

九州電力への確認結果

平成 31 年 1 月 22 日、九州電力株式会社（以下「九州電力」という。）から県に対して、玄海原子力発電所の使用済燃料乾式貯蔵施設の設置について、「原子力発電所の安全確保に関する協定」第 4 条に基づく事前了解願（令和 2 年 9 月 4 日付けで一部補正）が提出されたため、当該施設の設置変更許可申請に係る原子力規制委員会の審査状況を注視するとともに、九州電力に補足説明を求め、審査内容を確認してきた。原子力規制委員会による審査が終了して以降は、佐賀県原子力安全専門部会（以下「専門部会」という。）を開催して専門家の助言を求め、専門部会の結果を踏まえて、九州電力及び原子力規制委員会に詳細を確認するなど、原子力規制委員会の審査結果を丁寧に確認してきた。

また、第 9 回専門部会（令和 3 年 7 月 9 日開催）において、委員からの質疑に対して九州電力が回答した内容のうち、具体的な評価結果等の内容が示されなかった事項について、県から九州電力に対して根拠等の確認を行うとともに、関連する内容についても、詳細確認を行った。

以上の確認により、使用済乾式貯蔵施設の設置に係る審査結果について、不合理な点がないことを確認した。

確認内容の概要は以下のとおり。

1 乾式貯蔵建屋の構造及び維持管理について

建屋の天井に関して、専門部会委員から日射の影響や風雨による影響を受けやすい構造にはなっていないか質問があったため、建屋の構造や維持管理等を確認したところ、以下のとおり回答があり、審査結果に不合理な点はなかった。なお、改めて確認した乾式貯蔵建屋の外観は図－1 のとおり。

- ・ 乾式貯蔵建屋は鉄筋コンクリート構造とする計画であり、適切な施工管理及び維持管理を行うことで、乾式貯蔵容器の設計貯蔵期間（60 年）を上回る期間において使用可能であると考えている。
- ・ 天井及び壁面は厚さ 1 m 以上であり、日射によるコンクリート壁内の温度分布を時刻別に確認した結果、外壁から約 0.5m の位置までしか影響はなく、壁の内側の温度は上昇せず、建屋内の温度に影響を与えない。
- ・ コンクリートに雨水が浸透することでコンクリートの劣化や雨漏りが生じないよう、屋上部に防水処理を行う。

- 乾式貯蔵建屋の点検内容及び頻度については、今後具体的に検討を行うこととしているが、コンクリートの劣化や雨漏りについて、計画的に目視点検・補修を実施して、適切な維持管理を行う。 ※既設建屋の外観目視点検は1回/年の頻度で実施。

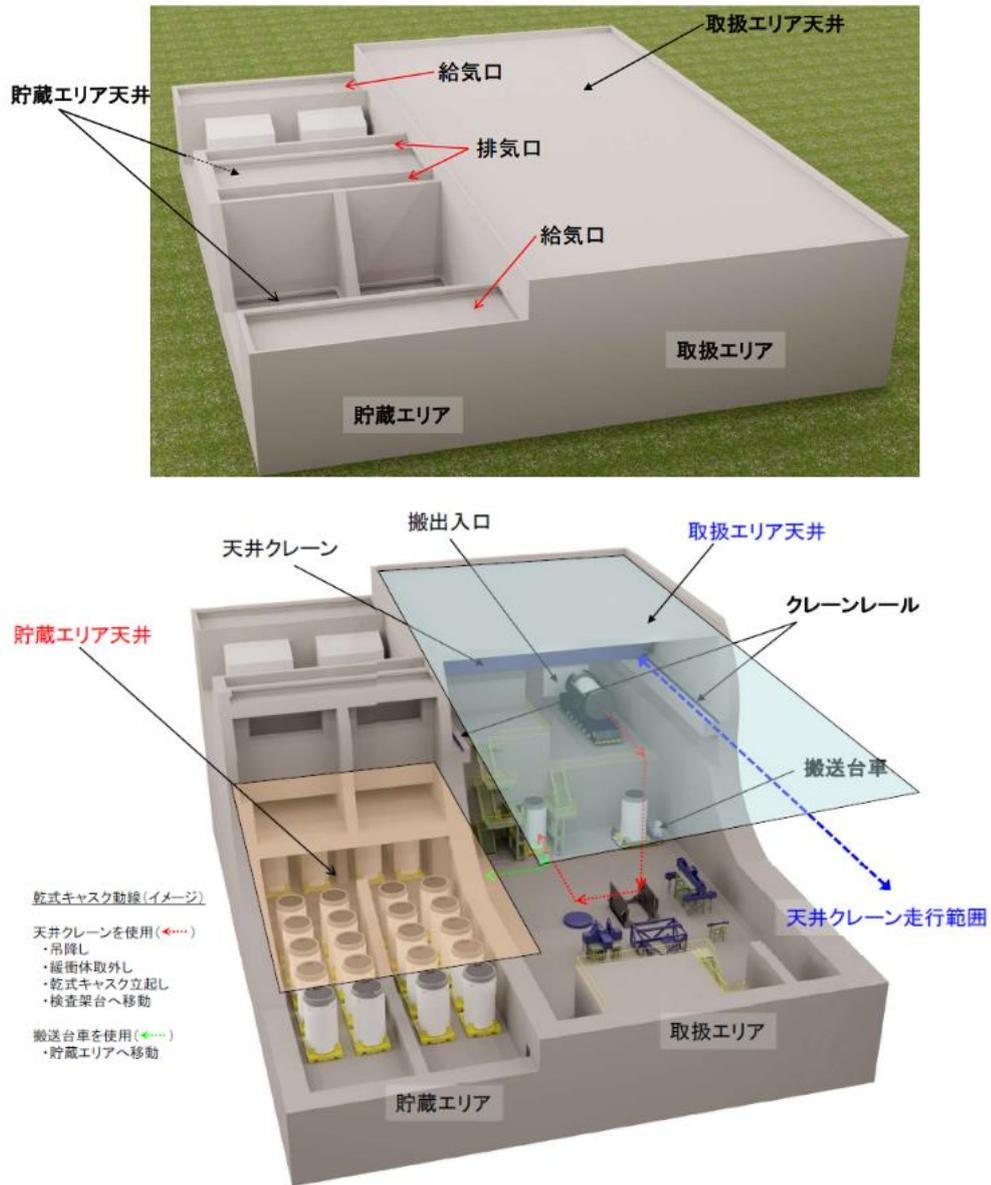


図-1 乾式貯蔵建屋の外観(イメージ)

2 火山の影響について

火山の影響に関して、降下火砕物による影響がない設計とする旨の説明があったため、その構造や対策等、詳細を確認したところ、以下のとおり回答があり、審査結果に不合理な点はなかった。

- ・ 給気口には給気フードを設置し、給気口の開口部は高い位置に設置するなど、火山灰等の堆積の影響を受けにくい構造とする。
- ・ 仮に開口部から火山灰等が侵入した場合でも、降下火砕物の層厚（約 10cm）に対し、給気口の面積は十分に広く、流路を塞ぐことはない。
- ・ 給気口や排気口には、鳥害対策等を目的とした格子を設置する計画としているが、火山灰等の粒径（2 mm 以下）より大きい隙間であるため閉塞しない。
- ・ 万一、乾式キャスク表面に火山灰が付着した場合には、拭き取りを行うため、乾式キャスクへの安全性に影響はない。
- ・ 建屋の除熱評価では、建屋のコンクリートから外気や地中への放熱がない厳しい条件で評価しているため、降下火砕物が建屋の外側に堆積した場合においても建屋の除熱評価に影響はない。

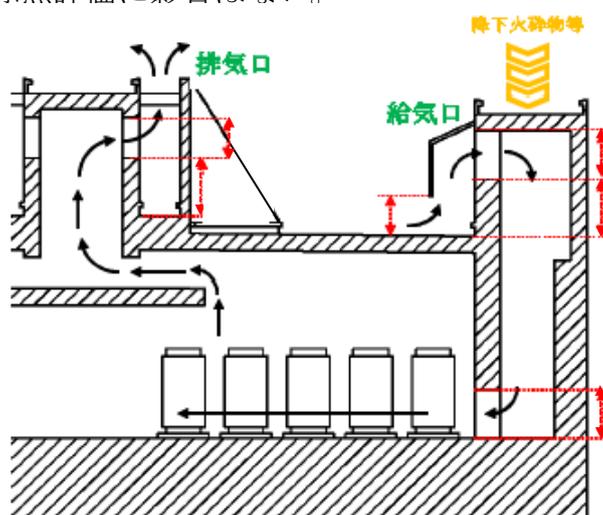


図-2 乾式貯蔵建屋の給排気口の構造

3 乾式貯蔵建屋内の温度について

(1) 貯蔵エリアについて

貯蔵エリアの温度に関して、外気温 33℃で評価した結果、50℃以下になるとの説明があった。委員からは、外気温が 33℃よりも厳しい状況になることも考えられるとの意見があったため、乾式貯蔵建屋の温度評価について詳細を確認したところ、以下の回答があった。

- ・ 建屋の除熱機能の評価における給気側の設定温度 33℃については、過去の気象統計から空調設計の外気条件として空気調和・衛生工学便覧に示されている TAC2.5%温度^{*1}を基に設定しており、玄海原子力発電所の最寄地点の最高温度である 32.4℃に余裕を考慮した値としている。
- ・ 気象庁が公開している唐津観測所の気象データでは、2020 年 8 月 1 日から

31 日における日ごとの最高気温の平均は 33.3℃、2010 年から 2020 年までにおける 8 月の最高気温の平均は 31.7℃であり、設定した給気温度と概ね同じであることを確認している。

- 建屋の除熱機能の評価結果では、排気温度は約 45℃となっており、基準値 50℃に対して十分な余裕がある。なお、排気温度の基準値（50℃以下）については、乾式キャスクの除熱機能の評価において、周囲温度を 50℃として評価を行っていることから設定したもの。
- 排気温度の約 45℃については、以下のとおり保守的に評価した温度であり、実際の貯蔵エリア内の環境温度は、45℃より低いと考えている。
 - ▶ 乾式キャスクは、その発熱量を保守的に評価しても最大で 15.8kW/基となるが、除熱機能の評価条件としては、更に保守的に 18kW/基としている。
 - ▶ 乾式建屋からの放熱はすべて空気の流れにより外気へ放熱されるものとして評価しており、建屋のコンクリートから外気や地中への放熱は考慮していない。
 - ▶ 乾式キャスクは 10 基毎の 4 つ区画で貯蔵するが、別の乾式キャスクが一時的にその区画に接近すること※²を考慮し、乾式キャスク 11 基で評価している。
 - ▶ 空気の流れの流路における圧力損失について、不確定性を考慮し安全係数を 1.3 倍としている。

※1 TAC2.5%温度：過去の気象統計を基に、超過確率 2.5%を考慮して求めた温度。
TAC2.5%が 33℃の場合、夏季（6～9月）のうち 33℃を超える時間が 2.5%（約 73 時間）となる。

※2 4 つの区画は中央通路で繋がっており、貯蔵のために乾式キャスクを移動させる際、一時的に近接する場合がある。
また、貯蔵中の乾式キャスクに異常が確認された場合は使用済燃料ピットに輸送するが、奥に貯蔵されている乾式キャスクを輸送する場合は、中央通路側の仮置き可能なスペースに手前の乾式キャスクを一時的に移動させる。

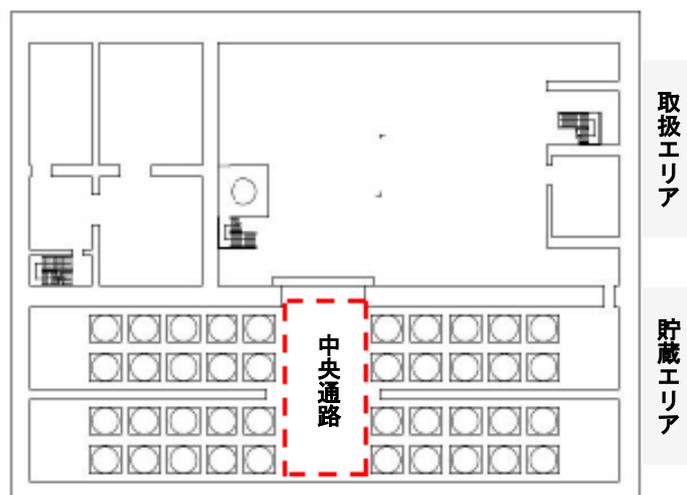


図-3 乾式キャスクの配置

(2) 取扱エリアについて

取扱エリアの温度に関して、温度管理が給気ファン及び排気ファンで換気が行われるため、人が作業できる通常的环境であるとの説明があったが、温度調節機能がなくても作業に適した環境が維持できるとする根拠について詳細を確認したところ、以下の回答があった。

- ・ 取扱エリアは自然対流が無いいため、空調設備（給気ファン及び排気ファン）を設置し、エリア内の空気を入れ替える。
- ・ この空調設備には冷房のような温度調節機能はないが、取扱エリアには熱源がなく、空調設備により常に外気と同程度の環境を維持できると及び建屋は半地下構造のため壁面からの太陽光の輻射熱の影響も受けにくいいため、年間を通して人が作業できる環境であると考えている。

(3) 作業環境について

建屋内の温度に関して、委員から、外気温が気候変動の影響を受け建屋内の温度が高い場合に作業が可能なのか疑念があるため、対応方針を確認したところ、以下の回答があった。

- ・ 貯蔵エリア及び取扱エリアの作業環境については、状況に応じて作業安全が確保できるよう、必要に応じ可搬型の送風機を活用する等、今後具体的な運用について検討を行う。

以上、(1)(2)(3)により、乾式貯蔵建屋内の温度評価について、保守性を考慮して審査されていること、作業環境の状況に応じて作業安全を確保されることを確認した。

4 一次、二次蓋間圧力の監視について

一次、二次蓋間圧力の監視に関して、委員から、連続監視ではなく定期的な監視としている理由について質問があった。九州電力からは、設定している監視頻度であれば、乾式キャスクの閉じ込め機能の健全性が確認できる旨の説明があった。

また、同様の質問に対し、原子力規制庁からは、既に導入実績があり、十分信頼性があること、基準漏えい率が仮に何十倍、何百倍になっても、十分検知する時間は確保できることから、連続監視は求めていないとの説明があった。

そのため、監視頻度の設定方法及び監視頻度の妥当性（漏えい率が基準漏えい率より更に上昇した場合の評価）について詳細を確認したところ、以下のとおり

回答があり、審査結果に不合理な点はなかった。

〈監視頻度の設定について〉

- 蓋間圧力の監視頻度の設定にあたっては、保守的に蓋部の金属ガスケットから基準漏えい率 ($2.49 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 、金属ガスケット仕様の約 200 倍) で漏えいしたと仮定した場合を基に決定している。具体的な内容は以下のとおり。
 - ▶ 基準漏えい率で漏えいすると、保守的に周囲環境温度の変化を考慮した場合でも、大気圧に到達するのは約 31 年後である。
 - ▶ 大気圧の到達までに十分な処置期間を確保する観点から、周囲環境温度の急激な変化を考慮した際に大気圧に到達する約 5 年前の圧力を管理値として定めている。
 - ▶ 管理値に到達するのは、最も早くて約 10 年後であり、1 年に 1 回圧力監視を行うことで密封シール部の異常を検知することは可能であるが、さらに、保守的に圧力監視頻度を 3 か月に 1 回とする。

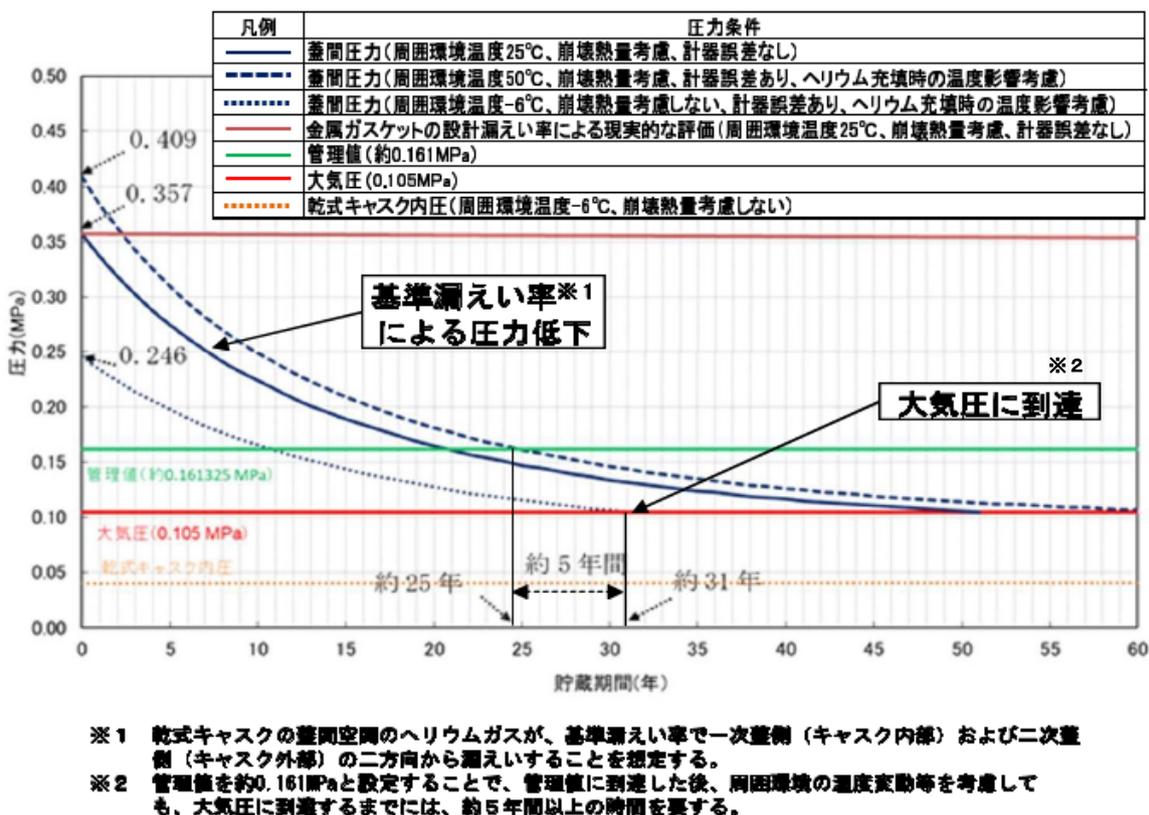


図-4 蓋間圧力の経時変化(基準漏えい率での漏えい)

〈監視頻度の妥当性について〉

- 蓋間圧力が管理値到達後に最も厳しい条件において、3 か月で大気圧に到達すると仮定した場合の漏えい率は基準漏えい率の 22 倍である。

- ・ 乾式キャスク転倒試験や航空機衝突試験、最大 9.3m の落下試験等の試験結果を踏まえても、基準漏えい率が 22 倍に至ることは無い。
- ・ また、上記試験の漏えい率の増加率を基に、基準漏えい率の 1,000 倍の漏えいが発生した場合を仮定すると、蓋間圧力については最も早いと約 9 日で大気圧に到達するもののキャスク内部は約 4 年間の負圧維持が可能である。

表-1 各試験前後の漏えい率

| 試験 | 部位 | 漏えい率 (測定値) : | | | |
|--|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| | | Pa・m ³ /s | | 増加率 | |
| | | 試験前 | 試験後 | | |
| キャスク転倒試験 (トラニオンを回転中心とする回転高さ 1 m での蓋部衝突試験) | 一次蓋 | 3.7×10^{-12} | 3.9×10^{-9} | 1000 | |
| | 二次蓋 | 1.2×10^{-12} | 8.4×10^{-9} | 1000 | |
| 航空機衝突試験 (縦置き状態のキャスク蓋部周辺への航空機エンジンの衝突試験) | 一次蓋 | 8.2×10^{-11} | 4.0×10^{-6} | 100000 | |
| 9 m 落下試験 (MSF 型キャスクのプロトタイプを用いた輸送荷姿(緩衝体付き)での落下試験*) | 0.3m 傾斜落下 | 一次蓋 | 2.5×10^{-11} | 1.0×10^{-11} | 1 |
| | | 二次蓋 | 1.5×10^{-11} | $< 1 \times 10^{-11}$ | 1 |
| | 9m 傾斜落下 | 一次蓋 | 1.0×10^{-11} | $< 1 \times 10^{-11}$ | 1 |
| | | 二次蓋 | $< 1 \times 10^{-11}$ | 3.0×10^{-7} | 10000 |
| | 9.3m 傾斜落下* | 一次蓋 | $< 1 \times 10^{-11}$ | $< 1 \times 10^{-11}$ | 1 |
| | | 二次蓋 | 7.4×10^{-9} | 1.6×10^{-6} | 1000 |

5 乾式貯蔵施設の放射線量の監視について

乾式貯蔵施設の貯蔵中の点検では、乾式キャスクの外観の目視確認や乾式キャスクの表面温度、乾式貯蔵建屋内の雰囲気温度、乾式キャスクの一次、二次蓋間圧力を 3 か月に 1 回の頻度で監視することとされているが、閉じ込め機能の確認を目的とした放射線量の監視は行わないとされている。また、放射線業務従事者防護を目的とした監視は行われるが、連続監視は行われない。

そのため、放射線量に関する連続監視を行わない理由について詳細を確認したところ、以下のとおり回答があった。

- ・ 乾式キャスクの一次、二次蓋間の圧力の定期的な監視により、乾式キャスクから放射性物質の漏えいがないこと（閉じ込め機能が維持されていること）が確認できること及び乾式キャスクは静的機器であり、急激な変動は考えられないことから、放射線量の連続監視は不要と考えている。
- ・ したがって、連続監視ができるエリアモニタについては設置しない。なお、

実用発電用原子炉の規制上、設置は要求されていない。

- ・ 乾式貯蔵建屋内は放射線管理区域となるため、保安規定に基づき、1週間に1回及び乾式キャスクの搬出入時といった必要の都度、サーベイメータによる外部放射線に係る線量当量率の測定を行うとともに作業場所の出入口付近に線量当量率の必要な情報を表示する計画としている。

なお、審査において、乾式キャスク内の燃料集合体の全数破損及び乾式キャスクの閉じ込め機能喪失を想定した場合の敷地境界線量への影響評価について確認されていたため、万が一そのような事故が発生した際には速やかに異常を検知できるのか詳細を確認したところ、以下の回答があった。

- ・ 万が一当該事象が発生した場合、乾式貯蔵施設設置予定地から約230mにある既存のモニタリングステーション地点において、通常時の約25nGy/hに対して約20nGy/h上昇すると考えられるが、降雨等、通常の変動でも同程度の上昇があるため、速やかな検知は難しい。
- ・ ただし、その場合であっても、敷地等境界における線量は通常運転時の目標である年間50 μ Svを超えるものの、周辺監視区域外における線量限度以下（年間1mSv以下）であることを確認している。

6 使用済燃料ピットの貯蔵制限について

定期的な点検において、貯蔵中のキャスクに異常が確認された場合は、使用済燃料ピットに乾式キャスクを移送し、使用済燃料をピットに取り出すこととなる。その際に必要な使用済燃料ピットの貯蔵余裕（空き容量）に関する方針を確認したところ、以下のとおり回答があった。

- ・ 現在、使用済燃料ピットは、管理容量として「原子炉への燃料装荷体数（193体）」＋「燃料取替時の新燃料装荷体数（68体）」を確保する運用としているため、出力運転中に万が一原子炉から燃料を取り出すこととなったとしても、必ず68体以上の空き容量を有している。
- ・ 取り出した燃料は再び乾式キャスクへ装荷するため、使用済燃料ピットへの取り出しは一時的になる。
- ・ 乾式貯蔵施設の設置に伴う貯蔵余裕については、これらの状況を踏まえて今後検討する。

7 乾式キャスクの耐震性について

乾式キャスクの耐震性に関して、輸送容器の要件として9mからの落下に耐える設計となっている旨の説明があったため、詳細を確認したところ、以下のとおり回答があり、審査結果に不合理な点はなかった。

- ・ 9m落下評価時にバスケットに作用する加速度は、貯蔵・輸送兼用キャスクに考慮すべき地震力の加速度に比べ十分に大きい。
- ・ 乾式キャスク搬入後、車両から取扱エリアへ吊り下ろす際に、最も吊上げ高さが最大となる。その高さは約8mで、輸送に関する許認可（核燃料輸送物設計承認）において確認を受けた落下評価での高さ（9m）以下であり、安全性は維持される。

表-2 乾式キャスク

| 兼用キャスクに考慮すべき地震力の加速度 | | 9m落下評価時にバスケットに作用する加速度 | | |
|---------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | タイプ1 | タイプ2 |
| 水平 | 約 2.4m/s ² (2,300Gal) | 水平落下 | 1,020m/s ² | 852m/s ² |
| 鉛直 | 約 1.7m/s ² (1,600Gal) | 鉛直落下 | 1,586m/s ² | 1,560m/s ² |

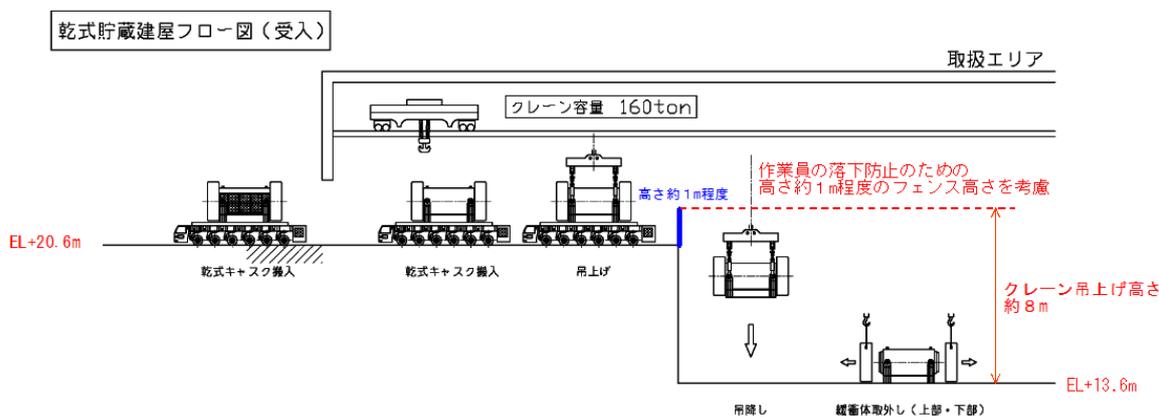


図-5 乾式キャスクの搬入フロー

8 乾式キャスク内の使用済燃料の健全性について

乾式キャスク内の使用済燃料の健全性に関して、乾式キャスク貯蔵期間中に使用済燃料リークが生じた場合にそれを検知することは難しいとの説明があったため、詳細について確認したところ、以下の回答があった。

- ・ 使用済燃料被覆管は、設計貯蔵期間（60 年）における照射影響、熱的影響、化学的影響に対する健全性を確認しており、乾式キャスク中の使用済燃料からガスが放出される可能性は低い。
- ・ 乾式キャスク内部の負圧や密封部の健全性が維持される限り放射性物質の外部への漏えいはない。
- ・ 輸送許認可においては、燃料リークが発生したとしても密封が維持されることを確認している。
- ・ 既に国内で使用実績のある輸送専用容器（湿式）については、日本原燃の再処理工場で受け入れる際、燃料のリークを検知できるよう、輸送容器を開放する前に内部水の分析を行う。
- ・ 乾式キャスクについては、再処理工場等での容器開放時の確認方法について現時点で決まったものはないが、同様に開封前に燃料リークを確認するような対応になると考えている。

9 工事における安全性の確保について

乾式貯蔵施設の設置について、九州電力は令和 7 年 7 月の着工及び令和 10 年 2 月の竣工を計画している。工事計画の安全審査は、今後、原子力規制委員会にて行われるが、現時点で安全を最優先に取り組もうとしているのかを確認したところ、以下のとおり回答があった。

- ・ 乾式貯蔵施設は、主要な発電所設備とは離れた位置に独立して設置する計画となっており、以下の特徴があるため、それらを考慮して安全を最優先とした工程を検討していく。
 - 運転や定期検査などの工事に影響を与えない。
 - 定期検査や他の工事の状況によって工程を調整する必要がほとんどなく、柔軟に工程策定ができる。
 - 運転中・定期検査中にかかわらず、作業員を確保できる体制に調整できる。
- ・ キャスクの調達については、運用開始前の発電所での検査工程を含め、工程に無理が生じないように、他社の需給予定等も考慮しながら、製造メーカーと調整し、期間に余裕を持って計画的に調達していく。
- ・ 新型コロナウイルス感染防止対策を徹底するとともに、これまでの感染の状況等の経験も踏まえ、工事工程等の検討を行う。
- ・ 工事着工後も、工事の進捗状況や工事の成立性を適宜、関係者全員で確認し、安全を最優先に工程の見直し等の検討を継続して実施する。