

電気技術規程
原子力編

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 4624-20XX

一般社団法人 日本電気協会
原子力規格委員会

全民審計日

目 次

1. 目的	1
2. 適用範囲	1
3. 関連法規, 規格	1
4. 用語の定義	1
5. 誤操作防止に関する設備面の要求事項	2
5. 1 中央制御室監視操作エリアの環境条件	2
5. 2 中央制御室監視操作エリアにおける設備の配置及び作業空間	2
5. 3 中央監視操作盤の盤面配置	2
5. 4 中央監視操作盤の表示システム (警報システムを含む)	2
5. 5 中央監視操作盤の制御機能	3
6. 中央監視操作盤の新規設置にあたっての配慮	3
解 説	4

全民審計日

1. 目的

本規程は、発電用原子力設備の原子炉制御室（以下、「中央制御室」という）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することを目的とする。

2. 適用範囲

本規程は、原子力発電所の中央制御室のうち、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として、中央制御室監視操作エリア及び中央監視操作盤を対象とする。なお、本規程を重大事故等対処設備に適用してもよい。（解説－1）

3. 関連法規，規格

本規程の関連法規，規格として以下のものがある。

- (1) 発電用原子力設備に関する技術基準（昭和 40 年 6 月 15 日通商産業省令第 62 号，一部改正：令和 2 年 12 月 28 日）
- (2) 日本電気協会電気技術指針「安全機能，重大事故等に対処する機能を有する計測制御装置の設計指針」（JEAG 4611-2021）
- (3) 日本電気協会電気技術指針「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 4617-20XX）
- (4) 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号，令和四年政令第三百八十一号による改正）
- (5) 事務所衛生基準規則（昭和 47 年 9 月 30 日労働省令第 43 号）
- (6) 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）
- (7) 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）
- (8) 人間工学設計開発に関する審査及び検査ガイド（令和 3 年 4 月 7 日 原規技発第 2104072 号 原子力規制委員会決定）
- (9) 日本電気協会電気技術指針「原子力発電所における設計開発に人間工学を体系的に適用するための指針」（JEAG 4641-20XX）
- (10) 日本電気協会電気技術指針「原子力発電所の緊急時対策指針」（JEAG 4102-2020）

4. 用語の定義

4. 1 中央制御室

プラント設備の監視及び操作を集中化又は集約化して行うため，運転員が常駐する部屋。

（解説－2）

4. 2 中央制御室監視操作エリア

中央制御室のうち，特に運転員が中央監視操作盤でプラントの状態監視及び運転操作を行うための場所。（解説－2）

4. 3 発電所緊急時対策所

原子力事業所における緊急事態応急対策及び原子力災害事後対策の実施を統括管理するための施設¹。

4. 4 運転支援装置

プラント設備の情報をより分かりやすい形に整理及び加工して表示することにより、運転員の判断、意志決定及びこれに伴う対応行動に関する情報を与え、運転員による監視及び操作を支援するための装置。(解説-3)

5. 誤操作防止に関する設備面の要求事項

中央制御室監視操作エリア及び中央監視操作盤は、誤操作を防止するため、以下の要求事項を満足しなければならない。

5. 1 中央制御室監視操作エリアの環境条件

運転員が適切に運転できるよう、中央制御室監視操作エリアは、温度、照明、騒音に対して、快適な環境条件が考慮されていること。(解説-4)

5. 2 中央制御室監視操作エリアにおける設備の配置及び作業空間

(1) 全てのプラント運転状態において、運転員に過度な負担とならないよう以下を考慮すること。

- a) 人間と機械の役割分担が決められている。
- b) 中央制御室監視操作エリアにおいて集中して監視及び操作する項目を定め、現場（中央制御室内裏側直立盤を含む）との役割分担が決められている。
- c) 運転員の情報共有が有効になるよう考慮された設備配置となっている。

(解説-5)

(2) 安全性を確保するために、プラント異常状態時に手動操作を要する場合は、運転員の監視性及び操作性を考慮した動作範囲とすること。

5. 3 中央監視操作盤の盤面配置

中央監視操作盤に設置される警報、表示装置、制御機器は、運転員の誤操作及び誤認識を防止できるように配置及び配列されるとともに、統一性のある表示を用いること。(解説-6)

5. 4 中央監視操作盤の表示システム（警報システムを含む）

(1) 中央監視操作盤の情報表示機能

- a) プラントの系統・機器の状況を示す情報や安全上必要な情報は、網羅され、適切な位置に、理解し易い表示方法で運転員に提供されること。(解説-7)
- b) 発電所緊急時対策所との連絡・連携の機能にかかわる情報伝達の不備や誤判断が生じないよう考慮されていること。(解説-8)
- c) 複数の運転員による監視ができるよう、安全上重要な情報は中央制御室の運転員が共有できる場所に表示できること。(解説-9)

(2) 警報機能

¹ 「原子力発電所の緊急時対策指針」（JEAG 4102-2020）で使用する用語を参考に設定した。

中央監視操作盤の警報機能は、プラントの設備又はプロセスに異常が生じた場合、運転員に告知し、運転員の適切な対応操作を可能とすること。(解説－10)

(3) 運転支援

中央監視操作盤に運転支援装置を設ける場合は、その装置の機能を喪失した場合にもプラントを安全に運転できる設備となっていること。

5. 5 中央監視操作盤の制御機能

- (1) 誤操作を可能な限り少なくするよう、中央監視操作盤の制御機器は操作し易いものであること。
 - (2) 中央監視操作盤から制御する系統・機器は、プラントの安全を阻害するような非安全な操作ができないようにすること。
 - (3) 自動操作する場合は、自動操作の進行を運転員が確認できること。
- (解説－11)

6. 中央監視操作盤の新規設置及び更新にあたっての配慮

中央監視操作盤を新規に設置する場合及び既設中央監視操作盤を更新する場合には、前記の設備面の要求事項を満足することに加え、適切な開発過程、製作設計過程、検証及び妥当性確認過程を実施することにより、誤操作することなく適切に運転操作可能な設備となるよう配慮する。

(解説－12)

[解 説]

今泉審査員

(解説－1) 適用範囲

「**実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則**」**第三十八条の2**には、「原子炉制御室には、反応度制御系統及び原子炉停止系統に係る設備を操作する装置、非常用炉心冷却設備その他の非常時に発電用原子炉の安全を確保するための設備を操作する装置、発電用原子炉及び一次冷却系統に係る主要な機械又は器具の動作状態を表示する装置、主要計測装置の計測結果を表示する装置その他の発電用原子炉を安全に運転するための主要な装置（第四十七条第一項に規定する装置を含む。）を集中し、かつ、誤操作することなく適切に運転操作することができるよう施設しなければならない。」と規定されている。

原子力発電所の中央制御室のうち、本規程で対象とするのは、中央制御室に集中設置され、通常運転時あるいは異常事故時に監視及び操作の対象となる「中央制御室監視操作エリア」及び「中央監視操作盤」である。

上記の対象とならない現場盤及び中央制御室内裏側直立盤は本規程の対象外とする。

また、廃棄物処理系等の原子炉とは直接関係しない設備の制御室は対象外とする。

なお、本規程は新設の中央制御室だけでなく、既設の中央制御室にも適用することができる。

「**実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則**」**第五十四条**には、重大事故等対処設備について「想定される重大事故等が発生した場合において確実に操作できること。」と規定されている。上記で要求されている確実な操作を実現するために、本規程を重大事故等対処設備に適用してもよい。

また、上記対象外としている設備も含め、その他の設備に適用することを妨げない。

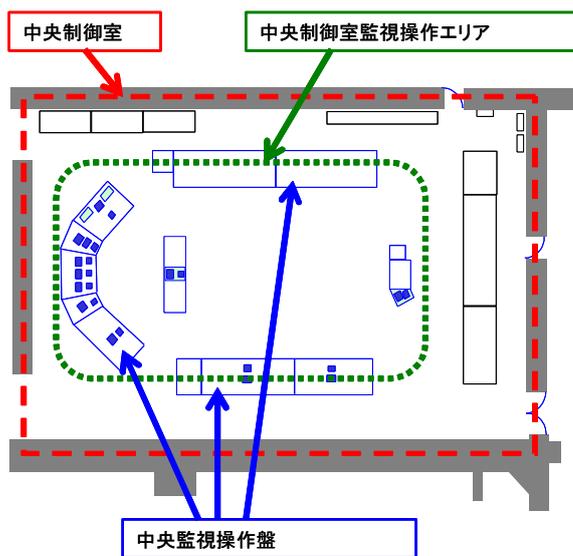
(解説－2) 中央制御室と中央制御室監視操作エリア

中央制御室には、反応度制御系統及び原子炉停止系統に係る設備を操作する装置、非常用炉心冷却設備等非常時に原子炉の安全を確保するための設備を操作する装置、原子炉及び一次冷却系統に係る主要な機械器具の動作状態を表示する装置、主要計測装置の計測結果を表示する装置その他の原子炉を安全に運転するための主要な装置が設置されるとともに、通常時及びプラント異常事故時の原子炉施設の監視及び操作を行うための中央監視操作盤が設置される。

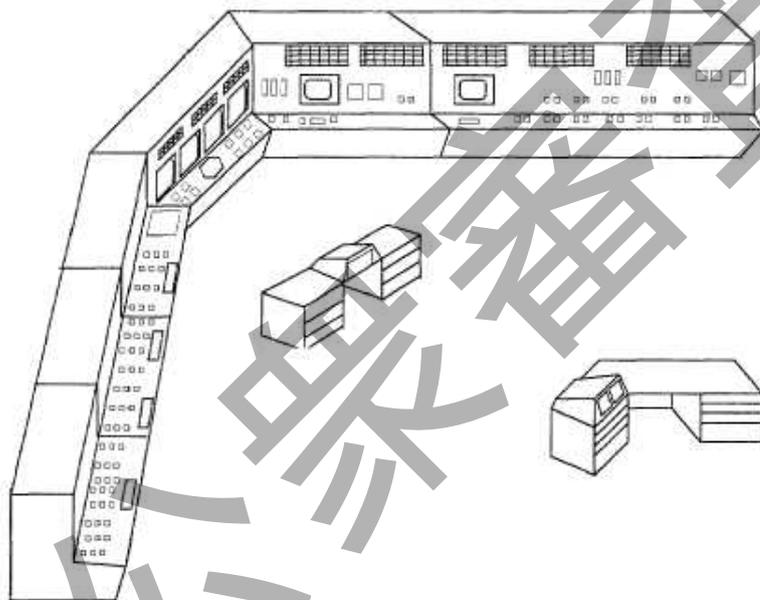
また、原子炉施設の計測制御回路等を収納した中央制御室内裏側直立盤や、通常時及びプラント異常事故時の原子炉施設の監視及び操作に直接関連しない制御盤等が設置される場合もある。

なお、原子力発電所における「中央制御室監視操作エリア」及び「中央監視操作盤」の例を次に示す。

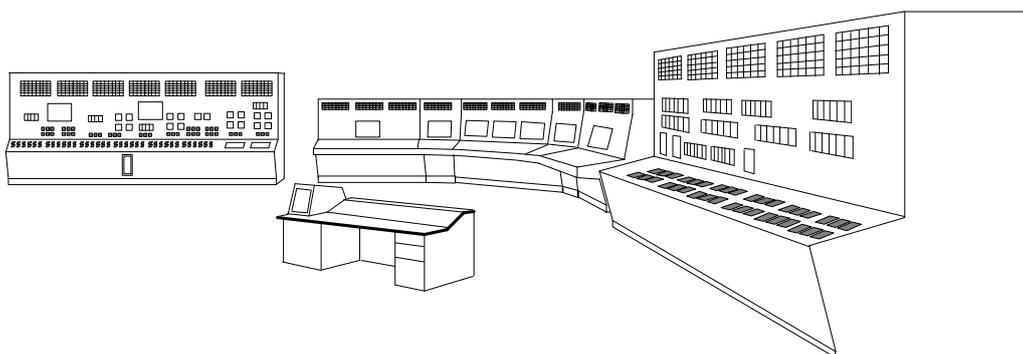
(中央制御室, 中央制御室監視操作エリア及び中央監視操作盤の配置例)



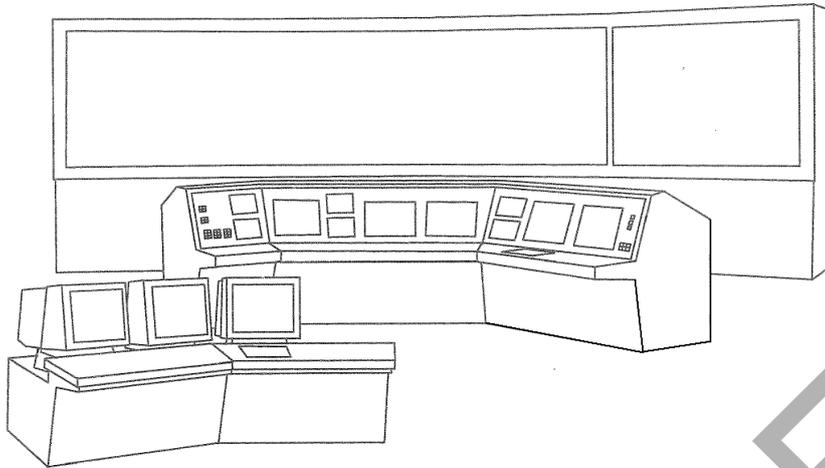
(中央制御室監視操作エリア及び中央監視操作盤の例1)



(中央制御室監視操作エリア及び中央監視操作盤の例2)



(中央制御室監視操作エリア及び中央監視操作盤の例3)



(解説-3) 運転支援装置の例

運転員の監視及び操作における運転支援装置の例を、以下に示す。

- 例1. 起動及び停止時における運転操作ガイド
- 例2. 工学的安全設備のサーバランステストガイド
- 例3. 安全上及び運転上重要な設備や機器の待機状態の監視
- 例4. 事故時の事象診断及び運転操作ガイド
- 例5. 電子化手順書による運転操作ガイド

なお、計算機が直接操作端を駆動する、あるいは制御装置に自動的に起動信号や設定値を与える運転の自動化は運転支援ではない。

また、異常時及び事故時に用いることを目的とする運転支援装置の場合、過度に運転員からの情報入力を必要としたり、運転員の注意を頻繁に分散させるなど、本来行うべき運転員の監視及び操作を阻害したり、負担を増加させないように考慮する。

(解説-4) 中央制御室監視操作エリアの快適な環境条件の設計例

中央制御室監視操作エリアの快適な環境条件の設計例としては、下記のものがある。

- (1) 建築基準法施行令 129 条 (17～28℃)、事務所衛生基準規則 (17℃以上 28℃以下) 等で定められた温度範囲となるよう適切な換気空調を行う。
- (2) 事務所衛生基準規則 (精密作業 300 ルクス以上) 等で定められた制御盤面での照度を確保するよう照明設備を設けるとともに、照明反射によるインターフェイス機器監視の阻害要因が排除されている。
- (3) 運転員同士の会話が阻害されるような騒音が防止されている。

(解説-5) 中央制御室監視操作エリアにおける設備の配置及び作業空間の設計の考慮事項

運転員の過度な負担とならないことは、中央制御室監視操作エリアにおける設備の配置及び作業

空間の設計、中央監視操作盤の設計において下記の考慮を行うとともに、運転手順書やそれに基づく運転訓練において確認される。

なお、運転員の負担の評価及び設計への反映事例として、例えば「ABWR型中央制御盤の開発」(火力原子力発電, Vo.42 No.11, 1991), 「PWR総合デジタル化システム向け中央制御室の標準化開発と検証」(日本原子力学会和文論文誌, Vo.2 No.3, 2003) などがある。

中央制御室監視操作エリアにおける設備の配置及び作業空間の設計例としては、下記のものがある。

- (1) 中央制御室監視操作エリアは、すべての運転状態において、運転員がそれぞれの運転タスクを適切に行えるよう、区分等が考慮されている。
(区分：原子炉系、タービン発電機系などの系統)
- (2) 中央制御室監視操作エリアは、運転員相互の視認性及び運転員間のコミュニケーションを考慮して配置されている。
- (3) 中央制御室監視操作エリアの動作範囲では、運転員動線と運転員同士の輻輳回避が考慮される。

(解説-6) 中央監視操作盤の盤面配置の設計例

中央監視操作盤の盤面配置の設計例としては、下記のものがある。

- (1) 警報用パネル及び警報窓は、中央制御室監視操作エリアから監視できるようにする。
- (2) 操作頻度の高い制御機器及び緊急時に操作を必要とする制御機器は、容易に手の届く範囲に配置する。操作に関連する指示計及び表示装置は、操作を行う位置から監視できるようにする。
- (3) 同一制御盤上で系統配置の繰返しがある場合には、機器は左右逆となる鏡対称とならないよう配置する。
(例) 2プラントで中央制御室を共用する場合で、2プラントの中央監視操作盤の盤面配置が鏡対称となる場合には、各プラントの盤面配置に対して訓練された運転員を配置する、又は相違点を強調することで対応することも可能である。
相違点の強調の手段としては、ミミックの設置、色・形状・ラベリング等によるものがある。
- (4) 表示装置及び制御機器は、系統区分に従ったグループにまとめる。
- (5) 系統区分に従ったグルーピングと異なるグルーピングを同時に用いる場合は、異なるグルーピングが混乱の原因とならないよう配慮する。
- (6) コーディングの考え方が中央制御室全体で統一されている。
- (7) ラベリングは、同一プラント内で整合性をもつ。

(注)

ミミック：プロセスの流れに沿って機器の機能的な関係を示した線図。

コーディング：色、形状、大きさ、位置、シンボル、パターン等の視覚的要素により特定の意味を表現したり、異なる意味間の区別を識別したりする手法。

ラベリング：文字により特定の意味を表現したり、異なる意味間の区別を識別したりする手法。

(解説-7) 理解しやすい表示方法の設計例

理解しやすい表示方法の設計例としては、下記のものがある。

- (1) 通常時及び事故時の運転に必要な情報や、安全上必要な情報は、網羅して表示される。また、事故時においても、あらかじめ定められた精度及び範囲で表示される。
- (2) 情報の表示は、理解し易い適切な表示方法で行われている。
 - a) 指示計、記録計を用いる場合
 - i) 系統区分に従ったグループにまとめる。
 - ii) 系統区分に従ったグルーピングと異なるグルーピングを同時に用いる場合は、異なるグルーピングが混乱の原因とならないよう配慮する。
 - iii) コーディングの考え方が中央制御室全体で統一されている。
 - iv) ラベリングは、同一プラント内で整合性をもつ。
 - b) VDU（表示装置）を用いる場合
 - i) 安全上重要な設備に関する監視機能を適切な場所を実現する。
 - ii) 情報の配置、形状などの設定を一貫して適用し、個々の表示目的にふさわしい表示形式を選定する。また、タスク分析などに基づいて情報の適切な使われ方を考慮した形式で表示する。
 - iii) 運転員の慣習に適合した情報表示を行う。
 - iv) 機能分析及びタスク分析から必要とされる情報のまとまりを、極力一つの画面に表示する。
 - v) 情報は、表示機能又は情報のまとまりごとにグループ分けする。
- (3) 制御盤や表示装置にミミックを用いる場合は、プロセスの流れ、事象の流れと整合をとる。
- (4) 検出器などの不動作又は除外により情報を提供できない場合は、不動作や異常が検出可能な場合には、その結果に基づく異常状態表示・警報を行うとともに、不動作や異常が検出できない場合には、表示パラメータのダウンスケールや表示消滅等により運転員ができる限りそのことを知ることができるよう配慮する。また、人為的な除外に対しては、タグ札等により運転員がそのことを知ることができるようにする。
- (5) データ収集及びデータ処理において、入力信号のサンプリング周期及び処理速度が、プロセスの変化速度に追従できるものである。
- (6) 表示データの更新が、運転操作に対して必要な速度で行われる。

(注)

タスク分析：プラント設備の運転状態及び運転員の役割分担に応じ、中央制御室に要求される機能を実現するために必要となる、運転員の行う作業を明らかにするための分析

(解説-8) 発電所緊急時対策所との連絡・連携の機能にかかわる考慮事項

発電所緊急時対策所との連絡・連携の機能にかかわる考慮としては、例えば原子炉の「止める」、
「冷やす」、「閉じ込める」の機能に関する必要な情報を発電所緊急時対策所に提供する手段が確保

されていることをいう。

(解説-9) 安全上重要な情報

安全上重要な情報としては、例えば「安全機能、重大事故等に対処する機能を有する計測制御装置の設計指針」(JEAG 4611-2021)において規定されている。

(解説-10) 警報機能の設計例

運転員の適切な対応操作を可能とする警報機能の設計例としては、下記のものがある。

- (1) 警報発生に伴い、その確認と操作が運転員の負荷を過度に増加させないように、考慮がなされている。
- (2) プラント運転状態に応じた不要な警報の発生を防止し、新たに発生した警報の確認を阻害しない。
- (3) 警報は、警報原因の速やかな運転対応操作ができるような場所に表示する。
- (4) 新たに発生した警報が音、点滅光等で認識できる。
- (5) 警報は、確認操作により、点滅光から連続点灯等、点灯状況が変わる。
- (6) 警報原因が消滅した場合は、警報は、元の状態に復帰できる。

(解説-11) 中央監視操作盤の制御機能に関する設計例

中央監視操作盤の制御機能について、制御機器の操作性、非安全な操作の防止、運転員による自動操作の進行確認を考慮した設計例を以下に示す。

- (1) 制御機器の大きさ、操作に要する力、触覚フィードバック等が考慮されている。
- (2) 制御機器の操作方法は、運転員の慣習に基づく動作・方向感覚に合致している。
- (3) 制御機器の色、形、大きさのコーディング方法や操作方法が一貫性を持ち、類似の制御機能と統一されている。安全上の重要な制御機器が、他の制御機器と識別できる。
- (4) タッチオペレーション方式による制御の場合は、以下とする。
 - a) タッチ領域は、枠などを表示することにより、その領域がタッチ領域であることが区別された表示とする。
 - b) タッチを受け付けたことを示す打ち返し表示を行う。また、その打ち返し表示は、運転員の認知的特性に対して長すぎない時間内に行う。
 - c) プラント設備の操作にかかわるタッチ領域には、タッチミスが発生しないような大きさ及び間隔を確保する。
 - d) 原則として、一貫したタッチ方式を用いる。
 - e) タッチ操作器の呼び出しによって表示される制御器及び操作器の数は、原則として1つとする。
 - f) 画面上に予め制御器及び操作器を配置しておく場合には、タッチ領域の大きさ及びタッチ領域間の距離を考慮して制御器及び操作器を配置する。
- (5) 情報の表示が制御の結果生じる状態と符合する。

(例) 一般的には、時計回りの操作で表示が増加、反時計回りで表示が減少等の結果をもた

らす。ただし、プロセスや制御対象によっては、そうならないケースもあり得る。

- (6) 一つの制御機器とそれに関連する情報表示は近接して設置されるか、対の関係がわかるグルーピングである。
- (7) シーケンシャルな監視及び操作では、操作とその結果の関係がわかり易いよう、制御機器と情報表示が構成されている。
- (8) 非安全な操作や運転員の意図しない操作ができないための対応
 - a) 制御機器の適切な配置
 - b) 固定式保護機構の設置
 - c) 取り外し可能な保護カバーの設置
 - d) インターロック
 - e) 上記の組み合わせ
- (9) 自動操作において、運転員の許可や入力など条件設定を要する場合は、条件設定方法が運転員に理解し易いようにする。

(解説-12) 中央監視操作盤の新規設置及び更新にあたっての配慮

既設の中央監視操作盤を更新する場合あるいは新しい設計を適用する場合には、運転員の習熟状況を踏まえ、既設設備からの設計変更がかえって誤操作の要因とならないよう、設計変更の要否や運転訓練への反映等を十分考慮する。

また、中央監視操作盤の開発過程、製作設計過程、検証及び妥当性確認過程の実施内容は、例えば「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 4617-20XX)や「原子力発電所における設計開発に人間工学を体系的に適用するための指針」(JEAG 4641-20XX)において規定されている。