

【公開版】

| | |
|----------|----------------|
| 資料11-1 | 令和元年 12 月 24 日 |
| 日本原燃株式会社 | |

六ヶ所再処理施設における
新規制基準に対する適合性

第 28 条：重大事故等の拡大の防止等
使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る対処

2. 重大事故等の拡大防止等（要旨）

2.5 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る対処（要旨）

1. 事故の特徴

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設では、 $3,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ の使用済燃料を貯蔵することとし、BWR燃料用（1基： $1,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ ）、PWR燃料用（1基： $1,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ ）、BWR燃料及びPWR燃料用（1基： $1,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ ）の合計3基の燃料貯蔵プールを設置している。この他に、受け入れた使用済燃料を仮置きする燃料仮置きピット及び前処理建屋へ使用済燃料を送り出すための燃料送出しピットを設置している。（これらを総称して「燃料貯蔵プール等」という。）

燃料貯蔵プール等での使用済燃料の貯蔵等にあたっては、使用済燃料が有する崩壊熱を除去するために、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の使用済燃料の貯蔵施設の使用済燃料貯蔵設備のプール水浄化・冷却設備のプール水冷却系（以下「プール水冷却系」という。）及びその他再処理設備の附属施設の冷却水設備の安全冷却水系（使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用）（以下「安全冷却水系」という。）を設置している。また、自然蒸発による燃料貯蔵プール等の水位低下に対して、当該水位を維持するために使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の使用済燃料の貯蔵施設の使用済燃料貯蔵設備の補給水設備（以下「補給水設備」という。）を設置している。

(1) 想定事故1の特徴

燃料貯蔵プール等の冷却機能の喪失により、水の温度が上昇し沸騰が開始する。また、補給水設備による燃料貯蔵プール等の水の補給に失敗すると、蒸発により燃料貯蔵プール等の水が減少し燃料貯蔵プール等の水位が緩慢に低下する。燃料貯蔵プール等の注水機能の回復が行われないと、やがて使用済燃料は露出し、損傷に至る。

(2) 想定事故2の特徴

燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果又は地震によるスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生し、燃料貯蔵プール等の水位が低下するとともに、補給水設備の注水機能が喪失する。その後もプール水の補給が行われないと、やがて使用済燃料は露出し、損傷に至る。

2. 対処の基本方針

a. 想定事故1のための措置

燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能の喪失により燃料損傷に至る事故を防止するため、燃料貯蔵プール等に注水し、水位を維持する。本対策は、燃料貯蔵プール等が沸騰に至る前までに対策を完了させる。

b. 想定事故2のための措置

燃料貯蔵プール等からの水の小規模な漏えいの発生により燃料損傷に至る事故を防止するため、燃料貯蔵プール等の水の漏えいを停止し、燃料貯蔵プール等に注水し水位を回復し維持する。本対策は、燃料貯蔵プール等が沸騰に至る前までに対策を完了させる。

3. 具体的対策

3.1 想定事故1及び2に係る対策

燃料貯蔵プール等のプール水冷却系若しくは安全冷却水系の冷却機能又は補給水設備の注水機能の喪失又は燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果又はスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生した場合には、燃料貯蔵プール等へ水を供給するために、可搬型中型移送ポンプを設置し、可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し、貯水槽から燃料貯蔵プール等へ水を供給するための経路を構築する。

燃料貯蔵プール等の状態監視のため、監視設備を準備する。監視設備を設置するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態について携行型の監視設備にて実施組織要員による監視を行う。可搬型建屋外の水供給経路の構築が完了した後、可搬型建屋外ホース及び可搬型建屋内ホースを接続する。なお、水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視が継続できるよう、空冷設備を設置する。

可搬型中型移送ポンプを運転することで、貯水槽から燃料貯蔵プール等へ注水する。燃料貯蔵プール等の水位は通常水位を目安に注水し、通常水位到達後は、可搬型中型移送ポンプの間欠運転又は流量調整により通常水位を目安に水位を確保する。

このため、可搬型建屋内ホース、可搬型中型移送ポンプ、可搬型建屋外ホースを可搬型重大事故等対処設備として新たに整備する。また、貯水槽を常設重大事故等対処設備として新たに設置する。

4. 有効性評価

4.1 代表事例

想定事故 1 では、冷却機能及び注水機能が喪失する範囲及び環境条件を踏まえた対処内容を考慮し、火山起因事象を代表事象として選定する。

想定事故 2 では、冷却機能及び注水機能が喪失する範囲及び環境条件を踏まえた対処内容を考慮し、サイフォン効果及びスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生する地震起因事象を代表事象として選定する。

4.2 代表事例の選定理由

燃料貯蔵プール等における設計上定める条件より厳しい条件は、設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」及び「火山」、設計上定める条件より厳しい条件における内部事象の「動的機器の多重故障」及び「長時間の全交流動力電源の喪失」である。

これらの条件において、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失、重大事故等への対処の種類及び重大事故等への対処時の想定される作業環境の苛酷さを考慮すると、概ね「地震」を条件とした場合が厳しい結果を与える。ただし、「地震」を条件とした場合は同時にスロッシング及びサイフォン効果が発生し「プール水の保持機能」も喪失することを踏まえ、想定事故1では「火山」、想定事故2では「地震」の発生を想定する。

4.3 想定事故1の有効性評価

4.3.1 有効性評価の考え方

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至った場合に、燃料貯蔵プール等への注水を開始し、水位を一定範囲に維持できることを確認するため、燃料貯蔵プール等の水位及び水温の推移を評価する。これらの評価は、比熱を用いた比較的簡便な計算により、燃料有効長頂部を冠水できること及び放射線を遮蔽できる水位を確保できることを評価する。また、未臨界を維持できることを評価する。

4.3.2 機能喪失の条件

設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「火山」を条件とした場合、外部電源を含めた全交流動力電源の喪失を想定しており、動的機器が間接的に機能喪失するので追加での機能喪失は想定しない。

4.3.3 機器の条件

可搬型中型移送ポンプは、1台あたり $240\text{m}^3/\text{h}$ の容量を有し、燃料貯蔵プール等への注水に1台を使用する。

燃料貯蔵プール等への注水流量は、貯蔵する使用済燃料の崩壊熱を踏まえて設定した値とし、当該設定値以上で注水する。

燃料貯蔵プール等の初期水位は、管理上の水位の変動範囲でも厳しい水位低警報設定値である、通常水位 -0.05m とし、保有水量を厳しく見積もるため、使用済燃料やラックの体積を除くとともに、燃料貯蔵プール等で、万一、水の漏えいが発生した場合に、他の健全なプール、ピットと隔離して保修を行うことができるように設置しているピットゲート及びプールゲートは、閉めた状態を考慮した保有水量とする。また、初期温度は、

運転上許容される上限の65℃とする。

燃料貯蔵プール等の崩壊熱量は、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の各燃料貯蔵プールに対して、冷却期間4年及び冷却期間12年の使用済燃料集合体の貯蔵量を崩壊熱量が最も高くなるように設定し、各燃料貯蔵プールの沸騰時間を算出した上で、沸騰時間が最も短くなる崩壊熱量として、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）での約2,450 kWを設定する。なお、崩壊熱による保有水の蒸発量は約10m³/hである。

4.3.4 操作の条件

燃料貯蔵プール等への代替補給水設備（注水）の設置及び注水は、冷却機能及び注水機能の喪失から燃料貯蔵プール等が沸騰に至るまでの時間である約39時間に対して、21時間30分後から注水を開始する。

4.3.5 判断基準

燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能が喪失した場合でも、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水手段を確保することによって、燃料有効長頂部を冠水できること及び放射線を遮蔽できる水位を確保できること。また、未臨界を維持できること。

4.3.6 有効性評価の結果

重大事故等の発生を検知し、燃料貯蔵プール等における水の沸騰に至っても、代替補給水設備（注水）にて注水することにより、燃料貯蔵プール等の水位を維持し、安定状態を維持できる。使用済燃料は燃料貯蔵プール等のステンレス鋼製ラックに仮置き・貯蔵されており、水温が変化した

場合やプール水が沸騰し、水密度が低下した場合においても、燃料貯蔵プール等の未臨界を維持できる。

4.3.7 不確かさの影響評価

4.3.7.1 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

内部事象で発生する動的機器の故障による冷却機能又は注水機能喪失の場合、対処が必要な範囲が限定される。当該評価では、代表事例において、各建屋で並行して作業した場合の対策の成立性を確認していることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

内部事象で発生する長時間の全交流動力電源の喪失事象の場合、初動対応での状況確認やアクセスルート確保等の作業において、火山起因と比較して早い段階で重大事故等対策に着手できるため、対処の時間余裕が大きくなることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

燃料貯蔵プール等のプール水が沸騰に至るまでの時間余裕を算出するに当たって、物性値の変動や初期条件の変動が影響を与えると考えられるものの、時間余裕の算出は、より厳しい結果を与えるように、燃料貯蔵プールに設定する崩壊熱量は冷却期間4年及び12年の使用済燃料を貯蔵した場合の最大値を設定した上で、燃料貯蔵プールからの放熱は考慮せず断熱評価を実施している。このため、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

評価条件として設定している初期水温は、設計上想定される最大値を採用している。実際の運転時には、評価条件で設定している初期水温より低くなり、沸騰に至るまでの時間は延びることになる。このため、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

評価条件として設定している初期水位は、水位低警報値を採用している。実際の運転時には、評価条件で設定している初期水位よりも高い水位となり、保有水量が多くなることにより、沸騰に至るまでの時間は延びることになる。このため、実施組織要員の操作の時間余裕は長くなる。

4.3.7.2 操作条件の不確かさの影響

燃料貯蔵プール等への注水等の準備は、燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失をもって着手し、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間に対し、2時間の時間余裕をもって完了させる。また、各作業の作業項目は、余裕を確保して計画し、必要な時期までに操作できるよう体制を整えていることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

4.3.8 必要な要員及び資源

要員及び資源の有効性評価については、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処において評価している。

4.3.8.1 要員

想定事故1の冷却機能及び補給水設備の注水機能喪失への対処に必要な要員は、合計53名である。

4.3.8.2 水源

代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水に必要な水

量は、7日間の対応を考慮すると、合計約1,600m³の水が必要となる。

4.3.8.3 電源

燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処において電源を必要とする設備は、計装設備の燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失の対処に必要な計装設備の可搬型燃料貯蔵プール水位計、可搬型燃料貯蔵プール温度計、可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ、可搬型空冷ユニット及び放射線計測設備の燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失の対処に必要な放射線計測設備の可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計に必要な負荷は約99 k V Aであり、対象負荷の起動時を考慮すると約150 k V Aの給電が必要である。

4.3.8.4 燃料

燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失へ対処するための措置を7日間継続して実施するのに必要な軽油は、合計で約17m³であるが、再処理施設全体で合計400m³保有しており、対応が可能である。

4.4 想定事故2の有効性評価

4.4.1 有効性評価の考え方

燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至った場合に、燃料貯蔵プール等への注水を開始し、水位を一定範囲に維持できることを確認するため、燃料貯蔵プール等の水位及び水温の推移を評価する。これらの評価は、比熱を用いた比較的簡便な計算により、燃料有効長頂部を冠水できること及び放射線を遮蔽できる水位を確保できることを評価する。また、未臨界を維持できることを評価する。

4.4.2 機能喪失の条件

代表事例において、基準地震動の1.2倍の地震動を入力した場合においても必要な機能を損なわない設計としていないものは、機能喪失するものとし、動的機器については耐震性によらず機能喪失を想定する。

また、代表事例では、外部電源を含めた全交流動力電源の喪失を想定しているため、動的が間接的に機能喪失するので追加での機能喪失は想定しない。

燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいは、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果及び燃料貯蔵プール等からのスロッシングによる溢水が同時に発生したことを仮定し、通常水位からサイフォンブレーカ孔位置まで瞬時に燃料貯蔵プール等の水が漏えいし、評価により求めたスロッシングによる溢水が収束する水位である通常水位から0.60m下の位置で停止するものとする。なお、スロッシングによる溢水量の評価では、燃料貯蔵プール等の周辺に設置する止水板及び蓋のうち、止水板のみスロッシングによる溢水の抑制効果を考慮する。

4.4.3 機器の条件

可搬型中型移送ポンプは、1台あたり $240\text{m}^3/\text{h}$ の容量を有し、燃料貯蔵プール等への注水に1台を使用する。

燃料貯蔵プール等への注水流量は、貯蔵する使用済燃料の崩壊熱を踏まえて設定した値とし、当該設定値以上で注水する。

プール水冷却系配管に逆流防止のため設置されている逆止弁については、異物の噛みこみにより開固着し、逆止弁の機能が十分に働かない状態を仮定する。このとき、配管が損傷することを想定すると、サイフォン効果により燃料貯蔵プール等の水位は低下するが、プール水冷却系配管のサイフォンブレーカによりサイフォンブレーカ孔位置である通常水位から -0.45m で水位低下は停止する。

スロッシングによる燃料貯蔵プール等のプール水の漏えいは、止水板又は蓋の効果により抑制できるものとする。

4.4.4 操作の条件

燃料貯蔵プール等への代替補給水設備（注水）の設置及び注水は、冷却機能及び注水機能の喪失から燃料貯蔵プール等が沸騰に至るまでの時間である約36時間に対して、21時間30分後から注水を開始できるものとする。

4.4.5 判断基準

プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果及びスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生するとともに、燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能が喪失した場合でも、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水手段を確保することによって、燃料有効長頂部を冠水できること及び放射線を遮蔽できる水位を確保でき

ること。また、未臨界を維持できること。

4.4.6 有効性評価の結果

重大事故等の発生を検知し、燃料貯蔵プール等における水の沸騰に至っても、代替補給水設備（注水）にて注水することにより、燃料貯蔵プール等の水位を維持し、安定状態を維持できる。使用済燃料は燃料貯蔵プール等のステンレス鋼製ラックに仮置き・貯蔵されており、水温が変化した場合やプール水が沸騰し、水密度が低下した場合においても、燃料貯蔵プール等の未臨界を維持できる。

燃料貯蔵プール等の水位維持においては、通常水位を目安に注水し、通常水位到達後は、可搬型中型移送ポンプの間欠運転又は流量調整により通常水位を目安に水位を確保することで、安定状態を維持できる。

4.4.7 不確かさの影響評価

4.4.7.1 事象、事故条件及び機器条件の不確かさの影響

崩壊熱量及び初期水温の観点としては、想定事故1の有効性評価に記載する不確かさの影響のとおりである。

スロッシングによる溢水量の評価では、燃料貯蔵プール等の初期水位を、管理上の水位の変動範囲で最も厳しい水位低警報設定値である、通常水位 -0.05m としているが、実際の運転時には、評価条件で設定している初期水位よりも高い水位となることがある。このため、初期水位を通常管理において最も高くなる水位である通常水位 $+0.02\text{m}$ として、スロッシングによる溢水量を評価し、水位の低下を確認した結果、通常水位 -0.57m であり、このときの沸騰までの時間は、通常水位 -0.60m としたときの沸騰までの時間と同程度の約36時間である。

このため、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

想定事故2では、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果及び燃料貯蔵プール等からのスロッシングが同時に発生したことを仮定し、小規模な漏えい量が多い燃料貯蔵プール等からのスロッシングによる漏えいが停止する位置としている。燃料貯蔵プール等からのスロッシングによる溢水量の評価では、評価方法及び評価条件に保守性があることから、スロッシングによる漏えいが停止する水位は高くなることがある。この場合には、小規模漏えいによる水位の低下は、スロッシングによる水位の低下後、サイフォンブレーカ孔位置まで低下して停止することが事故条件となる。しかしながら、燃料貯蔵プール等からのスロッシングの溢水による水位低下位置である通常水位から -0.60m に対して、サイフォンブレーカ孔位置は通常水位から -0.45m と高い位置となり、保有水量が多くなることから、沸騰に至るまでの時間はわずかに延びて約37時間となる。このため、スロッシングによる溢水量の保守性が実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

このように、不確かさを有するものの、これらを考慮した場合でも実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

サイフォン効果による漏えいは、評価上、事象発生と同時に、瞬時に水位が低下すると仮定している。実際にサイフォン効果による小規模漏えいが発生した場合は、静水頭により漏えいが継続し、ある一定の時間を要するため、燃料貯蔵プール等のプール水がサイフォン効果により瞬時に漏えいすることはなく、連続的に漏えいすることが考えられる。

このため、プール水冷却系の配管が破断して、サイフォン効果によ

り小規模な漏えいが発生し、サイフォン ブレーカにより停止するまでの時間を、一般的な計算式を用いて、比較的簡便な計算を行った結果、漏えいが停止するまでの時間は約11分であり、沸騰に至るまでの時間は延びることとなる。このため、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

4.4.7.2 操作条件の不確かさの影響

燃料貯蔵プール等への注水等の準備は、燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失をもって着手し、燃料貯蔵プール等の水が沸騰に至るまでの時間に対し、2時間の時間余裕をもって完了させる。また、各作業の作業項目は、余裕を確保して計画し、必要な時期までに操作できるよう体制を整えていることから、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

4.4.8 必要な要員及び資源

要員及び資源の有効性評価については、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処において評価している。

4.4.8.1 要員

想定事故2の小規模漏えい並びに冷却機能及び注水機能の喪失への対処に必要な要員は、合計53名である。

4.4.8.2 水源

代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水に必要な水

量は、7日間の対応を考慮すると、合計約2,700m³の水が必要となる。

4.4.8.3 電源

燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処において電源を必要とする設備は、計装設備の燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失の対処に必要な計装設備の可搬型燃料貯蔵プール水位計、可搬型燃料貯蔵プール温度計、可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ、可搬型空冷ユニット及び放射線計測設備の燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失の対処に必要な放射線計測設備の可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計に必要な容量は約99 k V A であり、対象負荷の起動時を考慮すると約150 k V A の給電が必要である。

4.4.8.4 燃料

燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失へ対処するための措置を7日間継続して実施するのに必要な軽油は、合計で約17m³である。

11. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る対処

目次

- 11. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る対処
 - 11.1 想定事故 1 に係る対策
 - 11.1.1 想定事故 1 に対する具体的対策
 - 11.1.2 想定事故 1 に対する有効性評価
 - 11.2 想定事故 2 に係る対策
 - 11.2.1 想定事故 2 に対する具体的対策
 - 11.2.2 想定事故 2 に対する有効性評価

1 章 基準適合性

11. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る対処

(1) 想定事故 1 の特徴

使用済燃料が仮置き又は貯蔵される燃料貯蔵プール等^{※1}のプール水冷却系^{※2}又は安全冷却水系^{※3}の冷却機能の喪失により、水の温度が上昇し沸騰を開始する。また、補給水設備^{※4}による燃料貯蔵プール等の水の補給に失敗すると、蒸発により燃料貯蔵プール等の水が減少し燃料貯蔵プール等の水位が緩慢に低下する。燃料貯蔵プール等の注水機能の回復が行われないと、やがて使用済燃料は露出し、損傷に至る。

※1：使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の使用済燃料の受入れ施設の使用済燃料受入れ設備の燃料仮置きピット並びに使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の使用済燃料の貯蔵施設の使用済燃料貯蔵設備の燃料貯蔵プール及び燃料送出しピット

※2：使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の使用済燃料の貯蔵施設の使用済燃料貯蔵設備のプール水浄化・冷却設備のプール水冷却系

※3：その他再処理設備の附属施設の冷却水設備の安全冷却水系（使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用）

※4：使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の使用済燃料の貯蔵施設の使用済燃料貯蔵設備の補給水設備

このため、重大事故等対策の有効性評価には、燃料貯蔵プール等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。想定事故 1 における燃料貯蔵プール等の

沸騰に至るまでの時間は、約39時間である。

したがって、想定事故1では、再処理施設位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十八条及び第三十八条に規定される要求に対して、整備した可搬型中型移送ポンプによる代替注水（以下「代替補給水設備（注水）」という。）により燃料貯蔵プール等へ注水し水位を維持することによって、燃料の損傷防止を図る。

(2) 想定事故 2 の特徴

燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果又は地震によるスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生し、燃料貯蔵プール等の水位が低下するとともに、補給水設備の注水機能が喪失することを想定する。その後もプール水の補給が行われないと、やがて使用済燃料は露出し、損傷に至る。

このため、重大事故等対策の有効性評価には、サイフォン効果による燃料貯蔵プール等の水の漏えいを停止するため、プール水冷却系配管に設置するサイフォンブレーカ及び燃料貯蔵プール等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。想定事故 2 における燃料貯蔵プール等の沸騰に至るまでの時間は、約 36 時間である。

したがって、想定事故 2 では、サイフォンブレーカ又はスロッシングによる漏えいの停止後、再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十八条及び第三十八条に規定される要求に対して、整備した代替補給水設備（注水）により燃料貯蔵プール等へ注水することによって、燃料の損傷防止を図る。

(3) 想定事故 1 及び想定事故 2 への対処の基本方針

想定事故 1 及び想定事故 2 への対処として、再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の第二十八条及び第三十八条に規定される要求を満足する想定事故 1 及び想定事故 2 への対処のための措置を整備する。

想定事故 1 への対処として、冷却機能及び注水機能の喪失により燃料損傷に至る事故を防止するために必要な対策を整備する。

また、想定事故 2 への対処として、燃料貯蔵プール等からの水の小規模な漏えいの発生により燃料損傷に至る事故を防止するために必要な対策を整備する。

なお、上記事故へ対処する範囲は、使用済燃料が貯蔵される燃料貯蔵プールであるが、使用済燃料を仮置きすることができる燃料仮置きピット及び送出しピットも対象とする。

各対策の概要図を第11-1図に示す。また基本方針の詳細を以下に示す。各対策の基本方針の詳細を下記 a. 及び b. に示す。

a. 想定事故 1 のための措置

燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能の喪失により燃料損傷に至る事故を防止するため、燃料貯蔵プール等に注水し、水位を維持する。本対策は、燃料貯蔵プール等が沸騰に至る前までに対策を完了させる。

b. 想定事故 2 のための措置

燃料貯蔵プール等からの水の小規模な漏えいの発生により燃料損傷に至る事故を防止するため、燃料貯蔵プール等の

水の漏えいを停止し、燃料貯蔵プール等に注水し水位を回復し維持する。本対策は、燃料貯蔵プール等が沸騰に至る前までに対策を完了させる。

11.1 想定事故 1 のための措置

11.1.1 想定事故 1 のための措置の具体的対策

想定事故 1 における燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能の喪失に対して、燃料貯蔵プール等内の使用済燃料の損傷を防止するため、可搬型中型移送ポンプ、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース等を敷設し、可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し、貯水槽から建屋へ水を供給するための経路を構築する。

また、燃料貯蔵プール等の状態監視のための手段を整備する。

さらに、代替監視設備の設置後、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の環境が悪化した場合に線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視を継続できるよう、空冷設備を設置する。

対策の系統概要図を第 11-1 図に、重大事故等への対処の手順の概要を第 11.1.1-1 図に示す。また、重大事故等への対処における手順と設備の関係を第 11.1.1-1 表に、必要な実施組織要員及び作業項目を第 11.1.1-2 図及び 11.1.1-3 図に示す。対処に必要な設備を第 11.1.1-2 表に示す。

a. 燃料損傷防止対策の実施判断

燃料貯蔵プール等のプール水冷却系又は安全冷却水系の冷却機能若しくは補給水設備の注水機能が喪失した場合、燃料損傷防止対策の実施を判断する。

燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能の喪失を確認するための計装設備は、燃料貯蔵プール水位、燃料貯蔵プール水温度等である。

b. 建屋外の水供給経路の構築

燃料貯蔵プール等へ水を供給するために、可搬型中型移送ポンプを設置し、可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し、貯水槽から燃料貯蔵プール等へ水を供給するための経路を構築する。

c. 燃料損傷防止対策の準備

燃料貯蔵プール等の状態監視は安全系監視制御盤で実施するが、全交流動力電源が喪失している場合には、代替監視設備及び可搬型発電機を準備する。代替監視設備及び可搬型発電機を設置するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態について携行型の代替監視設備にて実施組織要員による監視を行う。

【補足説明資料 11-10】

また、可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型建屋外ホースへ可搬型代替注水設備流量計を設置する。可搬型建屋外の水供給経路の構築が完了した後、可搬型建屋外ホース及び可搬型建屋内ホースを接続する。

なお、水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視が継続できるよう、空冷設備を設置する。

d. 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の実施判断

代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水準備が完了後、燃料貯蔵プール等への注水の実施を判断し、以下の e. へ移行する。

e. 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の実施

可搬型中型移送ポンプにより貯水槽から燃料貯蔵プール等へ注水する。注水流量は、可搬型代替注水設備流量計にて確認する。燃料貯蔵プール等の水位は通常水位を目安に注水し、通常水位到達後は、可搬型中型移送ポンプの間欠運転又は流量調整により通常水位を目安に水位を確保する。

代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水に必要な監視項目は、注水流量及び燃料貯蔵プール等の水位である。

f. 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の成功判断

燃料貯蔵プール等の水位を確認することにより、放射線の遮蔽が維持される水位が確保されていること、また、プール水の蒸発量 $10\text{m}^3/\text{h}$ 以上で注水され、通常水位が維持されていることを確認する。なお、放射線の遮蔽が維持される水位が確保されることにより、燃料有効長頂部は冠水する。

代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の成功判断に必要な監視項目は、燃料貯蔵プール等の水位及び代替補給水設備（注水）による注水量である。

g. 代替監視設備及び空冷設備の設置

代替監視設備の設置完了後、可搬型発電機を起動して代替監視設備の起動状態を確認する。

また，空冷設備の設置完了後，可搬型空冷ユニット空気圧縮機を起動して，空冷設備により冷却空気が供給されていることを確認する。

11.1.2 想定事故1のための措置の有効性評価

(1) 有効性評価の方法

想定事故1では、燃料貯蔵プール等の冷却機能の喪失により燃料貯蔵プール等の水の温度が上昇し、注水機能の喪失により燃料貯蔵プール等への注水に失敗して蒸発により水位が低下した場合において、比熱を用いた比較的簡便な計算により、燃料貯蔵プール等の水の沸騰までの時間を評価し、沸騰に至る前までに代替補給水設備（注水）による注水を完了させ、燃料有効長頂部を冠水できること及び放射線を遮蔽できる水位を確保できることを評価する。これらは、解析コードを用いずに評価する。また、未臨界を維持できることを評価する。

(2) 有効性評価の条件

想定事故1の有効性評価条件について第11.1.2-1表に示す。主要な評価条件を以下に示す。

a. 事故条件

(a) 起回事象

想定事故1の前提となる設計上定める条件より厳しい条件は、外部事象の「地震」及び「火山」、内部事象の「動的機器の多重故障」及び「長時間の全交流動力電源の喪失」である。

これらの条件において、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能の喪失、重大事故等への対処の種類及び重大事故等への対処時の想定される作業環境の苛酷さを考慮すると、概ね「地震」を条件とした場合が厳しい結果を与える。ただし、「地震」を条件とした場合は同時にスロッシング及びサイフォン効果が発生し「プール水の保持機能」も喪失することから、これは想定事故2において発生を想定する。

このため、想定事故1では冷却機能及び注水機能が喪失する範囲及び環境条件を踏まえた対処内容を考慮し、火山起回事象を選定する。

(b) 安全機能の喪失に対する仮定

設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「火山」を条件とした場合の安全機能の喪失の想定は、外部電源の喪失に加えて、屋外の動的機器である安全冷却水系の冷却塔に対して機能喪失を想定しており、また非常用ディーゼル

発電機が、降下火砕物によりフィルタが目詰まりすること等による機能喪失も想定していることから、更なる安全機能の喪失は想定しない。

b. 重大事故等への対処に関連する機器条件

想定事故 1 への措置に使用する機器を第11.1.1-2表に示す。また、主要な機器の条件を以下に示す。

(a) 可搬型中型移送ポンプ

可搬型中型移送ポンプは、1台当たり $240\text{m}^3/\text{h}$ の容量を有し、想定事故 1 において燃料貯蔵プール等への注水に1台を使用し、燃料貯蔵プール等の水位を維持するために必要な水量として、燃料貯蔵プール等からの蒸発量である約 $10\text{m}^3/\text{h}$ を上回る、最大約 $160\text{m}^3/\text{h}$ を供給できるものとして、有効性を評価する。

c. 重大事故等への対処に関連する操作条件

燃料貯蔵プール等への代替補給水設備（注水）の設置及び注水は、冷却機能及び注水機能の喪失から燃料貯蔵プール等が沸騰に至る前までに開始し、21時間30分後から注水を開始できるものとする。想定事故 1 の作業と所要時間を第11.1.1-2図に示す。

d. 評価条件

(a) 燃料貯蔵プール等の初期水位及び初期水温

燃料貯蔵プール等の初期水位は、管理上の水位の変動範囲でも厳しい水位低警報設定値である、通常水位 -0.05m とし、保有水量を厳しく見積もるため、使用済燃料やラックの体積を除くとともに、燃料貯蔵プール等で、万一、水の漏えいが

発生した場合に、他の健全なプール、ピットと隔離して保修を行うことができるように設置しているピットゲート及びプールゲートは、閉めた状態を考慮した保有水量とする。また、初期温度は、運転上許容される上限の65℃とする。

(b) 崩壊熱量

燃料貯蔵プール等の崩壊熱量は、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の各燃料貯蔵プールに対して、冷却期間4年及び冷却期間12年の使用済燃料集合体の貯蔵量を崩壊熱量が最も高くなるように設定し、各燃料貯蔵プールの沸騰時間を算出した上で、沸騰時間が最も短くなる崩壊熱量として、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）での約2,450 kWを設定する。なお、崩壊熱による保有水の蒸発量は約10 m³ / h である。

(3) 有効性評価の判断基準

想定事故 1 の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能が喪失した場合でも、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水手段を確保することによって、燃料有効長頂部を冠水できること及び放射線を遮蔽できる水位^{※1}を確保できること。また、未臨界を維持できること。

※1：重大事故時の対処においては、作業時における被ばく線量として、1 作業当たり 10m S v を目安として管理することとしている。燃料損傷防止対策の対処においては、1 作業当たり 1 時間 30 分とし、2 班体制にて作業を実施する計画である。

このため、作業時において放射線の遮蔽が維持される水位の設定では、 $6.7 \text{ m S v} / \text{h}$ （ $= 10 \text{ m S v} / 1.5 \text{ h}$ ）の被ばくを想定し、このときの水位として通常水位から約 5.0m 下の位置としている。

【補足説明資料 11-7】

上記の確認にあたっては、沸騰に至るまでの時間を有効性評価の評価項目として設定し、沸騰開始前までに燃料貯蔵プール等への注水の準備が完了でき実施できること、燃料貯蔵プール等の蒸発量を上回る注水量を供給できること、燃料貯蔵プール等への注水の準備に必要な要員が確保されていること、燃料貯蔵プール等への注水に必要な水源が確保されていること、注水による燃料貯蔵プール等の水位の維持に必要な

な資源が確保されていることを確認する。

(4) 有効性評価の結果

事象発生後、燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能の喪失に伴い、燃料貯蔵プール等の水の温度が徐々に上昇し、第11.1.2-1図に示すとおり約39時間で100℃に到達し、燃料貯蔵プール等の水位は緩慢に低下する。重大事故等の発生を検知し、代替補給水設備（注水）による注水は、事象発生から53分にて21時間30分後であり、このときの燃料貯蔵プール等の水温は約85℃となることから燃料貯蔵プール等の水位低下はほとんどなく、沸騰までの時間である約39時間よりも前に代替補給水設備（注水）による注水が可能であることから、十分な時間余裕がある。また、燃料貯蔵プール等内の使用済燃料の崩壊熱による燃料貯蔵プール等からの水の蒸発量である約10m³/hを上回る最大約160m³/hの容量の可搬型中型移送ポンプによる代替補給水設備（注水）を配備していることから、燃料貯蔵プール等の水位を維持することができる。想定事故1における燃料貯蔵プール等の水位の推移を第11.1.2-2図に示す。また、水位と線量率の関係について第11.1.2-3図に示す。

【補足説明資料11-4, 11-8】

使用済燃料は燃料貯蔵プール等のステンレス鋼製ラックに仮置き・貯蔵されており、水温が変化した場合やプール水が沸騰し、水密度が低下した場合においても、燃料貯蔵プール等の未臨界を維持できる。

【補足説明資料11-9】

以上から、事象発生21時間30分後から代替補給水設備（注

水)による注水が実施でき、燃料貯蔵プール等の水位維持においては、通常水位を目安に注水し、通常水位到達後は、可搬型中型移送ポンプの間欠運転又は流量調整により通常水位を目安に水位を確保することで、安定状態を維持できる。

(5) 評価条件の不確かさの影響評価

a. 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響

想定事故1における実施組織要員の操作の時間余裕である沸騰に至るまでの時間に与える影響を以下のとおり評価し、影響がないことを確認した。

(a) 外部電源の考慮の観点

燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能が喪失した後のプール水が沸騰に至るまでの時間は、外部電源の有無によらず同じである。このため、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

(b) 崩壊熱量の観点

燃料貯蔵プール等のプール水の沸騰に至るまでの時間余裕を算出するに当たって、物性値の変動や初期条件の変動が影響を与えると考えられるものの、時間余裕の算出は、より厳しい結果を与えるように、燃料貯蔵プールに設定する崩壊熱量は冷却期間4年及び12年の使用済燃料を貯蔵した場合の最大値を設定した上で、燃料貯蔵プールからの放熱は考慮せず断熱評価を実施している。このため、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

(c) 初期水温の観点

評価条件として設定している初期水温は、設計上想定される最大値を採用している。実際の運転時には、評価条件で設定している初期水温より低くなり、沸騰に至るまでの時間は延びることになる。このため、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

(d) 初期水位の観点

評価条件として設定している初期水位は、水位低警報値を採用している。実際の運転時には、評価条件で設定している初期水位よりも高い水位となり、保有水量が多くなることにより、沸騰に至るまでの時間は延びることになる。このため、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

(e) 実施組織要員の操作の観点

「認知」、「要員配置」、「移動」、「操作時間」、「他の並列操作有無」及び「操作の確実さ」が実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響を考慮し、対処の制限時間である沸騰に至るまでの時間に対して、重大事故等対策の実施に必要な準備作業を2時間前までに完了できるように計画することで、これら要因による影響を低減している。

また、作業計画の整備は、作業項目ごとに余裕を確保して整備しており、実際の重大事故等への対処では、より早く作業を完了することができる。さらに、代替補給水設備(注水)による注水は、想定事故1の燃料貯蔵プール等の沸騰時間である約39時間に対し、事象発生から21時間30分後までに作業が完了でき、十分な時間余裕が確保されている。また、可搬型重大事故等対処設備の偶発的な単一故障を仮定した場合であっても、予備の可搬型重大事故等対処設備への交換を2時間以内に実施できることから、燃料貯蔵プール等が沸騰に至る前までに重大事故等対策を実施することができる。

(f) 作業環境の観点

沸騰開始までに室温が上昇するものの、作業に影響がある

温度の上昇はなく，想定事故 1 の対処は燃料貯蔵プール等が沸騰に至る前までに実施することから，作業環境が実施組織要員の操作の時間余裕に影響を与えることはない。

b. 評価項目に与える影響

沸騰に至るまでの時間に与える影響は，「a. 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響」に記載したとおりである。

c. 評価結果

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として，実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び評価項目に与える影響を確認した。評価条件の不確かさが，実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び沸騰時間の算出においては，より厳しい結果を与える条件で評価をしており，また，崩壊熱量，初期水温及び初期水位の不確かさを考慮した場合，燃料貯蔵プール等が沸騰に至るまでの時間余裕が延びることとなり，燃料貯蔵プール等の水位低下はほとんどないことから，より余裕が確保される方向へ変動することを確認した。また，偶発的な単一故障の想定及び作業環境の変化が実施組織要員の操作の時間余裕及び評価項目に影響を与える可能性があるものの，余裕を持って整備した作業計画の内数の変動に収まることを確認した。

(6) 必要な要員及び資源の評価

想定事故 1 のための措置に必要な要員及び資源は、11.3 に示す。また、要員及び資源の有効性評価については、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」において示す。

(7) 判断基準への適合性の検討

想定事故 1 への対処として、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水手段を整備しており、本対策について設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「火山」を条件として有効性評価を行った。

燃料貯蔵プール等への注水は、沸騰開始前までに燃料貯蔵プール等への注水の準備を完了し、沸騰開始前に燃料貯蔵プール等へ注水することで、燃料貯蔵プール等の水位を維持できる。

評価条件の不確かさについて確認した結果、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び評価項目に与える影響はないことを確認した。

以上のことから、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水により、放射線を遮蔽できる水位を確保し、燃料有効長頂部を冠水できる。また、燃料貯蔵プール等の水温が変化した場合やプール水が沸騰し、水密度が低下した場合においても、燃料貯蔵プール等の未臨界を維持できる。

以上より、「(3) 有効性評価の判断基準」を満足する。

11.2 想定事故 2 のための措置

11.2.1 想定事故 2 のための措置の具体的対策

想定事故 2 における小規模漏えいに対して、燃料貯蔵プール等内の使用済燃料の損傷を防止するため、可搬型中型移送ポンプ、可搬型建屋外ホース、可搬型建屋内ホース等を敷設し、可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し、貯水槽から建屋へ水を供給するための経路を構築する。

また、燃料貯蔵プール等の状態監視のための手段を整備する。

さらに、代替監視設備の設置後、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の環境が悪化した場合に線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視を継続できるように、空冷設備を設置する。

対策の系統概要図を第 11-1 図に、重大事故等への対処の手順の概要を第 11.2.1-1 図に示す。また、重大事故等への対処における手順と設備の関係を第 11.2.1-1 表に、必要な実施組織要員及び作業項目を第 11.2.1-2 図及び第 11.2.1-3 図に示す。対処に必要な設備を第 11.1.1-2 表に示す。

a. 燃料損傷防止対策の実施判断

燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果又はスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいの発生により水位が低下し、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備の注水機能が喪失した場合、燃料損傷防止対策の実施を判断する。

燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えい並びに冷却機能及び注水機能の喪失を確認するための計装設備は、燃料貯蔵プール水位、燃料貯蔵プール水温度等である。

b. 建屋外の水供給経路の構築

燃料貯蔵プール等へ水を供給するために、可搬型中型移送ポンプを設置し、可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し、貯水槽から燃料貯蔵プール等へ水を供給するための経路を構築する。

c. 燃料損傷防止対策の準備

燃料貯蔵プール等の状態監視は安全系監視制御盤で実施するが、全交流動力電源が喪失している場合には、燃料貯蔵プール等の状態監視のため、代替監視設備を準備する。代替監視設備を設置するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態について携行型の代替監視設備にて実施組織要員による監視を行う。

【補足説明資料 11-10】

また、可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型建屋内ホースへ可搬型代替注水設備流量計を設置する。可搬型建屋外の水供給経路の構築が完了した後、可搬型建屋外ホース及び可搬型建屋内ホースを接続する。

なお、水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視が継続できるよう、空冷設備を設置する。

d. 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の実施

可搬型中型移送ポンプにより貯水槽から燃料貯蔵プール等へ注水する。注水流量は、可搬型代替注水設備流量計にて確認する。燃料貯蔵プール等の水位は、以下の水位を目安に注水を実施する。

スロッシングによる小規模漏えいを想定した場合、通常水位を目安に注水し、水位を回復し維持する。

プール水冷却系配管の吸込み側の破断による小規模漏えいを想定した場合、配管が接続する越流せき以上の水位を確保することができないことから、越流せき上端である通常水位－0.40mを目安に注水し、水位を回復し維持する。

プール水冷却系配管の吐出し側の破断を想定した場合、サイフォン効果による小規模漏えいが発生し、プール水の漏えいはサイフォンブレーカ位置において停止する。その後、水位は通常水位まで回復できることから、通常水位を目安に注水し、水位を回復し維持する。

目安とする水位への到達後は、可搬型中型移送ポンプの間欠運転又は流量調整により通常水位を目安に水位を確保する。

代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水に必要な監視項目は、注水流量及び燃料貯蔵プール等の水位である。

e. 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の成功判断

燃料貯蔵プール等の水位が、目安とする水位を維持することにより、放射線の遮蔽が維持される水位が確保される。な

お,放射線の遮蔽が維持される水位が確保されることにより,燃料有効長頂部は冠水する。

代替補給水設備(注水)による燃料貯蔵プール等への注水の成功判断に必要な監視項目は,燃料貯蔵プール等の水位及び代替補給水設備(注水)による注水量である。

f. 代替監視設備及び空冷設備の設置

代替監視設備の設置完了後,可搬型発電機を起動して代替監視設備の起動状態を確認する。

また,空冷設備の設置完了後,可搬型空冷ユニット空気圧縮機を起動して,空冷設備により冷却空気が供給されていることを確認する。

11.2.2 想定事故 2 に対する有効性評価

(1) 有効性評価の方法

想定事故 2 では、燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果又はスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生し、燃料貯蔵プール等の水位が低下した場合において、比熱を用いた比較的簡便な計算により、燃料貯蔵プール等の水の沸騰までの時間を評価し、沸騰に至る前までに代替補給水設備（注水）による注水を完了させ、燃料有効長頂部を冠水できること及び放射線を遮蔽できる水位を確保できることを評価する。これらは、解析コードを用いずに評価する。また、未臨界を維持できることを評価する。

(2) 有効性評価の条件

想定事故 2 の有効性評価条件について第 11.2.2-1 表に示す。主要な評価条件を以下に示す。

a. 事故条件

(a) 起回事象

想定事故 2 は燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生し、水位が低下することが事故条件である。このため、有効性評価の前提となる設計上定める条件より厳しい条件は、サイフォン効果及びスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生する「地震」を条件とする。

さらに、「地震」を条件としていることから、基準地震動の 1.2 倍の地震動を入力した場合においても必要な機能を損なわない設計とした設備以外の設備は全て機能喪失するため、プール水冷却系、安全冷却水系及び補給水設備を構成する動的機器及び静的機器が全て損傷することによって、燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能が喪失することを仮定する。

(b) 安全機能の喪失に対する仮定

設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件とした場合の安全機能の喪失の想定は、基準地震動の 1.2 倍の地震動を入力した場合においても必要な機能を損なわない設計とした設備以外の設備は全て機能喪失することから、プール水冷却系、安全冷却水系、補給水設備及び非常用ディーゼル発電機の動的機能が喪失するものとする。

(b) 小規模漏えいの仮定

燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいは、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果及び燃料貯蔵プール等からのスロッシングによる溢水が同時に発生したことを仮定し、通常水位からサイフォンブレーカ孔位置まで瞬時に燃料貯蔵プール等の水が漏えいし、評価により求めたスロッシングによる溢水が収束する水位である、通常水位から0.60m下の位置で停止するものとする。なお、スロッシングによる溢水量の評価では、燃料貯蔵プール等の周辺に設置する止水板及び蓋のうち、止水板のみスロッシングによる溢水の抑制効果を考慮する。

【補足説明資料11-5, 6】

b. 重大事故等への対処に関連する機器条件

想定事故2への措置に使用する機器を第11.1.1-2表に示す。また、主要な機器の機器条件を以下に示す。

(a) 可搬型中型移送ポンプ

可搬型中型移送ポンプは、1台当たり $240\text{m}^3/\text{h}$ の容量を有し、想定事故2において燃料貯蔵プール等への注水の実施に対して1台を使用し、燃料貯蔵プール等の水位を回復し維持するために必要な水量として、燃料貯蔵プール等からの蒸発量である約 $10\text{m}^3/\text{h}$ を上回る最大約 $160\text{m}^3/\text{h}$ を供給できるものとして、有効性を評価する。

(b) プール水冷却系配管に設置された逆止弁について

プール水冷却系配管に逆流防止のため設置されている逆止弁については、異物の噛みこみにより開固着し、逆止弁の

機能が十分に働かない状態を仮定する。このとき、配管が損傷することを想定すると、サイフォン効果により燃料貯蔵プール等の水位は低下するが、プール水冷却系配管のサイフォンブレーカによりサイフォンブレーカ孔位置である通常水位から -0.45m で水位低下は停止する。

c. 重大事故等への対処に関連する操作条件

燃料貯蔵プール等への代替補給水設備（注水）の設置及び注水は、冷却機能及び注水機能の喪失から、21時間30分後から注水を開始できるものとする。想定事故2の作業と所要時間を第11.2.1-2図及び第11.2.1-3図に示す。

d. 評価条件

(a) 燃料貯蔵プール等の初期水位及び初期水温

燃料貯蔵プール等の初期水位は、管理上の水位の変動範囲でも厳しい水位低警報設定値である、通常水位 -0.05m とし、保有水量を厳しく見積もるため、使用済燃料やラックの体積を除くとともに、燃料貯蔵プール等で、万一、水の漏えいが発生した場合に、他の健全なプール、ピットと隔離して保修を行うことができるように設置しているピットゲート及びプールゲートは、閉めた状態を考慮した保有水量とする。また、初期水温は運転上許容される上限の 65°C とする。

(b) 崩壊熱量

燃料貯蔵プール等の崩壊熱量は、燃料貯蔵プールのプール水が沸騰に至るまでの時間は、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）、燃料貯蔵プール（PWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の各燃料貯蔵プールに対し

て、冷却期間 4 年及び冷却期間 12 年の使用済燃料集合体の貯蔵量を崩壊熱量が最も高くなるように設定し、各燃料貯蔵プールの沸騰時間を算出した上で、沸騰時間が最も短くなる燃料貯蔵プールの崩壊熱量として、燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）での約 2,450 kW を設定する。なお、崩壊熱による保有水の蒸発量は約 $10\text{m}^3/\text{h}$ である。

(3) 有効性評価の判断基準

想定事故2の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果及びスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生するとともに、燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能が喪失した場合でも、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水手段を確保することによって、燃料有効長頂部を冠水できること及び放射線を遮蔽できる水位^{※1}を確保できること。また、未臨界を維持できること。

※1：重大事故時の対処においては、作業時における被ばく線量として、1作業当たり10mSvを目安として管理することとしている。燃料損傷防止対策の対処においては、1作業当たり1時間30分とし、2班体制にて作業を実施する計画である。このため、作業時において放射線の遮蔽が維持される水位の設定では、6.7mSv/h（=10mSv/1.5h）の被ばくを想定し、このときの水位として通常水位から約5.0m下の位置としている。

【補足説明資料11-7】

上記の確認にあたっては、沸騰に至るまでの時間を有効性評価の評価項目として設定し、沸騰開始前までに燃料貯蔵プール等への注水の準備が完了でき実施できること、燃料貯蔵プール等の蒸発量を上回る注水量を供給できること、燃料貯蔵プール等への注水の準備に必要な要員が確保されている

こと、燃料貯蔵プール等への注水に必要な水源が確保されていること、注水による燃料貯蔵プール等の水位の維持に必要な資源が確保されていることを確認する。

(4) 有効性評価の結果

スロッシングにより通常水位－0.60mの位置まで水位が低下した後、燃料貯蔵プール等の水の温度が徐々に上昇し、第11.2.2-1図に示すとおり約36時間で100℃に到達し、燃料貯蔵プール等の水位は緩慢に低下する。重大事故等の発生を検知し、代替補給水設備（注水）による注水を開始できる時間は、事象発生から53名にて21時間30分後であり、このときの燃料貯蔵プール等の水温は約85℃となることから燃料貯蔵プール等の水位低下はほとんどなく、沸騰までの時間である約36時間よりも前に代替注水設備（注水）による注水が可能であることから、十分な時間余裕がある。また、燃料貯蔵プール等内の使用済燃料の崩壊熱による燃料貯蔵プール等からの水の蒸発量である約 $10\text{m}^3/\text{h}$ を上回る最大約 $160\text{m}^3/\text{h}$ での注水できる可搬型中型移送ポンプによる代替補給水設備（注水）を配備していることから、燃料貯蔵プール等の水位を回復し維持することができる。想定事故2におけるスロッシングによる小規模漏えい時の燃料貯蔵プール等の水位の推移を第11.2.2-2図に示す。また、水位と線量率の関係について第11.2.2-4図に示す。

【補足説明資料 11-4, 11-8】

使用済燃料は、燃料貯蔵プール等のステンレス鋼製ラックに仮置き・貯蔵されており、水温が変化した場合やプール水が沸騰し、水密度が低下した場合においても、燃料貯蔵プール等の未臨界を維持できる。

【補足説明資料 11-9】

以上から，事象発生21時間30分後から代替補給水設備（注水）による注水が実施でき，燃料貯蔵プール等の水位回復及び維持においては，通常水位を目安に注水し，通常水位到達後は，可搬型中型移送ポンプの間欠運転又は流量調整により水位を確保することで，安定状態を維持できる。

(5) 評価条件の不確かさの影響評価

a. 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響

想定事故2における実施組織要員の操作の時間余裕である沸騰に至るまでの時間に与える影響を以下のとおり評価し、影響がないことを確認した。

(a) 外部電源の考慮の観点

燃料貯蔵プール等の水の小規模漏えいが発生し、冷却機能及び注水機能が喪失した後の燃料貯蔵プール等のプール水が沸騰に至るまでの時間は、外部電源の有無によらず同じである。このため、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

(b) 崩壊熱量の観点

11.1.2 (5) a. (b)に記載したとおりである。

(c) 初期水温の観点

11.1.2 (5) a. (c)に記載したとおりである。

(d) 初期水位の観点

スロッシングによる溢水量の評価では、燃料貯蔵プール等の初期水位を、管理上の水位の変動範囲で最も厳しい水位低警報設定値である、通常水位 -0.05m としているが、実際の運転時には、評価条件で設定している初期水位よりも高い水位となることがある。このため、初期水位を通常管理において最も高くなる水位である通常水位 $+0.02\text{m}$ として、スロッシングによる溢水量を評価し、水位の低下を確認した結果、通常水位 -0.57m であり、このときの沸騰までの時間は、通常水位 -0.60m としたときの沸騰までの時間と同程度の約3

6時間である。このため、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

(e) 小規模漏えい時の停止位置の観点

想定事故2では、プール水冷却系の配管の破断によるサイフォン効果及び燃料貯蔵プール等からのスロッシングが同時に発生したことを仮定し、小規模な漏えい量が多い燃料貯蔵プール等からのスロッシングによる漏えいが停止する位置としている。燃料貯蔵プール等からのスロッシングによる溢水量の評価では、評価方法及び評価条件に保守性があることから、スロッシングによる漏えいが停止する水位は高くなることがある。この場合には、小規模漏えいによる水位の低下は、スロッシングによる水位の低下後、サイフォンブレーカ孔位置まで低下して停止することが事故条件となる。しかしながら、燃料貯蔵プール等からのスロッシングの溢水による水位低下位置である通常水位から -0.60m に対して、サイフォンブレーカ孔位置は通常水位から -0.45m と高い位置となり、保有水量が多くなることから、沸騰に至るまでの時間はわずかに延びて約37時間となる。このため、スロッシングによる溢水量の保守性が実施組織要員の操作の時間猶予に与える影響はない。このときの燃料貯蔵プール等の水位の推移を第11.2.2-3図に示す。

【補足説明資料11-5, 6】

(f) サイフォン効果による漏えいの観点

サイフォン効果による漏えいは、評価上、事象発生と同時に、瞬時に水位が低下すると仮定している。実際にサイフォ

ン効果による小規模漏えいが発生した場合は、静水頭により漏えいが継続し、ある一定の時間を要するため、燃料貯蔵プール等のプール水がサイフォン効果により瞬時に漏えいすることはなく、連続的に漏えいすることが考えられる。

このため、プール水冷却系の配管が破断して、サイフォン効果により小規模な漏えいが発生し、サイフォンブレーカにより停止するまでの時間を、一般的な計算式を用いて、比較的簡便な計算を行った結果、漏えいが停止するまでの時間は約11分であり、沸騰に至るまでの時間は延びることとなる。このため、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響はない。

(f) 実施組織要員の操作の観点

「認知」、「要員配置」、「移動」、「操作時間」、「他の並列操作有無」及び「操作の確実さ」が実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響を考慮し、対処の制限時間である沸騰に至るまでの時間に対して、重大事故等対策の実施に必要な準備作業を2時間前までに完了できるように計画することで、これら要因による影響を低減している。

また、作業計画の整備は、作業項目ごとに余裕を確保して整備しており、実際の重大事故等への対処では、より早く作業を完了することができる。さらに、代替補給水設備(注水)による注水は、想定事故2の燃料貯蔵プール等の沸騰時間である約36時間に対し、事象発生から21時間30分後までに作業が完了でき、このときの燃料貯蔵プール等の水位低下はほとんどないことから、放射線を遮蔽できる水位を確保し、燃料

有効長頂部を冠水するための十分な時間余裕が確保されている。また、可搬型重大事故等対処設備の偶発的な単一故障を仮定した場合であっても、予備の可搬型重大事故等対処設備を2時間内に設置することができることから、燃料貯蔵プール等が沸騰に至る前までに重大事故等対策を実施することができる。

(g) 作業環境の観点

沸騰開始までに室温が上昇するものの、作業に影響がある温度の上昇はなく、想定事故2の対処は燃料貯蔵プール等が沸騰に至る前までに実施することから、作業環境が実施組織要員の操作の時間余裕に影響を与えることはない。

b. 評価項目に与える影響

沸騰に至るまでの時間に与える影響は、「a. 実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響」に記載したとおりである。

c. 評価結果

評価条件の不確かさの影響評価の範囲として、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び評価項目に与える影響を確認した。評価条件の不確かさが、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び沸騰時間の算出においては、より厳しい結果を与える条件で評価をしており、また、崩壊熱量、初期水温、初期水位及び小規模漏えい時の停止位置の不確かさを考慮した場合、燃料貯蔵プール等が沸騰に至るまでの時間余裕が延びることとなり、燃料貯蔵プール等の水位低下はほとんどないことから、より余裕が確保される方向へ変動することを確認した。また、偶発的な単一故障の想定及び

作業環境の変化が実施組織要員の操作の時間余裕及び評価項目に影響を与える可能性があるものの、余裕を持って整備した作業計画の内数の変動に収まることを確認した。

(6) 必要な要員及び資源の評価

想定事故2のための措置に必要な要員及び資源は、11.3に示す。また、要員及び資源野有効性評価については、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」において示す。

(7) 判断基準への適合性の検討

想定事故 2 への対処として、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水手段を整備しており、本対策について設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件として有効性評価を行った。

燃料貯蔵プール等への注水は、沸騰開始前までに燃料貯蔵プール等への注水の準備を完了し、沸騰開始前に燃料貯蔵プール等へ注水することで、燃料貯蔵プール等の水位を維持できる。

評価条件の不確かさについて確認した結果、実施組織要員の操作の時間余裕に与える影響及び評価項目に与える影響はないことを確認した。

以上のことから、代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水により、放射線を遮蔽できる水位を確保し、燃料有効長頂部を冠水できる。また、燃料貯蔵プール等の水温が変化した場合やプール水が沸騰し、水密度が低下した場合においても、燃料貯蔵プール等の未臨界を維持できる。

以上より、「(3) 有効性評価の判断基準」を満足する。

11.3 想定事故1及び想定事故2のための措置に必要な要員及び資源

想定事故1及び想定事故2のための措置に必要な要員及び資源を以下に示す。

また、想定事故1及び想定事故2の要員及び資源の有効性については、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」において示す。

11.3.1 想定事故1のための措置に必要な要員及び資源

想定事故1への対処に必要な要員及び資源を以下に示す。

a. 必要な要員の評価

想定事故1の冷却機能及び補給水設備の注水機能喪失への対処に必要な要員は、合計53名である。

b. 必要な資源の評価

想定事故1の対処に必要な水源、燃料及び電源を以下に示す。

(a) 水 源

代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水に必要な水量は、7日間の対応を考慮すると、合計約1,600 m³の水が必要となる。

(b) 燃 料

想定事故1への対処に使用する可搬型中型移送ポンプ、可搬型発電機及び可搬型空冷ユニット用空気圧縮機は、7日間の対応を考慮すると、運転継続に以下の軽油が必要である。

- ・ 可搬型中型移送ポンプ 約7.2m³

| | |
|------------------|--------------------|
| ・可搬型発電機 | 約5.3m ³ |
| ・可搬型空冷ユニット用空気圧縮機 | 約4.6m ³ |
| 合計 | 約17m ³ |

以上より，想定事故1へ対処するための措置を7日間継続して実施するのに必要な軽油は合計で約17m³である。軽油貯蔵タンクは400m³の軽油を保有している。これにより，必要な燃料は確保可能である。

(c) 電 源

燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処において電源を必要とする設備は，計装設備の燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失の対処に必要な計装設備の可搬型燃料貯蔵プール水位計，可搬型燃料貯蔵プール温度計，可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ，可搬型空冷ユニット及び放射線計測設備の燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失の対処に必要な放射線計測設備の可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計に必要な負荷は約99kVAであり，対象負荷の起動時を考慮すると約150kVAの給電が必要である。

11.3.2 想定事故2のための措置に必要な要員及び資源

想定事故2への対処に必要な要員及び資源を以下に示す。要員及び資源の有効性評価については、他の同時に又は連鎖して発生する事象の影響を考慮する必要があるため、「13. 重大事故が同時に又は連鎖して発生した場合の対処」において示す。

a. 必要な要員の評価

想定事故2の小規模漏えい並びに冷却機能及び注水機能の喪失への対処に必要な要員は、合計53名である。

b. 必要な資源の評価

想定事故2の対処に必要な水源、燃料及び電源を以下に示す。

(a) 水 源

代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水に必要な水量は、7日間の対応を考慮すると、合計約2,700 m³の水が必要となる。

(b) 燃 料

想定事故1への対処に使用する可搬型中型移送ポンプ、可搬型発電機及び可搬型空冷ユニット用空気圧縮機は、7日間の対応を考慮すると、運転継続に以下の軽油が必要である。

| | |
|------------------|--------------------|
| ・可搬型中型移送ポンプ | 約7.2m ³ |
| ・可搬型発電機 | 約5.3m ³ |
| ・可搬型空冷ユニット用空気圧縮機 | 約4.6m ³ |
| 合計 | 約17m ³ |

以上より、想定事故1へ対処するための措置を7日間継続

して実施するのに必要な軽油は合計で約 17m^3 である。

iii. 電 源

燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処において電源を必要とする設備は、計装設備の燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失の対処に必要な計装設備の可搬型燃料貯蔵プール水位計、可搬型燃料貯蔵プール温度計、可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ、可搬型空冷ユニット及び放射線計測設備の燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失の対処に必要な放射線計測設備の可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計に必要な容量は約 99kVA であり、対象負荷の起動時を考慮すると約 150kVA の給電が必要である。

第 11. 1. 1－ 1 表 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故 1）」の対策の手順と重大事故等対処施設

| 項 番 | 判断及び操作 | 手順 | 重大事故等対処施設 | | |
|--------|-----------------------|---|--|---|-----------------|
| | | | 常設重大事故等 対処設備 | 可搬型重大事故等 対処設備 | 計装設備 放射線計測設備 |
| a. | 燃料損傷防止 対策の実施判 断 | 燃料貯蔵プール等のプール水冷却系又は安全冷却 水系の冷却機能若しくは補給水設備の注水機能が喪 失した場合、燃料損傷防止対策の実施を判断する。 | — | — | — |
| b. | 建屋外の水供 給経路の構築 | 燃料貯蔵プール等へ水を供給するために、可搬型 中型移送ポンプを設置し、可搬型建屋外ホース及び 可搬型中型移送ポンプを接続し、貯水槽から燃料貯 蔵プール等へ水を供給するための経路を構築する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・貯水槽 ・軽油貯蔵タンク | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型建屋内ホース ・可搬型中型移送ポン プ ・可搬型建屋外ホース ・中型移送ポンプ運搬 車 ・ホース展張車 ・運搬車 ・軽油用タンクローリ | — |

(つづき)

| 項 番 | 判断及び操作 | 手順 | 重大事故等対処施設 | | |
|--------|-----------------|---|---|--|--|
| | | | 常設重大事故等 対処設備 | 可搬型重大事故等 対処設備 | 計装設備 放射線計測設備 |
| c. | 燃料損傷防止 対策の準備 | <p>燃料貯蔵プール等の状態監視のため、監視設備及び可搬型発電機を準備する。監視設備を設置するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態について携行型の監視設備にて実施組織要員による監視を行う。</p> <p>また、可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型建屋外ホースへ可搬型代替注水設備流量計を設置する。可搬型建屋外の水供給経路の構築が完了した後、可搬型建屋外ホース及び可搬型建屋内ホースを接続する。</p> <p>なお、水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視が継続できるよう、空冷設備を設置する。</p> | <ul style="list-style-type: none"> 貯水槽 | <ul style="list-style-type: none"> 可搬型中型移送ポンプ 可搬型建屋外ホース 可搬型建屋内ホース 可搬型発電機 | <ul style="list-style-type: none"> 可搬型燃料貯蔵プール水位計 可搬型燃料貯蔵プール温度計 可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ 可搬型水位計（超音波式） 可搬型水位計（メジャー） ガンマ線用サーベイメータ 可搬型代替注水設備流量計 可搬型空冷ユニット 可搬型空冷ユニット用ホース 可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ用冷却ケース 可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計用冷却ケース 可搬型空冷ユニット空気圧縮機 |

(つづき)

| 項番 | 判断及び操作 | 手順 | 重大事故等対処施設 | | |
|----|---------------------------------|---|--|---|---|
| | | | 常設重大事故等 対処設備 | 可搬型重大事故等 対処設備 | 計装設備 放射線計測設備 |
| d. | 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の実施判断 | 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水準備が完了後，燃料貯蔵プール等への注水の実施を判断し，以下のe.へ移行する。 | — | — | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型水位計（超音波式） ・可搬型水位計（メジャー） |
| e. | 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の実施 | <p>搬型中型移送ポンプにより貯水槽から燃料貯蔵プール等へ注水する。注水流量は，可搬型代替注水設備流量計にて確認する。燃料貯蔵プール等の水位は通常水位を目安に注水し，通常水位到達後は，可搬型中型移送ポンプの間欠運転又は流量調整により通常水位を目安に水位を確保する。</p> <p>代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水に必要な監視項目は，注水流量及び燃料貯蔵プール等の水位である。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・貯水槽 | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型中型移送ポンプ ・可搬型建屋外ホース ・可搬型建屋内ホース | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型水位計（超音波式） ・可搬型水位計（メジャー） ・可搬型代替注水設備流量計 |

(つづき)

| 項 番 | 判断及び操作 | 手順 | 重大事故等対処施設 | | |
|--------|---------------------------------|--|-----------------|------------------|--|
| | | | 常設重大事故等 対処設備 | 可搬型重大事故等 対処設備 | 計装設備 放射線計測設備 |
| f. | 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の成功判断 | <p>燃料貯蔵プール等の水位を確認することにより、放射線の遮蔽が維持される水位が確保されていること、また、プール水の蒸発量 $10\text{m}^3/\text{h}$ 以上で注水され、通常水位が維持されていることを確認する。なお、放射線の遮蔽が維持される水位が確保されることにより、燃料有効長頂部は冠水する。</p> <p>代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の成功判断に必要な監視項目は、燃料貯蔵プール等の水位及び代替補給水設備（注水）による注水量である。</p> | — | — | <ul style="list-style-type: none"> ・ 可搬型水位計（超音波式） ・ 可搬型水位計（メジャー） ・ 可搬型代替注水設備流量計 |

(つづき)

| 項 番 | 判断及び操作 | 手順 | 重大事故等対処施設 | | |
|--------|-------------------------|---|-----------------|------------------|--|
| | | | 常設重大事故等 対処設備 | 可搬型重大事故等 対処設備 | 計装設備 放射線計測設備 |
| g. | 代替監視設備 及び空冷設備 の設置 | 代替監視設備の設置完了後、可搬型発電機を起動 して代替監視設備の起動状態を確認する。 また、空冷設備の設置完了後、可搬型空冷ユニッ ト空気圧縮機を起動して空冷設備の起動状態を確認 する。 | — | ・可搬型発電機 | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型燃料貯蔵プール水位計 ・可搬型燃料貯蔵プール温度計 ・可搬型燃料貯蔵プール状態監 視カメラ ・可搬型空冷ユニット ・可搬型空冷ユニット用ホース ・可搬型燃料貯蔵プール状態監 視カメラ用冷却ケース ・可搬型燃料貯蔵プール空間線 量率計用冷却ケース ・可搬型空冷ユニット空気圧縮 機 |

第11.1.1-2表 使用済燃料貯蔵槽の冷却等の対処において使用する設備

| 機器グループ | 設備 | | 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための措置 | | | | |
|-------------------------------|-------------|-------------------------|--------------------|-----------|---------------|----------------|---------------|
| | | | 燃料貯蔵プール等への注水 | 漏えい抑制 | 燃料貯蔵プール等の臨界防止 | 燃料貯蔵プール等の放射線監視 | 燃料貯蔵プール等の計測監視 |
| | 設備名称 | 構成する機器 | 重大事故等対処設備 | 重大事故等対処設備 | 重大事故等対処設備 | 重大事故等対処設備 | 重大事故等対処設備 |
| 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 使用済燃料貯蔵槽の冷却等 | 代替補給水設備(注水) | 貯水槽 | ○ | × | × | × | × |
| | | 可搬型中型移送ポンプ | ○ | × | × | × | × |
| | | 可搬型建屋外ホース[流路] | ○ | × | × | × | × |
| | | 可搬型建屋内ホース[流路] | ○ | × | × | × | × |
| | | 中型移送ポンプ運搬車 | ○ | × | × | × | × |
| | | ホース展張車 | ○ | × | × | × | × |
| | | 運搬車 | ○ | × | × | ○ | ○ |
| | | 軽油貯蔵タンク | ○ | × | × | ○ | ○ |
| | | 軽油用タンクローリ | ○ | × | × | ○ | ○ |
| | | 代替プール水冷却系 | サイフォン ブレーカ孔 | × | ○ | × | × |
| | 燃料受入れ設備 | 燃料仮置きラック | × | × | ○ | × | × |
| | | 燃料貯蔵設備 | 燃料貯蔵ラック | × | × | ○ | × |
| | 代替電源設備 | 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設可搬型発電機 | × | × | × | ○ | ○ |
| | | 代替放射線監視設備 | 可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計 | × | × | × | ○ |
| | 代替計測制御設備 | | ガンマ線用サーバイメータ | × | × | × | ○ |
| | | 可搬型燃料貯蔵プール水位計 | × | × | × | × | ○ |
| | | 可搬型燃料貯蔵プール温度計 | × | × | × | × | ○ |
| | | 可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ | × | × | × | × | ○ |
| | | 可搬型空冷ユニット | × | × | × | × | ○ |
| | | 可搬型空冷ユニット用ホース | × | × | × | × | ○ |
| | | 可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ用冷却ケース | × | × | × | × | ○ |
| | | 可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計用冷却ケース | × | × | × | × | ○ |
| | | 可搬型空冷ユニット空気圧縮機 | × | × | × | × | ○ |

第 11.1.2-1 表 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故 1）」に係る主要評価条件

| 項 目 | | 主要評価条件 | 条件設定の考え方 |
|------------------|------------------------------|---|---|
| 初期条件 | 崩壊熱量 | 燃料貯蔵プール（PWR 燃料用） 約 2,450 kW 燃料貯蔵プール全体 約 5,420 kW | 沸騰時間算出においては、最も崩壊熱量が大きくなる燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）を設定した。また、蒸発量算出においては、燃料貯蔵プール全体に冷却期間 12 年の燃料が 2,400 t・U _{PR} 及び冷却期間 4 年の燃料が 600 t・U _{PR} 貯蔵された状態での崩壊熱量を設定した。 |
| | 燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）の初期水温 | 65℃ | プール水冷却系 1 系列運転時の設計最高温度となる水温を設定した。 |
| | 燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）の初期水位 | 通常水位-0.05m | 水位低警報レベルである通常水位-0.05mを初期水位に設定した。 |
| | 燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）の保有水量 | 約 2,453m ³ | 保有水量を厳しく見積もるため、使用済燃料やラックの体積を除くとともに、燃料貯蔵プール等で、万一、水の漏えいが発生した場合に、他の健全なプール、ピットと隔離して保守を行うことができるように設置しているピットゲート及びプールゲートは、閉めた状態を考慮した保有水量を設定した。 |
| 事故条件 | 安全機能の喪失に対する仮定 | 燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能の喪失 | 非常用ディーゼル発電機の機能喪失により、燃料貯蔵プールの冷却機能及び注水機能が喪失するものとした。 |
| | 外部電源 | 外部電源なし | 設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「火山」を条件としたとしていることから、外部電源なしを想定した。 |
| 関連する重大事故等対策に機器条件 | 使用済燃料の崩壊熱による蒸発量 | 約 10m ³ /h | プール水温 100℃における、使用済燃料の崩壊熱による蒸発速度を設定した。 |
| | 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水流量 | 約 160m ³ /h | 1 台当たり 240m ³ /h の容量を有し、想定事故 1 において燃料貯蔵プール等への注水に 1 台を使用し、燃料貯蔵プール等の水位を維持するために必要な水量として、燃料貯蔵プール等からの蒸発量である約 10m ³ /h を上回る、最大約 160m ³ /h を設定した。 |
| 関連する重大事故等対策に操作条件 | 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水開始 | 事象発生から 21 時間 30 分後 | 燃料貯蔵プール等が沸騰する前までに注水操作を実施するものとして、事象発生の確認、移動に必要な時間を考慮して設定した。 |

第 11.2.1-1 表 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故 2）」の対策の手順と重大事故等対処施設

| 項 番 | 判断及び操作 | 手順 | 重大事故等対処施設 | | |
|--------|-----------------------|---|--|--|-----------------|
| | | | 常設重大事故等 対処設備 | 可搬型重大事故等 対処設備 | 計装設備 放射線計測設備 |
| a. | 燃料損傷防止 対策の実施判 断 | <p>燃料貯蔵プール等に接続するプール水冷却系の配管の破損によるサイフォン効果及びスロッシングにより燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいの発生により水位が低下し、プール水冷却系及び安全冷却水系の冷却機能並びに補給水設備注水機能が喪失した場合、燃料損傷防止対策の実施を判断する。</p> <p>燃料貯蔵プール等の小規模な漏えい並びに冷却機能及び注水機能の喪失を確認するための計装設備は、燃料貯蔵プール水位、燃料貯蔵プール水温度等である。</p> | — | — | — |
| b. | 建屋外の水供 給経路の構築 | <p>燃料貯蔵プール等へ水を供給するために、可搬型中型移送ポンプを設置し、可搬型建屋外ホース及び可搬型中型移送ポンプを接続し、貯水槽から燃料貯蔵プール等へ水を供給するための経路を構築する。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・貯水槽 ・軽油貯蔵タンク | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型建屋内ホース ・可搬型中型移送ポンプ ・可搬型建屋外ホース ・可搬型中型移送ポンプ運搬車 ・ホース展張車 ・運搬車 ・軽油用タンクローリ | — |

(つづき)

| 項番 | 判断及び操作 | 手順 | 重大事故等対処施設 | | |
|----|-----------------|---|--|---|--|
| | | | 常設重大事故等 対処設備 | 可搬型重大事故等 対処設備 | 計装設備 放射線計測設備 |
| c. | 燃料損傷防止 対策の準備 | <p>燃料貯蔵プール等の状態監視のため、監視設備を準備する。監視設備を設置するまでの間、燃料貯蔵プール等の状態について携行型の監視設備にて実施組織要員による監視を行う。</p> <p>また、可搬型建屋内ホースを敷設し、可搬型建屋内ホースへ可搬型代替注水設備流量計を設置する。可搬型建屋外の水供給経路の構築が完了した後、可搬型建屋外ホース及び可搬型建屋内ホースを接続する。</p> <p>なお、水温上昇に伴い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋内の温度が上昇した場合においても、線量率の測定及び燃料貯蔵プール等の状態監視が継続できるよう、空冷設備を設置する。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・貯水槽 | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型中型移送ポンプ ・可搬型建屋外ホース ・可搬型建屋内ホース | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型燃料貯蔵プール水位計 ・可搬型燃料貯蔵プール温度計 ・可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ ・可搬型水位計（超音波式） ・可搬型水位計（メジャー） ・ガンマ線用サーベイメータ ・可搬型代替注水設備流量計 ・可搬型空冷ユニット ・可搬型空冷ユニット用ホース ・可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ用冷却ケース ・可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計用冷却ケース ・可搬型空冷ユニット空気圧縮機 |

(つづき)

| 項番 | 判断及び操作 | 手順 | 重大事故等対処施設 | | |
|----|-------------------------------|---|--|---|---|
| | | | 常設重大事故等 対処設備 | 可搬型重大事故等 対処設備 | 計装設備 放射線計測設備 |
| d. | 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の実施 | <p>可搬型中型移送ポンプにより貯水槽から燃料貯蔵プール等へ注水する。注水流量は、可搬型代替注水設備流量計にて確認する。燃料貯蔵プール等の水位は、以下の水位を目安に注水を実施する。</p> <p>スロッシングによる小規模漏えいを想定した場合、通常水位を目安に注水し、水位を回復し維持する。</p> <p>プール水冷却系配管の吸込み側の破損による小規模漏えいを想定した場合、配管が接続する越流せき以上の水位を確保することができないことから、越流せき上端である通常水位－0.40mを目安に注水し、水位を回復し維持する。</p> <p>プール水冷却系配管の吐出し側の破損を想定した場合、サイフォン効果による小規模漏えいが発生し、プール水の漏えいはサイフォンブレーカ位置において停止する。その後、水位は通常水位まで回復できることから、通常水位を目安に注水し、水位を回復し維持する。</p> <p>目安とする水位への到達後は、可搬型中型移送ポンプの間欠運転又は流量調整により通常水位を目安</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・貯水槽 | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型中型移送ポンプ ・可搬型建屋外ホース ・可搬型建屋内ホース | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型水位計（超音波式） ・可搬型水位計（メジャー） ・可搬型代替注水設備流量計 |

(つづき)

| 項 番 | 判断及び操作 | 手順 | 重大事故等対処施設 | | |
|--------|---------------------------------|--|-----------------|------------------|---|
| | | | 常設重大事故等 対処設備 | 可搬型重大事故等 対処設備 | 計装設備 放射線計測設備 |
| | | <p>に水位を確保する。</p> <p>代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水に必要な監視項目は、注水流量及び燃料貯蔵プール等水位である。</p> | | | |
| e. | 代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の成功判断 | <p>燃料貯蔵プール等の水位が、目安とする水位を維持することにより、放射線の遮蔽が維持される水位が確保される。なお、放射線の遮蔽が維持される水位が確保されることにより、燃料有効長頂部は冠水する。</p> <p>代替補給水設備（注水）による燃料貯蔵プール等への注水の成功判断に必要な監視項目は、燃料貯蔵プール等の水位及び代替補給水設備（注水）による注水量である。</p> | — | — | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型水位計（超音波式） ・可搬型水位計（メジャー） ・可搬型代替注水設備流量計 |

(つづき)

| 項 番 | 判断及び操作 | 手順 | 重大事故等対処施設 | | |
|--------|-------------------------|---|-----------------|------------------|--|
| | | | 常設重大事故等 対処設備 | 可搬型重大事故等 対処設備 | 計装設備 放射線計測設備 |
| f. | 代替監視設備 及び空冷設備 の設置 | 代替監視設備の設置完了後、可搬型発電機を起動して代替監視設備の起動状態を確認する。 また、空冷設備の設置完了後、可搬型空冷ユニット空気圧縮機を起動して空冷設備の起動状態を確認する。 | — | ・可搬型発電機 | <ul style="list-style-type: none"> ・可搬型燃料貯蔵プール水位計 ・可搬型燃料貯蔵プール温度計 ・可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ ・可搬型空冷ユニット ・可搬型空冷ユニット用ホース ・可搬型燃料貯蔵プール状態監視カメラ用冷却ケース ・可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計用冷却ケース ・可搬型空冷ユニット空気圧縮機 |

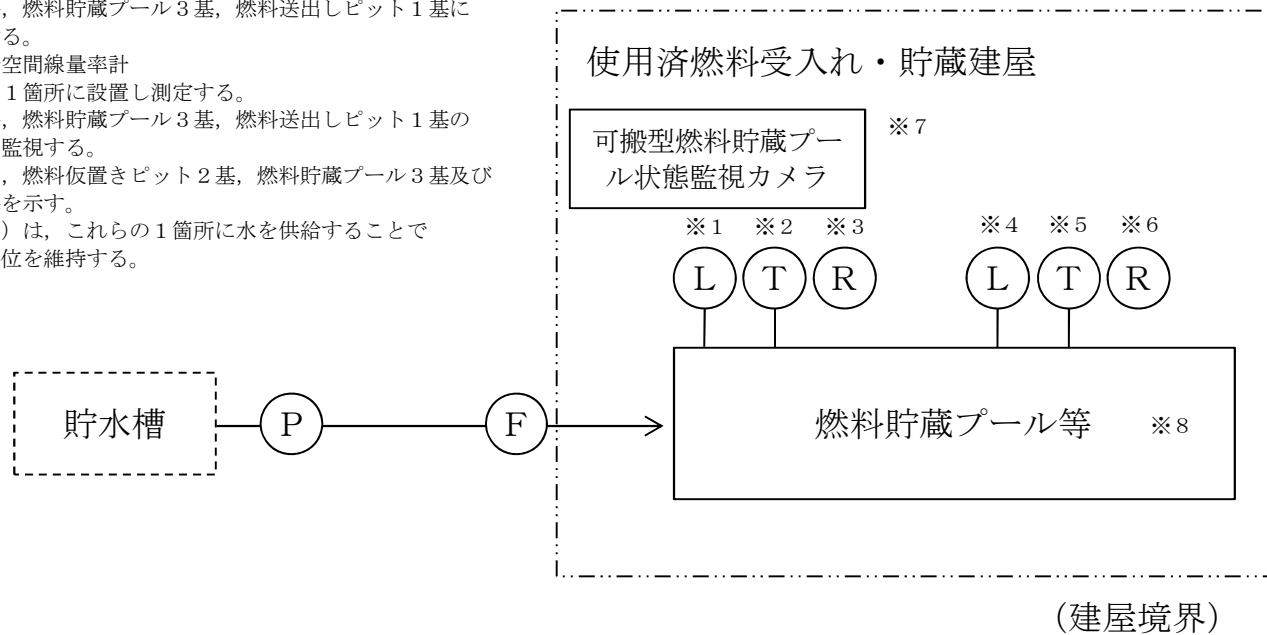
第 11.2.2-1 表 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故 2）」に係る主要評価条件（1 / 2）

| 項目 | | 主要評価条件 | 条件設定の考え方 |
|----------------------|--------------------------|---|---|
| 初期条件 | 崩壊熱量 | 燃料貯蔵プール（PWR 燃料用） 約 2,450 kW 燃料貯蔵プール全体 約 5,420 kW | 沸騰時間算出においては、最も崩壊熱量が大きくなる燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）を設定した。また、蒸発量算出においては、燃料貯蔵プール全体に冷却期間 12 年の燃料が $2,400 \text{ t} \cdot U_{Pr}$ 及び冷却期間 4 年の燃料が $600 \text{ t} \cdot U_{Pr}$ 貯蔵された状態での崩壊熱量を設定した。 |
| | 燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）の初期水温 | 65℃ | プール水冷却系 1 系列運転時の設計最高温度となる水温を設定した。 |
| | 燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）の初期水位 | 通常水位 - 0.05m | 水位低警報レベルである通常水位 - 0.05m を初期水位に設定した。 |
| 事故条件 | 配管破損の想定 | プール水冷却系配管の破損 | プール水冷却系配管は、基準地震動の 1.2 倍の地震動を入力した場合においても必要な機能を損なわない設計としていないことから、設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」によりプール水冷却系配管の破損を想定する。 |
| | 燃料貯蔵プール等の小規模な漏えいで想定される水位 | 通常水位 - 0.45m (配管破断によるサイフォン効果による水位低下後の水位) | プール水冷却系配管に逆流防止のため設置されている逆止弁については、異物の噛みこみにより開固着し、逆止弁の機能が十分に働かない状態を仮定する。サイフォン効果による燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいにおいて、サイフォン ブレーカにより水位低下が停止した後の水位を設定した。なお、この水位まで瞬時に低下するものとする。 |
| | | 通常水位 - 0.60m (スロッシングによる水位低下後の水位) | 「地震」によるスロッシングにより、燃料貯蔵プール等の水の小規模な漏えいが発生した場合において、スロッシング収束後の水位を設定した。 |
| | 安全機能の喪失に対する仮定 | 燃料貯蔵プール等冷却機能及び注水機能の機能喪失 | 基準地震動の 1.2 倍の地震動を入力した場合においても必要な機能を損なわない設計とした設備以外の設備は全て機能喪失することから、燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能が機能喪失するものとした。 |
| 外部電源 | 外部電源なし | 設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件としたとしていることから、外部電源なしを想定した。 | |
| 重大事故等対策に 関連する機器条件 | 使用済燃料の崩壊熱による蒸発量 | 約 $10 \text{ m}^3 / \text{h}$ | プール水温 100℃における、使用済燃料の崩壊熱による蒸発速度を設定した。 |
| | 代替注水設備等による燃料貯蔵プール等への注水流量 | 約 $160 \text{ m}^3 / \text{h}$ | 1 台当たり $240 \text{ m}^3 / \text{h}$ の容量を有し、想定事故 2 において燃料貯蔵プール等への注水に 1 台を使用し、燃料貯蔵プール等の水位を維持するために必要な水量として、燃料貯蔵プール等からの蒸発量である約 $10 \text{ m}^3 / \text{h}$ を上回る、最大約 $160 \text{ m}^3 / \text{h}$ を設定した。 |

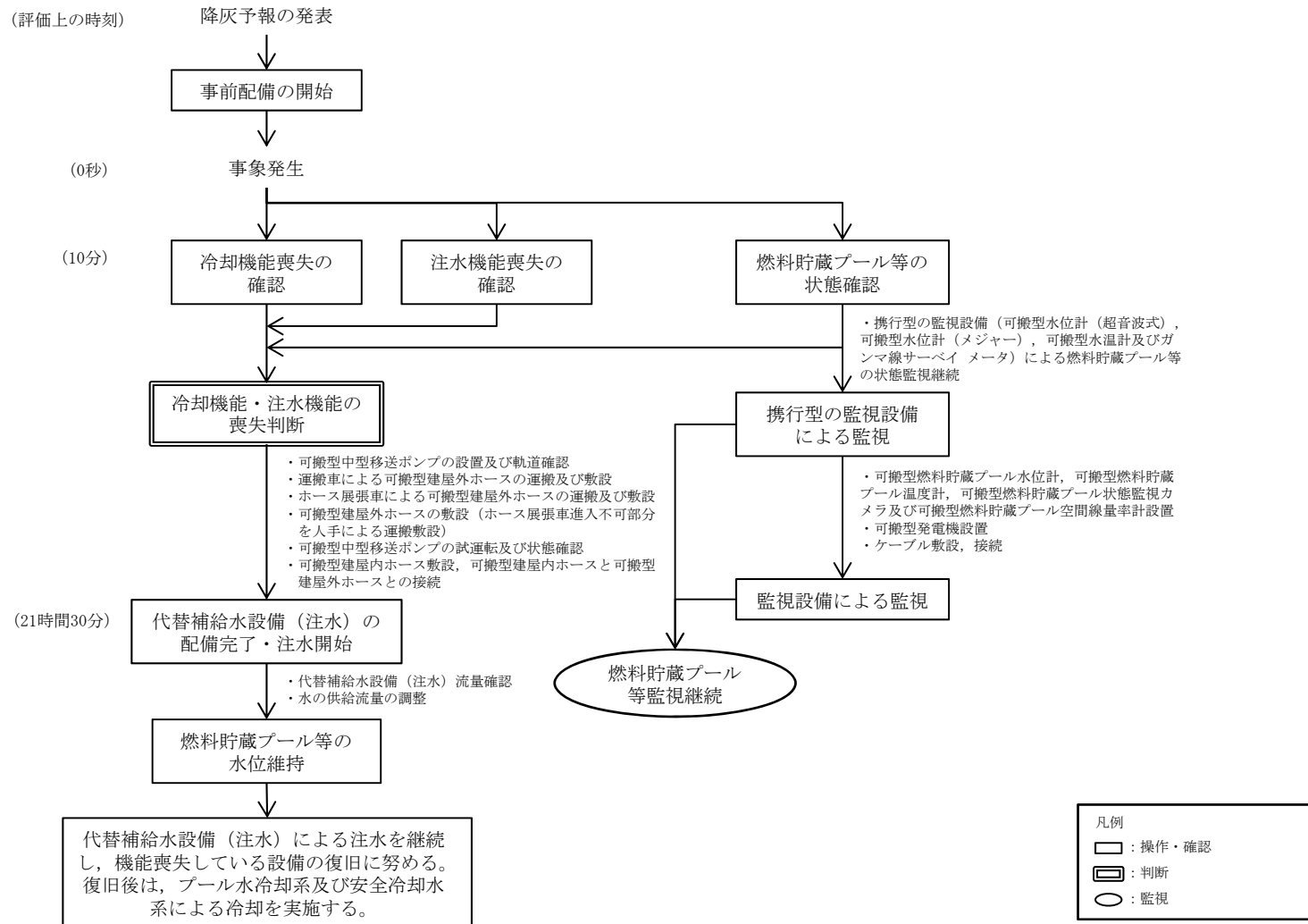
第 11.2.2-1 表 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故 2）」に係る主要評価条件（2 / 2）

| 項目 | 主要評価条件 | 条件設定の考え方 |
|--|--------------------------------------|-----------------------|
| 重大事故等 関連する操作 対策に 条件 | 代替補給水設備（注水） による燃料貯蔵プール等への 注水開始 | 事象発生から 21 時間 30 分後 |
| 燃料貯蔵プール等が沸騰する前までに注水操作を実施するものとして、事象発生の確認、移動に必要な時間を考慮して設定した。 | | |

- ※1：可搬型水位計（超音波式）又は可搬型水位計（メジャー）
1台を燃料仮置きピット2基，燃料貯蔵プール3基，燃料送出しピット1基に運搬し測定する。
- ※2：可搬型水温計
1台を燃料仮置きピット2基，燃料貯蔵プール3基，燃料送出しピット1基に運搬し測定する。
- ※3：ガンマ線用サーベイメータ
1台を燃料仮置きピット2基，燃料貯蔵プール3基，燃料送出しピット1基の近傍に運搬し測定する。
- ※4：可搬型燃料貯蔵プール水位計
燃料仮置きピット2基，燃料貯蔵プール3基，燃料送出しピット1基の1箇所に設置し測定する。
- ※5：可搬型燃料貯蔵プール温度計
燃料仮置きピット2基，燃料貯蔵プール3基，燃料送出しピット1基にそれぞれ設置し測定する。
- ※6：可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計
燃料貯蔵プール近傍の1箇所に設置し測定する。
- ※7：燃料仮置きピット2基，燃料貯蔵プール3基，燃料送出しピット1基の近傍にそれぞれ設置し監視する。
- ※8：燃料貯蔵プール等とは，燃料仮置きピット2基，燃料貯蔵プール3基及び燃料送出しピット1基を示す。
代替補給水設備（注水）は，これらの1箇所に水を供給することで燃料貯蔵プール等の水位を維持する。



第11-1図 燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失に対処するための設備の系統概要図（代替補給水設備（注水））



第11.1.1-1 図 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失」の対処手順の概要（想定事故1）

| 作業名 | 作業班 | 要員数 | 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 | |
|------------------------------|---------------------------|-----|--------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | | | ・設備運搬(移動含む)(可搬型代替注水設備、可搬型監視設備) | AB5班、AB6班 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・設備運搬(移動含む)(可搬型監視設備、可搬型発電機) | AB7班、AB8班 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・設備運搬(可搬型空冷ユニット等) | AB5班、AB6班 AB7班、AB8班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・ホース敷設 建屋内外ホース接続 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・注水開始・流量確認 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬型発電機起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬空冷ユニット起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・現場状態監視 | F1班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・現場状態監視 | F2班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

・他作業場所にて、対策を実施

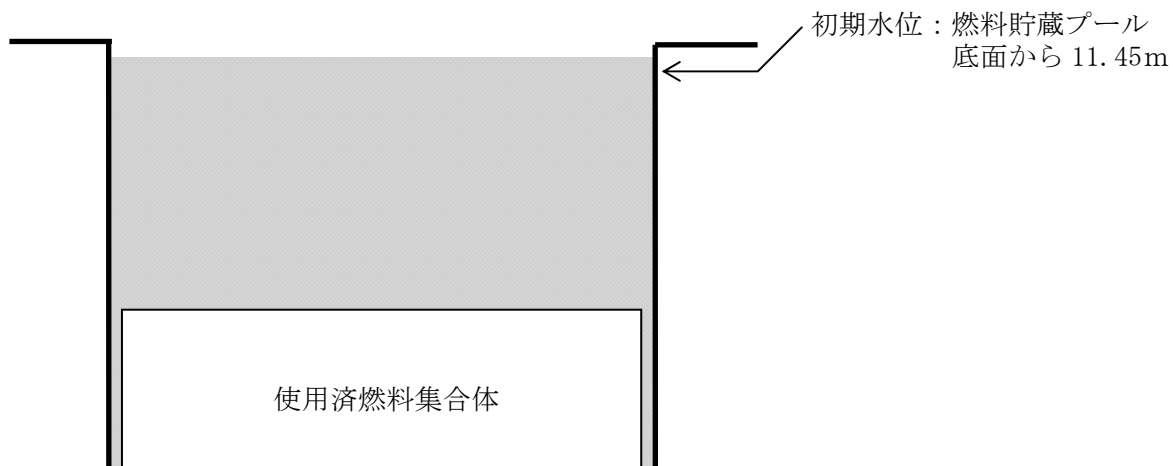
第11.1.1-2 図 燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処（想定事故1）に係る作業と所要時間（1/3）

| | 作業名 | 作業班 | 要員数 | 24:00 | 25:00 | 26:00 | 27:00 | 28:00 | 29:00 | 30:00 | 31:00 | 32:00 | 33:00 | 34:00 | 35:00 | 36:00 | 37:00 | 38:00 | 39:00 | 40:00 | 41:00 | 42:00 | 43:00 | 44:00 | 45:00 | 46:00 | 47:00 |
|---------------|--------------------------------|---------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 | ・設備運搬(移動含む)(可搬型代替注水設備、可搬型監視設備) | AB5班、AB6班 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・設備運搬(移動含む)(可搬型監視設備、可搬型発電機) | AB7班、AB8班 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・設備運搬(可搬型空冷ユニット等) | AB5班、AB6班 AB7班、AB8班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・ホース敷設 建屋内外ホース接続 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・注水開始・流量確認 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬型発電機起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬空冷ユニット起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・現場状態監視 | F1班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・現場状態監視 | F2班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

・他作業場所にて、対策を実施

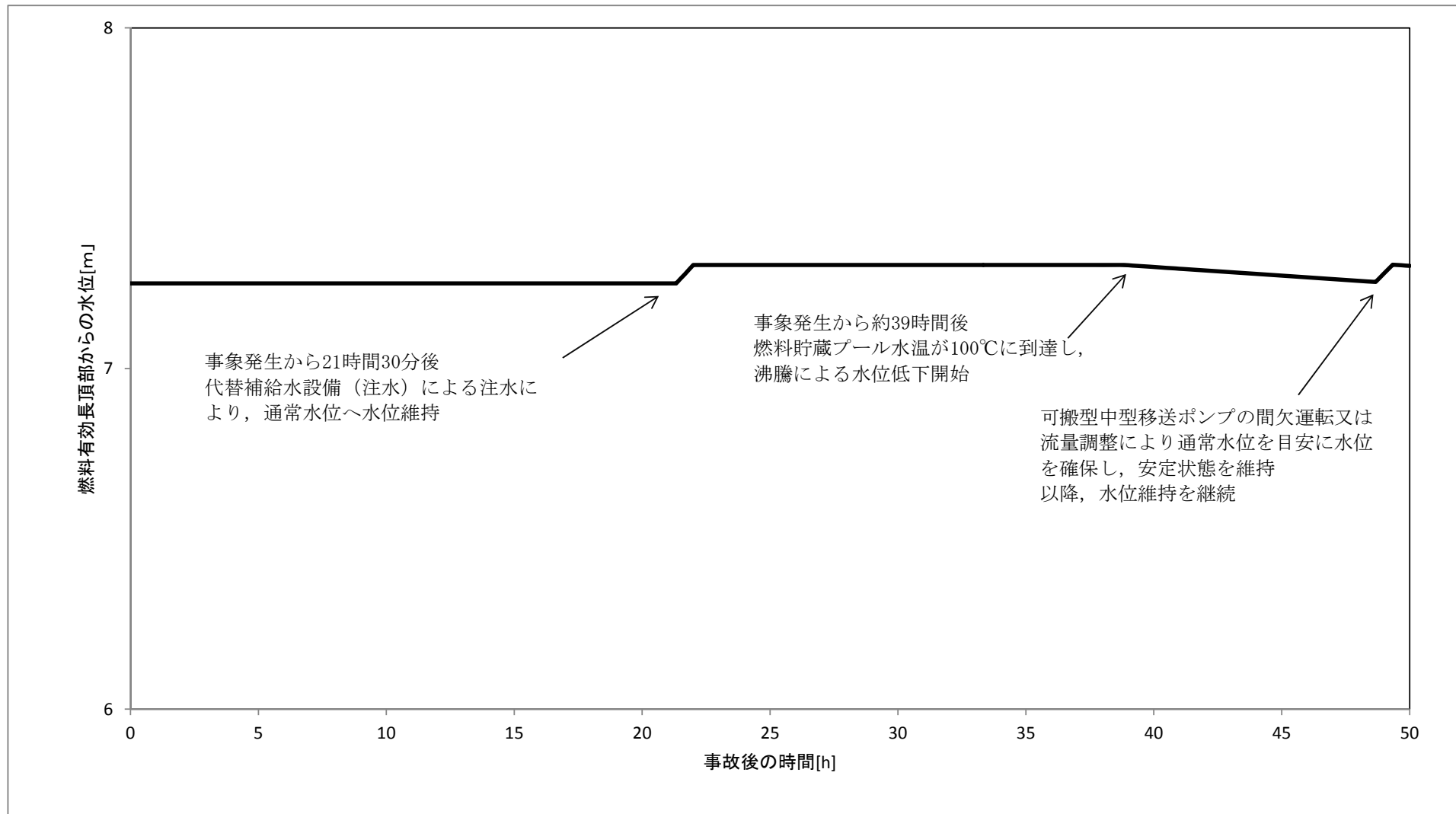
第11.1.1-2 図 燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処（想定事故1）に係る作業と所要時間（2/3）

| | 作業名 | 作業班 | 要員数 | 48:00 | 49:00 | 50:00 | 51:00 | 52:00 | 53:00 | 54:00 | 55:00 | 56:00 | 57:00 | 58:00 | 59:00 | 60:00 | 61:00 | 62:00 | 63:00 | 64:00 | 65:00 | 66:00 | 67:00 | 68:00 | 69:00 | 70:00 | 71:00 |
|---------------|--------------------------------|---------------------------|-----|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 | ・設備運搬(移動含む)(可搬型代替注水設備、可搬型監視設備) | AB5班、AB6班 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・設備運搬(移動含む)(可搬型監視設備、可搬型発電機) | AB7班、AB8班 | 4 | ・他作業場所にて、対策を実施 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・設備運搬(可搬型空冷ユニット等) | AB5班、AB6班 AB7班、AB8班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・ホース敷設 建屋内外ホース接続 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・注水開始・流量確認 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬型発電機起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬空冷ユニット起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・現場状態監視 | F1班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・現場状態監視 | F2班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

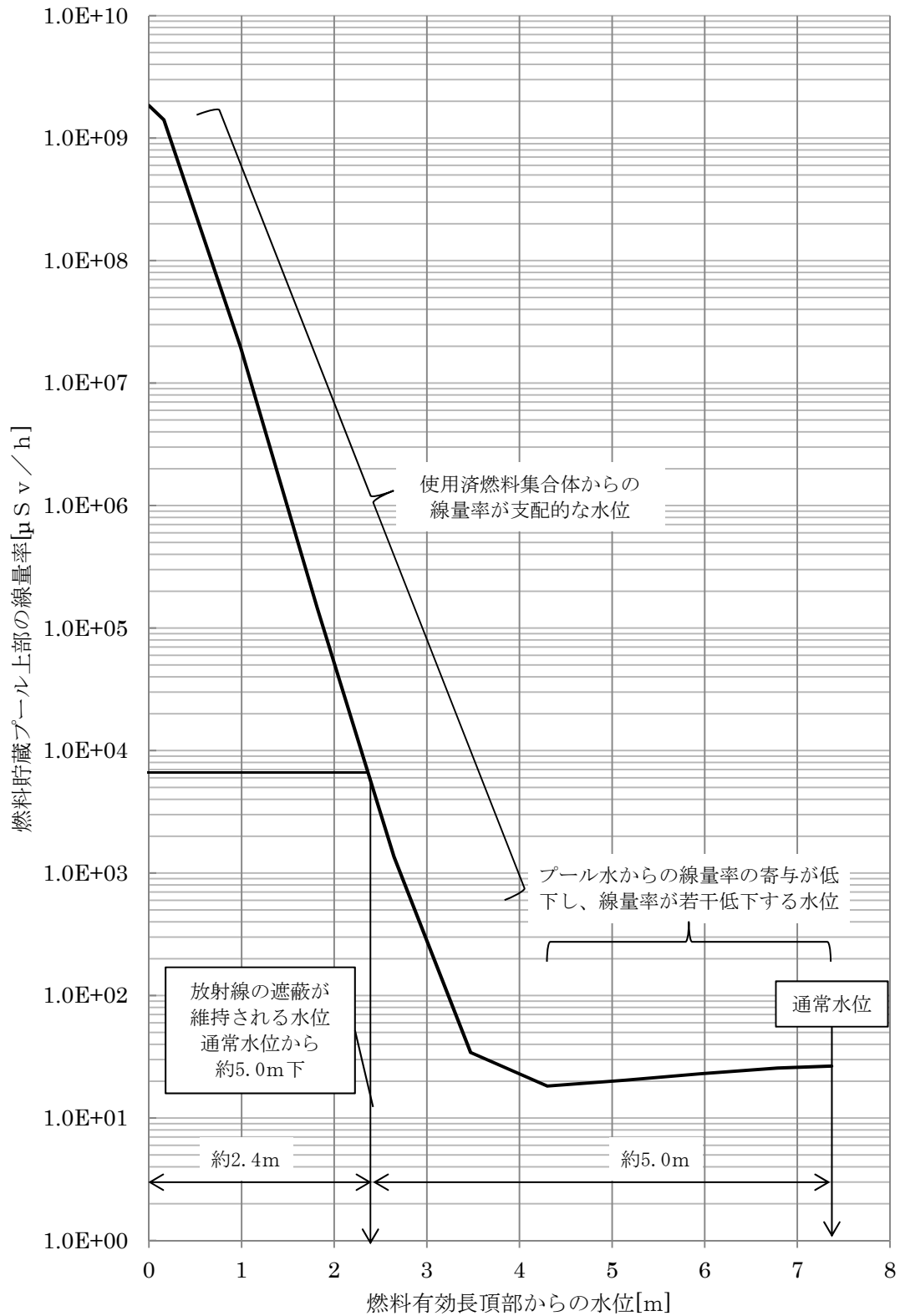


| | 評 価 結 果 |
|-------------|-----------------------|
| | 燃料貯蔵プール（PWR燃料用） |
| ① 沸騰へ寄与する水量 | 約 2,453m ³ |
| ② 崩壊熱量 | 約 2,450 kW |
| ③ 沸騰までの時間 | 約 39 時間 |

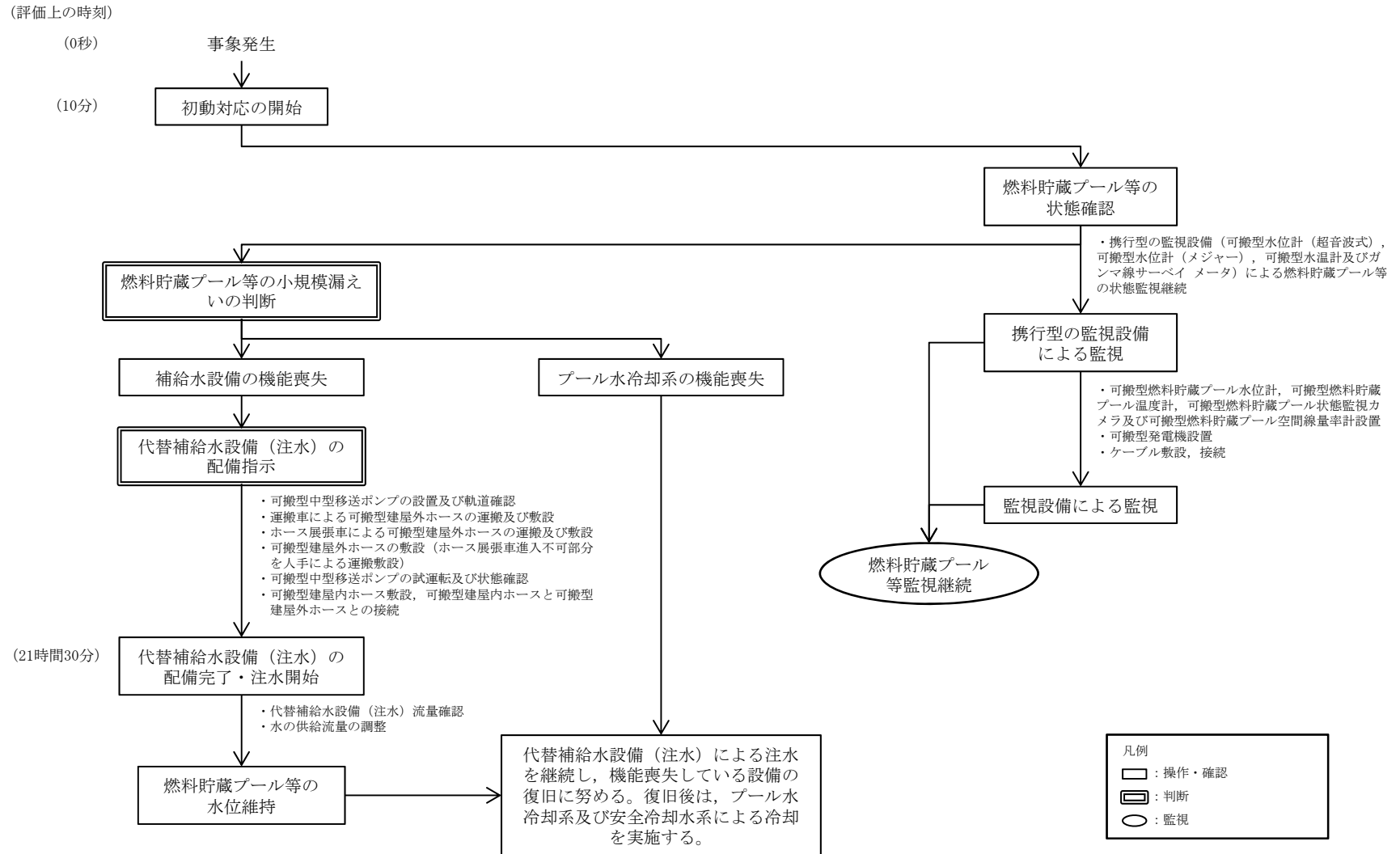
第 11.1.2-1 図 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故1）」における燃料貯蔵プール等の沸騰時間評価結果



第11.1.2-2図 想定事故1における燃料貯蔵プール等水位の推移



第 11.1.2-3 図 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故1）」における燃料貯蔵プール等の水位と線量率



第11.2.1-1 図 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失」の対応手順の概要 (想定事故2)

| | 作業名 | 作業班 | 要員数 | 時間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------------------------|---------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 | ・設備運搬(移動含む)(可搬型代替注水設備、可搬型監視設備) | AB5班、AB6班 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・設備運搬(移動含む)(可搬型監視設備、可搬型発電機) | AB7班、AB8班 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・設備運搬(可搬型空冷ユニット等) | AB5班、AB6班 AB7班、AB8班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・ホース敷設 建屋内外ホース接続 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・注水開始・流量確認 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬型発電機起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・可搬空冷ユニット起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ・現場状態監視 | F1班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・現場状態監視 | F2班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

・他作業場所にて、対策を実施

第11.2.1-2 図 燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処（想定事故2）に係る作業と所要時間（1/3）

| 作業名 | 作業班 | 要員数 | 24:00 | 25:00 | 26:00 | 27:00 | 28:00 | 29:00 | 30:00 | 31:00 | 32:00 | 33:00 | 34:00 | 35:00 | 36:00 | 37:00 | 38:00 | 39:00 | 40:00 | 41:00 | 42:00 | 43:00 | 44:00 | 45:00 | 46:00 | 47:00 |
|------------------------------|---------------------------|-----|--------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | ・設備運搬(移動含む)(可搬型代替注水設備、可搬型監視設備) | AB5班、AB6班 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・設備運搬(移動含む)(可搬型監視設備、可搬型発電機) | AB7班、AB8班 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・設備運搬(可搬型空冷ユニット等) | AB5班、AB6班 AB7班、AB8班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・ホース敷設 建屋内外ホース接続 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・注水開始・流量確認 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬型発電機起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬空冷ユニット起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・現場状態監視 | F1班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・現場状態監視 | F2班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

・他作業場所にて、対策を実施

第11.2.1-2 図 燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処（想定事故2）に係る作業と所要時間（2/3）

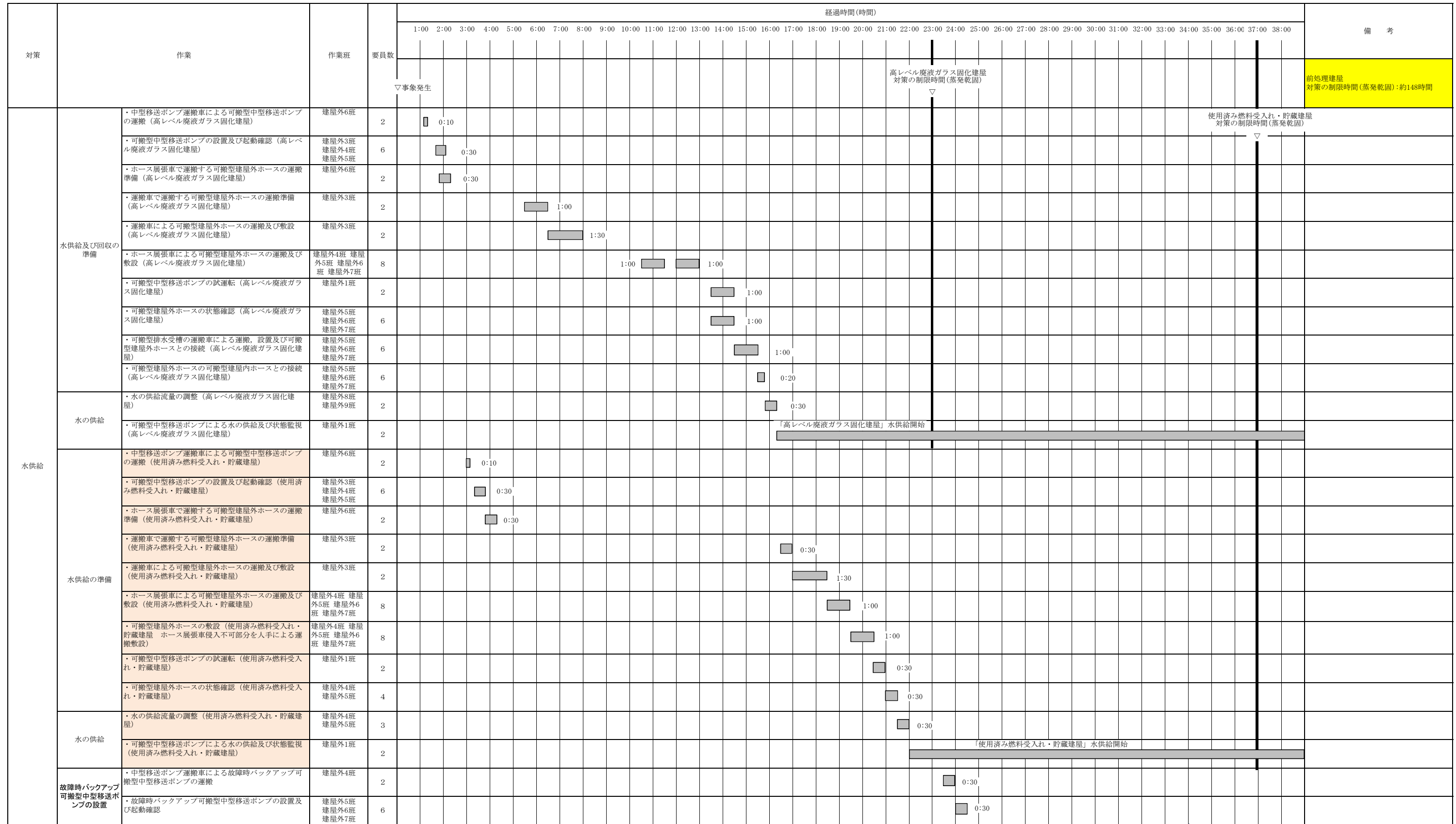
| 作業名 | 作業班 | 要員数 | 48:00 | 49:00 | 50:00 | 51:00 | 52:00 | 53:00 | 54:00 | 55:00 | 56:00 | 57:00 | 58:00 | 59:00 | 60:00 | 61:00 | 62:00 | 63:00 | 64:00 | 65:00 | 66:00 | 67:00 | 68:00 | 69:00 | 70:00 | 71:00 |
|------------------------------|---------------------------|-----|--------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | ・設備運搬(移動含む)(可搬型代替注水設備、可搬型監視設備) | AB5班、AB6班 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・設備運搬(移動含む)(可搬型監視設備、可搬型発電機) | AB7班、AB8班 | 4 | ・他作業場所にて、対策を実施 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・設備運搬(可搬型空冷ユニット等) | AB5班、AB6班 AB7班、AB8班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・ホース敷設 建屋内外ホース接続 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・注水開始・流量確認 | AB4班、AC11班 AC14班、AC15班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・監視設備配置 ケーブル敷設・接続 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬型発電機起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬型空冷ユニット設置 可搬型空冷ユニット用ホース敷設 | AC5班、AC6班 AC7班、AC10班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・可搬空冷ユニット起動 | AC1班、AC2班 AC3班、AC4班 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・現場状態監視 | F1班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ・現場状態監視 | F2班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

第11.2.1-2 図 燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失への対処（想定事故2）に係る作業と所要時間（3/3）

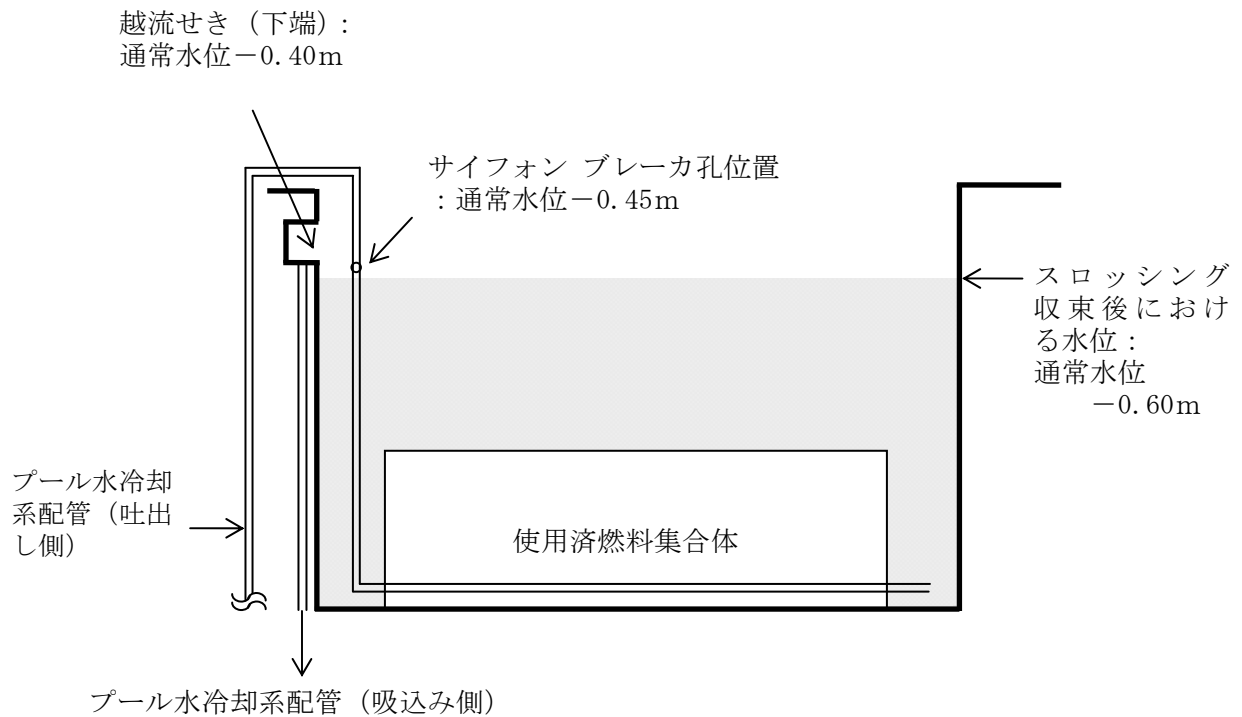
| 対策 | 作業 | 作業班 | 要員数 | 経過時間(時間) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 | | | | |
|-----|-------------------------------|--|----------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 | 24:00 | 25:00 | 26:00 | 27:00 | 28:00 | 29:00 | 30:00 | 31:00 | 32:00 | 33:00 | 34:00 | | 35:00 | 36:00 | 37:00 | 38:00 |
| | | | | ▽事象発生 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 水供給 | 第1貯水槽又は第2貯水槽から各建屋へのアクセスルートの整備 | ・第1貯水槽及び第2貯水槽から各建屋までのアクセスルート(北ルート)の確認 | 燃料給油班 | 2 | 0:35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 全建屋共通 | |
| | | ・第1貯水槽及び第2貯水槽から各建屋までのアクセスルート(南ルート)の確認 | 建屋外7班 | 2 | 0:35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・ホイール ロードの確認 | 建屋外1班 建屋外8班 | 3 | 0:10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・出動指示まで車両内の待機 | 建屋外1班 建屋外8班 | 3 | 0:20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・アクセスルートの整備(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外1班 建屋外8班 | 3 | 1:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・アクセスルートの整備(高レベル廃液ガラス固化建屋、及び前処理建屋及び使用済み燃料受入れ・貯蔵建屋) | 建屋外1班 建屋外8班 | 3 | | | 0:40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 対策 | 作業 | 作業班 | 要員数 | 経過時間(時間) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 備考 | | | | |
|-----|------------|--|----------------------------------|----------|------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 | 24:00 | 25:00 | 26:00 | 27:00 | 28:00 | 29:00 | 30:00 | 31:00 | 32:00 | 33:00 | 34:00 | | 35:00 | 36:00 | 37:00 | 38:00 |
| | | | | ▽事象発生 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 水供給 | 水供給及び回収の準備 | ・運搬車で運搬する可搬型建屋外ホース及び運搬車の確認 | 建屋外2班 | 2 | 0:10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 全建屋共通 | |
| | | ・運搬車で運搬する可搬型建屋外ホースの運搬準備(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外2班 | 2 | 0:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・運搬車による可搬型建屋外ホースの運搬及び敷設、アクセスルート整備の資機材運搬(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外2班 | 2 | 1:30 | | 2:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・第1貯水槽、第2貯水槽、可搬型中型移送ポンプ、可搬型建屋外ホース、可搬型排水受槽、中型移送ポンプ運搬車及びホース展開車の確認 | 建屋外3班 建屋外4班 建屋外5班 建屋外6班 | 8 | 0:20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・中型移送ポンプ運搬車による可搬型中型移送ポンプの運搬(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外3班 | 2 | 0:10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・可搬型中型移送ポンプの設置及び起動確認(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外3班 建屋外4班 建屋外5班 | 6 | 0:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・ホース展開車で運搬する可搬型建屋外ホースの運搬準備(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外6班 | 2 | 0:20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・ホース展開車による可搬型建屋外ホースの運搬及び敷設(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外4班 建屋外5班 建屋外6班 建屋外7班 | 8 | 1:00 | | 1:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・可搬型中型移送ポンプの試運転(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外4班 | 2 | 0:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・可搬型建屋外ホースの状態確認(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外5班 建屋外6班 建屋外7班 | 6 | 0:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・可搬型排水受槽の運搬車による搬送、設置及び可搬型建屋外ホースとの接続(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外5班 建屋外6班 建屋外7班 | 6 | 1:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・可搬型建屋外ホースと可搬型建屋内ホースとの接続(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外5班 建屋外6班 建屋外7班 | 6 | 0:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 水の供給 | ・水の供給流量の調整(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外1班 建屋外4班 | 4 | 1:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ・可搬型中型移送ポンプによる水の供給及び状態監視(分離建屋、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋) | 建屋外1班 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 「精製建屋」「分離建屋」「ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋」水供給開始 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

第11.2.1-3図 「水供給」の作業と所要時間

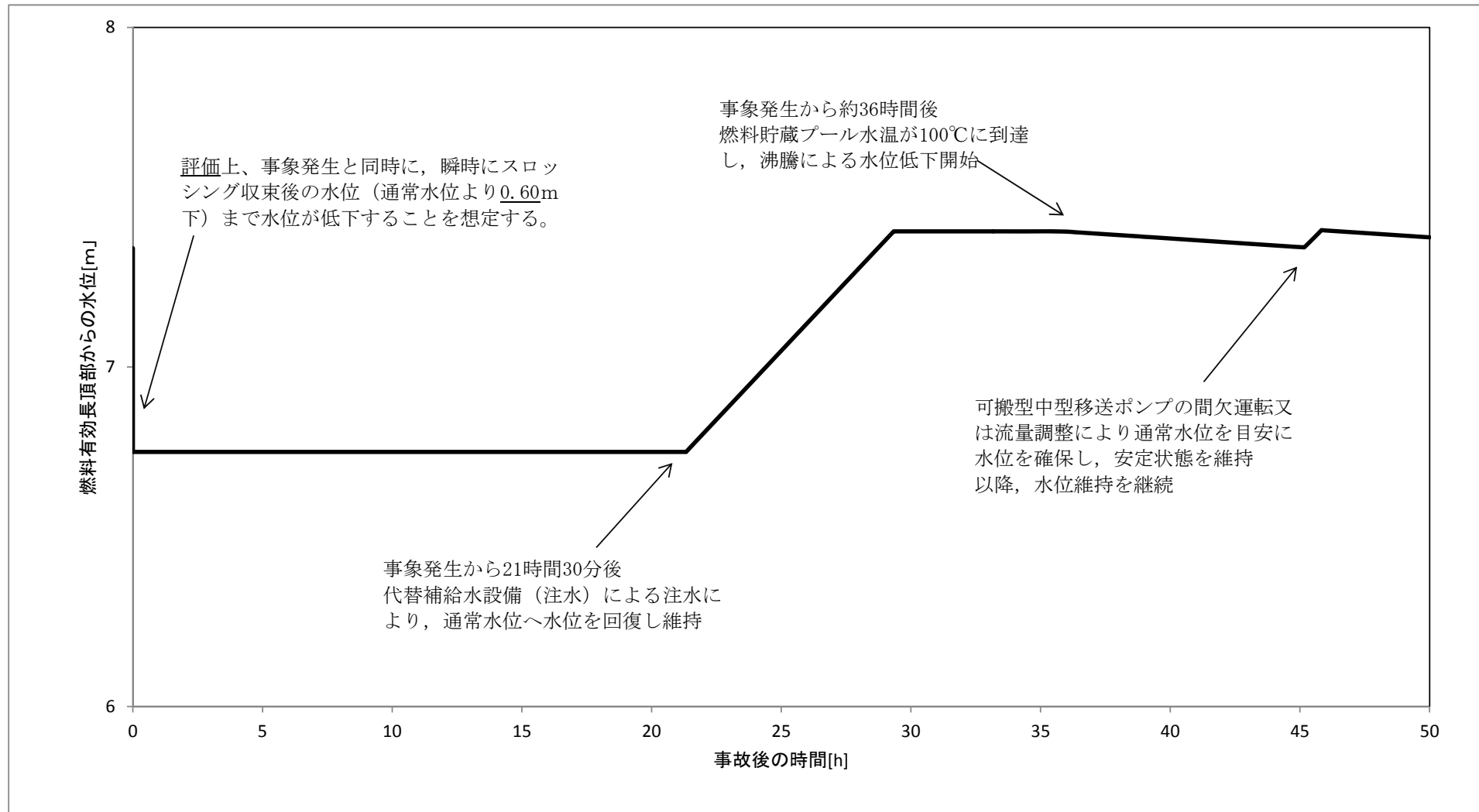


第11.2.1-3図 「水供給」の作業と所要時間

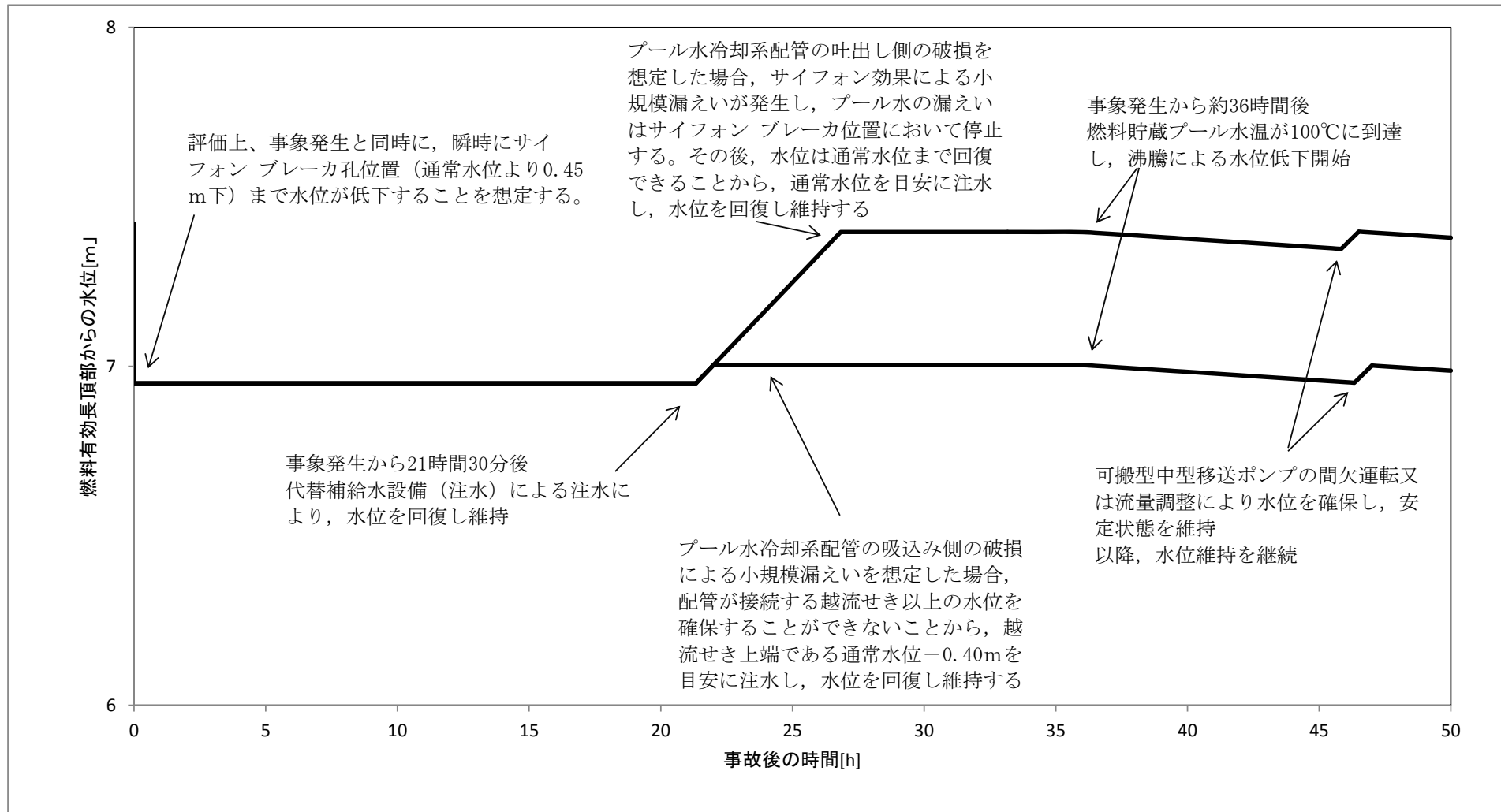


| | 評価結果 |
|-------------|-----------------------|
| | 燃料貯蔵プール（PWR燃料用） |
| ① 沸騰へ寄与する水量 | 約 2,289m ³ |
| ② 崩壊熱量 | 約 2,450 kW |
| ② 沸騰までの時間 | 約 36 時間 |

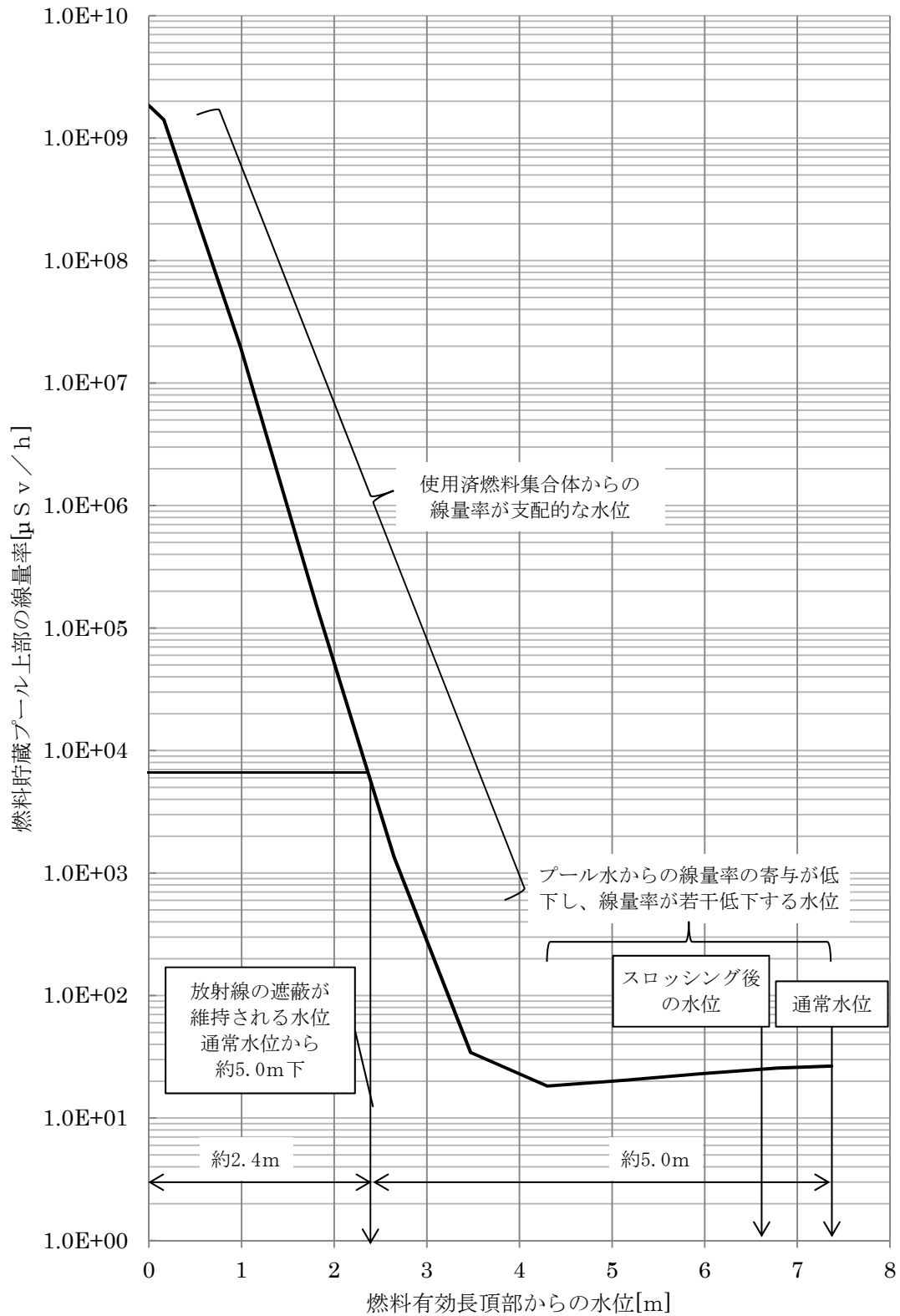
第 11.2.2-1 図 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故2）」における燃料貯蔵プール等の沸騰時間評価結果



第11.2.2-2図 想定事故2（スロッシング）における燃料貯蔵プール等水位の推移



第11.2.2-3図 想定事故2（配管漏えい）における燃料貯蔵プール等水位の推移



第 11.2.2-4 図 「燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失（想定事故2）」における燃料貯蔵プール等の水位と線量率

2 章 補足説明資料

再処理施設 補足説明資料リスト

第28条:重大事故等の拡大防止(11. 使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止に係る対処)

| 再処理施設 補足説明資料 | | 備考 |
|--------------|---|----|
| 資料No. | 名称 | |
| 補足説明資料11-1 | ゲートの設置状態を想定した場合の対処について | |
| 補足説明資料11-2 | ゲートの設置状態を考慮した場合の有効性評価への影響について | |
| 補足説明資料11-4 | 有効性評価における貯蔵容量の設定根拠について | |
| 補足説明資料11-5 | 重大事故等において考慮する燃料貯蔵プール等のスロッシング収束後の水位の算出について | |
| 補足説明資料11-6 | 速度ポテンシャル理論による溢水量の妥当性について | |
| 補足説明資料11-7 | 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋における線量評価について | |
| 補足説明資料11-8 | 燃料貯蔵プール等における沸騰時間の評価について | |
| 補足説明資料11-9 | 燃料貯蔵プール等の未臨界性評価 | |
| 補足説明資料11-10 | 燃料貯蔵プール等の監視について | |

補足説明資料 11－1

ゲートの設置状態を想定した場合の対処について

1. 燃料貯蔵プール等の配置およびゲートの運用について

燃料貯蔵プール等（燃料仮置きピット，燃料貯蔵プール及び燃料送出しピット）およびゲートの配置について，図1に示す。

燃料貯蔵プール等に存在するピットゲート及びプールゲート（以下「ゲート」という。）は，万が一プール水が漏えいした際，他の健全なプール，ピット等を隔離し補修することを目的に設置されている。このため，通常運転時にはゲートを設置することはないが，ゲートを設置した状態を想定した場合の対処について以下に示す。

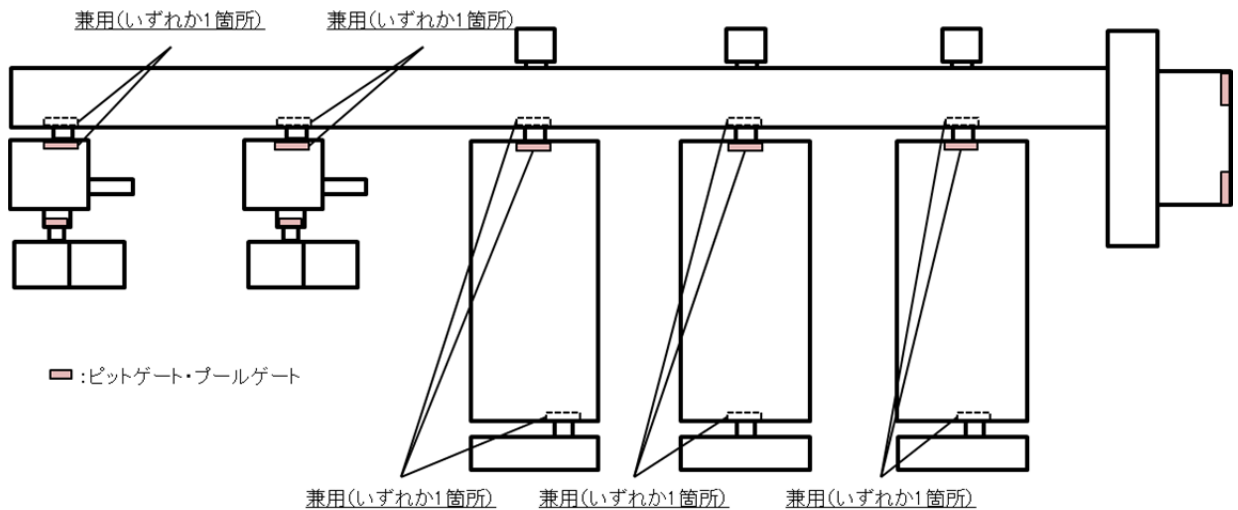


図1 燃料貯蔵プール等のゲート配置図

2. ゲート設置状態時における対処について

燃料貯蔵プール等の補修が必要となった場合、使用済燃料を他プールへ移動させた後、プールゲートを設置し補修対象箇所の水を抜いた状態で実施する。

以下に補修対象箇所毎のゲート閉鎖パターンを示す。

パターン①：燃料移送水路を補修する場合。

パターン②：燃料貯蔵プール又は仮置きピットを補修する場合。

パターン③：その他ピットを補修する場合。

上記、パターン毎における対処について以下に示す。

(1) 燃料移送水路を補修する場合（パターン①）

燃料移送水路をゲートにより隔離した場合、プール・ピットが個別に隔離された状態となる。(図2)

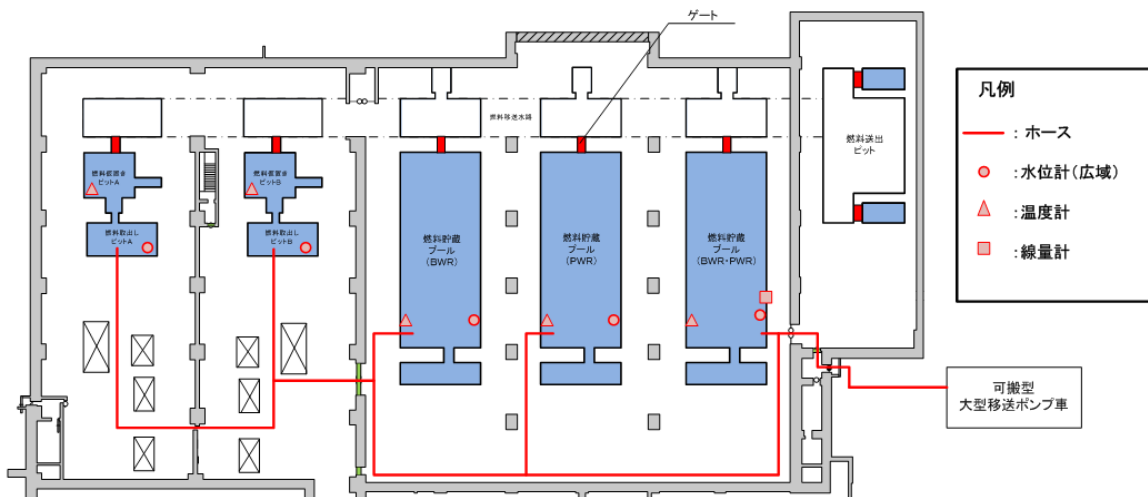


図2 燃料移送水路を隔離した状態

この場合、プール・ピットに個別に水を供給できる大型移送ポンプ車によるスプレーに用いる設備により個別に注水が可能である。また、監視についても水位計(広域)、温度計、線量率計により監視は可能である。

(2) 燃料貯蔵プール又は仮置きピットを補修する場合（パターン②）

燃料貯蔵プール又は仮置きピットをいずれか1箇所隔離した場合、図3の状態となる。

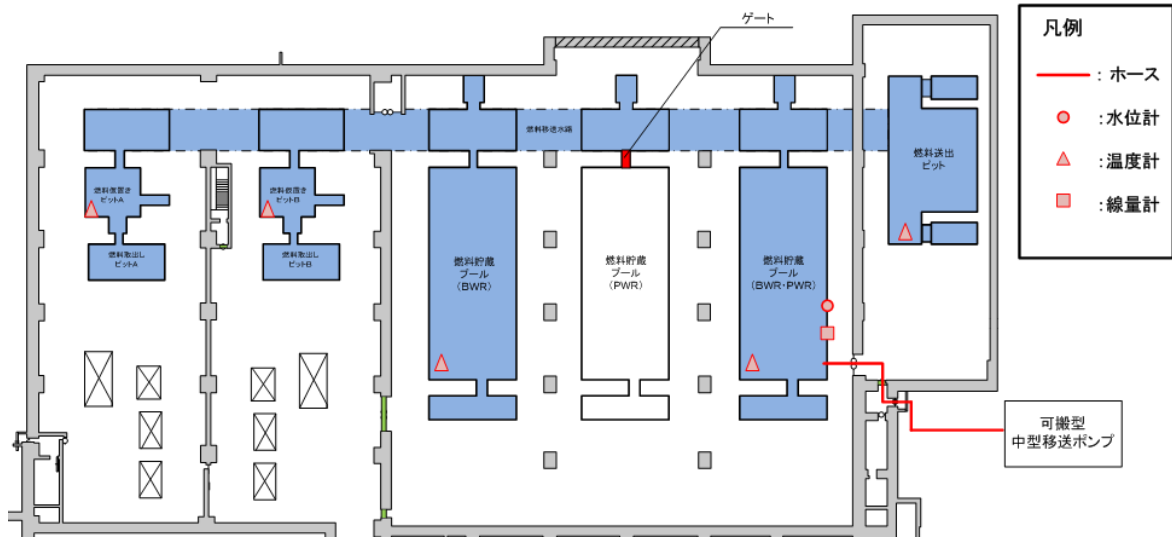


図3 燃料貯蔵プールを隔離した状態

この場合、隔離されたプール以外は接続された状態であることから、可搬型中型移送ポンプによる注水により対処可能である。また、監視についても可搬型燃料貯蔵プール水位計、可搬型燃料貯蔵プール温度計、可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計により監視は可能である。なお、2箇所以上、隔離した場合は上記（1）と同様の対応となる。

(3) その他ピットを補修する場合 (パターン③)

燃料貯蔵プール又は仮置きピットに隣接するピットを隔離した場合、

図4の状態となる。

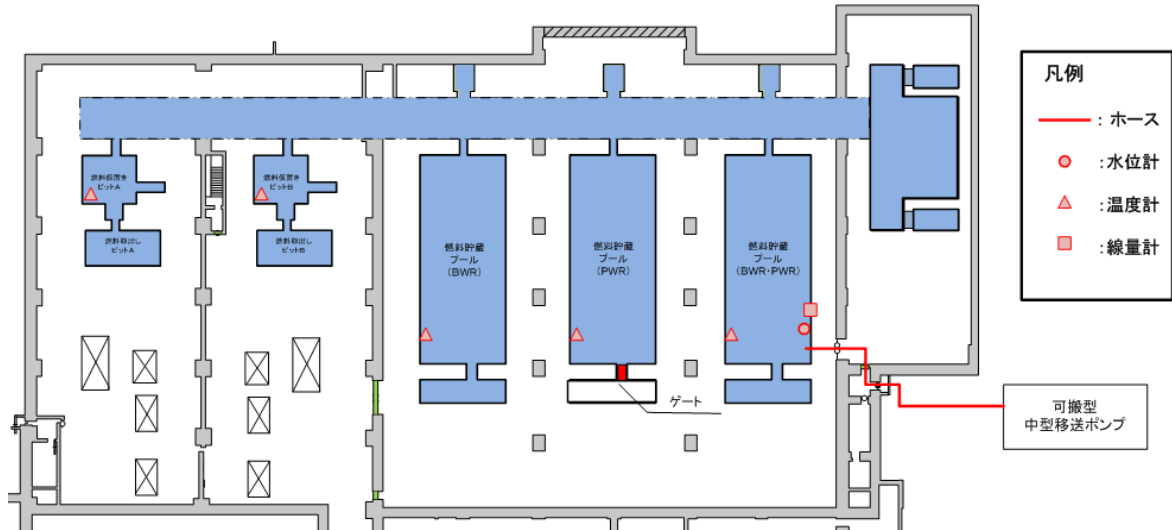


図4 その他ピットを隔離した状態

この場合、上記(2)と同様に隔離されたピット以外は接続された状態であることから、可搬型中型移送ポンプによる注水により対応可能である。また、監視についても可搬型燃料貯蔵プール水位計、可搬型燃料貯蔵プール温度計、可搬型燃料貯蔵プール空間線量率計により監視は可能である。

上記(1)から(3)に示すとおり、ゲートにより隔離された状態を想定したとしても対処可能である。手順については、上記(1)の大型移送ポンプ車によるスプレイの手順において、スプレイヘッドを接続せずにホースから注水することに変更する以外、手順の変更は無い。また、実施体制についてもこれまでの体制で対処可能である。

補足説明資料 11－2

ゲートの設置状態を考慮した場合の有効性評価への影響について

1. 燃料貯蔵プール等の配置およびゲートの運用について

燃料貯蔵プール等に配備しているゲートについては、燃料貯蔵プール等の補修が必要となった場合に補修対象ピット等を閉鎖するために使用するものであり、通常運転時にはゲートを設置することはないが、ゲートを閉鎖した状態を想定した場合の有効性評価への影響について以下に示す。

2. 有効性評価への影響

有効性評価の項目として、沸騰時間、臨界評価、線量評価、温度評価がある。以下にそれぞれの影響について示す。

(1) 沸騰時間評価

a. 崩壊熱

燃料貯蔵プール等（燃料仮置きピット、燃料貯蔵プール及び燃料送出しピット）の概要図を図1に示す。

主として使用済燃料が存在するのは各燃料貯蔵プール（3基）である。燃料貯蔵プールの沸騰時間評価は、通常状態を想定しゲートは開放状態として燃料貯蔵プール等が常時接続した状態としているが、有効性評価においては沸騰時間がより厳しくなるよう、燃料移送水路等とのプール水の混合はないものとしており、ゲートを閉とした状態と同様な条件で評価を行っていることから影響はない。

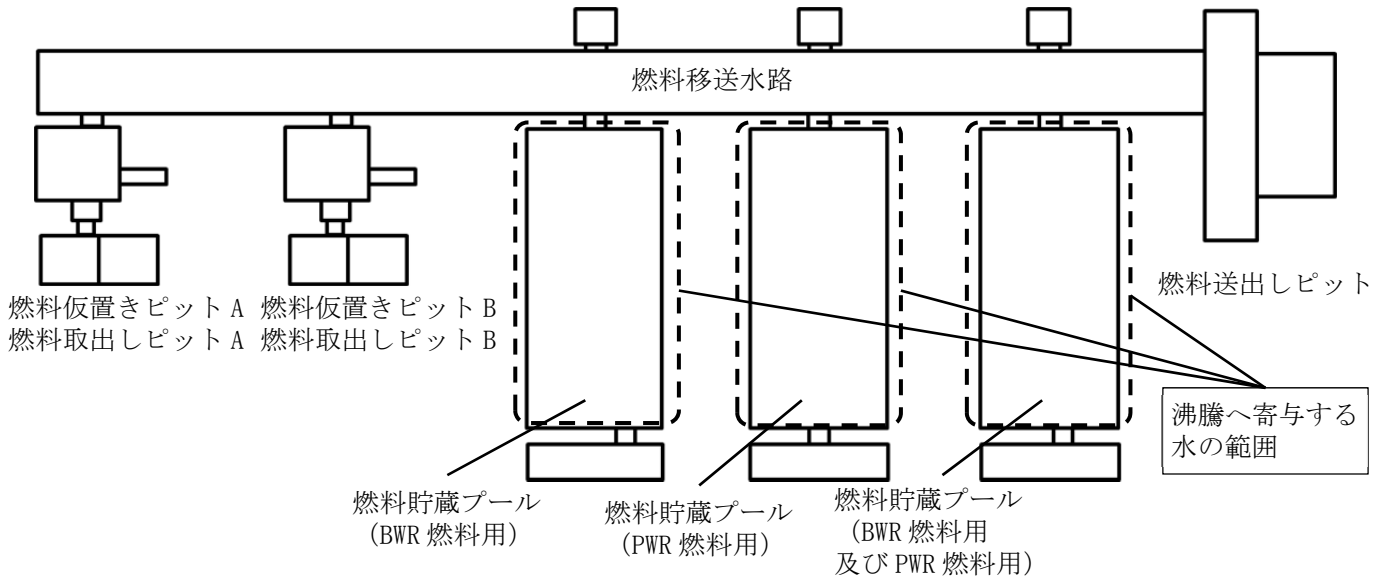


図1 燃料貯蔵プール等の配置概要図

b. 蒸発量

蒸発量は下式より算出しており、ゲートの開閉状態による影響はない。

$$\text{蒸発量}[\text{m}^3/\text{h}] = \frac{\text{崩壊熱量}[\text{kcal}/\text{h}]}{\text{蒸発潜熱}[\text{kcal}/\text{kg}] \times \text{水密度}[\text{kg}/\text{m}^3]}$$

(2) 臨界評価

プール・ピットに設置されているラックをモデル化し評価している。
評価においてゲートの状態は考慮不要であることから影響はない。

(3) 線量評価

線源である使用済燃料が貯蔵されている燃料貯蔵プールをモデル化し評価している。評価においてゲートの状態は考慮不要であることから影響はない。

(4) 温度評価

プールからの熱が燃料貯蔵エリアの空間へ移行し温度が上昇することを評価しており、表面積が大きいほど空間への熱の移動が多くなることから、評価において全てのプール・ピットの表面積を考慮している。ゲートにより閉鎖して補修を行う場合は、補修対象の水が抜き出されプール・ピットの表面積が少なくなることから安全側となる。このため影響はない。

上記(1)から(4)より、ゲートの設置状態による評価への影響はない。

補足説明資料 11－4

有効性評価における貯蔵容量の設定根拠について

1. 事業指定申請書における最大貯蔵能力について

事業指定申請書において、使用済燃料の燃料貯蔵施設における貯蔵容量は以下のとおりである。

燃料貯蔵プール貯蔵容量： $3,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$

BWR使用済燃料集合体： $1,500 \text{ t} \cdot U_{PR}$

PWR使用済燃料集合体： $1,500 \text{ t} \cdot U_{PR}$

(事業指定申請書 本文「ニ. (3)(ii)(b)」及び添付書類六「第3.3-2表」)

2. 有効性評価における各燃料貯蔵プールの貯蔵容量の設定について

使用済燃料貯蔵設備の燃料貯蔵プールは、BWR燃料用(1基)、PWR燃料用(1基)、BWR燃料及びPWR燃料用(1基)の合計3基で構成されている。

BWR燃料用(1基)はBWR使用済燃料集合体のみを、PWR燃料用(1基)はPWR使用済燃料集合体のみを貯蔵できる燃料貯蔵プールとなっており、ラック容量からBWR燃料用(1基)は約 $1,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ のBWR使用済燃料、PWR燃料用(1基)は約 $1,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ のPWR使用済燃料が貯蔵できる容量を有する。

1. に記載のとおり、燃料貯蔵プール貯蔵容量は $3,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ であること、また、BWR使用済燃料集合体及びPWR使用済燃料集合体の貯蔵容量はそれぞれ $1,500 \text{ t} \cdot U_{PR}$ ずつであり、燃料貯蔵プール(BWR燃料用)及び燃料貯蔵プール(PWR燃料用)で各々 $1,000 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 貯蔵できることから、残りのBWR使用済燃料 $500 \text{ t} \cdot U_{PR}$ 及びPWR使用済燃料 $500 \text{ t} \cdot U_{PR}$ を燃料貯蔵プール(BWR燃料及びPWR燃料用)の貯

蔵量として設定する（表1）。

表1 有効性評価における各燃料貯蔵プールの貯蔵容量の設定

| 燃料種別 | 燃料貯蔵プール (BWR 燃料用) 貯蔵量[t・U _{Pr}] | 燃料貯蔵プール (PWR 燃料用) 貯蔵量[t・U _{Pr}] | 燃料貯蔵プール (BWR 燃料用及び PWR 燃料用) 貯蔵量[t・U _{Pr}] |
|------------------------------|---|---|--|
| BWR 使用済燃料集合体 | 1,000 | | 500 |
| PWR 使用済燃料集合体 | | 1,000 | 500 |
| 各プールの貯蔵量[t・U _{Pr}] | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 貯蔵容量[t・U _{Pr}] | 3,000 (BWR : 1,500, PWR ; 1,500) | | |

3. 沸騰時間評価結果について

2. の貯蔵容量により、各燃料貯蔵プールでの沸騰時間を算出した結果を表2に示す。算出した沸騰時間に対し、代替補給水設備（注水）による注水は21時間30分で可能であることから、対策は実施可能であることを確認した。

表2 各燃料貯蔵プールにおける崩壊熱量と沸騰時間

| 各プールの崩壊熱量と 沸騰時間 | 燃料貯蔵プール (BWR 燃料用) | 燃料貯蔵プール (PWR 燃料用) | 燃料貯蔵プール (BWR 燃料用及び PWR 燃料用) |
|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 崩壊熱量[kW] | 2,360 | 2,450 | 2,440 |
| 沸騰時間[h] (スロッシング時) | 約37 | 約36 | 約36 |

4. 貯蔵容量の不確かさについて

設工認申請書において、各燃料貯蔵プールの燃料種別ごとの貯蔵体数は以下のとおりとなっている（表3）。

表3 各燃料貯蔵プールにおける使用済燃料集合体の最大貯蔵体数

| 燃料種別 | 燃料貯蔵プール (BWR 燃料用) 貯蔵体数[体] | 燃料貯蔵プール (PWR 燃料用) 貯蔵体数[体] | 燃料貯蔵プール (BWR 燃料用及び PWR 燃料用) 貯蔵体数[体] |
|-------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| BWR使用済燃料集合体 | 6,149 | | 2,491 |
| PWR使用済燃料集合体 | | 2,408 | 1,180 |

既許可の安全審査において「輸送用破損燃料収納缶内部水放射性物質量の設定について」説明しており、BWR使用済燃料集合体及びPWR使用済燃料集合体の1体あたりの照射前ウラン重量 ($t \cdot U_{Pr} / \text{体}$) は以下のとおりとしている。

BWR使用済燃料集合体 : $0.175 (t \cdot U_{Pr} / \text{体})$

PWR使用済燃料集合体 : $0.460 (t \cdot U_{Pr} / \text{体})$

上記を適用した場合、燃料貯蔵プール (BWR燃料用) 及び燃料貯蔵プール (PWR燃料用) においては、2. で設定した貯蔵容量を超過する可能性があることから、これを不確かさとして評価した結果、もっとも沸騰時間が短い結果となる燃料貯蔵プール (PWR燃料用) において約34時間となるものの、可搬型中型移送ポンプによる注水が完了できる21時間30分に対して余裕がある。

以上から、貯蔵容量の不確かさを考慮しても、注水は十分可能であることを確認した。

補足説明資料 11－5

目次

1. 概要
2. スロッシング収束後の水位の評価方法
3. スロッシング収束後の水位の評価結果
4. ピットゲート及びピットゲート閉状態での溢水量評価

1. 概 要

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設（以下、「F施設」という。）における重大事故等の想定事象2では、スロッシングによる溢水量を考慮した水位を評価条件としている。スロッシングによる溢水量の評価については、以下に示す使用済燃料受入れ・貯蔵建屋に設置しているピットやプール等（以下、「燃料貯蔵プール等」という。）を対象として評価を行っている。

本補足説明資料は、スロッシング収束後の水位を求める評価手法について説明する。

- ・ 燃料取出しピット A, B
- ・ 燃料仮置きピット A, B
- ・ 燃料移送水路
- ・ 燃料貯蔵プール（BWR燃料用）
- ・ 燃料貯蔵プール（PWR燃料用）
- ・ 燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）
- ・ チャンネルボックス・バーナブルポイズン取扱ピット
（チャンネルボックス用）
- ・ チャンネルボックス・バーナブルポイズン取扱ピット
（バーナブルポイズン用）
- ・ チャンネルボックス・バーナブルポイズン取扱ピット
（チャンネルボックス及びバーナブルポイズン用）
- ・ 燃料送出しピット
- ・ 増設ピット
- ・ 上記プール、ピット及び水路間の水路

2. スロッシング収束後の水位の評価方法

2. 1 評価内容及び評価条件

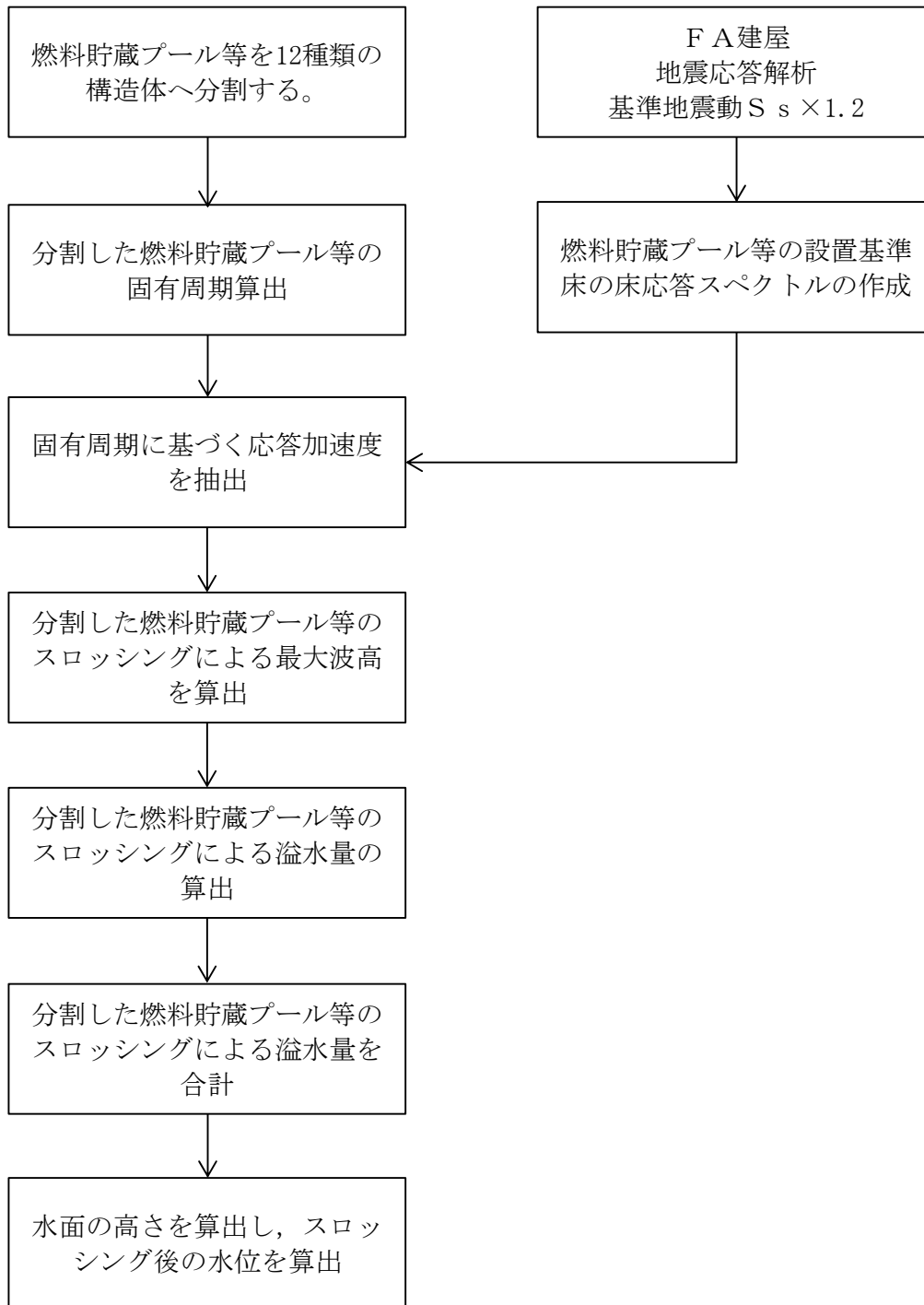
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋（以下「F A 建屋」という。）の燃料貯蔵プール等を評価範囲とし、第 2. 1 - 1 図に示す評価手順で速度ポテンシャル理論による溢水量を求めスロッシング収束後の水位を算出する。

F 施設の燃料貯蔵プール等の構造体としては全て繋がった構造であるが、1 2 種類の構造体に分割しそれぞれの燃料貯蔵プール等の固有周期を求め、固有周期に基づく応答加速度から最大波高を算出し、燃料貯蔵プール等の周辺に設置する止水板を超える溢水高さから燃料貯蔵プール等の溢水量を求め、それぞれの燃料貯蔵プール等の溢水量を合計することで燃料貯蔵プール等全体の溢水量を求める。求めた溢水量から燃料貯蔵プール等の水面高さを求めスロッシング後の水位を算出する。

評価に用いる地震動は基準地震動 S_s に対して 1.2 倍した地震動を用いる。

また、燃料貯蔵プール等の周辺に設置する止水板の高さを超える F A 建屋の 1 階床面への溢水は無遠慮へ流れるものとし、壁の反射によりプールへ戻る水は考慮しない。

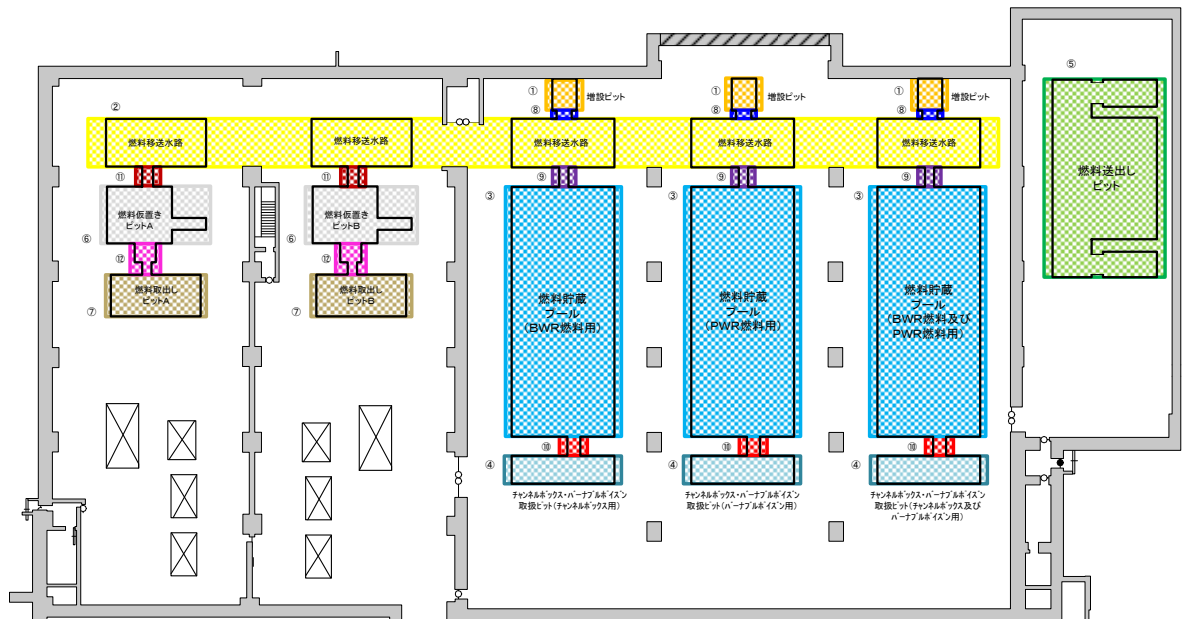
評価条件は第 2. 1 - 1 表に示し、分割する燃料貯蔵プール等の配置を第 2. 1 - 2 図に示す。



第 2 . 1 - 1 図 スロッシング後の水位の評価フロー図

第 2 . 1 - 1 表 評価条件

| | 評価条件 |
|------------|---|
| 評価範囲 | F A 建屋に設置している燃料貯蔵プール等 |
| 初期水位 | EL. 54. 95m (燃料貯蔵プール水位低警報値) |
| 境界条件 | 止水板 (0. 9m) を越える溢水高さを越えた水は溢水量とし, プール水は壁による溢水の跳ね返りは考慮しない。 |
| 評価手法 | 速度ポテンシャル理論 |
| | 燃料貯蔵プール等を 12 種類の形状へ分割する。 |
| 評価用 地震動 | FA 建屋の基準地震動に対して 1. 2 倍の地震動 (以下, 「1. 2Ss」 という。) を使用する。 |
| | 1. 2Ss の EL. 55. 30 の床応答スペクトルを使用する。 |
| その他 | 燃料貯蔵プール等に設置している水中機器は考慮せず, 燃料貯蔵プール等内の水は全て揺動する。 スロッシング抑制のために設置する蓋は考慮しない。 |



第2. 1-2 図 速度ポテンシャル理論に用いる
燃料貯蔵プール等の分割図

2. 2 止水板及び蓋について

(1) 止水板

スロッシングによる溢水の抑制のために設置する止水板は燃料貯蔵プール等周辺に既に設置されている手摺の位置に設置するものとし、高さは燃料貯蔵プール等の上部を走行するクレーンが緩衝しないようガーダの下端位置（約1.0m）から0.9mに設定し、速度ポテンシャル理論によるスロッシングの評価においてはその効果を期待する。

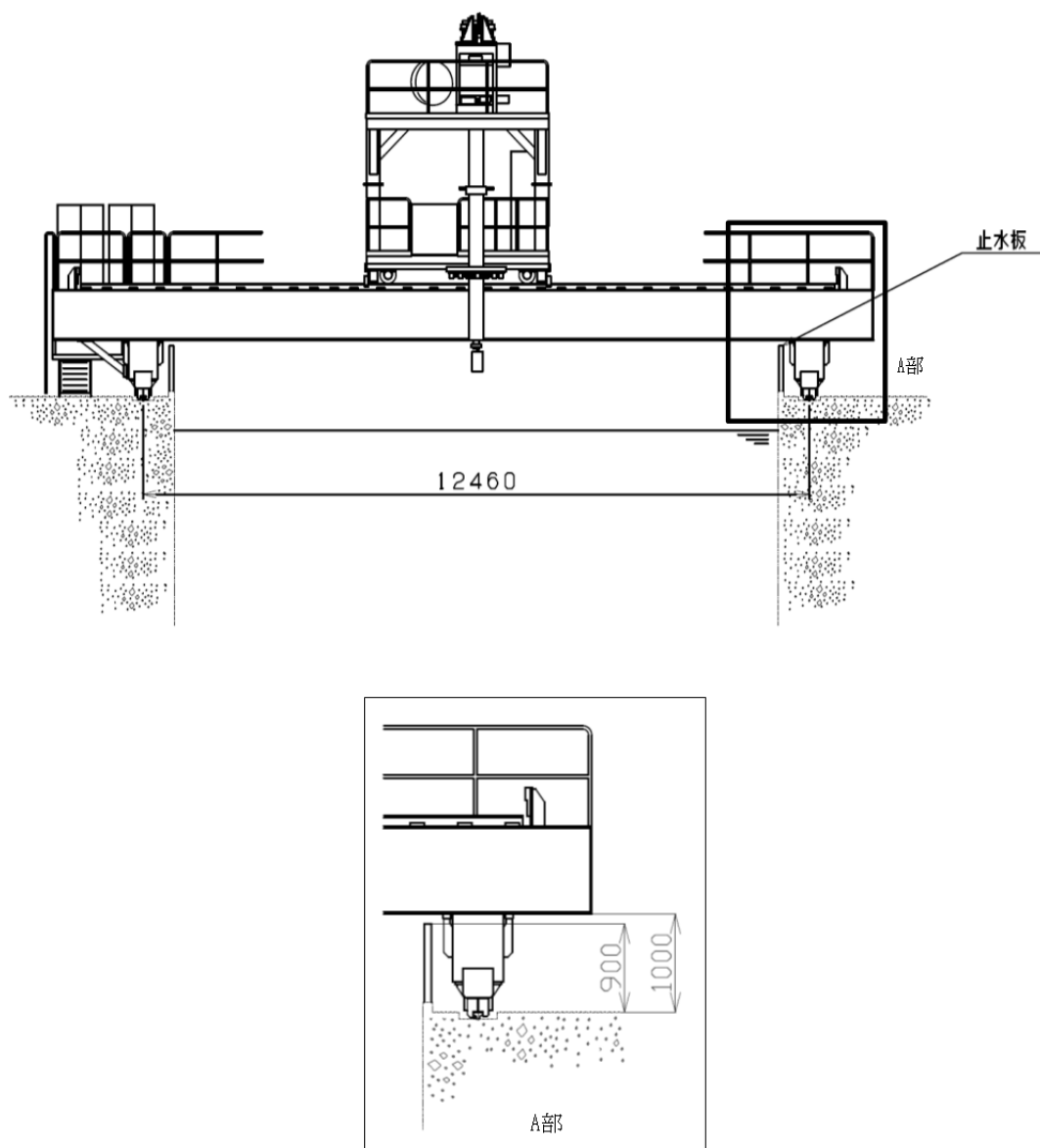
概要図を第2. 2-1 図に示す。

(2) 蓋

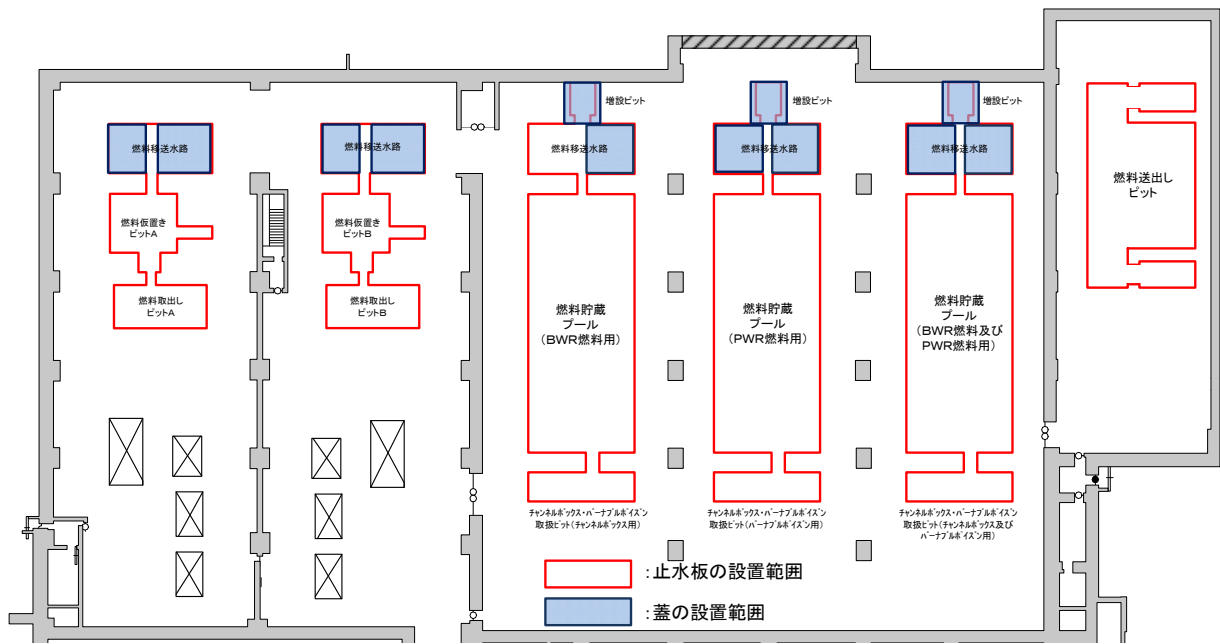
開口部を塞ぐことによりスロッシングによる溢水を抑制する蓋は、全ての増設ピット及び燃料貯蔵プール等の上部を走

行するクレーンによる燃料移送水路への使用済燃料の移動に影響のない燃料移送水路の一部に設置するものとするが、速度ポテンシャル理論によるスロッシングの評価においてはその効果は期待せず、蓋の設置箇所からは溢水するものとする。

設置範囲図を第2.2-2図に示す。



第2.2-1図 止水板の設置概要図

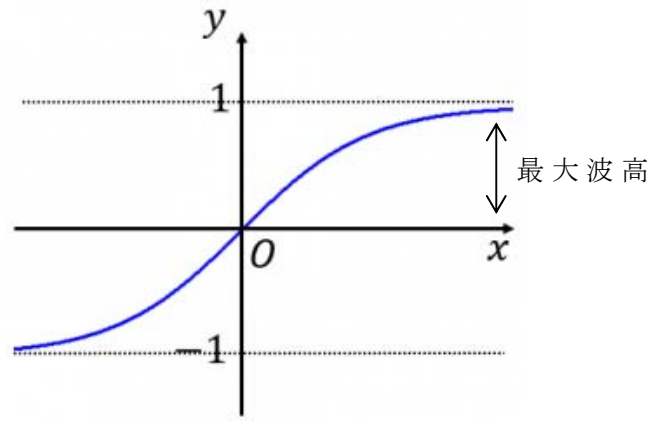


第 2 . 2 - 2 図 止水板および蓋の設置範囲

2 . 3 速度ポテンシャル理論について

スロッシングの評価手法としては、詳細評価として解析プログラムによる流動解析、簡易手法の一つとして速度ポテンシャル理論の手法があり、対象とする設備も一般のタンク類から使用済燃料プールと幅広く、評価する項目としても波高による容器の蓋への衝撃圧力、側壁に加わる動水圧による荷重と多様である。

速度ポテンシャル理論は第 2 . 2 - 1 図に示すとおり、波形状が双曲線正接 (\tanh) のような形状となり最大波高を求めることができる。(x を躯体形状とし、y をスロッシングの波形状となる。)



第 2 . 3 - 1 図 双曲線正接関

2 . 4 速度ポテンシャル理論による溢水量評価

(1) 固有周期及び最大波高の算出

1 2 種類に分割した燃料貯蔵プール等の速度ポテンシャル理論での固有周波数 (f) ①と最大波高 (Dmax) ②は次式にて求める。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1.571}{L} g \times \tanh\left(1.571 \frac{H}{L}\right)} \quad [\text{Hz}] \dots\dots\dots \text{①}^*$$

$$D_{\max} = 0.811 \frac{L}{g} \alpha_1 \quad [\text{m}] \dots\dots\dots \text{②}^*$$

f : 一次固有周波数 [Hz] Dmax : 最大波高 (m)

L : スロッシング長さ [m] (地震方向長さの 1 / 2)

H : 燃料貯蔵プール等の水深 [m]

g : 重力加速度 [m/sec²] α₁ : 加速度スペクトル [m/s²]

* : ①及び②の出典は以下のとおり

基礎式：機械工学便覧 基礎編

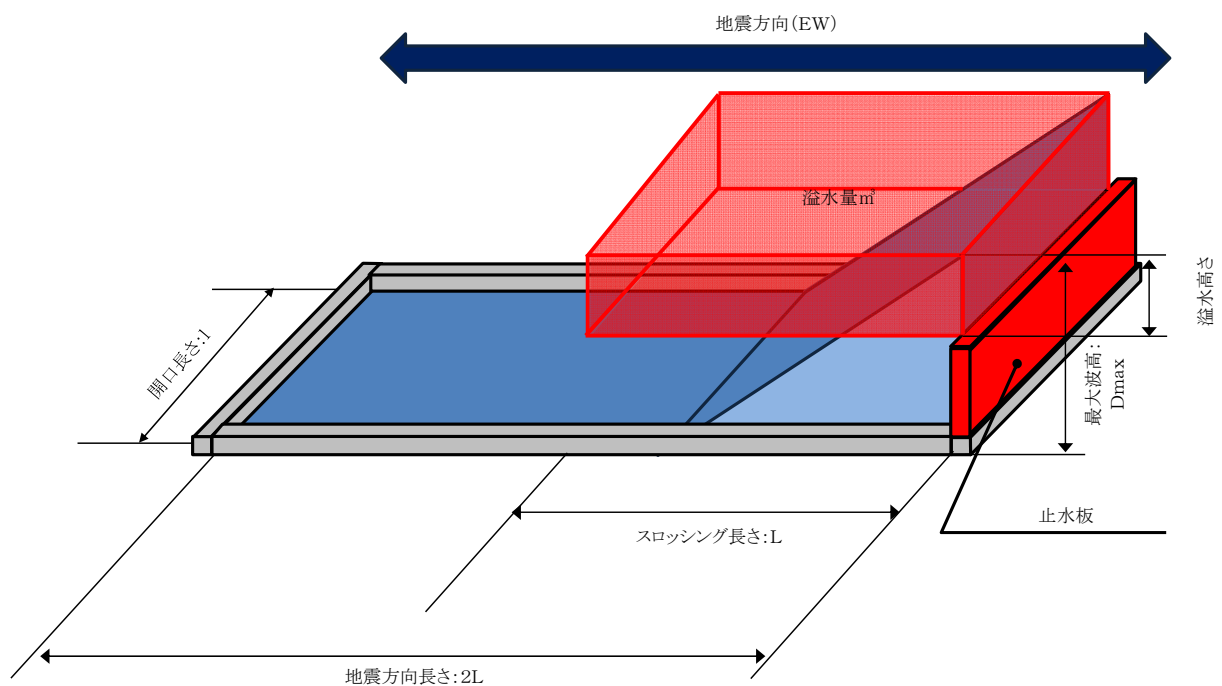
矩形展開式：耐震設計の標準化に関する調査報告書 別冊 2

(機器系) 昭和 60 年 3 月 (財) 原子力工学

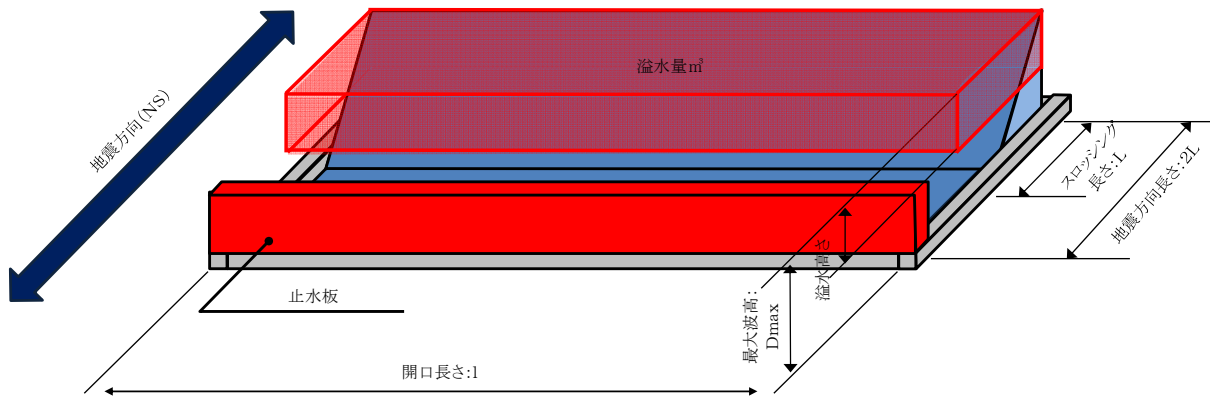
試験センター

また、速度ポテンシャル理論は最大波高を算出する式であるため、最大波高は溢水量が多くなるよう燃料貯蔵プール等の端部に発生するものとした。

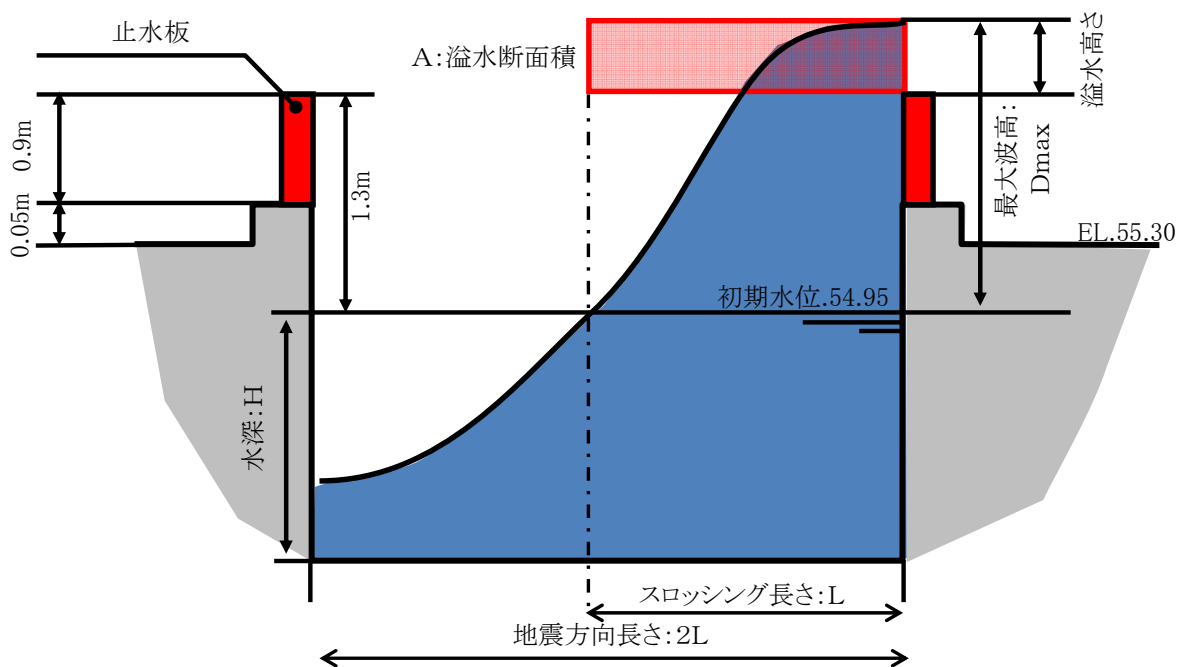
スロッシングにおける溢水量の設定を第 2. 4. 1 図～第 2. 4. 3 図に示し、燃料貯蔵プール等の固有周期及び最大波高を第 2. 4 - 1 表に示す。



第 2. 4 - 1 図 スロッシング時の溢水量の設定 (E W 方向)



第 2 . 4 - 2 図 スロッシング時の溢水量の設定 (NS 方向)



第 2 . 4 - 3 図 スロッシング時の溢水量の設定 (断面)

(2) 溢水量の算出

(1)にて算出した最大波高のうち、止水板の高さを越える波高を溢水高さとし、スロッシング長さ (L) (地震方向長さ 2L の 1 / 2) と掛け合わせた面積を溢水断面積とする。

補 11-5-10

(次式③)

最大波高と同様，溢水量が多くなるよう開口長さ（1）から溢水することを想定して溢水断面積（A）に掛け合わせ溢水量とした。（次式④）

$$\text{溢水断面積 (A)} = (\text{最大波高 (Dmax)} - \text{止水板高さ}) \times \text{地震方向長さ (2L)} / 2 \dots\dots\dots \text{③}$$

$$\text{溢水量} = \text{溢水断面積 (A)} \times \text{開口長さ (1)} \times \text{箇所数} \dots \text{④}$$

速度ポテンシャル理論における燃料貯蔵プール等の溢水量の合計は1095 m³となる。

燃料貯蔵プール等の溢水量の算出結果を第2.4-1表に示す。

第 2. 4 - 1 表 分割した燃料貯蔵プール等の溢水量評価結果

| NO. | ① | | ② | | ③ | | ④ | | ⑤ | | ⑥ | |
|---|--------|--------|--------------------|--------------------|---------|--------|----------------------------------|-------|----------|--------|----------|-------|
| | 増設ピット | | 燃料移送水路 | | 燃料貯蔵プール | | チャンネルボックス・ バーナブルボイズン 取扱ピット | | 燃料送出しピット | | 燃料仮置きピット | |
| 名称 | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW |
| 地震方向 | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW |
| 振動方向長さ2L (m) | 3.00 | 3.15 | 100.10 | 5.00 | 11.30 | 26.50 | 11.30 | 3.00 | 13.80 | 20.40 | 10.50 | 6.00 |
| L | 1.50 | 1.58 | 50.05 | 2.50 | 5.65 | 13.25 | 5.65 | 1.50 | 6.90 | 10.20 | 5.25 | 3.00 |
| 水深H (m) | 12.25 | | 12.25 | | 11.45 | | 11.45 | | 11.45 | | 11.45 | |
| 固有周期(s) | 1.96 | 2.01 | 18.70 | 2.53 | 3.81 | 6.23 | 3.81 | 1.96 | 4.23 | 5.27 | 3.67 | 2.77 |
| 固有周期に対応する加速度 スペクトル $\alpha 1(m/s^2)$ | 6.57 | 6.57 | 0.29*1 | 8.63 | 5.83 | 1.45 | 5.83 | 6.57 | 3.04 | 2.68 | 6.11 | 8.63 |
| 最大波高D(m) | 0.82 | 0.86 | 1.21 | 1.79 | 2.73 | 1.59 | 2.73 | 0.82 | 1.74 | 2.27 | 2.66 | 2.15 |
| 溢水断面積A(m ²) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.23 | 8.08 | 3.85 | 8.08 | 0.00 | 3.04 | 9.90 | 7.14 | 2.55 |
| 開口部長さ1(m) | 3.15*2 | 3.00*2 | 5.00 | 21.00*3 33.90*3 | 26.50 | 11.30 | 3.00 | 11.30 | 20.40 | 13.80 | 6.00 | 10.50 |
| 箇所数 | 3 | | 1 | | 3 | | 3 | | 1 | | 2 | |
| 溢水量(m ³) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 25.90*3 41.70*3 | 642.40 | 130.60 | 72.80 | 0.00 | 62.10 | 136.70 | 85.70 | 53.60 |
| 溢水量(m ³) SRSS | 0.00 | | 25.90*3 41.70*3 | | 655.55 | | 72.80 | | 150.15 | | 101.09 | |
| 低下する高さ(m) | 0.00 | | 0.05*3 0.08*3 | | 0.73 | | 0.72 | | 0.58 | | 1.09 | |
| スロッシング後の水位 EL : (m) | 54.95 | | 54.90*3 54.87*3 | | 54.22 | | 54.23 | | 54.37 | | 53.86 | |

| NO. | ⑦ | | ⑧ | | ⑨ | | ⑩ | | ⑪ | | ⑫ | |
|---|----------|-------|-------------------|-------|---------------------|------|---|------|--------------------|------|----------------------|------|
| | 燃料取出しピット | | 増設ピット・ 燃料移送水路間 | | 燃料移送水路・ 燃料貯蔵プール間 | | 燃料貯蔵プール・ チャンネルボックス・バーナブル ボイズン取扱ピット間 | | 燃料移送水路・ 仮置きピット間 | | 燃料取出しピット・ 仮置きピット間 | |
| 名称 | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW |
| 地震方向 | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW |
| 振動方向長さ2L (m) | 9.40 | 4.40 | 2.00 | 1.00 | 1.20 | 2.00 | 1.20 | 2.00 | 1.20 | 2.00 | 2.20 | 3.30 |
| L | 4.70 | 2.20 | 1.00 | 0.50 | 0.60 | 1.00 | 0.60 | 1.00 | 0.60 | 1.00 | 1.10 | 1.65 |
| 水深H (m) | 13.05 | | 6.65 | | 6.65 | | 6.65 | | 6.65 | | 7.05 | |
| 固有周期(s) | 3.47 | 2.37 | 1.60 | 1.13 | 1.24 | 1.60 | 1.24 | 1.60 | 1.24 | 1.60 | 1.68 | 2.06 |
| 固有周期に対応する加速度 スペクトル $\alpha 1(m/s^2)$ | 6.18 | 8.63 | 5.79 | 11.29 | 10.85 | 5.79 | 10.85 | 5.79 | 10.85 | 5.79 | 4.70 | 6.57 |
| 最大波高D(m) | 2.41 | 1.58 | 0.48 | 0.47 | 0.54 | 0.48 | 0.54 | 0.48 | 0.54 | 0.48 | 0.43 | 0.90 |
| 溢水断面積A(m ²) | 5.22 | 0.62 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 開口部長さ1(m) | 4.40 | 9.40 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 1.20 | 2.00 | 1.20 | 2.00 | 1.20 | 3.30 | 2.20 |
| 箇所数 | 2 | | 3 | | 3 | | 3 | | 2 | | 2 | |
| 溢水量(m ³) | 46.00 | 11.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 溢水量(m ³) SRSS | 47.47 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | |
| 低下する高さ(m) | 0.57 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | |
| スロッシング後の水位 EL : (m) | 54.38 | | 54.95 | | 54.95 | | 54.95 | | 54.95 | | 54.95 | |

*1: 燃料移送水路の固有周期が18.66秒と長周期であるが、10秒の震度の $0.03m/s^2 \times g$ を使用する。

*2: スロッシング水の溢水を抑制するために設置する蓋を考慮しない。

*3: 燃料移送水路の溢水量の上段は燃料受入れエリア側、下段が燃料貯蔵プールエリア側を示す。

| | |
|------------|---------------------|
| 溢水合計 | 1095 m ³ |
| 低下する高さ | 0.55 m |
| スロッシング後の水位 | 54.40 m |

3. スロッシング後の水位の評価結果

2. 4 にて算出した溢水量から燃料貯蔵プール等の低下する高さを求めスロッシング後の水位を以下のとおり算出した。

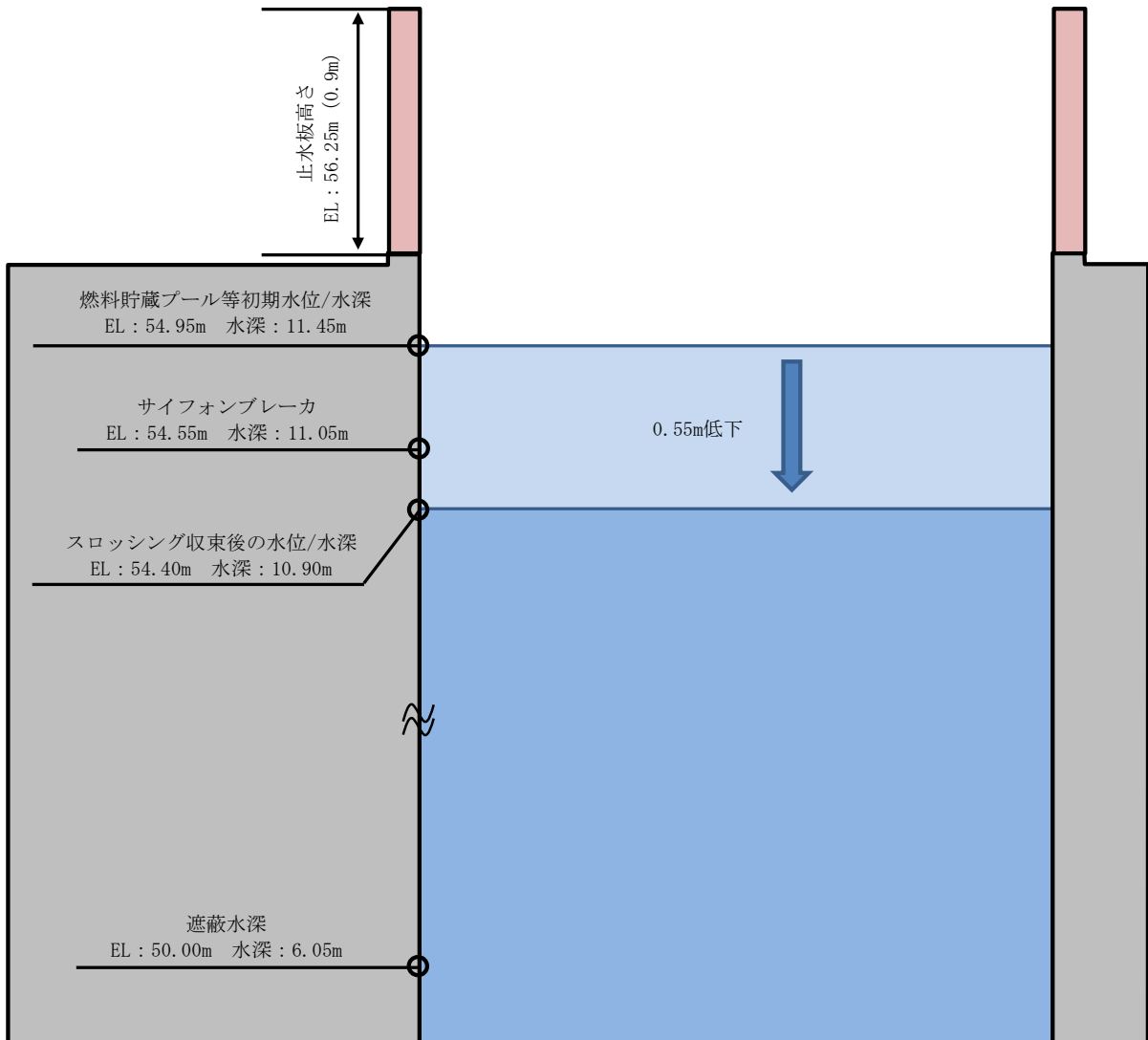
- ・低下する高さ (m) = 溢水量 (m³) / 燃料貯蔵プール等面積 2 0 0 1 m²
- ・スロッシング収束後の水位 = 初期水位 E L 5 4 . 9 5 - 低下する高さ (m)

燃料貯蔵プール等の中で燃料仮置きピットの水位低下が 1 . 0 9 m で燃料貯蔵プール等の中で最も水位が低下するが, 燃料貯蔵プール等は全て繋がった状態であるため, 時間経過により水位は均一状態になる。

そのため, 燃料貯蔵プール等全体の水位の低下は, 溢水量 1 0 9 5 m³ と燃料貯蔵プール等の面積より初期水位より 0 . 5 5 m となり, スロッシング収束後の水位は E L . 5 4 . 4 0 となる。

燃料貯蔵プール等全体の水位変動の関係を第 3 . 1 - 1 図に示す。

次項に, 燃料貯蔵プール等の補修時のピットゲート及びプールゲートを設置した状態におけるスロッシング溢水量による水位の低下を示す。



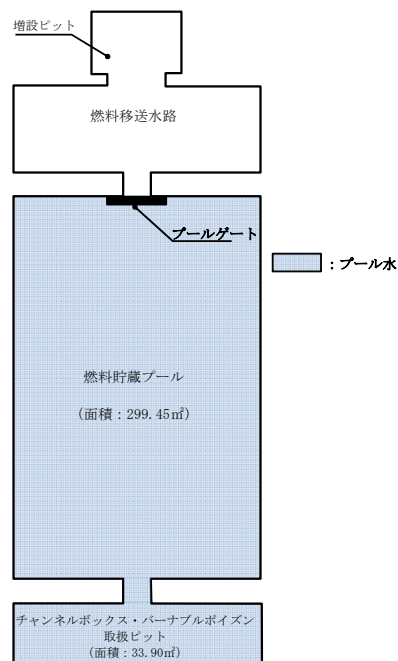
第3. 1-1図 スロッシングにおける水位変動図

4. ピットゲート及びプールゲート閉状態での溢水量評価

燃料貯蔵プール等には，万が一プール水が漏えいした際，他の健全な燃料貯蔵プール等を隔離して補修することを目的に，ピットゲート及びプールゲートが設置されている。

ピットやプールの補修にあたっては，補修対象の燃料貯蔵プール等に使用済燃料が存在しない状態でピットゲートやプールゲートにより隔離が行われる。

このため、通常状態においてピットゲートやプールゲートを設置することはないが、燃料貯蔵プールが健全な状態でプールゲートを設置した場合のスロッシングによる水位の低下について評価を行った。第4. 1-1図に示す燃料貯蔵プール及びチャンネルボックス・バーナブルポイズン取扱ピットを隔離した状態を示すが、燃料貯蔵プール1体の溢水量は218.52 m³、チャンネルボックス・バーナブルポイズン取扱ピットは24.27 m³であるため、合計242.79 m³となる。燃料貯蔵プール及びチャンネルボックス・バーナブルポイズン取扱ピットの面積は333.35 m²であるため、低下する高さは0.73 mとなり、水面はE L. 54.22となる。



第4. 1-1図 プールゲート設置の状態図

以上

補足説明資料 11－6

目次

1. 概要
2. 速度ポテンシャル理論の適用性
3. 速度ポテンシャル理論の保守性の検証
4. 重大事故への不確かさの影響について
5. 今後の評価対応

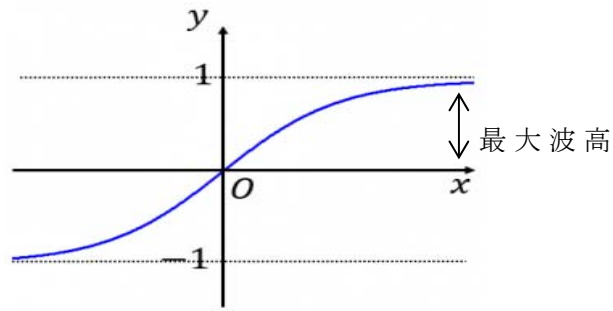
1. 概要

燃料貯蔵プール等のスロッシング後の水位においては、速度ポテンシャル理論により溢水量を算出し、溢水量から燃料貯蔵プール等の水位の低下量を算出している。ここでは、速度ポテンシャル理論によるスロッシングの溢水量の妥当性について説明する。

2. 速度ポテンシャル理論の適用性

スロッシングの評価手法としては、詳細評価として解析プログラムによる流動解析、簡易手法の一つとして速度ポテンシャル理論の手法があり、対象とする設備も一般のタンク類から使用済燃料プールと幅広く、評価する項目としても波高による容器の蓋への衝撃圧力、側壁に加わる動水圧による荷重と多様である。

速度ポテンシャル理論は第2図に示すとおり、波形状が双曲線正接（ \tanh ）のような形状となり最大波高を求めることができることから、その最大波高を用いて溢水量を算出することができる。（ x を躯体形状とし、 y をスロッシングの波形状となる。）



第 2 図 双曲線正接関

2. 1 水の流動が速度ポテンシャル理論へ与える影響の検討

燃料貯蔵プール等のスロッシング評価において燃料貯蔵プール等を 1 2 種類の構造体に分割している。

そのため、連結した部分からのプール水の移行を考慮せず、保守性として全て溢水することで評価している。分割した構造体のうち、燃料貯蔵プール等の連結部は燃料貯蔵プールからチャンネルボックス・バーナブルポイズン取扱ピット又は燃料移送水路から燃料貯蔵プールへ水が流動している。

これらの流動する水が速度ポテンシャル理論により算出した溢水量への影響について検討を行った。

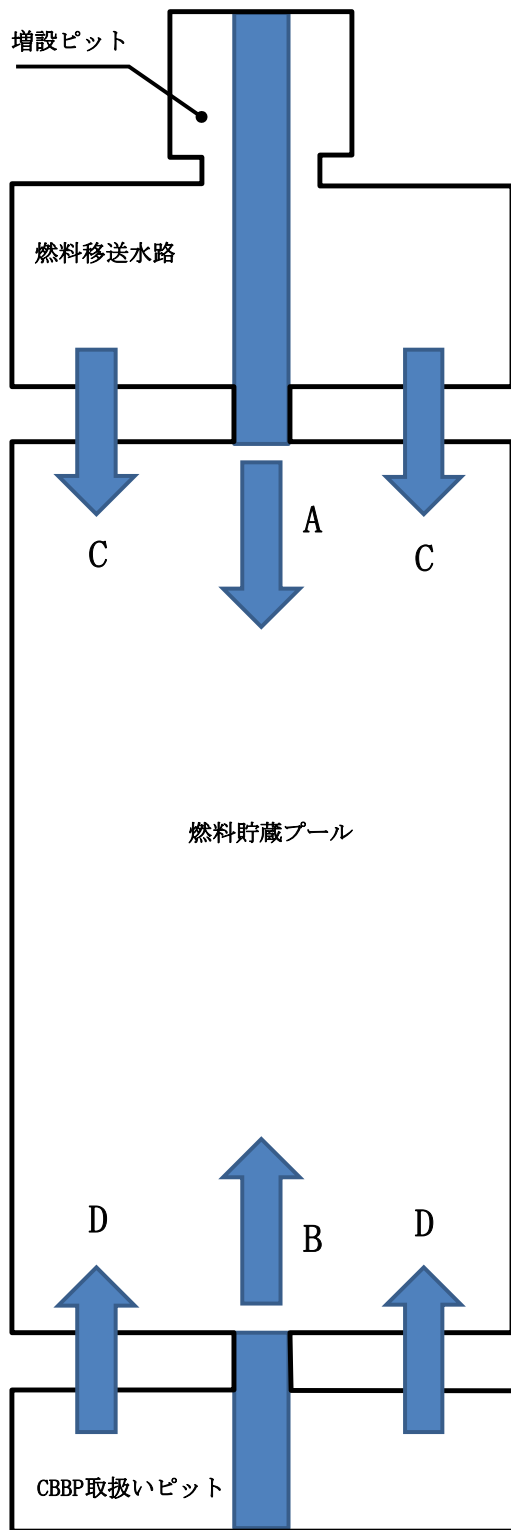
(1) 評価条件

連結部を有する燃料貯蔵プール等からの水の流動を考慮し、流動した水を加算した保有水量で固有周期を算出し、固有周期の変化の状況により、影響の確認を行った。

(2) 評価結果

燃料貯蔵プール等からの水の流動を考慮した固有周期および最大波高への影響について第2.1-1図及び第2.1-2図に示すが、流動した水を保有水量として考慮しても、固有周期の変化は軽微であり、最大波高の算出への影響は小さいことを確認した。

このため、燃料貯蔵プールを12種類の形状へ分割した評価結果へ有意な影響を与えない。

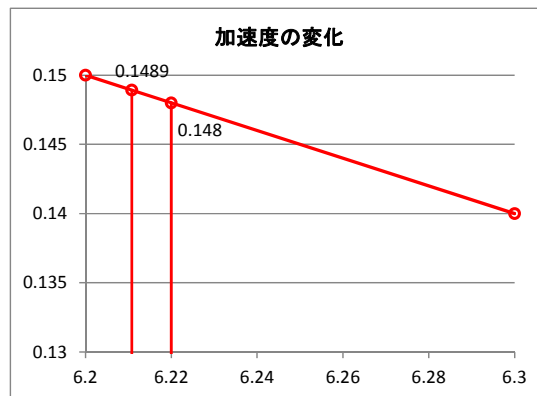


- A: 水路、増設ピットから流入するスロッシング水
 - ・増設: 1.7m^3
 - ・増設-水路間: 0.3m^3
 - ・水路: 5.4m^3
 - ・水路-プール間: 0.6m^3
 - B: CBBP取扱いピットから流入するスロッシング水
 - ・CBBP: 0.6m^3
 - ・CBBP-プール間: 0.6m^3
 - C: 水路（止水板を超える）から流入するスロッシング水
 - ・ 14.2m^3
 - D: CBBP取扱いピット（止水板を超える）から流入するスロッシング水
 - ・ 0m^3
- 合計: 27.3m^3

プールの水位上昇
 $27.3/299.45=0.09117\dots$
 $=0.091\text{m}$
 $11.52\text{ (NWL+20mm)} + 0.091$
 $=11.611\text{m (流入後の水位)}$

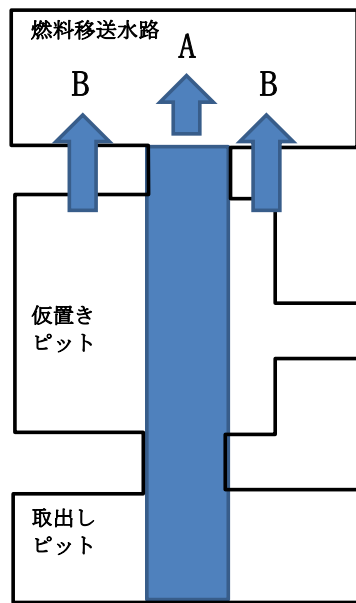
固有周期
 $T : 6.2108\text{sec (流入後)}$
 $T : 6.2200\text{sec (流入前)}$

対応する加速度
 $\alpha\text{ (at6.2108)} : 0.1489\text{G}$
 $\alpha\text{ (at6.220)} : 0.1480\text{G}$



最大波高さ
【流入前】
 $D=0.811*13.25/g*0.1480\text{ g}=1.590371\approx 1.60\text{m}$
【流入後】
 $D=0.811*13.25/g*0.1489\text{ g}=1.600042\approx 1.61\text{m}$

第 2 . 1 - 1 図 燃料貯蔵プールへのプール水流入による影響



A: 仮置きピット、取出しピットから流入するスロッシング水

- ・仮置きピット: 15.5m^3 (2基分)
- ・仮置きピット-水路間: 1.2m^3 (2基分)
- ・取出しピット-仮置きピット間: 2.5m^3 (2基分)
- ・取出しピット: 8.4m^3 (2基分)

B: 仮置きピット (止水板を越える) から流入するスロッシング水

- ・ 51.4m^3 (2基分)

C: 増設ピットから流入するスロッシング水

- ・増設: 8.4m^3 (3基分)
- ・増設-水路間: 1.5m^3 (3基分)

D: CBBPピット、プールから流入するスロッシング水

- ・水路-プール間: 1.8m^3 (3基分)
- ・プール: 229.2m^3 (3基分)
- ・CBBP-プール間: 1.8m^3 (3基分)
- ・CBBP: 13.5m^3 (3基分)

E: プール (止水板を越える) から流入するスロッシング水

- ・ 148.8m^3 (3基分)

合計: 484m^3

水路の水位上昇

$$484/500.5=0.967033\dots$$

$$=0.97\text{m}$$

水路水位

$$12.32+0.97=13.29\text{m}$$

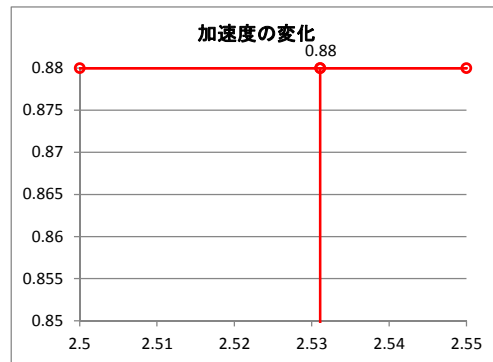
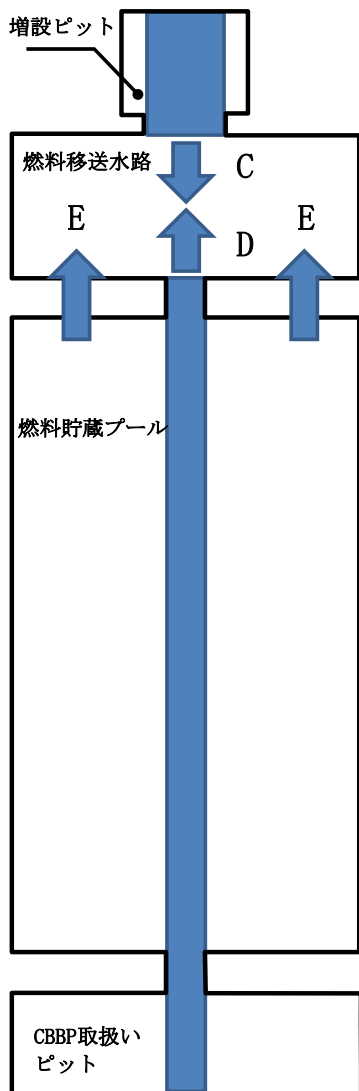
固有周期

T: 2.5311sec (流入前)

T: 2.5311sec (流入後)

対応する加速度

$$\alpha \text{ (at } 2.5311) = 0.88\text{G}$$



最大波高

加速度に変化がないことから、最大波高は変わらない。
従って、溢水量も変わらない。

第2. 1-2 図 燃料移送水路へのプール水流入による影響

3. 速度ポテンシャル理論の保守性の検証

3. 1 三次元解析による検証

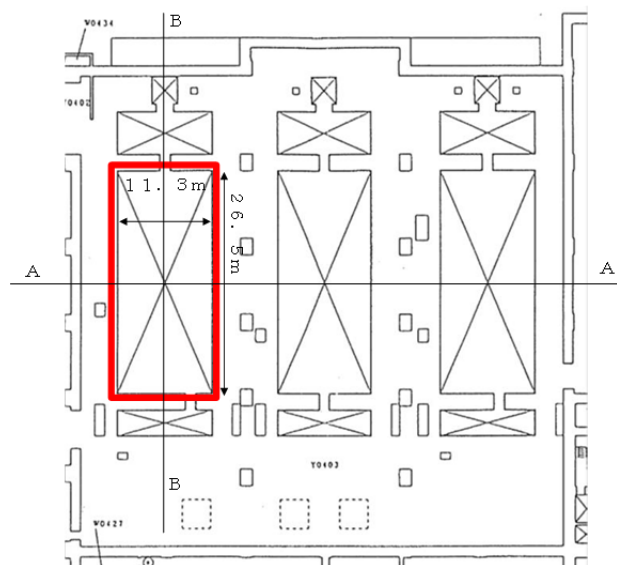
(1) 評価条件

速度ポテンシャル理論によるスロッシングの溢水量の保守性について、詳細評価（三次元解析）による結果と比較し検証した。

また、燃料貯蔵プール等の中で最も溢水量が多い、燃料貯蔵プール 1 体をモデル化した。

三次元解析に使用する解析コードは矩形開放容器のスロッシング試験による波高及び溢水量の比較の検証試験により検証された汎用熱流体解析コード(S T A R - C D)を用いる。

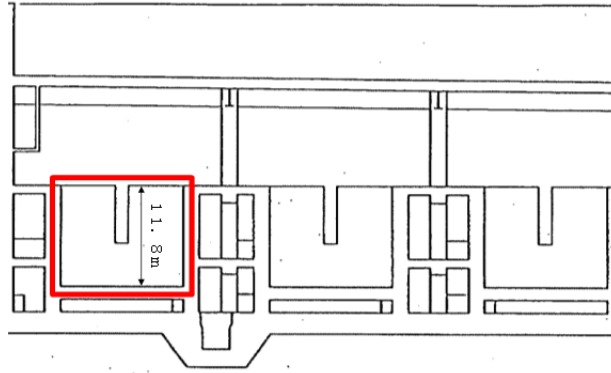
三次元解析のモデル化範囲及びモデル概要図を第 3. 1 - 1 図～第 3. 1 - 4 図に示し、評価条件を第 3. 1 - 1 表に示す。



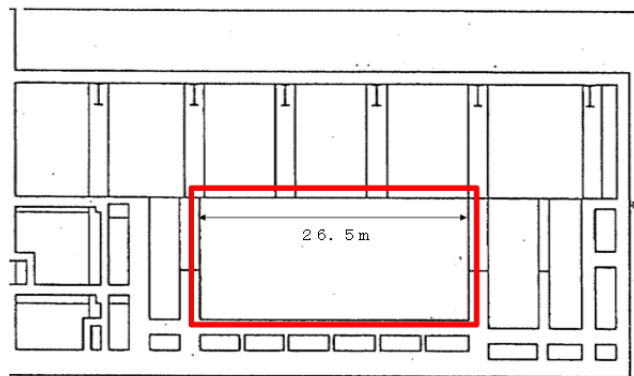
第 3. 1 - 1 図 三次元解析のモデル化範囲（平面）

E L . 5 5 . 3 0

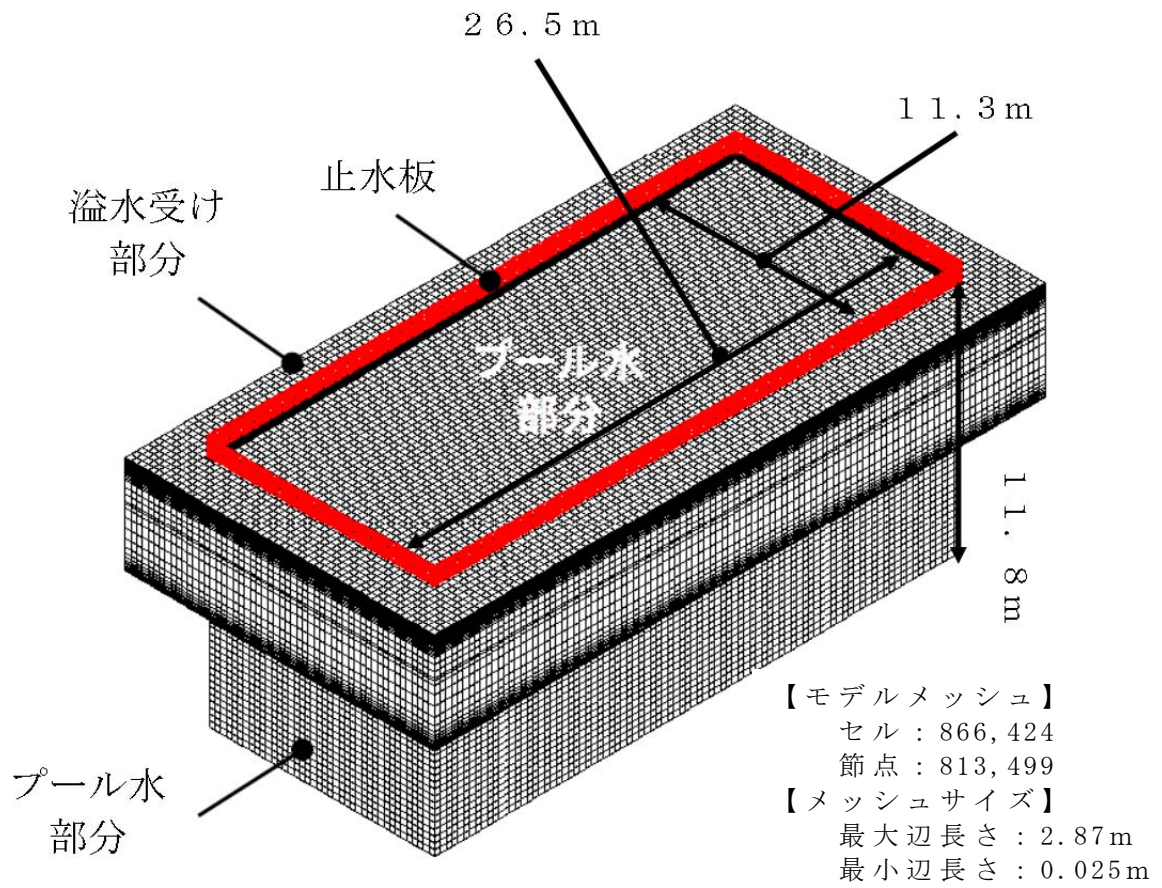
補 11-6-6



第3. 1-2 図 三次元解析のモデル化範囲（A-A断面）



第3. 1-3 図 三次元解析のモデル化範囲（B-B断面）



第3. 1-4図 燃料貯蔵プールのモデル概要図

第3. 1-1表 評価条件

| | | |
|--------|--|--|
| 各種条件 | 速度ポテンシャル理論 | 三次元解析 |
| 評価範囲 | 燃料貯蔵プール1基 | 同左 |
| 境界条件 | 止水板(0.9m)を越える溢水高さを越えた水は溢水量とし、プール水は壁による溢水の跳ね返りは考慮しない。 | 同左 |
| 初期水位 | EL: 55.02m | 同左 |
| 評価用地震波 | 基準地震動 S_s を1.2倍した床応答スペクトル 建屋: 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋(EL: 55.30m) 減衰: 0.5% | 基準地震動 S_s を1.2倍した時刻歴波(解析時間200秒) 建屋: 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋(EL: 55.30m) 減衰: 0.5% |
| 地震方向 | NS方向, EW方向 | 水平2方向および鉛直方向3方向同時入力 |
| 評価手法 | 速度ポテンシャル理論 | 解析コード: STAR-CD |
| その他 | 燃料貯蔵プール等に設置している水中機器は考慮せず、燃料貯蔵プール等内の水は全て揺動する。 | 同左 |

(2) 溢水量の比較結果

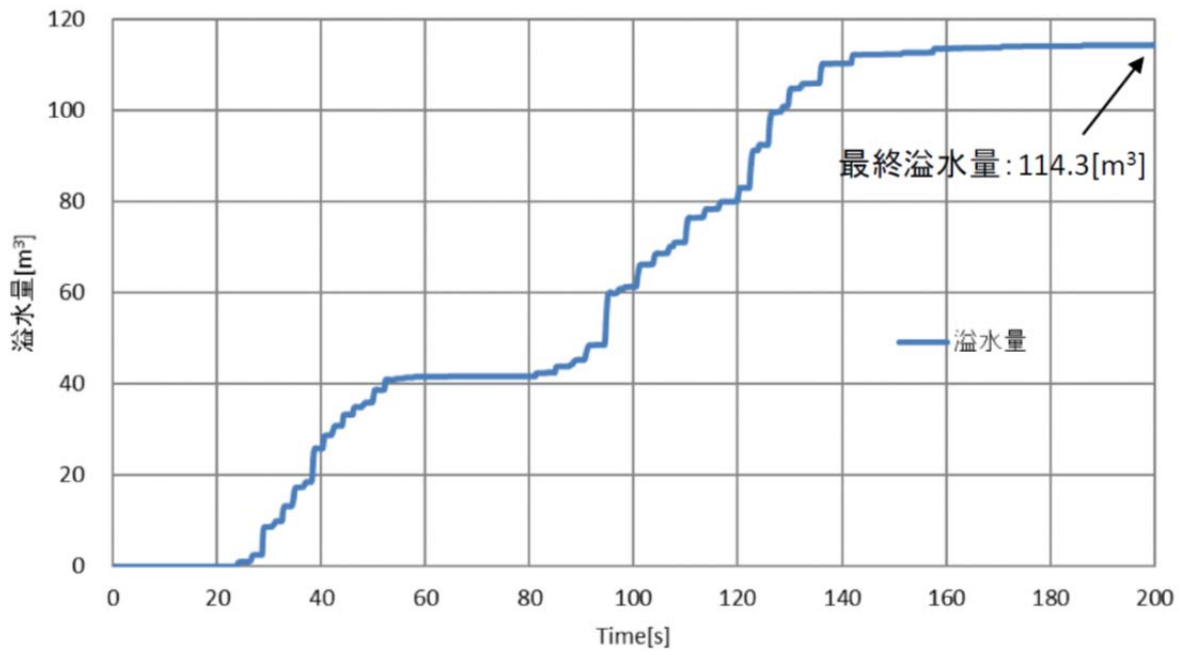
速度ポテンシャル理論では 231.55 m^3 に対し三次元解析では 114.30 m^3 となり，約 49% が溢水量として低減する。

速度ポテンシャル理論と三次元解析による溢水量の比較を第 3. 1 - 2 表に示す。

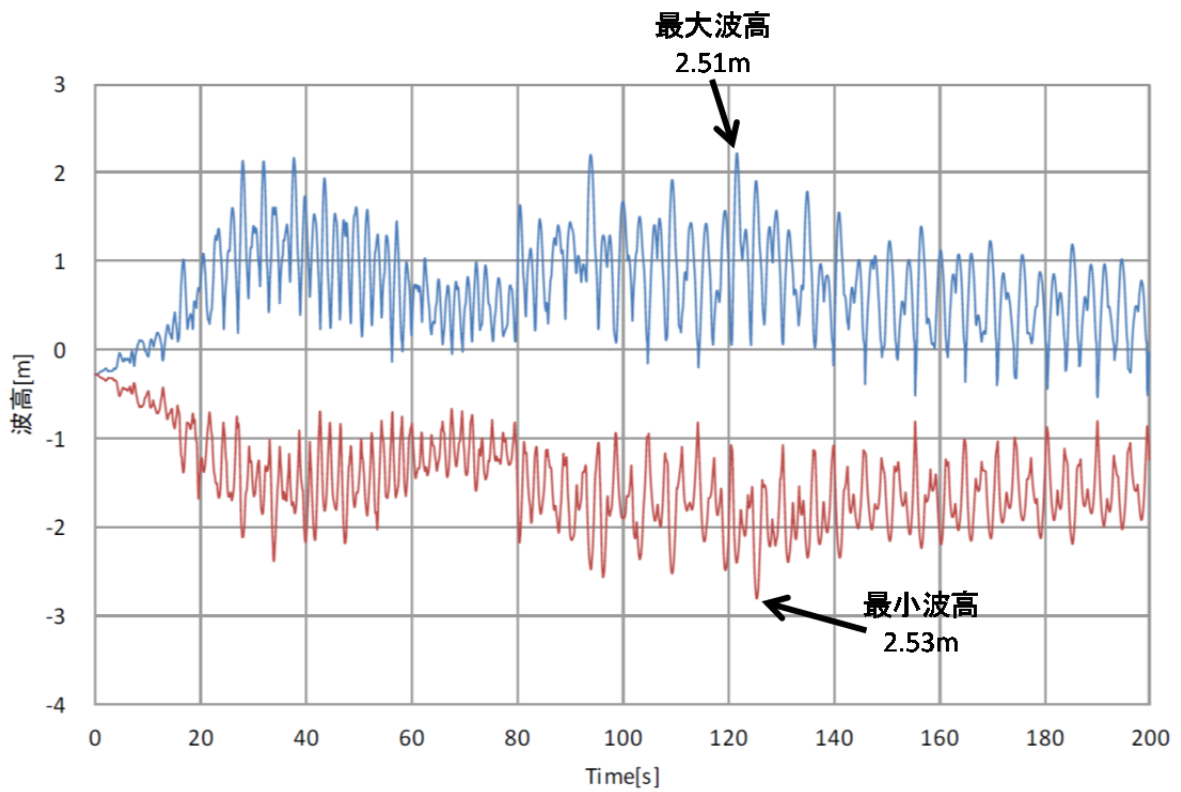
第 3. 1 - 2 表 スロッシングによる溢水量比較

| | 速度ポテンシャル理論 | 三次元解析 |
|------------------------|--|--|
| スロッシングによる溢水量 (最大波高) | 231.55 m^3 (2.73 m) | 114.30 m^3 (2.51 m) |

三次元解析の評価の溢水量の時間変化を第 3. 1 - 5 図に示し，波高の最大値と最小値の時間変化を第 3. 1 - 6 図に示す。



第 3 . 1 - 5 図 溢水量の時間変化グラフ



第 3 . 1 - 6 図 波高の最大値及び最小値の時間変化

3. 2 速度ポテンシャル理論の保守性

三次元解析との比較において、速度ポテンシャル理論の溢水量の結果が約2倍保守的な結果となっている。

これは流体の乱流挙動や溢流の複雑な非線形現象を考慮せず、最大波高を算出することで、溢水量が保守的に多くなるように全ての開口長さ一辺より溢水する条件としていることによるものと考えられる。

また、最大波高においても速度ポテンシャル理論による結果が保守的となっていることも確認できる。

4. スロッシングにおける今後の評価対応

本評価においては、繋がった燃料貯蔵プール等を12種類の構造体に分割し、速度ポテンシャル理論による溢水量を算定し、燃料貯蔵プール1体において検証を実施した結果、速度ポテンシャル理論が保守的であることを確認した。

また、12種類の分割により燃料貯蔵プール等の連結部からのプール水の流動が溢水量への影響が小さいことを確認した。速度ポテンシャル理論と三次元解析の比較ではプール1体での検証であったが、溢水量及び最大波高が保守的となることを確認した。このため、速度ポテンシャル理論より算出した燃料貯蔵プール等の全体の溢水量は、三次元解析により導出される結果に対しても、同様な保守性を有するものと考えられるが、今後、燃料貯蔵プール等の全体の連成モデルで三次元解析を実施し、検証を行う。

5. 重大事故等対処への不確かさの影響について

燃料貯槽プール等の想定事故2においては、地震による起因を想定して、重大事故等が重畳することを考えている。これは、蒸発乾固、水素爆発、燃料貯蔵プール等からの小規模な漏えいが同時発生して対処することとしている。これらの重大事故等対処の優先順位は、対処の制限時間を考慮して決定している。燃料貯蔵プール等からの小規模な漏えいへの対処については、制限時間までの猶予が比較的長いことから、重大事故等対処の優先順位は各建屋での水素爆発及び蒸発乾固への対処を実施した後、燃料貯蔵プール等の小規模な漏えいへの対処を実施し、最後に前処理建屋における蒸発乾固の対処を実施することとしている。

今回の速度ポテンシャル理論によるスロッシングの溢水量の評価では、3次元解析と比較した結果、約2倍の溢水量と保守的であり、燃料貯蔵プール等の水位の低下量を半分とした場合、小規模漏えいによる水位の低下は、スロッシングによる水位の低下後、サイホンブレイカ孔位置まで低下して停止することが事故条件となる。この場合、沸騰までの時間は、約36時間から約37時間とわずかに延びることとなるが、重大事故等対処の優先順位に影響を与えるものではない。

以上

補足説明資料 11－7

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋における線量評価について

1. プール水位低下時における線量評価について

燃料貯蔵プールにおいて、水位低下により遮へい機能が低下した場合の燃料貯蔵プール上部空間線量率について評価した。

(1) 評価条件

① 評価対象プール及び評価点

評価対象：使用済燃料貯蔵プール（PWR燃料用）を代表とし評価。

評価点：プール中央上部（E L 55300：燃料貯蔵エリア床レベル）

② しゃへい設計用燃料（表 1.1 参照）

PWR燃料（既認可のしゃへい設計用基準核種組成を適用）

③ 線源モデル

使用済燃料集合体の幾何形状，構造材，体積比，線源領域等はすべて「設計及び工事の方法の認可申請書」のとおりとし，ラック内全てに使用済燃料集合体が貯蔵されているものとする。

④ 線源強度

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋において貯蔵される燃料は冷却期間4年が $600 \text{ t} \cdot U_{\text{PWR}}$ ，冷却期間12年が $2,400 \text{ t} \cdot U_{\text{PWR}}$ となることから，しゃへい設計用燃料においても冷却期間を考慮したスペクトルを使用する。

(2) 燃料貯蔵プール水の放射性物質濃度

燃料貯蔵プール水の放射性物質を考慮する。また，エネルギースペクトル：C o - 60 を代表核種とする。

放射性物質濃度： $4.1 \times 10^1 \text{ B q / c m}^3$

表 1.1 しゅへい計算に用いる燃料仕様(しゅへい設計用燃料)

| 項目 | 燃料仕様 | |
|------------------------------------|-------------|-------------|
| | BWR 燃料 | PWR 燃料 |
| 初期濃縮度 (W t %) | 3.0 | |
| 燃焼度 (MW d / t · U _{P R}) | 55,000 | |
| 比出力 (MW / t · U _{P R}) | 40 | 60 |
| 冷却期間 | 4 年, 12 年 | |
| 燃料型式 | B W R - 3 型 | P W R - 5 型 |

(3) 計算コード及び各種計算条件

- ・線量率計算コードは点減衰核積分法計算コード Q A D - C G G P 2 R を用いる。
- ・本コードは散乱線の影響について考慮されている。
- ・燃料貯蔵ラックモデル化の際の物質密度の設定は，燃料貯蔵ラック内の使用済燃料集合体軸方向の各領域（上部ノズル部，燃料有効部等）において複数の物質（使用済燃料集合体及び燃料貯蔵プール水）が混在していることを踏まえ，各領域内で存在する物質がその領域内で均質化しているものとする。
- ・プール水密度は沸騰水を考慮し 100℃ の水密度（0.95807 g / c m³）を採用する。

(4) 計算モデル

しゃへい設計用燃料が燃料貯蔵プール内に設置している燃料貯蔵ラックに収納された状態を図1.1のとおりモデル化する。また、燃料有効長頂部から水面までの水位を図1.2に示す。

- ・燃料貯蔵プール（PWR燃料用）に対し、線源強度が強い冷却期間4年の使用済燃料600tを中心に配置し、その周りに冷却期間12年の使用済燃料を評価点から離れた箇所に配置する。

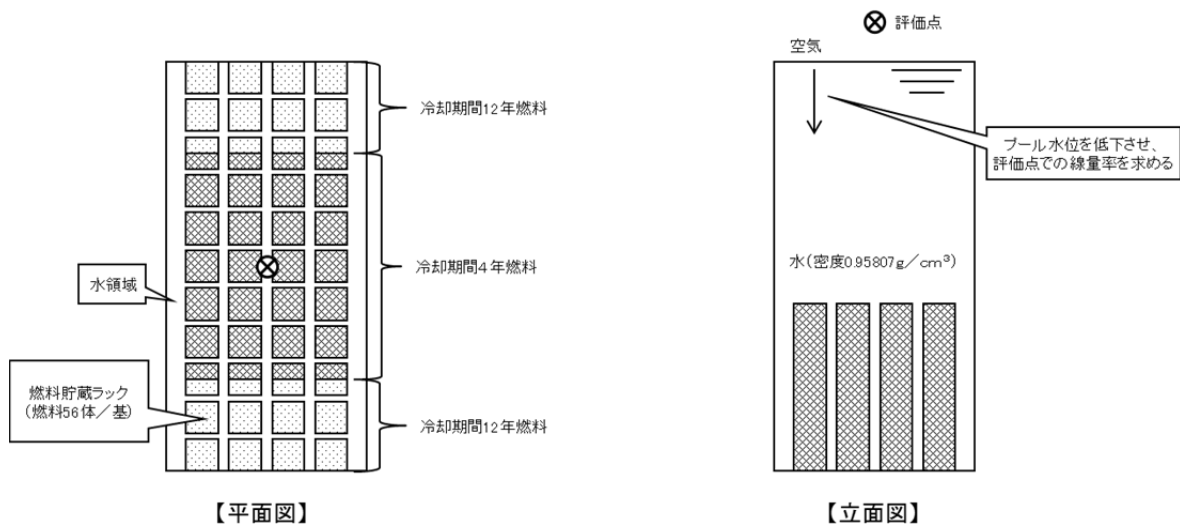


図1.1 燃料貯蔵プール線量率計算モデル



図1.2 燃料有効長頂部から水面までの水位

(5) 放射線の遮蔽が維持される水位

重大事故等の対処においては、作業時における被ばく線量として、 10mSv を目安として管理することとしている。燃料損傷防止対策の対処においては、可搬型重大事故等対処設備の配置に時間がかかることから、1作業当たり1時間30分とし、2班体制にて作業を実施する計画である。このため、作業時において放射線の遮蔽が維持される水位の設定では、 6.7mSv/h ($=10\text{mSv}/1.5\text{h}$) の被ばくを想定し、このときの水位として通常水位から約5.0m下の位置としている。

(6) 評価結果

評価結果を図1.3に示す。

プール水が満水に近い状態の場合は、燃料より上部に存在するプール水からの線量率寄与が主要であり、プール水面が低下し燃料有効長頂部近傍にある場合の支配的線源は燃料となる。

通常水位から水位が低下すると、プール水寄与の線量が低下し、評価点での線量率は若干低下する。ある一定程度水位が低下すると、プール水による使用済燃料集合体からの放射線のしゃへい効果が低下し、使用済燃料集合体からの線量が徐々に増加する。さらに水位が低下すると、使用済燃料集合体からの線量が支配的となり、線量率は急激に増加する。

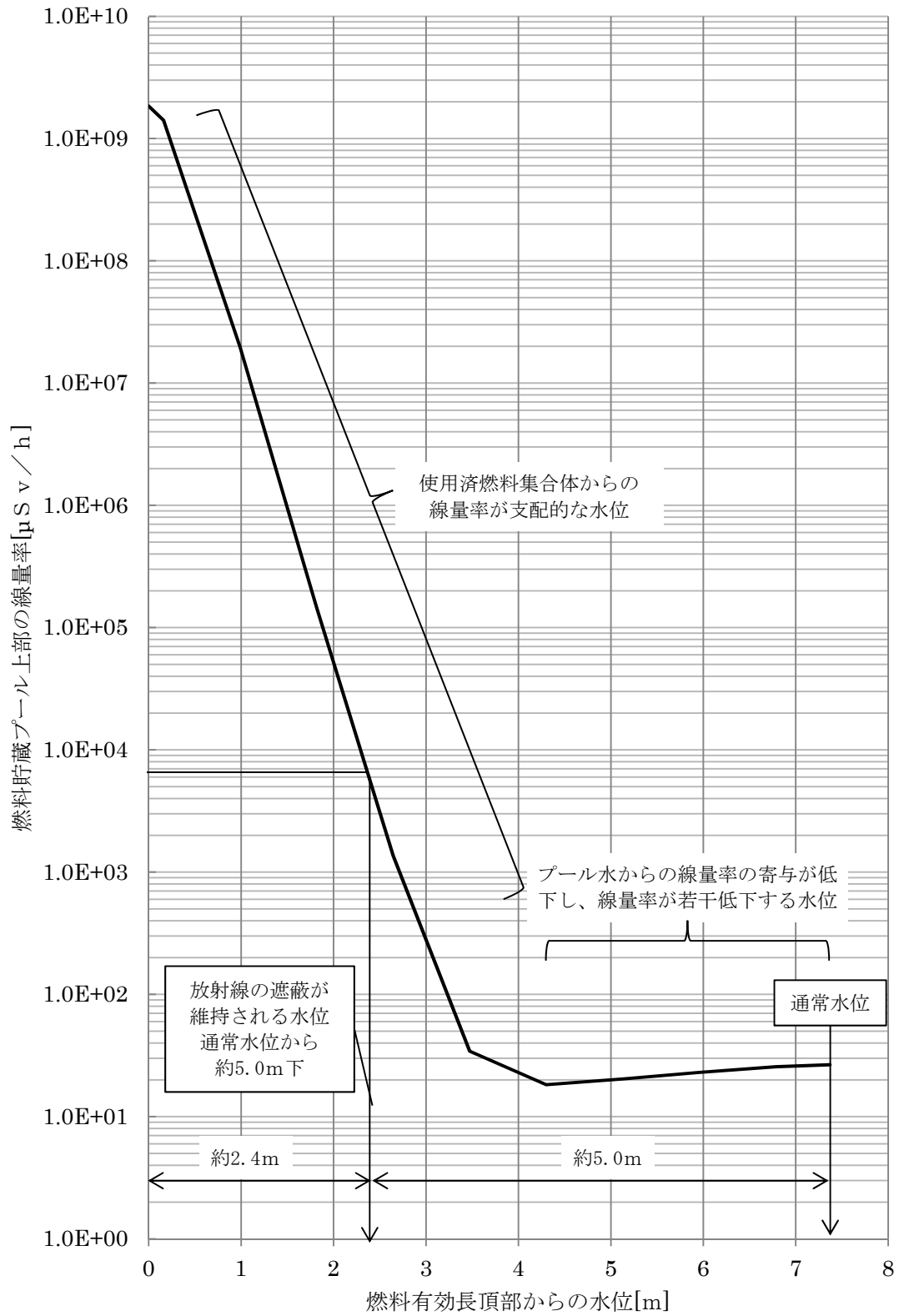


図 1.3 水位と線量率の関係

2. 線源強度の代表性について

しゃへい設計燃料の選定にあたり，BWR燃料とPWR燃料の比較を実施している。線源強度を単位体積当たりの照射前ウラン質量とし，同条件（初期濃縮度 4.5wt%，燃焼度 45,000MWd/t・U_{Pr}，比出力 38MW/t・U_{Pr}，冷却期間 4年）でPWR燃料とBWR燃料のガンマ線線量率を比較した結果，PWR燃料のほうが線源強度は強いことから，PWR燃料を代表とすることは妥当である。（下表 2.1 参照）

また，下表 2.2 に示すとおり，3基ある燃料貯蔵プールはそれぞれ 1,000 t U の使用済燃料集合体が貯蔵可能となっており，このうち最も多く PWR 燃料を貯蔵可能な燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）であることから，プール単位としても PWR 燃料のほうが強い。

表 2.1 ガンマ線線量率の比較

| | しゃへい壁（コンクリート 1.5m）外壁の線量率 （相対値） | |
|-------|-----------------------------------|--------|
| | BWR 燃料 | PWR 燃料 |
| 1 体領域 | 0.995 | 1.0 |

表 2.2 燃料貯蔵プール貯蔵量

| 名称 | BWR 燃料 | PWR 燃料 |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 貯蔵量 (t・U _{Pr}) | 貯蔵量 (t・U _{Pr}) |
| 燃料貯蔵プール (BWR 燃料用) | 1,000 | — |
| 燃料貯蔵プール (PWR 燃料用) | — | 1,000 |
| 燃料貯蔵プール (BWR/PWR 燃料用) | 500 | 500 |
| 総貯蔵量 | 1,500 | 1,500 |

3. ガンマ線線量率と中性子線線量率比較の評価条件について

使用済燃料集合体のガンマ線と中性子線の線量率の相対的な比較により、中性子線線量率が十分無視可能なことを以下に示す。

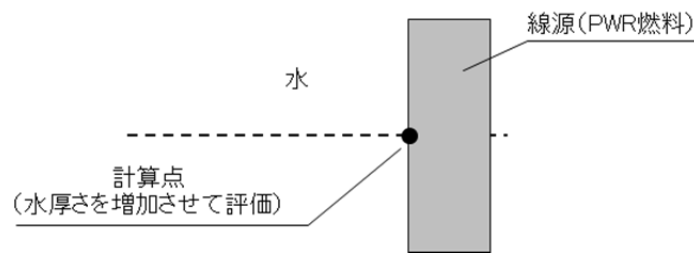
使用済燃料集合体を水中保管した場合のガンマ線と中性子線の減衰分布を図3.1に示す。使用済燃料集合体の表面（表面からの距離が0 cm）における、中性子線線量率はガンマ線線量率に比べ約3桁小さい。さらに燃料表面からの距離が長くなるにつれてこの差は拡大する。

このことから、本評価において中性子線線量率はガンマ線線量率に比べ十分無視できるものである。

【線源強度算出条件】

しゃへい設計用燃料仕様

| 燃料型式 | PWR燃料 |
|------------------------------|--------|
| 初期濃縮度 (wt%) | 3.0 |
| 燃焼度 ($MWd/t \cdot U_{PR}$) | 55,000 |
| 比出力 ($MW/t \cdot U_{PR}$) | 60 |
| 冷却期間 (年) | 1 |



計算モデル

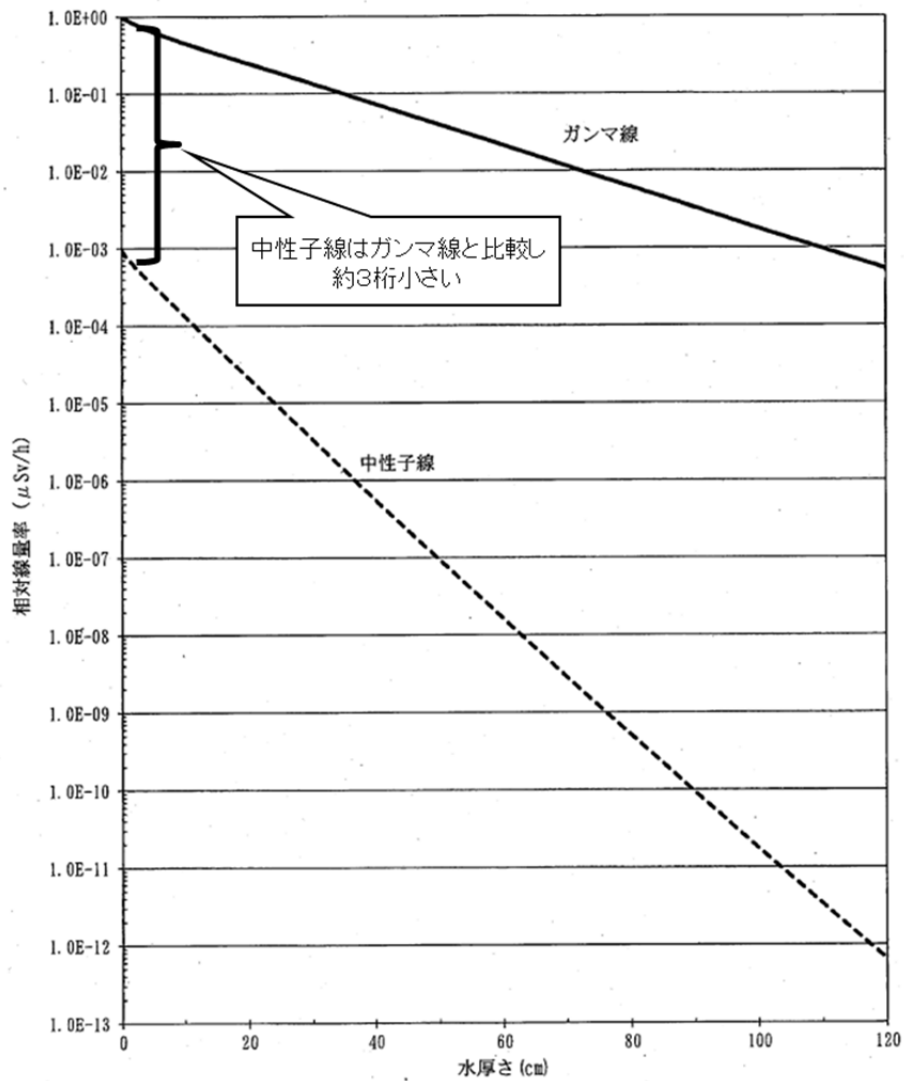


図 3.1 水厚さに対するガンマ線と中性子線の減衰分布
 (水厚さ 0 cm でのガンマ線線量率を $1 \mu\text{Sv/h}$ に規格化した
 相対値)

補足説明資料 11－8

燃料貯蔵プール等における沸騰時間の評価について

1. 燃料貯蔵プール等の配置およびゲートの運用について

燃料貯蔵プール等（燃料仮置きピット，燃料貯蔵プール及び燃料送出しピット）およびゲートの配置について，図1に示す。

燃料貯蔵プール等に存在するピットゲート及びプールゲート（以下「ゲート」という。）は，万が一プール水が漏えいした際，他の健全なプール，ピット等を隔離することを目的に設置されている。このため，通常運転時においてはゲートを設置することはない。

しかしながら，有効性評価の沸騰時間の評価においては，保有水量を厳しく見積もるため，ゲートを設置した状態を考慮した保有水量とする。

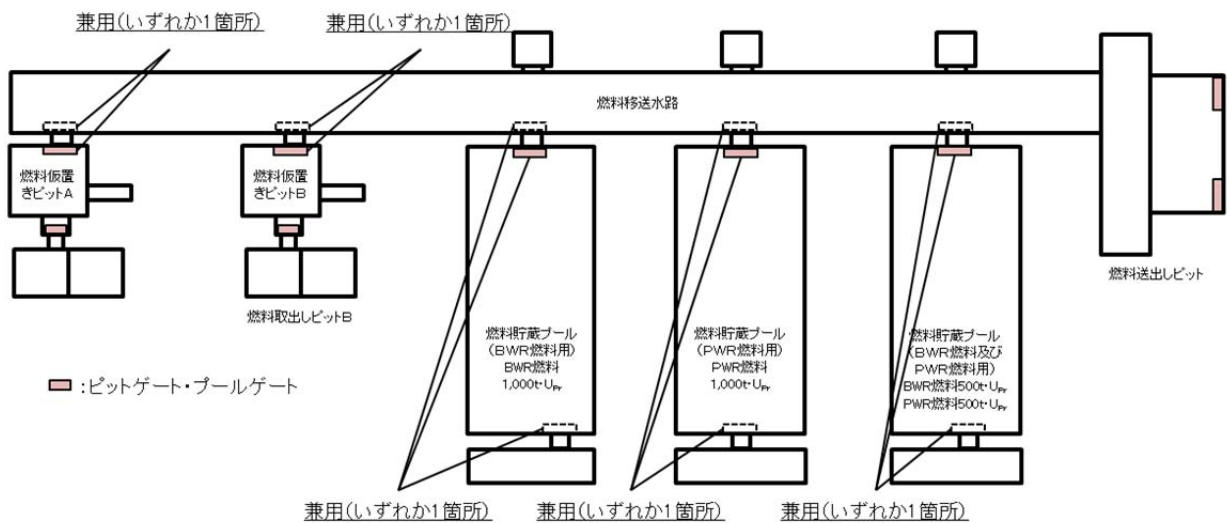


図1 燃料貯蔵プール等のゲート配置図

2. 1 評価条件

(1) 沸騰時間及び蒸発量の算出方法

燃料貯蔵プール等の冷却機能及び注水機能の喪失時から、燃料貯蔵プール沸騰までの時間及び沸騰後の蒸発量について、以下の式で算出する。

a. 沸騰時間

$$\text{沸騰までの時間[h]} = \frac{\text{水密度}[\text{kg/m}^3] \times \text{比熱}[\text{kcal}/(\text{kg} \cdot \text{K})] \times \text{保有水量}[\text{m}^3] \times \text{温度差}[\text{K}] (100^\circ\text{C}-\text{初期水温})}{\text{崩壊熱量}[\text{kcal/h}]}$$

b. 沸騰後の蒸発量

$$\text{蒸発量}[\text{m}^3/\text{h}] = \frac{\text{崩壊熱量}[\text{kcal/h}]}{\text{蒸発潜熱}[\text{kcal}/\text{kg}] \times \text{水密度}[\text{kg}/\text{m}^3]}$$

評価に用いる物性値については、表1のとおり設定する。

表1 水の物性値

| 項目 | 物性値 |
|--------------|--------------------------|
| 水密度 at100°C | 958.07 kg/m ³ |
| 比熱 at100°C | 4.216 kJ/(kg・K) |
| 蒸発潜熱 at100°C | 2257 kJ/kg |

(2) 初期水温，初期水位及びスロッシング後の水位について

a. 初期水温について

再処理事業指定申請書に記載のプール水冷却系の設計方針に基づき、1系列運転時の最高温度である 65°Cを設定する。

b. 初期水位について

想定事故 1 及び想定事故 2 における初期水位は，水位低警報レベルである通常水位-0.05mに設定する。

c. スロッシング後の水位について

想定事故 2 については，設計上定める条件より厳しい条件における外部事象の「地震」を条件としている。このため，想定事故 2 はスロッシング発生により水位が低下した後の保有水量により沸騰時間を算出する必要があることから，スロッシング後の水位である通常水位-0.60mに設定する。

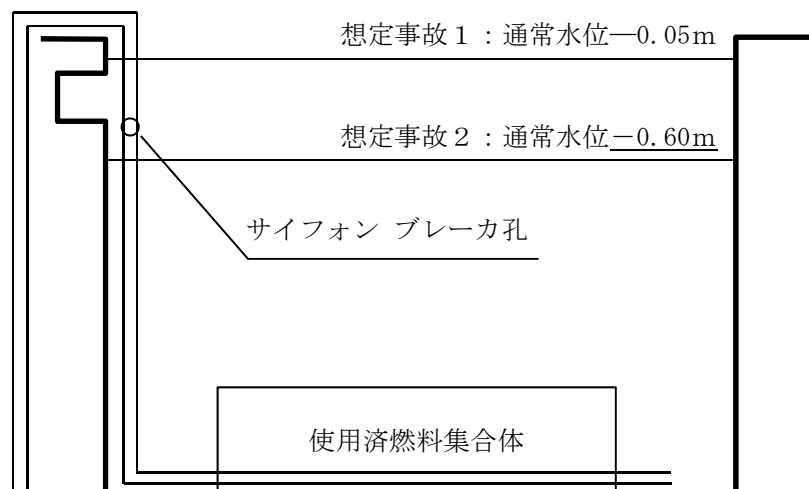


図 3 初期水位の設定

(3) 使用済燃料の崩壊熱について

使用済燃料貯蔵設備の燃料貯蔵プールは、BWR燃料用（1基）、PWR燃料用（1基）、BWR燃料及びPWR燃料用（1基）の合計3基で構成されている。

BWR燃料用（1基）はBWR使用済燃料集合体のみを、PWR燃料用（1基）はPWR使用済燃料集合体のみを貯蔵できる燃料貯蔵プールとなっており、ラック容量からBWR燃料用（1基）は約 $1,000 \text{ t} \cdot U_{P_r}$ のBWR使用済燃料、PWR燃料用（1基）は約 $1,000 \text{ t} \cdot U_{P_r}$ のPWR使用済燃料が貯蔵できる容量を有する。

燃料貯蔵プール貯蔵容量は $3,000 \text{ t} \cdot U_{P_r}$ であること、また、BWR使用済燃料集合体及びPWR使用済燃料集合体の貯蔵容量はそれぞれ $1,500 \text{ t} \cdot U_{P_r}$ ずつであり、燃料貯蔵プール（BWR燃料用）及び燃料貯蔵プール（PWR燃料用）で各々 $1,000 \text{ t} \cdot U_{P_r}$ 貯蔵できることから、残りのBWR使用済燃料 $500 \text{ t} \cdot U_{P_r}$ 及びPWR使用済燃料燃料 $500 \text{ t} \cdot U_{P_r}$ を燃料貯蔵プール（BWR燃料及びPWR燃料用）の貯蔵量として設定し、崩壊熱量を設定する（表4）。

表3 BWR燃料, PWR燃料の崩壊熱量

| 崩壊熱除去設計用燃料仕様 | | PWR燃料 | BWR燃料 |
|----------------------------------|-------|--------|-------|
| 照射前濃縮度 [wt%] | | 4.5 | 4.0 |
| 平均濃縮度 [MWd/tU _{Pr}] | | 45,000 | |
| 比出力 [MW/tU _{Pr}] | | 38 | 26 |
| 評価結果 | | PWR燃料 | BWR燃料 |
| 1 t・U _{Pr} あたりの崩壊熱量 [W] | 4年冷却 | 3,102 | 2,927 |
| | 12年冷却 | 1,471 | 1,488 |

表4 各燃料貯蔵プールの貯蔵量及び崩壊熱量の設定

| 使用済燃料仕様 | | 燃料貯蔵プール (BWR燃料用) 貯蔵量[t・U _{Pr}] | 燃料貯蔵プール (PWR燃料用) 貯蔵量[t・U _{Pr}] | 燃料貯蔵プール (BWR燃料用及び PWR燃料用) 貯蔵量[t・U _{Pr}] |
|---------------------------|------|--|--|--|
| 冷却期間 | 燃料種別 | | | |
| 4年 | BWR | 600 | | 100 |
| | PWR | | 600 | 500 |
| 12年 | BWR | 400 | | 400 |
| | PWR | | 400 | 0 |
| 合計貯蔵量[t・U _{Pr}] | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 崩壊熱量[kW] | | 2,360 | 2,450 | 2,440 |

(4) 沸騰時間評価における保有水量の算出について

燃料貯蔵プール・ピット等は常時接続された状態であるものの、沸騰時間がより短くなるよう隣接する燃料移送水路等との水の混合はないものとし、燃料貯蔵プールのみの保有水量で評価する。

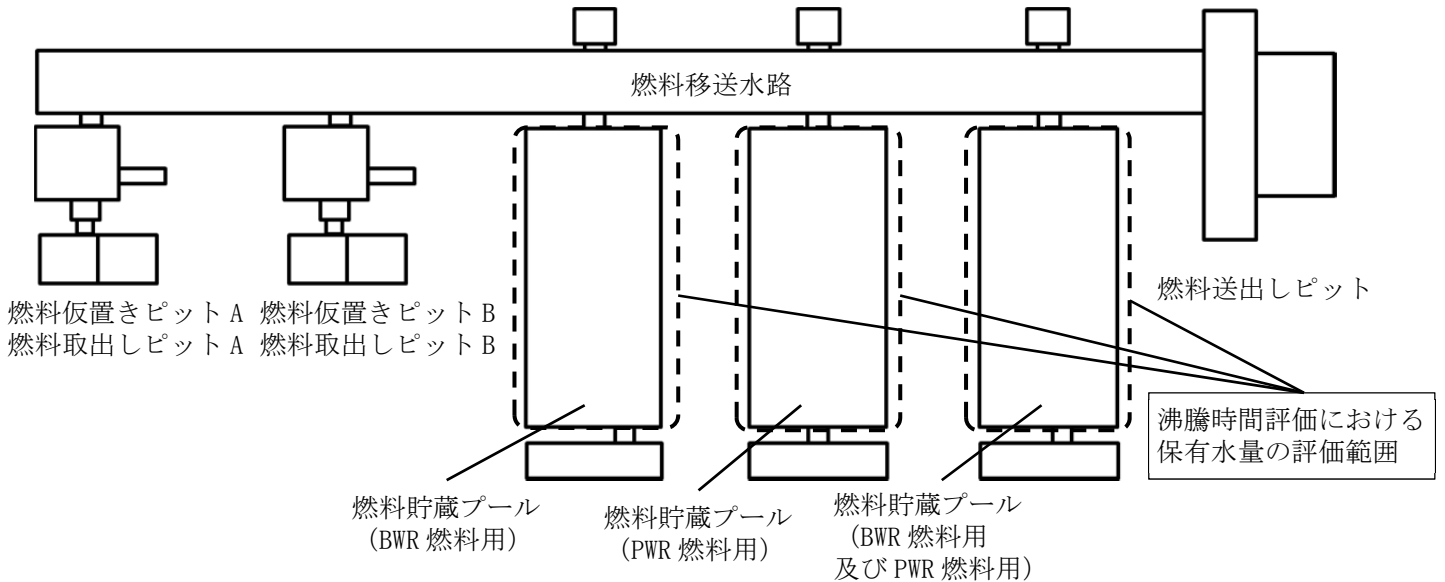


図3 ゲートを設置した状態における保有水量を評価する範囲

上記に基づき算出した各燃料貯蔵プールの保有水量について表5に示す。算出にあたっては、各燃料貯蔵プールの中中に存在する内容物（燃料貯蔵ラック等）の体積を除き算出している。

表5 各燃料貯蔵プールの保有水量

| | 燃料貯蔵プール (BWR 燃料用) | | 燃料貯蔵プール (PWR 燃料用) | | 燃料貯蔵プール (BWR 燃料用及び PWR 燃料用) | |
|----------|----------------------|-------|----------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| | 想定 1 | 想定 2 | 想定 1 | 想定 2 | 想定 1 | 想定 2 |
| ① 総水量 | 3,428 | 3,272 | 3,428 | 3,272 | 3,428 | 3,272 |
| ② 内容物体積 | 1,036 | | 975 | | 971 | |
| ①-② 保有水量 | 2,392 | 2,228 | 2,453 | 2,289 | 2,457 | 2,293 |

2. 2 沸騰時間の算出結果

2. 1 の評価条件から、沸騰時間を算出した。想定事故 1 及び想定事故 2 における沸騰までの時間を表 6 に示す。

| | 燃料貯蔵プール (BWR 燃料用) | | 燃料貯蔵プール (PWR 燃料用) | | 燃料貯蔵プール (BWR 燃料及び PWR 燃料用) | |
|----------------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------------------|--------|
| | 想定 1 | 想定 2 | 想定 1 | 想定 2 | 想定 1 | 想定 2 |
| 沸騰までの 時間[h] | 約 39.8 | 約 37.0 | 約 39.3 | 約 36.6 | 約 39.5 | 約 36.9 |

評価の結果、燃料貯蔵プール (PWR 燃料用) が最も厳しい結果となり、想定事故 1 で約 39 時間、想定事故 2 で約 36 時間となる。

想定事故 1 の場合は、代替補給水設備 (注水) による注水は 21 時間 30 分後から実施可能である。このため、沸騰時間の約 39 時間に対して十分時間余裕がある。

想定事故 2 の場合は、他事象との同時発生を考慮することから、代替補給水設備 (注水) による注水は 21 時間 30 分後から実施可能である。このため、沸騰時間の約 36 時間に対して十分時間余裕がある。

3. 現場作業の成立性に与える影響について

現場作業の成立性は有効性評価の一環として、燃料貯蔵プール周辺の雰囲気温度を評価している。現場作業の成立性の判断基準は 40℃を目安として設定し評価をしている。

評価の結果、燃料貯蔵プール周辺の温度が 40℃となる時間は約 23 時間であったのに対し代替補給水設備 (注水) による燃料貯蔵プール等への注水が開始可能な時間は 21 時間 30 分後であることから、作業場所へのアクセス及び注水は可能である。

補足説明資料 11－9

燃料貯蔵プール等の未臨界性評価

1. 重大事故時における臨界評価について

1.1. 評価条件について

再処理施設では、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の使用済燃料受入れ施設の使用済燃料受入れ設備の燃料仮置きピット並びに使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の使用済燃料貯蔵施設の使用済燃料貯蔵設備の燃料貯蔵プール及び燃料送出しピット（以下「燃料貯蔵プール等」という。）からの大量の水の漏えいその他の要因により当該燃料貯蔵プール等の水位が異常に低下した場合（以下、大規模漏えい時という。）、可搬型スプレー設備により、燃料貯蔵プール等内の使用済燃料の著しい損傷の進行を緩和し、できる限り環境への放射性物質の放出を低減するため、燃料貯蔵プール等全面にスプレーを実施し、ラック及び使用済燃料を冷却する。

大規模漏えい時の燃料貯蔵プール等の未臨界性評価は、重大事故等対処施設の使用済燃料貯蔵プール等の冷却等の機能喪失に対処するための設備のスプレー設備にて、ラック及び使用済燃料を冷却し、臨界にならないよう配慮したラック形状及び使用済燃料配置において、スプレーや蒸気条件においても臨界を防止できることを確認するため、燃料貯蔵プール等全体の水密度を一様に $0.0 \sim 1.0\text{g/cm}^3$ まで変化させた条件で実効増倍率の計算を行う。ここでは、燃料貯蔵プール等内に使用済燃料が満たされた場合の未臨界性評価結果を示すことにより、大規模漏えい時においても臨界を防止できることを確認する。

1.2. 臨界計算体系について

計算体系は、再処理施設の使用済燃料貯蔵プール等の実形状を模擬した 3次元未臨界性評価体系とする。貯蔵する使用済燃料は、各領域で貯蔵可能な最も反応度の高い使用済燃料を当該領域の全てのラックに貯蔵することを想定する。未臨界性評価に用いる BWR 燃料及び PWR 燃料仕様を第 1.2-1 表及び第 1.2-2 表に示す。また、未臨界性評価体系の垂直方向及び水平方向は構造物による中性子反射効果を考慮し、燃料有効長上下部及び側面は低水密度状態においても、十分な中性子の反射効果が得られる厚さ（中性子反射効果が飽和する厚さ）である 300mm の水反射と仮定する。

1.3. 使用コードについて

BWR 燃料では GAM, THERMOS 相当コード、PWR 燃料では輸送計算コード LEOPARD を使用して燃焼計算を実施し、所定の残留濃縮度時点でのウラン・プルトニウムの同位体組成を算出し、3次元モンテカルロ計算コード KENO-VIまたは KENO-V.a を内蔵した SCALE ver.6.0 を使用して実効増倍率を計算した。

1.4. 不確定性について

以下の計算条件は公称値を使用し、正負の製作公差を未臨界性評価上厳しくなる側に不確定性として考慮するものである。

- (a) ラックの内り
- (b) ラックの厚さ
- (c) ラックの中心間距離

(d) ラック内での使用済燃料が偏る効果（ラック内燃料偏心）

2. 臨界安全解析結果

燃料貯蔵プール等のうち、最も実効増倍率が高い結果となった燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）を代表として計算条件及び計算結果を示す。また、その他の燃料仮置きピット、燃料貯蔵プール（BWR 燃料用）、燃料貯蔵プール（BWR 燃料及び PWR 燃料用）及び燃料送出しピットについては、計算結果を示す。

2.1. 燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）の計算条件

燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）の計算条件は以下のとおりである。

(a) 燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）に収納される使用済燃料の残留濃縮度は以下のとおりとする。

| ラック | 使用済燃料 | 残留濃縮度 |
|---------------|--------|--------|
| 低残留濃縮度燃料貯蔵ラック | PWR 燃料 | 2.0wt% |

(b) 使用済燃料は残留濃縮度に対応して、燃焼により生じたプルトニウムを考慮する。

(c) 燃料有効長は、PWR 燃料の公称値 3,648mm から延長し、3,660mm とする。

本計算における計算体系を第 2.1-1 表、第 2.1-1 図及び第 2.1-2 図に示す。

2.2. 燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）の計算結果

計算結果を第 2.2-1 表及び第 2.2-1 図に示す。第 2.2-1 図のとおり、純水冠水状態から水密度の減少に伴い低水密度領域で実効増倍率に極大値が生じる。実効増倍率は最も厳しくなる低水密度状態（水密度 0.24g/cm³）で 0.9181 となり、これに不確定性を考慮しても 0.940 となり、実効増倍率 0.95 以下を満足している。

2.3. 燃料貯蔵プール（PWR 燃料用）以外の計算結果

燃料仮置きピットの計算結果を第 2.3-1 表及び第 2.3-1 図に示す。

燃料貯蔵プール（BWR 燃料用）の計算結果を第 2.3-2 表及び第 2.3-2 図に示す。

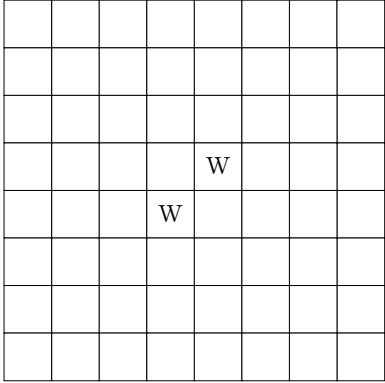
燃料貯蔵プール（BWR 燃料及び PWR 燃料用）の第 2.3-3 表及び第 2.3-3 図に示す。

燃料送出しピットに BWR 燃料用バスケットを配置した場合の計算結果を第 2.3-4 表及び第 2.3-4 図に示す。

燃料送出しピットに PWR 燃料用バスケットを配置した場合の計算結果を第 2.3-5 表及び第 2.3-5 図に示す。

いずれのピット及びプールにおいても、不確定性を考慮しても実効増倍率 0.95 以下を満足している。

第 1.2-1 表 BWR 燃料仕様

| 燃料型式 (集合体配列) | BWR-3 (新型 8×8 燃料) | |
|----------------|---|------------|
| 燃料棒ピッチ (mm) | 16.3 | |
| ペレット密度 (%TD) | 95 | |
| 被覆管外径 (mm) | 12.3 | |
| 被覆管厚さ (mm) | 0.86 | |
| ペレット直径 (mm) | 10.3 (注) | |
| 燃料有効長 (mm) | 3,708 | |
| 燃料集合体 燃料棒配置 |  <p> <input type="checkbox"/> ウラン燃料棒セル <input type="checkbox"/> W ウォーターロッドセル </p> | |
| チャンネルボックス | — | チャンネルボックス付 |

(注) : 評価では被覆管内径での値とする。

第 1.2-2 表 PWR 燃料仕様

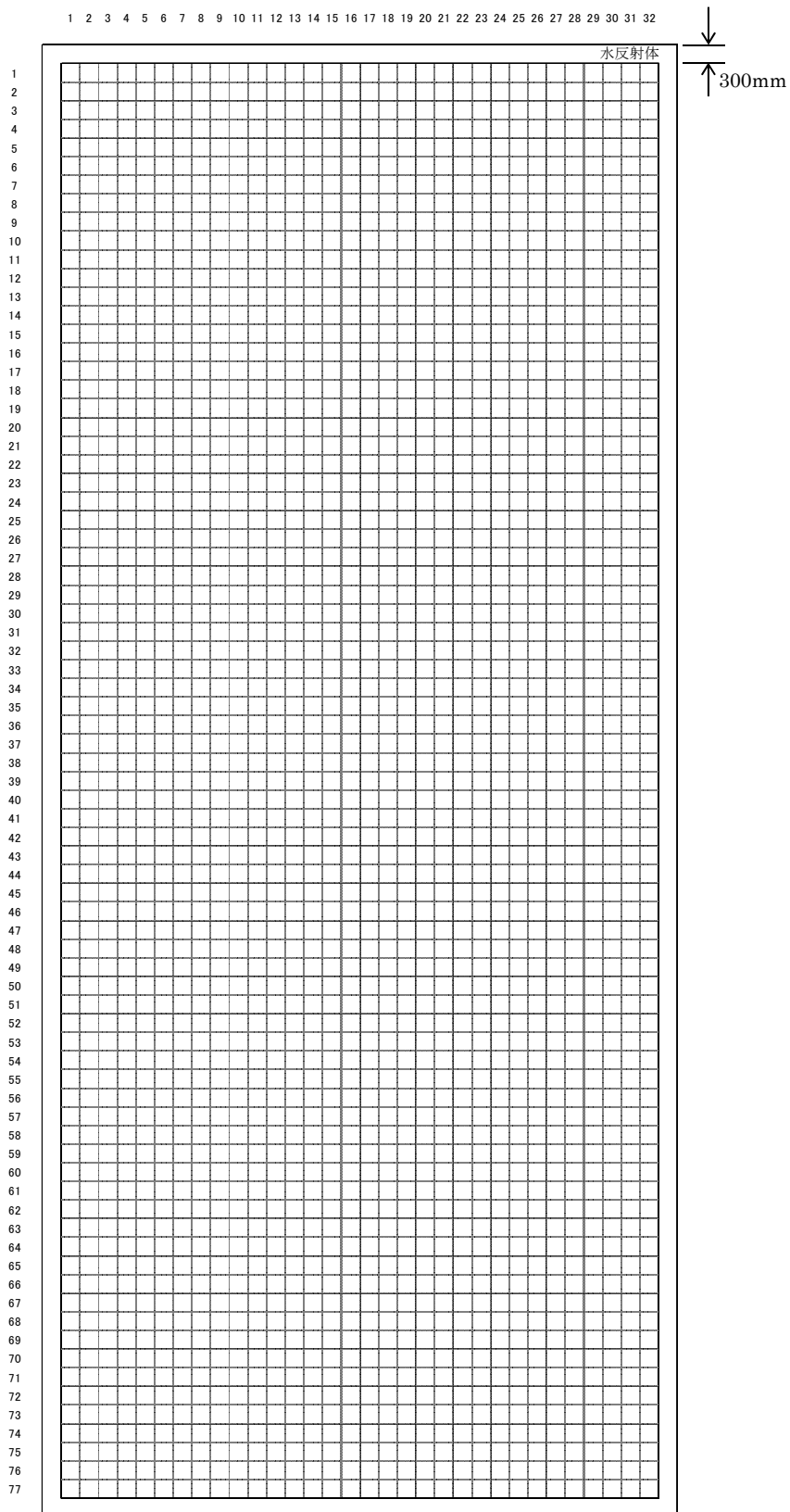
| 燃料型式 (集合体配列) | PWR-4 (15×15 型燃料) | |
|----------------|---|--|
| 燃料棒ピッチ (mm) | 14.3 | |
| ペレット密度 (%TD) | 95 | |
| 被覆管外径 (mm) | 10.72 | |
| 被覆管厚さ (mm) | 0.62 | |
| ペレット直径 (mm) | 9.29 | |
| 燃料有効長 (mm) | 3,660 (注) | |
| 燃料集合体 燃料棒配置 | <p> <input type="checkbox"/> ウラン燃料棒 <input checked="" type="checkbox"/> 炉内計装案内シンブル <input checked="" type="checkbox"/> 制御棒案内シンブル </p> | |

(注) : 燃料仮置きピット及び燃料貯蔵プール (BWR 燃料用及び PWR 燃料用) の評価では 3,708mm とする。

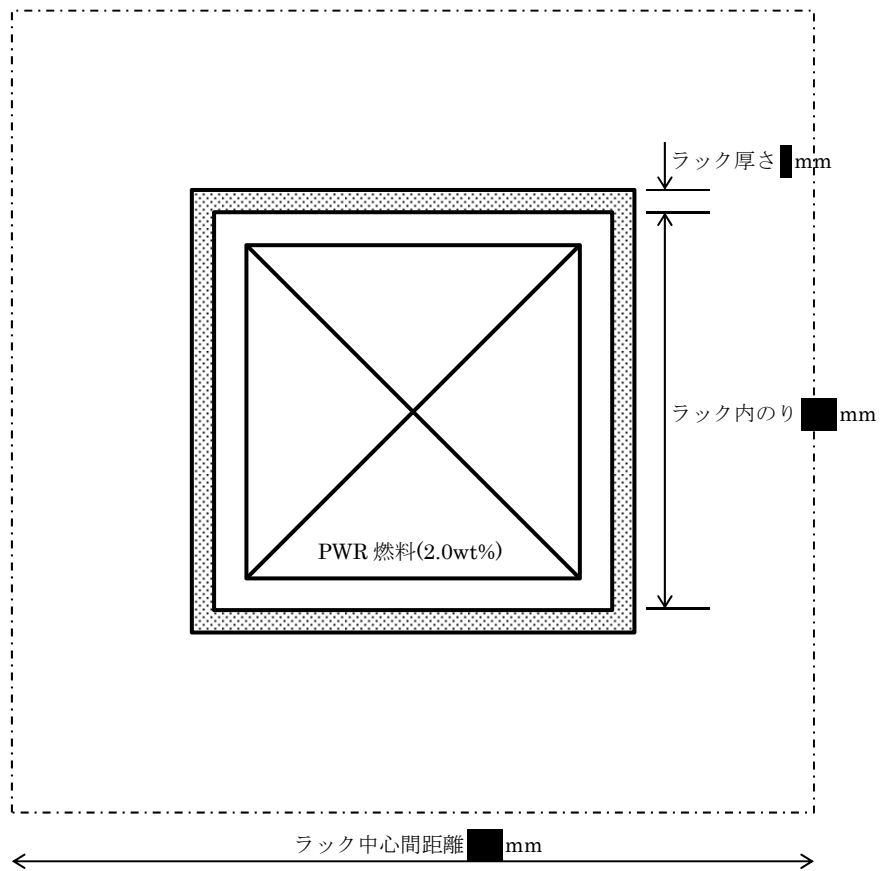
第 2.1-1 表 燃料貯蔵プール(PWR 燃料用)のラック仕様

| | 残留濃縮度 (wt%) | ラック 構成要素 | 材質 | ラック 中心間距離 (mm) | ラック 厚さ (mm) | ラック 内のり (mm) |
|---------------------------|----------------|-------------|-----|----------------------|-------------------|--------------------|
| 低残留濃縮度 PWR 燃料 貯蔵ラック | 2.0 | 角管 | SUS | ■ | ■ | ■ |

■ については商業機密の観点から公開できません。



第 2.1-1 図 燃料貯蔵プール(PWR 燃料用)の未臨界性評価の計算体系



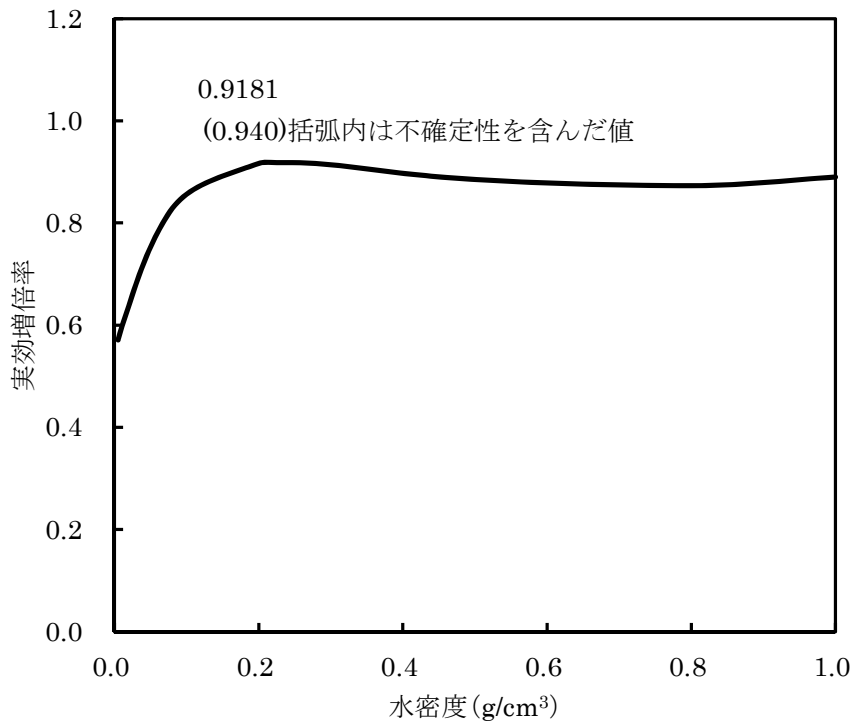
第 2.1-2 図 燃料貯蔵プール(PWR 燃料用)の未臨界性評価の計算体系
(低残留濃縮度 PWR 燃料貯蔵ラック部拡大)

■ については商業機密の観点から公開できません。

第 2.2-1 表 燃料貯蔵プール(PWR 燃料用)の臨界安全解析結果

| | 評価結果 (注) | 評価基準 |
|-------|----------------|-------------|
| 実効増倍率 | 0.940 (0.9181) | ≤ 0.95 |

(注) 不確定性を含む。()内は不確定性を含まない値。



第 2.2-1 図 実効増倍率と水密度の関係
(燃料貯蔵プール(PWR 燃料用))

第 2.3-1 表 燃料仮置きピットの臨界安全解析結果

| | 評価結果 ^(注) | 評価基準 |
|-------|---------------------|-------|
| 実効増倍率 | 0.911 (0.8965) | ≤0.95 |

(注) 不確定性を含む。()内は不確定性を含まない値。

第 2.3-2 表 燃料貯蔵プール(BWR 燃料用)の臨界安全解析結果

| | 評価結果 ^(注) | 評価基準 |
|-------|---------------------|-------|
| 実効増倍率 | 0.900 (0.883) | ≤0.95 |

(注) 不確定性を含む。()内は不確定性を含まない値。

第 2.3-3 表 燃料貯蔵プール(BWR 燃料用及び PWR 燃料用)の臨界安全解析結果

| | 評価結果 ^(注) | 評価基準 |
|-------|---------------------|-------|
| 実効増倍率 | 0.940 (0.9155) | ≤0.95 |

(注) 不確定性を含む。()内は不確定性を含まない値。

第 2.3-4 表 燃料送出しピットに PWR 燃料用バスケットを配置した場合の臨界安全解析結果

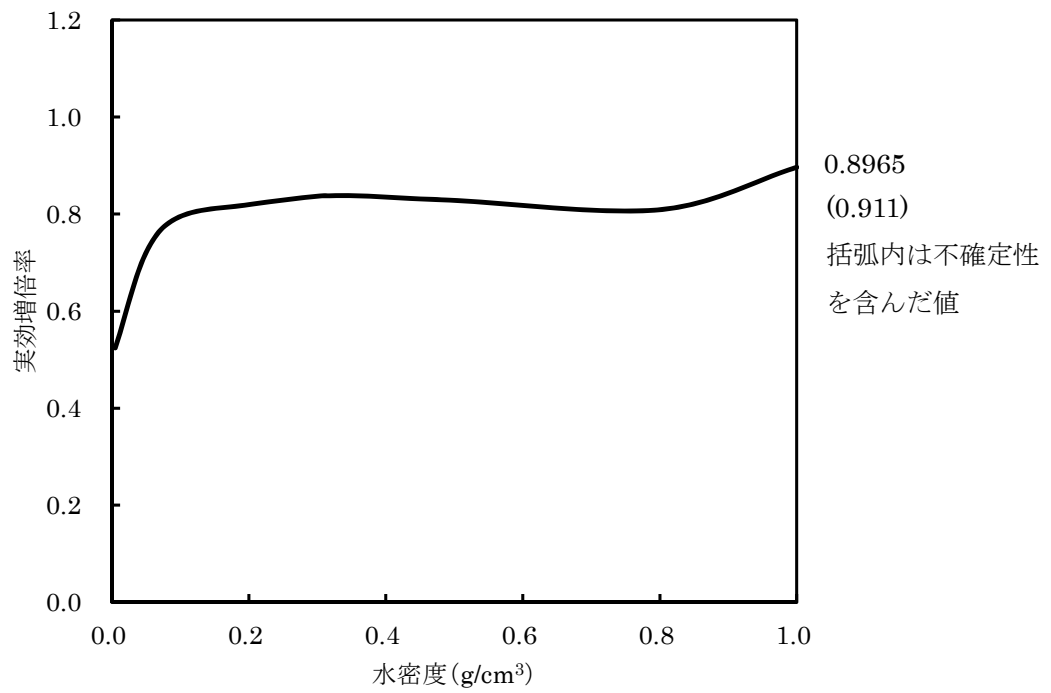
| | 評価結果 ^(注) | 評価基準 |
|-------|---------------------|-------|
| 実効増倍率 | 0.929 (0.9050) | ≤0.95 |

(注) 不確定性を含む。()内は不確定性を含まない値。

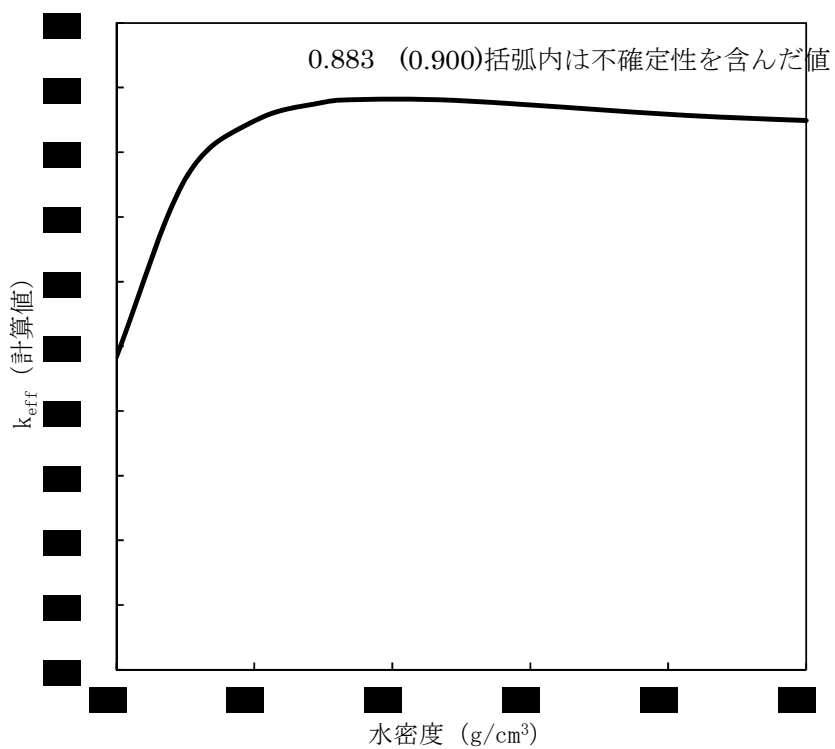
第 2.3-5 表 燃料送出しピットに BWR 燃料用バスケットを配置した場合の臨界安全解析結果

| | 評価結果 ^(注) | 評価基準 |
|-------|---------------------|-------|
| 実効増倍率 | 0.908 (0.886) | ≤0.95 |

(注) 不確定性を含む。()内は不確定性を含まない値。

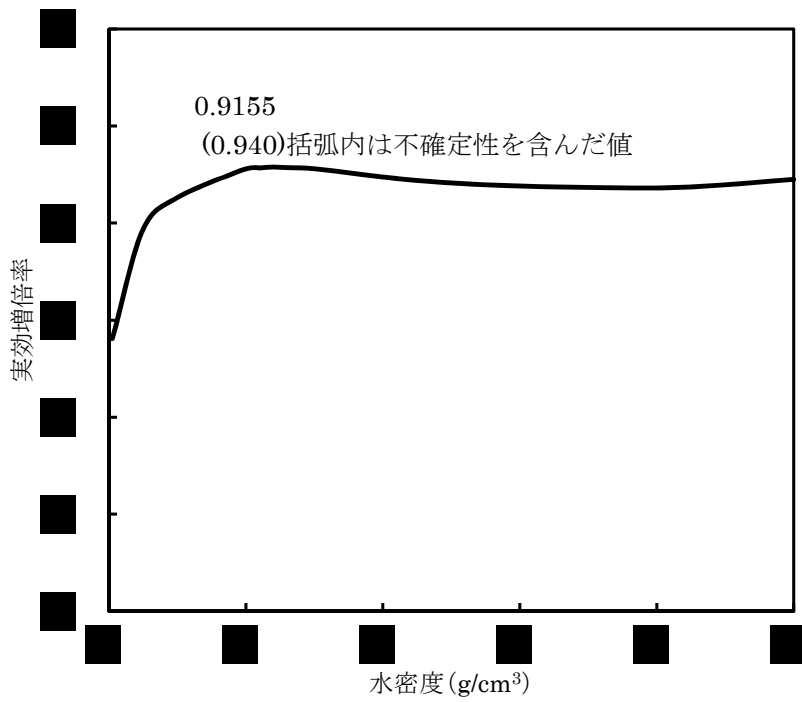


第 2.3-1 図 実効増倍率と水密度の関係 (燃料仮置きピット)

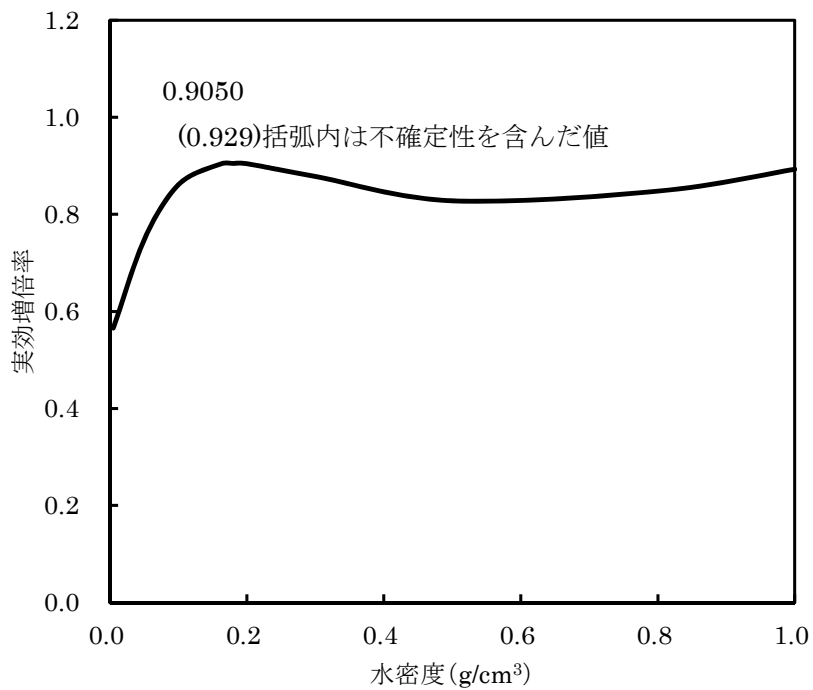


第 2.3-2 図 実効増倍率と水密度の関係 (燃料貯蔵プール(BWR 燃料用))

■ については商業機密の観点から公開できません。

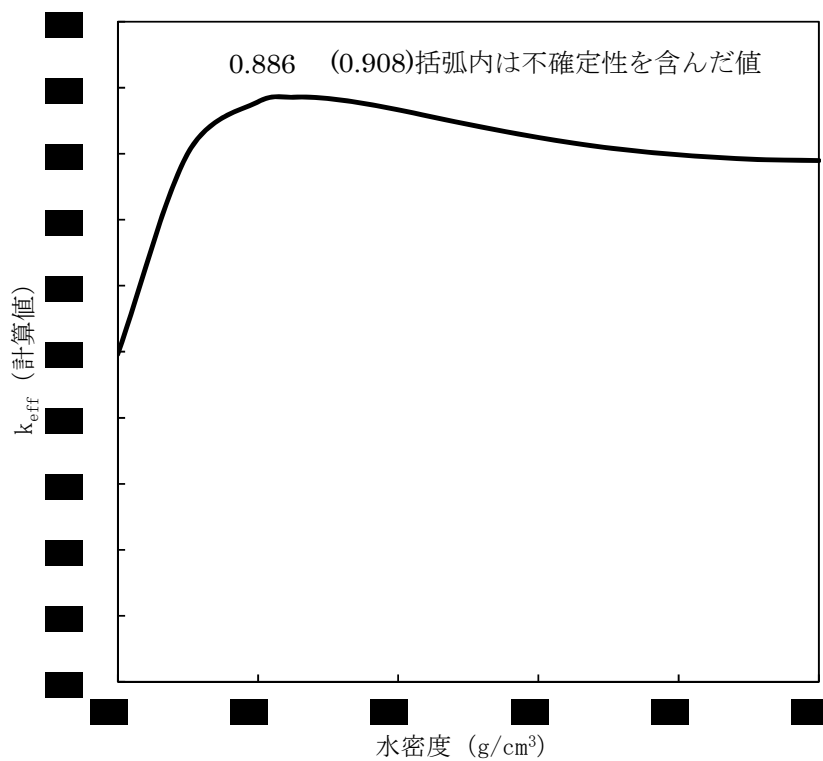


第 2.3-3 図 実効増倍率と水密度の関係（燃料貯蔵プール（BWR 燃料用及び PWR 燃料用））



第 2.3-4 図 実効増倍率と水密度の関係
(燃料送出しピットに PWR 燃料用バスケットを配置した場合)

■ については商業機密の観点から公開できません。



第 2.3-5 図 実効増倍率と水密度の関係
(燃料送出しピットに BWR 燃料用バスケットを配置した場合)

■については商業機密の観点から公開できません。

補足説明資料 11－10

燃料貯蔵プール等の監視について

1. 通常時の監視項目の概要

通常時における燃料貯蔵プール等に関連するパラメータの監視についての概要を下表に示す。

第1表 通常時における燃料貯蔵プール等に関連するパラメータの監視項目

| 項目 | 監視対象 | 監視方法 | 確認頻度 | 異常発生に伴う警報確認 | 備考 |
|-------------------|---|-------------------|-------|-----------------------------|--|
| 燃料貯蔵プール水位 | ・燃料貯蔵プール水位 | パラメータ確認 | 1回/時間 | ・水位高/低の警報発報時 (燃料貯蔵プール水位) | 燃料貯蔵プール出口配管水位低によるポンプ停止インターロックあり |
| 燃料貯蔵プール温度 | ・燃料貯蔵プール温度 | パラメータ確認 | 1回/時間 | ・温度高の警報発報時 (燃料貯蔵プール温度) | |
| プール水冷却系の運転状態 | ・プール水冷却系ポンプ ・プール水冷却系ポンプ出口流量 ・安全系監視制御盤 ・460V 非常用母線 | パラメータ確認 現場状態確認 | 1回/日 | ・系統故障警報等の発生時 | |
| 安全冷却水系の運転状態 | ・冷却水循環ポンプ ・冷却水循環ポンプ出口流量 ・膨張槽水位 ・冷却塔 ・安全系監視制御盤 ・6.9kV 非常用母線 | パラメータ確認 現場状態確認 | 1回/日 | ・系統故障警報等の発生時 | ・膨張槽水位低、膨張槽出口配管水位低またはポンプ入口圧力低によるポンプ停止インターロックあり |
| 補給水設備の運転状態 | ・補給水設備ポンプ ・補給水槽水位 ・460V 非常用母線 ・安全系監視制御盤 | パラメータ確認 現場状態確認 | 1回/日 | ・系統故障警報等の発生時 | ・補給水槽水位低によるポンプ停止インターロックあり |
| 燃料貯蔵プール等からの漏えいの有無 | ・燃料貯蔵プール等の漏えい検知計器 | 現場状態確認 | 1回/日 | ・燃料貯蔵プール等の漏えい検知の警報発報時 | |
| 燃料貯蔵エリアの線量率 | ・γ線エリアモニタ | パラメータ確認 | 1回/直 | ・γ線エリアモニタ高警報の発報時 | |