

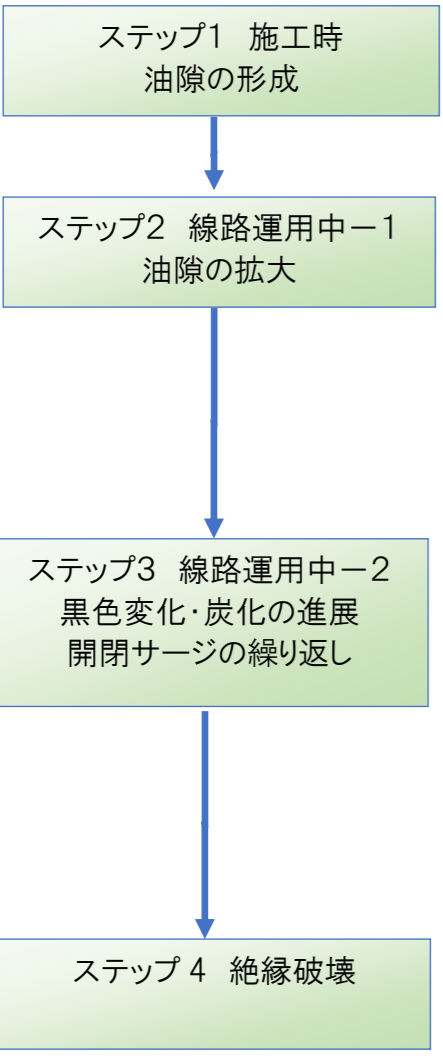
# 絶縁破壊プロセス（推定）と推定原因を踏まえた対策について

調査結果から絶縁破壊プロセスは、以下のようなステップと推定される。

## <破壊に至るステップ>

## <要因>

## <絶縁破壊プロセスの推定根拠>



- ケーブルコア（導体と導体の回りに巻かれた油浸絶縁紙の総称）の自重の影響により、ケーブルコアに幅広補強絶縁紙（ケーブル同士の接続部を形成する際にケーブルコアの回りに巻く油浸絶縁紙）を巻き付ける際に隙間が生じ、そこに油が溜まることにより、油隙（ケーブルコアや補強絶縁紙などの隙間に油が入り込んだもの）が形成(①)
- 通電による熱の影響で、ケーブルコアが接続部内部に伸び出し、下方方向にたわむが、幅広補強絶縁紙は曲がりにくく、ケーブルコアのたわみに追従できないため、油隙がさらに拡大
- ケーブルコアと幅広補強絶縁紙の間で下方方向に広がった油隙において、酸化スラッジ（絶縁油が酸素・硫黄・銅などと結合したもの）・硫化銅（経年により絶縁油に溶け出した微量の銅と絶縁紙から溶け出した硫黄が反応し、生成されるもの）が生成し黒色化（絶縁油中の銅や硫黄、酸素等が反応して化合物となり、絶縁紙にたまって黒色になる現象）。黒色部先端における部分放電の発生によりケーブルコアの絶縁紙が炭化し、幅広補強絶縁紙内側(②)および油隙(③)へ劣化が進展
- 常時運用における課電ストレスに加え、系統切替等に伴う電力開閉によるストレス（開閉サージ）が繰り返し加わったことや東日本大震災の地震動（震度5弱）による油隙の拡大で劣化が進展した可能性有り
- 部分放電の進展により、ケーブルコアの絶縁紙の絶縁性能が低下し、導体と補強絶縁層境界面が短絡(④)
- 補強絶縁層にも劣化が進展しているため、補強絶縁層境界面方向にアークが進展し、補強絶縁層外側にある遮へい線に短絡(⑤)

<X線撮影による油隙の確認>

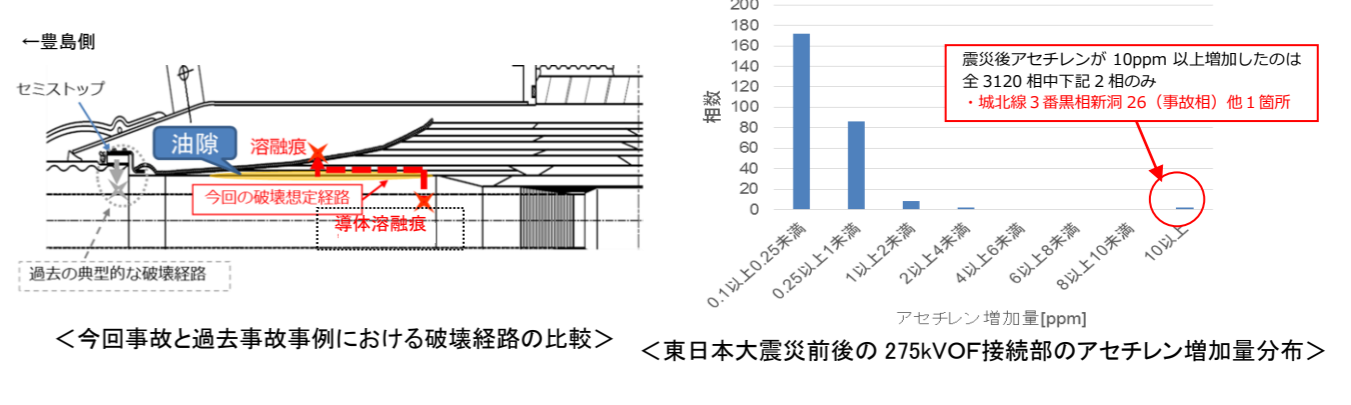
<X線撮影によるケーブルコアのたわみ状況>

<第2ペンシリング部での黒色変化>（新洞23城北線2番白相）

<部分放電による劣化、絶縁紙の炭化・亀裂の発生>

**本事故事例は、過去に例のない絶縁破壊プロセスと想定され、極めて稀な事象**

- 過去の絶縁破壊事故原因の大半は、施工起因による油圧の低下、ケーブルコアのずれ、および施工時に生じたケーブルコアと絶縁紙の隙間であり、破壊部位も設備改修時等に油の流れを止めるセミストップ部近傍が多い。今回の絶縁破壊経路は、弱点部になりやすい箇所ではないため、油圧低下起因を除くと過去に同様の絶縁破壊事例は無い。
- 東日本大震災前後でアセチレンが急増したのは、全3,120相中2相のみであることなどから、他接続部で同様な劣化状態となっている可能性は低いと判断できる。



## 推定原因を踏まえた対策

### 新たな点検管理手法の適用

- 単一の油中ガス分析手法では劣化状態を捉えきれない可能性があるため、複数の油中ガス分析手法を導入し多面的に評価(2017年4月以降)
- さらに常時部分放電測定を導入することにより、確実な再発防止対策を行う

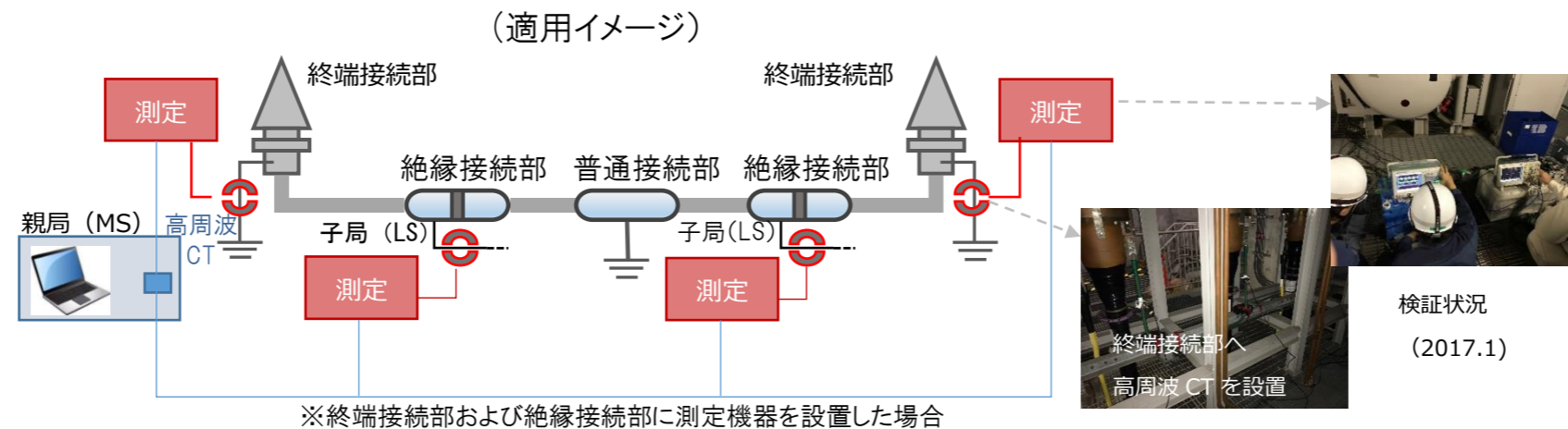
点検手法		現状点検方法	新点検方法
油中ガス分析点検	判定基準	当社判定基準	① ②により判定し、より厳しいランクを適用 ① 電気協同研究第70巻第1号推奨基準 ②サポートベクターマシン※  傾向管理手法の導入(アセチレン・可燃性ガス総量) ・油中ガス濃度の最新値および過去最大値により設備状態を評価 ・同一回線の全接続部および同一マンホール接続部間比較により、他相より大きな値の傾向を示す接続部の管理を強化 ・全線路点検結果をレビューし異常値を抽出(1回/年)
	頻度	1回/6年以内	1回/3年以内
常時部分放電測定		—	外部ノイズを超える部分放電を継続検出時に異常判定。異常判定後詳細調査

表 275kVOF ケーブル中間接続部点検手法

※ 電気協同研究第70巻第1号に紹介された、電力中央研究所にて研究中の油中ガス分析手法。複数の指標を用いて状態を評価するもの。

### 常時部分放電測定

- 275kVOFケーブルについて、油中ガス分析に加え、常時部分放電測定を適用することで、複合的な設備診断を実施
- 継続的な部分放電を検出した際には、発生箇所の特定位置や設備状態の評価による詳細調査を実施
- 2017年3月までに8回線で部分放電測定手法の選定のために検証を実施し、その後、検証結果を踏まえた常設化を2018年6月までに275kV全回線(CV化等除く)で実施する予定



### OFケーブルのCV化計画

- 今後10年以内に約210km、20年以内に累計約520km、30年以内に累計約720kmのOFケーブルを順次CVケーブル化する計画を策定
- 北武蔵野線の2回線は火災の影響を受けたところをCV化したうえで、2017年6月25日に復旧予定
- 城北線ならびに北武蔵野線1回線の全線CV化は他の更新計画や優先順位を踏まえ策定