

## コンクリートの許容温度について

## 1. コンクリートの許容温度

「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）」<sup>[1]</sup>に基づき、コンクリートの強度が維持される温度である 200℃を許容温度として設定する。図 1-1 に「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋を示す。

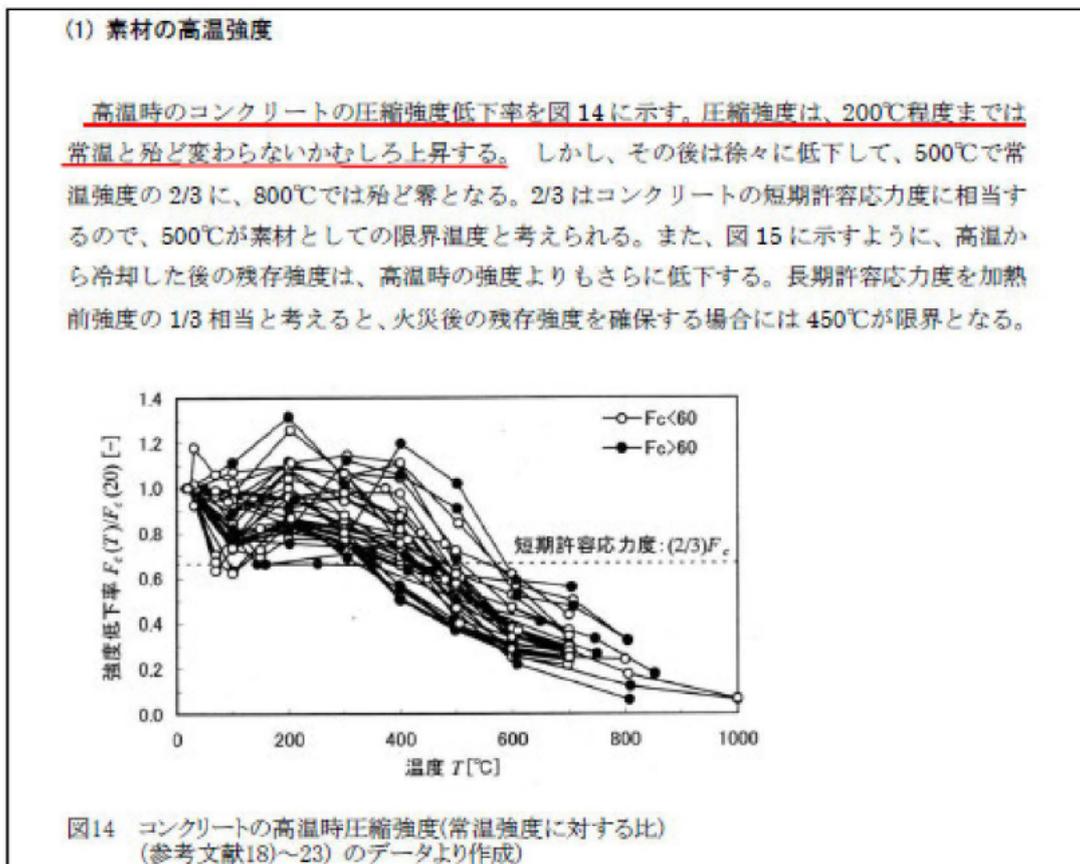


図 1-1 「建築火災のメカニズムと火災安全設計」の抜粋

## 2. 参考文献

[1] 建築火災のメカニズムと安全設計，原田和典，財団法人日本建築センター，(2007)

## 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

## 1. 重畳評価で想定するケースの検討

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。）からの火災が森林に延焼したことを想定して、航空機墜落火災と森林火災による重畳評価した。

想定する屋外貯蔵施設は添付資料 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の評価結果：外壁に対する熱影響評価について」より、最も熱影響が大きい中央運転管理室屋外重油タンクとした。

森林火災として想定するケースは別添 6-1-4-8 「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森林火災影響評価に関する説明書」の評価結果より、コンクリート製建家については最も熱影響が大きい発火点 1，第二付属排気筒については発火点 3 とした。

## 2. 評価に使用したデータ

重畳評価に使用したデータを表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 重畳評価に使用したデータ（コンクリート製建家）

火災源	HAW		TVF	
	壁面温度[°C]*	上昇温度[°C]	壁面温度[°C] *	上昇温度[°C]
屋外貯蔵施設 (中央運転管理 室屋外重油タン ク)	50.9	0.9	50.8	0.8
森林火災 (発火点 1)	79	29	121	71

※初期温度は 50°C

表 2-2 重畳評価に使用したデータ（第二付属排気筒）

火災源	第二付属排気筒	
	壁面温度[°C]※	上昇温度[°C]
屋外貯蔵施設 (中央運転管理室屋外重油タンク)	50.6	0.6
森林火災 (発火点 3)	77	27

※初期温度は 50°C

### 3. 評価結果

両火災源の上昇温度より重畳評価を行った。重畳評価結果を表 3-1 に示す。

どのケースにおいてもコンクリートの許容温度 200°C 及び鋼材 (SMA41) の許容温度 350°C を下回ることを確認した。

表 3-1 重畳評価結果

施設	壁面温度[°C] ※	許容温度[°C]
HAW	79.9	200
TVF	121.8	200
第二付属排気筒	77.6	350

※初期温度は 50°C

## 有毒ガス及びばい煙の影響評価について

## 1. 概要

外部火災により発生するばい煙については、火炎による上昇気流により上空に運ばれるため、ばい煙が防護対象設備の周辺に滞留する可能性は低いと考えられるが、ばい煙及び有毒ガスが設備に与える影響について、評価する。

## 2. 評価対象

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド<sup>[1]</sup>」では、ばい煙による安全上重要な設備に対する影響として、燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障、非常用ディーゼル発電機の故障、有毒ガスによる影響等が挙げられている。

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電力やユーティリティを供給する既設の恒設設備（外部電源及び非常用発電機、蒸気及び工業用水の供給施設）については事故対処設備として配備する設備により代替するため、ばい煙の影響が想定される設備として、「外気を取り込む空調系統」について評価する。また、建家内にばい煙及び有毒ガスを含んだ外気が取り込まれた場合の居住性の観点から評価する。影響評価対象設備を表2-1に示す。

なお、ばい煙の粒径については浮遊粒子状物質の粒径である $10\ \mu\text{m}$ <sup>[2][3]</sup>を想定し、PM10により評価した。

表 2-1 ばい煙及び有毒ガスによる影響評価対象

分類	評価対象設備	
機器への影響	外気を取り込む空調系統	換気系設備
居住性への影響	外気を取り込む空調系統	HAW 内居住空間 TVF 内居住空間

## 3. 評価結果

## 3.1 外気を取り込む空調系統

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換気系統の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。捕集率85%以上（粒径 $10\ \mu\text{m}$ ）のプレフィルタ及び捕集率97%以上（粒径 $0.3\ \mu\text{m}$ ）のフィルタを有しているため、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙は、このフィルタにより侵入を阻止可能である。また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、フィルタ差圧は常時監視しており、フィルタ差圧が運転範囲の上限まで上昇した場合には、フ

フィルタを交換することで通常の差圧状態に復旧できる。

したがって、ばい煙の影響により外気を取り込む空調系統に直ちに影響を与えることはない。

HAW換気系の系統概略図を図3-1に、TVF換気系の系統概略図を図3-2に示す。

### 3.2 居住性評価

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侵入する有毒物質（CO, CO<sub>2</sub>及びPM<sub>10</sub>（ばい煙））の最大濃度を「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」<sup>[4]</sup>で判断基準とされているImmediately Dangerous to Life of Health<sup>※[5]</sup>（以下「IDLH」という。）と比較することで、有毒ガスに対する評価し、作業員に影響を及ぼさないことを評価した。

なお、外部火災発生時に高放射性廃液貯蔵場（HAW）制御室に常駐する必要はなく、30分以内に退避可能である。

※30分曝露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり、脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。

#### 3.2.1 影響評価手法

火災による有毒ガス及びばい煙の発生量，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ブルーム式を用いて，評価対象施設入気口における有毒ガス濃度及びばい煙濃度 $C_{xyz}$ を評価した。

（有風時ブルーム式）<sup>[6]</sup>

$$C_{xyz} = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left( \exp\left\{-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right) \quad (1)$$

（Briggs の排煙上昇過程式）<sup>[7]</sup>

$$H_e = 1.6F^{\frac{1}{3}} \cdot x^{\frac{2}{3}} \cdot u^{-1} \quad (2)$$

- $C_{xyz}$  : 濃度
- $Q$  : 有毒ガス・ばい煙発生量 (Nm<sup>3</sup>/s)
- $H_e$  : 有効発生高さ (m)
- $\sigma_y, \sigma_z$  : 拡散パラメータ (m)
- $u$  : 風速 (m/s)
- $F$  : 排熱フラックス (m<sup>4</sup>/s<sup>3</sup>) = 0.037 Q<sub>H</sub>

$Q_H$  : 排気熱量 (kcal/s) =  $\dot{m}A\Delta H_{c,eff}$   
 $\Delta H_{c,eff}$  : 焼却時発熱量 (kcal/kg)  
 $A$  : 燃焼面積 (m<sup>2</sup>)  
 $\dot{m}$  : 質量低下速度 (kg/m<sup>2</sup>/s)  
 $x$  : 発生源と入気口との離隔距離 (m)  
 $z$  : 発生源と入気口との鉛直方向距離 (m)  
 $y$  : 排気プルーム軸からの距離 (m)

図 3.2.1-1 に、入気口における有害ガス・ばい煙濃度評価手法の概要を示す。

本評価では、屋外貯蔵施設の火災を想定し、それぞれの火災により発生する有毒ガス及びばい煙の入気口位置における濃度を求める。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・ばい煙発生量  $Q$  を算出する。
- ② 火災源における排気熱量  $Q_H$  を算出する。
- ③ 式 (2) を用いて、入気口中央の地表面からの高さ  $H_0$  と等しくなる風速  $u$  を求める。
- ④ 式 (1) を用いて、入気口における有害ガス・ばい煙濃度を求める。

有毒ガスの場合、それぞれの火災源に対して算出した入気口位置の有毒ガス濃度の合算値を評価値として、IDLHの値以下であることを確認した。評価結果を表3.2.1-1から表3.2.1-10に示す。算出に用いた詳細なデータを別紙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。

その結果、全ての評価対象においてIDLH以下であり、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居住性が直ちに損なわれることはないと評価できた。

運転員が常駐するガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の制御室については、30分以内に給気ダンプを閉止して外気と隔離することを可能とする措置を講じる。また、外部火災発生時に高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 制御室に常駐する必要はないため、30分以内に退避可能であるとともに、外部火災の影響下で現場操作等が必要な場合に備えて、酸素マスク等の装備を配備する。以上の安全対策により屋外貯蔵施設による火災時においても施設内で必要な活動を継続することができる。

なお、日本産業衛生学会の勧告する許容濃度<sup>[8]</sup>と比較しても十分低いことを確認している。詳細は別紙 6-1-4-9-3-2「有毒ガス・ばい煙濃度と許容濃度の比較」に示す。

表 3.2.1-1 ガス濃度評価結果(ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク)

評価対象	ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
	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	9	0.15	0.01	0.04
TVF給気塔	17	0.27	0.01	0.07

表 3.2.1-2 ばい煙濃度評価結果(ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク)

評価対象	ばい煙濃度[mg/m <sup>3</sup> ]
	IDLH 1750[mg/m <sup>3</sup> ]
HAW入気チャンバー	1
TVF給気塔	2

表 3.2.1-3 ガス濃度評価結果(中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9) )

評価対象	ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
	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	66	1.03	1.26	0.15
TVF給気塔	60	0.93	1.14	0.14

表 3.2.1-4 ばい煙濃度評価結果(中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9) )

評価対象	ばい煙濃度[mg/m <sup>3</sup> ]
	IDLH 1750[mg/m <sup>3</sup> ]
HAW入気チャンバー	7
TVF給気塔	6

表 3.2.1-5 ガス濃度評価結果(廃棄物処理場屋外タンク)

評価対象	ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
	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	1.73	0.03	0.20
TVF給気塔	96	1.54	0.03	0.18

表 3.2.1-6 ばい煙濃度評価結果(廃棄物処理場屋外タンク)

評価対象	ばい煙濃度[mg/m <sup>3</sup> ]	
	IDLH	1750[mg/m <sup>3</sup> ]
HAW入気チャンバー	11	
TVF給気塔	10	

表 3.2.1-7 ガス濃度評価結果(屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2) )

評価対象	ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
	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	19	0.29	0.04	0.03
TVF給気塔	19	0.29	0.04	0.03

表 3.2.1-8 ばい煙濃度評価結果(屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2) )

評価対象	ばい煙濃度[mg/m <sup>3</sup> ]	
	IDLH	1750[mg/m <sup>3</sup> ]
HAW入気チャンバー	2	
TVF給気塔	2	

表 3.2.1-9 ガス濃度評価結果(低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンク)

評価対象	ガス濃度[ppm] (IDLH 値)			
	CO <sub>2</sub> (40000)	CO (1200)	SO <sub>2</sub> (100)	NO <sub>2</sub> (20)
HAW入気チャンパー	70	1.13	0.02	0.13
TVF給気塔	71	1.15	0.02	0.13

表 3.2.1-10 ばい煙濃度評価結果(低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンク)

評価対象	ばい煙濃度[mg/m <sup>3</sup> ]	
	IDLH	1750[mg/m <sup>3</sup> ]
HAW入気チャンパー	7	
TVF給気塔	7	

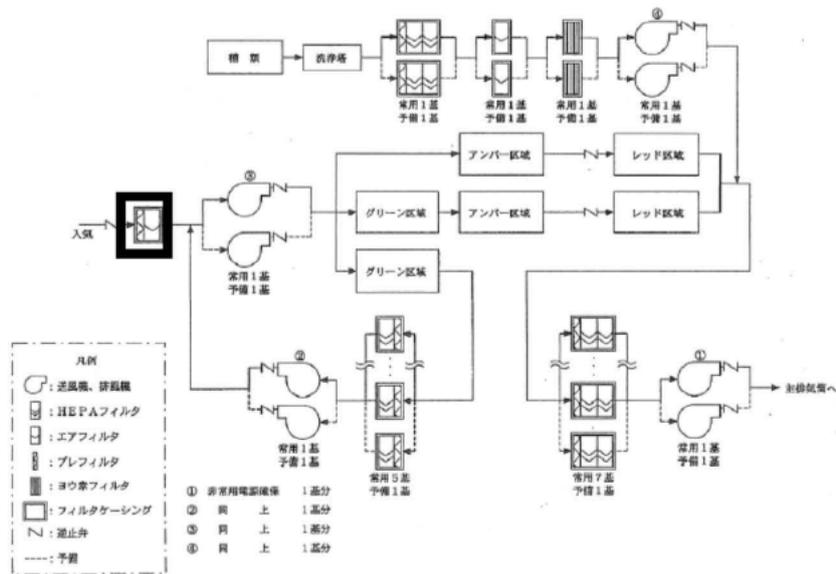


図 3.2-1 HAW 換気系の系統概略図

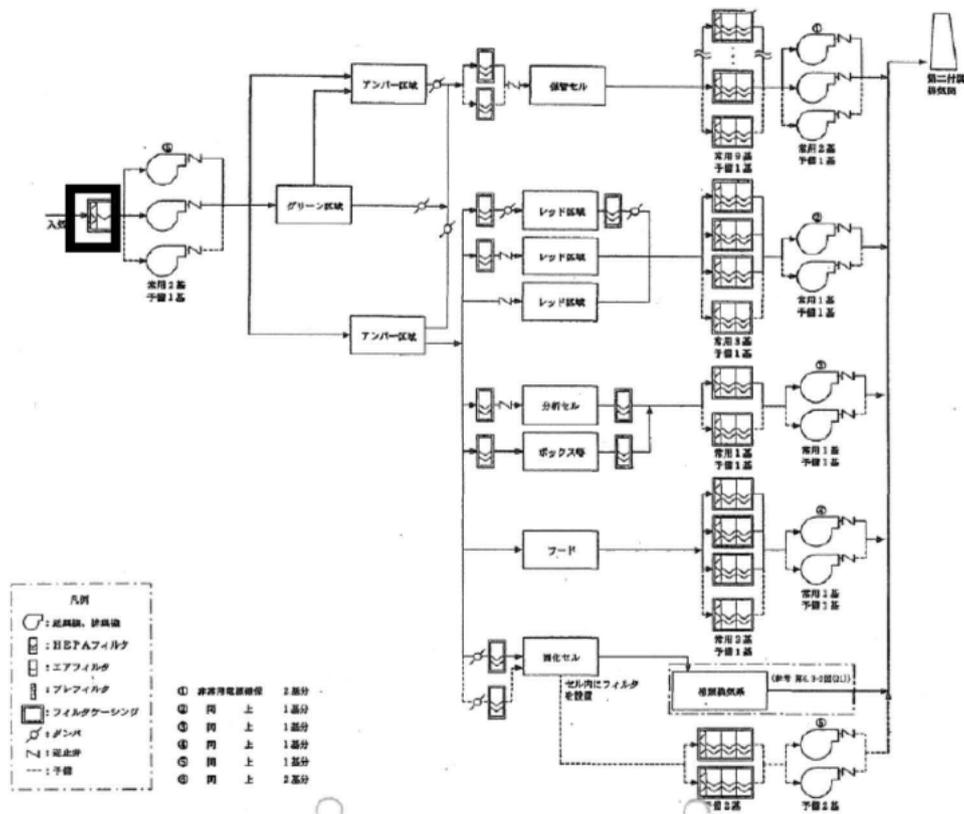


図 3.2-2 TVF 換気系の系統概略図

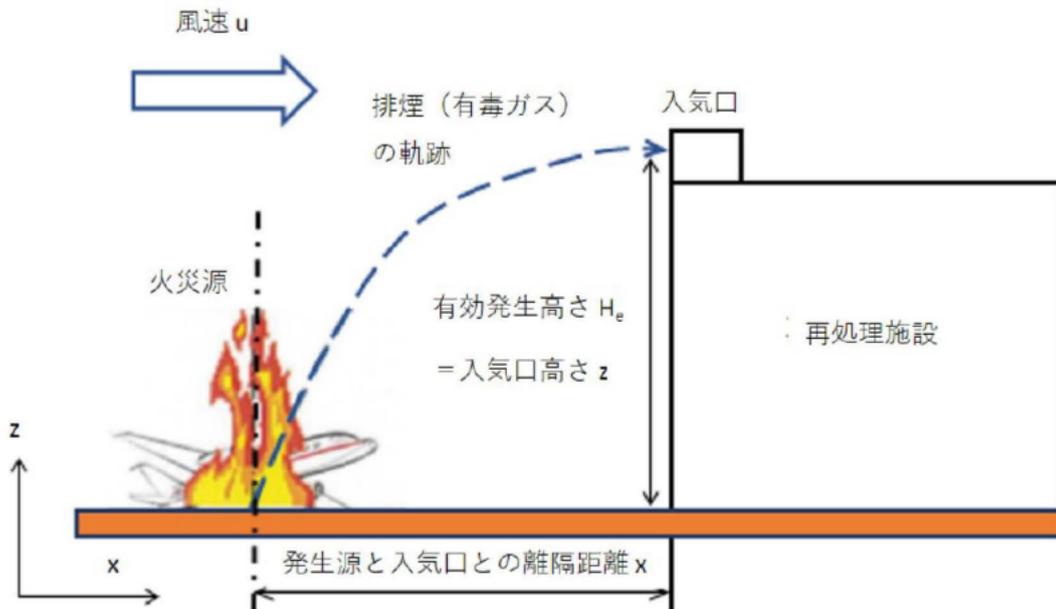


図 3.2.1-1 入気口における有害ガス・ばい煙濃度評価手法の概要

#### 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, (平成25年6月)
- [2]環境庁告示25号, 大気汚染に係る環境基準について, (昭和48年5月8日)
- [3]森本 正俊, ばい煙発生施設からのばいじん粒子の解析, 愛知県環境調査センター所報, 38号, p.1-6, (2010)
- [4]原子力規制委員会, 有毒ガス防護に係わる影響評価ガイド, (平成29年4月)
- [5]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>)
- [6]公害研究対策センター, 「窒素酸化物総量規制マニュアル[新版]」, (2000)
- [7]S.R.Hanna, G.A.Briggs and R.P.Hosker, Jr., "Handbook on Atmospheric Diffusion", pp.13-15, DOE/TIC-11223., U.S. DOE.
- [8] 日本産業衛生学会, 許容濃度等の勧告 (2019年度), 産業衛生学会誌, (2019年5月)

## 有毒ガス及びばい煙の影響評価：データの算出について

## 1. 評価対象及び火災源に関するデータ

表1-1から表1-5に評価対象からの距離に関するデータを示す。

表 1-1 ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク

評価対象	離隔距離 [m]	入気口高さ [m]
HAW入気チャンバー	318	■
TVF給気塔	255	■

表 1-2 中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)

評価対象	離隔距離 [m]	入気口高さ [m]
HAW入気チャンバー	482	■
TVF給気塔	535	■

表 1-3 廃棄物処理場屋外タンク

評価対象	離隔距離 [m]	入気口高さ [m]
HAW入気チャンバー	179	■
TVF給気塔	199	■

表 1-4 屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)

評価対象	離隔距離 [m]	入気口高さ [m]
HAW入気チャンバー	855	■
TVF給気塔	896	■

表 1-5 低放射性廃棄物処理技術開発施設タンク

評価対象	離隔距離 [m]	入気口高さ [m]
HAW入気チャンバー	193	■
TVF給気塔	202	■

## 2. 火災発生時の有毒ガス・ばい煙の発生量の算出

表2-1に燃焼特性に関するデータを、表2-2に火災源に関するデータを示す。

表 2-1 燃焼特性に関するデータ

	軽油	重油	灯油
発熱量 [kJ/kg] <sup>※1</sup>	44400	39700	43200
[kcal/kg] <sup>※2</sup>	10600	9400	10300
質量低下速度 [kg/m <sup>2</sup> /s] <sup>※1</sup>	0.044	0.035	0.039
Emission Factor [kg/kg]			
CO <sub>2</sub> <sup>※3</sup>	3.0000	3.0120	3.0000
CO <sup>※4</sup>	0.0300	0.0300	0.0300
SO <sub>2</sub> <sup>※5</sup>	0.0080	0.0840	0.0010
NO <sub>2</sub> <sup>※5</sup>	0.0040	0.0070	0.0040
ばい煙 <sup>※6</sup>	0.1467	0.1473	0.1467

※1：NUREG-1805 記載値

※2：4.184 J=1 cal で換算し百の位に丸めた。

※3：環境省の温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルに基づき算出<sup>[1]</sup>

※4：原油火災試験の計測結果を採用<sup>[2]</sup>

※5：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>[3][4]</sup>

※6：消防研報告書より、煙収率※は 0.10～0.15 となることから、保守的に煙収率 0.15 とし算出<sup>[5]</sup>

表 2-2 火災源に関するデータ (屋外貯蔵施設)

火災源	油種	燃焼面積	燃料消費速度	排出熱量	排熱フラックス	ガス発生量[Nm <sup>3</sup> /s]				ばい煙発生量
		[m <sup>2</sup> ]	[kg/s]	[kcal/s]	[m <sup>4</sup> /s <sup>3</sup> ]	CO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	[kg/s]
ウラン系 廃棄物焼却場屋外 タンク	灯油	4.21	0.16	1600	59	0.245	0.004	0.0001	0.001	0.024
中央運転 管理室 屋外重油 タンク (11-7, 11-8, 11-9)	重油	341.00	11.93	112100	4147	18.294	0.287	0.3508	0.041	1.758
廃棄物処 理場 屋外タン ク	灯油	28.24	1.10	11300	418	1.680	0.027	0.0004	0.003	0.162
屋外軽油 タンク (南東地 区) (No.1・ No.2)	軽油	231.46	10.18	107900	3992	15.548	0.245	0.0286	0.020	1.494
低放射性 廃棄物処 理技術開 発施設 屋外タン ク	灯油	18.93	0.73	7500	277	1.115	0.018	0.0003	0.002	0.108

※：ガス発生量=燃料消費速度×Emission Factor×22.4(L/mol) ÷ガス成分の分子量

※：ばい煙発生量=燃料消費速度×Emission Factor

### 3. 評価対象

表3-1から表3-5に入気口における風速を示す。

表 3-1 ウラン系廃棄物焼却場屋外タンク

評価対象	離隔距離 [m]	入気口高さ [m]	排熱 フラックス [m <sup>4</sup> /s <sup>3</sup> ]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	318	■	59	13.8
TVF給気塔	255	■	59	9.8

表 3-2 中央運転管理室屋外重油タンク (11-7, 11-8, 11-9)

評価対象	離隔距離 [m]	入気口高さ [m]	排熱 フラックス [m <sup>4</sup> /s <sup>3</sup> ]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	482	■	4147	75.2
TVF給気塔	535	■	4147	66.5

表 3-3 廃棄物処理場屋外タンク

評価対象	離隔距離 [m]	入気口高さ [m]	排熱 フラックス [m <sup>4</sup> /s <sup>3</sup> ]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	179	■	418	18.0
TVF給気塔	199	■	418	16.0

表 3-4 屋外軽油タンク (南東地区) (No.1・No.2)

評価対象	離隔距離 [m]	入気口高さ [m]	排熱 フラックス [m <sup>4</sup> /s <sup>3</sup> ]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	855	■	3992	108.8
TVF給気塔	896	■	3992	92.6

表 3・5 低放射性廃棄物処理技術開発施設屋外タンク

評価対象	離隔距離 [m]	入気口高さ [m]	排熱 フラックス [m <sup>4</sup> /s <sup>3</sup> ]	風速 [m/s]
HAW入気チャンバー	193	■	277	16.5
TVF給気塔	202	■	277	14.1

#### 4. 拡散パラメータ

前述の表3-1から表3-5において、風速は6 m/s以上となっている。

表4-1に示す大気安定度分類表より、風速6 m/s以上については大気安定度C又はDとなることから、保守性を考慮して大気拡散の弱い大気安定度Dを採用した。

表4-2に示すPasquill・Gifford図の近似関係（離隔距離＝風下距離0～1000 m）の安定度C、Dの式より拡散パラメータ $\sigma_y(x)$ 及び $\sigma_z(x)$ を算出した。算出した拡散パラメータは風による拡散しか考慮されていないため、鉛直方向の拡散パラメータ $\sigma_z(x)$ については、浮力拡散を考慮するために表4-3に示す $\Delta He^2/10$ を加えた値を採用した。なお、 $\Delta He$ は入気口高さとした。

表 4-1 大気安定度分類表

風速 (U) m/s	日射量 (T) kW/m <sup>2</sup>				放射収支量 (Q) kW/m <sup>2</sup>		
	T $\geq$ 0.60	0.60>T $\geq$ 0.30	0.30>T $\geq$ 0.15	0.15>T	Q $\geq$ -0.020	-0.020> Q $\geq$ -0.040	-0.040 >Q
U<2	A	A-B	B	D	D	G	G
2 $\leq$ U<3	A-B	B	C	D	D	E	F
3 $\leq$ U<4	B	B-C	C	D	D	D	E
4 $\leq$ U<6	C	C-D	D	D	D	D	D
6 $\leq$ U	C	D	D	D	D	D	D

(発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針<sup>[6]</sup>より抜粋)

表 4-2 拡散パラメータ（窒素酸化物総量規制マニュアル<sup>[7]</sup>より抜粋)

Pasquill・Gifford 図の近似関係

$$\sigma_y(x) = Y_y \cdot x^{\alpha_y}$$

安定度	$\alpha_y$	$Y_y$	風下距離 x [m]
C	0.924	0.1772	0～1000
D	0.929	0.1107	0～1000

$$\sigma_z(x) = Y_z \cdot x^{\alpha_z}$$

安定度	$\alpha_z$	$Y_z$	風下距離 x [m]
C	0.918	0.1068	0～1000
D	0.826	0.1046	0～1000

表 4-3 拡散パラメータ  $\sigma_z$

TABLE 2. SUMMARY OF RECOMMENDATIONS FOR INTERIM CHANGES IN THE WORKBOOK VALUES OF THE DISPERSION PARAMETERS  $\sigma_y$  AND  $\sigma_z$

For crosswind spread  $\sigma_y$ , irrespective of the terrain roughness, release height and sampling duration up to up to about 1 hour, use the formula\*

$$\sigma_y/x = \sigma_\theta f(x), \sigma_\theta \text{ in radians}$$

with  $\sigma_\theta$ † the best available estimate of the standard deviation of the wind direction fluctuation for the sampling time of interest and for the height at which  $\bar{u}$  is specified, and with values of  $f(x)$  as follows:

x(km)	0.1	0.2	0.4	1	2	4	10	>10
f(x)	0.8	0.7	0.65	0.6	0.5	0.4	0.33	$0.33(10/x)^{1/2}$

For  $x \geq 20$  km add to the square of the  $\sigma_y$  as obtained above the quantity  $0.03\Delta\theta^2 x^2$  and take the square root to give the total  $\sigma_y$ , with  $\Delta\theta$  the total change of mean wind direction over the depth of the plume.

---

For vertical spread  $\sigma_z$ , for any sampling time for a surface release, and say >10 min for an elevated release (see Section 2), use the existing Workbook curves with adjustment or constraint as follows:

- For terrain with  $z_0$  different from 3 cm apply factors based on F. B. Smith's nomogram (Ref. 5 or Ref. 6, p 377)
- To allow for 'urban heating' adopt a stability category one-half category more unstable than that prescribed in the normal way in the Workbook
- For evaluating the concentration at the surface from a surface release, consider estimates of the effective mixed depth  $h'$  at the mid-time of sampling, recognizing especially its growth from very small values on stable nights, and then adopt either  $\sigma_z$  as given by the curves, or  $0.8h'$ , whichever is the smaller, for substitution in Eq (4).
- For buoyant plumes, increase the  $\sigma_z$  obtained from the curves by adding  $\Delta H^2/10$  where  $\Delta H$  is the estimated plume rise.

23

\*, † see Notes on Table 2'

(Atmospheric dispersion parameters in gaussian plume modeling Part II<sup>[8]</sup>より抜粋)

## 5. 参考文献

- [1]環境省温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル (Ver3.4)
- [2] 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).
- [3] U.S. EPA AP-42, "Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I: Stationary Point and Area Sources".
- [4] FAA, "Air Quality Procedures for Civilian Airports & Air Force Bases".
- [5]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)
- [6]発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針, 原子力安全委員会決定 (初版), (昭和57年1月28日)
- [7]公害研究対策センター, 「窒素酸化物総量規制マニュアル[新版]', (2000)
- [8] Chandler, M W, Summary Report of the NCAQ Atmospheric Dispersion Modeling Panel Volume 2: Prepared for The National Commission on Air Quality, (March 1980)

## 有毒ガス・ばい煙濃度と許容濃度の比較

## 1. 概要

屋外貯蔵施設における火災により発生する有毒ガス・ばい煙濃度について、日本産業衛生学会の勧告する許容濃度<sup>[1]</sup>の比較を行った。

※許容濃度とは、労働者が1日8時間、週間40時間程度、肉体的に激しくない労働強度で有害物質に曝露される場合に、当該有害物質の平均曝露濃度がこの数値以下であれば、ほとんど全ての労働者に健康上の悪い影響が見られないと判断される濃度である。

## 2. 評価結果

評価対象となる有毒ガス（CO<sub>2</sub>及びCO）及びばい煙濃度の最大値と許容濃度を比較した。表2-1に最大濃度と許容濃度の比較結果を示す。なお、ばい煙濃度はカーボンブラックとして評価し、捕集率85%以上（粒径10 μm）のプレフィルタ及び捕集率97%以上（粒径0.3 μm）のフィルタによる低減効果を考慮した。また、SO<sub>2</sub>及びNO<sub>2</sub>については、まだ許容濃度が定まっていないため比較評価は行っていない。

その結果、有毒ガス（CO<sub>2</sub>及びCO）及びばい煙濃度は許容濃度に比べて十分低いことを確認した。

表 2-1 最大濃度と許容濃度の比較結果

物質名		CO <sub>2</sub> [ppm]	CO [ppm]	ばい煙 <sup>*</sup> [mg/m <sup>3</sup> ]
許容濃度		5000	50	1
最大濃度	HAW	108	1.7	0.050
	TVF	96	1.5	0.045

※ばい煙はカーボンブラックとして評価。

## 3. 参考文献

[1]日本産業衛生学会，許容濃度等の勧告（2019年度），産業衛生学会誌，（2019年5月）

## 高圧ガス貯蔵施設のガス爆発影響評価

## 1. 影響評価対象範囲

再処理施設より約 4000 m の位置にある東京ガス株式会社の日立 LNG 基地内にある 1 号 LNG タンク、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影響評価を「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>[1]</sup>」（以下「ガイド」という。）に基づき実施した。

## 2. 高圧ガス貯蔵施設及びガスに係るデータ

石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータを表2-1に示す。

表2-1 石油類貯蔵施設及び燃料に係るデータ

	1号LNGタンク	LPGタンク	2号LNGタンク
ガス種類	液化天然ガス (メタン)	液化石油ガス (プロパン)	液化天然ガス (メタン)
タンク容量 [m <sup>3</sup> ]	230000	50000	230000
ガス密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	424.8 <sup>※1</sup>	620 <sup>※2</sup>	424.8 <sup>※1</sup>
K値 [-] <sup>※3</sup>	714	888	714
ガス質量 [t]	97704	31000	97704

※1：伝熱工学資料第5版記載値

※2：JIS K2240-2013 記載値

※3：ガイド記載値

## 3. 評価手法

日立LNG基地内には2種類のガスが貯蔵されているため、ガイドに基づき以下の式より危険限界距離を算出した。

$$X = 0.04\lambda\sqrt[3]{K \times W}$$

X：危険限界距離[m]

$\lambda$ ：換算距離 (14.4[m・kg<sup>-1/3</sup>])

K：石油類の定数[-]

W：設備定数[-]

また、ガイドには、2つ以上のガスがある場合においては、それぞれのガスの量（単位 トン）の合計量の平方根の数値にそれぞれのガスの量の当該合計量に対する割合を乗じて得た数値に、それぞれのガスに係るKを乗じて得た数値の合計により、危険限界距離を算出するとある。

それぞれのガス量の当該合計量に対する割合は表2-1より

$$\begin{aligned} \text{液化天然ガス（メタン）} & : A = (97704 + 97704) / (97704 + 31000 + 97704) \\ & = 0.863 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{液化天然ガス（プロパン）} & : B = 31000 / (97704 + 31000 + 97704) \\ & = 0.137 \end{aligned}$$

次にガスの量の合計値の平方根であるWtは表2-1より、

$$Wt = \sqrt{97704 + 31000 + 97704} = 475.823$$

したがって、危険限界距離Xは、

$$X = 0.04 \times 14.4 \sqrt{(714 \times 1000 \times A \times Wt) + (888 \times 1000 \times B \times Wt)} = 407$$

以上より、日立LNG基地までの距離4000 mは危険限界距離407 mを上回っているため、日立LNG基地がガス爆発を起こしても再処理施設への影響がないことを確認した。

#### 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）

## 燃料輸送車両の火災・爆発について

## 1. 評価方法

核燃料サイクル工学研究所敷地外で発生する燃料輸送車両の火災やガス爆発により、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影響を及ぼさないことについて、「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>」に従い、評価を行った。

## 2. 評価対象

核燃料サイクル工学研究所敷地外の公道上での燃料輸送車両の火災・爆発を評価対象とした。火災・爆発の発生場所として、核燃料サイクル工学研究所敷地外の近隣の国道 245 号上の再処理施設境界に最も近い 650 m 離れた場所を想定した。再処理施設と国道 245 号の位置関係を図 2-1 に示す。なお、公道より核燃料サイクル工学研究所内に入所してくる燃料輸送車両については、燃料補給時は監視人が立会を実施し、万一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、評価対象外とした。

## 2.1 燃料輸送車両の火災影響評価

燃料輸送車両は、消防法令（危険物の規則に関する政令第 15 条第 1 項第 3 号）において、移動タンク貯蔵所の上限量が定められており、公道を通行可能な上限量（=30 m<sup>3</sup>）のガソリンが積載された状況を想定した。

## 2.2 燃料輸送車両の爆発影響評価

燃料輸送車両は、最大クラスの燃料輸送車両（積載量：15.1 t）に液化天然ガス（LNG）及び液化石油ガス（LPG）が積載された状況を想定した。

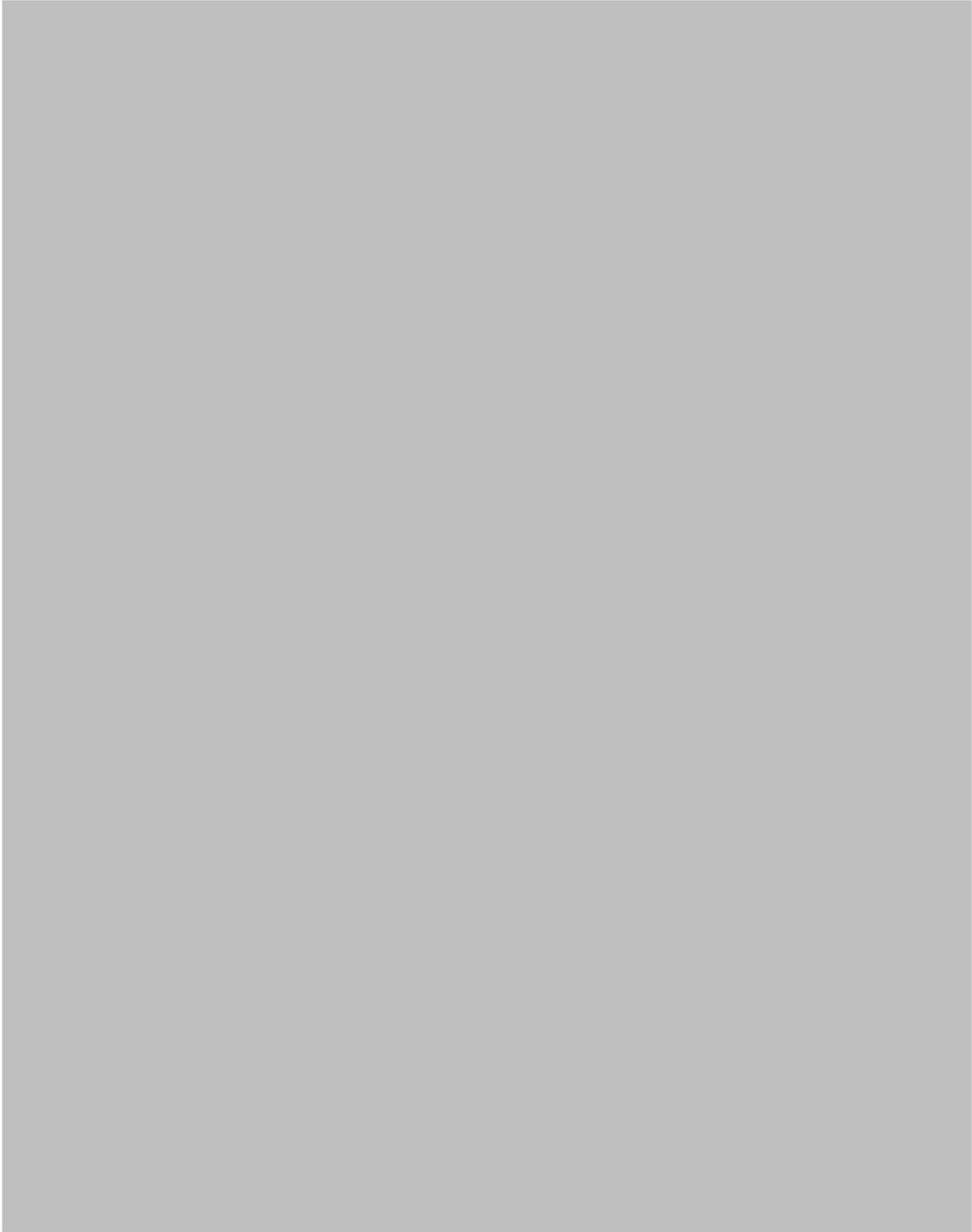


図 2-1 再処理施設と国道 245 号の位置関係

### 3. 評価結果

#### 3.1 燃料輸送車両の火災影響評価

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」及び添付資料 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」より、再処理施設に隣接し、7322.6 m<sup>3</sup>の軽油を保有する株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所内軽油貯蔵タンクの危険距離は、より距離のあるコンクリート外壁において 195 m である。

想定する燃料輸送車両の積載量は、株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所内軽油貯蔵タンクに比べ十分少なく、危険距離である 195 m より離れているため、株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所内軽油貯蔵タンクの評価に内包される。

### 3.2 燃料輸送車両の爆発影響評価

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」より、19.5 万 t の LNG 及び 3.1 万 t の LPG を保有する東京ガス株式会社の日立 LNG 基地の危険限界距離は 407 m である。想定する燃料輸送車両の積載量は、東京ガス株式会社の日立 LNG 基地に比べ十分少なく、危険限界距離である 407 m より離れているため、東京ガス株式会社の日立 LNG 基地の評価に内包される。

なお、爆発飛来物の影響については同じ燃料輸送車の爆発飛来物を評価した日本原子力発電株式会社 東海第二発電所において飛散距離は 435 m となっていることから<sup>[2]</sup>、再処理施設との離隔距離（650 m）を考慮して影響がないものと判断した。

## 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）
- [2]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 添付資料-4 燃料輸送車両の火災・爆発について，（平成29年10月）

## 漂流船舶の爆発について

## 1. 評価方法

核燃料サイクル工学研究所敷地外で発生する漂流船舶のガス爆発が、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影響を及ぼさないことについて、「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>」に従い、評価を行った。

## 2. 評価対象

爆発の可能性のある高圧ガスを積載した最大の船舶としては、再処理施設より約 4000 m の位置にある東京ガス株式会社の日立 LNG 基地に入港する可能性のある LNG 船「エネルギーコンフィデンス」がある。LNG 船の満載喫水は 11.875 m であるため、再処理施設近傍の海岸線まで漂流することはないものの、爆発の発生場所として再処理施設に最も近い海岸線である 450 m 離れた場所を保守的に想定した。再処理施設と海岸線の位置関係を図 2-1 に示す。

また LNG 船は、最大積載量である 70400 t が積載された状況を想定した<sup>[2]</sup>。



図 2-1 再処理施設と海岸線の位置関係

### 3. 評価結果

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」より、19.5 万 t の LNG 及び 3.1 万 t の LPG を保有する東京ガス株式会社の日立 LNG 基地の危険限界距離は 407 m である。想定する LNG 船の積載量は、東京ガス株式会社の日立 LNG 基地に比べ十分少なく、危険限界距離である 407 m より離れているため、東京ガス株式会社の日立 LNG 基地の評価に内包される。

また、爆発時の飛来物については、爆発想定位置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へは 770 m 以上の離隔距離があることから、上記と同様に東京ガス株式会社の日立 LNG 基地の評価に内包される。

### 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）
- [2] 東京ガス，"自社管理LNG船(7番船)の命名について"，プレスリリース（平成21年4月14日），<https://www.tokyo-gas.co.jp/Press/20090414-01.html>

廃溶媒及びアスファルト固化体の評価について

再処理施設内には可燃物としての廃溶媒及びアスファルト固化体を貯蔵する施設が複数存在している。廃溶媒及びアスファルト固化体は施設内に貯蔵されており、火災が発生しても原子力施設としての消防設備があるため消火が可能である。また、廃溶媒及びアスファルト固化体は施設内に貯蔵されていること及び影響評価対象施設を直接臨まないことより、火災が発生してもその影響が及ぶことはない。廃溶媒及びアスファルト固化体貯蔵施設の配置図を図-1に示す。



図-1 廃溶媒及びアスファルト固化体貯蔵施設の配置図

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航空機墜落による火災に関する説明書

## 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（原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災）に対する安全対策の検討は、別添 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.航空機墜落における火災熱影響評価

以下のデータをもとに航空機墜落における火災熱影響評価を実施した。

### 2.1 評価条件

#### 2.1.1 航空機墜落における火災の想定

航空機墜落の火災の想定は以下のとおりとした。

##### (1) 想定条件

- a. 航空機は当該再処理施設における航空機落下評価の対象機種のうち燃料積載量が最大の機種とした。
- b. 航空機は燃料を満載した状態を想定した。
- c. 航空機の落下は再処理施設敷地内であって落下確率が $10^{-7}$ （回／年）以上になる範囲のうち再処理施設への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定した。
- d. 航空機の墜落によって燃料に着火し、火災が起こることを想定した。
- 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。

#### 2.1.2 航空機の選定

航空機落下確率評価では、評価条件の違いに応じたカテゴリに分けて落下確率を求めている。また、機種によって装備、飛行形態等が同一ではなく、落下事故件数及び火災影響の大きさに差がある。したがって、これらを考慮したカテゴリごとに航空機墜落による火災の影響評価を実施する。

考慮する航空機を表 2.1.2-1 に示す。選定の詳細を添付資料 6-1-4-10-1「航空機墜落における火災熱影響評価：対象航空機について」に示す。

## 2.2 データの算出

熱影響評価を実施するため、以下のデータを算出した。

- ・ 航空機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
- ・ 航空機墜落地点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 6-1-4-10-1「航空機墜落における火災熱影響評価：対象航空機について」及び添付資料 6-1-4-10-2「航空機墜落における火災熱影響評価：データの算出について」に示す。航空機落下確率が  $10^{-7}$  (回/年) に相当する面積より、航空機落下確率評価で標的面積として考慮している影響評価対象施設からの離隔距離（墜落地点）を求めた。なお、各施設間の距離が短く、航空機が落下しない範囲が重なる場合も、保守的に重なった面積を再分配せず離隔距離を求めた。落下事故のカテゴリごとの離隔距離を表 2.2-1 に示す。航空機落下確率が  $10^{-7}$  (回/年) に相当する範囲を図 2.2-1 に示す。

計器飛行方式民間航空機の「②航空路を巡航時」、有視界方式民間航空機の「④小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）」及び自衛隊機又は米軍機の訓練区域外を飛行中の「⑥その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機」については、他のカテゴリの評価に内包されるため評価対象外とした。

## 2.3 外壁に対する熱影響評価

### (1) 影響評価対象範囲

カテゴリごとにおける航空機墜落によって発生する火災を想定した場合の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

#### 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  $200^{\circ}\text{C}$  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  $350^{\circ}\text{C}$  以下とした。

#### 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2.3-1に示す。評価の詳細を添付資料6-1-4-10-3「航空機墜落における火災熱影響評価：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77.9℃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、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隣接する主排気筒を評価対象に加えても離隔距離が変わらないことから、コンクリート製である主排気筒の評価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の評価に包含される。

また、最も影響の大きいF-15による墜落火災と、最も影響の大きい条件である森林火災又は最も影響の大きい核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設による火災を想定し、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148.9℃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2.3-2に示す。評価の詳細を別紙6-1-4-10-3-2「航空機墜落火災と森林火災の重畳評価」及び別紙6-1-4-10-3-3「航空機墜落火災と核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設の重畳評価」に示す。

#### 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2.3-3に示す。評価の詳細を添付資料6-1-4-10-3「航空機墜落における火災熱影響評価：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82.5℃であり、許容温度である350℃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F-15による墜落火災と、最も影響の大きい条件である森林火災又は最も影響の大きい核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設による火災を想定し、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109.5℃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2.3-4に示す。評価の詳細を別紙6-1-4-10-3-2「航空機墜落火災と森林火災の重畳評価」及び別紙6-1-4-10-3-3「航空機墜落火災と核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設の重畳評価」に示す。

表2.1.2-1 考慮する航空機

落下事故のカテゴリ		対象航空機	
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離発着時	B737-800	
	航空路を巡航時	B747-400	
有視界方式 民間航空機	大型機 (大型固定翼機及び大型回転翼機)	B747-400	
	小型機 (小型固定翼機及び小型回転翼機)	Do228-200	
自衛隊機 又は米軍機	訓練区域外 を飛行中	空中給油機等, 高高度での巡航 が想定される大型固定翼機	KC-767
		その他の大型固定翼機, 小型固 定翼機及び回転翼機	F-15
	基地－訓練空域間往復時	F-15	

表2.2-1 落下事故のカテゴリごとの離隔距離

落下事故のカテゴリ		対象航空機	離隔距離 [m]	
計器飛行方式 民間航空機	①飛行場での離発着時	B737-800	228	
	②航空路を巡航時	B747-400	315	
有視界方式 民間航空機	③大型機 (大型固定翼機及び大型回転翼機)	B747-400	209	
	④小型機 (小型固定翼機及び小型回転翼機)	Do228-200	95	
自衛隊機 又は米軍機	訓練区域外 を飛行中	⑤空中給油機等, 高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	200
		⑥その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転翼機	F-15	58
	⑦基地－訓練空域間往復時	F-15	39	

表 2.3-1 コンクリート外壁に対する熱影響評価結果

落下事故のカテゴリ		対象航空機	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
飛行場での離発着時		B737-800	51.9	23
大型機 (大型固定翼機及び大型回転翼機)		B747-400	63.9	57
訓練空域外を 飛行中	空中給油機等, 高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	59.7	46
基地－訓練空域間往復時		F-15	77.9	15

表 2.3-2 重畳評価結果

施設	重畳対象	壁面温度[°C]
HAW	森林火災	106.9
	核燃料サイクル工学研究所内 屋外貯蔵施設火災	78.8
TVF	森林火災	148.9
	核燃料サイクル工学研究所内 屋外貯蔵施設火災	78.7

表 2.3-3 第二付属排気筒に対する熱影響評価結果

落下事故のカテゴリ		対象航空機	評価温度 [°C]	危険距離 [m]
飛行場での離発着時		B737-800	52.3	15
大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）		B747-400	64.8	36
訓練空域外を 飛行中	空中給油機等、高高度での巡航 が想定される大型固定翼機	KC-767	61.0	31
基地－訓練空域間往復時		F-15	82.5	11

表 2.3-4 重畳評価結果

施設	重畳対象	壁面温度[°C]
第二付属排気筒	森林火災	109.5
	核燃料サイクル工学研究所内 屋外貯蔵施設火災	83.1

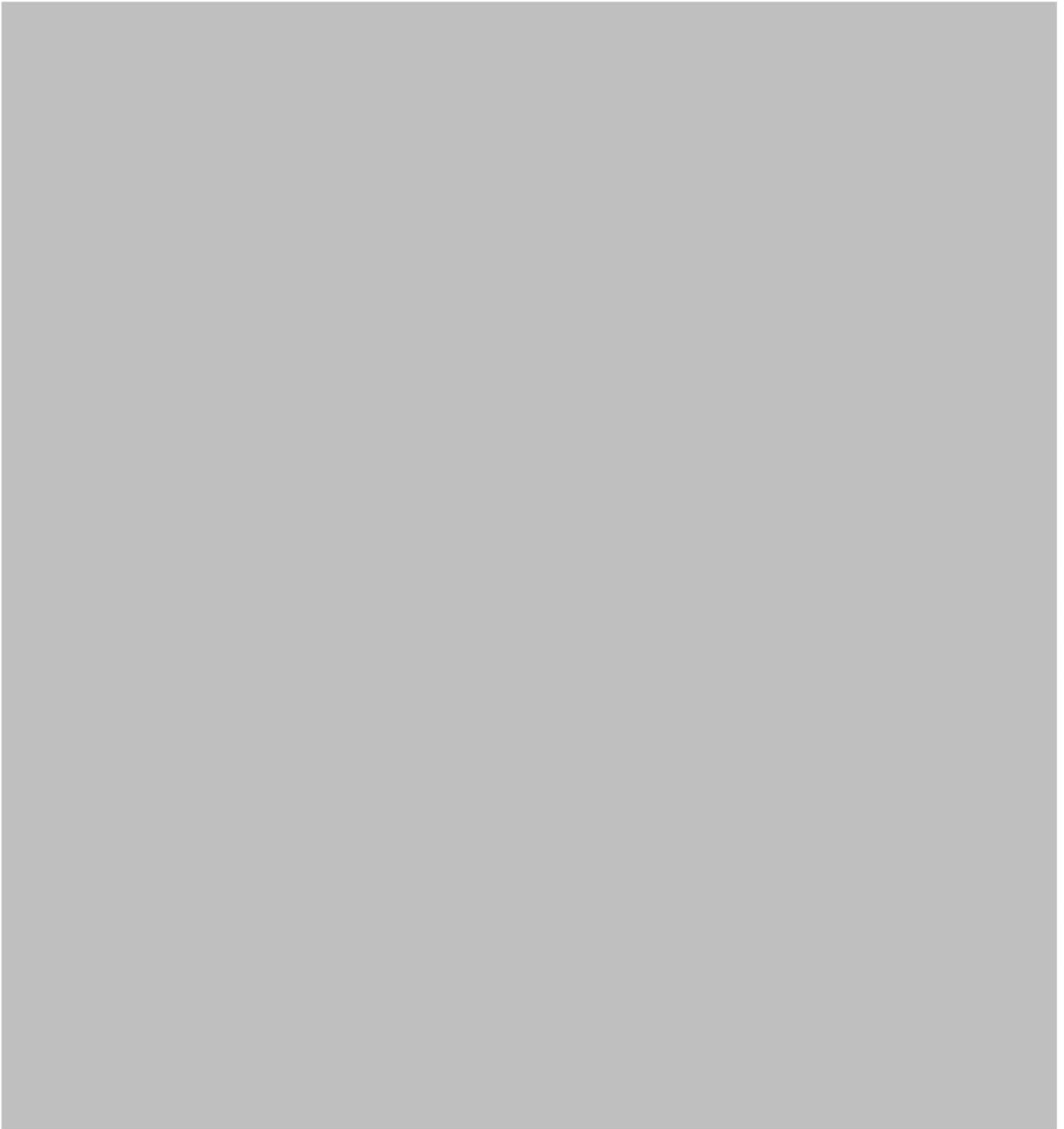


図 2.2-1 航空機落下確率が  $10^{-7}$  (回/年) に相当する範囲

### 3. 有毒ガス影響評価

#### 3.1 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の評価を実施した。

想定事象は2項で実施した航空機墜落における火災とした。

#### 3.2 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・10・4「有毒ガス及びばい煙の影響評価について」に示す。

図 3.2-1 に，評価手法の概要を示す。

本評価では，航空機墜落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>[2]</sup>で判断基準とされている IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health)<sup>[3]</sup>の値以下であることを確認した。IDLH 値を表 3.2-1 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。

#### 3.3 評価に用いるデータ

##### 3.3.1 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

##### 3.3.2 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>[4]</sup>に基づき算出

- ・CO発生量：原油火災試験<sup>[5]</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>[6][7]</sup>

### 3.3.3 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) 航空機墜落における火災

- ・計器飛行方式民間航空機 B737-800
- ・有視界方式民間航空機大型機 B747-400
- ・自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767
- ・自衛隊機及び米軍機(基地・訓練空域往復)F-15

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 6-1-4-10-4-1「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。

### 3.4 有毒ガス影響評価結果

表3.4-1～表3.4-4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 3.2-1 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 3.4-1 評価結果(計器飛行方式民間航空機 B737-800)

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	■	35.0	17.16	11.40	171	2.75	0.05	0.28
TVF給気塔	■	28.8	17.16	12.29	192	3.1	0.05	0.32

表 3.4-2 評価結果(有視界方式民間航空機大型機 B747-400)

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	■	58.5	15.83	10.89	643	10.36	0.16	1.06
TVF給気塔	■	48.3	15.83	11.80	719	11.58	0.17	1.19

表 3.4-3 評価結果(自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767)

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	■	51.8	15.19	10.65	612	9.45	0.09	0.97
TVF給気塔	■	42.7	15.19	11.58	682	10.54	0.10	1.09

表 3.4-4 評価結果(自衛隊機及び米軍機(基地-訓練空域往復)F-15)

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	■	8.3	3.32	7.02	2929	45.24	0.42	4.94
TVF給気塔	■	6.8	3.32	8.44	2971	45.90	0.42	5.01

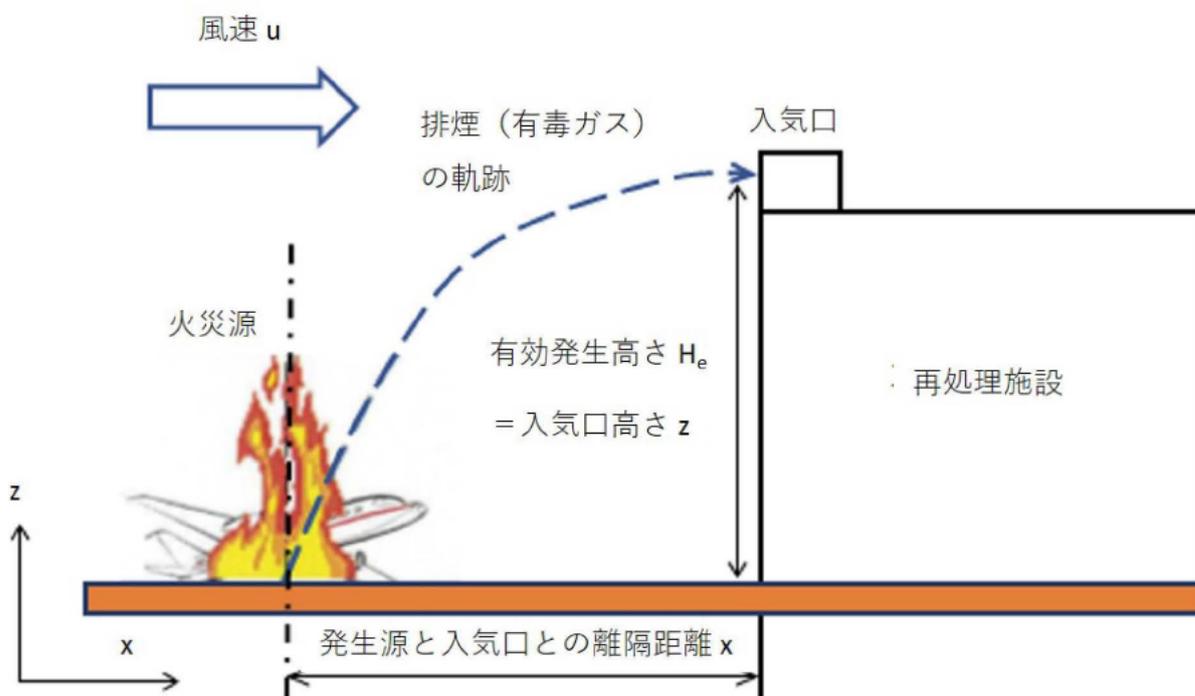


図 3.2-1 入気口における有毒ガス濃度評価手法の概要

## 4. ばい煙影響評価

### 4.1 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の評価を実施した。

想定事象は，2項で実施した航空機墜落における火災とした。

### 4.2 評価手法

「3. 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 6-1-4-10-4 「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，航空機墜落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 4.2-1 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しくなる風速を求める。
- ④ 有風時プルーム式を用いて，入気口におけるばい煙濃度を求める。

### 4.3 評価に用いるデータ

#### 4.3.1 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

#### 4.3.2 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のとおり算出した。

- ・ばい煙発生量：消防研報告書<sup>[8]</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

#### 4.3.3 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) 航空機墜落における火災

- ・計器飛行方式民間航空機 B737-800
- ・有視界方式民間航空機大型機 B747-400
- ・自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767
- ・自衛隊機及び米軍機(基地・訓練空域往復)F-15

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 6-1-4-10-4-1「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。

#### 4.4 ばい煙影響評価結果

表4.4-1～表4.4-4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4.4-1に、TVF換気系の系統概略図を図4.4-2に示す。

表 4.2-1 IDLH(Immediately Dangerous to Life and Health) 値

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

表 4.4-1 評価結果(計器飛行方式民間航空機 B737-800)

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	■	35.0	17.16	11.40	17
TVF給気塔	■	28.8	17.16	12.29	19

表 4.4-2 評価結果(有視界方式民間航空機大型機 B747-400)

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	■	58.5	15.83	10.89	62
TVF給気塔	■	48.3	15.83	11.80	70

表 4.4-3 評価結果(自衛隊機及び米軍機(訓練空域外高高度飛行)KC-767)

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	■	51.8	15.19	10.65	59
TVF給気塔	■	42.7	15.19	11.58	66

表 4.4-4 評価結果(自衛隊機及び米軍機(基地・訓練空域往復)F-15)

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	■	8.3	3.32	7.02	282
TVF給気塔	■	6.8	3.32	8.44	286

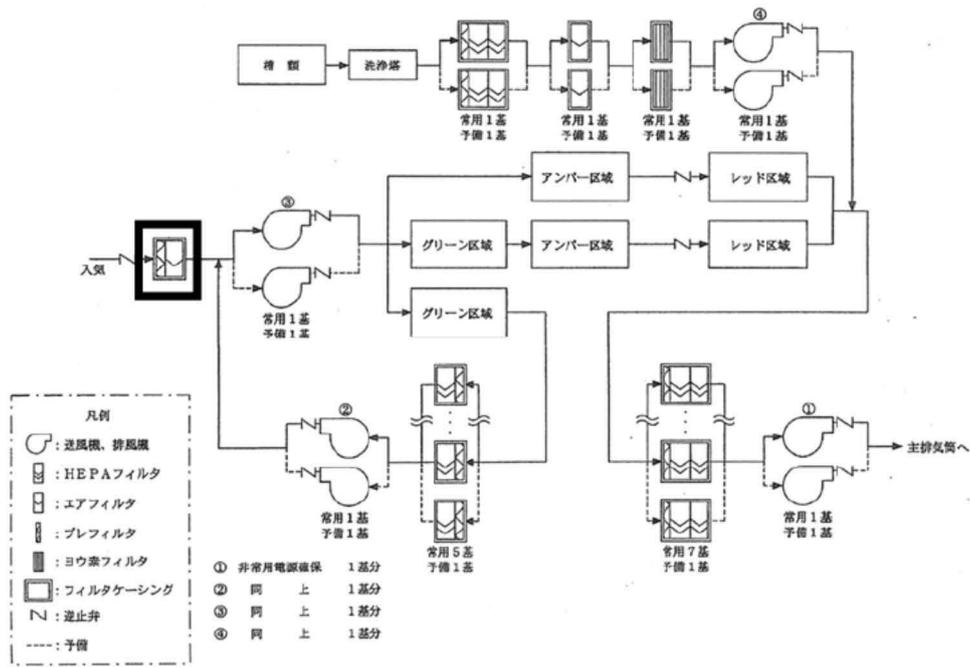


図 4.4-1 HAW 換気系の系統概略図

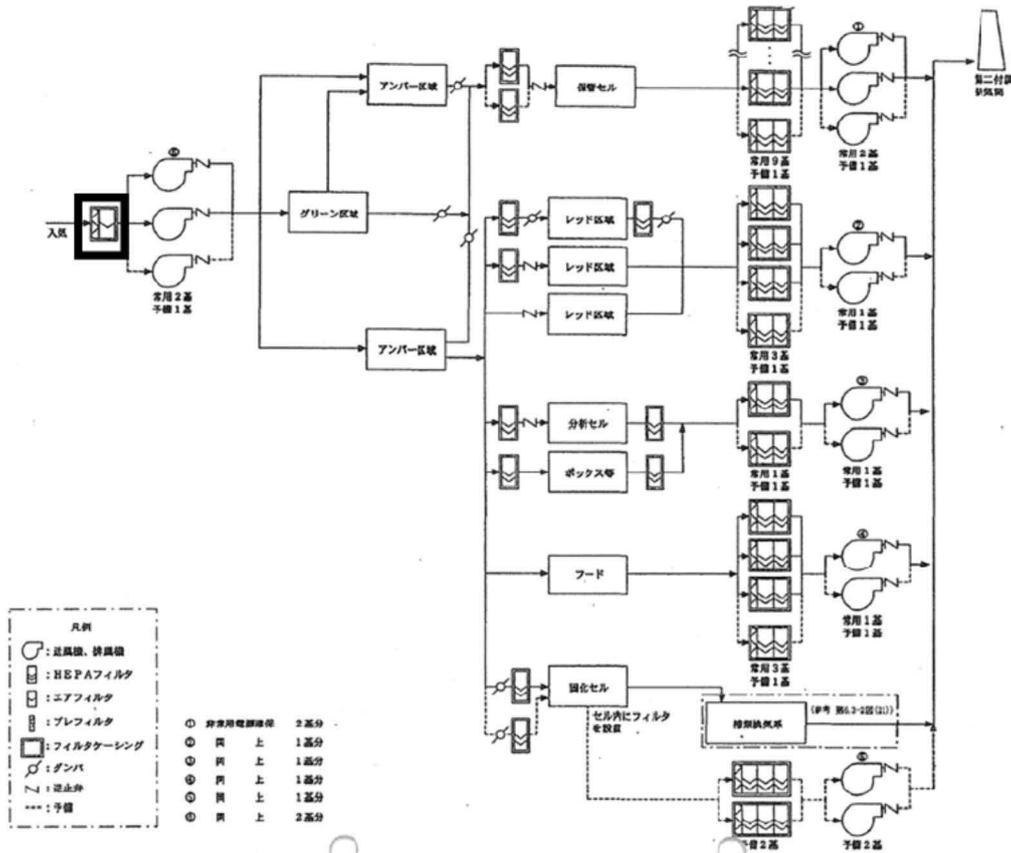


図 4.4-2 TVF 換気系の系統概略図

## 5. 結論

落下確率が $10^{-7}$  (回/年) 以上になる範囲のうち再処理施設への影響が最も厳しくなる地点に墜落した航空機において火災が発生した場合、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) コンクリート表面、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 $77.9^{\circ}\text{C}$ 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の最高温度は $82.5^{\circ}\text{C}$ 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、航空機が森林に落下した場合の航空機墜落による火災と森林火災又は核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設による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 $148.9^{\circ}\text{C}$ 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。同様に、第二付属排気筒の最高温度は $109.5^{\circ}\text{C}$ であり、許容温度である $350^{\circ}\text{C}$ 以下であることを確認した。

落下確率が $10^{-7}$  (回/年) 以上になる範囲のうち (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への影響が最も厳しくなる地点に墜落した航空機において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。

以上の結果から、再処理施設の敷地内において航空機墜落による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。

## 6. 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] 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)
- [3] 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>)
- [4] 環境省温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル (Ver3.4)
- [5] 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).
- [6] U.S. EPA AP-42, " Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I:  
Stationary Point and Area Sources".
- [7] FAA, "Air Quality Procedures for Civilian Airports & Air Force Bases".
- [8] 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)

## 航空機墜落における火災熱影響評価：対象航空機について

## 1. 対象航空機の選定

航空機落下確率評価では、評価条件の違いに応じたカテゴリに分けて落下確率を求めている。また、機種によって装備、飛行形態等が同一ではなく、落下事故件数及び火災影響の大きさに差がある。したがって、これらを考慮したカテゴリごとに航空機の選定を実施した。落下事故のカテゴリを表1-1に示す。

## 1.1 計器飛行方式民間航空機

計器飛行民間航空機の落下事故には、「①飛行場での離発着時」における落下事故及び「②航空路を巡航時」における落下事故がある。

①については、再処理施設から約33 km離れた位置に百里飛行場（茨城空港）があり、最大離着陸距離（最大離着陸地点（航空路誌（AIP）に記載された離着陸経路において着陸態勢に入る地点あるいは離陸態勢を終える地点をいう。）までの直線距離）約56 kmを半径とし、飛行場の滑走路端から滑走路方向に対して $\pm 60^\circ$ の扇型区域に再処理施設が存在するため、評価対象とする。詳細を別紙6-1-4-10-1-1「百里飛行場の最大離着陸距離」及び別紙6-1-4-10-1-2「百里飛行場の滑走路方向に対する百里飛行場—再処理施設の角度」に示す。

①における航空機は、百里飛行場の定期便のうち、燃料積載量が多い航空機（B737-800）を選定した。

②については、再処理施設上空に航空路が存在するため、評価対象とする。詳細を別紙6-1-4-10-1-3「再処理施設周辺における航空路と各航路の幅」に示す。

②における航空機は、評価対象航空路を飛行すると考えられる定期便のうち燃料積載量が最大の航空機（B747-400）を選定した。

## 1.2 有視界飛行方式民間航空機

有視界飛行方式民間航空機の落下事故には、「③大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）」の落下事故と「④小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）」の落下事故がある。

③における航空機については、全国の有視界飛行が可能な民間航空機のうち、燃料積載量が最大となる航空機（B747-400）を選定した。

④における航空機については、全国の有視界飛行が可能な小型民間航空機のうち、燃料積載量が最大となる航空機（Do228-200）を選定した。

## 1.3 自衛隊機又は米軍機

自衛隊機又は米軍機の落下事故には、「訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中⑤⑥」の落下事故と「⑦基地－訓練空域間往復時」の落下事故がある。

⑤⑥については、再処理施設周辺上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域はないため、訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。

⑤における航空機については、全国の自衛隊機及び米軍機のうち燃料積載量が最大となる航空機（KC-767）を選定した。

⑥における航空機については、全国の自衛隊機及び米軍機のうち空中輸送機の高高度での巡行が想定される大型機を除き燃料積載量が最大となる航空機（F-15）を選定した。

⑦については、再処理施設周辺の太平洋沖合上空に自衛隊機の訓練空域があり、再処理施設は自衛隊の百里基地と訓練空域間の想定飛行範囲（基地と訓練空域間を往復時の飛行範囲として、想定される区域）内に位置することから、自衛隊機の落下事故を評価対象とする。

⑦における航空機については、百里基地に所属する自衛隊機のうち燃料積載量が最大となる航空機（F-15）を選定した。

表1-1 落下事故のカテゴリ

落下事故のカテゴリ	
計器飛行方式 民間航空機	①飛行場での離発着時
	②航空路を巡航時
有視界方式 民間航空機	③大型機 (大型固定翼機及び大型回転翼機)
	④小型機 (小型固定翼機及び小型回転翼機)
自衛隊機 又は米軍機	⑤空中給油機等, 高高度での巡 航が想定される大型固定翼機
	⑥その他の大型固定翼機, 小型 固定翼機及び回転翼機
	⑦基地－訓練空域間往復時

## 2. 離隔距離の評価

影響評価対象施設として、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を考慮し、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」（平成21・06・25 原院第1号）の航空機落下確率評価式に基づき、カテゴリごとに落下確率が $10^{-7}$ （回／年）に相当する面積を算出し、その結果を用いて影響評価対象施設に対する離隔距離を算出した。離隔距離の算出方法を別紙6-1-4-10-1-4「離隔距離の算出方法について」に示す。

## 2.1 計器飛行方式民間航空機の評価

### ①飛行場での離発着時

$$Pd,a = fd,a \cdot Nd,a \cdot A \cdot \Phi d,a(r,\theta)$$

$Pd,a$ ：対象施設への離着陸時の航空機落下確率（回／年）

$fd,a = Dd,a / Ed,a$ ：対象航空機の国内での離着陸時事故率（回／離着陸回）

$Dd,a$ ：国内での離着陸時事故件数（回）

$Ed,a$ ：国内での離着陸回数（離着陸回）

$Nd,a$ ：当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数（離着陸回／年）

$A$ ：標的面積（ $\text{km}^2$ ）

$\Phi d,a(r,\theta)$ ：離着陸時の事故における落下地点確率分布関数（ $/\text{km}^2$ ）

飛行場	百里飛行場
$fd,a^{*1}$	約 $1.43 \times 10^{-7}$ （= $4/27887158$ ）
$Nd,a^{*2}$	4,210
$\Phi d,a(r,\theta)^{*3}$	$2.855 \times 10^{-4}$
空港までの距離 $^{*4}$	約33.2 km
滑走路方向に対する角度 $^{*5}$	11.72°
最大離着陸距離 $^{*6}$	約56 km（30 nm）

※1 離着陸時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）より、平成5年～平成24年において離陸時に1件、着陸時に3件

離着陸回数は、平成5年～平成24年の「航空輸送統計年報 第1表総括表 1.輸送実績」における運航回数の国内の値及び国際の値の合計値

※2 H24年空港管理状況調書（国土交通省）における百里（共用）の着陸回数を2倍した値

※3 別紙6-1-4-10-1-5「計器飛行方式民間航空機における離着陸時の事故における落下地点確率分布関数の算出」のとおり

※4 再処理施設と空港の緯度及び経度から、測量計算サイトより算出

※5 別紙6-1-4-10-1-2「百里飛行場の滑走路方向に対する百里飛行場—再処理施設の角度」のとおり

※6 AIP JAPANに基づき設定。別紙6-1-4-10-1-1「百里飛行場の最大離着陸距離」参照

これらの式より $Pd,a=10^{-7}$ に相当する標的面積Aを求めると約**0.58 km<sup>2</sup>**となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると、**228 m**となる。

②航空路を巡行中の落下事故

$$Pc = fc \cdot Nc \cdot A/W$$

Pc：対象施設への巡航中の航空機落下確率（回／年）

fc=Gc/Hc：単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率  
（回／（飛行回・km））

Gc：巡航中事故件数（回）

Hc：延べ飛行距離（飛行回・km）

Nc：評価対象とする航空路等の年間飛行回数（飛行回／年）

A：標的面積（km<sup>2</sup>）

W：航空路幅（km）

	直行経路	広域航法経路
対象航空路※1	IWAKI(IXE)－SWAMP IWAKI(IXE)－ KISARAZU(KZE)	Y30 (LOTUS－SWAMP)
Fc※2	約 $5.13 \times 10^{-11}$ (=0.5/9740013768)	
Nc※3	365	33580
W※4	14.816	18.52

※1 別紙6-1-4-10-1-3「再処理施設周辺における航空路と各航路の幅」のとおり

※2 巡行時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月原子力規制委員会）より、平成5年～平成24年において0件であるため、0.5件発生したものとして評価  
延べ飛行距離は平成5年～平成24年の「航空輸送統計年報 第1表 総括表」の暦年輸送実績の国内の合計値

※3 国土交通省航空局への問い合わせ結果（ピークデイの値）を365倍した

- 値。別紙6-1-4-10-1-6「ピークデイにおける航空交通量について」参照
- ※4 直行経路については「航空路等設定基準」を参照した。広域航法経路については、航法精度を航空路の幅とみなして用いた。(1 nm = 1.852 km として換算した。) 別紙6-1-4-10-1-3「再処理施設周辺における航空路と各航路の幅」参照

これらの式より  $P_c = 10^{-7}$  に相当する標的面積  $A$  を求めると約  $1.06 \text{ km}^2$  となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると、315 m となる。

## 2.2 有視界飛行方式民間航空機の評価

### ③大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）

$$P_v = (f_v/S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

$P_v$  : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

$f_v$  : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

$S_v$  : 全国土面積 ( $\text{km}^2$ )

$A$  : 標的面積 ( $\text{km}^2$ )

$\alpha$  : 対象航空機の種類による係数

$f_v^{*1}$	大型固定翼機 0.025 (=0.5/20) 大型回転翼機 0.05 (=1/20)
$S_v^{*2}$	37.2 万
$\alpha^{*3}$	1

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)より、平成5年～平成24年において大型固定翼機で0件、大型回転翼機で1件。0件であったものは0.5件発生したものと評価

※2 「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)による。

※3 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について(内規)」(平成21年6月 経済産業省原子力安全・保安院)による。

これらの式より  $P_v = 10^{-7}$  に相当する標的面積  $A$  を求めると約  $0.50 \text{ km}^2$  となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると、209 m となる。

④小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）

$$P_v = (f_v/S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

$P_v$ ：対象施設への航空機落下確率（回／年）

$f_v$ ：単位年当たりの落下事故率（回／年）

$S_v$ ：全国土面積（ $\text{km}^2$ ）

$A$ ：標的面積（ $\text{km}^2$ ）

$\alpha$ ：対象航空機の種類による係数

$f_v^{*1}$	小型固定翼機 1.75（=35／20） 大型回転翼機 1.20（=24／20）
$S_v^{*2}$	37.2 万
$\alpha^{*3}$	0.1

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）より、平成5年～平成24年において小型固定翼機で35件、大型回転翼機で24件

※2 「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）による。

※3 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」（平成21年6月 経済産業省原子力安全・保安院）による。

これらの式より  $P_v=10^{-7}$  に相当する標的面積  $A$  を求めると約  $0.13 \text{ km}^2$  となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると、95 m となる。

### 2.3 自衛隊機又は米軍機の評価

⑤空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機  
（訓練区域外を飛行中）

$$P_{so} = f_{so} \cdot A/S_o$$

$P_{so}$ ：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回／年）

$f_{so}$ ：単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）

$A$ ：標的面積（ $\text{km}^2$ ）

$S_o$ ：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積（ $\text{km}^2$ ）

$f_{so}^{*1}$	自衛隊機 0.025 (=0.5/20) 米軍機 0.05 (=1/20)
$S_o^{*2}$	自衛隊機 29.5 万 米軍機 37.2 万

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）より，平成5年～平成24年において自衛隊機で0件，米軍機で1件。0件であったものは0.5件発生したものとして評価

※2 「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）による。

これらの式より  $P_v=10^{-7}$  に相当する標的面積Aを求めると約0.46 km<sup>2</sup>となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると，200 mとなる。

⑥その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機（訓練区域外を飛行中）

$$P_{so} = f_{so} \cdot A/S_o$$

$P_{so}$ ：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回/年）

$f_{so}$ ：単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回/年）

A：標的面積（km<sup>2</sup>）

$S_o$ ：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積（km<sup>2</sup>）

$f_{so}^{*1}$	自衛隊機 0.35 (=7/20) 米軍機 0.20 (=4/20)
$S_o^{*2}$	自衛隊機 29.5 万 米軍機 37.2 万

※1 事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）より，平成5年～平成24年において自衛隊機で7件，米軍機で4件

※2 「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）による。

これらの式より  $P_v=10^{-7}$  に相当する標的面積Aを求めると約0.058 km<sup>2</sup>となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると，58 mとなる。

⑦基地－訓練空域間往復時

(想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する場合)

$$Pse = fse \cdot A / Sse \cdot 2$$

Pse：対象施設への航空機落下確率（回／年）

fse：基地と訓練空域間を往復中の落下事故率（回／年）

A：原子炉施設の標的面積（km<sup>2</sup>）

Sse：想定飛行範囲の面積（km<sup>2</sup>）

fse <sup>※1</sup>	自衛隊機 0.25 (=5/20)
Sse <sup>※2</sup>	175720
Pse <sup>※3</sup>	$3.00 \times 10^{-6}$

※1 離着陸時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）より、百里基地－訓練空域間の想定飛行範囲内における自衛隊機の移動時の事故件数は平成5年～平成24年において0件であったため、全国の基地－訓練空域間の落下実績5件を用いた。

※2 全国の基地－訓練空域間往復時の想定飛行範囲の面積

※3 fse, Sseから算出された約 $1.42 \times 10^{-6}$ 回／（年・km<sup>2</sup>）を保守的に2倍し切り上げた値

別紙6-1-4-10-1-7「基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下確率の推定について」参照

これらの式より $Pv = 10^{-7}$ に相当する標的面積Aを求めると約0.033 km<sup>2</sup>となる。求めた標的面積より影響評価対象施設の離隔距離を求めると、39 mとなる。