

島根原子力発電所3号炉 チャンネルボックス厚変更に伴う原子炉設置変更許可申請書（添付書類八、添付書類十）及び解析コードの説明について

● はじめに

島根原子力発電所3号炉は新規制基準適合に係る原子炉設置変更許可申請において、地震時の燃料集合体変位を低減させるためにチャンネルボックス厚を変更（以下、「C/B変更」という。）している。

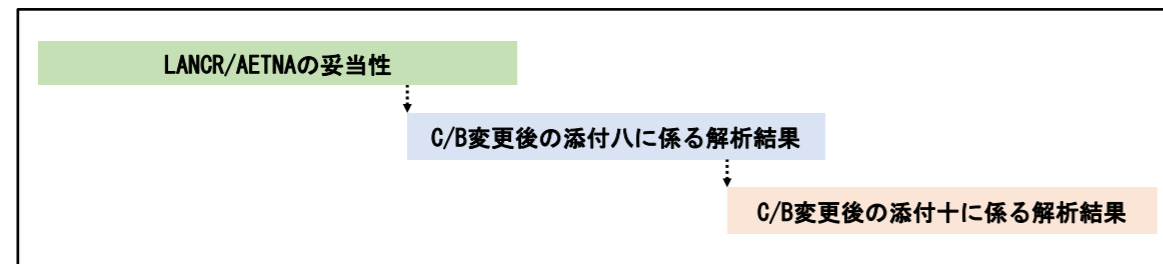
C/B変更に伴い、炉心特性が変化（別紙参照）ことから、原子炉設置変更許可申請書 添付書類八及び添付書類十（以下、それぞれ「添付八」、「添付十」という。）の炉心解析等の再解析を実施している。これらの解析実施に当たり、準備ができて最新のコードを用いるという観点から、9×9（A型）燃料に関する炉心解析で用いるコードを、島根3号炉増設申請時に用いた「HINES/PANACH」から「LANCR/AETNA」に変更している。

本資料は、これらの状況を整理し、今後の説明の進め方に関する当社の考えを示すものである。

● C/B変更に係る添付八、添付十及び解析コード説明の説明項目及び説明順序（当社希望）

C/B変更により炉心特性が変わることによる影響範囲（右図赤枠部）は再解析を実施し、C/B変更後も判断基準へ適合することを確認しており、これら全般について説明する。ただし、ここで実施する解析のうち、同図の下線部に示す項目の解析でLANCR/AETNAを用いている（その他の解析は解析コードの変更なし）ことから、まずはLANCR/AETNAの妥当性から説明し、その内容について概ねご理解いただいた後、添付八、添付十を順次説明することで考えている※。

なお、添付八、添付十の説明は、C/B変更に伴う既許可からの差分（島根3号増設時以降の審査実績を考慮した適正化を含む。）を中心に行うこととし、必要に応じて各項目の評価手法等についても補足説明を行う。



チャンネルボックス厚変更に係る解析コード、添付八、添付十の説明順序（当社イメージ）

※：炉心燃料関係では「機械設計」の解析結果の一部（燃料被覆管の応力設計比）も既許可から変更となるが、効率的に説明を行う観点から「燃料被覆管の閉じ込め機能維持評価」説明時に合わせて説明する。また、重大事故等対策での評価は、有効性評価等にてお示しする。

島根原子力発電所3号炉
原子炉設置変更許可申請書

添付書類八

- 3. 発電用原子炉及び炉心
 - 3.1 燃料
 - 3.1.5 機械設計
 - 3.3 核設計、熱水力設計及び動特性
 - 3.3.1 核設計
 - 3.3.2 熱水力設計
 - 3.3.3 動特性

6. 計測制御系統施設

- 6.1 原子炉制御系
 - 6.1.2 原子炉停止系

添付書類十

- 2. 運転時の異常な過渡変化の解析
 - 2.3.1 炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化
 - 2.3.2 炉心内の熱発生又は熱除去の異常な変化
 - 2.3.3 原子炉冷却材圧力又は原子炉冷却材保有量の異常な変化
- 3. 設計基準事故解析
 - 3.2 原子炉冷却材の喪失又は炉心冷却状態の著しい変化
 - 3.3 反応度の異常な投入又は原子炉出力の急激な変化
 - 3.4 環境への放射性物質の異常な放出
 - 3.5 原子炉格納容器圧力、雰囲気等の異常な変化

□: C/B変更により影響のある項目
 設計基準事故のうち「原子炉格納容器圧力、雰囲気等の異常な変化」はC/B変更による評価条件の変更がないため、再解析は行っていない。

C/B変更に伴う添付八、添付十における主な説明内容

- ・C/B変更後における炉心の解析例を示し、核特性（減速材ポイド係数、ドブラ係数等）について説明。また、評価したスクラム反応度曲線が設計スクラム曲線に比べて安全側となっていることを説明。
- ・C/B変更により、安全限界MCPR（SLMCPR）が変わらないことを説明。
- ・C/B変更後における炉心の解析例を示し、最大線出力密度やMCPRは熱的制限値を満足して運転可能なことを説明。
- ・C/B変更後においても、安定性（核熱水力安定性、プラント安定性、キセノン安定性）の評価結果が設計基準を満足し、出力振動に対しては十分な減衰特性があることを説明。
- ・島根3号炉増設申請以降の他プラント審査を反映し、ほう酸水注入時の実効増倍率の評価手法及び判断基準を見直しているため、見直し後の評価手法及び判断基準について説明するとともに、C/B変更後の炉心に対する評価手法見直し後の結果を示し、必要ほう素濃度の概略評価について説明。
- ・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」に示される評価事象について、C/B変更後においても判断基準を満足することを説明。（「炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化」のうち「出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」は9×9（A型）燃料の解析にLANCR/AETNAを使用。）
- ・「制御棒落下」解析結果のうち破損燃料棒割合が既許可から変わったため、再評価した被ばく評価結果を説明。なお、再評価に際し、評価に用いる気象年を島根2号炉と同じものに最新化している。
- ・それ以外の評価事象についても、C/B変更による影響はないものの、同様に島根2号炉で用いた気象年に最新化し、再評価を実施しており、効率的に説明を行う観点から、C/B変更に伴う添付十の説明に合わせて気象年変更後の被ばく評価も説明する。

反応度係数等

添付八のうち核設計、熱水力設計における炉心の解析例及びほう酸水注入時の実効増倍率評価並びに添付十のうち「出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」（上図下線項目）は、9×9（A型）燃料の解析にLANCR/AETNAを使用している。
 なお、その他の解析は解析コードの変更を行っていないものの、保守ファクタを乗じる等の考慮を行ったうえで、LANCR/AETNAの評価結果を入力条件に用いているものもある。

チャンネルボックス厚変更に伴う原子炉設置変更許可申請書影響範囲と解析コードの関係

チャンネルボックス厚変更に伴う炉心特性の変化の概要

1. はじめに

本資料では、島根原子力発電所3号炉における C/B 変更の概要及び C/B 変更による炉心特性への主な影響について説明する。

2. C/B 変更の概要

島根原子力発電所3号炉における C/B 変更では、図1に示す通り C/B の内側の寸法は変更せず、C/B を外側に厚くする。そのため、C/B 外側の水領域が減り格子全体の水領域が減ることになる。

3. 炉心特性への主な影響

炉心内の増倍率は、減速材であり吸収材でもある水とウランの体積比（以下、「水対ウラン比」という。）に依存する。図2に増倍率と水対ウラン比の関係を示す概念図を示す。図に示す通り、増倍率はある特定の点（最適点）をピークとして、それよりも水の量（水対ウラン比）が大きくなる場合は水による吸収効果が大きくなることで増倍率が低下する。最適点よりも水対ウラン比が小さくなる場合は、水による減速効果が小さくなり、核分裂反応を起こしやすい熱中性子が少なくなることで増倍率が低下する。軽水炉では、出力運転時に最適点よりも水が少ない（減速不足）状態で運転を行っている。

以下に、C/B 変更に伴う炉心特性への主な影響について述べる。

(1) 増倍率への影響

C/B 変更により格子内での水領域が減ると、図3に示す通り増倍率が低下することになる。しかし、減速材が少ない状態で燃料が燃焼すると核分裂性物質の Pu-239 等が蓄積されやすくなるため、燃焼が進むに従い増倍率の低下は緩和される。

(2) 減速材ポイド係数への影響

図3に示す通り、C/B 変更は増倍率の傾きを大きくする影響も与える。増倍率の傾きは水の量の変化に対する増倍率の変化量であることから、減速材ポイド係数の絶対値を表す。したがって、C/B 変更により減速材ポイド係数の絶対値は大きくなる。減速材ポイド係数の絶対値が大きくなると、通常運転時に何らかの原因により出力が上昇（ポイドが増加）した際に、その出力上昇を抑える効果（減速材ポイド効果）が大きくなる反面、ポイドが減少する過渡事象が発生した場合に出力上昇が大きくなる傾向がある。

(3) ドップラ係数への影響

C/B 変更により格子内の水領域が減ると中性子が減速されにくくなり、共鳴吸収断面積の大きな U-238 等に吸収される中性子が相対的に多くなるため、ドップラ係数の絶対値も大きくなる。ドップラ係数の絶対値が大きくなると、出力上昇（燃料温度上昇）時に負の反応度を与える効果（ドップラ効果）が大きくなる。

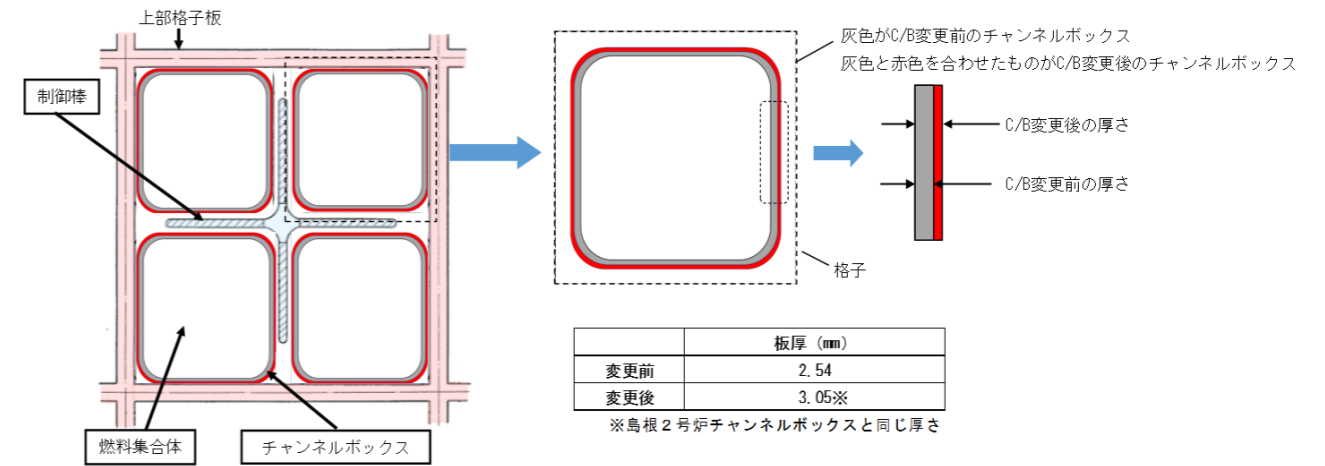


図1 C/B 変更の概要 (C/B の横断面)

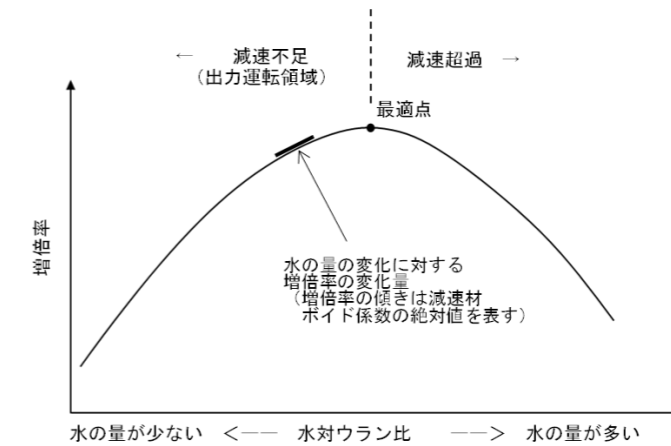


図2 増倍率と水対ウラン比の関係

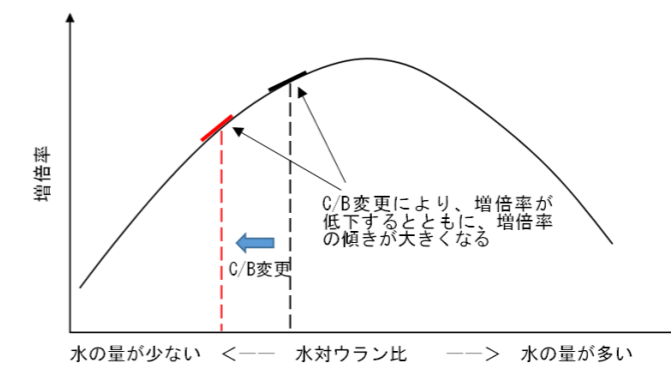


図3 C/B 変更による影響