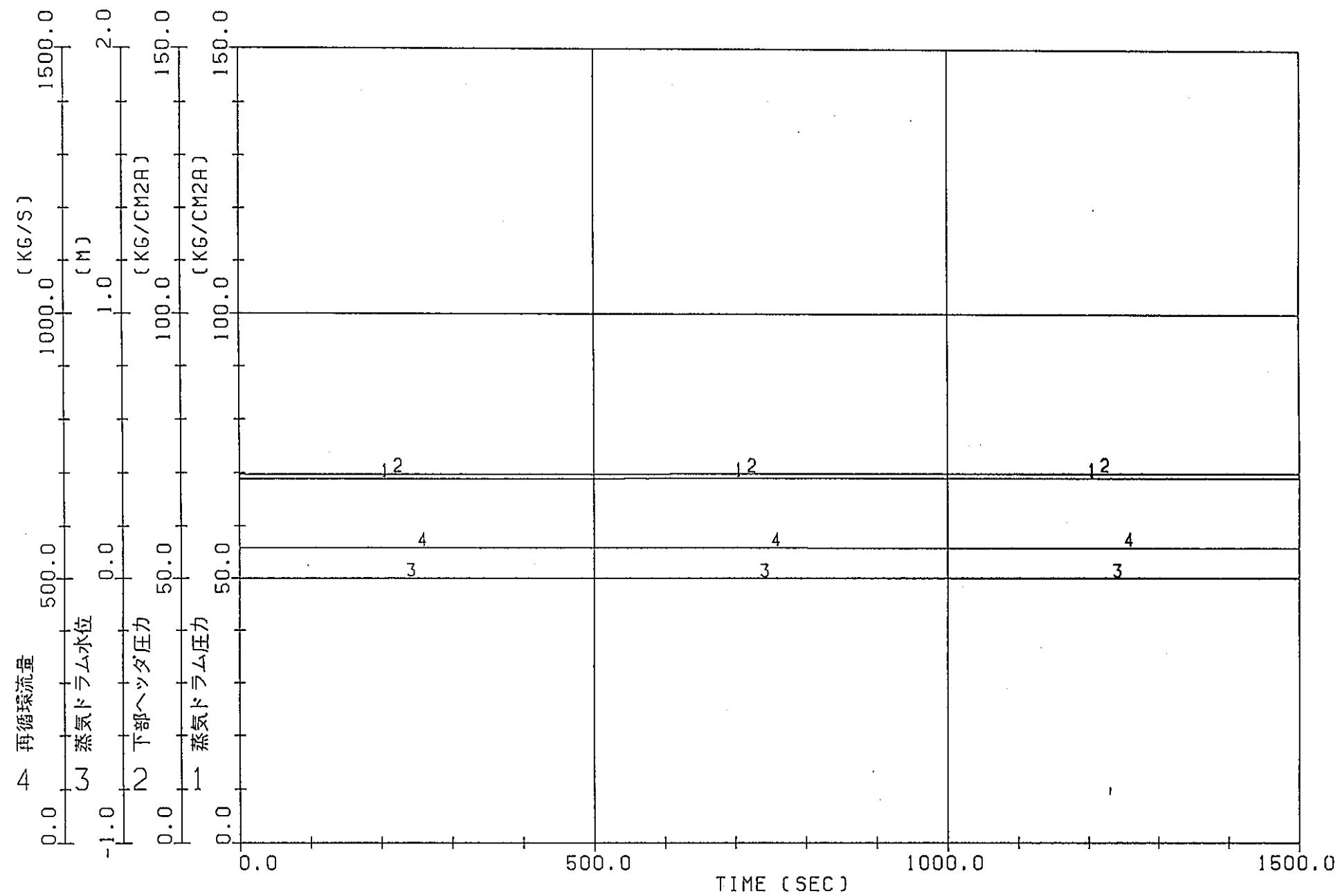
付図1.6.2 自然循環解析(定常計算)  
(ケース3-2, ATRECSによる解析)



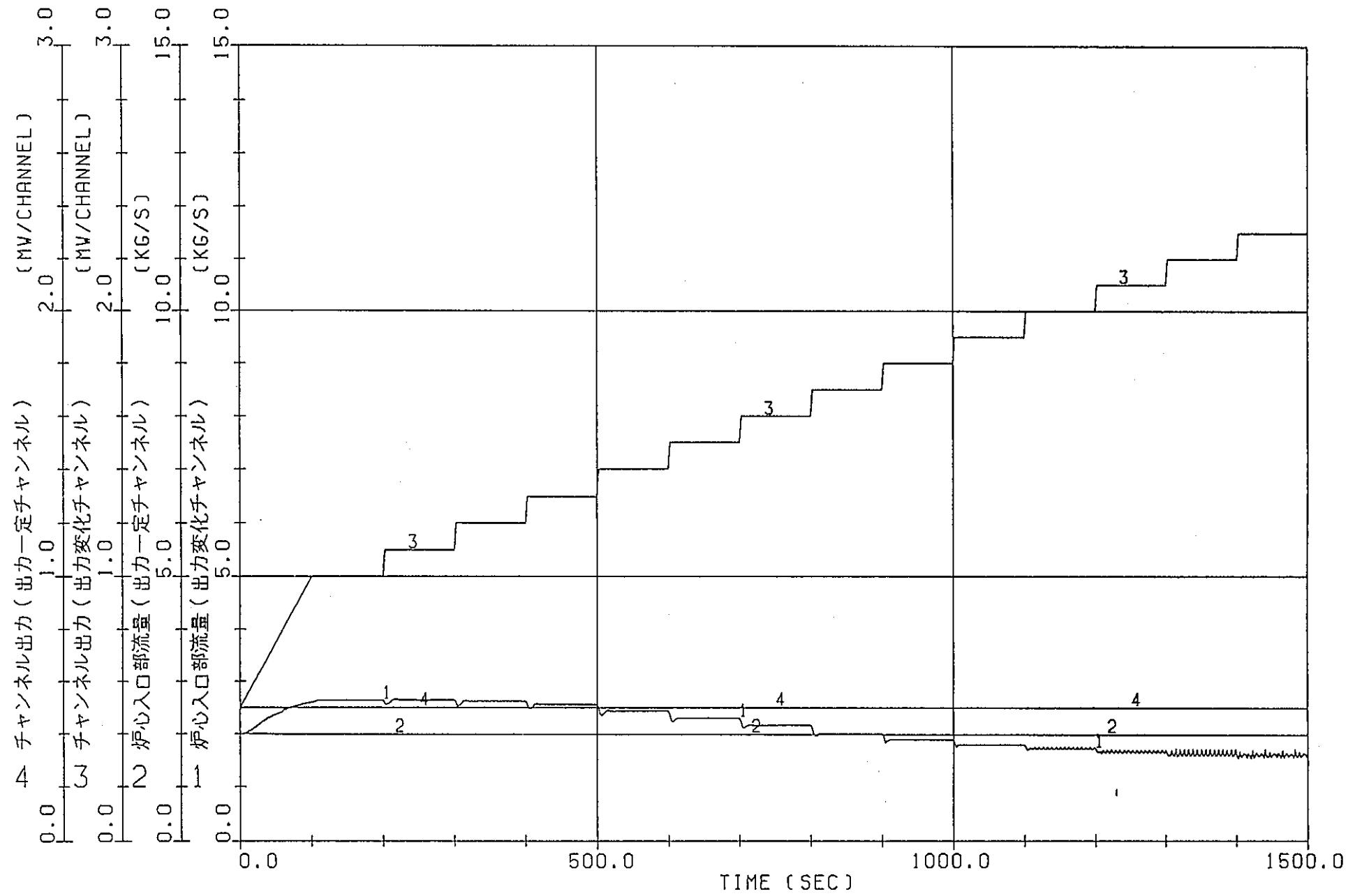
付図1.6.3 自然循環解析(定常計算)  
(ケース3-2, ATRECSによる解析)



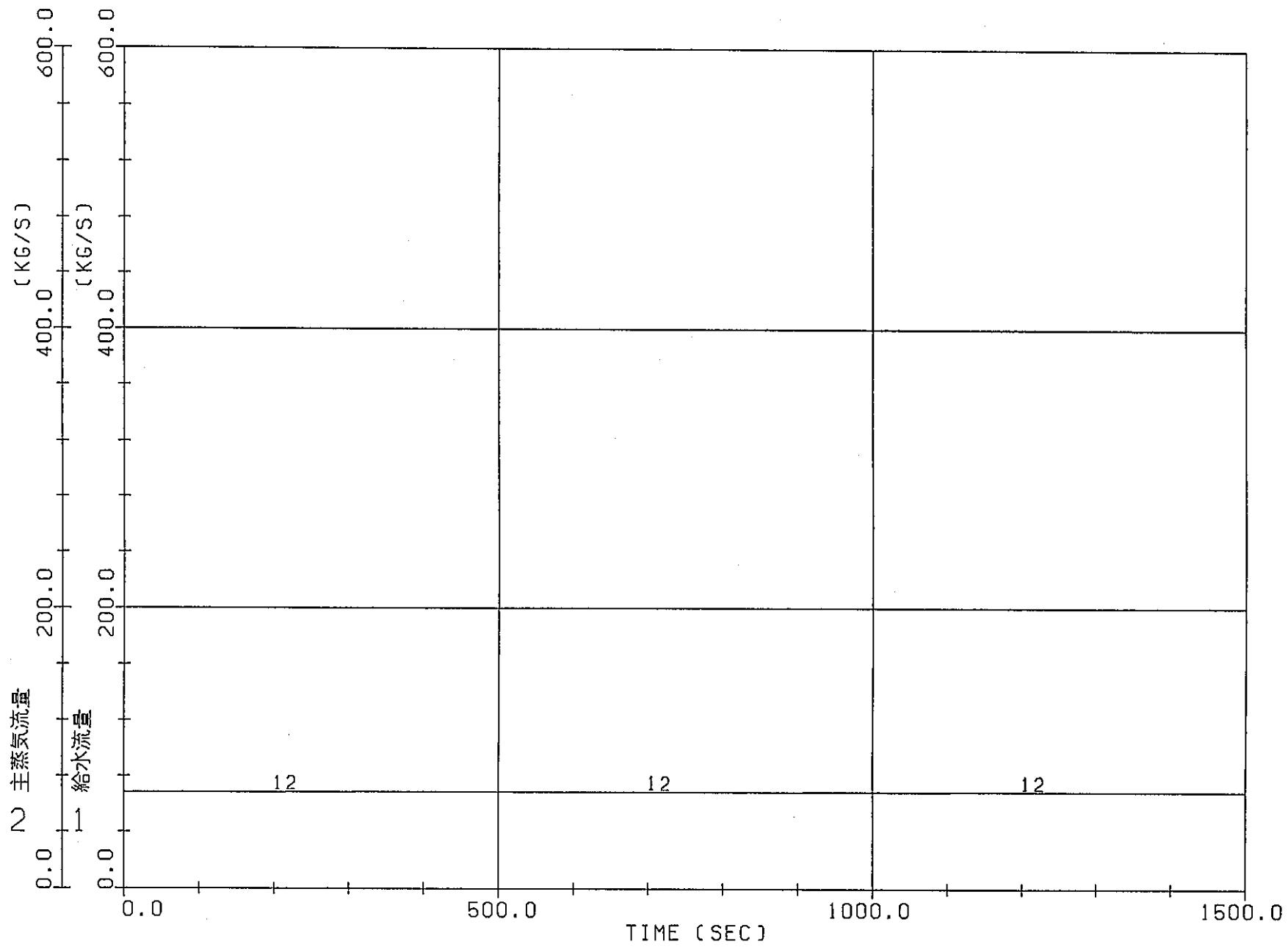
付図1.6.4 自然循環解析(定常計算)  
(ケース3-2, ATRECSによる解析)



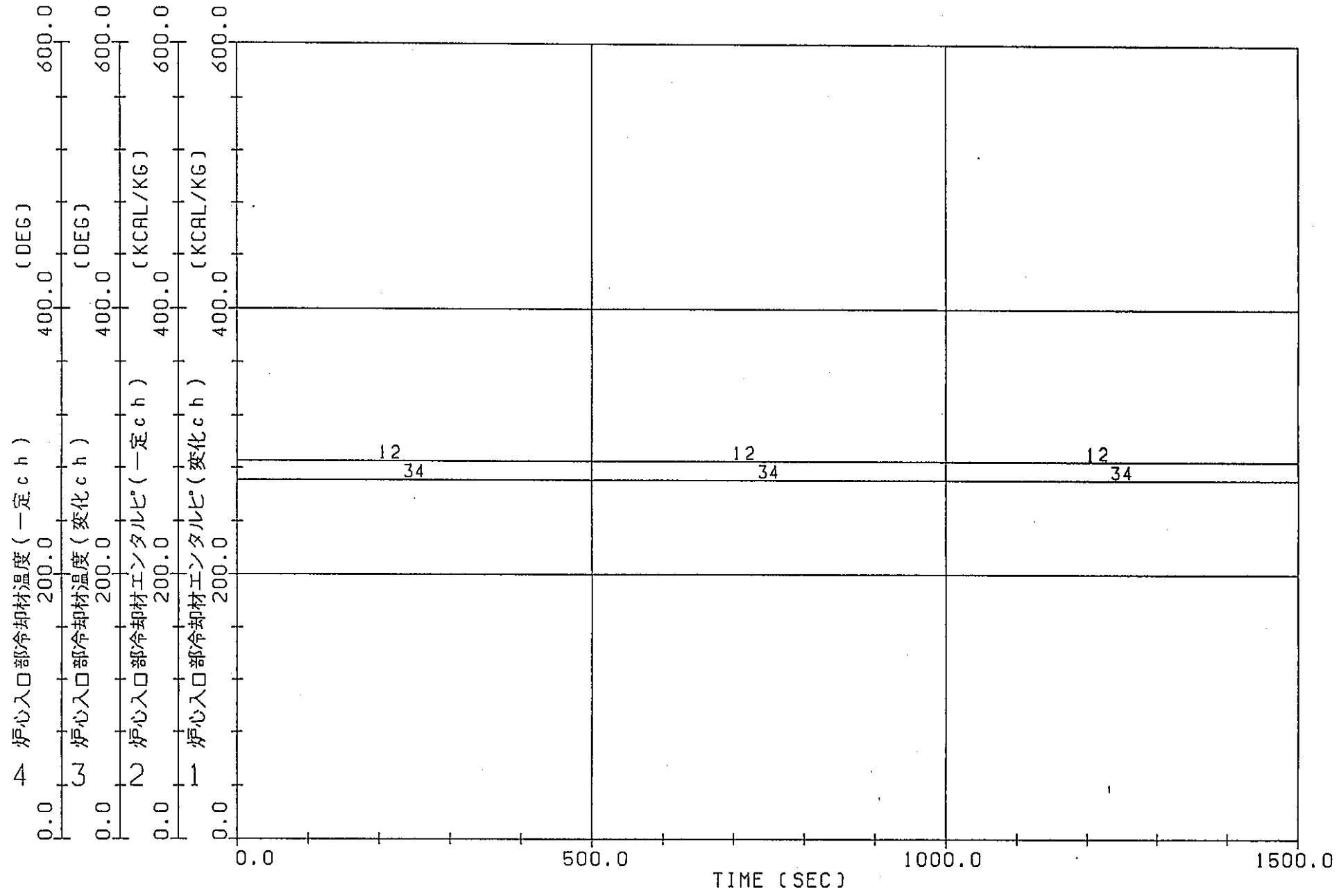
付図1.6.5 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース3-2, ATRECSによる解析)



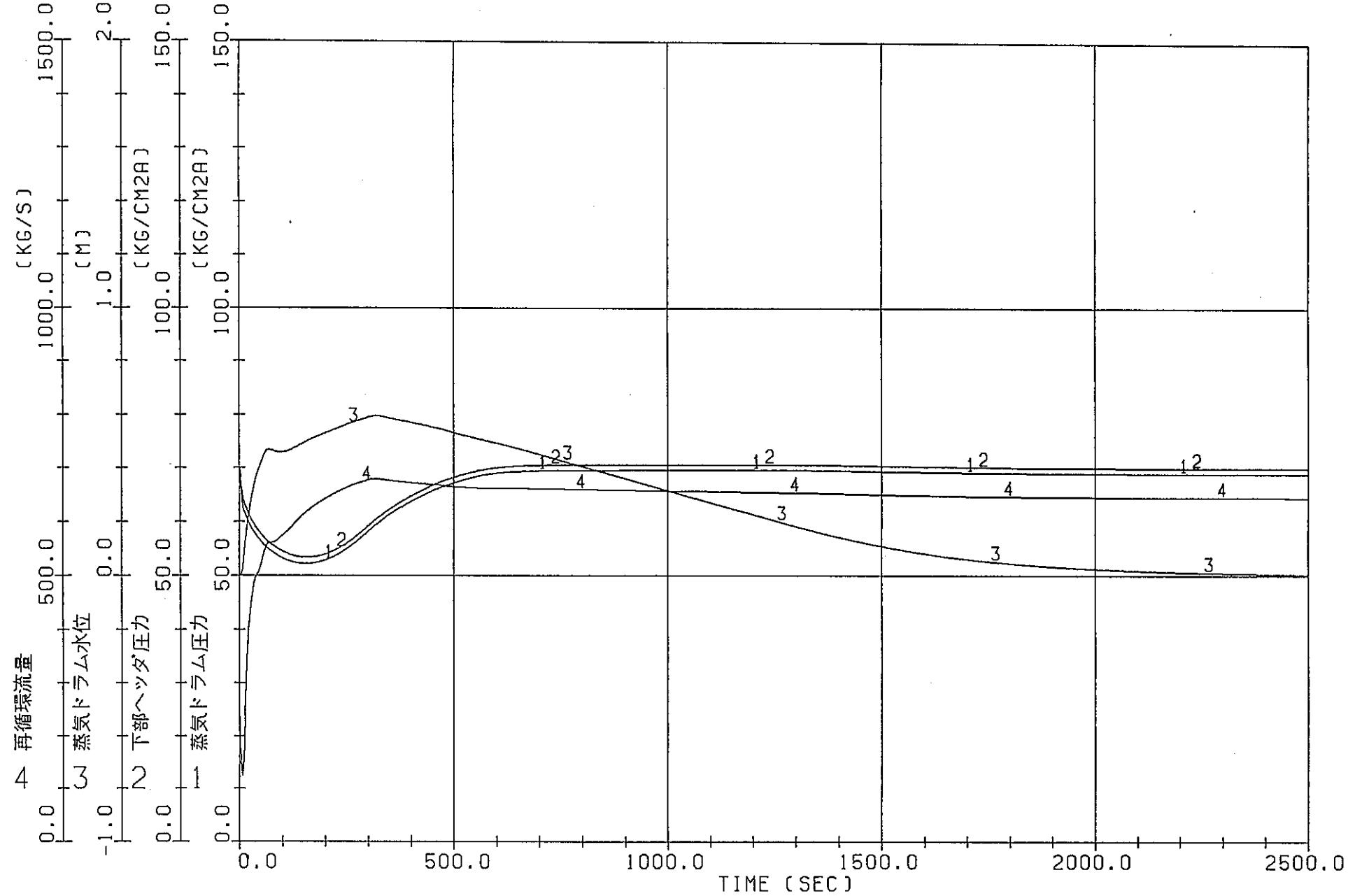
付図1.6.6 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース3-2, ATRECSによる解析)



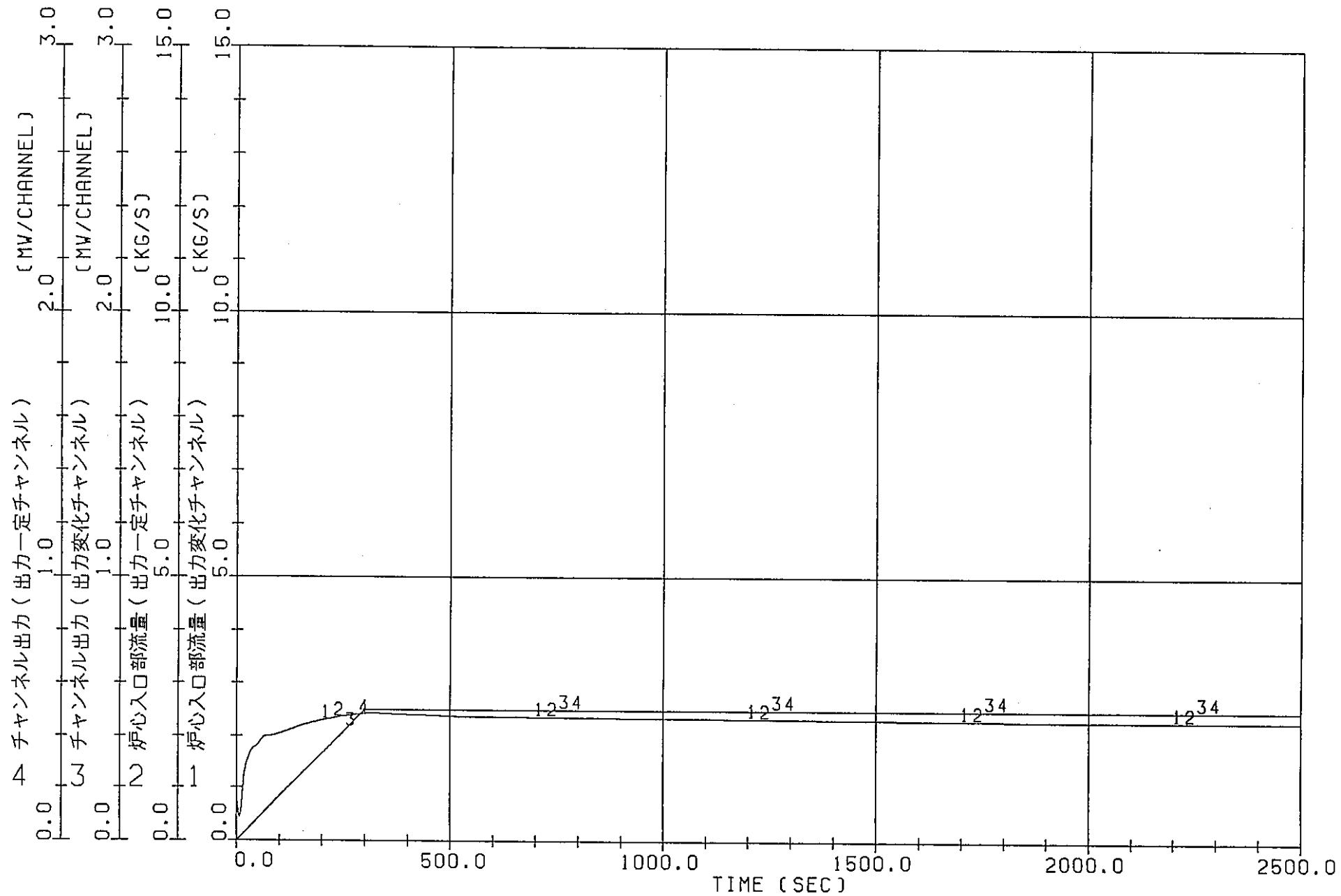
付図1.6.7 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース3-2, ATRECSによる解析)

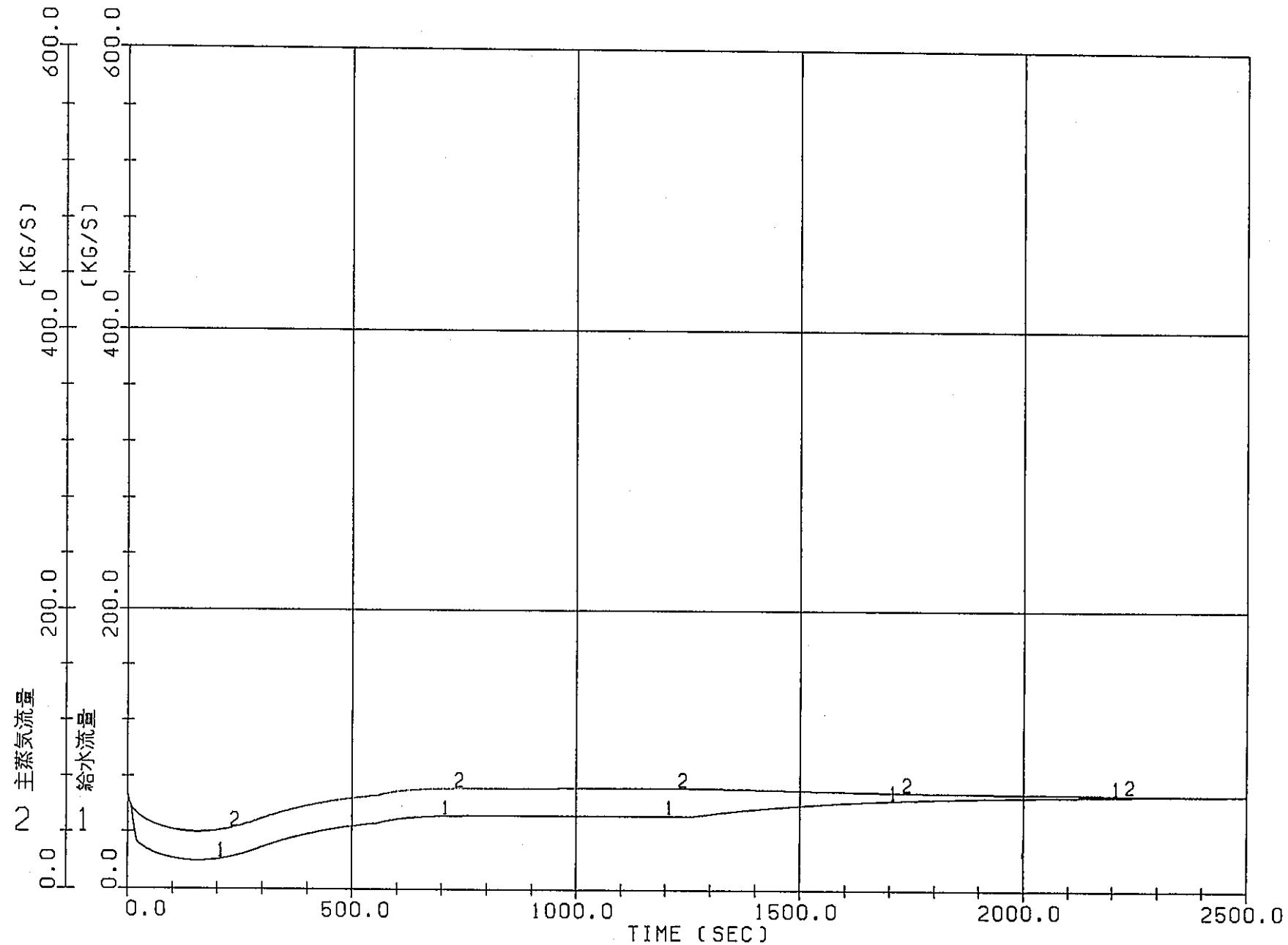


付図1.6.8 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース3-2, ATRECSによる解析)

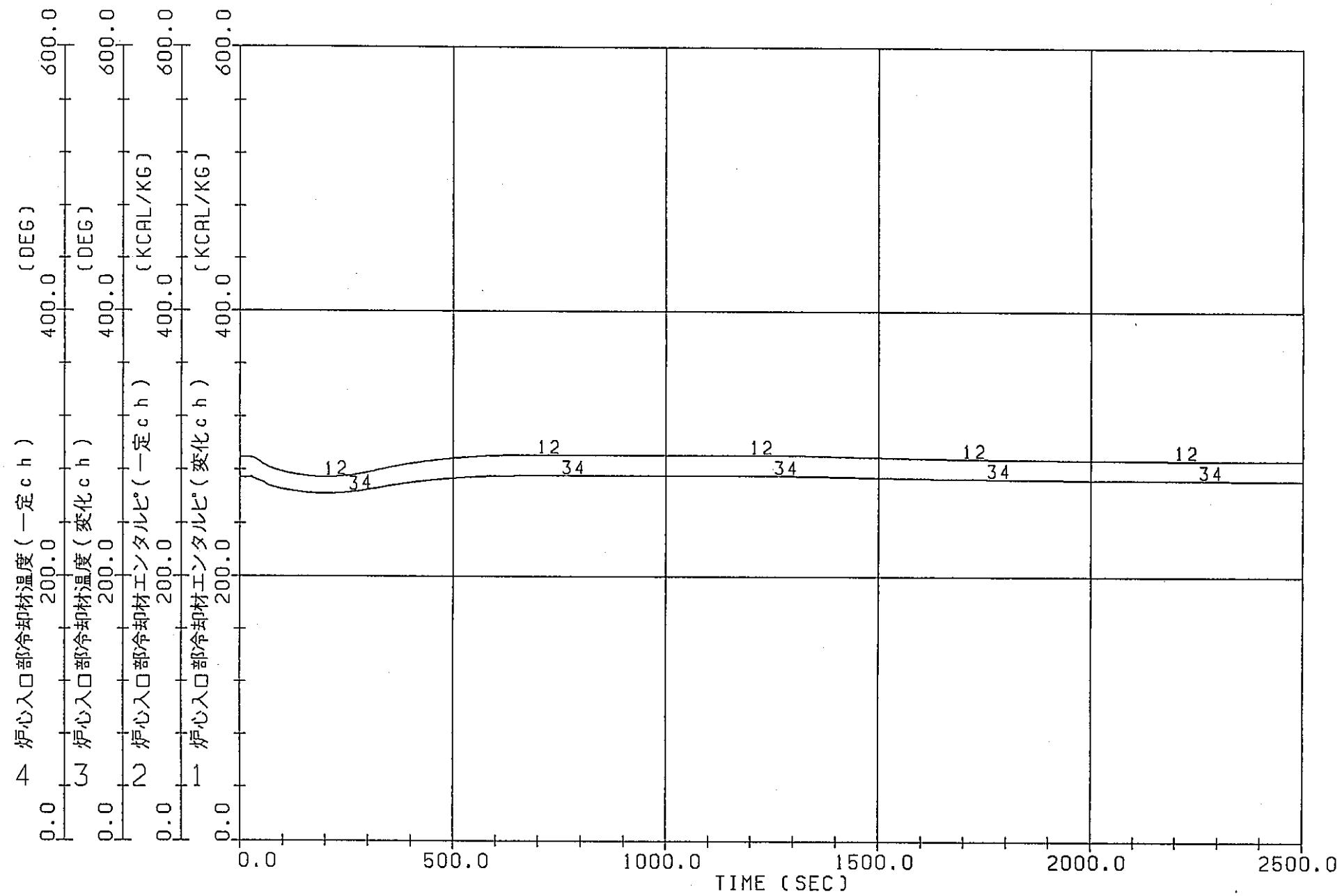


付図1.7.1 自然循環解析(定常計算)  
(ケース4-1, ATRECSによる解析)

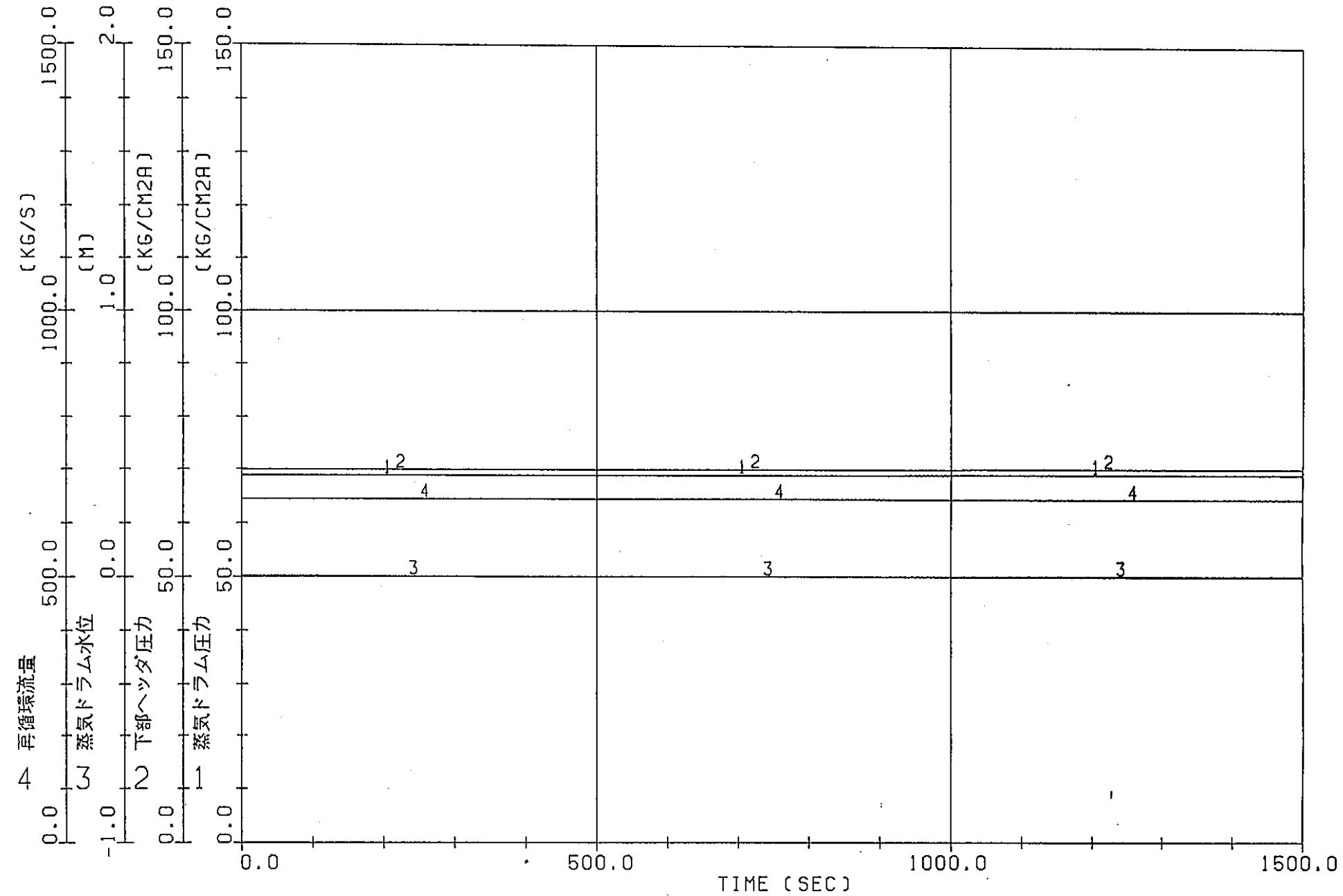




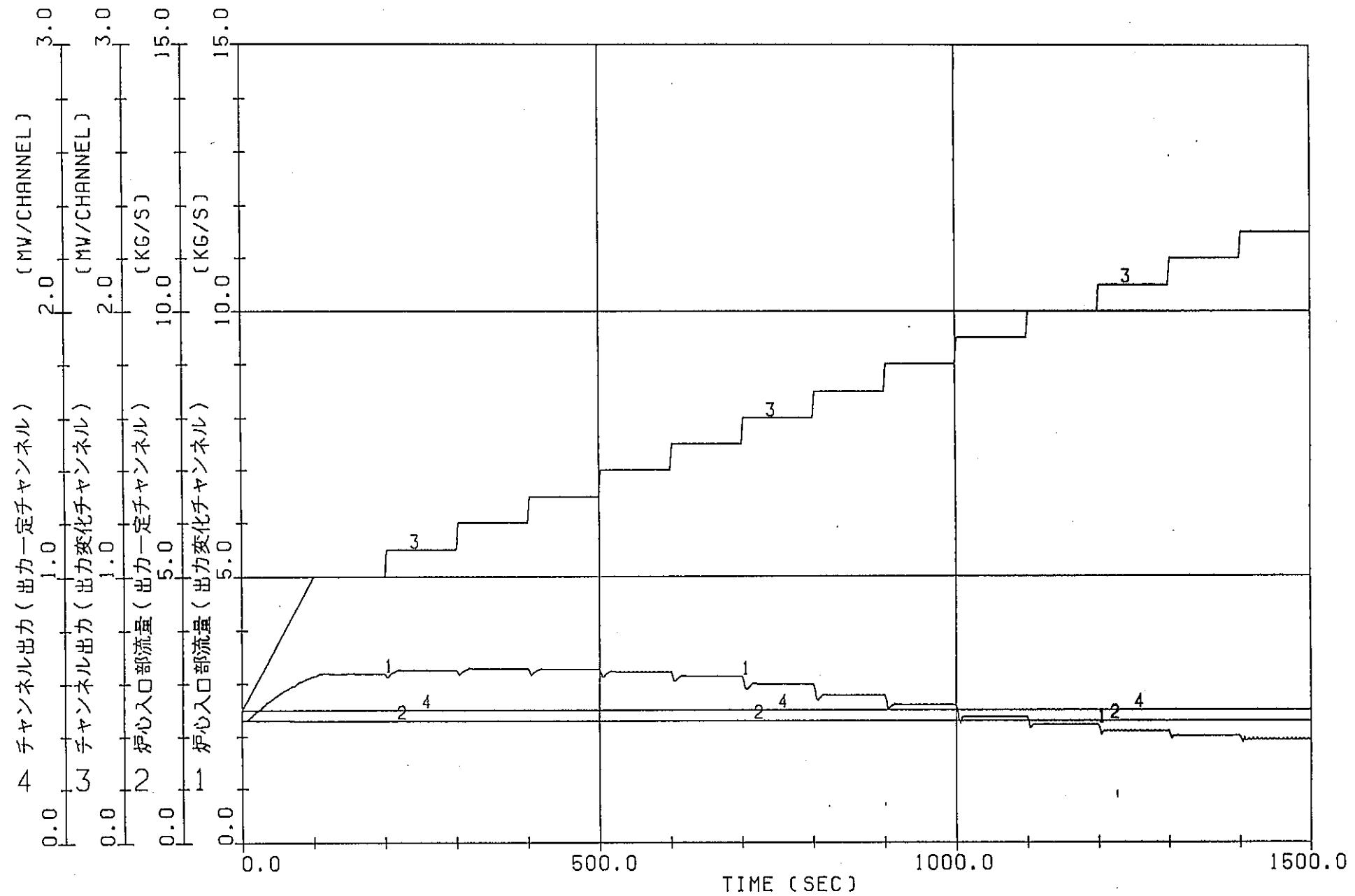
付図1.7.3 自然循環解析(定常計算)  
(ケース4-1, ATRECSによる解析)



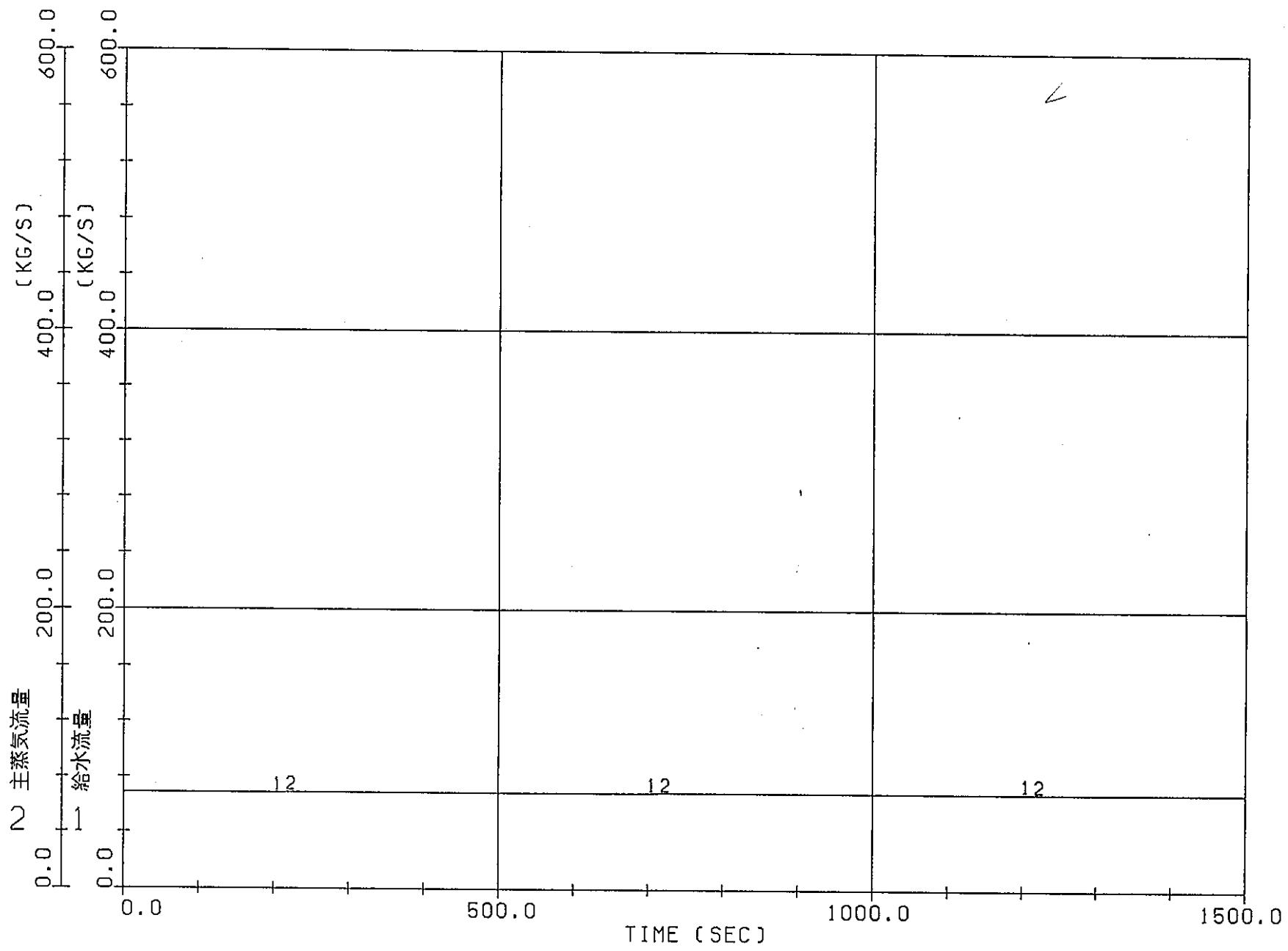
付図1.7.4 自然循環解析(定常計算)  
(ケース4-1, ATRECSによる解析)



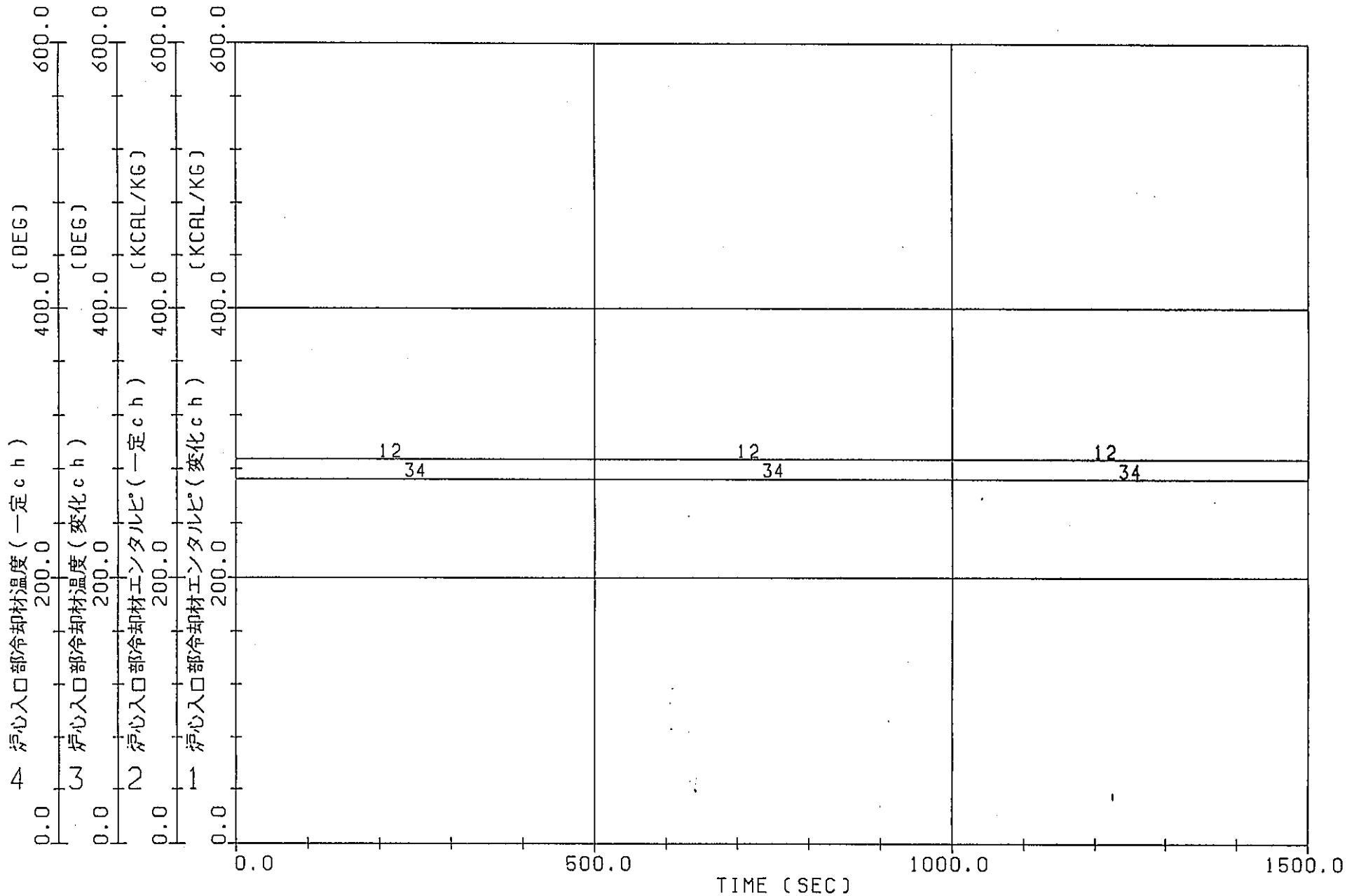
付図1.7.5 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-1, ATRECSによる解析)



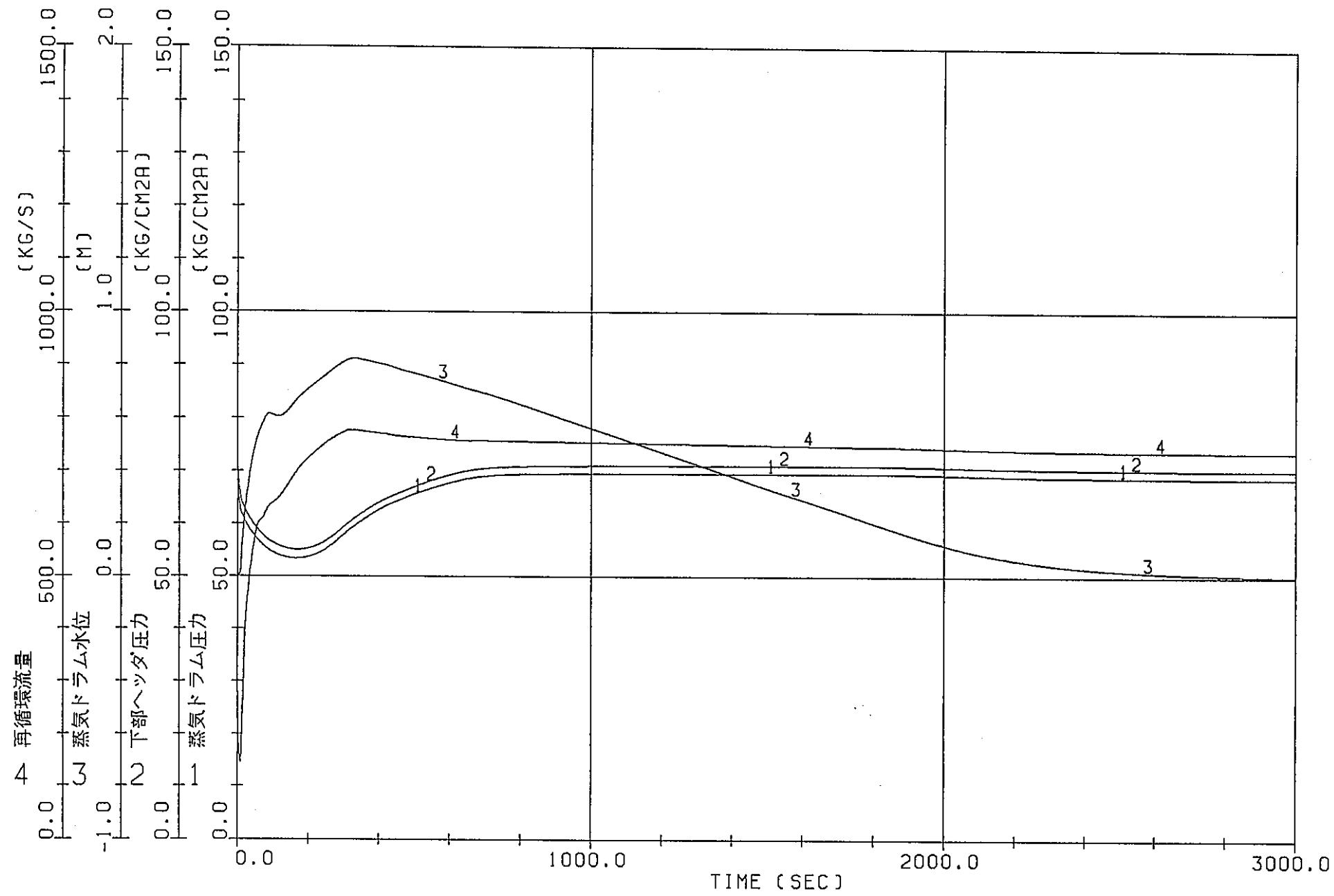
付図1.7.6 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-1, ATRECSによる解析)



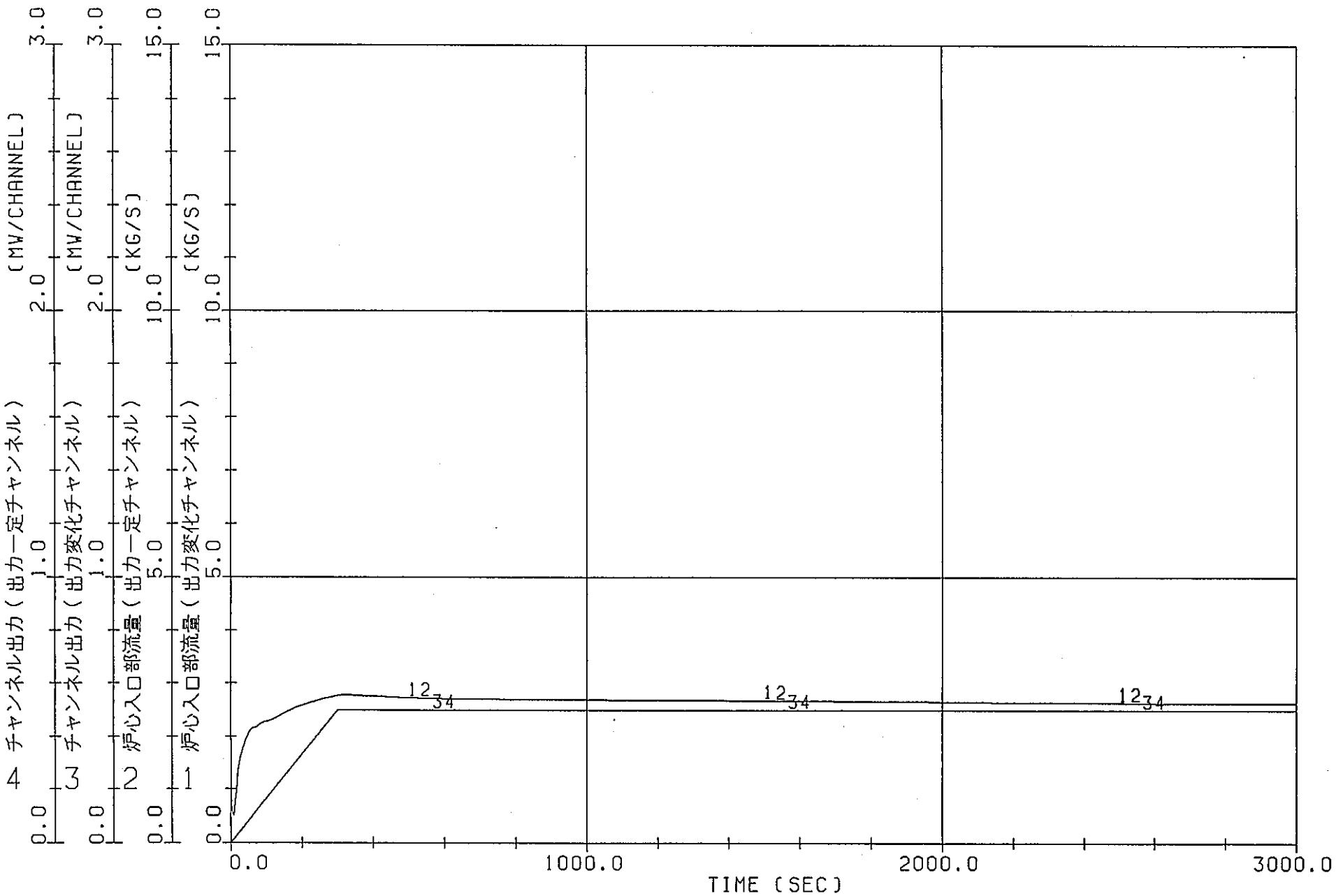
付図1.7.7 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-1, ATRECSによる解析)



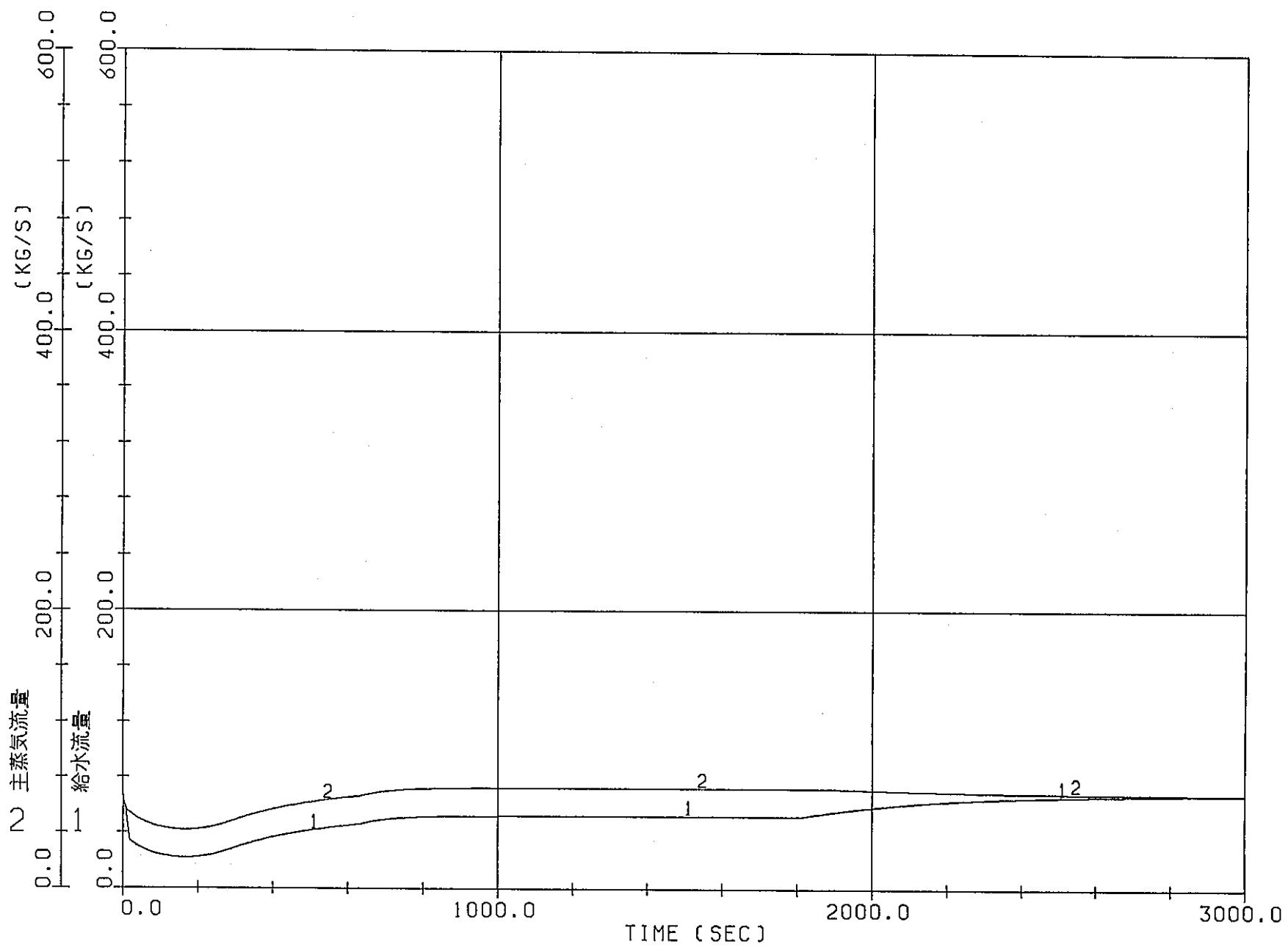
付図1.7.8 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-1, ATRECSによる解析)



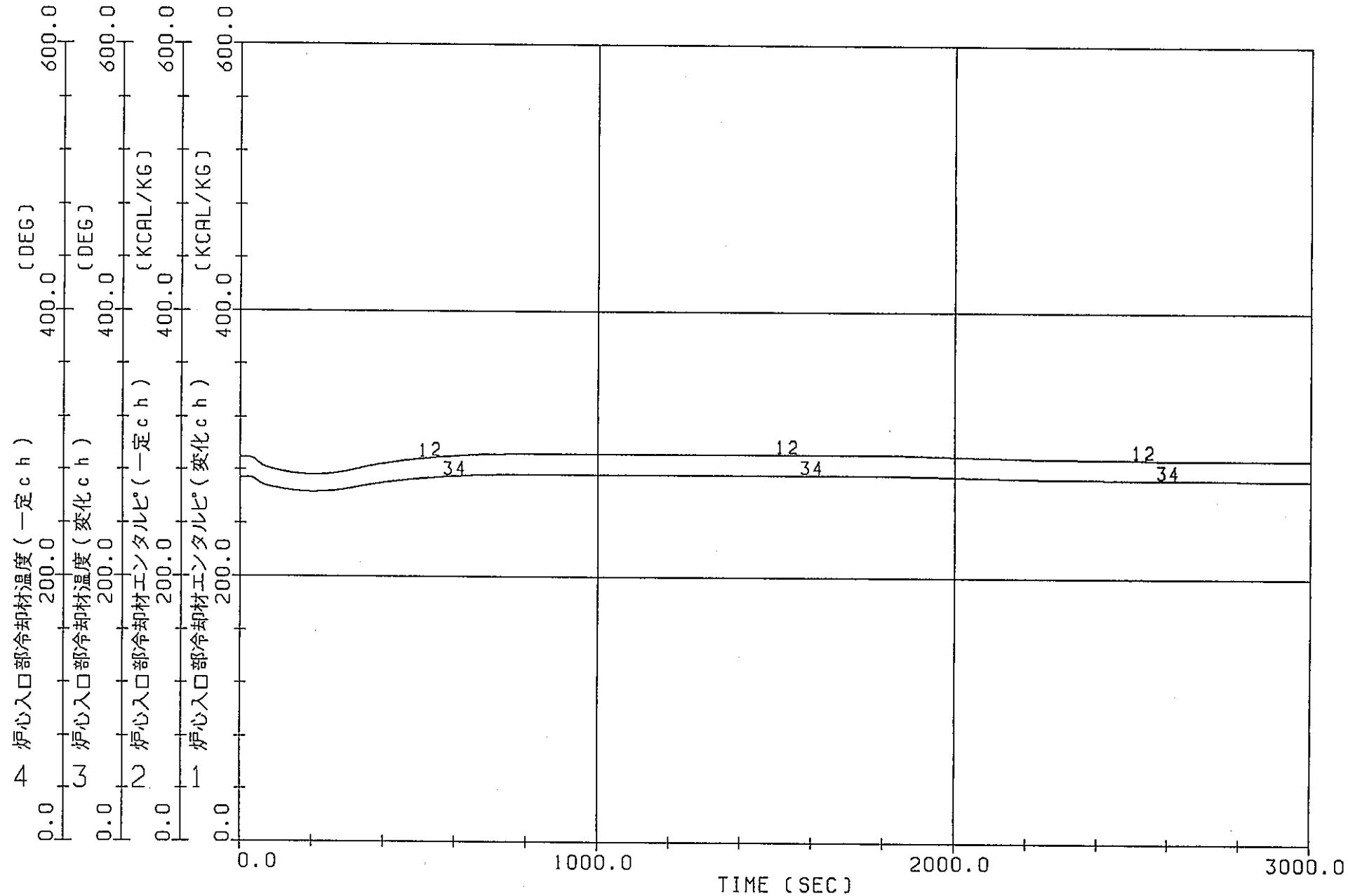
付図1.8.1 自然循環解析(定常計算)  
(ケース4-2, ATRECSによる解析)



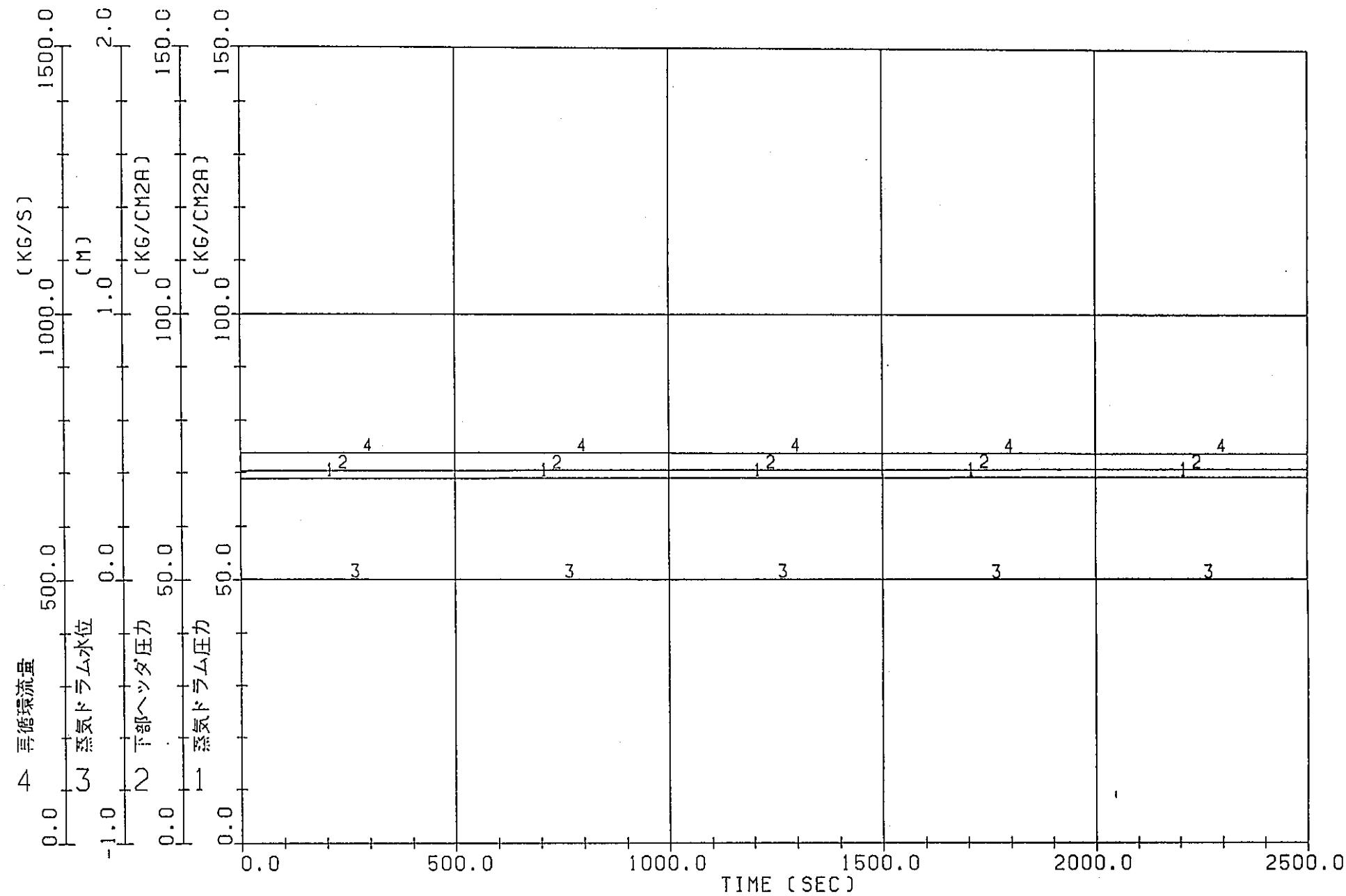
付図1.8.2 自然循環解析(定常計算)  
(ケース4-2, ATRECSによる解析)



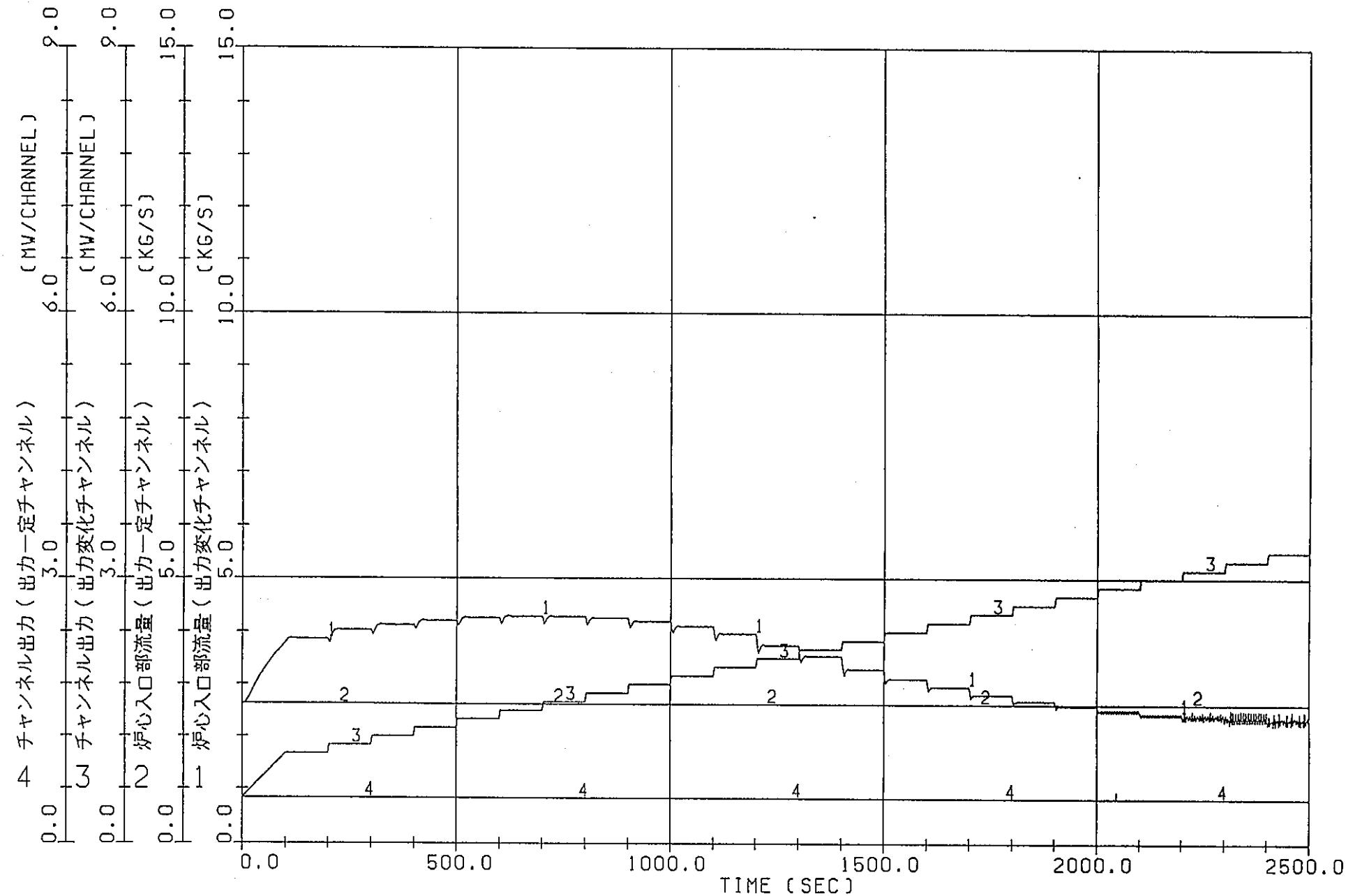
付図1.8.3 自然循環解析(定常計算)  
(ケース4-2, ATRECSによる解析)



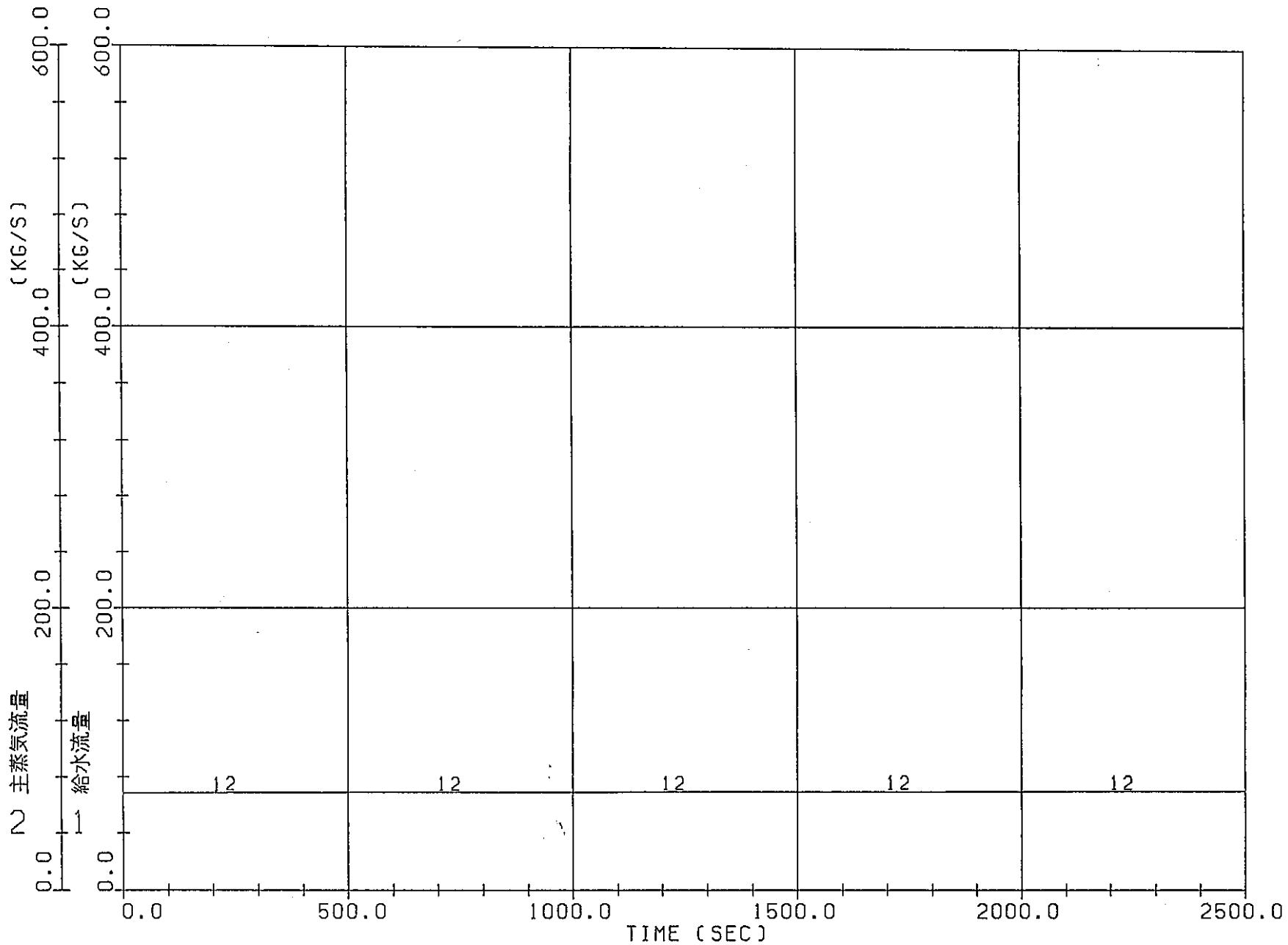
付図1.8.4 自然循環解析(定常計算)  
(ケース4-2, A T R E C Sによる解析)



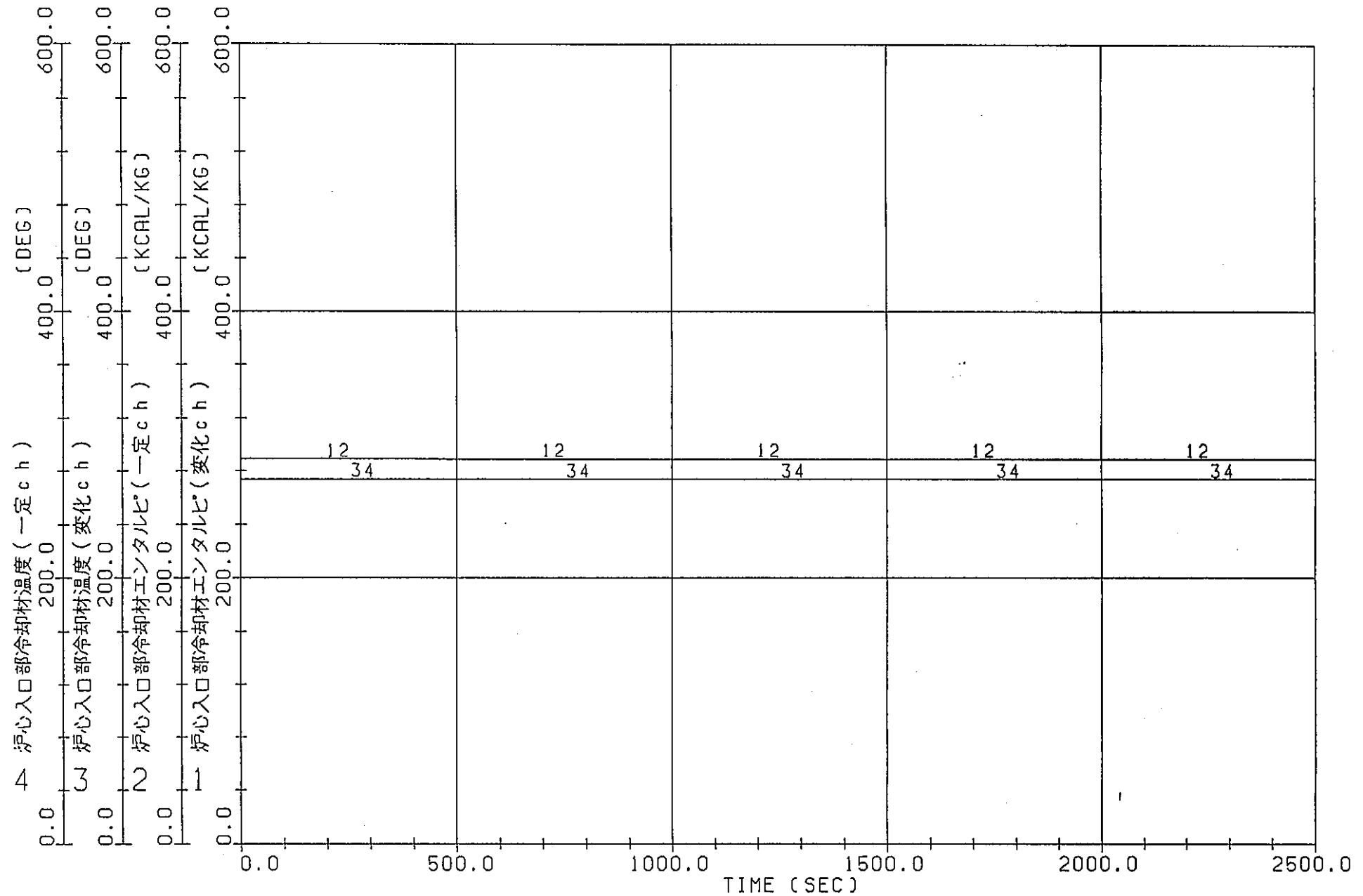
付図1.8.5 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-2, ATRECSによる解析)



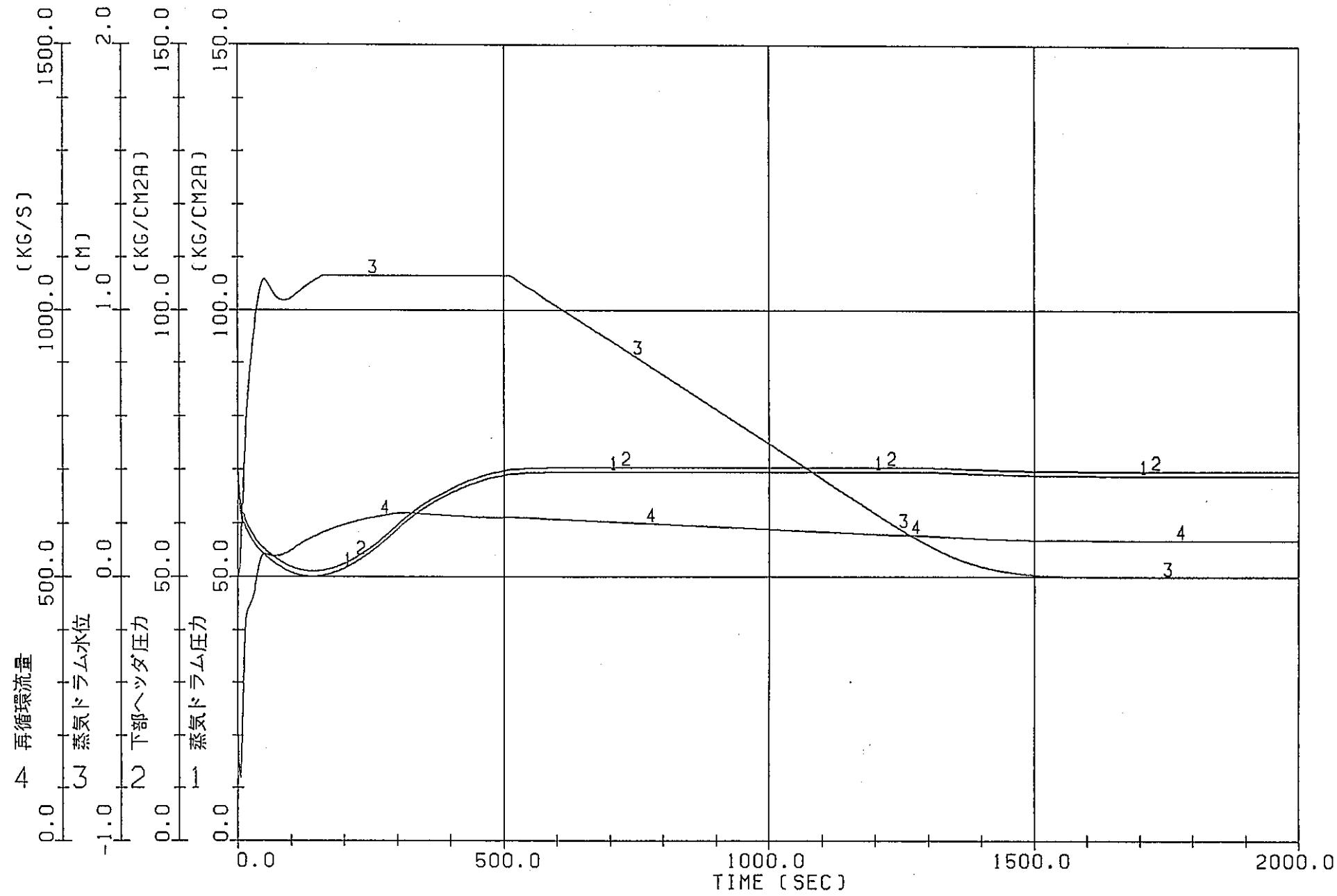
付図1.8.6 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-2, ATRECSによる解析)



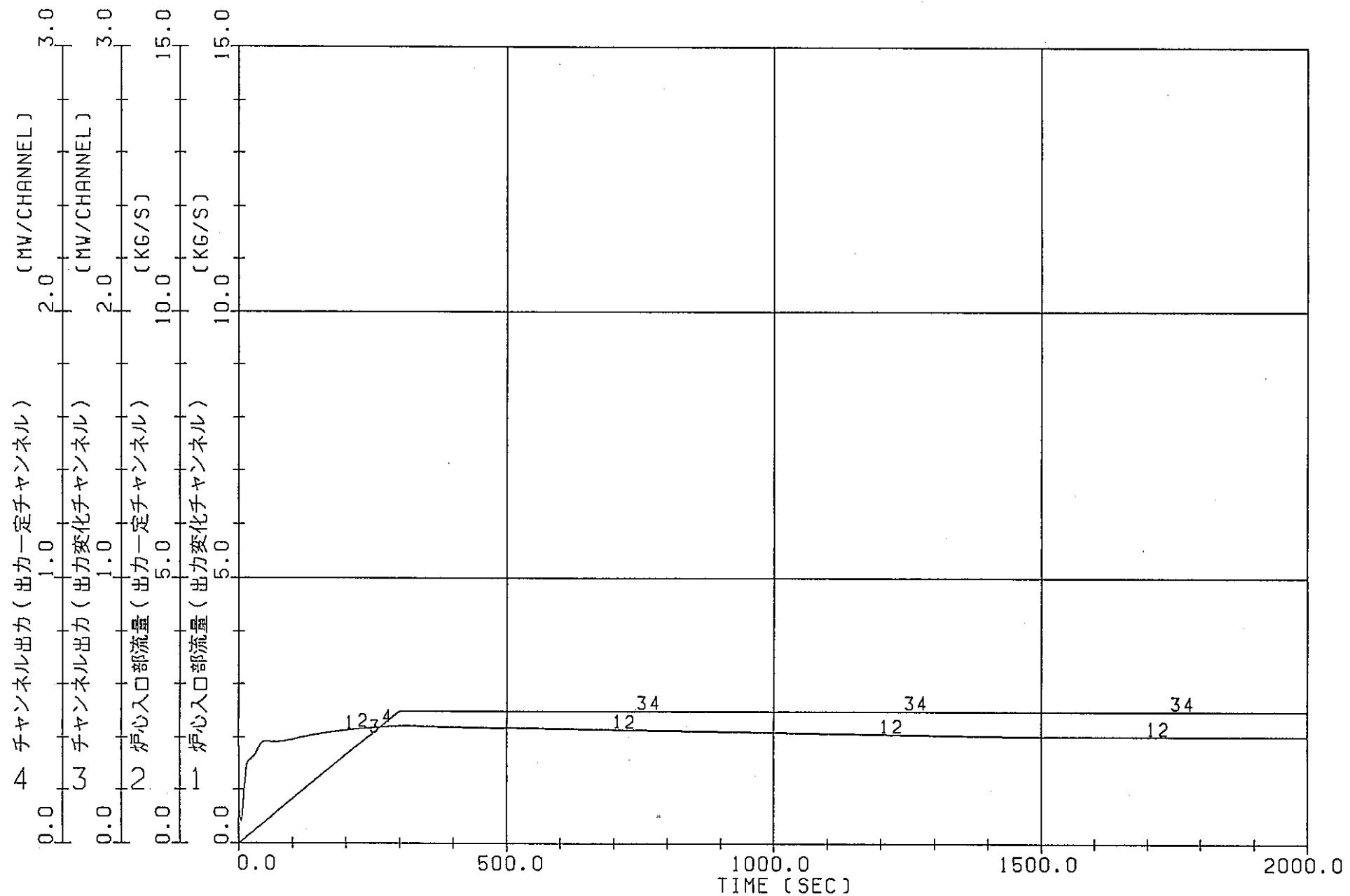
付図1.8.7 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-2, ATRECSによる解析)

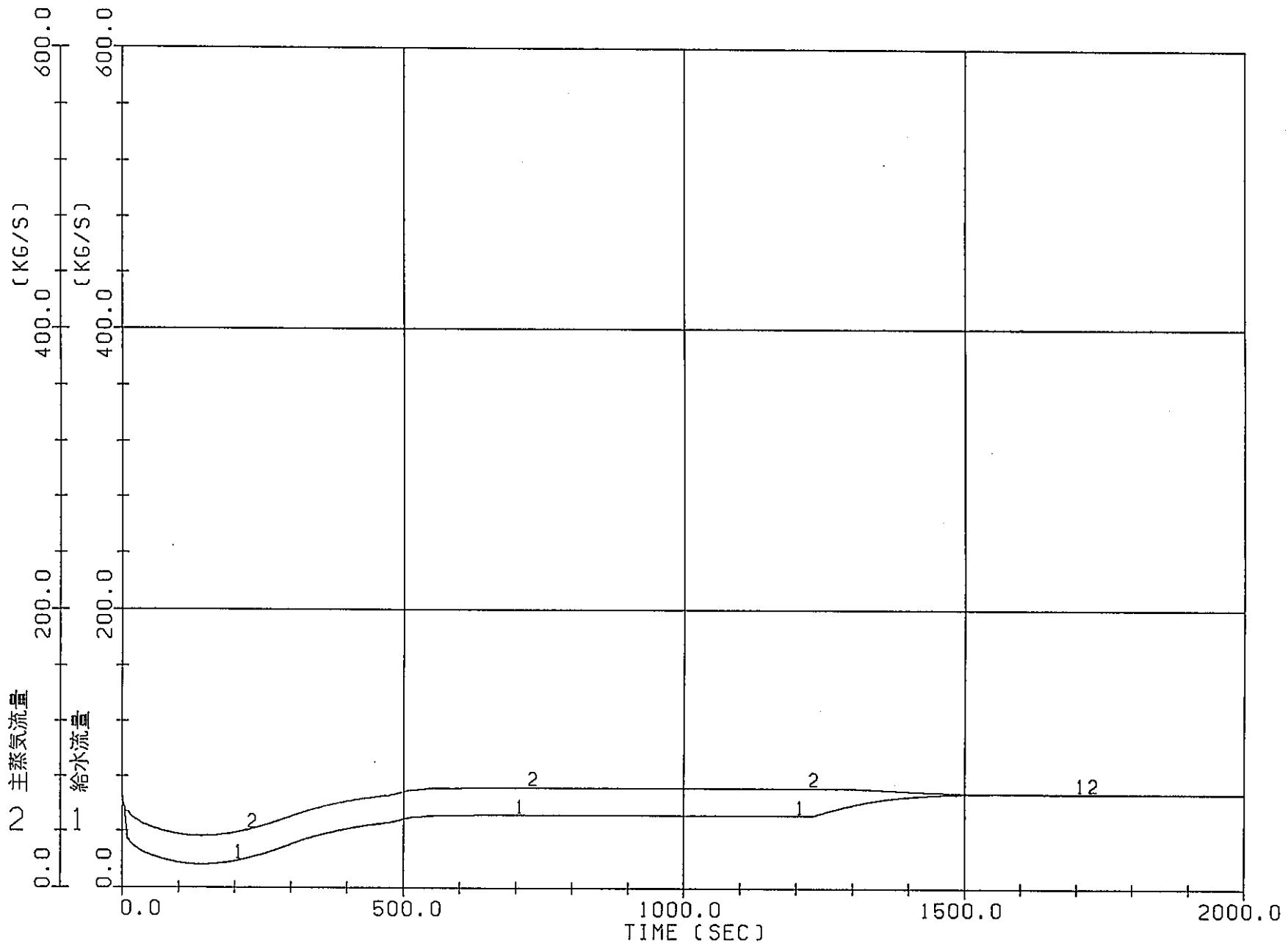


付図1.8.8 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-2, ATRECSによる解析)

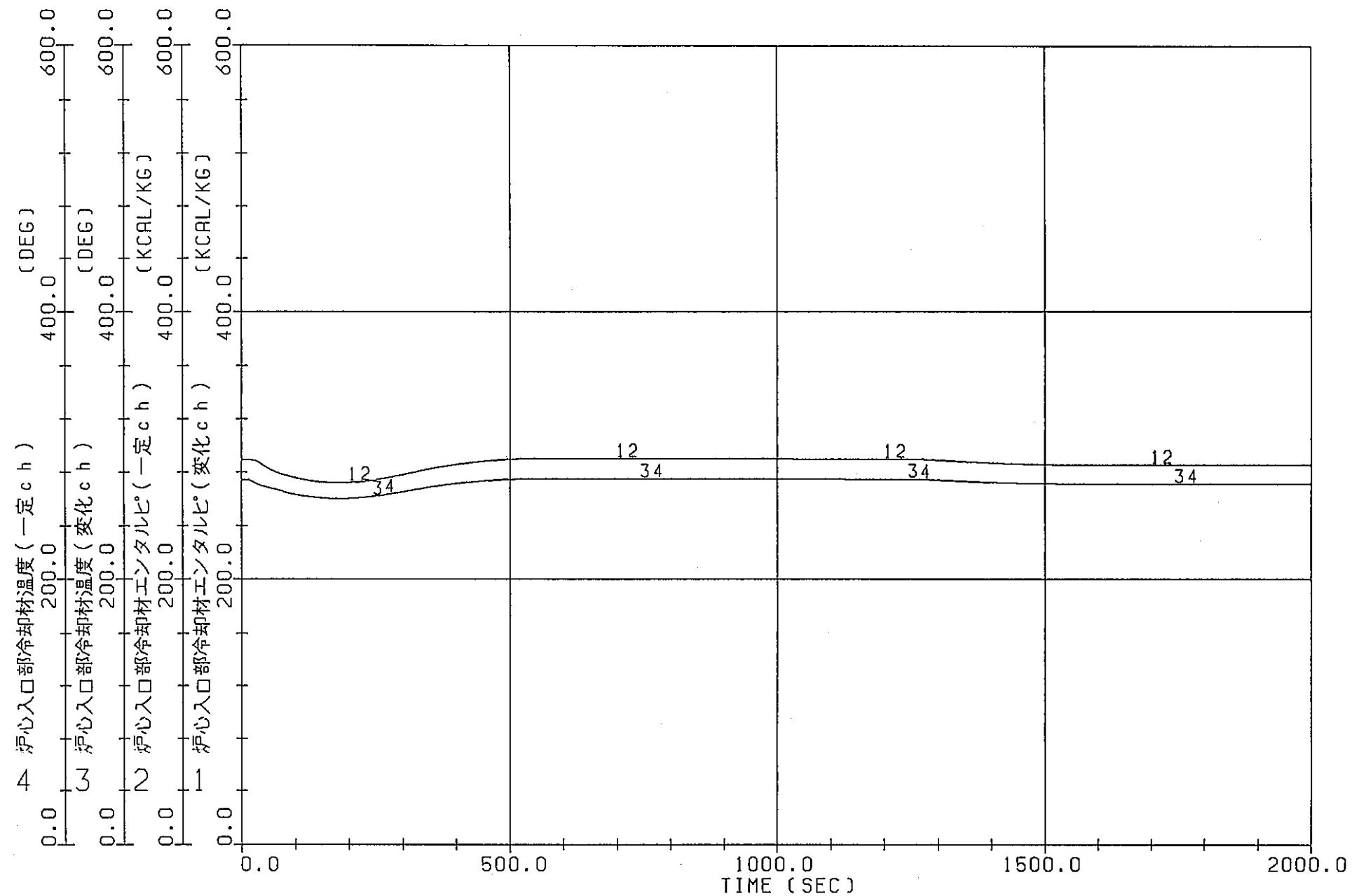


付図1.9.1 自然循環解析(定常計算)  
(ケース4-3, ATRECSによる解析)

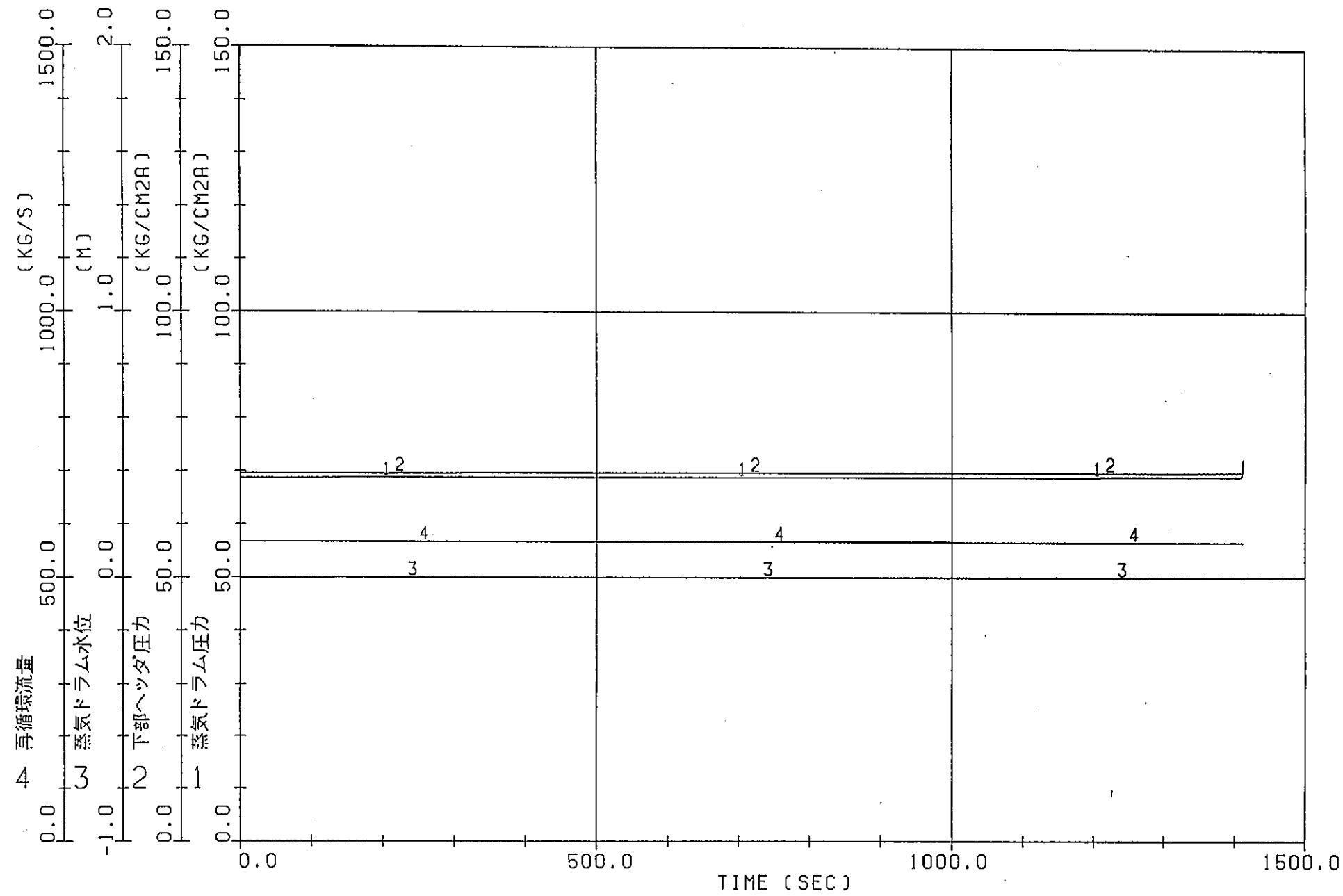




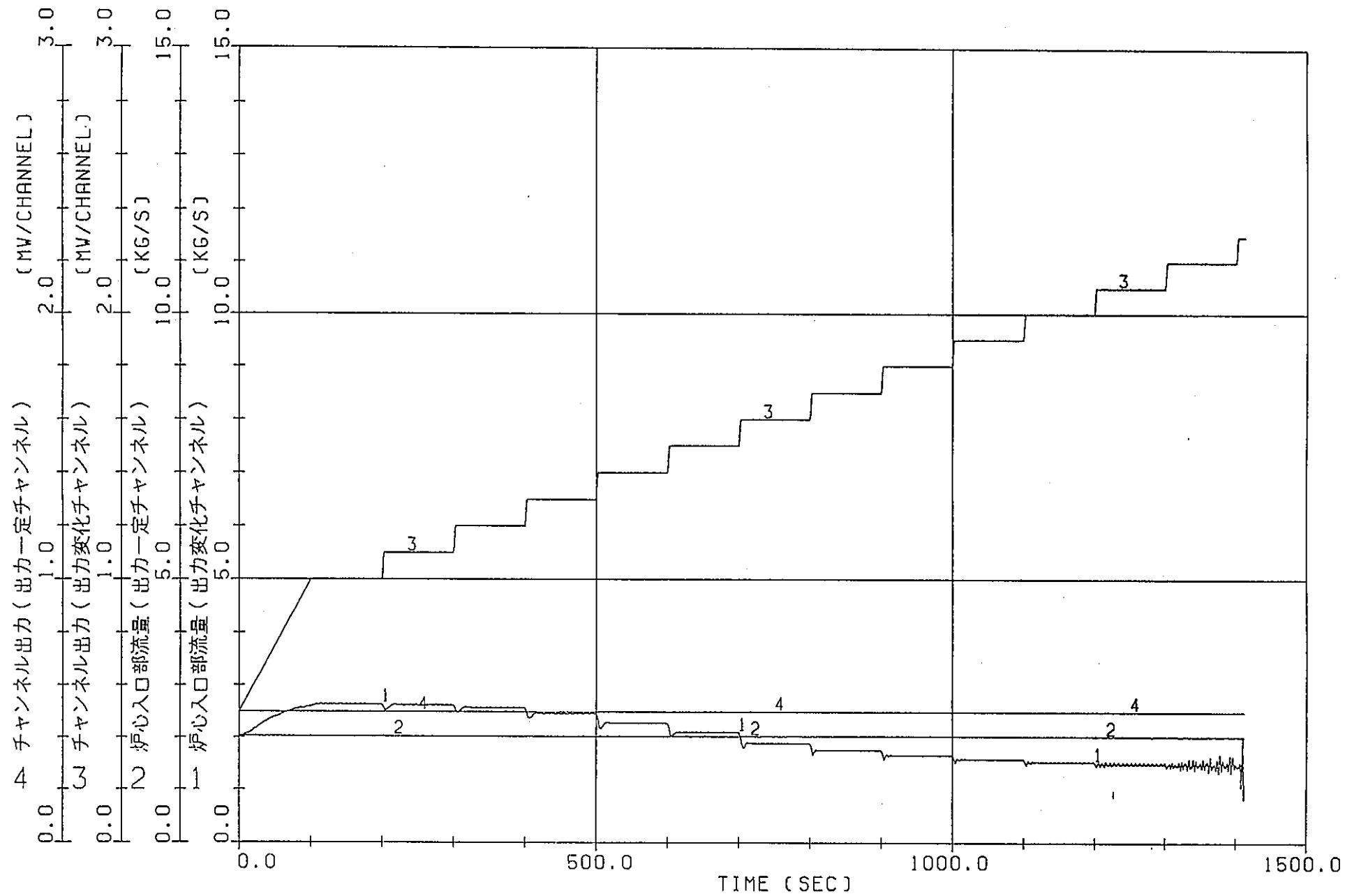
付図1.9.3 自然循環解析(定常計算)  
(ケース4-3, ATRECSによる解析)



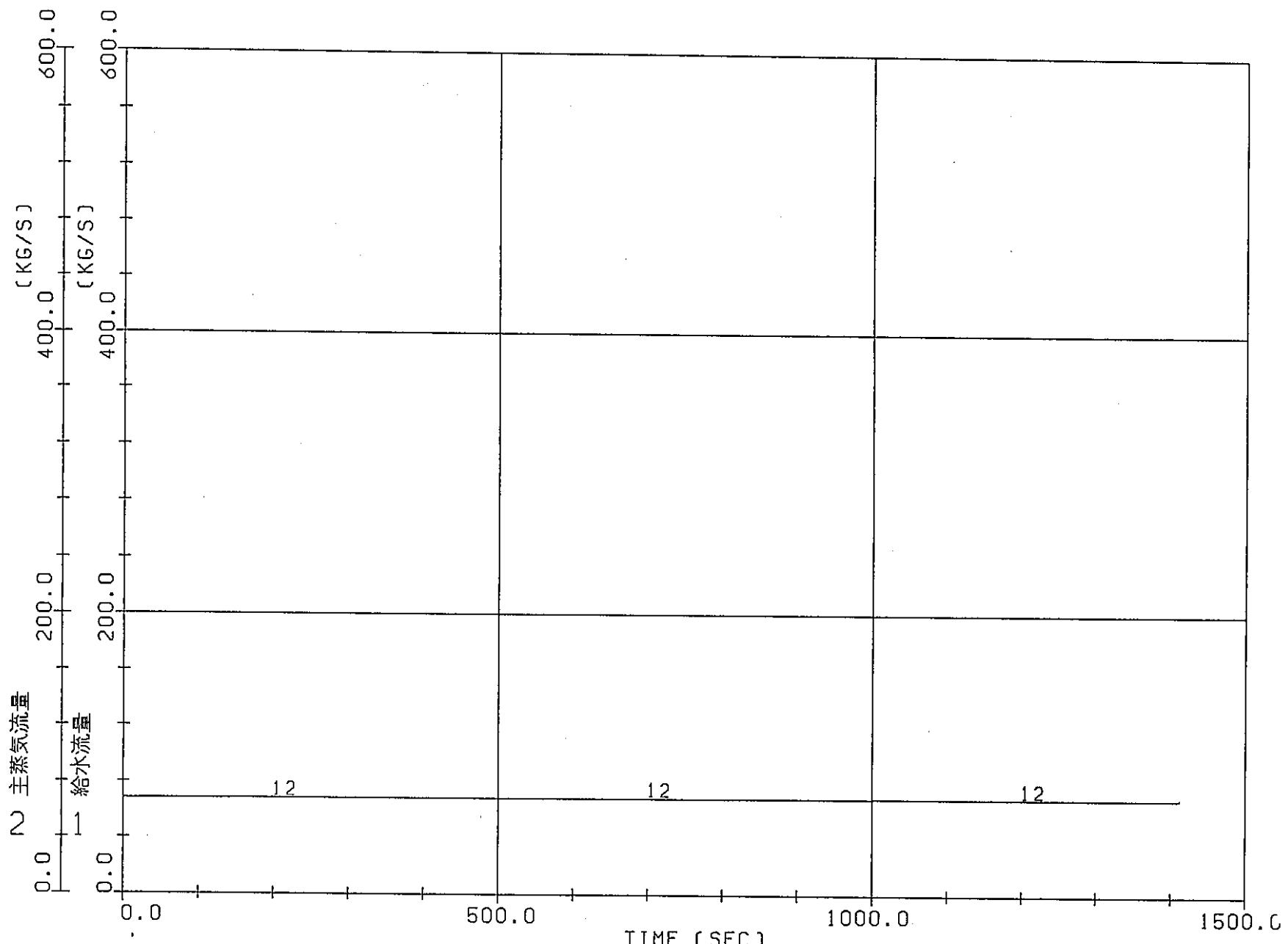
付図1.9.4 自然循環解析(定常計算)  
(ケース4-3, ATRECSによる解析)



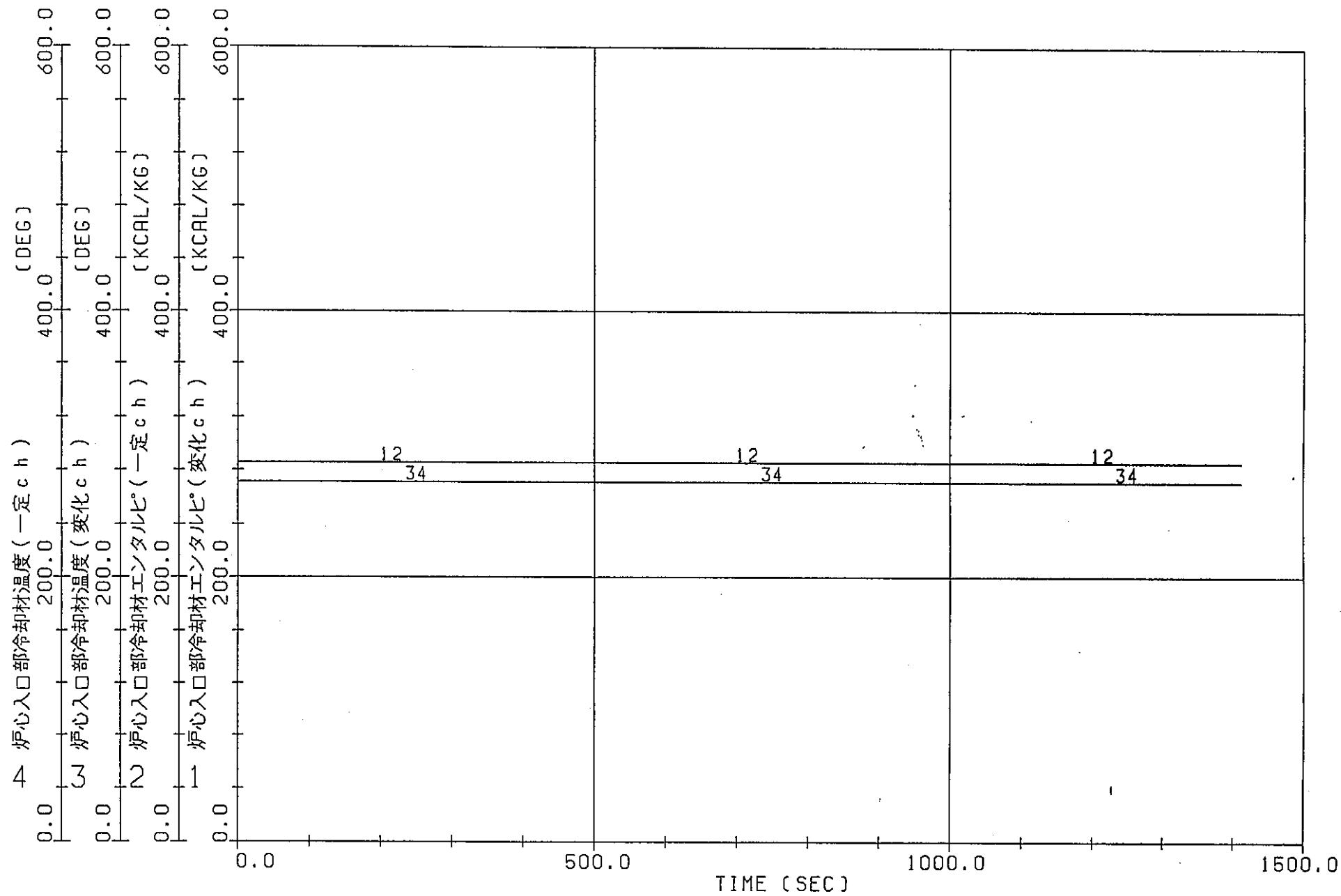
付図1.9.5 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-3, ATRECSによる解析)



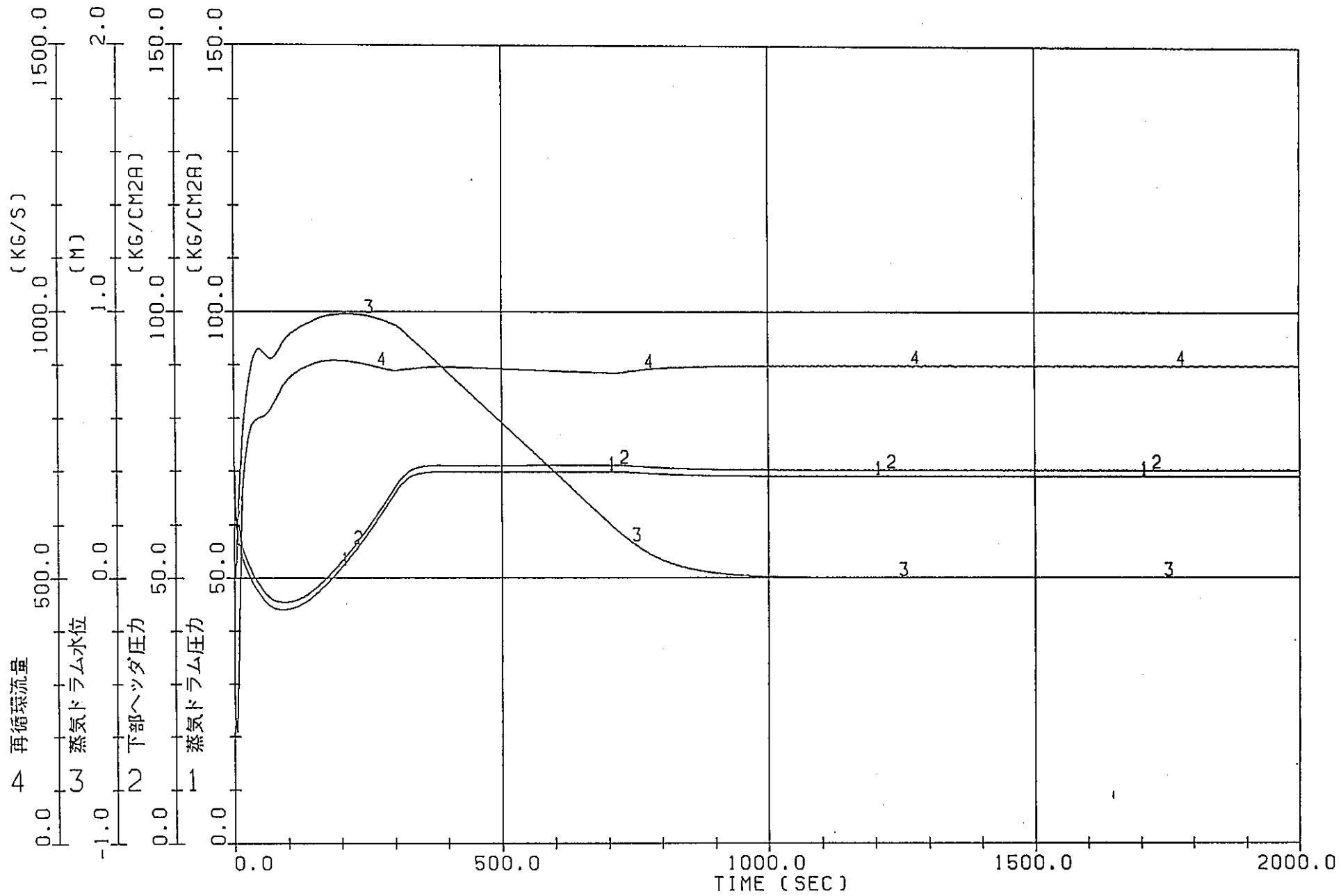
付図1.9.6 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-3, ATRECSによる解析)



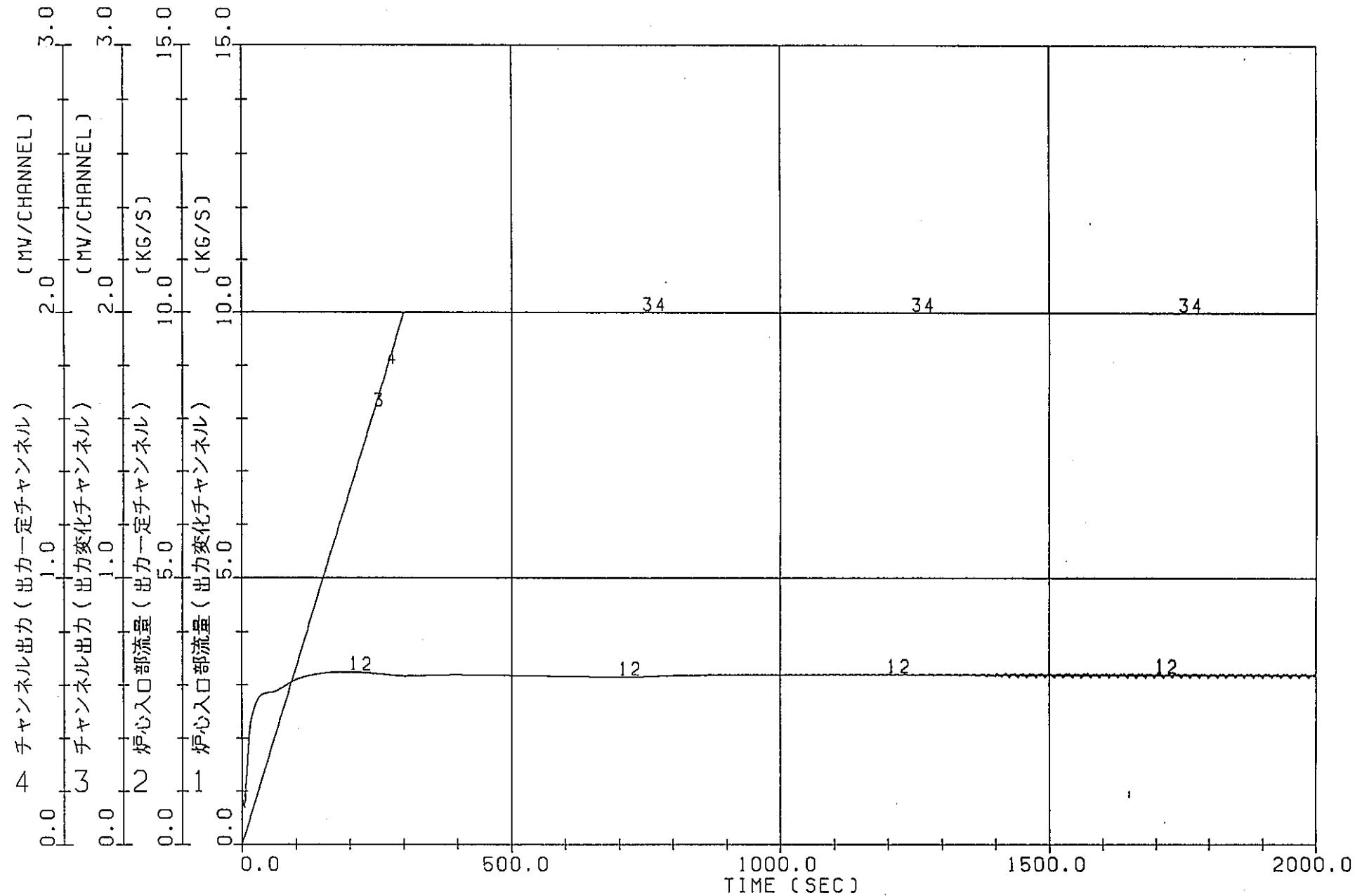
付図1.9.7 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-3, ATRECSによる解析)



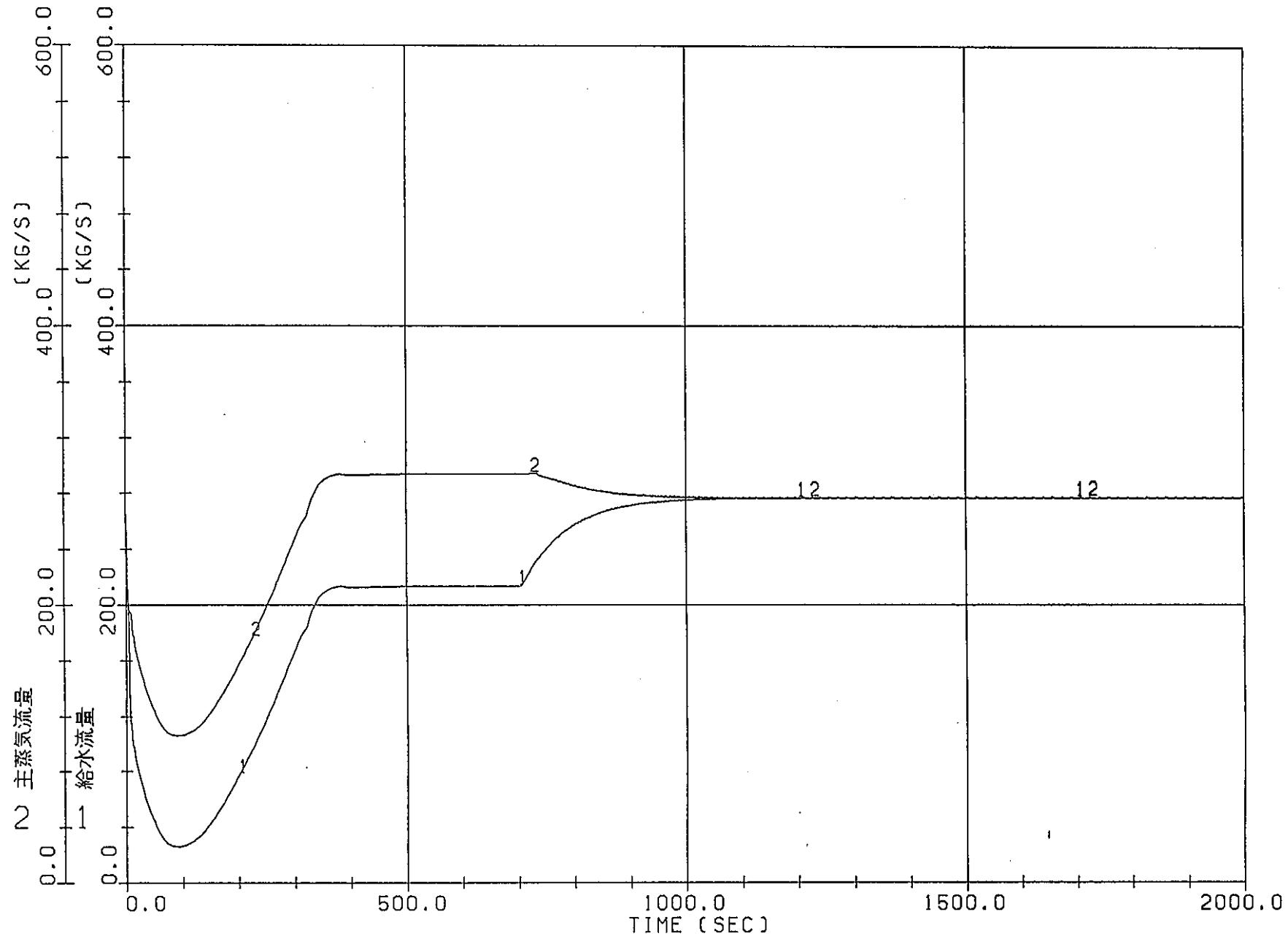
付図1.9.8 自然循環解析(過渡計算)  
(ケース4-3, ATRECSによる解析)



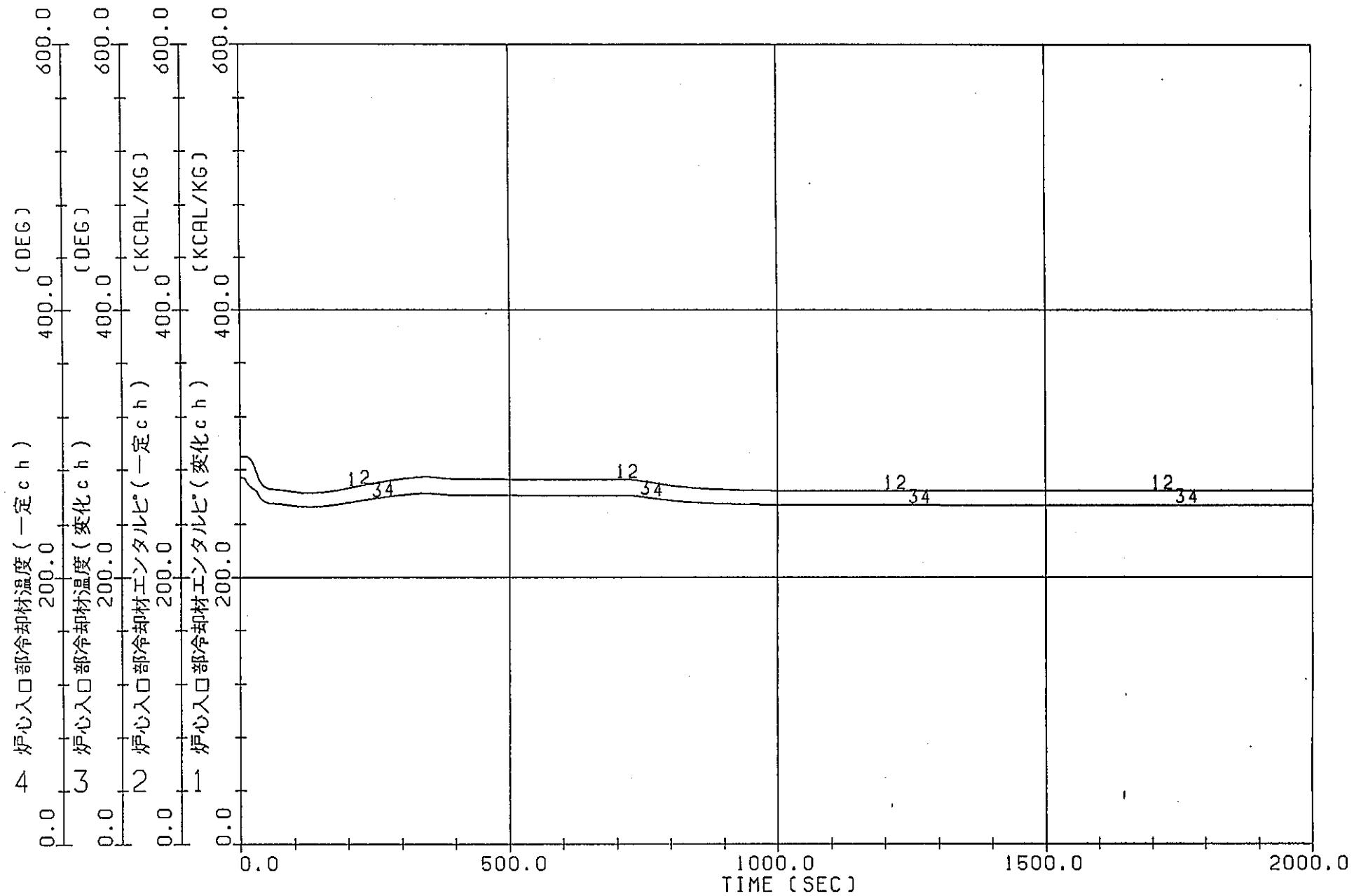
付図1.10.1 自然循環解析(定常計算)  
(ケース5-1, ATRECSによる解析)



付図1.10.2 自然循環解析(定常計算)  
(ケース5-1, ATRECSによる解析)



付図1.10.3 自然循環解析(定常計算)  
(ケース5-1, ATRECSによる解析)



付図1.10.4 自然循環解析(定常計算)  
(ケース5-1, ATRECSによる解析)

## 付録2. 入力データリスト集

No	図 の 内 容	図 番
1.	A T R中小型炉の自然循環特性解析入力データリスト (ベースケース, ケース1-1) (定常計算)	付図2.1.1
2.	A T R中小型炉の自然循環特性解析入力データリスト (ベースケース, ケース1-1) (過渡計算)	付図2.1.2
3.	A T R中小型炉の自然循環特性解析入力データリスト (総合解析, ケース5-1) (定常計算)	付図2.2.1

DSN = DGD999.INPUT.DATA(NCSAS000)

PAGE = 1

PAGE = 2

```

-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---
NATURAL CIRCULATION OF ATR (PLANT STEDY STATE) SENSITIVE ANA. (BASE-STE)
      0          0          0
&CINP1
  MENDST = 10000,
  KTEND = 50,
  IDPRNT = 4,   10,   10,   20,   50,   50,   50,   50,   50,
  IDPLOT = 1,   2,   2,   4,   5,   5,   5,   5,   5,
  IDPRNT = 10,  25,  25,  25,  50,  100, 100, 100, 60,  100,
  IDPLOT = 2,   2,   2,   2,   2,   2,   2,   2,   2,
  KTSTDY = 1,
  KWREST = 1,
&END
&CINP2
  TIME = -5.0,
  DTCHAN(1) = 0.0,     25.0,     50.0,    100.0,    200.0,
                 400.0,    600.0,   1260.0,   1500.0, 100000.0,
  DDTIME(1) = 1.0,     1.0,     1.0,     1.0,     1.0,
                 1.0,     1.0,     1.0,     1.0,     1.0,
  TEND = 1000.0,
&END
&NUMINP
  NLINK = 3,   NJOIN = 1,   NBCL = 1,   NBCJ = 1,   NSUBL = 3,
  NMVAL = 0,   NCVAL = 0,   NSCVAL = 0,   NPUMP = 0,   NHX = 0,
  NHXBC = 0,   ILOOP = 1,
&END
&SYSDA
  INL (1) = 1,     2,     3,     4,
  INUJ (1) = 1,     1,    -1,    -21,
  INDJ (1) = -1,   -1,     1,    -1,
  INJ (1) = 1,
  INBCJ (1) = -1,   -21,
  INSUBL(1) = 1,     2,     3,
  INSLD (1) = 2,     2,     2,
&END
&STRINP
  NHXD20 = 0,
  DIAM (4) = 0.2102,
  DIAME (4) = 0.2102,
  DIAMO (4) = 0.2674,
  ALENG (4) = 2.0,
  TUETK (4) = 0.0,
  NODEL (4) = 1,
  TFLOW(1,1) = 9*274.35,
  TFLOW(1,2) = 9*274.35,
  TFLOW(1,3) = 18*274.35,
-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---

```

```

-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---
  TFLOW(1,4) = 2*180.0,
  TPIPE(1,1) = 8*274.35,
  TPIPE(1,2) = 8*274.35,
  TPIPE(1,3) = 17*274.35,
  TPIPE(1,4) = 180.0,
  IHAD (1) = 3*1,     0,
  DZPIPE(1,1) = 6*3.4392, 1.6648,   2.27,
  DZPIPE(1,2) = 6*3.4392, 1.6648,   2.27,
  DZPIPE(1,3) = 3*3.0,   2*3.0,
  DHPIPE(1,1) = 6*0.0,   1.6648,   2.27,
  DHPIPE(1,2) = 6*0.0,   1.6648,   2.27,
  DHPIPE(1,3) = 3*-3.0, 2*-3.0,
  SDIAM (1,1) = 0.0495, 0.1026,
  SDIAM (1,2) = 0.0495, 0.1026,
  SDIAM (1,3) = 0.3176, 0.3636,
  SDIAME(1,1) = 0.0495, 0.1026,
  SDIAME(1,2) = 0.0495, 0.1026,
  SDIAME(1,3) = 0.3176, 0.3636,
  SDIAMO(1,1) = 0.0605, 0.1112,
  SDIAMO(1,2) = 0.0605, 0.1112,
  SDIAMO(1,3) = 0.3556, 0.4064,
  SLENG (1,1) = 22.3,   2.27,
  SLENG (1,2) = 22.3,   2.27,
  SLENG (1,3) = 9.0,    6.0,
  STUETK(1,1) = 0.2272, 4.094,
  STUETK(1,2) = 0.2272, 4.094,
  STUETK(1,3) = 0.634,   0.0,
  NODESL(1,1) = 7,     1,
  NODESL(1,2) = 7,     1,
  NODESL(1,3) = 3,     2,
  ELEV (1) = 23.3652, 38.9925, 38.9925,
  SELEV (1,1) = 25.03,
  SELEV (1,2) = 25.03,
  SELEV (1,3) = 29.670,
  WIN (1) = 10.8,     3013.2,   3024.0,   0.0,
&END
&BCINP
  WBDAIN(1,1,1) = 0.0, 0.0, 300.0, 238.266, 100000.0, 238.266,
  TWBDA (1,1,1) = 100000.0, 180.0,
&END
&CVINP
&END
&SCVINP
&END
&HXINP
-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---

```

付図2.1.1 ATR中小型炉の自然循環特性解析入力データリスト (1/3)  
(ベースケース, ケース1-1) (定常計算)

```

-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+
&END
&MVINP
&END
&PUMPIN
&END
&CORDA1
  AP    = 0.003435,
  AF    = 0.001357,
  AC    = 0.004932,    0.00516,    0.00429,    0.0952,
  AS    = 0.001649,    0.001154,    0.00195,    0.00916,
  RHOP   = 10200.0,
  RHOF   = 6550.0,
  RHOS   = 3*8030.0,    7830.0,
  CPP    = 0.074,
  CPF    = 0.078,
  CPS    = 3*0.12,    0.11,
  FP     = 1.529,
  FF     = 1.832,
  FS     = 0.370,    0.2548,    0.23216,    1.169,
  FSA    = 0.397,    0.2818,    0.2799,    1.217,
  ALFFFS = 4.2614,
  ALFSSS = 2*0.9044,    0.5117,    0.1162,
  ALFP   = 1.3564,
  ALFSA   = 4.0E-3,    1.0E-3,    1.845E-7,    1.0E-10,
  NC     = 8,        4,        7,        2,
  DEC    = 0.009815,    0.0811,    0.0739,    0.3257,
  DEH    = 0.009815,    0.0811,    0.0739,    0.3257,
  THTA   = 0.5,
  Z (1,1)= 8*0.4625,    3*0.51,    0.545,    1.48,    3.08,
           2.3,        2.62,    2*1.85,    0.97,    0.141,
           0.141,
  Z (1,2)= 8*0.4625,    3*0.51,    0.545,    1.48,    3.08,
           2.3,        2.62,    2*1.85,    0.97,    0.141,
           0.141,
  HZ(1,1)= 8*0.4625,    3*0.51,    0.545,    1.48,    0.11,
           0.08,        0.09,    2*1.85,    0.395,    0.141,
           0.141,
  HZ(1,2)= 8*0.4625,    3*0.51,    0.545,    1.48,    0.11,
           0.08,        0.09,    2*1.85,    0.395,    0.141,
           0.141,
  IALFW  = 1,
  TAUDNB = 0.5,
  TMXDNB = 1.5,
  BETLIM = 0.05,
  ICRIT  = -5,
-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+

```

```

  PSE    = 260.0,
  PLE    = 1.0,
  PSG    = 0.77,
  PDP    = 118.13,
  CPRIN  = 1.0,
  &END
  &CORDA2
    TUESP  = 3.216,
    TUEUS  = 0.8352,
    TUETIE = 0.666,    12*0.0,
    TUEBEN = 4*0.0,    4*0.02656, 0.0,    0.02656, 3*0.0,
    TUEPH  = 10*0.0,    0.2,        0.0,        0.0,
  &END
  &CORSTA
    H (1,1,1) = 22*291.0,
    WC (1,1,1) = 22*3.0,
    TP (1,1,1) = 8*291.0,
    TF (1,1,1) = 8*291.0,
    TS (1,1,1) = 21*291.0,
    H (1,2,1) = 22*291.0,
    WC (1,2,1) = 22*3.0,
    TP (1,2,1) = 8*291.0,
    TF (1,2,1) = 8*291.0,
    TS (1,2,1) = 21*291.0,
    TA      = 4*68.0,
    IALFA   = 5,
    IALFA4  = 5,
    PCORIN(1,1) = 67.0,    67.0,
  &END
  &CORDT
    IQDOPT   = 0,
    QDATA(1,1,1)= 0.0,    0.0,    30.0,    0.1,
               60.0,    0.2,    150.0,    0.50,
               300.0,   1.0, 100000.0,   1.0,
    QDATA(1,1,2)= 0.0,    0.0,    30.0,    0.1,
               60.0,    0.2,    150.0,    0.50,
               300.0,   1.0, 100000.0,   1.0,
    IT      = 50,
    NUMPIP  = 1,        279,
    TX      = 0.0,
    QD      = 0.5,        139.5,
    IGR     = 2,
    QBUNP (1,1) = 0.0751, 0.1166, 0.1457, 0.1626,
               0.1626, 0.1457, 0.1166, 0.0751,
    QBUNP (1,2) = 0.0751, 0.1166, 0.1457, 0.1626,
-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---+

```

付図2.1.1 ATR中小型炉の自然循環特性解析入力データリスト (2/3)  
(ベースケース、ケース1-1) (定常計算)

```

-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---
      0.1626,  0.1457,      0.1166,      0.0751,
RAM (1) = 1.03E-3, 3.11E-2,    1.27E-1,    3.35E-1,
           1.41,   3.69,
BETAC (1) = 3.4E-4,  9.6E-4,    8.2E-4,    1.65E-3,
           6.7E-4,  1.7E-4,
GAMMA   = 3.02E-4,
TPCAL   = 100000.0,
IPCAL   = 0,
IDELT   = 10,
FCRIN (1) = 0.5,     0.5,
FFIIN (1) = 0.935,   0.935,
FDKIN (1) = 0.065,   0.065,
&END
&SD
WVSH   = 0.0,     0.0,     1.7,     0.1775,   3.3,     0.3225,
        4.9,     0.455,   6.35,     0.5575,   7.43,     0.6325,
        9.8,     0.7575, 11.9,     0.8575,   30.7,    1.7640,
       37.73,   1.7650,
SDV    = 3.3,
SDVS   = 34.43
ASDIN  = 10000.0, 0.0,
HNWL   = 0.6325,
AKOSD  = 0.00352,
CDSTEM = 0.6,
DPRELF = -2.0,
PSDIN  = 68.4,
DELHSD = 0.0,
PHLVIN = 10000.0,
PLLVIN = 0.0,
NBCSD  = 1,
WBSDIN(1,1,1) = 0.0, 0.0, 300.0, 238.266, 100000.0, 238.266,
MSTEDY = 1,
ICARRY = 0,
PCNDA  = 40.0, 20.0, 68.4, 66.2, 70.4, 76.2,
DWCNDA = -0.2, 20.0, 0.0, 0.0, 0.2, -20.0,
NOSRIN(1) = 3,
ISRINK(1,1) = 1,      2,      3,
&END
&RLFINP
&END
&RBPINP
&END
&TUPUMP
&END
-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---

```

付図2.1.1 ATR中小型炉の自然循環特性解析入力データリスト (3/3)  
(ベースケース、ケース1-1) (定常計算)

-----+-----2-----+-----3-----+-----4-----+-----5-----+-----6-----+-----7-----  
 NATURAL CIRCULATION OF ATR (PLANT STEDY STATE) SENSITIVE ANA. (BASE-TRA)  
 10 0 0  
 &CINP1  
 MENDST = 10000,  
 KTEND = 50,  
 IDPRNT = 50, 50,  
 IDPLOT = 4, 4,  
 KTSTDY = 1,  
 KWREST = 1,  
 &END  
 &CINP2  
 TIME = 0.0,  
 DTCHAN(1) = 0.0, 100000.0,  
 ODTIME(1) = 0.5, 0.5,  
 TEND = 1500.0,  
 &END  
 &NUMINP  
 &END  
 &SYSDA  
 &END  
 &STRINP  
 &END  
 &BCINP  
 WBDAIN(1,1,1) = 0.0, 245.9, 100.0, 495.0,  
 200.0, 495.0, 201.0, 544.9,  
 300.0, 544.9, 301.0, 594.7,  
 400.0, 594.7, 401.0, 644.5,  
 500.0, 644.5, 501.0, 694.3,  
 100000.0, 694.3,  
 TWBDA (1,1,1) = 100000.0, 180.0,  
 &END  
 &CVINP  
 &END  
 &SCVINP  
 &END  
 &HXINP  
 &END  
 &MVINP  
 &END  
 &PUMPIN  
 &END  
 &CORDA1  
 &END  
 &CORDA2  
 &END  
 -----+-----2-----+-----3-----+-----4-----+-----5-----+-----6-----+-----7-----

-----+-----2-----+-----3-----+-----4-----+-----5-----+-----6-----+-----7-----  
 &CORSTA  
 &END  
 &CORDT  
 IODOPT = 0,  
 QDATA(1,1,1) = 0.0, 1.0, 100.0, 2.0,  
 200.0, 2.0, 201.0, 2.2,  
 300.0, 2.2, 301.0, 2.4,  
 400.0, 2.4, 401.0, 2.6,  
 500.0, 2.6, 501.0, 2.8,  
 600.0, 2.8, 601.0, 3.0,  
 700.0, 3.0, 701.0, 3.2,  
 800.0, 3.2, 801.0, 3.4,  
 900.0, 3.4, 901.0, 3.6,  
 1000.0, 3.6, 1001.0, 3.8,  
 1100.0, 3.8, 1101.0, 4.0,  
 1200.0, 4.0, 1201.0, 4.2,  
 1300.0, 4.2, 1301.0, 4.4,  
 1400.0, 4.4, 1401.0, 4.6,  
 1500.0, 4.6, 100000.0, 4.6,  
 QDATA(1,1,2) = 0.0, 1.0, 100000.0, 1.0,  
 &END  
 &SD  
 WBSDIN(1,1,1) = 0.0, 245.9, 100.0, 495.0,  
 200.0, 495.0, 201.0, 544.9,  
 300.0, 544.9, 301.0, 594.7,  
 400.0, 594.7, 401.0, 644.5,  
 500.0, 644.5, 501.0, 694.3,  
 100000.0, 694.3,  
 MSTEDY = 1,  
 &END  
 &RLFINP  
 &END  
 &RBPINP  
 &END  
 &TUPUMP  
 &END  
 -----+-----2-----+-----3-----+-----4-----+-----5-----+-----6-----+-----7-----

付図2.1.2 ATR中小型炉の自然循環特性解析入力データリスト (1/1)  
 (ベースケース, ケース1-1) (過渡計算)

-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7--  
 NATURAL CIRCULATION OF ATR (PLANT STEDY STATE) ANA. (P30M,C2.7M,5B-STE)  
 0 0 0

```
&CINP1
  MENDST = 10000,
  KTEND = 50,
  IDPRNT = 4, 10, 10, 20, 50, 50, 50, 50, 50,
  IDPLOT = 1, 2, 2, 2, 4, 5, 5, 5, 5,
  IDPRNT = 10, 25, 25, 25, 50, 100, 100, 100, 60, 100,
  IDPLOT = 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,
  KTSTOY = 1,
  KWREST = 1,
  &END
&CINP2
  TIME = -5.0,
  DTCHAN(1) = 0.0, 25.0, 50.0, 100.0, 200.0,
  400.0, 600.0, 1260.0, 1500.0, 100000.0,
  DDTIME(1) = 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0,
  1.0, 1.0, 1.0, 1.0,
  TEND = 2000.0,
  &END
&NUMINP
  NLINK = 3, NJOIN = 1, NBCL = 1, NBCJ = 1, NSUBL = 3,
  NMVAL = 0, NCVAL = 0, NSCVAL = 0, NPUMP = 0, NHX = 0,
  NHXBC = 0, ILOOP = 1,
  &END
&SYSDA
  INL (1) = 1, 2, 3, 4,
  INUJ (1) = 1, 1, -1, -21,
  INDJ (1) = -1, -1, 1, -1,
  INJ (1) = 1,
  INBCJ (1) = -1, -21,
  INSUBL(1) = 1, 2, 3,
  INSLD (1) = 2, 2, 2,
  &END
&STRINP
  NHXD20 = 0,
  DIAM (4) = 0.2102,
  DIAME (4) = 0.2102,
  DIAMO (4) = 0.2674,
  ALENG (4) = 2.0,
  TUETK (4) = 0.0,
  NODEL (4) = 1,
  TFLOW(1,1) = 9*274.35,
  TFLOW(1,2) = 9*274.35,
  TFLOW(1,3) = 18*274.35,
```

-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7--  
 TFLOW(1,4) = 2\*180.0,
 TPIPE(1,1) = 8\*274.35,
 TPIPE(1,2) = 8\*274.35,
 TPIPE(1,3) = 17\*274.35,
 TPIPE(1,4) = 180.0,
 IHEAD (1) = 3\*1, 0,
 DZPIPE(1,1) = 6\*3.4392, 2.6648, 2.27,
 DZPIPE(1,2) = 6\*3.4392, 2.6648, 2.27,
 DZPIPE(1,3) = 6\*3.0, 4\*3.0,
 DHPIPE(1,1) = 6\*0.0, 2.6648, 2.27,
 DHPIPE(1,2) = 6\*0.0, 2.6648, 2.27,
 DHPIPE(1,3) = 6\*-3.0, 4\*-3.0,
 SDIAM (1,1) = 0.0495, 0.1026,
 SDIAM (1,2) = 0.0495, 0.1026,
 SDIAM (1,3) = 0.3176, 0.3636,
 SDIAME(1,1) = 0.0495, 0.1026,
 SDIAME(1,2) = 0.0495, 0.1026,
 SDIAME(1,3) = 0.3176, 0.3636,
 SDIAMO(1,1) = 0.0605, 0.1112,
 SDIAMO(1,2) = 0.0605, 0.1112,
 SDIAMO(1,3) = 0.3556, 0.4064,
 SLENG (1,1) = 23.3, 2.27,
 SLENG (1,2) = 23.3, 2.27,
 SLENG (1,3) = 18.0, 12.0,
 STUETK(1,1) = 0.2272, 4.094,
 STUETK(1,2) = 0.2272, 4.094,
 STUETK(1,3) = 0.634, 0.0,
 NODESL(1,1) = 7, 1,
 NODESL(1,2) = 7, 1,
 NODESL(1,3) = 6, 4,
 ELEV (1) = 23.3652, 53.9925, 53.9925,
 SELEV (1,1) = 26.03,
 SELEV (1,2) = 26.03,
 SELEV (1,3) = 35.670,
 WIN (1) = 10.8, 3013.2, 3024.0, 0.0,
 &END
&BCINP
 WBDAIN(1,1,1) = 0.0, 0.0, 300.0, 238.266, 100000.0, 238.266,
 TWBDA (1,1,1) = 100000.0, 180.0,
 &END
&CVINP
 &END
&SCVINP
 &END
&HXINP

付図2.2.1 ATR中小型炉の自然循環特性解析入力データリスト (1/3)  
 (総合解析, ケース 5-1) (定常計算)

```

-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---
&END
&MVINP
&END
&PUMPIN
&END
&CORDA1
  AP    = 0.003435,
  AF    = 0.001357,
  AC    = 0.004932,    0.00516,    0.01146,    0.0952,
  AS    = 0.001649,    0.001154,    0.00389,    0.00916,
  RHOP   = 10200.0,
  RHOF   = 6550.0,
  RHOS   = 3*8030.0,    7830.0,
  CPP    = 0.074,
  CPF    = 0.078,
  CPS    = 3*0.12,    0.11,
  FP     = 1.529,
  FF     = 1.832,
  FS     = 0.370,    0.2548,    0.37950,    1.169,
  FSA    = 0.397,    0.2818,    0.4392,    1.217,
  ALFFFS = 4.2614,
  ALFSSS = 2*0.9044,    0.5117,    0.1162,
  ALFP   = 1.3564,
  ALFSA  = 4.0E-3,    1.0E-3,    1.845E-7,    1.0E-10,
  NC     = 8,        4,        13,        2,
  DEC    = 0.009815,    0.0811,    0.1208,    0.3257,
  DEH    = 0.009815,    0.0811,    0.1208,    0.3257,
  THTA   = 0.5,
  Z (1,1)= 8*0.3375,    3*0.51,    0.545,    6*2.5,    1.48,    3.08,
           2.3,        2.62,    2*1.85,    0.97,    0.141,
           0.141,
  Z (1,2)= 8*0.3375,    3*0.51,    0.545,    6*2.5,    1.48,    3.08,
           2.3,        2.62,    2*1.85,    0.97,    0.141,
           0.141,
  HZ(1,1)= 8*0.3375,    3*0.51,    0.545,    6*2.5,    1.48,    0.11,
           0.08,        0.09,    2*1.85,    0.395,    0.141,
           0.141,
  HZ(1,2)= 8*0.3375,    3*0.51,    0.545,    6*2.5,    1.48,    0.11,
           0.08,        0.09,    2*1.85,    0.395,    0.141,
           0.141,
  IALFW  = 1,
  TAUDNB = 0.5,
  TMXDNB = 1.5,
  BETLIM = 0.05,
  ICRIT  = -5,
-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---

```

```

-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---
  PSE    = 260.0,
  PLE    = 1.0,
  PSG    = 0.77,
  PDP    = 118.13,
  CPRIN  = 1.0,
  &END
  &CORDA2
    TUESP  = 2.347,
    TUEUS  = 0.8352,
    TUETIE = 0.666,    18*0.0,
    TUEBEN = 4*0.0,    6*0.0,    4*0.02656,    0.0,    0.02656,    3*0.0,
    TUEPH  = 4*0.0,    6*0.0,    6*0.0,    0.2,    0.0,    0.0,
  &END
  &CORSTA
    H (1,1,1) = 28*291.0,
    WC (1,1,1) = 28*3.0,
    TP (1,1,1) = 8*291.0,
    TF (1,1,1) = 8*291.0,
    TS (1,1,1) = 27*291.0,
    H (1,2,1) = 28*291.0,
    WC (1,2,1) = 28*3.0,
    TP (1,2,1) = 8*291.0,
    TF (1,2,1) = 8*291.0,
    TS (1,2,1) = 27*291.0,
    TA      = 4*68.0,
    IALFA   = 5,
    IALFA4  = 5,
    PCORIN(1,1) = 67.0,    67.0,
  &END
  &CORDT
    IQDOPT   = 0,
    QDATA(1,1,1)= 0.0,    0.0,    300.0,    4.0,
               100000.0,    4.0,
    QDATA(1,1,2)= 0.0,    0.0,    300.0,    4.0,
               100000.0,    4.0,
    IT      = 50,
    NUMPIP  = 1,        279,
    TX      = 0.0,
    QD      = 0.5,        139.5,
    IGR     = 2,
    QBUNP (1,1) = 0.0751,    0.1166,    0.1457,    0.1626,
               0.1626,    0.1457,    0.1166,    0.0751,
    QBUNP (1,2) = 0.0751,    0.1166,    0.1457,    0.1626,
               0.1626,    0.1457,    0.1166,    0.0751,
    RAM (1)   = 1.03E-3,    3.11E-2,    1.27E-1,    3.35E-1,
-----+---1---+---2---+---3---+---4---+---5---+---6---+---7---

```

付図2.2.1 ATR用小型炉の自然循環特性解析入力データリスト (2/3)  
(総合解析, ケース5-1) (定常計算)

DSN = DGD999.INPUT.DATA(NCSASSPL)

PAGE = 5

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7--  
1.41, 3.69,  
BETAC (1) = 3.4E-4, 9.6E-4, 8.2E-4, 1.65E-3,  
6.7E-4, 1.7E-4,  
GAMMA = 3.02E-4,  
TPCAL = 100000.0,  
IPCAL = 0,  
IDELT = 10,  
FCRIN (1) = 0.5, 0.5,  
FFIIN (1) = 0.935, 0.935,  
FOKIN (1) = 0.065, 0.065,  
&END  
&SD  
WVSH = 0.0, 0.0, 5.1, 0.1775, 9.9, 0.3225,  
14.7, 0.455, 19.05, 0.5575, 22.29, 0.6325,  
29.4, 0.7575, 35.7, 0.8575, 92.1, 1.7640,  
113.19, 1.7650,  
SDV = 9.9,  
SDVS = 103.29,  
ASDIN = 10000.0, 0.0,  
HNWL = 0.6325,  
AKOSD = 0.00352,  
CDSTEM = 0.6,  
DPRELF = -2.0,  
PSDIN = 68.4,  
DELHSD = 0.0,  
PHLVIN = 10000.0,  
PLLVIN = 0.0,  
NBCSD = 1,  
WBSDIN(1,1,1) = 0.0, 0.0, 300.0, 238.266, 100000.0, 238.266,  
MSTEDY = 1,  
ICARRY = 0,  
PCNDA = 40.0, 80.0, 68.4, 264.8, 70.4, 304.8,  
DWCNDA = -0.2, 80.0, 0.0, 0.0, 0.2, -80.0,  
NOSRINK(1) = 3,  
ISRINK(1,1) = 1, 2, 3,  
&END  
&RLFINP  
&END  
&RBPINP  
&END  
&TUPUMP  
&END  
-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7--

付図2.2.1 ATR中小型炉の自然循環特性解析入力データリスト (3/3)  
(総合解析, ケース5-1) (定常計算)

TOTAL RECORDS = 222