

令和3年6月28日  
中国電力株式会社

島根原子力発電所2号炉 火山影響評価における  
原子炉建物屋根トラスの応力解析の誤りについて

島根2号炉の設置変更許可申請に係る「外部からの衝撃による損傷の防止」の審査資料 EP-043 改 42 提出（令和3年6月17日）（以下、「まとめ資料」という。）後、火山影響評価のうち原子炉建物の屋根トラスについてまとめ資料に記載した応力解析の解析データを詳細に確認していたところ、屋根面にかかる荷重の入力値の一部に誤りがあることを確認致しました。

## 1. 概 要

まとめ資料では、原子炉建物の屋根トラス部材の健全性評価として、二次元フレームモデルを用いた応力解析を行い、発生応力度が許容値を超えないことを確認することにより健全性を評価していましたが、応力解析に入力する屋根面にかかる荷重の一部が入力値に含まれていないことを確認しました。

屋根面にかかる荷重（固定荷重、降灰荷重、積雪荷重及び積載荷重）は、屋根トラス（主トラス）への荷重の伝わり方を考慮し、主トラスに直接的に伝わる等分布荷重（以下、「等分布荷重」という。）と、つなぎ梁等を介して間接的に主トラスとの節点位置へ伝わる集中荷重に分けて荷重値を算定し解析への入力データを作成（「添付資料1」参照）していましたが、このうち等分布荷重が固定荷重と積載荷重のみで算定され、降灰荷重及び積雪荷重が含まれていないことを確認しました。

このため、等分布荷重を降灰荷重及び積雪荷重を含む荷重値に見直したうえで、まとめ資料に記載した代表構面（R10 フレーム）の修正解析を行い、発生応力度がまとめ資料に記載した値より大きくなるものの、許容値を超えず健全性が確保されることを確認しました。（「添付資料2」参照）

## 2. 今後の対応

今回の事象を踏まえ、以下の不適合管理及び是正処置を行うこととします。

- ・ 不適合管理を実施し、代表構面（R10 フレーム）以外の全構面に対し正しい入力値で解析のやり直しを行い、まとめ資料に反映して提出致します。
- ・ 類似の不適合事象の防止のために、是正処置として原因の調査及び除去を実施致します。
- ・ なお、審査会合資料（令和2年12月15日：資料1-1-1）にも同様の誤りがあるため併せて修正し提出します。

添付資料

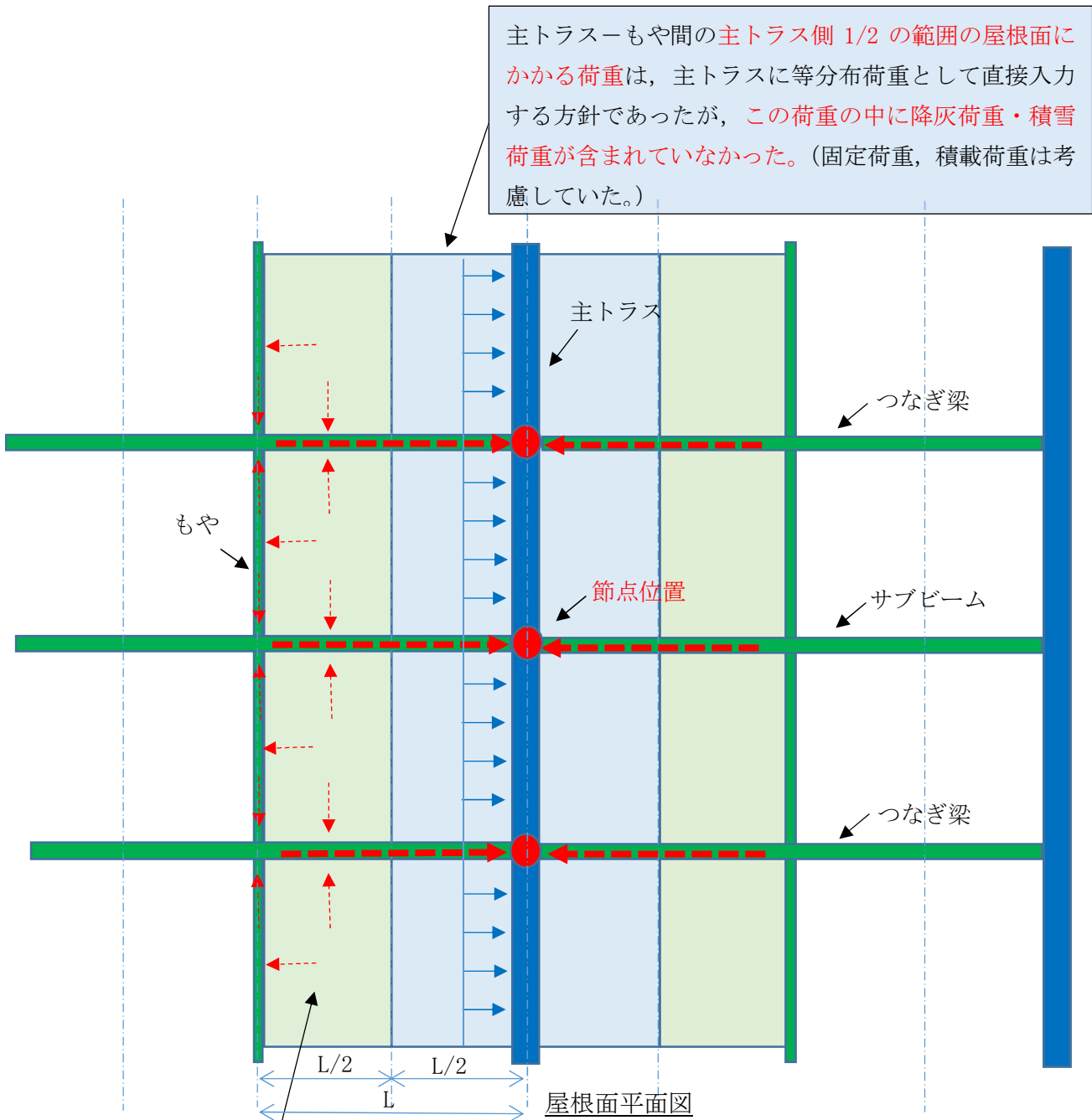
添付資料 1 : 原子炉建物屋根トラスの評価での屋根面にかかる荷重の入力方法

添付資料 2 : 審査資料該当部分抜粋

添付資料 3 : 審査会合資料該当部分抜粋

以 上

原子炉建物屋根トラスの評価での屋根面にかかる荷重の入力方法



主トラスーもや間の主トラス側 1/2 の範囲の屋根面にかかる荷重は、主トラスに等分布荷重として直接入力する方針であったが、この荷重の中に降灰荷重・積雪荷重が含まれていなかった。(固定荷重、積載荷重は考慮していた。)

主トラスーもや間のもや側 1/2 の範囲の荷重は、もや・つなぎ梁・サブビームを介して主トラスに伝達されることから、主トラスには節点位置への集中荷重として固定荷重・積載荷重に加え降灰荷重・積雪荷重を含めて入力していた。

島根原子力発電所 2 号炉 審査資料	
資料番号	EP-043改42
提出年月日	令和3年6月17日

## 島根原子力発電所 2 号炉

### 外部からの衝撃による損傷の防止

令和 3 年 6 月  
中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 第6条：外部からの衝撃による損傷の防止

### <目次>

1. 基本方針
  - 1.1 要求事項の整理
2. 追加要求事項に対する適合方針
  - 2.1 その他自然現象等
    - 2.1.1 設計基準上考慮すべき事象の抽出及び当該事象に対する設計方針
      - 2.1.1.1 自然現象
      - 2.1.1.2 人為事象
    - 2.1.2 自然現象の組合せ
    - 2.1.3 大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象に対する重要安全施設への考慮
  - 2.2 竜巻
    - 2.2.1 竜巻に対する防護に関して、設計上対処すべき施設を抽出するための方針
    - 2.2.2 発生を想定する竜巻の設定
      - 2.2.2.1 竜巻検討地域の設定
      - 2.2.2.2 基準竜巻の設定
      - 2.2.2.3 設計竜巻の設定
    - 2.2.3 設計荷重の設定
      - 2.2.3.1 設計竜巻荷重
      - 2.2.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重
    - 2.2.4 評価対象施設の設計方針
      - 2.2.4.1 設計方針
    - 2.2.5 竜巻随件事象に対する評価対象施設の設計方針
    - 2.2.6 参考文献
  - 2.3 火山
    - 2.3.1 火山活動に対する防護に関して、評価対象施設を抽出するための方針
    - 2.3.2 降下火砕物による影響の選定
    - 2.3.3 設計荷重の設定
    - 2.3.4 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針
    - 2.3.5 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針
    - 2.3.6 参考文献

- 2.4 外部火災
  - 2.4.1 外部火災に対して，設計上対処すべき施設を抽出するための方針
  - 2.4.2 考慮すべき外部火災
  - 2.4.3 外部火災に対する設計方針
    - 2.4.3.1 森林火災
    - 2.4.3.2 近隣の産業施設の火災・爆発
    - 2.4.3.3 発電所敷地内における航空機墜落による火災
    - 2.4.3.4 ばい煙及び有毒ガス
- 3. 外部からの衝撃による損傷の防止
  - 別添1-1 外部事象の考慮について
  - 別添2-1 竜巻影響評価について
  - 別添2-2 竜巻影響評価におけるフジタモデルの適用について
  - 別添3-1 火山影響評価について
  - 別添4-1 外部火災影響評価について
- 4. 運用，手順能力説明資料
  - 別添1-2 運用，手順能力説明資料（外部事象）
  - 別添2-3 運用，手順能力説明資料（竜巻）
  - 別添3-2 運用，手順能力説明資料（火山）
  - 別添4-2 運用，手順能力説明資料（外部火災）
- 5. 現場確認のプロセス
  - 別添4-3 森林火災評価に係る植生確認プロセスについて

別添 3-1

島根原子力発電所 2 号炉

火山影響評価について

## 第六条 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）

### <目次>

1. 基本方針
  - 1.1 概要
  - 1.2 火山影響評価の流れ
  - 1.3 火山活動のモニタリングの流れ
2. 立地評価
  - 2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出
  - 2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価
3. 火山活動のモニタリング
  - 3.1 火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的とした火山活動のモニタリング
4. 影響評価
  - 4.1 火山事象の影響評価
  - 4.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針
  - 4.3 安全施設のうち評価対象施設の抽出
  - 4.4 降下火砕物による影響の選定
  - 4.5 設計荷重の設定
  - 4.6 降下火砕物に対する設計
  - 4.7 降下火砕物の除去等の対策
5. まとめ

### 補足資料

- 1：「原子力発電所の火山影響評価ガイド」との整合性について
- 2：降下火砕物の特徴及び影響モードと、影響モードから選定された影響因子に対し影響を受ける評価対象施設等の組合せについて
- 3：降下火砕物による摩耗について
- 4：塗装による降下火砕物の化学的影響（腐食）について
- 5：降下火砕物による送電鉄塔への影響について
- 6：降下火砕物による非常用ディーゼル発電機の給気フィルタへの影響について
- 7：アイスランド火山を用いる基本的考え方とセントヘレンズ火山による影響評価について
- 8：降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル機関空気冷却器への影響について
- 9：降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル発電機の潤滑油への影響について
- 10：降下火砕物のその他設備への影響評価について
- 11：降下火砕物の金属腐食研究について



- 12：計測制御系統施設（安全保護系盤）、計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）及び非常用所内電源設備（所内低圧系統）への影響について
- 13：降下火砕物の除灰に要する時間について
- 14：降下火砕物降灰時のフィルタ取替等の手順について
- 15：観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間について
- 16：重大事故等対処設備への考慮について
- 17：燃料貯蔵タンクから燃料移送ラインについて
- 18：水質汚染に対する補給水等への影響について
- 19：主荷重と組み合わせる場合の積雪荷重の考え方について
- 20：原子炉建物の屋根トラス部材の健全性評価について
- 21：タービン建物の屋根トラス部材の健全性評価について
- 22：排気筒モニタ室の健全性評価について
- 23：気中降下火砕物対策に係る検討について

## 建物に係る影響評価

降下火砕物による原子炉建物等への影響について以下のとおり評価した。

## 1. 評価項目及び内容

## (1) 構造物への静的負荷

降下火砕物の堆積荷重（降雨の影響含む）による影響について、MS-1(放射性物質の閉じ込め機能，放射線の遮蔽及び放出低減機能)及びMS-2(放射性物質放出の防止機能)の機能を有する原子炉建物，MS-1(安全上特に重要な機能)の機能を有する制御室建物，建物自身がクラス1,2施設に該当しないタービン建物，廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室を対象として健全性に影響がないことを評価する。各建物に求められる機能設計上の性能目標を確保するため，堆積荷重が直接作用する屋根スラブに加え，これを支持する大梁・小梁及び屋根トラス部においては主トラス及び二次部材について，構造健全性を確認する。

なお，堆積荷重は，積雪との重畳を考慮する。風荷重については，屋根スラブ等の部材では堆積荷重に対して逆向きの荷重となることから考慮しないこととするが，風による水平力を建物フレームの構成部材として負担する原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部の主トラスについては風荷重の重畳を考慮する。

## (2) 構造物への化学的影響（腐食）

降下火砕物の構造物への付着や堆積による化学的腐食により構造物への影響がないことを評価する。

## 2. 評価条件

## (1) 降下火砕物条件

- a. 堆積量：56cm
- b. 密度：1.5g/cm<sup>3</sup> (湿潤状態)

## (2) 積雪条件

- a. 積雪量：35.0cm  
(建築基準法の考え方を参考とし設計基準積雪深(100cm)に係数0.35を考慮した値)
- b. 単位荷重：積雪量1cmあたり20N/m<sup>2</sup>  
(松江市建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重)

## (3) 固定荷重

各建物の評価対象部材の自重による荷重

第 1-3 表 原子炉建物の主トラス部材 評価結果

部位	発生 応力	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	応力度 比	位置
上弦材 H-400×400×13×21	(圧縮)	<del>125.7</del> 167.1	290	<del>0.48</del>	TU05
	(曲げ)	<del>13.4</del> 10.1	<del>316</del> 318	0.61	TU06
下弦材 BH-400×400×19×35	(圧縮)	<del>76.1</del> 98.3	205	<del>0.61</del>	TL00
	(曲げ)	<del>74.9</del> 98.8	318	0.80	
斜材 2CT <sub>s</sub> -175×350×12×19	(引張)	<del>150.8</del> 200.4	235	<del>0.65</del> 0.86	L01
束材 2CT <sub>s</sub> -175×350×12×19	(圧縮)	<del>95.1</del> 126.0	176	<del>0.55</del> 0.72	V09

第 1-4 表 タービン建物の主トラス部材 評価結果

部位	発生 応力	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	応力度 比	位置
上弦材 H-428×407×20×35	(圧縮)	127.7	223	0.73	TU76
	(曲げ)	35.8	231		TU77
下弦材 BH-428×407×32×40 +2BC <sub>s</sub> -386×100×19×19*	(圧縮)	130.3	210	0.80	TL712
	(曲げ)	41.5	233		
斜材 2BCT <sub>s</sub> -175×350×22×22 +2PL <sub>s</sub> -16×250*	(引張)	208.4	235	0.89	LD712
束材 2CT <sub>s</sub> -150×300×10×15	(圧縮)	134.0	154	0.88	LV77

※：補強工事で追加した部材。

第 1-5 表 原子炉建物のトラス二次部材 評価結果

部位	発生 応力	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	応力度 比	位置
母屋 (sb23) H-244×175×7×11	(曲げ)	122.6	181	0.68	R6~R7 RD~RE
サブビーム (sb21) H-400×400×13×21	(曲げ)	173.6	220	0.79	R3~R4 RD~RE
繋ぎ梁 (ST1) 2CT <sub>s</sub> -125×250×9×14 +4L <sub>s</sub> -65×65×6*	(圧縮)	45.2	73	0.62	R3~R4 RG

※：補強工事で追加した部材。

## 原子炉建物の屋根トラス部材の健全性評価について

## 1. 基本方針

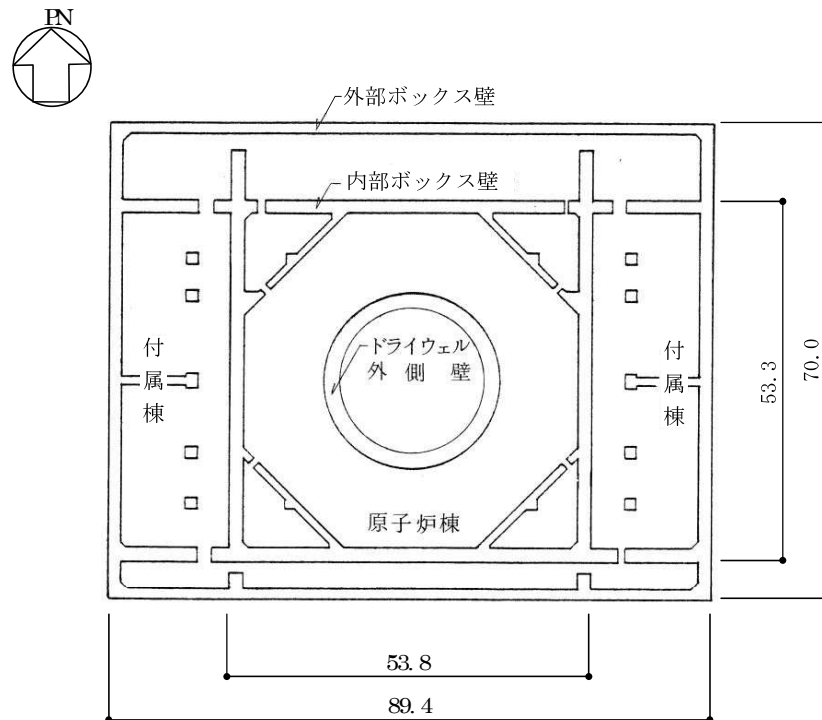
## (1) 概要

降下火砕物の堆積荷重に対して原子炉建物の屋根トラス部材が健全性を有することを、応力解析による評価によって確認する。原子炉建物屋根トラス部は、補強工事を実施済であるため、補強内容を反映した条件に基づき設計時と同様に二次元フレームモデルを用いた応力解析を行い、発生応力度が許容値を超えないことを確認する。

## (2) 構造概要

原子炉建物は、中央部に地上 4 階、地下 2 階で平面が 53.8m(東西方向)×53.3m(南北方向) (2 階面) の原子炉建物原子炉棟があり、その周囲に地上 2 階 (一部 3 階)、地下 2 階の原子炉建物付属棟を配置した鉄筋コンクリート造 (一部鉄骨鉄筋コンクリート造および鉄骨造) の建物である。

原子炉建物の概略平面図を第 1-1 図に、原子炉建物の概略断面図を第 1-2 図に示す。



第 1-1 図 原子炉建物 平面図 (EL. 1.3m\* 付近) (単位 : m)

注記\* : 「EL」は東京湾平均海面 (T. P.) を基準としたレベルを示す。

#### 4. 評価結果

主トラスの評価結果を第4-1表、トラス二次部材の評価結果を第4-2表に示す。  
降下火砕物の堆積時において、発生応力度が許容値を超えないことを確認した。

第4-1表 主トラス 評価結果 (短期許容応力度)

部位	発生 応力	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	応力度 比	位置
上弦材 H-400×400×13×21	(圧縮)	<del>125.7</del> 167.1	290	<del>0.48</del> 0.61	TU05 TU06
	(曲げ)	<del>13.4</del> 10.1		<del>316</del> 318	
下弦材 BH-400×400×19×35	(圧縮)	<del>76.1</del> 98.3	205	<del>0.61</del> 0.80	TL00
	(曲げ)	<del>74.9</del> 98.8	318		
斜材 2CT <sub>s</sub> -175×350×12×19	(引張)	<del>150.8</del> 200.4	235	<del>0.65</del> 0.86	L01
束材 2CT <sub>s</sub> -175×350×12×19	(圧縮)	<del>95.1</del> 126.0	176	<del>0.55</del> 0.72	V09

第4-2表 トラス二次部材 評価結果 (短期許容応力度)

部位	発生 応力	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	応力度比	位置
母屋 (sb23) H-244×175×7×11	曲げ)	122.6	181	0.68	R6~R7 RD~RE
サブビーム (sb21) H-400×400×13×21	(曲げ)	173.6	220	0.79	R3~R4 RD~RE
繋ぎ梁 (ST1) 2CT <sub>s</sub> -125×250×9×14 +4L <sub>s</sub> -65×65×6*	圧縮)	45.2	73	0.62	R3~R4 RG

※：補強工事で追加した部材。

# 島根原子力発電所2号炉 火山影響評価について

令和2年12月  
中国電力株式会社

### 3. 影響評価

#### 3.6 降下火砕物に対する設計 (2 / 15)

表 1 評価対象建物の堆積荷重評価結果 (a. 設計時の構造計算結果に基づく評価)

評価対象建物	評価部位※1	設計 堆積荷重※2 (N/m <sup>2</sup> )	許容堆積荷重※3 (N/m <sup>2</sup> )	評価 結果
原子炉建物	小梁	8,938	13,100	○
	屋根スラブ		23,700	○
タービン建物	大梁		15,000	○
廃棄物処理建物	大梁		11,900	○

※1: 評価対象建物の全ての評価部位のうち最も裕度が小さい部位を記載 (原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部を除く)。

※2: 降下火砕物堆積量 (56cm) に積雪量 (35cm) を加えて設定した荷重。

※3: 積載荷重として考慮する除灰時の人員荷重981N/m<sup>2</sup>を差し引いて設定した値。 200.4

表 2 評価対象建物の堆積荷重評価結果※1, ※2 (b. 補強内容を反映した条件に基づく評価)

評価対象建物	評価部位※3	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	応力度比	評価 結果
原子炉建物	主トラス (斜材)	<del>150.8</del>	235	<del>-0.65</del>	○
	二次部材 (サブビーム)	173.6	220	0.79	○
タービン建物	主トラス (斜材)	208.4	235	0.89	○
	二次部材 (母屋)	169.7	193	0.88	○

※1: 降下火砕物堆積量 (56cm) に積雪量 (35cm) 及び積載荷重として除灰時の人員荷重981N/m<sup>2</sup>を考慮した荷重を加えて設定した荷重による評価結果。

※2: 風による水平荷重を建物フレームの構成部材として負担する屋根トラス部については、風荷重を考慮した評価結果。

※3: 評価対象建物の屋根トラス部のうち最も裕度が小さい部位を記載。