

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	SA 技-C-1 改 113
提出年月日	平成 29 年 3 月 6 日

東海第二発電所

「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」への適合状況について

平成 30 年 3 月
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、 は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

1. 重大事故等対策

1.0 重大事故等対策における共通事項

- 1.1 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための手順等
- 1.2 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための手順等
- 1.3 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための手順等
- 1.4 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための手順等
- 1.5 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための手順等
- 1.6 原子炉格納容器内の冷却等のための手順等
- 1.7 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための手順等
- 1.8 原子炉格納容器下部の熔融炉心を冷却するための手順等
- 1.9 水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための手順等
- 1.10 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための手順等
- 1.11 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための手順等
- 1.12 工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための手順等
- 1.13 重大事故等の収束に必要なとなる水の供給手順等
- 1.14 電源の確保に関する手順等
- 1.15 事故時の計装に関する手順等
- 1.16 原子炉制御室の居住性等に関する手順等
- 1.17 監視測定等に関する手順等
- 1.18 緊急時対策所の居住性等に関する手順等
- 1.19 通信連絡に関する手順等

2. 大規模な自然災害又は故意による大型航空機の衝突その他テロリズムへの
対応における事項

2.1 可搬型設備等による対応

添付資料 目次

- 添付資料1.0.1 本来の用途以外の用途として使用する重大事故等に対処するための設備に係る切り替えの容易性について
- 添付資料1.0.2 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて
- 添付資料1.0.3 予備品等の確保及び保管場所について
- 添付資料1.0.4 復旧作業に必要な資機材及び外部からの支援について
- 添付資料1.0.5 重大事故等への対応に係る文書体系
- 添付資料1.0.6 重大事故等対応に係る手順書の構成と概要について
- 添付資料1.0.7 有効性評価における重大事故対応時の手順について
- 添付資料1.0.8 自然災害等の影響によりプラントの原子炉安全に影響を及ぼす可能性がある事象の対応について
- 添付資料1.0.9 重大事故等対策の対処に係る教育及び訓練について
- 添付資料1.0.10 重大事故等発生時の体制について
- 添付資料1.0.11 重大事故等発生時の発電用原子炉主任技術者の役割について
- 添付資料1.0.12 東京電力福島第一原子力発電所の事故教訓を踏まえた対応について
- 添付資料1.0.13 災害対策本部要員の作業時における装備について
- 添付資料1.0.14 技術的能力対応手段と有効性評価 比較表
技術的能力対応手段と手順等 比較表

添付資料1.0.15 格納容器の長期にわたる状態維持に係わる体制の整備について

添付資料1.0.16 重大事故等発生時における東海発電所及び使用済燃料乾式貯蔵設備の影響について

東海第二発電所
重大事故等発生時における
東海発電所及び使用済燃料乾式貯蔵設備
の影響について

<目 次>

1. 概 要	1.0.16-1
2. 東海発電所からの影響	1.0.16-1
2.1 東海発電所との同時発生による東二重大事故等	
対応への影響	1.0.16-1
2.2 東海発電所の廃止措置作業における資機材及び	
廃材等による影響評価	1.0.16-11
3. 使用済燃料乾式貯蔵設備からの影響	1.0.16-13
4. 評価結果	1.0.16-15

第1.0.16-1表 東海発電所における想定事象と	
可能性のある影響	1.0.16-16
第1.0.16-2表 火災発生時の消火活動要員の動き	1.0.16-17
第1.0.16-3表 東海発電所の廃止措置作業における資機材及び廃材等	
に関する想定事象と可能性のある影響	1.0.16-18
第1.0.16-4表 自然現象等による貯蔵容器への影響	1.0.16-19
第1.0.16-5表 原子炉等の重大事故等対応に影響を与える	
可能性のある貯蔵設備の想定事象とその影響	1.0.16-20
第1.0.16-1図 東海第二発電所 原子炉建屋と重大事故等対応に必要な	
屋外の重大事故等対処設備、アクセスルート、東海発電所	
及び貯蔵設備の位置関係	1.0.16-21
第1.0.16-2図 東海発電所の構造及び黒鉛（減速材）	
の設置状況	1.0.16-22
第1.0.16-3図 東海発電所 原子炉の隔離状況	1.0.16-23
第1.0.16-4図 東海発電所 各建屋とバンカの位置関係	1.0.16-24
第1.0.16-5図 東海発電所 生体遮へい空気冷却系	1.0.16-25
第1.0.16-6図 敷地遡上津波のシミュレーション結果（最大浸水分布）	
	1.0.16-26
添付1 東海第二発電所の重大事故等対応に線量上影響する可能性がある	
東海発電所の発生事象に関する法令上の整理について	1.0.16-27

- 添付2 東海発電所の各建屋の損壊時における黒鉛等による
線量影響について……1.0.16-30
- 添付3 東海発電所に貯蔵中の黒鉛の火災による
東二重大事故等対応への影響について……1.0.16-36
- 添付4 東海発電所の生体遮へい冷却空気系統の
高性能粒子フィルタの破損による線量影響について……1.0.16-50
- 添付5 津波波力及び貯蔵建屋外部からの漂流物の衝突による
貯蔵建屋への影響について……1.0.16-55
- 添付6 貯蔵建屋内で発生する漂流物による
貯蔵容器への影響について……1.0.16-58
- 添付7 貯蔵建屋内への津波浸入時の貯蔵容器浸水による
密封機能への影響……1.0.16-61
- 添付8 貯蔵建屋部材が外部への損壊流出物となる
可能性について……1.0.16-62

1. 概 要

東海第二発電所（以下「東二」という。）の原子炉及び使用済燃料プール（以下「原子炉等」という。）において重大事故等が発生した場合に、東二と同じ防潮堤内の敷地に設置している東海発電所（廃止措置中、核燃料搬出済み）においても建屋損壊，機器損傷，火災等が発生すると想定し，これらの事象が発生した場合でも東二重大事故等対応が成立することを確認する。

また，東二敷地内に設置している使用済燃料乾式貯蔵設備*（以下「貯蔵設備」という。）についても，東二の原子炉等において重大事故等が発生することを想定する自然現象等による使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）への影響及び貯蔵設備が東二の原子炉等の重大事故等対応に与える影響を検討する。

* 貯蔵設備は，貯蔵建屋，貯蔵建屋に付随する設備（天井クレーン等），使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「貯蔵容器」という。），貯蔵容器支持構造物及び監視装置で構成される。

2. 東海発電所からの影響

2. 1 東海発電所との同時発生による東二重大事故等対応への影響

(1) 想定事象と東二重大事故等対応に影響を与える可能性

東二で重大事故等が発生した場合に，東二の重大事故等対応に影響を与える可能性のある東海発電所で同時に発生する事象としては，基準地震動 S_s または基準津波を超え敷地に遡上する津波（以下「敷地遡上津波」という。）による建屋倒壊，建屋内機器の損壊，屋外施設の損壊，建屋内機器及び屋外施設の火災等が考えられる。

東海発電所において発生が想定される事象と東二重大事故等対応に影響を与える可能性を検討した結果を第1.0.16-1表に示す。

(2) 作業環境による影響評価

東海発電所の原子炉建屋，タービン建屋及びその他各建屋が設置されている敷地は東二敷地に隣接しており，また，東二重大事故等対応を行うためのアクセスルートの一部は，東海発電所の敷地周辺に設定されている。これらの位置関係を第1.0.16-1図に示す。

東海発電所については，全ての核燃料を搬出済みで廃止措置工事中であるが，2018年3月現在，原子炉構造物の解体は未着手であり，原子炉圧力容器内には黒鉛（総数：30,000本，総重量：約1600t）が貯蔵されている。また，一部の黒鉛は燃料取扱建屋（C1バンカ内，総重量：約530t）及び使用済燃料取扱建屋（C2バンカ内，総重量：約280t）に保管されている。原子炉原子炉と4基の蒸気発生器を接続するガスダクト（一次系配管）は，高温側及び低温側の両ガスダクトともに蒸気発生器の手前（8か所）にて閉止されており，原子炉内は隔離された状態にある。東海発電所の概要と黒鉛の設置状況を含む原子炉内の状況を第1.0.16-2図に，東海発電所の原子炉の隔離状態を第1.0.16-3図に示す。また，東海発電所の黒鉛を保管する各バンカの位置関係を第1.0.16-4図に示す。

第1.0.16-1表のとおり，東海発電所の建屋倒壊による，東二の原子炉建屋構造への影響及び東二重大事故等対処設備へのアクセスルートへの影響について以下に確認した。

a. 基準地震動及び敷地遡上津波による影響に関する評価

東海発電所の原子炉建屋，タービン建屋及びその他各建屋は，東二原子炉建屋及びその他重大事故等に係る設備から約100m以上離れている。このため，万が一建屋が損壊しても東二原子炉建屋の構造に影響しない。

東海発電所の原子炉建屋，タービン建屋，及び固化処理建屋並びに幾つかの屋外施設（変圧器等）は，東二重大事故等対処設備へのアクセスルート（最も近い場所）に近い場所に位置している。万が一これらの建屋及び機器が損壊した場合には発生したぐれきや機器等によりアクセスルートへの限定的な影響が考えられるため，保有している重機（ホイールローダ）を用いてぐれきを撤去するなどの対応により，アクセスルートを確保する。

なお，東海発電所の原子炉建屋頂部に設置している排気筒については，万が一損壊しても，東二の原子炉建屋への構造に影響しないように，短尺化する。

b. 放射線環境に関する評価

前項の a. において東二原子炉建屋への離隔距離が少ない東海発電所の各建屋が万が一倒壊した場合，及び東海発電所の建屋内機器の損壊による東二重大事故等対応への影響を，放射線環境の観点から検討した。

なお，本項にて評価した事象のうち，黒鉛の流出，黒鉛の火災及び高性能粒子フィルタの破損の各事故の発生時における検討においては，東海発電所廃止措置計画認可申請書（平成23年度申請）に記載されている敷地境界の線量場に影響する可能性のある事故の選定の考え方を参考に，さらに保守的な条件を設定して線量影響を評価した。（添付1）

(i) 建屋の損壊による線量影響

東海発電所の各建屋の線量率分布については，燃料取扱建屋，使用済燃料冷却池建屋，放射性廃液処理建屋，固化処理建屋及びチェックポイント建屋の一部に高線量率の範囲があるが，最高でも約0.15mSv/

hであり、万が一、建屋が損壊して放射線影響を与える建屋構造物や物品が流出しても、東二重大事故等対応及び東二重大事故等対処設備へのアクセスルートに対する放射線環境による影響はない。

(ii) 原子炉容器内に貯蔵されている黒鉛による線量影響

東海発電所の建屋内の各機器（原子炉内の保管物、原子炉内構造物を含む）のうち、放射エネルギーが多く、放射性物質の飛散による線量場への影響が想定されるものとして、建屋の損壊による黒鉛及び原子炉容器内構造物の露出、黒鉛の流出及び燃焼が考えられる。

原子炉容器内に貯蔵されている黒鉛は、原子炉容器内において拘束シリンダー及びカバープレートで固定されており、原子炉容器で密閉化されている。さらに、一次生体遮蔽壁、二次生体遮蔽壁及び原子炉建屋にて覆われている。黒鉛の設置状況を第1.0.16-2図に示す。このように黒鉛は多数の容器及び壁等によって覆われていることから、基準地震動 S_s 及び敷地遡上津波によっても原子炉建屋外に流出することはない。

また、2.1(3)に示すように、黒鉛は着火しないことから黒鉛の火災は発生しない。万が一、黒鉛の火災が発生しても、黒鉛は燃焼の持続性がないことから、大量の放射能が建屋外に飛散することはない。

万が一、原子炉容器、一次生体遮蔽壁、二次生体遮蔽壁及び原子炉建屋が全て損壊した場合には、アクセスルートに対して線量影響を生じることが考えられる。この場合においても、アクセスルートの線量率は、添付1に示すとおり、建屋が全て倒壊すると保守的に評価しても、直接ガンマ線による線量率は 0.02mSv/h 、スカイシャインによる線量率は 0.005mSv/h と評価される。いずれの線量率においても、東二の重

大事故等対応に影響を及ぼすものではない。

(iii) 各建屋に保管されている黒鉛及び放射性廃棄物による線量影響

燃料取扱建屋（C1バンカ）及び使用済燃料取扱建屋（C2バンカ）には粉砕された黒鉛が保管されているが、C1バンカ及びC2バンカは1200mm以上の厚さの密閉型鉄筋コンクリートピット内に保管されているため、このピットが大規模に損壊することは考えにくい。また、C1バンカの一部は燃料取扱建屋内の地面高さ（T.P.+8m）より低く設置されている。

燃料付属品等の放射性廃棄物は、燃料取扱建屋（C1バンカ、Dバンカ、Eバンカ）及び使用済燃料取扱建屋（C2バンカ、H1バンカ、H2バンカ、H3バンカ）に保管されている。

建屋の全てのバンカが大規模に損壊することを想定した保守的な条件においても、最も近いアクセルルートでの線量率は直接ガンマ線による線量率は、燃料取扱建屋あるいは使用済燃料取扱建屋の損壊時において、各々0.003mSv/h及び0.01mSv/h、スカイシャインによる線量率は各々0.01mSv/h及び0.008mSv/hと評価される。いずれの線量率においても、東二の重大事故等対応に影響を及ぼすものではない。

(iv) 原子炉建屋内の高性能粒子フィルタの損壊による線量影響

高性能粒子フィルタを有する生体遮へい冷却空気系は、原子炉容器内及びこれに接続する系統の差圧を管理しながら同系統の冷却及び排出空気の浄化を行う。抽出した空気を高性能粒子フィルタにより浄化した後に排気筒から放出する。系統図の概要を図1.0.16-5に示す。

万が一、多量の放射性物質（粉じん）を捕捉した高性能粒子フィルタが破損した場合には、放射性物質が飛散することが想定されるため、

これによる災害対策要員の被ばくによる東二重大事故等対応に及ぼす影響を以下に評価する。

放射性物質の飛散の計算にあたっては、最も保守的な条件として、廃止措置工事において最も放射エネルギーの高い原子炉内構造物を切断処理する際に発生する放射性物質（粉じん）を最大量捕捉した高性能粒子フィルタが、何らかの原因で破損して原子炉建屋から放射性物質（粉じん）が飛散し、アクセスルート上の災害対策要員が放射性物質（粉じん）を取り込むことを想定する。

この保守的な条件においても災害対策要員の被ばく量は約2.8mSvと算出されるため、本事象が発生しても東二重大事故等対応は影響を受けない。（添付3）

以上より、東二重大事故等と本事象が同時発生した場合には、東二重大事故等の対応を優先する。その後、東二重大事故等の対応状況に応じて、東二の災害対策要員と兼務である東海発電所の災害対策要員が本事象の対応を行う。

なお、東海発電所の廃止措置工事によるアクセスルートの線量率への影響の可能性がある事象として、解体廃棄物の保管場所（固体廃棄物貯蔵庫）への搬送中に、容器不具合等による非管理区域での放射性物質の流出によりアクセスルートの線量率が上昇することが考えられる。しかし、この事象においては、放射性物質の流出範囲が限定的であることから、ホイールローダ等を用いた放射性物質の除去や別のアクセスルートの通行により、この事象が発生しても東二重大事故等対応は影響を受けない。

c. まとめ

a. 及びb. の検討結果より、基準地震動 S_s により東海発電所の建屋が万が一損壊しても、離隔距離の観点から、東二原子炉建屋の構造に影響を及ぼすことはなく、また、東二の重大事故等対応に支障を来すことはない。

また、敷地遡上津波により東海発電所の屋外施設が流出しても、東二重大事故等対処対応に係るアクセスルートに対する影響も限定的であり、保有している重機を用いてがれき等を撤去することにより、東二重大事故等対応に支障を来すことはない。

更に、基準地震動 S_s や敷地遡上津波により東海発電所の炉内構造物や建屋が万が一損壊しても、原子炉圧力容器内に貯蔵されている黒鉛及び各建屋に保管されている黒鉛及び放射性廃棄物による線量影響、また、高性能粒子フィルタの破損による放射性物質（粉じん）の飛散による東二災害対策要員の被ばく量は、東二重大事故等対応に影響を及ぼさない。

(3) 資源に対する影響評価

a. 黒鉛の火災

東海発電所で発生する火災の想定事象のひとつに、黒鉛の火災が挙げられる。黒鉛の着火及び局所的な加熱によって燃焼が持続すると大規模な火災となる可能性がある。このため、黒鉛の燃焼性に関して、廃止措置期間中（解体工事時を含む）における黒鉛の保管場所（原子炉内）の環境における黒鉛の着火及び燃焼の持続性に関する検討を行った。

原子力発電技術機構による調査結果を基に検討した結果、添付2に示すとおり、解体工事等の作業及び何らかの原子炉容器内で火災が発生し

た場合においても、黒鉛が着火することはない、万が一、着火した場合でも、黒鉛の燃焼が持続すると考えられる650度を維持することはないと評価される。また、原子炉圧力容器は隔離された状態であるため、黒鉛が燃焼しても十分な酸素が供給されず、燃焼は継続しない。

また、万が一、原子炉圧力容器及び各バンカの損壊によって黒鉛が粉じん状になった場合でも黒鉛は着火せず、一般的な着火エネルギーを与えた場合において粉じん爆発が発生する環境条件は、空気中に55%以上の酸素濃度を必要とすることから、現状の原子炉圧力容器内の環境、各バンカ内の環境及び今後の廃止措置工事期間中においても、存在しえない環境である。万が一、原子炉圧力容器及び各バンカの損壊等が生じて何らかの非常に大きな着火エネルギーが黒鉛に与えられた場合には、それと同時に、原子炉圧力容器及びバンカが損壊しており密閉性がなくなっていると考えられることから、粉じん爆発が発生する環境条件にならない。

以上より、黒鉛の火災は発生せず、また、粉じん爆発も発生しないと考えられる。万が一、火災が発生した場合には、建屋内に設置した火災検知器により感知（守衛所及び所員居室にて監視）し、他の施設での火災と同様の対応を行うことにより、東二の重大事故等対応及び重大事故等対処設備へのアクセスルートに影響を及ぼさない。

ゆえに、黒鉛による火災が発生した場合には、以下のb. に示す火災対応と同様の対応を行う。

b. その他施設での火災

東海発電所で火災が発生した場合における、必要な消火活動要員、消

火活動用資機材及び消火活動用水源による東二重大事故等対応への影響について、以下に検討した。

a) 消火活動要員に関する評価

夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）と、平日勤務時間帯における火災発生時の消火活動に係る要員の動きを、第1.0.16-2表に示す。夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）の時間帯は廃止措置室消防隊が不在であるが、現場の監視及び消火活動は十分に対応可能である。また、火災活動に必要な資機材は必要に応じて、東二及び他施設とは別配置としている。以下に詳細を記載する。

(i) 夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）

東二当直要員は東二管理区域（建屋内外）及び周辺防護区域を所掌とし、また、当直守衛員は東海発電所管理区域及び屋外全般を所掌として、火災発生時には初期消火対応及び公設消防への連絡を行う。

初動対応において出動要請を受けた自衛消防隊は、初期消火に引き続いて消火対応を行い、公設消防の到着後は公設消防の指揮下で消火対応を行う。

(ii) 平日勤務時間帯

東二当直要員は東二管理区域（建屋内外）及び周辺防護区域を所掌とし、廃止措置室消防隊が東海発電所管理区域を所掌とし、当直守衛員が屋外全般を所掌として、火災発生時には初期消火対応及び公設消防への連絡を行う。

初動対応において出動要請を受けた自衛消防隊は、初期消火に引き続いて消火対応を行い、公設消防の到着後は公設消防の指揮下で消火対応を行う。

自衛消防隊は、隊長と副隊長（夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）は、訓練により力量を確保している宿直当番者）及び当直守衛員 7 人により構成される。当直守衛員 7 人により、化学消防自動車及び水槽付消防ポンプ自動車を同時に使用した消火活動が可能である。

当直要員及び当直守衛員が、各々の所掌において火災を発見した場合は、上記のとおり初期消火対応及び公設消防への連絡を行うとともに、当直要員と当直守衛員の間で迅速に情報共有する。

重大事故等発生時において複数個所の同時火災が確認された場合は、災害対策本部の確立前は、当直発電長は火災によるアクセスルート及び重大事故等対応に及ぼす影響等を考慮して消火活動の優先度を判断し、自衛消防隊を出動させ消火活動にあたる。災害対策本部の確立後においては、当直発電長からの報告を受けた災害対策本部長が上記と同様の観点から消火活動の優先度を判断する。

以上より、東二当直要員、当直守衛員及び自衛消防隊は、元々、災害対策本部体制に所属しており、また、発電所敷地内の火災の消火対応を十分に行うことができることから、東二重大事故等対応には影響しない。

b) 消火活動用資機材に関する評価

東二及び他施設（東海発電所及び貯蔵設備）の消火活動用資機材の種類、水源、配備及び設置場所を以下に示す。

消火栓及び消火器は東二、東海発電所及び貯蔵設備に各々設置し、消防用自動車は東二、東海発電所及び貯蔵設備の共用として配備している。

なお、各消火用資機材の水源は東二重大事故等対処設備ではないため、

これらの消火活動用資機材を用いた消火活動は東二重大事故等対応に影響しない。

- ・屋外消火栓（水源：防火水槽及び原水タンク）：共用として設置
- ・屋内消火栓（水源：ろ過水タンク及び多目的タンク）
：東二，東海発電所及び貯蔵設備に各々設置
- ・消火器：東二，東海発電所及び貯蔵設備に各々設置
- ・化学消防自動車（1台）及び水槽付消防ポンプ自動車（1台）
：共用として配備

c. まとめ

以上より，東二敷地内の他施設（東海発電所及び貯蔵施設）で火災が発生した場合でも，消火活動に必要な資源は東二重大事故等対応には影響しない。

2. 2 東海発電所の廃止措置作業における資機材及び廃材等による影響評価

(1) 想定事象と東二重大事故等対応に影響を与える可能性

東二と同じ敷地内において，東海発電所では廃止措置作業を行っている。東海発電所の廃止措置作業が東二重大事故等対応に影響を与える可能性を検討した結果を第1.0.16-3表に示す。

(2) 作業環境による影響評価

東海発電所の廃止措置作業に用いる資機材（クレーン，ユニック車，トラック等）は，基準地震動 S_s 及び敷地遡上津波により容易に転倒しないように設置し，また，資機材及び廃材（鉄骨等）が荷崩れしないように固縛

する。万が一、基準地震動 S_s により資機材及び廃材が転倒又荷崩れした場合でも、屋外の重大事故等対処設備を損壊させない位置及びアクセスルートに必要な通行幅5mを確保できる位置に配置する。特に、クレーンについては、作業により一時的にアームを伸ばした状態で転倒した場合にアクセスルートとして必要な通行幅5mを確保できない場合は、複数のアクセスルートのうち通行可能なルートを使用する。

また、東海発電所の廃止措置作業における資機材及び廃材は、敷地遡上津波によるアクセスルートへの影響を回避するため、資機材については、使用時以外はアクセスルートからできるだけ離れた場所に保管し、廃材もアクセスルートからできるだけ離れた場所に保管する。万が一、資機材及び廃材が流出してアクセスルートへの限定的な影響が確認された場合には、保有している重機（ホイールローダ）を用いて資機材及び廃材を撤去することでアクセスルートを確保する。

さらに、東海発電所の廃止措置作業に用いる資機材は、竜巻により容易に転倒しないように設置し、また、資機材及び廃材等が荷崩れしないように固縛する。あるいは建屋内に収納又は敷地外から搬出する。万が一、竜巻により資機材及び廃材が転倒又は荷崩れした場合は、発生したがれき等によりアクセスルートへの限定的な影響が考えられるため、保有している重機（ホイールローダ）を用いてがれき等を撤去することで、アクセスルートを確保する。

さらに、竜巻の襲来が予想される場合には、速やかに作業を中断するとともに、建屋搬入口の閉止、クレーンのアームを降ろす、資機材及び廃材については想定（設計）竜巻飛来物以外の物が飛来物とならないように固縛、ネット付設等、車両については退避、固縛等の必要な措置を講じる。

(3) 運用対策の実施

東二重大事故等対応に影響を与えないためには、上記3.(2)に記載した東海発電所の廃止措置作業で使用する資機材又は発生する廃材に対する運用管理が必要である。これらの運用管理については、確実に実施するために手順として原子炉施設保安規定に規定し、QMS規程に基づき実施する。

3. 使用済燃料乾式貯蔵設備からの影響

(1) 東二原子炉等との同時被災時の貯蔵設備への影響

原子炉等において重大事故等が発生することを想定する自然現象等により、貯蔵設備が同時に被災するような場合の影響として、貯蔵容器の安全機能（除熱機能、密封機能、遮蔽機能及び臨界防止機能）の喪失が考えられる。そこで、原子炉等との同時被災により貯蔵容器に影響を与えると考えられる自然現象等と、それらによる貯蔵容器への影響を第1.0.16-4表のとおり検討した。

地震については、基準地震動 S_s による貯蔵建屋の損壊や貯蔵容器の転倒は発生せず、貯蔵容器の安全機能への影響はないことを確認している。また、その他の自然現象（地震及び津波を除く）、外部人為事象、内部火災及び内部溢水が発生しても貯蔵容器の安全機能に影響はない。

以上から、貯蔵容器に影響を与えると考えられる事象として、敷地遡上津波を想定した。

敷地遡上津波による、浸水量評価結果を第1.0.16-6図に示す。解析の結果、給気口がある貯蔵建屋長壁面の最大浸水深は4mであり、地上4.6mの高さに設けられた給気口からは浸入しないものの、大物搬入口扉と床面の隙間等から貯蔵建屋内に浸入する可能性がある。また、貯蔵建屋への津波波

力の作用、貯蔵建屋への漂流物の衝突の可能性はあるが、貯蔵建屋が損壊することはない（添付4）。貯蔵建屋内への津波による浸水により、貯蔵建屋内の部材が漂流物となる可能性はあるが漂流物が貯蔵容器に衝突しても密封機能に影響はない（添付5）。さらに、保守的に貯蔵容器の水没を仮定しても密封機能への影響はない（添付6）。

貯蔵建屋が健全で給排気口による空気の自然対流が確保されるため、貯蔵容器の安全機能のうち、除熱機能は確保される。貯蔵容器の形状が維持されるため、密封境界も遮蔽材も健全であり、密封機能及び遮蔽機能は確保される。貯蔵容器内部のバスケット（仕切板）の形状が維持されるため、臨界防止機能は確保される。

上記の検討結果より、原子炉等において重大事故等が発生することを想定する自然現象等によって貯蔵設備が同時に被災する場合においても、貯蔵容器の安全機能に影響がないことを確認した。

以下に、このような状況が発生した場合でも、貯蔵設備が東二の原子炉等の重大事故等対応に影響を与えないことを確認する。

（2）貯蔵設備の想定事象と東二重大事故等対応に影響を与える可能性

東二の原子炉等の重大事故等対応に影響を与える可能性のある貯蔵設備の想定事象とその影響の検討結果を第1.0.16-5表に示す。

（3）作業環境による影響評価

貯蔵建屋及び東二の原子炉等の重大事故等対処設備は第1.0.16-1図に示すとおり、敷地内に設置されている。ここでは第1.0.16-4表に基づき、貯蔵設備が重大事故等対処設備に影響を与えるかを検討した。

敷地遡上津波によって貯蔵設備が原子炉建屋に与える影響を評価した結果、敷地遡上津波によって貯蔵建屋部材が損壊し、外部への流出物が生じた場合でも、発生した流出物による影響はないことを確認した（添付7）。

4. 評価結果

上記2.～3.の評価及び対策により、東海発電所及び貯蔵設備が東二原子炉等と同時に被災しても、東二重大事故等の対応について影響を与えないことを確認した。

第1.0.16-1表 東海発電所における想定事象と可能性のある影響

影響評価項目		想定事象	可能性のある影響	
作業環境	物的影響	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基準地震動 S_s 等による東海発電所の建屋倒壊 ・ 敷地に遡上する津波による東海発電所の屋外施設の流出 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 東海発電所の建屋の損壊により、東二原子炉建屋の構造に影響を及ぼす。 ・ 東海発電所の建屋の損壊、原子炉圧力容器内及び各建屋に保管している黒鉛の流出により、屋外の東二重大事故等対処設備が損傷又はアクセスルートが通行不可となる。 ・ 損壊した建屋（がれき）及び原子炉圧力容器内の黒鉛の流出により、線量場が増加し、東二重大事故等対処作業に影響を及ぼす。 ・ 高性能粒子フィルタの破損により捕捉された放射性物質（粉じん）の飛散によって、災害対策要員の被ばく量が著しく上昇し、東二重大事項等対応に影響を及ぼす。 	
	間接的影響	損壊		<ul style="list-style-type: none"> ・ 基準地震動 S_s 等による東海発電所建屋内機器の損壊
		火災		<ul style="list-style-type: none"> ・ 地震等による東海発電所の屋外可燃物施設の損壊により発生する火災
		溢水、漏洩		<ul style="list-style-type: none"> ・ 地震等による東海発電所の屋外タンク（水系、薬品系、油系）の損傷により発生する溢水、漏洩
資源		<ul style="list-style-type: none"> ・ 東海発電所で発生する火災^{※1} 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉内の黒鉛の燃焼及びその他施設の火災により、東二重大事故等対応に必要な資源（要員、資機材、水源、電源）が確保不可となる。 	

※1：東海発電所は核燃料が全て搬出済みであるため、全交流動力電源喪失、使用済燃料冷却池スロッシング、使用済燃料冷却池崩壊熱除去機能喪失、使用済燃料冷却池漏洩、核燃料露出（高線量場発生）は想定事象に含めない。

第1.0.16-2表 火災発生時の消火活動要員の動き

夜間及び休日 (平日勤務時間帯を除く)			所掌	活動場所	時系列					本部体制 の所属				
					初動対応				自衛 消防 隊到着後	公設消 防の現 場誘導	初 動 体 制	全 体 体 制		
					現 場 確 認	119 通 報	自衛消 防隊出 動要請	初 期 消 火						
災害対策本部体制(39名)の要員	初期消火活動要員	当直発電長	1	東二 内部	MCR		●	●		運 転 対 応 移 行 ※4		当 直 要 員	当 直 要 員	
		当直運転員	1		MCR～ 火災現場	●			●					
		自衛消防隊	自衛消防隊 宿直当番者 (技術系管理職)	1	※3 東一 内部・ 東二 内部・ 屋外	火災現場					消 火 対 応 ※5	●	庶 務 班 (防 災)	庶 務 班 (防 災)
			自衛消防隊 宿直当番者 (管理職)	8		現場指揮 本部								
			当直守衛員※1 (7名)			火災現場								
		当直守衛員 (通報連絡責任者)	2	※3 東一 内部・ 屋外	監視所		●	●		対 応 継 続 ※6				
		当直守衛員 (連絡担当)			監視所～ 火災現場	●			●					
廃止措置 室消防隊	(不在)													

平日勤務時間帯			所掌	活動場所	時系列					本部体制 の所属				
					初動対応				自衛 消防 隊到着後	公設消 防の現 場誘導	初 動 体 制	全 体 体 制		
					現 場 確 認	119 通 報	自衛消 防隊出 動要請	初 期 消 火						
災害対策本部体制(110名)の要員	初期消火活動要員	当直発電長	1	東二 内部	MCR		●	●		運 転 対 応 移 行 ※4		当 直 要 員		
		当直運転員	1		MCR～ 火災現場	●			●					
		自衛消防隊	自衛消防隊長	1	※3 東一 内部・ 東二 内部・ 屋外	火災現場					消 火 対 応 ※5	●	庶 務 班 (防 災)	
			自衛消防副隊長	8		現場指揮 本部								
			当直守衛員※1 (7名)			火災現場								
		当直守衛員 (通報連絡責任者)	2	屋外	監視所		●	●		対 応 継 続 ※6				
		当直守衛員 (連絡担当)			監視所～ 火災現場	●			●					
上記要員外	廃止措置 室消防隊 (廃止措置 管理Gr)	Gr マネージャー	1	※3 東一 内部	本部		●	●		対 応 継 続 ※7				
		Gr 員	1		火災現場	●			●					
		Gr 員	4※2						●					

※1：自衛消防隊のうち当直守衛員(7名)は消防車操作の力量を有する

※2：廃止措置室消防隊のうちGr員の要員数は変動する場合あり

※3：東一：東海発電所のこと

※4：当直発電長及び当直運転員は中央制御室にてプラント運転対応に移行

※5：自衛消防隊長：火災現場で消火活動の指揮，自衛消防副隊長以下8名：火災現場等で消火対応

※6：通報連絡責任者：監視所で連絡の指揮，連絡担当：他火災の連絡業務に備える

※7：廃止措置室消防隊は東Iの火災現場で消火対応実施

第1.0.16-3表 東海発電所の廃止措置作業における資機材及び廃材等に関する想定事象と可能性のある影響

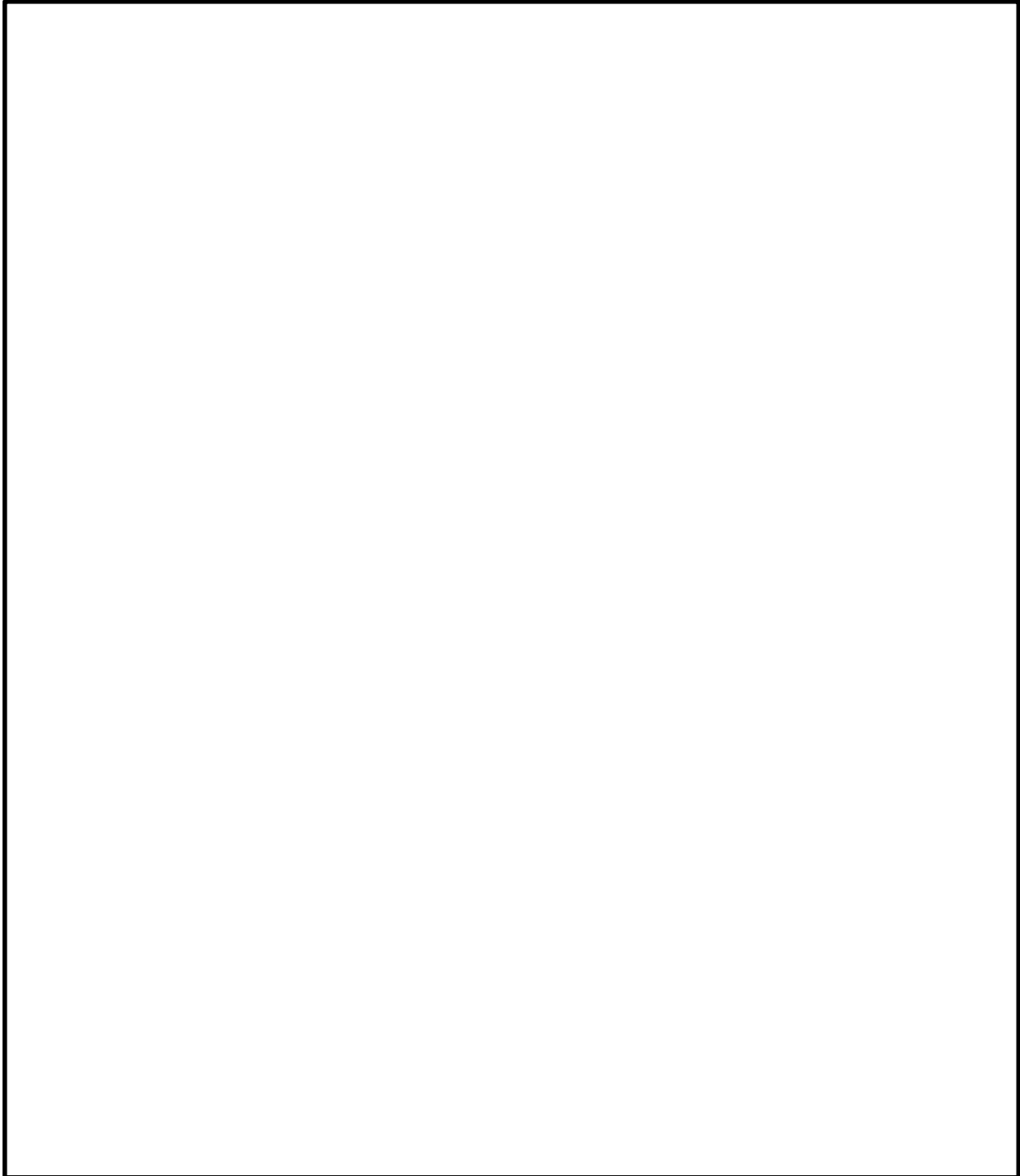
影響評価項目			想定事象	可能性のある影響
作業環境	物的影響	損壊 流出物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基準地震動 S_s 等による東海発電所廃止措置作業に用いる機材（クレーン等）の転倒又は資材・廃材（鉄骨等）の荷崩れ ・ 敷地に遡上する津波による東海発電所廃止措置作業に用いる機材（クレーン・廃材（鉄骨等）の流出 ・ 竜巻による東海発電所廃止措置作業で使用する資機材及び発生する廃材等の転倒，荷崩れ，飛来 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 屋外の東二重大事故等対処設備が損傷又はアクセスルートが通行不可となる。

第 1.0.16-4 表 自然現象等による貯蔵容器への影響

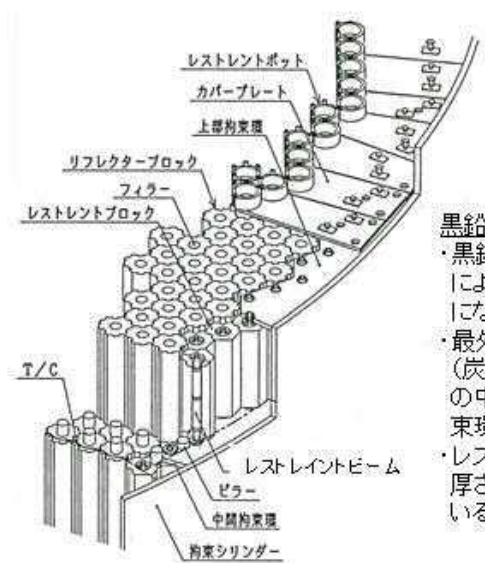
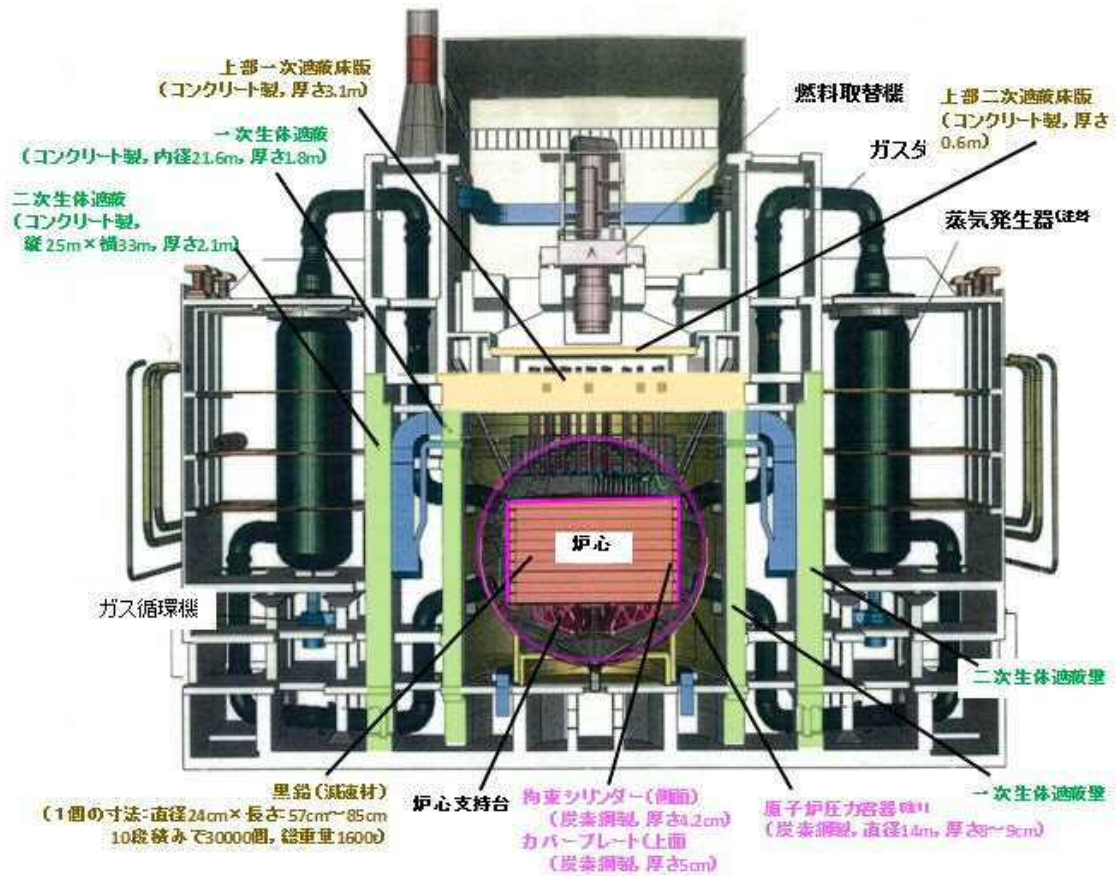
自然現象又は外部人為事象等	貯蔵容器への影響
地震 (基準地震動 S_s)	<ul style="list-style-type: none"> 貯蔵建屋の損傷がなく、貯蔵容器の支持架台も健全であることから、貯蔵容器の安全機能に影響はない。
津波 (敷地遡上津波)	<ul style="list-style-type: none"> 津波波力及び貯蔵建屋外部からの漂流物の衝突による貯蔵建屋の損壊はないことを確認している(添付1)。 貯蔵建屋内の漂流物により貯蔵容器の安全機能に影響はないことを確認している(添付2)。 貯蔵建屋内への津波による浸水により、貯蔵容器の密封機能に影響はないことを確認している(添付3)。
自然現象 (地震及び津波を除く)	<ul style="list-style-type: none"> 豪雨, 暴風, 森林火災, 積雪, 火山降灰等の自然現象により、送電線損傷による外部電源喪失, 又は貯蔵容器及び監視設備水没のシナリオが考えられるが、貯蔵容器の安全機能は電源喪失に影響されないことから、貯蔵容器の安全機能への影響はない。
外部人為事象	<ul style="list-style-type: none"> 航空機落下, ダムの崩壊, 爆発, 近隣工場等の火災等については、原子炉建屋から貯蔵建屋まで 100m 以上の離隔距離があることにより同時被災しないこと, また、立地的要因により設計上考慮する必要がないこと等から影響はない。
内部火災	<ul style="list-style-type: none"> 貯蔵建屋内において、電気室及び出入管理室の制御盤・電気盤, また、トレーラエリアと電気室・出入管理室の 2 階部に常時待機している天井クレーンの減速用の潤滑油が可燃物であり、火災発生の可能性がある。 しかし、火災区域であるキャスク貯蔵エリアは、電気室及び出入り管理室とコンクリート壁で隔てられ、電気室・出入管理室(及び天井クレーン)から 10m 以上離隔距離があること, また、電気室の制御盤等の可燃物や天井クレーンの潤滑油が発火したとしても火災継続時間は短く、さらに、貯蔵容器自体は不燃材で構成されていることから、火災により貯蔵容器の安全機能への影響はない。
内部溢水	<ul style="list-style-type: none"> 貯蔵容器は自然冷却により使用済燃料の崩壊熱を除去しており、内部溢水により電源喪失が生じても除熱機能に影響はない。また、貯蔵容器が水没しても、津波の影響評価に包絡され貯蔵容器の密封機能に影響を与えない。

第 1.0.16-5 表 原子炉等の重大事故等対応に影響を与える
可能性のある貯蔵設備の想定事象とその影響

影響評価項目		想定事象	想定される影響
作業環境	物的影響	損壊, 貯蔵建屋外部への流出 敷地遡上津波による貯蔵建屋の大物搬入口扉, 遮蔽扉及びガラリ等の流出	重大事故等対処設備の損傷



第 1.0.16-1 図 原子炉建屋と重大事故等対応に必要な屋外の重大事故等
対処設備，アクセスルート，東海発電所及び貯蔵設備の
位置関係



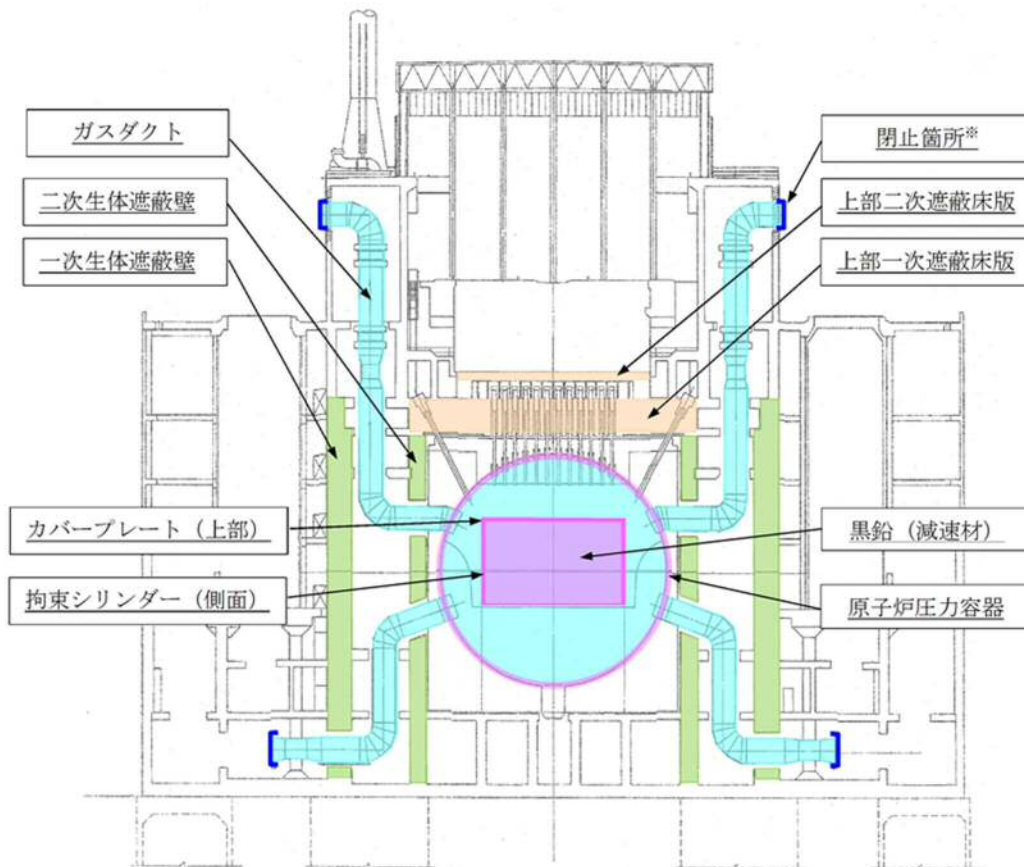
(注1) 原子炉压力容器の耐震設計上の考慮
(原子炉設置許可申請書の記載)
・水平方向: 600gal
・鉛直方向: ± 300gal

(注2) 蒸気発生器は、運転中は4基であったが、廃止措置工事により、2基は解体済み。
(平成29年9月現在)

黒鉛の設置状況

- ・黒鉛はブロック状(レストレイントブロック)であり、凹凸形状によって互いに周囲のブロックと固定された状態で10段積みになっている。
- ・最外周のレストレイントブロックの外側は、拘束シリンダー(炭素鋼製, 厚さ4.2cm)で覆われており、レストレイントブロックの中央部に挿入されたレストレイントビームの上下を上部拘束環と固定することにより、横方向に対して固定されている。
- ・レストレイントブロックの上部は、カバープレート(炭素鋼製, 厚さ5cm)により覆われており、上部方向に対して固定されている。

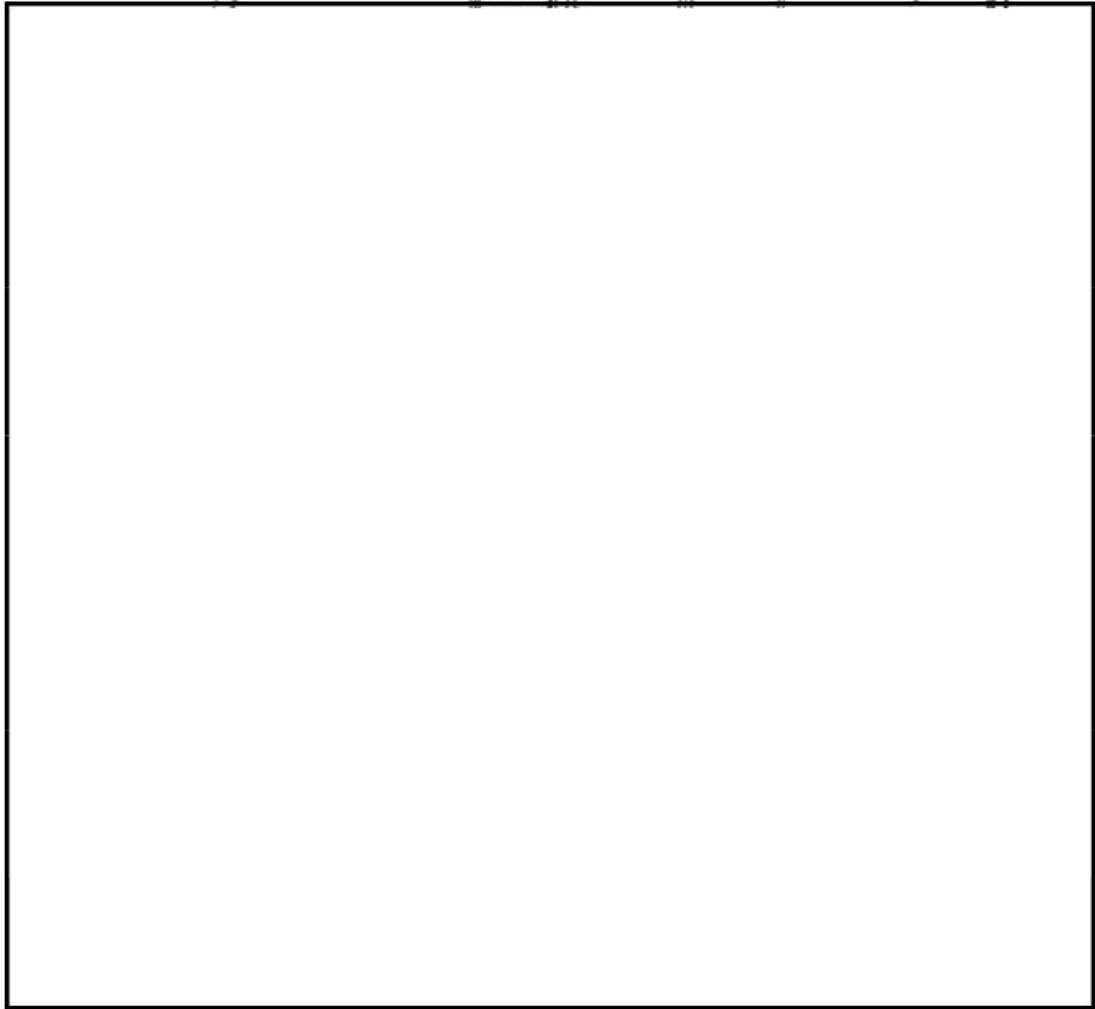
第 1.0.16-2 図 東海発電所の構造及び黒鉛(減速材)の設置状況



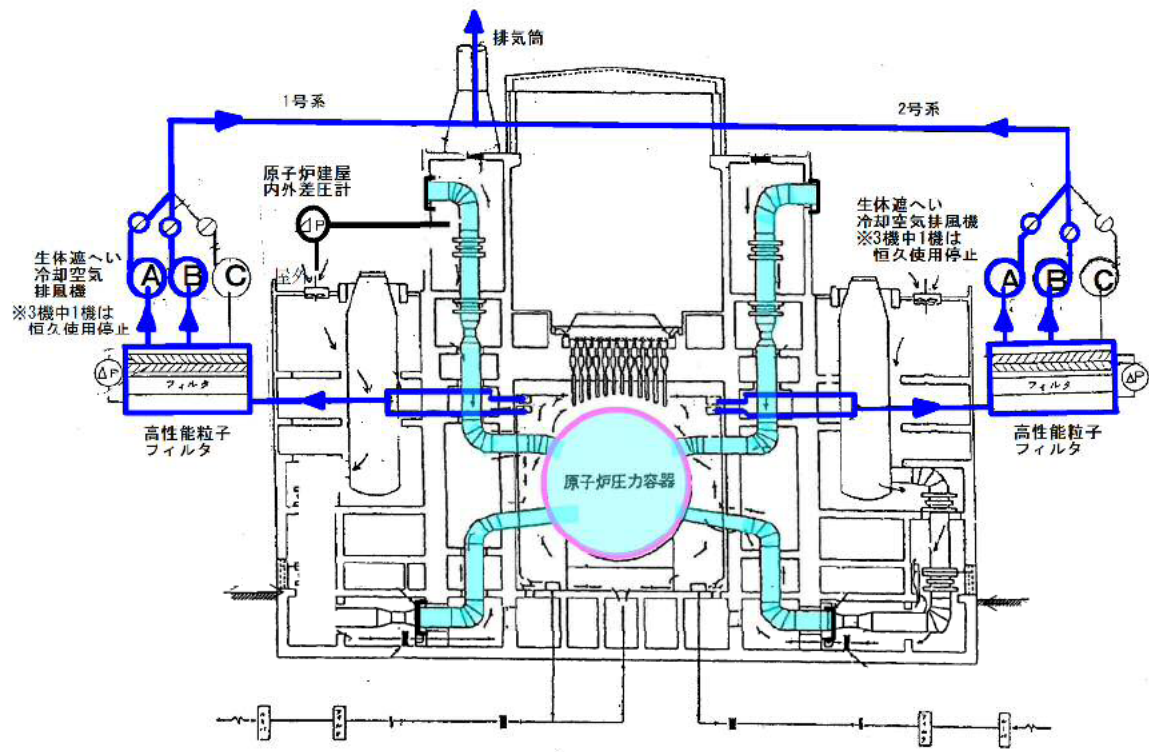
原子炉の隔離状態 (水色の範囲)

原子炉及び一次系配管 (ガスダクト) は、蒸気発生器の手前 (8か所) で閉止されている。

第 1.0.16-3 図 東海発電所 原子炉の隔離状況

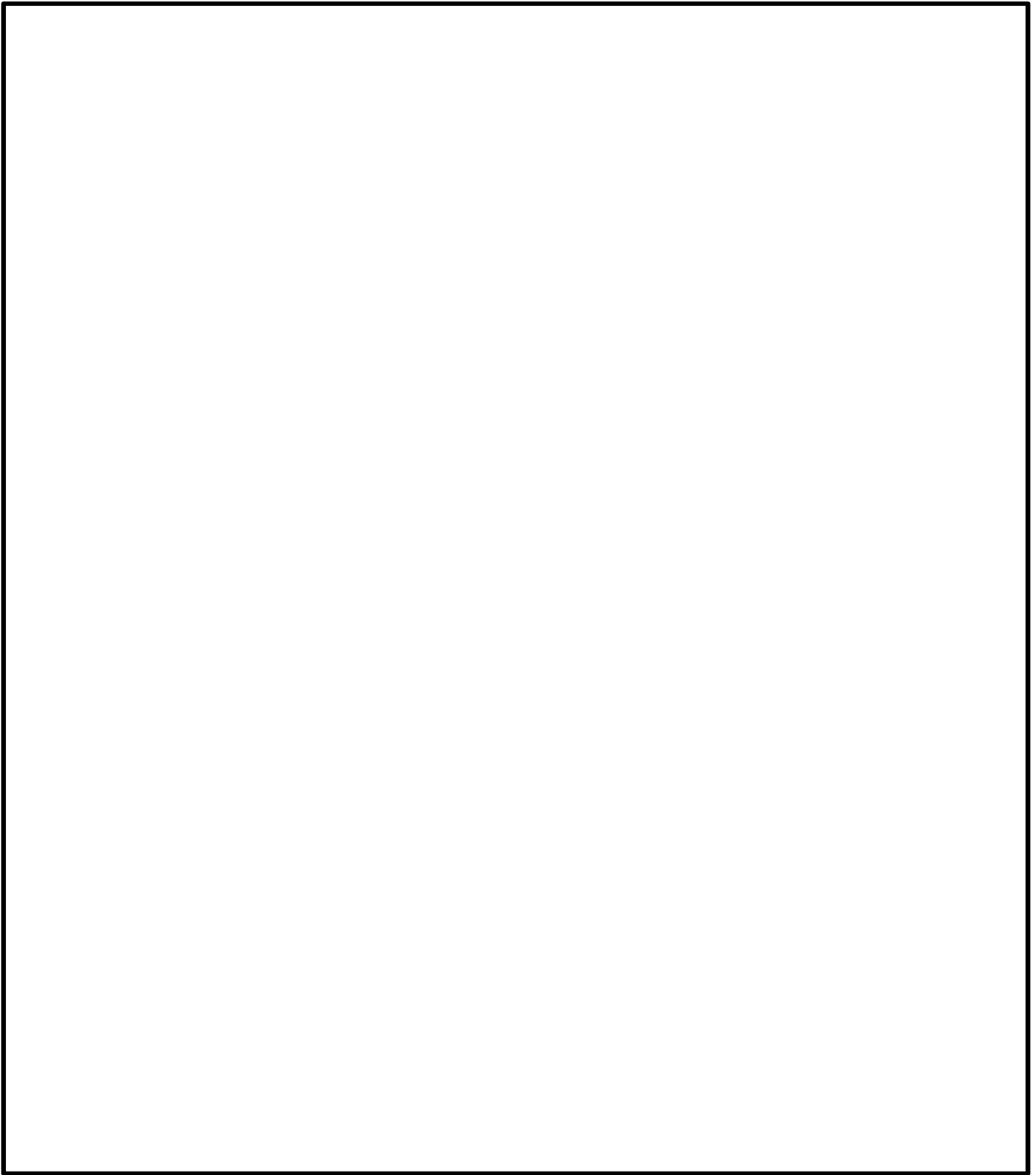


第 1.0.16-4 図 東海発電所 各建屋とバンクの位置関係



- 主な仕様
- ・生体遮へい冷却空気排風機
 - 種類：単段遠心型誘引通風機
 - 容量：1416m³/分
 - 個数：4（常用）
 - ・高性能粒子フィルタ
 - 種類：ろ過式自動交換型
 - 容量：340000m³/時
 - 個数：2

第 1.0.16-5 図 東海発電所 生体遮へい空気冷却系



第 1.0.16-6 図 敷地遡上津波のシミュレーション結果（最大浸水深分布）

東海第二発電所の重大事故等対応に線量上影響する可能性がある
東海発電所の発生事象に関する法令上の整理について

1. 概要

東海発電所は、1998年3月に運転停止し、当時の「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下「原子炉等規制法」という。）上の廃止措置作業の着手要件であった全ての核燃料(16000本)を搬出した後、2006年6月に廃止措置計画の認可を取得し、同年12月から原子炉等規制法に基づいて廃止措置作業を行っているところである。

本資料（技術的能力 1.0.16）は、東二の重大事故等の発生時に、廃止措置中の東海発電所で同時発生する（可能性がある）場合に、東二重大事故等対応への影響について評価したものである。

本章では、この評価に先立って、東海第二発電所の重大事故等に影響する可能性がある東海発電所の発生事象に係わる法令上の整理をした。

2. 東海発電所に係わる法令の整理

東海発電所では、前述のとおり「原子炉等規制法」に基づく廃止措置計画に基づき、廃止措置作業を実施している。

一方、「原子力災害対策特別措置法」及び「原子炉災害対策特別措置法施行令」では、国民の生命及び財産の保護の観点から、これに影響する又は影響する可能性がある事象が発生した場合には、事業者の通報が要求されている。更に、「原子力災害対策指針」及び「原子力災害対策特別措置法に基づき原子力防災管理者が通報すべき事象等に関する規則」では、原子炉

の状況に応じた通報すべき事象が定められており、東海発電所では事業者敷地外への放射性物質の放出又は放出の可能性のある事象が発生した場合には通報することが要求されている。具体的には、敷地境界の線量場 ($5 \mu \text{Sv/h}$) が基準となる。

3. 東二重大事故等対応への線量影響に関する考え方

東海発電所では、全ての核燃料が搬出されているため、東二とは異なり、敷地外（周辺監視区域）に線量影響を生じるような重大な事故が発生する可能性は低いと考えられる。

しかし、廃止措置中の東海発電所における事故により敷地境界に線量影響を生じる可能性として、東海発電所廃止措置計画認可申請書（平成23年度申請）では、最も放射性物質が建屋外に放出される事象として、「高性能粒子フィルタの損壊」を抽出し、この時に主排気筒から放出された全放射性物質が敷地境界（1か所）に短時間に移行するという保守的な条件に基づく当該場所での被ばく量（算出結果： $8 \mu \text{Sv/h}$ ）より、この事象が通報対象事象（特定事象）となる可能性があることが記載されている。

これを踏まえて、本資料では、東二重大事故等対応における東海発電所で発生した事故による線量影響を評価するにあたって、対象とする東海発電所の事故として、上記事象を含む、東海発電所から多くの放射性物質が放出されると考えられる以下の事象を選定した。

- ・高性能粒子フィルタの損壊（添付4）
- ・黒鉛の放出（添付2）
- ・黒鉛の火災（添付3）

東二重大事故等対応は敷地内（東二の建屋内，建屋外のアクセスルート等）で行うことから，各事象における，東海発電所の原子炉建屋から最も近いアクセスルートとして原子炉から 100m 離れた場所における被ばく量を算出した。なお，被ばく量の算出にあたっては，東海発電所の原子炉建屋が損壊すること等を前提とした保守的な条件を設定した。（詳細な算出条件については各添付を参照）

東海発電所の各建屋の損壊時における黒鉛等による線量影響について

1. 概要

東海発電所は廃止措置中であるが、原子炉内構造物の解体は未着手であり、また、黒鉛が原子炉建屋、燃料取扱建屋（以下「FHB 建屋」という。）及び使用済燃料取扱建屋（以下「CCP 建屋」という。）に保管されている。原子炉建屋内に保管されている黒鉛は原子炉容器内において拘束シリンダー及びカバープレートにより固定されており、原子炉容器の外側には、一次生体遮蔽、二次生体遮蔽及び原子炉建屋と、多数の壁に覆われている。また、FHB 建屋内及び CCP 建屋内に保管されている黒鉛は、いずれの黒鉛についても 1200mm 厚以上（地上域）の鉄筋コンクリート壁による密閉型のバンカ内に保管されている。

このため、大規模な自然災害によって東海発電所の原子炉建屋等が損壊しても、原子炉内構造物及び黒鉛が原子炉建屋外に流出することはないと考えられる。

また、添付 2 に示すとおり、黒鉛は着火せず、万が一、着火しても燃焼の持続性がないため、燃焼による黒鉛の飛散は生じない。

しかし、原子炉建屋と原子炉容器の損壊、各建屋の損壊の場所及び程度によっては、東海発電所の原子炉建屋外に線量影響を及ぼす可能性があることから、以下に、放射エネルギーが多い黒鉛による線量影響（直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量率）を算出し、東二の重大事故等対応への影響について検討した。

また、各建屋には、黒鉛（燃料）の付属品、L1 及び L2 相当の放射性廃棄物が保管されていることから、併せて線量影響を算出し、東二重大事故等対応への影響について検討した。

2. 線量率の計算条件

直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の共通の計算条件を以下に示す。

(1) 線源

原子炉建屋、FHB 建屋及び CCP 建屋における黒鉛を含む放射性廃棄物の保管については、東海発電所廃止措置認可申請書に記載している。これに保管場所の構造、保管状況及びアクセスルートからの距離を併せて整理したものを表 1 に示す。

表 1 各建屋における黒鉛等の保管状況

建屋・保管場所		保管量 (概算, ton) () は黒鉛量	保管場所の構造, 保管状態	アクセス ルートからの 距離 ^{※3}
原子炉 建屋	原子炉	約 1600 (約 1600)	<ul style="list-style-type: none"> 炭素鋼の製原子炉容器内に保管 黒鉛燃料の形状のまま, 拘束スリーブ及びカバープレートで固定 (全体は円柱状) 	100m
FHB	C1 バンカ	約 532 (約 532)	<ul style="list-style-type: none"> 1200mm 厚さ (全域) の密閉型鉄筋コンクリートピット内に保管 ピットの一部は地面高さ (T.P. +8m) より低いレベルに位置する。 粉碎した黒鉛を直接に保管 	88m
	D バンカ ※1	約 50 (0)	<ul style="list-style-type: none"> 750mm 厚さ以上の密閉型鉄筋コンクリートピット内に保管 ピットは地面高さ (T.P. +8m) より低いレベルに位置する。 細断した制御棒, スプリッター, FE グラブ及び FE ホースを保管 	76m
	E バンカ	約 20 (0)	<ul style="list-style-type: none"> C1 バンカに隣接 300mm 厚さ以上の密閉型鉄筋コンクリートピット内に保管 ピットの一部は地面高さ (T.P. +8m) より低いレベルに位置する。 	88m

			<ul style="list-style-type: none"> 細断した制御棒, スプリッタ, FE グラブ及びFE ホースを保管 	
CCP	C2 バンカ	約 288 (約 283)	<ul style="list-style-type: none"> 1200mm 厚さの密閉型鉄筋コンクリートピット内に保管 (ピット内換気設備あり) ピットは地面高さ (T.P.+8m) より高いレベルに位置する。 粉碎した黒鉛を袋に小分け (最大約 400kg) にして保管 細断したシース, サポートビーム, シェアピンを保管 	35m
	H1 バンカ ※2	約 90 (0)	<ul style="list-style-type: none"> 1200mm 厚さの密閉型鉄筋コンクリートピット内に保管 (ピット内換気設備あり) ピットは地面高さ (T.P.+8m) より高いレベルに位置する。 細断したスプリッタ等を保管 	46m
	H2 バンカ	約 28 (0)	<ul style="list-style-type: none"> 1200mm 厚さの密閉型鉄筋コンクリートピット内に保管 (ピット内換気設備あり) ピットは地面高さ (T.P.+8m) より高いレベルに位置する。 細断したスプリッタ等を保管 	46m
	H3 バンカ	約 25 (0)	<ul style="list-style-type: none"> 1200mm 厚さの密閉型鉄筋コンクリートピット内に保管 (ピット内換気設備あり) ピットは地面高さ (T.P.+8m) より高いレベルに位置する。 細断したスプリッタ等を保管 	23m

※1 燃料スワラー貯蔵庫のこと

※2 燃料スプリッタ貯蔵庫

※3 表中の数字は線量評価に用いた値。実際の距離よりも短い。(保守的評価のため)

表 1 に示す黒鉛の線源核種及び放射能は、東海発電所廃止措置計画認可申請書 (平成 23 年度申請) の記載値のうち、ガンマ線放出核種として表 2 に示す核種を用いた。

表 2 黒鉛の線源核種及び放射能

核種	放射能 (Bq)
Mn54	8.1E+7
Co60	3.1E+13
I129	2.2E+4
Cs134	4.0E+9
Cs137	3.8E+10
Eu152	8.2E+7
Eu154	2.3E+11

また、表 1 に示す燃料付属品及びその他の放射性廃棄物の線源核種及び放射能は、各保管物の物性値を用いて放射化した場合の放射エネルギーを算出した結果（東海発電所廃止措置計画認可申請書に記載あり）のうち、ガンマ線放出核種を用いた。

（2）線源と評価点の位置関係

黒鉛（線源）、ガンマ線の飛程、及び線量率を算出する評価点の関係を図 1 に示す。

原子炉圧力容器内に貯蔵されている黒鉛及び使用済燃料建屋内の各バンカに保管されている黒鉛及び放射性廃棄物は、保管場所によって地上からの高さは異なる（例：原子炉容器内の黒鉛は実際には地上 6m 程度の高さに保管されている）が、保守的に、評価点（地上 1m 高さ）と同じ高さにあるものとした。

原子炉圧力容器内に貯蔵されている黒鉛（線源）及び使用済燃料取扱建屋の各バンカに保管されている黒鉛は、実際の保管状態の中心部からガンマ線が放出されることとした。また、燃料取扱建屋の各バンカは地面高さ（T. P. +8m）より低いレベルにあるため、直接線は評価点に最も近い面から地中に放出されることとし、スカイシャイン線はバンカ中央上部から放出されることとした。（評価点までの距離が短くなり保守的評価となる。）

原子炉内に保管されている黒鉛については、原子炉容器、一次及び二次生体遮蔽、原子炉建屋が全て損壊するという保守的な条件において、また、各建屋に保管される黒鉛、燃料付属品及び放射性廃棄物については、コンクリート製の各バンカ及び建屋が損壊するという保守的な条件において、各建屋から最も近いアクセスルートまでの距離を保守的に設定し、評価点とした。

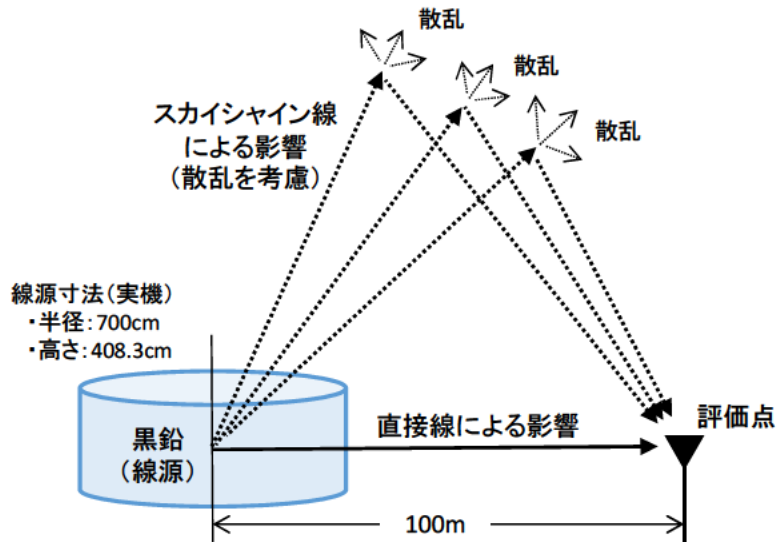


図1 黒鉛（線源）と評価点の位置関係
 (原子炉圧力容器内に貯蔵されている黒鉛による線量評価モデルの例)

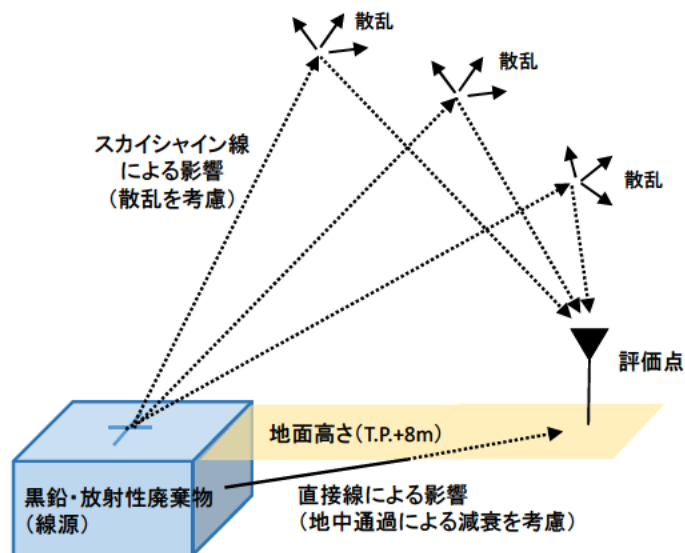


図2 黒鉛及び放射性固体廃棄物と評価点の位置関係
 (燃料取扱建屋のピットに保管されている黒鉛及び放射性廃棄物による線量評価漏れるの例)

(3) 計算コード

直接線による線量率は「3次元遮蔽計算プログラム Pre/GAM-D」を用いて計算した。また、スカイシャイン線による線量率は「散乱ガンマ線計算プログラム Pre/GAM-S」を用いて計算した。

3. 結論（線量率の算出結果）

上記2. に示した保守的な条件における各建屋の損壊時における各アクセサートの最短箇所における線量率の算出結果を表3に示す。いずれの線量率においても、東二の重大事故等対応及び東二重大事故等対処設備へのアクセサートに影響を及ぼすものではない。

表3 各建屋等が損壊した場合の黒鉛及び放射性廃棄物によるアクセサートへの線量影響

建屋・保管場所		線量率（評価結果）	
		直接線による影響 (mSv/h)	スカイシャイン線による影響 (mSv/h)
原子炉建屋	原子炉	0.02	0.005
FHB	C1 バンカ	<0.01 (0.003)	0.01
	D バンカ		
	E バンカ		
CCP	C2 バンカ	<0.01 (0.009)	<0.01 (0.008)
	H1 バンカ		
	H2 バンカ		
	H3 バンカ		

東海発電所に貯蔵中の黒鉛の火災による東二重大事故等対応への影響について

1. 概要

東海発電所の原子炉容器内部には、炉心を構成する黒鉛（30,000体、総重量約1,600t）が貯蔵されている。また、FHB建屋（C1バンカ、総量約532t）及びCCP建屋（C2バンカ、総量約283t）にも黒鉛が保管されている。万が一、黒鉛が大規模な火災によって放射性物質を大気中に放出すると、東二の重大事故等対応への影響が懸念される。

黒鉛の燃焼性に関しては、財団法人 原子力発電技術機構による研究「軽水炉等改良技術確証試験 実用発電用原子炉廃炉設備確証試験に関する調査報告書」（平成11年度）において、黒鉛（ブロック状）が火災や金属ドロース^{*1}等によって黒鉛が局部的に加熱されて燃焼し大規模な火災に至る可能性の有無、また、粉じん状の黒鉛による粉じん爆発の発生の可能性について検討されている。本研究結果を踏まえて、黒鉛の燃焼性の観点から、東二重大事故等対応への影響について考察した。

※1 金属の熱加工時に、溶けた材料が溶融物となって付着したもの。
金属の溶融物であるため、発生時は約1200度と考えられる。

2. 黒鉛の燃焼性に関する検討

以下に、財団法人 原子力発電技術機構による黒鉛の燃焼性に関する研究結果の概要を示す。

（1）黒鉛の燃焼が持続する条件（Schweitzerの条件）

大規模な黒鉛火災が発生するには、黒鉛の燃焼が持続することが必要である。黒煙の燃焼が持続するためには、下記の①～⑤の全ての条件を満たすことが必要である。

- ① 黒鉛が 650 度以上に加熱されること。
- ② 黒鉛自体の燃焼熱又は外部の熱源により 650 度以上が維持されること。
- ③ 燃焼に必要な酸素（空気）が供給されること。
- ④ 黒鉛表面を過冷却（650 度以下となる）することなく、燃焼生成物を除去可能なガス流量が確保されていること。
- ⑤ 酸素と黒鉛の配置が燃焼に適したものであること。

（2）黒鉛の燃焼試験

黒鉛の着火及び燃焼の持続に必要な条件を調査するため、各状態を想定した以下の試験が実施されている。

a. 直接加熱試験

廃止措置工事等の工事作業による黒鉛の着火及び燃焼の持続性への影響を調査するため、鋼材溶断に用いるプラズマトーチ（火炎温度：約 5,000 度～約 10,000 度）を黒鉛に直接あてて、黒鉛の燃焼性を調査した。また、金属ドロスを黒鉛に滴下させ同様に燃焼性を調査した。

試験の結果、プラズマトーチによる過熱により黒鉛は白色発光するものの、着火及び自己発熱による燃焼の持続は見られなかった。また、黒鉛は、ドロスの滴下によって過熱して赤色化することもなく、着火及び自己発熱による燃焼の持続は見られなかった。

b. 間接加熱試験

原子炉容器内の火災による黒鉛の着火及び燃焼の持続性への影響を調査するため、原子炉容器の鋼材への影響が想定される雰囲気温度が約 1,500 度である場合の黒鉛の燃焼性について調査を実施した。

調査の結果、雰囲気が約 1,500 度であっても、黒鉛の着火及び自己発熱による燃焼の持続は見られなかった。

3. 黒鉛の粉じん爆発の発生可能性に関する検討

以下に、財団法人 原子力発電技術機構による黒鉛の粉じん爆発の発生に関する研究結果の概要を示す。

(1) 粉じん爆発が発生する条件 (Field の条件)

一般に粉じん爆発とは以下の過程で事象が進展する。

- (i) 粉じん粒子に熱エネルギーが与えられ、表面温度が上昇する。
- (ii) 粒子表面の分子が熱分解あるいは乾留作用を起こし、可燃性気体となって粒子の周囲に放出される。
- (iii) 放出された気体が空気と混合して爆発性混合気を生成し、着火して火炎を発生する。
- (iv) 発生した火炎により生じた熱により、さらに他の粉じんの分解を促進し、次々に可燃性気体が粒子の周囲に放出され、着火伝播する。

上記の事象の進展を踏まえて、粉じん爆発が発生するには、下記の a)～g) の全ての条件を満たすことが必要であるとされている。(Field の条件)

- a) 粉じんが可燃性であること。
- b) 粉じんが浮遊していること。
- c) 粉じん粒径は火炎伝播に適当な大きさであること。

- d) 粉じん濃度が爆発範囲内であること。(高過ぎ低過ぎでは発生しない)
- e) 着火に十分なエネルギーの点火源が浮遊粉じんと接していること。
- f) 雰囲気には十分な酸素を含むこと。
- g) 破壊的な爆発では、粉じんは密閉した空間に存在していること。

(2) 粉じん状黒鉛の爆発試験

廃止措置工事時における黒鉛取出し時または切断、破碎時に発生する粉じん黒鉛の爆発発生の可能性の有無について、以下の2つの試験が実施されている。なお、Field条件のc)より、火災伝播の観点からは、粉じん状黒鉛の粒径が小さいほど爆発が発生しやすいとされている。廃止措置工事で黒鉛を切断した際には、粉じん状黒鉛の粒径は $300\mu\text{m}$ 程度以下と考えられるが、以下の2つの試験では、保守的に、爆発発生しやすいと考えられる最も粒径が小さい粉じん状黒鉛($25\mu\text{m}$ 以下)を用いて行われている。

a. 最低着火エネルギーの測定

密閉環境における、粉じん状黒鉛が着火するために必要なエネルギーを実験により確認した。試験では、球形粉じん爆発容器内に投入した粉じん状黒鉛に、電氣的に着火エネルギーを与えて、粉じん爆発の発生有無について確認した。

試験の結果、粉じん状黒鉛の最小着火エネルギーは $1\text{kJ}\sim 2\text{kJ}$ であった。一般に 10J で爆発しないものを非爆発性とすることから、本試験の結果より、黒鉛は非常に大きな着火エネルギーを与えない限り爆発しないと評価される。なお、静電気や電気火花等の単発的な着火源は 10J 未満であることから、環境による偶発的な着火はないと考えられる。

b. 最低着火酸素濃度の測定

密閉環境における、粉じん状黒鉛が着火するために必要な酸素濃度を実験により確認した。試験では、ハートマン式装置^{*2}を用いて、粉じん状黒鉛を入れた燃焼容器に所定の濃度に調整した酸素富加空気を供給した状態で、一般的に爆発性の有無を判断する目安である 10J の着火エネルギーを与えた時における粉じん爆発の発生有無について確認した。

試験の結果、酸素濃度が 55%未満の空気では粉じん爆発は発生しないことを確認した。

注2 内面を絶縁し圧縮空気を供給できる燃焼容器内部に、電氣的に着火エネルギーを与えることができる試験装置

4. 東海発電所の黒鉛による大規模な火災発生の可能性

上記 2. 及び 3. の検討結果を踏まえて、東海発電所の廃止措置期間中（解体工事中）における黒鉛燃焼に係る環境条件と黒鉛の着火及び燃焼性に関する評価を表 1 に、黒鉛の粉じん爆発に関する評価を表 2 に整理した。

表 1 に整理した結果のとおり、解体工事等の作業及び何らかの原子炉容器内**またはピット内**で火災が発生した場合においても、黒鉛が着火することはなく（表 1 の①）、万が一、着火した場合でも、黒鉛の燃焼が持続すると考えられる 650 度を維持することはない（表 1 の②）と評価される。また、原子炉容器は隔離された状態であることから、黒鉛が燃焼しても十分な酸素は供給されない。（表 1 の③）

また、表 2 に整理した結果のとおり、黒鉛は粉じん状でも着火せず（表 2 の a）、さらに、一般的な着火エネルギーを与えた場合において粉じん爆発が発生する環境条件は、空気中に 55%以上の酸素濃度を必要とすることから、現状の原子炉容器内の環境及び今後の廃止措置工事期間中においても、存在

しえない環境である（表 2 の f）。万が一，原子炉容器及びピットが損壊して何らかの非常に大きな着火エネルギーが黒鉛に与えられた場合には，それと同時に，原子炉容器及びピットが損壊しており密閉性がなくなっていると考えられることから，粉じん爆発が発生する環境条件にならない。（表 2 の g）

以上より，黒鉛の火災は発生せず，また，黒鉛の粉じん爆発も発生しない。万が一，火災が発生した場合でも，他の施設での火災と同様の対応を行うことにより，東二の重大事故等対応及び重大事故等対処設備へのアクセスルートに影響を及ぼさない。

表 1 黒鉛燃焼に係る環境条件と燃焼性に関する評価結果

注 1) 東海発電所の黒鉛の設置場所（原子炉容器内、**各建屋のバンカ内**）の環境条件と評価結果を、2. (1)黒鉛の燃焼が持続する条件（Schweitzer の条件）の①～⑤の各項目について整理した。

注 2) 評価結果の判定欄の凡例・・・「○」条件に合致する、「×」条件に合致しない、「－」評価できない

注 3) 評価結果の記載欄の凡例・・・「共通」原子炉圧力容器内及び各バンカ内に保管されている黒鉛に共通した評価結果

・・・「原子炉圧力容器内」原子炉圧力容器内に貯蔵した黒鉛に係る評価結果

・・・「バンカ内」バンカ内に保管された黒鉛に係る評価結果

(注 1) 項目	環境条件	評価結果 ^(注 2, 注 3)	
①	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉容器, その他の炉内構造物解体を溶解する場合には, 切断用トーチや金属ドロスが 650 度を超える可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 左記理由のとおり, 廃止措置工事等の作業において, 黒鉛が局部的に 650 度を超える可能性があると考えられる。【共通】 	○
②	<ul style="list-style-type: none"> 黒鉛の着火以降に, 黒鉛の燃焼熱の維持に関する知見はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 上記 2. (2)a 直接加熱試験により, 黒鉛は燃焼が持続しないことを確認した。故に, 黒鉛の燃焼熱は維持されないと考えられる。【共通】 	×
③	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力容器内に貯蔵されている黒鉛は, その中心部が筒状に空洞がある*ため, 燃焼に必要な酸素が供給される形状であるが, 酸素は換気流又は自然循環によって供給されるのみである。 ※運転時には燃料が装荷されていた部位 (チャンネル構造) 原子炉及び原子炉一次系は蒸気発生器の手前で出入口ともに閉止されており, 隔離状態にあるため, 隔離範囲外から酸素が供給されることはない。 	<ul style="list-style-type: none"> 左記理由により, 万が一, 黒鉛の燃焼が発生しても, 黒鉛に供給される空気は換気流程度のみ。故に, 黒鉛の燃焼に必要な酸素は十分には供給されないと考えられる。【原子炉圧力容器内】 	×
	<ul style="list-style-type: none"> 各バンカ内に保管されている黒鉛は粉砕された状態であるため, 燃焼に必要な酸素を供給されやすい状態にあるが, 酸素 	<ul style="list-style-type: none"> 左記理由により, 万が一, 黒鉛の燃焼が発生しても, 黒鉛に供給される空気は換気流程度のみ。故に, 黒鉛の燃焼に必要な酸素は十 	×

	はバンカ内の換気流及び自然循環のみで供給されるのみである。	分には供給されないと考えられる。【バンカ内】	
④	(上記③の環境条件と同様)	・本項目は評価できず (原子炉及び一次系, また, 各バンカ内が隔離された状態における空気の換気量が不明なため) 【共通】	—
⑤	・原子炉圧力容器内に貯蔵している黒鉛はチャンネル構造である。	・チャンネル構造であるため, 原子炉容器内に酸素が十分量存在するのであれば, 酸素は効果的に黒鉛に供給されると考えられる。 【原子炉圧力容器内】	○
	・各バンカ内に保管している黒鉛は粉砕された状態である。	・粉砕された黒鉛は表面積は増加しているため, バンカ内に酸素が十分量存在するのであれば, 酸素は効果的に黒鉛に供給されると考えられる。 【バンカ内】	○

表2 粉じん状黒鉛の爆発に係る環境条件と爆発性に関する評価結果

注1) 東海発電所の黒鉛の設置場所(原子炉容器内)の環境条件と爆発性に関する評価結果を、

3. (1) 粉じん爆発が発生する条件 (Fieldの条件) の a)~g) の各項目について整理した。

注2) 評価結果の判定欄の凡例・・・「○」条件に合致する、「△」条件によっては合致する可能性がある。「×」条件に合致しない、「-」評価できない

注3) 評価結果の記載欄の凡例・・・「共通」原子炉圧力容器内及び各バンカ内に保管されている黒鉛に共通した評価結果

・・・「原子炉圧力容器内」原子炉容器内に貯蔵した黒鉛に係る評価結果

・・・「バンカ内」バンカ内に保管された黒鉛に係る評価結果

(注1) 項目	環境条件	評価結果 ^(注2)	
a	<ul style="list-style-type: none"> 黒鉛は、原子炉容器内及び各バンカ内に保管中(物性変化しない)。 	<ul style="list-style-type: none"> 2. (2)a 直接加熱試験の結果より、黒鉛は着火せず、燃焼の持続性もないことから、可燃性ではない。【共通】 	×
b	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力容器内に貯蔵されている黒鉛は、固定されており、浮遊しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 万が一、地震等によって原子炉容器内の黒鉛の固定が外れ、また、原子炉容器の一部損壊等が発生した場合には、黒鉛が原子炉圧力容器内または原子炉圧力容器外に浮遊する可能性がある。【原子炉圧力容器内】 	△
	<ul style="list-style-type: none"> 各バンカ内に保管されている黒鉛は、袋に入れて小分けされ保管されており、浮遊しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 万が一、地震等によって小分けした袋が破れ、また、バンカが損傷した場合には、黒鉛がバンカ外に浮遊する可能性がある。【バンカ内】 	△
c	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力容器内に貯蔵されている黒鉛は、ブロック状にて固定されている。 各バンカ内に保管されている黒鉛は粉砕された状態で袋に小分けされている。 	<ul style="list-style-type: none"> 廃止措置工事の作業上、黒鉛は粒径が300 μm程度以下の粉末に粉砕されると考えられ、火災伝播を起こす可能性がある粒径(粒径が小さいほど発生の可能性あり)ではないため、この粒径の黒鉛の爆発の可能性は小さい。 但し、黒鉛の切断後の粒径を現場で確認することは困難であるため、実際の切断後の粒径分布が火災伝播の観点から問題ないか否定はできない。【共通】 	△

d	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力容器内に貯蔵されている黒鉛が粉じんとして、原子炉圧力容器内に飛散する可能性は低い。 各バンカ内に保管されている黒鉛が粉じんとして建屋内あるいは建屋外に飛散する可能性は低い。 	<ul style="list-style-type: none"> 万が一、地震等によって原子炉構造物等が黒鉛に接触した場合、また、各バンカ内の黒鉛が他の黒鉛や廃棄物と接触した場合には、黒鉛が粉じんとなって飛散する可能性がある。粉じん量（濃度）によっては、爆発濃度範囲に入る可能性がある。 	△
e	<ul style="list-style-type: none"> 廃止措置工事等において、切断トーチ、金属ドロスによって黒鉛が加熱される場合がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 3(2)a. 最低着火エネルギーの測定において、粉じん状黒鉛(25μm以下)の爆発の発生には1kJ~2kJの非常に大きなエネルギーが必要であることを確認した。これより、環境条件による単発的なエネルギー（静電気や電気火花等）では爆発は起こりえないと評価されるが、廃止措置工事（解体工程）では、十分なエネルギーの着火源が与えられる可能性は否定できない。【共通】 	△
f	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力容器内及び各バンカ内には空気が充満している。 	<ul style="list-style-type: none"> 3. (2)b 最低着火酸素濃度の測定により、粉じん状黒鉛が爆発するには、酸素濃度55%以上の空気が必要であることを確認した。 現状の原子炉容器の隔離状態及び今後の廃止措置工事中における原子炉容器内は通常空気（酸素濃度21%）であるため、粉じん爆発する環境にはならないと考えられる。【共通】 	×
g	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力容器内及び各バンカ内に貯蔵されている黒鉛は隔離されている。 	<ul style="list-style-type: none"> 万が一、損壊した原子炉容器等が黒鉛に接触した場合、また、各バンカが損壊した場合には、原子炉容器または各バンカの密閉性は既になくなっている。 廃止措置工事において原子炉内構造物及び各バンカでの黒鉛に係る作業を実施する場合には、作業アクセス上、原子炉 	×

		容器は開放された状態となり、密閉性はなくなる。	
--	--	-------------------------	--

(参考)

黒鉛炉による黒鉛燃焼事故の事例

黒鉛炉による黒鉛火災の事例として、ウィンズケール発電所事故及びチェルノブイリ発電所事故が挙げられる。上記 2. (1) 黒鉛の燃焼が持続する条件 (Schweitzer の条件) における①～⑤の条件に対応する各事例の状況を、表 2 に整理^{*}した。

東海発電所は、原子炉内に燃料がない (全燃料を搬出済み) ため、2 発電所のように黒鉛に継続的に熱を供給する外部熱源がなく、また、原子炉及び一次系が隔離されていることから、燃焼に必要な十分な酸素は供給されない。以上より、東海発電所において 2 発電所の事故と同様の事故が発生することはない。

※財団法人 原子力発電技術機構「軽水炉等改良技術確証試験 実用発電用原子炉廃炉設備確証試験に関する調査報告書」(平成 11 年度) より抜粋 (一部追記した)

表3 ウィンズケール発電所事故とチェルノブイリ発電所事故に関する黒鉛燃焼条件に関する整理

	ウィンズケール発電所事故 (1957年発生, 英国)	チェルノブイリ発電所事故 (1986年発生, ソビエト連邦)
事象概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転中の炉心局部の熱分布異常 (燃料温度の急激な上昇) ・ 消火のため冷却用空気を供給 (逆に燃焼を助長→一部燃料が異常燃焼) ・ 空気供給停止により燃焼低下 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低出力運転時における試験時の操作手順違反 ・ 試験条件 (プラント出力制御) 確保のため, 炉心内制御棒を抜いた状態 (反応度操作余裕が著しく少ない状態) で試験を開始 ・ 試験開始後に、原子炉熱出力及び蒸気圧が急激に上昇し, 原子炉爆発。
①	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料の異常燃焼により, 黒鉛は1190度を超えた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼の異常燃焼により, 黒鉛は800度~1500度と推定される。
	<p>【東海発電所における評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 切断用トーチまたは高温のドロスにより, 短時間, 局部的には黒鉛が650度以上になる可能性がある。 	
②	<ul style="list-style-type: none"> ・ ウィグナーエネルギー^(注3)及び燃料の崩壊熱により, 黒鉛の温度が維持された。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 飛散した燃料ペレットからの入熱により, 黒鉛の温度が維持された。
	<p>【東海発電所における評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 外部熱源による長時間の温度維持は生じない。 ・ 東海発電所の黒鉛 (レストレイントブロック) は, ウィグナーエネルギーによる影響を考慮した形状 (燃料及び冷却材が通過する領域を円筒形状にする等) としている。 	
③	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事故期間中, 原子炉内の強制空気循環が行われ, 十分に空気が供給された。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 炉心の上部構造物の破損に起因した煙突効果により, 自然循環が発生し, 空気の供給が維持された。
	<p>【東海発電所における評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 炉心は黒鉛チャンネル構造であるが, 万が一, 黒鉛が着火しても原子炉が隔離されているため自然循環は起こらず, 換気程度の不十分な空気供給のみと考えられる。 	
④	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空気循環により, 過冷却せずに燃焼生成物が除去された。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空気の自然循環により, 燃焼生成物は容易に除去された。
	<p>【東海発電所における評価】</p> <p>(原子炉及び一次系が隔離された状態における空気の換気量が不明なため, 本項目は評価できず)</p>	

⑤	<ul style="list-style-type: none"> ・炉心の黒鉛チャンネルが適切な配置を与えた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・炉心が黒鉛チャンネル構造であることに加え，上下構造物の破損により適切な配置となった。
<p style="text-align: center;">【東海発電所における評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・炉心は黒鉛チャンネル構造であるため，配置上は適切（燃焼に必要な酸素を供給しやすい配置）である。 		

(注 3) 燃料からの中性子照射により黒鉛内部にエネルギーが蓄積され，そのエネルギーの放出に伴って周囲の温度が増加する。本事例では，このエネルギーにより黒鉛の温度低下が抑制されたと考えられる。

東海発電所 生体遮へい冷却系統の高性能粒子フィルタの破損による線量影響について

1. 概要

東海発電所は廃止措置中であり全ての核燃料は搬出済みであるが、原子炉内構造物の解体は未着手であり、今後、廃止措置工事において解体される。

本章では、東海発電所廃止措置計画認可申請書（平成 23 年度申請）の記載を基に、東二重大事故等の条件を考慮して、廃止措置工事における屋外に線量影響を生じる可能性がある事象を、選定し、この事象が発生した場合におけるアクセスルート上にいる災害対策要員の被ばく線量（内部被ばく線量）を評価することにより、東二の重大事故等対応への影響について検討した。

2. 想定する事象

（1）事象の抽出

東海発電所の事故等により東二を含む周囲に線量影響を生じる可能性がある事象については、東海発電所廃止措置計画認可申請書にて記載されている。本項では、同申請書に記載されている抽出及び検討条件に加えてさらに保守的な条件を設定して災害対策要員の被ばく量の算出条件の考え方を示す。

- ・同申請書には、東海発電所の事故による放射性物質の放出源となる汚染機器は、最も放射能レベルの高い原子炉内構造物とともに、放射性物質（粉じん）の補足量が最も多いフィルタとして、原子炉建屋内の生体遮

へい冷却空気系統の高性能粒子フィルタが選定されており、本算出においてもこれと同様の事象を選定する。

- ・同申請書には、原子炉内構造物を放出源とする放射性物質（粉じん）の放出事象として、「炉内構造物切断片の破損」、「炉内構造物切断片の異常切断」、「局所換気系の停止」、「局所換気系の弁の誤開」が想定されている。しかし、これらの事象は、東海発電所の原子炉建屋内での線量影響は想定されるものの、東二の重大事故等対応への影響は間接的（高性能粒子フィルタを含む空気冷却系統から放出）であるため、高性能粒子フィルタからの放射性物質（粉じん）と比較すると影響が小さいと考えられるため、同申請書において代表事象とはしておらず、本算出においても同様の考えとする。
- ・同申請書には、高性能粒子フィルタに蓄積した放射性物質（粉じん）を放出源とする放射性物質（粉じん）の放出事象として、「高性能フィルタの破損」及び「高性能粒子フィルタの火災／爆発」が想定されている。高性能粒子フィルタは、原子炉建屋内（一次・二次生体遮へい壁の外側）に設置されている。同申請書では、東海発電所の原子炉建屋は、原子炉設置許可又は原子炉設置変更許可において耐震設計が考慮されているため地震による建屋への影響はないとしているが、本算出にあたっては、東二の基準地震動 S_s が東海発電所に影響することを想定するため、原子炉建屋が損壊することを前提とする。原子炉建屋が損壊した状態においては、2つの事象ともに放射性物質（粉じん）は原子炉建屋外に放出される同一の挙動となることから、代表として「高性能粒子フィルタの損壊」を想定事象とする。

以上より、東海発電所の事故等により東二を含む周囲に線量影響を生じる可能性がある事象として、生体遮へい冷却空気系統の高性能粒子フィルタに放射性物質（粉じん）が最大限蓄積した状態で、高性能粒子フィルタが何らかの理由で破損し、放射性物質（粉じん）が原子炉建屋外のアクセスルートに拡散（移行）する事象を選定する。

（２）災害対策要員の被ばく量の算出条件

放射性物質（粉じん）の飛散による災害対策要員の被ばく量の算出にあたっては、最も保守的な条件として、廃止措置工事計画認可申請書の記載内容とそれに加えた以下の事象が発生すると設定した。

- ・放射性物質（粉じん）は、2系列ある生体遮へい空気冷却系の2基の高性能粒子フィルタに捕捉可能な最大量が捕捉される。
- ・上記状態の2基の高性能粒子フィルタが、何らかの原因で落下して破損し、排気筒から全量の放射性物質（粉じん）が飛散する。
- ・飛散した放射性物質（粉じん）が、東海発電所の原子炉建屋から最も近いアクセスルート（1か所）に拡散する。アクセスルート上にいる防塵マスクをつけていない災害対策要員が体内に取り込むことで被ばくする。

2. 被ばく線量の算出条件

（１）線源と評価点の位置関係

原子炉建屋から放出される放射性物質（粉じん）が、評価点である東海発電所の原子炉建屋から最も近いアクセスルート（原子炉建屋の放出箇所からの距離は100m）に拡散することとし、災害対策要員が呼吸により放射性物質（粉じん）を体内に取り込むと設定した。実際には、原子炉建屋が損傷ある

いは倒壊しない限りは、放射性物質（粉じん）の放出は、排気筒（筒頂部は T.P. 80. 2m）であり評価点までの距離はさらに長くなるため、放射性物質（粉じん）は広く拡散するが、本計算に際しては、保守的に評価点と同じ高さにあるものとした。

（２）線源

1 系統の高性能粒子フィルタに付着した放射性物質（粉じん）は、表 1 に示すとおり、東海発電所廃止措置計画認可申請書（平成 23 年度申請）に記載した 19 核種を用いた。

表 1 2 基の高性能粒子フィルタから放出される線源核種及び放射能

核種	放射能 (Bq)
H3	7. 7E+09
C14	2. 7E+09
C136	2. 8E+06
Ca41	1. 1E+03
Mn54	4. 9E+05
Fe55	2. 7E+11
Ni59	3. 0E+08
Co60	1. 0E+11
Ni63	3. 5E+10
Sr90	3. 3E+04
Nb94	5. 6E+05
Tc99	3. 1E+04
I129	2. 0E-02
Cs134	3. 0E+05
Cs137	4. 0E+04
Eu152	1. 6E+08
Eu154	2. 1E+07
Pu241	9. 8E+02

(3) 計算要領

上記表1の各核種について、呼吸率を踏まえて体内に取り込まれる量から内部被ばく量を算出した。なお、東海発電所廃止措置工事計画認可申請書において、高性能粒子フィルタの破損による放射性物質（粉じん）の飛散する事象において、屋外の一般公衆の被ばくは、内部被ばく量が支配的であることから、本章では、内部被ばく量を算出する。

3. 結論（線量率の算出結果）

廃止措置工事において、原子炉内構造物を切断処理する際に発生する放射性物質（粉じん）を捕捉した高性能粒子フィルタが、万が一破損して放射性物質（粉じん）が原子炉建屋から屋外に飛散して、アクセスルート上にいる災害対策要員が体内に取り込んだ場合、被ばく量は約5.6mSvと評価される。なお、防塵マスクを装着した場合には、被ばく量は0.12mSvとなる。

保守的な条件においても被ばく量は十分に低いレベルであることから、東二の重大事故等の対応を優先することが可能である。

津波波力及び貯蔵建屋外部からの漂流物の衝突による貯蔵建屋への
影響について

津波波力及び貯蔵建屋外部からの漂流物による衝突荷重を評価し、貯蔵建屋の壁面の保有水平せん断耐力に裕度があることをもって、貯蔵建屋が倒壊しないことを確認する。評価に用いる貯蔵建屋寸法等を第1-1図に示す。

津波波力及び貯蔵建屋外部からの漂流物による衝突荷重は、それぞれ「津波避難ビル等の構造上の要件の解説（平成24年2月，国土交通省国土技術政策総合研究所他）」（以下「国交省解説」という。）及び「道路橋示方書・同解説（平成14年3月，日本道路協会）」に基づき，以下のとおり評価する。

【津波による建屋壁面の衝突荷重 Q （津波波力+漂流物による衝突荷重の和）】

$$Q = Q_z + F_2 = \rho g \int_{z_1}^{z_2} (ah - z) B \cdot dz + F_2 \text{ より,}$$

$$Q = \frac{1}{2} \rho g B \{ (2ahz_2 - z_2^2) - (2ahz_1 - z_1^2) \} \times (1 - \beta) \times 10^{-3} + F_2 \text{ (kN)}$$

ここで，

Q_z ：構造設計用の進行方向の津波波力（kN）

B ：当該部分の受圧面の幅（m）（長壁面 m^{*1}，短壁面 m^{*1}）

a ：水深係数（=3）（国交省解説において推奨される最大値）

h ：設計浸水深（m）

（貯蔵建屋における敷地遡上津波の進行波高さ（設計浸水深）は，長壁において4m，短壁において6mと評価される）

z_1 ：受圧面の最小高さ（m）（1階面 m^{*1}，2階面 m^{*1}）

z_2 : 受圧面の最高高さ (m) (1階面 \square m^{*1}, 2階面 \square m^{*1}, ただしahと比べ小さい方とする) (z_1, z_2 はEL. 8.3mを基準面 $z=0$ とした)

ρ : 海水の密度 (kg/m³) (1,030kg/m³)

g : 重力加速度 (m/s²) (9.80665m/s²)

β : 開口割合 (給排気口面積の壁面の面積に対する割合)

$$\begin{aligned} \text{開口面積 (1階面)} &: \square \text{ m}^{*1} \times \square \text{ m}^{*1} / \text{給気開口} \times 5 \text{ 給気開口} \\ &= \square \text{ m}^2 \end{aligned}$$

開口割合 (1階面) : 給気開口面積 / 長壁面積

$$\begin{aligned} &= \square \text{ m}^2 / (\square \text{ m}^{*1} \times \square \text{ m}^{*1}) \\ &= 0.2026 \rightarrow \beta \text{ (1階面)} = 0.20 \text{ とする} \end{aligned}$$

$$\text{開口面積 (2階面)} : \square \text{ m}^{*1} \times \square \text{ m}^{*1} / \text{排気開口} \times 5 \text{ 排気開口} = 75 \text{ m}^2$$

開口割合 (2階面) : 排気開口面積 / 長壁面積

$$\begin{aligned} &= \square \text{ m}^2 / (\square \text{ m}^{*1} \times \square \text{ m}^{*1}) \\ &= 0.1218 \rightarrow \beta \text{ (2階面)} = 0.12 \text{ とする} \end{aligned}$$

F_2 : 貯蔵建屋外部からの漂流物衝突荷重 (kN) ($0.1 \times 50 \text{ t}^{*2} \times g \times V = 490 \text{ kN}$)

V : 津波流速 (m/s) (10m/s) ^{*3}

* 1 : 工事計画認可申請書記載値及び使用済燃料貯蔵設備増強工事 建屋構造計算書 (平成11年9月) に基づく値

* 2 : 設計上考慮する漂流物 (浚渫台船44t) に余裕を考慮した値

* 3 : 敷地遡上津波暫定評価に基づく値 (8.5m/s (長壁面) 及び5.2m/s (短壁面)) に余裕を考慮した値

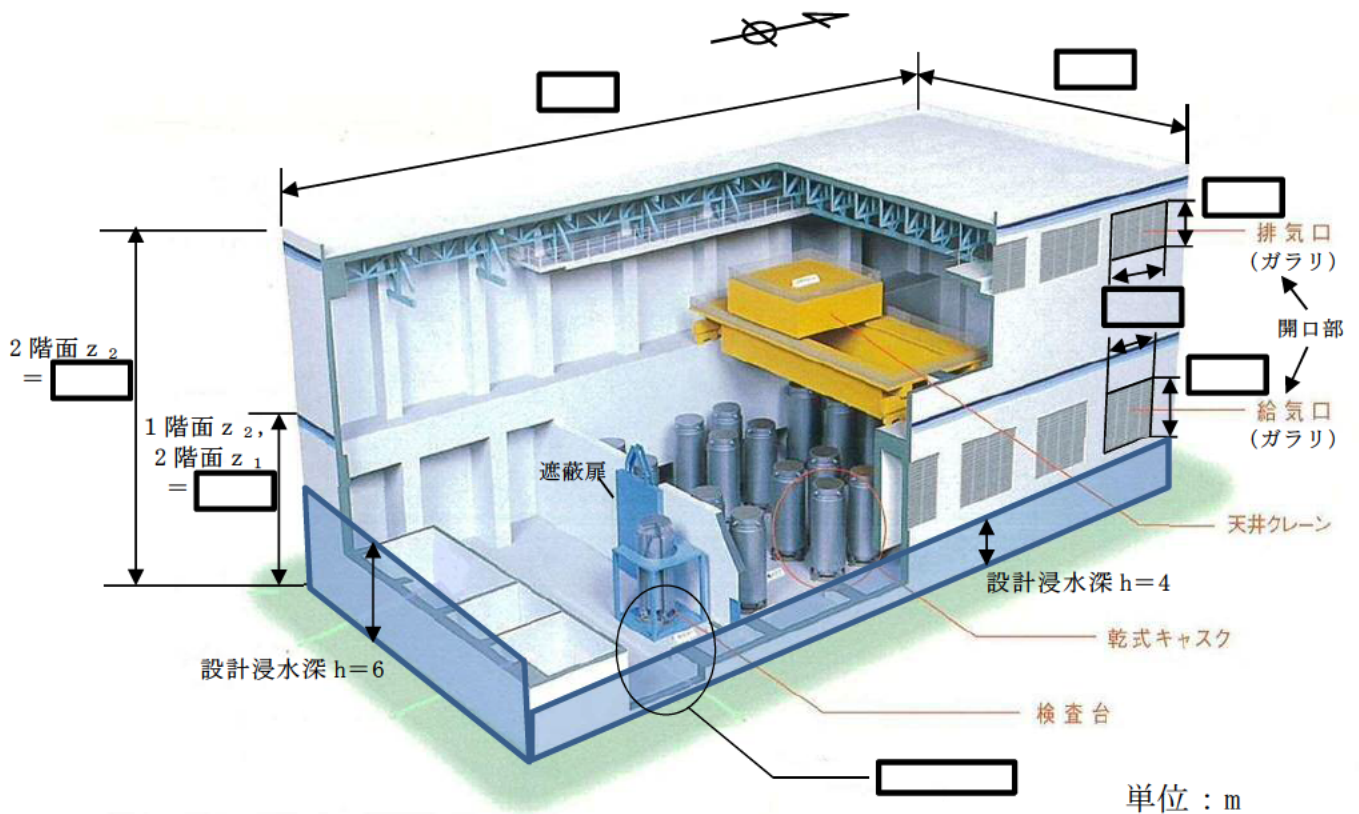
上記Qを貯蔵建屋壁面の保有水平せん断耐力と比較した結果, 第1-1表のとおり裕度が1を超えており, 長壁も短壁も倒壊しない。

第 1-1 表 貯蔵建屋壁面が敷地遡上津波により受ける衝突荷重

貯蔵建屋壁面		津波の設計 浸水深 h (m)	Q (MN)	保有水平せん断 耐力 (MN) *1	裕度*2
短壁	2階面	6	10.1		
	1階面	6	43.0		
長壁	2階面	4	2.0		
	1階面	4	31.8		

* 1 : 工事計画認可申請書記載値及び使用済燃料貯蔵設備増強工事 建屋構造
計算書 (平成11年9月) に基づく値

* 2 : 裕度 = 保有水平せん断耐力 / Q



第 1-1 図 貯蔵建屋寸法等

貯蔵建屋内で発生する漂流物による貯蔵容器への影響について

敷地遡上津波については、解析の結果、給気口がある貯蔵建屋長壁面の最大浸水深4mであるため、地上4.6mの高さに設けられた給気口からは浸水しないと考えられるものの、大物搬入口扉と床面の隙間等から貯蔵建屋内に浸入する可能性がある。貯蔵建屋内に浸水した後は、敷地遡上津波の貯蔵建屋外壁における津波流速以上の速度にはならないと考えられるが、貯蔵建屋外側から内側への方向における敷地遡上津波の速度としては、貯蔵建屋外壁における速度にて貯蔵建屋内での漂流物の貯蔵容器への衝突評価を行う。評価は貯蔵容器の外面への衝突により影響を受ける部位のうち、二次蓋への衝突を想定し、衝突による発生応力を評価する。

貯蔵建屋内で発生する漂流物としては、津波が直接衝突する、外面に設置された大物搬入口扉、出入口扉、ガラリ（給気口）、また、貯蔵建屋内に浸入後は遮蔽扉、検査台、放射線エリアモニタ等が考えられる。このうち、重量が大きく衝突した場合の影響が大きいものとして、①大物搬入口扉、②遮蔽扉及び③ガラリ（給気口）を選定した*¹。貯蔵建屋の各部材の設置位置を第2-1図及び第2-2図に示す。漂流物の衝突荷重は添付1同様、「道路橋示方書・同解説（平成14年3月、日本道路協会）」に基づき以下に示すとおり評価する。

* 1：出入口扉、検査台、放射線エリアモニタ等は比較的軽量又は床等に固定されていることから、貯蔵建屋内の漂流物とはなりにくい衝突時の影響が小さいと考えられる。

【貯蔵建屋内で発生した漂流物の衝突荷重による圧縮応力 σ 】

蓋部の発生応力 σ は、機械工学便覧基礎編a3、材料力学表5-1のケース2より、蓋部の最大応力は、蓋端部であり、次式で評価される。

$$\sigma = 0.75 \times \frac{P \cdot a^2}{h^2} \quad (\text{MPa})$$

F：貯蔵建屋内で発生する漂流物衝突荷重 $F = 0.1 \times W \times g \times V \times 10^{-6}$ (MN)

W：漂流物重量 (kg)

g：重力加速度 (m/s^2) (9.80665m/s^2)

V：津波流速 (m/s) (10m/s) * 2

P：蓋に掛かる等分布荷重 $P = F/A$ (MPa)

A：二次蓋の断面積： m^2

a：二次蓋ボルト中心半径： m

h：二次蓋厚さ： m

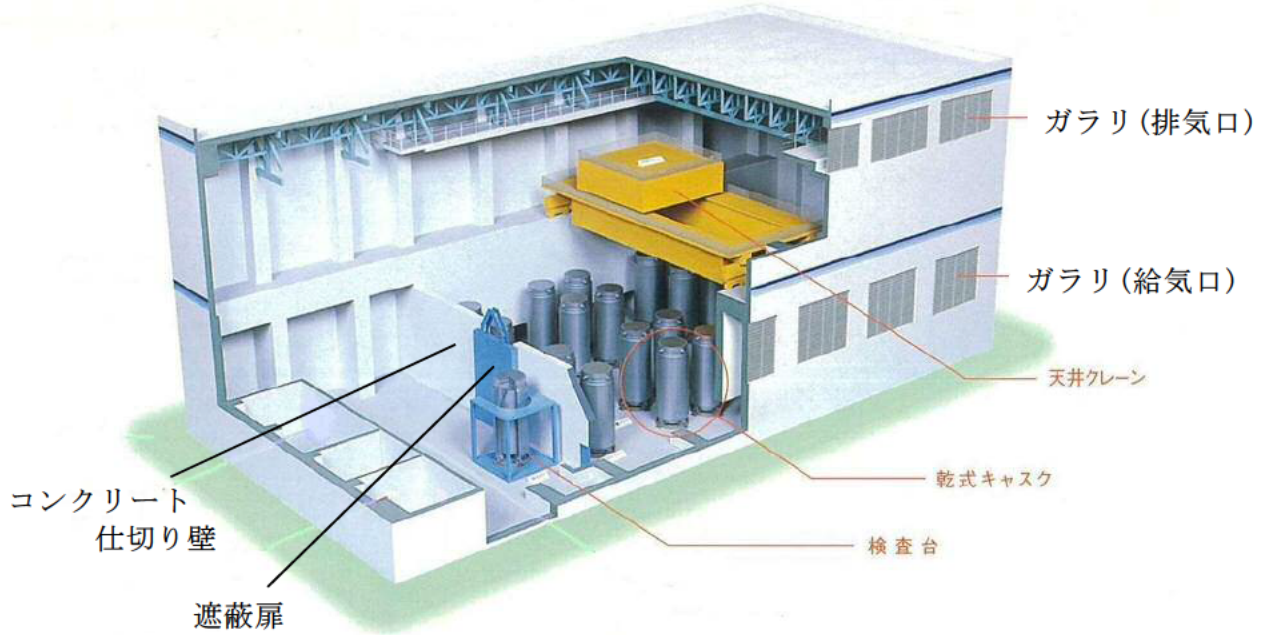
* 2：敷地遡上津波暫定評価に基づく値 (8.5m/s (長壁面) 及び 5.2m/s (短壁面)) に余裕を考慮した値

一方、二次蓋の許容応力は、密封シール部以外よりも許容応力が保守的な密封シール部の MPa (一次膜+一次曲げ応力強さ) を適用する。

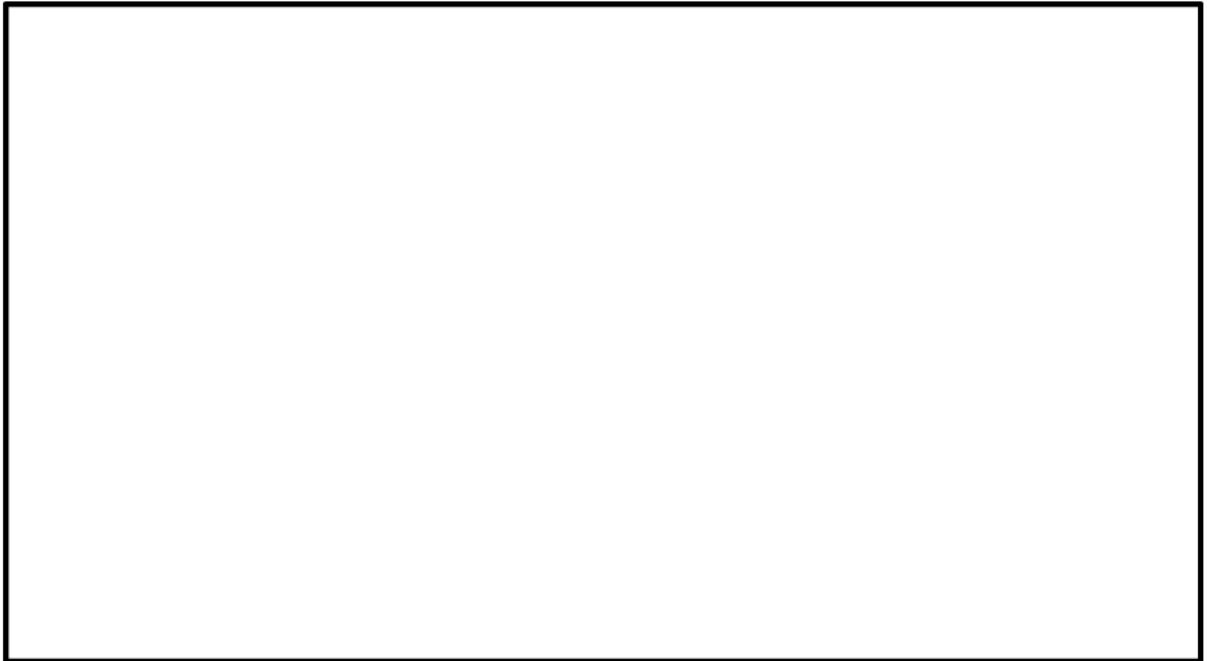
評価結果を第2-1表に示す。貯蔵容器の二次蓋に漂流物が衝突した場合の発生応力はいずれの漂流物も許容応力を十分下回っていることから、貯蔵容器の安全機能に影響はない。

第2-1表 貯蔵建屋内で発生する漂流物の衝突荷重による圧縮応力

漂流物	重量 (t)	二次蓋部発生応力 (圧縮) (MPa)	許容応力 (MPa)
① 大物搬入口扉	7.0	0.3	□
② 遮蔽扉	40	1.3	
③ ガラリ (給気口)	0.81	0.1	
合計 (①～③)	48	1.7	



第 2-1 図 貯蔵建屋鳥瞰図



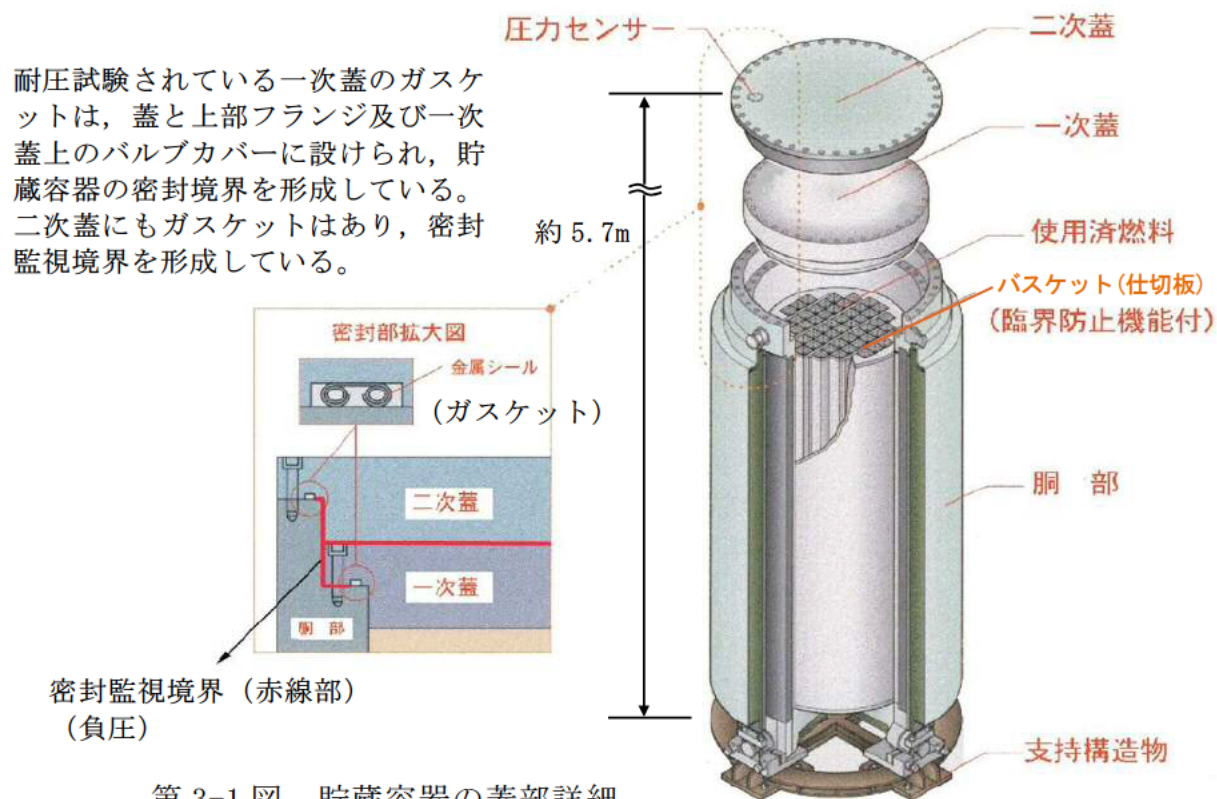
第 2-2 図 貯蔵建屋 1 階床面図

貯蔵建屋内への津波浸入時の貯蔵容器浸水による密封機能への影響

第3-1図に貯蔵容器全体と蓋部詳細を示す。

貯蔵建屋付近の設計浸水深4～6mの遡上津波が貯蔵建屋内へ浸入し、床面から6mの高さに水面を形成する場合、貯蔵容器は高さ約5.7mであるため、水没する。

貯蔵容器は、最高使用圧力1.0MPaとして内圧を高め1次蓋の耐圧試験を行い、内外圧力差1.0MPaまで耐えられることを確認しており、ガスケット部は水深約100mまで密封機能を維持できる。水没の場合は外圧のほうが高い状態だが、ガスケットにかかる応力は円周方向に垂直であることは同じであり、耐圧試験結果が適用できると考えられることから、貯蔵建屋内への津波浸入による密封機能に影響はない。



第 3-1 図 貯蔵容器の蓋部詳細

貯蔵建屋部材が外部への損壊流出物となる可能性について

給気口がある貯蔵建屋長壁面における最高浸水深は4mであり、給気口下端高さ4.6mより低いことから、津波は大物搬入口と床面の隙間等からゆっくりと浸水するものと考えられる。したがって、貯蔵建屋の内側から外側へ向かう方向の水の速度はほとんどないものと考えられ、貯蔵建屋で敷地遡上津波によって損壊し漂流物となった扉等の部材が外部へ流出する可能性としては、引き波によるものが考えられる。

襲来する津波により損壊した貯蔵建屋の扉等の部材は、床等に転倒した後、引き波による抗力が地面と部材との摩擦力を上回った場合、移動し流出すると考える。

貯蔵建屋内で発生する漂流物として、添付2と同様に、①大物搬入口扉、②遮蔽扉及び③ガラリ（給気口）について検討した結果、いずれも流出しにくい、①及び③については、アクセスルートに流出した場合においても、保有している重機（ホイールローダ）を用いて撤去する等の対応により、アクセスルートを確保する。②については、厚さが貯蔵建屋からアクセスルートまでの敷地遡上津波の設計浸水深である0.4mよりも厚いこと及び金属製で海水に沈むことから、静摩擦係数を考慮すると、アクセスルートまでは移動しない。

したがって、敷地遡上津波によって貯蔵建屋部材が損壊し、外部への流出物が生じた場合でも、発生した流出物による影響はないことを確認した。