

## 貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る耐震裕度の評価

### 1. はじめに

貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る耐震裕度を評価する。

### 2. 評価方法（図1参照）

#### (1) 貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る設備等の抽出

自然通風により冷却される貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る建屋、系統、機器等（以下、「設備等」という。）を抽出する。

#### (2) 貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る設備等の耐震裕度の特定

抽出した各設備等について、それぞれの耐震裕度を求める。

なお、具体的な耐震裕度の評価方法は、以下のとおりとする。

- ・ 基準地震動は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂（平成18年9月19日原子力安全委員会決定）を踏まえて実施した耐震安全性評価<sup>1) 2) 3)</sup>（以下、「耐震バックチェック」という。）において策定した基準地震動  $S_s$  とする。
- ・ 設備等の発生値を、原則、基準地震動  $S_s$  に対して求め、設備等の損傷モードに応じて評価する。構造損傷の評価の場合には、設備等の機能喪失を考慮する上で、最も耐震裕度が小さい部位の発生値を求める。
- ・ 設備等の評価基準値は、設計基準上の値を用いることを基本とし、既往の評価等で実績のあるものを用いる。
- ・ 設備等について、発生値が評価基準値に達する地震動が、基準地震動  $S_s$  の何倍に相当するかを算出し（原則、評価基準値／発生値）、耐震裕度を求める。

評価を行うために必要な基準地震動について別紙1に、前提条件等について別紙2に示す。

#### (3) 貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る耐震裕度の特定

(2) の設備等の耐震裕度のうち、最も小さい耐震裕度を特定する。

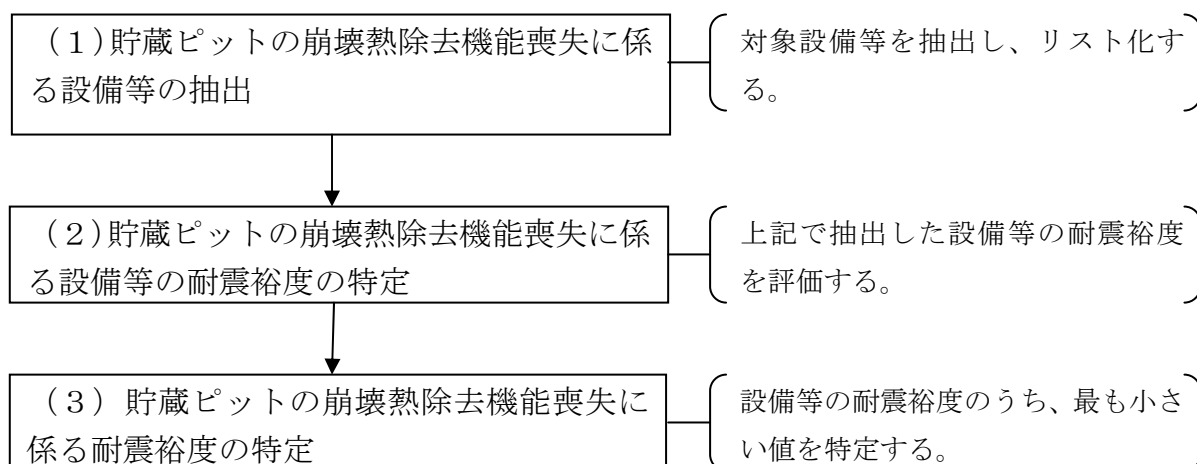


図1 貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る設備等の耐震裕度の特定評価フロー図

### 3. 評価結果

#### (1) 貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る設備等の抽出

表1の「設備等」の欄のとおり抽出した。

#### (2) 貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る設備等の耐震裕度の特定

(1)にて抽出した設備等の損傷モード、発生値、評価基準値及び耐震裕度について表1に整理した。

#### (3) 貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る耐震裕度の特定

貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る設備等の耐震裕度のうち、最も小さい耐震裕度を特定し、1.75Ssとなった。

- 1) 既設特定廃棄物管理施設「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に係る耐震安全性評価報告書（平成 19 年 11 月 2 日提出、平成 20 年 10 月 7 日、平成 21 年 4 月 16 日、平成 21 年 6 月 26 日及び平成 21 年 12 月 4 日一部補正） 日本原燃株式会社
- 2) 日本原燃株式会社再処理施設及び特定廃棄物管理施設の「耐震設計審査指針」に照らした耐震安全性評価の確認結果について（平成 21 年 6 月 29 日（平成 21 年 12 月 11 日一部改訂）） 原子力安全・保安院
- 3) 「日本原燃株式会社再処理施設及び特定廃棄物管理施設の「耐震設計審査指針」等に照らした耐震安全性評価の確認結果について」に対する見解（平成 22 年 12 月 2 日 耐震安全性評価特別委員会 平成 22 年 12 月 9 日 原子力安全委員会決定）

表1 ガラス固化体の崩壊熱除去機能喪失に係る設備等の耐震裕度

建屋	設備等		耐震クラス※	損傷モード	単位	発生値 (a)	評価 基準値 (b)	耐震裕度 (b/a)	耐震裕度 (最小値)
ガラス固化体貯蔵建屋	建屋	ガラス固化体貯蔵建屋	—	構造損傷	1.75×Ss に対して地震応答解析を実施し、評価基準値と比較			1.75	1.75
	通風管、収納管	通風管	A	構造損傷 (組合せ応力)	—	0.24	1	4.16	
		収納管	A	構造損傷 (組合せ応力)	—	0.18	1	5.55	
ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟	建屋	ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟	—	構造損傷	1.75×Ss に対して地震応答解析を実施し、評価基準値と比較			1.75	1.75
	通風管、収納管、迷路板、整流板、ルーバ	通風管	A	構造損傷	N/mm <sup>2</sup>	65	280	4.30	
		収納管	A	構造損傷	N/mm <sup>2</sup>	22	189	8.59	
		冷却空気出口迷路板	—(S1)	構造損傷	N/mm <sup>2</sup>	27	101	3.74	
		冷却空気出口ルーバ	—(S1)	構造損傷	N/mm <sup>2</sup>	28	101	3.60	
		冷却空気入口整流板	C(S1)	構造損傷	N/mm <sup>2</sup>	24	101	4.20	
冷却空気出口整流板	C(S1)	構造損傷	N/mm <sup>2</sup>	34	101	2.97			

※:耐震バックチェック時の耐震クラスを記載

## 敷地における基準地震動 Ss

既設特定廃棄物管理施設の耐震バックチェックでは、安全上重要な施設の耐震安全性を確認するための基準地震動 Ss の策定において、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」の検討を行った。

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の検討については、敷地周辺における過去の地震活動及び図 1 に示す断層を対象として検討した結果、表 1 及び図 2 に示す想定三陸沖北部の地震、出戸西方断層による地震及び横浜断層による地震を検討用地震として選定した。図 3 及び図 4 に示すとおり、検討用地震に対して、不確かさを考慮した地震動評価を、「応答スペクトルに基づく手法」及び「断層モデルを用いた手法」により実施した。

なお、応答スペクトルに基づく手法による地震動評価は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008 日本電気協会」(以下、「JEAG4601-2008」という。)による距離減衰式等を用いている。

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 Ss-1 (最大加速度  $450\text{cm/s}^2$ ) については、図 3 及び図 4 に示すとおり、検討用地震に対する応答スペクトルに基づく手法及び断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を上回るように策定した。

「震源を特定せず策定する地震動」の検討については、図 5 に示すとおり、敷地周辺における地域特性を考慮した上で、国内で発生した「震源と活断層を関連付けることが困難な内陸地殻内地震」による震源近傍の観測記録を収集し、その地震動レベルを評価した。

震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 Ss-2 (最大加速度  $450\text{cm/s}^2$ ) については、上記の地震動レベルを上回るように、JEAG4601-2008 による手法に基づき策定した。

基準地震動 Ss-1 及び基準地震動 Ss-2 の応答スペクトルを図 6 に、基準地震動 Ss-1 及び基準地震動 Ss-2 の加速度時刻歴波形をそれぞれ図 7 及び図 8 に示す。



表1 検討用地震

検討用地震	断層長さ (km)	地震規模※
想定三陸沖北部の地震	170	8.3
出戸西方断層による地震	6	6.8
横浜断層による地震	15	6.8

※：気象庁マグニチュードであり、断層モデルで考慮している最大規模

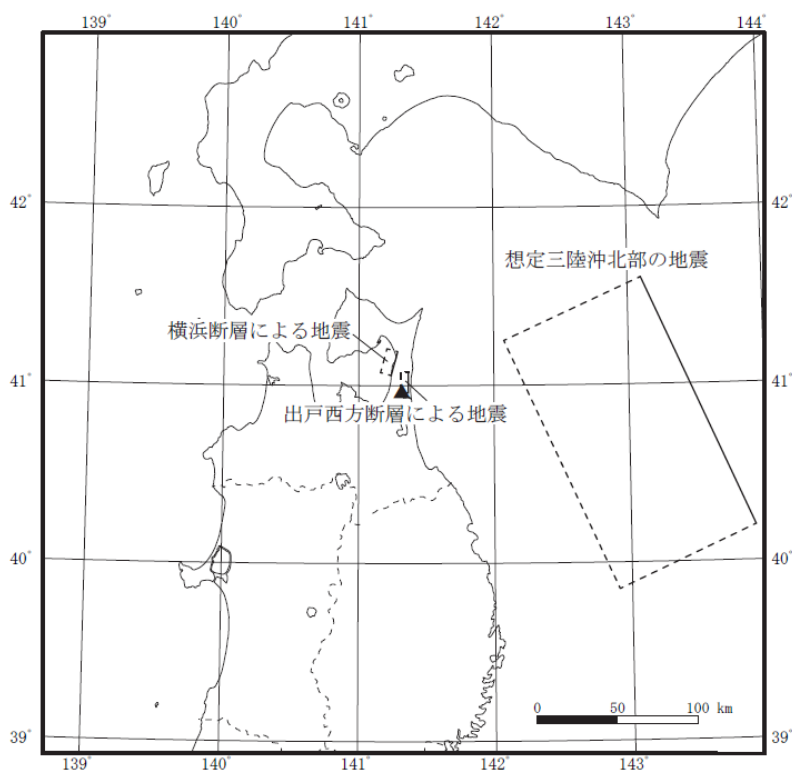


図2 検討用地震の位置図

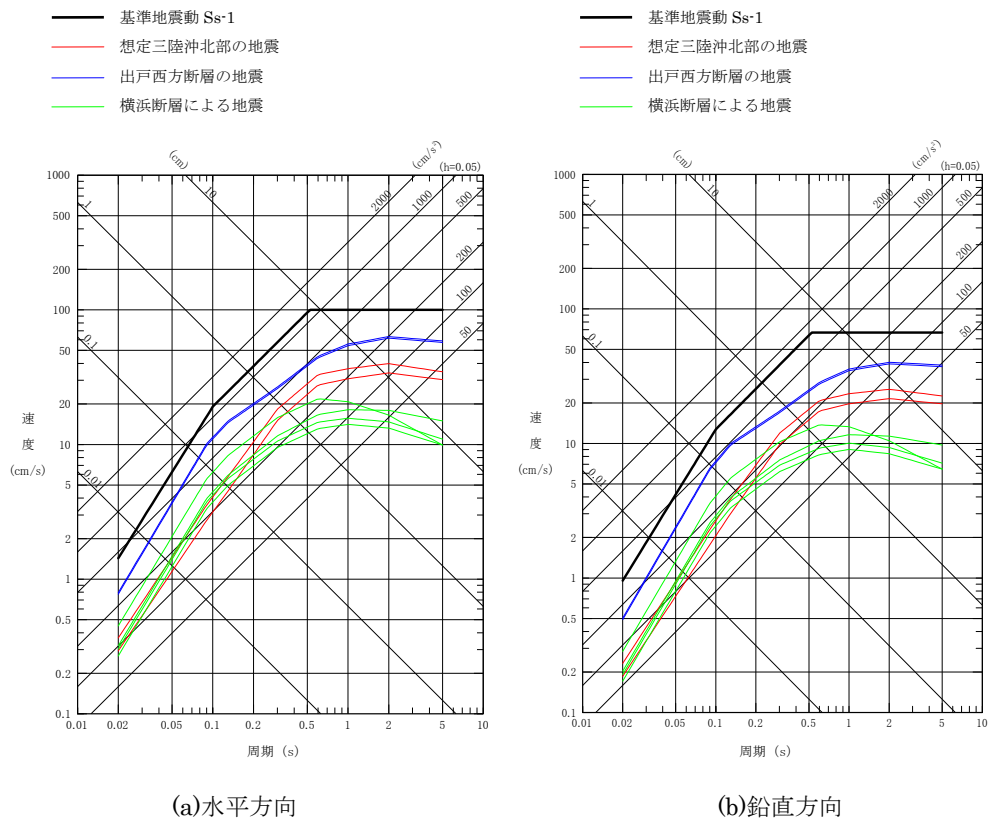


図3 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果

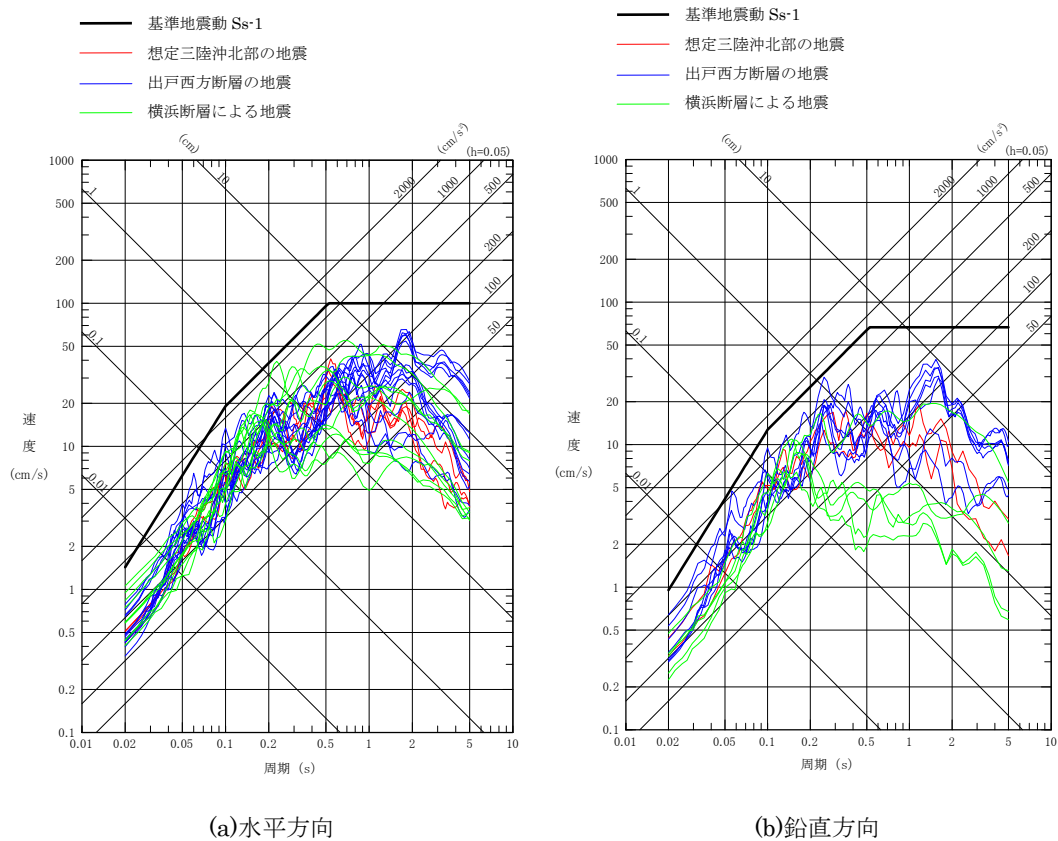


図4 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果



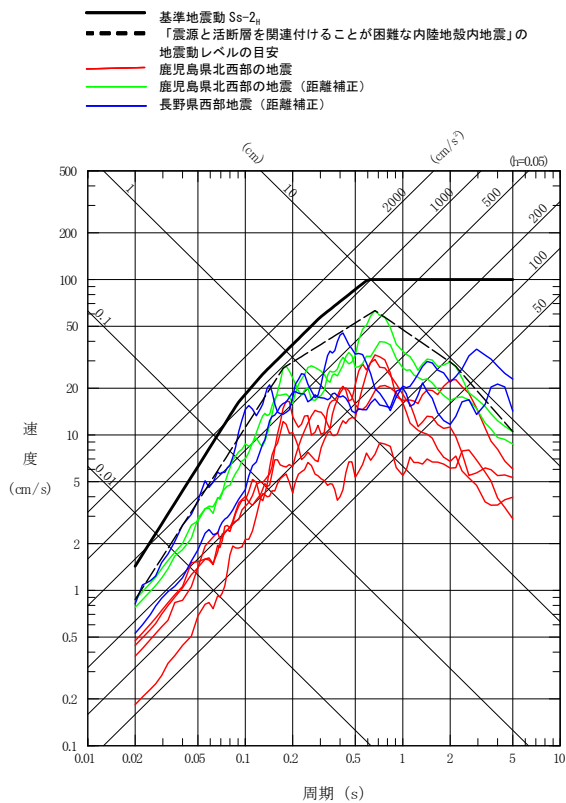
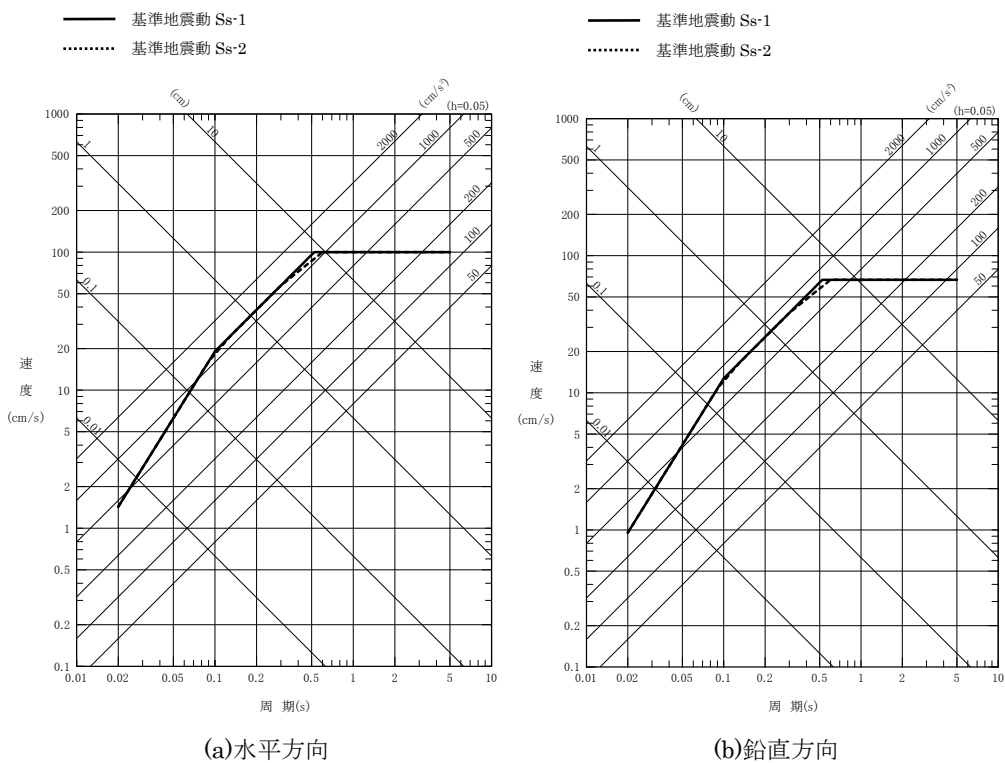


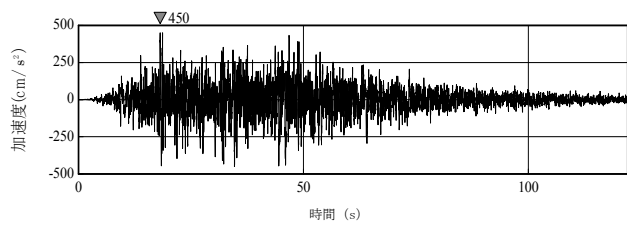
図5 震源を特定せず策定する地震動



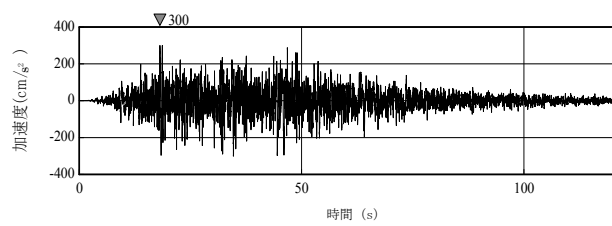
(a)水平方向

(b)鉛直方向

図6 基準地震動 Ss の応答スペクトル

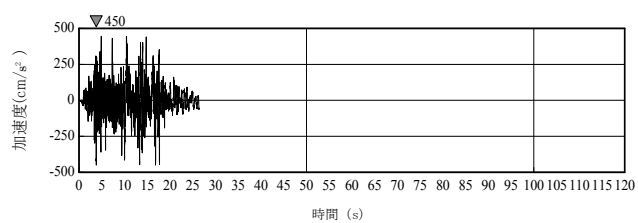


(a)水平方向

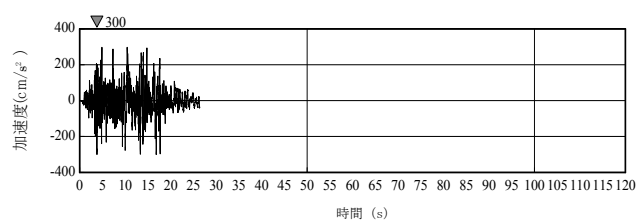


(b)鉛直方向

図7 基準地震動 Ss-1 の加速度時刻歴波形



(a)水平方向



(b)鉛直方向

図8 基準地震動 Ss-2 の加速度時刻歴波形

## 設備等の耐震裕度の評価方法

### 1. はじめに

設備等の耐震裕度の評価は、耐震バックチェックの結果に基づき行うことを基本とし、「設計上の想定を超える事象」に係る設備等について、基準地震動  $S_s$  に対する耐震裕度を評価する。

### 2. 建屋の耐震裕度評価

#### (1) 評価の概要

評価対象とした建屋を表 1 に示す。

評価対象の建屋について、設計上の想定を超える地震動に対し、どの程度の裕度を有するか評価を実施する。

建屋の耐震裕度評価は、耐震バックチェックに用いた基準地震動  $S_s$  を係数倍した地震動を入力した場合の応答値と評価基準値との比較により、基準地震動  $S_s$  に対する裕度を評価する。

解析モデルは建屋の応答性状を適切に評価できるモデルとし、地震応答解析により求められたせん断ひずみをもとに評価する。

#### (2) 地震応答解析

##### a. 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、地盤-建屋連成系モデルとした。建屋については、基準床レベルに質量を集中させた質点系モデルとし、水平方向は質点の間を曲げ・せん断変形要素で連結し、鉛直方向は質点の間を軸変形要素で連結した。地盤については、地盤の剛性及び減衰を等価な地盤ばねに置換したモデルとした。

建屋の地震応答解析モデルの物性として、鉄筋コンクリート造部(以下、「RC 造部」という。)の剛性は既往の知見(原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準:2007 日本原子力学会)におけるコンクリート実強度の統計値により設定し、RC 造部の減衰定数は「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008 日本電気協会」(以下、「JEAC4601-2008」という。)に基づき設定した。また、建屋の水平方向については、耐震壁の復元力特性を考慮した。

地盤ばねの剛性及び減衰については、JEAC4601-2008 に基づき、建屋と底面地盤との相互作用を考慮して、水平方向は水平ばね及び回転ばねに、鉛直方向は鉛直ばねに置換し、基礎底面位置に付加する。また、水平方向の回転ばねについては、基礎の浮上りによる幾何学的非線形性を考慮した。

なお、耐震バックチェックにおける地震応答解析モデルからの主な変更点は、RC造部について JEAC4601-2008 に基づき、コンクリート実強度に対する剛性及び耐震壁の復元力特性を再評価したこと並びに減衰定数を設定したことである。

建屋の地震応答解析モデルの一例として、ガラス固化体貯蔵建屋の地震応答解析モデルを図1及び図2に、今回設定した復元力特性を図3及び図4に示す。

b. 評価基準値

耐震壁のせん断ひずみの評価基準値としては、JEAC4601-2008 の鉄筋コンクリート造耐震壁の終局点のせん断ひずみである  $4.0 \times 10^{-3}$  とする。

表1 評価対象建屋

建屋名称
ガラス固化体貯蔵建屋
ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟

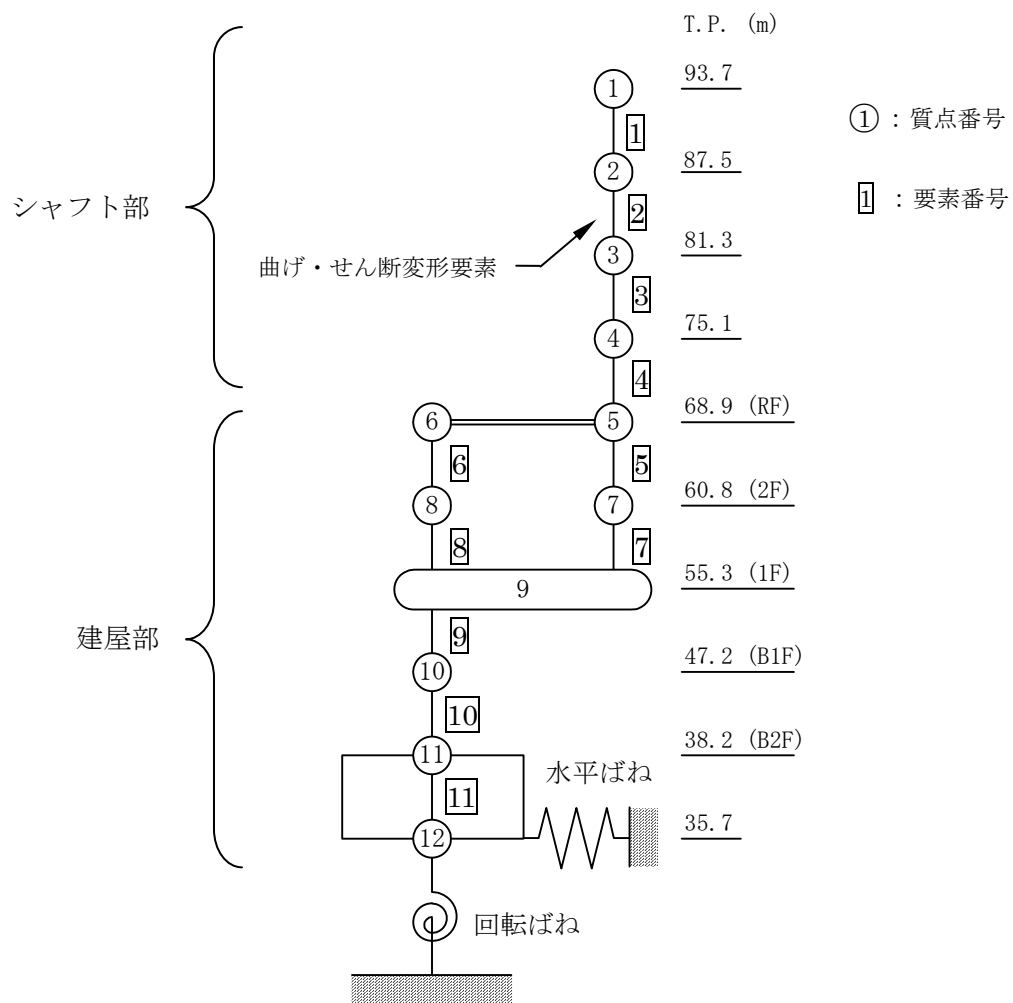


図1 地震応答解析モデル (ガラス固化体貯蔵建屋 水平方向)

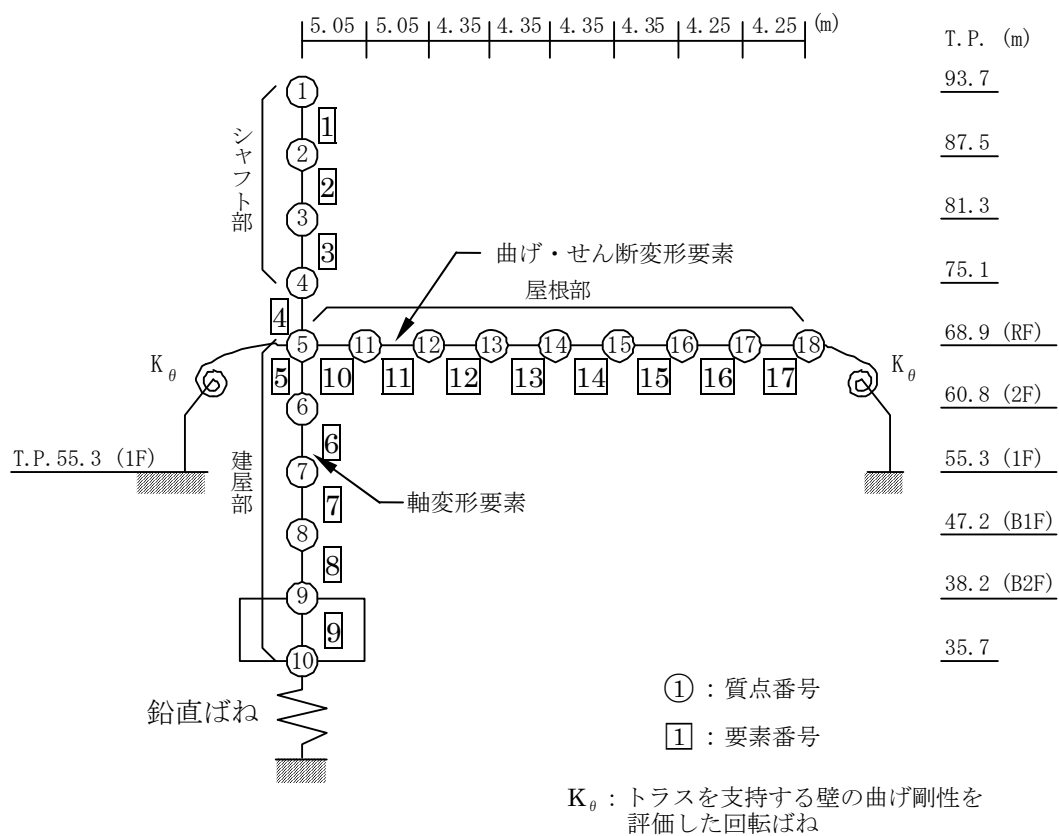
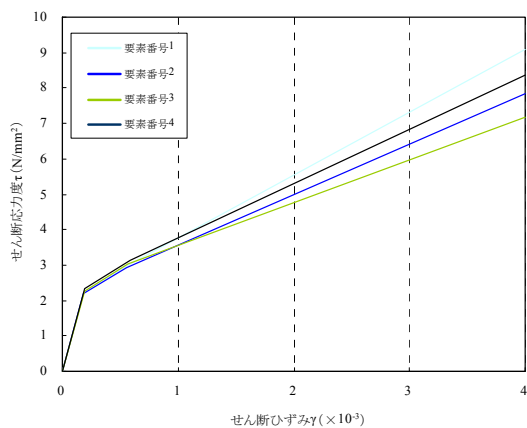
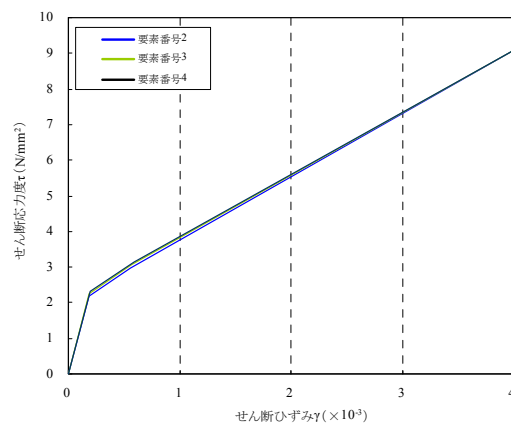


図2 地震応答解析モデル (ガラス固化体貯蔵建屋 鉛直方向)

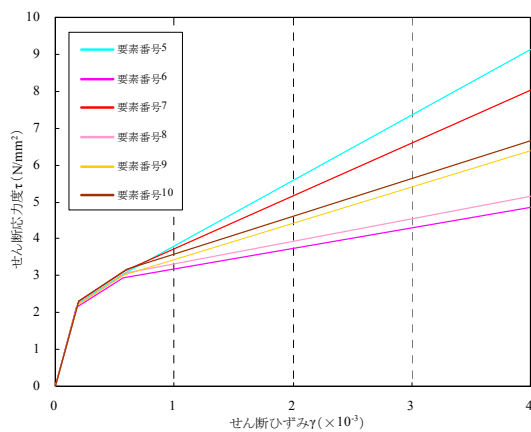


NS 方向

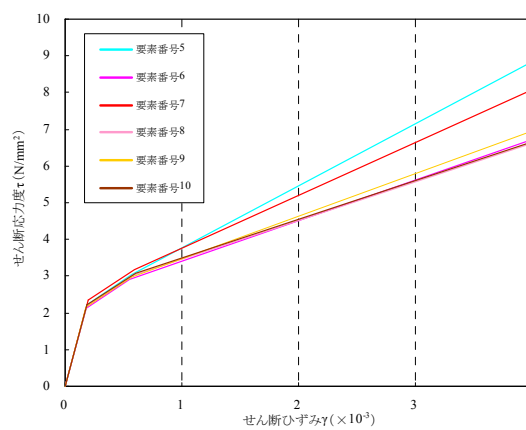


EW 方向

図3  $\tau$ - $\gamma$  スケルトン(ガラス固化体貯蔵建屋 シャフト部 要素番号1~4)



NS 方向



EW 方向

図4  $\tau$ - $\gamma$  スケルトン(ガラス固化体貯蔵建屋 建屋部 要素番号5~10)

### 3. 機器・配管系の耐震裕度評価

#### (1) 評価の概要

貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失に係る設備等を対象として耐震裕度を評価する。

機器・配管系の耐震裕度評価は、耐震バックチェック結果に基づき行う。耐震バックチェックにおける評価概要について以下に示す。

#### (2) 地震応答解析

##### a. 地震応答解析モデル

機器・配管系の動的解析モデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、応答評価等に用いる地震荷重を適切に算定できるものを使用している。また、解析モデルは既往評価で用いられたものを使用している。

モデル化に当たって使用する物性値等については、既往評価で用いられたものを使用している。

##### b. 床応答スペクトル

床応答スペクトルは、建物・構築物及び屋外重要土木構造物の地震応答解析で得られた床応答時刻歴を用いて、水平方向及び鉛直方向それぞれ算定するが、算定に当たっては、地盤や建屋の物性等のばらつきが床応答に与える影響を考慮し、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 日本電気協会」等を参考に周期軸方向に±10%拡幅している。

##### c. 減衰定数

減衰定数は、原則として「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 日本電気協会」に規定された値とし、試験等で妥当性が確認された値も評価に用いている。

#### (3) 構造強度の評価方法

耐震バックチェックにおいて、機器・配管系の構造強度に関する評価は、以下に示す評価手法により実施している。構造強度の評価手順を図 5 に示す。

##### a. 簡易評価（応答倍率法による評価）

剛構造の機器については、基準地震動  $S_s$  による床の最大応答加速度と既往評価時における床の最大応答加速度の比を求め、剛構造ではない機



器については、基準地震動  $S_s$  による設計用床応答スペクトルと既往評価時の設計用床応答スペクトルの比を求め、既往評価時の発生応力に乗じることにより、発生値を算定し、評価基準値と比較している。

なお、剛構造とは、機器の一次固有振動数が 20Hz 以上、あるいは設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い固有振動数を有するものをいう。

b. 詳細評価（スペクトルモーダル解析法による評価）

特定廃棄物管理施設の特徴的な機器については、スペクトルモーダル解析法により、発生値を算定し、評価基準値と比較している。

なお、評価に用いる諸元については、既往評価時に用いた諸元を使用している。

c. 評価基準値

評価基準値は、その設備の機能に影響を及ぼすことがない値とし、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-補・1984 日本電気協会」、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 日本電気協会」、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 日本電気協会」及び「発電用原子力設備規格設計・建設規格 JSME S NC1-2005 日本機械学会」に規定されている値を用いている。

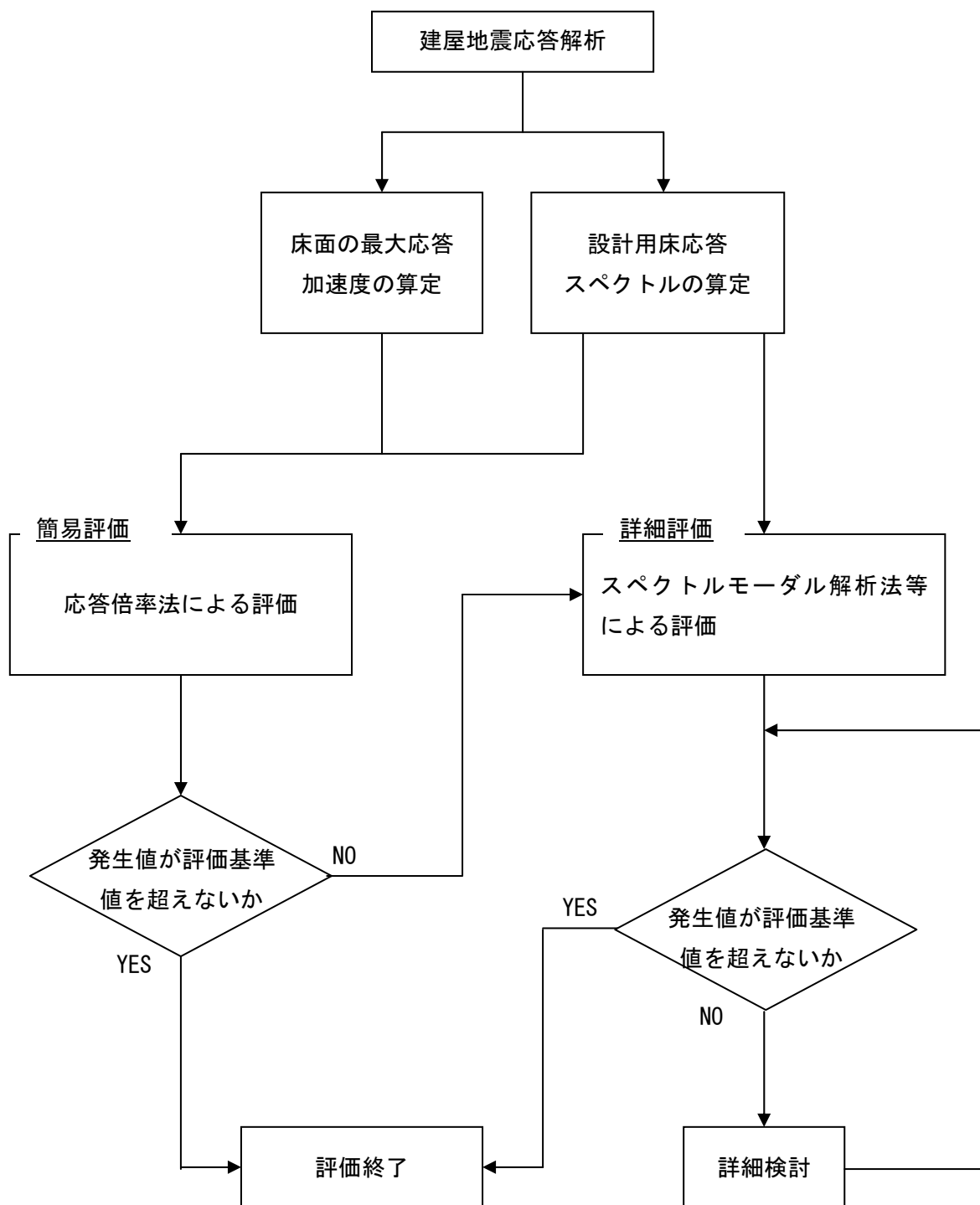


図5 耐震バックチェックにおける構造強度の評価手順

## 冷却空気流路閉塞時のガラス固化体温度評価

### 1. はじめに

貯蔵ピットにおいて、冷却空気入口シャフト及び冷却空気出口シャフトの冷却空気流路が閉塞することにより、崩壊熱除去機能が喪失すると想定した場合のガラス固化体温度に及ぼす影響について評価する。

### 2. 評価方法

ガラス固化体貯蔵建屋及びガラス固化体貯蔵建屋 B 棟における崩壊熱除去機能喪失として、冷却空気入口シャフト及び冷却空気出口シャフトの閉塞を考慮したモデルにより評価を実施する。(図 1 参照) 評価条件は以下のとおり。

#### ・解析コード

冷却空気流量解析:冷却空気流量計算プログラム CANDY

ガラス固化体温度解析:汎用有限要素法解析コード ABAQUS

#### ・解析基本条件

ガラス固化体発熱量 2.0kW/本

ガラス固化体本数 720 本/基

冷却空気流路の閉塞割合 10~90%

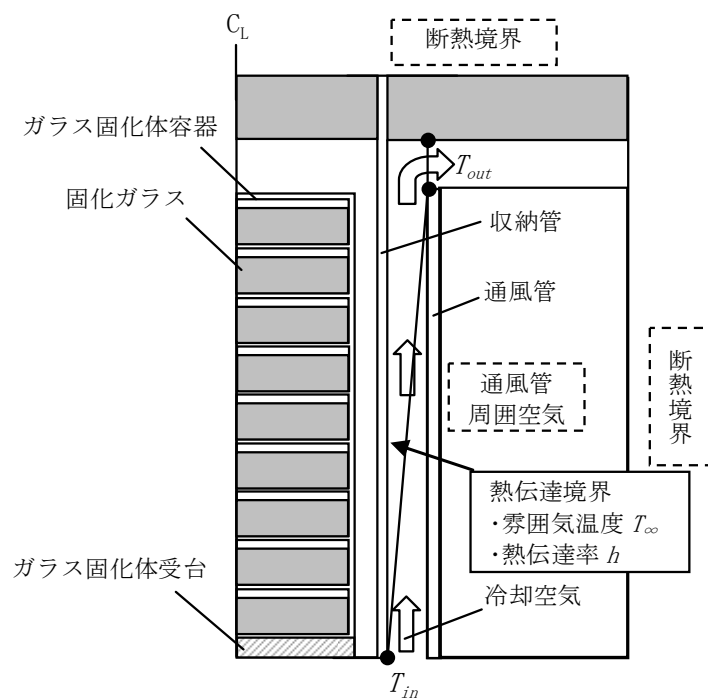


図 1 ガラス固化体温度解析モデル概要

### 3. 評価結果

冷却空気流路の閉塞割合とガラス固化体温度について解析した結果を以下に示す。

(1) ガラス固化体貯蔵建屋のガラス固化体温度解析結果 (表 1 及び図 2 参照)

表 1 ガラス固化体貯蔵建屋のガラス固化体温度解析結果

閉塞割合 (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ガラス固化体中心温度 (°C)	481.8	482.1	482.5	483.4	485.0	495.0	510.2	<b>549.4</b>	675.3

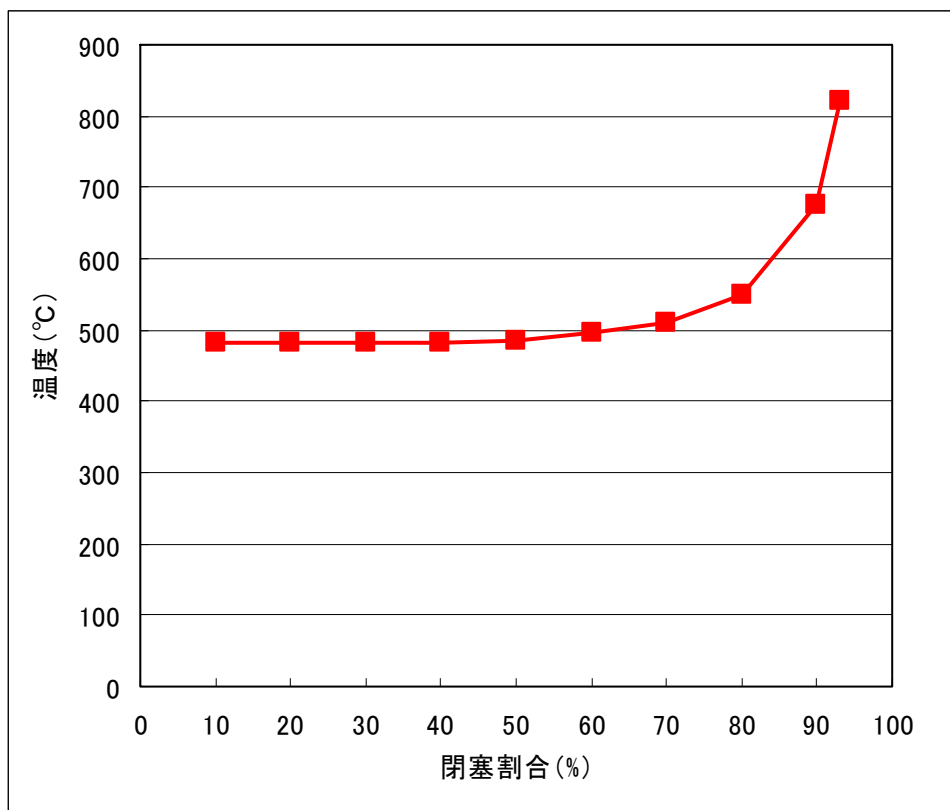


図 2 ガラス固化体貯蔵建屋のガラス固化体温度解析結果

(2) ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟のガラス固化体温度解析結果 (表 2 及び図 3 参照)

表 2 ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟のガラス固化体温度解析結果

閉塞割合 (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ガラス固化体 中心温度 (°C)	440.7	441.0	441.3	441.9	446.6	446.3	453	464.6	<b>529.9</b>

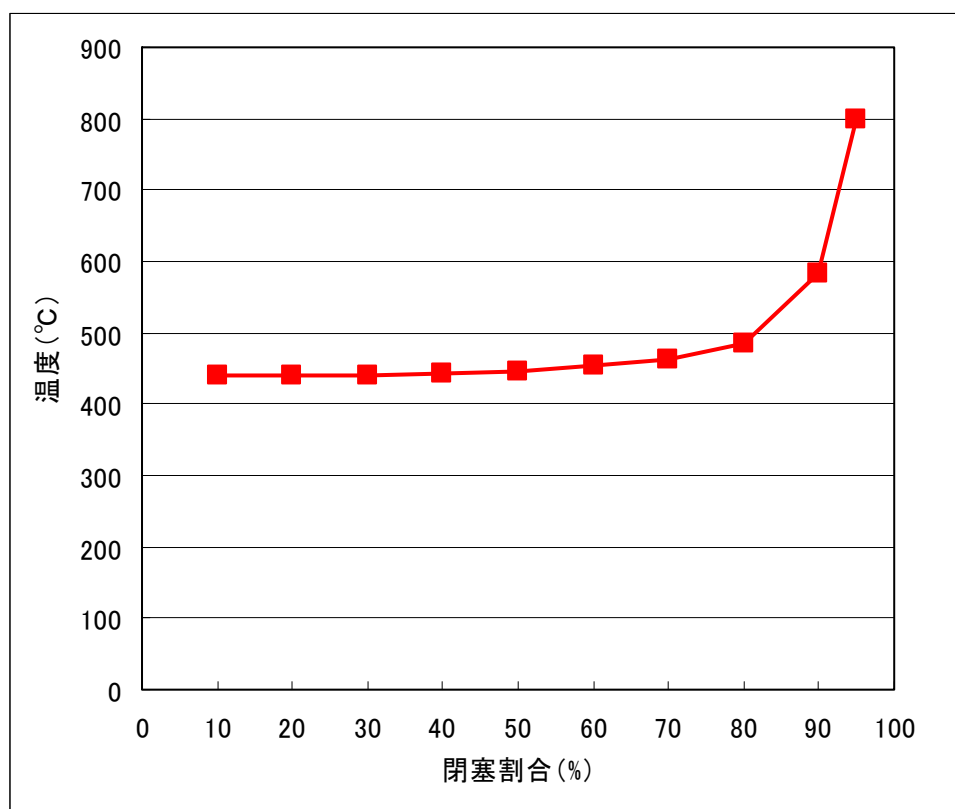
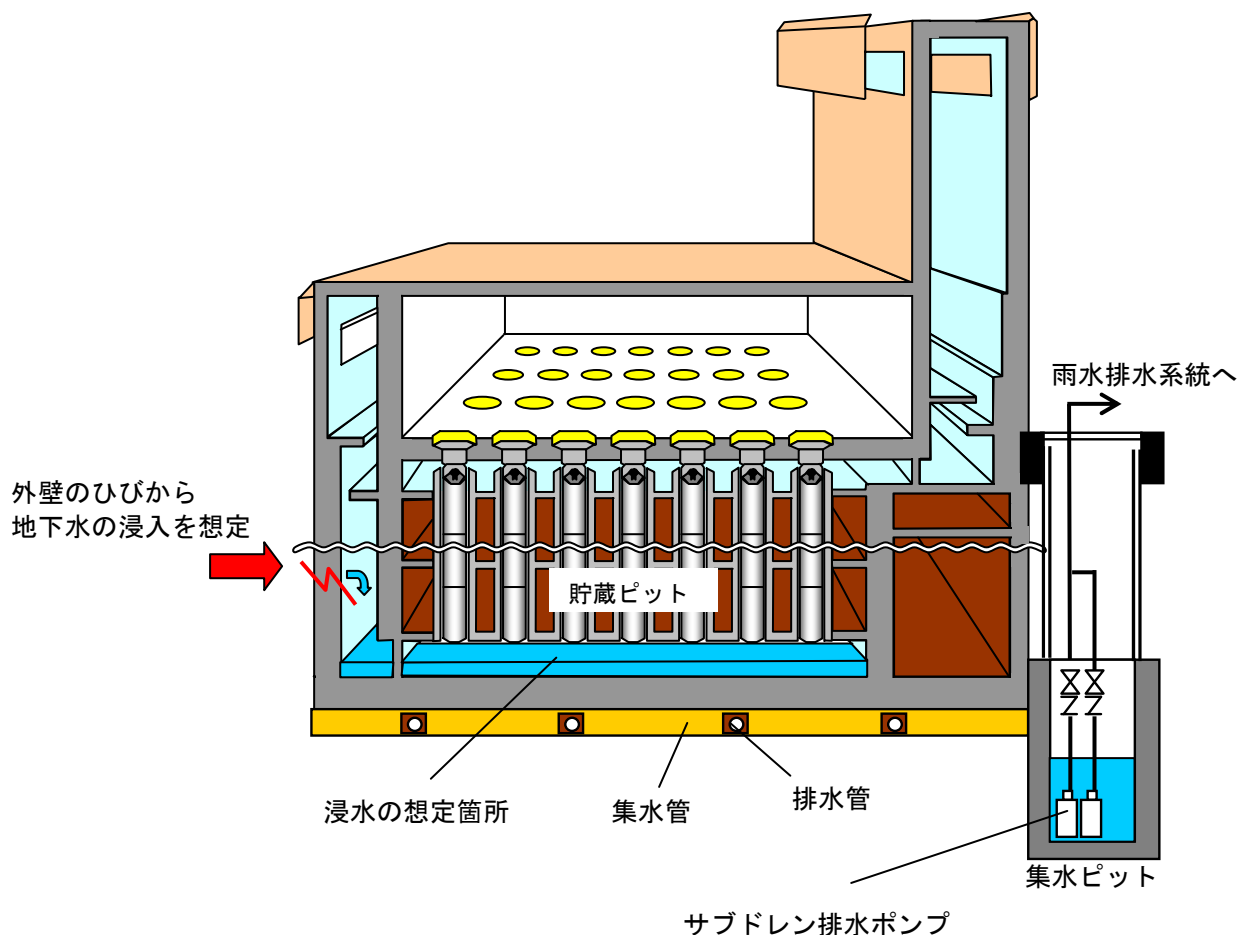


図 3 ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟のガラス固化体温度解析結果

#### 4. まとめ

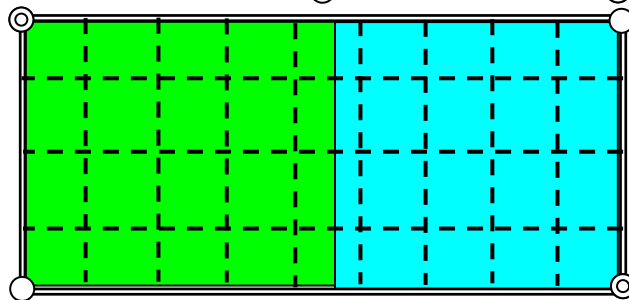
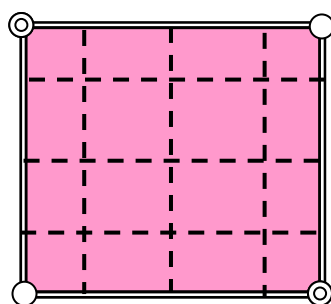
ガラスの失透化が起こる最低温度約 600°C を制限温度とした場合、ガラス固化体貯蔵建屋では出口シャフト部の閉塞割合 80%、ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟では出口シャフト部の閉塞割合 90% を超えなければ、崩壊熱除去機能を維持できる。

サブドレン排水設備概要図及び配置図



- 凡例
- ◎ : 集水ピット (サブドレン排水ポンプ設置)
  - : 集水ピット
  - ==== : 集水管
  - : 排水管

ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟



ガラス固化体受入れ建屋      ガラス固化体貯蔵建屋

## 建屋内への地下水の浸入による冷却空気流路閉塞までの時間余裕の評価

### 1. はじめに

ガラス固化体貯蔵建屋及びガラス固化体貯蔵建屋 B 棟の外壁にひびが発生し、地下水が建屋内に浸入することで、冷却空気流路が閉塞し、崩壊熱除去機能が喪失する状態に至るまでの時間余裕について評価する。

### 2. 評価方法

- (1) 地下水の発生量は、過去の集水ピットにおける排水実績の最大値を適用する。
- (2) 安全側に透水係数を考慮せず、発生した地下水の全量が建屋内に浸入すると想定する。
- (3) 地下水による閉塞対象は、建屋最下階の空間容積とし、冷却空気流路閉塞による崩壊熱除去機能喪失に至る建屋最下階の空間容積は、冷却空気流路が完全に閉塞する空間容積に、崩壊熱除去機能を維持できる閉塞割合を乗じた容積とする。

### 3. 評価結果

#### (1) 地下水の発生量の評価

##### a. 過去の集水ピットにおける排水実績

##### ① ガラス固化体貯蔵建屋集水ピットにおける排水実績

2006年4月から2012年3月の排水実績を確認した結果、2つの集水ピットにおける最大排水量は、それぞれ $604\text{m}^3/42$ 日及び $1,705\text{m}^3/32$ 日であり、その合計量をガラス固化体貯蔵建屋集水ピットにおける最大排出量とした。

##### ② ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟集水ピットにおける排水実績

2011年2月から2012年3月の排水実績を確認した結果、2つの集水ピットにおける最大排水量は、それぞれ $153\text{m}^3/35$ 日及び $214\text{m}^3/35$ 日であり、その合計量をガラス固化体貯蔵建屋 B 棟集水ピットにおける最大排出量とした。

##### b. 地下水の発生量の評価

地下水の発生量は、a. の結果から、次のとおり評価した。

ガラス固化体貯蔵建屋 : 約  $2.9\text{m}^3/\text{h}$

ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟 : 約  $0.5\text{m}^3/\text{h}$

c. 冷却流路閉塞までの時間余裕の評価

各建屋の冷却空気流路閉塞による崩壊熱除去機能喪失に至る建屋最下階の空間容積をb. の評価結果で除して、冷却空気流路閉塞までの時間余裕を評価した。

時間余裕を評価した結果、冷却空気流路閉塞までの時間余裕の評価結果は、下表に示すとおり、

ガラス固化体貯蔵建屋:約 63 日

ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟:約 120 日

であった。

対象建屋	冷却空気流路閉塞による崩壊熱除去機能喪失に至る建屋最下階の空間容積[m <sup>3</sup> ]	建屋内への地下水浸入量(想定できる最大値) [m <sup>3</sup> /h]	冷却空気流路閉塞までの時間余裕 [h]
ガラス固化体貯蔵建屋及びガラス固化体受入れ建屋	約 4,452	約 2.9	約 1,535 (約 63 日)
ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟	約 1,440	約 0.5	約 2,880 (約 120 日)

4. まとめ

3. の結果から、建屋の外壁にひびが発生し、地下水が建屋内に浸入することで、冷却空気流路が閉塞し、崩壊熱除去機能が喪失する状態に至るまでの時間余裕は、ガラス固化体貯蔵建屋では約 63 日、ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟では約 120 日であった。

なお、上記のように地下水の浸入に対して十分な時間余裕があることは確認したが、事業者としての更なる安全性向上に対する取り組みの観点から、地下水排出対応のポンプを準備する。



## ガラス固化体検査室の換気設備停止時のガラス固化体の温度評価

### 1. はじめに

ガラス固化体検査室（以下、「検査室」という。）にガラス固化体を仮置きした状態で、検査室の換気設備が長期間停止した場合に、ガラス固化体の温度上昇によりガラス固化体の閉じ込め機能への影響が発生する可能性について確認する。

### 2. 評価条件

検査室は、図1に示すように、ガラス固化体を最大28本収納できるガラス固化体仮置き架台（以下、「仮置き架台」という。）が2基あり、ガラス固化体の取扱いとしては、基本的に輸送容器1基分（最大28本）ずつ行うが、一時的に輸送容器2基分（最大56本）のガラス固化体を検査室に仮置きする場合もある。

そのため、換気設備停止時の温度上昇の評価は、仮置き架台にガラス固化体を28本収納している状態と56本収納している状態を評価条件とする。

また、仮置き架台に仮置きするガラス固化体については、発熱量2.0kWのガラス固化体とする。

また、安全評価では、ガラスの失透を極力避けるために失透が始まる最低温度よりも低い温度としてガラス固化体中心部の最高温度500℃を超えないことを目安としてガラス固化体を管理することとして評価していたが、本評価では、失透が始まる最低温度を用いて評価した。

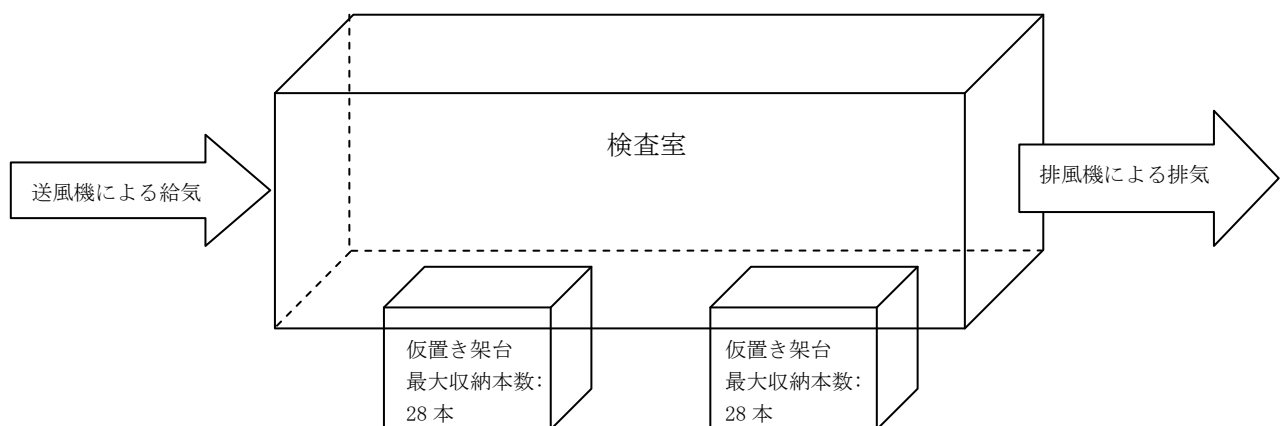


図1 ガラス固化体検査室の概要図

### 3. 解析モデル

ガラス固化体からの発生熱エネルギーは、室内空気の対流とふく射により天井・壁面に伝達され、コンクリート躯体を伝導し、上位階への放熱及び外壁面に対流放熱する。(図2参照)

この体系において、ガラス固化体全体と天井・壁面との熱の授受を算出するため、検査室温度計算及び中間結果（天井・壁面温度と平均空気温度）を用いたガラス固化体温度計算を実施し、タイムステップ毎に連携して実施する非定常熱解析プログラムを作成し、ガラス固化体中心温度の時間変化を算出した。

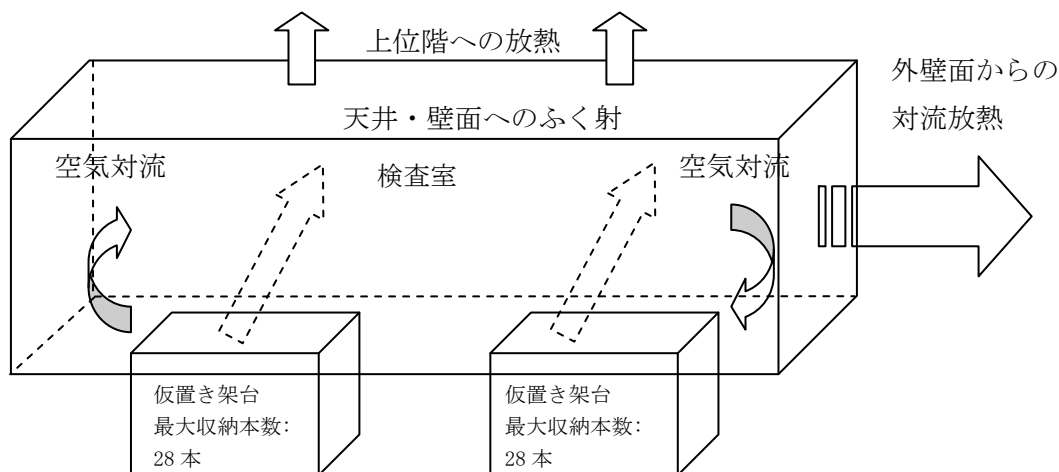


図2 換気設備停止時のガラス固化体中心温度上昇の概念図

### 3. 1 検査室温度計算

図3に検査室温度計算の概要を示す。以下の計算条件等に基づき、検査室空気温度を算出する。

仮置き架台に収納した設定本数のガラス固化体全体を熱源とし、検査室天井面へのふく射を考慮し、残りの熱量全部が空気に与えられるものとし、計算対象の体積（空気量）は、検査室及び2箇所の仮置き架台の体積の和とした。

このとき室内空気量は変化しないものとし、検査室内外の空気の初期温度は29℃とした。ただし、C側の外部温度は、貯蔵区域の側壁流路であることを考慮し55℃（2.0kWのガラス固化体を貯蔵ピットに全数収納した時の冷却空気流量の解析結果）とした。

また、各部は以下のとおり設定した。

- ・室内空気:気体は1点近似
- ・壁面:24分割一次元伝熱計算

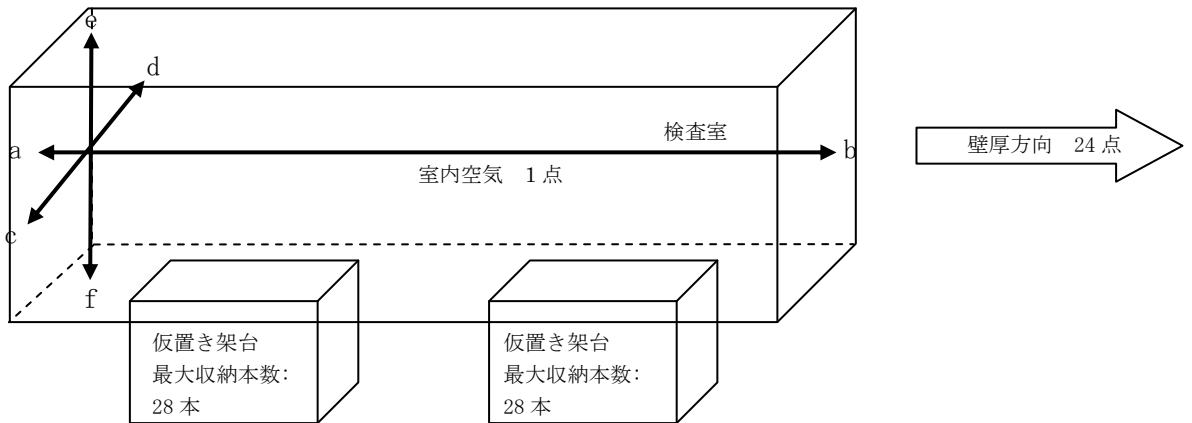


図3 検査室温度計算の概要図

### 3. 2 ガラス固化体温度計算

図4に、解析モデルを示す。検査室温度計算結果である検査室空気温度及び天井・壁面温度から、ガラス固化体容器表面温度及び中心温度を一次元伝熱計算により算出する。

- (1) ガラス固化体の発熱量 2.0kW に対し、検査室内空気への熱伝達、並びに検査室天井面へのふく射伝熱を考慮してガラス固化体容器表面温度を算出する。
- (2) ガラス固化体は一様発熱している熱伝導体と仮定し、ガラス固化体中心温度を算出する。
- (3) ガラス固化体容器表面温度の変化は検査室温度計算に反映する。

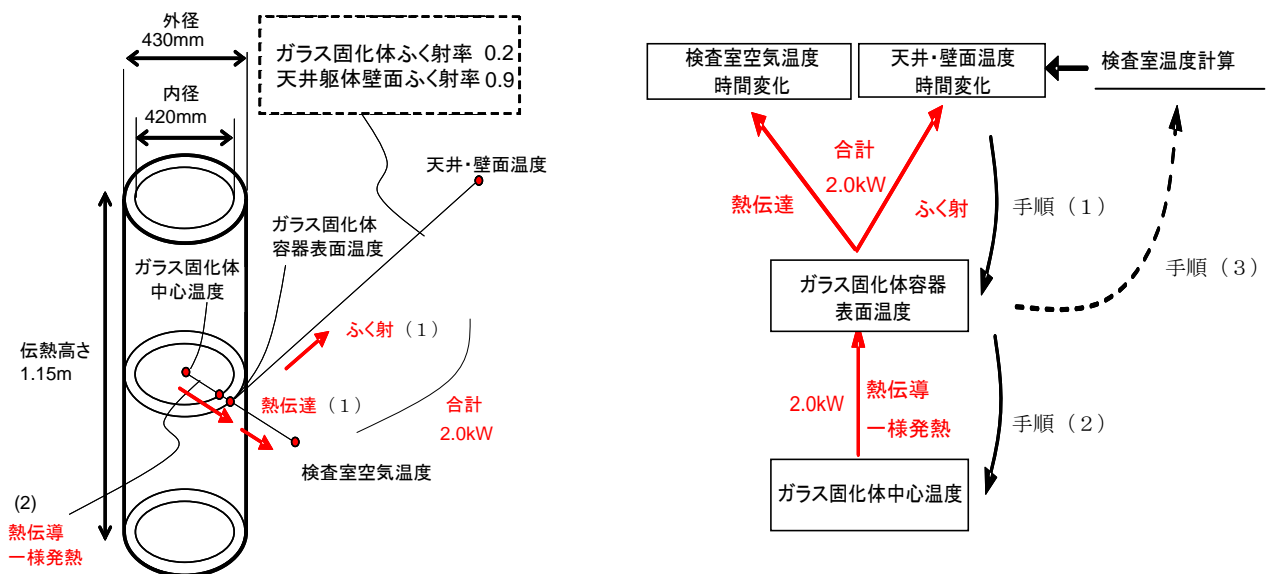


図4 ガラス固化体温度計算の解析モデル

#### 4. 計算結果

2.0kW×56本、2.0kW×28本のいずれの場合も、30日間にわたり換気設備が停止したとしてもガラス固化体の失透(ガラス中の成分の1つ又は数種の成分によって構成される結晶体が、そのガラスの中で分離析出する現象)が始まる最低温度(約600℃)に至らなかった。(図5及び図6参照)

#### 5. まとめ

検査室にガラス固化体を仮置きした状態で、検査室の換気設備が長期間停止した場合においても、ガラス固化体のもつ閉じ込め機能に異常をきたすことはないことを確認した。

なお、上記のように長時間の換気設備停止に対して解析によりガラス固化体の閉じ込め機能喪失に至らないことを確認したが、事業者としての更なる安全性向上に対する取り組みの観点から、自然冷却対応の換気ダクト等を取り外す手順等を準備する。

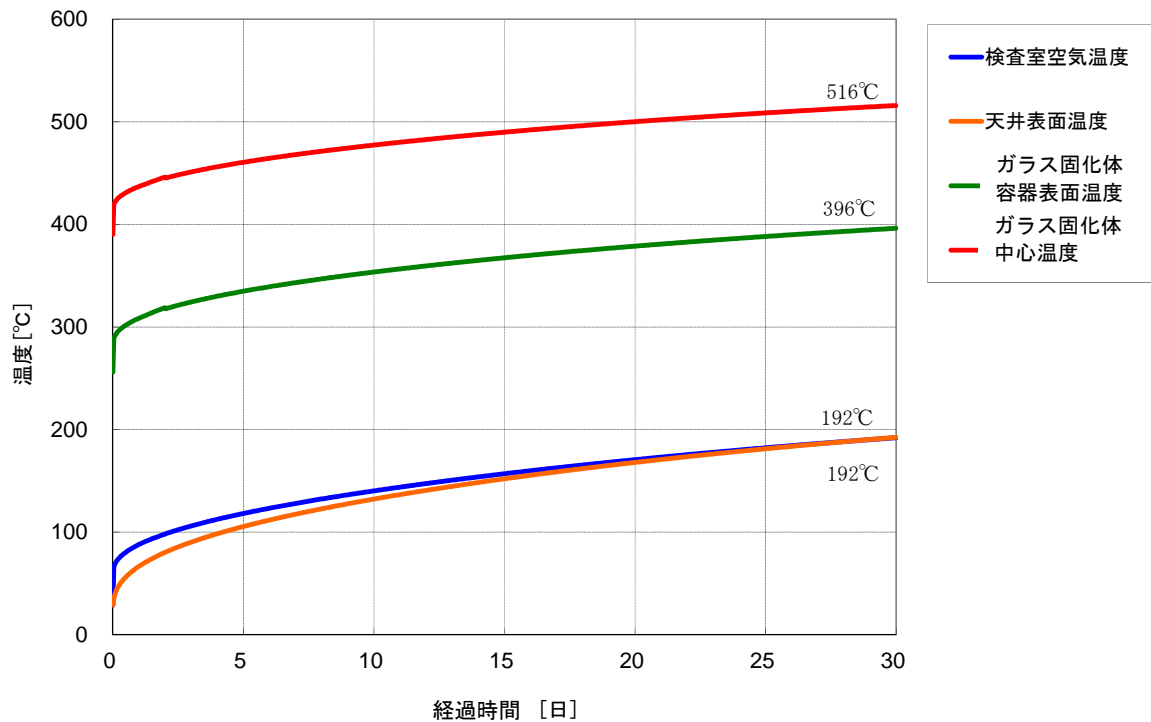


図5 2.0kW×56本の計算結果

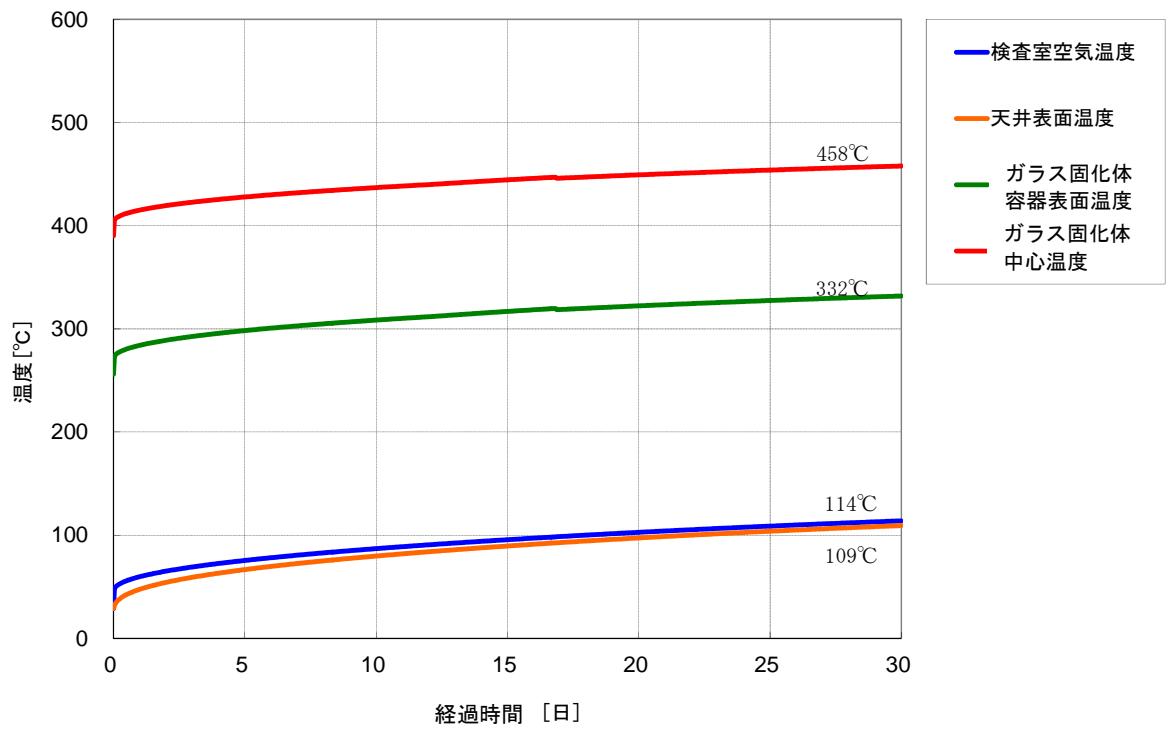


図 6 2.0kW×28本の計算結果

## 地震時における鉄筋コンクリートの破損としゃへい機能の評価

### 1. はじめに

本報告書における耐震評価時のせん断ひずみの評価基準値は、 $4 \times 10^{-3}$  を用いているが、この値がしゃへい機能維持に関しては十分保守性を有することを確認する。

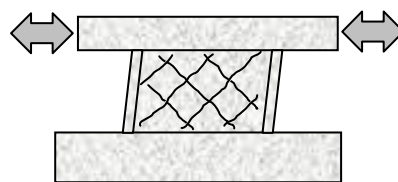
### 2. 地震発生時における鉄筋コンクリートの破損データ

基準地震動を超える地震発生時に、鉄筋コンクリート部材が終局耐力を超えた場合に生じるひび割れによって、しゃへい性能が確保されるかを確認するために、鉄筋コンクリート構造物の模擬試験体を使ってせん断加力試験を過去に実施している。

鉄筋コンクリート試験体のせん断加力試験の様子を図 1 に、鉄筋コンクリート試験体のせん断加力試験のイメージを図 2 に示す。



図 1 鉄筋コンクリート試験体のせん断加力試験の様子



コンクリート壁のせん断加力試験による  
ひび割れパターン（ひび割れ幅・間隔）の把握

図 2 鉄筋コンクリート試験体のせん断加力試験のイメージ図

### 3. 試験結果

設計上の終局状態といわれる  $4 \times 10^{-3}$  のせん断ひずみにおいては、ひび割れが生じるものの壁面の剥離は生じない。（図 3 写真 1 参照）さらに応力を加えてせん断ひずみ  $7 \times 10^{-3}$  以上にした場合、壁面に剥離が生じた。（図 3 写真 2 参照）

また、 $4 \times 10^{-3}$ のせん断ひずみにおいて、コンクリート表面のひび割れ性状、ひび割れ断面の凹凸形状を観察した結果、特徴は以下のとおりであった。

- ・ ひび割れは鉄筋の配置間隔 (200mm) とほぼ同じ間隔で格子状に発生している。(図3 写真1 参照)
- ・ ひび割れ幅全長の 95%以上は 0.25mm 未満であり、1mm 以上は極僅かであった。(図4 参照)
- ・ 模擬試験体のひび割れ部からコンクリートコアを複数採取して (図5 参照)、ひび割れ面の凹凸量を数値化した。図6に示すように、G-G断面での凹凸量は 11.9mm であった。このように、凹凸量はひび割れ幅と比べ十分大きいため放射線ストリーミングは無視できると考えられる<sup>1)</sup>。

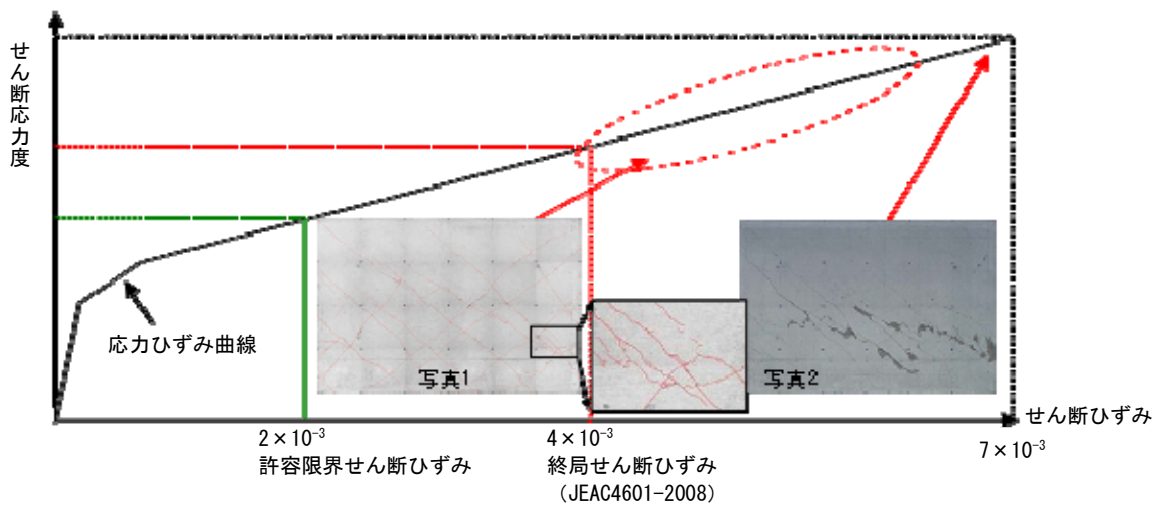


図3 せん断ひずみと鉄筋コンクリートの損傷イメージ

写真1:せん断ひずみ  $4 \times 10^{-3}$  時のコンクリート表面であり、格子状のひび割れが見られる。

写真2:せん断ひずみ  $7 \times 10^{-3}$  時のコンクリート表面であり、剥離が起きている。

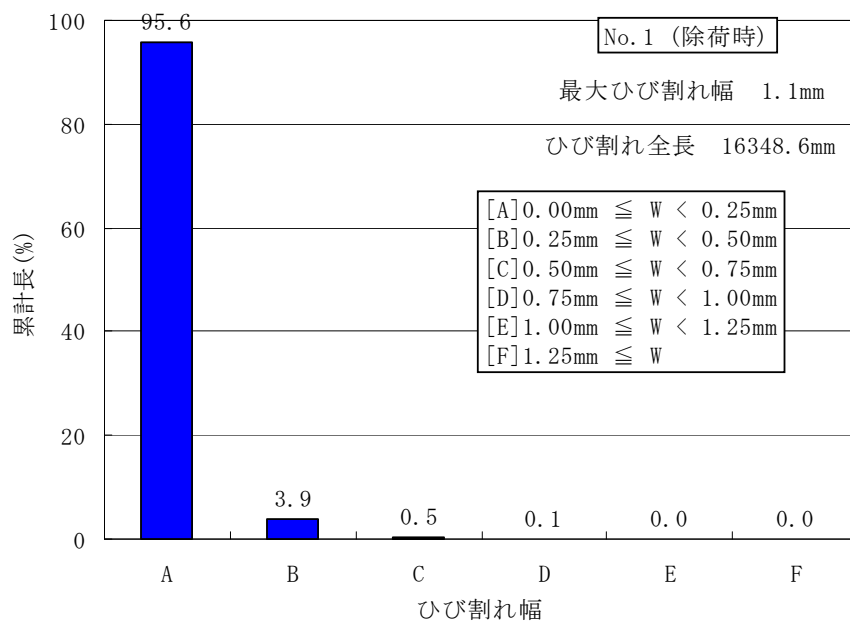


図4 ひび割れ幅のヒストグラム<sup>1)</sup>



図5 採取したコンクリートコア断面の状況

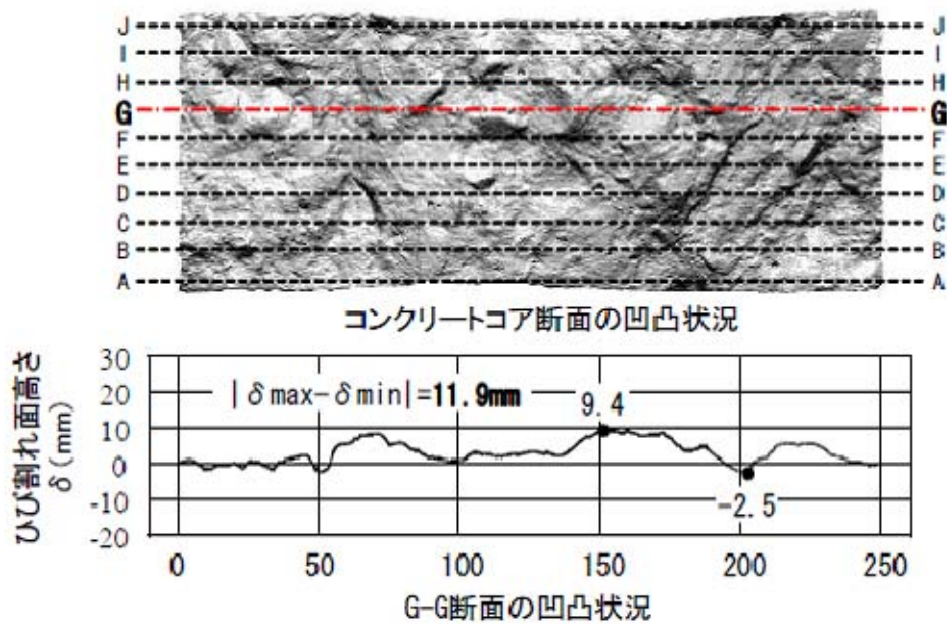


図6 ひび割れ断面の例<sup>1)</sup>

これらを踏まえ、保守的にひび割れの状態を平面スリットと仮定したモデルで、モンテカルロ解析を実施した結果、剥離がなくひび割れのみであればしゃへいコンクリートのしゃへい性能の低下は少なかった<sup>2)</sup>。

#### 4. まとめ

鉄筋コンクリート構造物の模擬試験体を使ったせん断加力試験の結果等から、設計上の終局状態といわれるせん断ひずみ  $4 \times 10^{-3}$  を超えた場合に生じるひび割れによっても、遮へい機能は低下しないことを確認した。



参考文献

- 1) 西岡聖雅他、“鉄筋コンクリート耐震壁の遮へい性能に関する研究 その 2 ひび割れの分析とモデル化”、日本建築学会大会学術講演梗概集、2008 年 9 月
- 2) Keiji Sekine et al., “Study on Radiation Shielding Performance of Reinforced Concrete Wall After the Earthquake”, Journal of Disaster Research Vol.5 No.4, 2010

## 強風による影響評価

### 1. はじめに

強風による廃棄物管理施設への影響について評価する。評価に当たっては、六ヶ所地域の過去の最大瞬間風速を調査するとともに、設計で用いられている風荷重との関係性を評価する。なお、本資料において使用している気象データについては、気象庁ホームページから引用している。

### 2. 全国の風速の傾向

図1に30年間（1981～2010年）の全国の風速年平年値の分布を示す。岬の突端および離島で風速が大きくなる傾向があり、全国的に見て六ヶ所地域は特段風速が大きい地域ではないことを確認した。

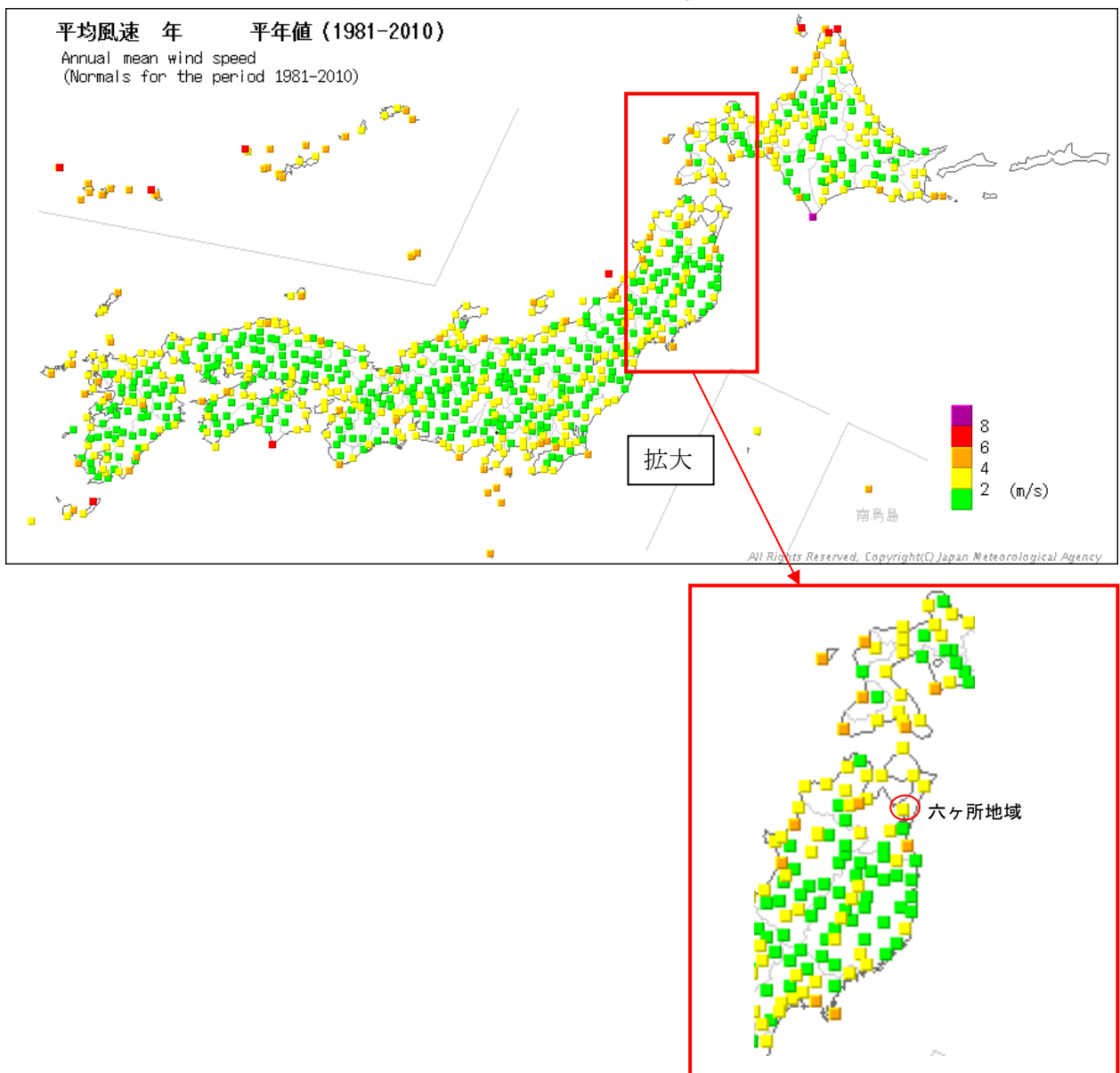


図1 全国の30年間（1981～2010年）の風速年平年値

次に、気象評価として、廃棄物管理事業許可申請書で採用している八戸特別地域気象観測所（旧八戸測候所：1936年観測開始）及びむつ特別地域気象観測所（旧むつ測候所：1935年観測開始）（以下、両者を合わせて「八戸・むつ観測所」という。）を対象とし、過去の最大瞬間風速について調査を行った。八戸・むつ観測所の各々の過去の最大瞬間風速を見ると、1955年2月20日に八戸特別地域気象観測所で記録した41.3m/sが過去最大である。（表1参照）

表1 八戸・むつ観測所での最大瞬間風速

観測地	記録	観測日時
八戸	41.3m/s	1955年2月20日
むつ	38.9m/s	1961年5月29日

### 3. 設備に対する影響評価

建築基準法施行令第87条の風荷重規定は2000年に大幅に変更されており、改正前の「旧建築基準法施行令第87条に基づく風荷重の算出方法」（以下、「旧基準法」という。）と改正以降の「建築基準法施行令第87条に基づく風荷重の算出方法」（以下、「基準法」という。）では、風荷重算出方法が異なっている。ガラス固化体受入れ建屋及びガラス固化体貯蔵建屋とガラス固化体貯蔵建屋B棟では、設計時期の違いによって、それぞれの計算方法で評価を行っている。

そのため、旧基準法及び基準法における風荷重の算出方法が、六ヶ所地域の風速の実績よりも厳しい評価であることを確認し、その上で風荷重と地震荷重の比較を行い、施設への影響について評価した。

#### 3. 1 旧基準法に基づく風荷重の算出方法及び影響評価

##### a. 旧基準法に基づく風荷重の算出方法

旧基準法に基づく速度圧  $q$  [N/m<sup>2</sup>] の算出は次式のとおりである。この速度圧に建物の投影面積を乗じることで風荷重を算出する。

$$\text{建物高さ } H[\text{m}] \text{ が } 16\text{m 未満の場合} \quad q = 9.8 \times 60 \sqrt{H} \quad \dots (1)$$

$$\text{建物高さ } H[\text{m}] \text{ が } 16\text{m 以上の場合} \quad q = 9.8 \times 120^{\frac{1}{4}} \sqrt{H} \quad \dots (2)$$

旧基準法に基づく速度圧の算出式は、室戸台風（1934年）時に室戸岬での高さ15mにおける観測値である最大瞬間風速約63m/sに基づき全国一律で規定された式であり、八戸・むつ観測所での最大瞬間風速41.3m/sよりも厳しい評価となる。

b. 風荷重に対する影響評価

設計及び工事の方法の認可申請書（以下、「設工認申請書」という。）に記載の地震荷重と風荷重を設備毎に比較し、八戸・むつ観測所での最大瞬間風速 41.3m/s よりも厳しい評価で算出された風荷重が地震荷重に比べて小さいことを確認した。

表 2 び表 3 に、旧基準法の風荷重算出方法を用いて作成した設工認申請書に記載している設備の地震荷重と風荷重を示す。

3. 2 基準法に基づく風荷重の算出方法及び影響評価

a. 基準法に基づく風荷重の算出方法

建物にかかる風荷重を算出するための速度圧の基本式は (3) 式で表される。

$$q = 0.6 \times E \times V_0^2 \quad \dots (3)$$

これは、理論式である

$$q = 1/2 \times \rho \times V_0^2 \quad \dots (4)$$

に、20°Cのときの空気密度  $\rho = 1.2 \text{kg/m}^3$  を代入すると、

$$q = 0.6 \times V_0^2 \quad \dots (5)$$

となり、さらに式 (5) にEを乗じることで求められる。

ここで、

q: 速度圧 [ $\text{N/m}^2$ ]

E: 当該建築物の屋根の高さ及び周辺の地域に存する建築物その他の工作物、樹木その他の風速に影響を与えるものの状況に応じて国土交通大臣が定める方法により算出した数値

$V_0$ : その地方における過去の台風の記録に基づく風害の程度その他の風の性状に応じて 30m/s から 46m/s までの範囲内において国土交通大臣が定める風速 [ $\text{m/s}$ ]

E は次式により求める。

$$E = E_r^2 \times G_f \quad \dots (6)$$

ここで、

$E_r$ : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

$G_f$ : ガスト影響係数

Er は、建物高さ H の違いにより、次式により求める。

$$H \text{ が } Z_b \text{ 以下の場合} \quad E_r = 1.7 \times (Z_b/Z_G)^\alpha \quad \dots (7)$$

$$H \text{ が } Z_b \text{ を超える場合} \quad E_r = 1.7 \times (H/Z_G)^\alpha \quad \dots (8)$$

Z<sub>b</sub>、Z<sub>G</sub> 及び α は、地表面粗度区分に応じて次の表に掲げる数値を用いる。

地表面粗度区分		Z <sub>b</sub> [m]	Z <sub>G</sub> [m]	α
I	都市計画区域外にあって、極めて平坦で障害物がな いものとして特定行政庁が規則で定める区域	5	250	0.1
II	都市計画区域外にあって地表面粗度区分 I の区域以 外の区域（建築物の高さが 13m 以下の場合を除く） 又は都市計画区域内にあって地表面粗度区分IVの区 域以外の区域のうち、海岸線又は湖岸線（対岸まで の距離が 1,500m 以上のものに限る。以下同じ）まで の距離が 500m 以内の地域（ただし、建築物の高さが 13m 以下である場合又は当該海岸線若しくは湖岸線 からの距離が 200m を超え、かつ、建築物の高さが 31m 以下である場合を除く）	5	350	0.15
III	地表面粗度区分 I、II 又はIV以外の区域	5	450	0.2
IV	都市計画区域内にあって、都市化が極めて著しいも のとして特定行政庁が規則で定める区域	10	550	0.27

G<sub>f</sub> は、地表面粗度区分及び H に応じて次の表に掲げる数値を用いる。

地表面 粗度区分	H[m]	(一)	(二)	(三)
		10 以下の場合	10 を超え 40 未満の場合	40 以上の場合
I		2	(一)と(三)に掲げる数値を 直線的に補間した数値	1.8
II		2.2		2
III		2.5		2.1
IV		3.1		2.3

八戸・むつ観測所での最大瞬間風速 41.3m/s であるが、設計時の風荷重の算出には、国土交通大臣が定める青森県の風速 34m/s を用いている。

Eは、建物高さと地表面粗度区分を考慮した風速の安全係数といふことができ、地表面粗度区分 II のときの建屋高さとの関係は図2のとおりとなる。Eが最も小さいのは、建屋高さ1～5mのときであり、E=1.78である。Eを風速

の安全係数と捉えると、(3)式にある $E \times V_0^2$ の平方根が、風速に相当する値と言えることから、国土交通大臣が定める青森県の風速34m/sに $E=1.78$ を考慮し、下式で求めると

$$\sqrt{E \times V_0^2} = \sqrt{1.78 \times 34^2} = 45.4 \text{m/s}$$

45.4m/sとなり、八戸・むつ観測所での最大瞬間風速41.3m/sよりも厳しい評価をしていることになる。

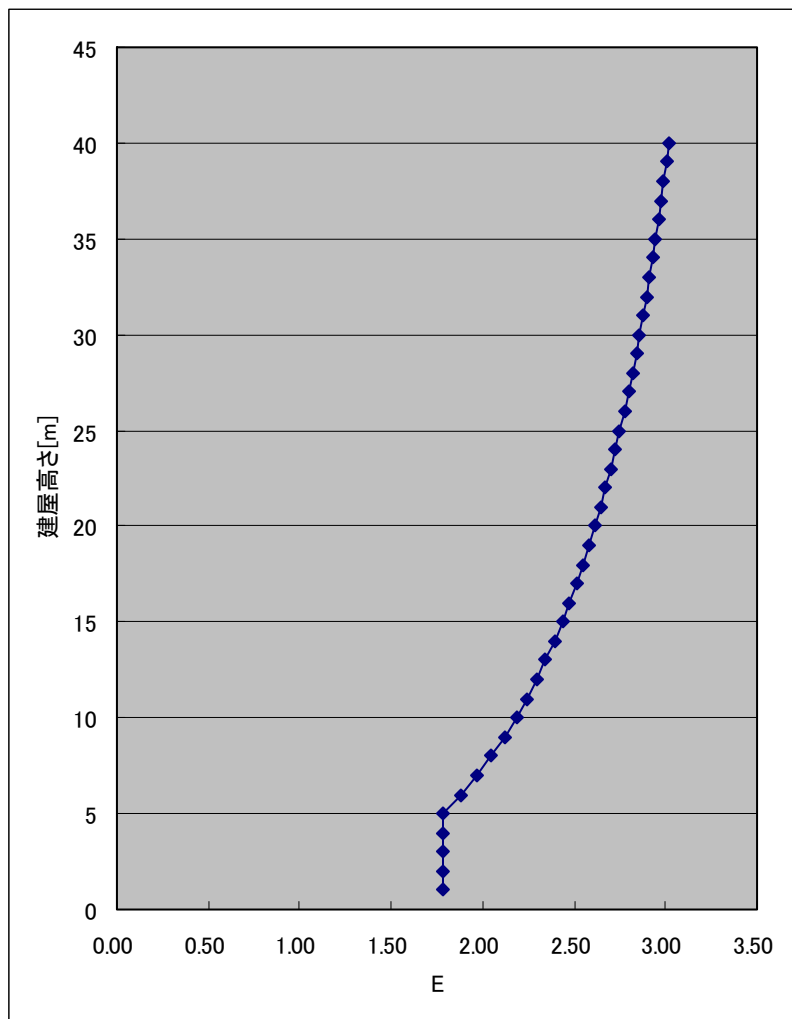


図2 建屋高さとの関係

b. 風荷重に対する評価

廃棄物管理施設の中で2000年の建築基準法改正以降に設計したガラス固化体貯蔵建屋B棟について、設工認申請書に記載の地震荷重と風荷重を設備毎に比較し、八戸・むつ観測所での最大瞬間風速41.3m/sよりも厳しい評価で算出された風荷重が地震荷重に比べて小さいことを確認した。

表4にガラス固化体貯蔵建屋B棟の設工認申請書の耐震計算で考慮した風荷重と地震荷重を示す。

#### 4. まとめ

風荷重は地震荷重に比べ小さく、最大瞬間風速である 41.3m/s を越える風が発生した場合でも施設へ影響を与える可能性は極めて低いことを確認した。

表2 ガラス固化体受入れ建屋の地震荷重と風荷重

(単位:tf)

標高 T.M.S.L. (m)	地震荷重		風加重		地震荷重/風加重	
	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
77.7	1981	1892	303	174	7	11
66.3	3690	3434	372	246	10	14
60.8	4348	4018	424	293	10	14
55.3						

表3 ガラス固化体貯蔵建屋の地震荷重と風荷重

(単位:tf)

標高 T.M.S.L. (m)		地震荷重		風加重		地震荷重/風加重	
		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
93.7	シャフト部	2139	1598	60	33	36	48
87.5		3365	2194	98	48	34	46
81.3		4003	2650	137	62	29	43
75.1		4301	3075	196	83	22	37
68.9		6173	7101	291	191	21	37
60.8	建物部	8098	9455	337	238	24	40
55.3							

表4 ガラス固化体貯蔵建屋B棟の地震荷重と風荷重

(単位:tf)

標高 T.M.S.L. (m)		地震荷重		風加重		地震荷重/風加重	
		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
93.7	シャフト部	8050	14300	507	293	16	49
87.5		10990	21590	831	427	13	51
81.3		12500	25640	1146	546	11	47
75.1		13360	27630	1450	661	9	42
68.9		45690	53850	2236	1986	20	27
60.8	建物部	65370	73830	2706	2757	24	27
55.3							



## 竜巻による影響評価

## 1. はじめに

竜巻による廃棄物管理施設への影響について評価する。竜巻とは、発達した積乱雲で上昇気流を伴う高速の渦巻きが発生し、それが地上付近にまで伸びたものとされる。気象庁では「激しい空気の渦巻で、大きな積乱雲の底から漏斗状に雲が垂れ下がり、陸上では巻き上がる砂塵、海上では水柱を伴う」と定義されている。なお、本資料において使用している気象データについては、気象庁ホームページから引用している。

## 2. 青森県の竜巻発生状況

1963～2011年の間に青森県で観測された竜巻は、17件である。青森県で観測された竜巻の事例を表1に示す。

表1 青森県で観測された竜巻一覧

発生日時	発生場所
2011年8月13日17:32	青森県(海上)
2009年10月30日07:26	青森県 西津軽郡深浦町
2008年6月13日10:40	青森県 北津軽郡板柳町
2007年10月11日10:25頃	青森県(海上)
2007年10月11日09:55頃	青森県(海上)
2001年6月1日13:20	青森県 西津軽郡岩崎村 (現 青森県 西津軽郡深浦町)
1986年9月7日11:30頃	青森県 弘前市
1981年7月15日16:00頃	青森県 南津軽郡田舎館村
1976年9月23日13:30頃	青森県 八戸市
1973年6月22日14:35頃	青森県 南津軽郡田舎館村
1972年8月4日11:52	青森県 三戸郡倉石村 (現 青森県 三戸郡五戸町)
1970年8月25日13:00頃	青森県 五所川原市
1968年1月26日00:30頃	青森県 北津軽郡金木町 (現 青森県 五所川原市)
1966年10月5日16:02頃	青森県 青森市
1965年9月5日11:40	青森県 むつ市
1963年7月14日14:00頃	青森県 十和田市
1963年7月14日13:55頃	青森県 十和田市

### 3. 竜巻の指標

強風被害を定量的に表す指標としては、最大風速や最大瞬間風速が用いられるが、竜巻の場合は、観測所を通過する確率が非常に低いため、被害等から推定することしかできない。そのため、いくつかの指標が考案されており、現在では、藤田スケールが一般的に用いられている。(表2参照) 被害が大きいほど F の値が大きく、風速が大きかったことを示す。なお、日本ではこれまで F4 以上の竜巻は観測されていない。

表2 藤田スケールの指標

F0	17～32m/s (約 15 秒間の平均風速)	テレビのアンテナなどの弱い構造物が倒れる。小枝が折れ、根の浅い木が傾くことがある。非住家が壊れるかもしれない。
F1	33～49m/s (約 10 秒間の平均風速)	屋根瓦が飛び、ガラス窓が割れる。ビニールハウスの被害甚大。根の弱い木は倒れ、強い木は幹が折れたりする。走っている自動車が横風を受けると、道から吹き落とされる。
F2	50～69m/s (約 7 秒間の平均風速)	住家の屋根がはぎとられ、弱い非住家は倒壊する。大木が倒れたり、ねじ切られる。自動車が道から吹き飛ばされ、汽車が脱線することがある。
F3	70～92m/s (約 5 秒間の平均風速)	壁が押し倒され住家が倒壊する。非住家はバラバラになって飛散し、鉄骨づくりでもつぶれる。汽車は転覆し、自動車はもち上げられて飛ばされる。森林の大木でも、大半折れるか倒れるかし、引き抜かれることもある。
F4	93～116m/s (約 4 秒間の平均風速)	住家がバラバラになって辺りに飛散し、弱い非住家は跡形なく吹き飛ばされてしまう。鉄骨づくりでもペシャンコ。列車が吹き飛ばされ、自動車は何十メートルも空中飛行する。1トン以上ある物体が降ってきて、危険この上もない。
F5	117～142m/s (約 3 秒間の平均風速)	住家は跡形もなく吹き飛ばされるし、立木の皮がはぎとられてしまったりする。自動車、列車などがもち上げられて飛行し、とんでもないところまで飛ばされる。数トンもある物体がどこからともなく降ってくる。

### 4. 竜巻による影響

青森県で発生した竜巻で最大規模のものは、1965年9月5日にむつ市で発生した F2 の竜巻である。F2 の推定風速は、50～69m/s であり、八戸特別地域気象観測所及びむつ特別地域気象観測所で観測された最大瞬間風速である

41. 3m/s を大きく上回る。ただし、廃棄物管理施設の建屋は、旧建築基準法施行令第87条に基づき、瞬間風速約63m/sを想定して風荷重が算定されている。さらに、耐震評価により、風荷重より大きい地震荷重で建屋健全性を確認しており、竜巻による風荷重が建屋へ影響を及ぼすことは考えられない。

#### 5. 竜巻により巻き上げられた重量物による影響

F2 の竜巻規模では、自動車は道から吹き飛ばされるとされており、重量物が舞い上がり、それが施設へ衝突する可能性がある。ただし、廃棄物管理施設の建屋においては、航空機（質量:20t、速度:150m/s）が衝突しても影響が生じないよう対策、あるいは安全上重要な構築物は分散配置する等の対策を講じており、竜巻により巻き上げられた重量物の衝突により、廃棄物管理施設に影響を及ぼすことは考えられない。

なお、竜巻の多い米国では、原子力施設において、設計上考慮しなければならない竜巻及び竜巻による飛散物が示されており、風速 112m/s の場合に設計上考慮しなければならない飛散物は、質量 1,814.4kg で最大水平速度が 42.4m/s の自動車とされている。これと比較しても、廃棄物管理施設で考慮されている航空機は、評価として十分に安全側である。

#### 6. まとめ

青森県は竜巻の発生数が少なく、仮に竜巻が発生したとしても、風荷重より大きい地震荷重で建屋健全性を確認しており、竜巻により直接建屋へ影響を及ぼすことは考えられない。また、竜巻により巻き上げられた重量物が建屋へ衝突しても飛来物防護設計を講じていることから、建屋に影響を及ぼすことは考えられない。

## 大雨による影響評価

### 1. はじめに

大雨による廃棄物管理施設への影響について評価する。評価に当たっては、廃棄物管理事業許可申請書で採用している八戸特別地域気象観測所（旧八戸測候所:1936年観測開始）及びむつ特別地域気象観測所（旧むつ測候所:1935年観測開始）（以下、両者を合わせて「八戸・むつ観測所」という。）における降水量データから、10分間、1時間及び24時間の最大値を調査し、短期・中期・長期に分けて、建屋への浸水リスクを評価する。なお、本資料において使用している気象データについては、気象庁ホームページから引用している。

### 2. 全国の降水量の傾向

図1に30年間（1981～2010年）の降水量の年平均値の分布を示す。特徴として、北陸地方及び南海地域で降水量が多く、全国的に見て六ヶ所地域は特段降水量が多い地域ではない。

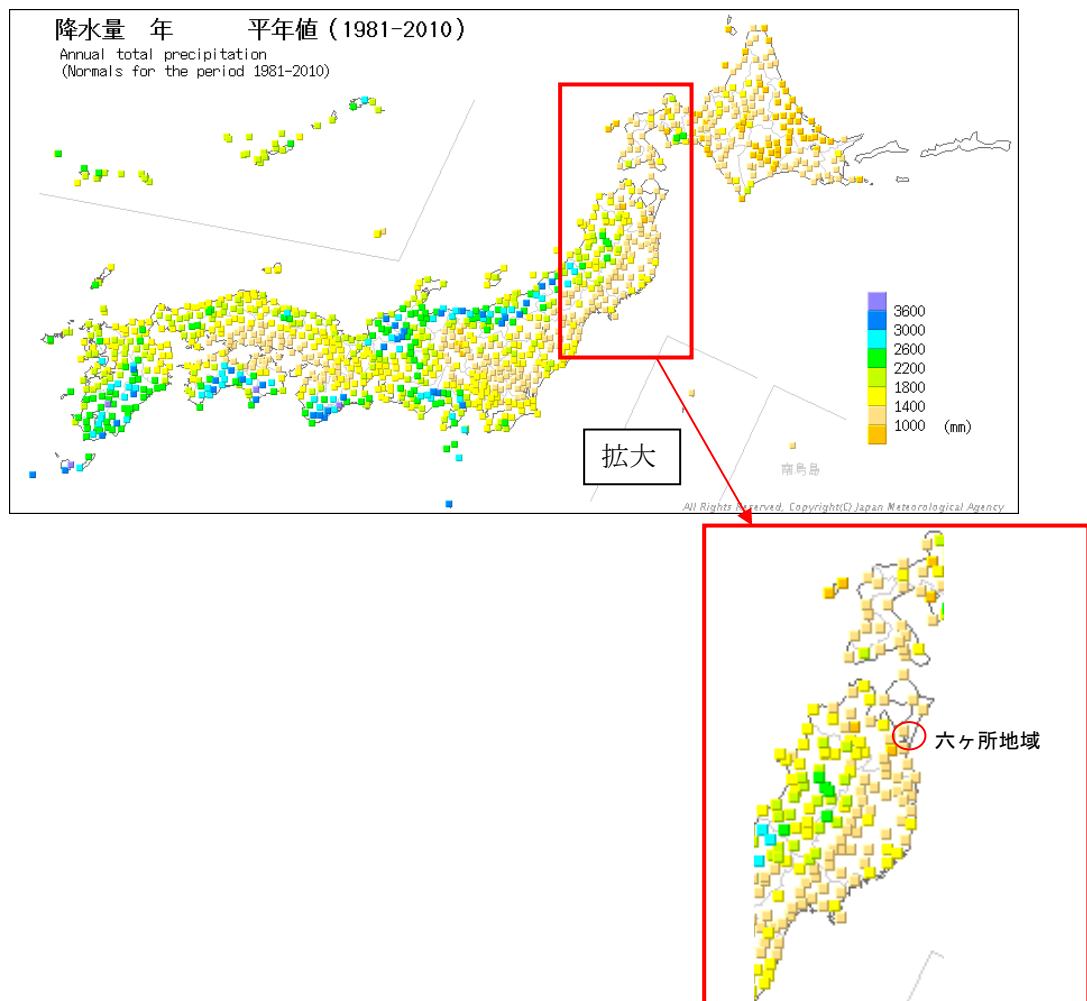


図1 全国の30年間（1981～2010年）の降水量の年平均値の分布

次に、気象評価として、八戸・むつ観測所を対象とし、過去の降水量について調査を行なった。

気象庁の観測データでは10分間、1時間及び24時間単位での降水量が記録されており、八戸・むつ観測所での10分間、1時間、24時間それぞれの最大値を表1に示す。

表1 降水量の最大値

	観測所	観測日	記録
10分間	むつ	1990年10月18日	22.5mm
1時間	八戸	1969年8月5日	67.0mm
24時間	むつ	1981年8月22日	224.0mm

むつ特別地域気象観測所において、10分間最大値22.5mm/10minを観測した1990年10月18日午前5時の1時間降水量は32.0mm/hであり、その前後の時間帯の降水量は0mm/hである。また、同日の1日降水量は32.5mm/dayであり、当日の降水量の約70%は、10分間最大値を観測した10分間に降ったことを確認した。

次に、むつ特別地域気象観測所において、24時間最大値224.0mm/dayを観測した1981年8月22日の1時間降水量の変化を図2に示す。当日の1時間最大降水量は、午前10時の27.0mm/hであった。

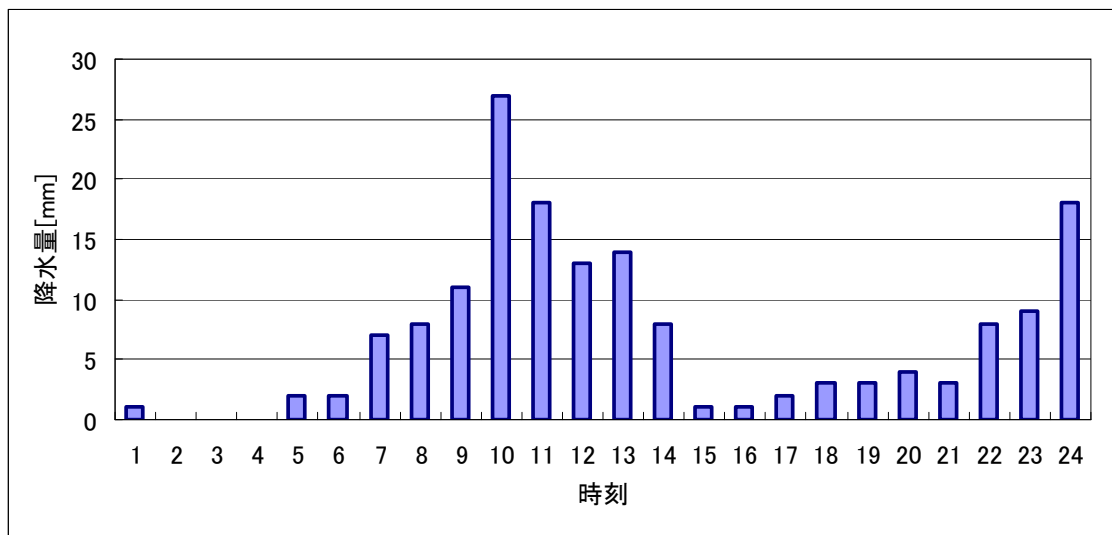


図2 1981年8月22日の1時間降水量の変化(むつ)

上記のことから、10分間最大値として観測した22.5mm/10min降雨は、1時間以内に収束し、24時間最大値として観測した224.0mm/dayの降雨は、断続的に降り続いていたことがわかる。

### 3. 建屋への浸水リスクに対する評価方法

#### (1) 評価対象

再処理事業所内の雨水排水能力と建屋開口部高さの関係から、浸水に対するリスクを評価するに当たって、2. に基づき、以下のように短期（1時間）、中期（1日）及び長期（1ヶ月）に分けて評価する。

より厳しい条件での評価を行うという観点から、以下の値を用いて評価を行うこととした。

- ① 短期の評価では、10 分間最大値として観測した降水量22.5mm/10minが1時間継続した場合の降水量を用いる。
- ② 中期の評価では、1 時間最大値として観測した降水量67.0mm/hが1日継続した場合の降水量を用いる。
- ③ 長期の評価では、24 時間最大値として観測した降水量224.0mm/dayが1ヶ月継続した場合の降水量を用いる。

#### (2) 評価条件（図3参照）

- ・排水設備以外の周辺防護区域フェンスでの雨水の流出入はないものとする。
- ・降水は全て路面へ流れ落ちることとする。
- ・雨水の敷地外への排出は排水路のみとする。
- ・工場内に傾斜はなく、排水能力を超えた雨水は均一に拡散するものとする。
- ・建屋地下のサブドレン排水設備から汲上げた地下水量も考慮する。
- ・水位が建屋開口部高さに到達した時点を目録とする。

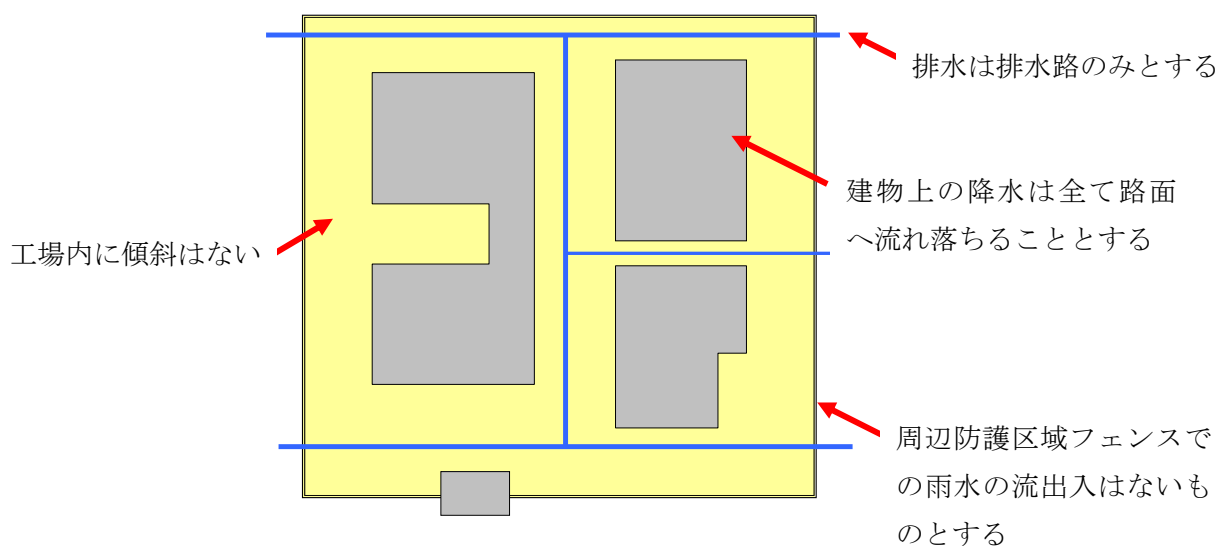


図3 評価条件概要図

(3) 再処理事業所の排水能力

構内排水路の設計では、「再処理事業所 構内道路排水側溝計算における基本方針」に基づき、設計降雨強度を 97.8mm/h として設定し、これに安全率を 1.2 として排水路を設計しているため、設計値は  $97.8\text{mm/h} \times 1.2 = 117.3\text{mm/h}$  である。

この設計値 117.3mm/h を 1 分あたりに換算すると 1.96mm/min となるため、本評価で用いる再処理事業所外へ雨水を排出する排水路の排水可能降雨強度を 1.96mm/min とする。

(4) 再処理事業所の敷地面積

周辺防護区域フェンス内の敷地面積及び建屋構造物面積は以下の値とする。

- ・再処理事業所の敷地面積: 562,000m<sup>2</sup>
- ・再処理事業所敷地内の建屋、構造物の面積: 155,500m<sup>2</sup>
- ・各建屋で最も低い開口部高さ: 300mm

(5) 地下水排水設備からの排水量

建屋周辺には排水管、集水管、集水ピットから構成されるサブドレン排水設備が設置されており、集水ピットの水位が一定のレベルに達するとサブドレン排水ポンプが自動起動し、地下水を汲上げる。この地下水は、排水溝に排水されるため、サブドレン排水設備の全ポンプが一斉に稼動することを仮定し、その合計排水能力 19.8m<sup>3</sup>/min を雨水と足し合わせて評価を行う。

#### 4. 評価

上記の条件に基づき、3. (1)にまとめた①～③を用いて評価を行った。

##### ①短期評価

敷地全体の1分当たりの雨水総体積は、以下のとおり。

$$562,000\text{m}^2 \times 0.00225\text{m}/\text{min} = 1,264.5\text{m}^3/\text{min}$$

建屋を除く敷地の面積は以下のとおり。

$$562,000\text{m}^2 - 155,500\text{m}^2 = 406,500\text{m}^2$$

敷地内の雨水全てと地下水最大排出量とを合計し、水位上昇率  $X_0$  は、以下のとおり。

$$X_0 = (1,264.5\text{m}^3/\text{min} + 19.8\text{m}^3/\text{min}) / 406,500\text{m}^2 = 0.0032\text{m}/\text{min}$$

排水溝により排水を考慮したときの水位上昇率  $X$  は以下のとおり。

$$X = 3.2\text{mm}/\text{min} - 1.96\text{mm}/\text{min} = 1.24\text{mm}/\text{min}$$

水位上昇率  $1.24\text{mm}/\text{min}$  による1時間後の水位は  $74.4\text{mm}$  である。各建屋での最も低い開口部高さは  $300\text{mm}$  であることから、短期評価として10分間最大降雨 ( $22.5\text{mm}/10\text{min}$ ) が1時間継続したとしても、建屋が浸水することはない。なお、10分間最大降雨が4時間以上継続すると、開口部からの浸水が考えられるが、過去のデータからも浸水のリスクは極めて低いと評価できる。

##### ②中期評価

敷地全体の1分当たりの雨水総体積は以下のとおり。

$$562,000\text{m}^2 \times 0.00112\text{m}/\text{min} = 629.4\text{m}^3/\text{min}$$

建屋を除く敷地の面積は以下のとおり。

$$562,000\text{m}^2 - 155,500\text{m}^2 = 406,500\text{m}^2$$

敷地内の雨水全てと地下水最大排出量とを合計した場合の水位上昇率  $X_0$  は以下のとおり。

$$X_0 = (629.4\text{m}^3/\text{min} + 19.8\text{m}^3/\text{min}) / 406,500\text{m}^2 = 0.0016\text{m}/\text{min}$$

一方、排水量は  $1.96\text{mm}/\text{min}$  であり、降水量に対して排水能力が上回っている。

よって、建屋への浸水リスクはないと評価できる。



③長期評価

敷地全体の1分当たりの雨水総体積は以下のとおり。

$$562,000\text{m}^2 \times 0.000155\text{m}/\text{min} = 87.1\text{m}^3/\text{min}$$

建屋を除く敷地の面積は以下のとおり。

$$562,000\text{m}^2 - 155,500\text{m}^2 = 406,500\text{m}^2$$

敷地内の雨水全てと地下水最大排出量とを合計した場合の水位上昇率  $X_0$  は以下のとおり。

$$X_0 = (87.1 \text{ m}^3/\text{min} + 19.8\text{m}^3/\text{min}) / 406,500\text{m}^2 = 0.00026\text{m}/\text{min}$$

一方、排水量は1.96mm/minであり、降水量に対して排水能力が上回っている。

よって、建屋への浸水リスクはないと評価できる。

5. まとめ

八戸・むつ観測所における10分間、1時間、24時間の最大値を用いて、建屋への浸水リスク評価を行った。その結果、10分間最大値22.5mm/10minで1時間の降雨に対する短期評価では建屋が浸水することはないこと、並びに、1時間最大値67.0mm/hで24時間の降雨に対する中期評価、24時間最大値224.0mm/dayで1ヶ月の降雨に対する長期評価では、降水量に対して排水能力が上回っているため浸水のリスクはないことを確認した。

## 豪雪による影響評価

### 1. はじめに

豪雪による廃棄物管理施設への影響について評価する。評価に当たっては、六ヶ所地域の過去の積雪量を調査し、積雪荷重による施設への影響について評価するとともに、設計上考慮している雪害対策、構内の除雪及び排雪等の整備状況について取りまとめた。なお、本資料において使用している気象データについては、気象庁ホームページから引用している。

### 2. 全国の積雪深度の傾向

図1に30年間（1981～2010年）の最深積雪年平年値の分布を示す。北海道～山陰地方の日本海側で高い積雪がみられ、太平洋側に面する六ヶ所地域は降雪量が多いものの豪雪地帯ではない。

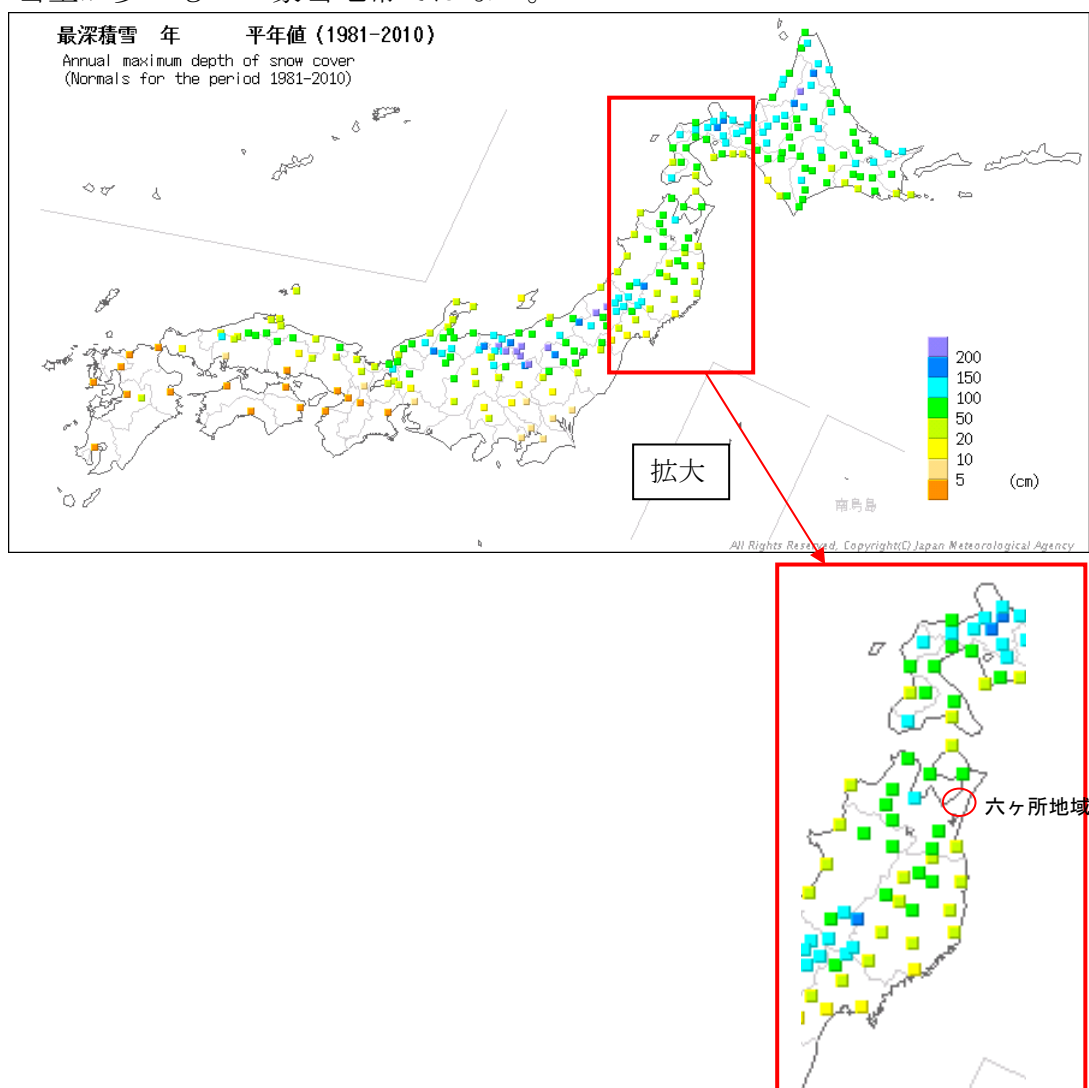


図1 全国の30年間（1981～2010年）の最深積雪年平年値

次に、気象評価として、廃棄物管理事業許可申請書で採用している八戸特別地域気象観測所（旧八戸測候所：1936年観測開始）及びむつ特別地域気象観測所（旧むつ測候所：1935年観測開始）（以下、両者を合わせて「八戸・むつ観測所」という。）を対象とし、過去の年最深積雪について調査を行った。

八戸・むつ観測所での過去の最深積雪を表 1 に示す。各々の気象観測所の過去の最深積雪を見ると、1977年2月15日にむつ特別地域気象観測所で記録した170cmが過去最高である。

表 1 八戸・むつ観測所での最深積雪

観測地	観測日時	記録
八戸	1977年2月16日	92cm
むつ	1977年2月15日	170cm

### 3. 積雪荷重に対する設計

雪害、凍結等を考慮した建物・構築物及び屋外設置設備の設計を行うため、再処理事業部 積雪・寒冷対策基準[設計管理基準 第4号]を施行している。本基準に基づき、安全上重要な施設を有する建物及び耐震 B クラス以上の建物・構築物は、単位荷重  $30\text{N/m}^2 \cdot \text{cm}$  で190cmの積雪荷重を条件として、構造設計を行っている。このように八戸・むつ観測所の最深積雪170cmよりも厳しい条件で、建物・構築物等を設計している。

### 4. 外気取入口及び排気口の閉塞防止対策

ガラス固化体貯蔵建屋及びガラス固化体貯蔵建屋 B 棟では、ガラス固化体から発生する崩壊熱に応じて生じる通風力によって流れる冷却空気により、ガラス固化体の崩壊熱を適切に除去する設計としている。そのため、外気取入口及び排気口が雪で閉塞することで、崩壊熱除去機能の喪失に至らないよう、以下の事項を考慮している。

- ・外気取入口及び排気口は、積雪量を考慮した高さに設置する設計としており、地上から外気取入口のフード下端までの高さを約 9m、排気口は約 34m としている。(図 2 参照)
- ・雪が外気取入口内に入るのを防止するため、外気取入口は、風による影響を受けにくい形状とすることで、外気取入口での風速を遅くするよう考慮している。
- ・外気取入口及び排気口は、冬期卓越風向（冬期において一番吹きやすい風向：西及び西南西）に原則設置しないこととしており、ガラス固化体貯蔵建屋については、外気取入口は南向き、排気口は南北方向に開口部を設けており、ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟については、外気取入口は北向き、排気口は南北方向に開口部を設けている。(図 3 参照)

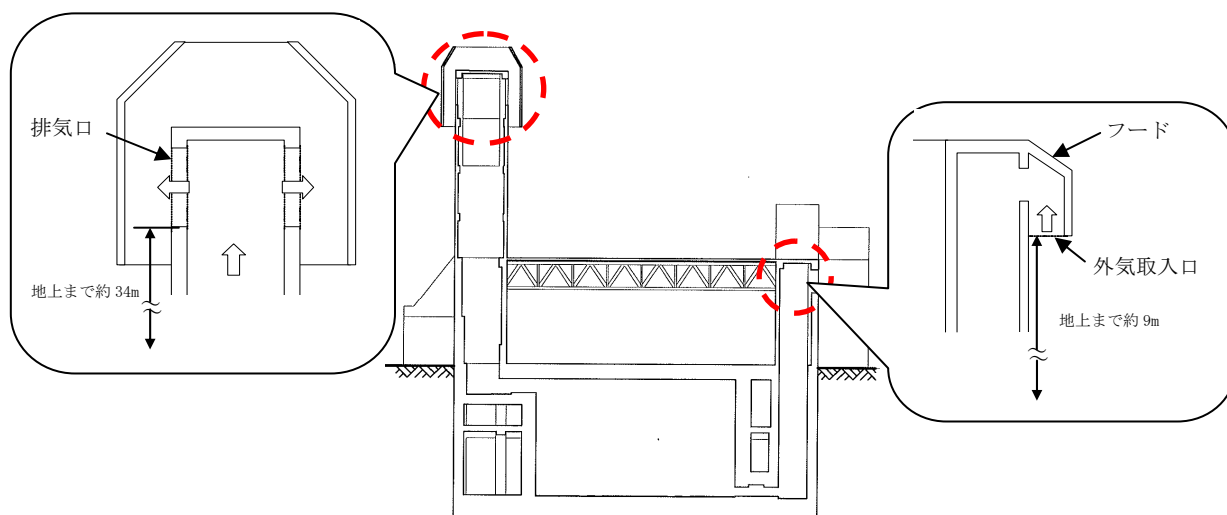


図2 ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟断面図 (NS 方向)

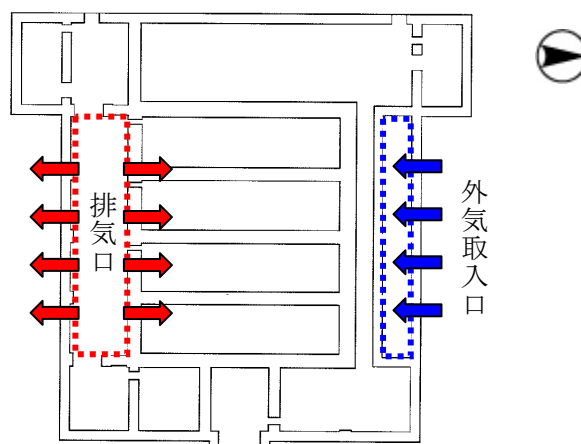


図3 ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟平面図

#### 5. 構内道路の除雪及び排雪

救急車や消防車等緊急車両が走行する構内道路について、冬季は毎日夜間パトロールを実施し、積雪状況に応じて除雪及び排雪を行うことにより、有事に備えた整備を実施している。

#### 6. まとめ

安全上重要な施設を有する建物及び耐震 B クラス以上の建物・構築物は、八戸・むつ観測所の最深積雪 170cm よりも厳しい 190cm の積雪荷重を条件として、構造設計を行っていることを確認した。

また、外気取入口及び排気口の閉塞防止対策や冬季の夜間パトロール、防災上重要な箇所の除雪及び排雪を行う等、万全の対策を講じている。

これらのことから、豪雪による施設への影響は考えられない。