

島根原子力発電所3号炉 審査資料	
資料番号	S3-EP-004改02(説1)
提出年月日	令和4年11月15日

# 島根原子力発電所3号炉 炉心解析コード（LANCR/AETNA） （重要現象についてのモデル化と妥当性確認及び解析モデル）

2022年11月  
中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

**Energia**

- はじめに .....P.2
- 1. LANCR/AETNAコードについて .....P.3
  - 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について .....P.4
  - 1.2 LANCRの解析モデル .....P.16
  - 1.3 AETNAの解析モデル .....P.24
- 2. 審査会合での指摘事項に対する回答 .....P.29

# はじめに

- 島根3号炉チャンネルボックス厚変更に伴う評価で使用する炉心解析コード（LANCR/AETNA）の島根3号炉における許認可解析への適用性に関して、以下の項目を説明する。

## 1. 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について

- ・モデル化と妥当性確認の網羅性について
- ・モデル化の網羅性確認
- ・妥当性確認の網羅性確認

## 2. 解析モデル

- ・LANCR 解析モデル
- ・AETNA 解析モデル

## 3. 検証及び妥当性確認

- ・LANCR の検証及び妥当性確認
- ・AETNA の検証及び妥当性確認

## 4. 許認可解析への適用

- ・妥当性確認の実施条件と不確かさのまとめ
- ・許認可解析へのLANCR/AETNA コード適用

┌───┐ : 本日まで説明範囲

┌───┐ : 今後のご説明範囲

# 1. LANCR/AETNAコードについて

# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について

## 炉心解析コード (LANCR/AETNA) の概要

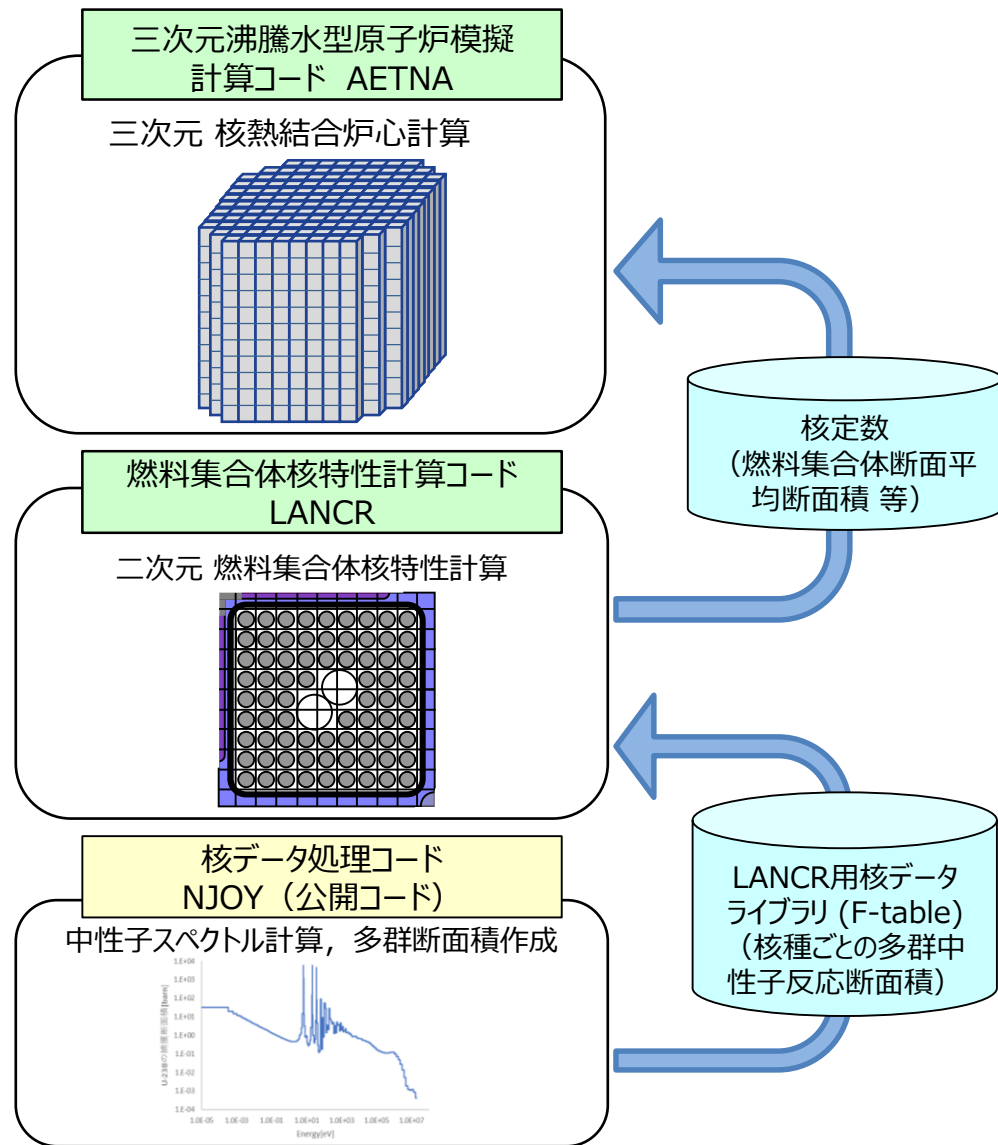
### 解析システムの構成

AETNA : 炉心全体に対して, 燃料集合体単位の特性を用いた三次元の核熱水力反復計算を行い, 出力分布や炉停止余裕などの各種炉心特性を評価する。

LANCR : 燃料集合体の断面に対して燃料棒単位の詳細な核計算を二次元体系で実施し, AETNAに必要な燃料集合体断面の平均的な核特性を計算する。

LANCRの計算に必要な核データライブラリは, 評価済み核データを公開コードNJOY\*1で処理し, F-table形式で作成する。

\*1 : NJOYはNJOY99を使用




LANCR/AETNAを用いた炉心解析の流れ

# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について

## 適用性確認の手順

島根3号炉の許認可解析に対するLANCR/AETNAの適用性について①～⑤の手順で確認する。

	手 順	使用するツール / 判断方法
①	炉心解析で重要な現象を特定する。	重要度ランキングテーブル (PIRT, P.8-12) →重要な現象が特定されていること
②	①で抽出された重要な現象のモデル化の有無を確認し、モデル化されていないものについて取り扱いを説明する。	モデル性能比較表 (P.8-12) →各現象に対し“○”が一つ以上あること
③	②で示された現象に対して、もれなく妥当性確認が実施されていることを確認する。	モデル性能評価表 (P.14-15) →各現象に対し“○”が一つ以上あること
④	LANCR/AETNAの適用範囲に対し、上記で示された妥当性確認の試験条件が包絡していることを確認する。	LANCR/AETNAの適用範囲と妥当性確認範囲の対応表 →適用範囲が妥当性確認範囲に含まれること
⑤	妥当性確認を通して整理された不確かさ又はこれらの積算値が、設計における設定値を下回っていることを確認する。	不確かさと設計における設定値との比較表 →不確かさが設定値を下回ること

 : 本日まで説明範囲

 : 今後のご説明範囲

# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について

## 手順① 重要な物理現象の特定

**手順①** 重要度ランキングテーブル（PIRT\*）を用いて、炉心解析において重要となる物理現象を特定する。

左側：炉心体系に関する全ての物理現象を列挙

上側：評価指標（主要な評価対象項目）を列挙

両者の関係をI～Hでランク付けする。

→ランクM以上を含む物理現象を重要なものとし、  
手順②以降の確認の対象とする。

本資料ではランクM以上を含む物理現象のみを示す。

		重要度ランキングテーブル			
		評価指標1	評価指標2	評価指標3	評価指標4
物理現象	現象1	L	H	L	L
	現象2	H	H	L	H
	現象3	I	I	L	L
	現象4	L	L	M	M

### 重要度ランクの考え方

ランク	PIRT重要度ランクの定義	包絡性確認の考え方
H	評価指標に対する影響が大きいと考えられる現象	該当するモデルを実装する。実装されたモデルに対して、試験・実機もしくは連続エネルギーモンテカルロコード等の信頼性の高いモデルによる妥当性確認を実施する。妥当性確認が実施できない場合、それらの取り扱いについて説明する。
M	評価指標に対する影響が中程度と考えられる現象	
L	評価指標に対する影響が小さいと考えられる現象	物理現象に対するモデルの実装・検証・妥当性確認は実施せず、出力分布・実効増倍率の妥当性確認でもって総合的に確認する。これらの現象は重要度が低いことから、本資料のPIRT等では記載を省略している。
I	評価指標に対して影響を与えないか、無視できる程度の現象	

\*PIRT (Phenomena Identification and Ranking Table) : 日本原子力学会標準,  
「シミュレーションの信頼性確保に関するガイドライン : 2015」, AESJ-SC-A008:2015, 2016年7月

# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について

## 手順②モデル化の網羅性確認, 手順③妥当性確認の網羅性確認

**手順②** モデル性能比較表を用い、コードのモデルが、手順①でランクM以上とした物理現象を考慮していることを確認する。

左側：PIRTで特定された重要な物理現象

上側：コードで考慮されているすべてのモデルを列挙

物理現象に対応するモデルに○，モデルがない場合はN/Aを記載

→モデル化に抜けがないことを確認し，モデル化されていない物理現象がある場合は，その取り扱いを示す。

		モデル性能比較表			
		モデルA	モデルB	モデルC	モデルD
物理現象	現象1	○		○	
	現象2		○		
	現象4				○

物理現象と評価指標の関係（手順①）と物理現象とモデルの関係（手順②）のつながりを見やすくするため，本資料では，作成したPIRTとモデル性能比較表をP.8～12に示す。

**手順③** 手順②の結果とモデル性能評価表を用い，重要な物理現象を扱うモデルの妥当性確認の状態を把握する。

左側：PIRTで特定された重要な物理現象

上側：妥当性確認の項目を列挙

物理現象に対応する妥当性確認項目に○を記載

→重要な物理現象に対して妥当性確認に抜けがないことを確認し，確認されていないものは取り扱いを示す。

		モデル性能評価表			
		確認項目Ⅰ	確認項目Ⅱ	確認項目Ⅲ	確認項目Ⅳ
物理現象	現象1	○			○
	現象2		○	○	
	現象4				○

本資料では，重要な物理現象，関連するモデル及び妥当性確認の関係を見やすくするため，モデル性能比較表とモデル性能評価表を結合し，物理現象の最高ランクを含めた表をP.14～15に示す。



# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について

## モデル化の網羅性確認結果 (a)NJOY(ライブラリの処理方法)(手順①・②)

- NJOYを用いたライブラリ処理において、重要な物理現象（ランクM以上）がモデル化されていることを確認した。
- N/A（モデル無し）の項目の取り扱いについてはP.13で説明する。

ライブラリ処理のPIRT及びモデル性能比較表

			重要度ランキング (PIRT)						モデル性能比較表						
			中性子微視的断面積	光子生成微視的断面積	中性子エネルギースペクトル	光子反応微視的断面積	光子エネルギースペクトル	最高ランク	超詳細エネルギー群生成	中性子反応 共鳴断面積構築	中性子反応 共鳴断面積温度拡張	中性子反応 熱領域断面積構築	中性子 エネルギースペクトル生成	中性子 反応断面積エネルギー多群化	光子原子反応断面積構築
核的現象	中性子反応	核分裂反応	(物理現象)												
		捕獲反応	(補足説明)												
		散乱反応													
		遅発中性子													
	光子反応	ガンマ線吸収													
		ガンマ線散乱													
		ガンマ線スペクトル													
	温度	ドップラ効果													
		共鳴群の上方散乱効果													
		分子結合													
	組成	非共鳴核種													
	空間分布	非均質性													

# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について

## モデル化の網羅性確認結果 (b)F-table(テーブル化処理)(手順①・②)

- 核データライブラリのテーブル化に関して重要な物理現象が考慮されていることを確認した。
- N/A (モデル無し) の項目の取り扱いについてはP.13で説明する。

F-tableデータ形式のPIRT及びモデル性能比較表

				重要度ランキング (PIRT)		モデル性能比較表 “-”：関連しない, “○”：関連する, “N/A”：モデル無				
				中性子反応 実効微視的断面積 (因子)	最高ランク	核種・反応	エネルギー縮約スペクトルモデル	背景断面積テーブルデータ点数	温度点テーブルデータ点数	多群エネルギー群数
核的現象	中性子 反応	核分裂反応	臨界性, 核分裂発熱							
		捕獲反応	臨界性							
		散乱反応	中性子減速							
	温度	ドップラ効果	共鳴吸収							
		分子結合	熱中性子散乱則							
	組成	非共鳴核種	中性子の減速							
	空間分布	非均質性	自己遮蔽							

# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について モデル化の網羅性確認結果 (c)LANCR(手順①・②)

- LANCRにおいて重要な物理現象がモデル化されていることを確認した。
- N/A（モデル無し）の項目の取り扱いについてはP.13で説明する。

LANCRのPIRT及びモデル性能比較表

				重要度ランキング (PIRT)										モデル性能比較表 “-”：関連しない, “○”：関連する, “N/A”：モデル無									
				無限増倍率	局所出力分布	ガドリニア価値	ポイド反応度	トップラ反応度	ほう素価値	制御棒価値	減速材温度係数	遅発中性子割合	燃焼後核種組成	最高ランク	ライブラリ(中性子・ガンマ)	エネルギー群構造	実効断面積計算	詳細エネルギー スペクトル計算	2次元 中性子輸送計算	2次元 ガンマ線輸送計算	出力分布計算	均質化定数計算	燃焼計算 (チェーン・領域分割)
核的現象	中性子反応	中性子反応断面積	(物理現象)	核分裂, 吸収, 散乱																			
		非均質性	(補足説明)	自己遮蔽																			
		中性子束分布																					
	光子反応	ガンマ線反応断面積																					
		ガンマ線束分布																					
	構造物	冷却材 化学組成変化	SLC																				
	その他	三次元効果	燃焼スペクトル																				
	熱・水力的現象	熱	核分裂発熱																				
			ガンマ線発熱																				
	水力	冷却材密度分布	集合体内ポイド率分布 注1																				
材料	核反応	燃料組成	Gd燃料棒																				

注1 集合体内ポイド率の均一分布の仮定の妥当性は, AETNAの妥当性確認(ガンマスキャン等)を通して実施される。

# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について

## モデル化の網羅性確認結果 (d)核定数(テーブル化処理)(手順①・②)

- 核定数テーブルにおいて重要な物理現象が考慮されていることを確認した。
- N/A (モデル無し) の項目の取り扱いについてはP.13で説明する。

※ グレーハッチング箇所は島根  
3号炉許認可解析非適用

核定数テーブルのPIRT及びモデル性能比較表

(物理現象) (補足説明)		重要度ランク <sup>※</sup> (PIRT)				モデル性能比較表 "ー" : 関連しない, "○" : 関連する, "N/A" : モデル無							
		マクロ/ミクロ断面積, 拡散係数, 不連続因子	局所出力分布, 核計装応答	実効遅発中性子割合, 中性子寿命	最高ランク	燃焼度 依存性	(スペクトル)履歴ポイド率 依存性	瞬時ポイド率変化 依存性	制御棒 履歴効果	制御棒 瞬時効果(多種類効果含む)	燃料温度効果	減速材温度効果 (冷温)	ほう素混入 (濃度) 効果
(1) 燃料減損	組成変化に伴う燃焼度依存性												
(2) スペクトル履歴	履歴ポイド効果												
(3) 核分裂生成物反応度	長期停止効果 (ミクロ燃焼モデル) 含む												
(4) ポイド反応度	ポイド率 (瞬時) 依存性												
(5) 制御棒価値	燃焼度/ポイド/運転条件 (高温/冷温) 依存性												
(6) 制御棒履歴	CBH効果の燃焼度依存性												
(7) 制御棒多種類効果	制御棒タイプ												
(8) 制御棒価値の減損	照射による吸収材の減損												
(9) ドップラ反応度	燃焼度/温度/ポイド依存性												
(11) 減速材温度	燃焼度/温度 依存性 (冷温)												
(12) ほう素価値	燃焼度/ほう素量 依存性												
(13) ほう素価値の減速材温度依存性	SLC作動時の減速材温度効果												
(14) 過渡時冷温ポイド/温度*1	冷温時ポイド及び温度依存性*2												

\*1 : プラント過渡解析コードで使用 \*2 : インチャンネルとアウトチャンネルの独立性を考慮

# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について

## モデル化の網羅性確認結果 (e)AETNA(一部抜粋)(手順①・②)

- AETNAにおいて重要な物理現象がモデル化されていることを確認した。
- N/A (モデル無し) の項目の取り扱いについてはP.13で説明する。

※ グレーハッチング箇所は島根3号炉許認可解析非適用

### AETNAのPIRT及びモデル性能比較表 (核的現象)

(物理現象) (*はLANCRのPIRTにあるもの) (補足説明)		重要度ランキング (PIRT)										モデル性能比較表 (“-”: 関連しない, “○”: 関連する, “N/A”: モデル無)																							
		通常運転時					過渡時					核計算					熱水力計算					その他													
		核的制限値					熱的制限値																												
							安全性																												
		余剰反応度	炉停止余裕	最大制御棒価値	反応度係数	スクラム反応度	ほう酸注入系停止機能	熱機械 (LHGR)	設計出力履歴 (燃焼度)	焼損 (MCPR)	未臨界度	表面熱流束	焼損 (MCPR)	最高ランク	中性子束計算 (定常)	中性子束計算 (過渡)	高次モード計算	燃料棒出力再構築	燃料棒燃焼度再構築	断面積モデル	燃焼履歴モデル	マイクロ燃焼モデル	燃料温度モデル	反射体モデル	エネルギー計算	サブクール沸騰モデル	ボイド相関式	壁面熱伝達	圧力損失	チャンネル流量配分	パイプモデル	熱的余裕計算	沸騰遷移相関式	核計応答	学習モデル (プロセス計算機編)
核的現象	空間分布	(1) 中性子増倍特性*	集合体核設計, 燃料配置																																
		(2) 遅発中性子割合*	スクラム反応度																																
		(3) 3次元 出力分布 (定常)																																	
		(4) 3次元 高次モード分布 (定常)																																	
		(5) 3次元 出力分布(過渡)	スクラム反応度																																
		(6) 局所出力分布 *	燃料棒出力再構築, R因子																																
		(7) 局所燃焼度分布	設計出力履歴																																
	フィードバック	(8) 制御棒価値 *																																	
		(9) ボイド反応度 *																																	
		(10) ドプラー反応度 *																																	
		(11) ほう酸価値 *																																	
		(12) 減速材温度 *																																	
		(13) 燃料減損 *																																	
		(15) 核分裂生成物反応度	毒物効果, 長期停止効果																																
		(17) スクラム時 制御棒価値	スクラム反応度																																
		(18) スクラム時 ボイド反応度	スクラム反応度, 断熱仮定 (補正)																																
		構成体起因	(20) 制御棒履歴	CBH効果 (片燃え)																															
			(21) 多種類制御棒																																
(25) 水ロッド形状	断面効果はLANCR, 隣接燃料効果はBDF因子																																		
(26) 炉内計装管応答	TIP/LPRM学習 (プロセス計算機編)																																		

# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について

## モデル化の網羅性確認結果（手順②）

- モデル性能比較表においてN/A（モデル無し）となっている項目の取り扱いを以下に示す。
- 以上より、全ての段階について重要な物理現象に対するモデル化（もしくは考慮）が必要な現象が網羅されていることを確認した。

N/Aの項目		取り扱い
NJOY	共鳴吸収の上方散乱 (P.8)	共鳴群における上方散乱はドップラ係数に影響する。LANCRのドップラ係数の不確かさを定量的に把握し、設計時に設定する裕度を下回ることを確認することで設計に悪影響が無いことを確認する。
NJOY/ F-table	非均質性 (P.8,9)	この効果はLANCRの実効断面積モデルで考慮する。
LANCR/ AETNA	集合体内ポイド分布 (P.10)	現行燃料で安全上の問題となることはない。島根3号炉の許認可解析では集合体内ポイド率は一定として扱う。
核定数	制御棒価値の減損効果 (P.11)	プラント運転管理において、制御棒照射量に対して適切に管理を行うことにより、一定の制御棒価値が維持されている。このため、吸収材の減損をテーブルとして考慮する必要性は低い。
	ほう素価値の 減速材温度依存性 (P.11)	SLC作動時の実効増倍率は、プラントごとに最も厳しい評価結果となる温度点1点で評価を行っている。当該温度のデータを用意すれば核定数において温度依存性をテーブル化する必要がない。
AETNA	炉心熱出力	入力値（解析条件としてユーザーから与えられるためモデル化は不要）

# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について 検証及び妥当性確認の網羅性確認結果(LANCR) (手順③)

➤ LANCRのモデルの検証及び妥当性確認の網羅性を確認した。

LANCRのモデル性能比較表及び評価表

			重要度ランキング	モデル性能比較表	モデル性能評価表	
				試験による妥当性確認	ベンチマーク問題による検証	連続エネルギーモンテカルロ計算による妥当性確認
				"ー": 関連しない, "○": 関連する, "N/A": モデル無		
(物理現象)			ライブラリ(中性子・ガンマ)	エネルギー群構造	Babcock & Wilcox臨界試験	
				実効断面積計算	NCA臨界試験	
(補足説明)			詳細エネルギー スペクトル計算	BASALA臨界試験	Hellstrand 実効共鳴積分の実験式	
				2次元 中性子輸送計算	MISTRAL 臨界試験	福島第二2号炉の照射後試験 (ウラン燃料)
			2次元 ガンマ線輸送計算	Dodewaard炉の照射後試験 (MOX燃料)	ウラン燃料棒セル問題	
				出力分布計算	ウラン燃料棒セル問題	MOX燃料棒セル問題
			均質化定数計算	BWR-ウラン燃料集合体	BWR-MOX燃料集合体	
				均質化定数計算 (チェーン・領域分割)	4×4体系, ガドリニア添加ウラン燃料棒2本	未燃焼組成燃料集合体に対する妥当性確認
			燃焼スペクトル調整	ウラン濃縮度変化に対する妥当性確認	プルトリウム富化度変化に対する妥当性確認	
				燃焼計算 (チェーン・領域分割)	ガドリニア値	減速材ボイド係数
			燃焼スペクトル調整	減速材ボイド係数	ほう素値	
				Babcock & Wilcox臨界試験	制御棒値	等温温度係数
			NCA臨界試験	ほう素値	トップラ係数	
				BASALA臨界試験	制御棒値	ガンマ発熱量
			Hellstrand 実効共鳴積分の実験式	等温温度係数	モンテカルロ燃焼計算	
				MISTRAL 臨界試験	トップラ係数	
			福島第二2号炉の照射後試験 (ウラン燃料)	ガンマ発熱量		
				Dodewaard炉の照射後試験 (MOX燃料)	モンテカルロ燃焼計算	
			ウラン燃料棒セル問題	モンテカルロ燃焼計算		
				MOX燃料棒セル問題		
			BWR-ウラン燃料集合体			
				BWR-MOX燃料集合体		
			4×4体系, ガドリニア添加ウラン燃料棒2本			
				未燃焼組成燃料集合体に対する妥当性確認		
			ウラン濃縮度変化に対する妥当性確認			
				プルトリウム富化度変化に対する妥当性確認		
			ガドリニア値			
				減速材ボイド係数		
			ほう素値			
				制御棒値		
			等温温度係数			
				トップラ係数		
			ガンマ発熱量			
				モンテカルロ燃焼計算		
			モンテカルロ燃焼計算			

核的現象	中性子反応	中性子反応断面積	核分裂, 吸収, 散乱
		非均質性	自己遮蔽
		中性子束分布	
	光子反応	ガンマ線反応断面積	
		ガンマ線束分布	
構造物	冷却材 化学組成変化	SLC	
その他	三次元効果	燃焼スペクトル	

熱的・水力的現象	熱	核分裂発熱	
		ガンマ線発熱	
	水力	冷却材密度分布	集合体内ボイド率分布

材料	核反応	燃料組成	Gd燃料棒
----	-----	------	-------

注1

注1 集合体内ボイド率の均一分布の仮定の妥当性は, AETNAの妥当性確認(ガンマスキャン等)を通して実施される。

# 1.1 重要現象についてのモデル化と妥当性確認について 検証及び妥当性確認の網羅性確認結果(AETNA)(一部抜粋) (手順③)

➤ AETNAのモデルの検証及び妥当性確認の網羅性を確認した。

※ グレーハッチング個所は島根3号炉許認可解析非適用

AETNAのモデル性能比較表及び評価表 (核的現象)

重要度ランゲ	モデル性能比較表 “-”: 関連しない, “○”: 関連する, “N/A”: モデル無										モデル性能評価表																																	
	核計算					熱水力計算					その他		プラント運転実績による妥当性確認					試験による妥当性確認		ベンチマーク問題による検証			連続エネルギーモンテカルロ計算等による妥当性確認																					
	中性子束計算 (定常)	中性子束計算 (過渡)	高次モード計算	燃料棒出力再構築	燃料棒燃焼度再構築	断面積モデル	燃焼履歴モデル	マイクロ燃焼モデル	燃料温度モデル	反射体モデル	エネルギー計算	サブクール沸騰モデル	ボイド相関式	壁面熱伝達	圧力損失	チャンネル流量配分	パイパスモデル	熱的余裕計算	沸騰遷移相関式	核計装応答	学習モデル (プロセス計算機編)	冷温時臨界固有値 (制御棒価値)	出力運転時臨界固有値	出力分布 (TIPとの比較)	出力分布 (Vスキャン)	燃料棒出力分布 (Vスキャン)	照射後試験	MOX装荷炉心	長期停止運転	部分出力運転	ポイド率測定 (ポイド率を比較)	チャンネル圧損試験	SPERT実験	安定性試験高次モード分布	IAEA PWRベンチマーク (定常)	LRA BWRベンチマーク (定常/過渡)	HAFAS BWRベンチマーク (定常)	LMW PWRベンチマーク (過渡)	均質円筒炉心高次モード問題	局所出力 (初装高多濃縮度炉心)	局所出力 (MOX燃料部分炉心)	局所出力 (10X10燃料平衡炉心)	燃焼履歴問題	全炉心体系モンテカルロ
核的現象	*はLANCR PIRTにあるもの																																											
	(物理現象)																																											
	空間分布	中性子増倍特性 (ノード) *																																										
		遅発中性子割合 (ノード) *																																										
		3次元 出力分布 (定常)																																										
		3次元 高次モード分布 (定常)																																										
		3次元 出力分布(過渡)																																										
		局所出力分布 *																																										
		局所燃焼度分布																																										
		制御棒価値 *																																										
		ポイド反応度 *																																										
		トップラ反応度 *																																										
		ほう酸価値 *																																										
		減速材温度 *																																										
		燃料減損 (ノード)																																										
		核分裂生成物反応度 (ノード)																																										
		スクラム時 制御棒価値 *																																										
	スクラム時 ポイド反応度 *																																											
	構成体起因	制御棒履歴																																										
		多種類制御棒効果																																										
水ロッド形状																																												
炉内計装管応答																																												

① (SPERT実験), ② (LRA BWRベンチマーク(過渡)), ③ (LMW PWRベンチマーク(過渡)) では、炉心出力の時間依存応答のみ確認している。



## 1.2 LANCRの解析モデル

### (1) LANCRの計算の流れ

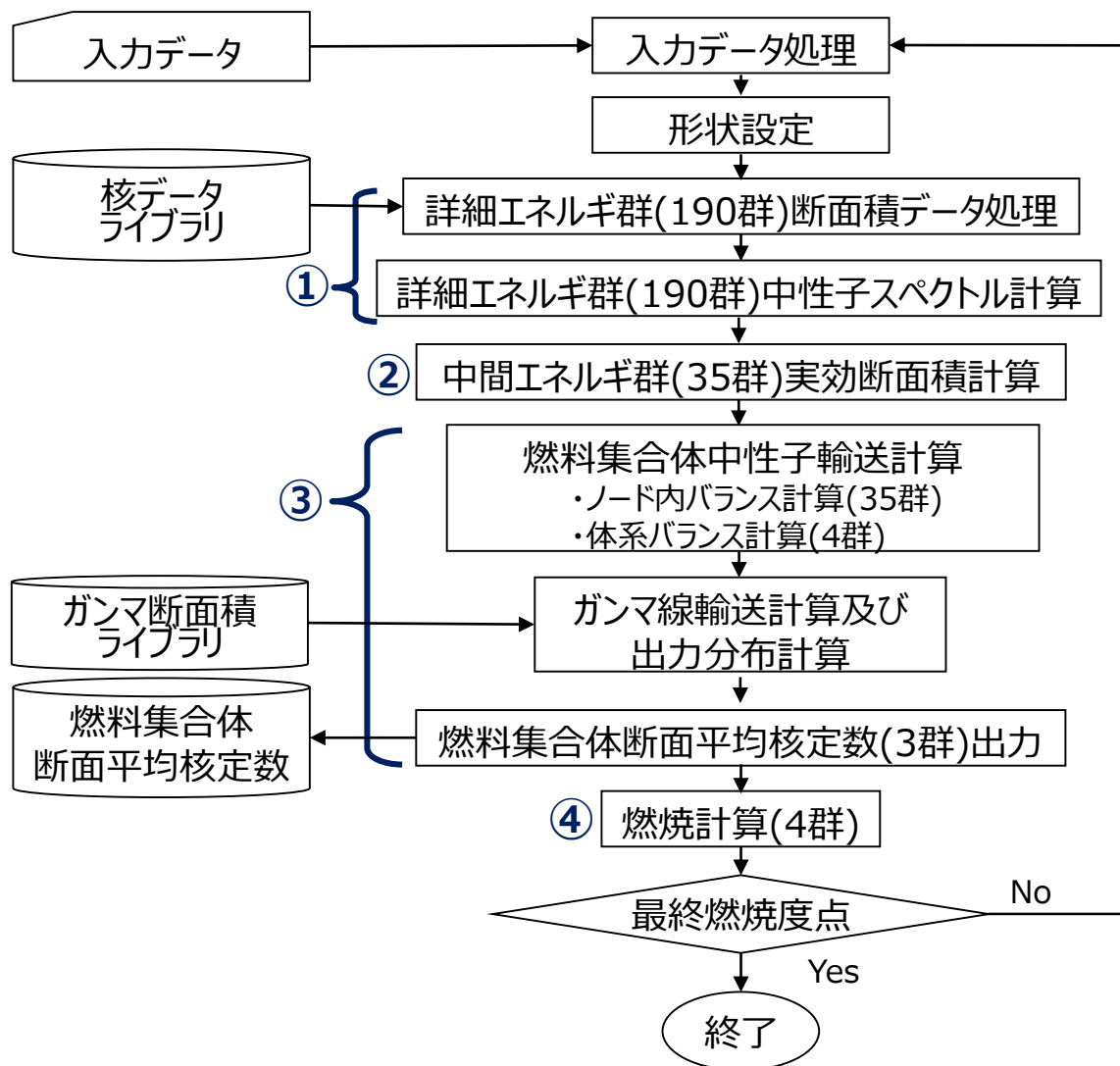
- LANCRは燃料集合体の断面に対して燃料棒単位の詳細な核計算を二次元体系で実施し，AETNAに必要な燃料集合体断面平均核定数を計算する。

① 中間エネルギー群（35群）実効断面積の計算に必要な，詳細エネルギー群（190群）断面積データ及び詳細エネルギー群（190群）中性子スペクトルを求める。

② 燃料集合体中性子輸送計算に必要な中間エネルギー群（35群）実効断面積を，詳細エネルギー群（190群）中性子スペクトル計算の結果から算出する。

③ 燃料集合体中性子輸送計算結果及びガンマ線輸送計算結果からAETNAに必要な燃料集合体断面平均核定数（3群）を作成する。

④ 燃焼計算を行い次のステップに進む。



## 1.2 LANCERの解析モデル

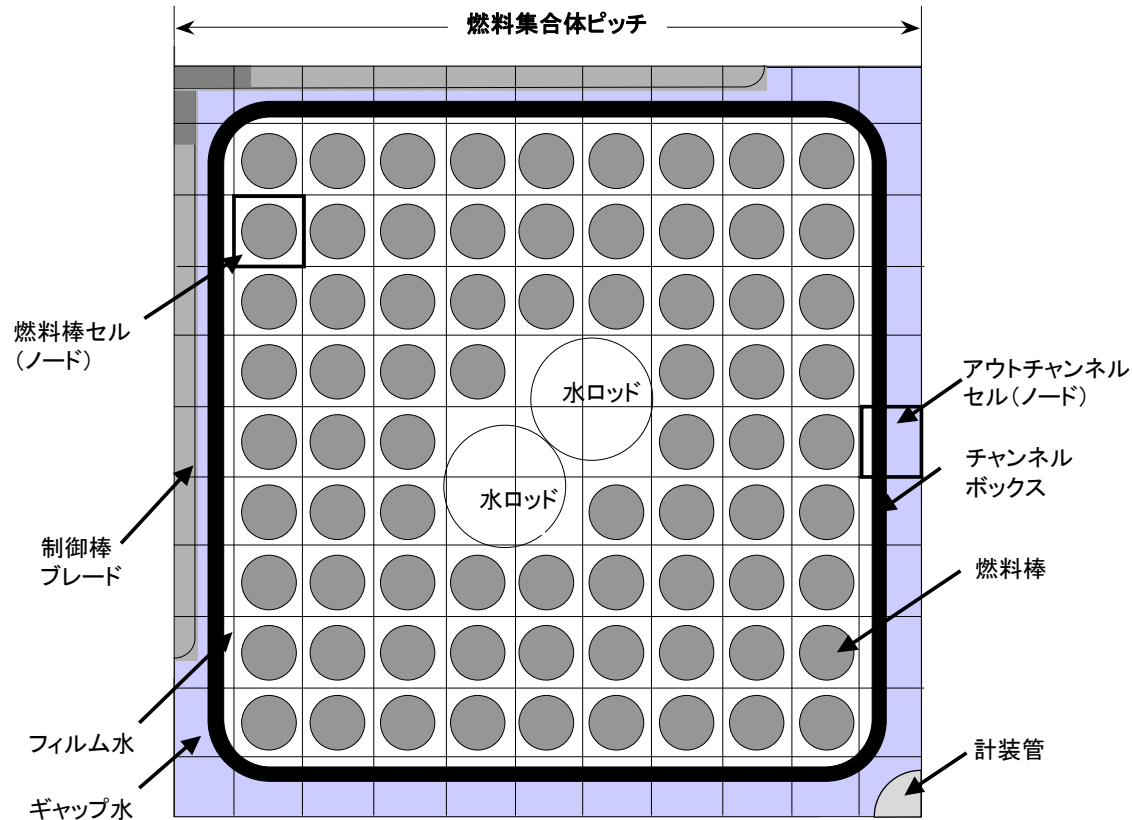
### (2) 入力データ処理, 形状設定

#### 入力データ処理

燃料集合体の形状, 燃料棒毎の核種組成とその配置, 減速材や構造材の組成, これらの温度などの状態量や計算オプション等を読み込む。

#### 形状設定

中性子輸送計算や燃焼計算等で必要となる燃料棒配列, チャンネルボックスや水ロッド形状を含む燃料集合体の断面幾何形状や, 幾何形状と関連づけられた領域ごとの物質組成データを設定する。



燃料集合体形状と各部名称  
(9×9配列の例)

## 1.2 LANCRの解析モデル

### (3) 詳細エネルギー群断面積データ処理

- ここでは、詳細エネルギー群中性子スペクトル計算で必要となる190群の実効断面積データを作成する。
  - 核データライブラリファイルを、評価済核データ ENDF/B-VII.0から核データライブラリ処理コードNJOYにより事前に生成する。
  - 生成した核データライブラリファイルを読み込み、190群の実効断面積データを作成する。

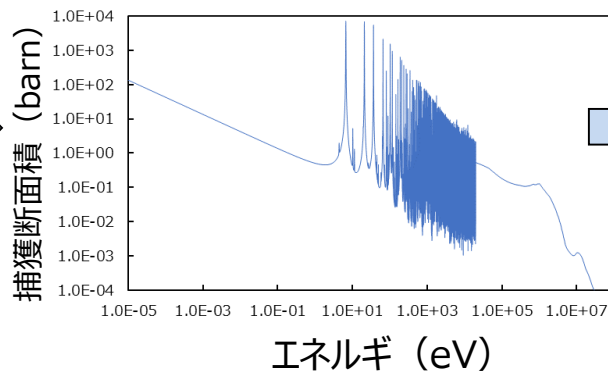
評価済み核データ  
(ENDF/B-VII.0)

```

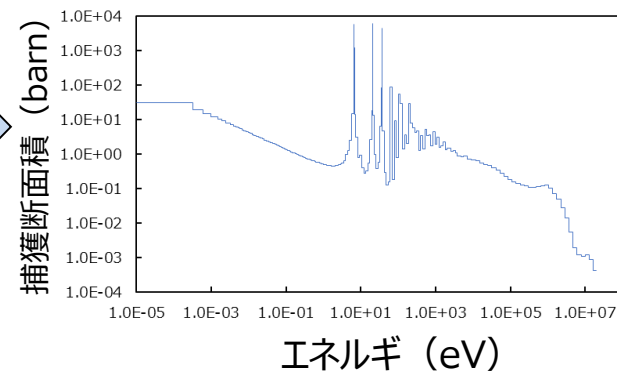
...
1.490288+5 6.091120+0 1.806460-1 7.439600-4 2.434410-2 0.000000+0 9237 2151 3454
0.000000+0 0.000000+0 0 0 0 0 9237 2 099999
0.000000+0 0.000000+0 0 0 0 0 9237 0 0
9.223800+4 2.360058+2 0 0 0 0 9237 3 1 1
0.000000+0 0.000000+0 0 0 1 3959237 3 1 2
| 395 2 9237 3 1 3
1.000000-0 0.000000+0 2.000000+0 0.000000+0 2.000000+4 1.429020+19237 3 1 4
2.299700+4 1.408890+1 2.300000+1 1.408870+1 2.302800+4 1.408710+19237 3 1 5
2.305900+4 1.408540+1 2.497100+4 1.397690+1 2.500600+4 1.397490+19237 3 1 6
2.504100+4 1.397290+1 2.600000+4 1.391850+1 2.606700+4 1.391520+19237 3 1 7
2.610500+4 1.391350+1 2.614300+4 1.391170+1 2.735900+4 1.385310+19237 3 1 8
2.735900+4 1.385120+1 2.745900+4 1.384930+1 2.817300+4 1.381390+19237 3 1 9
2.821500+4 1.381190+1 2.825700+4 1.380990+1 3.000000+4 1.372600+19237 3 1 10
3.089200+4 1.368990+1 3.094000+4 1.368800+1 3.098800+4 1.368600+19237 3 1 11
3.227000+4 1.363410+1 3.232200+4 1.363200+1 3.237400+4 1.362990+19237 3 1 12
3.500000+4 1.352360+1 3.555400+4 1.350450+1 3.561400+4 1.350240+19237 3 1 13
...
  
```

共鳴パラメータ  
断面積 など

連続エネルギー



LANCRの核データライブラリ



U-238捕獲断面積の例

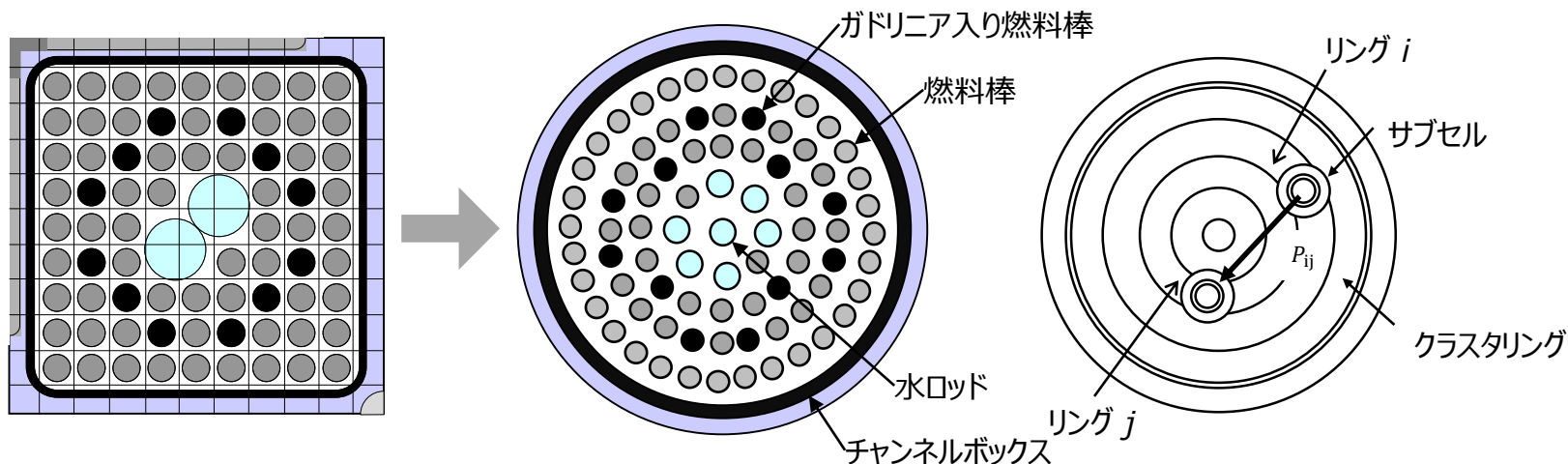
## 1.2 LANCRの解析モデル

### (4) 詳細エネルギー群中性子スペクトル計算

- ここでは、詳細エネルギー群断面積処理で求めた190群の断面積を用いて、燃料集合体の各領域の190群中性子スペクトルを衝突確率法により計算する。

#### LANCRでの詳細エネルギー群スペクトル計算の特徴

- 燃料集合体の2次元断面を円筒クラスタでモデル化
  - 衝突確率法計算により詳細エネルギー群中性子の領域間の動きと減速を算出
  - 中性子スペクトルに影響する非均質性を扱いながら、計算の高速化が可能
- 個々の燃料棒をリング内に置いたサブセル（燃料棒、被覆管、減速材から構成）でモデル化



190群スペクトル計算用円筒クラスタ近似

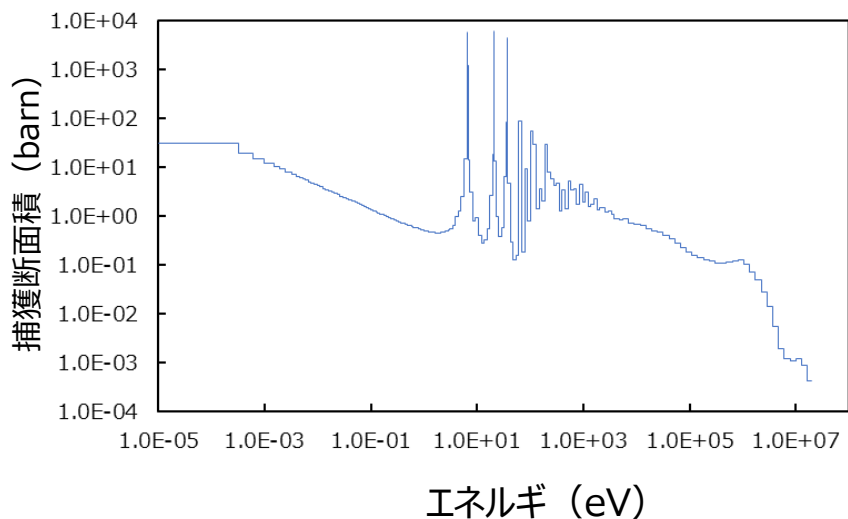
衝突確率法による各領域のスペクトル計算

## 1.2 LANCERの解析モデル

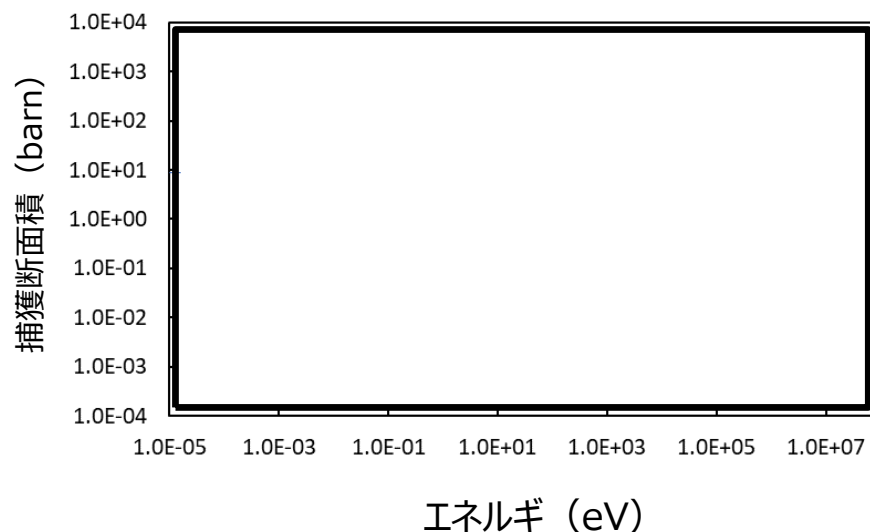
### (5) 中間エネルギー群実効断面積計算

- ここでは、燃料集合体中性子輸送計算に使用する各領域の中間エネルギー群（35群）実効断面積を算出する。
  - 詳細エネルギー群中性子スペクトル計算で求めた各領域の190群スペクトルを用いて、詳細エネルギー群断面積処理で求めた190群断面積を中間エネルギー群（35群）にエネルギー縮約する。

核データライブラリ（エネルギー190群）



中間エネルギー群断面積（エネルギー35群）

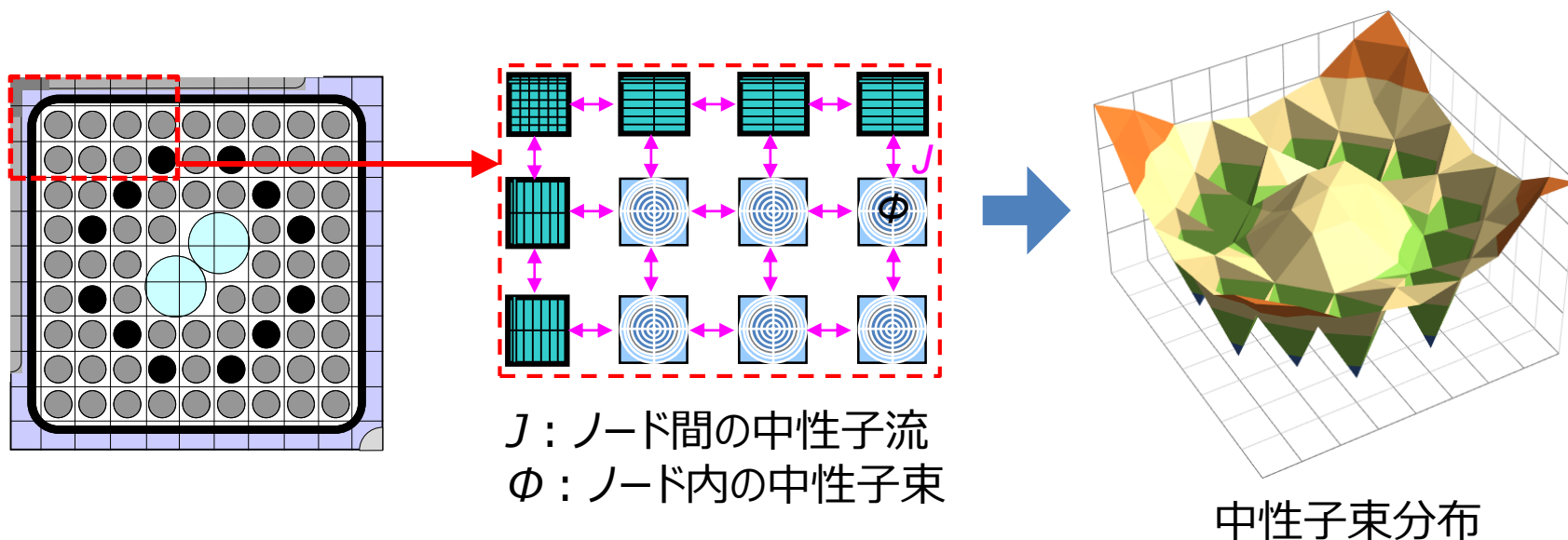


U-238捕獲断面積の例

## 1.2 LANCRの解析モデル

### (6) 燃料集合体中性子輸送計算

- ここでは、燃料集合体内の中性子束分布を計算するため、2次元燃料集合体体系を対象に、Current Coupling Collision Probability (CCCP：中性子流結合衝突確率) 法による中性子輸送計算を行う。



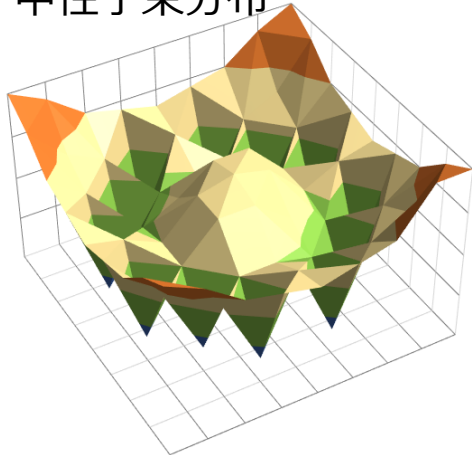
- 燃料集合体を多数のノードに分割
- ノード内の衝突確率によりノード境界の中性子流からノード内中性子束分布を算出 (ノード内バランス計算 (35群))
- ノード内中性子束分布を用い、体系全体でバランスするように中性子流を算出 (体系バランス計算 (4群))
- ノード内バランス計算と体系バランス計算を繰り返して中性子束分布の収束解を算出

## 1.2 LANCRの解析モデル

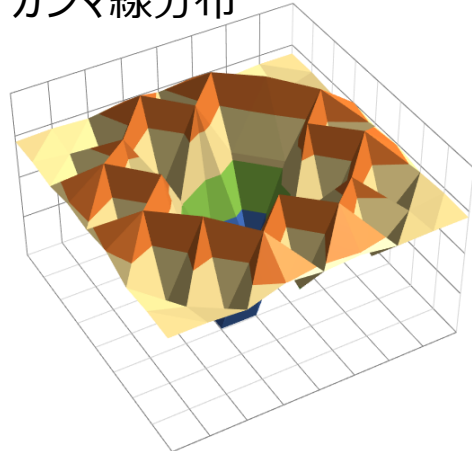
### (7) ガンマ線輸送計算及び出力分布計算, 燃料集合体断面平均核定数出力

- ここでは, 中性子束分布等にもとづき燃料体断面平均の核定数を計算する。
- また, ガンマ線についても輸送計算により燃料集合体内の分布を算出する。
- 核分裂反応とガンマ線反応による発熱を考慮して燃料棒出力を算出する。

中性子束分布



ガンマ線分布



エネルギー35群→3群  
の縮約  
燃料集合体全体の  
平均処理

核分裂反応  
による発熱: $P_f$

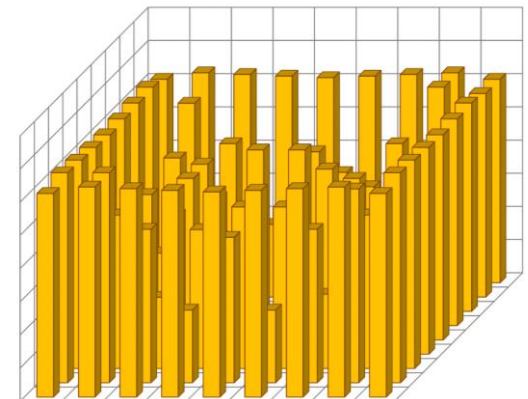
ガンマ線反応  
による発熱: $P_\gamma$

燃料体断面平均核定数

吸収断面積  
核分裂断面積  
生成断面積  
拡散係数  
中性子束不連続因子  
燃料棒相対出力  
その他

燃料棒出力分布

$$P = P_f + P_\gamma$$





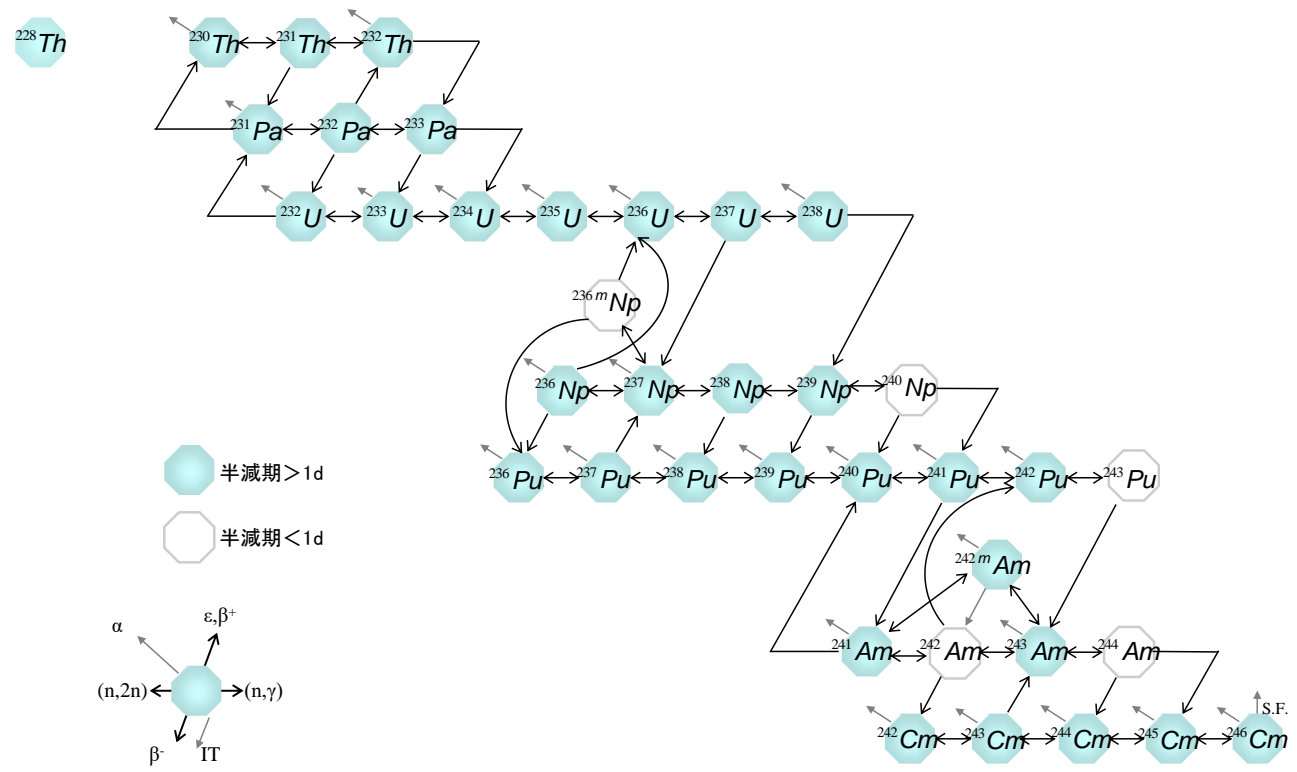
# 1.2 LANCERの解析モデル

## (8) 燃焼計算

➤ ここでは、燃焼方程式を解くことにより燃焼にともなう核種の数密度を求める。

$$\frac{dN_i(t)}{dt} = P_i(t) - D_i(t) \quad i: \text{核種}, N_i: \text{原子数密度}, P_i: \text{生成率}, D_i: \text{消滅率}$$

➤ 燃焼チェーンは、重核38核種、核分裂生成核136核種、疑似FP核種2種類より構成している。



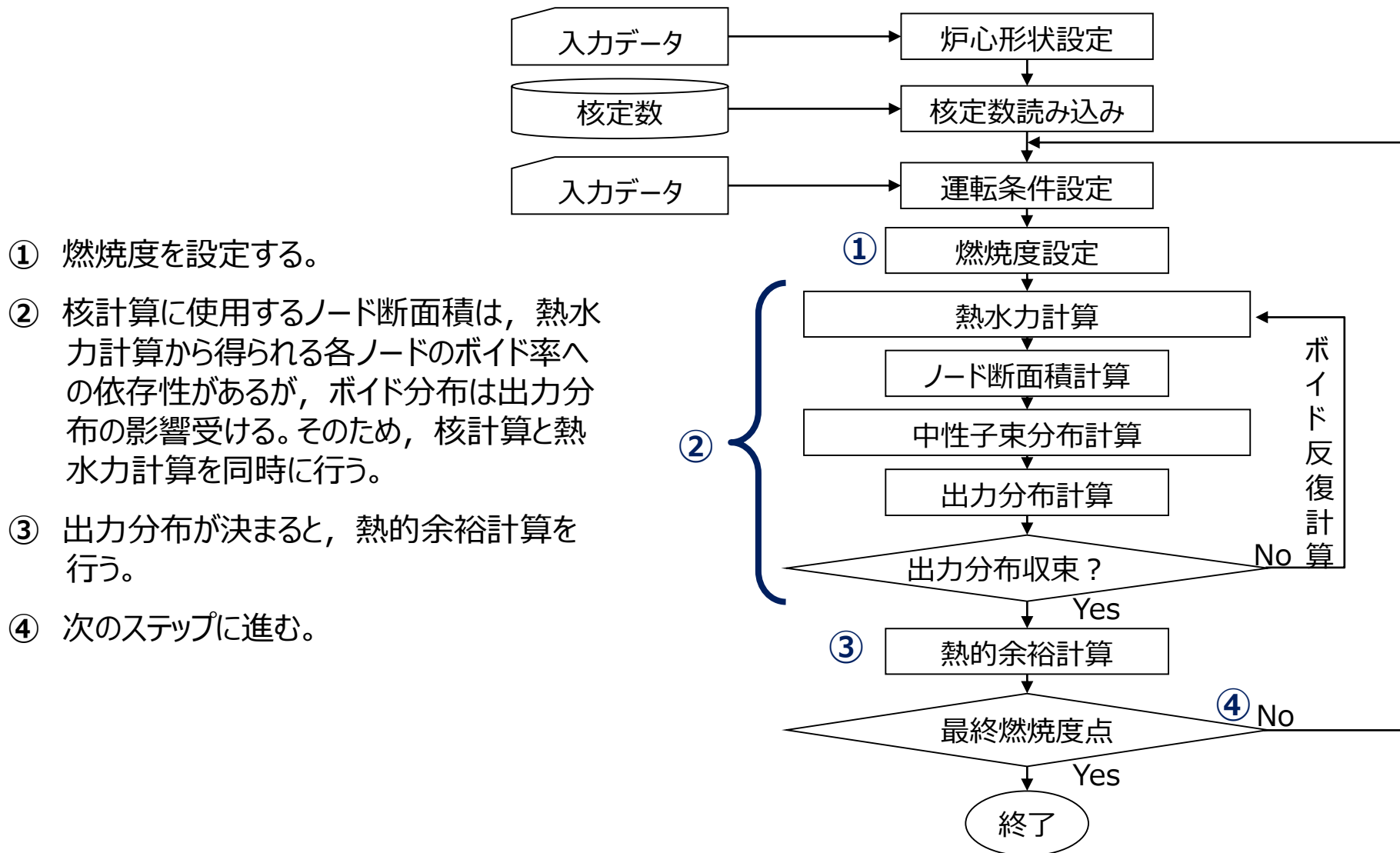
アクチノイド核種の生成・崩壊チェーン



# 1.3 AETNAの解析モデル

## (1) AETNAの計算の流れ

- AETNAは炉心全体に対して、燃料集合体単位の特性を用いた三次元の核熱水力反復計算を行い、出力分布や熱的余裕などの各種炉心特性を評価する。



# 1.3 AETNAの解析モデル

## (2) 中性子束分布計算

- ここでは、中性子束分布を求めるためにエネルギー 3 群拡散方程式を解く。

$$\underbrace{\nabla \cdot J_g^i(x, y, z)}_{\text{(中性子の漏れ)}} + \underbrace{\Sigma_{rg}^i \phi_g^i(x, y, z)}_{\text{(中性子の吸収)}} = \underbrace{Q_g^i(x, y, z)}_{\text{(中性子の生成)}}$$

$\phi_g^i$  : 第g群中性子束

$J_g^i$  : 第g群中性子流

$\Sigma_{rg}^i$  : 第g群除去断面積

$Q_g^i$  : 第g群中性子源項

$g=1,2,3$ はそれぞれ高速群, 共鳴群, 熱群

- AETNAではノード  $i$  内の中性子束分布を $x, y, z$ の各方向に分解し以下の形で近似する。

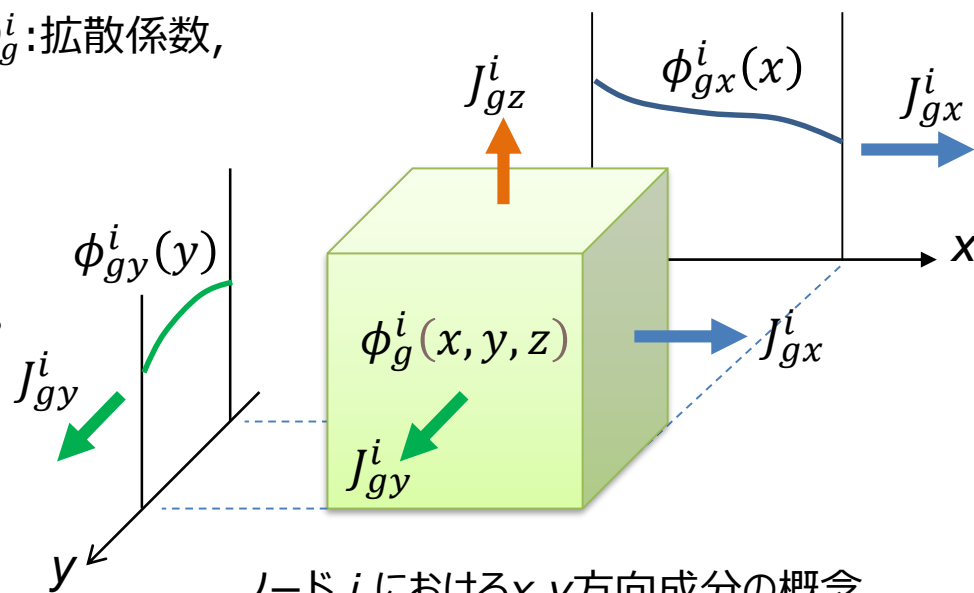
$$\phi_{gx}^i(x) = A_{gx}^i \cosh \kappa_g^i x + B_{gx}^i \sinh \kappa_g^i x + \sum_{n=0}^2 a_{gxn}^i w_n(x/h_x^i), \quad (w_n : 2 \text{ 次ルジャンドル多項式})$$

- 拡散近似  $J_{gx}^i = -D_g^i d\phi_{gx}^i(x)/dx$ ,  $D_g^i$ : 拡散係数,

ノード間の  $J_{gx}^i$  の連続条件,

に基づく方程式について数値解を求め,

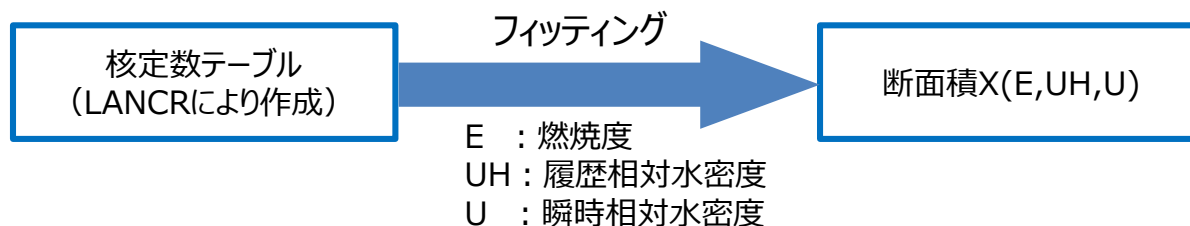
各ノードの平均中性子束  $\bar{\phi}_g^i$  を算出する。



## 1.3 AETNAの解析モデル

### (3) ノード断面積計算

- ここでは、中性子束分布計算に用いるノードの断面積を求める。
- LANCRから作成される断面積（核定数）テーブルの各燃焼区間において、ノードの断面積  $X(E, UH, U)$  は、燃焼度  $E$ 、履歴相対水密度  $UH$ 、瞬時相対水密度  $U$ 、減速材温度(冷温時)の関数としてフィッティングする。



- ノード断面積は、以下のモデルにより反応度を考慮した補正を行う。

#### キセノン毒作用モデル

Xe-135数密度は出力密度履歴に大きく依存するため、実際出力密度履歴が燃料集合体計算と異なる効果を、微視的燃焼モデルを用いて計算し、熱群の除去断面積を補正する。

#### ドップラモデル

燃料集合体計算でのベース温度と、炉心計算での燃料平均温度の差からドップラ反応度を計算し、共鳴群吸収断面積を補正する。

# 1.3 AETNAの解析モデル

## (4) 熱水力計算

- ボイド分布はノード断面積を通して出力分布に影響するため、核計算と同時に熱水力計算も行う。

### 混合流体保存式

熱水力モデルは垂直方向の強制流を仮定する。燃料集合体内の二相流に対し、定常状態の混合流に対する3保存式（圧損計算）とドリフトフラックスモデル（ボイド率計算）を適用する。

#### 圧力計算

1次元均質流に対する運動量保存式を積分した結果得られる以下の式で評価する。

$$P_k - P_{k+1} = \frac{\Delta P_{friction}}{\text{摩擦圧損}} + \frac{\Delta P_{local}}{\text{局所圧損}} + \frac{\Delta P_{acceleration}}{\text{加速圧損}} + \frac{\Delta P_{elevation}}{\text{位置圧損}}$$

局所圧損は、オリフィス、下部及び上部タイプレート、燃料集合体のスペーサなどによる流路内の面積変化により起こる圧力損失である。

加速圧損成分では、流路面積及び密度の変化の両方を考慮する。

#### ドリフトフラックスモデルに基づくボイド率( $\alpha$ )計算

$$\alpha = \frac{j_g}{C_0 j + \bar{V}_{gj}} = \frac{x}{C_0 \left\{ x + (1-x) \frac{\rho_g}{\rho_f} \right\} + \frac{\rho_g \bar{V}_{gj}}{G}}$$

$$C_0 = \frac{\langle j\alpha \rangle}{\langle j \rangle \langle \alpha \rangle}$$

$$\bar{V}_{gj} = \frac{\langle (v_g - j)\alpha \rangle}{\langle \alpha \rangle}$$

$C_0$  : 分布パラメータ  
 $\bar{V}_{gj}$  : ドリフト速度  
 $j$  : 混合流体の体積流束  
 $j_g$  : 蒸気の体積流束  
 $x$  : 蒸気クオリティ  
 $\bar{G}$  : 混合流質量流束  
 $\rho$  : 密度 ( $f$ : 飽和水,  $g$ : 飽和蒸気)

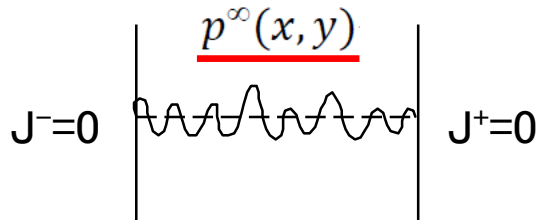
# 1.3 AETNAの解析モデル

## (5) 熱的余裕計算

- 出力分布の確定後，熱的制限値に対する余裕として，最小限界出力比（MCPR）と最大線出力密度（MLHGR）を計算する。
- これに必要となる各ノードの燃料棒出力は，隣接ノードの影響を考慮するため，**燃料棒出力再構築計算**により求める。

### 燃料棒出力の再構築モデル

LANCR（詳細メッシュ）による無限格子体系（反射境界条件）での非均質燃料棒出力分布

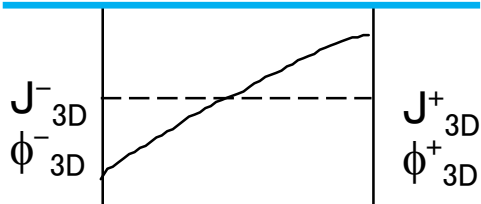


再構築された燃料棒出力分布

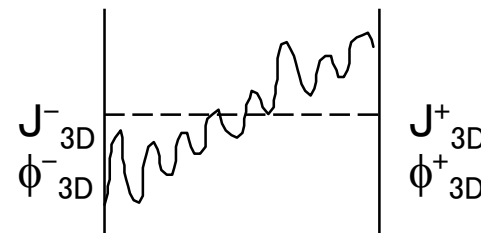
$$p(x, y) = \underline{p^\infty(x, y)} \left\{ \sum_{g=1}^G \underline{\Sigma_{fg}^{hom}(x, y)} \phi_g^{hom}(x, y) \right\}$$

AETNA（粗メッシュ）による漏れを考慮した均質出力分布（=断面積×中性子束の群積算値の分布）

$$\underline{\sum_{g=1}^G \Sigma_{fg}^{hom}(x, y) \phi_g^{hom}(x, y)}$$



合成



## 2. 審査会合での指摘事項に対する回答

# 審査会合での指摘事項一覧（1/2）

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
1	2022年9月29日	重要度ランキングテーブル（PIRT）において、炉心体系に関する全ての物理現象が抽出されているかを確認するため、物理現象の抽出の考え方を整理すること。	P.32～33
2	2022年9月29日	上記物理現象に対する重要度ランク付けが適切になされているかを確認するため、重要度ランキングの決定の考え方を整理すること。	P.34
3	2022年9月29日	上記2点の整理にあたっては、PIRT中の物理現象、評価指標及び重要度ランクと、C/B 厚変更により影響を受けるパラメータ及び許認可解析の評価項目に関するパラメータとの関係も含めて整理すること。	P.35～36
4	2022年9月29日	検証及び妥当性確認のプロセスが適切に実施されているかを確認するため、当該プロセスの内容を整理すること。なお、学協会基準等を参照した場合は、参照した基準等を示すこと。	後日回答
5	2022年9月29日	妥当性確認に採用している試験データ等について、解析結果と比較するにあたって、想定している炉心状態を網羅しているか、信頼性のある試験データかなどを含め、試験データ等の選定の考え方を整理すること。	後日回答
6	2022年9月29日	試験データ等と比較した結果により、妥当と判断した考え方（どういう観点から、何を満たしていればよいと考えるのか）を整理すること。	後日回答

# 審査会合での指摘事項一覧（2/2）

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
7	2022年9月29日	安全解析コード等の入力となるLANCR/AETNAコードの出力を整理し、必要に応じて当該出力から安全解析コード等への入力のための処理プロセスも示すこと。	P.37～39
8	2022年9月29日	妥当性確認プロセスから、どのように解析コードの不確かさの値を算出しているのか整理すること。	後日回答
9	2022年9月29日	解析コードの不確かさと設計における設定値との比較においては、解析コード以外の不確かさ（取替炉心段階に生じる不確かさ等）の値も示した上で、設計における設定値内であることを示すこと。	後日回答



# 審査会合での指摘事項に対する回答 (No.1) (1/2)

## ■ 指摘事項 (第1076回審査会合 2022年9月29日)

重要度ランキングテーブル (PIRT) において、炉心体系に関する全ての物理現象が抽出されているかを確認するため、物理現象の抽出の考え方を整理すること。【No.1】

## ■ 回答

PIRTにおける物理現象の抽出においては、解析の各段階 ([NJOY](#) (ライブラリ処理), [F-table](#) (テーブル化), [LANCR](#), [核定数](#), [AETNA](#)) によって対象とする現象の解像度が異なることから、各段階に分けてPIRTを作成した。

各PIRT (次頁参照) において、核的現象などを大項目とし、それぞれにおいて空間分布などの観点から掘り下げて関係する物理現象をリストアップしている。また、各PIRTにおいて考慮すべき炉心の運転状態の範囲を明確化している。これらにより、関連する物理現象を漏れなく抽出するように留意した。

LANCR/AETNA を用いた解析処理の流れと対象とする現象の解像度

各コードが対象とする現象の解像度が異なる

コード	時間	空間			中性子エネルギー	主な解析項目 (例)	コード間入出力情報
		次元	大きさ	境界			
<a href="#">NJOY</a>	-	ゼロ	原子	-	連続	中性子=原子核反応, 中性子減速, 群縮約, 熱中性子散乱則 (分子結合)	評価済み核データ (ENDF/B-VII.0) 核種毎の温度・背景 断面積依存マイクロ断面積 ( <a href="#">F-table</a> )
<a href="#">LANCR</a>	燃焼 (日～年)	2次元	燃料棒集合体	反射	多群	中性子スペクトル, 領域毎多群断面積, 中性子・ガンマ線輸送計算, 核種毎燃焼計算, 少数群縮約断面積等	断面積, 拡散係数, 局所出力分布 ( <a href="#">核定数</a> )
<a href="#">AETNA</a>	Xe過渡 (時), 燃焼 (日～年)	3次元	集合体炉心	有限	小数群	マクロ断面積計算, ミクロ燃焼計算, 中性子拡散計算, 局所出力 (定常), 流量配分 (定常), ボイド率計算 (定常)	

コード及びコード間の処理毎にPIRTを作成

表 2.5 AETNA で考慮すべき物理現象 (核的現象)

重要度ランキング	通常運転時		過渡時
	核的制限値		熱的制限値
	安定性	熱的制限値	
余剰反応度	炉停止余裕	最大制御棒価値	反応度係数
スクラム反応度	ほう熱注入系停止機能	熱機械 (LHGR)	設計出力履歴 (熱強度)
焼損 (MOGPR)	未臨界度	表面熱流束	焼損 (MOGPR)
最高ランク	CB厚変更の影響		

(物理現象) (\*はLANCRのPIRTにあるもの)

(1) 中性子増倍特性*
(2) 遅発中性子割合*
(3) 3次元 出力分布 (定常)
(4) 3次元 高次モード分布 (定常)
(5) 3次元 出力分布 (過渡)
(6) 局所出力分布 *
(7) 局所燃焼度分布
(8) 制御棒価値 *
(9) ボイド反応度 *

(物理現象) (\*はLANCRのPIRTにあるもの)

(30) 3次元ボイド分布
(31) 3次元圧力分布
(32) 集合体内ボイド分布
(33) パイプボイド分布
(34) 水ロッド内ボイド分布
(35) サブクールボイド
(36) チャンネル圧損

コード説明書 (※) のPIRT (AETNA) の抜粋

※ : 島根原子力発電所 3号炉 LANCR/AETNAコード説明書

表 2.6 AETNA で考慮すべき物理現象 (熱的・水力的現象)

重要度ランキング	通常運転時		過渡時
	核的制限値		熱的制限値
	安定性	熱的制限値	
余剰反応度	炉停止余裕	最大制御棒価値	反応度係数
スクラム反応度	ほう熱注入系停止機能	熱機械 (LHGR)	設計出力履歴 (熱強度)
焼損 (MOGPR)	未臨界度	表面熱流束	焼損 (MOGPR)
最高ランク	CB厚変更の影響		

(物理現象) (\*はLANCRのPIRTにあるもの)

(30) 3次元ボイド分布
(31) 3次元圧力分布
(32) 集合体内ボイド分布
(33) パイプボイド分布
(34) 水ロッド内ボイド分布
(35) サブクールボイド
(36) チャンネル圧損

表 2.7 AETNA で取り扱う物理現象 (材料・熱機械的現象)

重要度ランキング	通常運転時		過渡時
	核的制限値		熱的制限値
	安定性	熱的制限値	
余剰反応度	炉停止余裕	最大制御棒価値	反応度係数
スクラム反応度	ほう熱注入系停止機能	熱機械 (LHGR)	設計出力履歴 (熱強度)
焼損 (MOGPR)	未臨界度	表面熱流束	焼損 (MOGPR)
最高ランク	CB厚変更の影響		

(51) 燃料平均温度	熱流束=燃料温度表 (入力値)
(52) 燃料温度分布	熱流束=燃料温度表 (入力値)
(53) ペレット熱伝導	熱流束=燃料温度表 (入力値)
ギャップ熱伝導	熱流束=燃料温度表 (入力値)
被覆管表面熱伝導	熱流束=燃料温度表 (入力値)
被覆管酸化	Zr酸化反応 (非考慮)

## 審査会合での指摘事項に対する回答（No.2）

### ■ 指摘事項（第1076回審査会合 2022年9月29日）

上記物理現象に対する重要度ランク付けが適切になされているかを確認するため、重要度ランキングの決定の考え方を整理すること。【No.2】

### ■ 回答

重要度ランキング（下表）はI～Hに分けている。ランクM以上はモデルの実装や妥当性確認の対象になり、ランクL以下は対象にならない。ランキング評価時に関係者間でランクMとLの判断が分かれたものはランクMに分類することを基本方針とし、ランクLにする場合には引用可能な文献や感度に関する評価結果を明らかにすることを原則とした。

重要度ランク

ランク	PIRT重要度ランクの定義	モデルの実装 妥当性確認
H	評価指標に対する影響が大きいと考えられる現象	有
M	評価指標に対する影響が中程度と考えられる現象	有
L	評価指標に対する影響が小さいと考えられる現象	無
I	評価指標に対して影響を与えないか、無視できる程度の現象	無

#### ランクMとLの判断

- ランクMとLの判断が分かれたものはランクMに分類することを基本とする
- ランクLにする場合には引用可能な文献や感度に関する評価結果を明らかにする

## ■ 指摘事項（第1076回審査会合 2022年9月29日）

上記2点の整理にあたっては、PIRT中の物理現象、評価指標及び重要度ランクと、C/B厚変更により影響を受けるパラメータ及び許認可解析の評価項目に関するパラメータとの関係も含めて整理すること。

【No.3】

## ■ 回答

各PIRTにおいて、抽出したすべての物理現象とC/B厚変更との関係を整理した（次頁参照）。PIRTの評価指標は、原子炉設置変更許可申請書に記載されている核的制限値、熱的制限値、核熱水力安定性、運転時の異常な過渡変化、設計基準事故の解析を考慮して選択している。許認可解析における評価項目がPIRTに取り上げた評価指標に含まれていることを、次頁に示す。

## コード説明書のPIRT ( AETNA ) の抜粋

表 2.5 AETNA で考慮すべき物理現象 (核的現象)

PIRTの表にCB厚変更の影響を追加

(物理現象) (*はLANCRのPIRTにあるもの)			重要度ランキング										
			通常運転時								過渡時		最高ランク CB厚変更の影響
			核的制限値				熱的制限値				安定性	熱的制限値	
			余剰反応度	炉停止余裕	最大制御棒価値	反応度係数	スクラム反応度	ほう酸注入系停止機能	熱機械 ( LHGR )	設計出力履歴 ( 燃焼度 )	焼損 ( MCPR )	未臨界度	
空間分布	(1)	中性子増倍特性*	集合体核設計, 燃料配置										
	(2)	遅発中性子割合*	スクラム反応度										
	(3)	3次元 出力分布 (定常)											
	(4)	3次元 高次モード分布 (定常)											
	(5)	3次元 出力分布 (過渡)	スクラム反応度										
	(6)	局所出力分布 *	燃料棒出力再構築, R因子										
	(7)	局所燃焼度分布	設計出力履歴										
	(8)	制御棒価値 *											
	(9)	ボイド反応度 *											

(補足説明)

原子炉設置変更許可申請書に記載されている項目を考慮して選定

## ■ 指摘事項 (第1076回審査会合 2022年9月29日)

安全解析コード等の入力となるLANCR/AETNAコードの出力を整理し、必要に応じて当該出力から安全解析コード等への入力のための処理プロセスも示すこと。【No.7】

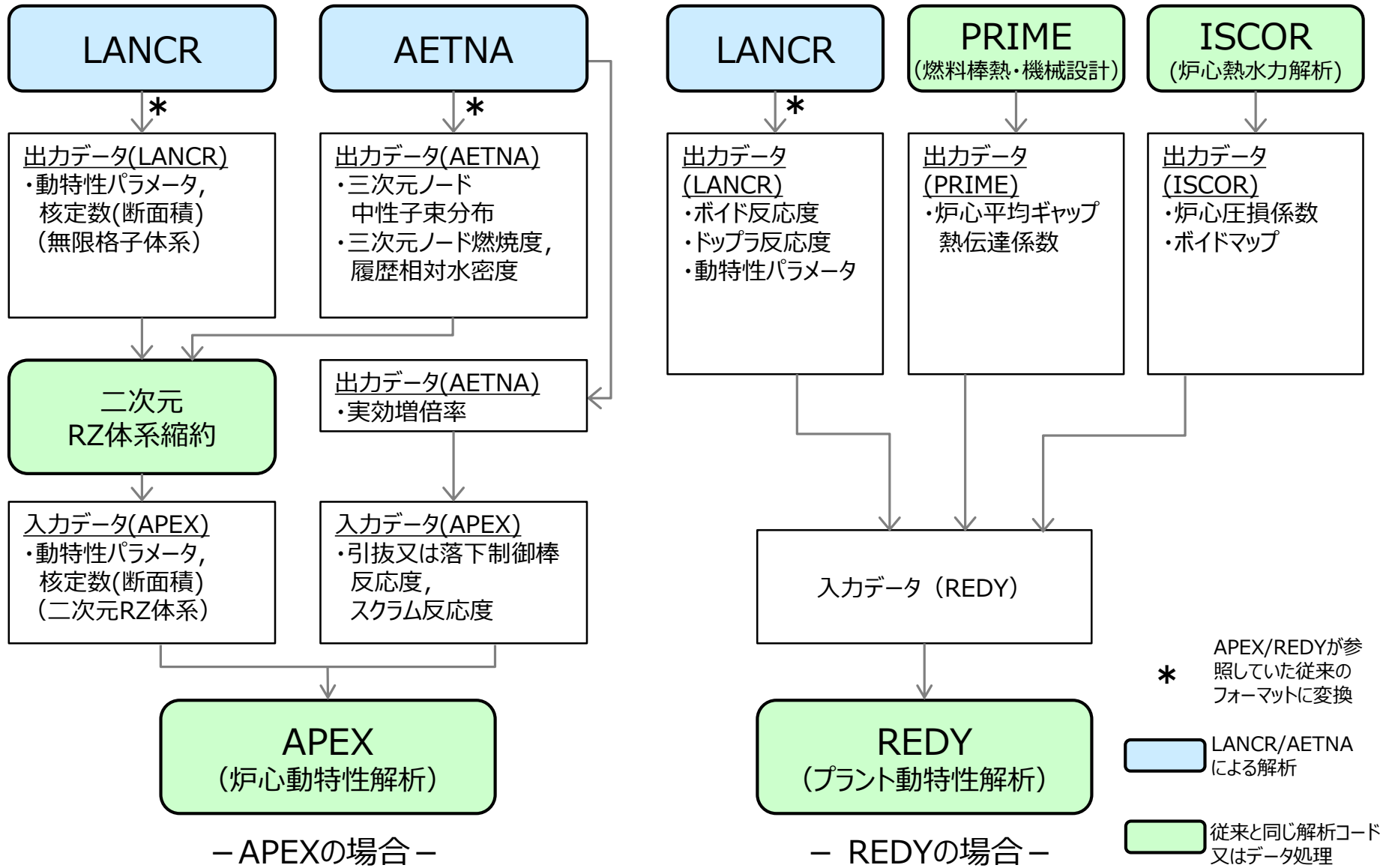
## ■ 回答

原子炉設置変更許可申請書の添付書類十の安全解析 (運転時の異常な過渡変化の解析と設計基準事故解析) について安全解析コードの入力となるLANCR/AETNAコードの出力を整理した結果をP.38に示す。また、LANCR/AETNAから動特性解析コード (APEX, REDY) への主なデータの処理プロセスをP.39に示す。

# 審査会合での指摘事項に対する回答 (No.7) (2/3)

安全解析コードで使用されるLANCR/AETNAの出力データ

解析		安全解析コード	安全解析コードで使用されるLANCR/AETNAの出力データ	
			LANCR	AETNA
運転時の異常な過渡変化の解析	原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	APEX/SCAT	拡散定数 核分裂断面積 生成断面積 吸収断面積 減速断面積 ドップラ係数 中性子速度 遅発中性子割合 遅発中性子先行核崩壊定数 局所出力ビーキング係数 R因子	引抜制御棒反応度 スクラム反応度
	出力運転中の制御棒の異常な引き抜き	AETNA	(AETNAで解析する)	
	給水加熱喪失	REDY/ISCOR	減速材ボイド反応度 ドップラ反応度 遅発中性子割合 中性子平均寿命 遅発中性子先行核崩壊定数 R因子	-
	上記以外の運転時の異常な過渡変化の解析	REDY/SCAT	減速材ボイド反応度 ドップラ反応度 遅発中性子割合 中性子平均寿命 遅発中性子先行核崩壊定数 R因子	-
設計基準事故解析	原子炉冷却材喪失	LAMB/SCAT/SAFER	-	-
	原子炉冷却材流量の喪失	REDY/SCAT/SAFER	減速材ボイド反応度 ドップラ反応度 遅発中性子割合 中性子平均寿命 遅発中性子先行核崩壊定数	-
	制御棒落下	APEX/SCAT	拡散定数 核分裂断面積 生成断面積 吸収断面積 減速断面積 ドップラ係数 中性子速度 遅発中性子割合 遅発中性子先行核崩壊定数 局所出力ビーキング係数 R因子	落下制御棒反応度 スクラム反応度
	主蒸気管破断	LAMB/SCAT/SAFER	-	-



- APEXの場合 -

- REDYの場合 -

解析コード間での主なデータの処理プロセス