

資料 3 - 1

泊発電所 3号炉審査資料	
資料番号	SAE732 r.6.0
提出年月日	令和5年1月31日

泊発電所 3号炉

重大事故等対策の有効性評価

7.3.2 想定事故 2

令和 5年 1月  
北海道電力株式会社

設置変更許可申請書の補正を予定しており、補正書の添付書類十 SA 有効性評価の章番号に合わせています。

## 目次

- 7. 重大事故に至るおそれがある事故及び重大事故に対する対策の有効性評価
  - 7.3. 使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故
    - 7.3.2. 想定事故2

## 添付資料 目次

- 添付資料7.3.2.1 想定事故2において想定したサイフォン現象等について
- 添付資料7.3.2.2 重要事故シーケンスでの重大事故等対策の概略系統図について
- 添付資料7.3.2.3 安定状態について
- 添付資料7.3.2.4 評価条件の不確かさの影響評価について（想定事故2）
- 添付資料7.3.2.5 想定事故2において使用済燃料ピット冷却系配管の破断を想定している理由について

## 7.3.2 想定事故 2

### 7.3.2.1 想定事故 2 の特徴，燃料損傷防止対策

#### (1) 想定する事故

「使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故」において，使用済燃料ピットにおける燃料損傷防止対策の有効性を確認するために想定する事故の一つには，「6.2 評価対象の整理及び評価項目の設定」に示すとおり，想定事故 2 として「サイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し，使用済燃料ピットの水位が低下する事故」がある。

#### (2) 想定事故 2 の特徴及び燃料損傷防止対策の基本的考え方

想定事故 2 では，使用済燃料ピットの冷却系の配管破断によるサイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な漏えいが発生するとともに，使用済燃料ピット注水機能が喪失することを想定する。このため，使用済燃料ピット水位が低下することから，緩和措置がとられない場合には，燃料は露出し，燃料損傷に至る。

本想定事故は，使用済燃料ピット水の漏えいによって燃料損傷に至る事故を想定するものである。このため，重大事故等対策の有効性評価には使用済燃料ピットの注水機能に対する重大事故等対処設備に期待することが考えられる。したがって，想定事故 2 では，可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水によって，燃料損傷の防止を図る。また，可搬型大型送水ポンプ車により使用済燃料ピット水位を維持する。

#### (3) 燃料損傷防止対策

想定事故 2 における機能喪失に対して，使用済燃料ピット内の

燃料が著しい損傷に至ることなく、かつ、十分な冷却を可能とするため、可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水手段を整備する。

これらの対策の概略系統図を第7.3.2.1図に、対応手順の概要を第7.3.2.2図に示すとともに重大事故等対策の概要を以下に示す。また、重大事故等対策における設備と操作手順の関係を第7.3.2.1表に示す。

想定事故2において、事象発生3時間までの重大事故等対策に必要な要員は、中央制御室の運転員、災害対策要員及び災害対策本部要員で構成され、合計15名である。その内訳は次のとおりである。中央制御室の運転員は、中央監視及び指示を行う発電課長（当直）及び副長の2名、運転操作対応を行う運転員3名である。発電所構内に常駐している要員のうち、災害対策要員が7名、関係各所に通報連絡等を行う災害対策本部要員は3名である。また、事象発生3時間以降に追加で必要な要員は、可搬型タンクローリーによる燃料補給を行うための参集要員2名である。必要な要員と作業項目について第7.3.2.3図に示す。

#### a. 使用済燃料ピット冷却機能喪失の判断及び対応

使用済燃料ピット水位低警報の発信で、使用済燃料ピット水位等のパラメータにより使用済燃料ピット水位低下を確認した場合、使用済燃料ピットへの注水操作を開始する。

使用済燃料ピット水位低下原因調査により、使用済燃料ピット冷却配管の破断を判断した場合、使用済燃料ピット冷却システムの隔離操作を開始し、使用済燃料ピット可搬型エリアモニタ、使用済燃料ピット水位（可搬型）及び使用済燃料ピット監視カ

メラ空冷装置の設置を行う。

使用済燃料ピット冷却機能喪失の判断及び対応に必要な計装設備は、使用済燃料ピット水位（AM用）等である。

（添付資料7.3.1.6）

b. 使用済燃料ピット補給水系の故障の判断

2次系純水系統及び燃料取替用水ピットからの注水操作を行い、使用済燃料ピット水位の上昇が確認できなければ、使用済燃料ピット補給水系の故障と判断し、使用済燃料ピット補給水系の回復操作を行う。

使用済燃料ピット補給水系の故障の判断に必要な計装設備は、使用済燃料ピット水位（AM用）等である。

c. 使用済燃料ピット水温上昇の確認

使用済燃料ピット冷却機能喪失により、水温が上昇していることを確認する。

使用済燃料ピット水温上昇を確認するために必要な計装設備は、使用済燃料ピット温度（AM用）等である。

d. 使用済燃料ピット注水操作

1次系純水タンクが使用可能であれば、1次系純水タンクからの注水操作を行う。

1次系純水タンクが使用不能と判断した場合は、消火設備が使用可能であれば、消火設備による注水操作を行う。

1次系純水タンク及び消火設備が使用不能と判断した場合には、可搬型大型送水ポンプ車を用いた注水を行う。使用可能な淡水源（代替給水ピット又は原水槽）がある場合は、可搬型大型送水ポンプ車を用いて淡水を注水する。淡水源が使用不能と

判断した場合は、可搬型大型送水ポンプ車を用いて海水を注水する。使用済燃料ピット水位は、冷却水系配管の隔離が実施できない場合は使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管高さに水位を維持する。

その後は、使用済燃料ピットの冷却機能を復旧するとともに、可搬型大型送水ポンプ車の間欠運転により蒸発量に応じた注水を行うことで、必要な遮蔽を確保できる使用済燃料ピット水位より高く維持する。

使用済燃料ピット注水操作に必要な計装設備は、使用済燃料ピット水位（AM用）等である。

#### 7.3.2.2 燃料損傷防止対策の有効性評価

##### (1) 有効性評価の方法

想定事故2で想定する事故は、「6.2 評価対象の整理及び評価項目の設定」に示すとおり、「サイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料ピットの水位が低下する事故」である。

なお、使用済燃料ピットの保有水の漏えいを防止するため、使用済燃料ピットには排水口を設けない設計としており、使用済燃料ピットに入る配管にはサイフォンブレーカを設け、配管からの漏えいがあってもサイフォン現象による使用済燃料ピット水の流出を防止する設計としている。

想定事故2では、使用済燃料ピット冷却系の配管破断により使用済燃料ピット水位が、使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管下端まで低下した後の使用済燃料ピット水温の上昇、沸騰及び蒸発によって使用済燃料ピット水位は低下するが、使用済燃料ピ

ットへの注水により，使用済燃料ピット水位が放射線の遮蔽が維持される水位を確保できることを評価する。

なお，使用済燃料ピット水位が放射線の遮蔽が維持される水位を確保できることで，燃料有効長頂部は冠水が維持される。未臨界については，燃料がボロン添加ステンレス鋼製ラックに貯蔵されており，必要な燃料間距離をとる等の設計により水密度の状態によらず臨界未満となるため，維持される。

また，評価条件の不確かさの影響評価の範囲として，想定事故 2 における運転員等操作時間に与える影響，評価項目となるパラメータに与える影響及び操作時間余裕を評価する。

(添付資料 7.3.2.5)

## (2) 有効性評価の条件

想定事故 2 に対する初期条件も含めた主要な評価条件を第 7.3.2.2 表に示す。また，主要な評価条件について，想定事故 2 特有の評価条件を以下に示す。

なお，本評価では崩壊熱及び運転員の人数の観点から厳しい条件である原子炉運転停止中の使用済燃料ピットを前提とする。原子炉運転中の使用済燃料ピットは，崩壊熱が原子炉運転停止中の使用済燃料ピットに比べて小さく事象進展が緩やかになること，また，より多くの運転員による対応が可能であることから本評価に包絡される。

(添付資料 6.5.7)

### a. 初期条件

#### (a) 事象発生前使用済燃料ピット水温

使用済燃料ピット水温の実測値に基づき，標準的な温度とし

て40℃とする。

(b) 使用済燃料ピット崩壊熱

原子炉停止後に最短時間（原子炉停止後7.5日）で取り出された全炉心分の燃料及び以前から貯蔵されている使用済燃料が、使用済燃料ピットの熱負荷が最大となるような組合せで貯蔵される場合を想定して、使用済燃料ピットの熱負荷は11.508MWを用いるものとする。

なお、崩壊熱に相当する保有水の蒸発量は約19.16m<sup>3</sup>/hである。

b. 事故条件

(a) 冷却系配管の破断によって想定される初期水位

使用済燃料ピット冷却系配管の破断により使用済燃料ピット水位が使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管下端まで低下すると想定し、この時の使用済燃料ピット水位は、NWL-1.35m（燃料頂部より約6.27m）とする。

評価においては、使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管に設置されているサイフォンブレーカの効果を考慮している。

（添付資料7.3.2.1）

(b) 安全機能の喪失に対する仮定

使用済燃料ピットの冷却機能及び注水機能として使用済燃料ピット冷却系及び使用済燃料ピット補給水系の機能を喪失するものとする。

(c) 外部電源

外部電源は使用できないものと仮定する。

外部電源が使用できない場合においても、可搬型大型送水ボ



ンプ車による使用済燃料ピットへの注水は可能であり、外部電源がある場合と事象進展は同等となるが、資源の評価の観点から厳しい評価条件となる外部電源が使用できない場合を想定する。

c. 重大事故等対策に関連する機器条件

(a) 可搬型大型送水ポンプ車

使用済燃料ピットへの注水は、可搬型大型送水ポンプ車1台を使用するものとし、使用済燃料ピット崩壊熱による使用済燃料ピット水の蒸発量を上回る47m<sup>3</sup>/hの流量で注水する。

d. 重大事故等対策に関連する操作条件

運転員等操作に関する条件として、「6.3.5 運転員等の操作時間に対する仮定」に示す分類に従って以下のとおり設定する。

(a) 可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水準備操作は、災害対策要員の移動、注水準備に必要な時間等を考慮して、事象発生5.7時間までに完了するが、使用済燃料ピットへの注水操作は使用済燃料ピットの水温が100℃に到達することにより使用済燃料ピット水位が低下し始める事象発生約5.8時間後から開始する。

(3) 有効性評価の結果

想定事故2の事象進展を第7.3.2.2図に示す。

a. 事象進展

事象発生後、使用済燃料ピット冷却系の配管破断により使用済燃料ピット水位が使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管下端まで低下した後、使用済燃料ピット水温が徐々に上昇し、約5.8時間で100℃に到達し、使用済燃料ピット水位は緩慢に低

下する。その後、使用済燃料ピット水位が放射線の遮蔽が維持される最低水位まで低下するのは、第7.3.2.2図に示すとおり事象発生約1.0日後である。

事故を検知し、可搬型大型送水ポンプ車による注水を開始できる時間は、事象発生約5.7時間後であることから、使用済燃料ピット水位が放射線の遮蔽が維持される最低水位まで低下するのに要する時間である事象発生約1.0日後に対して十分な時間余裕がある。

使用済燃料ピット崩壊熱による蒸発水量を上回る容量の可搬型大型送水ポンプ車を整備していることから、使用済燃料ピット水位を回復させ維持することができる。

その後は、使用済燃料ピットの冷却機能を復旧するとともに、可搬型大型送水ポンプ車により、蒸発量に応じた量を使用済燃料ピットに注水することで、使用済燃料ピット水位を維持する。

(添付資料 7.3.2.2)

#### b. 評価項目等

使用済燃料ピット崩壊熱による蒸発水量を上回る容量の可搬型大型送水ポンプ車を整備しており、使用済燃料ピット水位が放射線の遮蔽が維持される最低水位に到達するまでに注水を開始できることから、燃料有効長頂部は冠水している。また、放射線の遮蔽が維持される水位を確保できる。

使用済燃料ピットは、通常ほう酸水で満たされているが、純水で満たされた状態で、最も反応度の高い新燃料を設備容量分収容した場合を想定しても実効増倍率は約0.970であり、未臨界性を確保できる設計としている。純水で満たされた状態で使用

済燃料ピット内の水温が上昇し沸騰状態となり、水密度が低下する場合でも、使用済燃料ピット水位が維持されている状態では中性子は減速不足状態であるため、実効増倍率は低下し、使用済燃料ピットの未臨界は維持される。

事象発生5.7時間後までに可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水準備が完了するため、使用済燃料ピットの水位が低下し始める事象発生約5.8時間後から蒸発量に応じた使用済燃料ピットへの注水を継続することで、使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管下端で水位を維持できることから、安定状態を維持できる。

本評価では、「6.2.3.2 有効性を確認するための評価項目の設定」に示す(1)から(3)の評価項目について、対策の有効性を確認した。

(添付資料 7.3.1.2、7.3.2.3)

#### 7.3.2.3 評価条件の不確かさの影響評価

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として、運転員等操作時間に与える影響、評価項目となるパラメータに与える影響及び操作時間余裕を評価するものとする。

想定事故2は、サイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料ピットの水位が低下することが特徴である。また、不確かさの影響を確認する運転員等操作は、可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作とする。

##### (1) 評価条件の不確かさの影響評価

###### a. 初期条件、事故条件及び重大事故等対策に関連する機器条件

初期条件、事故条件及び重大事故等対策に関連する機器条件

は、第7.3.2.2表に示すとおりであり、それらの条件設定を設計値等、最確条件とした場合の影響を評価する。また、評価条件の設定に当たっては、評価項目となるパラメータに対する余裕が小さくなるような設定があることから、その中で事象進展に有意な影響を与えると考えられる使用済燃料ピット崩壊熱及び初期水温並びに使用済燃料ピットに隣接するピットの状態に関する影響評価の結果を以下に示す。

(a) 運転員等操作時間に与える影響

初期条件の使用済燃料ピット崩壊熱を最確条件とした場合、評価条件で設定している使用済燃料ピット崩壊熱より小さくなるため使用済燃料ピット水温の上昇が緩やかになり、水位低下が遅くなるが、使用済燃料ピット水温及び水位を起点とする運転員等操作はないことから、運転員等操作時間に与える影響はない。

初期条件の初期水温は、評価条件の40℃に対して最確条件は装荷炉心毎に異なり、評価条件の不確かさとして、最確条件とした場合は、使用済燃料ピット水温が変動するが、使用済燃料ピット水温を起点とする運転員等操作はないことから、運転員等操作時間に与える影響はない。

初期条件の使用済燃料ピットに隣接するピットの状態の変動を考慮した場合、評価条件として設定しているピットの状態より水量が少なくなるため使用済燃料ピット水位の低下は早くなるが、使用済燃料ピット水位を起点とする操作はないことから、運転員等操作時間に与える影響はない。

(b) 評価項目となるパラメータに与える影響

初期条件の使用済燃料ピット崩壊熱を最確条件とした場合、評価条件で設定している使用済燃料ピット崩壊熱より小さくなるため、使用済燃料ピット水温の上昇が緩やかになる。したがって、使用済燃料ピット水位の低下が遅くなり、放射線の遮蔽が維持される最低水位に到達するまでの時間に対する余裕が大きくなり、評価項目となるパラメータに対する余裕は大きくなる。

初期条件の初期水温は、評価条件の40℃に対して最確条件は装荷炉心毎に異なり、評価条件の不確かさとして、初期水温の変動を考慮し、評価条件で設定している初期水温より高い場合、使用済燃料ピット水温の上昇は早くなるが、放射線の遮蔽が維持される最低水位に到達するまでの時間は事象発生約1.0日後と長時間を要することから、初期水温の変動が評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。

また、使用済燃料ピットの初期水温を使用済燃料ピットポンプ1台故障時の使用済燃料ピット水平均温度の上限である65℃として評価した結果、事象発生から使用済燃料ピット水位が放射線の遮蔽が維持される最低水位まで低下するのに要する時間は、初期水温40℃の場合と比較して約0.1日短い約0.9日となるが、可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水は、事象発生約5.7時間後から可能となることから、十分な操作時間余裕があり、評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。

初期条件の使用済燃料ピットに隣接するピットの状態の変動を考慮し、使用済燃料ピットと燃料取替チャンネル及び燃料検

査ピットを切り離した状態として評価した結果、事象発生から使用済燃料ピット水位が放射線の遮蔽が維持される最低水位まで低下する時間は、使用済燃料ピットと燃料取替用チャンネル及び燃料検査ピットを接続した状態とした場合と比較して約0.1日短い約0.9日となるが、可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水は、事象発生の5.7時間後から可能となることから、十分な操作時間余裕があり、評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。

なお、自然蒸発、使用済燃料ピット水温及び温度の上昇の非一様性により、評価で想定している沸騰による使用済燃料ピット水位低下開始時間より早く使用済燃料ピット水位の低下が始まることも考えられる。しかし、自然蒸発による影響は沸騰による水位の低下と比べて僅かであり、気化熱により使用済燃料ピット水は冷却される。さらに、使用済燃料ピット水温の非一様性も沸騰開始後の気泡上昇を駆動力とした対流により影響が小さくなることが考えられる。

仮に事象発生直後から沸騰による使用済燃料ピット水位の低下が開始すると想定し、100℃の水が沸騰により蒸発する時間のみで評価した場合、事象発生から使用済燃料ピット水位が放射線の遮蔽が維持される最低水位まで低下するのに要する時間は、初期水温40℃の場合と比較して約0.3日短い約0.7日となるが、可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水は、事象発生の5.7時間後から可能となることから、十分な操作時間余裕があり、評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。

## b. 操作条件

操作条件の不確かさとして、操作の不確かさを「認知」、「要員配置」、「移動」、「操作所要時間」、「他の並列操作有無」及び「操作の確実さ」の6要因に分類し、これらの要因が運転員等操作時間に与える影響を評価する。また、運転員等操作時間に与える影響が評価項目となるパラメータに与える影響を評価し、評価結果を以下に示す。

### (a) 運転員等操作時間に与える影響

操作条件の可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作は、評価上の操作開始時間として事象発生から約5.8時間後を設定している。運転員等操作時間に与える影響として、アクセスルート復旧作業及び注水準備操作が想定より短い時間で完了することで操作開始時間が早まる可能性があることから、運転員等操作時間に対する余裕は大きくなる。

### (b) 評価項目となるパラメータに与える影響

操作条件の可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作は、運転員等操作時間に与える影響として、評価上の操作完了時間に対して、実際に見込まれる操作完了時間が早くなる可能性がある。この場合、放射線の遮蔽が維持される最低水位に到達するまでの時間余裕は、注水操作に対して約1.0日と操作に対して十分な時間余裕があることから、評価項目となるパラメータに対する余裕は大きくなる。

## (2) 操作時間余裕の把握

操作開始時間の遅れによる影響度合いを把握する観点から、評価項目となるパラメータに対して、対策の有効性が確認できる範

囲内での操作時間余裕を確認し、その結果を以下に示す。

操作条件の可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作の操作時間余裕は、「7.3.2.2(3) 有効性評価の結果」に示すとおり、放射線の遮蔽が維持される最低水位に到達するまでの時間が事象発生の約1.0日後であり、可搬型大型送水ポンプ車による注水準備操作は事象発生の5.7時間後に完了することから、時間余裕がある。

### (3) まとめ

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として、運転員等操作時間に与える影響、評価項目となるパラメータに与える影響及び操作時間余裕を確認した。その結果、評価条件の不確かさが運転員等操作時間に与える影響等を考慮した場合においても、評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。

この他、評価項目となるパラメータに対して、対策の有効性が確認できる範囲内において、操作時間には時間余裕がある。

(添付資料7.3.2.4)

## 7.3.2.4 必要な要員及び資源の評価

### (1) 必要な要員の評価

想定事故2において、重大事故等対策時における事象発生3時間までに必要な要員は、「7.3.2.1(3) 燃料損傷防止対策」に示すとおり15名である。「7.5.2 重大事故等対策時に必要な要員の評価結果」で説明している中央制御室の運転員、災害対策本部要員、災害対策要員及び災害対策要員（支援）の31名で対処可能である。また、事象発生3時間以降に必要な参集要員は2名であり、発電所構外から3時間以内に参集可能な要員の2名で確保可能である。



なお、今回評価した原子炉の運転停止中ではなく、原子炉運転中を想定した場合、事象によっては、原子炉における重大事故又は重大事故に至るおそれのある事故の対応と、想定事故2の対応が重畳することも考えられる。しかし、原子炉運転中を想定した場合、使用済燃料ピットに貯蔵されている燃料の崩壊熱が低いいため、操作時間余裕が十分長くあり（原子炉運転開始直後を考慮しても使用済燃料ピット水が100℃に到達するまで最低でも半日以上）、原子炉における重大事故又は重大事故に至るおそれのある事故の対応が収束に向かっている状態での対応となるため、中央制御室の運転員、発電所災害対策要員及び参集要員により対処可能である。

## (2) 必要な資源の評価

想定事故2において、必要な水源、燃料及び電源は、「7.3.1 想定事故1」と同様である。

### 7.3.2.5 結論

想定事故2では、使用済燃料ピットに入る配管からの漏えいが発生した際に、サイフォン現象等による使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、かつ、使用済燃料ピットへの水の注水にも失敗して使用済燃料ピット水位が低下することで、やがて燃料は露出し燃料損傷に至ることが特徴である。

想定事故2に対する燃料損傷防止対策としては、可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水手段を整備している。

想定事故2について有効性評価を実施した。上記の場合においても、可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水により、使用済燃料ピット水位を回復し維持することができることから、放射線

の遮蔽が維持され、かつ、燃料損傷することはない。

また、使用済燃料ピットでは燃料がボロン添加ステンレス鋼製ラックに貯蔵されており、必要な燃料間距離をとる等の設計により水密度の状態によらず臨界未満となるため、未臨界は維持される。

その結果、燃料有効長頂部が冠水、放射線の遮蔽が維持される水位の確保及び未臨界を維持できることから、評価項目を満足している。また、安定状態を維持できる。

評価条件の不確かさについて確認した結果、運転員等操作時間に与える影響及び評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。また、対策の有効性が確認できる範囲内において、操作時間余裕について確認した結果、操作が遅れた場合でも一定の余裕がある。

重大事故等対策時に必要な要員は、運転員、災害対策本部要員、災害対策要員及び災害対策要員（支援）にて確保可能である。また、必要な水源、燃料及び電源を供給可能である。

以上のことから、可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水の燃料損傷防止対策は想定事故2に対して有効である。

第 7.3.2.1 表 「想定事故 2」の重大事故等対策について

判断及び操作	手順			重大事故等対処設備	
	常設設備	可搬型設備	計装設備	常設設備	可搬型設備
a. 使用済燃料ピット冷却機能喪失の判断及び対応	—	—	使用済燃料ピット水位低警報の発信で、使用済燃料ピット水位等のパラメータにより使用済燃料ピット水位低下を確認した場合、使用済燃料ピットへの注水操作を開始する。 使用済燃料ピット水位低下原因調査により、使用済燃料ピット冷却配管の破断を判断した場合、使用済燃料ピット可搬型エリアモニター、使用済燃料ピット水位（可搬型）及び使用済燃料ピット監視カメラ空冷装置の設置を行う。 使用済燃料ピット冷却系統の隔離操作を開始する。	使用済燃料ピット温度 (AM用) 使用済燃料ピット水位 (AM用) 使用済燃料ピット監視カメラ	—
b. 使用済燃料ピット補給水系の故障の判断	—	—	2次系純水系及び燃料取替用水ピットからの注水操作を行い、使用済燃料ピット水位の上昇が確認できなければ、使用済燃料ピット補給水系の故障と判断する。 使用済燃料ピット補給水系の回復操作を行う。	使用済燃料ピット温度 (AM用) 使用済燃料ピット水位 (AM用) 燃料取替用水ピット水位*	—
c. 使用済燃料ピット水温上昇の確認	—	—	使用済燃料ピット冷却機能喪失により、水温が上昇していることを確認する。	使用済燃料ピット温度 (AM用) 使用済燃料ピット監視カメラ	—
d. 使用済燃料ピット注水操作	—	—	1次系純水タンクが使用可能であれば、1次系純水タンクからの注水操作を行う。 1次系純水タンクが使用不能と判断した場合は、消火設備が使用可能であれば、消火設備による注水操作を行う。 1次系純水タンク及び消火設備が使用不能と判断した場合には、可搬型大型送水ポンプ車を用いた注水を行う。使用可能な淡水源（代替給水ピット又は原水槽）がある場合は、可搬型大型送水ポンプ車を用いて淡水を注水する。淡水源が使用不能と判断した場合は、可搬型大型送水ポンプ車を用いて海水を注水する。使用済燃料ピット水位は、冷却水系配管の隔離が実施できない場合は使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管高さに水位を維持する。 以降、使用済燃料ピットへの注水により使用済燃料ピット水位が維持され、温度が安定していることを確認する。	使用済燃料ピット温度 (AM用) 使用済燃料ピット水位 (AM用) 使用済燃料ピット監視カメラ （使用済燃料ピット監視カメラ空冷装置を含む） 使用済燃料ピット可搬型エリアモニター 使用済燃料ピット水位 (可搬型) 使用済燃料ピット温度 (AM用) 使用済燃料ピット水位 (AM用) 使用済燃料ピット監視カメラ （使用済燃料ピット監視カメラ空冷装置を含む） 使用済燃料ピット可搬型エリアモニター	可搬型大型送水ポンプ車 可搬型タンクローリー

\*：既許可の対象となっている設備を重大事故等対処設備に位置付けるもの

【 】：重大事故等対処設備（設計基準拡張）

□：有効性評価上考慮しない操作

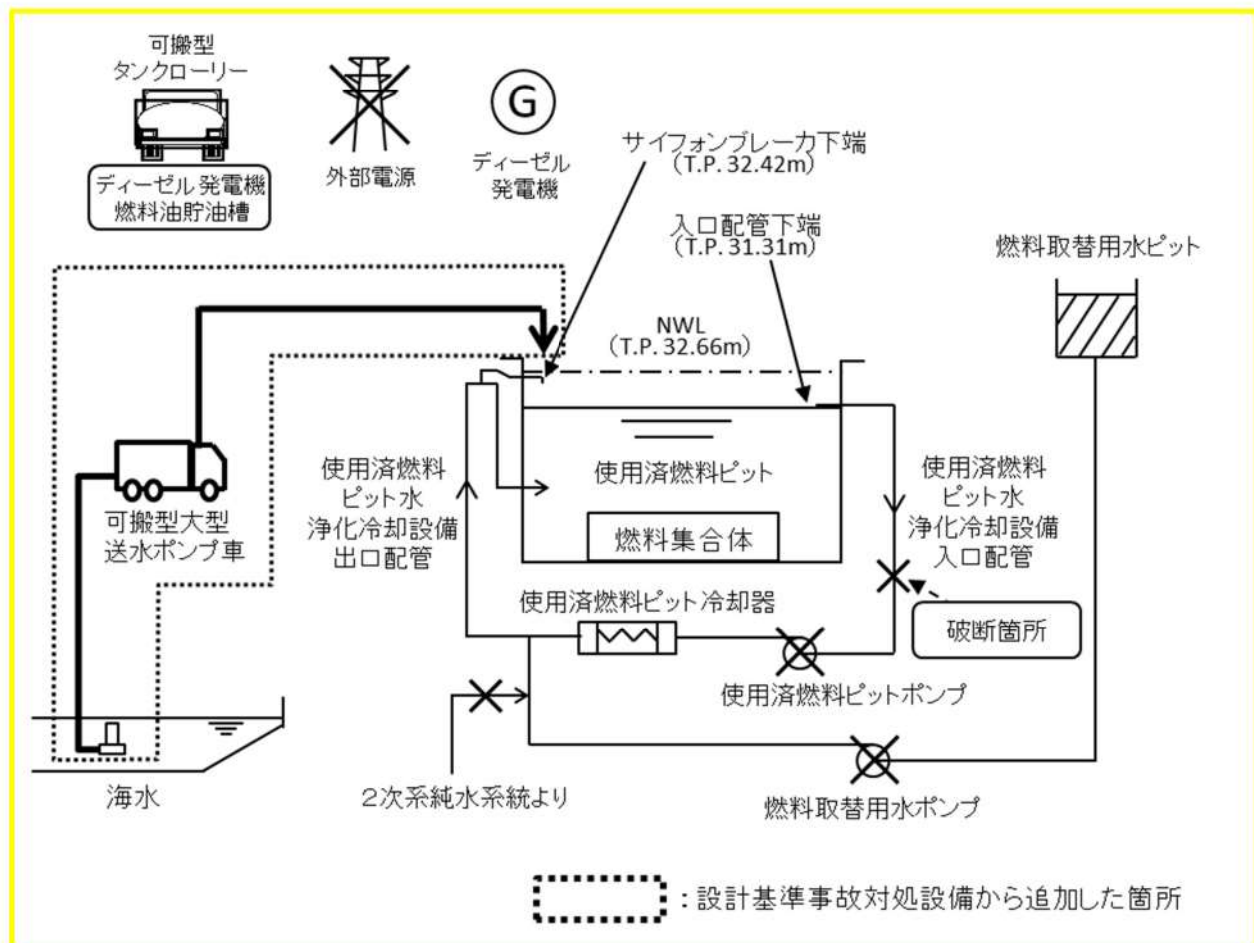
第7.3.2.2表 「想定事故2」の主要評価条件（1/2）

主要評価条件		条件設定の考え方
項目	11. 508MW	核分裂生成物が多く使用済燃料ピット崩壊熱が高めとなるように、原子炉の運転停止後（原子炉停止後 7.5 日 <sup>*</sup> ）に取り出された全炉心分の燃料と過去に取り出された燃料（1, 2号炉分含む。）を合わせて、使用済燃料ピット貯蔵容量満杯に保管した状態を設定。なお、ウラン・プルトニウム混合酸化燃料の使用も考慮したものとしている。使用済燃料ピット崩壊熱の計算に当たっては、核分裂生成物については日本原子力学会推奨値、アクチニドについては ORIGEN2 を用いて算出。
初期条件	使用済燃料ピット崩壊熱	
	事象発生前使用済燃料ピット水温（初期水温）	使用済燃料ピット水温の実測値に基づき、標準的な温度として設定。
	使用済燃料ピットに隣接するピットの状態	燃料取出直後の状態に基づき設定するが、水温が100℃まで上昇する時間の評価は、B—使用済燃料ピットのみを考慮し設定。また、水量は使用済燃料、ラック等の体積を除いて算出。
	冷却系配管の破断によって想定される初期水位	冷却系配管破断時に使用済燃料ピットの水位が最も低くなる可能性のある使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管の破断による流出を想定。評価においては、使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管に設置されているサイフポンプレーカの効果を考慮。
事故条件	安全機能の喪失に対する仮定	使用済燃料ピット冷却機能及び注水機能として使用済燃料ピット冷却系及び使用済燃料ピット補給水系の機能を喪失するものとして設定。
	外部電源	外部電源の有無は事象進展に影響しないことから、資源の観点で厳しい外部電源なしを設定。

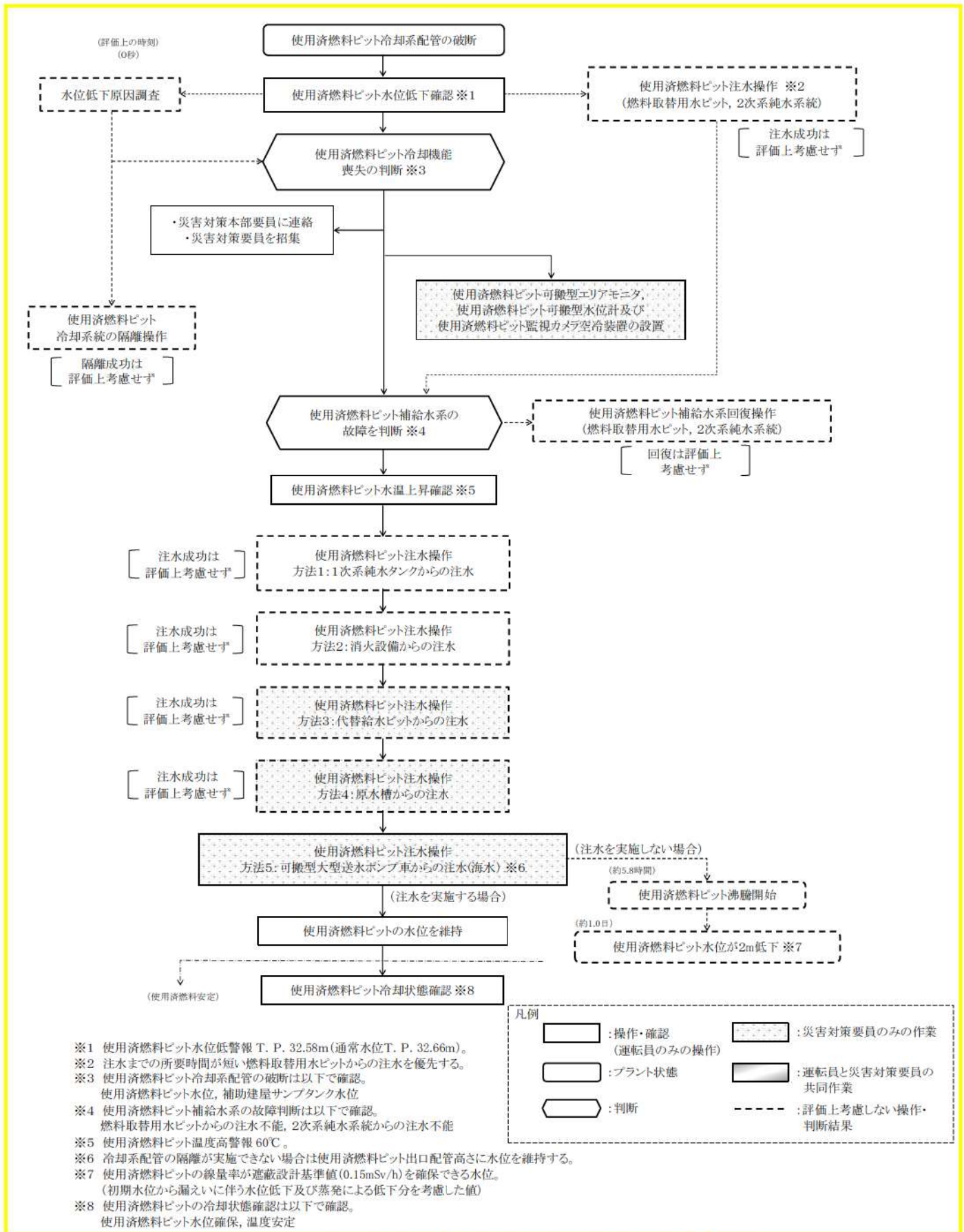
※ 泊3号炉の至近の定期検査における実績（約9日）を踏まえ、原子炉停止後7.5日を設定。原子炉停止後7.5日とは全制御棒全挿入からの時間を示している。通常停止操作において原子炉の出力は発電機解列以前から徐々に低下させるが、崩壊熱評価はトリップのような瞬時に出力を低下させる保守的な計算条件となっている。

第7.3.2.2表 「想定事故2」の主要評価条件（2/2）

項目		主要評価条件	条件設定の考え方
重大事故等対策に関連する機器条件	放射線の遮蔽が維持される最低水位	冷却系配管の破断によって想定される初期水位-2.0m	使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の遮蔽設計基準値 (0.15mSv/h) となる水位である燃料頂部から4.25m (NWL-約3.37m) と、冷却系配管の破断によって想定される初期水位である燃料頂部から約6.27m (NWL-1.35m) の差約2.02m より、安全側に設定。
	可搬型大型送水ポンプ車の使用済燃料ピットへの注水流量	47m <sup>3</sup> /h	崩壊熱による蒸発水量に対して燃料損傷防止が可能な流量を上回る注水流量として設定。
重大事故等対策に関連する操作条件	可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作	事象発生の約5.8時間後	可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水準備操作は、災害対策要員の移動、注水準備に必要な時間等を考慮して、事象発生5.7時間までに完了するが、使用済燃料ピットへの注水操作は使用済燃料ピットの水温が100℃に到達することにより使用済燃料ピット水位が低下し始める事象発生約5.8時間後を設定。



第7.3.2.1図 想定事故2の重大事故等対策の概略系統図



第 7.3.2.2 図 「想定事故 2」の対応手順の概要  
 (「サイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料ピットの水位が低下する事故」の事象進展)

作業項目	必要な要員と作業項目					経過時間(分)									備考			
	実施箇所・必要人員数					経過時間(時間)												
	責任者	班長	通称連絡等	運転員(免許)	必要人員	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m		3h	4h	
	主任者 1人	班長 1人	3人	運転員 (免許) 3人	1人	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m		3h	4h	
状況判断	2人 A, B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	通常運転時に使用済燃料ピットへの補給機能として期待している燃料取替用水ピット及び2次系純水系統からの注水機能喪失を確認した場合は補給水系統故障と判断する。	
使用済燃料ピット冷却系設備調操作 (評価上考慮せず)	-	-	-	-	1人 [A]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
使用済燃料ピット注水操作 (評価上考慮せず)	-	-	-	-	-	-	-	-	5分	-	-	-	-	-	-	-		
使用済燃料ピット補給水系調操作 (評価上考慮せず)	-	-	-	-	1人 [A]	-	-	-	5分	-	-	-	-	-	-	-		
使用済燃料ピットの監視	-	-	-	-	4人 A, B, C, D	-	-	-	35分	5分	-	-	-	25分	10分	-	2時間	

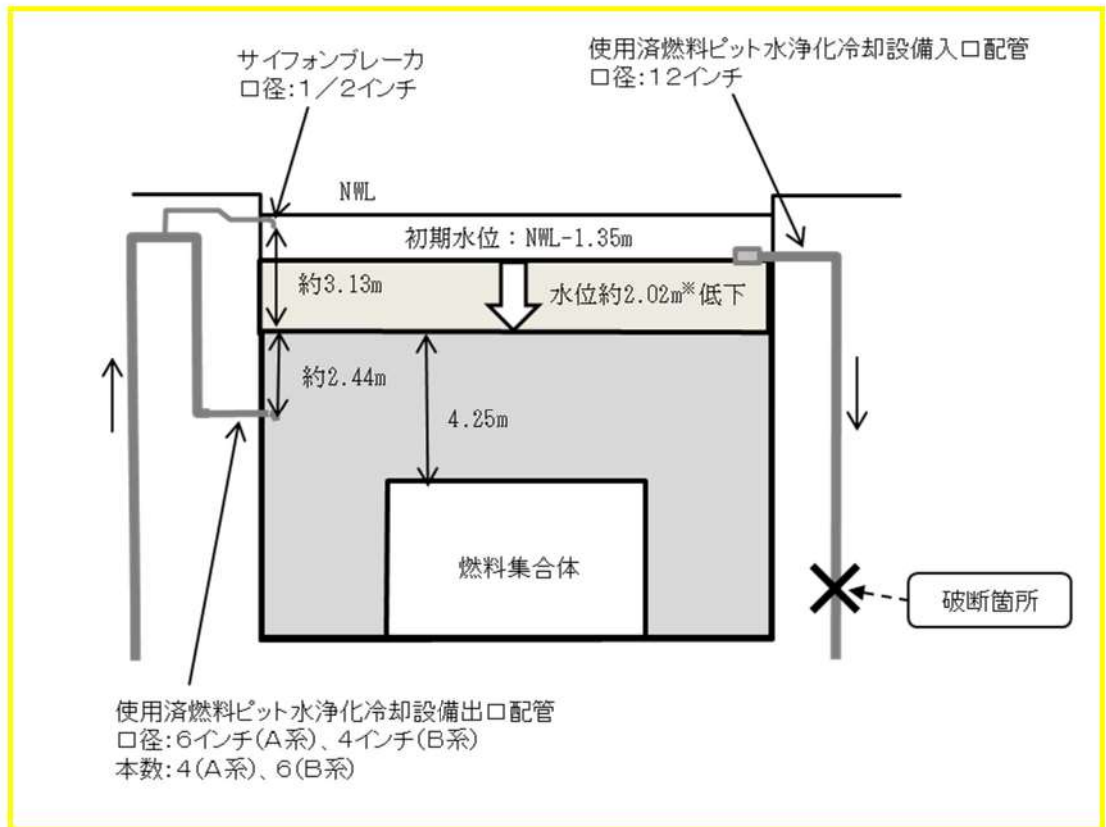
第 7.3.2.3 図 想定事故 2 の作業と所要時間 (サイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料ピットの水位が低下する事故) (1/2)

【1】は即作業後稼働して来た要員  
 ・機内型電話装置による通信連絡手段の確保が必要な場合は、上記要員に加え、上記要員以外の災害対策要員も準備を行う。



作業項目	実施箇所・必要人員数		必要な車員と作業項目		経過時間(時間)												備考												
	責任者	参加者	作業の内容	作業の順序	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h		13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h				
作業の内容	中央監視 運転操作指揮 要員(対本部要員)	1人	作業の内容	中央監視 運転操作指揮 要員(対本部要員)	1人																								
	副長	1人		運転操作指揮	1人																								
	通報連絡等	3人		担当での指揮 中央制御室連絡 要員(対本部要員)	3人																								
	運転員 (中央制御室)	2人		要員(車庫)	2人																								
使用済燃料ピットへの注水作業 (注水・換水)					2人 【A】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・代替給水ピット、取水槽の水位確認(評価上考慮せず)</li> <li>・可搬型ホース敷設(評価上考慮せず)</li> <li>・ホース延長・回収車(送水・回収)による可搬型ホース敷設、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設、代替給水ピットへの吸着剤投入(評価上考慮せず)</li> <li>・可搬型ホース敷設、ホース延長・回収車(送水・回収)による可搬型ホース敷設(評価上考慮せず)</li> <li>・ホース延長・回収車(送水・回収)による可搬型ホース敷設、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設、取水槽の水位確認(評価上考慮せず)</li> <li>・可搬型ホース敷設、ホース延長・回収車(送水・回収)による可搬型ホース敷設</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車の設置、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設、取水槽の水位確認</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水</li> </ul>																							
					7人 【A】 【B】 【C】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型ホース敷設(評価上考慮せず)</li> <li>・ホース延長・回収車(送水・回収)による可搬型ホース敷設、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設、代替給水ピットへの吸着剤投入(評価上考慮せず)</li> <li>・可搬型ホース敷設、ホース延長・回収車(送水・回収)による可搬型ホース敷設(評価上考慮せず)</li> <li>・ホース延長・回収車(送水・回収)による可搬型ホース敷設、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設、取水槽の水位確認(評価上考慮せず)</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車の設置、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設、取水槽の水位確認</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水</li> </ul>																							
					2人 【A】 【B】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型ホース敷設、ホース延長・回収車(送水・回収)による可搬型ホース敷設</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車の設置、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設、取水槽の水位確認</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水</li> </ul>																							
					2人 【A】 【B】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型ホース敷設、ホース延長・回収車(送水・回収)による可搬型ホース敷設</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車の設置、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設、取水槽の水位確認</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水</li> </ul>																							
燃料補給					2人 【A】 【B】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型ホース敷設、ホース延長・回収車(送水・回収)による可搬型ホース敷設</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車の設置、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設、取水槽の水位確認</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水</li> </ul>																							
					2人 【A】 【B】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型ホース敷設、ホース延長・回収車(送水・回収)による可搬型ホース敷設</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車の設置、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設、取水槽の水位確認</li> <li>・可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水</li> </ul>																							
必要人員数 合計					7人 A~G																								
					7人 A~G																								
本重要事故シナリオにおける 重大事故等対策時に必要の要員数 合計	運転員	5																											
	要員(対本部要員)	7																											
	要員(車庫)	3																											
	合計	15																											
初期体制の要員数 (当該事故発生時に行われる要員は各及乎重大事故等対策に係る要員 当該事故発生時に行われる要員は当該11名を要する)		31																											

第7.3.2.3 図 想定事故2の作業と所要時間(サイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料ピットの水位が低下する事故)(2/2)



使用済燃料ピット水位概要図

	評価結果
① 2.0m*分の評価水量 (m <sup>3</sup> )	
A-使用済燃料ピット	約120m <sup>3</sup>
B-使用済燃料ピット	約180m <sup>3</sup>
A, B-使用済燃料ピット間	約3m <sup>3</sup>
燃料取替チャンネル	約23m <sup>3</sup>
燃料検査ピット	約36m <sup>3</sup>
合計	約362m <sup>3</sup>
② 崩壊熱による保有水蒸発水量	約19.16m <sup>3</sup> /h
③ 2.0m水位低下時間 (①/②)	約18.8時間
④ 水温100℃までの時間	約5.8時間
合計 (③+④)	約1.0日 (約24.6時間)

※使用済燃料ピット中央水面の線量率が燃料取替時の遮蔽設計基準値 (0.15mSv/h) 以下となるための許容水位低下量は約2.02mであり、評価に使用する水位低下量を保守的に2.0mとした。

第7.3.2.4図 「想定事故2」の使用済燃料ピット水位低下時間評価結果

## 想定事故2において想定したサイフォン現象等について

「サイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料ピットの水位が低下する事故」（想定事故2）の有効性評価においては、審査ガイドに基づき、使用済燃料ピットの水位が最も低下する可能性のあるサイフォン現象等を想定する必要がある。

泊3号炉使用済燃料ピットには、図1のとおり、以下の2種類の配管が接続されている。

- ① 使用済燃料ピット水浄化冷却設備 使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管  
： A－使用済燃料ピット、B－使用済燃料ピット各1箇所
- ② 使用済燃料ピット水浄化冷却設備 使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管  
： A－使用済燃料ピット、B－使用済燃料ピット各1箇所

① 使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管については、放射線の遮蔽が維持できる水位（使用済燃料ピット中央水面の線量率が0.15mSv/hとなる水位）よりも約2.44m下方に開口しているが、当該配管の最上部にサイフォン現象を解除する効果が期待できる配管（サイフォンブレイカ：NWLより約0.2m下方）がA－使用済燃料ピット及び、B－使用済燃料ピットの使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管に各1本設置されている。従って、使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管の破断等により、当該配管のサイフォン現象による使用済燃料ピット保有水の漏えいが発生した場合においても、使用済燃料ピット水位がサイフォンブレイカ配管高さまで低下すれば、サイフォンブレイカから使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管内に空気が流入することにより使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管に生じるサイフォン現象は解除され、当該配管からの漏えいは停止する。

② 使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管については、①のようなサイフォンブレイカは設置されていないため、使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管の破断により使用済燃料ピット保有水の漏えいが発生した場合は、当該配管と使用済燃料ピットとの接続位置まで使用済燃料ピット水位は低下し、当該配管の下端位置（NWL－1.35m）まで水位が低下すれば、当該配管からの漏えいは停止する。

従って、本評価では、使用済燃料ピットの水位が最も低下する可能性のあるサイフォン現象等として、②使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管の破断等による漏えいを想定している。

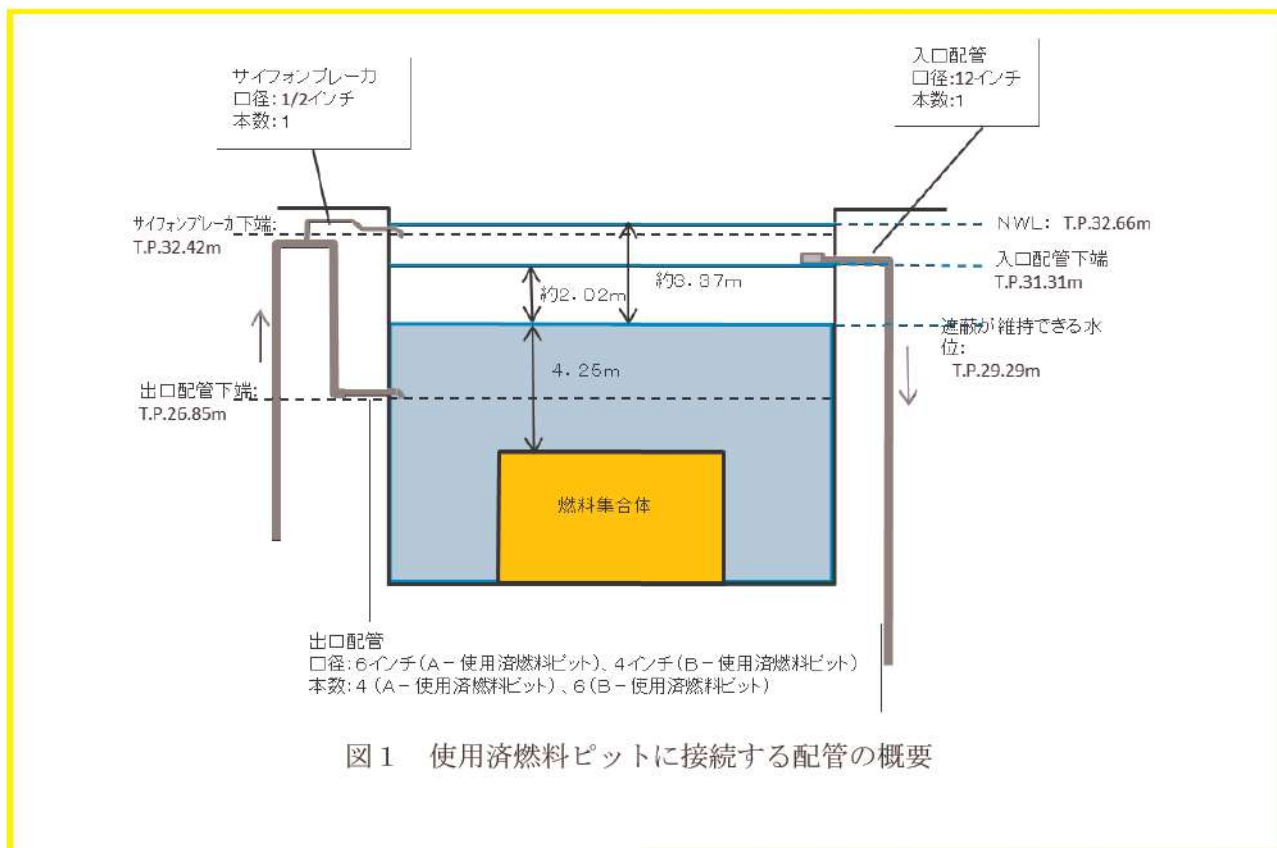


図1 使用済燃料ピットに接続する配管の概要

○使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管のサイフォンブレーカについて

泊3号炉使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管に設置されたサイフォンブレーカの概略図を図2に示す。当該サイフォンブレーカは、使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管（口径6インチ、4インチ）の最上部に設置された口径1/2インチの単管であり、弁等の機器類を必要とせず、人的過誤の余地がない構造であることから、使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管のサイフォン現象による漏えいが発生した場合においても、使用済燃料ピット水位がサイフォンブレーカ配管高さまで低下すれば、その効果を期待できる。なお、当該配管はその大部分が使用済燃料ピット躯体コンクリートに埋設されており、耐震性を有している。

○サイフォンブレーカ機能喪失の可能性について

- ・デブリ等による閉塞の可能性について

サイフォンブレーカは使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管の最上部に設置されており、通常時は母管側から使用済燃料ピット側に向けて冷却材が流れていることから、デブリ等の付着により使用済燃料ピット側から閉塞することはない。また、母管側からの閉塞については、使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管部にストレーナ（メッシュ間隔 約 4.7mm）が設置されており、これより大きなデブリは使用済燃料ピット冷却系配管に混入しないことから、サイフォンブレーカ（配管内径 16.7mm）を閉塞させることはない。

- ・地震時等における落下物による座屈変形の可能性について（図3参照）

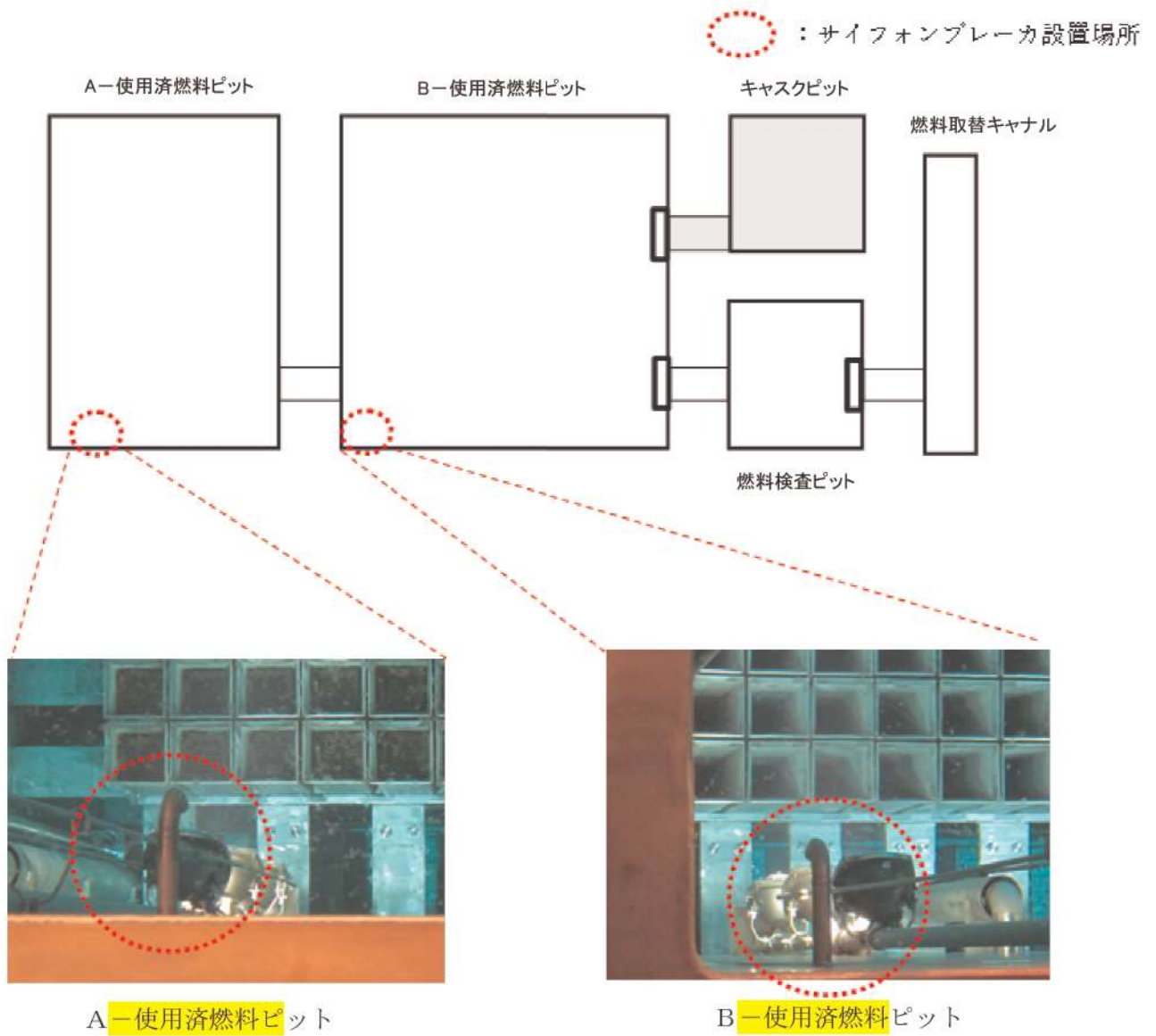
サイフォンブレーカは口径1/2インチの配管で、コンクリート埋設部よりピット内へ突き出した形状をしており、突出し長さはピット壁面から約15cmである。

サイフォンブレイカが機能喪失に至るには、流路が完全閉塞される必要がある。使用済燃料ピットエリアには使用済燃料ピットへの落下によりサイフォンブレイカ配管に変形を与えるような物体はないが、ここでは上部からの落下物によって、曲げにより座屈変形する可能性を検討した。当該部の形状はL型形状となっており、90°以上の変形は生じない。また、一定の剛性を有する鋼管に曲げ変形が生じる場合、断面は楕円形状を保持したまま変形するため、極端に座屈変形して流路が完全に閉塞することはないと考える。

#### ○サイフォンブレイカの保守点検について

サイフォンブレイカは、本想定事故の有効性評価においてその効果を期待されている機器であることを踏まえ、定期的（1回/週）に巡視点検（目視による水面の揺らぎ確認で通水状態を確認）を実施する。

以上



サイフオンブレーカ仕様  
 配管材質 : SUS304TP  
 サイズ : 外径φ21.7mm、内径φ16.7mm、厚さ2.5mm

図2 泊3号機 使用済燃料ピット概略図

重要事故シーケンスでの重大事故等対策の概略系統図について

「使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故」のうち、想定事故2の「サイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料ピットの水位が低下する事故」の重大事故等対策の概略系統図を以下に示す。

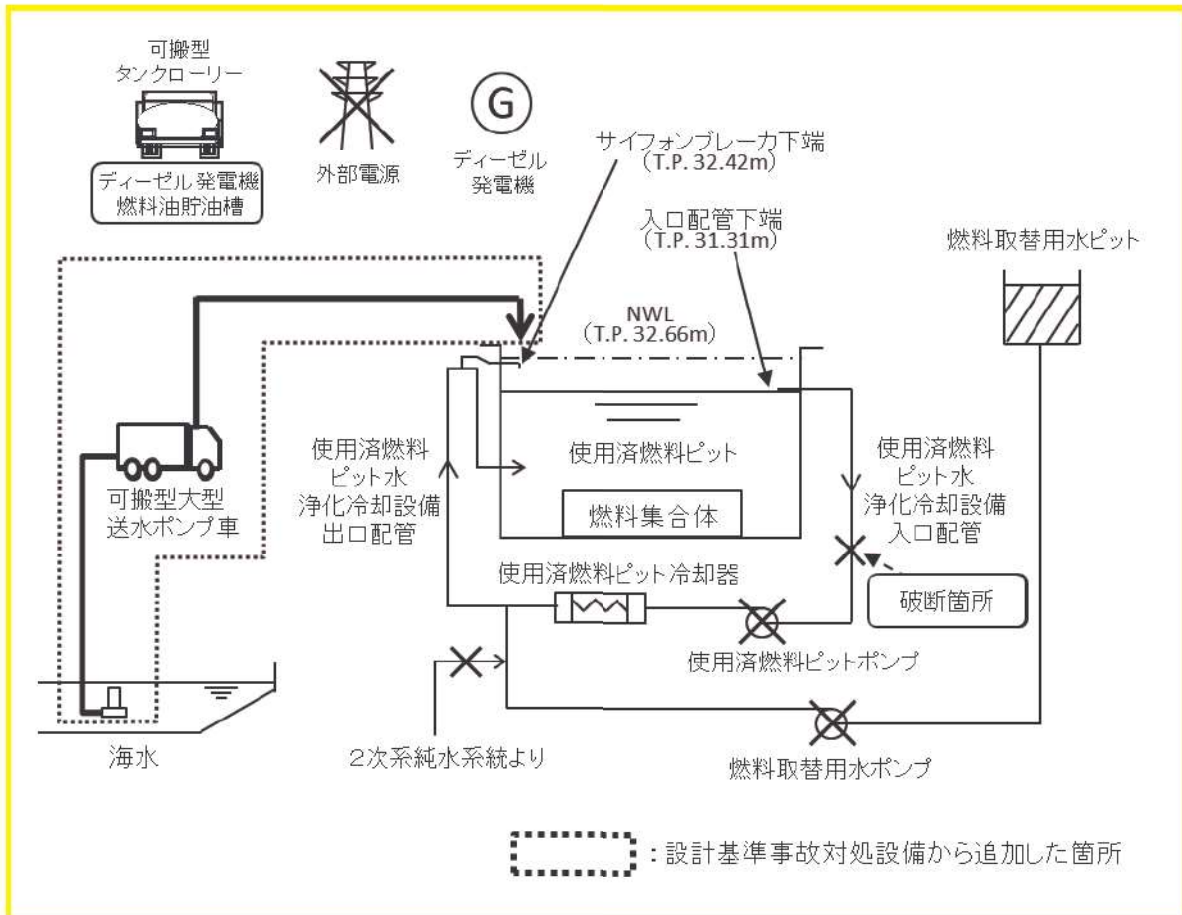


図1 想定事故2の重大事故等対策の概略系統図

## 安定状態について

想定事故2（サイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料ピットの水位が低下する事故）の安定状態については以下のとおり。

使用済燃料ピット安定状態：事象発生後、設計基準事故対処設備及び重大事故等対処設備を用いた使用済燃料ピットへの注水により、使用済燃料ピット水位を回復・維持することで、燃料の冠水、放射線遮蔽及び未臨界が維持され、使用済燃料ピットの保有水の温度が安定し、かつ、必要な要員の不足や資源の枯渇等のあらかじめ想定される事象悪化のおそれがない場合、安定状態が確立されたものとする。

**【安定状態の確立について】****使用済燃料ピットの安定状態の確立について**

可搬型大型送水ポンプ車を用いた使用済燃料ピットへの注水を実施することで、使用済燃料ピット水位が回復、維持され、使用済燃料ピットの安定状態が確立される。

重大事故等対策時に必要な要員が確保可能であり、また、必要な水源、燃料及び電源を供給可能である。

**【安定状態の維持について】**

上記の燃料損傷防止対策により安定状態を維持できる。

また、可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水を継続し、使用済燃料ピット冷却系を復旧し、復旧後は燃料取替用水系統等により使用済燃料ピットへの補給を実施する。使用済燃料ピットの保有水を使用済燃料ピット冷却系により冷却することによって、安定状態後の状態維持のための冷却が可能となる。



評価条件の不確かさの影響評価について  
(想定事故2)

「想定事故2」の評価条件の不確かさの影響について、表1及び表2に示す。

表 1 評価条件を最確条件とした場合の運転員等操作時間及び評価項目となるパラメータに与える影響 (1/2)

項目	評価条件 (初期条件) の不確かさ		評価設定の考え方	運転員等操作時間に与える影響	評価項目となるパラメータに与える影響
	評価条件	最確条件			
使用済燃料ピット崩壊熱	11.508MW	装荷炉心毎	核分裂生成物が多く崩壊熱が高めとなるように、原子炉の運転停止後(原子炉停止後 7.5 日)に取り出された全炉心分の燃料と過去に取り出された燃料(1、2号炉分含む)を合わせて、使用済燃料ピット貯蔵容量満杯に保管した状態を設定。なお、ワラン・アールトニウム混合酸化物燃料の使用も考慮したものとされている。崩壊熱の計算に当たっては、FPについては日本原子力学会推奨値、アクチニドについては ORIGEN2 を用いて算出。	可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作は、使用済燃料ピットの水温を起点に開始する操作ではないことから、運転員等操作時間に与える影響はない。	最確条件の崩壊熱を用いた場合、評価条件で設定している崩壊熱より小さくなるため、使用済燃料ピット水温の上昇が緩やかになる。したがって、使用済燃料ピット水位の低下が遅くなり、放射線の遮蔽が維持される最低水位に到達するまでの時間に対する余裕が大きくなり、評価項目となるパラメータに対する余裕が大きくなる。
初期条件 事象発生前 使用済燃料ピット 水温 (初期水温)	40℃	装荷炉心毎	使用済燃料ピット水温の実測値に基づき、標準的な温度として設定。	可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水は、事象発生の 5.7 時間から可能となることから、十分な操作時間余裕があり、評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。	初期水温の変動を考慮し、評価条件で設定している初期水温より高い場合、使用済燃料ピット水温の上昇は早くなるが、放射線の遮蔽が維持される最低水位に到達するまでの時間は事象発生の約 1.0 日後と長時間であることから、初期水温の変動が評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。
使用済燃料ピットに隣接する状態	A 使用済燃料ピット、 B 使用済燃料ピット及び燃料検査ピット及び燃料取替キヤナル接続	A 使用済燃料ピット、 B 使用済燃料ピット、燃料検査ピット及び燃料取替キヤナル接続	燃料取出直後の状態に基づき設定するが、水温 100℃まで上昇する時間の評価は、B 使用済燃料ピットのみを考慮し設定。また、水量は使用済燃料、ラック等の体積を除いて算出。	可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水は、事象発生の 5.7 時間から可能となることから、十分な操作時間余裕があり、評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。	使用済燃料ピットの状態の変動を考慮し、使用済燃料ピットと燃料取替キヤナル及び燃料検査ピット水位が放射線の遮蔽が維持される最低水位まで低下する時間は、使用済燃料ピットと燃料取替キヤナル及び燃料検査ピットを接続した状態と比較して約 0.1 日短い約 0.9 日となるが、可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水は、事象発生の 5.7 時間から可能となることから、十分な操作時間余裕があり、評価項目となるパラメータに与える影響は小さい。

表 1 評価条件を最確条件とした場合の運転員等操作時間及び評価項目となるパラメータに与える影響 (2/2)

項目	評価条件 (事故条件及び機器条件) の不確かさ		評価設定の考え方	運転員等操作時間に与える影響	評価項目となるパラメータに与える影響
	評価条件	最確条件			
事故条件	冷却系配管の破断 によって 想定される初期水位	通常水位 (NWL) -1.35m (燃料頂部より約 6.27m)	冷却系配管破断時に使用済燃料ピット水位が最も 低くなる可能性のある使用済燃料ピット水浄化槽 却設備入口配管の破断による流出を想定。	評価条件と同様であることから、事象進展に影響 はなく、運転員等操作時間に与える影響はない。	評価条件と同様であることから、事象進展に影響 はなく、評価項目となるパラメータに与える影響 はない。
	安全機能の喪失 に対する仮定	通常水位 (NWL) -1.35m (燃料頂部より約 6.27m)	使用済燃料ピット冷却機能 及び注水機能喪失	評価条件と同様であることから、事象進展に影響 はない。	評価条件と同様であることから、事象進展に影響 はない。
	外部電源	外部電源なし	外部電源あり	外部電源の有無は事象進展に影響しないことか ら、資源の評価の観点で厳しい外部電源なしを設 定。	外部電源の有無は事象進展に影響しないことか ら、評価項目となるパラメータに与える影響はな い。
機器条件	放射線の遮蔽が 維持できる最低水位	燃料頂部から 4.25m	使用済燃料ピット中央水面の遮蔽設計基準値 (0.15mSv/h) とな る水位を設定。	評価条件と同様であることから、事象進展に影響 はない。	評価条件と同様であることから、事象進展に影響 はない。
	可搬型大型送水ポン プ車の使用済燃料ピ ットへの注水流量	47m <sup>3</sup> /h	崩壊熱による蒸発量に対して燃料損傷防止が可能 な流量を上回る注水流量として設定。	評価条件と同様であることから、事象進展に影響 はない。	評価条件と同様であることから、事象進展に影響 はない。

表 2 運転員等操作時間に与える影響、評価項目となるパラメータに与える影響及び操作時間余裕

項目	評価条件（操作条件）の不確かさ		操作の不確かさ要因	運転員等操作時間に与える影響	評価項目となるパラメータに与える影響	操作時間余裕	訓練実績等
	評価上の操作開始時間	条件設定の考え方					
可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作	<p>可搬型大型送水ポンプ車は、使用済燃料ピットへの注水操作は、災害対策要員の移動、注水準備に必要時間等を考慮して、5.7時間までに完了するが、使用済燃料ピットへの注水操作は使用済燃料ピットの水温が100℃に到達する前に開始し、燃料ピット水位が低下し始める発生約5.8時間後を設定。</p>	<p>使用済燃料ピット補給水系の機能喪失を確認した場合、可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作を開始する手順としている。そのため、認知遅れにより操作開始時間に与える影響はない。</p> <p>【要員配置】 可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作は、可搬型大型送水ポンプ車の設置、可搬型ホースの敷設等を行う専任の災害対策要員が配置されている。よって、操作開始時間に与える影響はない。</p> <p>【移動】 災害対策要員は、可搬型大型送水ポンプ車の保管場所まで、徒歩での移動を想定しており、移動しては余裕を含めて30分を想定していることから、操作開始時間に与える影響はない。</p> <p>【操作所要時間】 可搬型大型送水ポンプ車は車前であることから自走で作業場所へ移動することを想定しており、可搬型ホースの設置はホース延長・回収車（送水車用）により、自走にて作業場所へ移動しながら実施することを想定している。仮に地震等の外部事象が起因事象の場合にアクセルの被害があっても、ホイールローダにて必要なアクセルを復旧できる常駐体制としており、復旧作業として2時間40分を想定している。</p> <p>可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作の作業項目及び所要時間等は以下のとおりであり、操作所要時間は合計3時間を想定している。（作業は並行して実施）。                      各作業には十分な時間余裕を含んでいることから、操作開始時間は早まる可能性がある。                      【可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水準備操作：3時間（余裕含む）】                      ・可搬型ホース敷設及びホース延長・回収車（送水車用）による可搬型ホース敷設に3時間を想定                      ・ホース延長・回収車（送水車用）による可搬型ホース敷設、可搬型大型送水ポンプ車の設置、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設及び海水取水箇所への水中ポンプ設置に2時間を想定                      【他の並列操作有無】                      可搬型ホース敷設及びホース延長・回収車（送水車用）による可搬型ホース敷設操作及びホース延長・回収車（送水車用）による可搬型ホース敷設、可搬型大型送水ポンプ車の設置、ポンプ車周辺の可搬型ホース敷設及び海水取水箇所への水中ポンプ設置操作は、並列操作可能なため、両者が干渉して操作開始時間が遅くなることはない。よって、並列操作が操作開始時間に与える影響はない。                      【操作の確実さ】                      現場操作を行う災害対策要員は、力量管理、教育・訓練を実施しており、可搬型ホースの設置はホース延長・回収車（送水車用）による簡易な作業であり、可搬型ホースはカップラ等により容易かつ確実に操作できるため誤操作は起こりにくく、誤操作等により操作時間が長くなる可能性は低い。</p>	<p>可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作は、仮にアクセルの復旧作業として2時間40分、その後の作業に3時間を想定しているが、アクセルの復旧作業及び注水準備操作が想定より短い時間で完了することから、運転員等操作時間に対する余裕は大きくなる。</p>	<p>評価上の操作完了時に、実際に見込まれる操作完了時間が早くなる可能性がある。この場合、放射線の遮蔽が維持されるまでの時間に到達するまでの時間余裕は、注水操作に対して約1.0日と操作に対して十分な時間余裕があることから、評価項目となるパラメータに対する余裕は大きくなる。</p>	<p>可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作は、放射線の遮蔽が維持されるまでの時間に到達するまでの時間余裕は、注水操作に対して約1.0日と操作に対して十分な時間余裕があることから、評価項目となるパラメータに対する余裕は大きくなる。</p>	<p>可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作は、仮にアクセルの復旧作業として2時間40分、その後の作業に3時間を想定しているが、アクセルの復旧作業及び注水準備操作が想定より短い時間で完了することから、運転員等操作時間に対する余裕は大きくなる。</p>	<p>可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの注水操作は、仮にアクセルの復旧作業として2時間40分、その後の作業に3時間を想定しているが、アクセルの復旧作業及び注水準備操作が想定より短い時間で完了することから、運転員等操作時間に対する余裕は大きくなる。</p>

想定事故2において使用済燃料ピット冷却系配管の破断を想定している理由について

想定事故2では、使用済燃料ピットに接続される配管の破断により、ピット水の小規模な喪失が発生することを想定している。

しかしながら、使用済燃料ピットからの漏えいは、他の事象が起因となることも考えられる。ここでは、使用済燃料ピット冷却系配管の破断による使用済燃料ピット水の漏えいを想定事故2の想定とした理由について示す。

#### 1. 使用済燃料ピットからの水の漏えいを引き起こす可能性のある事象

使用済燃料ピットから水が漏えいする可能性のある事象としては、以下が考えられる。

- ①使用済燃料ピット冷却系配管の破断による漏えい
- ②使用済燃料ピットライニング部の破損
- ③使用済燃料ピットゲートの破損
- ④使用済燃料ピットゲート開放時の原子炉キャビティ、燃料取替チャンネル、キャスクピット及び燃料検査ピットのライニング部の損傷
- ⑤地震発生に伴うスロッシングによる漏えい

#### 2. 各事象の整理

##### ①使用済燃料ピット冷却系配管の破断による漏えい

使用済燃料ピット冷却系配管の破断による漏えいは、使用済燃料ピットに接続している冷却系配管が破断した場合において発生し、使用済燃料ピットに接続している冷却系配管には使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管と入口配管がある。

使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管が破断した場合、当該配管の使用済燃料ピット接続部の開口部の高さはT.P. 26.85m であるが、サイフォンブレイカが設置されており、使用済燃料ピットの水位がサイフォンブレイカの使用済燃料ピット接続部の開口部の高さT.P. 32.42m まで低下すれば、サイフォンブレイカから空気が吸込まれサイフォン現象は解消され、使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管からの漏えい及び使用済燃料ピット水位の低下は停止する。

使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管が破断した場合、当該配管の使用済燃料ピット接続部の開口部の高さ（下端）はT.P. 31.31m であり、この高さまで使用済燃料ピット水位が低下すれば、使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管からの漏えい及び使用済燃料ピット水位の低下は停止する。

従って、使用済燃料ピット水位が最も低下するのは、使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管が破断するケースであり、その時使用済燃料ピットの水位はT.P. 31.31m まで低下する。（遮蔽が維持できる水位の約2メートル上）

配管破断による小規模な漏えいが発生した場合、運転員は現場の漏えい検知器や使用

済燃料ピット水位の低下等により事象を認知できるため、検知は容易である。事象認知後に重大事故等対処設備（可搬型大型送水ポンプ車）を用いて注水を実施することで、使用済燃料ピットの水位は維持される。

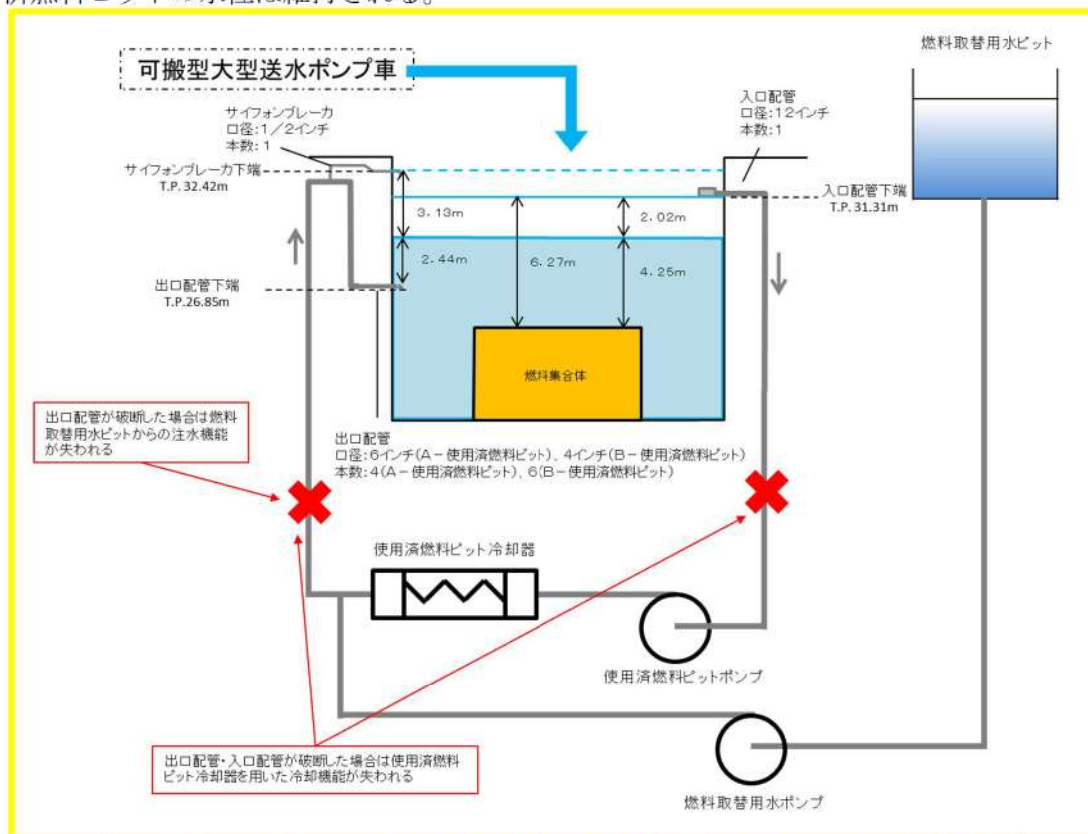


図1 使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管・入口配管破断時の概略図

## ②使用済燃料ピットライニング部の破損

使用済燃料ピットは基準地震動によっても機能が維持される設計であり、高い信頼性を持つ設備である。仮に使用済燃料ピットライニング部が破損し漏えいが発生した場合、漏えいした使用済燃料ピットの保有水は使用済燃料ピットライニング漏えい検知配管によりドレン受けに流れ込み、この水位によりピット水の漏えいを検知し警報が発信される（図2参照）。

運転員はこの警報発生や使用済燃料ピット水位の低下等により事象を認知できるため、検知は容易である。ただし、ライニング漏えい検知配管は使用済燃料ピットのバウンダリとしての機能を持たないことから漏えいを停止することが困難であり、漏えいが継続する。

注水手段は、ライニング部破損による漏えいが、燃料取替用水系や2次系補給水系の注水ラインに影響を与えないため、常用の注水設備及び重大事故等対処設備（可搬型大型送水ポンプ車）等となる。

なお、使用済燃料ピットライニング部からの漏えい量（一部の箇所の破損を想定）を評

価すると、最大でも 23m<sup>3</sup>/h（ライニング漏えい検知の配管径と水頭圧の関係より算出）程度となり、漏えい量に応じた注水の継続が可能であれば使用済燃料ピットの水位及び冷却機能は維持されるが、注水流量が不足し使用済燃料ピット水位の低下が継続する場合には大規模損壊の対応となる。

この場合、重大事故等対処設備（可搬型大型送水ポンプ車）によるスプレイを実施する等の対応により、使用済燃料の著しい損傷の進行を緩和できる。

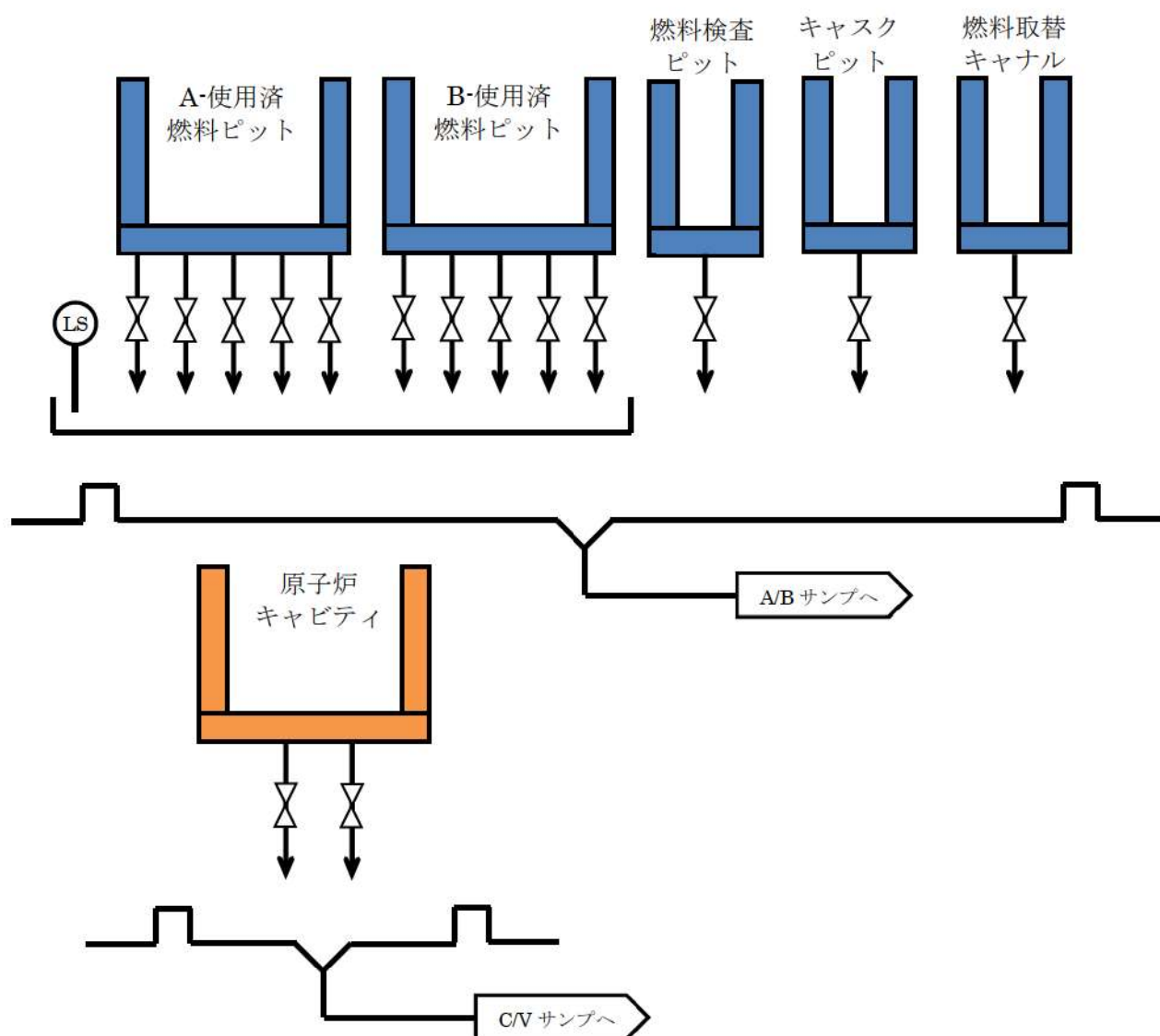


図2 使用済燃料ピット、原子炉キャビティ、燃料取替チャンネル、キャスクピット及び燃料検査ピットのライニング漏えい検知系の概要

③使用済燃料ピットゲートの破損

使用済燃料ピットゲートは添付資料 7.3.1.2「使用済燃料ピットの水位低下及び遮蔽に関する評価について」参考 3 に示すように十分信頼性を有し、地震発生時においてもその機能が維持できる設計とする。

仮にゲートが外れて使用済燃料ピット水が他ピットへ流出した場合であっても、水位低下は運転中で 2.2m であり、遮蔽設計基準水位を満足できる。また、使用済燃料ピット水が沸騰し遮蔽設計基準水位まで下がる時間は定検中で約 1.1 日であるが、注水準備に要する時間は 5.7 時間であるため、水位が遮蔽設計基準水位まで低下する前に給水を開始することが可能である。

また、運転員はゲート破損による漏えい警報の確認や使用済燃料ピット水位の低下等により事象を認知できるため、検知は容易である。

#### ④使用済燃料ピットゲート開放時の原子炉キャビティ、燃料取替チャンネル、キャスクピット及び燃料検査ピットのライニング部の損傷

使用済燃料ピットゲート開放時における原子炉キャビティ、燃料取替チャンネル、キャスクピット、及び燃料検査ピットのライニング部破損においても②と同様、基準地震動によっても機能が維持される設計であり、また仮に漏えいが発生しても破損箇所の特定制や検知が容易である。

原子炉キャビティ、燃料取替チャンネル、キャスクピット、及び燃料検査ピットからの漏えいを確認した場合は、常用の注水設備及び重大事故等対処設備（可搬型大型送水ポンプ車）等を用いることで崩壊熱による水の蒸発に応じた注水が可能のため、燃料の健全性が確保される。

#### ⑤地震発生に伴うスロッシングによる漏えい

地震発生時、スロッシングにより使用済燃料ピットの保有水が漏えいし、通常水位から **0.1m 程度**まで使用済燃料ピット水位が低下するが、燃料有効長頂部の冠水は維持される。

スロッシング発生時、運転員は使用済燃料ピット水位の低下、使用済燃料ピットエリアの線量率上昇等により事象を認知できるため、検知は容易である。

初期に使用済燃料ピット水位が低下するが、燃料取扱棟内での作業に問題なく、遮蔽設計基準水位までに低下する時間は定検中で **約 1.5 日**であることから、重大事故等対処設備（可搬型大型送水ポンプ車）等による注水を行うことで燃料の健全性が確保される。

追而【地震津波側審査の反映】  
(新たに設定した基準地震動による SFP スロッシングの  
溢水量評価結果を受けて反映のため)

### 3. 想定事故 2 及び大規模損壊での想定

有効性評価では「2. 各事象の整理」で想定する事象の中で、「② 使用済燃料ピットライニング部の破損」を除く事象に対して、燃料の損傷を防止できることを確認している。



大規模損壊は、これらの想定時に常用の注水設備及び重大事故等対処設備による注水操作ができない状態、漏えいが継続する状況（「② 使用済燃料ピットライニング部の破損」を含む）、及び常用の注水設備並びに重大事故等対処設備による注水能力を超える漏えいにより使用済燃料ピット水位が維持できない状況を想定した事象である。

この対策として、重大事故等対処設備（可搬型大型送水ポンプ車）を用いたスプレイによる使用済燃料の著しい損傷の進行の緩和及び環境への放射性物質放出の低減や、重大事故等対処設備（可搬型大容量海水送水ポンプ車）による発電所外への放射性物質の拡散抑制を行う。

#### 4. 結論

使用済燃料ピットからピット水の漏えいが発生する可能性のある①～⑤の事象について検討した。

②～⑤は注水により水位を回復すれば使用済燃料ピットの冷却機能を維持できるのに対して、①は使用済燃料ピットの冷却機能が喪失することに加えて、使用済燃料ピット水浄化冷却設備出口配管が破断した場合は燃料取替用水系統等による注水機能が喪失し注水手段が限定されることから、有効性評価において冷却系配管の破断を選定している。

なお、配管破断箇所は、水位低下量がより大きい使用済燃料ピット水浄化冷却設備入口配管の破断を選定している。