

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	外外火 19 R0
提出年月日	令和 4 年 1 月 24 日

設工認に係る補足説明資料

外部火災防護設計の基本方針に関する補足説明資料
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

- ・ 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、補足するために新規作成するものである。

目 次

1 . 概要	1
2 . 敷地内の危険物貯蔵施設等と火災源及び爆発源の選定	1
3 . 評価方法	4
3 . 1 森林火災に対する影響について	4
3 . 2 近隣の産業施設の火災及び爆発の影響について	11
3 . 3 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳の影響について	19
3 . 4 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災・爆発	19

参考1 許容温度の設定について

参考2 受電変圧器の防火対策について

参考3 現実に即した放熱効果を考慮した重油タンクの温度評価について

1. 概要

本資料は、再処理施設、MOX燃料加工施設の設計基準対象施設に対する、第1回設工認申請（令和2年12月24日申請）のうち、以下の添付書類に示す危険物貯蔵施設等について、危険物貯蔵施設等の防護設計を補足説明するものである。

- ・再処理施設 添付書類「IV-1-1-1-4-5 外部火災防護における評価方針」
- ・再処理施設 添付書類「IV-1-1-1-4-6 外部火災防護における評価条件及び評価結果」
- ・MOX燃料加工施設 添付書類「V-1-1-1-4-5 外部火災防護における評価方針」
- ・MOX燃料加工施設 添付書類「V-1-1-1-4-6 外部火災防護における評価条件及び評価結果」

上記添付資料において、危険物貯蔵施設等の防護設計に係る評価方法及び評価結果を示している。本資料では、危険物貯蔵施設等の防護設計に係る評価の考え方について補足説明する。

本資料で示す敷地内の危険物貯蔵施設等の設計方針の考え方については、再処理施設、MOX燃料加工施設の後次回の設工認申請及び廃棄物管理施設の設工認申請で対象とする施設に対して適用するものである。

2. 敷地内の危険物貯蔵施設等と火災源及び爆発源の選定

敷地内の危険物貯蔵施設等について火災、爆発の発生を防止することで、外部火災防護対象施設に影響を与えない設計とするため、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（平成25年6月19日 原子力規制委員会）」（以下「外部火災ガイド」という。）の考え方にに基づき、外部火災防護対象施設に影響を及ぼし得る危険物貯蔵施設等を選定する。

敷地内の危険物貯蔵施設等についての外部火災の想定は、外部火災防護対象施設の評価に用いる外部火災の想定と同様とする。ただし、敷地内の危険物貯蔵施設等そのものを火災源、爆発源として想定する敷地内の危険物貯蔵施設等火災、爆発及び危険物貯蔵施設等への衝突を考慮する航空機墜落の想定は除き、再処理施設とMOX燃料加工施設のそれぞれの敷地からの影響を考慮する。

補足説明資料「外外火03 外部火災防護設計の基本方針に関する敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災源及び爆発源の選定について」に基づき、再処理施設の評価対象となる危険物貯蔵施設等と火災源及び爆発源の離隔距離を第2-1表に示し、火災源の位置関係を第2-1図に示す。また、MOX燃料加工施設の評価対象となる危険物貯蔵施設等と火災源及び爆発源の離隔距離を第2-2表に示し、火災源の位置関係を第2-2図に示す。

第2-1表 再処理施設の評価対象となる危険物貯蔵施設等と火災源及び爆発源の
離隔距離

評価対象となる火災源及び 爆発源	貯蔵物	最も近い危険物貯蔵施設等	離隔距離 (m)
森林火災	重油	ボイラ用燃料貯蔵所 ^{※1}	168
	水素	精製建屋ボンベ庫	230
	プロパン	ボイラ建屋 ボンベ置場	151
石油備蓄基地の火災	重油	ボイラ用燃料貯蔵所 ^{※1}	1,500
	水素	— ^{※2}	—
	プロパン	ボイラ建屋 ボンベ置場	1,500
森林火災及び石油備蓄基地 火災の重畳	重油	ボイラ用燃料貯蔵所 ^{※1} , ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所 ^{※3} , ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所 ^{※3}	— ^{※4}
	水素	— ^{※2}	— ^{※4}
	プロパン	ボイラ建屋 ボンベ置場	— ^{※4}
敷地内の危険物貯蔵施設等の 火災・爆発 (MOX燃料加工施設第1 高压ガストレーラ庫の爆発 ※5)	—	— ^{※6}	—
航空機墜落火災	—	—	—

※1：受電変圧器については、周辺建屋に囲われており受熱面がほぼなく、受電変圧器は防火対策を実施しているため、評価対象外とする（参考2）。

※2：水素を貯蔵する危険物貯蔵施設等は、建屋等で石油備蓄基地の火災からの輻射が遮られ受熱面がないことから評価対象外とする。

※3：最も距離が近い重油タンク（個別評価）の次に距離の近い重油タンクとして選定する。

※4：森林火災及び石油備蓄基地の火災の重畳時の離隔距離は、表中で整理している森林火災及び石油備蓄基地の火災のそれぞれの火災源と危険物貯蔵施設等の離隔距離と同じとする。

※5：再処理施設の危険物貯蔵施設等は火災源・爆発源として想定することから対象外とし、MOX燃料加工施設の危険物貯蔵施設等のうち、最も厳しいMOX燃料加工施設第1高压ガストレーラ庫の爆発を想定する。技術開発研究所の屋外タンクの貯蔵所は、離隔距離が十分確保されており、貯蔵量も他危険物貯蔵施設等よりも2桁少なく、影響は軽微であることから、森林火災及び石油備蓄基地火災の評価に包絡される。

※6：危険物貯蔵施設等の爆発については、爆風圧が0.01MPaとなる危険距離を評価し、その範囲内にある施設の有無を確認する。

第2-2表 MOX燃料加工施設の評価対象となる危険物貯蔵施設等と火災源及び
爆発源の離隔距離

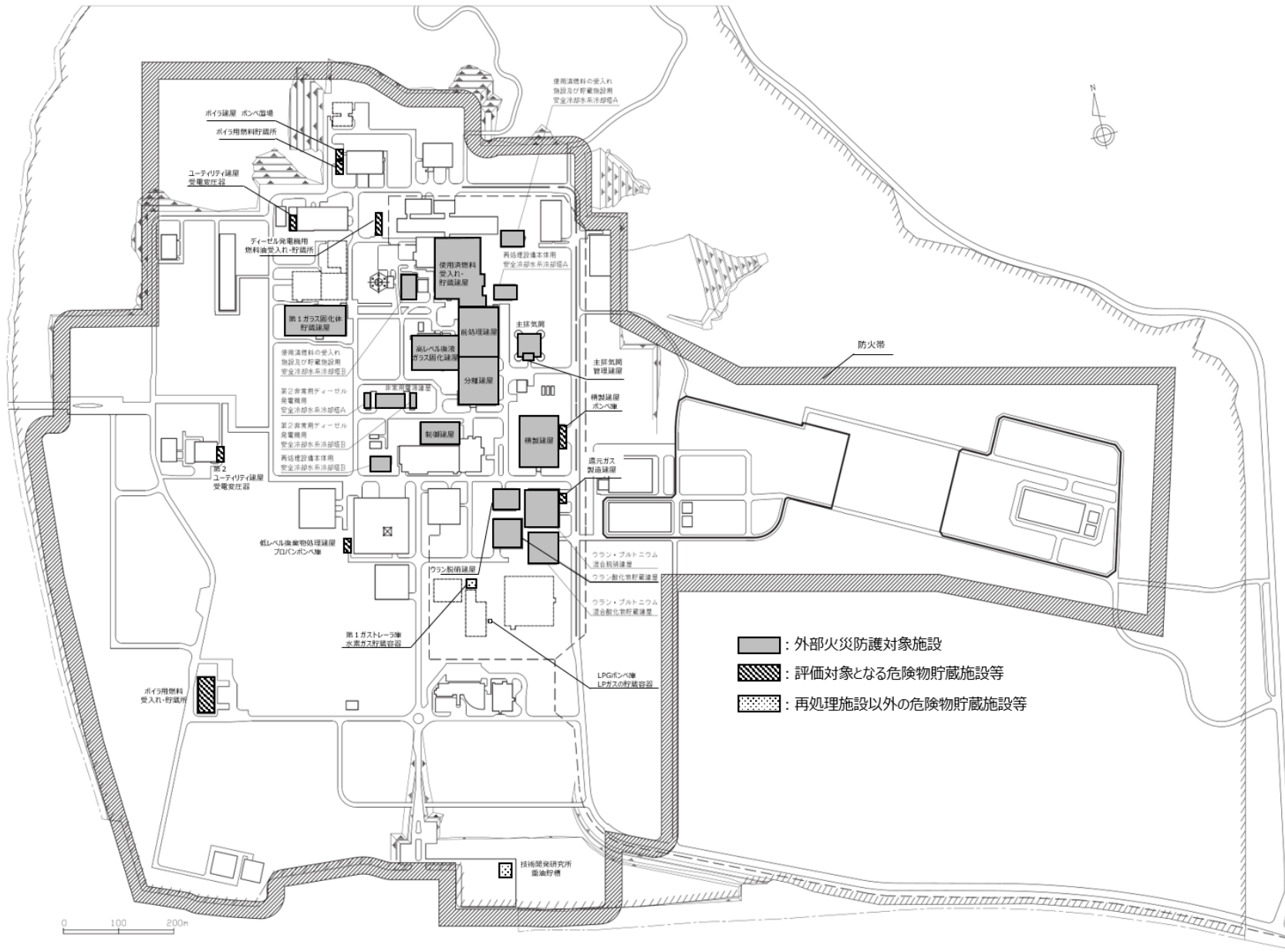
評価対象となる火災源及び 爆発源	貯蔵物	最も近い危険物貯蔵施設等	離隔距離 (m)
森林火災	重油	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	206
	水素	第1 高圧ガストレーラ庫 水素ガスの貯蔵容器	366
	LP ガス	LPG ボンベ庫 LP ガスの貯蔵容器	347
石油備蓄基地の火災	重油	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	1570
	水素	第1 高圧ガストレーラ庫	1910
森林火災及び石油備蓄基地 火災の重畳	重油	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	206, 1620 ^{※2}
	重油	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	222, 1570 ^{※2}
	水素	第1 高圧ガストレーラ庫	366, 1910 ^{※2}
敷地内の危険物貯蔵施設等 の火災・爆発(低レベル廃棄 物処理建屋 プロパンボン ベ庫及び還元ガス製造建屋 ※3)	水素	第1 高圧ガストレーラ庫 水素ガスの貯蔵容器 ^{※4}	—
航空機墜落火災	—	—	—

※1：LPG ボンベ庫は、石油備蓄基地との間にエネルギー管理建屋があり、石油備蓄基地火災に対して受熱面を有していないため、評価対象にしない。

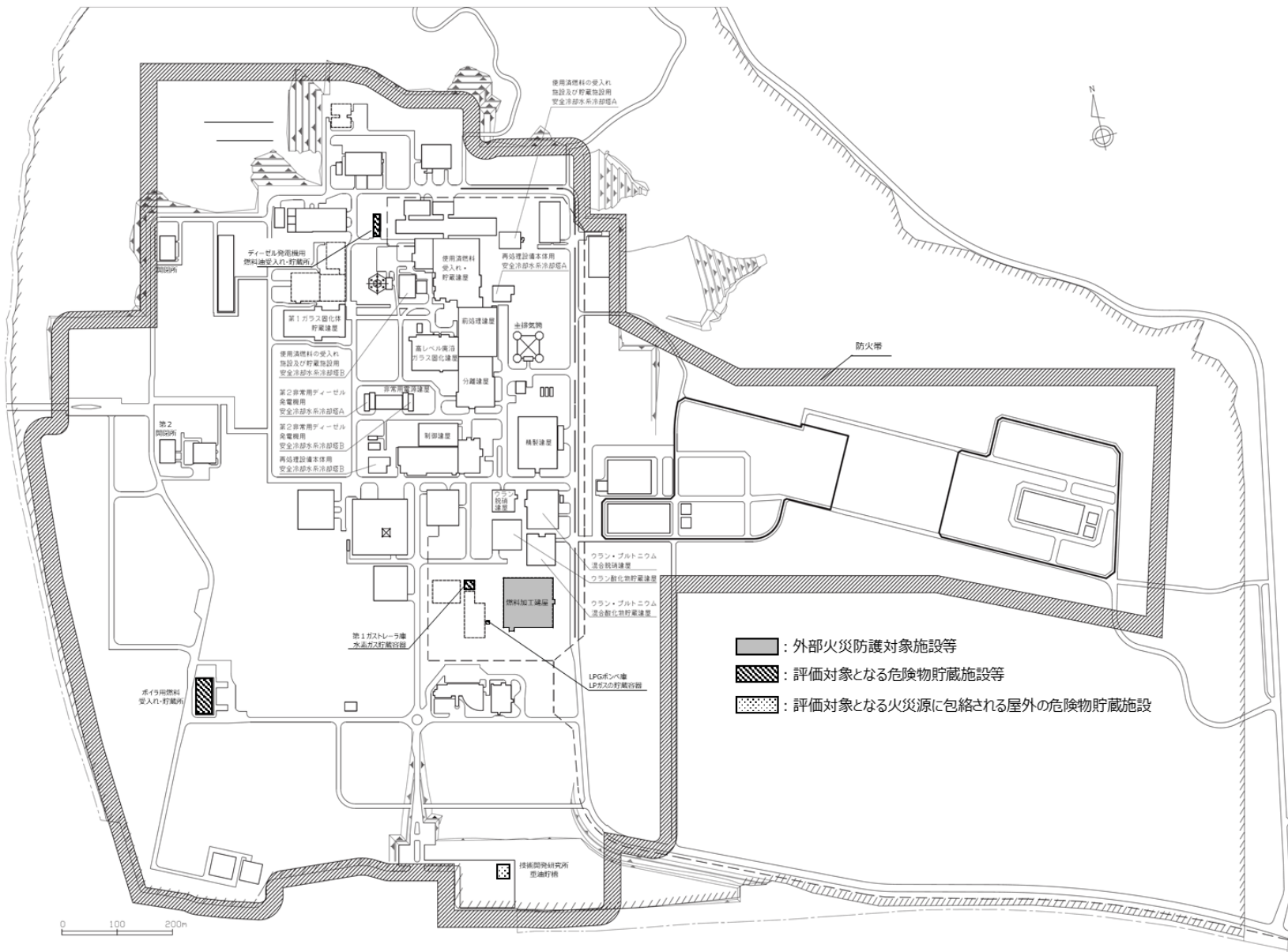
※2：離隔距離は、それぞれの火災源との離隔距離を考慮する。左に防火帯からの離隔距離を、右に石油備蓄基地からの離隔距離を示す。

※3：再処理施設の危険物貯蔵施設等のうち、最も距離が近い還元ガス製造建屋及びLPGの貯蔵量が多い低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫の爆発を想定する。

※4：危険物貯蔵施設等の爆発については、爆風圧が0.01MPaとなる危険距離を評価し、その範囲内にある施設の有無を確認する。



第 2-1 図 再処理施設の危険物貯蔵施設等と評価対象となる火災・爆発源の位置関係
 外外火 19-4



第 2-2 図 MOX 燃料加工施設の危険物貯蔵施設等と評価対象となる火災・爆発源の位置関係
 外外火 19-5

3. 評価方法

本評価では、危険物貯蔵施設等への各火災の単独発生時及び重畳発生時の影響評価を行い、設備に内包される物質が火災又は爆発を発生させるおそれがないことを確認する。影響評価については、外部火災ガイドを参考として、以下の事象を想定し、熱影響評価を実施する。

- (1) 森林火災
- (2) 石油備蓄基地火災
- (3) 森林火災及び石油備蓄基地火災の重畳
- (4) 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災・爆発
- (5) 航空機墜落火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の火災・爆発の重畳

森林火災については、燃焼時間を考慮した非定常計算を実施する。一方、石油備蓄基地火災については、貯蔵される原油の性状が不明確であり、燃焼時間の算出のために必要な燃焼速度の設定が困難なことから、燃焼時間を考慮せず保守的な評価となる定常計算を実施する。

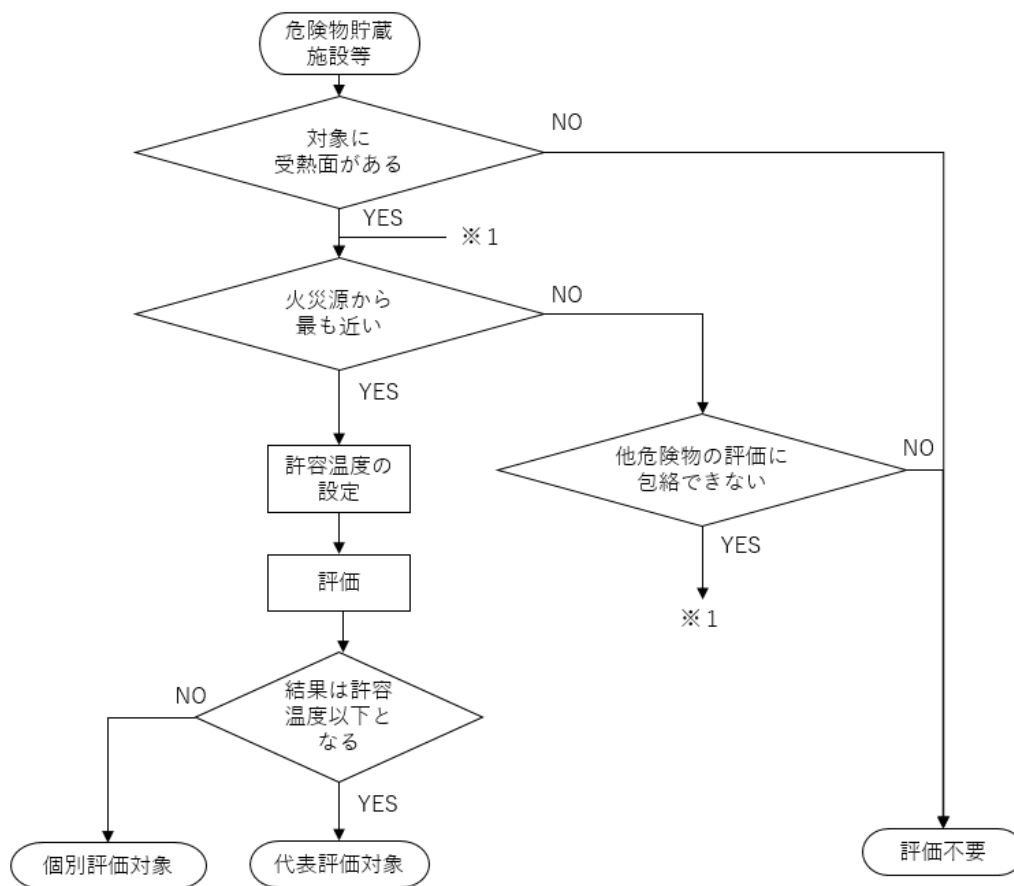
同種の評価対象については、同じ火災源に対する熱影響であれば、火災源から距離が近い評価対象が厳しい熱影響の結果を与えることから、火災源と危険物貯蔵施設等間の距離が最も近いものを選定し、敷地内の危険物貯蔵施設等の分類毎に包絡条件となる許容温度を定め、その温度以下となることを評価する。

危険物貯蔵施設等の温度が包絡条件での許容温度を超える場合には、個別に評価を行うこととし、火災源から次に近いものを代表の危険物貯蔵施設等として評価を行う。個別評価の対象と包絡評価の対象の判断の流れを、第3.1-1図に示す。

重油等の油種については、ノルマルドデカンや重油（A重油、軽油など）は多くの種類があることから、それらを包絡する発火点である200℃として設定し評価する。許容温度の設定の考え方の詳細を参考1に示す。

許容温度を超える場合には、油種毎の許容温度により個別評価を実施する。

水素及びプロパンについては、比熱や密度などの熱物性値が異なることから、水素及びプロパンそれぞれの発火点（水素：571.2℃，プロパン：405℃）を許容温度と定め評価する。



第3.1-1図 個別評価の対象と包絡評価の対象の判断の流れ

3. 1 森林火災に対する外部火災防護対象施設の熱影響評価

(1) 輻射強度の算出

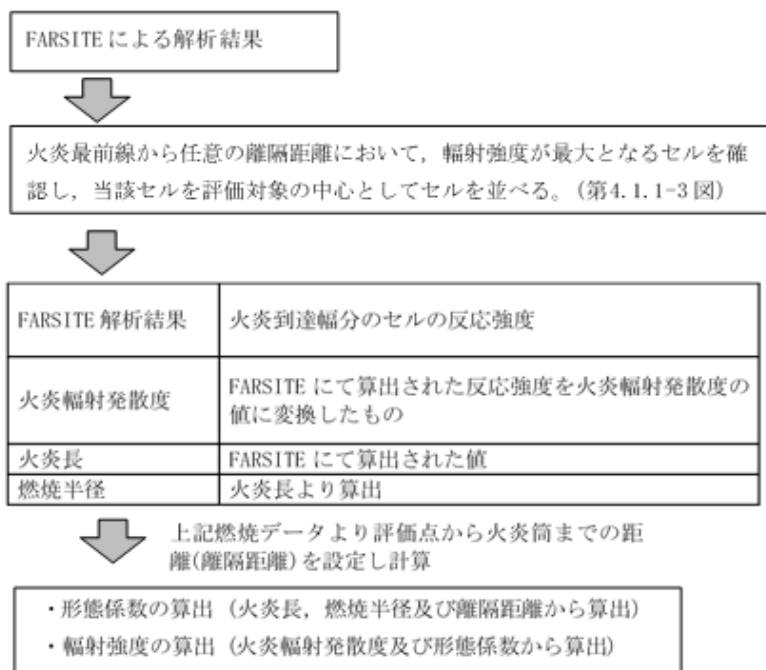
a. 算出方針

事業指定（変更許可）では、防火帯外縁における最大火炎輻射強度（750 kW/m²）となる火炎を評価対象の最も近い位置に配置し、その解析において火炎最前線に到達した火炎を横一列に並べ、すべての火炎から評価対象が受ける輻射強度を算出する。

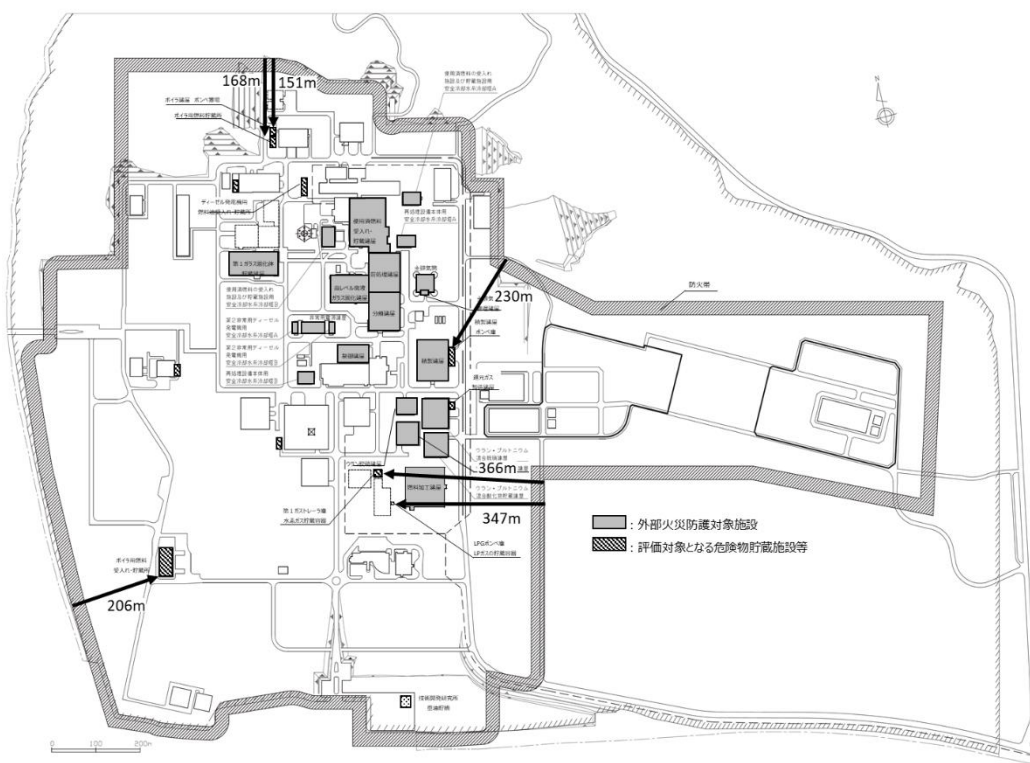
輻射強度算出の流れを第3.1-2図、算出に用いる評価指標とその内容を第3.1-1表、最大の火炎輻射強度の位置と危険物貯蔵施設等を第3.1-3図にそれぞれ示す。

第3.1-1表 評価指標について

評価指標		内容
FARSITE 解析結果	反応強度 (kW/m ²)	単位面積当たりの熱放出速度であり、火炎輻射強度の根拠となる火災規模。火炎輻射強度の算出に使用する。
	火炎長 (m)	反応強度が最大位置の火炎の高さ。円筒火炎モデルの形態係数の算出に使用する。
	燃焼継続時間 (hr)	各火炎到達セルの燃焼時間。円筒火炎モデルを用いた温度上昇の算出に使用する。
FARSITE 解析結果より算出したデータ	火炎輻射強度 (kW/m ²)	反応強度に米国NFPAの係数0.377を乗じて算出され、円筒火炎モデルを用いた温度上昇の算出に使用する。
	燃焼半径 (m)	火炎長さに基づき算出され、円筒火炎モデルの形態係数の算出に使用する。
	火炎到達幅 (m)	防火帯外縁に到達する火炎の幅。火炎到達セル数×セル幅(10m)
	形態係数	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる定数



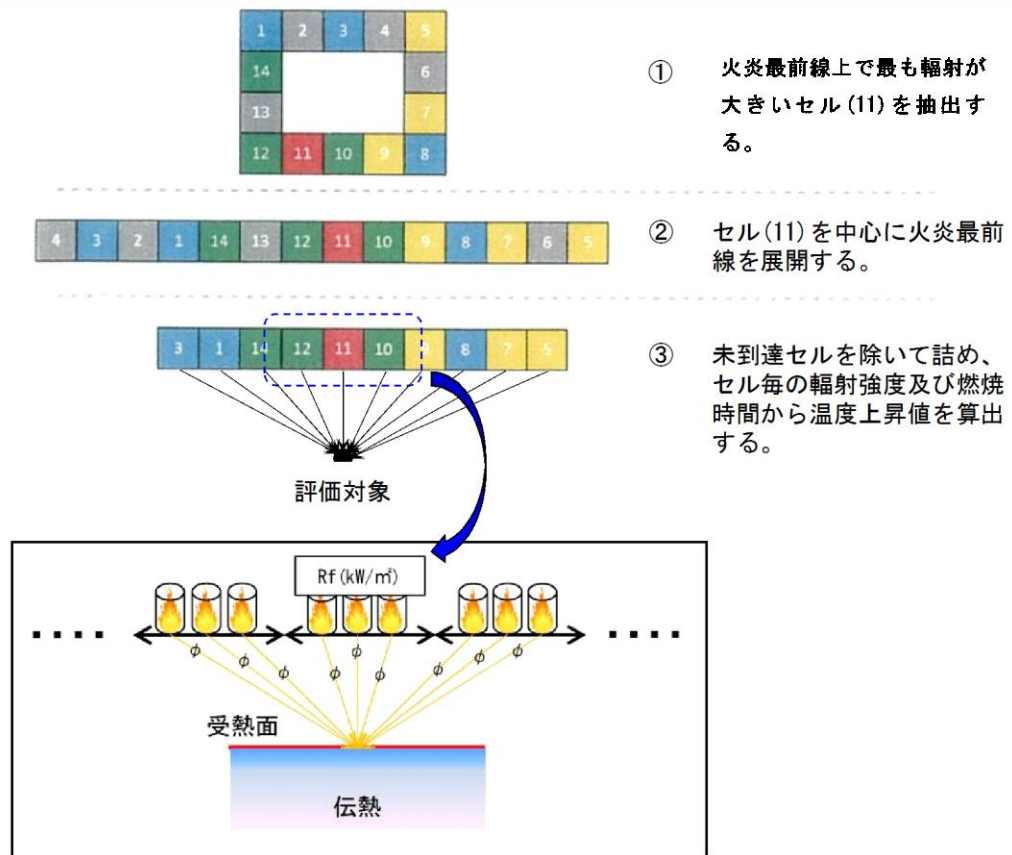
第3.1-2図 輻射強度の算出の流れ



第3.1-3図 危険物貯蔵施設等の防火帯の位置関係

b. 算出条件

- (a) 森林火災による熱を受ける面と森林火災の火炎輻射強度が発する地点が同じ高さにあると仮定し最短距離にて算出する。
- (b) 森林火災の火炎は、円筒火炎モデルを使用する。火炎の高さは燃焼半径の3倍とし、燃焼半径から円筒火炎モデル数を算出する。円筒火炎モデル数は、火炎最前線の火炎毎に設定する。
- (c) 外部火災防護対象施設等への熱影響が厳しくなるよう、火炎最前線の火炎から最大火炎輻射強度となる火炎を評価対象となる危険物貯蔵施設等から最も近い位置に配置し、火炎最前線の到達した火炎を横一列に並べ、全ての火炎からの火炎輻射強度を考慮する。森林火災における円筒火炎モデルの概要を第3.1-4図に示す。
- (d) 円筒火炎モデルの燃焼の考え方は、ある地点の燃焼完了後に隣へ移動する解析であり、隣へ移動した後は燃焼していた地点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の移動は考慮しない。
- (e) 気象条件は無風状態とする。



第3.1-4図 円筒火炎モデルの概要

c. 計算方法

外部火災ガイドを参考として、FARSITEによる解析結果を用い、危険物貯蔵施設等への輻射強度を算出する。

(a) 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
R	m	燃焼半径
H	m	火炎長
F	-	円筒火炎モデル数
W	m	セル幅
ϕ_i	-	各円筒火炎モデルの形態係数
Li	m	離隔距離
E	W / m ²	受熱面輻射強度
Rf	W / m ²	火炎輻射発散度
ϕ_t	-	形態係数の合計値

(b) 燃焼半径の算出

燃焼半径を式3.1-1より算出する。

$$R = \frac{H}{3} \cdots (\text{式3.1-1})$$

(出典：外部火災ガイド)

(c) 円筒火炎モデル数の算出

火炎が到達したセル毎に円筒火炎モデル数を式3.1-2より算出する。

$$F = \frac{W}{2R} \cdots (\text{式3.1-2})$$

(出典：外部火災ガイド)

(d) 形態係数の算出

外部火災ガイドを参考として、式3.1-3より円筒火炎モデルの形態係数を算出する。

$$\phi_i = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \cdots (\text{式3.1-3})$$

ただし、 $m = \frac{H}{R} = 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$

(e) 輻射強度の算出

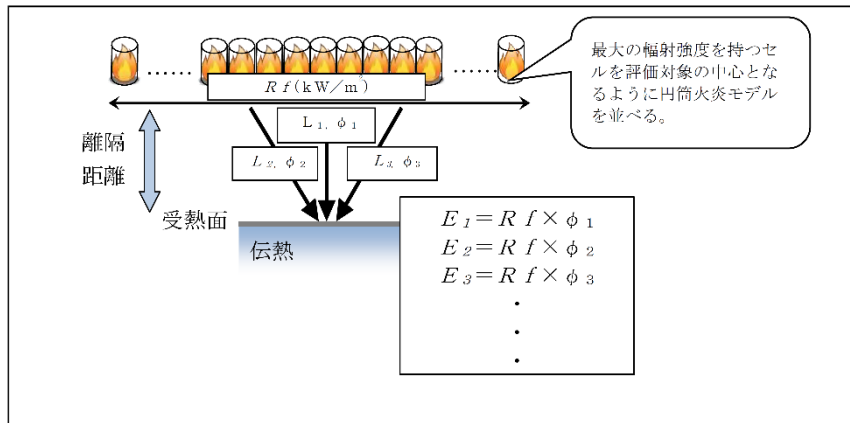
火炎最前線に到達した各セルからの火炎輻射強度は、式3.1-4より算出する。

$$E_i = \phi_t \times Rf \quad \dots \text{(式3.1-4)}$$

各円筒火炎モデルの形態係数を合計した値を、外部火炎の影響を考慮する施設に及ぼす影響を評価するに当たり用いる各セルの考慮すべき形態係数 ϕ_t とする。円筒火炎モデルを第3.1-5図に示す。

$$\phi_t = \sum_{i=1}^F (\phi_i + \phi_{i+1} + \phi_{i+2} \dots \dots + \phi_{i+x}) \dots \text{(式3.1-5)}$$

ただし、 $i, (i+1), (i+2), \dots, (i+x)$ の円筒火炎モデル数の合計はF個とする。



第3.1-5図 円筒火炎モデル

(2) 熱影響評価

a. 評価方針

火炎の燃焼時間を考慮し、一定の輻射強度で加熱されるものとして、内部温度を算出し、許容温度以下であることを確認する。

b. 評価方法

(a) 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
T	℃	評価点温度
T ₀	℃	初期温度
E		輻射強度
α	m ² / s	熱拡散率 α=λ/(c×ρ)
t	s	燃焼継続時間
λ	W / (m・K)	熱伝導率
χ	m	外壁(重油)表面からの深さ
ρ	kg / m ³	密度
c	J / (kg・K)	比熱
ρ _p	kg / m ³	密度
c _{pp}	J / (kg・K)	比熱(定圧)
V	m ³	体積
ρ _s	kg / m ³	容器材の密度
c _{ps}	J / (kg・K)	容器材の比熱(定圧)
D _i	m	ポンペ内径
D _o	m	ポンペ外径
e	m	ポンペ最小板厚
h	m	ポンペ円筒高さ

(b) 重油タンクの評価

重油タンクは屋外に設置していることから、一方向から直接的に熱影響を受けタンク内温度分布が発生する可能性があるため、タンクの構造材を無視し大気への放熱を考慮しない貯蔵物への熱計算を実施し、その温度が許容温度以下であることを確認する。温度評価は熱流束一定の半無限固体の熱伝導に関する式を用い算出する。

$$T=T_0+\frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\lambda} \times\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \exp \left(-\frac{\chi^2}{4 \times \alpha \times t}\right)-\frac{\chi}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{\chi}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}}\right)\right]$$

… (式 3.1-6)

erfc(χ)=1-erf(χ) (erf(χ) : 誤差関数)

(出典 : 伝熱工学資料改訂第 4 版 p.6 非定常熱伝導)

評価に当たっては、厳しい評価となるように外壁最表面からの対流及び輻射放熱は考慮しないため、火炎からの輻射エネルギーは

全て重油内面に向かう評価モデルとし、最高温度の位置が外壁最表面となることから、上式の χ に 0 を適用した式を用いる。

$$T=T_0+\frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\sqrt{\pi \lambda}} \cdots \text{(式 3.1-7)}$$

(c) 水素ボンベ及びプロパンボンベの評価

水素ボンベ及びプロパンボンベについては、屋内に設置していることから、外壁から熱影響を受ける。評価に際しては、厳しい評価となるように外壁を考慮せず、一定の熱流束を与え、ボンベ内部温度を評価し、貯蔵物の温度が許容温度以下となることを確認する。

温度評価は次式を用いて算出する。

$$T=T_0+\frac{E \cdot t \left(\frac{\pi \cdot D_0 \cdot h}{2} + \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} \right)}{\rho_p \cdot c_{pp} \cdot V + \rho_s \cdot c_{ps} \left\{ \frac{(D_0^2 - D_1^2) \cdot \pi \cdot h}{4} + 2 \cdot \pi \cdot \frac{D_0^2}{4} \cdot e \right\}} \cdots \text{(式 3.1-8)}$$

3. 2 敷地内の危険物貯蔵施設等に対する近隣の産業施設の火災及び爆発の影響について

(1) 石油備蓄基地火災の影響について

a. 輻射強度の算出

(a) 算出方針

石油備蓄基地の火災については、敷地西方向約0.9 km、51基の原油タンク(約11.1万m³/基)の原油全てが防油堤内に流出した全面火災を想定し、危険物貯蔵施設等の中で熱影響が大きい施設を評価対象とする。この評価対象に対し輻射強度を算出する。

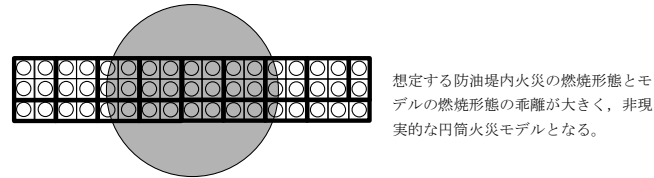
(b) 算出条件

イ. 気象条件は無風状態とする。

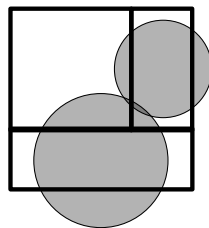
ロ. 石油備蓄基地に配置している51基の原油タンク(約11.1万m³/基)の原油全てが防油堤内に流出した全面火災を想定し、原油タンクから流出した石油類は全て防油堤内に留まるものとする。

ハ. 火災は原油タンク9基(3列×3行)又は6基(2列×3行)を1単位とした円筒火災モデルとし、火災の高さは燃焼半径の3倍とする。円筒火災モデルの概念図を第3.2-1図に示す。

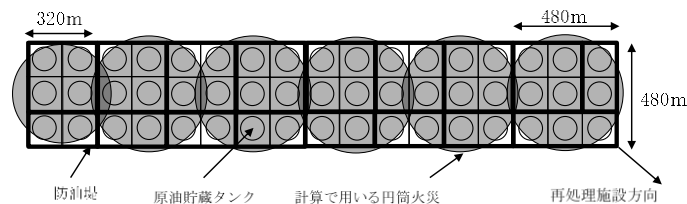
二. 原油タンクは、燃焼半径が大きく、燃焼時に空気供給が不足し、大量の黒煙が発生するため、輻射発散度の低減率(0.3)を考慮する。



<全防油堤の面積を一つの円筒火災モデルとする場合>



<防油堤単位で円筒火災モデルとする場合>



第3.2-1図 円筒火災モデルの概念図

(c) 計算方法

石油備蓄基地火災については、原油タンクの貯蔵量、原油タンクから評価対象の受熱面までの距離から輻射強度を算定する。

イ. 記号の説明

記号	単位	定義
R	m	燃料半径
w	m	防油堤3基分の縦幅 (160m×3=480m)
d	m	防油堤3基分の横幅又は2基分の横幅 (160m×3=480m または 160m×2=320m)
∅	-	形態係数
H	m	火炎の高さ
L	m	燃焼面(円筒火災底面)の中心から受熱面(評価点)までの距離
E	W / m ²	輻射強度
Rf	W / m ²	輻射発散度

ロ. 燃焼半径の算出

石油備蓄基地火災の円筒火災モデルは、石油備蓄基地の防油堤の大きさ、配置を踏まえて設定する。原油タンクについては、3行13列及び3行4列で配置され、防油堤については、原油タンクが3行1列、2行2列又は2行1列の単位で設置されている。

想定する火災は、51基の原油タンクの原油全てが防油堤内に流出した全面火災とし、流出した原油は防油堤内に留まることを想定する。

想定する火災を踏まえ火災のモデル化について、全防油堤の面積で1つの円筒火災モデルとすると、実際の燃焼形態とモデルの燃焼形態の乖離が大きく、非現実的なモデルとなる。一方、防油堤単位で円筒火災モデルを設定した場合でも、3列1行又は2行1列で設置された防油堤については、実際の燃焼形態との間に乖離が大きい。

原油貯蔵タンクは、隣接するタンクと防油堤を共有しているものが複数あることから、現実的な底面積の設定として、原油貯蔵タンク9基(3列×3行)又は6基(2列×3行)を1単位として円筒形にモデル化し、円筒火災相互の輻射遮蔽効果は無視する。また、防油堤の大きさは航空写真から概算で原油貯蔵タンク1基あたり縦幅及び横幅ともに160mと設定し、外部火災ガイドを参考に燃焼半径Rは式3.2-1より算出する。

$$R = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{w \times d} \quad \dots \text{(式 3.2-1)}$$

ハ. 輻射強度の算定

外部火災ガイドを参考として、各円筒火災からの形態係数を式3.2-2により求める。

$$\phi_i = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

…(式 3.2-2)

$$\text{ただし、 } m = \frac{H}{R} = 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

ここで、求めた各円筒火災の形態係数から、外部火災ガイドを参

考として、輻射強度を式 3.2-3 により求める。

$$E = \sum_{i=1}^6 \phi_i \cdot R_f \cdot r \cdots \text{(式 3.2-3)}$$

$\phi_i (i=1\sim6)$: 第 3.2-1 図に示した各円筒火災の形態係数

ここで、輻射発散度 R_f は油種により決まるものであり、外部火災ガイドを参考として、カフジ原油の値を採用し、 41 kW/m^2 と設定する。

また、大規模な石油備蓄基地火災を想定するため、輻射発散度の低減率 ($r = 0.3$) を考慮する。

b. 熱影響評価

(a) 評価方針

石油備蓄基地の火災は、火災源の時間的変化が設定できないため、一定の熱流束を与えた重油タンク及びプロパンボンベの外表面の定常計算を実施する。

(b) 評価方法

イ. 記号の説明

記号	単位	定義
Q_{sun}	W/m^2	輻射入熱 太陽の影響による輻射強度
Q_{ri}	W/m^2	輻射入熱 石油備蓄火災の影響による輻射強度
Q_{ro}	W/m^2	輻射放熱 大気への放熱
Q_{h}	W/m^2	対流放熱 大気への放熱
σ	$\text{W/m}^2 \text{K}^4$	ステファニーボルツマン定数
T_{c}	K	ボンベ庫または建屋内面温度
T_{a}	K	大気温度
ϵ_{c}	—	タンク容器表面またはボンベ建屋外壁表面の放射率
F_{ca}	—	タンク容器表面又は建屋外壁表面から大気への形態係数
h	$\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	熱伝達率
T_{amb}	K	外気温度
Nu	—	ヌセルト数
Ra	—	レイリー数
Gr	—	グラフホフ数
Pr	—	プラントル数
ν	m^2/s	動粘性係数 (空気)
λ	$\text{W/(m} \cdot \text{K)}$	熱伝導率 (空気)
T_{r}	K	代表温度
β	—	体膨張係数
L	m	評価対象 (タンク, 建屋) 表面高さ

記号	単位	定義
g	m / s^2	重力加速度
Q_{rad}	W / m^2	輻射入熱 ボンベ建屋内面からボンベ容器表面への輻射
Q_{cnv}	W / m^2	対流放熱 受熱面からの対流放熱
ϵ_w	—	ボンベ容器表面の放射率
T_w	K	ボンベ表面温度
T_b	K	室内温度
L_w	m	ボンベ表面高さ

ロ. 重油タンクの評価方法

重油タンクは石油備蓄基地からの輻射量と太陽光輻射の和が放熱量と等しくなる設定の評価式（式 3.2-4）を用いて、重油タンク表面温度を算出し、表面温度が許容温度以下に収まっていることを確認する。温度上昇の評価モデルを第 3.2-2 図に示す。

$$Q_{sun} + Q_{ri} = Q_{ro} + Q_h \cdots \text{(式 3.2-4)}$$

大気への輻射放熱 Q_{ro} は次式により算出する。

$$Q_{ro} = \sigma (T_c^4 - T_a^4) / \left(\frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} + \frac{1}{F_{ca}} \right) \cdots \text{(式 3.2-5)}$$

なお、大気（空気）の放射率は 0 として算出する。

（伝熱工学資料 改訂第 5 版 p.139）

熱伝達による大気への放熱量は式（3.2-6）から（3.2-12）により算出する。

$$Q_h = h(T_c - T_{amb}) \cdots \text{(式 3.2-6)}$$

$$h = \frac{Nu \times \lambda}{L} \cdots \text{(式 3.2-7)}$$

$$Nu = (0.0185 - 0.0035) Ra^{2/5} \quad 10^{10} \leq Ra \cdots \text{(式 3.2-8)}$$

なお、式 3.2-8 は ± 0.0035 の誤差範囲があり保守的になるよう 0.0035 を用いる。

（伝熱工学資料 改訂第 4 版 p.69 鉛直平板まわりの自然対流熱伝達）

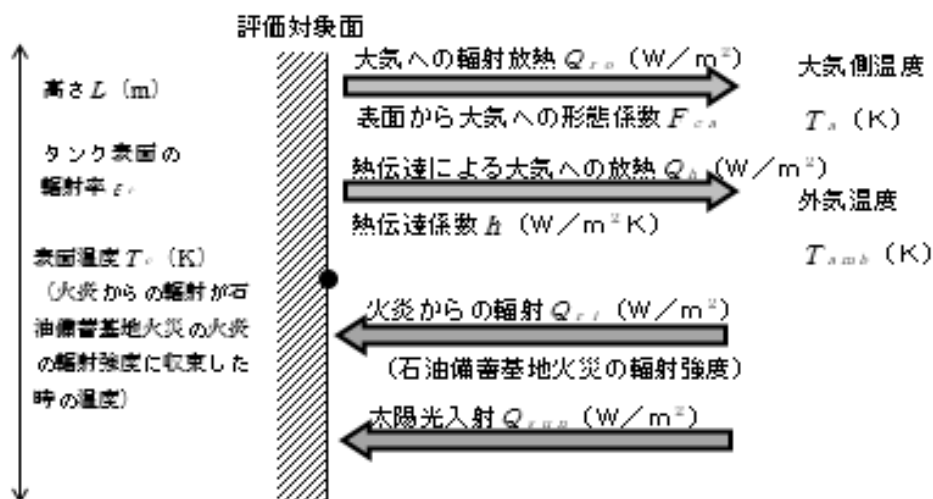
$$Ra = Pr \times Gr \cdots \text{(式 3.2-9)}$$

$$Gr = g \cdot \beta (T_c - T_{amb}) L^3 / \nu^2 \cdots \text{(式 3.2-10)}$$

$$\beta=1/T_{amb} \cdots (\text{式 } 3.2-11)$$

$$T_r=T_c-0.38\times(T_c-T_{amb})\cdots (\text{式 } 3.2-12)$$

(熱伝導率, プラントル数, 動粘性係数の算出時の代表温度)



第 3.2-2 図 温度上昇の評価モデル (重油タンク)

ハ. プロパンポンベの評価方法

プロパンポンベは屋内に設置することから, ポンベの設置される建屋外面まで及び建屋内面からポンベ表面までの 2 段階の定常計算を実施する。評価に当っては, 厳しい評価となるように外壁での熱伝導を考慮せず, 建屋外面温度と建屋内面温度が同じであるとして, 定常計算を実施する。

ここで, ポンベについても, 放熱量と入熱量の関係が成立する際の評価対象表面温度を算出する。算出された評価対象表面温度が, 貯蔵物の許容温度以下であることを確認する。温度上昇の評価モデルを第 3.2-3 図及び第 3.2-4 図に示す。

(イ) 建屋外面までの評価

建屋外面までの評価については, 「ロ. 重油タンク」の評価方法と同一の評価式を用いる。

(ロ) 建屋内面からポンベ表面までの評価

入熱と放熱の関係は, 次式に示す。

$$Q_{\text{rad}} - Q_{\text{cnv}} = 0 \cdots (\text{式 3.2-13})$$

建屋内面からボンベ表面までの輻射は、次式に示す。

$$Q_{\text{rad}} = \varepsilon_w \sigma (T_c^4 - T_w^4) \quad (\text{式 3.2-14})$$

(伝熱工学資料 改訂第5版 p.139 ふく射伝熱計算 灰色拡散面間のふく射伝熱計算)

熱伝達による放熱量は(式 3.2-15)から(式 3.2-23)により算出する。

(式 3.2-17)から(式 3.2-19)に関して、鉛直平板まわりの自然対流熱伝達とする。 $Ra < 10^{10}$ は層流の式を、 $3 \times 10^{10} < Ra$ は乱流の式を用いる。 $10^{10} \leq Ra \leq 3 \times 10^{10}$ は厳しい評価となるように小さい側を用いる。

$$Q_{\text{rad}} = h(T_w - T_b) \cdots (\text{式 3.2-15})$$

(伝熱工学資料 改訂第4版 p.68 熱伝達率)

$$h = \frac{Nu \times \lambda}{L} \cdots (\text{式 3.2-16})$$

(伝熱工学資料 改訂第4版 p.68 平均ヌセルト数)

$$Nu = (0.0185 - 0.0035) Ra^{2/5} \quad 10^{10} \leq Ra \cdots (\text{式 3.2-17})$$

(伝熱工学資料 改訂第4版 p.69 熱伝達率 乱流 平均ヌセルト数)

$$Nu = \frac{4}{3} C_1 \times Ra^{1/4} \quad 10^4 \leq Ra \leq 4 \times 10^9 \sim 3 \times 10^{10} \cdots (\text{式 3.2-18})$$

(伝熱工学資料 改訂第4版 p.69 熱伝達率 層流 平均ヌセルト数)

$$C_1 = \frac{3}{4} \left(\frac{Pr}{2.4 + 4.9 \sqrt{Pr + 5Pr}} \right)^{1/4} \cdots (\text{式 3.2-19})$$

(伝熱工学資料 改訂第4版 p.68 プラントル数の関数)

$$Ra = Pr \times Gr \cdots (\text{式 3.2-20})$$

(伝熱工学資料 改訂第4版 p.68 レーレー数)

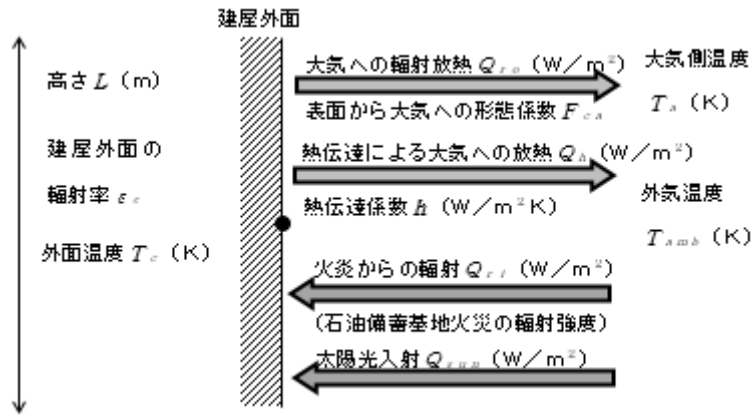
$$Gr = g \cdot \beta (T_w - T_b) L^3 / \nu^2 \cdots (\text{式 3.2-21})$$

(伝熱工学資料 改訂第4版 p.68 グラフホフ数)

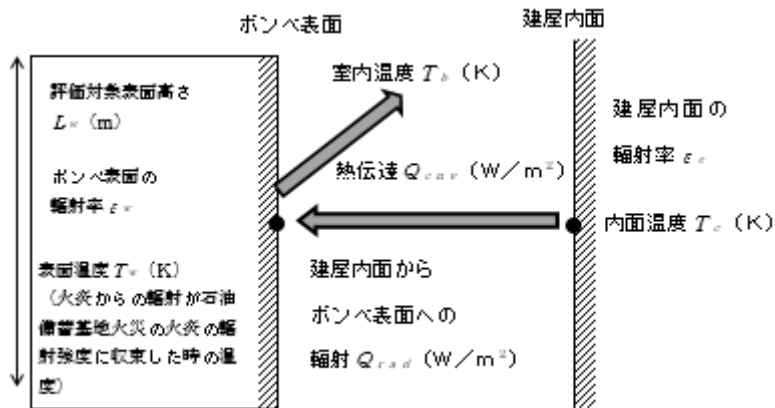
$$\beta = 1 / T_b \cdots (\text{式 3.2-22})$$

(伝熱工学資料 改訂第4版 p.68 体膨張係数の理想気体)

$$T_r = T_w - 0.38 \times (T_w - T_b) \cdots (\text{式 3.2-23})$$



第3.2-3図 温度上昇の評価モデル (ボンベ収納建屋)



第3.2-4図 温度上表評価モデル (ボンベ)

3. 3 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳の影響について

石油備蓄基地火災と森林火災の輻射熱量及び離隔距離を考慮し、石油備蓄基地火災と森林火災から受ける輻射強度が大きくなる危険物貯蔵施設への評価を実施している。

石油備蓄基地火災の定常評価にて算出する温度を、森林火災の評価で用いる非定常計算式の初期温度として設定して温度を算出する。算出した温度が許容温度以下であることを確認する。

なお、現実に即した放熱効果を考慮した重油タンクの温度評価について参考に実施し、算出した温度が許容温度以下であることを確認している。(参考3参照)。

3. 4 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災・爆発

敷地内の危険物貯蔵施設等の火災・爆発について、再処理施設及びMOX燃料加工施設の危険物貯蔵施設等の火災及び爆発の発生を防止できることを確認する。

(1) 危険限界距離の評価

a. 評価方針

敷地内に存在する危険物貯蔵施設等の爆発については貯蔵量等を勘案して、外部火災防護対象施設を収納する建屋及び屋外の外部火災防護対象施設へのガス爆発の爆風圧が人体に対して影響を与えない0.01MPaとなる距離である危険限界距離を算出し、その危険限界距離を上回る離隔距離が確保されていることを評価する。

b. 算出条件

- (a) 離隔距離は、評価上厳しくなるよう爆発源から外部火災の影響を考慮する危険物貯蔵施設等までの直線距離とする。
- (b) 爆発源は燃料を満載した状態を想定する。
- (c) 危険物貯蔵施設等の高圧ガス漏えい及び引火によるガス爆発を想定する。
- (d) 気象条件は無風状態とする。

c. 計算方法

爆発源のガスの種類及び貯蔵量から貯蔵設備のW値を求める。その貯蔵設備のW値を用いて、ガス爆発の爆風圧が人体に対して影響を与えない0.01MPaとなる距離である危険限界距離を算出する。

(a) 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
V	m ³	燃料量
ρ	kg/m ³	コンクリート密度
W	—	設備定数
X	m	危険限界距離
λ	m・kg ^{-1/3}	換算距離(14.4)
K	—	ガス定数 水素ガス：2,860,000 プロパン：888,000

(b) 貯蔵設備のW値の算出

貯蔵設備のW値を次式のとおり算出する。

$$m = V \cdot \rho$$

$$m \geq 1t \text{ の場合 } W = \sqrt{m}$$

$$m < 1t \text{ の場合 } W = m$$

… (式 3.4-2) (出典：外部火災ガイド)

ここで、

m：危険物質量 (kg)

(c) 危険限界距離の算出

外部火災ガイドを参考とし、式 3.3-1 より危険限界距離を算出する。

$$X = 0.04\lambda \cdot \sqrt[3]{K \cdot W} \quad \dots \text{ (式 3.4-3)}$$

以上

参考1 許容温度の設定について

(1) 従来の許容温度の設定について

既許可においては、再処理施設の屋内外に貯蔵する危険物を幅広く検討し、危険物貯蔵施設等への熱影響において、危険物貯蔵施設等に内包する物質によらず共通した発火点を用いて評価するものとしている。

再処理施設においては、軽油（ディーゼル燃料油：発火点 225℃）、ノルマルドデカン（発火点：210℃）といった発火点が高い危険物が存在すること、重油タンクのA重油の発火点がメーカーの安全データシート^[1]記載値においては約 240℃と記載されており、温度評価において用いる判断基準値として幅を考慮する必要があるという判断の結果、それらを包絡する許容温度として安全側に 200℃を設定している。

(2) 重油タンクの許容温度の設定について

設工認においては、既許可において選定された危険物貯蔵施設について、個別の評価も必要となることから、個別評価が必要な場合、既許可のとおり、危険物貯蔵施設の内包する危険物の発火点に応じた許容温度を与えることとする。

再処理施設の評価対象としては、結果してA重油を内包するボイラ燃料貯蔵所を代表として評価しており、A重油の許容温度について以下の考え方から、許容温度 240℃を評価において用いることの妥当性を整理している。

- ・消防法に基づく危険物を取り扱うこと、又はその取扱いに立ち会うために必要となる国家資格である危険物取扱主任者に関連する文献^[2]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^[3]においては重油の発火点が約 250℃とされている。A重油を含む重油の発火点の下限として 250℃を考慮することは問題ないと考えられる。
- ・一方で、メーカーの安全データシート^[1]に発火点 240℃と記載されているが、発火点の測定試験は、一般に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、試験条件によっては得られる結果に幅があること、また製品表示上の安全側の数値を考慮し記載されていることも考えられることから、上記の重油の発火点の下限 250℃を踏まえた場合、メーカーの安全データシート^[1]に記載の発火点 240℃をさらに下回ることはと考えがたい。
- ・したがって、本来はA重油を含む重油の発火点の下限である 250℃であり、これを評価に用いることは可能であるものの、メーカーの安全データシートに記載の 240℃を許容温度として用いることで、安全側の評価を行うことができるため、この許容温度の設定は妥当であると考えられる。

(3) 参考文献

- [1] ENEOS 安全データシート
- [2] 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℃
- [3] 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℃

以上

参考2 受電変圧器の防火対策について

1. 受電変圧器（第1図）の防火対策を以下に示す。

- (1) 屋外に設置している絶縁油を内包した受電変圧器には、内部圧力の上昇又は電気回路の異常を検知すると、瞬時に電源を自動的に遮断する保護機能が備わっている。
- (2) 受電変圧器の下部には、常時一定量の雨水を蓄えた排油ピットを設け、万一、絶縁油が漏れ出した場合においても、地下の排油ピットに雨水と一緒に留まる構造となっている。変圧器の地下構造を第2図に示す。
- (3) 受電変圧器は金属躯体に覆われており、万一、火災が発生した場合でも火災が延焼する可能性は低い。
- (4) 万一の火災発生に備え、受電変圧器を設置している箇所には、消火設備を配置している。
- (5) 平成19年に発生した新潟県中越沖地震による被害を踏まえ、耐震性向上対策（据付金物の補強）を行っており、JEAG-5003-2010*に基づく設計に対し、安全余裕を持った設計としている（第2図）。

なお、第3図より1号受電変圧器及び4号受電変圧器は他の建屋に遮られ受熱面がないため、石油備蓄基地火災からの影響を受けにくい配置となっている。

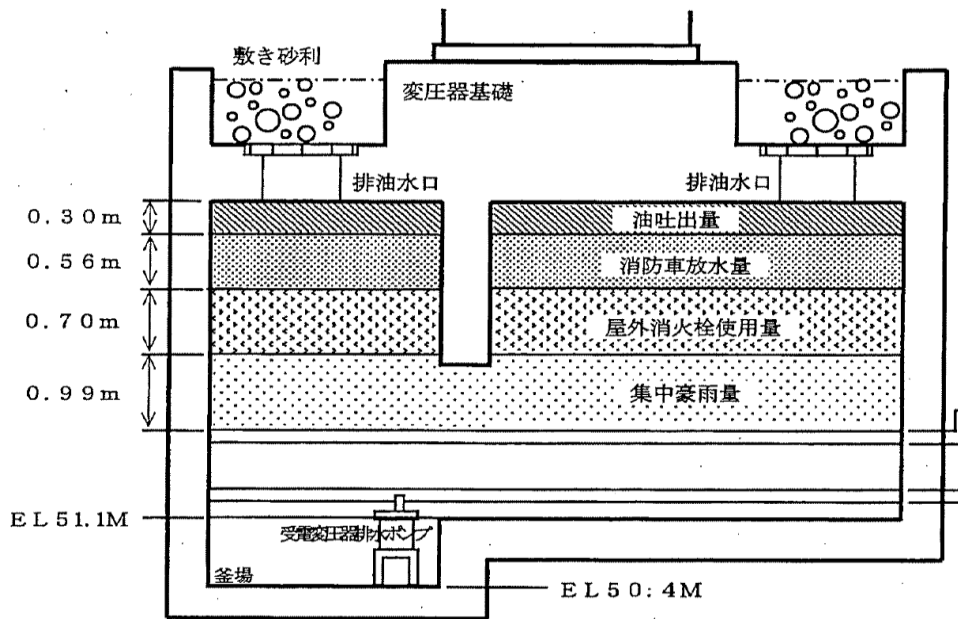


1号受電変圧器

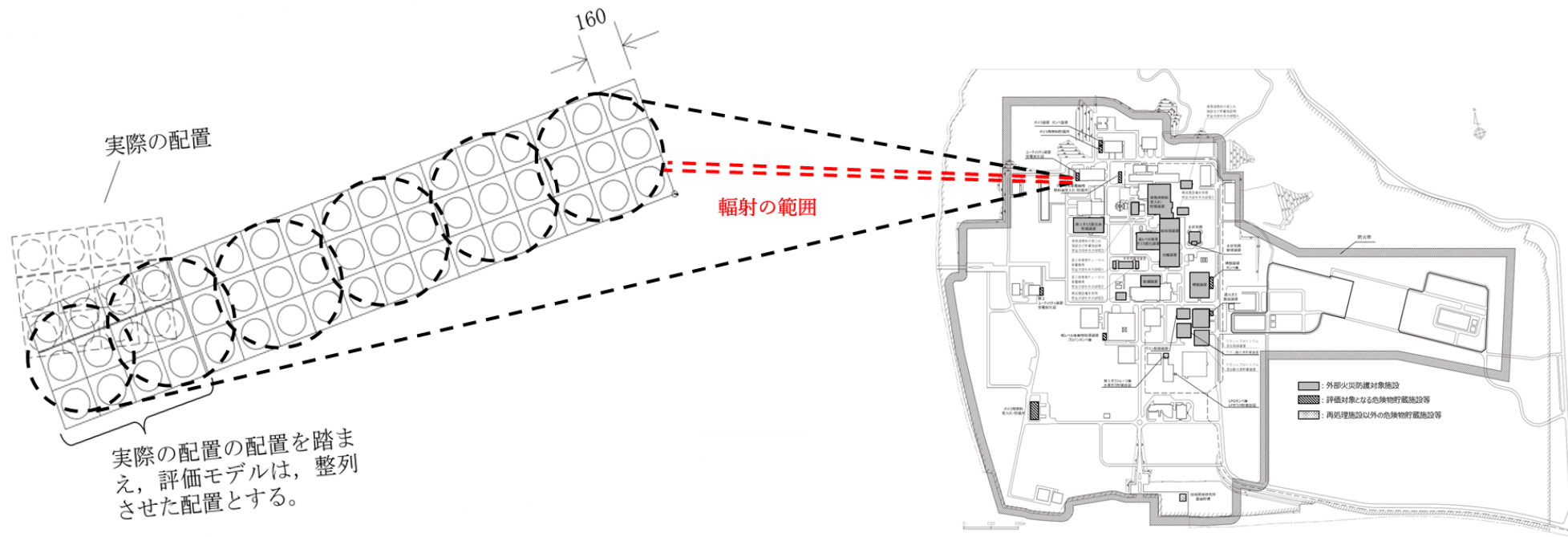


4号受電変圧器

第1図 受電変圧器の設置状況



第2図 変圧器の地下構造図（概略図）



第3図 受電変圧器及び石油備蓄基地の位置関係

2. 参考文献

[1] JEAG-5003-2010

以上

参考3 現実に即した放熱効果を考慮した重油タンクの温度評価について

別紙1及び2において示すボイラ用燃料貯蔵所、ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所及びディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の重油タンクの温度上昇について、現実に即した条件を考慮した評価を検討し、評価を実施し、評価結果が許容温度に対して十分に余裕があることを示す。

(1) 評価条件

放熱以外の評価条件については、別紙にて示した森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災におけるボイラ用燃料貯蔵所（別紙1）及びボイラ用燃料受入れ・貯蔵所及びディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所（別紙2）の評価条件と同じとする。

別紙において示す保守的な放熱条件を与えた評価においては、ボイラ用燃料貯蔵所の重油タンク（別紙1）及びボイラ用燃料受入れ・貯蔵所及びディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所（別紙2）が屋外（開放空間）に設置されているという設置環境を考慮せず、保守的に風速を0 m/sとして、受熱面からの輻射放熱及び自然対流による対流放熱のみを設定し温度評価を実施している。

一方で、ボイラ用燃料貯蔵所（別紙1）及びボイラ用燃料受入れ・貯蔵所及びディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所（別紙2）が屋外（開放空間）に設置されているという設置環境を考慮した現実に即した評価においては、風速としては、六ヶ所地域の風速を包絡する一般的な風速等を考慮した輻射放熱及び対流放熱を考慮した対流熱伝達率 $17\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ を設定した。

なお、この設定は、航空機墜落火災の必要離隔距離の算出の参考にて示している、開放空間において用いる熱伝達率の考え方と整合している。

(2) 評価結果

現実に即した放熱効果を考慮した結果を第1表に示す。

評価結果は許容温度 240°C 以下となること及び評価結果が許容温度に対して十分な余裕があることから、ボイラ用燃料貯蔵所及びボイラ用燃料受入れ・貯蔵所及びディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所のA重油が許容温度を超えて発火に至ることは考えられない。

第1表 森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価結果（現実に即した放熱効果を考慮した評価）

事象	評価対象	貯蔵物	表面温度又は内部温度	許容温度
森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災	ボイラ用燃料貯蔵所	A重油	195℃	240℃
	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	A重油	181℃	240℃
	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	A重油	174℃	240℃

以上

別紙

外外火 19【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】

別紙				備考
資料 No.	名称	提出日	Rev	
別紙-1	再処理施設における評価結果	1 / 24	0	
別紙-2	MOX 燃料加工施設における評価結果	1 / 24	0	
別紙-3				
別紙-4				
別紙-5				
別紙-6				
別紙-7				
別紙-8				
別紙-9				
別紙-10				
別紙-11				
別紙-12				
別紙-13				
別紙-14				
別紙-15				

令和4年1月24日 RO

別紙－1

再処理施設における評価結果

目 次

1. 森林火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価…………… 1
2. 石油備蓄基地火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価…………… 5
3. 森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価… 7
4. 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災・爆発…………… 8

1. 森林火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価

(1) 計算条件

評価対象施設への輻射強度の計算結果については計算条件表に記載する。

a. ボイラー用燃料貯蔵所

第 1 - 1 表 計算条件 (ボイラー用燃料貯蔵所)

項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	36.7 ^{*1}	°C
輻射強度	E	1.4 (森林火災)	k W / m ²
重油熱伝導率	λ	0.104 ^{*2}	W / m · K
重油密度	ρ	820 ^{*3}	k g / m ³
重油比熱	c	1,700 ^{*4}	J / k g · K

* 1) 八戸特別地域気象観測所にて過去 10 年間 (2003-2012 年) で観測されたの最高気温

* 2) 伝熱工学資料 改訂第 4 版に記載の潤滑油, 変圧器油の値から各油について, 240°C に外挿した値の最小値

* 3) ENEOS A 重油 安全データシート

* 4) ENEOS 石油便覧

b. 精製建屋ボンベ庫（水素ボンベ）

第 1 - 2 表 計算条件（精製建屋ボンベ庫）

項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	36.7 ^{*1}	℃
輻射強度	E	0.89 (森林火災)	k W/m ²
水素密度	ρ_p	0.0899 ^{*2}	k g/m ³
水素比熱	c_{pp}	10,160 ^{*3}	J/k g·K
水素体積	V	47	L
ボンベ容器材密度	ρ_s	7,780 ^{*4}	k g/m ³
ボンベ容器材比熱	c_{ps}	406 ^{*4}	J/k g·K
ボンベ内径	D_i	214.6	mm
ボンベ外径	D_o	232	mm
ボンベ円筒長さ	h	1,380	mm
ボンベ最小板厚	e	8.7	mm

* 1) 八戸特別地域気象観測所にて過去 10 年間 (2003-2012 年) で観測されたの最高気温

* 2) 理化学辞典 第 5 版 岩波書店

* 3) 日本機械学会編. 機械工学便覧基礎編 α 5 熱工学. 2006.

* 4) 伝熱工学資料 改訂第 4 版

第 1 - 3 表 計算条件 (ボイラ建屋 ボンベ置場)

項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	36.7 ^{*1}	°C
輻射強度	E	1.7 (森林火災)	k W / m ²
プロパン密度	ρ_p	1.895 ^{*2}	k g / m ³
プロパン比熱	c_{pp}	1,667 ^{*3}	J / k g · K
プロパン体積	V	117.5	L
ボンベ容器材密度	ρ_s	7,780 ^{*4}	k g / m ³
ボンベ容器材比熱	c_{ps}	406 ^{*4}	J / k g · K
ボンベ内径	D_i	368	mm
ボンベ外径	D_o	372.9	mm
ボンベ円筒長さ	h	1,391	mm
ボンベ最小板厚	e	2.45	mm

* 1) 八戸特別地域気象観測所にて過去 10 年間 (2003-2012 年) で観測されたの最高気温

* 2) 鈴商総合ガスセンター 液化石油ガス 安全データシート

* 3) 日本石油 LP ガス協会 LP ガスの概要 LP ガスの性質

* 4) 伝熱工学資料 改訂第 4 版

(2) 評価結果

評価対象施設への評価結果を第1-4表に示す。

第1-4表 森林火災の評価結果

No.	貯蔵物	評価対象	表面温度又は 内部温度	許容温度	評価結果
1	A重油	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	— (No.2の評価 に包絡)	200℃	○ (No.2の評価 に包絡)
2	A重油	ボイラ用 燃料貯蔵所	58℃	200℃	○
3	A重油	ディーゼル発電機用燃料油受 入れ・貯蔵所	— (No.2の評価 に包絡)	200℃	○ (No.2の評価 に包絡)
4	水素	精製建屋 ボンベ庫	42℃	571.2℃	○
5	水素	還元ガス製造建屋	— (No.4の評価 に包絡)	571.2℃	○ (No.4の評価 に包絡)
6	プロパン	ボイラ建屋 ボンベ置場	62℃	405℃	○
7	プロパン	低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	— (No.6の評価 に包絡)	405℃	○ (No.6の評価 に包絡)

2. 石油備蓄基地火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価

(1) 計算条件

評価対象施設への輻射強度の計算結果については計算条件表に記載する。

第2-1表 ボイラー用燃料貯蔵所の重油タンクの温度上昇の計算に関する計算条件

項目	記号	数値	単位	備考
太陽光入射	Q_{sun}	0.4^{*1}	kW/m^2	—
ボイラー用燃料貯蔵所が 受ける輻射強度	Q_{ri}	1.5	kW/m^2	—
ステファン-ボルツマン 定数	σ	$5.670 \times 10^{-8} \text{ }^{*2}$	$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$	—
大気側温度	T_a	29	$^{\circ}\text{C}$	昭和41年～平成21年の夏季(6月～9月)の3時間ごとの温度の超過確率1%に相当する値とする。
タンク表面の輻射率	ϵ_c	0.7^{*3}	—	塗料の場合の0.7～0.9に対し最小とする。
表面から大気への形態 係数	F_{ca}	0.8^{*4}	—	石油備蓄基地火災において算出される形態係数から、厳しい評価となるように0.8とする。
外気温度	T_{amb}	29	$^{\circ}\text{C}$	大気側温度: T_a と同表記
ボイラー用燃料貯蔵所の 評価対象表面高さ	L	4.6	m	—
重力加速度	g	9.807 ^{*2}	m/s^2	—

*1) IAEA. IAEA 安全基準 IAEA 放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1. 1). 改訂1. 2008.

*2) 平成26年 理科年表 第87冊

*3) 伝熱工学資料 改訂第4版 p.185

*4) 伝熱工学資料 改訂第5版 p.139

第2-2表 ボイラ建屋 ボンベ置場のプロパンボンベの
温度上昇の計算に関する計算条件

項目	記号	数値	単位	備考
太陽光入射	Q_{sun}	0.4^{*1}	kW/m^2	—
ボイラ建屋 ボンベ置場 が受ける輻射強度	Q_{ri}	1.5	kW/m^2	—
ステファン-ボルツマン 定数	σ	$5.670 \times 10^{-8}^{*2}$	$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$	—
大気側温度	T_a	29	$^{\circ}\text{C}$	昭和41年～平成21年の夏季（6月～9月）の3時間ごとの温度の超過確率1%に相当する値とする。
建屋内外面の 輻射率	ϵ_c	0.7^{*3}	—	塗料の場合の0.7～0.9に対し最小とする。
表面から大気への形態係 数	F_{ca}	0.8^{*4}	—	石油備蓄基地火災において算出される形態係数から、厳しい評価となるように0.8とする。
外気温度	T_{amb}	29	$^{\circ}\text{C}$	大気側温度： T_a と同表記
ボイラ建屋 ボンベ置場 の建屋外面高さ	L	1.57	m	—
重力加速度	g	9.807^{*2}	m/s^2	—
ボンベ表面の 輻射率	ϵ_w	0.9^{*4}	—	塗料の場合の0.7～0.9に対し最大とする。
室内温度	T_b	36.7	$^{\circ}\text{C}$	八戸特別地域気象観測所にて過去10年間（2003-2012年）で観測されたの最高気温
ボイラ建屋 ボンベ置場 の評価対象表面高さ	L_w	1.391	m	—

*1) IAEA. IAEA 安全基準 IAEA 放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1. 1). 改訂1. 2008.

*2) 平成26年 理科年表 第87冊

*3) 伝熱工学資料 改訂第4版 p.185

*4) 伝熱工学資料 改訂第5版 p.139

(2) 評価結果

第2-3表 石油備蓄基地火災の評価結果

No.	貯蔵物	評価対象	表面温度又は 内部温度	許容温度	評価結果
1	A重油	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	— (No. 2 の評価 に包絡)	200℃	○ (No. 2 の評価 に包絡)
2	A重油	ボイラ用 燃料貯蔵所	178℃	200℃	○
3	A重油	ディーゼル発電機用燃料油受 入れ・貯蔵所	— (No. 2 の評価 に包絡)	200℃	○ (No. 2 の評価 に包絡)
4	水素	精製建屋 ボンベ庫	— (受熱面がな いため)	—	—
5	水素	還元ガス製造建屋	— (受熱面がな いため)	—	—
6	プロパン	ボイラ建屋 ボンベ置場	170℃	405℃	○
7	プロパン	低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	— (No. 6 の評価 に包絡)	405℃	○ (No. 6 の評価 に包絡)

3. 森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価

補足説明資料本文中の「3. 3 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳の影響について」に基づく石油備蓄基地火災と森林火災の重畳について、以下の通り計算条件及び評価結果を示す。

(1) 計算条件

森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災におけるボイラ用燃料貯蔵所の評価条件については、森林火災の場合は第1-1表、石油備蓄基地火災の場合は第2-1表と同じとする。

また、森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災におけるボイラ建屋 ボンベ置場のプロパンボンベの評価条件については、森林火災の場合は第1-3表、石油備蓄基地火災の場合は第2-2表と同じとする。

(2) 評価結果

ボイラ用燃料貯蔵所については個別評価を行いボイラ燃料受入貯蔵所については包絡評価として、温度評価を行い重油タンクの温度評価の結果を第3-1表に示す。

第3-1表の結果から許容温度240℃に対し235℃であり、評価結果は許容温度以下となり、ボイラ用燃料貯蔵所の重油タンクのA重油が許容温度を超えて発火に至

ることは考えられない。

なお、現実に即した放熱効果を考慮した重油タンクの温度評価についても参考に実施し、算出した温度が許容温度以下であることを確認している。(参考3参照)。

また、ボイラ建屋 ボンベ置場のプロパンボンベについても、第3-1表の結果から許容温度405℃に対し195℃であり、評価結果は許容温度以下となり、ボイラ建屋ボンベ置場のプロパンボンベが許容温度を超えて爆発に至ることは考えられない。

第3-1表 森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価結果

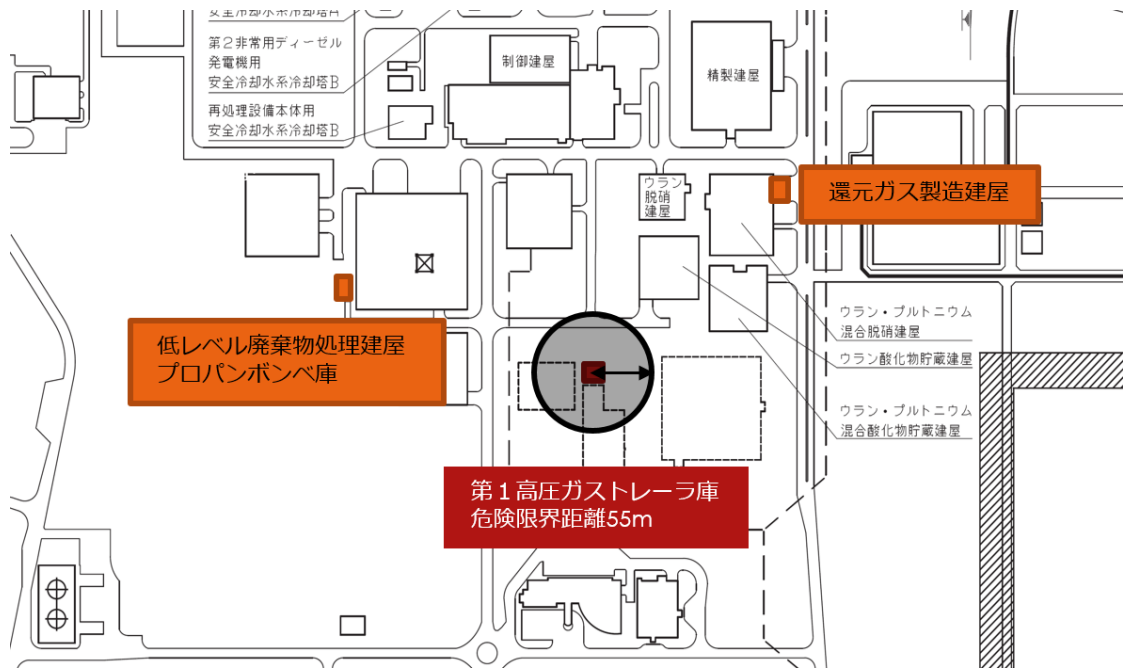
No.	貯蔵物	評価対象	表面温度又は内部温度	許容温度	評価結果
1	A重油	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	212℃	240℃	○
2	A重油	ボイラ用燃料貯蔵所	235℃	240℃	○
3	A重油	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	212℃	240℃	○
4	水素	精製建屋 ボンベ庫	— (受熱面がないため)	—	—
5	水素	還元ガス製造建屋	— (受熱面がないため)	—	—
6	プロパン	ボイラ建屋 ボンベ置場	195℃	405℃	○
7	プロパン	低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	— (No. 6 の評価に包絡)	405℃	○ (No. 6 の評価に包絡)

4. 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災・爆発

(1) MOX燃料加工施設第1 高圧ガストレーラ庫の爆発における危険距離

第1 高圧ガストレーラ庫に設置する水素（水素ガス最大貯蔵量：3400Nm³）を爆発源とした場合に、外部火災ガイドを参考とし、式 3.3-1 より危険限界距離を算出した結果、危険限界距離は55mとなる。

評価対象とする危険物貯蔵施設は還元ガス製造建屋と低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫とする。位置関係を第4-1図に示す。危険距離よりも離れており爆発の影響はない。



第4-1図 第1 ガストレーラ庫から還元ガス製造建屋と低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫の位置関係

以上

令和4年1月24日 RO

別紙－2

MOX燃料加工施設施設における評価結果

目 次

1. 森林火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価…………… 1
2. 石油備蓄基地火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価…………… 5
3. 森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価… 8
4. 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災・爆発…………… 9

1. 森林火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価

(1) 計算条件

補足説明資料本文中の「3. 1 森林火災に対する外部火災防護対象施設の熱影響評価」の計算条件を以下の表に示す。なお、評価対象施設への輻射強度の計算結果についても表中に記載する。

a. ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所

第 1-1 表 計算条件 (ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所)

項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	36.7 ^{*1}	℃
輻射強度	E	1.04 (森林火災)	kW/m ²
重油密度	ρ	820 ^{*2}	kg/m ³
重油比熱	c	1,700 ^{*3}	J/kgK
重油熱伝導率	λ	0.104 ^{*4}	W/mK

*1) 八戸特別地域気象観測所にて過去10年間(2003-2012年)で観測されたの最高気温

*2) ENEOS A重油 安全データシート

*3) ENEOS 石油便覧

*4) 伝熱工学資料 改訂第4版に記載の潤滑油, 変圧器油の値から各油について, 240℃に外挿した値の最小値

- b. 第1 高压ガストレーラ庫内に設置される水素ガスの貯蔵容器及びPG ボンベ庫内に設置されるLP ガスの貯蔵容器

第1-2 表 計算条件 (水素ガスの貯蔵容器)

項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	36.7* ¹	℃
輻射強度	E	0.45 (森林火災)	k W/m ²
水素密度	ρ_p	0.0899* ⁵	k g/m ³
水素比熱	c_{pp}	10,160* ⁶	J/k g-K
水素体積	V	47	L
貯蔵容器材	—	クロムモリブデン鋼	—
容器材密度	ρ_s	7,780* ⁷	k g/m ³
容器材比熱	c_{ps}	406* ⁷	J/k g-K
容器最小板厚	e	8.7	mm
容器円筒長さ	h	1,380	mm
容器内径	D_i	214.6	mm
容器外径	D_o	232	mm

* 5) 理化学辞典 第5版 岩波書店

* 6) ENEOS A重油 安全データシート

* 7) 伝熱工学資料 改訂第4版

第 1-3 表 計算条件 (LP ガスの貯蔵容器)

項目	記号	数値	単位
初期温度	T_0	36.7 ^{*1}	°C
輻射強度	E	4.9 (森林火災)	kW/m ²
プロパン密度	ρ_p	1.895 ^{*8}	kg/m ³
プロパン比熱	c _{pp}	1,667 ^{*9}	J/kg-K
プロパン体積	V	117.5	L
ボンベ容器材	—	クロムモリブデン鋼	—
ボンベ容器材密度	ρ_s	7,780 ^{*7}	kg/m ³
ボンベ容器材比熱	c _{ps}	406 ^{*7}	J/kg-K
ボンベ最小板厚	e	2.45	mm
ボンベ円筒長さ	h	1,391	mm
ボンベ内径	D_i	368	mm
ボンベ外径	D_o	372.9	mm

* 8) 鈴商総合ガスセンター 液化石油ガス 安全データシート

* 9) 日本石油LPガス協会 LPガスの概要 LPガスの性質

(2) 評価結果

補足説明資料本文中の「3.1 森林火災に対する外部火災防護対象施設の熱影響評価」に基づき、森林火災による危険物貯蔵施設等の温度上昇を評価した結果を第1-4表に示す。

第1-4表 評価結果

事象	評価対象	貯蔵物	表面温度又は内部温度	許容温度
森林火災	ボイラ用燃料 受入れ・貯蔵所	A 重油	81℃	240℃
	水素ガスの貯蔵容器	水素	40℃	571.2℃
	LP ガスの貯蔵容器	LP ガス	47℃	405℃

2. 石油備蓄基地火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価

(1) 計算条件

補足説明資料本文中の「3.2 敷地内の危険物貯蔵施設等に対する近隣の産業施設の火災及び爆発の影響について」の計算条件を以下の表に示す。なお、評価対象施設への輻射強度の計算結果についても表中に記載する。

第2-1表 ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の重油タンクの温度上昇の計算に関する計算条件

項目	記号	数値	単位	備考
太陽光入射	Q_{sun}	0.4^{*2}	kW/m^2	—
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所が受ける輻射強度	Q_{ri}	1.4	kW/m^2	—
ステファン-ボルツマン定数	σ	5.670×10^{-8} *1	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}^4$	—
大気側温度	T_a	29	$^{\circ}\text{C}^{*1}$	昭和41年～平成21年の夏季（6月～9月）の3時間ごとの温度の超過確率1%に相当する値とする。
タンク表面の輻射率	ϵ_c	0.7^{*4}	—	塗料の場合の0.7～0.9に対し最小とする。
表面から大気への形態係数	F_{ca}	0.8^{*3}	—	石油備蓄基地火災において算出される形態係数から、厳しい評価となるように0.8とする。
外気温度	T_{amb}	29	$^{\circ}\text{C}^{*1}$	大気側温度： T_a と同表記
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の評価対象表面高さ	L	5.6	m	—
重力加速度	g	9.807^{*1}	m/s^2	—

*1) 平成26年 理科年表 第87冊

*2) IAEA. IAEA 安全基準 IAEA 放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1. 1). 改訂1. 2008.

*3) 伝熱工学資料 改訂第5版 p.139

*4) 伝熱工学資料 改訂第4版 p.185

第2-2表 第1高圧ガストレーラ庫 水素ガス貯蔵容器の温度上昇の計算に関する計算条件

項目	記号	数値	単位	備考
太陽光入射	Q_{sun}	0.4^{*2}	kW/m^2	—
第1高圧ガストレーラ庫が受ける輻射強度	Q_{ri}	1.11	kW/m^2	—
ステファン-ボルツマン定数	σ	$5.670 \times 10^{-8} \text{ }^{*1}$	W/m^2K^4	—
建屋内外面の輻射率	ϵ_c	0.7^{*4}	—	塗料の場合の0.7~0.9に対し最小とする。
水素ガス貯蔵容器表面の輻射率	ϵ_w	0.9^{*4}	—	塗料の場合の0.7~0.9に対し最大とする。
大気側温度	T_a	29	$^{\circ}C^{*1}$	昭和41年~平成21年の夏季(6月~9月)の3時間ごとの温度の超過確率1%に相当する値とする。
外気温度	T_{amb}			
表面から大気への形態係数	F_{ca}	0.8^{*3}	—	石油備蓄基地火災において算出される形態係数から、厳しい評価となるように0.8とする。
第1高圧ガストレーラ庫の建屋外面高さ	L	6.3	m	—
室内温度	T_b	36.7	$^{\circ}C$	八戸特別地域気象観測所にて過去10年間(2003-2012年)で観測されたの最高気温
容器の評価対象表面高さ	L_w	7.94	m	—

*1) 平成26年 理科年表 第87冊

*2) IAEA. IAEA安全基準 IAEA放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1. 1). 改訂1. 2008.

*3) 伝熱工学資料 改訂第5版 p.139

*4) 伝熱工学資料 改訂第4版 p.185

(2) 評価結果

補足説明資料本文中の「3.2 敷地内の危険物貯蔵施設等に対する近隣の産業施設の火災及び爆発の影響について」に基づき、石油備蓄基地の火災による危険物貯蔵施設等の温度上昇を評価した結果を第2-3表に示す。

第2-3表 評価結果

事象	評価対象	貯蔵物	表面温度又は内部温度	許容温度
石油備蓄基地火災	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	A重油	172℃	240℃
	水素ガスの貯蔵容器	水素	140℃	571.2℃

3. 森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価

補足説明資料本文中の「3.3 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳の影響について」に基づく石油備蓄基地火災と森林火災の重畳について、以下の通り計算条件及び評価結果を示す。

(1) 計算条件

森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災における評価条件については、森林火災を考慮するボイラ用燃料受入れ・貯蔵所は第1-1表、石油備蓄基地火災を考慮するディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所は第2-1表と同じとする。

また、森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災における第1 高压ガストレーラ庫水素ガスの貯蔵容器の評価条件については、森林火災の場合は第1-2表、石油備蓄基地火災の場合は第2-2表と同じとする。

(2) 評価結果

ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所及びディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の重油タンクの温度評価の結果を第3-1表に示す。

第3-1表の結果から許容温度240℃に対し両者とも212℃であり、評価結果は許容温度以下となり、ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所及びディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の重油タンクのA重油が許容温度を超えて発火に至ることは考えられない。

なお、現実に即した放熱効果を考慮した重油タンクの温度評価についても参考に実施し、算出した温度が許容温度以下であることを確認している。(参考3参照)。

また、第1 高压ガストレーラ庫水素ガスの貯蔵容器についても、第3-1表の結果から許容温度571.2℃に対し144℃であり、評価結果は許容温度以下となり、第1 高压ガストレーラ庫 水素ガスの貯蔵容器が許容温度を超えて爆発に至ることは考えられない。

第3-1表 森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災からの危険物貯蔵施設等への熱影響評価結果

事象	評価対象	貯蔵物	表面温度又は内部温度	許容温度
森林火災と石油備蓄基地火災の重畳火災	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	A 重油	212℃	240℃
	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	A 重油	212℃	240℃
	第1 高压ガストレーラ庫水素ガスの貯蔵容器	水素	144℃	571.2℃

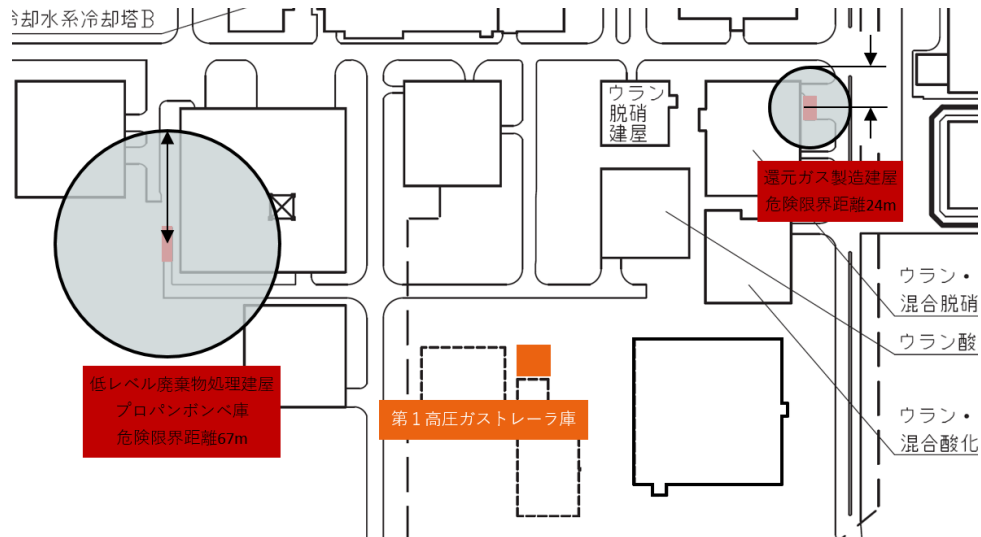
4. 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災・爆発

補足説明資料本文中の「3. 4 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災・爆発」に基づく敷地内の危険物貯蔵施設等による影響について、以下の通り評価条件及び評価結果を示す。

(1) 再処理施設の還元ガス製造建屋、低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫の爆発における危険距離

還元ガス製造建屋に設置する水素（水素ガス最大貯蔵量：25kg）と低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫に設置するLPガス（LPガス最大貯蔵量：2975kg）を爆発源とした場合に、外部火災ガイドを参考とし、式3.3-1より危険限界距離を算出した結果、危険限界距離はそれぞれ24mと67mとなる。

評価対象とする危険物貯蔵施設は還元ガス製造建屋と低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫とする。位置関係を第4-1図に示す。危険距離よりも離れており爆発の影響はない。



第4-1図 第1ガストレーラ庫から還元ガス製造建屋と低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫の位置関係

以上