

東京電力株式会社福島第一原子力発電所における  
事故を踏まえた六ヶ所廃棄物管理施設の  
安全性に関する総合的評価に係る報告書

2012年4月27日

日本原燃株式会社

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 廃棄物管理施設の概要.....	2
2. 1 廃棄物管理施設の立地.....	2
2. 2 廃棄物管理施設の主要な設備.....	3
2. 3 廃棄物管理施設の運転状況.....	6
3. 廃棄物管理施設の安全設計及び安全評価.....	7
3. 1 安全設計 .....	7
3. 2 安全評価 .....	7
4. 指示文書の要求事項.....	9
5. 事象の選定及び評価方法.....	11
5. 1 「設計上の想定を超える事象」の選定方法.....	11
5. 2 「設計上の想定を超える事象」の評価方法.....	13
6. 「設計上の想定を超える事象」の選定.....	15
6. 1 3安全機能喪失を経由する評価事象の選定 .....	15
6. 2 自然現象を直接起因とする評価事象の選定.....	17
6. 3 地震とその他自然現象の重量を起因とする評価事象の選定.....	21
6. 4 「設計上の想定を超える事象」の選定結果.....	22
7. まとめ .....	22

添付-1 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

添付-2 冷却空気流路閉塞時のガラス固化体温度評価

添付-3 サブドレン排水設備概要図及び配置図

添付-4 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

添付-5 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

添付-6 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

添付-7 強風による影響評価

添付-8 竜巻による影響評価

添付-9 大雨による影響評価

添付-10 豪雪による影響評価

## 1. はじめに

平成 23 年 11 月 25 日、経済産業省 原子力安全・保安院から当社に対し、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた核燃料サイクル施設の安全性に関する総合的評価の実施について（指示）」（平成 23・11・24 原院第 4 号）（以下、「指示文書」という。）が発出され、核燃料サイクル施設について、設計上の想定を超える事象等の発生時における安全性に関して、総合的に評価を行うよう指示された。

本報告書は、指示文書に基づき、当社廃棄物管理施設の安全性に関する総合的評価結果を取りまとめたものである。

## 2. 廃棄物管理施設の概要

廃棄物管理施設は、平成 7 年に操業を開始し、仏国及び英国から返還されるガラス固化体を受入れ、最終的な処分がされるまで、ガラス固化体を安全に管理するための施設であり、ガラス固化体を最大 2,880 本まで貯蔵管理する能力を有する。

### 2. 1 廃棄物管理施設の立地

廃棄物管理施設は、青森県上北郡六ヶ所村に位置し、標高 60m 前後の弥栄平と呼ばれる台地にあり、北東部が尾駁沼に面している。

敷地は、北東部を一部欠き、西側が緩い円弧状の長方形に近い部分と、その南東端から東に向かう帯状の部分からなり、帯状の部分は途中で二またに分かれている。

廃棄物管理施設を収容する建物及び構築物は、敷地の西側部分を標高約 55m に整地造成して設置している。(図 2-1 参照)

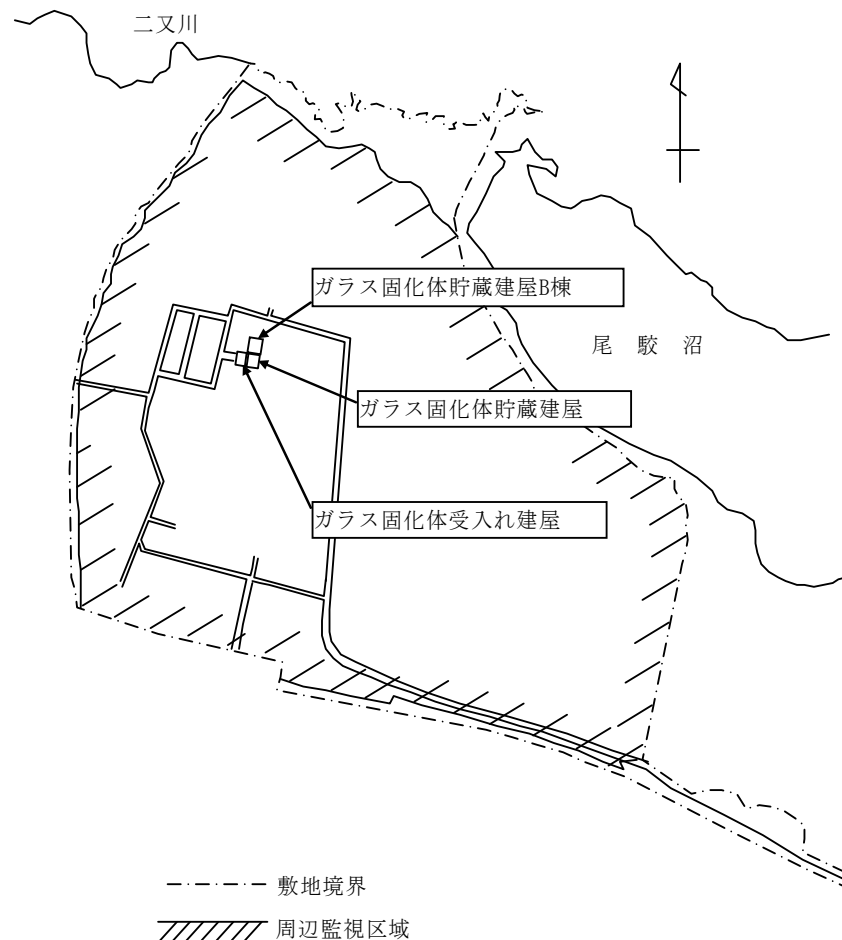


図 2-1 施設配置図

## 2. 2 廃棄物管理施設の主要な設備

廃棄物管理施設の主要な設備としては、ガラス固化体受入れ設備とガラス固化体貯蔵設備がある。

ガラス固化体受入れ設備は、ガラス固化体輸送容器（以下、「輸送容器」という。）の受入れ、一時保管、移送、検査及び払出し並びにガラス固化体の払出し、検査（外観、表面汚染、閉じ込め、放射能濃度、質量、寸法、発熱量）及び移送を行うための設備である。

ガラス固化体貯蔵設備は、ガラス固化体の移送及び管理を行う設備である。ガラス固化体を所定の貯蔵ピットの収納管まで移送及び収納するための貯蔵建屋床面走行クレーンとガラス固化体を管理するための貯蔵ピットで構成する。

貯蔵ピットは、1本の収納管当たり最大9本のガラス固化体をたて積みで収納管の内部に収納し、ガラス固化体から発生する崩壊熱をその熱量に応じて生じる通風力によって収納管及びその外側に同心円状に配置した通風管で形成する円環流路を流れる冷却空気て除去する構造としている。

また、ガラス固化体受入れ設備でガラス固化体の検査を行うガラス固化体検査室には、ガラス固化体仮置き架台が2基あり、1基あたり28本のガラス固化体を1段積みで仮置きすることができる。また、ガラス固化体検査室は、気体廃棄物の廃棄施設に接続し、ガラス固化体から発生する崩壊熱を動的機器である換気設備（検査室送風機及び検査室排風機）により除去する。

主要な設備等を図2-2に示す。

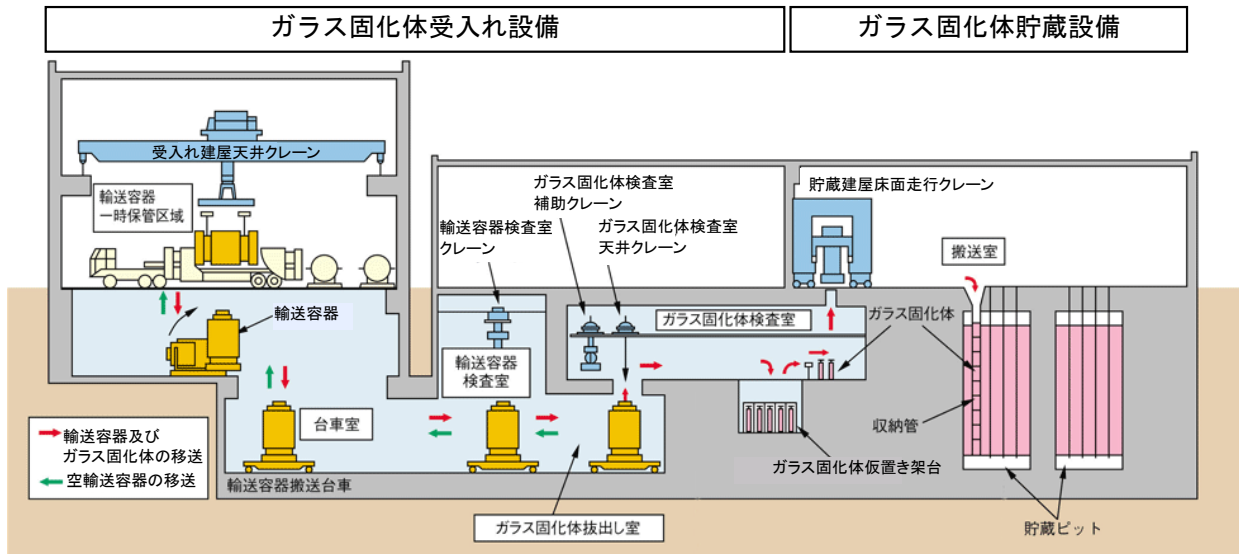


図 2-2 廃棄物管理施設の主要な設備

## (1) ガラス固化体

ガラス固化体は、ほうけい酸ガラスを固化材として放射性物質を安定した状態で閉じ込めた固化ガラスを、十分な機械的強度及び耐食性を有したステンレス鋼製容器（以下、「ガラス固化体容器」という。）に封入したもので、長期にわたり安定した閉じ込め性を有するものである。

ガラス固化体の寸法等は、外径約 430mm、高さ約 1,340mm、質量最大 550kg/本である。ガラス固化体の構造を図 2-3 に示す。

ガラス固化体に使用するほうけい酸ガラスの化学構造は、主成分であるけい素とほう素が酸素を介して網目状に配置する構造を形成しており、ガラス固化体中では高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性物質が、この網目構造の中に安定に取り込まれているため、ガラスが割れたとしても中から放射性物質が流れ出すような状態にはならない。

そのため、ガラス固化体内部のガラス成分が失透化<sup>\*1</sup>しないよう、ガラス固化体の温度を管理している。

また、ガラス固化体容器には、高温状態においても高い機械的強度を有する耐熱ステンレス鋼を使用しており、さらに貯蔵期間中に想定される腐食量に対しても余裕を持った肉厚（約 5mm）とすることによって防止することができる。

さらに、施設内でのガラス固化体取扱い中の落下に対する強度という観点では、9m の高さから落下してもガラス固化体容器の閉じ込め性能が維持されることを確認している。

\*1: 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

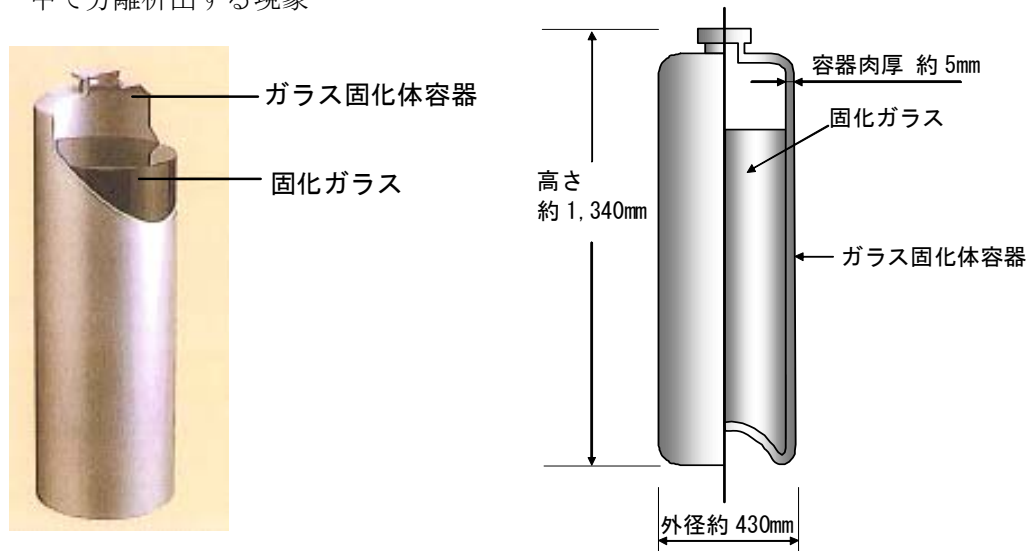


図 2-3 ガラス固化体の構造

## (2) 収納管

収納管は、ガラス固化体容器の腐食を防止するためにガラス固化体が冷却空気と直接接触しない構造の円筒とするとともに、収納管自体もガラス固化体の温度や放射線等の使用環境を考慮し、防食処理（アルミニウム溶射）した炭素鋼を用い、通風管との間にはガラス固化体の荷重を支持架構へ伝えるスペーサを設け、地震時の荷重等に十分耐える設計としている。

また、収納管とガラス固化体との間隙を小さくすることで、収納管内の空気が間隙から排出されにくい構造とし、万一ガラス固化体が落下した場合でも、落下速度を減少させる効果があり、さらに底部には衝撃吸収体を兼ねたガラス固化体受台を設置しているため、ガラス固化体及び収納管の双方に著しい損傷を与えないよう設計している。ガラス固化体の貯蔵概要を図 2-4 に示す。

## (3) 通風管

通風管は、収納管の外側に同心円状に設置している冷却空気の流路を形成する円筒であり、温度、放射線等の使用環境を考慮し、防食処理（アルミニウム溶射）した炭素鋼を用いている。

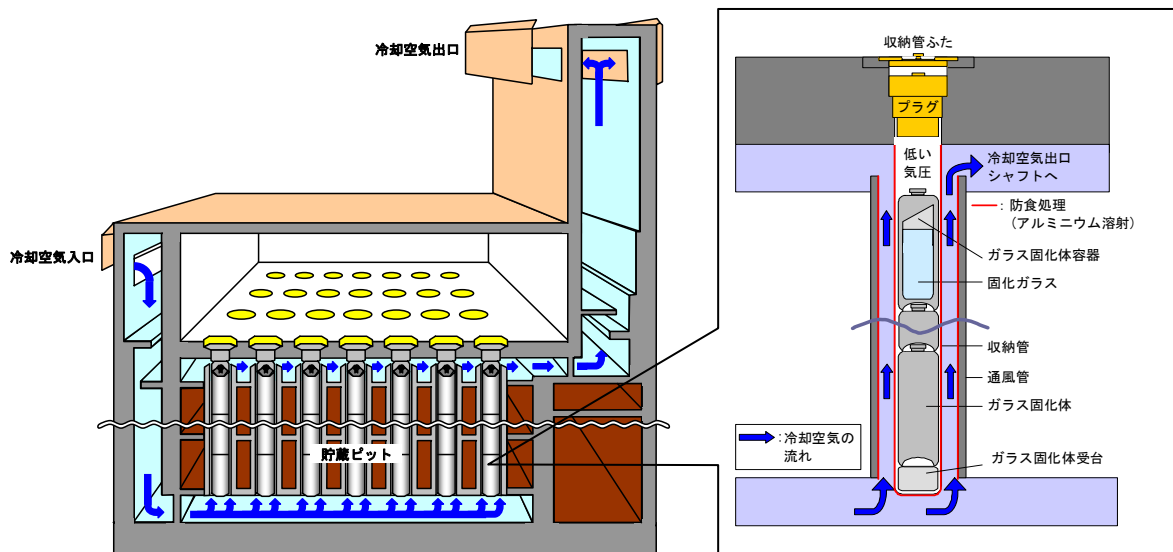


図 2-4 ガラス固化体の貯蔵概要

## (4) 貯蔵建屋床面走行クレーンのしゃへい容器

貯蔵建屋床面走行クレーンは、ガーダ、トロリとしゃへい容器が一体構造となったしゃへい容器付きトロリで構成し、しゃへい容器付きトロリはガーダに搭載される。

貯蔵建屋床面走行クレーンは、ガラス固化体 3 本を収納でき、ガラス固

化体を収納管内にたて積みで収納するためのつり具を有する構造としており、ガラス固化体をガラス固化体検査室からしゃへい容器の中につり上げ、所定の貯蔵ピットの収納管まで移送し、収納管内に収納するものである。

しゃへい容器は、ガラス固化体搬送時にも放射線業務従事者が立入ることができるように、ガラス固化体からの放射線に対して十分なしゃへい機能を有する構造としている。

## 2. 3 廃棄物管理施設の運転状況

廃棄物管理施設は、平成7年4月の操業開始から、平成24年3月末時点までに、仏国からのガラス固化体1,310本、英国からのガラス固化体56本を貯蔵ピットへ収納している。

また、ガラス固化体貯蔵建屋増設として、平成23年4月にガラス固化体貯蔵建屋B棟がしゅん工している。

図2-5にガラス固化体収納本数の推移を示す。

ガラス固化体を貯蔵する建屋は、ガラス固化体貯蔵建屋とガラス固化体貯蔵建屋B棟があり、それぞれ1,440本のガラス固化体が収納（合計2,880本）でき、上記の仏国及び英国から受入れたガラス固化体は、全てガラス固化体貯蔵建屋に収納されている。

	ガラス固化体貯蔵建屋		ガラス固化体貯蔵建屋B棟	
	第1貯蔵区域	第2貯蔵区域	第3貯蔵区域	第4貯蔵区域
収納本数	711本	655本	収納なし	収納なし

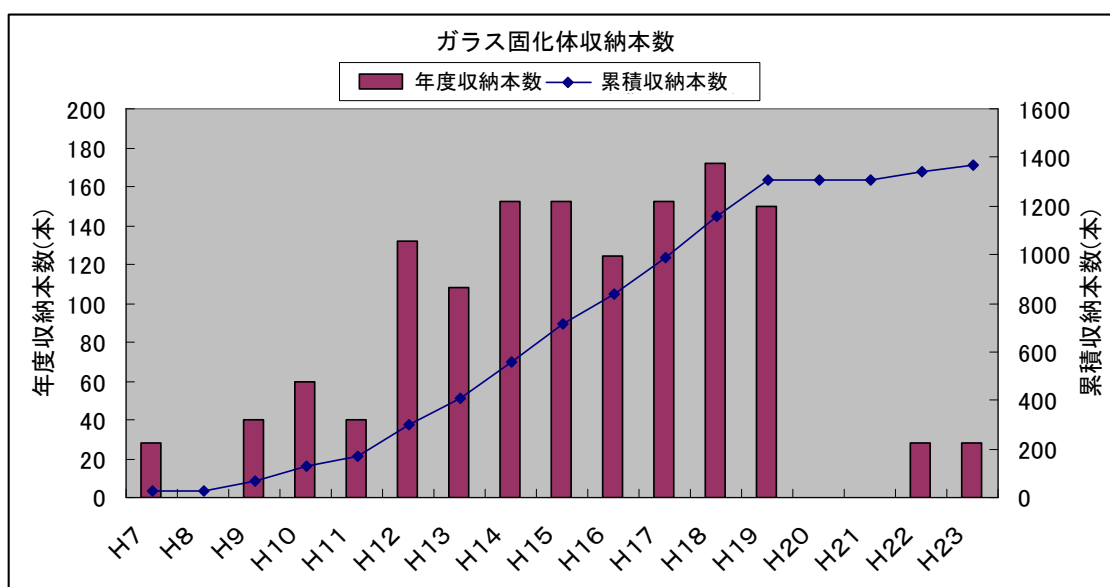


図2-5 ガラス固化体収納本数の推移



### 3. 廃棄物管理施設の安全設計及び安全評価

#### 3. 1 安全設計

廃棄物管理施設では、安全上重要な施設として、その機能喪失により、一般公衆及び放射線業務従事者等に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのある構築物、系統及び機器を設定しており、具体的には「収納管」、「通風管」、「貯蔵区域しゃへい」、「ガラス固化体検査室しゃへい」及び「貯蔵建屋床面走行クレーンのしゃへい容器」がある。これらの安全上重要な施設は、最も高い耐震クラスで設計し、十分な耐震性を有している。さらに、貯蔵ピット及びガラス固化体検査室は、航空機の墜落にも耐えうる堅固な建物・構築物としている。

貯蔵ピットは、ガラス固化体の腐食防止の観点から冷却空気と直接接触しないようガラス固化体を収納管に収納する設計としている。また、崩壊熱除去の観点から、収納管と通風管で形成される円環流路内に、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。

冷却空気は、ガラス固化体貯蔵建屋及びガラス固化体貯蔵建屋 B 棟の高さ約 25m、流路断面積約 24m<sup>2</sup>の冷却空気入口シャフトから、貯蔵区域の下部に設けた高さ約 1.5m の下部プレナムに流入し、円環流路を上昇しながらガラス固化体の崩壊熱を除去する。ガラス固化体の崩壊熱を除去した空気は、貯蔵区域の上部に設けた高さ約 2.5m の上部プレナムを経て、十分な通風力を与える高さ約 35m、流路断面積約 24m<sup>2</sup>の冷却空気出口シャフトの排気口から大気中へ放出する。

#### 3. 2 安全評価

廃棄物管理施設の安全評価では、ほうけい酸ガラスを固化材として放射性物質を安定した状態で閉じ込めており、さらに、十分な機械的強度及び耐食性を有した容器に封入しているガラス固化体を管理する施設であること、十分な安全設計及び安全対策を講じていることから、一般公衆に影響を及ぼすような異常の発生及び拡大は考えられないが、あえて放射性物質を外部へ放出する可能性をあげるとすれば、ガラス固化体の閉じ込めに異常をきたす事象である。

ガラス固化体の閉じ込めに異常をきたす可能性のある事象について、事象の選定を行い、それらの事象について閉じ込め異常の評価を実施した。

##### (1) ガラス固化体の取扱いに伴う落下等

ガラス固化体取扱い時には、ガラス固化体の落下、衝突等の事象が想定されるが、ガラス固化体を取扱うクレーン等には、十分な安全対策を施すとともに、つり上げ高さの制限を行い、また、収納管の底部には、衝撃吸収体を兼ねたガラス固化体受台を設置しており、ガラス固化体が破損することは

考えられない。

## (2) ガラス固化体容器の劣化

ガラス固化体容器はステンレス鋼製であり、ガラス固化体は冷却空気と直接接触することがないように貯蔵ピットの収納管の中に収納し管理するため、ガラス固化体容器の腐食による劣化は考えられない。

また、固化ガラスによるガラス固化体容器の腐食量は長期間の貯蔵を考慮してもわずかであり、材料強度上問題とはならない。

固化ガラスからの中性子照射量はステンレス鋼の中性子ぜい化が生じる照射量よりも十分低く、また、固化ガラスから発生するヘリウムは量が少なく材料強度上問題とはならない。

## (3) 電源喪失

ガラス固化体を取扱うクレーンは、電源喪失時にもガラス固化体を保持できる機構を有する構造としており、電源喪失に伴うガラス固化体の落下等による破損は考えられない。

ガラス固化体貯蔵設備では、自然通風によりガラス固化体から発生する崩壊熱の除去を行うため、電源が喪失した場合でも崩壊熱の除去能力に影響を与えることはない。また、ガラス固化体検査室では、ガラス固化体仮置き架台にガラス固化体が1段積みで仮置きされた状態で、電源喪失により換気設備が停止したとしても、ガラス固化体の崩壊熱（56本の総発生量112kW）は、ガラス固化体検査室（空間容積約1,400m<sup>3</sup>）の空気の自然対流及びコンクリート壁へのふく射伝熱等により除去され、通常時に約340℃のガラス固化体の中心温度は24時間後で約100℃、48時間後で約130℃上昇する程度であり、それ以後の温度上昇も非常に緩やかであることから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。

上記より、廃棄物管理施設では、ガラス固化体の閉じ込めの機能に異常をきたす事象の発生は考えられず、発生の可能性と関連性において、評価すべき想定事象はない。

#### 4. 指示文書の要求事項

##### (1) 起回事象

地震、津波及びこれらの重畳といった自然現象により、並びに自然現象によらない何らかの原因により、以下の安全機能を喪失すると仮定する。なお、その他の自然現象の重畳により、事象の過程に大きな影響を及ぼす可能性がある場合には、その影響及び対応措置について検討すること。

- ・ 全交流電源喪失
- ・ 崩壊熱除去機能喪失
- ・ 水素の滞留防止・供給停止機能喪失
- ・ これらの重畳

##### (2) 設計上の想定を超える事象

起回事象のうち施設の特徴に応じた事象が進展することにより、以下の事象に至ると仮定する。

- ・ 放射性物質を含む溶液の沸騰
- ・ 水素、TBP の錯体等による爆発
- ・ 放射性物質を放出する火災
- ・ 臨界
- ・ 放射性物質・放射線の漏えい
- ・ これらの事象の同時発生、あるいは一つの事象の複数箇所での発生

##### (3) 実施方法

上記の(1)に示す「起回事象」が(2)で示す「設計上の想定を超える事象」にまで進展すると仮定し、評価対象施設がどの程度まで「設計上の想定を超える事象」に至ることなく耐えることができるか、施設の特徴に応じて、安全裕度を評価<sup>\*2</sup>すること。

また、「設計上の想定を超える事象」の発生及び更なる進展を防止するための措置（以下、「アクシデントマネジメント」という。）の効果を評価すること。これらの評価を通して、安全性に関する潜在的な脆弱性を明らかにするとともに、「設計上の想定を超える事象」に対する安全性を総合的に評価すること。

\*2: 評価に設計上の許容値を用いる場合、最終的な耐力に比して余裕をもって設定されているのであれば、技術的に説明可能な範囲においてその余裕を考慮した値を用いても良いものとする。

#### (4) 考慮すべき条件

事業許可・事業指定において許容されている最も厳しい条件の下で起因事象が生じるものと仮定し、報告書提出時点において整備されている安全対策を考慮して評価を行うこととする。

#### (5) 評価の進め方

評価に当たっては、施設の特徴に応じて、国内外の評価事例等を参考にして「設計上の想定を超える事象」の発生箇所、発生条件等を同定するとともに、事象の進展過程をイベントツリーの形式で示すこと。イベントツリーの各段階において、使用可能な防護措置を示すとともにその有効性の限界を示すこと。また、施設の特徴に応じて、以下の点にも留意すること。

- ・ 決定論的な手法を用い、過度の保守性を考慮することなく現実的な評価を行う。
- ・ 緊急安全対策を実施した施設については、その効果を明らかにする。
- ・ 事象の進展の過程や時間、アクシデントマネジメントを実施するのに要する時間を明らかにする。
- ・ 防護措置の評価に当たっては、合理的な想定により機能回復を期待できる場合を除いて一度失った機能は回復しない、プラント外部からの支援は受けられない等、厳しい状況を仮定する。
- ・ 事業者が自主的に強化した施設・機能や、最高位の耐震クラス以外の構造物・機器であっても合理的な推定によって機能維持が期待できるものについては、評価においてその機能を考慮することができる。
- ・ (1) の自然現象が (1) の安全機能の喪失によらずに「設計上の想定を超える事象」に進展する場合の影響が、安全機能の喪失を経て進展する場合よりも大きいのであれば、その安全裕度についても評価する。
- ・ この取組みが、自らの施設の有する余裕や潜在的な脆弱性を把握し、安全を向上させるためのプロセスの一環であることを意識して実施する。

## 5. 事象の選定及び評価方法

### 5. 1 「設計上の想定を超える事象」の選定方法

#### (1) 評価の前提

本評価では、通常運転状態において最も厳しい状況を考慮するために、設計及び工事の方法の認可申請書等に記載されている条件を用いることとした。

#### (2) 「設計上の想定を超える事象」と安全上重要な施設について

本評価は、一般公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのある事象に対し、安全裕度の評価及びアクシデントマネジメントの有効性を評価する。

この対象事象選定の指標となる「過度の放射線被ばく」という用語は、「再処理施設安全審査指針」で、安全上重要な施設（以下、「安重」という。）の定義に用いられている。同指針を適用した再処理施設の安全審査では、機能喪失想定時の評価手法により過度の放射線被ばくのおそれがある設備を、異常の発生防止機能を有する安重（以下、「PS 安重」という。ここでいうPS:Prevention Systemは、異常の発生防止機能のこと。）に選定している。

このことから、PS 安重の機能喪失が「設計上の想定を超える事象」の候補となる。

#### (3) 「設計上の想定を超える事象」の選定方法

##### ①全交流電源供給機能、崩壊熱除去機能及び水素の滞留防止・供給停止機能喪失を経由する評価事象選定

地震、津波及びこれらの重畳といった自然現象により、全交流電源供給機能、崩壊熱除去機能及び水素の滞留防止・供給停止機能（以下、「3安全機能」という。）喪失による事象選定では、自然現象のほか、何らかの原因による機能喪失を起因として、過度の放射線被ばくに至るおそれのある「設計上の想定を超える事象」を抽出することとしている。これは、機能喪失の起因事象を特定しないPS 安重の選定フローと同じであるため、3安全機能喪失を経由する評価事象としては、PS 安重の機能喪失を選定する。ただし、PS 安重の選定は設備単位で行っていることから、地震等の共通要因に対する今回の評価では、当該3安全機能を有するが、相対的に安全上の重要度が低いため、PS 安重に選定されない設備についても機能喪失時の影響を確認する必要がある。

そのため、廃棄物管理施設全体を対象として網羅的に行った安全評価の選定結果をもとに、当該3安全機能に係る事象を再確認し、評価事象選定結果に網羅性を確保する。

## ②自然現象を直接起因とする評価事象選定

3 安全機能喪失によらず、自然現象により直接過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのある「設計上の想定を超える事象」を選定する。

自然現象としては、六ヶ所地域での廃棄物管理施設への影響の観点から、「再処理施設安全審査指針」の基本立地条件で示されている項目を基本とし、以下を検討対象とした。

- ・地震
- ・火山
- ・津波
- ・地すべり・陥没
- ・強風
- ・竜巻
- ・高潮
- ・洪水・大雨
- ・熱波
- ・寒波
- ・豪雪
- ・落雷

具体的には、これらの自然現象それぞれについて、3 安全機能を除くPS 安重の機能喪失の可能性及び以下の事象に関連して過度の放射線被ばくを及ぼすおそれに繋がる可能性を検討し、「設計上の想定を超える事象」を選定する。その際、廃棄物管理施設全体を対象として網羅的に行った安全評価の選定結果を参考とする。

- ・放射性物質を含む溶液の沸騰
- ・水素、TBPの錯体等による爆発
- ・放射性物質を放出する火災
- ・臨界
- ・放射性物質・放射線の漏えい
- ・これらの事象の同時発生、あるいは一つの事象の複数箇所での発生

「設計上の想定を超える事象」の選定に当たっては、六ヶ所地域の気候、地勢等に基づく個々の自然現象の特徴を考察し、廃棄物管理施設全体の安全性向上に寄与する対策に繋がるよう考慮した。

また、地震とその他自然現象の重畳による影響についても評価した。

## 5. 2 「設計上の想定を超える事象」の評価方法

### (1) 実施方法

4. に基づき、「起回事象」が「設計上の想定を超える事象」にまで進展すると仮定し、評価対象施設がどの程度まで「設計上の想定を超える事象」に至ることなく耐えることができるか、施設の特徴に応じて、安全裕度を評価する。また、アクシデントマネジメントの効果を評価する。

なお、その際、廃棄物管理施設の立地条件や設備構成、仕様等を考慮する。

#### a. 起回事象の考え方

3 安全機能喪失が発生し、「設計上の想定を超える事象」に至る過程においては、3 安全機能喪失の原因となる事象を起回事象とする。

また、地震、津波等の自然現象並びにこれらの重畳から 3 安全機能喪失によらずに「設計上の想定を超える事象」に至る場合においては、それぞれの機能喪失の原因となり得る自然現象を起回事象とする。

#### b. 安全裕度の考え方

本報告書でいう安全裕度とは、評価対象施設がどの程度まで「設計上の想定を超える事象」に至ることなく耐えることができるかを数値化したものである。

1 つは、自然現象が具体的にどの程度まで発生すれば起回事象が発生し対象機能が喪失するかを示すもので、自然現象として地震を考慮する場合には耐震裕度であり、基準地震動に対して裕度を評価する。

もう 1 つは、起回事象の発生から「設計上の想定を超える事象」に進展するまでの時間余裕であり、この間に必要な対策を講じることで「設計上の想定を超える事象」への進展を防止することが可能となる。

安全裕度の評価においては、「設計上の想定を超える事象」に至る過程をイベントツリーの形式で示し、イベントツリーの各段階における安全裕度から、「設計上の想定を超える事象」に対する安全裕度を特定する。ただし、静的設備の機能喪失のように事象の進展過程が単純な場合は、イベントツリーではなく構成部位の安全裕度を表形式で直接示し、裕度が小さい箇所を特定する。

### (2) 評価フロー

選定した個々の事象については、自然現象及び時間についての安全裕度の評価を行い、それらに対して「設計上の想定を超える事象」の発生を未然に防止するための対策である未然防止措置並びに「設計上の想定を超える事

象」に対して進展の防止及び一般公衆への放射線影響の緩和のための方策（以下、「AM策」という。）による改善効果を示す。

(3) 評価に当たっての留意事項

- ・評価においては、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の後に実施した措置を評価する。
- ・当社は「原子力発電所における安全のための品質保証規程（JEAC4111-2009）」を適用規格とする品質マネジメントシステム（以下、「QMS」という。）を構築するとともに、この考え方を廃棄物管理施設保安規定にも明確に位置付け、当社の保安活動全てをQMSのもとで実施している。指示文書への対応においても、上記品質保証の仕組みのもと、総合的な評価を実施するとともに、評価の過程で実施したメーカへの解析業務の委託に当たっては、再処理事業部 調達管理要領に基づき、適切な調達管理を実施した。
- ・評価に当たっては、合理的な想定が可能な場合を除き、一度機能を失った機器等の機能は回復しない、また施設外部からの支援は受けられない等、厳しい状況を仮定する。



## 6. 「設計上の想定を超える事象」の選定

### 6. 1 3 安全機能喪失を経由する評価事象の選定

#### (1) 崩壊熱除去機能喪失について

廃棄物管理施設において、崩壊熱除去機能を期待しているのは貯蔵ピットの崩壊熱除去機能である。そのため、「設計上の想定を超える事象」の候補として機能喪失による以下の事象がある。

- ・貯蔵ピットの崩壊熱除去機能喪失

貯蔵ピットは、ガラス固化体の腐食防止の観点から冷却空気と直接接触しないようガラス固化体を収納管に収納する設計としている。また、崩壊熱除去の観点から、収納管と通風管で形成される円環流路内に、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。

貯蔵ピットにおける崩壊熱除去機能に関連する設備としては、「収納管」、「通風管」があり、これらの構造物及び設備は、最も高い耐震クラスで設計し、十分な耐震性を有している。

さらに、貯蔵ピットは、航空機落下にも耐えうる堅固な建物・構築物としている。

(添付-1 参照)

また、これらの構造物落下による冷却空気流路の閉塞に対しては、冷却空気流路の閉塞状態によって貯蔵ピットの崩壊熱除去機能が低下してガラス固化体の中心温度が失透化温度になることなく崩壊熱除去を維持可能な最も厳しい閉塞割合は、ガラス固化体貯蔵建屋で 80%、ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟で 90%であることを確認しており、構造物落下による冷却空気流路の閉塞によって崩壊熱除去機能喪失は起こりがたい。

(添付-2 参照)

一方、建屋への地下水の浸入に対する設計として、建屋基礎直下に排水管及び集水管を設置することで、基礎盤レベル以上に地下水位が上昇することを抑制し、建屋への地下水浸入を防止している。また、排水管及び集水管は基盤目状に設置し、4 隅の集水ピットのうち 2 箇所それぞれ 2 台のサブドレン排水ポンプを設置することで、地下水を地上の雨水排水系統に排出する設計としている。

(添付-3 参照)

通常時は建屋周囲のサブドレン排水設備により地下水位が建屋基礎盤上面以下を保つようになっているが、電源喪失等によって排水ポンプの機能喪失が発生した場合、地下水位が上昇することが考えられる。

そこで、地下水が建屋内に浸入することにより、冷却空気流路が閉塞するまでの時間余裕について評価し、その結果、時間余裕は、ガラス固化体貯蔵建屋及びガラス固化体受入れ建屋では約 63 日、ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟では約 120 日と、十分な時間余裕があり、他の事象に対する措置が終了した後、排水処理等の措置を施すことにより地下水位が上昇することを抑制することが可能であることを確認した。

(添付-4 参照)

このため、本事象は「設計上の想定を超える事象」としない。

また、廃棄物管理施設で崩壊熱除去機能に関連する安全評価で検討している事象として、電源喪失による以下の事象がある。

・換気設備停止によるガラス固化体検査室におけるガラス固化体の温度上昇

安全評価では、電源喪失による換気設備停止後、48 時間までのガラス固化体の温度上昇を評価し、温度上昇が非常に緩やかであることから、ガラス固化体のもつ閉じ込め機能に異常をきたす事象の発生は考えられないと判断してきた。

しかしながら、東北地方太平洋沖地震後に発生した東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の実績等を踏まえ、安全評価よりも長時間の全交流電源喪失を考慮して、再評価を行った。その結果、全交流電源喪失により換気設備が停止した状態が仮に約 1 ヶ月継続した場合でも、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く、一般公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれがないことを確認した。

(添付-5 参照)

このため、本事象は「設計上の想定を超える事象」としない。

## (2) 水素滞留防止・供給停止機能喪失について

廃棄物管理施設は、放射性物質を含む溶液や水素を発生する物質及び有機溶媒等ごく微量であることから、水素滞留防止・供給停止機能を有する設備はなく、水素滞留防止・供給停止機能喪失事象は対象外である。

## (3) 全交流電源喪失について

全交流電源喪失は全ての動的機器に影響を及ぼすことから、全交流電源が喪失した場合の「設計上の想定を超える事象」への進展については、常時機能要求がある崩壊熱除去機能が特に重要であり、これについては上記(1)で選定の評価を行っている。

## 6. 2 自然現象を直接起因とする評価事象の選定

### (1) 地震

#### a. 放射性物質を含む溶液の沸騰

廃棄物管理施設には、放射性物質を含む溶液を取扱う設備として、廃水貯蔵設備があるが、これらは床ドレン及び手洗い・シャワ ドレンを対象としたもので、放射性物質をほとんど含まない廃水を貯蔵する設備であることから、放射性物質を含む溶液の沸騰は起こらない。

#### b. 水素、TBP の錯体等による爆発

6. 1 (2) に示すとおり、廃棄物管理施設は、ガラス固化体を取扱う設備で、放射性物質を含む溶液、水素を発生する物質及び有機溶媒等のごく微量であることから、水素、TBP の錯体等による爆発は起こらない。

#### c. 放射性物質を放出する火災

廃棄物管理施設の主要な設備のうち、可燃性物質を使用する設備及び機器は、着火源の排除及び可燃性物質の漏えい防止対策を講じるとともに、実用上可能な限り、不燃性及び難燃性材料を使用している。さらに、必要な箇所には消火設備及び自動火災報知設備を設置している。

本施設はガラス固化体を受入れた状態のまま貯蔵する設備であり、化学的処置を施さないため、可燃物量は限定されている。このため、地震により局所的な火災が生じたとしても、消火専門隊等に対応することにより放射性物質を放出する火災は考えられない。

#### d. 臨界

ガラス固化体に含まれる核分裂性物質はごく微量であるため、臨界は起こらない。

#### e. 放射性物質・放射線の漏えい

ガラス固化体を取扱うクレーン等には、十分な安全対策を施すとともに、つり上げ高さの制限を行い、また、収納管の底部には衝撃吸収体を兼ねたガラス固化体受台を設置している。従って、クレーンでのガラス固化体取扱い時に地震が発生しても、ガラス固化体の落下による放射性物質・放射線の漏えいは起こらない。

また、貯蔵建屋床面走行クレーンは、ガーダ、トロリとしゃへい容器が一体構造となったしゃへい容器付きトロリで構成される。しゃへい機

能を持つしゃへい容器をトロリ上に支持しているしゃへい容器支持部の溶接部が地震により破損したとしても、支持フレーム自体に裕度があることから、しゃへい容器本体は支持フレームによってトロリ上に保持され脱落することはない。

そのため、貯蔵建屋床面走行クレーンは地震により破損したとしても、そのしゃへい機能を維持できることから放射性物質・放射線の漏えいは起こらない。

また、地震時における貯蔵区域やガラス固化体検査室等鉄筋コンクリート製の構造物は、地震に対しても堅牢で耐震余裕があり、せん断ひずみが設計上の終局状態を超えた場合であっても、ひび割れは生じるがしゃへい機能は低下しないことが実験等で確認されている。

(添付-6 参照)

このため、本事象は、「設計上の想定を超える事象」としない。

## (2) 火山

敷地から半径 30km 以遠では、複数の第四紀火山が存在するものの、敷地内の第四系（第四紀に形成された地層）には、広域テフラ\*3 以外、主に十和田起源のテフラが確認されるのみである。なお、敷地内及び近傍で確認されている火山灰の層厚は数 10cm 程度であり、施設の安全性に影響を及ぼすことは考えられない。

また、火山噴出物の検討対象となる火山については、十和田火山（敷地の南西約 65km）が考えられるが、大規模な噴火活動には今後 1 万年程度の休止期間が必要<sup>1)</sup>とされることから、操業期間中に影響を及ぼすことは考えられない。

このため、火山については評価対象としない。

\*3:火山噴出物のうち降下軽石、降下スコリア、降下火山灰の総称。広域テフラとは、巨大噴火（噴出総量 10km<sup>3</sup> 以上）の火山噴出物であって、火山から数 100～数 1000km 離れた地域においても、独立した地層として認められるテフラを指す。

1) :工藤崇、佐々木寿、“地理情報に基づいた将来噴火予測 十和田火山におけるケーススタディ、” 日本地球惑星科学連合大会予稿集、V055-019 (2004)

## (3) 津波

廃棄物管理施設は、標高約 55m かつ、海岸からの距離が約 5km の位置に設置している。

1896 年の明治三陸津波及び 1933 年の昭和三陸津波の際に、岩手県の三陸

海岸では津波の溯上高さが、それぞれ 38.2m（三陸町白浜：現大船渡市三陸町綾里）、28.7m（綾里村大久保：現大船渡市三陸町綾里）との記録があるが、廃棄物管理施設周辺では前者の津波で 3m（青森県八戸市鮫港）、後者の津波で 3.0～4.5m（青森県三沢市四川目他）と記録されているに過ぎず、廃棄物管理施設周辺において記録が残っている津波の溯上高さは 1933 年の昭和三陸津波の 4.5m（青森県三沢市四川目他）が最大である<sup>2)</sup>。また、国土交通省東北地方整備局 八戸港湾・空港整備事務所の発表（平成 23 年 3 月 31 日）によれば、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震において、廃棄物管理施設近傍における津波高さは 3.5m（むつ小川原港）であった。

以上のことから、標高約 55m に設置している廃棄物管理施設においては津波によって、施設の安全性に影響を及ぼすことは考えられない。

このため、津波については評価対象としない。

2)：渡辺 偉夫“日本被害津波総覧【第 2 版】”東京大学出版会（1998）

#### （4）地すべり・陥没

廃棄物管理施設の敷地は弥栄平と呼ばれる平坦な台地にあり、空中写真判読結果等によれば、敷地及びその周辺において地すべり・陥没が発生した形跡は認められず、敷地周辺の地形並びに地質構造を考慮しても、大規模な地すべり・陥没が発生することは考えられない。

このため、地すべり・陥没については評価対象としない。

#### （5）強風

設計及び工事の方法の認可申請書に記載の風荷重（風によって構造物が受ける力）の算出が、過去の最大瞬間風速よりも厳しい条件を用いて行われていること、設計及び工事の方法の認可申請書に記載の地震荷重と風荷重を比較すると、風荷重は地震荷重に比べ小さく、過去の最大瞬間風速を超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。

（添付-7 参照）

このため、強風については、評価対象としない。

#### （6）竜巻

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。さらに、上記のとおり飛来物防護設計を講じていることから、竜巻により巻き上げられた重量物が建屋へ衝突しても建屋に影響を及ぼすことは考えられない。

(添付-8 参照)

このため、竜巻については、評価対象としない。

#### (7) 高潮

廃棄物管理施設は、標高約 55m、かつ海岸からの距離が約 5km の位置に設置しており、津波と同様に高潮によって、施設の安全性に影響を及ぼすことは考えられない。

このため、高潮については、評価対象としない。

#### (8) 洪水・大雨

廃棄物管理施設周辺には二又川があり、敷地北側の標高約 5m から標高約 1m の低地へ敷地境界に沿って西から東に向かって流れ、尾駁沼に注いでいる。廃棄物管理施設は標高約 55m に設置していることを考慮すると、これらの河川が氾濫した場合でも廃棄物管理施設に影響を及ぼすことは考えられない。

また、八戸特別地域気象観測所及びむつ特別地域気象観測所における、10 分間、1 時間及び 24 時間の 3 種類の降雨データをもとに、建屋の浸水リスクを短期・中期・長期に分けて評価を行った。その結果、大雨による建屋の浸水は考えられない。

(添付-9 参照)

このため、洪水・大雨については、評価対象としない。

#### (9) 熱波

廃棄物管理施設では、自然通風によりガラス固化体から発生する崩壊熱の除去を行うため、熱波により外気温が上昇するとガラス固化体の温度も上昇する。

しかし、ガラス固化体の収納に当たっては、発熱量 2.0kW のガラス固化体が全数収納された状態で、外気温 29℃においても適切に崩壊熱の除去ができる設計としており、その条件を想定したガラス固化体温度の計算値は、表面で約 280℃、中心部で約 410℃となる。

八戸特別地域気象観測所で記録した最高温度 37℃における同じ収納条件でのガラス固化体温度の計算値は、表面で約 300℃、中心部で約 430℃であり、ガラス固化体の崩壊熱除去に影響を与える可能性は極めて低いことを確

認した。

このため、熱波については、評価対象としない。

#### (10) 寒波

廃棄物管理施設は、自然通風によりガラス固化体から発生する崩壊熱の除去を行う施設であり、安全上重要な施設は静的設備で構成されていることから、寒波がガラス固化体の崩壊熱除去に影響を及ぼすことは考えられない。

このため、寒波については、評価対象としない。

#### (11) 豪雪

廃棄物管理施設は、八戸特別地域気象観測所及びむつ特別地域気象観測所における最深積雪 170cm よりも厳しい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。これらことから、豪雪による施設への影響は考えられない。

(添付-10 参照)

このため、豪雪については、評価対象としない。

#### (12) 落雷

落雷による影響は、大電流による設備の焼損と計測制御設備の電氣的な障害である。貯蔵ピットの崩壊熱除去機能は、静的設備で構成されていることから、落雷により、ガラス固化体の崩壊熱除去に影響を及ぼすことは考えられない。

このため、落雷については、評価対象としない。

### 6. 3 地震とその他自然現象の重畳を起因とする評価事象の選定

6. 1 及び 6. 2 において、評価対象とした自然現象は、地震のみである。また、地震との重畳という観点では、

- ①地震による影響が、重畳するその他の自然現象の影響に直接関係しないもの
- ②その他の自然現象の影響が、設計における地震評価の中に包含されるもの
- ③地震による影響が、重畳するその他の自然現象の影響に関係するものがある。

①に分類されるものとしては、

- ・地震と火山

- ・地震と津波
- ・地震と地すべり・陥没
- ・地震と高潮
- ・地震と洪水
- ・地震と熱波
- ・地震と寒波
- ・地震と豪雪
- ・地震と落雷

があり、これらは個別の自然現象の施設への影響がないと評価できれば重畳についても影響がないと考えられる。

②に分類されるものとしては、

- ・地震と強風
- ・地震と竜巻

があり、これらは設計の中で既に重畳を評価していることから、重畳による影響はないと考えられる。

③に分類されるものとしては、

- ・地震と大雨

があり、以下にその評価を示す。

#### (1) 地震と大雨

大雨については、添付-6 のとおり設計上の終局状態のせん断ひずみにおいては、鉄筋コンクリート構造物にひび割れが生じ、ひびから地下階に雨水が浸水するおそれがある。

6. 1において、サブドレン排水設備からの地下水排出量データに基づき、雨水の浸入を考慮し、さらに地震等により排水設備の機能が喪失したことを想定して「設計上の想定を超える事象」の選定評価を行っている。この評価は、地震と大雨の重畳を考慮したものであり、その結果として、「設計上の想定を超える事象」はないことを示した。

#### 6. 4 「設計上の想定を超える事象」の選定結果

6. 1、6. 2及び6. 3より、廃棄物管理施設において、「設計上の想定を超える事象」として選定される事象はなかった。

#### 7. まとめ

本報告書では、核燃料サイクル施設の安全性に関する総合的評価として、廃棄物管理施設における「設計上の想定を超える事象」の選定に係る評価を行



った結果、「設計上の想定を超える事象」として選定される事象はないことを確認した。

地元の皆さまに安心していただける設備作りに取り組んでいくことを最優先に考え、これまで起こらないと考えていたことについて、「起こり得る。そうした時にどうするか」といった考え方に立って、今回安全性に関する評価を行った。

こういった安全への取り組みは決して終わりのあるものではなく、継続して災害防止の対策に対する信頼性向上に努めていくことが重要であり、今後も不断の取り組みを行っていく。

以 上