



基板母材・絶縁材のトラッキング痕跡
解析技術データの取得・蓄積
〈第二報〉

製品安全センター
燃焼技術センター 今田 修二

説明内容

1. 調査の背景と目的
2. 22年度調査結果
3. 23年度調査結果
レジストなし基板（4種類）によるトラッキング
発火痕跡作製実験（概要）
4. まとめ及び今後の予定

1. 調査の背景と目的

家電製品内部でのトラッキングに起因したと考えられる発火事故が散見されるが、そこに印加される電気的な条件から発火の可能性を推定する際の物差しとなるような情報が豊富にあるとは言い難く、事故原因究明の際に事業者との間で見解が分かれる場合も見られる。

『製品から出火したのかあるいは火災によって製品が燃焼したのかを、焼損事故品の痕跡から調べるための技術データを取得する』

2. 22年度調査結果 事故事例調査

・NITE事故情報における「家電製品のトラッキング」事例の調査（電源プラグを除く）

平成19年度 以降の件数	トラッキング 発生部位の電圧	件数	トラッキング 発生部位	件数	全体件数に対 する割合
70	100V以上	5	基板に関係したもの	2	2.9%
			コンデンサケース	1	1.4%
			コネクタケース樹脂	1	1.4%
			高圧リレー外郭	1	1.4%
	AC100V	43	基板に関係したもの	14	20.0%
			コネクタケース樹脂	13	18.6%
			サーモスタット外郭	2	2.9%
			リレー絶縁樹脂	1	1.4%
			製品外郭	1	1.4%
			スイッチケース	6	8.6%
			その他(部品絶縁樹脂等)	5	7.1%
	不明	1	1.4%		
	100V未満	2	基板(いずれも原因不明)	2	2.9%
	不明	20	基板に関係したもの	7	10.0%
			コネクタケース樹脂	3	4.3%
			ブレーカ外郭	1	1.4%
			リレー外郭	1	1.4%
			ジャケット内部	1	1.4%
			その他	1	1.4%
			電圧不明、部位不明	6	8.6%

電子基板での
トラッキングが多い

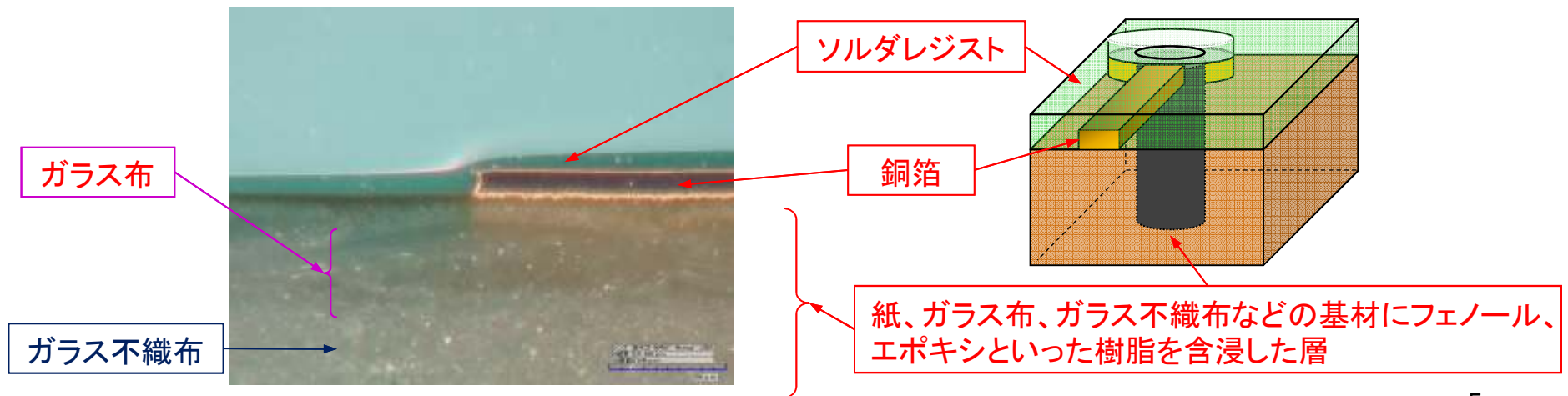
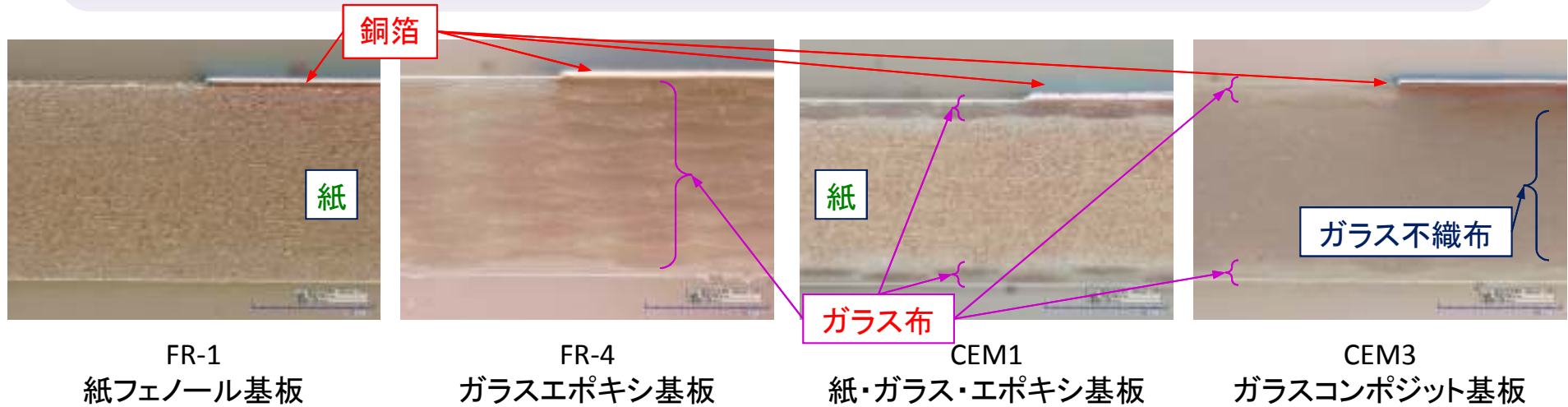
付着物の例

- ・エアコン室内機では洗浄液
- ・エアコン室外機や窓用エアコン及び冷蔵庫では、雨水や小動物
- ・温水洗浄便座では洗浄剤や尿
- ・冷蔵庫の基板では小動物
- ・洗濯機の基板上では電解コンデンサの電解液

電子基板に関する基礎調査

・家電製品で用いられる基板の種類/構造

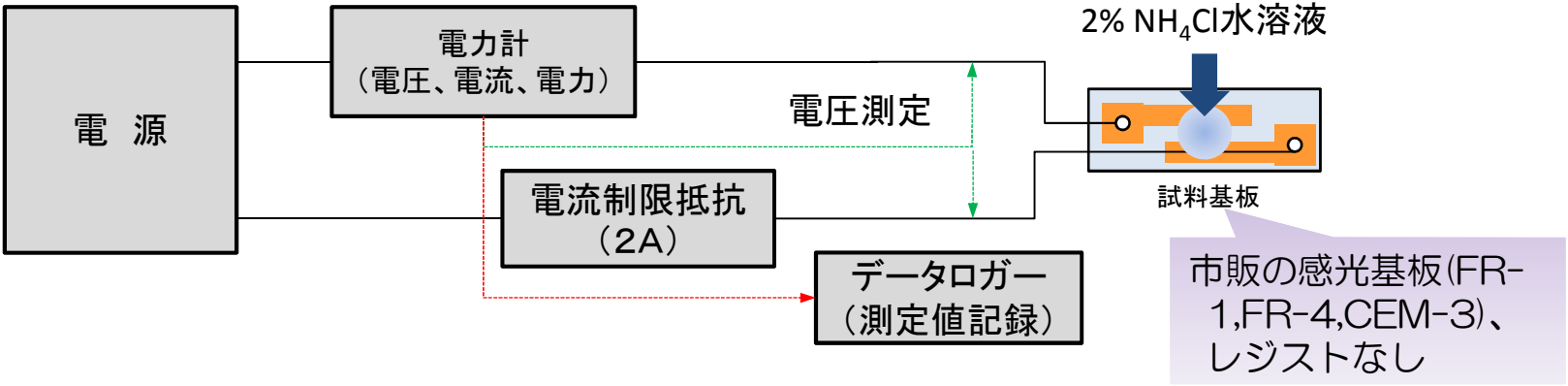
←紙フェノール(FR-1)、ガラス・エポキシ(FR-4)、紙・ガラス・エポキシ(CEM-1)ガラス・コンポジット(CEM-3)などが用いられている。



家電製品に用いられている基板の断面
(CEM-3基板の例)

文献等調査及び予備実験（痕跡作製実験用実験条件の確認）

痕跡作製実験装置



実験の様子



発火した試料



赤熱状態の試料

- 塩化アンモニウム水溶液は2%のものを用いる。
- 電流容量は2 A程度で発火痕跡は作製可能。
- FR-1、FR-4ではDC 1 2Vまで発火がみられた。
- ACとDCで痕跡の生じ方が変わる。

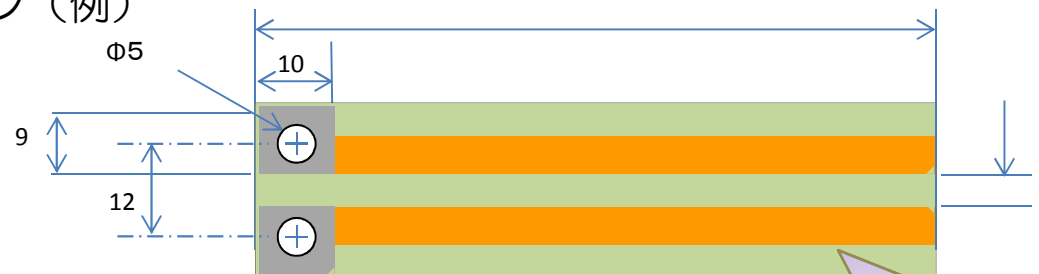
3. 23年度の調査結果 各種基板による発火痕跡作製実験（レジストなし）

・ 試料基板の仕様

試料 No.	種類	記号	板厚 (mm)	銅箔の厚さ (μm)	難燃性	トラッキング指数(CTI)
1	紙フェノール銅張積層板	FR-1	1.6	35	94V-0	600
2	ガラスエポキシ銅張積層板	FR-4				記載なし
3	紙・ガラス布・エポキシ樹脂銅張積層板	CEM-1				500以上
4	ガラス布・ガラス不織布基材 エポキシ樹脂銅張積層板	CEM-3				600

注：板厚～CTIはカタログの記載内容

・ 試料基板のパターン（例）



加工業者によるパターンエッチングを施した基板（レジストなし）

・実験条件

痕跡作製実験

銅箔間の距離	実験電圧		制限電流 (A)	電解液	電解液の滴下量(μl)	電解液の滴下間隔(秒)
	電圧(V)	周波数 (Hz)				
4mm、1mm	AC200V	50	2	2% 塩化アンモニウム 水溶液	20	30
	AC100V	50				
2mm、0.5mm	AC40V	50			20	※3
4mm、1mm	DC100V	—			20	30
2mm、0.5mm	DC40V				20	※3
	DC20V				12.4 ^{※1}	
	DC10V				6.7 ^{※2}	

※1: 箔間隔0.5mmの基板に40Vを印加する実験では、狭い箔の隙間に沿って電解液が広範囲に広がったため電解液の量を減らして実験を行った。

※2: 基板材料の炭化は電解液が蒸発する際のシンチレーションによって促進される。低電圧での実験では電解液が蒸発しにくく、自然乾燥を待つ必要があり、実験に長時間を要することから、径の小さいノズルを用いることで滴下量を減らして実験を行った。

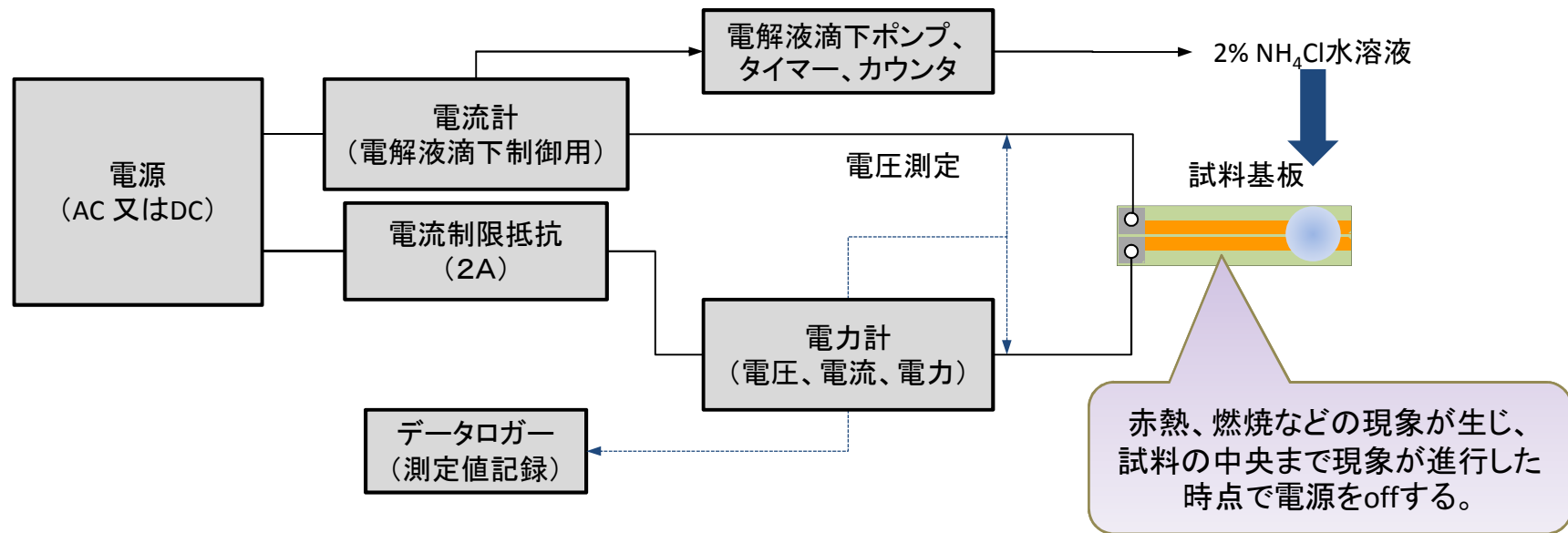
※3: 40V以下の電圧では30秒以内で電解液が蒸発しないことから、電解液の蒸発を目視により確認しながら滴下間隔を調整した。

周波数による影響調査

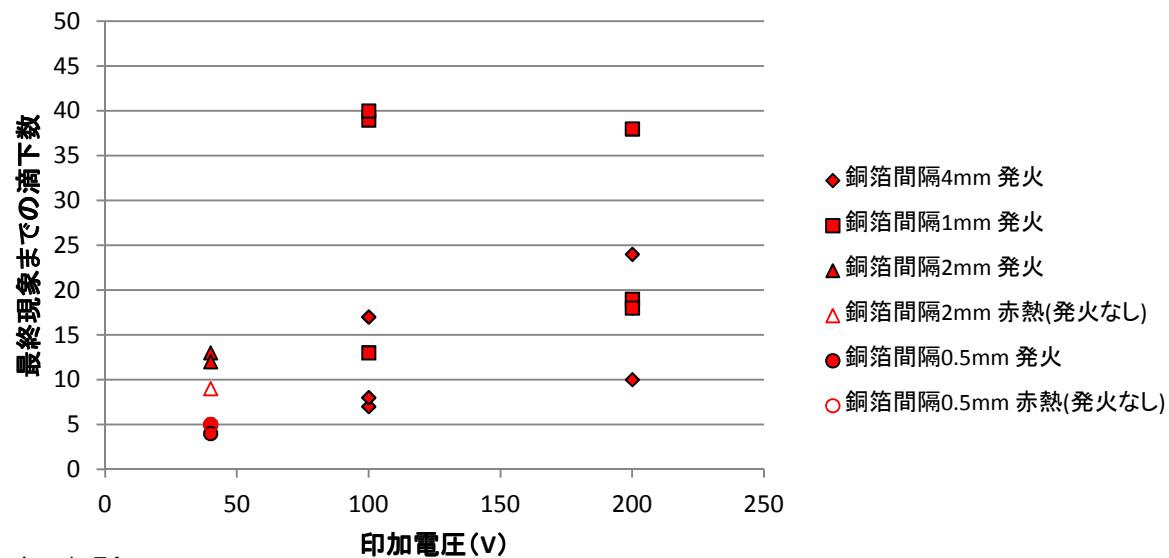
銅箔間の距離	実験電圧		制限電流 (A)	電解液	電解液の滴下量(μl)	電解液の滴下間隔(秒)
	電圧(V)	周波数 (Hz)				
4mm	AC100V	500	2	2% 塩化アンモニウム 水溶液	20	30
		10k				

・実験装置

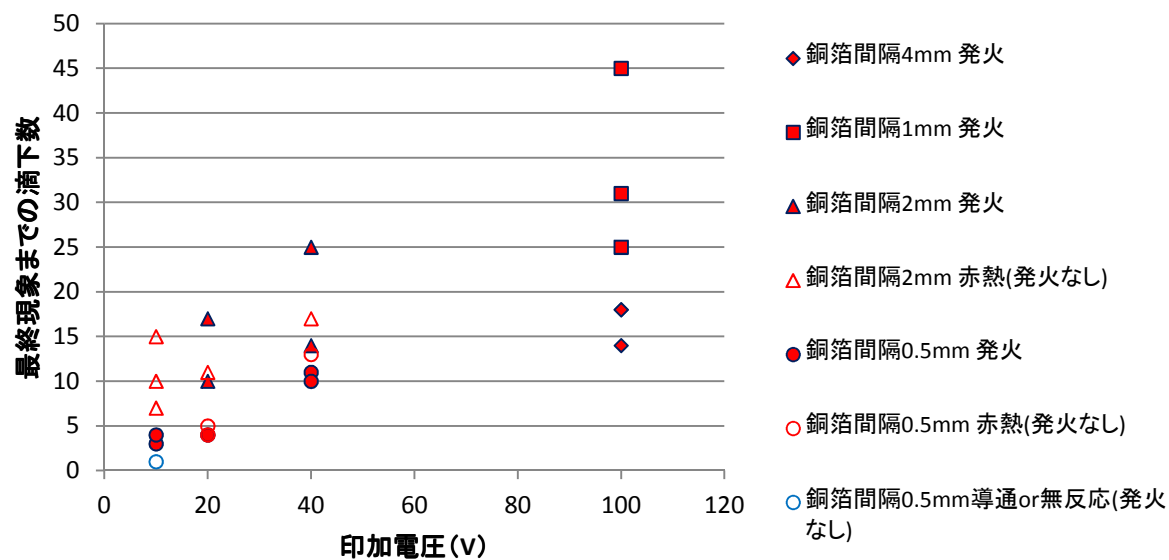
トラッキング痕跡作製実験装置



AC電圧印加実験



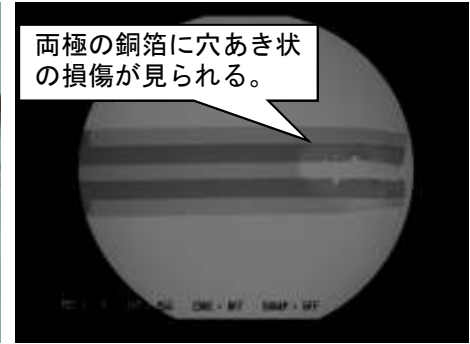
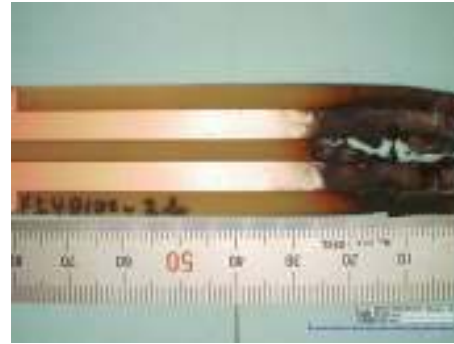
DC電圧印加実験





両極の銅箔が広範囲に焼失している。

AC200Vの発火痕跡



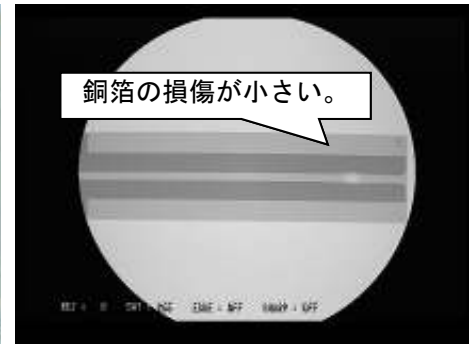
両極の銅箔に穴あき状の損傷が見られる。

DC100Vの発火痕跡



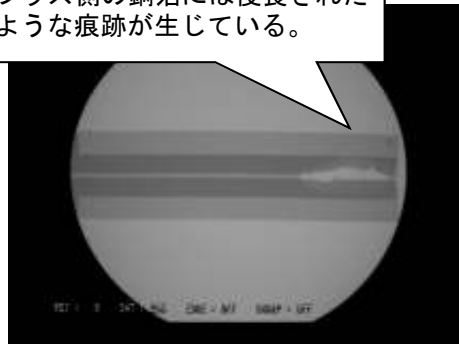
両極の銅箔に穴あき状の損傷が見られる。

AC100Vの発火痕跡



銅箔の損傷が小さい。

AC40Vの発火痕跡



プラス側の銅箔には侵食されたような痕跡が生じている。

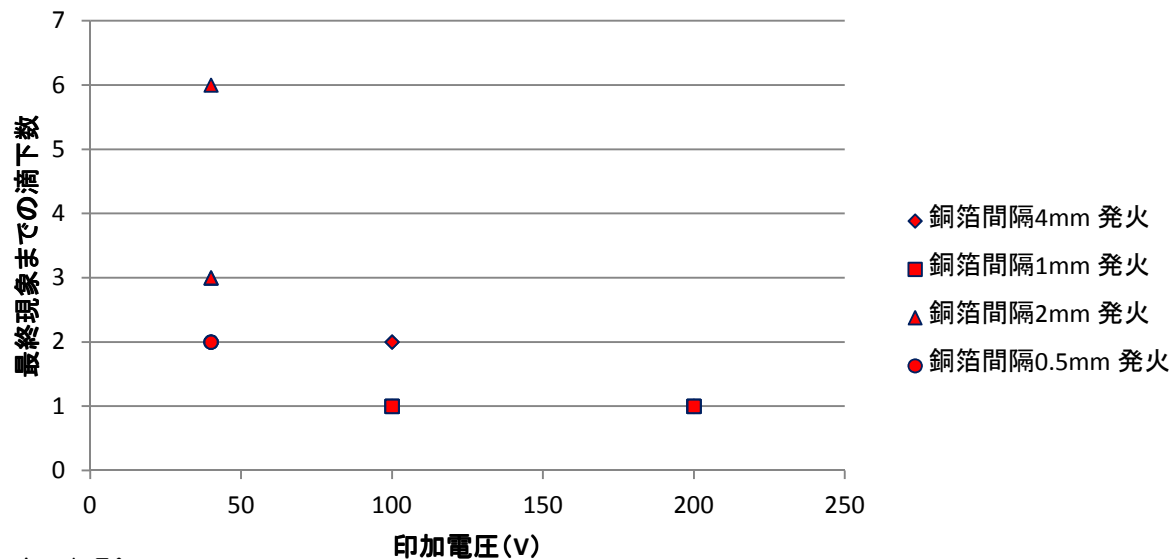
DC100Vの発火痕跡



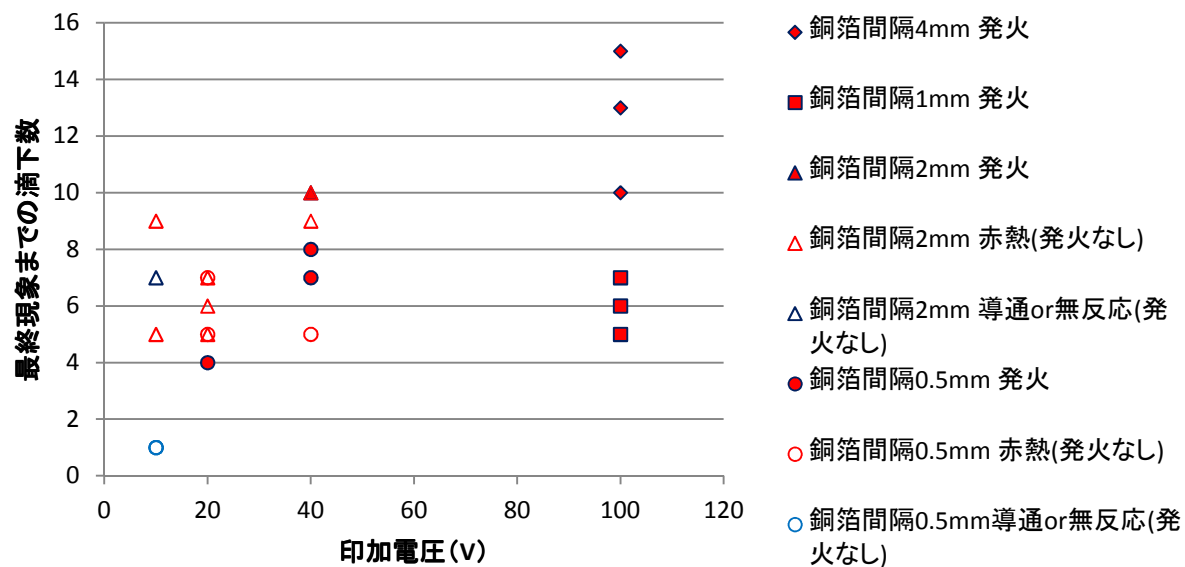
銅箔間に銅箔の溶出によると思われる痕跡が見られた。

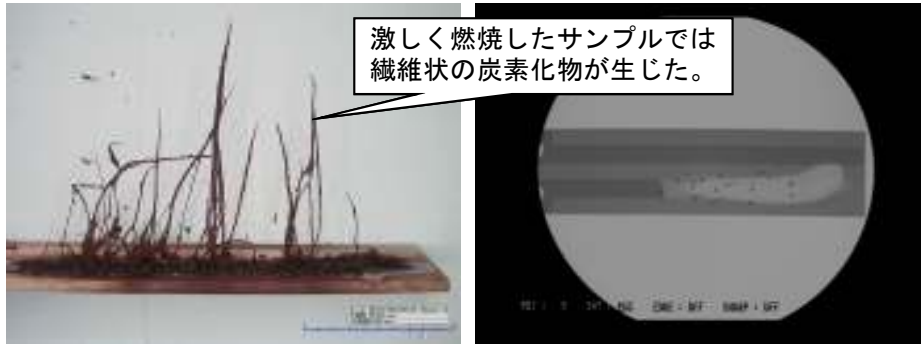
DC20Vの発火痕跡

AC電圧印加実験

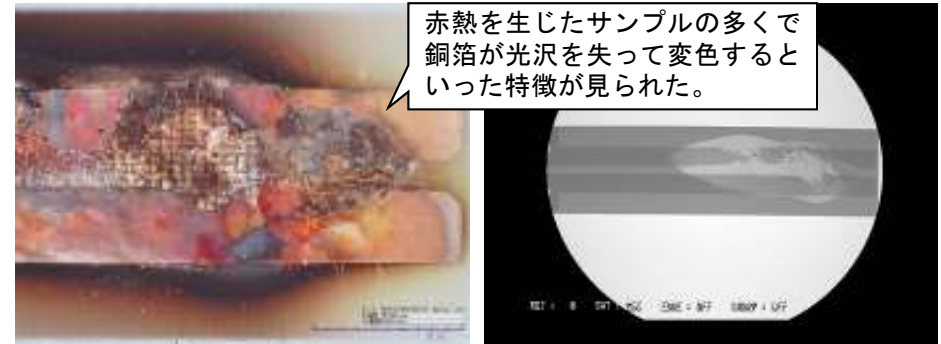


DC電圧印加実験

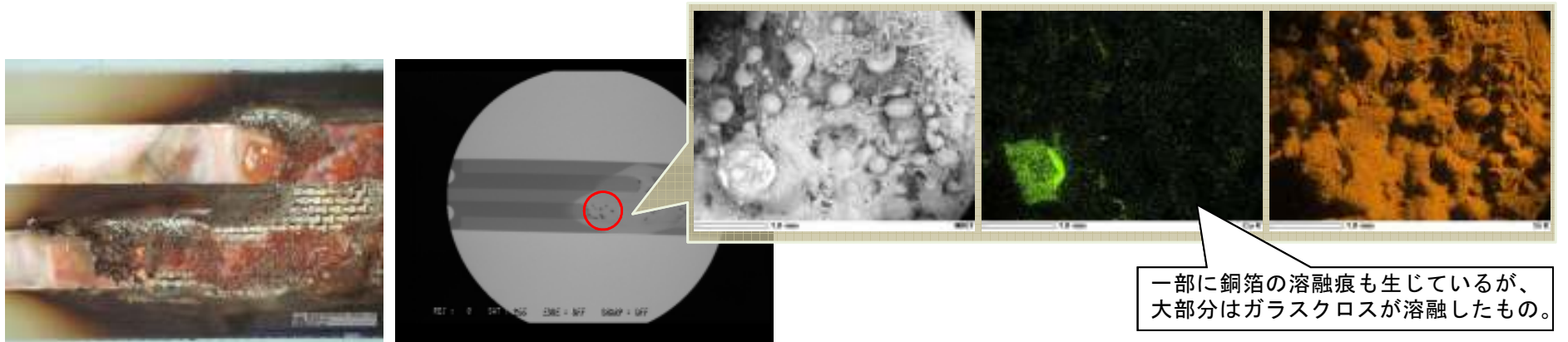




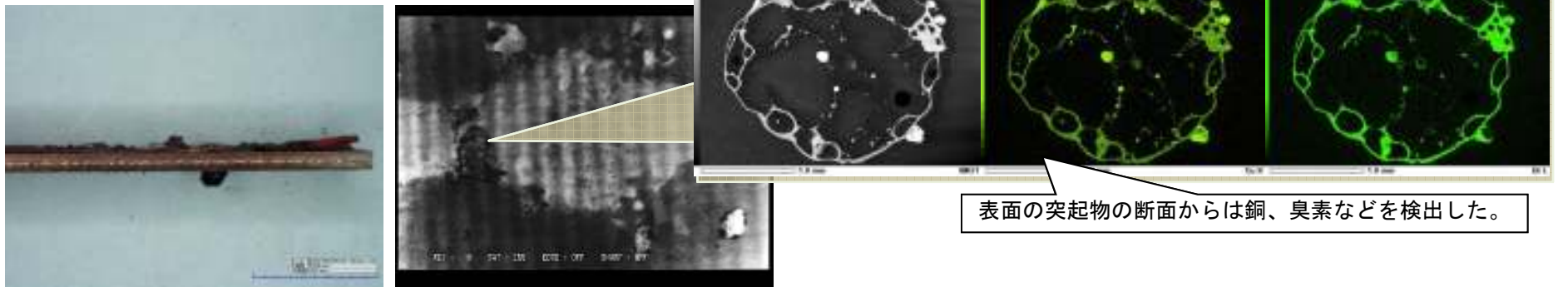
AC200Vの発火痕跡(例)



DC20Vの発火痕跡(例)



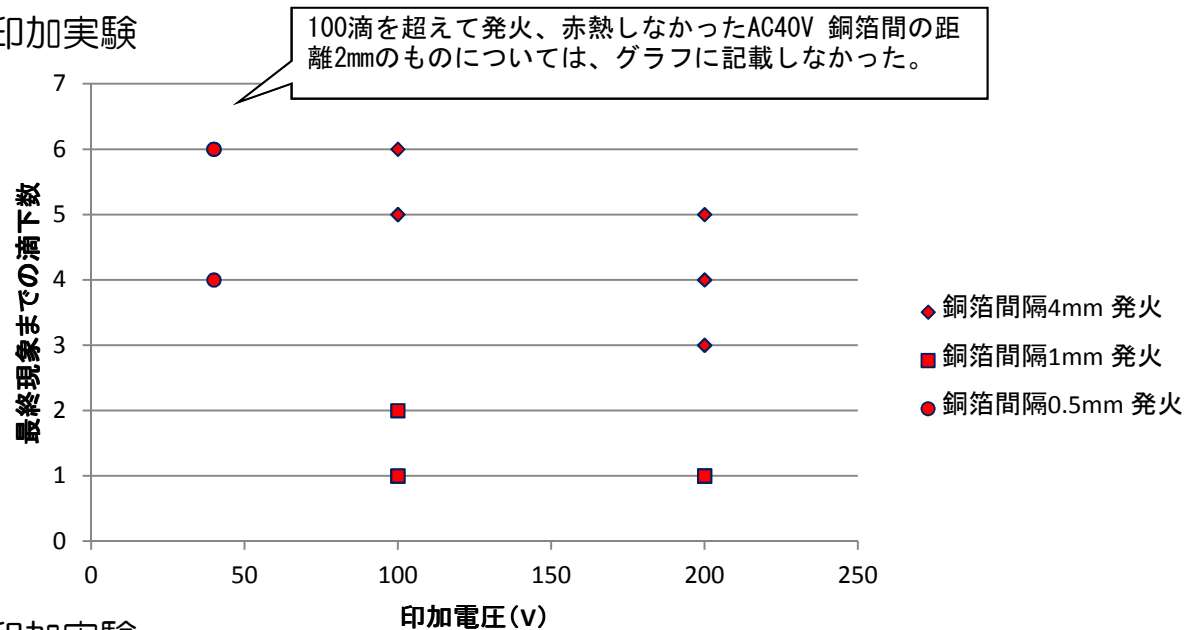
AC100Vの発火痕跡(例)



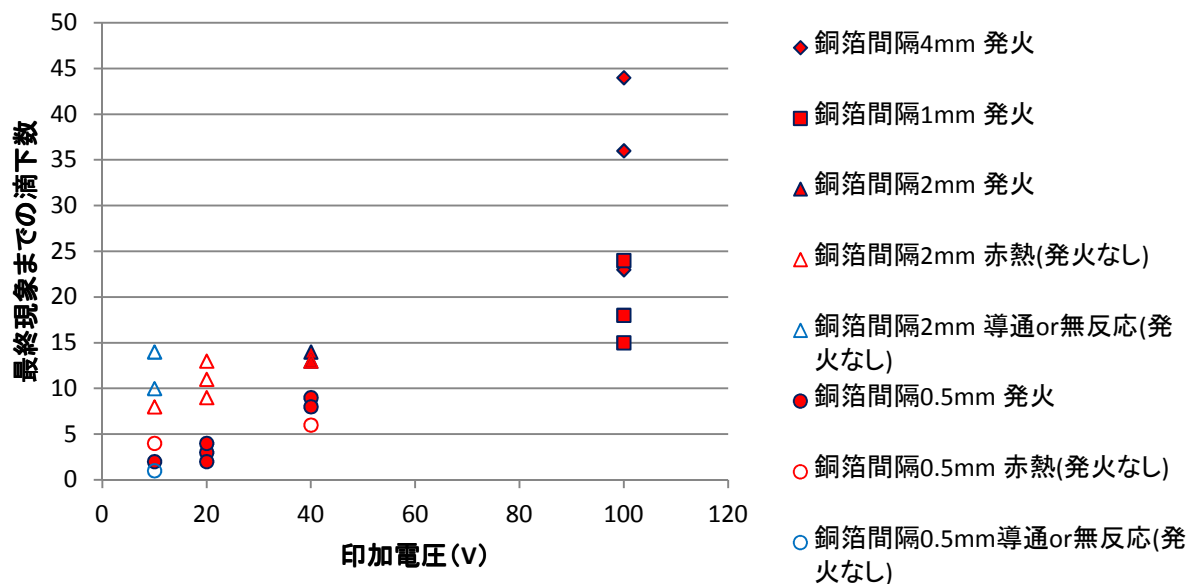
AC40Vの発火痕跡(例)

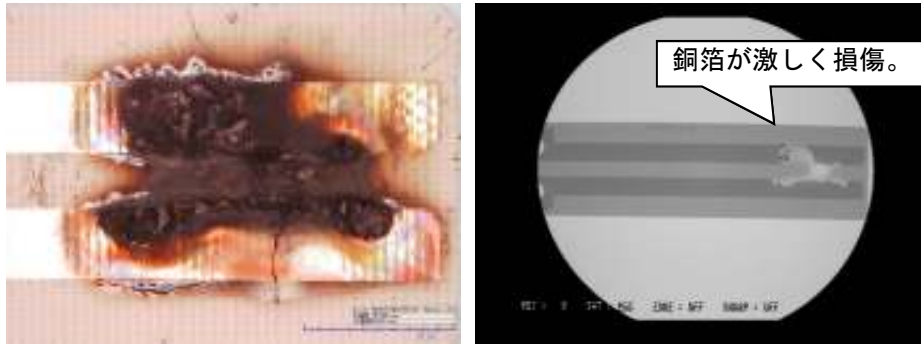
試料No.3 CEM-1 実験結果

AC電圧印加実験

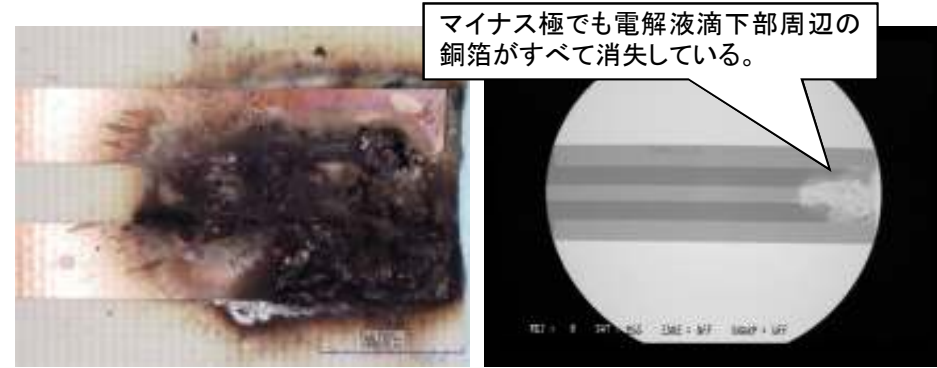


DC電圧印加実験

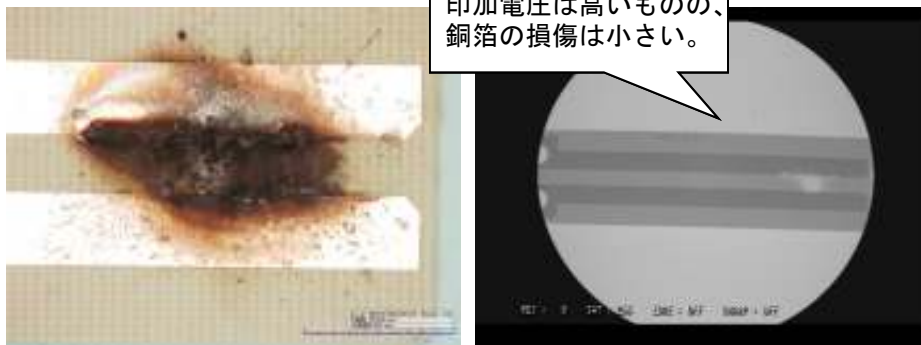




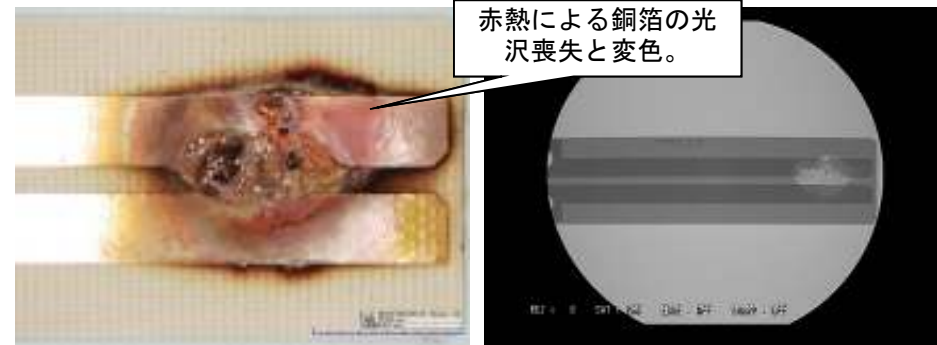
AC200Vの発火痕跡



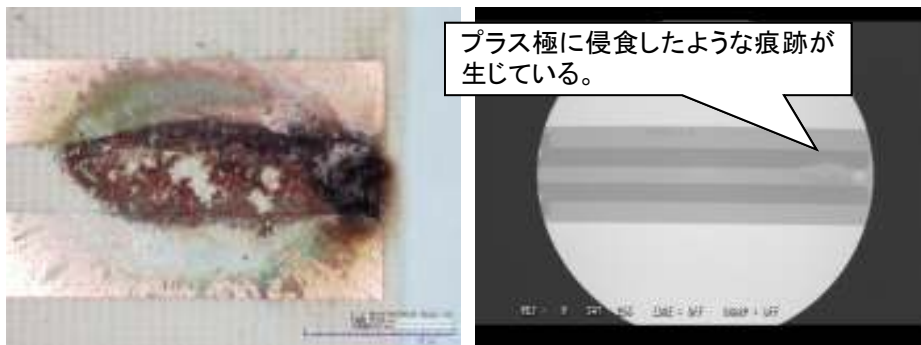
DC100Vの発火痕跡



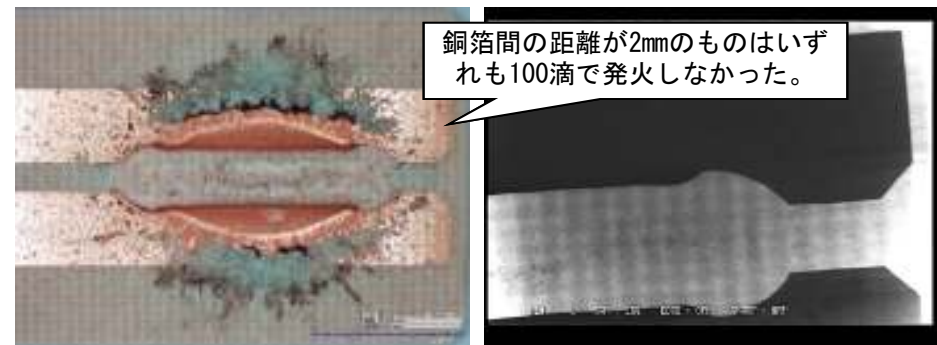
AC100Vの発火痕跡



DC20Vの発火痕跡（赤熱あり）



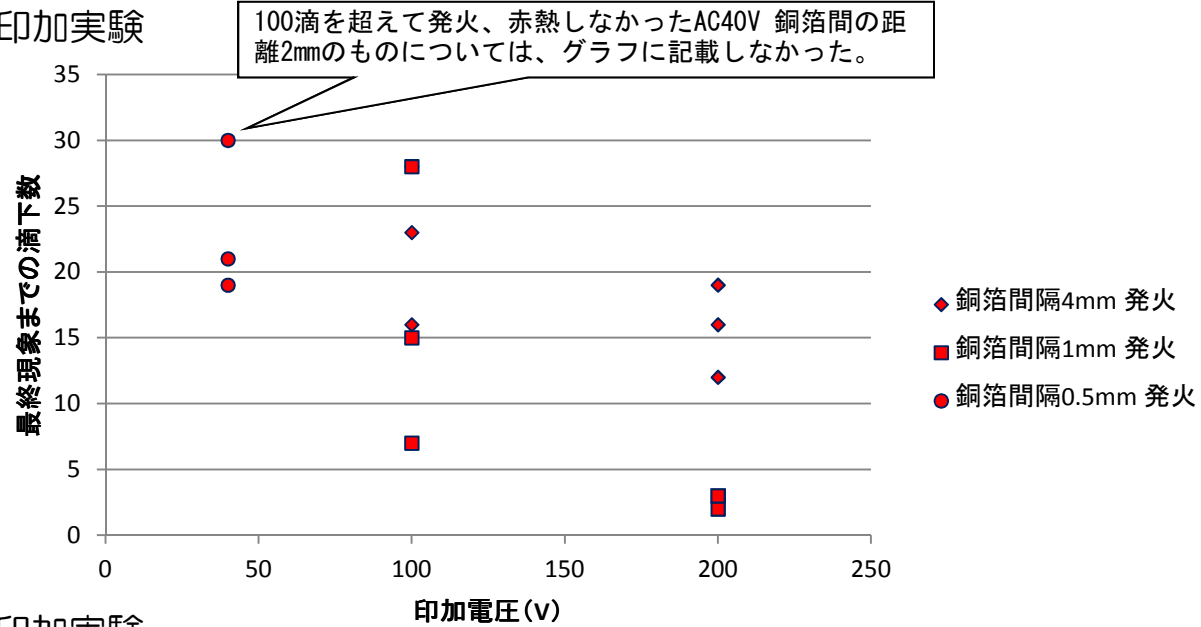
DC100Vの発火痕跡（赤熱なし）



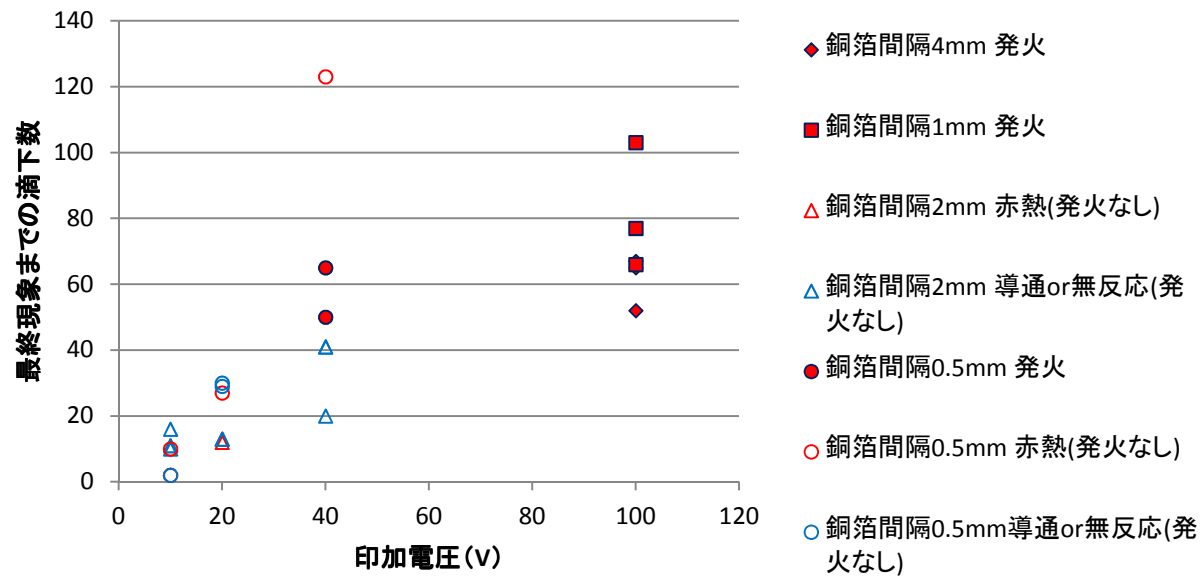
100滴で発火しなかったAC40Vのサンプル

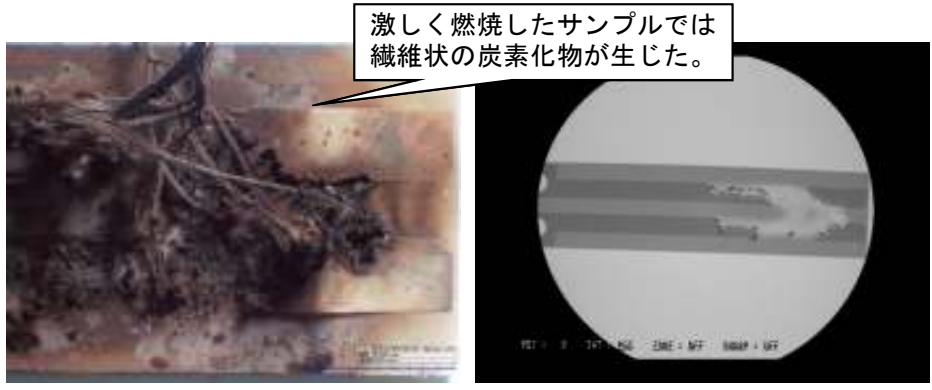
試料No.4 CEM-3実験結果

AC電圧印加実験



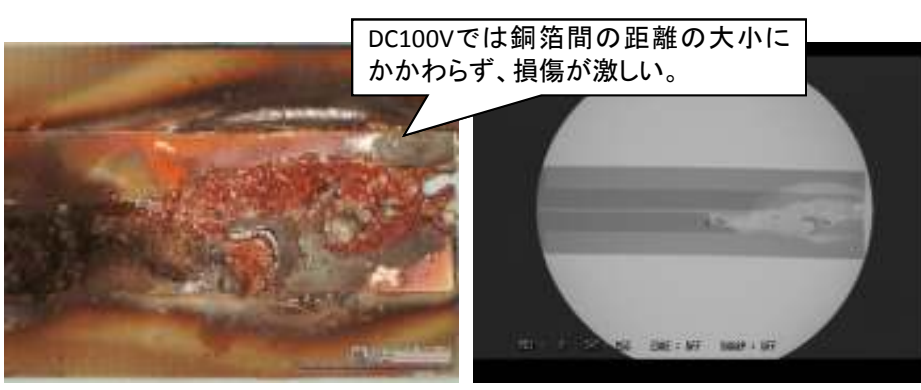
DC電圧印加実験





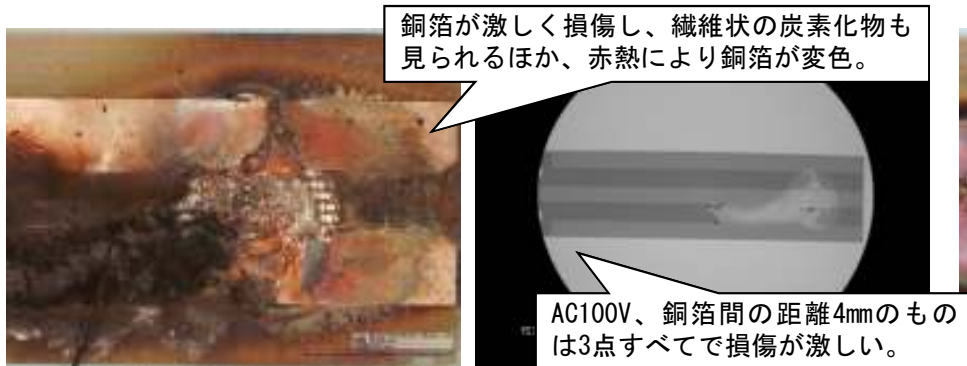
激しく燃焼したサンプルでは繊維状の炭素化物が生じた。

AC200Vの発火痕跡



DC100Vでは銅箔間の距離の大小にかかわらず、損傷が激しい。

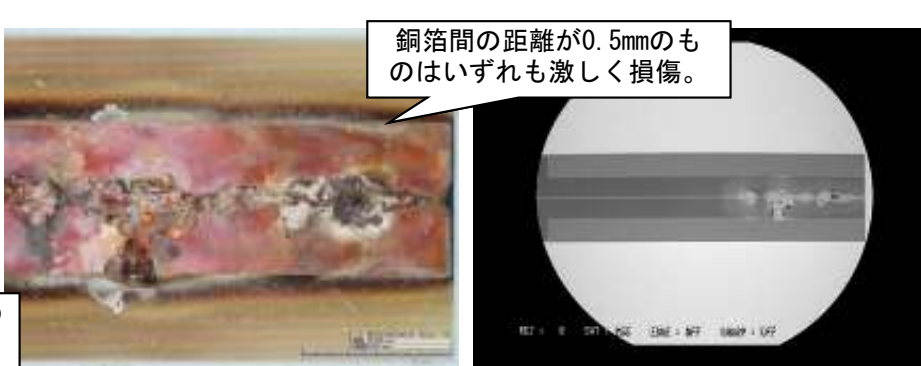
DC100Vの発火痕跡



銅箔が激しく損傷し、繊維状の炭素化物も見られるほか、赤熱により銅箔が変色。

AC100V、銅箔間の距離4mmのものは3点すべてで損傷が激しい。

AC100Vの発火痕跡



銅箔間の距離が0.5mmのものはいずれも激しく損傷。

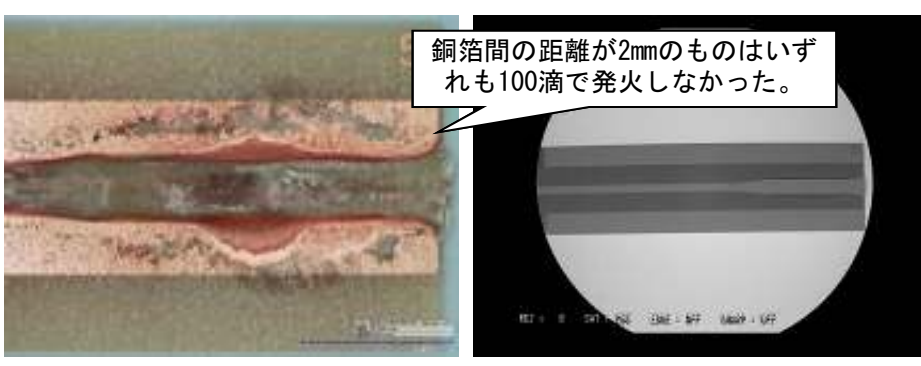
AC40Vの発火痕跡（赤熱あり）



印加電圧は高いものの、銅箔の損傷は小さい。

AC100V、銅箔間の距離1mmのものは3点すべてで損傷程度が小さい。

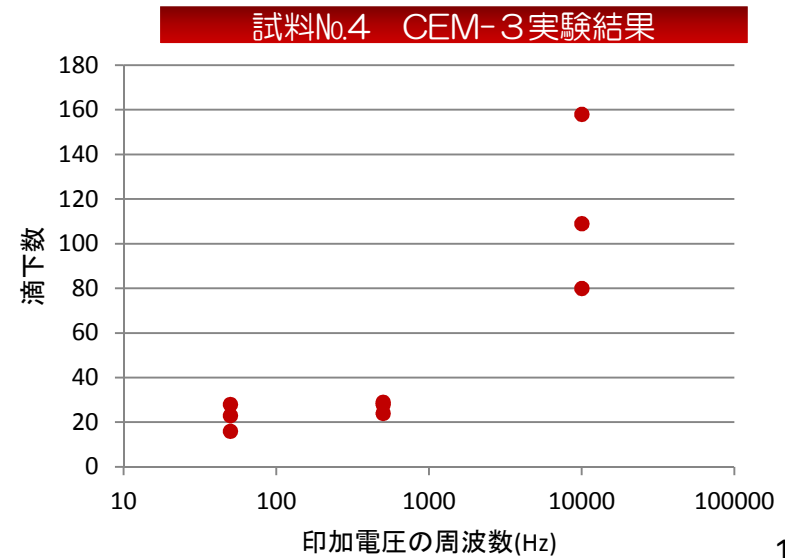
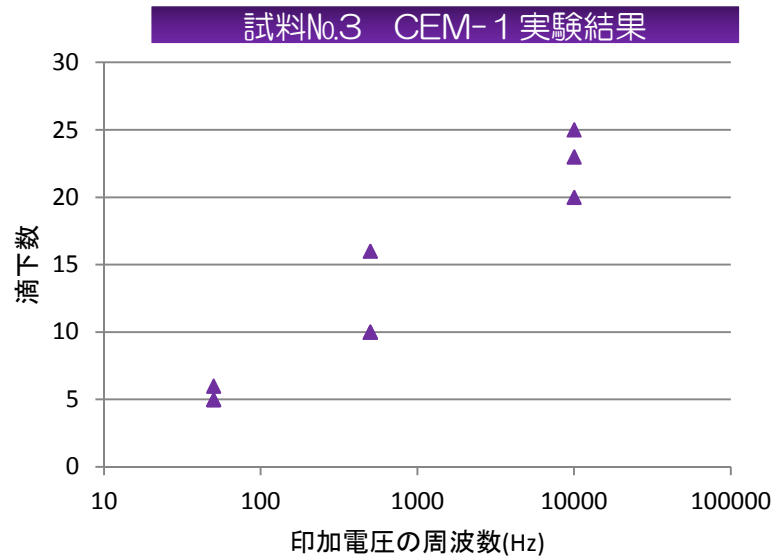
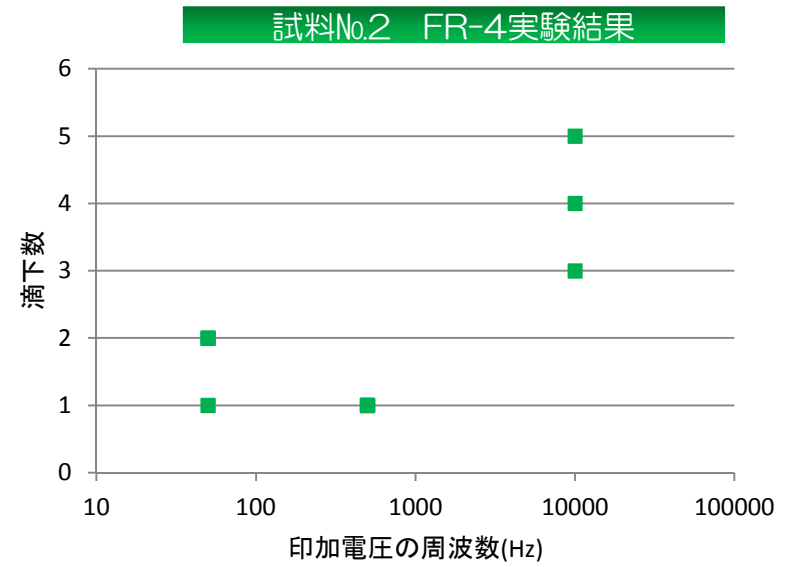
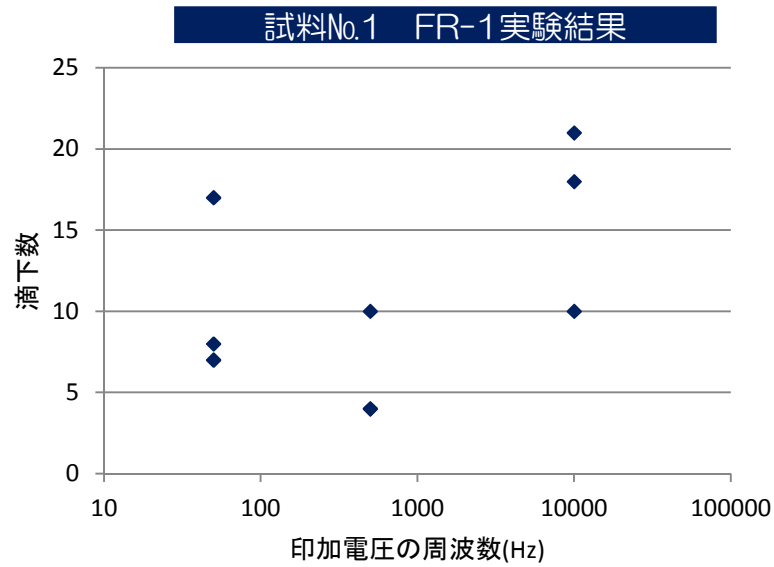
AC100Vの発火痕跡（赤熱なし）



銅箔間の距離が2mmのものはいずれも100滴で発火しなかった。

100滴で発火しなかったAC40Vのサンプル

周波数による影響調査



「発火」の発生状況

試料	銅箔間の距離	結果						
		DC				AC		
		10V	20V	40V	100V	40V	100V	200V
1 FR-1	長	×	○	○	◎	○	◎	◎
	短	○	△	○	◎	○	◎	◎
2 FR-4	長	×	×	△	◎	◎	◎	◎
	短	×	△	○	◎	◎	◎	◎
3 CEM-1	長	×	×	○	◎	×	◎	◎
	短	○	◎	○	◎	◎	◎	◎
4 CEM-3	長	×	×	×	◎	×	◎	◎
	短	×	△	△	◎	◎	◎	◎

◎: 3点全部で発生
 ○: 3点中2点で発生
 △: 3点中1点で発生
 ×: 発生なし

「赤熱」の発生状況

試料	銅箔間の距離	結果						
		DC				AC		
		10V	20V	40V	100V	40V	100V	200V
1 FR-1	長	◎	◎	◎	◎	○	△	×
	短	○	◎	◎	○	◎	×	×
2 FR-4	長	○	◎	◎	◎	◎	◎	○
	短	△	◎	◎	○	◎	○	×
3 CEM-1	長	○	◎	◎	○	×	◎	◎
	短	△	◎	◎	△	◎	◎	◎
4 CEM-3	長	×	△	×	◎	×	○	×
	短	△	△	○	○	◎	×	×

4. まとめ

4種類の基板を用いて実験を行ったことにより、

- ・基板材料ごとの発火条件に関するおおよその傾向、特徴
 - ・赤熱現象と銅箔の変色、FR-4、CEM-3でみられた繊維状または突起状の炭素化物といった特徴的な痕跡、サンプルを観察する上でのポイントとなり得る事柄
- を整理できたものとする。

24年度は23年度の結果を踏まえ、

- ・家電製品で使用される際に施されるソルダレジストを施した試料を用いた発火実験
 - ・事故事例に基づき、トイレ、エアコンの洗浄剤等の滴下物による実験
 - ・発火サンプルとの比較のための外火による加熱実験
- により痕跡を作製し、サンプルの解析を行うこととする。

事故品内に焼残した基板を観察する際の参考資料として「痕跡データ集」を作成する。