

人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド（案）に対する 意見募集の実施について

令和3年1月13日
原子力規制庁

1. 経緯及び概要

令和2年9月23日の第27回原子力規制委員会において、人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド¹に関し、以下の進め方が了承された（参考資料1）。

- 同ガイドは、審査及び検査で用いることを目的とするものであるが、事業者においても民間規格²の活用等の取組がなされており、同ガイドの（案）を原子力事業者に提示し、公開で意見聴取する。
- 事業者に対する意見聴取の結果を踏まえ、必要に応じて同ガイド（案）を修正し、改めて原子力規制委員会に諮る。その上で、意見募集を実施し、人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイドを制定する。

なお、同ガイド（案）に示す審査・検査の視点ごとに、その目的を記載することを検討するよう指示があった。

2. 事業者に対する意見聴取の結果

令和2年10月26日に公開会合³を開催し、人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド（案）及び視点の目的（案）について、原子力エネルギー協議会（以下「ATENA」という。）から意見を聴取した⁴。主なやり取りは以下のとおり。

- ATENAから、ガイド（案）を用いて実施される具体的な審査及び検査の対象範囲の確認があった。
- ATENA から、本件に関連する事業者の取り組みについて説明があり（参考資料2）、人間工学に配慮した設計を実施するための手順を示す「産業界ガイド」を策定中である旨、それを踏まえ最終的には2023年度末を目標に新たな国内規格（JEAG等）の制定を目指している旨の説明があった。

¹当該ガイドの名称を当初「人間工学設計評価に関するガイド」としていたが、ガイドが対象とする事業者の行為は、人間工学的観点から設備及び手順書を適切に設計開発することであり、「人間工学設計開発」との用語がより適切であることから、用語を適正化し、また、審査及び検査の際に参照するガイドであるとの位置づけが明確になるよう「人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド」とした。

²日本電気協会「中央制御室の計算機化されたヒューマンマシンインタフェースの開発及び設計に関する指針」（JEAG 4617-2013）等

³第13回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合

⁴令和2年11月12日のATENAとの面談において、ATENAから、追加の意見提出は行わず公開会合も希望しない旨説明があった。

3. 意見募集の実施

上記2.の結果を踏まえ、これまでのガイド(案)に、視点の目的の追記や用語の適正化等の修正を行い、改めて別紙のとおり「人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド(案)」を取りまとめたので、これに対し意見募集⁵を実施することとしたい。

4. 今後の予定

意見募集の実施	令和3年1月14日から2月12日までの30日間(予定)
原子力規制委員会	令和3年3月頃(人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイドの制定)
公布	上記委員会後、速やかに行う。
施行	公布の日に施行する。

(添付資料)

- 別紙 人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド(案)
- 参考資料1 「人間工学設計評価に関するガイド(案)」の検討に関する今後の進め方について(令和2年9月23日第27回原子力規制委員会資料抜粋)
- 参考資料2 ヒューマンファクターエンジニアリングに関する産業界の取り組みについて(令和2年10月26日第13回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合)

⁵ 行政手続法に基づくものではないが、任意で実施するものである。

(別紙)

人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド（案）

目次

1. 総則	1
1.1 はじめに	1
1.2 目的	1
1.3 適用範囲	1
1.4 用語の定義	2
1.5 本ガイドの構成等	2
2. 人間工学設計開発に関する基本的事項	4
3. 設計開発計画	6
4. 設計開発に用いる情報	9
4.1 運転経験のレビュー	9
4.2 機能分析と機能配分	11
4.3 重要なタスクの特定	14
4.4 タスク分析	15
4.5 要員の配置及び組織の分析	19
5. 対象設備及び対象手順書の設計開発と設計開発の結果に係る情報	21
5.1 対象設備の設計	21
5.2 対象手順書の設計	23
5.3 教育訓練計画への反映事項の整理	24
6. 設計開発の検証及び妥当性確認	26
添付1 人間工学設計開発の実施項目と主要な規制要件との関係	30
添付2 人間工学設計開発の実施項目と各視点、審査・検査との関係	33

1. 総則

1. 1 はじめに

プラントの設計において、人的及び組織的要因とヒューマンエラーを考慮した設計開発とは、人間工学的観点から設備及び手順書を適切に設計開発すること（以下「人間工学設計開発」という。）をいう。実用発電用原子炉施設¹の場合、人間工学設計開発が関係する要求事項を含む我が国の規制要件には以下のものがある。

- ・原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する規則（令和2年原子力規制委員会規則第2号。以下「品質管理基準規則」という。）
- ・実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第5号。以下「設置許可基準規則」という。）
- ・実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第6号。以下「技術基準規則」という。）
- ・原子力事業者の技術的能力に関する審査指針（平成16年5月27日原子力安全委員会決定。以下「技術的能力指針」という。）
- ・実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準（平成25年6月19日原子力規制委員会決定。以下「重大事故等防止技術的能力基準」という。）
- ・実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和53年通商産業省令第77号。以下「実用炉規則」という。）

これらの規制要件に係る審査及び検査において、人間工学設計開発に関連する原子力事業者の取組を確認しているが、これらの規制要件自体は必ずしも人間工学的観点から体系的に整理されてはいなかったことから、これらの規制要件について人間工学的観点から体系的に整理し、ガイドとして制定するものである。

1. 2 目的

本ガイドは、原子力事業者が実施する設計開発について、適用範囲に示す審査及び検査を行うに当たっての留意事項を人間工学的観点から体系的に整理したものである。この体系的な整理においては、IAEA SSG-51 (Human Factors Engineering in the Design of Nuclear Power Plants) に示されている人間工学設計開発の推奨事項を参考としている。

1. 3 適用範囲

本ガイドは、実用発電用原子炉施設の審査及び検査を対象とする。なお、その他の原子力施設の審査及び検査において参考とする際は、施設の特性に依じて適用する必要があることに留意する。

人間工学設計開発の確認対象となる設備は、運転時の異常な過渡変化、設計基準事故又は重大事故等が発生した際に用いる常設の設備であって、警報、表示装置又は制御機器が集中的に配置され、かつ監視や操作に係る複雑さの程度が高いものとする。実用発電用原子炉施設にお

¹ 実用発電用原子炉及びその附属施設

いては、原子炉制御室、緊急時対策所（必要な情報を把握できる設備に限る。）及び緊急時制御室（以下「対象設備」という。）が該当し、これらが本ガイドの対象となる²。本ガイドでは、対象設備において実施するタスクであって、安全評価の対象となる運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故のシーケンス（以下「安全評価のシーケンス」という。）並びに重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を含む。）を用いた対策の有効性評価の対象となる重大事故等のシーケンス（以下「有効性評価のシーケンス」という。）において期待するもの（以下「重要なタスク」という。）に着目する。

人間工学設計開発の確認対象となる手順書は、重要なタスクに関するもの（以下「対象手順書」という。）が該当する。

本ガイドを適用することができる審査は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年法律第166号。以下「炉規法」という。）第43条の3の5による設置の許可、第43条の3の8による変更の許可、第43条の3の9による設計及び工事の計画の認可及び第43条の24による保安規定の認可に係る審査のうち、対象設備及び対象手順書に係るもの（以下「審査」という。）である。

本ガイドを適用することができる検査は、炉規法第61条の2の2による原子力規制検査及び第68条による特別検査のうち、対象設備及び対象手順書に係るもの（以下「検査」という。）である。

1.4 用語の定義

本ガイドにおける用語の定義は、次のとおりである。

- (1) 人間工学：人間のパフォーマンスに影響を及ぼす可能性があつて、安全に影響を及ぼす可能性のある諸因子（人的及び組織的要因を含む。）を把握し、これらを設計や運転に考慮する工学。
- (2) 人間工学設計開発：人間工学的観点から設備及び手順書を適切に設計開発すること。
- (3) ヒューマンマシンインタフェース（以下「HMI」という。）：設備と要員とのコミュニケーションの直接の手段。具体的には、警報、表示装置、制御機器、運転支援装置等をいう。
- (4) タスク：要員が実施する認知、判断、操作又はこれらの組合せ。
- (5) 重要なタスク：対象設備において実施するタスクであつて、安全評価のシーケンス及び有効性評価のシーケンスにおいて期待するもの。

1.5 本ガイドの構成等

(1) 本ガイドの構成

3章以降の各項は、視点、目的、確認の方法、関連する規制要件、解説及び補足で構成している。視点には、審査・検査に係るもの、審査に係るもの及び検査に係るものがある。解説には、当該の視点についての説明を記載している。補足には、当該の人間工学設計開発の実施項目に関する例示を記載している。

² 設計基準対象施設及び重大事故等対処施設のうちその他の制御盤等については、設置許可基準規則第10条（誤操作の防止）第1項又は第43条（重大事故等対処設備）第1項第2号への適合性により、人間工学設計開発がなされていることを確認できる。

(2) 記載の省略

保安規定(変更)の審査並びに設計及び工事の計画(変更)の審査における設置(変更)許可を受けたところ等によるものとなっているかの確認(炉規法第43条3の9第3項第1号及び第43の3の24第2項第1号)については、記載を省略している。

(3) 視点の用い方

審査に係る視点には、審査の段階では基本設計ないしは基本設計方針の確認に留まるものがある。また、検査は、重要度やリスク情報を踏まえて実施されるものであることから、必ずしも記載している全ての視点を参考とするものではない。

(4) 参考図書

人間工学設計開発に関する民間規格として、一般社団法人日本電気協会「中央制御室の計算機化されたヒューマンマシンインタフェースの開発及び設計に関する指針」(JEAG 4617-2013)を参考とすることができる。

2. 人間工学設計開発に関する基本的事項

人間工学設計開発においては、以下の①～⑩に示す項目に相当する検討が行われることが一般的である。これらの項目を「実施項目」と呼ぶこととする。この際、対象設備の設計に加え、その対象設備に関連する対象手順書の設計及び教育訓練計画への反映事項の整理も相互に関連するものとして取り扱われる。なお、人間工学設計開発の実施項目と主要な規制要件との関係を添付1に、人間工学設計開発の実施項目と各視点、審査・検査との関係を添付2に示す。

① 設計開発計画

技術的、人的及び組織的要因の相互作用を考慮し、機械と人間が調和するように、対象設備及び対象手順書の設計開発を計画する。

② 運転経験のレビュー

人間工学に関連する安全問題を特定することを主な目的として、改善すべき点、維持すべき点という観点から運転経験を分析し、設計開発に用いる情報として明確にする。

③ 機能分析と機能配分

異常の影響緩和の機能及び重大事故等に対処するために必要な機能について整理し、人間と機械に機能を配分し、設計開発に用いる情報として明確にする。

④ 重要なタスクの特定

重要なタスクを特定し、設計開発に用いる情報として明確にする。当該タスクについては、HMI等により支援される必要がある。

⑤ タスク分析

タスクについて、その性質、その実行に必要な事項等を分析し、設計開発に用いる情報として明確にする。

⑥ 要員の配置及び組織の分析

タスク分析の結果を踏まえて、タスクを要員に割り当て、必要な要員の配置及び組織を明確にし、設計開発に用いる情報として明確にする。

⑦ 対象設備の設計

設計開発に用いる情報、規制要件等を考慮して、対象設備の設計開発の結果に係る情報をまとめる。

⑧ 対象手順書の設計

設計開発に用いる情報、規制要件等を考慮して、対象手順書の設計開発の結果に係る情報を

まとめる。

⑨ 教育訓練計画への反映事項の整理

設備及び手順書の情報、規制要件等を考慮して、教育訓練計画に反映する事項を整理する。

⑩ 設計開発の検証及び妥当性確認

対象設備及び対象手順書の設計開発の結果が個別業務等要求事項に適合し、要員がタスクを迅速かつ確実に実施できることについて検証及び妥当性確認を実施する。

⑪ 実装に向けた確認

対象設備及び対象手順書の設計仕様について、検証及び妥当性確認された内容に準拠しているかを確認し、その設計仕様で実装された場合に、要員、マネジメントシステム、他の構築物、系統及び機器等の間で、人間工学に関する課題が発生しないかを予め確認する³。

³ これらの確認によって明らかとなる設計開発の変更については、品質管理基準規則第33条に基づき検証、妥当性確認等の一部として検査が行われるため、独立した実施項目として扱っていない。

3. 設計開発計画

設計開発計画について、以下の内容を確認する。

(視点3-1)

設計開発の性質、期間及び複雑さの程度を明確にするとの方針が明確にされているか。人間工学設計開発の実施項目に相当するものが適切に実施される計画（解説1）となっているか。

(目的)

人間工学設計開発として必要な体系的なプロセスが設計開発に適用され、また、対象設備及び対象手順書の変更の際にはその変更の内容に応じて必要な実施項目が過不足なく実施されるよう、計画の時点で実施項目が整理されていることをみるための視点である。

(審査・検査での確認の方法)

本視点は、対象設備及び対象手順書の設計開発の方針及び計画を対象としている。このうち、方針を審査で確認し、計画を検査で確認することができる⁴。

設置（変更）許可の審査では、設置（変更）許可申請書等において、設計開発の性質、期間及び複雑さの程度を明確にするとの方針が明確にされていることを、関連する規制要件への適合により確認する。

検査では、対象設備及び対象手順書の設計開発に係る文書等により、設計開発計画を確認することができる。

(関連する規制要件)

- ・品質管理基準規則：

第27条（設計開発計画）第1項、第2項第1号

(解説1) 計画の適切性

設計開発計画の策定においては、対象設備の設計に加え、その対象設備に関連する対象手順書の設計及び教育訓練計画への反映事項の整理も相互に関連するものとして取り扱うことが一般的である。既設炉の場合には、対象設備及び対象手順書の変更の内容に応じて、人間工学設計開発の実施項目を選定して計画を策定することができる（表1参照）。

(視点3-2)

設計開発の各段階における適切な審査、検証及び妥当性確認の方法を明確にするとの方針が明確にされているか。人間工学設計開発の実施項目ごとに、用いる情報及び結果に係る情報の概要（解説2）が整理されているか。

⁴ 検査の対象となった際に確認する。

(目的)

実施項目ごとにインプットとして必要な情報が取り込まれ、アウトプットとして後の段階の実施項目に必要な情報が整理されるよう、適切な審査等の方法を明確にするとの方針が明確にされ、計画の時点で各実施項目のインプット及びアウトプットの概要が適切に認識されていることをみるための視点である。

(審査・検査での確認の方法)

本視点は、対象設備及び対象手順書の設計開発の方針及び計画を対象としている。このうち、方針を審査で確認し、計画を検査で確認することができる。

設置(変更)許可の審査では、設置(変更)許可申請書等において、設計開発の各段階における適切な審査、検証及び妥当性確認の方法を明確にするとの方針が明確にされていることを、関連する規制要件への適合により確認する。

検査では、対象設備及び対象手順書の設計開発に係る文書等により、設計開発計画を確認することができる。

(関連する規制要件)

- ・品質管理基準規則：
第27条(設計開発計画)第1項、第2項第2号

(解説2) 用いる情報及び結果に係る情報の概要の例

実施項目ごとの、用いる情報及び結果に係る情報の概要の例を表2に示す。

(補足)

視点3-1、視点3-2の他、人間工学設計開発の観点から設計開発計画において考慮される事項の例として、以下のものがある。

- ・人間工学設計開発の各実施項目において明らかにされた人間工学に関する課題を、後の段階の実施項目において解決する仕組みがあること。
- ・新たな技術、分析手法、知見(人間工学に係る安全基盤研究の成果を含む。)等を評価し、適切なものを取り入れる仕組みがあること。
- ・設計開発に必要な内部の資源として、人間工学設計開発を実施する組織の要件と、その組織に必要な要員の力量が明確にされていること(組織の要件には、例えば、人間工学設計開発の専門知識を有する要員を有していることが含まれる。)⁵。
- ・人間工学設計開発の各実施項目について関係者間で情報が適切に伝達され、人間工学以外の観点も適切に考慮されるよう、設計開発に関与する各者間の連絡が管理されること(人間工学以外の観点には、核物質防護の観点が含まれる。)

⁵ 必要に応じて、人間工学設計開発を総括的に担当する組織を置くことが望ましい。

表1 変更の分類と人間工学設計開発の実施項目の説明

変更の分類	人間工学設計開発の実施項目
対象設備の変更を必要とする場合	対象設備を全面的に変更する場合は、一連の人間工学設計開発の実施項目が対象とされる。 対象設備の一部を変更する場合は、変更が影響する範囲において、人間工学的観点からその影響の評価が実施され、この結果により合理的な範囲の人間工学設計開発の実施項目が対象とされる。 変更が軽微な場合には、変更部分に対して、運転経験のレビューと、5. の対象設備及び対象手順書の設計開発と設計開発の結果に係る情報が対象とされる。
対象設備の変更を必要としない場合 (重要なタスクが関係する場合)	対象設備の変更の要否を検討した結果、不要であると判断された場合で、対象手順書の変更が必要であると判断されたときは、人間工学設計開発の実施項目として、少なくとも、対象手順書の変更が影響する範囲において、運転経験のレビュー、タスク分析、要員の配置及び組織の分析、対象手順書の設計及び教育訓練計画への反映事項の整理が実施される。 なお、タスク分析及び要員の配置及び組織の分析は、他の設計時の分析結果があれば、その結果が流用される場合がある。

表2 実施項目ごとの、用いる情報及び結果に係る情報の概要の例

人間工学設計開発の実施項目	用いる情報の概要の例	結果に係る情報の概要の例
運転経験のレビュー	<ul style="list-style-type: none"> 当該施設の運転経験から明確にされている課題や知見 他の原子力施設や他の産業界において明確にされている課題や知見 	<ul style="list-style-type: none"> 運転経験のレビューの結果
機能分析と機能配分	<ul style="list-style-type: none"> 機能等と時間余裕、運転操作に関する性能要件等 プラント構成 	<ul style="list-style-type: none"> 機能分析及び機能配分の結果
重要なタスクの特定	<ul style="list-style-type: none"> 安全評価及び有効性評価の結果 	<ul style="list-style-type: none"> 重要なタスクの特定結果
タスク分析	<ul style="list-style-type: none"> 機能分析及び機能配分の結果 プラント構成 安全評価及び有効性評価の結果 重要なタスクの特定結果 	<ul style="list-style-type: none"> タスクの性質 タスク実行に必要な事項 タスクを構成する認知・判断・操作 タスクに関連する時間、精度及び作業負荷 潜在的な人的過誤
要員の配置及び組織の分析	<ul style="list-style-type: none"> 規制要件 運転経験のレビューの結果 タスク分析の結果 	<ul style="list-style-type: none"> 要員の配置及び組織の分析結果
対象設備の設計	<ul style="list-style-type: none"> 設計開発に用いる情報 規制要件 	<ul style="list-style-type: none"> 対象設備の設計仕様
対象手順書の設計	<ul style="list-style-type: none"> 設計開発に用いる情報 規制要件 	<ul style="list-style-type: none"> 対象手順書の設計仕様
教育訓練計画への反映事項の整理	<ul style="list-style-type: none"> 設備や手順書の情報 規制要件 	<ul style="list-style-type: none"> 教育訓練計画への反映事項の整理結果
設計開発の検証及び妥当性確認	<ul style="list-style-type: none"> 設計開発に用いる情報 設計仕様 	<ul style="list-style-type: none"> 設計開発の検証及び妥当性確認の結果（設計仕様への反映事項を含む。）

4. 設計開発に用いる情報

4. 1 運転経験のレビュー

運転経験のレビューについて、以下の内容を確認する。

(視点4. 1-1)

運転経験のレビューを行うこととなっているか。運転経験のレビューの対象(解説3)に、以下が含まれているか。

- ・当該施設の運転経験から明確にされている課題や知見
- ・他の原子力施設や他の産業界において明確にされている課題や知見

(目的)

これまでに明らかになっている事故、トラブル事象等が当該施設で発生し得るという観点から、広く事故、トラブル事象、良好事例等について、設計開発に用いる情報として収集していることをみるための視点である。

(審査・検査での確認の方法)

本視点は、対象設備及び対象手順書の設計開発の方針及び結果を対象としている。このうち、方針を審査で確認し、結果を検査で確認することができる。

設置(変更)許可の審査では、設置(変更)許可申請書等において、設計開発の方針として運転経験のレビューを行うこととなっていることを、関連する規制要件への適合により確認する。

検査では、対象設備及び対象手順書の設計開発に係る文書等により、運転経験のレビューの対象を確認することができる。

(関連する規制要件)

- ・品質管理基準規則：
第28条(設計開発に用いる情報)第1項第2号、第50条(データの分析及び評価)第2項第3号、第52条(是正処置等)、第53条(未然防止処置)
- ・技術的能力指針：
7. 運転及び保守の経験

(解説3) 運転経験のレビューの対象の例

運転経験のレビューの対象として、例えば以下のような項目が考慮される。

- ・国内外の事故⁶、トラブル事象
- ・事故の前兆となる軽微な事象や、事故に寄与し得た軽微な問題
- ・運転員等へのインタビューやアンケートの結果
- ・対象設備、対象手順書及び教育訓練計画を改善する必要性が示された、不適合その他の事象

⁶ スリーマイルアイランド原子力発電所事故、関西電力美浜発電所2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象、東京電力福島第一原子力発電所事故等

の原因分析の結果及びそれら等に基づき実施された是正処置

- ・ 人的要因及び組織的要因に関係する信頼性の低下を示す兆候（組織間の連携や指揮命令系統に関係する不適合の増加傾向等）
- ・ 産業界の良好事例（計測制御系やHMI技術の動向等）

なお、運転時の事例だけではなく、保守後の復旧状態の確認（系統のラインナップ確認等）に関連する保守時の事例も対象となる。

（視点4. 1-2）

運転経験のレビューにおいて、対象設備、対象手順書及び教育訓練計画に関して改善すべき点及び維持すべき点という観点から分析されているか。

（目的）

運転経験を設計開発に反映するよう、改善すべき点だけではなく、対象設備、対象手順書及び教育訓練計画の変更による弊害を防止する観点から、維持すべき点も明らかにするよう分析されていることをみるための視点である。

（検査での確認の方法）

本視点は、対象設備及び対象手順書の設計開発の結果を対象としている。これらの設計開発の結果については、検査で対象設備及び対象手順書の設計開発に係る文書等により、運転経験のレビューにおいて適切に分析されているかを確認することができる。

（関連する規制要件）

- ・ 品質管理基準規則：
第28条（設計開発に用いる情報）第1項第2号、第50条（データの分析及び評価）第2項第3号、第52条（是正処置等）、第53条（未然防止処置）
- ・ 技術的能力指針：
7. 運転及び保守の経験

4. 2 機能分析と機能配分

機能分析と機能配分について、以下の内容を確認する。

(視点4. 2-1)

機能分析において、以下の事項が整理されているか。

- ・異常の影響緩和の機能及び重大事故等に対処するために必要な機能と、それぞれの機能に関する時間余裕や、運転操作に関する性能要件（作業負荷、制御特性（解説4）等）
- ・それぞれの機能を直接果たす構築物、系統及び機器（以下「当該系」という。）並びに当該系が機能を果たすのに直接、間接に必要な構築物、系統及び機器（以下「特記すべき関連系」という。）
- ・それぞれの機能を果たすのに必要な情報・パラメータ（解説5）や必要な制御

(目的)

制御を行う役割が人間及び機械に適切に配分されるよう、機能、構築物、系統及び機器や機能を果たすのに必要な情報等について、設計開発に用いる情報として整理されていることをみるための視点である。

(審査での確認の方法、関連する規制要件)

本視点は、プラント全体の設備構成に係る設計等を対象としている。これらの設計等については、審査で確認する。

設置（変更）許可の審査では、設置（変更）許可申請書等について以下のように確認する。

・設計基準対象施設

設置（変更）許可の審査では、設置許可基準規則第12条（安全施設）第1項の重要度分類及び第13条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止）の安全評価に関連して、異常の影響緩和の機能、当該機能に係る当該系及び特記すべき関連系並びに必要な情報・パラメータや必要な制御が整理されていることを確認するとともに、安全評価のシーケンスごとに時間余裕や、運転操作に関する性能要件が考慮されていることを確認する。また、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針とされていることを確認する。

・重大事故等対処施設

設置（変更）許可の審査では、設置許可基準規則第42条及び第44条から第62条までの重大事故等に対処するために必要な機能、第37条（重大事故等の拡大の防止等）及び第42条（特定重大事故等対処施設）の有効性評価並びに対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、重大事故等に対処するために必要な機能、当該機能に係る当該系及び特記すべき関連系並びに必要な情報・パラメータや必要な制御が整理されていることを確認するとともに、有効性評価のシーケンスごとに時間余裕や、運転操作に関する性能要件が考慮されていることを確認する。また、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針とされていることを確認する。

(解説4) 制御特性の例

制御特性には、例えば、プラントの物理的なプロセス応答、プロセス応答に伴う制御のタイミング等がある。

(解説5) 機能を果たすのに必要な情報・パラメータの例

機能を果たすのに必要な情報・パラメータには、例えば、プラントがその機能が必要とするような状態にあることを示すもの、その機能に係る当該系及び特記すべき関連系が使用可能であることを示すもの、その機能に係る当該系及び特記すべき関連系が使用されていることを示すもの、その機能が果たされていることを示すもの、その機能に係る当該系及び特記すべき関連系の使用を終了できることを示すもの等がある。

(視点4. 2-2)

安全評価のシーケンス及び有効性評価のシーケンスを考慮して、異常の影響緩和の機能及び重大事故等に対処するために必要な機能に係る当該系及び特記すべき関連系に対して、制御を行う役割が人間、機械又は人間と機械の組み合わせに配分されているか(解説6)(解説7)。

(目的)

想定される時間内に確実に対処できるよう、人間及び機械の特性を考慮し、それぞれの長所と短所を踏まえて制御を行う役割が人間、機械又は人間と機械の組み合わせに配分されていることをみるための視点である。

(審査での確認の方法、関連する規制要件)

本視点は、プラント全体の設備構成に係る設計等を対象としている。これらの設計等については、審査で確認する。

設置(変更)許可の審査では、設置(変更)許可申請書等について以下のように確認する。

・設計基準対象施設

設置(変更)許可の審査では、設置許可基準規則第10条(誤操作の防止)第1項に関連して、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生後、ある時間までは、運転員の操作を期待しなくても必要な安全機能が確保される設計とする方針とされていること、設置許可基準規則第13条(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止)の安全評価に関連して、安全評価のシーケンスごとに制御を行う役割が配分されていること、設置許可基準規則第26条(原子炉制御室等)第1項第3号に関連して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な操作を手動により行うことができるものとする方針とされていることを確認する。また、品質管理基準規則第28条(設計開発に用いる情報)第1項第1号に適合する方針とされていることを確認する。

・重大事故等対処施設

設置(変更)許可の審査では、設置許可基準規則第37条(重大事故等の拡大の防止等)及び

第42条（特定重大事故等対処施設）の有効性評価並びに対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、有効性評価のシーケンスごとに制御を行う役割が配分されていることを確認する。また、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針とされていることを確認する。

なお、重大事故等対処設備については、的確かつ柔軟な対処という観点で制御を行う役割が人間に配分されることがある（規制要件で機械に機能を配分することが求められるものを除く。）。ただし、時間余裕が短いものについては、6. の設計開発の妥当性確認において、その制御を行う役割の配分の妥当性を十分に確認する必要がある。

（解説6）制御を行う役割の配分の例

自動制御を含まない手動操作は、制御を行う役割が人間に配分される例である。

完全な自動制御、受動的な自己制御は、機械に配分される例である。

一定の範囲を自動制御とし残りの範囲を手動操作とする場合、人間の許可に基づいて自動制御を行う場合、自動制御とするが状況に応じて手動操作とする場合があり、これらは人間と機械の組み合わせの例である。また、自動制御の状況を監視する責任を人間に配分し、プロセスの監視制御の維持を機械に配分する場合がある。

（解説7）制御を行う役割の配分において考慮される項目の例

制御を行う役割の配分においては、例えば以下の項目が考慮される。

- ・規制要件
- ・時間余裕や性能要件
- ・人間と機械の長所・短所（人間の長所：即応的能力、柔軟性、判断、パターン認識等。機械の長所：迅速さ、複雑な操作の同時処理等。）
- ・運転経験及び産業界の技術動向
- ・適用する技術の要員への受け入れやすさ
- ・自動制御が失敗した時のバックアップ等

4. 3 重要なタスクの特定

重要なタスクの特定について、以下の内容を確認する。

(視点4. 3)

以下のうち対象設備において実施するタスクが、重要なタスクとして特定されているか。

- ・安全評価のシーケンスにおいて期待するタスク
- ・有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスク

(目的)

安全評価のシーケンス及び有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスクのうち対象設備において実施するタスクが後の段階の実施項目において考慮されるよう、これらのタスクが設計開発に用いる情報として不足なく把握されていることをみるための視点である。

(審査での確認の方法、関連する規制要件)

本視点は、安全評価のシーケンス及び有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスクを対象としている。これらのタスクについては、審査で確認する。

設置（変更）許可の審査では、設置（変更）許可申請書等について、保安規定（変更）の審査では、保安規定（変更）認可申請書等について以下のように確認する。

- ・安全評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置（変更）許可の審査では、設置許可基準規則第13条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止）の安全評価に関連して、安全評価のシーケンスごとに、対象設備に係る期待するタスクが特定されていることを確認する。また、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針とされていることを確認する。

なお、安全評価のシーケンスにおいて期待するタスクには、安全評価上正常に実行されることが想定される重要なタスク（再循環切替操作、ECCS 停止操作等）が含まれる。これらは、保安規定（変更）の審査で、実用炉規則第92条第1項第8号イからハまで（発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等）に関連して、安全評価のシーケンスごとに特定されていることを確認する。

- ・有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置（変更）許可の審査では、設置許可基準規則第37条（重大事故等の拡大の防止等）及び第42条（特定重大事故等対処施設）の有効性評価並びに対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、有効性評価のシーケンスごとに、対象設備に係る期待するタスクが特定されていることを確認する。また、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針とされていることを確認する。

4. 4 タスク分析

タスク分析について、以下の内容を確認する。

(視点4. 4-1)

重要なタスクについて、以下の事項が明確にされているか(解説8)。

①タスクの性質

- ・タスクに関連する安全機能
- ・タスクの開始及び完了の条件と、タスクの相互関係

②タスク実行に必要な事項

- ・状況(認知・判断・操作の場所、環境条件等)
- ・必要な設備・資機材(主要なHMI、通信手段、防護具等)

③タスク実行の体制及び力量

- ・体制(要員(解説9)、組織、指揮命令系統等)
- ・力量

(目的)

技術的、人的及び組織的要因を考慮した設計開発となるよう、重要なタスクに係る技術的、人的及び組織的要因が設計開発に用いる情報として明確にされていることをみるための視点である。

(審査での確認の方法、関連する規制要件)

本視点は、重要なタスクのタスク分析の結果を対象としている。これらのタスク分析の結果については、審査で確認する。

設置(変更)許可の審査では、設置(変更)許可申請書等について、保安規定(変更)の審査では、保安規定(変更)認可申請書等について以下のように確認する。

- ・安全評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置(変更)許可の審査では、設置許可基準規則第13条(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止)の安全評価に関連して、安全評価のシーケンスごとに①及び②が明確にされていることを確認する。また、品質管理基準規則第28条(設計開発に用いる情報)第1項第1号に適合する方針とされていることを確認する。

なお、安全評価上正常に実行されることが想定される重要なタスクについては、保安規定(変更)の審査で、実用炉規則第92条第1項第8号イからハまで(発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等)に関連して、安全評価のシーケンスごとに①及び②が明確にされていることを確認する。

保安規定(変更)の審査では、実用炉規則第92条第1項第7号(保安教育)及び実用炉規則第92条第1項第8号イからハまで(発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等)に関連して、③が明確にされていることを確認する。

- ・有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置（変更）許可の審査では、設置許可基準規則第37条（重大事故等の拡大の防止等）及び第42条（特定重大事故等対処施設）の有効性評価並びに対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、有効性評価のシーケンスごとに①、②及び③が明確にされていることを確認する。また、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針とされていることを確認する。

（解説8）タスク分析において考慮される情報の例

タスク分析において考慮される情報には、例えば、以下のようなものがある。

- ・ 4. の他の実施項目から得られた情報
- ・ 書類類（供給者の文書（プラントの設計図書、運転手順書等）、既設炉の場合は既存の手順書、訓練資料等）
- ・ ウォークスルー（タスクの実行に必要な移動動線）
- ・ HMI等の利用者（運転員等）の要望事項
- ・ シミュレータ研究から得られた情報

（解説9）タスク実行の体制において考慮される要員の例

タスク実行の体制において考慮される要員には、例えば、運転員、運転責任者、現場操作員、重大事故等対策の実施組織及び支援組織の要員等がある⁷。

（視点4. 4-2）

重要なタスクを対象としたタスク分析において、以下の事項が考慮されているか（解説10）。

- ・ 設計上想定している手順
- ・ タスクを構成する認知・判断・操作（気づき、状況認知、事象判別、意思決定、コミュニケーション、対応措置等）
- ・ タスクに関連する時間（必要時間、許容時間及び時間余裕）、精度及び作業負荷⁸（解説11）
- ・ タスクを構成する認知・判断・操作における潜在的な人的過誤及びその要因（合理的かつ実施可能な範囲）（解説12、解説13、解説14）

（目的）

技術的、人的及び組織的要因の相互作用を考慮した設計開発となるよう、重要なタスクに関係する技術的、人的及び組織的要因の相互作用が考慮されていることをみるための視点である。

⁷ スリーマイルアイランド原子力発電所事故の教訓反映として、海外では、運転クルーとは独立に監視・判断が可能な要員が求められている（SSG-51における「セーフティエンジニア」）。安全機能の継続的な監視等を考慮し、既存の手順書では対応できない状況、原子炉制御室で複数ユニットが同時に被災した状況等においても、有効な対応措置を可能とするような体制とされていることが望ましい。

⁸ 時間や作業負荷に関するタスク分析については、Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants: LWR Edition - Human Factors Engineering (NUREG-0800, Chapter 18) Revision 3 - Attachment A, Attachment B - December 2016が参考となる。また、関係法令（例えば、原子力災害対策特別措置法（平成十一年法律第五十六号））等により求められるタスク（緊急時活動レベル（EAL）に係るタスク等）との重量についても考慮することが望ましい。

(検査での確認の方法)

本視点は、重要なタスクのタスク分析の結果を対象としている。これらのタスク分析の結果については、検査で対象設備及び対象手順書の設計開発に係る文書等により確認することができる。

(関連する規制要件)

・品質管理基準規則：

第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号

(解説10) タスク分析を実施する者の例

タスク分析を実施する者には、人間工学や運転の専門知識を有する者が含まれる。

(解説11) タスクの実施可否や作業負荷の判断において考慮される事項の例

タスクの実施可否や作業負荷の判断において考慮される事項には、例えば手順等の机上分析、モックアップ（外観を実物に似せた実物大の模型）、プラント・ウォークダウン、部分的なシミュレータ、フルスコープのシミュレータ等に基づく情報がある。

(解説12) 潜在的な人的過誤及びその要因を分析する手法の例

潜在的な人的過誤及びその要因を分析する手法には、例えば、以下のようなものがある。なお、単一の手法で分析できる人的過誤は限られることから、手法が可能な限り組み合わせられていることが望ましい。

- ・タスク分析において考慮される情報に基づく調査（運転経験のレビューを含む。）
- ・人間工学や運転の専門知識を有する者へのヒアリング調査（トークスルー）
- ・人間信頼性解析手法

(解説13) 人的過誤の種類

人的過誤の種類には、オMISSIONエラー（実行すべき行為を実行しない人的過誤）及びCOMMISSIONエラー（実行すべきでない行為を実行する人的過誤）がある。

(解説14) 潜在的な人的過誤の発生防止対策に係る留意事項

分析された潜在的な人的過誤及びその要因については、合理的かつ実施可能な範囲で、設備、手順書、教育訓練計画又はそれらの組み合わせ等により発生防止対策が実施されることに留意する。

(補足)

重要なタスクに特定されないものについても、保安活動の重要度に応じた深さでタスク分析が実施され、設計等に反映されることがある。検査で原子力事業者の活動を確認する場合には、必要に応じてこれらを考慮する。そのようなタスクには、例えば以下のものがある。

- ・運転時の異常な過渡変化・設計基準事故から低温停止までのタスク（安全評価上の代表性だけ

ではなく、プラント挙動の観点（例えば、起因事象発生部位の違いによる挙動の相違）での代表性を考慮することが考えられる。）

- ・中央制御室外原子炉停止機能に係るタスク
- ・重大事故等防止技術的能力基準に関連するタスクのうち、対象設備において実施するタスク
- ・運転時の異常な過渡変化・設計基準事故において安全保護回路等が正常に動作しない時のタスク（計測制御系や HMI の故障及びこれにより生じる劣化状態におけるタスクがある。ここで、計測制御系の故障には、例えば、検出器、警報、監視、自動化と制御、通信等のサブシステムの故障がある。HMI の故障には、例えば、表示装置の機能喪失、データ処理の喪失及び大型表示装置機能の喪失等がある。）
- ・前兆事象を確認した時点での事前の対応におけるタスク（例えば、大津波警報発令時や、降下火砕物の到達が予測されるときに原子炉を停止・冷却するタスクや、火山事象時等に居住環境を維持するタスク）
- ・警報発生時のタスクやサーベランス時のタスク
- ・運転経験のレビューで扱われたタスク（保守に関連するものを含む。）

4. 5 要員の配置及び組織の分析

要員の配置及び組織の分析について、以下の内容を確認する。

(視点4. 5-1)

要員の配置及び組織の分析において、全ての重要なタスクが各要員に割り当てられ、要員及び組織に係る責任及び権限並びに役割が明確にされているか。(解説15)

(目的)

タスクの実行について成立性のある要員の配置及び組織となるよう、重要なタスクごとに、各要員への割り当てや要員及び組織に係る責任及び権限並びに役割が明確にされていることをみるための視点である。

(審査での確認の方法、関連する規制要件)

本視点は、重要なタスクの実行体制を対象としている。これらの実行体制については、審査で確認する。

設置(変更)許可の審査では、設置(変更)許可申請書等について、保安規定(変更)の審査では、保安規定(変更)認可申請書等について以下のように確認する。

- ・安全評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置(変更)許可の審査では、設置許可基準規則第13条(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止)の安全評価に関連して、重要なタスクの各要員への割り当てがなされていることを確認する。また、品質管理基準規則第28条(設計開発に用いる情報)第1項第1号に適合する方針とされていることを確認する。

保安規定(変更)の審査では、実用炉規則第92条第1項第8号イからハまで(発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等)に関連して、要員及び組織に係る責任及び権限並びに役割が明確にされていることを確認する。

- ・有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置(変更)許可の審査では、設置許可基準規則第37条(重大事故等の拡大の防止等)及び第42条(特定重大事故等対処施設)の有効性評価並びに対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、重要なタスクの各要員への割り当てがなされていることを確認するとともに、重大事故等防止技術的能力基準1.0(4)(手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備)及び2.2(特定重大事故等対処施設の機能を維持するための体制の整備)に関連して、要員及び組織に係る責任及び権限並びに役割が明確にされていることを確認する。また、品質管理基準規則第28条(設計開発に用いる情報)第1項第1号に適合する方針とされていることを確認する。

(解説15) 要員の配置及び組織の分析において考慮される事項の例

要員の配置及び組織の分析においては、例えば以下のような項目が考慮される。

- ・規制要件

- ・ 運転経験のレビュー
- ・ タスク分析から得られた要件（必要な要員、作業負荷、要員の独立性（セーフティエンジニア、現場操作の原子炉制御室での確認等）、シーケンスの連続性（組織・要員の状況認知の維持の観点）等）

（視点 4. 5 - 2）

全ての重要なタスクが実行可能なように、要員の配置及び組織が明確にされているか。

（目的）

重要なタスクごとの成立性だけでなく、有資格者等の選任・配置等を考慮して、全ての重要なタスクが全体として実行可能な体制が構築されていることをみるための視点である。

（審査での確認の方法、関連する規制要件）

本視点は、実用発電用原子炉設置者の体制を対象としている。これらの体制については、審査で確認する。

設置（変更）許可の審査では、設置（変更）許可申請書等について、保安規定（変更）の審査では、保安規定（変更）認可申請書等について以下のように確認する。

- ・ 安全評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置（変更）許可の審査では、技術的能力指針 1.0. 有資格者等の選任・配置に適合する方針とされていることを確認する。また、品質管理基準規則第 28 条（設計開発に用いる情報）第 1 項第 1 号に適合する方針とされていることを確認する。

保安規定（変更）の審査では、実用炉規則第 9 2 条第 1 項第 8 号イからハまで（発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等）に関連して、要員の配置及び組織が明確にされていることを確認する。

- ・ 有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置（変更）許可の審査では、重大事故等防止技術的能力基準 1.0（4）（手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備）及び 2.2（特定重大事故等対処施設の機能を維持するための体制の整備）に関連して、要員の配置及び組織が明確にされていることを確認する。また、品質管理基準規則第 28 条（設計開発に用いる情報）第 1 項第 1 号に適合する方針とされていることを確認する。

5. 対象設備及び対象手順書の設計開発と設計開発の結果に係る情報

5. 1 対象設備の設計

対象設備の設計について、以下の内容を確認する。

(視点5. 1-1)

人間工学設計開発に関する適用規格（解説16）が示されているか。

(目的)

対象設備の細部に至るまで人間工学が反映された設計となるよう、適切な規格を選定していることをみるための視点である。

(審査での確認の方法)

本視点は、対象設備の設計に係る適用規格を対象としている。この適用規格については、審査で確認する。

設計及び工事の計画（変更）の審査では、設計及び工事計画（変更）認可申請書等により、適用規格を確認する。

(解説16) 対象設備に関する規格の例

対象設備について、設置許可基準規則及び技術基準規則に基づいて具体的仕様が検討される際には、人間工学設計開発に関する規格が参照されることが一般的である。人間工学設計開発に関する規格には、例えば以下のものがある。なお、規格の適用範囲に含まれない設備に準用する場合は、準用する内容及び準用の適切性が示される必要がある。

- ・ 一般社団法人日本電気協会「原子力発電所の中央制御室における誤操作防止の設備設計に関する規程」(JEAC 4624-2009)
- ・ 一般社団法人日本電気協会「中央制御室の計算機化されたヒューマンマシンインタフェースの開発及び設計に関する指針」(JEAG 4617-2013)
- ・ U. S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION: Human-System Interface Design Review Guidelines, NUREG-0700⁹
- ・ IAEA Safety Standards “Human Factors Engineering in the Design of Nuclear Power Plants” (No. SSG-51, 2019)の4. DESIGN 及び8. APPLICATION OF HUMAN FACTORS ENGINEERING IN DESIGN FOR COMPUTERIZED PROCEDURES (完全デジタル化制御室の場合)

(視点5. 1-2)

対象設備の設計において、以下の事項が考慮されているか。

- ・ 4. で明確にされた設計開発に用いる情報（解説17）
- ・ 人間工学設計開発に関する適用規格
- ・ 各対象設備に対応する設置許可基準規則及び技術基準規則の要求事項

⁹ 2020年7月に、revision 3が発行されている。

(目的)

設計開発に用いる情報等が対象設備の設計に適切に反映されるよう、必要な事項が考慮されていることをみるための視点である。

(審査・検査での確認の方法、関連する規制要件)

本視点は、対象設備の設計開発の方針及び結果を対象としている。このうち、方針を審査で確認し、結果を検査で確認することができる。

設置（変更）許可の審査では、設置（変更）許可申請書等において、設置許可基準規則第10条（誤操作の防止）、第43条（重大事故等対処設備）第1項第2号及び各対象設備に対応する要求事項に適合する方針とされていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされていること、品質管理基準規則第29条（設計開発の結果に係る情報）第3項第1号に適合する方針とされていることを確認する。

設計及び工事の計画（変更）の審査では、設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書の記載が発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイドに沿って記載されていること、中央制御室、緊急時対策所又は緊急時制御室の機能に関する説明書における各対象設備の設計において技術基準規則の要求事項が考慮されていることを確認する。

検査では、対象設備の設計開発に係る文書、対象設備自体等により、その設計を確認することができる。

(解説17) 4. で明確にされた設計開発に用いる情報の例

4. で明確にされた設計開発に用いる情報には、運転経験のレビュー、機能分析と機能配分の結果、タスク分析の結果並びに要員の配置及び組織の分析の結果がある。これらの結果は、対象設備に係る環境条件、配置及び作業空間、制御盤の盤面配置、表示システム、制御機能等の設備面への要求事項において考慮される。

5. 2 対象手順書の設計

対象手順書の設計について、以下の内容を確認する。

(視点5. 2)

対象手順書の設計において、以下の事項が考慮されているか。

- ・ 4. で明確にされた設計開発に用いる情報（解説18）
- ・ 設備の情報
- ・ 原子炉設置（変更）許可申請書に記載された重大事故等防止技術的能力基準の要求事項への適合方針に関する基本的内容

(目的)

設計開発に用いる情報等が対象手順書の設計に適切に反映されるよう、必要な事項が考慮されていることをみるための視点である。

(検査での確認の方法)

本視点は、対象手順書の設計開発の結果を対象としている。この設計開発の結果については、検査で対象手順書の設計開発に係る文書、対象手順書自体等により確認することができる。

(関連する規制要件)

- ・ 品質管理基準規則
第29条（設計開発の結果に係る情報）第3項第1号

(解説18) 4. で明確にされた設計開発に用いる情報の例

4. で明確にされた設計開発に用いる情報には、例えば、以下のものがある。

- ・ 事故、トラブル事象の教訓反映
- ・ タスクと要員との関係（監視・操作の分担等）
- ・ タスクを完了するために必要な情報、操作、フィードバックの流れ等
- ・ 手順書内の各操作の内容やタイミングに関する情報
- ・ 手順書内の各操作がプラントにもたらす結果
- ・ 警告事項、手順を開始及び完了する条件
- ・ 手順書の相互関係と、容易にする必要がある手順書相互間の移行
- ・ 所定の手順が達成できない場合における有効な代替手順、代替となるパラメータの確認手順、手順を安全に終了する方法等
- ・ 潜在的な人的過誤及びその要因

5.3 教育訓練計画への反映事項の整理

教育訓練計画への反映事項の整理について、以下の内容を確認する。

(視点5.3)

教育訓練計画への反映事項の整理において、以下の事項が考慮されているか（解説19、解説20）。

- ・ 4. で明確にされた設計開発に用いる情報（解説21）
- ・ 設備及び手順書の情報（解説22）
- ・ 原子炉設置（変更）許可申請書に記載された重大事故等防止技術的能力基準の要求事項への適合方針に関する基本的内容

(目的)

設計開発に用いる情報等が、対象設備及び対象手順書だけではなく、教育訓練計画にも適切に反映されるよう、必要な事項が考慮されていることをみるための視点である。

(検査での確認の方法)

本視点は、教育訓練計画への反映事項の整理を対象としている。この整理の結果については、検査で教育訓練計画等により確認することができる。

(関連する規制要件)

- ・ 品質管理基準規則
品質管理基準規則第22条（要員の力量の確保及び教育訓練）、第29条（設計開発の結果に係る情報）第3項第2号

(解説19) 教育訓練計画に関する留意事項

対象設備及び対象手順書の重要な変更の前に、その変更に関係する教育訓練が確実になされることに留意する。

(解説20) 教育訓練計画に関する規格の例

教育訓練計画が検討される際には、例えば以下の規格が参照されることが一般的である。

- ・ 一般社団法人日本電気協会「原子力発電所運転員の教育・訓練指針」（JEAG 4802-2017）

(解説21) 4. で明確にされた設計開発に用いる情報の例

4. で明確にされた設計開発に用いる情報には、例えば以下のものがある。

- ・ 事故、トラブル事象の教訓反映
- ・ タスクの時間余裕、作業負荷等
- ・ 力量
- ・ 潜在的な人的過誤及びその要因

(解説 2 2) 教育訓練計画への反映事項の整理において考慮する設備の情報の例

教育訓練計画への反映事項の整理において考慮する設備の情報には、HMI に関するものがある。例えば、ディスプレイ形式とディスプレイが示すプラント状態との関係（故障モード及びそれらの影響並びにそれらのディスプレイ上の表示を含む。）、ディスプレイに表示される複数の情報間の関連性及び複数のディスプレイ間の関連性、ウィンドウ等のスクリーン上の機能の操作、その他の機能の使用に関するものがある。

6. 設計開発の検証及び妥当性確認

設計開発の検証及び妥当性確認について、以下の内容を確認する。

(視点6-1)

設計開発の検証及び妥当性確認が実施されることとなっているか。設計開発の検証及び妥当性確認は、適切な力量及び独立性を有する体制（解説23）により実施されているか。

(目的)

様々な分野の専門性を有する者による客観的な評価となるよう、設計開発の検証及び妥当性確認が、適切な体制により実施されていることをみるための視点である。

(審査・検査での確認の方法)

本視点は、対象設備及び対象手順書の設計開発の検証及び妥当性確認を対象としている。設計開発の検証及び妥当性確認の方針を審査で確認し、その結果を検査で確認することができる。

設置（変更）許可の審査では、設置（変更）許可申請書等において、設計開発の検証及び妥当性確認が実施されることとなっていることを、関連する規制要件への適合により確認する。

検査では、対象設備及び対象手順書の設計開発に係る文書等により、設計開発の検証及び妥当性確認が実施される体制を確認することができる。なお、重大事故等に関する設計開発の妥当性確認の結果については、成立性確認訓練をもって確認する場合がある。

(関連する規制要件)

・品質管理基準規則：

第31条（設計開発の検証）、第32条（設計開発の妥当性確認）

(解説23) 適切な力量及び独立性を有する体制

設計開発の検証及び妥当性確認の体制は、原子炉の運転、人間工学、設計開発の検証及び妥当性確認に必要なデータの収集等の知識・技能を有する者により構成され、対象設備及び対象手順書の設計開発を所管する部門とは異なる部門に属する者が含まれる体制を構築することで、適切な力量及び独立性を有する体制を構築することができる。

(視点6-2)

設計開発の検証の手順及び内容について、4. で明確にされた設計開発に用いる情報及び5. でまとめた設計開発の結果に係る情報を踏まえて、以下の項目が考慮されているか。また、これらが適切に文書化（解説24）されているか。

- ・評価項目（解説25）
- ・評価基準（解説26、解説27）
- ・評価方法（解説28、解説29、解説30）
- ・評価事象（解説31）

- ・設計仕様への反映（解説 3 2、解説 3 3）

（視点 6 - 3）

設計開発の妥当性確認の手順及び内容について、4. で明確にされた設計開発に用いる情報及び5. でまとめた設計開発の結果に係る情報を踏まえて、以下の項目が考慮されているか。また、これらが適切に文書化（解説 2 4）されているか。なお、設計開発の妥当性確認に当たっては、設備、HMI、手順書、要員等によって構成される「統合システム」という観点で、可能な限り現実的な環境（解説 3 4）を模擬して実施されているか。

- ・評価項目（解説 2 5）
- ・評価基準（解説 2 6、解説 2 7）
- ・評価方法（解説 2 8、解説 2 9、解説 3 0）
- ・評価事象（解説 3 1）
- ・設計仕様への反映（解説 3 2、解説 3 3）

（目的）

設計開発の結果が機能及び性能に係る要求事項等に適合するよう、設計開発の検証が、網羅性のある評価事象により体系的に実施されていることをみるための視点である。

想定される状況を踏まえて要員がタスクを迅速かつ確実に実施できるよう、設計開発の妥当性確認が、代表性のある評価事象により、可能な限り現実的な環境を模擬して実施されていることをみるための視点である。

（検査での確認の方法）

本視点は、対象設備及び対象手順書の設計開発の検証及び妥当性確認を対象としている。これらの検証及び妥当性確認については、検査で対象設備及び対象手順書の設計開発に係る文書等により、設計開発の検証及び妥当性確認の手順及び内容を確認することができる。

なお、重大事故等に関する設計開発の妥当性確認の結果については、成立性確認訓練をもって確認する場合がある。

（関連する規制要件）

- ・品質管理基準規則：
第 3 1 条（設計開発の検証）、第 3 2 条（設計開発の妥当性確認）

（解説 2 4）文書化において整理される例

設計開発の検証及び妥当性確認の文書化においては、例えば以下の項目が整理される。

- ・設計開発の検証及び妥当性確認の概要
- ・収集したデータと分析結果
- ・人間工学に関する課題とその解決策
- ・設計開発の検証及び妥当性確認の結果

(解説 2 5) 評価項目の例

評価項目は、4. で明確にされた設計開発に用いる情報及び5. でまとめた設計開発の結果に係る情報や、過去の設計開発の検証又は妥当性確認の結果を踏まえて設定される。なお、設計開発の妥当性確認の場合には、例えば以下の観点がある。

- ・要員の認知・判断・操作を容易にし、人的過誤を抑制すること
- ・要員の作業負荷を最適化すること

(解説 2 6) 評価基準の例

評価基準には、例えば以下のものがある。

- ・規制要件
- ・適用規格（設計開発の検証の場合）
- ・HMI によるタスク実行支援の十分性（設計開発の検証の場合）
- ・ヒューマン・パフォーマンスに関するもの
- ・潜在的な人的過誤の発生防止対策の有効性（合理的かつ実施可能な範囲）

(解説 2 7) 評価基準（ヒューマン・パフォーマンスに関するもの）の例

ヒューマン・パフォーマンスに関する評価基準には、例えば以下のものがある。

- ・認知・判断・操作に要する時間
- ・認知・判断・操作の正確性、人的過誤率
- ・作業負荷
- ・連絡の頻度、正確性

(解説 2 8) 評価方法の例

評価方法には、設計開発の検証又は妥当性確認の目的及び内容に応じて、例えば以下のものがある。また、動的確認を実施する場合には、使用するシミュレータ等と実物との差異や、この評価で確認可能な範囲が明確にされていることが必要である。

- ・机上確認（チェックリスト等）
- ・静的確認（モックアップ等）
- ・動的確認（シミュレータ等）

(解説 2 9) 評価方法に係るデータに関する留意事項

評価方法に関して、評価に必要なデータとその収集・分析方法が選定されているか留意する。必要なデータには、例えば操作履歴、音声、映像及び模擬運転員へのアンケートがある。

(解説 3 0) 評価方法に係る動的確認に関する留意事項

評価方法として、動的確認が実施される場合には、模擬運転員等が、試験実施前に試験対象の設備及びHMIに習熟しているか留意する。

(解説 3 1) 評価事象の選定において整理される事項

評価事象の選定においては、タスク分析から得られた要件、原子炉制御室と原子炉制御室外との連携等の観点から、評価事象の代表性を整理することが必要である。

(解説 3 2) 設計仕様への反映において整理及び検討される例

設計仕様への反映においては、収集したデータ及びこれに基づく模擬運転員等の行動、模擬運転員等間の連絡を含む時系列データ等から、例えば以下の事項の分析及び整理がなされ、評価基準等に基づいて設計仕様への反映が検討される。

- ・良好に実施されたタスク
- ・良好に実施されなかったタスク
- ・評価基準等を満たした HMI 等
- ・使用が困難であった HMI 等
- ・人間工学に関する課題とその解決策

(解説 3 3) 再検証及び再妥当性確認の留意事項

必要に応じて設計開発の再検証及び再妥当性確認が実施されている場合には、前回の検証及び妥当性確認において評価基準を満たさなかった事項、前回の検証及び妥当性確認で明らかとなった人間工学に関する課題等に注目されているか留意する。

(解説 3 4) 現実的な環境の例

現実的な環境は、例えば以下の観点で可能な限り模擬される。

- ・原子炉制御室を模擬した環境が、実物の設計及び物理的な配置に対応していること
- ・手順書等が実物のものに対応していること
- ・模擬運転員等に、運転時にそのシステムを使用する要員に相当する者が割り当てられていること
- ・模擬運転員等が訓練を受けており、その力量に対応した要員の配置となっていること

(補足)

開発過程において対象設備及び対象手順書の標準設計仕様を対象に設計開発の検証及び妥当性確認が行われ、製作設計過程において標準設計仕様との相違点を対象に設計開発の検証及び妥当性確認が行われることがある。例えば、標準設計仕様とループ数や ECCS 等の安全系の系統の設計等が異なる場合や、適用する HMI 等のデバイスの特徴が異なる場合については、その相違点の影響が評価される。その結果、設計開発の検証及び妥当性確認が行われることがある。

添付1 人間工学設計開発の実施項目と主要な規制要件との関係

人間工学設計開発の実施項目	品質管理基準規則	設置許可基準規則	技術基準規則	技術的能力指針	重大事故等防止技術的能力基準	実用炉規則
設計開発計画	第27条（設計開発計画）					
運転経験のレビュー	第28条（設計開発に用いる情報） 第50条（データの分析及び評価） 第52条（是正処置等） 第53条（未然防止処置）			7. 運転及び保守の経験		
機能分析と機能配分	第28条（設計開発に用いる情報）	第10条（誤操作の防止） 第12条（安全施設） 第13条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止） 第26条（原子炉制御室等） 第37条（重大事故等の拡大の防止等） 第42条（特定重大事故等対処施設） 第44条～第62条			有効性評価に対応するもの	

人間工学設計開発の実施項目	品質管理基準規則	設置許可基準規則	技術基準規則	技術的能力指針	重大事故等防止技術的能力基準	実用炉規則
重要なタスクの特定	第28条（設計開発に用いる情報）	第13条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止） 第37条（重大事故等の拡大の防止等） 第42条（特定重大事故等対処施設）			有効性評価に対応するもの	第92条第1項第8号イからハまで（発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等）
タスク分析	第28条（設計開発に用いる情報）	第13条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止） 第37条（重大事故等の拡大の防止等） 第42条（特定重大事故等対処施設）			有効性評価に対応するもの	第92条第1項第7号（保安教育） 第92条第1項第8号イからハまで（発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等）
要員の配置及び組織の分析	第28条（設計開発に用いる情報）	第13条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止） 第37条（重大事故等の拡大の防止等） 第42条（特定重大事故等対処施設）		10. 有資格者等の選任・配置	1. 0（4）（手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備） 2. 2（特定重大事故等対処施設の機能を維持するための体制の整備） 有効性評価に対応するもの	第92条第1項第8号イからハまで（発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等）

人間工学設計開発の実施項目	品質管理基準規則	設置許可基準規則	技術基準規則	技術的能力指針	重大事故等防止技術的能力基準	実用炉規則
対象設備の設計	第29条（設計開発の結果に係る情報）	第10条（誤操作の防止） 第43条（重大事故等対処設備） 各対象設備に対応するもの	各対象設備に対応するもの			
対象手順書の設計	第29条（設計開発の結果に係る情報）					
教育訓練計画への反映事項の整理	第22条（要員の力量の確保及び教育訓練） 第29条（設計開発の結果に係る情報）					
設計開発の検証及び妥当性確認	第31条（設計開発の検証） 第32条（設計開発の妥当性確認）					
実装に向けた確認	第33条（設計開発の変更の管理）					

添付2 人間工学設計開発の実施項目と各視点、審査・検査との関係

人間工学設計開発の実施項目	視点	審査で確認するもの			検査で確認することができるもの
		設置（変更）許可の審査	保安規定（変更）の審査	設計及び工事の計画（変更）の審査	
設計開発計画	視点3-1	○			○
	視点3-2	○			○
運転経験のレビュー	視点4. 1-1	○			○
	視点4. 1-2				○
機能分析と機能配分	視点4. 2-1	○			
	視点4. 2-2	○			
重要なタスクの特定	視点4. 3	○	○		
タスク分析	視点4. 4-1	○	○		
	視点4. 4-2				○
要員の配置及び組織の分析	視点4. 5-1	○	○		
	視点4. 5-2	○	○		
対象設備の設計	視点5. 1-1			○	
	視点5. 1-2	○		○	○
対象手順書の設計	視点5. 2				○
教育訓練計画への反映事項の整理	視点5. 3				○
設計開発の検証及び妥当性確認 実装に向けた確認	視点6-1	○			○
	視点6-2				○
	視点6-3				○

注：保安規定（変更）の審査並びに設計及び工事の計画（変更）の審査における設置（変更）許可を受けたところ等によるものとなっているかの確認（炉規法第43条3の9第3項第1号及び第43の3の24第2項第1号）については、記載を省略している。

「人間工学設計評価に関するガイド（案）」の検討に関する 今後の進め方について

令和2年9月23日
原子力規制庁

1. 経緯及び背景

平成28年に実施されたIAEAの総合規制評価サービス（IRRS）において、人的組織的要因を考慮することに関する提言S9¹が提示された。この提言への対応として、平成28年度第45回原子力規制委員会（参考1）において、実用発電用原子炉施設を念頭に、人的組織的要因を考慮した原子炉制御室等に関する評価ガイドを策定するとともに、原子炉制御室等に関する人的組織的要因の考慮について、関連する規制等の改正について検討する方針が了承された。この際、評価ガイドについては、当時IAEAにおいて検討中であった人間工学²上の諸因子の考慮に関する安全ガイド（DS492。現在のSSG-51³。参考2参照）等を参考にすることとされた。

これらを踏まえ、今般、「人間工学設計評価⁴に関するガイド（案）」を取りまとめた。

また、SSG-51には、人間工学に係る設計開発に関する推奨事項が記載されており、これに照らして現行の規則等を精査した結果、既に必要な規定がなされていることに加え、令和2年4月に施行された品質管理基準規則⁵において、すべての原子力施設を対象に、設置許可段階から設備及び手順書の設計管理を求めることとした（規則等については参考3）ことから、更なる規則改正等の必要はないと整理した。

なお、本年1月のIRRSフォローアップミッションにおいて、今後同ガイドを策定することを説明し、理解を得た。

¹ 提言S9：「原子力規制委員会は、すべての原子力施設について、プラントの設計に人的及び組織的要因とヒューマンエラーに対する十分な体系的考察が、許認可取得者による提出書類において行われることを確かなものとするための規制要件と、これを評価するための能力及び経験を有する原子力規制委員会の資源を十分なものとするについて検討すべきである。」

² IAEA Safety Glossary (2018 Edition) によれば、人間のパフォーマンスに影響を及ぼす可能性があり、安全に影響を及ぼす可能性のある諸因子（人的及び組織的要因を含む。）を把握し、これらを設計や運転に考慮する工学

³ Human Factors Engineering in the Design of Nuclear Power Plants (IAEA 2019)

⁴ 人間工学的観点から設備及び手順書を適切に設計及び評価すること

⁵ 原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則（令和二年 原子力規制委員会規則第二号）

2. 「人間工学設計評価に関するガイド（案）」

SSG-51 の推奨事項の確認及び人間工学に係る設計プロセスの審査を取り入れている米国の規制等の調査を行い、これらを参考に、人間工学的観点から体系的に審査及び検査できるよう、別添のとおり「人間工学設計評価に関するガイド（案）」を作成した。同ガイドの目的、対象及び構成を以下に示す。

（1）ガイドの目的

本ガイドは、原子力事業者が実施する設計及び評価について、（2）に示す対象に関し、人間工学的観点から審査及び検査するに当たっての留意事項を体系的に整理したものである。

（2）ガイドの対象

実用発電用原子炉施設を対象とし、具体的に対象とする設備及び手順書は以下のとおり。

なお、その他の原子力施設の審査・検査において本ガイドを参考とする際は施設の特性に応じて適用する必要があることに留意すべき旨を明記する。

○設備

運転時の異常な過渡変化、設計基準事故又は重大事故等が発生した際に用いる常設の設備であって、警報、表示装置又は制御機器が集中的に配置され、かつ監視や操作に係る複雑さの程度が高いものとする。実用発電用原子炉施設においては、原子炉制御室、緊急時対策所（必要な情報を把握できる設備に限る。）及び緊急時制御室（以下「対象設備」という。）が該当する。本ガイドでは、これらで実施するタスク⁶であって、安全評価や有効性評価のシーケンスにおいて期待するもの（以下「重要なタスク」という。）に着目する。

○手順書

重要なタスクに関するもの（以下「対象手順書」という。）とする。

（3）ガイドの構成

SSG-51 を参考に、設計開発の段階に応じて分けた「人間工学設計評価の実施項目」（表 1 参照）ごとに、審査及び検査するに当たっての留意事項を記載する。

⁶ 要員が実施する認知、判断、操作又はこれらの組合せ

表 1 人間工学設計評価の実施項目

設計開発の段階	人間工学設計評価の実施項目 ⁷
計画	設計開発計画
設計のためのインプットの分析	運転経験のレビュー
	機能分析と機能配分
	重要なタスクの特定
	タスク分析
	要員の配置及び組織の分析
設計	対象設備の設計
	対象手順書の設計
	教育訓練計画への反映事項の整理
検証と妥当性確認	検証と妥当性確認

3. 今後の検討の進め方（案）

- 「人間工学設計評価に関するガイド（案）」は、審査及び検査で用いることを目的とするものであるが、事業者においても民間規格⁸の活用等の取組がなされており、別添の「人間工学設計評価に関するガイド（案）」を原子力事業者に提示し、公開で意見聴取することとしたい。
- 事業者に対する意見聴取の結果を踏まえ、必要に応じて「人間工学設計評価に関するガイド（案）」を修正し、改めて原子力規制委員会に諮る。その上で、意見募集を実施し、ガイドを制定することとしたい（年度内目処）。

別添：「人間工学設計評価に関するガイド（案）」

参考 1：IRRS 課題「人的組織的要因の考慮」に関する検討状況（平成 28 年 11 月 22 日第 45 回原子力規制委員会資料 4）

参考 2：関連する IAEA の安全ガイド（SSG-51）の概要及び構成

参考 3：関連する我が国の規制要件（主なものを抜粋）

⁷ SSG-51 にある「ヒューマン・パフォーマンスの監視測定」については、設計開発に含まれないため本ガイドでは扱わず、関連する検査ガイドを参照することとする。

⁸ 日本電気協会 「中央制御室の計算機化されたヒューマンマシンインタフェースの開発及び設計に関する指針」（JEAG 4617-2013）等

(別添)

人間工学設計評価に関するガイド（案）

目次

1. 総則	1
1. 1 はじめに	1
1. 2 目的	1
1. 3 適用範囲	2
1. 4 用語の定義	2
1. 5 本ガイドの使い方	2
2. 人間工学設計評価に関する基本的事項	4
2. 1 人間工学設計評価の実施項目とは	4
3. 計画	7
3. 1 設計開発計画	7
4. 設計のためのインプットの分析	11
4. 1 運転経験のレビュー	11
4. 2 機能分析と機能配分	13
4. 3 重要なタスクの特定	16
4. 4 タスク分析	17
4. 5 要員の配置及び組織の分析	21
5. 設計	23
5. 1 対象設備の設計	23
5. 2 対象手順書の設計	25
5. 3 教育訓練計画への反映事項の整理	26
6. 検証と妥当性確認	27
6. 1 検証と妥当性確認	27
添付1 人間工学設計評価の実施項目と規制要件（主なもの）の関係	31

1. 総則

1.1 はじめに

平成 28 年に実施された国際原子力機関 (IAEA) の総合規制評価サービス (IRRS)¹において、「原子力規制委員会は、すべての原子力施設について、プラントの設計に人的及び組織的要因とヒューマンエラーに対する十分な体系的考察が、許認可取得者による提出書類において行われることを確かなものとするための規制要件と、これを評価するための能力及び経験を有する原子力規制委員会の資源を十分なものとするについて検討すべきである。」との提言 (提言 S9) が提示された。プラントの設計において、人的及び組織的要因とヒューマンエラーに対する十分な体系的考察が必要となる設備は原子炉制御室等であり、原子炉制御室等を対象とする場合において、人的及び組織的要因とヒューマンエラーを考慮して設計及び評価することは、人間工学的観点から設備及び手順書を適切に設計及び評価すること (以下「人間工学設計評価」という。) である。実用発電用原子炉施設²の場合、人間工学設計評価が関係する要求事項を含む我が国の主な規制要件には以下のものがある。

- ・原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する規則 (令和 2 年原子力規制委員会規則第 2 号。以下「品質管理基準規則」という。)
- ・実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 (平成 25 年原子力規制委員会規則第 5 号。以下「設置許可基準規則」という。)
- ・実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則 (平成 25 年原子力規制委員会規則第 6 号。以下「技術基準規則」という。)
- ・原子力事業者の技術的能力に関する審査指針 (平成 16 年 5 月 27 日原子力安全委員会決定。以下「技術的能力指針」という。)
- ・実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準 (平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定。以下「重大事故等防止技術的能力基準」という。)
- ・実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 (昭和 53 年通商産業省令第 77 号。以下「実用炉規則」という。)

これらの規制要件により、審査及び検査において、人間工学設計評価に関連する原子力事業者の取組を確認してきた。しかし、これらの規制要件が必ずしも人間工学的観点から体系的に整理されてはいなかったことから、このような整理を行ったガイドを制定する必要性が生じていた。

1.2 目的

本ガイドは、原子力事業者が実施する設計及び評価について、適用範囲に示す対象に関し、人間工学的観点から審査及び検査するに当たっての留意事項を体系的に整理したものである。この体系的な整理においては、IAEA SSG-51 (Human Factors Engineering in the Design of Nuclear Power Plants) に示されている人間工学設計評価の推奨事項を参考としている。

¹ INTEGRATED REGULATORY REVIEW SERVICE (IRRS) MISSION TO JAPAN (IAEA-NS-IRRS-2016)

² 実用発電用原子炉及びその附属施設

1. 3 適用範囲

本ガイドは、実用発電用原子炉施設を対象とする。なお、その他の原子力施設の審査・検査において参考とする際は、施設の特성에応じて適用する必要があることに留意すること。

人間工学設計評価の適用について確認する設備は、運転時の異常な過渡変化、設計基準事故又は重大事故等が発生した際に用いる常設の設備であって、警報、表示装置又は制御機器が集中的に配置され、かつ監視や操作に係る複雑さの程度が高いものとする。実用発電用原子炉施設においては、原子炉制御室、緊急時対策所（必要な情報を把握できる設備に限る。）及び緊急時制御室（以下「対象設備」という。）が該当する³。本ガイドでは、これらで実施するタスク⁴であって、安全評価や有効性評価のシーケンスにおいて期待するもの（以下「重要なタスク」という。）に着目する。

人間工学設計評価の適用について確認する手順書は、重要なタスクに関するもの（以下「対象手順書」という。）とする。

1. 4 用語の定義

本ガイドにおける用語の定義は、次のとおりである。

- (1) 人間工学：人間のパフォーマンスに影響を及ぼす可能性があつて、安全に影響を及ぼす可能性のある諸因子（人的及び組織的要因を含む。）を把握し、これらを設計や運転に考慮する工学。
- (2) 人間工学設計評価：人間工学的観点から設備及び手順書を適切に設計及び評価すること。
- (3) ヒューマンマシンインタフェース（以下「HMI」という。）：設備と要員とのコミュニケーションの直接の手段。具体的には、警報、表示装置、制御機器、運転支援装置等をいう。
- (4) タスク：要員が実施する認知、判断、操作又はこれらの組合せ。
- (5) 重要なタスク：対象設備で実施するタスクであつて、安全評価や有効性評価のシーケンスにおいて期待するもの。
- (6) 検査：原子力規制検査又は特別検査。

1. 5 本ガイドの使い方

本ガイドは、原子力事業者が実施する設計及び評価について、適用範囲に示す対象に関し、人間工学的観点から審査及び検査するに当たつての留意事項を体系的に整理したものであり、このような審査及び検査を行う際は、後述する「人間工学設計評価の実施項目」を参考に確認することができる。人間工学設計評価の実施項目は、原子力事業者が実施する行為であること、必ずしも逐条的に全ての実施内容を確認する必要はないことに留意すること。また、審査の段階においては、方針の確認に留まるもの、あるいは、確認が不可能なものも含まれることに留意すること。原子力事業者の実施内容の例としては、日本電気協会「中央制御室の計산화化さ

³ 設計基準対象施設及び重大事故等対処施設のうちその他の制御盤等については、設置許可基準規則第10条（誤操作の防止）第1項又は第43条（重大事故等対処設備）第1項第2号への適合性により、人間工学設計がなされていることを確認できる。

⁴ タスク：要員が実施する認知、判断、操作又はこれらの組合せ

れたヒューマンマシンインタフェースの開発及び設計に関する指針」(JEAG 4617-2013)がある。

本ガイド3.以降に示す確認内容の構成は、視点、確認の方針、解説及び補足とした。

審査においては、視点に関連した規制要件への適合の方針を確認する場合に、必要に応じて確認の方針を参考にすることができる。

検査においては、原子力事業者が実施した設計開発等を確認する場合に、必要に応じて視点及び確認の方針を参考にすることができる。

なお、解説は、視点及び確認の方針に対して追加情報を与えるものである。補足は、視点及び確認の方針に直接的には関係しないものの、人間工学設計評価の実施項目に対して追加情報を与えるものである。

2. 人間工学設計評価に関する基本的事項

2.1 人間工学設計評価の実施項目とは

人間工学設計評価は、表1に示す12の実施項目が、原子力事業者において必要なレベルで実施されることが一般的である。人間工学設計評価では、技術的、人的及び組織的要素を体系的に考慮するという観点から、対象設備の設計に限定せず、その設計の前提条件又は不可分な相互関連を有する対象手順書、教育訓練計画等に係る事項を含めて総合的に取り扱われることが一般的である。以下では、各人間工学設計評価の実施項目の概要を示す。また、人間工学設計評価の実施項目と規制要件（主なもの）の関係を添付1に示す。

表1 設計開発等と人間工学設計評価の実施項目の関係

設計開発等		人間工学設計評価の実施項目
設計 開 発	計画	設計開発計画
	設計のためのインプットの分析	運転経験のレビュー
		機能分析と機能配分
		重要なタスクの特定
		タスク分析
		要員の配置及び組織の分析
	設計	対象設備の設計
		対象手順書の設計
		教育訓練計画への反映事項の整理
	検証と妥当性確認	検証と妥当性確認
		実装に向けた確認
	運転段階における監視測定	

(1) 計画

- ・設計開発計画

技術的、人的及び組織的要素の相互作用を考慮し、機械系と人間系が調和するように、対象設備及び対象手順書の設計開発を計画する実施項目である。

(2) 設計のためのインプットの分析

- ・運転経験のレビュー

人間工学に関連する安全問題を特定することを主な目的として、改善すべき点、維持すべき点という観点から運転経験を分析し、その結果を設計開発に用いる情報とする実施項目である。

- ・機能分析と機能配分

異常の影響緩和の機能及び重大事故等に対処するために必要な機能について整理し、人間の特性を活かしつつその限界と弱点を回避するように人間系と機械系に機能を配分し、その結果を設計開発に用いる情報とする実施項目である。

- ・重要なタスクの特定

人間工学設計評価の実施項目において重要なタスクを特定する実施項目である。少なくともこれらのタスクについては、HMI 等により支援される必要がある。

- ・タスク分析

タスクの性質、タスク実行に必要な事項等を分析し、その結果を設計開発に用いる情報とする実施項目である。

- ・要員の配置及び組織の分析

タスク分析の結果を踏まえて、タスクを要員に割り当て、必要な要員の配置及び組織を明確にし、その結果を設計開発に用いる情報とする実施項目である。

(3) 設計

- ・対象設備の設計

設計開発に用いる情報、規制要件等を考慮して、対象設備の設計開発の結果に係る情報をまとめる実施項目である。

- ・対象手順書の設計

設計開発に用いる情報、規制要件等を考慮して、対象手順書の設計開発の結果に係る情報をまとめる実施項目である。

- ・教育訓練計画への反映事項の整理

設備及び手順書の情報、規制要件等を考慮して、教育訓練計画に反映する事項を整理する実施項目である。

(4) 検証と妥当性確認

- ・検証と妥当性確認

対象設備及び対象手順書の設計開発の結果が(3)までの人間工学設計評価の実施項目で得られた要件に適合し、要員が安全を達成するためのタスクを迅速かつ確実に実施できることを検証及び妥当性確認する実施項目である。

- ・実装に向けた確認

対象設備及び対象手順書の設計仕様について、検証及び妥当性確認された内容に準拠しているかを確認し、その設計仕様で実装された場合に、要員、マネジメントシステム、他の構築物、系統及び機器等の間で、人間工学に関する課題が発生しないかを予め確認する実施項目である。なお、これらの確認によって設計開発の変更を行う場合には、品質管理基準規則第33条（設計開発の変更の管理）に基づいて、検証、妥当性確認等が適切になされる。そのため、本ガイ

ドでは、本実施項目を検証と妥当性確認に含めるものとし、独立した実施項目として扱わないこととする。

(5) 運転段階における監視測定

・ヒューマン・パフォーマンスの監視測定

運転段階において、日々の運転状況、不適合の発生、成立性確認訓練等における要員の振る舞いを確認する実施項目である。なお、本実施項目については、設計開発に含まれないため本ガイドでは扱わず、関連する検査ガイドを参照することとする。

3. 計画

3.1 設計開発計画

設計開発計画について、以下の内容を確認する。なお、以降において、人間工学設計評価の実施項目とは、本ガイドで独立して扱われる実施項目とする。すなわち、実装に向けた確認及びヒューマン・パフォーマンスの監視測定を除いた10の実施項目をいう。

(視点1) 適切な人間工学設計評価の実施項目が選定されているか。

(各段階での確認の方針)

設置許可の審査においては、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第27条（設計開発計画）第2項第1号に適合する方針であることを確認する。

設計及び工事の計画の審査においては、発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイドに沿って、設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書に記載されていることを確認する。

検査において、原子力事業者の活動を確認する場合には、人間工学設計評価の実施項目の選定結果を考慮する。

(解説あ) 人間工学設計評価の実施項目の選定

人間工学設計評価の実施項目の選定においては、設計開発の性質や複雑性の程度が考慮される。また、対象設備の設計に限定せず、その設計の前提条件又は不可分な相互関連を有する対象手順書、教育訓練計画等に係る事項を含めて総合的に取り扱われることが一般的である（「統合システム」の観点）。既設炉の変更・追加の場合には、その内容に応じて適切な評価を実施することにより、合理的な範囲の人間工学設計評価の実施項目が選定される場合がある（表2参照）。

(視点2) 人間工学設計評価の各実施項目で用いる情報及び結果に係る情報の概要が明確にされているか。

(各段階での確認の方針)

設置許可の審査においては、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第27条（設計開発計画）第2項第2号に適合する方針であることを確認する。

設計及び工事の計画の審査においては、発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイドに沿って、設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書に記載されていることを確認する。

検査において、原子力事業者の活動を確認する場合には、人間工学設計評価の各実施項目で用いる情報及び結果に係る情報の概要を考慮する。

(解説い) 人間工学設計評価の各実施項目で用いる情報及び結果に係る情報の概要
各実施項目で用いる情報及び結果に係る情報の概要の例を表3に示す。

(補足A) (視点1)、(視点2)の他、設計開発計画において考慮すべき事項は、特に人間工学設計評価に着目すると、例えば、以下のものがある。

- ・人間工学設計評価の各実施項目で明らかにされた人間工学に関する課題を、後の段階で解決する仕組みがあること。
- ・新たな技術、分析手法、知見(人間工学に係る安全基盤研究の成果を含む。)等を評価し、適切なものを取り入れる仕組みがあること。
- ・設計開発に必要な内部の資源として、人間工学設計評価の実施項目を実施する組織の要件と、その組織に必要な要員の力量が明確にされていること(組織の要件には、例えば、人間工学設計評価の専門知識を有する要員が含まれる。)
- ・人間工学設計評価の各実施項目で情報が適切に伝達され、人間工学以外の観点も適切に考慮されるよう、設計開発に関与する各者間の連絡が管理されること(人間工学以外の観点には、核物質防護の観点が含まれる。)

表2 変更・追加の分類と適用される人間工学設計評価の実施項目の例

変更・追加の分類	適用される人間工学設計評価の実施項目
対象設備に関する変更・追加を必要とする場合	<p>対象設備を全面的に変更する場合は一般的に、一連の人間工学設計評価の実施項目が適用される。</p> <p>対象設備の一部を変更・追加する場合は、変更・追加が影響する範囲において、人間工学的観点からその影響の評価が実施され、この結果により合理的な範囲の人間工学設計評価の実施項目が適用される。変更・追加が軽微な場合には、変更部分に対して、運転経験のレビューと、5. の設計が適用される。</p>
<p>対象設備に関する変更・追加を必要としない場合 (重要なタスクが関係する場合)</p>	<p>対象設備に関する変更・追加の可否を検討した結果、不要であると判断された場合には、人間工学設計評価の実施項目として、少なくとも、変更・追加が影響する範囲において、運転経験のレビュー、タスク分析、要員の配置及び組織の分析、対象手順書の設計及び教育訓練計画への反映事項の整理が適用される。</p> <p>なお、タスク分析及び要員の配置及び組織の分析は、他の設計時の分析結果があれば、その結果が流用される場合がある。</p>

表3 人間工学設計評価の各実施項目で用いる情報及び結果に係る情報の概要の例

人間工学設計評価の各実施項目	用いる情報の例（主要なもの）	結果に係る情報の例（主要なもの）
運転経験のレビュー	<ul style="list-style-type: none"> ・当該施設の運転経験から明確にされている課題や知見 ・他の原子力施設や他の産業界において明確にされている課題や知見 	<ul style="list-style-type: none"> ・運転経験のレビューの結果
機能分析と機能配分	<ul style="list-style-type: none"> ・機能等と時間余裕、運転操作に関する性能要件等 ・プラント構成 	<ul style="list-style-type: none"> ・機能分析及び機能配分の結果
重要なタスクの特定	<ul style="list-style-type: none"> ・安全評価や有効性評価の結果 	<ul style="list-style-type: none"> ・重要なタスクの特定結果
タスク分析	<ul style="list-style-type: none"> ・機能分析及び機能配分の結果 ・プラント構成 ・安全評価や有効性評価の結果 ・重要なタスクの特定結果 	<ul style="list-style-type: none"> ・タスクの性質 ・タスク実行に必要な事項 ・タスクを構成する認知・判断・操作 ・タスクに関連する時間、精度及び作業負荷 ・潜在的な人的過誤
要員の配置及び組織の分析	<ul style="list-style-type: none"> ・規制要件 ・運転経験のレビューの結果 ・タスク分析の結果 	<ul style="list-style-type: none"> ・要員の配置及び組織の分析結果
対象設備の設計	<ul style="list-style-type: none"> ・設計開発に用いる情報 ・規制要件 	<ul style="list-style-type: none"> ・対象設備の設計仕様
対象手順書の設計	<ul style="list-style-type: none"> ・設計開発に用いる情報 ・規制要件 	<ul style="list-style-type: none"> ・対象手順書の設計仕様
教育訓練計画への反映事項の整理	<ul style="list-style-type: none"> ・設備や手順書の情報 ・規制要件 	<ul style="list-style-type: none"> ・教育訓練計画への反映事項の整理結果
検証と妥当性確認	<ul style="list-style-type: none"> ・設計開発に用いる情報 ・設計仕様 	<ul style="list-style-type: none"> ・検証と妥当性確認の結果（設計仕様への反映事項を含む。）

4. 設計のためのインプットの分析

4. 1 運転経験のレビュー

運転経験のレビューについて、以下の内容を確認する。

(視点1) 運転経験のレビューの対象に、以下が含まれているか。

- ・当該施設の運転経験から明確にされている課題や知見
- ・他の原子力施設や他の産業界において明確にされている課題や知見

(各段階での確認の方針)

設置許可の審査においては、技術的能力指針7. 運転及び保守の経験に適合する方針であることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第2号、第50条（データの分析及び評価）第2項第3号、第52条（是正処置等）及び第53条（未然防止処置）に適合する方針であることを確認する。

検査において、原子力事業者の活動を確認する場合には、運転経験のレビューの対象を考慮する。

(解説あ) 運転経験のレビューの対象

運転経験のレビューの対象として、例えば以下のような項目が考慮される。

- ・国内外の事故⁵、トラブル事象
- ・事故の前兆となる軽微な事象や、事故に寄与し得た軽微な問題
- ・運転員等へのインタビューやアンケートの結果
- ・対象設備、対象手順書及び教育訓練計画を改善する必要性が示された、不適合その他の事象の原因分析の結果及びそれら等に基づき実施された是正処置
- ・人的要素及び組織的要素に関する信頼性の低下を示す兆候（組織間の連携や指揮命令系統に関する不適合等の増加傾向等）
- ・産業界の良好事例（計測制御系やHMI技術の動向等）

なお、運転時の事例だけではなく、保守後の復旧状態の確認や、ラインナップ確認等に関連する保守時の事例も対象となる。

(視点2) 運転経験のレビューにおいて、対象設備、対象手順書及び教育訓練計画に関して改善すべき点と維持すべき点という観点から分析されているか。

(各段階での確認の方針)

設置許可の審査においては、技術的能力指針7. 運転及び保守の経験に適合する方針であることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記

⁵ スリーマイルアイランド原子力発電所事故、関西電力美浜発電所2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象、東京電力福島第一原子力発電所事故等

載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第2号、第50条（データの分析及び評価）第2項第3号、第52条（是正処置等）及び第53条（未然防止処置）に適合する方針であることを確認する。

検査において、原子力事業者の活動をj確認する場合には、運転経験のレビューの結果を考慮する。

4. 2 機能分析と機能配分

機能分析と機能配分について、以下の内容を確認する。

(視点1) 機能分析において、以下の事項が整理されているか。

- ・異常の影響緩和の機能及び重大事故等に対処するために必要な機能と、それぞれの機能に関する時間余裕や、運転操作に関する性能要件（作業負荷、制御特性等）
- ・それぞれの機能を直接果たす構築物、系統及び機器（当該系）並びに当該系が機能を果たすのに直接、間接に必要な構築物、系統及び機器（特記すべき関連系）
- ・それぞれの機能を果たすのに必要な情報・パラメータや必要な制御

(各段階での確認の方針)

・設計基準対象施設

設置許可の審査においては、設置許可基準規則第12条（安全施設）第1項の重要度分類及び第13条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止）の安全評価に関連して、異常の影響緩和の機能と当該系及び特記すべき関連系並びに必要な情報・パラメータや必要な制御が整理されていることを確認するとともに、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故ごとに時間余裕や、運転操作に関する性能要件が考慮されていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

・重大事故等対処施設

重大事故等に対処するために必要な機能は、設置許可基準規則の各条文（第42条及び第44条～第62条）が対応している。設置許可の審査においては、設置許可基準規則の各条文及び第37条（重大事故等の拡大の防止等）の有効性評価並びに対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、それぞれの機能と当該系、特記すべき関連系、必要な情報・パラメータや必要な制御が整理されていることを確認するとともに、重要事故シーケンス及び評価事故シーケンスごとに時間余裕や、運転操作に関する性能要件が考慮されていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

(解説あ) 制御特性

制御特性には、例えば、プラントの物理的なプロセス応答、プロセス応答に伴う制御のタイミング等がある。

(解説い) 機能を果たすのに必要な情報・パラメータ

機能を果たすのに必要な情報・パラメータには、例えば、その機能が必要とされていることを示すもの、その機能に係る当該系及び特記すべき関連系が使用可能であることを示すもの、その機能に係る当該系及び特記すべき関連系が使用されていることを

示すもの、その機能が果たされていることを示すもの、その機能に係る当該系及び特記すべき関連系の使用を終了できることを示すもの等がある。

(視点2) 機能配分において、安全評価や有効性評価のシーケンスを考慮して、異常の影響緩和の機能及び重大事故等に対処するために必要な機能に係る当該系及び特記すべき関連系に対して、制御の方法(人間系、機械系又は人間系と機械系の組み合わせ)が割り当てられているか。

(各段階での確認の方針)

・設計基準対象施設

設置許可の審査においては、設置許可基準規則第10条(誤操作の防止)第1項に関連して、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生後、ある時間までは、運転員の操作を期待しなくても必要な安全機能が確保される設計とする方針であることを確認し、設置許可基準規則第13条(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止)の安全評価に関連して、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故ごとに制御の方法が割り当てられていることを確認するとともに、設置許可基準規則第26条(原子炉制御室等)第1項第3号に関連して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な操作を手動により行うことができるものとする方針であることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置(変更)許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条(設計開発に用いる情報)第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

・重大事故等対処施設

設置許可の審査においては、設置許可基準規則第37条(重大事故等の拡大の防止等)の有効性評価及び第42条(特定重大事故等対処施設)並びに対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、重要事故シーケンス及び評価事故シーケンスごとに制御の方法が割り当てられていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置(変更)許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条(設計開発に用いる情報)第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

なお、重大事故等対処設備については、的確かつ柔軟な対処という観点で人間系に機能配分されることがある(規制要件で機械系に機能配分することが求められるものを除く。)。ただし、時間余裕が短いものについては、6.の妥当性確認において、その機能配分の妥当性を十分に確認する必要がある。

(解説う) 制御の方法

人間系に機能が配分される場合には、例えば、自動制御を含まない手動操作とする場合がある。

機械系に機能が配分される場合には、例えば、完全な自動制御とする場合や、受動的な自己制御となる場合がある。

人間系と機械系の組み合わせに機能が配分される場合には、例えば、一定の範囲を自

自動制御とし残りの範囲を手動操作とする場合、人間の許可に基づいて自動制御が行われる場合、自動制御とするが状況に応じて手動操作とする場合がある。また、必要に応じて、自動制御の状況を監視する責任が人間系に割り当てられ、プロセスの監視制御の維持が機械系に割り当てられる場合がある。

(解説え) 制御の方法の割り当て

制御の方法の割り当てでは、例えば以下の項目が考慮される。

- 規制要件
- 時間余裕や性能要件
- 人間系と機械系の長所・短所（人間系の長所：即応的能力、柔軟性、判断、パターン認識等。機械系の長所：迅速さ、複雑な操作の同時処理等。）
- 運転経験及び産業界の技術動向
- 適用する技術の要員への受け入れやすさ
- 自動制御が失敗した時のバックアップ等の考慮事項

4. 3 重要なタスクの特定

重要なタスクの特定について、以下の内容を確認する。

(視点1) 以下のうち対象設備で実施するタスクが、重要なタスクとして特定されているか。

- ・安全評価のシーケンスにおいて期待するタスク
- ・有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスク
- ・緊急時制御室で実施するタスク

(各段階での確認の方針)

- ・安全評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置許可の審査においては、設置許可基準規則第13条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止）の安全評価に関連して、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故ごとに、要員が対象設備で実施する認知、判断、操作又はこれらの組合せとして特定されていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

なお、安全評価のシーケンスにおいて期待するタスクには、安全評価上正常に実行されることが想定される重要なタスク（再循環切替操作、ECCS 停止操作等）が含まれる。これらは、保安規定の審査において、実用炉規則第92条第1項第8号イからハまで（発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等）の異常時の運転操作基準に関連して、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故ごとに特定されていることを確認する。

- ・有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置許可の審査においては、設置許可基準規則第37条（重大事故等の拡大の防止等）の有効性評価及び対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、重要事故シーケンス及び評価事故シーケンスごとに、要員が対象設備で実施する認知、判断、操作又はこれらの組合せとして特定されていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

- ・緊急時制御室で実施するタスク

設置許可の審査においては、設置許可基準規則第42条（特定重大事故等対処施設）及び対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、要員が緊急時制御室で実施する認知、判断、操作又はこれらの組合せとして特定されていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

4. 4 タスク分析

タスク分析について、以下の内容を確認する。

(視点1) 重要なタスクについて、以下の事項が明確にされているか。

①タスクの性質

- ・タスクに関連する安全機能
- ・タスクの開始及び完了の条件と、タスクの相互関係

②タスク実行に必要な事項

- ・状況（認知・判断・操作の場所、環境条件等）
- ・必要な設備・資機材（主要なHMI、通信手段、防護具等）

③タスク実行の体制及び力量

- ・体制（要員、組織、指揮命令系統等）
- ・力量

(各段階での確認の方針)

・安全評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置許可の審査においては、設置許可基準規則第13条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止）の安全評価に関連して、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故ごとに①及び②が明確にされていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

なお、安全評価上正常に実行されることが想定される重要なタスクについては、保安規定の審査において、実用炉規則第92条第1項第8号イからハまで（発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等）の異常時の運転操作基準に関連して、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故ごとに①及び②が明確にされていることを確認する。

保安規定の審査においては、実用炉規則第92条第1項第7号（保安教育）及び実用炉規則第92条第1項第8号イからハまで（発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等）に関連して、③が明確にされていることを確認する。

・有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置許可の審査においては、設置許可基準規則第37条（重大事故等の拡大の防止等）の有効性評価及び対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、重要事故シーケンス及び評価事故シーケンスごとに①、②及び③が明確にされていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

・緊急時制御室で実施するタスク

設置許可の審査においては、設置許可基準規則第42条（特定重大事故等対処施設）及び対

応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、①、②及び③が明確にされていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

（解説あ）タスク実行の体制

タスク実行の体制には、例えば、運転員、運転責任者、現場操作員、重大事故等対策の実施組織及び支援組織の要員等が考慮される⁶。

（解説い）タスク分析において考慮される情報

タスク分析において考慮される情報には、例えば、以下のようなものがある。

- ・ 4. の他の分析から得られたデータ
- ・ 文書類（供給者の文書（プラントの設計図書、運転手順書等）、既設炉の場合は既存の手順書、訓練資料等）
- ・ ウォークスルー（タスクの実行に必要な移動動線）
- ・ HMI 等の利用者（運転員等）の要望事項
- ・ シミュレータ研究から得られたデータ

（視点2）重要なタスクを対象としたタスク分析において、以下の事項が考慮されているか。

- ・ 設計上想定している手順
- ・ タスクを構成する認知・判断・操作（気づき、状況認知、事象判別、意思決定、コミュニケーション、対応措置等）
- ・ タスクに関連する時間（必要時間、許容時間及び時間余裕）、精度及び作業負荷⁷
- ・ タスクを構成する認知・判断・操作における潜在的な人的過誤とその要因（合理的かつ実施可能な範囲）

（各段階での確認の方針）

設置許可の審査においては、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

検査において、原子力事業者の活動を確認する場合には、(2)のタスク分析の結果を考慮する。

（解説う）タスク分析を実施する者

⁶ スリーマイルアイランド原子力発電所事故の教訓反映として、海外では、運転クルーとは独立に監視・判断が可能な要員が求められている（SSG-51における「セーフティエンジニア」）。安全機能の継続的な監視等を考慮し、既存の手順書では対応できない状況、原子炉制御室で複数ユニットが同時に被災した状況等においても、有効な対応措置を可能とするような体制とされることが望ましい。

⁷ 時間や作業負荷に関するタスク分析については、Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants: LWR Edition - Human Factors Engineering (NUREG-0800, Chapter 18) Revision 3 - Attachment A, Attachment B - December 2016 が参考となる。また、関係法令（例えば、原子力災害対策特別措置法（平成十一年法律第五十六号））等により求められるタスク（緊急時活動レベル（EAL）に係るタスク等）との重量についても考慮することが望ましい。

タスク分析を実施する者には、人間工学や運転の専門知識を有する者が含まれる。

(解説え) タスクの実施可否や作業負荷の判断において考慮される事項

例えば手順等の机上分析ではタスクの実施可否や作業負荷を判断することができない場合には、モックアップ（外観を実物に似せた実物大の模型）、プラント・ウォークダウン、部分的なシミュレータ、フルスコープのシミュレータ等に基づく情報が考慮されることがある。

(解説お) タスクを構成する認知・判断・操作における潜在的な人的過誤とその要因を分析する手法

分析する手法には、例えば、以下のようなものがある。なお、単一の手法で分析できる人的過誤は限られることから、手法が可能な限り組み合わせられていることが望ましい。

- ・(解説い) の情報に基づく調査（運転経験のレビューを含む。）
- ・人間工学や運転の専門知識を有する者へのヒアリング調査（トークスルー）
- ・人間信頼性解析手法

(解説か) 人的過誤の種類

人的過誤には、オMISSIONエラー（実行すべき行為を実行しない人的過誤）及びCOMMISSIONエラー（実行すべきでない行為を実行する人的過誤）がある。

(解説き) 潜在的な人的過誤の発生防止対策

分析された潜在的な人的過誤とその要因については、合理的かつ実施可能な範囲で、設備、手順書、教育訓練計画又はそれらの組み合わせ等により発生防止対策を実施する必要がある。

(補足A) 重要なタスクに特定されないものについても、保安活動の重要度に応じた深さでタスク分析が実施され、設計等に反映されることがある。検査において、原子力事業者の活動を確認する場合には、これらを考慮することがある。そのようなタスクには、例えば以下のものがある。

- ・運転時の異常な過渡変化・設計基準事故から低温停止までのタスク（安全評価上の代表性だけでなく、プラント挙動の観点（例えば、起因事象発生部位の違いによる挙動の相違）での代表性を考慮することが考えられる。）
- ・中央制御室外原子炉停止機能に係るタスク
- ・重大事故等防止技術的能力基準に関連するタスクのうち、対象設備で実施するタスク
- ・運転時の異常な過渡変化・設計基準事故において安全保護回路等が正常に動作しない時のタスク（計測制御系やHMIの故障及びこれにより生じる劣化状態におけるタスクがある。ここで、計測制御系の故障には、例えば、検出器、警報、監視、自動化と制御、通信等のサブシステムの故障がある。HMIの故障には、例えば、表示装置の機能喪失、データ処理の喪失および大型表示装置機能の喪失等がある。）
- ・前兆事象を確認した時点での事前の対応におけるタスク（例えば、大津波警報発令時や、降下火砕物の到達が予測されるときに原子炉を停止・冷却するタスクや、火山事象

時等に居住環境を維持するタスク)

- 警報発生時のタスクやサーバランス時のタスク
- 運転経験のレビューで扱われたタスク（保守に関連するものを含む。）

4. 5 要員の配置及び組織の分析

要員の配置及び組織の分析について、以下の内容を確認する。

(視点1) 要員の配置及び組織の分析において、以下が実施されているか。

- ・重要なタスクの各要員への割り当て
- ・要員及び組織の責任と権限、役割の明確化

(各段階での確認の方針)

- ・安全評価のシーケンスにおいて期待するタスク
設置許可の審査においては、設置許可基準規則第13条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止）の安全評価に関連して、重要なタスクの各要員への割り当てがなされていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。
保安規定の審査においては、実用炉規則第92条第1項第8号イからハまで（発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等）に関連して、要員及び組織の責任と権限、役割が明確にされていることを確認する。
- ・有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスク
設置許可の審査においては、設置許可基準規則第37条（重大事故等の拡大の防止等）の有効性評価及び対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、重要なタスクの各要員への割り当てがなされていることを確認するとともに、重大事故等防止技術的能力基準1.0（4）（手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備）に関連して、要員及び組織の責任と権限、役割が明確にされていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。
- ・緊急時制御室で実施するタスク
設置許可の審査においては、設置許可基準規則第42条（特定重大事故等対処施設）及び対応する重大事故等防止技術的能力基準に関連して、重要なタスクの各要員への割り当てがなされていること並びに要員及び組織の責任と権限、役割が明確にされていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条（設計開発に用いる情報）第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

(解説あ) 要員の配置及び組織の分析において考慮される事項

要員の配置及び組織の分析においては、例えば以下のような項目が考慮される。

- ・規制要件
- ・運転経験のレビュー
- ・タスク分析から得られた要件（必要な要員、作業負荷、要員の独立性（セーフティエ

ンジニア、現場操作の原子炉制御室での確認等)、シーケンスの連続性(組織・要員の状況認知の維持の観点)等)

(視点2) 割り当てられたタスクが実行可能なように、要員の配置及び組織が明確にされているか。

(各段階での確認の方針)

・安全評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置許可の審査においては、技術的能力指針10. 有資格者等の選任・配置に適合する方針であることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置(変更)許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条(設計開発に用いる情報)第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

保安規定の審査においては、実用炉規則第92条第1項第8号イからハまで(発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等)に関連して、要員の配置及び組織が明確にされていることを確認する。

・有効性評価のシーケンスにおいて期待するタスク

設置許可の審査においては、重大事故等防止技術的能力基準1.0(4)(手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備)に関連して、要員の配置及び組織が明確にされていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置(変更)許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条(設計開発に用いる情報)第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

・緊急時制御室で実施するタスク

設置許可の審査においては、重大事故等防止技術的能力基準2.2(特定重大事故等対処施設の機能を維持するための体制の整備)に関連して、要員の配置及び組織が明確にされていることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置(変更)許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第28条(設計開発に用いる情報)第1項第1号に適合する方針であることを確認する。

5. 設計

5.1 対象設備の設計

対象設備の設計について、以下の内容を確認する。

(視点1) 人間工学に関する適用規格が示されているか。

(各段階での確認の方針)

設置許可の審査においては、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第29条（設計開発の結果に係る情報）第3項第1号に適合する方針であることを確認する。

設計及び工事の計画の審査においては、工事計画認可申請書により、適用規格を確認する。

(解説あ) 人間工学に関する適用規格

対象設備について、設置許可基準規則及び技術基準規則に基づいて具体的仕様が検討される際には、人間工学設計ガイドラインが参照されることが一般的である。人間工学設計ガイドラインには、例えば以下のものがある。なお、規格の適用範囲に含まれない設備に準用することを含む。その場合は、準用する内容及び準用の適切性が示される必要がある。

- ・日本電気協会「原子力発電所の中央制御室における誤操作防止の設備設計に関する規程」(JEAC 4624-2009)
- ・日本電気協会「中央制御室の計算機化されたヒューマンマシンインタフェースの開発及び設計に関する指針」(JEAG 4617-2013)
- ・U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION: Human-System Interface Design Review Guidelines, NUREG-0700⁸
- ・IAEA Safety Standards “Human Factors Engineering in the Design of Nuclear Power Plants” (No. SSG-51, 2019)の4. DESIGN 及び8. APPLICATION OF HUMAN FACTORS ENGINEERING IN DESIGN FOR COMPUTERIZED PROCEDURES (完全デジタル化制御室の場合)

(視点2) 対象設備の設計に、以下の事項が考慮されているか。

- ・4. の分析の結果
- ・各対象設備に対応する設置許可基準規則及び技術基準規則の要求事項

(各段階での確認の方針)

設置許可の審査においては、設置許可基準規則第10条（誤操作の防止）、第43条（重大事故等対処設備）第1項第2号及び各対象設備に対応する要求事項に適合する方針であることを確認する。また、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がな

⁸ 2020年7月に、revision 3が発行されている。

されており、品質管理基準規則第29条（設計開発の結果に係る情報）第3項第1号に適合する方針であることを確認する。

設計及び工事の計画の審査においては、発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイドに沿って、設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書に記載されていることを確認するとともに、中央制御室、緊急時対策所又は緊急時制御室の機能に関する説明書により、技術基準規則の要求事項が各対象設備の設計に考慮されていることを確認する。

検査において、原子力事業者の活動を確認する場合には、4. の分析結果が、対象設備の設計に考慮されていることを考慮する。

（解説い）対象設備の設計に考慮する4. の分析の結果

対象設備の設計に考慮する4. の分析の結果には、運転経験のレビュー、機能分析と機能配分の結果、タスク分析の結果並びに要員の配置及び組織の分析の結果がある。

これらの結果は、環境条件、配置及び作業空間、制御盤の盤面配置、表示システム、制御機能等に考慮される。

5. 2 対象手順書の設計

対象手順書の設計について、以下の内容を確認する。

(視点1) 対象手順書の設計に、以下の事項が考慮されているか。

- ・ 4. の分析の結果
- ・ 設備の情報
- ・ 原子炉設置（変更）許可申請書に記載された重大事故等防止技術的能力基準の要求事項への適合方針に関する基本的内容

(各段階での確認の方針)

設置許可の審査においては、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第29条（設計開発の結果に係る情報）第3項第1号に適合する方針であることを確認する。

検査において、原子力事業者の活動を確認する場合には、4. の分析結果、設備の情報及び原子炉設置（変更）許可申請書に記載された重大事故等防止技術的能力基準の要求事項への適合方針に関する基本的内容が、対象手順書の設計に考慮されていることを考慮する。

(解説あ) 対象手順書の設計に考慮する4. の分析の結果

対象手順書の設計に考慮する4. の分析の結果には、例えば、以下のものがある。

- ・ 事故、トラブル事象の教訓反映
- ・ タスクと要員との関係（監視・操作の分担等）
- ・ タスクを完了するために必要な情報、操作、フィードバックの流れ等
- ・ 手順書内の各操作の内容やタイミングに関する情報
- ・ 手順書内の各操作がプラントにもたらす結果
- ・ 警告事項、手順を開始及び完了する条件
- ・ 手順書の相互関係と、容易にする必要がある手順書相互間の移行
- ・ 所定の手順が達成できない場合における有効な代替手順、代替となるパラメータの確認手順、手順を安全に終了する方法等
- ・ 潜在的な人的過誤とその要因

5. 3 教育訓練計画への反映事項の整理

教育訓練計画への反映事項の整理について、以下の内容を確認する。

(視点1) 教育訓練計画への反映事項の整理に、以下の事項が考慮されているか。

- ・ 4. の分析の結果
- ・ 設備及び手順書の情報
- ・ 原子炉設置（変更）許可申請書に記載された重大事故等防止技術的能力基準の要求事項への適合方針に関する基本的内容

(各段階での確認の方針)

設置許可の審査においては、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第22条（要員の力量の確保及び教育訓練）及び第29条（設計開発の結果に係る情報）第3項第2号に適合する方針であることを確認する。検査において、原子力事業者の活動をj確認する場合には、教育訓練計画への反映事項の整理結果を考慮する。

(解説あ) 教育訓練計画への反映事項の整理に考慮する4. の分析の結果

教育訓練計画への反映事項の整理に考慮する4. の分析の結果には、例えば以下のものがある。

- ・ 事故、トラブル事象の教訓反映
- ・ タスクの時間余裕、作業負荷等
- ・ 力量
- ・ 潜在的な人的過誤とその要因

(解説い) 教育訓練計画への反映事項の整理に考慮する設備の情報

教育訓練計画への反映事項の整理に考慮する設備の情報には、HMIに関するものがある。例えば、ディスプレイ形式及びそれが示すプラント状態の間関係（故障モードとそれらの影響及びそれらのディスプレイ上の表示を含む。）、ディスプレイ内とディスプレイ間の関連性、ウィンドウ等のスクリーン上の機能の操作、その他の機能の使用に関するものがある。

(解説う) 教育訓練計画に関する留意事項

HMI、手順書等の重要な変更の前に、その変更に関する教育訓練が確実になされることが必要である。

(解説え) 教育訓練計画に関するガイドライン

教育訓練計画が検討される際には、例えば以下のガイドラインが参照されることが一般的である。

- ・ 日本電気協会「原子力発電所運転員の教育・訓練指針」(JEAG 4802-2017)

6. 検証と妥当性確認

6. 1 検証と妥当性確認

検証と妥当性確認について、以下の内容を確認する。

(視点1) 検証と妥当性確認が実施される体制が、適切な力量及び独立性からなるチームとされているか。

(各段階での確認の方針)

設置許可の審査においては、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第31条（設計開発の検証）及び第32条（設計開発の妥当性確認）に適合する方針であることを確認する。

設計及び工事の計画の審査においては、発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手順ガイドに沿って、設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書に記載されていることを確認する。

検査において、原子力事業者の活動を確認する場合には、検証の実績及び妥当性確認の実績を考慮する。なお、重大事故等に関する妥当性確認の実績については、成立性確認訓練をもって確認する場合がある。

(解説あ) 適切な力量及び独立性からなるチーム

適切な力量及び独立性からなるチームは、原子炉の運転、人間工学設計、検証と妥当性確認に必要なデータの収集等の知識・技能を有する者により構成され、そのチームには設計チームとは独立した者が含まれる。

(視点2) 検証の手順及び内容について、4. の分析結果及び5. の設計から得られた要件を踏まえて、以下の項目が考慮されているか。また、これらが適切に文書化されているか。

- ・評価項目
- ・評価基準
- ・評価方法
- ・評価事象
- ・設計仕様への反映

(視点3) 妥当性確認の手順及び内容について、4. の分析結果及び5. の設計から得られた要件を踏まえて、以下の項目が考慮されているか。また、これらが適切に文書化されているか。なお、妥当性確認に当たっては、設備、HMI、手順書、要員等によって構成される「統合システム」という観点で、可能な限り現実的な環境を模擬して実施されているか。

- ・評価項目

- ・評価基準
- ・評価方法
- ・評価事象
- ・設計仕様への反映

(各段階での確認の方針)

設置許可の審査においては、発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請に係る運用ガイドに沿った記載がなされており、品質管理基準規則第31条（設計開発の検証）及び第32条（設計開発の妥当性確認）に適合する方針であることを確認する。

設計及び工事の計画の審査においては、発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイドに沿って、設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書に記載されていることを確認する。

検査において、原子力事業者の活動を確認する場合には、検証の実績及び妥当性確認の実績を考慮する。なお、重大事故等に関する妥当性確認の実績については、成立性確認訓練をもって確認する場合がある。

(解説い) 評価項目

評価項目は、4. の分析結果及び5. の設計から得られた要件や、過去の検証又は妥当性確認の結果を踏まえて設定される。なお、妥当性確認の場合には、例えば以下の観点も考慮されて設定される。

- ・要員の認知・判断・操作を容易にし、人的過誤を抑制すること
- ・要員の作業負荷を最適化すること

(解説う) 評価基準

評価基準は、例えば以下の要件を考慮して定められる。

- ・規制要件
- ・適用規格（検証の場合）
- ・HMIによるタスク実行支援の十分性（検証の場合）
- ・ヒューマン・パフォーマンスに関するもの
- ・潜在的な人的過誤の発生防止対策の有効性（合理的かつ実施可能な範囲）

(解説え) 評価基準（ヒューマン・パフォーマンスに関するもの）

ヒューマン・パフォーマンスに関する評価基準は、例えば以下のものを考慮して定められる。

- ・認知・判断・操作に要する時間
- ・認知・判断・操作の正確性、人的過誤率
- ・作業負荷
- ・連絡の頻度、正確性

(解説お) 評価方法

評価方法は、検証又は妥当性確認の目的及び内容に応じて、例えば以下のものを考慮

して適切な手段が定められる。また、動的確認を実施する場合には、使用するシミュレータ等と実物との差異や、この評価で確認可能な範囲が明確にされていることが必要である。

- ・机上確認（チェックリスト等）
- ・静的確認（モックアップ等）
- ・動的確認（シミュレータ等）

（解説か）評価方法（データに関する留意事項）

評価方法に関して、評価に必要なデータとその収集・分析方法が定められる。必要なデータには、例えば操作履歴、音声、映像及び模擬運転員等へのアンケートがある。

（解説き）評価方法（動的確認に関する留意事項）

評価方法に関して、動的確認を実施する場合には、模擬運転員等が、試験実施前に試験対象の設備及びHMIに習熟していることが必要である。

（解説く）評価事象

評価事象の選定においては、タスク分析から得られた要件、原子炉制御室と原子炉制御室外の連携等の観点から、評価事象の代表性が整理される。

（解説け）設計仕様への反映

設計仕様への反映においては、収集したデータ及びこれに基づく模擬運転員等の行動、模擬運転員等間の連絡を含む時系列データ等から、例えば以下の事項が分析及び整理され、評価基準等に基づいて設計仕様への反映が検討される。

- ・良好に実施されたタスク
- ・良好に実施されなかったタスク
- ・評価基準等を満たしたHMI等
- ・使用が困難であったHMI等
- ・人間工学に関する課題とその解決策

（解説こ）再検証及び再妥当性確認

設計仕様への再検証及び再妥当性確認が必要に応じて実施されており、実施されている場合には、評価基準との差異、人間工学に関する課題等に注目されていることが必要である。

（解説さ）文書化

検証及び妥当性確認の文書化においては、例えば以下の項目が整理される。

- ・検証及び妥当性確認の概要
- ・収集したデータと分析結果
- ・人間工学に関する課題とその解決策
- ・結果

（解説し）現実的な環境

妥当性確認においては、例えば以下の観点で可能な限り現実的な環境が模擬される。

- ・原子炉制御室を模擬した環境が、実物の設計及び物理的な配置に対応していること
- ・手順書等が実物のものに対応していること

- ・ 模擬運転員等に、運転時にそのシステムを使用する要員に相当する者が割り当てられていること
- ・ 模擬運転員等が訓練を受けており、その力量に対応した要員の配置となっていること

(解説す) 検証及び妥当性確認の例

開発過程において標準設計仕様の検証及び妥当性確認が行われ、製作設計過程において標準設計仕様との相違点の検証及び妥当性確認が行われることがある。例えば、標準設計仕様とループ数や ECCS 等の安全系の系統の設計等が異なる場合や、適用する HMI 等のデバイスの特徴が異なる場合については、その相違点の影響が評価される。その結果、検証及び妥当性確認が行われることがある。

添付 1 人間工学設計評価の実施項目と規制要件（主なもの）の関係

人間工学設計評価の実施項目	品質管理基準規則	設置許可基準規則	技術基準規則	技術的能力指針	重大事故等防止技術的能力基準	実用炉規則
設計開発計画	第 27 条（設計開発計画）					
運転経験のレビュー	第 28 条（設計開発に用いる情報） 第 50 条（データの分析及び評価） 第 52 条（是正処置等） 第 53 条（未然防止処置）			7. 運転及びび保守の経験		
機能分析と機能配分	第 28 条（設計開発に用いる情報）	第 10 条（誤操作の防止） 第 12 条（安全施設） 第 13 条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止） 第 26 条（原子炉制御室等）			有効性評価等に対応するもの	

人間工学設計評価の実施項目	品質管理基準規則	設置許可基準規則	技術基準規則	技術的能力指針	重大事故等防止技術的能力基準	実用炉規則
		第37条(重大事故等の拡大の防止等) 第42条(特定重大事故等対処施設) 第44条～第62条				
重要なタスクの特定	第28条(設計開発に用いる情報)	第13条(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止) 第37条(重大事故等の拡大の防止等) 第42条(特定重大事故等対処施設)			有効性評価等に対応するもの	第92条第1項第8号イからハまで(発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等)
タスク分析	第28条(設計開発に用いる情報)	第13条(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止)			有効性評価等に対応するもの	第92条第1項第7号(保安教育) 第92条第1項第8号イからハまで

人間工学設計評価の実施項目	品質管理基準規則	設置許可基準規則	技術基準規則	技術的能力指針	重大事故等防止技術的能力基準	実用炉規則
		第37条(重大事故等の拡大の防止等) 第42条(特定重大事故等対処施設)				(発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等)
要員の配置及び組織の分析	第28条(設計開発に用いる情報)	第13条(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止) 第37条(重大事故等の拡大の防止等) 第42条(特定重大事故等対処施設)		10. 有資格者等の選任・配置	1.0(4)(手順書の整備、訓練の実施及び体制の整備) 有効性評価等に対応するもの	第92条第1項第8号イからハまで(発電用原子炉施設の運転に関する体制、確認すべき事項、異状があった場合の措置等)
対象設備の設計	第29条(設計開発の結果に係る情報)	第10条(誤操作の防止) 第43条(重大事故等対処設備) 各対象設備に対応するもの	各対象設備に対応するもの			

人間工学設計評価の実施項目	品質管理基準規則	設置許可基準規則	技術基準規則	技術的能力指針	重大事故等防止技術的能力基準	実用炉規則
対象手順書の設計	第29条（設計開発の結果に係る情報）					
教育訓練計画への反映事項の整理	第22条（要員の力量の確保及び教育訓練） 第29条（設計開発の結果に係る情報）					
検証と妥当性確認	第31条（設計開発の検証） 第32条（設計開発の妥当性確認）					
実装に向けた確認	第33条（設計開発の変更の管理）					
ヒューマン・パフォーマンスの監視測定	第47条（プロセスの監視測定）					

ヒューマンファクターエンジニアリングに関する 産業界の取り組みについて

2020年10月26日
原子力エネルギー協議会

目次

0. はじめに
1. これまでの産業界の動向
2. 海外動向調査及び分析
3. 今後の取り組み
4. 人間工学設計評価に関するガイド（案）への確認事項

0. はじめに

- 日本国内におけるヒューマンファクターエンジニアリング（HFE）については、TMI事故を契機に様々な取り組みを実施してきている。特に、中央制御室に関しては情報技術の進歩に合わせてデジタル化が進み、運転経験や運転員の業務分析なども踏まえ、監視性/操作性向上のための種々の工夫がなされている。
また、ヒューマンファクターを考慮した開発及び設計プロセスの構築にも取り組んできており、デジタル化を中心とした中央制御室の設計開発の実績、他の規格との整合性等を考慮して、JEAG4617/JEAC4624をまとめ、計算機化されたヒューマンマシンインターフェース（HMI）の設備面での開発及び設計に関する実施方法を定めている。
- 一方で、産業界としてもHFEに関する海外動向に注目しており、海外における規格の内容や実施状況等を調査すると共に、その内容を分析し、日本の産業界として目指すべき方向性について議論を重ねてきた。その結果、日本の現状に合ったHFEプログラムを構築し、運用していくことが今後の更なる安全性の向上につながると考えられ、産業界としてその構築に取り組んでいる。

1 - 1. HFEに関する国内産業界の動向

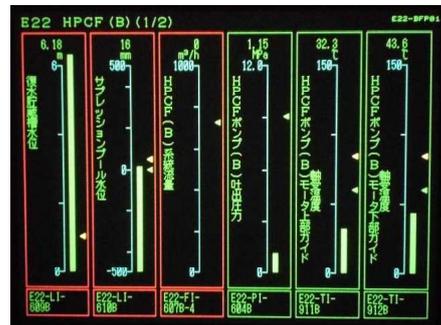
- 日本国内におけるHFE関連の要求事項については、TMI事故を受けて発行された「我が国の安全確保対策に反映させるべき事項（52項目）」を基に検討が進められ、各種法令・基準に取り込まれている。
- 国内産業界においては上記規制に対応するとともに、「運転員の誤操作及び誤判断の防止」の観点からHFEに関する研究を進め、プラントの監視性/操作性を高めるための種々の工夫がなされてきた。
- 1980年代後半からはデジタル中央制御盤の開発が進められ、計算機を用いたHMIを取り入れることにより大幅な改善を図ると共に、2000年代には、これまでに得られた人間工学的知見を基に、JEAG4617/JEAC4624を制定し、HMIの開発及び設計に関する実施方法を定めている。
- その後も、これまでの運転経験や国内／海外規格等から得られた知見を考慮して最適なHMI設計を進めると共に、発生したヒューマンエラーに対しては不適合管理プロセスを適用し、繰り返し改善することで、最適なHMI設計の維持に取り組んできている。

1 - 2. デジタル中央制御盤に関する設計例

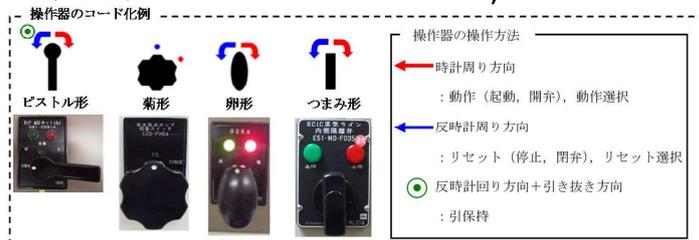
- ・ プラント全体の重要な情報は大型表示盤に表示し、運転員相互の情報共有及びプラント設備全体の情報把握が可能な設計とする。
- ・ CRT※1及びFD※2のパラメータ表示画面の重要なパラメータについては、枠線を赤色にすることで容易に識別可能な設計とする。

柏崎刈羽7号機

柏崎刈羽6号機



- ・ 操作器は形状のコード化方法や操作方法に統一性を持たせている。（その用途・目的に応じて色，形状を統一させることにより，誤判断防止を図る。）



※1 Cathode Ray Tube
(ブラウン管ディスプレイ)
※2 Flat Display
(液晶ディスプレイ)

1 - 3. HFEに関する民間規格 (JEAC/JEAG)

- ・ 人間工学に関する配慮と検討が進んだことにより考案されたプラントの監視性／操作性を高めるための種々の工夫
- ・ 計算機の導入により実現したCRTを用いた集中監視と運転操作の自動化
- ・ 計算機の導入範囲の拡大と画面タッチ操作などの新しいインターフェース技術の導入

中央制御室の計算機化にかかわる設計要件として，これまでの中央制御盤に関する設計開発の実績，海外規格（NUREG-0700等）を参考に以下の規程，指針を制定。

JEAG4617-2005 (2013年改定)
「中央制御室の計算機化されたヒューマンマシンインターフェースの開発及び設計に関する指針」

概要

主に計算機を用いて構成したヒューマンマシンインターフェースに対する開発過程と製作設計過程を規定。

- 中央監視操作盤の開発過程
- 中央監視操作盤の製作設計過程他

JEAC4624-2009
「原子力発電所の中央制御室における誤操作防止の設備設計に関する規程」

概要

中央制御室において，誤操作することなく適切に運転操作するために必要となる設備面の要求事項を規定。

- 中央監視操作盤の盤面、配置
- 中央監視操作盤の更新にあたっての配慮他

本規程、指針の内容を，国内の標準化されたHMI設計として，以降のプラントにおける中央制御室の設計・開発に活用。

2 - 1. 最近の国内産業界における取り組み

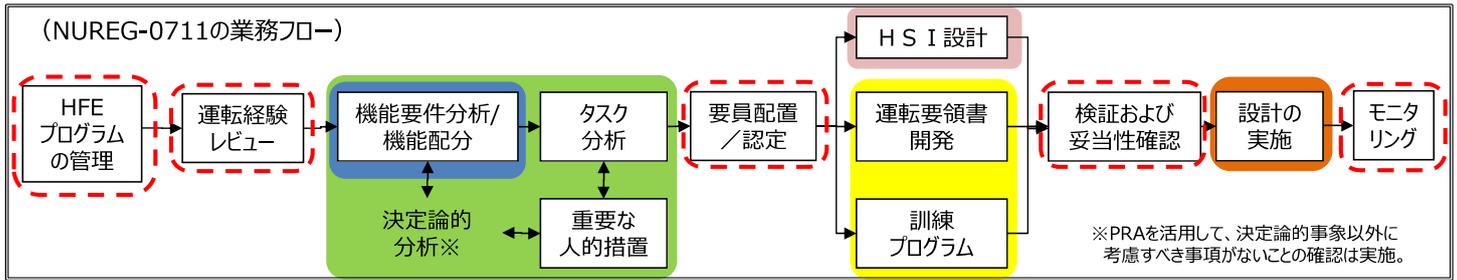
- HFEに関する海外動向を調査。主な内容は以下の通り。
 - NUREG-0711 rev.3, IAEA SSG-51 (当初はDS-492) 等, 海外規格の内容を確認し, 国内に適用した場合の影響評価を実施 (対象は, 中央制御室に限らず, 緊急時対策所, SA設備, 現場盤を含む)
 - 米国におけるHFEに関する状況をベンチマーク調査 (BWR事業者協議会, PWR事業者連絡会を通じて, 海外の実施状況を調査)

2 - 2. 海外動向調査から得られた知見

- 海外規格に関する調査, 米国におけるベンチマーク調査から, 以下のよう
な知見が得られている。
 - HFEに関する取り組みは, 日米ともにTMI事故を契機としているもの
の, 両者の取り組みには違いがある。
 - 米国では, NUREG-0711を基にHFEプログラムが構築され, 体系的
な取り組みがなされている。具体的には, モノの設計・製作に関わる
部分だけでなく, 「安全解析」「運転体制」「手順書・訓練」等との
関係も考慮しながら, 適切にHMIを構築, 維持, 向上していく体系が
構築されている。
 - 一方, 国内においても, 様々なHFEに関する課題に対応してきてお
り, それらは設置許可基準規則/技術基準規則等の現行国内規制・法
体系とも整合がとれたものとなっている。また, NUREG-0711の12
要素に対しても, 要素個別では概ね配慮された設計になっていると考
えられ, 適切なHMI設計が実現されている。但し, 米国と比較した場
合に, 個々の要素のつながりを意識した体系的な取り組みという点 (
プロセス面) で改善できる部分があると考えられる。

2-3. NUREG-0711の12要素と国内の取り組み状況

NUREG-0711 Rev.3を適用した場合における、NUREGに対する現状の国内既設プラント（DB設備）の取り組み状況を整理した。国内既設プラント（DB設備）については、従来の許認可審査においてHFEに関連する設計情報をご審査頂いている部分もあり、また十分な運転実績を有していること等から、現状の取り組みでもNUREG-0711 Rev.3の各要素に対して同等の内容が実施できていると考える。



<許認可審査での説明内容>

- 設置許可本文五号、添付八に主要系統、主要機器、主要操作（自動作動含む）を説明。
- 設置許可本文十号、添付十に決定論的事象に対して、対応操作（重要な人的措置相当）や操作を行うための必要な情報（タスク分析結果相当）を説明。
- 工認（中央制御室の機能に関する説明書（補足含む））にて誤操作防止に関する設計を説明。
- 保安規定の社内標準体系にて運転要領書および教育・訓練の内容を記載。（運転要領書の詳細内容の確認については、保安検査等で実施。）
- 設計は、工認の各添付資料および使用前検査にて説明。

<許認可審査以外での取り組み状況>

- HFEプロセス全般を包絡した計画書はない。但し、各項目については同等の内容を実施。
- ・運転経験レビューについては、プラント設計時に考慮すると共に、供用段階でもニューシア等の情報を活用し、運転経験を活用したPDCAを回している。
- ・配置要員/認定（力量）については、プラント設計時に考慮しているが、供用段階においても定期的に力量評価を実施している。
- ・検証および妥当性確認については、開発/標準化段階の共同研究等における評価や製作設計段階の各種評価を実施している。また、その妥当性はこれまでの運転実績等にて証明がなされている。
- ・モニタリングについては、不適合管理の中で人的要因について分析している。

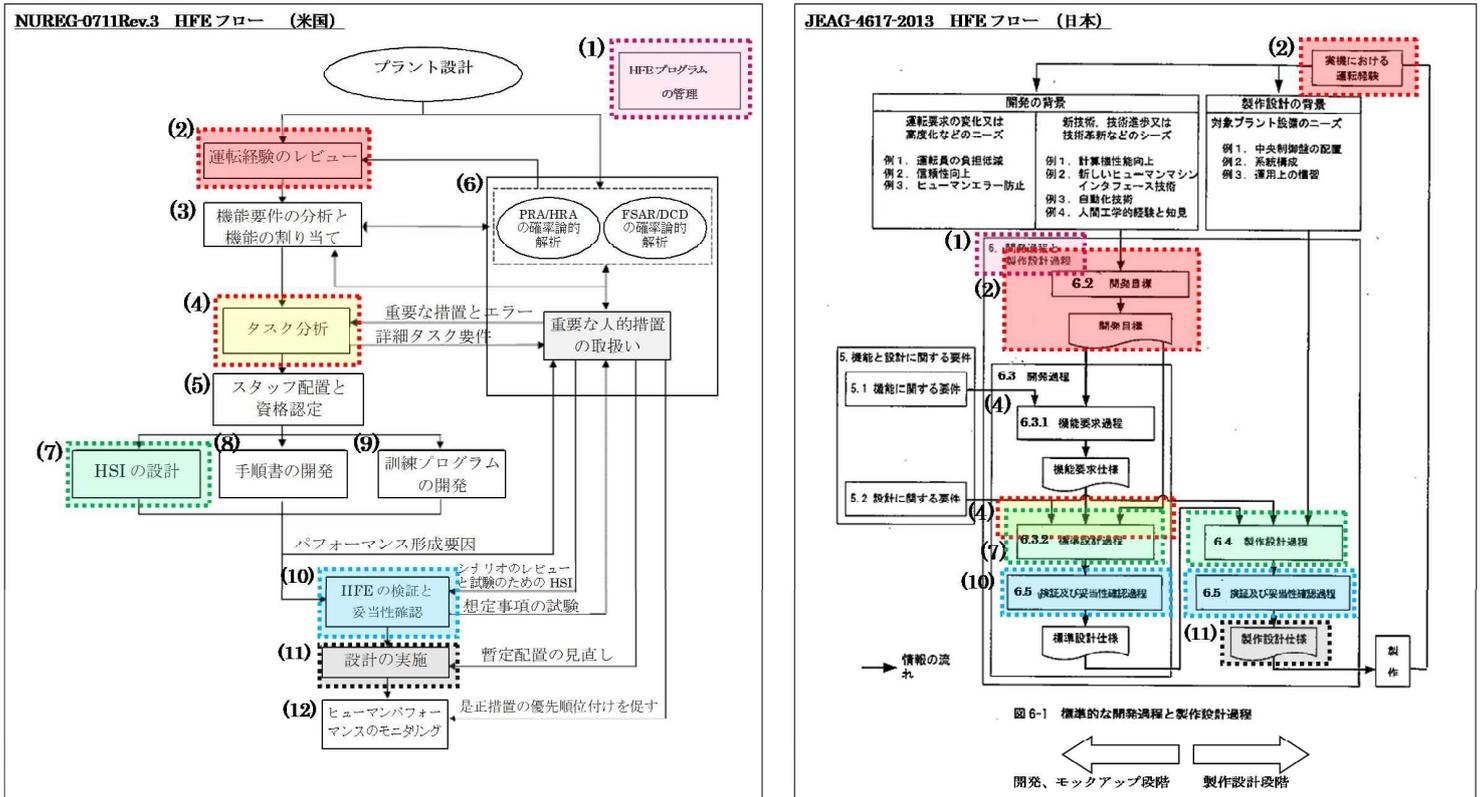
2-4. 得られた知見を踏まえた検討の方向性

- ・ 海外動向調査の結果から、産業界として日本国内においてもHFEプロセスを体系的に整理した“HFEプログラム”を構築することが有用であると認識。
- ・ 海外規格（NUREG-0711 rev.3, IAEA SSG-51等）と国内規格（JEAG4617/JEAC4624等）の比較分析を実施し、国内における対応方針を検討した。
 - JEAG4617を中心とした国内規格とNUREG-0711 rev.3の比較分析を実施（IAEA SSG-51もほぼ同等と考え、NUREG-0711 rev.3をベースに分析を実施）。
 - 国内規格を中心としたこれまでのHFEに関する取り組みを最大限活用しつつ、IAEA SSG-51, NUREG-0711 rev.3で実現されている体系的な取り組みを構築できるような方法を検討する。

具体的には、HFEの12要素を具体的な図書等により明確にインプットとアウトプットで結び付けて評価できるような体系を実現したい。

2-5. 海外規格と国内規格の比較分析

- JEAG4617とNUREG-0711 rev.3を比較。



2-6. HFEプログラム構築に向けた検討

- 前述した海外動向調査や海外規格の分析結果, 国内規格と海外規格の比較分析結果を基に, 産業界として考える「あるべき姿」をHFEプログラムの骨子案として整理。
- 整理した骨子案をベースにした国内向けHFEプログラム構築に向け, 以下の点を考慮した実務で活用できる産業界のガイド案を策定することとした。
 - 設計に関する内容はJEAG4617/JEAC4624等で規定され, ある程度整備されていることから既に国内にある取組みをベースにプログラムを構築することが望ましいと考える。
 - これまで設置許可, 工認, 使用前検査, 保安規定といった規制・法体系をベースとして, これまでの審査で事業者側が説明してきた内容を最大限活用した形でまとめるのが良いと考える。



現在, 国内向けHFEプログラムを構築するための『産業界ガイド』案を策定中。

3. 今後の取り組み

■ 今後の取り組み

- 引き続き、産業界ガイド案の策定に向け、ATENA傘下のWGで検討作業を進めていく。
産業界ガイド案の検討の中では、具体的な設計事例や海外の事例を参考に、HFEプログラムの実運用を見据えた具体的な実施方法を検討していく予定。
- 最終的には新たな国内規格（JEAG等）として、2023年度末を目標に制定することを目指す。

4. 人間工学設計評価に関するガイド（案）への確認事項

■ 確認事項

- ・ガイドを用いて実施される審査、検査について、事業者としては設置変更許可申請や工認変更申請となる工事のうち、これから設計に着手するものが対象と考えるが、具体的な対象範囲を確認させていただきたい。
(許認可変更等を要する重要な工事とするのか、全ての工事を対象とするのか等)

HFEに関連する民間規格（JEAC/JEAG）

- **JEAG4617-2013「中央制御室の計算機化されたヒューマンマシンインターフェースの開発及び設計に関する指針」**
中央制御室におけるHMIの開発及び設計に関する基本事項（設計要求事項や一連の設計開発プロセス等）が記載されている。
- **JEAC4624-2009「原子力発電所の中央制御室における誤操作防止の設備設計に関する規程」**
中央制御室における誤操作防止のために必要な設備面への要求事項が記載されている。
- **JEAG4627-2017「原子力発電所緊急時対策所の設計指針」**
緊急時対策所に対する設計要求事項が記載されている（ただし、HFE関連の要求は限定的）。
- **JEAG4802-2017「原子力発電所運転員の教育・訓練指針」**
運転員の養成及び運転に必要な知識・技能等の維持・向上のための教育・訓練に関する基本的事項が記載されている。
- **JEAC4804-2014「原子力発電所運転責任者の判定に係る規程」**
運転当直長を判定する際の要求事項（求められる力量や試験内容等）が記載されている。

NUREG-0711 12要素の展開方法（1）

NUREG-0711 の12要素	JEAC/JEAGにおける該当項目の有無				各要素に対する展開の方向性
	JEAG 4617	JEAC 4624	JEAG 4802	JEAC 4804	
(1) HFEプログラムの管理	○				産業界ガイドの中でHFEチームの組織化、スタッフや訓練等を包含したプロセスも含めて規定する。
(2) 運転経験のレビュー	○				産業界ガイドの中で「運転経験」のレビュープロセス・実施事項等も含めて規定する。 但し、具体的な内容は各事業者個別のもの活用できるようなハイレベルな記載が望ましい。
(3) 機能要件の分析と機能の割り当て					産業界ガイドの中で規定するが、別途「機能要件の分析と機能の割り当て」、「タスク分析」、「重要な人的措置の取扱い」に関するガイド、又は参照文書を設定し、それを呼び込む形が望ましい。
(4) タスク分析	○				産業界ガイドの中で規定するが、別途「機能要件の分析と機能の割り当て」、「タスク分析」、「重要な人的措置の取扱い」に関するガイド、又は参照文書を設定し、それを呼び込む形が望ましい。
(5) スタッフ配置と資格認定				○	産業界ガイドの中で規定するが、具体的な内容はJEAC4804を呼び込む形とする。
(6) 重要な人的措置の取扱い					産業界ガイドの中で規定するが、別途「機能要件の分析と機能の割り当て」、「タスク分析」、「重要な人的措置の取扱い」に関するガイド、又は参照文書を設定し、それを呼び込む形が望ましい。

NUREG-0711 12要素の展開方法（2）

NUREG-0711 の12要素	JEAC/JEAGにおける該当項目の有無				各要素に対する展開の方向性
	JEAG 4617	JEAC 4624	JEAG 4802	JEAC 4804	
(7) HSIの設計	○	○			産業界ガイドの中で規定するが、具体的な内容はJEAG4617/JEAC4624を呼び込む形とする。 但し、中央制御室に限定せず、RSS等についてもJEAG4617の中で規定し、緊急時対策所についてはJEAG4627を参照する形が望ましい。
(8) 手順書の開発					産業界ガイドの中で規定する。 但し、手順書の作成方法や様式等、具体的な内容については各事業者個別のもの活用できるようなハイレベルな記載が望ましい。
(9) 訓練プログラムの開発			○		産業界ガイドの中で規定するが、具体的な内容はJEAC4802を呼び込む形とする。
(10) HFEの検証と妥当性確認	○				産業界ガイドの中で規定するが、具体的な内容はJEAG4617を呼び込む形とする。
(11) 設計の実施	○				産業界ガイドの中で規定するが、具体的な内容はJEAG4617を呼び込む形とする。
(12) ヒューマンパフォーマンスのモニタリング					産業界ガイドの中で規定する。 但し、モニタリングの方法等、具体的な内容については各事業者がもつ既存のシステムを活用できるようなハイレベルな記載が望ましい。