

原子力発電所における人間工学を適用した
設計開発指針
(JEAG 46XX)

原子力発電所の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)

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)
制定及び改定検討概要

2023年4月

日本電気協会 安全設計分科会
計測制御検討会

1. 指針の概要と制定及び改定経緯

2005年 中央制御室に係わる人間工学的知見のうち、計算機化されたヒューマンマシンインタフェースの設備面での開発及び設計に関する実施方法を定めることを目的に制定。

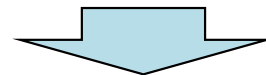
JEAG 4617-2005「中央制御室の計算機化されたヒューマンマシンインタフェースの開発及び設計に関する指針」

2009年 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定めることを目的に制定。

JEAC 4624-2009「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」

2013年 計算機化されたヒューマンマシンインタフェースについて、設計・許認可等の経験や実績、国内外規格・基準類等の更新を踏まえて改定。

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



NUREG-0711等の人間工学関連の国際ガイド、原子力規制庁「人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド」(以下、「原子力規制庁人間工学ガイド」)等の国内規制要件、及び既存の国内規格等を踏まえて、人間工学プログラムの整備とそれに基づく人間工学プロセスの実践に関する新規指針の制定を検討。これに合わせて、既存のヒューマンファクター関連規格(JEAG 4617及びJEAC 4624)の改定も検討。

2. 今回の指針の制定及び改定の目的

国内規制要求，海外関連規格等を踏まえて，人間工学を体系的に設計開発活動へ展開するための人間工学プログラムの整備とそれに基づく人間工学プロセスの実践に関する指針を制定。これに合わせて，既存のヒューマンファクタ関連規格（JEAG 4617及びJEAC 4624）についても，新規制定する規格との整合性を考慮して，必要に応じ改定。

➤ **JEAG 46XX「原子力発電所における人間工学を適用した設計開発指針」**

人間工学を体系的に設計開発活動へ展開するための人間工学プログラムの整備とそれに基づく人間工学プロセスの実践に関する指針として新規制定。

➤ **JEAG 4617「原子力発電所の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」**

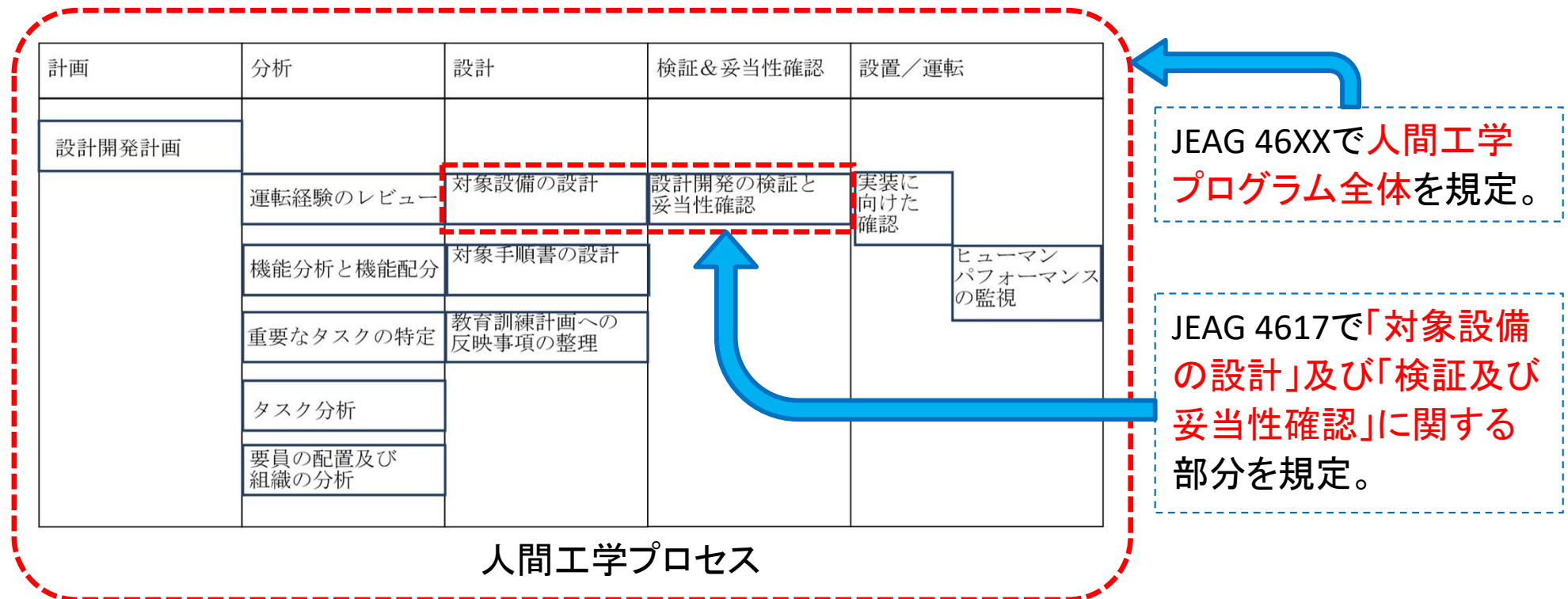
JEAG 46XXに規定した人間工学プログラムを踏まえて，開発及び設計に関する指針として適用範囲，機能要件に関する要件，開発・設計過程，V&V過程の内容，規格タイトル等を見直し。

➤ **JEAC 4624「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」**

ヒューマンファクタ関連規格の制定/改定に合わせて参照規格等を見直し。

3-1-1. 制定及び改定方針(全体方針)

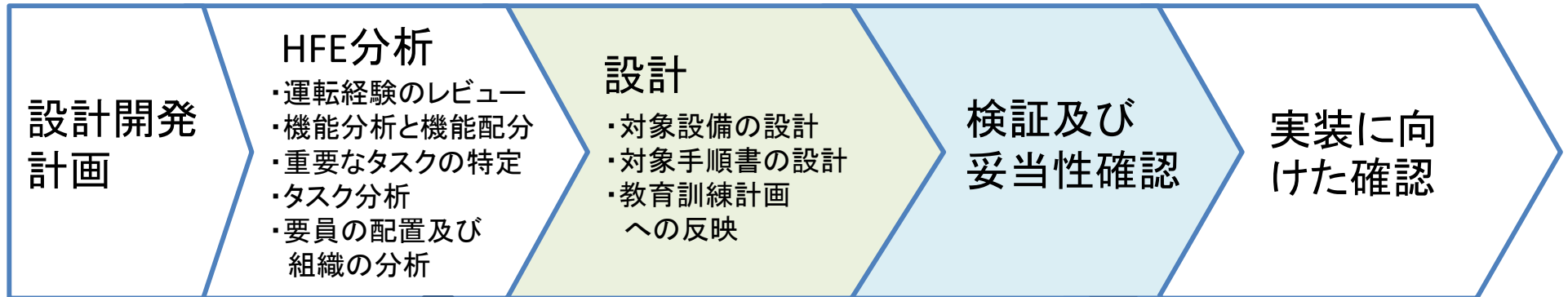
- JEAG 46XXは中央制御室等の監視・操作に必要な設備の設計開発活動に対して人間工学を体系的に展開するための人間工学プログラム全体を整理。
- JEAG 4617は人間工学プログラムのうち、「対象設備の設計」及び「検証及び妥当性確認」に関する部分を整理。人間工学プログラムを適用する範囲(重要なタスク, 重要なタスクに成立性に影響するもの)を適用範囲に含め, 中央制御室(中央制御盤及び作業空間)については従来と同様に全てのプラント状態に対して適用。
- JEAC 4624は新規規制基準等を確認した上で改定要否を確認。要求事項に大きな変更はなく, 参照規格等を更新。



3-1-2. 制定及び改定方針(全体方針)

人間工学プログラムの全体を規定

全体プロセス JEAG 46XX 原子力発電所における人間工学を適用した設計開発指針



HFE分析結果をインプットとして反映要求

HFEプロセス要件

下流工程へのインタフェースを明確化

誤操作防止のための設備面の要求事項を規定

個別設計プロセス

JEAC 4624 原子力発電所の中央制御室における誤操作の設備設計に関する規程

- ・誤操作防止の設備設計

その他の要求・INPUT

JEAG 4617 原子力発電所のHMIの開発及び設計に関する指針

- ・機能, 設計に関する要件
- ・開発, 製作設計

- ・検証及び妥当性確認

対象手順書の設計

JEAG 4802 原子力発電所運転員の教育・訓練指針

個別の設計, 検証, 妥当性確認プロセスを規定

3-1-3. 制定及び改定方針(全体方針)

JEAG 46XX, JEAG4617, JEAC4624の適用範囲比較

JEAG 46XX: 対象設備のうち, 重要なタスク, 重要なタスクの成立性に影響するもの
(過渡事象, 事故事象のシーケンス, 重大事故等のシーケンス)

JEAG4617: 中央制御室における全てのプラント状態に関する監視, 操作機能, 及び重要なタスク, 重要なタスクの成立性に影響するもの

JEAC4624: 中央制御室における全てのプラント状態に関する監視, 操作機能

設備	タスク	JEAG 46XX	JEAG4617		JEAC4624	
		202X	2013※ (改定前)	202X (改定後)	2009 (改定前)	202X (改定後)
主要設備 (中央制御盤)	重要なタスク・重要なタスクに影響 (過渡時, 事故時, 重大事故時等)	◎	◎	◎	◎	◎
	上記以外(運転時, 保守時等)	—	◎	◎	◎	◎
主要設備 (中央制御盤以外)	重要なタスク・重要なタスクに影響 (過渡時, 事故時, 重大事故時等)	◎	—	◎	—	—
	上記以外(運転時, 保守時等)	—	—	△	—	—
関連設備	重要なタスク・重要なタスクに影響 (過渡時, 事故時, 重大事故時等)	○	—	○	—	—
	上記以外(運転時, 保守時等)	—	—	△	—	—

◎: 規格の内容を全て適用, ○: タスクの重要度等に応じて必要な実施項目を適用,

△: 要件に応じて必要な実施項目を適用, —: 適用対象外

※JEAG 4617-2013は計算機化されたヒューマンマシンインタフェースを対象

3-2. 制定概要 (JEAG 46XX)

人間工学に関連する既存の国内規格等との関連性を踏まえた上で、これまでの国内の人間工学に関する設計開発プロセスを実務的な流れに沿って体系的に整理。

- NUREG-0711, IAEA SSG-51, 原子力規制庁人間工学ガイドを基に人間工学プログラムを以下の12のプロセスで構成。
 - ①設計開発計画 ②運転経験のレビュー ③機能分析と機能配分
 - ④重要なタスクの特定 ⑤タスク分析 ⑥要員の配置及び組織の分析
 - ⑦対象設備の設計 ⑧対象手順書の設計
 - ⑨教育訓練計画への反映事項の整理 ⑩設計開発の検証及び妥当性確認
 - ⑪実装に向けた確認 ⑫ヒューマンパフォーマンスの監視

<適用範囲>

- 設備は中央制御室, 緊急時対策所(必要な情報を把握できる設備に限る), 緊急時制御室を対象(⇒対象設備のうち主要設備)。
中央制御室外原子炉停止盤, 現場監視制御盤, 重大事故等対処設備(可搬)については影響度合いに応じて適用(⇒対象設備のうち関連設備)。
- 要員は運転員, 緊急時制御室要員, 緊急時対策要員を対象。
- タスクは安全評価の過渡事象及び事故事象のシーケンス, 有効性評価の重大事故等のシーケンスにおいて期待するもの(重要なタスク)及び重要なタスクの成立に影響する可能性があるものを対象。
※通常運転時, 保守作業時等については, 設置許可基準規則10条, 43条等に基づき対応。

3-3-1. 改定概要 (JEAG 4617)

現行の開発及び設計プロセスをベースとして、人間工学プログラムにおける設計、検証及び妥当性確認プロセスとしての内容を追加。

- 適用範囲を従来の「中央制御室における計算機化されたヒューマンマシンインタフェース」から以下の通り見直し。

中央制御室：全てのプラント状態における監視、操作機能

中央制御室以外：重要なタスク、重要なタスクの成立性に影響するもの
(その他のタスク(通常時、保守時等)については要件に応じて実施項目を選定して適用)

- 「機能と設計に関する要件」、「開発過程と設計製作過程」等の各プロセスに、人間工学プログラムとのインターフェース(インプット要求事項)や人間工学プログラムとして実施する場合に必要な事項を追加。
- タイトルを「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」から「原子力発電所の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」に変更。

3-3-2. 改定概要 (JEAG 4617)

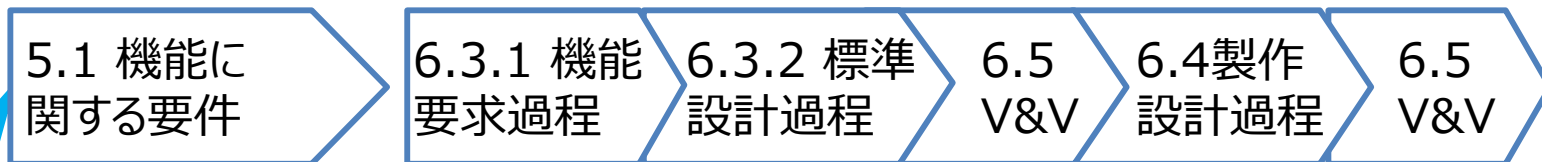
4617の開発設計プロセスとの関係性を考慮し、46XXには基本的な事項を記し、詳細は4617に記載することとした

JEAG 46XX
全体プロセス



・HFE分析結果, 適用規格等

JEAG 4617
個別設計プロセス



JEAG 46XXの人間工学プログラムの全体プロセスの要求事項を反映。
原子力規制庁「人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド」の要件(視点5.1-1,視点5.1-2)を含む。

以下を考慮し、HMI機能を定める。
・監視機能・操作機能
・法令・指針要求
・操作余裕
・**タスク分析**
・デジタル化機能劣化

・機能分析を行う。
・機能分析に基づき、監視操作設備要件の整理とHMIに搭載すべき機能を要求仕様化

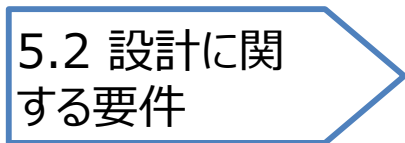
機能要求仕様及び「5.2 設計に関する要件」を満足するよう、**タスク分析**を行い、監視

【6.5 V&Vは次の頁を参照】

(改定)
・46XXの人間工学プログラムの上流プロセスの結果を考慮すべきことを追記(解説-12)
・人間工学プログラムとして実施する場合に必要な事項を追記(解説-5~7) 追加

(改定)
JEAG 46XXの用語との関係性・整合性から、4617の従来の用語を以下のように変更
・タスク分析→タスク要件分析
・機能分析→機能要件分析
タスク分析の定義は46XXと同じとなるよう変更

(改定)
人間工学プログラムとして実施する場合に必要な事項を追記(解説-34,35) 追加



(改定)
JAEG 46XXに合わせ適用範囲を広げたことに伴い、中央制御室に限定した記載を見直し。

3-3-3. 改定概要 (JEAG 4617)

4617の検証及び妥当性確認プロセスとの関係性を考慮し、46XXには基本的な事項を記し、詳細は4617に記載することとした

JEAG 46XX 全体プロセス

15. 設計開発の検証及び妥当性確認

15.4.1 実施計画

- 設計開発の各段階で実施するV&Vの手順、内容、体制、時期等を計画。

15.4.2 実施体制

- 様々な専門性を有する者による客観的な評価となるよう、適切な力量、独立性を有する実施体制の構築。

JEAG 4617 個別設計プロセス

6.5 検証及び妥当性確認過程

(1) 実施計画

- ヒューマンマシンインタフェースの開発過程及び製作設計過程で実施するV&Vについて、その手順及び内容、体制、時期について、本指針6.5項の(2)から(4)を考慮して実施計画を策定。
- 設計開発計画と整合したV&V実施計画の策定。
- 人間工学的観点からの影響度合いに応じたV&V実施レベルの設定。(グレーディッドアプローチ)

(2) 評価チーム

- 原子力発電所の運転
- 原子力発電所のヒューマンマシンインタフェースの設計
- 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



(追加)

- 原子力規制庁「人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド」のV&V要件（視点6-1）への適合。
- 本指針の適用範囲拡大に伴い、V&V実施における「グレーディッドアプローチ」の適用。



(改定)

- 原子力規制庁「人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド」のV&V要件（解説-23）への適合。
- 本指針の適用範囲拡大に伴う記載見直し。

3-3-4. 改定概要 (JEAG 4617)

4617の検証及び妥当性確認プロセスとの関係性を考慮し、46XXには基本的な事項を記し、詳細は4617に記載することとした

JEAG 46XX 全体プロセス

15. 設計開発の検証及び妥当性確認

15.4.3 実施内容

- 設計開発の検証, 妥当性確認の実施。
- 人間工学上の解決すべき課題 (HED) の登録・管理。

JEAG 4617 個別設計プロセス

6.5 検証及び妥当性確認過程

(3) 検証の手順及び内容

- 「5.1 機能に関する要件」を満足していることを評価する「タスク実行支援に関する要件の検証」の実施と、「5.2 設計に関する要件」を満足していることを評価する「設計に関する要件の検証」の実施を明記 (本指針の解説-36)。
- 検証の各手順 a)～ g)に対し, 関連するNRA要件を解説に盛り込み (本指針の解説-38, 40, 41, 42)。HEDは本指針の解説-42で対応。
- 「実装に向けた確認への引渡し」を新規手順 h)として追加。



- 人間工学設計開発の体系的な取組みの一環として, JEAG 46XXによる前段でのHFE分析結果の設計インプットに対し, 「タスク実行支援に関する要件の検証」の実施の明記。
- 原子力規制庁「人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド」の検証の要件 (視点6-2) への適合。
- JEAG 46XXでの検討の反映 (実装に向けた確認)。

(4) 妥当性確認の手順及び内容

- 妥当性確認の各手順 a)～ g)に対し, 関連するNRA要件を解説に盛り込み (本指針の解説-39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49)。HEDは本指針の解説-42で対応。
- 動的検証におけるグレーディッドアプローチ適用 (本指針の解説-39, 49)。
- 妥当性確認の評価基準に関し, アンケート評価の扱いの見直し (本指針の解説-45)
- 「実装に向けた確認への引渡し」を新規手順 h)として追加。



- 原子力規制庁「人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド」の妥当性確認の要件 (視点6-3) への適合。
- 本指針の適用範囲拡大に伴い, 妥当性確認で実施する動的検証での「グレーディッドアプローチ」の適用。
- JEAG 46XXでの検討の反映 (妥当性確認の評価基準, 実装に向けた確認)。

3-4. 改定概要 (JEAC 4624)

新規制基準における誤操作防止に関する要求事項, 人間工学プログラムとの関連性等を確認。

- 誤操作防止に関する追加の要求事項無し。
- JEAG 46XXの制定及びJEAG 4617の改定等を踏まえて参照規格を見直し。

4. 新規制基準の反映

設置許可基準規則，技術基準規則，人間工学設計開発に関する審査および検査ガイドを確認し，必要事項を反映。

(1) 設置許可基準規則，技術基準規則から反映内容

設置許可基準規則，技術基準規則に誤操作防止に関する記載があるが，従来からの追加要求事項はなく，今回の制定及び改定において反映する事項はなかった。

(2) 人間工学設計開発に関する審査および検査ガイド

「人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド」を踏まえて，人間工学プログラムを整備し，新規制定規格及び既存の規格の改定内容に反映。

5. 海外関連規格等の調査

(1) 人間工学関連の国際ガイド等を調査

- ◆ NUREG-0711 Rev.3, 2012 Human Factors Engineering Program Review Model (NRC)
- ◆ SSG-51, 2019 IAEA Specific Safety Standards, Human Factors Engineering in the Design of Nuclear Power Plants (IAEA)

(2) 調査結果とヒューマンファクタ関連規格への反映

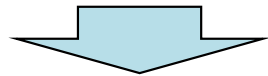
NUREG-0711等の人間工学関連の国際ガイド、及び既存の国内規格等の調査結果から得られた知見を踏まえて、人間工学プログラムを整備し、新規制定規格及び既存の規格の改定内容に反映。

6. 運転経験, トラブル情報の調査

国内及び国外のヒューマンファクターエンジニアリングに関する

- ・新規制での安全審査状況
- ・運転経験
- ・トラブル情報(NUCIA等)

について, 反映すべき事項の有無を調査。



新規制での安全審査の経験を踏まえて, 人間工学プログラムにおける適用範囲等を検討し, 反映。

⇒主には, 重大事故等対処設備, 有効性評価における重大事故等のシーケンス等を考慮して検討, 反映。

1F事故以降の運転経験, トラブル状況について反映すべき事項は無かった。