

第9回佐賀県原子力安全専門部会報告書

令和3年8月

佐賀県原子力安全専門部会

佐賀県原子力安全専門部会 委員名簿

(敬称略)

氏名	所属・職名	専門分野
出光 一哉 (部会長)	九州大学大学院 工学研究院 教授	原子力工学 (核燃料工学)
井嶋 克志	佐賀大学 理工学部 教授	地震工学
片山 一成	九州大学大学院 総合理工学研究院 准教授	原子力工学 (核融合工学)
竹中 博士	岡山大学学術研究院 自然科学学域 教授	地震学
續 輝久	九州大学名誉教授	基礎放射線医学
藤本 望	九州大学大学院 工学研究院 教授	原子力工学 (原子炉工学、原子炉物理)
守田 幸路	九州大学大学院 工学研究院 教授	原子力工学 (原子炉工学、熱流動)

1 開催実績

第9回原子力安全専門部会の開催実績については以下のとおり。

○ 第9回

日 時：令和3年7月9日（金曜日）9時30分～12時

開催方法：オンライン形式

会 場：ホテルマリターレ創世

出席者：

【原子力安全専門部会委員】

出光委員（部会長）、井嶋委員、片山委員、竹中委員、續委員、
藤本委員、守田委員

【九州電力株式会社】

原子力発電本部

豊嶋取締役常務執行役員原子力発電本部長、
泉原子力技術部長、疇津安全性向上グループ長、
川上安全設計グループ長、福田原子燃料計画グループ課長、
山下原子力工事グループ長

テクニカルソリューション統括本部 土木建築本部

赤司原子力土木建設部長

【原子力規制庁】

原子力規制部 審査グループ実用炉審査部門

戸ヶ崎安全規制調整官、塚部管理官補佐、御器谷管理官補佐

原子力規制部 審査グループ地震・津波審査部門

熊谷管理官補佐、堀口主任安全審査官

【佐賀県】

県民環境部 古賀部長、諸岡副部長、高木原子力安全対策課長

議 題：

- (1) 九州電力(株)玄海原子力発電所 乾式貯蔵施設の設置について
- (2) 九州電力(株)玄海原子力発電所 乾式貯蔵施設の設置に関する審査結果について

2 質疑及び意見

議題（１）及び（２）における九州電力及び原子力規制庁からの説明に対し、次のとおり質疑を行い、回答を得るとともに意見を述べた。

議題（１） 九州電力(株)玄海原子力発電所 乾式貯蔵施設の設置について

（１）－① <使用済燃料貯蔵管理関連>

委員	質問・意見	九州電力回答
守田委員	（使用済燃料貯蔵体数について、）2027年に2,899体で、その後、乾式貯蔵に移していくので、2031年に1,951体まで、すなわち、948体減るとのことだが、乾式貯蔵容量924体との差24体は、玄海原子力発電所の運転に伴って増えるものと六ヶ所（再処理工場）に移送するものとの差があるので、必ずしも一致していないという理解でよいか。	おっしゃるとおり。 乾式貯蔵に移す数の計算の前提として、定検ごとに使用済燃料が発生し、また、毎年、六ヶ所（再処理工場）のほうに搬出することを加味した条件での数字になっている。
片山委員	キャスクはどれくらいの期間、貯蔵施設に保管される想定か。	貯蔵期間は60年を想定して健全性に問題ないことを確認している。 なお、資料4ページでは、乾式貯蔵が満杯になるようなイメージで書いているが、実際の運用に当たっては、使用済燃料ピットはリラッキングをしてある程度余裕があるので、それと六ヶ所への搬出状況も見ながら、乾式貯蔵のほうに輸送していくことになるかと思っている。
片山委員	定期検査で仮にリーク、正圧部分が徐々に下がってきていることが判明した場合は、どのように復旧するのか。	そういう兆候が見られた場合は、使用済燃料ピットのほうにキャスクを輸送して、そこで金属ガasketなりの取替えとか、そういったことをすることになる。
片山委員	そういった緊急に対応するためにも、ある程度、プールのほうは余裕を持っているということか。	基本的には、除染場ピットで作業はするが、一回出し入れをする余裕も確保が必要だと思っている。
藤本委員	15年以上冷却燃料体の推移というのが、2027年からだんだん減ってきて、乾式貯蔵が始まってある程度た	15年以上冷却燃料として書いているのは、使用済燃料ピットの中に存在している15年以上冷却燃料の数で

委員	質問・意見	九州電力回答
藤本委員	つと400体切るぐらいになっている。乾式貯蔵の建屋の中はかなりすかすかの状態になるのではと思うがそのような理解でよいか。 もしこのような状況になると、乾式貯蔵とピットでの貯蔵と、管理面でどちらがいいのかという判断になるかと思うが、15年未満のものを乾式貯蔵する可能性は、現在のところ考えられているか。	ある。 乾式キャスク自体の設計として15年以上冷却を前提に安全評価をしており、それ未満の燃料を乾式のほうに運ぶということは想定していない。
藤本委員	容器は貯蔵と輸送兼用とのことだが、輸送容器としての承認の状況は今どうなっているのか。	設計承認のほうは、既に下りている。あとは実際使う前に容器承認を受ける。
出光部会長	過去一度、乾式貯蔵を見学に行ったことがあり、かなり発熱のあるようなキャスクの周りも見学で近づける程度の線量、一番低いものだと5 μ Sv/hぐらいだったが、今回のものは100 μ Sv/h近くと結構高い状態になっている。 実際の運用として、こういった燃料から入れていくなど、現時点でもし決まっていたら教えていただきたい。	基本的には線量を低くしたいので、冷却が進んでいるものを優先して運ぶことにはなるとは思う。 詳細はこれから検討を進めないといけないと思っている。

(1) -② <施設の耐震関連>

委員	質問・意見	九州電力回答
竹中委員	基礎地盤及び地盤の安定性について、事前に頂いていた参考資料（第932回審査会合資料2-2）の72ページの結果は、本日の資料（8ページ）とは場所が違うのか。	今日の資料8ページには、例えば、傾斜として4万7,000分の1、4万分の1と2つの数字があるが、これは使用済燃料乾式貯蔵施設の直下の地盤について、非常にミクロに見た際の数字である。参考資料の66ページの下で囲った数字、4万分の1が、この施設直下の地盤の傾きについて評価した結果で、これを本日の資料に記載している。 御指摘の参考資料72ページの値は、もっとマクロな視点で捉えて、断

委員	質問・意見	九州電力回答
竹中委員		<p>層の活動による傾斜を算出しているもの。</p> <p>72ページは断層の活動、断層のずれ動きによってどれぐらいの傾斜が生じるか、66ページは地震動によって揺さぶられることによってどれぐらい傾くかを算出しているもの。</p> <p>本日の説明資料では、この地震によって揺さぶられることによってどれぐらい傾くかという数字をお示ししている。</p>
竹中委員	<p>参考資料72ページの②に地震動による最大傾斜がある。これは今回対象とした断面だけではなくて、敷地全体の値と考えればよいか。</p>	<p>おっしゃるとおり。</p> <p>解析しているモデル自体が周辺地域を含む非常にマクロなモデルで、そのマクロなモデルから抽出された断層のずれ動きによる傾斜がこの数字となっている。</p>
竹中委員	<p>ミクロに見たほうが結果としてはよかったということか。両者の目的がわからなかった。</p>	<p>今日の資料は敷地の建屋の周辺をミクロに捉えた、より詳細な安全性として把握しているもの。72ページのほうは、敷地周辺の地域も含めてマクロに捉えた場合の傾き。</p> <p>それぞれの目的に応じて、当然モデルも細かかったり、大きかったりし、その違いを踏まえて評価した結果である。</p>
竹中委員	<p>すべり安全率が$Y_s - Y_s'$の断面では2.5となっている。これまでの資料も遡って、一番小さいので大体このぐらいで、平均から1σ (シグマ) 引いた値で1.8ぐらいまで下がるものもある。だんだん1.5に近くなると、計算する条件などで（さらに低い値に）変わってこないのか少し不安になる。前にも申し上げたが、今回のこの解析の場合は、モデルの底面に鉛直に平面波を入射して問題を解かれている。要は斜め入射とかは全く考えられていないので、$Y_s - Y_s'$ 断面で、底面全体で500m近くあると思う</p>	<p>以前も御指摘いただいたとおり、現実を必ずしも模擬できていない、だからこそ、かなり保守的な条件で計算をしているものであり、さらに1.5という数字も、安全率を見込んで1.5になっているものなので、数字が近いということで、すぐ不安定な状態になるというものではないということはお理解いただければと思う。</p> <p>以前も御指摘いただいたとおり、解析手法自体が自然現象を正確に模擬できていない、保守的であるかどうかは置いておいてであるが、そういうものであることは十</p>

委員	質問・意見	九州電力回答
竹中委員	<p>が、それが一斉に同時に同じ運動をしているということになる。これは非常に極端というか、実際はそういうことはないが、そういう設定でやられている。震源が近かったりして、斜めに入射したりすると、入射場で横方向に変位勾配が全くないということはある得ないので、何かもう少し現実的な入射場の与え方をしたときに、先ほど言った結果が1.5に近づくのかどうか気になる。これから、せめて斜め入射ぐらいは考えていただければと思う。</p> <p>基準の地震動の件はこれから変わってくるということであれば、なおさらかもしれないが、1.5に近づいてくると、ちょっとしたことで結果が1.5を下回らないのかという不安があるので、今は無理でも今後考えていただくようにしたほうがいい。多分こういう計算をするようになって随分時間がたっていると思うので、以前と同じことを申し上げて申し訳ないが、考えていただければと思う。</p>	<p>分認識しており、先生から御指摘いただいた斜め入射だったり、竹中先生が地震学会等で御発表されている地中の理論の波形を基にデコンボリューション、コンボリューションしながら、理論的に求めていく手法、これもトライをしているところなので、今後、その辺の検討を重ねた結果として、また追って御説明できればと考えている。当社としては、引き続き検討を進める。</p>

(1) -③ <建屋関連>

委員	質問・意見	九州電力回答
守田委員	<p>乾式貯蔵建屋は自然対流冷却で、基本的には排気口と給気口さえ確保できればキャスクの除熱機能が担保されるという説明だと理解している。したがって、基本的な施設に与えるリスクとしては、外部ハザードを考慮すればいいということだと思ふ。</p> <p>外部ハザードとしては「地震や津波、竜巻等の自然現象に対しても耐えられる構造になっている」との説明があったが、乾式貯蔵施設では火山灰の対策、火山の影響評価はどう</p>	<p>火山の影響に対しては、給排気口を高い位置に設置して、降下火砕物による荷重に対して構造健全性を失わないこと及び降下火砕物による流路の閉塞に対して考慮した設置としており、乾式キャスクには影響を与えないこととしている。</p> <p>横から空気を取り入れる形で、そもそも給気口から火山灰が入ってこないような構造になっている。</p> <p>具体例はおっしゃるとおり。</p>

委員	質問・意見	九州電力回答
守田委員	<p>いった想定になっているのか。施設の給排気口が、火山灰等で閉塞されないということをどのように確認されたのか。具体的に説明いただきたい。</p> <p>例えば、給気口であれば、その位置が、玄海原子力発電所周辺の火山灰がどれくらい積もるかの想定（10cm）よりも高い位置にあるので、火山灰等の影響を受けることは考えにくいということか。</p>	
續委員	<p>自然対流で冷却する場合、外気温の最高値をどれくらいに見積もっているのか。その場合の建屋内の温度管理が大体どのくらいの範囲で保持されているのか。</p> <p>外気温は気候変動の影響を受けているし、今後も長期間影響が想定される。念のために建屋内の温度があまり高温にならない形できちんと維持されることが必要だと思うので、参考までに教えていただきたい。</p>	<p>外気温について、給気側の温度を33℃で設定している。これが中に入り、キャスク側の雰囲気として50℃以下になるように評価をしている。</p> <p>キャスクの表面には温度計をつけて、監視できるようになっており、あまりにも温度が高いような条件では、見に行ったりと確認するような運用になるかと思う。</p>
續委員	<p>取扱エリアには作業員が立ち入ったりすると思うが、その温度はどうなっているのか。</p>	<p>給気ファン、排気ファンをつけて換気をするので、通常の状態である。（人が作業ができる環境になっている。）</p>
片山委員	<p>取扱エリアの上に天井があるが、キャスクが置いてあるところの天井は、ここに書かれている一つの天井で、この上はむき出しということか。</p>	<p>取扱エリアの天井は断面になっており、上は天井クレーンがあるので、中二階のようなところでトレーラーが入ってきて、ここでクレーンで手前側に持ってくるというような形になっている。</p>
片山委員	<p>周辺公衆被ばくの線量で、建屋が破損して、キャスクがむき出しになった場合はどれぐらいの値になるのか。</p>	<p>審査の中で、壊れた場合のむき出しの評価を求められており、ある程度現実的に評価した場合、大体130μSv/年という評価になっている。</p>

(1) -④ <容器関連>

委員	質問・意見	九州電力回答
井嶋委員	<p>キャスク本体の耐震性は、基礎ボルトや固定装置の強度により容易に検証できると思うが、キャスクの内部構造についての耐震照査行われたのか。</p>	<p>キャスクの内部構造、安全機能を含めた評価は、設工認の中で確認するとしている。</p>
井嶋委員	<p>キャスク内部の断面図で、バスケットと炭素鋼の間に隙間があるのかどうか、はっきり分からない。もしバスケットと炭素鋼の間に隙間があれば、炭素鋼は遮蔽以外にキャスク本体の強度に寄与するものの、バスケットそのものがバスケット内部の燃料棒に作用する大きな慣性力に耐えることが必要になるが、このようなことは想定されているのか。</p>	<p>今回のキャスクは輸送と貯蔵と兼用するキャスクになっており、基本的に輸送容器自体が9mからの落下試験、耐火、浸漬などの条件をクリアするよう設計しているので、基本的に地震でどうこうというようなところではないと考えている。</p>
片山委員	<p>(乾式キャスクの圧力について、)定期的に正圧にされたところの圧力が下がっていないか測られると思うが、連続的なモニタリングではなく、定期的に行っている理由は何か。</p>	<p>モニタリングは固定の機械式のもの置いてパトロールが見に行つて、基本的には電気を使わずに監視できるという状況にしている。 ある頻度で確認することになるが、その頻度であればその健全性を損なわないことが確認できる頻度で確認、パトロールでチェックすることを考えている。</p>
片山委員	<p>ガスケットの仕様が十分低い(漏れ率になっている)ということだと思うが、実際に締めつけてみて仕様以下になっているかチェックをされるのか。</p>	<p>収納した後は、必ずチェックをするので、そこで漏れがないことを確認する。</p>
藤本委員	<p>プールの中に貯蔵していた燃料を乾式貯蔵に入れるということだが、キャスクの中の雰囲気はどういう条件か。</p>	<p>取扱いは使用済燃料ピットの横のピットで行い、ほう酸水が充填された状態で燃料をキャスクの中に挿入して、その後はヘリウムガスと置換する形で、ヘリウム雰囲気にする。不活性ガスで腐食を考慮、また伝熱性能も考慮して、ヘリウムガスを充填した状態で貯蔵する。</p>

委員	質問・意見	九州電力回答
藤本委員	<p>(安全機能の) 評価結果と基準値とあるが、基準値とはどういう意味か。安全評価などでいう判断基準なのか、それとも管理上の管理基準というふうな位置づけなのか。</p>	<p>閉じ込め機能については、キャスクの中が60年後に大気圧になる漏えい率から基準値を定めている。</p> <p>臨界防止については、原子力学会などの基準を参考に0.95という値を参照して定めている。</p> <p>遮蔽機能と除熱機能については、それぞれメーカー推奨値などの民間規格などを参照に定めている。</p>
藤本委員	<p>除熱機能 (の評価結果) は、評価条件としてそのときの雰囲気温度は50℃で評価しているということでしょうか。</p>	<p>そのとおり。</p>
藤本委員	<p>遮蔽機能について、表面で基準値2 mSv/hに対して1.83mSv/h、表面から1 mで基準値100 μSv/hに対して89 μSv/hというふうに思うが、評価の保守性はどうか。</p>	<p>キャスクの収納条件では、配置で中央部、外周部とあり、最高燃焼度が、例えばキャスクタイプ1では、中央部が48以下、外周部が44以下としており、燃焼度が進むと線量が上がるので、それを真ん中辺に置くと自己遮蔽効果等で外のほうが比較的少なくなるため、こういう収納条件にしている。</p> <p>遮蔽効果の評価では、燃焼が進んだものを外周部に置くとか、そういった保守的な前提で評価している。</p>
藤本委員	<p>(遮蔽についての線量当量率の) 解析はどのようなコードで行っているのか。</p>	<p>DOT3.5コードを使用している。</p>
出光部会長	<p>貯蔵した後に、例えば、ピンホール等が開いて、中の使用済燃料からのガス放出があった場合、それは検出は可能か。</p>	<p>ピンホールにより中の内圧が、(負圧から) 一次と二次の間の圧力 (正圧) まで到達すれば、圧力変化が分かると思うが、そこまでには時間がかかるという感じがする。長期的には確認はできると思う。</p>

議題（２） 九州電力(株)玄海原子力発電所 乾式貯蔵施設の設置に関する審査結果について

委員	質問・意見	原子力規制庁回答
守田委員	<p>乾式貯蔵施設に対して、意図的な航空機衝突など、テロに対する対応というのは、審査の上ではどのような取扱いになるのか。</p>	<p>今回の申請については、使用済燃料乾式貯蔵施設の設置に対して設置許可基準規則に基づいて確認しており、その中では設計基準対象施設としての基準で、その対応を確認している。</p> <p>重大事故については、本体施設等の審査の中で確認している。</p>
片山委員	<p>キャスク単体、建屋がない場合では敷地境界で$50\mu\text{Sv}/\text{年}$を超えると評価だが、例えば、規制側として、単体で$50\mu\text{Sv}/\text{年}$以下を要求することもできるかと思うが、このあたりはどういった方針なのか。</p>	<p>2019年5月22日の原子力規制委員会で、玄海の使用済燃料貯蔵建屋施設の建屋の扱いについて報告しており、遮蔽については、建屋等を考慮しなくとも、$50\mu\text{Sv}/\text{年}$を下回る場合は兼用キャスクのみでの対応でも良いが、それを満たさない場合は、その建屋の位置づけを考慮するということになった。</p> <p>それで九州電力の結果を確認したところ$130\mu\text{Sv}/\text{年}$という結果になり、九州電力では建屋で遮蔽をすることで、$50\mu\text{Sv}/\text{年}$を満たすという方針が説明された。審査の結果、問題ないと判断している。</p>
片山委員	<p>キャスク単体で、物理的に遮蔽性能を高めるということはできるかと思うが、そうすると、重量もかなり大きくなり、取扱上のリスクや、輸送の際のリスク、いろんな総合的なリスクを考えると、建屋を含めた実効線量に対する安全性を確保することが一番いいと落ち着いたのかと思うが、兼用ということもあって、いろんな角度からのリスクを含めて考えると、建屋を含めた周辺環境に対しての線量評価ということで許可を出しているという理解でよいか。</p>	<p>許可基準規則上求められているのは、空間線量率が十分に低減できるものでなければならないということであり、規則の解釈のほうで、ALARAの考え方に基づいて$50\mu\text{Sv}/\text{年}$を目標にして、線量限度（$1\text{mSv}/\text{年}$）を十分に下回る水準で設計しなければならないということが定まっている。</p> <p>今回もその考えに沿って、事業者としては$50\mu\text{Sv}/\text{年}$以下で施設を設計するという事で審査を行った。</p>

委員	質問・意見	原子力規制庁回答
片山委員	<p>正圧部分の維持の確認で、アナログタイプの圧力計で測定されるということであったが、これも多様性という意味では、電気的な信号による連続モニタリングもつけておいたほうがよいと思ったが、圧力計単体でも問題ないと判断されているということではどうか。</p>	<p>基本的には、設計貯蔵期間（60年）は事業者が設定しており、その間、閉じ込め性等を確保するよう設計しているため、漏えい率等の閉じ込めについても、基本的には設計で担保されることになる。</p> <p>ただし監視も必要なので、その監視としては、事業者としては3か月に1回程度の監視を行うとしており、そのときに異常が認められたら、使用済燃料ピットに移して確認することになるので、基本的には、事業者の言っている圧力計での対応で問題ないと考えている。</p> <p>今回導入するのは兼用キャスクで、この制度を導入するに当たって、監視について連続でなくていいのかという議論をしており、その中で、別のサイトで既に導入実績があって十分信頼性があるということと、基準漏えい率等に関しても、仮に何十倍、何百倍ということになっても、十分検知する時間は確保できるということで、兼用キャスクについては連続監視を求めずに、健全なことを確認できる頻度で確認することが定まっている。</p>
藤本委員	<p>兼用キャスクということで、輸送容器としての承認も必要になってくると思うが、輸送容器に求められる性能というものと、貯蔵キャスクに求められる性能というのが必ずしも同じではないと思う。審査する側として、貯蔵容器としての観点と、輸送容器としての観点を調整は、何かされるのか。</p>	<p>基本的には、兼用キャスクなので、輸送を前提とした設計がベースになる。ただ、基準がやや異なるところがあるので、例えば輸送では、輸送時の落下という基準があるが、それに対して炉施設では基本的に静的に設置されるので、それに対して竜巻や火災などの影響の評価をする必要がある。</p> <p>例えば竜巻について、落下で大丈夫だったものが、竜巻の衝撃に対しては大丈夫かということを確認する必要があるが、許可の審査の中で実現可能性を確認しており、輸送のほ</p>

委員	質問・意見	原子力規制庁回答
藤本 委員		<p>うの基準を満たすものは竜巻とか施設側の基準を満たすということを確認している。</p> <p>また、温度の評価について、輸送では800℃（の火災状態に）、30分（耐える）などの基準があるが、施設では、森林火災や工業施設の火災などで、コンクリートを200℃以下にするとなっていることを踏まえて輸送容器のほうは問題ないことを確認している。</p> <p>見る観点は違うが、輸送容器の健全性が確認されていることを踏まえて、施設側としても問題ないことを確認しているものがある。</p>
出光 部会長	<p>遮蔽について、単体の基準として、1 m離れたところで100 μSv/hで、境界で130 μSv/年ということだが、距離的に、一番近いところでかなり260 mぐらいと離れている。40基がかなりフルに装荷されているという条件での計算だと思うが、このあたり、保守性という観点ではどのように審査されたのか。</p>	<p>モンテカルロコードを使い、40基のキャスクが置かれている状態で敷地（境界）での線量を評価している。</p> <p>この施設は半地下になっているが、それも考慮して、より現実的な条件で評価しても130 μSv/年はあるという評価を確認している。</p>
出光 部会長	<p>線量比率としては中性子とガンマの比率はどのようになっているか。</p>	<p>令和2年10月1日の第901回審査会合資料1-3（35ページ）に記載があり、ガンマ線は9.7 μSv/年、中性子は1.0×10^2 μSv/年である。</p>

3 まとめ

本書は、令和3年7月9日に開催された第9回専門部会の報告書である。

専門部会開催に先立ち、必要に応じて県から玄海原子力発電所における使用済燃料乾式貯蔵施設の設置に関する原子炉設置変更許可申請書(3号及び4号発電用原子炉施設の変更)及び原子力規制委員会が取りまとめた同申請書に関する審査書などの各種資料の提供を受けた上で、九州電力及び原子力規制庁に対して部会での説明を求めた。

第9回専門部会では、上記設置変更許可申請の内容について、九州電力からは設備の設置目的、計画の概要及び安全性評価等について説明を受け、原子力規制庁からは審査基準、審査結果及び原子力規制委員会等の判断について説明を受けた。

各委員は、それぞれの専門的な立場からさまざまな質疑を提示し、説明者との間で多岐にわたる意見交換が行われ、原子力規制委員会の判断に関して概ね確認できたため、主要な質疑をまとめて本報告書の作成にいたった。

なお、質疑の中で示されたとおり、今後の設工認で詳細に行うことや六ヶ所再処理工場の稼働状況によって変化することなどの未確定要素はあるが、総じて安全性は確認されているとの認識を得ている。

県におかれては、本報告書を、乾式貯蔵施設に係る安全性確認の参考とされ、今後とも更なる安全性向上への取組を国と事業者に対して求めるとともに、その取組状況をしっかりと確認していただくことにより、関係者全体で安全性向上への取組を継続していただきたい。また、県民への理解が深まるよう鋭意努力していただきたい。

以上

【資料】

- 1 第9回佐賀県原子力安全専門部会配付資料
- 2 第9回佐賀県原子力安全専門部会議事録
- 3 参考資料
 - ・第901回審査会合（令和2年10月1日）資料1-3
 - ・第932回審査会合（令和2年12月18日）資料2-2