

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料	
資料番号	KK67-0117
提出年月日	平成28年9月2日

区分分離の考え方

TEPCO

平成28年9月2日

東京電力ホールディングス株式会社

発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針

指針9. 信頼性に関する設計上の考慮

1. 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度に応じて、**十分に高い信頼性を確保**し、かつ、維持し得る設計であること。
2. 重要度の特に高い安全機能を有する系統については、その構造、動作原理、果たすべき安全機能の性質等を考慮して、多重性又は多様性及び**独立性**を備えた設計であること。
3. 前項の系統は、**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設計であること。

(解説)

指針9. 信頼性に関する設計上の考慮

「安全機能の重要度に応じて、**十分に高い信頼性**」及び「重要度の特に高い安全機能を有する系統」については、別に「**重要度分類指針**」において定める。

(※)

Ⅲ. 用語の定義

(19)「独立性」とは、二つ以上の系統又は機器が設計上考慮する環境条件及び運転状態において、共通要因又は従属要因によって、同時にその機能が阻害されないことをいう。

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
(設置許可基準規則)

第十二条

安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、**安全機能が確保されたもの**でなければならない。

2 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は、**当該系統を構成する機械又は器具の単一故障(単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと(従属要因による多重故障を含む。))をいう。以下同じ。))が発生した場合であって、外部電源が利用できない場合においても機能できるように、当該系統を構成する機械又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び**独立性**を確保するものでなければならない。**

(解釈)

第12条

1 第1項に規定する「安全機能の重要度に応じて、**安全機能が確保されたもの**」については、「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**」による。ここで、当該指針における「安全機能を有する構築物、系統及び機器」は本規定の「安全施設」に読み替える。

(※)

第二条

十九「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。

➡ 福島第一原発事故前後のいずれも読み込んでいるのは「重要度分類指針」

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

IV. 分類の適用の原則

3. 分離及び隔離の原則

安全機能を有する構築物、系統又は機器は、これら二つ以上のもの間において、又は安全機能を有しないものとの間において、その一方の運転又は故障等により、同位ないし上位の重要度を有する他方に期待される安全機能が阻害され、もって原子炉施設の安全が損なわれることのないように、機能的隔離及び物理的分離を適切に考慮しなければならない。

計装系において絶縁増幅器等を系統間に介在させること、電気系においてリレー・遮断器等を用いた隔離部分を設けることなどをいう。また、「物理的分離」とは、適切な配置を保つこと、物理的障壁(壁、せき等)を設けることなどをいう。

本要求は、安全機能を有する構築物、系統又は機器が、必ずしも厳密な意味での独立性を有することを求めるものではなく、考えられる相互の影響によって、設計上期待されている安全機能の遂行が阻害されることのないことが明らかであれば、満足されたものとみなすことができる。

(解説)

IV. 分類の適用の原則について

3. 分離及び隔離の原則

安全機能を有する構築物、系統又は機器は、他の構築物、系統又は機器との間において、相互に影響を及ぼすことが考えられる場合に、一方の影響によって同位の重要度又は上位の重要度を有する他方に期待される安全機能が損なわれてはならない。このためには、安全機能を有する構築物、系統又は機器は、同位又は下位の重要度(安全機能を有しないものを含む。)の構築物、系統又は機器の影響により所要の安全機能が阻害されないように、機能的な隔離若しくは物理的な分離又はこの両者の組合せが適切に考慮された設計であることが求められる。

ここでいう「機能的隔離」とは、例えば、タイラインを有する系統間を弁の構成によって隔離すること、

①安全機能を有する構築物，系統及び機器（安全施設）のうち，重要度が特に高い安全機能を有するもの

(A)他の安全施設との間，または非安全施設との間において，
「**その一方の運転又は故障等**」により安全機能が阻害されないように
「**機能的隔離及び物理的分離**」を実施

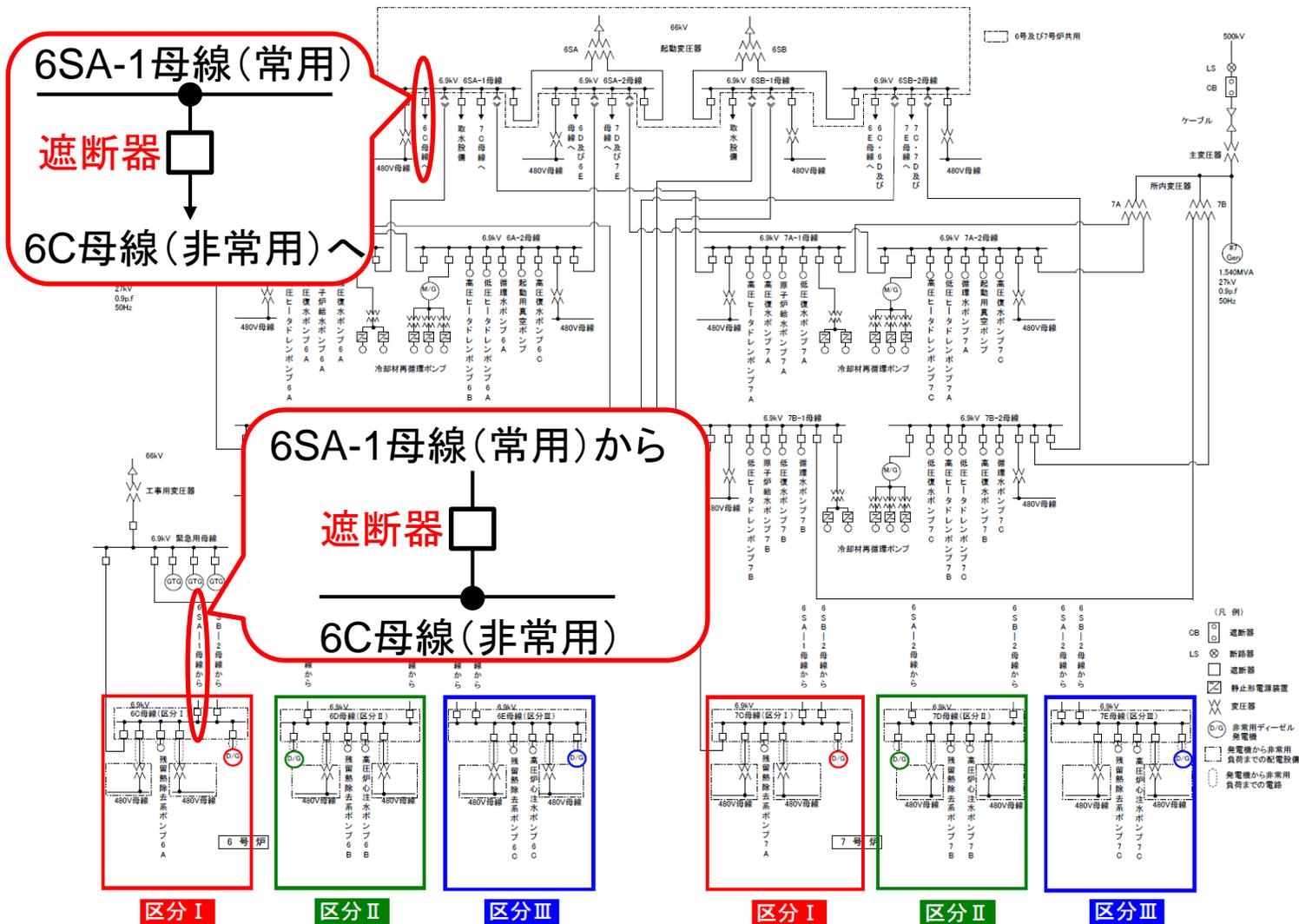
(B)同一の機能を有する安全施設との間において，
「**単一故障（従属要因による多重故障含む）**」により当該機能が全て失われないように
「**独立性**」を確保

※柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉では，新規制基準を踏まえ，(A)(B)に加えて，
設置許可基準規則第八条（火災による損傷の防止）に基づく区分分離や，
設置許可基準規則第九条（溢水による損傷の防止等）に基づく区分分離も実施

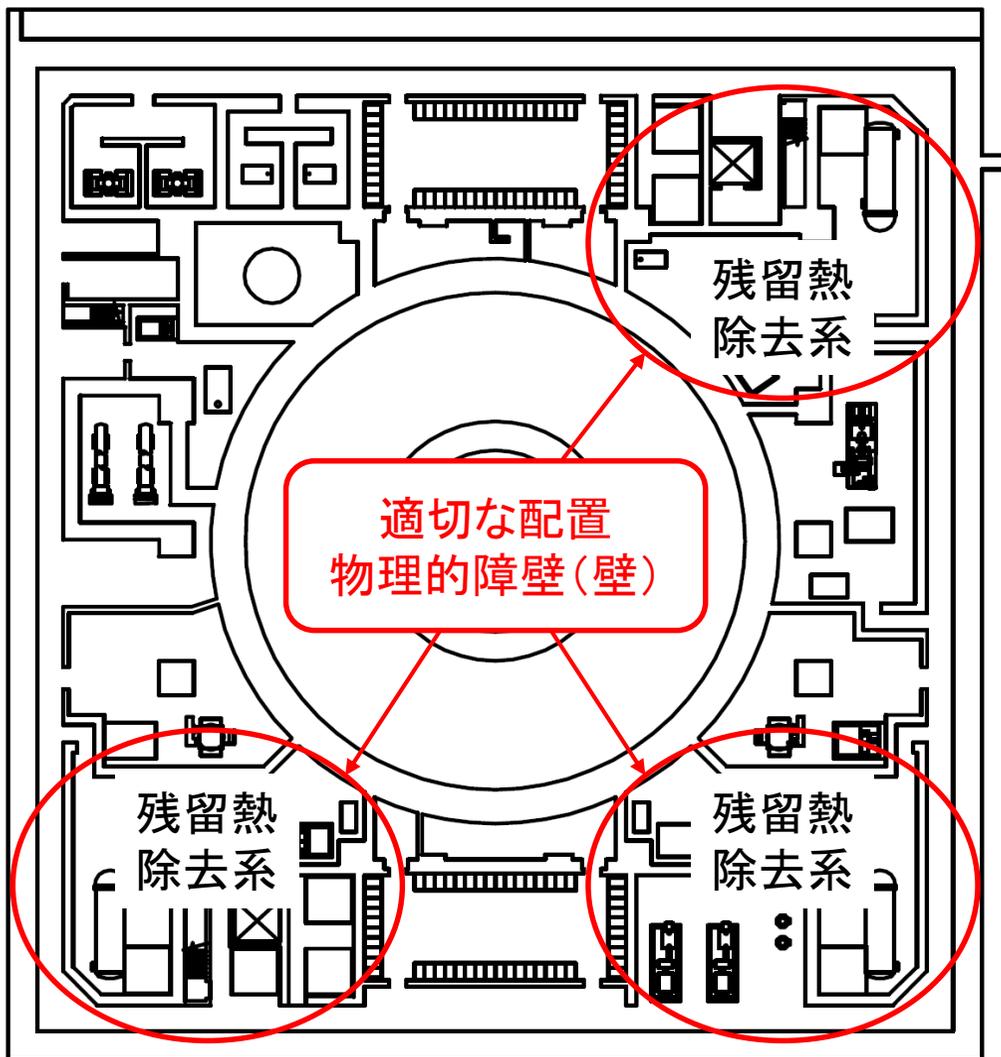
②安全施設のうち，①以外のもの

(A)他の安全施設との間，または非安全施設との間において，
「**その一方の運転又は故障等により**」安全機能が阻害されないように
「**機能的隔離及び物理的分離**」を実施

【例1】機能的隔離



【例2】物理的分離



不適切なケーブルの敷設においては本来守るべき物理的分離を維持できていなかった

【例】



○安全施設には当該系と関連系が存在

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

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。

【例】残留熱除去系(RHR)(低圧注水モード)の場合

当該系

RHR
ポンプ

関連系(1)
(直接関連系)

サプレッション
プールストレナ

関連系(2)
(間接関連系)

テストライン
配管・弁

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

(解説)

IV. 分類の適用の原則について

1. 関連系の範囲と分類(抜粋)

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。**

➡ 当該系が独立性確保のための区分分離の対象であった場合、**直接関連系も区分分離の対象**

➡ **間接関連系の区分分離は必須ではないが、共通要因又は従属要因とならないことが必要**

○共通要因／従属要因の定義は以下の通り

設置許可基準規則 第二条

十八「多様性」とは、同一の機能を有する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、これらの構造、動作原理その他の性質が異なることにより、**共通要因**(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。以下同じ。)又は**従属要因**(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。以下同じ。)によって同時にその機能が損なわれないことをいう。

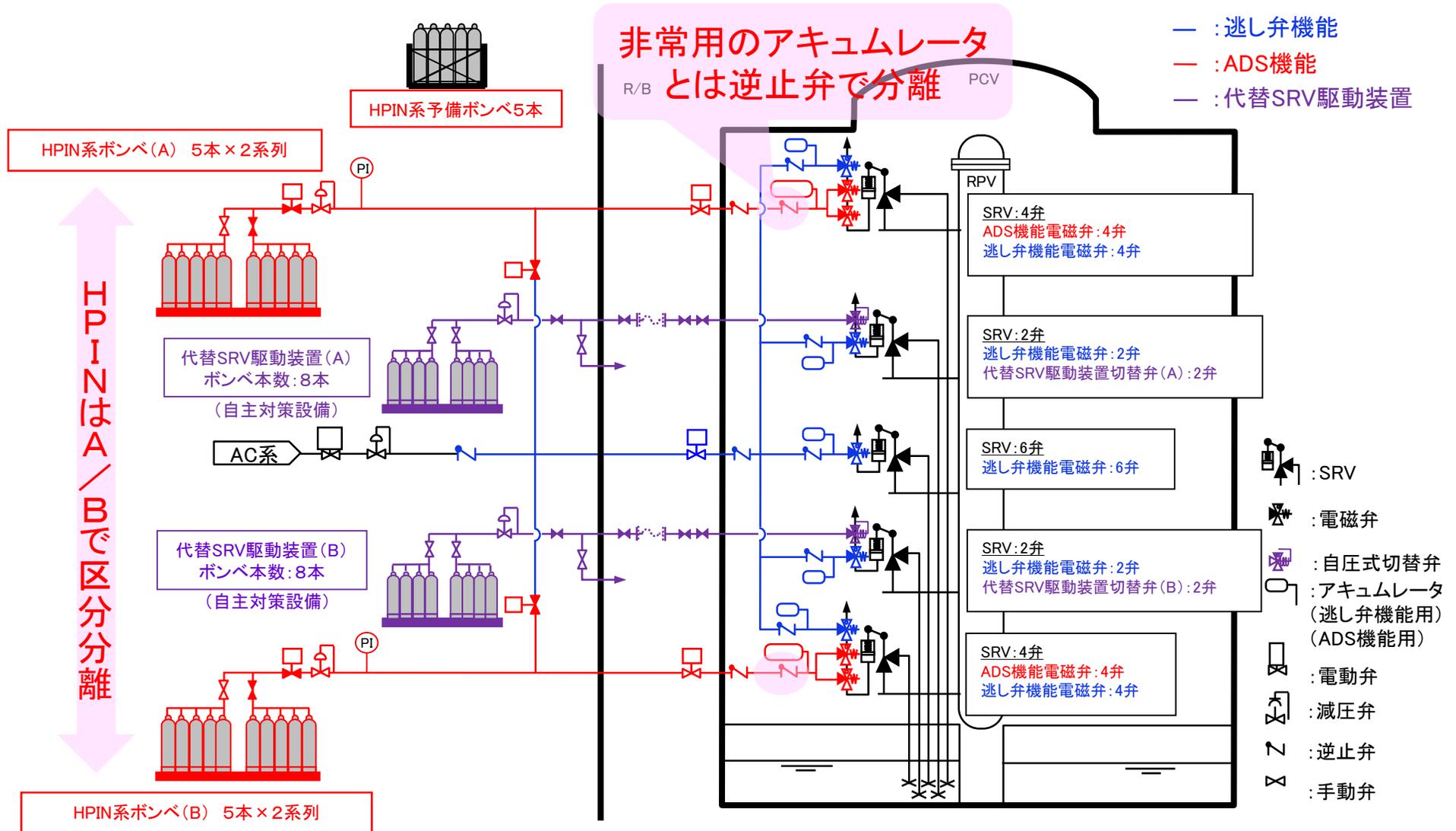
(解釈) 第2条

3 第2項第18号に規定する「**共通要因**」とは、二つ以上の系統又は機器に同時に作用する要因であって、例えば**環境の温度、湿度、圧力又は放射線等による影響因子、系統若しくは機器に供給される電力、空気、油、冷却水等による影響因子及び地震、溢水又は火災等の影響**をいう。

➡ 前頁の通り、当該系が独立性確保のための区分分離の対象であった場合、**間接関連系は共通要因又は従属要因とならないことが必要**

➡ 当該系・直接関連系と同様に、**間接関連系も区分分離する**(例:間接関連系のケーブルも当該系の区分に合わせて分離したトレイに設置)、**物理的分離を図る**(例:破損を想定した場合に当該系・直接関連系に波及影響を与えない位置に間接関連系の配管を設置)、といった設計を実施

【間接関連系の例】高圧窒素ガス供給系(HPIN) (当該系:逃がし安全弁(SRV))



○「**単一故障(従属要因による多重故障含む)**」とは以下のような故障を示している。



○設計基準事故解析においては、上述のような故障も考慮して、最も厳しくなる単一故障を仮定している。

【例】柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 冷却材喪失事故(LOCA)解析

＜主な解析条件＞

- ・高圧炉心注水系(HPCF)配管の両端破断発生
- ・外部電源喪失
- ・原子炉停止機能の観点から安全保護系(炉心流量急減スクラム)に単一故障仮定
- ・炉心冷却機能の観点から健全側のHPCFに給電するディーゼル発電機に単一故障仮定

➡健全側のHPCFと同一区分の残留熱除去系(RHR)(低圧注水モード)も使用不可

➡結果, HPCF2系統(1系統は配管破断), RHR1系統が使用不可として解析実施

○なお、安全機能(例:事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための原子炉内低圧時における注水機能)別に見れば、単一故障によって複数系統が同時に機能喪失することはない。

○柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉は、以下の基本設計方針に基づき、区分分離を実施（火災／溢水防護のための区分分離は別途追加）

- ・重要度が特に高い安全機能を有する安全施設は、以下の2種類の区分分離を実施
 - (A)機能的隔離及び物理的分離の実施
 - (B)独立性の確保
- ・その他の安全施設は、以下の1種類の区分分離を実施
 - (A)機能的隔離及び物理的分離の実施
- ・(B)独立性の確保においては、関連系も含めて適切な分離を実施

○不適切なケーブルの敷設において維持できていなかったのは(A)のうち物理的分離

⇒「柏崎刈羽原子力発電所における不適切なケーブルの敷設に係る対応について(報告)」
(平成28年1月)に記載の通り、適切な区分分離となるよう是正する

以上