

保護リレーに対する重要度分類の考え方について

1 はじめに

今回追加する 50 保護リレーが重要度分類上、安全機能を有する設備なのかについて整理するものである。また、保安規定との関連性についても参考として整理した。

2 安全機能の有無について

表 1 のとおり、平成 2 年 8 月 3 0 日原子力安全委員会決定された発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（以下、「重要度分類指針」という。）によると、非常用所内電源系はMS-1 と整理されている。

表 1 重要度分類指針の付表抜粋

| 分類   | 異常影響緩和系                  |                   |   |   |
|------|--------------------------|-------------------|---|---|
|      | 定義                       | 機能                | 構築物、系統又は機器 (PWR)  | 特記すべき関連系 (PWR)                          |
| MS-1 | 2) 安全上 必須なその他の構築物、系統及び機器 | 2) 安全上 特に重要な 関連機能 | 非常用所内電源系、制御室及びその遮へい・換気空調系・原子炉補機冷却水系、原子炉補機冷却海水系、直流電源系、制御用圧縮空気設備（いずれも、MS-1 関連のもの） | ディーゼル発電機燃料輸送系、ディーゼル冷却系、取水設備（屋外トレンチを含む。） |

今回追加する 50 保護リレーは、図 1（審査会合で添付したロジック図）のとおり過電流を検出する 51 保護リレーと同様に非常用所内電源系に附属する設備である。

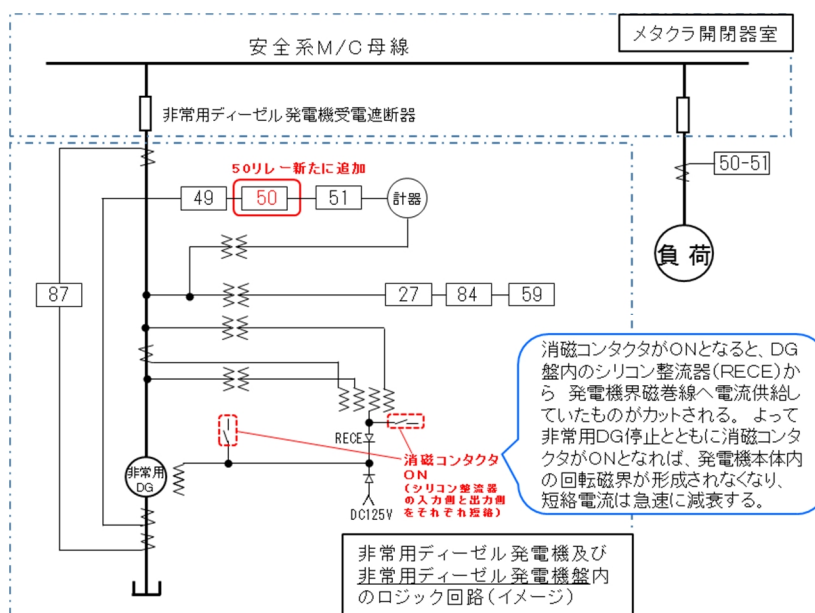


図 1 非常用ディーゼル発電機からの給電に係るロジック回路（イメージ図）

ここで、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（以下、「設置許可基準規則」という。）によると、「安全機能」とは、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能であって、次に掲げるものとある。

- 1) その機能の喪失により発電用原子炉施設に運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生し、これにより公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがある機能
- 2) 発電用原子炉施設の運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の拡大を防止し、又は速やかにその事故を収束させることにより、公衆又は従事者に及ぼすおそれがある放射線障害を防止し、及び放射性物質が発電用原子炉を設置する工場又は事業所（以下「工場等」という。）外へ放出されることを抑制し、又は防止する機能

また、設置許可基準規則第12条（安全施設）の解釈には、「安全機能」を有する安全施設については、別に「重要度分類指針」において定めると記載がある。

重要度分類指針の解説によると「本来関連系として位置付けられるべきものであっても、その支援対象が広いものについては、それ自身を当該系と位置付ける。例えば、本指針第2表のMS-1の「安全上必須なその他の構築物、手続及び機器」がその例である①。これ以外の関連系は、2種に大別して、当該系の機能遂行に直接必要となる関連系及びそれ以外の関連系とし、前者については当該系と同位の重要度を有するものとみなし、また、後者については当該系より下位の重要度を有するものとみなすこととする②。」と整理されている。①より非常用所内電源系は、「安全上必須なその他の構築物、手続及び機器」に該当することから当該系ではなく本来関連系である。②より非常用所内電源系以外の関連系は、直接関連系ないし間接関連系と整理される。

上記の整理を踏まえると、非常用所内電源系の附属設備としての50保護リレーは、電気事故である過電流を検出し電気事故範囲を限定するために遮断器を開放するなど安全性を確保するための設備ではあるが、非常用所内電源系の機能遂行又は機能維持に不可欠なものではないことから非常用所内電源系には含まれず、直接関連系、間接関連系のいずれにも該当しない。

したがって、HEAF対策として追加する50保護リレーは、安全機能を有していないことからノンクラスとして整理する。また、非常用DGの状態（供給、スタンバイ）及び既工認範囲での保護リレーを考慮したとしても今回追加の保護リレーが安全機能を有していないと整理することは特に問題ない。

なお、上記の整理とは別に、50保護リレーについてはHEAF対策を行なうにあたりメタルクラッド開閉装置（遮断器）の開放、又は、非常用DGの停止を行なうなど安全性を確保するために必要な設備であるが、50保護リレーを設置する非常用ディーゼル発電機盤内には非常用DGを起動・停止するための制御回路（スイッチ含む）及び励磁回路の設備（MS-1）があり、それら上位クラス設備に期待される安全機能を損なわないよう波及的影響防止の観点から、下位クラスの機器等については非常用所内電源系と同様にMS-1相当として設計を行なう。

非常用電源系及び外部電源系に附属する保護リレーの設計範囲については表2に示し、具体的なMS-1相当の設計については表3に示す。また、既設の49、51保護リレーなどについても、50保護リレーと同様の考え方でMS-1相当としている。

表2 MS-1相当とする設計範囲

| 設計分類      | 対象                 | 設計目的  |
|-----------|--------------------|---|
| MS-1相当の設計 | 非常用電源系に附属する保護リレー※1 | 非常用電源系（MS-1）への波及的影響の防止の観点より、当該保護リレーについては、MS-1相当として設計。 |

※1：非常用ディーゼル発電機盤の保護リレー及び、計器類、スイッチ、警報ライン、テストラインについても、MS-1相当として、非常用電源系に波及的影響を与えないように設計。

更に、非常用電源系だけではなく、既工認分で対策した保護リレー（外部電源系：PS-3）についても設計範囲について整理し、図2に示す。

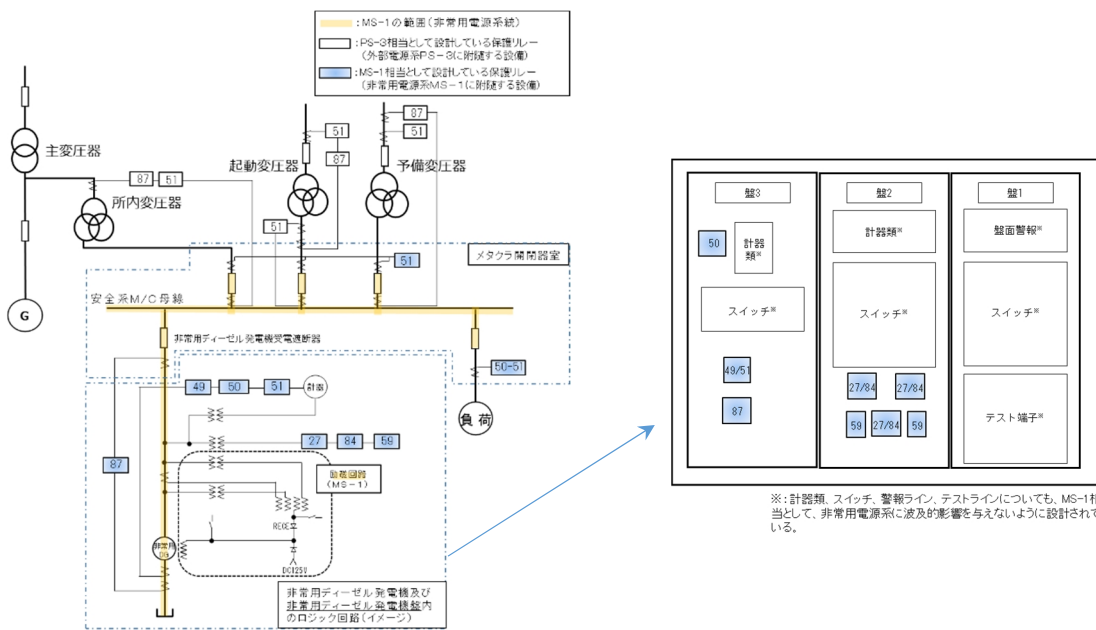


図2 非常用電源系及び外部電源系に附属する保護リレーに対する設計整理図

表3 安全機能の重要度に係わる主な設計要求事項（50 保護リレーに係る要求事項）

| 重要度        | 自然現象に対する設計上の考慮   | 多重性又は多様性及び独立性   | 電気系統に対する設計上の考慮                                   | 試験可能性に関する設計上の考慮                |
|------------|--|---|--|--------------------------------|
| MS-1       | 1. 技術基準規則の「耐震」による<br>2. 技術基準規則の「津波、外部衝撃、火災、溢水」による                                      | 1. 技術基準規則の「安全設備」による   | 1. 技術基準規則の「保安電源設備」による（主発電機又は非常用電源設備から電気が供給される設計） | 1. 技術基準規則の「設計基準対象施設の機能」による     |
| MS-1<br>相当 | 1. 非常用ディーゼル発電機盤への波及影響を考慮し、耐震Sクラスの構造強度を有するように設置<br>2. 「津波、外部衝撃、火災、溢水」の防護措置に波及影響がないように設置 | —<br>(安全設備の当該系（非常用DG）を多重化するものであって、保護リレーの様な附属設備をさらに多重化するものではない。) | 非常用ディーゼル発電機盤に設置することで非常用電源から電気を供給する               | 停止中に保守点検可能（詳細については補足説明資料添付6参照） |

### 3. 保安規定と MS-1 との関係性について

第 625 回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合の資料 1 - 3 に示す「保安規定変更に係る基本方針 4.1 LCO 等を設定する設備」によると以下の通り。

～略～

設計基準対象施設については、「(安全施設において)安全機能を有する系統のうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するもの」の対象となる設備の範囲となる。基本的には、従来の安全設計審査指針に定める「重要度の特に高い安全機能を有する系統」が対象となる。

具体的には、設計基準対象施設のうち安全機能を有するもの(安全施設)は、重要度分類指針における「当該系」の設備と「関連系」の設備に分けられ、当該系の機能遂行に直接必要となるか否かの観点から、「関連系」はさらに「直接関連系」と「間接関連系」に分けられる。「直接関連系」は「当該系」の機能遂行に直接必要となる関連系であり、「間接関連系」は「当該系」の信頼性を維持し、又は担保するために必要な関連系である。「間接関連系」は、「当該系」より下位の重要度を有するものとみなされている。

このことから、「設計基準対象施設において、安全機能を有する系統のうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するもの」として PS-1、MS-1、MS-2 (重要度の特に高い安全機能を有する設備等)を LCO 等を設定する設備と考え、

- ・ PS-1、MS-1 の「当該系」設備及びその「直接関連系」設備
- ・ MS-2 のうち「重要度の特に高い安全機能を有する設備等」にあたる設備

のいずれかに該当する場合は、保安規定において LCO 等を設定し運用管理する必要がある。

～略～

新規規制基準を踏まえ新たに設計基準対象施設とした設備について、保安規定への反映要否に関する検討は、今後、新たに設計基準対象施設とした設備について重要度分類指針を踏まえた安全機能の重要度分類を設定し、保安規定審査基準に定める「発電用原子炉施設の重要な機能に関して、安全機能を有する系統、機器」に相当する、重要度分類指針における「PS-1、MS-1、MS-2 (重要度の特に高い安全機能を有する設備等)」に該当する設備に対し LCO 等を設定する。

したがって、今回追設する保護リレーについては、非常用所内電源系 (MS-1) の関連系設備でもなく、安全機能を有さないことから、上記の LCO 等を設定する設備には該当しない。

以上

参考資料①：発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針

(平成 2 年 8 月 30 日原子力安全委員会決定) 抜粋

【参考①】

発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）抜粋

Ⅳ. 分類の適用の原則

1. 関連系の範囲と分類

第2表に示す安全機能を直接果たす構築物、系統及び機器（以下「当該系」という。）が、その機能を果たすために直接又は間接に必要とする構築物、系統及び機器（以下「関連系」という。）の範囲と分類は、次の各号に掲げるところによるものとする。

- (1) 当該系の機能遂行に直接必要となる関連系は、当該系と同位の重要度を有するものとみなす。
- (2) 当該系の機能遂行に直接必要はないが、その信頼性を維持し、又は担保するために必要な関連系は、当該系より下位の重要度を有するものとみなす。ただし、当該系がクラス3であるときは、関連系はクラス3とみなす。

第2表 安全上の機能別重要度分類に係る定義及び機能

| 分類   | 定義  | 機能   |
|------|---|--|
| クラス1 | PS-1<br>その損傷又は故障により発生する事象によって、<br>(a) 炉心の著しい損傷、又は<br>(b) 燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器     | 1) 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能<br>2) 過剰反応度の印加防止機能<br>3) 炉心形状の維持機能  |
|      | MS-1<br>1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器 | 1) 原子炉の緊急停止機能<br>2) 未臨界維持機能<br>3) 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能<br>4) 原子炉停止後の除熱機能<br>5) 炉心冷却機能<br>6) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能 |
|      | 2) 安全上必須なその他の構築物、系統及び機器   | 1) 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能<br>2) 安全上特に重要な関連機能   |

| 分類   | 定義  | 機能  |
|------|---|---|
| クラス2 | PS-2<br>1) その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器 | 1) 原子炉冷却材を内蔵する機能（ただし、原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されていないものは除く。）<br>2) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能<br>3) 燃料を安全に取り扱う機能 |
|      | 2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器                              | 1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能  |
| MS-2 | 1) PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器                                   | 1) 燃料プール水の補給機能<br>2) 放射性物質放出の防止機能   |
|      | 2) 異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器   | 1) 事故時のプラント状態の把握機能<br>2) 異常状態の緩和機能<br>3) 制御室外からの安全停止機能  |

## 【解説】

### 1. 関連系の範囲と分類

本指針においては、所要の安全機能を直接果たす構築物、系統及び機器を「当該系」と呼んでいる。例えば、原子炉冷却材喪失（以下「LOCA」という。）に際して、冷却水を注入して炉心を冷却する機能を果たすのは非常用炉心冷却系（以下「ECCS」という。）であるが、ECCSは、LOCA時の炉心冷却という機能に対する当該系となる。

しかしながら、所要の安全機能は、当該系のみで単独に果たせるとは限らない。ECCSの場合には、起動信号を発生する安全保護系、動力を供給する電源系（非常用所内電源系を含む。）、機器を冷却する補機冷却系等を始めとし、その信頼性を担保し、監視するための計装、試験用設備、機器の据付けの基礎、支持物、系統を収容する建屋とその換気空調系等が、程度の差はあっても必要である。このように、当該系が機能を果たすのに直接、間接に必要な構築物、系統及び機器を、本指針においては「関連系」と呼んでいる。

なお、上記の定義により、本来関連系として位置付けられるべきものであっても、その支援対象が広いものについては、それ自身を当該系と位置付ける。例えば、本指針第2表のMS-1の「安全上必須なその他の構築物、手続及び機器」がその例である。

これ以外の関連系は、2種に大別して、当該系の機能遂行に直接必要となる関連系及びそれ以外の関連系とし、前者については当該系と同位の重要度を有するものとみなし、また、後者については当該系より下位の重要度を有するものとみなすこととする。ただし、後者の関連系で当該系がクラス3のものは、安全に関連する機能を有することから、クラス3であるとみなすこととする。

ここで「当該系の機能遂行に直接必要となる関連系」とは、それなくして当該系の機能遂行又は機能維持ができないような、不可欠の構築物、系統及び機器を指し、例えば起動・運転制御を行う計装、駆動系、機器冷却系、機器燃料系等を意味する。また、これらの関連系が「当該系と同位の重要度を有するものとみなす」とは、これら関連系を含めて当該系が所要の信頼性を確保し、維持することを求めるものであって、当該系に対する要求事項に、関連系を含めて適合するように、これら関連系にも当該系と同等の設計上の考慮が必要であることを意味する。

例えば、当該系に単一故障を仮定しても、その安全機能が失われない設計が要求されている場合には、当該系の機能遂行に直接必要となる関連系に単一故障を仮定しても、当該系の安全機能が失われないことが必要である。ただし、このことは、当該系と関連系とのそれぞれに独立に故障を重ねて仮定することを求めるものではない。

## ○ V. 安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する設計上の考慮

### 1. 基本的目標

各クラスに属する構築物、系統及び機器の基本設計ないし基本的設計方針は、確立された設計、建設及び試験の技術並びに運転管理により、安全機能確保の観点から、次の各号に掲げる基本的目標を達成できるものでなければならない。

- (1) クラス1：合理的に達成し得る最高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。
- (2) クラス2：高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。
- (3) クラス3：一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持すること。

## 2. 「安全設計審査指針」への分類の適用

安全機能を有する構築物、系統及び機器については、上記1.の基本的目標を満足するように、設計上の配慮がなされなければならない。このため、「安全設計審査指針」に、本指針の分類を次の各号に定めるところにより適用する。

### (1) 信頼性に対する設計上の考慮

次に掲げる系統は、「安全設計審査指針」指針9.第2項の「重要度の特に高い安全機能を有する系統」とみなす。

- (a) PS-1のうち、通常運転時に開であって、事故時閉動作によって原子炉冷却材圧力バウンダリ機能の一部を果たすこととなる弁
- (b) MS-1
- (c) MS-2のうち、事故時のプラント状態の把握機能を果たすべき系統

### (2) 自然現象に対する設計上の考慮

次に掲げるものは、「安全設計審査指針」指針2.第2項の「重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器」とみなす。

- (a) クラス1
- (b) クラス2のうち、特に自然現象の影響を受けやすく、かつ、代替手段によってその機能の維持が困難であるか、又はその修復が著しく困難な構築物、系統及び機器。

### (3) 電気系統に対する設計上の考慮

「安全設計審査指針」指針48.第1項及び第4項の「重要度の特に高い安全機能」及び「重要度の高い安全機能」とは、それぞれ次に掲げるものをいう。

- (a) 重要度の特に高い安全機能
  - i) PS-1
  - ii) MS-1
  - iii) MS-2のうち、
    - ア) 燃料プール水の補給機能
    - イ) 事故時のプラント状態の把握機能
    - ウ) 異常状態の緩和機能のうち、逃がし弁からの原子炉冷却材放出の阻止機能
    - エ) 制御室外からの安全停止機能
- (b) 重要度の高い安全機能
  - i) クラス1
  - ii) クラス2

## 【解説】

### 1. 基本的目標

原子炉施設の安全確保に必要な安全機能とその相対的重要度が定められると、これら機能を有する構築物、系統及び機器に対して、様々な要求が課せられる。これらの要求が意図するところは、究極的にはそれぞれの機能の重要度に応じて、十分に高い信頼性を確保することである。



本指針は、安全機能の重要度に関する「安全設計審査指針」の適用のめやすを与えるものであるから、その直接の対象は、原子炉施設の基本設計ないし基本的設計方針である。当然のことではあるが、高度の信頼性は設計のみによって達成されるものではなく、建設及び運転管理の各段階における一貫した努力が必要であり、また各段階での努力は相互に補足的であり得るものである。ここに掲げた基本的目標は、設計のみならず、後続の各段階における品質保証活動によって究極的に達成されるべきものである。基本設計ないし基本的設計方針においては、後続の各段階における活動が十分に行い得るように配慮されているとともに、これらとあいまってここに掲げる基本的目標が達成し得るものであることが確認される必要がある。

一般に、構築物、系統及び機器については、原子炉施設に限らず、国内法規に基づく規格基準、適切と認められる民間規格又は外国規格を含めてなんらかの規格基準が適用され、妥当と考えられる信頼性を確保することとしている。本指針においてクラス3に分類されるものは、少なくともこれら一般産業施設に求められている信頼性を確保することが必要と考えられるもので、例えば建築基準法、日本工業規格、一般の電気工作物規定等に準拠することとなる。しかし、原子炉施設においては安全確保の重要性にかんがみ、安全上の重要度の高いものについては、一般産業施設の場合よりもさらに高度の信頼性の要求を課すのが通例である。例えば、「耐震設計審査指針」においては、Sクラス、Bクラスの構築物、系統及び機器に対しては、建築基準法の定めよりも厳しい設

計用地震力を想定し、これに耐えることを要求しており、また、昭和40年6月通商産業省令62号(平成17年7月1日改正)においても、重要度の高い構築物に対しては特に厳しい要求を課している。本指針においても、これらと基本的には同様の考え方にに基づき、クラス1及びクラス2に対しては、一般産業施設よりもさらに高度の信頼性を確保することを求めるものである。ただし、所要の信頼性を確保するために設計、建設、運転管理の各段階においてどのような対策を具体的に採るべきかについては、各構築物、系統及び機器の構造、動作原理、使用条件、特性等によって異なる。したがって、個々に対する具体的な要件は、本指針の基本的目標に照して十分適切と考えられる方法を選択する必要がある。例えば、運転管理段階において、各構築物、系統及び機器に係る保全・運転管理の具体的な対策や要件等を決める際には、本指針に示された安全機能の重要度を維

持しつつ、運転経験や確率論的安全評価(PSA)の結果などのリスク情報を活用することが適切である。これは、安全確保における合理性、整合性及び透明性の向上、並びに資源の適正配分の観点を考慮するとともに、本指針が制定された以降のリスク評価技術の進展を踏まえたものである。

## 2. 「安全設計審査指針」への分類の適用

本指針のV.の1.の基本的目標の達成のために、安全機能を有する構築物、系統及び機器は、それぞれの特徴に応じて、適切な設計上の考慮がなされなければならない。

これらの必要な考慮のうち、基本的なものについては、「安全設計審査指針」に示すところであるが、本指針においては、「安全設計審査指針」においてその具体的適用を本指針にゆだねているものについて、その内容を定めた。

### (1) 信頼性に対する設計上の考慮

「安全設計審査指針」の指針9. 第2項は、「重要度の特に高い安全機能を有する系統」に対し、多重性及び多様性及び独立性を備えた設計であることを求め、さらに第3項において、その系統を構成する機器の単一故障の仮定に加え、外部電源が利用できない場合においても、その系統の安全機能が達成できるような設計であることを求めている。この要求が原則的に適用されるのは、MS-1の系統並びにPS-1の一部及びMS-2の一部である。この要求が適用されるPS-1の一部は、通常時には開、事故時には閉となることによって原子炉冷却材圧力バウンダリの一部となる弁である。このような弁が設けられる系統については、原子炉冷却材圧力バウンダリは、原子炉側からみて第2隔離弁を含みそこまでとする。すなわち、この種の弁には多重性が要求される。

また、前記の要求が適用されるMS-2の一部は、事故時のプラント状態の把握機能を有する系統であって、安全確保上最も重要な原子炉停止、炉心冷却、及び放射能閉じ込めの三つの機能の状況を監視するのに最小限必要とされる系統である。

「安全設計審査指針」においては、計測制御系の信頼性に関し、特に原子炉の停止状態及び炉心の冷却状態は、2種類以上のパラメータにより監視又は推定できること、が求められているが、これは、停止及び冷却の状況把握に多様性を求めたものである。また、「発電用軽水型原子炉施設における事故時の放射線計測に関する審査指針」においては、放射能障壁の健全性を確認するための情報を与える主たる放射線計測系は、多重性を有する設計であることを要求している。

#### (2) 自然現象に対する設計上の考慮

「安全設計審査指針」指針2. 第2項は、地震以外の想定される自然現象に対する設計上の考慮を定めており、「重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器」に対しての要求を掲げている。この要求が適用されるのは、原則としてクラス1のものであるが、クラス2についても自然現象の影響を受けやすいもの等については、これを適用する。一般に、これらの自然現象の影響を受けやすいものとしては、建物や屋外の構築物が考えられる。クラス2のうち、当該系としてこれに当たるものは、PWRの補助建屋排気筒、BWRの非常用ガス処理系排気管の支持機能を除く排気筒が考えられるほか、関連系としてクラス2に相当する建物等がある。

#### (3) 電気系統に対する設計上の考慮

「安全設計審査指針」指針48. 第1項における「重要度の特に高い安全機能」として、非常用所内電源からも電力の供給が受けられることが要求されるものは、原則としてクラス1の機能であるが、クラス2についても一部についてこの要求が適用される。クラス2であって非常用所内電源への接続を求められるのは、使用済燃料プール水の補給機能と異常時の対応上特に重要な機能であり、後者の機能を有するものは、具体的には(1)で述べた事故時監視計器の一部、制御室外からの原子炉停止装置、並びにPWRの加圧器逃がし弁（手動開閉機能）及び同元弁である。