

# 深層防護の設計適用に関する課題

— BWR —

株式会社 東芝 電力システム社  
2014年 8月 22日



# 目次

---

1. はじめに
2. 共通要因に対する独立性確保
3. 従属要因に対する独立性確保
4. まとめ



# 1. はじめに (1/3)

標準委員会・技術レポート<sup>(注)</sup>に示される「深層防護レベルの設定の考え方」をプラント設計に適用する際の考え方、具体例、及びその課題を紹介する。

IAEAの深層防護の防護レベル (INSAG-10)

防護レベル	目的	目的達成に不可欠な手段
レベル 1	異常運転や故障の防止	保守的設計及び建設・運転における高い品質
レベル 2	異常運転の制御及び故障の検知	制御, 制限及び防護系, 並びにその他のサーベランス特性
レベル 3	設計基準内への事故の制御	工学的安全施設及び事故時手順
レベル 4	事故の進展防止及びシビアアクシデントの影響緩和を含む, 過酷なプラント状態の制御	補完的手段及び格納容器の防護を含めたアクシデントマネジメント
レベル 5	放射性物質の大規模な放出による放射線影響の緩和	サイト外の緊急時対応

各防護レベルの厚み

各防護レベル間の独立性

(注) AESJ-SC-TR005「原子力安全の基本的な考え方について 第I編 別冊 深層防護の考え方 標準委員会 技術レポート 2014年5月

# 1. はじめに (2/3)

---

## ➤ 「各防護レベルの厚み」確保の方法

多重性かつ独立性



又は

多様性かつ独立性

## ➤ 「各防護レベル間の独立性」確保の方法



多様性かつ独立性

深層防護の設計適用でこれらの「独立性」を  
どのように実現するかが重要

# 1. はじめに (3/3)

---

## 考え方

(設置許可基準規則 第二条第2項十九号)

「独立性」とは、二以上の系統又は機器が、想定される環境条件及び運転状態において、**物理的方法その他の方法**によりそれぞれ**互いに分離**することにより、**共通要因**又は**従属要因**によって**同時にその機能が損なわれない**ことをいう。

→ 2. 共通要因に対する独立性確保

3. 従属要因に対する独立性確保

## 2. 共通要因に対する独立性確保 (1/7)

### 考え方

(設置許可基準規則 第二条第2項十八号)

「共通要因」とは、二以上の系統又は機器に同時に影響を及ぼすことによりその機能を失わせる要因をいう。 …並列的な影響

### ➤ 共通要因の具体例

- ・ 内部ハザード (内部火災・溢水、機器破損等)
- ・ 外部ハザード (津波、地震、その他自然現象等)

具体例

## 2. 共通要因に対する独立性確保 (2/7)

### 適用例

#### ➤ 物理的方法その他の方法による分離の適用例

- (1) 隔壁による区分分離
- (2) 距離による分離 (離隔)
- (3) ローカルバリア等による分離



具体例



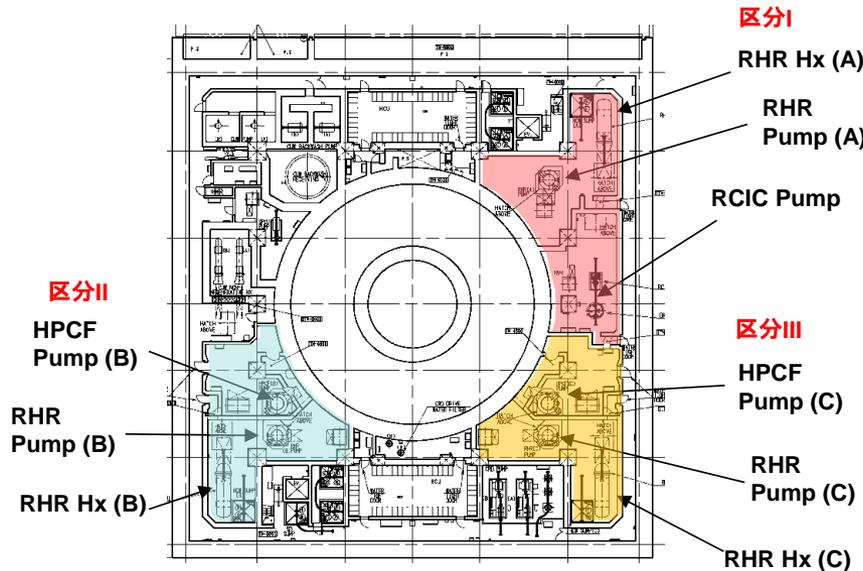
適用方針 (例) :

- ・ (1)が不可の場合は(2)を適用
- ・ (1)及び(2)が不可の場合は(3)を適用

## 2. 共通要因に対する独立性確保 (3/7)

### 具体例

#### ➤ 分離の例：(1)隔壁による区分分離



#### 原子炉建屋の3区分分離の例

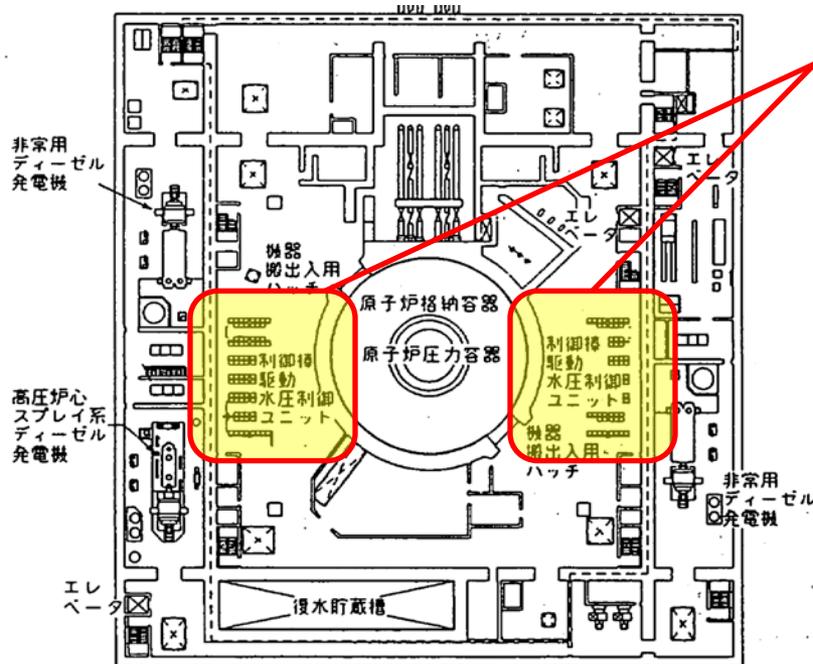
隔壁により各区分内で発生する火災や溢水の影響が他区分に及ぶのを防ぐことができる

既設プラントにおける追設設備に対しては適用が難しい場合がある ➡ **分離方法(2)を適用**

## 2. 共通要因に対する独立性確保 (4/7)

### 具体例

#### ➤ 分離の例 : (2) 距離による分離 (離隔)



共通区画における距離による  
分離の例

制御棒駆動水圧制御ユニットが  
2系統とも共通区画に設置されて  
いる場合、十分な距離により分離し  
ている。

スペースの制約により距離的な分離が難しい場合がある。  
十分な距離が取れないと火災や溢水の影響を防ぐことができない。

➡ **分離方法(3)を適用**

## 2. 共通要因に対する独立性確保 (5/7)

### 具体例

#### ➤ 分離の例：(3) ローカルバリア等による分離

機器破損、配管破断事故等に対して

- ・ローカルバリア
- ・パイプホイップレストレイント
- ・消火設備 等

を設置しており複数機器への影響を防ぐことができる。

共通要因の重畳に対しては以下のような配慮を行う。

火災と溢水の重畳 ⇒耐火性と止水性の両立

地震と火災の重畳 ⇒耐火材の重みと耐震性の両立

➡ **課題へ (後述)**

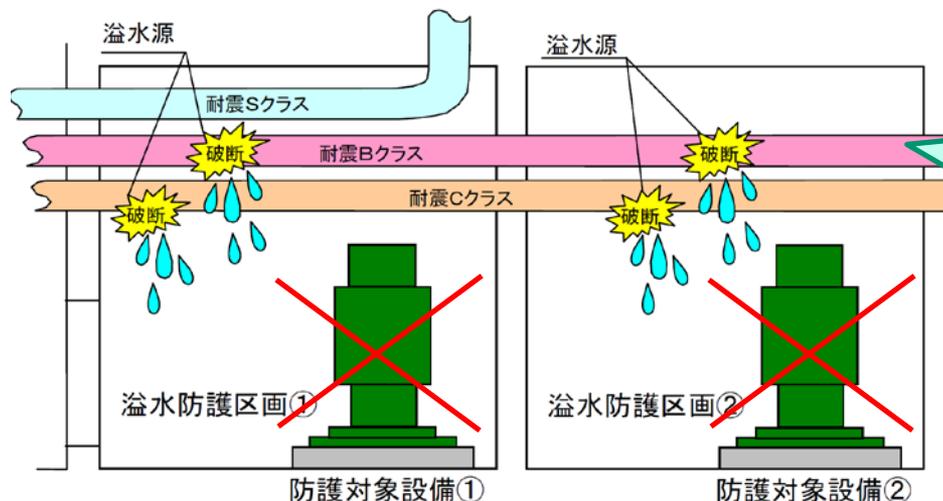
## 2. 共通要因に対する独立性確保 (6/7)

### 具体例

#### 外部ハザードに対する独立性確保の例

1F事象の教訓より、**地震、津波**等の外部ハザードへの対応強化に加え、**誘発事象**に対しても共通要因による機能喪失を防止することが必要。

⇒ 例：地震により誘発される溢水事象に対する独立性確保



地震により複数個所で溢水が発生する可能性があり、その場合、複数区画へ同時に影響が及ぶ

耐震性の弱い配管（耐震BCクラス配管）の強度評価や耐震性向上等の配慮が必要。

➡ 課題へ（後述）

## 2. 共通要因に対する独立性確保 (7/7)

### 課題

- 分離の適用例(1)～(3)について、独立性の有効性を評価・証明する手法が確立（学会、規制、産業界におけるオーソライズ）されていない。  
（現行のリスク評価は、深層防護の十分さと安全性の不確かさの全体を 把握するにとどまる）
- 地震により誘発される溢水や火災等の共通要因について、プラント内の複数個所で同時に発生するリスクを完全に排除できない場合があるが、設備（ハード）、アクシデントマネジメント（ソフト）、評価で独立性を評価・証明する手法が確立されていない。

# 3. 従属要因に対する独立性確保 (1/4)

## 考え方

(設置許可基準規則 第二条第2項十八号)

「従属要因」とは、単一の原因によって確実に系統又は機器に故障を発生させることとなる要因をいう。 …直列的な影響

### ➤ 従属要因の具体例

- ・ 配管、弁、ポンプ、熱交換器、フィルタ等の共用
- ・ 冷却設備、電源設備、空調設備、水源等の共用

具体例

➡ 機能達成のために要求される設備（直接関連系を含む）を含めて分離する

### 3. 従属要因に対する独立性確保 (2/4)

#### 具体例

#### ➤ 従属要因に対する独立性確保の例

##### 非常用ディーゼル発電機

(防護レベル3)

- ・水冷
- ・原子炉建屋内設置
- ・既存設備

共用なし



##### ガスタービン発電機

(防護レベル4)

- ・空冷
- ・高台設置
- ・追設設備

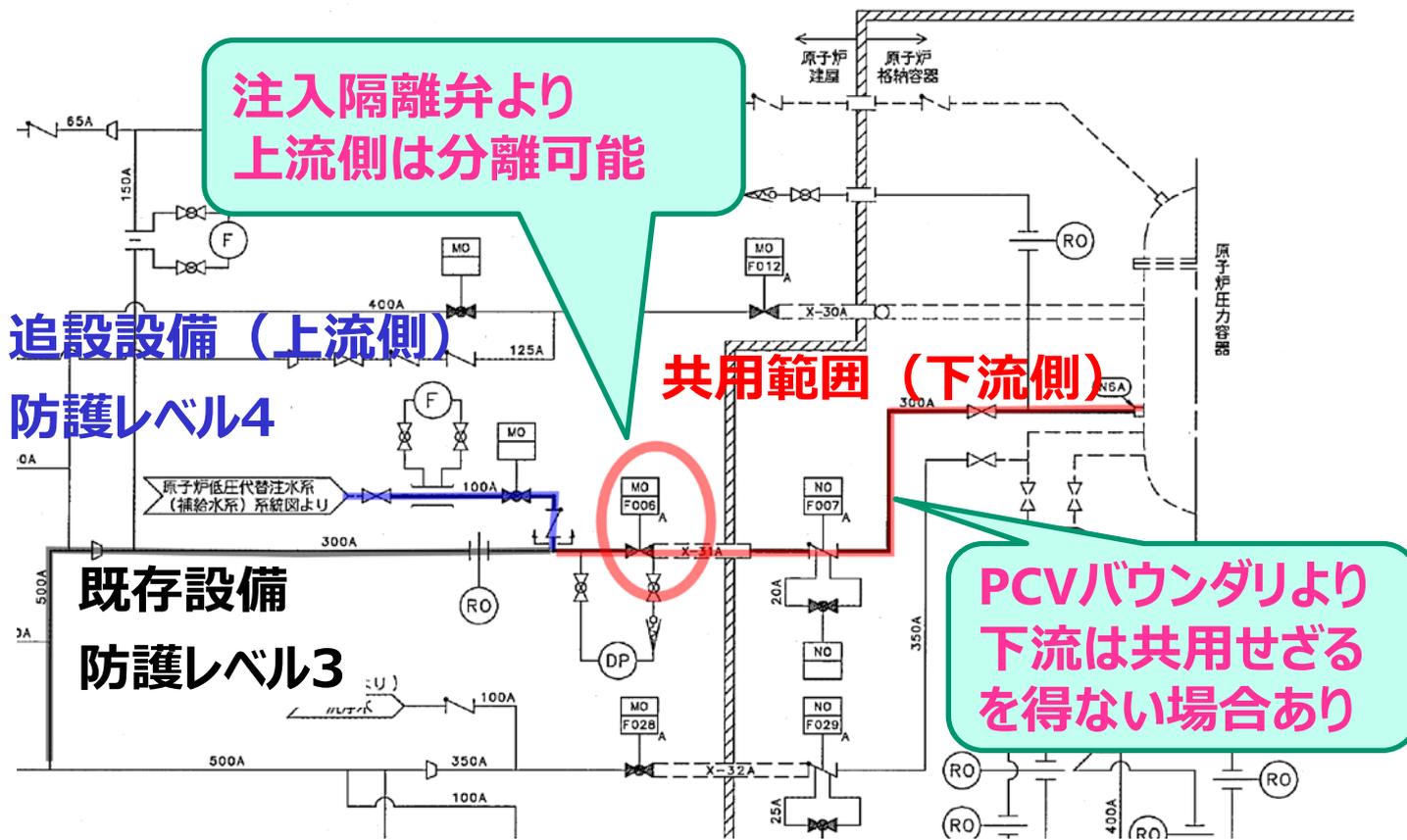
既設プラントにおける追設設備では既存設備と注水配管・弁などを共用せざるを得ない場合があり、従属要因の影響を完全には排除できない。

➡ 具体例 (次頁)

# 3. 従属要因に対する独立性確保 (3/4)

## 具体例

➤ 従属要因：追設設備の注水配管の共用



➡ 課題へ (後述)

### 3. 従属要因に対する独立性確保 (4/4)

---

#### 課題

- 防護レベル間で注入配管を共用する場合でも、注入配管を多重化することで機能喪失を回避できる。

このような場合の独立性の有効性を評価・証明する手法が確立（学会、規制、産業界におけるオーソライズ）されていない。

## 4. まとめ

---

深層防護の考え方を設計適用する際に必要となる「独立性」について、以下の観点で設計の考え方、具体例、及びその課題について紹介した。

- ・共通要因に対する独立性確保
- ・従属要因に対する独立性確保

課題例として、深層防護における独立性の有効性の評価・証明する手法が学会、規制、産業界で確立（オーソライズ）されていないことを挙げた。