

## 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		ケーブル火災時の燃焼特性の相対比較評価	実施年度
			平成23年度
研究代表者	所属	一般社団法人電線総合技術センター	
	氏名	成実 清幸	
<b>1. 研究の背景および目的</b> <p>現在、日本国内の建造物においては、ケーブルの火災危険性を考慮し、電気設備の技術上の基準、電気用品安全法、建築基準法、消防法等の法規及び業界基準に規定された、難燃特性を持つケーブルが選定され、布設されている。しかしながら、現状においては、建造物内に布設されたケーブルが火災等により燃焼した場合、どのような燃焼挙動を示し、どのような火災危険性を脅かすかは十分に解明されておらず、さらに火災時の死亡原因の主たるものの一つである燃焼放出ガスの毒性に関しては、検討中の段階である。</p> <p>そこで、現在社団法人日本電線工業会(以下 JCMA)にて、火災時における建造物内に収容された人員が避難することのできる時間を推定するためのガイドである ISO 13571(火災における生命危機に関わる成分-火災データを用いた避難可能時間推定のためのガイド) の手法に基づき、国内に流通している代表的なケーブルが燃焼した際の燃焼生成ガスの毒性も含めた火災危険性を CFD シミュレーションを用いて推定することにより、ケーブルの種類による火災危険性の相対比較を実施することを目的とする検討している。</p> <p>本研究は、ケーブルの火災危険性評価を実施するための CFD シミュレーションへの、小規模試験である ISO5659-2 試験装置による発煙性のデータ及び同装置に付加された FTIR による燃焼生成ガス定量データが適用の可能性を大規模試験の結果と比較することにより検討すること、及び大規模試験では考慮していない火災初期段階における各ケーブルの燃焼特性を把握することを目的とする。</p>			

## 2. 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）

### 2.1 試験片

本年度は、国内で一般的に使用されるケーブルについて燃焼特性を把握するために、次の3種類のケーブルを選定し、それぞれのケーブルのシース材料及び絶縁材料をシート状に加工し、使用した。またケーブル製品の状態での評価も実施した。

#### 1) 600V 架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル(600V CV)

絶縁体材料：架橋ポリエチレン(以下、XLPE)

シース材料：塩化ビニル(以下、PVC)

#### 2) 600V 架橋ポリエチレン絶縁耐燃性ポリエチレンシースケーブル(600V CE/F)

絶縁体材料：XLPE

シース材料：耐燃性ポリエチレン(以下、耐燃性 PE)

#### 3) 600V 高難燃ノンハロゲン架橋ポリエチレン絶縁耐燃性ポリオレフィンシースケーブル(600V NH CE)

絶縁体材料：XLPE

シース材料：高難燃ポリオレフィン(以下、高難燃 PO)

### 2.2 各加熱条件における各被覆材料の毒性ガス生成特性比較

以下に各加熱条件における各ケーブル被覆材料に関する材料試験の結果をもとにした、相対比較を示す。ただし、この比較は、各ケーブル被覆材料が、各加熱条件において、潜在的にどの程度の毒性ガスを生成するかを示す、単位重量当たりの各ガスの収量によるものであるため、実際の火災環境において危険性を評価するうえで重要なファクターとなる、各ガスの最大生成速度及びその時間は考慮されていないことに注意する必要がある。

#### a) 25kW/m<sup>2</sup> 口火無

この条件下においては、オレフィン系の材料は、着火しなかったため、耐燃性 PE、高難燃 PO 及び XLPE から熱分解による CO、アクロレイン及びホルムアルデヒドの生成量が比較的多い。PVC は、この条件下においても着火が見られることから、CO の発生量は、他の材料と比較して低い。なお PVC からは、着火の有無を問わず HCl が発生するものの、ISO13571 に示された、刺激性ガスに関する F 値(人員の避難行動に重大に影響すると想定される各ガスの濃度)が、HCl は 1000 $\mu$ l/l であるのに対して、ホルムアルデヒドは、250 $\mu$ l/l アクロレインは、30 $\mu$ l/l であり、ISO13571 においてホルムアルデヒド及びアクロレインは、それぞれ HCl の約 5 倍及び約 30 倍程度の毒性をもつものと考えられることから、ホルムアルデヒド及びアクロレインを生成する、オレフィン系の材料は、この加熱条件化においては、PVC よりも燃焼生成ガスの毒性が強いと言える。

#### b) 25kW/m<sup>2</sup> 口火有り

この加熱条件においては、全ての試験片が着火している。CO の収量に関しては、耐燃性 PE 及び XLPE が比較的低いことから、耐燃性 PE 及び XLPE は、一旦燃焼した場合、完

全燃焼が進みやすいと思われる。その他、PVCからは口火無とほぼ同等のHClの生成が見られた。また高難燃 PO からは、微量のアクロレインの発生が見られた。従ってこの加熱条件においては、完全燃焼の進みやすい耐燃性 PE 及び XLPE からの燃焼生成ガスの毒性は、他の材料と比較して低いと言える。

c) 50kW/m<sup>2</sup> 口火無

この加熱条件においても全ての材料が着火し、高難燃 PO から、比較的多く CO 及びアクロレインの生成がみられた。これは、高難燃 PO の難燃性が高いことから、燃焼における不完全燃焼の部分が增多することによるものと思われる。従って、この加熱条件においては、PVCからは、HClの生成が見られることから、この条件においても耐燃性 PE 及び XLPE からの燃焼生成ガスの毒性は、他の材料と比較して低いと言える。また、アクロレインの生成が比較的多い高難燃 PO からの燃焼生成ガスの毒性は、比較的高いと言える。

d) 50kW/m<sup>2</sup> 口火有

この加熱条件においても全ての材料が着火した。COの収量は、50kW 口火無の加熱条件とほぼ同様の値となっているが、この加熱条件においては、高難燃 PO からのアクロレインの生成は見られなかった。PVCからは、HClの生成が見られることから、この加熱条件においても、耐燃性 PE 及び XLPE からの燃焼生成ガスの毒性は、他の材料と比較して低いと言える。高難燃 PO からアクロレインの生成が見られないことから、次いで高難燃 PO からの燃焼生成ガスの毒性が低いと言える。

### 2.3 発煙特性の比較

全加熱条件にて、PVCからの発煙が他の材料と比較して概ね多かった。しかしながら、25kW/m<sup>2</sup> 口火無の条件においては、耐燃性 PE 及び高難燃 PO から、着火した PVC と同等の発煙が見られた。従って着火を伴わない場合、これらの材料から、比較的多くの煙が生成するものと考えられる。また、各材料とも着火した場合煙の発生量が低くなるが、着火した場合は、加熱条件による煙収量(単位重量減少当たりの発煙量)の差は少ない。しかしながら熱流束が高い場合試験片の燃焼量が多くなるため、トータルの発煙量は熱流束が高いほど多くなる。

#### 2.4 材料試験と製品試験との比較

ISO5659-2における製品試験と材料試験との比較では、高難燃 PO 及び NHCE ケーブル試験の口火有りの両条件において、製品試験の結果と材料試験の結果が比較的近い値となった。また、ISO5659-2 と大規模ケーブル燃焼試験である EN50399 の同一ケーブルの試験結果比較においても、ISO5659-2 の口火有りの両条件と EN50399 の結果が比較的近いものとなった。また異なる条件下での試料の燃焼状態を比較する指標の一つとして用いられる CO<sub>2</sub>/CO 比は、ISO5659-2 の材料試験における 50kW/m<sup>2</sup> 口火有りの条件下で測定した CO<sub>2</sub>/CO 比が、EN50399 におけるものと比較的近い値となった。

## 2.5 まとめ

上記検討結果より、本研究で用いた ISO5659-2+FTIR 試験により、現在一般的に使用されているケーブルの燃焼特性のうち、燃焼生成ガス及び発煙性に関して複数の火災ステージにおける特性を取得しその特性から各ステージにおける各ケーブルが火災危険性に寄与する度合いの比較が可能であることを確認した。また、火災危険性評価に使用することが望ましいとされる大規模試験の一つである EN50399 試験の結果と ISO5659-2 における 50kW/m<sup>2</sup>の加熱条件下での試験結果にある程度の相関が見られることから、ISO5659-2 における試験結果を CFD 等を用いた火災危険性評価に適用できる可能性があることを確認した。

## 2.6 問題点

今回 FTIR を用いた燃焼生成ガスの定量は、試験装置製造元が提供するソフトウェアによる自動計算によって実施したが、実際には発生し得ないガスが検出されたり、理論上の発生量を大幅に超える値が検出されたりするケースが複数見られた。これらの主な原因は、ソフトウェア上で登録されていないガスの吸収ピークを、登録されているガスのピークとしてしまっているためと考えられる。FTIR 分析によってより正確な結果を得るためには、FTIR によって得られる吸収スペクトルを解析し、定量することが望ましいと思われる。

### 3. 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)
FTIR 用フ ィルターエ レメント	¥50,400	事前打合せ 実験実施	¥95,560		
FTIR 用煤 煙一時除去 プレフィル タ	¥98,700				
SDC 用ヒュ ーズセット	¥2,646				
計	¥151,746	計	¥95,660	計	0

### 4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

近年の建築設計の多様化、高度情報化等に伴い、建造物内に布設されるケーブルの種類  
の多様化やケーブル布設量の増大など建造物内におけるケーブルの布設環境が大幅に変化  
しており、防火という観点において、現在一般的に使用されるケーブルが全てのケーブル  
布設環境に対して適切とは言えない状況になってきている。防火の観点から特定の環境に  
布設されるケーブルの適切性を評価するための手法として、CFDを使用した、火災危険性  
評価は、有効な手段の一つと言えるが、CFDに使用するデータに小規模試験のデータを使  
用することは、評価効率の向上及び評価コストの低減につながる。

今後大規模試験とのデータの整合性、得られたデータの妥当性及びCFDへの適用方法等  
をより詳細に検討することにより、本研究で用いたISO5659-2による試験結果を用いたあ  
る程度の妥当性を有するCFDシミュレーションが実施できるものと思われる。

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）

現在のところ公表はしていません。

※上記5に記載された成果公表については，別刷1部を研究事務課まで提出願います。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）