

【公開版】

日本原燃株式会社
2021年2月18日

基本ロジックについて

発電炉との記載の違い（設工認申請における補足説明が必要な項目の整理）
に関する基本ロジック（共通07）

- 第1回設工認申請を実施しているが、補足説明が必要な論点について網羅的に提示できていない。
- 設工認申請における補足説明が必要な論点については、発電炉と再処理施設等の基本設計方針、添付書類の比較を行うことにより、適合性の説明に必要な項目（評価方法、評価の条件、判断基準等）に対する差異を抽出し、補足説明が必要な事項を明確にする。その際は以下の観点で整理を行う。
 - ・基本設計方針等の比較において、発電炉との差異が、規則要求、設計方針、施設構造等によるものなのかの理由を明確にし、補足説明の要否を明確にする。
 - ・ただし、発電炉と差異があるものであっても、設計方針として違いはなく事業変更許可申請書の表現上の差異である場合は、その旨を明確にし、補足説明が必要な事項としない。
- 比較の結果、補足説明が必要な事項に対して今後、補足説明資料を作成し、設計根拠等を示すこととする。
- 上記について、今回、基本設計方針、添付書類についてそれぞれ差異抽出の考え方および一例を提示し、当社の対応方針を説明する。

以 上

申請対象設備と耐震重要度分類の関係に関する基本ロジック（共通 17）

- 耐震設計上の重要度分類については、設工認申請書添付書類「重要度分類及び重大事故等対処設備の設備分類の基本方針」にて、クラス分類（S、B、Cクラスの施設）ごとに対象となる設備の考え方を明記するとともに、考え方を踏まえた主要な設備の耐震クラスについて、事業変更許可申請書に基づく耐震設計上の重要度分類表にて具体的な設備・系統名を記載している。
- また、設工認申請書添付書類「設工認申請対象機器の技術基準への適合性に係る整理」にて、設工認申請対象施設の名称、耐震設計（耐震クラスに倣った表記）等を網羅的に記載している。
- 以上を踏まえ、耐震重要度分類表に記載の設備が「設工認申請対象機器の技術基準への適合性に係る整理」に漏れなく記載していることを示すため、「設工認申請対象機器の技術基準への適合性に係る整理」の設工認申請対象施設との紐付けを行った。
 - ・再処理施設については、耐震クラスの機能分類が複数該当する設備が存在するため、機能分類との関係も明確化する観点から耐震重要度分類表を基点とした整理フォームとした。
 - ・一方、MOX 燃料加工施設については、再処理施設と異なり機能分類と設備が 1 対 1 であること、また、重大事故等対処施設の設備分類も申請対象であり紐付けが必要であることから、設工認申請対象施設を基点とした整理フォームとした。

以 上

第1回設工認申請における火災防護(再処理)に関する基本ロジック

- 火災の第1回申請では、火災防護に係る全体の設計方針を示し、申請対象設備である安全冷却水B冷却塔に関わる火災防護が当該方針に合致することを説明するため、安全冷却水B冷却塔に係る火災区域の設定及び火災の発生防止対策について、添付説明書に記載することで適合性を示す。
- また、安全冷却水B冷却塔においては、技術基準及び火災防護審査基準における要求事項をうけ、屋外に火災区域設定を行うため具体的な機器の配置と区域設定を示すこと(火防 02)、及び不燃・難燃要求に対し使用されるパッキンや難燃ケーブルの適合性については検証試験結果(火防 04,05)をもって適合性を説明する必要があると考え、以下の資料を提出している。
 - 火防 02: 火災区域の配置を明示した図面
 - 火防 04: 配管フランジパッキンの火災影響について
 - 火防 05: 難燃ケーブルの使用について
- さらに、発生防止対策であるケーブルの難燃性等は評価・試験をもって適合性を示すものであり、今後申請する感知・消火、影響軽減設備でも同様である。よって、これらを設工認認可後に変更する場合の取り扱いについて考え方を示す(火防 03)必要があると考え、以下の資料を提出している。
 - 火防 03: 設工認変更認可後の変更申請対象項目の抽出について
- また、現在までのヒアリングや審査会合を受け、全体の設計方針への適合性を確認頂くうえでは、上記に加え申請対象設備に係る感知・消火、及び影響軽減対策についても説明を拡充する必要があると考えており、今後添付の説明書の拡充及び関連する補足説明資料として、以下を追加で提出することを計画している。
 - ・ 火災感知器の配置を示した図面
 - 安全冷却水 B 冷却塔に設置する多様化感知器の型式と配置を示す。
 - ・ 火災感知器の性能評価について
 - 上記多様化感知器のうち熱感知カメラ(サーモカメラ)の性能適合性に係る検証試験結果を示す。
 - ・ 最重要設備に対する系統分離対策について
 - 最重要設備に対する系統分離の実施方針について示す。

以上

火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処設備の選定に関する
基本ロジック（火防 01）

- 火災及び爆発により MOX 燃料加工施設の安全性を損なわないよう、火災及び爆発の発生防止、火災の感知及び消火並びに影響軽減を含めた火災防護対策を実施する。
- 火災及び爆発により、MOX 燃料加工施設の安全性を損なわないためには、安全機能を有する施設及び重大事故等対処施設について、必要な機能を損なわないことが必要である。
- 施設の安全性を確保するためには、「安全機能を有する施設のうち安全評価において機能を期待する機器や放射線被ばくを防止するための機器等（以下、「安重機能を有する機器等」）、放射性物質の貯蔵や閉じ込め機能を有する機器（以下、「放射性物質貯蔵等の機器等」）」が機能を損なわないことが必要である。
- 一方、重大事故等に対処する機能を確保するためには、「重大事故等対処施設を構成する機器」について、火災及び爆発の発生時に、これらの機器が有する機能を損なわないことが必要である。
- 以上のことから、火災防護に係る機器等の選定は、「安重機能を有する機器等」及び「放射性物質貯蔵等の機器等（火災防護上重要な機器等）」及び「重大事故等対処施設」を構成する機器とし、これらに対して火災区域、火災区画を設定し、必要な火災防護対策を講じる。
- また、火災区域、火災区画の設定にあたっては、火災防護上重要な機器等の火災による熱影響等の有無を考慮する。

以 上

安全上重要な施設の系統分離対策に関する基本ロジック（火防 07）

- 火災防護審査指針において、火災防護の達成において重要な設備に対しては、火災防護上の系統分離対策を講ずることが必要とされている。

- 発電炉については、臨界状態で運転する原子炉を停止するために必要となる系統に対して、系統分離を講ずることとされている。一方、MOX 燃料加工施設においては、臨界状態になるものが存在しないが、事故時に放射性物質の系外放出防止のため、「消火時の消火ガスの噴出によってグローブボックス内の圧力が上昇することで、通常の排気経路以外からの放射性物質の漏えいを防止するために必要な設備」を備えていることから、この設備の動的機器及び機能維持に必要な非常用電源に対して系統分離対策を講ずることとした。

- 上記に示す方針に基づき系統分離対策の対象となる設備は、以下のとおりである。
 - （１） グローブボックス排風機
 - （２） グローブボックス排風機の機能維持に必要な非常用電源

- 系統分離については、火災防護審査基準に適合するよう、「3 時間以上の耐火性能を有する隔壁での分離」「水平距離で 6 m 以上確保し、火災感知設備及び自動消火設備を設置」「1 時間耐火性能を有する隔壁で分離し、火災感知設備及び自動消火設備を設置」のいずれかの対策を行うことを基本とする。

以 上

第1回申請における外部衝撃（再処理）に関する基本ロジック

- 外部衝撃に係る第1回設工認申請は、申請設備に対して竜巻、火山、外部火災について事業許可変更申請書で約束した事項を展開し、技術基準への適合を示すのに必要な範囲を記載している。
- 安全冷却水B冷却塔及び竜巻防護ネットは、それぞれ、屋外に設置する防護対象設備及び竜巻防護対策設備であり、竜巻、火山、外部火災からの防護について具体的な展開を記載している。
- 補足説明資料は先行炉の提出状況を参考に、第1回申請の範囲に関連する事項を提出することとしている。
- 先行電力で採用実績のない設計や評価に係るものは、説明が必要になると考えているため、以下の件名について説明を行う。なお、論点抽出の網羅性の観点での整理が完了しておらず、論点が追加となる可能性はあるものと考えている。
 - ・ 外竜巻05：構造強度評価における評価対象部位の選定について（竜巻）
先行炉で評価実績のない冷却塔であるため。
 - ・ 外竜巻06：許容限界の考え方について（竜巻）
先行炉でIV_ASの採用実績はあるが、改めてIV_ASを採用する事の妥当性について説明が必要なため。
 - ・ 外竜巻09：BRL式の適用について
BRL式の等価直径(D)の設定について、新しい知見を適用したため。
 - ・ 外竜巻16：架構に直接設置するネットの健全性について（防護ネットの構造の詳細含む）
架構に直接設置する構造は再処理特有のため。
 - ・ 外火山03：構造強度評価における評価対象部位の選定について（火山）
先行炉で評価実績のない冷却塔であるため。
 - ・ 外火山04：許容限界の考え方について（火山）
先行炉でIV_ASの採用実績がないため。
 - ・ 外外火05：耐火被覆の考え方について
先行炉で耐火被覆対策の採用実績がないため。

以上

竜巻構造強度評価における評価対象部位の選定に関する
基本ロジックについて（外竜巻05）

- 事業変更許可書にて、安全機能を有する安全冷却水B冷却塔は、設計荷重（竜巻）に対して構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とする必要があることを記載している。
- そのため、設工認申請においては、設計荷重（竜巻）が安全冷却水B冷却塔に作用した際に、安全冷却水B冷却塔は構造健全性を維持し、安全機能を損なわないことを確認すべく評価を行っている。
- 安全冷却水B冷却塔はファンや管束等の機器とそれらを支持する支持架構で構成され、評価対象となる部位が複数存在する。また、冷却塔と同等設備が先行炉に存在しないことから、評価対象部位の選定結果の妥当性を示すことを目的として、その選定理由を以下の通り整理している。
 - ・鉛直方向については、自重が竜巻による風荷重を相殺する方向に作用することから、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」に基づき、水平方向に包絡されるとし、評価対象としない。
 - ・水平方向については、風荷重が作用する機能維持に必要な部位を評価対象部位とし、大きなモーメントのかかる各機器の取付ボルトを評価対象部位の基本として選定している。

以上

許容限界の考え方について（竜巻）の基本ロジック（外竜巻 06）

- 安全冷却系B冷却塔は，設計荷重（竜巻）により発生する応力が安全上適切と認められる以下の規格及び規準等による許容応力等の許容限界に対して安全余裕を有する設計としている。
- 事業変更許可申請書に記載したとおり，安全冷却系 B 冷却塔の竜巻影響評価においては，「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」等に準拠して許容限界を設定することとしている。
- 先行発電炉では，竜巻影響評価における許容限界として，許容応力状態Ⅲ_ASを設定している。一方，再処理施設では「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」等の確率的考え方を参考にし，発生確率が基準地震動より低い事象では，耐震設計における基準地震動に対する考え方を竜巻影響評価に対しても適用できると考え，竜巻影響評価における許容限界は許容応力状態Ⅳ_ASを設定している。
- 「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」等では以下のことが示されている。
 - ・基準地震動 S_s に対して，原子力発電所におけるクラス 1, 2 機器は許容応力状態Ⅳ_AS (D_s) が適用されること
 - ・基準地震動 S_s の発生確率は $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度であること
- 竜巻の年超過確率は 1.86×10^{-8} であり，基準地震動の発生確率より低いことからすると，耐震設計における基準地震動に対する考え方を竜巻影響評価に対しても適用可能であり，許容応力状態Ⅳ_AS (D_s) を採用することができると考える。

以上

BRL式の等価直径の考え方に対する新知見の適用について（外竜巻09）

- 安全冷却水B冷却塔に対する飛来物からの防護については、飛来物防護ネット（一部、飛来物防護板）で被うことにより飛来物の衝突を防止する構造とし、安全機能を損なわない設計とする。
- 飛来物防護板の鋼板は、設計飛来物である鋼製材の貫通を防止するための貫通限界厚さを上回っていることを確認する方針としており、貫通限界厚さの算出にあたっては、先行電力と同様にBRL式を用いる。
- BRL式に入力する飛来物衝突部の直径は、想定する設計飛来物の形状を等価直径（D）に換算したものをを用いる。しかしながら、等価直径（D）の換算方法は明確に示されておられないことから、先行電力では設計飛来物の衝突部の面積と同等の面積を有する円の直径を等価直径（D）としている。一方、再処理施設においては、電力が前述の換算方法を採用した後に電中研が発表した研究成果（電中研報告：019003（2019年11月））から、設計飛来物の周長と同じ円周を持つ円の直径を等価直径（D）とする手法を採用した。
- 電中研が発表した研究成果（電中研報告：019003（2019年11月））では、
 - ・ 直径が同一で衝突部面積の異なる飛来物を用いた衝突実験により、衝突部面積の相違が貫通限界厚さの差異に与える影響は小さいこと
 - ・ 多角形飛来物の周長と同じ円周を持つ円の直径を等価直径（D）としてBRL式から算出された厚さの平板に、当該の多角形飛来物を衝突させた実験から、この等価直径（D）の設定方法においても保守的な必要最小厚さの算出ができることを確認しており、再処理施設で採用した手法は妥当である。

以上

架構に直接設置するネットの健全性に関する基本ロジックについて
(外竜巻16)

- 安全冷却水B冷却塔は飛来物からの損傷を防護するため、飛来物防護ネットを設置している。
- 飛来物防護ネットは、防護ネット、防護板およびそれらを支持する支持架構で構成されている。
- このうち、防護ネットは電中研の論文に記載されている防護ネット（鋼製枠）と軽量化を目的とした再処理施設特有の防護ネット（支持架構に設置）の2タイプを採用している。
- この2タイプは、鋼製枠の有無に伴うワイヤーロープの支持方法に差異がある。防護ネット（鋼製枠）は鋼製枠内に支持金具を設置し、ワイヤーロープを支持しているのに対し、防護ネット（支持架構に設置）では、支持架構に止め金具を設置し、ワイヤーロープを支持している。
- 防護ネット（鋼製枠）と防護ネット（支持架構に設置）には構造の違い（ワイヤーロープの支持方法）があるものの、下記のとおり電中研の論文に記載されている防護ネット（鋼製枠）の評価手法を適用することが可能であると判断している。
 - ・ 防護ネット（鋼製枠）は、複数の試験を重ね現在の構成となっている。その試験においては、ワイヤーロープの設置方法やネットの設置方法において試行錯誤が繰り返されているが、ワイヤーロープの支持方法による試験への影響は確認されていない。
 - ・ 鋼製枠はワイヤーロープを支持する部材であり、鋼製枠の有無による試験への影響は確認されていない。
 - ・ ワイヤーロープから受ける張力に対し、必要な強度を有していることが支持部に求められており、強度上問題ないことを評価している。

以上

竜巻影響評価の許容限界の設定（建屋）に関する基本ロジック（外竜巻 18）

- 竜巻防護対象施設を収納する燃料加工建屋に対する竜巻影響評価では、風圧力による荷重，気圧差による荷重，設計飛来物による衝撃荷重及びその他考慮すべき荷重を適切に組み合わせた荷重に対して，竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないよう，燃料加工建屋の主要構造の構造健全性を維持することとする。
- 構造健全性を維持することに対して、壁に対して終局状態に至るような変形が生じないこと、屋根に対して部材に生じる応力が構造強度を超えないための許容限界を超えないことを、構造健全性を維持するための目標とする。
- これは、事業変更許可申請書で設計荷重（竜巻）により変形又は応力が許容応力度等の許容限界に対して安全余裕を有する設計とするとしていること、事業許可基準規則で安全機能が損なわれるおそれがないことに対する方針として、「建物・構築物については、通常時に作用している荷重と基準地震動による地震力との組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること」が示されていることをもとに設定したものである。
- 上記構造健全性を維持するための目標を達成するため、壁に対して「原子力発電所耐震設計技術規程」でせん断ひずみに安全率 2 を設定する考え方が示されていることを踏まえ終局点のせん断ひずみが 4.0×10^{-3} に安全率 2 を有するようコンクリートせん断ひずみ 2.0×10^{-3} 、屋根に対して終局耐力に安全余裕を有するよう鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説に基づく短期許容応力度を許容限界とした。

以 上

火山構造強度評価における評価対象部位の選定に関する
基本ロジックについて（外火山03）

- 事業変更許可書では、安全機能を有する安全冷却水B冷却塔および安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネット（以下「評価対象設備」という）は、設計荷重（火山）に対して構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とする必要があることを記載している。
- そのため、設工認申請においては、設計荷重（火山）が評価対象設備に作用した際に、評価対象設備は構造健全性を維持し、安全機能を損なわないことを確認すべく評価を行っている。
- 評価対象設備と同等設備が先行炉に存在しないことから、評価対象部位の選定結果の妥当性を示すことを目的として、その選定理由を下記の考えを基本に選定している。
 - ・評価対象部位は評価対象設備の構造を踏まえ、火山灰の堆積が考え得る真上の上空から見た面積に火山灰が堆積するとし、その荷重を受ける支持架構を評価対象部位の基本として選定している。

以 上

許容限界の考え方について（火山）の基本ロジック（外火山 04）

- 屋外に設置する降下火砕物防護対象施設である安全冷却水B冷却塔は、当該施設に要求される機能に応じて適切な許容荷重を設定し、設計荷重（火山）に対して安全余裕を有することにより、構造健全性を失わず、安全機能を損なわない設計とする。
- 事業変更許可申請書に記載したとおり、安全冷却水 B 冷却塔の火山影響評価においては、「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」等に準拠して許容限界を設定することとしている。
- 先行発電炉では、火山影響評価における許容限界として、許容応力状態Ⅲ_ASを設定している。一方、再処理施設では「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」等の確率的考え方を参考にし、発生確率が基準地震動より低い事象では、耐震設計における基準地震動に対する考え方を火山影響評価に対しても適用できると考え、火山影響評価における許容限界は許容応力状態Ⅳ_ASを設定している。
- 「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」等では以下のことが示されている。
 - ・基準地震動 S_s に対して、原子力発電所におけるクラス 1, 2 機器は許容応力状態Ⅳ_AS(D_s)が適用されること
 - ・基準地震動 S_s の発生確率は $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度であること
- 55cm の降下火砕物の発生確率は $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 程度であり、基準地震動の発生確率より低いことからすると、耐震設計における基準地震動に対する考え方を火山影響評価に対しても適用可能であり、許容応力状態Ⅳ_AS(D_s)を採用することができる考える。

以 上

火山影響評価の許容限界の設定（建屋）に関する基本ロジック（外火山 05）

- 降下火砕物防護対象施設を収納する燃料加工建屋に対する火山影響評価では、降下火砕物の堆積、積雪及び風(台風)の荷重の組合せ荷重に対して、降下火砕物防護施設の安全機能を損なわないよう、燃料加工建屋の主要構造の構造健全性を維持することとする。
- 構造健全性を維持することに対して、壁に対して終局状態に至るような変形が生じないこと、屋根に対して部材に生じる応力が構造強度を超えないための許容限界を超えないことを、目標とする。
- これは、事業変更許可申請書で「屋根スラブは建築基準法の短期応力度、耐震壁は「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）に基づき許容限界を設定する」としていること、事業許可基準規則で安全機能が損なわれるおそれがないことに対する方針として、「建物・構築物については、通常時に作用している荷重と基準地震動による地震力との組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること」が示されていることをもとに設定したものである。
- 上記構造健全性を維持するための目標を達成するため、壁に対して「原子力発電所耐震設計技術規程」でせん断ひずみに安全率2を設定する考え方が示されていることを踏まえ終局点のせん断ひずみが 4.0×10^{-3} に安全率2を有するようコンクリートせん断ひずみ 2.0×10^{-3} 、屋根に対して終局耐力に安全余裕を有するよう鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説に基づく短期許容応力度を許容限界とした。

以 上