

J A E R I - M
90-063

HTTR燃料体からのセシウム放出割合の評価法

1990年3月

沢 和弘・岡本 太志・佐々木 克徳*・塩沢 周策

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。

入手の間合わせは、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）で複写による実費領布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

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

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1990

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 ニッセイエプロ株式会社

HTTR燃料体からのセシウム放出割合の評価法

日本原子力研究所大洗研究所高温工学試験研究炉開発部

沢 和弘・岡本 太志・佐々木克徳*

塩沢 周策

(1990年2月23日受理)

高温工学試験研究炉 (HTTR: High Temperature Engineering Test Reactor) の通常運転時における燃料体からの金属性核分裂生成物 (セシウム) の放出割合を評価するための解析モデル及びパラメータ (拡散係数及び吸着平衡係数) についてまとめた。

本解析モデルに基づく Cs-137 の放出割合は、TRAFICコードを用いて行い、その計算値は、スィープガスキャプセル照射試験及び OGL-1 燃料体照射試験における測定値と同程度か、約 1 桁大きい値となった。従って、本解析モデル及びパラメータは、十分保守的であり、HTTR の設計及び安全解析に十分適用できるとの結論を得た。

Analysis Method of Fractional Release of Cesium
from Fuel Elements of HTTR

Kazuhiro SAWA, Futoshi OKAMOTO, Katsunori SASAKI*
and Shusaku SHIOZAWA

Department of HTTR Project
Oarai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received February 23, 1990)

This report describes an analytical model and parameters to evaluate the fractional release of metallic fission product (cesium) during normal operation of High Temperature Engineering Test Reactor (HTTR).

The fractional releases, which are calculated by TRAFIC code, on the basis of the present analytical model and parameters show about ten times larger than that measured in the sweep gas capsule irradiation test and the OGL-1 fuel element irradiation test. Thus, the analytical model and the parameters are concluded to be applicable to the evaluation of the cesium release from the HTTR fuel element in the safety analysis.

Keywords: Fractional Release, HTTR, Metallic Fission Product, Cesium,
Sweep Gas Capsule Irradiation Test, OGL-1 Fuel Element
Irradiation Test

* Nuclear Energy Data Center

目 次

1. まえがき	1
2. 解析方法	4
2.1 解析モデル	4
2.1.1 被覆燃料粒子からの放出の解析モデル	4
2.1.2 燃料要素からの放出の解析モデル	5
2.2 拡散係数及び吸着定数	5
3. 計算結果	11
3.1 スープガスキャプセル (75 F 5 A) 照射試験の計算	11
3.1.1 実験結果	11
3.1.2 計算結果	12
3.2 OGL-1燃料体照射試験 (第 5 次) の計算	13
3.2.1 実験結果	13
3.2.2 計算結果	14
3.3 HTTR の設計への適用	14
4. 結 論	21
謝 辞	21
参考文献	22
付録 1 銀及びバリウムの放出割合の計算結果	24
付録 2 第 5 次 OGL-1 燃料体の出力, 温度分布	30

Contents

1. Introduction	1
2. Evaluation Method of Metallic Fission Product Release	4
2.1 Calculation Model	4
2.1.1 Release from Coated Fuel Particle	4
2.1.2 Release from Fuel Compact and Graphite Sleeve	5
2.2 Diffusion Coefficients and Sorption Isotherms of Cesium ...	5
3. Calculation Results	11
3.1 Sweep Gas Capsule Irradiation Test (75F5A)	11
3.1.1 Experimental Results	11
3.1.2 Calculation Result	12
3.2 OGL-1 Fuel Element Irradiation Test (5th)	13
3.2.1 Experimental Results	13
3.2.2 Calculation Result	14
3.3 Application to the HTTR Design	14
4. Conclusion	21
Acknowledgement	21
Reference	22
Appendix 1 Calculation Results of Ag and Ba Release	24
Appendix 2 Power and Temperature Distribution of the 5th OGL-1 Fuel Element Irradiation Test	30

1. ま え が き

高温工学試験研究炉 (High Temperature Engineering Test Reactor; 以下, 「HTTR」 という) の燃料は, 微小な燃料核を炭素及び炭化けい素で4重に被覆した被覆燃料粒子を基本としている。燃料体は, 被覆燃料粒子を黒鉛マトリックスに分散させた燃料コンパクトと黒鉛スリーブ等からなる燃料棒を, 六角柱状黒鉛ブロックの燃料棒そう入孔に保持する構造である。燃料の構造概略図を Fig. 1.1 に示す。この燃料の特徴は, 燃料からの核分裂生成物 (Fission Product; 以下, 「FP」という) の放出を防ぐ機能を, 被覆燃料粒子に持たせていることである。大部分のFPは, 被覆燃料粒子の被覆層が健全ならば, ほぼ完全に被覆燃料粒子中に閉じ込められる。例えば, 希ガス, よう素は, 半減期が短いため, 被覆層が健全ならば被覆層を拡散する間に崩壊する。従って, これらの核種の放出率は, 被覆層が破損した粒子からの放出割合 (即ち, 二酸化ウラン燃料核からの拡散放出) によって決まる^{(1), (2)}。

一方, 多くの金属性FPは, 希ガス, よう素に比べて揮発性が低く, 燃料核及び燃料粒子被覆層で保持することができ, 1次冷却材へ放出されることはほとんどない。しかし, 現在までの照射試験結果⁽³⁾から, 金属性FPの中の一部の核種は, HTTRの通常運転時の温度における蒸気圧が比較的高く, かつ二酸化ウラン燃料核中で安定な酸化物を作らないため, 温度が高い領域に装荷された被覆燃料粒子については, 被覆層が破損した粒子からの放出に加え, 被覆層が健全な粒子からの拡散放出を考慮する必要があることが分かっている。このような核種の代表として, セシウム (以下, 「Cs」という) がある。Csの同位体の一つであるCs-137は半減期が長く(約30年), 拡散中の崩壊がほとんどないため, 燃料体からの放出率が高く, 放出する γ 線のエネルギーも高いので, 遮へい設計上重要となる。一方, 通常時における一般公衆の被ばく評価においては, HTTRの1次冷却設備から気体状態で施設外に移行することになく, 施設内に閉じこめることができるため, ほとんど影響を及ぼさない。しかし原子炉冷却材圧力バウダリの健全性が損なわれる事故, 例えば1次冷却設備二重管破断事故時の外部被ばく線量評価においては, 通常運転時に燃料体から放出され, 1次冷却設備の内面に沈着しているCsが原子炉格納容器内に放出される。このCsによるスカイシャイン γ 線及び直接 γ 線による実効線量当量への寄与を考慮する必要がある。従って, 通常運転時における燃料体からのCsの放出割合の評価は, 遮へい設計及び安全評価上重要となる。

核分裂によって発生した金属性FPに対する拡散障壁としては, 二酸化ウラン燃料核, 被覆層 (高密度炭素層及び炭化けい素層), 燃料コンパクト及び黒鉛スリーブが考えられる。さらに, 燃料コンパクトと黒鉛スリーブ間のギャップ部及び黒鉛スリーブの外面と1次冷却材の間でも, 吸着等による保持能力があると考えられる。燃料体から1次冷却材への金属性FPの放出割合は, これらの障壁効果を考慮して, 炉心内の出力及び温度分布とその経時変化に従って計算する。HTTRの設計では, 燃料体から1次冷却材中への金属性FPの放出割合の計算はTRAFICコード⁽⁴⁾を用いて行っている。

本報は, Csの放出割合の解析モデル及び計算に使用する定数について整理するとともに, 75

F5-A キャプセル照射試験及び第5次 OGL-1 燃料体照射試験における Cs の放出割合の計算値と測定値との比較を行ったものである。

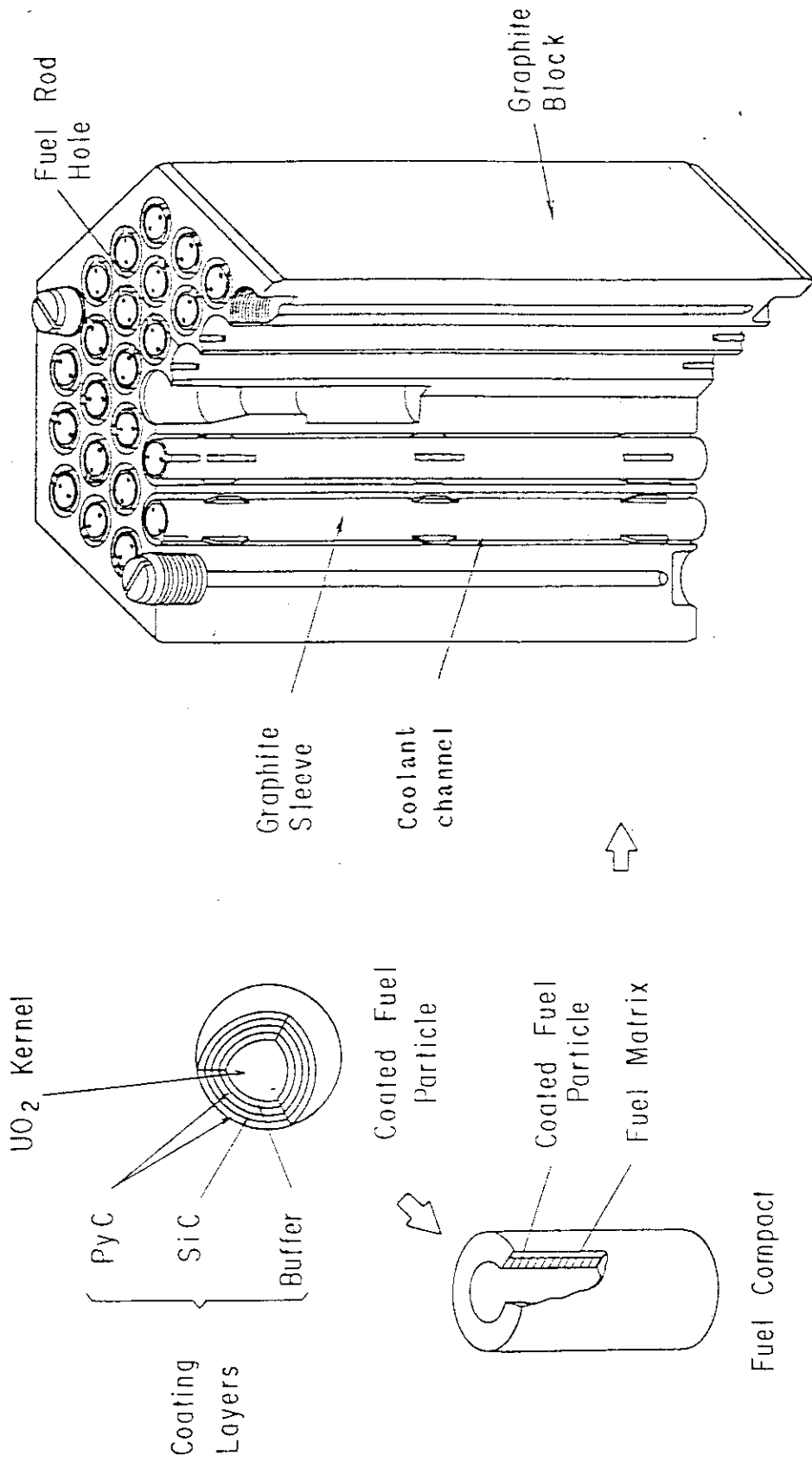


Fig.1.1 HTTR Fuel Block

2. 解析方法

2.1 解析モデル

金属性FPの燃料核から1次冷却材ヘリウム中への移行過程は、被覆燃料粒子中の移行と、燃料要素（燃料コンパクト及び黒鉛スリーブ）での移行の2つに大別できる。計算モデルの概念図をFig. 2.1に示す。

被覆燃料粒子中の金属性FPの移行は、多領域の非均質領域における濃度拡散をFickの法則を用いてモデル化している。燃料要素での移行は、燃料コンパクトの外表面及び黒鉛スリーブの内、外表面における吸着及び黒鉛スリーブ部における拡散をモデル化している。さらに、黒鉛スリーブ外面から1次冷却材への移行については、金属性FPの蒸気圧平衡及び1次冷却材の境界層での物質移動でモデル化している。評価の対象としている金属性FPは、半減期が長く、また、燃焼中に炉心の温度及び出力が変化するので、これらの移行過程を解くのに非定常計算を行う必要がある。そこで、放出割合の計算を行うための計算コードがいくつか開発されている^{(4),(5),(6),(7)}。各コードでは、数値計算法等は異なるが、基本的なモデルは上記の解析モデルを採用している。

HTTRの設計では炉心内の温度分布等に対して多数の評価点について計算を行うため、計算速度が早いことが要求される。そのため、計算速度が早い、TRAFICコード⁽⁴⁾を使用している。

2.1.1 被覆燃料粒子からの放出の解析モデル

被覆燃料粒子からの金属性FPの放出割合は、多重被覆した非均質領域での拡散をFickの第1及び第2法則を用いて計算する。

HTTR燃料体から1次冷却材中への金属性FPの放出形態としては、以下の5種類をモデル化している。

① 燃料コンパクトの黒鉛素地中の汚染ウラン

燃料コンパクトの黒鉛素地中の汚染ウランの核分裂によって生じた金属性FPは、被覆燃料粒子による保持効果がないため、そのまま燃料コンパクト外面へ移行するものとする。

② 被覆燃料粒子の被覆層中の汚染ウラン

核分裂反跳により定まる割合で、燃料コンパクトの黒鉛素地中に放出されるものとする。

③ 被覆燃料粒子の被覆層が全て破損した粒子（以下、「貫通破損粒子」という。）

燃料核中の拡散は考慮するが、被覆層における保持効果は全くないものとする。

なお、貫通破損粒子割合を定める検査方法⁽⁸⁾では、各被覆層の破損の程度を特定できないため、仮に周方向の一部分の被覆層が貫通破損している粒子があったとしても、被覆層が全周にわたってすべて無くなっていると見なしている保守的なモデルとなっている。

④ 被覆燃料粒子の被覆層のうち、炭化けい素層のみが破損した粒子（以下、「SiC層破損粒子」という。）

燃料核、内側高密度熱分解炭素層及び外側高密度熱分解炭素層中の拡散は考慮するが、SiC

層における保持効果はないものとする。

なお、SiC層破損粒子割合を定める検査方法では、SiC層の破損の程度を特定できないため、仮に周方向の一部分のSiC層が破損している粒子があったとしても、SiC層が全周にわたってすべて無くなっていると見なしている保守的なモデルとなっている。

⑤ 被覆燃料粒子の被覆層が全て健全な粒子（以下、「健全粒子」という。）

燃料核及び被覆層中の拡散による保持効果を考慮する。

ここで、SiC層の破損を特に分類しているのは、SiC層は高密度熱分解炭素層に比べて金属性FPの保持能力が高く⁽³⁾、放出割合の評価上、その健全性が結果に及ぼす影響が大きいためである。

①、②及び③は、露出ウラン率としてまとめてその和が測定される。④は、SiC層破損率として測定される。

HTTRの燃料設計においては、製造時の破損率は、露出ウラン率及びSiC層破損率の和で、0.2%以下に制限している。現在までの製造実績に基づくと、露出ウラン率とSiC層破損率の比は、約1:10となっている⁽⁹⁾ため、露出ウラン率は約 1.8×10^{-4} 、SiC層破損率は約 1.8×10^{-3} 以下に制限されることになる。

一方、HTTRの被ばく評価及び遮へい評価に用いる線源の計算時には、製造時の破損、運転中の追加破損、等を考慮して保守的に、貫通破損率を1%として計算している。

2.1.2 燃料要素からの放出の解析モデル

燃料要素内の金属性FPの移行過程としては、燃料コンパクト中の拡散、燃料コンパクトと黒鉛スリーブ間のギャップ部における移行、黒鉛スリーブ中の拡散及び黒鉛スリーブ外表面から1次冷却材中への移行に分類できる。各移行過程に対応する解析モデルを以下に示す⁽⁴⁾。

① 燃料コンパクト中の拡散

燃料コンパクト中での拡散は、十分早いため、コンパクト内の濃度分布は準定常状態であると仮定している。

② 燃料コンパクトと黒鉛スリーブ中のギャップにおける移行

ギャップ中における蒸気圧平衡を仮定する。蒸気圧平衡の式としては、ラングミュアの式とフロイントリッヒの式の和を用いている。

③ 黒鉛スリーブ中の拡散

黒鉛スリーブ中の拡散は、燃料核及び被覆層と同様に、Fickの拡散方程式を用いて計算している。

④ 黒鉛スリーブ外面から冷却材への移行

蒸気圧平衡及び境界層での物質移動で計算している。

2.2 拡散係数及び吸着定数

金属性FPの放出割合は、解析モデル等のもとより、計算に使用する各種物性定数に強く依存するため、評価方法の妥当性を検討するに当たっては、適切な定数を用いる必要がある。金属性

FPの放出割合の評価上重要な物性定数としては以下に示すものがある。

- ① 燃料核中の拡散定数
- ② 高密度熱分解炭素層中の拡散定数
- ③ SiC層中の拡散定数
- ④ 黒鉛スリーブ中の拡散定数
- ⑤ 燃料コンパクトとヘリウム間の吸着平衡係数
- ⑥ 黒鉛スリーブとヘリウム間の吸着平衡係数

なお、バッファ層は、拡散障壁としてFPの保持機能を期待できない⁽¹⁰⁾ため、解析上は十分大きな拡散係数を用いている。また、燃料コンパクトの黒鉛素地部は、拡散障壁としてFPの保持機能を期待できないものと仮定している。

これらの定数に関する実験データは、国内（日本原子力研究所）に加え、米国、西独等においても取得されている。これらのデータはその特性上、製造依存の場合が多く、ばらつきが大きい。また、金属性FPの放出割合の評価には、多くの物性定数を用いているため、放出割合の計算に用いる定数すべてについてデータを保守的に評価したものをを用いると、計算結果は非常な過大評価となり、原子炉の設計を制限することになる。従って、計算に用いる物性値、即ち拡散定数及び吸着平衡係数については、総合的にその保守性を示せば良いという考え方に立ち、基本的には、データの50%信頼度として求めた拡散定数及び吸着平衡係数を解析に用いる。これは、特に物性値として保守的な値を用いなくても、2.1に述べたように、破損粒子のモデル、コンパクト中の拡散モデル等が保守的になっており、解析結果が過小評価となることはないと考えられるためである。

但し、HTTRの被ばく評価及び遮へい評価に用いる線源の計算においては、結果がより保守的になるように、最も効果的な障壁であるSiC層中の拡散定数として保守的な評価式を用いている。

評価に用いる定数は、国内で取得されたデータから作成した値を優先的に用いる。但し、国内で取得されていない物性値については、実験データが公開されており、かつ、その物質の製造方法等がHTTRに類似の材料について得られている海外のデータに基づくものを用いる。Csの放出割合の計算に使用する拡散定数及び吸着平衡係数と出典をTable 2.1に示す。また、拡散定数のデータをFig. 2.2からFig. 2.3に示す。

Table 2.1 Diffusion Coefficient and Sorption Isotherm Data of Cs-137

Material	Evaluated data	Ref.
UO ₂ kernel	$6.75 \times 10^{-10} \exp(-2.13 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(3)
PyC layer	$6.69 \times 10^{-9} \exp(-2.38 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(3)
SiC layer	$6.75 \times 10^{-12} \exp(-2.13 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(3,11)
graphite sleeve	$9.0 \times 10^{-6} \exp(-1.89 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(12)
compact matrix	$e^{(20.8 - 70000/T)}$ $\times \{1130^{(-2.37 + 3680/T)} C$ $+ C^{(-1.37 + 3680/T)}\} \text{ atm}$	(13)
graphite sleeve	$e^{(12.5 - 35700/T)}$ $\times \{0.603^{(-2.56 + 6120/T)} C$ $+ C^{(-1.56 + 6120/T)}\} \text{ atm}$	(14)

T : Temperature (K)

C : FP concentration on material ($\mu\text{mole/g}$)

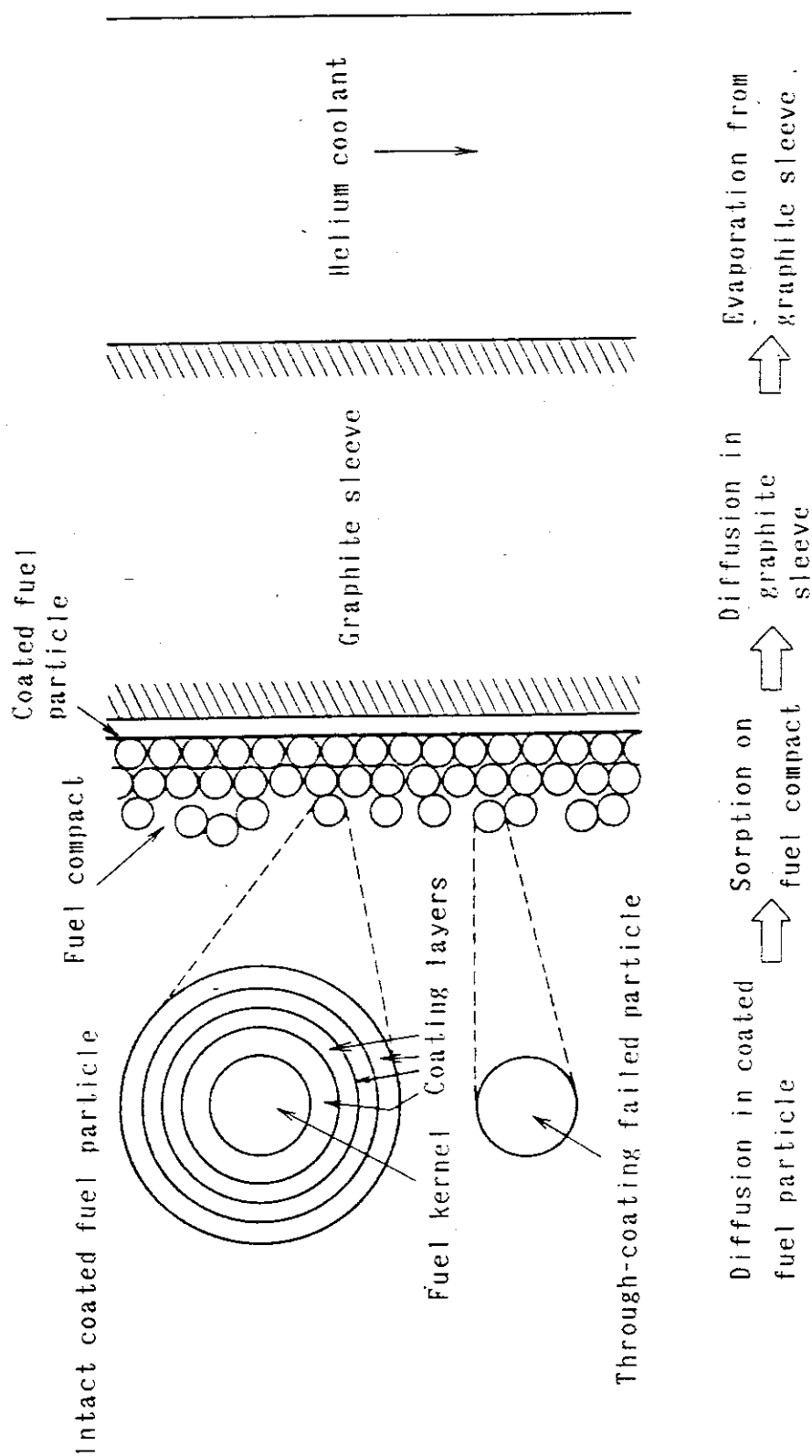


Fig. 2.1 Metallic Fission Product transport Model

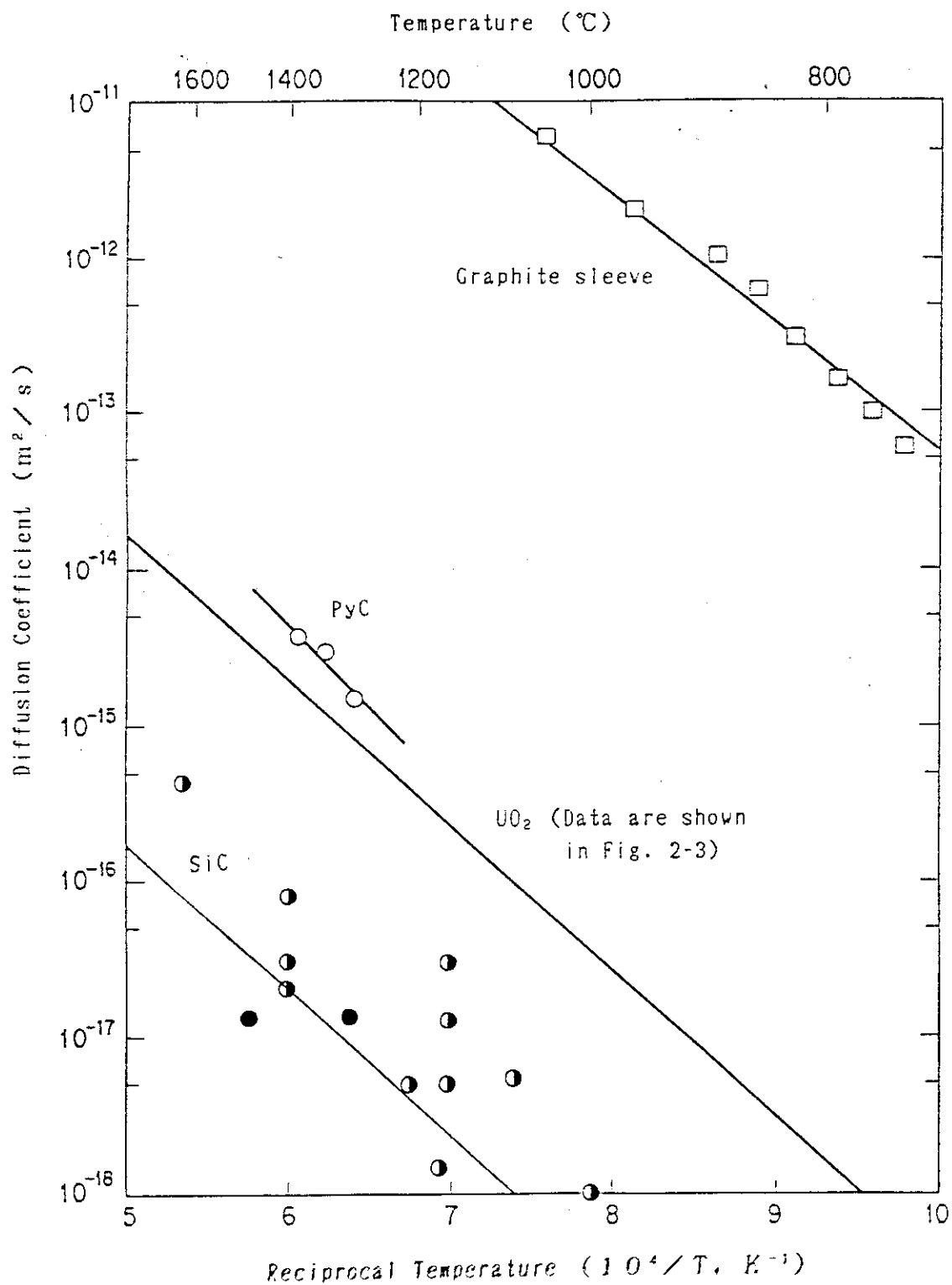


Fig. 2.2 Diffusion Coefficients of Cs

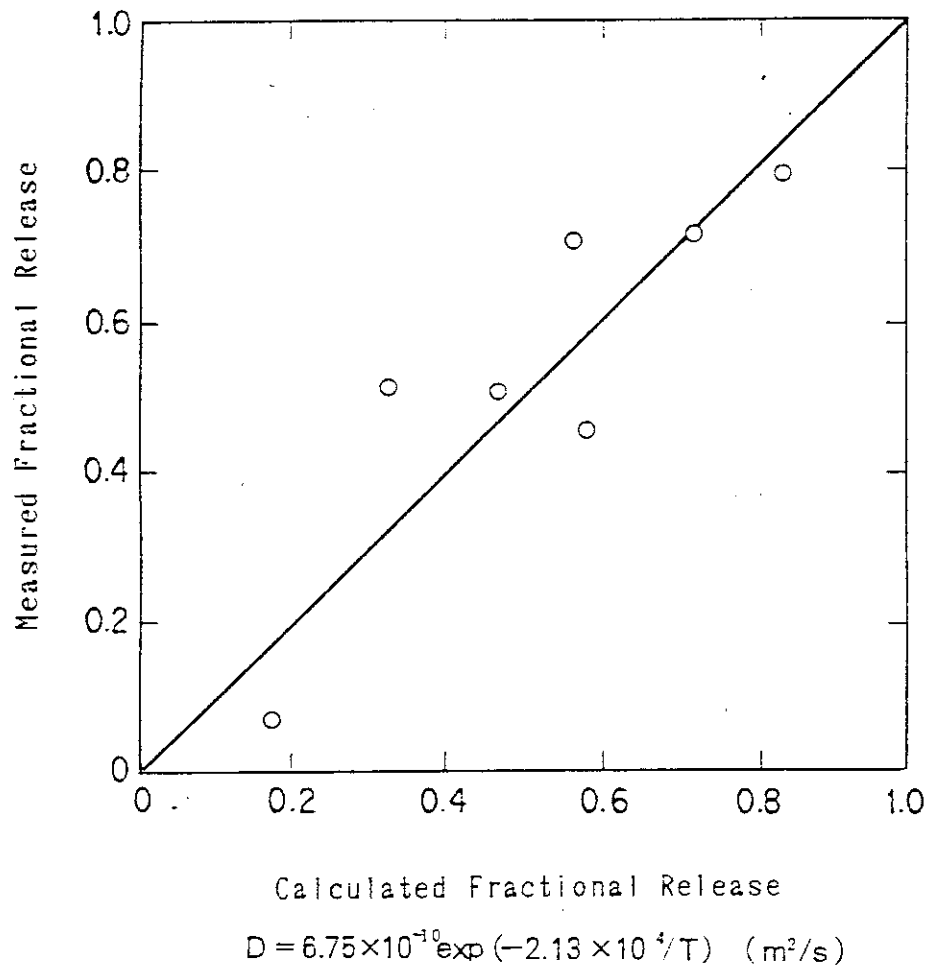


Fig. 2.3 Diffusion Data of Cs in UO₂

3. 計算結果

Csの放出割合について、計算値と実験による測定値の比較を行った。比較の対象とした実験は、スィープガスキャプセル照射試験及びOGL-1燃料体照射試験とした。スィープガスキャプセル照射試験では、被覆燃料粒子からの金属性FPの保持効果について比較を行った。OGL-1燃料体照射試験では、被覆燃料粒子の保持効果に加え、燃料コンパクト及び黒鉛スリーブによる保持効果についても比較を行った。

計算に用いた温度は、熱電対で実測された温度に基づき、径方向及び軸方向の分布を計算により求めたもの^{(3),(15)}を用いた。拡散定数及び吸着平衡係数は、2章に示した式を用いた。

なお、これらの実験でCsと同様に測定された他のFP核種のうち、希ガス、よう素については別途比較を行った⁽²⁾。また、その他の金属性FPについても比較を行った結果については、付録1にまとめて示す。

3.1 スィープガスキャプセル(75F5A)照射試験の計算

3.1.1 実験結果^{(16),(17)}

75F5Aキャプセルは、HTTRに装荷するA型燃料体⁽⁹⁾とほぼ同様の仕様の被覆燃料粒子を燃料コンパクトに装荷したキャプセルであり、軸方向に上段、中段、下段の3段のインナーキャプセルが装荷されたものである。各インナーキャプセルは異なる温度条件で照射された。各インナーキャプセルには、燃料コンパクトが2個ずつ納められており、計6個のコンパクトが照射された。被覆燃料粒子の被覆層破損率、燃料温度及び金属性FPの放出割合は、各インナーキャプセル毎に測定されている。キャプセル内の上段、中段、下段のインナーキャプセルをそれぞれ75F5A-1、75F5A-2、75F5A-3キャプセルと呼ぶ。照射時間は、1872.5時間(約78EFPD)であり、温度が比較的高い状態で照射試験が行われたため、金属性FPの放出量が多く、放射能の測定誤差が小さいため、比較計算を行うのに適した実験となっている。

Csの放出割合は、照射後試験によりキャプセル内部におけるCs付着量(被覆燃料粒子から放出されたCsの量)及び被覆燃料粒子内のCsの量を測定し、以下のように定義される。

$$F = \frac{R}{I} \quad (3.1)$$

ここで、
 F：燃料コンパクトからのCsの放出割合(—)
 R：燃料コンパクトからのCsの放出量(Bq)
 I：Csのインベントリ(Bq)

である。

照射後試験により測定されるCsの量は、厳密には燃料粒子及び燃料コンパクトにより保持されなかった量であるが、燃料コンパクトによるCsの保持効果は小さいため、(3.1)式で計算さ

れる放出割合は、燃料粒子によるCsの保持効果を表していると考えられる^{(16),(17)}。Cs-137のインベントリ、放出量及び放出割合をTable 3.1に示す。

計算に用いた被覆燃料粒子の寸法及び被覆層の破損率をTable 3.2に示す。被覆燃料粒子の寸法は、燃料コンパクト毎に、抜き取り測定した平均値である⁽¹⁷⁾。被覆燃料粒子の破損率としては、照射前検査における貫通破損率及びSiC層破損率並びに照射後検査で測定された貫通破損がある。照射後の貫通破損率が照射前よりも大きくなっているのは、照射によって追加の貫通破損が生じたためと考えられる。従来の照射経験より、照射に伴う貫通破損率の増加は、初期にSiC層が破損している燃料粒子が照射中に貫通破損に至った分と考えることができる⁽³⁾。照射期間中の貫通破損の増加率は測定できないので、計算においては、ある時刻における貫通破損率を以下のように直線内挿した。

$$\phi(t) = \phi_{\text{BOL}} + \frac{\phi_{\text{EOL}} - \phi_{\text{BOL}}}{T} \cdot t \quad (3.2)$$

ここで、 $\phi(t)$: 照射時刻 t における貫通破損率 (-)
 ϕ_{BOL} : 照射前の貫通破損率 (-)
 ϕ_{EOL} : 照射後の貫通破損率 (-)
 T : 照射期間 (h)

である。

SiC層破損率は、照射時間が短いためPdとSiC層の腐食反応により照射中に追加破損することは考えられないため、照射前の測定値を照射末期まで用いて計算した。

Fig. 3.1に、計算に用いた燃料温度を各インナーキャプセル毎に示す。図中の実線は、熱電対で測定した燃料コンパクト内面温度であり、最高温度に対応する。照射期間中の燃料最高温度は、それぞれ75F5A-1が約1,690°C、75F5A-2が約1,950°C、75F5A-3が約1,750°Cとなっている。図中の点線は、出力密度と燃料コンパクト形状を用いて計算された⁽³⁾燃料コンパクトの外表面温度である。放出割合の計算においては、燃料コンパクトの内、外面温度を入力し、燃料コンパクトの径方向の温度分布を内挿で求めている。

3.1.2 計算結果

被覆燃料粒子からのCs-137放出割合の計算は、インナーキャプセル毎に貫通破損粒子、SiC層破損粒子及び被覆層健全粒子についてそれぞれ行った。各インナーキャプセルからの放出割合FRは、以下のように計算する。

$$FR = \phi_{\text{tf}} \cdot FR_{\text{tf}} + \phi_{\text{sf}} \cdot FR_{\text{sf}} + (1 - \phi_{\text{tf}} - \phi_{\text{sf}}) \cdot FR_{\text{int}} \quad (3.3)$$

ここで、 ϕ_{tf} : 貫通破損率 (-)
 ϕ_{sf} : SiC層破損率 (-)
 FR_{tf} : 貫通破損粒子からの放出割合 (-)
 FR_{sf} : SiC層破損粒子からの放出割合 (-)
 FR_{int} : 健全粒子からの放出割合 (-)

である。

照射終了時における放出割合の計算結果を、Table 3.3 に示す。

貫通破損粒子からのCs-137の放出割合は、UO₂燃料核の拡散で決まり、照射温度が低い75F5A-1キャプセルで約40%に、照射温度が高い75F5A-2キャプセルで約90%となった。

SiC層破損粒子からの放出割合は、UO₂燃料核に加えて内側及び外側熱分解炭素層の保持能力で決まり、インナーキャプセルによって約10%から約70%の範囲となった。照射温度が比較的低い75F5A-1及び75F5A-3では、熱分解炭素層により、放出割合は貫通破損粒子の放出割合の1/2から1/4にそれぞれ低減されている。

健全粒子からの放出は、SiC層の保持機能で決まる。照射温度が低い75F5A-1では、貫通破損粒子に較べて放出割合が約4桁低くなっており、SiC層が有効な保持能力を有していることが分かる。しかし、照射温度が高い75F5A-2では、SiC層によってCs-137の放出割合が貫通破損粒子に比べて約1/60に低下するにとどまっており、温度が高くなるとSiC層の保持効果が相対的に減少していることが分かる。

Cs-137の放出割合の測定値と計算値の比較をFig. 3.2に示す。同図より、計算値は測定値と同程度か1桁大きくなっている。

3.2 OGL-1燃料体照射試験(第5次)の計算

3.2.1 実験結果^{(3),(18)}

OGL-1燃料体照射試験は、HTTRの運転状態を模擬した試験である。第5次OGL-1燃料体照射試験は、照射後試験が完了した燃料体の中で最も照射期間が長く、HTTRと同様の方法で被覆燃料粒子を成形した燃料コンパクトを20個装荷した燃料ピンが3本(コンパクト数は合計60個)装荷されている。照射時間は約142日、燃料最高温度は約1,360°Cである。燃料コンパクトは、IG-110製の黒鉛スリーブに納められている。従って、1次冷却材中への金属性FPの移行経路はHTTRと同じになっている。計算に用いた被覆燃料粒子及び燃料要素の寸法等をTable 3.4に示す。

燃料ピンから冷却材中に放出された金属性FPは、ほぼ全量がOGL-1の配管内面に沈着するため、ゲルマニウム検出器を用いてOGL-1の配管外部からγ線を複数点測定して沈着FPの総量を求め、これを燃料体からのFP放出量と見なすことができる⁽¹⁹⁾。燃料体の出力は分かっているので、Cs-137のインベントリは計算でき、(3.1)式と同様の方法で放出割合を求めることができる。この試験がスweepガスキャプセル照射試験と異なる点は、測定された金属性FPの放出割合が、燃料コンパクト及び黒鉛スリーブによる保持効果を含めたものとなっていることである。第5次OGL-1燃料体照射試験燃料体からのCs-137の放出量は、 2.4×10^6 Bq (6.6×10^{-3} Ci)であり、放出割合は、 2.2×10^{-4} である。

第5次OGL-1燃料体に装荷された燃料コンパクトの露出ウラン率は、照射前試験で破壊検査により測定されており、 1.9×10^{-3} (0.19%)^{(3),(16)}であった。また、照射前のSiC層破損率は、 2.0×10^{-2} (2%)である。種々の照射後試験及び解析結果から、照射による追加破損は生じなかったと結論されている^{(2),(18)}ため、放出割合の計算においては、照射末期まで初期と同じ破損率

を使用した。露出ウラン率は、燃料コンパクトの汚染割合と貫通破損粒子の割合の和として測定されるため、この区別ができない。そこで、放出割合の計算は、0.19%の燃料コンパクトの汚染（貫通破損率は0）と、0.19%の貫通破損（燃料コンパクト汚染率は0）の両ケースについて行い、これらの計算結果の間に真値があるものとした。

なお、照射後のコンパクト毎の酸浸出率測定結果⁽⁴⁸⁾によると、露出ウラン率にはコンパクト毎のばらつきはあるが、空間的な相関は特にみられなかった。従って、計算においては、被覆層の破損率は全燃料コンパクトにわたって同じ値とした。

計算には燃料コンパクト内面及び外面温度、燃料スリーブ内面及び外面温度及び冷却材ヘリウム温度を、3本の燃料棒について各コンパクト毎に軸方向に20点とした。計算に用いた温度及び出力分布を付録2に示す。

3.2.2 計算結果

計算は、貫通破損粒子、SiC層破損粒子及び被覆層健全粒子についてそれぞれ行った。放出割合FRは、以下のように計算する。

$$FR = \{ \phi_{co} + \phi_{tf} \cdot FR_{tf} + \phi_{sf} \cdot FR_{sf} + (1 - \phi_{co} - \phi_{tf} - \phi_{sf}) \cdot FR_{int} \} \cdot f_{cs} \quad (3.4)$$

ここで、 ϕ_{co} : コンパクトの汚染ウラン率 (-)

f_{cs} : コンパクト及びスリーブによる放出割合の低減因子 (-)

である。

照射終了時の放出割合の計算結果及び測定値をTable 3.5に示す。表より、Cs-137の放出割合の計算値は、測定値よりも約1桁大きくなることが分かる。また、燃料コンパクト及び黒鉛スリーブは、1次冷却材中へのCs-137の放出割合を約2/3に低減する保持効果を有している。

3.3 HTTRの設計への適用

HTTRの安全評価に用いるCs-137の放出割合は、以下に示すような仮定に基づき計算している。

- (1) 主要な拡散障壁であるSiC層について、保守的な拡散係数⁽¹¹⁾を用いている。
- (2) 貫通破損率を保守的に1%としている（SiC層破損粒子を評価上貫通破損粒子とみなしている）。

上記の仮定を適用した計算値は、スリーブガスキャプセル照射試験について、3章に述べた結果のさらに1.5～5倍に、第5次OGL-1燃料体照射試験について3～4倍となった。これらの計算結果をまとめてFig. 3.3に示す。さらに、HTTRの安全評価においては、放出割合の計算に用いる燃料温度として工学的安全係数⁽²⁰⁾を考慮したものをを用いている。

Table 3.1 Result of 75F5A Capsule Irradiation Test (Cs-137)

Inner capsule	75F5A-1	75F5A-2	75F5A-3
Inventory ; I (Bq)	2.4×10^{10}	2.8×10^{10}	2.8×10^{10}
Released activity ; R (Bq)	1.1×10^9	3.6×10^7	1.5×10^7
Fractional release ; FR	4.5×10^{-5}	1.3×10^{-3}	5.4×10^{-4}

Table 3.2 Configuration and Failure Fraction of Coated Fuel Particle

Inner capsule	75F5A-1	75F5A-2	75F5A-3
Kernel diameter (μm)	617	505	507
Buffer thickness (μm)	59.1	43.5	40.1
Inner PyC thickness (μm)	29.4	26.7	30.3
SiC thicknes (μm)	28.5	26.8	29.0
Outer PyC thickness (μm)	46.1	44.7	43.5
Through coating failure fraction at BOL	9.5×10^{-5}	1.1×10^{-5}	4.4×10^{-5}
Through coating failure fraction at EOL	5.0×10^{-4}	5.0×10^{-4}	4.0×10^{-4}
SiC coating failure fraction at BOL	1.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}

Table 3.3 Calculation Results of 75F5A Capsule Irradiation Test (Cs-137)

Inner capsule	75F5A-1	75F5A-2	75F5A-3
ϕ_{tf}	5.0×10^{-4}	5.0×10^{-4}	4.0×10^{-4}
ϕ_{sf}	6.0×10^{-4}	1.5×10^{-3}	6.4×10^{-4}
FR_{tf}	4.3×10^{-1}	8.7×10^{-1}	6.1×10^{-1}
FR_{sf}	1.1×10^{-1}	7.4×10^{-1}	2.8×10^{-1}
FR_{int}	4.2×10^{-5}	1.5×10^{-2}	1.0×10^{-4}
FR	3.2×10^{-4}	1.7×10^{-2}	5.3×10^{-4}
$FR_{measured}$	4.5×10^{-5}	1.3×10^{-3}	5.4×10^{-4}

Symbols are explained in eq. (3.3)

Table 3.4 Configuration of Coated Fuel Particle and Fuel Element (5th OGL-1)

Fuel compact	inner diameter (cm)	0.80
	outer diameter (cm)	2.40
	length (cm)	3.60
Graphite sleeve	inner diameter (cm)	2.42
	outer diameter (cm)	3.00
	compact loading length (cm)	720
	number of compact	20
Fuel Assembly	number of sleeve	3
Coated fuel particle	UO ₂ kernel diameter (μm)	600
	buffer layer thickness (μm)	60
	inner PyC layer thickness (μm)	30
	SiC layer thickness (μm)	25
	outer PyC layer thickness (μm)	45

Table 3.5 Calculation Result of 5th OGL-1 Fuel Element Irradiation Test (Cs-137)

ϕ_{co}	$0 \sim 1.9 \times 10^{-3}$
ϕ_{tf}	$0 \sim 1.9 \times 10^{-3}$
ϕ_{sf}	2.0×10^{-2}
FR_{tf}	3.7×10^{-1}
FR_{sf}	1.1×10^{-1}
FR_{int}	7.0×10^{-4}
f_{cs}	6.0×10^{-1}
FR	$2.9 \times 10^{-3} \sim 2.2 \times 10^{-3}$
$FR_{measured}$	2.2×10^{-4}

Symbols are explained in eqs. (3.3) and (3.4)

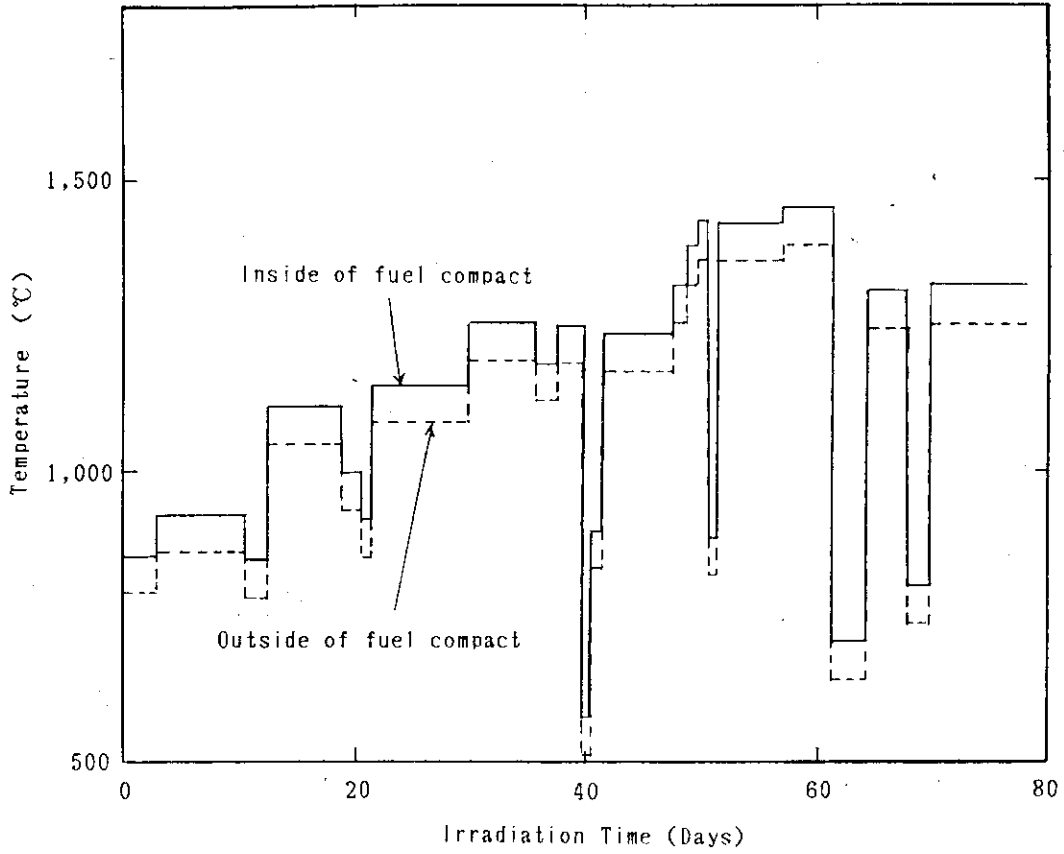


Fig.3.1(a) Fuel Temperature of 75F5A-1 Inner Capsule

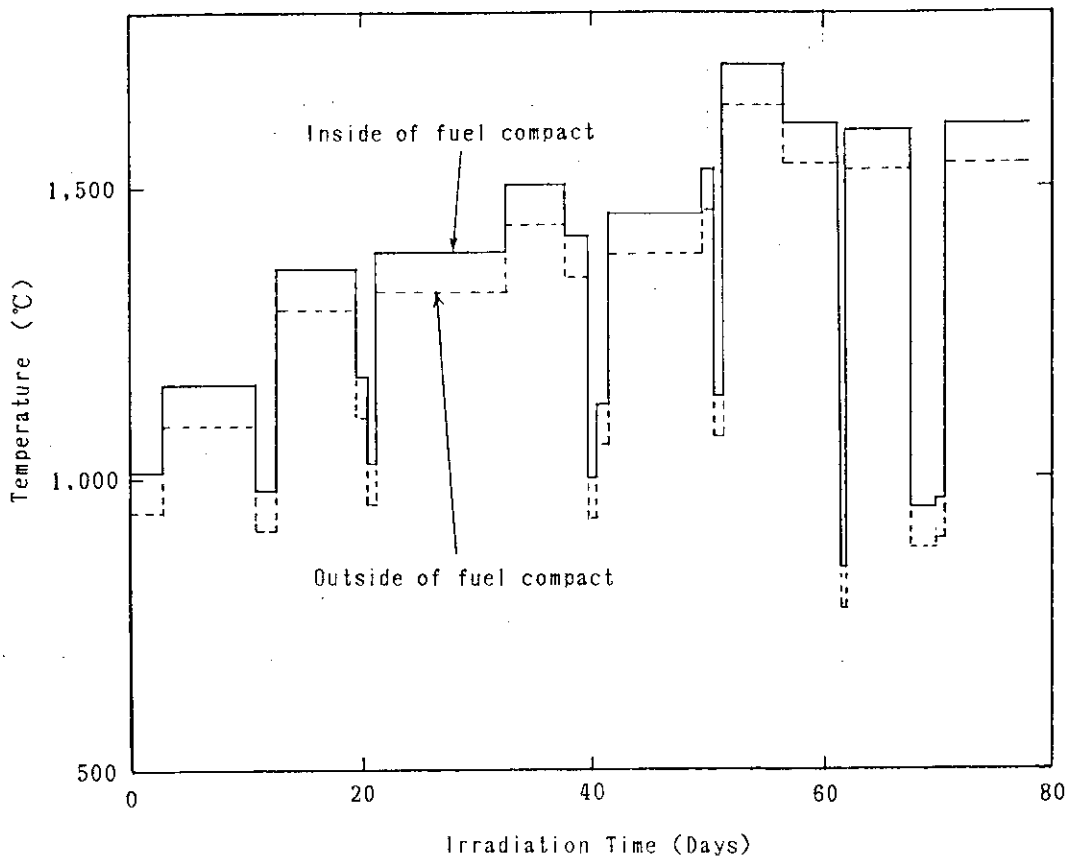


Fig.3.1(b) Fuel Temperature of 75F5A-2 Inner Capsule

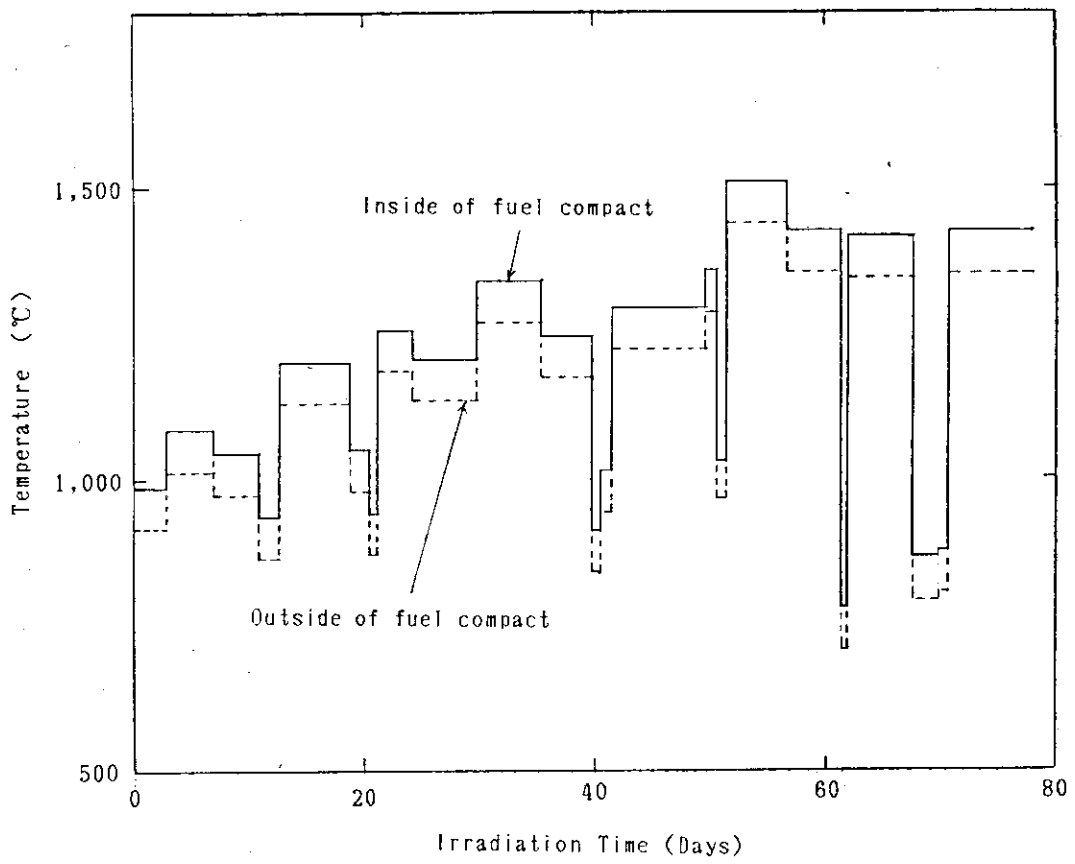


Fig.3.1(c) Fuel Temperature of 75F5A-3 Inner Capsule

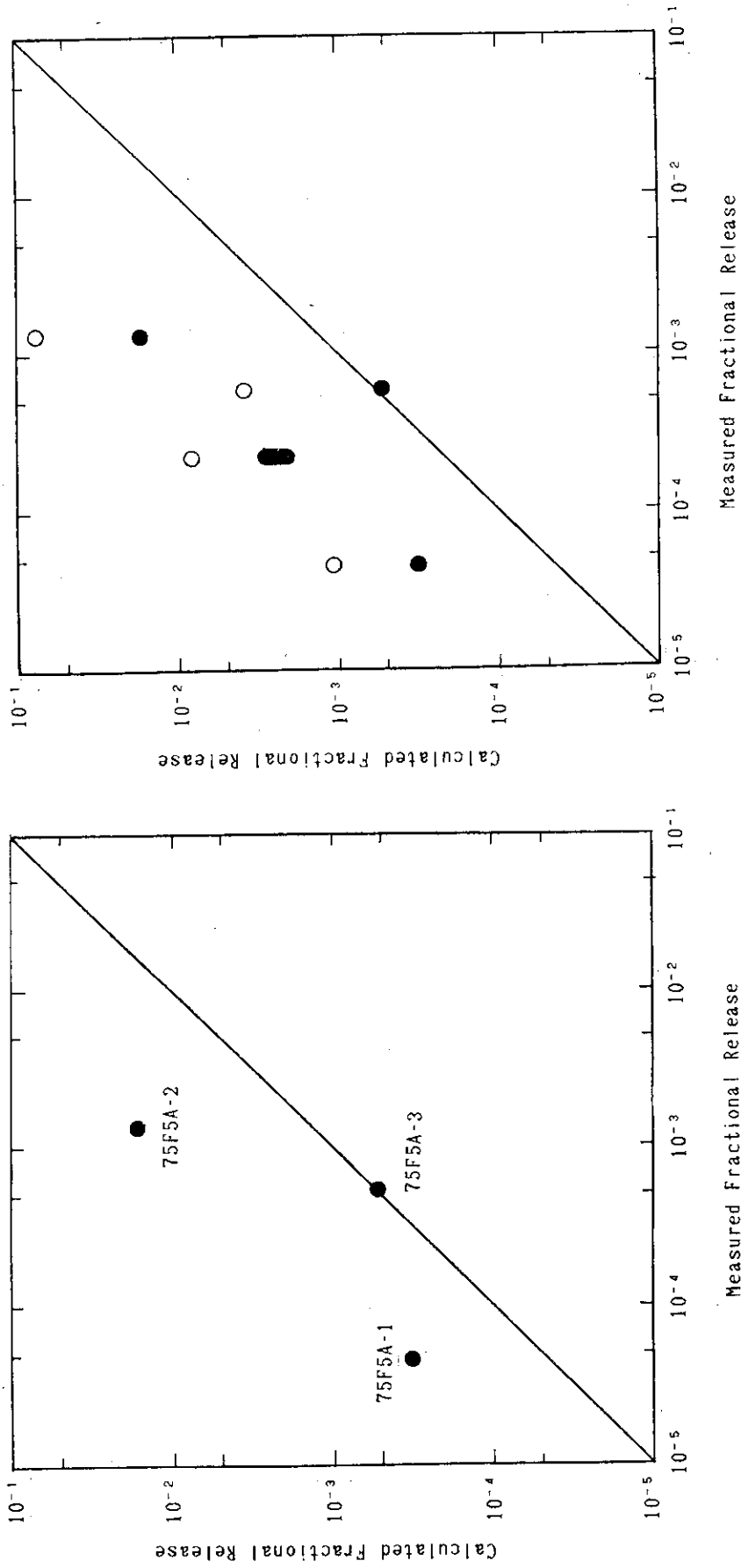


Fig.3.3 Summary of Measured and Calculated Fractional Releases of Cs-137 (○ : Calculated by HTTR design method)

4. 結 論

HTTR燃料体からの金属性FP(Cs)の放出割合の解析モデル及び計算に使用する定数について整理すると共に、75F5Aキャプセル照射試験及び第5次OGL-1燃料体照射試験結果を用いてCs-137の放出割合の計算値と測定値の比較を行った。その結果、以下のことが分かった。

- (1) 被覆燃料粒子からの放出割合の計算値は測定値と同程度か約1桁大きく評価される。これは、貫通破損及びSiC層破損粒子は、周方向全てにわたって核分裂生成物の保持能力を失っているというモデルを用いていることに起因すると考えられる。
- (2) Cs-137は、燃料コンパクト及び黒鉛スリーブにより1次冷却中への放出割合が約2/3程度に低減される。
- (3) 燃料コンパクト及び黒鉛スリーブを含めたCs-137の放出割合の計算値は測定値よりも約1桁大きく評価される。

以上のことから、Csの放出割合の計算値は、十分な保守性を有しており、HTTRの安全評価に十分適用できることが分かった。

なお、金属FPの放出割合の予測精度を向上させるために、今後、より詳細なモデルの開発を行う必要がある。

謝 辞

本報告の作成にあたり、種々の御助言を頂いた斎藤伸三高温工学試験研究炉開発部次長、田中利幸原子炉建設室長をはじめとするHTTR開発部の皆様に深謝いたします。また、燃料照射研究室の皆様には実験結果等について貴重な教唆を頂いた。また、計算を行うにあたっては、富士電機㈱及び川崎重工業㈱の御協力を頂いた。深く感謝いたします。

4. 結 論

HTTR 燃料体からの金属性FP (Cs) の放出割合の解析モデル及び計算に使用する定数について整理すると共に、75F5A キャプセル照射試験及び第5次 OGL-1 燃料体照射試験結果を用いて Cs-137 の放出割合の計算値と測定値の比較を行った。その結果、以下のことが分かった。

- (1) 被覆燃料粒子からの放出割合の計算値は測定値と同程度か約 1桁大きく評価される。これは、貫通破損及び SiC 層破損粒子は、周方向全てにわたって核分裂生成物の保持能力を失っているというモデルを用いていることに起因すると考えられる。
- (2) Cs-137 は、燃料コンパクト及び黒鉛スリーブにより 1次冷却中への放出割合が約 2/3 程度に低減される。
- (3) 燃料コンパクト及び黒鉛スリーブを含めた Cs-137 の放出割合の計算値は測定値よりも約 1桁大きく評価される。

以上のことから、Cs の放出割合の計算値は、十分な保守性を有しており、HTTR の安全評価に十分適用できることが分かった。

なお、金属 FP の放出割合の予測精度を向上させるために、今後、より詳細なモデルの開発を行う必要がある。

謝 辞

本報告の作成にあたり、種々の御助言を頂いた斎藤伸三高温工学試験研究炉開発部次長、田中利幸原子炉建設室長をはじめとする HTTR 開発部の皆様に深謝いたします。また、燃料照射研究室の皆様には実験結果等について貴重な教唆を頂いた。また、計算を行うにあたっては、富士電機㈱及び川崎重工業㈱の御協力を頂いた。深く感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 小川 徹, 他, “貫通破損粒子を含む燃料コンパクトからの短半減期希ガス・ヨウ素の放出率”, JAERI-M 86-146 (1986).
- (2) 沢 和弘, 他, “高温工学試験研究炉における被覆燃料粒子の破損率及びFP放出率の評価法”, JAERI-M 88-258 (1988).
- (3) 福田幸朔, 他, “高温ガス炉用燃料に関する試験研究”, JAERI-M 89-007 (1989).
- (4) P. D. Smith, “TRAFIC, A Computer Program for Calculating the Release of Metallic Fission Products from an HTGR Core”, GA-A 14721 (1978).
- (5) 牧野正彦, 他, “高温ガス冷却炉における核分裂生成物の非定常拡散放出量評価用コード-FECUND-”, JAERI-M 4883 (1972).
- (6) 林 君夫, 他, “高温ガス炉燃料からの核分裂生成物放出計算コード TRANCS”, JAERI-M 88-020 (1988).
- (7) S. Mitake, et. al., “An Analytical Study of Volatile Metallic Fission Product Release from Very High Temperature Gas-cooled Reactor Fuel and Core”, Nucl. Technol., Vol. 81 (1988), p. 7.
- (8) 小林紀明, 他, “高温ガス炉燃料コンパクトの電気解砕 -硝酸浸出法による露出ウラン率検査法-”, JAERI-M 87-023 (1987).
- (9) 林 君夫, 他, “高温工学試験研究炉用燃料の設計方針, 製作性及び総合的健全性評価”, JAERI-M 89-161 (1989).
- (10) 林 君夫, 他, “高温工学試験研究炉用燃料の健全性の評価と許容設計限界”, JAERI-M 89-162 (1989).
- (11) H. J. Allelein, “Spaltproduktverhalten -Speziell Cs-137- in HTR-TRISO-Brennstoffteilchen”, Jul-1695 (1980).
- (12) K. Hayashi, et. al., “In-pile Release Behaviour of Metallic Fission Products in Graphite Materials of a HTGR Fuel Assembly”, J. of Nucl. Material, 149 (1987), p. 57.
- (13) R. Moormann, et. al., “Methodik Umfassender Probabilistischer Sicherheitsanalysen für Zukünftige HTR-Anlagenkonzepte Ein Statusbericht (Stand 1986) Band 3: Spaltproduktfreisetzung”, Jul-Spez-388/Bd. 3 (1987).
- (14) B. F. Myers, et. al., “Cesium Transport Data for HTGR System”, GA-A 13990 (1979).
- (15) 福田幸朔, 他, “OGL-1燃料棒の照射温度評価”, JAERI-M 84-183 (1984).
- (16) 小川 徹, 他, “被覆燃料からの照射中金属FP放出 -74F9J, 75F4A, 75F5A スイプガスキャプセル-”, JAERI-M 85-041 (1985).
- (17) 小川 徹, 他, “被覆燃料のガススイプガスキャプセル照射試験(II)(75F4A, 75F5A

- キャプセルによる照射)”， JAERI-M 87-020 (1987).
- (18) 福田幸朔，他，“ OGL-1 第 3 次， 第 4 次および第 5 次燃料体の照射試験”， JAERI-M 86-092 (1986).
 - (19) 露崎典平，他，“ OGL-1 における ^{137}Cs の沈着分布”， JAERI-M 88-225 (1988).
 - (20) 丸山 創，他，“ 高温工学試験研究炉炉心燃料最高温度計算用工学的安全係数の評価”， JAERI-M 88-250 (1988).

付録1 銀及びバリウムの放出割合の計算結果

放出割合が実験で測定されており、HTTRの設計評価上重要な、Cs以外の金属性FPは、以下に示すとおりである。

- 75F5A キャプセル照射試験^{(1),(2)}

Ag-110m

- 第5次 OGL-1 燃料体照射試験⁽³⁾

Ag-110m, Ba-140

これらの核種についてもCs-137と同様に計算を行った。Ag及びBaの放出割合の計算に使用する拡散定数及び吸着平衡係数と出典をTable A1-1及びTable A1-2に示す。ここで、Agは、燃料コンパクト及び黒鉛スリーブにおける吸着力が小さいことから、計算ではこれらの保持効果を考慮していない。

また、HTTRの安全評価法と同様に、SiC層の拡散係数^{(9),(11)}及び破損率を保守的に設定した場合についても計算を行った。

(1) 75F5A キャプセル照射試験の計算

Ag-110mのインベントリ、放出量及び放出割合をTable A1-3に示す。計算に用いた被覆燃料粒子の形状等は、本文に示したものと同一である。計算結果をTable A1-4及びFig. A1-1に示す。

(2) 第5次 OGL-1 燃料体照射試験の計算

Ag-110m及びBa-140の放出量及び放出割合をTable A1-5に示す。計算に用いた燃料体形状等は、本文に示したものと同一である。計算結果をTable A1-6及びFig. A1-2に示す。

以上の結果より、その他の金属性FP (Ag-110m, Ba-140) についても放出割合の計算値は1桁以上の保守性を有していることが分かった。

参考文献

- (1) 小川 徹, 他, “被覆燃料からの照射中金属FP放出 - 74F9J, 75F4A, 75F5A スリーブガスキャプセル”, JAERI-M 85-041 (1985).
- (2) 小川 徹, 他, “被覆燃料のガススリーブガスキャプセル照射試験(II) (75F4A, 75F5A キャプセルによる照射)”, JAERI-M 87-020 (1987).
- (3) 福田幸朔, 他, “OGL-1 第3次, 第4次および第5次燃料体の照射試験”, JAERI-M 86-092 (1986).
- (4) 福田幸朔, 他, “高温ガス炉用燃料に関する試験研究”, JAERI-M 89-007 (1989).
- (5) P. Offermann, “Ag-diffusion in PyC”, J. of Nucl. Material, 64 (1977), p. 249.
- (6) K. Hayashi, et. al., “In-pile Release Behaviour of Metallic Fission Products in Graphite Materials of a HTGR Fuel Assembly”, J. of Nucl. Material, 149 (1987), p. 57.
- (7) W. Amian, et. al., “Messungen und Berechnungen zur Sr-90-Freisetzung aus

- HTR-Brennstoffelementen ", Jül-1580 (1979).
- (8) B. F. Myers, et. al., " Strontium Transport Data for HTGR Systems ", GA-A 13168 (1974).
 - (9) K. Fukuda, et. al., " Diffusion Behaviour of Fission Product in Pyrolytic Silicon Carbide ", J. of Nucl. Material, 75 (1978), p. 131.
 - (10) R. Moormann, et. al., " Methodik Umfassender Probabilistischer Sicherheitsanalysen für Zukünftige HTR-Anlagenkonzepte Ein Statusbericht (Stand 1986) Band 3 : Spaltproduktfreisetzung ", Jül-Spez-388/Bd. 3 (1987).
 - (11) W. Amian, " Experimentelle Untersuchungen zum Transportverhalten von Silber in Brennstoffteilchen für Hochtemperaturreaktoren ", Jül-1731 (1981).

Table A1.1 Diffusion Coefficient and Sorption Isotherm Data of Ag-110m

Material	Evaluated data	Ref.
UO ₂ kernel	$6.75 \times 10^{-10} \exp(-2.13 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(4)
PyC layer	$2.0 \times 10^{-8} \exp(-1.97 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(5)
SiC layer	$6.75 \times 10^{-11} \exp(-2.13 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(4)
graphite sleeve	$6.3 \times 10^{-3} \exp(-3.18 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(6)

T : Temperature (K)

C : FP concentration on material ($\mu\text{mole/g}$)

Table A1.2 Diffusion Coefficient and Sorption Isotherm Data of Ba-140

Material	Evaluated data	Ref.
UO ₂ kernel	$3.5 \times 10^{-5} \exp(-4.92 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(7)
PyC layer	$2.3 \times 10^{-5} \exp(-2.37 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(8)
SiC layer	$1.2 \times 10^{-9} \exp(-2.47 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(9)
graphite sleeve	$1.66 \times 10^{-2} \exp(-3.22 \times 10^4/T) \text{ m}^2/\text{s}$	(8)
compact matrix	$e^{(21.8 - 86600/T)}$ $\times \{ 150^{(-2.91 + 5210/T)} C$ $+ C^{(-1.91 + 5210/T)} \} \text{ atm}$	(10)
graphite sleeve	$e^{(9.44 - 42400/T)}$ $\times \{ 0.12^{(-1.57 + 4590/T)} C$ $+ C^{(-0.57 + 4590/T)} \} \text{ atm}$	(8)

T : Temperature (K)

C : FP concentration on material ($\mu\text{mole/g}$)

Table A.1.3 Result of 75F5A Capsule Irradiation Test (Ag-110m)

Inner capsule	75F5A-1	75F5A-2	75F5A-3
Inventory ; I (Bq)	7.4×10^6	4.8×10^7	2.7×10^7
Released activity ; R (Bq)	5.2×10^4	3.7×10^6	1.2×10^5
Fractional release ; FR	7.0×10^{-3}	7.7×10^{-2}	4.5×10^{-3}

Table A.1.4 Calculation Results of 75F5A Capsule Irradiation Test (Ag-110m)

Inner capsule	75F5A-1	75F5A-2	75F5A-3
ϕ_{tf}	5.0×10^{-4}	5.0×10^{-4}	4.0×10^{-4}
ϕ_{sf}	6.0×10^{-4}	1.5×10^{-3}	6.4×10^{-4}
FR_{tf}	4.3×10^{-1}	8.6×10^{-1}	6.1×10^{-1}
FR_{sf}	3.9×10^{-1}	8.6×10^{-1}	6.0×10^{-1}
FR_{int}	2.0×10^{-2}	2.9×10^{-1}	5.1×10^{-2}
FR	2.1×10^{-2}	2.9×10^{-1}	5.1×10^{-2}
$FR_{measured}$	7.0×10^{-3}	7.7×10^{-2}	4.5×10^{-3}

Symbols are explained in eq. (3.3)

Table A.1.5 Result of 5th OGL-1 Fuel element Irradiation Test (Ag-110m and Ba-140)

Nuclide	Ag-110m	Ba-140
Released activity ; R (Bq)	2.1×10^7	3.0×10^7
Fractional release ; FR	2.0×10^{-3}	2.4×10^{-7}

Table A.1.6 Calculation Result of 5th OGL-1 Fuel Element Irradiation Test (Ag-110m and Ba-140)

Nuclide	Ag-110m	Ba-140
ϕ_{co}	$0 \sim 1.9 \times 10^{-3}$	
ϕ_{tr}	$0 \sim 1.9 \times 10^{-3}$	
ϕ_{sf}	2.0×10^{-2}	
FR_{tr}	3.6×10^{-1}	2.2×10^{-2}
FR_{sf}	3.4×10^{-1}	2.1×10^{-2}
FR_{int}	2.4×10^{-2}	1.2×10^{-2}
f_{cs}	1.0	2.9×10^{-5}
FR	3.2×10^{-2} $\sim 3.1 \times 10^{-2}$	4.1×10^{-7} $\sim 3.6 \times 10^{-7}$
$FR_{measured}$	2.0×10^{-3}	2.4×10^{-7}

Symbols are explained in eqs. (3.3) and (3.4)

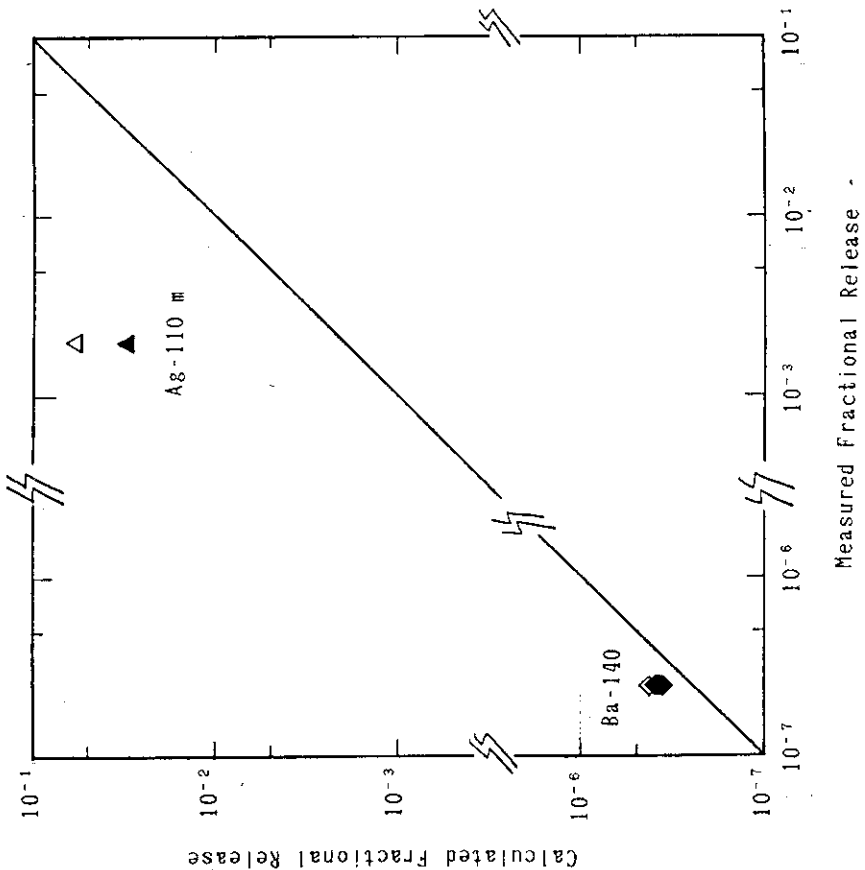


Fig.A1.2 Comparison of Measured and Calculated Fractional Releases of Ag-110m and Ba-140 from 5th OGL-1 Fuel Element Irradiation Test (○, ◇: Calculated by HTTR design method)

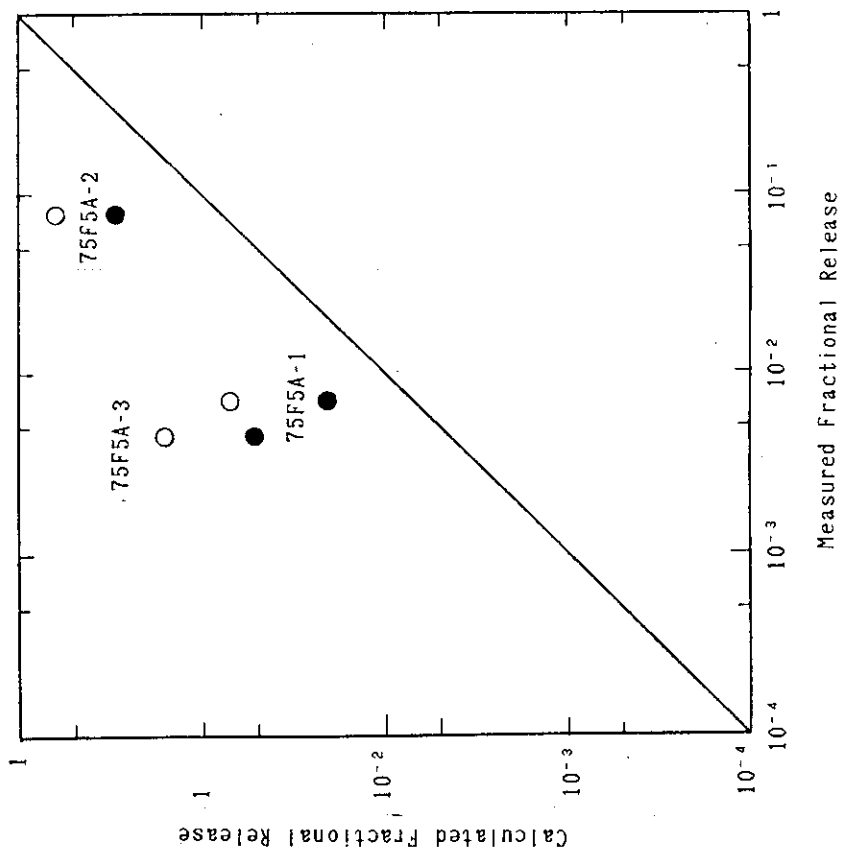


Fig.A1.1 Comparison of Measured and Calculated Fractional Releases of Ag-110m 75F5A Capsule Irradiation Test (○: Calculated by HTTR design method)

付録2 第5次 OGL-1 燃料体の出力、温度分布

計算に使用した第5次 OGL-1 燃料体の出力分布及び温度分布を Table A2-1 に示す⁽¹⁾。時間点としては、基本的に各サイクルを前半、後半の2つに分けているが、前半と後半で温度変化が小さい第54サイクル及び第56サイクルについては、前後半とも同一の出力及び温度分布を用いた。

参考文献

- (1) 福田幸朔, 他, “ OGL-1 燃料棒の照射温度評価 ”, JAERI-M 84-183 (1984).

Table A 2.1 Power and Temperature Distribution of the 5th OGL-1 Fuel (1/12) (52nd Cycle 1/2)

Rod. No.	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Compact inside (°C) outside (°C)	923.8	965.6	1003.9	1038.0	1067.6	1092.4	1111.9	1125.0	1134.3	1136.9	1133.8	1125.0	1110.5	1090.4	1064.9	1034.3	998.8	962.7	947.4	933.3	933.3
		899.2	937.6	972.9	1004.6	1032.3	1055.6	1074.3	1088.2	1097.2	1101.0	1090.6	1093.3	1081.7	1064.9	1043.3	1016.7	985.6	953.5	939.6	926.9	926.9
	Sleeve inside (°C) outside (°C)	799.6	823.3	855.8	881.7	905.5	926.9	945.5	961.0	973.2	981.8	986.7	988.1	985.5	979.3	969.4	955.9	939.2	921.2	912.3	903.9	903.9
		786.5	813.3	839.1	863.6	886.3	906.8	924.9	940.3	952.6	961.8	967.7	970.3	969.3	964.9	957.1	946.0	931.7	916.0	908.0	900.2	900.2
	coolant (°C)	692.6	708.3	724.9	742.0	750.5	776.9	794.0	810.5	826.0	840.3	853.2	864.4	873.7	880.9	885.0	888.7	889.1	887.2	883.9	880.2	880.2
		222.6	250.1	273.7	292.9	307.6	317.4	322.1	321.9	316.5	306.1	290.9	271.2	247.1	219.2	187.8	153.4	116.6	81.6	69.1	58.6	58.6
2	Compact inside (°C) outside (°C)	1019.6	1079.8	1135.4	1185.5	1229.1	1265.6	1294.4	1315.0	1327.1	1330.3	1324.9	1310.7	1288.1	1257.3	1218.7	1173.1	1121.0	1068.5	1046.5	1026.2	1026.2
		985.5	1040.9	1092.1	1138.5	1179.2	1213.5	1241.1	1261.5	1274.2	1279.1	1276.3	1265.6	1247.2	1221.3	1188.2	1148.5	1102.6	1055.8	1035.8	1017.5	1017.5
	Sleeve inside (°C) outside (°C)	840.5	879.1	916.1	950.8	982.7	1011.1	1035.8	1056.1	1072.0	1082.9	1089.0	1090.1	1086.3	1077.4	1063.7	1045.5	1022.8	998.6	986.8	975.5	975.5
		822.5	858.4	893.0	925.6	955.7	982.8	1006.6	1026.6	1042.6	1054.3	1061.7	1064.7	1063.1	1057.0	1046.3	1031.4	1012.3	991.3	980.6	970.3	970.3
	coolant (°C)	695.1	716.0	738.1	760.9	784.2	807.3	830.0	851.8	872.4	891.4	908.5	923.3	935.6	945.2	951.9	955.6	956.1	953.5	949.2	944.2	944.2
		300.4	337.5	369.3	395.3	415.1	428.3	434.8	434.4	421.1	413.2	392.7	366.0	333.5	295.8	253.4	207.0	157.4	110.1	93.3	79.0	79.0
3	Compact inside (°C) outside (°C)	1031.8	1092.8	1148.7	1198.6	1241.8	1277.7	1305.9	1326.0	1337.7	1341.1	1335.9	1322.3	1300.4	1270.4	1232.7	1187.5	1136.5	1082.6	1060.3	1040.0	1040.0
		995.5	1051.4	1102.7	1148.7	1188.7	1222.4	1249.3	1269.0	1281.5	1286.6	1284.2	1274.3	1256.9	1232.1	1200.2	1161.3	1115.9	1069.1	1048.9	1030.4	1030.4
	Sleeve inside (°C) outside (°C)	849.7	890.4	929.3	965.9	999.4	1029.3	1055.1	1076.5	1093.1	1104.6	1111.0	1112.2	1108.1	1098.9	1081.5	1065.4	1041.6	1016.1	1003.6	991.7	991.7
		830.5	868.3	904.7	939.0	970.5	998.9	1023.9	1044.8	1061.6	1073.9	1081.7	1084.9	1083.3	1076.9	1065.9	1050.3	1030.3	1008.0	997.0	986.2	986.2
	coolant (°C)	695.7	717.8	741.1	765.3	789.8	814.3	838.3	861.3	883.1	903.2	921.2	936.8	949.9	960.0	967.1	970.9	971.4	968.8	964.2	958.9	958.9
		318.3	357.7	391.4	418.9	439.9	453.9	460.7	460.3	452.6	437.8	416.1	387.8	353.4	313.4	268.5	219.4	166.8	116.7	98.9	83.8	83.8

(2/12)
(52nd Cycle 2/2)

Rod. No	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Compact inside (°C)	943.1	984.7	1023.0	1057.3	1087.1	1112.2	1132.1	1146.7	1155.8	1159.1	1156.8	1148.9	1135.3	1116.2	1091.8	1062.2	1027.8	990.2	974.8	960.9	960.9
		919.2	957.5	992.8	1024.7	1052.5	1076.2	1095.3	1109.7	1119.2	1123.6	1123.1	1117.5	1106.7	1090.9	1070.1	1044.5	1014.4	981.0	967.1	954.3	954.3
	Sleeve inside (°C)	824.1	852.7	880.3	906.4	930.4	952.1	971.0	986.8	999.4	1008.3	1013.7	1015.4	1013.3	1007.5	997.9	984.9	968.5	949.6	940.6	932.0	932.0
		811.2	838.0	864.0	888.6	911.4	932.2	950.6	969.2	978.0	988.4	994.6	997.6	997.0	993.0	985.6	974.8	960.8	944.3	936.2	928.3	928.3
	coolant (°C)	719.0	734.6	751.2	768.4	785.9	803.4	820.6	837.2	852.9	867.3	880.4	891.7	901.2	908.6	913.9	916.8	917.3	915.5	912.2	908.4	908.4
		214.5	241.8	265.2	284.4	299.2	309.2	314.4	314.6	309.9	300.2	285.8	267.0	243.9	216.9	186.6	153.3	117.5	81.0	68.6	58.1	58.1
2	Compact inside (°C)	1035.9	1095.8	1151.3	1201.5	1245.5	1282.5	1311.9	1333.4	1346.5	1350.0	1346.7	1333.8	1312.6	1283.2	1246.1	1202.0	1151.3	1096.5	1074.5	1054.5	1054.5
		1002.9	1058.1	1109.3	1155.8	1196.7	1231.5	1259.7	1280.8	1294.5	1300.4	1298.6	1289.1	1271.9	1247.4	1215.6	1177.2	1132.6	1083.8	1063.8	1045.5	1045.5
	Sleeve inside (°C)	863.9	902.5	939.5	974.4	1006.4	1035.2	1060.1	1080.9	1097.2	1108.6	1115.3	1116.9	1113.6	1105.4	1092.2	1074.6	1052.4	1026.9	1015.0	1003.6	1003.6
		846.3	882.2	916.8	949.6	979.8	1007.2	1031.2	1051.6	1068.0	1080.2	1088.0	1091.5	1090.4	1084.8	1074.7	1060.2	1041.6	1019.6	1008.8	998.4	998.4
	coolant (°C)	721.4	742.3	764.3	787.1	810.4	833.6	856.4	876.4	899.1	918.3	935.5	950.6	963.1	972.9	979.8	983.7	984.4	981.9	977.6	972.5	972.5
		289.1	325.8	357.4	383.4	403.2	416.8	423.7	424.0	417.6	404.6	385.2	359.8	328.7	292.4	251.4	206.5	158.4	109.2	92.5	78.4	78.4
3	Compact inside (°C)	1047.6	1108.4	1161.1	1214.2	1237.6	1294.0	1322.8	1343.6	1356.3	1360.7	1356.7	1344.4	1323.9	1295.4	1259.2	1215.7	1165.3	1110.1	1087.9	1067.6	1067.6
		1012.5	1068.2	1119.7	1165.6	1205.8	1239.8	1267.3	1287.7	1301.0	1307.0	1305.7	1296.9	1280.7	1257.3	1226.8	1189.3	1145.4	1096.6	1076.5	1058.0	1058.0
	Sleeve inside (°C)	872.9	913.6	952.6	989.3	1023.0	1033.1	1079.4	1101.1	1118.2	1130.3	1137.2	1139.0	1135.6	1126.8	1113.1	1094.5	1071.3	1044.5	1031.9	1019.9	1019.9
		854.2	892.0	928.3	962.8	994.5	1023.2	1048.4	1069.7	1086.9	1099.7	1108.0	1111.6	1110.5	1104.7	1094.2	1079.2	1059.7	1036.6	1025.3	1014.4	1014.4
	coolant (°C)	722.0	744.0	767.3	791.5	816.0	840.6	864.7	887.9	909.8	930.0	948.2	964.1	977.4	987.7	995.0	999.1	999.8	997.2	992.6	987.3	987.3
		306.4	345.3	378.8	406.2	427.3	441.7	449.0	449.3	442.5	428.8	408.2	381.3	348.3	309.8	266.4	218.9	167.9	115.7	98.0	83.0	83.0

(3/12)
(53rd Cycle 1/2)

Rod. No.	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	Compact inside (°C)	942.7	984.0	1021.8	1055.8	1085.5	1110.2	1129.9	1144.4	1153.3	1156.6	1154.3	1146.4	1132.9	1113.9	1089.6	1060.2	1026.1	988.3	973.2	959.4		
		918.9	956.8	991.7	1023.2	1050.8	1074.2	1093.1	1107.4	1116.8	1121.1	1120.5	1114.9	1104.2	1088.5	1067.8	1042.5	1012.6	979.1	965.5	952.8		
	Sleeve inside (°C)	823.9	852.1	879.2	901.9	928.3	949.9	968.5	984.1	996.6	1005.4	1010.7	1012.4	1010.4	1004.7	995.3	982.5	966.4	947.5	938.8	930.4		
		811.0	837.4	862.9	887.1	909.6	930.0	948.1	963.5	976.1	985.4	991.6	994.6	994.1	990.2	983.0	972.4	958.7	942.3	934.4	926.7		
	coolant (°C)	720.4	735.7	752.0	768.8	786.0	803.2	820.1	836.4	851.8	866.0	878.9	890.1	899.4	906.8	912.0	914.9	915.5	913.8	910.6	906.9		
		214.1	214.4	264.9	284.2	299.0	309.1	314.4	314.4	314.6	310.0	300.4	286.1	267.2	244.2	217.3	187.0	153.7	118.0	81.2	68.8	53.3	
	2	Compact inside (°C)	1034.6	1094.0	1149.0	1198.7	1242.2	1278.8	1308.0	1329.2	1342.1	1346.4	1342.2	1329.4	1308.3	1279.2	1242.4	1198.6	1148.4	1093.5	1071.7	1051.9	
			1001.7	1056.3	1107.0	1153.0	1193.5	1228.0	1255.8	1276.7	1290.2	1295.9	1294.2	1284.7	1267.7	1243.4	1211.8	1173.8	1129.6	1080.8	1060.9	1042.9	
		Sleeve inside (°C)	863.1	901.0	937.4	971.8	1003.4	1031.7	1056.3	1076.9	1092.9	1104.3	1110.9	1112.6	1109.3	1101.3	1088.3	1070.9	1049.2	1023.9	1012.2	1001.0	
			845.5	880.8	914.8	947.0	976.8	1003.8	1027.5	1047.6	1063.0	1075.9	1083.7	1087.1	1086.1	1080.7	1070.8	1056.6	1038.3	1016.5	1006.0	995.8	
coolant (°C)		722.8	743.2	764.8	787.2	810.0	832.8	855.2	876.8	897.2	916.1	933.1	947.9	960.3	970.0	976.9	980.8	981.5	979.2	974.9	970.0		
		288.6	325.4	357.0	383.0	403.0	416.6	423.7	424.1	417.7	404.8	385.5	360.2	329.1	292.9	252.0	207.2	159.1	109.4	92.7	78.5		
3		Compact inside (°C)	1046.3	1106.5	1161.7	1211.3	1254.4	1290.4	1318.9	1339.5	1352.1	1356.4	1352.4	1340.1	1319.8	1291.5	1255.5	1212.3	1162.2	1107.0	1084.9	1064.8	
			1011.3	1066.4	1117.0	1162.7	1202.6	1236.3	1263.5	1283.7	1296.9	1302.8	1301.4	1292.6	1276.6	1253.4	1223.0	1185.8	1142.2	1093.4	1073.5	1055.2	
		Sleeve inside (°C)	871.0	911.9	950.3	986.5	1019.7	1049.4	1075.3	1096.8	1113.6	1125.6	1132.5	1134.3	1130.9	1122.4	1108.9	1090.6	1067.8	1041.2	1028.8	1017.0	
			853.2	900.4	926.1	960.0	991.3	1019.5	1044.4	1065.5	1082.4	1095.1	1103.3	1107.0	1106.0	1100.3	1090.1	1075.3	1056.2	1033.3	1022.2	1011.5	
	coolant (°C)	723.4	744.9	767.3	791.4	815.5	839.6	863.3	886.1	907.7	927.6	945.5	961.2	973.3	984.6	991.8	995.9	996.7	994.2	989.8	984.6		
		305.8	344.8	376.3	405.9	427.1	441.5	449.0	449.4	442.7	429.0	408.6	381.7	348.8	310.4	267.0	219.5	168.6	115.9	98.2	83.2		
	linear heat rate (W/cm)																						

(4/12)
(53rd Cycle 2/2)

Rod. No.	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Compact inside (°C)	955.7	997.7	1036.1	1070.7	1100.7	1126.0	1146.1	1160.9	1170.0	1173.4	1171.2	1163.3	1149.7	1130.6	1106.0	1076.3	1041.8	1002.9	987.3	973.2
	Compact outside (°C)	931.3	969.8	1005.2	1037.2	1065.1	1089.0	1108.2	1122.8	1132.3	1136.8	1136.3	1130.8	1120.1	1104.3	1083.5	1058.0	1027.8	993.4	979.3	966.6
	Sleeve inside (°C)	834.9	863.4	890.9	916.9	940.9	962.6	981.6	997.5	1010.1	1019.1	1024.6	1026.5	1024.5	1018.8	1009.4	996.5	980.3	961.0	952.0	943.5
	Sleeve outside (°C)	821.7	848.4	874.1	898.7	921.4	942.2	960.5	976.2	988.0	998.5	1004.9	1008.0	1007.6	1003.8	996.6	986.0	972.3	955.6	947.5	939.7
2	coolant (°C)	730.4	745.8	762.2	779.2	796.6	813.9	831.0	847.5	863.1	877.6	890.6	902.0	911.5	919.1	924.4	927.5	928.2	926.5	923.3	919.6
	linear heat rate (W/cm)	218.5	246.6	270.8	290.7	306.1	316.6	322.2	322.6	318.0	308.3	293.8	274.7	251.2	223.8	192.8	158.8	122.3	83.9	70.9	60.1
	Compact inside (°C)	1049.3	1109.8	1165.8	1216.5	1260.9	1298.4	1328.2	1350.0	1363.3	1367.9	1363.7	1350.9	1329.6	1300.1	1262.7	1218.3	1167.3	1110.5	1088.0	1067.8
	Compact outside (°C)	1015.6	1071.1	1122.7	1169.5	1210.9	1246.0	1274.4	1295.8	1309.7	1315.8	1314.1	1304.6	1287.5	1262.9	1231.0	1192.5	1147.7	1097.3	1076.9	1058.4
3	Sleeve inside (°C)	874.5	912.0	949.9	984.7	1016.8	1045.5	1070.5	1091.5	1107.9	1119.5	1126.3	1128.1	1125.0	1116.9	1103.9	1096.4	1064.6	1038.6	1026.6	1015.3
	Sleeve outside (°C)	856.5	892.1	926.6	959.2	989.4	1016.7	1040.7	1061.2	1077.7	1090.0	1098.1	1101.7	1100.9	1095.5	1085.7	1071.5	1053.2	1030.9	1020.2	1009.9
	coolant (°C)	732.9	753.4	775.1	797.7	820.8	843.8	866.5	888.3	909.0	928.2	945.4	960.5	973.2	983.1	990.2	994.2	995.2	992.9	988.7	983.7
	linear heat rate (W/cm)	294.5	332.4	365.0	391.9	412.6	426.8	434.3	434.9	428.6	415.6	396.1	370.3	338.6	301.6	259.9	214.1	164.9	113.0	95.6	81.0
3	Compact inside (°C)	1060.0	1122.1	1178.4	1228.8	1272.7	1309.4	1338.5	1359.5	1372.4	1376.9	1373.0	1360.8	1340.3	1311.7	1275.4	1231.6	1181.0	1123.9	1101.2	1080.7
	Compact outside (°C)	1025.1	1081.0	1132.5	1178.9	1219.4	1253.7	1281.3	1301.9	1315.4	1321.5	1320.3	1311.7	1295.6	1272.2	1241.7	1204.2	1160.1	1109.8	1039.4	1070.8
	Sleeve inside (°C)	883.4	924.0	962.9	999.5	1033.3	1063.5	1089.8	1111.7	1128.8	1141.1	1148.2	1150.1	1146.8	1138.4	1124.9	1106.5	1083.5	1056.1	1043.5	1031.6
	Sleeve outside (°C)	864.2	901.8	938.0	972.3	1004.0	1032.6	1057.9	1079.2	1096.5	1109.5	1117.9	1121.8	1120.9	1115.4	1105.2	1090.5	1071.3	1047.9	1036.6	1025.8
3	coolant (°C)	733.5	755.1	778.1	802.0	826.4	850.7	874.7	897.7	919.6	939.8	958.1	974.0	987.3	997.9	1005.3	1009.6	1010.6	1008.2	1003.7	998.5
	linear heat rate (W/cm)	312.1	352.2	386.8	415.3	437.2	452.3	460.2	460.8	454.2	440.4	419.7	392.4	358.8	319.7	275.4	226.9	174.7	119.8	101.3	85.8

(5/12)
(54th Cycle)

Rod. No.	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Compact inside (°C)	927.5	972.1	1012.9	1049.2	1080.4	1106.4	1126.7	1141.1	1149.4	1151.6	1147.5	1137.5	1121.3	1099.1	1071.1	1037.6	999.1	962.6	946.3	931.4
		900.5	941.6	979.2	1012.8	1042.0	1066.5	1086.0	1100.4	1109.3	1112.8	1110.8	1103.4	1090.4	1071.9	1048.1	1019.1	985.3	952.9	938.1	924.5
	Sleeve inside (°C)	791.8	822.7	852.3	860.1	905.6	928.4	948.1	964.4	977.0	985.9	990.7	991.7	985.5	981.3	970.2	955.3	937.0	918.6	909.1	900.0
		777.6	806.5	834.3	860.5	884.8	906.6	925.8	942.0	954.8	964.3	970.2	972.6	971.2	966.0	957.2	944.8	929.2	913.1	901.5	896.1
2	Compact inside (°C)	674.3	691.4	709.4	728.0	746.9	765.6	784.0	801.7	818.3	833.6	847.3	859.1	869.0	876.5	881.7	884.5	884.6	882.5	878.9	874.9
		243.5	272.8	297.8	316.1	333.4	343.4	348.0	347.2	340.8	329.1	312.2	290.4	264.0	233.4	199.1	161.7	121.8	86.6	73.4	62.2
	Sleeve inside (°C)	1032.7	1097.2	1156.7	1210.1	1256.4	1294.9	1325.1	1346.1	1358.4	1360.9	1353.9	1337.5	1312.1	1277.9	1235.4	1185.4	1128.6	1075.5	1052.1	1030.8
		995.3	1054.6	1109.5	1158.8	1201.9	1238.2	1267.1	1288.2	1301.0	1305.4	1301.3	1288.8	1268.1	1239.4	1202.9	1159.4	1119.3	1062.0	1010.7	1021.2
3	Compact inside (°C)	836.8	878.4	918.2	955.5	989.5	1019.7	1045.8	1067.2	1083.6	1094.8	1100.7	1101.3	1096.4	1086.3	1070.9	1050.7	1005.9	1001.2	988.6	976.5
		817.2	855.9	893.1	928.1	960.2	989.0	1014.1	1035.2	1051.9	1063.9	1071.3	1073.8	1071.6	1064.5	1052.5	1035.9	1004.9	993.5	982.1	971.1
	Sleeve inside (°C)	677.0	699.6	723.8	748.5	773.6	798.5	822.9	846.1	868.4	888.7	906.9	922.6	935.6	945.7	952.6	956.2	956.4	953.5	948.8	943.4
		328.3	367.8	401.5	428.9	449.6	463.1	469.3	468.1,	459.6	443.8	421.0	394.5	355.9	314.7	268.5	218.1	164.2	116.3	99.0	83.9
3	Compact inside (°C)	1045.6	1110.9	1170.4	1223.4	1269.0	1306.8	1336.0	1356.5	1368.1	1370.6	1364.1	1348.6	1324.1	1291.1	1249.7	1200.5	1143.8	1090.5	1066.7	1045.1
		1005.8	1065.5	1120.1	1168.9	1211.1	1246.5	1274.3	1291.6	1307.1	1311.7	1308.2	1296.8	1277.4	1250.2	1215.2	1172.8	1123.3	1076.1	1054.6	1035.0
	Sleeve inside (°C)	846.9	890.8	932.7	971.9	1007.6	1039.4	1066.7	1089.1	1106.3	1118.1	1124.3	1124.9	1119.8	1109.2	1093.2	1072.0	1045.9	1019.9	1006.6	993.9
		826.0	866.8	905.9	942.6	976.2	1006.5	1032.6	1054.7	1072.2	1084.9	1092.7	1095.4	1093.1	1085.7	1073.3	1055.1	1034.1	1011.7	999.7	988.1
Sleeve inside (°C)	677.7	701.7	727.1	753.3	779.8	806.1	831.9	856.7	860.0	901.4	920.6	937.2	950.9	961.6	968.9	972.7	972.9	969.8	964.8	959.2	
	347.9	389.8	425.5	454.6	476.4	490.8	497.4	496.1	487.1	470.3	446.2	415.0	377.2	333.5	284.6	231.1	174.0	123.8	104.9	88.9	

(6/12)
(55 th Cycle 1/2)

Rod. No.	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Compact inside (°C)	892.5	935.7	975.0	1009.9	1039.7	1064.3	1083.3	1096.5	1113.7	1104.8	1099.8	1088.9	1071.9	1049.0	1020.6	986.8	948.1	914.7	898.9	881.5
	Compact outside (°C)	865.4	905.1	941.4	973.7	1001.6	1024.8	1043.1	1056.3	1064.2	1066.7	1063.8	1055.5	1041.8	1022.7	998.3	969.0	935.0	905.3	890.9	877.8
	Sleeve inside (°C)	753.6	783.0	811.1	837.5	861.6	883.1	901.6	916.8	928.5	936.5	940.7	941.2	937.6	930.3	919.2	904.6	886.6	870.2	861.2	852.7
	Sleeve outside (°C)	739.4	766.9	793.3	818.3	841.2	861.9	879.9	895.0	907.0	915.7	920.9	922.8	921.0	915.7	906.9	894.7	879.3	864.9	856.8	843.0
2	coolant (°C)	638.9	655.2	672.3	690.0	707.8	725.6	743.0	759.7	775.4	789.8	802.7	813.9	823.0	830.1	834.9	837.4	837.5	835.4	832.1	828.4
	linear heat rate (W/cm)	246.7	275.6	300.1	319.9	334.7	344.1	348.2	346.8	339.9	327.6	310.2	287.8	261.0	230.0	195.4	157.7	117.5	85.2	72.2	61.1
	Compact inside (°C)	996.8	1059.0	1116.1	1167.1	1211.0	1247.3	1275.3	1294.6	1304.8	1305.7	1297.3	1279.9	1253.0	1228.9	1176.1	1128.2	1069.7	1021.3	993.8	978.4
	Compact outside (°C)	959.4	1016.4	1069.0	1116.1	1157.1	1191.2	1218.2	1237.3	1248.5	1251.4	1246.0	1232.4	1210.7	1181.7	1144.8	1101.9	1048.4	1008.2	987.7	969.1
3	Sleeve inside (°C)	797.4	837.1	875.0	910.3	942.6	971.1	995.6	1015.6	1030.8	1041.1	1046.1	1046.0	1040.7	1030.4	1015.1	995.2	970.9	948.7	936.8	925.4
	Sleeve outside (°C)	777.9	814.9	850.3	883.5	913.9	941.2	964.9	984.7	1000.2	1011.3	1017.8	1019.7	1017.0	1000.6	997.0	981.2	960.6	941.4	930.6	920.2
	coolant (°C)	641.5	663.2	686.0	709.5	733.3	756.9	780.0	802.2	823.0	842.2	859.3	874.1	886.3	895.7	902.1	905.3	905.4	902.6	898.3	893.3
	linear heat rate (W/cm)	332.6	371.6	404.7	431.4	451.3	464.1	469.6	467.6	458.3	441.8	418.3	388.2	352.0	310.2	263.5	212.7	158.5	114.8	97.3	82.4
3	Compact inside (°C)	1010.0	1073.1	1130.4	1181.3	1224.0	1260.6	1288.0	1306.8	1316.8	1317.8	1310.0	1293.2	1267.7	1233.8	1191.8	1142.2	1085.4	1036.6	1013.6	992.8
	Compact outside (°C)	970.2	1027.8	1080.4	1127.1	1167.5	1201.0	1227.2	1246.0	1257.0	1260.1	1255.4	1242.7	1222.3	1194.1	1158.5	1115.6	1065.9	1022.7	1001.9	982.9
	Sleeve inside (°C)	807.3	819.2	889.0	926.3	960.1	990.1	1015.9	1036.8	1052.8	1063.5	1068.8	1068.7	1063.2	1052.4	1036.4	1015.4	989.9	966.6	954.0	942.0
	Sleeve outside (°C)	786.5	825.5	862.6	897.6	929.5	958.1	982.9	1003.6	1019.9	1031.5	1038.5	1040.5	1037.7	1030.0	1017.6	1000.4	978.9	958.7	947.4	936.1
3	coolant (°C)	642.1	665.1	689.2	714.0	739.2	764.2	788.6	812.0	834.0	854.2	872.3	887.9	900.8	910.7	917.5	920.9	921.0	918.1	913.5	908.2
	linear heat rate (W/cm)	352.5	393.8	428.7	457.2	478.3	491.8	497.6	495.6	485.7	468.2	443.3	411.4	373.0	328.7	279.2	225.4	168.0	121.7	103.1	87.4

(7/12)
(55th Cycle 2/2)

Rod. No.	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Compact inside (°C)	894.8	939.3	979.6	1015.4	1046.0	1071.2	1090.5	1103.8	1110.9	1111.8	1106.4	1094.9	1077.1	1053.3	1023.7	988.7	948.5	915.0	898.8	884.0	
		866.7	907.5	944.7	977.9	1006.5	1030.2	1048.9	1062.2	1070.0	1072.4	1069.2	1060.5	1046.0	1026.1	1002.9	970.4	935.1	905.3	890.6	877.1	
	Sleeve inside (°C)	750.6	781.0	810.0	837.2	862.0	884.1	903.1	918.7	930.5	938.6	942.8	943.1	939.3	931.5	919.9	904.6	885.8	869.3	860.1	851.3	
		735.9	764.3	791.6	817.3	840.9	862.2	880.7	896.1	908.3	917.1	922.4	924.2	922.2	916.5	907.2	894.5	878.4	861.0	855.6	847.5	
	coolant (°C)	631.2	648.1	665.8	684.1	702.6	721.0	738.9	756.1	772.3	787.2	800.4	811.8	821.3	828.5	833.4	835.8	835.8	833.6	830.2	826.3	
		256.3	286.0	311.2	331.5	346.6	356.1	360.1	353.4	351.0	338.1	319.9	296.6	268.7	236.5	200.6	161.5	119.9	87.5	74.1	62.8	
	linear heat rate (W/cm)	1003.6	1067.8	1126.6	1179.1	1224.2	1261.4	1290.0	1309.5	1319.7	1320.2	1311.1	1292.6	1265.1	1228.8	1184.2	1132.3	1073.5	1025.0	1001.8	980.8	
		964.6	1023.5	1077.7	1126.2	1168.2	1203.2	1230.6	1250.1	1261.3	1263.9	1258.0	1243.6	1221.0	1190.4	1152.0	1106.7	1054.8	1011.6	990.5	971.3	
2	Compact inside (°C)	796.4	837.4	876.5	913.0	946.2	975.5	1000.7	1021.1	1036.6	1046.8	1051.4	1045.8	1034.9	1018.8	998.0	972.7	950.4	938.1	926.4		
		776.1	814.3	850.9	885.1	916.5	944.5	968.8	989.0	1004.8	1016.0	1022.6	1024.3	1021.3	1013.4	1000.8	983.7	962.2	942.8	931.7	921.0	
	Sleeve inside (°C)	633.9	656.4	680.1	704.4	729.0	753.5	777.3	800.2	821.6	841.4	859.0	874.2	886.7	896.3	902.8	906.0	906.0	903.0	898.5	893.3	
		345.7	385.8	419.7	447.1	467.4	480.3	485.7	483.4	473.4	456.1	431.5	400.1	362.4	315.0	270.5	217.8	161.7	118.0	100.0	84.7	
	linear heat rate (W/cm)	1017.2	1082.1	1141.1	1193.3	1238.0	1274.5	1302.4	1321.4	1331.2	1331.9	1323.4	1305.7	1279.1	1243.7	1200.1	1148.5	1089.7	1040.7	1017.1	995.7	
		975.7	1035.0	1089.0	1137.0	1178.4	1212.6	1239.3	1258.2	1269.1	1272.1	1266.8	1253.6	1232.1	1202.8	1165.7	1121.3	1069.8	1026.4	1005.0	985.5	
	Sleeve inside (°C)	806.6	850.0	891.1	929.5	964.4	995.3	1021.6	1043.0	1059.2	1070.0	1075.2	1074.9	1068.9	1057.5	1040.7	1018.9	992.2	968.8	955.8	943.5	
		785.1	825.4	863.7	899.7	932.6	962.0	987.4	1008.6	1025.1	1036.9	1043.8	1045.7	1042.6	1034.4	1021.4	1003.5	981.0	960.7	949.0	937.7	
3	Compact inside (°C)	634.5	658.4	683.3	709.1	735.1	760.9	786.2	810.3	833.0	853.8	872.4	888.5	901.7	911.8	918.7	922.1	922.1	919.0	914.2	908.8	
		366.4	408.8	444.8	473.8	495.3	509.0	514.7	512.5	501.8	483.3	457.3	424.0	384.1	338.0	286.7	230.8	171.3	125.0	105.9	90.0	
	Sleeve inside (°C)																					
linear heat rate (W/cm)																						

(8/12)
(56th Cycle)

Rod. No	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Compact	inside (°C)	930.3	971.6	1009.3	1043.0	1072.1	1096.3	1115.4	1129.1	1137.2	1139.5	1136.3	1127.1	1112.8	1092.8	1067.3	1036.8	1001.5	964.4	949.2	935.3
		outside (°C)	906.2	944.2	979.0	1010.2	1037.3	1060.2	1078.5	1092.0	1100.7	1104.2	1102.6	1096.1	1084.4	1067.6	1045.9	1019.4	988.3	955.4	941.6	928.9
	Sleeve	inside (°C)	802.5	830.2	856.9	882.0	905.2	926.0	944.1	959.2	971.2	979.6	984.5	986.0	983.6	977.7	968.2	955.3	939.2	921.3	912.8	904.6
		outside (°C)	789.6	815.5	840.1	864.2	886.2	906.2	923.7	938.7	950.8	959.8	965.6	968.3	967.5	963.4	956.0	945.4	931.7	916.1	908.4	900.9
	coolant (°C)	699.3	714.2	730.3	746.9	763.7	780.5	797.0	813.0	828.0	841.9	864.4	865.3	874.4	881.5	886.5	889.3	889.8	888.0	884.9	881.4	
	linear heat rate (W/cm)	217.8	245.1	268.4	297.6	302.2	312.0	316.9	316.8	311.7	301.7	287.0	267.7	244.2	216.8	186.0	152.3	116.2	80.8	68.5	58.0	
2	Compact	inside (°C)	1026.1	1085.6	1140.6	1190.0	1233.0	1268.5	1297.2	1317.4	1329.1	1332.2	1326.4	1312.1	1289.4	1258.7	1220.2	1174.6	1122.6	1068.8	1046.8	1026.9
		outside (°C)	992.7	1047.5	1098.2	1143.9	1184.0	1217.8	1244.8	1264.8	1277.1	1281.8	1278.5	1267.7	1249.1	1223.1	1190.0	1150.2	1104.3	1056.2	1036.2	1018.0
	Sleeve	inside (°C)	841.7	879.0	914.8	948.4	979.4	1007.0	1031.0	1050.5	1066.4	1077.3	1083.3	1084.5	1081.0	1072.6	1059.6	1041.9	1020.2	996.2	984.7	973.8
		outside (°C)	823.9	858.6	892.0	923.6	952.8	979.1	1002.2	1021.8	1037.5	1049.1	1056.3	1059.4	1058.0	1052.3	1042.3	1027.9	1009.6	986.9	978.6	968.7
	coolant (°C)	701.7	721.7	742.9	764.9	787.3	809.6	831.5	852.6	872.6	891.0	907.5	922.0	934.0	943.4	950.0	953.7	954.3	952.0	947.9	943.1	
	linear heat rate (W/cm)	293.6	330.3	361.9	387.6	407.3	420.5	427.1	427.0	420.2	406.7	386.8	360.8	329.1	292.2	250.8	205.3	156.7	108.9	92.3	78.2	
3	Compact	inside (°C)	1037.6	1097.8	1152.8	1201.9	1244.3	1279.5	1307.0	1326.6	1337.9	1340.9	1335.6	1322.0	1300.2	1270.3	1232.8	1187.9	1136.2	1082.1	1059.8	1039.7
		outside (°C)	1002.1	1057.3	1107.7	1153.0	1192.2	1225.2	1251.4	1270.6	1282.7	1287.4	1281.7	1274.7	1257.3	1232.6	1200.7	1162.0	1116.7	1068.7	1048.5	1030.2
	Sleeve	inside (°C)	850.5	889.9	927.5	963.0	995.5	1024.6	1049.8	1070.6	1086.9	1098.3	1104.7	1106.0	1102.2	1093.4	1079.7	1061.3	1038.4	1013.1	1001.1	989.6
		outside (°C)	831.6	868.2	903.3	936.5	967.1	994.7	1019.0	1030.4	1055.8	1068.0	1075.7	1079.0	1077.6	1071.7	1061.2	1046.3	1027.1	1005.4	994.6	984.1
	coolant (°C)	702.2	723.4	745.9	769.1	792.7	816.3	839.5	861.8	882.8	902.3	919.8	935.0	947.7	957.6	964.6	968.5	969.2	966.7	962.4	957.4	
	linear heat rate (W/cm)	311.1	350.0	383.3	410.7	431.6	445.6	452.6	452.5	445.2	431.0	409.9	382.3	348.5	309.7	265.7	217.6	166.0	115.4	97.8	82.8	

(9/12)
(57th Cycle 1/2)

Rod. No.	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Compact inside (°C)	919.0	959.4	996.2	1029.1	1057.5	1081.1	1099.7	1113.0	1120.8	1123.0	1119.6	1110.8	1096.3	1076.5	1051.4	1021.3	986.6	950.6	935.6	922.2
	Compact outside (°C)	895.3	932.5	966.5	997.0	1023.6	1045.8	1063.7	1076.8	1085.2	1088.4	1086.8	1080.3	1068.6	1052.0	1030.5	1004.4	973.9	941.8	928.2	915.9
	Sleeve inside (°C)	792.9	819.9	845.8	870.3	892.8	913.0	930.7	945.4	956.9	965.1	969.9	971.2	968.9	963.0	953.7	941.1	925.3	908.0	899.7	891.8
	Sleeve outside (°C)	780.3	805.4	829.8	852.9	874.2	893.7	910.8	925.4	937.1	945.8	951.5	954.0	953.2	949.2	941.9	931.5	918.1	903.0	895.5	888.3
	coolant (°C)	692.1	706.8	722.3	738.4	754.8	771.1	787.2	802.7	817.3	830.8	843.0	853.6	862.4	869.3	874.1	876.8	877.3	875.6	872.5	869.1
	linear heat rate (W/cm)	214.0	240.6	263.4	282.1	296.3	305.9	310.6	310.4	305.4	295.5	281.0	262.0	238.9	212.0	181.8	148.7	113.3	79.0	66.9	56.7
	Compact inside (°C)	1012.5	1070.5	1124.1	1172.2	1214.1	1249.0	1276.4	1295.9	1307.2	1310.0	1304.1	1289.9	1267.6	1237.3	1199.6	1154.8	1103.9	1051.8	1030.3	1011.0
	Compact outside (°C)	979.9	1033.3	1082.7	1127.3	1166.3	1199.2	1225.4	1244.7	1256.6	1260.9	1257.6	1246.7	1228.4	1202.8	1170.3	1131.1	1086.1	1039.6	1020.0	1002.3
2	Sleeve inside (°C)	831.1	867.4	902.2	935.0	965.1	992.0	1015.2	1034.6	1049.7	1060.2	1066.0	1067.2	1063.6	1055.4	1042.6	1025.4	1004.1	980.9	969.8	959.1
	Sleeve outside (°C)	813.7	847.5	880.0	910.7	939.1	964.8	987.3	1006.3	1021.0	1032.8	1039.9	1042.8	1041.3	1035.7	1025.9	1011.8	993.9	973.9	963.8	954.2
	coolant (°C)	694.4	713.9	734.6	756.0	777.7	799.4	820.7	841.3	860.6	878.5	894.6	908.6	920.3	929.4	935.9	939.4	940.0	937.7	933.8	929.2
	linear heat rate (W/cm)	288.4	324.3	355.0	380.2	399.4	412.2	418.6	418.4	411.6	398.2	378.6	353.1	321.9	285.7	245.0	200.4	152.7	106.4	90.2	76.4
3	Compact inside (°C)	1024.0	1082.8	1136.5	1184.4	1225.8	1260.1	1286.9	1305.9	1316.8	1319.6	1314.2	1300.6	1279.0	1249.5	1212.5	1168.4	1117.6	1065.0	1043.3	1023.6
	Compact outside (°C)	989.4	1043.2	1092.5	1136.7	1175.1	1207.2	1232.7	1251.4	1263.0	1267.5	1264.7	1254.6	1237.3	1212.8	1181.4	1143.2	1098.6	1052.1	1032.4	1014.4
	Sleeve inside (°C)	839.7	878.0	914.7	940.2	980.8	1009.1	1033.6	1053.9	1069.6	1080.7	1086.9	1088.1	1084.3	1075.7	1062.2	1044.2	1021.8	997.4	985.7	971.5
	Sleeve outside (°C)	821.2	856.8	891.0	923.3	953.1	980.0	1003.7	1023.6	1036.5	1051.3	1058.8	1061.9	1060.5	1054.6	1044.3	1029.7	1010.6	989.9	979.4	969.2
	coolant (°C)	695.0	715.6	737.4	760.0	783.0	806.0	828.5	850.1	870.6	889.5	906.5	921.3	933.7	943.3	950.1	953.8	954.4	952.1	947.8	943.0
	linear heat rate (W/cm)	305.6	343.6	376.2	402.9	423.2	436.8	443.6	443.1	436.1	422.0	401.2	374.1	341.2	302.8	259.6	212.4	161.8	112.8	95.6	81.0

(10/12)
(57th Cycle 2/2)

Rod. No.	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Compact	inside (°C)	898.4	938.9	975.9	1008.8	1037.1	1060.6	1078.8	1091.7	1099.0	1100.7	1096.7	1087.1	1071.9	1051.3	1025.3	994.4	958.7	924.7	909.8	896.2
		outside (°C)	874.4	911.8	946.0	976.5	1003.0	1025.3	1042.8	1055.7	1063.5	1066.4	1064.2	1056.9	1044.5	1027.2	1004.9	978.0	946.5	916.0	902.5	890.0
	Sleeve	inside (°C)	769.0	796.3	822.5	847.2	869.7	890.0	907.6	922.2	933.5	941.4	945.9	946.9	944.1	937.8	928.0	914.9	898.6	882.1	873.8	865.8
		outside (°C)	756.2	781.8	806.4	829.7	851.3	870.8	887.9	902.3	913.9	922.4	927.8	930.0	928.8	924.3	916.5	905.6	891.7	877.3	869.7	862.3
	coolant (°C)	665.3	680.3	696.2	712.6	729.2	745.8	762.1	777.7	792.4	806.0	818.1	828.7	837.4	844.2	848.9	851.4	851.6	849.7	846.7	843.1	
		linear heat rate (W/cm)	218.1	244.5	267.0	285.3	299.1	308.2	312.4	311.7	306.1	295.6	280.5	261.0	237.3	210.0	179.2	145.7	109.9	78.0	66.1	56.0
	Compact	inside (°C)	994.0	1052.4	1103.0	1153.9	1195.5	1230.0	1256.9	1275.8	1286.2	1288.2	1281.3	1266.1	1242.7	1211.3	1172.4	1126.5	1071.5	1025.4	1004.0	984.6
		outside (°C)	961.0	1014.7	1064.2	1108.8	1147.6	1180.1	1205.9	1224.6	1235.8	1239.4	1235.2	1223.3	1201.0	1177.4	1143.8	1103.5	1057.1	1013.4	993.9	976.1
2	Sleeve	inside (°C)	808.3	845.1	880.3	913.3	943.5	970.4	993.6	1012.8	1027.5	1037.7	1043.1	1043.7	1039.6	1030.8	1017.4	999.4	977.5	955.4	944.2	933.5
		outside (°C)	790.8	825.1	858.0	889.1	917.6	943.4	965.8	984.7	999.8	1010.7	1017.3	1019.8	1017.9	1011.6	1001.1	986.4	967.7	948.6	938.4	928.7
	coolant (°C)	667.7	687.7	708.8	730.6	752.7	774.7	796.2	816.9	836.5	854.1	870.5	884.5	896.1	905.0	911.2	914.5	914.8	912.3	908.2	902.5	
		linear heat rate (W/cm)	294.0	329.5	359.9	384.5	403.1	415.4	421.0	420.1	412.5	398.4	378.1	351.8	319.9	283.0	241.6	196.4	148.1	105.1	89.0	75.4
3	Compact	inside (°C)	1006.0	1065.0	1118.8	1166.7	1207.9	1241.9	1288.3	1286.6	1296.8	1298.8	1292.4	1277.8	1255.1	1224.4	1186.2	1140.8	1088.7	1039.2	1017.4	997.7
		outside (°C)	970.8	1025.0	1074.4	1118.7	1156.9	1188.8	1214.1	1232.3	1243.3	1247.0	1243.3	1232.3	1213.9	1188.4	1155.8	1116.3	1070.5	1026.4	1006.7	988.7
	Sleeve	inside (°C)	817.2	856.0	893.0	927.8	959.6	987.8	1012.3	1032.3	1047.8	1058.4	1064.2	1061.8	1060.5	1051.2	1037.1	1018.3	995.2	972.0	960.2	948.9
		outside (°C)	798.6	834.7	869.3	901.9	932.0	958.9	982.5	1002.3	1018.0	1029.5	1036.6	1039.1	1037.2	1030.7	1019.7	1004.3	984.8	964.7	951.0	943.8
coolant (°C)	668.2	689.4	711.7	734.7	758.1	781.3	804.1	826.0	846.6	865.6	882.6	897.3	909.6	919.0	925.6	929.0	929.3	926.7	922.1	917.4		
	linear heat rate (W/cm)	311.5	349.2	381.3	407.5	427.2	440.1	446.2	445.2	437.1	422.2	400.6	372.7	339.0	299.8	256.0	208.1	156.9	111.3	91.3	79.9	

(11/12)
(58th Cycle 1/2)

Rod. No.	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Compact	inside (°C)	909.9	950.3	987.1	1019.9	1048.1	1071.5	1089.8	1102.8	1110.2	1112.0	1108.3	1099.0	1084.1	1063.8	1038.2	1007.7	972.5	937.2	922.2	908.7
		outside (°C)	886.4	923.6	957.6	988.1	1014.4	1036.6	1054.2	1067.0	1075.0	1078.0	1076.0	1069.0	1056.9	1039.7	1017.8	991.2	960.0	928.6	914.9	902.5
	Sleeve	inside (°C)	780.5	807.5	833.3	857.7	880.1	900.2	917.7	932.3	943.7	951.7	956.3	957.5	955.0	949.0	939.5	926.8	910.9	894.1	885.7	877.9
		outside (°C)	767.9	793.1	817.4	840.5	861.8	881.1	898.2	912.6	924.2	932.8	938.2	940.6	939.7	935.5	928.0	917.4	903.9	889.2	881.6	874.1
	coolant (°C)	679.1	693.9	709.5	725.6	742.0	758.4	771.4	789.9	804.5	817.9	830.0	840.5	849.2	856.0	860.7	863.3	863.7	861.9	858.9	855.4	
	linear heat rate (W/cm)	213.7	240.0	262.4	280.7	294.6	303.9	308.3	307.9	302.7	292.6	278.0	259.0	235.8	209.0	178.9	145.9	110.7	77.7	65.9	55.8	
2	Compact	inside (°C)	1005.1	1063.3	1116.8	1164.7	1206.3	1240.9	1267.9	1287.0	1297.7	1300.0	1293.5	1278.7	1255.6	1224.7	1186.2	1140.7	1089.1	1038.1	1016.6	997.3
		outside (°C)	972.6	1026.2	1075.6	1120.1	1158.9	1191.6	1217.4	1236.3	1247.7	1251.6	1247.6	1236.1	1217.0	1190.8	1157.5	1117.6	1071.8	1026.1	1006.3	988.7
	Sleeve	inside (°C)	818.9	855.1	889.9	922.5	952.6	979.2	1002.3	1021.3	1036.3	1046.6	1052.2	1053.2	1049.4	1041.0	1028.0	1010.6	989.1	966.6	955.5	944.9
		outside (°C)	801.6	835.4	867.9	898.6	926.9	952.4	974.7	993.6	1008.7	1019.7	1026.6	1029.2	1027.6	1021.8	1011.7	997.4	979.3	959.8	949.7	940.1
	coolant (°C)	681.5	701.1	721.8	743.2	765.0	786.7	808.0	823.5	847.8	865.6	881.6	895.5	907.0	916.0	922.3	925.7	926.2	923.8	919.8	915.2	
	linear heat rate (W/cm)	288.0	323.4	353.6	378.3	397.1	409.5	415.5	415.0	407.9	394.4	374.6	349.0	317.8	281.7	241.0	196.6	149.1	104.8	88.8	75.2	
3	Compact	inside (°C)	1016.6	1075.4	1129.0	1176.7	1217.7	1251.7	1278.1	1296.6	1307.0	1309.2	1303.2	1289.0	1266.8	1236.7	1199.0	1154.2	1102.7	1051.3	1029.6	1009.8
		outside (°C)	982.0	1036.0	1085.3	1129.2	1167.4	1190.2	1224.5	1242.7	1253.9	1257.8	1254.4	1243.8	1225.8	1200.7	1168.5	1129.6	1084.3	1038.6	1018.8	1000.8
	Sleeve	inside (°C)	827.5	865.8	902.4	936.8	968.3	996.4	1020.7	1040.7	1056.3	1067.1	1073.0	1074.0	1070.0	1061.2	1047.5	1029.3	1006.8	983.0	971.3	960.2
		outside (°C)	809.2	844.8	878.9	911.2	940.9	967.7	991.2	1010.9	1026.6	1038.2	1045.5	1048.3	1046.7	1040.6	1030.0	1015.2	996.2	975.7	965.2	955.0
	coolant (°C)	682.0	702.8	724.7	747.3	770.3	793.3	815.8	837.4	857.8	876.6	893.5	908.2	920.4	929.9	936.5	940.1	940.5	938.1	933.8	928.9	
	linear heat rate (W/cm)	305.2	342.7	374.8	400.9	420.8	434.0	440.3	439.8	432.2	417.9	397.0	369.8	336.8	298.5	255.4	208.4	158.0	111.0	94.1	79.7	

(12/12)
(58th Cycle 2/2)

Rod. No.	Axial Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Compact inside (°C)	906.4	947.3	984.5	1017.5	1046.0	1069.6	1088.0	1101.0	1108.5	1110.2	1106.3	1096.8	1081.7	1061.0	1035.1	1004.2	968.4	933.7	918.6	901.9	
		882.7	920.4	954.8	965.6	1012.2	1034.5	1052.3	1065.2	1073.2	1076.1	1074.0	1066.8	1054.5	1037.1	1014.8	987.8	956.2	925.1	911.4	898.7	
	Sleeve inside (°C)	775.9	803.4	829.7	854.5	877.3	897.7	915.5	930.2	941.7	949.7	954.3	955.4	952.7	946.5	936.8	923.7	907.4	890.6	882.3	874.2	
		763.3	789.0	813.8	837.3	859.0	878.6	895.9	910.5	922.2	930.8	936.3	938.6	937.5	933.0	925.3	914.4	900.5	885.8	878.2	870.7	
	coolant (°C)	672.3	687.5	703.4	719.9	736.7	753.4	769.8	785.5	800.4	814.0	826.3	836.9	845.8	852.6	857.3	859.8	860.1	858.2	855.1	851.5	
		215.3	241.5	263.8	282.0	295.8	304.9	309.2	308.6	303.2	292.9	278.1	258.8	235.5	208.5	178.2	145.0	109.6	77.5	65.6	55.6	
	linear heat rate (W/cm)	1003.0	1061.8	1115.8	1164.2	1206.2	1241.1	1268.3	1287.4	1298.1	1300.1	1293.4	1278.3	1254.8	1223.4	1184.4	1138.3	1085.9	1035.7	1014.0	994.4	
		970.2	1024.5	1074.4	1119.7	1158.7	1191.5	1217.6	1236.6	1248.0	1251.7	1247.5	1235.7	1216.3	1189.6	1155.8	1115.3	1068.8	1023.7	1003.9	985.9	
2	Compact inside (°C)	815.2	852.1	887.5	920.7	951.1	978.2	1001.6	1021.0	1036.0	1046.3	1051.8	1052.6	1048.6	1039.9	1026.6	1008.7	986.7	964.3	953.0	942.2	
		797.9	832.3	865.4	896.7	925.5	951.1	974.0	993.1	1008.3	1019.4	1026.2	1028.7	1026.9	1020.8	1010.3	995.6	977.0	957.5	947.3	937.4	
	Sleeve inside (°C)	674.7	694.9	716.1	738.0	760.3	782.4	804.2	825.0	844.7	862.8	879.0	893.1	904.8	913.8	920.1	923.4	923.7	921.2	917.0	912.2	
		290.1	325.4	355.6	380.1	398.7	410.9	416.7	415.9	408.6	391.8	374.8	348.8	317.4	281.0	240.1	195.4	147.7	101.4	88.4	74.9	
	linear heat rate (W/cm)	1014.6	1074.0	1128.2	1176.3	1217.7	1251.9	1278.5	1297.0	1307.4	1309.4	1303.3	1288.8	1266.1	1235.6	1197.4	1152.0	1099.7	1049.1	1027.2	1007.2	
		979.8	1034.4	1084.2	1128.7	1167.2	1199.3	1224.7	1243.0	1254.1	1258.0	1254.4	1243.5	1225.2	1199.7	1167.0	1127.5	1081.5	1036.4	1016.5	998.2	
	Compact inside (°C)	824.1	863.1	900.3	935.3	967.2	995.7	1020.3	1040.6	1056.2	1067.1	1073.0	1073.8	1069.6	1060.4	1046.4	1027.7	1001.6	981.0	969.1	957.7	
		805.6	841.9	876.7	909.6	939.8	966.9	990.7	1010.7	1026.6	1038.2	1045.4	1048.2	1046.3	1039.9	1029.0	1013.7	991.2	973.7	962.9	952.6	
Sleeve inside (°C)	675.3	696.6	719.0	742.2	765.7	789.1	812.1	834.1	854.9	874.0	891.1	906.0	918.3	927.9	934.5	938.0	938.3	935.7	931.3	926.2		
	307.4	344.8	376.8	402.8	422.4	435.4	441.6	440.7	432.9	418.3	397.1	369.6	336.3	297.7	254.4	207.1	156.5	110.6	93.7	79.4		
	linear heat rate (W/cm)	1014.6	1074.0	1128.2	1176.3	1217.7	1251.9	1278.5	1297.0	1307.4	1309.4	1303.3	1288.8	1266.1	1235.6	1197.4	1152.0	1099.7	1049.1	1027.2	1007.2	
		979.8	1034.4	1084.2	1128.7	1167.2	1199.3	1224.7	1243.0	1254.1	1258.0	1254.4	1243.5	1225.2	1199.7	1167.0	1127.5	1081.5	1036.4	1016.5	998.2	