

感知器及び電線の耐熱性実験の結果について (概要)

平成29年5月12日

消防庁 予防課・消防研究センター
国土交通省 住宅局・国土技術政策総合研究所
国立研究開発法人 建築研究所

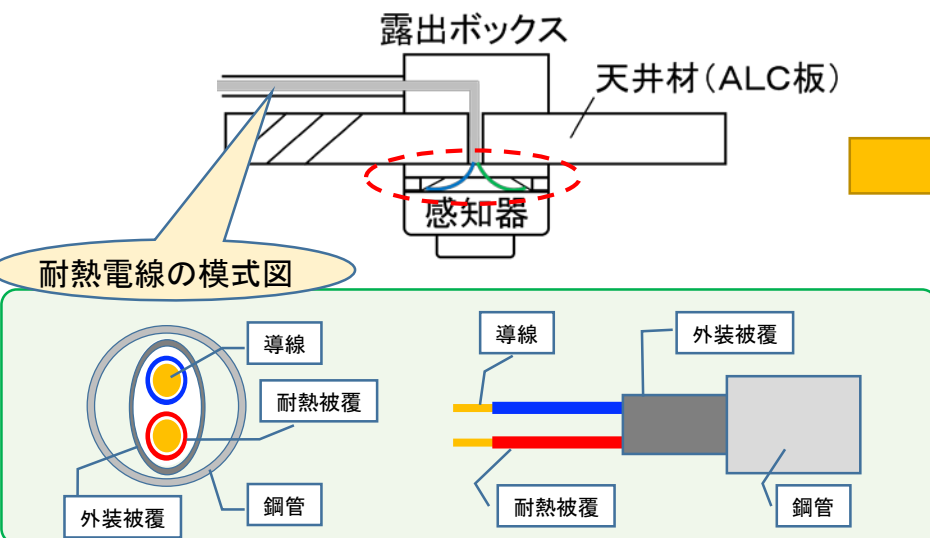
1. 感知器及び電線の耐熱性実験概要

○ 防火シャッターが閉鎖しなかった原因として、倉庫の一部に用いられていたアナログ感知器が設置された区画の電線がショートし、結果として、系統全体の伝送線の機能が喪失したことが想定されている。

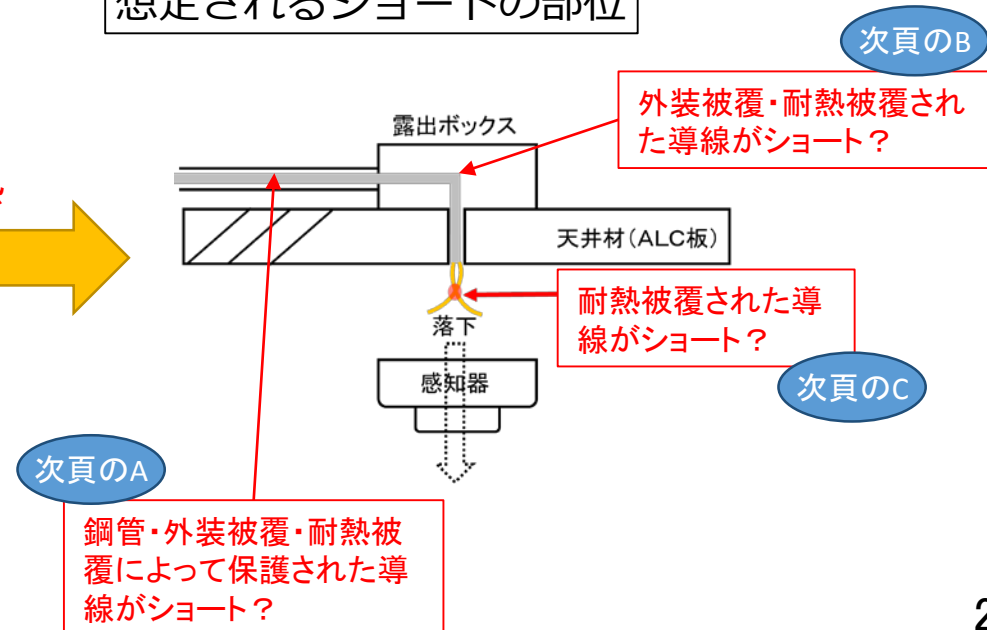
○ アナログ感知器が設置された区画の電線を対象に、実験的手法によって、以下の内容について確かめることとした。

- (1) どのような条件の時に、ショートの危険性があるのか。
- (2) ショートを発生させないようにするためには、どのような対策であれば効果があるのか。

感知器の取り付け部付近の状態



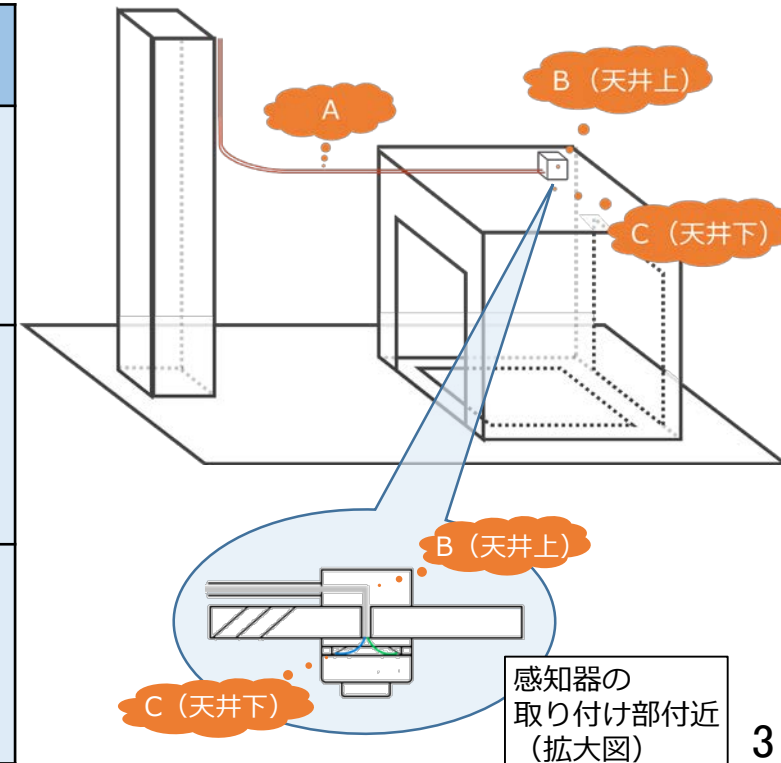
想定されるショートの部位



2. 試験結果の概要

- 火災倉庫における電気配線（耐熱電線）の状況を再現し、部分加熱試験及び耐火炉試験を行った結果、次のことが明らかとなった。
- ・ 耐熱被覆・外装被覆・鋼管で保護されている状態では、導線同士が接触することによるショートは確認されなかった。
 - ・ 耐熱被覆及び外装被覆で保護されている状態では、被覆材の溶解によって、導線同士や鋼製部分を接触することによるショートが発生する可能性があること。

部位	火災倉庫における耐熱電線の保護の状態	試験の結果
A	○ 鋼管による保護： あり ○ 外装被覆による保護： あり ○ 耐熱被覆による保護： あり	○ 保護された電線を直接加熱しても、ショートは発生しなかった。
B	○ 鋼管による保護： なし ○ 外装被覆による保護： あり ○ 耐熱被覆による保護： あり	○ 外装被覆及び耐熱被覆が溶解し、導線と露出ボックスが接触してショートが発生。 
C	○ 鋼管による保護： なし ○ 外装被覆による保護： なし ○ 耐熱被覆による保護： あり	○ 耐熱被覆が溶解し、導線同士が接触してショートが発生。 



3. 試験結果を踏まえた対応の考え方(案)

- 現地調査や耐火炉実験の結果によると、シャッターの不作動を引き起こす伝送線異常の原因は、感知器取り付け部付近の電線のショートによるものと推測される。
- 感知器取り付け部付近の電線のショートを防ぐためには、それぞれの部位における課題を踏まえて、以下のような対策を図ることが効果的ではないかと考えられる。

部位	想定される対策
感知器と電線の接続部分	○ 耐熱電線について、耐熱被覆で保護されている各導線を束ねることなく、それぞれを耐火テープで補強することで、導線同士の接触による短絡を防止することができるのではないかと。 (なお、施工性に課題があるが、耐火電線※とすることも考えられるのではないかと。)
ボックスの内部	○ 一定の防火性を有する天井を使用し、かつ、天井貫通孔を耐火パテ等で穴埋めすることで、ボックス内部への熱侵入を防止することができるのではないかと。

※ 耐熱電線の基準と比べて、2倍の温度で、かつ、2倍の加熱時間に耐えられることが要求される電線。
ただし、一般的には硬い素材であるため、折り曲げなどの加工が難しい点で、施工性に課題がある。

4. その他有効と考えられる対策(案)

- 実験を通じて、電線の耐熱性を強化することによる対策の可能性について検証しているが、こうした手法以外にも、アナログ感知器取り付け部付近の電線のショートを防ぐ、又は、系統全体の機能が喪失することを防ぐための対応として、次の対策を図ることが有効ではないかと考えられる。

① スプリンクラー設備の設置

スプリンクラー設備の散水効果により、アナログ感知器取り付け部付近の電線が高温で加熱されることを防止することで、露出した導線の接触によるショートを防ぐことができるのではないかと考えられる。

② 断路器の設置

アナログ感知器が設置された部分について、一定の面積毎に断路器※を設置することにより、仮にショートしても、その影響を局限化することが可能となるため、系統全体の機能が喪失することを防ぐことができるのではないかと考えられる。

※断路器(ショートサーキットアイソレーター)とは

落雷等によりショートが発生した場合にショートが発生した箇所を電氣的に切り離すことで、ショートの影響がシステム全体に及ぼすことを防止する機能を有する中継器(感知器などの電線を束ねる機器)。



③ 一般感知器の利用

一般感知器は、ショートが発生した場合に、防火シャッターを降下させるなどの信号を送ることができる機構となっているため、アナログ感知器を一般感知器に変更することにより、系統全体の機能が喪失することを防ぐことができるのではないかと考えられる。

参考資料1(部分加熱試験について①【概要】)

電線の加熱実験（3ページ部位Aに関する実験）

目的

- 端材室上部（2階部分）開口部周辺の電線を加熱した場合に実際にショートするかどうかについて検証。

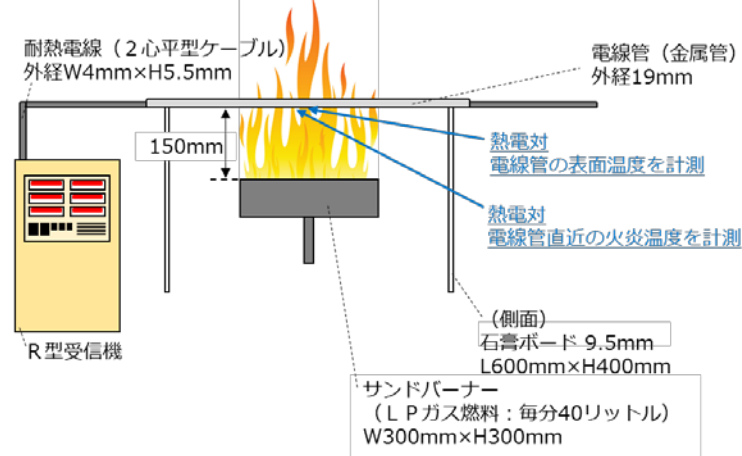
実験概要

- ・ 熱源：サンドバーナー(LPガス燃料：毎分40リットル)
⇒ 発熱速度約20kW ※ガス流量により算出
- ・ 熱源と加熱部位との距離：15cm
- ・ 加熱時間：30分(ただし、短絡(ショート)した時点で終了)
- ・ 温度測定手段：熱電対

結果と考察

No.	対策の状況		短絡	短絡までの時間	実験結果に基づく考察
①	導線	鋼管なし	あり	18分40秒	電線そのものは、鋼管による保護があれば、ショートしなかった。 ⇒ P 3 部位 A
②	導線	鋼管あり	なし	—	

【実験イメージ図】



電線加熱状況



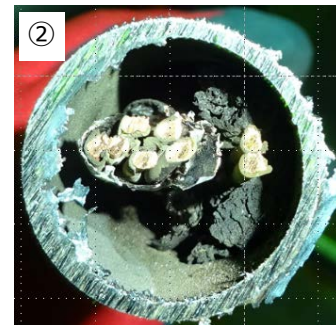
実験装置全景



サンドバーナー



加熱後の状況（電線管なし）



加熱後の状況（電線管あり）

①: 導線同士の接触により短絡(ショート)したと考えられる箇所

参考資料1(部分加熱試験について②【概要】)

感知器等の加熱実験（3ページ部位C及び4ページに関する実験）

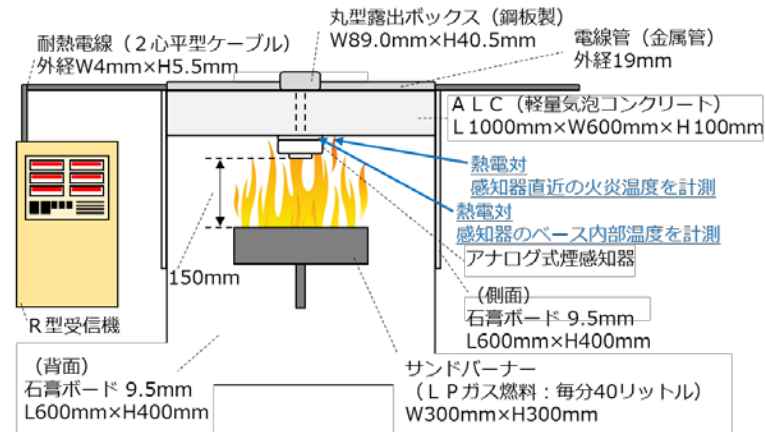
目的

- 端材室上部（2階部分）の感知器及び当該感知器に接続される素線を加熱した場合に実際にショートするかどうかについて検証。

実験概要

- ・ 熱源：サンドバーナー(LPガス燃料：毎分40リットル)
⇒ 発熱速度約20kW ※ガス流量により算出
- ・ 熱源と加熱部位との距離：15cm
- ・ 天井材：ALC(軽量気泡コンクリート、厚さ100mm)
- ・ 加熱時間：30分(ただし、短絡(ショート)した時点で終了)
- ・ 温度測定手段：熱電対

【実験イメージ図】



感知器加熱前

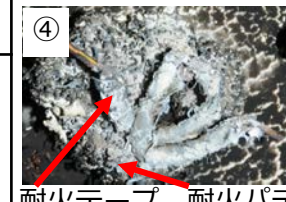
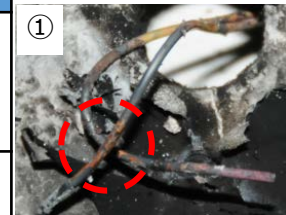


感知器加熱状況

結果と考察

No.	対策の状況		短絡	短絡までの時間	実験結果に基づく考察
①	導線	耐熱被覆：あり 外装被覆：なし 耐火テープ：なし	あり	3分42秒	・ 外装被覆が剥がれている場合、ショートする可能性がある。 ⇒P 3 部位C
	貫通孔	塞いでいない			
②	導線	耐火電線を使用	なし	—	・ 内部被覆の性能が高い耐火電線の場合、外装被覆が剥がれていてもショートしなかった。⇒P 4
	貫通孔	塞いでいない			
③	導線	耐熱被覆：あり 外装被覆：なし 耐火テープ：あり	なし	—	・ 外装被覆の代替として耐火テープで保護する場合、ショートしなかった。⇒P 4
	貫通孔	塞いでいない			
④	導線	③と同じ	なし	—	・ 先端を耐火テープで保護し、天井内部への熱侵入を防ぐために貫通孔を塞いでいれば、ショートしなかった。⇒P 4
	貫通孔	塞いでいる(耐火パテ)			

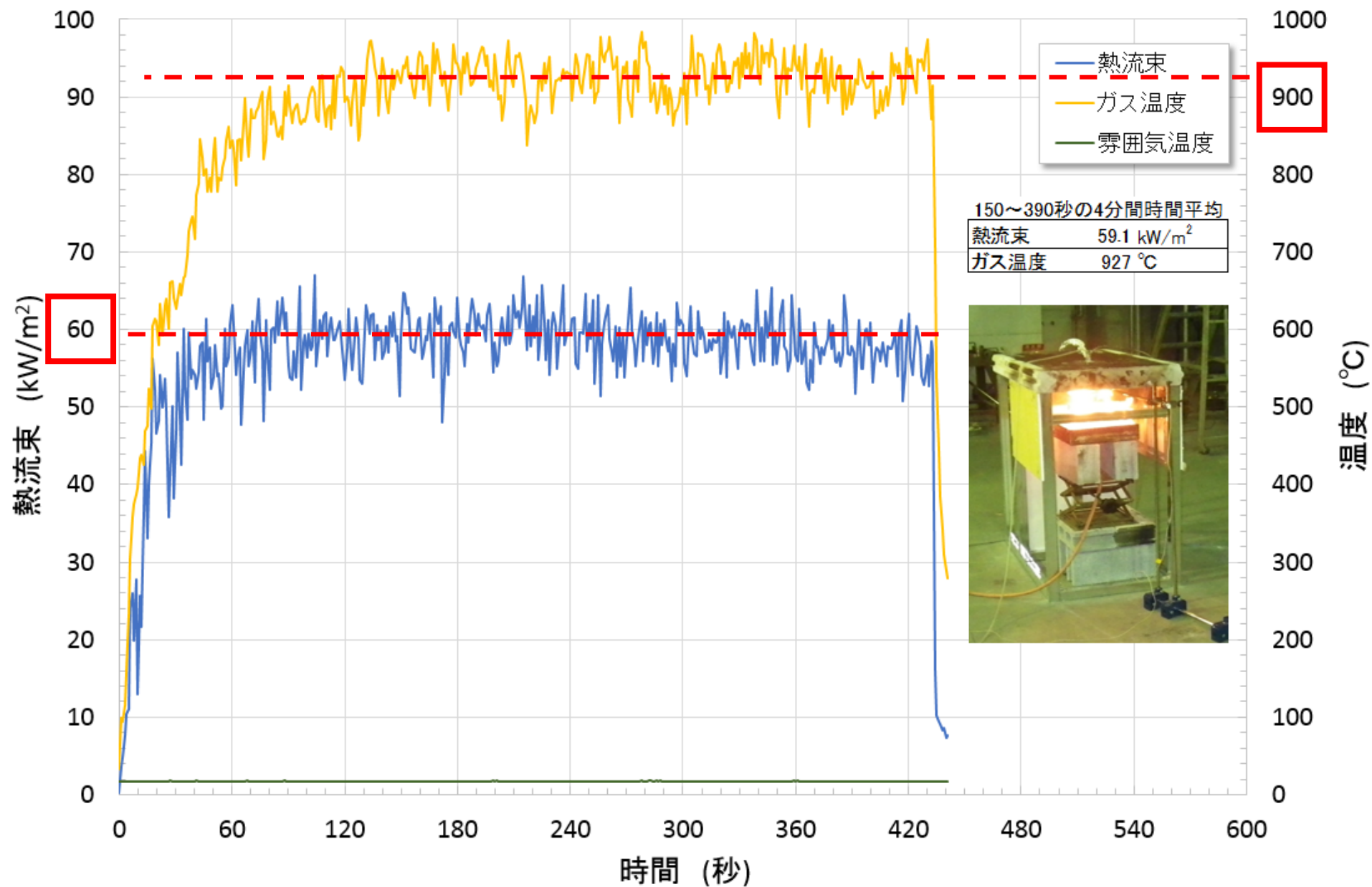
加熱後の状況



④: 導線同士
の接触により
短絡(ショート)した
と考えられる箇所

耐火テープ 耐火パテ

(参考) サンドバーナーの加熱程度について



バーナー面から15cmの高さにおける 熱流束 : 59.1kW/m²
平均ガス温度 : 927°C

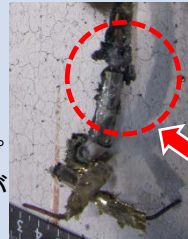
参考資料2(耐火炉試験について①【概要】)

火災のあった倉庫を再現した試験

○端材室上部(2階部分)を再現した試験を実施したところ、加熱開始から2分でショートによる伝送路異常が発生。

ショートの発生パターンを検証する試験

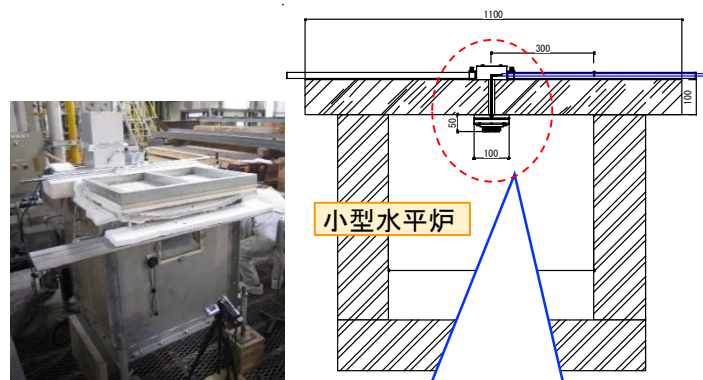
○ ショートが発生するのは、次の3パターンのいずれかであることが判明。

	対策の状況		実験結果に基づく考察
①	導線	耐熱被覆:あり 外装被覆:なし 耐火テープ:なし	プラス線とマイナス線が、被覆材が溶解した状態で接触・ショート
	貫通孔	塞いでいない	→耐熱被覆だけでは、加熱によって導線が剥き出しになる可能性がある。 
②	導線	耐熱被覆:あり 外装被覆:あり 耐火テープ:なし	金属製ボックスと被覆材が溶解した導線が接触・ショート
	貫通孔	塞いでいない	→天井の貫通孔を通じてボックス内部に熱が侵入し、ボックス内部の温度上昇によって、導線が剥き出しになる可能性がある。 
③	導線	耐熱被覆:あり 外装被覆:なし 耐火テープ:束ねて巻く	耐火テープの内部で、プラス線とマイナス線の被覆材が溶解し、導線同士が接触・ショート
	貫通孔	塞いでいる	→耐火テープは溶解しないが、テープの内部の温度上昇によって、導線が剥き出しになる可能性がある。 

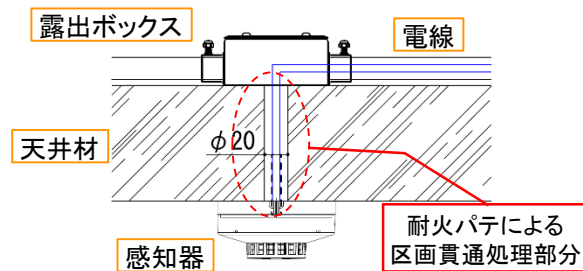
実験の概要

- 加熱装置:耐火炉(小型水平炉)
- 加熱時間:30分 (※伝送線異常を生じた時点で終了)
- 天井材料:ALCパネル
- 電気配線・露出ボックス:天井裏(非加熱側)に

配置



断面詳細図



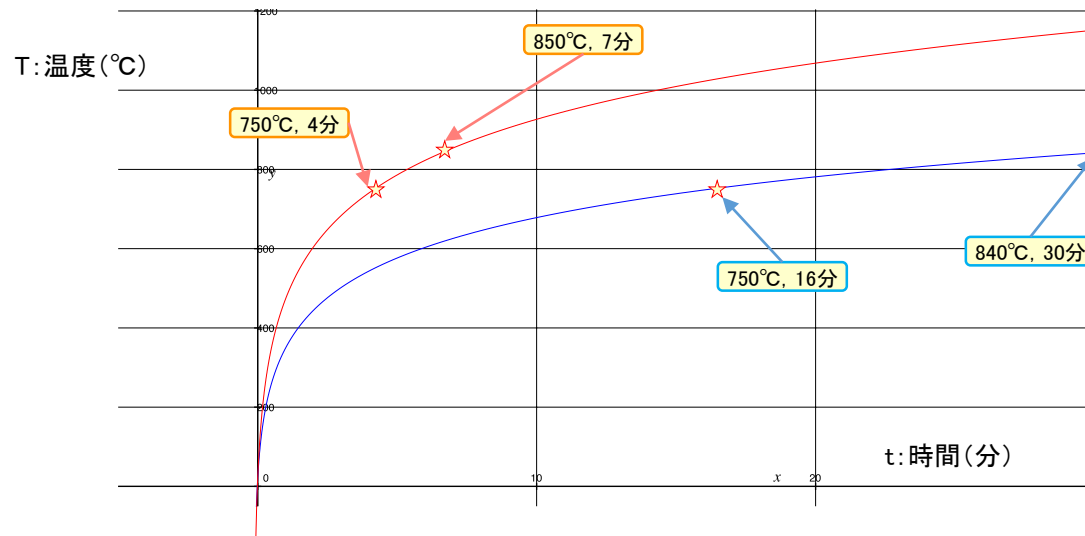
参考資料2(耐火炉試験について②【加熱条件】)

端材室上部(2階部分)の温度環境

- 端材室上部(2階部分)の内部の柱の防火被覆として用いられていた耐熱ロックウールをサンプルとして、国土技術政策総合研究所・建築研究所において分析を行ったところ、 $800^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ 前後の加熱を受けていたことが推測される。
- 火災室においては、火災信号等の記録から、出火から7分程度の間、火勢の大きな状況にあったと推測される。
 - (1) 端材室(出火室)の熱感知時刻は「9:07」 (2) 伝送線の機能が喪失した時刻は「9:14」



耐火炉試験においては、一般的な火災モデルである「加熱曲線A(標準加熱曲線)」と、実火災モデルである「加熱曲線B(7分後に 850°C に達する加熱曲線)」の2通りで加熱する



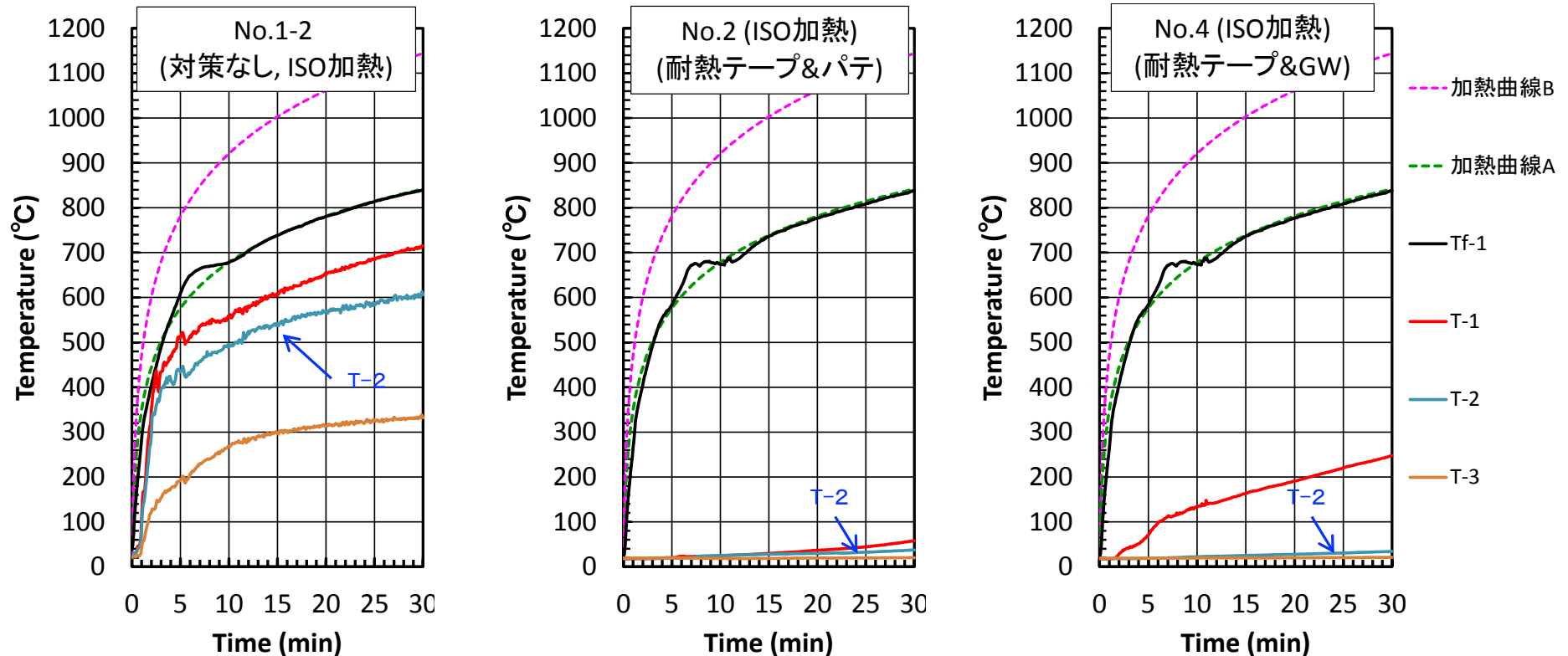
加熱曲線B : $T = 475 \log_{10}(8t + 1) + 20$

加熱曲線A : $T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$

- 一般的な火災モデルによる温度変化の様子を再現する方法としては、ISO834に基づく標準加熱曲線が用いられる。

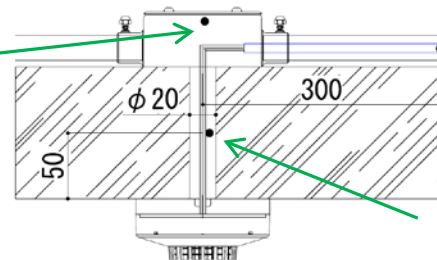
参考資料2(耐火炉試験について③【貫通部処理の効果】)

- 電線の配線によって生じる天井の貫通孔は、加熱側からの天井裏への熱侵入箇所となるため、何も処置をしない場合、ボックス内部の温度は30分で250℃程度まで上昇する。
- 貫通孔をパテあるいはグラスウールで塞ぐことで、ボックス内部の温度を常温で保持できることが確かめられた。



T-2: ボックス内部の温度

温度測定位置



T-3: 鋼管内部の温度

T-1: ALC貫通部の温度