

大洗研究所ナトリウム分析室（管理区域）の火災（発生日：2020年9月10日）
に係る原因調査の現状について

2020年11月12日
日本原子力研究開発機構
大洗研究所 高速実験炉部

【直接的な原因】

製造メーカーが行った電磁接触器の分解調査より、非常系側給電ラインの1相の電源端子と負荷側の1相の電源端子固定ネジの間にトラッキングの痕跡が確認された。電磁接触器の火災の直接的な原因は、当該電磁接触器において、長期間の使用により、絶縁抵抗の劣化が進む中で、電源供給が非常系から商用系に切り替わったタイミングで、非常系側給電ラインの1相の電源端子と負荷側の1相の電源端子固定ネジの間に電位差が生じ、トラッキングを原因とする漏電が発生したと判断している。

図1：電磁接触器の内的要因による火災に係る故障解析表（FTA）

図2：電磁接触器が火災に至るまでの流れ

＜電磁接触器の上流に位置するNFBのトリップの原因に係る検討：図3参照＞

- ・ ナトリウム分析室における夜間の電力消費量は、事象発生日の直近（前日：9月9日0時～7時）で24～29kWh程度である。
- ・ 一方、9月9日の夜間にあっては、17時～18時に27kWhの電力消費量が記録されているものの、18時以降の電力消費量は20～21kWh程度であった。
- ・ 大洗研究所周辺では、9月9日18時3分に落雷が確認されており、電磁接触器の上流に位置するNFBのトリップの原因は、雷であると推定される。

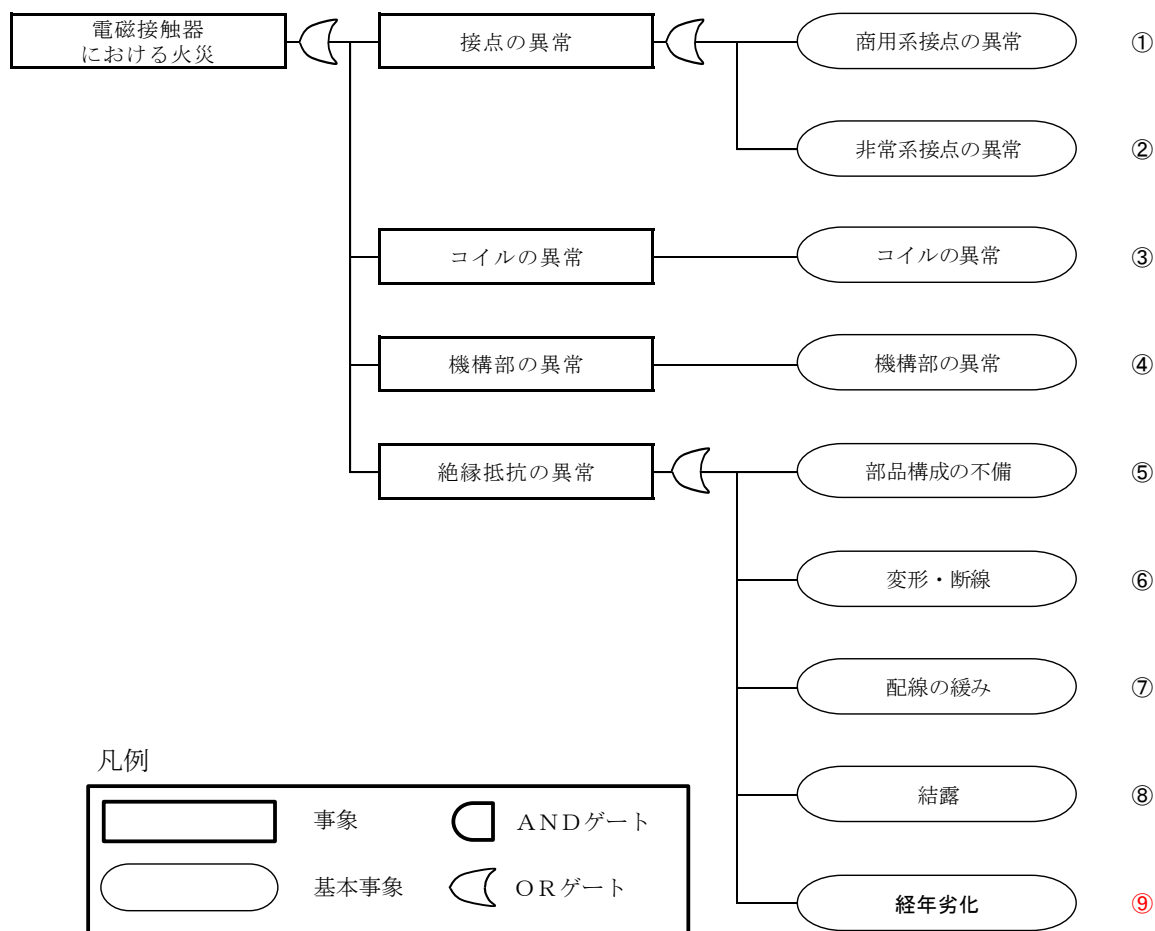
【トラッキングによる漏電の発生の原因（保守管理に関する要因）】

製造メーカーの取扱説明書の電磁接触器保守点検要項では、以下を交換推奨時期の目安としている（図4参照）。

- ・ 動作回数が規格に定める規定回数（25万回）を超えた場合
- ・ 使用開始後10年を経過した場合

火災の発生した電磁接触器の動作回数は、数回/年であり、保守的に想定しても、規定回数（25万回）を十分に下回るが、使用開始後約34年が経過しており、交換推奨時期を大幅に超過したものを使用していたため、トラッキングによる漏電が発生したと判断している。

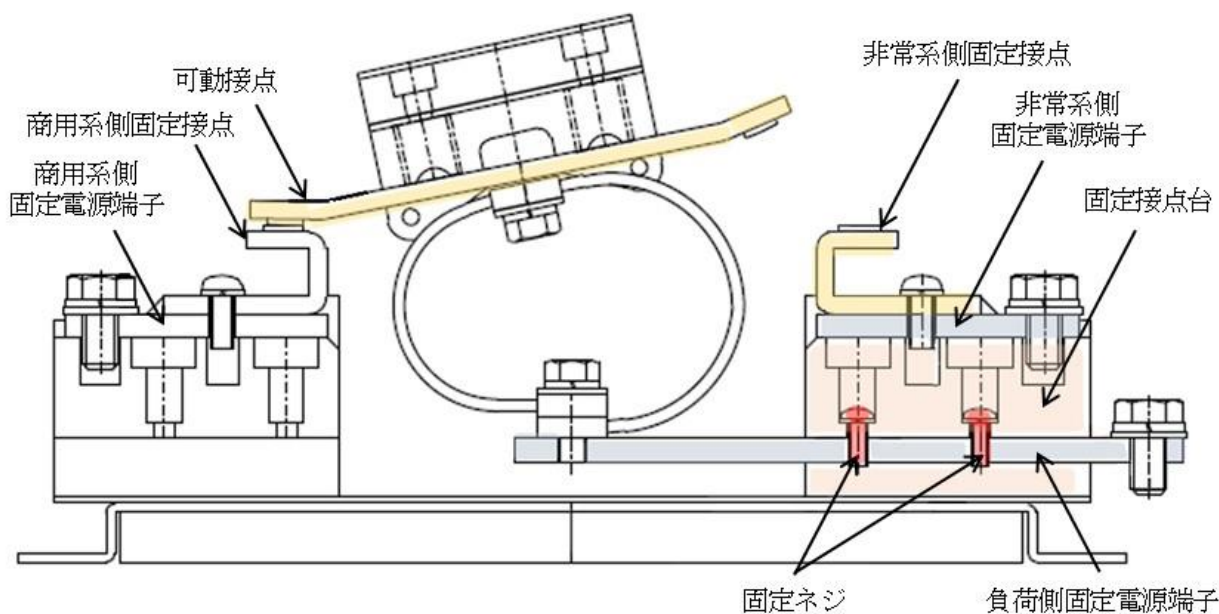
また、トラッキングが発生した部分の外観目視には、電磁接触器を分解する必要があるが、供用状態で、当該異常を発見することは困難である。また、製造メーカーより、同種の事象が発生した例はないとの見解を得ているが、一方で、電磁接触器の構造から、負荷を停止した上で、給電ラインの電源端子と負荷側の電源端子の間の絶縁抵抗を測定することで、その劣化の兆候を発見できた可能性があるため、電気工作物保安規程に基づく1回/年の点検において、給電ラインの電源端子と負荷側の電源端子の間の絶縁抵抗を対象としなかったことが、間接的な原因に該当すると判断した。



①	切替直前まで、負荷は正常に運転しており、異常はなかった。また、外観目視により、異常等がないことを確認している。また、メーカー分解調査において、溶着の痕跡はなかった。
②	切替直前まで、負荷は正常に運転しており、異常はなかった。また、外観目視により、異常等がないことを確認している。また、メーカー分解調査において、溶着の痕跡はなかった。
③	切替直前まで、負荷は正常に運転しており、異常はなかった。また、外観目視により、異常等がないことを確認している。また、メーカー分解調査において、溶着の痕跡はなかった。
④	切替直前まで、負荷は正常に運転しており、異常はなかった。また、外観目視により、異常等がないことを確認している。また、メーカー分解調査において、溶着の痕跡はなかった。
⑤	メーカー分解調査において、部品構成に不備はなかった。
⑥	メーカー分解調査において、一部溶断・溶損が生じているが、火災による二次的な影響であり、問題となる変形・断線はなかった。
⑦	メーカー分解調査において、配線の緩みはなかった。
⑧	切替直前まで、負荷は正常に運転しており、異常はなかった。また、外観目視により、異常等がないことを確認している。
⑨	メーカー分解調査において、非常系側給電ラインの1相の電源端子と負荷側の1相の電源端子固定ネジの間にトラッキングの痕跡を確認した。経年により、絶縁抵抗劣化が徐々に進行する中で、非常系から商用系への切替をきっかけに、トラッキングが発達し、火災に至ったものと推定される。

図1 電磁接触器の内的要因による火災に係る故障解析表 (FTA)

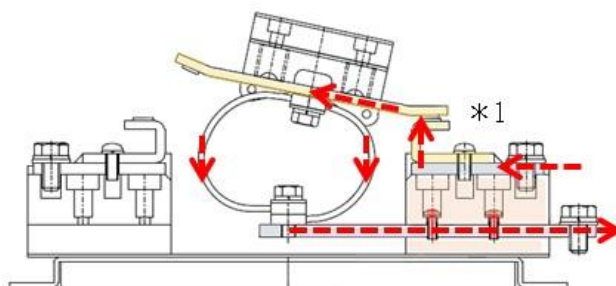
【電磁接触器の構成部品と配置（通常時：商用系から電源供給）】



【火災発生時の電気の流れ】

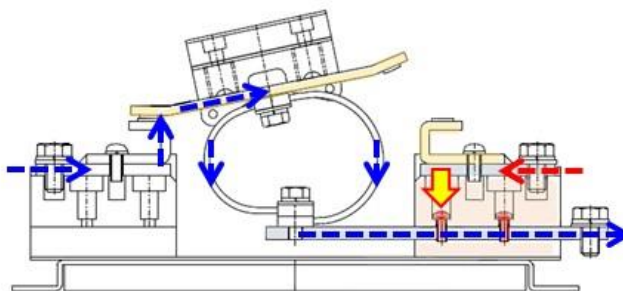
① 9/10 11:00頃（非常系から給電）

*1 非常系側固定電源端子と負荷側固定電源端子における電圧の位相は同じであり、非常系側固定電源端子と負荷側固定電源端子の固定ネジの間に電位差はなく、トラッキングを原因とする漏電が発生する環境にない。



② 非常系から商用系に切替 ※ 火災発生

非常系側固定電源端子と負荷側固定電源端子の固定ネジの間に電位差が生じ、トラッキングを原因とする漏電（⇒）が発生



③ 火災確認後、商用系NFB「切」

商用系NFB「切」により、非常系に切り替わり、上記①の状態に戻ったが、上記②において、トラッキングによる漏電経路が形成されたことで漏電が継続し、過熱により、周囲の可燃物（絶縁板等）が焼損
→ 非常系側電源「切」により通電停止

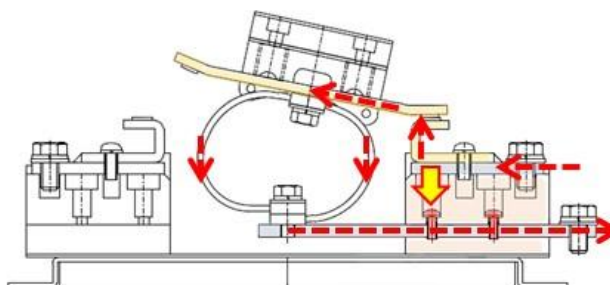


図2 電磁接触器が火災に至るまでの流れ

2020年 9月 9日 水曜日

電力供給日報 (2/8)

項目 時間	E母線 6kV										SC	
	Na 流動	メカトロ機	所内予備	WDF	ボイラ	DCA	情報 センター	情報管理棟	業者団地	SC2	SC4	
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	EB	Na分析 E9	E10	無効	無効
1:00	24	19	0	418	2	20	25	0	25	4	0	1879
2:00	24	18	0	436	1	19	24	0	24	4	0	1885
3:00	24	18	0	435	1	20	24	0	25	4	0	1894
4:00	22	19	0	434	1	19	24	0	26	5	0	1889
5:00	23	18	0	432	2	20	24	0	26	4	0	1880
6:00	22	13	0	416	0	18	24	0	24	4	0	1881
7:00	24	12	0	416	1	19	27	0	26	4	0	1884
8:00	25	13	0	418	3	21	30	0	29	19	0	1913
9:00	39	11	0	430	3	29	32	4	32	30	0	1923
10:00	49	17	0	444	4	121	52	7	121	31	306	2382
11:00	48	14	0	117	4	148	46	9	79	33	478	2400
12:00	49	14	0	116	3	146	46	7	76	35	473	2379
13:00	46	14	0	108	4	144	45	7	75	35	472	2368
14:00	51	14	0	119	3	151	45	8	78	33	470	2363
15:00	49	15	0	116	3	149	43	15	81	33	474	2381
16:00	45	14	0	292	3	149	44	7	77	31	473	2378
17:00	43	13	0	457	3	95	42	7	42	23	472	2264
18:00	40	19	0	421	2	28	42	5	27	14	474	1707
19:00	32	21	0	399	2	26	27	0	21	7	476	1438
20:00	32	20	0	397	1	24	24	0	21	5	475	1435
21:00	28	19	0	398	1	23	24	0	21	5	464	1402
22:00	25	20	0	405	1	22	23	0	20	5	467	1411
23:00	22	18	0	418	2	23	23	0	21	5	462	1396
24:00	23	19	0	415	1	21	23	0	21	4	463	1398
日合計	809	392	0	8457	51	1456	783	76	975	371	6899	46125
日平均	34	16	0	352	2	61	33	3	41	14	247	1707
日最大	51	21	0	457	4	151	52	15	81	33	474	2381
負荷率	66.1	77.8	0.0	77.1	53.1	40.2	62.7	2	21	4	463	1398

	TR2	TR4	外気	室内
最高	39.15	28.68	温度	温度
最低	35.53	25.90	24.85	100.00
平均	37.04	27.40	27.46	100.00

単位: °C

電力監視制御システム メイン画面

アラームイベント履歴
2020年09月09日 00時00分00秒(水) ~ 2020年09月09日 23時59分59秒(水)

No.	時刻	アラーム イベント	管理No.	名称	発生場所	区分	種別	状態	番号種別	発生種別	件数
00007	2020/09/09 18:23:54	アラーム	1811375	非常用直流電源装置 故障	東電研	東電研	ビット状態	復帰	入力ビット	入力ビット	0
00002	2020/09/09 18:21:26	アラーム	18110382	非常用直流電源装置 故障	東電研	東電研	ビット状態	復帰	入力ビット	入力ビット	0
00003	2020/09/09 18:43:17	アラーム	18110382	非常用直流電源装置 故障	東電研	東電研	ビット状態	発生	入力ビット	入力ビット	1
00002	2020/09/09 18:43:17	アラーム	1811375	非常用直流電源装置 故障	東電研	東電研	ビット状態	発生	入力ビット	入力ビット	0

Na分析室は、8:30-17:00以降の就業時間外の電力量は通常24-29kWhの範囲内で推移している。

19:00以降の電力量は20-21kWhとなり、18:03の落雷の影響によりNa分析室電磁接触器の上流のNFBがトリップしたことにより電力量が下がったと想定できる。

北受電所引き込み東電鉄塔落雷による南受電所における警報発報 (発生時刻18:03)

※現場に設置してある直流電源装置による故障内容 (地絡発生)

図3 電磁接触器の上流に位置するNFBのトリップの原因に係る検討結果

1. 電源切換用電磁接触器保守点検要項 (取扱説明書抜粋)

SSKシリーズ電源切換用電磁接触器は、重要回路の電源切替に使用される電磁接触器です。この電磁接触器の性能を十分発揮させ、常に安心してご使用いただくためには、保守点検を行う必要があります。

1) 点検の種類・点検の周期

1-1) 点検の種類
次の3種類に分類されます。

(表1. 点検の種類・周期)

種類	周期	点検の目的と方法
巡視点検	1~2回/週	設備運転状態で、主に感温(目視、鼻触、聴覚)による点検であり、設備の保全と、異常の早期発見を目的に行われます。
定期点検	表2. 参照	電磁接触器の性能維持のために運転停止状態で行われ、性能確認のための動作確認も含まれます。オイルレスメタルを使用しておりますので注油の必要はありません。
臨時点検	随時	不具合が発見された場合に、運転を停止して行われます。不具合部分の改修を目的に行います。

1-2) 定期点検の周期

点検周期は、使用環境により差がありますが、少なくとも2年に一度は点検を実施していただくようお願いいたします。

(表2. 定期点検周期の目安)

	使用環境	点検周期	使用場所の例
1	清潔で乾燥している場所	2年	空調、防塵設備のある屋内設置の状態
2	塵埃、腐食ガス、蒸気等が余り含まれていない場所	1~2年	通常の屋内盤に収納された状態(空調、防塵設備が無い)
3	上記1、2以外の場所	1年	屋外盤に収納された状態

2) 保守点検要項

2-1) 巡視点検に於ける点検は、設備が運転状態で行われるため、前述いたしましたように感覚による項目が主体となります。具体的には、電磁接触器からの異常、異臭、主回路端子部分の変色について点検します。もし異常が発見された場合には、運転を停止し、点検を行って下さるようお願いいたします。

2-2) 設備を停電状態にして実施される定期点検において点検内容と方法、良否判定基準については、表3を参考にして下さい。(なお、安全のため点検作業前に操作回路、主回路が無電圧状態であることを確認して下さい)

(表3. 定保守点検要項)

点検項目	点検内容と方法	判定基準
1 操作コイル機構部	塵埃の除去、潤滑	
	手動ハンドルによる操作 ボルト・ナット類の締付け 状態、ピン類の腐食の有無	動作がスムーズであること ネジ類に腐食のないこと ピン類は腐食のないこと
2 主導電部	主回路電線の熱変色の有無	変色無きこと
	主接触子の状態 主接触指・アーキング接触指 (500A以上に適用)の劣れ	動作状態が良好なこと 接点チップの厚さの1/2が 無くなつたら交換
3 操作制御回路部	補助閉回路の動作状態 配線締付けネジの締め	動作がスムーズであること 締めのないこと
4 開閉動作	手動切替動作(数回)	固執しないこと
	自動切替操作	固執しないこと
5 絶縁抵抗測定	500Vメガオームで測定する	100MΩ以上

2. 電源切換用電磁接触器の寿命について

1) 機器が設置されている環境・使用方法により一律に判断できませんが交換推奨時期として下記2項目を目安としています。

- ①動作回数に定める規定回数(約5万回)を超えた場合
- ②使用開始後、10年を経過した場合

※日本電機工業会より発行されている「電磁接触器の交換推奨時期」に準じます。

表2. 各機器の更新推奨時期

機器	更新推奨時期	備考
配線用遮断器	15年	機器は左記年数で更新を推奨する。
漏電遮断器	15年	ただし、機器には、規格に定める
電流電圧時間閉器	10年	開閉回数等があるので、その場合は
電磁接触器	10年	その時点が交換時期となる。
コンタクト形電磁接触器	10年	
低圧進相コンデンサ	10年	

2) 補足

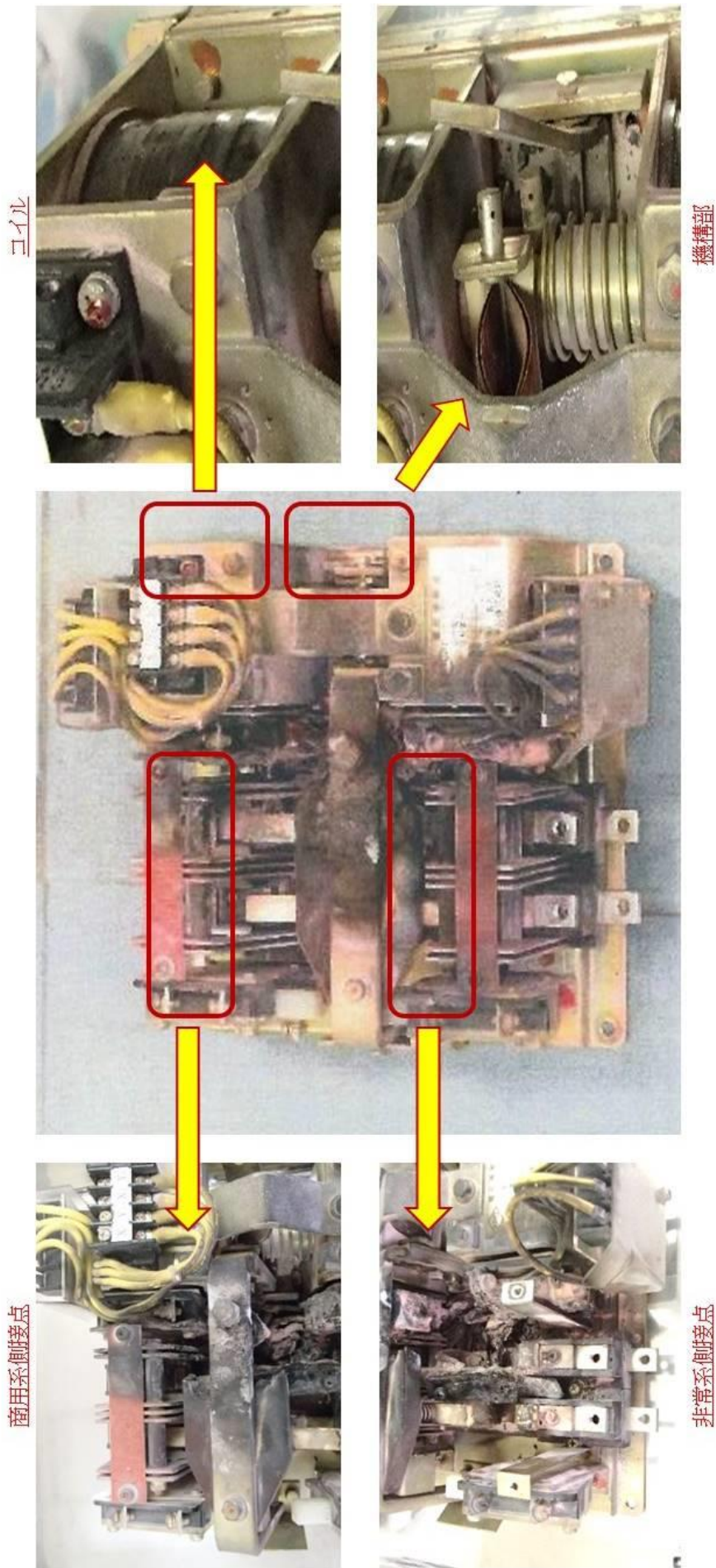
- ①「使用開始10年を経過した製品について、精密点検を実施して異常が無いこと確認すれば使用は可能である。(継続使用期間は状態により異なります。)
- ②「経年による劣化は、絶縁物の枯れ、収縮、塵埃、変色による絶縁劣化、発熱、接点部の温度上昇が考えられますが、定期点検・巡視点検では発見しにくいと考えられます。
- ③「日本電機工業会の『低圧機器の交換推奨時期』では、点検を行って使用した場合に機器の構成材の老朽化などにより、新品と交換した方が経済性を益めて一般に有利と考えられる時期であると記載されております。

図4 製造メーカーの取扱説明書の電磁接触器保守点検要項 (抜粋)

(参考)

電磁接触器の分解調査写真等

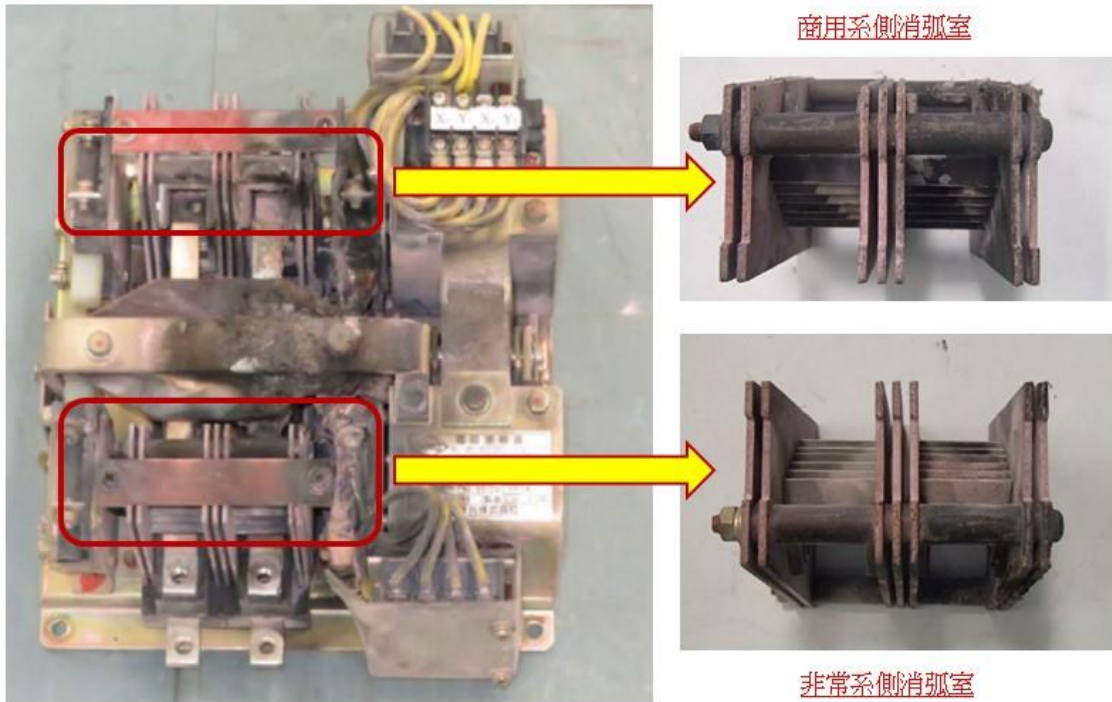
接点部、コイル部及び機構部の焼損状況確認結果



接点	接点の溶着の痕跡はなかった（主接点溶着は発生していない）
コイル	コイルの外装に焼損の痕跡はなかった（操作コイルの連続通電は発生していない）。また、抵抗測定の結果は基準値内であった。
機構部	機構部に焼損の痕跡はなかった。

分解調査写真

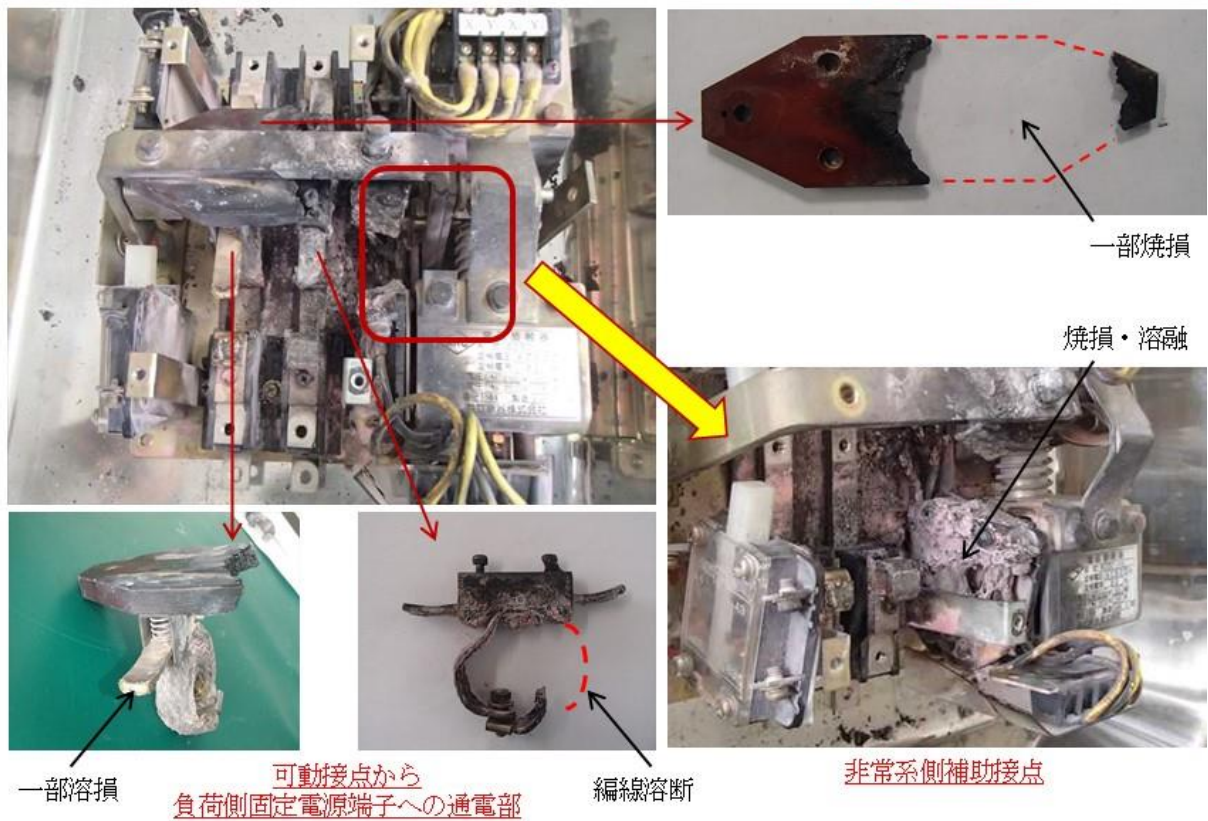
① 消弧室確認



部品構成の異常：無／ネジの緩み：無

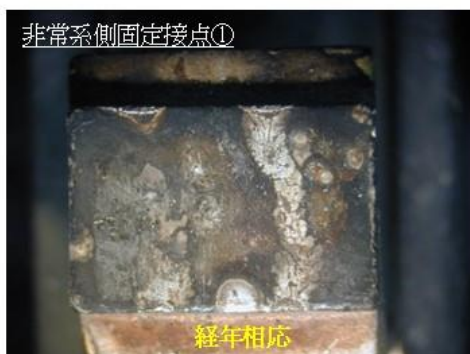
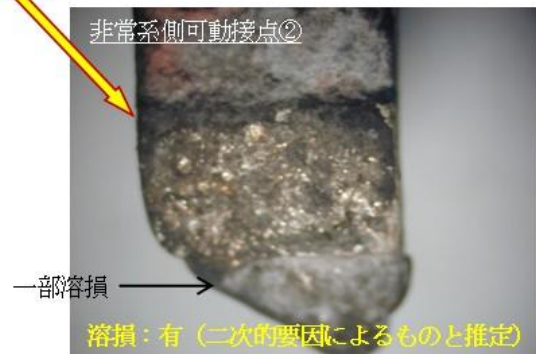
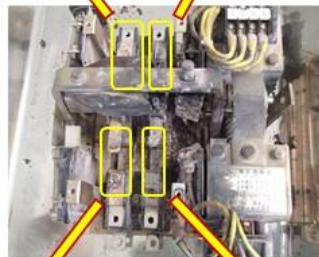
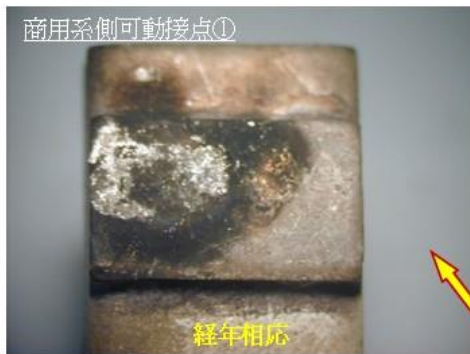


② 焼損部確認



部品構成の異常：無／ネジの緩み：無／溶損等：有（二次的要因によるものと推定）

接点の詳細調査写真



トラッキング発生部の調査写真

【非常系から商用系に切り替えた際に火災発生】

非常系側固定電源端子と負荷側固定電源端子の固定ネジの間に電位差が生じ、トラッキングを原因とする漏電（）が発生

