

## アーク放電試験の確認結果

---

1. 本日まで議論いただきたい事項 .....	1
2. 試験②の概要 .....	2
3. アーク放電実験の試験条件 .....	3
4. 今回確認した事項 .....	4
5. アーク放電試験の概要 .....	5
6. アーク放電試験の内容 .....	8
7. アーク放電試験の結果 .....	10
8. 結論・考察 .....	13

# 1. 本日も議論いただきたい事項

## ■第3回 資料-4 今後の方向性(案)より抜粋

- ・ 電力ケーブルと通信ケーブルが近接した状態において、電力ケーブルのアーク放電による通信品質及びシースに及ぼす影響について確認し、電力ケーブルと通信ケーブルの離隔基準の緩和について検討を進める。

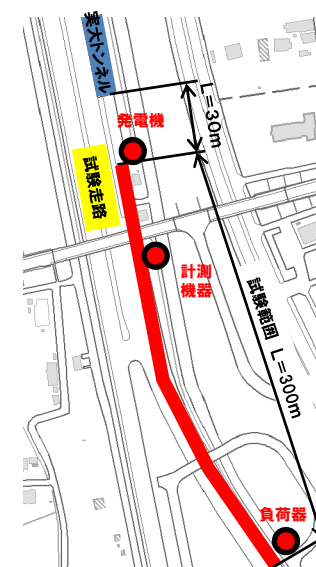
▶今回報告事項

## 2. 試験②の概要

### ■ 離隔距離確認試験

<b>試験場所</b>	国土技術政策総合研究所 試験走路(茨城県つくば市)
<b>実施時期</b>	平成26年11月25日～11月28日
<b>試験内容</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力ケーブル(低圧)と通信ケーブル(光・メタル・同軸)を様々な離隔距離で配置</li> <li>・電力ケーブルに通電した際に発生する電磁誘導が通信機能に及ぼす影響(電気特性、伝送特性、映像品質)を検証</li> </ul>
<b>延長等</b>	・試験距離:L=300m

国総研試験走路(つくば市)



### ■ アーク放電試験

<b>試験場所</b>	(一財)電力中央研究所 大電力実験所(神奈川県横須賀市)
<b>実施時期</b>	平成27年4月23日
<b>試験内容</b>	・通信ケーブルと低圧電力ケーブルが近接(0cm～)した状態において、電力ケーブルに発生したアーク放電が通信ケーブルへ与える影響について評価
<b>延長等</b>	・ケーブル長:1m ※中間位置(50cm位置)にアーク放電を曝露
<b>試験条件</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力ケーブル: 通常負荷状態(3相平衡200V)【600V_CVQケーブル】</li> <li>・離隔距離 : 0cm、10cm(通信ケーブルと電力線が近接している状態)</li> <li>・電流条件 : 次頁参照</li> </ul>

電中研 大電力実験所(横須賀市)



大容量電力短絡試験設備



### 3. アーク放電実験の試験条件

#### ■アーク放電試験条件の基本的な考え方

- ・ アーク放電の発生時は遮断器が動作するため、アーク放電には連続性がない。また、電力ケーブルはアーク放電が発生した場合、張替えとなるため、同一箇所での再発はほぼ発生しないものと想定し、一回の試験により損傷・変形等が発生するかを評価した。
- ・ なお、低電圧電力ケーブルでは、2線短絡がアーク放電の発生するケースであることから、電力ケーブルの2線短絡によりアーク放電を発生させ評価した。

項目	試験条件	詳細
①電圧／電流値	200V／34kA	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 電圧は、小型BOX内に設置される電力ケーブルに生じる電圧(200V)で設定</li><li>・ 電流は、全電力会社のアーク放電による故障履歴から、その最大値を引用</li></ul>
②試験環境	電力ケーブル上に通信ケーブルを設置	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 小型BOX内では電力ケーブルと通信ケーブルが重なることが想定されるため、より厳しい条件として電力ケーブル上部に通信ケーブルが存在するケースにより評価(電力の短絡箇所に最も近接するケース)</li></ul>
③試験パターン	離隔距離 0cm、10cm	<ul style="list-style-type: none"><li>・ アーク放電の影響が通信ケーブルとの離隔によりどのように変化するかを評価するため、離隔距離(0、10cm)、防護管有無の試験パターンで評価</li></ul>

# 4. 今回確認した事項

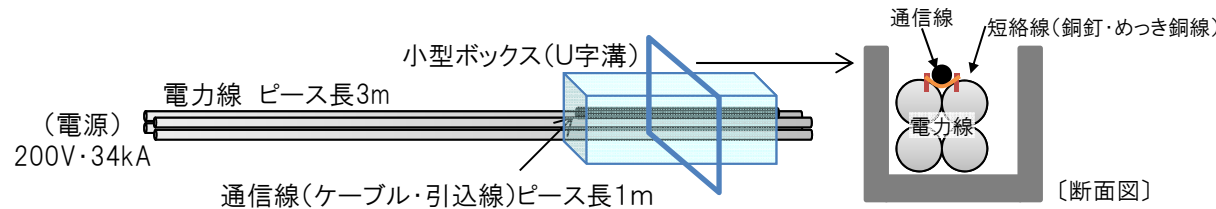
## 試験項目

		離隔距離確認試験				アーク放電試験			
		誘導電圧			減衰量	テレビ信号の映像品質	外観調査	電気的特性	材料特性
		常時誘導縦電圧	異常時誘導危険電圧	常時誘導雑音電圧					
通信線	光ケーブル	実施	実施				<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px;">                     外被シースに金属材料を使用しておらず、メタルケーブルよりも電力による誘導等の影響を受けにくいと判断し、実施せず                 </div>		
	メタルケーブル	実施	実施	実施			実施	実施	実施
	同軸ケーブル	実施			実施	実施	<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px;">                     銅線を心線とする基本構造がメタルケーブルと同様であり、径が大きく外被が厚い方が影響を受ける可能性が低いと判断し、実施せず                 </div>		

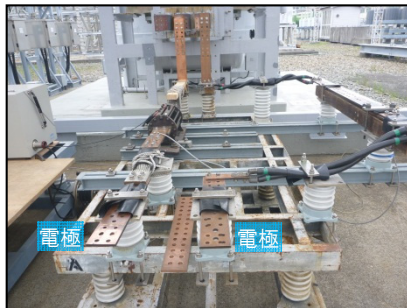
↓ 今回確認事項

# 5. アーク放電試験の概要(1)

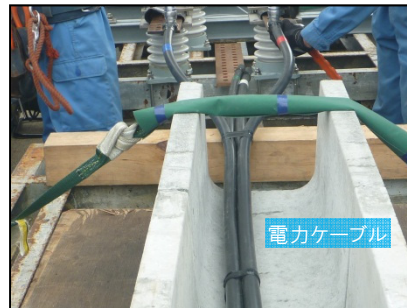
- ・ 小型ボックス(U字溝)内に人工的に短絡点を設けた電力ケーブルを配置するとともに、これに隣接させて通信ケーブル・引込線を配置。
- ・ この状態で電力ケーブルの二線間にアークを発生させ、通信ケーブル・引込線へのアークによる影響を確認。



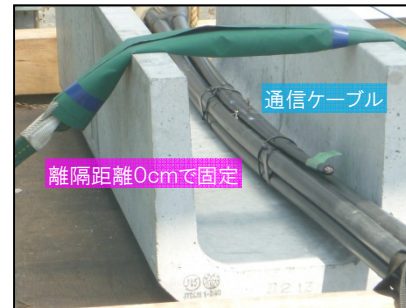
短絡試験設備電極部



電力ケーブル設置状況



通信ケーブル設置状況



電力ケーブル短絡箇所



防護管設置状況



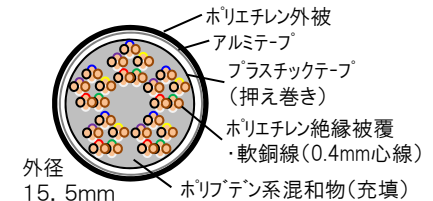
通信ケーブル設置状況(離隔距離10cm)



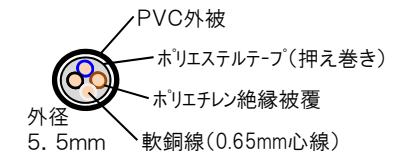
## 《使用した物品》

通信ケーブル

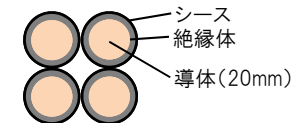
「0.4mm心線50対CCP-JFケーブル」



引込線「2対地下用屋外線」



電力ケーブル「600V CVQケーブル」



導体公称断面積: 250mm<sup>2</sup>  
導体径: 20mm 仕上り外径: 61mm

防護管「FEP管(市販品)」



## 5. アーク放電試験の概要(2)

### ■試験パターン

- ・通信ケーブル・引込線について、離隔0cm、防護管なしを基本として実施。
- ・比較ケースとして、防護管ありのケースと、離隔10cmのケースを実施。

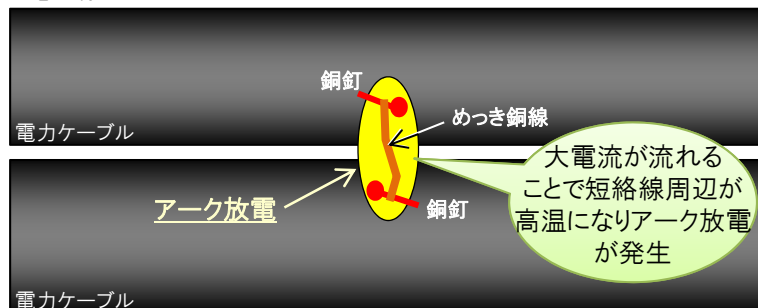
離隔距離	防護管	ケーブル種類	実施理由
0cm	なし	CCP-JFケーブル (通信ケーブル)	・基本ケースとして、通信ケーブル・引込線のそれぞれについて、 離隔0cm、防護管なしのケースを実施
		地下用屋外線 (引込線)	
	あり	CCP-JFケーブル (通信ケーブル)	・基本ケースに対する比較として、防護管でケーブルを防護した ケースを実施
10cm	なし	CCP-JFケーブル (通信ケーブル)	・基本ケースに対する比較として、離隔距離を10cm確保した ケースを実施
		地下用屋外線 (引込線)	

## 5. アーク放電試験の概要(3)

- ・ アーク放電とは、電極に電位差が生じることで電極間の気体に持続的に発生する絶縁破壊(放電)の一種であり、気体分子が電離・イオン化してプラズマを生み出しプラズマ中を電流が流れる現象をいう。
- ・ 普段は伝導性のない気体中を電流が流れるとともに、気体が励起状態になるため、高温と閃光を伴う。
- ・ 電力ケーブルの2線間で絶縁不良状態となった場合にも、一時的なアーク放電の発生を引き起こすことがあり、電気設備技術基準における高電圧電線(電力線)と低電圧電線(通信線)の間の離隔距離規格の根拠の一つとなっている。
- ・ 今回実施した実験では、電力ケーブルの2線間を短絡させた状態をあらかじめ作成し、2線間に大電流を流す。これにより、短絡線周辺が高温となり、気体分子が電離・イオン化してプラズマが発生し、プラズマ中を電流が流れることで、平均2ミリ秒のアーク放電を発生させる。加えて、短絡線が大電流が流れることで短絡線がジュール熱で高温になり、ケーブル外被の溶融や短絡線の蒸発を引き起こす。

《アーク放電イメージ図》

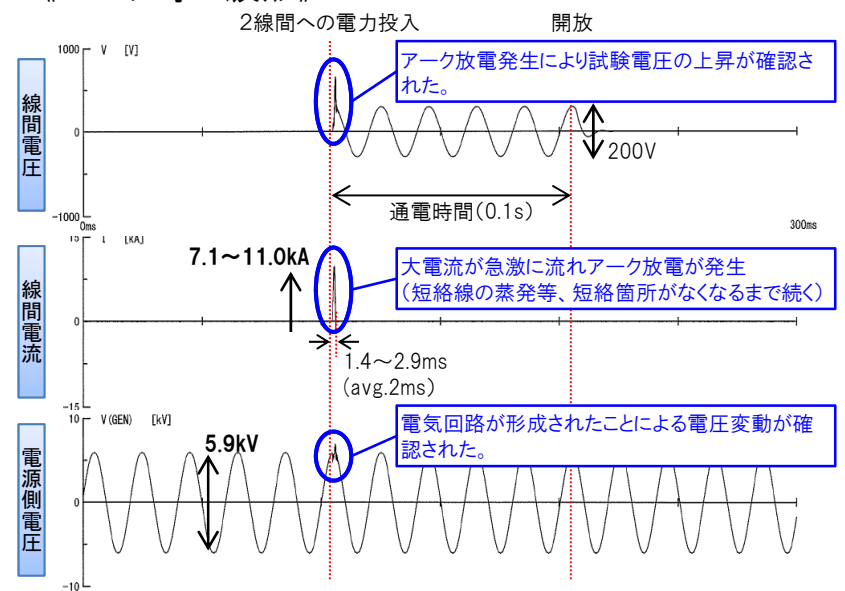
《電力線を上から見た図》



《電力線を横から見た図》



《アーク時の波形》





## 6. アーク放電試験の内容(1)

試験項目	要件	評価基準	備考
アークによる 外被溶融有無 (外観調査)	交流単相 200V 34kA※2	<ul style="list-style-type: none"> <li>アークに曝露した部分においてアークによる溶融が見られないこと</li> </ul> ※ 短絡線(銅釘・銅線)に電流が流れた際の熱(ジュール熱)による溶融はアークによる溶融とは別事象であるため除外	
心線露出		<ul style="list-style-type: none"> <li>内部の心線が露出していないこと</li> </ul>	アーク外被溶融があった場合のみ実施
溶融深さ※1		<ul style="list-style-type: none"> <li>外被厚の75%以上の被覆が残存していること</li> </ul> NTT規格(材料特性)を準用 耐老化性: 試験片を環境条件下に放置した後の引っ張り強さ・伸びは標準サンプルの75%以上であること ※「引っ張り強さ=引っ張り試験時の最大張力/試験片の断面積」より被覆厚が75%以上残存していれば引っ張り強さが75%以上であると推定	心線露出がない場合のみ実施
電気的特性		①静電容量 <ul style="list-style-type: none"> <li>標準サンプルの値を100%とした時に100±10%の範囲内であること</li> </ul> ②絶縁抵抗 <ul style="list-style-type: none"> <li>1GΩ超であること</li> </ul> NTT規格(ケーブル規格〔電気的特性〕)を準用 ※上記と同等	
材料特性		①引張り強度、②伸び <ul style="list-style-type: none"> <li>アークに曝露した外被部分について引張り試験を実施した際の引張り強さ、伸びが標準サンプルと比較して75%以上であること</li> </ul> NTT規格(材料特性)を準用 耐老化性: 試験片を環境条件下に放置した後の引っ張り強さ・伸びは標準サンプルの75%以上であること	
変色	<ul style="list-style-type: none"> <li>アークに曝露した外被部分に変色がないこと</li> </ul> NTT規格(ケーブル規格)を採用 外被材の色:黒色(色相:N、明度:2、彩度:0)		

※1: 今回の試験では、短絡線がジュール熱で高温となりケーブル・引込線の外被を溶かす事象が見られたが、ジュール熱による影響はアーク放電による影響とは別事象であることから、ジュール熱による影響は除外して評価した。

※2: アーク放電を発生させるのに必要な電流値を設定した。

※3: アーク放電により通信線に誘起されるインパルス性ノイズの通信サービスへの影響については、以下の理由により考慮しない。

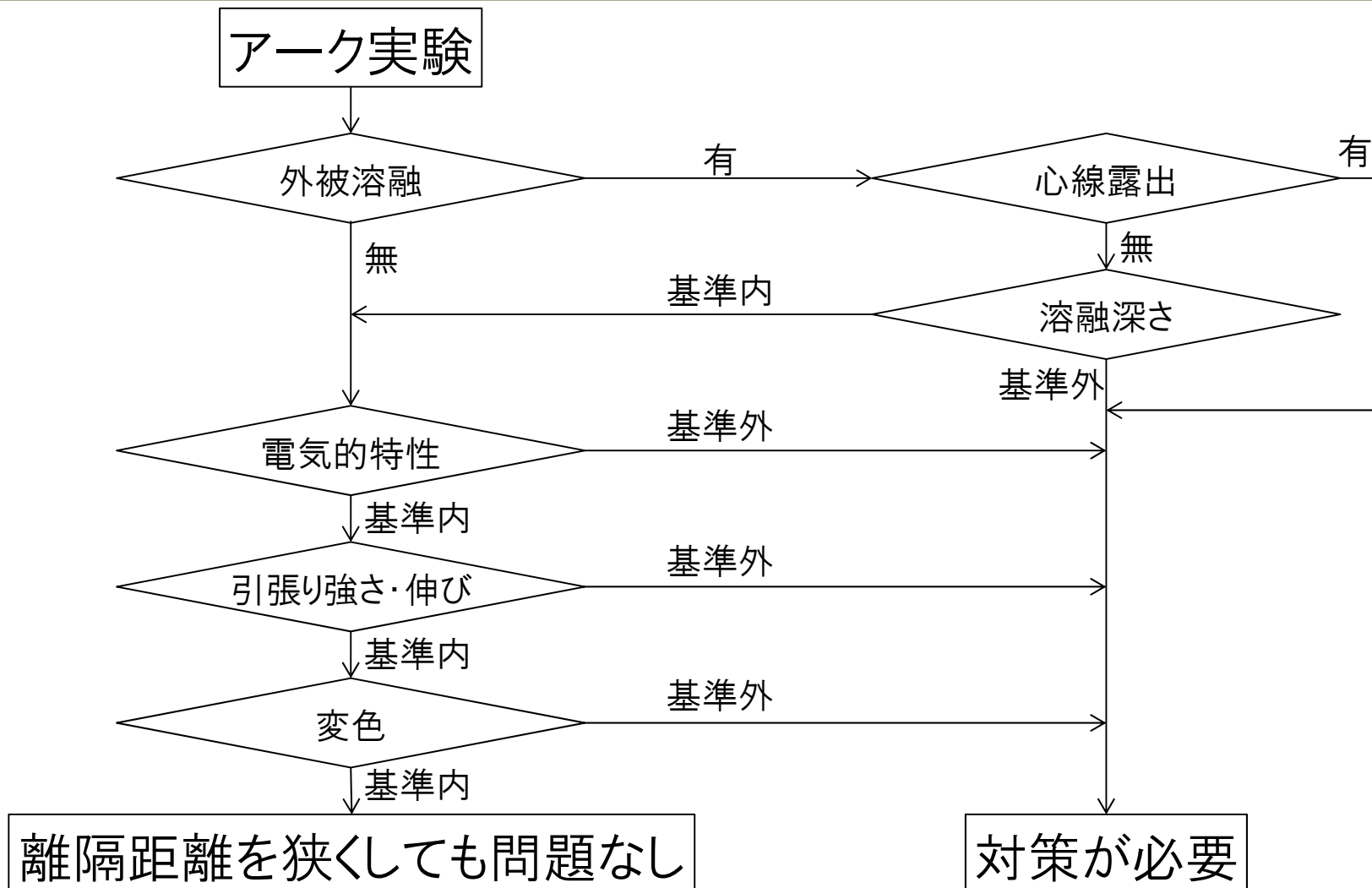
① 電力ケーブルにおけるアーク放電を伴う故障の発生確率が極めて小さく、通信信号の符号誤りが発生する時間が極めて短い(過去の実験では、アーク放電前後10秒間の符号誤り率が「 $10^{-7}$ ~ $10^{-8}$ 」オーダー)。

② メタリック心線を利用するデータ通信サービスにおいて、極短時間の瞬間的なノイズ混入に対応する定量的な規格がない。

③ 多くの通信手順において、誤り検出訂正・データ再送手順が実装されている。

## 6. アーク放電試験の内容(2)

- ・アーク放電試験の評価は、アーク放電に曝露したサンプルを対象とし、「外被溶融有無」、「心線露出有無」、「溶融深さ」、「電気的特性」、「引張り強さ・伸び」、及び「変色」について、必要な評価を実施。



## 7. アーク放電試験の結果

- ・各サンプルの外観調査を実施したところ、アーク放電に曝露した部分においてアークによる外被溶融は見られなかったため、心線露出試験は実施しなかった。
- ・電気的特性、材料特性については、全てのサンプルにおいて基準内。
- ・アーク放電に曝露した部分において変色が見られた。

離隔距離	防護管	ケーブル種類	外観調査	電気特性		材料特性		
			外被溶融	静電容量	絶縁抵抗	引張り強さ	伸び	変色
			アーク放電に曝露した部分においてアークによる溶融が見られないこと	標準サンプルの値を100%とした時に100±10%の範囲内であること	1GΩ超であること	アークに曝露した外被部分について引張り試験を実施した際の引張り強さ・伸びが標準サンプルと比較して75%以上であること	アーク放電に曝露した部分においてアークによる変色が見られないこと	
0cm	なし	CCP-JFケーブル	○	○	○	○	○	×
		地下用屋外線	○	○	○	○	○	×
	あり	CCP-JFケーブル	○	○	○	○	○	○
10cm	なし	CCP-JFケーブル	○	○	○	○	○	○
		地下用屋外線	○	○	○	○	○	○

※○:評価基準を満たしている

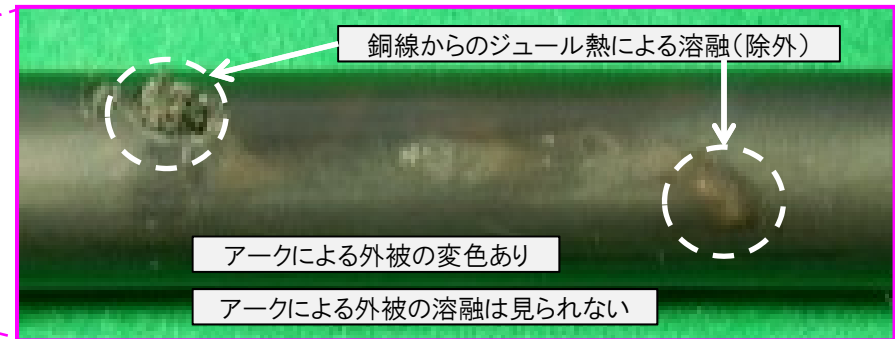
※×:評価基準を満たしていない

# 外観調査結果(詳細)

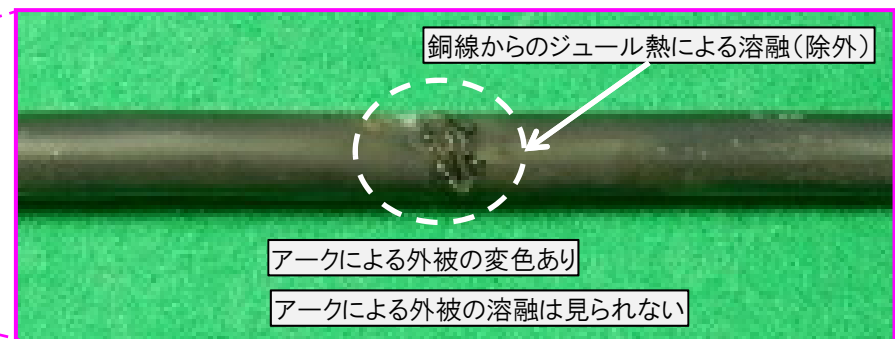
## ■外観調査

- ・ サンプルの表面を軽くふき取り、外観調査(外被溶融・心線露出有無の確認)を実施。
  - ・ 全てのサンプルについて、アークによるケーブル外被の溶融は見られなかった。
  - ・ 離隔距離0cm、防護管なしのケースでは、全てのサンプルの外被に変色があった。
- ※短絡線(銅釘・銅線)に電流が流れた際の熱(ジュール熱)による溶融はアークとは別事象であるため除外

CCP-JFケーブル・離隔0cm



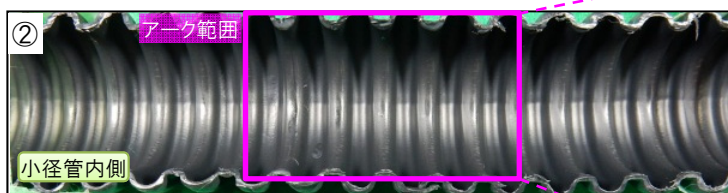
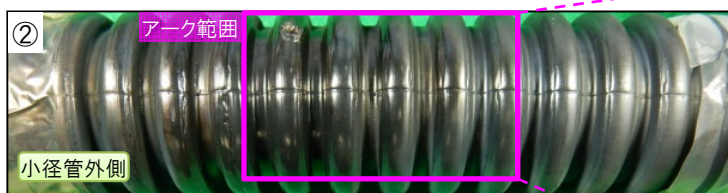
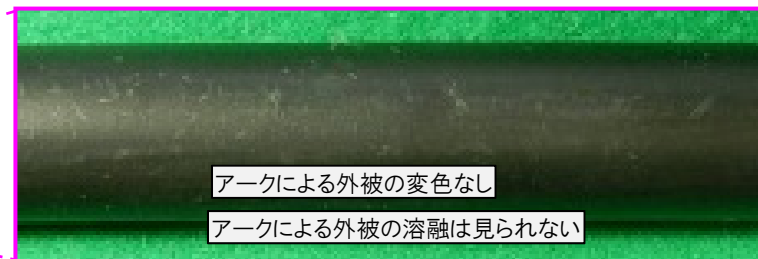
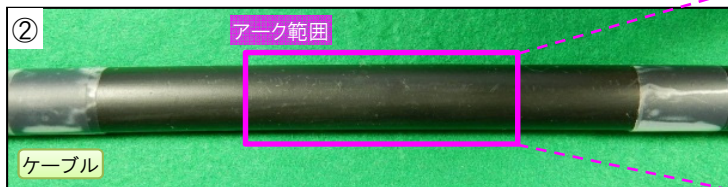
地下用屋外線・離隔0cm



アークによる外被の変色を確認  
アークによる外被の溶融は見られなかった

# 外観調査結果(詳細)

防護管・CCP-JFケーブル・隔離0cm



アークによるケーブル・防護管の溶融、防護管内部への穿孔は見られなかった

## 8. 結論・考察

電力ケーブルと通信ケーブルを近接設置し、電力ケーブルの二線間にアークを発生させたところ、以下の結果となった。

共通	離隔0cm		(参考)離隔10cm
	防護管なし	防護管あり	防護管なし／あり
<ul style="list-style-type: none"> <li>電気的特性に変化なし。</li> <li>材料特性(外被引張り伸び)の変化なし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信線の外被にアーク放電による溶融は発生なし。</li> <li>通信線の外被にアーク放電による変色あり。</li> <li>通信線(引込線)が衝撃により移動した事象あり。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信線の外被にアーク放電による溶融は発生なし。</li> <li>防護管の外被に変色は見られたが、通信線の外被に変色なし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信線の外被上にアーク放電による溶融は発生なし。</li> <li>防護管の外被に変色は見られず、ケーブルについて外観上の変化なし。</li> </ul>

以上より、

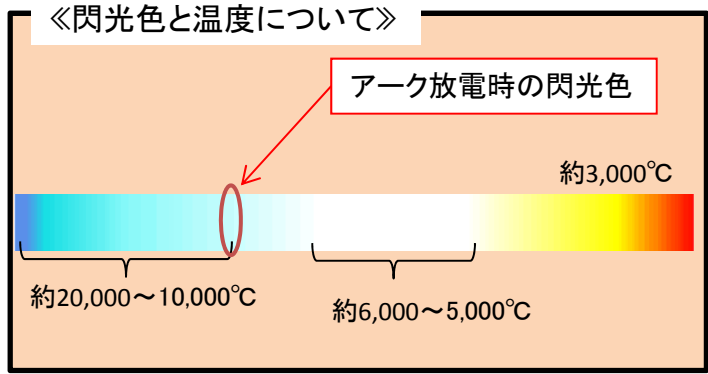
- アーク放電直後の曝露された通信ケーブルについて、電気的特性と材料特性の変化は無かった。
- 但し、離隔0cmで防護管なしのケースでは、アーク放電時の高熱による“焦げ茶色”の変色が見られた。
- 離隔0cmで防護管なしのケースでは、スパークの衝撃によりケーブルの移動が発生した。小型ボックス内のケーブルの敷設状況や特殊部の金物類の設置状況によりケーブル折損が想定される。
- 同じく、離隔0cmで防護管なしのケースで、短絡個所(銅釘、銅線)のケーブル外被が溶けていた事から、200℃以上の高温であったことが想定される。現場では、ケーブル敷設、接続作業時の心線屑や金属片等の残置又は、蓋の仕様が決まっていない現状では、降雨時の地表水の流入に混じり金属片等の流入が想定される。それらが接触した状態でアーク放電が発生した場合、ケーブル外被が溶融する恐れがある。

➡ 既存ケーブルで離隔0cmとする場合、これらリスクを回避するため難燃性の小径管(防護管)などの保護対策が必要と考える。

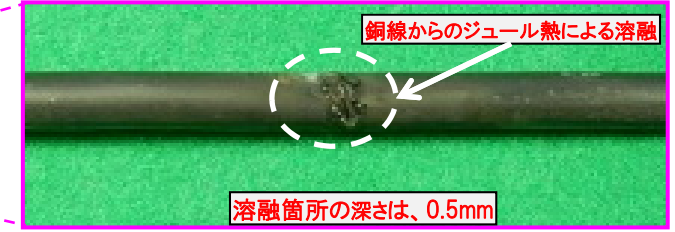
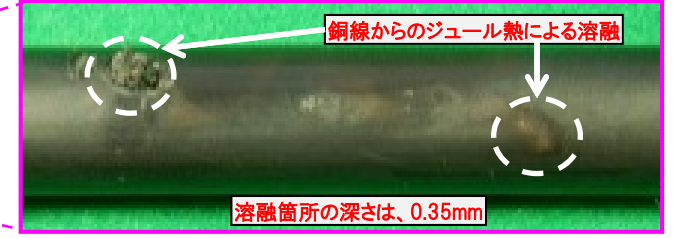
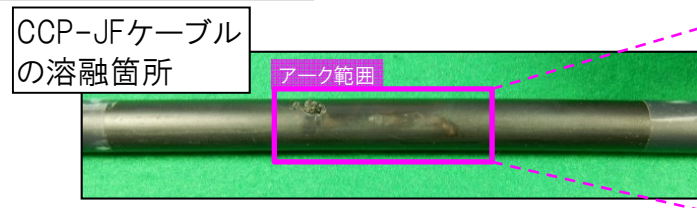
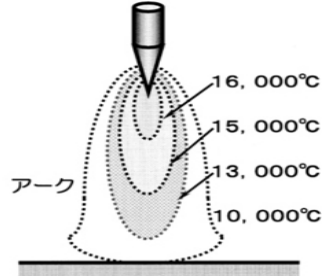
➡ 以上のことから、防護管等の保護対策の条件の下、電力ケーブルと通信ケーブルの離隔0cmでの敷設が可能。

# (参考)アーク放電に起因する高熱に関する考察

- ・ 今回の実験において、アーク放電発生時に閃光および高温となることが確認された。
- ・ アーク放電付近では約10,000℃程度の高温となる事が分かっている。(電力中央研究所に確認)また、短絡箇所(銅釘、銅線)のケーブル外被が溶けていた事から、110℃以上の高温であったことが想定される。現場では、ケーブル敷設、接続作業時の心線層や金属片等の残置又は、蓋の仕様が決まっていない現状では、降雨時の地表水の流入に混じり金属片等の流入が想定される。
- ・ それらが接触した状態でアーク放電が発生した場合、ケーブル外被が溶融する恐れがある。



参考:  
アーク放電の温度について



※材料特性では、実験1と同様に残存率75%を割り込んでいるため規格を満足しない。

# (参考)アーク放電の結果

アーク放電(離隔0cm)



アーク放電(離隔10cm)



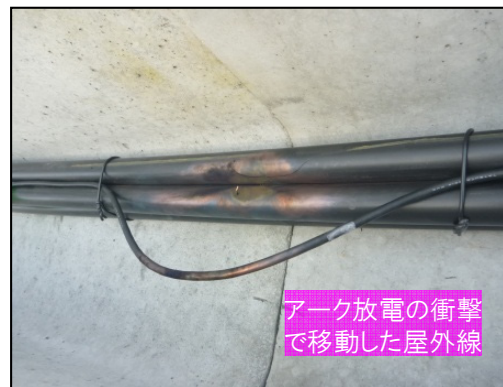
実験後の状態(通信ケーブル・0cm)



実験後の状態(小径管・0cm)



実験後の状態(引込線・0cm)



実験後の状態(通信ケーブル・10cm)



実験後の状態(電力ケーブル)

