

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 発電用原子炉設置変更許可申請

TEPCO

【内部溢水による管理区域外への漏えいの防止】

2019年2月21日
東京電力ホールディングス株式会社

枠囲みの範囲は機密に係わる事項ですので公開することはできません。

1. 設置許可基準規則等の改正の経緯について

- 平成28年11月に福島第二原子力発電所1号機から4号機の使用済燃料貯蔵槽において、地震に伴う水面の揺動(以下「スロッシング」という。)による溢水事象が発生し、排気ダクトに流入した放射性物質を含む水が、ダクトに設けた止水設備を越えて非管理区域に向かって流れ出す事象が発生した。
- 本事象では、流出した水は非管理区域に達していないが、条件によっては放射性物質を含む水が管理区域外に漏えいする可能性が認識された。
- これを踏まえ、平成30年1月24日に原子力規制委員会にて、放射性物質を含む液体を内包する配管、容器その他の設備から、当該液体があふれ出た場合においても管理区域外への漏えいを防止することを求める「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及び解釈」(以下「設置許可基準規則等」という。)の改正が決定され、平成30年2月20日に施行された。

2. 設置許可基準規則等の改正内容について

(変更箇所を下線で示す。)

	改正前	改正後
設置許可基準規則	<p>(溢水による損傷の防止等)</p> <p>第九条 安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>2 設計基準対象施設は、発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器又は配管の破損によって当該容器又は配管から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、当該液体が管理区域外へ漏えいしないものでなければならない。</p>	<p>(溢水による損傷の防止等)</p> <p>第九条 安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>2 設計基準対象施設は、発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、当該液体が管理区域外へ漏えいしないものでなければならない。</p>
設置許可基準規則解釈	<p>第9条(溢水による損傷の防止等)</p> <p>1 (略)</p> <p>2 第1項規定する「発電用原子炉施設内における溢水」とは、発電用原子炉施設内に設置された機器及び配管の破損(地震起因を含む)、消火系統等の作動又は使用済燃料貯蔵槽のスロッシングにより発生する溢水をいう。</p> <p>3 (略)</p> <p>(新設)</p>	<p>9条(溢水による損傷の防止等)</p> <p>1 (略)</p> <p>2 第1項に規定する「発電用原子炉施設内における溢水」とは、発電用原子炉施設内に設置された機器及び配管の破損(地震起因を含む)、消火系統等の作動、<u>使用済燃料貯蔵槽等のスロッシングその他の事象</u>により発生する溢水をいう。</p> <p>3 (略)</p> <p>4 第2項に規定する「容器、配管その他の設備」には、次に掲げる設備を含む。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポンプ、弁 ・<u>使用済燃料貯蔵プール(BWR)、使用済燃料貯蔵ピット(PWR)</u> ・<u>サイトバンカ貯蔵プール</u> ・<u>原子炉ウェル、機器貯蔵プール(BWR)</u> ・<u>原子炉キャビティ(チャンネルを含む。)(PWR)</u>

3. 設置許可基準規則等の改正内容に係る確認事項について

□ 設置許可基準規則第九条第1項(同規則解釈第2項の改正)に係る確認事項

安全施設は、発電用原子炉施設内で使用済燃料プール等のスロッシングその他の事象による溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

【確認事項】

使用済燃料プール等の「等」及び「その他」の事象を選定し、これらによる溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないこと(以下「安全機能維持要求」という。)

□ 設置許可基準規則第九条第2項及び同規則解釈第4項の改正に係る確認事項

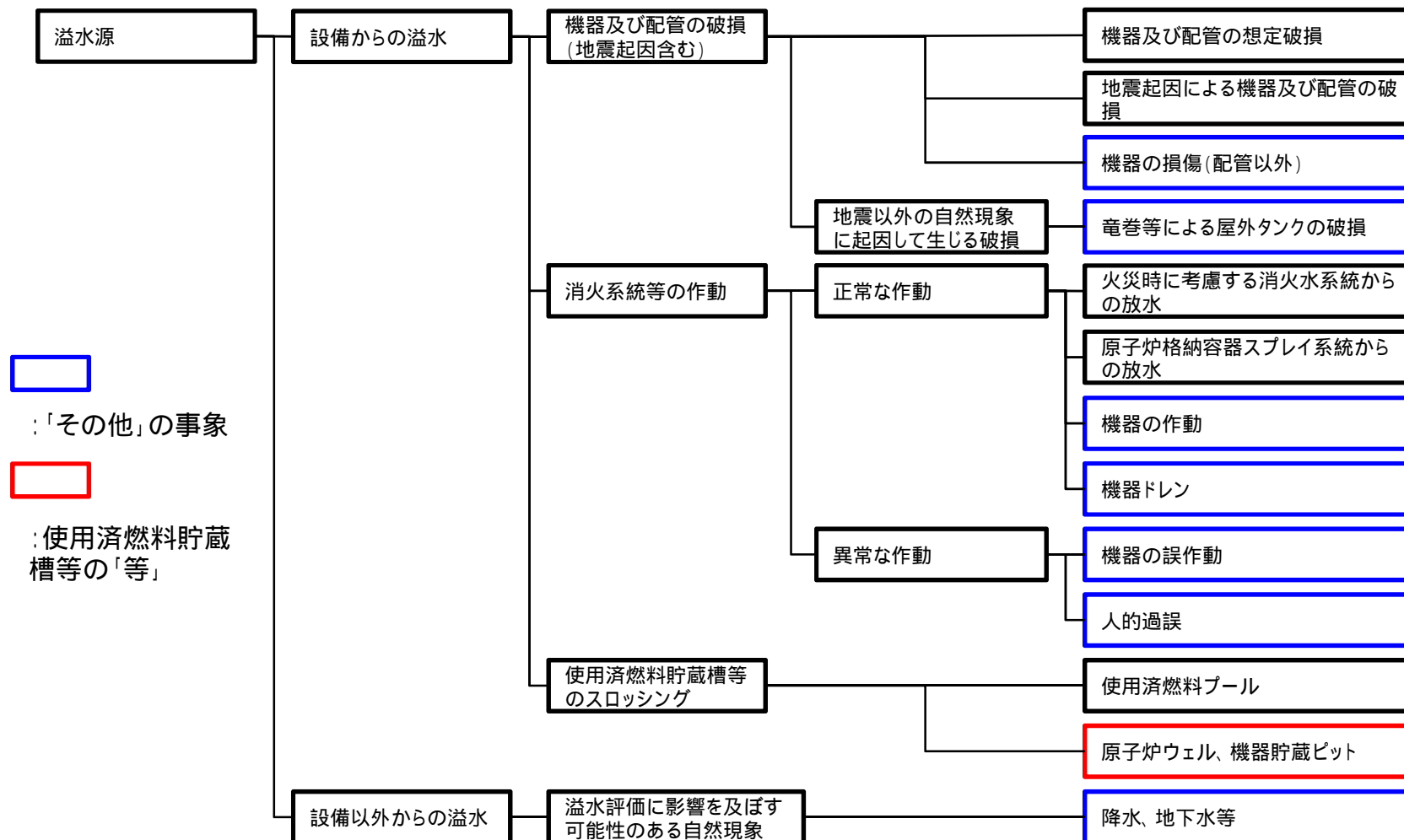
発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、当該液体が管理区域外へ漏えいしないものでなければならない。

【確認事項】

規則解釈第4項に示される設備を含めて「その他」の設備を選定し、当該設備から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、管理区域外へ漏えいしないこと(以下「管理区域外への漏えいの防止要求」という。)

4. 安全機能維持要求に対する適合性について

- 改正内容を踏まえ、設備及び設備以外からの溢水源について網羅的に整理し、今回追加された要求事項に対する事象を以下の通り抽出した。またこれらについて、設置許可基準規則等への適合状況を次頁に示す。



4. 安全機能維持要求に対する適合性について

□ 抽出した事象に対して設置許可基準規則等への適合状況を下表に示す。

溢水源			適合状況
その他	その他漏えい事象	機器の損傷(配管以外)	評価済 床ドレン配管及び機器ドレン配管により排水可能な設計であり、漏えい水が区画内に滞留しないように設計上の考慮がなされている。また、当該区画もしくは排水先のサブタンク等において、漏えいの発生を検知することが可能な設計となっていることから、必要な安全機能が損なわれない程度の溢水に抑える設計としている。
		機器の作動(誤作動含む)	
		機器ドレン	
人的過誤			
		竜巻等による屋外タンクの破損	評価済 竜巻等により屋外タンクが破損する可能性があるが、このような損傷モードでの溢水によるプラントへの影響については、必要な安全機能が損なわれないことを確認している。
		降水、地下水等	評価済 降水や地下水等によるプラントへの直接的な影響については、建屋外周に施した止水処置やサブドレンポンプ等により必要な安全機能が損なわれないことを確認している。なお地下水については、一部対策の追加(サブドレン耐震強化)を実施しており、詳細は「参考3.1、3.2」を参照のこと。
貯蔵槽等		原子炉ウェル、機器貯蔵ピット	評価済 原子炉ウェル、機器貯蔵ピットに水が張られた状態を考慮し、その状態において地震起因による溢水が発生した場合でも、十分な保守性を確保した止水処置や運用上の対応により、必要な安全機能が損なわれない設計としている。

【出典：発電用原子炉設置変更許可申請(原管発官25第192号)に係る審査資料「KK67-0090 設計基準対象施設について」の「第9条 溢水による損傷の防止」より一部抜粋】

いずれの事象に対しても、必要な安全機能が損なわれないことを既許可にて確認しており、安全機能維持要求を満足している。以上より、「使用済燃料プール等のスロッシングその他の事象による溢水」に対して改正規則等に適合している。

4. 安全機能維持要求に対する適合性について

- 設置変更許可申請書については、今回の規則等の改正趣旨を踏まえ、使用済燃料プール等のスロッシングその他の事象による溢水に関する記載を本文及び添付書類八に追加し明確化する。

設置変更許可申請書 本文五号(抜粋)

又 その他発電用原子炉の附属施設の構造及び設備

A.(3)(ii)b. 内部溢水に対する防護設備

そのために、発電用原子炉施設内に設置された機器及び配管の破損(地震起因を含む。)、消火系統等の作動、使用済燃料プール等のスロッシングその他の事象による溢水が発生した場合においても、発電用原子炉施設内における壁、扉、堰等により、溢水防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。

設置変更許可申請書 添付書類八(抜粋)

1. 安全設計

1.7 溢水防護に関する基本方針

発電用原子炉施設内における溢水として、発電用原子炉施設内に設置された機器及び配管の破損(地震起因を含む。)、消火系統等の作動、使用済燃料プール等のスロッシングその他事象により発生した溢水を考慮し、溢水防護対象設備が没水、被水及び蒸気の影響を受けて、その安全機能を損なわない設計(多重性又は多様性を有する設備が同時にその安全機能を損なわない設計)とする。

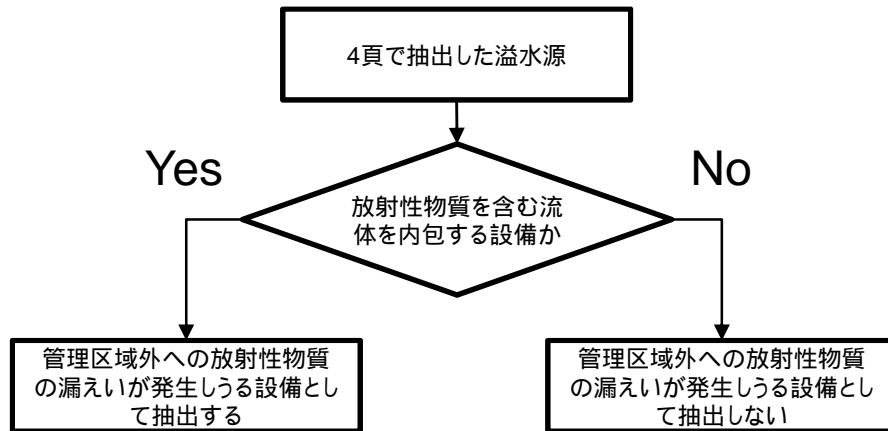
1.10 発電用原子炉設置変更許可申請に係る安全設計の方針

1.10.3 1について

なお、発電用原子炉施設内における溢水として、発電用原子炉施設内に設置された機器及び配管の破損(地震起因を含む。)、消火系統等の作動、使用済燃料プール等のスロッシングその他の事象により発生した溢水を考慮する。

5. 管理区域外への漏えいの防止要求に対する適合性について

- 改正内容を踏まえ、機器及び配管の破損以外で放射性物質を含む液体があふれ出た場合も含め、管理区域外への放射性物質の漏えいが発生しうる設備を網羅的に抽出した図及び設置許可基準規則等への適合状況を以下に示す。



容器 / 配管	その他
<ul style="list-style-type: none"> ・タンク ・熱交換器 ・配管等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプ ・弁 ・使用済燃料プール ・原子炉ウェル ・機器貯蔵ピット

溢水源		適合状況
容器		評価済 容器又は配管が破損することにより発生を想定する液体について、溢水量、溢水評価区画及び溢水経路により溢水水位を算出し、管理区域外へ漏えいしないことを確認している。
配管		
その他	ポンプ、弁	評価済 ポンプ、弁からの溢水量は、容器又は配管の破損による評価に包絡されることを確認している。
	使用済燃料プール、原子炉ウェル、機器貯蔵ピット	評価済 スロッシングにより発生した溢水は、階段室やエレベータ室、ファンネル等から最地下階へ排水され、原子炉建屋二次格納施設内に留まり、管理区域外へ漏えいしないことを確認している。

【出典：発電用原子炉設置変更許可申請(原管発官25第192号)に係る審査資料「KK67-0090 設計基準対象施設について」の「第9条 溢水による損傷の防止」より一部抜粋】

図 管理区域外への放射性物質の漏えいが発生しうる設備の抽出フロー

いずれの事象に対しても、放射性物質を内包する液体が管理区域外へ漏えいしないことを既許可にて確認しており、管理区域外への漏えいの防止要求を満足している。以上より、「その他」の設備からの溢水による管理区域外への漏えい防止に対して改正規則等に適合している。

5. 管理区域外への漏えいの防止要求に対する適合性について

- 設置変更許可申請書については、今回の規則等の改正趣旨を踏まえ、管理区域外への漏えいの防止に関する記載を本文及び添付書類八に追加し明確化する。

設置変更許可申請書 本文五号(抜粋)

□ 発電用原子炉施設の一般構造

(3)(i)a.(d) 溢水による損傷の防止

また、設計基準対象施設は、発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、当該液体が管理区域外へ漏えいしない設計とする。

設置変更許可申請書 添付書類八(抜粋)

1. 安全設計

1.7 溢水防護に関する基本方針

また、放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備から放射性物質を含む液体の漏えいを想定する場合には、溢水が管理区域外へ漏えいしないよう、建屋内の壁、扉、堰等により伝播経路を制限する設計とする。

1.10 発電用原子炉設置変更許可申請に係る安全設計の方針

1.10.3 2について

設計基準対象施設は、発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、当該液体が管理区域外へ漏えいしない設計とする。

参考1. 「その他」の事象のうち、“その他漏えい事象” (安全機能維持要求)

□ 柏崎刈羽6, 7号炉における溢水源を整理した表のうち、“その他漏えい事象”について、以下に示す。

分類	想定事象	漏えい量
(1) 機器ドレン	・ポンプシールドレン ・空調ドレン(結露水含む) ・サンプルシンクドレン 等	小
(2) 機器の作動 (誤作動含む)	・安全弁作動 ・開放端に繋がる弁の誤開、 開固着 等	小～中
(3) 機器損傷 (配管以外)	・開放端に繋がる弁のシート リーク ・弁グランドリーク ・ポンプシールリーク ・フランジリーク 等	小
(4) 人的過誤	・弁誤操作 ・隔離未完機器の誤開放 ・開放点検中設備への誤通水 ・アイスプラグ施工不良 等	小～大

(1) 機器ドレン

通常運転状態において発生するドレンであり、床及び機器ドレンファンネルにより排水可能な設計としている。

(2) 機器の作動(誤作動含む)

安全弁の作動は設計上想定されているものであり、二次側はプロセス配管により自系統等に直接つながっており、区画内に放出されない設計としている(気体系の安全弁は除く。) 大気開放タンクの補給弁等、開放端に繋がる弁が誤開、開固着した場合には、タンクがオーバーフローする可能性があるが、タンクオーバーフロー管はプロセス配管により機器ドレンファンネル等に接続されており、区画内に漏えいしない設計となっている。

(3) 機器損傷(配管以外)

弁グランドリークについては、一次系弁は、リークオフライン等により系外漏えいに至らないよう設計上の配慮がされている。またその他のリーク事象については、漏えい量は比較的少なく、床ドレンファンネル等により排水可能な設計としている。

(4) 人的過誤

事象によっては大量の漏えいが発生する可能性があるが、過去のトラブル事例から、基本的にはプラントが停止している定期検査時に発生しているものであり、人的要因であることから、発生時には早期に隔離等の対処が可能である。

参考2. 「その他」の事象のうち、“竜巻等による屋外タンクの破損” (安全機能維持要求)

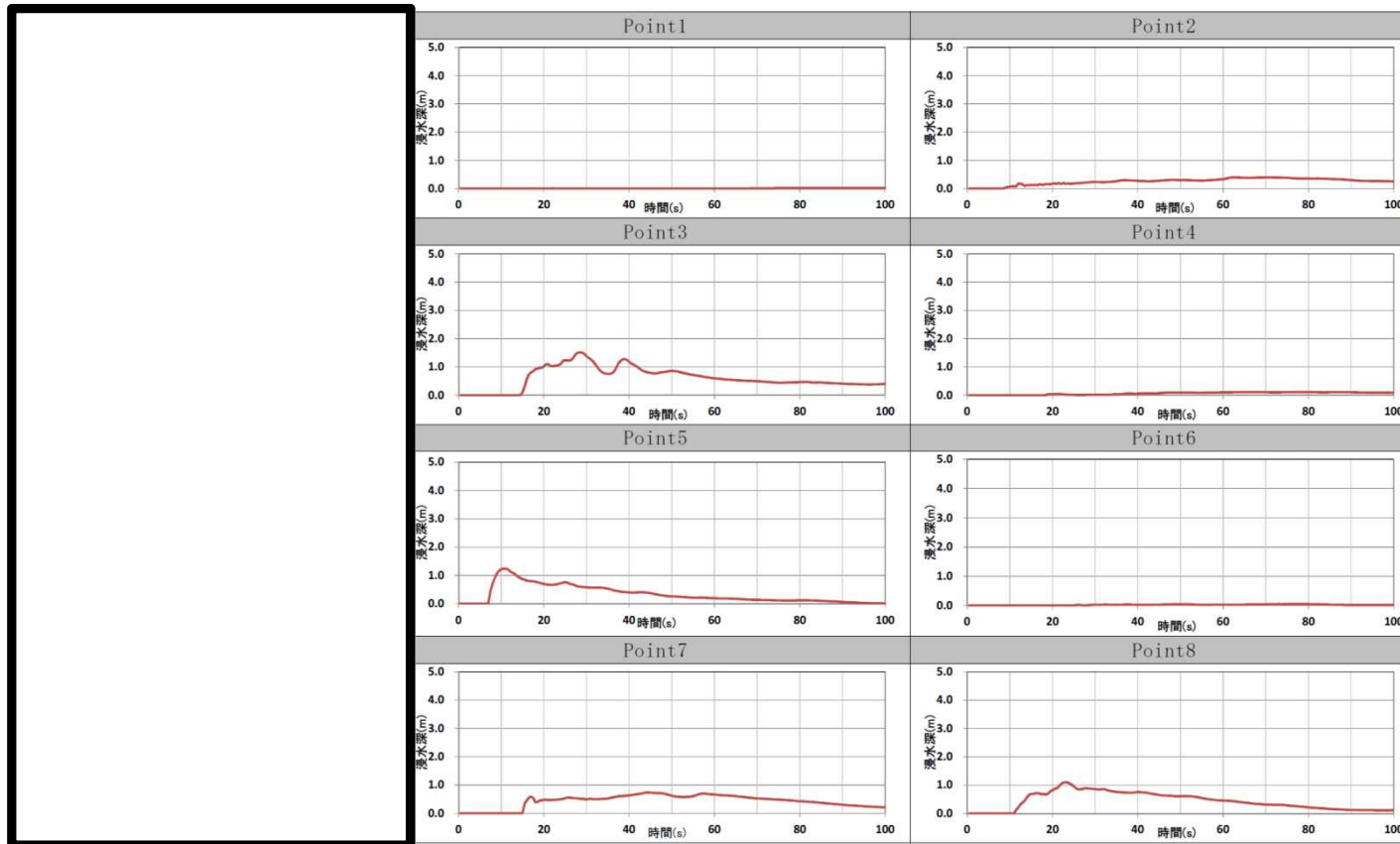
- 柏崎刈羽6, 7号炉における溢水源を整理した表のうち、“竜巻等による屋外タンクの破損”について、以下に示す。なお、説明上の理由から、地震による影響についても並記する。

自然現象	間接的溢水影響モード(屋外タンクの破損)
地震	<地震動> 地震によるタンク損傷の可能性があるが、タンクの溢水によるプラントへ与える影響について問題ないことを確認している。詳細については、次頁を参照。
ひょう, あられ	<荷重(衝突)> 竜巻の影響に包絡される。
風(台風)	<荷重(風圧, 衝突)> 消防法における最大瞬間風速(63m/s)に基づいた設計がされており、基準風速(40.1m/s)よりも裕度があるため、風圧によるタンクの損傷はないと判断。飛来物衝突影響については竜巻の影響に包絡される。
竜巻	<荷重(風圧, 衝突)> 設計竜巻の最大風速(92m/s)に対して、側板座屈の可能性が否定できないため、タンク損傷の可能性があり、また飛来物の衝突によっても、タンク損傷の可能性がある。しかし、本損傷モードでのタンクの溢水によるプラントへの影響については、地震の影響に包絡される。
火山(降下火砕物)	<荷重(堆積)> 降下火砕物の堆積荷重によるタンク損傷の可能性があるが、タンクの溢水によるプラントへ与える影響については、地震の影響に包絡される。
地滑り	<荷重(衝突)> 地滑りが発生した場合の影響は、地震の影響に包絡される。
地面隆起(相対的な水位低下)	<地盤安定性> 地盤の隆起は地震に伴う事象であり、地震の影響に包絡される。

いずれの事象においても、地震の影響に包絡され、安全機能維持要求を満足している。

参考2. 「その他」の事象のうち、“竜巻等による屋外タンクの破損” (安全機能維持要求)

- 柏崎刈羽6, 7号炉における“地震による屋外タンクの破損”について、以下に示す。



枠囲みの範囲は機密に係わる事項ですので公開することはできません。

上記影響範囲に対し、想定される浸水経路に必要な止水処置を施していることから、溢水防護区画への浸水はなく、安全機能を損なうおそれはない。

参考3. 「その他」の事象のうち、“降水、地下水等” (安全機能維持要求)

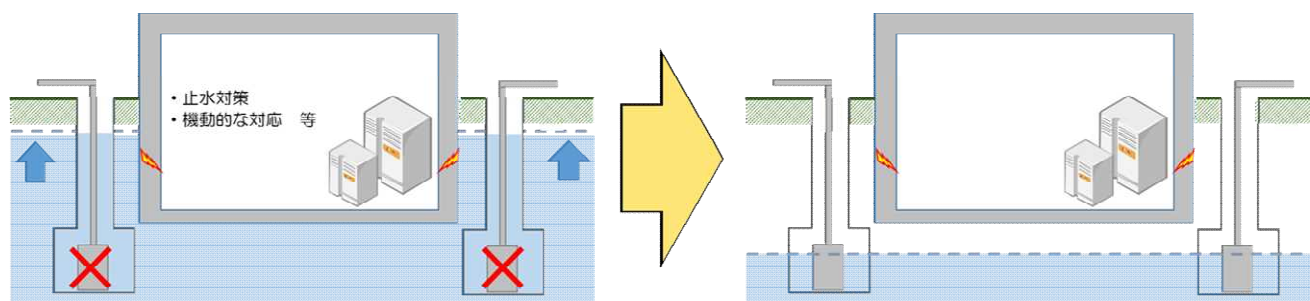
□ 柏崎刈羽6, 7号炉における溢水源を整理した表のうち、“降水、地下水等”について、以下に示す。

自然現象	間接的溢水影響モード(屋外タンクの破損)
津波	津波の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、問題ないことを確認している。
降水	降水による直接的な溢水影響が考えられるが、建屋外周に施した止水処置等によりプラントへの影響はないことを確認している。
氷嵐、雨水、みぞれ	氷嵐、雨水、みぞれの浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、建屋外周に施した止水処置等によりプラントへの影響はないことを確認している。
高潮	高潮の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、津波に包絡される。
波浪	波浪の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、津波に包絡される。
風津波	風津波の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、津波に包絡される。
洪水	洪水の浸水による直接的な溢水影響は考えられるが、津波以外の洪水としては、ダムが決壊や河川の氾濫など考えられ、柏崎刈羽原子力発電所へ影響を及ぼす範囲にダムや河川はない。したがって、プラントへの影響はないと判断。
河川の迂回	河川の迂回の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、洪水と同様、本事象からプラントへの影響はないと判断。
地下水(多量)	地下水多量の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、建屋外周に施した止水処置やサブドレンポンプ等によりプラントへの影響はない。なお一部対策の追加(サブドレン耐震強化)を実施しており、詳細は「参考3.1、3.2」を参照のこと。
地下水による浸食	地下水による浸食で生じる浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、建屋外周に施した止水処置等によりプラントへの影響はない。
静振	静振の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、津波に包絡される。
隕石、衛星の落下	隕石等の発電所近海への落下に伴う津波の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、プラントへ影響が及ぶ規模の隕石等の落下は、有意な発生頻度とはならない。したがって、本事象によるプラントへの影響は考慮しない。
泥湧出	泥湧出の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、建屋外周に施した止水処置等によりプラントへの影響はない。

いずれの事象においても、津波の影響に包絡される、又は止水対策等により安全機能維持要求を満足している。

【経緯】

- 建屋外で発生を想定する溢水が、溢水防護区画に流入するおそれがある場合には、壁、扉、堰等により溢水防護区画を内包する建屋内への流入を防止する設計方針として、地下水位の上昇に対して想定される溢水経路である貫通部等の止水措置を行い、また建屋間接合部には止水板を設置しており、溢水防護対象設備には影響しないと評価。
- また、建屋地下部外壁には水密性に影響のあるひび割れは生じず、有意な浸水は発生しないことから、浸水防護重点化範囲に影響はないとする評価。
- 今回、地震により生じる地下部外壁のひび割れからの浸水の可能性を安全側に考慮し、排水設備を耐震強化することで地下溢水源を排除することとした。なお、地震時以外においては、前述の通り、建屋外周部における貫通部止水措置等により建屋内への流入を防止する設計とする。

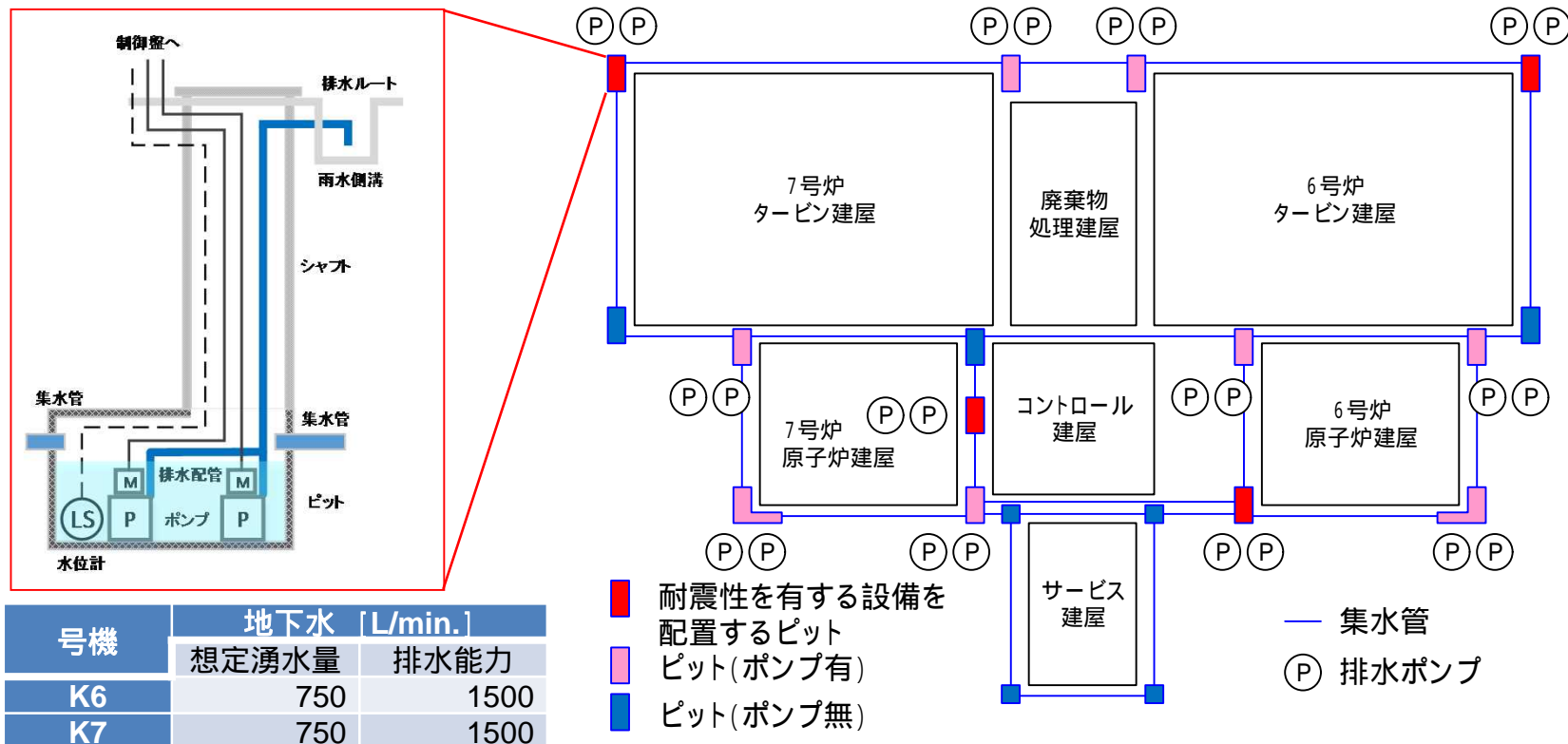


【本変更申請での位置づけ】

- 溢水評価における地下水の考慮については、設置許可申請書添付書類八に記載されていることから、上記のサブドレン設備による地下水位の抑制について、9条の規則改正に伴う本変更申請において添付書類八に反映している。
- なお、耐震設計の方針については既許可から設計方針を変更するものではなく、耐震設計におけるサブドレン設備の位置づけについては、平成30年12月13日に補正した工事計画認可申請書にて記載しており、工事計画認可において審査いただくことになると考えている。

参考3.2 「その他」の事象のうち、“降水、地下水等” (安全機能維持要求)

- 柏崎刈羽6, 7号炉における溢水源を整理した表のうち、溢水評価に影響を及ぼす可能性のある地震以外の自然現象としての“降水、地下水等”について、具体的な一例として地下水に対する設計方針を以下に示す。
- 地下水対策は、サブドレン設備の耐震性を確保し、地震後も地下水位を抑制することにより、防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。



サブドレンポンプ及び排水配管等は、基準地震動Ssによる地震力に対してその機能を損なわない設計とし、また想定される地下水量に対して十分な排水能力を有する設計とすることから、安全機能に影響を及ぼすことなく、安全機能維持要求を満足している。

参考4. 「その他」の設備のうち、“使用済燃料プール、原子炉ウェル、機器貯蔵ピット” (安全機能維持要求)

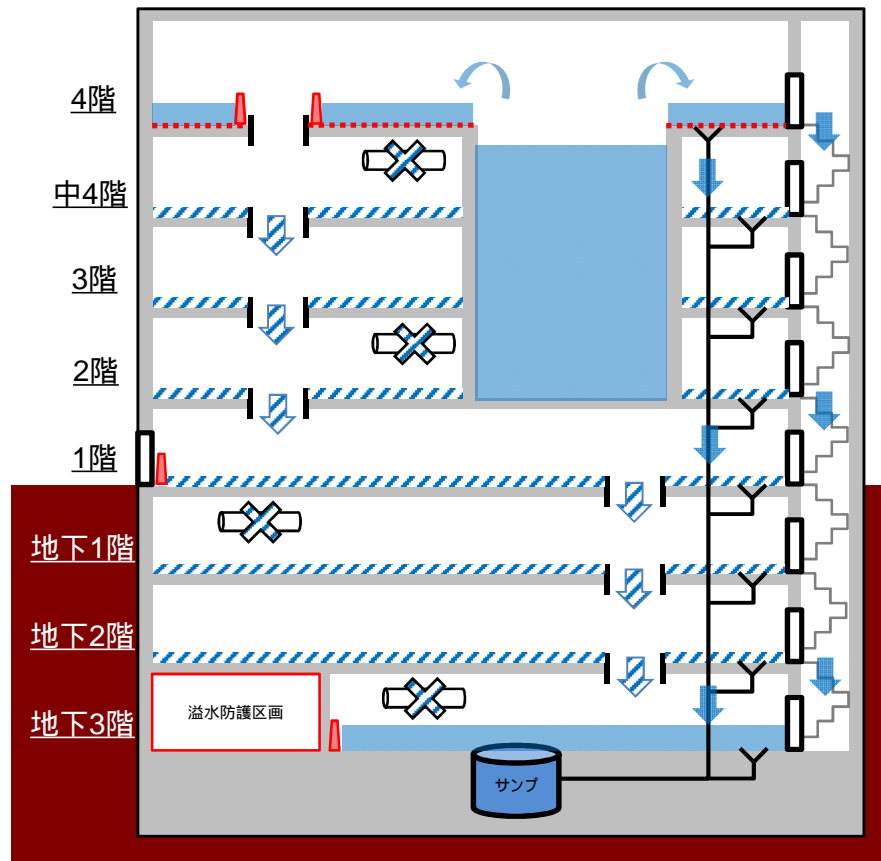


図 地震起因による溢水概念図

- 原子炉ウェル・機器貯蔵ピット水張り時のスロッシングによる4Fの溢水水位: **1.0m**程度(過去の解析結果より推定)(戻り無し)
- これに対し、4Fの止水高さは**1.5m**まで実施
- 下階への伝播は、階段室/エレベータ室、及び床トレンを介して直接B3Fまで伝播
→スロッシング水の間階への影響は無い
- 使用済燃料プールや原子炉ウェル・機器貯蔵ピットへの戻りを考慮すると、溢水水位や下階への伝播量は大きく低下
→溢水水位に対する止水高さの裕度は更に向上
- 更に、定検時の作業により影響評価上設定したプラント状態と一時的に異なる状態となっている場合においても、重大事故等対処施設の利用も含めた現実的な対応も考慮し、その状態を踏まえた必要な安全機能が損なわれない運用としている

以上より、必要な安全機能に影響を及ぼすことはなく、安全機能維持要求を満足している。