

制定 平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 13061913 号 原子力規制委員会決定
改定 平成 26 年 8 月 6 日 原規技発第 1408064 号 原子力規制委員会決定
改定 令和 元年 9 月 6 日 原規技発第 1909069 号 原子力規制委員会決定
改定 令和 2 年 3 月 31 日 原規規発第 20033110 号 原子力規制委員会決定

原子力発電所の内部溢水影響評価ガイドについて次のように定める。

平成 25 年 6 月 19 日

原子力規制委員会

原子力発電所の内部溢水影響評価ガイドの制定について

原子力規制委員会は、「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」を別添のとおり定める。

附 則

この規程は、平成 26 年 8 月 6 日から施行する。

附 則

この規程は、令和元年 9 月 6 日から施行する。

附 則

この規程は、原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律（平成 29 年法律第 15 号）第 3 条の規定の施行の日（令和 2 年 4 月 1 日）から施行する。

原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド

平成25年6月
原子力規制委員会

目 次

	頁
1. 総則	1
1. 1 一般	1
1. 2 適用範囲	1
1. 3 関連法規	1
1. 4 用語の定義	2
2. 原子炉施設の溢水評価	4
2. 1 溢水源及び溢水量の想定	4
2. 1. 1 溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる溢水	4
2. 1. 2 発電所内で生じる異常状態（火災を含む）の拡大防止のために設置される 設備からの放水による溢水	6
2. 1. 3 地震に起因する機器の破損等により生じる溢水	7
2. 2 溢水影響評価	8
2. 2. 1 安全設備に対する溢水影響評価	8
2. 2. 2 溢水から防護すべき対象設備	9
2. 2. 3 溢水防護区画の設定	9
2. 2. 4 溢水影響評価	9
3. 使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料ピット）の溢水評価	15
3. 1 溢水源及び溢水量の想定	15
3. 1. 1 溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる溢水	15
3. 1. 2 発電所内で生じる異常状態（火災を含む）の拡大防止のために設置される 設備からの放水による溢水	16
3. 1. 3 地震に起因する機器の破損等により生じる溢水	16
3. 2 溢水影響評価	16
3. 2. 1 使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料ピット）に対する溢水影響評価	16
3. 2. 2 溢水から防護すべき対象設備	17
3. 2. 3 溢水防護区画の設定	17

3. 2. 4 溢水影響評価	17
4. 附則	18

付録 A：高エネルギー及び低エネルギー配管の分類について

付録 B：溢水量算出の具体的な考え方について

附属書 A 流体を内包する配管の破損による溢水の詳細評価手法について

1. 総則

原子力発電所における安全上重要な設備は、多重性、多様性を確保するとともに、適切な裕度をもって設計され、適切に維持管理されるなど損傷防止上の配慮がなされている。

また、安全上重要な設備は、一般的に床から比較的高い位置に設置されていること、万一漏えいが発生した場合でも建屋最下層に設置されたサンプに集められ、ポンプにより排水するなど、溢水事象に対する配慮がなされた設計としている。

本評価ガイドは、原子力発電所内で発生する溢水に対し、原子炉施設の安全性を損なうことのないことを評価するものである。

ここで、考慮する溢水源は、原子炉格納容器内、及び原子炉格納容器外での溢水（施設内の配管、機器の破断、火災時の消火散水等）と建屋外での溢水（屋外タンク、貯水池）を対象にする。

1. 1 一般

原子力規制委員会が定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第12条において、発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止として、設計基準対象施設が、発電用原子炉施設内における溢水の発生によりその安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じなければならないとしている。本評価ガイドは、当該規定に定める内部溢水防護に関連して、原子力発電所（以下、「発電所」という。）に設置される原子炉施設が、内部溢水に対して、重要度の特に高い安全機能を有するシステムの安全機能、並びに使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料ピット）の冷却、給水機能が喪失することのないよう、適切な防護措置が施されているか評価するための手順の一例を示すものである。また、本評価ガイドは、内部溢水影響評価の妥当性を審査官が判断する際に、参考とするものである。

本評価ガイドで対象とする溢水源は、発電所内に設置される機器の破損及び消火系統等の作動により発生するものとする。

ここでいう「発電所内に設置される機器」とは、発電所内に設置される発電設備及びその関連設備のことをいい、この中には、建屋内に収納される原子炉・タービン及びその附属設備、並びに建屋外に設置される屋外タンク・海水ポンプ及びその周辺設備がある。

また、妨害破壊行為等の想定できない意図的な活動による放水や漏水による溢水については評価の対象外とする。

1. 2 適用範囲

本評価ガイドは、実用発電用原子炉及びその附属施設に適用する。

1. 3 関連法規

本評価ガイドは、以下の法令を参考としている。

- (1) 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（平成 25 年原子力規制委員会規則第 5 号）
- (2) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成 25 年原子力規制委員会規則第 6 号）
- (3) 電気事業法（昭和 39 年 7 月 11 日法律第 170 号）
- (4) 電気事業法施行令（昭和 40 年 6 月 15 日政令第 206 号）
- (5) 電気事業法施行規則（平成 7 年 10 月 18 日通商産業省令第 77 号）
- (6) 電気設備に関する技術基準を定める省令（平成 9 年 3 月 27 日通商産業省令第 52 号）
- (7) 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- (8) 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- (9) 消防法（昭和 23 年 7 月 24 日法律第 186 号）

また、本評価ガイドは、以下の審査指針等を参考としている。

- (1) 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する指針（平成 2 年 8 月 30 日原子力安全委員会決定）
- (2) 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）
- (3) 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド（原管地発第 1306192 号（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定））
- (4) 実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準（原規技発第 1306195 号（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定））

なお、本評価ガイドは、以下の民間規格を参考としている。

- (1) 日本産業規格
- (2) 原子力発電所の火災防護指針（JEAG4607-2010）
- (3) 日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（JSME S NC1-2005/2007）
- (4) 日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（JSME S NC1-2012）
- (5) 日本機械学会「配管破損防護設計規格」（JSME S ND1-2002）

その他、事業者が自主的に使用する民間規格・基準類（例 社団法人日本電気協会が発行している電気技術規程（JEAC）、電気技術指針（JEAG））

1. 4 用語の定義

本評価ガイド及び解説における用語の定義は、以下のとおりである。

- (1) 「安全設備」 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下、「技術基準」という。）第 2 条（定義）第 2 項第 9 号によるところの安全設備（「安

全設備」とは、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される環境条件において、その損壊又は故障その他の異常により公衆に放射線障害を及ぼすおそれを直接又は間接に生じさせる設備であって次に掲げるものをいう。

イ 一次冷却系統に係る設備及びその附属設備

ロ 反応度制御系統（「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。）第二条第二項第二十七号に規定する反応度制御系統をいう。以下同じ。）に係る設備及びそれらの附属設備

ハ 安全保護装置（運転時の異常な過渡変化が発生する場合、地震の発生により発電用原子炉の運転に支障が生ずる場合及び一次冷却材喪失その他の設計基準事故時に原子炉停止系統を自動的に作動させ、かつ、発電用原子炉内の燃料体の破損又は発電用原子炉の炉心（以下単に「炉心」という。）の損傷による多量の放射性物質の放出のおそれがある場合に、工学的安全施設を自動的に作動させる装置をいう。以下同じ。）、非常用炉心冷却設備（原子炉圧力容器内において発生した熱を通常運転時において除去する発電用原子炉施設が設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間にその機能を失った場合に原子炉圧力容器内において発生した熱を除去する設備をいう。以下同じ。）その他非常時に発電用原子炉の安全性を確保するために必要な設備及びそれらの附属設備

ニ 原子炉格納容器及びその隔離弁

ホ 非常用電源設備及びその附属設備

(2) 「工学的安全施設」 設置許可基準規則第2条（定義）第2項第10号によるところの工学的安全施設（「工学的安全施設」とは、発電用原子炉施設の損壊又は故障その他の異常による発電用原子炉内の燃料体の著しい損傷又は炉心の著しい損傷により多量の放射性物質の放出のおそれがある場合に、これを抑制し、又は防止するための機能を有する設計基準対象施設をいう。）

(3) 「溢水」 発電所内に施設される機器の破損による漏水又は原子炉格納容器スプレイ及び消火栓等の系統の作動による放水が原因で、系統外に放出された流体。溢水は、滞留水、流水（蒸気を含む）の形態で存在する。

a. 屋外消火配管のうち新潟県中越沖地震対応で地上設置又はトレンチ内設置の対策が実施されたものについては、屋内への流入が防止されるものとする事ができる。

(4) 「溢水源」 溢水の原因となる機器（容器及び配管）

(5) 「設備」 機器及び系統機能に必要な機械類（電気・計装を含む）

(6) 「安全機能」 設置許可基準規則第2条（定義）第2項第5号によるところの安全機能（「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、次に掲げるものをいう。

イ 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

ロ 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の外へ放出されることを抑制し、又は防止する機能)

(7) 「溢水防護区画」 溢水の影響から防護すべき安全設備が設置されている区画のうち、障壁、堰、又はそれらの組み合わせによって他の区画と分離され、溢水防護の見地から1つの単位と考えられる区画

(8) 「没水」 設備の一部又は全てが流体に浸かる状態

(9) 「被水」 設備の一部又は全てが散水にさらされる状態

(10) 「容器」 流体を内包する設備のうち、熱交換器又はタンク

(11) 「基準地震動」 「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド（原管地発第1306192号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））」において定められている基準地震動 S_s のことをいう。

2. 原子炉施設の溢水評価

2. 1 溢水源及び溢水量の想定

溢水源としては、発生要因別に分類した以下の溢水を想定する。

- (1) 溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる溢水
- (2) 発電所内で生じる異常状態（火災を含む）の拡大防止のために設置される系統からの放水による溢水
- (3) 地震に起因する機器の破損等により生じる溢水

ここで、上記（1）、（2）の溢水源の想定にあたっては、一系統における単一の機器の破損とし、他の系統及び機器は健全なものと仮定する。また、一系統にて多重性又は多様性を有する機器がある場合においても、そのうち単一の機器が破損すると仮定する。

ユニット間で共用する建屋及び一体構造の建屋に設置される機器にあつては、共用、非共用機器に係わらずその建屋内で単一の溢水源を想定し、建屋全体の溢水経路を考慮する。

なお、上記（3）の地震に起因する溢水量の想定において、基準津波によって、取水路、排水路等の経路から安全機能を有する設備周辺への浸水が生じる場合、又は地震時の排水ポンプの停止によって原子炉施設内への地下水の浸入が生じる場合には、その浸水量を加味すること。

2. 1. 1 溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる溢水

破損を想定する機器は、配管（容器の一部であつて、配管形状のものを含む。）とする。

配管の破損は、内包する流体のエネルギーに応じて①高エネルギー配管及び②低エネルギー配管の2種類に分類し、破損を想定する。分類にあたっては、付録Aによること。（解説－2. 1. 1－1）

破損を想定する位置は、安全機能への影響が最も大きくなる位置で漏水が生じるものとする。ただし、配管の高さや引き回し等の関係から保有水量の流出範囲が明確に示せる場合は、その範囲の保有水量を放出するものとして溢水量を算出できる。（流体を内包する配管の破損による溢水の詳細評価については附属書Aを参照のこと。）

溢水量は、以下を考慮して破損を想定する系統が漏えいするものとして求める。

- ・高エネルギー配管については、完全全周破断
- ・低エネルギー配管については、配管内径の1/2の長さで配管肉厚の1/2の幅を有する貫通クラック（以下、「貫通クラック」という。）（解説－2. 1. 1－2）

なお、循環水管の破損は、過去の事例等を考慮して伸縮継手部に設定すること。（解説－2. 1. 1－3）

ただし、漏えいを検出する機能が設置され、自動又は手動操作によって、漏えいを停止させることができる場合は、この機能を考慮することができる。

また、漏えい停止機能を期待する場合は、停止までの適切な時間を考慮して溢水量を求めることができる。（付録B参照）

漏えい停止を運転員等の手動操作に期待する場合にあたっては、保安規定又はその下位規定にその手順が明確にされていること。

解説－2. 1. 1－1 流体を内包する容器の破損による漏水について

容器の破損による溢水については、接続される配管の破損による溢水の評価に代表する。

解説－2. 1. 1－2 低エネルギー配管に想定する貫通クラック

本評価ガイドでは、低エネルギー配管について貫通クラックを想定することを原則としている。これは、低エネルギー配管については、配管に破損が生じたとしても、低温低圧で使用されるため配管応力は小さく、また、負荷変動の少ない運転形態のため応力の変動も少なく疲労によるき裂の進展は小さいことから、 $(1/2)D \times (1/2)t$ クラックを想定すれば保守的な評価となるという考え方に基づいている。この考え方は、米国NRCのBTP 3-4を参考としている。

また、低エネルギー配管に想定する貫通クラックの計算に用いる配管径は、内径としている。

これは、技術基準第40条（廃棄物貯蔵設備等）の解釈4において廃棄物貯蔵設備に設置する堰の高さを求める計算において内径寸法を基準としていること、また、米国の配管破損の想定においても内径を使用して貫通クラックの計算を行っていることから、これらとの整合を図ったものである。

解説－2. 1. 1－3 「過去の事例等」

米国においては、循環水系の弁急閉によるウォーターハンマー事象により伸縮継手部から大漏えいが発生した事例があるが、国内において大漏えいは発生していない。

このため、循環水管の伸縮継手部の破損想定にあたっては、循環水系バタフライ弁急閉防止対策等の適切な対策が採られていれば、破損形状は低エネルギー配管と同様貫通クラックを想定することができる。

2. 1. 2 発電所内で生じる異常状態（火災を含む）の拡大防止のために設置される設備からの放水による溢水

(1) 火災時に考慮する消火水系統からの放水による溢水

a. 火災検知により自動作動するスプリンクラーからの放水

溢水防護区画に自動作動するスプリンクラーが設置される場合は、その作動（誤作動を含む）による放水を想定する。

また、溢水防護区画にスプリンクラーが設置されていない場合であっても、溢水防護区画外のスプリンクラーの作動によって、溢水防護区画に消火水が流入する可能性がある場合は、その作動による溢水を考慮する。溢水量は、スプリンクラーの作動時間を考慮して算出する。なお、スプリンクラーの作動による溢水は、複数区画での同時放水が想定される場合には、そのすべての区画での放水を想定する。

b. 建屋内の消火活動のために設置される消火栓からの放水

溢水防護区画での火災発生時に、消火栓による消火活動が想定される場合については、消火活動にともなう放水を想定する。

また、溢水防護区画で消火活動が想定されていない場合であっても、溢水防護区画外の消火活動によって影響を受ける場合は、その放水による溢水を考慮する。

溢水量は、消火栓による消火活動が連続して実施されることを見込み算出する。（解説－2. 1. 2－1）

ただし、火災源が小さい場合は、火災荷重に基づく等価時間により算出することができる。（解説－2. 1. 2－1）

なお、当該区画にスプリンクラーが設置され、スプリンクラー装置の作動による溢水がある場合は、スプリンクラーからの放水量を溢水量とする。それ以外の場所においては、消火栓からの放水量を溢水量とする。

解説－2. 1. 2－1 「消火栓からの溢水量」算出の例

消火栓からの溢水量の算出にあたっては、原子力発電所の火災防護指針（JEAG4607-2010）の解説－4-9「耐火壁」には2時間の耐火性能と記載されているが、「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」に規定する3時間の耐火性能を基本とすることとし、消火装置が作動する時間を保守的に3時間と想定して溢水量を算出する。火災源が小さい場合は、日本電気協会電気技術指針「原子力発電所の火災防護指針（JEAG4607-2010）」解説－4-9(1)の規定による「火災荷重」及び「等価時間」で算出することができる。また、また、水を使用しない消火手段を組み合わせている場合には、それを考慮して消火栓からの溢水量を算定して良い。

(2) 高エネルギー配管破損とスプリンクラーからの放水が同時に発生する溢水

溢水防護区画に自動作動するスプリンクラーと高エネルギー配管が存在する場合については、火災を検知して作動するスプリンクラーからの放水と高エネルギー配管破損による溢水を合わせて想定する。なお、火災の検知システム及びスプリンクラーの作動方式から、高エネルギー配管の破損によってもスプリンクラーが作動しないことの根拠と妥当性が示される場合は、高エネルギー配管破断とスプリンクラーからの放水による溢水を合わせて想定しないとしても良い。

スプリンクラーの作動による溢水量は、項目(1)に従い算出する。また、高エネルギー配管からの溢水量は、項目2.1.1に従い算出する。

(3) 原子炉格納容器スプレイ系統からの放水による溢水

原子炉格納容器スプレイ系統が機器の動作等(誤作動も含む)により放出されるスプレイ水を想定する。

溢水量は、全ての原子炉格納容器スプレイポンプが作動し定格のスプレイ流量が放出され、運転員がポンプ停止操作を完了するまでの時間に放出される量とする。

ただし、誤作動に対しては、原子炉格納容器スプレイ系統において誤作動が発生しないようにインターロック等の対策が講じられていれば、スプレイ水による溢水を考慮しないことができる。

2. 1. 3 地震に起因する機器の破損等により生じる溢水

(1) 発電所内に設置された機器の破損による漏水

流体を内包する機器(配管、容器)のうち、基準地震動による地震力によって破損が生じるとされる機器について、破損を想定する。

基準地震動によって破損し漏水が生じる機器とは、基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドにおいて、耐震設計上の重要度分類 **B**, **C** クラスに分類される機器(以下、「**B**, **C** クラス機器」という。)とする。

ただし、**B**, **C** クラス機器であっても、基準地震動による地震力に対して耐震性が確保されるものについては、漏水を考慮しないことができる。(解説-2.1.3-1)

漏水が生じるとした機器のうち、防護対象設備への溢水の影響が最も大きくなる位置で漏水が生じるものとする。

溢水量は、以下を考慮して求める。

- ① 配管の場合は、完全全周破断とし、系統の全保有水量が漏えいするものとする。なお、配管の高さや引き回し等の関係から保有水量の流出範囲が明確に示せる場合は、その範囲の保有水量を放出するものとして溢水量を算出できる。

ただし、循環水管に破損を想定する場合は、循環水管の構造強度を考慮して、伸縮継手部が全円周状に破損するとして溢水量を求めることができる。

- ② 容器の場合は、容器内保有水の全量流出を想定する。
- ③ 漏えいを検出する機能が設置され、自動又は手動操作によって、漏えいを停止させることができる場合は、この機能を考慮することができる。

漏えい停止機能に期待する場合は、停止までの適切な時間を考慮して溢水量を求めることができる（付録B参照）。ただし、地震時において漏えいを自動で停止させる場合には、自動で作動する機器、信号などが地震時においても機能喪失しないことが示されていなければならない。また、手動で停止させる場合には、停止までの操作時間が地震時においても妥当であることが示されていなければならない。

漏えい停止を運転員等の手動操作に期待する場合にあたっては、保安規定又はその下位規定にその手順が明確にされていなければならない。

解説一2. 1. 3-1 「**B, C** クラス機器であっても、基準地震動による地震力に対して耐震性が確保されるもの」について

基準地震動による地震力に対して耐震性が確保されるものとは、製作上の裕度等を考慮することにより、基準地震動による地震力に対して耐震性を有すると評価できるものをいう。

(2) 使用済燃料貯蔵プールのスロッシングによる溢水

使用済燃料貯蔵プール水が基準地震動による地震力によって生じるスロッシングによってプール外へ漏水する可能性がある場合は、溢水源として想定する。

2. 2 溢水影響評価

2. 2. 1 安全設備に対する溢水影響評価

溢水に対する原子炉施設の安全確保の考え方は、以下のとおりとする。

溢水の影響評価にあたっては、発電所内で発生した溢水に対して、重要度の特に高い安全機能を有する系統が、その安全機能を失わないこと（多重性又は多様性を有する系統が同時にその機能を失わないこと）を確認する。

溢水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、その影響（溢水）を考慮し、安全評価指針に基づき安全解析を行う必要がある。

また、中央制御室及び現場操作が必要な設備については、溢水の影響により接近の可能性が失われないことも評価対象とする。

2. 2. 2 溢水から防護すべき対象設備

2. 1 項の溢水源及び溢水量の想定にあたっては発生要因別に分類したが、溢水から防護すべき対象設備は、重要度の特に高い安全機能を有する系統が、その安全機能を適切に維持するために必要な設備を防護対象設備とする。

2. 2. 3 溢水防護区画の設定

溢水防護に対する評価対象区画は、2. 2. 2 項に該当する溢水防護対象設備が設置されている全ての区画、中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路について設定すること。

全ての防護対象設備が対象となっていることを確認するために、2. 2. 2 項に該当する防護対象設備の系統図及び配置図を照合しなければならない。

また、アクセス通路については、図面等により図示されていることを確認する。

なお、同じ部屋であっても、溢水による影響を考慮した堰等で区切られている場合には、区切られた区画を溢水防護区画として取り扱うことができる。

2. 2. 4 溢水影響評価

溢水影響評価においては、評価対象区画で想定される溢水事象に対し、その防護対象設備が没水、被水又は蒸気の影響を受けずその機能が確保されるか否かを評価する(図-1)。

評価対象区画は、漏えい想定箇所を起点とした溢水経路上に存在する全ての溢水防護区画を対象とする。

(1) 溢水経路の設定

溢水経路の設定にあたっては、溢水防護区画内漏えいと溢水防護区画外漏えいの2通りの溢水経路を想定する。

a. 溢水防護区画内漏えいでの溢水経路

溢水防護区画内漏えいでの溢水経路の評価を行う場合、防護対象機器の存在する溢水防護区画の水位が最も高くなるように当該溢水区画から他区画への流出がないように溢水経路を設定する。

評価を行う場合の各構成要素の溢水に対する考え方を以下に示す。

(a) 床ドレン

評価対象区画に床ドレン配管が設置され他の区画とつながっている場合であっても、目皿が1つの場合は、他の区画への流出は想定しないものとする。

ただし、同一区画に目皿が複数ある場合は、流出量の最も大きい床ドレン配管1本からの流出は期待できないものとする。この場合には、床ドレン配管における単位時間あたりの流出量を算出し、溢水水位を評価すること。

(b) 床面開口部及び床貫通部

評価対象区画床面に床開口部又は貫通部が設置されている場合であっても、床面開口部又は床貫通部から他の区画への流出は、考慮しないものとする。

ただし、以下に掲げる場合は、評価対象区画から他の区画への流出を期待することができる。

流出を期待する場合は、床開口部及び床貫通部における単位時間あたりの流出量を算出し、溢水水位を評価すること。

①評価対象区画の床貫通部にあっては、貫通する配管、ダクト、ケーブルトレイ又は電線管と貫通部との間に隙間があつて、明らかに流出が期待できることを定量的に確認できる場合

②評価対象区画の床面開口部にあっては、明らかに流出が期待できることを定量的に確認できる場合

(c) 壁貫通部

評価対象区画の境界壁に貫通部が設置され、隣との区画の貫通部が溢水による水位より低い位置にある場合であっても、その貫通部からの流出は考慮しないものとする。

ただし、当該壁貫通部を貫通する配管、ダクト、ケーブルトレイ又は電線管と貫通部との間に隙間があつて、明らかに流出が期待できることを定量的に確認できる場合は、他の区画への流出を考慮することができる。

流出を期待する場合は、壁貫通部における単位時間あたりの流出量を算出し、溢水水位を評価すること。

(d) 扉

評価対象区画に扉が設置されている場合であっても、当該扉から隣室への流出は考慮しないものとする。

(e) 排水設備

評価対象区画に排水設備が設置されている場合であっても、当該区画の排水は考慮しないものとする。ただし、溢水防止対策として排水設備を設置することが設計上考慮されており、設計及び工事の計画の認可を受ける等明らかに排水が期待できることを定量的に確認できる場合には、当該区画からの排水を考慮することができる。

b. 溢水防護区画外漏えいでの溢水経路

溢水防護区画外漏えいでの溢水経路の評価を行う場合、防護対象機器の存在する溢水防護区画の水位が最も高く（当該溢水区画に流出する水量は多く、排出する流量は少なくなるように設定）なるように溢水経路を設定する。

評価を行う場合の各構成要素の溢水に対する考え方を以下に示す。

(a) 床ドレン

評価対象区画の床ドレン配管が他の区画とつながっている場合であって、他の区画の溢水水位が評価対象区画より高い場合は、水位差によって発生する流入量を考慮する。

ただし、評価対象区画内に設置されている床ドレン配管に逆流防止弁が設置されている場合は、その効果を考慮することができる。

(b) 天井面開口部及び貫通部

評価対象区画の天井面に開口部又は貫通部がある場合は、上部の区画で発生した溢水量の全量が流入するものとする。

ただし、天井面開口部が鋼製又はコンクリート製の蓋で覆われたハッチに防水処理が施されている場合又は天井面貫通部に密封処理等の流出防止対策が施されている場合は、評価対象区画への流入は考慮しないことができる。

なお、評価対象区画上部にある他の区画に蓄積された溢水が、当該区画に残留すると評価できる場合は、その残留水の流出は考慮しなくてもよい。

(c) 壁貫通部

評価対象区画の境界壁に貫通部が設置されている場合であって、隣の区画の溢水による水位が貫通部より高い位置にある場合は、隣室との水位差によって発生する流入量を考慮する。

ただし、評価対象区画の境界壁に貫通部に密封処理等の流出防止対策が施されている場合は、評価対象区画への流入は考慮しないことができる。

(d) 扉

評価対象区画に扉が設置されている場合は、隣室との水位差によって発生する流入量を考慮する。

当該扉が水密扉である場合は、流入を考慮しないことができる。ただし、水密扉は、溢水時に想定される水位により発生する水圧に対し水密性が確保でき、その水圧に耐えられる強度を有している場合に限る。

(e) 堰

溢水が発生している区画に堰が設置されている場合であって、他に流出経路が存在しない場合は、当該区画で発生した溢水は堰の高さまで蓄積されるものとする。

(f) 排水設備

評価対象区画に排水設備が設置されている場合であっても、当該区画の排水は考慮しないものとする。ただし、溢水防止対策として排水設備を設置することが設計上考慮されており、設計及び工事の計画の認可を受ける等明らかに排水が期待できることを定量的に確認できる場合には、当該区画からの排水を考慮することができる。

(2) 溢水防護区画の評価に用いる各項目の算出

溢水防護区画の評価で没水、被水評価の対象区画の分類例を図-2に示す。また、溢水防護区画の評価で蒸気評価の対象区画の分類例を図-3に示す。

各項目の算出方法を以下に示す。

a. 没水評価に用いる水位の算出方法

影響評価に用いる水位の算出は、漏えい発生階とその経路上の評価対象区画の全てに対して行う。

水位：Hは、下式に基づいて算出する。

$$H=Q/A$$

ただし、各項目は以下とする。

Q：流入量(m³)

「2. 1 溢水源及び溢水量の想定」で想定した溢水量に基づき、「2. 2. 4 (1) 溢水経路の設定」の溢水経路の評価に基づき評価対象区画への流入量を算出する。

A：滞留面積(m²)

評価対象区画内と溢水経路に存在する区画の総面積を滞留面積として評価する。

なお、滞留面積は、壁及び床の盛り上がり（コンクリート基礎等）範囲を除く有効面積を滞留面積とする。

b. 被水評価に用いる飛散距離の算出方法

被水評価に用いる飛散距離の算出は、防護対象設備が存在する区画を対象に行う。

飛散距離：Xは次式に基づいて算出する。（図-4）

$$X = \frac{\tan \phi + \sqrt{\tan^2 \phi + (2gH) / (V^2 \cos^2 \phi)}}{g / (V^2 \cos^2 \phi)}$$

$$V = \sqrt{2gP / \gamma} \quad (\text{トリチュリの定理})$$

ただし、各項目は以下とする。

V＝噴出速度(m/s)

φ＝噴出角度（破損位置や天井への衝突等も考慮し、飛散距離Xが最大となるφを採用する）

H＝破損位置の床上高さ(m)

g＝重力加速度(m/s²)

P＝管内圧力(Pa)

γ＝水の比重量(kg/m³)

なお、上記の式は空気抵抗を考慮していない安全側の評価式であるため、必要に応

じて空気抵抗を考慮することができる。この場合、考慮した空気抵抗の値については、使用した値の妥当性を示すこと。

c. 蒸気評価に用いる拡散範囲の算出方法

蒸気評価に用いる拡散範囲は、適切な評価方法を用いて妥当な評価範囲を設定する。

評価手法を用いて拡散範囲の算出を行わない場合には、保守側に連通した複数の区画全体に蒸気が拡散するものとする。

ただし、評価方法として、汎用 3 次元流体ソフトウェア等を用いて拡散範囲を算出する場合には、使用した解析コードの蒸気拡散計算への適用性と評価条件を示すこと。

(3) 影響評価

原子力発電所内で発生する溢水に対して、防護すべき対象機器が、以下に示す没水、被水及び蒸気の要求を満足しているか確認する。

a. 没水による影響評価

想定される溢水源に基づいて評価した評価対象区画における最高水位が、2. 2. 2 項で選定された防護対象設備の設置位置を超えないことを確認する。

また、中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路にあっては、歩行に影響のない水位（階段堰高さ）であること及び必要に応じて環境の温度、放射線量を考慮しても接近の可能性が失われないことを確認する。

上記、設置位置及びアクセス通路の水位が判断基準を超える場合又は環境の温度、放射線により現場操作が必要な設備へ接近できないと判断される場合は、防護対象設備の機能は期待できないものとする。

b. 被水による影響評価

評価対象区画に設置されている防護対象設備の被水による影響については、以下の項目について確認する。

防護対象設備から溢水源となる配管が直視できる場合には、図-5 に示す被水の影響評価の考え方に従い確認する。

また、溢水源となる配管については、配管径に関係なく、被水による影響評価を実施する。（解説 2. 2. 4-2）

- ① 評価対象区画に流体を内包する機器が設置されている場合は、防護対象設備に対し被水防護措置がなされていることを確認する。
- ② 評価対象区画に流体を内包する機器が設置されていない場合は、天井面に開口部又は貫通部が存在しないことを確認する。
- ③ 評価対象区画に流体を内包する機器が設置されておらず、かつ、天井面に開口部又は貫通部が存在する場合は、当該開口部及び貫通部に密封処理等の流出防止対策がなされて

いることを確認する。

- ④ 評価対象区画に流体を内包する機器が設置されておらず、天井面に開口部又は貫通部が存在し、かつ、当該開口部及び貫通部に密封処理等の流出防止対策がなされていない場合にあつては、防護対象設備に対し被水防護措置がなされていることを確認する。
- ⑤ ①～④を満足しない場合は、防護対象設備が、防滴仕様であることを確認する。
- ⑥ 中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路にあつては、必要に応じて環境の温度、放射線量を考慮しても接近の可能性が失われないことを確認する。
上記、①～⑥を満足しない場合には、防護対象設備の機能は期待できないものとする。

① 項の「被水防護措置」とは、障壁による分離、距離による分離及び防水板等による被水防護等をいい、被水防護措置がなされている場合の例を図－6に示す。

解説－2. 2. 4－2 「被水による影響評価」

被水による影響評価の対象となる溢水源の考え方は、没水による影響評価における溢水源と同じである。「溢水源となる配管については、配管径に関係なく、被水による影響評価を実施する。」としたのは、25A以下の配管においても、破断時の溢水量は、それを超える口径の配管破断時より少ないが、溢水の飛散による防護対象設備への影響を考慮する必要があるからである。

c. 蒸気による影響評価

評価対象区画に設置されている防護対象設備の蒸気による影響については、以下の項目について確認する。

防護対象設備から溢水源となる同じ区画にある場合には、図－7に示す蒸気の影響評価の考え方に従い確認する。

また、溢水源となる高エネルギー配管については、配管径に関係なく、蒸気による影響評価を実施する。（解説2. 2. 4－3）

- ① 評価対象区画に蒸気を内包する機器が設置されている場合は、防護対象設備に対し蒸気防護措置がなされていることを確認する。
- ② 評価対象区画に蒸気を内包する機器が設置されていない場合は、天井面に開口部又は貫通部が存在しないことを確認する。
- ③ 評価対象区画に蒸気を内包する機器が設置されておらず、かつ、天井面に開口部又は貫通部が存在する場合は、当該開口部及び貫通部に密封処理等の流出防止対策がなされていることを確認する。
- ④ 評価対象区画に蒸気を内包する機器が設置されておらず、天井面に開口部又は貫通部が存在し、かつ、当該開口部及び貫通部に密封処理等の流出防止対策がなされていない場合にあつては、防護対象設備に対し蒸気防護措置がなされていることを確認する。

- ⑤ ①～④を満足しない場合は、防護対象設備が、耐蒸気仕様（想定される温度等を考慮した仕様）であることを確認する。
- ⑥ 中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路にあっては、必要に応じて環境の温度、放射線量を考慮しても接近の可能性が失われないことを確認する。
- 上記、①～⑥を満足しない場合には、防護対象設備の機能は期待できないものとする。
- ④の「蒸気防護措置」とは、気流による分離、ケーブル端子箱の密封処理による分離等による蒸気防護処置等をいう。

解説－2. 2. 4－3 「蒸気による影響評価」

蒸気による影響評価の対象となる溢水源の考え方は、没水による影響評価における溢水源と同じである。「溢水源となる高エネルギー配管については、配管径に関係なく、蒸気による影響評価を実施する。」としたのは、25A以下の配管においても、破断時の溢水量は、それを超える口径の配管破断時より少ないが、蒸気の拡散による防護対象設備への影響を考慮する必要があるからである。

（4）溢水による影響評価の判定

（3）の影響評価の結果から内部溢水に対して、重要度の特に高い安全機能を有する系統が、その安全機能を失わないこと（信頼性要求に基づき独立性が確保され、多重性又は多様性を有する系統が同時にその機能を失わないこと）。

内部溢水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、その影響（溢水）を考慮し、安全評価指針に基づき安全解析を行う必要がある。

3. 使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料ピット）の溢水評価

3. 1 溢水源及び溢水量の想定

溢水源としては、2. 1項の原子炉施設の溢水源及び溢水量の想定と同じ溢水源と溢水量を想定する。

3. 1. 1 溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる溢水

配管の破損は、2.1.1項の原子炉施設と同じように内包する流体のエネルギーに応じて①高エネルギー配管及び②低エネルギー配管の2種類に分類し、破損を想定する。

- ・高エネルギー配管については、完全全周破断
- ・低エネルギー配管については、配管内径の1/2の長さで配管肉厚の1/2の幅を有する貫通クラック（以下、「貫通クラック」という。）

3. 1. 2 発電所内で生じる異常状態（火災を含む）の拡大防止のために設置される設備

からの放水による溢水

(1) 火災時に考慮する消火水系統からの放水による溢水

火災時に考慮する消火水系統からの放水による溢水は、2.1.2項の原子炉施設と同じように以下の2項目を想定する。

- a. 火災検知により自動作動するスプリンクラーからの放水
- b. 建屋内の消火活動のために設置される消火栓からの放水

3. 1. 3 地震に起因する機器の破損等により生じる溢水

(1) 発電所内に設置された機器の破損による漏水

流体を内包する機器（配管、容器）のうち、基準地震動による地震力によって、破損が生じるとされる機器について、2.1.3(1)項の原子炉施設と同じように破損による溢水を想定する。

(2) 使用済燃料貯蔵プールのスロッシングによる溢水

使用済燃料貯蔵プール水が、地震に伴うスロッシングによってプール外へ漏水する可能性のある場合は、2.1.3(2)項の原子炉施設と同じように溢水源として想定する。

3. 2 溢水影響評価

3. 2. 1 使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料ピット）に対する溢水影響評価

溢水に対する使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料ピット）の安全確保の考え方は、以下のとおりとする。

溢水の影響評価にあたっては、発電所内で発生した溢水に対して、使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料ピット）設備が、「プール冷却」及び「プールへの給水」ができることを確認する。

プール冷却にあたっては、想定される溢水により通常運転中の使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料ピット）冷却系に外乱が生じ、冷却を維持する必要性が生じた場合、使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料ピット）を保安規定で定めた水温（65℃以下）以下に維持できること。

プールへの給水にあたっては、想定される溢水により通常運転中の使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料ピット）補給水系に外乱が生じ、給水を維持する必要性が生じた場合、使用済燃料貯蔵プール（使用済燃料ピット）を燃料の放射線を遮へいするために必要な量の水を維持できること。

3. 2. 2 溢水から防護すべき対象設備

3. 1項の溢水源及び溢水量の想定にあたっては発生要因別に分類したが、溢水から防護すべき対象設備は、溢水の発生場所毎に「プール冷却」及び「プールへの給水」の機能を適切に維持するために必要な設備を防護対象設備とする。

3. 2. 3 溢水防護区画の設定

溢水防護に対する評価対象区画は、3. 2. 2項に該当する溢水防護対象設備が設置されている全ての区画、中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路について設定すること。

全ての防護対象設備が対象となっていることを確認するために、3. 2. 2項に該当する防護対象設備の系統図及び配置図とを照合しなければならない。

また、アクセス通路については、図面等により図示されていることを確認する。なお、同じ部屋であっても、溢水による影響を考慮した堰等で区切られている場合には、区切られた区画を溢水防護区画として取り扱うことができる。

3. 2. 4 溢水影響評価

溢水影響評価においては、評価対象区画で想定される溢水事象に対し、その防護対象設備が没水、被水又は蒸気の影響を受けず、その機能が確保されるか否かを評価する。(図-8)

評価対象区画は、漏えい想定箇所を起点とした溢水経路上に存在する全ての溢水防護区画を対象とする。

溢水影響評価方法は、原子炉施設と同様の方法を用いる。

(1) 溢水経路の設定

溢水経路の設定にあたっては、以下の経路を考慮して設定する。溢水経路の設定方法は、2. 2. 4 (1) の原子炉施設の溢水経路の設定と同じ方法を用いる。

- a. 溢水防護区画内漏えいでの溢水経路
- b. 溢水防護区画外漏えいでの溢水経路

(2) 溢水防護区画の評価に用いる各項目の算出

溢水防護区画の評価に用いる以下の各項目の算出は、2. 2. 4 (2) の原子炉施設の算出方法と同じ算出方法を用いる。

- a. 没水評価に用いる水位の算出方法
- b. 被水評価に用いる飛散距離の算出方法
- c. 蒸気評価に用いる拡散範囲の算出方法

(3) 影響評価

原子力発電所内で発生する溢水に対して、防護すべき対象機器が、以下に示す没水、被水及び蒸気の影響を満足しているか確認する。確認方法は、2. 2. 4 (3) の原子炉施設の影響評価と同じ。

- a. 没水による影響評価

- b. 被水による影響評価
- c. 蒸気による影響評価

(4) 溢水による影響評価の判定

(3) の影響評価の結果から内部溢水に対して、使用済燃料貯蔵プールの冷却及び給水機能が失われないこと。

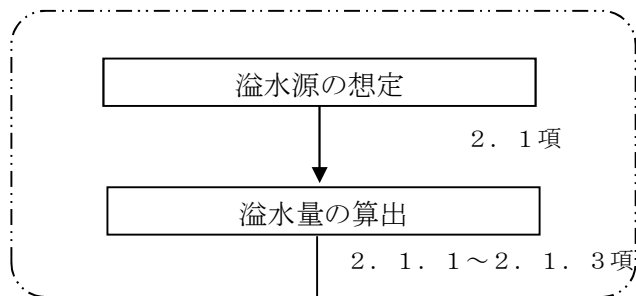
4. 附則

この規定は、平成25年7月8日より施行する。

評価は、本評価ガイドに掲げるもの以外であっても、その妥当性が適切に示された場合には、その方法を用いることを妨げない。

また、本評価ガイドは、今後の新たな知見と経験の蓄積に応じて、それらを適切に反映するように見直して行くものとする。

溢水源及び溢水量の想定 2. 1 項



溢水影響評価 2. 2 項

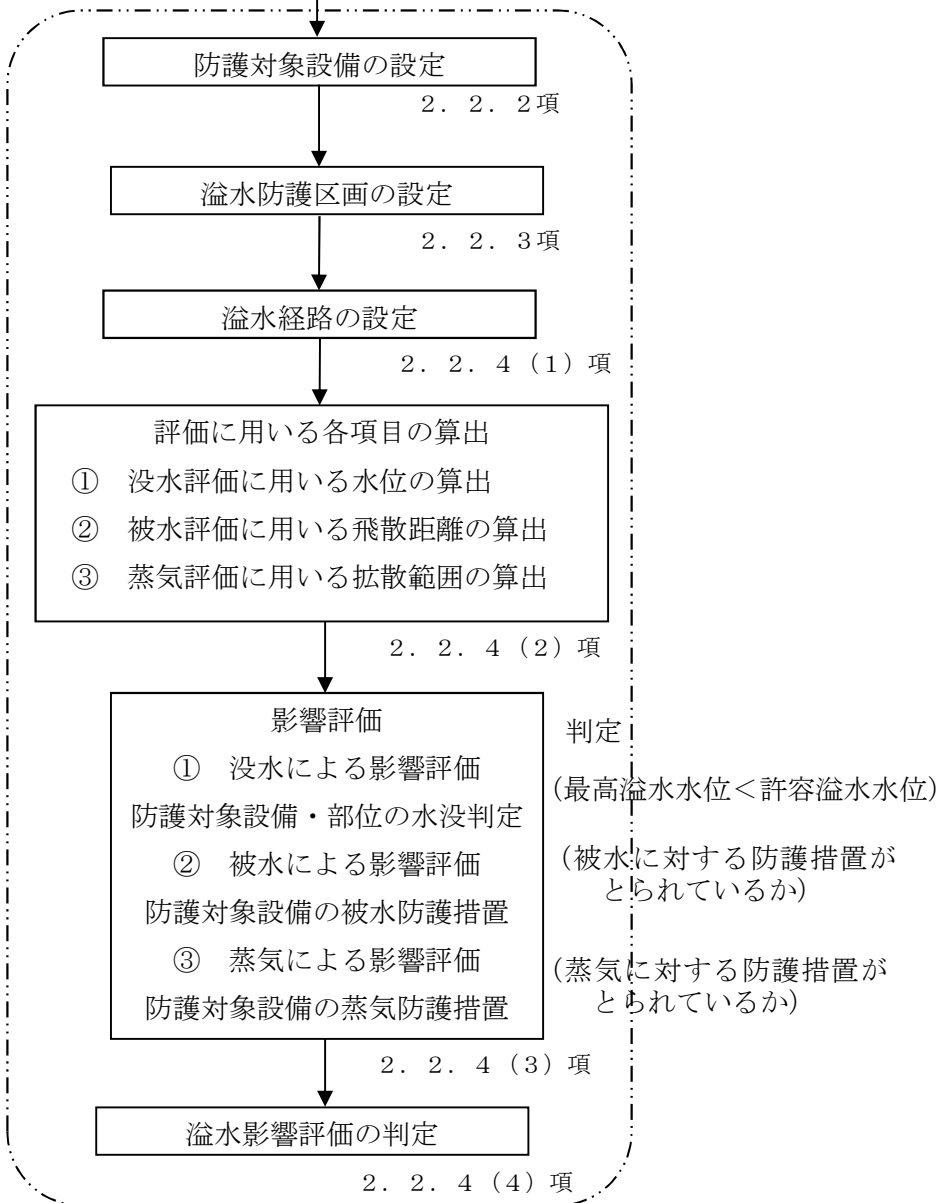
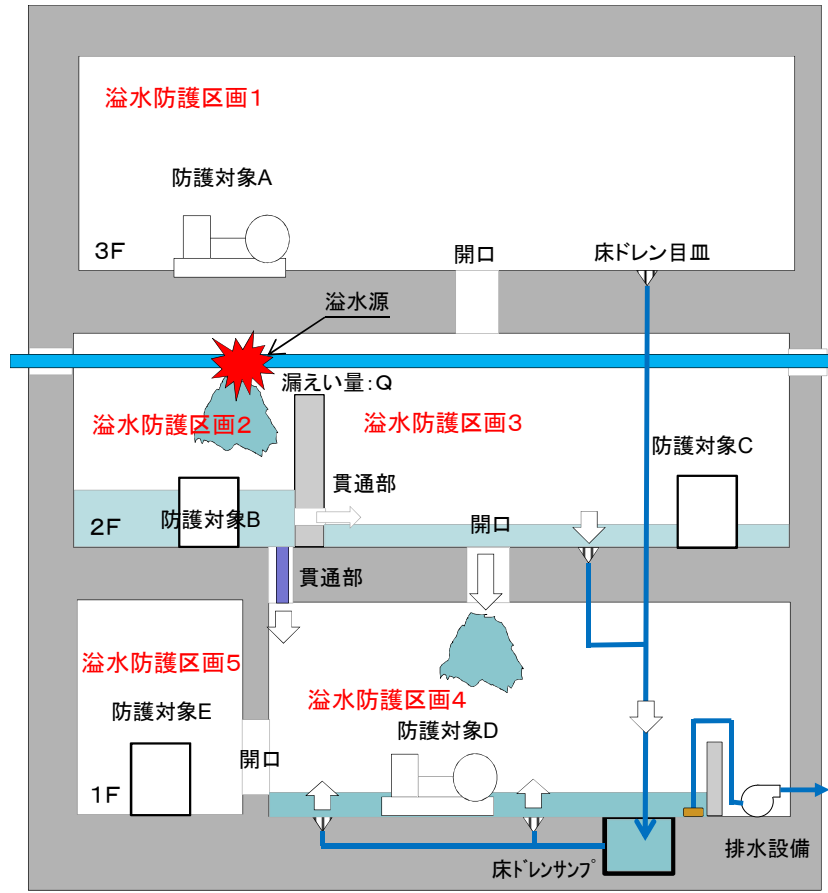


図-1 溢水影響評価フロー (原子炉施設の安全確保)

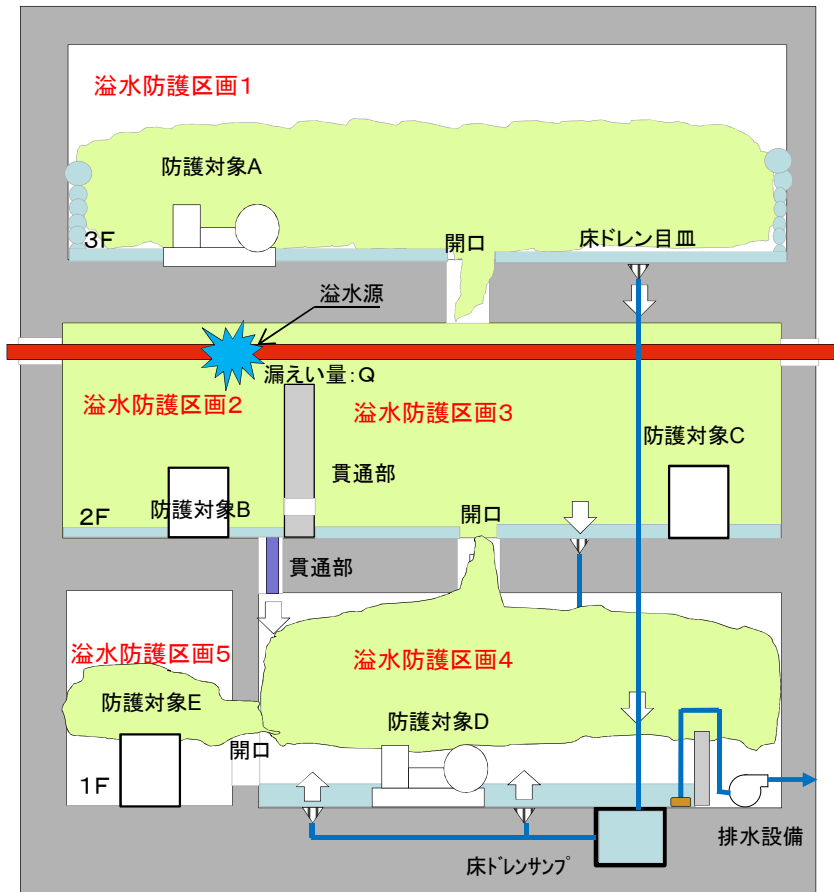


没水、被水評価の対象区画の分類例

溢水防護区画 2 で漏えいが生じた場合の評価例

選定区画	没水評価	被水評価
① 溢水防護区画 1	評価不要 (漏えい箇所より上階であるため、溢水経路とならない)	評価不要 (漏えい区画と完全に分離された区画のため)
② 溢水防護区画 2	評価要 (漏えい区画のため)	評価要 (漏えい区画のため)
③ 溢水防護区画 3	評価要 (貫通部からの流入により溢水経路となる)	評価不要 (破断口からの飛散距離内に防護対象 C が存在しないため)
④ 溢水防護区画 4	評価要 (床開口、床ドレン配管、貫通部からの流入があり、溢水経路となる)	評価要 (床開口からの飛散距離内に防護対象 D が存在するため)
⑤ 溢水防護区画 5	評価不要 (隣接する区画からの流入が無いいため、溢水経路にならない)	評価不要 (床開口と防護対象 E が分離されているため)

図- 2 評価対象区画の分類 (没水、被水)

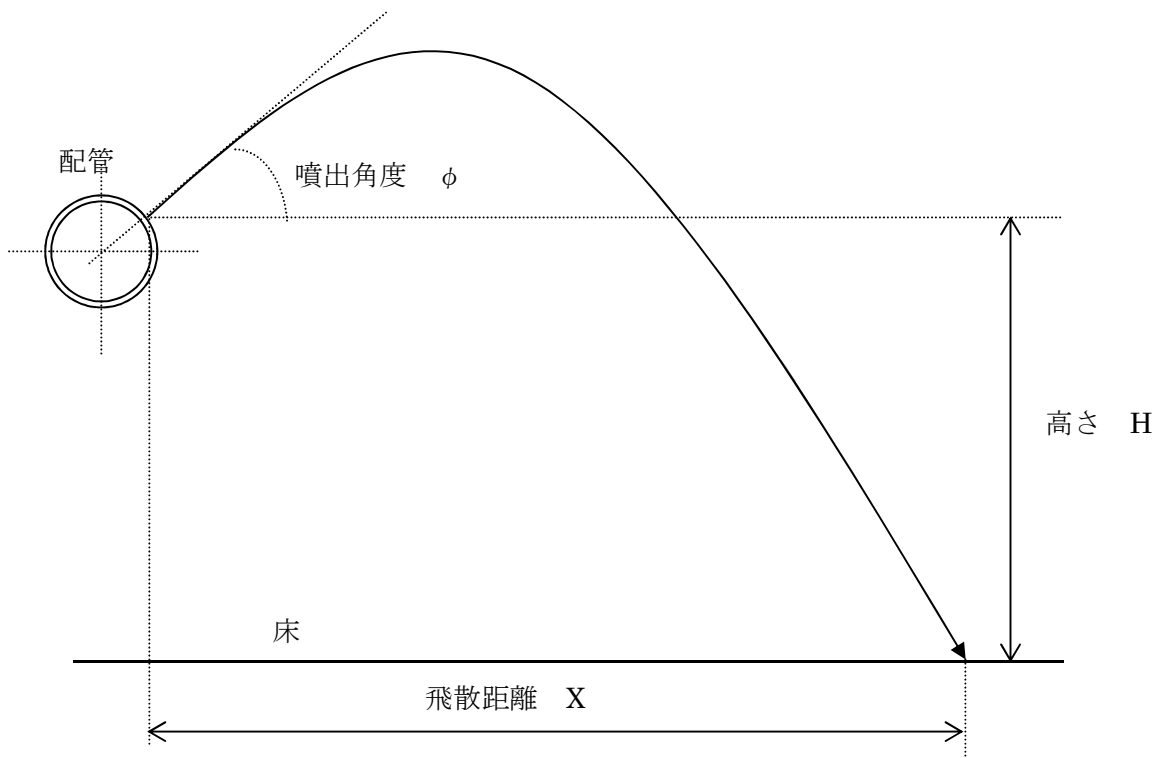


蒸気評価の対象区画の分類例

溢水防護区画 2 で漏えいが生じた場合の評価例

選定区画	蒸気評価
① 溢水防護区画 1	評価要 (床開口から蒸気が侵入する可能性があるため)
② 溢水防護区画 2	評価要 (漏えい区画のため)
③ 溢水防護区画 3	評価要 (防護区画 2 と防護区画 3 は、上部領域がつながっているため)
④ 溢水防護区画 4	評価要 (床開口から蒸気が侵入する可能性があるため)
⑤ 溢水防護区画 5	評価要 (壁開口から蒸気が侵入する可能性があるため)

図-3 評価対象区画の分類 (蒸気)



<計算モデル>

飛散距離内にある全ての防護対象設備が評価対象となる。

図－４ 被水評価における飛散距離

防護機器	溢水源 1	溢水源 2	備考
A	評価	不要 (上階)	飛散距離(X)は、以下の式を用いて評価することができる。 (計算モデルは弾道計算モデル) $X = \frac{\tan \phi + \sqrt{\tan^2 \phi + (2gH) / (V^2 \cos^2 \phi)}}{g / (V^2 \cos^2 \phi)}$
B	不要 (障害物 有り)	同上	$V = \sqrt{2gP / \gamma}$ (トリチュリの定理) ここで、 V=噴出速度
C	不要 (直下に 無い)	評価	ϕ = 噴出角度 (破損位置や天井への衝突等も考慮し、飛散 距離 X が最大となる ϕ を採用する) H=破損位置の床上高さ g=重力加速度
D	評価	評価	P=管内圧力 γ =水の比重量 なお、上記の式は空気抵抗を考慮していない安全側の評 価式であるため、必要に応じて空気抵抗を考慮することが できる。

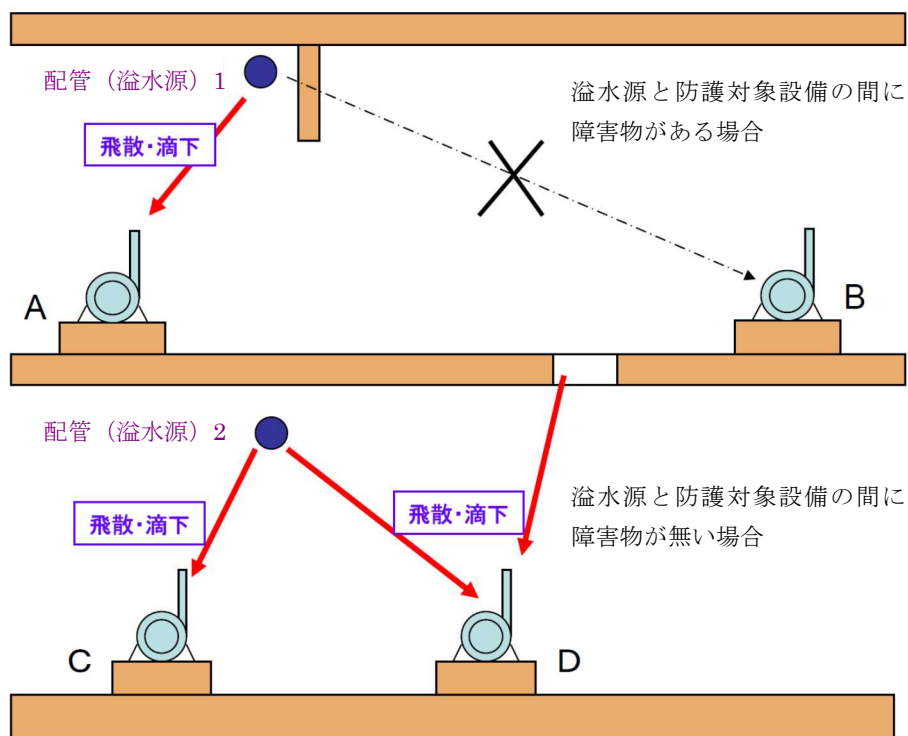
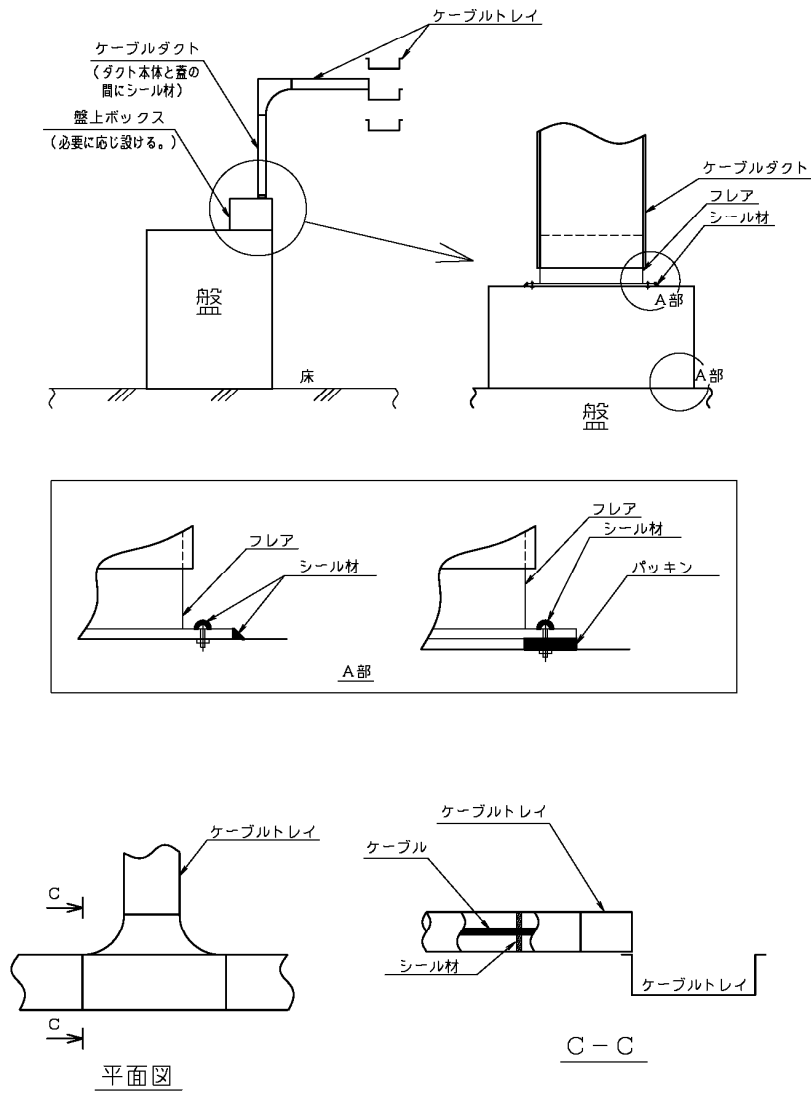


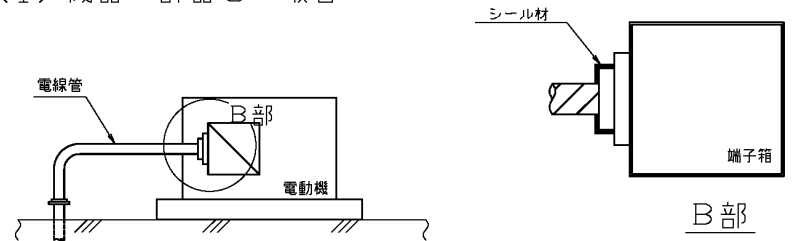
図-5 被水の影響評価の考え方

1. ケーブルトレイ

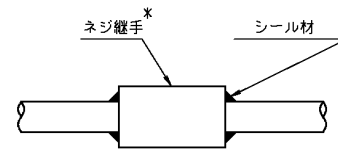


2. 電線管

(1) 機器・計器との取合い

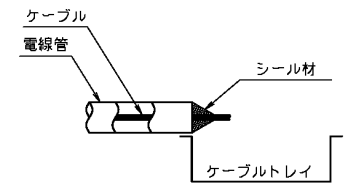


(2) 電線管相互の接続

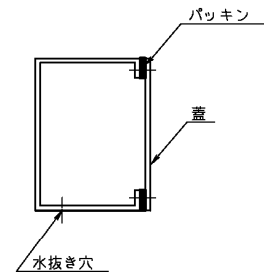


*: ネジなし継手(防水タイプ)の接続部のシール材は不要。

(3) 電線管とトレイの接続



(4) P, BOX



(5) T, BOX

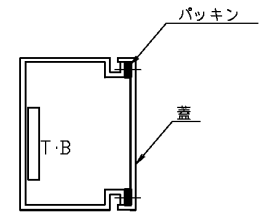
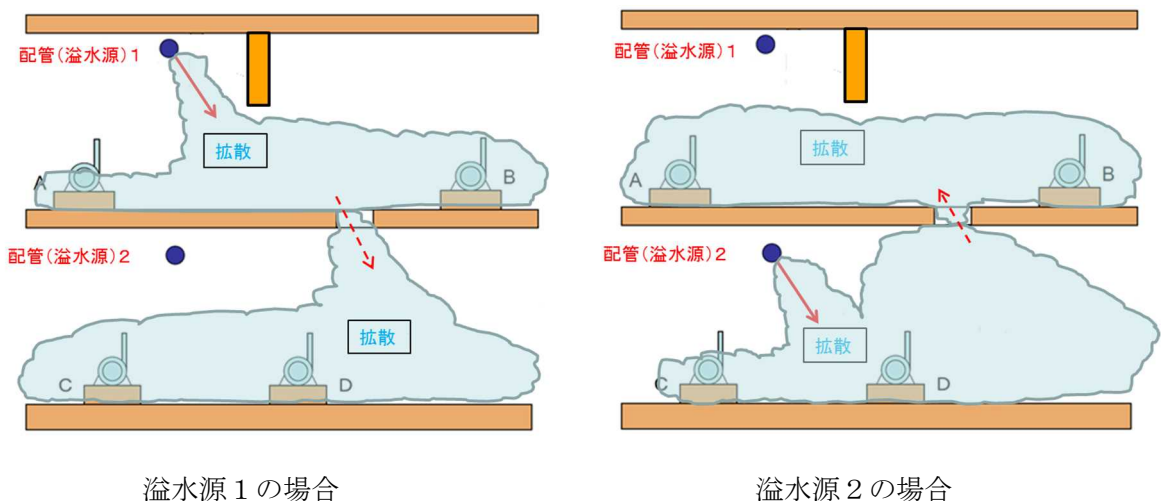


図-6 (2/2) 被水防護措置がなされている場合の例

防護機器	溢水源 1	溢水源 2	備考
A	評価	評価	蒸気の拡散は、同じ区画の機器については、全て対象とする。また、隣接する区画との間に貫通部がある場合には、隣接した区画も対象とする。 ただし、詳細な蒸気の流動解析により、影響範囲を示す場合には、その範囲を蒸気の影響範囲とすることができる。この場合には、以下を示すこと。 ① 使用する解析コードが検証されていること。 ② 解析条件が十分に保守的であること。
B	評価	評価	
C	評価	評価	
D	評価	評価	



図ー 7 蒸気の影響評価の考え方

溢水源及び溢水量の想定 3.1項

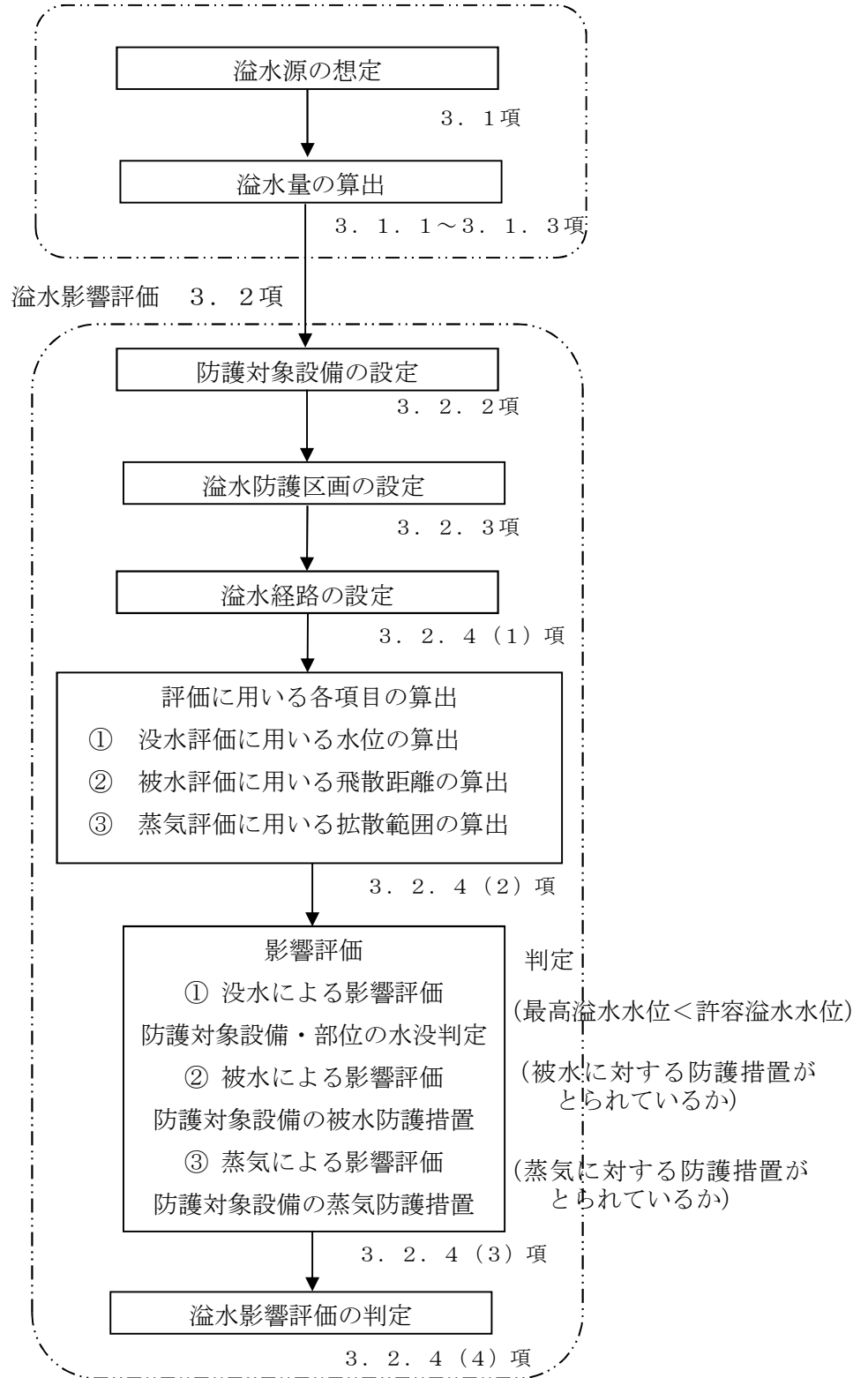


図-8 溢水影響評価フロー

(使用済燃料貯蔵プール (使用済燃料ピット) の安全確保)

付録A

高エネルギー及び低エネルギー配管の分類について

1) 高エネルギー配管

プラントの通常運転時に次の状態にある、呼び径 25A (1B) を超える配管

- a. 運転温度が 95°C を超えるか、又は
- b. 運転圧力が 1.9MPa[gauge] を超える配管

2) 低エネルギー配管

プラントの通常運転時に次の状態にある、呼び径 25A (1B) を超える配管

- a. 運転温度が 95°C 以下で、かつ
 - b. 運転圧力が 1.9MPa[gauge] 以下の配管
- ただし、静水頭圧の配管は除く。

また、高エネルギー配管であっても高エネルギー状態にある運転期間が短時間である場合は、低エネルギー配管とすることができる。

(注記)

高エネルギー状態にある運転期間が短時間である系統の配管とは、高エネルギー配管として運転している時間の割合が当該系統の運転している時間の 2% 又はプラント運転期間の 1% より小さければ、低エネルギー配管とすることができる。

このような例としては、余熱除去系統配管が低エネルギーの系統として分類される。

なお、PWR の原子炉の起動、温態待機、又は停止等の際に運転される補助給水系統配管は、高エネルギー配管に分類される。

この考え方は、米国 NRC の Standard Review Plan(SRP) Branch Technical Position(BTP) 3-4 「Postulated Rupture Locations in Fluid System Piping Inside and Outside Containment」(以下、「BTP 3-4」という。)及び AP1000DC の NRC 評価書を参考としている。

付録B

溢水量算出の具体的な考え方について

(1) 配管からの溢水量

- ①高エネルギー配管は完全全周破断を前提とし、破断想定箇所までの配管抵抗と系統圧力とのバランスにより、流出流量を算出する。
- ②低エネルギー配管は、貫通クラックを仮定し、貫通クラックの破損箇所の条件は、各系統の最大運転圧力又は最高使用圧力・最大口径とする。
- ③流出流量は、スリット状のき裂面積から損失係数を考慮した、以下の計算式より求める。
- ④溢水量はこれに流出時間を乗じて算出する。

$$Q = A \times C \sqrt{(2 \times g \times H) \times 3600 \dots \dots \dots B} \quad (1)$$

Q：流出流量 (m³/h)

A：断面積 (m²)

C：損失係数

H：水頭 (m)

- ⑤運転員が中央制御室にて隔離操作を実施する場合は、中央制御室にて漏えいを検知した後に、少なくとも10分間の時間余裕を見込んだ後に運転員が操作を開始するとして評価する。
- ⑥運転員が現場パトロールにて漏えい箇所を特定し、隔離操作を実施する場合には、現場への移動時間、漏えい箇所特定に要する時間及び隔離操作時間を適切に考慮して評価する。

<具体的な溢水量の算出方法例>

[高エネルギー配管]

高エネルギー配管の溢水量は、配管破断を検知（配管流量高や格納容器内雰囲気温度高及び原子炉水位低等）し、隔離弁が自動閉止する時間までの流出量とする。

自動隔離が無い系統（給水系）の場合であっても、ポンプの運転状態を検知しポンプを自動トリップさせる機能を有するものは、ポンプトリップまでは定格運転状態での流出とし、ポンプトリップ後は、配管内の保有水量が全量流出するものとし溢水量を算出する。

[低エネルギー配管]

低エネルギー配管の溢水量の算出にあたっては、漏えい検知器等の設置の有無により以下

の①又は②を参考に算出する。

- ① 中央制御室において低エネルギー配管の系統側の警報で、漏えい検知、漏えい箇所の特定及び漏えい箇所の隔離ができる場合には、貫通クラックの破損箇所からの流出流量は上記B(1)の計算式より求める。

溢水量は、下記(a)～(d)を組合せた隔離時間((a)1)+(d)1=漏えい検知後15分)を流出流量に乗じて算出する。

なお、中央制御室において漏えい箇所の隔離ができない場合は、(b)の現場への移動時間を加算する。

ただし、個々に運用管理を設定する場合は、個々に時間を設定することができる。

- ② 中央制御室において低エネルギー配管の漏えいが、ドレンサンプの警報で検知される場合には、現場確認で漏えい箇所を特定し、漏えい箇所を隔離するものとし、貫通クラックの破損箇所からの流出流量は上記B(1)の計算式より求める。

溢水量は、下記(a)～(d)を組合せた隔離時間((a)2)+(b)1)+(b)2)+(c)2)+(d)2=漏えい検知後70分)を流出流量に乗じて算出する。

ただし、個々に運用管理を設定する場合は、個々に時間を設定できる。

<漏えい箇所の隔離に必要な時間例>

隔離時間は、漏えい検知の有無、漏えい箇所特定及び弁操作等により、下記(a)～(d)の組合せた隔離時間を流出流量に乗じて算出する。

(a) 漏えい発生から漏えい検知までの時間

- 1) 漏えい検出器有りの場合は、漏えい検知に要する時間を考慮する。……………5分
- 2) 漏えい検出器無しの場合は、ドレンサンプの警報によるものとし、漏えい検知に要する時間を考慮する。……………10分

(b) 現場への移動時間

- 1) 現場への移動速度は約4km/h(人の歩く速度)とし、中央制御室から現場までの距離は最長1kmとする。……………15分
- 2) チェンジングスペース等での着替えが必要な場合を考慮し、着替えに要する時間を5分とする。……………5分

(c) 漏えい箇所特定に要する時間

- 1) 漏えい箇所特定手段が有る場合は、漏えい箇所特定に要する時間を考慮する。……………5分
- 2) 漏えい箇所特定手段がない場合は、漏えい箇所特定のためにドレンサンプ流入区画の現場確認を実施し、漏えい箇所の特定に要する時間を30分とする。……………30分

(d) 弁操作時間

- 1) 中央制御室での弁閉操作に要する時間は、10分とする。……………10分
- 2) 現場での漏えい箇所隔離弁の特定に要する時間を10分とし、現場での弁閉操作に要する時間は、10分（5分/弁、2弁）とする。
- (e) 循環水ポンプ停止時間
 - 1) 循環水ポンプ停止操作（漏えい検知から循環水ポンプ停止操作に要する時間は、10分とする。）……………10分
 - 2) 循環水ポンプ停止時間（循環水ポンプ停止操作から循環水ポンプが停止するまでの時間は、5分とする。）……………5分

[循環水管の伸縮継手破損部からの溢水量]

循環水管の伸縮継手破損部からの流出流量の評価は、低エネルギー配管漏水に準じて評価を行う。

ただし、循環水系の弁急閉が発生しないように適切な対策が実施されていない場合には、下図に示す伸縮継手部が全円周状に破損すると仮定して評価を実施する。

溢水量は、漏えい検知の有無、漏えい箇所特定の可否、弁操作場所等より、上記(a)～(d)を組合せて隔離可能と想定した時間を流出流量に乗じて算出する。

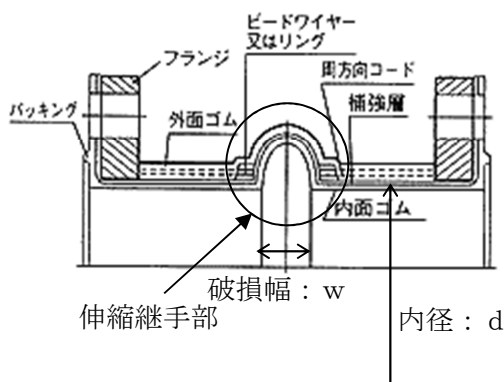


図 伸縮継手の構造 (例)

附属書A

流体を内包する配管の破損による溢水の詳細評価手法について

1. 概要

溢水影響評価ガイドの「2. 1. 1 流体を内包する配管の破損による漏水」において溢水量の算出にあたっては、①高エネルギー配管については完全全周破断、②低エネルギー配管については貫通クラック、③循環水管の破損は過去の事例等を考慮して設定することとしている。

ただし、配管破損の想定にあたっては、詳細な応力評価を実施することにより、破損位置及び破損形状を特定することとし、以下にその詳細な評価手法を定めることとした。

注1) 応力制限の考え方

破損を想定しなくてもよい応力制限については、高エネルギー配管、低エネルギー配管とも供用状態A及びBにおける一次+二次応力が設計許容応力の40%以下であれば、十分応力が低い状態にあるため応力的に破損する可能性がないという考え方に基づいている。高エネルギー配管の場合は、これに加え熱膨張等による不測の応力発生を考慮し、ターミナルエンド¹でないことと累積疲労係数が0.1以下であることとの条件を追加している。また、前述のターミナルエンドを除く高エネルギー配管であって、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリの配管については、当該部の配管が原子炉格納容器並の設計としており設計許容応力の80%を制限としている。

本考え方は、米国NRCのStandard Review Plan(SRP) Branch Technical Position(BTP) 3-4「Postulated Rupture Locations in Fluid System Piping Inside and Outside Containment」、及び日本機械学会発電用原子力設備規格「配管破損防護設計規格(JSME S ND1-2002)」を参考としている。

2. 流体を内包する配管の破損による溢水の詳細評価例

2. 1 運転中に発生する応力に基づく評価法

2. 1. 1 高エネルギー配管

評価部位において、以下のいずれかの条件を満足すれば、完全全周破断を想定する必要は無い。ただし、2. 2項に定める減肉、腐食又は疲労による破損想定について別途考慮する。

- (a) 配管径が25A以下であること。
- (b) 原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリの配管にあつては、以下のとおり。
- (i) クラス1配管にあつては、以下の①、②及び③の条件を満足すること。

¹ターミナルエンドとは、配管の熱膨張等を完全に（ほぼ6自由度）拘束する点。例としては、配管のアンカーサポート点、固定機器ノズル部との配管接続部等がある。

(以下、この附属書で用いる計算式等の記号は、日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」又は日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」 (JSME S NC1-2012) による。)

①ターミナルエンドでないこと。

②供用状態 A、B 及び(1/3)Sd 地震荷重に対して、設計・建設規格 PPB-3531 の計算式により計算した一次応力+二次応力 S_n が許容応力の 0.8 倍 ($2.4 S_m$) 以下であること。

$$S_n = \frac{C_1 P_0 D_0}{2t} + \frac{C_2 M_{is}}{Z_i} + C_3 E_{ab} |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b| \leq 2.4 S_m$$

③疲れ累積係数は、0.1 以下であること。

ただし、上記疲れ累積係数は、供用状態 A、B における疲れ累積係数に (1/3) Sd 地震による疲れ累積係数を加算したものとする。

(i i) クラス 2 配管にあつては、以下の①及び②の条件を満足すること。

①ターミナルエンドでないこと。

②供用状態 A、B 及び(1/3)Sd 地震荷重に対して設計・建設規格 PPC-3530(1)b. の計算式により計算した一次応力+二次応力 S_n が同 PPC-3530(1)d. の計算式により求めた許容応力 S_a の 0.8 倍以下であること。

$$S_n = \frac{P_m D_0}{4t} + \frac{0.75 i_1 (M_a + M_b) + i_2 M_c}{Z} \leq 0.8 S_a = 0.8 (1.25 f S_c + (1.2 + 0.25 f) S_h)$$

(c) (b) 以外の配管にあつては、以下のとおり。

(i) クラス 1 の配管にあつては、以下の①、②及び③の条件を満足すること。

①ターミナルエンドでないこと。

②供用状態 A、B 及び(1/3)Sd 地震荷重に対して、設計・建設規格 PPB-3531 の計算式により計算した一次応力+二次応力 S_n に対して許容応力の 0.4 倍 ($1.2 S_m$) 以下であること。

$$S_n = \frac{C_1 P_0 D_0}{2t} + \frac{C_2 M_{is}}{Z_i} + C_3 E_{ab} |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b| \leq 1.2 S_m$$

ただし、 S_n が許容応力の 0.8 倍以下である場合は、破損形状を貫通クラックとする。

③疲れ累積係数は、0.1 以下であること。

ただし、上記疲れ累積係数は、供用状態 A、B における疲れ累積係数に (1/3) Sd 地震による疲れ累積係数を加算したものとする。

(i i) クラス 2、3 又は非安全系の配管にあつては、以下の①及び②の条件を満足すること。

①ターミナルエンドでないこと。

②設計・建設規格 PPC-3530(1)b.の計算式により計算した供用状態A、B及び(1/3)Sd 地震荷重に対して、設計・建設規格 PPC-3530(1)b.の計算式により計算した一次応力+二次応力 S_n が同 PPC-3530(1)d.の計算式により求めた許容応力 S_a の 0.4 倍以下であること。

$$S_n = \frac{P_m D_0}{4t} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b) + i_2 M_c}{Z} \leq 0.4S_a = 0.4(1.25fS_c + (1.2 + 0.25f)S_h)$$

ただし、 S_n が許容応力 S_a の 0.8 倍以下である場合は、破損形状を貫通クラックとする。

2. 1. 2 低エネルギー配管

評価部位において、以下のいずれかの条件を満足すれば、貫通クラックを想定する必要は無い。ただし、2. 2項に定める減肉、腐食又は疲労による破損想定について別途考慮する。

(a) 配管径が 25 A 以下であること。

(b) 原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリの配管にあつては、以下の条件を満足すること。

供用状態A、B及び(1/3)Sd 地震荷重に対して、設計・建設規格 PPC-3530(1)b.の計算式により計算した一次応力+二次応力 S_n が同 PPC-3530(1)d.の計算式により求めた許容応力 S_a の 0.4 倍以下であること。

$$S_n = \frac{P_m D_0}{4t} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b) + i_2 M_c}{Z} \leq 0.4S_a = 0.4(1.25fS_c + (1.2 + 0.25f)S_h)$$

(c) (b) 以外の配管にあつては、以下のとおり。

(i) クラス1の配管にあつては、以下の条件を満足すること。(記号は設計・建設規格による。)

供用状態A、B及び(1/3)Sd 地震荷重に対して、設計・建設規格 PPB-3531 の計算式により計算した一次応力+二次応力 S_n に対して許容応力の 0.4 倍 ($1.2S_m$) 以下であること。

$$S_n = \frac{C_1 P_0 D_0}{2t} + \frac{C_2 M_{is}}{Z_1} + C_3 E_{ab} |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b| \leq 1.2S_m$$

(ii) クラス2、3又は非安全系の配管にあつては、設計・建設規格 PPC-3530 の b.の計算式により計算した供用状態A、B及び(1/3)Sd 地震荷重に対して、設計・建設規格 PPC-3530(1)b.の計算式により計算した一次応力+二次応力 S_n が同 PPC-3530(1)d.の計算式により求めた許容応力 S_a の 0.4 倍以下であること。

$$S_n = \frac{P_m D_0}{4t} + \frac{0.75i_1(M_a + M_b) + i_2 M_c}{Z} \leq 0.4S_a = 0.4(1.25fS_c + (1.2 + 0.25f)S_h)$$

2. 2 減肉等による破損

上記2. 1. 1及び2. 1. 2に示す条件を満足できる場合は、以下に示す減肉、腐食、又は疲労による破損（以下「減肉等による破損」という。）による破損を別途、想定する。

減肉等の破損は、過去の損傷事例等から応力以外の破損要因であって、配管内部を流れる流体の温度、圧力、配管の材質及び構造等を考慮して破損形状を想定することとし、腐食（SCC（粒界SCC、貫粒SCC）、隙間腐食、孔食、異種金属接触腐食、流れ加速型腐食、液滴衝撃エロージョン）及び疲労（低・高サイクル繰返し応力、流体振動、機械振動等による疲労）等を考慮することとする。

この場合、破損位置や破損形状は、内部流体の種類、圧力、温度や周辺環境（例えば、腐食の原因となる環境の塩分の含有量）を詳細評価した上で決定することができる。この時、設計（例えば、減肉対策のために低合金鋼を採用する、腐食防止のために配管内面にライニングを施す等）や管理（例えば、応力腐食割れの防止のため水素注入等の水質管理を行う等）を実施しているからという理由で、破損の想定を除外してはならない。ただし、当該部分の損傷状態を非破壊検査によって定期的に確認している（例えば、減肉対策のため減肉の可能性のある部位の肉厚測定を実施している等）部位については、破損の想定を除外することができる。なお、「非破壊検査によって定期的に確認している部位」には、当該配管系において、損傷の可能性のある部位を詳細評価した上で非破壊検査の必要な部位を選定している場合にあっては、非破壊検査を実施していない部位（例えば、減肉管理の場合、減肉の可能性が極めて小さく、他の部位を非破壊検査することによって評価できるとした配管直管部等）も含まれる。

注2) 設計や管理と破損の想定について

設計や管理の対策を実施することにより、腐食、減肉、疲労等、応力以外の要因による配管破損の可能性は低減されるが、それでもなお過去の損傷事例を考慮し破損による漏えいを想定し溢水影響評価を行う。ただし、減肉対策として当該部分の肉厚の測定を非破壊検査によって定期的に実施している等、当該部位の材料のき裂状況や減肉状況を定期的に直接把握している場合は、破損による漏えいを確実に防止できることから、破損を想定しなくてもよい。

以下に、考慮する破損の例を示す。

（湿り蒸気配管、給水配管）

減肉の可能性のある部位（オリフィス下流、弁の下流、エルボ部）については、過去の事例以上の破断（開口部面積が配管径の2乗以上）を想定すること。

（高温水配管）

高温水配管の貫通クラック発生事例を考慮して保守的なき裂サイズの仮定(想定)を行う。特に熱交換器出口での高温流体と低温流体の混合による繰返し応力による疲労割れや、ポンプ振動や熱交換器等の機器回りでの流体振動による疲労割れ等詳細に評価すること。

(海水配管の例)

海水系における減肉等による破損としては、内部流体（海水）による腐食による破損を考慮する。

海水による炭素鋼の腐食形態は、局部的に腐食が進行し、それが成長して配管を貫通する孔食によるものであり、ピンホール型の配管損傷となる。

ピンホールは、徐々に成長することから、一旦ピンホールの発生による漏えいが発生した場合には、その漏えいを目視により検知することが可能である。

なお、評価するにあたっては、損傷事例に対して十分安全側に破損形状を想定する必要がある。