

新安全基準（設計基準）骨子案における 主な論点と確認をいただきたい事項

— 第6回会合 資料5の一部改訂 —

平成24年12月20日

内 容

(従来設計指針からの主な変更点)

1. 火災対策
2. 共用
3. 反応度制御系、原子炉停止系
4. 電気系統
5. 原子炉格納容器隔離弁
6. 信頼性

1. 火災対策(1/2)

火災防護に係る設計要求の整理 (11/21 第4回検討チーム会合資料1-1)

- 火災防護対策の有効性を評価するため、海外において一般的に要求されている火災影響評価について、その実施を要求する。
- 現状において、3方策の間での代替可能性を火災影響評価により評価することは困難と考えられることを踏まえ、3方策の組み合わせではなく、3方策のそれぞれについて独立して要求を満足することを求める。
- 既設プラントのみに対し不燃性、難燃性ケーブルの代替として延焼防止剤を塗布したケーブルの使用を容認していることについては、バックフィット制度が導入されたことを踏まえ、新基準においては、原則として不燃性、難燃性ケーブルの使用を要求する。
不燃性、難燃性ケーブル以外のケーブルを使用する場合には、火災防護対策として不燃性、難燃性ケーブルに要求される性能と同等以上の性能を有することが実証試験等により証明されることを条件とする。
- 安全設計審査指針、火災防護指針、省令62号の規定を満たすものとして原子力施設を想定した仕様規定を米国の例を参考に策定し、それに適合することを要求することとしてはどうか。

1. 火災対策(2/2)

設計要求の整理を踏まえた要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>【本文】 指針5. 火災に対する設計上の考慮</p> <p>原子炉施設は、火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の3方策を適切に組み合わせて、火災により原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であること。</p>	<p>【基本的要求事項】</p> <p>原子炉施設は、火災により原子炉施設の安全性を損なうことのないように、火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の各防護対策を考慮した設計であること。</p>
<p>【解説】 指針5. 火災に対する設計上の考慮</p> <p>「火災により原子炉施設の安全性を損なうことのない設計」とは、「発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針」に適合した設計をいう。</p>	<p>【要求事項の詳細】</p> <p>「火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の各防護対策を考慮した設計」とは、<u>別途定める規定(※)</u>に適合した設計をいう。</p> <p>((※)米国等の仕様規定を参考に原子力規制委員会において評価ガイドを策定)</p>

2. 共用

「共用」に係る要求事項の骨子案の考え方

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器については、共用自体を禁止するのではなく、当該構築物、系統及び機器に要求される安全機能が共用することによらなければ達成されない設計を禁止する。
- 信頼性を向上させるための共用については禁止することはせず、共用により安全性を損なうことがないようにすることを要求する。

要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>【本文】 指針7. 共用に関する設計上の考慮</p> <p>安全機能を有する構築物、系統及び機器が2基以上の原子炉施設間で共用される場合には、原子炉の安全性を損なうことのない設計であること。</p>	<p>【基本的要求事項】</p> <p>安全機能を有する構築物、系統及び機器は、2基以上の原子炉施設間での共用又は連結に依存しない設計であること。当該構築物、系統及び機器の信頼性を向上させるため共用又は連結をする場合には、それにより原子炉施設の安全性を損なうことがないようにしなければならない。</p>

3. 反応度制御系、原子炉停止系(1/4)

「反応度制御系、原子炉停止系」に係る要求事項の骨子案の考え方

- 安全設計審査指針「指針15. 原子炉停止系の独立性及び試験可能性」の解説において、以下のとおり原子炉停止能力を有していない反応度制御系の一部を原子炉停止系と考えると記載されていることを踏まえ、指針14～18に規定される反応度制御系と原子炉停止系に対する要求に係る記載を適正化する。

現在軽水炉で採用されている制御棒による系及び可溶性毒物による系(BWRにおけるほう酸注入系、PWRにおける化学体積制御設備のほう酸注入系)は、その性能からみて指針15を満足する原子炉停止系と考える。

3. 反応度制御系、原子炉停止系(2/4)

要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>【本文】</p> <p>指針14. 反応度制御系</p> <ol style="list-style-type: none">1. 反応度制御系は、通常運転時に生じることが予想される反応度変化を調整し、所要の運転状態に維持し得る設計であること。2. 制御棒の最大反応度価値及び反応度添加率は、想定される反応度投入事象に対して原子炉冷却材圧力バウンダリを破損せず、また、炉心冷却を損なうような炉心、炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物の破壊を生じない設計であること。 <p>指針15. 原子炉停止系の独立性及び試験可能性</p> <p>原子炉停止系は、高温待機状態又は高温運転状態から、炉心を臨界未満にでき、かつ、高温状態で臨界未満を維持できる少なくとも二つの独立した系を有するとともに、試験可能性を備えた設計であること。</p> <p>指針17. 原子炉停止系の停止能力</p> <ol style="list-style-type: none">2. 原子炉停止系に含まれる独立した系の少なくとも一つは、低温状態で炉心を臨界未満にでき、かつ、低温状態で臨界未満を維持できる設計であること。	<p>【基本的要求事項】</p> <p>(反応度制御系)</p> <ol style="list-style-type: none">1. 反応度制御系は、通常運転時に生じることが予想される反応度変化を調整し、安定した運転状態に維持し得る設計であること。2. 制御棒の最大反応度価値及び反応度添加率は、想定される反応度投入事象に対して原子炉冷却材圧力バウンダリを破損せず、また、炉心冷却を損なうような炉心、炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物の破壊を生じない設計であること。3. <u>反応度制御系</u>は、高温待機状態又は高温運転状態から、炉心を臨界未満にでき、かつ、高温状態で臨界未満を維持できる少なくとも二つの独立した系を有する設計であること。4. <u>反応度制御系</u>は、低温状態で炉心を臨界未満にでき、かつ、低温状態で臨界未満を維持できる設計であること。

3. 反応度制御系、原子炉停止系(3/4)

要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>【本文】</p> <p>指針16. 制御棒による原子炉の停止余裕 原子炉停止系のうち制御棒による系は、高温状態及び低温状態において、反応度価値の最も大きい制御棒1本が完全に炉心の外に引き抜かれ、挿入できないときでも、炉心を臨界未満にできる設計であること。</p> <p>指針17. 原子炉停止系の停止能力 1. 原子炉停止系に含まれる独立した系のうち少なくとも一つは、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、燃料の許容設計限界を超えることなく、高温状態で炉心を臨界未満にでき、かつ、高温状態で臨界未満を維持できる設計であること。</p>	<p>【基本的要求事項】 (原子炉停止系)</p> <p>1. 原子炉停止系のうち制御棒による系は、高温状態において、反応度価値の最も大きい制御棒一本(同一の水圧制御ユニットに属する制御棒にあっては一組)が完全に炉心の外に引き抜かれ、挿入できないときでも、炉心を臨界未満にできる設計であること。<u>また、低温状態において、反応度価値の最も大きい制御棒一本(同一の水圧制御ユニットに属する制御棒にあっては一組)が完全に炉心の外に引き抜かれ、挿入できないときでも、反応度制御系と相まって炉心を臨界未満にできる設計であること。</u></p> <p>2. 原子炉停止系は、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、燃料の許容設計限界を超えることなく、高温状態で炉心を臨界未満にでき、かつ、高温状態で臨界未満を維持できる設計であること。</p>

3. 反応度制御系、原子炉停止系(4/4)

要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>【本文】</p> <p>指針18. 原子炉停止系の事故時の能力</p> <p>事故時において、原子炉停止系に含まれる独立した系の少なくとも一つは、炉心を臨界未満にでき、また、原子炉停止系に含まれる独立した系の少なくとも一つは、炉心を臨界未満に維持できる設計であること。</p>	<p>【基本的要求事項】</p> <p>3. 原子炉停止系は、設計基準事故時において炉心を臨界未満にでき、かつ、炉心を臨界未満に維持できる設計であること。</p>

4. 電気系統(1/4)

電気系統に係る設計要求の整理 (10/31 第2回検討チーム会合資料2-3)

【外部電源系】

- 外部電源系は、(物理的・地理的に分離された)実質的に別の変電所からの2回線以上の送電線により電力系統に接続、異常伝播の防止
- 複数の原子炉施設が設置される原子力発電所においては、いかなる2回線が喪失しても、それら原子炉施設が同時に外部電源喪失にならない設計。
- 所内開閉所設備の耐震性の向上

【非常用所内交流・直流電源系】

- 単一故障が生じても安全機能の達成のため電氣的・物理的分離
- 2基以上の原子炉施設で共用を期待しない設計
- 定期的試験及び検査が可能な設計
- 定期検査中を含め、非常用交流電源の最低2台ルール

【非常用所内直流電源系】

- 一定の時間(8時間(負荷抑制なし)、24時間(負荷抑制あり))対応可能な直流電源系の設置

4. 電気系統(2/4)

設計要求の整理を踏まえた要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>【本文】</p> <p>指針27. 電源喪失に対する設計上の考慮 原子炉施設は、短時間の全交流動力電源喪失に対して、原子炉を安全に停止し、かつ、停止後の冷却を確保できる設計であること。</p> <p>指針48. 電気系統</p> <p>1. 重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器が、その機能を達成するために電源を必要とする場合においては、外部電源又は非常用所内電源のいずれからも電力の供給を受けられる設計であること。</p> <p>4. 重要度の高い安全機能に関連する電気系統は、系統の重要な部分の適切な定期的試験及び検査が可能な設計であること。</p>	<p>【基本的要求事項】</p> <p>原子炉施設は、<u>一定時間の全交流動力電源喪失</u>に対して、原子炉を安全に停止し、かつ、停止後の冷却、原子炉格納容器の健全性を確保できる設計であること。</p> <p>1. 重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その機能を達成するために電力を必要とする場合においては、<u>外部電源(電力系統)又は非常用所内電源のいずれからも電力の供給を受けられ、かつ十分に高い信頼性を確保、維持し得る設計であること</u>。また、主発電機、外部電源系、非常用所内電源系、その他の関連する電気系統の機器の故障によって、必要とされる電力の供給が喪失することがないよう、異常を検知しその拡大及び伝播を防ぐことができる設計であること。</p> <p>2. 重要度の高い安全機能に関連する電気系統は、その重要な部分の適切な定期的試験及び検査が可能な設計であること。</p>

4. 電気系統(3/4)

要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>2. 外部電源系は、2回線以上の送電線により電力系統に接続された設計であること。</p>	<p>3. <u>電気系統の一部を2基以上の原子炉施設間で共用する場合には、その機能を共用に依存しない設計であること。電気系統の信頼性を向上するために共用する場合にあっては、各々の原子炉施設において、異常が発生した場合であっても、その異常な状態の拡大防止のために必要な原子炉の停止、残留熱の除去、放射性物質の閉じ込め等の安全機能が阻害されることがない設計であること。</u></p> <p>4. 外部電源系は、<u>独立性を有する異なる2以上の変電所に接続する2回線以上の送電線により電力系統に接続され、かつ、これらの回線のうち少なくとも1回線は他の回線と物理的に分離した設計であること。また、複数の原子炉施設が設置される原子力発電所においては、いかなる2回線が喪失しても、それら原子炉施設が同時に外部電源喪失にならない設計であること。</u></p>

4. 電気系統(4/4)

要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>3. 非常用所内電源系は、多重性又は多様性及び独立性を有し、その系統を構成する機器の単一故障を仮定しても次の各号に掲げる事項を確実にを行うのに十分な容量及び機能を有する設計であること。</p> <p>(1) 運転時の異常な過渡変化時において、燃料の許容設計限界及び原子炉冷却材圧力バウンダリの設計条件を超えることなく原子炉を停止し、冷却すること。</p> <p>(2) 原子炉冷却材喪失等の事故時の炉心冷却を行い、かつ、原子炉格納容器の健全性並びにその他の所要の系統及び機器の安全機能を確保すること。</p>	<p>5. 非常用所内電源系は、多重性又は多様性及び独立性を有し、そのいずれかの1系統が失われた場合においても次の各号に掲げる事項を確実にを行うのに十分な容量及び機能を有する設計であること。</p> <p>(1) 運転時の異常な過渡変化時において、燃料の許容設計限界及び原子炉冷却材圧力バウンダリの設計条件を超えることなく原子炉を停止し、冷却すること。</p> <p>(2) 原子炉冷却材喪失等の設計基準事故時の炉心冷却を行い、かつ、原子炉格納容器の健全性並びにその他の所要の系統及び機器の安全機能を確保すること。</p> <p><u>(3) 非常用所内電源系は、系統を構成する機器の単一故障が生じた場合であっても、その安全機能が達成できるよう、電氣的隔離及び物理的分離を適切に考慮した設計であること。</u></p> <p><u>(4) 非常用所内電源設備は、2基以上の原子炉施設間での共用に依存しない設計であること。</u></p> <p>6. <u>非常用所内交流電源は、一定時間の外部電源喪失に対して、必要とされる電力の供給が継続できる設計であること。</u></p>

5. 原子炉格納容器隔離弁(1 / 3)

「原子炉格納容器隔離弁」に係る要求事項の骨子案の考え方及び論点

- 原子炉格納容器ベント配管に圧力開放板(ラプチャーディスク)を設置する場合にあっては、これを閉止弁と見なし、原子炉格納容器の内側または外側に一個の隔離弁を設ければ、原子炉格納容器の隔離機能は多重化されているとして良いこととする。
- ラプチャーディスク設置の是非、追加で設置する隔離弁の原子炉格納容器外側への設置、隔離弁の手動操作可能性等に係る要求については、シビアアクシデント対策としての格納容器ベントの信頼性、確実性の観点からの要求として考慮する。
- シビアアクシデント対策として用いられる配管であって、原子炉格納容器を貫通するものに設置する隔離弁について、特別の条件を設定すべきか否かについては、要検討。

5. 原子炉格納容器隔離弁(2/3)

要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>【本文】 指針31. 原子炉格納容器隔離弁</p> <ol style="list-style-type: none">1. 原子炉格納容器隔離弁は、実用上可能な限り原子炉格納容器に接近して設けた設計であること。2. 原子炉格納容器隔離弁の設置は、次の設計であること。<ol style="list-style-type: none">(1) 原子炉格納容器の内側において開口しているか又は原子炉冷却材圧力バウンダリに連絡している配管系のうち、原子炉格納容器の外側で閉じていない配管系については、原則として原子炉格納容器の内側に1個及び外側に1個とすること。(2) 前号1の配管系以外の配管系のうち、原子炉格納容器の内側又は外側において閉じている配管系については、原則として原子炉格納容器の外側に1個とすること。	<p>【基本的要求事項】</p> <p>(原子炉格納容器隔離弁)</p> <ol style="list-style-type: none">5. 原子炉格納容器隔離弁は、原子炉格納容器に接近して設けた設計であること。6. 原子炉格納容器隔離弁の設置は、次の設計であること。<ol style="list-style-type: none">(1) 原子炉格納容器の内側において開口しているか又は原子炉冷却材圧力バウンダリに連絡している配管系のうち、原子炉格納容器の外側で閉じていない配管系については、原子炉格納容器の内側に一個及び外側に一個とすること。<u>ただし、物理的あるいは環境条件から隔離弁の設置が困難な場合等、その妥当性が示される場合には、内側若しくは外側に二個の原子炉格納容器隔離弁を設けてもよい。</u>(2) 前号の配管系以外の配管系のうち、原子炉格納容器の外側において閉じている配管系については、原子炉格納容器の外側に一個とすること。<u>ただし、その妥当性が示される場合には、内側に一個としてもよい。</u>

5. 原子炉格納容器隔離弁(3/3)

要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>(3) 原子炉格納容器隔離弁は、閉止後駆動動力源の喪失によっても隔離機能が喪失することがないこと。</p> <p>(4) 原子炉格納容器隔離弁は、定期的な動作試験が可能であり、かつ、重要な弁については、漏えい試験ができること。</p>	<p><u>(3)前(1)、(2)によらず、圧力開放板を設ける配管にあつては、それに加え原子炉格納容器の内側または外側に一個の隔離弁を設けることとしてもよい。</u></p> <p>(4) 原子炉格納容器隔離弁は、閉止後駆動動力源の喪失によっても隔離機能が喪失することがないこと。</p>

6. 信頼性(1/4)

多様性に係る設計要求の整理 (11/21 第4回検討チーム会合資料2-3)

- これまで、多重性又は多様性が要求される重要度の特に高い安全機能を有する系統は、基本的に多重化による対応がとられていると考えられる。
- 東京電力福島第一原子力発電所事故から、設計基準を超える津波に対する最終ヒートシンクの喪失等の特定の機能喪失モードに対しては、位置的分散による独立性の確保だけでは不十分であり、代替電源設備(空冷ガスタービン発電機)、代替ヒートシンク設備(フィルターベント)などといった多様性を備えた代替手段を要求する必要がある。
- したがって、多重性又は多様性を選択する際に、共通要因による機能喪失が、独立性のみで防止できる場合を除き、その共通要因による機能の喪失モードを特定し、多様性を求めることを明確にする。

6. 信頼性(2/4)

「多様性」の要求に係る考え方の整理

定義

「多重性」	同一の機能を有する同一の性質の系統又は機器が二つ以上あることをいう。
「多様性」	同一の機能を有する異なる性質の系統又は機器が二つ以上あることをいう。
「異なる性質」	所定の機能の全部又は一部を喪失するモードが同じでないことをいう。
「独立性」	二つ以上の系統又は機器が設計上考慮する環境条件及び運転状態において、共通要因又は従属要因によって、同時にその機能が阻害されないことをいう。

要求内容

多重性又は多様性及び独立性

- 上記の定義、要求内容を前提とすれば、
多様性が必要となるのは、「共通要因又は従属要因」以外によって、同一の喪失モードで機能の喪失が発生し得る場合、すなわち「関連性のない要因により複数機器が同時に機能喪失する場合」(偶発的な多重故障)になるのではないか
- 設計基準(単一故障までを考慮)の範囲では、独立性を有する複数の系統又は機器があることを要求すれば良いのではないか
⇒ 上記の現行の定義を前提とし、「同一の機能を有する同一の性質」又は「同一の機能を有する異なる性質」のいずれか(多重性又は多様性)を有する2つ以上の系統又は機器を要求している現行の記載を維持し、両者について選択可能であることを明確にする。

6. 信頼性(3/4)

要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>【本文】 指針9. 信頼性に関する設計上の考慮</p> <ol style="list-style-type: none">1. 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度に応じて、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計であること。3. 前項の系統は、その系統を構成する機器の単一故障の仮定に加え、外部電源が利用できない場合においても、その系統の安全機能が達成できる設計であること。2. 重要度の特に高い安全機能を有する系統については、その構造、動作原理、果たすべき安全機能の性質等を考慮して、多重性又は多様性及び独立性を備えた設計であること。	<p>【基本的要求事項】</p> <ol style="list-style-type: none">1. 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度に応じて、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計であること。2. <u>重要度の特に高い安全機能を有する系統については、その系統を構成する機器の単一故障の仮定に加え、外部電源が利用できない場合においても、その系統の安全機能が達成できる設計であること。</u>3. <u>このため、前項の系統は、その構造、動作原理、果たすべき安全機能の性質等を考慮して、多重性又は多様性及び独立性を備えた設計であること。ただし、共通要因又は従属要因による機能喪失が独立性のみで防止できない場合には、その共通要因又は従属要因による機能の喪失モードに対する多様性及び独立性を備えた設計であること。</u>
	<p>【要求事項の詳細】・・・追記 「多重性又は多様性」については、複数の系統又は機器として、いずれを選択することとしても良い。</p>

6. 信頼性(4/4)

要求事項の骨子案

安全設計審査指針	骨子案
<p>【本文】</p> <p>残留熱除去系(指針24)、非常用炉心冷却系(指針25)、最終的な熱の逃がし場へ熱を輸送する系統(指針26)、格納容器熱除去系(指針32)、格納施設雰囲気制御する系統(指針33)</p> <p>・・・は、その系統を構成する機器の単一故障の仮定に加え、外部電源が利用できない場合においても、その系統の安全機能が達成できるように、多重性又は多様性及び独立性を備え、かつ、試験可能性を備えた設計であること。</p>	<p>【基本的要求事項】</p> <p>残留熱除去系、非常用炉心冷却系、最終的な熱の逃がし場へ熱を輸送する系統、格納容器熱除去系、格納施設雰囲気制御する系統</p> <p>・・・は、その系統を構成する機器の単一故障の仮定に加え、外部電源が利用できない場合においても、その系統の安全機能が達成できる設計であること。</p>