

JAERI-M
89-014

再処理施設における事故時放射性物質移行解析コードTRANS-ACEの開発

1989年2月

西尾 軍治・阿部 仁・内藤 俣孝

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。
入手の問合わせは、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、お申しこしてください。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, Tokai-mura, Naka-gun,
Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1989

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 日立高速印刷株式会社

再処理施設における事故時放射性物質移行解析コード
TRANS-ACEの開発

日本原子力研究所東海研究所燃料安全工学部
西尾 軍治・阿部 仁・内藤 俣孝

(1989年1月23日受理)

火災、爆発事故下での再処理施設セル換気系の安全性を評価できるように、米国ロスアラモス国立研究所で開発された1次元圧縮性熱流動解析コードEVENTに、エアロゾルや放射性物質の移行及びセル・ダクト内の熱流動そして爆発事故下でのソースターム計算機能を付加して、TRANS-ACEコードを作成した。本計算コードは、事故が発生した場合のセル換気系内における圧力、温度のみならず物質伝播及び最終的に高性能エアフィルタ(HEPAフィルタ)を通して施設外に放出される放射性物質量を算出する。

本報告書は、TRANS-ACEコードの使用手引書であると同時にプログラム内容説明書でもある。

Development of the Computer Code TRANS-ACE for Analysing Radioactive
Materials Transport in Reprocessing plants under Accidental Conditions

Gunji NISHIO, Hitoshi ABE and Yoshitaka NAITO

Department of Fuel Safety Research
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 23, 1989)

The computer code TRANS-ACE has been developed for safety evaluation of cell-ventilation system of reprocessing plants under postulated fire or explosion accident conditions, by adding the functions to the one dimensional compressible heat flow analysis code EVENT developed by Los Alamos National Laboratory of USA for calculating the transport of aerosol or radioactive material, heat flow dynamics and source terms under the condition of explosion.

This code can not only calculate pressure, temperature but also material transport and finally the quantity of released radioactive materials passed through the High Efficiency Air Filter (HEPA filter).

This document is detailed an explanation on the code as well as user's manual.

Keywords: Reprocessing Plants, TRANS-ACE Code, Radioactive Materials Transport, Aerosol, HEPA Filter

目 次

1. はじめに	1
2. TRANS-ACE	4
2.1 概 要	4
2.2 システムモデル	8
2.3 解析機能	8
3. 解析モデル	18
3.1 セル及びダクト内の熱流動解析	18
3.2 セル及びダクト内の熱伝導解析	22
3.3 エアロゾルの移行解析	24
3.4 HEPAフィルタの解析	27
3.5 火災源の解析	30
3.6 爆発源の解析	34
3.7 放射性物質の閉じ込め解析	36
3.8 セル換気系の初期流動抵抗解析	41
3.9 ダンパの開閉解析	43
3.10 タイムステップ機能の解析	44
4. 入力及び出力説明	55
4.1 入力説明	55
4.2 出力説明	81
5. プログラム構造説明	83
5.1 プログラム構造	83
5.2 プログラム内容の説明	83
6. サンプル計算	100
6.1 対象プラント	100
6.2 計算条件	100
6.3 計算結果	102
7. おわりに	158
文 献	159
付録1 HEPAフィルタの流動抵抗	161
付録2 溶媒火災時のHEPAフィルタの目詰まり抵抗	162
付録3 HEPAフィルタのエアロゾル捕集のDF値	164
付録4 溶媒燃焼による発熱量	165
付録5 煤煙の粒度分布	166
付録6 燃焼ガスの発生量	166

付録 7	爆発による燃焼ガスの発生量	167
付録 8	引火性気体の爆発による燃焼の化学式	169
付録 9	逆流防止ダンパ(逆止弁)の作動	170

Contents

1. Introduction	1
2. TRANS-ACE	4
2.1 Outline	4
2.2 System models	8
2.3 Analytical Functions	9
3. Analytical Models	18
3.1 Analysis of Heat Flow at Cell and Duct	18
3.2 Analysis of Heat Transport at Cell and Duct	22
3.3 Analysis of Transport of Aerosol	24
3.4 Analysis of HEPA Filter	27
3.5 Analysis of Fire Source	30
3.6 Analysis of Explosion Source	34
3.7 Analysis of Confinement of Radioactive Materials	36
3.8 Analysis of Intial Flow Resistance in Cell-Ventilation System ...	41
3.9 Analysis of Opening and Closing of Dumper	43
3.10 Analysis of Time Step Function	44
4. Explanation of Input and Output	55
4.1 Explanation of Input	55
4.2 Explanation of Output	81
5. Explanation of Program Structure	83
5.1 Program Structure	83
5.2 Explanation of Program Contents	83
6. Sample Calculation	100
6.1 Object Plant	100
6.2 Calculation Condition	100
6.3 Calculation Result	102
7. Conclusion	158
Reference	159
Appendix 1 Flow Resistance of HEPA Filter	161
Appendix 2 Choking Model of HEPA Filter under Solvent Fire	162
Appendix 3 DF-value of Aerosol Filtration of HEPA Filter	164
Appendix 4 Heating Value by Solvent fire	165
Appendix 5 Particle Size Distribution of Smoke	166
Appendix 6 Production of Combution Gas	166

Appendix 7 Production of Combustion Gas by Explosion 167

Appendix 8 Chemical Equation of Combustion by Explosion of Inflammable
Gas 169

Appendix 9 Opening and Closing of Back Current Check Dumper
(Check Valve) 170

記号の説明

記号	記号
A : 面積 (m^2)	d : 燃焼皿の円相当直径 (m)
An_k : スリップファクタ (-)	DF : 放射性物質の気相放出係数又は除染係数 (-)
a : ガスの温度伝導率 (m^2/s)	E_f : フィルタのエアロゾル捕集効率 (-)
B : 拡張されたスポルデンクのB値 (-)	\dot{E}_s : エネルギー・ソース (J/s)
B_G : 燃焼ガスの発生速度 (kg/s)	\dot{E}_{ST} : 爆発のエネルギー・ソース (J/s)
B_{Ti} : i 粒子煤煙の発生速度 (kg/s)	E_{to} : 沈着率 (-)
C : エアロゾルの重量濃度 (kg/m^3)	E_T : 爆発エネルギー (J)
C^* : ガス状の放射能濃度 (C_i/m^3)	e_F : 放射性物質の同伴係数 (-)
C_F : エアロゾル放射能の気相濃度 (C_i/m^3)	F : 流量 (m^3/s)
C_e : 限界酸素濃度 (kg/m^3)	F_a : 爆発係数 (= 4 ~ 8)
C_o : 液相中の溶質濃度 (kg/l)	F_c : 爆発燃焼熱係数 (= 2.5)
C_{org} : 溶媒相中の核種の放射能濃度 (C_i/l)	F_{eq} : TNT火薬換算係数 (-)
C_p : 定圧比熱 ($J/kg \cdot K$)	f : 燃焼酸素化学当量 (-)
C_s : エアロゾルの重量濃度 (kg/m^3)	f_c : 管摩擦係数 (-)
C_{sv} : 音速 (m/s)	f_v : 弁の開閉率速度 ($\%/s$)
C_v : 定容比熱 ($J/kg \cdot K$)	Gr : グラスホッフ数 (-)
C_w : 溶媒相中の核種の放射能濃度 (C_i/l)	g : 重力加速度 (m/s^2)
D : 分配係数 (-)	ΔH : 溶媒の燃焼熱 (J/kg)
D_a : ダクト直径 (m)	h : 熱伝達係数 ($J/m^2 s \cdot ^\circ C$)
D_g : 幾何平均直径 (μm)	J_{rad} : セル壁に移行する熱速度 (J/s)
D_h : 水力直径 (m)	K_{eff} : ブランチの抵抗 (-)
D_p : エアロゾル (煤煙) の粒子径 (μm)	K_f : 損失係数 (-)
D_s : Stokes-Einsteinの拡散係数 (m^2/s)	K_L : フィルタの層流抵抗係数 ($m^{-1/2}$)

記号	記号
K_n : クヌーセン数 [$= \ell / r$] (-)	\dot{m}_b : 溶媒の燃焼速度 (kg / s)
K_T : フィルタの乱流抵抗係数 (-)	\dot{m}_F : 放射性核種の移行速度 (Ci / s)
k : ボルツマン定数 [$= 1.380662 \times 10^{-23}$] (J / K)	\dot{m}_{fu} : 溶媒の質量消費速度 (kg / s)
k_o : 変換係数 ([mH ₂ O] 又は [PA])	\dot{m}_{H_2O} : 水相の消費速度 (kg / s)
L : 長さ (m)	\dot{m}_k : ブランチ k の質量流量 (kg / m ³)
L_{fu} : 溶媒の蒸発潜熱 (J / kg)	\dot{m}_s : エアロゾルの発生速度 (kg / s)
L_{org} : 溶媒体積 (m ³)	Nu : ヌッセルト数 (-)
L_s : フィルタ 1 台あたりに捕集された煤煙の負荷量 (g / 台)	n : 換気回数 (回 / h)
L_{so} : 全フィルタに捕集された煤煙の全重量 (kg)	n_o : モル数 (mol)
ℓ : ブランチの長さ (m)	P : 圧力 (Pa)
M : 燃焼ガスの重量分率 (-)	ΔP : 圧力差 (Pa)
M_j : マッハ数 (-)	ΔP_o : フィルタの圧力差 (Pa)
M_a : 放射性エアロゾルの重量 (kg)	P_r : プラントル数 (-)
M_F : 放射能 (Ci)	P_s : 目詰りによるフィルタ差圧上昇率 (-)
M_{H_2O} : 液滴エアロゾルの重量 (kg)	\dot{Q} : 体積流量 (m ³ / s)
M_p : エアロゾルの重量 (kg)	Q_B : ガス相への熱移動量 (J / s)
M_s : 質量放出速度 (kg / s)	\dot{Q}_{TB} : 燃焼の発熱速度 (J / s)
\dot{M}_s : 質量ソース (kg / s)	q_D : ブランチ k のガスからダクト壁への単位時間当りの熱量 (J / s)
M_{sp} : 爆発物から発生したエアロゾルの重量 (kg)	\dot{q}_c : ノード内ガスから壁への単位時間当りの熱量 (J / s) [$= \alpha_{in} (T_g - T_{wi}) + J_{rad}$]
M_T : 爆発物の重量 (kg)	R : 気体定数 [$= 286.7$] (J / kg · K)
\dot{m} : 質量流量 ($= \rho \dot{Q}$)	R_d : ダクト半径 (m)
m_a : ガス分子の質量 ($= 4.81564 \times 10^{-26}$) (kg)	R_f : 曲率半径 (m)
\dot{m}_B : ボイルオーバ燃焼時の溶液の消費速度 (kg / s)	

記号	記号
R^+ : 無次元化管半径 [$= R \cdot u^* / \nu$] (-)	u_t : 重力沈降速度 [$\rho_p D_p^2 g / (18 \mu)$] (m/s)
Re : レイノルズ係数 [$2 R v_{ave} / \nu$] (-)	V : 体積 (m^3) 又は流量 (m^3/s)
r : エアロゾルの半径 (m)	V_{av}^+ : 無次元化平均流体速度 [$= v_{ave} / u^*$] (-)
S : セル壁の面積 (m^2)	V_f : 流速 (m/s)
s : 抽出器相当段数 (段)	v_k : ブランチ k の流量 (m/s)
St : 無次元化停止距離 [$0.9 \rho_p D_p^2 u^{*2} / (18 \mu \nu)$] (-)	V_o : 空間体積 (m^3)
St_{av} : 平均ストークス数 (-)	V_{org} : 溶媒相の体積 (m^3)
S_v : 弁の開口断面積 (m^2)	V_s : 溶媒プール液面の降下速度 (m/s)
$S_j^{(1)}$: ノード j のエアロゾル発生速度 (kg/s)	V_w : 水相の体積 (m^3)
$S_j^{(2)}$: ノード j のエアロゾル消滅速度 (kg/s)	v : 弁を流れる流体の流速 (m/s)
T : 温度 ($^{\circ}C$)	v_a : 沈着速度 (m/s)
T_b : 沸点の温度 ($^{\circ}C$)	v_{ave} : ダクト内流速 (m/s)
T_g : 流体温度 ($^{\circ}C$)	v_D : 層流における拡散沈着速度 (m/s)
T_L : L 位置の温度 ($^{\circ}C$)	v_S : 重力沈降速度 (m/s)
T_S : ガス相あるいは溶媒液面の温度 ($^{\circ}C$)	v_T : 熱泳動沈着速度 (m/s)
T_w : 壁面温度 ($^{\circ}C$)	W_T : エアロゾル粒子の重量分率 (-)
T_{∞} : セル無限大位置の気相温度 ($^{\circ}C$)	x : ドデカンの体積分率 (-)
t : 時間 (s)	Y_{OX} : セル無限大位置から火炎面への酸素の推進力 (-)
t_e : 鎮火時間 (s)	
U : 爆発放出エネルギー量 (J)	
u : 爆発生成物の内部エネルギー (J/mol)	
u_o : 流速 (m/s)	
u^* : 摩擦速度 [$= \sqrt{f/2 \cdot v_{ave}}$] (m/s)	

記号	記号
(ギリシャ文字)	(添字)
Γ : 放射能濃度 (Ci/l)	B : ボイルオーバ燃焼
α : 熱伝達率 ($J/m^2 \cdot s \cdot ^\circ C$)	b : 燃焼又は沸点
α_E : 溶媒の比揮発度 (-)	fu : 溶媒相
γ : 輻射率の燃焼パラメータ (-)	fuel: 溶媒相
γ_c : 比熱比 (-)	g : ガス相
γ_{ST} : 爆発による輻射率の燃焼パラメータ (-)	i : 核種の種類又は番号
δ : 溶媒と水相の蒸発燃焼パラメータ (-)	in : ガスから壁内側へ
δ_g : 濃度境界層厚さ (m)	j : セルの番号
ε : 溶媒相の温度上昇率の燃焼パラメータ (-)	k : セル・ブランチの番号
ε_f : 配管の絶対粗度 (m)	L : 任意位置又は沸点
ε_0 : ステファン・ボルツマン定数 ($J/m^2 s^\circ K^4$)	o : 基準値又は総括値
η : 放射性核種のガス化率 (-)	O ₂ : 酸素
θ : 重力方向を基準にした角度 (-)	org : 溶媒相
χ : 煤煙発生係数 (-)	ox : 酸素
λ : 熱伝導率 ($J/m s^\circ C$)	out : 外気から壁外側へ
μ : 粘性係数 ($kg/m s$)	s : エアロゾル (煤煙)
ν : 動粘性係数 (m^2/s)	w : 壁
ξ : 溶媒燃焼率の燃焼パラメータ (-)	∞ : 無限大
ρ : 密度 (kg/l)	
σ : 輻射率 (-)	
ϕ : フィードバック輻射率の燃焼パラメータ (-)	
ϕ_d : ダクトの傾斜角 [$\phi = 0^\circ$: 水平, $\phi = 90^\circ$: 垂直] (-)	
ω : 放射能とエアロゾルの重量の比 (Ci/kg)	
σ_g : 幾何標準偏差 (-)	

1. はじめに

再処理施設の主要な設備は、有機溶媒や硝酸等を使用して使用済核燃料を再処理する化学プラントとすることができる。したがって、その事故は、一般産業の災害と多くの共通点をもっている。しかし、再処理施設では放射性物質を取り扱うために、放射性物質の閉じ込めに関して多重の安全設備が施されていることが特徴となる。即ち、再処理施設で万一事故が起こった場合でも、放射性物質を直接環境に漏洩させないように多重のバリアからなる防護設備が備えられている。これら防護設備の1つとして、再処理施設のセルには、「セル換気系」と呼ばれる給排気系が連結されている。セル換気系とは、セルとダクトをネットワーク状に結んで再処理施設全体を負圧に保つ放射性物質の閉じ込め系である。セル換気系の最終バリアには高性能エアフィルタ（以下、HEPAフィルタと呼ぶ）が備えられている。

再処理施設で想定される火災・爆発及び臨界において、セル換気系内の流体の熱流動や物質の移流は放射性物質の閉じ込め効果に密接に関係している。即ち、火災ではセル内の熱流動挙動が溶媒火災の状況や放射性物質の移行に、爆発ではセル内の爆圧や爆風がダクト内を伝播してHEPAフィルタの健全性に影響を与えることが考えられる。臨界を想定した場合でも、塔槽類をつなぐ「槽類換気系」内の放射性物質の移行が問題となる。これら放射性物質の移行を解析するためには、事故が発生したセルからダクトに伝播する流体の温度、圧力及び流量の過渡変化を熱流動解析によって求めることが必要となる。

核燃料施設における換排気系の爆発を対象にした安全性解析コードとしては、米国ロスアラモス国立研究所(LANL)で開発された公開の1次元圧縮性熱流動解析コード「EVENT」が有名である¹⁾。EVENTは、換排気系の内部をいくつかの体積(セル等)要素と抵抗(ダクト等)要素に分け、圧力(密度)と温度は体積要素で、流量は抵抗要素で集中定数的に求めるノード・ジャンクション法を採用している。ノード・ジャンクション法は汎用性が高く、再処理施設のような複雑なセル換気系ネットワークを持つ施設の事故解析には有用である。しかしながら、EVENTは換排気系の温度、圧力及び流量等の過渡変化を計算する機能は備えているが、エアロゾルや放射性物質の移行挙動を計算する機能は持っていない。さらに、爆発事故のように短時間で終わる事象の解析を目的にして開発されたので、セルやダクトの壁面への放熱が考慮されていない。したがって、火災事故のように比較的長い事象の解析にはEVENTは使用できない。そこで、LANLでは、核燃料施設の火災事故を解析する計算コードとして「FIRAC」を開発した²⁾。FIRACは、EVENTの1次元圧縮性熱流動機能に加えて、熱移動や物質の移流の機能を備えている。さらに、LANLでは、爆発計算の機能を向上させるため、EVENTの機能に爆発モデルを加えた「EVENT84」を作成した³⁾。

原研では、再処理施設の安全性解析を施設内部の事故解析から環境被曝解析まで総合的に評価できる計算コード「REPRO-ACE」を開発している。図1.1にREPRO-ACEの構成を示す。この報告書の「TRANS-ACE」は、REPRO-ACEのうち、事故時における放射性物質の移行挙動を解析する計算コードとして位置づけられている。

TRANS-ACEの熱流動機能は、EVENTのプログラムを利用した。即ち、TRANS-ACEには、EVENTの1次元圧縮性熱流動の機能と併、フィルタ、フロア等の流体機器の機能が入り入れられている。さらに、EVENT 84の爆発モデルがそのままプログラムされている。TRANS-ACEは、EVENTでは考慮されていないエアロゾルや放射性物質の移行モデル及びセル・ダクト内の熱移動モデルがプログラムされたことで、火災や爆発等の安全性解析が実行可能になった。

ノード・ジャンクション法による熱流動解析では、各セル間を結ぶネットワーク内の流動抵抗を事前に入力により定めておく必要がある。このような初期流動抵抗の設定は、ネットワーク内の配管類について個々に計算しなければならず、その作業はかなり煩雑である。そこで、TRANS-ACEでは配管の形状と寸法を入力することによりネットワーク内の初期流動抵抗を自動的に決定できる機能を追加した。また、使用上の便宜と計算時間の短縮のため、タイムステップ機能の充実をはかった。

この報告書は、TRANS-ACEの使用手引書として作成されたが、解析モデルの内容が理解できるよう配慮がなされている。報告書の構成は、TRANS-ACEの概要、解析モデル、入出力説明、プログラム構造説明及びサンプル計算からなっている。既に述べたように、TRANS-ACEの熱流動解析は、EVENTの解析と同じである。そのため、第2章の概要では、EVENTの使用手引書に記述された内容（図表を含む）とかなりの部分で一致している。これは、EVENTを参照しなくても、この報告書の概要を読めばその概要が把握できるよう努めたからである。さらに、第3章のうち、熱流動解析についてはEVENTの使用手引書から、爆発源解析の一部についてはEVENT 84の使用手引書からその内容を引用した。

TRANS-ACEには、熱移動や物質移流の解析モデルが追加されているので、入出力の方式とプログラムの構造はEVENTと大幅に異なっていることに注意されたい。なお、サンプル計算は原研に設置されている大型火災試験装置⁸⁾の諸元を用いて計算したものである。

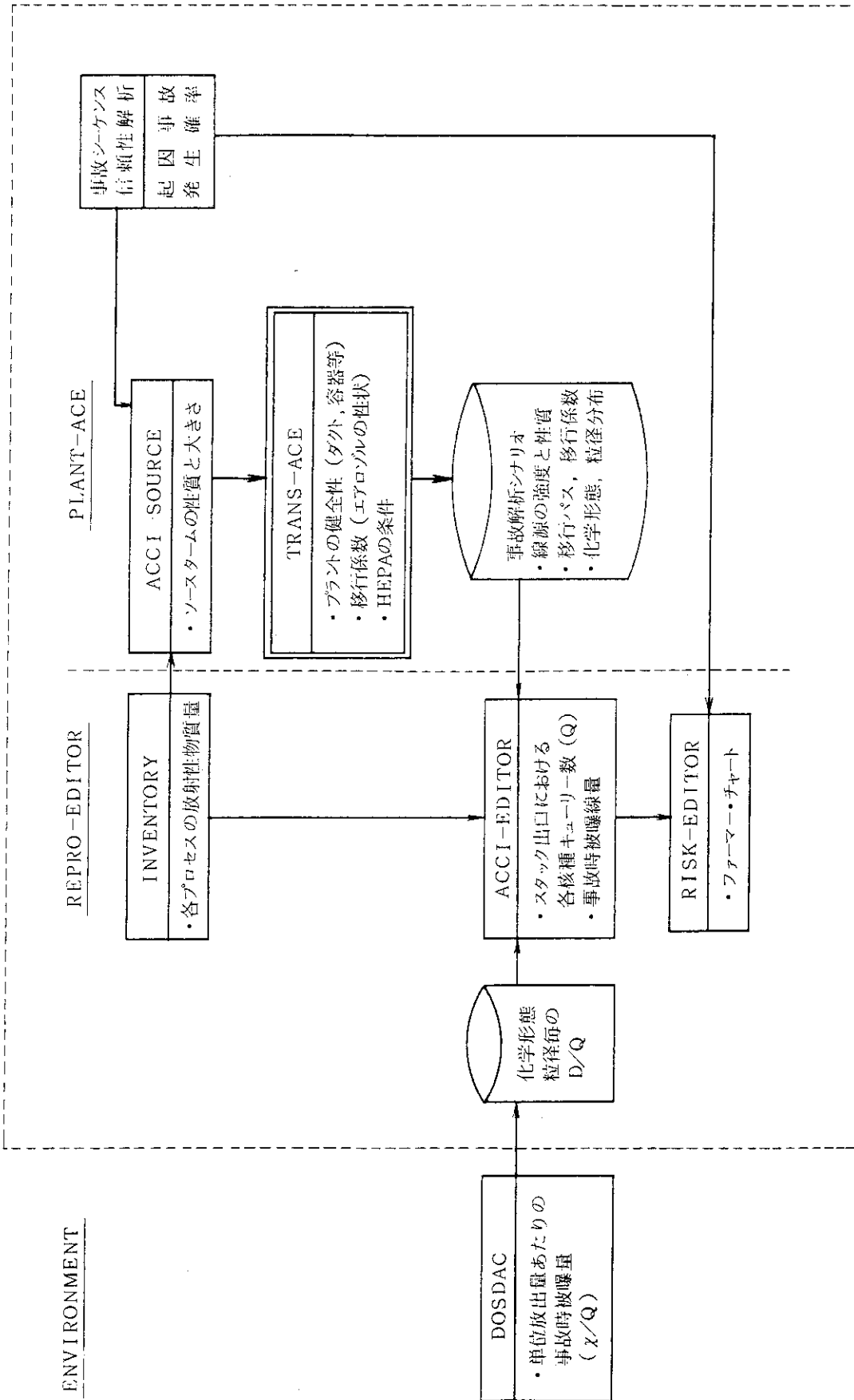


図 1.1 REPRO-ACE の構成

2. TRANS-ACE

2.1 概 要

再処理施設の事故時の安全性を評価するためには、事故条件下でセル換気系におけるフィルタの健全性評価と、事故によって放出される放射性物質の移行挙動の解明が必要である。TRANS-ACEコードは、事故事象として火災と爆発を対象に、これら事故時における1次元熱流動の機能と放射性物質のセル換気系内の移行挙動の機能を持っている。本コードは、再処理施設のセル換気系を具体的にモデル化しコード中に入力することでプラントの安全性を解析できるため、計算コードとしての応用範囲が広いのが特徴である。また計算途中からリスタートできる機能が付加されているため、使用上便利である。図2.1にTRANS-ACEのシステムフローチャートを示す。

2.1.1 機能の概要

TRANS-ACEコードは、米国ロスアラモス国立研究所で開発した爆発事故時の1次元熱流動解析コードであるEVENTを基本にしており¹⁾、さらにその他の各種解析機能が追加されている。以下に本コードが有する事象解析機能を、そして図2.2にこれらの解析機能間の相関関係を示す。

- (1) 爆発解析機能
- (2) 燃焼解析機能
- (3) 鎮火解析機能
- (4) セル換気系熱流動解析機能
- (5) セル換気系壁熱伝導解析
- (6) セル換気系内エアロゾル移行解析機能
- (7) 放射性物質の閉じ込め効果解析

さらに本コードには、コード使用上における作業の簡便化と、より実際に即した計算モデルの実現のために、以下の付加解析機能が与えられている。

(A) タイムステップ機能

TRANS-ACEコードではタイムステップについて、区分タイムステップと自動タイムステップの2種の機能が用意されている。区分タイムステップとは、ユーザーが任意のタイムステップを入力によって設定できる機能である。また自動タイムステップとは、物理量の時間変化の大きさによって、変化が激しい区間ではタイムステップを短く、変化が緩やかな区間ではタイムステップを長く自動的に調節する機能である。

(B) 自動制御弁の設置

配管系内における圧力変化あるいは流量変化を任意の位置(セル)でモニターし、それに応じてバルブ・ダンパーを任意の開閉速度で自動開閉させる機能である。

(C) 配管及び弁の流動抵抗（差圧）自動計算機能

セル換気系を構成する要素の内配管（ダクト）とバルブ・ダンパーについてそれらが有する流動抵抗をプログラム内で自動計算する機能である。初期定常計算を行う上で必要となるセル換気系の各構成要素の初期流動抵抗を設定する時にこの機能が使用される。

(D) 逆流防止ダンパー（逆止弁）の自動設置機能

再処理施設の換気系では、事故時における流体の逆流を防止するため、セルと外界（アンバー）との境界点に逆流防止ダンパー（逆止弁）が設けられている。TRANS-ACEコードは、この境界点に逆流防止ダンパー（逆止弁）を自動的に増設できる機能が付加されており、より実際の再処理施設を模擬した計算を行うことができるように配慮されている。

TRANS-ACEコードは、流体について理想気体と仮定し、圧縮性の1次元熱流動が考慮できるモデルである。爆発のソースターム解析には、EVENT 84コード中で用いられている爆発解析機能を抽出し付加した³⁾。本コードには、燃焼モデルとしてスポルデンのB-値モデルが組み込んである⁵⁾。また鎮火モデル組み込みにより、火災の鎮火時間を計算できる機能も付加している。放射性物質の移行解析については、放射性エアロゾルは、事故によって発生するエアロゾル（煤煙）に付着してセル換気系内を移行し、セルやダクトの壁面沈着、HEPAフィルタの捕集を経て、大気中へ排気されるものとした。それゆえ放射性物質の移行挙動を評価するためには、エアロゾル（煤煙）の移行解析が必要となる。TRANS-ACEコードでは、トリチウムは全て、ヨウ素及びルテニウムはその一部がガス状になると仮定し解析する。また、異常事象が発生したセル内におけるエアロゾル放出速度、圧力、温度、エネルギー放出速度及び質量放出速度の時間変化を時間テーブルとしてカード入力することができる。その場合の各物理量に対する時間テーブルの数（同時に発生する事故の場所数に対応）は最大で5つ、また1つの時間テーブルにおける時刻と物理量データ数の最大値は100である。

2.1.2 ノード・ジャンクション

コードの適用の範囲を普遍的にするためには、複雑なセル換気系のネットワークをいかに単純化しモデル化するかが問題となる。本コードは、ネットワークのモデル化にノード・ジャンクションを採用した。これは、複雑な構成を有するネットワーク系内の熱流動現象を解析する際のモデル化手法の1つであり、体系を幾つかの体積要素に分割し、体積要素内の状態量を1点で代表させると共に、各体積要素間を流路で接続する配管系をモデル化しようとするものである。

以下のように語句を定義する。

- ・ システム：ノードと称される箇所（セル）でそれぞれ互いに接続しているブランチ（ダクト等）のネットワーク
- ・ ブランチ：上流側と下流側のノード（セル）に接続しているダクト系の構成要素である。ブランチは、セル換気系を構成する個々のダクト、流体機器及びフィルタ等に対応しており、一つのノードには一つのブランチが含まれることになる。図2.3には、本コードで扱う流体機器とモデル化の際に使用する機器等の記号を示す。

- ・ ノード：複数のブランチの接点や合流点であり、ルーム（セル）やグローボックス、プレナム等の容積を有する体積要素である。また、システム外との境界点もノードとして定義される（境界ノード）。

2.1.3 TRANS-ACE 計算過程について

図 2.4(a)に TRANS-ACE コードの計算過程におけるフローチャートを示す。TRANS-ACE コードは、データ入力後、まず対象とする配管系の初期定常状態を計算し、その後に火災あるいは爆発を対象とした事故事象解析の過渡計算を行っていく。図 2.4(b)に初期定常計算のフローチャートを、また図 2.4(c)に事故事象解析計算のフローチャートを示す。

(1) 初期定常計算過程

初期定常計算は、各ブランチの初期流動抵抗（初期差圧）、セル給排気口（境界ノード）の圧力、各セル内（ノード）の初期温度と圧力及び初期流量（ブランチ）を設定し、それらから各ブランチが有する抵抗係数を計算する。この時、流体の状態量は、ノードからブランチへと断面積が変化することによる断熱変化を仮定して求める。さらにそれらを用いて連立の式、運動方程式、状態方程式が全て満たされるかどうかのチェックを行い、計算が収束するように圧力、流体の密度に補正を加え、上記の 3 式が収束する値を各ノードでの圧力、温度、流体の密度、各ブランチでの流量として設定する。もしもユーザーが計算初期に設定した計算モデルが矛盾のないモデルであるならば、上記の 3 式は、すべて満たされているはずであるから、収束計算を行った後の流量の値は、ユーザーが初期に設定した値と一致するはずである。両者が一致していない場合には、ユーザーは初期に設定する計算モデルを訂正し、再入力する必要がある。

① 初期流動抵抗（初期差圧）の設定について

図 2.4(d)に初期定常計算を行う際に必要となる各ブランチの初期流動抵抗を設定する場合のフローチャートを示す。TRANS-ACE では、各ブランチの初期流動抵抗を設定する場合には、直接入力データとして設定する方法と、プログラム内で自動計算し設定する方法の 2 通りが選択できる。

各ブランチの初期流動抵抗を直接入力データとして与える場合には、直接各ブランチごとに初期流動抵抗を設定していく方法と各ノードにおける初期圧力を入力データとして与えていく方法の 2 通りが選択できる。後者の場合には各ブランチの初期流動抵抗は、上流ノードが示す圧力から下流ノードが示す圧力を差し引くことで得られる。

また、各ブランチの初期流動抵抗を自動計算機能を用いて設定する場合には、各ブランチの初期流動抵抗は、データとして入力されたダクト、バルブ・ダンパーの寸法及び形状と配管内の初期流量から各ダクト、バルブ・ダンパーごとに計算される。なお初期流動抵抗の自動計算はダクトとバルブ・ダンパーについてのみ行われるものであり、自動計算機能を使用する場合でもフィルタ、ブローについてはデータ入力によって設定する必要がある。また自動計算機能を用いて初期流動抵抗を設定した場合、計算された初期流動抵抗の誤差を吸収させるために指定したバルブにしわ寄せを行い配管系内のバランスをとっている。

② 逆流防止ダンパーの設置機能

逆流防止ダンパーの自動設置機能を使用する場合、設置される逆流防止ダンパーの初期流動抵抗（初期差圧）は、初期流動抵抗の自動計算機能を用いて計算されるため、初期流動抵抗自動計算機能と一緒に使用する必要がある（図 2.4(d)参照）。

(2) 事故事象解析計算過程

事故事象解析計算では、時刻 t のタイムステップ δt を加え繰り返し計算を行うことで、物理量の時間遍歴を算出する。

2.1.4 出力機能

TRANS-ACEコードは、以下の物理量の項目をシミュレーションの途中（3時刻）及びシミュレーション終了時刻においてラインプリンター出力（以下L/P出力と呼ぶ）することができる。

- ・ 各ノードでの圧力
- ・ 各ノードでのガス温度
- ・ 各ノードでのエアロゾル（煤煙）濃度
- ・ 各ノードでのエアロゾル（煤煙）の単位時間当たりの沈着量
- ・ 各ノードの内壁温度
- ・ 各ノードの外壁温度
- ・ 各ブランチの体積流量
- ・ 各ダクトのエアロゾル（煤煙）の沈着率
- ・ 各ダクトのエアロゾル（煤煙）の単位時間当たりの沈着量
- ・ 各ブランチの内壁温度
- ・ 各ブランチの外壁温度
- ・ 各ブランチの質量流量
- ・ 各ブランチのエアロゾル（煤煙）の沈着量の積算値
- ・ 各ノード壁内側への熱流束
- ・ 各ノード壁外側から外気への熱流束
- ・ 各フィルター前後のエアロゾル（煤煙）粒子の幾何平均直径と幾何標準偏差値
- ・ スタック出口における各放射性物質の放出速度と放射能濃度
- ・ スタック出口の除染係数

さらに、以下の計算結果が時間暦としてL/P出力並びにプロッターにより図形出力（以下NLP出力と呼ぶ）することができる。

- ・ 各ノードの圧力
- ・ 各ブランチの差圧
- ・ 各ノードのガス温度
- ・ 各ノードの壁内側の温度
- ・ 各ノードの壁外側の温度
- ・ 各ダクトの壁内側の温度

- 各ダクトの壁外側の温度
- 各ブランチの体積流量
- 各ブランチの質量流量
- 各ノード壁内側への熱流束
- 各ノード外側から外気への熱流束
- 各ブランチ壁内側への熱流束
- 各ブランチ外側から外気への熱流束
- 各ノード内エアロゾル(煤煙)濃度
- 各ノード内エアロゾル(煤煙)沈着速度
- 各ブランチ内エアロゾル(煤煙)沈着速度
- 各ブランチ内エアロゾル(煤煙)沈着率
- 各ブランチでのエアロゾル(煤煙)捕集量
- スタック位置の放射能濃度
- スタック位置の放射能放出速度

なお、物理量-時間暦を図形出力する際パラメータの最大値は以下の通りである。

物理量-時間暦のプロット点数	101
図1枚あたりのグラフ本数	4
図の最大出力値	100

2.2 システムモデル

再処理施設のセル換気系は、2.1で説明したブランチ、ノード、及び境界ノードを用いてモデル化することができる。モデル化の一例として図2.5(A)にセル換気系ネットワークを、図2.5(B)にそのノード・ジャンクションを示す。図2.5(B)中で、ブランチの番号は括弧付きの数字で、また、ノードの番号は括弧なしの数字でそれぞれ表現されている。ノードのうち、ノード1とノード13そしてノード17は境界ノードであり、その他のノードは体積要素のノードである。ブランチ自身が有する容量は、ブランチの中心にノードとして表現する。このように、ユーザーは、計算対象とするネットワーク系を図2.3中で述べた記号を使って任意にモデル化することができる。なお、ネットワークを表すために設定する諸パラメータの最大値は、以下の通りである。

ブランチ	200
ノード	210
ボリュウムノード	200
境界ノード	10

2.3 解析機能

ここでは、図2.2に示した解析機能について、その解析モデルと解析手法について簡単に述

べる。

(1) 爆発解析機能

エネルギーと質量の発生項に対する時間関数を計算する。TRANS-ACEコードにおいてシミュレーション可能な爆発ソースのタイプは、以下の5種類である。

- ① TNT火薬
- ② 空気中の水素
- ③ 空気中のアセチレンガス
- ④ TBP(レッドオイル)
- ⑤ 入力により任意に爆発の発生項を与える。

爆発解析は、①～⑤に対して各ソースをTNT火薬に等価な値として置き換えて計算する機能を持っている。

(2) 燃焼解析機能

溶媒火災の場合には、スポルデンのB-値モデルをセル内の液面燃焼に適用できるように改良した解析モデルを使用する⁴⁾。液面燃焼モデルにより、溶媒火災におけるエネルギーと質量の発生項を時間の関数として求めることができる。

発生項としては、発熱、放射、エアロゾル(煤煙)、未燃焼溶媒蒸気ガス濃度、消費される酸素ガス濃度、燃焼生成ガス濃度の7種がこの機能により計算できる。

(3) 鎮火解析機能

燃焼面積とセルへの空気の換気回数(回/h)の関数として、溶媒火災の燃焼持続領域を定め、これ以外の領域では、鎮火するモデルである。鎮火の機構は、酸素不足による自然鎮火と溶媒相の下層にある水相の沸騰による鎮火を考える。

(4) セル換気系内熱流動解析機能

1次元熱流動解析の基礎式は、圧縮性を考慮した連続の式、エネルギー式、運動方程式、理想気体の状態方程式から成る。セル内の熱流動は、換気回数、壁への熱伝導、弁の開閉、フィルタの目詰り等により影響される。

(5) セル換気系壁熱伝導解析機能

1次元セル壁方向の伝熱モデルは、基礎式として1次元非定常熱伝導方程式を採用する。さらにセルやダクト内のガスから内壁方向への放射を考慮する。爆発や火災が発生したセルでは、火炎から内壁への放射伝熱効果を考慮しなければならない。セル及びダクト外壁から外気への放熱は、自然対流熱伝達式により計算する。

(6) セル換気系内エアロゾル移行解析機能

エアロゾル移行の基礎式は、1次元移流方程式を用い、エアロゾルの除去機構としてセル及びダクトに対して以下の3種の機構を考慮する。

- ① 拡散沈着
- ② 熱泳動による沈着
- ③ 重力沈降

再処理施設で発生するエアロゾル粒子数濃度(個/m³)は比較的薄いのでTRANS-ACEコードでは、エアロゾルの凝集効果は考慮しない。発生するエアロゾルの粒度分布

は、対数正規分布と任意の分布をユーザー側で指定することができる。また、フィルタによるエアロゾルの捕集を考慮に入れる。

(7) 放射性物質の閉じ込め効果解析

放射性物質の放出については、大きく以下のような経路を考える。

- ① 気相への移行（エアロゾル化，ガス化）
- ② セル換気系内での沈着
- ③ H E P Aフィルタによる捕集
- ④ フィルタを透過した物質のみ環境へ放出

なお、放射性核種のうち、トリチウム，ヨウ素，ルテニウムなど一定の割合でガス化する核種は，沈着やフィルタによる捕集には与らないものとする。

放射性物質の放出経路は溶媒火災の場合と爆発の場合に分けて考える。

(A) 溶媒火災の場合

放射性核種は，その大部分が水相中に存在しているものと考えられる。そこで溶媒火災時における放射性核種の気相への移行，エアロゾル化は以下のメカニズムを経るものとする。

- ① 水相から有機相への放射性核種の分配
 - ② 有機相から気相への移行
 - ③ 火炎中での放射性物質のエアロゾル（煤煙）化と凝集効果による煤煙への付着
- TRANS-ACEコードでは，①について水相中の初期放射能（Ci/g-U）と有機相への分配係数，②について有機溶媒の蒸発に伴う放射性核種の同伴係数がソースプログラム中で自動的に計算されるか，あるいはユーザー側で入力することができる。また，溶媒相の下層にある水相が沸騰した場合の分配係数の増大が考慮できる。

(B) 爆発の場合

爆発時におけるエアロゾル発生メカニズムは，以下のように考える。

- ① 爆発物の燃焼による非放射性のエアロゾルの発生
- ② 爆発の圧力波による放射性物質を含む液塊の飛散と液滴エアロゾルの発生
- ③ 爆発に伴う発熱による液滴エアロゾルの変化（乾燥）

→ : データの流れ

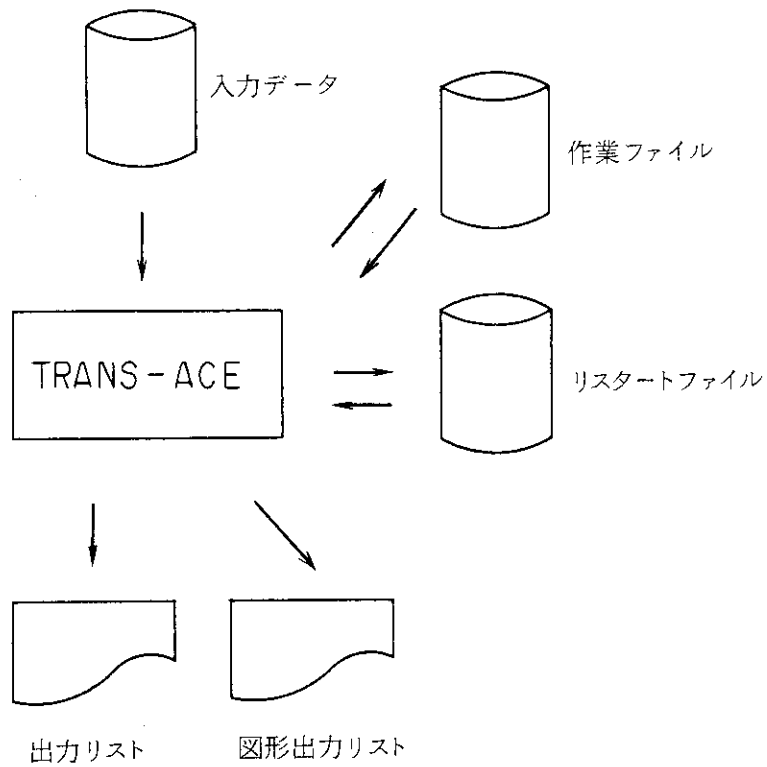


図 2.1 システムフローチャート

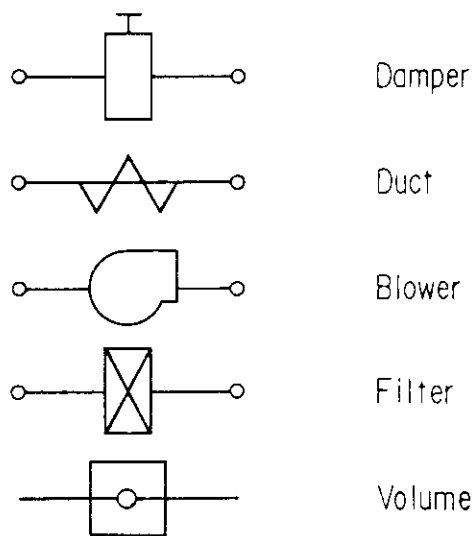


図 2.3 ノード及びブランチ (機器を含む) のモデル化

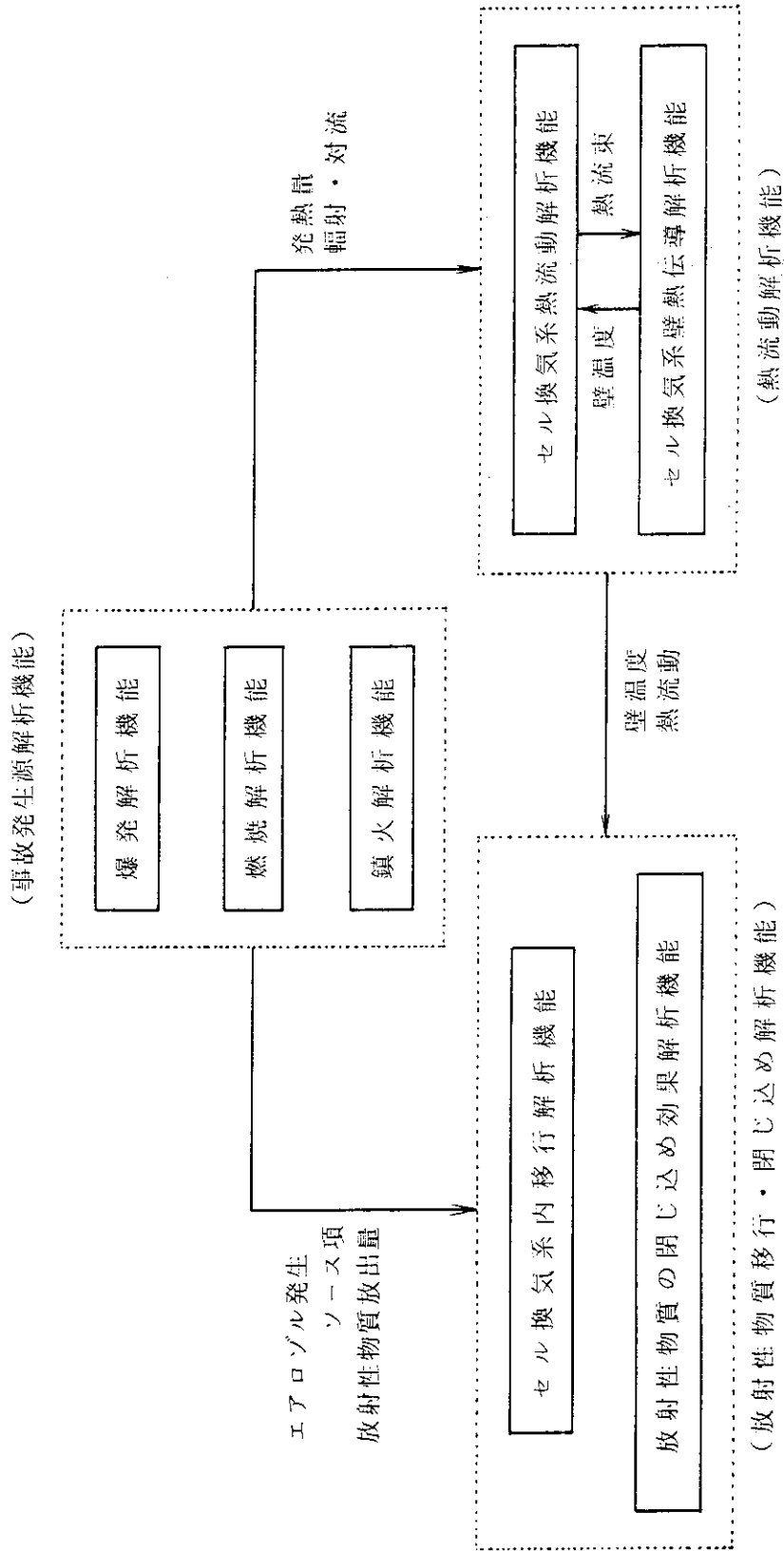


図 2.2 解析機能の相関関係

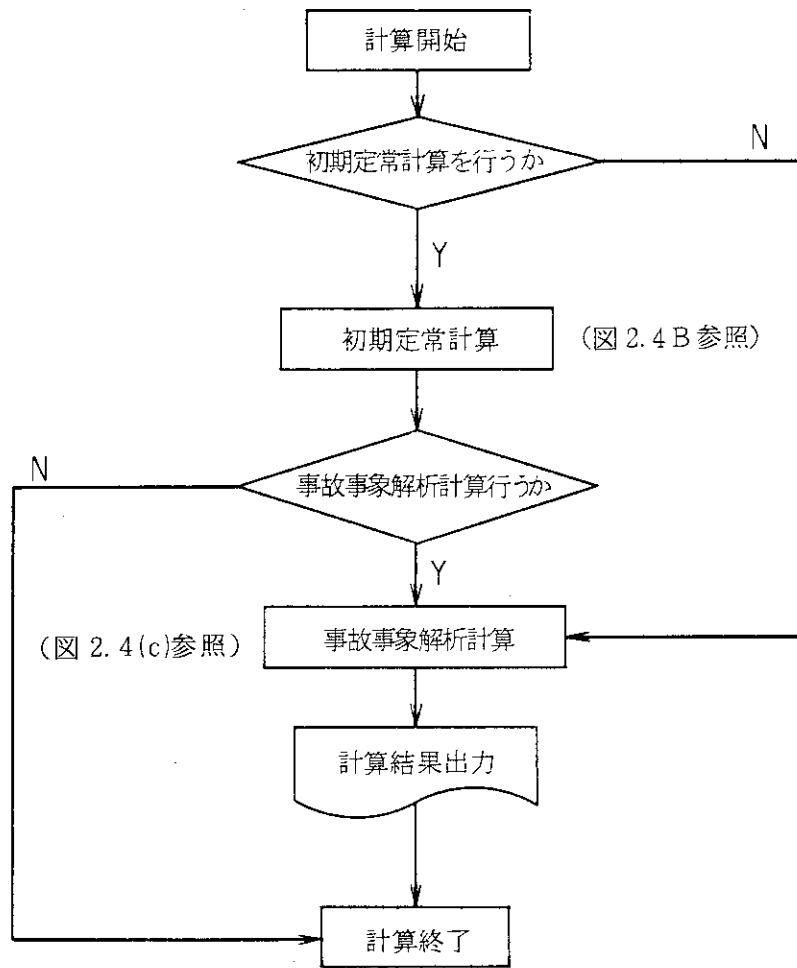


図 2.4(a) 計算過程フローチャート

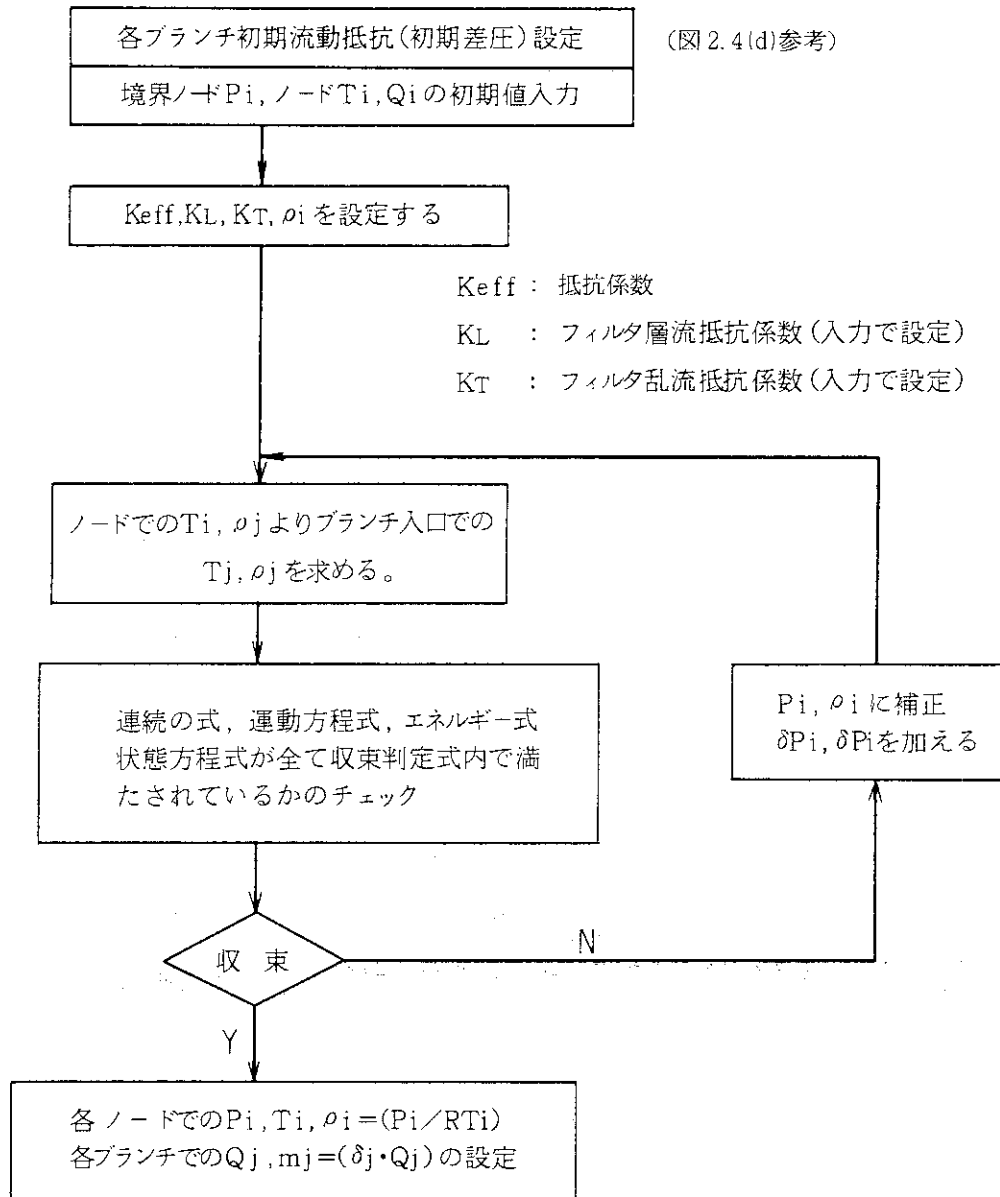


図 2.4(b) 初期定常計算フローチャート

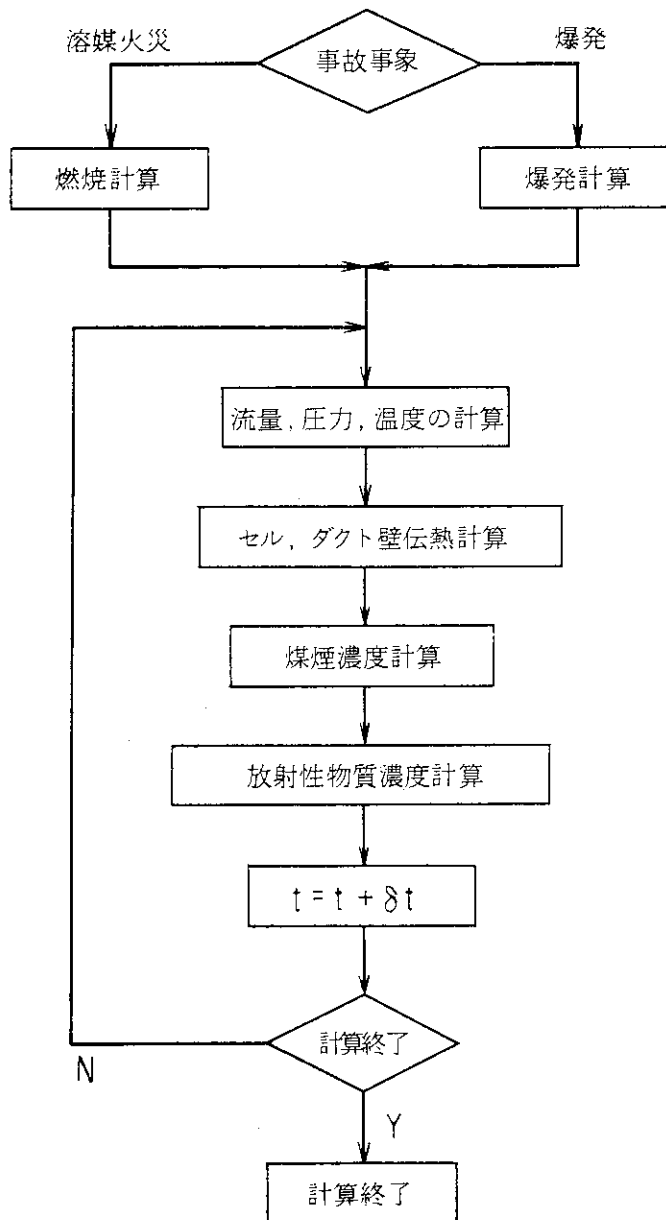


図 2.4(c) 事故事象解析計算フローチャート

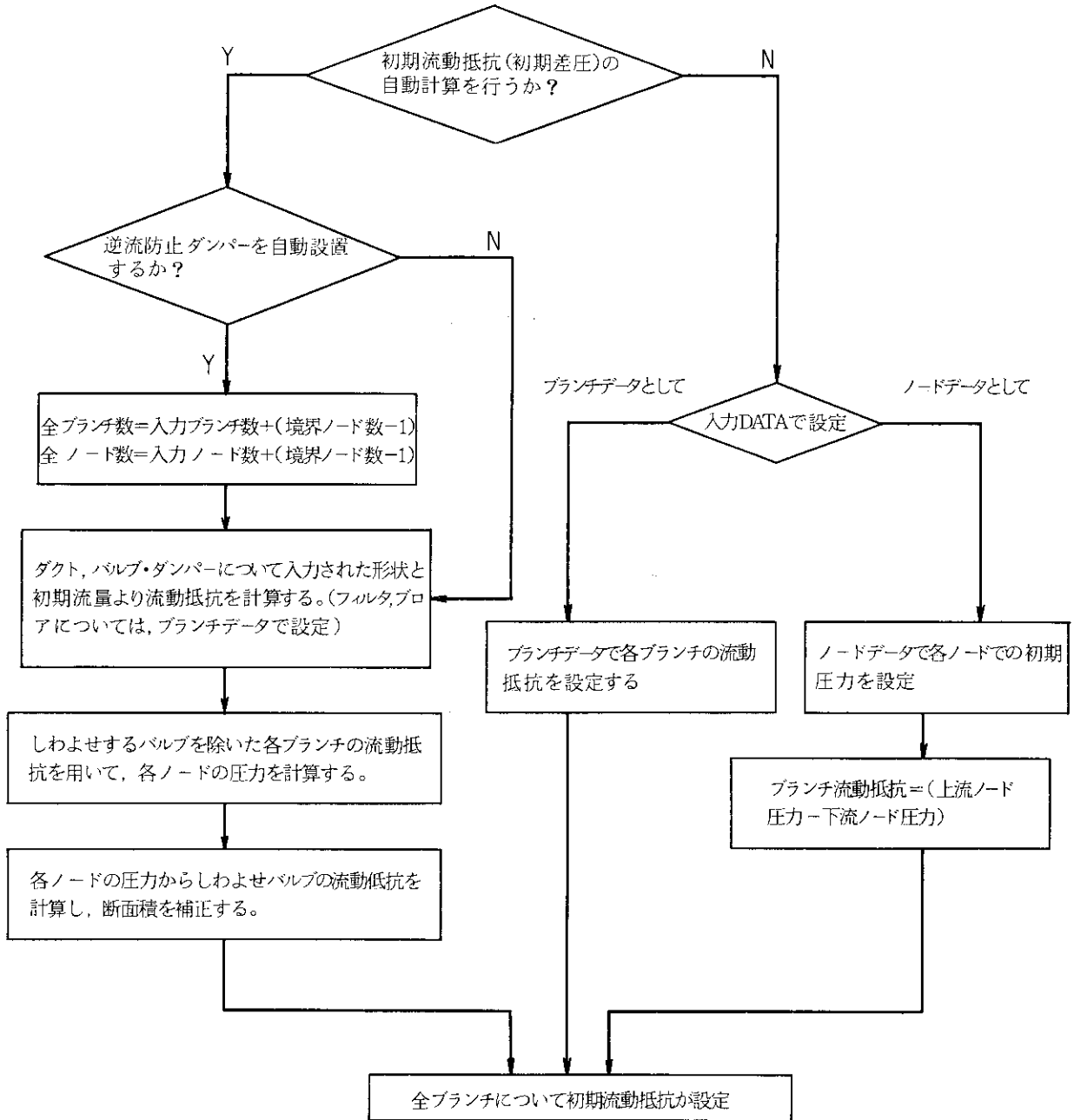
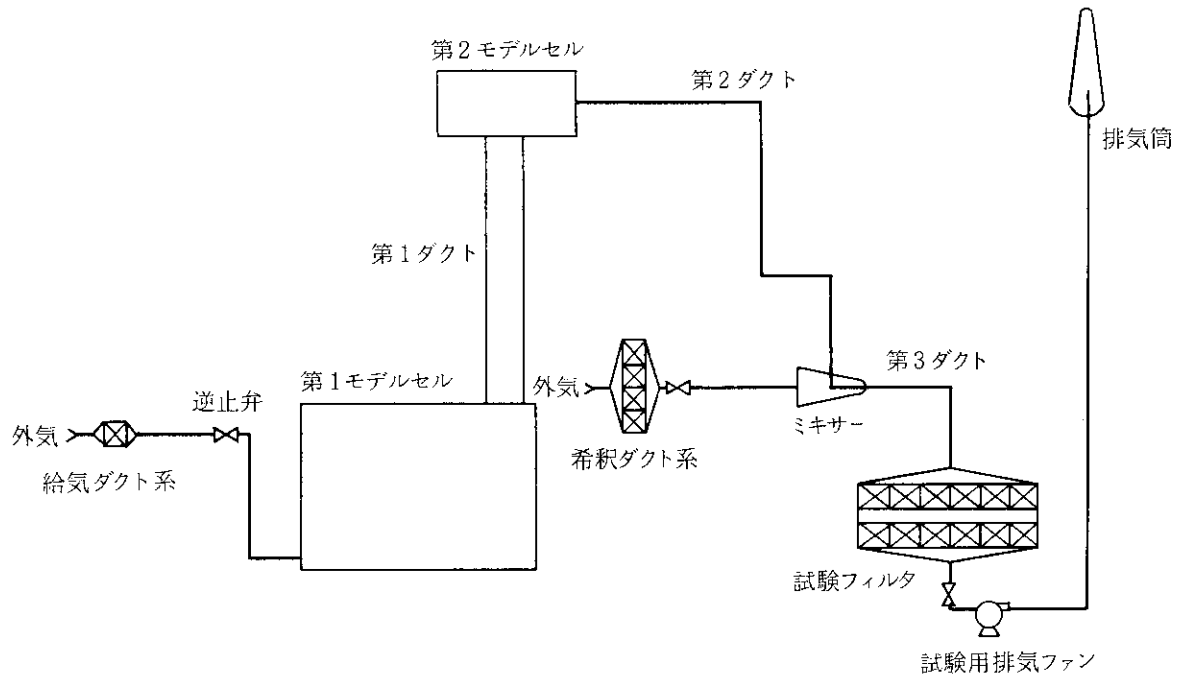


図 2.4(d) 初期流動抵抗 (初期差圧) 設定フローチャート

(A) 大型火災試験装置



(B) 試験装置のネットワーク

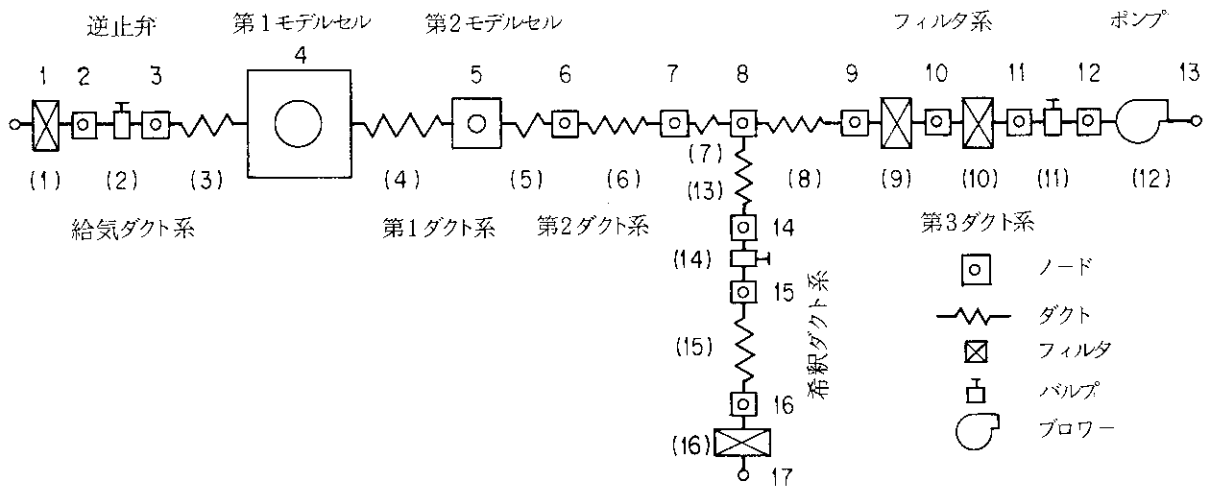


図 2.5 ノードジャンクションモデル化の例

この換気系ネットワークは、サンプル計算で使用しているモデルである。図中、ブランチは括弧付の数字で、ノードは括弧なしの数字で表わされている。

3. 解析モデル

本章では、TRANS-ACEコードの解析モデルについて説明する。

3.1 セル及びダクト内の熱流動解析

3.1.1 モデルの特徴

モデル：ノード・ジャンクション・モデル
 基礎式：物質保存（連続の式），運動量，エネルギーの1次元熱流動方程式及び理想気体の状態方程式
 特徴：セル・ダクト壁への熱伝達を考慮した。
 弁の開閉による流量制御ができる。
 フィルタの目詰まり効果が流動に与える影響を考慮した。
 ブロア，フィルタ，ダンパー，バルブ，ダクト等の流体機器及び任意のセル換気系のネットワークが組める。

本コード内の熱流動解析は、EVENTのプログラム（ノード・ジャンクション法）が採用されている¹⁾。即ち、第1章で述べたようにTRANS-ACEの熱流動機能は、EVENTのそれと同じである。即ち、熱流動方程式は、EVENTで定義された連続の式，エネルギー式，運動の式を含んでいる。なお、運動の式は、流れの慣性項を無視していることに注意されたい。

再処理施設のセル換気系はノードとブランチで結ばれたネットワークで近似する。ノード・ジャンクション法は、ノードで圧力(P)，密度(ρ)，温度(T)を，ブランチで流量(\dot{Q})または質量流量($\dot{m} = \rho \dot{Q}$)が定義される。ノードは一定の体積を持っているので，流体の圧縮効果を担っている。また，ブランチでは流体の圧縮は考えず， \dot{Q} の流量でノードからノードへとガスが移行すると考える。

3.1.2 熱流動の基礎式

(1) 連続の式（ノード）

$$V \frac{d\rho}{dt} = \sum_k \dot{m}_k + \dot{M}_S \quad \dots\dots\dots (3.1.1)$$

エネルギー式（ノード）

$$\frac{dP}{dt} = \frac{R}{C_U V} \left[\sum_K \left\{ \dot{m}_K \left(C_P T_K + \frac{V_K^2}{2} \right) - \dot{q}_D \right\} + \dot{M}_S C_P T_S + \dot{E}_S - \dot{q}_C \right] \quad \dots\dots\dots (3.1.2)$$

(2) 状態方程式 (ノード)

$$P = \rho RT \quad \dots\dots\dots (3.1.3)$$

(3) 運動の式 (ブランチ)

① プロア : 入力として流量 (\dot{Q}) と差圧 (ΔP) の関係をテーブル化する (流量-特性曲線, 図 3.1 参照)。

$$\textcircled{2} \text{ フィルタ} : \Delta P = \frac{K_L \mu \dot{Q}}{A} + \frac{K_T \bar{\rho} \dot{Q}^2}{2A^2} \quad \dots\dots\dots (3.1.4)$$

$$\textcircled{3} \begin{array}{l} \text{ダクト} \\ \text{バルブ} \\ \text{ダンパ} \end{array} : \frac{\ell}{A} \frac{dm}{dt} = -\Delta P - \frac{K_{eff}}{A^2} \cdot \frac{m |m|}{2\rho} \quad \dots\dots\dots (3.1.5)$$

ここで, A (m^2) はブランチの断面積あるいはフィルタ全数の見かけの全断面積, C_p ($J/kg \cdot K$) は定圧比熱 [=1004], C_v ($J/kg \cdot K$) は定容比熱 [=717.1], そして \dot{E}_s (J/s) はエネルギー放出速度である。また, K_{eff} (-) はブランチの抵抗係数, K_L ($m^{-1/2}$) はフィルタの層流抵抗係数, K_T (-) はフィルタの乱流抵抗係数である。

\dot{M}_s (kg/s) は火災や爆発で発生したガスの質量放出速度, \dot{m}_k (kg/m^3) はブランチ k の質量流量, P (Pa) はノード圧力, ΔP (Pa) はブランチ両端の差圧 [=上流側 (ブランチ入口の圧力) - 下流側 (ノードの圧力)], \dot{Q} (m^3/s) はブランチの体積流量である。

(3.1.2) 式中の \dot{q}_D (J/s) はブランチ k (ダクト) のガス体からダクト壁へ逃げる単位時間当たりの熱量で, $m_k < 0$ の時は 0 である。

$$\dot{q}_D = \alpha_{in} (T_g - T_{wi}) \quad \dots\dots\dots (3.1.6)$$

ここで, α_{in} ($J/m^2 s \cdot ^\circ C$) は熱伝達率, T_g ($^\circ C$) はガス温度, T_{wi} ($^\circ C$) はダクト壁温度である。

また, \dot{q}_c (J/s) はノード (セル) 内のガス体から壁へ逃げる単位時間当たりの熱量で, 仮想ルームの場合は 0 である。

$$\dot{q}_c = \alpha_{in} (T_g - T_{wi}) + J_{rad} \quad \dots\dots\dots (3.1.7)$$

さらに, R ($J/kg \cdot K$) は気体定数 [=286.7], T (K) はノードの温度, T_k (K) はブランチ k の入口ガス温度である。また, V (m^3) はノードの体積, v_k (m/s) はブランチ k の流速, ℓ (m) はブランチの長さ, μ ($N \cdot s/m^2$) は粘性係数 [= $4.23614 \times 10^{-6} + 5.26669 \times 10^{-8} T - 1.5627 \times 10^{-11} T^2$], ρ (kg/m^3) はノードの密度, $\bar{\rho}$ (kg/m^3) はブランチ入口のガス密度である。

ノードに対する基礎式は連続の式, エネルギーの式及び状態方程式の3つである。また, ブランチに対する基礎式は, 体積流量 (\dot{Q}) または質量流量 (\dot{m}) と各ノード間の圧損 (ΔP) の関係を表わしたいわゆる運動方程式である。圧損 (ΔP) は流体機器の種類で異なる。ブランチ入口の流体の状態量は, ブランチ上流側のノードから下流のブランチへと断面積が

変わることによって生ずる差圧変化が断熱であると仮定して計算する。

3.1.3 エネルギー放出速度と質量放出速度

溶媒火災の解析の場合は、3.5節で述べる燃焼モデルにより以下のエネルギー放出速度と質量放出速度が計算され代入される。

$$\begin{aligned} \dot{E}_s &= \dot{Q}_B = \Delta H \dot{m}_b (1 - \gamma) \\ \dot{M}_s &= \dot{m}_{fu} + \dot{m}_{H_2O} = \dot{m}_{fu} (1 - \delta) \end{aligned}$$

ここで、 \dot{Q}_B (kcal/s) は溶媒燃焼による発熱速度、 ΔH (kcal/kg) は溶媒の燃焼熱、 \dot{m}_b (kg/s) は燃焼速度、 \dot{m}_{fu} (kg/s) は溶媒の消費速度、 \dot{m}_{H_2O} (kg/s) は水相からの水の蒸発速度である。3.5節の γ 及び δ は、溶媒火災の燃焼モデルから導出される燃焼パラメータである。

爆発解析の場合は、エネルギー放出速度と質量放出速度はユーザ側で入力するか、あるいは3.6節で述べるモデルにより内部で計算される。

3.1.4 ノードとブランチの結合

TRANS-ACEでは、ブランチ上流(入口)の流体の状態量(P, T, ρ)として、上流側ノードの状態量は使用せず、ノードからブランチへと断面積が変化することによる状態変化を断熱状態を仮定した以下の関係式によって接合する。添字 i はノード内、j はブランチ(入口)の値を示す。

$$\frac{P_j}{P_i} = \left(\frac{T_j}{T_i} \right)^{\gamma_c / (\gamma_c - 1)} \dots\dots\dots (3.1.8)$$

$$\frac{\rho_j}{\rho_i} = \left(\frac{T_j}{T_i} \right)^{1 / (\gamma_c - 1)} \dots\dots\dots (3.1.9)$$

および

$$\rho_i V_i A_i = \rho_j V_j A_j \dots\dots\dots (3.1.10)$$

また、

$$T_i + \frac{V_i^2}{2 C_p} = T_j + \frac{V_j^2}{2 C_p} \dots\dots\dots (3.1.11)$$

ここで、 γ_c は比熱比 (= $C_p / C_u = 1.4$) である。なお、(3.1.8)~(3.1.11)式は、以下のように整理できる。

$$T_i + \frac{\dot{Q}_j^2}{2 C_p A_i^2} \left(\frac{T_j}{T_i} \right)^{2 / (\gamma_c - 1)} = T_j + \frac{\dot{Q}_j^2}{2 C_p A_j^2} \dots\dots\dots (3.1.12)$$

$$\rho_j = \left(\frac{T_j}{T_i} \right)^{1/(r_c-1)} \dots\dots\dots (3.1.13)$$

また、ブランチ入口の圧力は、状態方程式で決定される。

$$P_j = \rho_j R T_j \dots\dots\dots (3.1.14)$$

上式から明らかなように、ノードの断面積 (A_i) とブランチの断面積 (A_j) が等しい ($A_i = A_j$) ときは、ブランチの状態量 (P , T , ρ) は、ノードの値に一致する。境界ノード (セル換気系の出入口) の場合には、ノード断面積 (A_i) はプログラム内で

$$A_i = A_j / (0.01 \times \text{CONVERGE}) \dots\dots\dots (3.1.15)$$

がセットされる。CONVERGE は入力で指定した収束判定値である。CONVERGE = 0.005 とした場合には、 A_i は A_j の 2.0×10^4 倍となる。

3.1.5 チョーキングモデル

ダクト、バルブ、ダンパを流れる流速が極めて大きくなった場合に備えて、TRANS-ACE では臨界流量の計算ができるモデルが組み込まれている。すなわち、臨界質量流量 \dot{m} (kg/s) は理想気体を仮定して、(3.1.16) 式から求められたマッハ数 $M_j(-)$ を用いて得ることができる。

$$K_{\text{eff}} = \frac{1-M_j^2}{r_c M_j^2} + \frac{r_c+1}{2 r_c} \ln \left[\frac{(r_c+1) M_j^2}{(2+(r_c-1) M_j^2)} \right] \dots\dots\dots (3.1.16)$$

$$\dot{m} = \rho_j V_j A = A M_j (r_c P_j \rho_j)^{1/2} \dots\dots\dots (3.1.17)$$

(3.1.5) 式から導出したダクト、バルブ、ダンパの質量流量 (\dot{m}) が (3.1.17) 式から求めた値より大きい場合には、流れは臨界に達しているので (3.1.17) 式の \dot{m} が使われる。

3.1.6 解法

(3.1.1) 式から (3.1.5) 式の熱流動基礎式の時間積分は完全陰解法で解く。即ち、圧力と密度に注目したニュートン法による繰り返し計算によって解かれる。境界条件は、境界ノード (セル換気系の出入口) で圧力及び温度が固定しているとする。なお、圧力、温度は、境界ノード以外のノードにおいても入力することができる。

3.2 セル及びダクト内の熱伝導解析

3.2.1 解析モデルの特徴

モデル：1次元フィールドモデル
 基礎式：1次元熱伝導方程式
 特徴：セル壁及びダクト壁の熱伝導の他に以下の伝熱機構を考える。

- ・ セル内のガス相から壁への輻射伝熱及び火炎からセル壁への輻射伝熱を考える。
- ・ ガス相とセル，ダクトの壁境界の熱伝達は，強制対流伝達が支配していると考ええる。
- ・ セル，ダクト壁外側と外気との熱伝達は，自然対流熱伝達を考慮する。

3.2.2 熱伝導の基礎式

$$\rho C_{p,w} \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad \dots\dots\dots (3.2.1)$$

$$-\lambda \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = \alpha_{in} (T_g - T_{wi}) + J_{rad} \quad \dots\dots\dots (3.2.2)$$

$$-\lambda \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=d} = \alpha_{out} (T_{wo} - T_o) \quad \dots\dots\dots (3.2.3)$$

ここで， $C_{p,w}$ ($J/kg \cdot ^\circ C$) はセル壁及びダクト壁の比熱， J_{rad} ($J/m^2 \cdot s$) は輻射熱流束 (ダクトの場合は0とする)， T ($^\circ C$) は壁内の温度， T_g ($^\circ C$) はガス温度， T_o ($^\circ C$) は外気温度， T_{wi} ($^\circ C$) は壁の内側表面温度，そして T_{wo} ($^\circ C$) は壁の外側表面温度である。また， x (m) は壁の厚さ方向の距離 [$x=0$ (内側)， $x=d$ (外側)]， α_{in} ($J/m^2 \cdot s \cdot ^\circ C$) はガス体から壁内部への熱伝達率， α_{out} ($J/m^2 \cdot s \cdot ^\circ C$) は外側の壁表面から外気への熱伝達率， λ ($J/m \cdot s \cdot ^\circ C$) は壁の熱伝導率，そして ρ (kg/m^3) は壁の密度である。

3.2.3 ガス流体及び火炎からセル壁への輻射熱流

(1) 事故が発生したセル

* 溶媒火災の場合

対象としたノードが溶媒火災が発生しているセルであった場合，セル壁への輻射熱流 ($J/m^2 S$) は

$$J_{rad} = \epsilon_o \sigma (T_g^4 - T_{wi}^4) + \dot{M} H_{mb} \tau / S \quad \dots\dots\dots (3.2.4)$$

* 爆発の場合

ノードが爆発の発生したセルであった場合、放射熱流 ($J/m^2 S$) は

$$J_{rad} = \epsilon_0 \sigma (T_g^4 - T_{wi}^4) + \dot{E}_{ST} \gamma_{ST} / S \quad \dots\dots\dots (3.2.5)$$

となる。ここで、 $\sigma (-)$ は放射率、 $\epsilon_0 (J/m^2 \cdot s \cdot K^4)$ はステファン・ボルツマン定数 [$= 5.669 \times 10^{-8}$], $T_g (K)$ はガス流体の絶対温度、 $T_{wi} (K)$ はセル壁内側の表面絶対温度である。また、 $\Delta H (J/kg)$ は溶媒の燃焼熱、 $S (m^2)$ は火災あるいは爆発が発生したセルの内側壁の全表面積である。

また、 $\dot{m}_b (kg/s)$ は溶媒の燃焼速度、 $\dot{E}_{ST} (J/s)$ は爆発物の発熱速度である。 r 及び γ_{ST} はそれぞれ火災時と爆発時の放射率パラメータである。

(2) その他のセル

火災や爆発が発生していないノード(セル)の場合、セル壁への放射熱流は以下の式となる。

$$J_{rad} = \epsilon_0 \sigma (T_g^4 - T_{wi}^4) \quad \dots\dots\dots (3.2.6)$$

3.2.4 ガス流体から壁側への対流熱伝達率

ガス流体からセル・ダクト壁方向への強制対流熱伝達式は、セルでは滑らかな平板に対する乱流熱伝達の式、ダクトでは円管の乱流熱伝達の式を組み込んだ。

$$\alpha_{in} = \lambda Nu / D_a \quad \dots\dots\dots (3.2.7)$$

ここで、ヌッセルト数 (Nu) は、

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4} \quad (\text{ダクト}) \quad \dots\dots\dots (3.2.8)$$

$$Nu = 0.037 Re^{0.8} Pr^{1/3} \quad (\text{セル}) \quad \dots\dots\dots (3.2.9)$$

ここで、 $D_a (m)$ はダクト径またはセルの代表高さ、 $Nu (-)$ はヌッセルト数、 $Pr (-)$ はプラントル数 [$= \nu / a$], $Re (-)$ はレイノルズ数 [$v_{ave} D / \nu$] である。また、 $a (m^2/s)$ はガスの温度伝導率、 $\lambda (J/m \cdot s \cdot ^\circ C)$ はガスの熱伝導率である。

3.2.5 壁の外側から外気への自然対流熱伝達

壁の外側から外気への自然対流熱伝達式は、セルや垂直のダクトに関しては曲率を無視して垂直面の式を用いる。水平のダクトは水平円管の自然対流熱伝達式を用いる。また、傾斜ダクトは代表寸法 (D_a) のかわりに $D_a / \cos \phi_d$ を用いた水平円管式を用いる。

$$\alpha_{out} = \lambda Nu / D_a \quad \dots\dots\dots (3.2.10)$$

$$Nu = 0.1 (Gr \cdot Pr)^{1/3} \quad (\text{セル, } \phi_d > 80^\circ \text{ のダクト}) \quad \dots\dots\dots (3.2.11)$$

$$Nu = 0.53 (Gr \cdot Pr)^{1/4} \quad (\phi_d < 80^\circ \text{ のダクト}) \quad \dots\dots\dots (3.2.12)$$

ここで、 $Gr (-)$ はグラスホフ数 [$= g \beta D^3 \Delta T / \nu^2$], $g (m/s^2)$ は重力加速度、 $\beta (1/K)$

は体積膨張係数， $\Delta T(K)$ は壁外側と外気の温度差である。

3.3 エアロゾルの移行解析

3.3.1 解析モデルの特徴

モデル：ノード・ジャンクション・モデル
 基礎式：1次元移流方程式
 特徴：エアロゾルの沈着は，以下の3種である。

- ・ 拡散沈着
 - セル - 境界層による拡散沈着
 - ダクト-金岡の式(重力沈降も含む)
- ・ 熱泳動 - Jacobsen-Brockの式
- ・ 重力沈降
 - セル - Stokesの式
 - ダクト-上記金岡の式
- ・ 凝集は無視する。
- ・ 粒径分布は，対数正規分布または任意分布がとれる。
- ・ フィルタによるエアロゾルの捕集率と目詰まり効果を考慮する。

3.3.2 エアロゾルの移行基礎式

エアロゾルの移行基礎式をノード(j)及びブランチ(k)について(3.3.1)式に示す。基礎式は，エアロゾルの粒径 D_i ごとに連立させるが，ここでは粒径の添字iは省略した。したがって，基礎式中のC, E_{to} , Sは粒径に対する添字iを省略してある。

$$V_j \frac{d}{dt} C_j = \sum_k C_k (1 - E_{to})_k v_k A_k + S_j^{(1)} + S_j^{(2)} \quad \dots\dots\dots (3.3.1)$$

ここで， $A_k (m^2)$ はブランチkの断面積， $(E_{to})_k (-)$ はブランチkにおける沈着率， $C_k (kg/m^3)$ はブランチkの上流側のノードにおけるエアロゾル濃度， $C_j (kg/m^3)$ はノードjにおけるエアロゾル濃度， $S_j^{(1)} (kg/s)$ はノードjにおけるエアロゾルの重量発生速度， $S_j^{(2)} (kg/s)$ はノードjにおけるエアロゾル重量沈着速度， $V_j (m^3)$ はノードjの体積，そして Σ はノードjに接続している全ブランチの和である。

3.3.3 ダクト(ブランチ)内のエアロゾル沈着

ダクト内のエアロゾル沈着の効果は，(3.3.1)式中で沈着率(E_{to})として組み込まれる。 E_{to} の定義を(3.3.2)式に，エアロゾルの沈着速度(v_a)と E_{to} の関係を(3.3.3)式に示す。

$$E_{t_0} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \dots\dots\dots (3.3.2)$$

$$v_a = \frac{v_{ave} R_d}{2L} \ln(1 - E_{t_0}) \dots\dots\dots (3.3.3)$$

ここで、 C_0 (kg/m³) は上流側ノードにおけるエアロゾル濃度、 C_1 (kg/m³) は下流側セル (ノード) におけるエアロゾル濃度、 L (m) はダクト長さ、 R_d (m) はダクト半径、 v_a (m/s) はエアロゾルの沈着速度 [= v_D (拡散沈着) + v_s (重力沈降) + v_T (熱泳動沈着)], v_{ave} (m/s) はダクト内の流体の流速である。したがって、(3.3.1) 式中のエアロゾルの重量沈着速度 $S_j^{(2)}$ は以下の式で表わすことができる。

$$S_j^{(2)} = S v_a C_j \dots\dots\dots (3.3.4)$$

ここで、 C_j (kg/m³) はノード j のエアロゾル濃度、 S (m²) は沈着の表面積である。

3.3.4 ダクト内のエアロゾル沈着

ダクト (ブランチ) 内のエアロゾル沈着の効果は、乱流沈着と重力沈降を含んだ金岡の沈着モデルを採用する⁶⁾。ダクト内のエアロゾル沈着率 (E_{t_0}) は (3.3.5) 式で与えられるので、(3.3.3) 式に代入するとダクト内のエアロゾル沈着速度 (v_a) が与えられる。

$$E_{t_0} = 1 - \exp \left(-2 \frac{S t_{av}}{V_{av}^+} \cdot \frac{L}{R} \right) \dots\dots\dots (3.3.5)$$

$$S t_{av} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi S t^* d\theta \dots\dots\dots (3.3.6)$$

ここで、 S^+ (-) を無次元化停止距離と定義すれば

$$S^+ = \frac{0.9 \rho_p D_p^2 u^{*2}}{18 \mu \nu}$$

$S^+ \leq 5$ の場合には、

$$\frac{1}{S t^*} = \frac{u^*}{u_t \cos \theta} \left[1 - \exp \left\{ \frac{14.5^3}{2} \cdot \frac{u_t}{u^*} \cos \left(\frac{1}{2.5} - \frac{1}{S^{+2}} \right) \right\} \right] + 10.75 + v_{av}^+ + F(30) \quad \left(\theta \neq \frac{\pi}{2} \right) \dots\dots\dots (3.3.7)$$

$$\frac{1}{S t^*} = \frac{14.5^3}{2} \cdot \frac{1}{S^{+2}} - 5.022 + v_{av}^+ + F(30) \quad \left(\theta = \frac{\pi}{2} \right) \dots\dots (3.3.7')$$

$5 \leq S^+ \leq 30$ の場合には,

$$\frac{1}{St^*} = 5 \ln \frac{25.205}{S^+ - 4.795} + v_{av}^+ - 13.25 + F(30) \quad \dots\dots\dots (3.3.8)$$

$S^+ \geq 30$ の場合には,

$$\frac{1}{St^*} = v_{av}^+ - 3.8 - \frac{1}{0.36} \ln S^+ + F(S^+) \quad \dots\dots\dots (3.3.9)$$

$$F(x) = \frac{1}{0.36} \ln \left[\frac{R^+ - x}{R^+ - \exp\{0.36(v_{av}^+ - 3.8)\}} \right] \quad \dots\dots\dots (3.3.10)$$

ここで、 $R^+(-)$ は無次元化管半径〔= $R \cdot u^* / \nu$ 〕, $Re(-)$ はレイノルズ係数〔= $2Rv_{ave} / \nu$ 〕, $St^*(-)$ はストークス数, $u^*(m/s)$ は摩擦速度〔= $\sqrt{f/2} \cdot v_{ave}$ 〕, $u_t(m/s)$ は重力沈降速度〔 $\rho_p D_p^2 g / (18\mu)$ 〕, $v_{av}^+(-)$ は無次元化平均流体速度〔= v_{ave} / u^* 〕及び $v_{av}(m/s)$ はダクト内流速である。また、 $\theta(-)$ は、重力場からの角度, $\mu(kg/m \cdot s)$ は粘性係数, $\nu(m^2/s)$ は動粘性係数, そして $\rho_p(kg/m^3)$ はエアロゾルの密度である。

3.3.5 セル(ノード)内のエアロゾルの重力沈降速度

セル内のエアロゾルの重力沈降速度は、ストークスの式を採用する。

$$v_s = \frac{(\rho_p - \rho)}{9\mu} D_p^2 g (1 + A_n k) \quad \dots\dots\dots (3.3.11)$$

ここで、 $D_p(m)$ はエアロゾルの直径, $A_k(-)$ はスリップファクタ〔= $1.25 + 0.42 \exp(-0.87/Kn)$ 〕, $g(m/s^2)$ は重力加速度, $Kn(-)$ はクヌーセン数〔= ℓ/r 〕である。ここで、 $\ell(m)$ は空気の平均自由行程〔= $\nu \left(\frac{0.029}{6 \times 10^{23}} \times \frac{\pi}{2kT} \right)^{1/2}$ 〕, $\nu(m^2/s)$ は動粘性係数, $k(J/K)$ はボルツマン定数〔= 1.380662×10^{-23} 〕, $T(K)$ はガス相の絶対温度, $r(m)$ はエアロゾルの半径, $\rho(kg/m^3)$ は空気の密度, $\rho_p(kg/m^3)$ はエアロゾルの密度, そして $\mu(kg/m \cdot s)$ は粘性係数である。

3.3.6 セル(ノード)内のエアロゾルの拡散沈着速度

エアロゾルの拡散沈着速度は、層流場におけるストークス・アインシュタインの拡散沈着の式を採用する。

$$v_D = \frac{D_s}{\delta_g} \quad \dots\dots\dots (3.3.12)$$

$$D_s = \frac{kT}{f_a} \quad \dots\dots\dots (3.3.13)$$

$$f_a = \frac{2}{3} D_p^2 \rho_g \left(\frac{2 \pi k T}{m_a} \right)^{1/2} \left[1 + \frac{0.9 \pi}{8} \right] \dots\dots\dots (3.3.14)$$

ここで、 D_s (m²/s) はエアロゾルの拡散係数、 f_a (kg/s) は摩擦係数、 m_a (kg) はガス分子の質量 [= 4.81564 × 10⁻²⁶], T (K) はガス相絶対温度、 δ_g (m) は気相と壁面間の境界層濃度差厚さ、及び ρ_g (kg/m³) はエアロゾルの密度である。

3.3.7 ダクト (ブランチ) 熱泳動によるエアロゾルの沈着速度

ダクト (ブランチ) 内のエアロゾルの熱泳動沈着速度は、Jacobsen-Brock の熱泳動速度式を採用する⁷⁾。

$$v_T = Z_T \left(- \frac{dT}{dn} \right) \dots\dots\dots (3.3.15)$$

$$Z_T = \frac{3 \nu \left\{ \lambda_g + C_t Kn \lambda_p + \frac{4b}{3} C_m Kn (\lambda_g + C_t Kn \lambda_p - \lambda_p) \right\}}{2T (1 + 3C_m Kn) (2 \lambda_g + \lambda_p + 2C_t Kn \lambda_p)} \dots\dots\dots (3.3.16)$$

ここで、 $b(-)$ [= 2.4], $C_m(-)$ [= 1.0] 及び $C_t(-)$ [= 3.32] はそれぞれ Jacobsen-Brock の補正係数、 $Kn(-)$ はクヌーセン数、 n (m) は沈着方向の座標、 T (K) はガス相絶対温度、 λ_g (J/m・s・°C) は気体の熱伝導率、 λ_p (J/m・s・°C) はエアロゾルの熱伝導率、そして ν (m²/s) は動粘性係数である。

なお、(3.3.15) 式に示した (dT/dn) はガス流体と壁との温度境界における温度勾配である。温度勾配は以下の通りである。

$$\frac{dT}{dn} = - \frac{\alpha_c}{\lambda_g} (T_{cg} - T_{cw}) \quad (\text{セル}) \quad \dots\dots\dots (3.3.17)$$

$$\frac{dT}{dn} = - \frac{Nu}{D_a} (T_g - T_w) \quad (\text{ダクト}) \quad \dots\dots\dots (3.3.18)$$

ここで、 D_a (m) はダクト直径、 $Nu(-)$ はヌッセルト数 [= 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4}], T_{cg} (°C) はセル内のガス温度、 T_{cw} (°C) はセル壁内側の温度、 T_g (°C) は上流側ノードのガス温度、そして T_w (°C) はダクト壁内側の温度である。また、 $\alpha_c = \alpha_{in}$ (J/m²・s・°C) はガスの温度伝導率、 λ_g (J/m²・s・°C) はガスの熱伝導率である。

3.4 HEPA フィルタの解析

再処理施設で火災や爆発を想定した場合、セル内で発生した燃焼ガスがダクトを経てHEPA

フィルタまで導かれ、フィルタの健全性に影響を与えることが考えられる。ここでは、TRANS-ACEのフィルタ解析モデルについて説明する。

3.4.1 フィルタの差圧上昇と風量の関係

HEPAフィルタに対する流体の流動抵抗は次式で与えられる。

$$\Delta P = a \dot{Q} + b \rho \dot{Q}^2 \quad \dots\dots\dots (3.4.1)$$

ここで、 $Q(m^3/s)$ はセル換気系に設置されている全数のフィルタを通過する流体の流量、 $\rho(kg/m^3)$ は流体の密度、 a 及び b は実験により決定される係数である(付録1参照)。

(3.4.1)式において、 \dot{Q} が小さいと第1項の層流項が、 \dot{Q} が大きいと第2項の乱流項が支配的になる。TRANS-ACEでは、フィルタの流動抵抗による差圧を以下の運動方程式で与える((3.1.4)式参照)。

$$\Delta P_0 = \frac{K_L \mu}{A} \dot{Q} + \frac{K_T \rho}{2A^2} \dot{Q}^2 \quad \dots\dots\dots (3.4.2)$$

ここで、 $A(m^2)$ はセル換気系の全フィルタの見掛けの断面積(フィルタの正面より見た面積)、 $K_L(m^{-1/2})$ はHEPAフィルタの層流抵抗係数(単位を持っていることに注意せよ)、 $K_T(-)$ は乱流抵抗係数である。TRANS-ACEでは、未使用のフィルタ(無負荷)における K_L 及び K_T の値を入力する。表3.1に無負荷のHEPAフィルタについて、サイズの違いによる流動抵抗係数の値を示した(付録1参照)。表の結果により、 K_L 及び K_T の値はフィルタのサイズ(台数)によって変わらないことが分かる。なお、表3.1の流動抵抗係数は、無負荷(未使用)のフィルタについてのみ適用されることに注意されたい。

3.4.2 エアロゾルの捕集

HEPAフィルタのエアロゾル捕集量は、 i 粒子のフィルタによる捕集効率(E_f)を用いて計算できる。

$$\frac{dL_{so}}{dt} = \dot{Q} \sum_i E_{f,i} C_i \quad \dots\dots\dots (3.4.3)$$

ここで、 $L_{so}(kg)$ はセル換気系に設置されている全フィルタ上に捕集されたエアロゾルの全重量、 $C_i(kg/m^3)$ はフィルタ系に入る i 粒子エアロゾルの気相濃度、 $\dot{Q}(m^3/s)$ はフィルタを通過する流量である。フィルタの i 粒子に対する捕集効率は、除染係数(DF_i)との間で以下の関係にある。

$$E_{f,i} = \left[1 - \frac{1}{DF_i} \right] \quad \dots\dots\dots (3.4.4)$$

フィルタ1台あたりに捕集されたエアロゾルの重量(L_s)は、(3.4.3)式の解をセル換気系に設置された全フィルタ台数(N)で割ることにより求められる。

$$L_s = (L_{s0} / N) \dots\dots\dots (3.4.5)$$

3.4.3 目詰りによるフィルタの差圧上昇

(1) 煤 煙

溶媒火災が発生した場合、煤煙の負荷によりフィルタの差圧が上昇する。この差圧上昇は、溶媒の燃焼速度で大きくなる（付録2参照）。これは、煤煙の負荷量が溶媒の燃焼速度に比例しているからである⁸⁾。付録2の図A2より求めたHEPAフィルタの目詰りによる差圧上昇率 $P_S(-)$ は、煤煙負荷量 L_s (kg/台)の関数として以下の式で示される。

$$P_S = 1 + 12.23L_s + 28.79L_s^2 \dots\dots\dots (3.4.6)$$

(2) 湿潤エアロゾル

爆発等の事象を想定した場合、溶液中に含まれている放射性物質あるいは核燃料物質が液滴エアロゾルとなってセル内に分散することが考えられる。この場合には、液滴の水分が蒸発し、放射性物質や核燃料物質を含む湿潤エアロゾルとなることが予想される。このような湿潤エアロゾルの目詰り効果は、再処理施設の苛酷条件下で測定されたNaClエアロゾルのフィルタに対する差圧上昇試験が参考になる¹⁵⁾。付録2の(A2.2)式より求めたフィルタの目詰りによる差圧上昇率 $(-)$ は、NaClエアロゾルの負荷(kg/台)に対して以下の式となる。

$$P_S = 1 + 12.4L_s + 44.67L_s^2 \dots\dots\dots (3.4.7)$$

(3) ドライ・エアロゾル

乾燥した粉末状の核燃料物質が気相に分散した場合には、フィルタに対する差圧上昇の効果は比較的小さいと考えられる。このようなドライ・エアロゾルの目詰り効果は、JIS11種ダスト(関東ロームダスト)のフィルタに対する差圧上昇試験が参考になる¹⁵⁾。付録2の(A2.3)式より求めたフィルタの目詰りによる差圧上昇率 $(-)$ は、JIS11種ダストの負荷(kg/台)に対して以下の式となる。

$$P_S = 1 + 1.26L_s + 0.446L_s^2 \dots\dots\dots (3.4.8)$$

なお、(3.4.6)～(3.4.8)式はフィルタの風量を定格で流した場合の実験式であるが、目詰りによる差圧上昇率 $P_S(-)$ は風量の増加で変化しないものとする。

3.4.4 目詰りフィルタの差圧上昇と風量の関係

エアロゾルで負荷されたフィルタの差圧 ΔP (Pa)は以下のように表わすことができる¹⁶⁾。

$$\Delta P = \Delta P_0 (1 + \alpha L_s + \beta L_s^2) \dots\dots\dots (3.4.9)$$

ここで、 ΔP_0 (Pa)は(3.4.2)で定義される無負荷(未使用)フィルタの差圧、 L_s (kg/台)はエアロゾル負荷量である。 α と β は(3.4.6)式～(3.4.8)式より決定された値である。なお、エアロゾルの負荷がある場合には、(3.1.4)式の運動方程式は(3.4.9)式で置

き換えられる。

3.4.5 HEPAフィルタによるエアロゾルの捕集効率

フィルタによるエアロゾルの捕集はDF(Decontamination Factor)で表現されている。DF値は、フィルタ前後のエアロゾルの粒子数濃度(個数/m³)の比で定義される。TRANS-ACEでは、2段HEPAフィルタについて付録3で示されたDF値のテーブルが用意されている。さらに、エアロゾルの粒子径に対応させたフィルタのDF_iを入力として指定することも可能である。

3.5 火災源の解析

セル換気系内の熱流動現象や放射性物質の移行現象を解析するためには、事故シナリオに従ったエネルギーや物質の発生・消滅の解析が必要である⁸⁾。

溶媒火災において、セル内の熱流動は溶媒の燃焼速度で支配されている。したがって、火災源の解析を行うためには、セル内における溶媒の燃焼状況を知る必要がある。以下に溶媒火災源のエネルギーと物質の発生・消滅の解析について説明する。

3.5.1 溶媒火災の燃焼持続領域

溶媒火災において燃焼の持続領域は、空気の給気量と溶媒の燃焼面積で決まる。ここで燃焼持続領域とは、火災が鎮火せずに燃焼が持続する範囲を言う。燃焼持続領域の範囲は、セルへの空気の換気回数(一時間当たりのセルへの空気の置換回数)と抽出器相当段に支配されている。ここで抽出器相当段とは、再処理モデルプラントのセル体積と抽出器の段数を規準にして、その比率で表現した燃焼面積の指標を段として定めたものである。

再処理モデルプラントのセル体積をV₀(m³)、空気の給気量をF(m³/h)、燃焼面積をA₀(m²)とすれば、換気回数(回/h)はn=(F/V₀)、抽出器相当段はs(段)=(V₀/V)(A/A₀)で定義される。TRANS-ACEでは、溶媒火災の燃焼の持続領域を以下の通り定めた。

$$\text{ドデカン溶媒のみの火災} \quad n - 0.309 s^{1.6} > 0 \quad \dots\dots (3.5.1)$$

$$30\%TBP-70\%n\text{-ドデカンの火災} \quad n - 2.01 s^{1.2} > 0 \quad \dots\dots (3.5.2)$$

(3.5.1)式及び(3.5.2)式のn(回/h)とs(段)の組合せが燃焼の持続領域の外にある場合には、セル内の酸素が次第に不足することにより火災は自然鎮火する。

自然鎮火の時間は以下のように求める。n-ドデカンのような石油系溶媒の火災では、酸素のモル分率が燃焼限界(=0.127)以下になれば鎮火することが知られている⁹⁾。そこで、溶媒の燃焼速度m_b(kg/s)と給気流量(m³/s)を用いて、セル内の酸素濃度に関する物質収支から鎮火時間(t_e)を求める。

$$t_e = -\frac{V}{F} \ln \left\{ 1 - \frac{F(C_0 - C_e)}{3.48 m_b} \right\} \quad \dots\dots\dots (3.5.3)$$

ここで、 t_e (s) は発火から鎮火までの時間、 V (m³) はセル体積である。 C_o (kg/m³) 及び C_e (kg/m³) はそれぞれ給気された空気の酸素濃度と燃焼限界酸素濃度である。なお、燃焼持続領域内の火災であっても、後に述べるボイルオーバー燃焼が発生すると鎮火する。

3.5.2 溶媒の燃焼速度

溶媒火災において、気相の温度上昇、放射性物質の閉じ込め効果及びフィルタの目詰まり現象は、溶媒の燃焼速度で大きく変化する。セル内における溶媒の燃焼速度は、スポルデングの油滴燃焼モデル (B 値モデル) をプール液面燃焼に拡張した燃焼モデルから求めることができる。スポルデングの油滴燃焼モデルは、球形油滴の燃焼の場を質量とエネルギーの保存則を考慮した 1 次元の解析に立脚している⁴⁾。液面燃焼モデルは、球形の燃焼面をプール液面の燃焼に拡張した解析モデルである。液面燃焼モデルの解析から求めた溶媒の燃焼速度 \dot{m}_b (kg/s) は以下の式で与えられる⁵⁾。

$$\dot{m}_b = \xi \dot{m}_{fu} = \frac{\pi d^2 h}{4(1+\delta)C_p} \ln\{(1+\delta)\epsilon B+1\} \quad \dots\dots\dots (3.5.4)$$

ここで、 d (m) はプール液面の円相当直径、 h (J/m²°C) は熱伝達率、 \dot{m}_{fu} (kg/s) は燃焼しているプール液面から蒸発する溶媒ガスの消費速度、 ξ (-)、 ϵ (-) 及び δ (-) は表 3.2 に示される燃焼パラメータである。燃焼パラメータは火災実験に基づいて決定されたもので、表にはこれらの実験式を併せて示した¹⁰⁾。(3.5.4) 式中の B (-) はスポルデングの B 値を液面燃焼に拡張した次式で表わされる。

$$B = \frac{C_p(T-T_s) + f \Delta H(1-\gamma) Y_{ox}}{L_{fu}(1-\phi)} \quad \dots\dots\dots (3.5.5)$$

ここで、 L_{fu} (J/kg) は溶媒の蒸発潜熱である。 f (-)、 γ (-)、 ϕ (-) 及び Y_{ox} (-) は表 3.2 で表わす燃焼パラメータである。(3.5.4) 式の h (J/m²°C) は平板の自然対流の乱流熱伝達率で、ヌッセルト数 ($Nu = hd/\lambda$) とプール液面の円相当直径 d (m) の関数で表わした次式から決定できる。

$$Nu = 3.106 + 0.14(Gr \cdot Pr)^{1/3} \{1 - \exp(-0.0172 \cdot d)\} \quad \dots\dots\dots (3.5.6)$$

ここで、3.106 及び 0.0172 は実験から決定されたパラメータである。

3.5.3 燃焼発熱速度

再処理施設の抽出溶媒は、TBP (Tri-n-Butyl Phosphate) と n-ドデカン (n-Dodecane) の混合溶媒である。この抽出溶媒の燃焼熱を ΔH (J/kg) とすれば、燃焼発熱速度 \dot{Q}_B (J/s) は次式で与えられる (付録 4)。

$$\dot{Q}_{TB} = \dot{m}_b \Delta H(1-\gamma) \quad \dots\dots\dots (3.5.7)$$

したがって、(3.5.7)式の \dot{Q}_{TB} (J/s)は燃焼ガスに与えられたエネルギー速度となり、(3.1.2)式または(3.1.8)式のエネルギー放出速度の \dot{E}_s (J/s)と一致する。なお、TRANS-ACEでは、燃焼発熱速度を時間テーブルとして入力することもできる。

3.5.4 煤煙の粒度分布

溶媒の燃焼時に発生する煤煙の粒度分布は対数正規分布であることが分かっている。TRANS-ACEでは、対数正規分布あるいは任意の粒度分布を指定できる。任意指定の粒度分布は、粒子の直径 $D_{a,i}$ (μm)とその粒子の重量分率 $(W_T)_i$ を入力する。但し、デフォルト値が用意されており、煤煙粒子の幾何平均直径 D_g (μm)と幾何標準偏差 σ_g (-)を与えれば分割数 $n = 11$ の対数正規分布が指定できる。付録5にデフォルト値とその解析式を示す。

3.5.5 煤煙の発生速度

単位時間に発生する煤煙の発生速度を \dot{m}_s (kg/s)、 i 粒子煤煙の重量分率を $(W_T)_i$ とすれば、 i 粒子の煤煙発生速度 B_{Ti} (kg/s)は次式となる。

$$B_{Ti} = \dot{m}_s W_{Ti} \quad \dots\dots\dots (3.5.8)$$

溶媒火災の実験から、煤煙の発生速度は溶媒の燃焼速度に比例していることが分かっている。⁽¹⁾

$$\dot{m}_s = \chi \dot{m}_b \quad \dots\dots\dots (3.5.9)$$

ここで、 χ (-)は実験的に決められた煤煙発生係数($\chi = 0.052$)である。エアロゾルの移行解析を行うためには、 i 粒子の煤煙発生速度 B_{Ti} (kg/s)を(3.3.1)式の $S_j^{(1)}$ (kg/s)と一致させなければならない。なお、TRANS-ACEでは、ユーザー側で $S_j^{(1)}$ を用意して入力することもできる。

3.5.6 燃焼ガスの発生速度

溶媒の燃焼により発生する燃焼ガスの組成を炭酸ガスと水及び未燃焼溶媒ガスであると仮定すれば、以下の式が与えられる(付録4を参照)。

$$B_{G-pro} = \dot{m}_b (M_{CO_2} + M_{H_2O}) + \dot{m}_{H_2O} \quad \dots\dots\dots (3.5.10)$$

$$B_{G-fuel} = \dot{m}_{fu} - \dot{m}_b = (1 - \xi) \dot{m}_{fu} \quad \dots\dots\dots (3.5.11)$$

ここで、 B_{G-pro} (kg/s)は燃焼ガスの発生速度、 B_{G-fuel} (kg/s)は未燃焼溶媒ガスの発生速度である。 M_{CO_2} (-)及び M_{H_2O} (-)は溶媒が燃焼した場合に発生する CO_2 と H_2O の重量分率である。 \dot{m}_{H_2O} (kg/s)は溶媒の下層に存在している水相からの水の蒸発速度である(沸騰しないかぎり $\dot{m}_{H_2O} = 0$ である)。

溶媒の燃焼によってセル内で消費される酸素の減少速度は以下の式となる。

$$B_{G,O_2} = - \dot{m}_b M_{O_2} \quad \dots\dots\dots (3.5.12)$$

ここで、 B_{G,O_2} (kg/s)はセル内の酸素の消費速度、 M_{O_2} (-)は O_2 の重量分率である。な

お、窒素は燃焼に関与しないので $M_{N_2} = 0$ である。 M_{CO_2} 、 M_{H_2O} 及び M_{O_2} の導出については付録 6 を参照されたい。

(3.5.10) 式、 (3.5.11) 式及び (3.4.12) 式から燃焼ガスの質量放出速度 \dot{M}_s (kg/s) は、

$$\dot{M}_s = B_{G,pro} + B_{G,fuel} + B_{G,O_2} \quad \dots\dots\dots (3.5.13)$$

となる。(3.5.13) 式は (3.1.1) 式及び (3.1.2) 式の \dot{M}_s (kg/s) に一致させなければならない。なお、TRANS-ACE では、ユーザー側で \dot{M}_s (kg/s) を用意して入力することもできる。

3.5.7 燃焼による溶媒の組成変化

n-ドデカンの沸点は TBP より低いので、溶媒の燃焼と共に TBP が濃縮する。このような TBP の濃縮は溶媒の発熱量に影響を及ぼす(付録 4 参照)。

TBP と n-ドデカン混合溶媒の燃焼に伴う組成変化は、以下の単蒸留の理論式より求めることができる¹²⁾。

$$\ln \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{\alpha_E - 1} \left\{ \ln \left(\frac{x_1}{x_2} \right) - \alpha_E \ln \left(\frac{1-x_1}{1-x_2} \right) \right\} \quad \dots\dots\dots (3.5.14)$$

ここで V_1 (ℓ) は溶媒の初期体積、 V_2 (ℓ) は燃焼中の溶媒体積である。 x_1 (-) は n-ドデカンの初期体積分率 ($x_1 = 0.7$)、 x_2 (-) は燃焼中の n-ドデカンの体積分率である。 α_E (-) は TBP と n-ドデカンの蒸気圧の比で表わされた比揮発度 ($\alpha_E = 6.33$) である。

燃焼中の溶媒の体積量 V_2 (ℓ) は溶媒の燃焼速度より決定できるので、燃焼時間に対応する TBP の濃縮率を求め、付録 4 に記載した TBP の体積分率 C_{UT} (-) を求めれば、濃縮時の溶媒の燃焼熱 $4H$ (J/kg) が導出できる。

3.5.8 ボイルオーバー燃焼

溶媒の燃焼が進行すると溶媒相の下層に存在する水相の温度が上昇し、ついには沸騰を引き起こす。水相の沸騰が起こると水蒸気が溶媒相を通過し、水蒸気蒸留効果に似た現象により溶媒の蒸発を促進させる。ボイルオーバー燃焼とは、この蒸発溶媒の蒸気がセル内に充満し、発火することにより急激な燃焼を引き起こす現象を言う。この現象を水蒸気蒸留の理論を適用して解くと、以下の溶媒消費速度 $\dot{m}_{fu,B}$ (kg/s) を得る。

$$\dot{m}_{fu,B} = \dot{m}_{fu} + \dot{m}_B \quad \dots\dots\dots (3.5.15)$$

ここで、 \dot{m}_B (kg/s) は水蒸気蒸留に基づく溶媒の蒸発消費速度である。

$$\dot{m}_B = \dot{m}_{fu} + 588.8A \quad \dots\dots\dots (3.5.16)$$

なお、 \dot{m}_{fu} (kg/s) は (3.5.4) 式で求めた溶媒の消費速度、 A (m²) はプール液面の面積、 588.8 は水相の沸騰が 100 秒間続くと仮定して水蒸気蒸留の理論から求めた定数である。

ボイルオーバー燃焼が起こると、セル内の酸素が急激に減少して火災は鎮火する。そこで、ボ

イルオーバー燃焼が発生する時間を求める。ボイルオーバー燃焼による鎮火時間 t_e (s) は、水相の温度が 100°C に達したとした次式で表わされる。

$$t_e = \frac{L_{org}}{V_s} - \frac{\lambda}{C_p \rho_{org} V_s} \ln \frac{(T_b - T_o)}{(T_L - T_o)} \quad \dots\dots\dots (3.5.17)$$

ここで、 L_{org} (m) は溶媒相の初期高さ、 V_s (m/s) は溶媒相のプール液面の降下速度、 T_b ($^\circ\text{C}$) は溶媒相の液面温度 (n-ドデカンの沸点 = 216.3°C)、 T_L ($^\circ\text{C}$) は水相の沸騰温度 (水の沸点 = 100°C)、 T_o ($^\circ\text{C}$) は水相底面の温度である。

3.6 爆発源の解析

爆発の解析においても、爆発源のエネルギー放出量と爆発で発生する燃焼ガスの質量放出量がセル・ダクト内の熱流動を支配している。特に、爆発による爆圧や爆風の伝播が放射性物質の移行に影響を与える。

TRANS-ACEの爆発源モデルには、EVENT 84³⁾の爆発モデル (NF84モデル) を組み込んだ。即ち、TRANS-ACEは、対象にした爆発物の爆発を自動的に計算する機能を持っている。さらに、TRANS-ACEでは、ユーザー側で爆発時のエネルギー放出速度と燃焼ガスの質量放出速度を用意して入力することもできる。

3.6.1 EVENT 84の爆発モデル

EVENT 84の爆発モデルは、種類の異なる爆発物をTNT火薬の爆発相当量に換算する機能と爆発のスパイク時間間隔を圧力波がセル内を横切り反射・減衰して平衡に達するまでの時間として決定する機能を持っている。爆発物の種類は、TNT火薬、水素、アセチレン及びTBPのニトロ化によるレッドオイルである。また、引火性気体の爆発も計算することが可能である。

爆発モデルでは、入力で与えられる重量の爆発物が空気中で爆発し、 H_2O 、 CO 、 CO_2 、 C 、 H_2 、 O_2 及び N_2 の各燃焼ガスが生成すると考える。爆発の化学反応は爆発物の種類やセル内の酸素濃度によって変化し、爆発による燃焼ガスの組成が決定されるモデルである。これらの燃焼ガス組成から各燃焼ガスのモル数と内部エネルギーを決定し、爆発の総エネルギーを求める。なお、爆発モデルにおける燃焼ガス生成量に関する解析は付録7に示した。

3.6.2 爆発の総エネルギー

爆発で生成した燃焼ガスのモル数を n_i (mol)、その定容比熱を C_v ($\text{J}/\text{mol}^\circ\text{K}$) とすれば、 i 種の燃焼ガスの内部エネルギー u_i (J/mol) は、

$$u_i = \int C_{vi} dT \quad \dots\dots\dots (3.6.1)$$

である。したがって、 N 種の燃焼ガスが生成した場合の爆発の総エネルギー U (J) は、

$$U = \sum_{i=1}^N (n_{o,i} u_i) \quad \dots\dots\dots (3.6.2)$$

となる。この総エネルギー量と燃焼ガスの生成重量を図 3.2 に示すような単純な三角形スパイクに変換すればよい。

3.6.3 三角形スパイク

ここで、EVENT 84の爆発モデル(NF84)に記載されている三角形スパイクの機能について説明する(図 3.2 参照)。今、 M_T (kg)の爆発物がセル内で爆発したとする。EVENT 84では、爆発による圧力波がセル内を横切り反射・減衰して平衡に達する時間間隔を以下の式で定義している。

$$t = F_a \left(\frac{L}{C_{sv}} \right) \quad \dots\dots\dots (3.6.3)$$

ここで、 F_a (-)は爆発物の種類により4から8の値をとる係数、 L (m)はセルの代表長さ、 C_{sv} (m/s)は音速である。 M_T (kg)の爆発物が爆発した場合、発生するエネルギー放出量 E_T (J)は以下の式で定義している。

$$E_T = 1944 (F_c) M_T (F_{eq}) \quad \dots\dots\dots (3.6.4)$$

ここで、1944 (J/kg)はTNT火薬の燃焼熱、 F_c (-)はセルの大きさに依存する燃焼熱の係数(=2.5)、 F_{eq} (-)はTNT火薬への相当量換算係数である。換算係数はTNT火薬では $F_{eq} = 1.0$ 、その他の爆発物では $F_{eq} = 1.32$ とする。

三角形スパイクの面積は放出した質量については M_T (kg)、放出したエネルギーについては E_T (J)だから、爆発で発生した燃焼ガスの最大質量放出速度 M_s (kg/s)と最大エネルギー放出速度 E_s (J/s)は以下の式となる。

$$M_s = M_T \left(\frac{2}{t} \right) \quad \dots\dots\dots (3.6.5)$$

$$E_s = E_T \left(\frac{2}{t} \right) \quad \dots\dots\dots (3.6.6)$$

三角形スパイクで表わされた燃焼ガスの質量放出速度はスパイク時間に対応させて、(3.1.1)式と(3.1.2)式の \dot{M}_s に一致させなければならない。また、エネルギー放出の三角形スパイクから得られる発熱速度を \dot{E}_{ST} (J/s)とすれば、燃焼ガスに与えられる熱流速度 \dot{Q}_B (J/s)は(3.5.7)式と同様に、

$$\dot{Q}_B = \dot{E}_{ST} (1 - \gamma) \quad \dots\dots\dots (3.6.7)$$

である。また、セル壁に与えられる熱流速度 J_{rad} (J/s)は(3.2.5)式と同様に、

$$J_{\text{rad}} = \varepsilon_0 \sigma (T_g^4 - T_w^4) + \frac{\dot{E}_{\text{ST}} \gamma_{\text{ST}}}{S} \dots\dots\dots (3.6.8)$$

となる。セル壁に与えられた熱速度 J_{rad} は、エネルギー方程式である (3.1.2) 式の \dot{E}_s に一致させなければならない。

3.6.4 ユーザーによる入力

爆発物の物性値とその重量が既知の場合、あるいは以下に示す爆発の状態が既知の場合には、ユーザー側でデータを時間テーブルにして入力することができる。但し、爆発物から発生する燃焼ガスは理想気体と仮定する。

- * 爆発に伴う燃焼ガスの質量放出速度とエネルギー放出速度
- * セル内の圧力と温度
- * 燃焼ガスの質量放出速度とセル内の温度

なお、ユーザーによる入力の方式は、EVENT 84 のオリジナルコードである EVENT と同じである。

3.6.5 引火性気体の爆発

EVENT 84 では、水素とアセチレンのような引火性気体の爆発モデルを備えている。引火性気体の爆発モデルは、引火性気体と空気の混合状態で決まる燃焼の範囲をモデル化したことが特徴である。即ち、引火性気体の爆発は、気体と空気の混合状態が燃焼の上限と下限で表わされる燃焼の範囲に入った場合のみ起こる爆発モデルである。表 3.3 に水素とアセチレンの場合について燃焼の範囲を示す (他の引火性気体の解析については、新たに燃焼の範囲をプログラムに追加する必要がある)。

なお、EVENT 84 のモデルでは、燃焼範囲の下限方向にある全ての引火性気体は燃焼し、燃焼範囲の上限方向では全ての酸素が消費するモデルである。引火性気体の爆発モデルにおける燃焼の化学式を付録 8 に示した。

3.7 放射性物質の閉じ込め解析

再処理施設の事故時にセル換気系を移行する放射性物質の挙動を明らかにするためには、放射性物質の気相放出や閉じ込めに関する解析が必要である。事故の発生源からセル換気系内を移行して HEP A フィルタに到達する放射性物質は以下のバリアにより閉じ込められる。

- (1) 発生源から気相への放射性物質の移行
- (2) セル・ダクト内の放射性物質の移行・沈着
- (3) フィルタによる放射性物質の捕集

ここでは、上記の抑制効果のうち放射性物質の気相移行について説明する。

3.7.1 放射性エアロゾルの移行

再処理施設では、溶媒相にある核燃料を除き、大部分の核分裂生成物は水相に存在している。そのため、溶媒火災の場合には、溶媒相と水相間の分配係数が放射性物質の気相放出に関して大きな影響を与える。また、爆発を想定した場合には、セル内に分散した液滴エアロゾルの浮遊量が問題となる。

(1) 溶媒火災の場合

溶媒が燃焼する部分では、プール液面から溶媒が蒸発する過程で放射性物質の気相移行が抑制される。溶媒蒸気に同伴して放射性物質が火炎を通ると、揮発性の核種を除いて多くの核種は酸化してエアロゾル化する。この時、放射性エアロゾルは火炎中に多量に存在する煤煙粒子と衝突する。この効果は凝集と呼ばれ、放射性物質を除去する過程として重要な現象である。凝集効果が起こると放射性物質は煤煙に付着して挙動するので、煤煙を捕集すれば放射性物質も除去できることになる。

(2) 爆発の場合

塔槽類等の爆発が起こった場合には、爆圧や爆風により放射性物質を含む液塊がセル内に飛散して微小の液滴が発生する。飛散した液滴は広い範囲の粒度分布を持った液滴エアロゾルになるが、大きな液滴は直ちに沈降し、一定の粒度分布を持った液滴エアロゾルのみセル内に浮遊すると考えられる。即ち、どんなに大量の液塊が飛散しても気相に浮遊し得る液滴エアロゾルの重量濃度は一定の値を取るものと考えられる。これは、気相に浮遊し得る最大エアロゾル濃度が液滴エアロゾル間の衝突・凝集現象と沈降現象に支配されていることを意味している。このように、爆発事故時の放射性物質の発生量は液滴エアロゾルの気相浮遊濃度で規制されている。

3.7.2 放射性物質の初期保有量（インベントリー）

放射性物質の気相放出を評価するためには、異常事象の発生源における放射性物質の初期保有量を求める必要がある。放射性物質の初期保有量は、核燃料の燃焼度と使用済核燃料の冷却時間を入力として、核分裂生成物崩壊コード（ORIGEN等）で求めることができる¹³⁾。

TRANS-ACEでは、放射性物質の核種ごとに以下のような初期保有量を選択できる機能を持っている。

- (1) ユーザーが核種ごとに入力テーブルとして与える。
- (2) 大型再処理施設の共除染工程に入る放射性物質の初期保有量を内部テーブルとして与える。
- (3) モデルプラント（小型）の共除染工程に入る放射性物質の初期保有量を内部テーブルとして与える。

ここで、ユーザーによる入力テーブルは火災及び爆発のどちらにも使用できる。表3.4に大型再処理施設の抽出工程における初期保有量を、表3.5に再処理モデルプラントの抽出工程における初期保有量を金属ウラン1トン当たりの放射能として示した。ここで、大型再処理施設の初期保有量は4.5%濃縮度の核燃料を45GWD/tUで燃焼させ、4年間冷却した場合を前提にして、モデルプラントの初期保有量は核燃料を28GWD/tUで燃焼させ、180日間冷却

した場合を前提にしてORIGENで計算したものである。

3.7.3 放射性物質の分配係数

溶媒火災において、放射性物質はボイルオーバー燃焼が発生しないかぎり直接気相に放出することはない。即ち、放射性物質の気相放出は溶媒中の放射性核種の濃度で、言い替えると溶媒相と水相間の放射性核種の分配係数で支配されている。表3.4及び表3.5には、放射性核種の水相放射能濃度 $C_{w,i}$ (C_i/ℓ)及び水相濃度と平衡した放射性核種の分配係数 $D(-)$ が示されている。なお、表3.4では使用済核燃料の溶解工程で調整したウラン濃度を $200\text{g}/\ell$ として、表3.5では $125\text{g}/\ell$ として水相中の放射性核種の放射能濃度を求めた。また、表中の分配係数は、文献等により得た値である¹⁴⁾。

溶媒火災の末期において、ボイルオーバー燃焼が発生すると分配係数は急激に大きくなる。これは、溶媒相中にTBPが濃縮されること、水相の沸騰により熱水が溶媒中に分散すること起因していると考えられる。TRANS-ACEでは、ボイルオーバー燃焼が発生した場合の分配係数を以下の実験式で表わす⁸⁾。

$$D_2 = 4.66 D_1^{0.855} \dots\dots\dots (3.7.1)$$

ここで、 $D_1(-)$ 及び $D_2(-)$ はボイルオーバー燃焼前後の放射性物質の分配係数である。

3.7.4 溶媒火災における放射性核種の同伴効果

火災時に溶媒の蒸発に伴って気相に移行する放射性核種 i の放出速度 $\dot{m}_{F,i}$ (C_i/s)は以下の式で表すことができる。

$$\dot{m}_{F,i} = e_{F,i} \dot{m}_{fu} \frac{DC_{w,i}}{\rho_{org}} \dots\dots\dots (3.7.2)$$

ここで、 \dot{m}_{fu} (kg/s)は溶媒の消費速度、 $D_i(-)$ は i 核種の分配係数、 $C_{w,i}$ (C_i/ℓ)は水相における i 核種の放射能濃度、 ρ_{org} (kg/ℓ)は溶媒の密度である。(3.7.2)式中の $e_{F,i}(-)$ は i 核種の同伴係数で以下の式で定義されている。

$$e_{F,i} = \frac{\text{[実際の放射性核種の気相移行速度]}}{\text{[溶媒と共に全て放射性核種が気相に移行する速度]}} \dots\dots (3.7.3)$$

この e_F の値を実験により放射性核種ごとに求めておけば、(3.7.2)式から溶媒火災時の放射性核種の気相放出速度が決定できる。実験より得た同伴係数は、セシウムについては $e_F = 0.05 \sim 0.4$ 、ストロンチウムについては $e_F = 0.0005 \sim 0.005$ 、ルテニウムについては $e_F = 0.01 \sim 0.3$ 、セリウムについては $e_F = \sim 0.001$ 以下、そしてウランでは $e_F = 0.00003 \sim 0.0008$ の範囲にある⁸⁾。

ボイルオーバー燃焼が起こった場合には、同伴係数の値は急激に大きくなり、場合によっては $e_F = 1$ を越える。これは、水相中の核種が水蒸気と共に直接気相に移行したことを意味している。TRANS-ACEでは、ボイルオーバー燃焼が発生した場合の同伴係数を $e_F = 1.0$ とした。

3.7.5 溶媒火災時における放射性エアロゾルの放出

揮発性核種を除き、気相に放出する放射性核種は放射性エアロゾルとなる。この放射性エアロゾルは、煤煙に付着してセル換気系に移行する。したがって、放射性エアロゾルの移行は煤煙やエアロゾルの移流方程式である(3.3.1)式の解から決定することができる。エアロゾル移流方程式を解くためには、放射能濃度とエアロゾル濃度の関係を明らかにする必要がある。

ここで、単位重量のエアロゾル(煤煙)に付着した放射能を ω (Ci/kg) と定義する。

$$\omega = \frac{\dot{m}_F}{\dot{m}_s} = \frac{e_F DC_w}{\chi \xi \rho_{org}} \dots\dots\dots (3.7.4)$$

ここで、 \dot{m}_F (Ci/s) は(3.7.2)式で定義された放射性エアロゾルの気相放出速度、 \dot{m}_s (kg/s) はエアロゾルの発生速度である。 ω (Ci/kg) の値は、 i 核種の $e_{F,i}$ が既知であれば(3.7.4)式より導出できる。したがって、 j 番目のセルにおける i 核種の放射能濃度 $C_{Fi,j}$ (Ci/m³) は、(3.3.1)式の解より得られたエアロゾル濃度 C_{sj} (kg/m³) と ω_i (Ci/kg) を用いて以下の式で示される。

$$C_{Fi,j} = \omega_i C_{si,j} \dots\dots\dots (3.7.5)$$

TRANS-ACE は、HEPA フィルタを通過してスタックから放出される放射能濃度と放射能放出速度を放射性核種ごとに出力できる機能を備えている。

3.7.6 爆発時におこる放射性エアロゾルの放出

セル内で爆発が起こった場合、爆発物の燃焼により M_{sp} (kg) のエアロゾル(煤煙)と放射性物質を含む M_{H_2O} (kg) の液滴エアロゾルが発生すると考える。 M_{H_2O} の液滴エアロゾルは爆発による発熱で乾燥し、 M_a (kg) の放射性エアロゾルになると考える。したがって、セル内に浮遊するエアロゾルの重量 M_p (kg) は

$$M_p = M_{sp} + M_a \dots\dots\dots (3.7.6)$$

である。爆発により飛散した液塊中には放射性核種と非放射性的の溶質が存在しているので、その重量濃度を C_o (kg/l)、密度を ρ_{H_2O} とすれば、(3.7.6)式の M_a (kg) は以下の式で表わすことができる。

$$M_a = \frac{C_o M_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} \dots\dots\dots (3.7.7)$$

したがって、セル内に浮遊する全エアロゾルの重量は、

$$M_p = M_{sp} + \frac{C_o M_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} \dots\dots\dots (3.7.8)$$

となる。TRANS-ACEでは、液塊中に含まれる放射性物質の種類を20核種とし、それらの核種の放射能濃度 Γ_i (Ci/l) を表3.5に記された核種の順番で入力できる機能を備えている。

ここで、単位重量のエアロゾル中に存在する i 核種の放射能を

$$\omega_i (Ci/kg) = [M_{F,i}] / [M_p] \quad \dots\dots\dots (3.7.9)$$

と定義する。ここで、 $M_{F,i} (Ci)$ はセル内に浮遊した i 核種の放射能で次式で表わすことができる。

$$[M_{F,i}] = \frac{M_a \Gamma_i}{C_o} \quad \dots\dots\dots (3.7.10)$$

よって、単位エアロゾル重量あたりの i 核種の放射能 $\omega_i (Ci/kg)$ は、

$$\omega_i = \frac{M_a \Gamma_i}{C_o (M_{sp} + M_a)} \quad \dots\dots\dots (3.7.11)$$

となる。 ω_i の値が決定できれば、(3.3.1) 式の解より得られるエアロゾル濃度 $C_j (kg/m^3)$ と (3.7.11) 式で決まる $\omega_i (Ci/kg)$ の積から (3.7.5) 式と同様の手法により j 番目のセルにおける i 核種の放射能濃度 $C_{F,i} (Ci/m^3)$ が求められる。

$$C_{F,i,j} = \omega_i C_{S,i,j} \quad \dots\dots\dots (3.7.12)$$

なお、爆発計算でも、スタックから放出される放射能濃度と放射能の放出速度を核種ごとに出力できる機能を備えている。

3.7.7 放射性ガスの放出

気相に放出する放射性核種のうち、トリチウム、ヨウ素及び二酸化ルテニウム (RuO_2) 等はガス化してセル換気系内を移行すると考えられる。放射性ガスは沈着やフィルタによる捕集はなされずに環境に放出されるので、その解析が重要である。TRANS-ACEでは、放射性核種のガス化率 $\eta (-)$ を入力で与えるようになっている。したがって、 j 番目のセルにおける放射性ガスの放射能濃度 (Ci/m^3) は以下の式で示される。

$$V_j \frac{dC^*_j}{dt} = \sum_k^N C^*_k v_k A_k + \dot{M}_F \quad \dots\dots\dots (3.7.13)$$

ここで、 $V_j (m^3)$ はノード j の体積、 $C^*_j (Ci/m^3)$ はノード j の放射性ガス濃度、 $v_k (m/s)$ はブランチ k の流速、 $A_k (m^2)$ はブランチ k の断面積、 Σ はノード j に接続しているブランチ k の総和である。TRANS-ACEでは、スタックから放出される放射性ガスの放射能濃度と放射能の放出速度を出力できる。

3.7.8 放射性物質の気相放出係数

TRANS-ACEでは、溶媒火災時の放射性核種の気相放出除染係数 $DF_t (-)$ を以下の式で定義した。

$$DF_t = \frac{C_w V_w + C_{org} V_{org}}{\int (\dot{Q} C_F) dt} \quad \dots\dots\dots (3.7.14)$$

ここで、 $DF_t(-)$ は発生源に存在する放射能(C_i)が一定の時間内にどの程度スタックから放出するかを示す指標である。また、 $C_{org}(C_i/m^3)$ 及び $C_w(C_i/m^3)$ はそれぞれ溶媒相と水相の放射能濃度、 $V_{org}(m^3)$ 及び $V_w(m^3)$ は溶媒相と水相の初期体積である。 $\dot{Q}(m^3/s)$ はセル換気系の流量、 $C_F(C_i/m^3)$ は放射能の気相濃度である。なお、TRANS-ACEは事故の発生源からスタックまでの任意位置における DF_t 値が出力できる機能を備えている。

3.8 セル換気系の初期流動抵抗解析

3.8.1 ダクト(配管等)系の初期流動抵抗

火災あるいは爆発の計算を実施する場合、セル換気系のネットワークの初期流動抵抗を前もって正確に求めておく必要がある。ネットワーク系の初期流動抵抗の値が正確でないと、ネットワーク内の熱流動の解が不正確になる。

ネットワーク系の初期流動抵抗(差圧)は以下の方式に基づき計算される。

$$\text{流動抵抗(差圧)} = \text{配管抵抗} + \text{縮小抵抗} + \text{拡大抵抗}$$

(1) 配管の抵抗

$$F_k = f_c \frac{L}{D_h} \frac{\rho V_f V_f}{2} \quad \dots\dots\dots (3.8.1)$$

ここで、 F_k はkブランチの配管流動抵抗、 $f_c(-)$ は管摩擦係数、 $L(m)$ は流路長、 $D_h(m)$ は水力直径、 $\rho(kg/m^3)$ は流体の密度、 $V_f(m/s)$ は流体の流速である。

管摩擦係数(f_c)は以下の式で決定する。

① 直管の場合

イ) $Re < 2600$ の場合

$$f_c = 64/Re \quad \dots\dots\dots (3.8.2)$$

ロ) $Re > 2600$ の場合

$$f_c = 0.1 \left(1.46 \frac{\epsilon_f}{D_h} + \frac{100}{Re} \right)^{0.25} \quad \dots\dots\dots (3.8.3)$$

ここで、 $Re(-)$ はレイノルズ数、 $\epsilon_f(m)$ は管の絶対粗度である。

② エルボの場合

イ) $(R_f/D_h) < 1.0$ の場合

$$f_c = 0.0315 (R_f/D_h) + 0.21 (D_h/R_f)^{2.5} \quad \dots\dots\dots (3.8.4)$$

ロ) $(R_f/D_h) > 1.0$ の場合

$$f_c = 0.0315(R_f/D_h) + 0.21(D_h/R_f)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (3.8.5)$$

より算出される。ここで、 R_f (m) は管の曲率半径である。なお、(3.8.4)式は、 $0.5 < (R_f/D_h) < 1.0$ の場合に適用する式であるが、 0.5 以下の場合でもこの式を使用する。但し、 (R_f/D_h) の値が 0.5 以下であると出力に警告がなされる。

さらに、水力直径 (D_h) の入力値がブランクの場合には、

$$D_h = 2.0 * \left[\frac{\text{断面積}}{\pi} \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (3.8.6)$$

より算出される。

(2) 配管の拡大, 縮小抵抗

$$F_k = K_f \frac{\rho V_f |V_f|}{2} \quad \dots\dots\dots (3.8.7)$$

ここで、 K_f (-) は損失係数である。A を流路面積とすると、流路が狭くなる場合 ($A_0 < A_1$) には、損失係数 (K_f) は以下の式を使用する。

$$K_f = 0.5(1 - A_0/A_1) \quad \dots\dots\dots (3.8.8)$$

流路が広がる場合 (A_0/A_2) には、

$$K_f = \left(1 - \frac{A_0}{A_2}\right)^2 \quad \dots\dots\dots (3.8.9)$$

3.8.2 バルブの初期流動抵抗

図 3.3 にバルブの略図と記号を、図 3.4 に仕切弁を、図 3.5 に蝶弁を示す。

バルブ流動抵抗 (差圧) は、仕切弁では l/d を、蝶弁では θ を入力して図 3.3 の記号と表 3.6 及び表 3.7 の値から ζ を求める。 ζ の値が決定されると、

$$h = \zeta \frac{v_f^2}{2g} \quad \dots\dots\dots (3.8.10)$$

より差圧が算出される。但し、 k_o を変換係数 (mm H₂O) または (Pa) とすれば

$$\text{差圧} = k_o \cdot h \quad \dots\dots\dots (3.8.11)$$

となる。(3.8.10) 式中の v_f は、

$$v_f = \frac{\text{〔体積流量〕}}{\text{〔下流ノード断面積〕}} \quad \dots\dots\dots (3.8.12)$$

より算出される。

3.8.3 初期流動抵抗の自動計算機能と誤差の吸収方法

セル換気系のネットワーク系を構築する場合、各配管の抵抗値（差圧）を入力して、系全体のバランスを取る。しかし、系全体のバランスが取れずに誤差を生じた場合、系内にバルブ（ブランチ）を指定し、そのバルブに誤差を吸収させる。具体的には、誤差のしわよせを行うブランチの差圧を、系全体の差圧からしわよせブランチの差圧以外の値を差し引いて行うものとする（図 3.6 参照）。

(1) 誤差の吸収方法

- ① 誤差のしわよせを行うブランチを設定する場合には、その個数を必要最小限個とすること。
- ② 図 3.6 に示すブランチの差圧決定方式でしわよせを行うと比較的簡単である。即ち、図中の矢印のような順番で各ノードの圧力を計算していき、最後にしわよせバルブの両側ノードの圧力値からしわよせブランチの差圧（ $4P_1$ または $4P_2$ ）を決定する。
- ③ しわよせを行った後、しわよせバルブの差圧から ξ を求め、表 3.6 あるいは表 3.7 の値を用いて l/d 、あるいは θ を補間してしわよせバルブの断面積を計算するとよい。

3.8.4 逆流防止ダンパ（逆止弁）の増設

境界ノードには、逆流防止ダンパ（逆止弁）を設定することができる。逆流防止ダンパ（逆止弁）の構造は、蝶弁あるいは仕切り弁と仮定する。この 2 種類の弁のコントロール方式は、差圧の変動や流れの方向で自動的に開閉される。但し、TRANS-ACE を用いて初期差圧を自動計算させる場合には、流速（ v_f ）は

$$v_f = \frac{[\text{流量}]}{[\text{弁の最大断面積}]} \quad \dots\dots\dots (3.8.13)$$

より求めなければならない。

ここで、境界ノードを含む図 3.7 のようなネットワークに逆流防止ダンパ（逆止弁）を設定する場合に付いて説明する。

このような場合、逆流防止ダンパ（逆止弁）は、図 3.8 の位置に設定されることになる。

図 3.8 の場合には、全ブランチの数とノードの数がそれぞれ 10 個、11 個だとすると、新しく設定されたブランチ（弁）及び新設ノードの番号はそれぞれ 11 番と 12 番になる（付録 9 参照）。

3.9 ダンパの開閉解析

セル換気系における逆流防止ダンパやコントロール弁（弁と呼ぶ）の開閉解析について説明する。弁の開閉解析の方式は以下の 3 ケースである。

- * 圧力信号による弁のコントロール（ノード）

- * 流量信号による弁のコントロール（ブランチ）
- * 逆止弁の作動

3.9.1 圧力信号による弁のコントロール

図 3.9 に示すように、任意位置（セル）にあるモニターにおいて固定したい基準圧力を P_0 (Pa) とし、 P_0 に対し正負方向に ΔP (Pa) を設定する。弁の開閉応答は入力した開閉率速度 f_v (%/s) により行う。弁に対する開閉率速度は、応答の速い開閉スピードと応答の遅い開閉スピードの 2 つの $f_{v,1}$ 及び $f_{v,2}$ について入力する。

今、 t 時刻の開閉弁の断面積を $S_v(t)$ (m^2) とすると、 Δt 時刻に開閉した弁の断面積 $S_v(t+\Delta t)$ (m^2) は、

$$S_v(t+\Delta t) = S_v(t) \pm S_{v0} \times f_v \times \Delta t \quad \dots\dots\dots (3.9.1)$$

となる。ここで、 S_{v0} (m^2) は弁の最大開口断面積、 f_v (%/s) は弁の開閉率速度、 Δt (s) は計算のタイムステップである。

(3.9.1) 式において、 $[S_{v0} \times f_v \times \Delta t]$ は Δt 時間内に開閉する弁の断面積の変化量を表わしている。セル（モニター位置）内の圧力の変動幅が ΔP 以内であれば、 f_v (-) は小さな値を入力し、 ΔP を越えるような場合には比較的大きな値（例えば $f_v = 50.0$ ）を入力すればよい（ f_v の値が大きくなる程弁の作動が速くなる）。

3.9.2 流量信号による弁のコントロール

図 3.10 に示すように固定したい基準流量 Q_0 (m^3/s) とし、 Q_0 に対し正負方向に ΔQ (m^3/s) を設定する。弁の開閉応答も先の定義と同様に速い開閉スピードと遅い開閉スピードの 2 つを入力する。任意位置にあるダクト（モニター位置）内の流量変動幅が ΔQ 以内であれば、 f_v (-) は小さな数値を、 ΔQ を越える場合は f_v の値を比較的大きな値として入力する。

3.10 タイムステップ機能の解析

3.10.1 区分タイムステップ機能

区分タイムステップは、最大 5 つの時間を設定することができる。タイムステップの入力方式（カード）は図 3.11 の通りである。

計算結果をグラフ化する場合、グラフ上の計算値のプロットは全時間の計算回数を 100 で割った数ごとに出力される（例 2000 回の計算回数 \rightarrow 20 回に 1 プロットを出力する。但し、100 回以下の計算ではプロットは全数出力する）。したがって、タイムステップが短い区間はグラフも密に描かれることになる。

3.10.2 自動タイムステップ

時間関数を $f(t)$ とし、 Δt 時間における $f(t)$ の変化量の割合を

$$E_1 = \frac{f(t+\Delta t) - f(t)}{f(t)} \quad \dots\dots\dots (3.10.1)$$

とする。自動タイムステップの方法は、 E_1 をタイムステップごとに求め、入力された最大値(MAXV)及び最小値(MINV)と比較してタイムステップのコントロールを行う(第4章⑤タイムステップ・データを参照)。

また、1次変化があまり激しくなくても2次変化が激しい領域においてタイムステップが拡大してしまうことを防ぐために、上記の判定式による評価に加えて $f(t)$ の変化量を再び計算し評価する方式をとる。

$$E_2 = \frac{\alpha(t+\Delta t) - \alpha(t)}{\alpha(t)} \quad \dots\dots\dots (3.10.2)$$

ここで、

$$\alpha(t) = f(t+\Delta t) - f(t) \quad \dots\dots\dots (3.10.3)$$

である。なお、評価を行う物理量は、圧力、密度、流量の3種である。これら物理量に優先順位は無く、どれか1つの E_1 がMAXV以上となった場合には Δt は小さくなり、これら全ての E_1 がMINVより小さくなり、かつ全ての E_2 が2.0より小さくなった場合には Δt は大きくなる。 E_2 の判定値($E_2 < 2.0$)はプログラムの中に設定された定数なので、ユーザ側で変更をしたい場合には、サブルーチン「AUTSTP」中の2.0の箇所を訂正すること。

タイムステップの自動コントロールは、表3.8に従って行われる。

表 3.1 フィルタの流動抵抗係数

	ハーフサイズ (610mm×305mm×292mm t)	フルサイズ (610mm×610mm×292mm t)
K_L (層流抵抗係数)	9.986×10^6 ($m^{-1/2}$)	9.953×10^6 ($m^{-1/2}$)
K_T (乱流抵抗係数)	40.3	40.5

表 3.3 水素とアセチレンの燃焼の範囲

混合気体	下限 (モル分率)	上限 (モル分率)
H_2 - 空気	0.04	0.75
C_2H_2 - 空気	0.025	0.80

表 3.2 溶媒火災の燃焼パラメータ

記号	現象	定義式	説明	実驗式
ξ	給気量と燃焼率	$\frac{[\text{溶媒の燃焼速度}]}{[\text{溶媒の蒸発速度}]}$	大型火災試験の結果により決定できる。	$\begin{aligned} &= 1.0 \text{ (大気火災)} \\ &= \frac{\dot{m}_b}{(\dot{m}_{fu})_A} = \exp \{0.889 \ell n (F/S) + 1.175\} \quad F/S \leq 0.2 \\ &= \exp \{0.128 \ell n (F/S) - 0.268\} \quad F/S > 0.2 \end{aligned}$
ϵ	燃焼皿内の熱蓄積	$\frac{[\text{溶媒蒸発の発熱量}]}{[\text{溶媒相にはいる熱量}]}$	溶媒相、液相、及び燃焼皿の熱容量と温度上昇から決定できる。	$\epsilon = \frac{(\dot{m}_{fu})_{AL} L_{fu}}{(\dot{q})_{x=0}} = 0.3 \sim 0.4$
ϕ	燃焼皿への輻射	$\frac{[\text{輻射効果により溶媒相に入った熱量}]}{[\text{火炎から溶媒にはいる熱量}]}$	大型火災試験の結果より決定できる。	$\phi = \frac{(\dot{q}_r)_A}{(\dot{q})_{x=0}} = 0.85 - 0.46 \exp \{-4.2 d\}$
γ	全輻射効果	$\frac{[\text{輻射の熱量}]}{[\text{溶媒の燃焼発熱量}]}$	石油火災の実験データから決定できる。	$\gamma = \frac{(\dot{q}_r)_A + \{(-\dot{q}_r)_B\}}{\dot{m}_b \Delta H} = 0.15$
f	酸素量の効果	$\frac{[\text{溶媒の燃焼量}]}{[\text{燃焼に必要な酸素供給量}]}$	溶媒燃焼の酸素当量より計算できる。	$\begin{aligned} f &= \frac{\xi (\dot{m}_{fu})_A}{(-\dot{m}_{ox})_B} = 0.288 \text{ (n-ドデカン)} \\ &= 0.333 \text{ (30\% TBP-n-ドデカン)} \end{aligned}$
δ	沸騰の効果	$\frac{[\text{水相の蒸発速度}]}{[\text{溶媒の蒸発速度}]}$	セル内火災では鎮火するので $\delta = 0$ である。	$\delta = \frac{(\dot{m}_{aq})_A}{(\dot{m}_{fu})_A} = 0.1 \text{ (大気火災)}$ $= 0 \text{ (セル内火災)}$
$Y_{ox,\infty}$	酸素の効果	セル無限大位置から火災までの酸素の濃度差の関数	大型火災試験の結果より決定できる。	$\begin{aligned} &= 0.232 \text{ (大気火災)} \\ Y_{ox,\infty} &= 0.232 \exp \{-28.8 (V_f / V_L)\} \end{aligned}$

表 3.4 大型再処理施設の抽出工程における放射性物質

核種	放射能 (Ci/tU)	放射能濃度 (Ci/l)	分配係数 {溶媒/水相}	同伴係数 (-)
^3H	0.00058	0.12	0.002	1.0
^{90}Sr	0.092	18.3	0.0005	0.003
^{90}Y	0.092	18.3	0.0002	0.003
^{106}Ru	0.041	8.1	0.03	0.1
^{106}Rh	0.041	8.1	1×10^{-5}	0.01
^{125}Sb	0.0063	1.3	1×10^{-5}	0.01
$^{125\text{m}}\text{Te}$	0.0015	0.31	1×10^{-5}	0.01
^{134}Cs	0.063	12.6	8×10^{-5}	0.1
^{137}Cs	0.128	25.6	8×10^{-5}	0.1
$^{137\text{m}}\text{Ba}$	0.121	24.2	0.0001	0.003
^{144}Ce	0.037	7.5	0.001	0.001
^{144}Pr	0.037	7.5	1×10^{-5}	0.001
$^{144\text{m}}\text{Pr}$	0.0005	0.09	1×10^{-5}	0.001
^{147}Pm	0.051	10.2	0.01	0.001
^{151}Sm	0.0005	0.09	1×10^{-5}	0.001
^{154}Eu	0.0057	1.1	0.01	0.001
Uranium	2×10^{-6}	0.0004	4.0	0.0005
Plutonium	0.138	27.6	1.0	0.0005
Actinium	0.0044	0.88	0.2	0.0005

表 3.5 再処理モデルプラントの抽出工程における放射性物質

核種	順位	対射能 (Ci/g-u)	放射能濃度 (Ci/l)	分配係数 〔溶媒/水相〕	同伴係数 (-)
Sr-89	9	0.153	19.1	10^{-3}	3×10^{-3}
Sr-90	10	0.102	12.7	10^{-3}	3×10^{-3}
Cs-137	12	0.096	12.0	10^{-4}	0.1
Ru-103	13	0.0584	7.3	10^{-2}	0.1
Ru-106	4	0.418	52.2	10^{-2}	0.1
Rh-106	5	0.418	52.2	10^{-3}	0.1
Zr-95	7	0.264	33.0	10^{-1}	0.1
Nb-95	3	0.557	69.6	10^{-2}	0.1
Ce-141	14	0.032	4.0	10^{-3}	5×10^{-4}
Ce-144	1	1.058	132.2	10^{-3}	5×10^{-4}
Pr-144	2	1.058	132.2	10^{-5}	5×10^{-4}
H-3	15	2.24×10^{-4}	0.028	2.7×10^{-3}	0.1
Y-90	11	0.102	12.7	10^{-2}	3×10^{-3}
Y-91	8	0.222	27.8	10^{-2}	3×10^{-3}
Ba-140	16	1.12×10^{-4}	0.014	10^{-4}	3×10^{-3}
La-140	17	1.12×10^{-4}	0.014	10^{-2}	5×10^{-4}
Pm-147	6	0.362	45.2	10^{-2}	5×10^{-4}
total		—	608.7	—	—
ウラン	—	4.1×10^{-7}	5.1×10^{-5}	4	5×10^{-4}
プルトニウム	—	6.4×10^{-4}	0.08	1	5×10^{-4}

表 3.6 仕切弁のζの値

$\frac{b}{d}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	
ζ	口径 $\frac{1}{2}$ "	370	54	18	7.7	2.2	0.81
	口径 1"	210	40	10	3.5	0.88	0.23
	口径 10"	96	17	5.6	2.3	0.41	0.05

表 3.7 蝶形弁のζの値

θ	5°	10°	20°	30°
ζ	0.24	0.52	1.54	3.91

θ	40°	50°	60°	70°
ζ	10.8	32.6	118	751

表 3.8 タイムステップコントロール

$E_1 < \text{MINV}$ and $E_2 < 2.0 \rightarrow \Delta t$ 大
$E_1 > \text{MAXV}$ $\leftarrow \Delta t$ 小

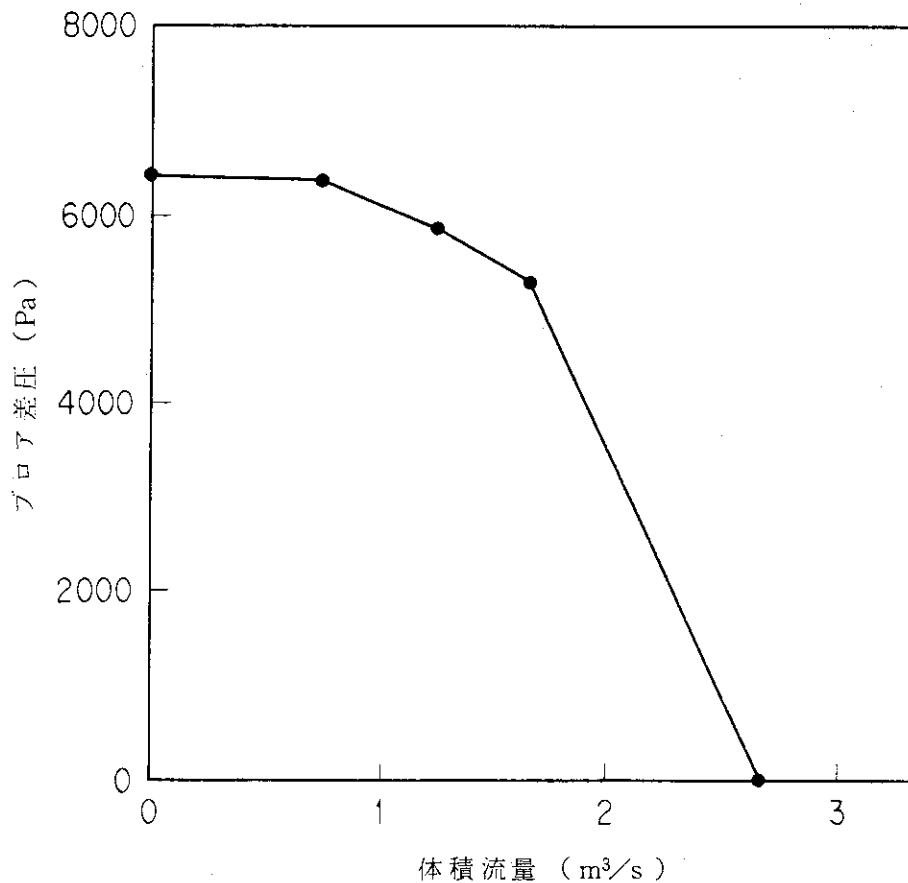
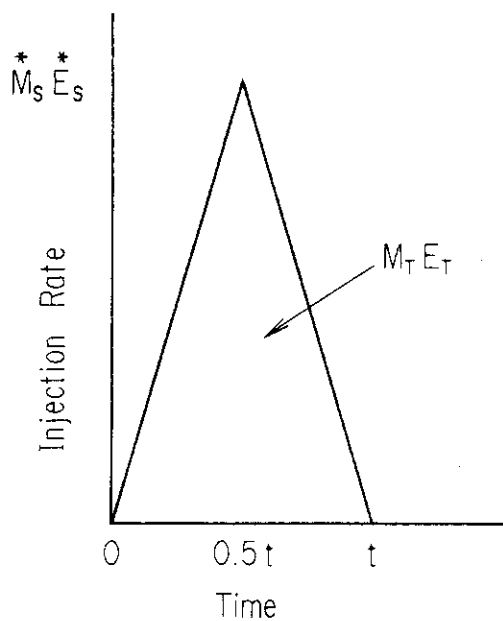


図 3.1 フロアにおける体積流量と差圧の関係

プロットされているデータは、サンプル計算に使用されているものである。

プロットされたデータ以外の値は、直線補間される。



M_t GIVEN

$$t = F \left(\frac{L}{C} \right)$$

$$E = M_T (F_{EQ}) 1944 (F_C)$$

$$M_s^* = M_T \left(\frac{2}{t} \right)$$

$$E_s^* = E_T \left(\frac{2}{t} \right)$$

図 3.2 質量とエネルギー放出速度を与える三角形スパイク

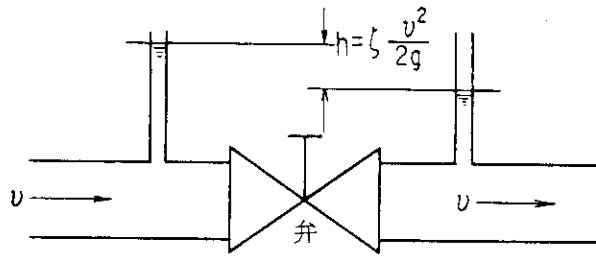


図 3.3 バルブの略図と記号

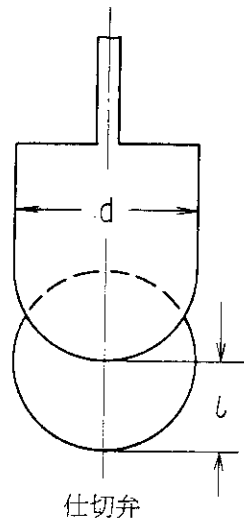
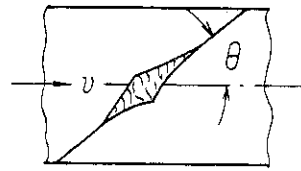


図 3.4 仕切弁



蝶形弁 (円管)

図 3.5 蝶 弁

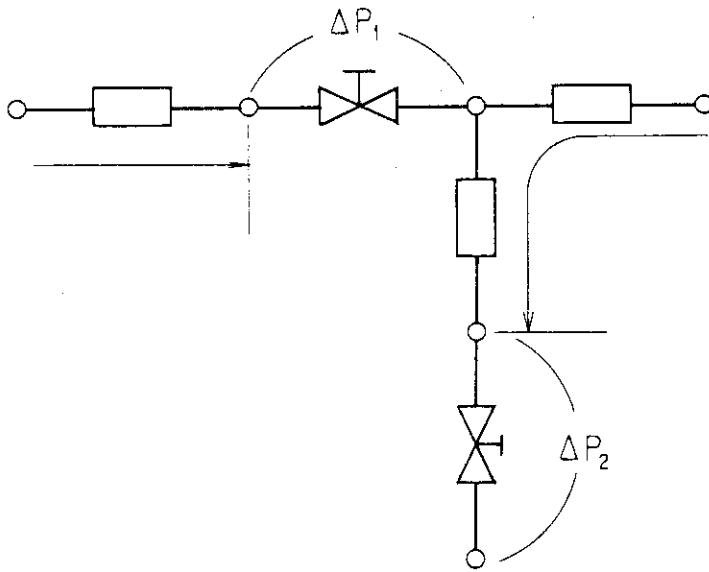


図 3.6 しわよせブランチの差圧

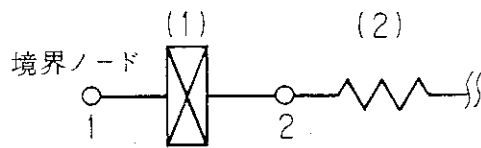


図 3.7 境界ノード

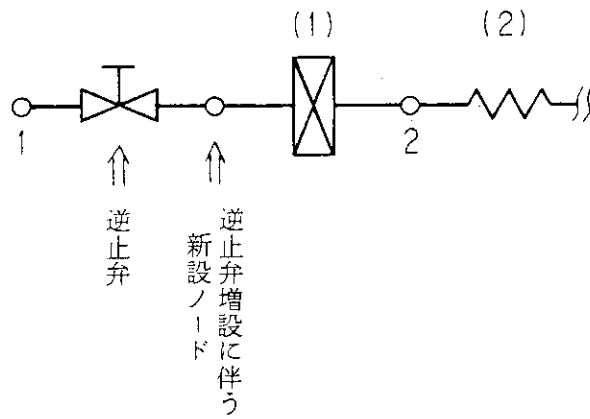


図 3.8 逆流防止ダンパ（逆止弁）の設置位置

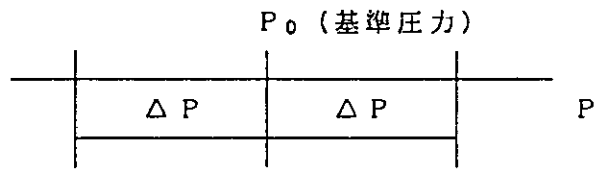


図 3.9 圧力信号による弁のコントロール範囲

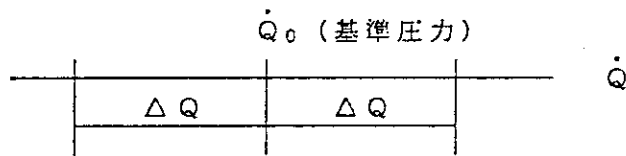
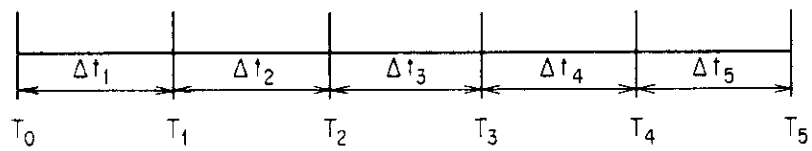


図 3.10 流量信号による弁のコントロール



カード入力

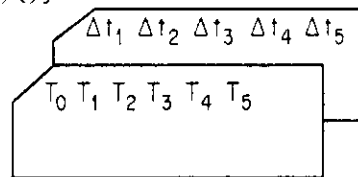


図 3.11 区分タイムステップの入力フォーマット

4. 入力及び出力説明

4.1 入力説明

TRANS-ACEコードの計算に必要な入力データは、以下に示したカードイメージのフォーマット形式にて行なう。

〔1〕 コメントカード

	10	20	30	40	50	60	70	80
データタイプ	*							
変数名								
単位								

コメントカードのため、1カラム目に必ず*印を入れること。カードは有効データと見なさず、データの入力時には空読みする。

〔2〕 タイトルデータ

	10	20	30	40
データタイプ	10A4			
変数名	FIRE ACCIDENT IN CELL (例)			
単位				

このカードの内容に記入された文章は、L/P及びプロッターに出力される。

〔3〕 シミュレーション・コントロール・データ(1)

	5
データタイプ	15
変数名	NOPT1
単位	(-)

計算を開始する前に入力データをチェックするオプションである。

NOPT1=1：入力データをチェックし、入力リストとチェックした結果を出力する。

[4] ラン・コントロール(1)

	10		20	30	40	
データタイプ	3X	A2	I5	F10.5	F10.5	F5.0
変数名	RUNT		MAXIT	CONVRG	RBETA	FMIX
単位	(-)		(回)	(-)	(-)	(-)

RUNTは、どのような計算を実施するかを決めるオプションである。

RUNT=SS 定常計算（過渡計算の前に行い、ブランチ間の差圧を定める）。

=ST 過渡計算（火災・爆発の計算を行なう）。

=RS リスタート計算（計算後の結果はリスタートファイルに出力されない）。

=TP 過渡計算（計算後の結果をリスタートファイルに出力する）。

=SP 定常計算（計算後の結果をリスタートファイルに出力する）。

=RP リスタート計算（計算後の結果をリスタートファイルに出力する）。

MAXIT : 最大反復回数（デフォルト値は1000回である）。

CONVRG : 収束判定値（デフォルト値は0.0001回である）。

RBETA : 緩和係数（デフォルト値は1.0回である）。

FMIX : 混合係数（デフォルト値は1.77777回である）。

緩和係数とはタイムステップ内の物理量の修正化を行なう係数である。混合係数とは平均化の係数である。

[5] タイムステップ・データ(1)

	5	10	20	30	40	
データタイプ	I5	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	
変数名	IASTFG	MAXV	MINV	MAXT	MINT	
単位	(-)	(-)	(-)	(s)	(s)	

タイムステップのフラグ IASTFG=0 区分タイムステップ
=1 自動タイムステップ

誤差最大・最小評価 MAXV : $\{f(t+\Delta t) - f(t) / f(t)\}$ の最大値
MINV : $\{f(t+\Delta t) - f(t) / f(t)\}$ の最小値

タイムステップ最大・最小値 MAXT : タイムステップ最大値
MINT : タイムステップ最小値

〔6〕 タイムステップ・データ(2)

	10		20		30		40		50		60	
データタイプ	F 10.5		F 10.5		F 10.5		F 10.5		F 10.5		F 10.5	
変数名	TSTCHG(1)		TSTCHG(2)		TSTCHG(3)		TSTCHG(4)		TSTCHG(5)		TSTCHG(6)	
単位	(S)		(S)		(S)		(S)		(S)		(S)	

計算における区分時間の切り替え時刻である。

TSTCHG(1)：計算開始時刻。

TSTCHG(2)：1回目の区分切り替え時刻。

TSTCHG(3)：2回目の区分切り替え時刻。

TSTCHG(4)：3回目の区分切り替え時刻。

TSTCHG(5)：4回目の区分切り替え時刻。

TSTCHG(6)：計算終了時刻。

自動タイムステップのとき(IASSTFG=1)，(2)～(5)の区分切り替え時刻は不要。

リスタート計算のとき(RUNT=RP or RS)は，計算開始時刻(TSTCHG(1))には前回計算終了時刻を指定すること。

〔7〕 タイムステップ・データ(3)

	10		20		30		40		50	
データタイプ	F 10.5		F 10.5		F 10.5		F 10.5		F 10.5	
変数名	TSTEP(1)		TSTEP(2)		TSTEP(3)		TSTEP(4)		TSTEP(5)	
単位	(S)		(S)		(S)		(S)		(S)	

区分時間内のタイムステップである。

TSTEP(1)：1回目の区分内のタイムステップ及び自動タイムステップのタイムステップ初期値。

TSTEP(2)：2回目の区分内のタイムステップ。

TSTEP(3)：3回目の区分内のタイムステップ。

TSTEP(4)：4回目の区分内のタイムステップ。

TSTEP(5)：5回目の区分内のタイムステップ。

〔8〕 ラン・コントロール(2)

	5		10		15		20		25		30		35		45		55		65	
データタイプ	X4	A1	X4	A1	X4	A1	15	I5	I5	I5	X4	A4	F10.5	F10.5	F10.5	F10.5	F10.5	F10.5	F10.5	
変数名		A		B		C	IBROOM	ICALC	ICAIT			D	SOUT(1)	SOUT(2)	SOUT(3)	SOUT(4)	SOUT(5)	SOUT(6)	SOUT(7)	
単位							(-)	(-)	(-)				(S)	(S)	(S)	(S)	(S)	(S)	(S)	

各ノードにおける圧力、温度及びエアロゾル濃度の初期値を時間テーブルで入力する場合に使う。

A=P INP：圧力の場合は“P”を入れる。

B=T INP：温度の場合は“T”を入れる（デフォルト値は大気温度である）。

C=C INP：エアロゾル濃度の場合は“C”を入れる（デフォルト値は0.0である）。

IBROOM=火災が発生したセルのノード番号（爆発の場合は使用しない）。

ICALC=1：エアロゾルの移行計算をする。

ICALC=0：エアロゾルの移行計算をしない。

ICALT=1：セル壁への放熱計算をする。

ICALT=0：セル壁への放熱計算をしない。

D=NSPOUT：=0は、計算の初期と終了の時刻に結果を出力する。=1, =2, =3は、初期と終了以外の時刻に結果を出力する（≤3）。なお、デフォルト値は0である。

SOUT(1)~SOUT(3)：結果を出力するフラグNSPOUTに対応した出力の時刻を入れる。

[9] スタック・データ

	5	
データタイプ	15	
変数名	ISTACK	
単位	(-)	

セル換気系のネットワークにおけるスタックのノード番号を入れる。

[10] 放射性核種データ(1)

	5	10	20	30	40	
データタイプ	15	15	E10.5	E10.5	E10.5	
変数名	IFPDT	LSTFL	CUO2	VWTR	RUGAS	
単位	(-)	(-)	(g/L)	(L)	(-)	

再処理施設内の放射能インベントリ入力カードである（放射性核種のデータが必要）。ラン・コントロール(2)の放射能インベントリのフラグICALC=0の時はこのカードは不要である。

IFPDT=0：テーブルとしてユーザが入力する。

IFPDT=1：大型再処理工場（火災計算のみ）。

IFPDT=2：再処理モデルプラント（火災計算のみ）。

LSTFL：セル換気系の最終排気位置のフィルタブランチ番号（スタックに一番近いフィルタ）。

CUO2 : 抽出工程における水相のウラン重量濃度 (g/L)

VWTR : 水相の体積 (L) [IFPDT=1 or=2 の場合に使用する]。

RUGAS : ルテニウム (RuO₂) のガス化分率 (-)。デフォルト値は 0.04 である。

[11] 放射性核種データ(2)

	5	10	20	30	40	50	
データタイプ	X5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	
変数名		RAD	RADCON	DIS	EF	NUCL	
単位		(Ci/g-U)	(Ci/L)	(-)	(-)	(-)	

放射能インベントリのカードである。前カード IFPDT=0 の場合のみ、ユーザーがテーブルとして入力する。

IFPDT≠0 の場合には、このカードを使用してはならない。

RAD : 1 g のウラン燃料に含まれる核種の放射能 (Ci/g-U) [火災計算のみ]。

RADCON : 核種の放射能濃度 (Ci/L)。

DIS : 溶媒に対する核種の分配係数 (-) [火災計算のみ]。

EF : 核種の気相同伴係数 (-) [火災計算のみ]。

NUCL : 放射性核種の種類 [以下の順番で入力すること。Sr-89, Sr-90, Cs-137, Ru-103, Ru-106, Rh-106, Zr-95, Nb-95, Ce-141, Ce-144, Pr-144, H-3, Y-90, Y-91, Ba-140, La-140, Pm-147, U(uranium), Pu(plutonium), dummy nuclear]

[12] プロットコントロール・データ(1)

	10		20		30		40		50	
データタイプ	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
変数名	NPFRMS	NDPFRM	NTFRMS	NNWLIN	NNWLOT	NDWLIN	NDWLOT	NQFRMS	NMFRMS	NHFCIN
単位	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

計算結果を出力するグラフの枚数を指定するデータである。図形の出力が不要の時は、このカードのデータはすべて 0 とすること。

NPFRMS : 圧力図の枚数 (≤ 100)。

NDPFRM : 差圧図の枚数 (≤ 100)。

NTFRMS : 温度図の枚数 (≤ 100)。

NNWLIN : セル内壁の温度図枚数 (≤ 100)。

NNWLOT : セル外壁の温度図枚数 (≤ 100)。

NDWLIN : ダクト内壁の温度図枚数 (≤ 100)。

NDWLOT : ダクト外壁の温度図枚数 (≤ 100)。

NQFRMS : 体積流量図の枚数 (≤ 100)。

NMFRMS : 質量流量図の枚数 (≤ 100)。

NHFCIN : セル内壁への熱流束図の枚数 (≤ 100)。

[13] プロットコントロール・データ(2)

	10			20			30			40			50		
データタイプ	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5
変数名	NHFCOT	NHFDIN	NHFDOT	NARFRM	NCELDR	NDCTDR	NSDEPF	NSMKDF	NCORAM	NRLRAM					
単位	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

計算結果を出力するグラフの枚数を指定するデータである。図の全出力枚数は100枚以下とすること。なお、図形出力が不要の場合には、このカードをすべて0とすること。

NHFCOT : セル外壁から環境への熱流束図の枚数 (≤ 100)。

NHFDIN : ダクト内壁への熱流束図の枚数 (≤ 100)。

NHFDOT : ダクト外壁から環境への熱流束図の枚数 (≤ 100)。

NARFRM : エアロゾル濃度図の枚数 (≤ 100)。

NCELDR : エアロゾルのセル内沈着速度図の枚数 (≤ 100)。

NDCTDR : エアロゾルのダクト内沈着速度図の枚数 (≤ 100)。

NSDEPF : エアロゾルの沈着分率図の枚数 (≤ 100)。

NSMKDF : エアロゾルの沈着・捕集積算重量図の枚数 (≤ 100)。

NCORAM : スタック位置の放射能濃度図の枚数 (≤ 100)。

NRLRAM : スタック位置の放射能放出速度図の枚数 (≤ 100)。

[14] プロットコントロール・データ(3)

	10		
データタイプ	I5	I5	
変数名	IPLOT	ISCAL	
単位	(-)	(-)	

作図の出力選択とプロッタのスケール選択のデータである。図形出力が必要な場合のみ、このカード必要である。図形出力が不要の場合には、このカードを使用してはいけない。

IPLOT : 作図の出力選択オプションで、デフォルト値は0である。

ISCAL : プロッタ出力時の y 軸スケールの選択オプションで、デフォルト値は0である。

IPLOT=0 : ラインプロッタ (LP) 出力

=1 : プロッタ (NLP) 出力

=2 : LP/NLP 共に出力

- ISCAL = 0 : 物理量の最大値を 100% として表示。
- = 1 : 物理量の最大値を最大スケールとして表示。
- = 2 : 100% / 最大スケールを共に N L P 出力。

[15] プロットフレーム・デスクリプション・データ

	5		10		15		20		30		35	
データタイプ	A 4	X 1	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5
変数名	CHLOG(K)		NCRVS(K)	NCID(1,K)	NCID(2,K)	NCID(3,K)	NCID(4,K)					
単位	(-)		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

計算結果の出力フレームを決めるデータである。このデータは、プロットコントロール・データ(1)及び(2)の物理量計算結果の図形の圧力、差圧、温度……放射能濃度、放射能放出速度の順番にしたがって、プロットコントロール・データ(1)及び(2)で指定した枚数だけ入力する。また、y軸にLOGスケールを選んだ場合でも、作図中の物理量の最小値が0、もしくは負であればLINEARで描かれる。

図形出力が不要な場合には、このカードを使用してはいけない。

CHLOG(K): y軸をLINEARにするか、LOGにするか選択するフラグである。

(K)はフレームの数(≤4)である。指定しないと(デフォルト)

LINEAR, LOGの選択はCHLOG(K) = "LOG" とする。

NCRVS(K): フレーム中のグラフの本数(≤4)。

NCID(1,K): 1本めのグラフのノードあるいはブランチの番号

NCID(2,K): 2本めのグラフのノードあるいはブランチの番号

NCID(3,K): 3本めのグラフのノードあるいはブランチの番号

NCID(4,K): 4本めのグラフのノードあるいはブランチの番号

[16] 時間テーブルコントロールと気象条件

	10			20			30			40		
データタイプ	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5	F 10.5	F 10.5					
変数名	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	D 1	D 2					
単位	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(Pa)	(℃)					

圧力、温度、エネルギー、質量及びエアロゾルを5.5・時間テーブル・データ(1)として入力する場合、時間テーブルの数を指定するデータである(≤5)。時間テーブルの数は、5.2・ボリュームノード・データ(1)で指定された事故発生位置と発生を決めるデータである(同時に発生する事故の位置は5ヶ所以下とする)。

N 1 : 圧力時間テーブルの数(≤5)。

N 2 : 温度時間テーブルの数(≤5)。

N 3 : エネルギー時間テーブルの数(≤5)。

- N4 : 質量時間テーブルの数 (≤ 5)。
- N5 : エアロゾル時間テーブルの数 (≤ 5)。
- D1 : 外気の気圧 (ブランクの時は 1.014×10^5 Pa)。
- D2 : 外気の温度 (ブランクの時は 15.6℃)。

[17] セル換気系の形状

	10		20			
データタイプ	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5	
変 数 名	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	
単 位	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	

セル換気系のノード及びブランチの全数を指定するデータである (境界ノード, ボリュームノード及びブランチの数は0であってはならない。ノードの合計数は, 境界ノードとボリュームノードの和である)。

- N1 = ブランチの全数 (≤ 200)
- N2 = 境界ノードの全数 (≤ 10)
- N3 = ボリュームノードの全数 (≤ 200)
- N4 = プロア (ファンクション・テーブル) の全数 (≤ 20)
- N5 = フィルタ (ファンクション・テーブル) の全数 (≤ 50)

[18] 逆流防止ダンパー (逆止弁)

	5	
データタイプ	I 5	
変 数 名	IGYA	
単 位	(-)	

- IGYA = 0 : 逆流防止ダンパー (逆止弁) は設置しない。
- IGYA ≠ 0 : 逆流防止ダンパー (逆止弁) を設置する。

[19] 共通ブランチ・データ(1)

	5	10	15	20	25	30	
データタイプ	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5	
変 数 名	NOPT(1)	NOPT(2)	NOPT(3)	NOPT(4)	NOPT(5)	NOPT(6)	
単 位	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	

次の共通ブランチ・データ(2)の初期値の組数を決定するデータである。ここで, 共通ブランチとは, ネットワーク配管において流体が共通して同じライン (ダクト) を流れるブランチの範囲を言う。

- NOPT(1) : 初期体積流量の組数
 NOPT(2) : 初期ダクト温度の組数
 NOPT(3) : ダクト壁密度の組数
 NOPT(4) : ダクト壁比熱の組数
 NOPT(5) : ダクト壁厚さの組数
 NOPT(6) : ダクト壁熱伝導率の組数

[20] 共通ブランチ・データ(2)

	5	10	20	
データタイプ	I 5	I 5	E 10.5	
変 数 名	I S	I E	VALUE	
単 位	(-)	(-)	(下記参照)	

セル換気系のブランチ(ダクト等)の初期値を決めるカードである。

I S : 設定された共通ブランチの初めのブランチ番号

I E : 設定された共通ブランチの終わりのブランチ番号

VALUE : 上記の I S 番目のブランチから I E 番目のブランチに設定する初期値を指定する。初期値は、共通ブランチ・データ(1)の NOPT(1)~NOPT(6)の組数に従って、初期体積流量(m^3/s)、初期ダクト温度($^{\circ}C$)、ダクト壁密度(kg/m^3)、ダクト壁比熱($J/kg\cdot^{\circ}C$)、ダクト壁厚さ(m)、ダクト壁熱伝導率($J/m\cdot s\cdot^{\circ}C$)の順番で入力する。

[21] 流体の物性値データ

	10	20	30	40	50	60	70
データタイプ	E 10.5	E 10.5	E 10.5	E 10.5	E 10.5	E 10.5	E 10.5
変 数 名	ANU	XKAPA	ROU	CP	EPSH	AMU	AIRM
単 位	(m^2/s)	($J/ms^{\circ}C$)	(kg/m^3)	($J/kg^{\circ}C$)	(m^2/s)	($1/K$)	($Pa\ S$)

ANU : 分子動粘性係数+渦動粘性係数

XKAPB : 熱伝達係数 (χ)

ROU : 密度 (ρ)

CP : 定圧比熱

EPSH : 渦温度伝導率

AMU : 体積膨張率 (β)

AIRM : 分子粘性係数 (μ)

[22] 外気データ (セル・ダクト壁の伝熱計算に使用する。)

	10	20	30	40	50	60	70
データタイプ	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	
変数名	AMBBT	AMBCP	AMBKP	AMBRU	AMBMU	AMBTM	
単位	(1/K)	(J/kg°C)	(W/m°C)	(kg/m ³)	(Pa S)	(°C)	

AMBBT : 外気の体膨張率

AMBCP : 外気の定圧比熱

AMBKP : 外気の熱伝導率

AMBRU : 外気の密度

AMBMU : 外気の粘性係数

AMBTM : 外気の温度

[23] 異常事象発生セルの形状データ

	10	20	30	40	50	60	70
データタイプ	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	
変数名	WIDTH	HCELL	DEEP	QINL	DZPAN	BAREA	
単位	(m)	(m)	(m)	(m ³ /h)	(m)	(m ²)	

異常事象が発生したセルの形状を表わすデータである。

WIDTH : セル横の長さ

HCELL : セルの高さ

DEEP : セルの奥行き

QINL : セルへの給気流量

DZPAN : 燃焼面の奥行き (火災計算のみ)

BAREA : 燃焼面積

[24] 溶媒火災の燃焼モデル(1)

	10	20	30	40	50	60	70
データタイプ	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	
変数名	VTBP	CPD	PR	VMID	TSS	GZAI	
単位	(-)	(cal/g)	(-)	(g/cm s)	(s)	(-)	

溶媒火災の計算に用いる。データは燃焼モデルの入力値である。

VTBP : 溶媒中のTBPの体積分率

CPD : 燃焼ガスの比熱

PR : 燃焼ガスのプラントル数

VMID : 燃焼ガスの粘性係数

TSS : 溶媒の燃焼が定常燃焼になるまでの時間

GZAI : 燃焼率燃焼パラメータ (ξ), $GZAI \leq 0$ のときは実験式を使用する。

[25] 溶媒火災の燃焼モデル(2)

	10	20	30	40	50	
データタイプ	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	
変数名	TAD	OXM	PSAI	EPS	VLSO	
単位	($^{\circ}\text{C}$)	(-)	(-)	(-)	(L)	

TAD : 無限大位置 (セルの給気口) の温度。

OXM : セル内無限大位置から火炎への酸素の推進力燃焼パラメータ (Y_{ox})。

PSAI : 溶媒相方向の輻射率燃焼パラメータ (ϕ)

EPS : 溶媒相への入熱のうち、溶媒の蒸発に使用された熱量の燃焼パラメータ (ε)。

VLSO : 溶媒の初期体積

[26] エアロゾルの物性値データ

	10	20	30	40	50	60	70
データタイプ	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5
変数名	ALFNU	PK	ROUP	RG	DG	FALF	CDELTA
単位	(-)	($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)	(kg/m^3)	(-)	(m)	(-)	(m)

ALFNU : エアロゾルの拡散係数パラメータ (= 1.7)

PK : エアロゾルの熱伝導率

ROUP : エアロゾルの密度

RG : 対数正規分布の幾何標準偏差

DG : 対数正規分布の平均粒子直径

FALF : 摩擦係数の補正因子 (= 0.9)

CDELTA : セル壁面の濃度勾配の境界厚さ

[27] 火災・爆発発生源のフラグ

	5	
データタイプ	I 5	
変 数 名	NT	
単 位	(-)	

NT=0 : 火災の内部計算フラグ(溶媒燃焼モデルを使用する)。

NT≠0 : 火災の内部計算を行なわない。この場合、以下の入力が必要となる。

* 火災時の質量・エネルギーをタイムテーブルとして与える。

* 爆発の計算を内部で与える。

* 爆発時の質量・エネルギーをタイムテーブルとして与える。

[28] エアロゾル(煤煙)の粒度分布データ(1)

	5	10	15	20	
データタイプ	I 5	I 5	I 5	I 5	
変 数 名	IBUN	IBN	KCONC	IFIL	
単 位	(-)	(-)	(-)	(-)	

IBUN : = 0 対数正規分布を用いる。

: = 1 任意の分布を入力する。

IBN : 任意の分布を入力する場合の粒度分布分割数(≤14)

KCONC : = 0 エアロゾルの拡散係数を内部計算する。

= 1 エアロゾルの拡散係数を入力で与える。

IFIL : = 0 フィルタの捕集効率を内部で計算する。

= 1 フィルタの捕集効率を入力で与える。

[29] エアロゾル(煤煙)の粒度分布データ(2)

	10	20	30	40	50	60	70
データタイプ	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5
変 数 名	DI(1)	DI(2)	DI(3)	DI(4)	DI(5)	DI(6)	DI(7)
単 位	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)

粒度分布データ(1)でIBUN≠0のときのみ、このカードが必要である。

それ以外の場合には、このカードを使用してはならない。

DI(j)は、j分割したエアロゾル粒子の直径である(jは小粒子から大粒子の順番に並べる)。

j>7のときは、同様の形式でデータを追加する。

[30] エアロゾル(煤煙)の粒度分布データ(3)

	10	20	30	40	50	60	70
データタイプ	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5
変数名	WT(1)	WT(2)	WT(3)	WT(4)	WT(5)	WT(6)	WT(7)
単位	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

粒度分布データ(1)でIBUN≠0のときのみ、このカードが必要である。

それ以外の場合には、このカードを使用してはならない。

WT(j)：粒度分布の分割した区間のエアロゾルの重量分率。前カードのDI(j)に対応する形式で入力する。

[31] フィルタ効率データ(1)

	10	20	30	40	50	60	70
データタイプ	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5
変数名	DID2(1)	DID2(2)	DID2(3)	DID2(4)	DID2(5)	DID2(6)	DID2(7)
単位	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)

粒度分布データ(1)でIFIL≠0のときのみ、このカードは必要である。

それ以外では、このカードを使用してはならない。

DID2(j)は、フィルタの捕集効率を入力で与えたとき、そのエアロゾルの捕集効率に対して必要な粒子直径の入力値である。

(j分割したエアロゾル粒子の直径。(j)は小粒子から大粒子の順番に並べる)。

j>7のときは、同様の形式でデータを追加する。

[32] フィルタ効率データ(2)

	10	20	30	40	50	60	70
データタイプ	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5
変数名	ETID2(1)	ETID2(2)	ETID2(3)	ETID2(4)	ETID2(5)	ETID2(6)	ETID2(7)
単位	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

粒度分布データ(1)でIFIL≠0のときのみ、このカードは必要である。

それ以外では、このカードを使用してはならない。

ETID2(j)は、セル換気系に設置された1段目(前段)フィルタの捕集効率を表わす(jは、分割したエアロゾル粒子に対する効率で小粒子から大粒子の順番に並べる)。

j>7のときは、このカードと同様の形式でデータを追加する。

[33] フィルタ効率データ(3)

	10	20	30	40	50	60	70
データタイプ	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5
変数名	ETID3(1)	ETID3(2)	ETID3(3)	ETID3(4)	ETID3(5)	ETID3(6)	ETID3(7)
単位	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

粒度分布データ(1)でIFIL \neq 0のときのみ、このカードは必要である。

それ以外では、このカードを使用してはならない。

ETID3(j)は、セル換気系に設置された2段目(後段)フィルタの捕集効率を表わす。

j>7のときは、このカードと同様の形式でデータを追加する。

[34] ブランチ・データ(1)

データタイプ	I5	I5	I5	F10.2	F10.2	X4	A1	X3	I2	F10.2	F10.2
変数名	IB	I1	I2	D2	D3		CH1		I3	D4	D1
単位	(-)	(-)	(-)	(m ²)	(m)		(-)		(-)	(Pa)	(m ² /s)

セル換気系のブランチ(ダクト等)ネットワークを決めるカードである。

ブランチデータは、データ(1)~(3)のカードを1組としてネットワークに必要な数だけ作成して入力する。

IB : ブランチ番号(≤200)

I1 : 上流側のノード番号(≤200)

I2 : 下流側のノード番号(≤200)

D2 : ブランチの断面積

D3 : ブランチの長さ

(ブランチがダクトの場合のみ入力する)

CH1 : ブランチの種類

V : バルブあるいはダンパー

F : フィルタ

B : ブロア

D : ダクト

I3 : ブランチがフィルタの場合には、フィルタ・ファンクション・テーブル番号(≤20)を、ブランチがブロアの場合にはブロア・ファンクション・テーブル番号(≤15)を入力する。

D4 : ブランチの出入口の初期差圧(初期圧力入力データで各ノードの初期圧力を入力する場合には不要である)。

D1 : 初期体積流量 (共通ブランチデータ(2)に初期体積流量が入力されていても、こちらのカードが優先する)。

[35] ブランチ・データ(2)

		10	20	30	40	50	60	70
データタイプ	X 8	1 2	E 10.5	E 10.5	E 10.5	E 10.5	E 10.5	E 10.5
変 数 名		IDUCT	DANGLE	DCTDEL	DCTRHO	DUCTCP	RDCT	DTEMP
単 位		(-)	(度)	(m)	(kg/m ³)	(J/kg℃)	(W/m℃)	(℃)

このカードと同じデータが共通ブランチデータ(2)に入力されていても、こちらのカードの値が優先する。

IDUCT : ダクト壁の厚み方向の伝熱計算に必要な分割数である (≤ 20)
(分割数が ≤ 2 の場合、壁方向の伝熱計算は行なわない)。

DANGLE : ダクトの傾斜角 (0 ~ 90°)

DCTDEL : ダクト壁厚さ

DCTRHO : ダクト壁の密度

DUCTCP : ダクト壁の比熱

RDCT : ダクト壁の熱伝導率

DTEMP : ダクト壁の初期温度

[36] ブランチ・データ(3)

	5	10	15	
データタイプ	I 5	1 5	X 3	1 2
変 数 名	IFULFO	IHLFFO		IKLFO
単 位	(-)			

IFULFO : フルサイズのフィルタ数 (≤ 500)。デフォルト値は 0 である。

IHLFFO : ハーフサイズのフィルタ数 (≤ 500)。デフォルト値は 1 である。

フィルタの数をフルサイズ、ハーフサイズ共に 0 とした場合には、ハーフサイズの数 (デフォルト値 = 1) とみなされる。

IKLFO : フィルタの流動抵抗の変化を計算する実験式の番号。

IKLFO=1 : 無負荷フィルタ (エアロゾルの負荷があっても差圧上昇がない仮想フィルタ)

IKLFO=2 : 火災 (煤煙によるフィルタの目詰まり)

IKLFO=3 : 爆発 (湿潤エアロゾルによるフィルタの目詰まり)

IKLFO=4 : 爆発 (ドライ・エアロゾルによるフィルタの目詰まり)

IKLFO=5 : 目詰まりフィルタにおける爆発 (エアロゾルの負荷量は入力)

ブランチ・データ(1)~(3)は 1 組として用意し、必要なブランチの数だけ入力すること。

[37] セル・ダクト内ガスデータ

	10	20	30	
データタイプ	E10.5	E10.5	E10.5	
変数名	DINNU	VROOM	EMIT	
単位	(m^2/s)	(m/s)	(-)	

DINNU：ダクト内ガスの動粘性係数

VROOM：異常事象の発生したセル（ノード）の壁近傍のガス流速をとる。事象発生セルの壁方向への強制対流熱伝達の計算に使用する。その他のセル（ノード）の対流熱伝達計算はダクト（ブランチ）で行なう（他のセル（ノード）の分割数 ICELL を ≤ 2 とすること。54. ボリュームノード・データ(3)参照）。

EMIT：ガス相からセル壁への輻射率（ r ）

[38] バルブ・コントロール(1)

	5	10	
データタイプ	I5	I5	
変数名	IFAOPT	IVALNO	
単位	(-)	(-)	

自動開閉バルブ（例えば、空操弁など）のコントロールデータである。

IFAOPT := 0 バルブのコントロールをしない。
 = 1 バルブのコントロールを行なう。

IVALNO：セル換気系内でコントロールするバルブの数（ ≤ 10 ）。

[39] バルブ・コントロール(2)

	10	20	30	40	50			
データタイプ	X5	I5	E10.5	X5	E10.5	E10.5	X5	I5
変数名		IQBRA	QFIX		POPEN	QOPEN		INDZ
単位		(-)	(m^3/s)		(Pa G)	(m^3/s)		(-)

このカードは、バルブ・コントロール(1)の IVALNO の数だけ必要である。

バルブ・コントロール(1)の IVALNO $\neq 0$ の時のみ、このカードが必要である。それ以外の場合には、このカードを使用してはいけない。

IQBRA：流量をモニターするブランチ番号。

QFIX：IQBRA位置の基準流量。

POPEN：基準圧力に対する圧力幅。

QOPEN：基準流量に対する流量幅。

INDZ : 圧力をモニターするノード番号。

[40] バルブ・コントロール(3)

	10		20		30		40		50		60	
データタイプ	X5	I5	E10.5	X5	E10.5	E10.5	X5	I5	E10.5			
変数名		IFAVAL	FARATE		FAMAX	FAMIN		ISTOP	PSTOP			
単位		(-)	(%/s)		(m ³)	(%/s)		(-)	(Pa G)			

このカードは、バルブ・コントロール(1)IVALNOの数だけ必要である(≤10)。バルブ・コントロール(1)のIVALNO≠0の時のみ、このカードが必要である。それ以外の場合には、このカードを使用してはいけない。

IFAVAL : コントロールするバルブの番号

FARATE : 圧力幅の中における断面積の変化率

FAMAX : バルブの最大断面積

FAMIN : 圧力幅の外における断面積の変化率

ISTOP : ≤0 : 流量によるコントロールを行なう。

>0 : 圧力によるコントロールを行なう。

PSTOP : INDZ位置の基準圧力

[41] 境界データ

	5		10		20		30		40		50	
データタイプ	I5	F10.2	I5	F10.2	I5	F10.2	I5	F10.2	I5			
変数名	IBNNR	PB	IBPFN	TB	IBTFN	CB	IBCFN					
単位	(-)	(Pa G)	(-)	(℃)	(-)	(kg/m ³)	(-)					

セル換気系の境界ノード(ネットワークの出入口)の状態を指定するカードである。このカードは、境界ノードの数だけ必要である。

IBNNR : 境界ノードの番号(≤210)。

PB : 圧力の初期値(デフォルト値は0.0 PaGである)。

IBPFN : 境界ノードの圧力が変化する時の時間テーブル・データの番号(≤5)。

TB : 温度の初期値(デフォルト値は外気温度である)。

IBTFN : 境界ノードの温度が変化する時の時間テーブル・データの番号(≤5)。

CB : エアロゾル濃度の初期値(デフォルト値は0.0 kg/m³である)。

IBCFN : 境界ノードのエアロゾル濃度が変化する時の時間テーブル・データの番号(≤5)。

[42] 逆流防止ダンパー（逆止弁）コントロール・データ(1)

	5	
データタイプ	I 5	
変数名	NFAOPT	
単位	(-)	

逆流防止ダンパー（逆止弁）をコントロールするカードである。逆流防止ダンパー（逆止弁）は、境界ノードのみに設定される。18. 逆流防止ダンパー（逆止弁）で入力される IGYA が 0 であるならば、42～45 のカードは使用してはいけない。

IGYA ≠ 0 である場合には、42 のカードの NFAOPT を 2 とし、43～45 のカードを入力する。

NFAOPT = 2 : 逆流防止ダンパー（逆止弁）を設置する。

[43] 逆流防止ダンパー（逆止弁）コントロール・データ(2)

	5	15	25	35	45	
データタイプ	I 5	E 10.0	E 10.0	E 10.0	E 10.0	
変数名	IWBNO D	BQOPEN	BFARTE	BFAMAX	BFAMIN	
単位	(-)	(m ² /s)	(%/s)	(m ²)	(%/s)	

逆流防止ダンパーまたは逆止弁の数だけカードが必要である。

IWBNO D : 逆流防止ダンパーまたは逆止弁を設定する境界ノード番号

BQOPEN : 基準流量に対する流量幅

BFARTE : 流量幅の中におけるバルブの断面積変化率
(バルブの最大開口面積を 100% とする)

BFAMAX : バルブの最大開口面積

BFAMIN : 流量幅の外におけるバルブの断面積変化率
(バルブの最大開口面積を 100% とする)

[44] 逆流防止ダンパー・データ・カード(1)

	5	15	25	35	45		
データタイプ	I 5	F 10.2	F 10.2	I 5	I 5	I 5	I 5
変数名	IWBNO D	D I F P	F A	I VAL T P	I CAR BR	I SLP D	I THETA
単位	(-)	(Pa)	(m ²)	(-)	(-)	(-)	(-)

逆流防止ダンパーまたは逆止弁の仕様データのカードである。逆流防止ダンパーまたは逆止弁の数だけカードが必要である。

逆流防止ダンパー（逆止弁）は、全ての給気口（境界ノード）に設置される。弁の数は

[(境界ノード) - 1] となる。

- IWBNOD : 逆流防止ダンパーまたは逆止弁を設定する境界ノード番号
- DIFP : バルブ(ブランチ)の初期差圧(自動計算したいときは0.0を入力する)
- FA : バルブ(ブランチ)の断面積
- IVALTP : 逆流防止ダンパーまたは逆止弁の弁座のタイプ = 0 : 仕切り弁タイプ
= 1 : 蝶弁タイプ
- ICARBR : 仕切り弁の口径 = 1 : 口径 1/2"
= 2 : 口径 1"
= 3 : 口径 10"以上
- ISLPD : 仕切り弁の開度 [(l/d) (3.9 参照)] = 1 : (l/d) = 1/8
= 2 : (l/d) = 1/4
= 3 : (l/d) = 3/8
= 4 : (l/d) = 1/2
= 5 : (l/d) = 3/4
= 6 : (l/d) = 1
- ITHETA : 蝶弁の開度 [(θ) 3.9 参照] = 1 : θ = 5° = 5 : θ = 40°
= 2 : θ = 10° = 6 : θ = 50°
= 3 : θ = 20° = 7 : θ = 60°
= 4 : θ = 30° = 8 : θ = 70°

[45] 逆流防止ダンパー・データ・カード(2)

	5	15	25	35	45	55	65	75	80
データタイプ	I5	F10.5	F10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	E10.5	I5
変数名	IWBNOD	VOL	RFA	DELCEL	RHOCEL	CPCELL	RPCELL	TCEL	NCELL
単位	(-)	(m³)	(m²)	(m)	(kg/m³)	(J/kg°C)	(W/m°C)	(°C)	(-)

カードは、弁の数だけ入力する。

- IWBNOD : 弁が設定される境界ノードの番号
- VOL : 弁の設定により増設されたノードの体積
- RFA : 弁の設定により増設されたノードの断面積
- DELCEL : 弁の設定により増設されたノードのセル壁厚さ
- RHOCEL : 弁の設定により増設されたノードのセル壁密度
- CPCELL : 弁の設定により増設されたノードのセル壁比熱
- RPCELL : 弁の設定により増設されたノードのセル壁熱伝導率
- TCEL : 弁の設定により増設されたノードのセル壁の温度
- NCELL : 弁の設定により増設されたノードのセル壁分割数

[46] 共通ボリュームノード・データ(1)

	5	10	15	20	
データタイプ	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5
変 数 名	NOPT(1)	NOPT(2)	NOPT(3)	NOPT(4)	NOPT(5)
単 位	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

次カードである共通ボリュームノード・データ(2)の組数を表わす。

NOPT(1) : セル壁の厚さを表わすデータの組数

NOPT(2) : セル壁の密度を表わすデータの組数

NOPT(3) : セル壁の比熱を表わすデータの組数

NOPT(4) : セル壁の熱伝導率を表わすデータの組数

NOPT(5) : セル壁の温度を表わすデータの組数

[47] 共通ボリュームノード・データ(2)

	5	10	20	
データタイプ	I 5	I 5	E 10.0	
変 数 名	I S	I E	VALUE	
単 位	(-)	(-)	(下記参照)	

前カードの共通ボリュームノード・データ(1)の組数〔NOPT1(1)~NOPT(5)〕に従って各データを入力する。

I S : 設定する共通ボリュームノードの初めのノード番号(設定する共通ボリュームノードの数だけ必要である)。

I E : 設定する共通ボリュームノードの終わりのノードの番号

VALUE : セル壁の厚さ(m), セル壁の密度(kg/m³), セル壁の比熱(J/kg°C), セル壁の熱伝導率(W/m°C)及びセル壁の温度(°C)の各データを組数だけ入力する。

[48] 初期配管抵抗及びしわよせダンパーの計算データ(1)

	5	10	15	20	
データタイプ	I 5	I 5	I 5	I 5	
変 数 名	IDCAL	I ERDAL	I VALCT	IDUCT	
単 位	(-)	(-)	(-)	(-)	

セル換気系の定常状態における初期の配管抵抗計算と弁(手動ダンパー)の抵抗しわよせ計算の入力カードである。

IDCAL : = 0 : 初期の配管抵抗計算を行なう。

= 1 : 初期の配管抵抗計算を行わない。

[51] 初期配管抵抗及びしわよせダンパーの計算データ(4)

	5	10	20	30	40	
データタイプ	I 5	I 5	E10.0	E10.0	E10.0	
変 数 名	IDDUCT	ILBO	RLBO	EPSRN	DCAL	
単 位	(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	

48 のカード中の IDCAL = 1 の時のみ、このカードは必要である。その他の場合には、このカードを使用してはいけない。カード(1)の IDUCT [設定するダクトの数(≤190)] の数だけデータを作成する。

IDDUCT : ダクトのブランチ番号

ILBO : = 0 : エルボ配管
= 1 : エルボ配管でない

RLBO : エルボ配管の曲率半径

EPSRN : 絶対粗さ(ε)

DCAL : ダクトの水力直径(デフォルト値は $= 2(S/\pi)^{1/2}$)。

[52] ボリュームノード・データ(1)

	5	15	25	30	40	50		
データタイプ	I 5	F10.2	F10.2	I 5	I 5	I 5	I 5	I 5
変 数 名	I 1	VOL	RFA	NOP	NOT	NOE	NOM	NOC
単 位	(-)	(m ³)	(m ²)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)

ボリュームノード・データは、カード(1)~(3)を1組として、全てのボリュームノードのデータを入力する。

また、ボリュームノード・データは、異常事象が発生したセルの位置と質量やエネルギーの発生項を指定するとき用いる。

I 1 : ボリュームノードの番号(≤210)。

VOL : セル(ノード)の体積。

RFA : セルの断面積。

NOP : 圧力変化の時間テーブルの番号(≤5)。

NOT : 温度変化の時間テーブルの番号(≤5)。

NOE : エネルギー・ソースの時間テーブルの番号(≤5)。

NOM : 質量・ソースの時間テーブルの番号(≤5)。

NOC : エアロゾル・ソースの時間テーブルの番号(≤5)。

(55.時間テーブル・データのカードを参照)。

[53] ボリュームノード・データ(2)

	10	20	30	
データタイプ	E10.0	E10.0	E10.0	
変数名	REDOT	RMDOT	RCDOT	
単位	(W)	(kg/s)	(kg/s)	

REDOT: エネルギー・ソースの初期値

RMDOT: 質量・ソースの初期値

RCDOT: エアロゾル・ソースの初期値

[54] ボリュームノード・データ(3)

	8	10	20	30	40	50	60
データタイプ	X8	I2	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0
変数名		NCELL	DELCEL	RHOCEL	CPCELL	RPCELL	TEMPCEL
単位		(-)	(m)	(kg/m ³)	(J/kg℃)	(W/m℃)	(℃)

NCELL : セル壁方向の分割数で、壁への伝熱計算に用いる (≤ 20)。

NCELL ≤ 2 の時には、セル壁の伝熱計算及びセル壁へのエアロゾル計算はしない。

DELCEL : セル壁の厚さ。

RHOCEL : セル壁の密度。

CPCELL : セル壁の比熱。

RPCELL : セル壁の熱伝導率。

TEMPCEL: セル壁の温度。

(共通ボリュームノード・データにセル壁のデータが入力されていても、このカードが優先する)。

[55] 時間テーブル・データ(1)

	5	10	15	
データタイプ	I5	I5	I5	
変数名	IFN	INP	IMT	
単位	(-)	(-)	(-)	

時間テーブル・データ(1)及び(2)は、異常事象が発生したセル内におけるエアロゾル放出速度、圧力、温度、エネルギー放出速度及び質量放出速度の時間変化を指定するカードである。(1)及び(2)のカードをペアにしてエアロゾル放出速度、圧力、温度、エネルギー放出速度、質量放出速度の順に必要なテーブルの数だけ作成し入力する。

IFN : 時間テーブルの番号 (52. ボリュームノード・データ・カード(1)の時間テーブルの番号 (≤ 5) と一致させること)。

INP : 時刻と物理量データのペアの数(≤100)。

IMT : 時間テーブルを質量ソースとした場合のみに必要なデータである。この場合、もう一方の時間テーブルをセル内温度としたとき、その温度を指定するテーブルの番号を表わす(≤5)。時間テーブルが質量ソースであっても、温度時間テーブル以外のときはIMT=0とする。

[56] 時間テーブル・データ(2)

	10	20	30	40	50	60	
データタイプ	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	
変数名	T	FT	T	FT	T	FT	
単位	(s)	(下記参照)	(s)	(下記参照)	(s)	(下記参照)	

T : 時刻

FT : 時刻Tにおける以下の物理量(単位)を表わす。エアロゾル放出速度(kg/s), 圧力(PaG), 温度(℃), エネルギー放出速度(J/s), 質量放出速度(kg/s)の順番で(1)及び(2)のカードを並べる。なお、入力点以外の値は線形補間される。

[57] 爆発データ(1)

	5	10	20	25	
データタイプ	I5	I5	E10.0	I5	
変数名	NEXOPT	NEXRM	GRM	NTYPE	
単位	(-)	(-)	(kg)	(-)	

セル内爆発を指定するカードである。爆発の強さは、プログラムの内部でTNT火薬相当量に換算して決定する。

NEXOPT : = 0 : 火災の計算を行なう。

= 1 : 爆発の計算を行なう。

NEXRM : 爆発が発生したセルのノード番号

GRM : 爆発物の重量

NTYPE : = 1 : TNT

= 3 : 水素

= 2 : レッドオイル

= 4 : アセチレン

[58] 爆発データ(2)

	10	20	30	40	50	60
データタイプ	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	E10.0	
変数名	SMOKEM	DMH20	DOH20	WRAD	GAMB2	
単位	(kg)	(kg)	(kg/l)	(kg/l)	(-)	

爆発時の放射性エアロゾル放出量を指定するカードである。57のカード中のNEXOPT = 1の時のみ、このカードは必要である。その他の場合には、このカードを使用してはけない。

SMOKEM : 爆発物の燃焼により発生するエアロゾル(煤煙)の重量(液滴エアロゾルは含まない)。

DMH20 : 爆発によりセル内に飛散した溶液から発生した液滴エアロゾルの重量。

DOH20 : 溶液の密度

WRAD : 溶液中に含まれた溶質の重量濃度(溶質とは、溶液が蒸発して固体になる成分をいう)。

GAMB2 : 爆発時に発生する熱量のうち、セル壁方向に放射された輻射熱量の割合(γ_E)

[59] ブロアファンクションテーブル・データ(1)

	5	10
データタイプ	I5	I5
変数名	J	NP
単位	(-)	(-)

ブロアの差圧-流量特性データを指定するカードである。

ブロアテーブル・データ(1)~(2)で1組とし、必要なテーブル数だけ作成し入力する。

J : ブロア・ファンクションのテーブル番号(≤ 15)

NP : テーブルを構成する差圧-流量データのペアの数(≤ 15)

[60] ブロアファンクションテーブル・データ(2)

	10	20	30	40	50	60
データタイプ	F10.2	F10.2	F10.2	F10.2	F10.2	F10.2
変換名	XB	FXB	XB	FXB	XB	FXB
単位	(m ³ /s)	(Pa)	(m ³ /s)	(Pa)	(m ³ /s)	(Pa)

入力点以外の値は線形補間される。流量-差圧のペアが3を越える場合は同様の形式でカードを追加する。

XB : プロアの流量

FXB : プロアの差圧

[61] フィルタファンクション・テーブル・データ

	5	15	25	
データタイプ	I 5	E 1 0 . 4	E 1 0 . 4	
変 数 名	K	AKL	AKT	
単 位	(-)	($m^{-1/2}$)	(-)	

フィルタの流動抵抗を内部計算するために必要なフィルタの抵抗係数を指定する。必要なテーブルの数だけ入力する。

K : フィルタのファンクション・テーブル番号 (≤ 20)

AKL : フィルタの層流抵抗係数 (単位に注意せよ)。

AKL=0 のとき内部計算される (AKT=0.0 が設定される)。

AKL=0 は発生したエアロゾルが希薄で、流量の過渡変化が小さい (あるいは小流量) 場合の計算を意味している。

AKT : フィルタの乱流抵抗係数 AKT \neq 0.0 のときは、AKL \neq 0.0 としなければならない。

[62] 初期圧力入力・データ (ノード)

	10	20	30	40	
データタイプ	E 1 5 . 8	E 1 5 . 8	E 1 5 . 8	E 1 5 . 8	
変 数 名	P (1)	P (2)	P (3)	P (4)	
単 位	(PaG)	(PaG)	(PaG)	(PaG)	

セル換気系の全ボリュームノードについて、初期圧力をゲージ圧 (PaG) でノード毎に入力し、ノードの数が4を越えるときは同様の形式で必要なカードを作成し入力する (カード中の () の番号はノード番号を表わす)。

このカードは、[8・ラン・コントロール(2)] で PINP=P のとき必要である。なお、逆流防止ダンパーあるいは逆止弁の増設を行ない、かつ PINP=P の場合には弁のデータ

[境界ノード数 - 1] も入力すること。

[63] 初期温度入力・データ (ノード)

	10	20	30	40	
データタイプ	E 1 5 . 8	E 1 5 . 8	E 1 5 . 8	E 1 5 . 8	
変 数 名	T (1)	T (2)	T (3)	T (4)	
単 位	($^{\circ}C$)	($^{\circ}C$)	($^{\circ}C$)	($^{\circ}C$)	

セル換気系の全ボリュームノードについて、初期温度をノード毎に入力し、ノードの数が4を越えるときは同様の形式で必要なカードを作成し入力する（カード中の（ ）の番号はノード番号を表わす）。

このカードは、〔8.ラン・コントロール(2)〕で $TINP=T$ のとき必要である。なお、逆流防止ダンパーあるいは逆止弁の増設を行ない、かつ $TINP=T$ の場合には弁のデータ〔境界ノード数-1〕も入力すること。

[64] 初期エアロゾル入力・データ（ノード）

	10	20	30	40	
データタイプ	E 1 5 . 8	E 1 5 . 8	E 1 5 . 8	E 1 5 . 8	
変 数 名	C (1)	C (2)	C (3)	C (4)	
単 位	(kg / m ³)	(kg / m ³)	(kg / m ³)	(kg / m ³)	

セル換気系の全ボリュームノードについて、初期エアロゾル濃度をノード毎に入力し、ノードの数が4を越えるときは同様の形式で必要なカードを作成し入力する（カード中の（ ）の番号はノード番号を表わす）。

このカードは、〔8.ラン・コントロール(2)〕で $CINP=C$ のとき必要である。なお、逆流防止ダンパーあるいは逆止弁の増設を行ない、かつ $CINP=C$ の場合には弁のデータ〔境界ノード数-1〕も入力すること。

4.2 出力説明

TRANS-ACEの出力について説明する。TRANS-ACEは以下の種類の結果を出力する。なお、出力例については第6章を参照されたい。

- * 入力カードの出力(L/P)
- * 入力データ及び計算結果のテーブル出力(L/P)
- * 計算結果の図形出力(NLP)

4.2.1 入力カードの出力

入力カードの出力は、入力説明のカード通りラインプリンタ(L/P)上に出力される。入力値は、初期定常計算(RANT=SS or SP)でも出力される。

4.2.2 入力データ及び計算結果のテーブル出力

入力カードの出力に次いで、入力データ及び計算結果をテーブルに整理してL/P上に出力する。テーブル数はTABLE IからTABLE XIIまでの12ケースである。TABLE IからTABLE VIIIまでは入力データが出力される。なお、入力データの論理に矛盾があればその内容をコメントする。TABLE IXからTABLE XIIまでは、時刻毎のノード及びブランチにおける計算結果が整理されて出力される。これらの物理量は、次の段階で図形化される。

4.2.3 計算結果の図形出力(NLP)

計算結果の図形は、プロットコントロール・データ(1)に従って出力される(最大4本のグラフ)。全図形の出力枚数は100枚以下とする。

図形出力は以下の物理量と時刻で表わされる。

圧 力(ノード)
差 圧(ブランチ)
ガス温度(ノード)
セル壁の内側温度(ノード)
セル壁の外側温度(ノード)
ダクト壁の内側温度(ブランチ)
ダクト壁の外側温度(ブランチ)
体積流量(ブランチ)
質量流量(ブランチ)
セル内壁への熱流束(ノード)
セル外壁からの熱流束(ノード)
ダクト内壁の熱流束(ブランチ)
ダクト外壁からの熱流束(ブランチ)
エアロゾル濃度(ノード)
エアロゾルのセル内沈着速度(ノード)
エアロゾルのダクト内沈着速度(ブランチ)
エアロゾルの沈着分率(ブランチ)
エアロゾルの沈着・捕集積算重量(ブランチ)
放射能濃度(スタック位置)
放射能放出速度(スタック位置)

5. プログラム構造説明

5.1 プログラム構造

図 5.1 に TRANS-ACE コードの樹構造を示す。

5.2 プログラム内容の説明

以下に TRANS-ACE コードを構成する主プログラム，主要サブルーチン副プログラム，関数副プログラムそして初期値設定副プログラムの機能概要を説明する。なお，主要サブルーチン副プログラムの説明は，基本的に図 5.1 に示した順序で行った。

MAINROUTINE	M A I N
内 容	
<p>TRANS-ACEコードの主プログラムである。 外部記憶装置の装置番号の割り当てを行っている。</p>	
SUBROUTINE	B D A T A
内 容	CALLED BY M A I N
<p>基本的な物性値のデフォルト値，単位系の変更時に使用する定数値，各ノード，ブランチでの圧力，温度，体積等の最大値，最小値等を設定する。</p>	
SUBROUTINE	I N P R O C
内 容	CALLED BY M A I N
<p>入力カード4～18の読み込み</p> <ul style="list-style-type: none"> 放射核種のソースデータの入力 設定されたタイムステップから全タイムステップの個数を計算 出力図の枚数設定 	
SUBROUTINE	I N P R O 2
内 容	CALLED BY I N P R O C
<p>入力カード19, 34～46, 48～54, 57～64の読み込み</p> <ul style="list-style-type: none"> 発生したエアロゾル分布に対応するフィルタの捕集効率を計算する。 ブランチデータ・カードで入力したデータを共通ブランチデータ・カードで入力したデータよりも優先させる。 爆発計算SUBROUTINEの呼出し 	
SUBROUTINE	P R O P E R
内 容	CALLED BY I N P U T 1
<p>入力カード22～26の読み込み</p> <ul style="list-style-type: none"> 23で入力されているBAREA（燃焼面積）を用いて燃焼面を円と仮定した時の円の直径（DCOD）を計算する。 24で入力されているWT（TBPの重量分率）を用いてTBP-nードデカンの沸点を計算する。 	

SUBROUTINE	MESH
内 容	CALLED BY INPUT 1
<p>X軸, Y軸についてメッシュデータを作成する。</p> <p>DATA文で両軸のメッシュデータの初期値を設定する。それを用いて各メッシュデータ間の差, 平均, 平均の差を求める。</p>	
SUBROUTINE	INPUT 4
内 容	CALLED BY INPRO 2
<p>入力カード27中のNTをNTIME(6)として読み込む。</p> <p>NTIME(6)≠0つまり内部計算は行わない場合, 過渡変化を入力で与える必要がある。</p>	
SUBROUTINE	INPUT 5
内 容	CALLED BY INPRO 2
<p>入力カード28~33の読み込み</p> <ul style="list-style-type: none"> エアロゾルの粒径分布に関して, 任意の分布を使用する場合, 分布がカード29, 30より入力される。対数正規分布を使用する場合は, SUBROUTINE PSDFUで計算される。対数正規分布を使用する時, 分割数は11に固定される。 エアロゾルの拡散係数の入力, 計算 	
SUBROUTINE	PSDFU
内 容	CALLED BY INPUT 5
<p>エアロゾルの粒径分布として対数正規分布を仮定する場合の粒径-重量分率の関係を計算する。この場合WTI(重量分率)は, プログラム中にDATA文として設定されている値が使用される。また粒径DIは付録5で述べた式に従って計算される。</p>	
SUBROUTINE	COMB
内 容	CALLED BY INPRO 2
<p>爆発モデルの計算</p> <ul style="list-style-type: none"> 爆発物質のモル数の計算 爆発後の各元素のモル数の計算 	
SUBROUTINE	HEDATA
内 容	CALLED BY COMB
<p>爆発物質の生成熱と爆発物質中の各元素の重量分率をDATA文として与えている。</p>	

SUBROUTINE	G A M M A
内 容	CALLED BY C O M B T G P
<p>気体の定圧比熱の計算を行う。</p> <p>各気体の定圧比熱の計算と、混合気体としての定圧比熱を計算する。</p>	
SUBROUTINE	E N E R G Y
内 容	CALLED BY C O M B T G P
<p>気体、固体の内部エネルギーの計算を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 各気体の内部エネルギーの計算と混合気体としての内部エネルギーの計算 各固体の内部エネルギーの計算と全固体としての内部エネルギーの計算 	
SUBROUTINE	B U R N
内 容	CALLED BY C O M B
<p>付録7、8で述べている化学反応についての計算と、それに加えて固体の燃焼として $A 1 + 3 / 4 O_2 \rightarrow 1 / 2 A 1_2 O_3$ の反応についての計算を行う。</p> <p>酸素の存在量から上記の化学反応の後に存在する各化学種のモル数と反応による発熱量を計算する。</p>	
SUBROUTINE	T G P
内 容	CALLED BY B U R N
<p>INPUTされてくる全内部エネルギーの値と等しくなるように反復計算を行い、等しい値が得られた時の温度を気体あるいは気体-固体混合系の温度として定義する。</p> <p>本ROUTINEによって爆発後、燃焼後の温度が設定される。</p>	
SUBROUTINE	T F N C V
内 容	CALLED BY I N P R O 2 M A S S G E
<p>物理量の単位の変換</p> <p>物理量に変換係数を掛けることで物理量の単位をS I単位に変換する。なお変換係数は、SUBROUTINE BDATA中で設定されている。</p>	
SUBROUTINE	I N P R A D
内 容	CALLED BY M A I N
<p>輻射計算のための定数値の設定</p> <p>輻射計算を行う場合は、SUBROUTINE SETBUNを呼出す。</p>	

SUBROUTINE	M A S S G E
内 容	CALLED BY M A I N
<p>ノード圧力、密度、抵抗係数ダクト内マッハ数等、計算に必要な条件を設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 計算された差圧からブランチへのしわよせを計算する。 ・ カード60で入力されているブローの流量と差圧の関係から各点を結ぶ直線の方程式を計算する。 	
SUBROUTINE	D U C C A L
内 容	CALLED BY M A S S G E
<p>初期配管抵抗の計算を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 蝶弁、仕切弁のこのテーブルをデータ文として与えている。 ・ 逆止弁の増設を行った場合、増設された逆止弁についての計算 	
SUBROUTINE	B R P 1
内 容	CALLED BY M A S S G E
<p>未知の圧力があるかどうか各ブランチ毎にチェックし、未知のものがあればブランチ入口の初期差圧より設定する。ただし設定できるのは、ブランチ上流側か下流側のどちらか一方が既知の場合のみである。</p>	
SUBROUTINE	P D C K
内 容	CALLED BY M A S S G E
<p>圧力未定義ノードを検索する。</p> <p>IST : 最小の番号を有するノードの番号 (=1)</p> <p>IEND : 最大の番号を有するノードの番号 (=ノードの個数)</p> <p>P(I) : 番号Iのノードが示す圧力</p> <p>P(IST)~P(IEND)の間で、圧力が未定義なノードの内最小のノード番号をIRとして設定する。</p>	
SUBROUTINE	W R T E X
内 容	CALLED BY M A S S G E
<p>図 3.2 で示されている爆発モデルの時間関数(時刻対質量あるいはエネルギー)を出力する。</p>	

SUBROUTINE	S O L V E	
内 容	CALLED BY	Q L M A I N
<p>EVENT計算機能の本体である。</p> <p>境界ノード，ボリュームノードでの各物理量の時間関数の設定，爆発計算を行う場合のエネルギー・質量放出速度の計算，バルブコントロールROUTINEの呼出し，ダクト・セルの熱伝導計算，エアロゾル移行計算ROUTINE呼出し，タイムステップ計算ROUTINE呼出し等を行う。</p>		
SUBROUTINE	G E T M F	
内 容	CALLED BY	S O L V E
<p>34で入力された初期体積流量Qに密度を掛けることで初期質量流量FLOLDを計算する。またQをブランチの断面積FAで除することで速度VELを得る。</p> <p>$FLOLD(I) = RHOA \times Q(I)$</p> <p>$VEL(I) = Q(I) / FA$ RHOA: DONOR中で計算</p>		
SUBROUTINE	D O N O R	
内 容	CALLED BY	G E T M F S O L V E S E G C K
<p>ブランチと上流側ノードとの接続（逆流時には下流側ノード）</p> <p>添字 i : 上流側ノード</p> <p> j : ブランチ</p> <ul style="list-style-type: none"> • $AR1I = (A_i / A_j)$: ノードとブランチの断面積の比 • $AR1I2 = AR1I^2$ • $AM_2 = M_j^2$: マッハ数の2乗 		
SUBROUTINE	I S E N T	
内 容	CALLED BY	D O N O R
<p>ノードからブランチへの断面積変化に伴う流体の状態量変化の計算</p> <ul style="list-style-type: none"> • 温度比 : $T1T = (T_j / T_i)$ • 圧力比 : $P1P = (P_j / P_i)$ • 密度比 : $RHO1I = (\rho_j / \rho_i)$ 		

SUBROUTINE	B M O D E L
内 容	CALLED BY S O L V E
<p>溶媒の燃焼速度と燃焼による溶媒の組成変化の計算</p> <ul style="list-style-type: none"> • B 値, 溶媒の燃焼速度 (DMB), 溶媒の質量消費速度 (DMFU) の計算 • 溶媒の組成変化の計算 (3.5.7 参照) のために SUBROUTINE NLNR を呼出す。 • 溶媒燃焼計算に必要な値 (付録4 参照) を設定する。 	
SUBROUTINE	N L N R
内 容	CALLED BY B M O D E L
<p>燃焼による溶媒の組成変化計算</p> <p>SUBROUTINE FUNCT 中で計算される FX, DFX を使用し燃焼時間に対応する n-ドデカンの体積分率の計算を行う。</p> <p>(FUNCT 中では, 単蒸留の理論式である (3.5.4) 式を用いて FX, DFX の計算を行っている。)</p>	
SUBROUTINE	C A L P T
内 容	CALLED BY S O L V E
<p>火災が発生すると仮定したセル内におけるエアロゾル発生速度 (SMOKE), 燃焼ガス発生速度 (GASSES), 発熱量 (HEAT) の計算を行う。</p>	
SUBROUTINE	S E T P T
内 容	CALLED BY S O L V E
<p>SUBROUTINE CALPT で計算した値を用いて以下の値を設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • エネルギーソース初期値 : REDOT (=HEAT) • エアロゾルソース初期値 : RCDOT (=SMOKE) • 質量ソース初期値 : RMDOT (=GASSES) 	
SUBROUTINE	V L C N T 1
内 容	CALLED BY S O L V E
<p>バルブコントロールの計算を行う。</p> <p>しわよせ後の断面積 FA の計算</p> <p>(なお逆流防止ダンパーのコントロール計算は, SUBROUTINE VLCNT2 中で同様に行われる。)</p>	

SUBROUTINE	B L C N V
内 容	CALLED BY SOLVE
<p>フロアの運動方程式計算ルーチン ブランチがフロアである場合のAP（ブランチでの質量流量）の計算を行う。</p>	
SUBROUTINE	F I L T R
内 容	CALLED BY SOLVE
<p>フィルタに関する運動方程式計算ルーチン ブランチがフィルタである場合のAP（同上）の計算を行う。</p>	
SUBROUTINE	M O N T I
内 容	CALLED BY SOLVE
<p>ダクト、バルブに関する運動方程式計算ルーチン ブランチがダクト、バルブである場合のAP（同上）の計算を行う。</p>	
SUBROUTINE	C H O K E
内 容	CALLED BY SOLVE
<p>チョーキングモデルの計算 質量流量と臨界質量流量とのあいだのチェックを行う。 臨界質量流量は、上流側の特性に依存する。 臨界マッハ数は抵抗係数に依存する。</p>	
SUBROUTINE	A E R O S L
内 容	CALLED BY SOLVE
<p>エアロゾルのセル換気系内1次元移行解析を行う主体となるルーチンである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ダクト内のエアロゾルの挙動計算を行うためにSUBROUTINE CALET を呼出す。 セル内でのエアロゾルの挙動計算を行うためにSUBROUTINE SPDOT を呼出す。 	
SUBROUTINE	C A L E T
内 容	CALLED BY A E R O S L
<p>ダクト内エアロゾル移行計算 SUBROUTINE DUCTVT, DUCTVD から得られるエアロゾル沈着速度VT（熱泳動沈着項）、VD（乱流沈着項）より、ダクト内におけるエアロゾルの沈着速度Vと沈着率E_{to}（(3.3.2)式参照）を計算する。</p>	

SUBROUTINE	D U C T V T	
内 容	CALLED BY	C A L E T B D E T 1 B D E T 2
ダクト内エアロゾル挙動計算として熱泳動によるエアロゾルの沈着速度の計算を行う。 Jacobsen-Brockの熱泳動速度式(3.3.7参照)を計算する。		
SUBROUTINE	D U C T V D	
内 容	CALLED BY	C A L E T B D E T 1 B D E T 2
ダクト内エアロゾル挙動計算として金岡の沈着モデル(3.3.4参照)の計算を行う。		
SUBROUTINE	S P D O T	
内 容	CALLED BY	A E R O S L
セル内エアロゾル挙動計算 熱泳動沈着項 V_T と重力沈着項 V_S を計算しSUBROUTINE CALVFより計算される拡散沈着項 V_D と合せることでセル内におけるエアロゾル沈着速度 V_a を計算する。また(3.3.4)式中の $S_j^{(2)}$ の計算を行う。		
SUBROUTINE	B D E T 1	
内 容	CALLED BY	A E R O S L
境界ノードにつながるダクト内でのエアロゾルの沈着計算 エアロゾルのダクト、フィルタへの沈着率、沈着質量・速度の計算(順流時) (なお逆流時の計算は、SUBROUTINE BDET2で行う。)		
SUBROUTINE	C A L F P	
内 容	CALLED BY	S O L V E
爆発、溶媒火災時における放射性エアロゾルの放出、除染係数の計算 ボイルオーバー燃焼時の同伴係数として1.0を設定する。 またその時の分配係数を計算する(3.7.1)式を用いて計算する。		
SUBROUTINE	A E R G A S	
内 容	CALLED BY	C A L F P
放射性ガスの放出計算 トリチウム、ルテニウムガスにガス化率を与える。核種がトリチウムの場合には、1.0をルテニウムの場合には、カード10で入力したガス化率が与えられる。なおルテニウムのガス化率のデフォルト値としては、0.04が用意されている。		

SUBROUTINE	CALWT
内 容	CALLED BY SOLVE
<p>フィルタ透過後のエアロゾル分布の計算 フィルタ透過前後の、粒径分割数ごとの重量分率WTPを計算する。</p>	
SUBROUTINE	CALDG
内 容	CALLED BY SOLVE
<p>フィルタ透過後におけるエアロゾル分布について幾何平均直径と幾何標準偏差を計算する。</p>	
SUBROUTINE	SUMMR Y
内 容	CALLED BY SOLVE
<p>各ノードにおける圧力、温度、また各ブランチにおける流量の最大値、最小値を設定する。</p>	
SUBROUTINE	AUTSTP
内 容	CALLED BY SOLVE
<p>自動タイムステップの計算 圧力、密度、流量の変化によりタイムステップを計算する。(3.10参照)</p>	
SUBROUTINE	DIVSTP
内 容	CALLED BY SOLVE
<p>区分タイムステップの切替 区分タイムステップの切替時刻になったらタイムステップを切り替える。</p>	
SUBROUTINE	OUTPRC
内 容	CALLED BY QLMAIN
<p>計算結果の出力を行う。</p>	
FUNCTION	CUN
内 容	CALLED BY SPDOT
<p>スリップファクタの計算を行う。</p>	

FUNCTION	F A K L
内 容	CALLED BY F I L T R
<p>煤煙の目詰りによるフィルタの差圧上昇の効果を計算する。</p>	
FUNCTION	F G Z A I
内 容	CALLED BY B M O D E L E X T I N C
<p>溶媒燃焼率の燃焼パラメータの計算を行う。</p>	
FUNCTION	F M F P
内 容	CALLED BY D U C T V T S P D O T
<p>空気の平均自由行程の計算を行う。</p>	
FUNCTION	F U N M
内 容	CALLED BY S O L V E
<p>ガス流体から壁側への対流伝達率の計算に用いられるヌッセルト数N_uの計算を行う。 引数Nの値により、(3.2.8~3.2.12)式が使い分けられる。</p>	
FUNCTION	F U X
内 容	CALLED BY D U C T V D F I N T E G
<p>金岡の式を用いる場合の$F(X)$((3.9.10)式参照)を計算する。</p>	
FUNCTION	F V S
内 容	CALLED BY S P D O T
<p>ストークスの式の計算を行い、V_sの計算を行う。</p>	
FUNCTION	F Z T
内 容	CALLED BY D U C T V T S P D O T
<p>Jacobsen-Brockの熱泳動速度のZTを計算する。</p>	
FUNCTION	G V I S
内 容	CALLED BY F I L T R M A S S G E
<p>粘性係数μの計算を温度の関数として行う。</p>	

FUNCTION	O X A M B
内 容	CALLED BY B M O D E L E X T I N C
酸素の推進力 Y_{OX}, ∞ を計算する。	
BLOKDATA	F P
内 容	入力カード 10 で IFPDT = 0 とした時使用される放射性物質のインベントリと水相から有機相への分配定数, 気相への同伴定数を与える。

上記されていないカードの入力は, 以下の SUBROUTINE で行われている。

入力カード	SUBROUTINE
2, 3	→ INPUTC
20	→ ECOM
55, 56	→ RDTFN

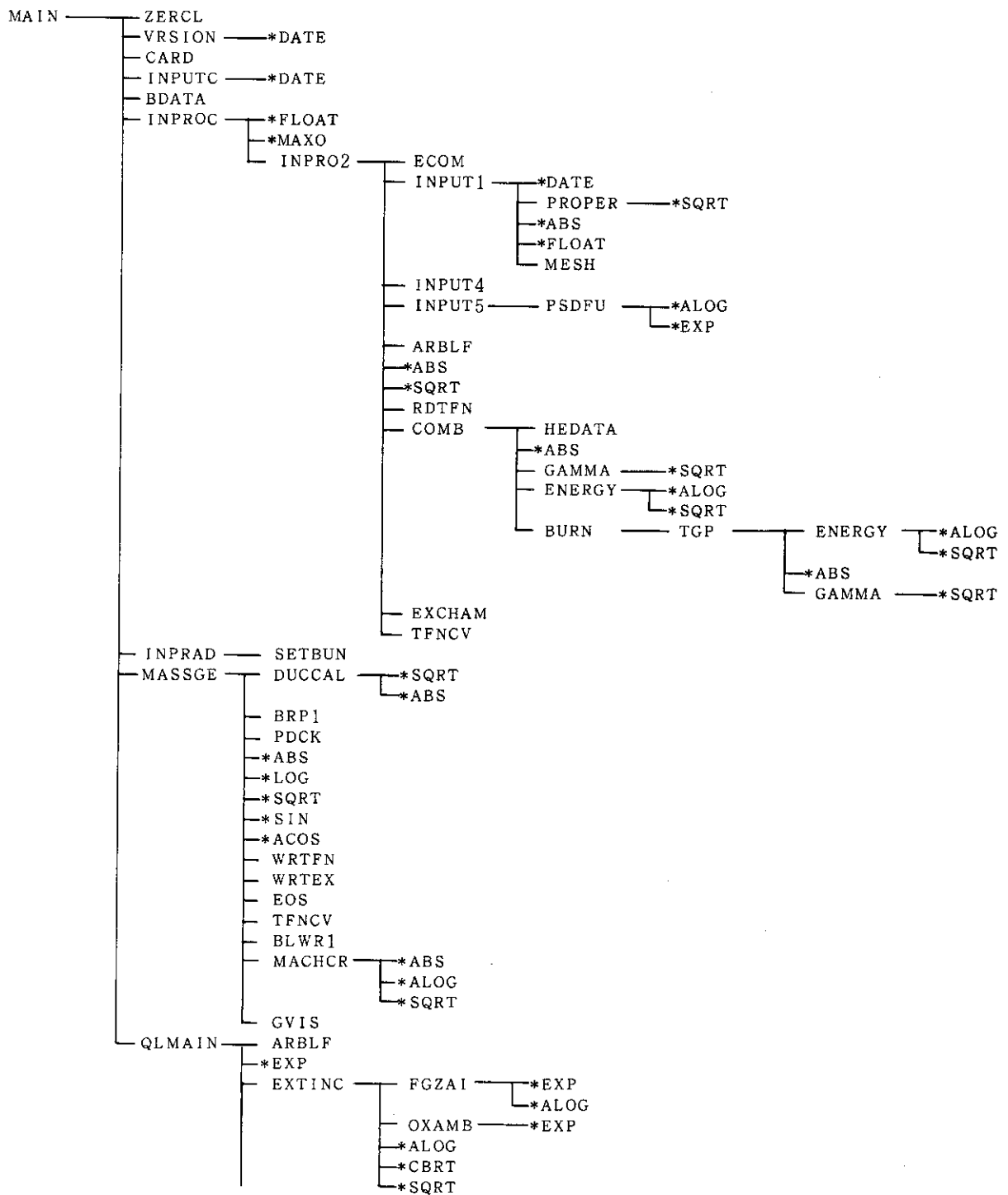


図 5.1 (1) TRANS-ACEコードの樹構造

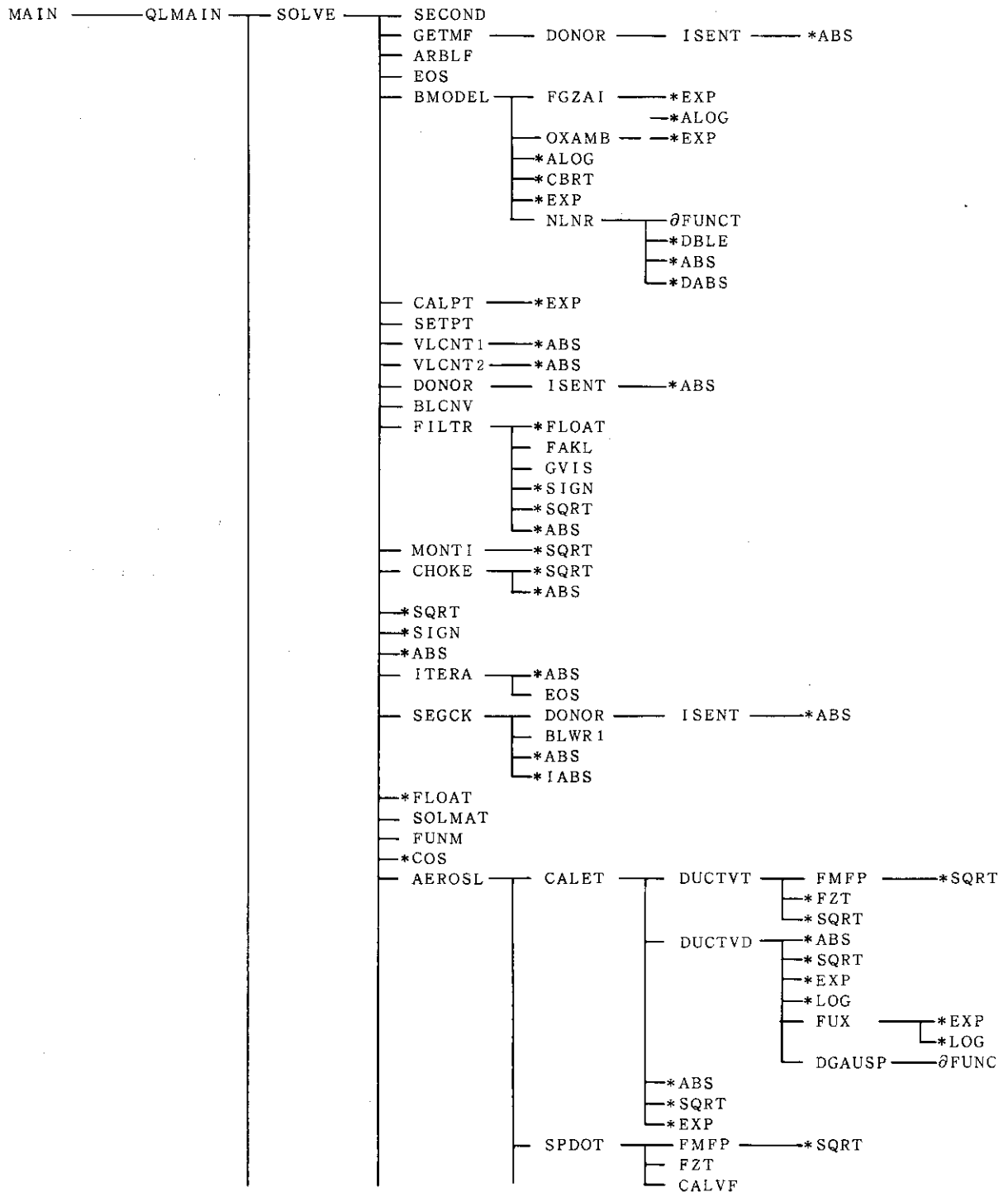


図 5.1 (2) TRANS-ACE コードの樹構造

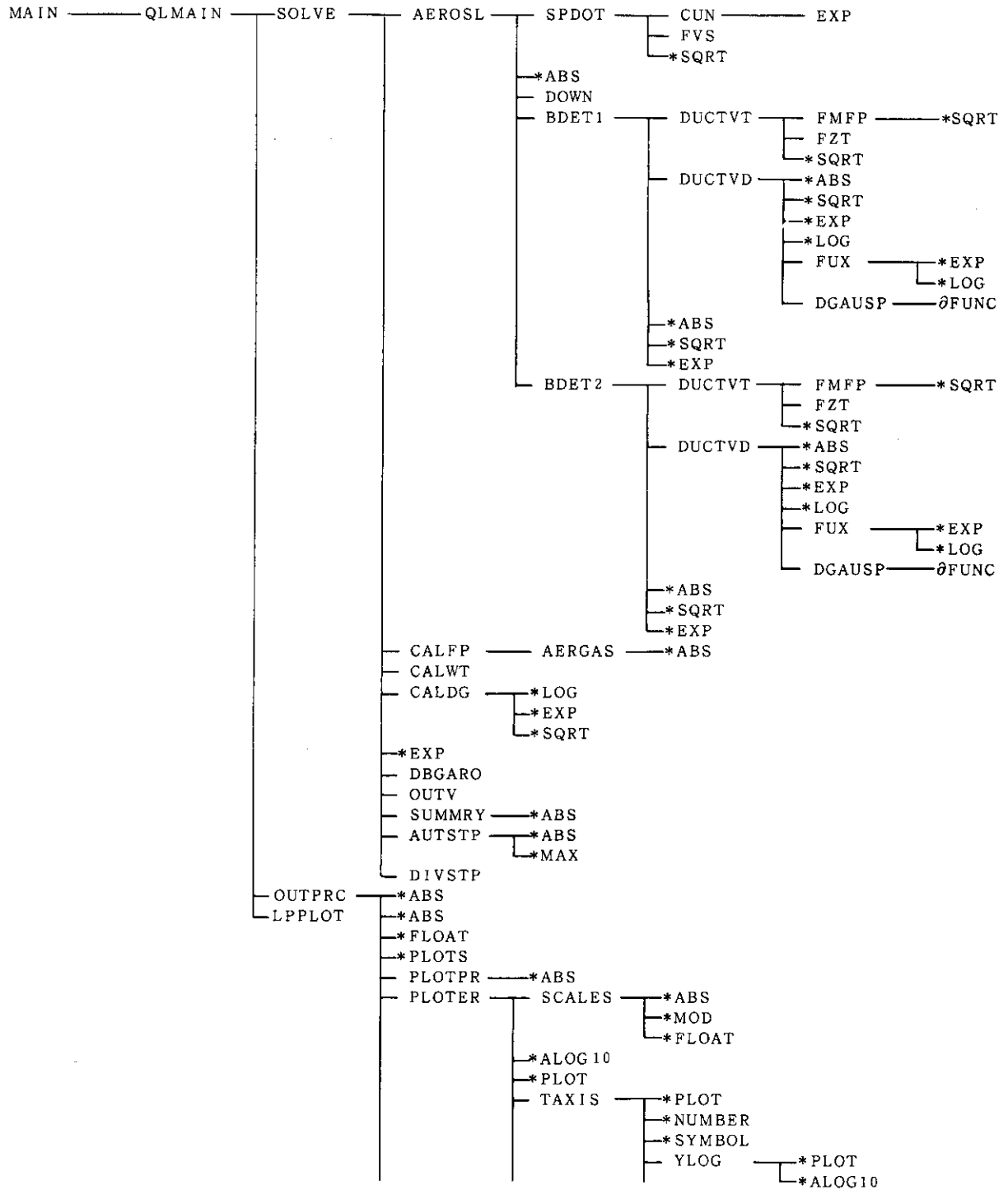


図 5.1 (3) TRANS-ACE コードの樹構造

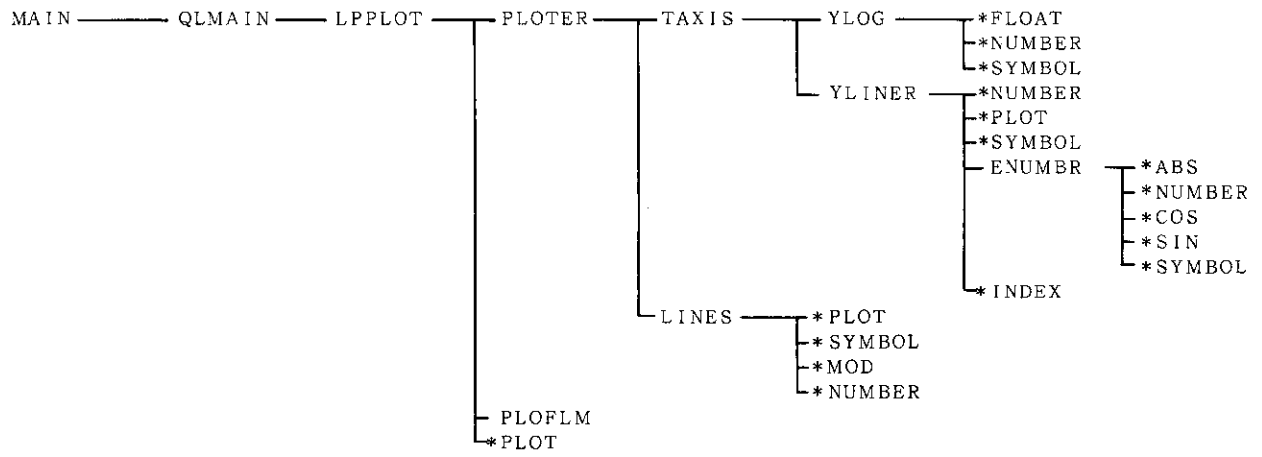


図 5.1 (4) TRANS-ACE コードの樹構造

6. サンプル計算

6.1 対象プラント

サンプル計算に使用するセル換気系モデルを図 6.1 に示す。なおセル換気系の具体的な形状は図 2.6 を参照されたい。

サンプル計算に使用したセル換気系は、16 個のブランチ（ダクト 8 箇所、バルブ・ダンパー 3 箇所、フィルタ 4 箇所、フロア 1 箇所）と、17 個のノード（その内ノード 1, 13, 17 は境界ノード）より構成されている。

6.2 計算条件

6.1 で述べたセル換気系モデルを用いて以下のケースについて計算を行った。

事故種類：溶媒火災事故

- ・ 事故発生箇所：第一モデルセル（ノード 4）
- ・ ソース項：

溶媒相－水相組成：溶媒相（TBP 30（％）－n-ドデカン溶液）30（ml）－水相
30（ml）

放射性物質存在量：大型再処理施設の初期保有量（3.7.2 参照）

- ・ 燃焼パラメータ：

換気流量：0.1111（ m^3/s ）（換気回数 20（回/h））

燃焼面積：0.2304（ m^2 ）（抽出器相当段 3 段）

セル換気系における初期体積流量値は、給気ダクト系から第一モデルセルへの給気流量を 0.1111（ m^3/s ）、希釈ダクト系からフィルタ系への希釈流量を 1.100（ m^3/s ）、フィルタ系を通過する排気流量を 1.320（ m^3/s ）とする。また、外気温度を 20（ $^{\circ}\text{C}$ ）、外気圧を 1.01325×10^5 （Pa）と仮定する。ブランチが有する断面積及び長さ（ダクトのみ）は、一重の四角の中、また、ノードの体積、断面積及びノードにおける初期圧力値は、二重の四角の中で図 6.1 に表わした。

また、図 6.1 中のブランチ 2 とブランチ 14 にあたる弁は、自動開閉弁としてコントロールされているものとする。

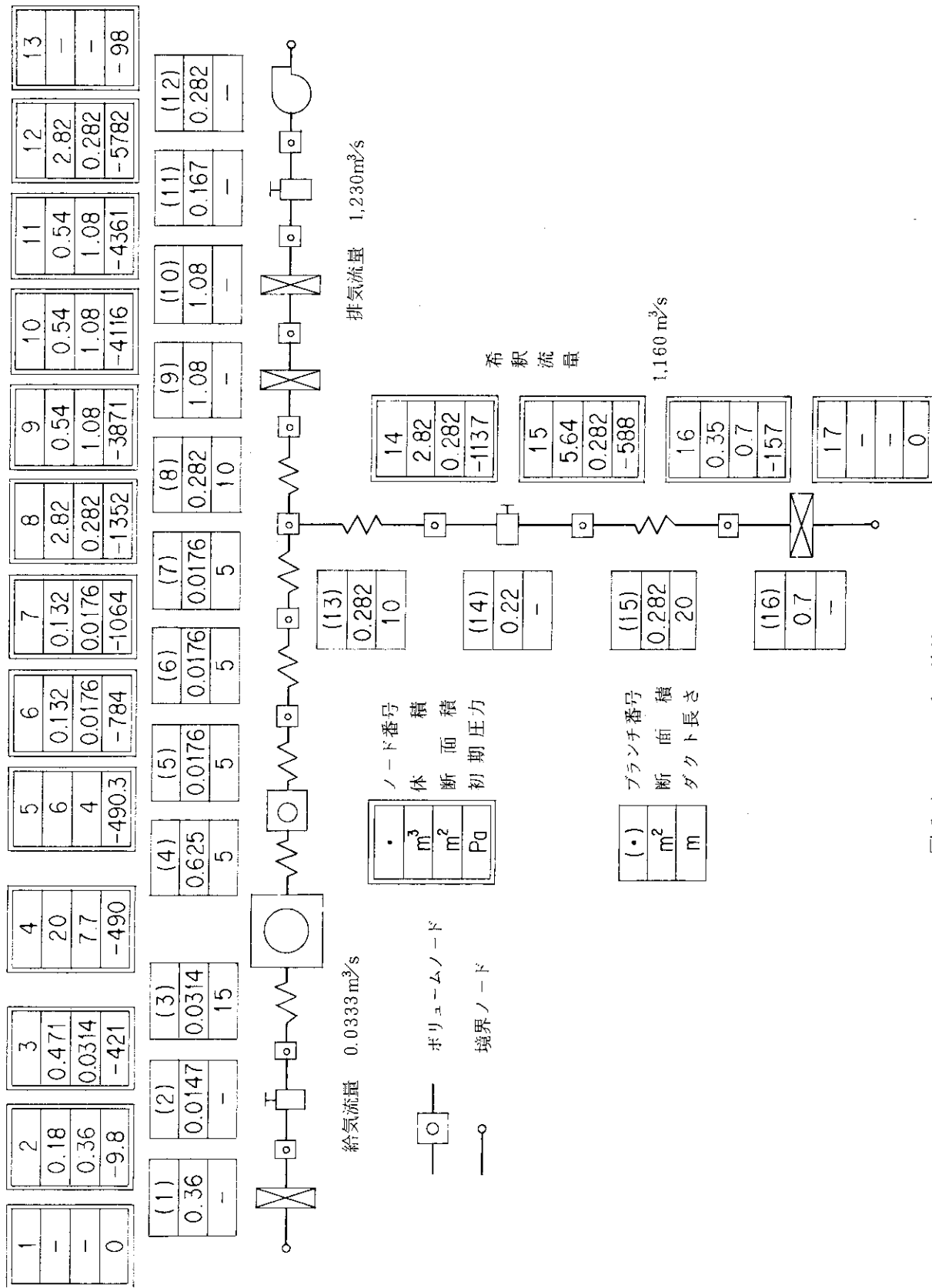


図 6.1 サンプル計算のモデル

6.3 計算結果

計算結果を以下に示す。


```

*** CARD IMAGE ***
0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
1 *****
2 * ACCL-TRANS RUN DATA
3 *
4 *
5 * REAL PROBLEM
6 *
7 * 1988.05.17
8 *
9 *****
10 *
11 *2. TITLE * * *
12 FIRE ACCIDENT IN CELL
13 *3. NOPTI
14 0
15 *4. RUN CONTROL (1) RUN TYPE = (SS,ST,TP,RS,RP)
16 * RUNT MAXIT CONVRG FMIX
17 TP 1000 0.005 1.0
18 *5. TIME STEP (1)
19 *IASIFG MAXV MINV MAXT MINT
20 0
21 *6. TIME STEP (2) - TSTCHG -
22 0.0 6000.0
23 *7. TIME STEP (3) - TSTEP -
24 5.0
25 *8. RUN CONTROL (2)
26 *PINP TAMP CINP ROOM CALC CALT NSPOUT SOUT1 SOUT2 SOUT3 CHEK
27 P T 4 1 1 0 9000.
28 *9. STACK DATA - ISTEK -
29 13
30 *10. RADIOACTIVITY DATA
31 *IFPDT LSTFL CUO2 VWTR RUGAS
32 0 10 125.0 30.0 0.3
33 *11. RADIO NUCLEUS
34 *
35 0.153 19.1 1.0E-3 3.0E-3 EF NUCL
36 0.102 12.7 1.0E-3 3.0E-3 SR-89
37 0.096 12.0 1.0E-4 0.1 CS-137
38 0.0584 7.3 1.0E-2 0.1 RU-103
39 0.418 52.2 1.0E-2 0.1 RU-106
40 0.418 52.2 1.0E-3 0.1 RH-106
41 0.264 33.0 0.1 ZR-95
42 0.557 69.6 1.0E-2 0.1 NB-95
43 0.032 4.0 1.0E-3 5.0E-4 CE-141
44 1.058 132.2 1.0E-3 5.0E-4 CE-144
45 1.058 132.2 1.0E-5 5.0E-4 PR-144
46 2.24E-4 0.028 2.7E-3 1.0 H-03
47 0.102 12.7 1.0E-2 3.0E-3 Y-90
48 0.222 27.8 1.0E-2 3.0E-3 Y-91
49 1.12E-4 0.014 1.0E-4 3.0E-3 BA-140
50 1.12E-4 0.014 1.0E-2 5.0E-4 LA-140
51 0.362 45.2 1.0E-2 5.0E-4 PM-147
52 4.1E-7 0.51E-4 4.0 5.0E-4 URAN
53 6.4E-4 0.08 1.0 5.0E-4 PRUTIDIUM
54 0.0 0.0 0.0 0.0 DUMMY
55 *12. PLOT CONTROL (1)
56 2 2 4 1 1 1 1 2 2 1

```



```

119 *16.TIME FUNCTION CONTROL AND AMBIENCE DATA
120 1 1 1 1 1.01325E5 20.0
121 *17.CELL GEOMETRY AND COMPONENT CONTROL
122 16 3 14 4
123 *18.PREVENT BACK FLOW VALVE FLAG
124 0
125 *19.COMMON BRANCH DATA (1)
126 * NOPT (1) - (6)
127 3 1 4 3 4 3
128 *20.COMMON BRANCH DATA (2)
129 *INITIAL VOLUME FLOW
130 * IS IE VALUE
131 1 7 0.1111
132 8 12 1.320
133 13 16 1.100
134 *DUCT TEMPERATURE
135 * IS IE VALUE
136 3 15 20.0
137 *DUCT ROU
138 * IS IE VALUE
139 3 3 7870.0
140 4 4 968.0
141 5 7 7750.0
142 8 15 7870.0
143 *DUCT CP
144 * IS IE VALUE
145 3 3 460.0
146 4 4 575.6
147 5 15 460.0
148 *DUCT THICKNESS
149 * IS IE VALUE
150 3 3 0.005
151 4 4 0.218
152 5 7 0.005
153 8 15 0.01
154 *DUCT THERMAL CONDUCTIVITY
155 * IS IE VALUE
156 3 3 25.5
157 4 4 4.00
158 5 15 25.5
159 *21.PHYSICAL PROPERTIES
160 * ANU XKAPA ROU
161 6.00E-3 5.08E-2 0.508
162 *22.AMBIENT DATA
163 * AMBBT AMBCP AMBKP AMBRU AMBMU AMBTM
164 3.53E-3 1.00E3 2.49E-2 1.208 1.77E-5 20.0
165 *23.CELL DATA
166 * WIDTH HCELL DEEP GINL DZPAN BAREA
167 3.5 2.2 2.6 400.0 0.48 0.2304
168 *24.BURNING MODEL (1)
169 * VIBP CPD PR VMIU TSS
170 0.30 0.246 0.673 0.257E-3 200.0 0.72
171 *25.BURNING MODEL (2)
172 * TAD OXM PSAI EPSI VLSD DG
173 0.000 0.0000 0.82 0.150 30.0
174 *26.AEROSOL DATA
175 * ALFRU PK ROUP RG DG
176 1.7 83.7 1.00E3 1.7 4.0E-7 0.9
177 *27.BURNING AND EXPLOSION MODEL FLAG (0:USE 1:NO USE)
178 0
179 *28.PARTICLE DISTRIBUTION (1)
180 *IBUN IBN KCONC IFIL

```

```

01280052
01290052
01300052
01310052
01320052
01330052
01340052
01350052
01360052
01370052
01380052
01390052
01400052
01410052
01420052
01430052
01440052
01450052
01460052
01470052
01480052
01490052
01500052
01510052
01520052
01530052
01540052
01550052
01560052
01570052
01580052
01590052
01600052
01610052
01620052
01630052
01640052
01650052
01660052
01670052
01680052
01690052
01700052
01710052
01720052
01730052
01740052
01750052
01760052
01770052
01780052
01790052
01800052
01810052
01820052
01830052
01840052
01850052
01860052
01870052
01880052
01890052

```


367	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	03770052
368	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	03780052
369	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	03790052
370	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	03800052
371	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	03810052

```
***** ACCI-TRANS *****
***** FIRE ACCIDENT IN CELL *****
***** DATE 89-01-26 *****
```

```
*****
* TABLE 1 *
*****
```

INPUT OPTION DIAGNOSTICS

```
*****
* OPTION OF RADIATION *****
*****
CALCULATE ..... 1
NOT CALCULATE ..... 0
OPTION OF CALCULATION ..... 0

*****
* TEMPERATURE OF LINER *****
*****
CALCULATE ..... 1
NOT CALCULATE ..... 0
OPTION OF CALCULATION ..... 0

*****
* OPTION OF SMOKE CONCENTRATION *****
*****
CALCULATE ..... 1
NOT CALCULATE ..... 0
OPTION OF CALCULATION ..... 0
```

** ACCI-TRANS INPUT **

TABLE I

SUMMARY OF CONTROL INFORMATION AND DIAGNOSTICS

```
PRES TEMP ENER MASS CONC 1 1 1 1 1
```

```
*****
* TABLE 2 *
*****
```

INPUT DATA DIAGNOSTICS

***** SOLA-2T INPUT ***** < SI-UNIT >

MESH DATA (VARIABLE MESH - 2)

NUMBER OF X-INTERVAL DATA		5
N = 3	X1 = 0.0	X2 = 0.6000
N = 4	X1 = 0.6000	X2 = 1.6000
N = 6	X1 = 1.6000	X2 = 2.9000
N = 2	X1 = 2.9000	X2 = 3.4000
N = 1	X1 = 3.4000	X2 = 3.5000
NUMBER OF Y-INTERVAL DATA		6
N = 2	Y1 = 0.0	Y2 = 0.4000
N = 1	Y1 = 0.4000	Y2 = 0.6500

```

N = 1      Y1 = 0.6500      Y2 = 0.8000
N = 4      Y1 = 0.8000      Y2 = 1.4500
N = 4      Y1 = 1.4500      Y2 = 2.2000
N = 1      Y1 = 2.2000      Y2 = 2.4000

TIME STEP OF
SMOKE CONCENTRATION CALCULATION ..... 0.0 (S)
TIME STEP OF
WALL HEAT TRANSFER CALCULATION ..... 0.0 (S)

PHYSICAL PROPERTY DATA

AIR DENSITY ..... 5.08000E-01 (KG/M**3)
COEFFICIENT OF KINEMATIC VISCOSITY ..... 6.00000E-03 (M**2/S)
THERMAL CONDUCTIVITY ..... 5.08000E-02 (W/(CM*K))
SPECIFIC HEAT CAPACITY ..... 1.07000E+03 (J/(KG*K))
THERMAL CONDUCTIVITY OF TURBULENCE ..... 9.00000E-02 (M**2/S)
RATE OF VOLUME EXPANSION FACTOR ..... 3.66000E-03 (1/K)
COEFFICIENT OF VISCOSITY (AIRM) ..... 3.28000E-05 (PA*S)
    
```

```

POISSON EQUATION DATA

CONVERGENCE CRITERION (PRESSURE) ..... 0.0
SCALING FACTOR FOR CONVERGENCE TEST ..... 0.0
OVER RELAXATION FACTOR ..... 0.0
MAX ITERATION OF SOR ..... 0
MAX TRIAL (IF NOT CONVERGED) ..... 0

OUTPUT CONTROL DATA

TIME INTERVAL OF OUTPUT ON PRINTER ..... 0.0 (S)
TIME INTERVAL OF OUTPUT ON XY-PLOTTER ..... 0.0 (S)
HIGHT OF FIGURE (XY PLOTTER) ..... 0.0 (CM)
HIGHT OF LETTER IN FIGURE ..... 0.0 (CM)
LENGTH OF MAX. ARROW (XY PLOTTER) ..... 0.0 (CM)
MAX ARROW'S VELOCITY ..... 0.0 (M/S)
NUMBER OF CONTOUR LINE (XY PLOTTER) ..... 0
SKIP INTERVAL (X-DIRECTION) ..... 0
SKIP INTERVAL (Y-DIRECTION) ..... 0
    
```

DIAGNOSTICS OF TIME TRANSIENT BOUNDARY CONDITION

```

*****
* TABLE 4 *
*****
*****
* TIME TRANSIENT BOUNDARY CONDITION *
*****
NUMBER OF VELOCITY TIME TABLE ..... 0
NUMBER OF TEMPERATURE TIME TABLE ..... 0
NUMBER OF HEAT FLUX TIME TABLE ..... 0
NUMBER OF HEAT SOURCE TIME TABLE ..... 0
NUMBER OF TRANSIENT HEAT GENERATION DATA. 1
    
```

```

NO. IS JS IE JE B.C.
1 6 5 7 9 0
    
```

 * TABLE 5 *

DIAGNOSTICS OF HEAT AND BURNING DATA

HEAT CONDUCTION DATA ON WALL

DENSITY OF WALL(ROUWL) 0.0 (KG/M3)
 HEAT CAPACITY(CPWL) 0.0 (J/(KG*K))
 HEAT CONDUCTANCE(KAPWL) 0.0 (J/(M*SEC*K))
 RATE OF VOLUME EXPANSION FACTOR(AMBBT) 0.353E-02 (1/K)
 SPECIFIC HEAT CAPACITY IN ATMOSPHERE(AMBCP) 0.100E+04 (J/(KG*K))
 THERMAL CONDUCTIVITY IN ATMOSPHERE(AMBKP) 0.249E-01 (J/(M*SEC*K))
 DENSITY IN ATMOSPHERE(AMBRU) 0.121E+01 (KG/M3)
 COEFFICIENT OF VISCOSITY IN ATMOSPHERE(AMBMU) 0.177E-04 (KG/M*SEC)
 TEMPERATURE IN ATMOSPHERE(AMBTM) 0.200E+02 (C)

COMBUSTION MODEL DATA (B-FACTOR)

SPECIFIC HEAT OF GAS(CP) 2.460E-01 (CAL/(G*DEG.C))
 (SI) 1.029E+03 (J/(KG*K))
 TEMP. AT SOLVENT SURFACE(TS) 2.420E+02 (DEG.C)
 (SI) 5.152E+02 (K)
 EQUIVALENT OF OXYGEN(F) 3.327E-01 (-)
 RADIATION HEAT RATIO(GAMMA) 1.500E-01 (-)
 LATENT HEAT OF EVAPORATION(L) 5.897E+01 (CAL/G)
 (SI) 2.467E+05 (J/KG)
 RADIATION HEAT RATIO TO SOLVENT SURFACE(PSAI) 8.200E-01 (-)
 FUEL-WATER EVAPORATION(DELTA-1) 0.0 (-)
 EVAPORATION HEAT RATIO FROM FLAME TO SOLVENT(EPSILON) 1.500E-01 (-)
 LENGTH OF BURNING PAN TO Z-DIRECTION(DZPAN) 0.480E+00 (M)
 LENGTH OF CELL TO X(DCELL) 0.340E+01 (M)
 LENGTH OF CELL TO Y(HCELL) 0.220E+01 (M)
 LENGTH OF CELL TO Z(DEEP) 0.260E+01 (M)

COMBUSTION MODEL DATA (FUEL BURNING RATE)

EMPIRICAL PARAMETER 1(ALPHA) 3.106E+00 (-)
 EMPIRICAL PARAMETER 2(BETA-1) 1.721E-02 (1/CM)
 (SI) 1.721E+00 (1/M)
 VISCOSITY OF BURNING GAS(MU) 2.570E-04 (G/(CM*S))
 (SI) 2.570E-05 (PA*S)
 DENSITY OF SOLVENT(SIGMA) 8.160E-01 (G/CM**3)
 (SI) 8.160E+02 (KG/M**3)
 PRANDTL NUMBER(PR) 6.730E-01 (-)
 MOLECULAR WEIGHT OF AIR(M) 2.900E+01 (G/MOLE)
 BURNING PARAMETER(GZAI) 7.200E-01 (-)
 INFINITE TEMP. OF GAS(T) 0.0 (DEG.C)
 (SI) 0.0 (K)
 WEIGHT CONC. OF OXYGEN(M-OX) 0.0 (-)
 DIF. OF TEMP. BETWEEN GAS AND SOLVENT(DELTA-T) 1.800E+03 (K)
 PRESSURE IN CELL(P) 1.000E+00 (ATM)
 (SI) 1.013E+05 (PA)
 VOLUME PERCENT OF TBP(VTBP) 3.000E-01 (-)
 HEAT GENERATION OF BURNING(HG) 0.947E+04 (CAL/G)
 (SI) 0.396E+08 (J/KG)
 DIAMETER OF PAN(D) 0.542E+02 (CM)
 (SI) 0.542E+00 (M)
 AEROSOL GENERATION RATIO(ARATE) 0.523E-01 (-)

TIME APPROACH TO STEADY-STATE BURNING(TSS) 0.200E+03 (SEC)
 HEAT TRANSFER EFFECT TO Z-DIRECTION
 TZWALL=TEMP(ITZW,JTZW)(ITZW) 0
(JTZW) 0
 APPARENT HEAT TRANSFER COEF.(HEFF) 0.0 (W/(M**2*K))
 TEMP. AT WALL SURFACE(TZWALL) 0.0 (C)
 2.731E+02 (K)

 * TABLE 6 *

DIAGNOSTICS OF BURNING GAS AND SMOKE PARTICLES

 * INITIAL SET OF CONCENTRATE *

CONCENTRATE INPUT CONTROL

LOGNORMAL DISTRIBUTION		NUMBER OF DIFFU. SET		0
NO.	DI	WT	R	
5	1.06154E-07 (M)	1.22245E-02	5.30772E-08 (M)	
6	1.38408E-07 (M)	2.78347E-02	6.92042E-08 (M)	
7	1.80462E-07 (M)	6.55906E-02	9.02311E-08 (M)	
8	2.35294E-07 (M)	1.20978E-01	1.17647E-07 (M)	
9	3.06786E-07 (M)	1.74666E-01	1.53393E-07 (M)	
10	4.00000E-07 (M)	1.97413E-01	2.00000E-07 (M)	
11	5.21536E-07 (M)	1.74666E-01	2.60768E-07 (M)	
12	6.80000E-07 (M)	1.20978E-01	3.40000E-07 (M)	
13	8.86611E-07 (M)	6.55906E-02	4.43306E-07 (M)	
14	1.15600E-06 (M)	2.78347E-02	5.77999E-07 (M)	
15	1.50724E-06 (M)	1.22245E-02	7.53619E-07 (M)	

INITIAL SET DIFFUSION	
NO.	DIFFU
1	0.0 (M**2/S)
2	0.0 (M**2/S)
3	0.0 (M**2/S)
4	0.0 (M**2/S)

INITIAL SET CONCENTRATE	
NO.	CONC
1	0.0 (KG/M**3)
2	0.0 (KG/M**3)
3	0.0 (KG/M**3)
4	0.0 (KG/M**3)
5	0.0 (KG/M**3)
6	0.0 (KG/M**3)
7	0.0 (KG/M**3)
8	0.0 (KG/M**3)
9	0.0 (KG/M**3)
10	0.0 (KG/M**3)
11	0.0 (KG/M**3)
12	0.0 (KG/M**3)
13	0.0 (KG/M**3)
14	0.0 (KG/M**3)
15	0.0 (KG/M**3)

```
*****  
* INITIAL SETTING DATA FOR CONST. *  
*****  
CONSTANT OF ALFNU. .... 1.70000E+00 (M**2/S)  
CONSTANT OF CT ..... 3.32000E+00  
CONSTANT OF CM ..... 1.00000E+00  
CONSTANT OF KP ..... 8.37000E+01  
CONSTANT OF AERSOL ROUP ..... 1.00000E+03 (KG/M**3)  
CONSTANT OF AERSOL RG ..... 1.70000E+00  
CONSTANT OF AERSOL DG ..... 4.00000E-07 (M)  
CONSTANT OF FRICTION(FALF) ... 9.00000E-01  
CONSTANT OF CONC.DELT(CDELTA) . 5.00000E-03  
  
-----PRESSURES READ IN (NOT CALC.FROM DIPP)  
-----TEMPERATURES READ IN  
  
*****  
* THERMAL RADIATION CONSTANT *  
*****  
CALCULATE ..... 1  
NOT CALCULATE ..... 0  
OPTION OF CALCULATION ..... 0
```

TABLE II
SUMMARY OF PROBLEM CONTROL PARAMETERS

PROBLEM TYPE	SS/T/PUN	MAXIMUM ITERATIONS PER TIME STEP	1000
INIT TIME STEP (S)	5.0000E+00	CONVERGENCE CRITERION	5.0000E-03
START TIME (S)	0.0	RELAXATION PARAMETER	1.00000
TOTAL TIME (S)	6000.000		
OUTPUT TIMES (S)			
0.0	60.0000	185.0000	245.0000
490.0000	555.0000	680.0000	740.0000
985.0000	1050.0000	1175.0000	1235.0000
1480.0000	1545.0000	1670.0000	1730.0000
1975.0000	2040.0000	2160.0000	2225.0000
2470.0000	2535.0000	2595.0000	2720.0000
2965.0000	3030.0000	3150.0000	3215.0000
3460.0000	3525.0000	3645.0000	3710.0000
3955.0000	4020.0000	4080.0000	4140.0000
4450.0000	4515.0000	4635.0000	4700.0000
4945.0000	5010.0000	5130.0000	5195.0000
5440.0000	5505.0000	5625.0000	5690.0000
5935.0000	5995.0000		
		305.0000	370.0000
		800.0000	865.0000
		1295.0000	1360.0000
		1790.0000	1855.0000
		2285.0000	2350.0000
		2780.0000	2845.0000
		3275.0000	3340.0000
		3770.0000	3835.0000
		4265.0000	4325.0000
		4760.0000	4820.0000
		5255.0000	5315.0000
		5750.0000	5810.0000

RELEASE RATE TIME FUNCTION DATA (KG/S)

T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT
FN. NO. --- 1							
0.0	0.0	2.400E+02	0.0	9.600E+02	0.0		

PRESSURE TIME FUNCTION DATA (PA)

T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT
FN. NO. --- 1							
0.0	0.0	6.000E+01	0.0				

TEMPERATURE TIME FUNCTION DATA (C)

T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT
FN. NO. --- 1							
0.0	0.0	6.000E+01	0.0				

ENERGY TIME FUNCTION DATA (J/S)

T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT
FN. NO. --- 1							
0.0	0.0	2.400E+02	0.0	9.600E+02	0.0		

MASS TIME FUNCTION DATA (KG/S)

T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT
FN. NO. --- 1							
0.0	0.0	2.400E+02	0.0	9.600E+02	0.0		

T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT	T(S)	FT
0.0	0.0	2.400E+02	0.0	9.600E+02	0.0	20.00	0.0

FN. NO. 1 MASS TEMP (C) =

EXPLOSION ENERGY TIME FUNCTION DATA (W)

T(S)	FT	T(S)	FT
0.0	0.0	0.0	0.0

EXPLOSION MASS TIME FUNCTION DATA (KG/S)

T(S)	FT	T(S)	FT
0.0	0.0	0.0	0.0

TABLE III
SUMMARY OF MODEL CONTROL PARAMETERS

NO.	IN	OUT	INITIAL FLOW (M**3/S)	FLOW AREA (M**2)	COMP TYPE	FILT FULL HALF CURVE	EXP Q	RESIST	REV RESIST	INITIAL DELTA-P (PA)	INERTIA (1/M)
1	1	2	0.11110	0.36000	FILT	0 6 2	1.0 0.0	0.0	0.0	9.800E+00	0.0
2	2	3	0.11110	0.01470	DAMP	0	2.0 0.0	0.0	0.0	4.112E+02	7.309E+00
3	3	4	0.11110	0.03140	DUCT	0	2.0 0.0	0.0	0.0	6.200E+01	4.777E+02
4	4	5	0.11110	0.62500	DUCT	0	2.0 0.0	0.0	0.0	3.000E-01	8.000E+00
5	5	6	0.11110	0.01760	DUCT	0	2.0 0.0	0.0	0.0	2.937E+02	2.841E+02
6	6	7	0.11110	0.01760	DUCT	0	2.0 0.0	0.0	0.0	2.800E+02	2.841E+02
7	7	8	0.11110	0.01760	DUCT	0	2.0 0.0	0.0	0.0	2.880E+02	2.841E+02
8	8	9	1.32000	0.28200	DUCT	0	2.0 0.0	0.0	0.0	2.519E+03	3.546E+01
9	9	10	1.32000	1.08000	FILT	0 6 2	1.0 0.0	0.0	0.0	2.450E+02	0.0
10	10	11	1.32000	1.08000	FILT	0 6 2	1.0 0.0	0.0	0.0	2.450E+02	0.0
11	11	12	1.32000	0.16700	DAMP	0	2.0 0.0	0.0	0.0	2.450E+02	2.169E+00
12	12	13	1.32000	0.28200	BLWR	0	2.0 0.0	0.0	0.0	1.421E+03	0.0
13	13	14	1.10000	0.28200	DUCT	0	2.0 0.0	0.0	0.0	5.684E+03	0.0
14	14	15	1.10000	0.22000	DAMP	0	2.0 0.0	0.0	0.0	2.150E+02	3.546E+01
15	15	16	1.10000	0.28200	DUCT	0	2.0 0.0	0.0	0.0	5.490E+02	1.889E+00
16	16	17	1.10000	0.70000	FILT	0 6 2	1.0 0.0	0.0	0.0	4.310E+02	7.092E+01
17	17	16	1.10000	0.70000	FILT	0 6 2	1.0 0.0	0.0	0.0	1.570E+02	0.0

BRANCH DATA

NO.	IN	OUT	INITIAL TEMP. (C)	DUCT ANGLE	WALL RHO (KG/M**3)	WALL CP (J/(KG*K))	THICKNESS (M)
1	1	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	3	4	0.2000000E+02	0.9000000E+02	0.7870000E+04	0.4600000E+03	0.4999999E-02
4	4	5	0.2000000E+02	0.9000000E+02	0.9680000E+03	0.5756001E+03	0.21800000E+00
5	5	6	0.2000000E+02	0.0	0.7750000E+04	0.4600000E+03	0.4999999E-02
6	6	7	0.2000000E+02	0.9000000E+02	0.7750000E+04	0.4600000E+03	0.4999999E-02
7	7	8	0.2000000E+02	0.0	0.7750000E+04	0.4600000E+03	0.4999999E-02
8	8	9	0.2000000E+02	0.9000000E+02	0.7870000E+04	0.4600000E+03	0.1000000E-01
9	9	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	10	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	11	12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	12	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	13	14	0.2000000E+02	0.0	0.7870000E+04	0.4600000E+03	0.1000000E-01
14	14	15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	15	16	0.2000000E+02	0.9000000E+02	0.7870000E+04	0.4600000E+03	0.1000000E-01
16	16	17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

GAS DATA IN DUCT

(KG/(M*S))	MU (M**2/S)	KAPPA (W/(M*K))	CP (J/(KG*K))	BETA (1/K)
0.3280000E-04	0.2300000E-04	0.5080000E-01	0.1070000E+04	0.3660000E-02

GAS DATA OUT OF DUCT OR CELL

MU (KG/(M*S)) 0.177000E-04
 MU (M**2/S) 0.1465232E-04
 KAPA (W/(M*K)) 0.249000E-01
 CP (J/(KG*K)) 0.100000E+04
 BETA (1/K) 0.353000E-02
 AMB. TEMP. (C) 0.200000E+02

AEROSOL PHYSICAL DATA

RHO (KG/M**3) 0.100000E+04
 KAPA (W/(M*K)) 0.837000E+02
 CT (-) 0.332000E+01
 CM (-) 0.100000E+01
 DP (M) 0.837000E+02
 WTP (-) 0.332000E+01
 RP (M) 0.100000E+01

NO.	DP (M)	WTP (-)	RP (M)
1	1.06154E-07	1.22245E-02	5.30772E-08
2	1.38408E-07	2.78347E-02	6.92042E-08
3	1.80462E-07	6.55906E-02	9.02311E-08
4	2.35294E-07	1.20978E-01	1.17647E-07
5	3.06786E-07	1.74666E-01	1.53393E-07
6	4.00000E-07	1.97413E-01	2.00000E-07
7	5.21536E-07	1.74666E-01	2.60768E-07
8	6.80000E-07	1.20978E-01	3.40000E-07
9	8.86611E-07	6.55906E-02	4.43306E-07
10	1.15600E-06	2.78347E-02	5.77999E-07
11	1.50724E-06	1.22245E-02	7.53619E-07

BOUNDARY DATA

AMBIENT PRESSURE = 101325.00 (PA) AMBIENT TEMPERATURE = 20.00000 (C)

NO.	INITIAL P (PA)	INITIAL T (C)	INITIAL C (KG/M**3)	NO.	INITIAL P (PA)	INITIAL T (C)	INITIAL C (KG/M**3)
1	0.0	0	0	0	0	0	0
17	0.0	20.000	0	0	0	0	0

VOLUME DATA

VOLUME NO.	NODE	NDP	NOT	NOE	NOM	NOC	VOL. (M**3)	AREA (M**2)
1	2	0	0	0	0	0	1.800E-01	3.600E-01
2	3	0	0	0	0	0	4.710E-01	3.140E-02
3	4	0	0	1	1	1	2.000E+01	7.700E+00
4	5	0	0	0	0	0	6.000E+00	4.000E+00
5	6	0	0	0	0	0	1.320E-01	1.760E-02
6	7	0	0	0	0	0	1.320E-01	1.760E-02
7	8	0	0	0	0	0	2.820E+00	2.820E-01
8	9	0	0	0	0	0	5.400E-01	1.080E+00
9	10	0	0	0	0	0	5.400E-01	1.080E+00
10	11	0	0	0	0	0	5.400E-01	1.080E+00

VOLUME NODE	INITIAL TEMP. (C)	THICKNESS (M)	****	WALL RHD (KG/M**3)	WALL CP (J/(KG*K))	
11	12	0	0	0	2.820E+00	2.820E-01
12	14	0	0	0	2.820E+00	2.820E-01
13	15	0	0	0	5.640E+00	2.820E-01
14	16	0	0	0	3.500E-01	7.000E-01

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16
1	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
2	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
3	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
4	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
5	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
6	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
7	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
8	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
9	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
10	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
11	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
12	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01
14	0.200000E+02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.218000E+00	0.300000E-02	0.499999E-02	0.499999E-02	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01	0.100000E-01

BLOWER FUNCTION DATA

CURVE NO.	SEGMENT	LEFT BOUND (FLOW)		RIGHT BOUND (FLOW)		COEFFICIENTS	
		A	B	A	B	A	B
1	1	0.0	7.500E-01	1.6000E+02	-2.5000E-02		
2	2	7.500E-01	1.250E+00	7.2500E+00	-1.0204E-03		
3	3	1.250E+00	1.667E+00	5.4167E+00	-7.0862E-04		
4	4	1.667E+00	2.667E+00	2.6667E+00	-1.8896E-04		

FILTER FUNCTION DATA

NO.	LAMINAR COEF.		TURBULENT COEF.	
	A	B	A	B
1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	9.9860E+06	4.0300E+01	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0

TABLE IV
SUMMARY OF NODE TYPE, INITIAL PRESSURE AND BRANCH CONNECTIONS

NODE NO.	TYPE (-, FOR BOUNDARY +, VOLUME NO+1000)	INITIAL PRESSURE (PA)	ASSOCIATED BRANCHES
1	-1	0.0	
2	1001	-9.8000E+00	1 2
3	1002	-4.2100E+02	2 3
4	1003	-4.9000E+02	3 4
5	1004	-4.9030E+02	4 5
6	1005	-7.8400E+02	5 6
7	1006	-1.0640E+03	6 7
8	1007	-1.3520E+03	7 8 13
9	1008	-3.8710E+03	8 9
10	1009	-4.1160E+03	9 10
11	1010	-4.3610E+03	10 11
12	1011	-5.7820E+03	11 12
13	-1	-9.8000E+01	
14	1012	-1.1370E+03	13 14
15	1013	-5.8800E+02	14 15
16	1014	-1.5700E+02	15 16
17	-1	0.0	

TABLE V
RESISTANCE COEFFICIENTS AND CRITICAL MACH NUMBERS

(INPUT RESISTANCES SHOULD INCLUDE ENTRANCE AND/OR EXIT LOSSES. IF NOT DONE, THE FRICTION FACTORS BECOME NEGATIVE DURING THE SOLUTION AND RESULT IN NUMERICAL INSTABILITIES. VERY LARGE FRICTION FACTORS WILL NOT CAUSE NUMERICAL PROBLEMS, BUT SHOULD BE EXAMINED FOR UNREASONABLENESS.)

BRANCH NO.	UP. NODE	DN. NODE	FWD RF	REV RF	FWD MACH	REV MACH	AREA(M**2)	* INPUT ERROR??*
2		2	11.942	11.942	0.21950	0.22459	0.01470	FRICTION TOO HIGH?/AREA TOO LARGE?
3		3	9.143	9.143	0.25402	0.24257	0.03140	FRICTION TOO HIGH?/AREA TOO LARGE?
4		4	15.753	15.753	0.19708	0.19783	0.62500	FRICTION TOO HIGH?/AREA TOO LARGE?
5		5	12.227	12.227	0.21518	0.22291	0.01760	FRICTION TOO HIGH?/AREA TOO LARGE?
6		6	11.657	11.657	0.21952	0.21952	0.01760	FRICTION TOO HIGH?/AREA TOO LARGE?
7		7	11.990	11.990	0.22394	0.21695	0.01760	FRICTION TOO HIGH?/AREA TOO LARGE?
8		8	190.726	190.726	0.06044	0.06035	0.28200	FRICTION TOO HIGH?/AREA TOO LARGE?
11		11	37.732	37.732	0.13102	0.13191	0.16700	FRICTION TOO HIGH?/AREA TOO LARGE?
13		13	23.441	23.441	0.16229	0.16229	0.28200	FRICTION TOO HIGH?/AREA TOO LARGE?
14		14	36.430	36.430	0.13296	0.13296	0.23000	FRICTION TOO HIGH?/AREA TOO LARGE?
15		15	46.992	46.992	0.11810	0.11852	0.28200	FRICTION TOO HIGH?/AREA TOO LARGE?

TABLE VI
FILTER BRANCH DATA

BRANCH NO.	FILTER NO.	LAMINAR COEF.	TURBULENT COEF.
1	2	9.9860E+06	4.0300E+01
9	2	9.9860E+06	4.0300E+01
10	2	9.9860E+06	4.0300E+01
16	2	9.9860E+06	4.0300E+01

TABLE VII

BLOWER BRANCH DATA

BRANCH NO.	BLOWER FUNCTION NO.
-----12	-----1

*** EXTINCTION TIME = 0.440E+04 (S) ----- BOIL OVER

INPUT	Y	=	0.699999988	E+00
	EPS	=	0.99999999E-03	
	ITEND	=	20	
	RTORD	=	0.1000000E+01	
	VLSO	=	0.3000000E+02	
OUTPUT	X	=	0.699999988	E+00
	IER	=	0	

***** IC0V NOT EQUAL 0


```

*** PROBLEM NOT CONVERGED FOR 1000 ITERATIONS AT TIME = 4.525E+03 (S) ***
*** FAILED MASS FLOW CORRECTION CHECK, BRANCH = 4 ***
*** MASS FLOW (KG/S) ***
4.343E-01 4.259E-01 4.005E-01 2.515E-02 9.693E-02 9.467E-02 9.146E-02 1.512E+00 1.510E+00 1.509E+00
1.507E+00 1.502E+00 1.431E+00 1.430E+00 1.429E+00 1.429E+00 1.429E+00

*** MASS FLOW CORRECTION ***
7.576E-05 9.835E-05 1.907E-06 4.419E-02 4.900E-05 4.023E-05 2.664E-05 6.676E-06 6.771E-05 7.057E-05
5.722E-06 4.768E-06 8.106E-05 4.482E-05 2.480E-05 2.098E-05

*** DENSITY (KG/M3) ***
1.206E+00 1.210E+00 1.136E+00 5.593E-01 8.461E-01 9.677E-01 1.030E+00 1.175E+00 1.150E+00 1.146E+00
1.142E+00 1.121E+00 1.204E+00 1.190E+00 1.195E+00 1.201E+00 1.201E+00 1.206E+00

0.0 -8.647E-07 8.632E-06 8.235E-06 6.831E-06 3.397E-05 4.412E-05 4.605E-06 5.644E-06 5.956E-06
3.716E-06 2.550E-06 0.0 1.640E-06 3.009E-07 1.385E-06 0.0

*** PRESSURE (PA) ***
0.0 -2.266E+02 -3.205E+02 -1.017E+03 -1.017E+03 -1.252E+03 -1.423E+03 -1.577E+03 -3.910E+03 -4.190E+03
-4.471E+03 -5.852E+03 -9.800E+01 -1.323E+03 -9.308E+02 -4.484E+02 0.0

*** PRESSURE CORRECTION ***
0.0 -5.127E-02 -8.422E-02 -3.240E-01 -3.245E-01 -2.197E-01 -1.305E-01 -4.370E-02 -2.430E-02 -2.859E-02
-2.662E-02 -1.495E-02 0.0 -3.553E-02 -2.295E-02 -8.038E-03 0.0

11347 TOTAL ITERATIONS TO TIME = 4.5250E+03 (S)

```

CHECK THE FOLLOWING STEPS...

- A. CHECK ADJACENT BRANCHES, IS IT MODELLED CORRECTLY?
- B. CHECK RESISTANCES
- C. TRY SMALLER TIME STEP
- D. MAKE TIME FUNCTION LESS SHARP
- E. ADD CAPACITANCE AT NODE

ENTRY TO SYSTEM SOLVER

TABLE VIII
SUMMARY OF SOLUTION PARAMETERS

FIRE ACCIDENT IN CELL
 RUN TYPE = TP
 CONVERGENCE CRITERION = 5.0000E-03
 RELAXATION PARAMETER = 1.00
 CALCULATION TIME STEP = 5.0000E+00 (S)
 TOTAL PROBLEM RUN TIME = 4525.00000 (S)
 TOTAL ITERATIONS FOR PROBLEM = 11347

CONCENTRATION CALCULATED

HEAT ESCAPE CALCULATED
 NTOUT = 98 OUTIME = 0.0 60.0000000 120.0000000 185.0000000 245.0000000 305.0000000 370.0000000 430.0000000 490.0000000 555.0000000 615.0000000
 680.0000000 740.0000000 800.0000000 865.0000000 925.0000000 985.0000000 1050.0000000 1110.0000000 1175.0000000 1235.0000000 1295.0000000 1360.0000000
 1420.0000000 1480.0000000 1545.0000000 1605.0000000 1670.0000000 1730.0000000 1790.0000000 1855.0000000 1915.0000000 1975.0000000 2040.0000000 2100.0000000
 2160.0000000 2225.0000000 2285.0000000 2350.0000000 2410.0000000 2470.0000000 2535.0000000 2595.0000000 2655.0000000 2720.0000000 2780.0000000 2845.0000000
 2905.0000000 2965.0000000 3030.0000000 3090.0000000 3150.0000000 3215.0000000 3275.0000000 3340.0000000 3400.0000000 3460.0000000 3525.0000000 3585.0000000
 3645.0000000 3710.0000000 3770.0000000 3835.0000000 3895.0000000 3955.0000000 4020.0000000 4080.0000000 4140.0000000 4205.0000000 4265.0000000 4325.0000000
 4390.0000000 4450.0000000 4515.0000000 4575.0000000 4635.0000000 4700.0000000 4760.0000000 4820.0000000 4885.0000000 4945.0000000 5010.0000000 5070.0000000
 5130.0000000 5195.0000000 5255.0000000 5315.0000000 5380.0000000 5440.0000000 5505.0000000 5565.0000000 5625.0000000 5690.0000000 5750.0000000 5810.0000000
 5875.0000000 5935.0000000 5995.0000000 0.0 0.0 0.0

0 0.0 0.0 2.000E+01 2.000E+01 2.000E+01 2.000E+01 2.000E+01 2.000E+01 0.0
 10 0.0 0.0 2.000E+01 0.0 2.000E+01 0.0

*** FLOWS ***

BRANCH VOLUME FLOWS (M3/S)

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 0 1.018E-01 1.019E-01 1.023E-01 1.094E-01 1.199E-01 1.216E-01 1.239E-01 1.267E+00 1.305E+00
 10 1.323E+00 1.336E+00 1.356E+00 1.124E+00 1.094E+00 1.081E+00 1.069E+00

BRANCH MASS FLOWS (KG/S)

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 0 1.227E-01 1.227E-01 1.228E-01 1.313E-01 1.438E-01 1.453E-01 1.477E-01 1.505E+00 1.513E+00
 10 1.530E+00 1.540E+00 1.538E+00 1.509E+00 1.299E+00 1.289E+00

*** NODAL HEAT FLOWS (J/S) ***

HEAT FLOW TO INNER CELL WALL

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 0 0.0 0.0 -1.688E+00 0.0 3.878E+00 1.853E+00 0.0 0.0 0.0 2.338E+00
 10 3.902E-01 -2.606E+00 0.0 0.0 0.0 -1.238E+01 0.0

HEAT FLOW FROM CELL WALL TO ATMOSPHERE

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 10 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

*** BRANCH HEAT FLOWS (J/S) ***

HEAT FLOW TO INNER DUCT WALL

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 0 0.0 0.0 -8.769E-01 8.393E-02 3.767E-01 -4.992E+00 -9.088E+00 -6.050E+01 0.0
 10 0.0 0.0 -5.463E+01 0.0 -1.082E+02 0.0

HEAT FLOW FROM DUCT WALL TO ATMOSPHERE

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 10 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

*** SMOKE CONCENTRATION AND DEPOSITION RATE ***

NODAL CONCENTRATION (KG/M3)

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 10 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

DEPOSITION RATE IN CELL (KG/S)

TABLE X
 INTEGRATION OF CONSUMPTION RATE, BURNING RATE,
 HEAT & SMOKE GENERATION RATE
 AND TOTAL RADIOACTIVE MATERIALS

	TIME = 0.0	
INTEGRATION OF CONSUMPTION RATE	0.0	(KG)
INTEGRATION OF BURNING RATE	0.0	(KG)
INTEGRATION OF HEAT GENERATION RATE	0.0	(J)
INTEGRATION OF SMOKE GENERATION RATE ..	0.0	(KG)
TOTAL RADIOACTIVE MATERIALS	0.0	(CI)

TABLE XI
ARCHIVAL LIST OF PRESSURE DIFFERENTIALS AND VOLUME FLOWS

TIME = 0.0 (S)

PRESSURE DIFFERENTIAL IN BLOWERS (PA)		PRESSURE DIFFERENTIAL IN BLOWERS (PA)		PRESSURE DIFFERENTIAL IN BLOWERS (PA)	
BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.
12	5.7307E+03				
FLOW THROUGH BLOWERS (M3/S)					
BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW
12	1.3561E+00				
PRESSURE DROP IN FILTERS (PA)					
BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.
1	5.7931E+01	9	2.764E+02	10	2.8186E+02
FLOW THROUGH FILTERS (M3/S)					
BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW
1	1.0178E-01	9	1.3046E+00	10	1.3232E+00
AERSOL DG, SIGMA-G					
BEFORE FILTER			AFTER FILTER		
	DG(M)	SIGMA-G	DG(M)	SIGMA-G	
1	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	
9	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	
10	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	
16	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	
DF = 0.0					
PRESSURE DROP IN DAMPERS (PA)					
BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.
2	3.7441E+02	11	1.4278E+03	14	5.4326E+02
FLOW THROUGH DAMPERS (M3/S)					
BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW
2	1.0187E-01	11	1.3357E+00	14	1.0941E+00
PRESSURE DROP IN DUCTS (PA)					
BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.
3	5.8250E+01	4	3.1889E-01	5	3.7040E+02
7	3.5782E+02	8	2.2868E+03	13	2.1848E+02
				6	3.3547E+02
				15	4.2195E+02

FLOW THROUGH DUCTS (M ³ /S)					
BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW
3	1.0227E-01	4	1.0941E-01	5	1.1993E-01
7	1.2394E-01	8	1.2670E+00	13	1.1239E+00
				6	1.2156E-01
				15	1.0810E+00

TABLE XII
SUMMARY OF EXTREME VALUES AT TIME = 0.0 (S)

*	H	E	PRESSURE OF	0.0 (PA)	*	OCCHRS AT NODE	17	*		
*	L	S	PRESSURE OF	-5823.66 (PA)	*	OCCHRS AT NODE	12	*		
*	L	S	TEMPERATURE OF	20.02 (C)	*	OCCHRS AT NODE*****		*		
*	L	S	TEMPERATURE OF	19.83 (C)	*	OCCHRS AT NODE*****		*		
*	H	E	VOLUME FLOW OF	1.3561E+00 (M3/S)	*	OCCHRS IN BRANCH	12	*		
*	L	S	VOLUME FLOW OF	1.0178E-01 (M3/S)	*	OCCHRS IN BRANCH	1	*		
*	H	E	MASS FLOW OF	1.5411E+00 (KG/S)	*	OCCHRS IN BRANCH	12	*		
*	L	S	MASS FLOW OF	1.2271E-01 (KG/S)	*	OCCHRS IN BRANCH	1	*		
*	*	*	LARGEST PRESSURE DIFFERENTIAL OF	5.7307E+03 (PA)	*	OCCHRS IN	B	E	BRANCH 12	
*	*	*	LARGEST VOLUME FLOW OF	1.3561E+00 (M3/S)	*	OCCHRS IN	B	E	BRANCH 12	
*	*	*	LARGEST PRESSURE DIFFERENTIAL OF	3.7090E+02 (PA)	*	OCCHRS IN	F	E	BRANCH 16	
*	*	*	LARGEST VOLUME FLOW OF	1.3232E+00 (M3/S)	*	OCCHRS IN	F	E	BRANCH 10	
*	*	*	LARGEST PRESSURE DIFFERENTIAL OF	1.4278E+03 (PA)	*	OCCHRS IN	D	E	BRANCH 11	
*	*	*	LARGEST VOLUME FLOW OF	1.3357E+00 (M3/S)	*	OCCHRS IN	D	E	BRANCH 11	
*	*	*	LARGEST PRESSURE DIFFERENTIAL OF	2.2868E+03 (PA)	*	OCCHRS IN	D	E	BRANCH 8	
*	*	*	LARGEST VOLUME FLOW OF	1.2670E+00 (M3/S)	*	OCCHRS IN	D	E	BRANCH 8	
NTCUT = 98 OUTIME = 0.0 60.0000000 120.000000 185.000000 245.000000 305.000000 370.000000 430.000000 490.000000 555.000000 615.000000										
										680.000000 740.000000 800.000000 865.000000 925.000000 985.000000 1050.00000 1110.00000 1175.00000 1235.00000 1295.00000 1360.00000
										1420.00000 1480.00000 1545.00000 1605.00000 1670.00000 1730.00000 1790.00000 1855.00000 1915.00000 1975.00000 2040.00000 2100.00000
										2160.00000 2225.00000 2285.00000 2350.00000 2410.00000 2470.00000 2535.00000 2595.00000 2655.00000 2720.00000 2780.00000 2845.00000
										2905.00000 2965.00000 3030.00000 3090.00000 3150.00000 3215.00000 3275.00000 3340.00000 3400.00000 3460.00000 3525.00000 3585.00000
										3645.00000 3710.00000 3770.00000 3835.00000 3895.00000 3955.00000 4020.00000 4080.00000 4140.00000 4205.00000 4265.00000 4325.00000
										4390.00000 4450.00000 4515.00000 4575.00000 4635.00000 4700.00000 4760.00000 4820.00000 4885.00000 4945.00000 5010.00000 5070.00000
										5130.00000 5195.00000 5255.00000 5315.00000 5380.00000 5440.00000 5505.00000 5565.00000 5625.00000 5690.00000 5750.00000 5810.00000
										5875.00000 5935.00000 5995.00000 0.0 0.0 0.0

0 0.0 0.0 2.011E+01 2.708E+01 1.031E+02 9.342E+01 8.445E+01 2.439E+01 0.0
 10 0.0 0.0 1.999E+01 0.0 2.000E+01 0.0

*** FLOWS ***

BRANCH VOLUME FLOWS (M3/S)

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 1.838E-01 1.844E-01 1.844E-01 2.707E-01 1.603E-01 1.442E-01 1.373E-01 1.300E+00 1.329E+00
 10 1.332E+00 1.336E+00 1.335E+00 1.161E+00 1.155E+00 1.150E+00

BRANCH MASS FLOWS (KG/S)

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 2.216E-01 2.217E-01 2.220E-01 1.335E-01 1.321E-01 1.315E-01 1.308E-01 1.515E+00 1.515E+00
 10 1.515E+00 1.514E+00 1.513E+00 1.387E+00 1.387E+00 1.387E+00 1.387E+00 1.387E+00

*** NODAL HEAT FLOWS (J/S) ***

HEAT FLOW TO INNER CELL WALL

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 7.663E+01 0.0 -1.493E+00 0.0 5.528E+05 2.620E+04 0.0 0.0 0.0 7.078E+01
 10 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 -3.044E+00 0.0

HEAT FLOW FROM CELL WALL TO ATMOSPHERE

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 3.449E+01 0.0 2.129E-02 0.0 1.269E+04 8.156E+03 0.0 0.0 0.0 0.0 3.550E+01
 10 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 6.251E-02 0.0

*** BRANCH HEAT FLOWS (J/S) ***

HEAT FLOW TO INNER DUCT WALL

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 0.0 0.0 0.0 -3.807E+01 1.385E+04 4.808E+03 1.529E+03 7.489E+02 4.125E+02 0.0
 10 0.0 0.0 -2.891E+00 0.0 1.034E+00 0.0

HEAT FLOW FROM DUCT WALL TO ATMOSPHERE

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 0.0 0.0 0.0 6.178E-01 2.305E+02 1.295E+03 8.741E+02 9.425E+02 1.634E+02 0.0
 10 0.0 0.0 -5.471E-02 0.0 -3.006E-03 0.0

*** SMOKE CONCENTRATION AND DEPOSITION RATE ***

NODAL CONCENTRATION (KG/M3)

0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 2.405E-08 2.412E-08 8.042E-08 1.749E-07 6.559E-03 4.435E-03 4.298E-03 4.218E-03 3.624E-04 3.622E-04
 10 0.0 0.0 2.450E-08 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

DEPOSITION RATE IN CELL (KG/S)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.0	2.243E-13	0.0	0.0	3.793E-04	4.266E-05	0.0	0.0	0.0	1.734E-08
10	1.470E-12	1.573E-12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
DEPOSITION RATE IN DUCT (KG/S)										
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.0	0.0	0.0	3.658E-12	3.302E-05	1.167E-05	4.575E-06	2.442E-06	1.912E-07	4.542E-04
10	2.997E-08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
ACCUMULATION OF SMOKE IN DUCTS & FILTERS (KG)										
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3.210E-08	0.0	7.675E-06	1.392E-02	5.736E-03	4.613E-03	4.607E-03	4.131E-04	6.360E-01	
10	4.280E-05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

*** RELEASE OF RADIOACTIVE MATERIALS TO ATMOSPHERE ***

NUCLEI	CONCENTRATION(CI/M**3)	RELEASE RATE(CI/H)
SR-89	1.82544E-07	7.93131E-04
SR-90	1.08079E-07	5.27370E-04
CS-137	1.42600E-08	6.95814E-05
RU-103	4.44898E-07	2.17087E-03
RU-106	3.18133E-06	1.55232E-02
RH-106	4.44230E-07	2.16761E-03
ZR-95	1.44030E-05	7.02789E-02
NB-95	4.24177E-06	2.06976E-02
CE-141	3.40406E-08	1.66101E-04
CE-144	1.12504E-06	5.48963E-03
PR-144	2.19366E-08	1.07039E-04
H-3	5.57073E-10	2.71823E-06
Y-90	7.74001E-07	3.77672E-03
Y-91	1.69427E-06	8.26716E-03
BA-140	1.66367E-11	8.11782E-08
LA-140	8.53230E-10	4.16332E-06
PM-147	2.75671E-06	1.34416E-02
U	5.21518E-10	2.54474E-06
PU	2.50051E-07	1.22012E-03
TOTAL	2.96560E-05	1.44706E-01

DF = 5.76505E+06

TABLE X

INTEGRATION OF CONSUMPTION RATE, BURNING RATE,
HEAT & SMOKE GENERATION RATE
AND TOTAL RADIOACTIVE MATERIALS

	TIME =	4.51500E+03
INTEGRATION OF CONSUMPTION RATE		2.27970E+01(KG)
INTEGRATION OF BURNING RATE		1.81481E+01(KG)
INTEGRATION OF HEAT GENERATION RATE		5.18362E+08(J)
INTEGRATION OF SMOKE GENERATION RATE ..		9.48656E-01(KG)
TOTAL RADIOACTIVE MATERIALS		3.41653E-03(CI)

TABLE XI
ARCHIVAL LIST OF PRESSURE DIFFERENTIALS AND VOLUME FLOWS

TIME = 4.5150E+03 (S)

PRESSURE DIFFERENTIAL IN BLOWERS (PA)

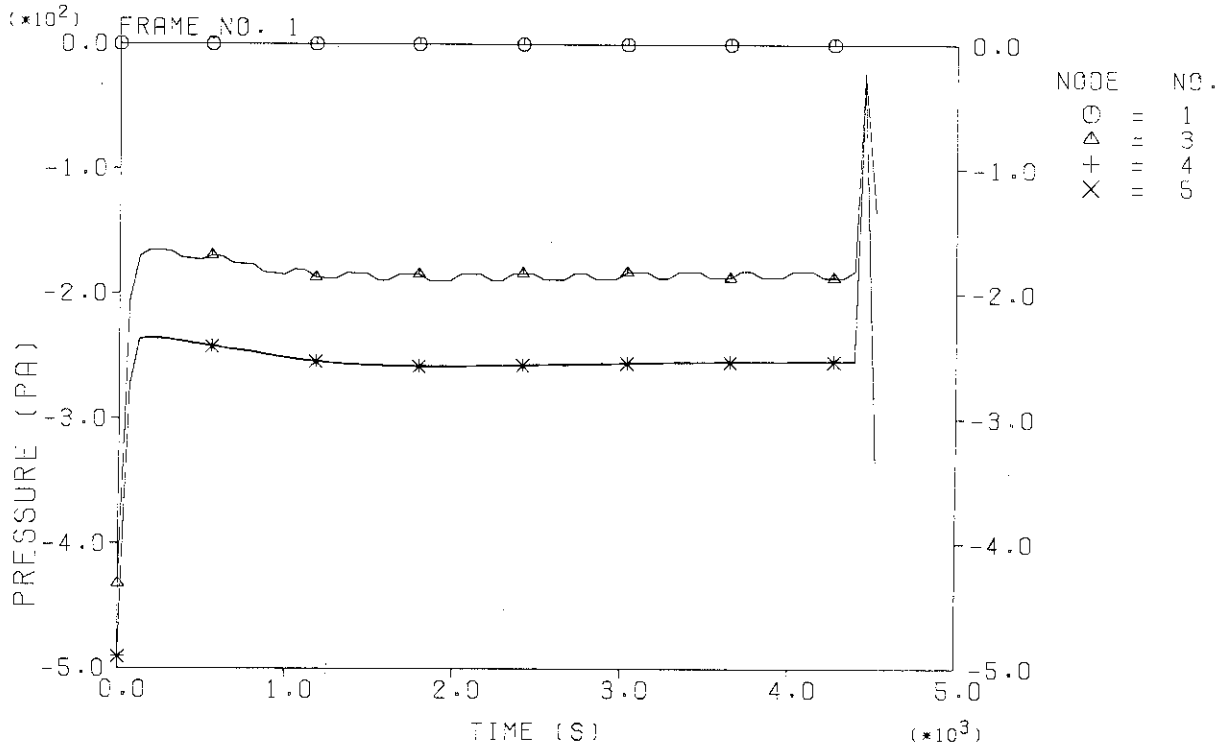
BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.
12	5.7312E+03						
BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW
12	1.3554E+00						
PRESSURE DROP IN FILTERS (PA)							
BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.
1	1.0812E+02	9	2.8468E+02	10	2.8529E+02	16	4.0355E+02
FLOW THROUGH BLOWERS (M3/S)							
BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW
1	1.8379E-01	9	1.3288E+00	10	1.3323E+00	16	1.1503E+00
PRESSURE DROP IN FILTERS (PA)							
BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.
1	1.0812E+02	9	2.8468E+02	10	2.8529E+02	16	4.0355E+02
FLOW THROUGH FILTERS (M3/S)							
BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW
1	1.8379E-01	9	1.3288E+00	10	1.3323E+00	16	1.1503E+00
AERSOL DG / SIGMA-G							
BEFORE FILTER				AFTER FILTER			
	DG(M)	SIGMA-G	DG(M)	SIGMA-G	DG(M)	SIGMA-G	DG(M)
1	0.10000E+01	0.10000E+01	0.31863E-06	0.23130E+01	0.31863E-06	0.23130E+01	0.31863E-06
9	0.41804E-06	0.17047E+01	0.25543E-06	0.17692E+01	0.25543E-06	0.17692E+01	0.25543E-06
10	0.25543E-06	0.17692E+01	0.17692E-06	0.25543E-06	0.17692E+01	0.17692E+01	0.17692E-06
16	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01	0.10000E+01
DF = 0.57650E+07							
PRESSURE DROP IN DAMPERS (PA)							
BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.
2	2.5566E+01	11	1.4040E+03	14	3.6879E+02		
FLOW THROUGH DAMPERS (M3/S)							
BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW
2	1.8412E-01	11	1.3361E+00	14	1.1605E+00		
PRESSURE DROP IN DUCTS (PA)							
BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.	BRANCH	D. P.
3	2.0350E+02	4	8.4351E-01	5	4.5137E+02	6	3.5618E+02
7	3.4690E+02	8	2.3628E+03	13	2.3828E+02	15	4.8185E+02

FLOW THROUGH DUCTS (M ³ /S)					
BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW	BRANCH	FLOW
3	1.8439E-01	4	2.7069E-01	5	1.6027E-01
7	1.3728E-01	8	1.3003E+00	13	1.1650E+00
				6	1.4415E-01
				15	1.1549E+00

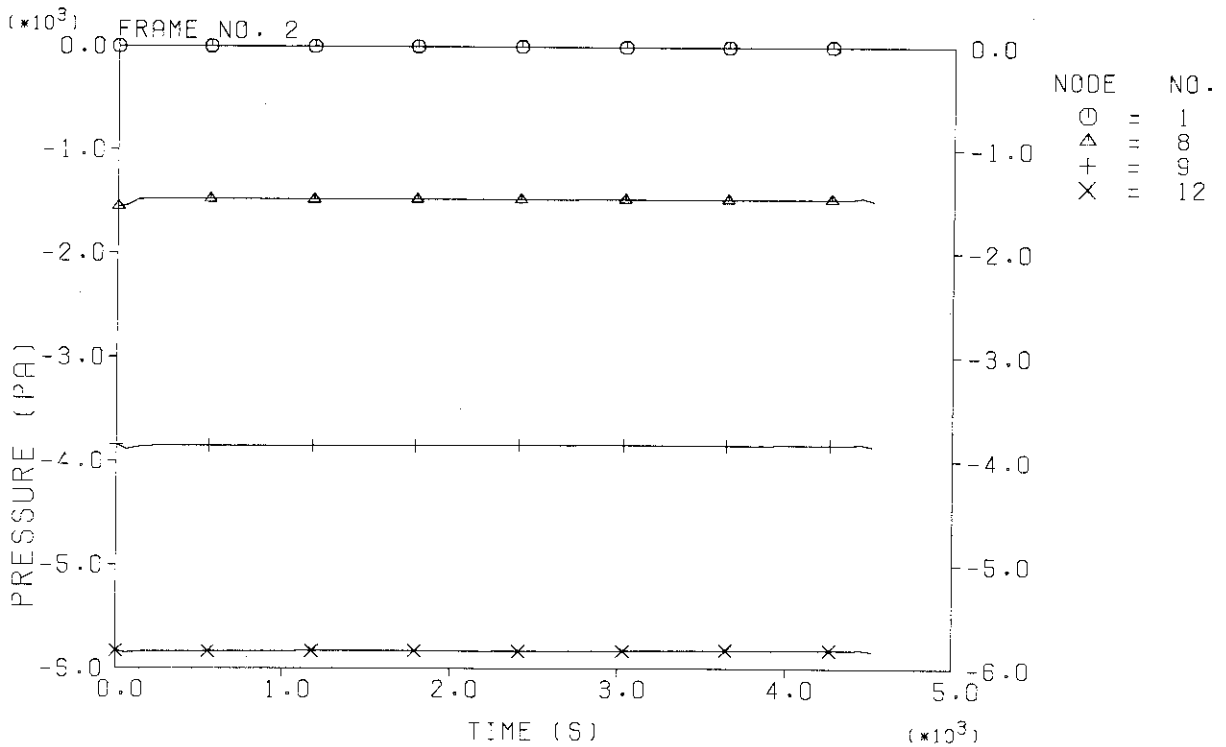
TABLE XII
SUMMARY OF EXTREME VALUES AT TIME = 4.5150E+03 (S)

*	H	E	0.0 (PA)	*	OCCHRS AT NODE	17	*
*	L	S	-5829.24 (PA)	*	OCCHRS AT NODE	12	*
*	H	E	440.81 (C)	*	OCCHRS AT NODE*****		
*	L	S	19.96 (C)	*	OCCHRS AT NODE*****		
*	H	E	1.3534E+00 (M3/S)	*	OCCHRS IN BRANCH	12	
*	L	S	1.3728E-01 (M3/S)	*	OCCHRS IN BRANCH	7	
*	H	E	1.5154E+00 (KG/S)	*	OCCHRS IN BRANCH	8	
*	L	S	1.3083E-01 (KG/S)	*	OCCHRS IN BRANCH	7	
*	LARGEST	PRESSURE DIFFERENTIAL OF	5.7312E+03 (PA)	*	OCCHRS IN	B E BRANCH	12
*	LARGEST	VOLUME FLOW OF	1.3554E+00 (M3/S)	*	OCCHRS IN	B E BRANCH	12
*	LARGEST	PRESSURE DIFFERENTIAL OF	4.0355E+02 (PA)	*	OCCHRS IN	F E BRANCH	16
*	LARGEST	VOLUME FLOW OF	1.3323E+00 (M3/S)	*	OCCHRS IN	F E BRANCH	10
*	LARGEST	PRESSURE DIFFERENTIAL OF	1.4040E+03 (PA)	*	OCCHRS IN	D E BRANCH	11
*	LARGEST	VOLUME FLOW OF	1.3361E+00 (M3/S)	*	OCCHRS IN	D E BRANCH	11
*	LARGEST	PRESSURE DIFFERENTIAL OF	2.3628E+03 (PA)	*	OCCHRS IN	D BRANCH	8
*	LARGEST	VOLUME FLOW OF	1.3003E+00 (M3/S)	*	OCCHRS IN	D BRANCH	8

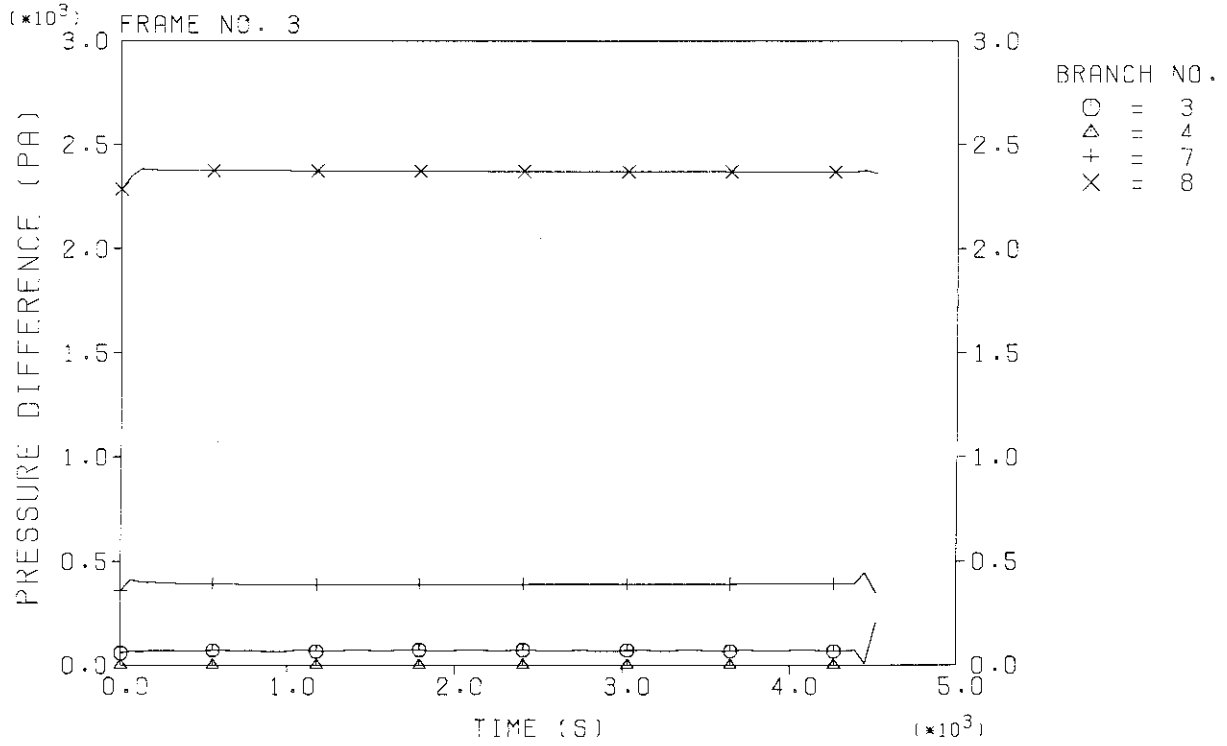
FIRE ACCIDENT IN CELL



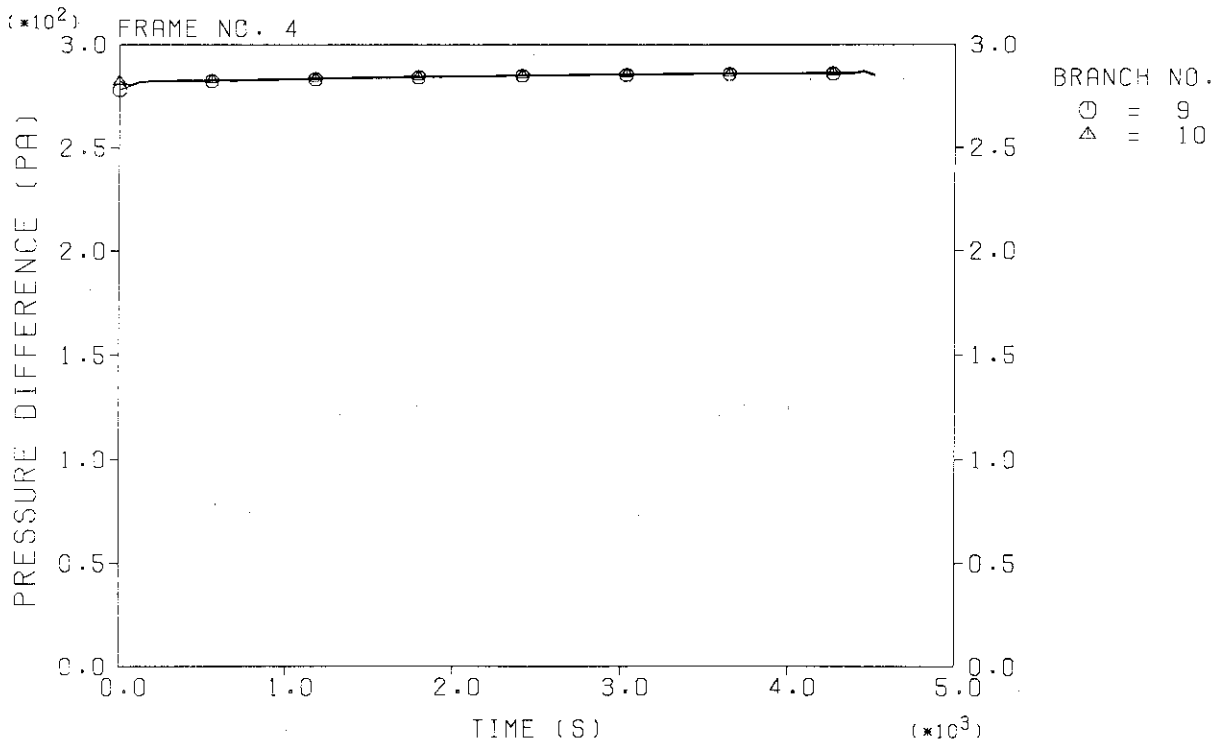
FIRE ACCIDENT IN CELL



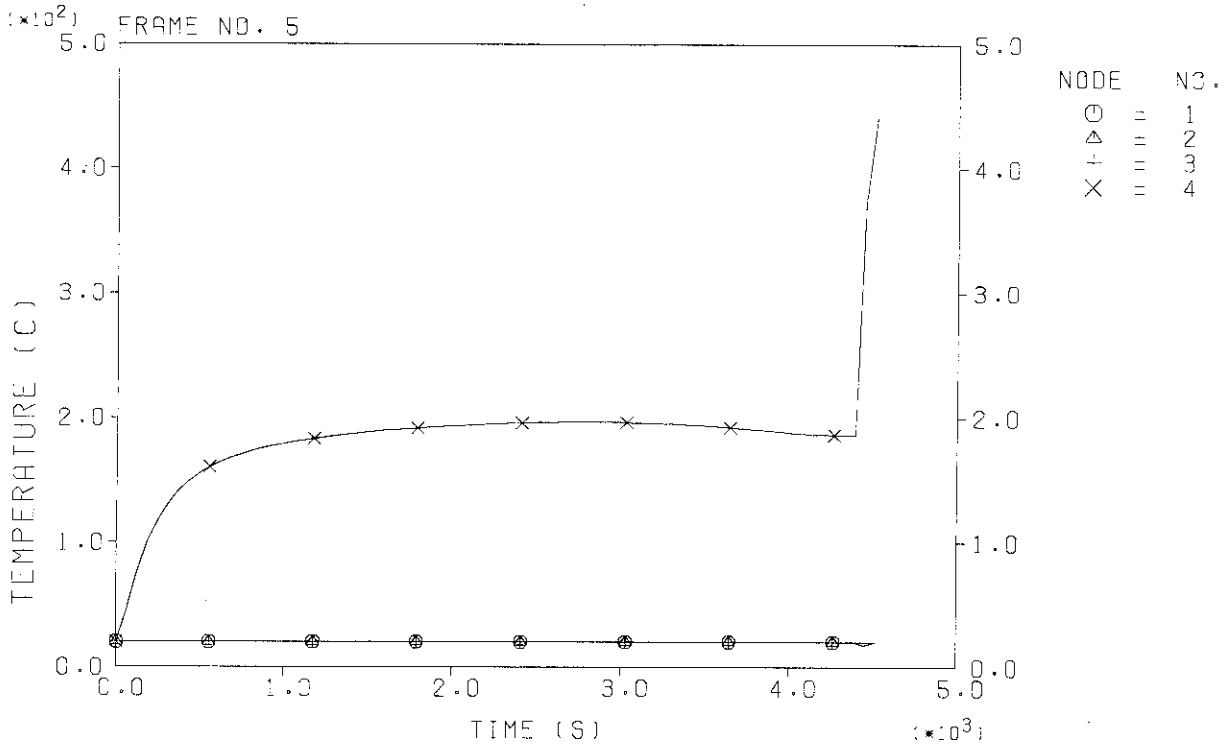
FIRE ACCIDENT IN CELL



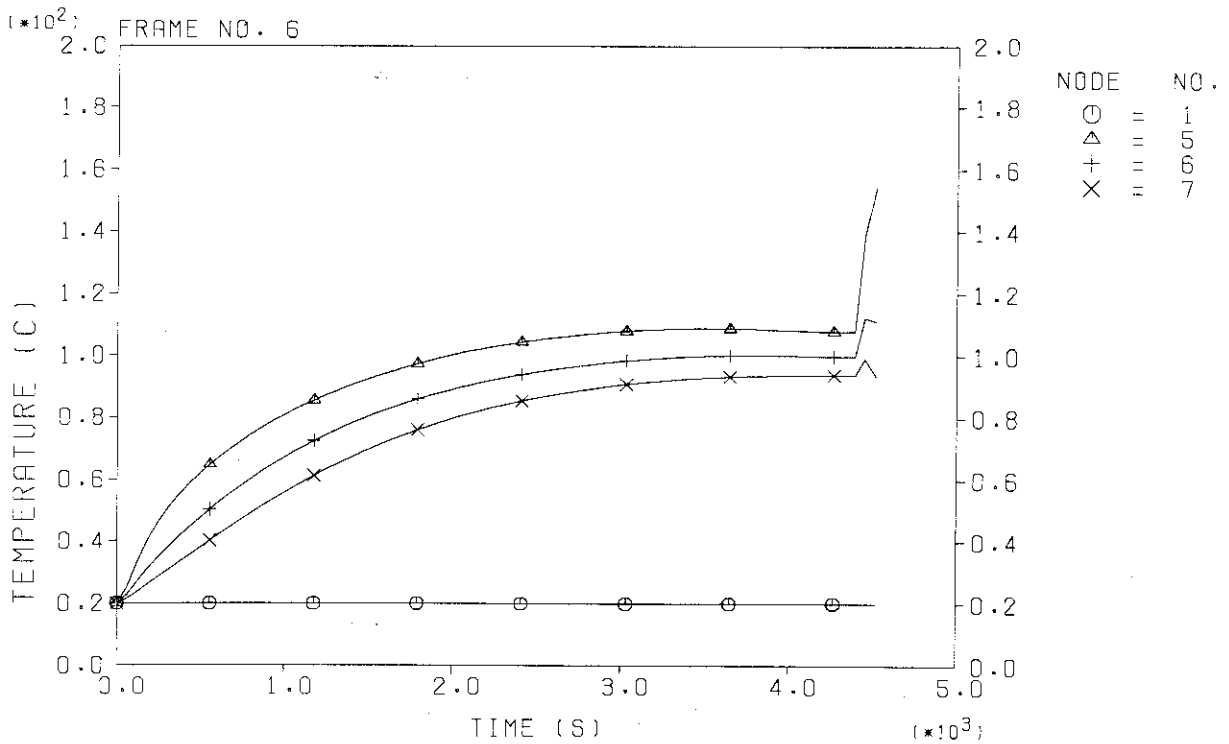
FIRE ACCIDENT IN CELL



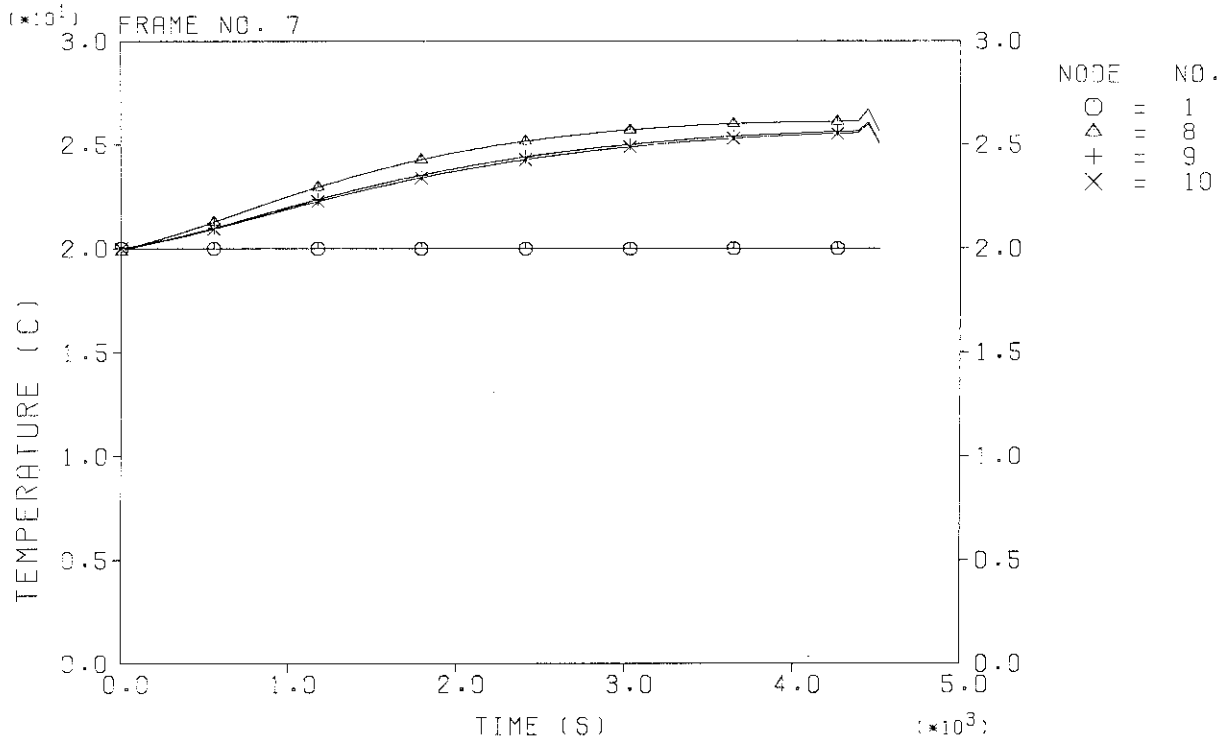
FIRE ACCIDENT IN CELL



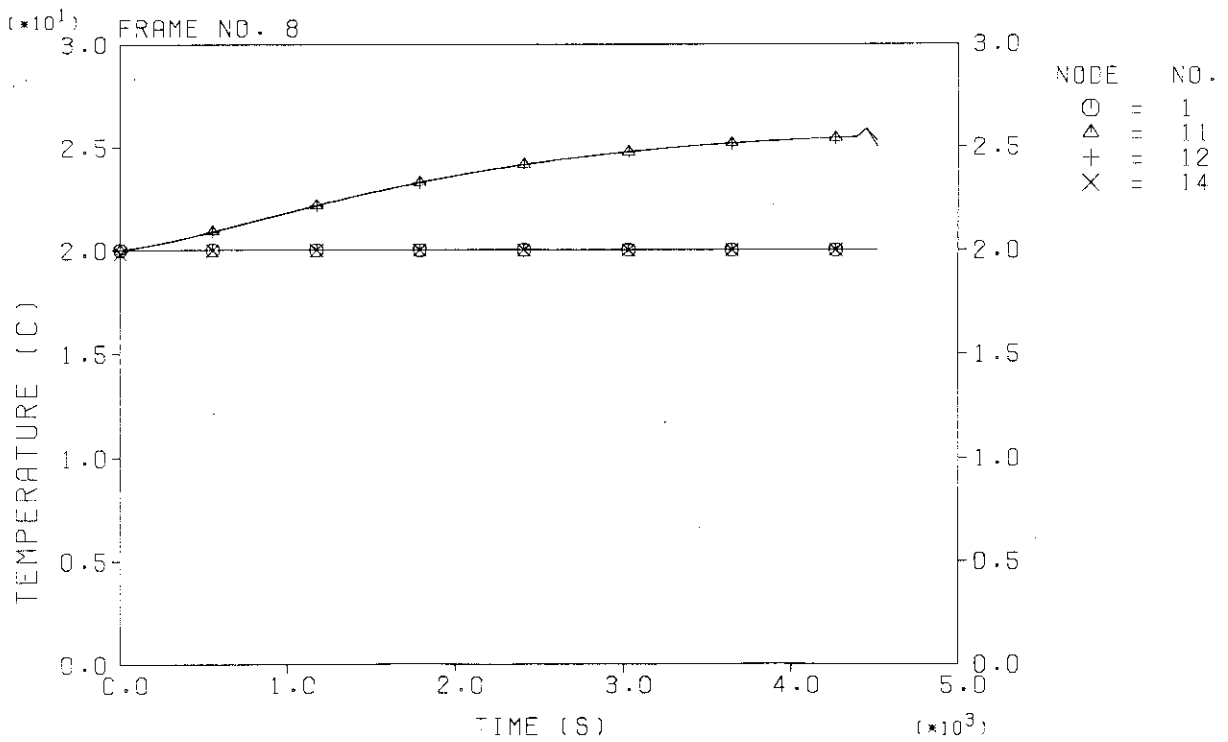
FIRE ACCIDENT IN CELL



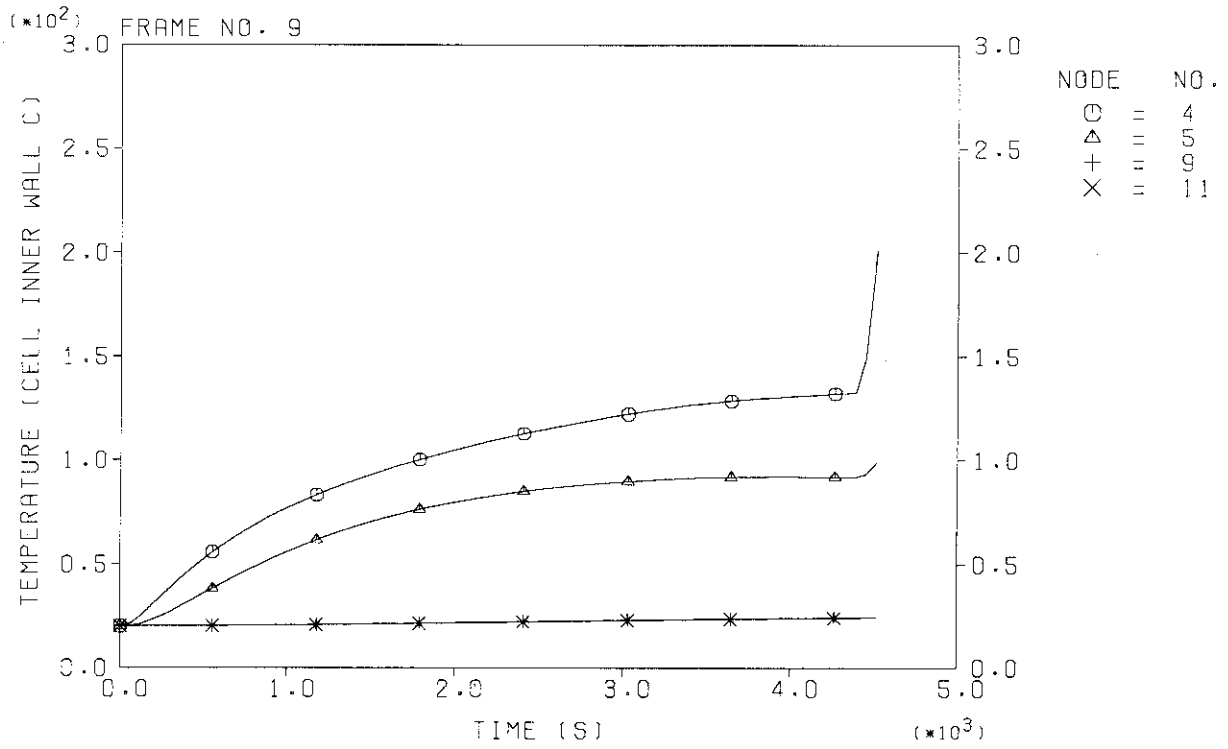
FIRE ACCIDENT IN CELL



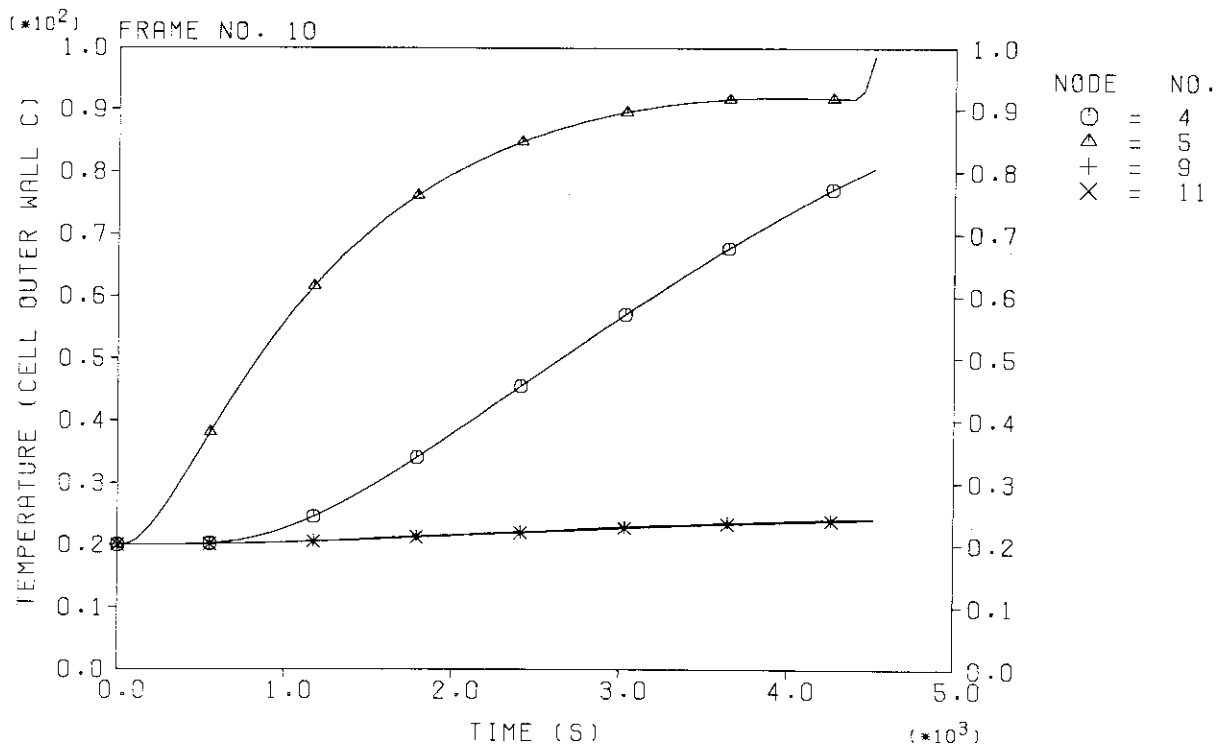
FIRE ACCIDENT IN CELL



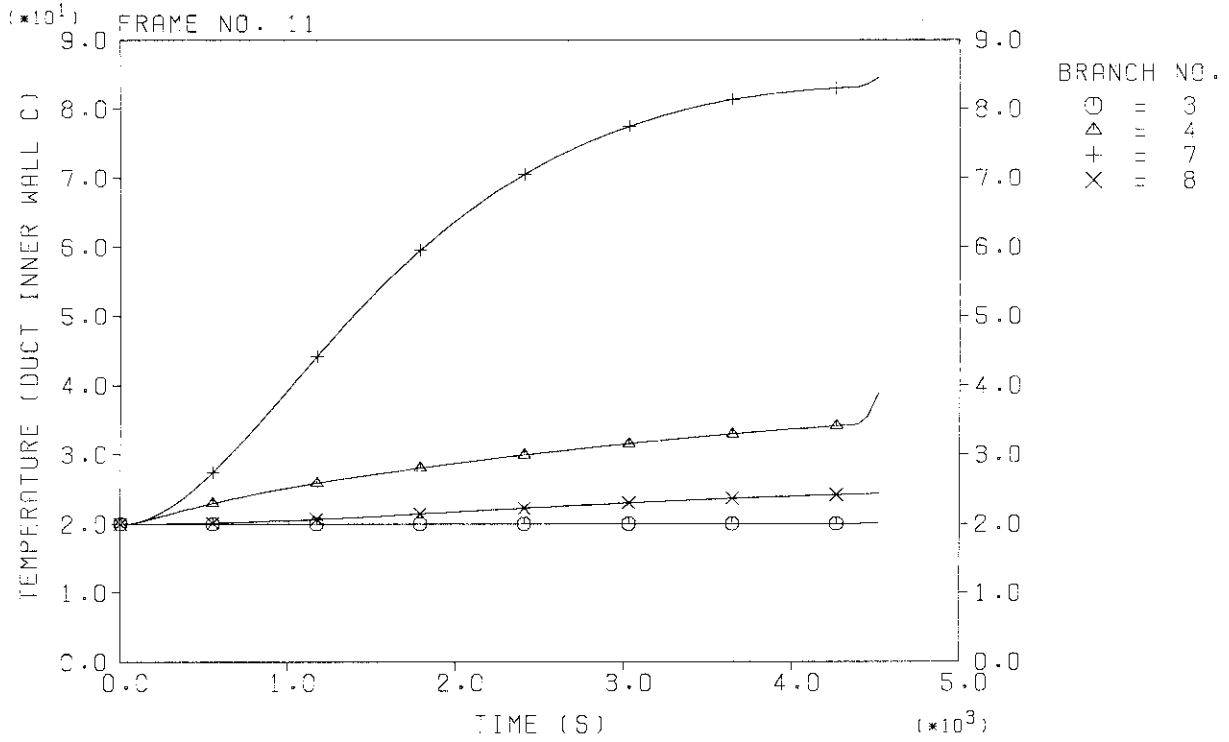
FIRE ACCIDENT IN CELL



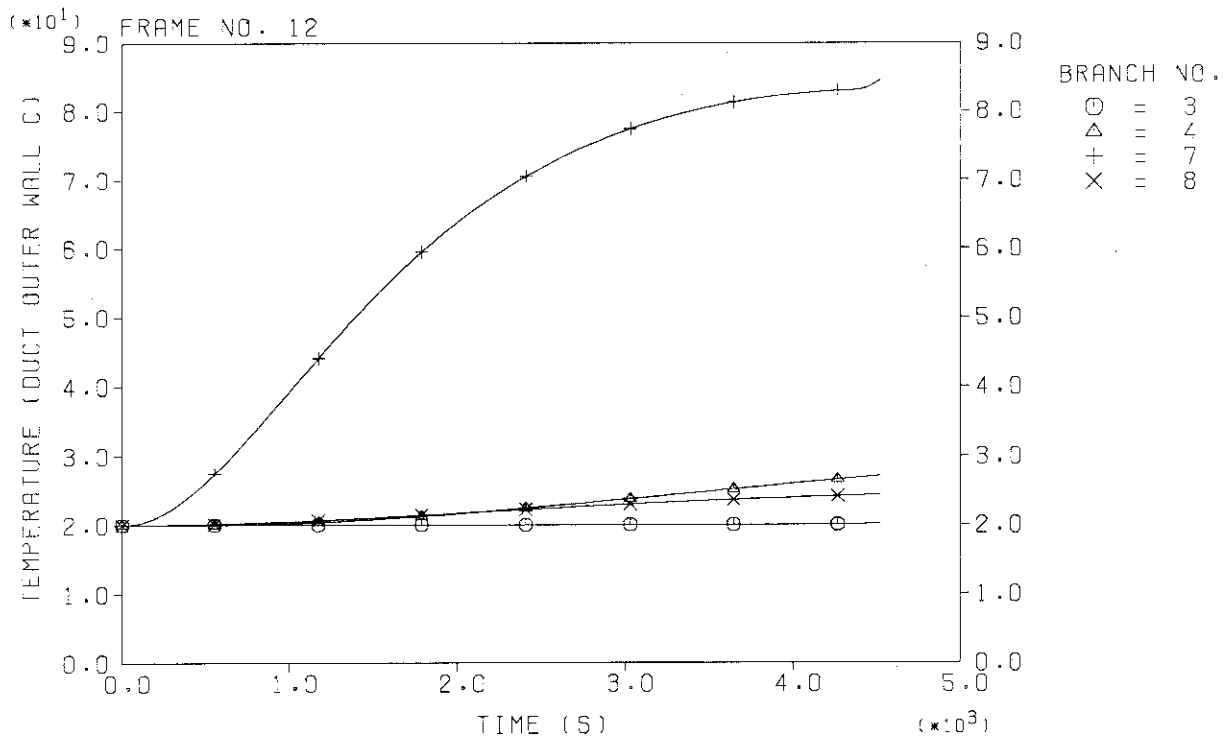
FIRE ACCIDENT IN CELL



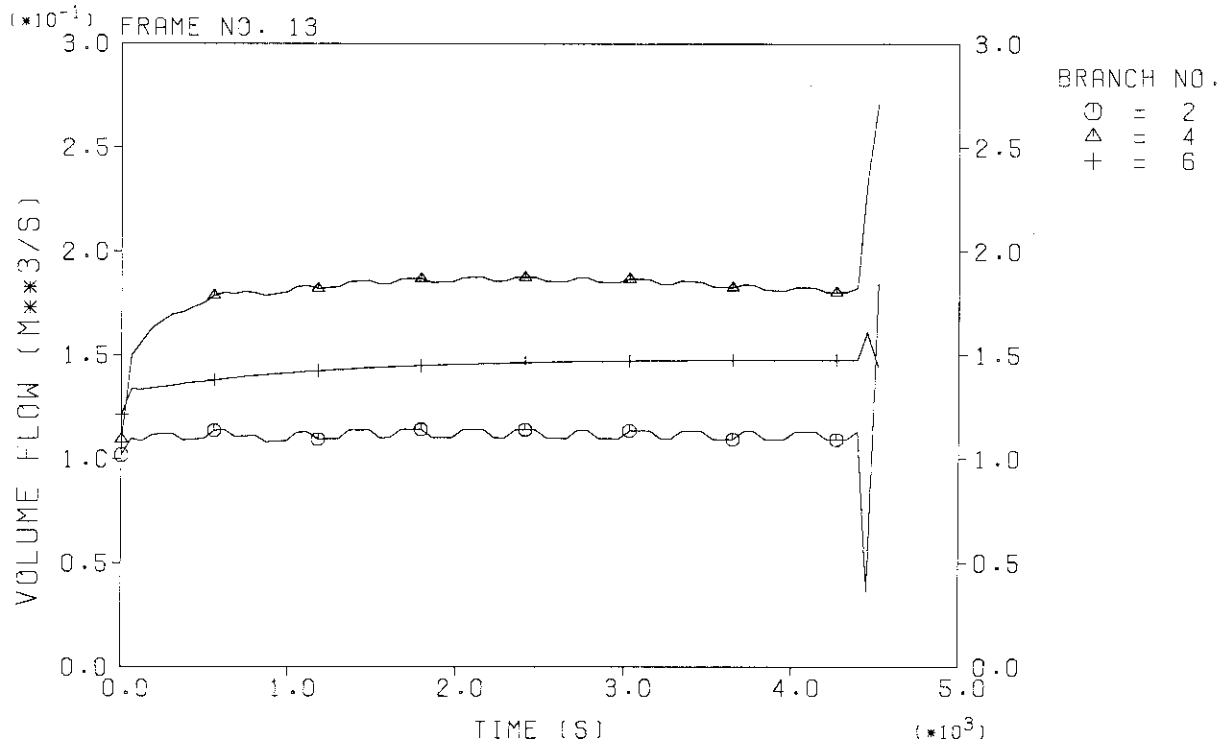
FIRE ACCIDENT IN CELL



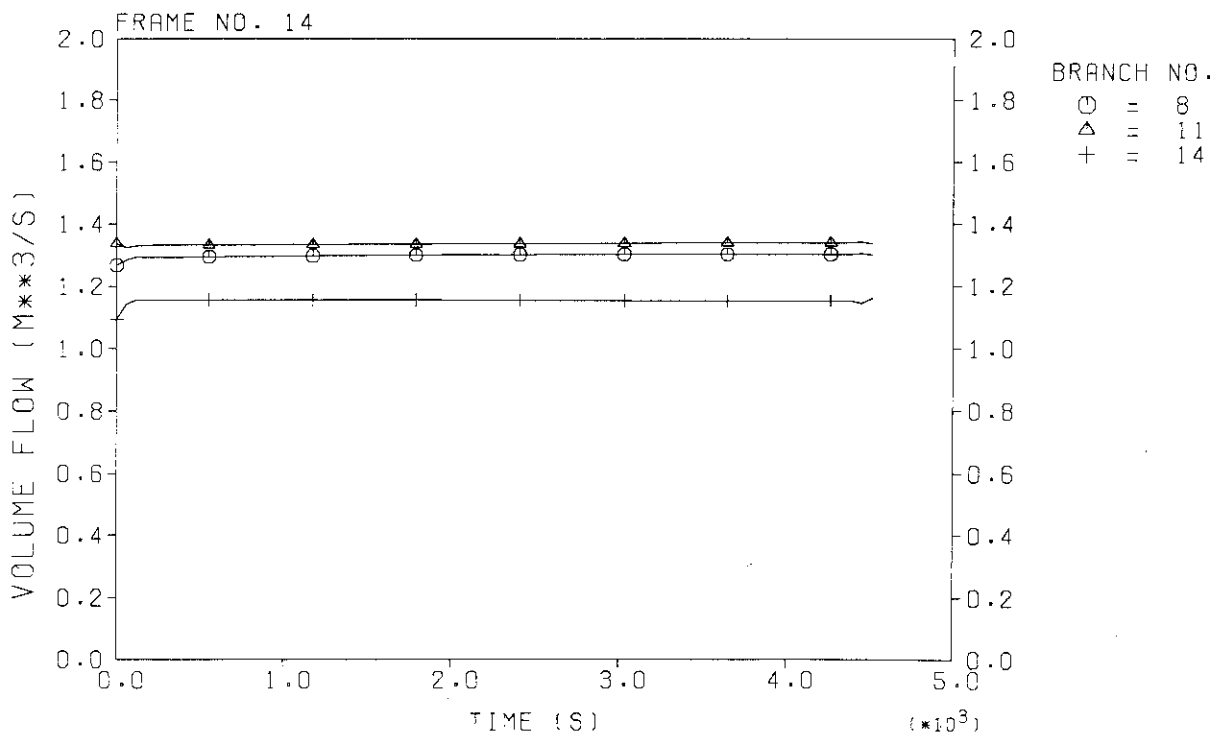
FIRE ACCIDENT IN CELL



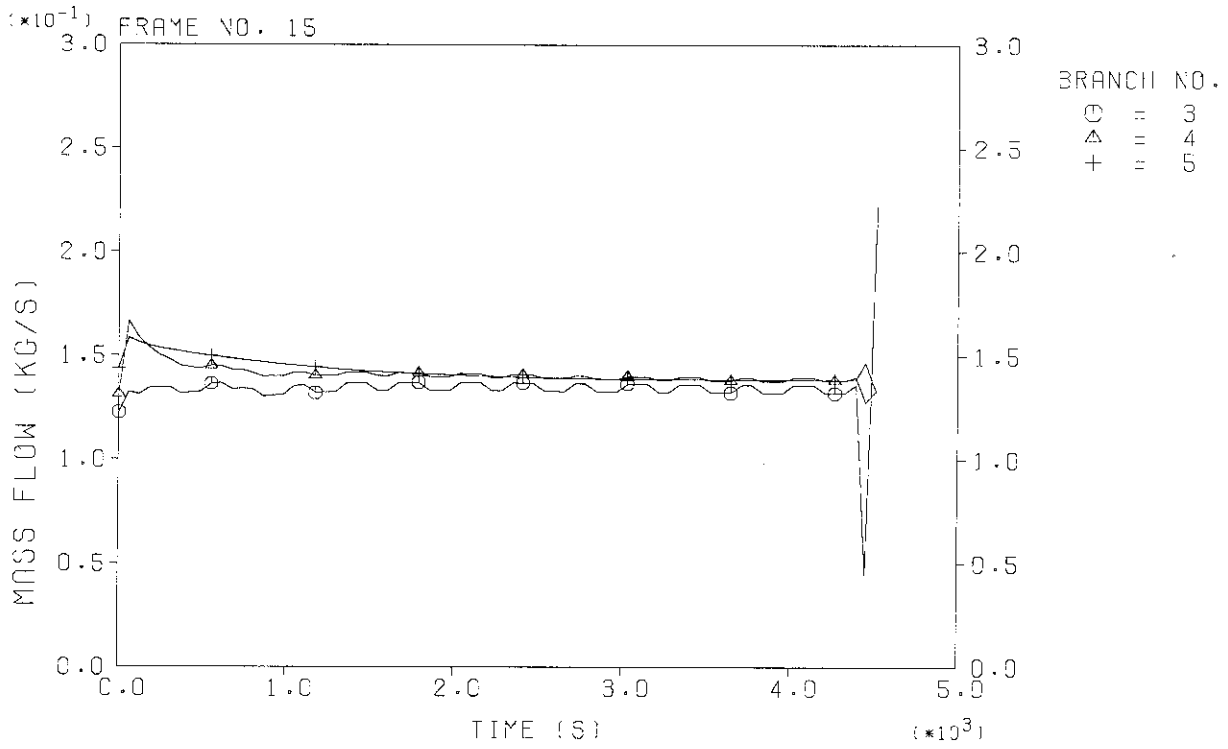
FIRE ACCIDENT IN CELL



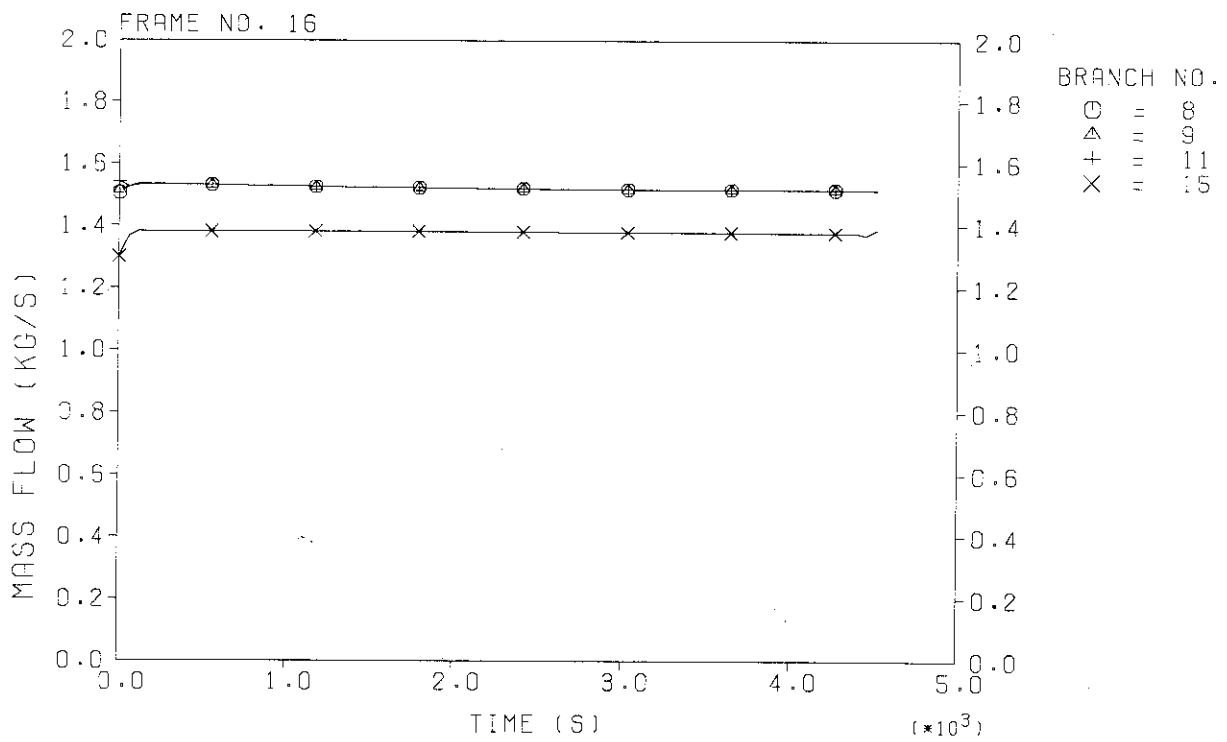
FIRE ACCIDENT IN CELL



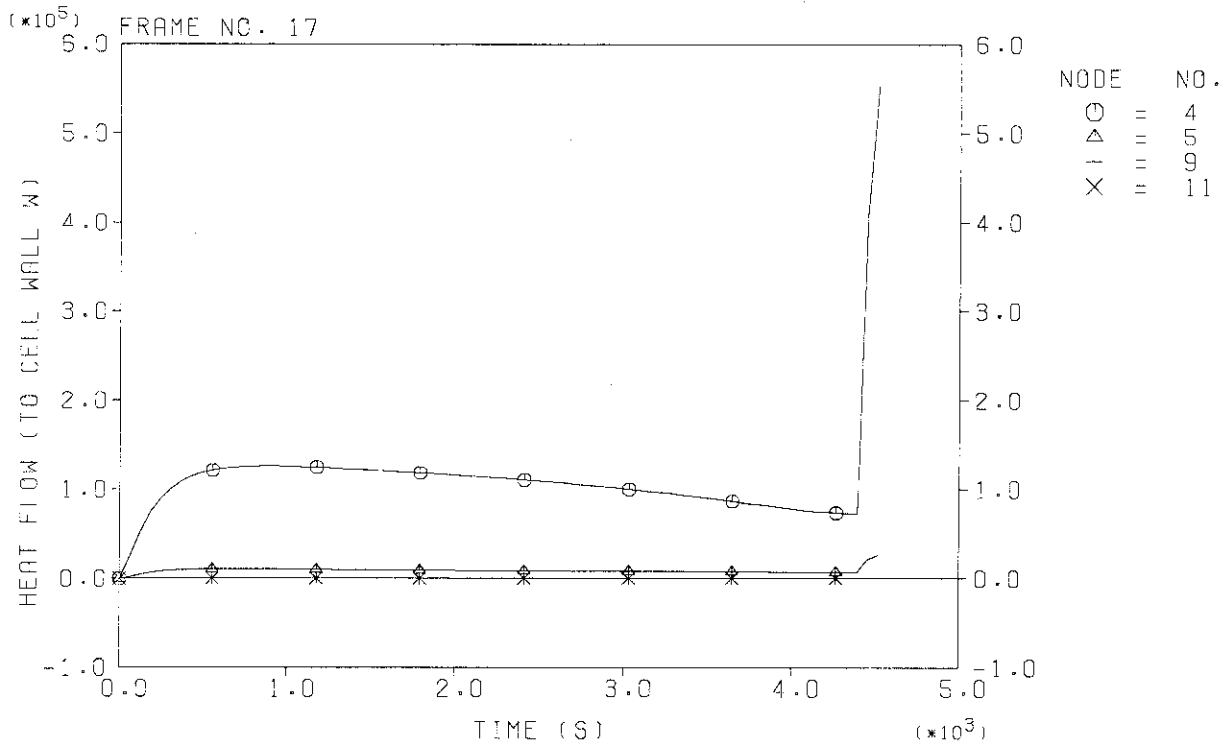
FIRE ACCIDENT IN CELL



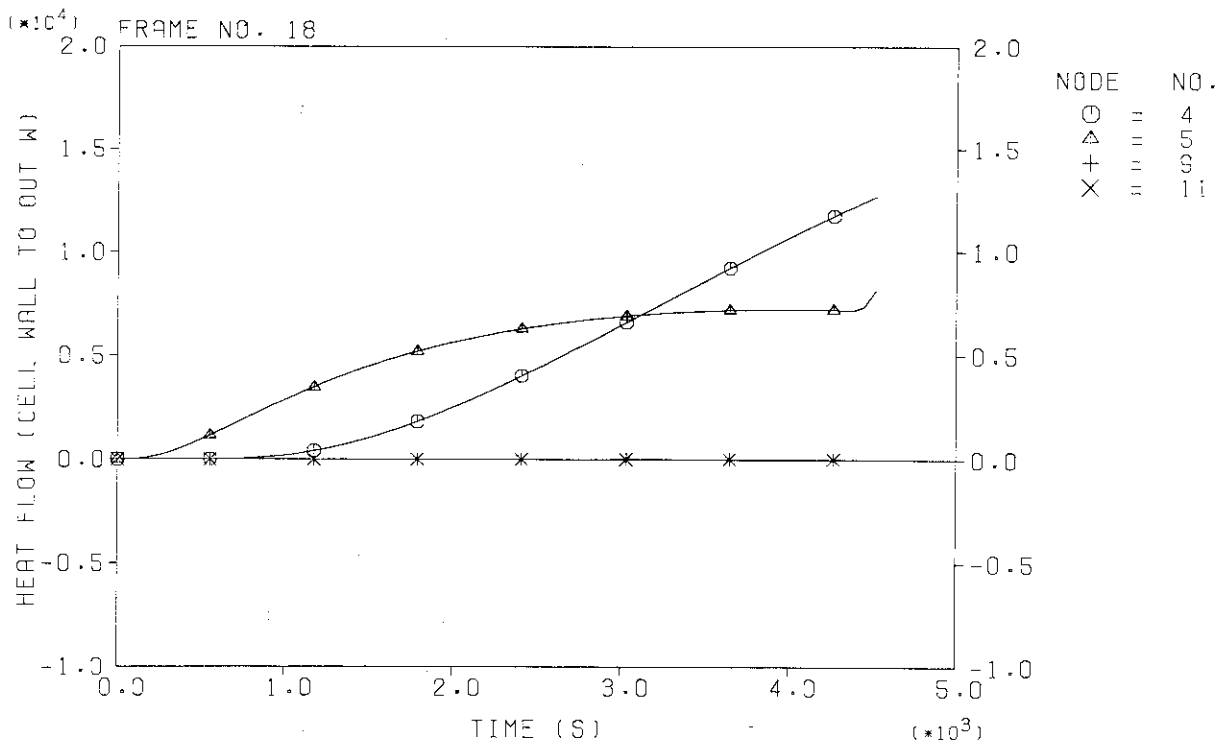
FIRE ACCIDENT IN CELL



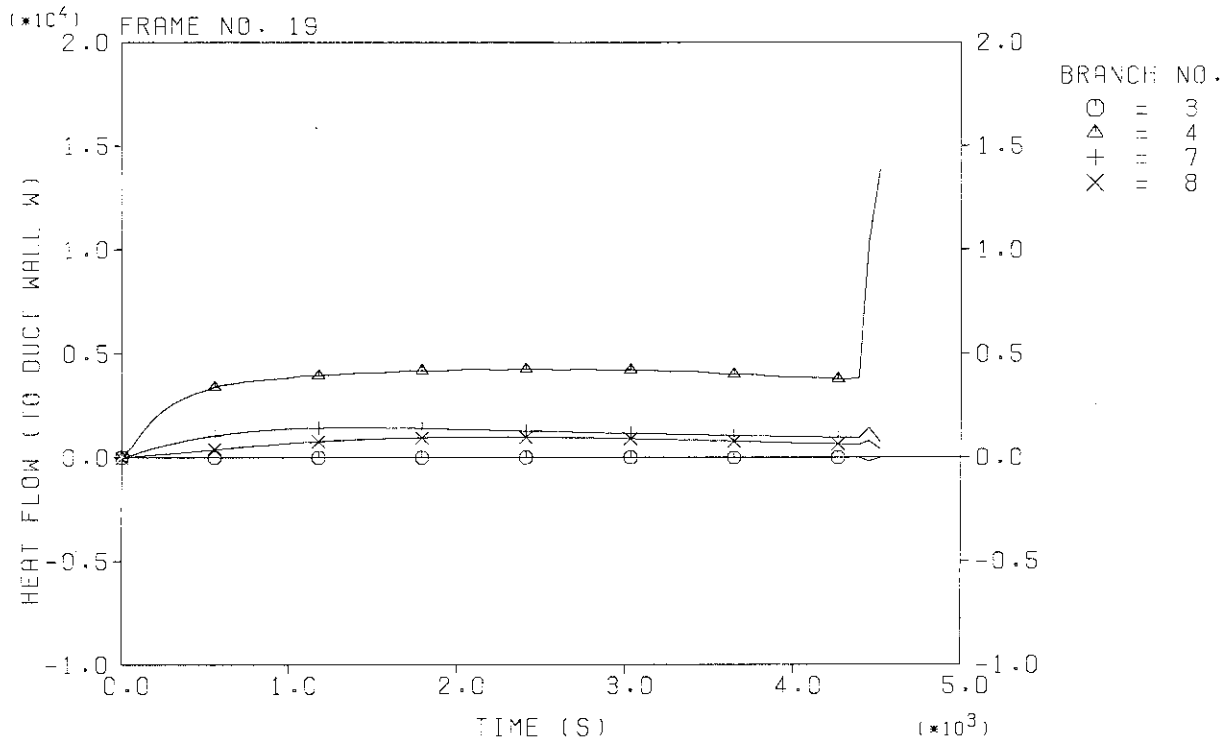
FIRE ACCIDENT IN CELL



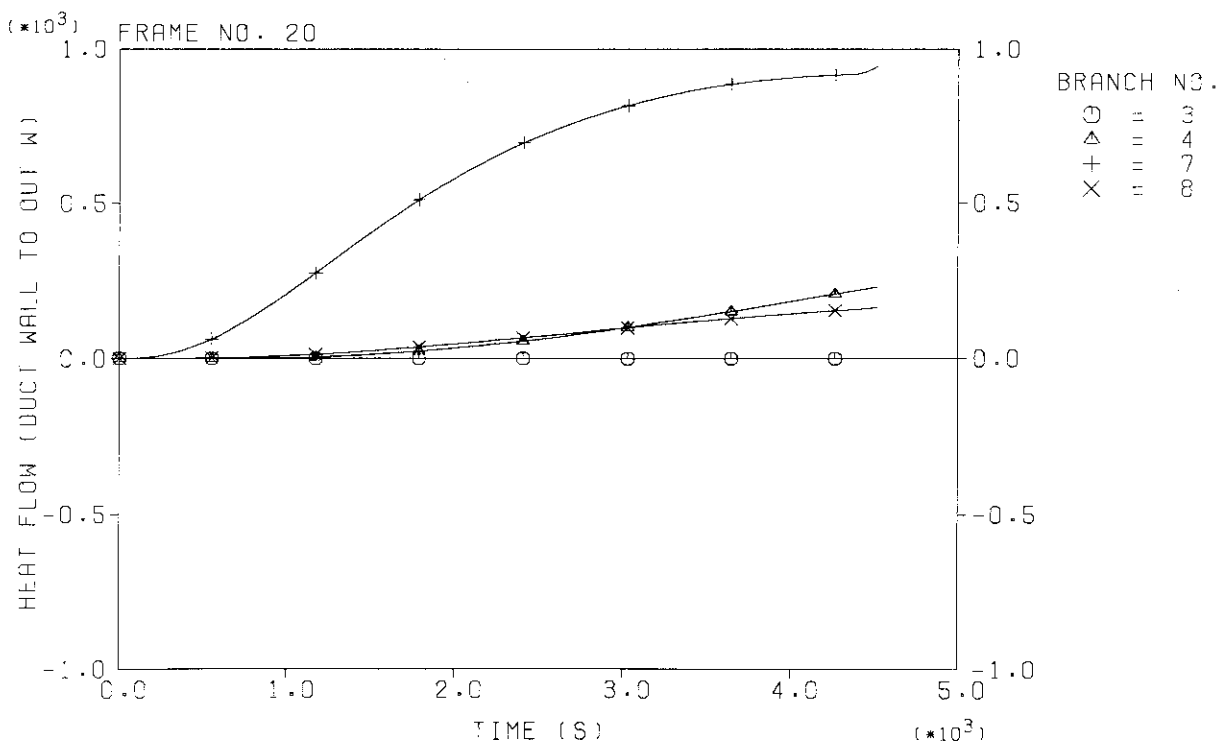
FIRE ACCIDENT IN CELL



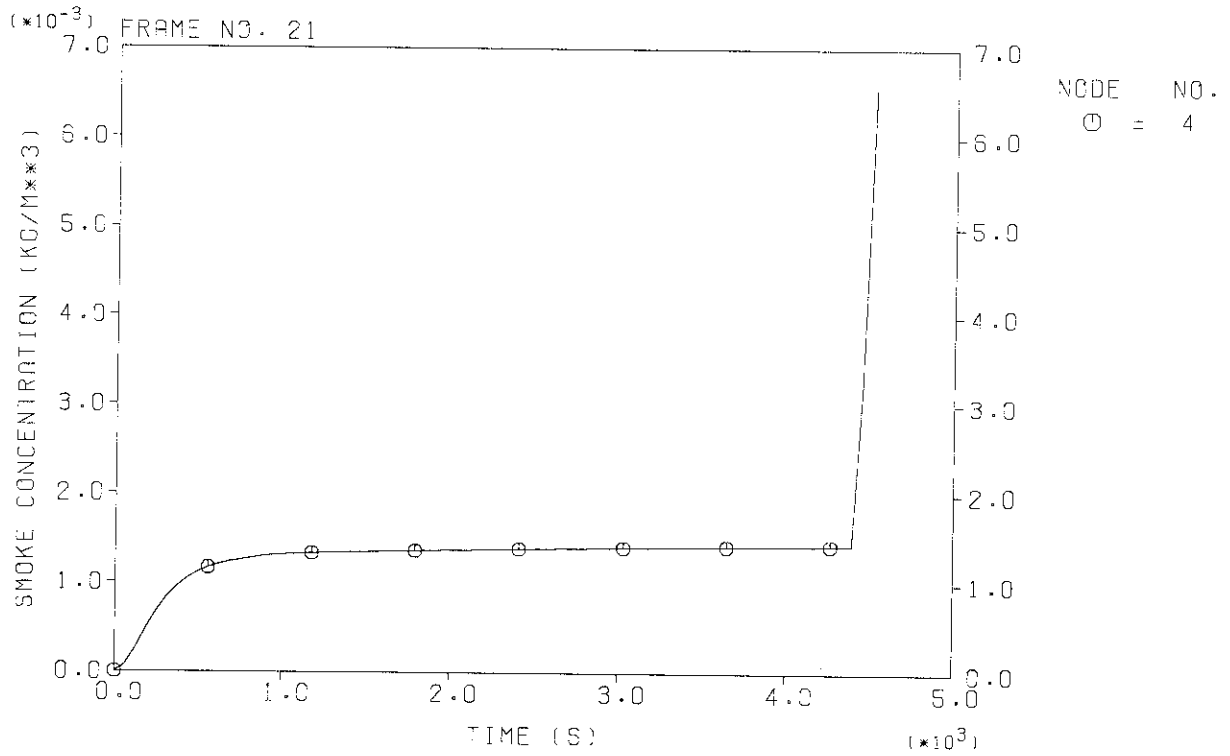
FIRE ACCIDENT IN CELL



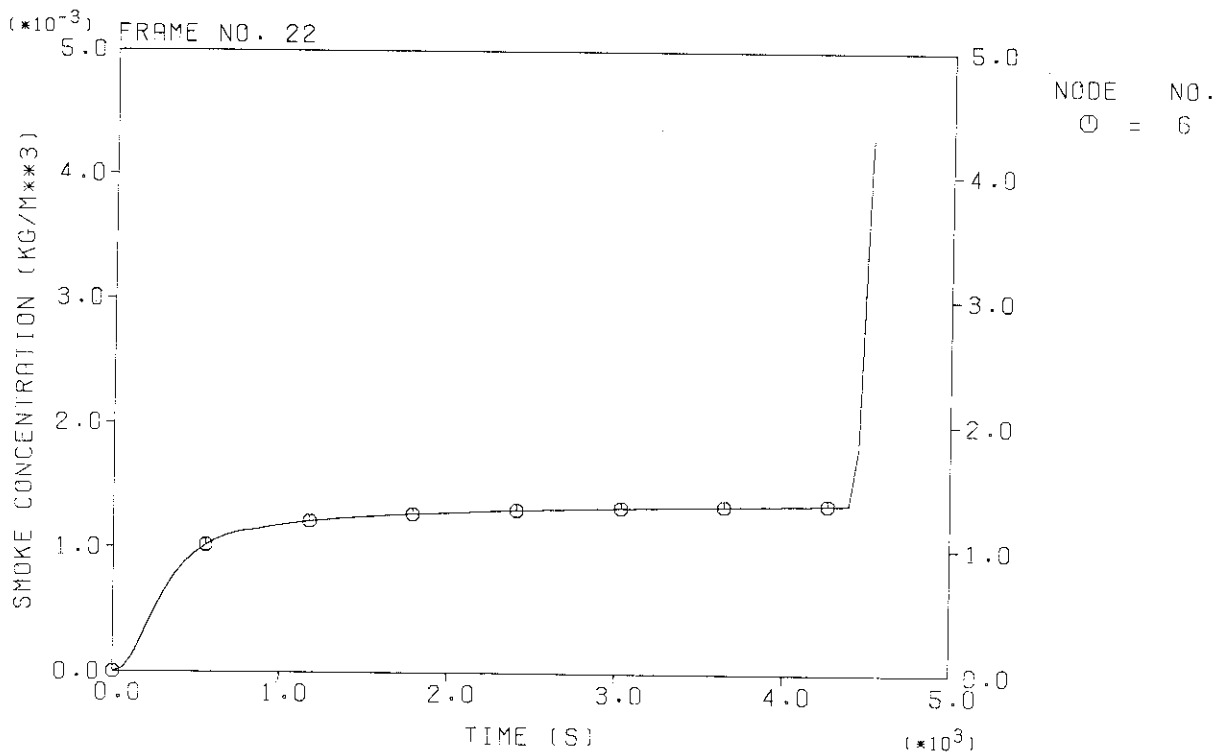
FIRE ACCIDENT IN CELL



FIRE ACCIDENT IN CELL

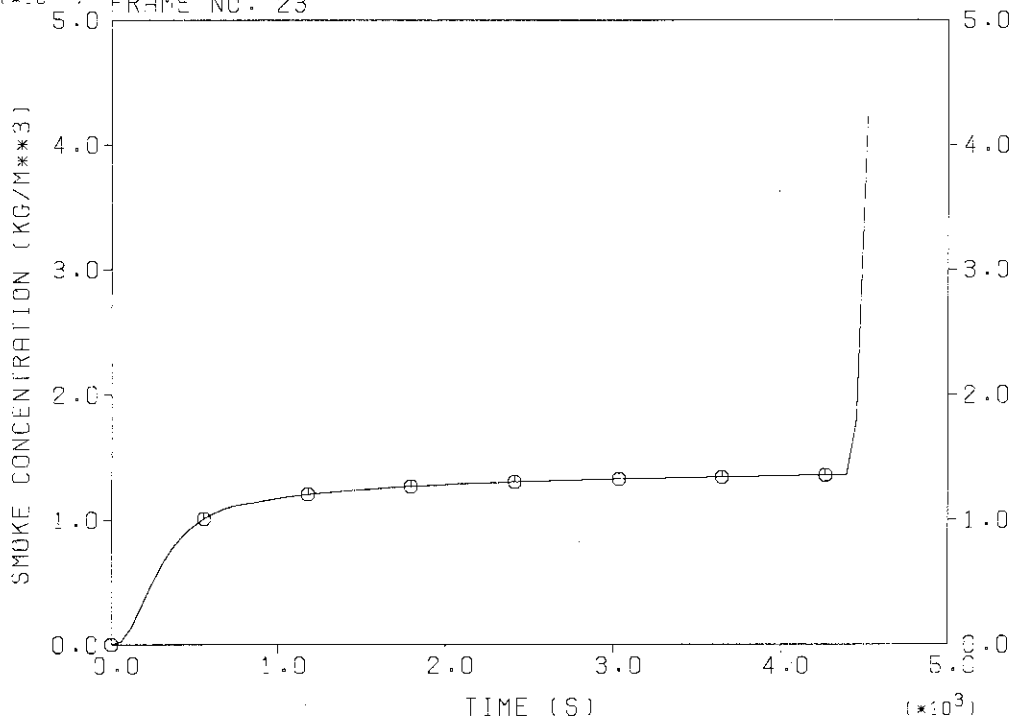


FIRE ACCIDENT IN CELL



FIRE ACCIDENT IN CELL

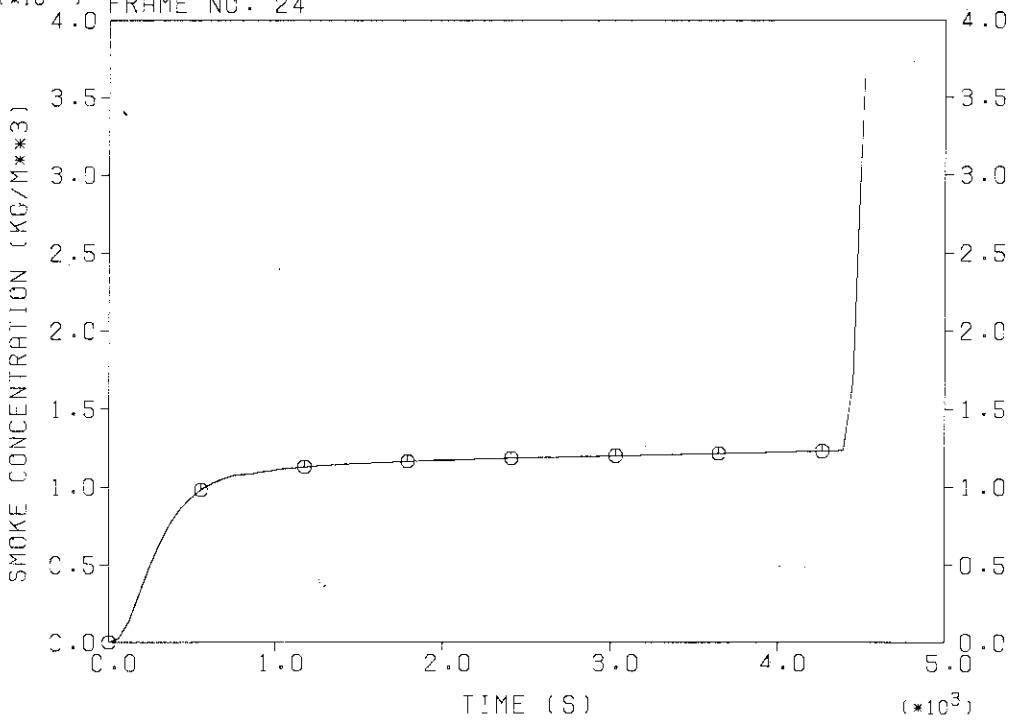
($\times 10^{-3}$) FRAME NO. 23



NODE NO.
○ = 7

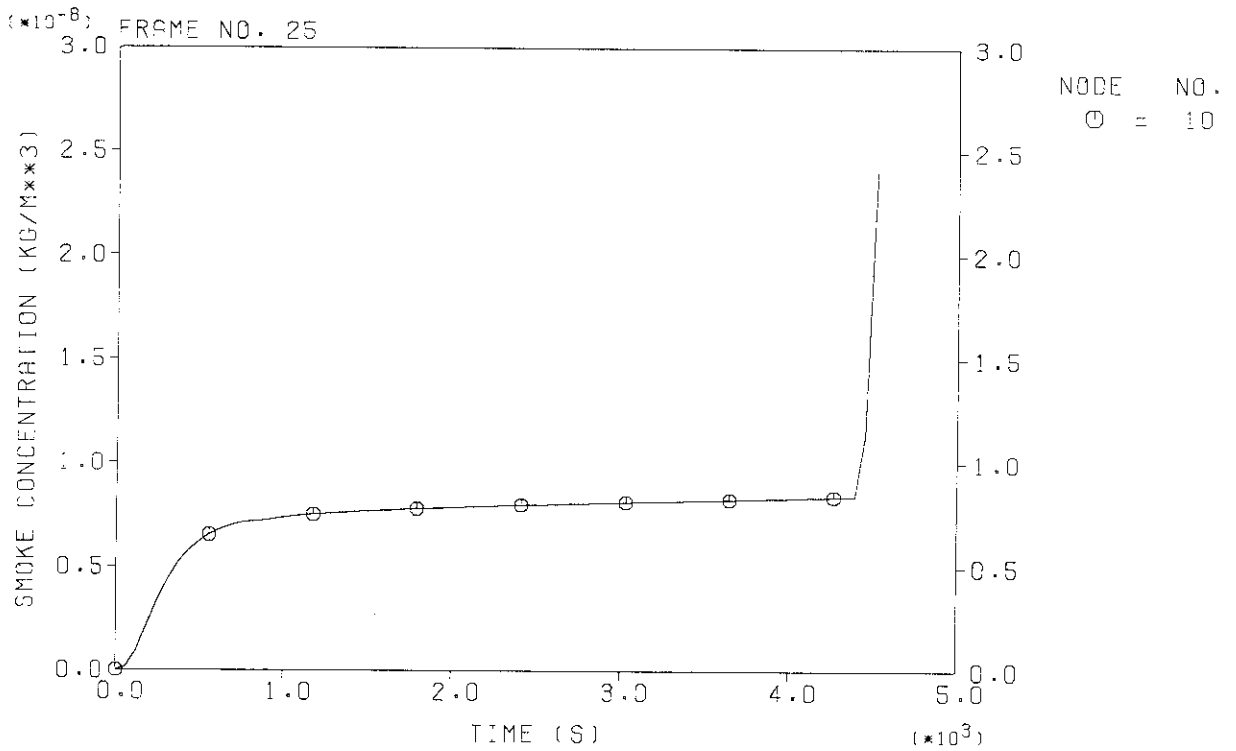
FIRE ACCIDENT IN CELL

($\times 10^{-4}$) FRAME NO. 24

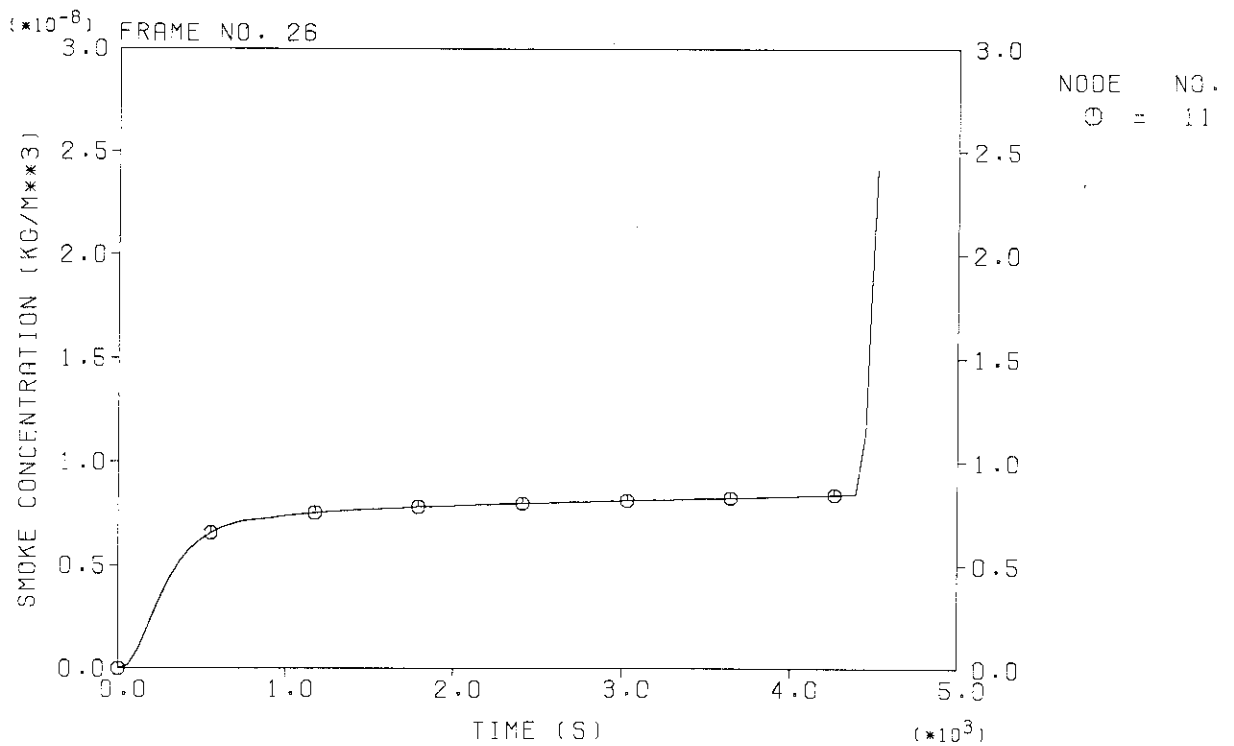


NODE NO.
○ = 9

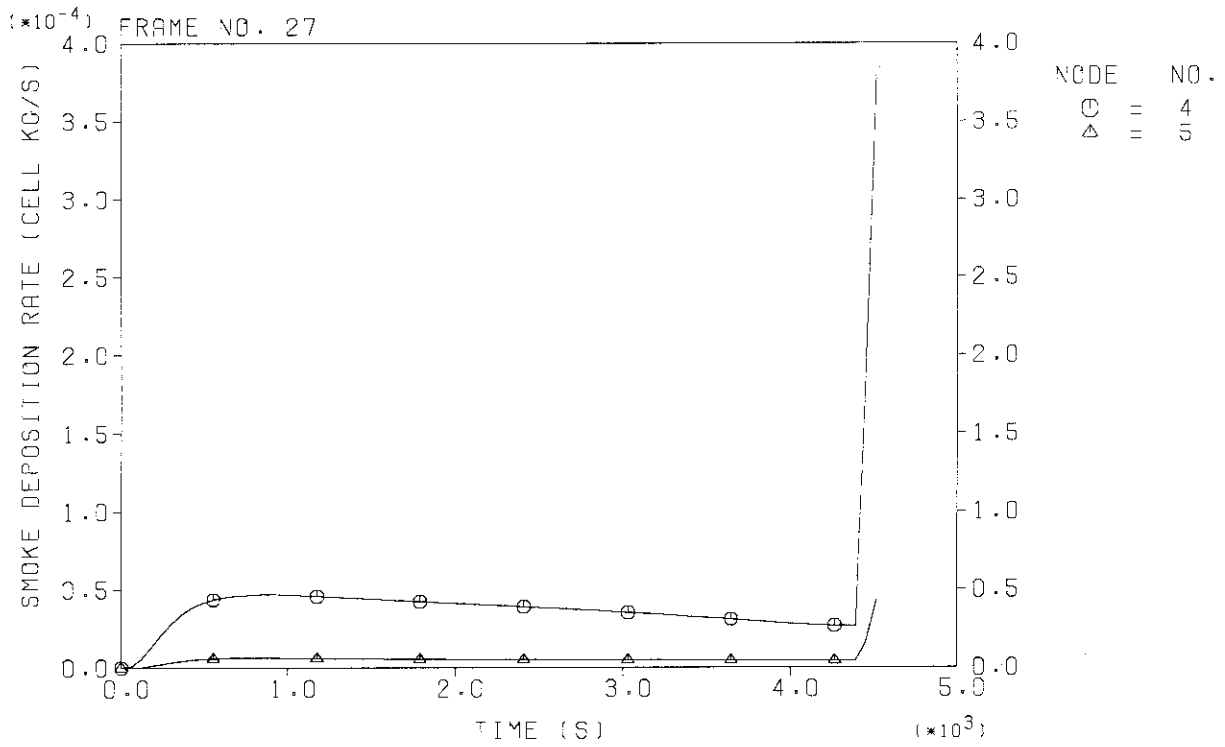
FIRE ACCIDENT IN CELL



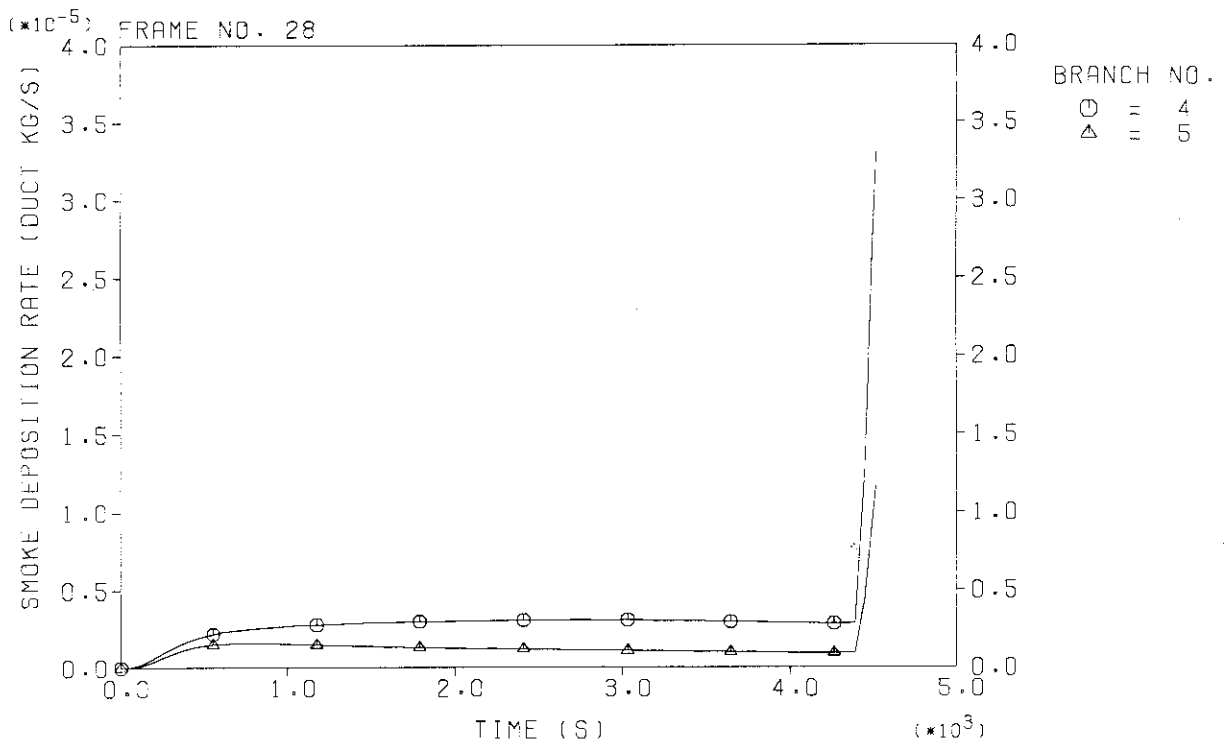
FIRE ACCIDENT IN CELL



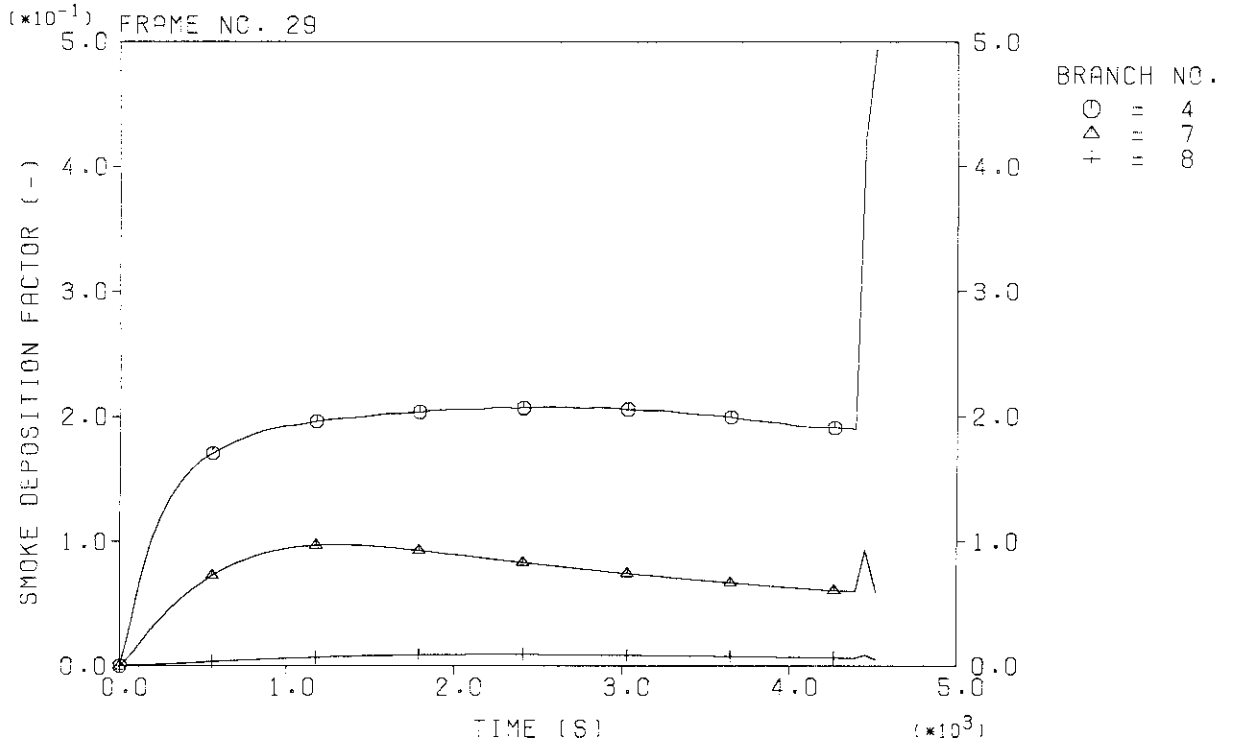
FIRE ACCIDENT IN CELL



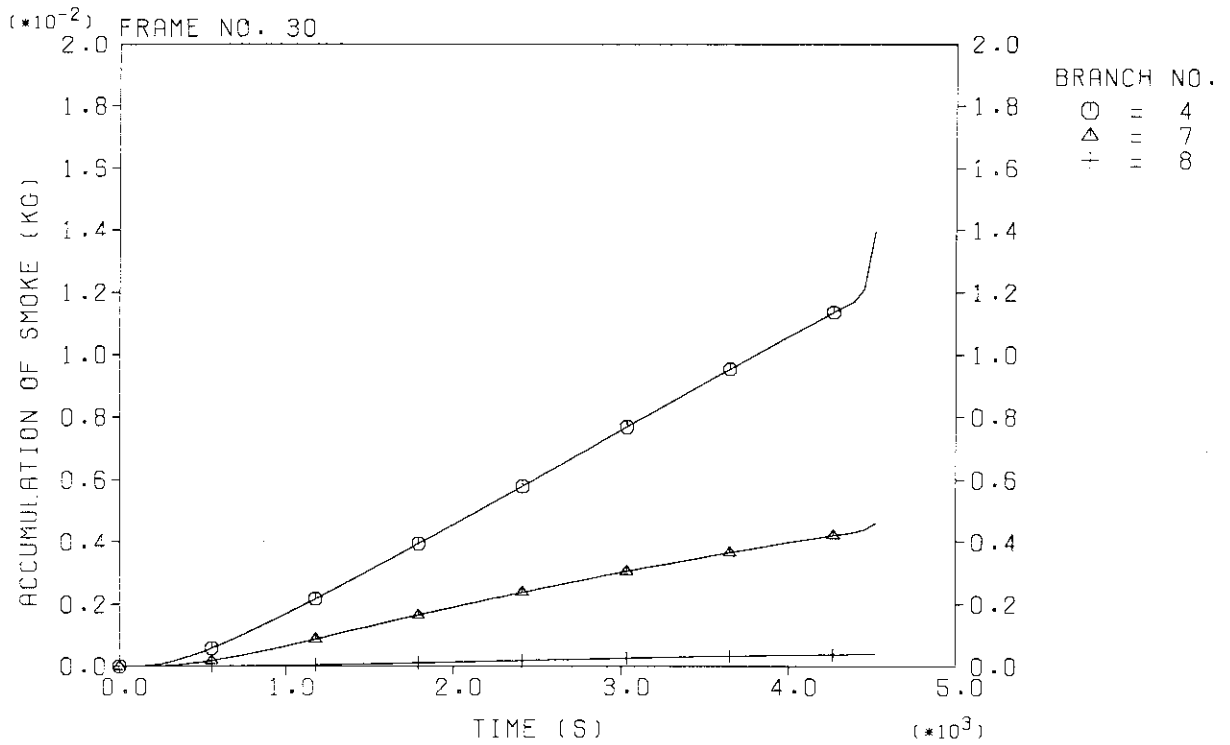
FIRE ACCIDENT IN CELL



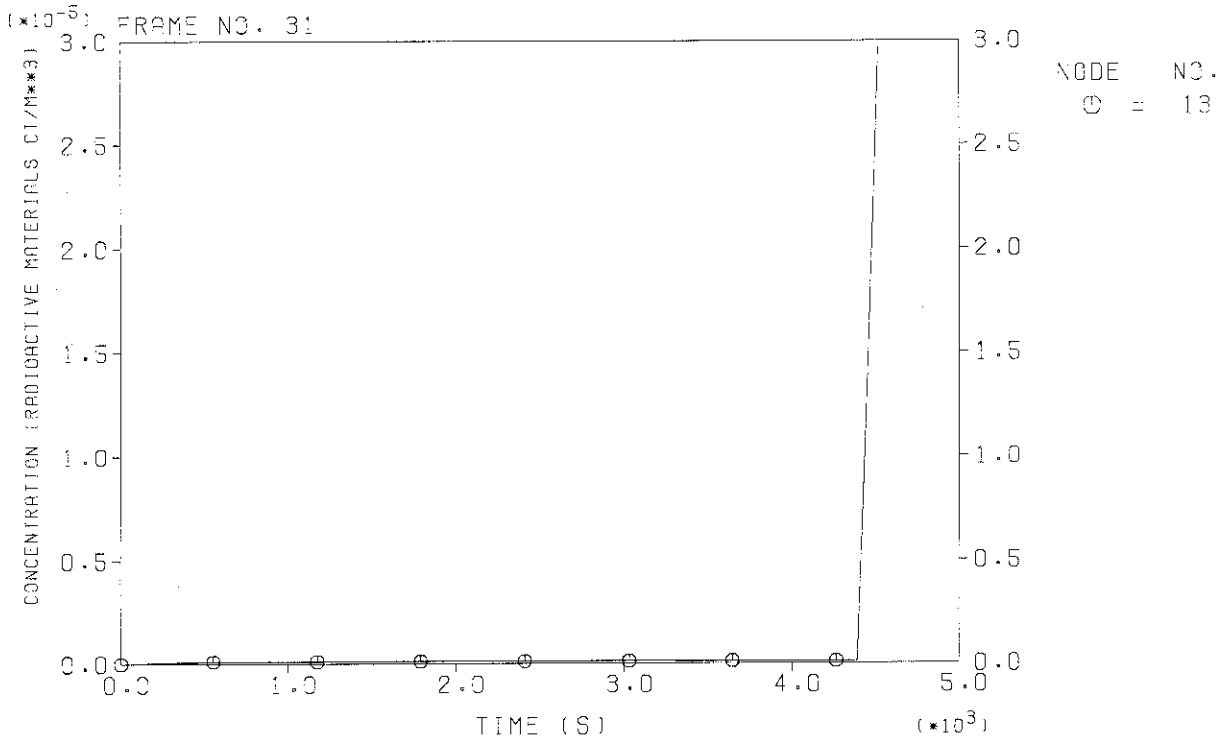
FIRE ACCIDENT IN CELL



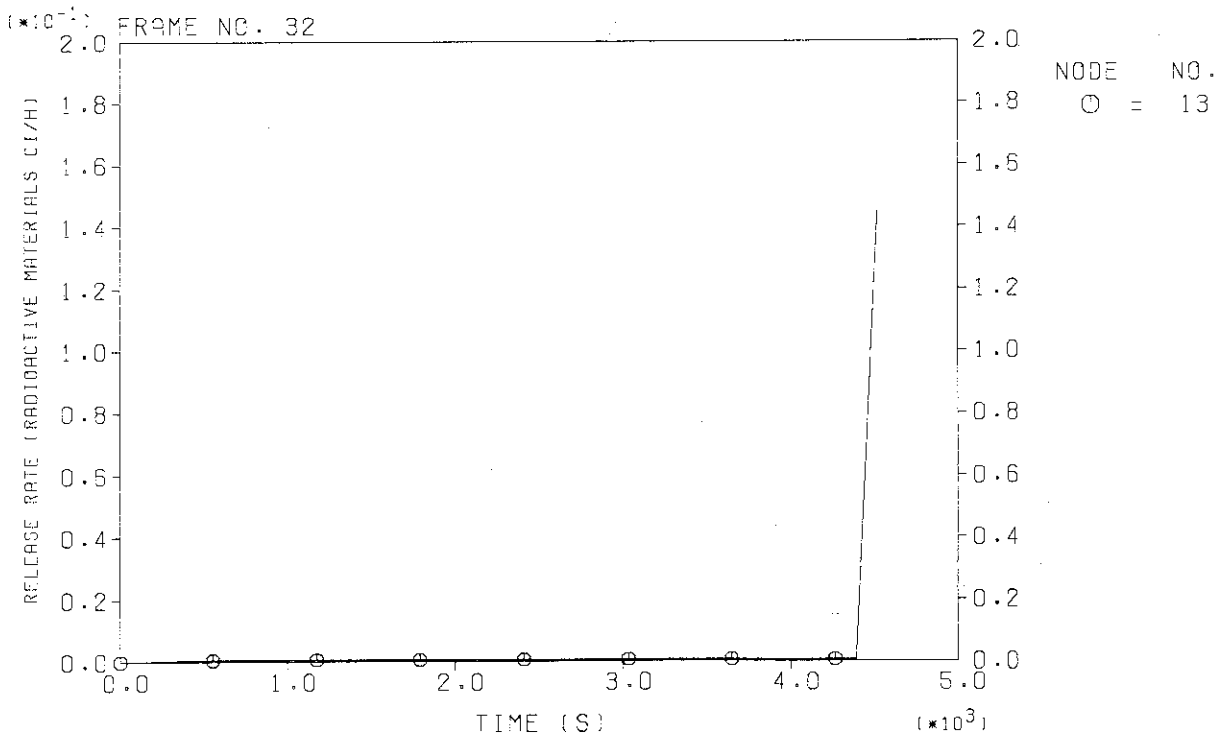
FIRE ACCIDENT IN CELL



FIRE ACCIDENT IN CELL



FIRE ACCIDENT IN CELL



7. おわりに

再処理施設の事故時安全性を評価する目的でTRANS-ACE コードを作成した。本コードを用いると、事故によって発生する放射性物質のソースタームの評価、さらにそれ以降のセル換気系内での熱流動、物質移行、圧力伝播、施設外に放出される最終的な放射性物質量の計算が一括して行える。また本コードは、ダクト、バルブ、ダンパーの流動抵抗を流量と形状から自動計算する機能を有しているため任意の形状のダクト、バルブ・ダンパーを設定し、この機能を使用することでユーザーが設定したプラント形状が妥当なものであるか否かの評価も可能となった。

TRANS-ACEコードは、以上の解析機能を含めて、第2章に述べた各解析機能を有しておりそれぞれの機能は正常に起動することができるが、まだ各機能について十分なパラメータ計算を行っているとは言えず、それゆえ計算コードとしての使い込みが不足しているといわざるを得ない。さらに各機能の内自動タイムステップ、配管及び弁の初期流動抵抗（初期差圧）自動計算、及び入力形式の3つの機能については、現在その内容をさらに検討中であり、検討結果を生かしてTRANS-ACEコードをバージョンアップしていく予定である。

なお、日本原子力研究所原子力コード研究委員会原子力コード評価専門部会の中に設置されている核燃料施設安全解析コード調査・検討ワーキンググループでは、大型再処理施設を対象として、事故時の安全性評価に必要な計算コード及びデータの調査を行っており、本コードは、同ワーキンググループの活動の一環として開発したものである。開発にあたって、日本原子力研究所燃料安全工学部プラント安全解析研究室は、コードの作成を担当し、同部プロセス安全研究室は、使用すべき基礎式とデータの整備を担当した。

文 献

- 1) Tang, P. K., Andrae, R. W., Bolstad, J. W. and Gregory, W. S., "EVENT User's Manual A Computer Code for Analyzing Explosion-Induced Gas-Dynamic Transients in Flow Networks", LA-9624-M (1983).
- 2) Bolstad, J. W., Krause, F. R., Tang, P. K., Andrae, R. W., Martin, R. A., Gregory, W. S., "FIRAC - A Computer code to Predict Fire Accident Effects in Nuclear Facilities." Proc. of CSNI Specialist Meeting on Interaction of Fire and Explosion with Ventilation Systems in Nuclear Facilities, by Los Alamos National Laboratory, April 25-28 (1983), LA-9911-C, Vol. 1, P. 211, Conf. CSNI Report No. 83.
- 3) Martin, R. A. and Wilson, T. L., "EVENT 84 User's Manual A Computer Code for Analyzing Explosion-Induced Gas-Dynamic Transients in Flow Networks", LA-10312-M (1984).
- 4) Yumoto, T., Nakagawa, N. and Sato, K., "Estimation of Radiative Heat from Large-Scale Petroleum Fires", J. Japan Sci. for Safety Eng. Vol. 21, No. 1, 30 (1982).
- 5) Nishio, G., and Machida, S., "Pool Fires under Atmosphere and Ventilation in Steady-State Burning (Part I)", Fire Technology, Vol. 23, No. 2 146 (1987).
- 6) 金岡「エアロゾル粒子の挙動と捕集に関する研究」(1973).
- 7) S. Jacobsen, and J. R. Brock, J. Colloid Sci. Vol. 20, 544 (1965).
- 8) 西尾「再処理施設の事故時における排気フィルタの設備の安全性実証試験」
空気清浄 第25巻, 第6号, 16 (1988).
- 9) Rose, J. W. and Cooper, J. R., "Technical data on fuel", published by the British National Committee World Energy Conference (1977).
- 10) Nishio, G., and Machida, S., "Pool Fires under Atmosphere and Ventilation in Steady-State Burning (Part II)", Fire Technology, Vol. 23, No. 3 186 (1987).
- 11) Hashimoto, K. and Nishio, G., "Aerosol Released in Accidents in Nuclear Reprocessing Plants", Nuclear Technology Vol. 81, No. 2, (1988).
- 12) 平田「化学技術者のための数学」, 科学技術社.
- 13) Croff, A. G., "ORIGEN2, A Verstile Computer Code for Calculating the Nuclear Compositions and Characteristics of Nuclear Materials, "Nuclear Technology, Vol. 62, 335 (1983).

- 14) Ishimori, T. and Nakamura, E., "Data of Inorganic-Solvent Extracion (I)", JAERI-1047 (1963).
- 15) 尾崎. 金川「高性能エア-フィルタの苛酷条件下における性能」
空気清浄 第25巻. 第6号. 1 (1988).
- 16) Martin, R. A., Tang, P. K., Harper, A. P., Novat, J. D., Gregory, W. S.,
"Material Transport Analysis for Accident-Induced Flow in Nuclear
Facilities", NUREG/CR-3527 (1983). LA-9913-MS (1983).

付録1 HEPAフィルタの流動抵抗

HEPAフィルタに大風量を負荷するとフィルタの差圧が上昇する。図A.1.1にフルサイズのHEPAフィルタ1台あたりの風量と差圧の関係を示す¹⁵⁾。図からフィルタに大風量を流すと差圧が上昇し、1000mmAqを越えるとリークが発生することが分かる。

表A.1.1は、図A.1.1のデータに基づいて得たハーフサイズ(610mm×305mm×292mm)及びフルサイズ(610mm×610mm×292mm)のHEPAフィルタの差圧との風量の関係を示したものである。

HEPAフィルタの流動抵抗は、(3.4.1)式で与えられる。(3.4.1)式中のa及びbはHEPAフィルタの差圧と風量の関係から表A.1.2のように導出できる。

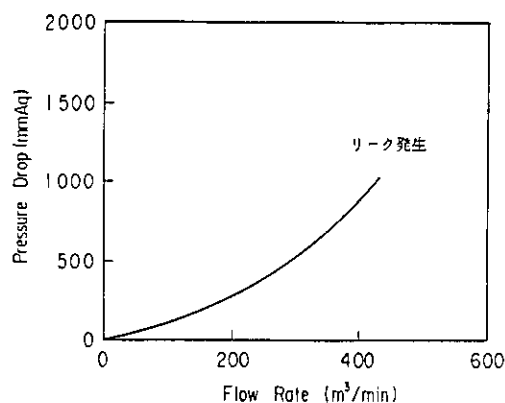
したがって、(3.4.1)式に表A.1.2のa及びbの値を代入し、 $\mu=1.95 \times 10^{-5}$ (Pa·s), $\rho=1.0$ (kg/m³), ハーフサイズの場合 $A=0.305 \times 0.61=0.186$ (m²), フルサイズの場合 $A=0.61 \times 0.61=0.372$ (m²)とすれば、(3.4.2)式中の K_L 及び K_T は表3.1の値となる。なお、フィルタの面積(A)は、フィルタの見かけの面積であることに注意されたい。

表A.1.1 HEPAフィルタの差圧と風量の関係

フィルタの差圧 (Pa)	風量 (m ³ /s)	
	ハーフサイズ	フルサイズ
245	0.2	0.4
523	0.417	0.833
1045	0.834	1.667
2730	1.667	3.333
5107	2.50	5.0
8410	3.334	6.667

表A.1.2 フィルタの流動抵抗を表わすa及びb値

フィルタサイズ	a	b
ハーフサイズ	1042.9	581.6
フルサイズ	523.3	146.3



図A.1.1 HEPAフィルタの差圧—風量曲線

付録 2 溶媒火災時のHEPAフィルタの目詰まり抵抗

(1) 煤煙によるフィルタの差圧上昇

図A 2.1に、定格流量の条件下におけるハーフサイズ(610mm×305mm×292mm) HEPAフィルタの煤煙負荷量とフィルタの差圧上昇の関係を示す。⁸⁾溶媒火災に於ける煤煙の発生速度は、溶媒の燃焼速度の約5%である。(煤煙発生係数 $k=0.05$)。したがって、溶媒火災時のフィルタの目詰まりによる差圧上昇は、図A 2.1から決定できる。図中の煤煙負荷量と差圧上昇の間にはかなりのバラツキがあるが、平均化した曲線は2次式となっている。ハーフサイズのHEPAフィルタにおける差圧上昇と煤煙負荷量(g -煤煙/フィルタ1台)の関係は、以下の式となる。

$$\Delta P_s (\text{mmAq}) = 22.5753 + 0.2761 L_s + 0.00065 L_s^2 \quad \dots\dots\dots (A.2.1)$$

(A.2.1)式において、 $L_s (g/台)$ はフィルタ1台当りに捕集された煤煙の負荷量、 ΔP は単位をmmAqで表わしたフィルタの差圧あることに注意されたい。

(2) エアロゾルによるフィルタの差圧上昇

再処理施設の苛酷時に発生するエアロゾルの流れを模擬した条件下でフィルタの差圧上昇試験が実施された¹⁵⁾。この試験では、エアロゾルとして①NaCl及び②JIS11種ダスト(関東ローム)が採用された。これら2種のエアロゾルをそれぞれフルサイズ(610mm×610mm×292mm)のHEPAフィルタ1台に定格流量で流し、エアロゾル負荷量とフィルタの差圧上昇の関係を求めた。HEPAフィルタの差圧上昇(mmAq)とエアロゾル負荷量($g/フィルタ1台$)の関係式を以下に示す。

① NaCl

$$\Delta P_s (\text{mmAq}) = 3.0 + 0.372 L_s + 0.00135 L_s^2 \quad \dots\dots\dots (A.2.2)$$

② JIS11種ダスト(関東ローム)

$$\Delta P_s (\text{mmAq}) = 28.9 + 0.0364 L_s + 1.29 \times 10^{-5} L_s^2 \quad \dots\dots\dots (A.2.3)$$

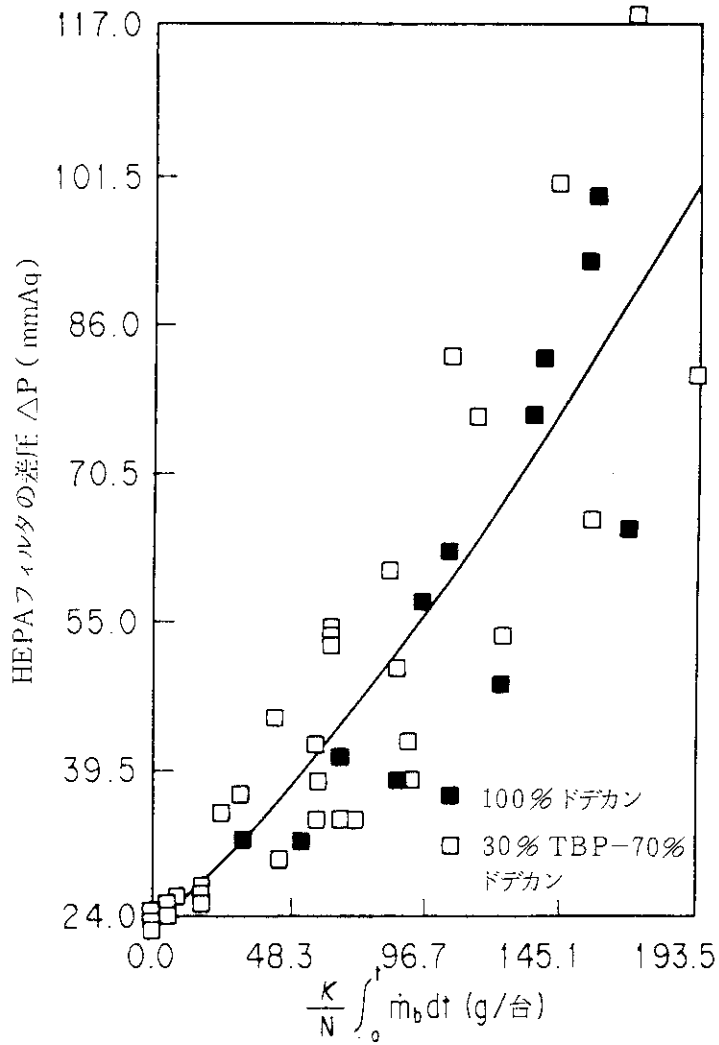


図 A 2.1 ハーフサイズ H E P A フィルタ (610mmH×305mmW×292mmT)

1台当りの煤煙負荷量 (平均値)

k (-) : 煤煙発生係数 ($= 0.05 \times 10^3$)

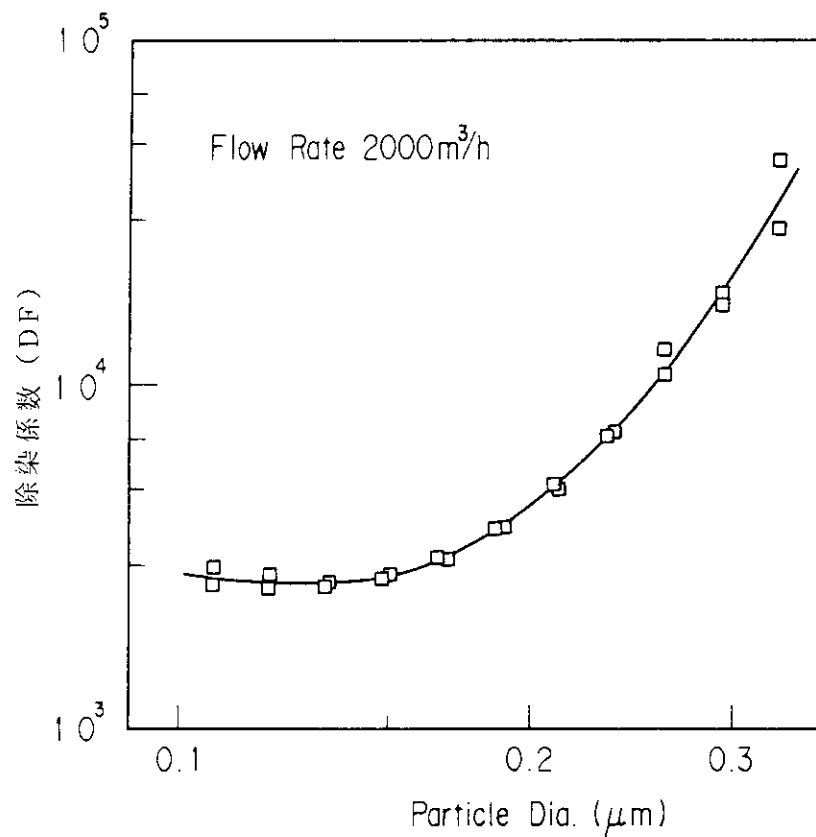
N (台) : フィルタの台数

m_b (kg/s) : 溶媒の燃焼速度

t (s) : 時間

付録3 HEPAフィルタのエアロゾル捕集のDF値

再処理施設の苛酷条件を模擬したフィルタの性能試験が実施された¹⁵⁾。この性能試験において得られたHEPAフィルタのDFデータのうち、比較的控えめな実測値を図A 3.1に示した。TRANS-ACEの内部には、図A 3.1のDF値がテーブル化されている。

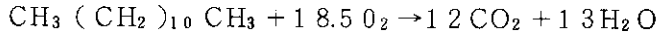


図A 3.1 HEPAフィルタの除染係数 (DF)

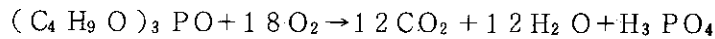
付録 4 溶媒燃焼による発熱量

燃焼による化学反応としては次の2つのものを考える。

- n-ドデカンの燃焼



- TBPの燃焼



溶媒は一般にn-ドデカンとTBPの混合を考える。TBPの体積分率を C_{VT} とすれば重量分率 C_{WT} は

$$C_{WT} = \frac{0.97C_{VT}}{0.97C_{VT} + 0.75(1 - C_{VT})} \quad \dots\dots\dots (A4.1)$$

である。

さて、燃焼による単位時間当りの全発熱量 \dot{Q}_{TB} (J/S)は次式で与えられる。ここで、火災からの輻射熱量はひいておく。

$$\dot{Q}_{TB} = \dot{m}_b \Delta H (1 - \gamma) \quad \dots\dots\dots (A4.2)$$

ただし、 ΔH は混合溶媒に対し次のように計算している。

$$\Delta H = \left\{ 8100M_C + 34200 \left(M_H - \frac{M_O}{8} \right) - 5400M_n \right\} \times 4180 \quad \dots\dots\dots (A4.3)$$

M_C M_H M_O は燃料中の炭素、水素、酸素、の重量比である。

$$M_C = \frac{12 \times 12}{170.3} (1 - C_{WT}) + \frac{12 \times 12}{266.3} C_{WT} \quad \dots\dots\dots (A4.4)$$

$$M_H = \frac{26 \times 1}{170.3} (1 - C_{WT}) + \frac{27 \times 1}{266.3} C_{WT} \quad \dots\dots\dots (A4.5)$$

$$M_O = \frac{4 \times 16}{266.3} \times C_{WT} \quad \dots\dots\dots (A4.6)$$

付録5 煤煙の粒径分布

TRANS-ACEコードで用意されている煤煙の粒径分布のデフォルト値を表A 5.1に示す。

表A 5.1 煤煙の粒径分布のデフォルト値

i	D_i	$(W_T)_i$
1	$D_g \sigma_g^{-2.5}$	0.0122245
2	$D_g \sigma_g^{-2.0}$	0.0278347
3	$D_g \sigma_g^{-1.5}$	0.0655906
4	$D_g \sigma_g^{-1.0}$	0.1209776
5	$D_g \sigma_g^{-0.5}$	0.1746663
6	D_g	0.1974126
7	$D_g \sigma_g^{0.5}$	0.1746663
8	$D_g \sigma_g^{1.0}$	0.1209776
9	$D_g \sigma_g^{1.5}$	0.0655906
10	$D_g \sigma_g^{2.0}$	0.0278347
11	$D_g \sigma_g^{2.5}$	0.0122245

付録 6 燃焼ガスの発生量

チッ素は燃焼には関与しないので、N₂のソースタームはS_{N2} = 0である。

体積分率C_{VT}を持つ溶媒の燃焼により発生する燃焼生成ガスの未燃焼溶媒蒸気の量及び消滅する酸素の量を計算する式を導く。

溶媒の燃焼による燃焼生成ガス及び未燃焼溶媒蒸気の重量発生率は次式で与えられる。

$$B_{G.pro} = \dot{m}_b (M_{CO_2} + M_{H_2O}) + \dot{m}_{H_2O} \quad \dots\dots\dots (A6.1)$$

$$B_{G.fuel} = \dot{m}_{fu} - \dot{m}_b = (1 - \xi) \dot{m}_{fu} \quad \dots\dots\dots (A6.2)$$

ただし

B_{G.pro} : 燃焼生成物の重量発生速度の生成物としてはCO₂とH₂Oを考えている。
kg / s

B_{G.fuel} : 未燃焼溶媒蒸気の重量発生速度 kg / s

M_{CO2} : 溶媒が単位重量燃焼した場合発生するCO₂の重量分率

M_{H2O} : 溶媒が単位重量燃焼した場合発生するH₂Oの重量分率

\dot{m}_{H_2O} : 燃料の下に敷いているプール水の蒸発速度 kg / s

ξ : 燃焼率 (= \dot{m}_b / \dot{m}_{fu})

M_{CO2}, M_{H2O} は

$$M_{CO_2} = 44.0 \times M_C / 12.0 \quad \dots\dots\dots (A6.3)$$

$$M_{H_2O} = 18.0 \times M_H / 2.0 \quad \dots\dots\dots (A6.4)$$

$$M_C = \frac{12 \times 12}{170.3} (1 - C_{WT}) + \frac{12 \times 12}{266.3} C_{WT} \quad \dots\dots\dots (A6.5)$$

$$M_H = \frac{26 \times 1}{170.3} (1 - C_{WT}) + \frac{27 \times 1}{266.3} C_{WT} \quad \dots\dots\dots (A6.6)$$

以上により燃焼生成ガスと未燃焼溶媒蒸気の単位時間当りの全発生量が求まる。燃焼による酸素の消費速度B_{G.O2}は

$$B_{G.O_2} = -\dot{m}_b \left\{ C_{WT} \frac{18 \times 32}{266.3} + (1 - C_{WT}) \frac{18.5 \times 32}{170.3} \right\} \quad \dots\dots\dots (A6.7)$$

である。

付録7 爆発による燃焼ガスの発生量

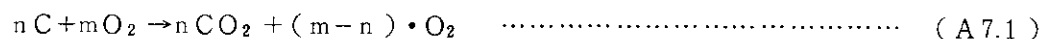
本コードがシミュレーションできる爆発のタイプは以下の通りである。

- TNT
- トリブチル ホスフェート (TBP又はレッドオイル)

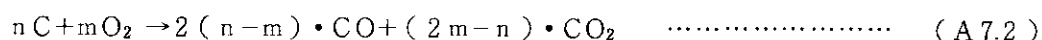
爆発物の化学反応と、閉じられた構造体中の空気との混合により、燃焼生成物 H_2O , CO , CO_2 , C , H_2 , O_2 , N_2 が生成される。

一般に、酸素 (O_2) の中でのCの燃焼について、燃焼/空気の比に依存した3つのはっきりしたケースがある。次の方程式で、 n はCのモル数、 m は O_2 の残りのモル数である。

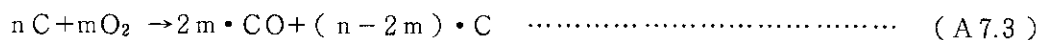
① $m > n$ の場合



② $n > m > 0.5 n$ の場合



③ $m < 0.5 n$ の場合



上の方程式で、もし $m < 0.5 n$ で CO_2 が生成されないならば、 CO は、 O_2 の全てが消滅し固体の炭素粒子が $(n - 2m)$ の量だけ燃焼生成物に発生する。爆発により発生する燃焼ガスは、不活性として扱われる。

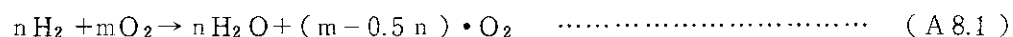
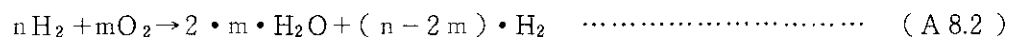
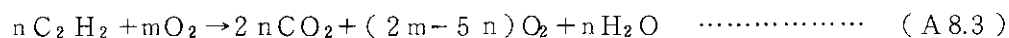
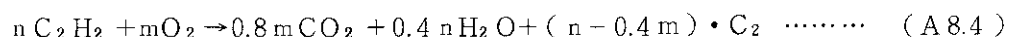
付録 8 引火性気体の爆発による燃焼の化学式

混合気体の、燃料のモル分率が、表A 8.1 に与えられた範囲にあるとき、燃料が進む。

表A 8.1 引火範囲

混合気体	下限 (燃料のモル分率)	上限 (燃料のモル分率)
H ₂ - 空気	0.04	0.75
C ₂ H ₂ - 空気	0.025	0.80

燃料のモル分率最小の混合状態では、全ての有効な燃料が燃焼する。燃料のモル分率が最大の混合状態では、全ての酸素が消費される。この両気体の2つの場合を以下に与える。

(1) H₂ - 空気燃焼i) $n < 2m$ の場合ii) $n > 2m$ の場合(2) C₂H₂ - 空気燃焼i) $n < 0.4m$ の場合ii) $n > 0.4m$ の場合

ただし、簡単なこの方法は、必ずしも保存則を満たさない。実際の爆発時の高温で分子の分解が反応を変えることが意味を持つからである。

付録9 逆流防止ダンパー（逆止弁）の作動

逆流防止ダンパー（逆止弁）は、セルの給気位置（境界ノード）にブランチとして設定する。例えば、給気口（境界ノード）と給気フィルタ（ブランチ）の間に弁を設置する場合には、設置した弁（新設ブランチ）と給気フィルタ（ブランチ）の間に仮想した小さなセル（新設ノード）を設ける。このような場合、弁（ブランチ）と仮想セル（新設ノード）の番号の付け方には注意を払う必要がある。すなわち、弁を新設しない場合のセル換気系の全ブランチ数を m 、全ノード数を n とすれば、新設した弁（ブランチ）と仮想したセル（新設ノード）の番号はそれぞれ $m+1$ 及び $n+1$ とする。

逆流防止ダンパの作動モデルもコントロール弁と同じ取扱である。ただし、弁の初期差圧を自動計算させる場合には、前記2つの弁と異なっていることに注意されたい。すなわち、3.8節で述べた蝶弁あるいは仕切弁の差圧を表わす(3.8.10)式中の流速 v_f (m/s)を

$$v_f = \frac{\text{体積流量}}{\text{弁の最大開口断面積}}$$

として求める必要がある。