

玄海原子力発電所3号炉

ケーブルの技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

玄海3号炉のケーブルのうち、評価対象機器である安全重要度分類審査指針におけるクラス1、2の機器、高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器及び常設重大事故等対処設備に属する機器を種別、絶縁体材料等でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、重要度、温度等の観点から代表機器を選定した。

これらの一覧を表1に示す。

本評価書においては、これら代表機器について技術評価を行うとともに、代表機器以外の機器についても技術評価を展開している。また、ケーブルトレイ等及びケーブル接続部についてはケーブルの機能を維持するための1部品として位置づけられるが、それぞれケーブル種別による区別は困難であることから、ケーブルトレイ等及びケーブル接続部は独立してとりまとめている。

なお、点検等で確認した結果、異常が認められた場合、速やかに対策を施すこととしており、異常が認められた場合に、対策を実施する旨の記載は省略している。

本評価書ではケーブルの種別を基にしたケーブル分類に、ケーブルトレイ等及びケーブル接続部のケーブルの機能を維持するための機器を加えた以下の6つに分類している。

- 1 高圧ケーブル
- 2 低圧ケーブル
- 3 同軸ケーブル
- 4 光ファイバケーブル
- 5 ケーブルトレイ等
- 6 ケーブル接続部

また、玄海1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉の共用設備のうち1号炉、2号炉及び4号炉で設置されているケーブルについては、「玄海原子力発電所3号炉 共用設備（他号炉設備）の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

表 1 (1/2) 玄海 3 号炉 主要なケーブル

分離基準 種別	機器名称	選定基準				使用開始時期		選定理由
		用途	使用環境 原子炉施設内 原子炉施設外	重要度*1	建設時	運転開始後		
高圧	難燃高圧C SHVケーブル 架橋ポリエチレン	電力	○*2	MS-1重*9	○	○	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	◎
低圧	難燃E P ゴム*5 特殊耐熱ビニル	電力・制御・計装	○*3,4	MS-1重*9	○	○	難燃クロロスルホン化 ポリエチレン	◎
		電力・制御・計装		MS-1重*9	○	○	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	◎
同軸	F E P 樹脂*6 架橋ポリエチレン	制御・計装	○	MS-1	○		T F E P 樹脂*7	◎
		計装	○*3,4	MS-1重*9	○	○	内部：架橋ポリエチレン 外部：難燃架橋ポリエチレン	◎
	難燃三重同軸ケーブル2	計装	○	MS-1重*9	○	○	内部：架橋ポリエチレン 外部：E T F E 樹脂*8	◎

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：屋内外に布設

*3：設計基準事故を考慮する

*4：重大事故等を考慮する

*5：E P ゴム；エチレンプロピレンゴム

*6：F E P 樹脂；四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂

*7：T F E P 樹脂；四フッ化エチレン・プロピレン共重合樹脂

*8：E T F E 樹脂；四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

*9：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

表 1 (2/2) 玄海 3 号炉 主要なケーブル

分離基準		機器名称	選定基準					シース材料	選定	選定理由	
種別	心線材料		用途	使用環境		重要度*1	使用開始時期				
				原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時				運転開始後
光ファイバ	石英ガラス	難燃光ファイバケーブル 1	○	○	重*2		○	◎	使用本数		
		難燃光ファイバケーブル 2		○	重*2		○				
		難燃光ファイバケーブル 3		○	重*2		○				

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

[ケーブル名称の略称について]

表1に示す玄海3号炉の主要なケーブルの略称は、各々以下のケーブルを示すものである。

- (1) 難燃高圧C SHVケーブル：高圧架橋ポリエチレン絶縁
難燃低塩酸特殊耐熱ビニルシースケーブル
- (2) 難燃PHケーブル：難燃エチレンプロピレンゴム絶縁
難燃クロロスルホン化ポリエチレンシースケーブル
- (3) 難燃SHVVケーブル：特殊耐熱ビニル絶縁
難燃低塩酸特殊耐熱ビニルシースケーブル
- (4) FPTFケーブル：四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂絶縁
四フッ化エチレン・プロピレン共重合樹脂シースケーブル

備考：記号の意味は、次のとおりである。

C：架橋ポリエチレン

SHV：特殊耐熱ビニル

P：エチレンプロピレンゴム

FP：四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂

ただし、特殊耐熱ビニル絶縁ケーブルについては、本来の記号の意味からは、(3) 難燃SHVVケーブル=難燃SHVSHVケーブルと記すところであるが、記号簡略化のために、通例に従い難燃SHVVケーブルと表記した。

1 高圧ケーブル

[対象機器]

- ① 難燃高圧C SHVケーブル

目 次

1. 対象機器	1
2. 難燃高圧C SHVケーブルの技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	5
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	8
3. 代表機器以外への展開	14
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	14
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	15

1. 対象機器

玄海3号炉で使用されている高圧ケーブルの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 玄海3号炉 高圧ケーブルの主な仕様

機器名称	選 定 基 準					絶縁体材料／シース材料	
	用 途	使 用 環 境		重要度*1	使用開始時期		
		原子炉格納容器内	原子炉格納容器外		建設時		運転開始後
難燃高圧C SHVケーブル	電力		○*2	MS-1 重*3	○	○	架橋ポリエチレン／ 難燃低塩酸特殊耐熱ビニル

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：屋内外に布設

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 難燃高圧C SHVケーブルの技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 難燃高圧C SHVケーブル

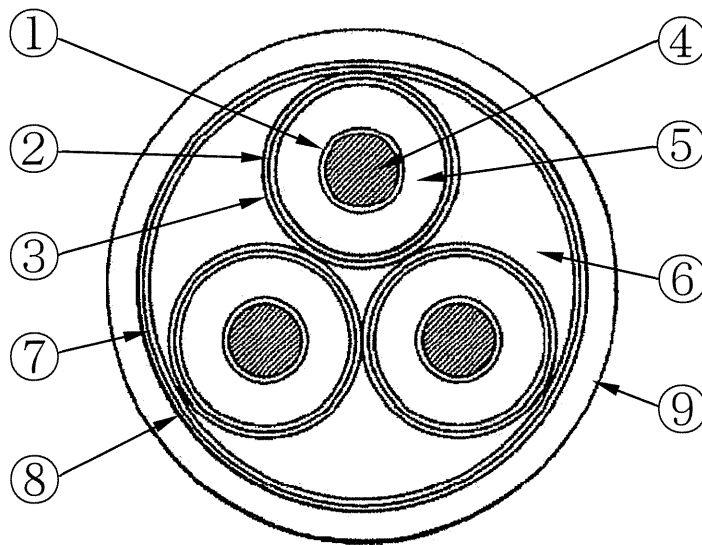
(1) 構造

玄海3号炉に使用している難燃高圧C SHVケーブルは、導体、内部半導電層、絶縁体、外部半導電層、遮へい層、介在、テープ、防蟻層及びシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は絶縁体により保たれている。なお、内部半導電層、外部半導電層は導体及び遮へい層を整形、遮へい層は導体の静電誘導を低減、介在及びテープはケーブルを整形、防蟻層は食害対策及びシースはケーブルを外的な力から保護するための材料である。

玄海3号炉の難燃高圧C SHVケーブル構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の難燃高圧C SHVケーブルの使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	内部半導電層
②	外部半導電層
③	遮へい層
④	導 体
⑤	絶 縁 体
⑥	介 在
⑦	テ ー プ
⑧	防 蟻 層
⑨	シ ー ス

図2.1-1 玄海3号炉 難燃高圧C SHVケーブル構造図

表2.1-1 玄海3号炉 難燃高圧C SHVケーブル主要部位の使用材料

部 位	材 料
内部半導電層	ポリエステル不織布、カーボン含有架橋ポリエチレン
外部半導電層	ポリエステル不織布、カーボン含有架橋ポリエチレン
遮へい層	銅テープ
導 体	銅
絶 縁 体	架橋ポリエチレン
介 在	ジュート
テ ー プ	布
防 蟻 層	ナイロン
シ ー ス	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル

表2.1-2 玄海3号炉 難燃高圧C SHVケーブルの使用条件

	通 常 運 転 時
使 用 環 境	原子炉格納容器外
周 囲 温 度	約40°C*1
放 射 線	$0.072 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器外の最大実測値

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

難燃高圧C S HVケーブルの機能である電力の伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① 通電・絶縁機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

難燃高圧C S HVケーブルについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件及び現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化を除く）

絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）

絶縁体は有機物であり、長時間にわたって水が存在する状態で高い電界にさらされると、水トリー劣化による絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) シースの劣化

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 玄海3号炉 難燃高圧C SHVケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	内部半導電層		ポリエステル不織布、カーボン含有架橋ポリエチレン						*1：水トリー劣化を含む *2：劣化
	外部半導電層		ポリエステル不織布、カーボン含有架橋ポリエチレン						
	遮へい層		銅テープ						
	導 体		銅						
	絶 縁 体		架橋ポリエチレン	○*1					
	介 在		ジユート						
	テ ー プ		布						
	防 蟻 層		ナイロン						
	シ ー ス		難燃低塩酸特殊耐熱ビニル					△*2	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化を除く）

a. 事象の説明

絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

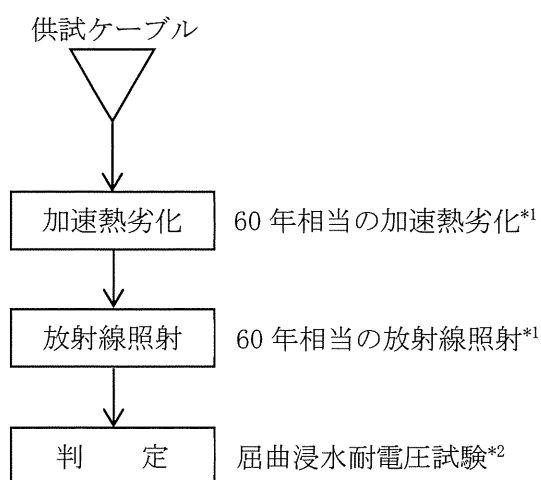
ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class IE Equipment for Nuclear Power Generating Stations」及び383-1974「IEEE Standard for Type Test of Class IE Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」の規格を根幹に、我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案として電気学会にてまとめられている。電気学会技術報告Ⅱ部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」には、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順並びに判定方法が述べられており、本評価ではこれらに従って難燃高圧CSHVケーブルの長期健全性を評価した。

図2.3-1に試験手順及び判定方法を示す。

なお、この試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

難燃高圧CSHVケーブルの長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-1及び表2.3-2に示す。

評価の結果、玄海3号炉の難燃高圧CSHVケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1：原子炉格納容器外のケーブル使用条件に基づいた試験条件である

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約20倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる

図2.3-1 難燃高圧CSHVケーブルの長期健全性試験手順

表2.3-1 難燃高圧C SHVケーブルの長期健全性試験条件

	試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件
温 度	120°C－18日	96°C－18日 (=60°C*1－60年)
放 射 線 (集積線量)	500kGy (2.62kGy/h)	37.9Gy*2

*1：原子炉格納容器外でのケーブル布設エリアの温度（約40°C）に通電による
温度上昇と余裕を加えた温度として設定

*2： $0.072 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 37.9 \text{Gy}$

表2.3-2 難燃高圧C SHVケーブルの長期健全性試験結果

項 目	試 験 条 件	判 定
屈 曲 浸 水 耐 電 圧 試 験	供試体外径 : 59mm マンドレル径 : 1,100mm 絶縁厚さ : 4.0mm 課電電圧 : 12.8kV/5分間	良

[出典：メーカーデータ]

② 現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定を行い、管理値以上であることを確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁体の絶縁低下による機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から、追加すべきものはないと判断する。

2.3.2 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）

a. 事象の説明

絶縁体は有機物であり、長時間にわたって水が存在する状態で高い電界にさらされると、水トリー劣化による絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

玄海3号炉の難燃高圧CSHVケーブルのうち、雨水等により浸水する可能性があるものは屋外に布設しているケーブルのみであり、屋内に布設しているケーブルは、長時間にわたって水が存在する状態にさらされる可能性はない。屋外に布設しているケーブルは、コンクリート製トレンチ内の電線管に布設している。電線管はプルボックス部分にて、排水穴による排水処理を施している。また、トレンチは中に入って内部に水が溜まっていないことを目視確認できる構造となっており、水が溜まった場合は、恒設の排水ポンプで排水することが可能となっていることから、ケーブルが長時間浸水する可能性はないが、溜まり水による多湿度環境を考慮すると、水トリー劣化による絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）に対しては、定期的な絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断（シース絶縁抵抗測定、遮蔽軟銅テープ抵抗測定、直流漏れ電流測定）により、管理範囲に収まっていることを確認しており、点検結果に基づき、必要により取替等を実施することとしている。

また、屋外布設ケーブルについては、トレンチ内の水溜りの有無を定期的を目視確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、屋外布設ケーブルはコンクリート製トレンチ内の電線管に布設しており、長時間浸水状態となる可能性はないが、多湿度環境になることを考慮すると絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）の可能性は否定できない。

絶縁低下は絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断で、浸水状態は目視確認で検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで健全性を維持できると考える。

c. 高経年化への対応

屋外に布設している難燃高圧C SHVケーブルの絶縁体の絶縁低下（水トリ
ー劣化）については、定期的に絶縁抵抗測定及びケーブル絶縁診断を実施して
いくとともに、点検結果に基づき必要により取替等を実施していく。

また、トレンチ内については、引き続き目視確認を実施していく。

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について、代表機器と構造及び絶縁体材料が類似するケーブル(製造メーカーが異なるケーブル)への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

① 難燃高圧C SHVケーブル(製造メーカーが異なるケーブル)

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁体の絶縁低下(水トリー劣化を除く)

代表機器と構造及び絶縁体材料が類似する難燃高圧C SHVケーブルについては、代表機器と同様、実機同等品による電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果を用いて評価した結果、60年間の運転期間においても絶縁機能を維持できると判断でき、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

また、絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から、追加すべきものはないと判断する。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）

絶縁体は有機物であり、長時間にわたって水が存在する状態で高い電界にさらされると、水トリー劣化による絶縁性能の低下が想定される。

しかしながら、代表ケーブルと構造及び絶縁体材料が類似する難燃高圧C S H Vケーブル（製造メーカーが異なる難燃高圧C S H Vケーブル）は屋内のみに布設しており、長時間にわたって水が存在する状態にさらされる可能性はないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 シースの劣化

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2 低圧ケーブル

[対象機器]

- ① 難燃PHケーブル
- ② 難燃SHVVケーブル
- ③ FPTFケーブル

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	7
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	12
3. 代表機器以外への展開	27
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	27
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	28

1. 対象機器及び代表機器の選定

玄海3号炉で使用されている低圧ケーブルの主な仕様を表1-1に示す。

これらのケーブルを絶縁体材料の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示す低圧ケーブルを、絶縁体材料で分類すると3つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 絶縁体材料：難燃EPゴム

このグループには、難燃PHケーブルのみが属するため、難燃PHケーブルを代表機器とする。

(2) 絶縁体材料：特殊耐熱ビニル

このグループには、難燃SHVVケーブルのみが属するため、難燃SHVVケーブルを代表機器とする。

(3) 絶縁体材料：四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂

このグループには、FPTFケーブルのみが属するため、FPTFケーブルを代表機器とする。

表1-1 玄海3号炉 低圧ケーブルの主な仕様

分離基準	機器名称	選定基準				シース材料	選定	選定理由
		用途	使用環境		重要度*1			
絶縁体材料	原子炉格納容器内		原子炉格納容器外	建設時		運転開始後		
難燃E P ゴム*4	難燃P H ケーブル	○*2,3	○*2,3	MS-1、重*7	○	○	◎	難燃クロロスルホン化ポリエチレン
特殊耐熱ビニル	難燃S H V V ケーブル		○*3	MS-1、重*7	○	○	◎	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル
F E P 樹脂*5	F P T F F ケーブル		○	MS-1	○		◎	T F E P 樹脂*6

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：設計基準事故を考慮する

*3：重大事故等を考慮する

*4：E P ゴム：エチレンプロピレンゴム

*5：F E P 樹脂：四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂

*6：T F E P 樹脂：四フッ化エチレン・プロピレン共重合樹脂

*7：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の3種類のケーブルについて技術評価を実施する。

- ① 難燃PHケーブル
- ② 難燃SHVVケーブル
- ③ FPTFケーブル

2.1 構造、材料及び使用条件

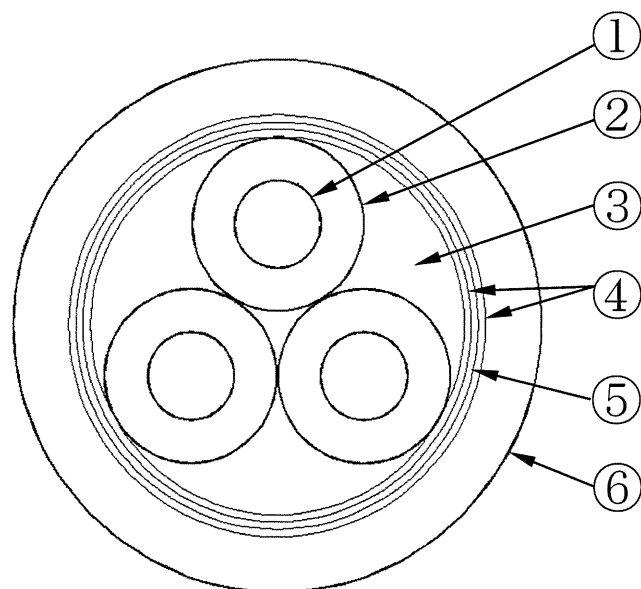
(1) 構造

玄海3号炉で使用している低圧ケーブルは、導体、絶縁体、介在、テープ、遮へい層及びシースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は絶縁体により保たれている。介在及びテープはケーブルを整形するため、遮へい層は導体の静電誘導を低減するため、シースはケーブルを外的な力から保護するための材料である。

玄海3号炉の代表的な低圧ケーブル構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の難燃PHケーブル、難燃SHVVケーブル及びFPTFケーブルの使用材料及び使用条件を表2.1-1～表2.1-6に示す。



No.	部 位
①	導 体
②	絶 縁 体
③	介 在
④	テ ー プ
⑤	遮 へ い 層
⑥	シ ー ス

図2.1-1 玄海3号炉 代表的な低圧ケーブル構造図

表2.1-1 玄海3号炉 難燃PHケーブル主要部位の使用材料

部 位	材 料
導 体	銅 (錫メッキ)
絶 縁 体	難燃エチレンプロピレンゴム
介 在	ジュート
テ ー プ	布
遮へい層	銅テープ (錫メッキ)
シ ー ス	難燃クロロスルホン化ポリエチレン

表2.1-2 玄海3号炉 難燃PHケーブルの使用条件*1

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約50℃*2	約144℃ (最高温度)	約144℃ (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa [gage] 以下	約0.392MPa [gage] (最高圧力)	約0.444MPa [gage] (最高圧力)
放 射 線	0.3Gy/h*3	824kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内ケーブルの条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル周囲温度実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内難燃PHケーブル周囲線量率実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた線量率

表2.1-3 玄海3号炉 難燃SHVVケーブル主要部位の使用材料

部 位	材 料
導 体	銅 (錫メッキ)
絶 縁 体	特殊耐熱ビニル
介 在	ジュート
テ ー プ	布
遮へい層	銅テープ (錫メッキ)
シ ー ス	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル

表2.1-4 玄海3号炉 難燃SHVVケーブルの使用条件

	通 常 運 転 時	重 大 事 故 等 時
使 用 環 境	原子炉格納容器外	原子炉格納容器外
周 囲 温 度	約40°C*1	約100°C*3
放 射 線	$0.072 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$	$0.15 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*4}$

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器外の最大実測値

*3：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺における温度

*4：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺での放射線量

表2.1-5 玄海3号炉 FPTFケーブル主要部位の使用材料

部 位	材 料
導 体	銅 (錫メッキ)
絶 縁 体	四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂
介 在	ガラス糸
テ ー プ	プラスチックテープ
遮へい層	銅線編組 (錫メッキ)
シ ー ス	四フッ化エチレン・プロピレン共重合樹脂

表2.1-6 玄海3号炉 FPTFケーブルの使用条件

使 用 環 境	原子炉格納容器外 (管理区域外*1)
周 囲 温 度	約24℃*2

*1：中央制御室、リレー室でのみ使用

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

低圧ケーブルの機能である電力や計測制御信号の伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① 通電・絶縁機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

低圧ケーブル個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件及び現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1～表2.2-3に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1～表2.2-3で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 絶縁体の絶縁低下 [共通]

絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-3で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) シースの劣化〔共通〕

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 玄海3号炉 難燃PHケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考	
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他		
通電・絶縁機能の維持	導 体		銅 (錫メッキ)							*1：劣化
	絶 縁 体		難燃エチレンプロピレン ゴム	○						
	介 在		ジュート							
	テ ー プ		布							
	遮へい層			銅テープ (錫メッキ)						
	シ ー ス			難燃クロロスルホン化ポリ エチレン					△*1	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-2 玄海3号炉 難燃SHVVケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他	
通電・絶縁機能の維持	導 体		銅 (錫メッキ)						*1:劣化
	絶 縁 体		特殊耐熱ビニル	○					
	介 在		ジュート						
	テ ー プ		布						
	遮へい層			銅テープ (錫メッキ)					
	シ ー ス			難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル				△*1	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

表2.2-3 玄海3号炉 F P T F ケーブルに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考	
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他		
通電・絶縁機能の維持	導 体		銅 (錫メッキ)							*1：劣化
	絶 縁 体		四フッ化エチレン・ 六フッ化プロピレン 共重合樹脂	○						
	介 在		ガラス糸							
	テ ー プ		プラスチックテープ							
	遮へい層		銅線編組 (錫メッキ)							
	シ ー ス		四フッ化エチレン・ プロピレン共重合樹脂						△*1	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 絶縁体の絶縁低下 [共通]

a. 事象の説明

絶縁体は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は、IEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class IE Equipment for Nuclear Power Generating Stations」及び383-1974「IEEE Standard for Type Test of Class IE Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」の規格を根幹に我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案として電気学会にてまとめられている。電気学会技術報告Ⅱ部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」（以下「電気学会推奨案」という。）には、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順、並びに判定方法が述べられており、本評価ではこれらに従って、実機同等品を用いて低圧ケーブルの長期健全性を評価した。

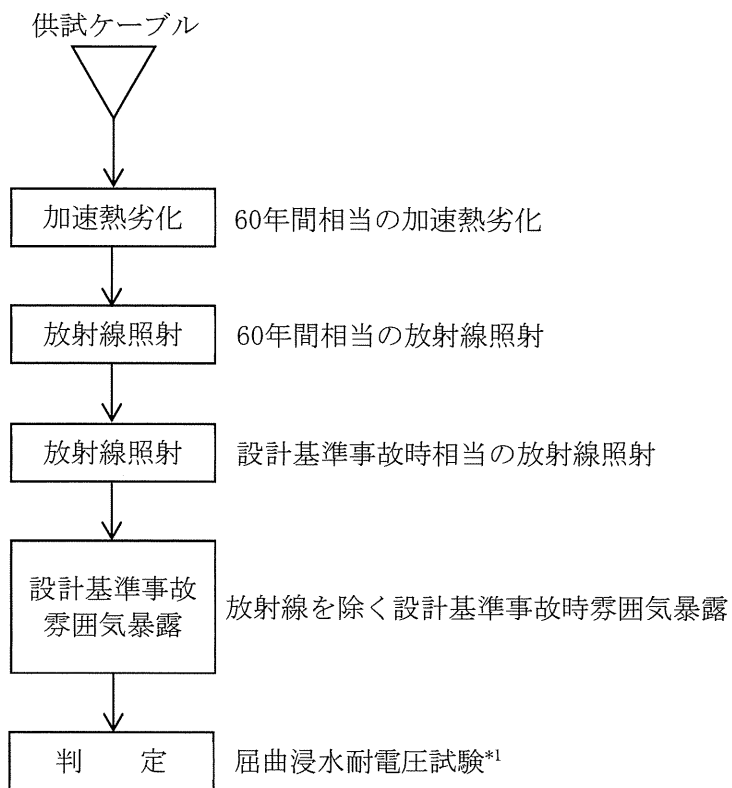
設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃PHケーブルの電気学会推奨案に基づく試験手順及び判定方法を図2.3-1に示す。

難燃PHケーブルについては、実機同等品による長期健全性試験結果を用いて評価する。

難燃PHケーブルの長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-1及び表2.3-2に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、玄海3号炉の難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1： 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図2.3-1 難燃PHケーブルの長期健全性試験手順

表2.3-1 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	140℃-9日	111℃-9日 (=56℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.3kGy/h)	158kGy*3
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.3kGy/h)	824kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内ケーブルの条件を代表として記載

*2：原子炉格納容器内でのケーブル布設エリアの温度（約38℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

*3：0.3[Gy/h] × (24×365.25) [h/y] × 60[y] = 158kGy

表2.3-2 難燃PHケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.5mm マンドレル径：400mm 絶縁厚さ：0.8mm 課電電圧：2.6kV/5分間	良

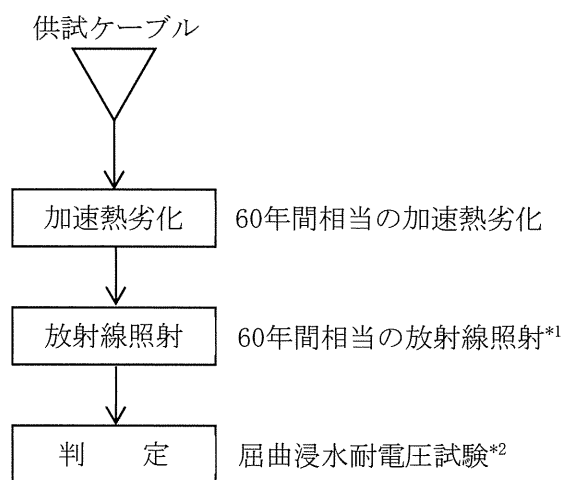
[出典：九州電力研究データ]

次に、難燃SHVVケーブル及びFP TFケーブルについては、実機同等品による長期健全性試験結果を用いて評価する。

難燃SHVVケーブル及びFP TFケーブルの電気学会推奨案に基づく試験手順及び判定方法を図2.3-2に、難燃SHVVケーブル及びFP TFケーブルの長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-3～表2.3-6に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、玄海3号炉の難燃SHVVケーブル及びFP TFケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1：FP TFケーブルは中央制御室及びリレー室のみで使用されるため放射線照射は実施しない

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約20倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図2.3-2 難燃SHVVケーブル、FP TFケーブルの長期健全性試験手順

表2.3-3 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件

	試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件
温度	135℃-14日	128℃-14日 (=65℃*1-60年)
放射線 (集積線量)	500kGy (9.51kGy/h)	37.9Gy*2

*1：原子炉格納容器外の内、環境条件が厳しいケーブル布設エリアの温度（約40℃）に通電による温度上昇と余裕を加えた温度として設定

*2： $0.072 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 37.9\text{Gy}$

表2.3-4 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：15.0mm マンドレル径：300mm 絶縁厚さ：1.0mm 課電電圧：3.2kV/5分間	良

[出典：メーカーデータ]

表2.3-5 F P T F ケーブルの長期健全性試験条件

	試 験 条 件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件
温 度	200℃-56日	188℃-56日 (=30℃*1-60年)

*1：原子炉格納容器外でのケーブル布設エリアの温度（約24℃）に余裕を加えた温度として設定

表2.3-6 F P T F ケーブルの長期健全性試験結果

項 目	試 験 条 件	判 定
屈 曲 浸 水 耐 電 圧 試 験	供試体外径 : 18.0mm マンドレル径 : 360mm 絶縁厚さ : 0.25mm 課電電圧 : 0.96kV/5分間	良

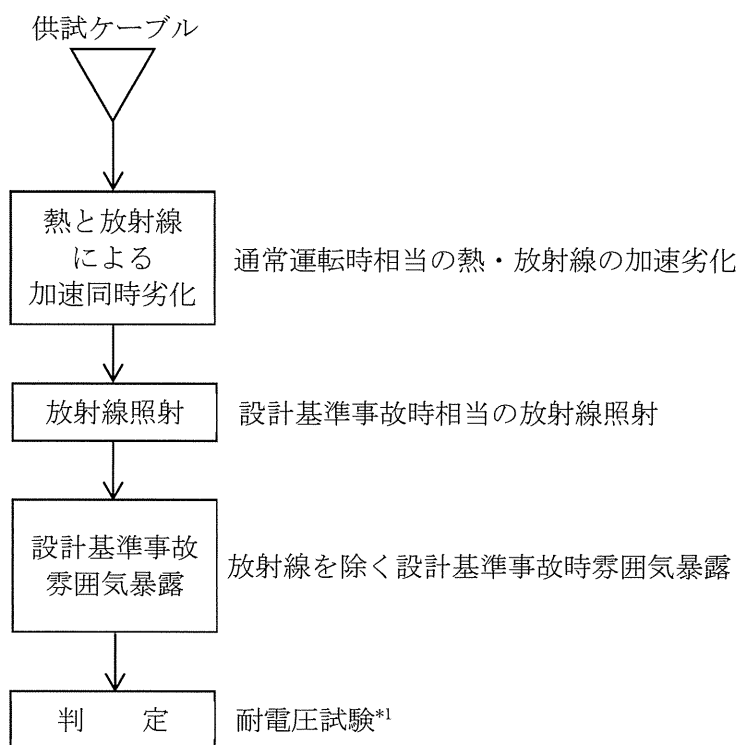
[出典：九州電力研究データ]

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果が「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド（JNES-RE-2013-2049）」（以下「ACAガイド」という。）に取りまとめられている。このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃PHケーブルについては、ACAガイドに従った長期健全性も評価した。

評価にあたっては、「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書（JNES-SS-0903）」（以下、「ACA」という。）の試験結果を用いた。

ACAガイドに基づく試験手順を図2.3-3にACA試験条件並びにACA試験結果を表2.3-7及び表2.3-8にACAガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果を表2.3-9に示す。

ACAガイドに基づく評価の結果、玄海3号炉のループ室内以外に布設されている難燃PHケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断するが、ループ室内に布設されている難燃PHケーブルについては60年間の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できないが、評価期間に至る前に取替等の措置を講じることで、絶縁体の絶縁低下により、機器の健全性に影響を与えるものは無いと考える。



*1：耐電圧試験は、日本産業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000) の試験

図2.3-3 難燃PHケーブルのA C Aガイドに基づく試験手順

表2.3-7 難燃PHケーブルのACA試験条件

		試験条件
通常運転相当	温度 放射線	100°C-94.8Gy/h-4,003h
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)
	温度	最高温度：190°C
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]

表2.3-8 難燃PHケーブルのACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：1,500V/1分間	良

[出典：原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)]

表2.3-9 ACAガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件		使用 ケーブル	評価期間 [年]*1	備 考
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]			
ループ室	45	0.3	難燃PHケーブル	48*2	
加圧器上部	45	5×10 ⁻³	難燃PHケーブル	129*2	
通路部	45	5×10 ⁻³	難燃PHケーブル	129*2	
通路部ケーブル トレイ内	56*3	1×10 ⁻³	難燃PHケーブル	64*2	
主蒸気管室	50	—	難燃PHケーブル	102*2	

*1：稼働率100%での評価期間

*2：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

*3：ケーブル布設エリアの温度（約38°C）に通電時の温度上昇を加えた温度として評価

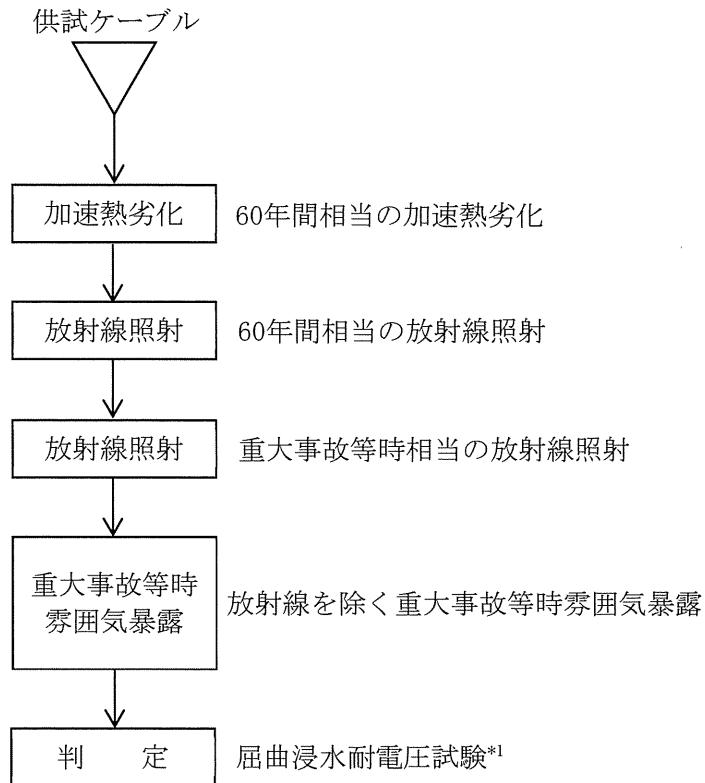
さらに、重大事故等時雰囲気内で機能要求がある難燃PHケーブル及び難燃SHVVケーブルについては、重大事故等時雰囲気内での健全性をあわせて評価した。

難燃PHケーブル及び難燃SHVVケーブルの試験手順及び判定方法を図2.3-4及び図2.3-5に示す。

難燃PHケーブル及び難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-10～表2.3-13に示す。

試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

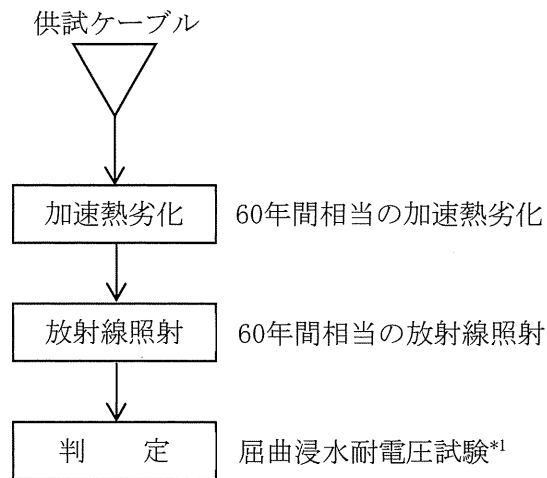
評価の結果、玄海3号炉の難燃PHケーブル及び難燃SHVVケーブルは、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1： 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態で、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図2.3-4 難燃PHケーブルの長期健全性試験手順



*1： 屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約20倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図2.3-5 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験手順

表2.3-10 難燃PHケーブルの長期健全性試験条件（重大事故等）

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運転 相当	温度	140℃-11h	137℃-11h (=56℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	158kGy*2
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力：0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

*1：原子炉格納容器内でのケーブル布設エリアの温度（約38℃）に通電による温度上昇を加えた温度として設定

*2： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60[\text{y}] = 158\text{kGy}$

表2.3-11 難燃PHケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.5mm マンドレル径：供試体外径の約40倍 絶縁厚さ：0.8mm 課電電圧：2.6kV/5分間	良

[出典：電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託2014年度」]

表2.3-12 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験条件（重大事故等）

	試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 及び 重大事故等時の環境条件
温度	135℃－14日	96℃－14日 (30℃*1－60年)（通常時） (100℃*2－7日)（事故時）
放射線 (集積線量)	500kGy (9.51kGy/h)	37.93Gy 37.9Gy*3（通常時） 0.03Gy*4（事故時）

- *1：使用済燃料ピット周辺のケーブル布設エリアの温度（約30℃）として設定
 *2：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺における温度（約100℃）として設定
 *3： $0.072 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 37.9\text{Gy}$
 *4：重大事故等時の使用済燃料ピット周辺での放射線量
 $0.15 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times 24 [\text{h}] \times 7 [\text{d}] = 0.03\text{Gy}$

表2.3-13 難燃SHVVケーブルの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：15.0mm マンドレル径：300mm 絶縁厚さ：1.0mm 課電電圧：3.2kV／5分間	良

[出典：メーカーデータ]

② 現状保全

絶縁体の絶縁低下に対しては、電力用ケーブルについては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

制御・計装用ケーブルについては、定期的な計測制御系統設備の機能検査等により、系統機器の動作又は計器の指示値等に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下のないことを確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して難燃PHケーブル、難燃SHVVケーブル及びFPTFケーブルについては、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

なお、絶縁低下は、絶縁抵抗測定、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

難燃PHケーブル、難燃SHVVケーブル及びFPTFケーブルの絶縁体の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から、追加すべきものはないと判断する。

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について、代表機器と構造及び絶縁体材料が類似するケーブル（製造メーカーが異なるケーブル）への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

① 難燃SHVVケーブル（製造メーカーが異なるケーブル）

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁体の絶縁低下

事故時雰囲気では機能要求のない代表ケーブルと製造メーカーが異なる難燃SHVVケーブルについては、構造及び絶縁体材料が類似している実機同等品を用い、電気学会推奨案に基づく長期健全性試験結果を用いて評価した結果、60年間の運転期間後においても絶縁低下の可能性は小さいと考える。

代表ケーブルと製造メーカーが異なる難燃SHVVケーブルの絶縁低下は、系統機器の動作確認又は指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、代表ケーブルと製造メーカーが異なるケーブルの絶縁低下については、定期的な系統機器の動作確認又は指示値確認等を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 シースの劣化

シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3 同軸ケーブル

[対象機器]

- ① 難燃三重同軸ケーブル1
- ② 難燃三重同軸ケーブル2

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	5
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	8
3. 代表機器以外への展開	18
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	18
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	19

1. 対象機器及び代表機器の選定

玄海3号炉で使用されている同軸ケーブルの主な仕様を表1-1に示す。

これらの同軸ケーブルを絶縁体材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示す同軸ケーブルについて、絶縁体材料を分離基準として考えると、1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

このグループには難燃三重同軸ケーブル1及び難燃三重同軸ケーブル2が属するが、設計基準事故及び重大事故等時に機能要求のある難燃三重同軸ケーブル1を代表機器とする。

表1-1 玄海3号炉 同軸ケーブルの主な仕様

分離基準	機器名称	選定基準					標準		選定理由	
		用途	使用環境		重要度*1	建設時	使用開始時期	シース材料		
			原子炉格納容器内	原子炉格納容器外				内部シース		外部シース
絶縁体材料										
架橋ポリエチレン	難燃三重同軸ケーブル1	計装	○*2, 3	○	MS-1 重*5	○	架橋ポリエチレン	架橋ポリエチレン	◎	事故時環境下機能要求設備
	難燃三重同軸ケーブル2	計装	○		MS-1 重*5	○	架橋ポリエチレン	E T F E 樹脂*4		

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：設計基準事故を考慮する

*3：重大事故等を考慮する

*4：E T F E 樹脂：四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

*5：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 代表機器の技術評価

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 難燃三重同軸ケーブル1

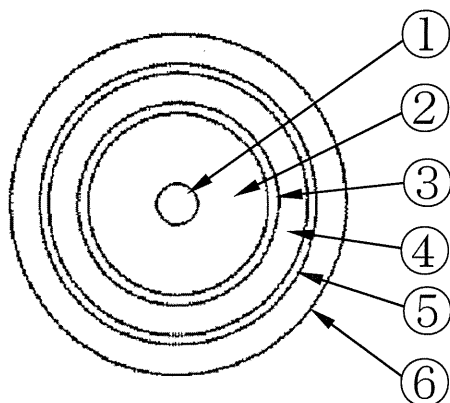
(1) 構造

玄海3号炉に使用している難燃三重同軸ケーブル1は、内部導体、絶縁体、外部導体、内部シース、遮へい体及び外部シースで構成され、このうちケーブルの絶縁機能は絶縁体及び内部シースにより保たれている。なお、遮へい体は導体の静電誘導を低減するため、外部シースはケーブルを外的な力から保護するための材料である。

玄海3号炉の難燃三重同軸ケーブル1構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の難燃三重同軸ケーブル1の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	内部導体
②	絶 縁 体
③	外部導体
④	内部シース
⑤	遮へい体
⑥	外部シース

図2.1-1 玄海3号炉 難燃三重同軸ケーブル1構造図

表2.1-1 玄海3号炉 難燃三重同軸ケーブル1 主要部位の使用材料

部 位	材 料
内部導体	銅（錫メッキ）
絶縁体	架橋ポリエチレン
外部導体	銅線編組（錫メッキ）
内部シース	架橋ポリエチレン
遮へい体	銅線編組（錫メッキ）
外部シース	難燃架橋ポリエチレン

表2.1-2 玄海3号炉 難燃三重同軸ケーブル1 の使用条件*1

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約45℃*2	約144℃ （最高温度）	約144℃ （最高温度）
圧 力	約0.0098MPa[gage] 以下	約0.392MPa[gage] （最高圧力）	約0.444MPa[gage] （最高圧力）
放 射 線	0.3Gy/h*3	824kGy （最大集積線量）	500kGy （最大集積線量）

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内ケーブルの条件を代表して記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル1 周囲温度実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内難燃三重同軸ケーブル1 周囲線量率実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた線量率

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

難燃三重同軸ケーブル1の機能である計測制御信号の伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① 通電・絶縁機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

難燃三重同軸ケーブル1について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件及び現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 絶縁体及び内部シースの絶縁低下

絶縁体及び内部シースは有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 外部シースの劣化

外部シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 玄海3号炉 難燃三重同軸ケーブル1に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考	
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他		
通電・絶縁機能の維持	内部導体		銅 (錫メッキ)							*1：劣化
	絶 縁 体		架橋ポリエチレン	○						
	外部導体		銅線編組 (錫メッキ)							
	内部シース		架橋ポリエチレン	○						
	遮へい体		銅線編組 (錫メッキ)							
	外部シース		難燃架橋ポリエチレン						△*1	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 絶縁体及び内部シースの絶縁低下

a. 事象の説明

絶縁体及び内部シースは有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

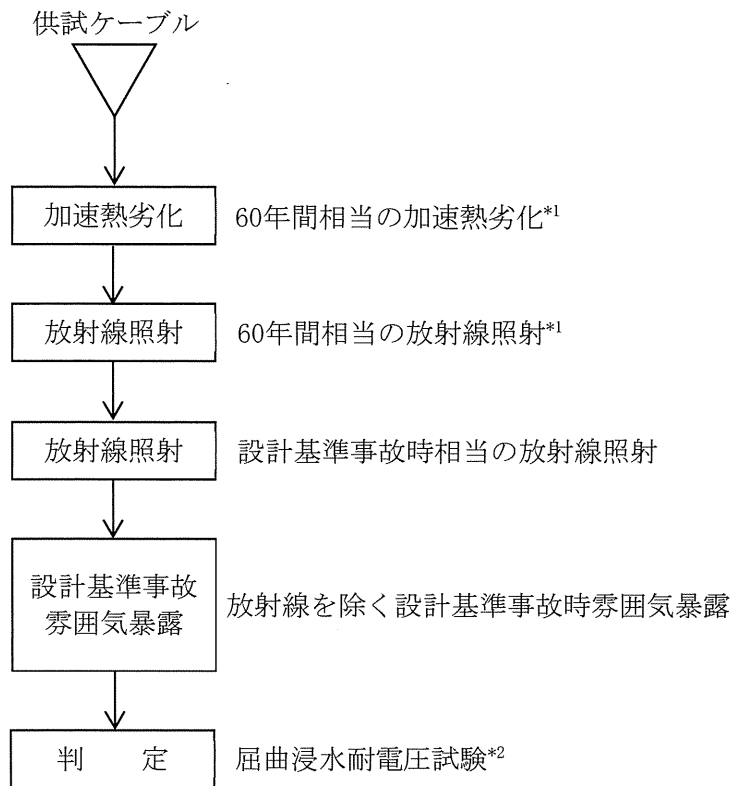
ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法は I E E E S t d . 3 2 3 - 1 9 7 4 「IEEE Standard for Qualifying Class IE Equipment for Nuclear Power Generating Stations」及び383-1974 「IEEE Standard for Type Test of Class IE Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」の規格を根幹に、我が国のケーブル耐環境試験方法推奨案として電気学会にてまとめられている。電気学会技術報告Ⅱ部第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」（以下「電気学会推奨案」という。）には、ケーブルの加速劣化方法を含む試験条件、試験手順並びに判定方法が述べられており、本評価ではこれらに従って難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性を評価した。

設計基準事故時雰囲気内で機能要求のある難燃三重同軸ケーブル1の電気学会推奨案に基づく試験手順及び判定方法を図2.3-1に示す。

難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-1及び表2.3-2に示す。

なお、この試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び設計基準事故を想定した劣化条件を包絡している。

電気学会推奨案に基づく評価の結果、玄海3号炉の難燃三重同軸ケーブル1は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1：原子炉格納容器内のケーブル使用条件に基づいた試験条件である

*2：屈曲浸水耐電圧試験の試験手順は以下のとおりである

- ① 直線状に試料を伸ばした後、試料外径の約40倍のマンドレルに巻き付ける
- ② ①の両端部以外を常温の水中に浸し1時間以上放置する
- ③ ②の状態で、公称絶縁体厚さに対し交流電圧3.2kV/mmを5分間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

図2.3-1 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験手順

表2.3-1 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件（設計基準事故）

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	121℃-7日	82℃-7日 (=45℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (7.49kGy/h以下)	158kGy*2
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (7.49kGy/h以下)	824kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

*1：原子炉格納容器内でのケーブル布設エリアの温度（約45℃）として設定

*2： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 158\text{kGy}$

表2.3-2 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
屈曲浸水 耐電圧試験	供試体外径：11.7mm マンドレル径：500mm 絶縁厚さ：2.9mm 課電電圧：9.7kV/5分間	良

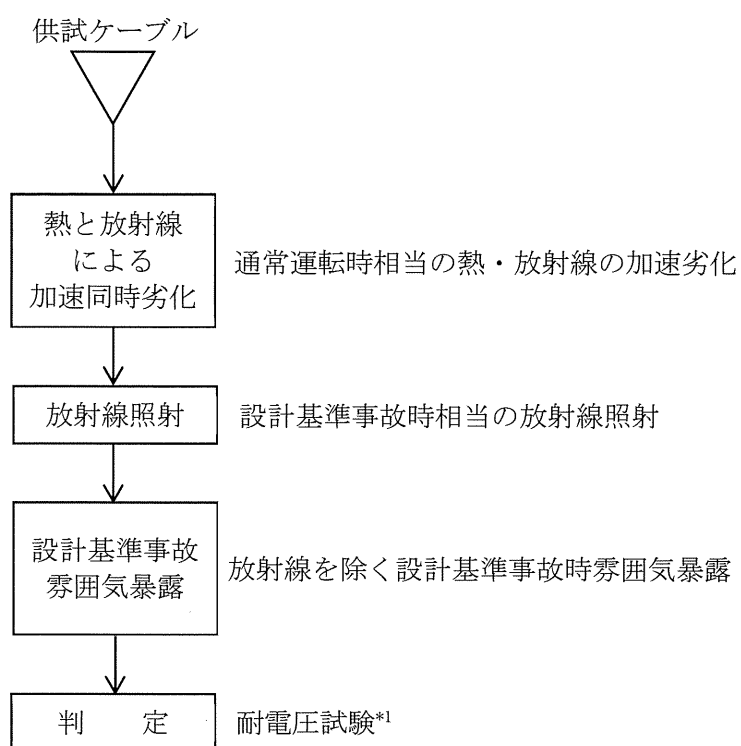
[出典：メーカーデータ]

また、設計基準事故時雰囲気内で機能要求があるケーブルについては、独立行政法人原子力安全基盤機構により原子力プラントでの使用条件に即したケーブルの経年劣化評価手法が検討され、その結果が「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド（JNES-RE-2013-2049）」（以下、「ACAガイド」という。）に取りまとめられている。このため、設計基準事故時雰囲気内で機能要求がある難燃三重同軸ケーブル1については、ACAガイドに従った長期健全性も評価した。

評価にあたっては、「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書（JNES-SS-0903）」（以下、「ACA」という。）の試験結果を用いた。

ACAガイドに基づく試験手順を図2.3-2にACA試験条件並びにACA試験結果を表2.3-3及び表2.3-4にACAガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果を表2.3-5に示す。

ACAガイドに基づく評価の結果、玄海3号炉の難燃三重同軸ケーブル1は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1：耐電圧試験は、日本産業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」
(JIS C 3005:2000) の試験

図2.3-2 難燃三重同軸ケーブル1のACAガイドに基づく試験手順

表2.3-3 難燃三重同軸ケーブル1のACA試験条件

		試験条件
通常運転相当	温度放射線	100℃-98.9Gy/h-5,686h
設計基準事故相当	放射線(集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)
	温度	最高温度：190℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]

表2.3-4 難燃三重同軸ケーブル1のACA試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	課電電圧：AC10kV/1分間 (C-1S) AC 2kV/1分間 (1S-2S)	良

[出典：原子カプランドのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SS-0903)]

表2.3-5 ACAガイドに基づく実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件*1		評価期間 [年]*2
	温度 [℃]	放射線量率 [Gy/h]	
加圧器上部	45	5×10^{-3}	154*3
通路部	45	5×10^{-3}	154*3

*1：事故時機能要求のあるケーブルの実布設環境条件

*2：稼働率100%での評価期間

*3：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

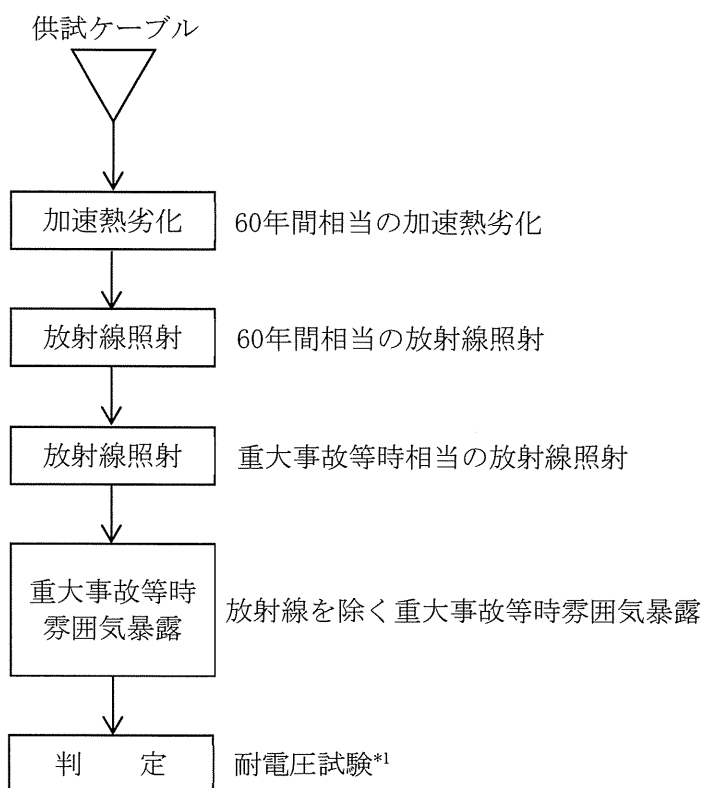
さらに、重大事故等時雰囲気内で機能要求のある難燃三重同軸ケーブル1については、重大事故等時雰囲気での健全性をあわせて評価した。

難燃三重同軸ケーブル1の試験手順及び判定方法を図2.3-3に示す。

難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-6及び表2.3-7に示す。

なお、この試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び重大事故等を想定した劣化条件を包絡している。

評価の結果、玄海3号炉の難燃三重同軸ケーブル1は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1：規定電圧を規定時間印加し、絶縁破壊を生じるか否かを調べる

図2.3-3 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験手順

表2.3-6 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験条件（重大事故等）

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運転 相当	温度	113℃-255h	80℃-255h (=45℃*1-60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h以下)	158kGy*2
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力：0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

*1：原子炉格納容器内でのケーブル布設エリアの温度（約45℃）として設定

*2： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 158\text{kGy}$

表2.3-7 難燃三重同軸ケーブル1の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	C-I 間 DC3,000V 1分 I-O 間 DC 500V 1分	良

[出典：電力共同委託「高レンジエリアモニタ及び三重同軸ケーブル・コネクタに関わる耐環境性能評価委託2014年度」]

② 現状保全

絶縁体及び内部シースの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

電気学会推奨案及びA C Aガイドに基づく健全性評価結果から判断して、絶縁体及び内部シースの絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

絶縁体及び内部シースの絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

① 難燃三重同軸ケーブル2

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁体及び内部シースの絶縁低下

事故時雰囲気内で機能要求がない難燃三重同軸ケーブル2については、電気学会推奨案に基づく長期健全性試験を行った結果、運転開始後60年時点においても絶縁低下の可能性はないと考える。

また、難燃三重同軸ケーブル2の絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、難燃三重同軸ケーブル2の絶縁体及び内部シースの絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 外部シースの劣化

外部シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性がある。

しかしながら、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さい。

また、機器点検時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

4 光ファイバケーブル

[対象機器]

- ① 難燃光ファイバケーブル1
- ② 難燃光ファイバケーブル2
- ③ 難燃光ファイバケーブル3

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	5
3. 代表機器以外への展開	8
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	8
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	8

1. 対象機器及び代表機器の選定

玄海3号炉で使用されている光ファイバケーブルの主な仕様を表1-1に示す。

これらの光ファイバケーブルを心線材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示す光ファイバケーブルについて、心線材料を分離基準として考えると、1つのグループにまとめられる。

1.2 代表機器の選定

(1) 心線材料：石英ガラス

このグループには難燃光ファイバケーブル1、難燃光ファイバケーブル2及び難燃光ファイバケーブル3が属するが、使用本数が最も多い難燃光ファイバケーブル2を代表機器とする。

表1-1 玄海3号炉 光ファイバケーブルの主な仕様

分離基準	機器名称	選 定 基 準				シ ー ス 材 料		選定	選定理由
		用途	使用環境 原子炉格納容器内 原子炉格納容器外	重要度*1	建設時 運転開始時期	コード外破	シ ー ス		
心線材料 石英ガラス	難燃光ファイバケーブル1	計 装	○	重*2	○	ポリ塩化ビニル	難燃性ポリエチレン、 アルミラミネートテープ	◎	使用本数
	難燃光ファイバケーブル2	計 装	○	重*2	○	難燃低塩酸ビニル	難燃低塩酸ビニル、 アルミラミネートテープ		
	難燃光ファイバケーブル3	計 装	○	重*2	○	特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル、 アルミラミネートテープ		

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の光ファイバケーブルについて技術評価を実施する。

① 難燃光ファイバケーブル2

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 難燃光ファイバケーブル2

(1) 構造

玄海3号炉で使用している難燃光ファイバケーブル2は、光ファイバ心線、補強繊維、コード外被、介在紐、テンションメンバ、押えテープ及びシースで構成されている。

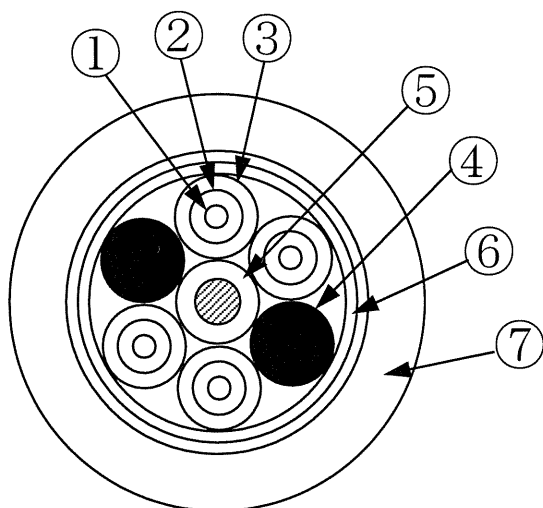
このうちケーブルの伝送機能は、光ファイバ心線を外的な力及び透湿から保護するコード外被、シースにより保たれている。

なお、補強繊維、介在紐、テンションメンバ及び押えテープはケーブル全体の整形及び機械的強度を確保するための材料である。

玄海3号炉の難燃光ファイバケーブル2の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉で使用されている難燃光ファイバケーブル2の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	光ファイバ心線
②	補強繊維
③	コード外被
④	介 在 紐
⑤	テンションメンバ
⑥	押えテープ
⑦	シ ー ス

図2.1-1 玄海3号炉 難燃光ファイバケーブル2の構造図

表2.1-1 玄海3号炉 難燃光ファイバケーブル2 主要部位の使用材料

部 位	材 料
光ファイバ心線	石英ガラス (コア、クラッド)、 シリコン+ポリアミド (被覆)
補強繊維	アラミド繊維
コード外被	難燃低塩酸ビニル
介在紐	難燃低塩酸ビニル紐
テンションメンバ	鋼 (亜鉛メッキ)、プラスチック (被覆)
押えテープ	プラスチック
シ ー ス	難燃低塩酸ビニル、アルミラミネートテープ

表2.1-2 玄海3号炉 難燃光ファイバケーブル2 の使用条件*1

使 用 環 境	原子炉格納容器外
周 囲 温 度	約24℃*2

*1：原子炉格納容器外でのみ使用

*2：原子炉格納容器外の設計平均温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

難燃光ファイバケーブル2の主な機能である計測制御信号の伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① 伝送光量の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

難燃光ファイバケーブル2について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件及び現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) コード外被、シース及び心線被覆の劣化

コード外被、シース及び心線被覆はケーブルやコードとしての構造の保持、外的な力等からの保護等の被覆材としての機能を有する。

コード外被、シース及び心線被覆が熱的及び環境的要因で劣化して光ファイバ心線（コア、クラッド）に水素や水分が混入した場合、伝送光量が減少することが想定される。

しかしながら、水素や水分を透過し難いシース構造であること、かつ自ら水素を発生することのないケーブル構成材料が使用されていること、及びケーブルは室内の空調環境下に布設されており、外部からの水分混入は考え難く、ケーブルに要求される伝送光量の維持に対する影響は極めて小さい。

また、本ケーブルの伝送光量は常時監視することにより、機器の健全性を維持している。

なお、伝送機能に影響を及ぼすレベルまで光量が減少した場合には、中央制御室へ警報を発信するが、これまでの運転中に光量低下による警報発信実績はない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 玄海3号炉 難燃光ファイバケーブル2に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉	割 れ	その他	
伝送光量の維持	光ファイバ心線		石英ガラス (コア、クラッド)						*1:劣化に伴う光ファイバ心線 (コア、クラッド)の伝送光量の減少
	補強繊維		シリコン+ポリアミド (被覆)					△*1	
	コード外被		アラミド繊維						
	介在紐		難燃低塩酸ビニル					△*1	
	テンションメンバ		難燃低塩酸ビニル紐						
	押えテープ		鋼 (亜鉛メッキ)、 プラスチック (被覆)						
	シ ー ス		プラスチック						
			難燃低塩酸ビニル、 アルミラミネートテープ					△*1	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① 難燃光ファイバケーブル1
- ② 難燃光ファイバケーブル3

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

水平展開機器各々の構造、材料、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮すると、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 コード外被、シース及び心線被覆の劣化 [共通]

難燃光ファイバケーブル1及び難燃光ファイバケーブル3のコード外被、シース及び心線被覆は、代表機器と同様にケーブルやコードとしての構造の保持、外的な力等からの保護等の被覆材としての機能を有する。

コード外被、シース及び心線被覆が熱的及び環境的要因で劣化して光ファイバ心線（コア、クラッド）に水素や水分が混入した場合、伝送光量が減少することが想定される。

しかしながら、水素や水分を透過し難いシース構造であること、かつ自ら水素を発生することのないケーブル構成材料が使用されていること、及びケーブルは室内の空調環境下に布設されており、外部からの水分混入は考え難く、ケーブルに要求される伝送光量の維持に対する影響は極めて小さい。

また、本ケーブルの伝送光量は常時監視することにより、機器の健全性を維持している。

なお、伝送機能に影響を及ぼすレベルまで光量が減少した場合には、中央制御室へ警報を発信するが、これまでの運転中に光量低下による警報発信実績はない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

5 ケーブルトレイ等

[対象機器]

- ① ケーブルトレイ
- ② 電線管

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	9

1. 対象機器及び代表機器の選定

玄海3号炉でケーブルの支持・収納器材として使用されているケーブルトレイ等の主な仕様を表1-1に示す。

これらのケーブルトレイ等を型式の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すケーブルトレイ等を、型式で分類すると2つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 型式：トレイ式

このグループには、ケーブルトレイのみが属するため、ケーブルトレイを代表機器とする。

(2) 型式：管式

このグループには、電線管のみが属するため、電線管を代表機器とする。

表1-1 玄海3号炉 ケーブルトレイ等の主な仕様

分離基準 型式	機器名称	仕様 [機能]	選定	選定理由
管式	電線管	ケーブルを収納して支持する	◎	

注：使用場所、重要度は収納するケーブルによる

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の2種類のケーブルトレイ等について技術評価を実施する。

- ① ケーブルトレイ
- ② 電線管

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 ケーブルトレイ

(1) 構造

玄海3号炉に使用しているケーブルトレイは、鋼材及びベースプレートを溶接により架台状に製作し、その上にケーブルトレイ（本体）を溶接した構造となっている。

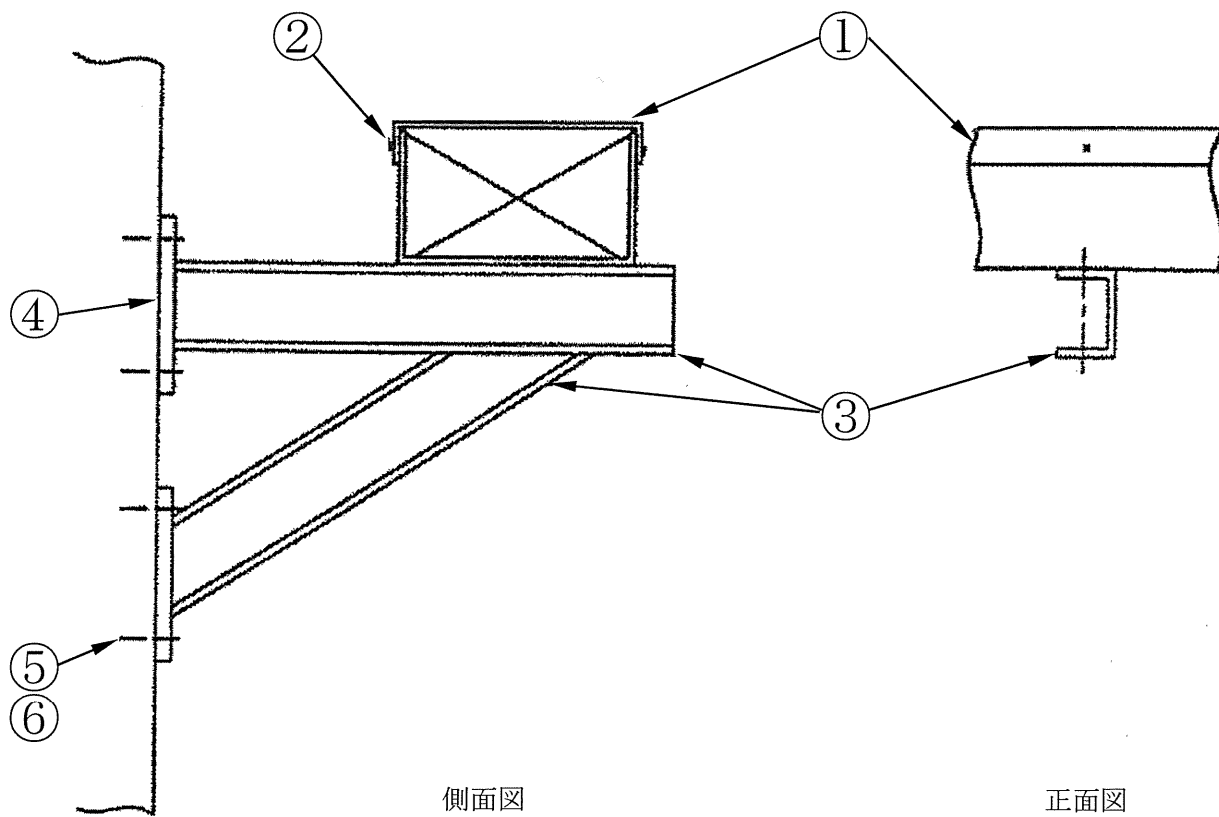
また、ベースプレートは、基礎ボルトあるいは埋込金物への溶接にて支持する構造としている。

玄海3号炉のケーブルトレイ構造図の例を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉のケーブルトレイの使用材料を表2.1-1に示す。

使用条件については、屋内及び屋外に設置している。



No.	部 位
①	ケーブルトレイ (本体)
②	取付ボルト
③	鋼 材
④	ベースプレート
⑤	基礎ボルト (メカニカルアンカ)
⑥	埋込金物

図2.1-1 玄海3号炉 ケーブルトレイ構造図の例

表2.1-1 玄海3号炉 ケーブルトレイ主要部位の使用材料

部 位	材 料
ケーブルトレイ (本体)	炭 素 鋼
取付ボルト	炭 素 鋼
鋼 材	炭 素 鋼
ベースプレート	炭 素 鋼
基礎ボルト (メカニカルアンカ)	炭 素 鋼
埋込金物	炭 素 鋼

2.1.2 電線管

(1) 構造

玄海3号炉に使用している電線管は、鋼材及びベースプレートを溶接により架台状に製作し、電線管（本体）をUボルト又はUバンドにて挟み込んだ構造となっている。

電線管の延長は、ねじ込み式のカップリングにて実施している。

また、ベースプレートは基礎ボルトあるいは埋込金物への溶接にて支持する構造としている。

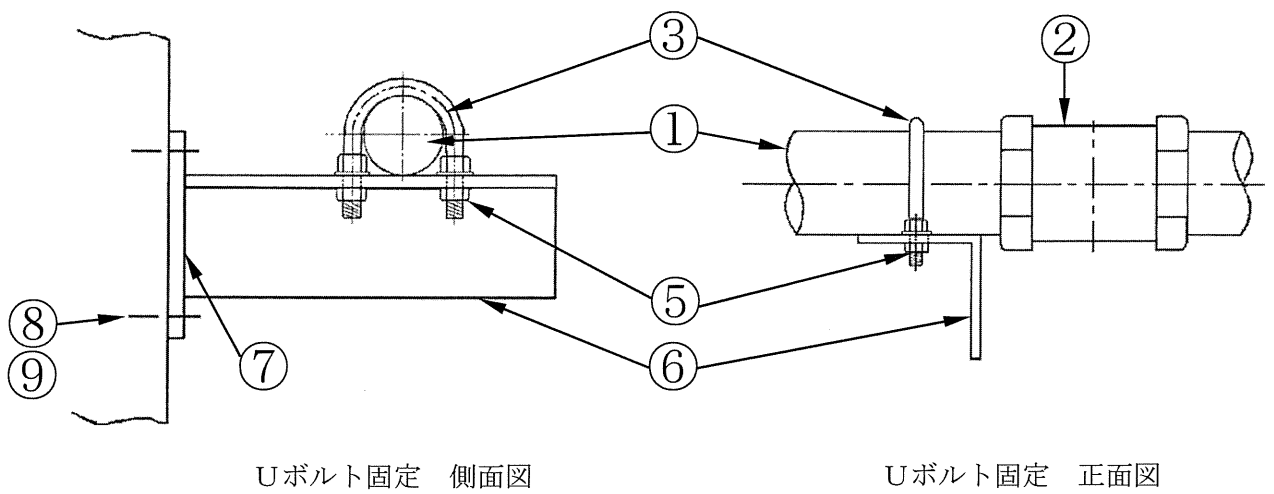
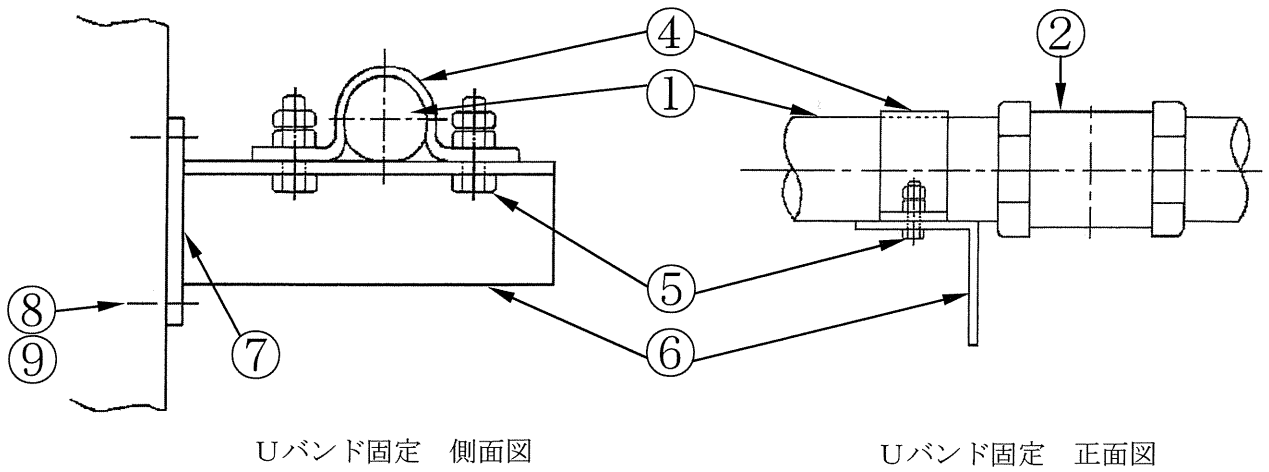
なお、電線管（本体）をコンクリートに直接埋設する構造もある。

玄海3号炉の電線管構造図の例を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の電線管の使用材料を表2.1-2に示す。

使用条件については、屋内及び屋外に設置している。



No.	部 位
①	電線管 (本体)
②	カップリング
③	Uボルト
④	Uバンド
⑤	ボルト、ナット
⑥	鋼 材
⑦	ベースプレート
⑧	基礎ボルト (メカニカルアンカ)
⑨	埋込金物

図2.1-2 玄海3号炉 電線管構造図の例

表2.1-2 玄海3号炉 電線管主要部位の使用材料

部 位	材 料
電線管（本体）	炭素鋼（亜鉛メッキ）
カップリング	炭素鋼（亜鉛メッキ）
Uボルト	炭 素 鋼
Uバンド	炭 素 鋼
ボルト、ナット	炭 素 鋼
鋼 材	炭 素 鋼
ベースプレート	炭 素 鋼
基礎ボルト（メカニカルアンカ）	炭 素 鋼
埋込金物	炭 素 鋼

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ケーブルトレイ等の機能であるケーブルの伝達機能を維持するためには、次の項目が必要である。

① ケーブルの支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

ケーブルトレイ等について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件及び現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1及び表2.2-2に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1及び表2.2-2で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) ケーブルトレイ（本体）等の腐食（全面腐食）[共通]

ケーブルトレイ（本体）、取付ボルト、鋼材、ベースプレート、Uボルト、Uバンド、ボルト及びナットは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 電線管（本体）及びカップリングの外面からの腐食（全面腐食）[電線管]

電線管（本体）及びカップリングは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、外面は亜鉛メッキ又は塗装により腐食を防止しており、亜鉛メッキ又は塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

(4) 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）〔共通〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(5) 電線管（本体）及びカップリングの内面からの腐食（全面腐食）〔電線管〕

電線管（本体）及びカップリングは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内面については、亜鉛メッキにより腐食を防止している。

また、内装物はケーブルのみであり、メッキ面への外力は加わらないため亜鉛メッキが剥がれることはなく、外面と比較して環境条件が緩やかであるため腐食の発生する可能性は小さいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) 埋込金物〔共通〕及び電線管（コンクリート埋設部）〔電線管〕の腐食（全面腐食）

コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物及び電線管に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 玄海3号炉 ケーブルトレイに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象							備 考	
				減 肉		割 れ		材 質 変 化		そ の 他		
				摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	熱 時 効	劣 化			
ケーブルの支持	ケーブルトレイ (本体)		炭素鋼		△							*1: 大気接触部 *2: コンクリート埋設部
	取付ボルト		炭素鋼		△							
	鋼 材		炭素鋼		△							
	ベースプレート		炭素鋼		△							
	基礎ボルト (メカニカルアンカ)		炭素鋼		△							
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象以外)

表2.2-2 玄海3号炉 電線管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考	
				減 肉		割 れ		材 質 変 化			そ の 他
				摩 耗	腐 食	疲 勞 割 れ	応 力 腐 蝕	熱 時 効	劣 化		
ケーブルの支持	電線管 (本体)		炭素鋼 (亜鉛メッキ)		△ ^{*1} ▲ ^{*2,4}						*1：外面からの腐食 *2：内面からの腐食 *3：大気接触部 *4：コンクリート埋設部
	カップリング		炭素鋼 (亜鉛メッキ)		△ ^{*1} ▲ ^{*2}						
	Uボルト		炭素鋼		△						
	Uバンド		炭素鋼		△						
	ボルト、ナット		炭素鋼		△						
	鋼 材		炭素鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト(メカニカルアンカ)		炭素鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		△ ^{*3} ▲ ^{*4}						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

6 ケーブル接続部

[対象機器]

- ① 一般端子接続
- ② 端子台接続
- ③ 気密端子箱接続
- ④ 直ジョイント
- ⑤ 高圧コネクタ接続
- ⑥ 電動弁コネクタ接続 1
- ⑦ 電動弁コネクタ接続 2
- ⑧ 加圧器ヒータコネクタ接続
- ⑨ 三重同軸コネクタ接続
- ⑩ 複合同軸コネクタ接続

目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方及び結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料及び使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	26
3. 代表機器以外への展開	38
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	38
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	39

1. 対象機器及び代表機器の選定

玄海3号炉で使用されている主要なケーブル接続部の主な仕様を表1-1に示す。

これらのケーブル接続部を型式の観点からグループ化し、それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

表1-1に示すケーブル接続部を型式で分類すると5つのグループに分類される。

1.2 代表機器の選定

(1) 型式：端子接続

このグループには、一般端子接続、端子台接続及び気密端子箱接続が属するが、原子炉格納容器内で使用され、設計基準事故を考慮する気密端子箱接続を代表機器とする。

(2) 型式：直ジョイント

このグループには、直ジョイントのみが属するため、直ジョイントを代表機器とする。

(3) 型式：高圧コネクタ接続

このグループには、高圧コネクタ接続のみが属するため、高圧コネクタ接続を代表機器とする。

(4) 型式：低圧コネクタ接続

このグループには、電動弁コネクタ接続1、電動弁コネクタ接続2及び加圧器ヒータコネクタ接続が属するが、原子炉格納容器内で使用され、設計基準事故を考慮する電動弁コネクタ接続1を代表機器とする。

(5) 型式：同軸コネクタ接続

このグループには、三重同軸コネクタ接続及び複合同軸コネクタ接続が属するが、原子炉格納容器内で使用され、設計基準事故を考慮する三重同軸コネクタ接続を代表機器とする。

表1-1 玄海3号炉 ケーブル接続部の主な仕様

分離基準 型式	機器名称	選 定 基 準					選定	選定理由
		用途	使用環境		重要度*1	事故時 雰囲気仕様		
			原子炉格納容器内	原子炉格納容器外				
端子接続	一般端子接続	電力		○	MS-1、重*1			
	端子台接続	電力・制御・計装	○	○	MS-1、重*1			
	気密端子箱接続	電力・制御・計装	○*2,3	○*2,3	MS-1、重*1	○	使用環境 (事故時雰囲気仕様)	
直ジョイント	直ジョイント	電力・制御・計装	○*2,3	○*2,3	MS-1、重*1	○		
高圧コネクタ接続	高圧コネクタ接続	電力		○	重*1			
低圧コネクタ接続	電動弁コネクタ接続1	電力・制御	○*2	○*2	MS-1、重*1	○	使用環境 (事故時雰囲気仕様)	
	電動弁コネクタ接続2	電力・制御		○	MS-1、重*1			
	加圧器ヒータコネクタ 接続	電力	○		MS-2			
同軸コネクタ接続	三重同軸コネクタ接続	計装	○*2,3	○	MS-1、重*1	○	使用環境 (事故時雰囲気仕様)	
	複合同軸コネクタ接続	計装		○	MS-2、重*1			

*1：機能は最上位の機能を示す

*2：設計基準事故を考慮する

*3：重大事故等を考慮する

*4：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の5種類のケーブル接続部について技術評価を実施する。

- ① 気密端子箱接続
- ② 直ジョイント
- ③ 高圧コネクタ接続
- ④ 電動弁コネクタ接続1
- ⑤ 三重同軸コネクタ接続

2.1 構造、材料及び使用条件

2.1.1 気密端子箱接続

(1) 構造

玄海3号炉に使用している気密端子箱接続は、ケーブルを気密された端子箱内で端子台により接続する構造となっている。

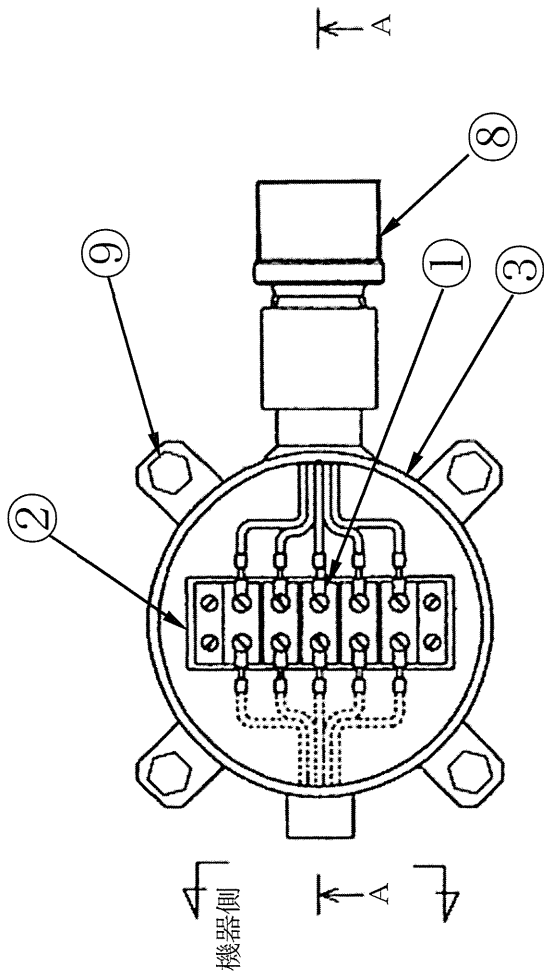
また、蓋板はOリングを挟み込んでねじ止めし、ケーブル貫通部はLCモールドを押え金具で押さえた後、ボックスコネクタにて締め込む構造となっている。

端子箱は、基礎ボルトで壁に取り付けられている。

玄海3号炉の気密端子箱接続構造図の例を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の気密端子箱接続の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



No.	部 位
①	端 子 台
②	端 子 箱
③	蓋 板
④	○リング
⑤	LCモールド
⑥	押え金具
⑦	ボックスコネクタ
⑧	基礎ボルト(メカニカルアンカ)

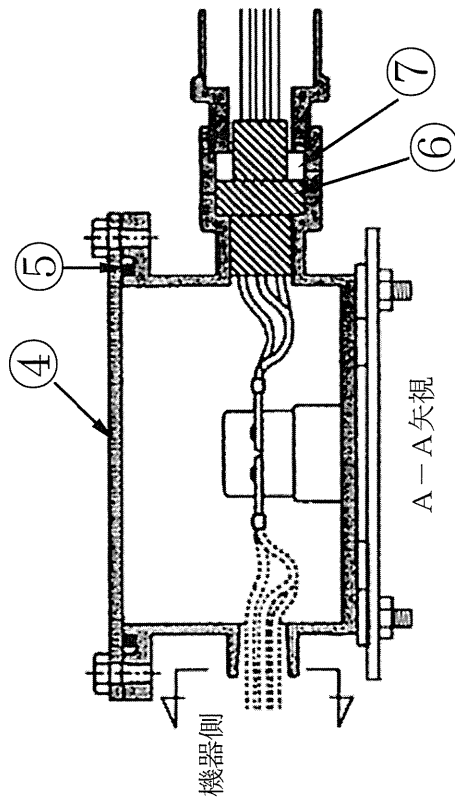


図2.1-1 玄海3号炉 気密端子箱接続構造図の例

表2.1-1 玄海3号炉 気密端子箱接続主要部位の使用材料

部 位		材 料
気密端子箱 構成品	端 子	銅（錫メッキ）
	端 子 台	磁器、銅合金（ニッケルメッキ）
	端 子 箱	ステンレス鋼
	蓋 板	ステンレス鋼
	Ｏリング	エチレンプロピレンゴム
	ＬＣモールド	エチレンプロピレンゴム、銅
	押え金具	ステンレス鋼
	ボックスコネクタ	銅 合 金
支持組立品	基礎ボルト（ $M=カアソカ$ ）	炭 素 鋼

表2.1-2 玄海3号炉 気密端子箱接続の使用条件*1

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約45℃*2	約144℃ (最高温度)	約144℃ (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa[gage] 以下	約0.392MPa[gage] (最高圧力)	約0.444MPa[gage] (最高圧力)
放 射 線	0.3Gy/h*3	824kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱接続の使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲温度実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内気密端子箱接続周囲線量率実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた線量率

2.1.2 直ジョイント

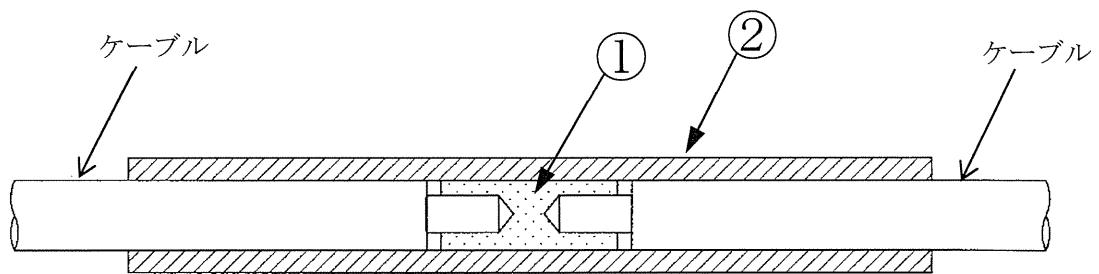
(1) 構造

玄海3号炉に使用している直ジョイントは、ケーブル同士を隔壁付スリーブで圧着接続し、その周囲を熱収縮チューブにより固定及び絶縁を行う構造である。

玄海3号炉の直ジョイント構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の直ジョイントの使用材料及び使用条件を表2.1-3及び表2.1-4に示す。



No.	部 位
①	隔壁付スリーブ
②	熱収縮チューブ

図2.1-2 玄海3号炉 直ジョイント構造図

表2.1-3 玄海3号炉 直ジョイント主要部位の使用材料

部 位	材 料
隔壁付スリーブ	銅（錫メッキ）
熱収縮チューブ	難燃架橋ポリエチレン

表2.1-4 玄海3号炉 直ジョイントの使用条件*1

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約45℃*2	約144℃ (最高温度)	約144℃ (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa[gage] 以下	約0.392MPa[gage] (最高圧力)	約0.444MPa[gage] (最高圧力)
放 射 線	0.3Gy/h*3	824kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲温度実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内直ジョイント周囲線量率実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた線量率

2.1.3 高圧コネクタ接続

(1) 構造

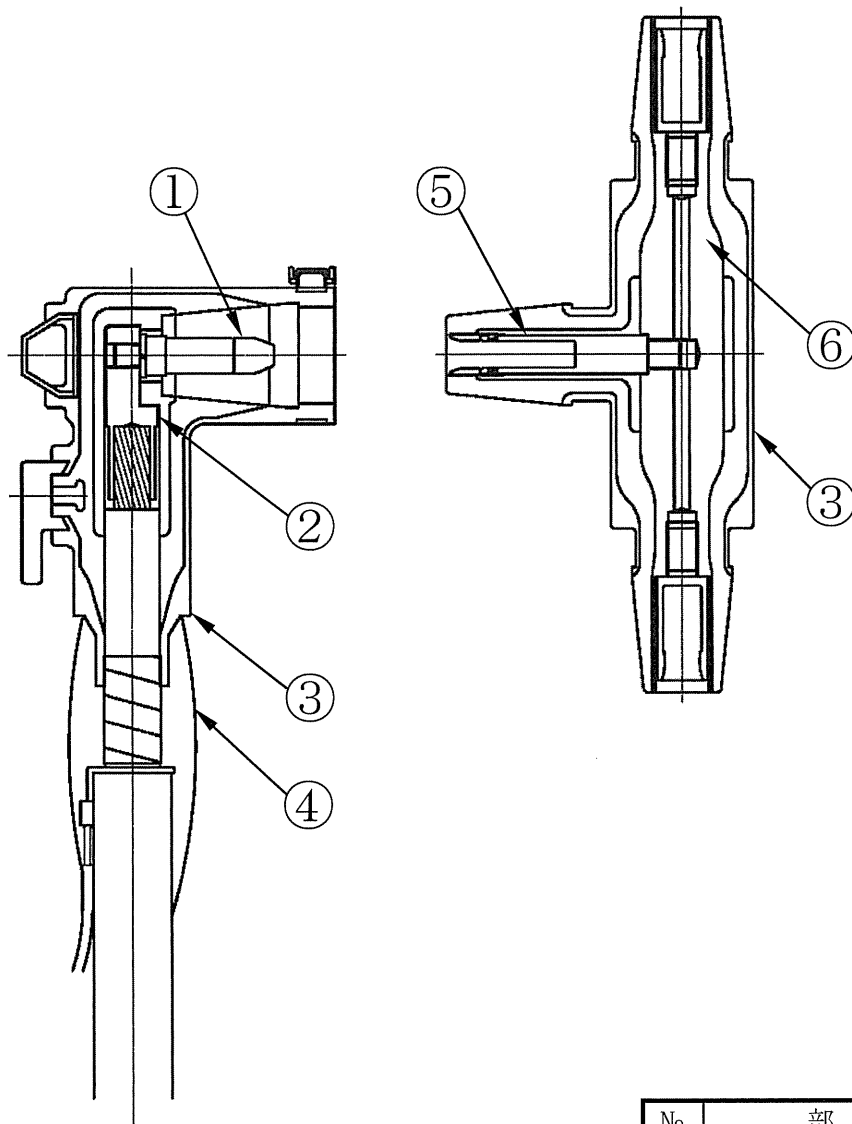
玄海3号炉に使用している高圧コネクタ接続は、接続端子をソケットに差し込むことにより接続される構造となっている。

また、接続端子部、ソケット及び導体は絶縁筒等の絶縁物により外部との絶縁を保っている。

玄海3号炉の高圧コネクタ接続構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の高圧コネクタ接続の使用材料及び使用条件を表2.1-5及び表2.1-6に示す。



No.	部 位
①	接続端子
②	圧縮端子
③	絶縁筒
④	保護層
⑤	ソケット
⑥	導 体

図2.1-3 玄海3号炉 高圧コネクタ接続構造図

表2.1-5 玄海3号炉 高圧コネクタ接続主要部位の使用材料

部 位	材 料
接続端子	銅（銀メッキ）
圧縮端子	銅（銀メッキ）
絶縁筒	エチレンプロピレンゴム
保護層	エチレンプロピレンゴム+ビニル
ソケット	銅（銀メッキ）
導 体	銅

表2.1-6 玄海3号炉 高圧コネクタ接続の使用条件

	通常運転時
使 用 環 境	原子炉格納容器外
周 囲 温 度	約40°C*1
放 射 線	$0.072 \times 10^{-3} \text{Gy/h}^{*2}$

*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

*2：通常運転時の原子炉格納容器外の最大実測値

2.1.4 電動弁コネクタ接続1

(1) 構造

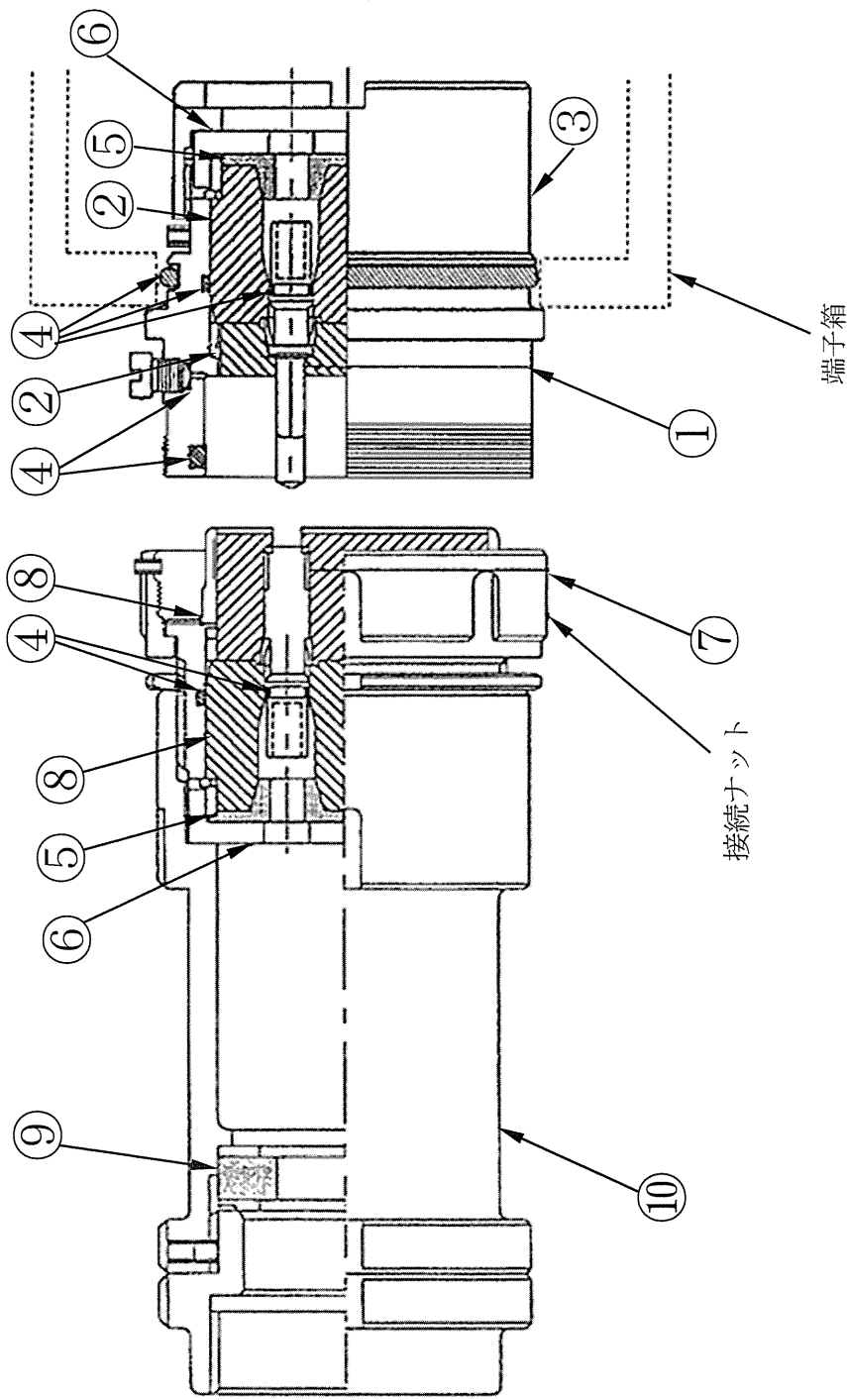
玄海3号炉に使用している電動弁コネクタ接続1は、オスコンタクトとメスコ
ンタクトを接続し、レセプタクルシエルの接続ナットを締め込むことにより接続
部分が固定される構造となっている。

また、コンタクトは絶縁物により絶縁を保っている。

玄海3号炉の電動弁コネクタ接続1構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の電動弁コネクタ接続1の使用材料及び使用条件を表2.1-7及び表
2.1-8に示す。



No.	部 位
①	オスコネクタ
②	オス絶縁物
③	レセプタクルシェル
④	Oリング
⑤	シーリンググワッシュ
⑥	シーリンググワッシュヤ
⑦	メスコネクタ
⑧	メス絶縁物
⑨	ゴムブッシュ
⑩	プラグシェル

図2.1-4 玄海3号炉 電動弁コネクタ接続1構造図

表2.1-7 玄海3号炉 電動弁コネクタ接続1 主要部位の使用材料

部 位	材 料
オスコンタクト	銅 (金メッキ)
オス絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
レセプタクルシェル	銅合金 (ニッケルメッキ)
Oリング	エチレンプロピレンゴム
シーリングブッシュ	エチレンプロピレンゴム
シーリングワッシャ	銅合金 (ニッケルメッキ)
メスコンタクト	銅 (金メッキ)
メス絶縁物	ジアリルフタレート樹脂
ゴムブッシュ	エチレンプロピレンゴム
プラグシェル	銅合金 (ニッケルメッキ)

表2.1-8 玄海3号炉 電動弁コネクタ接続1 の使用条件*1

	通常運転時	設計基準事故時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約45℃*2	約144℃ (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa [gage] 以下	約0.392MPa [gage] (最高圧力)
放 射 線	0.2Gy/h*3	824kGy (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内電動弁コネクタ接続1の使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内電動弁コネクタ接続1周囲温度実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内電動弁コネクタ接続1周囲線量率実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた線量率

2.1.5 三重同軸コネクタ接続

(1) 構造

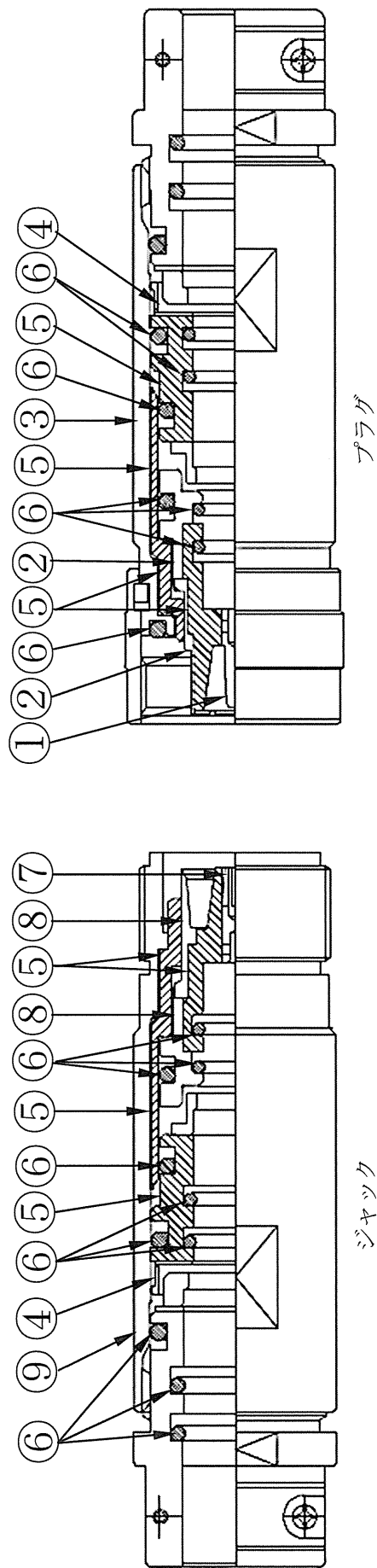
玄海3号炉に使用している三重同軸コネクタ接続は、ピンコンタクトとソケットコンタクト及び1SコンタクトPと1SコンタクトJを接続し、プラグボディのカップリングナットを締め込むことにより接続部分が固定される構造となっている。

また、コンタクトは絶縁物により絶縁を保っている。

玄海3号炉の三重同軸コネクタ接続構造図を図2.1-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

玄海3号炉の三重同軸コネクタ接続の使用材料及び使用条件を表2.1-9及び表2.1-10に示す。



No.	部 位
①	ピンコンタクト
②	1SコンタクトP
③	プラグボデー
④	割りリング
⑤	絶縁物
⑥	Oリング
⑦	ソケットコンタクト
⑧	1SコンタクトJ
⑨	ジャックボデー

図2.1-5 玄海3号炉 三重同軸コネクタ接続構造図

表2.1-9 玄海3号炉 三重同軸コネクタ接続主要部位の使用材料

部 位	材 料
ピンコンタクト	銅合金（金メッキ）
1SコンタクトP	銅合金（金メッキ）
プラグボディ	銅合金（ニッケルメッキ）
割りリング	銅合金（ニッケルメッキ）
絶縁物	架橋ポリスチレン
Oリング	エチレンプロピレンゴム
ソケットコンタクト	銅合金（金メッキ）
1SコンタクトJ	銅合金（金メッキ）
ジャックボディ	銅合金（ニッケルメッキ）

表2.1-10 玄海3号炉 三重同軸コネクタ接続の使用条件*1

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
使用環境	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内	原子炉格納容器内
周囲温度	約45℃*2	約144℃ (最高温度)	約144℃ (最高温度)
圧 力	約0.0098MPa[gage] 以下	約0.392MPa[gage] (最高圧力)	約0.444MPa[gage] (最高圧力)
放射線	5×10^{-3} Gy/h*3	824kGy (最大集積線量)	500kGy (最大集積線量)

*1：環境条件が厳しい原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続の使用条件を代表として記載

*2：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続周囲温度実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた温度

*3：通常運転時の原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続周囲線量率実測値（平均値の最大値）に余裕を加えた線量率

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ケーブル接続部の機能である電力や計測制御信号の伝達機能を維持するためには、次の2つの項目が必要である。

- ① 通電・絶縁機能の維持
- ② 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

ケーブル接続部個々について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件及び現在までの運転経験等を考慮し、表2.2-1～表2.2-5に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1～表2.2-5で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 絶縁物等の絶縁低下 [共通]

ケーブル接続部の熱収縮チューブ [直ジョイント]、絶縁筒 [高圧コネクタ接続]、絶縁物 [電動弁コネクタ接続1及び三重同軸コネクタ接続] は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

また、ケーブル接続部のOリング [気密端子箱接続、電動弁コネクタ接続1及び三重同軸コネクタ接続]、LCモールド [気密端子箱接続]、絶縁筒、保護層 [高圧コネクタ接続]、シーリングブッシュ及びゴムブッシュ [電動弁コネクタ接続1] は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、気密性の低下を起こすことにより、湿気が接続部内部に侵入する可能性がある。湿気が侵入することにより、接続部の絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1～表2.2-5で△又は▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 端子台の絶縁低下 [気密端子箱接続]

端子台は無機物の磁器であり、経年劣化の可能性はない。

なお、長期使用においては表面の汚損による絶縁低下が想定される。

しかしながら、端子台は気密された接続箱内に設置され、塵埃の付着により表面が汚損する可能性はない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、定期的な計測制御系統設備の機能検査等により、機器の健全性を確認している。

(2) ボックスコネクタの腐食（全面腐食） [気密端子箱接続]

ボックスコネクタは、銅合金であり腐食が想定される。

しかしながら、定期的な目視確認により容易に状態の確認が可能であり、腐食が認められた場合には必要に応じて補修を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔気密端子箱接続〕

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器共通であることから、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

(4) 接続端子等の腐食（全面腐食）

〔高圧コネクタ接続、電動弁コネクタ接続1、三重同軸コネクタ接続〕

接続端子、圧縮端子、ソケット〔高圧コネクタ接続〕、オスコンタクト、レセプタクルシェル、シーリングワッシャ、メスコンタクト、プラグシェル〔電動弁コネクタ接続1〕、ピンコンタクト、1SコンタクトP、プラグボディ、割りリング、ソケットコンタクト、1SコンタクトJ及びジャックボディ〔三重同軸コネクタ接続〕は銅もしくは銅合金であり、腐食が想定される。

しかしながら、ニッケルメッキ、銀メッキ又は金メッキにより腐食を防止しており、定期的な目視確認又は絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(5) 端子等の腐食（全面腐食）〔気密端子箱接続、直ジョイント〕

端子、端子台〔気密端子箱接続〕、隔壁付スリーブ〔直ジョイント〕は銅もしくは銅合金であり、腐食が想定される。

しかしながら、端子及び端子台は錫メッキ又はニッケルメッキにより腐食を防止している。さらに密封された構造であり、腐食が発生する可能性はないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

また、隔壁付スリーブは構造上端子部が熱収縮チューブにて密閉されており、腐食の可能性はないと考えられることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 玄海3号炉 気密端子箱接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象						備 考
				絶縁低下	導通不良	減 肉		割 れ	そ の 他	
						摩 耗	腐 食			
通電・絶縁機能の維持	端 子		銅 (錫メッキ)				▲			
	端 子 台		磁器、銅合金 (ニッケルメッキ)	△			▲			
	端 子 箱		ステンレス鋼							
	蓋 板		ステンレス鋼							
	Oリング		エチレンプロピレンゴム	○						
	LCモールド		エチレンプロピレンゴム、 銅	○						
	押え金具		ステンレス鋼							
	ボックスコネクタ		銅 合 金					△		
	基礎ボルト (カニカルマカ)		炭 素 鋼						△	
	機器の支持									

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象以外)

表2.2-2 玄海3号炉 直ジョイントに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考	
				絶縁低下	導通不良	減 肉		割 れ		そ の 他
						摩 耗	腐 食			
通電・絶縁機能の維持	隔壁付スリーブ		銅 (錫メッキ)				▲			
	熱収縮チューブ		難燃架橋ポリエチレン	○						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-3 玄海3号炉 高压コネクタ接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取 替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考	
				絶縁低下	導通不良	減 肉		割 れ		そ の 他
						摩 耗	腐 食			
通電・絶縁機能の維持	接続端子		銅 (銀メッキ)				△			
	圧縮端子		銅 (銀メッキ)				△			
	絶縁筒		エチレンプロピレンゴム			○				
	保護層		エチレンプロピレンゴム + ビニル			○				
	ソケット		銅 (銀メッキ)					△		
	導 体			銅						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-4 玄海3号炉 電動弁コネクタ接続1に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考	
				絶縁低下	導通不良	減 肉		割 れ		その他
						摩 耗	腐 食			
通電・絶縁機能の維持	オスコネクタクト		銅 (金メッキ)				△			
	オス絶縁物		ジアリルフタレート樹脂	○						
	レセプタクルシエル		銅合金 (ニッケルメッキ)				△			
	Oリング		エチレンプロピレンゴム	○						
	シーリンググブッシュ		エチレンプロピレンゴム	○						
	シーリングワッシャ		銅合金 (ニッケルメッキ)				△			
	メスコネクタクト		銅 (金メッキ)				△			
	メス絶縁物		ジアリルフタレート樹脂	○						
	ゴムブッシュ		エチレンプロピレンゴム	○						
	プラグシエル		銅合金 (ニッケルメッキ)					△		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-5 玄海3号炉 三重同軸コネクタ接続に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部 位	消耗品・ 定期 取替 品	材 料	経 年 劣 化 事 象					備 考	
				絶縁低下	導通不良	減 肉		割 れ		その他
						摩 耗	腐 食			
通電・絶縁機能の維持	ピンコネクタクト		銅合金 (金メッキ)				△			
	1SコネクタクトP		銅合金 (金メッキ)				△			
	プラグボデー		銅合金 (ニッケルメッキ)				△			
	割りリング		銅合金 (ニッケルメッキ)				△			
	絶縁物		架橋ポリスチレン						○	
	○リング		エチレンプロピレンゴム							○
	ソケットコネクタクト		銅合金 (金メッキ)					△		
	1SコネクタクトJ		銅合金 (金メッキ)					△		
	ジャックボデー		銅合金 (ニッケルメッキ)						△	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 絶縁物等の絶縁低下 [共通]

a. 事象の説明

ケーブル接続部の熱収縮チューブ [直ジョイント]、絶縁筒 [高圧コネクタ接続]、絶縁物 [電動弁コネクタ接続 1 及び三重同軸コネクタ接続] は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

また、ケーブル接続部のＯリング [気密端子箱接続、電動弁コネクタ接続 1 及び三重同軸コネクタ接続]、LCモールド [気密端子箱接続]、絶縁筒、保護層 [高圧コネクタ接続]、シーリングブッシュ及びゴムブッシュ [電動弁コネクタ接続 1] は有機物であり、熱的、電氣的及び環境的要因で経年劣化が進行し、気密性の低下を起こすことにより湿気が接続部内部に侵入する可能性がある。湿気が侵入することにより、接続部の絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

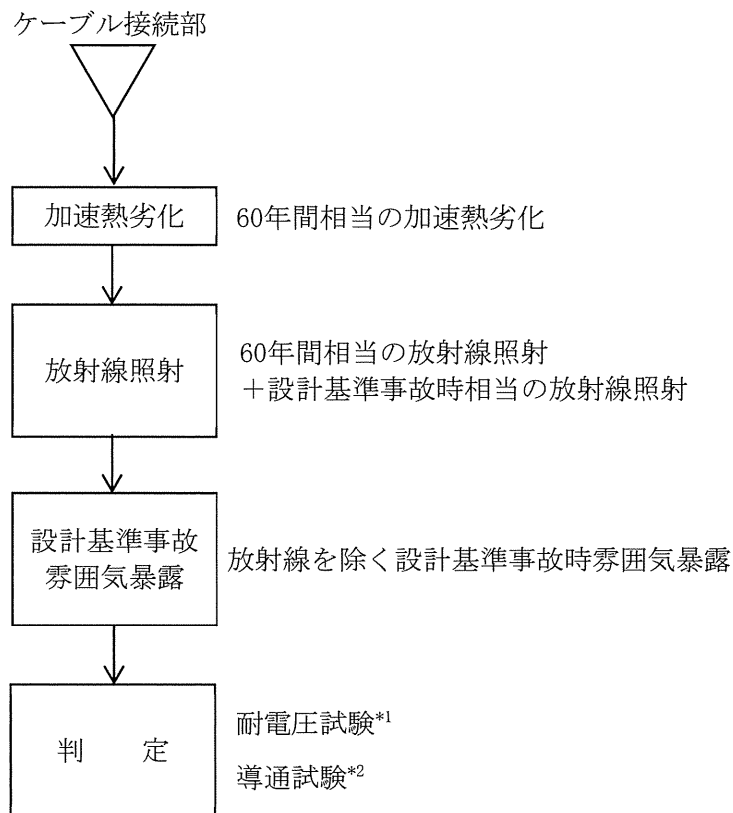
気密端子箱接続、直ジョイント、電動弁コネクタ接続1及び三重同軸コネクタ接続はIEEE Std. 323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class IE Equipment for Nuclear Power Generating Stations」(以下、「IEEE Std. 323-1974」という。)及び383-1974「IEEE Standard for Type Test of Class IE Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」(以下、「IEEE Std. 383-1974」という。)に準拠して、実機同等品により長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき健全性評価を行った。

IEEE Std. 323-1974、383-1974に基づく試験手順を図2.3-1に示す。

ケーブル接続部の長期健全性試験条件並びに長期健全性試験結果を表2.3-1～表2.3-8に示す。

この試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間を想定した劣化条件を包絡している。

劣化試験後に、耐電圧試験又は導通試験により絶縁機能が維持されていることを確認しており、玄海3号炉で使用されているケーブル接続部は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。



*1 耐電圧試験：規定電圧を規定時間印加し、絶縁破壊が生じるか否かを調べる

- ・気密端子箱接続
- ・直ジョイント
- ・三重同軸コネクタ接続

*2 導通試験：試験後導通不良がないか調べる

- ・電動弁コネクタ接続 1

図2.3-1 ケーブル接続部の長期健全性試験手順

表2.3-1 気密端子箱接続の長期健全性試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	121℃-7日	103℃-7日 (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h)	158kGy*3
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h)	824kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱の条件を代表として記載

*2：原子炉格納容器内外のケーブル接続部の環境条件を包絡した温度として設定（原子炉格納容器内の環境条件は約45℃）

*3： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60[\text{y}] = 158\text{kGy}$

表2.3-2 気密端子箱接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 2.0kV 1分	良

[出典：メーカーデータ]

表2.3-3 直ジョイントの長期健全性試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	121℃-7日	110℃-7日 (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	158kGy*3
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	824kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載

*2：原子炉格納容器内外のケーブル接続部の環境条件を包絡した温度として設定（原子炉格納容器内の環境条件は約45℃）

*3： $0.3[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60[\text{y}] = 158\text{kGy}$

表2.3-4 直ジョイントの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 2.6kV 5分	良

[出典：メーカーデータ]

表2.3-5 電動弁コネクタ接続1の長期健全性評価試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	138℃-12.5日	99℃-12.5日*3(=50℃*2-60年) 131℃-12.5日*4(=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	700kGy (10kGy/h)	106kGy*5
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h)	824kGy
	温度	最高温度：215℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力：0.496MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

- *1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内電動弁コネクタ接続1の使用条件を代表として記載
- *2：原子炉格納容器内外のケーブル接続部の環境条件を包絡した温度として設定（原子炉格納容器内の環境条件は約45℃）
- *3：リング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための12.5日間換算値
- *4：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための12.5日間換算値
- *5： $0.2[\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60[\text{y}] = 106\text{kGy}$

表2.3-6 電動弁コネクタ接続1の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
導通試験	通電が可能なこと	良

[出典：メーカーデータ]

表2.3-7 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験条件（設計基準事故）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 設計基準事故時の環境条件
通常運転 相当	温度	121℃-7日	96℃-7日*3 (=45℃*2-60年) 65℃-7日*4 (=45℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*5
設計基準 事故相当	放射線 (集積線量)	1,500kGy (10kGy/h以下)	824kGy
	温度	最高温度：190℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力：0.41MPa[gage]	最高圧力：約0.392MPa[gage]

*1：設計基準事故時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続の使用条件を代表として記載

*2：原子炉格納容器内でのケーブル接続部の周囲温度（約45℃）として設定

*3：Oリング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値

*4：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための7日間換算値

*5： $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$

表2.3-8 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	DC 3.0kV 1分	良

[出典：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]

また、重大事故等時雰囲気内で機能要求がある気密端子箱接続、直ジョイント及び三重同軸コネクタ接続については、重大事故等時雰囲気での健全性をあわせて評価した。(表2.3-9～表2.3-14)

この試験条件は、玄海3号炉の実機環境に基づいて60年間の運転期間及び重大事故等を想定した劣化条件を包絡している。

劣化試験後に、耐電圧試験又は導通試験により絶縁機能が維持されていることを確認しており、玄海3号炉で使用されているケーブル接続部は、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。

表2.3-9 気密端子箱接続の長期健全性試験条件（重大事故等）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運転 相当	温度	140℃-8h	128℃-8h (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	158kGy*3
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力：0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

*1：重大事故等時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内気密端子箱の使用条件を代表として記載

*2：原子炉格納容器内外のケーブル接続部の環境条件を包絡した温度として設定（原子炉格納容器内の環境条件は約45℃）

*3：0.3[Gy/h] × (24×365.25) [h/y] × 60[y] = 158kGy

表2.3-10 気密端子箱接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 1.5kV 1分	良

[出典：電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託2014年度」]

表2.3-11 直ジョイントの長期健全性試験条件（重大事故等）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運転 相当	温度	140℃-21h	129℃-21h (=50℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	158kGy*3
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力：0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

*1：重大事故等時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内直ジョイントの使用条件を代表として記載

*2：原子炉格納容器内外のケーブル接続部の環境条件を包絡した温度として設定（原子炉格納容器内の環境条件は約45℃）

*3：0.3[Gy/h] × (24×365.25) [h/y] × 60[y] = 158kGy

表2.3-12 直ジョイントの長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	AC 1.5kV 1分	良

[出典：電力共同委託「SA時の計装品の耐環境性能評価委託2014年度」]

表2.3-13 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験条件（重大事故等）*1

		試験条件	60年間の通常運転時の 使用条件に基づく劣化条件 又は 重大事故等時の環境条件
通常運転 相当	温度	113℃-255h	93℃-255h*3 (=45℃*2-60年) 64℃-255h*4 (=45℃*2-60年)
	放射線 (集積線量)	750kGy (10kGy/h以下)	2.7kGy*5
重大事故 等相当	放射線 (集積線量)	500kGy (10kGy/h以下)	500kGy
	温度	最高温度：150℃	最高温度：約144℃
	圧力	最高圧力：0.5MPa[gage]	最高圧力：約0.444MPa[gage]

*1：重大事故等時における環境条件が厳しい原子炉格納容器内三重同軸コネクタ接続の使用条件を代表として記載

*2：原子炉格納容器内でのケーブル接続部の周囲温度（約45℃）として設定

*3：Oリング等の気密材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための255時間換算値

*4：絶縁材料の60年間の通常運転時の劣化条件を試験条件と比較するための255時間換算値

*5： $5 \times 10^{-3} [\text{Gy/h}] \times (24 \times 365.25) [\text{h/y}] \times 60 [\text{y}] = 2.7 \text{kGy}$

表2.3-14 三重同軸コネクタ接続の長期健全性試験結果

項目	試験条件	判定
耐電圧試験	C-I 間 DC3,000V 1分 I-O 間 DC 500V 1分	良

[出典：電力共同委託「高レンジエリアモニタ及び三重同軸ケーブル・コネクタに関わる耐環境性能評価委託2014年度」]

また、高圧コネクタ接続については事故時雰囲気内で機能要求がないが、長期の使用を考慮すると、絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

絶縁物等の絶縁低下に対して、電力用ケーブル接続部については、定期的に絶縁抵抗測定により、許容値以上であることを確認している。

制御・計装用ケーブル接続部については、定期的に計測制御系統設備の機能検査等により、系統機器の動作又は計器の指示等に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下のないことを確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、絶縁機能を維持できると判断する。

絶縁低下は、絶縁抵抗測定、系統機器の動作確認又は計器の指示値確認等で検知可能であり、点検手法として適切である。

また、高圧コネクタ接続について、絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

絶縁物等の絶縁低下については、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはないと判断する。

なお、より実機条件に即した電気・計装設備の長期健全性評価手法に関する検討が国プロジェクト「電気・計装設備の健全性評価技術調査研究」で実施されており、今後その成果の反映を検討していく。

また、高圧コネクタ接続の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① 一般端子接続
- ② 端子台接続
- ③ 電動弁コネクタ接続2
- ④ 加圧器ヒータコネクタ接続
- ⑤ 複合同軸コネクタ接続
- ⑥ 三重同軸コネクタ接続（製造メーカーが異なる三重同軸コネクタ）

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 絶縁物等の絶縁低下 [共通]

絶縁物等は事故時雰囲気内で機能要求がないが、代表機器と同じ有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

絶縁物等の絶縁低下は系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、一般端子接続等の絶縁低下については、定期的に系統機器の動作確認又は絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)又は2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.2.1 端子等の腐食（全面腐食）〔共通〕

ケーブル接続部の端子等は銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、金メッキ、銀メッキ、亜鉛メッキ又は錫メッキにより腐食を防止しており、系統機器点検時の目視確認又は絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。