

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設  
（TVF）ガラス固化技術開発棟の近隣の産業施設の  
火災・爆発影響評価に関する説明書

## 1.基本方針

再処理施設の廃止措置計画において、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の外部火災（石油コンビナート等火災・爆発）に対する安全対策の検討は、添付資料 6-1-4-7「再処理施設の外部火災対策の基本的考え方」に基づいて行う。また、影響評価については「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（原子力規制委員会，平成25年6月19日）<sup>[1]</sup>（以下「ガイド」という。）を参考に実施する。

## 2. 石油コンビナート等について

茨城県内において石油コンビナート等災害防止法により石油コンビナート等特別防災区域に指定されているのは以下の区域である（茨城県地域防災計画資料編<sup>[2]</sup>より抜粋）。また、石油コンビナート等特別防災区域を図2-1に示す。

- (1) 茨城県鹿嶋市大字国末字北浜山，字南浜山及び字海岸砂地，大字泉川字北浜山，字南浜山，字浜屋敷及び字沢東，大字新浜，大字光字光2番地から4番地並びにこれらの区域に介在する道路の区域。
- (2) 茨城県神栖市北浜1番地から4番地まで，3番地及び4番地に隣接する国有無番地，6番地から16番地まで，19番地の1（工業専用地域（都市計画法（昭和43年法律第100号）第1条第12項に規定する地域をいう。以下同じ。）に限る。），19番地2, 20番地から24番地まで，27番地，3671番地6，3671番地37から3671番地41まで，3671番地44から3671番地46まで，6223番地54，6223番地55（工業専用地域に限る。），6223番地60，6223番地61並びに6318番地，奥野谷字浜野6223番地65，6225番地40，6225番地806，6225番地821，6225番地832及び6225番地833並びに宇東和田5588番地2，5590番地9，5591番地1，5598番地1，5599番地7及び5600番地5，東和田(39番地1及び39番地2を除く。)並びに東深芝1番地から20番地まで，21番地2から21番地4まで，22番地2，2番地3，22番地17から22番地21まで，34番地9，34番地10及び34番地13から34番地21まで並びに宇高山2988番地の区域並びに当該区域に介在する道路の区域。

これらの石油コンビナート等特別防災区域に指定されている区域は，再処理施設から10 km以上（53 km）離れていることから評価対象外とした。再処理施設と石油コンビナートとの位置関係を図2-2に示す。



図 2-1 石油コンビナート等特別防災区域（鹿島臨海地区）



図 2-2 再処理施設と石油コンビナートとの位置関係

### 3.石油類貯蔵施設における火災熱影響評価

以下のデータをもとに石油類貯蔵施設における火災熱影響評価をした。

#### 3.1 評価条件

##### 3.1.1 評価対象施設

再処理施設から 10 km の範囲内には危険物施設である石油類貯蔵施設が約 500 か所存在する（屋内貯蔵及び少量のものは除く。）。再処理施設から 10 km 以内に存在する石油類貯蔵施設を図 3.1-1 に示す。

この調査結果をもとに、以下の方針に従い、評価対象施設を絞り込み、評価対象となった石油類貯蔵施設を表 3.1-1 に示す。

- (1) 危険物施設のうち、屋外貯蔵施設を評価対象施設とした。
- (2) 再処理施設に隣接し、貯蔵量が多いタンクを保有する株式会社JERA常陸那珂火力発電所内の屋外貯蔵施設について温度評価した。なお、同火力発電所の危険距離よりも遠くにありかつ上記の評価対象としたタンクよりも貯蔵量が少ない屋外貯蔵施設についての評価は本評価に包絡できるため、評価対象から除外した。
- (3) 株式会社JERA常陸那珂火力発電所内の屋外貯蔵施設よりも貯蔵量が多く、同火力発電所の評価に包絡できない屋外貯蔵施設については個別に評価対象とした。

##### 3.1.2 石油類貯蔵施設における火災の想定

石油類貯蔵施設の火災の想定は以下のとおりとした。

###### (1) 想定条件

- a.評価対象とする石油類貯蔵施設は、株式会社JERA常陸那珂火力発電所（軽油貯蔵タンク及び2号軽油サービスタンク）、出光興産株式会社日立油槽所と株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナルとした。なお、出光興産株式会社日立油槽所と株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナルは隣接した施設であるため、合算して評価した。
- b.タンクの燃料は満載した状態を想定した。
- c.離隔距離は評価上厳しくなるよう、a.で想定した石油類貯蔵施設の位置から再処理施設までの直線距離とした。
- d.火災はタンクの破損等による防油堤内の全面火災を想定した。
- e.気象条件は無風状態とした。

###### (2) 輻射強度の算定

油火災において任意の位置にある輻射強度（熱）を計算により求めるために、半

径が1.5 m以上の場合で、火炎の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火炎モデルを採用した。

### 3.2 データの算出

熱影響評価するため、以下のデータを算出した。

- ・石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータ
- ・燃焼半径の算出
- ・燃焼継続時間の算出
- ・石油類貯蔵施設と影響評価対象施設までの離隔距離
- ・形態係数の算出
- ・輻射強度の評価

データの算出過程を添付資料 6-1-4-9-1「石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：データの算出について」に示す。石油類貯蔵施設と再処理施設までの離隔距離を表 3.2-1 に示す。石油類貯蔵施設と再処理施設の位置関係を図 3.2-1 及び図 3.2-2 に示す。

### 3.3 外壁に対する熱影響評価

#### (1) 影響評価対象範囲

株式会社JERA常陸那珂火力発電所（軽油貯蔵タンク及び2号軽油サービスタンク）を発火源と想定した場合及び出光興産株式会社日立油槽所及び株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナルを合算したものを発火源と想定した場合の高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟コンクリート外壁面並びに第二付属排気筒の温度評価をした。

#### (2) 評価手法及び結果

##### a. 許容温度

コンクリート製建家については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度200℃<sup>\*1</sup>を許容温度とした。第二付属排気筒については、鋼材（SMA41）の強度が維持される保守的な温度350℃<sup>\*2</sup>以下とした。

<sup>\*1</sup> 「建築火災のメカニズムと火災安全設計（財団法人 日本建築センター）」に基づき、コンクリートにおける常温時の強度が維持される保守的な温度である200℃を許容温度とする。

<sup>\*2</sup> 「発電用原子力設備規格 材料規格（JSMR）」に基づき、鋼材における常温時の強度が維持される保守的な温度である350℃を許容温度とする。

#### b. コンクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、コンクリート製建家表面の温度上昇を評価した。コンクリート外壁に対する熱影響評価結果を表 3.3-1 に示す。評価の詳細を添付資料 6-1-4-9-2「石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」に示す。

評価の結果、コンクリート表面の最高温度は52.7℃であり、許容温度である200℃以下であることを確認した。延焼防止に必要な距離である危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。なお、コンクリート製である主排気筒の評価についても本評価に包含される。

#### c. 第二付属排気筒熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で第二付属排気筒が昇温されるものとして、第二付属排気筒の温度上昇を評価した。第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を表3.3-2に示す。評価の詳細を添付資料6-1-4-9-2「石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」に示す。

評価の結果、第二付属排気筒の最高温度は52.2℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

表 3.1-1 再処理施設周辺に位置する評価対象となった石油類貯蔵施設

事業所名	評価採用油種	数量 [m <sup>3</sup> ]
株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所 軽油貯蔵タンク	軽油	■
株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所 2号軽油サービスタンク	軽油	■
出光興産株式会社日立油槽所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ 日立オイルターミナル (※)	ガソリン	■

(※) 日立油槽所と日立オイルターミナルについては隣接して設置されているため、2施設の貯蔵数量を合算して評価した。また、当該施設は複数の油種が混在して貯蔵されていることから、当該施設で貯蔵されている油種の中で最も保守的な物性値となるガソリンが一律貯蔵されているとみなして評価した。

表 3.2-1 石油類貯蔵施設と影響評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
株式会社JERA常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	1600
株式会社JERA常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	600
出光興産株式会社日立油槽所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	6800

表 3.3-1 コンクリート外壁に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
株式会社JERA常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	52.7	195
株式会社JERA常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	50.5	29
出光興産株式会社日立油槽所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	50.3	257

表 3.3-2 第二付属排気筒に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
株式会社JERA常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	52.2	97
株式会社JERA常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	50.4	15
出光興産株式会社日立油槽所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	50.2	127

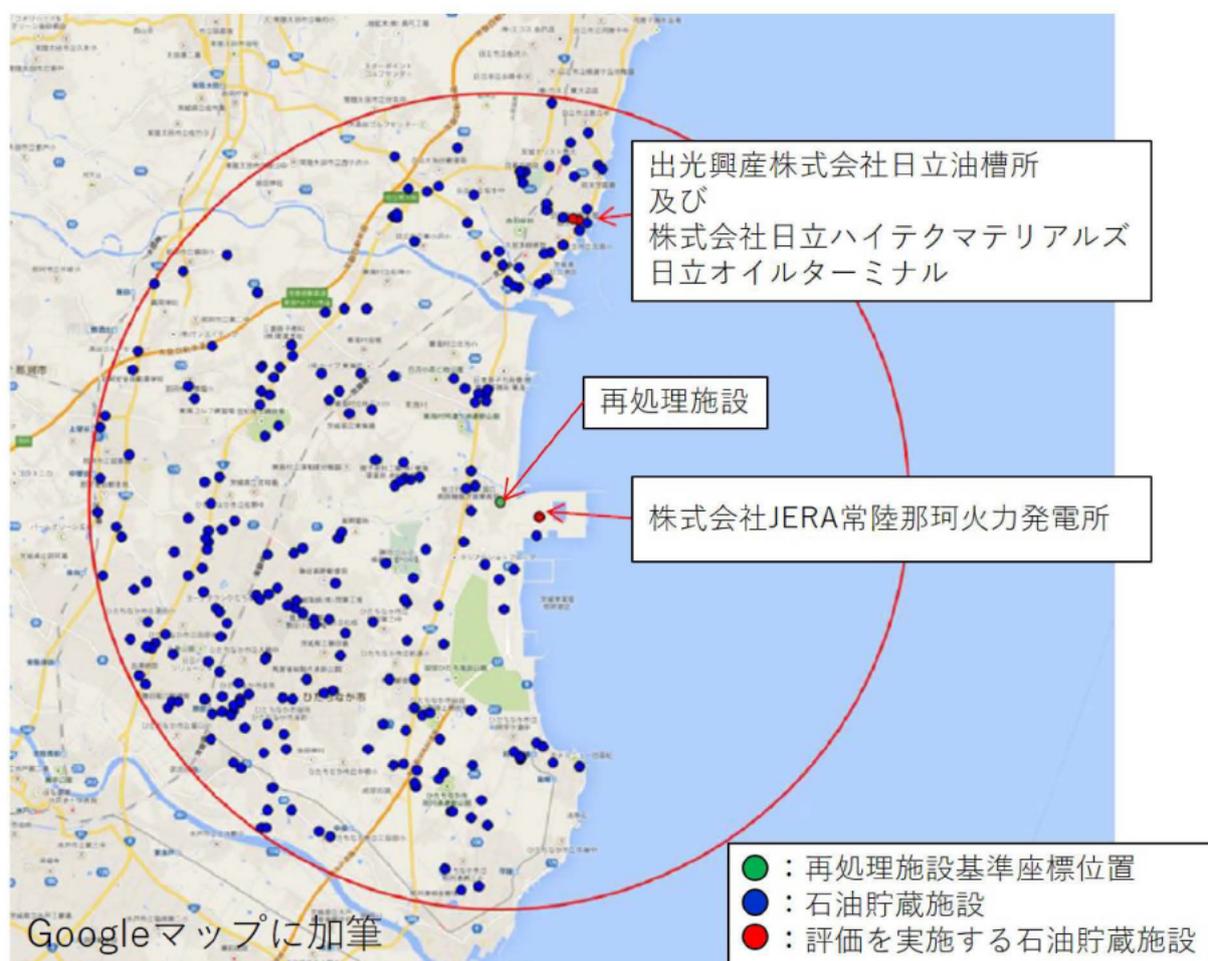


図 3.1-1 再処理施設から 10 km 以内に存在する危険物貯蔵施設



図3.2-1 石油類貯蔵施設と再処理施設の位置関係（1）

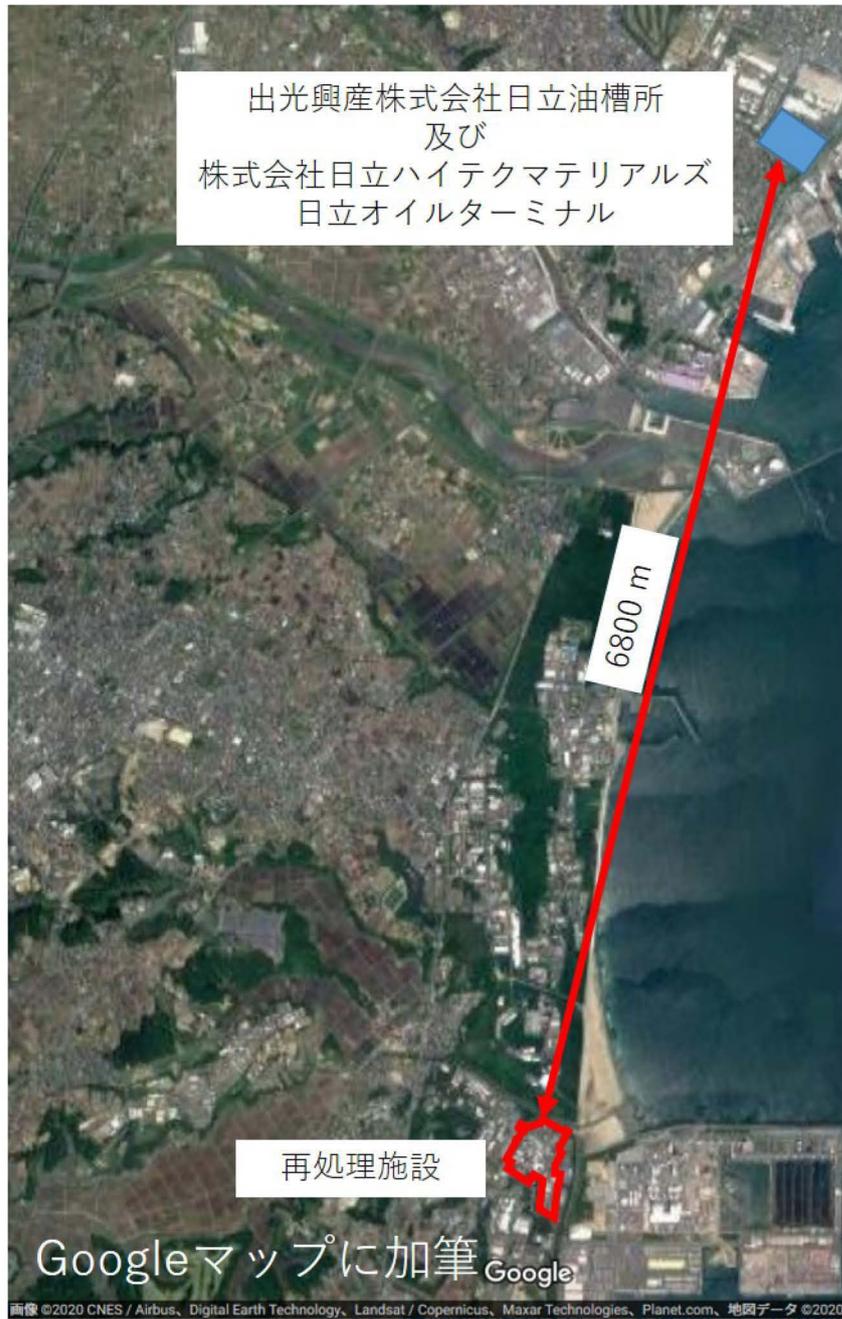


図3.2-2 石油類貯蔵施設と再処理施設の位置関係（2）

## 4.核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設における火災熱影響評価

以下のデータをもとに核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設（以下「屋外貯蔵施設」という。）における火災熱影響評価をした。

### 4.1 評価条件

#### 4.1.1 評価対象施設

核燃料サイクル工学研究所内には危険物施設である屋外貯蔵施設が5か所存在する。これらを実評価対象とした。なお、地下タンク貯蔵所については、地表面で火災が発生する可能性は低いことから、評価対象外とした。評価対象となった屋外貯蔵施設を表4.1.1-1に示す。屋外貯蔵施設の配置図を図4.1.1-1に示す。

#### 4.1.2 屋外貯蔵施設における火災の想定

屋外貯蔵施設の火災の想定は以下のとおりとした。

##### (1) 想定条件

- a.評価対象とする屋外貯蔵施設は、ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク、中央運転管理室屋外重油タンク（11-7、11-8、11-9）、廃棄物処理場屋外タンク、屋外軽油タンク（南東地区）（No.1・No.2）及び低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンクとした。
- b.タンクの燃料は満載した状態を想定した。
- c.離隔距離は評価上厳しくなるよう、a.で想定した屋外貯蔵施設の位置から高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒までの直線距離とした。
- d.火災はタンクの破損等による防油堤内の全面火災を想定した。
- e.気象条件は無風状態とした。

##### (2) 輻射強度の算定

油火災において任意の位置にある輻射強度（熱）を計算により求めるために、半径が1.5 m以上の場合で、火炎の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火炎モデルを採用した。

### 4.2 データの算出

熱影響評価するため、以下のデータを算出した。

- ・屋外貯蔵施設及び燃料に係るデータ
- ・燃焼半径の算出
- ・燃焼継続時間の算出

- ・屋外貯蔵施設と影響評価対象施設までの離隔距離
- ・形態係数の算出
- ・輻射強度の評価

データの算出過程を添付資料 6-1-4-9-1「石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：データの算出について」に示す。屋外貯蔵施設と高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒までの離隔距離を表 4.2-1 に示す。

### 4.3 外壁に対する熱影響評価

#### (1) 影響評価対象範囲

屋外貯蔵施設を発火源と想定した場合の高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟コンクリート外壁面並びに第二付属排気筒の温度評価を実施した。

#### (2) 評価手法及び結果

##### a. 許容温度

コンクリート製建家については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 $200^{\circ}\text{C}$ <sup>\*1</sup>を許容温度とした。第二付属排気筒については、鋼材（SMA41）の強度が維持される保守的な温度 $350^{\circ}\text{C}$ <sup>\*2</sup>以下とした。

\*1 「建築火災のメカニズムと火災安全設計（財団法人 日本建築センター）」に基づき、コンクリートにおける常温時の強度が維持される保守的な温度である $200^{\circ}\text{C}$ を許容温度とする。

\*2 「発電用原子力設備規格 材料規格（JSMR）」に基づき、鋼材における常温時の強度が維持される保守的な温度である $350^{\circ}\text{C}$ を許容温度とする。

##### b. コンクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、コンクリート製建家表面の温度上昇を評価した。コンクリート外壁に対する熱影響評価結果を表4.3-1に示す。評価の詳細を添付資料6-1-4-9-2「石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」に示す。

評価の結果、コンクリート表面の最高温度は $50.9^{\circ}\text{C}$ であり、許容温度である $200^{\circ}\text{C}$ 以下であることを確認した。延焼防止に必要な距離である危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

また、最も影響の大きい中央運転管理室屋外重油タンク（11-7, 11-8, 11-9）による火災と、最も影響の大きい条件である森林火災を想定し、それぞれの上昇温度より重畳を考慮し評価したとしても、コンクリート表面の最高温度は121.8℃であり、許容温度である200℃以下であることを確認した。重畳評価結果を表4.3-2に示す。評価の詳細を別紙6-1-4-9-2-2「核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設火災と森林火災の重畳評価」に示す。なお、コンクリート製である主排気筒については、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に比べ隔離距離が長いため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の評価に包含される。

#### c. 第二付属排気筒熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で第二付属排気筒が昇温されるものとして、第二付属排気筒の温度上昇を評価した。第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を表4.3-3に示す。評価の詳細を添付資料6-1-4-9-2「石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：外壁に対する熱影響評価について」に示す。

評価の結果、第二付属排気筒の最高温度は50.6℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。危険距離についても隔離距離を下回っていることを確認した。

また、最も影響の大きい中央運転管理室屋外重油タンク（11-7, 11-8, 11-9）による火災と、最も影響の大きい条件である森林火災を想定し、それぞれの上昇温度より重畳を考慮し評価したとしても、第二付属排気筒の最高温度は77.6℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。重畳評価結果を表4.3-4に示す。評価の詳細を別紙6-1-4-9-2-2「核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設火災と森林火災の重畳評価」に示す。

表 4.1.1-1 評価対象となった屋外貯蔵施設

想定火災源	燃料の種類	燃料量[m <sup>3</sup> ]	
ウラン系廃棄物焼却場 屋外タンク	灯油	1.05	
中央運転管理室 屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	重油	196	588
	重油	196	
	重油	196	
廃棄物処理場 屋外タンク	オクチル酸カルシウム	1.2	5.8
	ケロシン	4.6	
屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)	軽油	195	390
	軽油	195	
低放射性廃棄物処理技 術開発施設 屋外タンク	灯油	7.5	

表 4.2-1 屋外貯蔵施設と影響評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]		
	HAW	TVF	第二付属 排気筒
ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク	318	255	325
中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	482	535	524
廃棄物処理場屋外タンク	179	199	220
屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)	855	896	889
低放射性廃棄物処理技術開発施設 タンク	193	202	227

表 4.3-1 コンクリート外壁に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度[°C]		危険距離[m]
	HAW	TVF	
ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク	50.1	50.1	5
中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	50.9	50.8	31
廃棄物処理場屋外タンク	50.7	50.6	11
屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)	50.4	50.3	38
低放射性廃棄物処理技術開発施設 タンク	50.5	50.5	10

表 4.3-2 重畳評価結果

施設	壁面温度[°C]
HAW	79.9
TVF	121.8

表 4.3-3 第二付属排気筒に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク	50.1	3
中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	50.6	12
廃棄物処理場屋外タンク	50.6	8
屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)	50.3	18
低放射性廃棄物処理技術開発施設タンク	50.4	6

表 4.3-4 重畳評価結果

施設	壁面温度[°C]
第二付属排気筒	77.6



図 4.1.1-1 屋外貯蔵施設の配置図

## 5. 有毒ガス影響評価

### 5.1 目的

再処理施設における施設の入気口位置における，外部火災による有毒ガス濃度評価を実施した。

想定事象は4項で実施した屋外貯蔵施設における火災とした。

### 5.2 評価手法

火災による有毒ガス発生量，風速及び大気拡散度に基づき，原子力施設の安全審査で使用される有風時プルーム式を用いて，評価対象施設入気口における有毒ガス濃度を評価した。入気口における有毒ガス濃度の計算に用いる手法を添付資料 6-1-4-9-3「有毒ガス及びばい煙の影響評価について」に示す。

図 5.2-1 に，評価手法の概要を示す。

本評価では，屋外貯蔵施設における火災を想定し，火災により発生する有毒ガスの入気口位置における濃度を求めた。火災源に対して算出した入気口位置の有毒ガス濃度を評価値として，「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」<sup>[3]</sup>で判断基準とされている IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health)<sup>[4]</sup>の値以下であることを確認した。IDLH 値を表 5.2-1 に示す。

評価手順は以下のとおりである。

- ① 火災源から発生する有毒ガス発生量を算出する。
- ② 火災源における排気熱量を算出する。
- ③ 排煙上昇過程式を用いて，入気口中央の地表面からの高さと同くなる風速を求める。
- ④ 有風時プルーム式を用いて，入気口における有毒ガス濃度を求める。

### 5.3 評価に用いるデータ

#### 5.3.1 評価対象となる入気口

以下の2か所の入気口を評価対象とした。

- ・高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 入気チャンバー
- ・ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟給気塔

#### 5.3.2 火災発生時の有毒ガス発生量の算出

有毒ガスの発生量は以下のとおり算出した。

- ・CO<sub>2</sub>発生量：環境省の温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル<sup>[5]</sup>に基づき算出

- ・CO発生量：原油火災試験<sup>[6]</sup>の計測結果を採用
- ・SO<sub>2</sub>及びNO<sub>2</sub>発生量：米国EPA（環境省）及びFAA（連邦航空局）が提示するEmission Factorを使用<sup>[7][8]</sup>

### 5.3.3 評価対象及び火災源に関するデータ

以下を火災源とした。

#### (1) 屋外貯蔵施設における火災

- ・ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク
- ・中央運転管理室屋外重油タンク（11-7, 11-8, 11-9）
- ・廃棄物処理場屋外タンク
- ・屋外軽油タンク（南東地区）（No.1・No.2）
- ・低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンク

有毒ガス影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・評価対象に関するデータ（離隔距離，高低差）
- ・燃焼特性に関するデータ（発熱量，質量低下速度，他）
- ・火災源に関するデータ（燃焼面積，風速，他）
- ・拡散パラメータ

データの算出を別紙 6-1-4-9-3-1「有毒ガス及びばい煙の影響評価：データの算出について」に示す。

### 5.4 有毒ガス影響評価結果

表5.4-1～表5.4-5に有毒ガス影響評価の結果及びIDLH値を示す。

危険物タンクの火災を想定した有毒ガス影響評価については，全対象についてIDLH値以下となった。

表 5.2-1 IDLH(Immediately Dangerous to Life and Health) 値

基準	ガス濃度[ppm]			
	CO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
IDLH 値	40000	1200	100	20

表 5.4-1 評価結果(ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
			$\sigma_y$ [m]	$\sigma_z$ [m]	CO <sub>2</sub> (40000)	CO (1200)	SO <sub>2</sub> (100)	NO <sub>2</sub> (20)
HAW 入気チャンバー	■	13.8	23.38	13.89	9	0.15	0.01	0.04
TVF給気塔	■	9.8	19.04	12.99	17	0.27	0.01	0.07

表 5.4-2 評価結果(中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9) )

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
			$\sigma_y$ [m]	$\sigma_z$ [m]	CO <sub>2</sub> (40000)	CO (1200)	SO <sub>2</sub> (100)	NO <sub>2</sub> (20)
HAW 入気チャンバー	■	75.2	34.41	18.44	66	1.03	1.26	0.15
TVF給気塔	■	66.5	37.91	20.41	60	0.93	1.14	0.14

表 5.4-3 評価結果(廃棄物処理場屋外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
			$\sigma_y$ [m]	$\sigma_z$ [m]	CO <sub>2</sub> (40000)	CO (1200)	SO <sub>2</sub> (100)	NO <sub>2</sub> (20)
HAW 入気チャンバー	■	18.0	13.71	10.10	108	1.73	0.03	0.20
TVF給気塔	■	16.0	15.12	11.55	96	1.54	0.03	0.18

表 5.4-4 評価結果(屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2) )

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
			$\sigma_y$ [m]	$\sigma_z$ [m]	CO <sub>2</sub> (40000)	CO (1200)	SO <sub>2</sub> (100)	NO <sub>2</sub> (20)
HAW 入気チャンバー	■	108.8	58.60	28.41	19	0.29	0.04	0.03
TVF給気塔	■	92.6	61.21	29.82	19	0.29	0.04	0.03

表 5.4-5 評価結果(低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
			$\sigma_y$ [m]	$\sigma_z$ [m]	CO <sub>2</sub> (40000)	CO (1200)	SO <sub>2</sub> (100)	NO <sub>2</sub> (20)
HAW 入気チャンバー	■	16.5	14.70	10.48	70	1.13	0.02	0.13
TVF給気塔	■	14.1	15.33	11.62	71	1.15	0.02	0.13

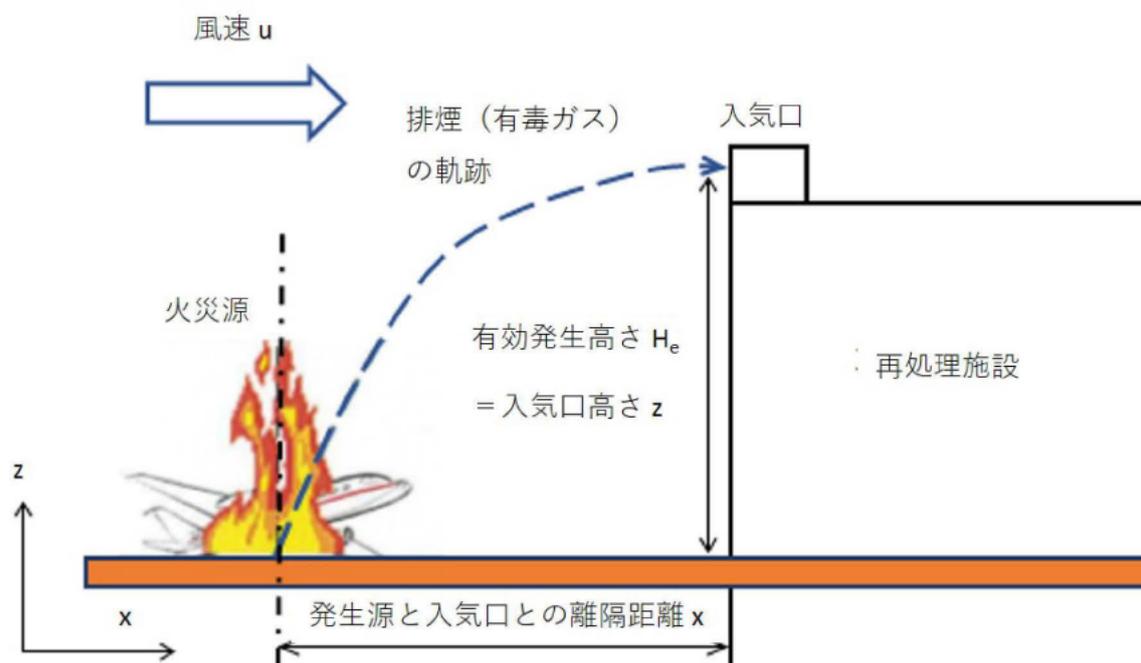


図 5.2-1 入気口における有毒ガス濃度評価手法の概要

## 6. ばい煙影響評価

### 6.1 目的

再処理施設における施設の入気口位置における、外部火災によるばい煙濃度を評価した。想定事象は、4項で実施した屋外貯蔵施設における火災とした。

### 6.2 評価手法

「5. 有毒ガス影響評価」と同様な手法により、評価対象施設入気口におけるばい煙濃度を評価した。入気口におけるばい煙濃度の計算に用いる手法を添付資料 6-1-4-9-3「有毒ガス及びばい煙の影響評価について」に示す。

本評価では、屋外貯蔵施設における火災を想定し、火災により発生するばい煙の入気口位置における濃度を求めた。火災源に対して算出した入気口位置のばい煙濃度を評価値として、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」で判断基準とされている IDLH 値以下であることを確認した。IDLH 値を表 6.2-1 に示す。

評価手順は以下のとおりである。

- ① 火災源から発生するばい煙発生量を算出する。
- ② 火災源における排気熱量を算出する。
- ③ 排煙上昇過程式を用いて、入気口中央の地表面からの高さと同くなる風速を求める。
- ④ 有風時ブルーム式を用いて、入気口におけるばい煙濃度を求める。

### 6.3 評価に用いるデータ

#### 6.3.1 評価対象となる入気口

以下の2か所の入気口を評価対象とした。

- ・高放射性廃液貯蔵場（HAW）入気チャンバー
- ・ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟給気塔

#### 6.3.2 火災発生時のばい煙発生量の算出

ばい煙の発生量は以下とおり算出した。

- ・ばい煙発生量：消防研報告書<sup>[9]</sup>より、煙収率<sup>※</sup>は0.10～0.15となることから、保守的に煙収率0.15として算出
- ※煙収率：燃料中の炭素が煙に変換する割合

#### 6.3.3 評価対象及び火災源に関するデータ

以下を火災源とした。

- (1) 屋外貯蔵施設における火災
  - ・ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク

- ・中央運転管理室屋外重油タンク（11-7, 11-8, 11-9）
- ・廃棄物処理場屋外タンク
- ・屋外軽油タンク（南東地区）（No.1・No.2）
- ・低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンク

ばい煙影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・評価対象に関するデータ（離隔距離，高低差）
- ・燃焼特性に関するデータ（発熱量，質量低下速度，他）
- ・火災源に関するデータ（燃焼面積，風速，他）
- ・拡散パラメータ

データの算出を別紙 6-1-4-9-3-1「有毒ガス及びばい煙の影響評価：データの算出について」に示す。

#### 6.4 ばい煙影響評価結果

表6.4-1～表6.4-5にばい煙影響評価の結果を示す。

危険物タンクの火災を想定した有毒ガス影響評価については、全ての評価対象においてばい煙の濃度はIDLH値以下であり、また評価対象建家の入気口にはフィルタが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことが確認された。HAW換気系の系統概略図を図6.4-1に、TVF換気系の系統概略図を図6.4-2に示す。

表 6.2-1 IDLH 値

基準	ばい煙濃度[mg/m <sup>3</sup> ]
IDLH 値	1750

表 6.4-1 評価結果(ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ばい煙濃度[mg/m <sup>3</sup> ]
			$\sigma_y$ [m]	$\sigma_z$ [m]	IDLH 1750[mg/m <sup>3</sup> ]
HAW入気チャンバー	■	13.8	23.38	13.89	1
TVF給気塔	■	9.8	19.04	12.99	2

表 6.4-2 評価結果(中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9) )

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ばい煙濃度[mg/m <sup>3</sup> ]
			$\sigma_y$ [m]	$\sigma_z$ [m]	IDLH 1750[mg/m <sup>3</sup> ]
HAW入気チャンバー	■	75.2	34.41	18.44	7
TVF給気塔	■	66.5	37.91	20.41	6

表 6.4-3 評価結果(廃棄物処理場屋外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ばい煙濃度[mg/m <sup>3</sup> ]
			$\sigma_y$ [m]	$\sigma_z$ [m]	IDLH 1750[mg/m <sup>3</sup> ]
HAW入気チャンバー	■	18.0	13.71	10.10	11
TVF給気塔	■	16.0	15.12	11.55	10

表 6.4-4 評価結果(屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2) )

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ばい煙濃度[mg/m <sup>3</sup> ]
			$\sigma_y$ [m]	$\sigma_z$ [m]	IDLH 1750[mg/m <sup>3</sup> ]
HAW入気チャンバー	■	108.8	58.60	28.41	2
TVF給気塔	■	92.6	61.21	29.82	2

表 6.4-5 評価結果(低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンク)

評価対象	入気口 高さ [m]	風速 [m/s]	拡散パラメータ		ばい煙濃度[mg/m <sup>3</sup> ]
			$\sigma_y$ [m]	$\sigma_z$ [m]	IDLH 1750[mg/m <sup>3</sup> ]
HAW入気チャンバー	■	16.5	14.70	10.48	7
TVF給気塔	■	14.1	15.33	11.62	7

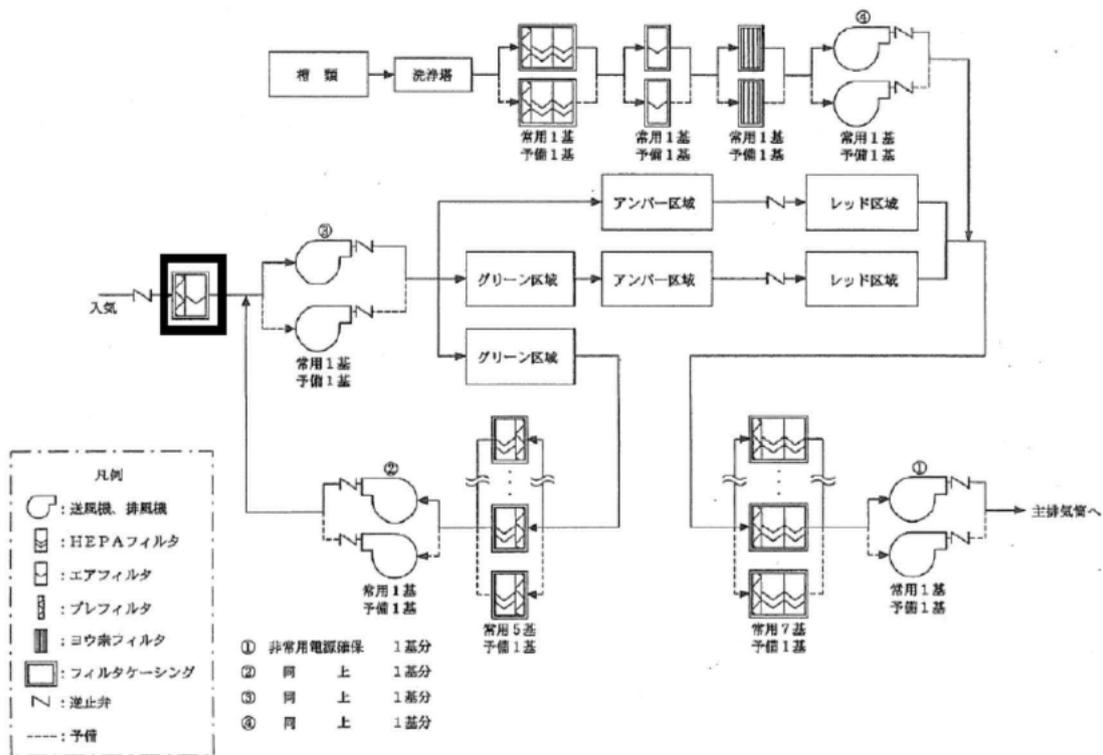


図 6.4-1 HAW 換気系の系統概略図

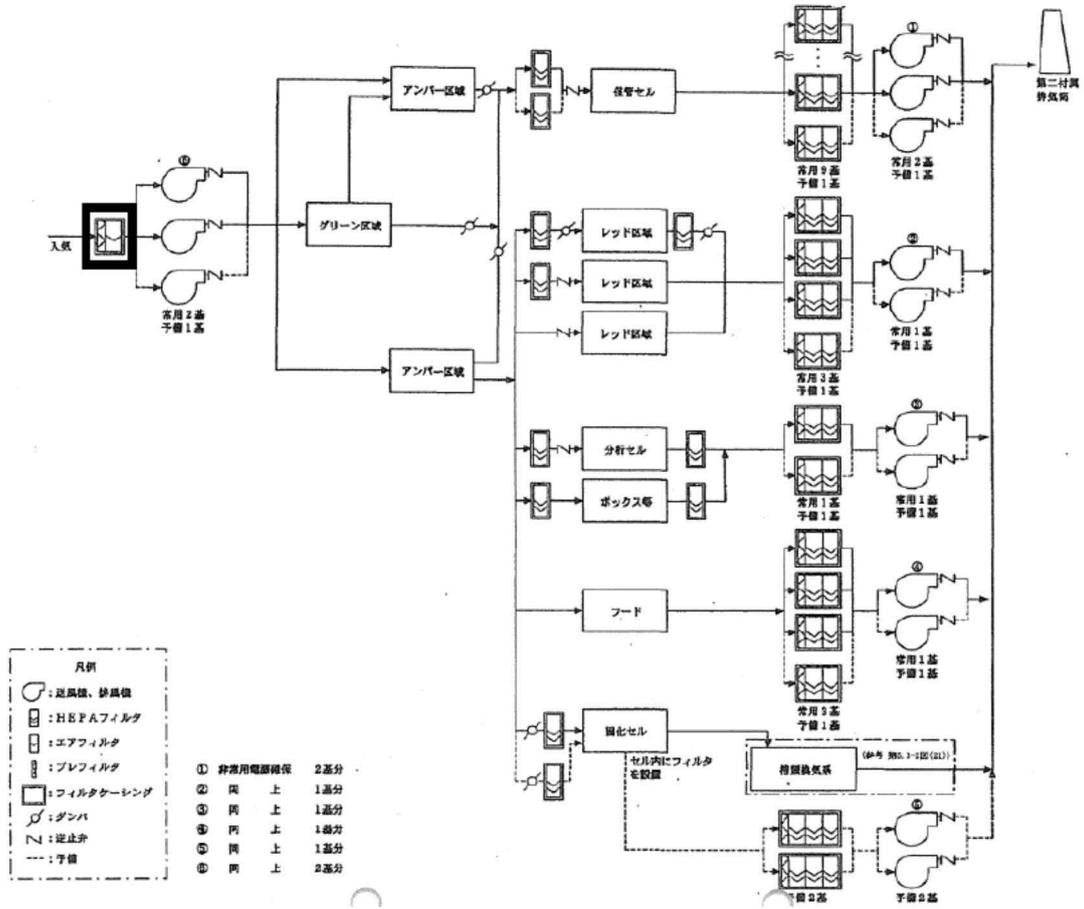


図 6.4-2 TVF 換気系の系統概略図

## 7. 高圧ガス貯蔵施設のガス爆発影響評価

以下のデータをもとに高圧ガス貯蔵施設におけるガス爆発影響評価を実施した。

### 7.1 評価条件

#### 7.1.1 評価対象施設

再処理施設から 10 km の範囲内には高圧ガス貯蔵施設が複数存在する。その中で貯蔵量が最大となる東京ガス株式会社の日立 LNG 基地内にある 1 号 LNG, LPG タンク及び現在建設中の 2 号 LNG タンクを評価対象とした。再処理施設と日立 LNG 基地の位置関係を図 7.1-1 に示す。

#### 7.1.2 高圧ガス貯蔵施設におけるガス爆発の想定

高圧ガス貯蔵施設におけるガス爆発の想定条件は以下のとおりとした。

- a. 評価対象とする高圧ガス貯蔵施設は、東京ガス株式会社の日立 LNG 基地内にある 1 号 LNG, LPG タンク及び現在建設中の 2 号 LNG タンクとした。評価対象となった日立 LNG 基地の想定条件を表 7.1.2-1 に示す。
- b. タンクの高圧ガスは満載した状態を想定した。
- c. 気象条件は無風状態とした。
- d. 高圧ガス漏えい、引火によるガス爆発とした。

### 7.2 データの算出

ガス爆発影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・ 設備定数
- ・ 危険限界距離<sup>※</sup>

データの算出過程を添付資料 6-1-4-9-4「高圧ガス貯蔵施設のガス爆発影響評価」に示す。

※ガス爆発の爆風圧が 0.01 MPa 以下になる距離

### 7.3 爆風圧の影響評価

#### (1) 影響評価対象範囲

東京ガス株式会社の日立 LNG 基地内にある 1 号 LNG, LPG タンク及び現在建設中の 2 号 LNG タンクを合算したものを爆発源と想定した場合のガス爆発による爆風圧の影響評価を実施した。

#### (2) 評価手法及び結果

- a. 危険限界距離

ガス爆発の爆風圧が0.01 MPa以下になる距離である危険限界距離を算出した。

b.爆風圧の影響評価結果

東京ガス株式会社の日立LNG基地内にある全てのガスを合算し、爆風圧影響を評価した。爆風圧の影響評価結果を表7.3-1に示す。

評価の結果、危険限界距離は407 mであり、離隔距離である4 km以下であることを確認した。

表7.1.2-1 日立LNG基地の想定条件

想定爆発源	ガス種類	タンク容量 [m <sup>3</sup> ]
1号LNGタンク	液化天然ガス (メタン)	230000
LPGタンク	液化石油ガス (プロパン)	50000
2号LNGタンク	液化天然ガス (メタン)	230000

表 7.3-1 爆風圧の影響評価結果

想定火災源	危険限界距離 [m]	離隔距離 [m]
東京ガス株式会社日立LNG基地	407	4000



図7.1-1 再処理施設と日立LNG基地の位置関係

## 8. 結論

再処理施設から10 kmの範囲内の石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設において火災が発生した場合の高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家コンクリート表面及び第二付属排気筒表面の温度上昇を評価した結果、コンクリート表面の最高温度は52.7℃であり、許容温度を下回ることから高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の健全性に影響を与えないことを確認した。また、第二付属排気筒表面の最高温度は52.2℃であり、許容温度を下回ることから第二付属排気筒の健全性に影響を与えないことを確認した。

なお、屋外貯蔵施設による火災と森林火災との重畳を考慮し評価をしたとしてもコンクリート表面の最高温度は121.8℃であり、許容温度である200℃以下であることを確認した。同様に、第二付属排気筒の最高温度は77.6℃であり、許容温度である350℃以下であることを確認した。

屋外貯蔵施設による火災が発生した際の有毒ガスの濃度はIDLHの値を下回ることから、有毒ガスによる影響はないことを確認した。また、同火災を想定したばい煙の影響評価については、全ての評価対象においてばい煙の濃度が低く、また評価対象建家の入気口にはフィルタが設置されていることから、施設の健全性に影響はないことを確認した。

再処理施設から10 kmの範囲内の高圧ガス貯蔵施設においてガス爆発が発生した場合、危険限界距離は隔離距離を下回っており、再処理施設の健全性に影響を与えないことを確認した。

以上の結果から、再処理施設の敷地外において火災又は爆発が発生した場合及び屋外貯蔵施設において火災が発生した場合、高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒への影響はなく、これらの施設に内包される安全機能を有する構築物・系統及び機器に影響を及ぼさないものと評価した。

なお、燃料タンク爆発等による飛来物の影響については、同様に日立 LNG 基地を考慮している日本原子力発電株式会社 東海第二発電所の評価において、想定飛来物の飛散距離（鋼製パイプで557 m）は隔離距離（1500 m）より短く原子炉施設に到達しない結果となっており<sup>[10]</sup>、再処理施設の隔離距離（4000 m）は東海第二発電所の隔離距離より十分大きいことから飛来物の影響はないと判断した。

## 9. 参考文献

- [1]原子力規制委員会, 原子力発電所の外部火災影響評価ガイドの制定について, (平成25年6月)
- [2]茨城県防災会議 茨城県地域防災計画 資料編
- [3]原子力規制委員会 有毒ガス防護に係る影響評価ガイド, (平成29年4月)
- [4]The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Immediately Dangerous To Life or Health (IDLH) Values  
(<https://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>)
- [5]環境省温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル (Ver3.4)
- [6]Ross J.L., Ferek R.J. and Hobbs P.V., " Particle and Gas Emissions from an In Situ Burn of Crude Oil on the Ocean" , J. Air & Water Manage. Assoc. ,46 , pp.251-259, (1996).
- [7]U.S. EPA AP-42, " Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I: Stationary Point and Area Sources".
- [8]FAA, "Air Quality Procedures for Civilian Airports & Air Force Bases".
- [9]消防研究所研究資料第46号, 大規模石油タンクの燃焼に関する研究報告書, (平成11年)
- [10]日本原子力発電株式会社, 東海第二発電所外部火災影響評価について 別紙3.3 地上設置の低温貯蔵タンク爆発による飛来物影響評価について, (平成29年10月)

石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価：データの算出について

1. 石油類貯蔵施設，屋外貯蔵施設及び燃料に係るデータ

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について<sup>[1]</sup>」（以下「ガイド」という。）に従い，石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価を行った。石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータを表1-1に，屋外貯蔵施設及び燃料に係るデータを表1-2に示す。屋外貯蔵施設と評価対象施設までの離隔距離を表1-3に示す。

表 1-1 石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータ

想定火災源	燃料の種類	燃料量 [m <sup>3</sup> ]	放射 発散度 <sup>※1</sup> [W/m <sup>2</sup> ]	質量低下 速度 <sup>※2</sup> [kg/m <sup>2</sup> /s]	燃料密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	防油堤 面積 [m <sup>2</sup> ]	離隔距離[m]
株式会社JERA 常陸那珂火力発電所 軽油貯蔵タンク	軽油	■	■	■	■ <sup>※3</sup>	■	1600
株式会社JERA 常陸那珂火力発電所 2号軽油サービス タンク	軽油	■	■	■	■ <sup>※3</sup>	■	600
出光興産株式会社日 立油槽所及び 株式会社日立ハイテ クマテリアルズ 日立オイルターミナ ル	ガソリン	■	■	■	■ <sup>※4</sup>	■	6800

※1：ガイド記載値

※2：NUREG-1805記載値

※3：JIS K2204-2007記載値

※4：JIS K2202-2012記載値

表 1-2 屋外貯蔵施設及び燃料に係るデータ

想定火災源	燃料の種類	燃料量 [m <sup>3</sup> ]		輻射 発散度 <sup>※1</sup> [W/m <sup>2</sup> ]	質量低下 速度 <sup>※2</sup> [kg/m <sup>2</sup> /s]	燃料密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	防油堤 面積 [m <sup>2</sup> ]
ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク	灯油	1.05		50000	0.039	830 <sup>※3</sup>	4.21
中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	重油	196	588	23000	0.035	900 <sup>※4</sup>	341.00 (三基分合算)
	重油	196		23000	0.035	900 <sup>※4</sup>	
	重油	196		23000	0.035	900 <sup>※4</sup>	
廃棄物処理場屋外タンク	オクチル酸カルシウム <sup>※6</sup>	1.2	5.8	50000	0.039	830 <sup>※3</sup>	28.24 (二基分合算)
	ケロシン	4.6		50000	0.039	830 <sup>※3</sup>	
屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)	軽油	195	390	42000	0.044	860 <sup>※5</sup>	231.46 (二基分合算)
	軽油	195		42000	0.044	860 <sup>※5</sup>	
低放射性廃棄物処理技術開発施設タンク	灯油	7.5		50000	0.039	830 <sup>※3</sup>	18.93

※1：ガイド記載値

※2：NUREG-1805記載値

※3：ENEOS灯油安全データシート記載値

※4：ENEOS A重油安全データシート記載値

※5：JIS K2204-2007記載値

※6：オクチル酸カルシウムについては、評価に必要な数値が記載された文献がないことから、評価上保守的な物性値である灯油とみなして評価した。

表 1-3 屋外貯蔵施設と評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]		
	HAW	TVF	第二付属 排気筒
ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク	318	255	325
中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	482	535	524
廃棄物処理場屋外タンク	179	199	220
屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)	855	896	889
低放射性廃棄物処理技術開発施設 タンク	193	202	227

## 2. 燃焼半径及び燃焼継続時間の算出

円筒火炎モデルとして評価するため、ガイドに従い、燃焼半径及び燃焼継続時間を算出した。石油類貯蔵施設の燃焼半径及び燃焼継続時間を表2-1に、屋外貯蔵施設の燃焼半径及び燃焼継続時間を表2-2に示す。

### 2.1 燃焼半径の算出

燃焼半径 $R$ は防油堤面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。

$$R = \sqrt{S/\pi} \quad [\text{m}]$$

$R$ : 燃焼半径 [m],  $S$ : 防油堤面積 (=燃焼面積) [m<sup>2</sup>]

計算結果は小数点第3位以下を切り上げとした。

### 2.2 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度 (=質量低下速度/燃料密度) で除して算出した。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

$t$ : 燃焼継続時間 [s],  $V$ : 燃料量 [m<sup>3</sup>],

$R$ : 燃焼半径 [m],  $v$ : 燃焼速度 [m/s]

計算結果は小数点以下を切り上げとした。

表 2-1 石油類貯蔵施設の燃焼半径及び燃焼継続時間

想定火災源	防油堤 面積 [m <sup>2</sup> ]	燃料量 [m <sup>3</sup> ]	燃焼半 径[m]	質量 低下速度 [kg/m <sup>2</sup> /s]	燃料密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	燃焼継続 時間 [s]
株式会社JERA常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	■	■	■	■	■	19903
株式会社JERA常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタ ンク	■	■	■	■	■	18347
出光興産株式会社日立油槽 所及び 株式会社日立ハイテクマテ リアルズ日立オイルターミ ナル	■	■	■	■	■	44178

表 2-2 屋外貯蔵施設の燃焼半径及び燃焼継続時間

想定火災源	防油堤 面積 [m <sup>2</sup> ]	燃料量 [m <sup>3</sup> ]	燃焼半 径[m]	質量 低下速度 [kg/m <sup>2</sup> /s]	燃料密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	燃焼継続 時間 [s]
ウラン系廃棄物焼却場 屋外タンク	4.21	1.05	1.16	0.039	830	5318
中央運転管理室屋外 重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	341.00	588	10.42	0.035	900	44442
廃棄物処理場屋外タンク	28.34	5.8	3.00	0.039	830	4380
屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)	231.46	390	8.59	0.044	860	32974
低放射性廃棄物 処理技術開発施設タンク	18.93	7.5	2.46	0.039	830	8448

### 3. 輻射強度の算出

ガイドに従い、火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度Eを求めた。石油類貯蔵施設の輻射強度を表3・1に、屋外貯蔵施設の輻射強度を表3・2に示す。

#### 3.1 形態係数の算出

ガイドに従い、形態係数 $\phi$ は以下の式から算出した。

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

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

$\phi$  : 形態係数,  $L$  : 離隔距離 [m],  $H$  : 炎の高さ [m],  $R$  : 燃焼半径 [m]

#### 3.2 輻射強度の算出

ガイドに従い、輻射強度Eは、輻射発散度に形態係数を乗じて算出した。

$$E = Rf \cdot \phi$$

$E$  : 輻射強度 [W/m<sup>2</sup>],  $Rf$  : 燃料輻射発散度 [W/m<sup>2</sup>],  $\phi$  : 形態係数

計算結果は小数点第3位以下を切り上げとした。

表 3-1 石油類貯蔵施設の輻射強度

想定火災源	離隔距離 [m]	燃焼半径 [m]	形態係数 [-]	燃料輻射発散度 [W/m <sup>2</sup> ]	輻射強度 [W/m <sup>2</sup> ]
株式会社JERA常陸那珂火力 発電所 軽油貯蔵タンク	1600	■	$1.75 \times 10^{-3}$	■	73.50
株式会社JERA常陸那珂火力 発電所 2号軽油サービスタンク	600	■	$2.73 \times 10^{-4}$	■	11.47
出光興産株式会社日立油槽所 及び 株式会社日立ハイテク マテリアルズ 日立オイルターミナル	6800	■	$9.39 \times 10^{-5}$	■	5.45

表 3-2 屋外貯蔵施設の輻射強度

想定火災源	評価対象 施設	離隔距離 [m]	燃焼半径 [m]	形態係数 [-]	燃料輻射発散度 [W/m <sup>2</sup> ]	輻射強度 [W/m <sup>2</sup> ]
ウラン系廃棄物焼 却場屋外タンク	HAW	318	1.16	$2.55 \times 10^{-3}$	50000	1.28
	TVF	255		$3.97 \times 10^{-5}$		1.99
	第二付属 排気筒	325		$2.45 \times 10^{-5}$		1.23
中央運転管理室屋 外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	HAW	482	10.42	$9.06 \times 10^{-4}$	23000	20.84
	TVF	535		$7.35 \times 10^{-4}$		16.91
	第二付属 排気筒	524		$7.66 \times 10^{-4}$		17.62
廃棄物処理場 屋外タンク	HAW	179	3.00	$5.43 \times 10^{-4}$	50000	27.15
	TVF	199		$4.39 \times 10^{-4}$		21.95
	第二付属 排気筒	220		$3.59 \times 10^{-4}$		17.95
屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)	HAW	855	8.59	$1.95 \times 10^{-4}$	42000	8.19
	TVF	896		$1.77 \times 10^{-4}$		7.44
	第二付属 排気筒	889		$1.80 \times 10^{-4}$		7.56
低放射性廃棄物処 理技術開発施設タ ンク	HAW	193	2.46	$3.14 \times 10^{-4}$	50000	15.70
	TVF	202		$2.86 \times 10^{-4}$		14.30
	第二付属 排気筒	227		$2.27 \times 10^{-4}$		11.35

#### 4. 参考文献

[1]原子力規制委員会, 原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について, (平成 25 年 6 月)

石油類貯蔵施設及び屋外貯蔵施設からの熱影響評価  
：外壁に対する熱影響評価について

## 1. 影響評価対象範囲

再処理施設から10 kmの範囲内の石油類貯蔵施設である株式会社JERA常陸那珂火力発電所（軽油貯蔵タンク，2号軽油サービスタンク）及び出光興産株式会社日立油槽所及び株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナルを合算した場合並びに屋外貯蔵施設をそれぞれ発火源と想定した場合の高放射性廃液貯蔵場（HAW）コンクリート外壁面，ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟コンクリート外壁面及び第二付属排気筒の温度評価を実施した。

## 2. 評価手法

### 2.1 許容温度

#### 2.1.1 コンクリート製建家

コンクリート製建家については，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度200°Cを許容温度とした（別紙6-1-4-9-2-1「コンクリートの許容温度について」）。

#### 2.1.2 第二付属排気筒

第二付属排気筒については，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，鋼材（SMA41）の強度が維持される保守的な温度350°C\*以下とした。

\* 「発電用原子力設備規格 材料規格（JSMR）」に基づき，鋼材における常温時の強度が維持される保守的な温度である350°Cを許容温度とする。

### 2.2 コンクリート外壁面熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして，下記の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式<sup>[1]</sup>よりコンクリート表面の温度上昇を求め，コンクリート外壁表面の温度Tが許容温度200°C以下であるかを評価した。また，同式を用いて，外壁表面の温度が200°Cとなる輻射強度を算出した。

$$T = T_0 + \left(\frac{E}{h}\right) \left[ 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{kt}}\right) - \exp\left(\frac{h}{\lambda}x + \frac{h^2}{\lambda^2}kt\right) \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{kt}} + \frac{h}{\lambda\sqrt{kt}}\right) \right\} \right] \quad (1)$$

$T$  : コンクリート表面からx[m]の位置の温度[°C]

$T_0$  : 初期温度 (50 [°C]) ※1  
 $h$  : 熱伝達率 (17 [W/m<sup>2</sup>/K]) [2]  
 $\kappa$  : コンクリート温度伝導率 (=  $\lambda/(\rho C_p)$ ) [m<sup>2</sup>/s]  
 $\rho$  : コンクリート密度 (2400 [kg/m<sup>3</sup>]) [3]  
 $C_p$  : コンクリート比熱 (963 [J/kg/K]) [3]  
 $\lambda$  : コンクリート熱伝導率 (1.74 [W/m/K]) [3]  
 $E$  : 輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]  
 $t$  : 燃焼継続時間 [s]  
 $x$  : コンクリート壁表面深さ (0 [m])

※1 : 水戸地方気象台で観測された過去10年間の最高気温である38.2°Cに保守性を持たせた値

(1) 式で求めた輻射強度となる形態係数  $\phi$  を、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について<sup>[4]</sup>」(以下「ガイド」という。)に従い(2)式により算出した。

$$E = R_f \cdot \phi \quad (2)$$

$E$  : 輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]  
 $R_f$  : 火炎輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]  
 $\phi$  : 形態係数

(2) 式で求めた形態係数  $\phi$  となる危険距離  $L$  をガイドに従い(3)式より算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left( \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left( \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \right] \quad (3)$$

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

$\phi$  : 形態係数  
 $H$  : 火炎長 [m]  
 $L$  : 危険距離 [m]  
 $R$  : 燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、影響評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価した。なお、天井スラブは以下の理由により、外壁の評価に包絡されるため実施しない。

- ・火炎長が天井スラブより短い場合、天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- ・火炎長が天井スラブより長い場合、天井スラブに輻射熱を与えるが、その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。

なお、温度については小数点1桁で切り上げし、危険距離についてはメートル単位で、切り上げとした。

石油類貯蔵施設のコンクリート製外壁に対する熱影響評価結果を表2.2-1に、屋外貯蔵施設のコンクリート製外壁に対する熱影響評価結果を表2.2-2に示す。

コンクリート製建家表面の温度上昇を評価した結果、コンクリート表面の最高温度は52.7℃であり許容温度である200℃以下であることを確認した。延焼防止に必要な距離である危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

### 2.3 第二付属排気筒熱影響評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、下記の熱バランス式<sup>[6]</sup>より第二付属排気筒の温度上昇を求め、第二付属排気筒の温度Tが許容温度350℃以下であることを評価した。また、同式を用いて、第二付属排気筒の温度が350℃となる輻射強度を算出した。

$$T = \frac{E}{2h} + T_0 \quad (1)$$

T：温度 [℃]

E：輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]

h：熱伝達率 (17.0 [W/m<sup>2</sup>/K]) <sup>[2]</sup>

T<sub>0</sub>：周囲空気温度 (50 [℃]) ※<sup>1</sup>

※<sup>1</sup>：水戸地方気象台で観測された過去10年間の最高気温である38.2℃に保守性を持たせた値

(1)式で求めた輻射強度となる形態係数φを、ガイドに従い(2)式により算出した。

$$E = R_f \cdot \phi \quad (2)$$

E：輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]

R<sub>f</sub>：火炎輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]

φ：形態係数

(2) 式で求めた形態係数 φ とする危険距離 L をガイドに従い (3) 式より算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left( \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left( \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \right] \quad (3)$$

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

φ：形態係数

H：火炎長 [m]

L：危険距離 [m]

R：燃焼半径 [m]

上記のとおり危険距離を算出し、影響評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価した。

なお、温度については小数点1桁で切り上げし、危険距離についてはメートル単位で、切り上げとした。

石油類貯蔵施設の第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を表2.3-1に、屋外貯蔵施設の第二付属排気筒に対する熱影響評価結果を表2.3-2に示す。

第二付属排気筒の温度上昇を評価した結果、第二付属排気筒の最高温度は52.2℃であり許容温度である350℃以下であることを確認した。危険距離についても離隔距離を下回っていることを確認した。

表 2.2-1 石油類貯蔵施設のコンクリート外壁に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
株式会社JERA常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	52.7	195
株式会社JERA常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	50.5	29
出光興産株式会社日立油槽所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	50.3	257

表 2.2-2 屋外貯蔵施設のコンクリート外壁に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度[°C]		危険距離[m]
	HAW	TVF	
ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク	50.1	50.1	5
中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	50.9	50.8	31
廃棄物処理場屋外タンク	50.7	50.6	11
屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)	50.4	50.3	38
低放射性廃棄物処理技術開発施設 タンク	50.5	50.5	10

表 2.3-1 石油類貯蔵施設の第二付属排気筒に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
株式会社JERA常陸那珂火力発電所軽油貯蔵タンク	52.2	97
株式会社JERA常陸那珂火力発電所2号軽油サービスタンク	50.4	15
出光興産株式会社日立油槽所 及び 株式会社日立ハイテクマテリアルズ日立オイルターミナル	50.2	127

表 2.3-2 屋外貯蔵施設の第二付属排気筒に対する熱影響評価結果

想定火災源	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク	50.1	3
中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)	50.6	12
廃棄物処理場屋外タンク	50.6	8
屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)	50.3	18
低放射性廃棄物処理技術開発施設タンク	50.4	6

### 3. 参考文献

- [1]安全工学講座1 火災，海文堂出版，(1983)
- [2]空気調和・衛生工学会，空気調和・衛生工学便覧 (2010)
- [3]日本機械学会 伝熱工学資料改訂第5版，(2009)
- [4]原子力規制委員会，原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 附属書 B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について，(平成 25 年 6 月)
- [5]原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，財団法人日本建築センター，(2007)