

## ケーブル分離設備の実証試験について

令和2年8月12日  
日本原子力研究開発機構  
原子力科学研究所

### 【R2.7.28 コメント】

原子炉建家貫通部のケーブル分離設備の実証試験について、その試験内容を説明すること。

JRR-3 は、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、原子炉建家貫通部の安全保護系ケーブル及び非常用電源系ケーブル（以下、「防護対象ケーブル」という。）に対して難燃シートを用いて分離対策を施し、内部火災が発生した場合に 2 系統ある防護対象ケーブルが同時に機能喪失しないこととしている。原子炉建家貫通部の防護対象ではない一般系のケーブルが発火源となる火災発生を想定した場合に、防護対象ケーブルの機能喪失を防止するための分離設備として施工する難燃シートについて、ISO834 の標準加熱曲線で 1 時間加熱したときの非加熱面側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℃）以下であることを確認するため、試験体を用いた実証試験を行うこととしている。以下に具体的な試験内容を示す。

### 1. 試験体の仕様

実証試験に用いる試験体は、以下の機器等を組み合わせて構成する。図 1 に試験体の概略図を示す。

#### (1) 難燃シート（以下①～③の複合材）

##### ①断熱材

- ・名称：ファインフレックス BI0 ブランケット
- ・製造社：ニチアス
- ・型式番号：5615
- ・品種：160kg/m<sup>3</sup> (#160)
- ・厚さ：50mm

##### ②表皮材（外側）

- ・名称：コーテッドシリカクロス
- ・製造社：株式会社日本無機
- ・型式番号：BCS/NZ
- ・厚さ：0.6mm
- ・耐熱温度：1000℃

### ③内皮材（内側）

- ・名称：ガラスクロス
- ・製造社：ユニチカ
- ・厚さ：0.36mm
- ・使用温度：300～500℃

### (2) ケーブルトレイ模擬体

- ・材質：亜鉛メッキ鋼板（SECC）
- ・外径寸法：280mm(W)×1500mm(L)×226.6mm(H)
- ・鋼板厚さ：1.6mm
- ・形状：全面密封形

### (3) 難燃性ケーブル

- ・名称：架橋ポリエチレン絶縁ビニルシース電力ケーブル
- ・製造社：住電日立ケーブル株式会社
- ・型式番号：600V F-CV 3C×22sq
- ・断面積：22mm<sup>2</sup>
- ・心数：3心

### (4) 温度センサ

- ・使用熱電対：K熱電対（JIS C 1602に規定するクラス2を満たすもの）
- ・仕様：ガラス被覆熱電対、素線構成（1/0.65×1P）
- ・長さ：4m

## 2. 試験方法

試験は、建築基準法に基づく標準加熱曲線（IS0834 曲線）を用いて実施するものとする。鋼板のケーブルトレイ模擬体内に温度センサ及び難燃性ケーブルを固定し、ケーブルトレイ模擬体の外側全面に難燃シートを巻設した試験体を準備し、加熱試験炉にて加熱試験を行う。

### (1) 加熱条件

参考資料1に示す標準加熱曲線（IS0834 曲線）及び標準加熱試験温度表に基づき、加熱開始から1時間経過後の温度が945℃となるように試験体の片面を加熱する。加熱試験炉の仕様及び外観図を参考資料2に示す。

### (2) 試験ケース

JRR-3の試験は、難燃シート（断熱材）の厚さを変えた以下の2つのケースにて実施する。

- ・ケース1 難燃シート（断熱材）の厚さ：50mm
- ・ケース2 難燃シート（断熱材）の厚さ：40mm（元厚さ50mm→40mmに圧縮したもの）※

※断熱材を圧縮した場合にも同様の性能が担保されることを実証試験により確認する。

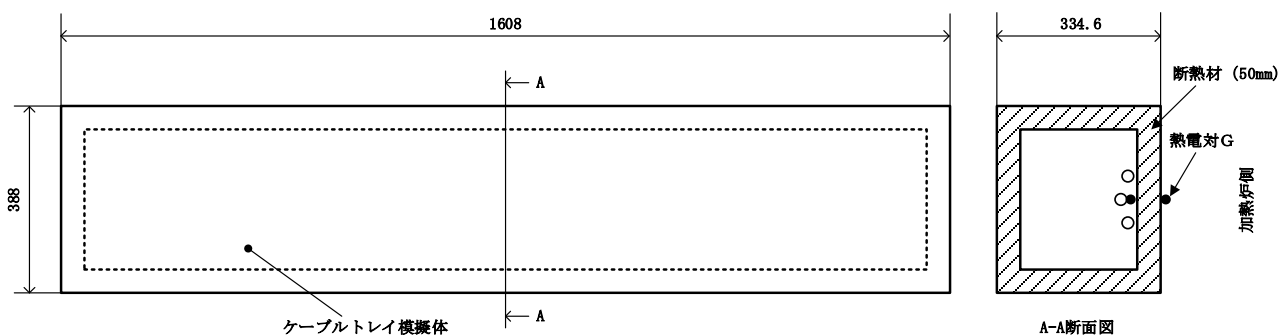
### (3) 判定基準

試験体内部温度（非加熱面温度）が機能喪失温度（ケーブル損傷基準：205℃）以下であること。

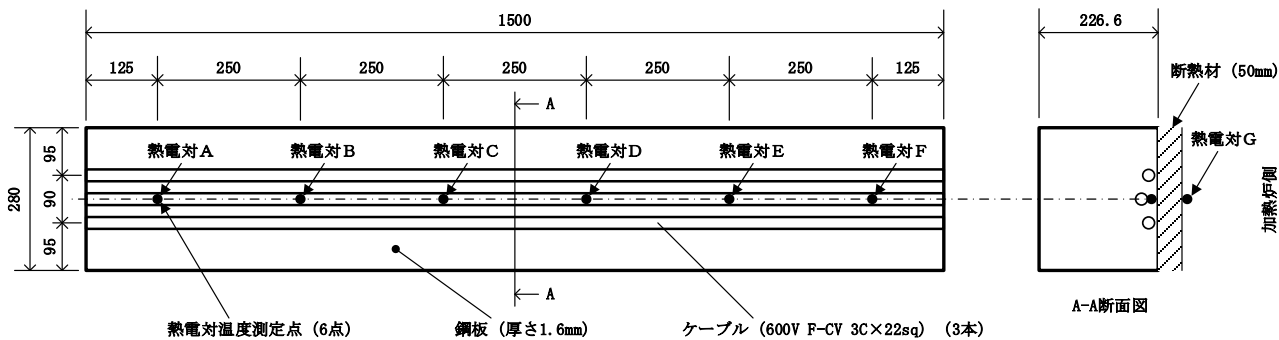
上記の試験の結果、判定基準を満足することができた場合は、難燃シート（断熱材）の厚さ50mmのものを用いて施工する。ただし、施工場所に十分なスペースの取れない可能性がある一部の箇所について

は、ケース2の試験時の難燃シート（断熱材）の厚さ40mmまで圧縮して施工することとする。

・試験体の主要寸法



・熱電対の配置



(単位：mm)

・試験体の断面（詳細）

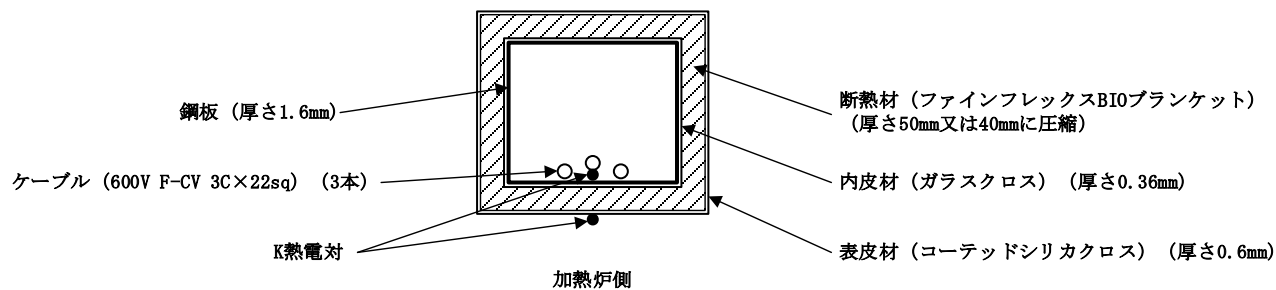


図1 試験体の概略図

### 3. 試験体と実際の構造との比較及び試験方法の妥当性について

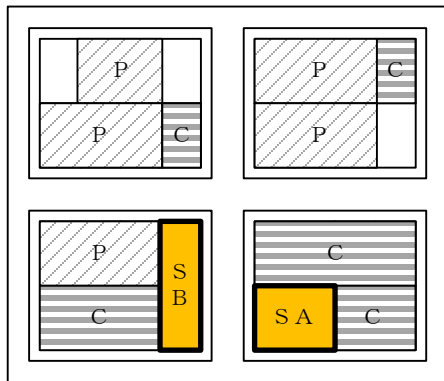
本試験については、JRR-3 の原子炉建家貫通部の状況を鑑み、試験体の仕様及び試験方法を選定している。試験体と実際の構造（現場施工）との比較を表 1 に、貫通部のケーブル配置図を図 2 に、貫通部の写真を図 3 及び図 4 に、現場の施工方法についてを参考資料 3 に示す。

試験体の仕様は、ケーブルトレイ境界から原子炉建家貫通部までの間の剥き出しとなっている防護対象ケーブルについて鋼板で囲い、その外側を難燃シートで巻設することを実際に想定した機器（同じ材質、厚さ）で構成している。また、試験方法については他の部位等と同様に、建築基準法に基づく標準加熱曲線（IS0834 曲線）を用いることとする。複数ある一般系ケーブルの貫通部区分のうち 1 つの区分のケーブル火災を想定した場合、原子炉建家貫通部の構造やケーブル配置の状況から防護対象ケーブルの周囲全体を囲むような火災は考え難いことから、加熱条件としては片面（一方向）の加熱で十分であると考えている。本試験により、今回選定している難燃シート（断熱材）の厚さが十分であることを確認する。

なお、本試験を受注しているメーカは、標準加熱曲線（IS0834 曲線）を用いた加熱試験に求められる知見・技術力を有しており、他の発電炉において同様の試験の実績があることを確認している。

表 1 試験体と実際の構造（現場施工）との比較

項目		試験体	現場施工	備考（妥当性、保守性等）
難燃シート （複合材）	断熱材 （厚さ）	ファインフレックス BIO ブランケット （厚さ 50mm）	左記と同じ	実際の構造（現場施工）と同一であるため、妥当であると考ええる。
	表皮材 （厚さ）	コーテッドシリカクロス （厚さ 0.6mm）		
	内皮材 （厚さ）	ガラスクロス （厚さ 0.36mm）		
鋼板	材質	亜鉛メッキ鋼板（SECC）	左記と同じ	実際の構造（現場施工）と同一であるため、妥当であると考ええる。
	厚さ	1.6mm		
	大きさ	280mm(W) × 1500mm(L) × 226.6mm(H)	現場に合わせて 大きさとする	試験体の鋼板は、建家貫通部の寸法を基に代表的な大きさとして決めている。現場施工用の鋼板の大きさと同一ではないが、本試験は難燃シート（断熱材）の厚さが十分であることの確認を目的としており、試験条件としては妥当であると考ええる。
加熱条件	加熱面	片面（一方向）	左記と同じ	建家貫通部の構造やケーブル配置の状況から防護対象ケーブルの周囲全体を囲むような火災は考え難く、片面（一方向）を加熱したときの内部温度（非加熱面温度）を測定する条件で十分であると考ええる。



P : 動力ケーブル (動力 (電灯含む。)、制御)  
 C : 信号ケーブル (計装、特殊、その他)

SA : 安全保護系+非常用電源系 (A系) ← 防護対象ケーブル  
 SB : 安全保護系+非常用電源系 (B系)

貫通部の区分

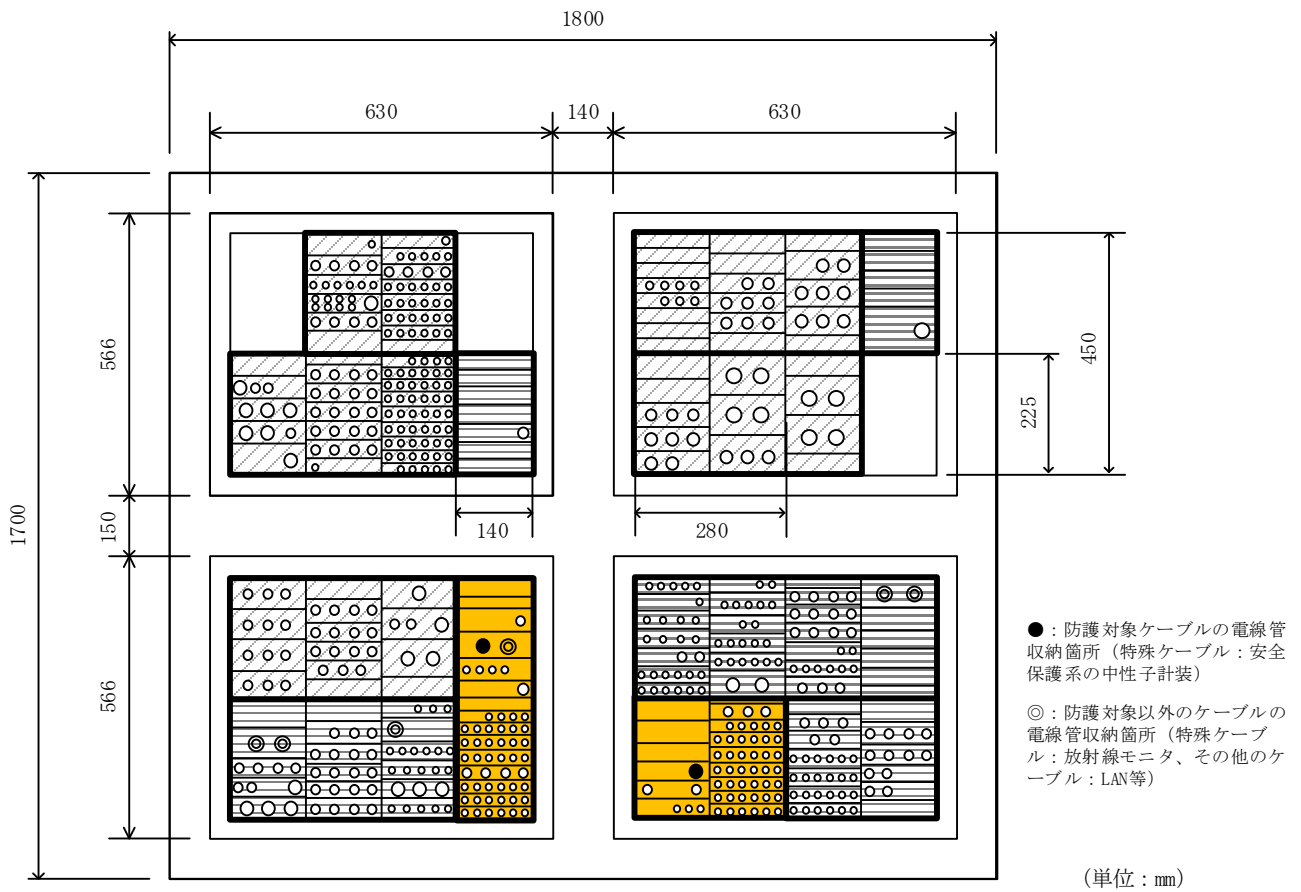


図2 貫通部のケーブル配置図 (原子炉建家側視点)

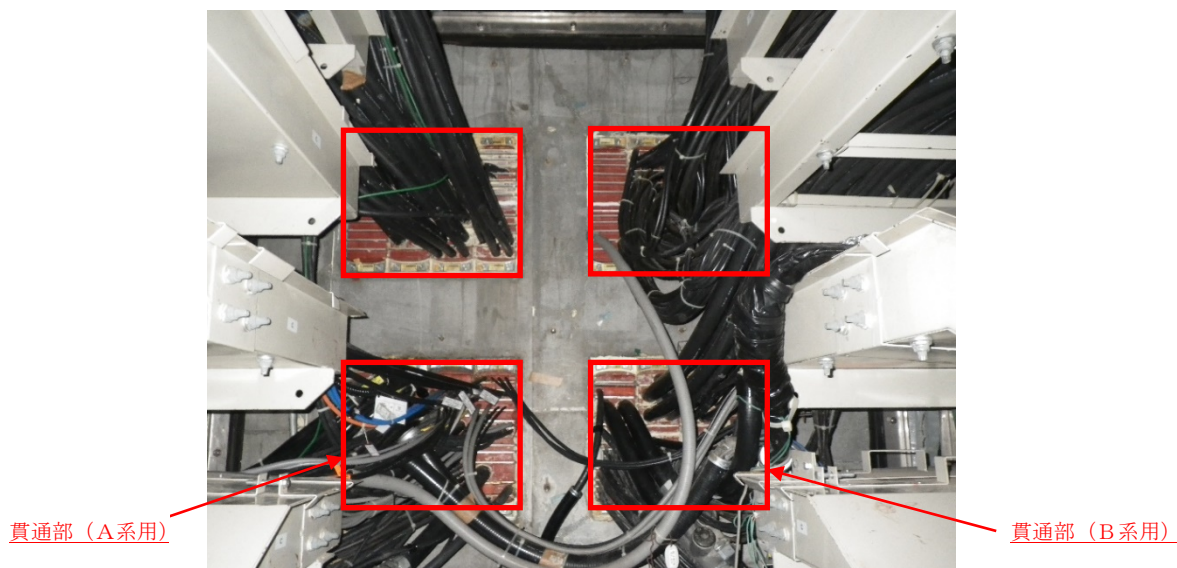


図3 貫通部の写真 (ケーブルダクト室側視点)

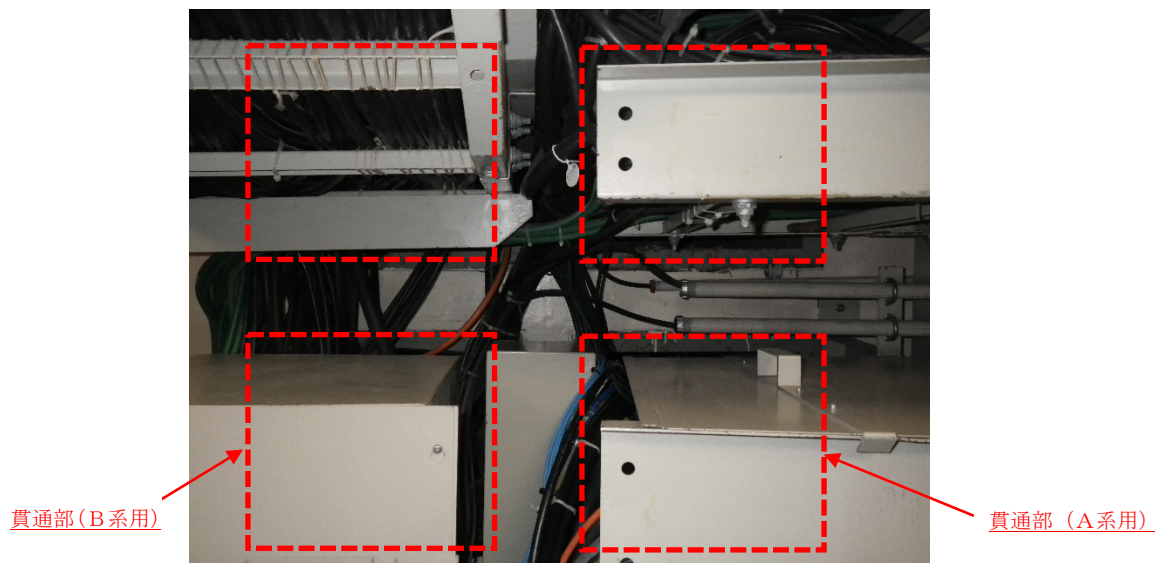
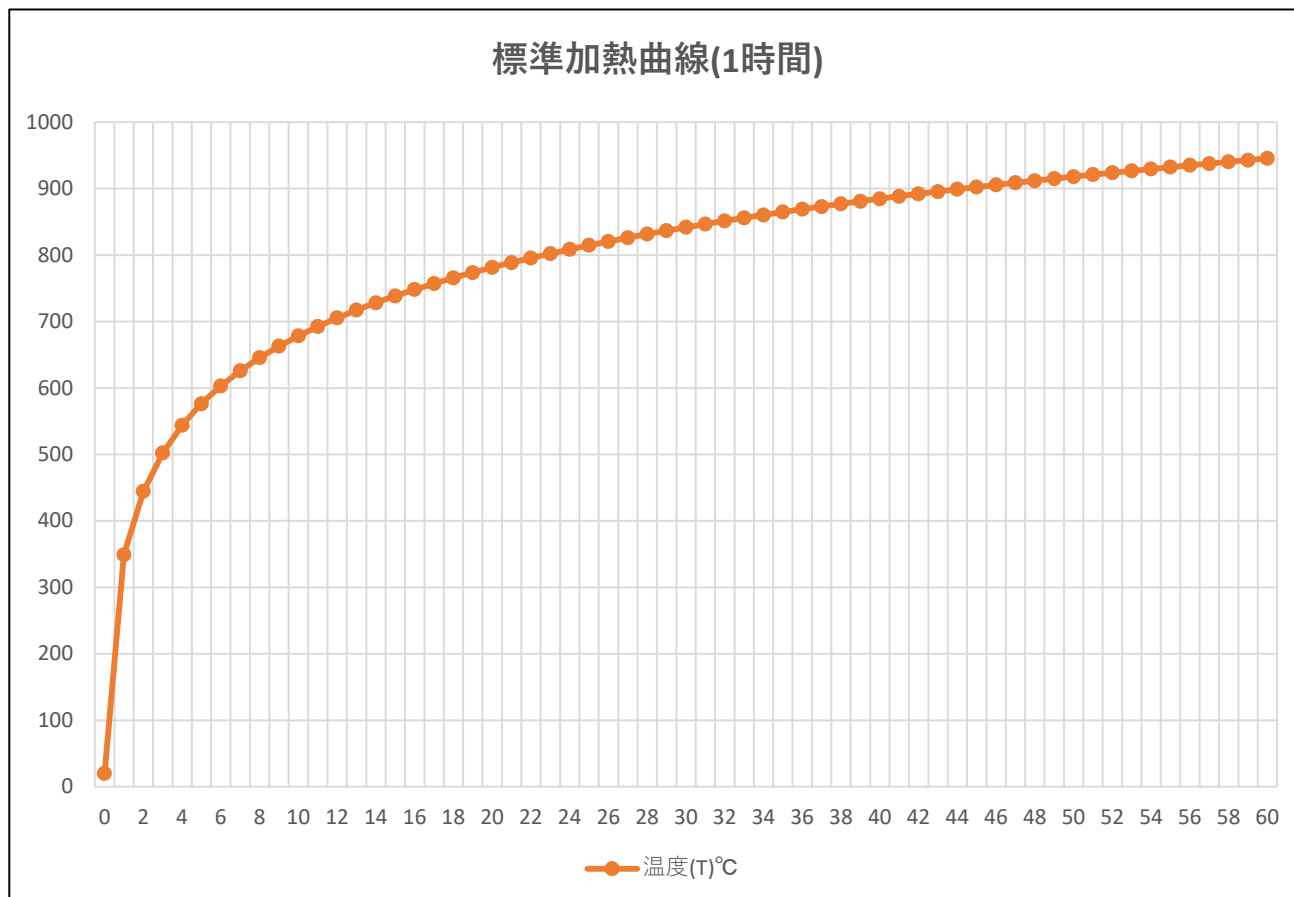


図4 貫通部の写真 (原子炉建家側視点)

参考資料 1

標準加熱試驗溫度表

時間：t (分)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
標準加熱曲線 (°C)	576	678	739	781	815	842	865	885	902	918	932	945



標準加熱曲線圖

IS0834 標準加熱曲線式  $T = 345 \log_{10} (8t+1) + 20$

T：加熱溫度 (°C)

t：時間 (分)

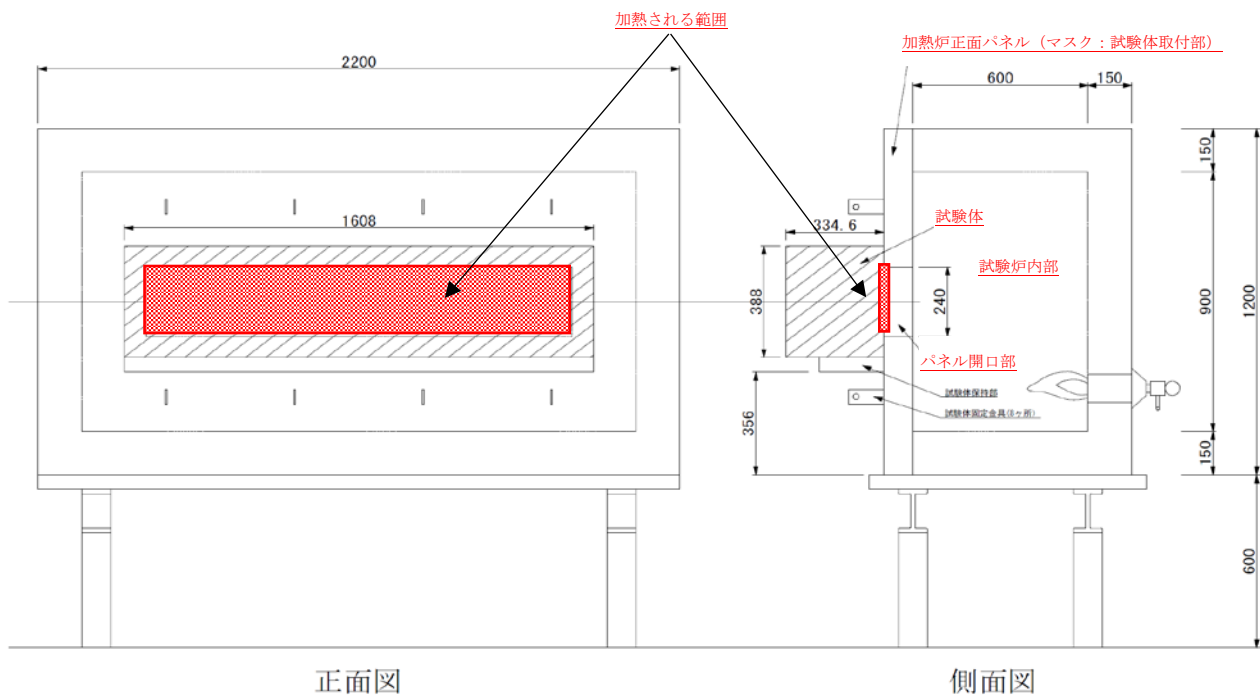
引用元 INTERNATIONAL STANDARD IS0834-1 First edition 1999-09-15

Fire-resistance tests Elements of building construction Part1 General requirements

参考資料 2

・加熱試験炉の仕様

- |                |  |
|----------------|--|
| (1)外形寸法        | 2800mm(W) × 2350mm(H) × 900mm(D)             |
| (2)加熱面積        | 2200mm(W) × 1200mm(H) [2.64m <sup>2</sup> ]  |
| (3)型式          | 壁型炉  |
| (4)加熱時間        | 標準 2 時間とし、最大 3 時間とする                         |
| (5)熱源          | LPG  |
| (6)熱量          | 20 万 kcal/hr                                 |
| (7)ガス圧         | 3000mmAq                                     |
| (8)炉体          | 無機繊維張り (一部キャストブル成型)                          |
| (9)バーナー        | ストレートフレームバーナー                                |
| (10)空気混合方式     | 火口混合式  |
| (11)試験炉内部温度センサ | K 熱電対 (JIS C 1605-1995 クラス 2)、φ 4.8 インコネルシース |
| (12)温度調節       | 手動式  |



加熱試験炉の外観図

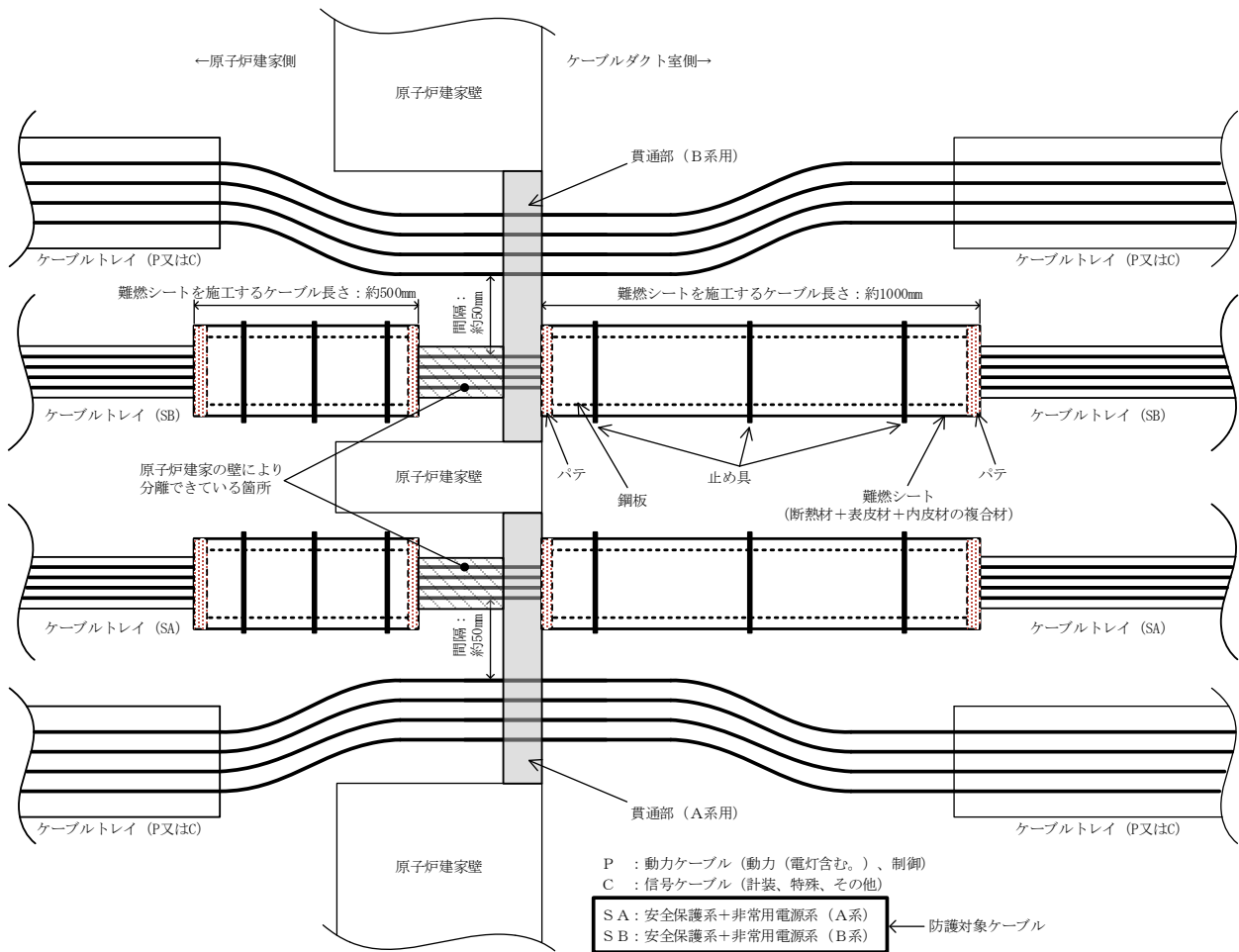


参考資料 3

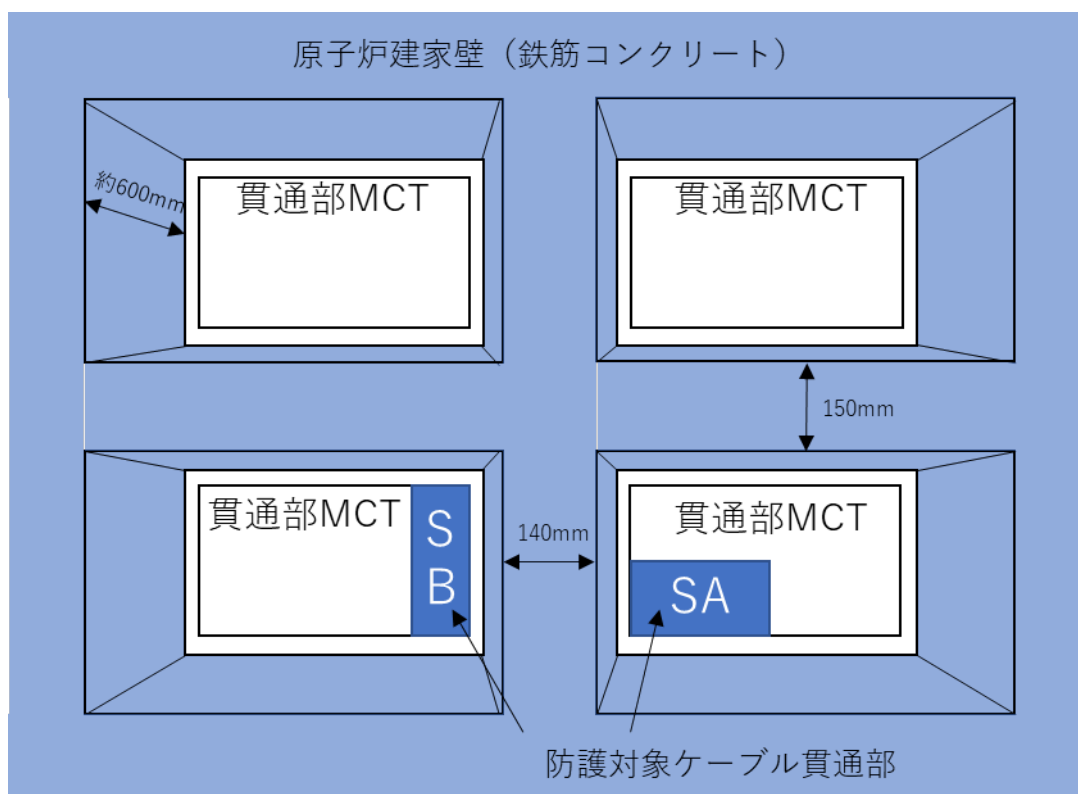
○現場の施工方法について

JRR-3 の現場の施工方法は、以下の方針とする。

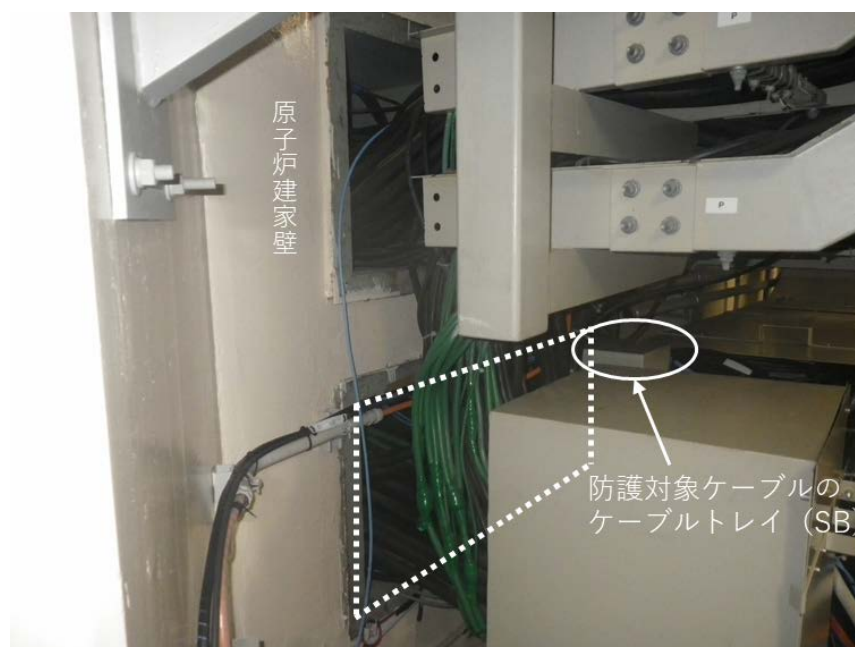
- (1) 難燃シート及び鋼板は、試験体と同様の材質・厚さのものを用いる。鋼板の外径寸法については、現場に合わせた大きさとする。
- (2) 防護対象ケーブルA系、B系の各々を鋼板で囲い、その外側を難燃シートで巻設する。
- (3) 難燃シートの固定には、耐熱性を有する止め具（表皮材と同様の材質のベルト等）を用いる。
- (4) 以下に示す難燃シートの設置範囲の境界部分については、UL94V-0 相当以上の難燃性を有するパテ等を用いて隙間を埋めることとする。
  - ・原子炉建家内側：建家貫通部（壁面手前まで）のケーブルと難燃シートの境界及び既設ケーブルトレイと難燃シートの境界
  - ・原子炉建家外側：建家貫通部（壁面）のケーブルと難燃シートの境界及び既設ケーブルトレイと難燃シートの境界
- (5) 原子炉建家側の貫通部のうち原子炉建家壁により物理的分離されている箇所については、難燃シート施工による分離は不要である。



施工イメージ図



原子炉建家貫通部イメージ図（原子炉建家側）



原子炉建家貫通部の写真（原子炉建家側）