

第11条 外部からの衝撃による損傷の防止

<目次>

1. 設計方針
2. リサイクル燃料備蓄センターにおいて想定される自然現象及び安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）の選定について
3. 選定した事象に関する考察
4. 自然現象の組合せについて

（参考）

- 参考1 使用済燃料貯蔵建屋なしの場合の外部事象による金属キャスクの基本的安全機能への影響

1. 設計方針

(1) 自然現象（地震及び津波を除く。）

使用済燃料貯蔵施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても基本的安全機能を損なわない設計とする。

自然現象を網羅的に抽出するために、国内外の文献^{(1)～(8)}を参考に自然現象を抽出し、リサイクル燃料備蓄センターの立地及び周辺環境を踏まえ、使用済燃料貯蔵施設の安全性に影響を与える可能性がある自然現象を選定した上で、設計上の考慮の要否を検討する。使用済燃料貯蔵施設の安全性に影響を与える可能性がある自然現象には、「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（第11条）に示される、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等の自然現象を含める。

設計上の考慮の要否の検討に当たっては、国内外の文献から抽出された自然現象に対し、発生頻度が極めて低いと判断される事象、リサイクル燃料備蓄センター周辺では起こり得ない事象、事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能に影響を及ぼさない事象及び他の事象に包含できる事象を選別し、これらに該当しない事象を使用済燃料貯蔵施設において設計上の考慮を必要とする事象として選定する。

検討の結果、設計上の考慮を必要とする事象は、風（台風）、竜巻、低温・凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響（降下火砕物）及び森林火災とし、敷地及び周辺地域の過去の記録、現地調査を参考にして、予想される最も過酷と考えられる条件を適切に考慮する。

(2) 使用済燃料貯蔵施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）

使用済燃料貯蔵施設は、事業所又はその周辺において想定される当該使用済燃料貯蔵施設の安全性を損なわせる原因となるおそ

れがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）
（以下「人為事象」という。）に対して基本的安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料貯蔵施設の設計に当たっては、国内外の文献⁽⁹⁾～⁽¹⁶⁾を参考に人為事象を抽出し、リサイクル燃料備蓄センターの立地及び周辺環境を踏まえ、使用済燃料貯蔵施設の安全性に影響を与える可能性がある人為事象を選定した上で、設計上の考慮の要否を検討する。使用済燃料貯蔵施設の安全性に影響を与える可能性がある人為事象には、「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（第 11 条）に示される、飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等の人為事象を含める。

設計上の考慮の要否の検討に当たっては、国内外の文献から抽出された人為事象に対し、発生頻度が極めて低いと判断される事象、リサイクル燃料備蓄センター周辺では起こり得ない事象、事象の進展が緩慢で対策を講ずることができる事象、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能に影響を及ぼさない事象及び他の事象に包含できる事象を選別し、これらに該当しない事象を使用済燃料貯蔵施設において設計上の考慮を必要とする事象として選定する。

2. リサイクル燃料備蓄センターにおいて想定される自然現象及び人為事象の選定について

(1) 人為事象の抽出

「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（第11条）において「想定される自然現象（地震及び津波を除く。）」と「使用済燃料貯蔵施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）」として以下のとおり例示されている。

第11条（外部からの衝撃による損傷の防止）

1 第1項に規定する「想定される自然現象（地震及び津波を除く。）」とは、使用済燃料貯蔵施設の敷地及びその周辺の自然環境を基に、最新の科学的知見に基づき、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等から適用されるものをいう。

3 第2項に規定する「想定される当該使用済燃料貯蔵施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）」とは、敷地及び敷地周辺の状況を基に選択されるものであり、飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等をいう。

リサイクル燃料備蓄センターでの設計上考慮すべき事象の選定に当たっては、第1表に示す資料を参考に網羅的に事象を抽出した。結果を第2表及び第3表に示す。

第1表 事象の選定に当たって参考とした資料

資料番号	資料名称
資料1	Specific Safety Guide No. SSG-15, Storage of Spent Nuclear Fuel, IAEA, 2012
資料2	10CFR Part 72, Licensing Requirements for the Independent Storage of Spent Nuclear Fuel, High-Level Radioactive Waste, and Reactor-Related Greater than Class C Waste, April 24, 2014
資料3	NUREG-1536 Rev.1_, Standard Review Plan for Spent Fuel Dry Storage Systems at a General License Facility, NRC, July 2010
資料4	NUREG-1567, Standard Review Plan for Spent Fuel Dry Storage Facilities, NRC, March 2000
資料5	NUREG-1864, A Pilot Probabilistic Risk Assessment of a Dry Cask Storage System at a Nuclear Power Plant, NRC, March 2007
資料6	Probabilistic Risk Assessment (PRA) of Bolted Storage Casks, EPRI, December 2004
資料7	キャスクを用いる使用済燃料及び発熱性放射性廃棄物の乾式中間貯蔵に関する指針, 2012年11月改訂版, ESK(最終処分委員会:ドイツ)
資料8	使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則及びその解釈, 平成25年11月27日制定, 原子力規制委員会

第2表 事象の抽出結果（自然現象）

No.	事象	資料 [*]							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	風（台風）	○	○	○	○	○	○	○	○
2	竜巻	○	○	○	○		○		○
3	降水	○			○	○	○	○	○
4	高気温	○			○		○		○
5	低温・凍結	○						○	○
6	極限的な気圧	○							
7	積雪	○			○	○	○	○	○
8	着氷・着雪	○					○		
9	氷結	○			○	○			
10	ひょう	○			○	○	○		
11	干ばつ	○							
12	砂嵐	○					○		
13	日射影響	○							
14	霧	○							
15	霜	○							
16	落雷	○	○	○	○	○	○	○	○
17	隕石					○	○		
18	火山の影響	○				○	○		○
19	雪崩	○							
20	洪水	○	○	○	○	○	○	○	○
21	地表面の浸食	○				○	○		
22	地すべり	○	○	○	○		○	○	○
23	陥没	○							
24	地震	○	○	○	○	○	○	○	○
25	地盤の安定性	○	○		○				
26	地盤の液状化		○						
27	地下水による影響	○							

No.	事象	資料※							
		1	2	3	4	5	6	7	8
28	波浪	○			○				
29	高潮	○							
30	津波	○	○	○	○	○	○		○
31	海岸浸食	○							
32	生物学的事象	○				○	○		○
33	自然発生的な火災・爆発	○							
34	異常高温, 気圧による火災					○	○		
35	森林火災				○	○	○	○	○
36	有毒ガス	○			○				
37	静振		○	○	○				

※ 第1表参照

第3表 事象の抽出結果（人為事象）

No.	事象	資料 [※]							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	外部火災	○	○						
2	近隣工場等の火災・爆発			○	○	○	○		○
3	工業施設事故	○			○		○		
4	有害物質の放出	○						○	
5	船舶の衝突					○	○		○
6	輸送機関の事故による火災・爆発					○	○		
7	輸送機関の事故	○			○				
8	爆発	○	○				○	○	○
9	パイプライン事故	○				○	○		
10	軍事施設からのミサイル					○	○		
11	トンネルや掘削による地面の陥没，崩壊	○							
12	飛来物（航空機落下等）	○				○	○	○	○
13	ダムの崩壊	○			○	○			○
14	河川の決壊	○			○				
15	軍事施設事故	○			○	○			
16	有毒ガス	○					○		○
17	電磁的障害								○

※ 第1表参照

(2) 設計上考慮すべき事象の選定基準

(1)で抽出した事象について、リサイクル燃料備蓄センターにおいて設計上考慮すべき事象を選定するため、海外原子力発電所での評価手法^{*}を参考として、第4表に示す除外基準を設定した。

※ ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/ Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”

第4表 考慮すべき事象の除外基準

基準	補足
基準1： 発生が極低頻度と判断される事象	隕石落下のような発生頻度が低い事象は考慮すべき事象の対象外とする。
基準2： リサイクル燃料備蓄センター周辺では起こり得ない事象	リサイクル燃料備蓄センター周辺において明らかに起こり得ない事象及び基本的安全機能に影響を与えるほど近接した場所では発生しない事象は対象外とする。
基準3： 事象の進展が緩慢で対策を講じることができる事象	事象発生時のリサイクル燃料備蓄センターへの影響の進展が緩慢であって、影響の緩和又は排除の対策を容易に講じることが出来る事象は対象外とする。
基準4： 使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能に影響を与えない事象	事象が発生しても、リサイクル燃料備蓄センターへの影響が極めて限定的で基本的安全機能を喪失するような影響には繋がらない事象は対象外とする。
基準5： 他事象に包含できる事象	リサイクル燃料備蓄センターに対する影響が同様とみなせる事象については、相対的に影響が大きいと判断される事象に包含して合理的に検討する。

(3) 設計上考慮すべき事象の選定結果

(2)で設定した基準に基づき、使用済燃料貯蔵施設において設計上考慮すべき事象を選定した結果を第5表及び第6表に示す。

「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(第十一条)に該当する「想定される自然現象(地震及び津波を除く。)」として下記を選定した。

- ・ 風(台風)
- ・ 竜巻
- ・ 低温・凍結
- ・ 降水
- ・ 積雪
- ・ 落雷
- ・ 火山の影響
- ・ 森林火災

また、人為事象として下記を選定した。

- ・ 飛来物(航空機落下等)
- ・ 爆発
- ・ 近隣工場等の火災

なお、「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(第11条)に挙げられている事象については、設計上の考慮要否について検討の対象とする。

第5表 事象の選定結果（自然現象）

No.	事象 ^{※1}	除外基準 ^{※2}					選定結果 ^{※3}	選定理由
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5		
1	風（台風）						○	地域特性を踏まえて風（台風）に関する影響評価を行う。
2	竜巻						○	地域特性を踏まえて竜巻に関する影響評価を行う。
3	降水						○	降水に起因する腐食防止のため塗装を施す。
4	高気温		レ				×	基本的安全機能に影響を与えるような高気温が長時間継続することはない。 （最寄りの気象官署の夏季の超過危険率1%温度（29.5℃）が24時間継続でも除熱機能を損なわないと評価）
5	低温・凍結						○	地域特性を踏まえて低温・凍結に関する影響評価を行う。金属キャスクの凍結は想定されないが、屋外設備では空気圧縮機の冷却水システムで凍結が想定されることから、設備を使用しない場合はシステムの水抜きを行う。また、冬季に設備を使用する場合は凍結防止の措置を講じた上で使用する

No.	事象 ^{※1}	除外基準 ^{※2}					選定結果 ^{※3}	選定理由
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5		
6	極限的な気圧				レ		×	気圧により、基本的安全機能を損なうおそれはない。 (キャスク内圧力は真空から最高使用圧 1.0MPa で設計しており、著しい気圧変動があっても構造強度に影響はなく、閉じ込め機能は維持される)
7	積雪						○	地域特性を踏まえて積雪に関する影響評価を行う。
8	着氷・着雪				レ		×	給排気口やバードスクリーンの構造から、着氷・着雪により給排気口は閉塞せず、基本的安全機能を損なうおそれはない。
9	氷結				レ		×	基本的安全機能の維持に水を必要としないため、基本的安全機能を損なうおそれはない。
10	ひょう					レ	×	竜巻による影響評価(飛来物による衝撃荷重)に包含される。
11	干ばつ				レ		×	基本的安全機能の維持に水を必要としないため、基本的安全機能を損なうおそれはない。
12	砂嵐		レ				×	施設周辺に砂漠がないため発生しない。

No.	事象※ ¹	除外基準※ ²					選定結果※ ³	選定理由
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5		
13	日射影響		レ				×	長時間継続することはない、貯蔵中は金属キャスクに直接日が当たらない。また使用済燃料貯蔵建屋への日射影響が金属キャスクの除熱へ影響を及ぼさないことを確認していることから、基本的安全機能を損なうおそれはない。
14	霧				レ		×	設備に影響を及ぼさないため、基本的安全機能を損なうおそれはない。
15	霜				レ		×	設備に影響を及ぼさないため、基本的安全機能を損なうおそれはない。
16	落雷						○	貯蔵中は使用済燃料貯蔵建屋内の金属キャスクに落雷することはないが、使用済燃料貯蔵建屋への落雷が想定されることから、金属キャスクの基本的安全機能に影響が波及しないよう同建屋に避雷設備を設ける。
17	隕石	レ					×	隕石が衝突する可能性は極めて小さい。
18	火山の影響						○	地域特性を踏まえて火山に関する影響評価を行う。
19	雪崩		レ				×	施設周辺に基本的安全機能に影響を及ぼすような雪崩を発生させる急斜面はないため、発生しない。

No.	事象 ^{※1}	除外基準 ^{※2}					選定結果 ^{※3}	選定理由
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5		
20	洪水		レ				×	施設周辺に施設に影響を及ぼすような洪水を起こすような河川はない。
21	地表面の浸食		レ				×	敷地内及び施設周辺は、浸食により基本的安全機能に影響を及ぼすような河川に面していないため、発生しない。
22	地滑り		レ				×	使用済燃料貯蔵建屋付近の斜面法尻と同建屋との距離は50m以上確保されていることから、安定性評価の対象となる周辺斜面は存在しない。
23	陥没		レ				×	地形・地質の状況から陥没が生じることはない。
24	地震						(○)	第九条 地震による損傷の防止にて評価を行う。
25	地盤の安定性						(○)	第八条 使用済燃料貯蔵施設の地盤にて評価を行う。
26	地盤の液状化		レ				×	使用済燃料貯蔵建屋支持地盤には液状化の対象となる地層はないことを確認している。
27	地下水による影響				レ		×	地下水が基本的安全機能に影響を及ぼすことはない。

No.	事象 ^{※1}	除外基準 ^{※2}					選定結果 ^{※3}	選定理由
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5		
28	波浪		レ				×	使用済燃料貯蔵施設の造成高は標高16mであり、かつ、敷地前面の海岸からの離隔は約500mあることから、波浪の影響を受けない。
29	高潮		レ				×	使用済燃料貯蔵施設の造成高は標高16mであり、かつ、敷地前面の海岸からの離隔は約500mあることから、高潮の影響を受けない。
30	津波						(○)	第十条 津波による損傷の防止にて評価を行う。
31	海岸浸食		レ				×	敷地前面の海岸からの離隔は約500mあり、影響を受けない。また海岸の浸食は進展が遅いことから補強工事により浸食を食い止めることができる。そのため、基本的安全機能を損なうおそれはない。
32	生物学的事象			レ			×	給気口及び排気口の閉塞の観点及び電源喪失の観点からは、貯蔵施設は、使用済燃料集合体を金属キャスクに収納した状態で静的に貯蔵する施設であり、電源喪失により基本的安全機能が損なわれるおそれはない。
33	自然発生的な火災					レ	×	森林火災による影響評価に包含される。
34	異常高温、気圧による火災					レ	×	森林火災による影響評価に包含される。

No.	事象※ ¹	除外基準※ ²					選定結果※ ³	選定理由
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5		
35	森林火災						○	地域特性を踏まえて森林火災に関する影響評価を行う（検討には「高気温」、「風」の影響も考慮する）。
36	有毒ガス		レ				×	敷地内に湿地帯や埋立てた場所など発生要因がない。また火山ガスが敷地に滞留する地形ではない。
37	静振		レ				×	施設は湖沼及び湾に面していないため、発生しない。

※1 の事象は、「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（第11条）に例示されている事象（考察対象）

※2 第4表参照

※3 ○ : 選定した事象

(○) : 「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（第十一条）以外の条文に対する事象

× : 発生する可能性を検討した結果、考慮する必要がないと判断した事項

第6表 事象の選定結果(人為によるもの(故意によるものを除く。))

No.	事象 ^{※1}	除外基準 ^{※2}					選定結果 ^{※3}	選定理由
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5		
1	外部火災					レ	×	森林火災による影響評価に包含される。
2	近隣工場等の火災 ・爆発						○	近隣の危険物貯蔵施設の火災及び航空機落下による火災が発生しても使用済燃料貯蔵建屋外壁表面の温度がコンクリート許容温度以下となる設計とする。
3	工業施設事故		レ				×	施設周辺に事故により基本的安全機能に影響を及ぼすような工業施設はない。
4	有害物質の放出		レ				×	施設周辺に有害物質を貯蔵もしくは火災により発生させる施設はなく、また、幹線道路からも離れていることから考慮の必要はない。
5	船舶の衝突		レ				×	リサイクル燃料備蓄センターの敷地は、標高約20m～約30mのなだらかな台地に位置し、造成高は標高16mである。また、敷地前面の海岸から約500mの位置にあり、十分な離隔を確保していることから、船舶の衝突を考慮する必要はない。
6	輸送機関の事故による火災・爆発		レ				×	施設周辺に事故による火災・爆発により基本的安全機能に影響を及ぼすような輸送機関はない。

No.	事象 ^{※1}	除外基準 ^{※2}					選定 結果 ^{※3}	選定理由
		基準 1	基準 2	基準 3	基準 4	基準 5		
7	輸送機関の事故		レ				×	施設周辺に事故により基本的安全機能に影響を及ぼすような輸送機関はない。
8	爆発						○	施設周辺の高圧ガス類貯蔵施設の爆発を考慮し、必要な離隔距離を確保する設計とする。
9	パイプライン事故		レ				×	施設周辺にパイプラインはない。
10	軍事施設からのミサイル		レ				×	施設周辺に軍事施設はない（第2図参照）。
11	トンネルや掘削による地面の陥没，崩壊		レ				×	敷地内で地面の陥没や崩壊を生ずるようなトンネルや掘削は行われていない。
12	飛来物（航空機落下等）						○	リサイクル燃料備蓄センター周辺には、飛来物の発生の要因となり得る工場はない。また、使用済燃料貯蔵建屋への航空機の落下確率は、10-7回/施設・年以下であり、航空機落下を考慮する必要はない。
13	ダムの崩壊		レ				×	リサイクル燃料備蓄センター周辺には、ダムの崩壊により影響を及ぼすような河川はないことから、ダムの崩壊を考慮する必要はない。（第2図参照）。
14	河川の決壊		レ				×	施設周辺に決壊により浸水を発生させるような河川はない。
15	軍事施設事故		レ				×	施設周辺に軍事施設はない（第2図参照）。

No.	事象 ^{※1}	除外基準 ^{※2}					選定結果 ^{※3}	選定理由
		基準1	基準2	基準3	基準4	基準5		
16	有毒ガス		レ				×	金属キャスク貯蔵期間中は金属キャスク及び各設備の点検，保守及び巡視の実施時以外に貯蔵建屋に人員が常駐することはなく，火災に伴う有毒ガスの流入時には貯蔵建屋内の人員は迅速に避難することから，有毒ガスに対する貯蔵建屋の居住性を考慮する必要はない。
17	電磁的障害				レ		×	使用済燃料貯蔵施設は，使用済燃料集合体を金属キャスクに収納した状態で静的に貯蔵する施設であり，電磁干渉や無線電波干渉によって基本的安全機能を損なうことはないことから，電磁的障害を考慮する必要はない。

※1 の事象は，「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(第11条)に例示されている事象(考察対象)

※2 第4表参照

※3 ○ : 選定した事象

(○) : 「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(第十一条)以外の条文に対する事象

× : 発生する可能性を検討した結果，考慮する必要がないと判断した事項

3. 選定した事象に関する考察

選定した事象及び「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（第11条）に例示されている事象について、以下に考察する。

3.1 想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対する考察

(1) 洪水

敷地の地形及び表流水の状況から判断して、敷地が洪水による被害を受けることは考えられない。

(2) 風（台風）

敷地付近で観測された最大瞬間風速は、むつ特別地域気象観測所での観測記録（1936年～2012年）によれば38.9m/s（1961年5月29日）、函館海洋気象台での観測記録（1940年～2012年）によれば46.5m/s（1999年9月25日）であるが、風荷重に対する設計は、地方毎に過去の台風の記録及び文献を考慮した建築基準法に基づく風速34m/sで行う。

なお、リサイクル燃料備蓄センターは敷地前面の海岸からの離隔は約500mであることから、海風による塩害の可能性は否定できないが、金属キャスクのフランジ面の保護・防錆及び異物混入防止の観点から自主的に金属キャスクの二次蓋上部に対策を施し、また、蓋間圧力を常時監視することにより閉じ込め機能を確認することから、基本的安全機能を損なうおそれはない。

(3) 竜巻

外部事象防護施設は、最大風速100m/sの竜巻が発生した場合においても、基本的安全機能を損なわないために、竜巻飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。

a. 竜巻飛来物の発生防止対策

屋外において飛散するおそれのある資機材及び車両については、飛来時の運動エネルギー等を評価し、外部事象防護施設への影響の有無を確認する。外部事象防護施設へ影響を及ぼす大型の資

機材及び車両については、飛散防止措置として、固縛、固定又は退避を実施する。具体的には、大型の資機材について固縛、固定の措置を実施し、また、設計飛来物（ワゴン車）を超える大きさの車両については、固縛または車両退避の措置を実施する。

b. 竜巻防護対策

金属キャスクに対しては、竜巻飛来物が使用済燃料貯蔵建屋の開口部を通過して衝突する可能性は極めて低く、また、飛来物の衝突を仮定しても基本的安全機能への影響は小さいため、竜巻による直接的な影響を考慮する必要はない。

その上で、使用済燃料貯蔵建屋に対しては、金属キャスクを内包する外殻の施設として、基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定して、構造健全性を維持することにより基本的安全機能を損なわない設計とする。

また、設計飛来物が貯蔵建屋に衝突したとしても、貫通、裏面剥離の発生により、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を損なわない設計とする。

竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり、積乱雲の発達時に竜巻と同時に発生する可能性がある自然現象は、落雷、積雪、ひょう及び降水であるが、設計上考慮する竜巻の発生頻度が極めて低いこと及びこれらの自然現象の組合せにより発生する荷重は設計竜巻荷重に包含されることから、荷重の組み合わせは考慮しない。

なお、竜巻の作用時間は極めて短時間であること、積雪の荷重は冬季に発生し、積雪荷重の大きさや継続時間は除雪を行うことで低減できることから、発生頻度が極めて小さい設計竜巻の風荷重と積雪荷重による荷重が同時に発生し、貯蔵建屋に影響を与えることは考えにくいため、組み合わせを考慮しない。竜巻が冬季に襲来する場合は竜巻通過前後に降雪を伴う可能性はあるが、上昇流の竜巻本体周辺では、竜巻通過時に雪は降らない。また、下降流の竜巻通過時や竜巻通過前に積もった雪の大部分は竜巻の

風により吹き飛ばされ、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。

(4) 低温・凍結

敷地付近で観測された最低気温は、むつ特別地域気象観測所での観測記録（1935年～2012年）によれば -22.4°C （1984年2月18日）、函館海洋気象台での観測記録（1873年～2012年）によれば -19.4°C （1900年2月14日）である。金属キャスク及び屋外機器で凍結のおそれのあるものに対しては、これらの観測値を参考にして設計を行う。

金属キャスクの凍結は想定されないが、屋外設備では空気圧縮機の冷却水系統で凍結が想定されることから、設備を使用しない場合は系統の水抜きを行うとともに、冬季に設備を使用する場合は凍結防止の措置を講じた上で使用する

(5) 降水

敷地付近で観測された日降水量の最大値は、むつ特別地域気象観測所での観測記録（1935年～2012年）によれば 162.5mm （1981年8月22日）、函館海洋気象台での観測記録（1873年～2012年）によれば 176.0mm （1939年8月25日）である。さらに1時間降水量の最大値（むつ特別地域気象観測所： 51.5mm （1973年9月24日）、函館海洋気象台： 63.2mm （1939年8月25日））を考慮し、使用済燃料貯蔵建屋は降水に対して基本的安全機能を損なわない設計とする。

また、金属キャスクは本体表面には防錆のために塗装を施し、さらに、自主的に二次蓋上部に対策を施すこと、使用済燃料集合体からの崩壊熱により金属キャスク表面に恒常的に結露が発生する状態が継続することは考え難いことから、表面に結露しても基本的安全機能を損なうことはない。

万一、金属キャスク表面に錆が発生しても、その進展は緩慢であるため、巡視や定期的に行う外観検査により、錆染みや塗装面の割れを確認し、基本的安全機能が損なわれる前に補修塗装によ

る処置を施すことが可能である。

なお、建屋上部の排気口開口部からの降水が想定されるが、排気口開口部からの降水は、金属キャスクの貯蔵位置との関係から、金属キャスクに直接影響を与えることは想定されない。

(6) 積雪

敷地付近で観測された最深積雪は、むつ特別地域気象観測所での観測記録（1935年～2012年）によれば170cm（1977年2月15日）であるが、函館海洋気象台での観測記録（1873年～2012年）によれば91cm（2012年2月27日）である。したがって、これらの観測記録に基づき積雪荷重を設定し、使用済燃料貯蔵建屋は、積雪荷重に対して、構造健全性を維持することにより基本的安全機能を損なわない設計とするとともに、あらかじめ手順を定め除雪を実施する。

なお、使用済燃料貯蔵建屋の貯蔵区域及び受入れ区域の給気口フード下端の位置は地上高さ約6m、排気口の位置は地上高さ約23mであり、積雪により給気口及び排気口が閉塞されることはない。

(7) 落雷

使用済燃料貯蔵建屋は、落雷による火災発生を防止するため、避雷設備を設ける設計としている。避雷対策を施した施設内に金属キャスクを貯蔵することから、落雷により基本的安全機能を損なうおそれはない。

(8) 地滑り

敷地付近で過去における地滑りによる被害の記録はない。また、敷地付近の地形及び地質の状況から判断して、地滑りに対する特別な考慮は不要である。

(9) 火山の影響

敷地周辺の火山については、その活動性や敷地との位置関係から判断して、設計対応不可能な火山事象が使用済燃料貯蔵施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。ただし、恐山については過去

のマグマ噴火に伴う火砕物密度流が敷地に到達していることから、火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的として供用期間中の火山活動モニタリングを実施する。

火山活動モニタリングの結果、観測データに有意な変化があった場合は、火山専門家及び火山活動評価委員の助言を踏まえ、最新の科学的知見に基づき可能な限りの対処を行うこととする。

降下火砕物（火山灰）としては、敷地近傍で確認された火山灰を考慮することとし、火山灰堆積量を30cmに設定する。また、必要に応じて、降下火砕物の除去及び点検の対応を行い、基本的安全機能が損なわれることがないように、適切な処置を講ずる。

主な対処方針を以下に示す。

- ① 火山活動のモニタリング強化
- ② 使用済燃料を収納した金属キャスクの搬入停止
- ③ 使用済燃料を収納した金属キャスクの搬出

(10) 生物学的事象

生物学的事象として、つる植物等の植物による給気口及び排気口の閉塞、鳥等の小動物による給気口及び排気口の閉塞及びネズミ等の小動物による電源喪失が考えられる。植物による給気口及び排気口の閉塞は事象の進展が緩慢であり、定期的な巡視により防止が可能である。鳥等の小動物による給気口及び排気口の閉塞についても事象の進展は緩慢であり、自主的にバードスクリーン及び排気ルーバを設置するとともに定期的な巡視により防止が可能である。また、使用済燃料貯蔵施設は、使用済燃料集合体を金属キャスクに収納した状態で静的に貯蔵する施設であり、電源喪失により基本的安全機能が損なわれるおそれはない。

(11) 森林火災

想定される森林火災については、使用済燃料貯蔵施設周辺の植生、過去10年間の気象条件を調査し、使用済燃料貯蔵施設から直線距離10kmの間に発火点を設定し、森林火災シミュレーション解析コード（F A R S I T E）を用いて影響評価を実施し、森林火

災の延焼を防ぐための手段として防火帯を設け，火炎が防火帯外縁に到達するまでの時間，使用済燃料貯蔵建屋外壁への熱影響及び危険距離を評価し，必要な防火帯幅，使用済燃料貯蔵建屋との離隔距離を確保することにより，使用済燃料貯蔵建屋の基本的安全機能を損なわない設計とする。

また，火災の影響により使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度や空気の流れの状態が変化し，金属キャスクに影響を及ぼすことが考えられるため，火災による影響を考慮しても，金属キャスクの基本的安全機能を損なうことはない。

3.2 人為事象に対する考察

(1) 飛来物（航空機落下等）

リサイクル燃料備蓄センター周辺には，飛来物の発生の要因となり得る工場はないことから，工場からの飛来物を考慮する必要はない。また，航空機落下については，これまでの事故実績をもとに，民間航空機，自衛隊機及び米軍機が使用済燃料貯蔵施設へ落下する確率を評価した。その結果は約 5.1×10^{-8} 回/施設・年であり， 10^{-7} 回/施設・年を下回る。したがって，航空機落下を考慮する必要はない。

(2) ダムの崩壊

リサイクル燃料備蓄センター周辺には，ダムの崩壊により影響を及ぼすような河川はない（第2図参照）ことから，ダムの崩壊を考慮する必要はない。

(3) 爆発

リサイクル燃料備蓄センターから最も近い石油コンビナートは40km以上離れており（第1図参照），爆発を考慮する必要はない。また，リサイクル燃料備蓄センター周辺の高圧ガス類貯蔵施設の爆発については，使用済燃料貯蔵建屋から高圧ガス類貯蔵施設までの離隔距離を，貯蔵される高圧ガスの種類及び貯蔵量から算出した危険限界距離以上確保することにより，使用済燃料貯蔵施設

の基本的安全機能を損なわない設計とする。

(4) 近隣工場等の火災

リサイクル燃料備蓄センター周辺における近隣の産業施設の危険物貯蔵施設の火災及びリサイクル燃料備蓄センター敷地内の危険物貯蔵設備の火災については、算出される輻射強度に基づき、使用済燃料貯蔵建屋外壁の表面温度をコンクリート許容温度以下とすることにより、使用済燃料貯蔵建屋の基本的安全機能を損なわない設計とする。

航空機墜落による火災については、使用済燃料貯蔵建屋を中心として墜落確率が 10^{-7} 回/施設・年に相当する標的面積をもとにした離隔距離を算出して墜落地点とし、使用済燃料貯蔵建屋外壁の表面温度をコンクリート許容温度以下とすることにより、使用済燃料貯蔵建屋の基本的安全機能を損なわない設計とする。

また、火災の影響により使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度や空気の流れの状態が変化し、金属キャスクに影響を及ぼすことが考えられるため、火災による影響を考慮しても、金属キャスクの基本的安全機能を損なわない設計とする。

(5) 有毒ガス

リサイクル燃料備蓄センター周辺には、石油コンビナート（第1図参照）等の有毒物質を貯蔵する固定施設はなく、陸上輸送用の可動施設についても、幹線道路から使用済燃料貯蔵施設は離れている。また、金属キャスク貯蔵期間中は金属キャスク及び各設備の点検、保守及び巡視の実施時以外に使用済燃料貯蔵建屋に人員が常駐することはない。外部火災に伴う有毒ガスの流入時には使用済燃料貯蔵建屋内の人員は迅速に避難することから、有毒ガスに対する使用済燃料貯蔵建屋の居住性を考慮する必要はない。

(6) 船舶の衝突

リサイクル燃料備蓄センターの敷地は、標高約20m～約30mのなだらかな台地に位置し、造成高は標高16mである。また、敷地前面の海岸から約500mの位置にあり、十分な離隔が確保されてい

ることから、船舶の衝突を考慮する必要はない。

(7) 電磁的障害

使用済燃料貯蔵施設は、使用済燃料集合体を金属キャスクに収納した状態で静的に貯蔵する施設であり、電磁干渉や無線電波干渉によって基本的安全機能を損なうことはないため、電磁的障害を考慮する必要はない。

なお、上記「想定される自然現象」及び人為事象については、施設運用開始後に定期的な評価にて、必要な都度、確認する予定である。

4. 自然現象の組合せについて

4.1 想定される自然現象

使用済燃料貯蔵施設において設計上考慮すべき自然現象（地震及び津波を除く。）として2.にて選定した以下の8事象について、組合せの検討を実施する。

- ・ 風（台風）
- ・ 竜巻
- ・ 低温・凍結
- ・ 降水
- ・ 積雪
- ・ 落雷
- ・ 火山の影響（降下火砕物）
- ・ 森林火災

なお、3.1にて考察を行った自然現象のうち、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を損なうおそれがない事象（洪水、地滑り及び生物学的事象）については組合せの検討対象から除外した。

また、地震、津波及び降下火砕物を除く火山の影響に関する組合せについては、各々の項目について検討を行うこととする。

4.2 重畳を考慮すべき自然現象の組合せの基本的な考え方

重畳を考慮すべき自然現象の組合せを抽出する上では、基本的には以下の観点から検討を行うこととする。

(1) 使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能への影響の現れ方（影響モード）

- ・ 複数の自然現象の影響モードについて

影響モードが異なる場合、複数の自然現象を重畳させても影響は変わらないため、自然現象の重畳を考慮する必要はない。

- ・ 複数の自然現象の影響モードが同じ場合、影響の大きさ及び方向性について

一方の自然現象による影響が他方の自然現象による影響に比

べて小さく後者で代表できる場合，両者の組合せによる影響は代表事象による影響を大きく上回るものではなく，両者の自然現象の重畳を考慮する必要性は小さい。

また，一方の自然現象による影響が他方の自然現象による影響を相殺する方向に働く場合，両者の組合せによる影響は各々の自然現象が単独で発生した場合の影響を下回るため，両者の自然現象の重畳を考慮する必要はない。

(2) 自然現象が同時に発生する可能性

- ・ 自然現象の間の従属性について

互いに従属性が高い自然現象については，同時に発生する可能性が考えられるため，重畳を考慮する必要がある。

一方，同時に発生する可能性が合理的に考えられない自然現象については，重畳を考慮する必要はない（例えば，森林火災と積雪の組合せのような場合が該当する）。

- ・ 各々の自然現象の発生頻度，継続時間について

発生可能性が小さく継続時間も短い自然現象は，同時に影響を及ぼす可能性が非常に小さいと考えられるため，これらの自然現象の重畳を考慮する必要性は小さい（例えば，地震と竜巻の組合せのような場合が該当する）。

4.3 重畳を考慮すべき自然現象の組合せの抽出手順

使用済燃料貯蔵施設に要求される基本的安全機能の性質及び選定した個別自然現象の性質に鑑みて，4.2にて示した基本的な考え方に基づき，ここでは以下の手順により，使用済燃料貯蔵施設における重畳を考慮すべき自然現象の組合せを抽出する。

(a) 4.1にて挙げた各々の自然現象について，影響モードを整理する。

(b) (a)にて実施した影響モードの整理を元に，影響モードが同じ自然現象をグループ化する。

(c) (b)にてグループ化された自然現象の各々の組合せにつき，

基本的な考え方にて示した「影響の大きさ及び方向性」及び「自然現象が同時に発生する可能性」の両面から検討し、重畳を考慮すべき自然現象の組合せを抽出する。

4.4 影響モードの整理

4.3(a)に基づき、4.1にて挙げた自然現象の各々について影響モードを整理した。結果を第7表に示す。

第7表 事象に対する影響モード

事象	影響モード	備考
風（台風）	荷重（水平）	風圧力に伴う荷重による使用済燃料貯蔵建屋の損傷が想定される。
竜巻	荷重（水平）	風圧力に伴う荷重，飛来物の衝突荷重による使用済燃料貯蔵建屋の損傷が想定される。
低温・凍結	温度	貯蔵時の金属キャスク使用温度を下回る可能性がある。
降水	腐食	降水及び結露による腐食が想定される。
積雪	荷重（垂直） 閉塞	積雪荷重による使用済燃料貯蔵建屋の損傷が想定される。また，給排気口閉塞による除熱機能の阻害が想定される。
落雷	火災	使用済燃料貯蔵建屋への落雷による影響で火災が発生した場合，影響が金属キャスクに波及するおそれがある。
火山の影響	荷重（垂直） 閉塞	降下火砕物荷重による使用済燃料貯蔵建屋の損傷が想定される。また，給排気口閉塞による除熱機能の阻害が想定される。
森林火災	温度	除熱機能に影響を及ぼすおそれがある。

4.5 影響モードによる自然現象のグループ化

4.3(b)に基づき、影響モードの同じ自然現象を以下のようにグループ化した。

- ・使用済燃料貯蔵建屋荷重（水平方向）：風（台風）及び竜巻
- ・使用済燃料貯蔵建屋荷重（垂直方向）：積雪及び火山
- ・使用済燃料貯蔵建屋給排気口の閉塞：積雪及び火山
- ・使用済燃料貯蔵建屋及び金属キャスクの温度：低温・凍結，落雷及び森林火災

なお、降水による金属キャスクの本体表面の腐食は、組み合わせを考慮する荷重は発生しない。

4.6 重畳を考慮すべき自然現象の組合せの抽出

4.3(c)に基づき、4.5にてグループ化した自然現象の組合せにつき、「影響の大きさ及び方向性」及び「自然現象が同時に発生する可能性」の両面から検討し、重畳を考慮すべき自然現象の組合せを抽出する。

- ・使用済燃料貯蔵建屋荷重（水平方向）：風（台風）及び竜巻

使用済燃料貯蔵建屋への荷重の面では、風（台風）による影響は竜巻による影響に比べて小さく、両者の組合せは竜巻による影響に包含されるため、重畳を考慮する必要はない。

- ・使用済燃料貯蔵建屋荷重（垂直方向）：積雪及び火山

使用済燃料貯蔵建屋への荷重の面では、影響が重畳する可能性がある。

- ・使用済燃料貯蔵建屋の給排気口の閉塞：積雪及び火山

使用済燃料貯蔵建屋の給排気口の閉塞の面では、影響が重畳する可能性がある。しかしながら、給気口フード下端の位置は地上高さ約6m、排気口の位置は地上高さ約23mであり十分に高く、降下火砕物（最大30cm）と積雪（最大170cm）が重畳しても、給気口及び排気口が堆積物によって閉塞することはない。また、給気口

にはフードを、排気口には遮風板が設置されているため、積雪や降下火砕物で閉塞するおそれはない。

- ・使用済燃料貯蔵建屋及び金属キャスクの温度：低温・凍結，落雷及び森林火災

使用済燃料貯蔵建屋及び金属キャスクの温度に与える影響の面では，低温・凍結は温度を低下させる方向に，一方落雷による火災及び森林火災は温度を上昇させる方向に働くため，両者が同時に発生した場合，一方の自然現象による影響が他方の自然現象による影響を相殺する方向に働き，各々の自然現象が単独で発生した場合の影響を下回るため，両者の重畳を考慮する必要はない。

以上の結果，第8表のように整理され，

- ・積雪，風（台風）及び降下火砕物の使用済燃料貯蔵建屋への影響を選定した。

第8表 自然現象の組合せ

	風 (台風)	竜巻	低温 ・凍結	降水	積雪	落雷	火山の 影響	森林 火災	備考
荷重 (水平)	□	□		—					風(台風)の影響は竜巻に包含される。
荷重 (垂直)	○ ※1			—	○		○		
閉塞				—	△		△		給排気口の高さは，十分な余裕がある。また給排気口には対策済み。
温度			×	—		×		×	

△：評価・対策済みの組合せ

□：影響が片方の事象に包含される組合せ

×：影響が逆の組合せ

○：重畳の評価が必要な組合せ

－：組み合わせを考慮する荷重が発生しない事象

※1 風(台風)は水平方向の荷重に分類されるが、積雪及び降下火砕物が堆積した状態での風(台風)影響を考慮し、設計上荷重の重畳を考慮

※2 雷撃の影響による火災を想定

4.7 積雪、風(台風)及び降下火砕物の使用済燃料貯蔵建屋への影響

使用済燃料貯蔵建屋は、最寄りの気象官署の観測記録(2012年まで)の積雪の深さの月最大値での荷重を考慮して設計し、降下火砕物と積雪の堆積が重畳した場合においても、構造健全性が維持される。また、降下火砕物と積雪の堆積が重畳した場合の風(台風)荷重の影響を考慮しても、構造健全性が維持される。

なお、可能性は低いものの、積雪状態で降下火砕物が堆積して構造設計で考慮した荷重を上回ることはないように、必要な資機材を確保するとともに、体制及び手順を整備し、降下火砕物の降灰時の点検及び除灰の対応を適切に実施する方針とする。

以 上



(Googleマップをもとに作成)

第 1 図 青森県石油コンビナート等特別防災区域



(Googleマップをもとに作成)

第 2 図 最寄りのダム・軍事基地

【参考】 使用済燃料貯蔵建屋なしの場合の外部事象による
金属キャスクの基本的安全機能への影響

No.	外部事象	影響	評価
1	風(台風)	風圧による転倒	風(台風)で考慮している最大風速(46.5m/s)は、「2. 竜巻」で考慮している最大風速(100m/s)より小さいことから、「2. 竜巻」の「風圧による転倒」の評価に包含される。
		飛来物の衝突	風(台風)による飛来物の衝突については、「2. 竜巻」の「飛来物の衝突」の評価に包含される。
		塩害腐食	リサイクル燃料備蓄センターの敷地前面の海岸からの離隔は約 500mであることから、海風による塩害の可能性は否定できないが、金属キャスクのフランジ面の保護・防錆及び異物混入防止を目的とした二次蓋上部への自主的対策を施す。また、蓋間圧力を常時監視することにより閉じ込め機能を確認することから、基本的安全機能を損なうおそれはない。
2	竜巻	風圧による転倒	<p>貯蔵中の金属キャスクは貯蔵架台に固定されており、最大風速 100m/s の竜巻により水平方向に作用する力(約 76kN※¹)は基準地震動の水平方向地震力(約 2,200kN※²)よりも小さいことから、竜巻の風圧により転倒することはない。</p> <p>※1 風荷重 [N] = $1/2 \times \rho \times V^2 \times A \times C_d$ ρ: 空気密度 1.2kg/m³, V: 風速 100m/s, A: 投影断面積 18m²(直径 3m×高さ 6m で概算), C_d: 抗力係数 0.70(ℓ/d(長さ/直径) = 0.68 に裕度をもって 0.7)</p> <p>※2 既存水平地震力 [N] = $(m_c + m_s) \times G \times CH$ m_c: 金属キャスク質量 118,300kg, m_s: 貯蔵架台質量 15,000kg, G: 重力加速度 9.8m/s², CH: 水平方向設計震度(水平 2 方向考慮) 1.67</p>

No.	外部事象	影響	評価
	竜巻 (続き)	飛来物の衝突	<p>設計飛来物として最も大きい運動エネルギーを持つワゴン車 ($2.8 \times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^{*1}$) の運動エネルギーは、「津波による建屋損傷時の落下物影響評価」で想定している天井クレーン落下時の運動エネルギー ($6.7 \times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^{*2}$) よりも小さいため、「津波による建屋損傷時の落下物影響評価」に包含される。</p> <p>なお、竜巻飛来物の発生を防止するため、資機材及び車両に対し、想定される飛散挙動を考慮して、大型の資機材について固縛又は固定の措置を実施し、設計飛来物であるワゴン車を超える大きさの車両について固縛や車両退避の措置を実施する。</p> <p>※1 運動エネルギー $[\text{N} \cdot \text{m}] = 1/2 \times m \times V^2$ m: 質量 1,970kg, V: 最大水平速度 53m/s</p> <p>※2 落下エネルギー $[\text{N} \cdot \text{m}] = m \times G \times H$ m: 天井クレーン質量 128,000kg, G: 重力加速度 9.8m/s^2, H: 落下高さ 5.3m</p>
3	降水	浸水	敷地付近で観測された降水量を考慮し、排水路を設けて雨水が敷地内に滞留しないようにすることから、金属キャスクが浸水するおそれはない。
		腐食	金属キャスクの本体表面には、防錆のために塗装を施し、また、二次蓋上部への自主的対策を施すことにより腐食の発生を防止する。万一、金属キャスク表面に錆が発生しても、その進展は緩慢であるため、巡視や定期的に行う外観検査により、錆染みや塗装面の割れを確認し、基本的安全機能が損なわれる前に補修塗装による処置を施すことが可能である。

No.	外部事象	影響	評価
4	低温・凍結	低温脆性	<p>金属キャスクの発熱を考慮すると凍結は想定されない。また、敷地付近で観測された最低気温（-22.4℃）においても、構成部材にき裂及び破損が生じることのない材料選定を含めた金属キャスク設計を行うことから、低温により基本的安全機能を損なうおそれはない。</p> <p>なお、その他の設備では、空気圧縮機の冷却水系統で凍結が想定されるが、設備を使用しない場合は系統の水抜きを行うこと及び冬季に設備を使用する場合は凍結防止の措置を講じた上で使用する。</p>
5	積雪	積雪荷重	<p>金属キャスクは輸送容器としての強化浸漬試験（200m相当の水頭圧）に対して耐えられるように設計されており、敷地付近で観測された最深積雪を踏まえて設定した170cmの積雪荷重を考慮しても、金属キャスクの構造健全性を損なうおそれはない。</p>
		腐食	<p>金属キャスクの本体表面には防錆のために塗装を施し、また、二次蓋上部への自主的対策を施すことにより腐食の発生を防止している。万一、金属キャスク表面に錆が発生しても、その進展は緩慢であるため、巡視や定期的に行う外観検査により、錆染みや塗装面の割れを確認し、基本的安全機能が損なわれる前に補修塗装による処置を施すことが可能である。</p>
6	直射日光	入熱による金属キャスク部材の温度上昇	<p>輸送の一般の試験条件における太陽熱放射有無によるキャスク構成部材の温度評価ではその差は約15℃であり、この程度の温度上昇ではキャスク構成部材の健全性を損なう温度には達しないため、キャスクの基本的安全機能を損なうおそれはない。</p>
7	落雷	雷撃	<p>使用済燃料貯蔵施設に避雷設備を設けることで、金属キャスクの基本的安全機能を損なうおそれはない。</p>

No.	外部事象	影響	評価
8	火山の影響	堆積荷重	<p>金属キャスクは輸送容器としての強化浸漬試験（水深 200m 相当の荷重 約 1,000 トン^{※1}）に対して耐えられるように設計されており，文献調査，地質調査及び降下火砕物シミュレーションの結果を踏まえて設定した層厚 30cm の降下火砕物の堆積荷重（約 2.2 トン^{※2}）を考慮しても，金属キャスクの構造健全性を損なうおそれはない。</p> <p>※1 水圧荷重[kg] = $\pi \times d^2 / 4 \times$ 水深 200m 荷重 d:キャスク外径 250cm, 水深 200m 荷重:21kg/cm²</p> <p>※2 降下火砕物の堆積荷重[g]= $\pi \times d^2 / 4 \times \rho \times h$ d:キャスク外形 250cm, ρ:降下火砕物密度（湿潤状態）1.5g/cm³, h:降下火砕物堆積層厚（設計基準値）30cm</p>
		埋没による除熱不良	<p>想定している降下火砕物の層厚 30cm よりも金属キャスクの貯蔵架台高さの方が高く，貯蔵架台上にも降下火砕物が堆積するとしても幅は 40cm 程度以下であり，厚さも金属キャスクの全長約 5.4m に対して 30cm といずれも小さく，降下火砕物への伝熱も期待できることや，必要に応じて除灰を行うことにより，基本的安全機能を損なうおそれはない。</p>
		腐食	<p>金属キャスクの本体表面には防錆のために塗装を施し，また，自主的に対策を施すとともに，降灰時には除灰を行うことにより腐食の発生を防止する。万一，金属キャスク表面に腐食が発生しても，その進展は緩慢であるため，巡視や定期的に行う外観検査により，錆染みや塗装面の割れを確認し，基本的安全機能が損なわれる前に補修塗装による処置を施すことが可能である。</p>

No.	外部事象	影響	評価									
9	洪水	水没	敷地の地形及び表流水の状況から判断して、敷地が洪水による被害を受けることは考えられないことから、洪水に対する特別な考慮は不要である。									
10	地すべり	土砂による転倒	敷地付近で過去における地すべりによる被害の記録はない。また、敷地付近の地形及び地質の状況から判断して、地すべりに対する特別な考慮は不要である。									
		埋没による除熱不良										
11	地震	地震力による転倒	<p>金属キャスクは基準地震動により転倒しない設計としており、基準地震動時の発生荷重と許容値の比率は0.83^{*1}であり17%程度の余裕がある。使用済燃料貯蔵建屋なしの場合として風荷重と積雪荷重又は降下火砕物の堆積荷重の重畳を考慮しても、増加する荷重は約6%程度^{*2}であり17%程度の余裕と比較して小さいため、金属キャスクの健全性は保たれ転倒することはない。</p> <p>※1 基準地震動時の発生荷重と許容値の比率 $= (7.607 / 8.944)^2 + (2.184 / 6.923)^2 = 0.83,$ 裕度約17%</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>基準地震動時の発生荷重</th> <th>許容値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張荷重 [N]</td> <td>7.607×10^5</td> <td>8.944×10^5</td> </tr> <tr> <td>せん断荷重 [N]</td> <td>2.184×10^5</td> <td>6.923×10^5</td> </tr> </tbody> </table> <p>(厳しくなるコンクリートでのボルト1本あたり)</p> <p>※2 増加する荷重 = 3.5% + 2% → 約6% 風荷重: 約76kN, 地震時の荷重2200kN → 約3.5% 積雪荷重: 約2,500kg, 金属キャスク+貯蔵架台の合算重量 約133,300kg → 約2%</p>		基準地震動時の発生荷重	許容値	引張荷重 [N]	7.607×10^5	8.944×10^5	せん断荷重 [N]	2.184×10^5	6.923×10^5
	基準地震動時の発生荷重	許容値										
引張荷重 [N]	7.607×10^5	8.944×10^5										
せん断荷重 [N]	2.184×10^5	6.923×10^5										

No.	外部事象	影響	評価
12	地盤の安定性	地盤の安定性が損なわれることによる転倒	使用済燃料貯蔵建屋が設置されている場合でも十分に支持できる地盤に施設を設けているため、使用済燃料貯蔵建屋がない場合でも地盤の安定性が損なわれるおそれはない。
13	津波	波圧による転倒	<p>貯蔵中の金属キャスクは貯蔵架台に固定されており、仮想的な大規模津波で想定される水流により水平方向に作用する力(流速 10m/s で約 780kN[*])は基準地震動の水平方向地震力(約 2,200kN)よりも小さいことから、津波の波圧により転倒することはない。</p> <p>※ 抗力 [N] = $1/2 \times C_d \times A_c \times \rho \times V^2$ (金属キャスク) + $1/2 \times C_d \times A_c \times \rho \times V^2$ (貯蔵架台)</p> <p>C_d: 抗力係数(金属キャスク(円柱) 1.0, 貯蔵架台(平板) 1.4), A_c: 鉛直方向断面積(金属キャスク 13.2m², 貯蔵架台 1.3m²), ρ: 水密度 1,030kg/m³, V: 流速 10m/s</p>
		漂流物の衝突	<p>漂流物として最も大きい運動エネルギーを持つトレーラトラックの運動エネルギー(1.8×10³kN・m^{**1})は、「津波による建屋損傷時の落下物影響評価」で想定している天井クレーン落下時の運動エネルギー(6.7×10³kN・m^{**2})よりも小さいため、「津波による建屋損傷時の落下物影響評価」に包含される。なお、大型の船舶については敷地前面海域では十分に離れた沖合を航行していることから、考慮すべき漂流物とはならない。</p> <p>※1 運動エネルギー [N・m] = $1/2 \times m \times V^2$ m: 質量 3.6×10⁴kg, V: 漂流速度 10m/s</p> <p>※2 落下エネルギー [N・m] = $m \times G \times H$ m: 天井クレーン質量 128,000kg, G: 重力加速度 9.8m/s², H: 落下高さ 5.3m</p>

No.	外部事象	影響	評価
	津波 (続き)	浸水	二次蓋と一次蓋の蓋間は正圧としており、貯蔵中に蓋間圧力の低下がみられた場合にはHeガスを再充填し、0.27MPaを下回らないように管理している。仮想的大規模津波で想定する7m程度の浸水があったとしても蓋間圧力を上回ることはないため、金属キャスクの内部に水が浸入することはない基本的安全機能を損なうおそれはない。
		土砂埋没による除熱不良	水分を含んだ土砂が金属キャスクの熱を奪うため、短期的に除熱不良となることはなく、また、土砂の撤去を行うため、基本的安全機能を損なうおそれはない。
14	生物学的 事象	つる植物等の繁殖による除熱不良	つる植物等の繁殖は事象の進展が緩慢であり、定期的な巡視を行うことにより、基本的安全機能が損なわれる前に除草の対処が可能である。
		小動物による信号ケーブル及び電源ケーブルの切断	金属キャスクは静的に貯蔵する設備であり、小動物により信号ケーブル及び電源ケーブルの損傷が生じたとしても基本的安全機能を損なうおそれはない。
15	森林火災	輻射熱による金属キャスク部材の温度上昇	障壁の設置や離隔距離の拡大といった対策を行うことにより、金属キャスクの基本的安全機能を損なうおそれはない。

No.	外部事象	影響	評価
16	近隣工場等の火災	輻射熱による金属キャスク部材の温度上昇	使用済燃料貯蔵建屋外壁温度評価では、近隣の産業施設の火災による輻射よりも森林火災による輻射の方が使用済燃料貯蔵建屋外壁温度が高くなる結果が得られており、使用済燃料貯蔵建屋なしの場合の金属キャスクの温度上昇も同じ輻射による温度上昇であることから、近隣の産業施設の火災よりも森林火災による金属キャスクの温度上昇は高くなるため、「15. 森林火災」の評価に包含される。
17	船舶の衝突	船舶の衝突	リサイクル燃料備蓄センターの敷地は、標高約 20m～約 30mのなだらかな台地に位置し、造成高は標高 16mであり、かつ、敷地前面の海岸から約 500mの位置にあり、十分な離隔が確保されていることから、船舶の衝突を考慮する必要はない。
18	爆発	爆風による転倒	リサイクル燃料備蓄センターから最も近い石油コンビナートは 40km 以上離れており、爆発を考慮する必要はない。 また、リサイクル燃料備蓄センター周辺の高圧ガス類貯蔵施設の爆発については、貯蔵される高圧ガスの種類及び貯蔵量から算出した危険限界距離（人体に対して影響を与えない爆風圧となる距離）90m に対し、金属キャスクから高圧ガス類貯蔵施設までの離隔距離が 3,000m のため、金属キャスクの基本的安全機能を損なうおそれはない。

No.	外部事象	影響	評価
19	飛来物 (航空機 落下等)	飛来物の 衝突	飛来物の発生の原因となり得る工場はリサイクル燃料 備蓄センター周辺にないことから、工場からの飛来物を 考慮する必要はない。 航空機落下については、これまでの事故実績をもとにし た民間航空機、自衛隊機及び米軍機が使用済燃料 貯蔵施設へ落下する確率は約 5.1×10^{-8} 回/施設・年 であり、防護設計の要否判断基準の 10^{-7} 回/施設・年 を下回っており、航空機落下を考慮する必要はない。
20	ダムの崩 壊	水流により 転倒 ----- 漂流物の 衝突	リサイクル燃料備蓄センター周辺には、ダムの崩壊によ り影響を及ぼすような河川はないことから、ダムの崩壊を 考慮する必要はない。
21	有毒ガス	監視不能	外部火災により有毒ガスが発生しても、使用済燃料貯 蔵建屋がない場合は金属キャスク周辺に有毒ガスが滞 留する可能性は低いことから、基本的安全機能を損な うことはない。なお、有毒ガス発生により監視員が退避し たとしても、金属キャスクは静的に貯蔵されることから基 本的な安全機能を損なうおそれはない。
22	電磁的障 害	監視不能	金属キャスクは、動力を用いないで自然換気により除熱 を行い静的に貯蔵する設備であることから、電磁干渉や 無線電波干渉によって基本的な安全機能を損なうおそれ はない。

注) 建屋ありの外部事象影響評価を行った際と同様に、種々の資料を参考にして網羅的に抽出した事象の中から、リサイクル燃料備蓄センター周辺では起こりえない事象を除いて、考慮すべき事象を選定した。なお、考慮不要とした事象でも、「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(第11条)に例示されている事象(表示) についての評価も行った。

は、建屋有無で評価内容が変わらない事象