

<原子力規制庁面談資料>

荒浜側立坑付近のケーブル洞道内の火災に係る 調査及び類似接続部点検の状況について

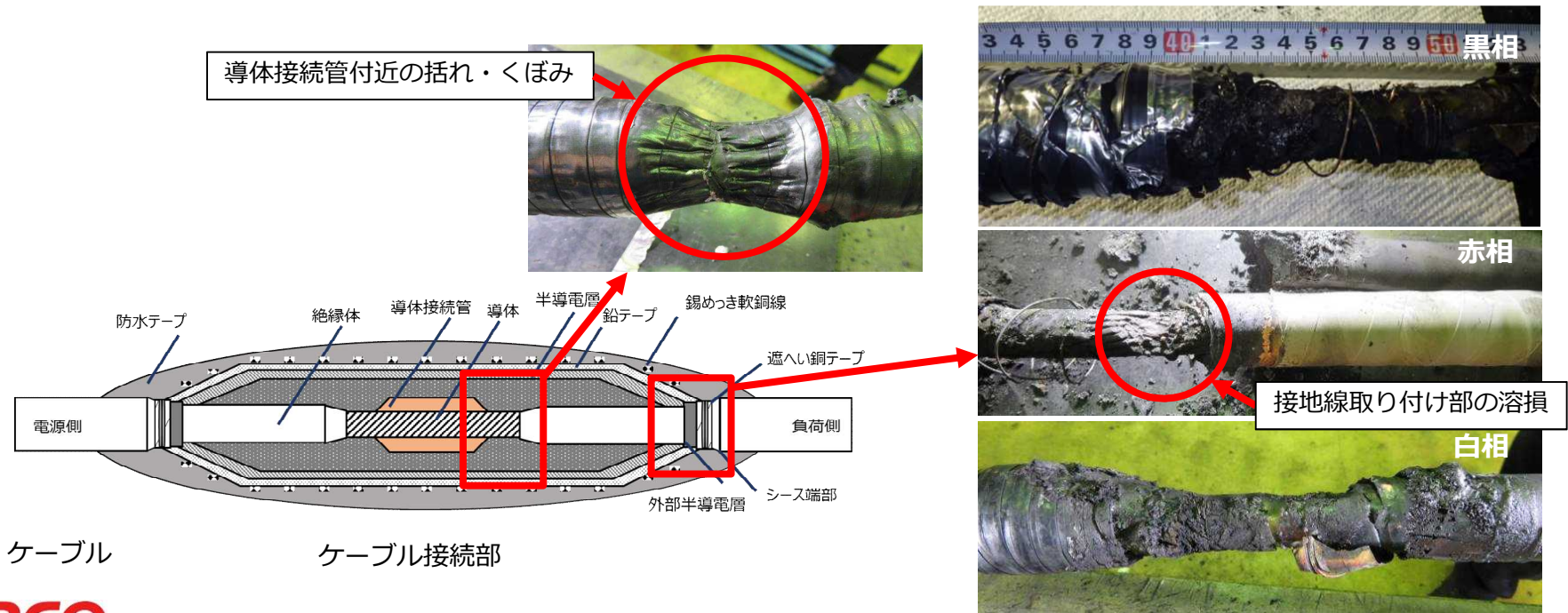
1. 切り出したケーブル接続部の分解調査結果
2. 接地線取り付け部の断線にて発熱に至る推定メカニズム
3. 分解調査結果を踏まえた今後の原因調査
4. 類似接続部の点検（外観点検、絶縁確認）調査進捗
5. 調査スケジュール

2018年11月30日

1. 切り出したケーブル接続部の分解調査結果

東京電力ホールディングス株式会社
柏崎刈羽原子力発電所
2018年11月30日

- ✓ 接続部の端部にある「接地線取り付け部」付近が著しく溶損。
 - ・ 3相1組のケーブルの内、赤相の接続部端部が、溶損が最も激しいことから、地絡・短絡の起点となったと推定。
 - ・ なかでも接地線取り付け部付近が著しく溶損。
→ **赤相の「接地線取り付け部」付近で、接地線の断線等の不具合があった可能性が高い。**
- ✓ 現状までの調査では、接続時の施工・製造上から絶縁低下につながる問題の確認できていない。
- ✓ 導体接続管付近の絶縁層に、括れ・くぼみを確認。



2. 接地線取り付け部の断線にて発熱に至る推定メカニズム

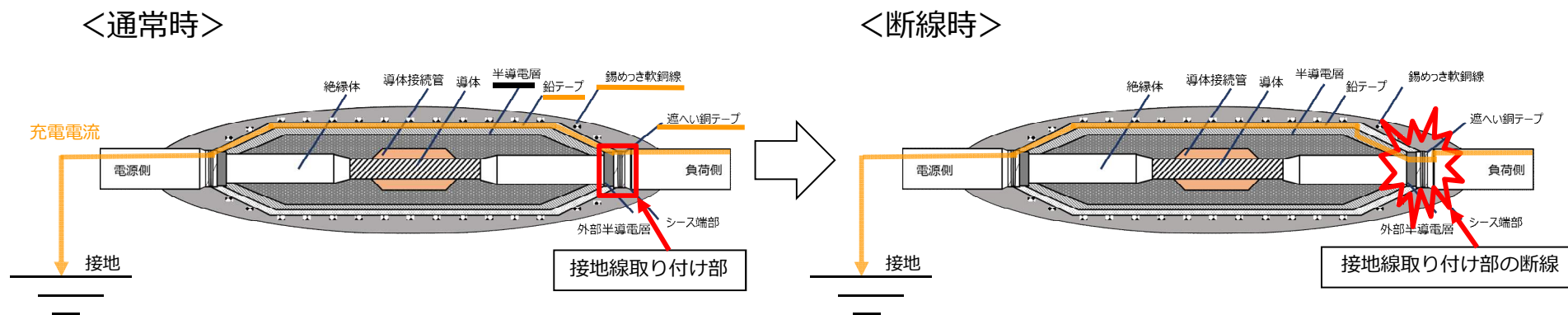
東京電力ホールディングス株式会社
柏崎刈羽原子力発電所
2018年11月30日

<通常時>

「接地線取り付け部」において、ケーブル内の接地線（遮へい銅テープ）は、接続部内の接地線（鉛テープ及び錫めっき軟銅線）とハンダ付けにて接続され、充電電流を対地に流す。

<接地線取り付け部の断線時>

「接地線取り付け部」において、本来接地線に流れるはずの充電電流は、接地線から半導電層に流れ、この半導電層が高抵抗であることから発熱に至ると推定。



※接地線（遮へい層）の役割

- ・ケーブルの周囲に生じる充電電流を接地線を通じ対地に流す。
- ・ケーブルの絶縁破壊が生じた場合、ケーブル内の接地線を通じケーブル終端接続部の接地箇所から対地へ流すことで、感電を防止。

※半導電層の役割

- ・導体と接地線（遮へい層）間の電界を緩和することにより、電界の集中を防止。

3. 分解調査結果を踏まえた今後の原因調査

東京電力ホールディングス株式会社
柏崎刈羽原子力発電所
2018年11月30日

- (A) 接地線取り付け部が断線した際の発熱の再現試験
接地線取り付け部付近で発熱・溶損に至る推定メカニズムについて確認するため、断線した接地線に実際に電流を流し、モックアップによる再現試験にて確認。
- (B) 赤相接地線の取り付け状況の詳細分析
赤相の接地線が断線した原因が、施工時の接地不良によるものか確認するため、ハンダ付け状況について、拡大顕微鏡を用いて確認。
- (C) 導体接続管付近の絶縁層に生じた括れ・くぼみの発生原因調査
接続部が発熱した際に、絶縁層が括れ・くぼみに至る状況について、モックアップによる再現試験にて確認。
また、絶縁層に生じた括れ・くぼみの箇所について、成分分析を行い、熱履歴を調査。
※括れ・くぼみの原因は、ケーブル表面で防水テープの開きがないことから、引張りではなく発熱による付随的なものと推定。

(参考) 要因分析表

東京電力ホールディングス株式会社
 柏崎刈羽原子力発電所
 2018年11月30日

(大分類)	(中分類)	(小分類)	(具体的な事象)	(調査方法)	(可能性)
絶縁劣化	水分・異物等	異物混入	異物巻き込み	分解調査 (異物なし)	×
		水分浸入	水分浸入	分解調査 (水分なし)	×
	応力	施工時の応力	外傷	分解調査 (外傷なし)	×
		施工後の応力	ケーブル引張による絶縁劣化	分解調査 (引張なし)	×
	寸法異常	組立寸法間違い	施工時に寸法間違い	分解調査 (異常なし)	×
形状変形		熱挙動、外力による絶縁体の形状変形	分解調査 (括れ・くぼみ)	△※1	
接地不良	応力	施工後の応力	応力による接地線の断線	分解調査 (接地線)	△※2
	寸法異常	組立寸法間違い	施工時に寸法間違い	分解調査 (健全相)	×
	初期不良	材料不良	材料間違い	分解調査 (異常なし)	×
		施工不良	施工時の接地不良	分解調査 (接地線)	△※3

※1 熱挙動、外力による絶縁体の形状変形の調査として、【3. 分解調査結果を踏まえた今後の原因調査】の(C)を実施

※2 応力による接地線の断線の調査として、【3. 分解調査結果を踏まえた今後の原因調査】の(A)を実施

※3 施工時の接地不良の調査として、【3. 分解調査結果を踏まえた今後の原因調査】の(A)(B)を実施

4. 類似接続部の点検（外観点検、絶縁確認）調査進捗（1/3）

東京電力ホールディングス株式会社
柏崎刈羽原子力発電所
2018年11月30日

<④-1 外観点検>

(A) 外観確認による接続部に焦げ跡や大きな変形等の損傷がないかの確認（全ての接続部：99箇所）

(B) 熱画像撮影による異常発熱の有無を確認（充電されている接続部：43箇所）

95% (95/99)

✓ 11月19日～11月27日までの進捗は以下の通り

91% (39/43)

全99箇所	管理区域 内・外	完了箇所数	進捗率	備考
外部電源（10箇所）	全て外	10/10	100%	
非常用D/G（対象無し）	—	—	—	
第一GTG（対象無し）	—	—	—	
第二GTG	共通（18箇所）	14/18	77%	※1（4箇所）
	荒浜M/C（36箇所）	36/36	100%	
	大湊M/C（6箇所）	6/6	100%	
その他（29箇所）	全て外	29/29	100%	

✓ 残る4箇所（※1）は、充電部かつ養生されており、電源停止後に点検（12月中に完了予定）

0% (0/56)

<④-2 絶縁確認（電氣的にケーブルが周囲と絶縁されていることを確認）>

充電されていない接続部（56箇所）は、絶縁確認（対地との絶縁や接地線導通の確認）を実施（12月中に完了予定）

※充電されている接続部（43箇所）は、現状で絶縁状態が維持されていることを確認

4. 類似接続部の点検（外観点検、絶縁確認）調査進捗（2/3）

東京電力ホールディングス株式会社
柏崎刈羽原子力発電所
2018年11月30日

<④-1 外観点検結果>

(A) 外観確認（完了数95箇所）

→ 焦げ跡や大きな変形等の損傷なし

(例)

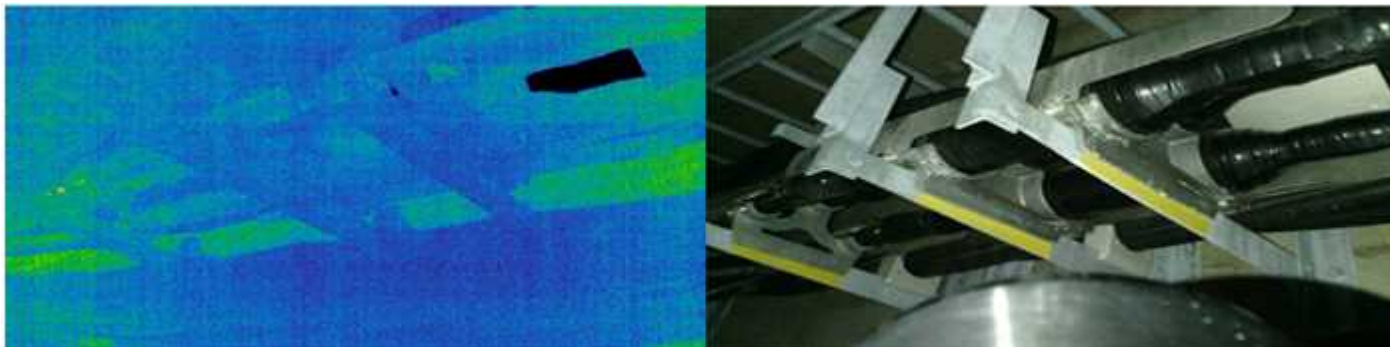


<66kV GIS～LSTr6SB間の接続部>

(B) 熱画像撮影による確認（充電されている接続部：完了数39箇所）

→ 異常発熱なし

(例)



<66kV GIS～LSTr6SB間の接続部>

4. 類似接続部の点検（外観点検、絶縁確認）調査進捗（3/3）

東京電力ホールディングス株式会社
柏崎刈羽原子力発電所
2018年11月30日

<防水テープの部分的開き>

一部の接続部（5箇所）において、防水テープに部分的な開きを確認された。
近傍では防水テープの波打ちも確認されていることから、外気温の変化によるケーブル伸縮の影響と推定。
ただし、以下の理由から即座に火災に至る可能性は低いと判断。

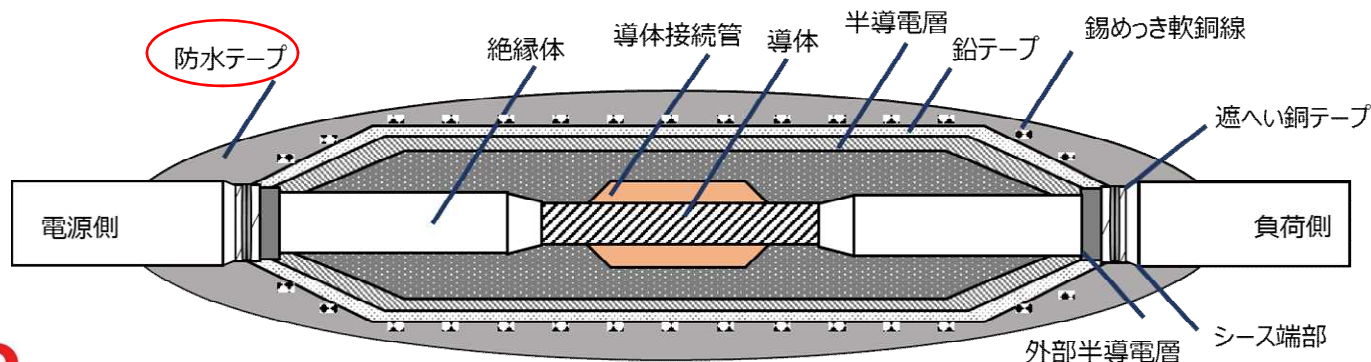
- ✓ 開きや波打ちが確認されたのは、外周の防水テープであり、電気的な構成部品ではないこと
 - ✓ 充電されている接続部については、現時点で異常なく電気を送電していること
 - ✓ 充電されている接続部については、熱画像撮影で異常発熱がないこと
 - ✓ ケーブルは専用ケースに収納されているため、雨水など浸水のおそれがないこと
- 今後、防水テープを巻き直すなどの対策を実施（12月中に完了予定）。



<防水テープの開き>



<防水テープの波打ち>



5. 調査スケジュール

東京電力ホールディングス株式会社
 柏崎刈羽原子力発電所
 2018年11月30日

2018年度				
11月	12月	1月	2月	...
▽11/1 火災発生			▽原因対策とりまとめ	
■ 11/1~6 調査内容検討（全体の調査方針）				
■ ①11/7 現場確認（外観確認・ケーブル損傷部（接続箇所）の切出し方法検討）				
■ ②11/15~16 切り出し作業（当該接続部1箇所、類似接続部2箇所）				
■ ③-1 11/19 分解調査（絶縁抵抗測定、寸法測定、異物確認等）				
■ ③-2 11/20~22 分解調査結果のまとめ				
■ ③-3 11/26~ 分解調査結果を踏まえた原因調査（再現試験・詳細分析等）				
■ ⑤調査結果のまとめ				
■ ⑥対策検討				
■ ...				
■ ④-1 11/19~ 類似接続部の点検（外観点検）				
■ ④-2 12/3~ 類似接続部の点検（絶縁確認）				
■ ⑦対策実施（水平展開含む）				

※④-1 残る4箇所の充電部については、12月中に実施

荒浜側立坑付近のケーブル洞道内の火災に係る

11月9日及び11月19日の面談時のご質問に対する回答について

質問1. 火災発生箇所よりも下のレベルに煙が充満していたとのことであるが、その煙が火災によるものとした場合なぜ上方ではなく下方に流れたのか。

- ✓ 今回の火災で発生した煙に関しては、以下の理由により、火災発生箇所（地下2階）よりも下方（地下6階）に流れたものと推定している。
 - ① 火災によって発生した高温の煙は、火災熱の気流により上昇した。
 - ② ケーブル洞道内の空間高さは約2mと低いことから、上昇した煙は天井に沿って拡散した。
 - ③ 熔融したケーブルは、短絡を検知しケーブルの遮断器が開放されてケーブルの電流が流れなくなったこと、自己消火性ケーブルであったことから、燃焼が収まった。
 - ④ 燃焼が収まったことにより、壁や天井に沿って拡散した煙が室温と同程度まで冷却された。
 - ⑤ 火災発生箇所（地下2階）から離れた壁や天井等で冷やされることにより、燃焼生成物を含む煙は同じ温度の空気より重いことから、沈降・混合してより低い空間に拡散し、下方（地下6階）に充満した。

質問2. ケーブルの焼損範囲から考えて、下方に充満していた煙は火災に伴って発生したと考える理由は何か。

- ✓ 火災発生箇所以外にて、ケーブルの損傷等、煙の発生原因となり得る不具合は確認されていないことから、下方に充満していた煙は、当該箇所の火災に伴って発生したと考えている。

質問3. ケーブルの接続方法は、施工時期により異なっているとのことであるが、3本のケーブル（新荒浜側緊急用M/Cから5～7号機へのケーブル）の接続箇所、接続方法等を説明すること。

- ✓ 新荒浜側緊急用M/Cから5～7号機へのケーブルの接続箇所数は、以下の通り。
 - ・ 5号機 10箇所
 - ・ 6号機 10箇所
 - ・ 7号機 12箇所
- ✓ 接続方法は、何れも専用の直接ジョイント材を用いた直接接続である。
- ✓ 各接続箇所及び接続方法等を、参考資料に示す。

質問4. 本事象の調査結果等（類似接続部の点検等）について、点検に係る判定基準を説明すること。

- ✓ 外観確認（全ての接続部）
焦げ跡や大きな変形等の損傷がないこと。
- ✓ 熱画像撮影による確認（充電されている接続部）
異常発熱がないこと。
※一部のみが異常な温度となっていないこと。
接続部全体が一様な温度分布であること。
- ✓ 絶縁確認（充電されていない接続部）
電氣的にケーブルが周囲と絶縁されていること。
 - ・ 絶縁抵抗測定
（ケーブル導体－対地、ケーブル相間、ケーブル接地線－対地）
 - ・ 絶縁劣化診断
 - ・ 接地線導通測定