

浜岡原子力発電所 5号機タービン建屋(放射線管理区域外)における発煙の原因と対策

1. 発生事象の概要

2021年8月17日午前5時17分頃、定期検査中の浜岡原子力発電所5号機タービン建屋2階および3階(放射線管理区域内および外)において、4箇所の火災報知器が鳴動しました。このため、午前5時20分に消防署へ通報し、中央制御室の運転員が現場を確認したところ、同建屋3階(放射線管理区域外)で煙を確認しました。その後、消防署による現場確認の結果、午前8時17分に火災でないことが確認されました。

また、火災報知器が作動した際、タービン建屋4階(放射線管理区域外)に設置している5号機常用冷水系冷凍機(E)(以降、「常用冷水系冷凍機(E)」という。)が停止したことから、現場確認を行った結果、電動機に電気故障(過電流による停止)が発生しており、常用冷水系冷凍機(E)の高压電源ケーブルの一部が損傷していることを確認しました。

なお、本事象は外部への放射能の影響に係る事象ではなく、人身災害もありませんでした。

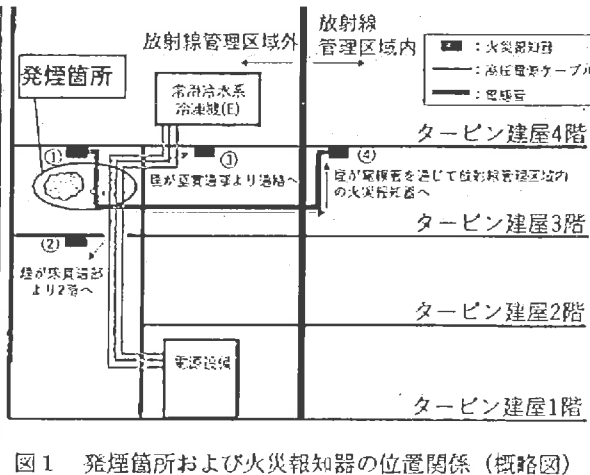


<火災報知器が鳴動した経緯(時系列)>

4箇所の火災報知器が鳴動した経緯は以下のとおりと推定しました。時系列を表1に、発煙箇所と火災報知器の位置関係を図1に示します。

表1 火災報知器鳴動の時系列

時刻	状況
5:17	タービン建屋3階にある常用冷水系冷凍機(E)の高压電源ケーブル付近から煙が発生。火災報知器①が鳴動。
5:18	煙が高压電源ケーブルの床貫通部を通じて2階に流れ、火災報知器②が鳴動。
	煙が高压電源ケーブルの壁貫通部を通じて通路に流れ、火災報知器③が鳴動。
5:22	放射線管理区域内が負圧であるため、煙が火災報知器の電線管を通じて放射線管理区域内の火災報知器④に流れ、火災報知器④が鳴動。
	運転員がタービン建屋3階の通路で煙を確認。



2. 設備の外観調査および分解点検の結果

発煙箇所である高压電源ケーブルおよび当該ケーブルを格納しているケーブルラックの外観調査を行いました。また、火災報知器が鳴動した時刻とほぼ同時刻に、常用冷水系冷凍機(E)の電動機に電気故障が発生していたことから、電動機の分解点検を行いました。それらの結果を表2に示します。

表2 外観調査および分解点検結果

ケーブルトレイ内部

絶縁物

被覆

短絡発生跡(導線溶損部)

ケーブル被覆、絶縁物および導線に短絡が発生した跡(溶損部)を確認。

突起部

ケーブル導線の溶融跡

整線用パイプの変形

整線パイプの変形を確認。

分離板

常用冷水系冷凍機(E)電源ケーブル

高压電源ケーブル

図2 ケーブルラック内部断面図(イメージ図)

分離板が変形し、突起部が生じていることを確認。また、突起部付近にケーブル導線の溶融跡を確認。

電動機内部|コイル損傷部

固定子

回転子

コイル

コイル

撮影方向

電動機内部外観

短絡発生跡(溶損部)

コイル損傷部拡大

電動機内のコイル(絶縁物および導線)に短絡が発生した跡(溶損部)を確認。

図3 電動機概略図(上:分解前、下:分解後)

3. 発煙に至った推定メカニズム

設備の外観調査および分解点検の結果から、発煙に至ったメカニズムを以下のとおり推定しました。推定メカニズムの概要図を図4に示します。

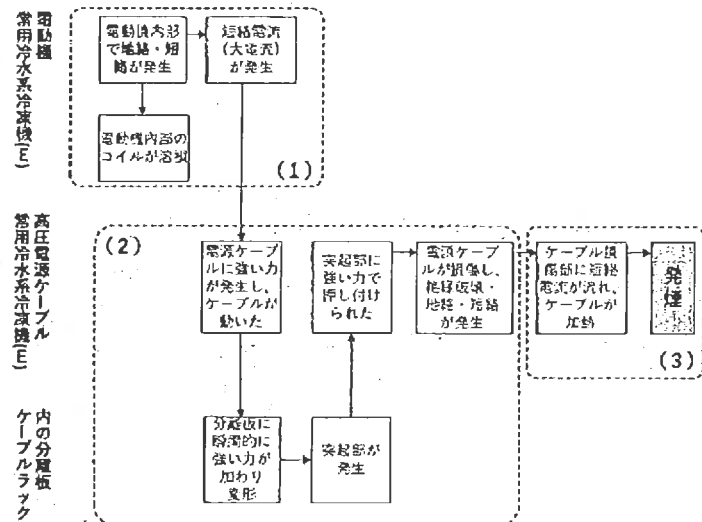


図4 推定メカニズム概要図

- (1) 常用冷水系冷凍機(E)の電動機内のコイルで微小な短絡が発生・進展し、地絡・短絡が発生しました。これにより、当該電動機に接続される高圧電源ケーブルに大きな短絡電流が流れました。
- (2) 当該ケーブルに流れた短絡電流により、当該電源ケーブルに瞬間的に大きな力(電磁力)が働き、ケーブルラック内の分離板と接触。分離板が変形し、生じた突起部に当該ケーブルが更に押し付けられたことにより、損傷・絶縁破壊に至り、地絡・短絡が発生しました。
- (3) ケーブル損傷部に短絡電流が流れ、加熱されたことで、ケーブル被覆、内部の絶縁物およびケーブルの導線が溶損し、発煙に至りました。

なお、電動機の地絡・短絡が発生した際、設備を保護するために設置している保護継電器が働き、電源が供給されなくなったことで電動機は正常に停止しました。電源供給が停止するまでの間(約 0.1 秒)に高圧電源ケーブルにおいても地絡・短絡事象が発生し、発煙に至ったと推定しています。

4. 原因調査結果

当該ケーブルの損傷は、電動機内部で地絡・短絡が発生したことに端を発しているものの、ケーブルラック内の分離板が外力により変形し、突起部が生じたことにより発生したものと推定しました。

このため、ケーブルラックの設計、製作、施工等の観点で原因を調査した結果、当該ケーブルラックは浜岡5号機建設時に高圧電源ケーブル用スペースの一部を低圧電源用スペースに変更していたことが判明しました。本変更に伴い、高圧電源ケーブルと低圧電源ケーブルの混触防止のため、個別に設計をおこない分離板を追加で設置しました。設計要求として「ケーブルラックの製作にあたっては、収納するケーブルに損傷を与えないよう留意する」ことを設計図書に規定していましたが、短絡電流により発生したケーブルの電磁力などの外力に対する分離板の変形は考慮していませんでした。

また、標準設計で施工したケーブルラックは、変形しても突起部が生じる構造ではないことを確認しました。

以上のことから、個別に設計をおこない追加で設置した当該分離板へ養生カバーを設置するなどケーブル損傷防止に係る設計上の配慮が不足したものと考えています。

5. 再発防止対策

本事象の再発防止対策として以下を実施してまいります。

・当該ケーブルラック分離板への養生カバーの設置

高圧電源ケーブルの損傷を確認したケーブルラック内の分離板に養生カバーを取り付けます。これにより、万が一、同様の短絡事象が発生し、分離板が変形して突起部が生じた場合であっても、ケーブルの損傷を防止できると考えています。

・設計図書へケーブル損傷防止に係る事項を反映

ケーブルラックの設計要求に、「ケーブルラックの変形を考慮し、突起部が生じてもケーブルを損傷させないように養生する」旨を反映します。これにより、今後実施する分離板の追設などのケーブルラックの改造工事をおこなう場合に養生カバーを施工することで、同様の事象を防止できると考えています。

また、過去の施工記録を調査した結果、当該箇所以外において、個別に設計した施工実績は確認されませんでした。このため、当該箇所以外は標準設計で施工されており、変形により突起部が生じるような可能性はないと考えていますが、現場にて個別設計の有無を調査し、適切に対処してまいります。

また、本事象の起因となった電動機の短絡事象を踏まえ、更なるリスク低減策として以下を実施してまいります。

・常用冷水系冷凍機の電動機に対し定期的な絶縁診断の実施

本事象の起因となった電動機内部の微小な短絡を検知することは非常に難しいものの、同事象の発生リスクを低減するため、電動機に対し定期的な絶縁診断を実施します。これにより、電動機の絶縁劣化の傾向を捉え、電動機の設備更新を計画的に実施してまいります。

以上