

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	安有01 <u>R5</u>
提出年月日	<u>令和4年3月11日</u>

設工認に係る補足説明資料

安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される

条件の下における健全性に関する

安全機能を有する施設の環境条件の設定について

1. 文章中の下線部は、R 4からR 5への変更箇所を示す。
2. 本資料（R 5）は、令和4年3月9日に提示した「安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する安全機能を有する施設の環境条件の設定についてR 4」に対し、屋外の環境条件として高温に対する考慮に加えて、個別施設の設計に用いる外気温について記載、また、一部記載の適正化のために記載内容を見直したものである。
3. 「添付1-3 放射線の設定方法について」は、記載の充実を図るため全面改訂したものである。

目 次

1. 概要	1
2. 安全機能を有する施設の環境条件について	2
2.1 エリアごとに設定する環境条件の考慮事項	2
2.2 個別で設定する環境条件の考慮事項	7

添付

再処理施設

添付 1-1 圧力の設定方法について（後次回に示す範囲）

添付 1-2 温度の設定方法について（後次回に示す範囲）

添付 1-3 放射線の設定方法について

MOX 燃料加工施設

添付 2-1 圧力の設定方法について

添付 2-2 温度の設定方法について

添付 2-3 放射線の設定方法について

共通

添付 3-1 屋外温度の設定方法について

1. 概要

本資料は、再処理施設及びMOX燃料加工施設の第1回設工認申請のうち、以下の添付書類に示す安全機能を有する施設の健全性評価について補足説明するものである。

- ・再処理施設 添付書類「IV-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」
- ・MOX燃料加工施設 添付書類「V-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」

上記添付書類において、安全機能を有する施設の環境条件の設定値を示している。

本資料では、環境条件として設定する環境圧力、環境温度、環境湿度及び放射線の設定の考え方等について説明する。環境条件は、通常時の気象条件、換気空調設備による管理、放射性物質の崩壊熱等を考慮することはもとより、施設内で発生する設計基準事故が周囲の環境条件に影響を与える可能性があることを考慮し、設計基準事故を踏まえて設定する必要があるため、設計基準事故の影響の考慮の考え方についても説明する。

なお、本資料中の内容は、第1回申請の再処理施設の安全冷却水B冷却塔、主配管及び飛来物防護ネット並びにMOX燃料加工施設の燃料加工建屋の設置場所を考慮した内容を記載していることから、後次回以降の内容を追加し、拡充していく。

2. 安全機能を有する施設の環境条件について

2.1 エリアごとに設定する環境条件の考慮事項

エリアごとに設定する環境条件は、通常時に考慮すべき事項である気象条件、換気空調設備による管理、放射性物質の崩壊熱等に加え、再処理施設及び MOX 燃料加工施設で発生が想定される設計基準事故の特徴を踏まえ、設計基準事故による影響も考慮して設定する。

再処理施設は、設計基準事故で想定する全ての事象を考慮し、環境条件を設定する。また、環境条件を設定するエリアの単位は、屋外と屋内に大きく分け、屋内については設計基準事故の発生が想定される機器が設置されるセル内とそれ以外のセル外に分けて環境条件を設定する。

MOX 燃料加工施設は、屋外と屋内に大きく分け、さらに発生が想定される設計基準事故がグローブボックス火災の事象であることを踏まえ、屋内を設計基準事故の発生を想定するグローブボックスを設置する工程室とそれ以外の屋内に分けて環境条件を設定する。また、設計基準事故の発生を想定するグローブボックスに対しても環境条件を設定する。

再処理施設における安全機能を有する施設の環境条件及び考慮事項を表 2-1 に、MOX 燃料加工施設における安全機能を有する施設の環境条件及び考慮事項を表 2-2 に示す。

表 2-1 再処理施設における安全機能を有する施設の環境条件及び考慮事項

No.	安全機能を有する施設の設置エリア		環境条件		考慮事項
1	屋外		圧力	・ 大気圧	・ 大気圧を超えて圧力が上昇する要因がないエリア。
			湿度・ 温度	・ 37℃ ※29℃ ・ 100%	・ 屋外設置設備の高温に対する考慮に係る温度として、八戸特別地域気象観測所の日最高気温の観測記録を基に設定。(添付 3-1) ※設備の特徴や温度の安全機能への影響を考慮し、個別施設の設計に用いる外気温として設定。(添付 3-1) ・ 湿度は考えられる最大値。
			放射線	・ 2.6 μ Gy/h	・ 設計基準事故時における屋外被ばく線量を包絡する値。(添付 1-3)
2	屋内	セル内	圧力	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
			湿度・ 温度	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
			放射線	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
3	屋内	セル外	圧力	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
			湿度・ 温度	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
			放射線	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲

表 2-2 MOX 燃料加工施設における
安全機能を有する施設の環境条件及び考慮事項(1/3)

No.	安全機能を有する施設の設置エリア	環境条件		考慮事項
1	屋外	圧力	・ 大気圧	・ 大気圧を超えて圧力が上昇する要因がないエリア。
		温度・湿度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 37℃ ※ 29℃ ・ 100% 	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>建屋外壁等の高温に対する考慮に係る温度として、八戸特別地域気象観測所の日最高気温の観測記録を基に設定。(添付3-1)</u> ※ <u>設備の特徴や温度の安全機能への影響を考慮し、個別施設の設計に用いる外気温として設定。(添付3-1)</u> ・ 湿度は考えられる最大値。
		放射線	・ 2.6 μ Gy/h	・ 事故による放射線の上昇要因がないエリアであるため、管理区域外の遮蔽設計の基準となる線量率を設定。(添付2-3)

表 2-2 MOX燃料加工施設における
安全機能を有する施設の環境条件及び考慮事項(2/3)

No.	安全機能を有する施設の設置エリア	環境条件		考慮事項
2	設計基準事故の発生を想定するグローブボックスを設置する工程室内	圧力	・ 大気圧	・ 設計基準事故及び負圧管理目標値を踏まえて設定した値。(添付2-1)
		温度・湿度	・ 40℃ ・ 100%	・ 温度は、室内に設置する機器発熱等を考慮した値。(添付2-2) ・ 湿度は考えられる最大値。
			・ 100℃ ・ 100% (設計基準事故の発生を想定するグローブボックス近傍)	・ 温度は、グローブボックス内の温度を考慮した値。(添付2-2) ・ 湿度は考えられる最大値。
		放射線	・ 50 μ Gy/h (工程室)	・ 事故による放射線の上昇要因がないエリアであるため、工程室の遮蔽設計の基準となる線量率を設定。(添付2-3)
3	建屋内 (No. 2を除く範囲)	圧力	・ 大気圧	・ 負圧管理目標値を踏まえて設定した値。(添付2-1)
		温度・湿度	・ 40℃ ・ 100%	・ 温度は、室内に設置する機器発熱等を考慮した値。(添付2-2) ・ 湿度は考えられる最大値。
			後次回に示す範囲 (貯蔵容器一時保管室、燃料棒貯蔵室及び燃料集合体貯蔵室)	後次回に示す範囲
		放射線	・ 2.6 μ Gy/h (管理区域外)	・ 事故による放射線の上昇要因がないエリアであるため、管理区域外の遮蔽設計の基準となる線量率を設定。(添付2-3)
			・ 50 μ Gy/h (工程室)	・ 事故による放射線の上昇要因がないエリアであるため、工程室の遮蔽設計の基準となる線量率を設定。(添付2-3)
			後次回に示す範囲 (貯蔵施設を設置する部屋)	後次回に示す範囲

表2-2 MOX燃料加工施設における
安全機能を有する施設の環境条件及び考慮事項(3/3)

No.	安全機能を有する 施設の設置エリア	環境条件		考慮事項
4	設計基準事故の発生を想定するグローブボックス（火災源からの鉛直方向距離0～950mm）	圧力	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
		湿度・温度	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
		放射線	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
5	設計基準事故の発生を想定するグローブボックス（火災源からの鉛直方向距離951～1300mm）	圧力	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
		湿度・温度	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
		放射線	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
6	設計基準事故の発生を想定するグローブボックス（No. 4, 5を除く範囲。気体廃棄物の廃棄施設を含む。）	圧力	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
		湿度・温度	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲
		放射線	後次回に示す範囲	後次回に示す範囲

2.2 個別で設定する環境条件の考慮事項

本資料は、第1回申請の対象設備である、再処理施設の安全冷却水B冷却塔、主配管及び飛来物防護ネット並びにMOX燃料加工施設の燃料加工建屋に関連する内容を記載しているが、今後の第2回以降の設工認申請において申請対象設備を追加していくことに合わせて、記載を拡充していく。

添付 1-3

放射線の設定方法について

1. 概要

本資料は、再処理施設における屋外及び屋内の放射線の設定方法について、説明するものである。

2. 屋外における放射線について

2.1 屋外における放射線の設定手順

設計基準事故発生時における屋外の線量率上昇の主要な要因は、大気中に放出された放射性雲からの放射線、臨界発生時における直接線及び、地表に沈着した放射性物質からの放射線の3つが考えられる。このうち、前者2つについては、設計基準事故の継続時間が数分～数十分と比較的短く、一過性のものである。一方、地表に沈着した放射性物質からの放射線については、設計基準事故後も継続して影響が及ぶことを踏まえ、屋外における放射線については地表に沈着した放射性物質からの放射線を考慮することとし、以下の手順により設定する。

- ① 考慮する設計基準事故の選定
- ② 評価モデルの設定
- ③ 線源強度の算出及び線量率の評価
- ④ ③での評価結果に基づく、屋外放射線の設定

①～④の詳細については、以下の2.2から2.5にて説明する。

なお、放射性雲からの放射線及び臨界発生時における直接線の影響については、それぞれ別紙—1及び別紙—2にて説明する。

2.2 考慮する設計基準事故の選定

屋外の放射線の設定に当たっては、設計基準事故のうち、事業変更許可申請書 添付書類八 1.1.2.2-(3)にて選定した6つの代表事象（以下「代表事象」という。）を考慮する。

なお、代表事象とは以下の事象を指す。

- プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災
- プルトニウム精製設備のプルトニウム濃縮缶でのTBP等の錯体の急激な分解反応
- 溶解設備の溶解槽における臨界
- 液体廃棄物の廃棄施設の高レベル廃液処理設備の高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい
- 短時間の全交流動力電源の喪失（固化セルへのガラス熔融炉内の廃ガス漏えい）
- 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下

2.3 評価モデルの設定

(1) 放出地点

事業変更許可申請書 添付書類八「3. 設計基準事故」にて示される解析条件に基づいて設定する。すなわち、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下を除く代表事象については、事象発生時に放出される放射性物質は主排気筒から放出される

ことを想定し、また、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下については、破損した使用済燃料集合体から放出される放射性物質が燃料送出しピット水中を経て、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋から地上放出されることを想定する。

(2) 評価モデルで考慮する線源形状

a. 放射性物質が拡がる角度

放射性物質が拡がる角度については、発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針⁽³⁾に基づき算出される値をもとに、 33.3° に設定する。

b. 評価モデルで考慮する線源形状の設定

安全側の評価を得るために、評価モデル上の線源については、a. で示した条件で拡散する領域を包絡できるように、長方形とする。長方形の縦及び横の長さについては、(1) で設定した放出地点ごとに次のように設定する。

(a) 主排気筒放出

縦方向の放射線源の長さは、評価点に対して放射線の距離減衰の効果が十分見込まれる1000mに設定する。

横方向の放射線源の長さは、(2)a. にて設定した拡がり範囲を包絡できるように310mに設定する。

評価モデル図を図2-1に示す。

(b) 地上放出

地上放出の場合、相対濃度が高い領域が使用済燃料受入れ・貯蔵建屋近傍に分布する（別紙-3 第2-1図参照）が、主排気筒放出と同様に縦方向の放射線源の長さを1000m、横方向の放射線源の長さを310mに設定する。

評価モデル図を図2-2に示す。

(3) 評価モデルで考慮する線源濃度

(1) で設定した放出点ごとに次のとおりに設定する。

a. 主排気筒放出

大気中に拡散した放射性物質の相対濃度が最大となる領域に基づき線源の形状を設定したことを踏まえ、線源濃度については、線源形状に均一に分布するものとする。

単位面積あたりの線源濃度の算出には、以下の式を用いる。

$$S_{gri} = \chi/Q \cdot Q_i \cdot V_g$$

ここで

S_{gri} : 核種 i の単位面積あたりの線源濃度 (Bq/m²)

χ/Q : 相対濃度 (s/m³) 1.2×10^{-6} (s/m³) (別紙-3 参照)

Q_i : 核種 i の放出量(Bq) (値を表 1 に示す。)

V_g : 地表への沈着速度 0.012 (m/s)

なお、地表面への放射性エアロゾルの乾性沈着速度は、NUREG/CR-4551-V
o 1. ⁽¹⁾2において 0.3cm/s が推奨されていること、降雨による放射性エアロゾルの湿
性沈着速度は、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」に、降水
時の沈着率が乾燥時の沈着率の 2 から 3 倍大きい値となると示されていることを考慮
し、より厳しい結果となるように乾性沈着速度の 4 倍である 1.2 cm/s とした。

b. 地上放出

別紙-1 の第 2-1 図に示すとおり、地上放出された放射性物質の相対濃度は放出点
から約 300m の位置でほぼゼロとなるが、放出点から安全冷却水系冷却塔 A までの距離で
ある 30m 位置における相対濃度の放射性物質が線源形状に均一に分布するものとする。

単位面積あたりの線源濃度の算出には、「a. 主排気筒放出」と同様に以下の式を用い
る。

$$S_{gri} = \chi/Q \cdot Q_i \cdot V_g$$

ここで

S_{gri} : 核種 i の単位面積あたりの線源濃度 (Bq/m²)

χ/Q : 相対濃度 (s/m³) 3.3 × 10⁻² (s/m³) (別紙-3 参照)

Q_i : 核種 i の放出量(Bq) (値を表 1 に示す。)

V_g : 地表への沈着速度 0.012 (m/s)

(4) 線量を評価する地点

線量率を評価する地点は次のとおりに設定する。

a. 放出点からの距離 (主排気筒放出)

主排気筒の根本に位置する安全上重要な施設のダクトの設置位置及び安全冷却水
系冷却塔 A を対象とし、0 m 及び 60m とする。

b. 放出点からの距離 (地上放出)

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋から最も近い安全冷却水系冷却塔 A を対象とし、30m
とする。

c. 地表からの距離

1 m の位置とする。

2.4 線源強度の算出及び線量率の評価方法

線源強度については、2.3(2)及び(3)にて設定した線源形状及び線源濃度から求められる

総放射エネルギー(Bq)に核種毎の単位放射エネルギー当たりの線源強度(Photon/Bq/s)を乗じることで求める。また、評価点における線量率については、QAD-CGGP2Rを用い、点減衰核積分法にて求める。

2.5 屋外放射線の設定

表2に求めた線量率を示す。

地表沈着に係る線量は、最も影響が大きい短時間の全交流動力電源喪失でも $0.24 \mu\text{Gy/h}$ である。この値は、事業変更許可申請書の添付資料六「1.3.2 遮蔽設計区分」に示される I1 区分(管理区域外)の設計基準線量率($2.6 \mu\text{Gy/h}$)を下回る。以上を踏まえ、屋外の線量については、安全側の設定値として、 $2.6 \mu\text{Gy/h}$ と設定する。

2.6 参考文献

- (1) J.L.Sprung. et al. Evaluation of Severe Accident Risks:Quantification of Major Input Parameters. United States Nuclear Regulatory Commission, 1990, NUREG/CR-4551, vol. 2, Rev.1, Pt.7
- (2) 原子力安全委員会. 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針. 1976, 2001 一部改訂.
- (3) 原子力安全委員会. 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針. 1984, 2001 一部改訂.

表 1 (1) 放出量（プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災の場合）※¹

核種	放出量 Q_i (Bq)
Pu-238	2.5×10^8
Pu-239	2.2×10^7
Pu-240	3.4×10^7
Pu-241	8.1×10^9

※ 1 放出量は再処理事業指定申請書の添付書類八の「第 3.2-2 表 プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災時の放射性物質の放出量」と同じ

表 1 (2) 放出量（プルトニウム濃縮缶での T B P 等の錯体の急激な分解反応の場合）※¹

核種	放出量 Q_i (Bq)
Pu-238	3.5×10^5
Pu-239	3.1×10^4
Pu-240	4.8×10^4
Pu-241	1.1×10^7

※ 1 放出量は再処理事業指定申請書の添付書類八の「第 3.3-2 表 プルトニウム濃縮缶での T B P 等の錯体の急激な分解反応時の放射性物質の放出量」と同じ

表 1 (3) 放出量 (溶解槽における臨界の場合) ※1

核種	放出量 Q_i (Bq)
Sr-90	6.4×10^7
Ru-106	1.9×10^9
Pu-238	5.0×10^6
Pu-239	4.4×10^5
Pu-240	6.9×10^5
Pu-241	1.6×10^8
Am-241	2.8×10^6
Cm-244	7.8×10^6
希ガス (ガンマ線実効エネルギー 0.5MeV 換算値)	9.1×10^{15}
I-131	7.1×10^{10}
I-132	8.9×10^{12}
I-133	1.6×10^{12}
I-134	4.2×10^{13}
I-135	4.7×10^{12}

※ 1 放出量は再処理事業指定申請書の添付書類八の「第 3.4-3 表 溶解槽における臨界時の放射性物質の放出量」と同じ

表 1 (4) 放出量 (高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えいの場合)

核種	放出量 Q_i (Bq)
Ru-106 ^{※1}	6.7×10^8
Rh-106 ^{※2}	6.7×10^8
Sb-125 ^{※2}	1.1×10^8
Cs-134 ^{※2}	7.3×10^8
Ba-137m ^{※2}	1.4×10^9
Ce-144 ^{※2}	4.3×10^8
Pr-144 ^{※2}	4.3×10^8
Sr-90 ^{※1}	1.0×10^9
Y-90 ^{※2}	1.0×10^9
Eu-154 ^{※2}	1.8×10^8
Am-241 ^{※1}	4.6×10^7
Cm-244 ^{※1}	1.2×10^8

※ 1 再処理事業指定申請書の添付書類八の「第 3.5-1 表 高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい時の放射性物質の放出量」と同じ

※ 2 再処理事業指定申請書の添付書類八に記載されていないが、雲及び地表沈着からの線量が無視できないため、追加した核種

表 1 (5) 放出量 (高レベル廃液ガラス固化設備での熔融ガラスの漏えいの場合)

核種	放出量 Q_i (Bq)
Ru-106 ^{※1}	1.0×10^{12}
Rh-106 ^{※2}	1.0×10^{12}
Cs-134 ^{※2}	4.4×10^{10}
Cs-137 ^{※1}	8.8×10^{10}
Ba-137m ^{※2}	8.4×10^{10}
Sr-90 ^{※1}	6.0×10^9
Am-241 ^{※1}	2.6×10^8
Cm-244 ^{※1}	7.3×10^8

※ 1 再処理事業指定申請書の添付書類八の「第 3.6-1 表 高レベル廃液ガラス固化設備での熔融ガラスの漏えい時の放射性物質の放出量」と同じ

※ 2 再処理事業指定申請書の添付書類八に記載されていないが、雲及び地表沈着からの線量が無視できないため、追加した核種

表 1 (6) 放出量

(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下の場合) ※1

核種	放出量 Q_i (Bq)
希ガス (ガンマ線実効 エネルギー 0.5 MeV 換算値)	3.4×10^{11}
I-129	2.6×10^6

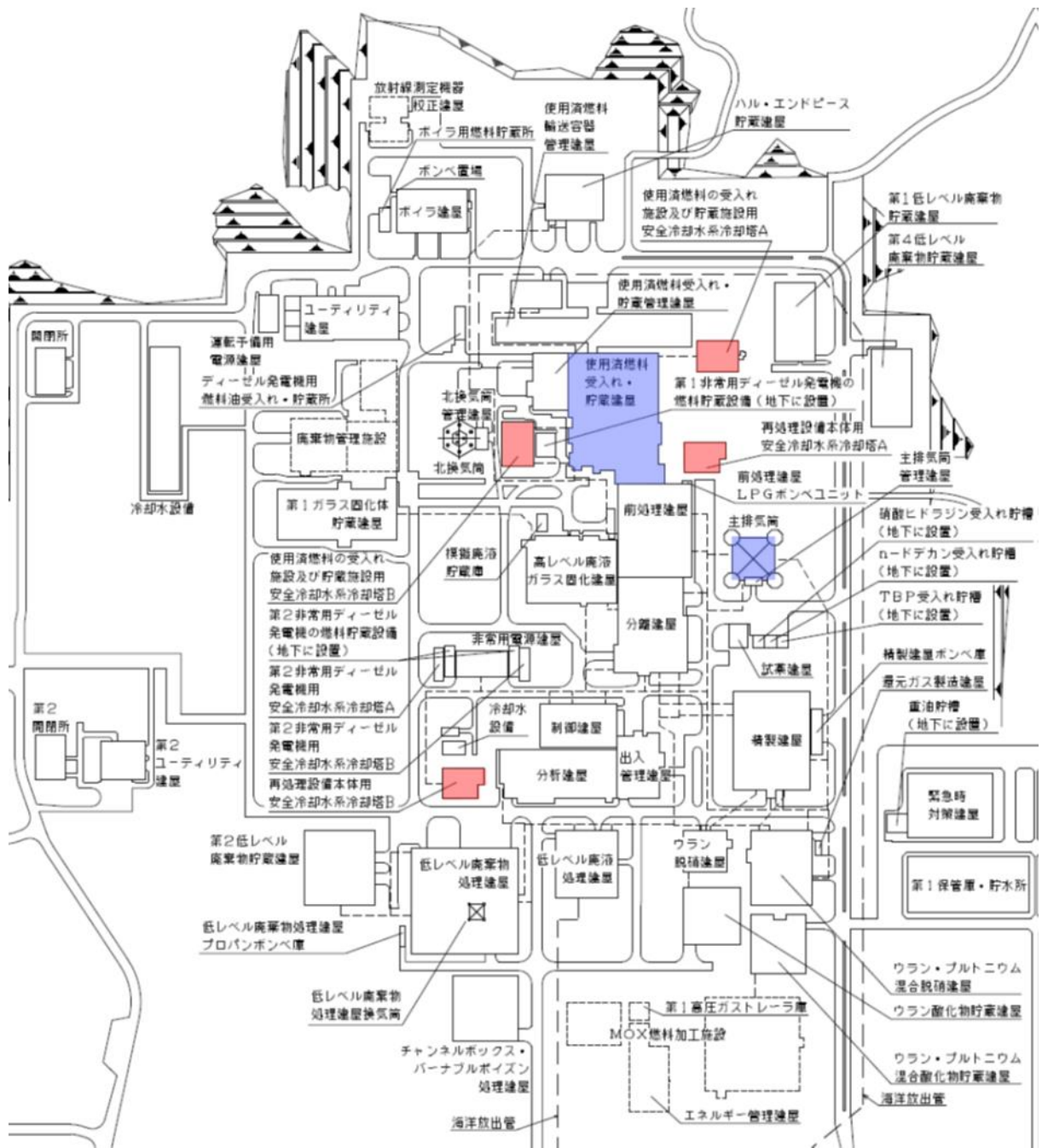
※1 放出量は再処理事業指定申請書の添付書類八の「第 3.7-1 表 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下時の放射性物質の放出量」と同じ

表 1 (7) 放出量 (短時間の全交流動力電源の喪失の場合)

核種	放出量 Q_i (Bq)
Ru-106※1	9.3×10^{12}
Rh-106※2	9.3×10^{12}
Cs-137※1	5.8×10^8
Sr-90※1	4.0×10^7
Am-241※1	1.7×10^6
Cm-244※1	4.8×10^6

※1 放出量は再処理事業指定申請書の添付書類八の「第 3.8-1 表 短時間の全交流動力電源の喪失時の放射性物質の放出量」と同じ

※2 再処理事業指定申請書の添付書類八に記載されていないが、雲及び地表沈着からの線量が無視できないため、追加した核種



【凡例】

青：放出点となる施設

赤：屋外に設置される安全上重要な施設

図 1. 放出点と屋外に設置される安全上重要な施設の位置関係

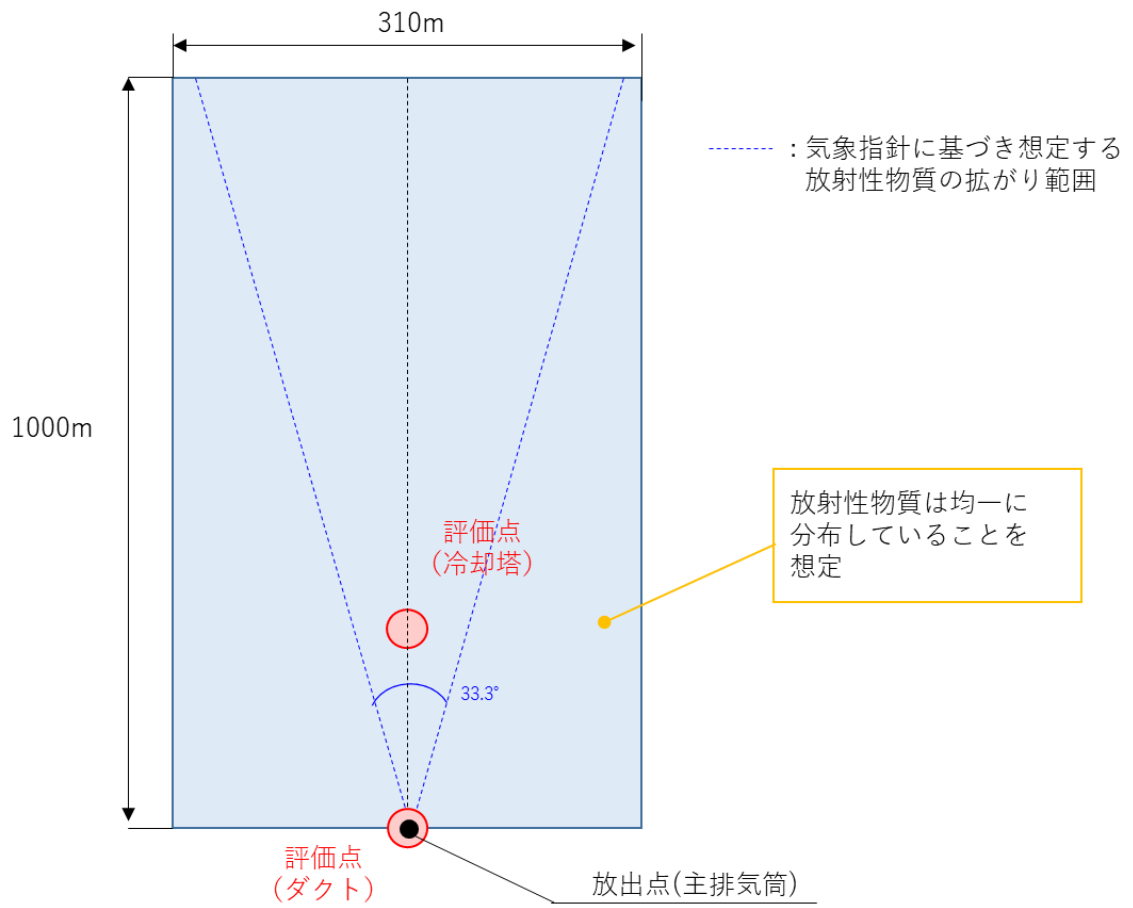


図 2 - 1 . 評価モデル 1 (主排気筒放出)

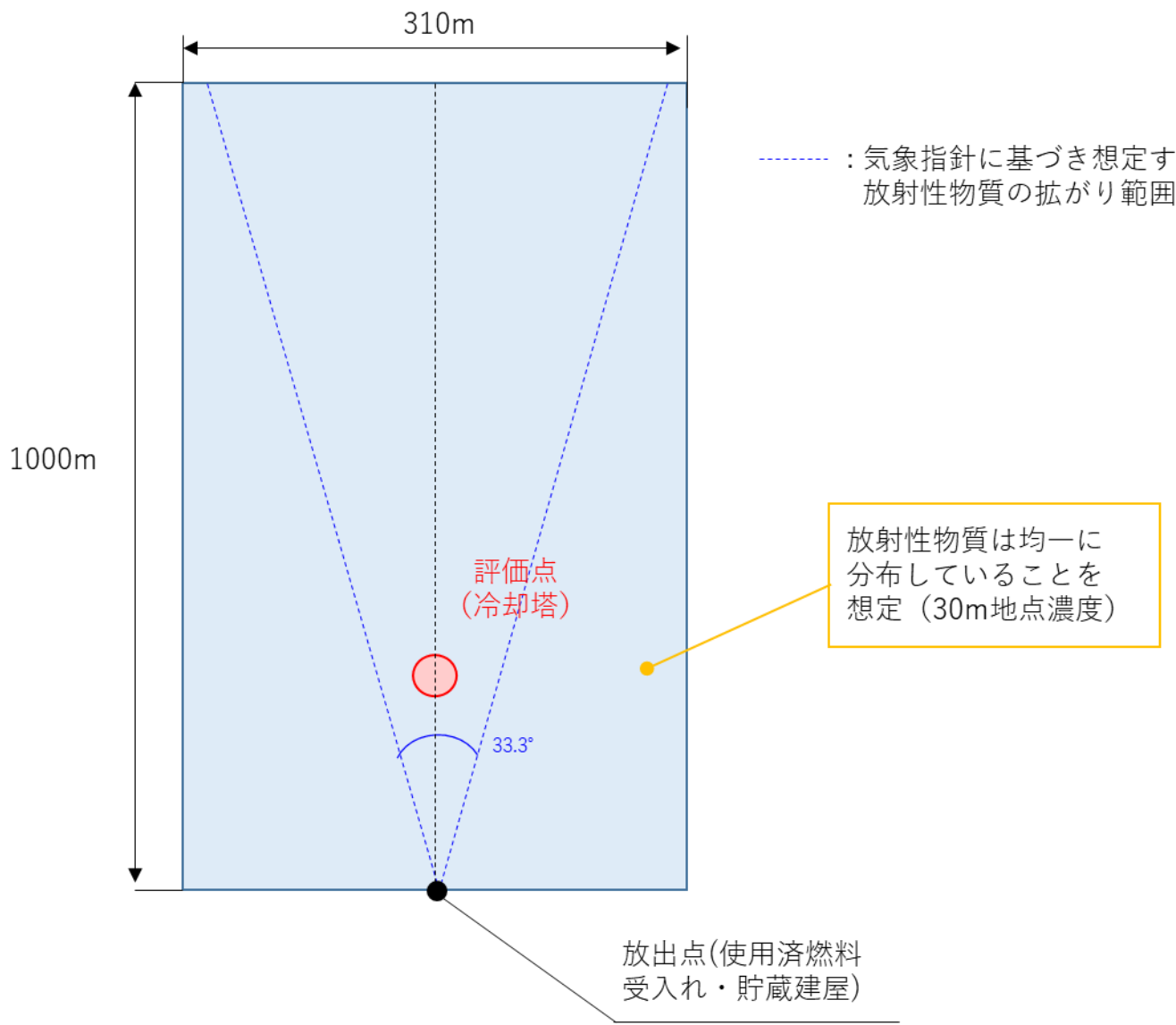


図 2 - 2 . 評価モデル 2 (地上放出)

表2 評価結果一覧

設計基準事故	冷却塔における 線量率 (μ Gy/h)	ダクトにおける 線量率 (μ Gy/h)
プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災	2.8×10^{-9}	1.5×10^{-9}
プルトニウム濃縮缶でのTBP等の錯体の急激な分解反応	3.7×10^{-12}	1.9×10^{-12}
溶解槽における臨界	5.8×10^{-5}	3.2×10^{-5}
高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい	1.8×10^{-4}	9.6×10^{-5}
高レベル廃液ガラス固化設備での溶融ガラスの漏えい	3.3×10^{-2}	1.8×10^{-2}
使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下	2.2×10^{-4}	—
短時間の全交流動力電源の喪失	2.4×10^{-1}	1.3×10^{-1}

※有効数字を2桁とした場合の値

別紙— 1

放射性雲に起因する線量率の評価

各代表事象について、放射性雲からの放射線に係る線量率は、事業変更許可申請書の添付書類八「3.4.4.2 線量の評価」の「(2)(b)」と同様に評価する。ただし、相対線量 D/Q については、添付書類八の設計基準事故の線量評価が一般公衆の線量を対象としているため、評価点を「敷地境界外」とした値を用いているが、本評価においては、再処理施設敷地内の線量を対象としていることから、評価地点を「敷地内」とした場合の値を用いる。

$$D = D/Q \cdot Q_{\gamma}$$

ここで

D : 放射性雲からの線量 (mGy)

D/Q : 相対線量

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下を除く
代表事象の場合 : 5.5×10^{-20} (Gy/Bq)

使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下 :

1.1×10^{-17} (Gy/Bq)

※ 相対濃度の算出方法については、別紙— 3 参照。

Q_{γ} : 事故期間中の放射性物質の大気放出量 (Bq) (ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)

$$Q_{\gamma} = \sum_i Q_i \times E_{\gamma i} / 0.5$$

ここで

Q_i : 事故期間中の放射性核種 i の大気放出量 (Bq) (表 1 の値)

$E_{\gamma i}$: 放射性核種 i のガンマ線の実効エネルギー (MeV/dis) (値を表 1.1 に示す。)

評価結果については、表 1.2 に示す。

参考文献

- (1) “Radionuclide Transformations : Energy and Intensity of Emissions”, ICRP Publication 38 (1983)
- (2) 原子力安全委員会. 被ばく計算に用いる放射線エネルギー等について. 1989, 2001 一部改訂.

表 1.1 核種毎の実効エネルギー

核種	ガンマ線実効エネルギー $E_{\gamma i}$ (MeV/dis)
Sr-90	—
Y-90	1.7×10^{-6}
Ru-106	—
Rh-106	2.1×10^{-1}
Sb-125	4.4×10^{-1}
Cs-134	1.6
Cs-137	—
Ba-137m	6.0×10^{-1}
Ce-144	2.1×10^{-2}
Pr-144	3.2×10^{-2}
Eu-154	1.3
Pu-238	1.9×10^{-3}
Pu-239	8.1×10^{-4}
Pu-240	1.8×10^{-3}
Pu-241	2.6×10^{-6}
Am-241	3.3×10^{-2}
Cm-244	1.7×10^{-3}
Kr-83m	2.5×10^{-3}
Kr-85m	1.6×10^{-1}
Kr-85	2.2×10^{-3}
Kr-87	8.0×10^{-1}
Kr-88	2.0
Kr-89	2.1
Xe-131m	2.0×10^{-2}
Xe-133m	4.2×10^{-2}
Xe-133	4.5×10^{-2}
Xe-135m	4.4×10^{-1}
Xe-135	2.5×10^{-1}
Xe-137	1.9×10^{-1}
Xe-138	1.2
I-129	2.4×10^{-2}
I-131	3.9×10^{-1}
I-132	2.3
I-133	6.1×10^{-1}
I-134	2.8
I-135	1.7

— : 文献に記載なし。

表 1.2 評価結果

設計基準事故	放射性雲からの線量 (mGy)
プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災	6×10^{-11}
プルトニウム濃縮缶での T B P 等の錯体の急激な分解反応	9×10^{-14}
溶解槽における臨界	6×10^{-1} (5.2×10^{-1}) ※
高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい	3×10^{-7}
高レベル廃液ガラス固化設備での熔融ガラスの漏えい	4×10^{-5}
使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下	4×10^{-3}
短時間の全交流動力電源の喪失	2×10^{-4}

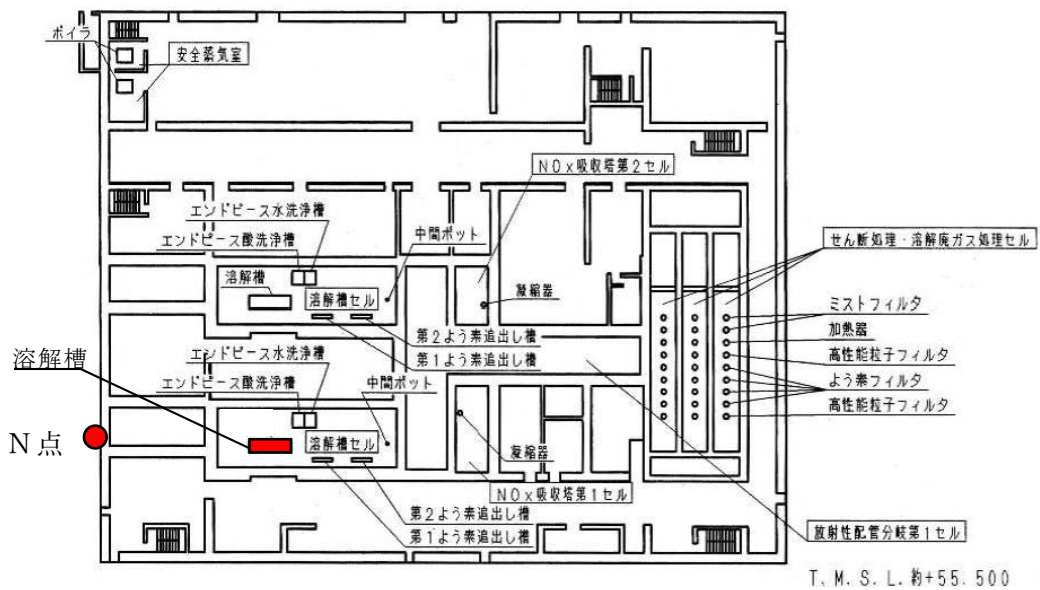
※有効数字を2桁とした場合の値

別紙— 2

臨界発生時における直接線に係る線量

溶解設備の溶解槽発生時における直接線に係る線量率を事業変更許可申請書の添付書類八の「3.4.4.2 線量の評価」の「(2)b.」と同様に評価する。

ただし、評価地点は敷地境界ではなく、前処理建屋外壁のうち、XXXXXXXXXX場所である、図4に示すN点とする。なお、溶解槽からN点までの距離はXXXXXXmであり、壁厚はXXXXmである。



XXXXXXXXXXについては商業機密の観点から公開できません。

別紙— 3

相対線量 (D/Q) 及び相対濃度 (χ/Q)

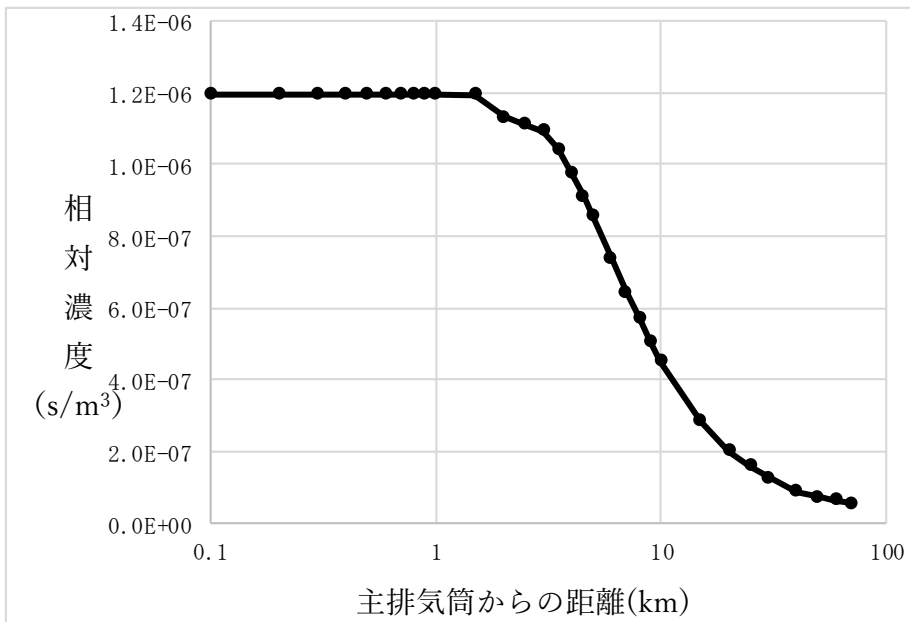
1. 設計基準事故^{*1}の評価に使用する相対線量及び相対濃度 (主排気筒放出)

評価で用いる相対濃度及び相対線量は、主排気筒高さ(150m)、実効放出継続時間1時間を基に計算した値を年間について小さい値から順に並べて整理し、累積出現頻度⁽¹⁾97%に当たる値としている。評価点における相対濃度を第1-1図に、相対線量を第1-2図に示す。

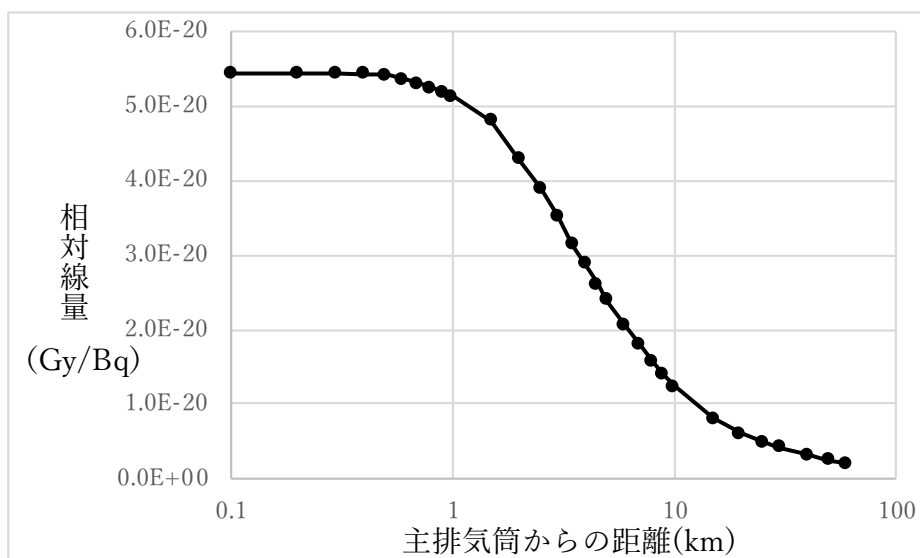
評価にあたっては、敷地内全般に適用できるようにするため、敷地境界の値(相対線量 5.2×10^{-20} Gy/Sv, 相対濃度 1.2×10^{-6} s/m³)ではなく敷地内を包絡できる以下の値を用いる。

相対線量 D/Q : 5.5×10^{-20} (Gy/Sv)

相対濃度 χ/Q : 1.2×10^{-6} (s/m³)



第1-1図 距離毎の相対濃度 (主排気筒放出)



第 1-2 図 距離毎の相対線量（主排気筒放出）

- ※ 1 プルトニウム精製設備のセル内での有機溶媒火災
 - プルトニウム濃縮缶での T B P 等の錯体の急激な分解反応
 - 溶解槽における臨界
 - 高レベル廃液貯蔵設備の配管からセルへの漏えい
 - 高レベル廃液ガラス固化設備での溶融ガラスの漏えい
 - 短時間の全交流動力電源の喪失

2. 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下時の評価に使用する
相対線量及び相対濃度（地上放散）

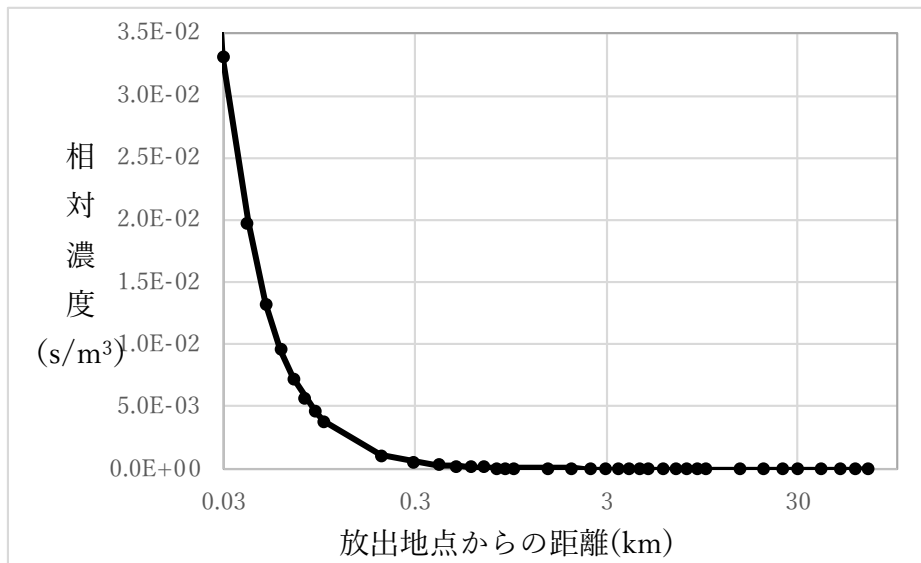
使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設での使用済燃料集合体落下時の線量は、放射性物質が地上放散されるものとして評価している。

評価で用いる相対濃度及び相対線量は、放出高さ 0m, 実効放出継続時間 1 時間を基に計算した値を年間について小さい値から順に並べて整理し、累積出現頻度97%⁽¹⁾に当たる値としている。評価点における相対濃度を第 2-1 図に、相対線量を第 2-2 図に示す。

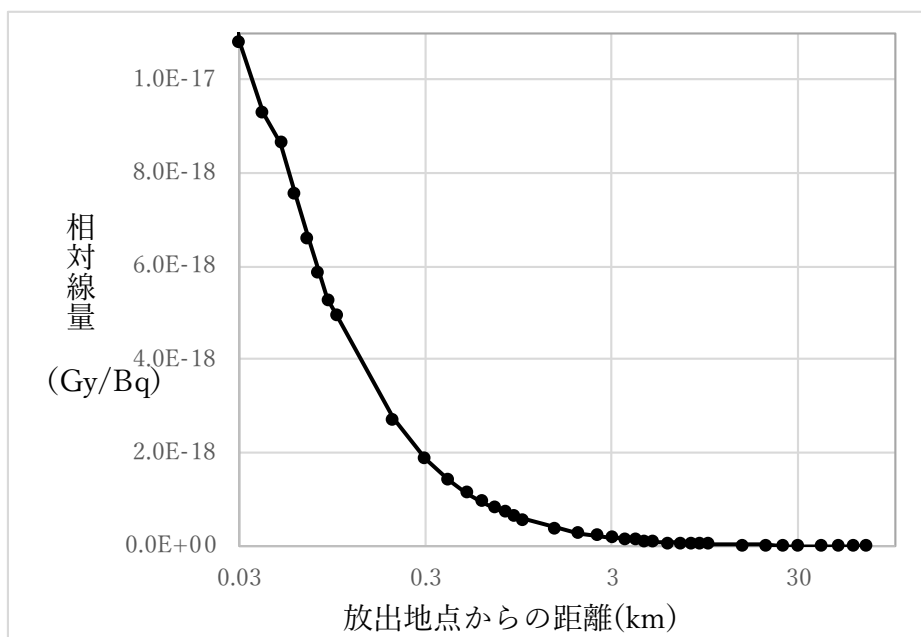
評価にあたっては、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋に近い安全上重要な施設の放出地点からの距離が 30m であるため、敷地境界の値(相対線量 7.6×10^{-19} Gy/Sv, 相対濃度 1.1×10^{-4} s/m³)ではなく放出地点から 30m における以下の値を用いる。

$$\text{相対線量 } D/Q : 1.1 \times 10^{-17} \text{ (Gy/Sv)}$$

$$\text{相対濃度 } \chi/Q : 3.3 \times 10^{-2} \text{ (s/m}^3\text{)}$$



第 2-1 図 距離毎の相対濃度（地上放散）



第 2 - 2 図 距離毎の相対線量 (地上放散)

3. 参考文献

- (1) 原子力安全委員会. 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針. 1984, 2001 一部改訂.

添付 2-1

圧力の設定方法について

1. 概要

本資料は、MOX 燃料加工施設における圧力の設定方法について示したものである。

2. 圧力の設定に係る基本的な考え方

MOX 燃料加工施設における圧力について、屋外は、設計基準事故による圧力変動は考えられないことを踏まえ、環境条件として大気圧を設定する。

建屋及びグローブボックス内は、閉じ込めとして、換気設備により常時負圧に管理していることを踏まえて環境条件を設定する。

建屋内の圧力については、管理区域の区分に応じて負圧管理値を管理することを踏まえて環境条件を設定する。なお、MOX 燃料加工施設では、グローブボックス内で発生する火災により当該グローブボックスを設置する工程室内の雰囲気温度上昇に伴い、空気の膨張による圧力上昇が考えられるが、火災の発生及び消火による圧力変動は大気圧に少し近づく程度のものである。

建屋内の圧力に係る詳細について、3. 以降に示す。

なお、グローブボックス内の圧力については、グローブボックスの申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

3. 建屋内及びグローブボックス内の圧力設定について

3.1 建屋内の圧力

3.1.1 通常時の圧力

MOX 燃料加工施設は、換気設備により燃料加工建屋内部において、放射性物質を内包する焼結炉及びグローブボックスを中心にして段階的に区域を設定し、内側になるほど圧力を低く保って、空気の流れを内側に向かって一定に維持するような圧力の管理を行う。

具体的には、管理区域内を汚染のおそれのない区域（C1）と汚染のおそれのある区域（C2, C3）に区分し、さらに汚染のおそれのある区域を汚染のおそれの高い順に気圧が低くなるように負圧管理目標値を定めている。（表 1）

この負圧管理目標値の中で最大負圧の室内圧力は、 -160Pa [gage] であり、通常大気圧（ $101,325\text{Pa}$ ）時の室内圧力は、 $101,165\text{Pa}$ となり、大気圧と同程度であることから、通常時の環境条件を大気圧と設定する。

3.1.2 設計基準事故時の圧力

(1) 設計基準事故の概要

MOX 燃料加工施設の設計基準事故は、MOX 粉末を露出した状態で取り扱い、火災源となる潤滑油を保有する機器を設置するグローブボックスにおいて火災が発生し、火災の影響を受けた粉末容器内の MOX 粉末が飛散し、外部に放射性物質が放出される事象である。

グローブボックス内で火災が発生した場合は、放射線影響を考慮して、グローブボックス消火装置により窒素ガスを放出し、消火を行う。グローブボックス消火装置において消火ガスの放出と同時に、グローブボックス給気側のピストンダンパを閉止するとともに、消火ガス放出完了時には、グローブボックス排気側に設置する延焼防止ダンパを閉止することにより、消火ガスの放出時及び放出完了時におけるグローブボックスへの空気の流入を制限し、グローブボックス内の負圧を維持した状態にし、消火を行う。

グローブボックス消火装置による消火ガスの放出により、グローブボックス内の酸素濃度が消炎濃度である $12.5\text{vol}\%$ 以下となる時間は約 5 分である。また、設計基準事故の評価として想定する、グローブボックス排風機の単一故障による予備機のグローブボックス排風機への系統切替の時間は約 1 分である。以上より、消火が完了するまでの時間を 6 分と設定している。（第 1 図 消火ガス放出時のグローブボックス内酸素濃度の変化）

(2) 設計基準事故の発生を想定するグローブボックスを設置する工程室内の圧力

グローブボックス内で火災が発生した場合、グローブボックス消火装置の起動信号を受け、給気設備の送風機が停止する。また、送風機の停

止指令より一定時間遅延させたのち、建屋排気設備の排風機及び工程室排気設備の排風機が停止する。この給気設備及び排気設備の停止に伴い、消火が完了する6分以降、工程室内圧力は通常時の圧力から徐々に大気圧に近づく。(第2図 消火ガス放出時の工程室及びグローブボックス内の圧力変化)

3.1.3 まとめ

「3.1.2 設計基準事故時の圧力」より、設計基準事故時の工程室内圧力は、通常時の工程室内圧力よりも大気圧との差が小さくなる。

通常時の工程室内圧力である -160Pa [gage] を考慮して、建屋内の圧力は、いずれの区分（設計基準事故の発生を想定するグローブボックスを設置する工程室内、それ以外の建屋内）においても、環境条件として大気圧を設定する。

3.2 グローブボックス内の圧力

グローブボックス内の圧力については、グローブボックスの申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

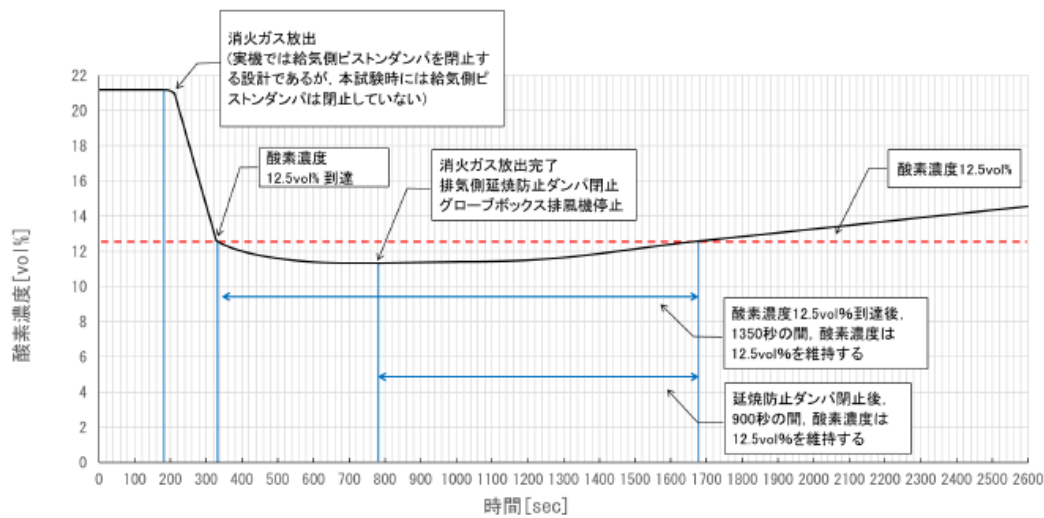
表 1 各区域の負圧管理目標値

汚染区分	定義	部屋名称	圧力 (*1)		
非管理区域	放射性物質を取り扱わない区域	更衣室, 給気機械・フィルタ室, 熱源機械室, 中央監視室等	-		
管理区域	C1	放射性物質を密封して取り扱う区域で, 外部放射線に係る線量のみ管理を行う区域	輸送容器保管室, 固体廃棄物払出準備室, 入出庫室, 入出庫室前室, 荷卸室等	0~-60Pa	
	C2	C2a	通常の操作で汚染を発生するおそれが極めて少ない区域	制御室, 便所, 現場放射線管理室, 防護具保管室, 放管機器点検保管室, 廊下, 靴配備室, 除染室, 汚染検査室, 入域室, 退域室, 電気配線室, 制御盤室, 冷却機械室, ダクト・配管室, G B 消火設備室等	-80~-100Pa (*2)
		C2b	密封された放射性物質を取り扱う区域	排風機室, ウラン貯蔵室, 燃料棒貯蔵室, 排気フィルタ室, 廃棄物一時保管室, N D A 測定室, 廃油保管室, 燃料集合体組立室, 燃料集合体洗浄検査室, 燃料集合体組立クレーン室, 燃料集合体部材準備室, 燃料棒受入室, 燃料集合体貯蔵室, 梱包室, 梱包準備室等	
		C2c	混合酸化物貯蔵容器を受入れ, 一時保管する区域	貯蔵容器搬送用洞道, 貯蔵容器受入室, 貯蔵容器一時保管室等	
C3	軽微なトラブルでわずかな漏えいが発生するおそれのある設備や非密封状態で放射性物質を取扱う設備のある区域	放管試料前処理室, 放射能測定室, 原料受払室, 粉末調整室, 粉末一時保管室, ウラン粉末準備室, スクラップ処理室, ペレット加工室, ペレット・スクラップ貯蔵室, ペレット一時保管室, ペレット立会室, 燃料棒加工室, 燃料棒解体室, 液体廃棄物処理室, 固体廃棄物取扱室, メンテナンス室, 分析室等	-140~-160Pa		

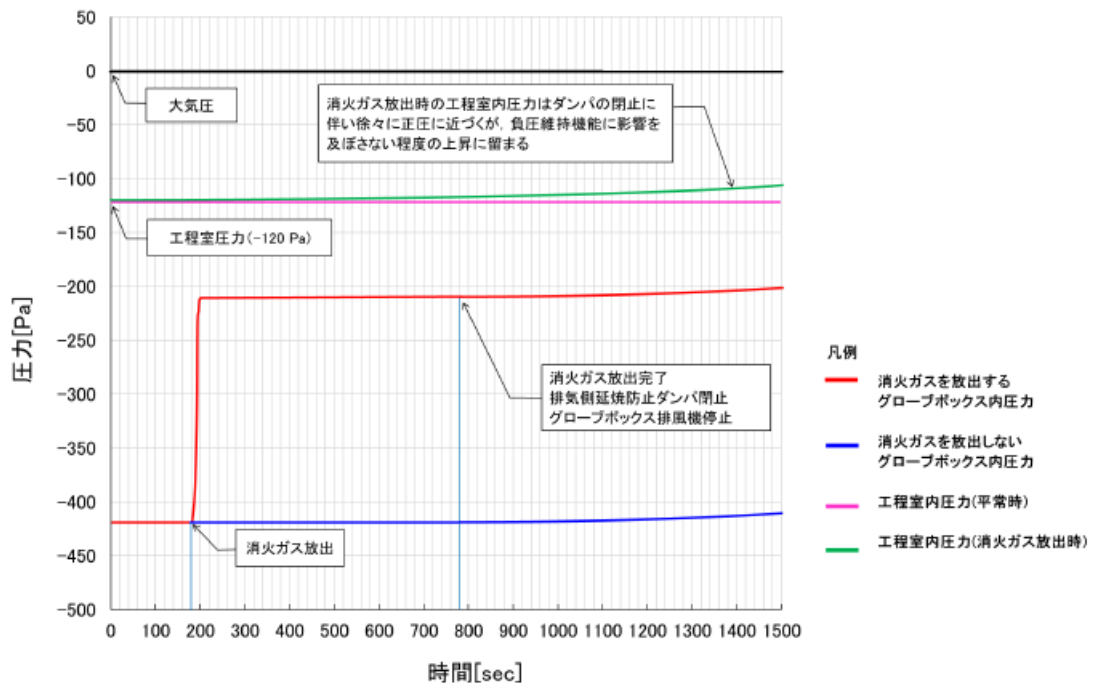
*1 大気圧との差圧。

*2 C2b 区域より C2a 区域を浅くする。

*3 再処理施設側への汚染拡大防止のため, 再処理施設側 (-120~-140Pa) と同等か深くし, C3 区域より浅くする。



第 1 図 消火ガス放出時のグローブボックス内酸素濃度の変化



第 2 図 消火ガス放出時の工程室及びグローブボックス内の圧力変化

添付 2-2

温度の設定方法について

1. 概要

本資料は、MOX 燃料加工施設における温度の設定方法について示したものである。

2. 温度の設定に係る基本的な考え方

MOX 燃料加工施設における温度について、屋外は、敷地周辺の気象観測所の観測記録を考慮して適切に設定する。詳細を添付 3-1 に示す。

建屋内又はグローブボックス内は、通常時において、屋内に設置する機器の発熱等を考慮するとともに、換気設備による空調管理を考慮した温度を設定する。

なお、建屋内の温度については、設計基準事故として想定するグローブボックス内火災により、当該グローブボックスを設置する工程室内の温度上昇が考えられるが、火災の継続時間を考慮すると、工程室内の温度に有意な影響を与えるものではない。

建屋内の温度に係る詳細について、3. 以降に示す。

なお、建屋内のうち貯蔵容器一時保管室、燃料棒貯蔵室及び燃料集合体貯蔵室並びにグローブボックス内の温度については、貯蔵施設及びグローブボックスの申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

3. 建屋内及びグローブボックス内の温度設定について

3.1 建屋内の温度

3.1.1 通常時の温度

建屋内は、部屋内に設置する機器、照明による発熱及び核燃料物質からの崩壊熱を考慮するとともに、換気設備による空調管理を期待した室温評価を基に環境温度を 40℃と設定する。

なお、貯蔵容器一時保管室、燃料棒貯蔵室及び燃料集合体貯蔵室の温度については、貯蔵施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

3.1.2 設計基準事故時の温度

(1) 設計基準事故の概要

MOX 燃料加工施設の設計基準事故は、MOX 粉末を露出した状態で取り扱い、火災源となる潤滑油を保有する機器を設置するグローブボックスにおいて火災が発生し、火災の影響を受けた粉末容器内の MOX 粉末が飛散し、外部に放射性物質が放出される事象である。

グローブボックス内で火災が発生した場合は、放射線影響を考慮して、グローブボックス消火装置により窒素ガスを放出し、消火を行う。グローブボックス消火装置において消火ガスの放出と同時に、グローブボックス給気側のピストンダンパを閉止するとともに、消火ガス放出完了時には、グローブボックス排気側に設置する延焼防止ダンパを閉止することにより、消火ガスの放出時及び放出完了時におけるグローブボックスへの空気の流入を制限し、グローブボックス内の負圧を維持した状態にし、消火を行う。

グローブボックス消火装置による消火ガスの放出により、グローブボックス内の酸素濃度が消炎濃度である 12.5vol%以下となる時間は約 5 分である。また、設計基準事故の評価として想定する、グローブボックス排風機の単一故障による予備機のグローブボックス排風機への系統切替の時間は約 1 分である。以上より、消火が完了するまでの時間を 6 分と設定している。(第 1 図 消火ガス放出時のグローブボックス内酸素濃度の変化)

(2) 設計基準事故の発生を想定するグローブボックスを設置する工程室の温度

グローブボックスの火災源鉛直方向 2000mm (グローブボックス上面付近) の温度は、最大 100℃である(第 2 図 グローブボックス内火災の模擬試験実施時の温度変化)が、設計基準事故の発生を想定するグローブボックスを設置する工程室は、部屋容積が十分広く、熱源となる火災の継続時間が 6 分間と短いことから、有意な温度上昇が考えられない。ただし、グローブボックス近傍として、グローブボックス表面に設置する機器については、グローブボックスから直接熱が伝わっていくことを考慮

し、環境条件を 100℃と設定する。なお、全ての設計基準事故を想定するグローブボックスは、火災源からグローブボックス上面までの距離を 2000mm 以上確保する設計としている。

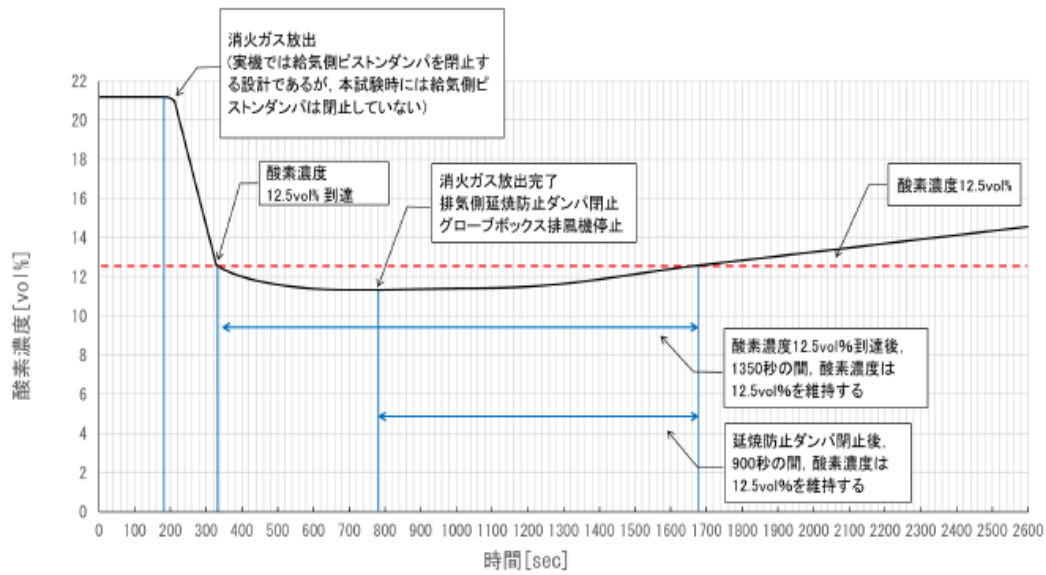
3.1.3 まとめ

「3.1.2 設計基準事故時の温度」より、設計基準事故の発生を想定するグローブボックスを設置する工程室の温度は、通常時の環境温度と変わらないことから、換気設備による空調管理を期待した室温評価を基に環境温度である 40℃を建屋内の環境条件として設定する。ただし、グローブボックス近傍としてグローブボックス表面に設置する機器については環境条件を 100℃と設定する。

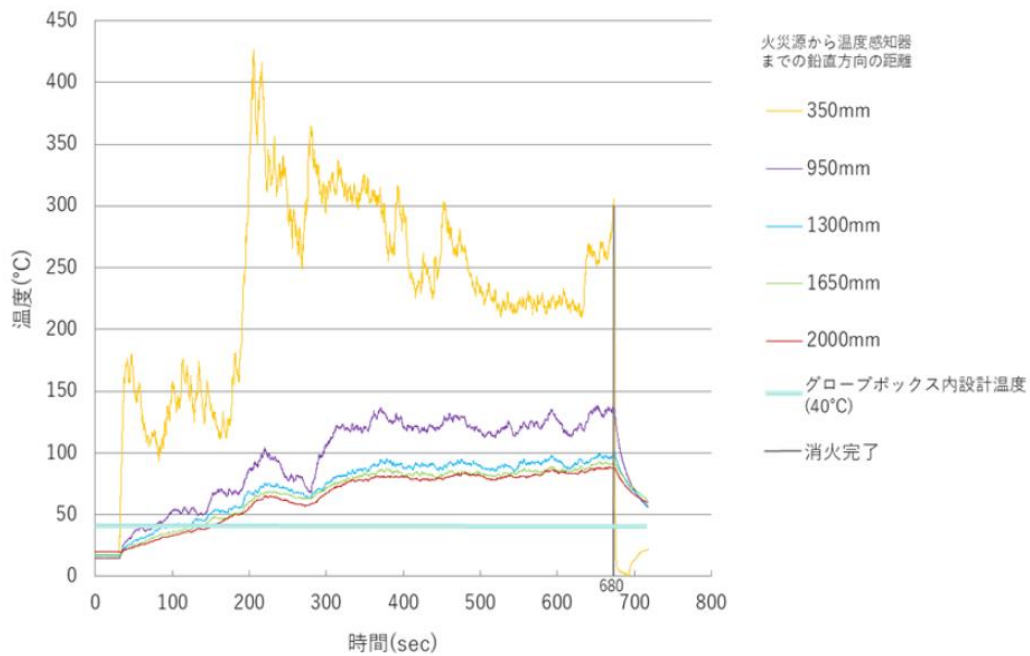
なお、貯蔵容器一時保管室、燃料棒貯蔵室及び燃料集合体貯蔵室の温度については、貯蔵施設の申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

3.2 グローブボックスの温度

グローブボックス内の温度については、グローブボックスの申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。



第 1 図 消火ガス放出時のグローブボックス内酸素濃度の変化



第 2 図 グローブボックス内火災の模擬試験実施時の温度変化

添付 2-3

放射線の設定方法について

1. 概要

本資料は、MOX 燃料加工施設における放射線の設定方法について示したものである。

2. 放射線の設定に係る基本的な考え方

MOX 燃料加工施設における放射線について、設計基準事故として想定するグローブボックス内火災を考慮した放射線量を設定する。

屋外については、設計基準事故時においても、外部への放射性物質の放出量は小さく、設備に対して影響を及ぼすことはないことから、管理区域外の遮蔽設計の基準となる線量率を環境条件として設定する。

建屋内の各部屋については、グローブボックス内に放射性物質を閉じ込めるため、有意な放射線量の上昇がないことから、遮蔽設計の基準となる線量率を環境条件として設定する。これに基づき、管理区域内については、包括する値として、工程室の遮蔽設計の基準となる線量率 $50 \mu\text{Gy/h}$ 、管理区域外については、管理区域外の遮蔽設計の基準となる線量率 $2.6 \mu\text{Gy/h}$ を環境条件として設定する。

なお、遮蔽設計の基準となる線量率は、以下のように工程室、管理区域外でそれぞれ設定していることから、安全機能を有する施設を設置するエリアに応じた遮蔽設計の基準となる線量率を環境条件として設定することとする。

- ・ 管理区域外の遮蔽設計の基準となる線量率

管理区域の設定基準が $1.3\text{mSv}/3$ 月間を超える区域であることを基に、1 時間当たりの線量率として $2.6 \mu\text{Sv/h}$ と設定している。

- ・ 工程室の遮蔽設計の基準となる線量率

放射線業務従事者の実効線量が $50\text{mSv}/1$ 年間を下回ることを基に、核燃料物質を取り扱う部屋の立ち入り時間を考慮して、 $50 \mu\text{Sv/h}$ と設定している。

放射線の各エリアの環境条件については、保守的に実効線量 (Sv) と吸収線量 (Gy) が等価であるとして設定する。

なお、貯蔵施設を設置する部屋及びグローブボックス内の放射線については、貯蔵施設及びグローブボックスの申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

3. 貯蔵施設を設置する部屋及びグローブボックス内の放射線設定について
貯蔵施設を設置する部屋及びグローブボックス内の放射線については、貯蔵施設及びグローブボックスの申請に合わせて次回以降に詳細を説明する。

添付 3-1

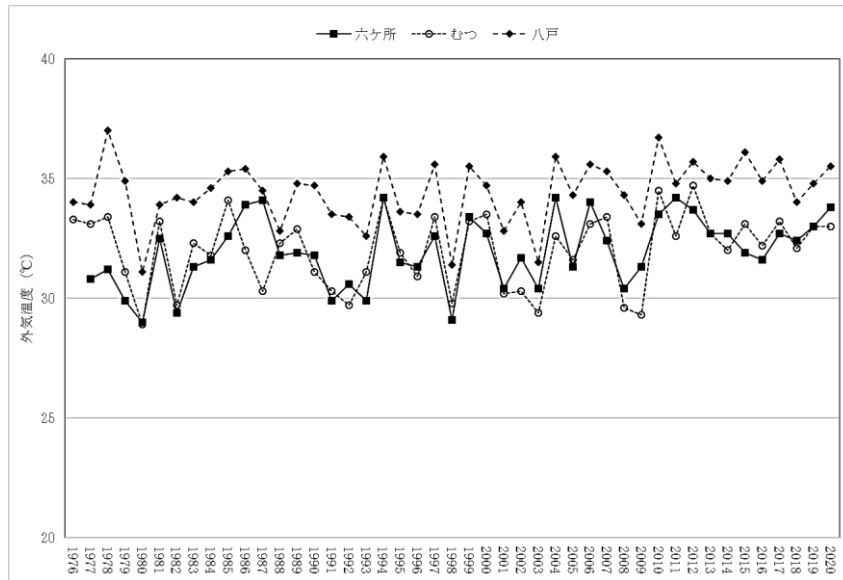
屋外温度の設定方法について

1. 概要

本資料は、再処理施設及び MOX 燃料加工施設における屋外の温度の設定方法について示したものである。

2. 屋外の温度設定について

屋外の環境温度については、敷地周辺の気象観測所の観測記録を適切に考慮する。むつ特別地域気象観測所、八戸特別地域気象観測所及び六ヶ所地域気象観測所における日最高気温(統計期間 1976年～2020年)の推移を第2-1図に示す。



第2-1図 各観測所における日最高気温の推移

むつ特別地域気象観測所の観測値は、六ヶ所地域気象観測所の観測値に近似しており、その差は平均で 0.0°C 、最大で -3.8°C (1987年)と小さい。

一方、八戸特別地域気象観測所の観測値は、六ヶ所地域気象観測所の観測値と比較すると全体的に高い側で推移しており、平均で 2.5°C 、最大で 5.8°C (1978年)の差である。

これを踏まえ、高温に対する考慮として設定する温度条件は、むつ特別地域気象観測所と八戸特別地域気象観測所のいずれの観測値であっても六ヶ所地域気象観測所の観測値に近く、敷地の実際の状況を反映するものであるが、八戸特別地域気象観測所の観測値の極値が大きいため、八戸特別地域気象観測所の観測値を再処理事業所における最高気温として設定する。

これに基づき、1937年～2020年8月の八戸特別地域気象観測所の観測記録のうち、日最高気温 37.0°C (1978年8月3日)を、再処理事業所における高温に対する設計温度とし、屋外の環境温度とする。

なお、外部火災として考慮する事象のうち森林火災に関する FARSITE の入力データに用いる気象条件については、外部火災ガイドを参考に、森林火災の発生頻度が年間を通じて比較的高い3月から8月の最高気温を用いて、最小湿度及び最大風速の組合せを考慮するとしている。最高気温については、気象条件が最も厳しい値となる八戸特別地域気象観測所の過去10年間の気象データから 36.7°C (2010年8月6日)と設定している。外部火災の評価に

用いる FARSITE での気温入力は整数値であることから、これを 37℃としており、前述の最高気温の設定とも整合するものである。

また、安全冷却水系冷却塔等の個別施設に対する設計上の外気温としては、設備の特徴を踏まえ、観測記録の極値が一時的に発生した場合ではなく、統計的な超過確率を考慮した長期的な温度変動を考慮して、六ヶ所地域気象観測所の観測値と近似しているむつ特別地域気象観測所の夏季（6月～9月）の外気温度の観測データから算出する超過確率1％に相当する29℃を設定する。