

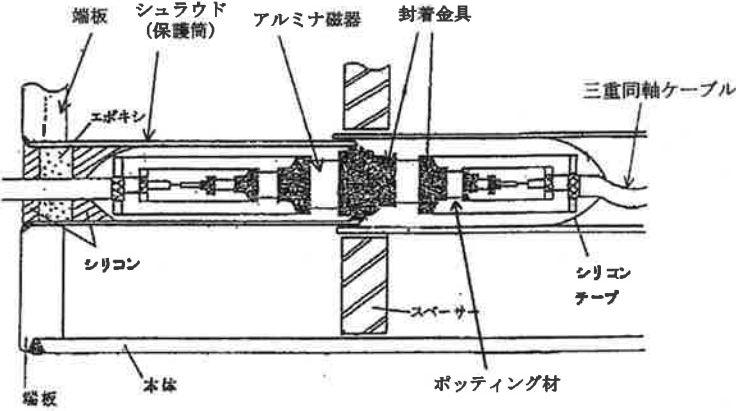
[抜 粋]
美浜発電所3号炉 劣化状況評価
(電気・計装品の絶縁低下)

補足説明資料

平成28年11月2日

関西電力株式会社

タイトル	三重同軸型電気ペネトレーションの評価について
説明	<p>1. 製造メーカーについて 美浜 3 号炉の三重同軸型電気ペネトレーションの製造メーカーは、全て長期健全性試験に供試された三重同軸型電気ペネトレーションの製造メーカーと同一である。</p> <p>2. 構造図及び劣化を考慮すべき部位について 構造図を添付-1 に示す。アルミナ磁器、封着金具、シュラウドでバウダリを形成している。また、劣化を考慮すべき部位の使用材料は以下の通り。</p> <p>着目すべき経年劣化事象</p> <ul style="list-style-type: none">・ポッティング材：シリコーン樹脂・外部リード：架橋ポリエチレン <p>着目すべき経年劣化事象でない事象</p> <ul style="list-style-type: none">・溶接リング：炭素鋼・アルミナ磁器：アルミナ磁器・封着金具：ニッケル合金・シュラウド：ステンレス鋼・端板：ステンレス鋼 <p>3. 長期健全性試験の内容及びその妥当性について 長期健全性試験の内容及びその妥当性を添付-2 に示す。</p>



(1) 長期健全性試験の内容について

①試験手順

代表機器（ピッグテイル型）と同様、下記手順で実施している。

供試体→加速熱劣化→放射線照射→加振試験→事故時雰囲気曝露→判定

②試験条件 下表に示す条件で実施した。加速熱劣化の試験条件を除き、代表機器（ピッグテイル型）と同じである。

	試験条件	説明
加速熱劣化	条件： 105℃×7日間	試験条件は、ポッティング材について、電気ペネトレーションの周囲温度（約40℃）に若干の余裕を加えた温度（約47℃）で60年間の運転に相当する条件（98℃×7日）を包絡している。また、外部リードについては、60年間の運転に相当する条件（104℃×7日）を包絡している。
放射線照射	平常時における集積線量と事故時の放射線量を照射 条件：0.5MGy（平常時）＋ 1.5MGy（事故時）	美浜3号炉の60年間の運転に予想される集積線量* ¹ に設計基準事故時線量0.607MGyを加えた線量を包絡している。
加振試験	実機プラントにSd地振動を想定して求めた最大加速度 1.8Gで加振	美浜3号炉に想定される最大加速度（0.65G）を包絡している。
事故時 雰囲気曝露	温度 Max 190℃ 圧力 Max 0.414MPa 時間 ~15日間	美浜3号炉の設計基準事故時の最高温度、最高圧力を包絡している。

*1：原子炉格納容器内電気ペネトレーション近傍で最も放射線レベルが高い区域の空間線量率は約1.1mGy/hであり、この値より60年間の平常時の集積線量を評価すると、
1.1 [mGy/h] × (24×365.25) h/y×60 [y] = 0.579kGy となる。

[出典（試験条件）：電力共通研究「電気・計装機器の耐環境実証試験に関する研究(Step-3)」1983年度]

(2) 長期健全性試験内容の妥当性について

当該試験はIEEE 323-1974に準拠した手順で実施している。その妥当性については、JEAG 4623-2008で呼び込んでいるIEEE 317-1983の要求事項から見て、不足しているいずれの項目についても、耐環境試験で付与した劣化条件から見た影響は非常に軽微と考えられることから、妥当性はあるものとする（添付-3参照）。

(3) 事故時雰囲気曝露試験の妥当性について

設計基準事故時の安全解析結果（事故後27時間までの解析を実施）の包絡条件（設計基準事故包絡条件）と事故時雰囲気曝露試験の条件とを比較した結果を添付-4に示す。

また、重大事故等時解析結果の包絡条件（重大事故等包絡条件）と事故時雰囲気曝露試験の条件とを比較した結果を添付-5、6に示す。

なお、重大事故等時環境解析の入力条件としては、別途審査いただいている美浜3号炉 原子炉設置許可申請書の添付書類10の第7.2.1.2.2表「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過温破損）」の主要解析条件（外部電源喪失時に非常用所内交流電源が喪失し、補助給水機能が喪失する事故）（1/4～4/4）の通りとし、事故発生後7日間までの解析をした環境条件としている。

IEEE Std 317の寿命試験に関する要求事項と電共研の実施有無(1/3)

No	IEEE-317-1983 要求事項		S58年電共研 実施有無	IEEE-317の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
1	6.3.1 初期特性試験	各供試体は製造試験に合格していること。	○ (実施) 以降同じ	-
2	6.3.2 1) 輸送・保管の模 擬	供試体は輸送・保管の最も厳しい環境条件に曝すものと する。	×	本試験は、輸送中の温度や振動に対する検証と考えられる。 輸送・保管中の温度はほぼ常温と考えられ、厳しい環境条件 に曝されることはないため、劣化への影響は非常に小さいと 考えられる。また、輸送中の振動に対しても、梱包をしてお り、劣化への影響は非常に小さいと考えられる。
3	6.3.2 2) 運転熱サイクルの 模擬	供試体は、供用期間中の運転サイクルを模擬した熱サイ クル試験を行うこと。	×	本試験は、温度変化による熱応力に対する検証と考えられ る。 温度変化は、定検中のC/V内最低温度と運転中の最高温度が 定検毎に1回あるとして、約10℃～約60℃で60サイクル程度 である。電気ペネトレーションを常温(20℃)で製作、 20℃→60℃の温度変化に対して、ポッティング材の熱応力、 シユラウド、導体との接着面のせん断応力を求めた。その結 果、熱応力は□MPa程度で、引張強度約□MPaに対して 非常に小さい。また、接着面のせん断応力も□MPa程度で 引張せん断接着強さ□MPaに対して問題ないレベルと考えられ る。また、サイクル数も60回程度と少ないことから、熱応力 による劣化への影響は非常に小さいと考えられる。
4	6.3.2 3) 熱劣化の模擬	<ul style="list-style-type: none"> 供試体は、設置寿命期間中の設計通常使用温度での運 転を模擬するために熱劣化処理を受けるものとする。 加速劣化時間及び温度はアレニウスのデータから算出 するか、正当化することができる他の方法を用いても 良い。 	○	-

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

IEEE317の寿命試験に関する要求事項と電共研の実施有無(2/3)

No	IEEE-317-1983 要求事項		S58年電共研 実施有無	IEEE-317の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
5	6.3.2 4) 放射線照射の模 擬	設計通常使用環境の放射線を設置寿命期間中模擬した放射線を供試体に照射するものとする。設計基準事象による最大累積放射線量をこの時点で含めても良い。 6.3.2 1)~4)の事前処理後、供試体は、漏えい試験及び電気試験(導通、絶縁抵抗試験、耐電圧試験)に合格するものとする。 短絡電流および短絡熱容量試験を行うこと。 ・設置状態を模擬し、短絡状態時に応力を受けるすべての構成部品を含むものとする。 ・試験は室温で実施してよいが、試験開始時の導体温度は、定格連続電流試験時の最高温度以上とすること。 ・短絡電流試験は、定格短絡電流以上で、継続時間は0.033秒以上とする。短絡熱容量試験は、定格短絡熱容量と同様の電流の二乗×時間(秒)とする。 ・短絡熱容量試験は短絡電流試験と組み合わせても良い。 ・試験後、漏えい試験及び電気試験(導通、耐電圧試験)に合格するものとする。	○	—
6	6.3.3 (1) 短絡電流および 短絡熱容量試験	短絡電流および短絡熱容量試験を行うこと。 ・設置状態を模擬し、短絡状態時に応力を受けるすべての構成部品を含むものとする。 ・試験は室温で実施してよいが、試験開始時の導体温度は、定格連続電流試験時の最高温度以上とすること。 ・短絡電流試験は、定格短絡電流以上で、継続時間は0.033秒以上とする。短絡熱容量試験は、定格短絡熱容量と同様の電流の二乗×時間(秒)とする。 ・短絡熱容量試験は短絡電流試験と組み合わせても良い。 ・試験後、漏えい試験及び電気試験(導通、耐電圧試験)に合格するものとする。	×	本試験の目的は、大電流通電による熱と電磁力に対する検証と考えられる。 実際の電源系統では、過負荷・短絡電流等の保護回路により、短絡電流等は瞬時遮断[]秒程度]されため、短時間許容温度及び熱劣化に対して影響はないと考えられる。 ・熱に対する影響は、電流の継続時間が非常に短く、ポテンシャルがケープルの絶縁体の短時間許容温度及び熱劣化に対して影響はないと考えられる。 ・電磁力に対しては、ポテンシャル内のケープル間で吸引、反発力が働き、ポテンシャル材に力が加わるが、電流の継続時間が非常に短く、ポテンシャル材の健全性に対して影響はないと考えられる。
7	6.3.3 (2) 耐震試験	供試体は、設計使用条件に裕度を加えた条件の入力振動スペクトルでANSI/IEEE Std 344-1975(1980年改訂)に準じて耐震試験を行う。 ・試験中、供試体の全ての導体は、連続性を維持し、定格電圧に裕度を加えたものに耐えるものとする。 ・試験後、漏えい試験及び電気試験(耐電圧試験)に合格するものとする。	○	—
8	6.3.3 (3) 最過酷DBE環境 条件の模擬試験	設計最大想定事故時の環境条件(圧力、温度、湿度、放射線(放射線照射の模擬に含まれない場合)化学スプレーイ)に対する健全性を実証すること。 ・試験中、導体に定格電圧を連続的に印加するものとする。 ・試験後、漏えい試験に合格するものとする。	○	—

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

IEEE317の寿命試験に関する要求事項と電共研の実施有無(3/3)

No	IEEE-317-1983 要求事項		S58年電共研 実施有無	IEEE-317の要求に対して、 電共研で実施していない場合の理由等
	試験項目	試験内容		
9	6.3.3 (4) 最過酷DBE 環境条件 での定格 短時間過 負荷電流 試験	<p>IEEE-317-1983 要求事項</p> <p>試験内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 最も厳しいDBE環境条件時の定格連続電流通電時に、供試体の1回路が定格短時間過負荷電流および継続時間を通電できるものとする。 定格短時間過負荷電流とは最高通常環境温度で定格電流を通電している状態で、1つの回路が、導体温度が短時間過負荷設計温度限度を超えずに、規程の時間通電することができ、過負荷電流で、定格連続電流の7倍以上で継続時間は10秒以上とする。 環境条件で、温度は6.3.3(3)の試験中の最高温度以上、圧力は設計圧力以上（二重導体シールの場合は内側を加圧してもよい。）化学スプレイ、蒸気は必要はない。 試験後、定格電圧に耐えること。漏えい試験に合格するものとする。 	×	<p>IEEE-317の要求に対して、電共研で実施していない場合の理由等</p> <p>本試験の目的は、事故時の温度、圧力が高い状態で、大電流通電による熱に対する検証と考えられる。実際の電源系統では、過負荷・短絡電流等の保護回路により、定格短時間過負荷試験電流は影響の少ない時間で遮断されるため、短時間許容温度及び熱劣化に対して影響はないと考えられる。電流の継続時間が非常に短く、ポテンシャルやケーブルの短時間許容温度及び絶縁体の熱劣化に対して影響はないと考えられる。</p>
10	6.3.3 (5) 最過酷DBE 環境条件 での定格 短時間過 負荷電流 試験	<p>IEEE-317-1983 要求事項</p> <p>試験内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 最も厳しいDBE環境条件時の定格連続電流通電時に、供試体の1回路が定格短絡電流を通電できるものとする。 電流値および継続時間は、短絡電流試験は、定格短絡電流以上で、継続時間は0.033秒以上とする。 環境条件は6.3.3(4)と同じ。 試験後、定格電圧に耐えること。漏えい試験に合格するものとする。 	×	<p>本試験の目的は、事故時の温度、圧力が高い状態で、大電流通電による熱と電磁力に対する検証と考えられる。実際の電源系統では、過負荷・短絡電流等の保護回路により、短絡電流等は瞬時遮断[秒程度]されるため、短時間許容温度及び熱劣化に対して影響はないと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 熱に対する影響は、電流の継続時間が非常に短く、ポテンシャルやケーブルの絶縁体の短時間許容温度及び熱劣化に対して影響はないと考えられる。 電磁力に対しては、ポテンシャル内のケーブル間で吸引、反発力が働き、ポテンシャル材に力が加わるが、電流の継続時間が非常に短く、ポテンシャル材の健全性に対して影響はないと考えられる。
11	6.3.3 (6) 最過酷DBE 環境条件 での定格 短時間過 負荷電流 試験	<p>IEEE-317-1983 要求事項</p> <p>試験内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 最も厳しいDBE環境条件時の定格連続電流通電時に、定格短絡電流を通電させる。 環境条件は6.3.3(4)と同じ。 6.3.3(5)で試験された導体は6.3.3(6)の試験を受ける必要はない。 別々の供試体で実施する 短絡熱容量試験は短絡電流試験と組み合わせても良い。 試験後、定格電圧に耐えること。漏えい試験に合格するものとする。 	×	同上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(ポッティング材：シリコーン樹脂)

	条件 (温度-時間)	65℃換算*1	合計
事故時 雰囲気 曝露 試験		628824時間	2177128時間 (100年以上)
		228969時間	
		1319335時間	
設計基 準事故 包絡条 件		9821時間	22611時間 (約2.6年)
		4054時間	
		8736時間	

*1：活性化エネルギー kcal/mol (メーカー) での換算値

以上の通り、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の設計基準事故包絡条件を包絡している。

(外部リード：架橋PEゴム)

	条件 (温度-時間)	65℃換算*1	合計
事故時 雰囲気 曝露 試験		148087時間	828243時間 (約94年)
		78048時間	
		602108時間	
設計基 準事故 包絡条 件		4534時間	15722時間 (1.8年)
		2452時間	
		8736時間 (364日)	

*1：活性化エネルギー kcal/mol (メーカー) での換算値

以上の通り、事故時雰囲気曝露の試験条件は、実機の設計基準事故包絡条件を包絡している。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(ポッティング材：シリコン樹脂)

	条件 (温度-時間)	65℃換算*1	合計
事故時 雰囲気 暴露 試験	190℃-10分	628824時間	2177128時間 (100年以上)
	150℃-175分	228969時間	
	123℃- (21時間+14日)	1319335時間	
重大事故 等包絡条 件	60℃-1時間	1時間	845175時間 (約97年)
	85℃-1時間	23時間	
	100℃-1時間	193時間	
	115℃-9時間	12394時間	
	140℃-6時間	159115時間	
	126℃-6時間	31781時間	
	132℃-23時間	246304時間	
	130℃-10時間	84888時間	
	128℃-11時間	73848時間	
	126℃-11時間	58266時間	
	124℃-13時間	54201時間	
	122℃-9時間	29464時間	
	120℃-9時間	23079時間	
	118℃-10時間	20036時間	
	116℃-11時間	17176時間	
114℃-11時間	13352時間		
112℃-10時間	9411時間		
110℃-16時間	11643時間		

*1：活性化エネルギー 37.7 kcal/molでの換算値

以上の通り、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等包絡条件を包絡している。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(外部リード：架橋PEゴム)

	条件（温度－時間）	65℃換算*1	合計
事故時 雰囲気 暴露 試験		148866時間	831041時間 (約94.8年)
		78353時間	
		603822時間	
重大事故 等包絡条 件		1時間	360425時間 (約41.1年)
		17時間	
		117時間	
		6216時間	
		60159時間	
		14014時間	
		101547時間	
		35783時間	
		31835時間	
		25692時間	
		24452時間	
		13603時間	
		10907時間	
		9694時間	
		8511時間	
6777時間			
4894時間			
6206時間			

*1：活性化エネルギー kcal/molでの換算値

以上の通り、事故時雰囲気暴露の試験条件は、実機の重大事故等包絡条件を包絡している。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。