JAERI-M
85-186

多目的高温ガス実験炉の炉内流量配分感度解析

—詳細設計(II)システム調整(1)phase1に基づく—

1985年11月

文沢　元雄・鈴木　邦彦・村上　知行

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

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

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

編集兼発行　日本原子力研究所
印　　刷　日青工業株式会社

多目的高温ガス実験炉の炉内流量配分感度解析
― 詳細設計(II)システム調整(1) phase 1 に基づく ―

日本原子力研究所 動力炉開発・安全性研究管理部
文沢 元雄・鈴木 邦彦・村上 知行

（1985年10月18日受理）

本報告は，多目的高温ガス実験炉の詳細設計(II)システム調整(1)合理化システムの立案の中で設定された炉心を対象として実施した炉内流量配分感度解析について述べたものである。本研究の目的は，炉内流量配分解析データを再評価し，燃料冷却に直接寄与する流量である炉心有効流量の増加を計ることである。

得られた結果は以下の通りである。

(1) 炉心有効流量に対し感度の高い項目は，クロス流れ係数及び固定反射体面間ギャップ量である。

(2) 感度の低い項目は，固定反射体シール要素のシール性能，上部遮蔽体ギャップ量，高温プレナムブロックのシール要素のシール性能及びギャップ量である。

(3) 解析データを再評価することによって，フランジ型の36本型燃料体を用いる場合，炉心有効流量割合は約90％となり，システム調整(1) phase 1 炉心における値に比べて約5％増加する。

Analytical Study of Flow Distribution in the Experimental VHTR Core
- based on advanced phase of the second stage of detailed design -

Motoh FUMIZAWA, Kunihiko SUZUKI and Tomoyuki MURAKAMI
Department of Power Reactor Projects, JAERI

(Received October 18 , 1985)

This report describes an analytical study of flow distrbution in the experimental VHTR core nominated at advanced phase of the second stage of detailed design. The objective of this study is to investigate the data for the analysis of coolant flow distribution and then achieve the increase of effective coolant flow rate which cools fuel elements usefully.

The results are as follows:

(1) High sensitive items for the effective coolant flow rate are crossflow loss coefficient and gaps between permanent reflectors.

(2) Low sensitive items are seal performance of seal elements between permanent reflectors, gaps between upper shields, and both seal performance of seal elements and gaps between hot plenum blocks.

(3) The effective coolant flow rate due to flow data re-evaluated is about 90 % and it is about 5 % higher than that evaluated at the core design of the advanced phase, in the case of fuel element with flange seal which contains 36 fuel rods.

Keywords: Flow Distribution, VHTR, Effective Coolant Flow Rate, Crossflow Loss Coefficient, Permanent Reflector, Hot Plenum, Seal Performance, Seal Element, Fuel Element, Flange Seal

目　　次

Contents

1. 序　　論

多目的高温ガス実験炉（以下実験炉と略す）の炉内冷却材流れには燃料チャンネル内の流れの他にFig. 1.1 に示すような漏れ流れがある。これらの流れは，本来燃料の冷却のために計画された燃料チャンネルを流れる冷却材の流量である炉心有効流量を減少させるので，漏れ流れの流量を低減し炉心有効流量を増加させることが炉心性能の向上のために重要である。漏れ流れのうち，炉心側部の固定反射体間や炉心下部の高温プレナムブロック間の漏れ流れについては，構造物間にシール片を設置することや面間ギャップを狭くすることで低減することができる。一方，炉心上部の流量調節装置や上部遮蔽体間からの漏れ流れは，面間ギャップを狭くすることで低減できるが，炉心側部の固定反射体間からの漏れ流れとともに，カラム間ギャップ流れとして炉心を下降する。このとき，燃料ブロック積層面間ギャップを通って冷却材が燃料チャンネルからカラム間ギャップに流出またはカラム間ギャップから燃料チャンネルに流入する。これが，いわゆるクロス流れであるが，フランジ型（インロー型）燃料体を採用するとクロス流れを抑制できると考えられる。実験炉の炉内流動特性[1],[2],[3]や漏れ流れ[4],[5],[6],[7]に関し，種々の検討が行われているが，炉心有効流量を増加させる設計上の対策を施すためには，炉心有効流量に大きく影響を及ぼす因子について流量配分感度解析を行い，解析データを検討することが非常に重要である。

詳細設計(Ⅱ)システム調整(1)合理化システムの立案（以下R1 phase1 と略す）では，詳細設計(Ⅱ)の成果を基に，炉心有効流量の増加や炉心出力密度の上昇などの炉心性能を向上させるために，改良炉心の検討を行った。この炉心の特徴はインロー型燃料体を使用して炉心平均出力密度を約2.5 W/cc に向上させたことである。

本報告で検討する炉内流量配分感度解析の対象となるR1 phase1 検討炉心の主要諸元をTable 1.1 に示すが,(注) 36本型燃料体を用いた炉心を基準炉心，18本型燃料体を用いた炉心を参考炉心としている。

次にR1 phase1 検討炉心の原子炉縦断面図をFig. 1.2に示し，検討炉心の基本炉心である49カラム炉心の平面図をFig.1.3 に示す。炉心は42個の燃料カラムと7個の制御棒案内カラムから成り，その軸方向には燃料体が7段積みされている。この炉心の半径方向には内側から順に側部可動反射体，固定反射体が取り囲み，上下方向には可動反射体が配置されている。またインロー型の36本型燃料体及び18本型燃料体をそれぞれFig.1.4 及びFig.1.5 に示す。36本型燃料体は，Fig.1.4 に示すように，対面間距離334 mm，高さ600 mmの六角柱状黒鉛ブロックに直径40 mmの冷却孔をあけ，その中に燃料棒を挿入したものである。Fig.1.6 に示すように，黒鉛ブロック上下面の周囲はインロー型構造であり，積み重ねた燃料体の位置決めを行うとともに，クロス流れを抑制する効果を有している。また燃料棒の寸法をTable 1.2 に示す。詳細設計(Ⅱ)燃料体に対し，36本型燃料体の燃料棒に関する主な変更点は黒鉛スリーブ外径が32 mm，厚さが

（注）本報告では7カラムごと制御棒配置炉心（7カラム炉心）を対象にするが，R1 phase1 では7カラム炉心以外の配置も検討される。

3.85㎜，コンパクト外径及び内径がそれぞれ24㎜及び8㎜となっている点等である。

本報告では，詳細設計(II)の成果を踏まえ，炉心性能を向上させるために行ったR1 Phase1検討炉心の流動配分解析を基にして，炉心有効流量の増加を計るために炉心有効流量に大きく影響を及ぼす因子（炉内流量配分解析データ）の見直しを行い炉内流量配分の感度解析を行う。

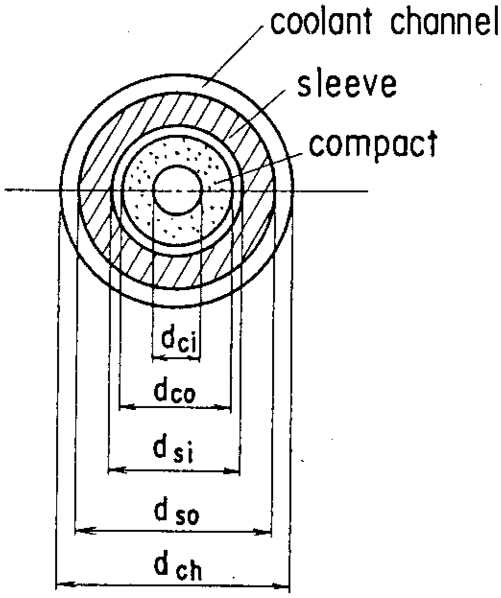
Table 1.1　Main design parameters of reactor core

Reactor thermal power, MW	50
Average power density, MW/m^3	2.5
Reactor inlet temperature, °C	395
Reactor outlet temperature, °C	950
Coolant pressure, MPa(kg/cm^2G)	4.024(40)
Core effective height, m	4.2
Core equivalent diameter, m	2.46
Number of fuel columns	42
Number of control columns	7
Total number of columns	49
Fuel type	Sealing flange
Height of fuel element, m	0.6
Width across the flats, m	0.334
Number of fuel rods per fuel element (standard core /reference core)	36/18

Table 1.2 Fuel rod dimension (unit mm)

Symbol / dimension	S	R	D2
d_{ci}	8	21	18
d_{co}	24	39	36
t_c^*	8	9	9
d_{si}	24.3	39.3	36.3
d_{so}	32	47	46
t_s^{**}	3.85	3.85	4.85
d_{ch}	40	56	56
t_{ch}^{***}	4	4.5	5

fuel rod cross section



Remarks $* t_c = (d_{co} - d_{ci})/2$
$** t_s = (d_{so} - d_{si})/2$
$*** t_{ch} = (d_{ch} - d_{so})/2$

S : standard core design, 36 coolant channels per fuel element
R : reference core design, 18 coolant channels per fuel element
D2 : second stage of detailed design, 15 coolant channels per fuel element

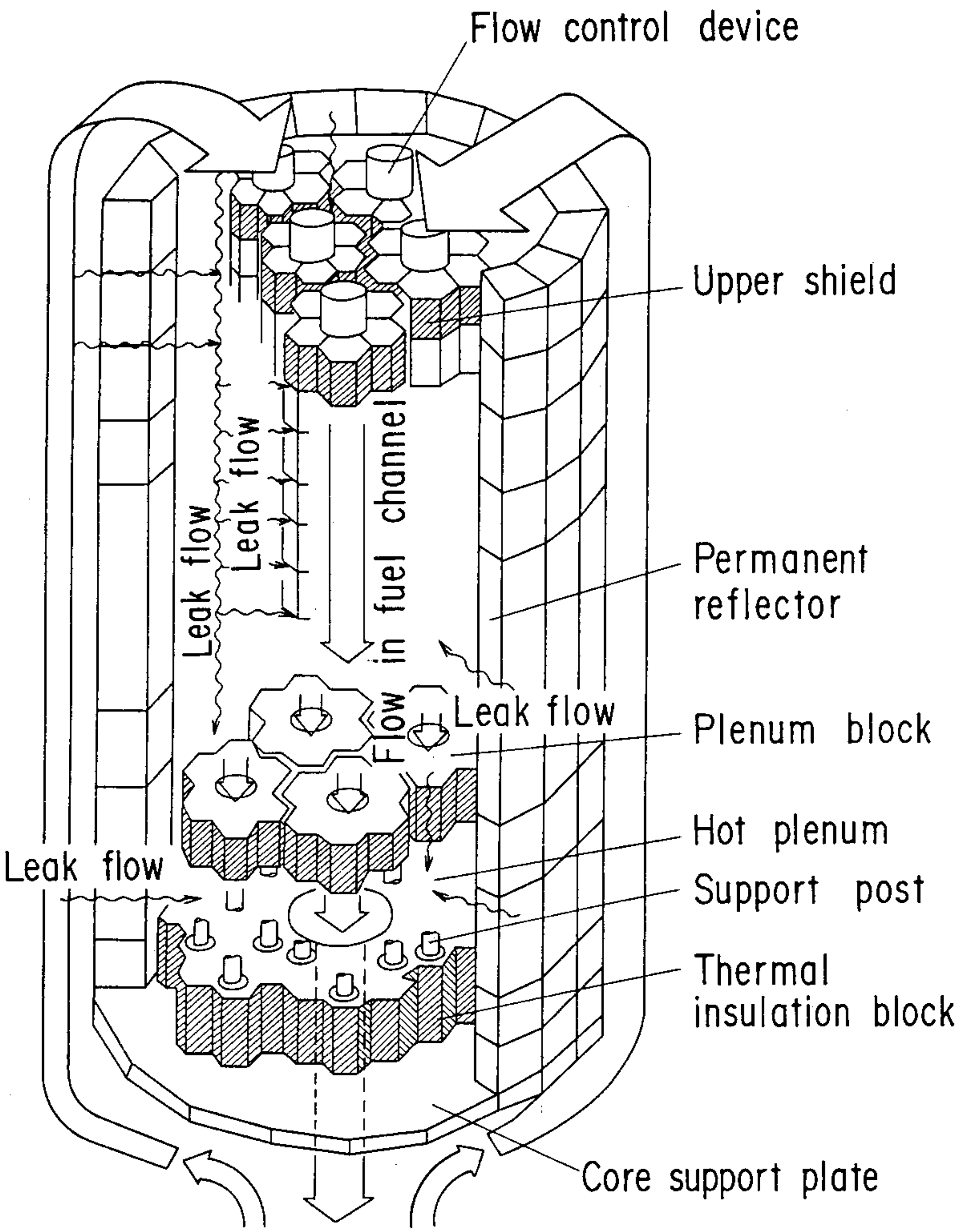
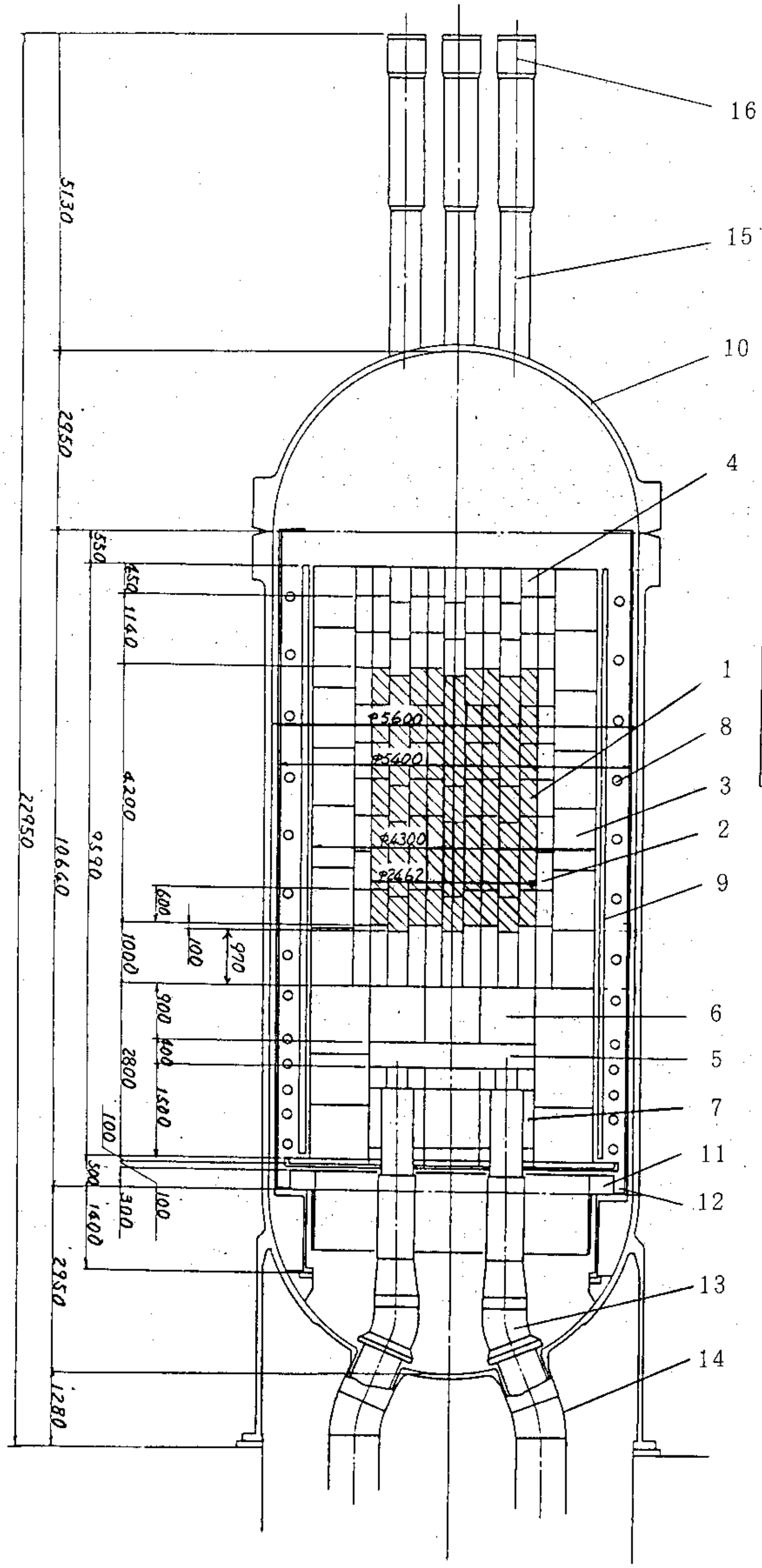


Fig. 1.1 Coolant flow path in reactor core



No.	
1	Fuel element
2	Replaceable reflector
3	Permanent reflector
4	Upper shield
5	Hot plenum
6	Hot plenum block
7	Insulation block
8	Core restraint mechanism
9	Core barrel
10	Reactor vessel
11	Diagrid
12	Support plate
13	Outlet pipe
14	Primary loop
15	Stand pipe
16	Stand pipe closure

Fig. 1.2 General view of the reactor

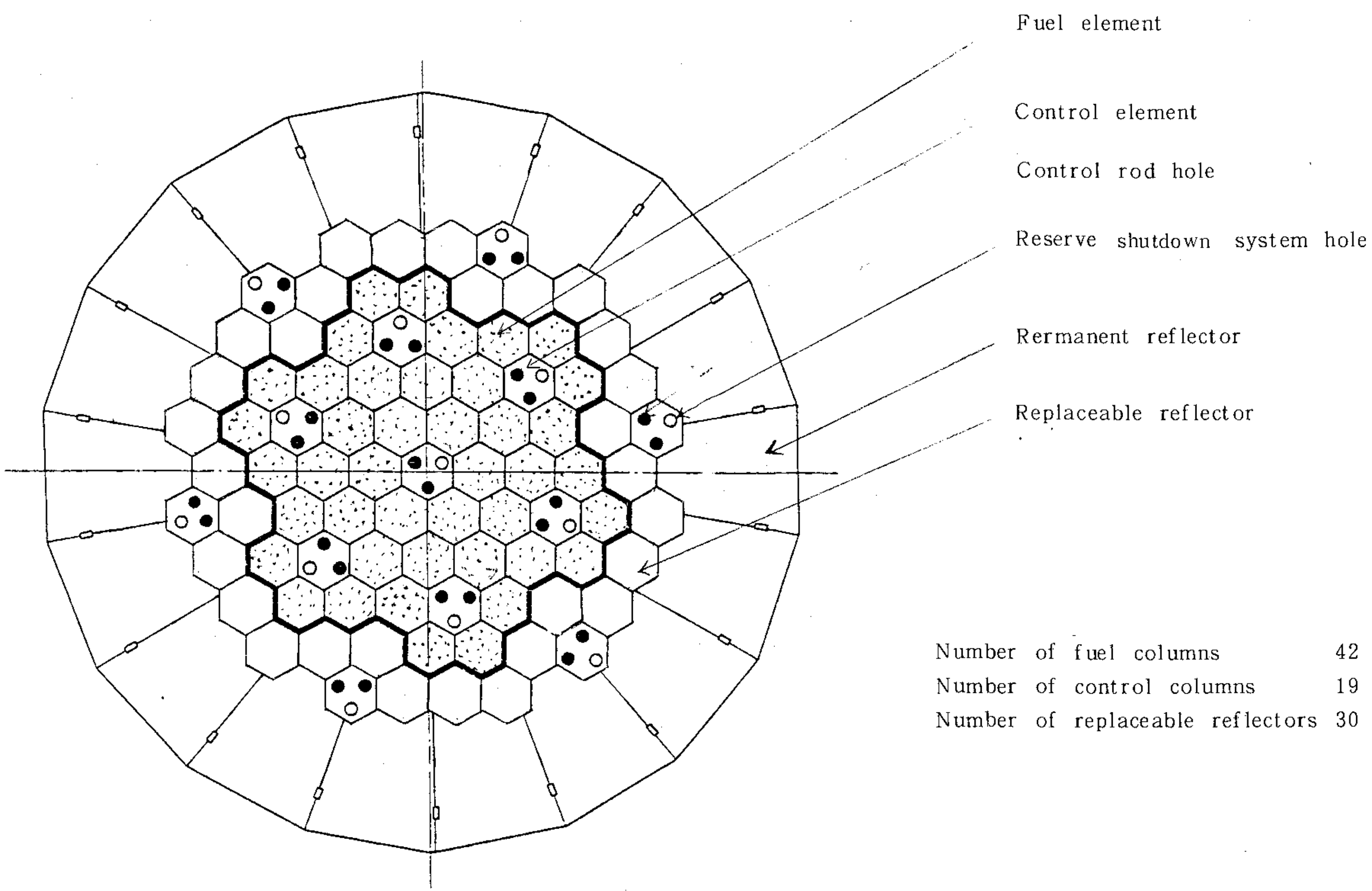


Fig. 1.3 Cross sectional view of reactor core

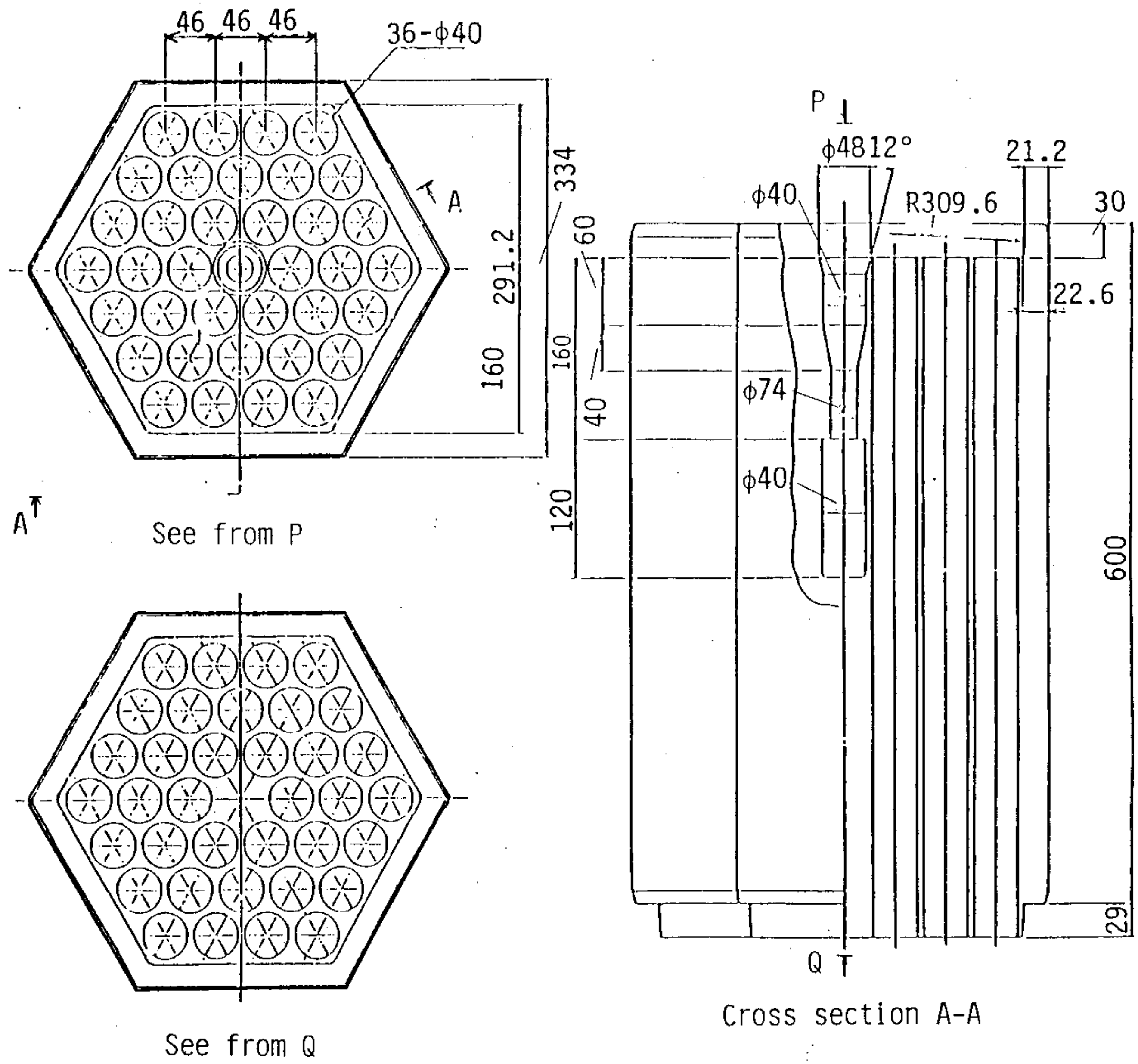
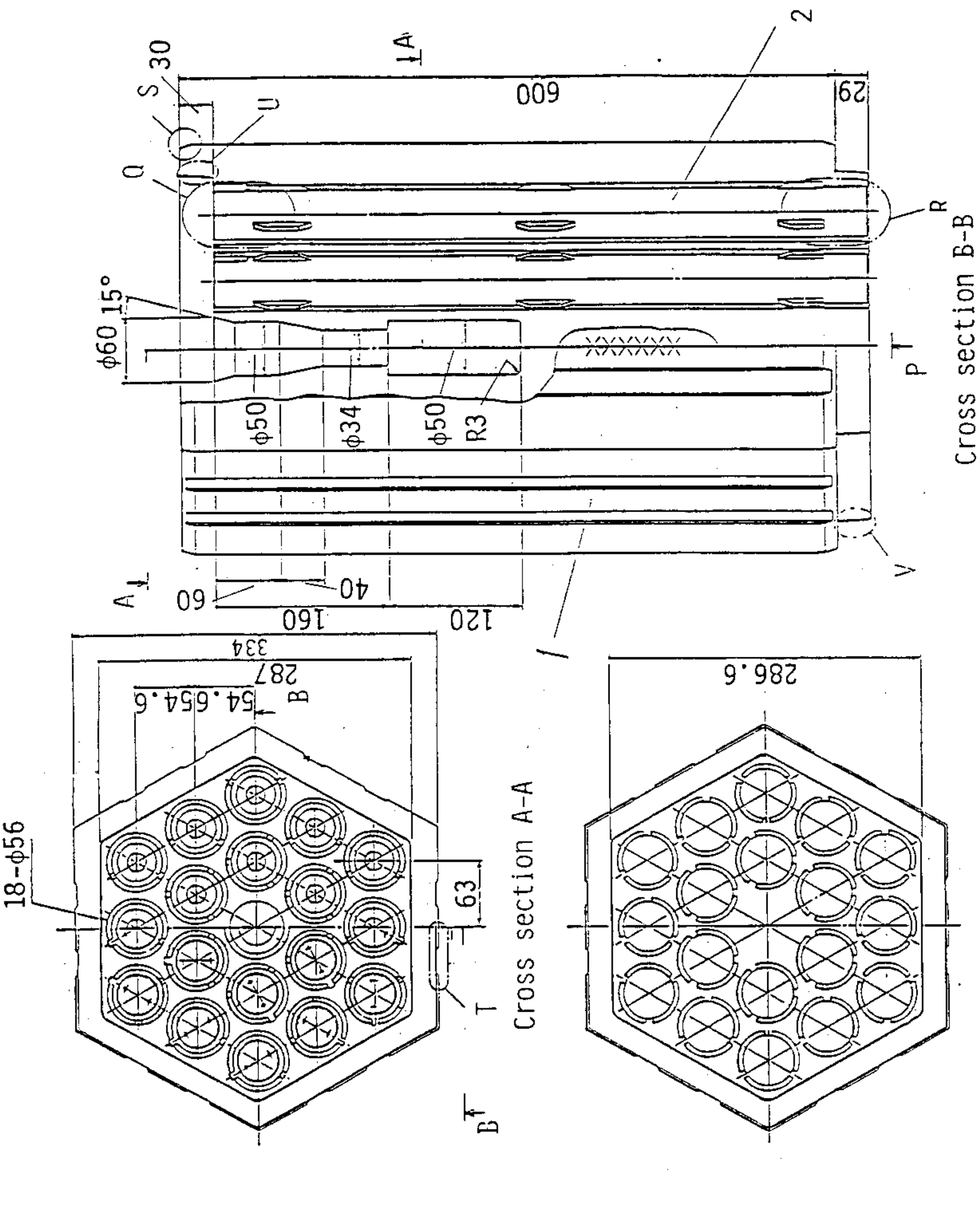
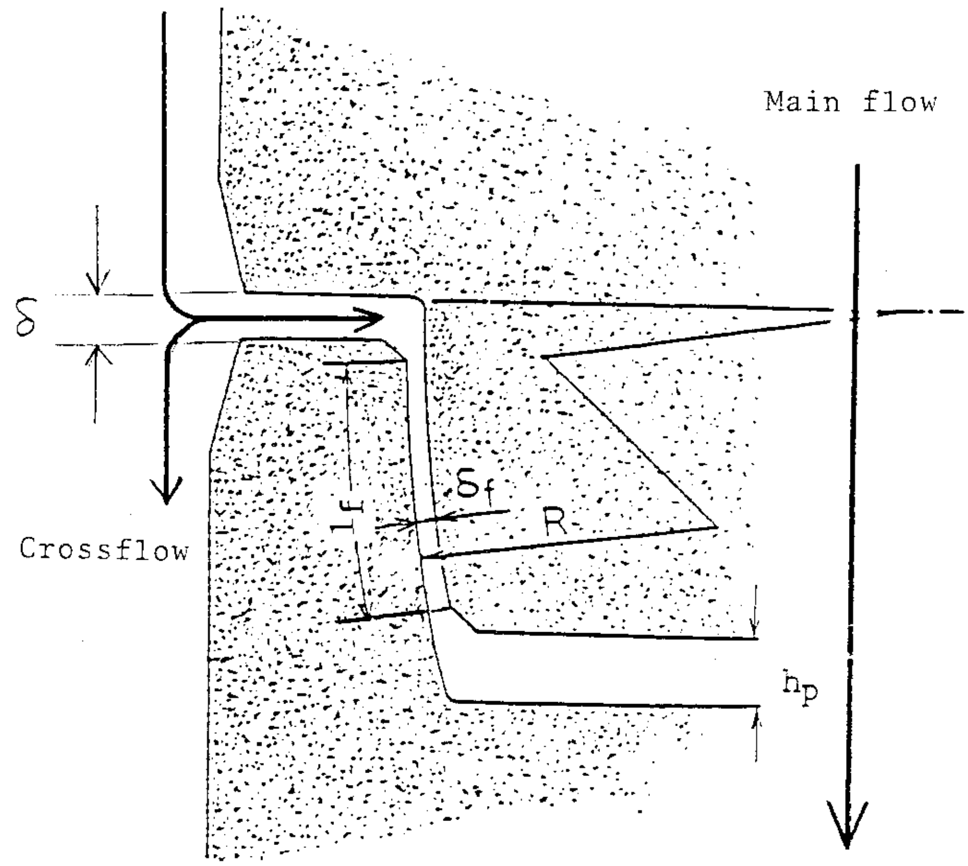


Fig. 1.4 36 channels fuel element (flanged type; P36)



See from P

Fig. 1.5 18 channels fuel element (flange type; P18)



l_f : Length of flange seal
δ_f : Gap of flange seal
h_p : Plenum height
R : Radius of curved flange-mating portion
δ : Gap between horizontal block interface

Fig. 1.6 Detail of flange-mating portion

2. 解　析　方　法

2.1　解析モデル

流量配分解析モデルは領域を1流路で代表した簡易モデル（2領域簡略モデル）とする。流路は燃料冷却流路（2～3流路），制御棒冷却流路（1流路），コアバレル内/外流路（1流路），カラム間ギャップ流路（2流路），クロス流れ部流路及びシール部流路から成る。本モデルにより得られる炉心有効流量は，詳細設計(II)等で使用した1/6炉心詳細モデルにより得られる結果とよく一致することが，R1 phase1 設計で確認されている。軸方向及び径方向のモデル図をそれぞれFig.2.1及びFig.2.2に示す。また解析コードは流路網解析コードFLOWNET（富士電機㈱所有）[1] を使用する。FLOWNETは，炉心を電気回路に似せた1次元の流路網で模擬し，その流路網に連続の式と運動方程式ならびにエネルギ式を適用したものである。

2.2　解析データ

Table 1.1の主要諸元やTable 1.2の燃料棒寸法に示す基準炉心（36本型燃料体使用）及び参考炉心（18本型燃料体使用）についての解析データをTable 2.1に示す。詳細設計(II)使用データ[8] からの主な変更点は，インロー型燃料体ブロックを使用したことから燃料棒の本数を増加させることができた点である。この燃料体のクロス流れ係数は，Fig.2.3に示すように，はめ合い部のオス・メス間のギャップ量（インロー部ギャップ量δ_f）により大きな影響を受ける。また，このギャップ量は燃料交換性，製作精度等の，現在まだ必ずしも十分には検討されていない因子との関連性が大きい。このため，クロス流れ係数の大きさとしては，δ_fが0.1 mmの解析評価値を基準にその他ギャップ量の場合を推定し，その比（クロス流れ係数比）Rc（又はCFR）で表す。RcはTable 2.1やTable 2.2に示すように，基準炉心Aや参考炉心Aではδ_fが0.2 mmの値として，Rc = 1/40を使用する。(注)

以上の基本的な解析データを基に，固定反射体シール性能データ，高温プレナムブロックシール性能データ，オリフィス係数，カラム間ギャップデータ及び上部遮蔽体ギャップデータ等を解析パラメータとした炉心流量配分感度解析を行う。基準炉心及び参考炉心の炉心流量配分感度解析ケースをそれぞれTable2.2及びTable2.3に示す。また基準炉心Aに着目した場合の感度解析ケースをTable2.4に示す。各解析パラメータはR1phase1検討炉心（基準炉心A）のデータに対し，主に約半分の値として考慮した。固定反射体面間ギャップデータの場合，基準炉心Aでは最大等価ギャップ量は0.32 mmであるが，固定反射体ブロックの直角度や平行度等の製作公

(注) 燃料ブロック積層面間ギャップ量δの最大値は約0.6 mmであるので，Fig.2.3よりこの値に対応するRcは1/40となる。しかし，δの平均値は約0.3 mmであり，これに対応するRcは1/25であるので，炉心B，C及びDではRc = 1/25を用いる。

差を 0.1 mm（詳細設計(II)使用値の半分の値）とすれば，1点接触の場合の最大等価ギャップ量約 0.19 mm，2点接触の場合は約 0.11 mm となる。固定反射体縦置キーシール性能データ（隣接間シール性能データ）に関してはFig.2.4に示し，固定反射体横置シール性能データ（上下間シール）に関しては，鳥谷ら[9]によるHENDEL T_2 の設計データを使用し，また高温プレナムブロックのシール性能データに関してはFig.2.5に示す。また，上部遮蔽体間ギャップデータに関しては，固定反射体面間ギャップの評価と同じように，熱膨張率の誤差を無視し製作公差を詳細設計(II)使用値の半分の値とすれば，ギャップ量は約0.11mmとなる。

なお，付け加えるに，高温プレナムブロック間ギャップデータやカラム間外部ギャップデータに関しては，物性値の誤差や温度の見積り誤差を±10%から±5%に変更してもギャップは最高16%しか低減できないとの指適がある。[10] これらを考慮すると物性値等の誤差を半分（±10%から±5%）に変更した場合，ギャップ量は 2.1 mmから 1.76 mmまで低減するのが限界であると考えられる。また，上部遮蔽体間ギャップデータに関しては，上部遮蔽体及び固定反射体の製作公差や熱膨張率誤差等が最悪に重ね合された場合でも固定反射体が押し広がらないような設計になっている。このため，固定反射体が押し広がる可能性が小さく，また仮りに押し広がる場合でも固定反射体の炉心内外の差圧は非常に小さいので，漏れ流量は少いと考えられる。

固定反射体間漏れ流れの流動抵抗は以下に示すような等価ギャップを用いて評価している。

(1) 等価ギャップの評価式

製作据付公差，熱膨張差によって生じるすきま量が均一でない場合，以下に示す式により等価なすきま量（等価ギャップ量）を求められることが実験により明らかになっている。面間すきまと流れの関係をFig.2.6に示す。

(i) 面間すきまが流れ方向に線形変化する場合をFig.2.6(a)に示す。

$$\Delta P = \int_0^{\ell} dP$$

$$= \frac{12 \cdot f}{g \cdot h} \int_0^{\ell} (d_x)^{-3}\, d_x$$

$$= \left(\frac{d_1 + d_2}{2d_1^2 \cdot d_2^2}\right) \frac{12 \cdot f \cdot \ell}{g \cdot h} \cdot w$$

$$\therefore d_{eq} = \sqrt[3]{\frac{2d_1^2 \cdot d_2^2}{d_1 + d_2}}$$

(ii) 流れ方向に対して，垂直方向に面間すきま量が線形変化する場合をFig.2.6(b)に示す。

$$w = \frac{g \cdot \Delta P}{2 \cdot f \cdot \ell} \cdot \int_0^h (d_x)^3 \, dx$$

$$= \frac{g \cdot \Delta P \cdot h}{12 \cdot f \cdot \ell} \cdot \left\{ \frac{1}{4} (d_1^2 + d_2^2)(d_1 + d_2) \right\}$$

$$\therefore d_{eq} = \sqrt[3]{\frac{1}{4} (d_1^2 + d_2^2)(d_1 + d_2)}$$

ここで，　d_{eq}：等価ギャップ量

w：流　量

f：管摩擦係数

ℓ：流路長さ

h：流 路 幅

(iii) 面間すきまが一般的な形状の場合をFig.2.7に示す。

固定反射体が1点でのみ接触しているという最悪条件の場合は，Fig.2.7(a)に示すように，等価ギャップ量d_{eq}は，

$$d_{eq} = \sqrt[3]{\frac{1}{4} ({d_{1eq}}^2 + {d_{2eq}}^2)(d_{1eq} + d_{2eq})} \quad (= d_{eq1})$$

ここで，

$$d_{1eq} = \sqrt[3]{\frac{2 d_1^2 d_2^2}{d_1 + d_2}}$$

$$d_{2eq} = \sqrt[3]{\frac{2 d_3^2 d_4^2}{d_3 + d_4}}$$

次に当たり面で2点接触の場合は，Fig.2.7(b)に示すように，等価ギャップ量d_{eq}は，

$$d_{eq} = \sqrt[3]{\frac{2 d_1^2 d_2^2}{d_1 + d_2}} = \sqrt[3]{\frac{2 d_3^2 d_4^2}{d_3 + d_4}} \quad (= d_{eq2})$$

さらに，1点接触と2点接触が互いに同じ割合で存在する混合接触の場合，等価ギャップ量d_{eq}^*は，

$$d_{eq}^* = \sqrt[3]{\frac{{d_{eq1}}^3 + {d_{eq2}}^3}{2}}$$

(2) 等価ギャップ量の評価値

前項の評価式に基づき固定反射体当たり面間の等価ギャップ量を評価する。

(i) 固定反射体据付時すきま量

固定反射体製作据付公差は上下面間の平行度と側面間の直角度により評価される。詳細設計(Ⅱ)では平行度及び直角度ともに0.2㎜以下とした。この製作据付公差及び運転時の熱変形量により，固定反射体当たり面においてすきまが生じる。上下面間の平行度，側面間の直角度が最悪に製作された場合，最大0.4㎜(Table2.5のCASE Ⅰに相当)，平均0.2㎜(CASE Ⅱに相当)の据付時すきまが生じると考えられる。また，平行度及び直角度をともに0.1㎜以下とすれば，最大0.2㎜(CASE Ⅱに相当)の据付時すきまが生じると考えられる。

(ii) 固定反射体当たり面の接触条件

(a) 1点接触条件

すべての固定反射体が互いに1点でのみ接触しているという最悪条件をいう。

(b) 2点接触条件

固定反射体周辺に設置されている拘束機構により締め付け力が働くのですべての接触面で1点接触である可能性は小さいと考えられる。このため，当たり面内側(炉心側)で2点接触(線接触)をしているという条件をいう。

(c) 混合接触条件

固定反射体には軸方向，径方向から締め付け力が働いているので，1点接触と2点接触が交互に存在していると考えるのが妥当であり，この条件をいう。[9] この条件は1点接触条件より，現実に存在しているすきまの状態に近いと考えられる。

上記(a)，(b)，(c)の条件下で評価した等価ギャップ量をTable2.5に示す。CASE Ⅰ において，等価ギャップ量は，1点接触条件の場合0.32㎜であるが，2点接触条件では，0.13㎜である。CASE Ⅱ において，等価ギャップ量は1点接触条件の場合，0.19㎜であるが，2点接触条件では0.11㎜である。CASE Ⅱ の条件におけるギャップ量はCASE Ⅰ の条件のギャップ量の平均的な値である。このため，平行度と直角度がともに0.2㎜以下(詳細設計(Ⅱ)の条件)において，平均的に存在する等価ギャップ量はCASE Ⅱ の混合接触条件時の値(＝0.16㎜)であると思われる。

従って，炉心設計の炉内流量配分解析で評価する固定反射体面間等価ギャップ量としては現実的に判断して，詳細設計(Ⅱ)設定値(＝0.32㎜)の半分程度にできるものと考えられる。(注)

(注) HENDEL T_2 では，固定反射体の最大すきま量が0.2㎜以下になるように製作されているが，これは，Table 2.5のCASE Ⅱ に相当する。また，T_2 固定反射体の漏れ流量の測定値は，目標値(すきま量が0.2㎜の場合)より十分低く，目標値の20～30％であるとの報告がある。固定反射体からの漏れ流れは，すきまの流れ以外に面取り部流れや透過流れがあり，これらを考慮すると面間すきま量は無視できるほど小さく，据付時の固定反射体面間は，ほとんど密着しているものと考えられる。

Table 2.1 Analysis data (1/2)

<table>
<tr><td colspan="3">検 討 炉 心 No.</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">諸 元</td><td>C/R配置 燃料棒数
カラム数/カラムピッチ</td><td>⑦ 18P
49/300</td><td>⑦ 18P
49/335</td><td>⑦ 36P
49/335</td><td>⑦ 18P
55/320</td><td>⑦ 18P
61/300</td><td>④ 18P
49/300</td><td>④ 18P
49/335</td><td>④ 36P
37/360</td><td></td></tr>
<tr><td>①</td><td colspan="2">クロス流れ係数(K/A^2)</td><td colspan="9">はめ合い部ギャップ量が0.1 mmの解析評価式に対して1/40のクロス流れ係数比を用いる。
$K/A^2 = (1/40) \times 10^{-1.23 \log \delta + 11.1} \times \left(\frac{334}{D_H}\right)^2$, D_H :ブロック平径
δ = (改良型MK-Ⅲの熱変形量解析結果) × ($D_L/700$), D_L :ブロック高</td></tr>
<tr><td>②</td><td colspan="2">クロス流れ係数(K/A^2)
(C/Rブロック)</td><td colspan="9">C/R口径確保のためインロー型としない(ダウエル型)。 $K/A^2 = 10^{10}\ m^{-4}$ 一律を使用。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">③</td><td rowspan="4">オリフィス係数
および
可動反射体流路
データ, 圧力損
失係数
(流路長は詳細設
計(Ⅱ)と同様)</td><td>オリフィス係数
(全領域開放)</td><td>1930</td><td>1930</td><td>940</td><td>2525</td><td>3200</td><td>1930</td><td>1930</td><td>1630</td><td></td></tr>
<tr><td>上部可動反射体
(上段)</td><td colspan="2">ϕ 30 × 18 孔
K = 0.38</td><td>ϕ 25×36孔
K = 0.38</td><td colspan="4">ϕ 30 × 18 孔
K = 0.38</td><td>ϕ 25×36孔
K = 0.38</td><td></td></tr>
<tr><td>同 (下段)</td><td colspan="2">ϕ 30 × 18 孔
K = 0.84</td><td>ϕ 25×36孔
K = 0.84</td><td colspan="4">ϕ 30 × 18 孔
K = 0.84</td><td>ϕ 25×36孔
K = 0.84</td><td></td></tr>
<tr><td>下部可動反射体</td><td colspan="2">ϕ 30 × 18 孔
K = 1.43</td><td>ϕ 25×36孔
K = 0.45</td><td colspan="4">ϕ 30 × 18 孔
K = 1.43</td><td>ϕ 25×36孔
K = 1.45</td><td></td></tr>
<tr><td>④</td><td colspan="2">カラム間ギャップ</td><td colspan="9">内部ギャップ/外部ギャップ共, 設細設計(Ⅱ)の燃焼末期定格運転状態値の平均値を使用。</td></tr>
</table>

Table 2.1 Analyis data (2/2)

検討炉心No.			1	2	3	4	5	6	7	8	
諸元		C/R配置 燃料棒数 カラム数/カラムピッチ	⑦ 18P 49/300	⑦ 18P 49/335	⑦ 36P 49/335	⑦ 18P 55/320	⑦ 18P 61/300	④ 18P 49/300	④ 18P 49/335	④ 36P 37/360	
⑤	固定反射体シール性能	面間ギャップ量	隣接・上下間とも0.32 mm（但しサポートプレート間ギャップ量は0.17 mm）→詳細設計(II)の平均値								
		シール要素のシール性能	隣接間：縦置キーのみの流路抵抗K/A^2（500 mm）＝$5\times10^8\ m^{-4}$を用いる → 詳細設計(II)と同様 上下間：等価ギャップ0.4 mm，有効流路長80 mmの摩擦抵抗を用いる → 詳細設計(II)と同様								
⑥	プレナムブロックシール性能	面間ギャップ量	ⓐ プレナムブロック間 ：2.1 mm → 詳細設計(II)と同様 ⓑ プレナムブロック／固定反射体間：2.1 mm → 詳細設計(II)値は1.4 mm								
		シール要素のシール性能	黒鉛シール3段（基本ユニット試験）をベースに(K/A^2)500 mm＝$2.2\times10^8\ m^{-4}$とする。→ 詳細設計(II)と同様								
⑦	上部遮蔽体間シール性能	遮蔽体間	等価ギャップ量0.4 mm → 詳細設計(II)と同様								
		遮蔽体／PR間	同 上 → 詳細設計(II)では円筒シールの抵抗（K/A^2（200 mm）＝$10^8 m^{-4}$）を使用								

備考　検討炉心No.3がTable 1.1及びTable 1.2のstandard coreである。
　　　検討炉心No.2がTable 1.1及びTable 1.2のreference coreである。

Table 2.2 Analysis cases and results with 36 channels fuel element

項目 / 単位等 / 炉心解析ケース名	Rc	固定反射体 シール要素 隣接間	固定反射体 シール要素 上下間	固定反射体 ギャップ	高温プレナムブロック シール要素	高温プレナムブロック ギャップ	オリフィス係数	カラム間外部ギャップ	上部遮蔽体間ギャップ	炉心有効流量割合	Fig. No.	備考
	クロス流れ係数比	500 mm当りの抵抗係数 (m^{-4}) (くいちがい段差 δ (mm))	500 mm当りの抵抗係数 (m^{-4}) (等価ギャップ de (mm))	(mm)	500 mm当りの抵抗係数 (m^{-4}) (くいちがい段差 δ (mm))	(mm)	K/A^2 (mm^{-4})	(熱・照射変形を除く) (mm)	(mm)	(%)		
S 1（基準炉心A）	1/40	5×10^8 ($\delta=0.4$)	5×10^8 相当 (de = 0.4)	0.32	2.2×10^8 ($\delta=1.5$)	2.1	940	2.1	0.4	84.6	3.1	（基準ケース）
S 2（基準炉心B）	1/25	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	85.4	3.2	S 1に対し，クロス流れ係数変更
S 3（基準炉心C）	↓	10^9 ($\delta=0.2$)	↓	0.16	8×10^8 ($\delta=0.75$)	↓	↓	↓	0.1	90.9	3.3	S 2に対し，製作公差を半分
S 4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0	90.9	3.4	S 3に対し，上部遮蔽体間完全シール
S 5	↓	↓	↓	↓	↓	1.05	↓	1.05	0.1	91.6	3.5	S 3に対し，プレナムブロック間ギャップ変更
S 6	↓	↓	↓	0.1	↓	2.1	↓	2.1	↓	91.7	3.6	S 3に対し，固定反射体間ギャップ変更
S 7	↓	↓	↓	↓	↓	1.05	↓	1.05	0	92.5	3.7	S 5に対し，プレナムブロック，固定反射体シール性能，上部遮蔽体間ギャップを変更
S 8	↓	↓	2.3×10^9 相当 (ref.(9)参照)	↓	↓	↓	↓	↓	↓	92.5	3.8	
S 9（基準炉心D）	↓	5×10^8 ($\delta=0.4$)	↓	0.2	2.2×10^8 ($\delta=1.5$)	2.1	↓	2.1	0.1	89.8	3.9	
S 10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.76	↓	90.1	3.10	S 9に対し，それぞれカラム間ギャップ，プレナムブロック間ギャップを独立に変更
S 11	↓	↓	↓	↓	↓	1.76	↓	↓	↓	90.1	3.11	
S 12	1/40	↓	5×10^8 相当 (de = 0.4)	↓	↓	2.1	↓	2.1	0.4	87.8	3.12	S 1に対して，固定反射体間ギャップのみを変更
S 13	↓	↓	↓	0.1	↓	↓	↓	↓	↓	90.2	3.13	

Table 2.3 Analysis cases and results with 18 channels fuel element

項目 / 単位等 / 炉心解析ケース名	Rc	固定反射体 シール要素 隣接間	固定反射体 シール要素 上下間	固定反射体 ギャップ	高温プレナムブロック シール要素	高温プレナムブロック ギャップ	オリフィス係数	カラム間外部ギャップ	上部遮蔽体間ギャップ	炉心有効流量割合	Fig. No.	備考
	クロス流れ係数比	500 mm当りの抵抗係数 (m^{-4}) (くいちがい段差 δ (mm))	500 mm当りの抵抗係数 (m^{-4}) (等価ギャップ de (mm))	(mm)	500 mm当りの抵抗係数 (m^{-4}) (くいちがい段差 δ (mm))	(mm)	K/A² (mm^{-4})	(熱・照射変形を除く) (mm)	(mm)	(%)		
R 1 (基準炉心A)	1/40	5×10^8 (δ = 0.4)	5×10^8 相当 (de = 0.4)	0.32	2.2×10^8 (δ = 1.5)	2.1	940	2.1	0.4	81.3	3.14	(基準ケース)
R 2 (基準炉心B)	1/25	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	82.6	3.15	R 1に対し，クロス流れ係数変更
R 3 (基準炉心C)	↓	10^9 (δ = 0.2)	↓	0.16	8×10^8 (δ = 0.75)	↓	↓	↓	0.1	89.6	3.16	R 2に対し，製作公差を半分
R 4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0	89.7	3.17	R 3に対し，上部遮蔽体間完全シール
R 5	↓	↓	↓	↓	↓	1.05	↓	1.05	0.1	90.5	3.18	R 3に対し，プレナムブロック間ギャップ変更
R 6	↓	↓	↓	0.1	↓	2.1	↓	2.1	↓	90.8	3.19	R 3に対し，固定反射体間ギャップ変更
R 7	↓	↓	↓	↓	↓	1.05	↓	1.05	0	91.7	3.20	R 5に対し，プレナムブロック，固定反射体シール性能，上部遮蔽体間ギャップを変更
R 8	↓	↓	2.3×10^9 相当	↓	↓	↓	↓	↓	↓	91.7	3.21	
R 9 (基準炉心D)	↓	5×10^8 (δ = 0.4)	↓	0.2	2.2×10^8	2.1	↓	2.1	0.1	88.2	3.22	
R 10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.76	↓	88.5	3.23	R 9に対し，それぞれカラム間ギャップ，プレナムブロック間ギャップを独立に変更
R 11	↓	↓	↓	↓	↓	1.76	↓	↓	↓	88.5	3.24	
R 12	1/40	↓	5×10^8 相当	↓	↓	2.1	↓	2.1	0.4	85.6	3.25	R 1に対して，固定反射体間ギャップのみを変更
R 13	↓	↓	↓	0.1	↓	↓	↓	↓	↓	87.3	3.26	

Table 2.4 Preliminary analysis cases and results with 36 channels fuel element

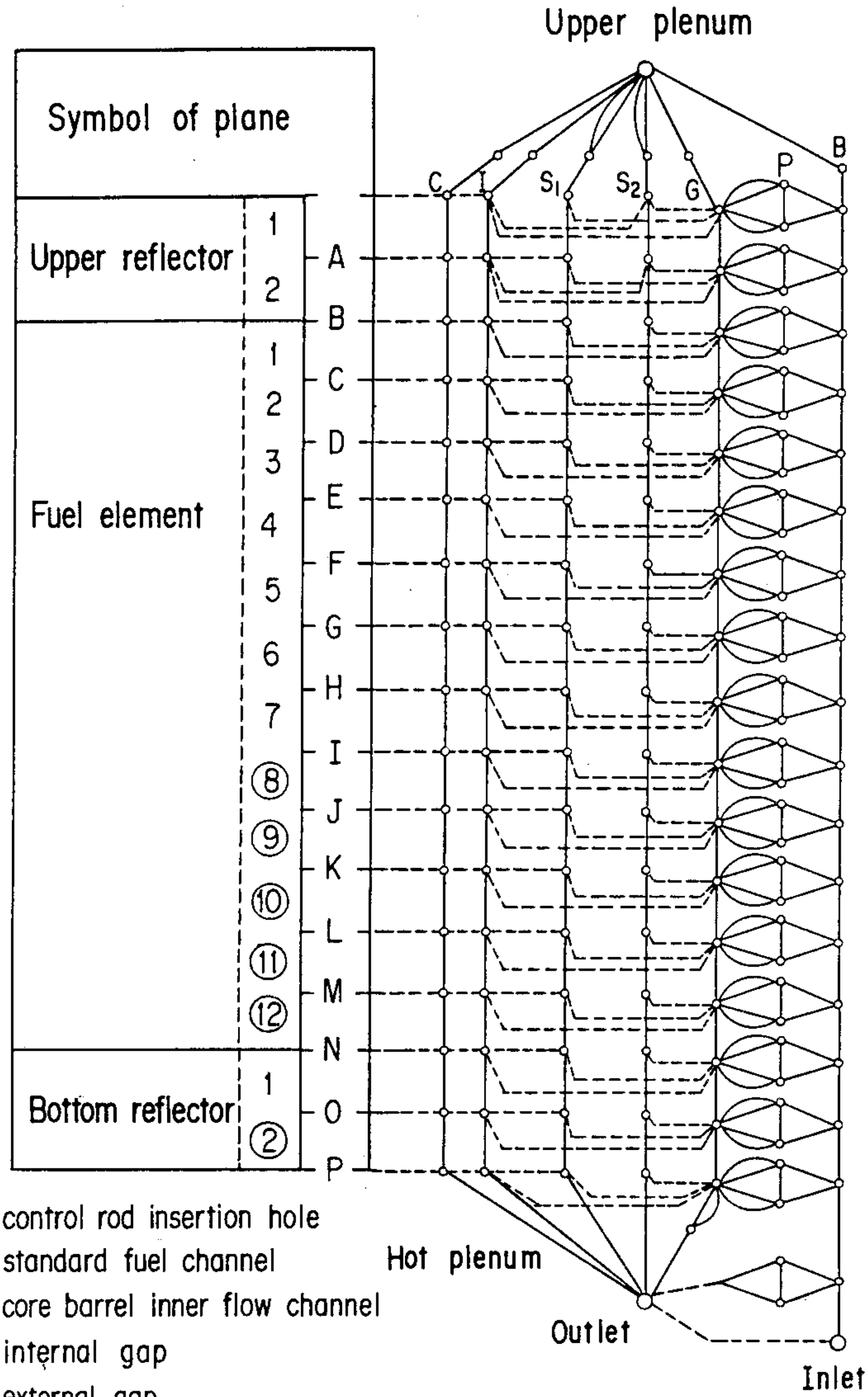
項目 / 炉心解析ケース名	R_C	固定反射体 シール要素 隣接間	固定反射体 シール要素 上下間	固定反射体 ギャップ	高温プレナムブロック シール要素	高温プレナムブロック ギャップ	オリフィス係数	カラム間外部ギャップ	上部遮蔽体間ギャップ	炉心有効流量割合	備考
単位等	クロス流れ係数比 (−)	500 mm当りの抵抗係数 (m^{-4}) (くいちがい段差 δ (mm))	500 mm当りの抵抗係数 (m^{-4}) (等価ギャップ de (mm))	(mm)	500 mm当りの抵抗係数 (m^{-4}) (くいちがい段差 δ (mm))	(mm)	K/A^2 (mm^{-4})	(熱・照射変形を除く) (mm)	(mm)	(%)	
PS 1(基準炉心A)	1/40	5×10^8 ($\delta=0.4$)	3×10^8相当 (de=0.4)	0.32	2.2×10^8 ($\delta=1.5$)	2.1	940	2.1	0.4	84.6	クロス流れ抵抗を変化させたケース
PS 2	1	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	87.8	
PS 3	1/100	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	82.9	
PS 4	1/400	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	79.6	
PS 5	1/40	10^9 ($\delta=0.2$)	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	84.8	固定反射体シール性能を変化させたケース
PS 6	↓	↓	↓	0.16	↓	↓	↓	↓	↓	88.5	
PS 7	↓	5×10^8 ($\delta=0.4$)	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	88.5	
PS 8	↓	↓	↓	0.32	8×10^8 ($\delta=0.75$)	↓	↓	↓	↓	85.0	プレナムブロックシール性能を変化させたケース
PS 9	↓	↓	↓	↓	2.2×10^8 ($\delta=1.5$)	↓	↓	↓	0.2	85.0	上部遮蔽体シール性能を変化させたケース
PS10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	500	↓	0.4	85.1	オリフィス係数を変化させたケース
PS11	↓	↓	↓	↓	↓	↓	2000	↓	↓	83.2	
PS12	↓	↓	↓	↓	↓	1.05	940	↓	↓	85.0	カラム間ギャップ・プレナムブロック間ギャップを変化させたケース
PS13	↓	↓	↓	↓	↓	2.1	↓	1.05	↓	86.5	
PS14	↓	↓	↓	↓	↓	1.05	↓	↓	↓	86.6	

Table 2.5 The comparison of equivalent gap between permanent reflectors

Reference case	Contact mode	Gap between permanent reflectors (mm)					
		d_1	d_2	d_3	d_4	d_{eq}	d_{eq}^*
Case I	One point	0.05	0.52	0.4	0.52	0.32	0.26
	Two points	0.05	0.52	0.05	0.52	0.13	
Case II	One point	0.05	0.32	0.2	0.32	0.19	0.16
	Two points	0.05	0.32	0.05	0.32	0.11	

Remarks Case I : maximum gep at D2 manufacture tolerence.
D2 means the second stage of detailed design.
Case II : maximun gep at HENDEL T2 manufacture tolerence, which is a half and average gep of the Case I.

$d_1 \sim d_4$: explained in Figs. 2.6 and 2.7.
d_{eq} : hydrodynamically equivalent gap of one and two contact mode.
d_{eq}^* : hydrodynamically equivalent gap of mutual contact mode.



C : control rod insertion hole
S : standard fuel channel
B : core barrel inner flow channel
I : internal gap
G : external gap
P : permanent reflector bypass channel
○ : dummy nodes and branches

Fig. 2.1 Node and flow branches of axial direction

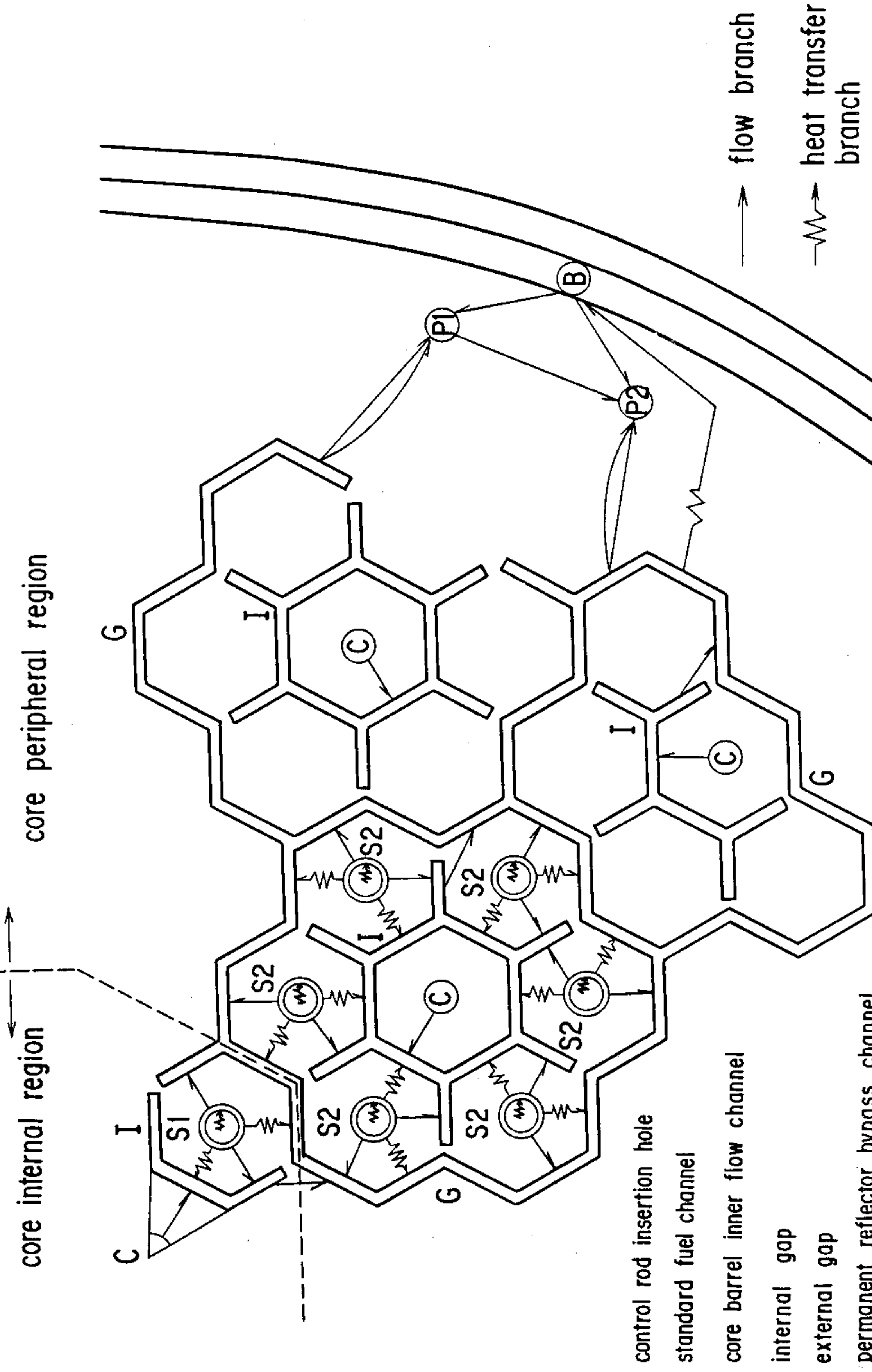


Fig. 2.2 Flow branches and heat transfer branches of radial direction

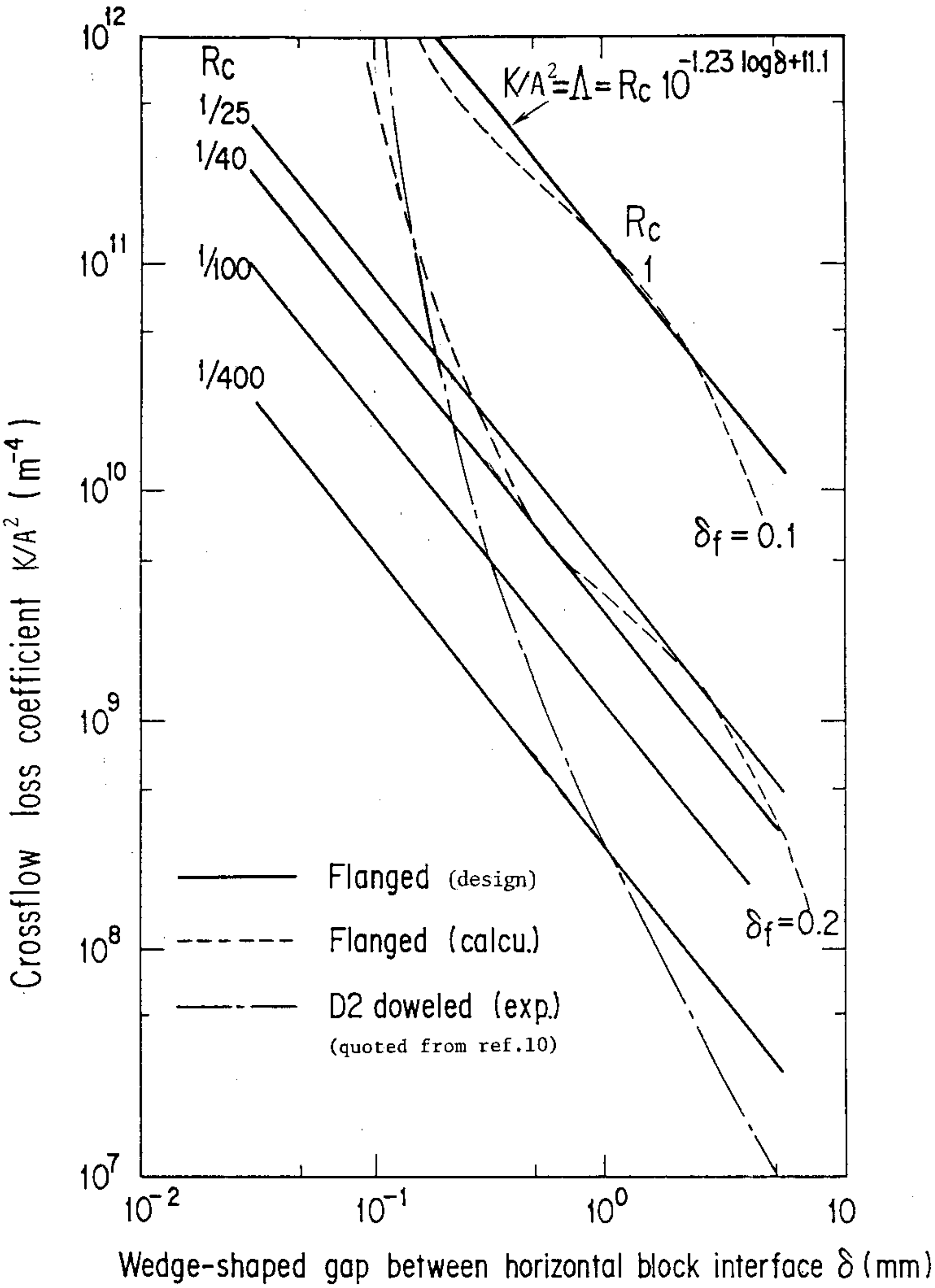


Fig. 2.3 Crossflow loss coefficient of several fuel elements. R_c is crossflow loss coefficient ratio ($= \Lambda_{\delta_f}/\Lambda_0$), δ_f is gap of flange seal, and Λ_0 is data of $\delta_f = 0.1$ mm.

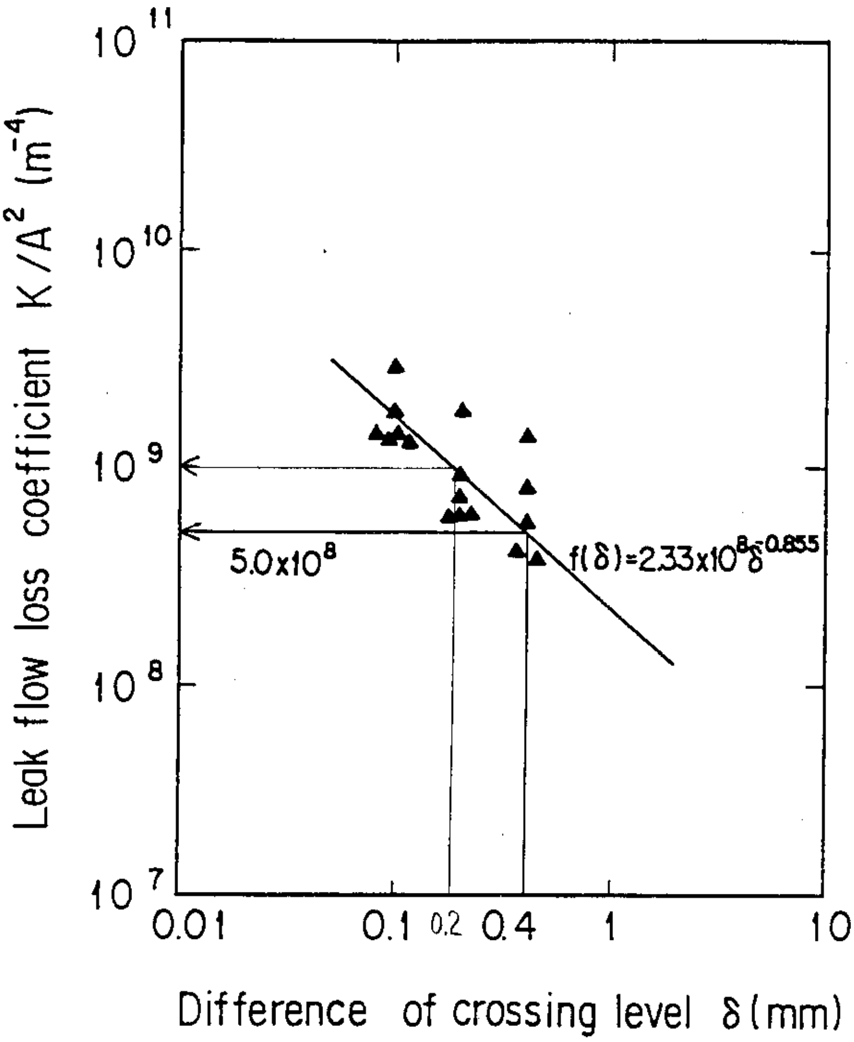


Fig. 2.4 Leak flow loss coefficient vs difference of crossing level at permanent reflectors

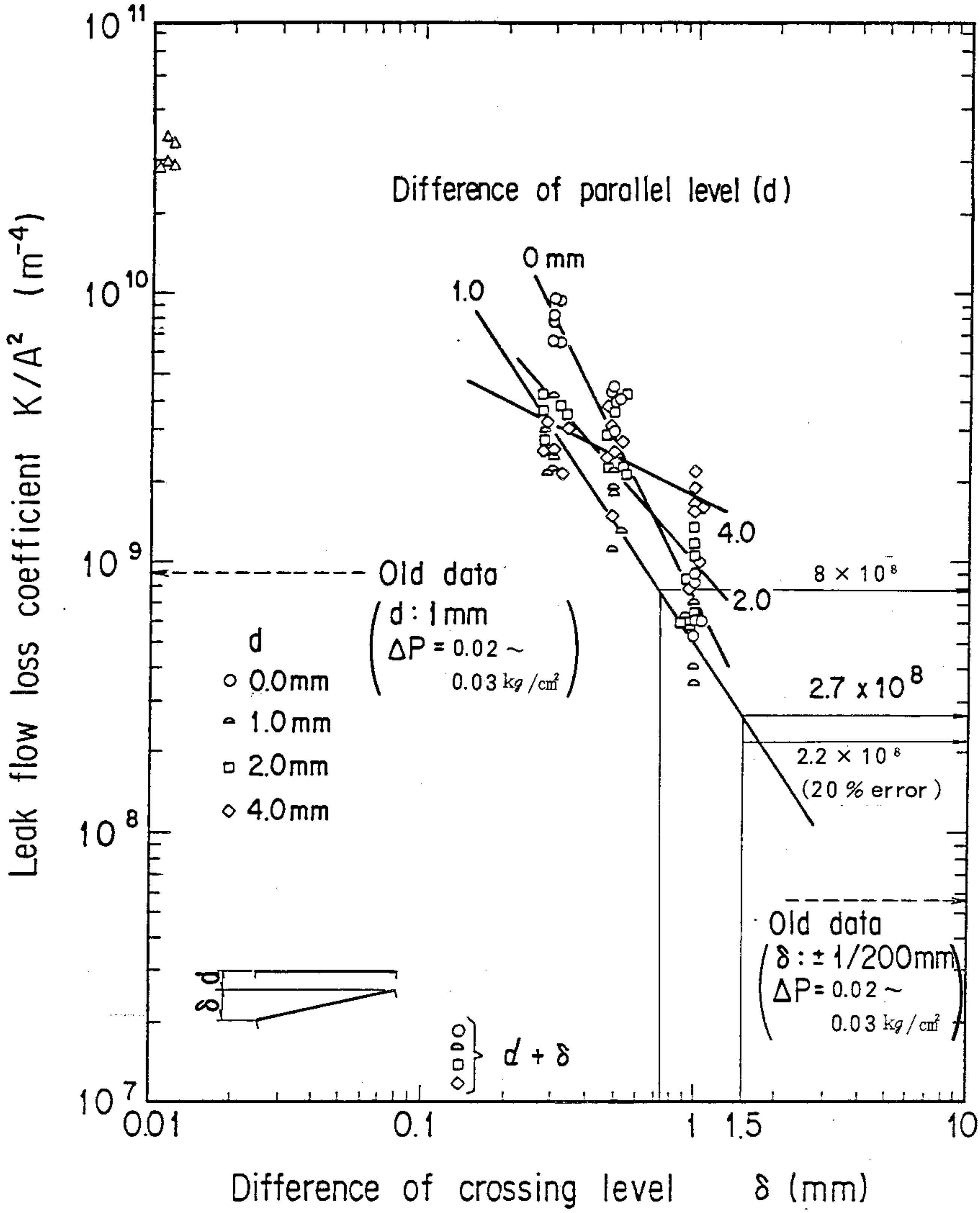
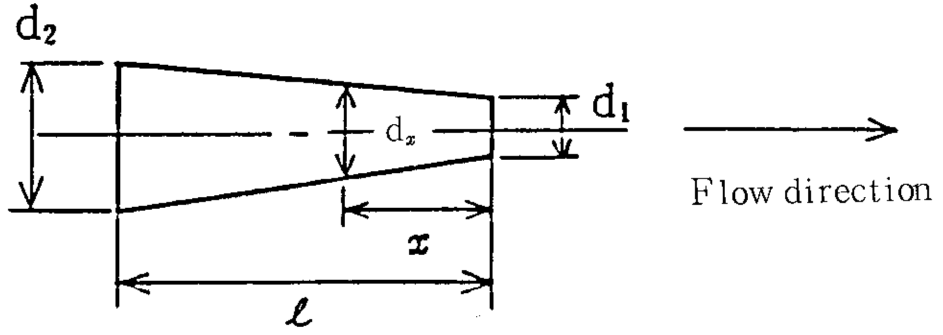


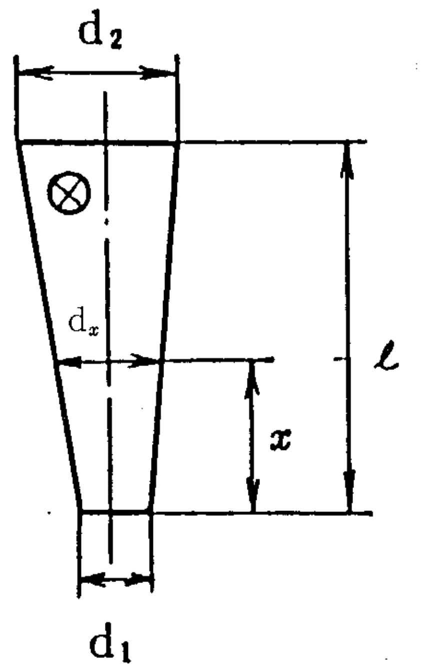
Fig. 2.5 Leak flow loss coefficient vs difference of crossing level at hot plenum blocks



Equivalent gap

$$deq = \sqrt[3]{\frac{2d_1^2 \cdot d_2^2}{d_1 + d_2}}$$

(a) Gap changes along with the flow direction

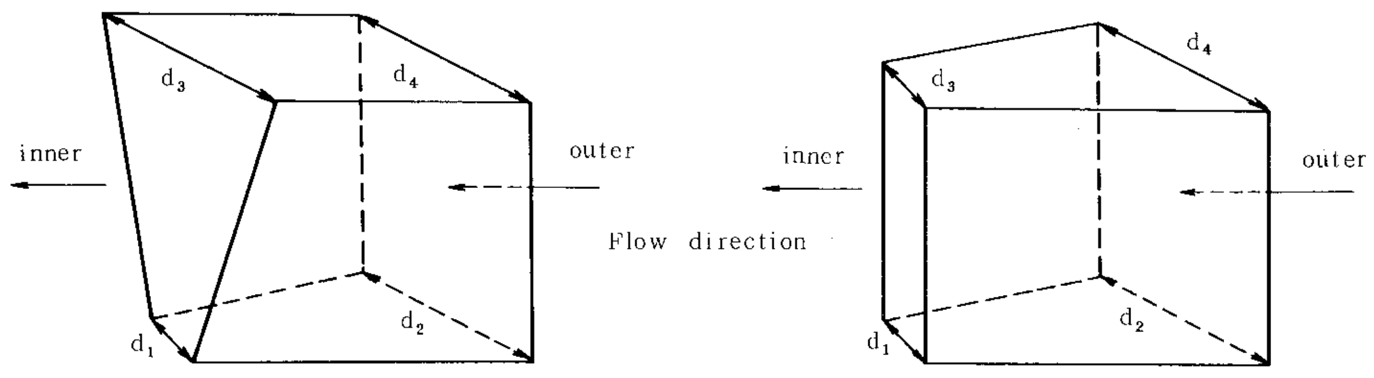


Equivalent gap

$$deq = \sqrt[3]{\frac{1}{4}(d_1^2 + d_2^2)(d_1 + d_2)}$$

(b) Gap changes across the flow direction

Fig. 2.6 The calculation method of equivalent gap between permanent reflectors



$d_1 = 0.05$ mm (Contact)
$d_2 = d'_3 = d'_4$
$d_3 = d'_3 + \delta_T$
$d_4 = d'_4 + \delta_T$

(a) One point contact mode

$d_1 = d_3 = 0.05$ mm (Contact)
$d'_2 = d'_4$
$d'_2 = d_4 = d'_2 + \delta_T$

(b) Two points contact mode

Fig. 2.7 Gap shape between permanent reflectors (δ_T is thermal deformation gap, $d'_2 \sim d'_4$ are manufacture and installation tolerance)

3. 解析結果及び考察

3.1 解析結果

36本型及び18本型燃料体を使用した炉心の有効流量割合をそれぞれTable 2.2及びTable 2.3に示す。解析データのうち固定反射体のシール部くい違い段差，ギャップ量及び高温プレナムブロックのシール部くい違い段差等に関しては基準炉心Aの半分の値を使用すると，基準炉心C及び参考炉心Cに示すように有効有量割合がそれぞれ90.9％有び89.6％となる。これらの炉心では，基準炉心A及び参考炉心Aに比べて有効流量割合がそれぞれ約6.3％及び約8.3％増加する。物性値誤差や温度見積り誤差として詳細設計(II)の半分の値を用いると，基準炉心D及び参考炉心Dに示すように有効流量割合がそれぞれ89.8％及び88.2％となる。これらの炉心では基準炉心A及び参考炉心Aに比べて有効流量割合がそれぞれ約3.2％及び6.9％増加する。36本型燃料体使用時の流量配分及び圧力分布をFig. 3.1～Fig. 3.13に示し，18本型燃料体使用時の流量配分及び圧力分布をFig. 3.14～Fig. 3.26に示す。

次に基準炉心Aに着目して各解析データをパラメータとした場合の有効流量割合をTable 2.4に示す。有効流量割合に対し，感度の高い項目は，クロス流れ係数比（Rc），固定反射体面間ギャップ量などであり，現設計（R1設計）ベースで比較的感度の低い項目は高温プレナムブロックのシール要素のシール性能及びギャップ量，上部遮蔽体ギャップ量，固定反射体シール要素のシール性能などである。また基準炉心A及び参考炉心Aに関しRcだけを変化させた場合の有効流量割合とRcの関係をFig.3.27に示す。基準炉心（36本型燃料本体使用の炉心）ではRcが1から1/40になると有効流量割合が87.7％から84.6％へ低下する。

基準炉心Aと参考炉心Aに着目し，固定反射体ブロック面間ギャップ量を変化させた場合の有効流量割合をFig. 3.28に示す。等価ギャッ量が増加すると漏れ流量が増加し，有効流量割合が減少する。基準炉心（36本型燃料体使用の炉心）の有効流量割合は，等価ギャップ量が0.32，0.2，0.16，0.1㎜で，それぞれ84.6％，87.8％，88.5％，89.2％である。

製作据付公差を詳細設計II設定値の半分の値とすれば，固定反射体ブロック面間の最大の等価ギャップ量は約0.2㎜，より現実的な等価ギャップ量（混合接触条件における値）は0.16㎜である。このため，これらに対応する有効流量割合は，基準炉心A（等価ギャップ量が0.32㎜の炉心）に比べて，それぞれ3.2％，3.9％増加する。

3.2 考　察

炉心有効流量は，クロス流れの抵抗（クロス流れ係数）や固定反射体，高温プレナムブロック等の隙間を通る流れの抵抗（シール性能）などのパラメータに大きく影響されることは，これまでの実験炉設計から明らかになっている。しかし，これらのパラメータに対する炉心有効流量の感度は，炉心圧力損失あるいは炉心内の圧力分布と密接な関係があり，炉心・燃料体諸

元あるいは各漏れ流れ間の抵抗のバランスにより異ってくる。以下に本検討炉心におけるパラメータの感度を，他のパラメータとの相互関係を踏まえ，定性的に評価した結果を示す。

(1) クロス流れ係数

Fig. 2.27 に示すように，クロス流れ係数が十分大きい場合（はめ合い部ギャップ量が 0.1 mmに近い場合）は，有効流量に対する感度は比較的低下する傾向にあるが，クロス流れ係数が低下すればするほど有効流量低下の度合は大きくなる。現設計段階で見積られているインロー型燃料体のクロス流れ係数比（Rc が 10^{-2} オーダ）では感度が高い。

(2) 固定反射体シール性能

Table 3.1 に解析ケースＰＳ６とＰＳ７との固定反射体シール部（面間ギャップ＋キータイプシール）での分担差圧の一例を示す。同表より固定反射体のシール性能は，シール要素による流動抵抗よりも面間抵抗の方が支配的であることがわかる。以上より固定反射体シール要素のシール性能は，面間抵抗に比べて有効流量に対する感度が低い。シール性能についてはシール要素のシール性能の向上よりもむしろシール要素間継目の漏れ流れを抑えることが重要である。

(3) 高温プレナムブロック

高温プレナムブロックシール性能の感度が比較的低い理由は，上部遮蔽体間のシール性能が十分大きいことにより（等価ギャップ量で 0.4 mm程度），高温プレナムブロックにかかる差圧が相対的に低くなるためと考えられる。従って上部遮蔽体あるいはカラム間ギャップの流動抵抗が低下した場合，炉心有効流量に対する感度は高くなることが予想される。

(4) 上部遮蔽体間ギャップ

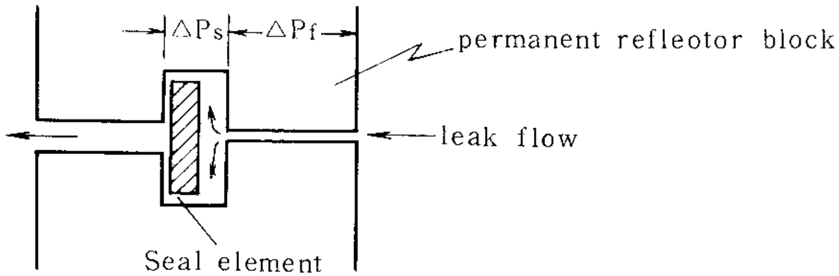
本解析で上部遮蔽体間ギャップの炉心有効流量に対する感度が低い原因は以下の通りである。上部遮蔽体間シール性能が現設計ベース以上に良くなれば，カラム間ギャップへの流量の供給源として上部遮蔽体間より流入する流量が減少する反面，炉心上部の燃料チャンネル，すなわちカラム間ギャップより圧力が高い領域の燃料チャンネルからカラム間ギャップへのクロス流れが増加するため炉心有効量に対する感度が低くなると考えられる。

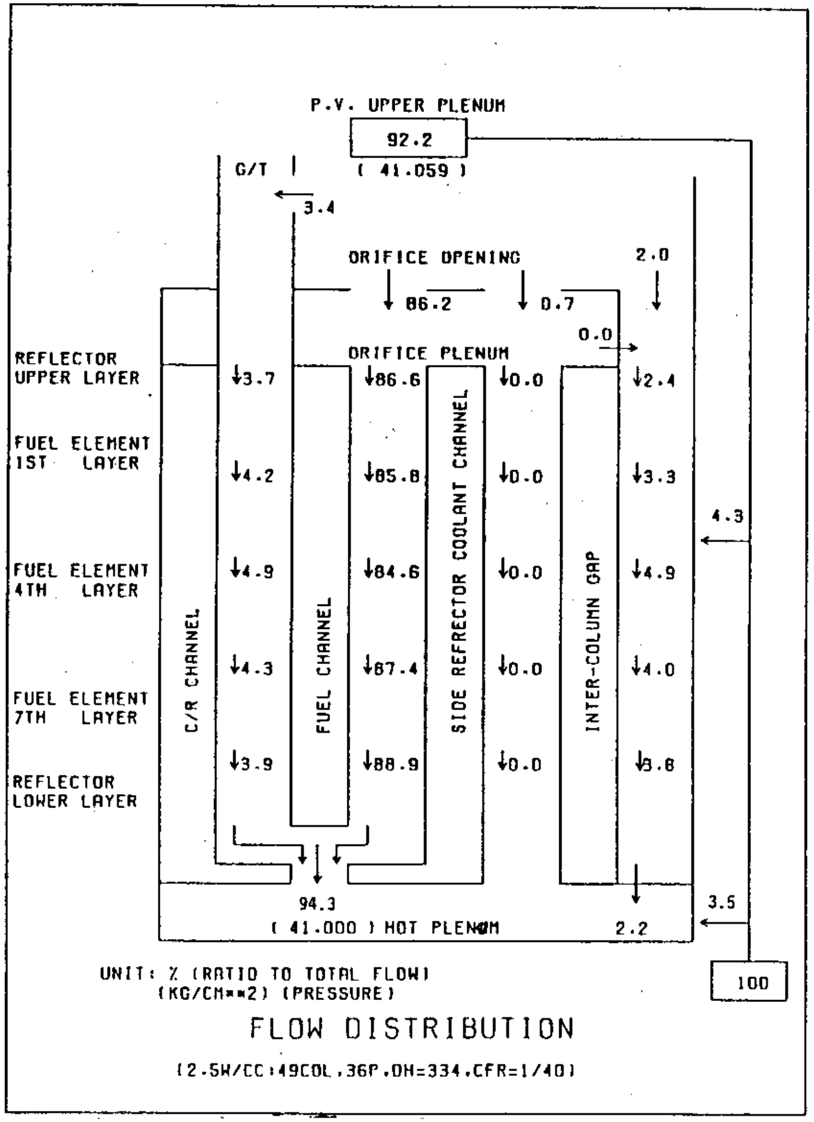
但し，上部遮蔽体間ギャップが現設計ベースより増加した場合，炉心有効流量が大幅に減少することが確認されている。[1]

Table 3.1 Pressure difference along with leak flow path of permanent reflectors

Analysis case	Amalysis condifhon	Pressure difference (kg/cm^2)	
		at seal element ΔPs	at narrow gap ΔPf
P S 6	See Table 2.4	1.23×10^{-3}	6.21×10^{-1}
P S 7	See Table 2.4	8.9×10^{-4}	6.25×10^{-1}

Cross section of permanent reflector block with seal elements





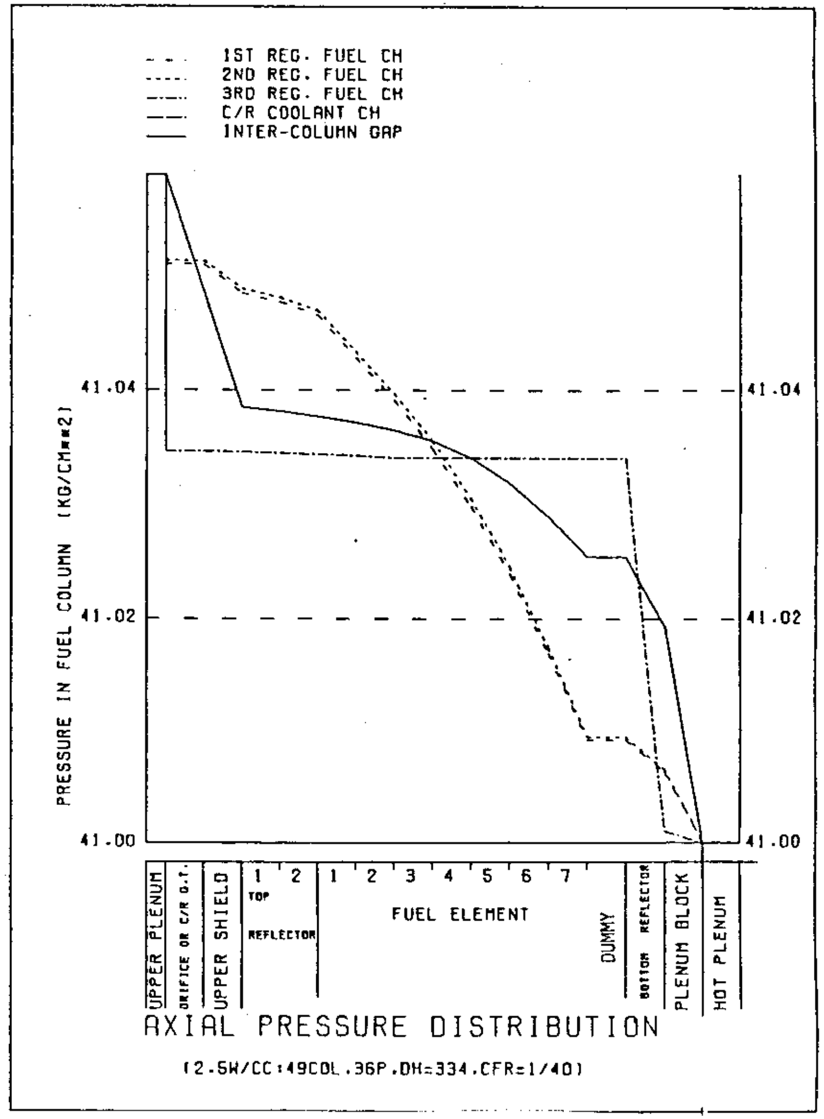


Fig. 3.1 Flow and pressure distribution in VHTR−S1 (standard core design A) reactor core

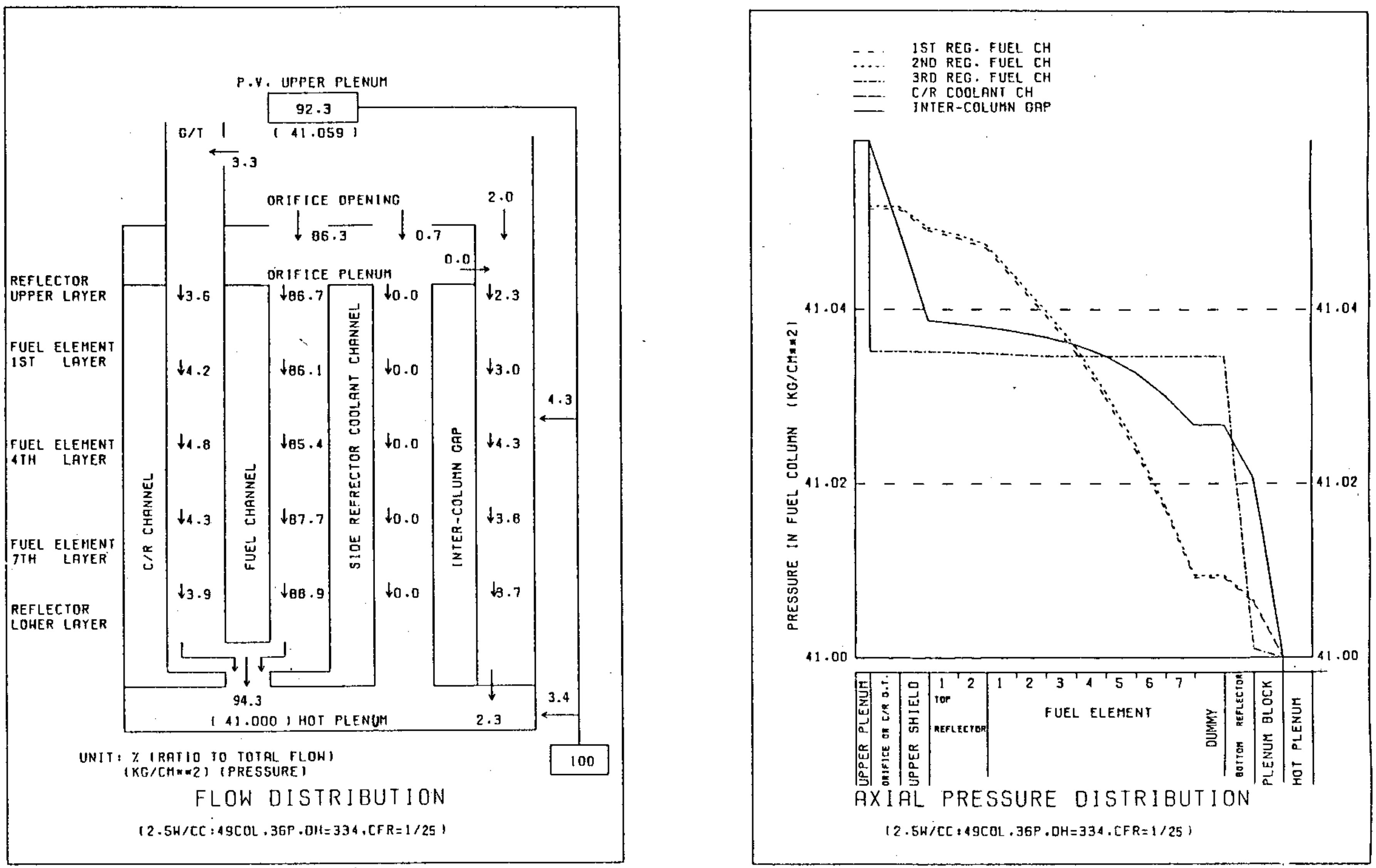
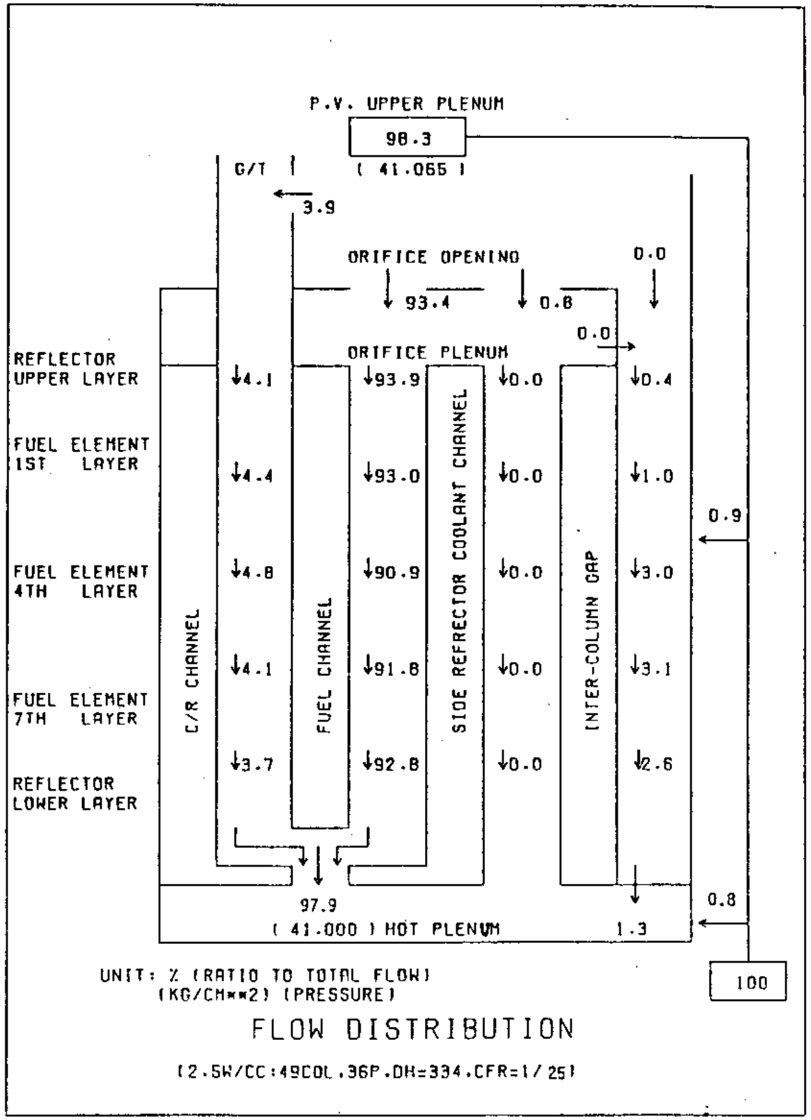


Fig. 3.2 Flow and pressure distribution in VHTR-S 2 (standard core design B) reactor core



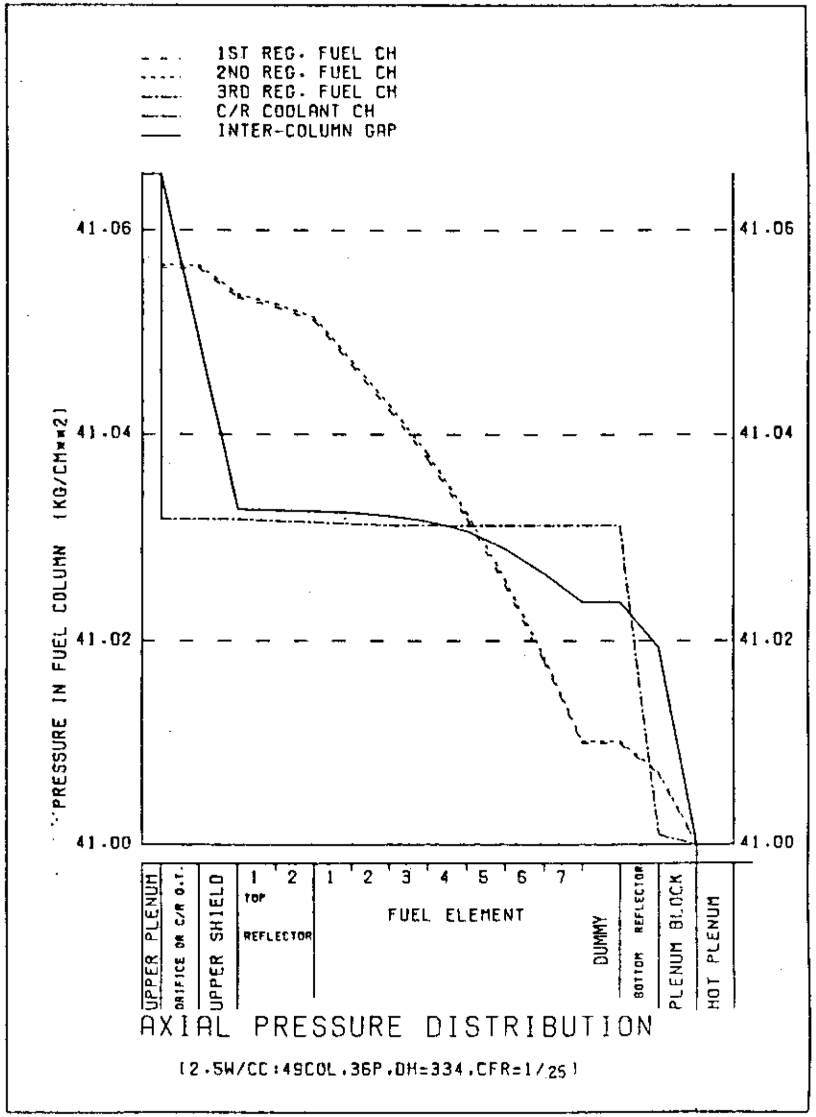
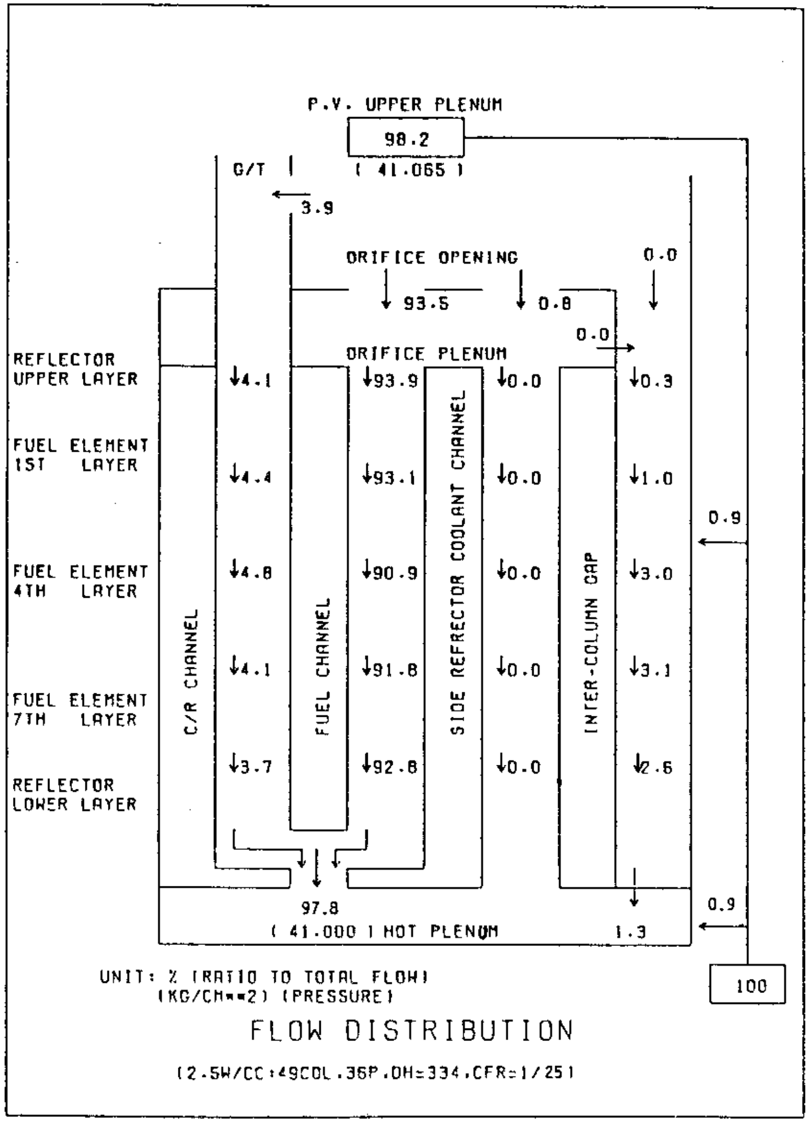


Fig. 3.3 Flow and pressure distribution in VHTR-S 3 (standard core design C) reactor core



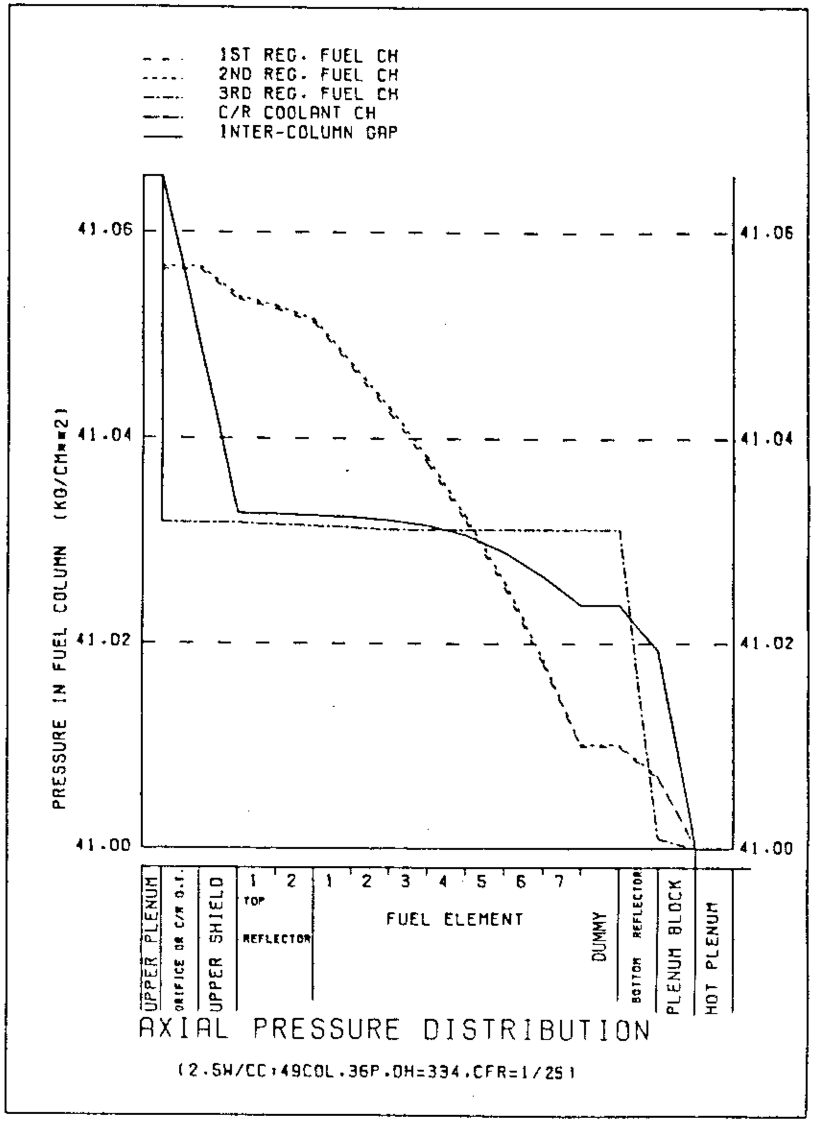
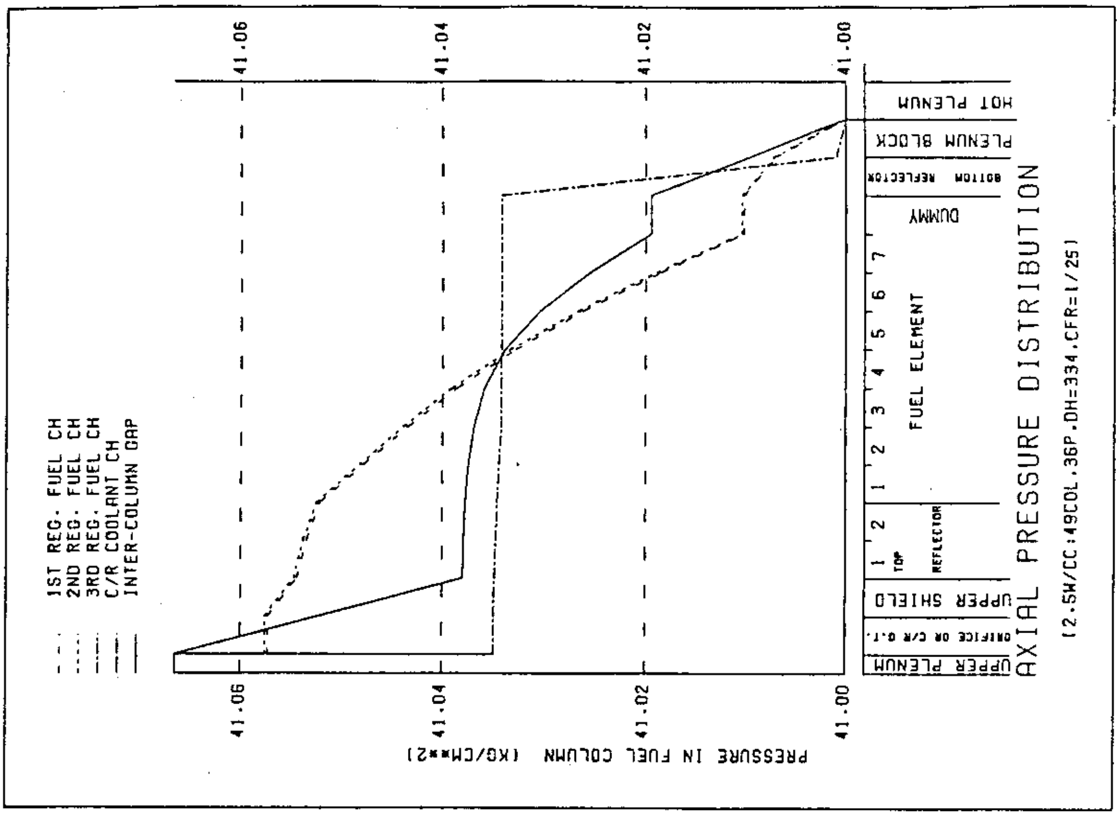


Fig. 3.4 Flow and pressure distribution in VHTR-S4 reactor core



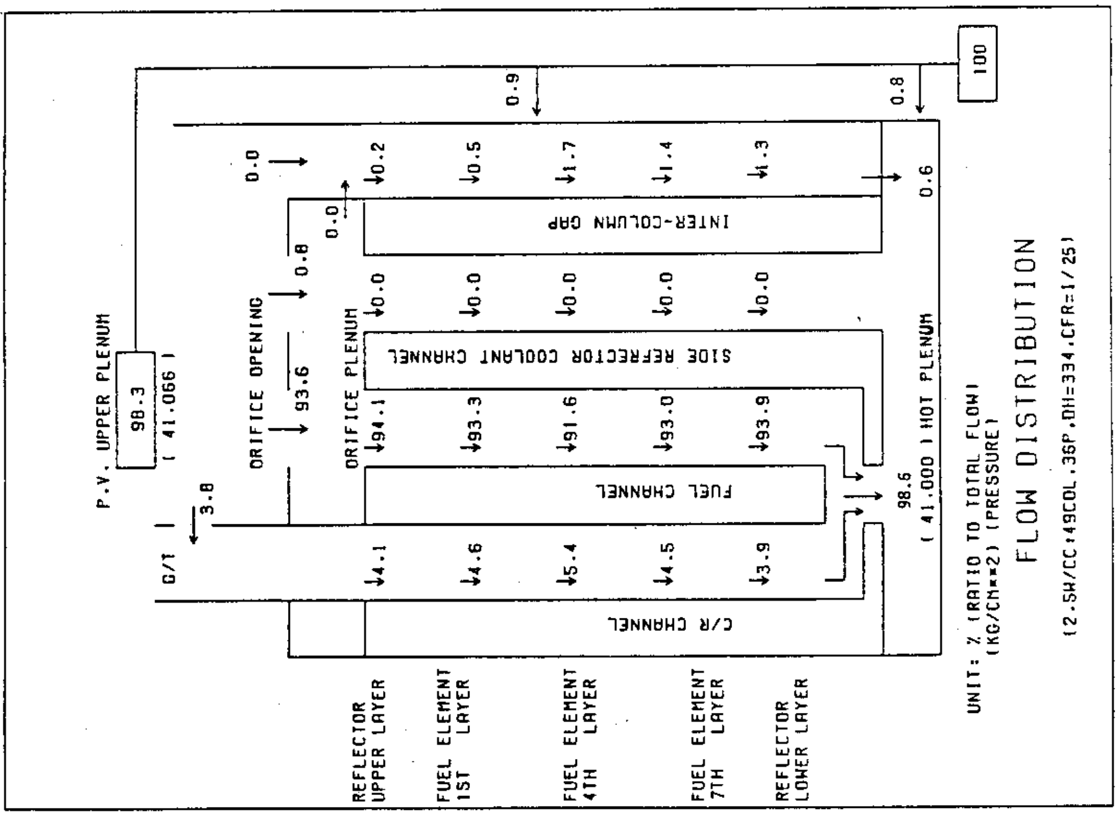
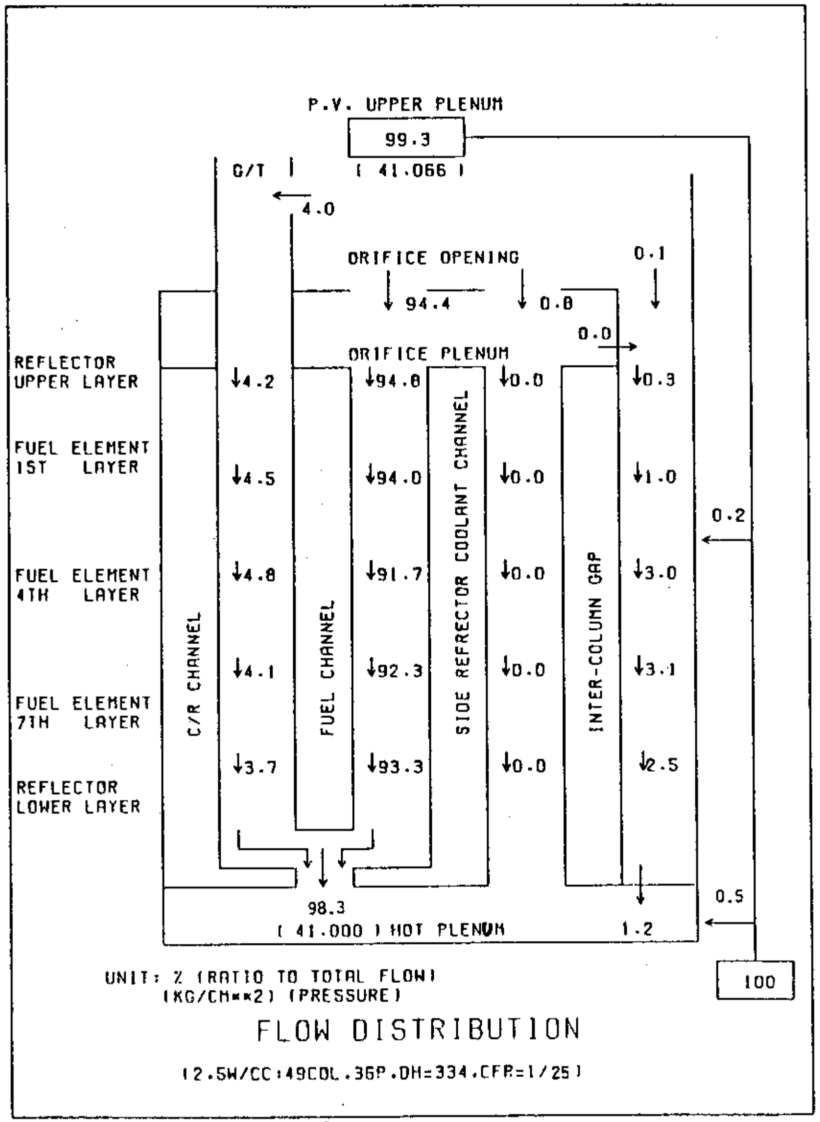


Fig. 3.5 Flow and pressure distribution in VHTR-S5 reactor core



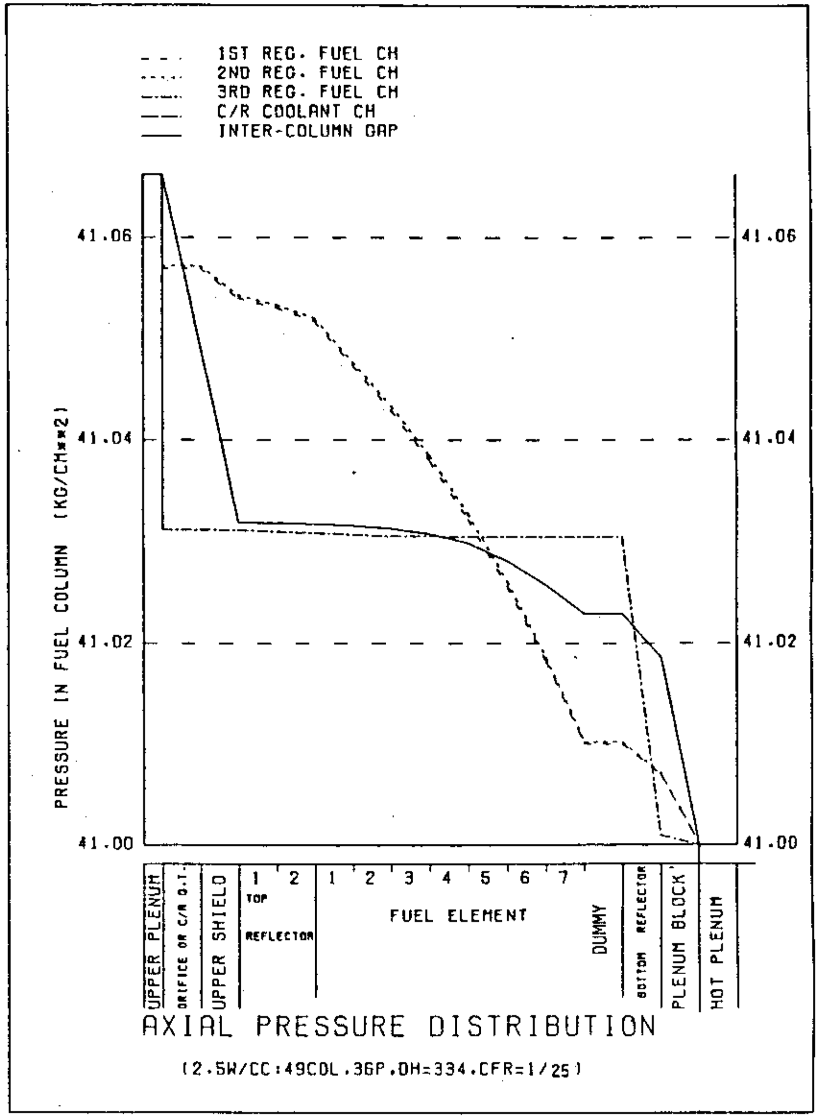
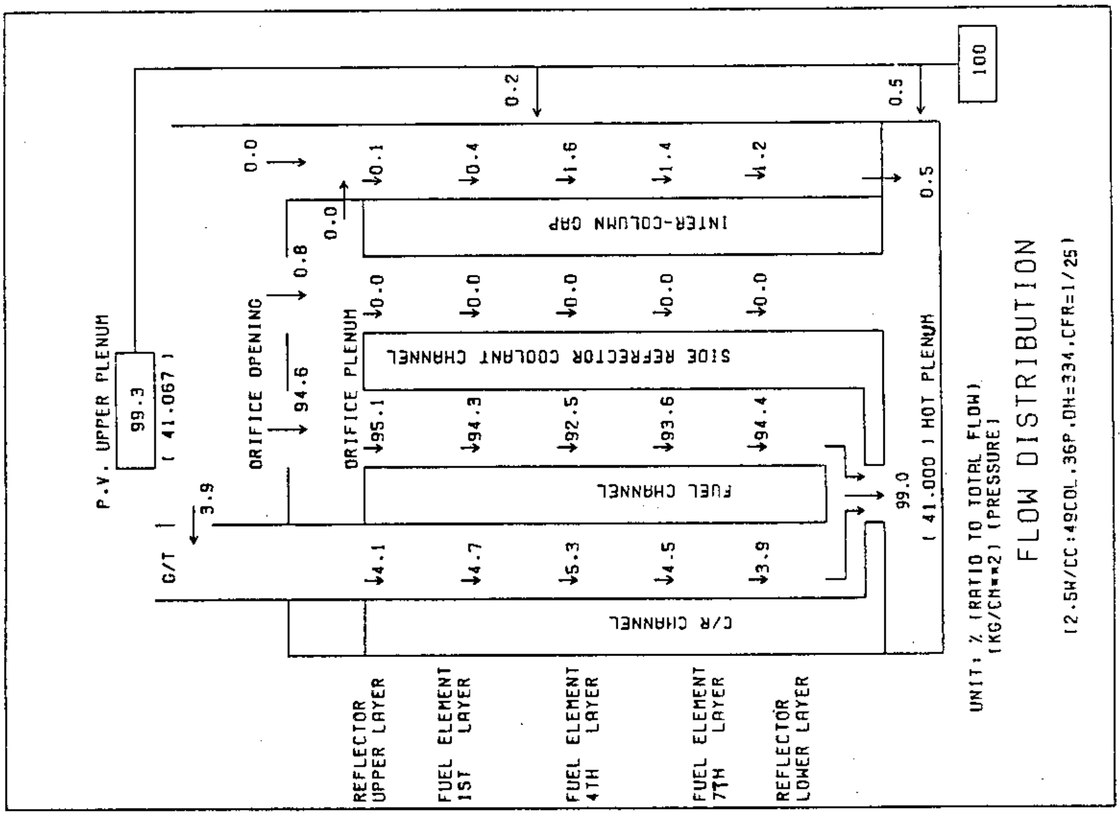


Fig. 3.6 Flow and pressure distribution in VHTR−S 6 reactor core



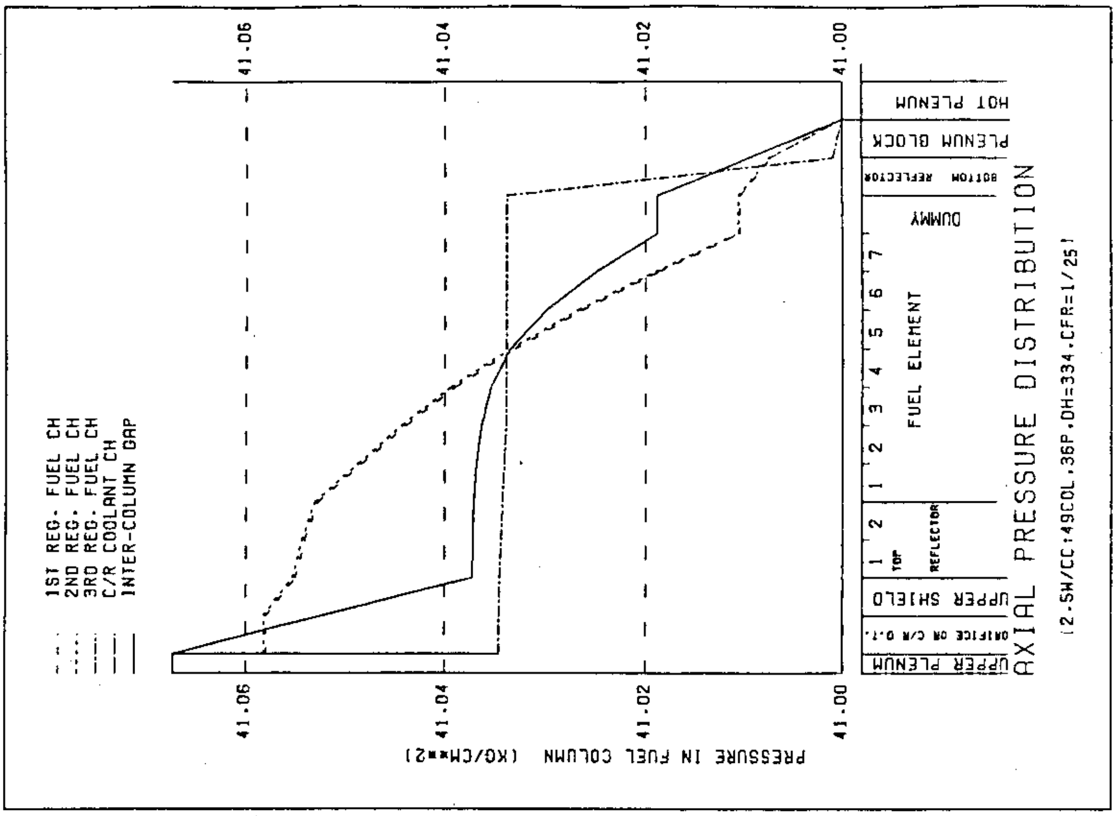
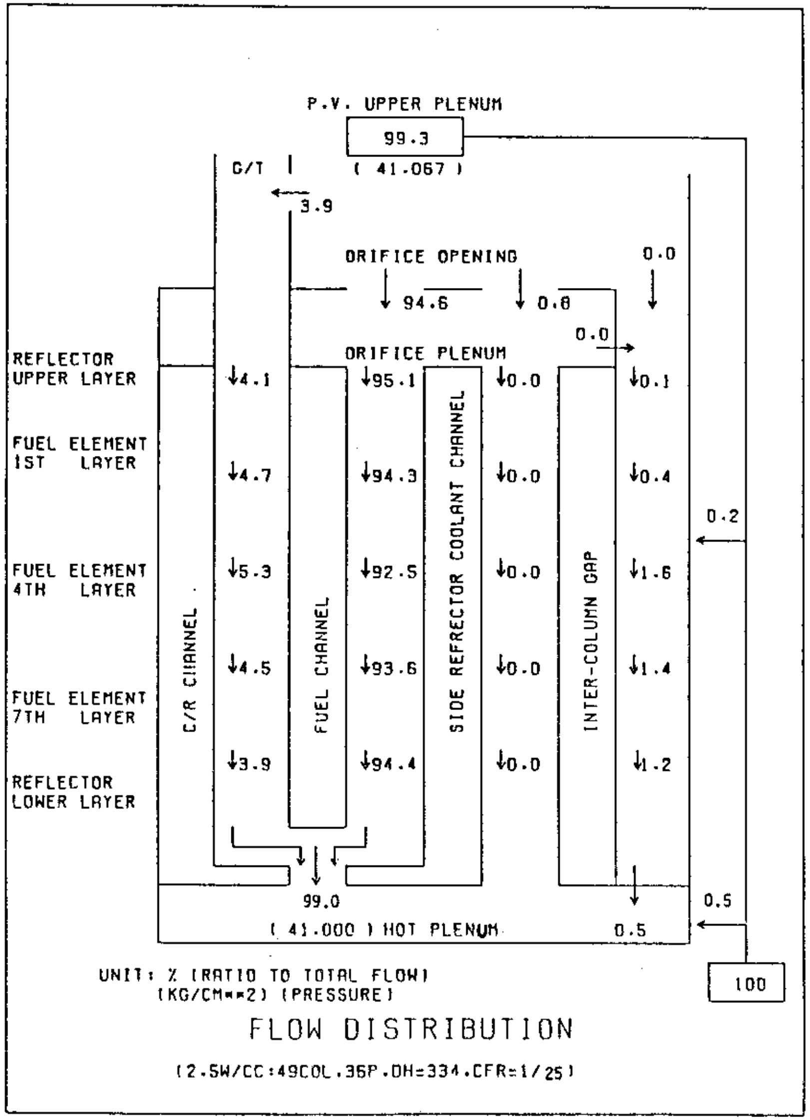


Fig. 3.7 Flow and pressure distribution in VHTR-S7 reactor core



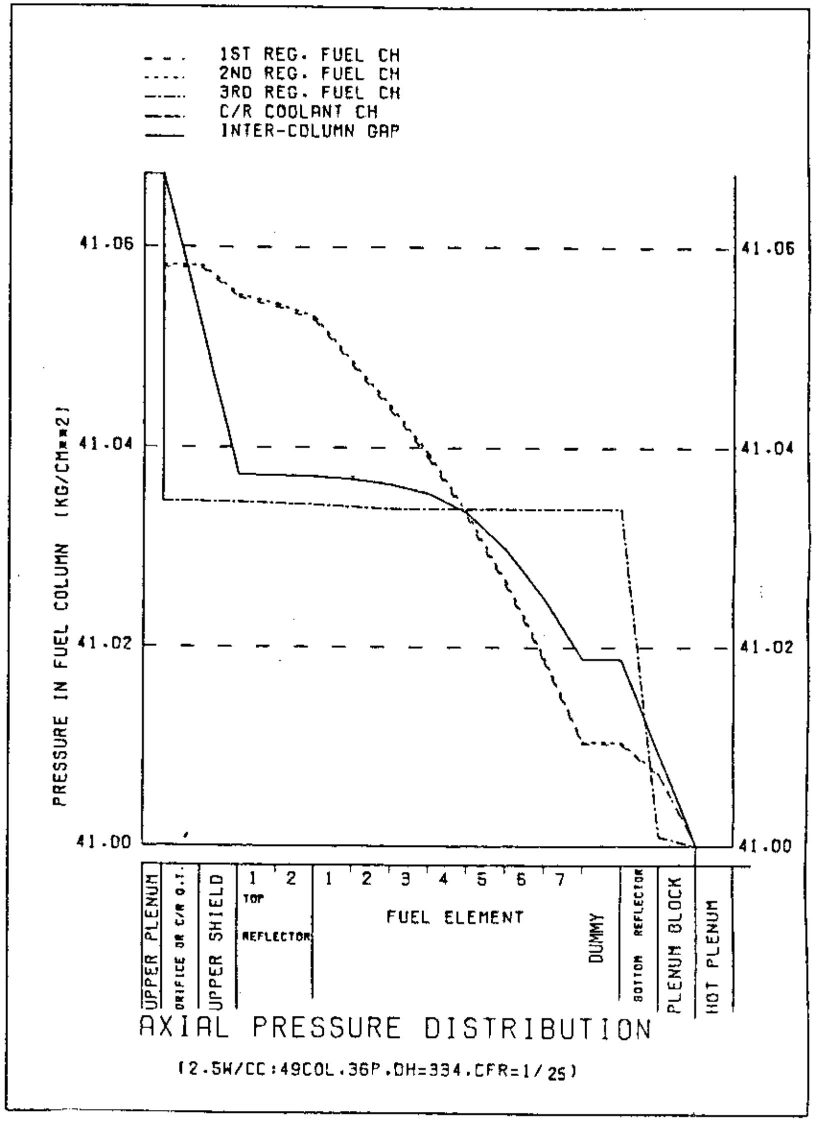


Fig. 3.8 Flow and pressure distribution in VHTR-S8 reactor core

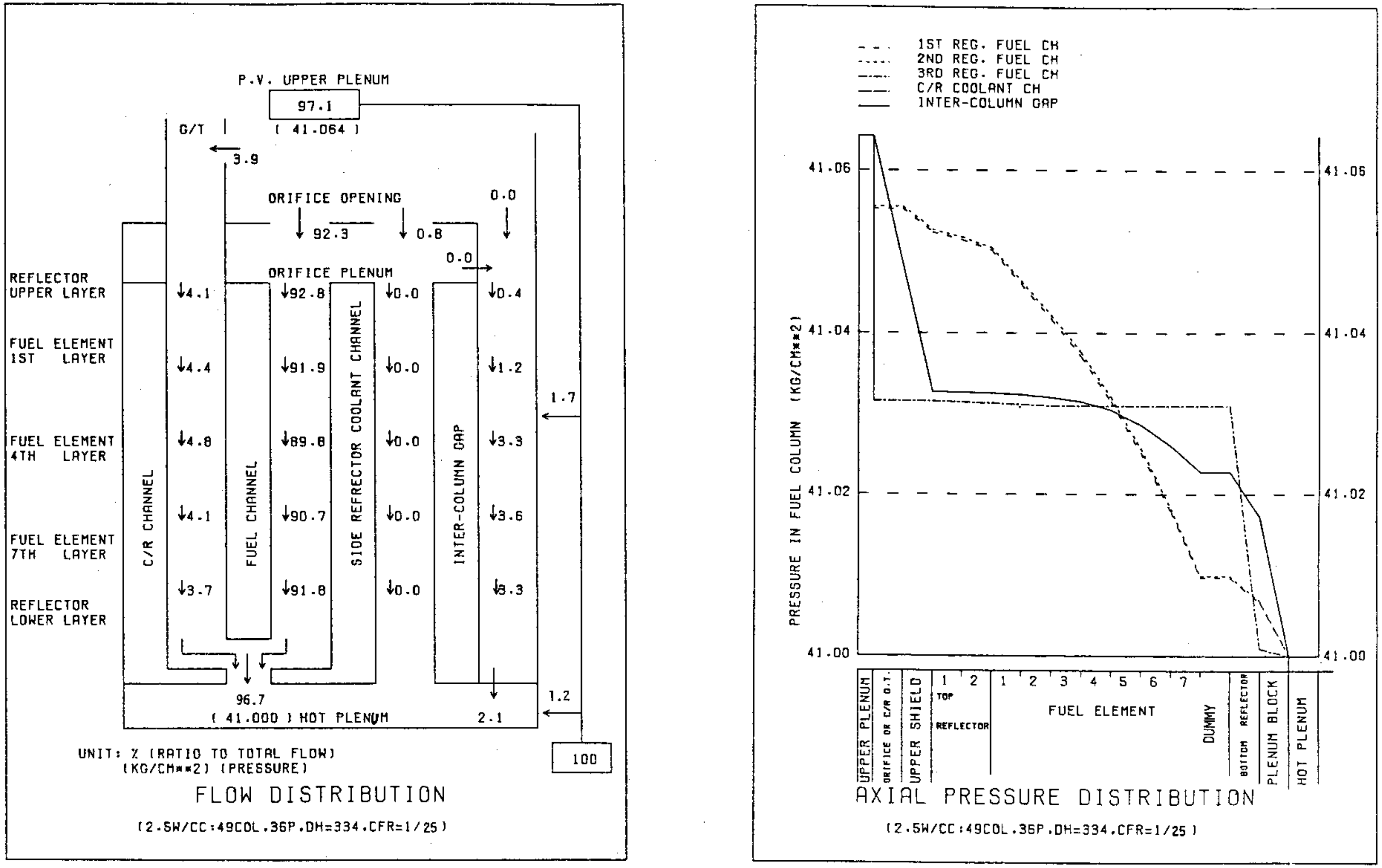
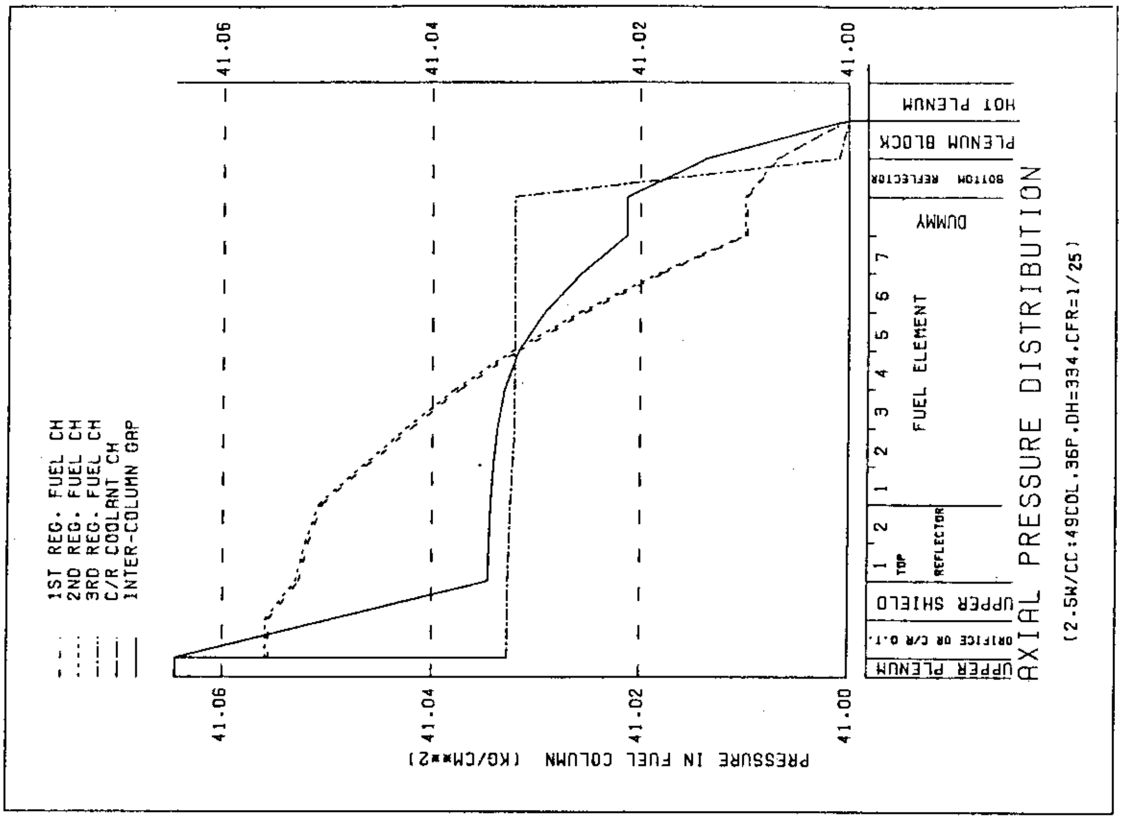


Fig. 3.9 Flow and pressure distribution in VHTR-S 9 (standard core design D) reactor core



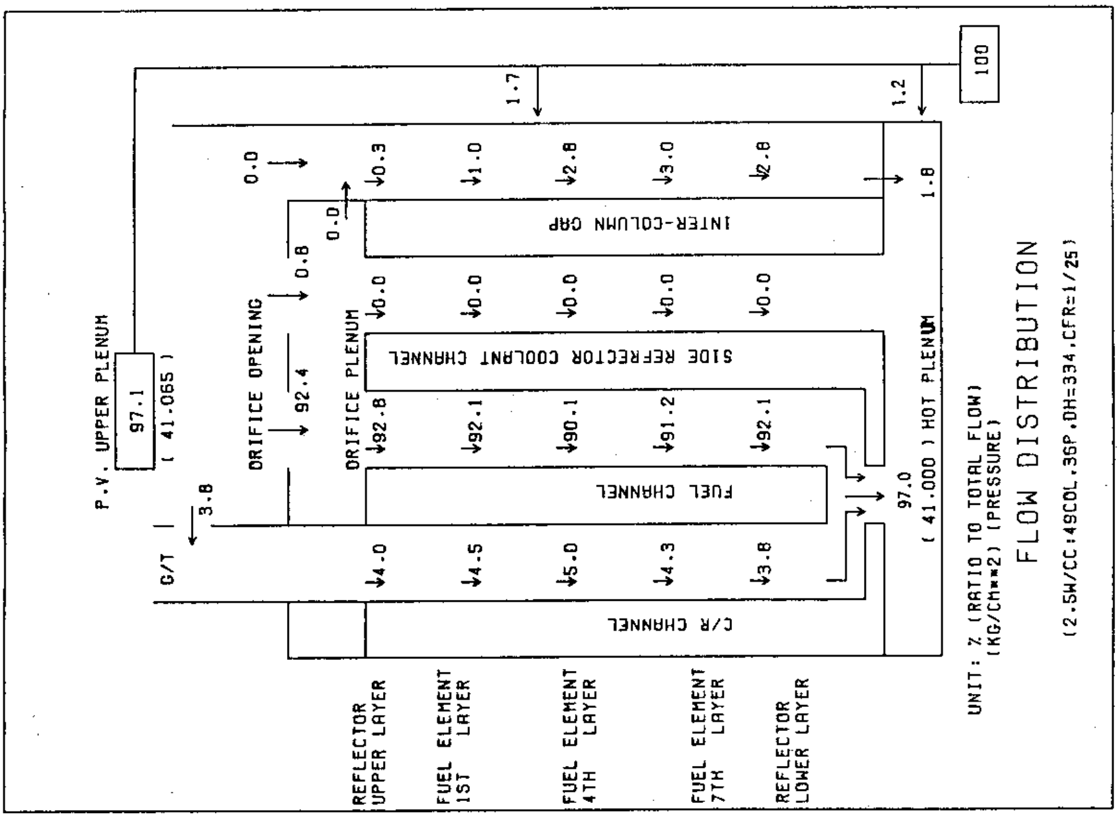
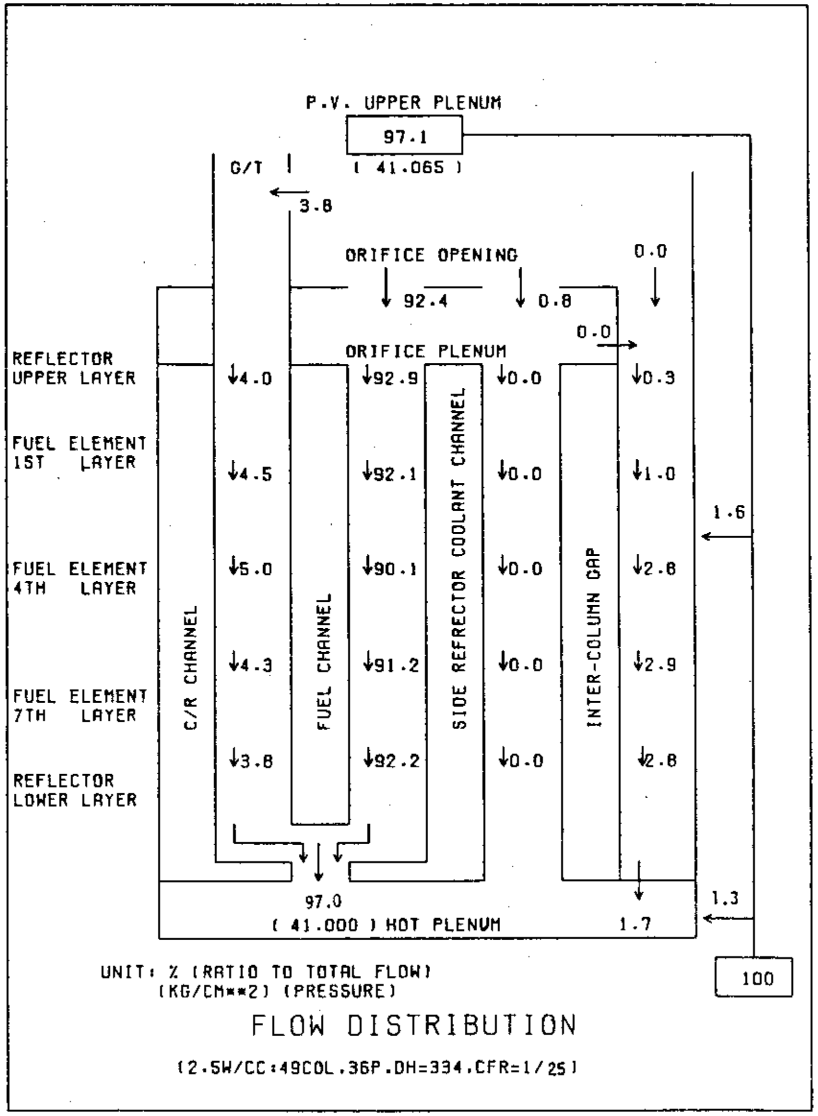


Fig. 3.10 Flow and pressure distribution in VHTR−S10 reactor core



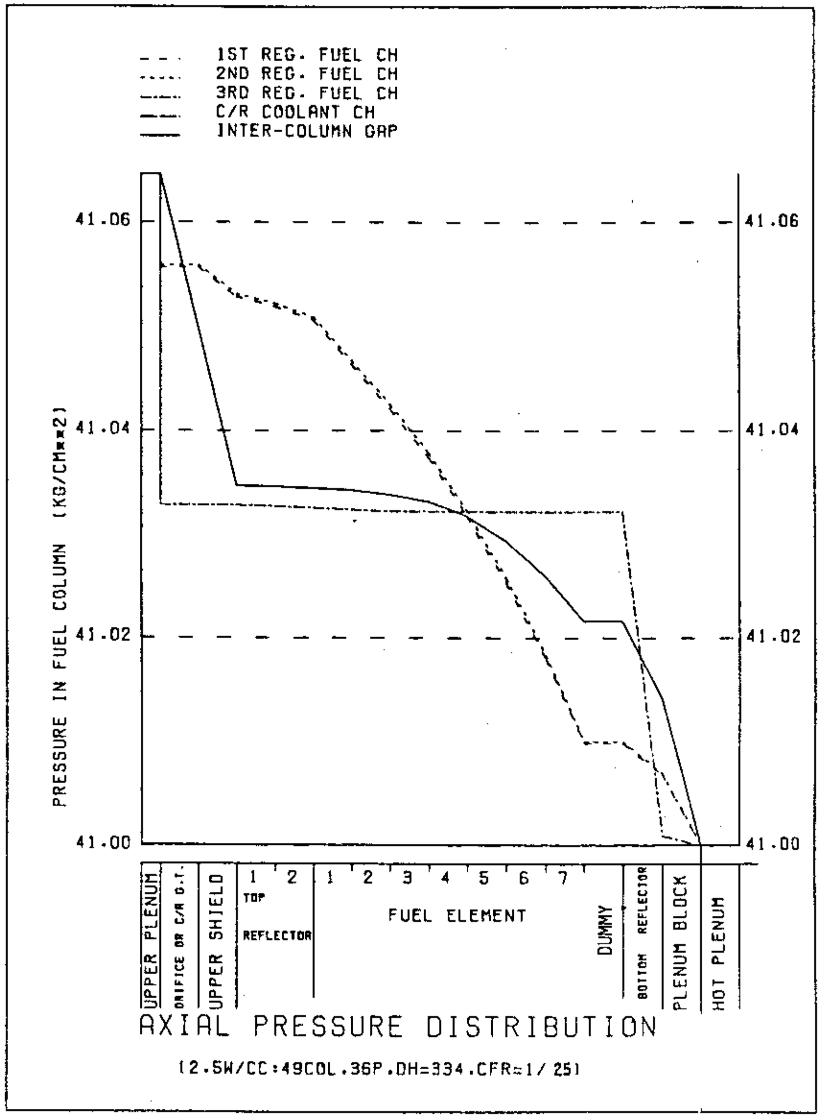


Fig. 3.11 Flow and pressure distribution in VHTR-S11 reactor core

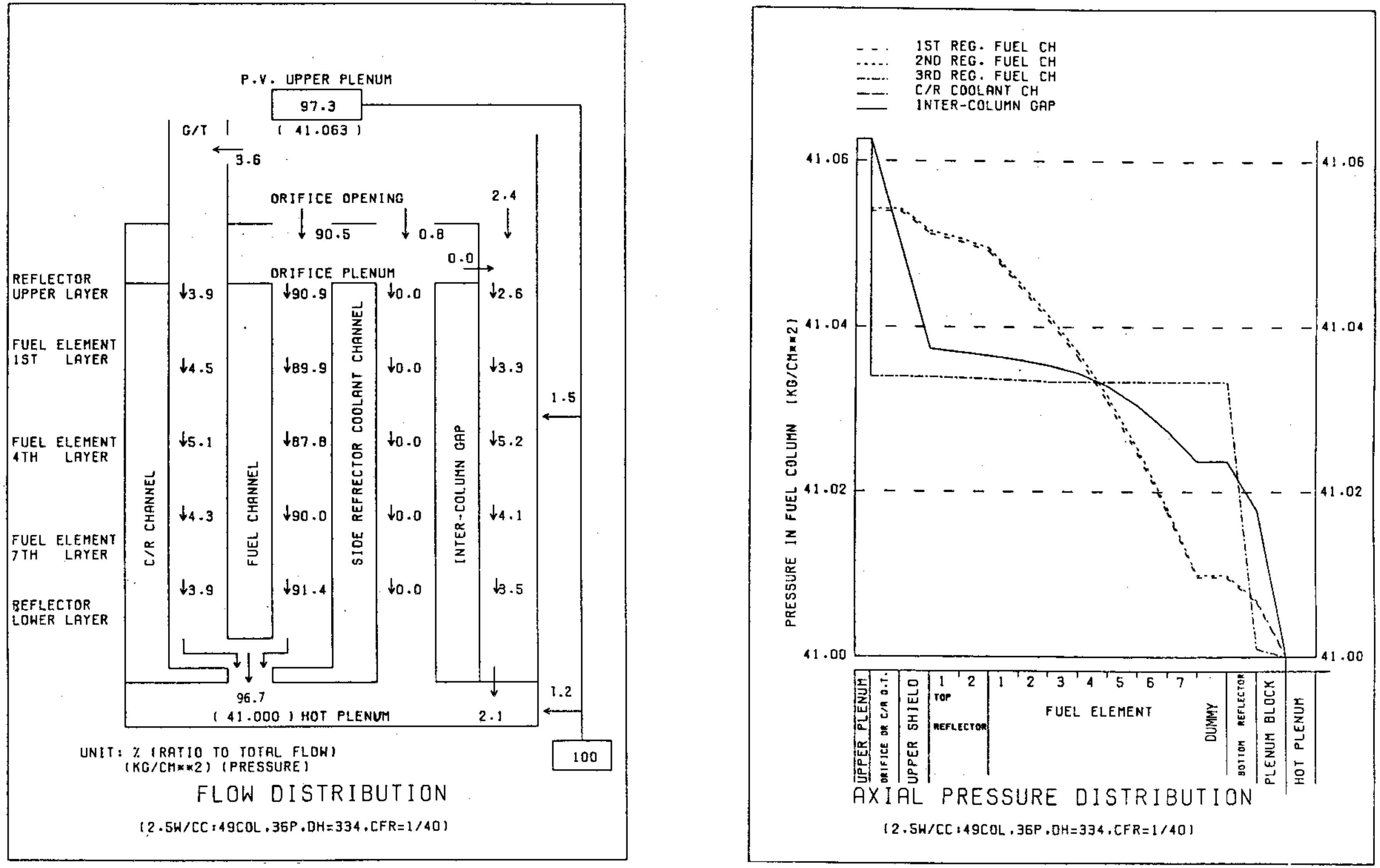
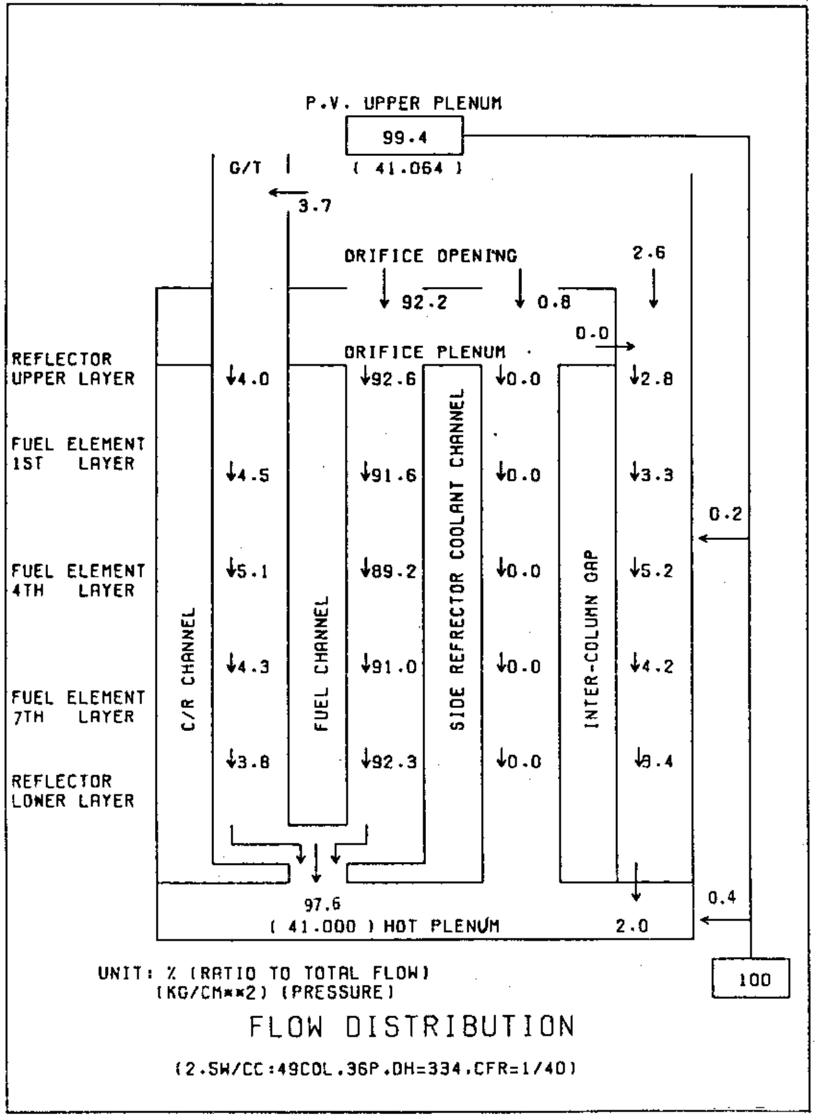


Fig. 3.12 Flow and pressure distribution in VHTR-S12 reactor core



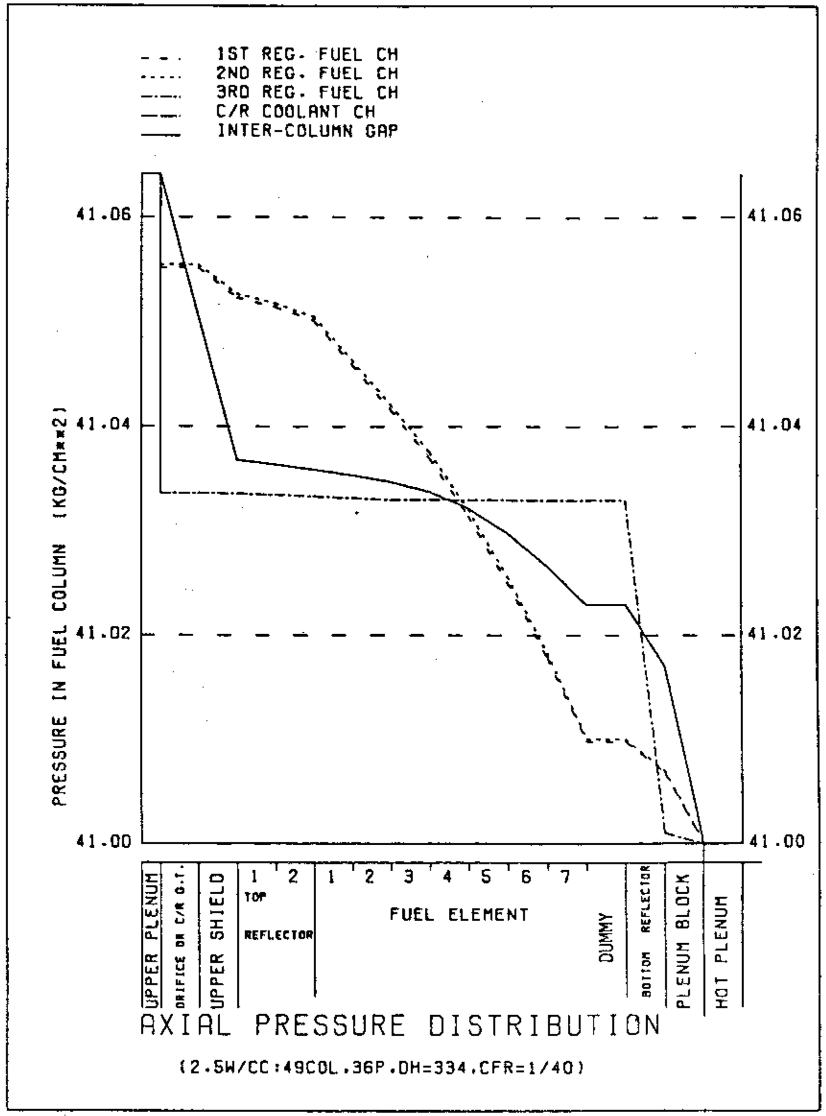
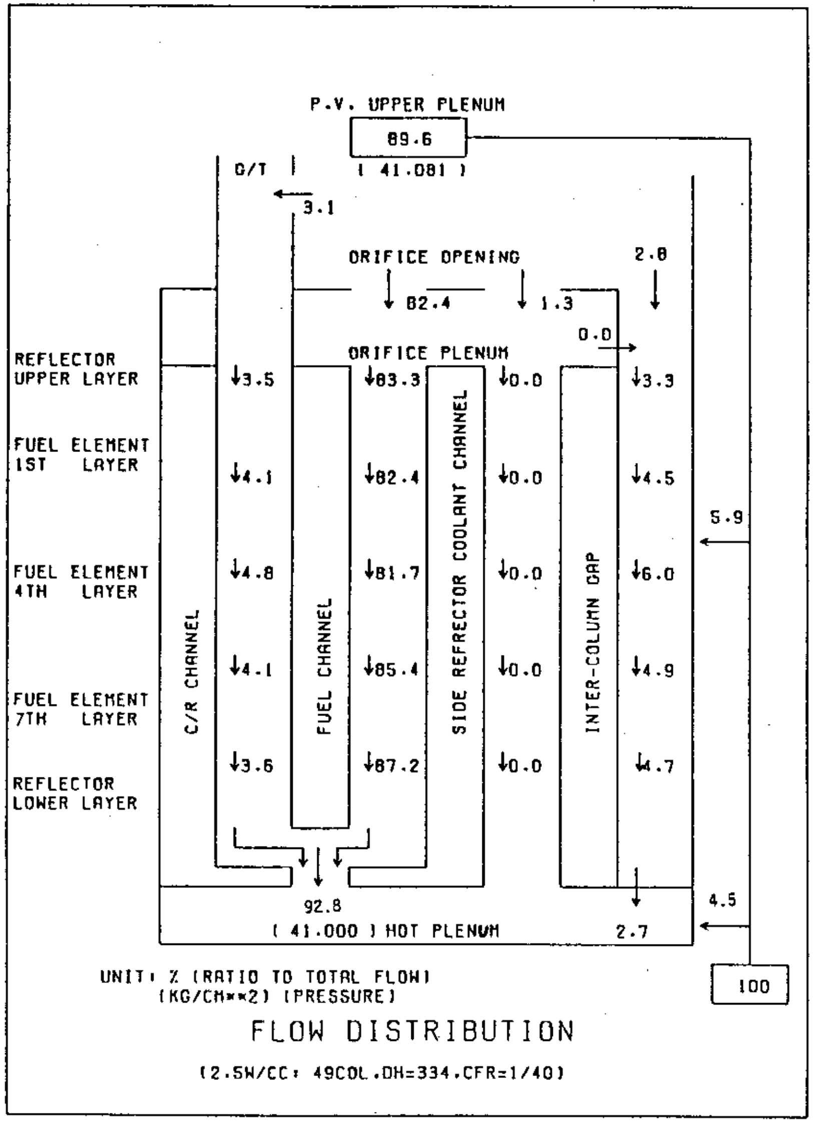


Fig. 3.13 Flow and pressure distribution in VHTR−S13 reactor core



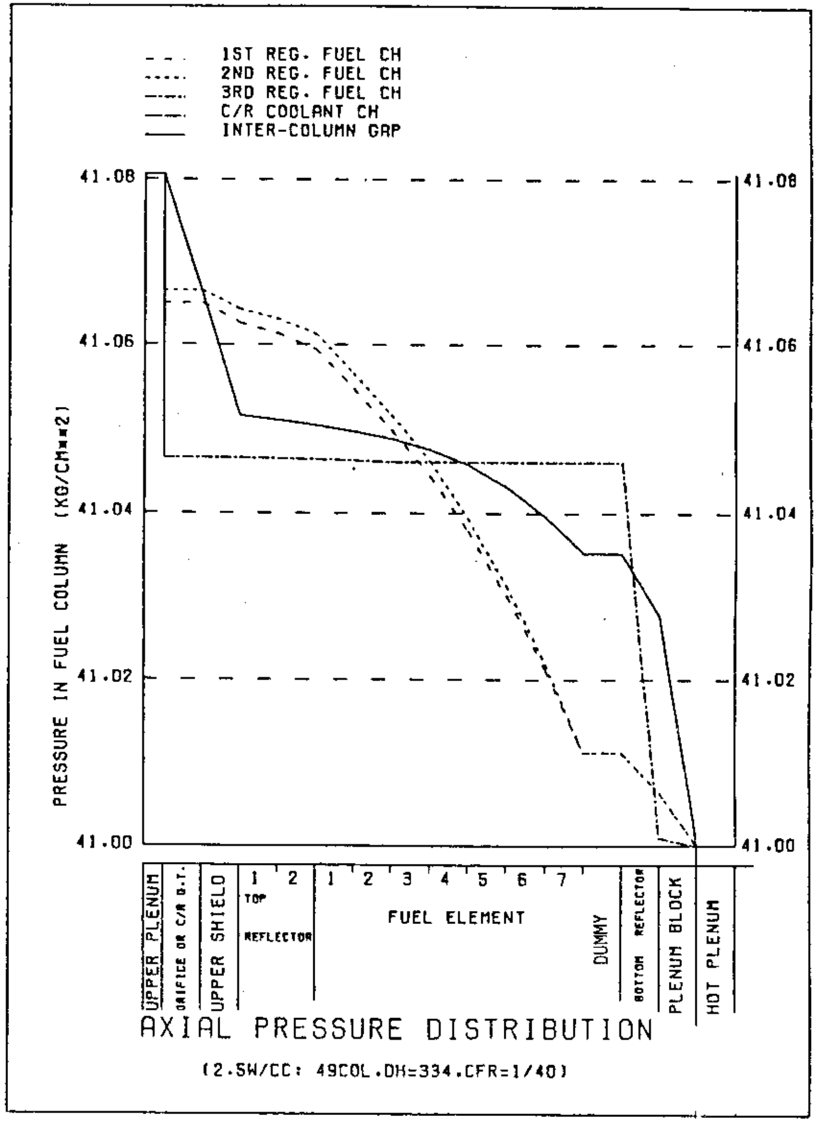


Fig. 3.14 Flow and pressure distribution in VHTR-R1 (reference core design A) reactor core

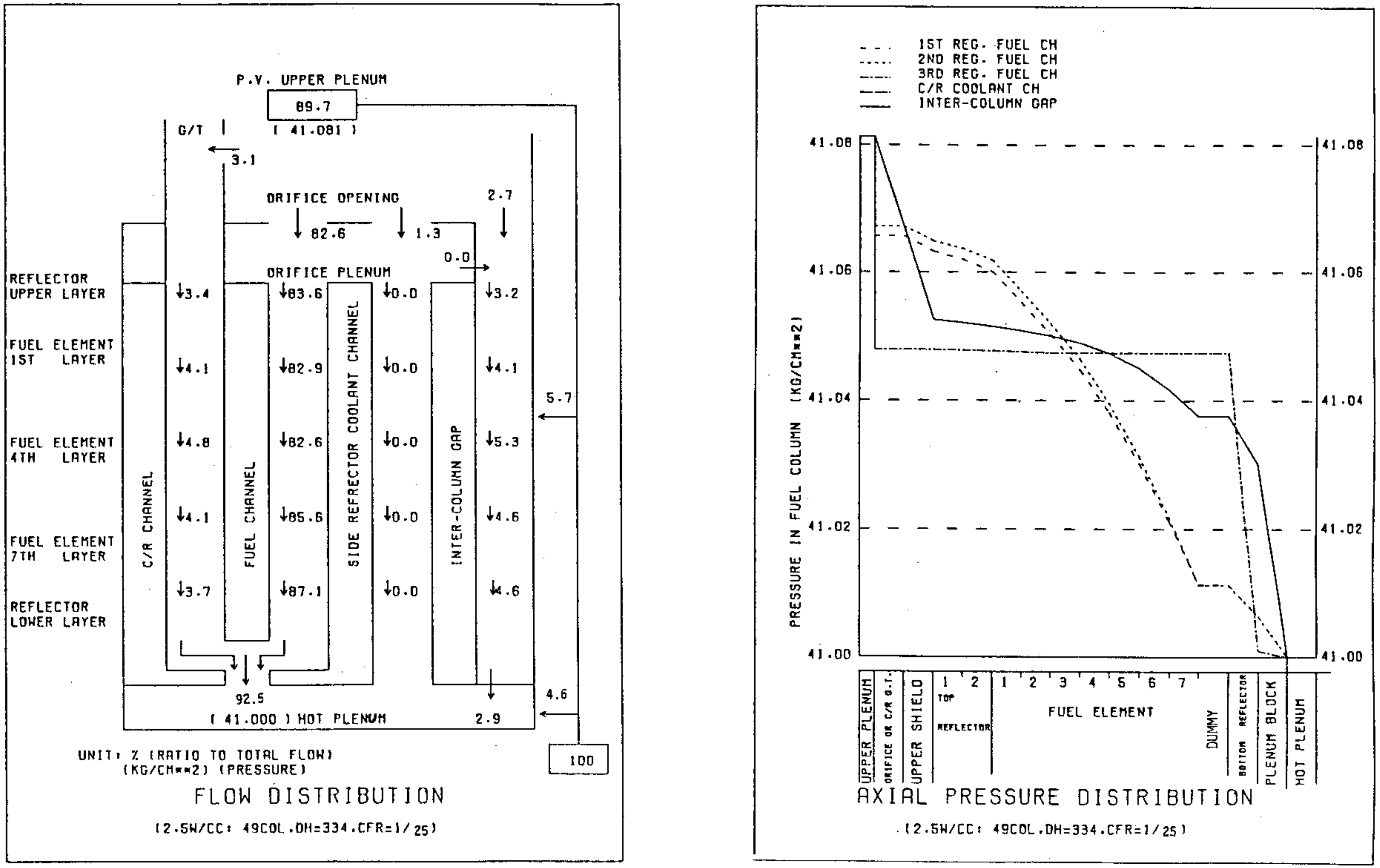
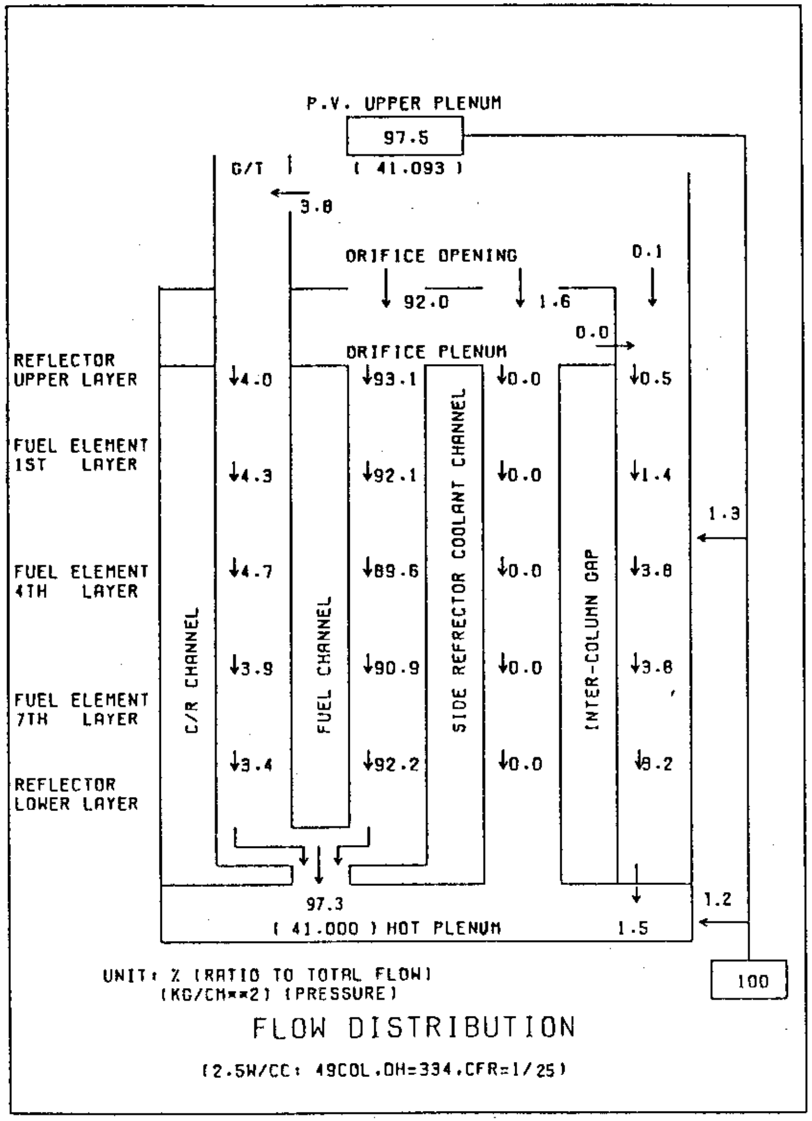


Fig. 3.15 Flow and pressure distribution in VHTR−R2 (reference core design B) reactor core



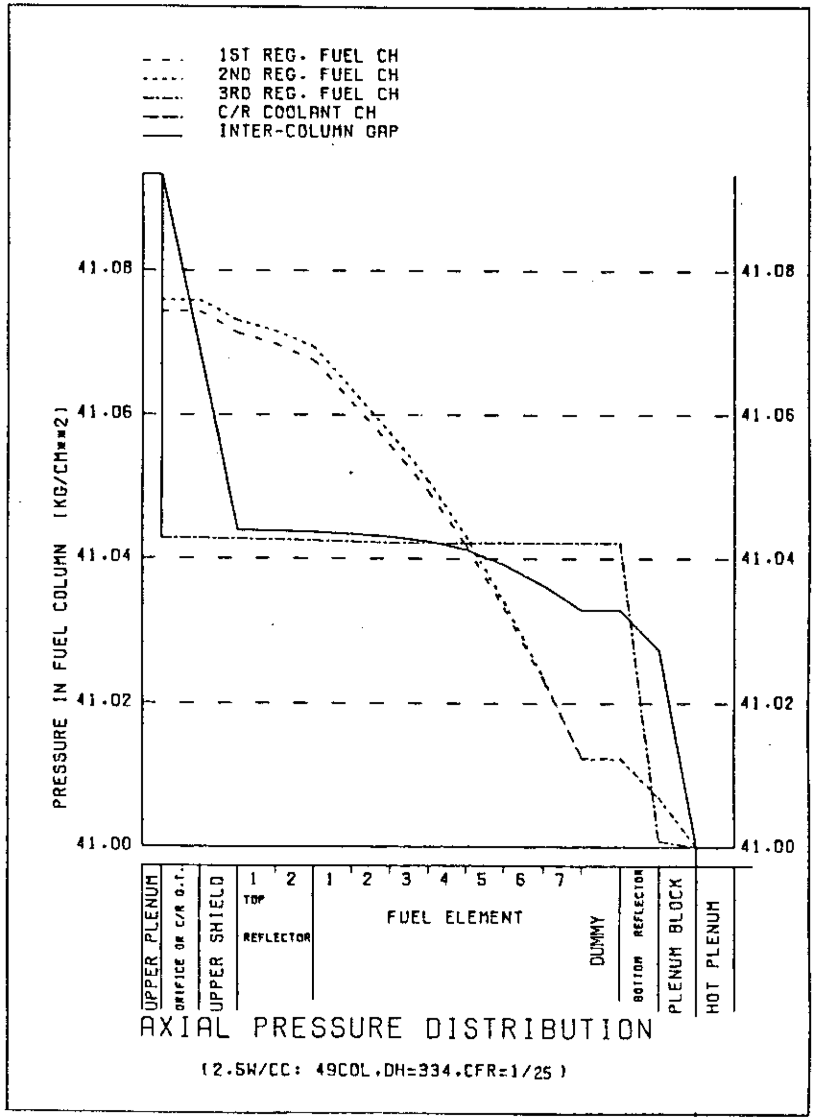
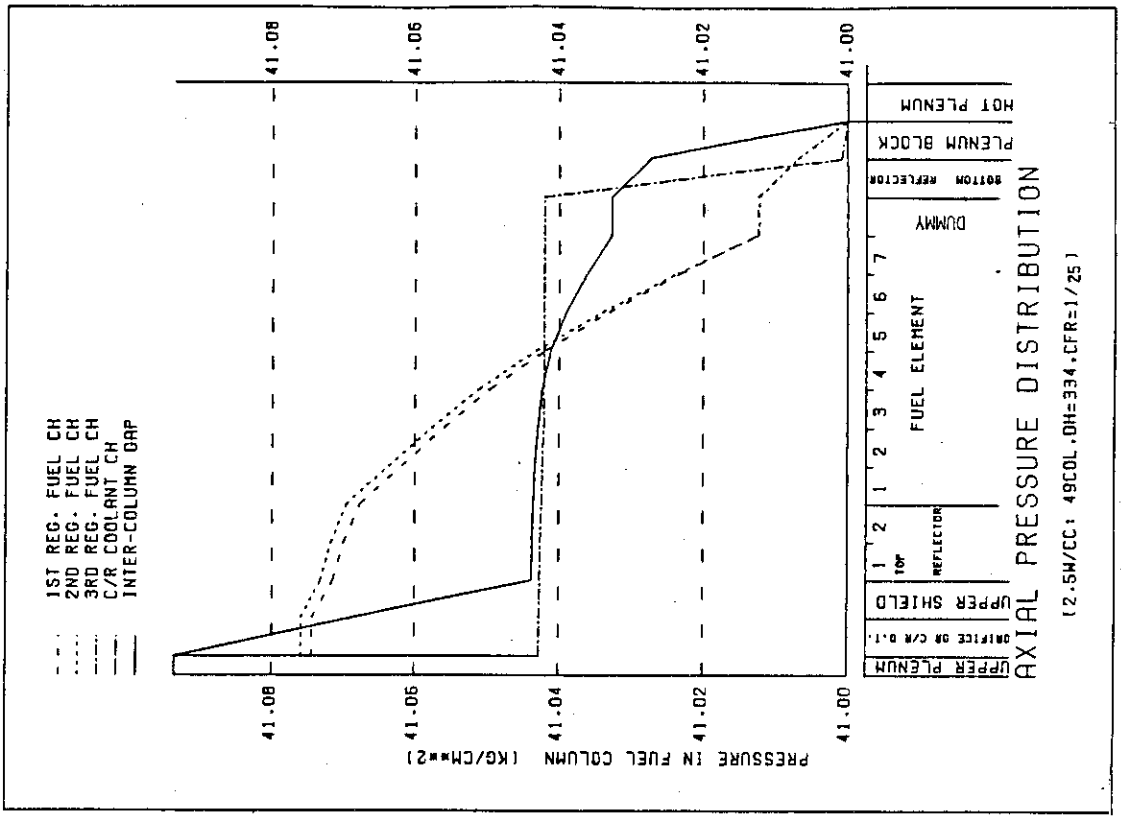


Fig. 3.16 Flow and pressure distribution in VHTR−R3 (reference core design C) reactor core



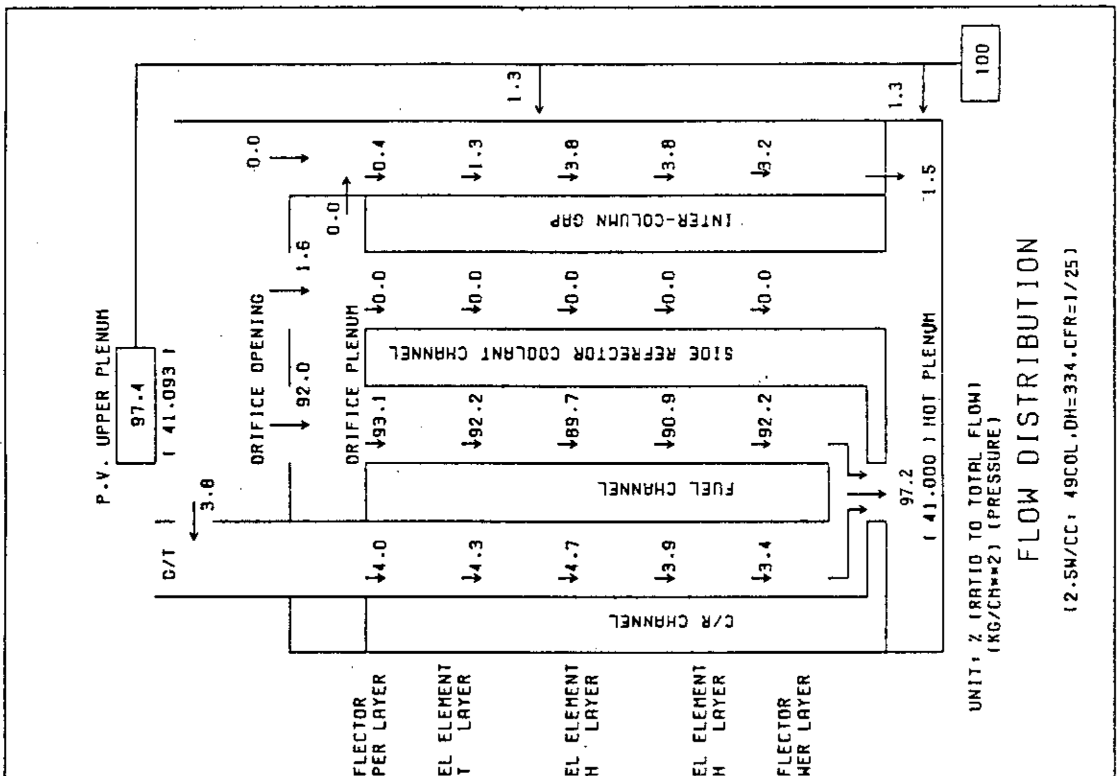
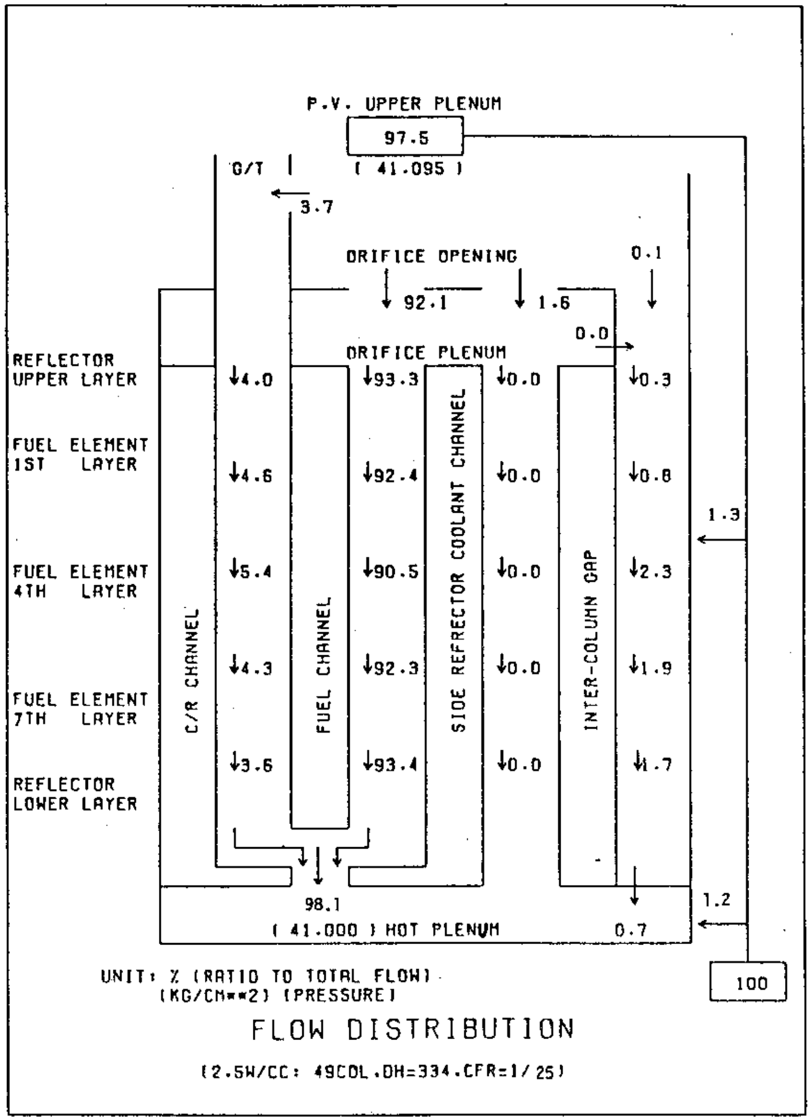


Fig. 3.17 Flow and pressure distribution in VHTR-R4 reactor core



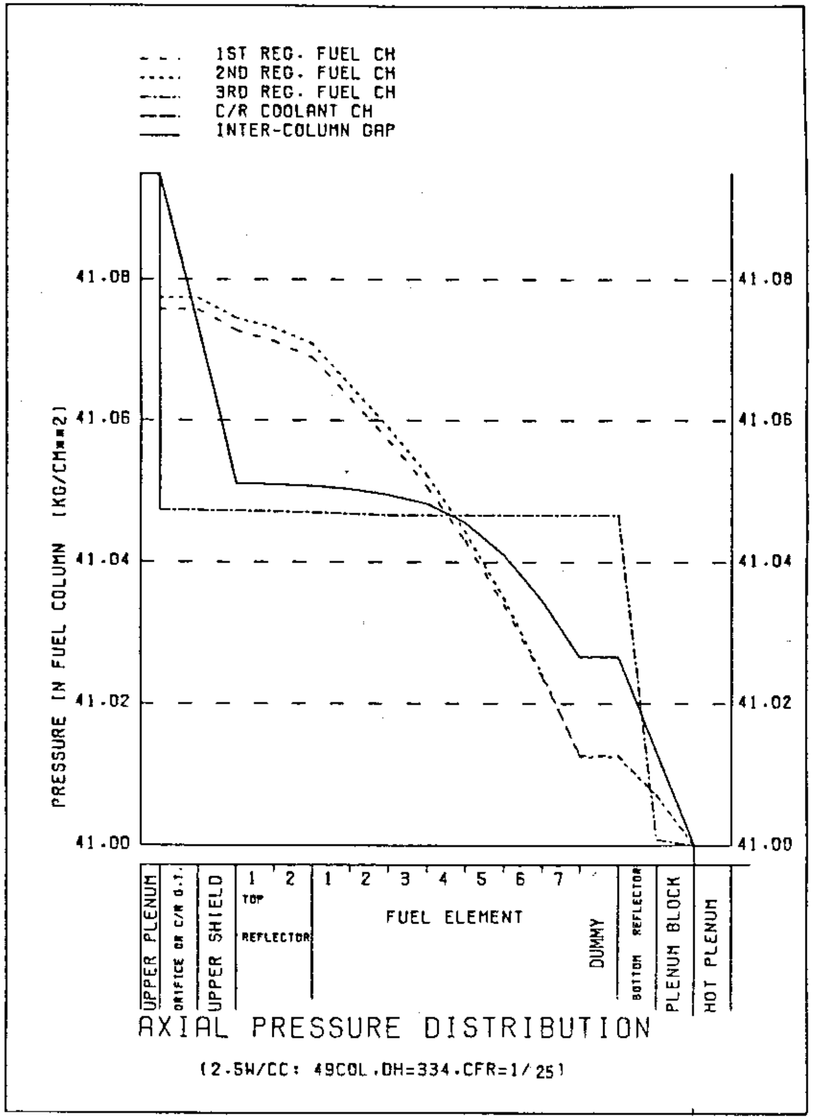
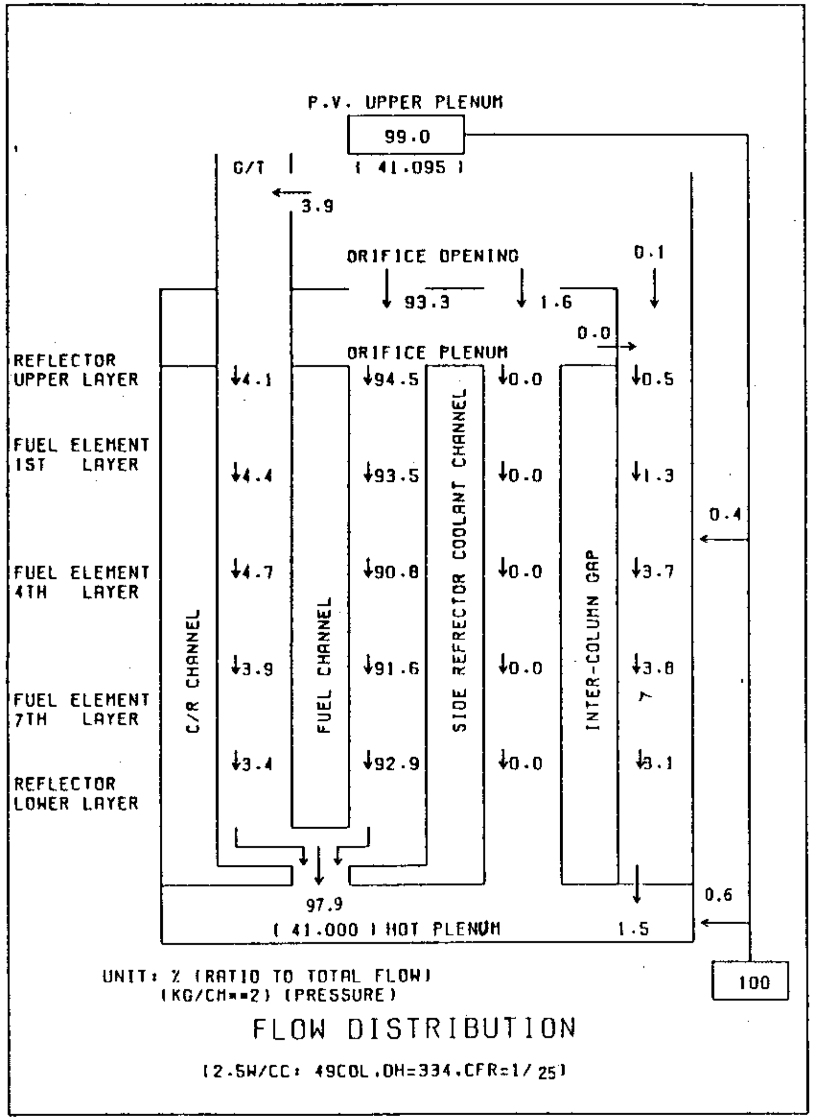


Fig. 3.18 Flow and pressure distribution in VHTR-R5 reactor core



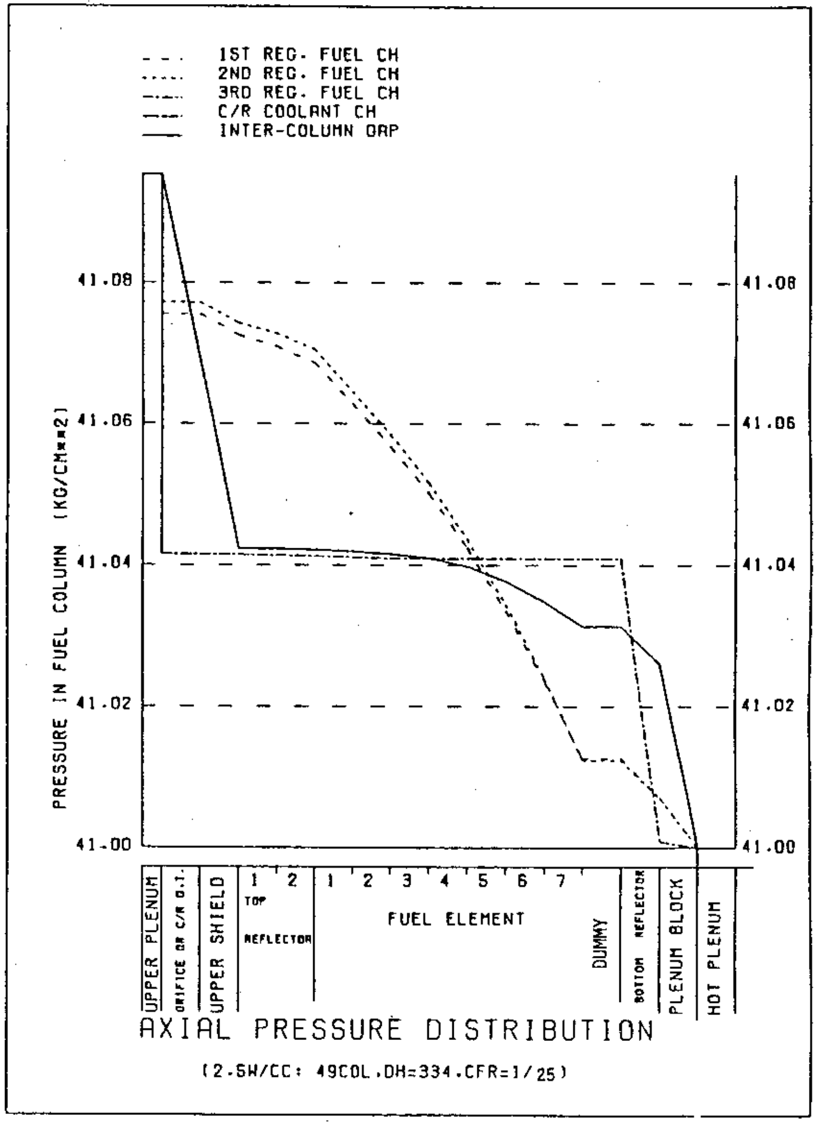


Fig. 3.19 Flow and pressure distribution in VHTR-R6 reactor core

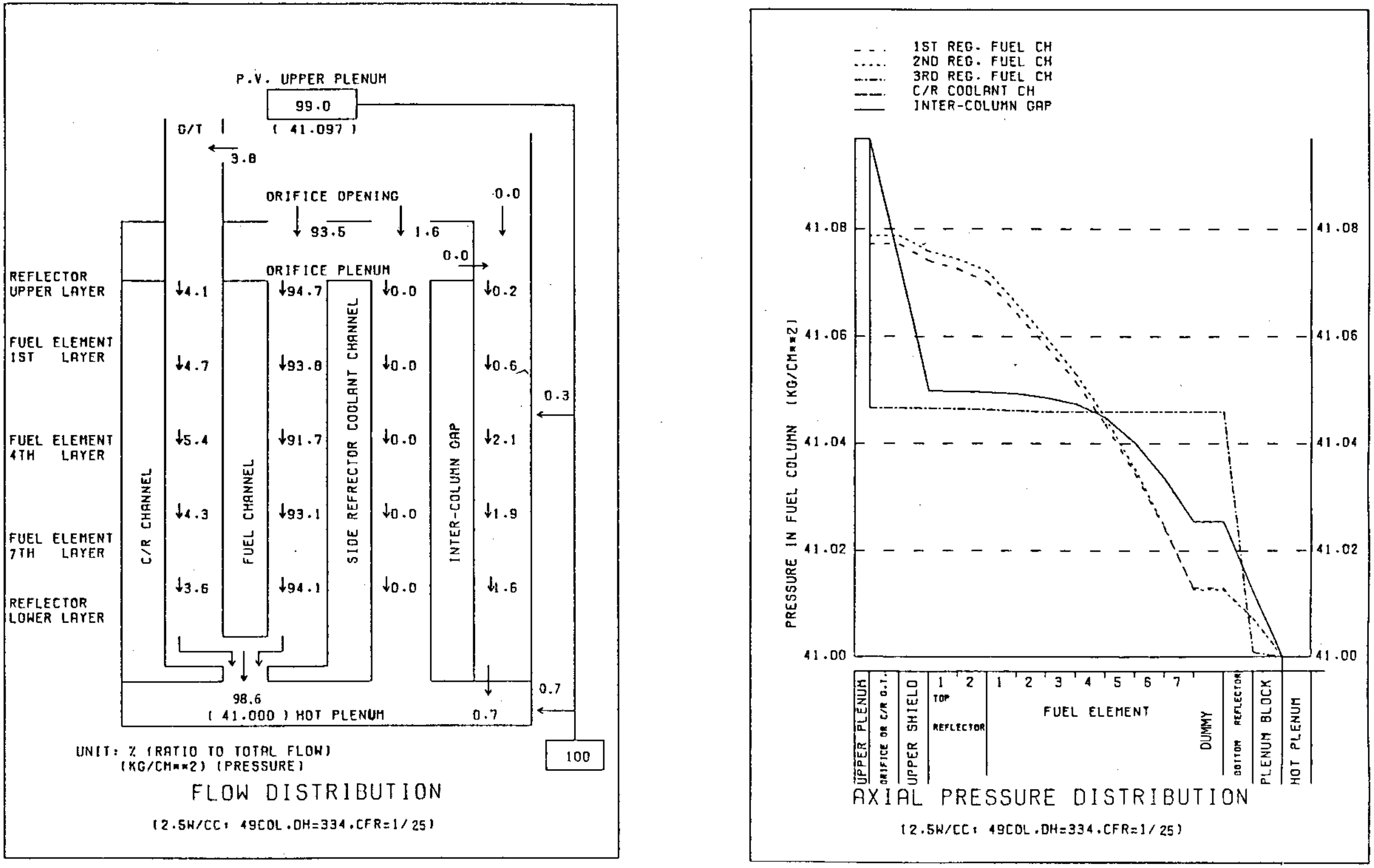
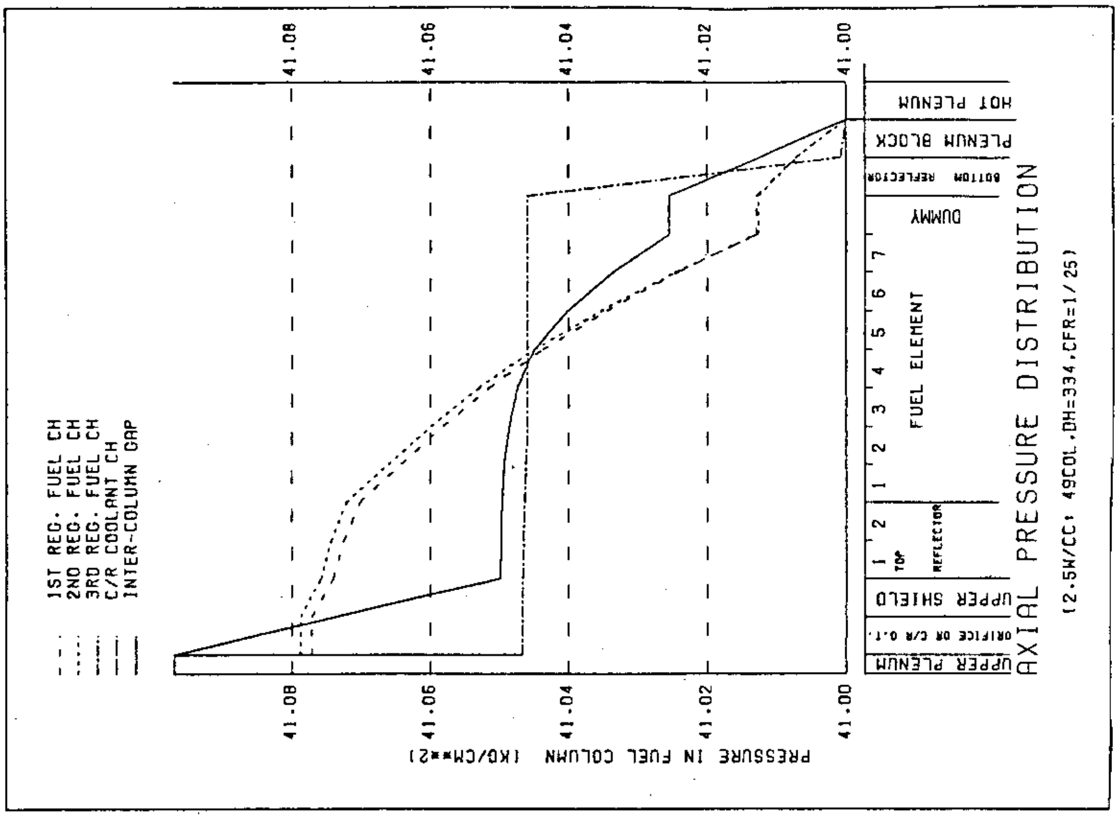


Fig. 3.20 Flow and pressure distribution in VHTR−R7 reactor core



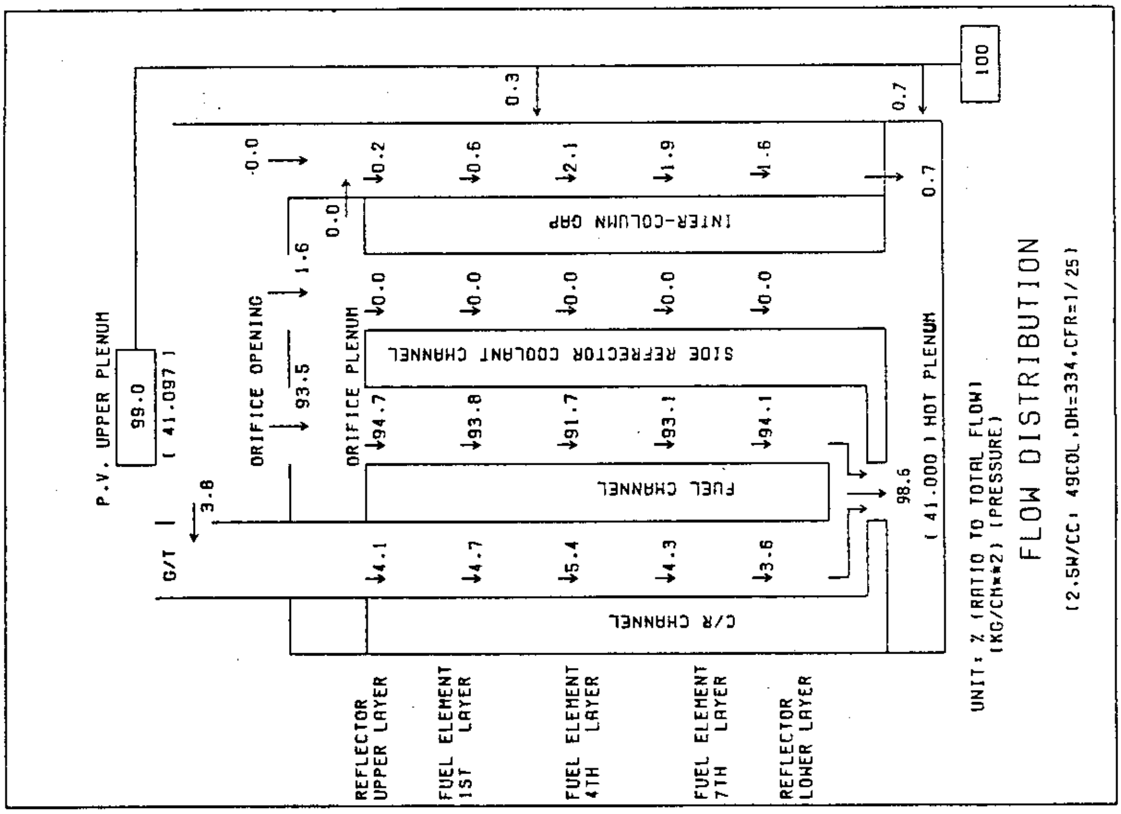
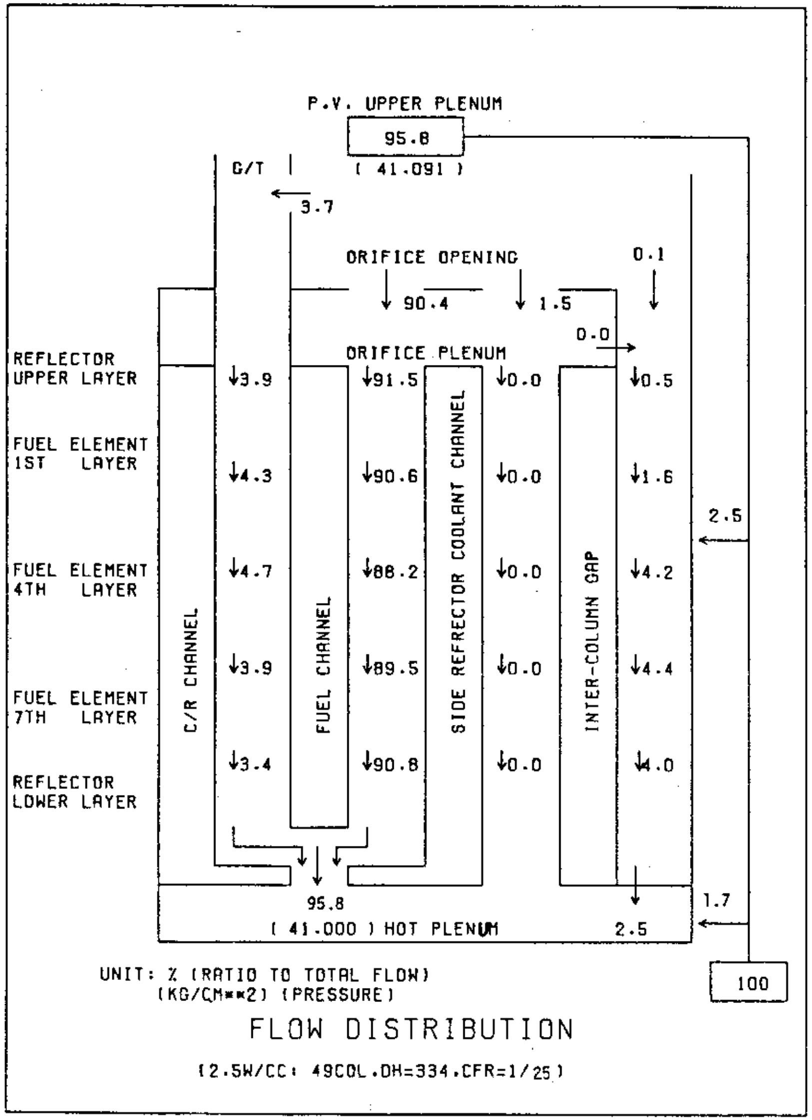


Fig. 3.21 Flow and pressure distribution in VHTR-R8 reactor core



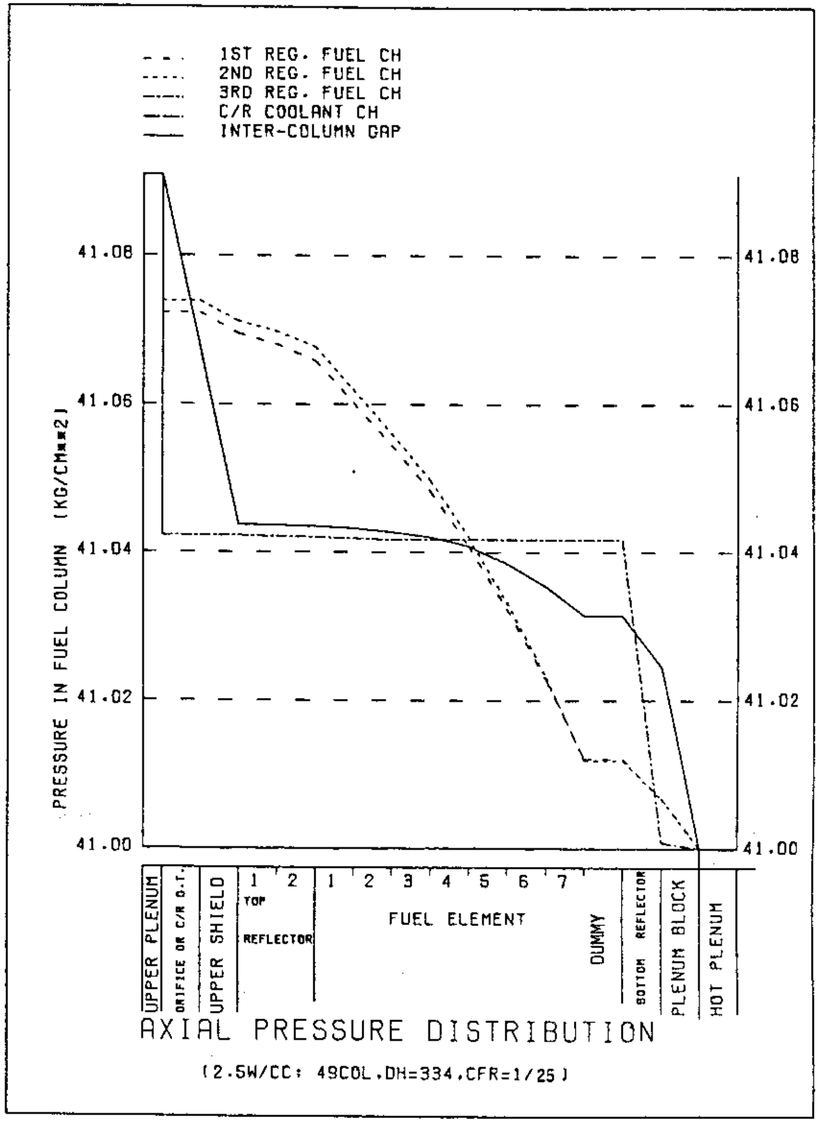
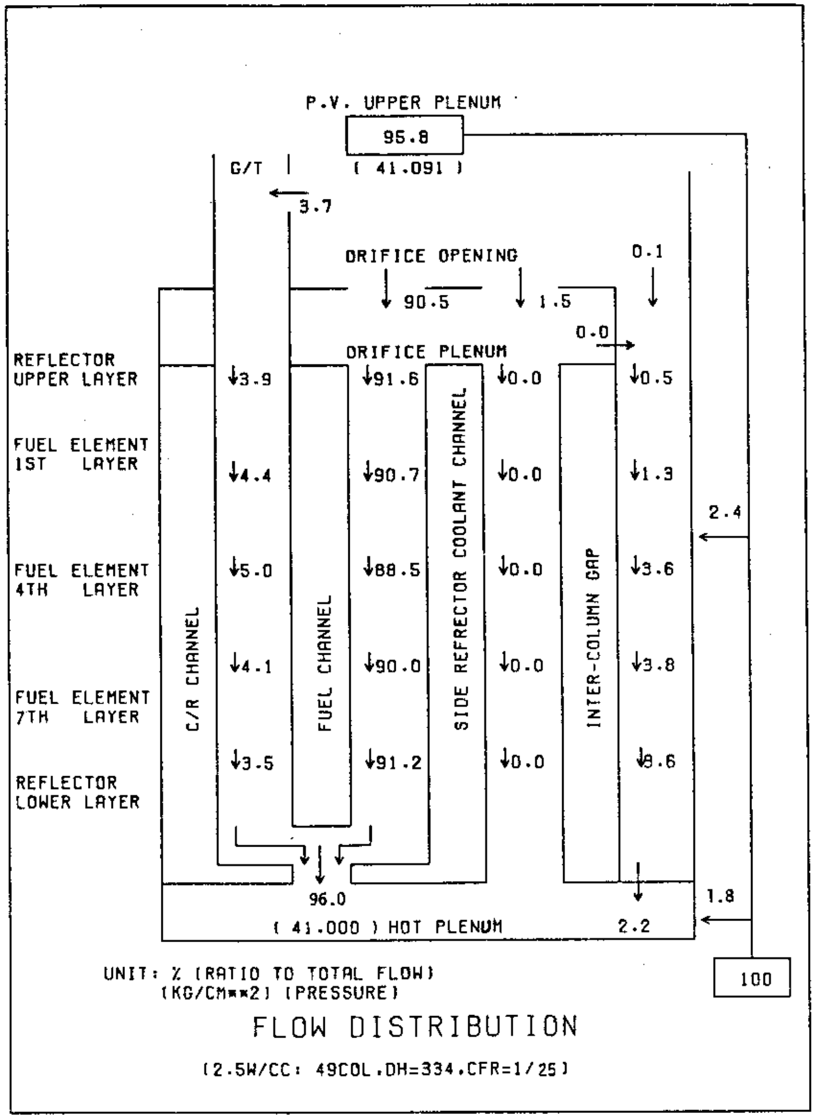


Fig. 3.22 Flow and pressure distribution in VHTR−R9 (reference core design D) reactor core



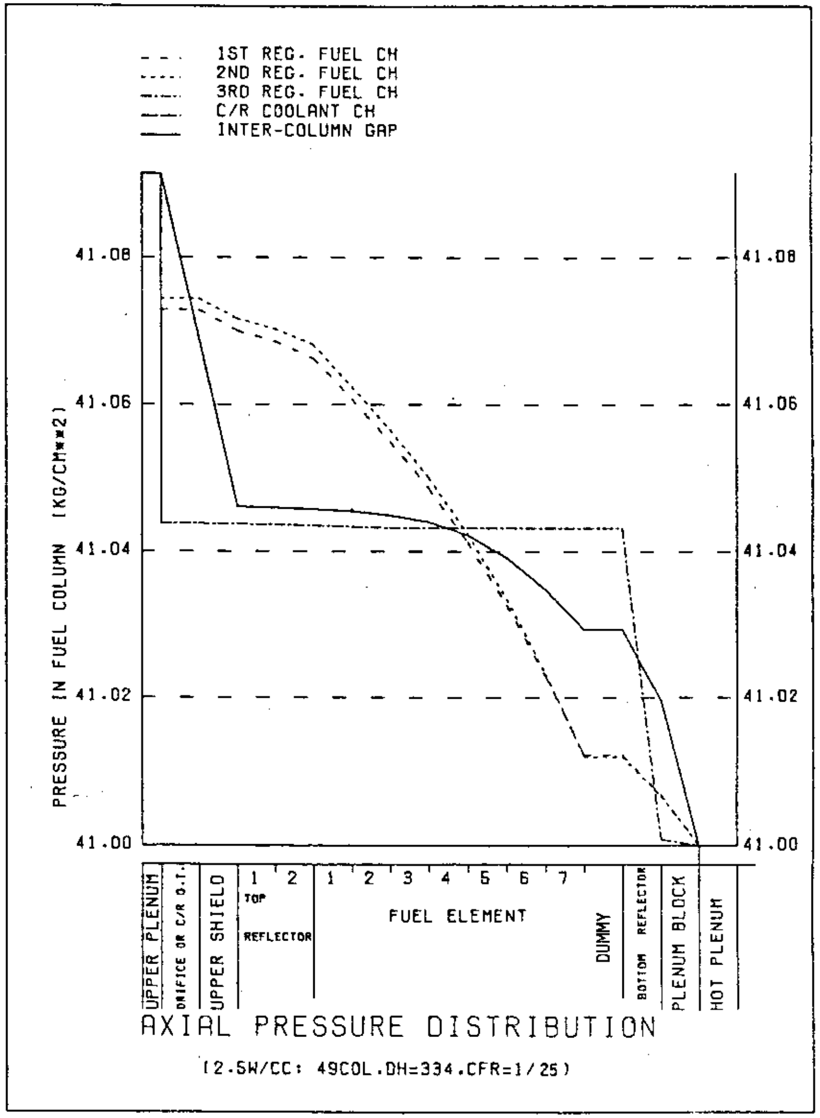
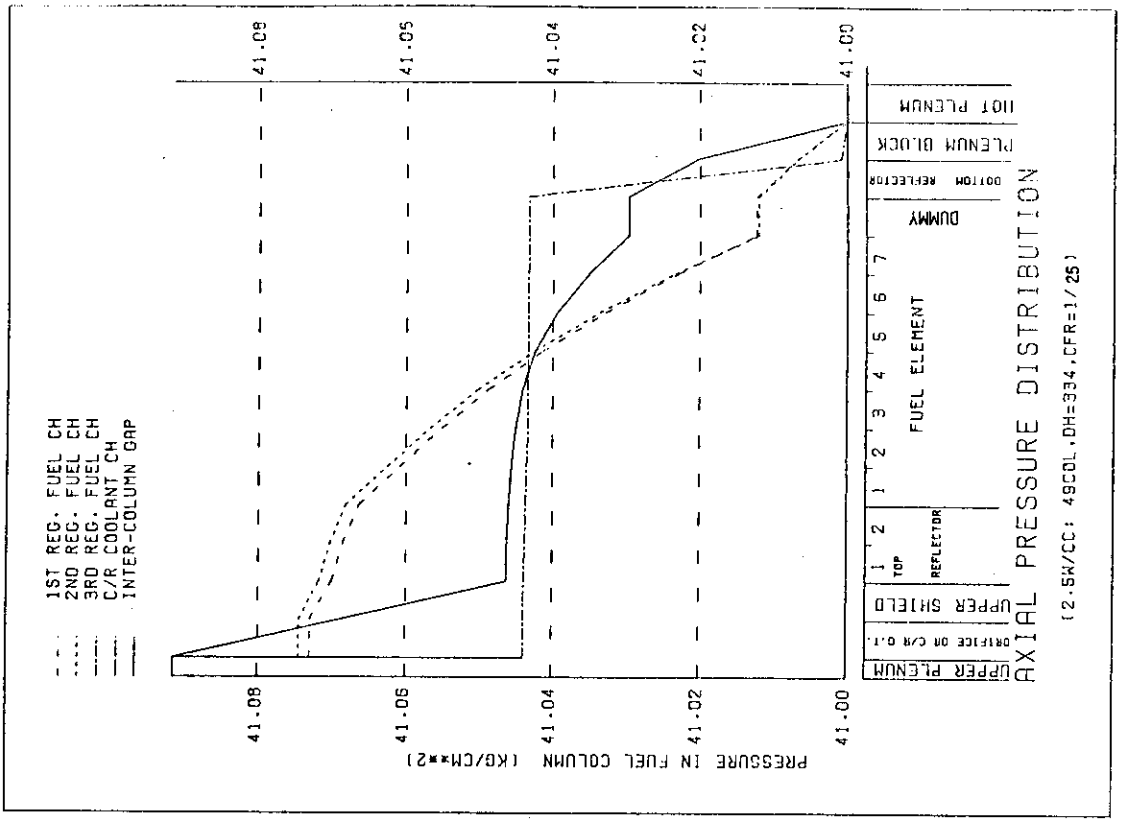


Fig. 3.23 Flow and pressure distribution in VHTR−R10 reactor core



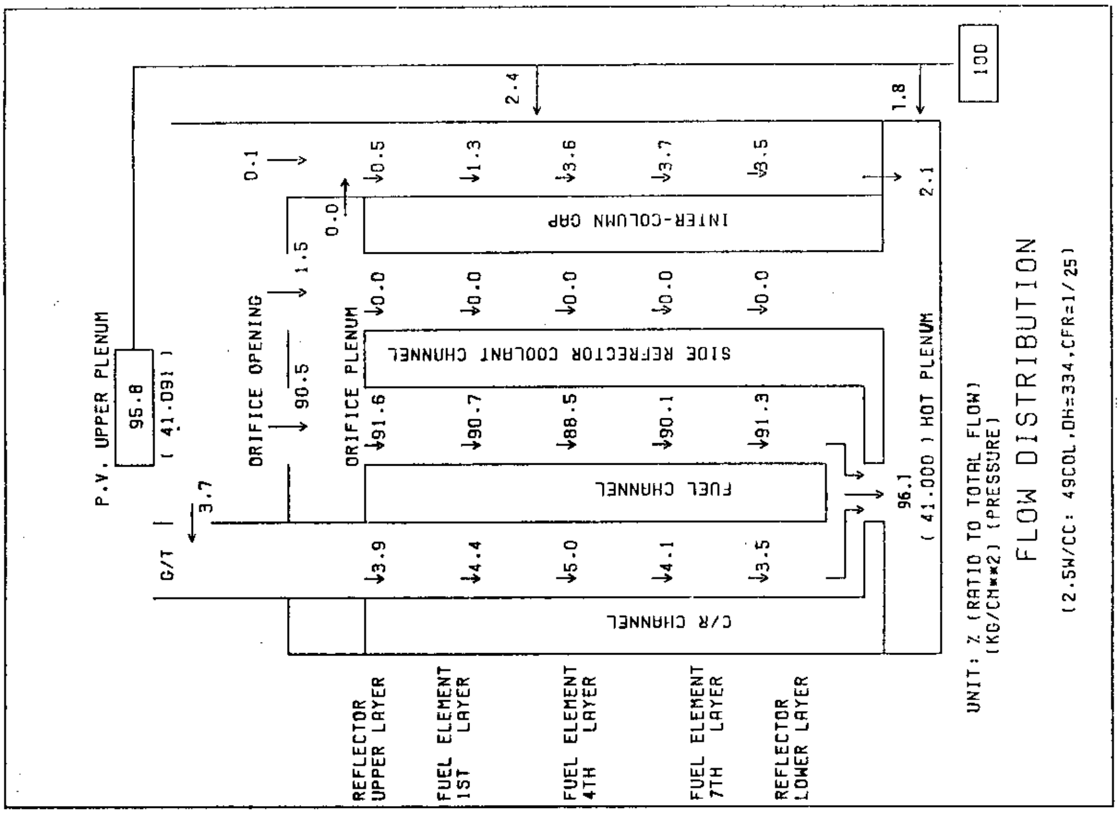
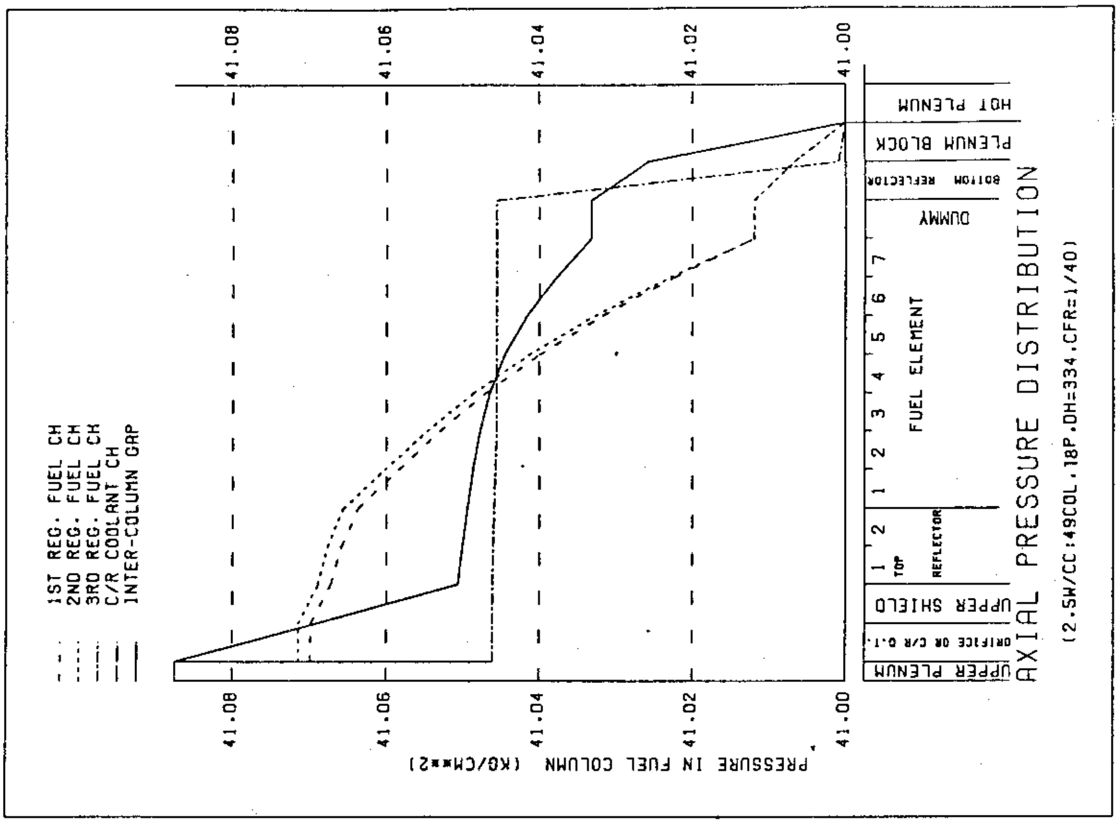


Fig. 3.24 Flow and pressure distribution in VHTR-R11 reactor core



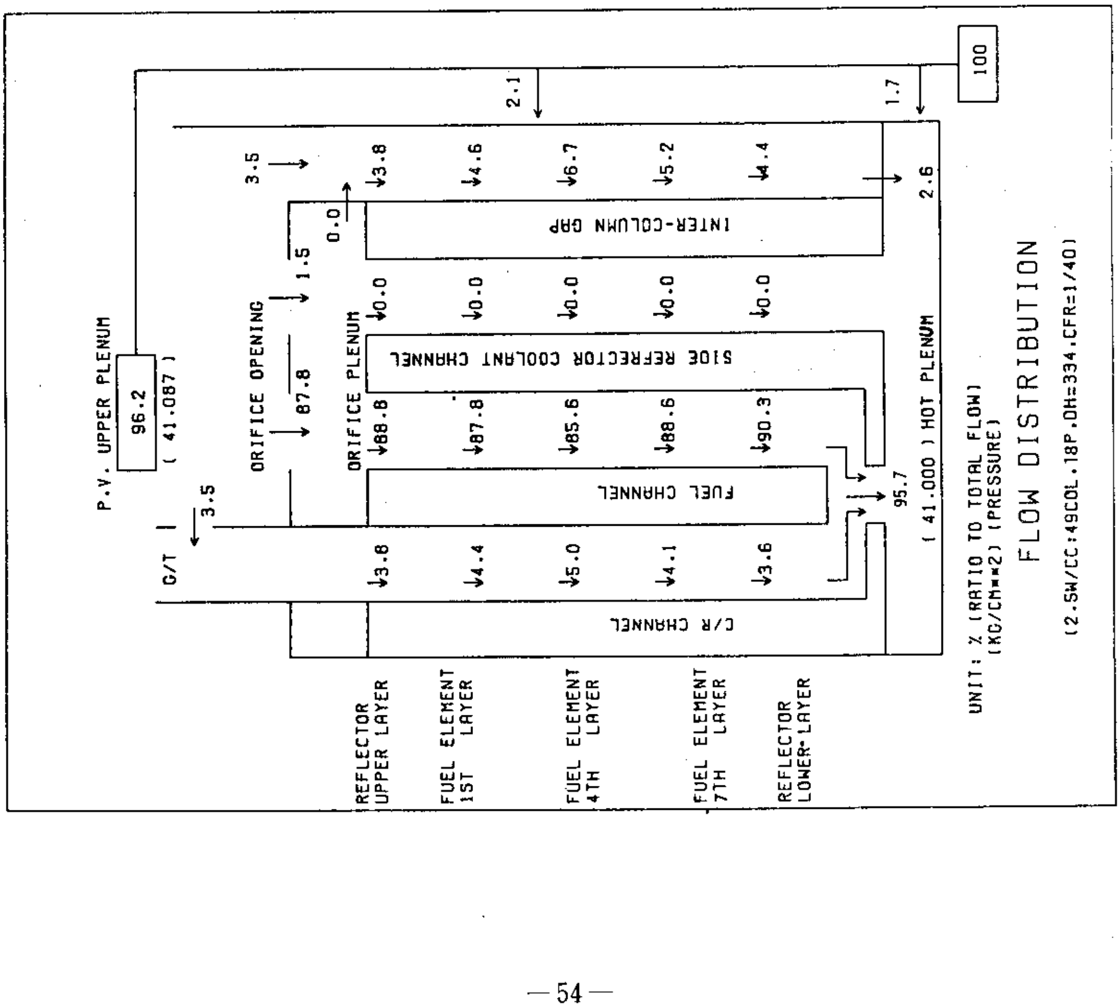
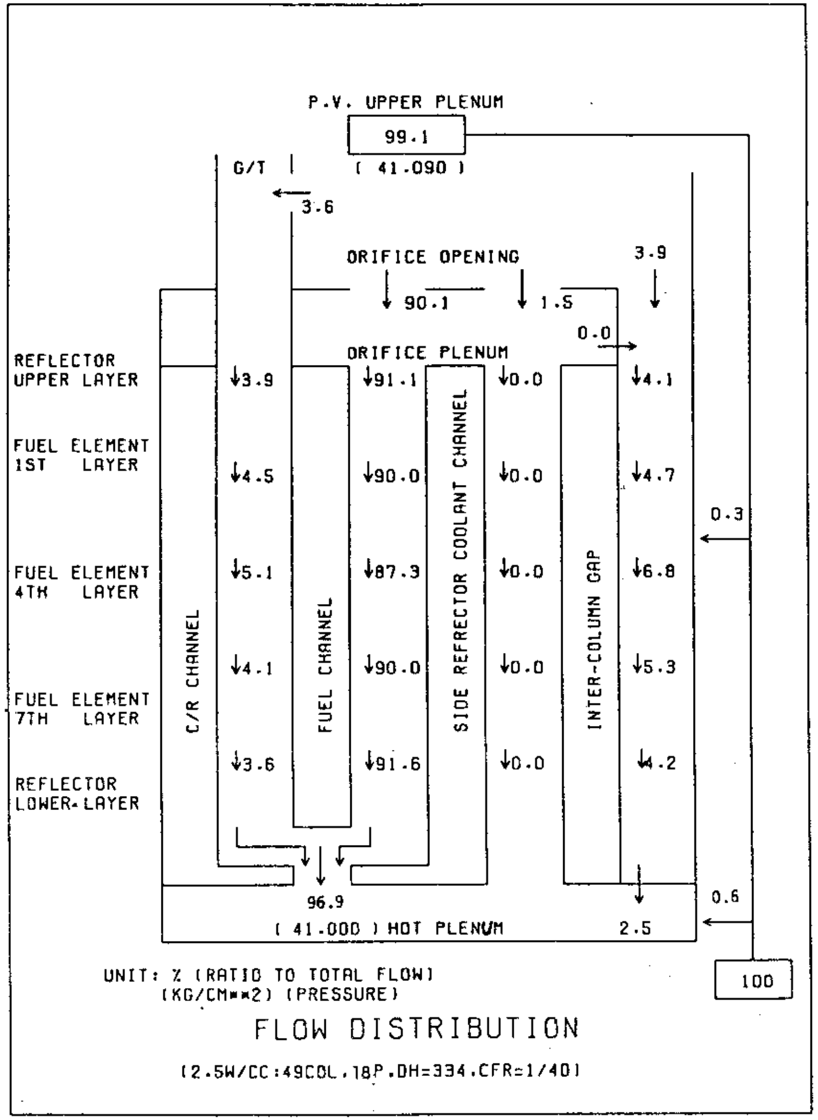


Fig. 3.25 Flow and pressure distribution in VHTR-R12 reactor core



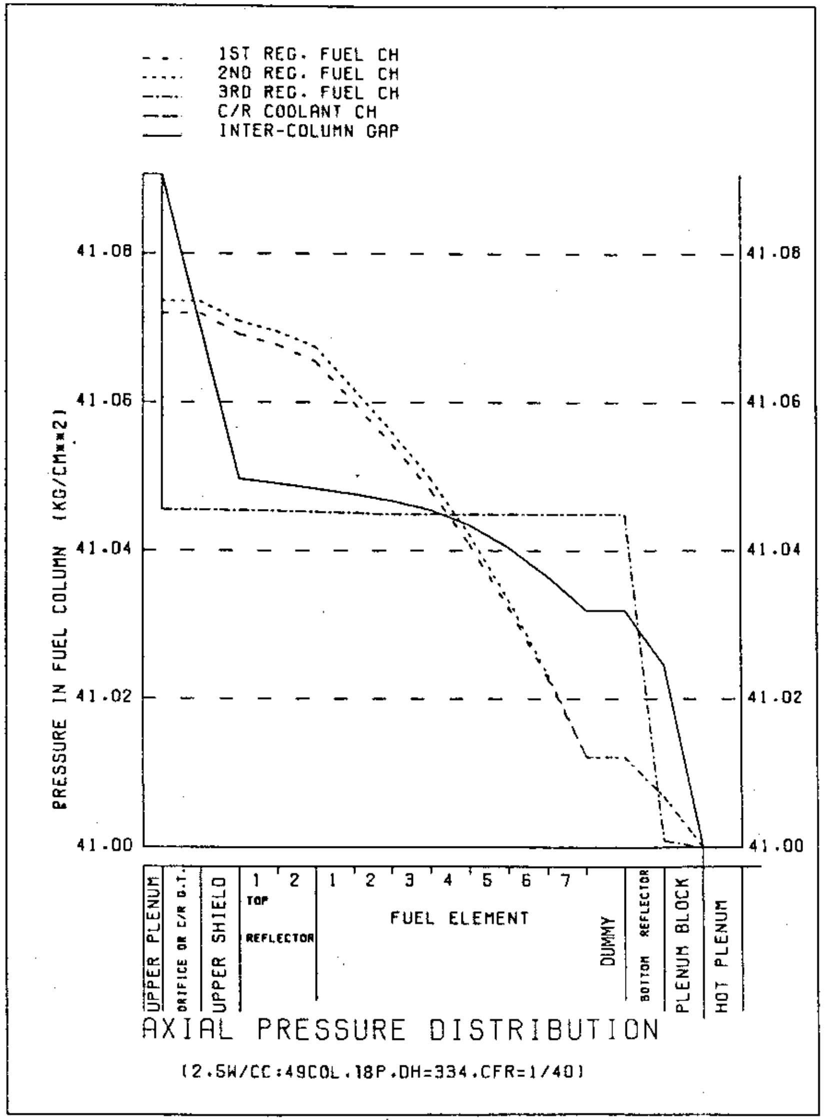


Fig. 3.26 Flow and pressure distribution in VHTR-R13 reactor core

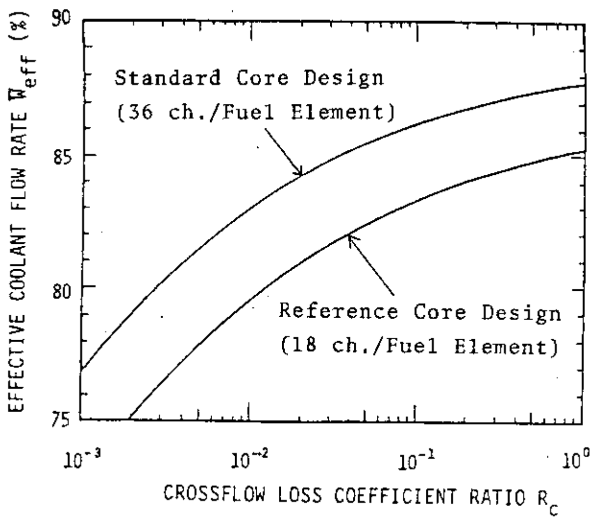


Fig. 3.27 Effective coolant flow rate vs. crossflow loss coefficient ratio

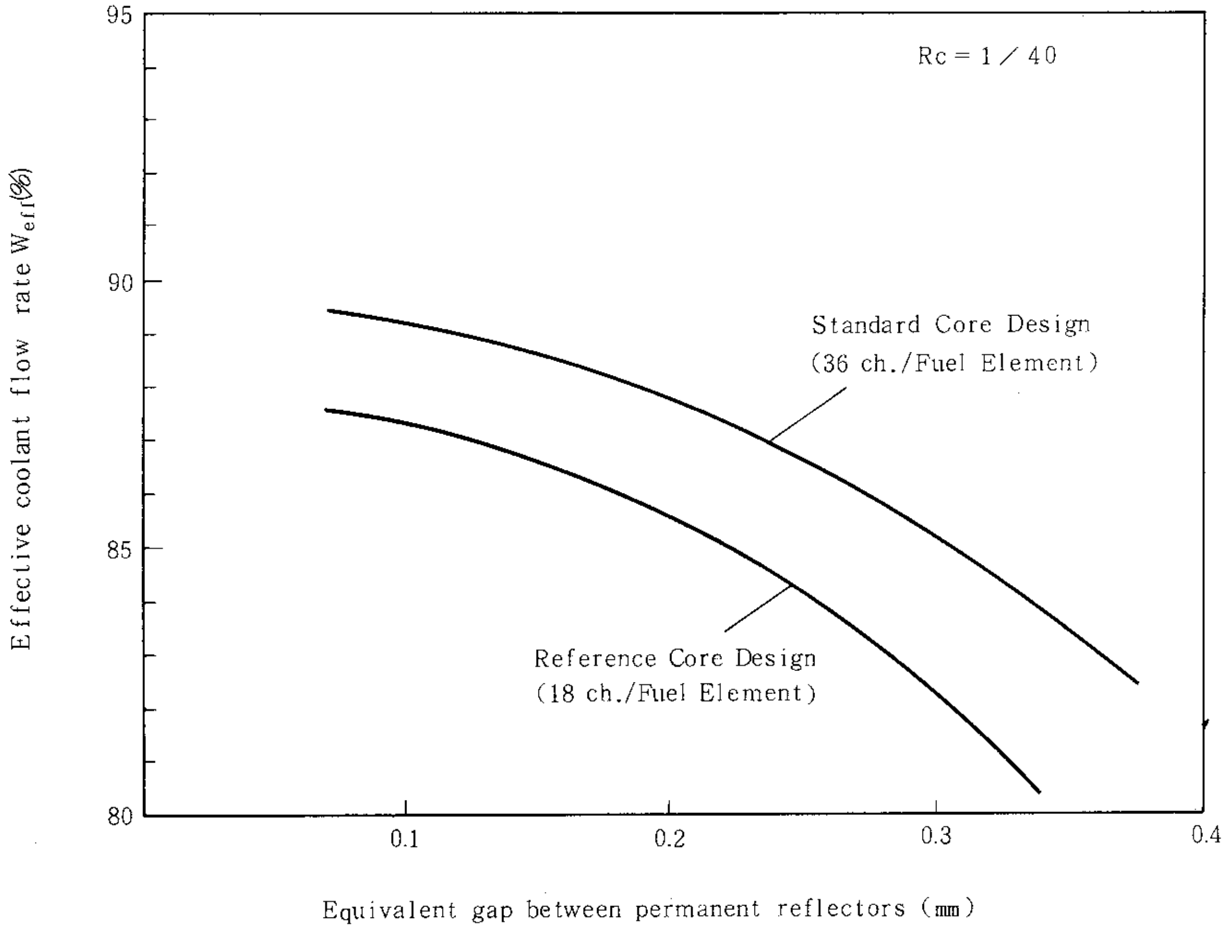


Fig. 3.28 Effective coolant flow rate vs. equivalent gap between permanent refflectors

4. 結　論

多目的高温ガス実験炉詳細設計(II)システム調整(1)合理化シンテムの立案で提案された炉心を対象として炉内流量配分感度解析を実施した。

検討の結果，炉心有効流量割合に対し，感度の高い項目は，クロス流れ係数（比）や固定反射体面間ギャップ量であり，システム調整(1)設計ベースで比較的感度の低い項目は，高温プレナムブロックのギャップ量及びシール要素のシール性能，上部遮蔽体ギャップ量，固定反射体シール要素のシール性能などである。

燃料ブロック積層面間ギャップ量をその平均値で評価すると，クロス流れ係数比は 1/40 から 1/25 に増加でき，また固定反射体面間ギャップ量は，HENDEL T_2 の製作据付公差測定結果を参考にすると，0.32㎜から0.16㎜に狭くできる。このため，炉心有効流量割合に関し改善された解析データを用いると，フランジ型（インロー型）の36本型燃料体を用いた炉心の炉心有効流量割合は約90％となり，システム調整(1)Phase 1 検討炉心の炉心有効流量割合に比べて約5％増加が見込まれる。

炉心有効流量割合を増加させるためには，特にインロー型燃料体のクロス流れ係数や固定反射体面間ギャップ量のデータに関して，実験データにより確認するなどの吟味を行うとともに，固定反射体面間ギャップ量が小さい場合には固定反射体面取り部の漏れ流路を流路網モデルに取り入れるなど設計上の改善を計る必要がある。

謝　辞

本報告は，多目的高温ガス実験炉の炉心伝熱流動解析に用いる解析データの見直し作業の一環として実施した炉内流量配分感度解析をまとめたものである。対象とした炉心は，昭和59年度に実施された詳細設計(II)システム調整(1)合理化システムの立案で提案された検討炉心である。

本解析を実施するに当り，インロー型燃料体のクロス流れ係数の検討結果を提示して下さった富士電機㈱の木曽芳広氏に深く感謝致します。最後に，本報告をまとめるに当たり，適切な御指導をいただいた多目的高温ガス実験炉設計室の宮本喜晟室長並びに平野光将主任研究員に深く感謝致します。

4. 結　　論

多目的高温ガス実験炉詳細設計(II)システム調整(1)合理化シンテムの立案で提案された炉心を対象として炉内流量配分感度解析を実施した。

検討の結果，炉心有効流量割合に対し，感度の高い項目は，クロス流れ係数(比)や固定反射体面間ギャップ量であり，システム調整(1)設計ベースで比較的感度の低い項目は，高温プレナムブロックのギャップ量及びシール要素のシール性能，上部遮蔽体ギャップ量，固定反射体シール要素のシール性能などである。

燃料ブロック積層面間ギャップ量をその平均値で評価すると，クロス流れ係数比は 1/40 から 1/25 に増加でき，また固定反射体面間ギャップ量は，HENDEL T_2 の製作据付公差測定結果を参考にすると，0.32㎜から0.16㎜に狭くできる。このため，炉心有効流量割合に関し改善された解析データを用いると，フランジ型(インロー型)の36本型燃料体を用いた炉心の炉心有効流量割合は約90%となり，システム調整(1)Phase 1 検討炉心の炉心有効流量割合に比べて約5%増加が見込まれる。

炉心有効流量割合を増加させるためには，特にインロー型燃料体のクロス流れ係数や固定反射体面間ギャップ量のデータに関して，実験データにより確認するなどの吟味を行うとともに，固定反射体面間ギャップ量が小さい場合には固定反射体面取り部の漏れ流路を流路網モデルに取り入れるなど設計上の改善を計る必要がある。

謝　辞

本報告は，多目的高温ガス実験炉の炉心伝熱流動解析に用いる解析データの見直し作業の一環として実施した炉内流量配分感度解析をまとめたものである。対象とした炉心は，昭和59年度に実施された詳細設計(II)システム調整(1)合理化システムの立案で提案された検討炉心である。

本解析を実施するに当り，インロー型燃料体のクロス流れ係数の検討結果を提示して下さった富士電機㈱の木曽芳広氏に深く感謝致します。最後に，本報告をまとめるに当たり，適切な御指導をいただいた多目的高温ガス実験炉設計室の宮本喜晟室長並びに平野光将主任研究員に深く感謝致します。

参考文献

(1) 鈴木邦彦, 他：“多目的高温ガス実験炉における炉内流動特性解析”, ＦＡＰＩＧ第１０２号（１９８２）

(2) 多目的高温ガス実験炉設計室：“多目的高温ガス実験炉設備設計の概要 — システム総合設計に基づく — ”, ＪＡＥＲＩ－Ｍ ８４－１７２（１９８４）

(3) 鈴木邦彦, 他：“多目的高温ガス実験炉詳細設計(Ⅱ)炉心有効流量の評価”, ＪＡＥＲＩ－Ｍ 85－184 （１９８５）

(4) 文沢元雄, 他：“多目的高温ガス実験炉の炉内漏れ流れ冷却材温度解析”, ＪＡＥＲＩ－Ｍ ８２－１０１（１９８２）

(5) 文沢元雄, 他：“多目的高温ガス実験炉炉内シール性能の解析検討 — １段及び多段シール要素の効果 — ”, ＪＡＥＲＩ－Ｍ ８３－０７８（１９８３）

(6) 文沢元雄, 他：“ＶＨＴＲシール性能試験装置用黒鉛材中のガス透過”, ＪＡＥＲＩ－Ｍ ８４－２３４（１９８５）

(7) 菊地賢司, 他：“多目的高温ガス実験炉の炉床部黒鉛ブロック間に生じるすき間と流れに関する実験”, 原子力学会誌, ２６（１１）, ９７７（１９８４）

(8) 文沢元雄, 鈴木邦彦：“多目的高温ガス実験炉の炉心有効流量評価に用いる解析データの検討 — 詳細設計(Ⅱ)に基づく — ”, 私信

(9) 鳥谷尚志, 他：“ＨＥＮＤＥＬ炉内構造物実証試験部（T_2） — 炉内ヘリウムガス漏えい量の検討 — ”, 私信

(10) 佐野川好母, 他：“炉心伝熱・流動評価ワーキンググループ報告書”, 私信