

## 設計承認安全解析における環境温度の影響について

項目	安全解析評価の実施内容		環境温度範囲の影響検討	設計承認での考慮状況		
	(参考) キャスクの置かれる環境		気温：-20～38℃、 発熱量：(初期最大⇒) 減衰後、 設計貯蔵期間：60年(貯蔵後輸送含む)			
構造解析 A章	(一般の試験条件)	吊上装置・固縛装置 A.4.4、A.4.5	各部材の強度が最も低下する最高温度(38℃環境下)で、トラニオン等取扱部材の健全性評価(余裕率約0.3以上)	・亀裂破損の生じない材料を使用している。また、低温側では強度増加(判定基準値が高くなる)方向であるため、環境温度38℃での評価が最も厳しいことから、温度範囲の影響は担保される。	温度範囲は考慮済み。	
		熱的試験 A.5.1	各部材の強度が最も低下する最高温度(38℃環境下)で、密封、除熱、遮蔽の各安全機能を有する部材の健全性評価(余裕率約1.3以上)(※)	・各部材間の熱応力(基準温度20℃⇒38℃時のひずみ)：各部に生じる寸法変化(膨張)が0.03%以下と十分小さいため、構造健全性に影響なし ・各部材間の熱応力(基準温度20℃⇒-20℃時のひずみ)：各部に生じる寸法変化(収縮)が0.1%以下と十分小さいため、構造健全性に影響なし	温度範囲を考慮してもその影響は小さく、基準値に対し十分な余裕あり。	
			各部材の強度が最も低下する最高温度(38℃環境下)で、密封、除熱、遮蔽の各安全機能を有する部材の健全性評価。(余裕率約50以上) 蓋部レジンカバーに対しては空間圧力変化を考慮。(※)	・レジン空間圧力変化(基準温度20℃⇒38℃時)：応力緩和方向のため考慮不要 ・レジン空間圧力変化(基準温度20℃⇒-20℃時)：蓋レジン部の内圧は10%上昇。内圧上昇による蓋レジンカバーの応力の増加は10%であるが、蓋レジンカバーの応力評価における余裕率は0.1以上あるため、構造強度上問題なし。 なお、側部及び底部レジン部の内圧は、輸送前の保守により圧力が開放されることを考慮し、当該空間の空気温度の上昇による圧力上昇はないため、基準温度の影響は考慮不要(SARホ章の第1表参照)。	温度範囲を考慮してもその影響は小さく、基準値に対し十分な余裕あり。	
			各部材の強度が最も低下する最高温度(38℃環境下)で、密封、除熱、遮蔽の各安全機能を有する部材の健全性評価(余裕率約1.3以上)。蓋ボルトに対しては軸力の変化を考慮。(※)	・蓋ボルト軸力荷重(輸送時の環境温度変化を考慮して38℃⇒-20℃時の締め付け力)：三次蓋(材質SUS304)と三次蓋ボルト(材質SNB23-3)の線膨張率の差より軸力が10%低下するものの、ゴムOリングを締め付けるために必要な軸力を維持しており、密封健全性に影響はない。また、一次蓋ボルト・二次蓋ボルト(材質SNB23-3)と一次蓋・二次蓋(材質GLF1)は線膨張率の差が無いため、軸力の変化量は僅かであり、密封健全性に影響はない。 ・蓋ボルト軸力荷重(輸送時の環境温度変化を考慮して-20℃⇒38℃時の締め付け力)：三次蓋(材質SUS304)と三次蓋ボルト(材質SNB23-3)の線膨張率の差より軸力が5%増加するものの、影響僅かであり、密封健全性に影響はない。	温度範囲を考慮してもその影響は小さく、基準値に対し十分な余裕あり。	
		自由落下 A.5.3	各部材の強度が最も低下する最高温度(38℃環境下)で、密封、除熱、遮蔽、臨界の各安全機能を有する部材の健全性評価(※)(余裕率約0.4以上)	・亀裂破損の生じない材料を使用。また、低温側では強度増加(判定基準値が高くなる)方向のため、環境温度38℃での評価が最も厳しいことから、温度範囲の影響は担保される。 ・緩衝体の温度変化は安全評価(加速度評価、変形量評価)で考慮済み(ヒアリング時のコメントで回答済)。(加速度評価に続く応力評価は最高温度場で考慮)	温度範囲は考慮済み。	
		積み重ね試験 A.5.4	部材の強度が低下する最高温度(38℃環境下)で、密封部の胴の健全性評価(余裕率約25以上)	・基準温度-20℃時の応力評価：低温側では強度増加(判定基準値が高くなる)方向のため、環境温度38℃での評価が最も厳しいことから、温度範囲の影響は担保される。	温度範囲は考慮済み。	
		貫通 A.5.5	部材の強度が低下する最高温度(38℃環境下)で、最も薄い部材の緩衝体の健全性評価(余裕率約6以上)	・基準温度-20℃時の応力評価：強度増加(判定基準値が高くなる)方向のため、環境温度38℃での評価が最も厳しいことから、温度範囲の影響は担保される。	温度範囲は考慮済み。	
		(特別の試験条件)	9m落下時 A.6.1	各部材の強度が最も低下する最高温度(38℃環境下)で、密封、除熱、遮蔽、臨界の各安全機能を有する部材の健全性評価(※)(余裕率0.02以上)	・亀裂破損の生じない材料を使用。また、低温側では強度増加(判定基準値が高くなる)方向のため、環境温度38℃での評価が最も厳しいことから、温度範囲の影響は担保される。 ・緩衝体の温度変化は安全評価で考慮済み(ヒアリング時のコメントで回答済)。(応力評価変形は最高温度場で考慮)	温度範囲は考慮済み。
			1m落下時 A.6.2	部材の強度が低下する最高温度(38℃環境下)で、三次蓋、胴、底レジンカバーの健全性評価(余裕率0.07以上)	・基準温度-20℃時の応力評価：低温側では強度増加(判定基準値が高くなる)方向のため、環境温度38℃での評価が最も厳しいことから、温度範囲の影響は担保される。	温度範囲は考慮済み。

※：基準温度は、製造時環境または取扱い環境(それぞれ室温)の代表温度、構造評価手法(JSME規格)の基準温度である20℃を使用

項目		安全解析評価の実施内容		環境温度範囲の影響検討	設計承認での考慮状況
		熱的試験 A.6.3	各部材の強度が最も低下する最高温度（38℃環境下）で輸送物の温度が定常状態になった後に、800℃の火災の放射熱を30分間与え、その後自然冷却する際の、密封、除熱、遮蔽の各安全機能を有する部材の健全性評価（余裕率0.08以上）（※）	<ul style="list-style-type: none"> <li>蓋ボルト軸力荷重（基準温度 20℃⇒38℃時の締め付け力）：三次蓋（材質 SUS304）と三次蓋ボルト（材質 SNB23-3）の線膨張率の差より軸力が2%低下するものの、ゴムOリングを締め付けるために必要な軸力を維持しており、密封健全性に影響はない。</li> <li>蓋ボルト軸力荷重（基準温度 20℃⇒-20℃時の締め付け力）：三次蓋（材質 SUS304）と三次蓋ボルト（材質 SNB23-3）の線膨張率の差より軸力が5%増加するものの、影響僅かでの健全性は保たれる。</li> <li>一次蓋ボルト・二次蓋ボルト（材質 SNB23-3）と一次蓋・二次蓋（材質 GLF1）は線膨張率の差が無いため、軸力の変化量は僅かであり、密封健全性に影響はない。</li> </ul>	温度範囲を考慮してもその影響は小さく、基準値に対し十分な余裕あり。
		浸漬 A.6.4	A.7を引用	—	—
	漬試験 （強化浸） A.7	部材の強度が低下する最高温度（38℃環境下）で、三次蓋の健全性評価（余裕率0.14以上）	<ul style="list-style-type: none"> <li>基準温度-20℃時の応力評価：低温側では強度増加（判定基準値が高くなる）方向のため、環境温度38℃での評価が最も厳しいことから、温度範囲の影響は担保される。</li> </ul>	温度範囲は考慮済み。	
	輸送物 （核分裂性） A.9	核分裂性輸送物に係る一般の試験条件及びそれに続く特別の試験条件における損傷状態を評価する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>A.6の特別の試験条件において、一般の試験条件及び特別の試験条件の連続の損傷状態を包絡しており、結果は、上記の一般の試験条件及び特別の試験条件の結果と同様。</li> </ul>	温度範囲を考慮してもその影響は小さく、基準値に対し十分な余裕あり。	
熱解析 B章		各部材の温度が最高となる38℃環境下で、密封、除熱、遮蔽、臨界の各安全機能を有する部材の熱的な健全性評価。温度基準を満足。（※）		<ul style="list-style-type: none"> <li>各部材の強度が最も低下するよう温度場を最も高く評価するため、環境温度には最高温度38℃を考慮</li> <li>蓋間圧力（胴内、一二次蓋間）：温度に応じた圧力に調整するため充填時の温度場は影響なし</li> <li>蓋間圧力（二三次蓋間、胴—三次蓋間）（基準温度 20℃⇒38℃時）：応力緩和方向のため考慮不要</li> <li>蓋間圧力（二三次蓋間、胴—三次蓋間）（基準温度 20℃⇒-20℃時）：わずかに圧力上昇するが、最大約4%と影響は僅かであり、密封健全性に影響はない。</li> </ul>	温度範囲を考慮してもその影響は小さく、基準値に対し十分な余裕あり
密封解析 C章	（一般）	漏洩量を大きめに評価するよう蓋密封部の温度が最高となる38℃環境下で、漏洩評価（なお、漏洩孔径を設定する漏洩試験の基準温度は、検査時の環境（室温）の代表温度、かつ漏洩評価手法（ANSI N14.5規格）の基準温度である25℃を使用）。 漏洩基準を満足（基準に対し約 $1 \times 10^{-4}$ ）。	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏洩率変化（基準温度 25℃⇒38℃時）：漏洩孔径が大きく評価され、約8%漏洩率増加するが影響は僅かであり、漏洩量は十分に基準値を満足する。</li> <li>漏洩率変化（基準温度 25℃⇒-20℃時）：漏洩孔径が小さく評価され、漏洩率低下方向のため考慮不要。</li> </ul>	温度範囲を考慮してもその影響は小さく、基準値に対し十分な余裕あり	
	（特別）	同上 漏洩基準を満足（基準に対し約 $3 \times 10^{-5}$ ）。	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏洩率変化（基準温度 25℃⇒38℃時）：漏洩孔径が大きく評価され、約8%漏洩率増加するが影響は僅かであり、漏洩量は十分に基準値を満足する。</li> <li>漏洩率変化（基準温度 25℃⇒-20℃時）：漏洩孔径が小さく評価され、漏洩率低下方向のため考慮不要。</li> </ul>	温度範囲を考慮してもその影響は小さく、基準値に対し十分な余裕あり	
遮蔽解析 D章		キャスク表面及び表面から1mにおける線量当量率を評価（基準温度は、製造時環境（室温）の代表温度である20℃を使用）		<ul style="list-style-type: none"> <li>遮蔽性能に温度場は有意でない（遮蔽材の面密度に有意な変化が無い）ため、解析では考慮不要</li> </ul>	温度範囲は考慮不要。
臨界解析 E章		最も評価結果が高くなるキャスク配列時を想定した中性子実効増倍率評価（基準温度は、製造時環境（室温）の代表温度である20℃を使用）		<ul style="list-style-type: none"> <li>臨界性能に温度場は有意でない（中性子吸収材の面密度に有意な変化が無い）ため、解析では考慮不要。（なお、取扱いを考慮した冠水時の水は、最大密度となる0℃で考慮）</li> <li>乾燥時における水侵入評価では、評価結果に対し十分な余裕を持たせて保守的に5Lに設定しているため、影響なし。</li> </ul>	温度範囲は考慮不要。

※：基準温度は、製造時環境または取扱い環境（それぞれ室温）の代表温度、構造評価手法（JSME規格）の基準温度である20℃を使用