

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会委員コメント回答  
(使用済燃料乾式貯蔵施設関係)

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は県回答		日付	コメント委員
1	乾式キャスクによる貯蔵について、他の電力会社で検討がどのように進んでいるのか。もし進んでいる、もしくは進む予定であるのであれば、共通の問題点というのが既に共有されているのか。	四電	福島第一原子力発電所（東京電力）、東海第二発電所（日本原電）については既に乾式貯蔵施設があり運用されている。そのほか、設置許可の審査中であり敷地外に設置予定の東京電力と日本原電のむつ中間貯蔵施設（青森県むつ市）や、敷地内に設置予定の浜岡原子力発電所（中部電力）及び玄海原子力発電所（九州電力）がある。（別添 1 「使用済燃料貯蔵施設の国内事例」参照） また、これら審査中の施設の主とした課題は、地震・津波等の関係となっている。	H30 6/15	森委員
2	乾式貯蔵施設について、日本全体での計画や設置等の状況がまとめられた資料を用意してほしい。			H30 6/15	吉川元委員
3	先行事例で、安全性がどういふふうに進んでいて、どう実証されているかを整理してほしい。そういう中で何が特に問題になったのか教えてほしい。			H30 6/15	森委員
4	外国では乾式キャスクを屋外で保管しているが、外国と日本の設計基準を比較して示してほしい。	県	ドイツでは貯蔵建屋の設置を前提としているが、米国及び日本の新しい基準案では、貯蔵建屋の設置は前提としていない。（別添 2 「日本と海外（米国及びドイツ）の使用済燃料貯蔵施設の基準の比較」参照）	H30 6/15	吉川元委員

5	乾式キャスクに対し行われている各試験と設置許可基準規則に対する設計方針との関連を説明してほしい。例えば、耐火試験として「800℃で30分」との試験があるが、それは航空機が落下して火災となった場合に対応するのかなど説明してほしい。	県	<p>兼用キャスクに実施される「800℃で30分」の耐火試験等の特別の条件での試験は、輸送時の事故<sup>※1</sup>を想定し輸送に係る技術基準<sup>※2</sup>に基づき実施されるものであり、貯蔵について規定している設置許可基準規則と対応しているものではないとのこと。</p> <p>※1 この場合、放射性物質を輸送する車両が坂道の底にある十字路で液体燃料を運ぶタンクローリーに衝突し、火災発生するケースを想定。</p> <p>※2 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則第2条～15条 (別添3「輸送キャスクの特別の試験条件の概要と判断基準を規定している規則等」(原子力規制庁資料)参照)</p>	H30 6/15	中村委員
6	輸送容器の安全性確認として落下試験を行っているが、試験条件及び求められる結果について説明すること。 また、落下により内封している燃料の破損が想定される場合の対応を説明すること。	県	<p>輸送キャスクの特別の試験条件における落下試験では、キャスクに緩衝体を付けた状態で、9mの高さから落下させること等を行っている。</p> <p>また、求められる結果は、次の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・表面から1メートル離れた位置における最大線量当量率が10ミリシーベルト毎時を超えないこと。</li> <li>・放射性物質の一週間当たりの漏えい量が原子力規制委員会の定める量を超えないこと。</li> </ul> <p>(別添3「輸送キャスクの特別の試験条件の概要と判断基準を規定している規則等」(原子力規制庁資料)参照)</p>	H30 6/15	中村委員
		四電	<p>※ 左記質問のうち、落下により内封している燃料の破損が想定される場合の対応については、今後説明予定。</p>		

# 使用済燃料乾式貯蔵施設の国内事例

別添 1

	東京電力(株) 福島第一原子力発電所 (震災前)	日本原子力発電(株) 東海第二発電所	リサイクル燃料貯蔵(株) リサイクル燃料備蓄 センター	中部電力(株) 浜岡原子力発電所	九州電力(株) 玄海原子力発電所
貯蔵容量	20基 (約150tU)	24基 (約250tU)	288基 (約3000tU)	32基 (約400tU)	40基 (約440tU※2)
建屋規模	全長:71m 幅:30m 高さ:22m	全長:54m 幅:26m 高さ:21m	全長:約131m 幅:約62m 高さ:約28m	全長:約54m 幅:約51m 地上高さ:約13m	全長:約60m 幅:約50m 高さ:約30m
冷却方式	自然冷却 (空冷)	自然冷却 (空冷)	自然冷却 (空冷)	自然冷却 (空冷)	自然冷却 (空冷)
貯蔵方式	横置き	縦置き	縦置き	縦置き	縦置き
用途	貯蔵専用		輸送貯蔵兼用		
貯蔵量	9基※1	15基	—	—	—
運用開始	平成7年度	平成13年度	(現在、審査中)	(現在、審査中)	(現在、審査中)

※1:現在は、乾式キャスク仮保管設備で保管中。  
乾式キャスク仮保管設備(設備容量:50基)には、震災前の9基を含めた37基を保管している。

※2:推定値を記載。



福島第一原子力発電所の  
貯蔵状況(震災前)



東海第二発電所の  
貯蔵状況



## 日本と海外（米国及びドイツ）の使用済燃料貯蔵施設の基準の比較（愛媛県作成）（1 / 2）

	日本※ <sup>1</sup>	米国※ <sup>2</sup>	ドイツ※ <sup>2</sup>
貯蔵建屋	・ 貯蔵建屋の設置は前提としない	・ 貯蔵建屋の要求なし (キャスクは屋外に貯蔵)	・ 貯蔵建屋内貯蔵を前提とする。 (キャスクは貯蔵建屋内に貯蔵)
臨界防止機能	・ 使用済燃料が臨界に達するおそれがないこと。 ・ 兼用キャスクの臨界防止機能をバスケットで担保している場合であって、設計上、建屋の壁の崩壊、床等に固定せずに設置する兼用キャスクの転倒・転動等（以下「転倒・転倒等」という。）を想定する場合は、臨界防止機能を維持するため、これらによる衝撃力に対し、バスケットが臨界防止上有意な変形を起こさないこと。	・ キャスクは使用済燃料が想定条件の下で未臨界の状態を維持できるよう設計・製造されていること。 ・ 全てのバイアス及び 95%の信頼度の不確定要素を含む中性子実効増倍率 (keff) が全ての起こり得る通常、異常及び事故レベル状態の下で 0.95 を超えてはならない。	・ 運転中に予想される最も不利な条件に対して計算された中性子実効増倍率 (keff) は、計算の不確かさと製造公差を結果に反映しても 0.95 の制限値を超えてはならない。
遮蔽機能 (敷地境界)	・ 通常貯蔵時の直接線及びスカイシャイン線について、ALARA の考え方の下、原子力発電所敷地内での他の施設と合算し、敷地境界において中性子を含め実効線量で 50 $\mu$ Sv/y 以下とすること。	・ 管理区域の外にいる個人が被ばくする年間線量当量は、全身 0.25mSv、甲状腺 0.75 mSv、ほかの器官 0.25mSv を超えないこと。	・ 1 年内の実効線量の制限値は公衆 1 人当たり 1mSv/y とする。
除熱機能	・ 使用済燃料の崩壊熱を適切に除去することができること。 ・ 設計上、転倒・転動等を想定する場合は、兼用キャスクが落下物等に埋没する状況においても、兼用キャスクの各部の温度が、制限される範囲に収まること。	・ キャスクは動的な冷却装置なしで十分除熱できるよう設計されていること ・ 燃料被覆管温度の上限は通常の貯蔵状況と短期間運転において 400 °C、異常時や事故時において 570°C を超えてはならない。	・ 崩壊熱は自然通風により受動的に放出しなければならない。 ・ 燃料棒の温度は、燃料被覆管に破損が生じないよう、十分に低く維持する必要がある。
閉じ込め機能 (密封機能)	・ 兼用キャスクが内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができること。 ・ 設計上、転倒・転動等を想定する場合は、兼用キャスクの閉じ込め機能を維持するため、これらによる衝撃力に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内にあり、かつ敷地境界における実効線量は発生事象当たり 1 mSv 以下であること。	・ キャスクは多重の密封境界を有するよう設計されていること。 ・ モニタリングは乾式キャスクの設計要件と整合していれば、定期的で十分である。	・ 燃料は二重蓋密閉システム又は溶接された蓋のあるキャスクで密閉し、常時監視すること。

日本と海外（米国及びドイツ）の使用済燃料貯蔵施設の基準の比較（愛媛県作成）（1／2）

	日本※ <sup>1</sup>	米国※ <sup>2</sup>	ドイツ※ <sup>2</sup>
耐震設計に用いる地震力	以下のいずれかの評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基準地震動 Ss による地震力</li> <li>・ 告示で定める地震力（水平加速度 2300gal 及び鉛直 1600gal 又は速度水平 200 cm/s 及び鉛直 140 cm/s）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ロッキー山脈から東（地震活動が観察されている地域を除く）においては、地質調査等の結果、敷地の地震動が 0.2G を超える可能性が認められなかった敷地は、設置場所として許容され、0.25G の設計基準地震動を適用できる。</li> <li>・ ロッキー山脈から西及び潜在的な地震活動が観察されている東の地域においては、設計基準地震動を評価するために十分な地質学的、地震学的調査を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ KTA 安全基準 2201 の条項に規定される地震荷重に耐えるように設計しなければならない。</li> </ul>

※1 「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド(案)」（平成 30 年 12 月 5 日原子力規制委員会資料）をもとに作成。

※2 「原子力発電所敷地内輸送・貯蔵兼用キャスク貯蔵の基準の見直しについて」（平成 29 年 4 月 26 日原子力規制委員会 使用済燃料輸送・貯蔵兼用キャスク貯蔵に関する検討チーム資料）をもとに作成。

## 乾式貯蔵施設の海外事例(1/3)



貯蔵建屋有り・固縛なし方式  
独国・リンゲン発電所

施設規模	100m × 27m幅 × 20m高(受入エリア:500m <sup>2</sup> 、貯蔵エリア:2000m <sup>2</sup> ) 強化コンクリート構造(天井厚:1.3m、側壁厚:1.2m)
貯蔵容量	金属キャスク130基(5列 × 26行)
冷却方式	空冷・自然対流(但し、結露対策で強制換気装置有り)
操業開始	2002年12月10日

## 乾式貯蔵施設の海外事例(2/3)



**遮蔽壁方式  
リトアニア・イグナリナ発電所**

項目		仕様等
貯蔵システム		乾式・金属キャスク方式
キャスク型式		CASTOR RBMK-1500、 CONSTOR RBMK-1500
貯蔵場所		屋外
遮蔽壁	材質	鉄筋コンクリート
	厚さ	0.6m
	高さ	5m
貯蔵容量		120基
貯蔵実績		CASTOR 20基、 CONSTOR 100基 RBMK燃料集合体を長手方向に2分割し 収納
冷却方式		空冷・自然対流
操業開始		1999年

※金属キャスク頂部にコンクリート製のキャップを設置。このキャップがガンマ線及び中性子線の線量を低減

出典：平成22年度中間貯蔵施設に係る最新動向調査に関する報告書 平成23年8月 独立行政法人原子力安全基盤機構、  
RBMK-1500 Spent Nuclear Fuel Storage Experience at Ignalina NPP (Artūras Šmaižys LITHUANIAN ENERGY INSTITUTE Technical Meeting on Spent Fuel  
Storage Options, 2-4 July 2013, Vienna, Austria)



## 乾式貯蔵施設の海外事例(3/3)



金属キャスク・野外設置方式  
米国・ノースアンナ発電所(固縛なし)

出典：米国、ノースアンナ原子力発電所HP<https://www.dom.com/library/domcom/pdfs/electric-generation/nuclear/north-anna-earthquake-naps-eq-pres-nrc.pdf>

貯蔵システム	乾式・金属キャスク方式
キャスク型式	TN-32
貯蔵容量（現状／計画）	22基／84基
操業開始	1998年

出典：中間貯蔵施設の安全解析コード等調査に関する報告書 平成18年5月 独立行政法人原子力安全基盤機構



# 輸送キャスクの特別の試験条件の概要と判断基準を規定している規則等

# 輸送キャスクの特別の試験条件の概要(1/2)

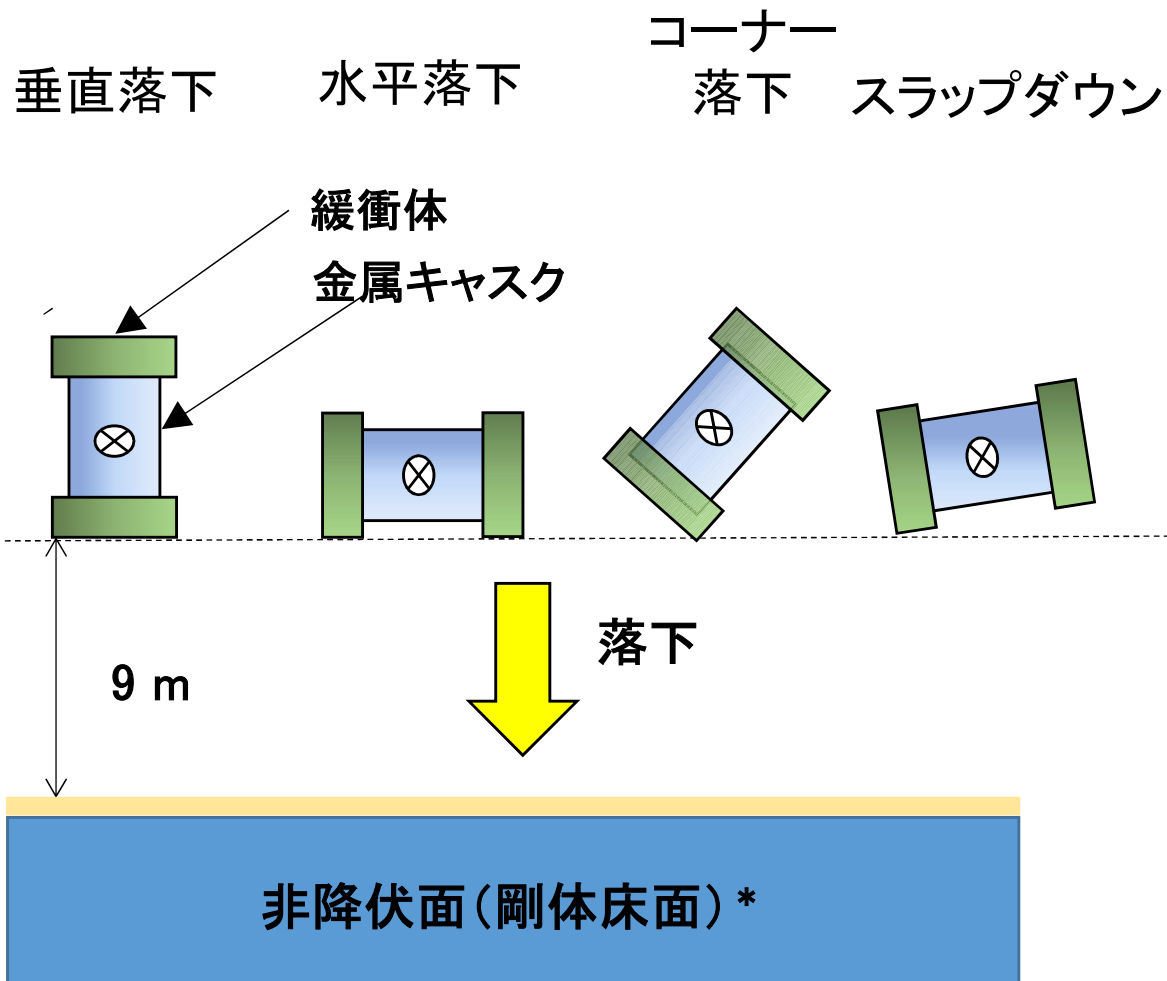
試験名	試験条件	試験のポイント	設定根拠
落下試験Ⅰ	9mの高さから落下	落下姿勢: 水平・垂直・コーナ・スラップダウン(次ページ参照) 緩衝体: 有 コンクリートブロック上の厚さ4 cmの鋼板に落下 2次衝突考慮	約50km/hの速度で輸送物が剛体に直接衝突したときの衝撃に相当するもの。
落下試験Ⅱ	垂直に固定した直径が15cmであり、長さが20cmの軟鋼丸棒であって、その上面が滑らかな水平面であるものに1mの高さから落下	落下姿勢: 水平・垂直(次ページ参照) 緩衝体: 有	落下時に突起物や係留設備に衝突した場合の輸送物の健全性を調べるためのもの。
耐火試験	1. 38°Cの環境に表面温度が一定になるまで置いた後、800°Cで、かつ、平均値が最小で0.9の放射率を有する火炎の放射熱の条件下に30分間置くこと。 2. 人為的に冷却してはならない。	姿勢: 水平 緩衝体: 有 落下試験に引き続き実施	放射性物質を輸送する車両が坂道の底にある十字路で液体燃料を運ぶタンクローリーに衝突し、火災を発生するケースを想定。
浸漬試験	(核分裂性輸送物) 深さ0.9mの水中に8時間浸漬	姿勢: — 緩衝体: — 耐火試験に引き続き実施	核燃料輸送物が海、湖、河川に落ちたときに、内部の放射性物質の漏洩を評価。
浸漬試験	(BM型輸送物) 深さ15mの水中に8時間浸漬		

A2値の10万倍を超える放射能を有する核燃料物質等を収納した核燃料輸送物に対しての浸漬試験: 深さ200mの水中に1時間浸漬。

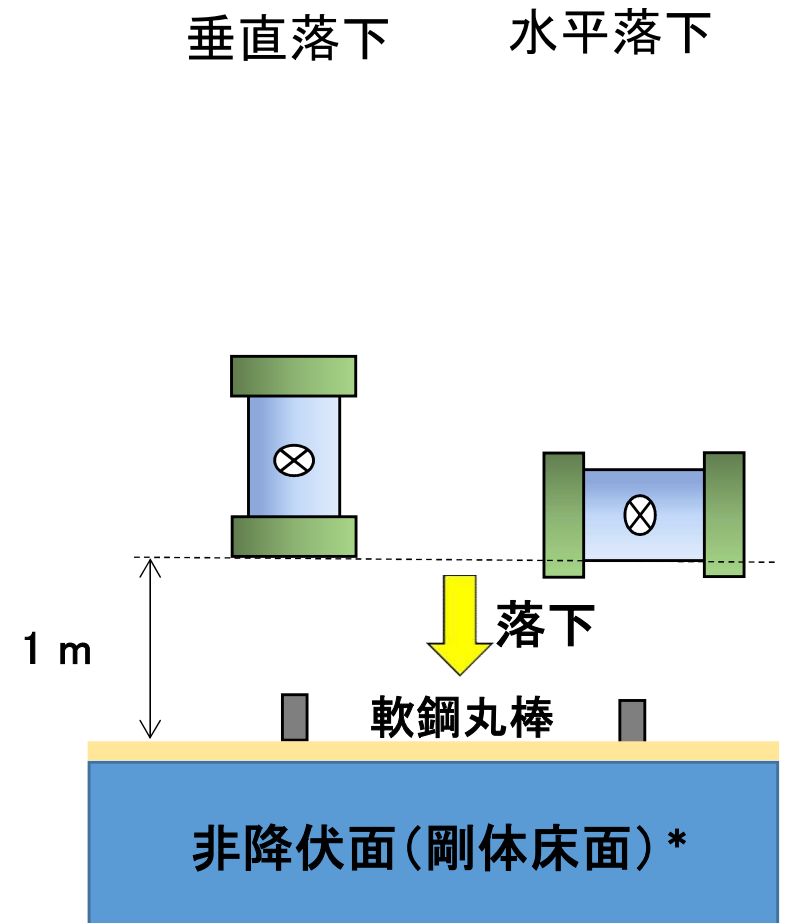
# 輸送キャスクの特別の試験条件の概要(2/2)

## 落下試験 I 及び II の落下姿勢

### 落下試験 I



### 落下試験 II



\* 例えば、岩盤に据え付けたコンクリートブロックに4cm厚の鋼板を置いたもの

# 特別の試験条件と判断基準を規定している規則等(1/3)

## 1. 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則 (昭和五十三年十二月二十八日総理府令第五十七号)

(BM型輸送物に係る技術上の基準)

**第六条** BM型輸送物に係る技術上の基準は、次の各号に掲げるものとする。

三 原子力規制委員会の定めるBM型輸送物に係る特別の試験条件の下に置くこととした場合に、次に掲げる要件に適合すること。

イ 表面から一メートル離れた位置における最大線量当量率が十ミリシーベルト毎時を超えないこと。

ロ 放射性物質の一週間当たりの漏えい量が原子力規制委員会の定める量を超えないこと。

## 2. 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示(平成二年科学技術庁告示第五号)

(BM型輸送物に係る特別の試験条件)

**第十六条** 規則第六条第三号の原子力規制委員会の定めるBM型輸送物に係る特別の試験条件は、別記第五に掲げる条件とする。

(BM型輸送物に係る特別の試験条件の下における漏えい量)

**第十七条** 規則第六条第三号ロの原子力規制委員会の定める量は、 $A_2$ 値とする。ただし、クリプトン八五にあっては、 $A_2$ 値の十倍とする。

# 特別の試験条件と判断基準を規定している規則等(2/3)

## 別記第五(第十六条関係) BM型輸送物に係る特別の試験条件

- 一 第二号の条件の下で核燃料輸送物が最大の破損を受けるような順序で次のイ及びロの条件の下に順次置くこと。
    - イ 九メートルの高さから落下させること。ただし、その重量が五百キログラム以下、比重が一以下、かつ、収納する核燃料物質等が特別形核燃料物質等以外のものであって、当該核燃料物質等の放射能の量が $A_2$ 値の千倍を超えるものにあつては、これに代えて、重量が五百キログラム、縦及び横の長さが一メートルの軟鋼板を九メートルの高さから当該核燃料輸送物が最大の破損を受けるように水平に落下させること。
    - ロ 垂直に固定した直径が十五センチメートルであり、長さが二十センチメートルの軟鋼丸棒であつて、その上面が滑らかな水平面であるものに一メートルの高さから落下させること。
  - 二 次の条件の下に順次置くこと。
    - イ 摂氏三十八度の環境に表面温度が一定になるまで置いた後、摂氏八百度の環境に三十分間置くこと。この場合において、別記第四第一号に定める輻射熱を負荷しつつ、設計上最大となる内部発熱率があるという条件とすること。
    - ロ 摂氏三十八度の環境で別記第四第一号に定める輻射熱を負荷しつつ、設計上最大となる内部発熱率があるという条件の下で冷却すること。ただし、人為的に冷却してはならない。
  - 三 深さ十五メートルの水中に八時間浸漬させること。
- 備考 第一号及び第二号の条件の下には、この順序で置くものとする。

# 特別の試験条件と判断基準を規定している規則等(3/3)

## 別表第一(第三条関係) \*

種類が明らかであり、かつ、一種類である放射性物質の場合の数量の限度

第一欄		第二欄	第三欄
原子番号	放射性物質の種類	特別形核燃料物質等である場合の数量 ( $A_1$ 値) 単位 TBq	特別形核燃料物質等以外の核燃料物質等である場合の数量 ( $A_2$ 値) 単位 TBq
1	$^3\text{H}$	40	40
4	$^7\text{Be}$	20	20
4	$^{10}\text{Be}$	40	0.6
6	$^{11}\text{C}$	1	0.6
		(略)	
36	$^{85}\text{Kr}$	10	10
		(略)	

\* : 別表第一から抜粋