



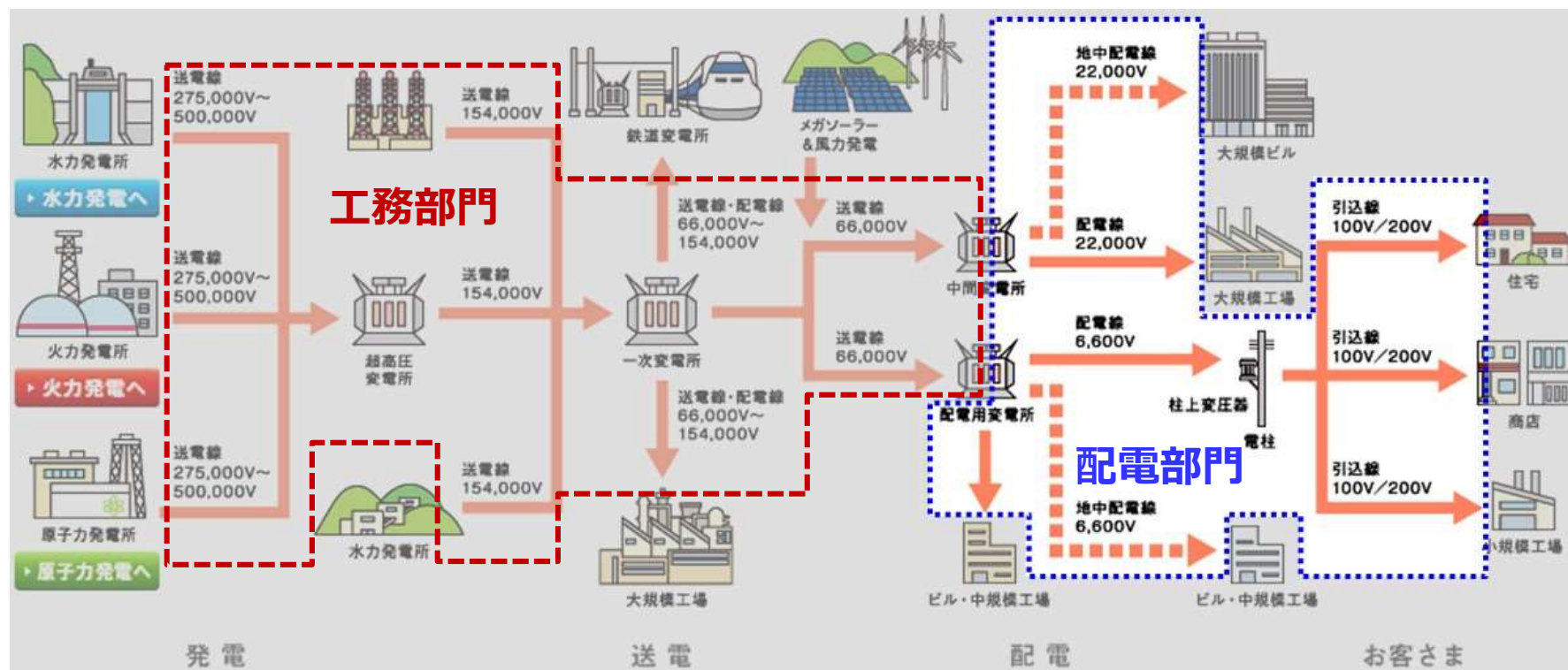
4. 電力設備における劣化診断技術のご紹介について

東京電力PG配電設備の保全範囲



配電部門では、送配電設備のうち、22kV以下の配電設備を管理しています。

- ・鉄筋コンクリート柱 約580万本
- ・電線 約36万km
- ・高圧ケーブル 約3.7万km
- ・高圧開閉器 約47万台
- ・変圧器 約250万台
- ・地中機器（高圧配電箱含む）約31万台
- ・22kV機器 約300基





東京電力PG配電部門は、電力の託送業務を行う一方で、託送業務で得られた高度な設備診断技術を用い、自家用電気設備等お客様設備の保全をサポートいたします。

送配電事業（託送業務）



新事業



電柱点検



設備補修



機器画像診断



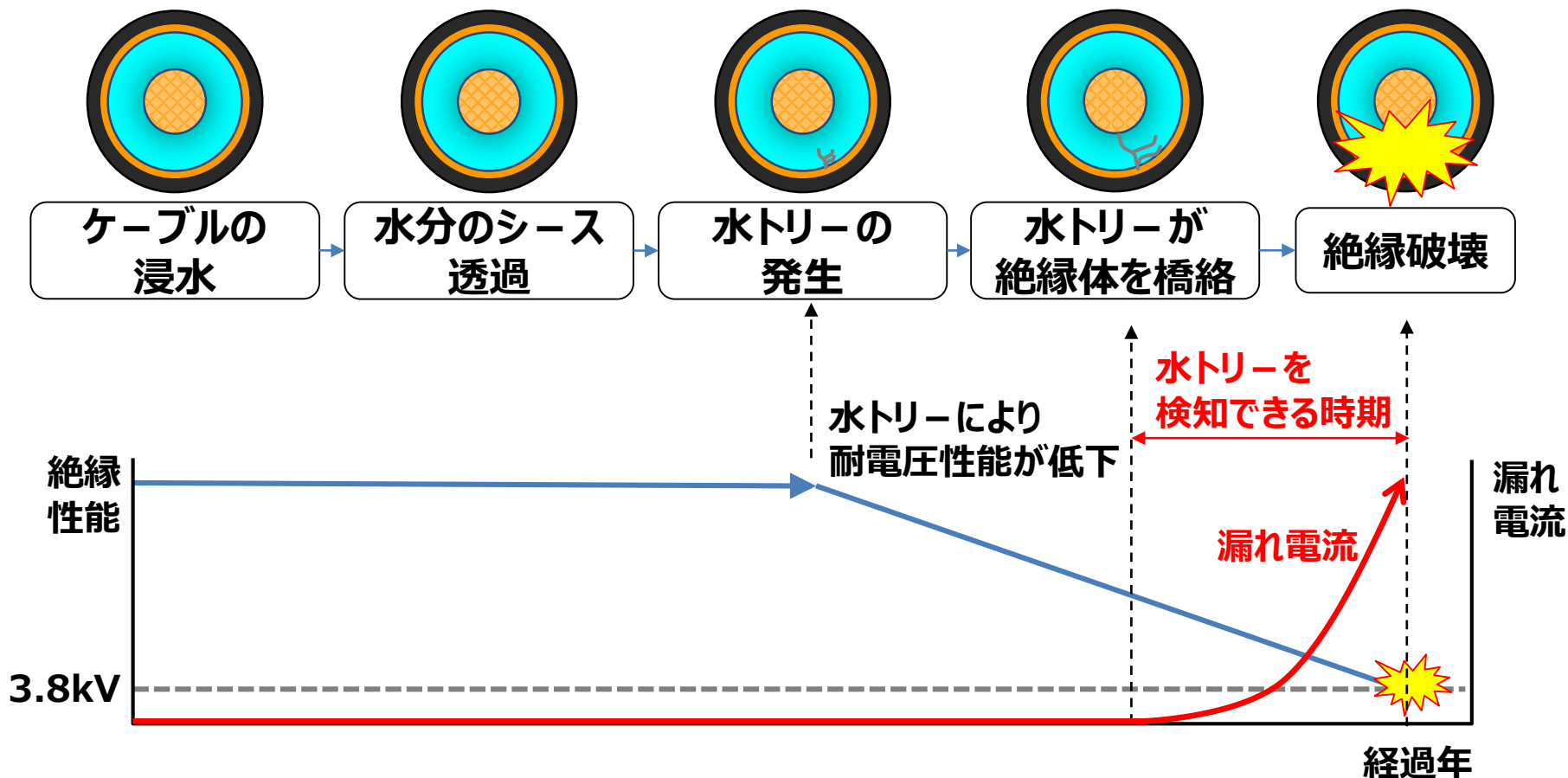
ケーブル劣化診断

お客様設備の保全をサポート

【主な商材】

- ・ ケーブル劣化診断
 - ・ コンクリート柱点検
 - ・ 機器や接続部の画像診断
 - ・ 保全方策のご提案
- その他、ご要望に応じて

水トリー（代表的な劣化）のメカニズムと、トリー進展における絶縁性能の変化



**6kV CVケーブルの劣化検知は
水トリーが絶縁体を橋絡し、初めて検知することができます**

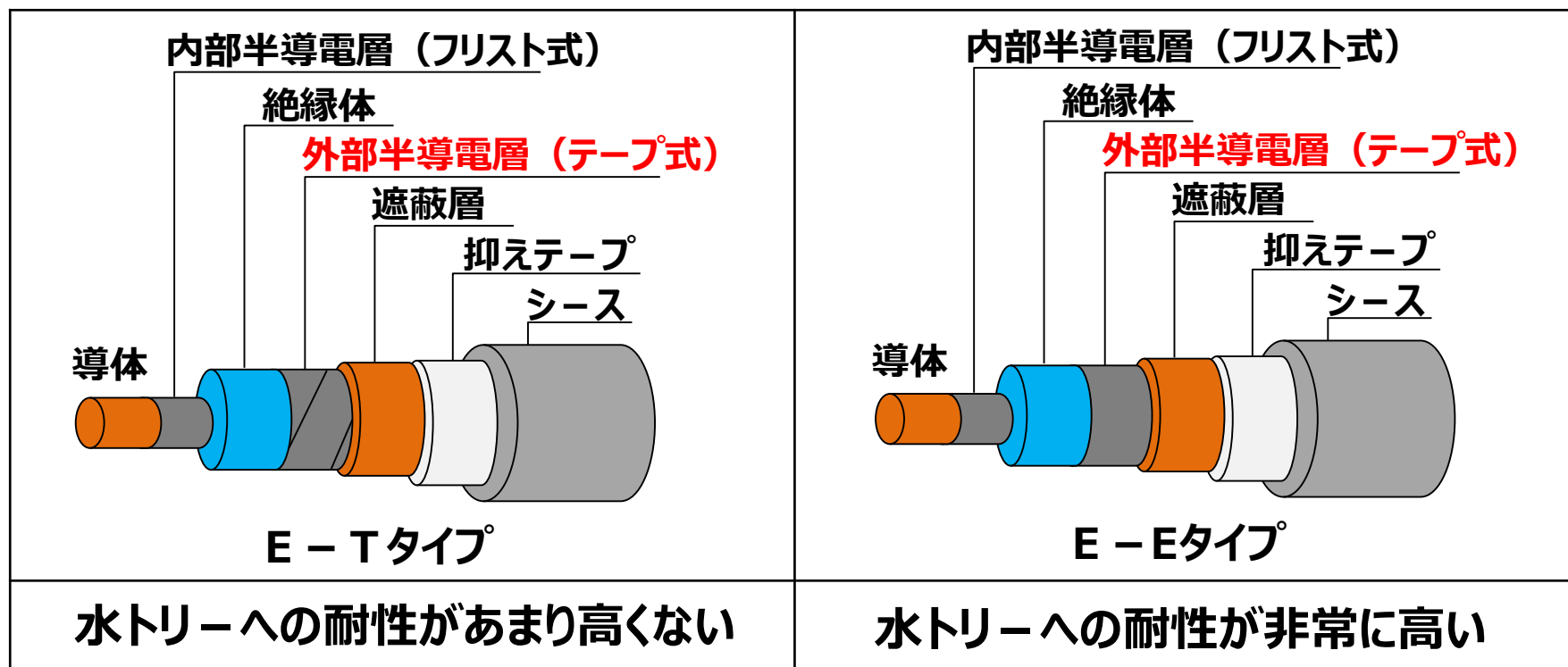
6kV CVケーブルの劣化



6kV/3kV CVケーブルの構造と架橋方式の変遷

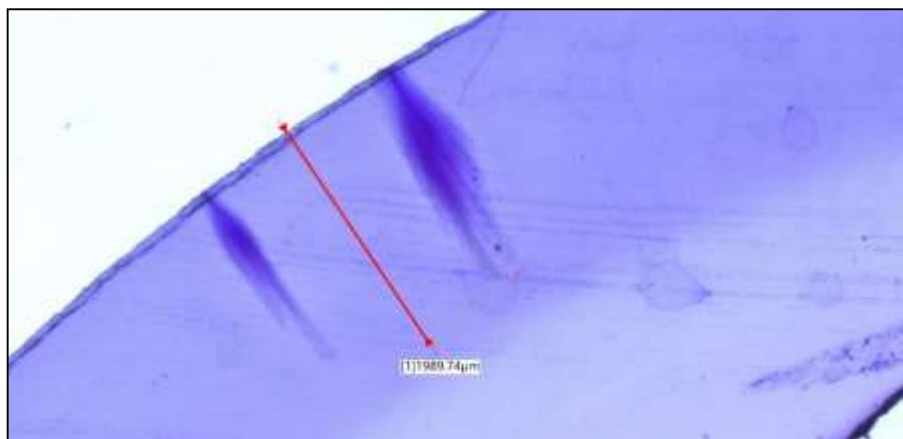
タイプ	内部半導電層	外部半導電層	架橋方式
T-T	テープ式	テープ式	湿式架橋
E-T	フリスト式	テープ式	湿式架橋
E-E	フリスト式	フリスト式	乾式架橋

<ケーブルの構造比較>



劣化した6kV（3kV）CVケーブル

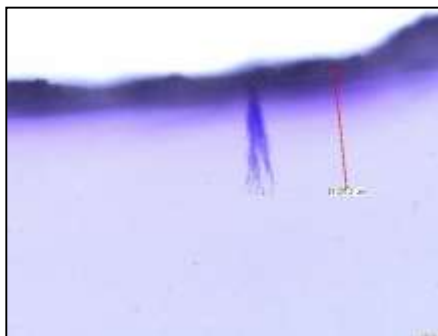
水トリ-は、ケーブル製造時に内在した水分や、水没環境など外部から水分が浸入することで発生します。水トリ-が絶縁体を橋絡することで絶縁破壊に至ります。



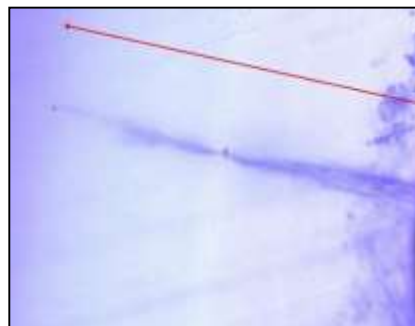
外導トリ-



水トリ-による絶縁破壊事例



内導トリ-



ボウタイトリ-



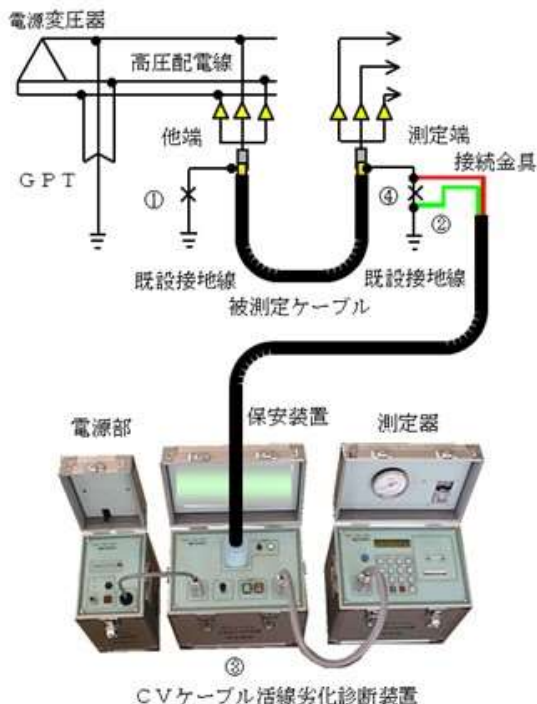
絶縁破壊したケーブルの
遮蔽銅テープ、絶縁体



交流重畳型活線劣化診断

(診断のタイミング：活線のためいつでも可能)

東京電力PGでは、停電診断の回避のため、活線劣化診断技術を開発しました。



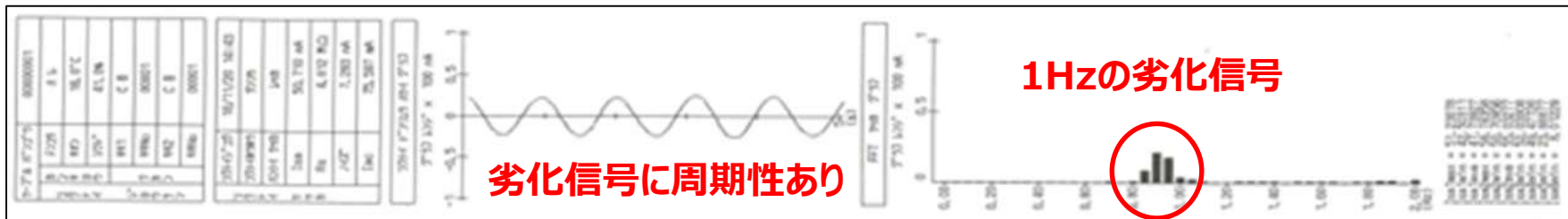
■ 水トリ-の劣化判定原理

水トリ-劣化が進行している絶縁体の電気特性は非線形となります。

交流重畳法は、水トリ-の非線形特性に起因する周波数の変調作用を用いた測定法です。ケーブルの遮蔽層に101Hzの交流重畳電圧を課電すると、水トリ-の変調作用により1Hzの交流重畳電流が発生します。

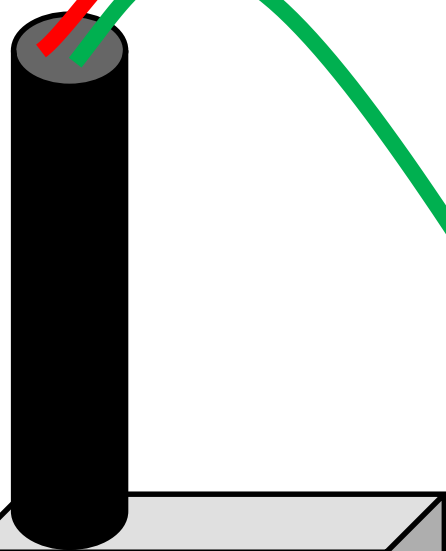
この交流重畳電流の大きさ等から劣化判定を行います。

劣化ケーブルの測定結果



接地線の処理方法について

測定ケーブル



活線診断装置



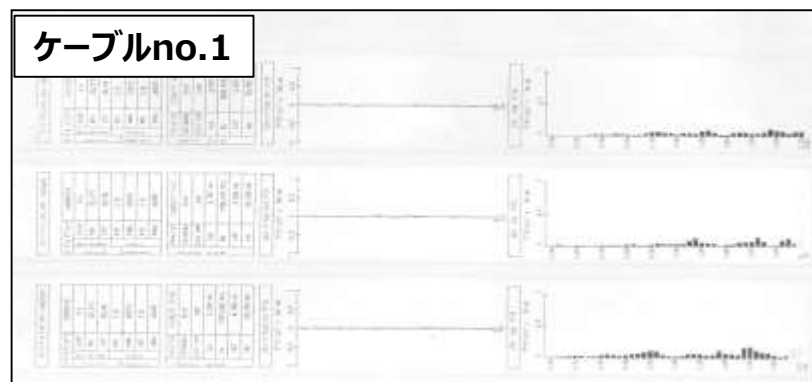
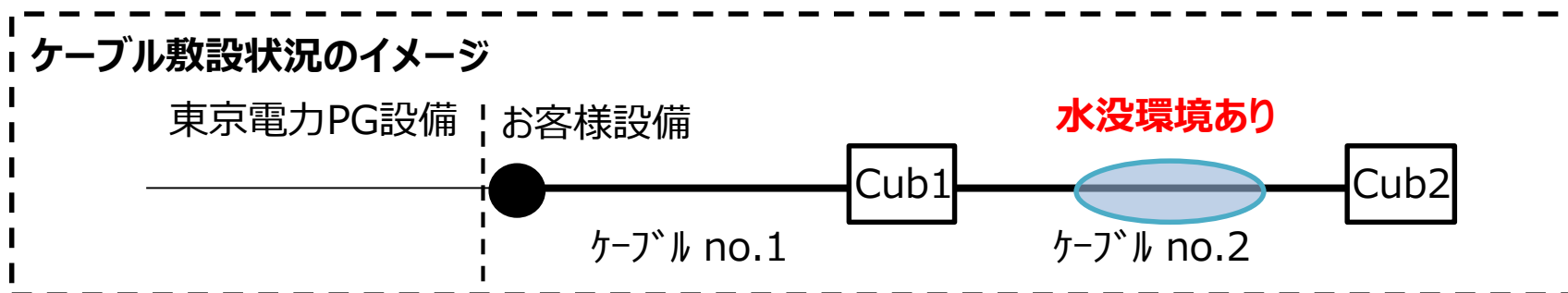
6kV CVケーブルの劣化診断



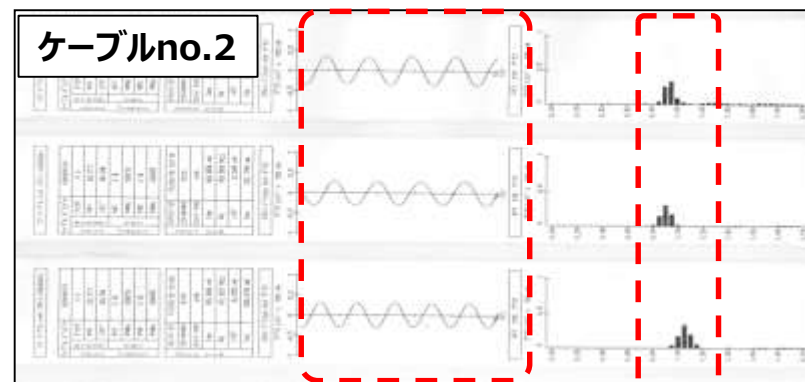
<お客様設備での交流重畳型活線診断 >

要望：5,000Vメガーで管理しており、結果は良である。
20年ほど経過しており心配なので劣化診断を実施してほしい。

結果：『劣化』判定と、『良』判定とがあり、同じ製造年でも劣化状態は異なる。
まだ使えるケーブルと取り替えるケーブルを判別し、設備更新をご提案。



診断結果 ⇒ 劣化信号なし 『継続使用』



診断結果 ⇒ 劣化信号あり 『更新が必要』

同じ製造（施設）年でも環境によって劣化度合いは全く異なる

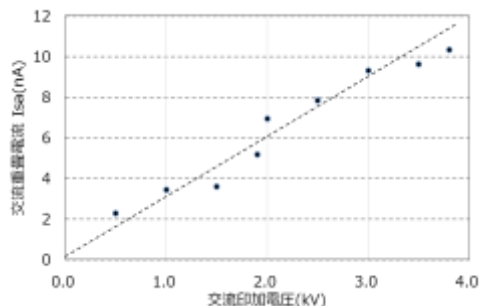
6kV CVケーブルの劣化診断



工場では3kVで運転されている場合が有り。活線診断の有効性を調査。

使用電圧	対地電圧
3kV	1.9kV
6kV	3.8kV

使用電圧と対地電圧の比較



交流電圧と重畳電流の相関

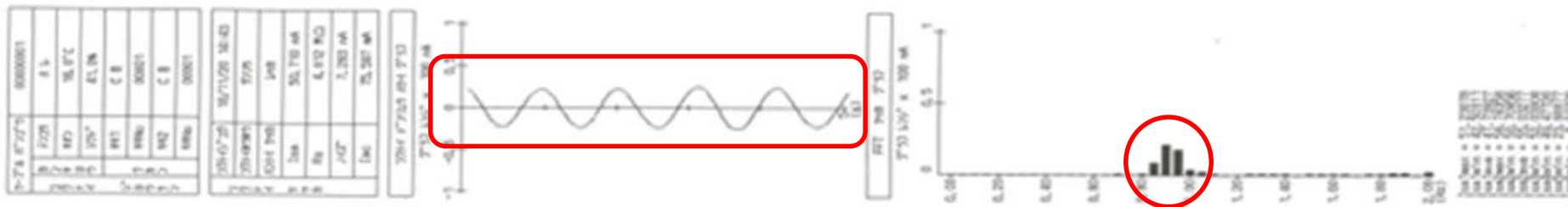


社内試験装置にて検証

水トリーが発生した撤去ケーブルを用いて社内試験装置にて検証。
対地電圧 1.9kV、3.8kVともに交流重畳電流が発生。**3kVケーブルにも適用可能。**

お客さま構内3kVケーブルにて活線診断を実施

診断結果



診断結果：1Hzの劣化信号を検出。3kVケーブルの水トリー劣化を検出

活線診断ができないケース

- ケーブルが両端接地である
⇒ 測定器の原理上、両端接地のケーブルは診断ができない。
- 終端部が上から下に布設されている。
⇒ 接地線を切断・接続する際、誤って材料・工具を落下させた場合、短絡等の恐れがある。
- 終端部が狭隘箇所に布設されている。
⇒ 作業スペースが無いため、測定コード等取り付けができない。安全に作業を行えない。
- 耐火ケーブル（FP・FPC）を使用している。
⇒ 耐火ケーブルはその構造上、交流重畳法で正確な診断ができない。劣化していないケーブルでも【劣化】判定となってしまう。

ケーブル接地線



充電部露出箇所

上記のケースとなった場合は、
停止による**直流漏れ電流試験**による診断が有効と考えます。

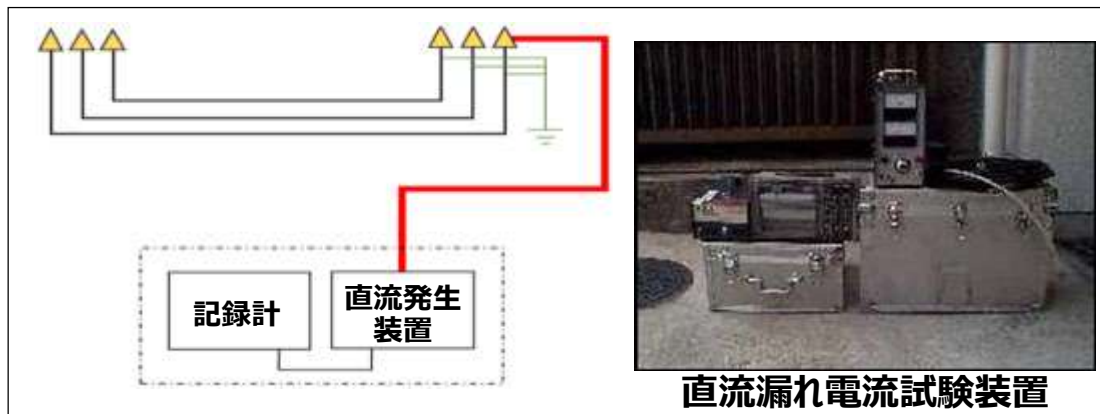
直流漏れ電流試験

(診断のタイミング：定期点検や本診断のための個別停電等)

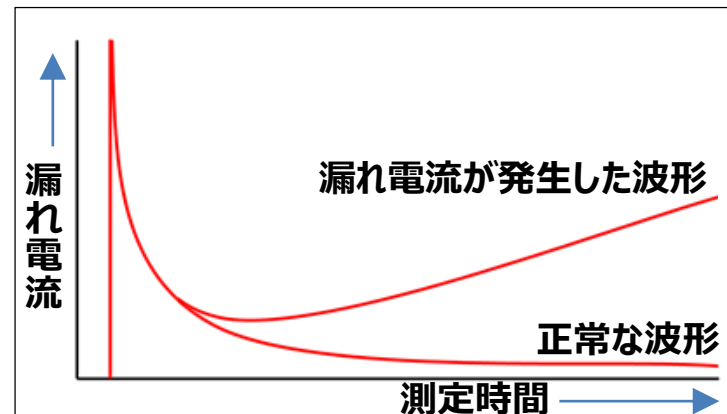
直流漏れ電流試験とは、高圧ケーブルの導体と遮蔽層間に直流電圧を印加し、発生する漏れ電流値の時間特性について測定する手法である。

亘長が長いケーブルや導体サイズが大きいケーブルは、電流値が安定するまでに時間がかかることから、電圧印加から規定時間経過後の値を漏れ電流値として扱われる。東電PGでは下表に示す測定電圧及び測定時間で実施している。

定格電圧	測定電圧		測定時間 (各ステップ)
	第1ステップ [°]	第2ステップ [°]	
AC 6,6kV	DC 6kV	DC 10kV	5分



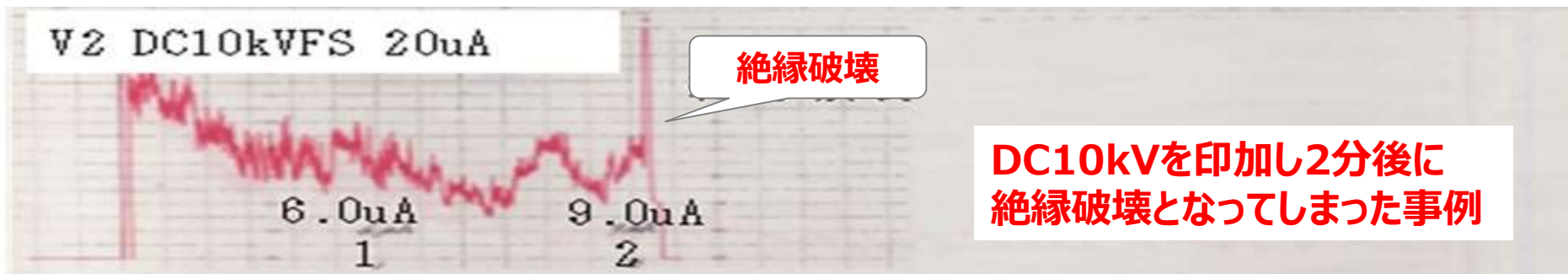
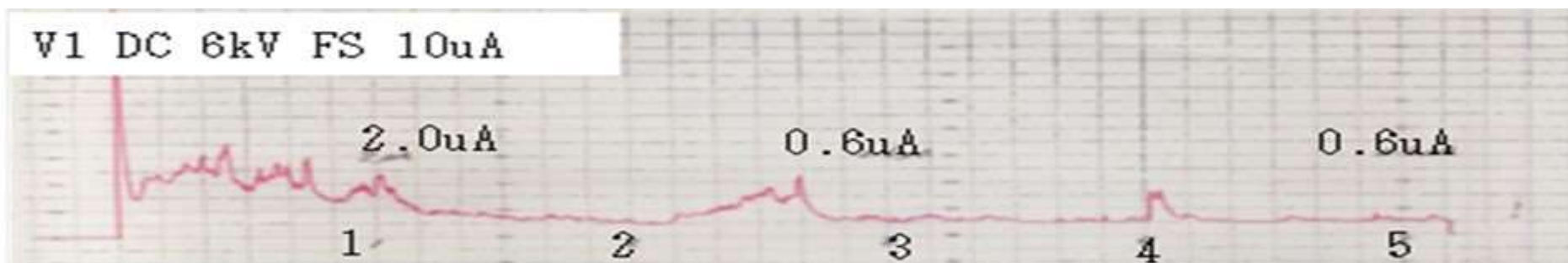
直流漏れ電流試験 概要図



直流漏れ電流試験の波形例

診断時のリスクと課題

定期点検等に合わせて測定を実施。診断終了後には復電を予定。
しかし、劣化が進行したケーブルの場合、直流漏れ電流試験中に絶縁破壊を起こしてしまうリスクがあります。



絶縁破壊を起こすことなく、精度よく診断することが必要

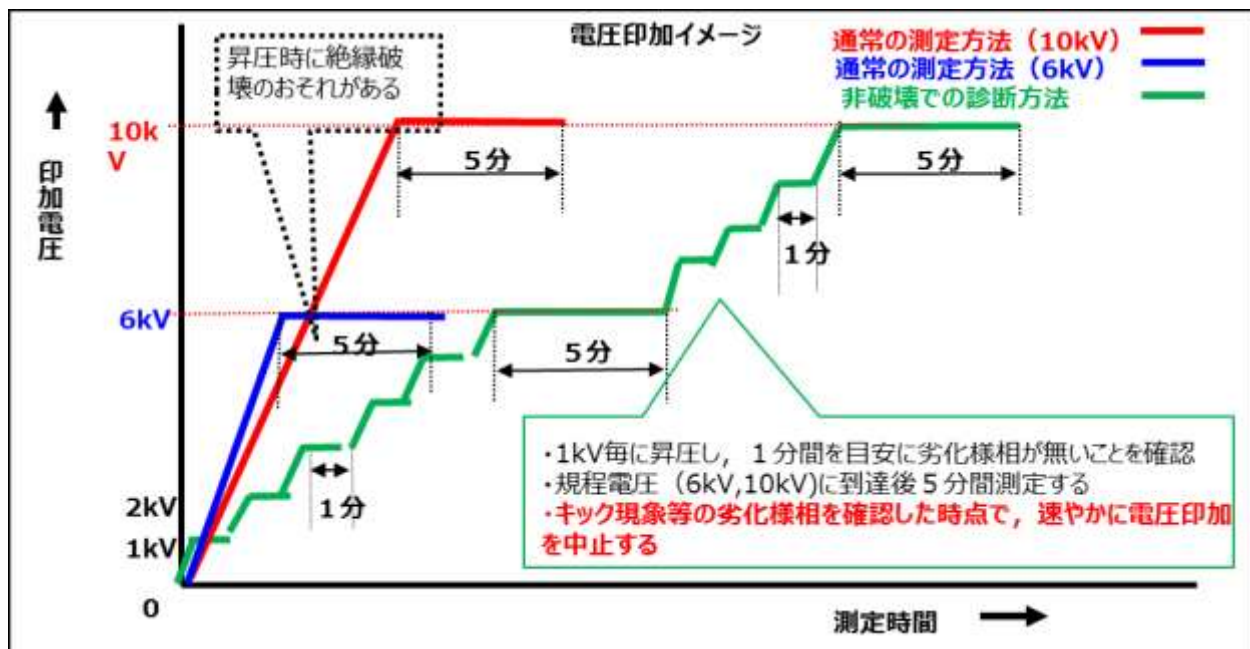
6kV CVケーブルの劣化診断



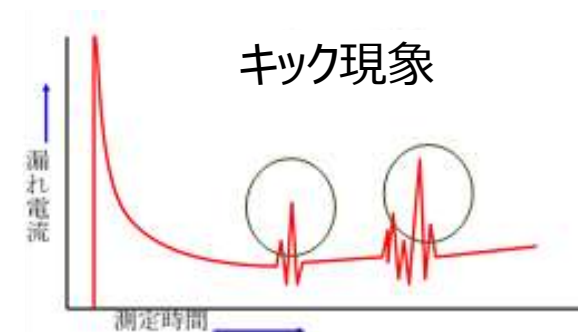
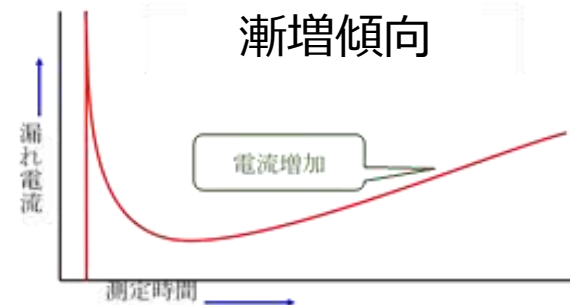
<お客様設備での直流漏れ電流試験 >

要望：復電後は工場の稼働があるため、『測定で絶縁破壊はさせないでほしい』

結果：1kV毎に昇圧するステップ課電法にて絶縁破壊を回避し、精度高く直流漏れ電流試験を実施した



ステップ課電法の概要

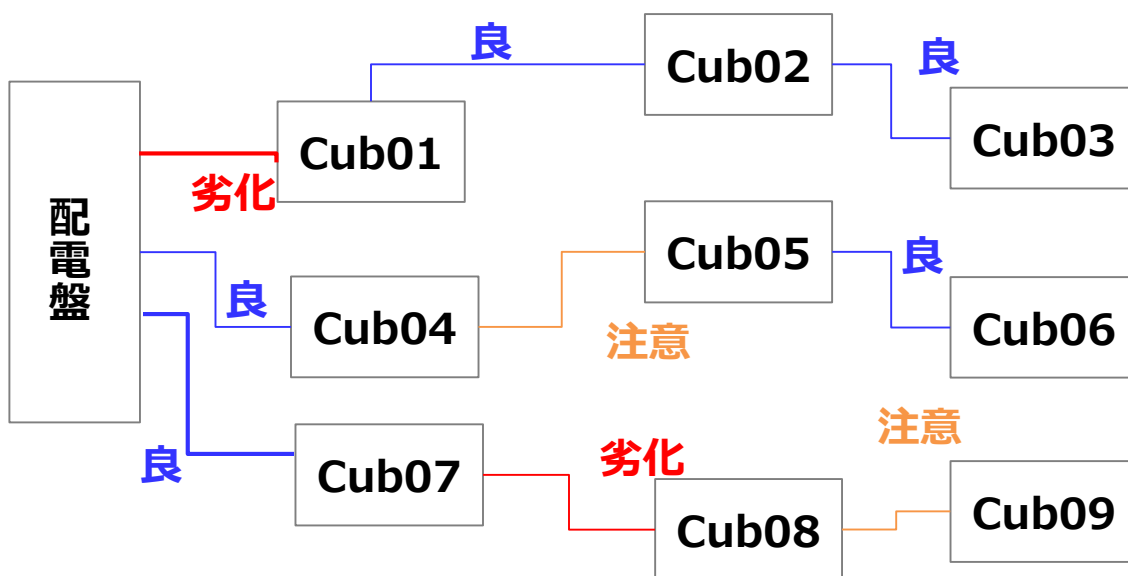


漏れ電流変動のタイミングで直ちに診断を中止することで短期的な継続使用が可能



設備保全のご提案

高圧ケーブルは、施設環境などによって劣化状態が異なります。
ご紹介した劣化診断手法に対し、それぞれ当社独自の判断基準を制定。
ケーブルの劣化に応じて、計画的な設備更新をご提案。



ランク判定イメージ

ランク判定	診断結果
劣化	緊急的な更新
注意	経過観察しながら 継続使用
良	継続使用

突発的な設備故障リスクを低減。投資費用の平準化

- 580万本の管理実績から豊富なノウハウを保有
- 強度低下のメカニズム調査、点検方法の改善。最適な設備維持を実現

鉄筋コンクリート柱は、平野部、山間部、沿岸部など、さまざまな環境に設置されるため、その環境に応じて、さまざまな劣化事象が発生します。



横ひび割れ



合わせ目の劣化



塩害による縦ひびと剥離



塩害による頂部の剥離



電柱の強度低下メカニズム

ヒビの発生
コンクリートの剥離

コンクリート内部
の鉄筋へ至る浸水

鉄筋の
腐食

鉄筋の
破断

コンクリート柱の
強度低下

コンクリート内部の鉄筋が腐食することで電柱の強度が低下します

様々な劣化状況から、その残存強度を判定することが重要

残存強度調査

- 劣化性状と残存強度、安全率について調査

解体調査

- 外観の劣化性状と、コンクリート内部劣化状況の相関について調査

長期暴露試験

- 強制的にひび割れを発生させ、ひび割れの進展や鉄筋への影響について長期間にわたり調査



残存強度調査



解体調査



長期暴露試験

様々な試験を通して、劣化状態に応じた独自の判定基準を策定

鉄筋コンクリート柱の点検



劣化メカニズムの調査や残存性能試験などから、当社基準 + 日本コンクリート工学会基準を組み合わせたお客様設備における判定基準を整備。そのランク判定から、精度の高い設備更新判定を行っています。(学校の防球ネット柱にも適用可能。)

ランク判定イメージ

ランク判定	点検結果
A	緊急的な更新
B	計画的な更新
C	経過観察しながら 継続使用
良	継続使用



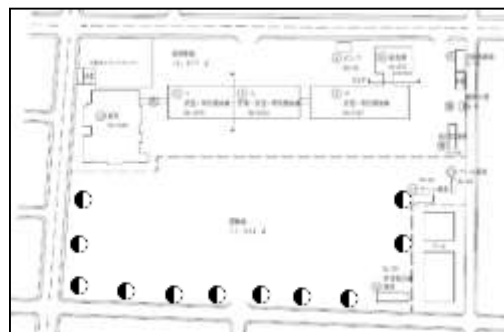
緊急的な更新



計画的な更新



経過観察



柱番号	長さ	設計荷重	劣化状態
○中学-0001	16m	500	良
○中学-0002	12m	350	Aランク
○中学-0003	16m	500	Bランク
○中学-0004	14m	500	良
○中学-0005	16m	1000	良

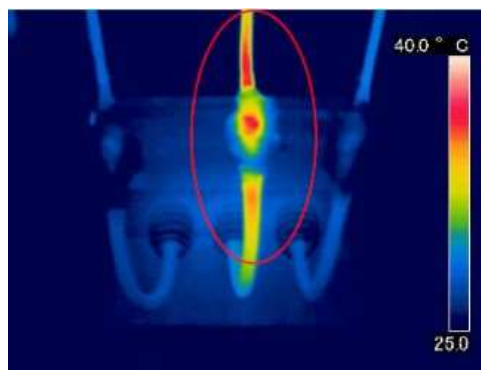
グループ企業にて管理図面・台帳を作成し効果的な
保全計画をご提案します

学校敷地内のコンクリート柱点検

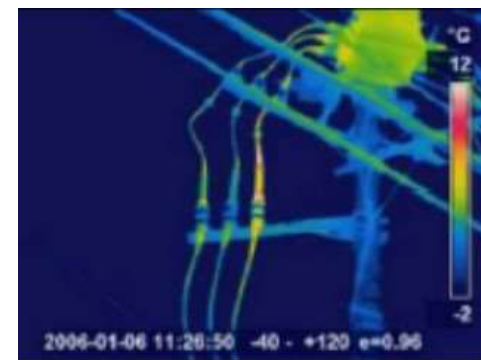
ご要望に応じて、学校以外の公共施設等でも点検可能

熱画像診断

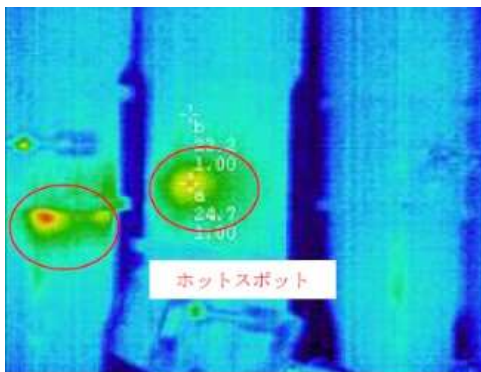
配電機材の接続不良や絶縁ゴムの劣化に対しては、熱画像診断が有効です。
活線状態で不良を捉えられ、事故防止に活躍しています。



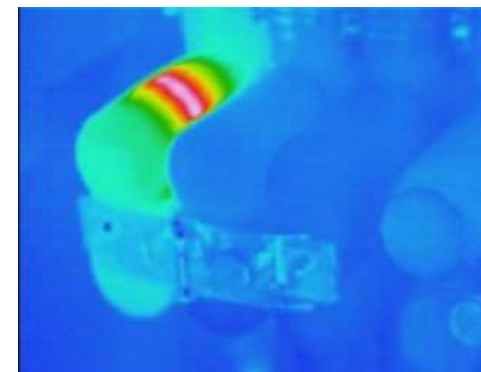
VCTリード線の発熱



ケーブルヘッドの発熱



絶縁ゴムの発熱



断路器投入不足の発熱

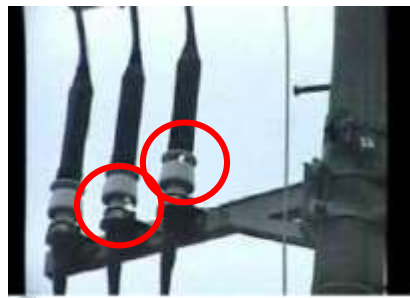


部分放電診断

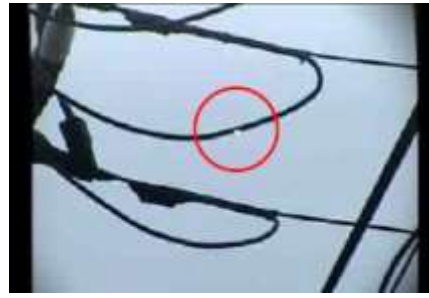
塩害や粉塵の影響がある場合は、コロナカメラによる部分放電診断が有効です。
肉眼では捉えられない、初期劣化の発見に活躍しています。



部分放電カメラ



ケーブルヘッドの放電



開閉器リード線の放電



故障モード変圧器の部分放電



モード変圧器



モード変圧器診断状況

モールド変圧器故障モードと画像診断の有効性

これまでに確認されているモールド変圧器の故障モードは以下の通りです

接続に関する故障モード

変圧器の振動

接続部の緩み

⇒ 本診断にて捉えられる範囲

発熱

絶縁物の
焼損

絶縁
破壊

レヤショートに関する故障モード

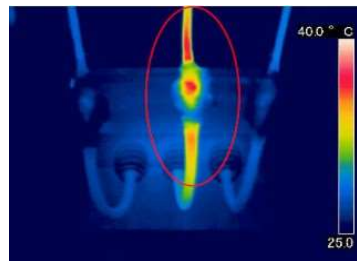
粉塵の蓄積や
モールド内部の劣化

微小間欠放電
(初期～中期劣化)

連続放電
(末期劣化)

絶縁物の
焼損

絶縁
破壊



異常が無ければ、
継続使用可能



異常が無ければ、
継続使用可能



設備診断・コンサルト

- 設備更新計画の作成補助
- 経年設備のスポット点検・診断

故障原因調査

- ケーブル事故点標定
- 解体・測定による原因究明
- 事故防止・波及性の評価

2021年度 主な自家用設備診断・コンサルト実績

内容	件数
電気設備のコンサルト	7
電気設備の性能評価	5
電気設備の不具合調査	3
ケーブル活線診断	7
コンクリート柱点検	1



画像や測定器による機器劣化診断



ケーブル事故点標定実施状況



撤去品の解体や測定による原因究明



電気設備の寿命評価と更新優先順位づけ

設備更新はしたいけど予算がないなあ・・・。
でも故障は避けたいなあ。
どういう優先順位で更新すればいいか？ 分かるといいなあ。



- ・ケーブル更新 10件
- ・変圧器更新 10件
-
-
-

設備管理箇所

点検報告書

東京電力PGにより
点検結果や評価内容をフィードバック



⇒ **劣化状況に応じた 設備更新の優先順位付け**
設備の劣化状況に応じて、設備更新の優先順位付けをサポートします。



1. お打ち合わせ

2. 現地調査

3. 契約

4. 現地測定

5. 報告書提出

1. お打ち合わせ

お客様の電気設備に関するお困りごとやお悩み等のご相談をもとに、
最適な評価方法をご提案いたします

2. 現地調査

お客様の電気設備を現地調査いたします

- ・評価方法のご提案
- ・お見積金額のご提示
(お見積りまで無料です)

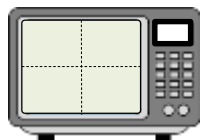


3. 契約

現地調査結果を踏まえ、ご契約いたします

4. 現地測定・診断

日程調整の上、現地設備の診断を実施いたします



- ・ケーブル劣化診断
- ・各種機器 画像診断
(サーモカメラ、コロナ
放電カメラ) 等

各種装置を用いた設備の診断結果を
踏まえ設備の状況进行评估
→**現地設備の健全性を確認**



5. 報告書提出

調査・診断結果の評価内容から報告書を作成しご提出いたします

お客様の電気設備に関する
ご提言が可能です

- ・保安管理体制や法定点検の最適化
- ・法定点検以外の高度な点検
- ・効率的な設備更新計画の策定



- ・各種診断は、**東京電力パワーグリッド株式会社**が実施致します。
- ・ご相談は、問い合わせ窓口は
 - ◆ケーブル診断は、**東京電設サービス株式会社**まで

<問い合わせ先>
東京電設サービス株式会社
地中事業本部
TEL: 03-6371-3410
URL:<https://www.tdsnet.co.jp/>

- ◆それ以外の診断は、**東電タウンプランニング株式会社**まで
お願い致します。

<問い合わせ先>
東電タウンプランニング株式会社
営業部
TEL: 03-6371-1752
URL:<https://www.ttplan.co.jp/>

* 東京電設サービス（株）と東電タウンプランニング（株）は
東京電力パワーグリッド（株）100%出資の子会社です。