

## JRR-3 の設計及び工事の方法の認可申請書（その 10）に係る追加説明事項

令和 2 年 3 月 2 日  
日本原子力研究開発機構  
原子力科学研究所

**【R2. 2. 20 ヒアリングコメント】**

「原子炉建家の貫通部（MCT）周辺について、火災時にケーブルの独立性が確保されることを、現場施工の観点から説明すること。」

設工認その 10（第 2 編 ケーブルの分離設備の設置（建家貫通部））に関し、原子炉設置変更許可申請書（以下「許可書」という。）に示した設計方針に従い、内部火災に対する防護方針、設工規則への適合性の考え方を示したうえで、原子炉建家の貫通部（MCT）周辺について内部火災に対し防護対象となるケーブルの独立性が確保され、必要な安全機能が守られることを燃焼保護具（以下「難燃シート」という。）の現場施工の観点から説明する。

## 1. 内部火災に対する防護方針

JRR-3は、炉心を火災の影響により損傷させないために、原子炉の運転中において火災を検知した場合は、原子炉を停止し（制御棒を挿入し）、その後、30秒間の強制冷却（1次冷却材主ポンプ2台、1次冷却材補助ポンプ2台の計4台あるポンプのうち少なくとも1台による冷却確保）をすることを安全確保の考え方としている。この考え方のもと、火災の発生によりJRR-3原子炉施設の安全性が損なわれることを防止するため、火災発生防止（電気系統の過熱・焼損の防止、発火性・引火性物質の管理）、火災検知及び消火（自動火災報知設備、消火設備の設置）並びに火災の影響の低減（区画・距離・バリアによる物理的分離、多重化、フェールセーフ設計、不燃又は難燃性ケーブルの使用）の三方策を適切に組み合わせることを基本方針とし、許可書において内部火災に対する防護対象設備を示している（許可書添付書類8 P. 8-1-24参照）。表1に内部火災に対する防護対象設備と火災による影響に関する整理表を示す。

また、施設内において火災発生を確認（検知）したときは、原子炉を停止することとしており、これらの三方策の組み合わせによって炉心の崩壊熱除去は達成できると判断されている（平成 28 年 10 月 28 日審査会合にて）。ケーブルダクト室内で火災を想定したとしても、大部分のケーブルが難燃性を採用しており（動力ケーブル、信号ケーブル等、原子炉設置時に敷設したケーブルはすべて難燃ケーブル。後付けした LAN ケーブル等が一部非難燃性）、それらは各系統、ケーブルの種類ごと分離してケーブルトレイに設置してあるため、これらの方針（30 秒間の強制冷却）は守られる（平成 28 年 10 月 28 日審査会合 資料 1 P. 14 参照）。一部（原子炉建家の貫通部）については、構造上の制約からケーブルトレイから外れ、比較的近い距離に集まり建家を貫通す

るため、その部分については、難燃シートを巻くことで火災に対する独立性等を確保することとしている。

このように、火災発生時に原子炉を安全に停止し、停止後 30 秒間の冷却を確保することが必要であることから、安全保護系、非常用電源系、計測制御系について 30 秒間の機能維持が必要であるため、安全保護系ケーブル（対象となる計測制御系ケーブルは、建家貫通部においては安全保護系ケーブルを共用している）及び非常用電源系ケーブルに対して難燃シートを用いたケーブル分離工事を行うことで、第 13 条第 2 号（独立性）及び 4 号（火災防護）への適合性を示すこととしている。

以上の方針に従い、JRR-3 では設工認その 10 として難燃シートを用いたケーブル分離工事に関する認可申請を行った。

次項に、原子炉建家の貫通部（MCT）周辺における難燃シートの現場施工の観点から、内部火災に対してケーブルの独立性が確保されることを説明する。

## 2. 難燃シートによるケーブルの独立性確保について

本設工認申請で示したとおり原子炉建家貫通部を難燃シートで分離することで、内部火災に対してケーブルの独立性が確保できると考えている。

○安全保護系、非常用電源系、計測制御系に関する、第 13 条第 2 号（独立性）及び 4 号（火災防護）への適合性について

許可の方針に従い、火災影響低減の 3 方策（火災発生の防止、火災検知及び消火、火災影響の軽減）を適切に組み合わせることで、当該設備の大部分については火災に対する独立性が確保されている。一部、原子炉建家の貫通部については火災に対する物理的な独立性が確保されていないため、本申請で示した難燃シートで当該部分を分離し、火災に対する独立性を確保する（図 1 参照）。

原子炉建家貫通部付近にはケーブル以外に発火源となりえる可燃物や引火性の物質は存在せず（図 2 及び平成 28 年 10 月 28 日審査会合 資料 1 P. 16 参照）、安全保護系ケーブル及び非常用電源系ケーブルが 2 系統同時に炎にさらされることはないため、許可の審査会合で説明した通り（平成 28 年 10 月 28 日審査会合 資料 1 P. 10 参照）、原子炉建家貫通部において発火源として想定すべきはケーブル火災であるが、この火災から安全保護系、非常用電源系、計測制御系のケーブルを防護し、原子炉停止後 30 秒間の強制冷却を維持する必要がある。

動力ケーブルの火災が発生した場合、許可の審査会合で説明した通り（平成 28 年 10 月 28 日審査会合 資料 1 P. 10 参照）、1 次冷却系設備の動力ケーブルの損傷により 1 次冷却系主ポンプ、補助ポンプ 4 台のいずれかが停止するため、原子炉は自動停止する設計となっている。一方、その他のケーブルは信号ケーブルであることから、通常の使用において原子炉の安全に影響を与える規模のケーブル火災が発生することはない（信号ケーブルは一般に電圧信号 1～5V DC、電流信号 4～20mA DC を用いるため。）。

JRR-3 はスクラム信号検知後、1 秒以内に制御棒が炉心に挿入され原子炉は自動停止する。その後 30 秒間強制冷却による炉心の崩壊熱除去が必要となるが、30 秒間の強制冷却完了後は発電炉のように長期間強制循環冷却が必要となるものではなく、冷却材の自然循環冷却で十分な設計とな

っている。そのため、動力ケーブルの火災が発生した際は、原子炉停止に必要な1秒間に加え30秒間の強制循環冷却が出来れば原子炉の安全は確保される。強制循環冷却完了後においては、原子炉の安全確保（止める、冷やす、閉じ込める）のために消火活動が必須とはならないが、通常の火災発生時と同様に消火活動を行う。このようなJRR-3の安全上の特徴を踏まえ、前述の防護すべき系統に係るケーブルは、ケーブル火災による原子炉停止後30秒の間、火災から2系統あるうちの少なくとも1系統を護る必要がある。そのため、原子炉建家貫通部（MCT）に対して、20分の遮炎能力及び1時間の遮熱能力を有する難燃シートをA系、B系1系統ずつ施工し、火災からの独立性を確保する。

難燃シートの具体的な仕様等については次項に示す。

以上のことから、火災影響低減の3方策（火災発生の防止、火災検知及び消火、火災影響の軽減）を適切に組み合わせたうえで、建家貫通部について難燃シートによるケーブル分離対策を施せば、必要なケーブル（安全保護系、非常用電源系、計測制御系）については火災から防護可能であり、原子炉の安全機能は確保される。

### 3. 難燃シートの仕様等について

今回施工する難燃シートとしては、建築基準法に定める耐火性能を有する発泡性耐火被覆でケーブルを直接覆うように施工した上に、同法に定める不燃性能を有する不燃シートを重ねて覆うように施工し、1時間の遮熱能力及び20分の遮炎能力を確保する。難燃シートの仕様を下表に示す。なお、発泡性耐火被覆の施工及び仕様については、追加で設工認申請書に記載し補正することとする。

難燃シートの仕様

名称	不燃シート（遮炎用）	発泡性耐火被覆（遮熱用）
規格	①建築基準法 ②JIS「日本産業規格」	①建築基準法
性能	①20分間の不燃性能を有していること。 ②JIS A 1323（建設工事用シートの溶接及び溶接火花に対する難燃性試験）A種相当以上の難燃性を有すること。	①1時間の耐火性能を有していること。 ②試験により以下を確認していること。 ・IS0834の加熱曲線で1時間加熱した隔壁の非加熱面の温度が防護対象機器の機能喪失温度（原子力発電所の内部火災影響評価ガイドのケーブル損傷基準：205℃）以下であること。

表1 内部火災に対する防護対象設備と火災による影響

安全機能	構築物、系統及び機器	停止機能	冷却機能※2	
過大な反応度の添加防止	制御棒駆動装置	○		フェールセーフで設計されており、ケーブルが焼損した場合は自重により制御棒が炉心に挿入されるため、原子炉は自動停止する。
炉心の形成	炉心構造物 燃料要素	○		水中に設置されているため、火災によりその機能を失うことはない。
炉心の冷却	冠水維持設備 (サイフォンブレイク弁を除く。)		○	不燃材により構成されており、火災により機能を喪失することはない。
	1次冷却系設備		○	護るべき安全機能は1次冷却材の保持であり、主要材料にステンレス鋼を用いているため、火災によりその機能を失うことはない。 万一、ケーブルが焼損した場合には、1次冷却材流量低もしくは1次冷却材主ポンプ停止により原子炉は自動停止する。
炉心の保護	原子炉プールコンクリート躯体		○	不燃材により構成されており、火災により機能を喪失することはない。
重水を内蔵する機能	重水タンク、重水冷却系設備			護るべき安全機能は重水の保持であり、水中に設置されているまたは主要材料にステンレス鋼を用いているため、火災によりその機能を失うことはない。 万一、ケーブルが焼損した場合には、重水流量低もしくは重水溢流タンク水位、重水温度高により原子炉は自動停止する。
放射性物質の貯蔵機能	使用済燃料プール (使用済燃料貯蔵ラックを含む。)			不燃材により構成されており、火災により機能を喪失することはない。
原子炉の緊急停止	制御棒、スクラム機構	○		水中に設置されているまたはステンレス鋼により構成されているため、火災によりその機能を失うことはない。
未臨界維持	制御棒	○		
工学的安全施設及び原子炉停止系統への作動信号の発生	安全保護回路(停止系)	○		フェールセーフで設計されており、ケーブルが焼損した場合は原子炉は自動停止する。
原子炉停止後の除熱	1次冷却材補助ポンプ		○	原子炉停止後30秒は2系統あるうち、最低1系統は防護される必要がある。
安全上特に重要な関連施設	非常用電源系		○	非常用電源系を構成する機器、ケーブルは独立に設置されており、一方が焼損した場合でももう一方の系統により必要な安全機能は維持される。
計測・制御 (安全保護機能を除く。)	中性子計装設備※1、 プロセス計装設備※1	○※3	○※3	原子炉停止後30秒は2系統あるうち、最低1系統は防護される必要がある。

※1：崩壊熱除去運転のために監視が必要な設備に限る、※2：原子炉停止後の崩壊熱除去（30秒）に限る

※3：停止機能及び冷却機能が達成されいることの確認のための設備

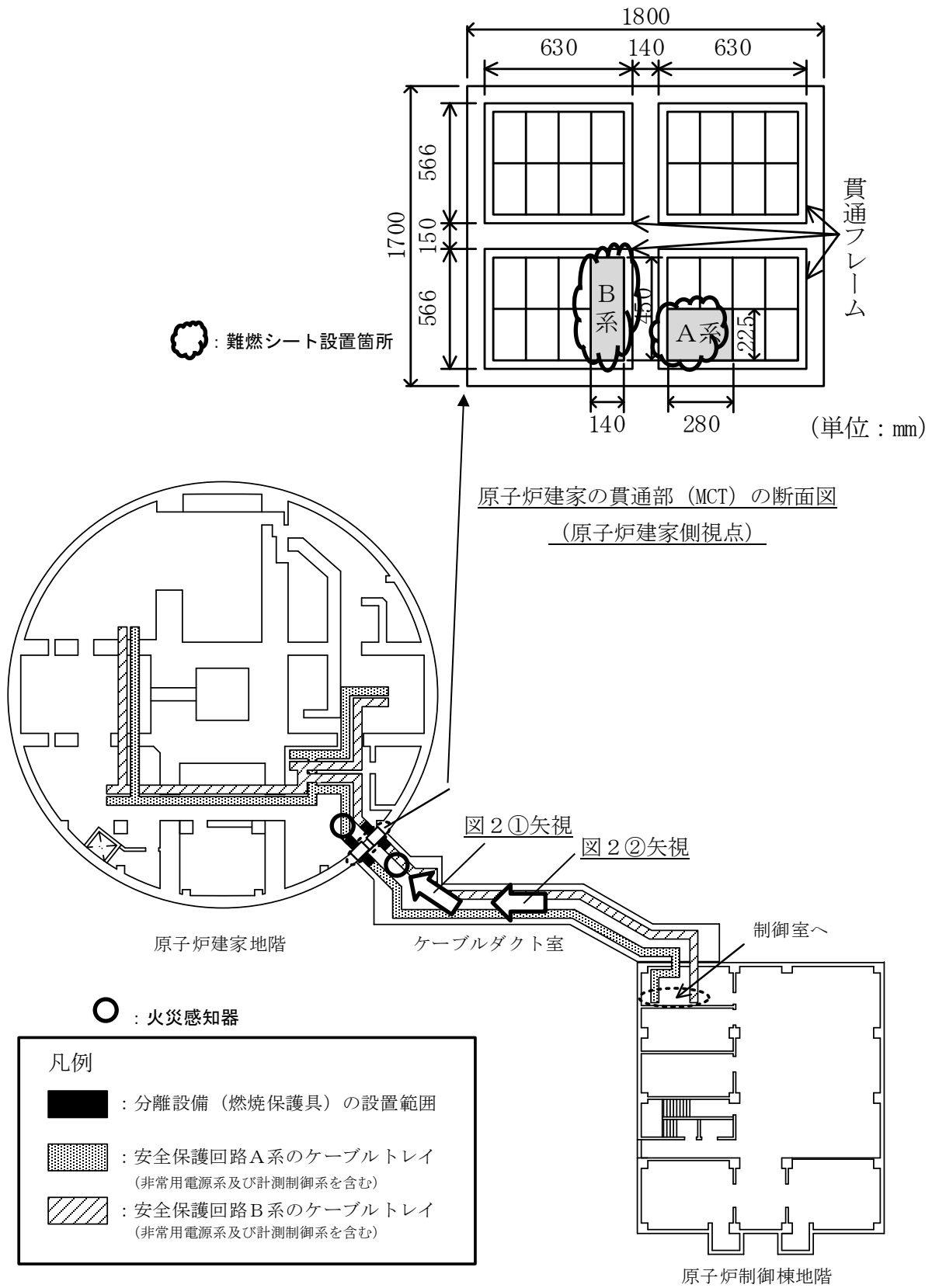


図1 分離設備の設置図



図 2① ケーブルダクト室内 MCT 付近



図 2② ケーブルダクト室内

(参考)

① 難燃ケーブルについて

安全保護系を含め、内部火災からの防護対象としている設備のケーブルについては、単独ケーブルは ICEA S-19-81 に定める垂直燃焼試験、グループケーブルは IEEE 規格 383 による垂直トレイ燃焼試験に合格した難燃性ケーブルを使用している。

JRR-3 で行っている ICEA 試験の方法は、HTTR で実施している方法と同様にシースを取り除いた絶縁心線に対して行うものとなっており、UL 規格に対しより厳しい条件のもと試験を行っている。よって、ICEA 試験は UL 規格試験に比べ保守的である。

② ケーブル火災の事象想定について

原子炉建家貫通部は動力ケーブルの他、電灯、信号、LAN 等のケーブルが通っているが、表参-1 に挙げるもの以外が火災源となったとしても、原子炉の安全性に影響を与えることはないため原子炉が自動停止することはない。この場合、火災検知器により検知し通常の消火対応に当たる。この対応中に表参-1 に挙げるものが損傷した場合は原子炉が自動停止し、必要な安全機能は燃焼保護具により防護できるため、原子炉の安全性の確保のために特段の対応を要しない。

以上の整理より最も厳しい条件を想定するため、炉心の冷却に必要な 1 次冷却系設備の動力ケーブルのうちの 1 系統がケーブル火災を起こすことを想定している。

表参-1

機能喪失によりスクラムに繋がるケーブル (安全保護系、非常用電源設備を除く)
<ul style="list-style-type: none"><li>・ 1 次冷却材主ポンプ (No. 1、No. 2) に接続する動力ケーブル</li><li>・ 重水ポンプに接続する動力ケーブル</li><li>・ 制御棒駆動装置に関するケーブル</li></ul>