

# 「火災に対する設計上の考慮」 について

平成24年11月21日

## 内 容

### 1. 現状

1. 1 火災に対する設計上の考慮に係る要求の体系
1. 2 発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針
1. 3 発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針
1. 4 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令(省令62号) 第4条の2(火災による損傷の防止)
1. 5 日本電気協会 JEAC4626-2010「原子力発電所の火災防護規程」
1. 6 JEAC4626-2010において設計上考慮する事項として、消防法の規定を準用している主な点

### 2. 現状の問題点

### 3. 今後の対応案

3. 1 火災防護に係わる今後の規制要求の整理案
3. 2 火災影響評価の概要
3. 3 米国における火災防護に係る規定の概要

### 4. 参考資料

# 1. 現状

2

## 1.1 火災に対する設計上の考慮に係る要求の体系

### 【基本設計】

#### 発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針

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。

#### 発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針

火災により原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するためには、安全機能の重要度に応じて、以下の火災発生防止、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た措置を講じること。

### 【詳細設計】

#### 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令(省令62号)

第4条の2(火災による損傷の防止)第1項

……、次の各号に掲げる措置を適切に組み合わせた措置を講じなければならない。

……

日本電気協会「原子力発電所の火災防護規程(JEAC4626-2010)」

3

## 1. 2 発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 (1990年8月30日決定)

原子炉施設の設置(変更)許可申請の審査に際しての火災防護対策に係る設計の妥当性の判断基準として、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」の指針5(火災に対する設計上の考慮)を適用。

### 指針5 火災に対する設計上の考慮

#### 【本文】

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。

#### 【解説】

「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。

4

## 1. 3 発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針 (2007年12月27日一部改訂)

「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」の指針5に規定されている火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の3方策について、より具体的に規定。

火災により原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するためには、**安全機能の重要度に応じて、以下の火災発生防止、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**た措置を講じること。

1. 火災発生防止
  - 1-1 原子炉施設の設計にあたり、通常運転時(停止時を含む。)はもとより異常状態においても火災の発生を防止するための予防措置を講じること。
  - 1-2 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する設計であること。
  - 1-3 原子炉施設内の構築物、系統及び機器は、落雷、地震等の自然現象により火災を生ずることがないように防護した設計であること。
2. 火災検知及び消火
  - 2-1 火災検出装置及び消火装置の設計にあたり、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の悪影響を限定し、早期消火を行えるための措置を講じること
  - 2-2 火災検出装置及び消火装置の設計にあたり、地震等の自然現象によっても、その性能が著しく阻害されることがないような措置を講じること。
  - 2-3 消火装置は、その破損、誤動作又は誤操作によって安全機能を有する構築物、系統及び機器の安全機能を失わない設計であること。
3. 火災の影響の軽減
  - 3-1 安全機能を有する構築物、系統及び機器を含む区域は、それらの重要度に応じ、隣接区域の火災による影響も含めて火災の影響の軽減対策を講じること。
  - 3-2 原子炉施設内のいかなる場所の想定される火災に対しても、この火災により原子炉に外乱が及び、かつ、安全保護系、原子炉停止系の作動を要求される場合には、単一故障を仮定しても、原子炉を高温停止できる設計であること。  
低温停止に必要な系統は、原子炉施設内のいかなる場所の想定される火災によっても、その機能を失わない設計であること。

5

## 1. 4 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令(省令62号) 第4条の2(火災による損傷の防止)

工事計画認可の審査に際しての火災による損傷の防止に係る基準として、「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」(以下、「省令62号」という。)第4条の2を適用。その解釈において、JEAC4626-2010を仕様規格として引用。

原子炉施設又は蒸気タービン若しくはその附属設備には、火災により原子炉の安全性が損なわれないよう、次の各号に掲げる措置を適切に組み合わせた措置を講じなければならない。

- 一 火災の発生を防止するため、次の措置を講じること。
  - イ 発火性又は引火性の物質を内包する系統の漏えい防止その他の措置を講じること。
  - ロ ケーブル、原子炉制御室その他原子炉の附属設備にあつては、可燃性物質の量等に応じて、**不燃材料又は難燃材料を使用**すること。
  - ハ 落雷その他の自然現象による火災発生を防止するための避雷設備等を施設すること。
  - ニ 水素の供給設備等にあつては、水素の燃焼が起きた場合においても原子炉の安全性を損なわないよう施設すること。
  - ホ 放射線分解により発生し、蓄積した水素の急速な燃焼によつて、原子炉の安全性を損なうおそれがある場合には、水素の蓄積を防止する措置を講じること。
- 二 火災の検出及び消火のため、次の措置を講じること。
  - イ 早期に消火を行える検出設備及び消火設備を施設すること。
  - ロ イに定める検出設備及び消火設備は、火災と同時に発生すると想定される自然現象により、その能力が損なわれることがないこと。
- 三 火災の影響を軽減するため、**防火壁の設置その他の措置を講じること。**

### 【解釈】 第4条の2(火災による損傷の防止) 第2項

第1項第1号(ホを除く。)から第3号まで及び第2項に規定する措置とは、「日本電気協会「原子力発電所の火災防護規程(JEAC4626-2010)」の適用に当たって(別記-2)によること。

6

## 1. 5 JEAC4626-2010「原子力発電所の火災防護規程」の概要

発電用原子力設備において、火災の影響により原子炉の安全性を損なうことのないよう適切な防護措置を施すために、設計上考慮する事項を規定。

### 【目次構成】

- 1. 総則
- 2. 火災発生防止
  - 2. 1 **不燃性、難燃性材料の使用** → 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用すること。
  - 2. 2 発火性、引火性材料の予防措置
  - ⋮
- 3. 火災の検知及び消火
  - 3. 1 **火災検出装置及び消火装置** → 火災検出装置及び消火装置の設計にあたり、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の悪影響を限定し、早期消火を行えるための措置を講じること。
  - 3. 2 消火装置の破損・誤作動及び誤操作対策
  - ⋮
- 4. 火災の影響の軽減
  - 4. 1 **火災の影響の軽減** → 安全機能を有する構築物、系統及び機器を含む区域は、それらの重要度に応じ隣接区域の火災による影響も含めて想定火災に対し火災の影響の軽減対策を講じること。
  - ⋮

## 日本電気協会原子力発電所の火災防護規程(JEAC4626-2010)において、既設プラントに対して特別の規定を設けている例 (1/3)

### 2.火災発生の防止

#### 2.1.1 不燃性、難燃性材料

(3) ケーブルは難燃性ケーブルを使用すること。[解説-2-1]

#### [解説-2-1]「難燃性ケーブル」

難燃性ケーブルとは、米国電気電子工学学会(IEEE)規格383(1974年版)(原子力発電所用ケーブル等の型式試験)(国内ではIEEE383の国内版である電気学会技術報告(Ⅱ部)第139号)の垂直トレイ試験に合格したものをいう。

なお、安全設計分野及び放射線管理分野における日本電気協会規格に関する技術評価書(平成17年12月 原子力安全・保安院 独立行政法人原子力安全基盤機構)において、延焼防止剤を塗布したケーブルが、既設プラントで妥当と判断できる対応として、「延焼防止剤を塗布したケーブルがIEEE383(原子力発電所用ケーブル等の型式試験)(国内ではIEEE383の国内版である電気学会技術報告(Ⅱ部)第139号)の垂直トレイ試験に合格している場合。」としている。

したがって、既設プラントの延焼防止剤を塗布したケーブルが、米国電気電子工学学会(IEEE)規格383(1974年版)(原子力発電所用ケーブル等の型式試験)(国内ではIEEE383の国内版である電気学会技術報告(Ⅱ部)第139号)の垂直トレイ試験に合格している場合、上記と同等とみなす。

#### 2.2.2.3 換気

(2) 蓄電池室には、換気設備を設け、水素ガスの蓄積が起らないように、蓄電池室の換気量は、社団法人電池工業会「蓄電池室に関する設計指針」(SBAG0603-2001)に従い、水素ガス排気の換気量以上とすること。

(3) 蓄電池室の換気に対し、既設プラントで妥当と判断できる対応として、蓄電池室の水素濃度を2%以下に維持するよう換気量を算定している場合は、上記(2)と同等とみなす。

原子力安全・保安院、原子力安全基盤機構「日本電気協会「原子力発電所の火災防護規定(JEAC 4626-2010)」に関する技術評価書、平成23年2月」から引用

8

## 日本電気協会原子力発電所の火災防護規程(JEAC4626-2010)において、既設プラントに対して特別の規定を設けている例 (2/3)

### 4.火災の影響の軽減

#### 4.1.1 想定火災の考え方

##### (2) 盤火災

##### a. 動力盤

動力盤の火災は、当該盤の過電流等による過熱により発生する火災であり、盤外には広がらないものとする。[解説-4-3]

##### b. 制御盤

制御盤の火災は、当該盤の過電流等による過熱により発生する火災であり、盤外には広がらないものとする。[解説-4-3]

#### [解説-4-3]「盤火災の影響態様」

(3) 既設プラントの中央制御室内の制御盤については、中央制御室に駐在する運転員による、火災の早期発見・早期消火が可能のように、管理面での対策が講じられている場合には、中央制御室内の制御盤内の火災は原子炉の停止機能に影響を及ぼさない規模に限定されるものとみなしてよい。

##### (3) 補機火災

##### b. 補機漏えい油火災

(ii) 既設プラントの補機漏えい油火災の想定については、潤滑油の漏えいが生じにくい構造としており、運転員の巡回点検等による異常状態のチェック、漏えい監視等の運用管理を実施している場合には、補機漏えい油火災を想定しないことができる。

原子力安全・保安院、原子力安全基盤機構「日本電気協会「原子力発電所の火災防護規定(JEAC 4626-2010)」に関する技術評価書、平成23年2月」から引用

9

## 日本電気協会原子力発電所の火災防護規程 (JEAC4626-2010) において、既設プラントに対して特別の規定を設けている例 (3/3)

### 4. 火災の影響の軽減

#### 4.1.2 軽減対策

- (3) 火災の影響を軽減するために耐火壁を使用する場合同壁の耐火能力は、壁に囲まれる区画の内外の火災荷重に基づく火災強度 (= 等価火災時間) より決定すること[解説-4-5] (以下略)

#### [解説-4-5] 「耐火壁」

##### (2) 仕様

(中略)

なお、安全設計分野及び放射線管理分野における日本電気協会規格に関する技術評価書(平成17年12月 原子力安全・保安院 独立行政法人原子力安全基盤機構)において、耐火壁の構造の例として、「図4-4は、改正された建設省告示第1399号(H12.5)に準ずること。ただし、本影響評価において建設省告示第1399号にて1時間の遮熱性と遮炎性を有するとなっている構造仕様について、建設省告示第1675号にて2時間の耐火性能を有するとなっている構造仕様は、2時間の遮熱性と遮炎性を有するものとして考えてよい。」としている。したがって、(中略) 2時間の遮熱性と遮炎性を有するものとして考えてよい。

また、貫通部工法のうち、平成12年の建築基準法改正(第38条削除)以前に2時間の耐火能力を有するものとして建設大臣等により認められていたものについては、2時間の遮熱性と遮炎性を有するものとして考えてよい。

原子力安全・保安院、原子力安全基盤機構「日本電気協会「原子力発電所の火災防護規定 (JEAC 4626-2010)」に関する技術評価書、平成23年2月」から引用

10

## ケーブル燃焼試験

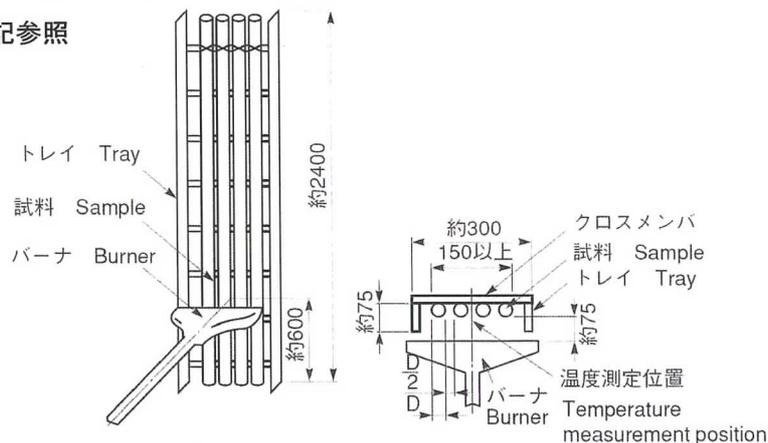
### — IEEE383 垂直トレイ燃焼試験 —

JEAC4626-2010の中で、「難燃性ケーブルとは、米国電気電子工学学会(IEEE)規格383(1974年版)(原子力発電所用ケーブル等の型式試験)(国内ではIEEE383の国内版である電気学会技術報告(Ⅱ部)第138号)の垂直トレイ試験に合格したものをいう。」と定義しているが、このIEEE383の規格では、単層で布設したケーブルの火災伝播挙動を調べる試験方法を規定している。

試験概要: ケーブル外径の1/2の間隔で敷設幅が150mmとなる本数分を、はしご状の垂直に設置されたトレイに敷設し、トレイ下方から 規定のリボンバーナにより、ケーブルを20分間燃焼させる。

判定基準: ケーブル上端まで延焼しないこと。

試験装置概要: 下記参照



11

## 1.6 JEAC4626-2010(「原子力発電所の火災防護規程」)において設計上考慮する事項として、消防法の規定を準用している主な点

・消防法の体系では、防火対象物(危険物施設(注1)以外)を用途に基づき分類し、延べ面積や階数に応じ設置すべき消防用設備等(注2)を定めている(仕様規定)(注3)。原子力発電所は原則として消防法施行令別表第一の第15項(その他の事業場)に分類されるものとして運用されている(注4)。

### 【JEAC4626-2010の中で消防法の規定を準用している主な点】

#### 1. 火災検出装置

- ・火災感知器; 設置要領(規則23条)、
- ・電源; 設置要領(規則24条三号、四号)
- ・受信機; 設置要領(規則24条1項二号)、  
警戒区域(令21条2項)

#### 2. 消火装置

- 1) 消火器; 設置要領(令10条、規則6~11条)
- 2) 屋内消火栓設備; 設置要領(令11条、規則12条)
- 3) スプリンクラー設備; 設置要領(令12条、規則13~15条)
- 4) 水噴霧消火設備; 設置要領(令13、14条、規則16~17条)
- 5) 泡消火設備; 設置要領(令13、15条、規則18条)
- 6) 不活性ガス消火設備; 設置要領(令13、16条、規則19条)
- 7) ハロゲン化物消火設備; 設置要領(令13、17条、規則20条)
- 8) 粉末消火設備; 設置要領(令13、18条、規則21条)
- 9) 屋外消火栓設備; 設置要領(令19条、規則22条)

#### 3. 水源

- ・耐震措置(規則12条1項九号)

原子力発電所は、原則として消防法施行令別表第一の第15項(その他の事業場)に該当し、延べ面積数万㎡、数階建てであることから、JEACで準用している部分の具体的内容は以下のとおり。(消防法で適用される技術基準が全て網羅されているわけではないことに留意が必要)

#### ○ 警報設備

- ・原子力発電所では、警報設備のうち自動火災報知設備(感知器、受信機、地区音響装置(ベル)等から構成)が必置。
- ・感知器には熱感知器、煙感知器、炎感知器があるが、その種類に応じ設置場所、設置基準(取付間隔、取付面の高さ等)が規定されている。(例:高さ20m以上のところは炎感知器を設置)
- ・常用電源、非常電源について規定。
- ・受信機の種類に応じ、設置場所、設置基準等が規定されている。

#### ○ 消火設備

- ・原子力発電所では、消火設備のうち、消火器、屋内消火栓設備、屋外消火栓設備が必置。(電気設備や通信機器がある場所では不活性ガス消火設備等が必置)
- ・屋内消火栓設備などの水系の消火設備では、貯水槽、加圧送水装置、非常電源、配管等については、地震による震動等に耐えるための有効な措置を講じることが定められている。

※ このシートでは、消防法を「法」、消防法施行令を「令」、消防法施行規則を「規則」と、略記している。

(注1) 危険物施設とは、石油タンク等の一定量以上の危険物を貯蔵・取扱いを行う場所で、一般的な防火対象物とは別の技術基準が適用される。危険物施設に該当する場合は、それに応じた警報設備、消火設備等を設置する必要がある。

(注2) 消防用設備等とは、消火設備、警報設備、避難設備、消防用水、及び消防活動上必要な施設(例:排煙設備)をいう。

(注3) 消防法では、防火対象物をその用途に基づき、20のグループ(劇場、百貨店、ホテル、病院、学校、工場、倉庫、地下街...)に分けた上で、それぞれのグループごとに、諸条件(床面積、駐車の有無等)に応じて消防用設備(消火設備等)について、詳細な仕様規定を定めている。ただし、特別についても別途規定。

(注4) 原子力発電所で、見学施設を有しているものは第16項口(複合用途)に該当。なお、「その他の事業場」とはオフィスビルなどが該当。

12

## 2. 現状の問題点

13

- 火災影響評価の実施が要求されていない。
- 安全設計審査指針、火災防護指針、省令62号のいずれにおいても3方策を適切に組み合わせるとしていることから、各方策の間での代替性を容認し得ることとなっている。
  - ⇒発生防止のための措置と考えられる不燃性、難燃性ケーブルの使用を、火災の影響防止のための措置と考えられる延焼防止剤を塗布したケーブルの使用により代替することを容認。
- 安全設計審査指針、火災防護指針、省令62号のいずれについても、十分な具体性を有する規制要求を規定する内容となっていない。
  - ⇒火災影響評価の現状を踏まえれば、火災防護対策の有効性に係る定量的な評価は困難である一方、仕様規定となっていないことから、必要な火災防護対策の要求水準が明確でない。
- 省令62号の解釈において引用されているJEAC4626-2010は、さらに消防法等の規定を引用しているが、これらは、建築物全般に対して規定されたものであり、原子力施設を想定して策定されたものではない。

### 3. 今後の対応案

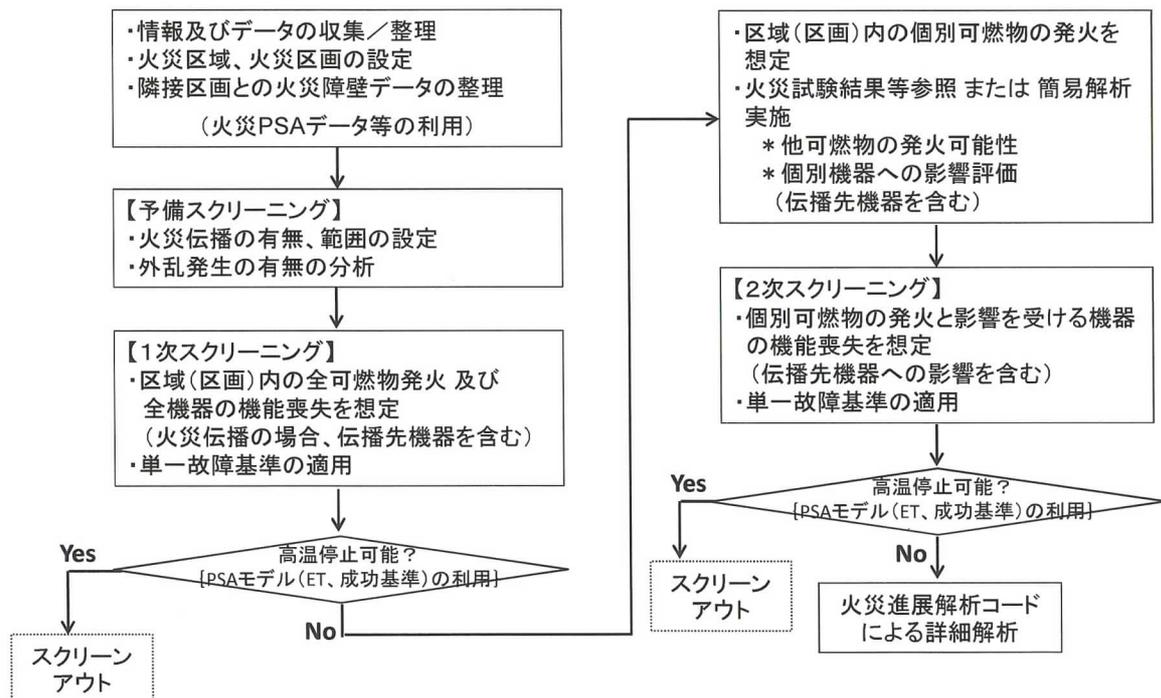
### 3. 1 火災防護に係わる今後の規制要求の整理案

- ・ 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。

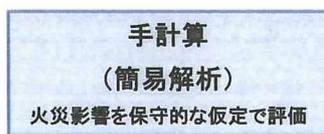
- ・ 安全設計審査指針、火災防護指針、省令62号の規定を満たすものとして原子力施設を想定した仕様規定を米国の例を参考に策定し、それに適合することを要求することとしてはどうか。

### 3. 2 火災影響評価の概要



# 火災影響評価のツール

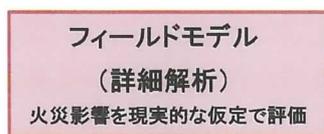
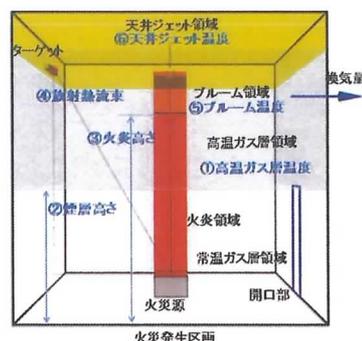
火災影響評価に用いる評価ツールは、下記に示すように、手計算レベルから詳細解析までがそれぞれの評価目的に応じて用いられる。



FDTs

(Fire Dynamics Tools)

- ・評価シートを用いて簡易的に火災による各項目の影響を評価可能。
- ・評価可能な項目は、右図に示す①から⑥の項目である。

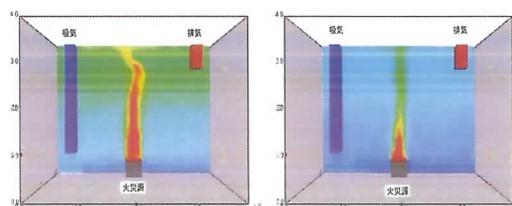


FDS

(Fire Dynamics Simulator)

- ・簡易解析、ゾーンモデルに加え、下記の空間的分布を評価可能

ーガス温度、酸素濃度、  
煤濃度等



## 3.3 米国における原子力施設の火災防護に係る規定の概要 (1/2)

【米国NRCの10CFR50 Appendix Rの規定 (III.特定要件)】【一部(ハード面の要求内容)抜粋】

- 消火系への水の供給  
消火用導管に必要な水量及び圧力を供給するための2系統の供給系を設置する。これらの各々が、火災ハザード解析で示された最大必要量を2時間供給できる容量を持たなくてはならない。
- 部分的な隔離弁  
消火用導管の保守あるいは補修時に消火用水の供給が阻害されないように、部分的な隔離弁を設置しなくてはならない。
- 消火栓の隔離弁  
自動あるいは手動消火系への水の供給が阻害されずに保守あるいは補修を行うために、消火用導管と外部の消火栓を隔離する隔離弁を設置しなくてはならない。
- 手動の消火  
安全上重要なSSCへの火災ハザードが存在する領域のいかなる場所にも、少なくとも1本のホースからの消火用水が到達するように、スタンドパイプ及びホースを設置しなくてはならない。また、これらの領域に対して消防隊が有効な活動を実施できるようなアクセスを確保しなくてはならない。
- 自動火災検知  
安全上重要なSSCに対する火災ハザードが存在する全領域に、所外電源の有無にかかわらず作動する自動火災検知系を設置しなくてはならない。
- 安全停止機能の火災防護
  - 安全停止系のSSCに対して、以下の目的で、火災による損傷を制限する火災防護機能を設置しなくてはならない。
    - 制御室 (control room and emergency control station(s)) から温態停止を達成し、維持するために必要な一系統は、火災による損傷を受けない。
    - 制御室から冷態停止を達成し、維持するために必要な系統を、72時間以内に回復できる。
  - 一次格納容器の外側の同じ火災領域内にある温態停止を達成するために必要な多重系は、一系統は火災による損傷を受けないように、以下の措置のいずれか1つを講じなくてはならない。
    - ケーブル、機器、及び関連する非安全系の回路を3時間定格の防火バリアで分離する。
    - ケーブル、機器、及び関連する非安全系の回路を、水平方向に20 ft以上可燃物あるいは火災ハザードの介在がない状態に分離し、火災検知器及び自動消火系を設置する。
    - ケーブル、機器、及び関連する非安全系の回路を1時間定格の防火バリアで分離し、火災検知器及び自動消火系を設置する。  
非活性化された格納容器内では、上記の火災防護措置のうちの1つ以下の措置の1つを講じなくてはならない。
    - ケーブル、機器、及び関連する非安全系のケーブルを、20 ft以上可燃物あるいは火災ハザードの介在がない状態に分離する。
    - 火災検知器及び自動消火系を設置する。
    - ケーブル、機器、及び関連する非安全系のケーブルを、不燃性の放射エネルギー遮蔽材で分離する。
- 以下の場所に関しては、代替あるいは専用の停止機能を設置し、火災検知器及び固定の消火系を設置しなくてはならない。
  - 温態停止機能に対する火災防護機能が、上記のG. 2の要件を満足できない。
  - 同じ火災領域内にある温態停止に必要な多重系が、消火系の作動、破損、あるいは予想外の運転による影響を受ける可能性がある。

### 3.3 米国における原子力施設の火災防護に係る規定の概要(2/2)

【米国NRCの10CFR50 Appendix Rの規定(III.特定要件)】[一部(ハード面の要求内容)抜粋、続き]

- J. 非常灯 安全停止機器の作動に必要な領域全て及びそこまでのアクセスにおいて、最低8時間のバッテリーを持つ非常灯を設置しなくてはならない。
- L. 代替及び専用の停止機能
1. 特定の火災領域においては、
    - (a) 臨界未満に原子炉を維持し、
    - (b) 原子炉冷却材インベントリを維持し、
    - (c) PWRIに関しては温態待機状態、BWRIに関しては温態停止状態に維持し、
    - (d) 72時間以内に冷態停止状態にし、
    - (e) その後も冷態停止状態に維持できるように代替あるいは専用の停止機能を設けなくてはならない。
  2. 代替及び専用停止機能の性能目標は、
    - (a) 反応度制御機能の維持、
    - (b) 原子炉冷却材給水機能の維持、
    - (c) 崩壊熱除去機能の維持、
    - (d) プロセス監視機能の維持、及び
    - (e) 安全停止機器の支援機能の維持である。
  3. 火災領域によって停止機能が独自のものである場合には、代替停止機能はこれらの領域から独立したもので、火災後の状態にも適合できるものでなくてはならない。
  4. 冷態停止を達成・維持する機能が火災の損傷により利用できない場合、温態待機あるいは温態停止状態を維持する機器及びシステムを、冷態停止が達成されるまで維持できなくてはならない。
  5. 冷態停止を達成し、維持するための機器及びシステムは、火災による損傷を受けてはならない、あるいは、火災による損傷を制限し、72時間以内に作動可能な状態にできなければならない。
  6. 火災後の停止機能を保証するために設置される停止系は、耐震カテゴリ I 基準、単一故障基準、またはその他の設計基準事故基準に従う必要はない。
  7. 各火災領域内の安全停止機器及びシステムが関連する非安全系の回路から隔離されており、ショートや開回路によって安全停止機器の作動が阻害されないことを認識すべきである。
- M. ケーブル防火バリア貫通部シールの品質保証  
貫通部シールには、不燃性材料のみを使用し、防火バリアの規格に用いるものと同等の試験による品質保証を行わなくてはならない。
- N. 防火扉  
防火扉は自動で閉まるもので、半年に一回機能の検査を行わなくてはならない。
- O. RCPのオイル回収システム  
RCPには、ポンプから漏洩する可能性がある潤滑油を適切に回収できる回収システムを設置しなくてはならない。

20

## 4. 参考資料

- 原子力発電所における火災防護に係る規定の変遷
- 原子力安全委員会の安全設計審査指針における火災防護に係る規定の変遷
- 日本と海外の火災防護に関する設計上の要求の比較(概要)
- 米国における火災影響評価に係る規制体系
- 火災防護に係るIAEA安全ガイドにおける規定の概要

21

# 原子力発電所における火災防護に係る規定の変遷 \*

1960年代 → 1970年代 → 1980年代 → 1990年代 → 2000年代

米国の状況	10CFR 50 App.A; GDC 3 (1971) 火災防護	1975.03.22 Browns Ferry-1 (BWR) プラント内火災	10CFR 50App.R (1981.02.19) 原子力発電所の火災防護	1990年代	2000年代	合計
運開プラント数	2	51	46	5		合計 104
NFPA805 移行	1	31	18	—		合計 50

☆米国ではブラウンスフェリー火災事故後の火災防護規制(10CFR 50 App.R)が1981年に発行されたが、ほとんどの米国プラントはそれまでにプラント設計を終了。  
 ☆1970年代以前運開プラントでは32/53プラント(約60%)、1980年代以降運開プラントでは18/51プラント(約35%)がNFPA805に移行決定済み。

日本の状況	原安委 安全設計 審査指針 (指針6) (1977)	原安委 火災防護 審査指針 (1980)	電気協会 JEAG4607 火災防護 指針 (初版、 1986)	原安委 安全設計 審査指針 (指針5) (1990)	電気協会 JEAG4607 火災防護 指針 (改訂版、 1999)	保安院 技術基準に JEAG4607 エンドース (2006)	原安委 火災防護 審査指針 改定 (2007)	電気協会 JEAC4626 火災防護 規程 (2009)	保安院 技術基準に JEAC4626 エンドース (2011)
設置許可 取得 プラント数	66 敦賀1、 福島一、 美浜1 68 福島二 美浜2 69 島根1、 高浜1	70 福島一3、高浜2、 玄海1、女川1 71 福島一5 72 福島一4、美浜3、 大飯1.2、伊方1、 福島一6、東海2、 74 福島二1 76 玄海2 77 伊方2、柏崎1、 川内1 78 福島二2	80 高浜3.4、 福島二3.4、 川内2 81 浜岡3 82 敦賀2 83 柏崎2.5、 島根2 84 泊1.2、 玄海3.4	86 伊方3 87 大飯3.4、 柏崎3.4、 88 浜岡4、 志賀1 89 女川2	91 柏崎6.7 96 女川3 98 東北東通、浜岡5 99 志賀2	2007.7.16 中越沖地震 柏崎3所内変圧器火災	03 泊3 05 島根3 08 大間 10 東電東通	JEAG4103 火災防護 管理指針 (2009)	合計 57
	計7	計18	計14	計8	計6		計4		

☆火災ハザード解析については規制上の位置づけなし。

[\*] 第12回原子力防災小委員会火災防護ワーキンググループ資料2212-5を基に事務局にて作成

## 原子力安全委員会の安全設計審査指針における火災防護に係る規定の変遷

軽水炉についての安全設計に関する審査指針(1970年4月23日制定)

火災防護に関する規定なし。

発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針(1977年6月14日制定)

指針6 火災に対する設計上の考慮

【本文】

安全上重要な構築物、系統および機器は、適切な配置、防火壁の設置をする等、火災に対する防護上の配慮がなされるとともに、これらは実用上可能な限り不燃性または難燃性材料を使用する設計であること。

また、これらの構築物、系統および機器に対して、適切な火災検出装置および消火装置を設置し、これらの装置の破損または不測の作動があっても、構築物、系統および機器は、それらの安全機能を失うことのない設計であること。

【解説】

「実用上可能な限り」とは、実用性能上、不燃性、難燃性とみなされる材料を、実際に適用できる範囲で使用することを意味する。「不燃性」とは、火災により燃焼せず、著しい変形、亀裂、破壊を生じない性能をいう。「難燃性」とは、火災により著しい燃焼をせず、また、単独ではその燃焼部が広がらずに、自己消火する性能をいう。「不測の作動」とは、誤動作、誤操作、電源遮断等による予期しない消火系の作動を意味する。

発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針(1990年8月30日改訂)

指針5 火災に対する設計上の考慮

【本文】

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、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。

【解説】

「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。

## 日本と海外の火災防護に関する設計上の要求の比較(概要)

項目	日本	米国	IAEA
火災の発生防止	火気や可燃物の使用抑制等 (cf. 持込品は管理面での対応の経緯)	火気や可燃物の使用抑制等	火気や可燃物の使用抑制等
火災の早期検知・消火	主に以下の設備等を設置 ○自動火災報知設備 ○屋内消火栓設備 ○ガス消火設備、泡消火栓設備等(電気・油火災の対応箇所)	主に以下の設備等を設置 ○自動火災報知設備 ○屋内消火栓設備、スプリンクラー設備等 ○ガス消火設備、泡消火設備等(電気・油火災の対応箇所)	主に以下の設備等を設置 ○自動火災報知設備(全体) ○屋内消火栓設備、スプリンクラー設備等 ○ガス消火設備、泡消火設備等(電気・油火災の対応箇所)
火災の影響軽減	○延焼防止 ・耐火壁による封じ込め →当該区域の火災荷重に耐える耐火性能 ・耐火壁、障壁、隔離、消火等の組み合わせによる影響軽減 ○原子炉安全を担う系統の多重化・相互分離	○延焼防止 ・耐火壁による封じ込め(基本) →当該区域の火災荷重に耐える耐火性能 ・耐火壁、障壁、隔離、消火等の組み合わせによる影響軽減 ○原子炉安全を担う系統の多重化・相互分離	○延焼防止 ・耐火壁による封じ込め(基本) →当該区域の火災荷重に耐える耐火性能 ・耐火壁、障壁、隔離、消火等の組み合わせによる影響軽減 ○原子炉安全を担う系統の多重化・相互分離
火災影響評価の活用	主な危険箇所について、火災の影響軽減に関する評価の実施が想定されているが、 <b>火災影響評価に関する具体的な規定はなし</b> (なお、法令解釈上引用されている電気協会規格において、主な危険箇所に関する経験式等の記載有り)	従来からの仕様規定(決定論的評価)に代えて、事業者の任意で選択できる <b>性能規定として位置づけ</b> (NFPA805等の規格も整備)	火災の影響軽減のほか、発生防止や早期検知・消火についても、 <b>火災影響評価の実施に関する規定あり</b> (技術的な手引きも整備。確率論的評価の援用も想定。)

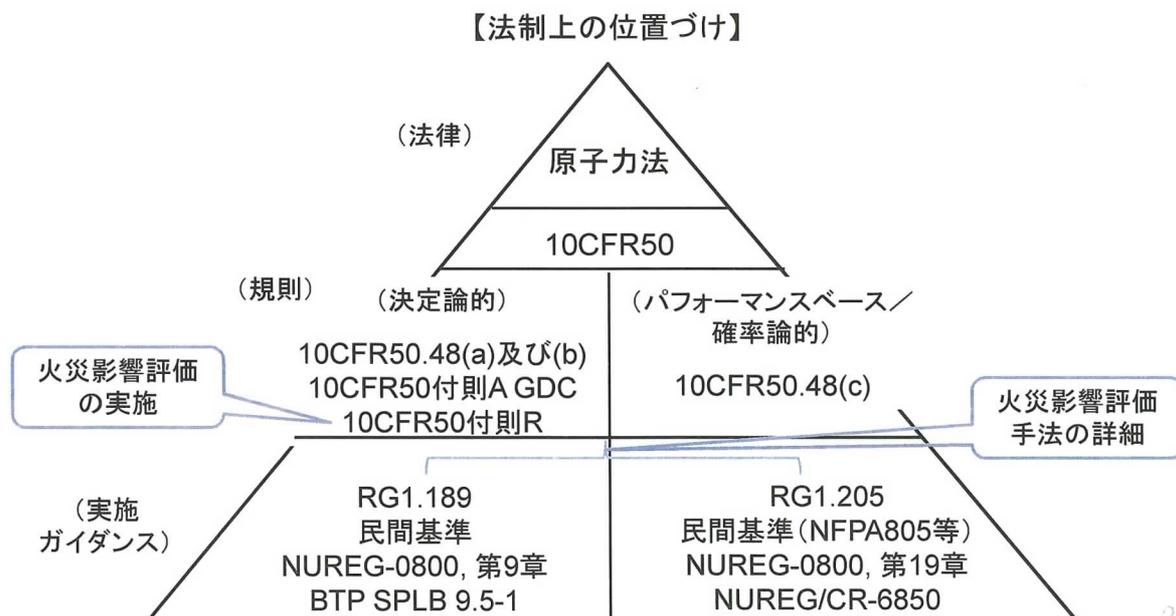
[参考文献: 第12回原子力防災小委員会火災防護ワーキンググループ資料2212-5]

\*米国では、設計のほか、管理・自衛消防等を含め、火災防護に関する法令基準、民間規格等の内容が全般に具体的。

24

## 米国における火災影響評価に係る規制体系

火災影響評価では、火災による熱・煙・煤等の影響を評価し、その結果を踏まえ、原子力施設の安全を維持する上で重要な機器、システムの機能に係る火災防護対策の妥当性を確認。連邦規則10CFR50付則R、10CFR50.48(c)において火災影響評価の実施を要求。手法の詳細についてはRG1.189、NUREG/CR-6850等において規定。



25

## 火災防護に係るIAEA安全ガイドにおける規定の概要 (1/2)

### 【安全指針 No. NS-G-1.7の規定(原子力発電所の設計における内部の火災と爆発に対する防護)】(一部抜粋)

#### 3. 建物の設計対応

##### 全般(3.1)

##### 発電所内の配置と建設(3.2-3.7)

3.2. 設計段階の初期において、発電所の建物は、火災区域と火災区画に分割されるべきである。その目的は、**高火災荷重から安全上重要な機器等を分離すること、及び多重性を持つ安全系を互いに分離すること**である。分離の目的は、火災拡大のリスクの低減、二次的影響の最小化(第6章)及び共通原因故障の防止である。火災区域の利用については3.8項から3.14項、火災区画の利用については3.15項から3.19項で扱っており、付属書Ⅰでそれらの利用について図示している。

3.4. 発電所全体にわたり、**実行可能な限り、不燃性材料または難燃性かつ耐熱性を持つ材料を使用する**必要がある。特に、原子炉格納容器または制御室などの場所内については、そのようにする必要がある。

##### 建物の火災区域への分割:火災封じ込め対応(3.8-3.14)

3.14. 火災区域の境界を形成する障壁の耐火性能は、火災ハザード解析の中で定められるべきである。1時間の最小耐火性能が採用されるべきである。国内規制では、火災区域境界の最小耐火性能に対して、より高い値が要求されている場合がある。防火障壁及びその貫通口に関する情報は、付属書Ⅲに記載されている。

##### 火災区画の利用:火災影響対応(3.15-3.19)

3.17. 火災区画とは、安全上重要な多重性を持つ機器等が配置された別々の場所である。火災区画は防火障壁によって完全に囲まれていないことがあるため、区画間の火災の拡大は、その他の防護手段によって防止されるべきである。これらの手段には、次のものが含まれる。

- 可燃性物質の制限
- 距離を置き、その間に可燃性物質を置かないことによる設備の分離
- 防火シールドまたはケーブルラップのような局所的な静的火災防護の設置
- 消火設備の設置

動的及び静的な手段の組み合わせが、満足すべき防護水準を達成するために用いられることがある。例えば消火設備と共に防火障壁を使用すること。

#### 4. 火災防止のための設計対策

##### 設計による可燃性物質の管理(4.4-4.9)

4.4. 火災荷重を縮小し、火災ハザードを最小限に抑えるために、発電所設計にあたって、以下の事項が考慮されるべきである。

- 実行可能な限り、建築材(例えば、構造材、絶縁材、被覆材、塗装材及び床材)、及び発電所備品に不燃性のものを使用する。
- 不燃性あるいは低可燃性構成材のエアフィルター及びフィルター枠を使用する。

(中略)

- 防火障壁あるいは火災区域の手段により、開閉器盤を互いにまた他の設備から分離する。

- **難燃性ケーブルを使用する**。ケーブル火災ハザードのさらなる詳細な扱いは、付属書Ⅳに記載されている。

(後略)

26

## 火災防護に係るIAEA安全ガイドにおける規定の概要 (2/2)

### 【安全指針 No. NS-G-1.7の規定(原子力発電所の設計における内部の火災と爆発に対する防護)】(一部抜粋、つづき)

#### 4. 火災防止のための設計対策

##### 設計による可燃性物質の管理(4.4-4.9)

4.7. ケーブルは、鋼製のトレイ上に置か、鋼製導管内を通すか、あるいはその他の構造上受け入れ可能で不燃性のケーブルサポートの上に置かれるべきである。**電力ケーブル間あるいはケーブルトレイ間は、ケーブルが許容できない高温まで加熱されることを防げるように、十分距離を置くべき**である。電氣的保護設備は、通常負荷あるいは一時的短絡状態の下で、過熱しないように設計されるべきである。安全上重要な機器等にかかるケーブルは、指定された貯蔵場所、あるいは高い火災ハザードのあるその他の場所の上を経路としないことを確実にするために、注意が払われるべきである。

##### 複数基設置の原子力発電所(4.21-4.22)

4.22. 中央制御室は、火災の可能性のある場所から十分に離されるべきである。原子炉間で共用される設備を含めた火災の可能性について考察がなされるべきである。

#### 5. 火災検出及び消火のための設備

##### 火災検出及び警報設備(5.6-5.14)

5.6. それぞれの火災区域及び火災区画には、火災検出及び警報設備が設置されるべきである(火災検出設備に関する更なる手引きを付属書Ⅴに示す)。

##### 消火のための据付式の設備(5.15-5.56)

5.18. 一般に、高火災荷重を内包し、根深い火災の可能性があり、冷却が必要となる場所においては、水を使う設備が選択されるべきである。自動スプリンクラーまたはスプレー設備は、ケーブル処理室と貯蔵場所で使用されるべきであり、また、タービン発電機や油冷却式変圧器などの、油を大量に含む設備を保護するために使用されるべきである。水噴霧設備はより複雑であるが、鎮火を達成するために散布する水の量が少ないという利点を持っている。これらの設備は、様々な用途での使用が可能であるが、これらが試験された構成の範囲内で個別に設計されるべきものである。ガス消火設備は、通常、水による損傷を受けやすい制御盤や他の電気設備を含んでいる領域に使用される。

#### 6. 火災による二次的影響の緩和

##### 電気設備のための配置と系統(6.14)

6.14. 多重性のある安全系のためのケーブル敷設は、特別に保護された個々の経路、できれば分離された火災区域を通して実施されるべきである。さらに、安全系の多重性を持つ部分間をケーブルが横断しないようにすべきである。3.15項で概略を述べたように、制御室、ケーブル処理室、原子炉格納容器などのいくつかの箇所では、例外が必要とされることがある。そのような場合、認定された防火障壁(例えば、ケーブルラップ)により、ケーブルが保護されるべきである。消火設備あるいは他の適切な手段は、火災ハザード解析で正当化されることにより、使用することができる。

##### 火災により引き起こされる爆発に対する防護(6.15)

##### 特別な場所(6.16-6.21)

27