

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	SA 技-C-1 改 89
提出年月日	平成 29 年 10 月 10 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 29 年 10 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

下線部：今回提出資料

### 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溶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

## 重大事故等発生時及び大規模損壊発生時の対処に係る基本方針

### 【要求事項】

発電用原子炉施設において、重大事故に至るおそれがある事故（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を除く。以下同じ。）若しくは重大事故（以下「重大事故等」と総称する。）が発生した場合又は大規模な自然災害若しくは故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる発電用原子炉施設の大規模な損壊が発生した場合における当該事故等に対処するために必要な体制の整備に関し、原子炉等規制法第43条の3の24第1項の規定に基づく保安規定等において、以下の項目が規定される方針であることを確認すること。

なお、申請内容の一部が本要求事項に適合しない場合であっても、その理由が妥当なものであれば、これを排除するものではない。

### 【要求事項の解釈】

要求事項の規定については、以下のとおり解釈する。

なお、本項においては、要求事項を満たすために必要な措置のうち、手順等の整備が中心となるものを例示したものである。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は、以下の解釈において規定する内容に加え、設置許可基準規則に基づいて整備される設備の運用手順等についても当然含まれるものであり、これらを含めて手順書等が適切に整備されなければならない。

また，以下の要求事項を満足する技術的内容は，本解釈に限定されるものではなく，要求事項に照らして十分な保安水準が達成できる技術的根拠があれば，要求事項に適合するものと判断する。

東京電力（株）福島第一原子力発電所の事故の教訓を踏まえた重大事故等対策の設備強化等の対策に加え，重大事故に至るおそれがある事故若しくは重大事故が発生した場合又は大規模な自然災害若しくは故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる発電用原子炉施設の大規模な損壊が発生した場合における以下の重大事故等対処設備に係る事項，復旧作業に係る事項，支援に係る事項及び手順書の整備，教育及び訓練の実施並びに体制の整備を考慮し当該事故等に対処するために必要な手順書の整備，教育及び訓練の実施並びに体制の整備等運用面での対策を行う。

「1. 重大事故等対策」について手順を整備し，重大事故等の対応を実施する。「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のテロリズムへの対応における事項」の「2.1 可搬型設備等による対応」は「1. 重大事故等対策」の対応手順を基に，大規模な損壊が発生した場合の様々な状況においても，事象進展の抑制及び緩和を行うための手順を整備し，大規模な損壊が発生した場合の対応を実施する。

また，重大事故等又は大規模損壊に対処し得る体制においても技術的能力を維持管理していくために必要な事項を，「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく原子炉施設保安規定等において規定する。

重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置については，技術的能力の審査基準で規定する内容に加え，設置許可基準規則に基づいて整備する設備の運用手順等についても考慮した表1.0.1に示す「重大事故等対策における手順書の概要」を含めて手順書等を適切に整備する。

整備する手順書については「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1.1から1.19」にて補足する。

## 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

#### 目 次

1.0.1	重大事故等への対応に係る基本的な考え方	1.0-9
(1)	重大事故等対処設備に係る事項	1.0-9
a.	切り替えの容易性	1.0-9
b.	アクセスルートの確保	1.0-9
(2)	復旧作業に係る事項	1.0-13
a.	予備品等の確保	1.0-13
b.	保管場所	1.0-14
c.	アクセスルートの確保	1.0-14
(3)	支援に係る事項	1.0-15
(4)	手順書の整備，教育及び訓練の実施並びに体制の整備	1.0-16
a.	手順書の整備	1.0-16
b.	教育及び訓練の実施	1.0-21
c.	体制の整備	1.0-22
1.0.2	共通事項	1.0-30
(1)	重大事故等対処設備に係る事項	1.0-30
a.	切り替えの容易性	1.0-30
b.	アクセスルートの確保	1.0-31
(2)	復旧作業に係る事項	1.0-37
a.	予備品等の確保	1.0-37
b.	保管場所	1.0-38



c .	アクセスルートの確保	1.0-38
(3)	支援に係る事項	1.0-39
(4)	手順書の整備，教育及び訓練の実施並びに体制の整備	1.0-43
a .	手順書の整備	1.0-43
b .	教育及び訓練の実施	1.0-51
c .	体制の整備	1.0-57

## 添付資料 目次

下線部：今回提出資料

- 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 重大事故等対策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 大津波警報発令時の原子炉停止操作等について
- 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 重大事故等発生時及び大規模損壊発生時の体制について
- 添付資料1.0.11 重大事故等発生時及び大規模損壊発生時の原子炉主任技術者の役割等について
- 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東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所からの影響について

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災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で使用する資機材及び		
発生する廃材等による影響評価	1.0.16-8	
3. 使用済燃料乾式貯蔵設備からの影響	1.0.16-10	
4. 評価結果	1.0.16-12	
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	1.0.16-13
第1.0.16-2表	火災発生時の消火活動要員の動き	1.0.16-14
第1.0.16-3表	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 廃材等に対する想定事象と可能性のある影響	1.0.16-15
第1.0.16-4表	自然現象等による貯蔵容器への影響	1.0.16-16
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	1.0.16-17
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 及び貯蔵設備との位置関係	1.0.16-18
第1.0.16-2図	東海発電所の構造と黒鉛（減速材）の設置状況	1.0.16-19
第1.0.16-3図	東海発電所の原子炉の隔離状況	1.0.16-20
第1.0.16-4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）	1.0.16-21
添付1	東海発電所の原子炉建屋損壊時における黒鉛による線量影響について	1.0.16-22
添付2	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	1.0.16-25
添付3	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 衝突について	1.0.16-31

添付4	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	..... 1.0.16-34
添付5	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	..... 1.0.16-37
添付6	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	..... 1.0.16-38

## 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災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  $S_s$ ，基準津波を越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，機器損傷及び，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，廃止措置工事中であるが，2017年9月現在，原子炉建造物の解体は未着手であり，原子炉内には黒鉛（総数：30,000本，総重量：約1600t）が保管されている。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。

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が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）を用いてが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

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におけ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。

東海発電所の原子炉構造物及び原子炉内の保管物のうち放射エネルギーが多く、機器自体の燃焼によって放射性物質の飛散が想定されるものとして黒鉛が挙げられる。

黒鉛は、原子炉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、黒鉛は着火及び燃焼の持続性がないことから黒鉛による大規模な火災が発生することはない、火災が発生しても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、二次生体遮蔽及び原子炉建屋の

全てが損壊した場合には、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 $0.02\text{mSv/h}$ 、スカイシャインによる線量率は $0.005\text{mSv/h}$ 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及び東二重大事故等対処設備へのアクセスルートに影響を及ぼすものではない。

東海発電所（原子炉構造物以外）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 $0.15\text{mSv/h}$ 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。

#### 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、原子炉容器内に保管されている黒鉛が建屋外に飛散することはないことから、影響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。

### (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く、万が一、着火した場合でも、黒鉛の燃焼が継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が供給されることはなく、燃焼は継続しない。

以上より、黒鉛による大規模火災は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で感知（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、発生したガレキ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1.0.16-2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1）。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2）。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3）。

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4）。

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は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"> <li>・ 基準地震動 <math>S_s</math> 等による東海発電所の建屋倒壊</li> <li>・ 敷地に遡上する津波による東海発電所の屋外機器の流出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> <li>・ 東海発電所の建屋の損壊及び原子炉内の黒鉛の流出により、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。</li> <li>・ 損壊した建屋（がれき）及び原子炉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。</li> </ul>	
	間接的影響	火災		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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</li> </ul>
		溢水、漏洩		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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</li> </ul>
資源		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 東海発電所で発生する火災<sup>※1</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> </ul>	

※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		●	●		●	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	●			●					
一	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		●	●		●	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)	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 東海発電所廃止措置作業で使用する資機材又は発生する  
廃材等に対する想定事象と可能性のある影響

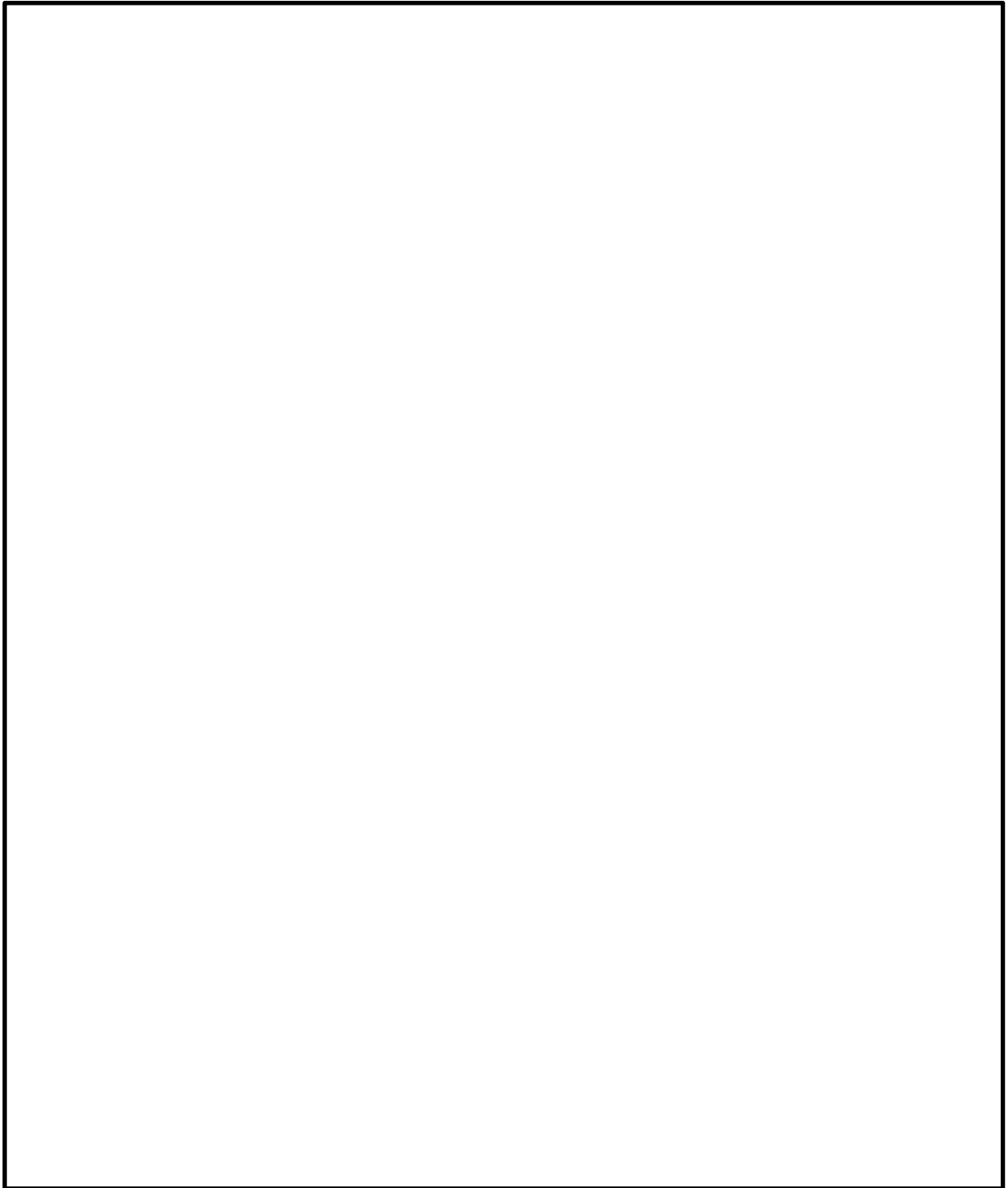
影響評価項目			想定事象	可能性のある影響
作業環境	物的影響	損壊 流出物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基準地震動 <math>S_s</math> 等による東海発電所廃止措置作業に用いる機材（クレーン等）の転倒又は資材・廃材（鉄骨等）の荷崩れ</li> <li>・ 敷地に遡上する津波による東海発電所廃止措置作業に用いる機材（クレーン・廃材（鉄骨等）の流出</li> <li>・ 竜巻による東海発電所廃止措置作業で使用する資機材及び発生する廃材等の転倒，荷崩れ，飛来</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> </ul>

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"> <li>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。</li> </ul>
津波 (敷地遡上津波)	<ul style="list-style-type: none"> <li>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)。</li> <li>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)。</li> <li>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)。</li> </ul>
自然現象 (地震及び津波を除く)	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>
外部人為事象	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>
内部火災	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>
内部溢水	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>

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

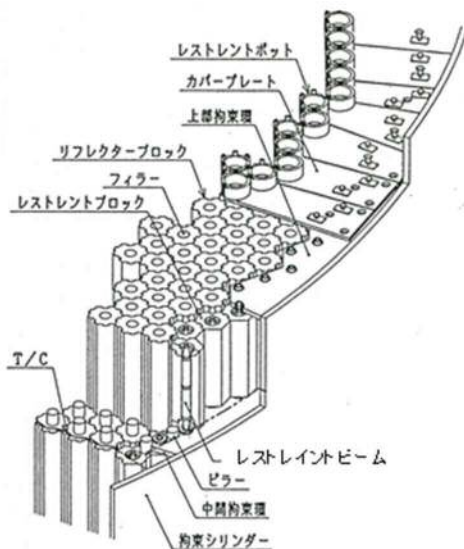
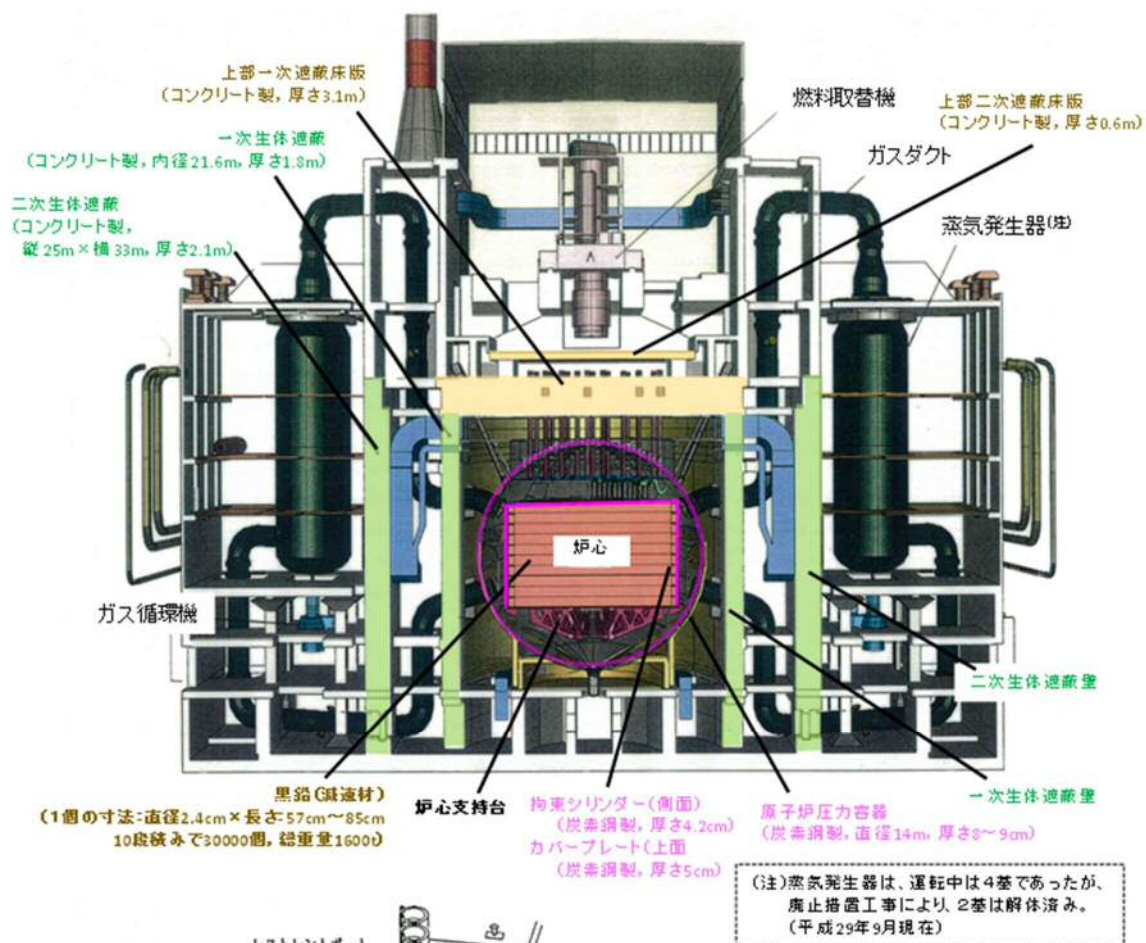
影響評価項目		想定事象	想定される影響
作業環境	物的影響	損壊, 貯蔵建屋外部への流出 敷地遡上津波による貯蔵建屋の大物搬入口扉, 遮蔽扉及びガラリ等の流出	重大事故等対処設備の損傷



第 1.0.16-1 図 東二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との位置関係

1.0.16-18

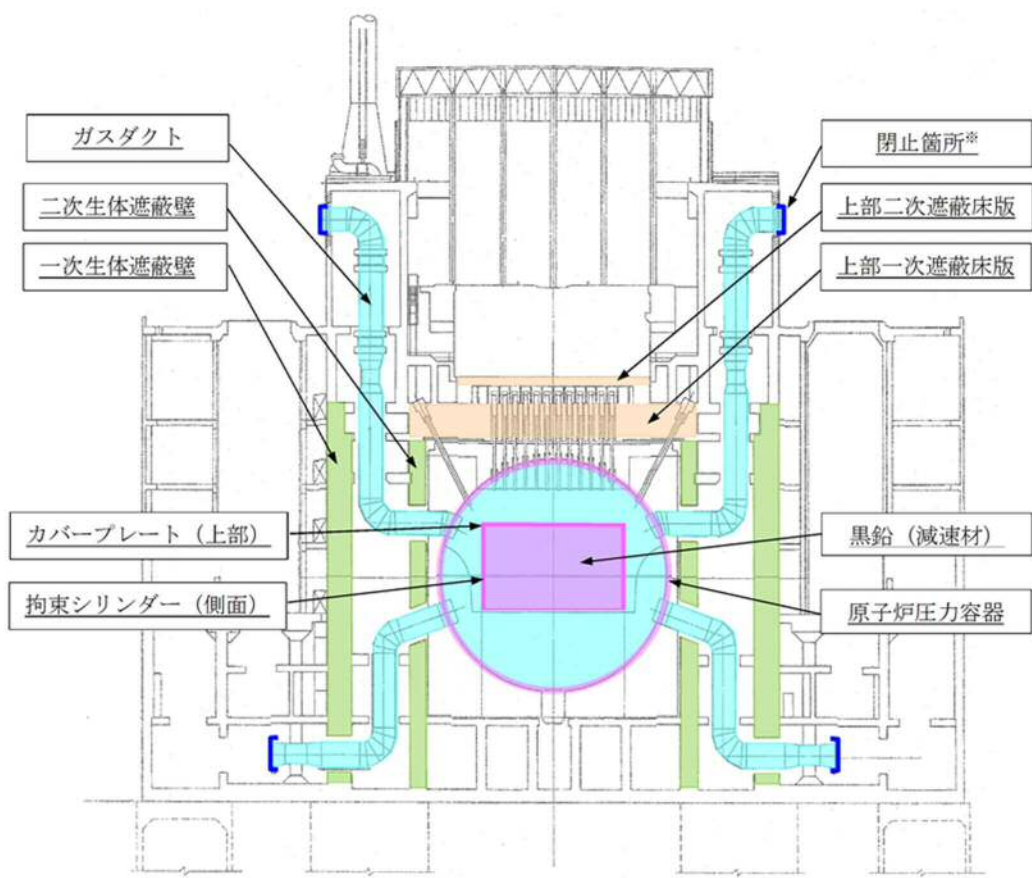




#### 黒鉛の設置状況

- ・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 東海発電所の構造と黒鉛(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

1.0.16-20



第 1.0.16-4 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）

## 東海発電所の原子炉建屋損壊時における黒鉛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、黒鉛が原子炉容器内に保管されている。しかし、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、また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。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、黒鉛は燃焼については着火及び燃焼の継続性がないことから、燃焼による黒鉛の大規模な飛散も生じない

しかし、原子炉建屋及び原子炉容器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、放射エネルギーが最も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。

## 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。評価点は、東海発電所の原子炉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 100m と設定した。また、黒鉛は原子炉容器内にあるため、実際は地上 6m 程度の高さにあるが、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。黒鉛（線源）の形状は、実際の保管状態の全黒鉛の形状（半径：7m、高さ：4.08m）とし、その中心部からガンマ線が放出されるとした。

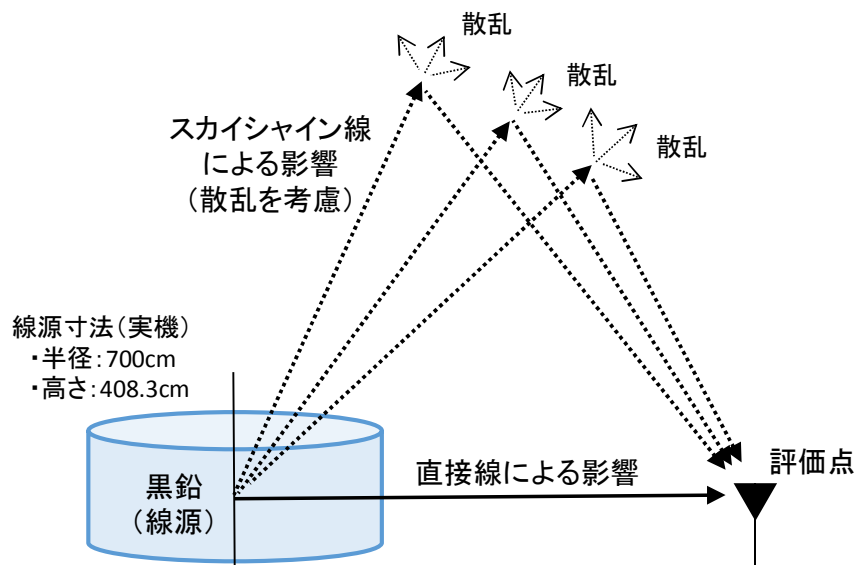


図1 黒鉛（線源）と評価点の位置関係

## (2) 線源

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1に示す核種を用いた。

表1 黒鉛の線源核種及び放射能

核種	放射能 (Bq)
Mn54	8.10E+7
Co60	3.10E+13
I129	2.20E+4
Cs134	4.00E+9
Cs137	3.80E+10
Eu152	8.20E+7
Eu154	2.30E+11

### (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）

原子炉容器，一次生体遮蔽，二次生体遮蔽及び原子炉建屋の全てが損壊した場合におけるアクセスルートの線量率は，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及び東二重大事故等対処設備へのアクセスルートに影響を及ぼすものではない。

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。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、火災や金属ドロス\*等によって黒鉛が局部的に加熱されて燃焼して大規模な火災に至る可能性の有無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。

※ 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研究

以下に、財団法人 原子力発電技術機構によ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。この条件は以下のとおりとされている。

- ① 黒鉛が650度以上に加熱されていること。
- 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 供給される酸素によって黒鉛の燃焼生成物が除去されることは必要であるが、黒鉛の表面が燃焼に必要な温度（650 度）以下となるほどの冷却が起こらないこと。

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 度となった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. 東海発電所の黒鉛による大規模な火災発生の可能性

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燃焼の持続性に関して、表 1 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、黒鉛の燃焼が継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が供給されることはなく、燃焼は継続しない。

以上より、黒鉛による大規模火災は発生しないと考えられ、万が一、火災が発生しても、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の持続性

注) 下表の①～⑤は, 2. (1) 黒鉛の燃焼が持続する条件(Schweitzer の条件)における①～⑤に対応する東海発電所の黒鉛の設置場所(原子炉容器内)の環境条件と評価結果を示す。

	環境条件	燃焼の持続性 (評価結果)
①	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉容器, その他の炉内構造物解体を溶断する場合には, 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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上記 2. (2) a 直接加熱試験により, 黒鉛は着火及び燃焼が持続しないことを確認した。</li> </ul>
②	<ul style="list-style-type: none"> <li>黒鉛に着火した以降に, 黒鉛の燃焼熱の維持に関する知見はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上記 2. (2) a 直接加熱試験により, 黒鉛は着火及び燃焼が持続しないことを確認したことから, 黒鉛の燃焼熱は維持されないと考えられる。</li> </ul>
③	<ul style="list-style-type: none"> <li>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)</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>左記理由により, 万が一, 黒鉛の燃焼が発生しても, 換気流量の空気流量しか発生しない。故に, 十分な酸素は供給されないと考えられる。</li> </ul>
④	<ul style="list-style-type: none"> <li>(上記③の環境条件と同様)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃焼時の黒鉛の表面近傍の雰囲気の状態に関する知見はないが, 燃焼の持続性に関する上記①～③の表か結果より, この前提となる燃焼状態には至らないと考えられる。</li> </ul>
⑤	<ul style="list-style-type: none"> <li>炉心は黒鉛チャンネル構造である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>

## 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、以下に整理\*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、2 発電所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) より一部抜粋

表 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"> <li>・ 運転中の炉心局部の熱分布異常 (燃料温度の急激な上昇)</li> <li>・ 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)</li> <li>・ 空気供給停止により燃焼低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 低出力運転時における試験時の操作手順違反</li> <li>・ 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</li> <li>・ 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。</li> </ul>
①	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料の異常燃焼により、黒鉛は1190度を越えた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃焼の異常燃焼により、黒鉛は800度～1500度と推定される。</li> </ul>
	<b>【東海発電所における評価】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 切断用トーチまたは高温のドロスにより、短時間、局部的には黒鉛を650度以上にする可能性がある。</li> </ul>	
②	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ウィグナーエネルギーと燃料の崩壊熱により、黒鉛の温度が維持された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 飛散した燃料ペレットの崩壊熱により、黒鉛の温度が維持された。</li> </ul>
	<b>【東海発電所における評価】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外部熱源による長時間の温度維持は生じない。</li> </ul>	
③	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事故期間中、炉内強制空気循環が行われ、十分な酸素が供給された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> </ul>
	<b>【東海発電所における評価】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 炉心は黒鉛チャンネル構造であるが、原子炉及び一次系は隔離されているため、換気流程度の酸素しか供給されず、燃焼が継続するような十分な酸素は供給されない。</li> </ul>	
④	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空気循環により、過冷却せずに燃焼生成物が除去された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空気の自然循環により、燃焼生成物は容易に除去された。</li> </ul>
	<b>【東海発電所における評価】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>(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)</li> </ul>	
⑤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 炉心の黒鉛チャンネルが適切な配置を与えた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> </ul>
	<b>【東海発電所における評価】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 炉心は黒鉛チャンネル構造であるため、配置上は適切である。</li> </ul>	

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余裕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<sup>\*1</sup>，短壁面  m<sup>\*1</sup>）

$a$ ：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<sup>\*1</sup>，2階面  m<sup>\*1</sup>）

$z_2$  : 受圧面の最高高さ (m) (1階面  $\square$  m<sup>\*1</sup>, 2階面  $\square$  m<sup>\*1</sup>, 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)

$\rho$  : 海水の密度 (kg/m<sup>3</sup>) (1,030kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>) (9.80665m/s<sup>2</sup>)

$\beta$  : 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) <sup>\*3</sup>

\* 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。

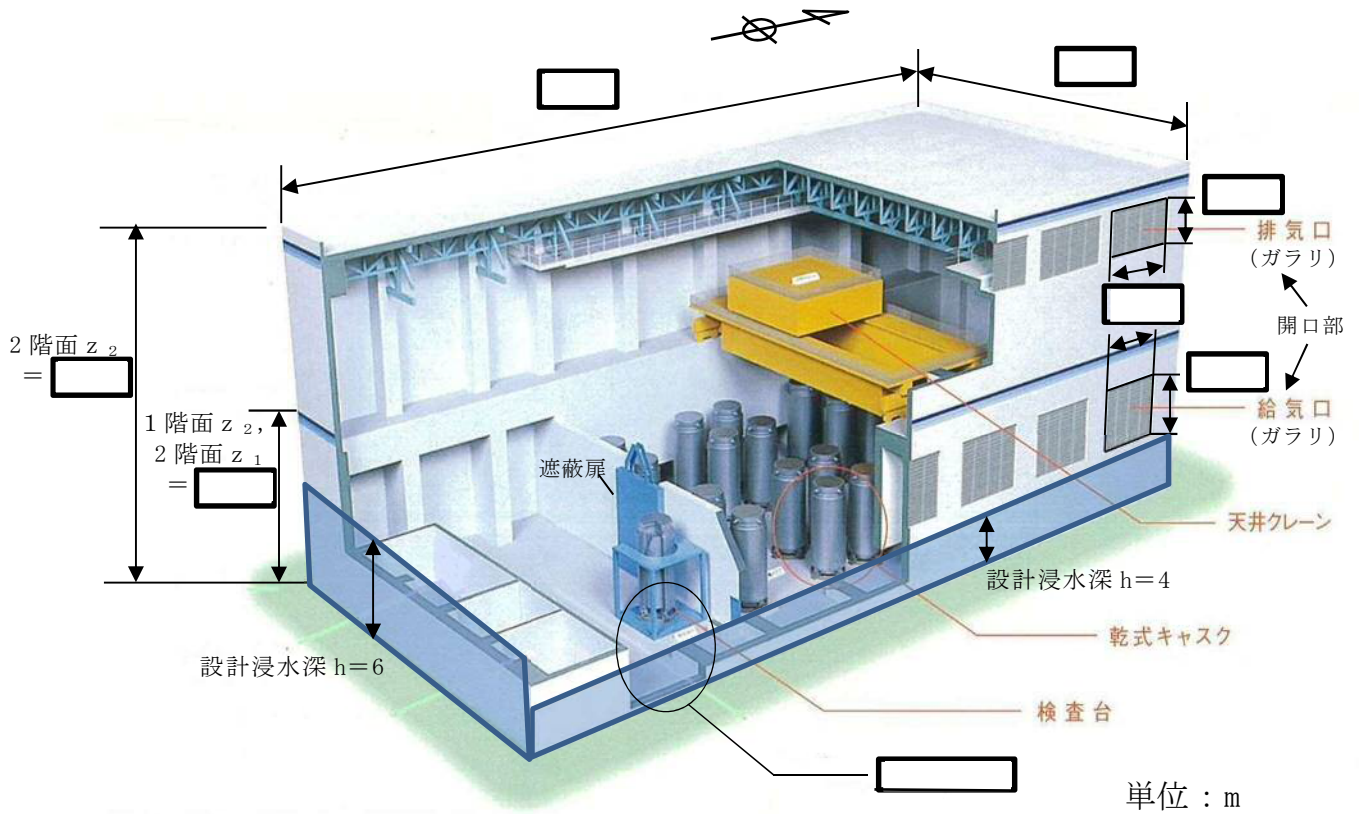
1.0.16-32

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\*<sup>1</sup>。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  $\sigma$ 】

蓋部の発生応力  $\sigma$  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。

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

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 ( $\text{m/s}^2$ ) ( $9.80665 \text{m/s}^2$ )

V : 津波流速 ( $\text{m/s}$ ) ( $10 \text{m/s}$ ) \* 2

P : 蓋に掛かる等分布荷重  $P = F/A$  (MPa)

A : 二次蓋の断面積 :   $\text{m}^2$

a : 二次蓋ボルト中心半径 :  m

h : 二次蓋厚さ :  m

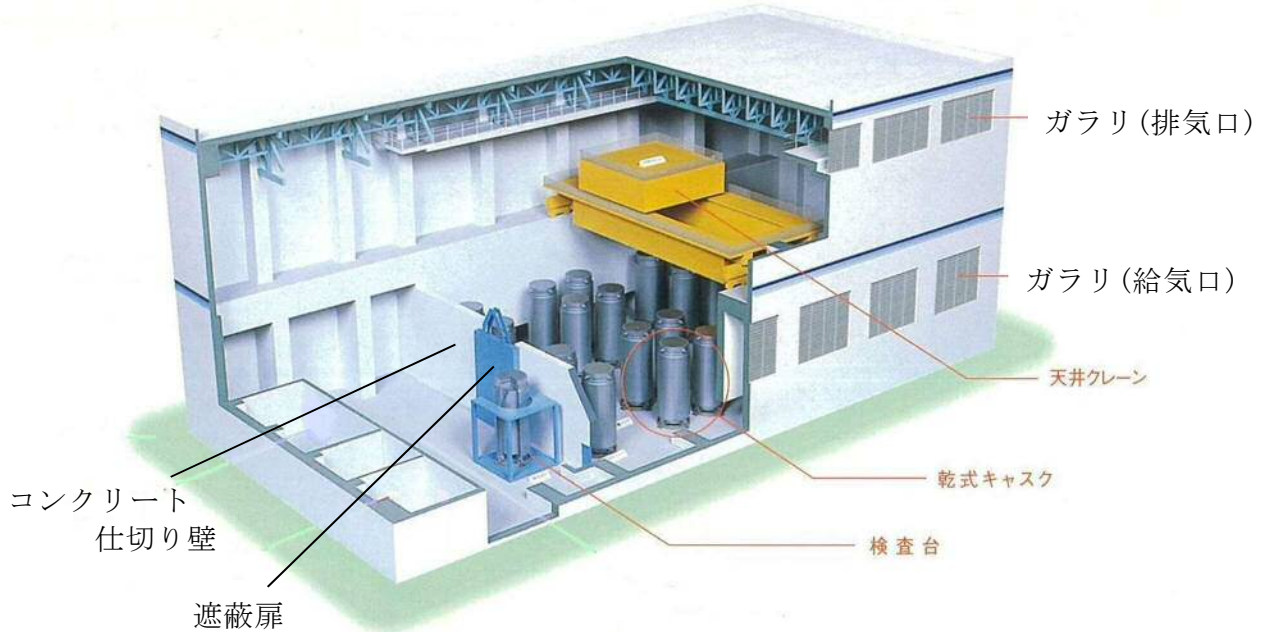
\* 2 : 敷地遡上津波暫定評価に基づく値 ( $8.5 \text{m/s}$  (長壁面) 及び  $5.2 \text{m/s}$  (短壁面)) に余裕を考慮した値

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。

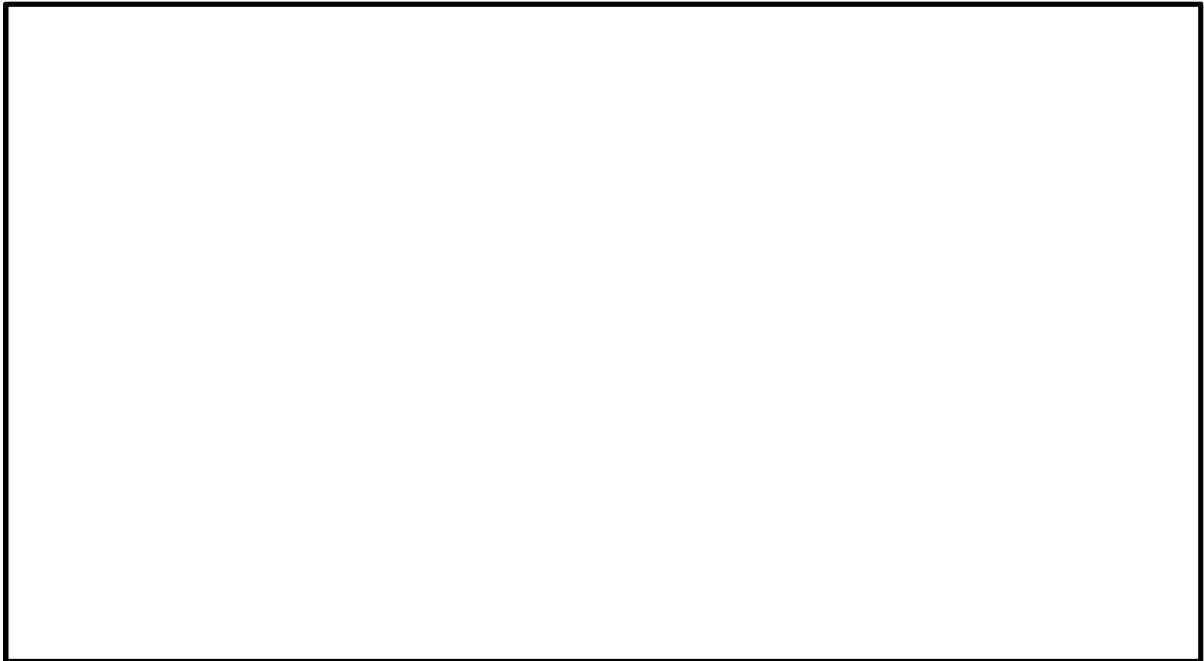
評価結果を第2-1表に示す。貯蔵容器の二次蓋に漂流物が衝突した場合の発生応力はいずれの漂流物も許容応力を十分下回っていることから、貯蔵容器の安全機能に影響はない。

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



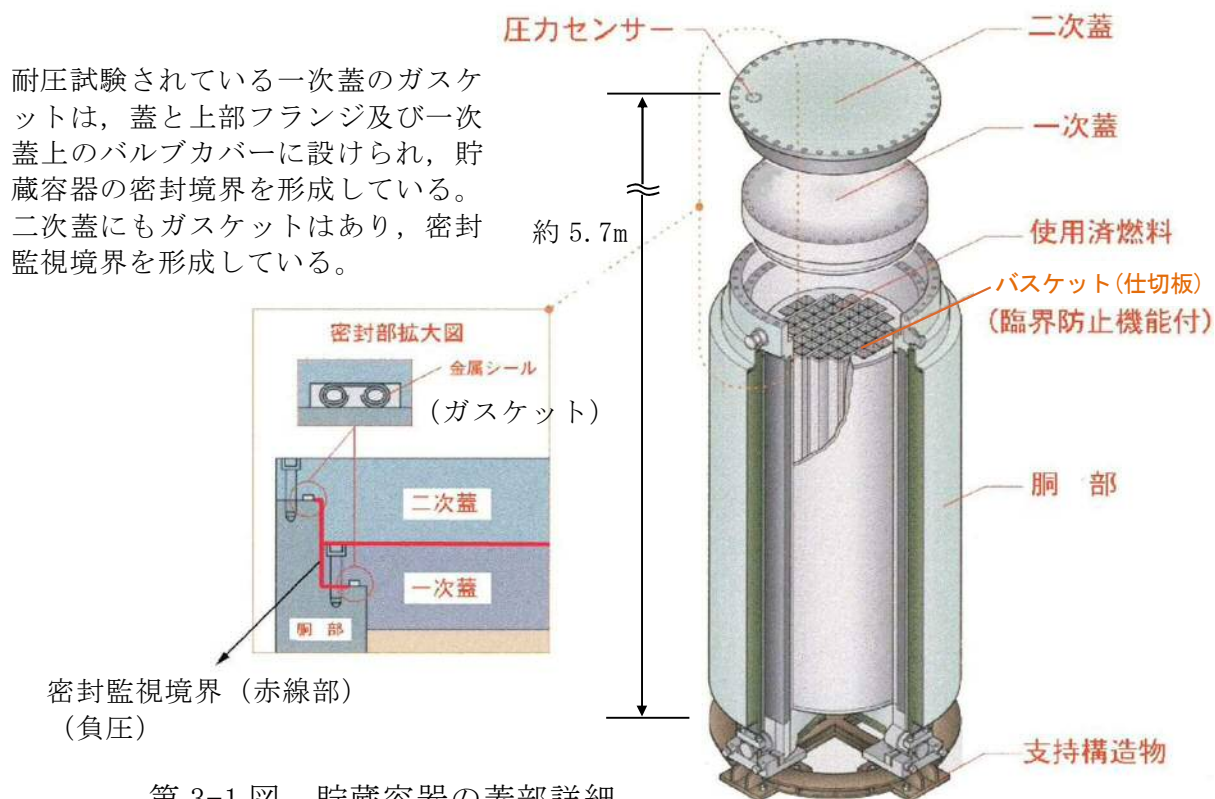
第 2-2 図 貯蔵建屋 1 階床面図

## 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。