


大飯発電所第 3 号機（ 4 号機）
火災感知器増設に係る
設計及び工事計画認可申請

補足説明資料
(抜粋)

 : 前回からの修正又は追加箇所

2021年3月
関西電力株式会社

<目次>

1. 火災感知器の性能に係るもの
 - 1-1 アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器、アナログ式でない炎感知器及びアナログ式でない熱感知器について
 - 1-2 アナログ式でない防爆型の炎感知器について
 - 1-3 熱を感知できる光ファイバケーブルについて
 - 1-4 熱サーモカメラ、アナログ式でない防水型の炎感知器について
 - 1-5 感知器と同等の機能を有する機器の環境性能について
2. 火災感知器の配置に係るもの
 - 2-1 火災区域又は火災区画の火災感知器の設置個数について
 - 2-2 火災区域又は火災区画の火災感知器の配置図について
 - 2-3 火災感知器の配置設計における消防設備士の確認項目について
 - 2-4 火災感知器の配置設計における関西電力と協力会社の責任分担及び消防設備士関与の品質プロセスについて
3. 消防法施行規則の設置条件と異なる感知設計に係るもの
 - 3-1 火災区域・区画の特性に応じた感知設計について
 - 3-2 原子炉格納容器の火災感知器設計について
 - 3-3 海水管トンネルエリアの火災感知器設計について
 - 3-4 燃料油貯蔵タンク及び重油タンクエリアの火災感知器設計について
 - 3-5 固体廃棄物貯蔵庫の火災感知器設計について
 - 3-6 放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器設計について
 - 3-7 海水ポンプエリアの火災感知器設計について
 - 3-8 空冷式非常用発電装置エリアの火災感知器設計について
 - 3-9 使用済燃料ピットエリア及び新燃料貯蔵庫エリアの火災感知器設計について
 - 3-10 燃料取替用水ピットエリア及び復水ピットエリアの火災感知器設計について
4. 火災受信機盤に係るもの
 - 4-1 火災受信機盤の機能について
 - 4-2 消火設備用感知器の流用について
5. その他
 - 5-1 本設計及び工事計画の申請範囲について
 - 5-2 条文整理表について
 - 5-3 設計及び工事計画認可申請書に添付する書類の整理について

当該項目から一部抜粋

5-4 火災感知設備増設における「工事の方法」の該当箇所について

5-5 火災感知設備の耐震性について

参考資料-1 火災感知設備の技術基準規則上の整理について

参考資料-2 感知区画の定義について

3-6-2 放射線量が高い場所を含むエリアに設置する火災感知器の場所及び種類について

(1) アナログ式の感知器が故障する放射線量の閾値について

アナログ式の感知器が故障する放射線量の閾値の考え方について、過去の故障実績、当時の原因調査結果及び文献調査結果に基づき、説明する。

イ. 感知器の故障実績

過去に美浜、高浜、大飯の各発電所で原子炉格納容器内のアナログ式でない熱感知器をアナログ式の熱感知器交換した際、第 3-6-1 表のとおり、ループ室内の蒸気発生器付近に設置した感知器が 1 年程度で故障する事象が相次いで発生した。(感知器の自動試験の際に信号不良発生)

第 3-6-1 表 過去の故障実績

ユニット	故障時期	故障個数	故障内容
美浜3号機	平成 10 年 1 月	3個	感知器無応答
	平成 12 年 4 月	5個	感知器無応答
高浜1号機	平成 10 年 8 月	2個	信号線異常
	平成 11 年 8 月	3個	信号線異常
	平成 12 年 1 月	1個	信号線異常
高浜2号機	平成 10 年 2 月	3個	信号線異常
	平成 11 年 9 月	3個	信号線異常
高浜3号機	平成 12 年 1 月	1個	感知器無応答
高浜4号機	平成 11 年 2 月	3個	感知器無応答
大飯2号機	平成 12 年 9 月	1個	感知器無応答

ロ. 当時の原因調査結果

故障した部品はメモリ用の IC チップ (半導体素子) であり、プラント運転中のループ室内蒸気発生器付近の放射線量が 100mGy/h 以上と高いことを踏まえ、感知器の故障は放射線による影響と考え、調査を実施した。平成 6 年 3 月に東京都立アイソトープ総合研究所で実施した感知器の耐放射線性能試験は、第 6-3-2 表のとおり吸収線量 105.12Gy で感知器が故障する結果であった。

第 3-6-2 表 試験の概要

試験機器	光電アナログ式スポット型感知器
	熱アナログ式スポット型感知器
試験条件	<ol style="list-style-type: none">1. 1 時間あたり 3×10^{-4}Gy/h の線量がある場所で、感知器が 40 年使用できるかを確認するために実験を行った。2. 40 年分の吸収線量は 105.12Gy となる。試験は短時間でを行うため、105.12Gy を 5 時間 20 分で照射した。このため、19.71Gy/h となる位置に感知器を設置した。3. 線源を Co60 (γ線) とし、10 年相当の線量照射ごとに感知器の作動を確認した。
試験結果	<ol style="list-style-type: none">1. 10 年、20 年、30 年相当の線量照射時の作動試験は正常であった。2. 40 年相当の線量照射時、各感知器共故障した。3. 故障した部品はメモリ用 IC であり、吸収線量は 105.12Gy であった。

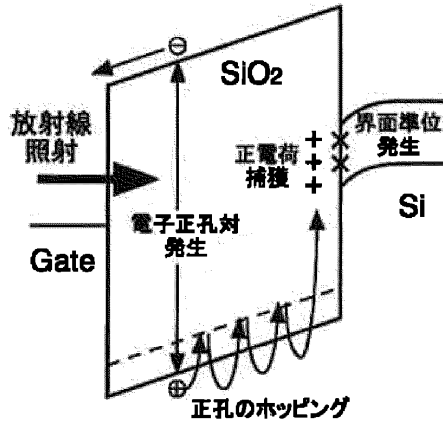
試験で使用した線源である Co60 (γ 線) は、1 次冷却材中の放射性核種の主体が CP (腐食生成物) であることから、エネルギーが比較的高い Co60 (γ 線) を線源として試験を実施していることは妥当である。

実機プラントにおける感知器の故障実績及び上記の試験結果から、 γ 線の影響がある場所に設置するアナログ式の感知器は、約 100Gy の吸収線量で故障すると判断した。

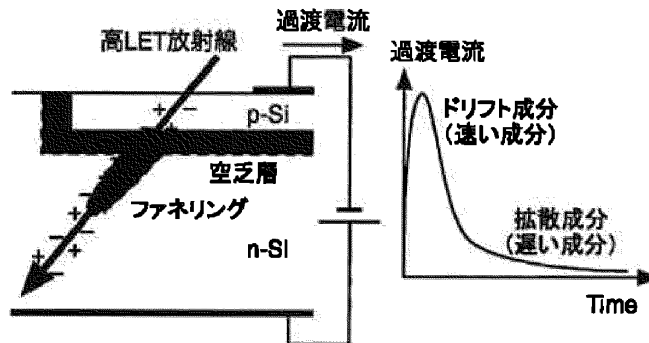
出典：「半導体部品を使用した火災感知器の耐放射線性能について」,TR10241, 能美防災 (株) 平成 11 年 2 月

ハ. 文献調査結果

半導体の放射線による故障は、第 3-6-2 図に示すトータルドーズ効果又は第 3-6-3 図に示すシングルイベント効果によるものであるが、原子力発電所の管理区域のように主な放射線の線種が γ 線の環境では、被ばく線量の増加に伴い素子の特性が変化するトータルドーズ効果による影響が支配的といえる。^{*1,2}

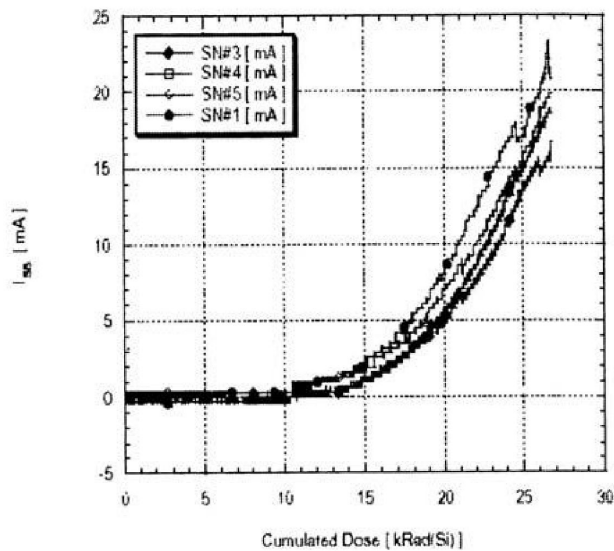


第 3-6-2 図 トータルドーズ効果のメカニズム



第 3-6-3 図 シングルイベント効果による過渡電流発生メカニズム

γ 線照射によるトータルドーズ効果の影響で、半導体デバイスは約 100Gy の吸収線量で劣化が見られるとされている。^{*3} 第 3-6-4 図の X 軸は吸収線量を示し、Y 軸はスタンバイ電流を示しており、約 10krad(=100Gy)から徐々に電流が増加し、性能が劣化していることを確認できる。



第 3-6-4 図 γ 線照射結果によるトータルドーズ効果の影響

参考文献

- ※ 1 : 半導体デバイスに対する宇宙放射線照射効果 (2014 年 : 日本信頼性学会誌)
- ※ 2 : 放射線による半導体素子の劣化・故障 (2004 年 : 日本信頼性学会誌)
- ※ 3 : RADFET による宇宙機環境におけるトータルドーズ計測法 (2008 年 : 鹿児島大学博士論文)

イ～ハで説明した過去の故障実績、当時の原因調査結果及び文献調査結果より、アナログ式の感知器は、1 サイクルのプラント運転中に故障しないよう 13 ヶ月で 100Gy を超えない場所に設置する必要があるため、感知器故障の観点から設置場所に対する放射線量の閾値を 10mGy/h ($< 100\text{Gy} \div 365 \text{日} \div 24\text{h/日} \times 12 \div 13$) と設定する。

なお、1 次冷却材中の放射性核種の主体が CP (腐食生成物) であり、エネルギー領域が中程度 (0.1 ~ 数 MeV) であることから、実効線量 / 吸収線量 ≈ 1 として換算でき、吸収線量 (Gy) \approx 実効線量 (Sv) と考えることが可能である。

(2) 放射線量が高い場所に設置する火災感知器の選定

アナログ式の感知器は10mGy/hを超える場所では1サイクルのプラント運転中に故障すると考えられるため、放射線量が高い場所に設置する火災感知器として、設置許可に記載のアナログ式でない火災感知器の中から具体的な火災感知器種類を選定する。火災感知器種類の選定については、火災防護審査基準の要求事項を踏まえて選定する。

イ. 火災防護審査基準の要求事項

第 3-6-3 表のとおり火災防護審査基準に基づき、火災感知器に対する要求事項及び火災感知器種類の選定方法を整理する。

ロ. 火災防護審査要求事項を踏まえた火災感知器の選定

アナログ式の感知器以外の火災感知器を抽出し、第 6-3-4 表のとおり、火災防護審査基準への適合性、火災感知設備の信頼性を基に各感知方式で使用する火災感知器を評価する。

第 3-6-4 表により放射線量が高い場所（10mGy/h を超える場所）に設置する火災感知種類は、熱感知方式の「アナログ式でない熱感知器」と煙感知方式の「空気吸引式の煙感知器」とする。なお、設置許可（添付書類八）で原子炉格納容器内ループ室等は「アナログ式でない熱感知器」を設置する方針としているため、「アナログ式でない熱感知器」の使用を優先する。

上記に加えて、エリア内の放射線量が低い場所（10mGy/h 以下の場所）に設置する火災感知種類は、熱感知方式の「アナログ式の熱感知器」と煙感知方式の「アナログ式の煙感知器」とする。

第 3-6-3 表 火災防護審査基準の要求事項及び火災感知器の選定方法

火災防護審査基準	要求事項	火災感知器種類の選定方法
<p>各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できるよう固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等(感知器及びこれと同等の機能を有する機器をいう。以下同じ。)をそれぞれ設置すること。また、その設置に当たっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講ずること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>火災の早期感知（火災の性質を考慮した異なる感知方式の組合せ）</u> ・ <u>環境条件の考慮（放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等）</u> ・ <u>誤作動の防止</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>放射線量が高い場所で使用可能な火災感知器を抽出し、感知方式（熱、煙、炎）毎に基準適合の観点から最適な火災感知器を選定する。</u> ・ <u>基準適合の観点では、環境条件の考慮（故障の防止、感知性能の確保）、誤作動の防止、網羅性の確保、電源の確保、監視の6項目について評価する。</u>
<p>感知器については消防法施行規則（昭和36年自治省令第6号）第23条第4項に従い、感知器と同等の機能を有する機器については同項において求める火災区域内の感知器の網羅性及び火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令(昭和56年自治省令第17号)第12条から第18条までに定める感知性能と同等以上の方法により設置すること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消防法施行規則で求められる火災区域内の火災感知器の<u>網羅性の確保</u> ・ 消防法施行規則で求められる<u>感知性能の確保（環境条件の考慮に含まれる）</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ その他、<u>現場への適用性の観点で、施工性を網羅性の確保に含めて評価し、火災感知設備の信頼性を故障の防止の関連項目として参考評価する。</u>
<p>外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常用<u>電源の確保</u> 	
<p>中央制御室で適切に監視できる設計であること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中央制御室での<u>監視</u> 	

第3-6-4表 アナログ式の感知器以外の火災感知器の比較評価

異なる感知方式		熱で感知			煙で感知			炎で感知
火災感知器種類		アナログ式でない熱感知器(スポット型)	光ファイバーケーブル	差動分布型熱感知器(熱電対式、空気管式)	アナログ式でない煙感知器(スポット型)	空気吸引式の煙感知器	光電分離型煙感知器(非蓄積型)	アナログ式でない炎感知器
基準適合性(消防法施行規則への適合性含む)	環境条件の考慮							
	放射線を考慮(故障の防止)	○	○	○	× 高放射線による電子部品故障	○	× 高放射線による電子部品故障	× 高放射線による電子部品故障
	取付面高さ、温度、湿度、空気流等を考慮(感知性能の確保)	○	○ 網羅性が確保できれば感知性能の確保は可能	○ 網羅性が確保できれば感知性能の確保は可能	○	○ 網羅性が確保できれば感知性能の確保は可能	× 干渉物が多い場所における感知性能の確保は困難	× 干渉物が多い場所における感知性能の確保は困難
	誤作動の防止	○	○	○	○	○	○	○
	網羅性の確保※	○ (施工性は問題なし)	○ (干渉物が多い場所は、干渉物を避けて広範囲に支持金具設置、ケーブルの敷設が必要であり施工が困難)	○ (干渉物が多い場所は、干渉物を避けて広範囲に支持金具設置、検出部の敷設が必要であり施工が困難)	○ (施工性は問題なし)	○ (干渉物が多い場所は、干渉物を避けて広範囲に支持金具設置、配管の敷設が必要であり施工が困難)	× 干渉物が多い場所は、網羅性を確保する感知器配置設計が困難 (施工も困難)	× 干渉物が多い場所は、網羅性を確保する感知器配置設計が困難 (施工も困難)
	電源の確保	○	○	○	○	○	○	○
	監視	○	○	○	○	○	○	○
関連項目	火災感知設備の信頼性(参考)	問題なし	専用盤の設置で部品点数が多くなり故障の懸念あり	専用盤の設置で部品点数が多くなり故障の懸念あり	問題なし	専用盤の設置で部品点数が多くなり故障の懸念あり	問題なし	問題なし
評価	各感知方式で使用する火災感知器	○	×	×	×	○	×	×

※：設計可否に対する評価を○×で示し、網羅性を確保するための現場の施工性を()内に記載