

JAERI-M
88-163

2次元ディスラプション熱解析コードDREAM

1988年8月

山崎誠一郎^{*}・関 昌弘・小林 武司^{*}

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

JAERI-M レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合せは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1988
編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 いばらき印刷株

2次元ディスラプション熱解析コード DREAM

日本原子力研究所那珂研究所核融合実験炉特別チーム
山崎誠一郎*・関 昌弘・小林武司*

(1988年7月29日受理)

トカマク型核融合炉で、プラズマが瞬時に崩壊するプラズマディスラプション（ディスラプション）が起こると、プラズマに直面する機器（第1壁、ダイバータ／リミタ）の表面には極めて高い熱流束が短時間に負荷される。この時、急激な温度上昇と同時に、壁材料の溶融・蒸発、および凝縮・凝固といった相変化が生じて壁厚が減少する。また、急激な温度変化や相変化は、き裂の発生や進展をもたらす可能性がある。これらは、機器の寿命を大きく左右する重要な因子であり、これら機器の設計においては、壁表面での相変化や放射による熱損失を考慮にいれた熱解析を実施する必要がある。

本報告では、このような解析を目的として開発した2次元熱解析コード DREAM (Disruption Thermal Response Analysis Code With Evaporation And Melting) の概要をまとめた。また、入・出力方法およびディスラプション模擬試験を対象とした解析例を示した。さらに、DREAMコードの入力マニュアルを付録として添付した。本コードを用いて、高熱流束を受けて相変化を生じる材料の温度および溶融／蒸発厚さの分布と応答を求めることができる。また、FEM汎用構造解析コード（ADINA, MARC等）と容易にリンクして発生する熱応力およびき裂の発生・進展挙動の評価に利用することができる。

Two-dimensional Disruption Thermal Analysis Code
DREAM

Seiichiro YAMAZAKI*, Masahiro SEKI
and Takeshi KOBAYASHI*

Fusion Experimental Reactor Team
Naka Fusion Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Naka-machi, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received July 29, 1988)

When a plasma disruption takes place in a tokamak type fusion reactor, plasma facing components such as first wall and divertor/limiter are subjected to an intense heat load with very high heat flux and short duration. At the surface of the wall, temperature rapidly rises, and melting and evaporation occurs, it causes reduction of wall thickness and crack initiation/propagation. As lifetime of the components is significantly affected by them, the transient analysis in consideration of phase changes (melting/evaporation) and radiation heat loss is required in the design of these components.

This paper describes the computer code DREAM developed to perform the two-dimensional transient thermal analysis that takes phase changes and radiation into account. The input and output of the code and a sample analysis on a disruption simulation experiment are also reported. The user's input manual is added as an appendix. The profiles and time variations of temperature, and melting and evaporated thicknesses of the material subjected to intense heat load can be obtained, using this computer code. This code also gives the temperature data for elasto-plastic analysis with FEM structural analysis codes (ADINA, MARC, etc.) to evaluate the thermal stress and crack propagation behavior within the wall materials.

* Kawasaki Heavy Industries, LTD.

Keywords : Fusion Reactor, Plasma Facing Component, Plasma Disruption,
High Heat Flux, Computer Code, Transient Thermal Analysis,
Melting, Evaporation, Radiation Heat Loss, Lifetime
Evaluation

目 次

1.はじめに.....	1
2.解析手法.....	2
2.1 コードの概要.....	2
2.2 計算手順.....	3
2.3 热流束とともに溶融・蒸発を考慮した熱伝導式.....	3
2.3.1 热伝導基礎式と溶融および放射の取り扱い.....	3
2.3.2 蒸発の取り扱い.....	4
2.4 移動境界条件.....	5
2.5 热物性値の温度依存性.....	5
2.6 蒸気圧の温度依存性.....	6
2.7 热負荷の時間変化.....	6
2.8 热負荷の空間分布.....	7
2.8.1 壁表面に沿う方向の空間分布.....	7
2.8.2 深さ方向の空間分布.....	7
2.9 蒸気シールド効果.....	7
2.10 冷却材.....	8
3.プログラムの構成.....	9
4.入・出力.....	10
4.1 入力.....	10
4.2 出力.....	10
5.解析例.....	12
5.1 解析条件.....	12
5.2 入力データ.....	12
5.3 解析結果と検討.....	12
6.おわりに.....	14
謝辞.....	14
参考文献.....	15
付録 DREAM入力マニュアル.....	49

Contents

1.	Introduction	1
2.	Models and analytical procedures	2
2.1	Outline of DREAM code	2
2.2	Calculation methods	3
2.3	Basic equations including melting and evaporation	3
2.3.1	Basic equations and model of melting and heat radiation	3
2.3.2	Model of evaporation	4
2.4	Moving boundaries	5
2.5	Thermal properties	5
2.6	Vapor pressure	6
2.7	Time variations of heat load	6
2.8	Spatial profiles of heat load	7
2.8.1	Profiles in lateral direction	7
2.8.2	Profiles in vertical direction	7
2.9	Vapor shielding	7
2.10	Coolant	8
3.	Structure of DREAM code	9
4.	Input and output	10
4.1	Input	10
4.2	Output	10
5.	Sample analysis	12
5.1	Analytical conditions	12
5.2	Input data	12
5.3	Results and discussions	12
6.	Concluding remarks	14
	Acknowledgement	14
	References	15
	Appendix User's input manual	49

記 号

c_p	: 比 熱	$J/kg/K$
ρ	: 密 度	kg/m^3
T	: 温 度	K
t	: 時 間	sec
λ	: 热伝導率	$W/m/K$
Q	: 体積発熱率	W/m^3
T_m	: 融 点	K
ΔT_f	: 溶融潜熱を熱容量として考慮するための微小温度 = 5 K	K
L_f	: 溶融潜熱	J/kg
$q(t)$: 実効的な表面熱流束	W/m^2
h	: 冷却材熱伝達率	$W/m^2/K$
T_{cool}	: 冷却材温度	K
t_d	: ディスラブション開始時刻	sec
τ_d	: ディスラブション時間／加熱時間	sec
$q_s(t)$: ディスラブション開始前の熱流束	W/m^2
$q_d(t)$: ディスラブション開始後の熱流束	W/m^2
$q_v(t)$: 蒸発による熱損失 $= L_v \rho V_v(t)$	W/m^2
$q_r(t)$: 放射による熱損失 $= \epsilon \sigma (T_s(t)^4 - T_o^4)$	W/m^2
L_v	: 蒸発潜熱	J/kg
$V_v(t)$: 蒸発速度	m/s
ϵ	: 放 射 率	
σ	: ステファン・ボルツマン定数 $= 5.67032 \times 10^{-8} W/m^2/K^4$	$W/m^2/K^4$
$T_s(t)$: 表面温度	K
T_o	: 放射を受ける壁面の温度	K
$J(T_s)$: 単位時間に温度 T_s の表面の単位面積から蒸発する正味の原子数	$n/s/m^2$
$J_e^{eq}(T_s)$: 単位時間に温度 T_s の表面の単位面積から真空中へ蒸発する原子数	$n/s/m^2$
$J_c(T_s)$: 単位時間に温度 T_s の表面の単位面積で凝縮・再付着する原子数	$n/s/m^2$
x	: 壁厚方向の距離	m
x_{max}	: 壁厚さ	m
m	: 蒸発原子の質量	kg
k	: ボルツマン定数 $= 1.380662 \times 10^{-23} J/K$	J/K

σ_e	: 蒸発係数 = 1.0 と仮定	
$P_s(T_s)$: 表面温度 T_s に対する飽和蒸気圧	Pa
τ_c	: 衝突時間	sec
τ_R	: 緩和時間	sec
n	: 蒸気密度	n/m^3
a	: 蒸発原子の半径	m
v	: 蒸発原子の平均速度	m/s
Ω	: 蒸発原子の体積	m^3
$V_v(t)$: 蒸発による壁表面の後退速度	m/s
$A_1 \sim A_4$: 定 数	
$B_1 \sim B_4$: 定 数	
$C_1 \sim C_2$: 定 数	
R_{td}	: ディスラプション開始時の熱流束の相対割合	
R_{ti}	: 热流束の相対割合 (時間変化)	
R_{yi}	: 热流束の相対割合 (表面に沿う方向の分布)	
R_{xi}	: 热流束の相対割合 (壁厚方向の分布)	
$\Delta x_v(t)$: 時刻 t における蒸発による減肉厚さ	m
λ_R	: 入射イオンの飛程	m
$q_d'(t)$: 蒸気シールド効果を考慮した熱流束	W/m^2

添字

s	: 固 相
l	: 液 相

1. はじめに

トカマク型核融合炉においては、プラズマが不安定となって瞬時に崩壊することがあり、プラズマディスラプションと呼ばれる。プラズマディスラプションが起こると、第1壁、ダイバータ／リミタ等のプラズマに直面する機器（高熱流束機器）の表面には、極めて高い熱流束が短時間に負荷される¹⁾。この時、これらの機器の表面では急激な温度上昇と同時に、壁材料の溶融・蒸発、および凝縮・凝固といった相変化が生じることになる。溶融や蒸発が起こると、結果として壁厚が減少するため、機器の寿命に重大な影響を与える可能性がある。また、急激な温度変化や相変化によるき裂の発生や進展等も、機器の寿命や健全性を左右する重要な因子である。このため、これらの機器を設計するためには、壁表面での相変化や放射による熱損失を考慮にいれた熱解析を実施して、溶融・蒸発による壁の損耗量、および構造健全性を評価するために必要な壁中の温度分布とその応答等を求める必要がある。このような解析を目的として、ディスラプション熱解析コード DREAM (Disruption Thermal Response Analysis Code With Evaporation And Melting) を開発した。

2. 解析手法

2.1 コードの概要

本コードは、プラズマディスラッシュ時のような高熱流束を負荷される機器表面の非定常熱挙動を主な解析対象としている。すなわち、相変化（溶融・蒸発）、熱放射および物性値の温度依存性等を考慮にいれて1次元あるいは2次元の非定常熱伝導問題を移動座標を考慮した差分法で解き、壁内の温度分布とその応答、蒸発量、溶融厚さの変化等を求めることができる。2次元計算ではX-Y座標系あるいはR-Z座標系のいずれかを選択するものとし、熱流束がY座標あるいはR座標に平行な表面 ($x = 0$ あるいは $z = 0$) から負荷されるものとした。本コードの熱伝導計算部および、座標メッシュデータ等の入力部は、2次元熱伝導解析コード TAC-2D²⁾を利用した。本コードの特徴は、表面熱流束と体積発熱を同時に取り扱えること、これらの空間分布や時間変動を容易に変化させることができることである。すなわち、ディスラッシュ時の熱負荷としては、主に表面熱流束が重要であるが、高エネルギーの電子ビーム等の飛程の長いビーム熱源を利用した模擬実験の場合、あるいは渦電流の発生によるジュール発熱が大きい場合には体積発熱が重要なため、ディスラッシュ時の熱負荷として、表面熱流束および体積発熱のいずれかあるいは両方を考慮することができるようにした。これらの熱負荷は、壁表面に沿う方向（Y方向あるいはR方向）、壁表面からの深さ方向（X方向あるいはZ方向）に空間分布を持たせることができるようにした。また、核融合炉におけるディスラッシュ時や模擬熱源による熱負荷の時間変化は確定していないため、種々の形の時間的変動を考慮することができるようになした。さらに、表面に保護材（アーマタイル等）を設置したような設計に対応することや、蒸発あるいはスペッタリング等によってエロードされた粒子の再付着層の影響を考慮することを考えて表面とバルクで異なった物性をもつ2層構造の取り扱いを可能にした。

本コードでは、ディスラッシュ熱解析用に配慮された熱負荷条件、材料物性値、境界条件等の入力部および表面温度、蒸発量、溶融厚さ等の出力部と、座標系や空間・時間メッシュデータ等の入力部および温度計算結果の出力部とを区別することによって、ディスラッシュ熱解析時における入出力の取り扱いを容易にした。求められたディスラッシュ時の壁内の温度分布、およびその変化を用いて、FEMによる汎用構造解析コード（MARC, ADINA等）による弾塑性応力解析を実施するため、これに必要な温度分布データの受け渡しが容易となるよう出力形式に配慮した。本コードで蒸発・溶融厚さや表面温度を精度良く求めるには、表面近傍においてX（あるいはZ）方向のメッシュを非常に細かくする（表面近傍で 1μ 程度）必要があるが、応力解析で計算時間や領域を妥当な値とするためには同一のメッシュを使用することは一般に適当でない。このため、本コードによる熱解析の結果から応力解析用温度データを作成する接続プログラム³⁾を介して2つの解析コードをリンクした。

Hassanein らの提案した蒸気シールドモデル⁴⁾もオプションにより取り扱えるようにした。

なお、本コードにおける入・出力は全てSI単位系とした。

2.2 計算手順

解析対象とするディスラップション時の壁表面の挙動を Fig. 1 に、本コードによるディスラップション熱解析の手順を Fig. 2 にまとめた。

本コードでは、ディスラップションが炉運転中に発生する場合や高熱流束実験で予熱を行うことを想定して、ディスラップション熱解析に先だって、通常運転時あるいは予熱時の表面熱流束、体積発熱率、および冷却材条件（冷却材温度、熱伝達率）を用いた2次元非定常熱伝導解析を行うことができるようとした。この時は、溶融・蒸発量の解析、放射による熱損失の考慮、およびディスラップション熱解析結果の出力を行わない。また、通常運転時の熱解析を行わない場合には、壁内の初期温度分布を入力データとして与え、ただちにディスラップション熱解析を行うようにした。

ディスラップションが始まる ($t > t_d$) と、ディスラップション時の表面熱流束、体積発熱率、および冷却材条件（冷却材温度、熱伝達率）を用いて2次元非定常熱伝導解析を行うと同時に、計算された表面温度に従って、これに対応する蒸発量および熱放射量等を求める。また、解析結果として、壁温度、溶融層厚さ、蒸発厚さ等の変化を出力する。表面熱流束、体積発熱率については、入力データに従って、時間変化・空間分布を考慮するとともに、蒸発および放射による熱損失を壁表面における境界条件として取り扱う。

2.3 熱流束とともに溶融・蒸発を考慮した熱伝導式

2.3.1 热伝導基礎式と溶融および放射の取り扱い

一般に非定常熱伝導問題の基礎式は、以下のように表される。

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \lambda \nabla T + Q \quad (1)$$

ここで、物性値は温度範囲により以下のようにとった。また、溶融潜熱は融点近傍における比熱に含めて考慮した。

(i) $T < T_m$: 固 相

$$c_p = c_{p_s}(T)$$

$$\lambda = \lambda_s(T)$$

$$\rho = \rho_s(T)$$

(ii) $T_m + \Delta T_f > T \geq T_m$: 融点近傍

$$c_p = c_{p_1}(T) + L_f / \Delta T_f$$

$$\lambda = \lambda_1(T)$$

$$\rho = \rho_1(T)$$

(iii) $T \geq T_m + \Delta T_f$: 液 相

$$c_p = c_{p_1}(T)$$

$$\lambda = \lambda_1(T)$$

$$\rho = \rho_1(T)$$

(1)式を次の境界条件を用いて解くことにより、時刻 t における各部の温度が求められる。

境界条件：

$$(i) \quad x = 0 \quad (z = 0) \quad : \text{プラズマ側表面}$$

$$q(t) = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} \quad (2)$$

$$(ii) \quad x = x_{\max} \quad (z = z_{\max}) \quad : \text{冷却材側}$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_{\max}} = h(T|_{x=x_{\max}} - T_{cool}) \quad (3)$$

この時、壁表面における実効的な表面熱流束 $q(t)$ は、プラズマから入射する熱流束 $q_d(t)$ と、蒸発および放射による熱損失 $q_v(t)$, $q_r(t)$ を考慮して、次のように与える。

$$(i) \quad t < t_d \quad : \text{ディスラプション開始前}$$

$$q(t) = q_s(t) \quad (4)$$

$$(ii) \quad t \geq t_d \quad : \text{ディスラプション開始後}$$

$$q(t) = q_d(t) - q_v(t) - q_r(t) \quad (5)$$

$$q_v(t) = L_v \rho V_v(t) \quad (6)$$

$$q_r(t) = \epsilon \sigma (T_s(t)^4 - T_0^4) \quad (7)$$

ただし、蒸発による壁表面の後退速度 $V_v(t)$ は 2.3.2 に示す蒸発の取り扱いに従って求めた。

2.3.2 蒸発の取り扱い

壁表面からの蒸発量は以下のように取り扱った。まず、単位時間に温度 T_s の壁表面から蒸発する正味の原子数は、次式で表わされる。ただし、蒸気温度は全て壁表面温度 T_s に等しいと仮定した。

$$J(T_s) = J_{eq}(T_s) - J_c(T_s) \quad (8)$$

(8)式で第1項は単位時間に真空中へ蒸発する原子数であり、次のように表わされる。

$$J_{eq}(T_s) = (2\pi mkT_s)^{-1/2} \sigma_e P_s(T_s) \quad (9)$$

第2項は、単位時間中に凝縮して壁表面に再付着する原子数である。壁表面で蒸発が開始すると最初は蒸気が真空中へ自由に拡散していくため、正味の蒸発速度は(8)式の第1項に等しくなる。蒸発開始後の時間の経過とともに、表面近傍に存在する蒸気との相互作用により凝縮・再付着する原子数が増加するが、次第に平衡状態に達する。Anisimov と Rakhmatulina⁵⁾ によれば、蒸発開始から衝突時間 τ_c の約 20 倍後には、この値は真空中への蒸発速度のほぼ 20% に達して平衡するとされており、次式のように記述される。

$$J_c(T_s) = 0.2 \times J_{eq}(T_s) \{1 - \exp(-t/\tau_R)\} \quad (10)$$

ここで、緩和時間 τ_R は、凝縮速度が衝突時間 τ_c の約 20 倍後に平衡値の約 90% に達するとすれば、次式で求められる。

$$\tau_R = 20 \tau_c / \ln 10 \quad (11)$$

一方、衝突時間 τ_c は次式で与えられる。

$$\frac{1}{\tau_c} = 16 \sqrt{\pi} n a^2 \left(\frac{kT_s}{m} \right)^{1/2} \quad (12)$$

ここで、 πa^2 は蒸発した原子と蒸気との弾性散乱断面積であり、 a はこれに対応する原子半径である。また、 n は壁表面に存在する蒸発原子の密度である。一方、真空中への蒸発速度は蒸発した原子の密度 n と平均速度 v によって(13式)のように記述され、衝突時間 τ_c は真空中への蒸発速度 J_e^{eq} の関数として(14式)で表される。

$$J_e^{eq}(T_s) = \frac{1}{4}vn = n\left(\frac{kT_s}{2\pi m}\right)^{1/2} \quad (13)$$

$$\frac{1}{\tau_c} = 16\sqrt{2}\pi^{1/3}\left(\frac{3}{4}\Omega\right)^{2/3} J_e^{eq} \quad (14)$$

ただし、(13), (14)式において蒸気の平均速度 v および原子体積 Ω は以下のように表される。

$$v = \left(\frac{8kT_s}{\pi m}\right)^{1/2} \quad (15)$$

$$\Omega = \frac{4}{3}\pi a^3 \quad (16)$$

これらの式から、時刻 t における正味の蒸発速度は、真空中への蒸発速度と緩和時間(衝突時間)の関数として(17式)で求めることができる。

$$J(t) = J_e^{eq}(T_s) \{ 0.8 + 0.2 \exp(-t/\tau_R) \} \quad (17)$$

蒸発による壁表面の後退速度 $V_v(t)$ は、求められた $J(t)$ より次のように求められる。

$$V_v(t) = \Omega J(t) \quad (18)$$

2.4 移動境界条件

本コードの解析対象は、気-液および液-固の2つの境界を有する可能性がある。また、これらの境界は、時間とともに生成・消滅したり、移動したりする。このうち気-液境界の移動は、蒸発による減肉厚さが壁厚さに比べて十分小さいと考えられることから、気-液界面が常に $x = 0$ となるように表面熱流束を境界条件として与える壁表面を蒸発の進行とともに後退させることによって取り扱う。液-固界面は、メッシュ点の温度によって計算コード内で自動的に判断される。これらの移動境界の概念をFig. 3に図示する。

2.5 熱物性値の温度依存性

ディスラプション時には、壁面温度が大きく変化するため、物性値の温度依存性を考慮することが不可欠である。このため、本コードでは壁材料の物性値(熱伝導率および比熱)を固相、液相のそれぞれについて、(19)~(22式)のような式関数(3次以下の温度の関数)、あるいは任意の温度に対して値を与える表関数として入力できるようにした。表関数を用いる場合、任意の温度のデータは最も近い温度の2点のデータから線形内外挿して求めた。

$$\lambda_s = A_{1s} + A_{2s} T + A_{3s} T^2 + A_{4s} T^3 \quad (19)$$

$$\lambda_l = A_{1l} + A_{2l} T + A_{3l} T^2 + A_{4l} T^3 \quad (20)$$

$$C_{ps} = B_{1s} + B_{2s} T + B_{3s} T^2 + B_{4s} T^3 \quad (21)$$

$$C_{p1} = B_{11} + B_{21} T + B_{31} T^2 + B_{41} T^3 \quad (22)$$

密度についても同様に温度依存性を考慮することができるが、本コードは熱膨張によるメッシュ寸法の変化を考慮しないため、解析においては密度の温度依存を考慮しないこととした。

2.6 蒸気圧の温度依存性

壁表面の蒸気圧 P_s は、(23)式のような常用対数式関数あるいは任意の温度に対する表関数として与えるようにした。

$$\log P_s = C_1 - C_2 / T \quad (23)$$

表関数で入力した場合の蒸気圧は、 $\log P_s$ と温度が線形関係にあるものとして内外挿した。

2.7 热負荷の時間変化

トカマク炉におけるディスラプション時の熱負荷の時間変化が明らかではないため、以下のような時間変化のいずれかを選択できるようにした。

(i) 矩形パルス

$$\begin{aligned} t_d < t &< t_d + \tau_d \\ q_d(t) &= q_d(0) \\ t_d + \tau_d &< t \\ q_d(t) &= 0 \end{aligned} \quad (24)$$

(ii) 三角パルス

$$\begin{aligned} t_d < t &< t_d + 1/2 \tau_d \\ q_d(t) &= q_d(0) 2(t - t_d) / \tau_d \\ t_d + 1/2 \tau_d &< t < t_d + \tau_d \\ q_d(t) &= q_d(0) 2 \{ \tau_d - (t - t_d) \} / \tau_d \\ t_d + \tau_d &< t \\ q_d(t) &= 0 \end{aligned} \quad (25)$$

(iii) 線形減衰

$$\begin{aligned} t_d < t &< t_d + \tau_d \\ q_d(t) &= q_d(0) \{ \tau_d - (t - t_d) \} / \tau_d \\ t_d + \tau_d &< t \\ q_d(t) &= 0 \end{aligned} \quad (26)$$

(iv) 指数減衰

$$t_d < t \\ q_d(t) = q_d(0) \exp \{ -(t - t_d) / \tau_d \} \quad (27)$$

(v) 任意表関数（線形内挿）

$$\begin{aligned} t_d < t &< t_1 \\ q_d(t) &= q_d(0) \{ R_{td} + (R_{t1} - R_{td}) (t - t_d) / (t_1 - t_d) \} \end{aligned}$$

(28)

$$\cdots \cdots \\ t_{i-1} < t < t_i$$

$$q_d(t) = q_d(0) \{ R_{ti-1} + (R_{ti} - R_{ti-1}) (t - t_{i-1}) / (t_i - t_{i-1}) \}$$

(i)~(v)の変化の様子を Fig. 4 に図示した。ただし、ここでは熱負荷が表面熱流束として与えられる場合について示したが、体積発熱の場合についても同様に取り扱うことができる。

2.8 热負荷の空間分布

2.8.1 壁表面に沿う方向の空間分布

ディスラップション時に第1壁に負荷される熱流束の空間分布が明らかでないこと、ビーム熱源を用いる模擬実験においても熱負荷が空間的に分布する場合がある⁶⁾ことから、壁表面に沿う方向の熱負荷の空間分布を Y(R) 方向の位置と相対割合との表関数の形で与えるようにした。入力データの中間の位置に対しては、線形内外挿することとした。

$$0 < y < y_1$$

$$q_d(y, t) = q_d(0, t) \{ R_{y_0} + (R_{y_1} - R_{y_0}) (y - 0) / (y_1 - 0) \}$$

(29)

$$\cdots \cdots \\ y_{i-1} < y < y_i$$

$$q_d(y, t) = q_d(0, t) \{ R_{y_{i-1}} + (R_{y_i} - R_{y_{i-1}}) (y - y_{i-1}) / (y_i - y_{i-1}) \}$$

2.8.2 深さ方向の空間分布

高エネルギーの電子ビーム等の飛程の長い粒子による体積発熱を考慮するために、発熱率を壁厚方向に分布させることができるようにした。分布は X(Z) 方向の位置と相対割合との表関数の形で与えた。入力データの中間の深さでは、線形内外挿することとした。

$$0 < x < x_1$$

$$q_d(x, t) = q_d(0, t) \{ R_{x_0} + (R_{x_1} - R_{x_0}) (x - 0) / (x_1 - 0) \}$$

(30)

• • • •

$$x_{i-1} < x < x_i$$

$$q_d(x, t) = q_d(0, t) \{ R_{x_{i-1}} + (R_{x_i} - R_{x_{i-1}}) (x - x_{i-1}) / (x_i - x_{i-1}) \}$$

2.9 蒸気シールド効果

Hassanein ら⁴⁾は、蒸発後に壁表面に存在する壁材料の蒸気中でプラズマからの粒子が停止し、粒子の運動エネルギーは蒸気層で熱エネルギーに変換されるため、壁面への熱負荷は蒸気層からの熱放射の形で与えられると考えた。また、粒子が蒸気層内で完全に停止すれば、熱放射が等方的であることから壁面に負荷されるエネルギーがプラズマから放出されるエネルギーの 1/2 になること、このような状態は壁からの蒸発厚さが固体中の粒子の飛程に達した時以後に生じること、蒸発開始から蒸発厚さが粒子の飛程に達するまでは放射によるエネルギーが蒸発厚さに比例して増加して

いくことを仮定した。この蒸気シールド効果を、オプションによって考慮できるようにした。このとき、蒸気シールドを考慮した壁面での実効的な熱流束 $q_d'(t)$ を次のように与えた。

$$0 < \Delta x_v(t) < \lambda_R \\ q_d'(t) = q_d(t)(1 - \Delta x_v(t)/2\lambda_R) \quad (31)$$

$$\lambda_R < \Delta x_v(t) \\ q_d'(t) = 1/2 q_d(t) \quad (32)$$

熱流束が矩形パルスとして負荷される場合について、蒸気シールドの効果を Fig. 5 に図示する。これらの式は、蒸気が壁表面に沿う方向に移動することなく存在し、固体層の原子と同様の粒子停止能力を有している場合に成り立つ。しかし、蒸発後の壁材料蒸気の挙動は磁場の影響等もあり、不確定な要素が多い。また、蒸気層厚さも動的に変動することが予想されるため、(31), (32)式のような仮定が成り立つかどうかは明らかではない。蒸気シールド効果を考慮すると、実効的に壁表面に負荷される熱エネルギーが減少することになるため、第1壁の最高到達温度、蒸発・溶融による損耗量等を過小評価することになる。このため、当面の設計計算においてはこの効果を考慮しないことが適切と考えられる。蒸気シールド効果が実際に存在するか、どのような式で記述するのが適切であるかについては、実験等を通じて別途検討することが望まれる。

2.10 冷却材

背面においては、断熱条件および通常冷却材による強制対流熱伝達の条件を選択できるようにした。通常冷却材を用いる場合には、冷却材温度および熱伝達率を与える。

3. プログラムの構成

本コードの主要なサブルーチンの流れと、各サブルーチンの機能の概要を、Fig. 6 と Table 1 に示す。

サブルーチンMP1とこれからCALLされるサブルーチン群では、形状および時間メッシュデータの入力とチェック、入力データの出力をを行う。また、ディスラプション解析結果のサマリーアウトputを行なう。

サブルーチンMP2とこれからCALLされるサブルーチン群は、ディスラプション解析用データの入・出力、熱負荷条件および物性値の設定、熱伝導計算、および蒸発・溶融等の計算を行う。また、ディスラプション解析時に各ステップにおける結果を出力する。

4. 入・出力

4.1 入力

本コードの入力は、空間座標および時間メッシュ等に関する入力ユニット(FT 05)と、ディスラップション解析に直接関わる入力ユニット(FT 55)を区別した。すなわち、FT 05 では座標データ、ブロックデータ、計算時間ステップデータ、および初期温度データ等を入力する。FT 55 では、予熱時間およびディスラップション時間中の熱流束、体積発熱率、負荷時間等熱負荷条件に関するデータ、物性値に関するデータ等を入力する。また、放射や蒸気シールド効果等のオプションを選択するかどうかの指定もここで入力する。

ユニット FT 05 の入力データサンプルを Table 2 に、ユニット FT 55 の入力データサンプルを Table 3 に示す。これらのデータの入力フォーマット、および変数名等については、付録の入力マニュアルにまとめた。

4.2 出力

本コードでは、以下の解析結果を内容に応じて 4 つの出力ユニット(FT 06, FT 66, FT 67, および入力データによって指定するユニット: MTODS)に出力する。

- (i) 入力データ
- (ii) 壁内温度分布およびその応答
- (iii) 表面温度の時間変化
- (iv) 壁表面での蒸発速度と蒸発厚さおよび質量
- (v) 溶融厚さとその時間変化
- (vi) 热バランス(熱流束、体積発熱率、蒸発による熱損失、放射による熱損失、冷却材の除熱量)

各出力ユニットに関してその内容を以下に示す。

(1) FT 06

ユニット FT 06 では、FT 05 から入力したデータをチェックして出力する。また、FT 05 の入力データで指定した比較的長い周期で、壁内温度分布、熱バランス等を出力する。本ユニットの出力例を Tables 4, 5 に示す。

(2) FT 66

ユニット FT 66 では、FT 55 から入力したデータをチェックして出力する。また、FT 55 の入力データで指定した比較的短かい周期で、主要なディスラップション解析結果として、ディスラップション開始後の時間、表面に沿う方向の中心($x = 0$)からの距離、表面温度、溶融層厚さ、蒸発厚さ／質量、蒸発による熱損失、放射による熱損失、入熱量の相対割合を出力する。本ユニットの出力例を Tables 6, 7 に示す。

(3) FT " MTODS"

本コードの解析結果をFEMによる汎用構造解析コード(ADINA, MARC等)を用いた応力解析の温度データとして利用する場合、FT 55からの入力で変数MTODSに99以下のユニット番号を指定することによって、このユニットに温度データ(ディスラップション開始後の時間、座標および温度)を出力する。

(4) FT 67

応力解析用温度データのユニットMTODSへの出力チェックとして、ユニットFT 55から指定した出力頻度に従って、FT " MTODS"への温度データの出力回数、ディスラップション開始後の時間、座標点、および温度を出力する。本ユニットの出力例をTable 8に示す。

5. 解析例

5.1 解析条件

(1) 解析対象, 解析モデル, 加熱条件

本コードを使用した解析例として, 電子ビームを熱源として利用したディスラップション模擬実験⁷⁾を対象とした解析について示す。この種の実験では加熱面積が限られるため, 試験体の一部のみが加熱されるような条件となる。このため, 試験体表面に沿う熱伝導の影響を考慮して2次元解析を行なうことが必要である。また, 熱流束の空間分布についても配慮する必要がある。

本解析では, 試験体材料には316 Lステンレス鋼を想定し, 熱流束を102 MW/m², 加熱時間を100 msとした。また, 試験体の大きさは, 50 mm × 50 mm × 10 mm^t, 加熱面積は13 mm × 13 mmであり, 高速ラスタリングビームを使用することにより熱流束の平坦化が達成されたものとして⁸⁾, 加熱領域での熱流束を一様, 周囲での熱流束を0と仮定した。また, 熱流束は, 矩形パルス状に試験体表面に負荷されるものと仮定した。このような仮定のもとで, 肉厚方向(X)および表面に沿う方向(Y)の熱伝導を考慮した2次元解析を実施したが, 比較のため, 肉厚方向(X)のみの熱伝導を考慮した1次元解析も行った。

本解析例の解析条件をTable 9に, 解析対象の概念をFig. 7に示した。

(2) 物性値, 初期温度, 境界条件

本解析では, 試験体の温度が大きく変化するため, 热伝導率, 比熱, および飽和蒸気圧について温度依存性を考慮した。使用した物性値をTable 10にまとめた。ただし, 本コードでは, 温度上昇に伴う体積の変化を考慮しないため, 密度については温度依存を考慮しないものとした。

試験体初期温度は300 Kとした。また, 加熱時間に対する熱拡散距離に比べて添験体の大きさが十分大きいことから, 試験体裏面および側面での境界条件を断熱とした。さらに, 試験体表面から真空チャンバ壁(300 K)への放射による熱損失を考慮した。

5.2 入力データ

本解析の入力データをTables 11, 12にまとめた。

5.3 解析結果と検討

加熱領域中央における試験体表面温度, 溶融厚さ, および蒸発厚さの時間変化をFig. 8にまとめた。また, 加熱終了時点における試験体表面に沿う方向の表面温度分布を, Fig. 9に, 最大溶融厚さの分布をFig. 10に, 蒸発厚さの分布をFig. 11に図示した。最大溶融厚さの分布については,

解析結果とともに実験による再凝固層の測定結果を示した。

Fig. 8 に示すように、本コードを用いて高熱流束を受けて相変化（溶融・蒸発）を生じるような材料の温度応答、および溶融厚さ、蒸発厚さの時間変化を求めることができた。また、Figs. 9～11 より、ステンレス鋼は熱拡散率が小さいため、本解析の加熱条件に対して、加熱領域の中央では表面に沿う方向の熱伝導の影響が及ばない。このため、温度分布はほぼ平坦で、2次元解析と1次元解析の結果が一致した。また、最大溶融厚さや蒸発厚さの解析結果についても良い一致が見られた。ただし、Fig. 9 に示すように解析結果と実験結果の間にはかなりの差がある。さらに、精度の良い実験データを蓄積し、実験値と解析値に差異を生じる原因を明らかにするとともに、これを考慮しうる手法を確立していくことが今後の課題である。また、同様の解析を通じて熱拡散率の大きいアルミニウム等では、平面方向の熱伝導による加熱領域中央での最高到達温度の低下および最大溶融厚さの減少が顕著であり、2次元解析が不可欠であることが明らかになった。

6. おわりに

ディスラブション時の熱負荷に耐える第1壁、ダイバータ／リミタの設計は、核融合炉開発の中でも最も重要かつ緊急の課題の1つである。特に、溶融や蒸発等による壁表面の損耗量を精度良く評価すること、相変化を考慮した温度応答を正確に予測し、発生する熱応力およびき裂の発生や進展挙動の評価を可能にすることはこれら機器の寿命を評価するために極めて重要である。このような目的のために、本コードは非常に有用であると考えられる。

従来、ディスラブション時に予想される高熱流束を受けた壁材料の挙動に関する実験結果はほとんど無かったが、最近電子ビームやイオンビームを模擬熱源として利用した実験研究が進められ、かなりのデータが取得されつつある。しかし、これらの実験データと解析による予測値とはの一致は必ずしも十分ではない。この原因の1つとして、解析が溶融金属の対流／移動の効果を考慮していないことが指摘されている⁷⁾。実験値と解析値の差異を生じる原因をさらに明らかにするとともに、設計にあたって、これを解析結果に考慮する方法を確立していくことが今後の課題である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、原研炉設計研究室東穎達三主任研究員（現、企画室調査役）には、多くの有益なコメントを頂きました。

6. おわりに

ディスラブション時の熱負荷に耐える第1壁、ダイバータ／リミタの設計は、核融合炉開発の中でも最も重要かつ緊急の課題の1つである。特に、溶融や蒸発等による壁表面の損耗量を精度良く評価すること、相変化を考慮した温度応答を正確に予測し、発生する熱応力およびき裂の発生や進展挙動の評価を可能にすることはこれら機器の寿命を評価するために極めて重要である。このような目的のために、本コードは非常に有用であると考えられる。

従来、ディスラブション時に予想される高熱流束を受けた壁材料の挙動に関する実験結果はほとんど無かったが、最近電子ビームやイオンビームを模擬熱源として利用した実験研究が進められ、かなりのデータが取得されつつある。しかし、これらの実験データと解析による予測値とはの一致は必ずしも十分ではない。この原因の1つとして、解析が溶融金属の対流／移動の効果を考慮していないことが指摘されている⁷⁾。実験値と解析値の差異を生じる原因をさらに明らかにするとともに、設計にあたって、これを解析結果に考慮する方法を確立していくことが今後の課題である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、原研炉設計研究室東稔達三主任研究員（現、企画室調査役）には、多くの有益なコメントを頂きました。

参考文献

- 1) 例えば, IAEA, International tokamak reactor: Phase Two A, Part I (1983).
- 2) Peterson, J.F., TAC-2D: A general purpose two-dimensional heat transfer computer code, GA-8868 (1969).
- 3) FER設計チーム私信 (1987)
- 4) Hassanein A.M. et al., Vaporization and melting of materials in fusion device, J. Nucl. Mat. 103/104 (1981), 321.
- 5) Anisimov, S.I. et al., The dynamics of the expansion of a vapor when evaporated into a vacuum, Sov. Phys. JETP 37 (1973), 441.
- 6) Seki, M., Yamazaki, S. et al., A simulated plasma disruption experiment using an electron beam as a heat source, J. Fusion Energy 5 (1986), 181.
- 7) 山崎, 関, ディスラプションを模擬した高熱流束による核融合炉第1壁の溶融・蒸発挙動, 原子力誌 30 (1988), 624.
- 8) Seki, M., Yamazaki, S. et al., Improvement of an electron beam facility as a heat source for disruption simulation experiments, Fusion Eng. Des. 5 (1987), 215.

Table 1 Functions of subroutines in DREAM code.

MAIN : メインプログラム
 MP1 : 形状データの入・出力およびチェック、ディスラプション解析結果のサマリ
 出力のコントロール
 INPUT : 形状データの入力 (ユニット FT-05)
 CHECK : 入力データのチェック
 POINTS : 入力データのチェック
 CONSTA : 入力データのチェック
 GEOMET : 入力データのチェック
 INITEM : 入力データのチェック
 DPRINT : 形状データの出力 (ユニット FT-06)
 DSOUTX : ディスラプション解析結果のサマリ出力 (ユニット FT-66)
 MP2 : 热解析およびディスラプション用データ入・出力のコントロール
 BLOCK : 各解析ステップにおける物性値データの計算コントロール
 STEP : 热伝導解析
 PRINT : 解析結果 (温度分布) の出力 (ユニット FT-06)
 DSMTOT : 応力解析入力用データの出力 (ユニット FT-MTODS)
 FLODAT : 冷却材温度を与える
 HC : 冷却材热伝達率を与える
 MADATA : 各メッシュ点の物性値データの計算、ディスラプション解析用入・出力のコン
 トロール、蒸発速度・溶融厚さ等の計算コントロール
 SHEAT : 表面热流束を与える、蒸発量計算のコントロール
 VHEAT : 体積発熱率を与える
 ALAM : 热伝導率を与える
 ASPC : 比熱・密度を与える
 DSRPIN : ディスラプション解析用データの入力
 DSDTPR : ディスラプション解析用データの出力
 HFXREP : 热負荷の時間変化・空間分布を与える
 EVAPO : 蒸発速度の計算
 VSID : 蒸気シールド効果の計算
 DSOUT : ディスラプション解析結果の出力 (ユニット FT-66)
 VAPR : 蒸気圧を与える

Table 2 Sample input data of unit 05 for DREAM code. (1/2)

***	MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR	861126	***	5	***	6	***	7	***	8
***	DURATION	50	MSEC	***	***	***	***	***	***	CARD No.1
***	SURFACE HEAT FLUX	3.8	MJ/M**#2	***	***	***	***	***	***	
***	MATERIAL (BARE TYPE)	V-15CR-5TI	***	***	***	***	***	***	***	
***	WALL THICKNESS	1.5	MM	***	***	***	***	***	***	CARD No.2
RECTANGULAR										
0.	-6 1.	-6 2.	-6 4.	-6 6.	-6 8.	-6	-6	-6	-6	
10.	-6 12.	-6 14.	-6 16.	-6 18.	-6 20.	-6	-6	-6	-6	
25.	-6 30.	-6 35.	-6 40.	-6 45.	-6 50.	-6	-6	-6	-6	
60.	-6 70.	-6 80.	-6 90.	-6 100.	-6 120.	-6	-6	-6	-6	
140.	-6 160.	-6 180.	-6 200.	-6 220.	-6 240.	-6	-6	-6	-6	
260.	-6 280.	-6 300.	-6 320.	-6 340.	-6 360.	-6	-6	-6	-6	
380.	-6 400.	-6 450.	-6 500.	-6 550.	-6 600.	-6	-6	-6	-6	
650.	-6 700.	-6 750.	-6 800.	-6 850.	-6 900.	-6	-6	-6	-6	
950.	-6 1000.	-6 1050.	-6 1100.	-6 1150.	-6 1200.	-6	-6	-6	-6	
1250.	-6 1300.	-6 1350.	-6 1400.	-6 1450.	-6 1500.	-6	-6	-6	-6	
0.	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	CARD No.4
1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	
0..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	
2..	-6 1500..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	
1..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	CARD No.5v7
-1..	3..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	
1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	-6 1500..	
-3..	3..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	
0..	0..	0..	0..	0..	0..	0..	0..	0..	0..	
-3..	3..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	1..	
0..	1500..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	-6 0..	

Table 2 Sample input data of unit 05 for DREAM code. (2/2)

-3.	3.	1.	2.	3.	4.	5.	*	6.	*	7.	*	8.
0.	1500.	-6	1.	-5	-4	1.	-4					
530.	1500.	-6	0.	1.	-4							
1.	0.	1.	2.	3.								
2.	0.	1.	2.	3.								
3.	0.	1.	2.	3.								
2000.	5.	100.	1.									
2000.05	0.000001	2000.	1.									
2001.	0.0001	500.	1.									
2002.	0.0001	2000.	1.									

Table 3 Sample input data of unit 55 for DREAM code.

Table 4 Sample printout of FT06 for DREAM code. (1D) (1/7)

IQ = 90 JQ = 90 IQG = 25 JGG = 25 LG = 110

```
** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR 861126
** DURATION 50 MSEC
** SURFACE HEAT FLUX 3.8 MJ/M**2
** MATERIAL (BARE TYPE) V-15CR-ST1
** VALL THICKNESS 1.5 MM
** FIXED DENSITY AT 500 K
```

OPTIONS

RECTANGULAR

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR 861126 **

BLOCK DESCRIPTION

BLOCK NUMBER	BOUNDARIES				GAPS		
	LOW X (METERS)	HIGH X (METERS)	LOW Y (METERS)	HIGH Y (METERS)	MATERIAL	X MATERIAL (METERS)	Y MATERIAL (METERS)
1	0.0	0.000001	0.0	0.000100	1		
2	0.000001	0.001500	0.0	0.000100	2		
3	0.001500	0.001500	0.0	0.000100	-1		
4	0.0	0.0	0.0	0.000100	-3		
5	0.0	0.001500	0.0	0.0	-3		
6	0.0	0.001500	0.000100	0.000100	-3		

Table 4 Sample printout of FT06 for DREAM code. (1D) (2/7)

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR 861126 **

BOUNDARY OVERLAY

- * WHERE COOLANTS ARE PRESENT
- WHERE GAPS ARE PRESENT
- . WHERE GAPS OR COOLANTS NOT PRESENT

	THE THE	X (1) GRID LINES ARE HORIZONTAL Y (2) GRID LINES ARE VERTICAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49		
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60																
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR 861126 **

X BOUNDARY ASSIGNMENTS

SEQUENCE NUMBER	POINT LOCATION (METERS)	GRID LINE LOCATION (METERS)	COOLANT OR GAP BOUNDARY NUMBER
1	0.000000	0.000000	
2	0.000001	0.000001	
3	0.000002	0.000002	
4	0.000003	0.000004	
5	0.000005	0.000006	
6	0.000007	0.000008	
7	0.000009	0.000010	
8	0.000011	0.000012	
9	0.000013	0.000014	
10	0.000015	0.000016	
11	0.000017	0.000018	
12	0.000019	0.000020	
13	0.000023	0.000025	
14	0.000028	0.000030	
15	0.000033	0.000035	
16	0.000038	0.000040	
17	0.000043	0.000045	
18	0.000048	0.000050	
19	0.000055	0.000060	
20	0.000065	0.000070	
21	0.000075	0.000080	
22	0.000085		

Table 4 Sample printout of FT06 for DREAM code. (1D) (3/7)

22	0.000095	0.000090
23	0.000110	0.000100
24	0.000130	0.000120
25	0.000150	0.000140
26	0.000170	0.000160
27	0.000190	0.000180
28	0.000210	0.000200
29	0.000230	0.000220
30	0.000250	0.000240
31	0.000270	0.000260
32	0.000290	0.000280
33	0.000310	0.000300
34	0.000330	0.000320
35	0.000350	0.000340
36	0.000370	0.000360
37	0.000390	0.000380
38	0.000425	0.000400
39	0.000475	0.000450
40	0.000525	0.000500
41	0.000575	0.000550
42	0.000625	0.000600
43	0.000675	0.000650
44	0.000725	0.000700
45	0.000775	0.000750
46	0.000825	0.000800
47	0.000875	0.000850
48	0.000925	0.000900
49	0.000975	0.000950
50	0.001025	0.001000
51	0.001075	0.001050
52	0.001125	0.001100
53	0.001175	0.001150
54	0.001225	0.001200
55	0.001275	0.001250
56	0.001325	0.001300
57	0.001375	0.001350
58	0.001425	0.001400
59	0.001475	0.001450
60	0.001500	0.001500
61	0.001500	

Table 4 Sample printout of FT06 for DREAM code. (1D) (4/7)

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR 861126 **

Y BOUNDARY ASSIGNMENTS			
SEQUENCE NUMBER	POINT LOCATION (METERS)	GRID LINE LOCATION (METERS)	COOLANT OR GAP BOUNDARY NUMBER
1 1	0.0	0.0	1
2 2	0.000050	0.000100	2
3	0.000100		

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR 861126 **

COOLANT SPECIFICATIONS

SPECIFICATIONS FOR COOLANT 1

THE COOLANT IS FLOWING IN THE POSITIVE NORMAL DIRECTION
 HEIGHT IS 0.0000 (METERS)
 THE REYNOLDS NUMBER LIMITS ARE 0.0 1.0000D+00 2.0000D+00 3.0000D+00
 NO STEP CHANGES IN FLOW
 NO STEP CHANGES IN INLET TEMPERATURE

SPECIFICATIONS FOR COOLANT 2

THE COOLANT IS FLOWING IN THE NEGATIVE DIRECTION
 HEIGHT IS 0.0000 (METERS)
 THE REYNOLDS NUMBER LIMITS ARE 0.0 5.0000D+00 2.0000D+00 3.0000D+00
 NO STEP CHANGES IN FLOW
 NO STEP CHANGES IN INLET TEMPERATURE

SPECIFICATIONS FOR COOLANT 3

THE COOLANT IS FLOWING IN THE POSITIVE NORMAL DIRECTION
 HEIGHT IS 0.0000 (METERS)
 THE REYNOLDS NUMBER LIMITS ARE 0.0 1.0000D+00 2.0000D+00 3.0000D+00
 NO STEP CHANGES IN FLOW
 NO STEP CHANGES IN INLET TEMPERATURE

Table 4 Sample printout of FT06 for DREAM code. (1D) (5/7)

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR 861126 **

TIME HISTORY			PRINT FREQUENCY			
END OF TIME PERIOD HOURS	MINUTES	SECONDS	TIME STEP HOURS	MINUTES	SECONDS	
5.5555560-01	3.3333330+01	2.0000000+03	1.3888890-03	8.3333330-02	5.0000000+00	100
5.5556940-01	3.3334170+01	2.0000500+03	2.7777780-10	1.6666670-08	1.0000000-06	2000
5.5583330-01	3.3500000+01	2.0010000+03	2.7777780-08	1.6666670-06	1.0000000-04	500
5.5611110-01	3.3366670+01	2.0020000+03	2.7777780-08	1.6666670-06	1.0000000-04	2000

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR -861126 **

FUNCTION CONTROL CONSTANTS	
CONSTANT NUMBER	VALUE
1	0.0
2	0.0
3	0.0
4	0.0
5	0.0
6	0.0
7	0.0
8	0.0
9	0.0
10	0.0
11	0.0
12	0.0
13	0.0
14	0.0
15	0.0
16	0.0
17	0.0
18	0.0

Table 4 Sample printout of FT06 for DREAM code. (1d) (6/7)

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR 861126 **

INPUT TEMPERATURE DISTRIBUTION

TEMPERATURES (C)

THE X (1) DIRECTION IS HORIZONTAL
THE Y (2) DIRECTION IS VERTICAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17
2	-17	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530
3	0	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17
2	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530
3	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61														
1	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17
2	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530
3	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17	-17

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR 861126 **

COOLANT TEMPERATURES (C)

COOLANT NUMBER	INLET	OUTLET	FLOW (KG/HR)	COOLANT NUMBER	INLET	OUTLET	FLOW (KG/HR)
1	530	530	1000187	2	0	0	0
3	0	0	1000187				

THE CURRENT TIME IS 0.1389 HOURS = 8.3333 MINUTES = 500.00000 SECONDS 100 ITERATIONS HAVE BEEN PERFORMED

TEMPERATURES (C)

THE X (1) DIRECTION IS HORIZONTAL
THE Y (2) DIRECTION IS VERTICAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	675	676	676	676	676	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61														
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	652	651	649	647	646	644	642	641	639	637	635	633	631	629	627	625	623	621	619	617	615	613	611	609	607
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

{}

Table 4 Sample printout of FT06 for DREAM code. (1D) (7/7)

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR 861126 **

COOLANT NUMBER	INLET	OUTLET	FLOW (KG/MIN)	COOLANT NUMBER	INLET	OUTLET	FLOW (KG/HR)
1	530	530	1000187	2	0	0	0
3	0	0	1000187				

THE CURRENT TIME IS 0.5556 HOURS = 33.3342 MINUTES = 2000.05000 SECONDS **** ITERATIONS HAVE BEEN PERFORMED

TEMPERATURES (C)																									
THE X (I) DIRECTION IS HORIZONTAL THE Y (J) DIRECTION IS VERTICAL																									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	1974	1974	1973	1971	1968	1965	1962	1959	1956	1953	1950	1944	1936	1928	1920	1913	1905	1893	1880	1868	1855	1843	1824	1799
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1774	1749	1725	1701	1676	1652	1629	1605	1582	1558	1536	1513	1490	1451	1398	1346	1296	1248	1203	1159	1118	1080	1044	1010	979
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61														
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	950	924	901	880	862	846	832	822	813	807	530														
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FCR 861126 **

THE CURRENT TIME IS 0.5556 HOURS = 33.3342 MINUTES = 2000.05000 SECONDS **** ITERATIONS HAVE BEEN PERFORMED

HEAT BALANCE

BLOCK NUMBER	HEAT GENERATED KCAL/HR	HEAT LOST/GAINED BY COOLANTS KCAL/HR		
		COOLANT NUMBER		XCAL/HR
1	-1.10031960-03	1	2.06145400-03	
		3	1.97442450-12	
		3	1.83585000-11	
		3	1.83585000-11	
	-1.10031960-03		2.06145400-03	

TAUC = 1.468720-06 (SEC)
EJ = 3.472610+19 (W/CM**2/S)
VTO1 = 2.292870-06 (CM)
HVAP = 2.605110+05 (V/CM**2)

Table 5 Sample printout of FT06 for DREAM code. (2D) (1/2)

Table 5 Sample printout of FT06 for DREAM code. (2D) (2/2)

** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR FW EXPERIMENT (X KHI) **
 THE CURRENT TIME IS 0.0000 HOURS * 0.0015 MINUTES * 0.09000 SECONDS 9000 ITERATIONS HAVE BEEN PERFORMED

HEAT BALANCE

BLOCK NUMBER	HEAT GENERATED KCAL/HR	HEAT LOST/GAINED BY COOLANTS	
		COOLANT NUMBER	KCAL/HR
1	4.26314230+02	3	1.3525006D-09
		3	8.2774503D-09
		3	2.8357622D-09
		3	1.6585855D-10
<hr/>		<hr/>	
	4.26314230+02		1.2631372D-08

TAUC = 2.25916D+01 (SEC) TAUR = 1.96231D+02 (SEC)
 EJ = 2.48724D+12 (W/CM=2/S) VELY = 4.12650D-11 (CM/SEC)
 VTOT1 = 5.39815D-05 (CM) VTOT1 = 1.45750D-04 (G/CM=2)
 NYAP = 1.30613D-02 (V/H=2)

Table 6 Sample printout of FT66 for DREAM code. (1D) (1/3)

```

** PLASMA DISRUPTION FOR FCR (V-15CR-5T1 BY JAERI-M 86-099) **

ISLD = 0    *** VAPOR SHIELD NOT CONSIDERED **

IRAD = 1    *** RADIATION EFFECT CONSIDERED **

EMIS = 7.000000-01    TRO = 5.000000+02    (K)

DTPR = 1.000000-03    (SEC)

NMY = 1

RANGE = 0.0      (M)

SIGE = 1.000000+00

AM = 5.094000+01    (G/MOLE)

TMELT = 2.161000+03    (K)

** HEAT LOAD CONDITION **

NQDT = 0    *** RECTANGULAR PULSE **

PREHEAT TIME : TM = 2.000000+03(SEC)   QD = 9.000000+05(V/M=2)   QV = 2.300000+07(V/M=3)
DISRUPTION : TAU = 5.000000-02(SEC)   QD = 7.600000+07(V/M=2)   QDV = 0.0    (V/M=3)

** LATENT HEAT (J/KG) ==
    FUSION : 4.100000+05    VAPORIZATION : 8.870000+06

** VAPOR PRESSURE (PA) ==
    LOG(P)=-58900.0 / T +27.90000

** DENSITY (KG/M=3) ==
    SOLID : 6.160000+03 + 0.0      * T + 0.0      * T * T + 0.0      * T * T * T
    LIQUID: 6.160000+03 + 0.0      * T + 0.0      * T * T + 0.0      * T * T * T

** THERMAL CONDUCTIVITY (W/M/K) ==
    SOLID : 1.766000+01 + 1.350000-02 * T + 0.0      * T * T + 0.0      * T * T * T
    LIQUID: 4.680000+01 + 0.0      * T + 0.0      * T * T + 0.0      * T * T * T

** HEAT CAPACITY (J/KG/K) ==
    SOLID : 3.940000+02 + 2.200000-01 * T + 0.0      * T * T + 0.0      * T * T * T
    LIQUID: 8.700000+02 + 0.0      * T + 0.0      * T * T + 0.0      * T * T * T

```

Table 6 Sample printout of FT66 for DREAM code. (1D) (2/3)

** PLASMA DISRUPTION FOR FCR (Y-1SCR-STI BY JAERI-X 86-099) **

MNY	TIME (SEC)	LOCATION (M)	SURF TEMP (K)	MELT THICK (M)	VAPR THICK (M)	VAPR MASS (KG/M ²)	VAP LATENT (W/M ²)	RADIATION (W/M ²)	HEAT RATIO
1	5.0010-07	5.0000-05	9.470D+02	0.0	2.081D-41	1.282D-37	4.549D-31	2.944D+04	1.0000+00
1	1.0010-03	5.0000-05	1.193D+03	0.0	4.289D-33	2.642D-29	2.735D-18	7.795D+04	1.0000+00
1	2.0010-03	5.0000-05	1.287D+03	0.0	2.827D-29	1.741D-25	1.047D-14	1.064D+05	1.0000+00
1	3.0010-03	5.0000-05	1.356D+03	0.0	8.564D-27	5.275D-23	2.265D-12	1.319D+05	1.0000+00
1	4.0010-03	5.0000-05	1.414D+03	0.0	6.142D-25	3.784D-21	1.267D-10	1.580D+05	1.0000+00
1	5.0010-03	5.0000-05	1.463D+03	0.0	1.878D-23	1.157D-19	3.180D-09	1.794D+05	1.0000+00
1	6.0000-03	5.0000-05	1.507D+03	0.0	3.255D-22	2.005D-18	4.669D-08	2.022D+05	1.0000+00
1	7.0000-03	5.0000-05	1.547D+03	0.0	3.754D-21	2.313D-17	4.668D-07	2.247D+05	1.0000+00
1	8.0000-03	5.0000-05	1.583D+03	0.0	3.185D-20	1.962D-16	3.493D-06	2.470D+05	1.0000+00
1	9.0000-03	5.0000-05	1.617D+03	0.0	2.126D-19	1.310D-15	2.084D-05	2.691D+05	1.0000+00
1	1.0000-02	5.0000-05	1.649D+03	0.0	1.170D-18	7.207D-15	1.036D-04	2.910D+05	1.0000+00
1	1.1000-02	5.0000-05	1.679D+03	0.0	5.496D-18	3.386D-14	4.433D-04	3.128D+05	1.0000+00
1	1.2000-02	5.0000-05	1.707D+03	0.0	2.262D-17	1.393D-13	1.674D-03	3.346D+05	1.0000+00
1	1.3000-02	5.0000-05	1.734D+03	0.0	8.316D-17	3.123D-13	5.683D-03	3.563D+05	1.0000+00
1	1.4000-02	5.0000-05	1.760D+03	0.0	2.776D-16	1.710D-12	1.761D-02	3.780D+05	1.0000+00
1	1.5000-02	5.0000-05	1.784D+03	0.0	8.523D-16	5.250D-12	5.043D-02	3.996D+05	1.0000+00
1	1.6000-02	5.0000-05	1.808D+03	0.0	2.431D-15	1.498D-11	1.347D-01	4.213D+05	1.0000+00
1	1.7000-02	5.0000-05	1.830D+03	0.0	6.698D-15	4.003D-11	3.383D-01	4.429D+05	1.0000+00
1	1.8000-02	5.0000-05	1.852D+03	0.0	1.639D-14	1.010D-10	8.043D-01	4.645D+05	1.0000+00
1	1.9000-02	5.0000-05	1.873D+03	0.0	3.925D-14	2.418D-10	1.820D+00	4.861D+05	1.0000+00
1	2.0000-02	5.0000-05	1.893D+03	0.0	8.967D-14	5.524D-10	3.937D+00	5.077D+05	1.0000+00
1	2.1000-02	5.0000-05	1.913D+03	0.0	1.962D-13	1.208D-09	1.166D+00	5.293D+05	1.0000+00
1	2.2000-02	5.0000-05	1.932D+03	0.0	4.121D-13	2.538D-09	1.627D+01	5.509D+05	1.0000+00
1	2.3000-02	5.0000-05	1.951D+03	0.0	8.376D-13	5.129D-09	3.111D+01	5.726D+05	1.0000+00
1	2.4000-02	5.0000-05	1.969D+03	0.0	1.619D-12	9.971D-09	5.707D+01	5.942D+05	1.0000+00
1	2.5000-02	5.0000-05	1.987D+03	0.0	3.028D-12	1.865D-08	1.004D+02	6.159D+05	1.0000+00
1	2.6000-02	5.0000-05	2.004D+03	0.0	5.458D-12	3.362D-08	1.706D+02	6.375D+05	1.0000+00
1	2.7000-02	5.0000-05	2.021D+03	0.0	9.542D-12	5.878D-08	2.852D+02	6.592D+05	1.0000+00
1	2.8000-02	5.0000-05	2.037D+03	0.0	1.637D-11	1.008D-07	4.769D+02	6.809D+05	1.0000+00
1	2.9000-02	5.0000-05	2.053D+03	0.0	2.777D-11	1.710D-07	7.946D+02	7.027D+05	1.0000+00
1	3.0000-02	5.0000-05	2.069D+03	0.0	4.662D-11	2.872D-07	1.304D+03	7.244D+05	1.0000+00
1	3.1000-02	5.0000-05	2.084D+03	0.0	7.728D-11	4.760D-07	2.104D+03	7.462D+05	1.0000+00
1	3.2000-02	5.0000-05	2.099D+03	0.0	1.263D-10	7.778D-07	3.337D+03	7.679D+05	1.0000+00
1	3.3000-02	5.0000-05	2.114D+03	0.0	2.033D-10	1.232D-06	5.210D+03	7.897D+05	1.0000+00
1	3.4000-02	5.0000-05	2.128D+03	0.0	3.227D-10	1.988D-06	8.016D+03	8.116D+05	1.0000+00
1	3.5000-02	5.0000-05	2.142D+03	0.0	5.049D-10	3.110D-06	1.216D+04	8.334D+05	1.0000+00
1	3.6000-02	5.0000-05	2.156D+03	0.0	7.795D-10	4.802D-06	1.821D+04	8.552D+05	1.0000+00
1	3.7000-02	5.0000-05	2.165D+03	1.5000-06	1.168D-09	7.194D-06	2.342D+04	8.692D+05	1.0000+00
1	3.8000-02	5.0000-05	2.169D+03	3.0000-06	1.626D-09	1.002D-05	2.666D+04	8.765D+05	1.0000+00
1	3.9000-02	5.0000-05	2.174D+03	9.0000-06	2.147D-09	1.323D-05	3.051D+04	8.842D+05	1.0000+00
1	4.0000-02	5.0000-05	2.180D+03	1.1000-05	2.750D-09	1.694D-05	3.567D+04	8.932D+05	1.0000+00
1	4.1000-02	5.0000-05	2.186D+03	1.5000-05	3.461D-09	2.132D-05	4.235D+04	9.032D+05	1.0000+00
1	4.2000-02	5.0000-05	2.192D+03	1.9000-05	4.310D-09	2.655D-05	5.085D+04	9.141D+05	1.0000+00
1	4.3000-02	5.0000-05	2.199D+03	2.2500-05	3.340D-09	3.289D-05	6.162D+04	9.257D+05	1.0000+00
1	4.4000-02	5.0000-05	2.206D+03	2.7500-05	6.587D-09	4.058D-05	7.391D+04	9.368D+05	1.0000+00
1	4.5000-02	5.0000-05	2.213D+03	3.2500-05	8.107D-09	4.994D-05	9.095D+04	9.497D+05	1.0000+00
1	4.6000-02	5.0000-05	2.221D+03	3.7500-05	9.967D-09	6.140D-05	1.121D+05	9.629D+05	1.0000+00

Table 6 Sample printout of FT66 for DREAM code. (1D) (3/3)

1	4.7000-02	5.0000-05	2.2280+03	4.2500-05	1.225D-08	7.547D-05	1.381D+05	9.763D+05	1.0000+00
1	4.8000-02	5.0000-05	2.2360+03	4.7500-05	1.506D-08	9.278D-05	1.703D+05	9.9000+05	1.0000+00
1	4.9000-02	5.0000-05	2.245D+03	4.7500-05	1.853D-08	1.141D-04	2.133D+05	1.0050+06	1.0000+00
1	5.0000-02	5.0000-05	2.2520+03	5.5000-05	2.293D-08	1.412D-04	2.605D+05	1.0190+06	0.0
1	5.1050-02	5.0000-05	2.168D+03	4.7500-05	2.369D-08	1.459D-04	2.587D+04	8.748D+05	0.0
1	5.2050-02	5.0000-05	2.168D+03	2.7500-05	2.416D-08	1.488D-04	2.532D+04	8.736D+05	0.0
1	5.3050-02	5.0000-05	2.161D+03	5.0000-06	2.439D-08	1.515D-04	2.088D+04	8.628D+05	0.0
1	5.4050-02	5.0000-05	2.074D+03	0.0	2.467D-08	1.520D-04	1.518D+03	7.312D+05	0.0
1	5.5050-02	5.0000-05	2.031D+03	0.0	2.468D-08	1.520D-04	3.894D+02	6.728D+05	0.0
1	5.6050-02	5.0000-05	1.998D+03	0.0	2.469D-08	1.521D-04	1.343D+02	6.301D+05	0.0
1	5.7050-02	5.0000-05	1.970D+03	0.0	2.469D-08	1.521D-04	5.619D+01	5.959D+05	0.0
1	5.8050-02	5.0000-05	1.946D+03	0.0	2.469D-08	1.521D-04	2.563D+01	5.672D+05	0.0
1	5.9050-02	5.0000-05	1.925D+03	0.0	2.469D-08	1.521D-04	1.226D+01	5.426D+05	0.0
1	6.0050-02	5.0000-05	1.906D+03	0.0	2.469D-08	1.521D-04	6.123D+00	5.210D+05	0.0
1	6.1050-02	5.0000-05	1.888D+03	0.0	2.469D-08	1.521D-04	3.180D+00	5.018D+05	0.0
1	6.2050-02	5.0000-05	1.872D+03	0.0	2.469D-08	1.521D-04	1.713D+00	4.845D+05	0.0
1	6.3050-02	5.0000-05	1.856D+03	0.0	2.469D-08	1.521D-04	9.532D-01	4.689D+05	0.0
1	6.4050-02	5.0000-05	1.842D+03	0.0	2.469D-08	1.521D-04	5.462D-01	4.547D+05	0.0
1	6.5050-02	5.0000-05	1.829D+03	0.0	2.469D-08	1.521D-04	3.213D-01	4.417D+05	0.0
}									
1	1.990D+00	5.0000-05	8.594D+02	0.0	2.469D-08	1.521D-04	2.182D-37	1.917D+04	0.0
1	1.991D+00	5.0000-05	8.593D+02	0.0	2.469D-08	1.521D-04	2.149D-37	1.916D+04	0.0
1	1.992D+00	5.0000-05	8.592D+02	0.0	2.469D-08	1.521D-04	2.117D-37	1.915D+04	0.0
1	1.993D+00	5.0000-05	8.592D+02	0.0	2.469D-08	1.521D-04	2.085D-37	1.914D+04	0.0
1	1.994D+00	5.0000-05	8.591D+02	0.0	2.469D-08	1.521D-04	2.054D-37	1.914D+04	0.0
1	1.995D+00	5.0000-05	8.590D+02	0.0	2.469D-08	1.521D-04	2.023D-37	1.913D+04	0.0
1	1.996D+00	5.0000-05	8.589D+02	0.0	2.469D-08	1.521D-04	1.992D-37	1.912D+04	0.0
1	1.997D+00	5.0000-05	8.588D+02	0.0	2.469D-08	1.521D-04	1.962D-37	1.911D+04	0.0
1	1.998D+00	5.0000-05	8.587D+02	0.0	2.469D-08	1.521D-04	1.933D-37	1.910D+04	0.0
1	1.999D+00	5.0000-05	8.587D+02	0.0	2.469D-08	1.521D-04	1.904D-37	1.909D+04	0.0

-- PLASMA DISRUPTION FOR ECR (Y-15CR-2T1 BY JAERI-N 86-099) --

*** SUMMARY OF RESULTS *** --TIME AT 1.999950±00 (SEC) AFTER NPD--

= MAXIMUM SURFACE TEMPERATURE (K)	=	2.252120+03
= MAXIMUM VAPORIZED THICKNESS (CM)	=	2.468900-08
= MAXIMUM MELT LAYER THICKNESS (CM)	=	5.500000-05
= STARTING TIME OF MELTING (SEC)	=	3.636050-02
= END TIME OF MELTING (SEC)	=	5.315100-02

Table 7 Sample printout of FT66 for DREAM code. (2D)

** PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR *EB EXPERIMENT* ** (AL-2D)

MNY	TIME (SEC)	LOCATION (M)	SURF TEMP (K)	MELT THICK (M)	VAPR THICK (M)	VAPR MASS (KG/M ² =?)	VAP LATENT (W/M ² =?)	RADIATION (W/M ² =?)	HEAT RATIO
1	5.0000-11	0.0	3.0010+02	0.0	2.0580-23	5.5560-20	1.3030-02	4.2930-01	1.0000+00
2	5.0000-11	0.0	3.0010+02	0.0	2.0580-23	5.5560-20	1.3030-02	4.2930-01	1.0000+00
3	5.0000-11	0.0	3.0010+02	0.0	2.0580-23	5.5560-20	1.3030-02	4.2930-01	1.0000+00
4	5.0000-11	0.0	3.0010+02	0.0	2.0580-23	5.5560-20	1.3030-02	4.2930-01	1.0000+00
5	5.0000-11	0.0	3.0010+02	0.0	2.0580-23	5.5560-20	1.3030-02	4.2930-01	1.0000+00
6	5.0000-11	0.0	3.0010+02	0.0	2.0580-23	5.5560-20	1.3030-02	4.2930-01	1.0000+00
7	5.0000-11	0.0	3.0010+02	0.0	2.0580-23	5.5560-20	1.3030-02	4.2930-01	1.0000+00
8	5.0000-11	0.0	3.0010+02	0.0	2.0580-23	5.5560-20	1.3030-02	4.2930-01	0.0
9	5.0000-11	0.0	3.0010+02	0.0	2.0580-23	5.5560-20	1.3030-02	4.2930-01	0.0
10	5.0000-11	0.0	3.0010+02	0.0	2.0580-23	5.5560-20	1.3030-02	4.2930-01	0.0
11	5.0000-11	0.0	3.0010+02	0.0	2.0580-23	5.5560-20	1.3030-02	4.2930-01	0.0
1	1.0050-03	1.0000-04	4.4870+02	0.0	1.7920-15	4.8390-12	9.9760-02	1.2880+03	1.0000+00
2	1.0050-03	4.0000-04	4.4870+02	0.0	1.7920-15	4.8390-12	9.9760-02	1.2880+03	1.0000+00
3	1.0050-03	8.0000-04	4.4870+02	0.0	1.7920-15	4.8390-12	9.9760-02	1.2880+03	1.0000+00
4	1.0050-03	1.5000-03	4.4870+02	0.0	1.7920-15	4.8390-12	9.9760-02	1.2880+03	1.0000+00
5	1.0050-03	2.5000-03	4.4870+02	0.0	1.7920-15	4.8390-12	9.9760-02	1.2880+03	1.0000+00
6	1.0050-03	3.5000-03	4.4860+02	0.0	1.7910-15	4.8360-12	9.9610-02	1.2860+03	1.0000+00
7	1.0050-03	4.5000-03	4.4860+02	0.0	1.7370-15	4.6910-12	9.4200-02	1.2300+03	1.0000+00
8	1.0050-03	5.5000-03	3.0440+02	0.0	4.2370-16	1.1440-12	1.3800-02	1.9240+01	0.0
9	1.0050-03	6.5000-03	3.0020+02	0.0	4.1380-16	1.1170-12	1.3050-02	9.3310-01	0.0
10	1.0050-03	7.5000-03	3.0010+02	0.0	4.1360-16	1.1170-12	1.3030-02	4.4050-01	0.0
11	1.0050-03	9.0000-03	3.0010+02	0.0	4.1360-16	1.1170-12	1.3030-02	4.2940-01	0.0
1	-2.0050-03	1.0000-04	3.0950+02	0.0	6.9150-15	1.8670-11	2.3380-01	2.3540+03	1.0000+00
2	2.0050-03	4.0000-04	5.0950+02	0.0	6.9150-15	1.8670-11	2.3380-01	2.3540+03	1.0000+00
3	2.0050-03	8.0000-04	5.0950+02	0.0	6.9140-15	1.8670-11	2.3380-01	2.3540+03	1.0000+00
4	2.0050-03	1.5000-03	5.0950+02	0.0	6.9140-15	1.8670-11	2.3380-01	2.3540+03	1.0000+00
5	2.0050-03	2.5000-03	5.0950+02	0.0	6.9140-15	1.8670-11	2.3380-01	2.3540+03	1.0000+00
6	2.0050-03	3.5000-03	5.0950+02	0.0	6.8490-15	1.8660-11	2.3200-01	2.3430+03	1.0000+00
7	2.0050-03	4.5000-03	4.9880+02	0.0	6.3310-15	1.7090-11	2.0110-01	2.1360+03	1.0000+00
8	2.0050-03	5.5000-03	3.1113D+02	0.0	8.8010-16	2.3760-12	1.5140-02	5.1230+01	0.0
9	2.0050-03	6.5000-03	3.0070+02	0.0	8.2720-16	2.2330-12	1.3130-02	3.0100+00	0.0
10	2.0050-03	7.5000-03	3.0010+02	0.0	8.2530-16	2.2230-12	1.3030-02	5.4240+01	0.0
11	2.0050-03	9.0000-03	3.0010+02	0.0	8.2520-16	2.2230-12	1.3030-02	4.3070-01	0.0
1	9.5010-02	1.0000-04	1.6350+03	1.3500-03	7.8130-07	2.1100-03	1.7550+06	2.8330+05	1.0000+00
2	9.5010-02	4.0000-04	1.6340+03	1.3500-03	7.7390-07	2.0890-03	1.7370+06	2.8260+05	1.0000+00
3	9.5010-02	8.0000-04	1.6300+03	1.3500-03	7.4410-07	2.0090-03	1.6660+06	2.8010+05	1.0000+00
4	9.5010-02	1.5000-03	1.6190+03	1.3500-03	6.5810-07	1.7770-03	1.4620+06	2.7230+05	1.0000+00
5	9.5010-02	2.5000-03	1.5800+03	1.2500-03	4.1690-07	1.1260-03	9.3540+05	2.4700+05	1.0000+00
6	9.5010-02	3.5000-03	1.4960+03	1.0500-03	1.3310-07	3.5950-04	3.0630+05	1.9850+05	1.0000+00
7	9.5010-02	4.5000-03	1.3000+03	5.5000-04	7.9880-09	2.1570-05	1.7050+04	1.1290+05	1.0000+00
8	9.5010-02	5.5000-03	7.0560+02	0.0	2.6080-12	7.0410-09	3.6980+00	9.5160+03	0.0
9	9.5010-02	6.5000-03	3.5380+02	0.0	3.1660-13	8.5490-10	3.3760+01	2.9500+03	0.0
10	9.5010-02	7.5000-03	4.4800+02	0.0	1.1690-13	3.1350-10	9.8700+02	1.2780+03	0.0
11	9.5010-02	9.0000-03	3.7730+02	0.0	5.9570-14	1.6080-10	3.7100+02	4.8260+02	0.0
1	9.6010-02	1.0000-04	1.6400+03	1.3500-03	8.3830-07	2.2640-03	1.8530+06	2.8650+05	1.0000+00
2	9.6010-02	4.0000-04	1.6390+03	1.3500-03	8.3030-07	2.2420-03	1.8340+06	2.8590+05	1.0000+00
3	9.6010-02	8.0000-04	1.6350+03	1.3500-03	7.9820-07	2.1550-03	1.7590+06	2.8340+05	1.0000+00
4	9.6010-02	1.5000-03	1.6240+03	1.3500-03	7.0560-07	1.0905-03	1.5460+06	2.7570+05	1.0000+00
5	9.6010-02	2.5000-03	1.5850+03	1.2500-03	4.4730-07	1.2080-03	9.8810+05	2.5000+05	1.0000+00
6	9.6010-02	3.5000-03	1.5010+03	1.0500-03	1.4310-07	3.8650-04	3.2780+05	2.0108+05	1.0000+00
7	9.6010-02	4.5000-03	1.3040+03	5.5000-04	5.5470-09	2.3080-05	1.8300+04	1.1460+05	1.0000+00
8	9.6010-02	5.5000-03	7.0890+02	0.0	2.7270-12	7.3630-09	3.8700+00	9.7010+03	0.0
9	9.6010-02	6.5000-03	5.3800+02	0.0	3.2750-13	8.8410-10	3.4820-01	3.0040+03	0.0
10	9.6010-02	7.5000-03	4.4980+02	0.0	1.2000-13	3.2410-10	1.0110-01	1.3030+03	0.0
11	9.6010-02	9.0000-03	3.7860+02	0.0	6.0750-14	1.6400-10	3.7780-02	4.9390+02	0.0
1	9.7010-02	1.0000-04	1.6440+03	1.4500-03	8.9840-07	2.4260-03	1.9520+06	2.8970+05	1.0000+00
2	9.7010-02	4.0000-04	1.6430+03	1.4500-03	8.8980-07	2.4030-03	1.9320+06	2.8910+05	1.0000+00
3	9.7010-02	8.0000-04	1.6400+03	1.3500-03	8.5530-07	2.3090-03	1.8540+06	2.8660+05	1.0000+00
4	9.7010-02	1.5000-03	1.6290+03	1.3500-03	7.5350-07	2.0410-03	1.6340+06	2.7890+05	1.0000+00
5	9.7010-02	2.5000-03	1.5890+03	1.2500-03	4.7940-07	1.2940-03	1.0440+06	2.5300+05	1.0000+00
6	9.7010-02	3.5000-03	1.5050+03	1.0500-03	1.5350-07	4.1550-04	3.5160+05	2.0360+05	1.0000+00
7	9.7010-02	4.5000-03	1.3090+03	6.5000-04	9.1460-09	2.4690-05	1.9650+04	1.1630+05	1.0000+00
8	9.7010-02	5.5000-03	7.1230+02	0.0	2.8520-12	7.7020-09	4.0600+00	9.8970+03	0.0
9	9.7010-02	6.5000-03	5.4020+02	0.0	3.3860-13	9.1430-10	3.5940+01	3.0590+03	0.0
10	9.7010-02	7.5000-03	4.5150+02	0.0	1.2330-13	3.3290-10	1.0360+01	1.3280+03	0.0
11	9.7010-02	9.0000-03	3.7990+02	0.0	6.1960-14	1.6730-10	3.8470-02	5.0530+02	0.0
1	9.8010-02	1.0000-04	1.6490+03	1.4500-03	9.6180-07	2.5970-03	2.0560+06	2.9300+05	1.0000+00
2	9.8010-02	4.0000-04	1.6480+03	1.4500-03	9.5250-07	2.5720-03	2.0350+06	2.9230+05	1.0000+00
3	9.8010-02	8.0000-04	1.6440+03	1.4500-03	9.1550-07	2.4720-03	1.9530+06	2.8980+05	1.0000+00
4	9.8010-02	1.5000-03	1.6330+03	1.3500-03	8.0890-07	2.1840-03	1.7210+06	2.8210+05	1.0000+00
5	9.8010-02	2.5000-03	1.5940+03	1.2500-03	5.1320-07	1.3860-03	1.0990+06	2.5590+05	1.0000+00
6	9.8010-02	3.5000-03	1.5100+03	1.0500-03	1.6540-07	4.4650-04	3.7680+05	2.0610+05	1.0000+00
7	9.8010-02	4.5000-03	1.3150+03	6.5000-04	9.7940-07	2.6440-05	2.1400+04	1.1840+05	1.0000+00
8	9.8010-02	5.5000-03	7.1570+02	0.0	2.9840-12	8.0560-09	4.2730+00	1.0090+04	0.0
9	9.8010-02	6.5000-03	5.4250+02	0.0	3.5020-13	9.4540-10	3.7090-01	3.1160+03	0.0
10	9.8010-02	7.5000-03	4.5330+02	0.0	1.2660-13	3.4180-10	1.0420-01	1.3540+03	0.0
11	9.8010-02	9.0000-03	3.8120+02	0.0	6.3180-14	1.7060-10	3.9130-02	5.1690+02	0.0

Table 8 Sample printout of FT67 for DREAM code. (1/2)

** PLASMA DISRUPTION FOR INIOR 861106 (316 STAINLESS STEEL/H2O) **								
			CURRENT TIME =	9.999998880-11(SEC)	CURRENT STEP =	1	1	TOTAL
1	1.0000-12	2	5.0000-05	0.0	2	5.0000-07	2	5.0000-05 1.0000+02
3	1.5000-06	2	5.0000-05	1.0000+02	4	3.0000-06	2	5.0000-05 1.0000+02
5	5.0000-06	2	5.0000-05	1.0000+02	6	7.0000-06	2	5.0000-05 1.0000+02
7	9.0000-06	2	5.0000-05	1.0000+02	8	1.1000-05	2	5.0000-05 1.0000+02
9	1.3000-05	2	5.0000-05	1.0000+02	10	1.5000-05	2	5.0000-05 1.0000+02
11	1.7000-05	2	5.0000-05	1.0000+02	12	1.9000-05	2	5.0000-05 1.0000+02
13	2.2500-05	2	5.0000-05	1.0000+02	14	2.7500-05	2	5.0000-05 1.0000+02
15	3.2500-05	2	5.0000-05	1.0000+02	16	3.7500-05	2	5.0000-05 1.0000+02
17	4.2500-05	2	5.0000-05	1.0000+02	18	4.7500-05	2	5.0000-05 1.0000+02
19	5.5000-05	2	5.0000-05	1.0000+02	20	6.5000-05	2	5.0000-05 1.0000+02
21	7.5000-05	2	5.0000-05	1.0000+02	22	8.5000-05	2	5.0000-05 1.0000+02
23	9.5000-05	2	5.0000-05	1.0000+02	24	1.1000-04	2	5.0000-05 1.0000+02
25	1.3000-04	2	5.0000-05	1.0000+02	26	1.5000-04	2	5.0000-05 1.0000+02
27	1.7000-04	2	5.0000-05	1.0000+02	28	1.9000-04	2	5.0000-05 1.0000+02
29	2.1000-04	2	5.0000-05	1.0000+02	30	2.3000-04	2	5.0000-05 1.0000+02
31	2.5000-04	2	5.0000-05	1.0000+02	32	2.7000-04	2	5.0000-05 1.0000+02
33	2.9000-04	2	5.0000-05	1.0000+02	34	3.2500-04	2	5.0000-05 1.0000+02
35	3.7500-04	2	5.0000-05	1.0000+02	36	4.2500-04	2	5.0000-05 1.0000+02
37	4.7500-04	2	5.0000-05	1.0000+02	38	5.2500-04	2	5.0000-05 1.0000+02
39	5.7500-04	2	5.0000-05	1.0000+02	40	6.2500-04	2	5.0000-05 1.0000+02
41	6.7500-04	2	5.0000-05	1.0000+02	42	7.2500-04	2	5.0000-05 1.0000+02
43	7.7500-04	2	5.0000-05	1.0000+02	44	8.2500-04	2	5.0000-05 1.0000+02
45	8.7500-04	2	5.0000-05	1.0000+02	46	9.2500-04	2	5.0000-05 1.0000+02
47	9.7500-04	2	5.0000-05	1.0000+02	48	1.0500-03	2	5.0000-05 1.0000+02
49	1.1500-03	2	5.0000-05	1.0000+02	50	1.2500-03	2	5.0000-05 1.0000+02
51	1.3500-03	2	5.0000-05	1.0000+02	52	1.4500-03	2	5.0000-05 1.0000+02
53	1.5500-03	2	5.0000-05	1.0000+02	54	1.6500-03	2	5.0000-05 1.0000+02
55	1.7500-03	2	5.0000-05	1.0000+02	56	1.8500-03	2	5.0000-05 1.0000+02
57	1.9500-03	2	5.0000-05	1.0000+02	58	2.0500-03	2	5.0000-05 1.0000+02
59	2.1500-03	2	5.0000-05	1.0000+02	60	2.2500-03	2	5.0000-05 1.0000+02
61	2.3500-03	2	5.0000-05	1.0000+02	62	2.4500-03	2	5.0000-05 1.0000+02
63	2.5000-03	2	5.0000-05	1.0000+02				
			CURRENT TIME =	5.000000000+02(SEC)	CURRENT STEP =	2	2	TOTAL
1	1.0000-12	2	5.0000-05	0.0	2	5.0000-07	2	5.0000-05 1.7920+02
3	1.5000-06	2	5.0000-05	1.7930+02	4	3.0000-06	2	5.0000-05 1.7930+02
5	3.0000-06	2	5.0000-05	1.7940+02	6	7.0000-06	2	5.0000-05 1.7950+02
7	9.0000-06	2	5.0000-05	1.7960+02	8	1.1000-05	2	5.0000-05 1.7970+02
9	1.3000-05	2	5.0000-05	1.7980+02	10	1.5000-05	2	5.0000-05 1.7990+02
11	1.7000-05	2	5.0000-05	1.8000+02	12	1.9000-05	2	5.0000-05 1.8010+02
13	2.2500-05	2	5.0000-05	1.8020+02	14	2.7500-05	2	5.0000-05 1.8040+02
15	3.2500-05	2	5.0000-05	1.8060+02	16	3.7500-05	2	5.0000-05 1.8080+02
17	4.2500-05	2	5.0000-05	1.8090+02	18	4.7500-05	2	5.0000-05 1.8110+02
19	5.5000-05	2	5.0000-05	1.8130+02	20	6.5000-05	2	5.0000-05 1.8160+02
21	7.5000-05	2	5.0000-05	1.8180+02	22	8.5000-05	2	5.0000-05 1.8200+02
23	9.5000-05	2	5.0000-05	1.8220+02	24	1.1000-04	2	5.0000-05 1.8240+02
25	1.3000-04	2	5.0000-05	1.8250+02	26	1.5000-04	2	5.0000-05 1.8260+02
27	1.7000-04	2	5.0000-05	1.8260+02	28	1.9000-04	2	5.0000-05 1.8250+02
29	2.1000-04	2	5.0000-05	1.8230+02	30	2.3000-04	2	5.0000-05 1.8210+02
31	2.5000-04	2	5.0000-05	1.8180+02	32	2.7000-04	2	5.0000-05 1.8150+02
33	2.9000-04	2	5.0000-05	1.8110+02	34	3.2500-04	2	5.0000-05 1.8040+02
35	3.7500-04	2	5.0000-05	1.7910+02	36	4.2500-04	2	5.0000-05 1.7780+02
37	4.7500-04	2	5.0000-05	1.7640+02	38	5.2500-04	2	5.0000-05 1.7490+02
39	5.7500-04	2	5.0000-05	1.7340+02	40	6.2500-04	2	5.0000-05 1.7180+02
41	6.7500-04	2	5.0000-05	1.7030+02	42	7.2500-04	2	5.0000-05 1.6890+02
43	7.7500-04	2	5.0000-05	1.6740+02	44	8.2500-04	2	5.0000-05 1.6600+02
45	8.7500-04	2	5.0000-05	1.6450+02	46	9.2500-04	2	5.0000-05 1.6320+02
47	9.7500-04	2	5.0000-05	1.6180+02	48	1.0500-03	2	5.0000-05 1.5980+02
49	1.1500-03	2	5.0000-05	1.5720+02	50	1.2500-03	2	5.0000-05 1.5470+02
51	1.3500-03	2	5.0000-05	1.5210+02	52	1.4500-03	2	5.0000-05 1.4960+02
53	1.5500-03	2	5.0000-05	1.4710+02	54	1.6500-03	2	5.0000-05 1.4450+02
55	1.7500-03	2	5.0000-05	1.4190+02	56	1.8500-03	2	5.0000-05 1.3930+02
57	1.9500-03	2	5.0000-05	1.3670+02	58	2.0500-03	2	5.0000-05 1.3400+02
59	2.1500-03	2	5.0000-05	1.3130+02	60	2.2500-03	2	5.0000-05 1.2860+02
61	2.3500-03	2	5.0000-05	1.2580+02	62	2.4500-03	2	5.0000-05 1.2300+02
63	2.5000-03	2	5.0000-05	1.0000+02				

Table 8 Sample printout of FT67 for DREAM code. (2/2)

	CURRENT TIME =	2.000070000+03(SEC)	CURRENT STEP =	5001	5005	:TOTAL
1	1.0000-12	2	5.0000-05	0.0	2	5.0000-07
3	1.5000-06	2	5.0000-05	1.0500+03	4	3.0000-06
5	5.0000-06	2	5.0000-05	1.0460+03	6	7.0000-06
7	9.0000-06	2	5.0000-05	1.0410+03	8	1.1000-05
9	1.3000-05	2	5.0000-05	1.0360+03	10	1.5000-05
11	1.7000-05	2	5.0000-05	1.0310+03	12	1.9000-05
13	2.2500-05	2	5.0000-05	1.0240+03	14	2.7500-05
15	3.2500-05	2	5.0000-05	1.0110+03	16	3.7500-05
17	4.2500-05	2	5.0000-05	9.9840+02	18	4.7500-05
19	5.5000-05	2	5.0000-05	9.8260+02	20	6.5000-05
21	7.5000-05	2	5.0000-05	9.5740+02	22	8.5000-05
23	9.5000-05	2	5.0000-05	9.3230+02	24	1.1000-04
25	1.3000-04	2	5.0000-05	8.8840+02	26	1.5000-04
27	1.7000-04	2	5.0000-05	8.3870+02	28	1.9000-04
29	2.1000-04	2	5.0000-05	7.8950+02	30	2.3000-04
31	2.5000-04	2	5.0000-05	7.4080+02	32	2.7000-04
33	2.9000-04	2	5.0000-05	6.9300+02	34	3.2500-04
35	3.7500-04	2	5.0000-05	5.9420+02	36	4.2500-04
37	4.7500-04	2	5.0000-05	4.8780+02	38	5.2500-04
39	5.7500-04	2	5.0000-05	3.9490+02	40	6.2500-04
41	6.7500-04	2	5.0000-05	3.1870+02	42	7.2500-04
43	7.7500-04	2	5.0000-05	2.6050+02	44	8.2500-04
45	8.7500-04	2	5.0000-05	2.1930+02	46	9.2500-04
47	9.7500-04	2	5.0000-05	1.9220+02	48	1.0500-03
49	1.1500-03	2	5.0000-05	1.6630+02	50	1.2500-03
51	1.3500-03	2	5.0000-05	1.5420+02	52	1.4500-03
53	1.5500-03	2	5.0000-05	1.4750+02	54	1.6500-03
55	1.7500-03	2	5.0000-05	1.4190+02	56	1.8500-03
57	1.9500-03	2	5.0000-05	1.3650+02	58	2.0500-03
59	2.1500-03	2	5.0000-05	1.3110+02	60	2.2500-03
61	2.3500-03	2	5.0000-05	1.2560+02	62	2.4500-03
63	2.5000-03	2	5.0000-05	1.0000+02		
	CURRENT TIME =	2.000021000+03(SEC)	CURRENT STEP =	5251	5255	:TOTAL
1	1.0000-12	2	5.0000-05	0.0	2	5.0000-05
3	1.5000-06	2	5.0000-05	1.0560+03	4	3.0000-06
5	5.0000-06	2	5.0000-05	1.0510+03	6	7.0000-06
7	9.0000-06	2	5.0000-05	1.0460+03	8	1.1000-05
9	1.3000-05	2	5.0000-05	1.0410+03	10	1.5000-05
11	1.7000-05	2	5.0000-05	1.0360+03	12	1.9000-05
13	2.2500-05	2	5.0000-05	1.0290+03	14	2.7500-05
15	3.2500-05	2	5.0000-05	1.0170+03	16	3.7500-05
17	4.2500-05	2	5.0000-05	1.0040+03	18	4.7500-05
19	5.5000-05	2	5.0000-05	9.8840+02	20	6.5000-05
21	7.5000-05	2	5.0000-05	9.6330+02	22	8.5000-05
23	9.5000-05	2	5.0000-05	9.3440+02	24	1.1000-04
25	1.3000-04	2	5.0000-05	8.9480+02	26	1.5000-04
27	1.7000-04	2	5.0000-05	8.4540+02	28	1.9000-04
29	2.1000-04	2	5.0000-05	7.9660+02	30	2.3000-04
31	2.5000-04	2	5.0000-05	7.4840+02	32	2.7000-04
33	2.9000-04	2	5.0000-05	7.0100+02	34	3.2500-04
35	3.7500-04	2	5.0000-05	6.0330+02	36	4.2500-04
37	4.7500-04	2	5.0000-05	4.9770+02	38	5.2500-04
39	5.7500-04	2	5.0000-05	4.0500+02	40	6.2500-04
41	6.7500-04	2	5.0000-05	3.2420+02	42	7.2500-04
43	7.7500-04	2	5.0000-05	2.8860+02	44	8.2500-04
45	8.7500-04	2	5.0000-05	2.2560+02	46	9.2500-04
47	9.7500-04	2	5.0000-05	1.9660+02	48	1.0500-03
49	1.1500-03	2	5.0000-05	1.6820+02	50	1.2500-03
51	1.3500-03	2	5.0000-05	1.5470+02	52	1.4500-03
53	1.5500-03	2	5.0000-05	1.4760+02	54	1.6500-03
55	1.7500-03	2	5.0000-05	1.4190+02	56	1.8500-03
57	1.9500-03	2	5.0000-05	1.3650+02	58	2.0500-03
59	2.1500-03	2	5.0000-05	1.3110+02	60	2.2500-03
61	2.3500-03	2	5.0000-05	1.2560+02	62	2.4500-03
63	2.5000-03	2	5.0000-05	1.0000+02		

Table 9 Conditions for sample analysis.

Heating Conditions

Heat flux	102 MW/m ²
Heating duration	100 ms
Heating area	13 mm x 13 mm

Test Specimen

Material	type 316 stainless steel
Size	50 mm x 50 mm x 10 mm ^t

Table 10 Thermal properties of type 316 stainless steel for sample analysis.

**** MATERIAL = 316SS ****

AH = 5.585000D+01 (G/MOLE)

TMELT = 1.700000D+03 (K)

**** LATENT HEAT (J/KG) ****

FUSION : 2.67955D+05 VAPORIZATION : 7.41064D+06

**** VAPOR PRESSURE (PA) ****

LOG(P)=-18868.0 / T +11.11900

**** DENSITY (KG/M**3) ****

SOLID : 7.954200D+03 + 0.0	* T + 0.0	* T * T + 0.0	* T * T * T
LIQUID: 7.954200D+03 + 0.0	* T + 0.0	* T * T + 0.0	* T * T * T

**** THERMAL CONDUCTIVITY (W/M/K) ****

SOLID : 9.248000D+00 + 1.571000D-02 * T + 0.0	* T * T + 0.0	* T * T * T
LIQUID: 1.241000D+01 + 3.279000D-03 * T + 0.0	* T * T + 0.0	* T * T * T

**** HEAT CAPACITY (J/KG/K) ****

SOLID : 4.593000D+02 + 1.329000D-01 * T + 0.0	* T * T + 0.0	* T * T * T
LIQUID: 7.704000D+02 + 0.0	* T + 0.0	* T * T + 0.0

Table 11 Input data of unit 05 for sample analysis. (1/2)

	1	2	3	4	5	6	7	8
** MAJOR PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR EB EXPERIMENT								
** DURATION	100	MSEC						
** SURFACE HEAT FLUX	102	MW/M**2						
** MATERIAL	316	STAINLESS STEEL						
** FIXED DENSITY	AT 300 K							
** 2D ANALYSIS L-HEAT 13 MM								
RECTANGULAR								
0.	-6 1-	-6 2-	-6 4-	-6 6-	-6 8-			
1.0-	-6 15-	-6 20-	-6 25-	-6 30-	-6 35-			
4.0-	-6 45-	-6 50-	-6 60-	-6 70-	-6 80-			
10.0-	-6 120-	-6 140-	-6 160-	-6 180-	-6 200-			
25.0-	-6 300-	-6 350-	-6 400-	-6 450-	-6 500-			
60.0-	-6 700-	-6 800-	-6 900-	-6 1000-	-6 1200-			
140.0-	-6 1600-	-6 1800-	-6 2000-	-6 2200-	-6 2400-			
260.0-	-6 2800-	-6 3000-	-6 3500-	-6 4000-	-6 4500-			
500.0-	-6 6000-	-6 7000-	-6 8000-	-6 9000-	-6 10000-			
0.	0.	1.	4.	5.	6.			
6.5	-3 7.0	-3 8.0	-3 9.0	-3 10.0	-3 12.0			
25.0	-3							
1.	0.	1.	-6 0.	25.	-3			
2.								
1.								
-3.								
10000.	-6 10000.	-6 0.	-3	25.	-3			

Table 11 Input data of unit 05 for sample analysis. (2/2)

	*	1.	*	2.	*	3.	*	4.	*	5.	*	6.	*	7.	*	8.
-3.	3.	1.	-3													
0.	0.	0.	-3													
-3.	3.	1.	-3													
0.	10000.	-6	0.	-3												
-3.	3.	1.	-3													
0.	10000.	-6	25.	-3												
0.	10000.	-6	0.	25.	-3											
26.9																
1.	0.	1.	2.	3.												
2.	0.	1.	2.	3.												
3.	0.	1.	2.	3.												
0.12	0.00001	2000.	1.													
0.2	0.00002	1000.	1.													
1.	0.0002	1000.	1.													
2.	0.0005	1000.	1.													

Table 12 Input data of unit 55 for sample analysis.

** PLASMA DISRUPTION ANALYSIS FOR EEB EXPERIMENT= ** (316SS:04)						
100.	-3	10.2	+7			
4						
1.0	0.	0.	1.0	6.5	-3 0.	10.
	2500.	-10	1.		-6	
	1	0.7	300.	1.		
12	0.005					
316SS	55.85	1700.		267955.	7410636.	
-18868.			11.119			
7954.	2					
7954.	2					
9-248		1.571	-2			
12-41		3.279	-3			
459-3		1.329	-1			
770-4						
39	3					
0.0002	0.2		0.001	0.5	0.01	10.
100	100	50				

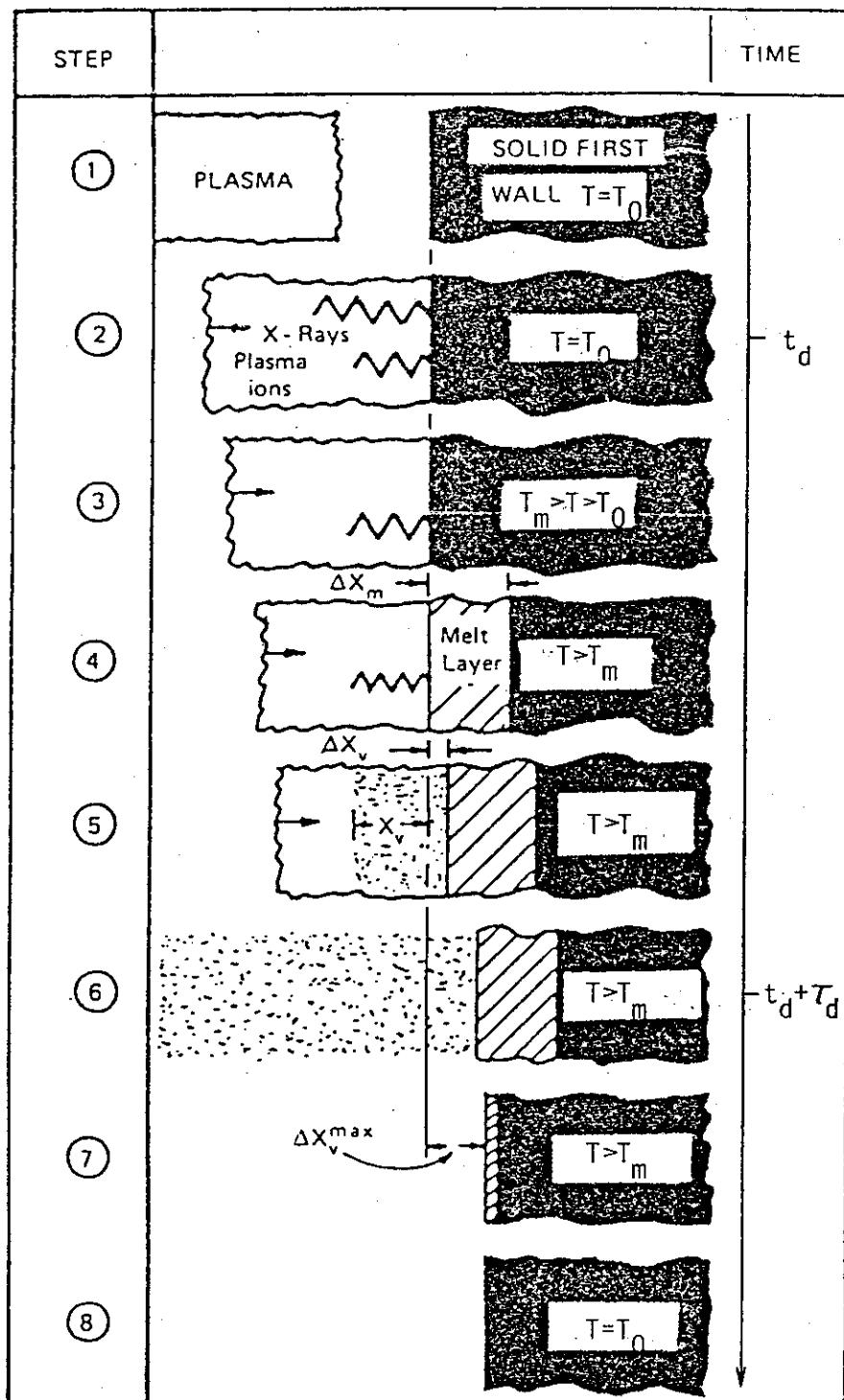


Fig. 1 Thermal behavior of first wall subjected to intense heat load due to plasma disruption.

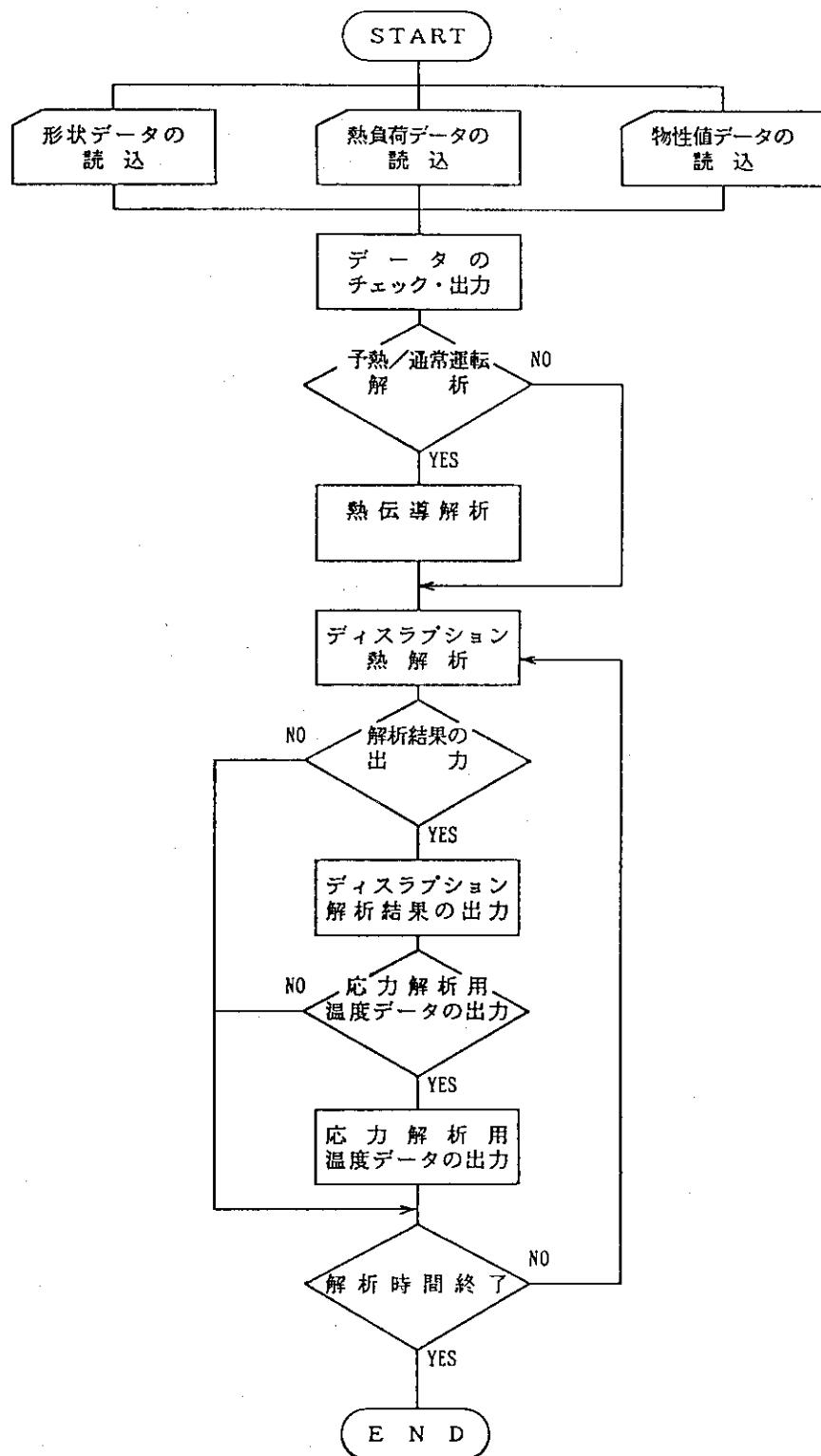


Fig. 2 Flow diagram of DREAM code.

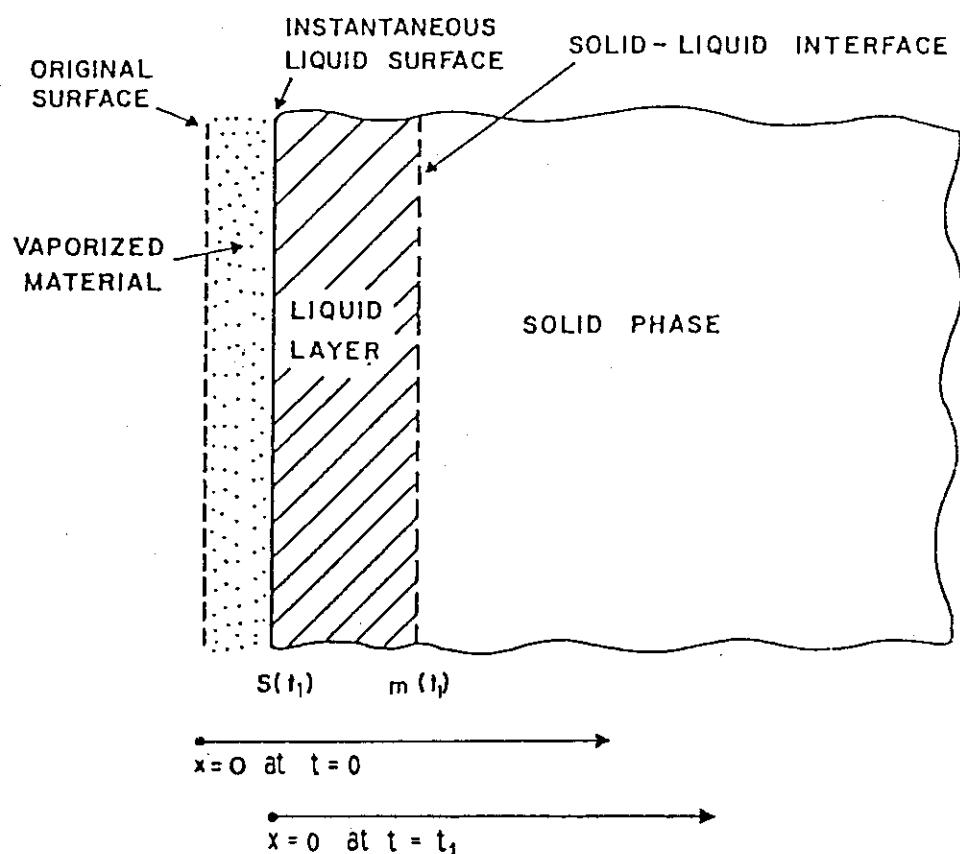


Fig. 3 Two moving boundaries.

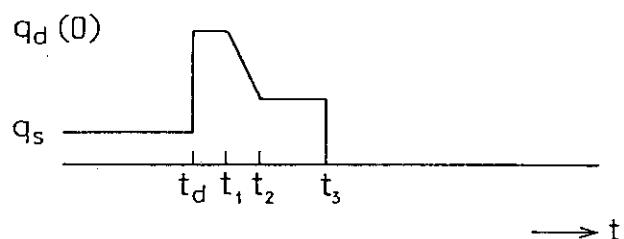
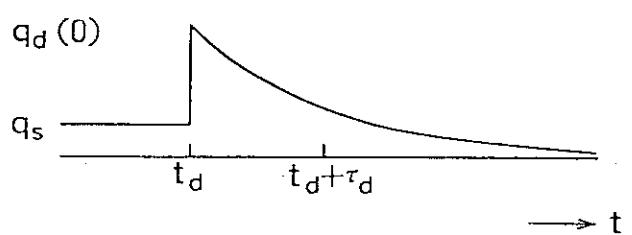
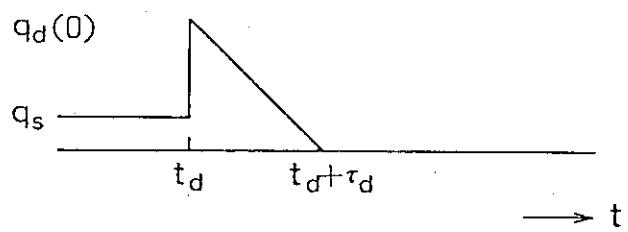
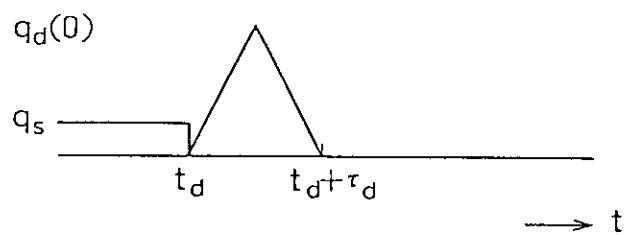
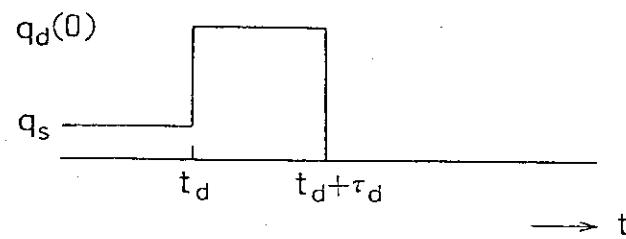


Fig. 4 Time variations of heat flux available for DREAM code.

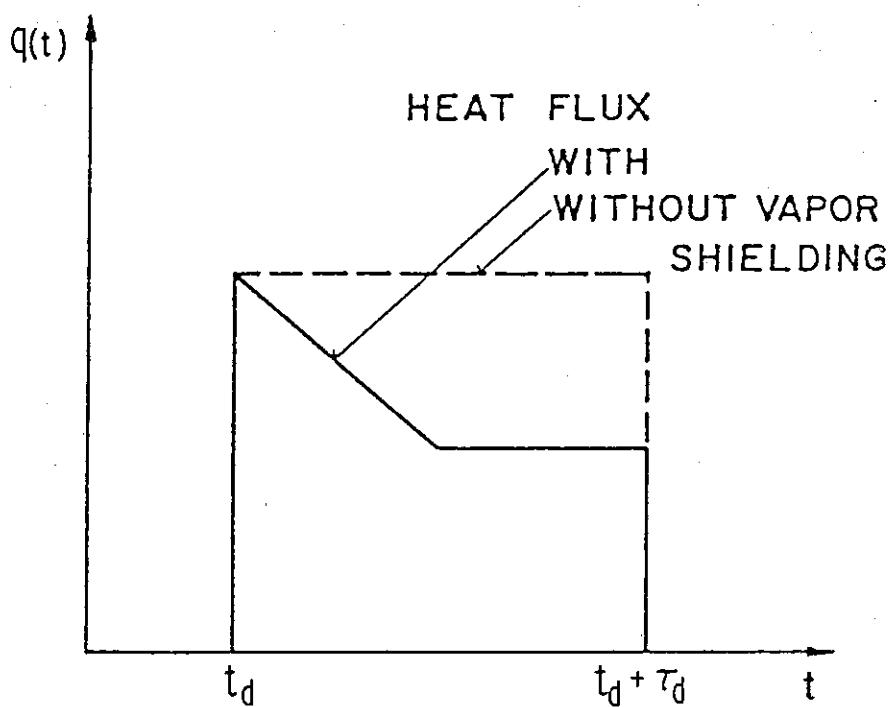


Fig. 5 Time variations of heat flux with and without vapor shielding effect.

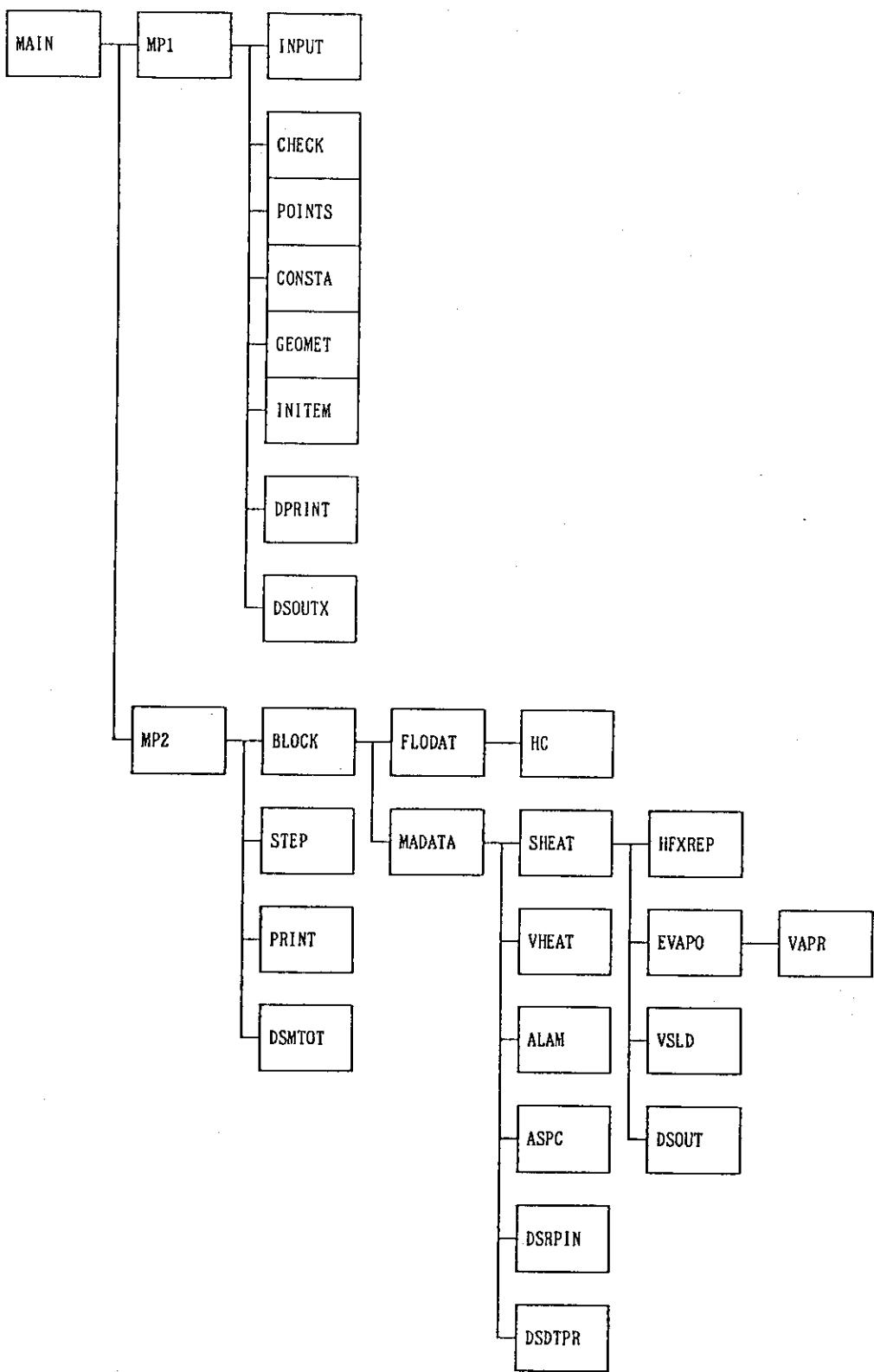


Fig. 6 Principal subroutines of DREAM code.

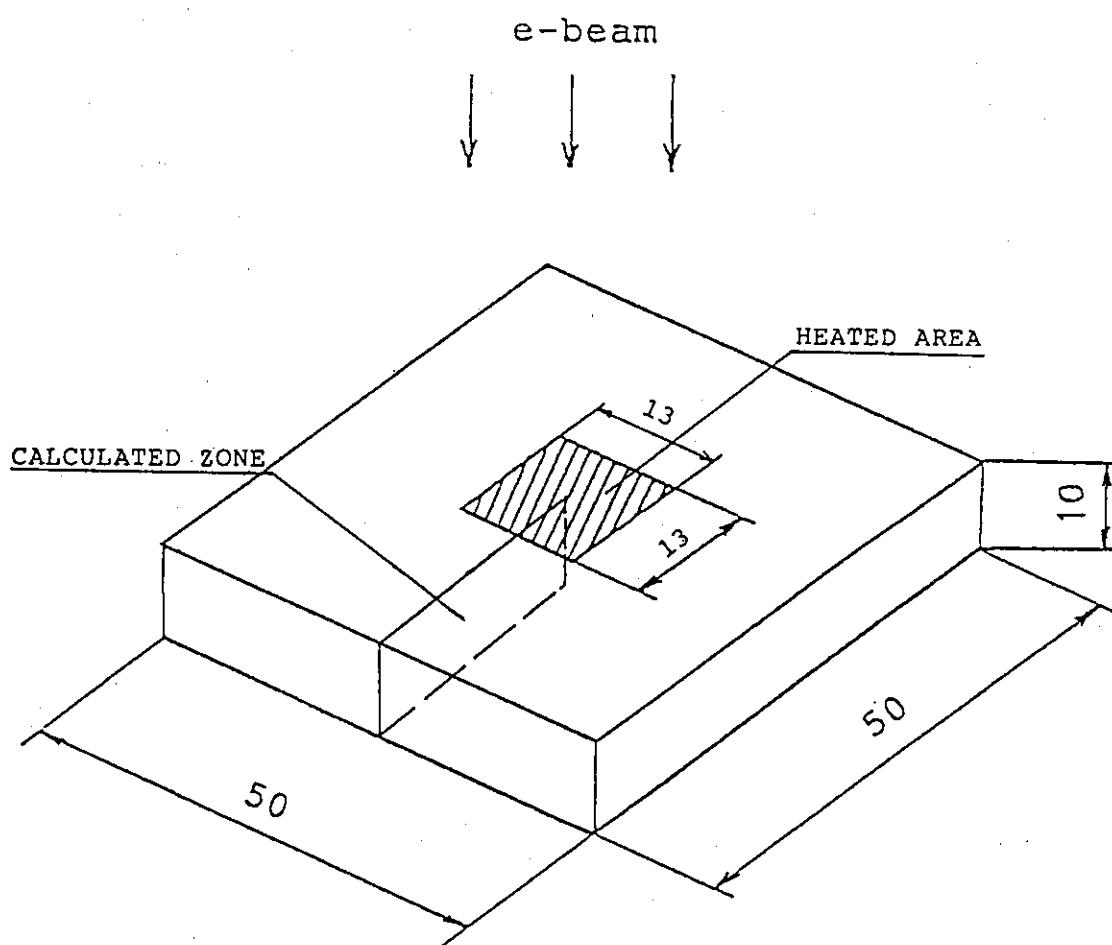


Fig. 7 High heat flux test specimen for sample analysis.

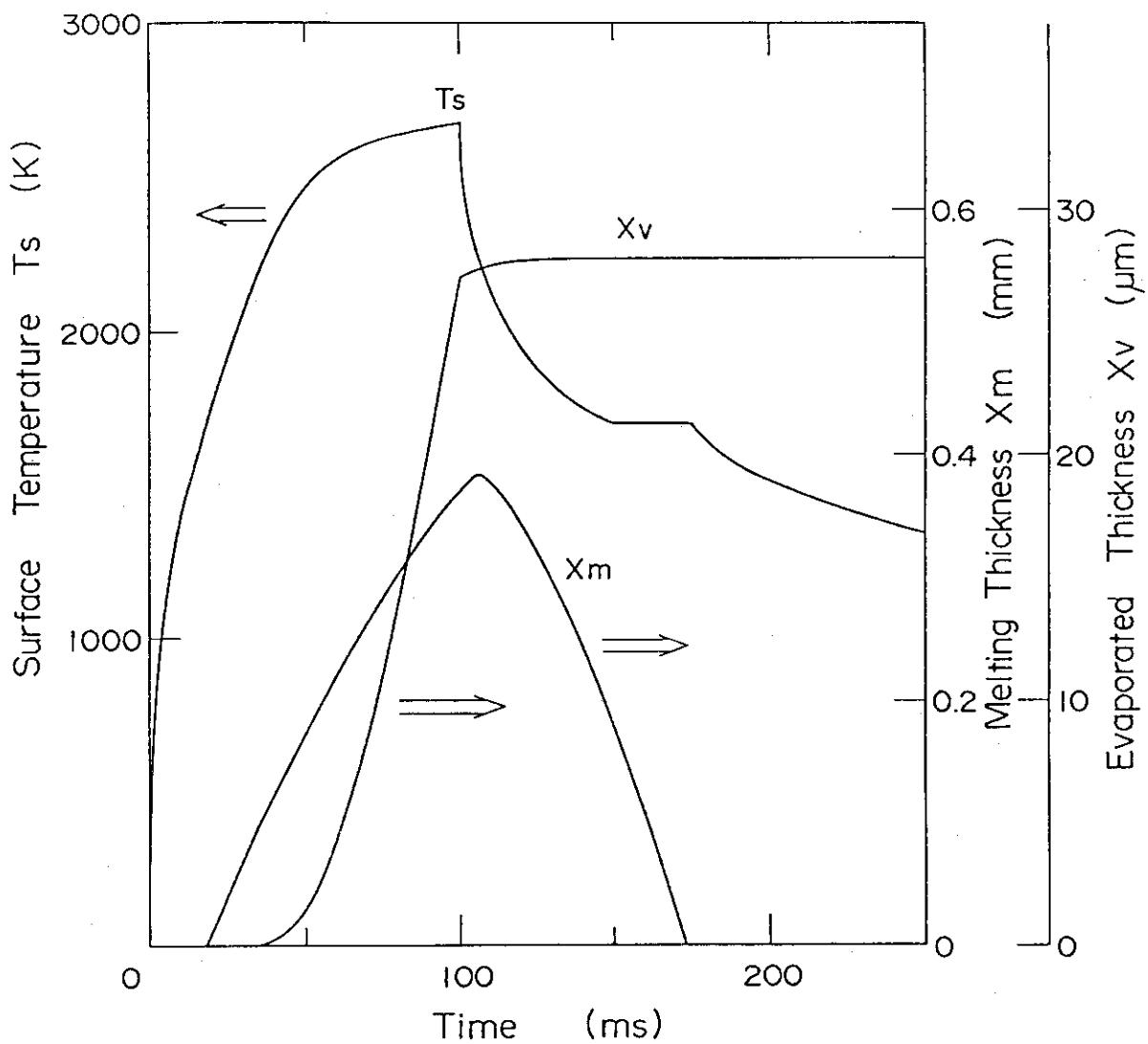


Fig. 8 Surface temperature response and time variation of melting and evaporated thicknesses of stainless steel test specimen exposed to heat flux of 102 MW/m^2 for 100 ms, calculated with DREAM code.

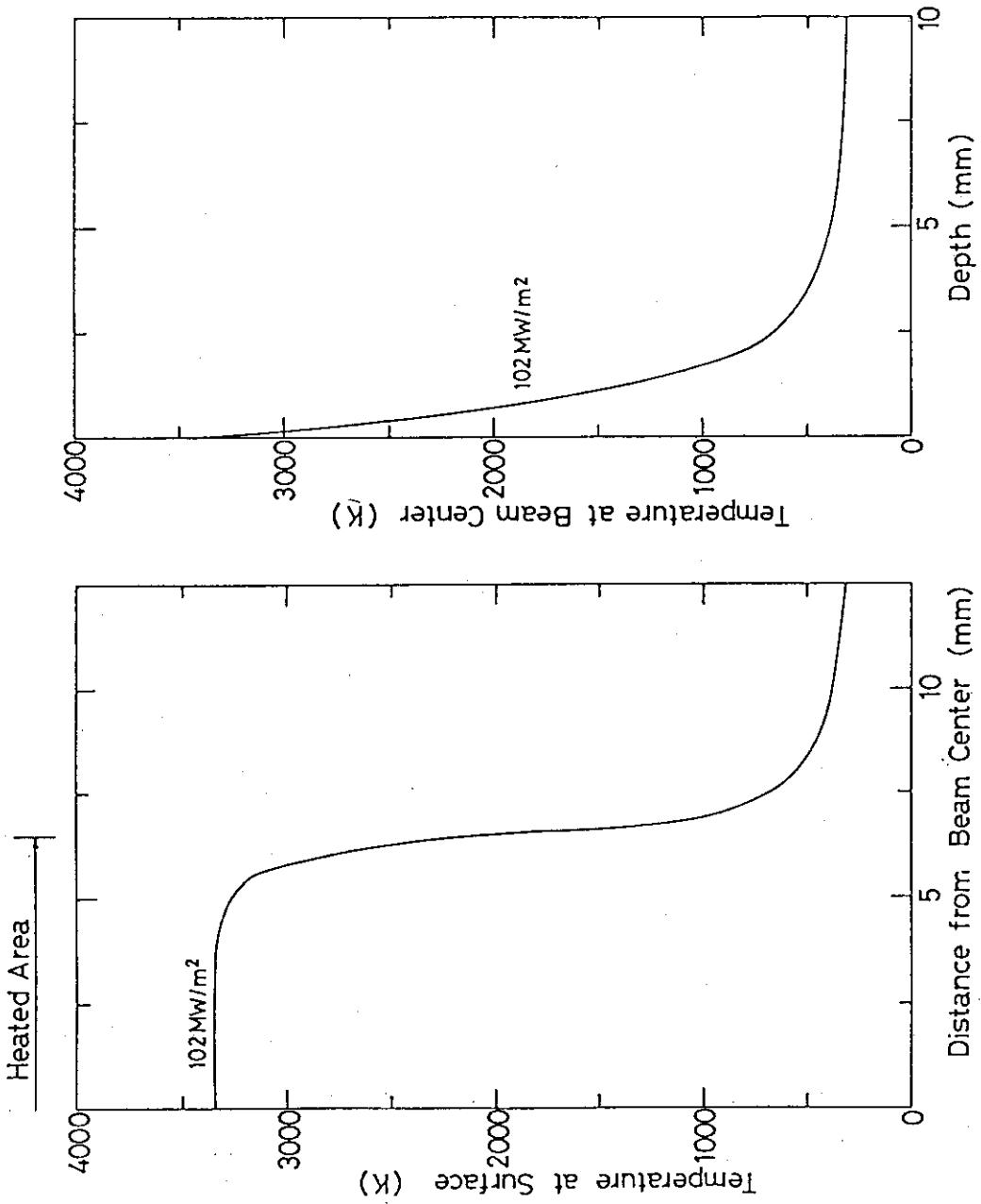


Fig. 9 Temperature profiles of stainless steel test specimen exposed to heat flux of 102 MW/m^2 for 100 ms, calculated with DREAM code.

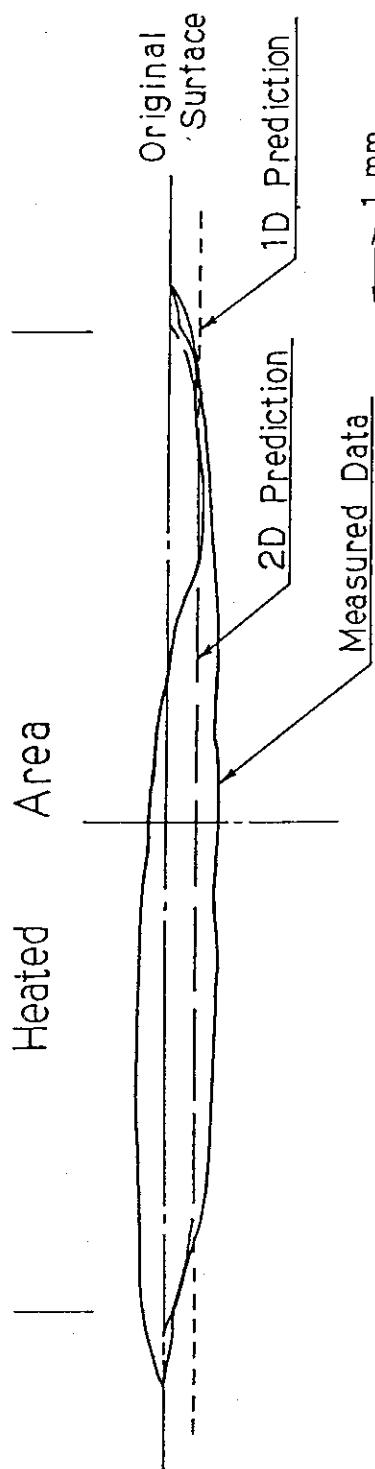


Fig. 10 Maximum melted thickness of stainless steel test specimen exposed to heat flux of 102 MW/m^2 for 100 ms, calculated with DREAM code. Resolidified layer through disruption simulation experiment is also illustrated.

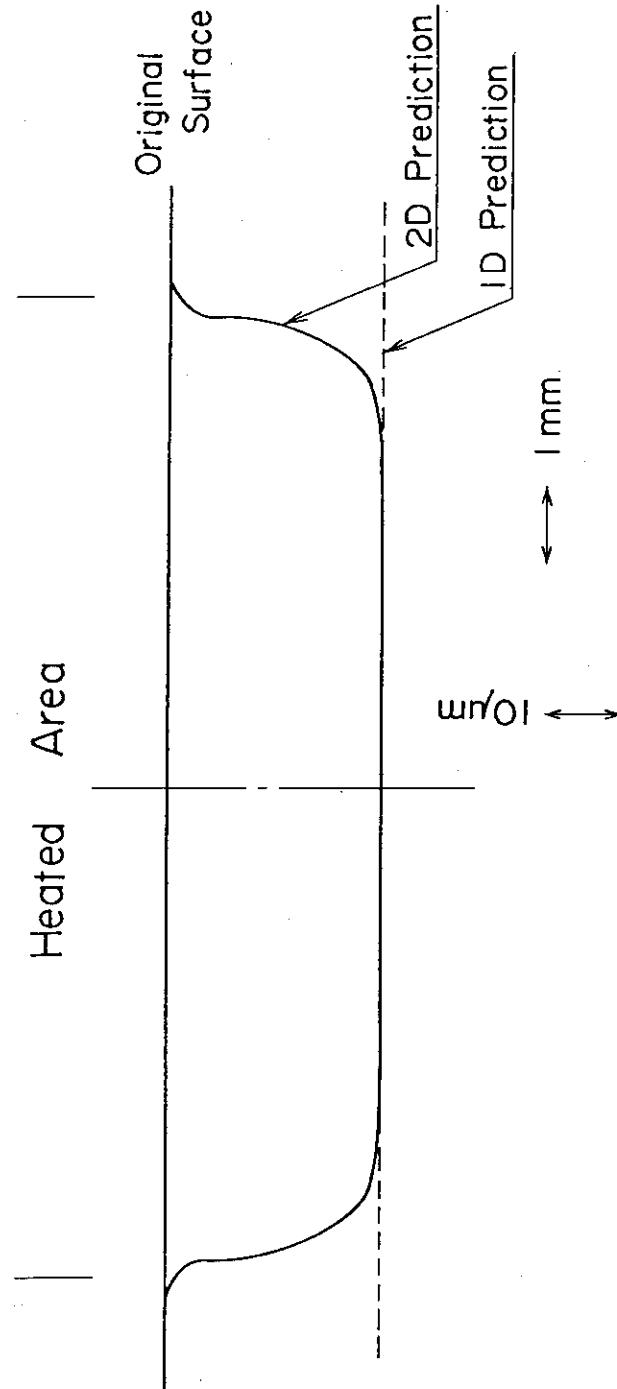


Fig. 11 Evaporated thickness of stainless steel test specimen exposed to heat flux of 102 MW/m^2 for 100 ms, calculated with DREAM code.

付録 DREAM入力マニュアル

D R E A M

V e r . 1 . 2

Disruption Thermal Response Analysis
Code With Evaporation And Melting

入力 M A N U A L

1986. 12. 26.

UNIT 5

CARD No. 1

TITLE(1) ~ TITLE (18)																		X	
'18 A 4																			
0	10	20	30	40	50	60	70	80											

1) TITLE(I) 作業タイトル, メモ (FT06出力)

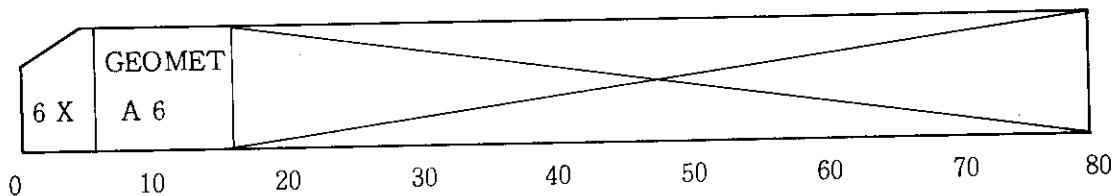
複数枚の入力可

ブランクカード

0	10	20	30	40	50	60	70	80
---	----	----	----	----	----	----	----	----

UNIT 5

CARD No. 2

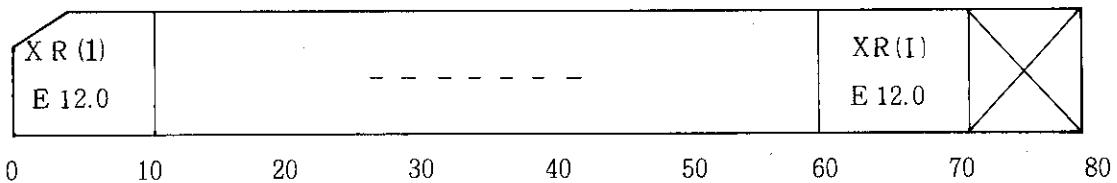


- 1) GEOMET 座標系指定
= RECTAN X - Y 座標系
(X が壁厚方向)
= CYLIND R - Z 座標系
(Z が壁厚方向)

ブランクカード



UNIT 5
CARD No. 3



- 1) XR(I) XあるいはR方向の座標データ
 ただし, $XR(1)=0$ で, $XR(I) < XR(I+1)$ であること。
 $2 \leq I_{max} \leq 90$ で, 何枚でも入力可

ブランクカード

0 10 20 30 40 50 60 70 80

UNIT 5
CARD No. 4

YZ(1) E 12.0	— — — —	YZ(J) E 12.0	
0 10 20 30 40 50 60 70 80			

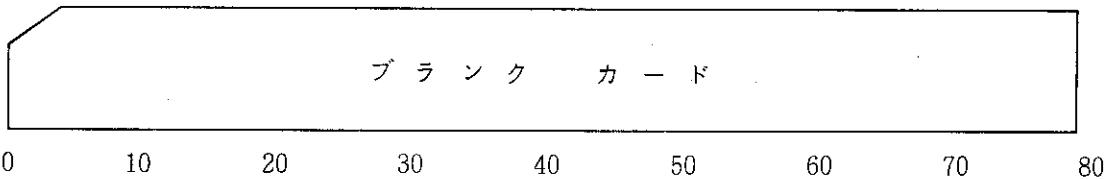
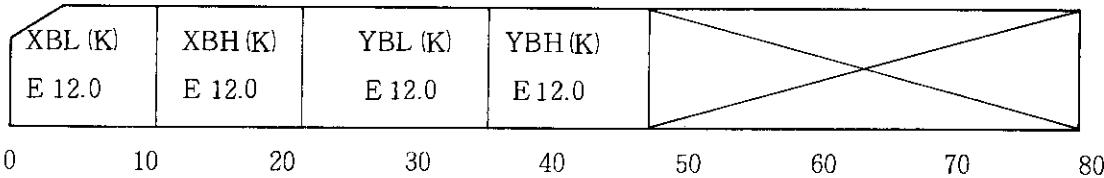
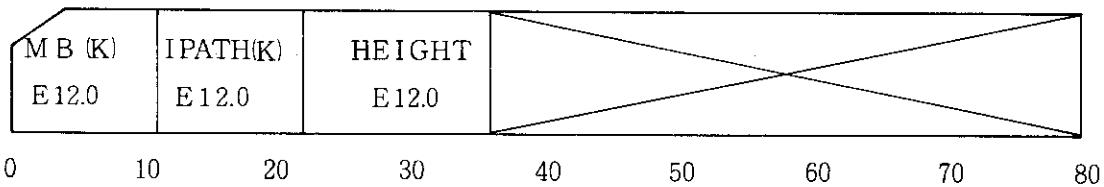
- 1) YZ(J) YあるいはZ方向の座標データ
 ただし、 $YZ(1)=0$ で $YZ(J) < YZ(J+1)$ であること。
 $2 \leq J_{\max} \leq 90$ で、何枚でも入力可

ブランクカード

0 10 20 30 40 50 60 70 80

UNIT 5

CARD No. 5 ~ 7

1) MB(K) 物質番号 ($MB(K) > 0$)冷却材番号 ($MB(K) < 0$)

= 1 : 表面第1メッシュ物質

= 2 : バレク物質

 ≤ 15 : 他の物質はユーザサプライサブルーチンにて指定可

- 1 : 通常冷却材

- 2 : } 断熱用冷却材

- 3 : }

2) IPATH(K) 冷却材流れ方向の指定 ($MB(K) > 0$ の場合不要)

= 1 : X または R 方向に平行

= 2 : Y または Z 方向に平行

= 3 : 平面に垂直

3) HEIGHT IPATH(K)= 3 の場合のブロック高さ (m)

($MB(K) > 0$ あるいは $IPATH(K) \neq 3$ の場合不要)

4) XBL(K) 当該ブロックの X あるいは R 方向の小さい側の境界座標 (m)

5) XBH(K) 当該ブロックの X あるいは R 方向の大きい側の境界座標 (m)

6) YBL(K) 当該ブロックの Y あるいは Z 方向の小さい側の境界座標 (m)

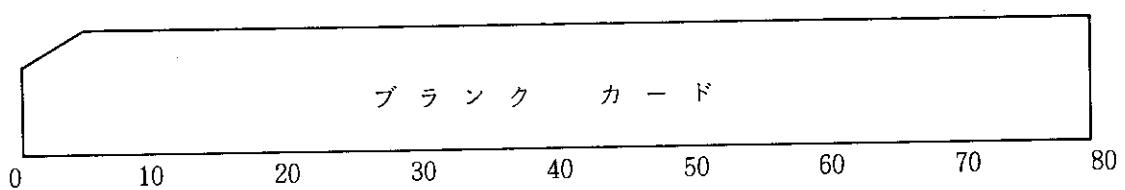
7) YBH(K) 当該ブロックの Y あるいは Z 方向の大きい側の境界座標 (m)

XBL(K), XBH(K) は X(R)(I) のいずれかの座標と, YBL(K), YBH(K) は Y(Z)(I) のいずれかの座標と一致すること。……CARD No 3, 4

境界冷却材ブロックでは XBL(K)=XBH(K) あるいは YBH(K), その他の通常ブ

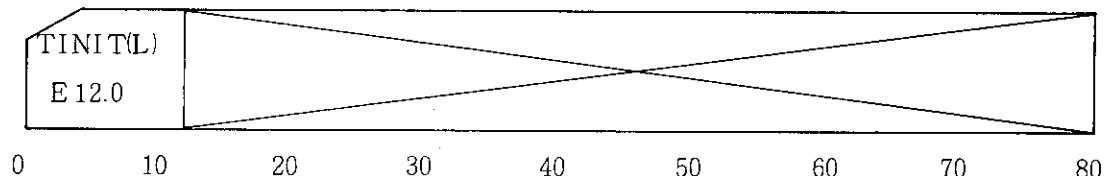
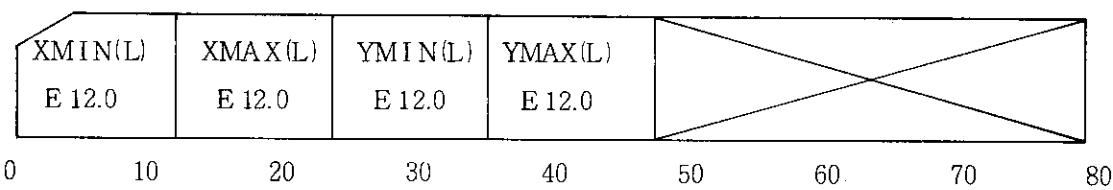
ロックでは $XBL(K) < XBH(K)$ および $YBL(K) < YBH(K)$

全計算領域が指定されるまで CARD No. 5 ~ 7 繰り返し, ただし, 重複は不可



UNIT 5

CARD No. 8 ~ 9



- 1) XMIN(L) L 番目の初期温度設定ブロックにおけるXあるいはR方向の小さい側の境界座標 (m)
- 2) XMAX(L) 当該ブロックのXあるいはR方向の大きい側の境界座標 (m)
- 3) YMIN(L) 当該ブロックのYあるいはZ方向の小さい側の境界座標 (m)
- 4) YMAX(L) 当該ブロックのYあるいはZ方向の大きい側の境界座標 (m)

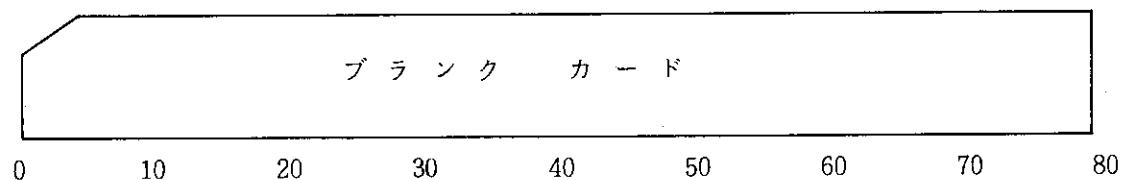
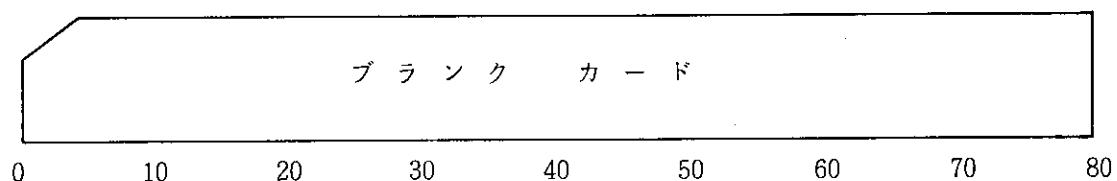
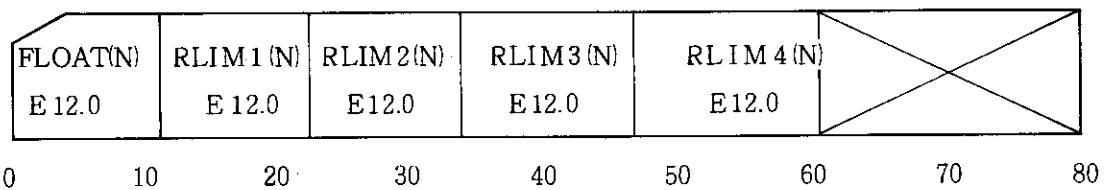
XMIN(L), XMAX(L)およびYMIN(L), YMAX(L)はXR(I), YZ(J)のいずれかの座標と一致すること。

$XMIN(L) < XMAX(L)$, $YMIN(L) < YMAX(L)$
- 5) TINIT(L) 当該ブロックの初期温度 (°C)

全計算領域が指定されるまで CARD No. 8 ~ 9 繰り返し, ただし重複は不可

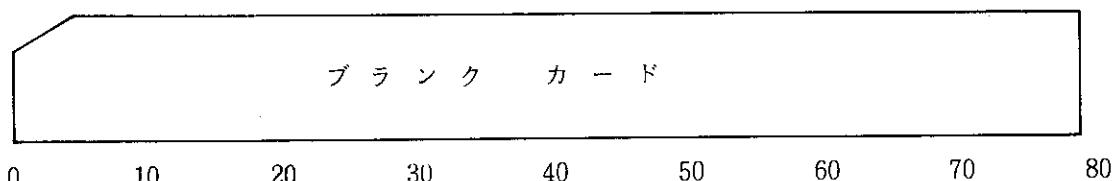
ブ ラ ン ク カ ー ド

UNIT 5
CARD No. 10 ~ 12



- 1) FLOAT(N) 冷却材番号（絶対値） 1 ~ 3
- 2) RLIM1(N) 0.
- 3) RLIM2(N) 1. }
4) RLIM3(N) 2. }
5) RLIM4(N) 3. } 本コードでは特に意味を持たない。

冷却番号 1 ~ 3 に対して、CARD No. 10 ~ 12 まで繰り返し



UNIT 5

CARD No. 13

FTIME(M)	DTIME(M)	PTIME(M)	FT	
E 12.0	E 12.0	E 12.0	E 12.0	

0 10 20 30 40 50 60 70 80

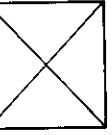
- 1) FTIME(M) このカードで指定する計算時間ステップを用いる最終時刻 (sec)
- 2) DTIME(M) 計算時間ステップ (sec)
- 3) PTIME(M) プリント出力 (FT 0 6) 頻度
- 4) FT 時間単位指定フラグ
1 : sec を使用

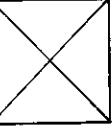
$1 \leq M \leq 20$ で何枚でも挿入可,
 ただし, $FTIME(M) < FTIME(M+1)$ であること。

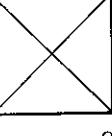
ブランクカード

0 10 20 30 40 50 60 70 80

UNIT 5
CARD No 14 ~ 16

A 1 E 12.0	A 2 E 12.0	A 3 E 12.0	A 4 E 12.0	A 5 E 12.0	A 6 E 12.0			
0	10	20	30	40	50	60	70	80

A 7 E 12.0	A 8 E 12.0	A 9 E 12.0	A 10 E 12.0	A 11 E 12.0	A 12 E 12.0			
0	10	20	30	40	50	60	70	80

A 13 E 12.0	A 14 E 12.0	A 15 E 12.0	A 16 E 12.0	A 17 E 12.0	A 18 E 12.0			
0	10	20	30	40	50	60	70	80

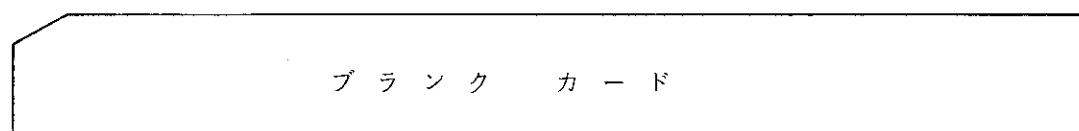
A 1 ~ A 18 関数コントロール定数
ユーザの定義に従って利用可

ブランクカード

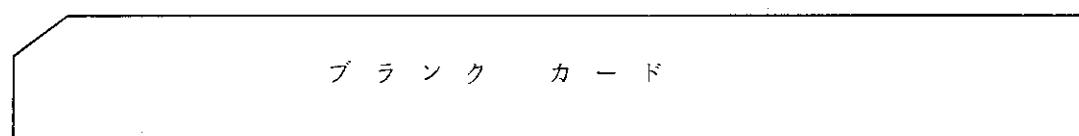
0 10 20 30 40 50 60 70 80

UNIT 5

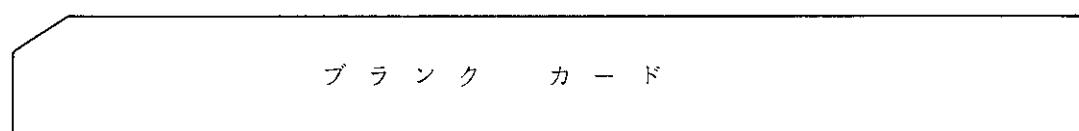
CARD No. 17 ~ 20



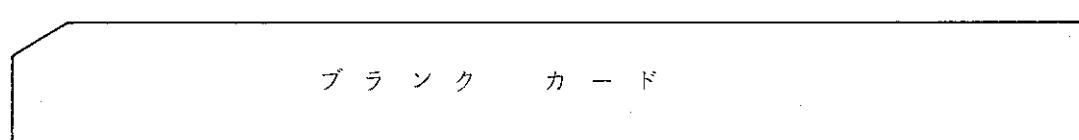
0 10 20 30 40 50 60 70 80



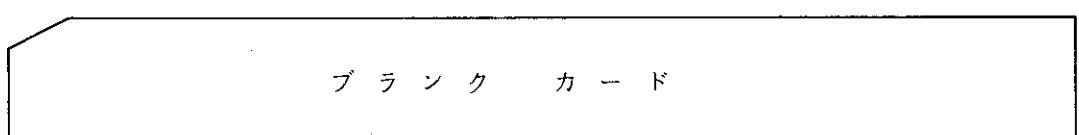
0 10 20 30 40 50 60 70 80



0 10 20 30 40 50 60 70 80



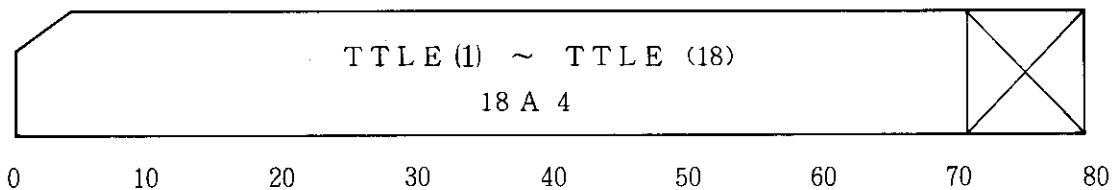
0 10 20 30 40 50 60 70 80



0 10 20 30 40 50 60 70 80

UNIT 55

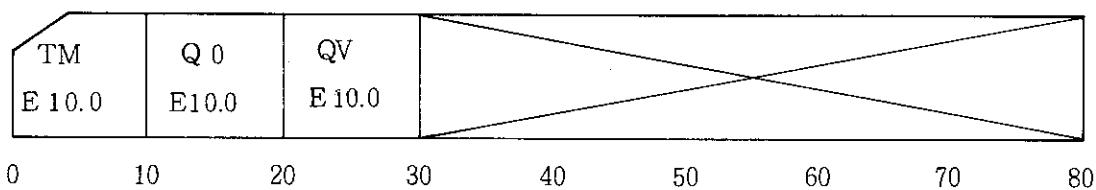
CARD No. 1



1) TTLE(I) ディスラプション出力 (FT66) 用タイトル

UNIT 55

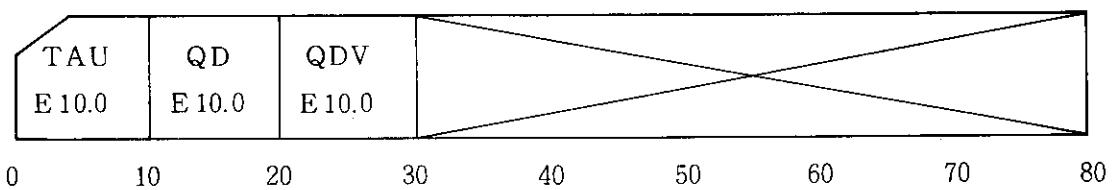
CARD No. 2



- 1) TM 予熱時間 (sec)通常運転模擬用
- 2) Q 0 予熱時間中の表面熱流束 (W/m²)
- 3) Q V 予熱時間中の体積発熱率 (W/m³)

UNIT 55

CARD No. 3

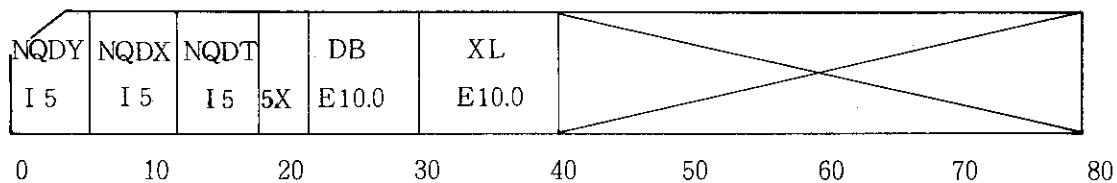


- 1) TAU ディスラプション時間(熱負荷時間) (sec)
- 2) QD ディスラプション時の表面熱流束 (W/m²)
- 3) QDV ディスラプション時の体積発熱率 (W/m³)

* 時間変動のオプションにより定義が異なるため CARD No. 4 参照

UNIT 55

CARD No. 4



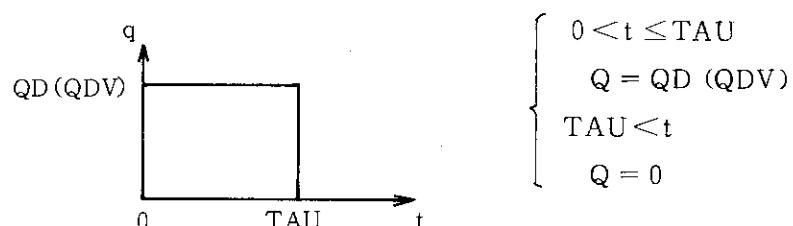
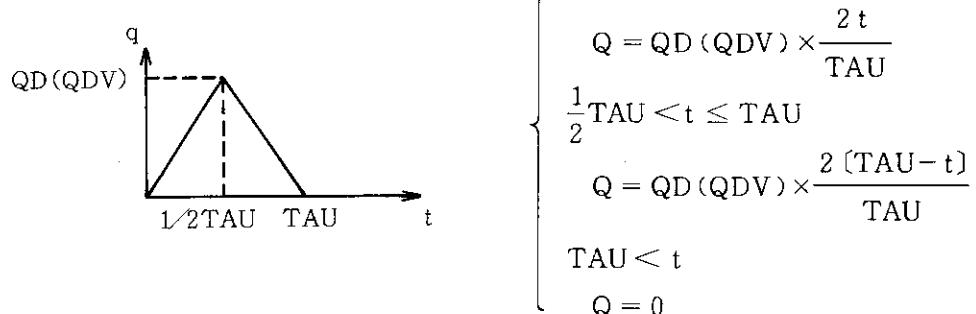
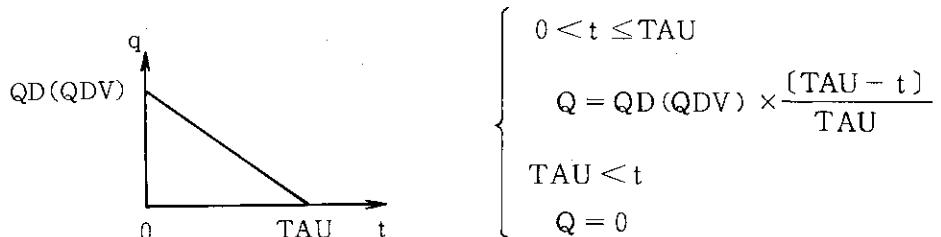
1) NQDY ディスラプション中の平面方向熱負荷分布を与えるデータ

 ≤ 20 (表関数) の組数 $= 0$: 一様

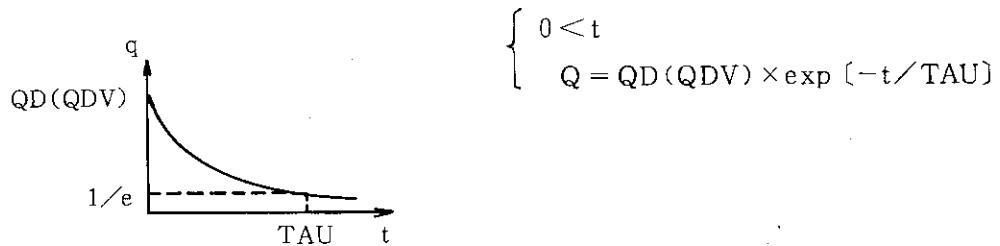
2) NQDX ディスラプション中の壁厚方向発熱率分布を与えるデータ

 ≤ 20 (表関数) の組数 $= 0$: 一様

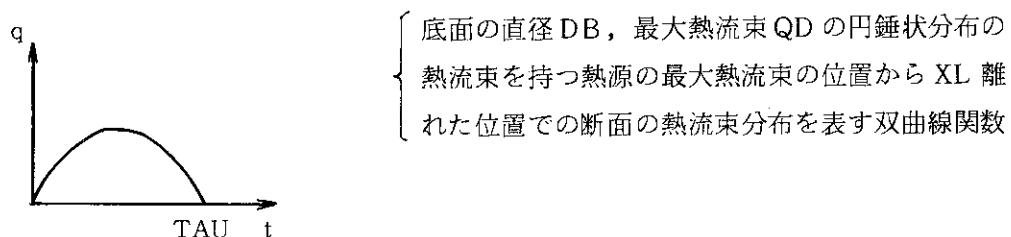
3) NQDT ディスラプション時の熱負荷の時間変動選定

 $-20 \leq NQDT \leq 4$ $= 0$: 一定 (矩形パルス) $= 1$: 3角波 $= 2$: 線形減衰

= 3 : 指数減衰



= 4 : 双曲線パルス



< 0 : 表関数入力

ABS(NQDT) 組の表関数で入力

CARD No. 5 参照

(以下は NQDT = 4 の場合のみ必要)

- | | |
|--------|------------------------|
| 4) DB | 円錐状分布を持つ熱源の直徑 (m) |
| 5) XL | 円錐状分布を持つ熱源の中心からのずれ (m) |

UNIT 55

CARD No. 5

(NQDT ≥ 0 の場合スキップ) CARD No. 4

RQDT(I) E10.0	TQD(I) E10.0	— — — — —	RQDT(I) E10.0	TQD(I) E10.0
0	10	20	30	40

50 60 70 80

I = 1 ~ ABS(NQDT) ≤ 20

1) RQDT(I) 時刻 TQD(I) における熱負荷の大きさ (相対値)

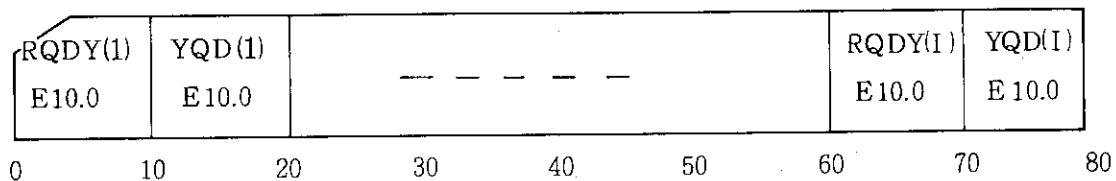
2) TQD(I) 時刻 (sec)

 $t = TQD(I)$ において表面熱流束 $q'' = q_0'' \times RQDT(I)$ 体積発熱率 $q'' = q_0'' \times RQDT(I)$

それ以外の時刻については最も近い 2 点から線形内外挿

UNIT 55

CARD No 6

(NQDY \leq 0 の場合スキップ) CARD No 4

$$I = 1 \sim NQDY \leq 20$$

1) RQDY(I) 表面に沿う方向の位置 YQD(I) における熱負荷の大きさ (相対値)

2) YQD(I) 表面に沿う方向の位置 (m)

 $y = YQD(I)$ の位置において

$$\text{表面熱流束} \quad q'' = q_0'' \times RQDY(I)$$

$$\text{体積発熱率} \quad q''' = q_0''' \times RQDY(I)$$

それ以外の位置については最も近い 2 点から線形内外挿

UNIT 55

CARD No. 7

(NQDX ≤ 0 の場合 スキップ) CARD No. 4

RQDX(1) E10.0	XQD(1) E10.0	— — — — —	RQDX(I) E10.0	XQD(I) E10.0
0	10	20	30	40

50 60 70 80

 $I = 1 \sim NQDX \leq 20$

1) RQDX(I) 壁厚方向の位置 XQD(I) における発熱率の大きさ (相対値)

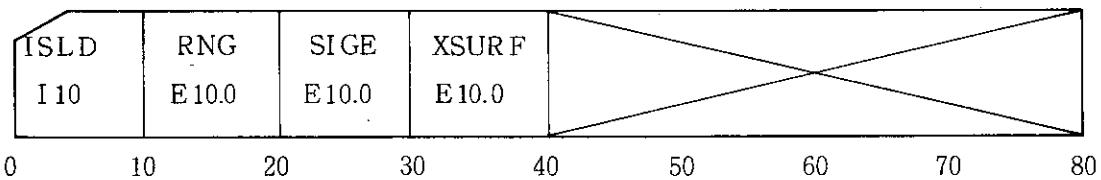
2) XQD(I) 壁厚方向の位置 (m)

 $X = XQD(I)$ の位置において体積発熱率 $q''' = q''_o \times RQDX(I)$

それ以外の位置については最も近い 2 点から線形内外挿

UNIT 55

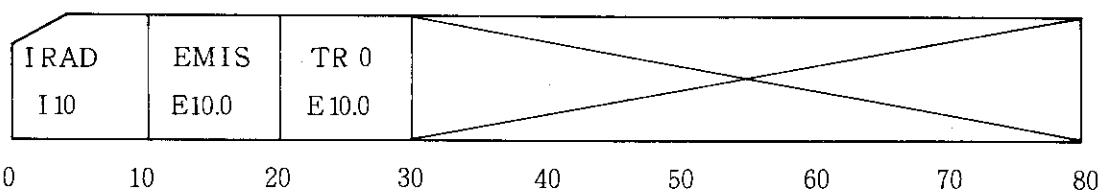
CARD No. 8



- 1) ISLD 蒸気シールドオプション
 = 0 蒸気シールドを考慮しない,
 = 1 蒸気シールドを考慮する。
- 2) RNG 入射粒子の壁中の飛程 (m)
- 3) SIGE 蒸発係数 (通常 1.0)
- 4) XSURF 壁厚方向表面第 1 メッシュの厚さ (m)
 (必ず入力必要)

UNIT 55

CARD No. 9



1) IRAD 放射熱損失オプション

= 0 放射熱損失を考慮しない。

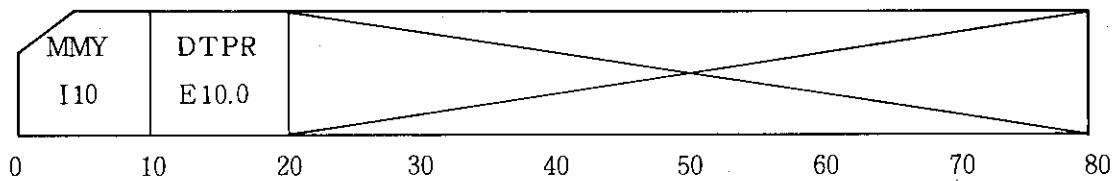
= 1 放射熱損失を考慮する。

2) EMIS 放射率

3) TR 0 対向面温度(K)

UNIT 55

CARD No. 10

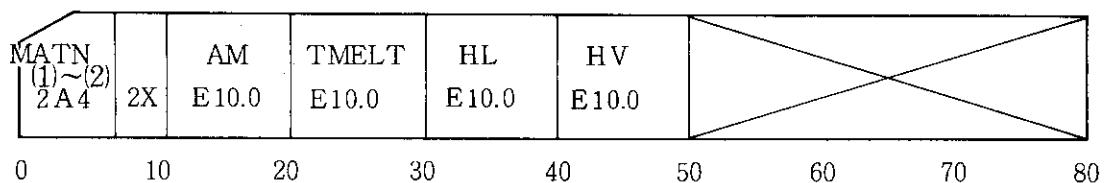


1) MMY ディスラプション出力 (FT66) の表面方向ポイント数

2) DTPR ディスラプション出力 (FT66) の頻度 (sec)

UNIT 55

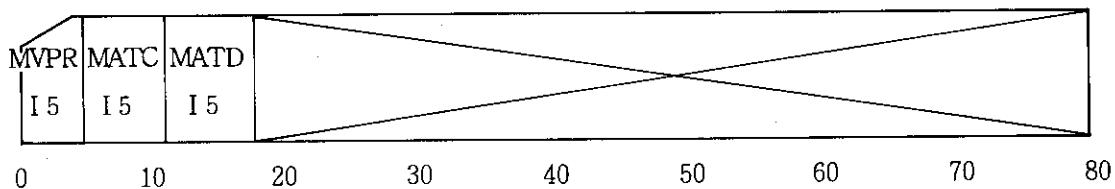
CARD No. 11



- 1) MATN(I) 壁材料名
- 2) AM 壁材料の原子量 (g/mole)
- 3) T MELT 壁材料の融点 (K)
- 4) H L 溶融潜熱 (J/kg)
- 5) H V 蒸発潜熱 (J/kg)

UNIT 55

CARD No 12



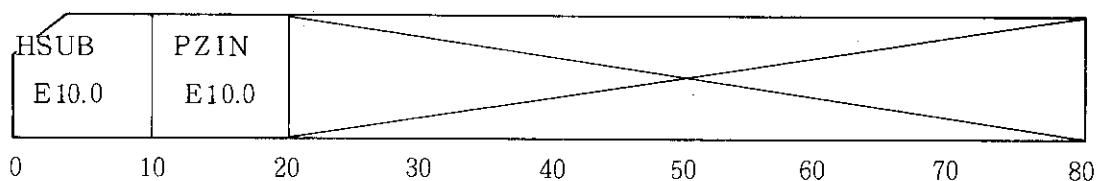
物性値入力方法のオプション

- 1) MVPR 蒸気圧の入力方式
 - = 0 式関数で入力
 - = 1 表関数で入力
- 2) MATC 熱伝導率, 密度, 比熱の入力方式
 - = 0 式関数で入力
 - = 1 表関数で入力
- 3) MATD 冷却材オプション
 - = 0 断熱条件
 - = 1 背面は通常冷却材

UNIT 55

CARD No. 13

(MVPR = 1 の場合スキップ) CARD No. 12



1) HSUB

2) PZIN

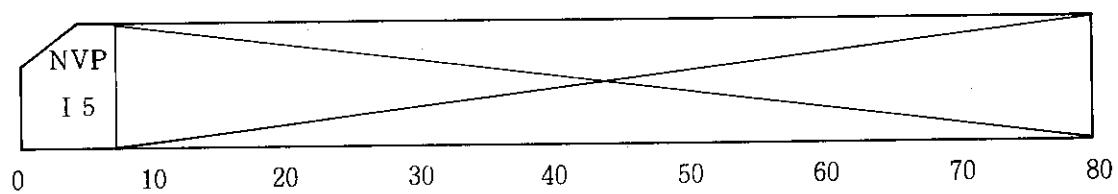
表面温度 $T_s(k)$ における飽和蒸気圧 $P_v(\text{Pa})$ を下記の式で求める。

$$\log P_v = \text{HSUB} / T_s + \text{PZIN}$$

UNIT 55

CARD No 14

(MVPR = 0 の場合スキップ) CARD No 12



10 NVP 蒸気圧のデータを与える表関数の組数

UNIT 55

CARD No. 15

(MVPR = 0 の場合スキップ) CARD No. 12

PVP(1) E10.0	TVP(1) E10.0	— — — — —	PVP(I) E10.0	TVP(I) E10.0
0	10	20	30	40
50	60	70	80	

 $I = 1 \sim NVP \leq 20$

1) PVP(I) 温度 TVP(I) における飽和蒸気圧 (Pa)

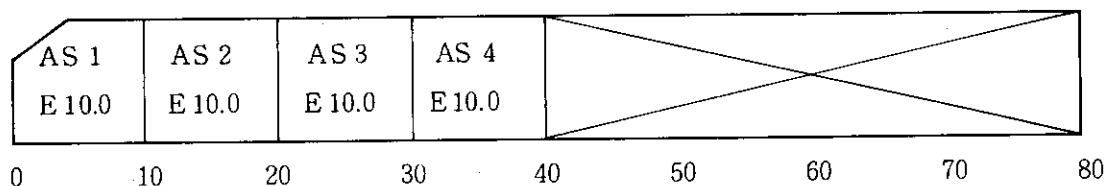
2) TVP(I) 温度 (K)

それ以外の温度については最も近い 2 点から対数内外挿

UNIT 55

CARD No 16

(MATC = 1 の場合スキップ) CARD No 12



1) AS 1

2) AS 2

3) AS 3

4) AS 4

固相での密度 ρ_s (kg/m^3) を次式で求める。

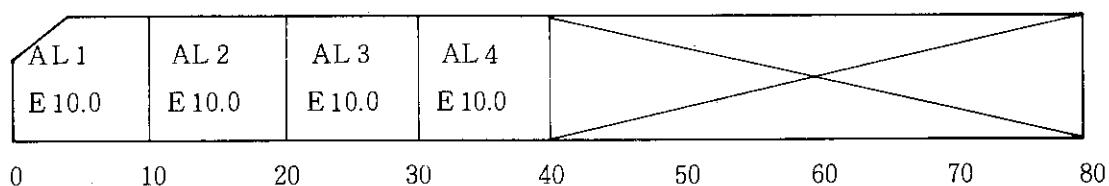
$$\rho_s = \text{AS 1} + \text{AS 2} \times T + \text{AS 3} \times T^2 + \text{AS 4} \times T^3$$

T (K) : 温度

UNIT 55

CARD No. 17

(MATC = 1 の場合スキップ) CARD No. 12)



1) AL 1

2) AL 2

3) AL 3

4) AL 4

液相での密度 ρ_{ℓ} (kg/m³) を次式で求める。

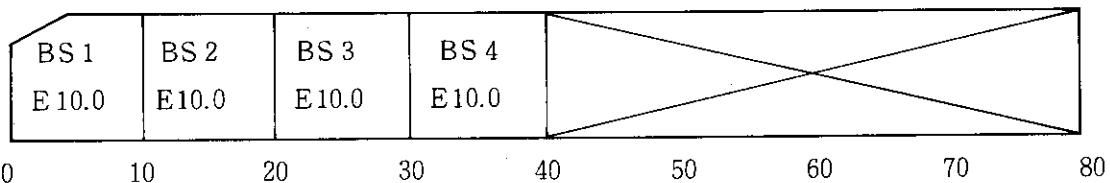
$$\rho_{\ell} = AL_1 + AL_2 \times T + AL_3 \times T^2 + AL_4 \times T^3$$

T (K) : 温度

UNIT 55

CARD No. 18

(MATC = 1 の場合スキップ) CARD No. 12



- 1) BS 1
- 2) BS 2
- 3) BS 3
- 4) BS 4

固相での熱伝導率 λ_s (W/mK) を次式で求める。

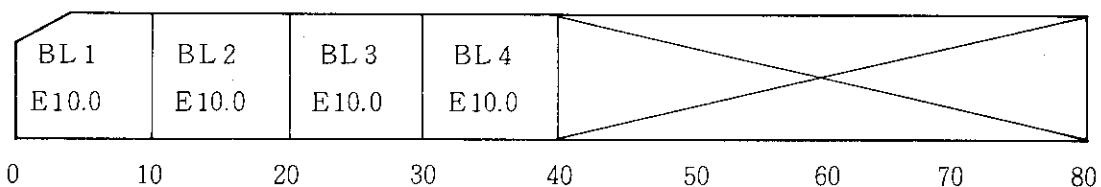
$$\lambda_s = BS 1 + BS 2 \times T + BS 3 \times T^2 + BS 4 \times T^3$$

T (K) : 溫度

UNIT 55

CARD No 19

(MATC = 1 の場合スキップ) CARD No 12



- 1) BL 1
- 2) BL 2
- 3) BL 3
- 4) BL 4

液相での熱伝導率 λ_ℓ (W/mK) を次式で求める。

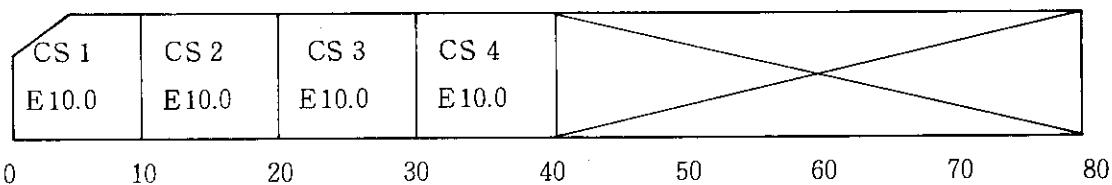
$$\lambda_\ell = \text{BL 1} + \text{BL 2} \times T + \text{BL 3} \times T^2 + \text{BL 4} \times T^3$$

T (K) : 温度

UNIT 55

CARD No. 20

(MATC = 1 の場合スキップ) CARD No 12



1) CS 1

2) CS 2

3) CS 3

4) CS 4

固相での比熱 C_{ps} (J/kg K) を次式で求める。

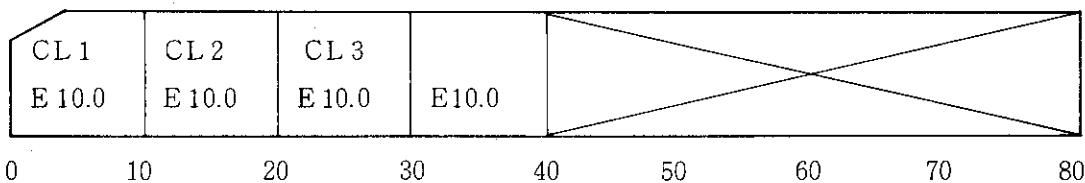
$$C_{ps} = CS 1 + CS 2 \times T + CS 3 \times T^2 + CS 4 \times T^3$$

T (K) : 温度

UNIT 55

CARD No. 21

(MATC = 1 の場合スキップ) CARD No. 12



- 1) CL 1
- 2) CL 2
- 3) CL 3
- 4) CL 4

液相での比熱 C_{pl} (J/kg K) を次式で求める。

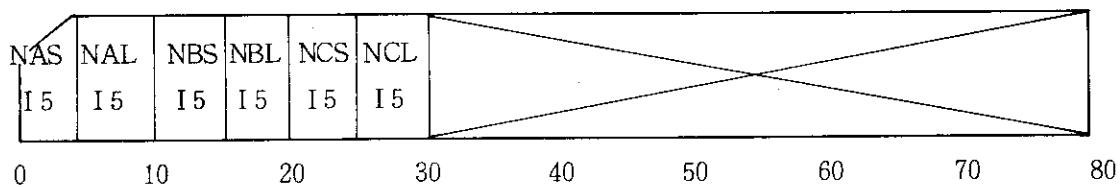
$$C_{pl} = CL_1 + CL_2 \times T + CL_3 \times T^2 + CL_4 \times T^3$$

T (K) : 温度

UNIT 55

CARD No. 22

(MATC = 0 の場合スキップ) CARD No. 12



- 1) NAS 固相の密度を与える表関数のデータ組数
- 2) NAL 液相の密度を与える表関数のデータ組数
- 3) NBS 固相の熱伝導率を与える表関数のデータ組数
- 4) NBL 液相の熱伝導率を与える表関数のデータ組数
- 5) NCS 固相の比熱を与える表関数のデータ組数
- 6) NCL 液相の比熱を与える表関数のデータ組数

UNIT 55

CARD No 23

(MATC = 0 の場合スキップ) CARD No 12

VAS(1) E 10.0	TAS(1) E 10.0	— — — —	VAS(I) E 10.0	TAS(I) E 10.0
0	10	20	30	40

50 60 70 80

 $I = 1 \sim \text{NAS} \leq 10$ 1) VAS(I) 温度 TAS(I) における固相の密度 (kg/m^3)

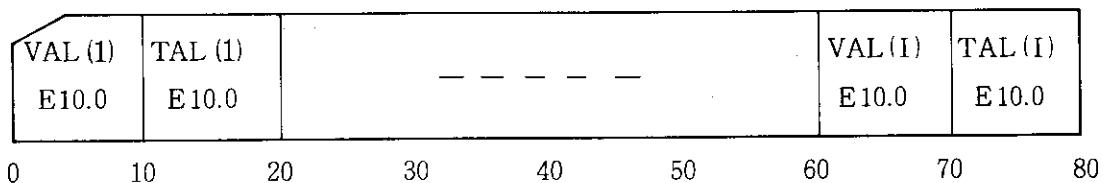
2) TAS(I) 温度 (K)

それ以外の温度については最も近い 2 点で線形内外挿

UNIT 55

CARD No. 24

(MATC = 0 の場合スキップ) CARD No. 12

 $I = 1 \sim NAL \leq 10$ 1) VAL(I) 温度TAL(I)における液相の密度 (kg/m^3)

2) TAL(I) 温度 (K)

それ以外の温度については最も近い2点で線形内外挿

UNIT 55

CARD No. 25

(MATC = 0 の場合スキップ) CARD No. 12

VBS(1) E 10.0	TBS(1) E 10.0	— — — —	VBS(I) E 10.0	TBS(I) E 10.0
0	10	20	30	40

50 60 70 80

 $I = 1 \sim NBS \leq 10$

1) VBS(I) 温度 TBS(I) における固相の熱伝導率 (W/mK)

2) TBS(I) 温度 (K)

それ以外の温度については最も近い 2 点で線形内外挿

UNIT 55

CARD № 26

(MATC = の場合スキップ) CARD № 12

VBL(1) E10.0	TBL(1) E10.0	— — — — —	VBL(I) E10.0	TBL(I) E10.0
0	10	20	30	40

50 60 70 80

$$I = 1 \sim NBL \leq 10$$

1) VBL(I) 温度 TBL(I) における液相の熱伝導率 (W/mK)

2) TBL(I) 温度 (K)

それ以外の温度については最も近い 2 点で線形内外挿

UNIT 55

CARD No. 27

(MATC = 0 の場合スキップ) CARD No. 12

VCS(1) E10.0	TCS(1) E10.0	— — — —	VCS(I) E10.0	TCS(I) E10.0				
0	10	20	30	40	50	60	70	80

I = 1 ~ N ≤ 10

1) VCS(I) 温度 TCS(I)における固相の比熱

2) TCS(I) 温度 (K)

それ以外の温度については最も近い 2 点で線形内外挿

UNIT 55

CARD No. 28

(MATC = 0 の場合スキップ) CARD No. 12

VCL(1) E10.0	TCL(1) E10.0	— — — — —	VCL(I) E10.0	TCL(I) E10.0
0	10	20	30	40

50 60 70 80

 $I = 1 \sim N \leq 10$

1) VCL(I) 温度 TCL(I)における液相の比熱

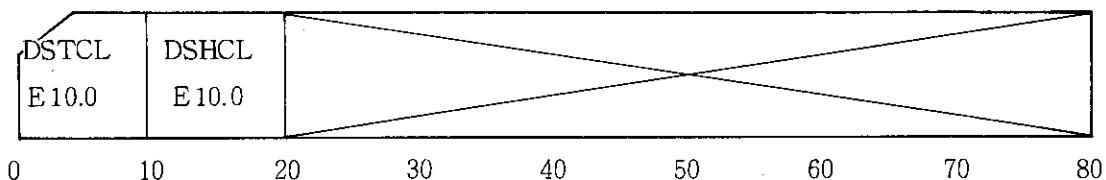
2) TCL(I) 温度 (K)

それ以外の温度については最も近い 2 点で線形内外挿

UNIT 55

CARD No 29

(MATD = 0 の場合スキップ) CARD No 12

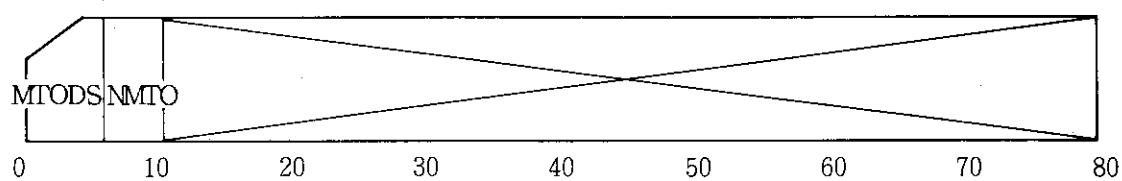


1) DSTCL 背面(表面熱流束の入らない側)に存在する通常冷却材の温度 (K)

2) DSHCL 背面に存在する通常冷却材の熱伝達率 (W/m²K)

UNIT 55

CARD No. 30



応力解析に使用するための時間, 座標, 温度データ出力設定

- 1) MTODS 時間, 座標, 温度データの出力ユニット番号
= 0 応力解析用出力なし
- 2) NMTO 時間, 座標, 温度データ出力頻度に関する。
≤ 20 データ組数

UNIT 55

CARD No 31

(MTODS = 0 の場合スキップ)

DTMT(1) E 10.0	ETMT(1) E 10.0	— — — — —	DTMT(I) E 10.0	ETMT(I) E 10.0
0	10	20	30	40

50 60 70 80

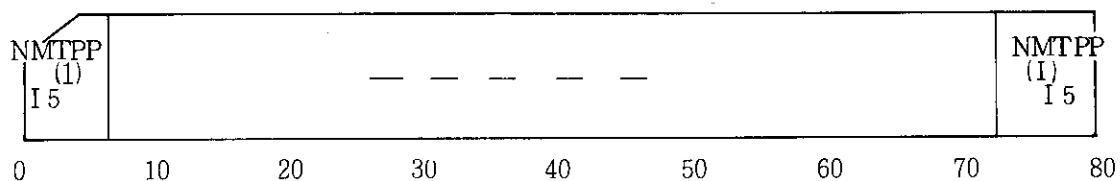
 $I = 1 \sim NMTO \leq 20$

- 1) DTMT(I) ユニット MTODS に時間, 座標, 温度のデータを出力する時間増分 (sec)
- 2) ETMT(I) 時間増分 DTMT(I)を用いて最終時刻 (sec) ただし, ETMT(NMTO) は計算最終時刻より大であること。

UNIT 55

GARD No 32

(MTODS = 0 の場合スキップ)

 $I = 1 \sim NMTO \leq 20$ 1) NMTPP(I) ユニット MTODSに出力している時間, 座標, 温度のデータをユニット 67
(プリント出力)に出力する頻度。

DTMT(I) * NMTPP(I) (sec) 毎に出力される。