

東京理科大学「火災安全科学研究拠点」

■ 研究成果概要報告書

研究課題		ケーブル燃焼試験に与える試験片長さの影響評価	実施年度
			平成 27 年度
研究代表者	所属	豊橋技術科学大学 大学院工学研究科 機械工学系	
	氏名	中村 祐二	
	問合せ先メールアドレス	yuji@me.tut.ac.jp	
受入担当責任者	氏名	松山 賢	

1. 研究の背景および目的

IEEE などのケーブル規格試験を行う際、初期加熱量、可燃物量、試験片長さなどは明確に定められているが、それを実践するにはその試験評価が可能な設備を持たなければならない。一方、燃焼特性は本来ならば材料特有のものであり、試験方法に依存するべきものではない。もちろん、燃焼特性は火災コンフィグレーションによっても決まるため、試験方法、特に熱源に依存した結果になることも十分に理解はできるが、結果の解釈にスケーリングの概念を含めることができれば、規格試験ではない小型のラボスケールの試験でも同じ結論を導くことは原理的には可能である。

本研究では、特に電線規格試験とは異なる系で規格試験と同等な評価が可能かどうかを調べるために、垂直トレイ燃焼試験を具体例にとり、そこで起きている現象をモデル化することで短い電線を対象とした燃焼試験（ここではコーンカロリメータ試験と DSC 試験）で再現し、延焼判断の予測が可能か



左： IEEE383 垂直ケーブルトレイ試験

右： コーンカロリメータ試験

どうかを検討する。本研究の最終目的は、ラボスケールで実スケールの現象を予測し得る方法論へと導くことであるが、本年度の目標は、申請者の手持ちにはない装置を用いて、そのための知見・データ蓄積をすることにある。

2. 利用施設及び利用日

- ・ コーンカロリメータ装置 (2016年3月29日～3月30日)
- ・ SDC・FT-IR装置 (2016年3月30日～3月31日)

3. 実験方法・研究成果、および考察（申請時の計画に対する達成度合いも含む）

※継続課題の場合は、前年度との関係性、進展度合いについても記載すること。

【実験方法】

試験装置の外観ならびに試験体（治具に載せた状態）を以下に示す。



図1 コーンカロリメータ試験（左：試験体，中央：試験装置全体，右：試験時の様子）

断面がV字の治具に対して断熱材（図中の白色の部分）を敷き詰め、その上に試験体である電線を配置する。試験中電線の動きを抑えるため、加熱部外領域にて針金で固定する。電線の下半分は断熱材に覆うことで試験体から下面への熱輸送を断絶し、コーンによる加熱は上からなされるため下への熱輸送が無視できるとすると、加えられた熱は熔融・ガス化潜熱に使われると共に、金属線を伝って両端に逃げてゆく。

コーンカロリメータ試験では18kWに設定して加熱を施した。試験体である電線には加熱部中央に切り欠きを与えることで初期損傷を模擬した。切り欠きはシース部を一部剥いで内部の電線（被覆材）が露出した状態を再現し、切り欠き幅約5～10mmで深さ5mm程度である。試験体の長さは30cmとし、専用の治具（本予算にて設計・製作依頼済み）にて場に固定した。加熱は20分間持続して与えた。この間、資料上部にはスパークを与えており、ガス化したものが着火し、燃焼可能な状態になっている。試験に用いた電線を以下にまとめる

- ✓ 電線1（EM-10）：エコマテリアル耐燃ケーブル（10芯）... 1社1種類のみ
- ✓ 電線2（CVV-10）：ビニル系難燃ケーブル（10芯）... 1社1種類のみ
- ✓ 電線3（CVV-2）：ビニル系難燃ケーブル（2芯） 2社2種類

【結果および考察】

試験後の電線の様子を以下に示す



図2 加熱試験後の試料（左：全容，中央および右：試料端の拡大写真）

シースは外加熱より電線を守るのに効果的であるが、加熱を直接受ける部分はシースが損傷する。ところが、加熱部を離れると（燃焼しない場合は）シースに目立った損傷はない。すなわちケーブルそのものは加熱部においては外的熱的損傷を受けるが、その付近は外部損傷ではなく導体を通じた熱伝導により内部の被覆材が熱損傷しており、その劣化度合いについては外観のみでは評価することができない。この傾向はシース材の種類には依存しない外的熱損傷を受けるケーブルに共通の特徴である。

耐燃ケーブル（EM）と難燃ケーブル（F-CVV）の加熱後の熱劣化状況は全く異なる（耐燃とは「一般難燃区分」であり JIS 規格の 60 度燃焼試験はパスするが垂直トレー試験はパスしない）。もちろん耐燃ケーブルの方が熱影響に対しては弱い（いわゆる耐熱性は弱い）が、熱劣化特性はむしろその逆である。すなわち、難燃ケーブル（F-CVV）は加熱直後から発煙が確認され、それに伴って著しい重量減少が認められる一方、耐燃ケーブル（EM）は発火までほとんど発煙を認めず、質量減少もほとんどしない（図 3 参照）。F-CVV は発煙し始めると同時に試料が著しく「変形」する。具体的には加熱方向に固体が隆起するような形となる（図 3 右参照）。この理由については現時点では不明であるが、他種類の難燃ケーブルでも同様な挙動を示したことから、難燃性向上のための添加剤による影響であろう。

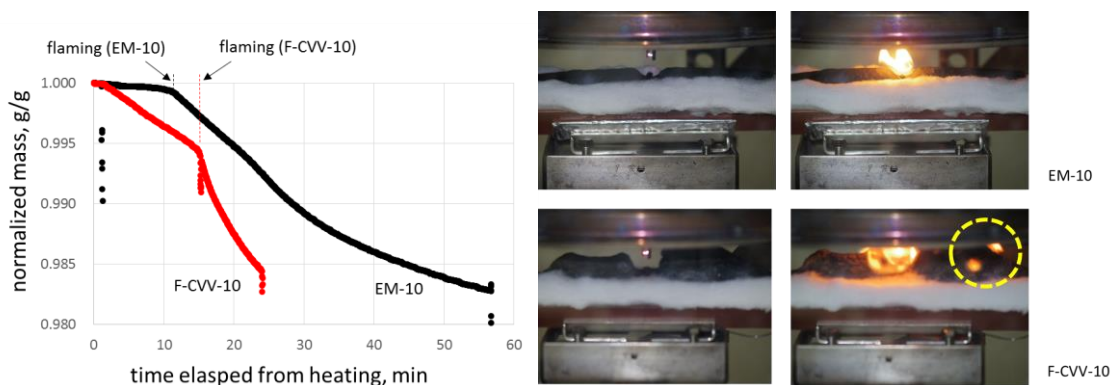


図 3 時系列の重量減少の様子（左）、着火前後の様子（右）

発火時の様子からわかるように、耐燃ケーブルは局所的な炎が形成されるのに対し、F-CVV は中央の切り欠き部以外にも炎のスポットが確認できる（図中○印箇所）。このように加熱部以外でも離散的な燃焼部が存在し、電線全体が燃焼しているにも関わらず大きな炎を上げて燃焼するモードではない。「火だるまになる」というより「炎がそこかしこに走る (flash が継続する)」という表現が適切である。このように難燃ケーブルでは着火時刻は遅いが、発火までに燃えにくいガスが継続的に抜け続け、その結果として炭化したものが残渣として残り、プール燃焼することを妨げる傾向にある。

質量減少が大きくても発火が遅いということは発生ガスの活性が低いことに他ならない。着火して炎が形成されたとしてもコーンで加熱しているほどの加熱性能は得られないとすれば、それが延焼性が低い理由にもなる。今後はデータの蓄積を続け、コーンカロリーメータ試験による電線延焼性の予測手法について洗練してゆきたい（達成度 80%）

4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

コーンカロリメータを用いて得られるガスの熱量予測と合わせることで、そのガスで分解に必要な熱量を得られるかどうかを検討する。具体的には Spalding の B 定数のアプローチに類似した方法論が電線の延焼性評価に用いることが可能かどうかを検討する。そのためにはガス分析の時系列分析、重量減少速度の計測が必要になるが、本計測については JECTEC の装置を利用して対応する予定である（先方との検討済）。将来的には、この方法論を発展させて電線延焼度合いを予測する方法論を確立し、垂直トレー試験に変わる電線の火災安全性に対する新しく簡便な評価方法の提案を行う。

5. 成果の公表状況（学会への発表、学術誌への投稿等を記述。予定も含む）

本共同研究により、SDC とコーンカロリメータ試験装置などのラボスケール試験装置を用いて垂直トレー試験で評価される「電線の延焼特性」を検討し得る可能性について明らかとなったが、今回は preliminary test として位置付けているため、ここで得られた成果をすぐに学会発表するものにはならない。今後、この考え方について詳細に詰めるためのデータ取得およびデータ解析を通じて、試験電線そのものに対する B 定数のアプローチの適用性についてまずは検討し、IAFSS などの国際学会で成果報告したい。最終的には数年後になるが垂直トレー試験との比較について Fire Technology などへ投稿することを検討したい。

6. 経費の使用状況

消耗品費・会議費・印刷費等		旅費		人件費	
事 項	金額(円)	事 項	金額(円)	事 項	金額(円)
カッター等	18,287	調査旅費	24,644	(該当なし)	0
運搬費用	2,492	実験旅費	24,310		
治具	172,800	(宿泊費)	9,000		
実験消耗品	190,296				
小計	383,875	小計	57,954	小計	0
東京理科大学 負担分 総計 441,829 円					
豊橋技術科学大学 負担分 総計 0 円					

※スペースが足りない場合はページを増やしても構いません。

※上記 5 に記載された成果公表については、別刷 1 部をご提出願います。PDF ファイル等の電子データでも構いません。

※本成果報告概要書に記載された内容は、本拠点の成果報告として Web 等で公開されることをお含み置き下さい。

※本成果報告概要書と併せて、研究報告書を提出頂いても構いません。（フォーマットは問いません。）

※後日開催予定の成果講評会で使用されるプレゼンテーション用の電子ファイルについても提出願います。（学内での報告に使用）