

<概要>

原子力発電所では、**多重防護**（**深層防護**ともいう）の考え方にに基づき、厳重な安全確保対策が講じられている。第1の防護は、異常の発生を防止するため、**原子炉が固有の安全性**を有することや異常発生防止策として、安全装置や機器の信頼性の向上を図っている。しかし、万が一、異常が発生した場合には、次の段階の対策として、それが事故に拡大しないようにすることが大事である。このため、異常を早く発見できる設計、原子炉を緊急に停止できる設計等の安全対策をとっている。

（注）東北地方太平洋沖地震（2011年3月11日）に伴う福島第一原発事故を契機に原子力安全規制の体制が抜本的に改革され、新たな規制行政組織として**原子力規制委員会**が2012年9月19日に発足したため、本データに記載されている原子力安全確保に関する考え方や具体的な対策についても見直しや追加が行われる可能性がある。

<更新年月>

2006年02月

<本文>

原子力発電所では、多重防護の考え方にに基づき、厳重な安全確保対策が講じられている。第1の防護は、異常の発生を防止するため、原子炉が固有の安全性を有することや異常発生防止策として、安全装置や機器の信頼性の向上を図ることである。しかし、第1の防護での努力にかかわらず、故障や異常が発生した際に各種の監視装置によって早期に検知し、異常の拡大と事故への発展を防止するために安全装置が設けられている。これには、異常の拡大と事故への進展を防止するために必要な信号を発信する**安全保護系**や、この信号を受けてすみやかに、確実に原子炉の**核分裂**を停止させる**原子炉停止系**、炉内に保有していた熱、圧力と引き続き発生する**崩壊熱**を除去する非常用炉心冷却系（**ECCS**）などがある。図1に多重防護の考え方を示す。

1. 安全保護系

安全保護系は、原子炉の安全を損なうおそれのある異常な過渡変化や誤動作が発生したり、あるいは、これらの事態が発生するおそれがある場合に、原子炉の異常を検知し、警報や**原子炉スクラム**（原子炉緊急停止）の信号を出したり、**工学的安全施設**の作動信号を出す系統である。安全保護系は、原子炉緊急停止系を作動させるための原子炉緊急停止系作動回路と、非常用炉心冷却系等の工学的安全施設を作動させる工学的安全施設作動回路の2つの回路からなる。

安全保護系は、その系を構成する機器またはチャンネルの単一故障あるいは単一の取り外しを行っても、その機能を失うことのないように多重性・独立性を有する設計としている。また、駆動源の喪失、系の遮断などの不利な状況下でも最終的に安全な状態に落ち着き、その機能が発揮できるように設計されている。

さらに、安全保護系は原則として、その機能を運転中に試験できる設計となっている。表1および表2に、BWRの原子炉スクラム信号の例とPWRの原子炉トリップ信号の例を示した。

2. 原子炉停止系

原子炉停止系は極めて重要な安全装置なので、異なる原理の独立2系統を有するものが多い。

例えば、1系統は**制御棒**を用い、もう1系統はバックアップ装置として、ほう酸水を注入するな

どの系統を採用している。

3. 非常用炉心冷却系 (ECCS)

万一、1次冷却系（原子炉冷却系）配管が破断して原子炉内の冷却水が流出した場合には、たとえ、原子炉が緊急停止（スクラム）されても燃料棒は崩壊熱で温度が上昇する。これを防止するためにECCSが設けられており、ECCSも極めて重要な安全設備であるため、異なる原理の独立した系統を2重3重に設けている。

<関連タイトル>

[事故の発生防止 \(02-02-05-02\)](#)

[単一故障基準 \(02-02-05-04\)](#)

[多重防護の考え方による事故防止 \(11-01-01-06\)](#)

<参考文献>

(1) 内閣府原子力安全委員会事務局（監修）：原子力安全委員会指針集、大成出版社（2003年3月）p.16-17

(2) 火力原子力発電技術協会（編）：やさしい原子力発電、火力原子力発電技術協会（1990年6月）p.56、68

(3) （財）原子力安全研究協会：軽水炉発電所のあらまし（1992年10月）p.7、

(3) 通商産業省資源エネルギー庁：原子力発電便覧'99年版 電力新報社（1999年10月23日）p.367-371

表1 BWRの原子炉スクラム信号の例(1,100MWe級)

| スクラム信号の種類 | 機能 | 設定値 | 論理回路 注1) |
|--|-----------------------|--|-------------------------------|
| スクラム排出容器水位高 | スクラム時の排出水に対し十分な容量の保証 | 189リットルに相当するレベル | (1/2)×2 注2) |
| 主蒸気隔離弁閉 | ヒートシンク喪失から原子炉の保護 | 開度90% | (1/2)×2 注3) |
| 主蒸気止め弁閉 | ヒートシンク喪失から原子炉の保護 | 開度90% | (1/2)×2 注3) |
| タービン加減弁急速閉 | ヒートシンク喪失による燃料損傷を避けるため | “急速閉”開始 | (1/2)×2 |
| 原子炉水位低 | 冷却材喪失による燃料損傷を避けるため | 水位計測基準点より+321mm | (1/2)×2 |
| 主蒸気管放射能高 | 放射性生成物の漏えい検出 | 通常運転時の放射能の10倍 | (1/2)×2 |
| 中性子束高 (APRM) | 出力の制限 | 定格出力の120%一定及び自動可変設定 | (1/3)×2 |
| 中性子束高 (IRM) または原子炉周期短 (SRNM) 注4) | 出力の制限 | 選択レンジ目盛の 又は120/125(IRM) 原子炉周期10秒(SRNM) | (1/4)×2 |
| 中性子計測装置(APRM) 動作不能 | 中性子計測装置動作の保証 | 中性子計測装置動作不能の場合 | (1/3)×2 |
| 中性子計測装置 (IRMまたはSRNM) 動作不能 注4) | 同上 | 同上 | (1/4)×2 |
| 原子炉格納容器圧力高 | 冷却材喪失の検出 | 0.14kg/cm ² g | (1/2)×2 |
| 原子炉圧力容器圧力高 | 原子炉圧力高による正の反応度増加の制限 | 73.6kg/cm ² g | (1/2)×2 |
| 地震 | 地震に対する原子炉の保護 | 水平方向 op0.0m 205gal op18.0m 215gal 鉛直方向 op0.0m 200gal | (1/2)×2 (1/2)×2 (1/2)×2 |
| 手動 | | | |
| モードスイッチ「停止」 | | | |

注 1)例(1/2)×2: 1 out of 2 twice

2)スクラム排出容器は2個あり,各々(1/2)×2の論理回路を構成している。

3)論理回路としては(1/2)×2であるが,4弁中3弁閉にてスクラム。

4)起動領域の中性子計測装置としてSRM・IRMを使用しているプラントと,これらを1本化したSRNMを使用しているプラントがある。

[出典]通商産業省資源エネルギー庁:原子力発電便覧'99年版 電力新報社(1999年10月23日)p.369

表2 PWRの原子炉トリップ信号の例(4ループ)

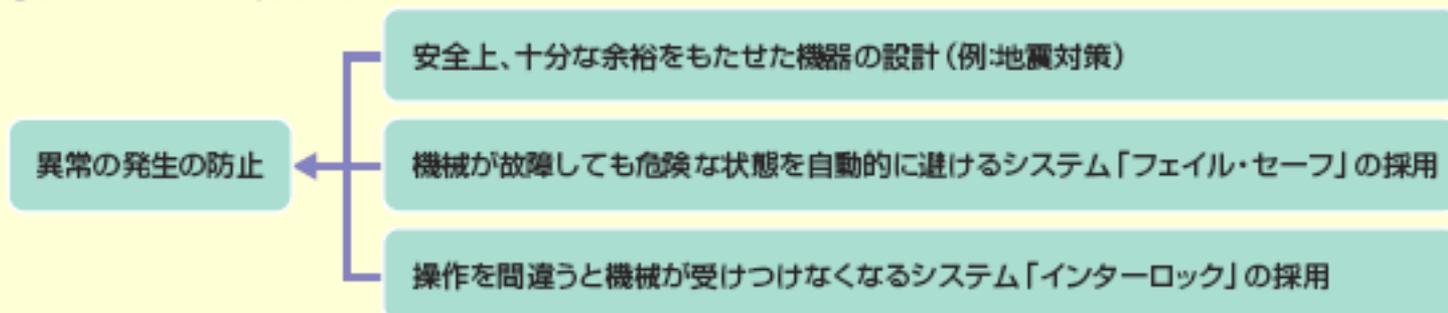
| トリップ信号の種類 | 機能 | 設定値 | 論理回路 |
|--|------------------------------|----------------------------|------|
| 中性子源領域中性子束高 | 原子炉の停止および起動時の保護 | 2×10^5 cps以下 | 1/2 |
| 中間領域中性子束高 | 原子炉の停止および起動時の保護 | 定格出力の30%以下 | 1/2 |
| 主力領域中性子束高 | 原子炉の通常出力および低出力時の保護 | 定格出力の27%以下 | 2/4 |
| a. 低設定 b. 高設定 | | 定格出力の111%以下 | 2/4 |
| 出力領域中性子束変化率高 | 制御棒クラスタの飛び出しおよび落下時の原子炉保護 | 定格出力の11%ステップ以下 | 2/4 |
| a. 増加率高 b. 減少率高 | | 定格出力の8%ステップ以下 | 2/4 |
| 過大温度 ΔT 高 | 炉心のDNB保護 | 可変 | 2/4 |
| 過大出力 ΔT 高 | 炉心の過出力保護 | 可変 | 2/4 |
| 一次冷却材流量低 注1) (1ループまたは2ループ以上の一致) 注2) | 炉心のDNB保護 | 定格流量の87%以上 | 2/4 |
| 一次冷却材ポンプ回転数低 | 冷却材流量低下による炉心の保護 | 定格回転数の92.6%以上 | 2/4 |
| 原子炉圧力高 | 一次冷却系の過圧保護 | 169.4 kg/cm^2 以下 | 2/4 |
| 原子炉圧力低 | 炉内沸騰の保護 | 129.8 kg/cm^2 以上 | 2/4 |
| 加圧器水位高 | 原子炉圧力高のバックアップ | 計器スパンの94%以下 | 2/4 |
| 蒸気発生器水位低 | 給水流量の喪失による一次冷却系の過圧防止 | 計器スパンの11%以上 | 2/4 |
| 地震加速度高 | 地震に対する原子炉保護 | | |
| a. 水平方向加速度高 (上部階) | | 440gal以下 | 2/3 |
| (下部階) | | 240gal以下 | 2/3 |
| b. 垂直方向加速度高 | | 120gal以下 | 2/3 |
| タービントリップ | タービントリップ時の一次冷却材温度及び圧力の過度上昇保護 | | |
| a. 非常しゃ断油圧低 | | 65 kg/cm^2 以上 | 2/4 |
| b. 主蒸気止め弁閉 | | — | 4/4 |
| 手動 | — | — | 1/2 |
| 非常用炉心冷却設備作動信号 | 重大事故時に工学的安全施設を作動させる信号 | | |
| a. 原子炉圧力低 | | 122.8 kg/cm^2 以下 | 2/4 |
| b. 主蒸気ライン圧力低 | | 34.2 kg/cm^2 以上 | 2/4 |
| c. 原子炉格納容器圧力高 | | 0.49 kg/cm^2 以下 | 2/4 |
| d. 手動 | | | 1/2 |

注1) 定格出力の10%以下では一次冷却材流量低のうち2ループ以上の一致がブロックされる。

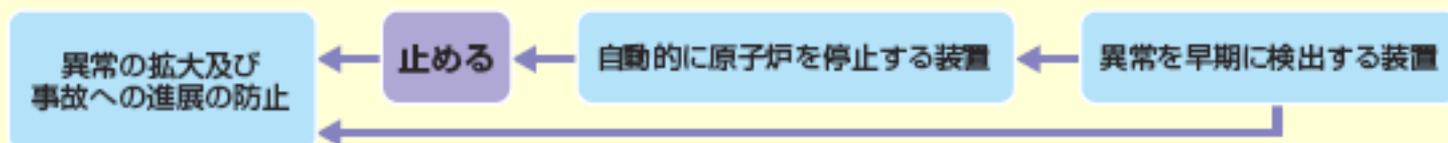
2) 定格出力の35%以下では1ループの一次冷却材流量低がブロックされる。

[出典] 通商産業省資源エネルギー庁: 原子力発電便覧 '99年版 電力新報社(1999年10月23日)p.371

①異常*の発生を未然に防ぐ



②異常が起きても、事故**に拡大させない



③万一事故が起きても、影響を少なくする

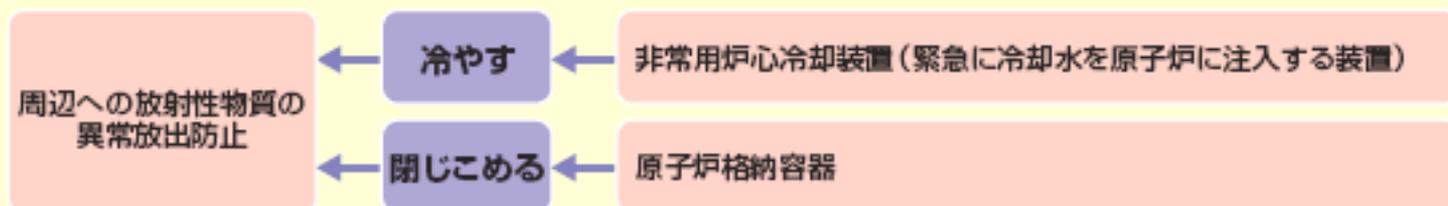


図1 多重防護の考え方