

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	外外火 19 R1
提出年月日	令和4年6月9日

設工認に係る補足説明資料

外部火災への配慮が必要な施設及び 危険物貯蔵施設等の

許容温度及び許容応力の設定根拠について

- ・ R0 からの変更箇所を下線で示す。
- ・ 敷地内の危険物貯蔵施設等に対する火災及び爆発の影響について補足する資料であったが、添付書類との記載事項の整理に伴い、敷地内の危険物貯蔵施設等の許容温度の設定根拠と外部火災への配慮が必要な施設の許容温度を本資料に整理することとした。

目 次

1. 概要	1
2. 許容温度を設定し影響評価を行う対象施設	1
3. 許容温度の設定根拠の考え方について	2
4. 許容応力を設定し影響評価を行う対象施設	5
5. 許容応力の設定根拠の考え方について	5

別添－1：建屋の許容温度について

別添－2：屋外の外部火災防護対象施設の許容温度について

別添－3：外部火災防護対象施設等に対して波及的影響を及ぼし得る施設の許容温度について

別添－4：敷地内の危険物貯蔵施設等の許容温度について

■■■■■においては商業機密の観点から公開できません。

1. 概要

本資料は、再処理施設及びMOX燃料加工施設の第1回設工認申請のうち、以下に示す添付書類の補足説明に該当するものである。

- ・再処理施設 添付書類「IV-1-1-1-4-3 外部火災への配慮が必要な施設の評価方針」
- ・再処理施設 添付書類「IV-1-1-1-4-3-1 外部火災への配慮が必要な施設の許容温度及び許容応力の設定根拠」
- ・再処理施設 添付書類「IV-1-1-1-4-4 外部火災防護における評価結果」
- ・MOX燃料加工施設 添付書類「V-1-1-1-4-3 外部火災への配慮が必要な施設の評価方針」
- ・MOX燃料加工施設 添付書類「V-1-1-1-4-4 外部火災防護における評価結果」

上記添付書類において、外部火災の評価で必要となる外部火災への配慮が必要な施設及び敷地内の危険物貯蔵施設等の評価において用いる許容温度及び許容応力並びにそれらの設定根拠について示している。

本資料では、外部火災への配慮が必要な施設のうち、許容温度及び許容応力を設定し影響評価を行っている外部火災の影響を考慮する施設及び重大事故等対処設備、並びに許容温度を設定し森林火災や近隣の産業施設の火災からの影響評価を行っている敷地内の危険物貯蔵施設等について、それらの許容温度及び許容応力の設定根拠の考え方を補足説明する。

本資料において示す外部火災への配慮が必要な施設及び危険物貯蔵施設等の許容温度及び許容応力の設定根拠の考え方については、再処理施設及びMOX燃料加工施設の後回目の設工認申請並びに廃棄物管理施設の設工認申請においても適用するものである。

また、本資料は、第1回設工認申請対象施設を対象として記載しており、第2回設工認申請時に申請対象施設を踏まえ、記載を拡充する。

2. 許容温度を設定し影響評価を行う対象施設

外部火災の影響評価においては、外部火災の影響を考慮する施設及び重大事故等対処設備の温度が許容温度以下であることを確認し、必要な安全機能を損なわないことを確認する。

また、敷地内の危険物貯蔵施設等への森林火災及び近隣の産業施設の火災の影響を考慮しても、貯蔵物の温度が許容温度以下であることを確認し、外部火災防護対象施設等の安全機能を損なわないことを確認する。

以下に、許容温度を設定し影響評価を行う対象を示す。

(1) 外部火災の影響を考慮する施設

- a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋

- b. 屋外の外部火災防護対象施設
- c. 建屋内の施設で外気を取り込む外部火災防護対象施設
- d. 飛来物防護板から影響を受ける外部火災防護対象施設
- e. 外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設
- f. 使用済燃料キャスクを収納する建屋

(2) 重大事故等対処設備

- a. 重大事故等対処設備を収納する建屋
- b. 屋外の重大事故等対処設備
- c. 可搬型重大事故等対処設備

(3) 敷地内の危険物貯蔵施設等

3. 許容温度の設定根拠の考え方について

前項2.において示した許容温度を設定し影響評価を行う外部火災への配慮が必要な施設及び敷地内の危険物貯蔵施設等について、それぞれ許容温度の設定根拠の考え方を示す。

(1) 外部火災の影響を考慮する施設

- a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋

外部火災防護対象施設を収納する建屋については、コンクリートの強度が維持される温度を許容温度とする。コンクリートの圧縮強度は、200℃まで常温時とほぼ同じ強度を維持されることから、200℃を許容温度とする。

許容温度の設定根拠の詳細を、別添-1に示す。

- b. 屋外の外部火災防護対象施設

安全冷却水系（再処理施設本体用）の各部位について、以下の温度を許容温度とする。

安全冷却水系（再処理施設本体用）の許容温度の設定根拠の詳細については、別添-2に示す。

- (a) 冷却水温度の最高使用温度

冷却水温度は、崩壊熱を除熱することにより、安全機能を維持できることから、「V-1 主な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する設計の基本方針」に示す最高使用温度 ■℃を許容温度とする。

- (b) 機能を維持するために必要な部位の最高使用温度

- イ. 管束及び配管

冷却水のチューブサポート、管束フレーム及び管束取付けのボルト類については、

_____℃を許容温度とする。

ロ. ファン駆動部

・減速機については、_____℃とする。

・原動機については、_____停止中及び運転中の温度を評価する。

原動機の停止中は、_____℃とする。

また、_____℃を許容温度とする。

・ファンブレードについては、_____℃とする。

ハ. その他部材

その他のファンリング、ファンリングサポート、コモンベッド、ケーブルトレイは_____℃を許容温度とする。

(c) 支持架構の構造強度を維持する温度

支持架構については鋼材で構成されており、鋼材の強度が維持される温度 325℃を許容温度とする。

c. 建屋内の施設で外気を取り込む外部火災防護対象施設

建屋内の施設で外気を取り込む外部火災防護対象施設については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

d. 飛来物防護板から影響を受ける外部火災防護対象施設

飛来物防護板から影響を受ける外部火災防護対象施設については、次回以降に詳細を説明する。

e. 外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

外部火災防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設については、一時的に支持架構を構成する鋼材の強度が低下しても構造を維持することで倒壊等により波及的影響を及ぼさない温度 450℃を許容温度とする。

外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の許容温度の設定根拠の詳細については、別添-3に示す。

f. 使用済燃料キャスクを収納する建屋

使用済燃料キャスクを収納する建屋については、コンクリートの強度が維持される温度を許容温度とする。コンクリートの圧縮

強度は、200℃まで常温時とほぼ同じ強度を維持されることから、200℃を許容温度とする。

許容温度の設定根拠の詳細を、別添－1に示す。

(2) 重大事故等対処設備

a. 重大事故等対処設備を収納する建屋

重大事故等対処設備を収納する建屋については、コンクリートの強度が維持される温度を許容温度とする。コンクリートの圧縮強度は、200℃まで常温時とほぼ同じ強度を維持されることから、200℃を許容温度とする。

許容温度の設定根拠の詳細を、別添－1に示す。

b. 屋外の重大事故等対処設備

屋外の重大事故等対処設備については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

c. 可搬型重大事故等対処設備

可搬型重大事故等対処設備については、当該設備の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

(3) 敷地内の危険物貯蔵施設等

敷地内の危険物貯蔵施設等は森林火災及び石油備蓄基地火災の熱影響を考慮しても、火災又は爆発を防止できる設計としていることから、貯蔵容器そのものに許容温度を設定するのではなく、貯蔵する危険物等の種類に応じて内容物に許容温度を設定する。

敷地内の危険物貯蔵施設等に貯蔵された危険物等は、密閉されたタンクやボンベに保管されている上、防火帯や建屋により防護されており、森林火災及び近隣の産業施設の火災による火災源から離れており直接引火することは考えにくいことから、発火点を許容温度とする。

敷地内の危険物貯蔵施設等の許容温度の設定根拠の詳細については、別添－4に示す。

a. A 重油

A 重油を内包する危険物貯蔵施設等については、A 重油の発火点 240℃を許容温度とする。

b. 水素

水素を内包する危険物貯蔵施設等については、水素の発火点 571.2℃を許容温度とする。

c. プロパン

プロパンを内包する危険物貯蔵施設等については、プロパンの発火点 405℃を許容温度とする。

4. 許容応力を設定し影響評価を行う対象施設

敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発に対しては、人体に影響を与えない爆風圧0.01MPa以下となる危険限界距離以上の離隔距離を確保することで、安全機能を維持する設計とすることを基本としている。

しかし、敷地内の危険物貯蔵施設等に隣接し、危険限界距離以上の離隔距離を確保できない外部火災への配慮が必要な施設については、爆風圧による荷重が許容応力以下であり影響を受けないことを確認する。

以下に、許容応力を設定し影響評価を行う対象を示す。

なお、敷地内の危険物貯蔵施設等に隣接しており、危険限界距離以上の離隔距離を確保できない敷地内の危険物貯蔵施設等はないことから、影響評価対象施設はない。

(1) 外部火災の影響を考慮する施設

a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋

5. 許容応力の設定根拠の考え方について

(1) 外部火災の影響を考慮する施設

a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋

危険限界距離以上の離隔距離を確保できない外部火災防護対象施設を収納する建屋の許容応力の設定根拠の考え方については、当該施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

以上

令和4年6月9日 R0

別添－1

建屋の許容温度について

目 次

1. はじめに 1
2. 建屋の許容温度について 1

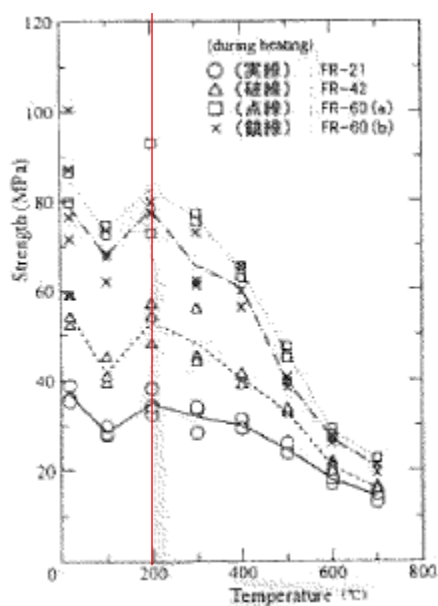
1. はじめに

本資料は、補足説明資料「外外火 19 外部火災への配慮が必要な施設及び危険物貯蔵施設等の許容温度及び許容応力の設定根拠について」における建屋の許容温度について説明する。

2. 建屋の許容温度について

建屋については、コンクリートの強度が維持される温度を許容温度とする。コンクリートの許容温度については、「高温における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究」^[1]に基づき、常温時のコンクリートの強度が維持される温度を許容温度とする。

温度変化によるコンクリートの圧縮強度の低下を第2-1図に示す。温度変化によるコンクリートの圧縮強度の低下については、常温から100℃でやや圧縮強度が低下しているものの、200℃では常温とほぼ同じ強度まで回復し、その後温度の上昇とともに圧縮強度が低下する。これよりコンクリートの許容温度については、200℃とした。



出典:高温における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究(日本建築学会構造系論文集 第515号 163-168 1999年1月)

第2-1図 温度変化によるコンクリート圧縮強度の低下

[1] 高温における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究
(日本建築学会構造系論文集 第515号 163-168 1999年1月)

以上

令和4年6月9日 RO

別添－2

屋外の外部火災防護対象施設の許容温度について

目 次

1. はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2. 屋外の外部火災防護対象施設の許容温度について・・・・・・・・ 1

1. はじめに

本資料は、補足説明資料「外外火 19 外部火災への配慮が必要な施設及び危険物貯蔵施設等の許容温度及び許容応力の設定根拠について」における冷却塔の許容温度について説明する。

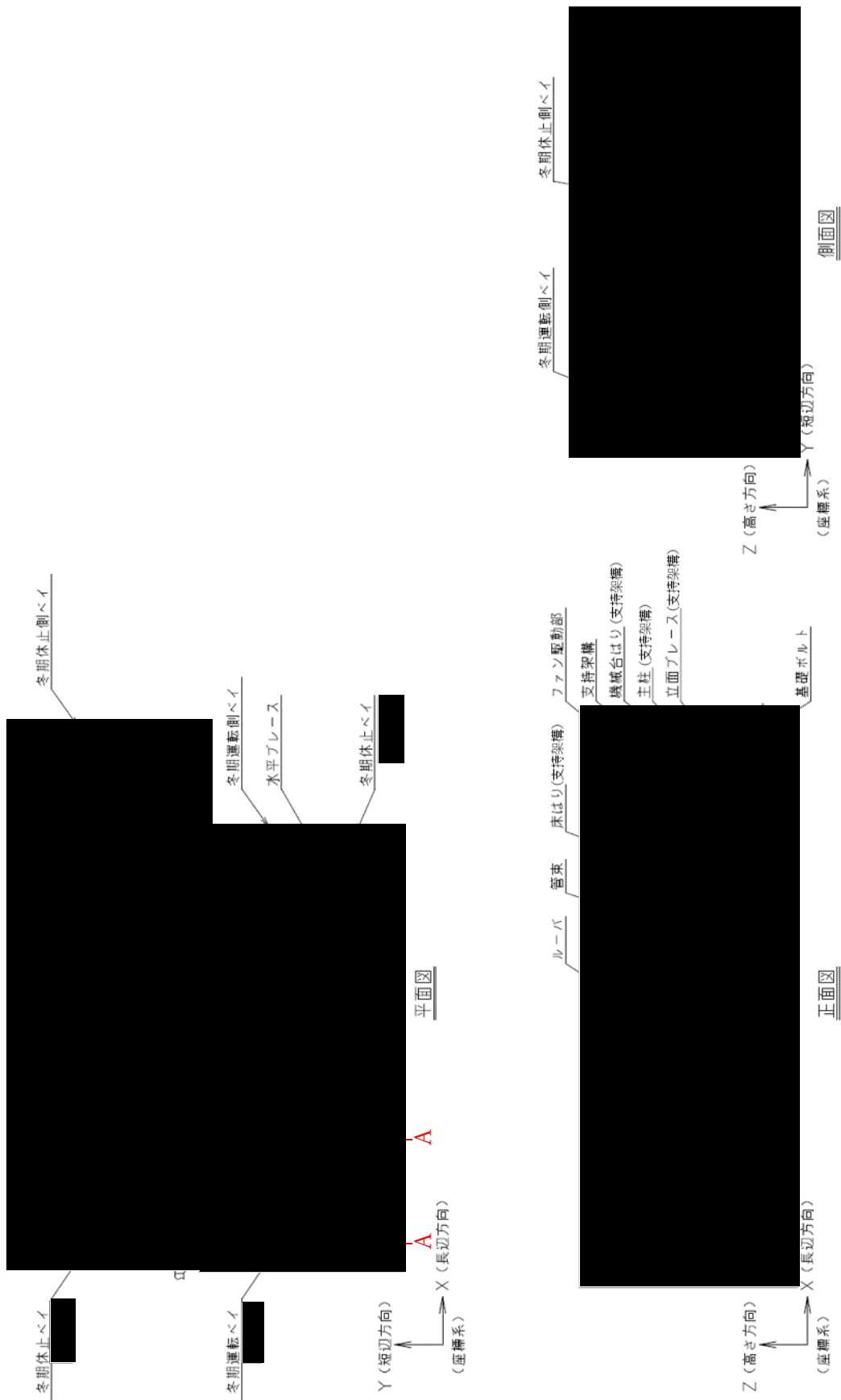
2. 屋外の外部火災防護対象施設の許容温度について

(1) 安全冷却水系(再処理設備本体用)

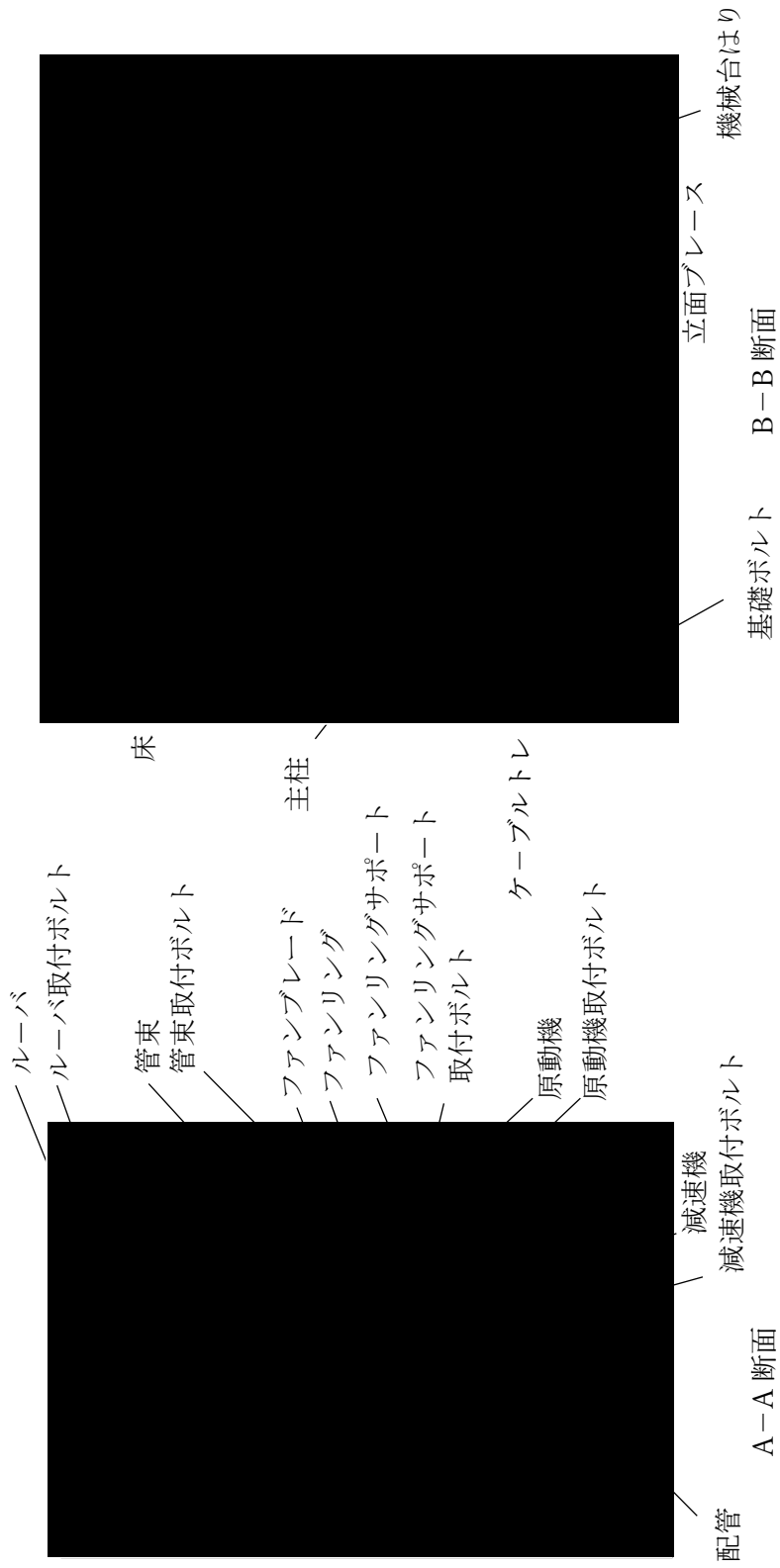
安全冷却水系（再処理施設本体用）に対し、外部火災の影響評価が必要な対象を第 2-1 表に示す。また、安全冷却水 B 冷却塔の概要図を第 2-1 図に、安全冷却水 B 冷却塔の断面概要図を第 2-2 図に示す。詳細な整理については、補足説明資料「外外火 04 航空機墜落による火災の防護設計について」に示す。

第 2-1 表 安全冷却水系（再処理施設本体用）の 評価対象

機器	部位	外部火災の影響
冷却水 (配管の内部流体)		
管束・配管	チューブサポート	
	管束フレーム	
	ボルト類	
ファン駆動部	ファンリング	
	ファンブレード	
	減速機	
	原動機	
	ファンリングサポート	
	ボルト類	
	コモンベッド	
	ケーブルトレイ	
支持架構	主柱	
	床はり	
	機械台はり	
	立面ブレース	
	水平ブレース	
	基礎ボルト	



第2-1図 安全冷却水 B 冷却塔 概要図



第2-2 図 安全冷却水B 冷却塔 断面概要図

a. 冷却水温度の最高使用温度

冷却水温度は、崩壊熱の除熱を維持することで、安全機能を維持することを確認する。冷却水温度の許容温度は、安全冷却水系（再処理設備本体用）の冷却水の最高使用温度とし、「V-1 主な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する設計の基本方針」に示すとおり■■■■であり、この温度を許容温度とする。

- ・安全冷却水系（再処理設備本体用）：■■■■

b. 機能を維持するために必要な部位の最高使用温度

(a) 管束及び配管

管束及び配管については、■■■■
■■■■冷却水のチューブサポート、管束フレーム及び管束取付けボルトを評価対象とする。

チューブサポート及び管束フレームは、■■■■
■■■■を許容温度とする。

■■■■を許容温度とする。

(b) ファン駆動部

ファン駆動部については、減速機、原動機、ファン及びその他部材を評価対象とする。

- ・減速機については、■■■■
■■■■を許容温度とする。

- ・原動機については、■■■■
■■■■停止中及び運転中の温度を評価する。
■■■■とする。

■■■■耐熱を有している。

設計上考慮される■■■■
であることから、■■■■
■■■■の損傷は考えにくい。

よって、一時的な温度上昇に対して、原動機の許容温度は■■■■とする。

- ・ファンブレードについては、■■■■
■■■■℃とする。

(c) その他部材

その他部材については、ファンリング、ファンリングサポート、コモンベッド、ケーブルトレイを対象とし■■■■
■■■■許容温度とする。

c. 支持架構の構造強度を維持する温度

支持架構については主に鋼材で構成されており，鋼材の強度が維持される温度 325℃を許容温度とする。

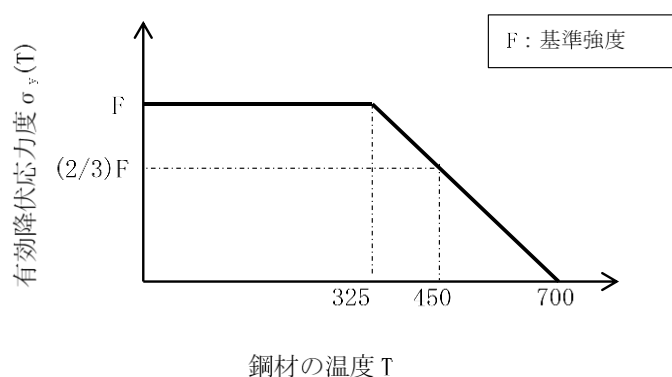
一般的に，鋼材は温度上昇に伴い強度が低下するが，その高温強度に対する公的規格は存在していない。一方，文献^{[1][2]}によると，鋼材の高温時 T における有効降伏応力度 $\sigma_y(T)$ は，基準強度 F から以下の式により近似され，第 2-3 図のように表される。

$$\sigma_y(T) = \begin{cases} F & T \leq 325 \\ F \cdot \left(\frac{700-T}{375}\right) & 325 < T < 700 \end{cases} \cdots \text{(式 2-1)}$$

(出典：財団法人日本建築センター 建築火災のメカニズムと火災安全設計 p. 154 鋼材の高温耐力)

外部火災防護対象施設を構成する鋼材の許容温度については，その施設の重要度を考慮し，航空機墜落火災においても強度が低下しない設計とし，第 2-3 図より，有効降伏応力度が常温時と変わらない 325℃を許容温度として設定した。

なお，発電用原子力設備規格 設計・建設規格（一般社団法人日本機械学会）^[3]において鋼材の制限温度を 350℃としており，安全上重要な施設の支持機能を期待する鋼材の許容温度を 325℃とすることは，この制限温度を踏まえも妥当であると判断している。



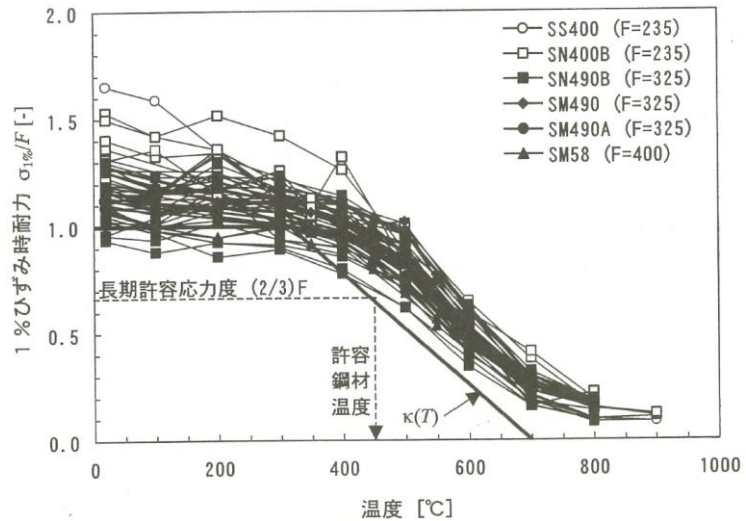
第 2-3 図 鋼材の高温時の有効降伏応力度

安全冷却水系（再処理設備本体用）に該当する安全冷却水 B 冷却塔及び安全冷却水系（安全冷却水 B 冷却塔周りの配管）以外の施設の許容温度については，各施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

- [1] 2001 年版 耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説，国土交通省住宅局建築指導課他
- [2] 建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター
- [3] 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2013 年追補）＜第Ⅱ編 高速炉規格＞

参考 再処理施設で使用される鋼材への適用性について

屋外の外部火災防護対象施設等を構成する支持構造物の主要部材である炭素鋼については、SS400、SN490B 等の材質から構成される。これら各種鋼材の高温時の 1%歪時耐力の測定結果を第 2-4 図に示す。これら部材についても、以下の測定結果から、第 2-3 図の考え方を適用することは可能である。



第 2-4 図 各種鋼材の高温時の 1%歪時耐力^[1]

[1] 建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター

以上

令和4年6月9日 RO

別添－3

外部火災防護対象施設等に対して
波及的影響を及ぼし得る施設の許容温度について

目 次

1. はじめに 1
2. 波及的影響を及ぼし得る施設の許容温度について 1

1. はじめに

本資料は、補足説明資料「外外火 19 外部火災への配慮が必要な施設及び危険物貯蔵施設等の許容温度及び許容応力の設定根拠について」における外部火災防護対象施設等に対して波及的影響を及ぼし得る施設(以下、「波及的影響を及ぼし得る施設」という。)の許容温度について説明する。

2. 波及的影響を及ぼし得る施設の許容温度について

波及的影響を及ぼし得る施設については、一時的に強度が低下しても構造を維持することで倒壊等により波及的影響を及ぼさない温度を許容温度とする。

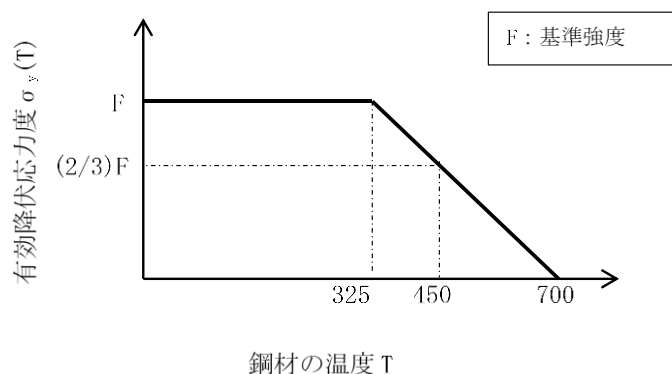
炭素鋼について、構造を維持する温度として別添-2「c. 支持架構の構造強度を維持する温度」を踏まえ、以下の考えから、鋼材の有効降伏応力度が 2/3 まで低下した際の鋼材温度である 450℃を許容温度とした。

また、外部火災防護対象施設に対して波及的影響を及ぼし得る施設のうち、防護板に使用されるステンレス鋼について、炭素鋼と同様、450℃を許容温度とした。

- ・波及的影響を及ぼし得る施設は、航空機墜落火災時に機能維持を求められる施設ではないため、構造を維持する鋼材強度を維持することが要求事項であること。
- ・航空機墜落火災発生時において、考慮すべき荷重を踏まえると、有効降伏応力度は 1/3 程度に低下しても、構造は維持できることから、保守性を考慮し、有効降伏応力度の低下は 2/3 まで許容する設計とした。

a. 炭素鋼

炭素鋼については、波及的影響を及ぼし得る施設の支持架構に用いられる部材である。文献^{[1][2]}に基づき、鋼材の有効降伏応力度が 2/3 まで低下した際の温度は、450℃である。鋼材の高温時の有効降伏応力度について第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 鋼材の高温時の有効降伏応力度

b. ステンレス鋼

ステンレス鋼については、竜巻防護対策設備の飛来物防護ネットの防護板(鋼板)に使用される部材である。支持鋼材ではないが、構造を維持する鋼材強度以上の強度を確保することとし、炭素鋼と同様に有効降伏応力度の低下が 2/3 となる温度を許容温度とする。

ステンレス鋼の温度による有効降伏応力度の変化は、発電用原子力設備規格

設計・建設規格^[3]に基づき,以下の通り評価できる。

$$\sigma \leq \sigma_p$$

$$\varepsilon_e = \frac{\sigma}{E} \cdots \text{(式 2.1-1)}$$

$$\varepsilon_p = 0 \cdots \text{(式 2.1-2)}$$

$$\sigma > \sigma_p$$

$$\varepsilon_e = \frac{\sigma}{E} \cdots \text{(式 2.1-3)}$$

$$\varepsilon_p = \left(\frac{\sigma - \sigma_p}{K} \right)^{\frac{1}{m}} \cdots \text{(式 2.1-4)}$$

$$K = 4.34501 \times 10^2 - 1.75473 \times 10^{-1}T$$

$$m = 0.279395 + 7.749 \times 10^{-5}T$$

ε_e : 弾性ひずみ

ε_p : 塑性ひずみ

σ : 応力

σ_p : 塑性応力

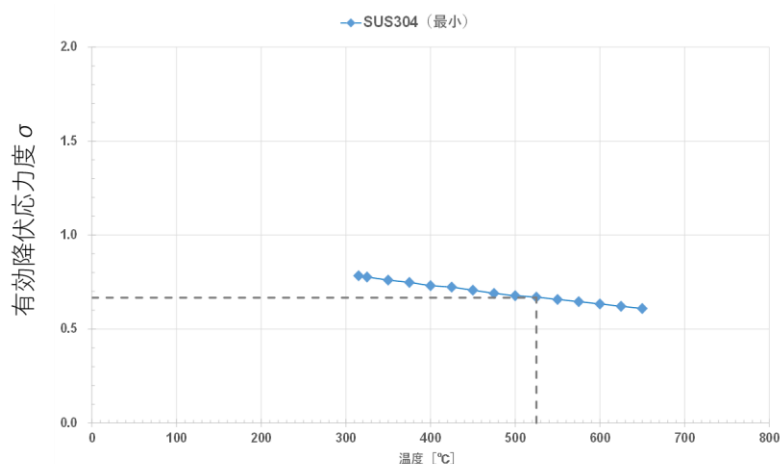
E : 縦弾性係数

T : 温度

出典：発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2013年追補)^[3]

ここで,文献^[2]の考え方と同様に,高温時の耐力として1%ひずみを考慮し,有効降伏応力度を評価した結果を第2-2図に示す。この結果から,ステンレス鋼の有効降伏応力度の低下が2/3となる温度は525℃となる。

以上より,有効降伏応力度は2/3となる温度は525℃であることから,炭素鋼と合わせ450℃を許容温度としても問題ない。



第2-2図 ステンレス鋼の高温時の有効降伏応力度

外外火 04-別添 3-2

- [1] 2001 年版 耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説, 国土交通省住宅局
建築指導課他
- [2] 建築火災のメカニズムと火災安全設計, 日本建築センター
- [3] 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2013年追補) <第Ⅱ編 高速炉規格>
以上

令和4年6月9日 RO

別添－4

敷地内の危険物貯蔵施設等の許容温度について

目 次

1. はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2. 敷地内の危険物貯蔵施設等の許容温度について・・・・・・・・ 1

1. はじめに

本資料は、補足説明資料「外外火 19 外部火災への配慮が必要な施設及び危険物貯蔵施設等の許容温度及び許容応力の設定根拠について」における敷地内の危険物貯蔵施設等の許容温度について説明する。

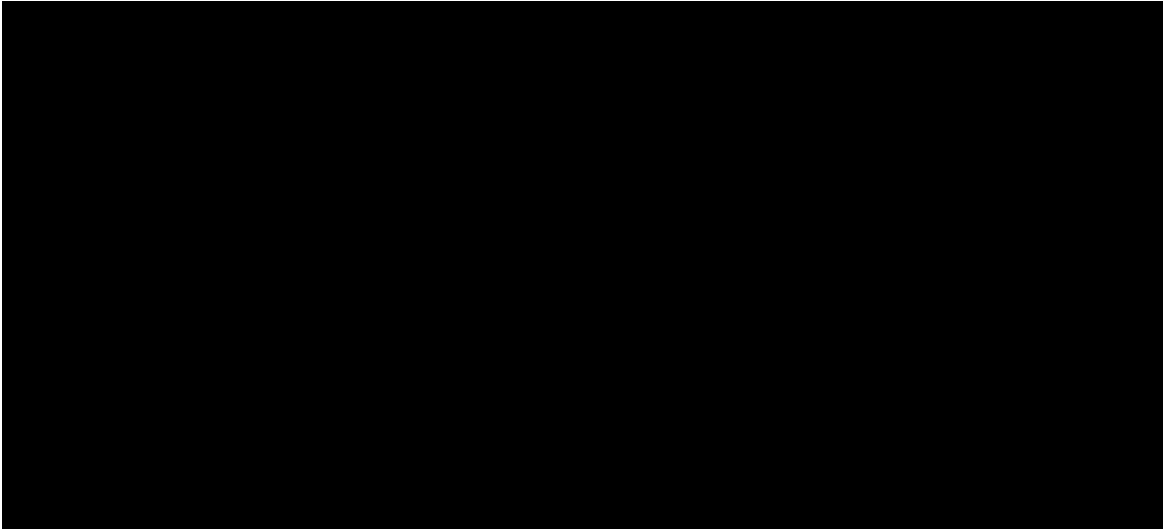
2. 敷地内の危険物貯蔵施設等の許容温度について

a. A 重油の許容温度の設定及び根拠について

A 重油を内包する危険物貯蔵施設等については、許容温度 240℃を評価において用いる。この設定根拠については、以下のとおり。

- ・危険物取扱主任者に関連する文献^[1]において、重油の発火点は 250℃～380℃と記載されており、また、新石油事典^[2]においては重油の発火点が約 250℃とされている。
- ・燃料油類の発火点の測定試験は、加熱炉内の試料を加熱していき、自然に発火が確認された最低温度を発火点とするという手順で行うものであり、数値の丸め処理を行い SDS^[3]には約 240℃と記載しているが、参照した A 重油の測定試験の結果は 240℃を超えている。
- ・以上より、一般的に A 重油を含む重油の発火点の下限値が 250℃であること、及び参照した A 重油の発火点が 240℃を超えていることから、240℃を A 重油の許容温度として用いることは妥当である。参照した発火点の測定試験結果を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 SDS^[1]に記載の発火点の測定試験結果



- [1] 危険物取扱主任者試験対策本 第 3 石油類 重油の性質
(発火点 250℃～380℃と記載)
- [2] 新石油事典 初版(1982 年 11 月 20 日) 朝倉書店発行
(P874 表 10. 11. 2 石油製品類の燃焼特性の一例にて 重油 発火点約 250℃)
- [3] JX 日鉱日石エネルギー. ENEOS A 重油. 安全データシート. 2012-12-10.

- b. 水素の許容温度の設定及び根拠について
水素を内包する危険物貯蔵施設等については、SDS^[1]において発火点は 571.2℃とされており、これを許容温度とする。

[1] 東邦アセチレン. 圧縮水素. 化学物質等安全データシート. 2013-1-1

- c. プロパンの許容温度の設定及び根拠について
プロパンを内包する危険物貯蔵施設等については、SDS^[1]において発火点は 405℃とされており、これを許容温度とする。

[1] 鈴商総合ガスセンター. 液化石油ガス. 製品安全データシート.
2000-12-3.

以上