

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	補足-90-1 改3
提出年月日	平成30年3月23日

工事計画に係る補足説明資料  
外部火災への配慮に関する説明書

平成30年3月

日本原子力発電株式会社

## 1. 添付書類に係る補足説明資料

「外部火災への配慮に関する説明書」に係る添付資料の記載内容を補足するための説明資料リストを以下に示す。

工認添付資料	補足説明資料
資料V-1-1-2-5 外部火災への配慮に関する説明書	
資料V-1-1-2-5-1 外部火災への配慮に関する基本方針	1. 外部火災より防護すべき施設について
資料V-1-1-2-5-2 外部火災の影響を考慮する施設の選定	2. 発電所敷地内の火災源 2.1 森林火災について 2.2 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災について
資料V-1-1-2-5-3 外部火災防護における評価の基本方針	2.3 航空機墜落による火災について 2.4 熱影響評価における離隔距離図
資料V-1-1-2-5-4 外部火災防護に関する許容温度設定根拠	3. 発電所敷地外の火災源
資料V-1-1-2-5-5 外部火災防護における評価方針	3.1 石油コンビナート施設等の火災・爆発について
資料V-1-1-2-5-6 外部火災防護における評価条件及び評価結果	4. ばい煙及び有毒ガスの影響評価について
資料V-1-1-2-5-7 二次的影響(ばい煙)及び有毒ガスに対する設計	

## 2. 別紙

(1) 工認添付資料と設置許可まとめ資料との関係【外部火災への配慮】

工認添付資料		許可まとめ資料		引用内容
資料 V - 1-1-2-5	外部火災への配慮に関する説明書	D B	第 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止 (外部火災)	資料そのものを概ね引用

## 添付資料V-1-1-2-5に係る補足説明資料

### 【説明する添付資料】

添付資料V-1-1-2-5 外部火災への配慮に関する説明書

目次

1. 外部火災より防護すべき施設について .....	1
2. 発電所敷地内の火災源 .....	29
2.1 森林火災について .....	29
2.2 発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災について .....	32
2.3 航空機墜落による火災について .....	36
2.4 熱影響評価における離隔距離図 .....	51
2.5 残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプに対する熱影響評価について .....	52
3. 発電所敷地外の火災源 .....	53
3.1 石油コンビナート施設等の火災・爆発について .....	53
3.2 敷地外危険物貯蔵施設の火災評価での建屋温度評価式の使い分けについて .....	56
4. ばい煙及び有毒ガスの影響評価について .....	56

## 2. 発電所敷地内の火災源

### 2.1 森林火災について

#### (1) 危険距離評価用データの選定

発火点から発電所に延焼するまでの間に、防火帯外縁付近より高い反応強度がある可能性があるため、原子炉施設に影響を与える影響範囲を踏まえ、防火帯から 100 m の範囲を抽出対象とし防火帯外縁以外に存在する最大の反応強度を抽出することで保守的な評価を実施している。

火災の円筒評価の概要は以下のとおり。(図 2-1)

森林火災の解析は、使用した F A R S I T E 解析コードの最も小さい分割が 10 m メッシュを用いた解析である。火炎円筒モデルは、反応強度最大のメッシュにおける火炎高さの 1/3 から燃焼半径が決まり、10 m メッシュの中には火炎円筒モデルが約  $F'$  個存在する。

この約 9 個の火炎円筒モデルは、10 m メッシュごと燃焼完了後に隣のメッシュへ移動する解析であり、森林火災のあるメッシュが燃焼し、隣接メッシュに移動した後は、燃焼していた元のメッシュの可燃物を燃焼しつくしていることから、消炎するものとする。また、メッシュの燃焼途中で移動は考慮しない。

最初に防火帯の下縁に到達したメッシュの輻射は、約  $F'$  個分が同時に放射する。燃焼完了後メッシュが両隣へ移動し、それぞれ約  $F'$  個分が 2 箇所から同時に放射される。このメッシュ移動が継続され移動ごとに評価対象施設までの距離も変化する。この移動が継続した長さを火炎到達幅とする。

火炎到達幅は、F A R S I T E 解析結果において敷地境界で燃焼しているメッシュの総数の合計長さとする。

燃焼継続時間は、F A R S I T E 解析燃焼到達時間の差<sup>\*</sup>としている。

注記 ※ : 10 m メッシュへの火災到達時刻から隣のメッシュに燃焼が到達する時刻までの時間

(2) 火炎輻射発散度を切上げた場合の影響

最も危険距離が長い非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機含む。）吸気フィルタについて、火炎輻射発散度を切上げた場合の評価結果を示す。表 2-1 のとおり、危険距離は約 2m 長くなる程度であり、離隔距離を上回ることはない。

表 2-1 現状評価と火炎輻射発散度を切上げた評価の比較

	現状評価	火炎輻射発散度を切上げた場合の評価
火炎輻射発散度 (W/m <sup>2</sup> )	442	500
非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機含む。)吸気フィルタの危険距離 (m)	28m	30m
防火帯外縁までの離隔距離 (m)	267m	

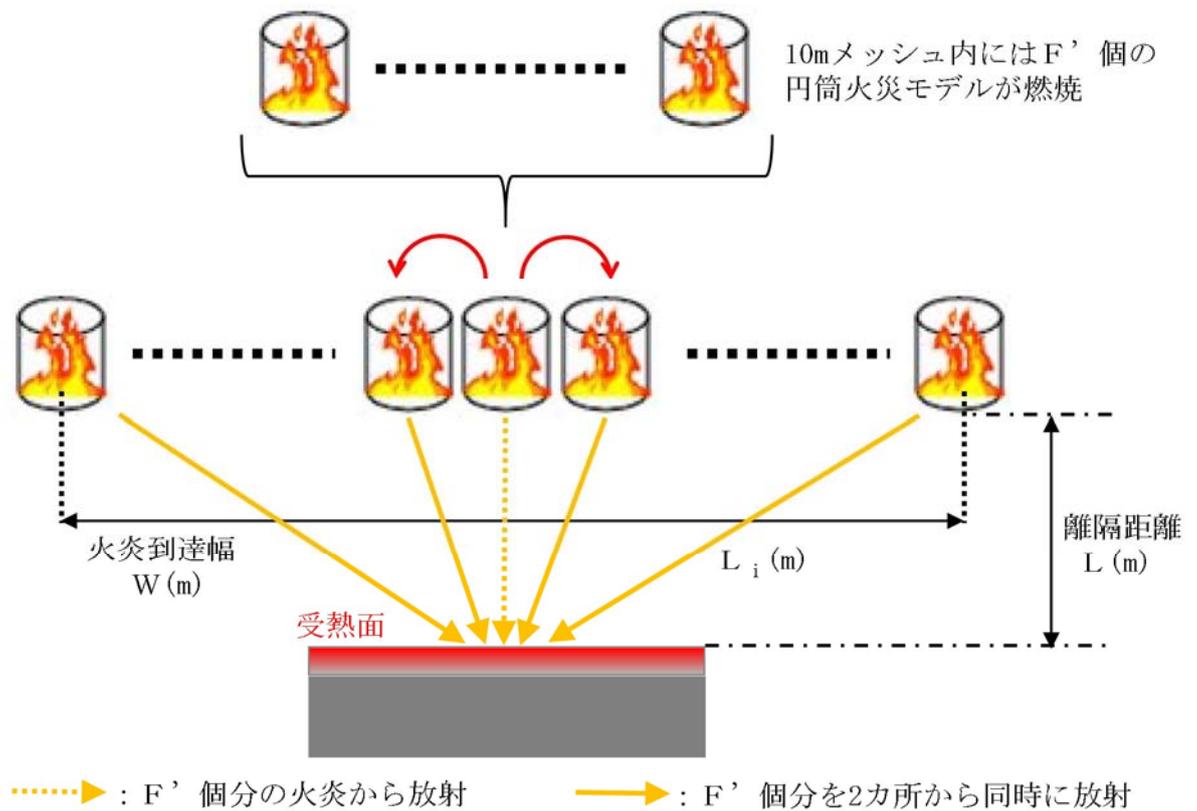


図 2-1 森林火災における火炎の円筒モデル評価の概要

(3) 建屋及び排気筒における温度評価式の使い分けについて

温度評価は、一般的に熱伝導方程式を用いて算出するが、熱伝導率が高く体積が小さいため、場所による温度差がみられず一様な温度状態で加熱、冷却が行われると想定できる場合には、一様温度の時間変化だけを考える集中熱容量法を用いることができる。

式1で算出する、固体内部の熱伝導と表面からの熱伝達量の比率を表すビオ数が0.1を下回るとき、温度差がみられず一様な温度状態と考えることができ、排気筒の場合は0.1を下回るため、集中熱容量法を用いることができる。

$$\text{ビオ数} : B i = \frac{h \cdot d}{\lambda} \quad (\text{式 1})$$

表 2-2 建屋及び排気筒のビオ数

項 目	建 屋	排気筒
h : 熱伝達率(W/m <sup>2</sup> /K)	17 <sup>※1</sup>	17 <sup>※1</sup>
d : 厚さ(m)	0.3 <sup>※2</sup>	0.19 <sup>※3</sup>
λ : 熱伝導率(W/m/K)	1.63 <sup>※4</sup>	51.6 <sup>※5</sup>
Bi : ビオ数(-)	3.1	0.063

- ※1 : 空気調和・衛生工学便覧, ※2 : 原子炉建屋の評価で想定する壁厚
- ※3 : 最も厚い補助支柱材の肉厚, ※4 : 原子炉建屋構造設計指針
- ※5 : 伝熱工学資料

## 2.2 発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災について

### (1) 危険距離評価に用いるコンクリート許容温度(200℃)について

第2-2図に示すとおりコンクリートの圧縮強度は常温～100℃で一旦低下し、100～200℃で再び上昇し、200℃で常温と同程度の強度まで回復する。その後は温度上昇に伴い、圧縮強度は低下していくことから、コンクリート表面温度200℃を許容温度と定めた。なお、第2-2図の結果は試供体温度を内表面均一としており、コンクリート壁の表面温度を200℃に設定することは保守的な評価となる。

また、常温～100℃の間の残存圧縮強度は、長期許容応力度（設計基準強度の1/3）を十分上回ることを確認した。

### (2) 危険距離評価に用いる鋼材許容温度(325℃)について

第2-3図に示すとおり、鋼材の強度は、常温～325℃までは常温時の強度を維持し、325℃以上で強度が低下していくことから、鋼材の許容温度を325℃と定めた。また、常温～325℃までの強度は、長期許容応力度（設計基準強度の2/3）を十分上回ることを確認した。なお、

### (3) 危険距離評価に用いる流入空気温度(53℃)について

非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）吸気フィルタ内への流入空気の許容温度は、空気冷却器の出口温度をもとに算出した、非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）機関の性能が担保される最高温度53℃と定めた。

(1) 素材の高温強度

常温時のコンクリートの圧縮強度低下率を図 14 に示す。圧縮強度は 200℃程度までは常温と殆ど変わらないか、むしろ上昇する。しかし、その後は徐々に低下して 500℃で常温強度の 2/3 に、800℃では殆ど零となる。2/3 はコンクリートの短期許容応力に相当するので、500℃が素材としての限界温度と考えられる。また、図 15 に示すように高温から冷却した後の残存強度は、高温時の強度よりもさらに低下する。長期許容応力度を加熱前強度の 1/3 相当と考えると、火災後の残存強度を確保する場合には 450℃が限界となる。

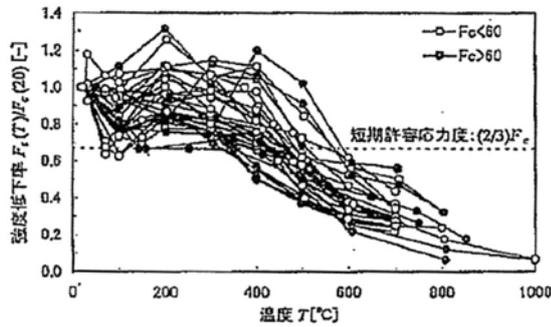


図 14 コンクリートの高温時圧縮強度（常温温度に対する比）  
（参考文献 18）～23）のデータより作成

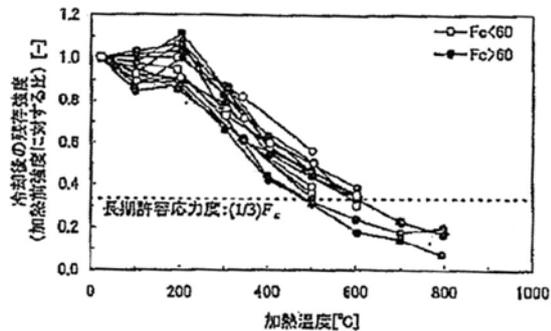


図 15 加熱後のコンクリート残存圧縮強度（加熱前強度に対する比）  
（参考文献 24）～26）のデータより作成

図 2-2 コンクリートの高温時圧縮強度（常温強度に対する比）

(1) 鋼材の高温耐力

図4は、各種温度における構造用鋼材（SM490A，基準強度<sup>2</sup>325N/mm<sup>2</sup>）の応力—ひずみ曲線の測定例である。常温での応力—ひずみ関係は、よく知られたように0.2%程度まで弾性変形し、その後は耐力がほぼ一定のままひずみが増加する領域（ひずみ硬化域）がある。

高温での応力—ひずみ曲線の形は常温とことなる。降伏棚が消滅し、曲線は全体的に丸みを帯びる。耐力値そのものは、300℃では常温よりも上昇し、400℃を超えると急激に低下し始める。600℃以上ではひずみが増加しても耐力が減少する領域（ひずみ軟化域）がある。この領域に入ってしまうと、変形が歯止めなく進行して崩壊に向かう。

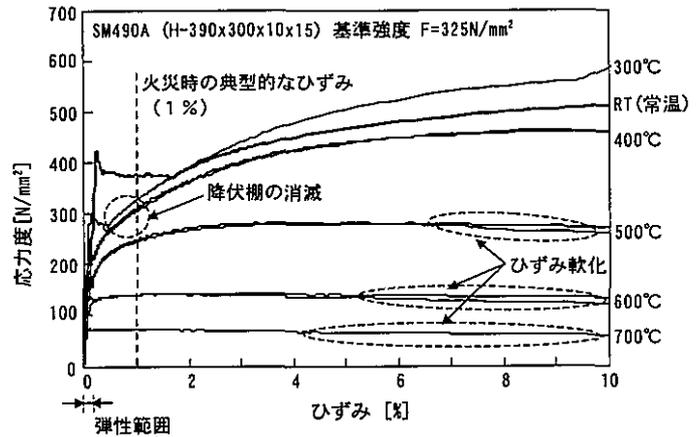


図4 構造用鋼材の応力—歪曲線の例<sup>2)</sup>  
 (出典：「2001年版耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説」、井上書院)

このような鋼材の特性を踏まえ、高温時の構造計算には1%ひずみ時の耐力を用いる。図5に、各種鋼材の1%ひずみ時耐力の測定結果を示す。縦軸の値は、各温度での測定値を常温の基準強度（P値）で割ったものであり、これを鋼材の強度低下率と呼ぶ。構造耐火設計のためには、測定値の下限をとり次式で強度低下率が定義されている<sup>2)</sup>。

$$\kappa(T) = \frac{\sigma_y(T)}{F} = \begin{cases} 1 & (T \leq 325) \\ \frac{700-T}{375} & (325 < T \leq 700) \end{cases} \quad (4)$$

強度が変わらない最高温度である325℃を許容温度に設定

これを用いると、素材としての限界温度を求めることができる。例えば、鋼材の長期許容応力度は基準強度の2/3なので、長期許容応力度一杯で設計された部材では、

$$0.667 = \frac{700 - T}{375} \quad (5)$$

より、450℃が許容鋼材温度となる。

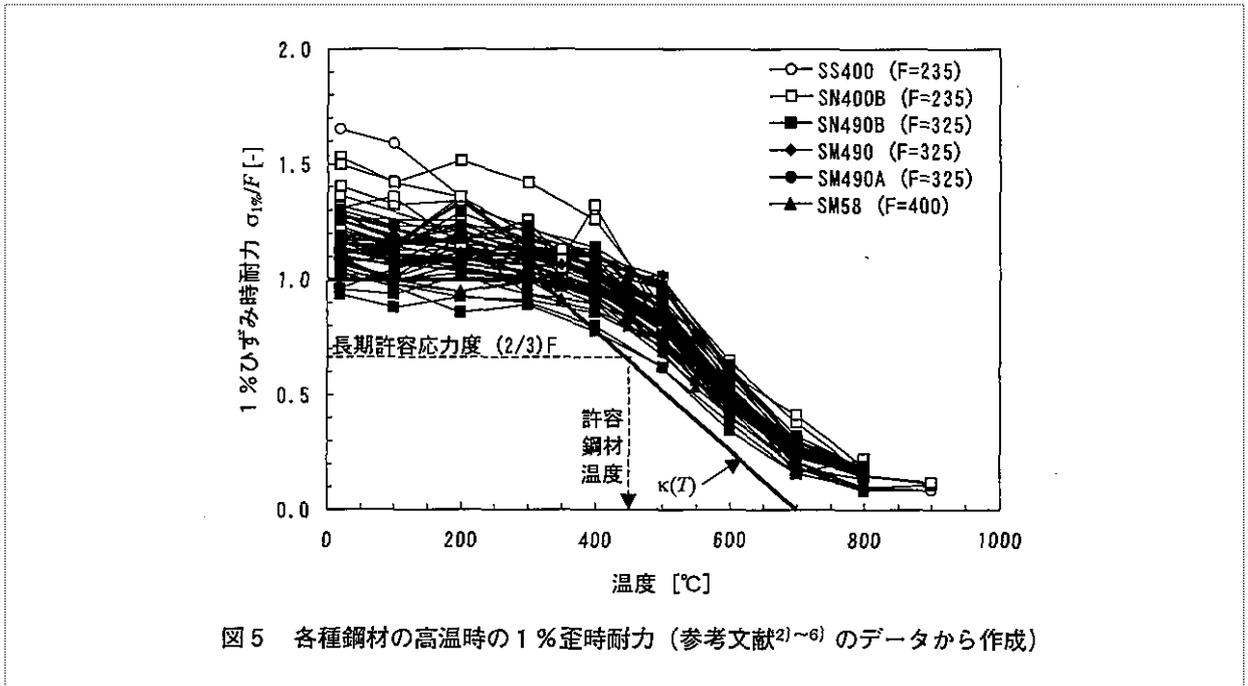


図 2-3 鋼材の高温時の 1%歪時耐力

(2) 発電所構外より入所してくるタンクローリ

発電所構外より入所してくるタンクローリについては、燃料補給時は監視人が立会を実施し、万が一の火災発生時は速やかに消火活動が可能であることから、評価対象外とする。