

高圧受電設備の地絡事故の 予知検知技術の研究について

2023.10.5

【 レジユメ 】

1. 背景
2. 実証試験について
3. 人口地絡試験設備による検証について
4. 高圧絶縁監視機能付方向性SOG制御装置について
5. 参考資料

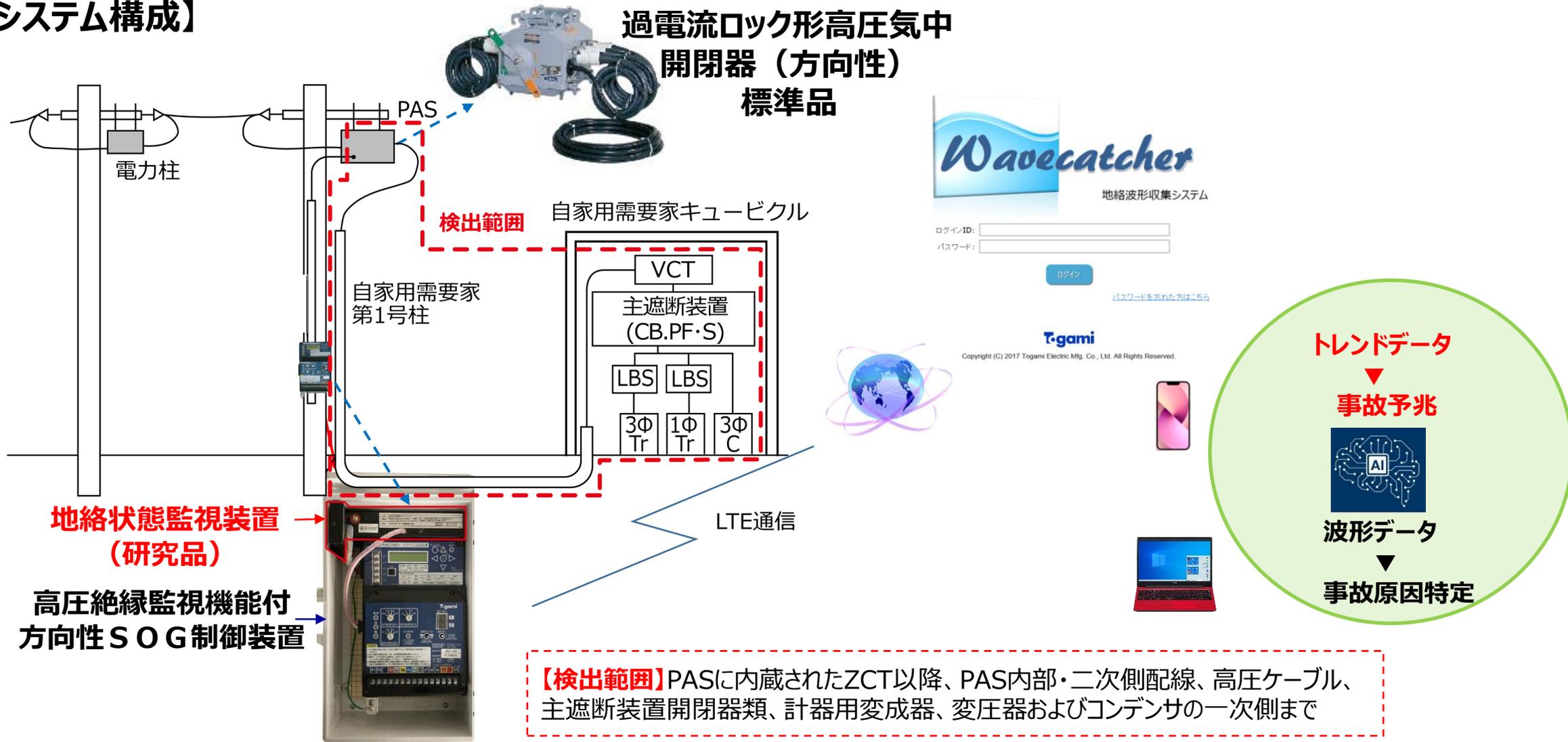
1. 背景

高圧受電設備の地絡事故の予知検知技術の研究の背景

- ・高圧受電設備で地絡事故が発生するとS O G制御装置付過電流ロック形高圧気中開閉器（P A S）が動作し、突発的な停電が発生し、大きな損害が発生するため、**地絡事故に至る予兆（微地絡）を監視することで地絡事故を未然に防止できる技術開発が望まれていた**
- ・万一地絡事故が発生した場合、微地絡を検出した場合の**調査・復旧時間を短くするための事故原因特定技術の確立が望まれている**

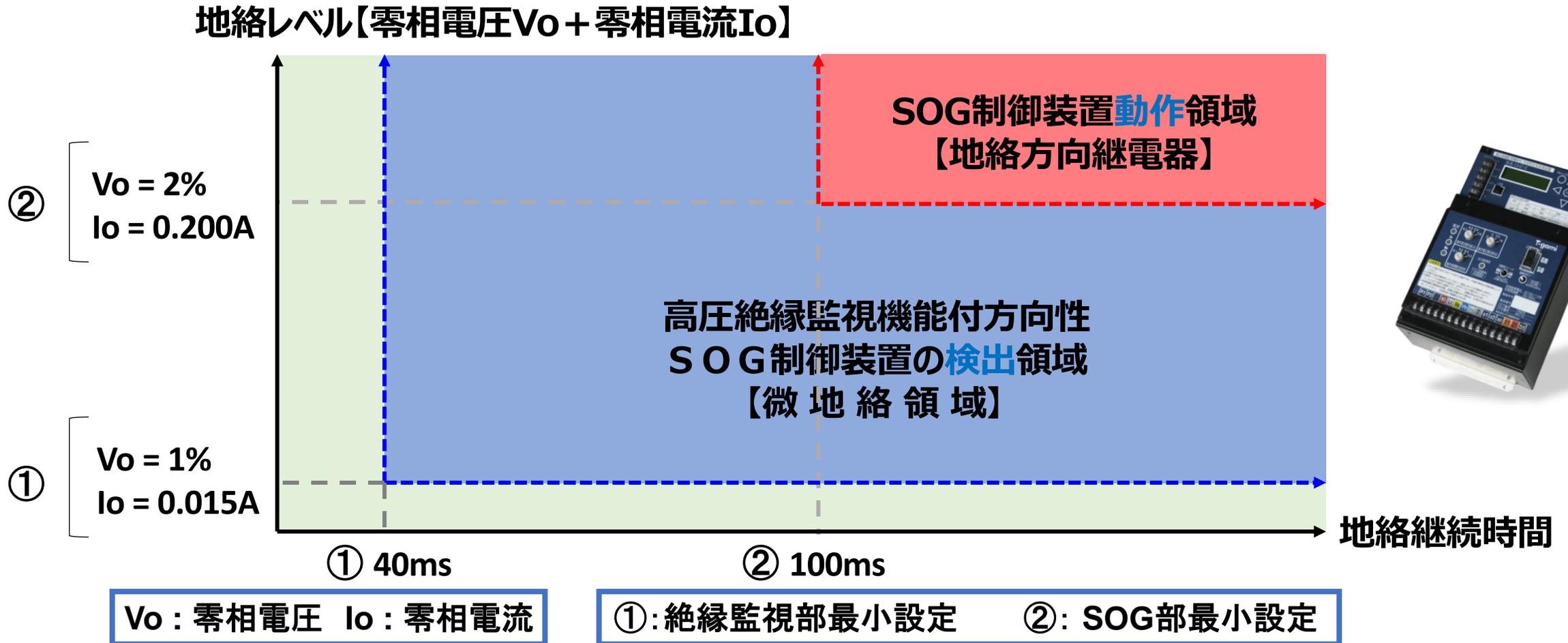
2. 実証試験について

【システム構成】

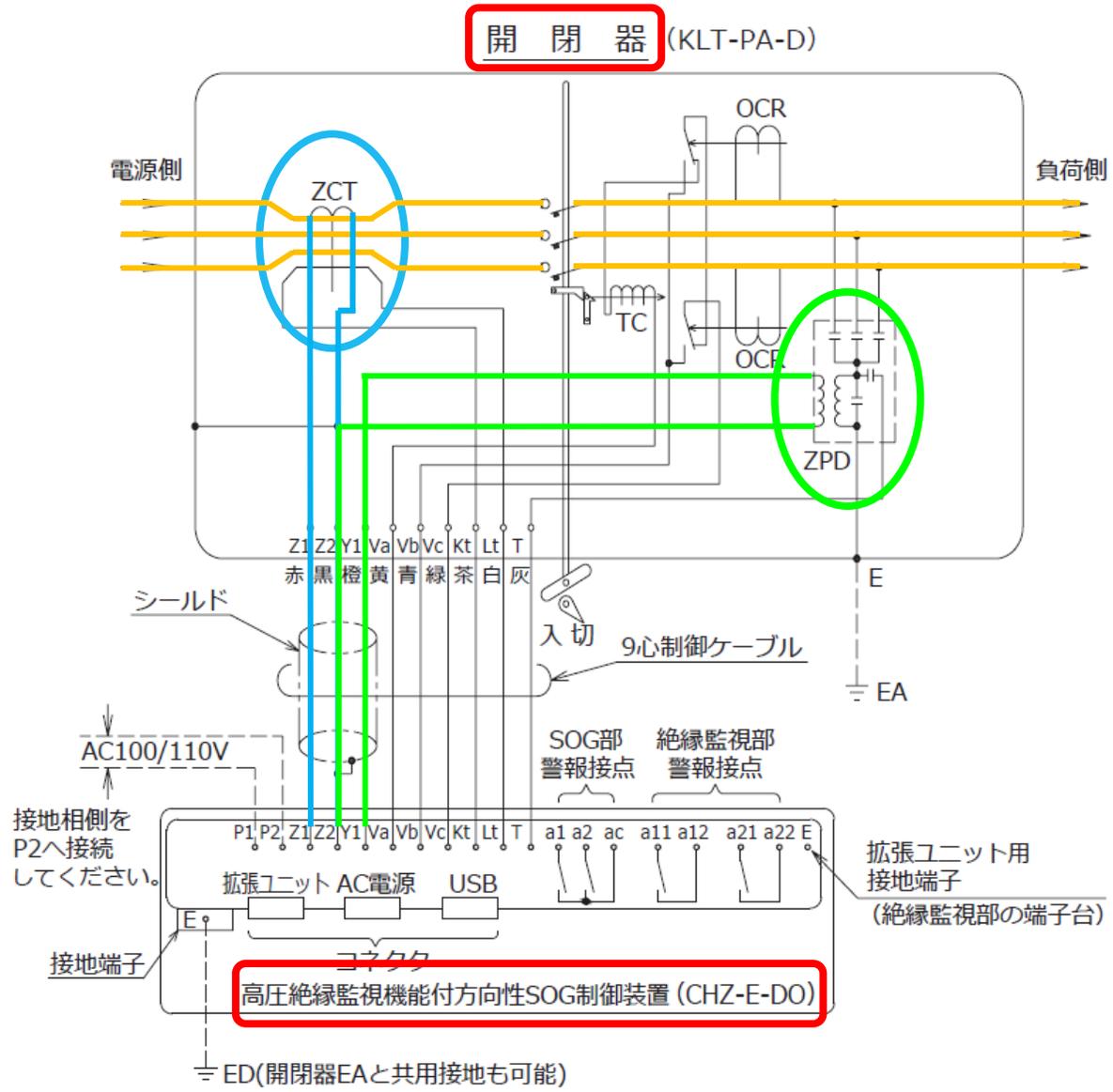


2. 高圧絶縁監視機能付方向性SOG制御装置の検出レベル

SOG制御装置で検出できる地絡レベル及び継続時間よりも、小さい範囲を検出することが可能。



2. 開閉器と高圧絶縁監視機能付方向性SOG制御装置の接続図



警報接点 (SOG部)
a1-ac : 地絡・過電流共用 (閉路時間 : 0.5秒)
a2-ac : 自己診断 (閉路時間 : 0.5秒)

警報接点 (絶縁監視部)
a11-a12 : 微地絡 (閉路時間 : 0.5秒)
a21-a22 : 自己診断 (閉路時間 : 0.5秒)
※絶縁監視部の警報接点は、設定により出力条件を変更することができます。

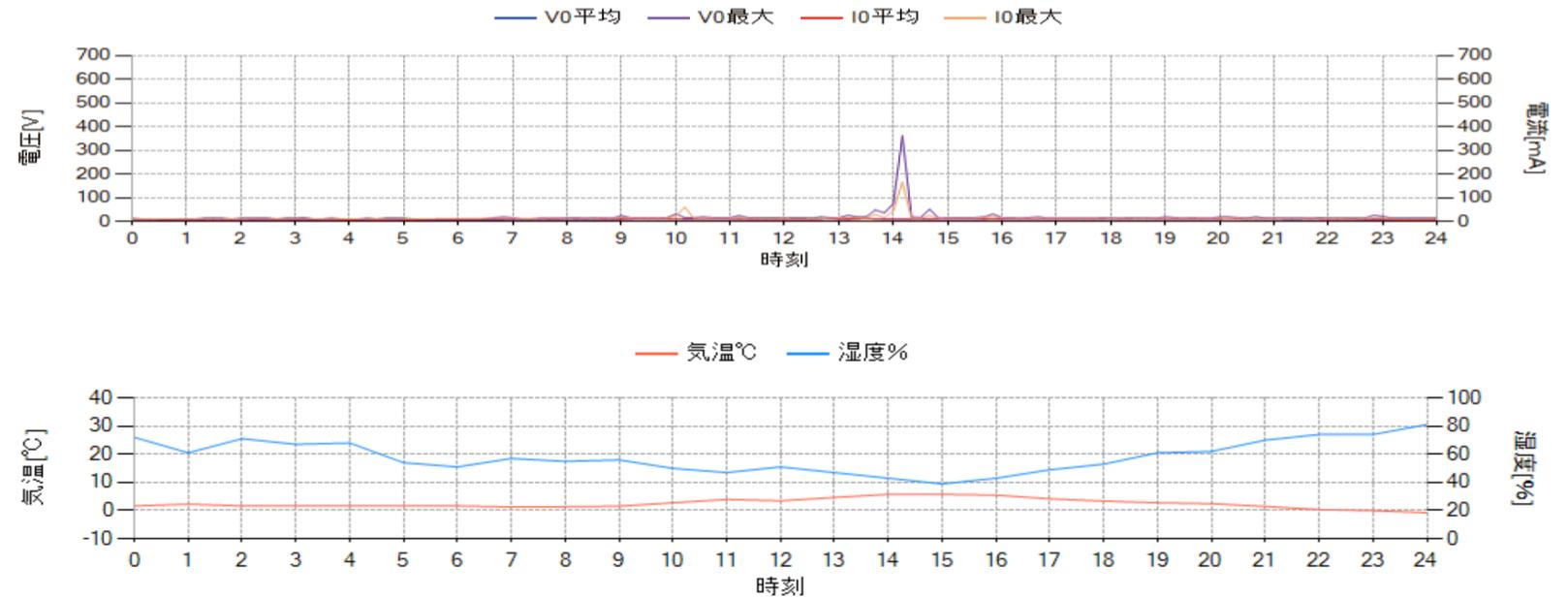
ZCT : 零相変流器
OCR : 過電流ロックリレー
TC : トリップコイル
ZPD : 零相電圧検出器

- (注)
1. 端子配列は実物と異なりますので、ご注意ください。
 2. 開閉器の制御ケーブルの名線および制御装置の端子部は、色別して端子記号を表示していますので、誤接続のないよう確実に接続してください。
 3. Z2はすでに開閉器内で接地されていますので、新たに接地をしないようご注意ください。

2. 地絡状態監視装置でのデータ収集 ①

◆トレンドデータ：定期的にVo、Io値を取集することで地絡事故に至る予兆検知技術の確立を目指します

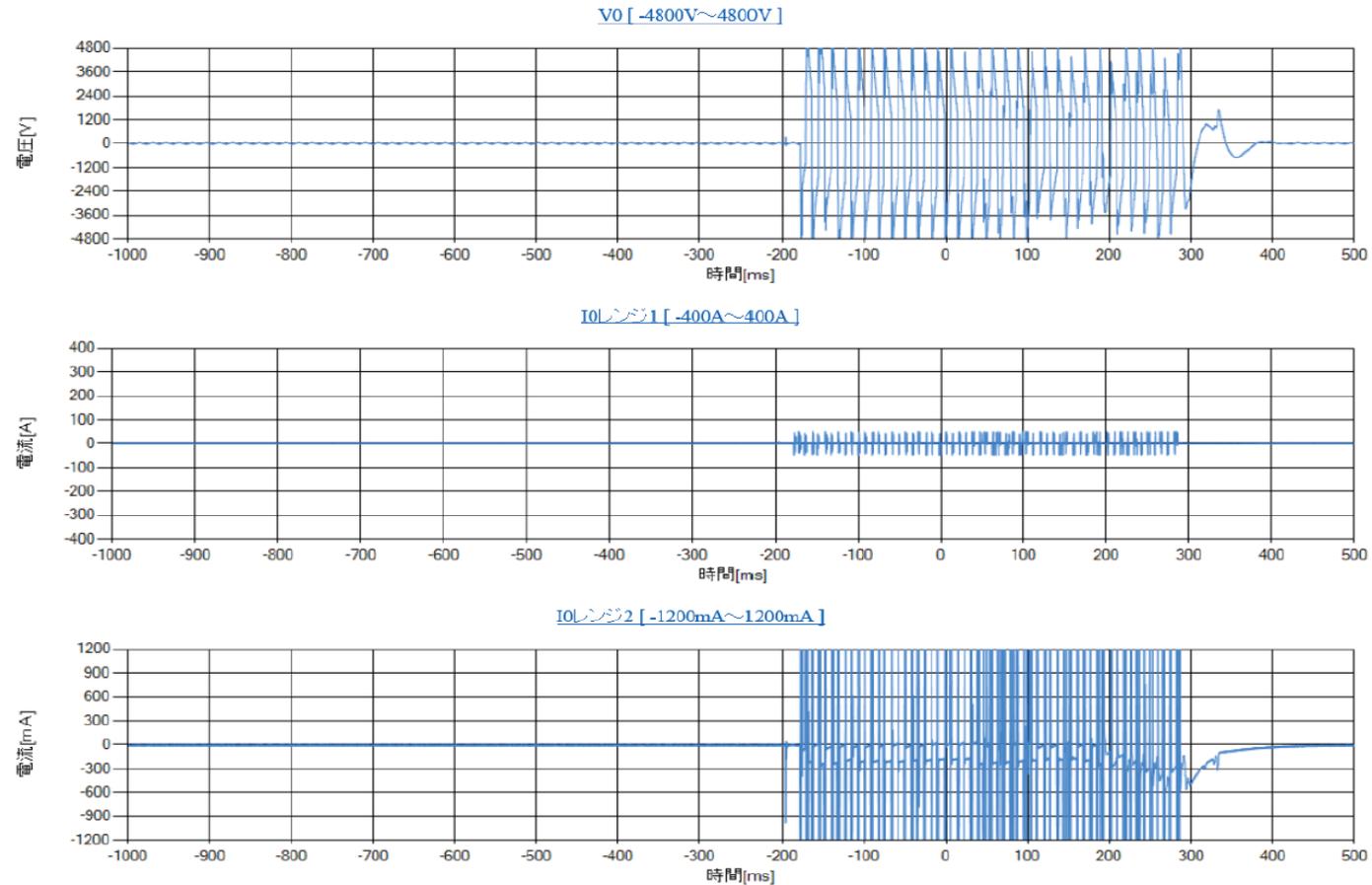
- ・10分ごとにVo、Ioの平均値、最大値を算出し、60分周期で地絡状態監視サーバへ送信
- ※地絡時には機器電源復帰、あるいは発電機などによる電源供給により未送信データを送信します。



2. 地絡状態監視装置でのデータ収集 ②

◆地絡・微地絡の波形データ：波形の形により地絡・微地絡の原因特定技術の確立を目指します

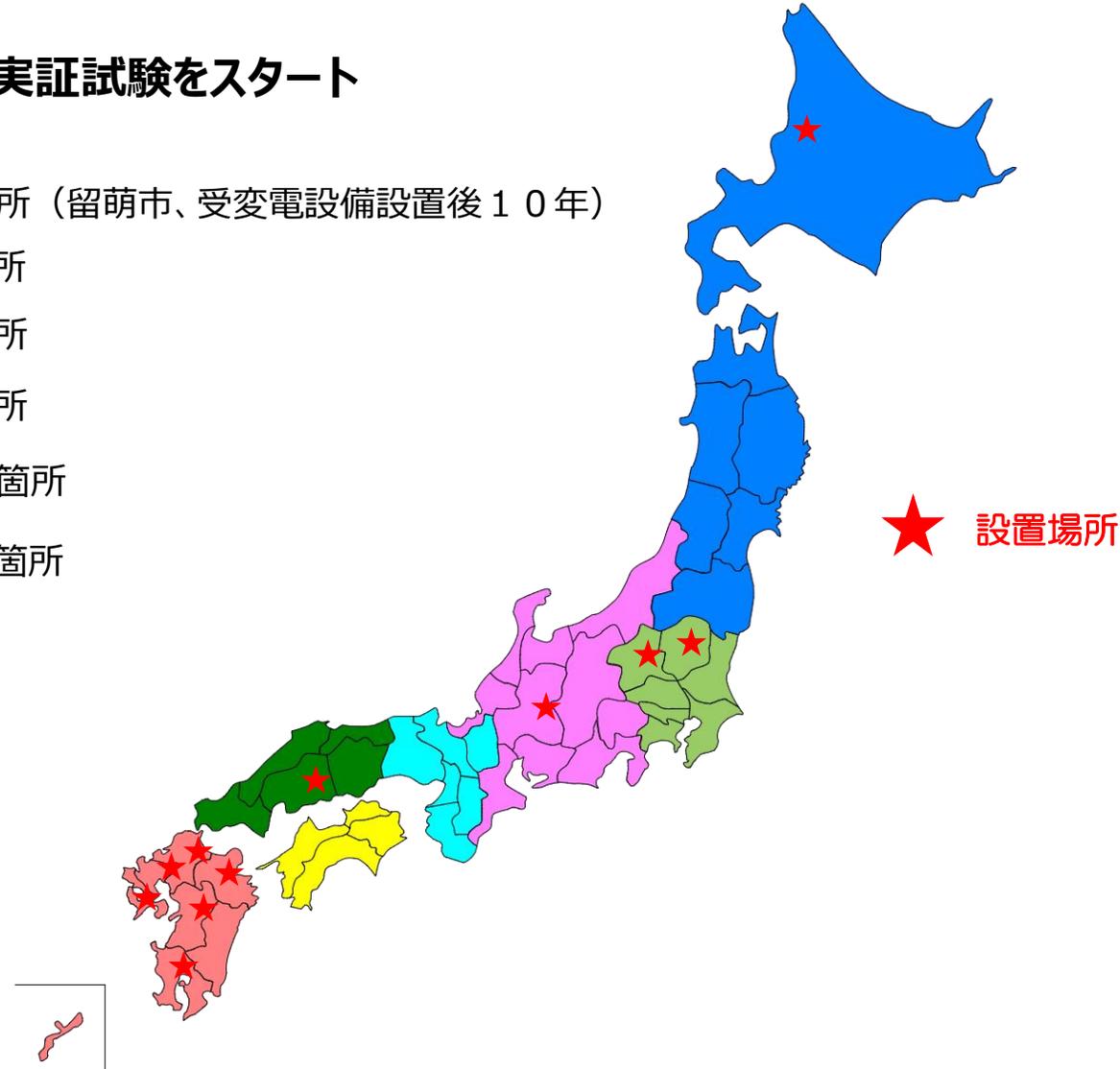
- ・微地絡・地絡検出前後の1.5秒間(前1秒+後0.5秒)の V_0 、 I_0 を計測
- ※地絡時には機器電源復帰、あるいは発電機などによる電源供給により未送信データを送信します。



2. 現在の実証試験のエリア

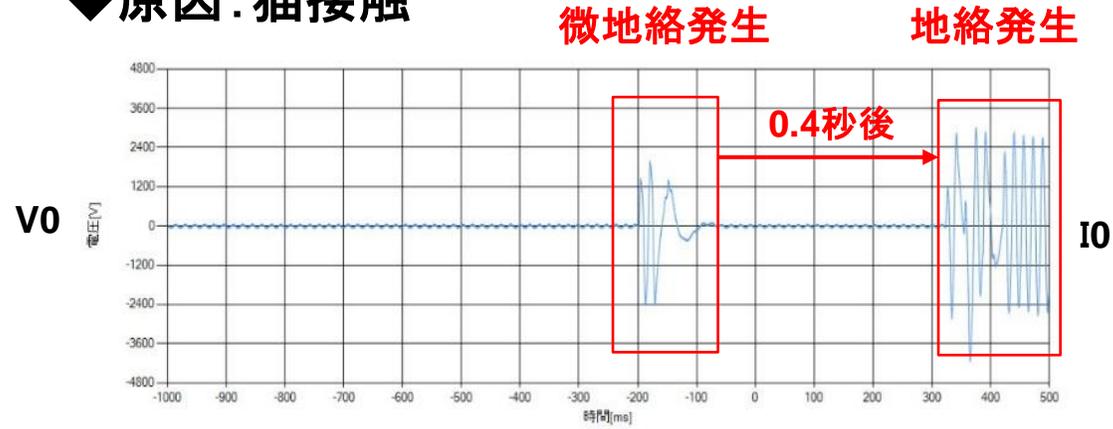
◆2022年3月～実証試験をスタート

- 北海道エリア：1箇所（留萌市、受変電設備設置後10年）
- 関東エリア：5箇所
- 東海エリア：2箇所
- 中国エリア：2箇所
- 九州エリア：23箇所
- トータル：33箇所

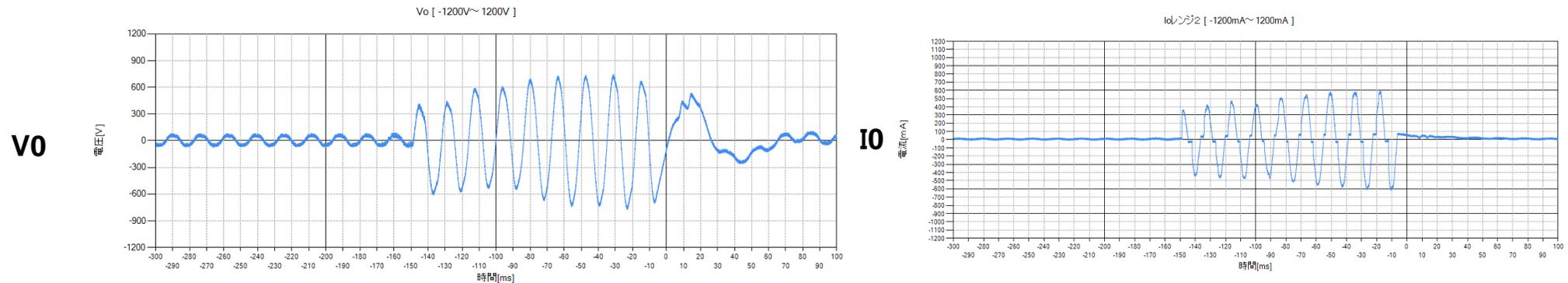


2. 実証試験で得られた地絡・微地絡波形データ ①

◆原因: 猫接触

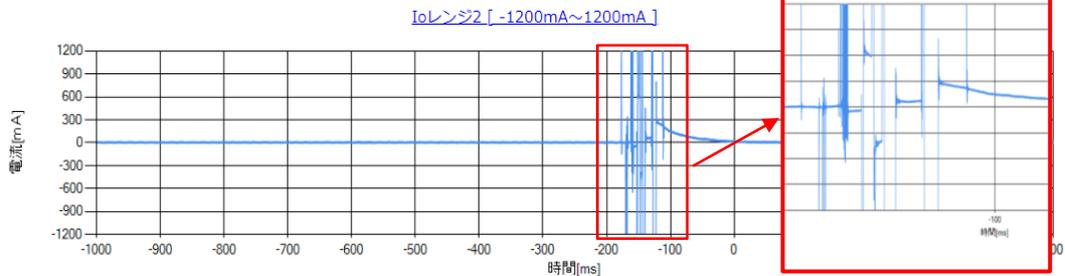
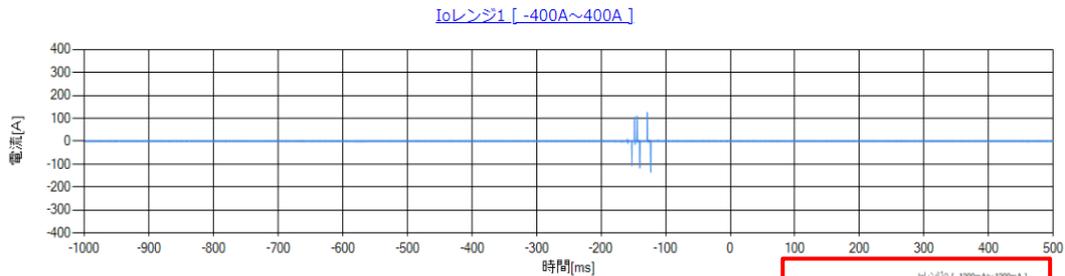
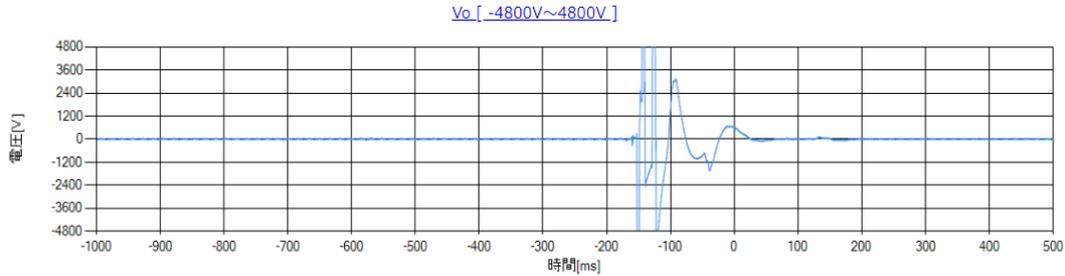


◆原因: 鳥接触 微地絡発生



2. 実証試験で得られた地絡・微地絡波形データ ②

◆原因: ケーブル(CVT22:2012年製)の水トリーが原因と推定 **微地絡発生**



2022年11月13日 16時15分

①定期点検にてCHZで微地絡ログを検出



<ログデータ>
Vo OVER
Io OVER
PH 87度

②1000V メガー測定⇒R相 600MΩ

2022年12月20日

③ケーブル交換前に現地にてケーブルを測定

ハイビットメガー 3相一括 3000V印加で電流値増加

ハイビットメガー 3相一括 10000V印加でリーク音発生

④ケーブル交換

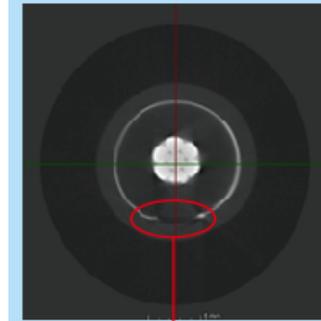
⑤微地絡発生ケーブルを戸上電機にて

1000V メガー測定 R相 40MΩ(2回目 190MΩ)

A社(九州)のCHZにて、微地絡ログを検出していたため、停電日を事前にユーザー様と協議していただき調査した結果、ケーブル地絡に至る前にケーブル交換を実施し、**ケーブル地絡事故を未然に防止**することができました。

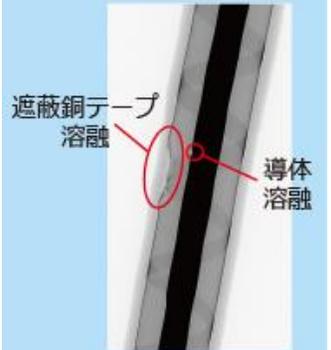
定期点検時などにCHZの微地絡ログデータを確認いただくことで、電気設備更新、メンテナンスの**“タイミング”**の**一つの目安**として利用することができます。

【CT画像】



遮蔽銅テープ溶融部

【X線画像】



遮蔽銅テープ溶融

導体溶融

【ケーブル解体】



不織布焼損、遮蔽銅テープ溶融、半導電層焼損



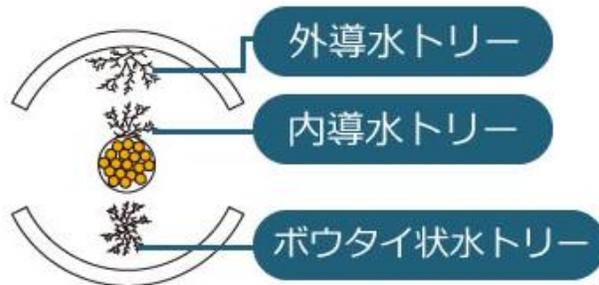
絶縁体の孔確認

2. 高圧ケーブルが原因の地絡事故について

【高圧ケーブルの水トリー現象】

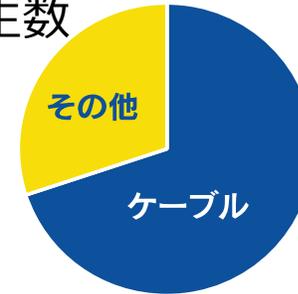
高圧ケーブルとして架橋ポリエチレンケーブル（CVケーブルなど）が使用されています。この高圧ケーブルの絶縁に使われる架橋ポリエチレンなどに、水と電界の関係で小さな亀裂が発生し樹枝（tree）状に成長する現象を「水トリー」と呼びます。

水トリーには、内部の導体から発生する内導水トリーと外部の半導電層から発生する外導水トリー、絶縁物中に製造過程でできる微小のすき間や混入異物から発生するボウタイ状水トリーと呼ばれるものがあります。この中で、内導水トリーと外導水トリーは、特にケーブルの絶縁性能を大きく低下させ絶縁破壊事故の原因となっています。



【地絡事故の約7割がケーブルで発生】

（出典）一般社団法人電気設備学会
平成29年度 電気設備状態監視による点検高度化技術に関わる研究報告書
2018年3月発行P.8 絶縁劣化（地絡）による機器別故障等発生数



人工地絡試験によるケーブル事故写真

◆AIによる微地絡・地絡原因特定システム（研究中）

本システムは、AIを使用することで、高圧受電設備における地絡予兆（微地絡）や地絡事故の原因が「ケーブル」か「ケーブル以外」のどちらに起因するものかを判断することを目指し研究を実施。

結果、人工地絡試験設備での様々な試料データを基に当社AIシステムで判定したところ96%の確率で「ケーブル」か「ケーブル以外」かの判断することができた。

地絡発生箇所の特定制により事故原因特定作業の効率化に繋がる。また、微地絡を監視することで、予防保全として活用でき、突発的な地絡事故を防止できる可能性がある

3 . 人工地絡試験設備による検証

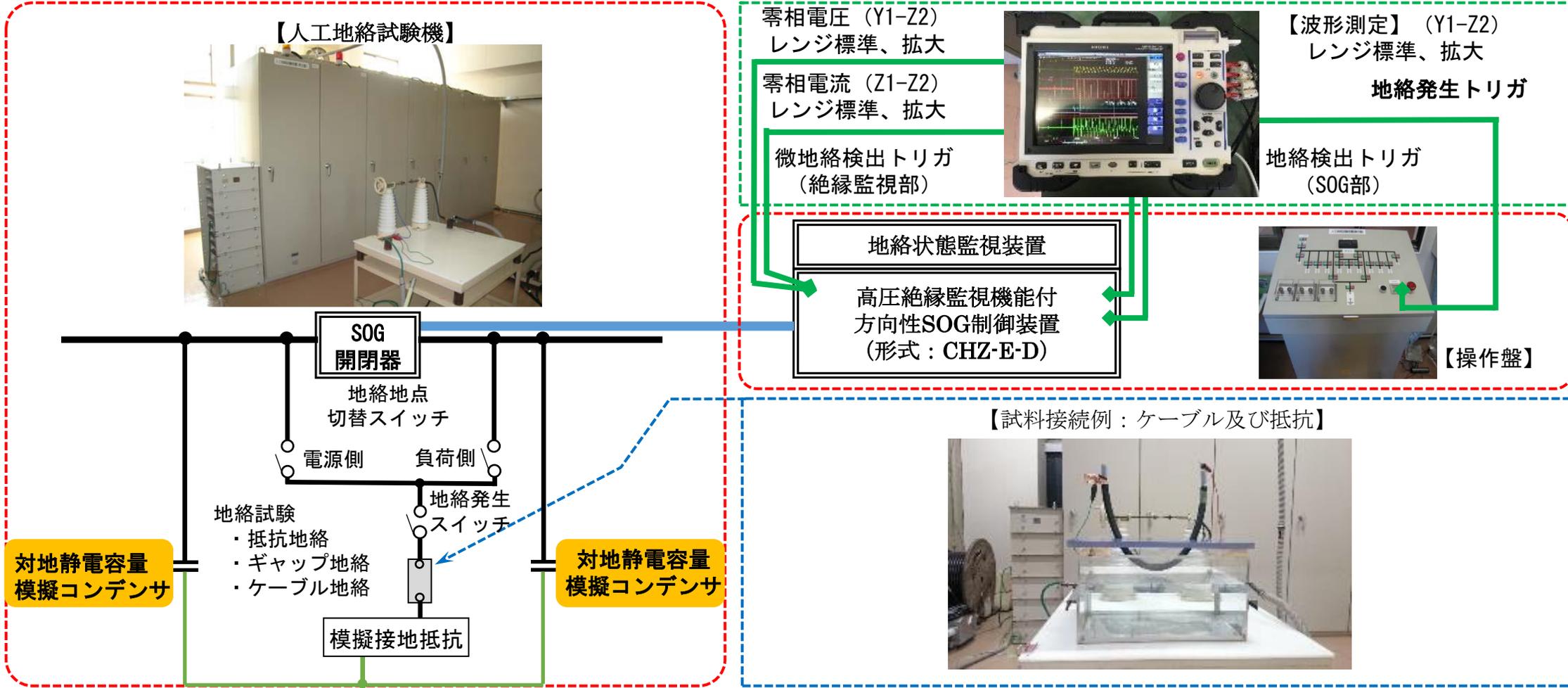
【目的】

人工地絡試験設備を用いて各種地絡様相を模擬した微地絡・地絡事故を起こし、地絡現象の記録とその時の地絡波形を測定し、地絡様相との関連を調査・分析する。

【試験機器】

- ①過電流ロック形高圧気中開閉器（PAS）
- ②高圧絶縁監視機能付方向性SOG制御装置（形式：CHZ-E-DO）

3 . 人工地絡試験設備の構成

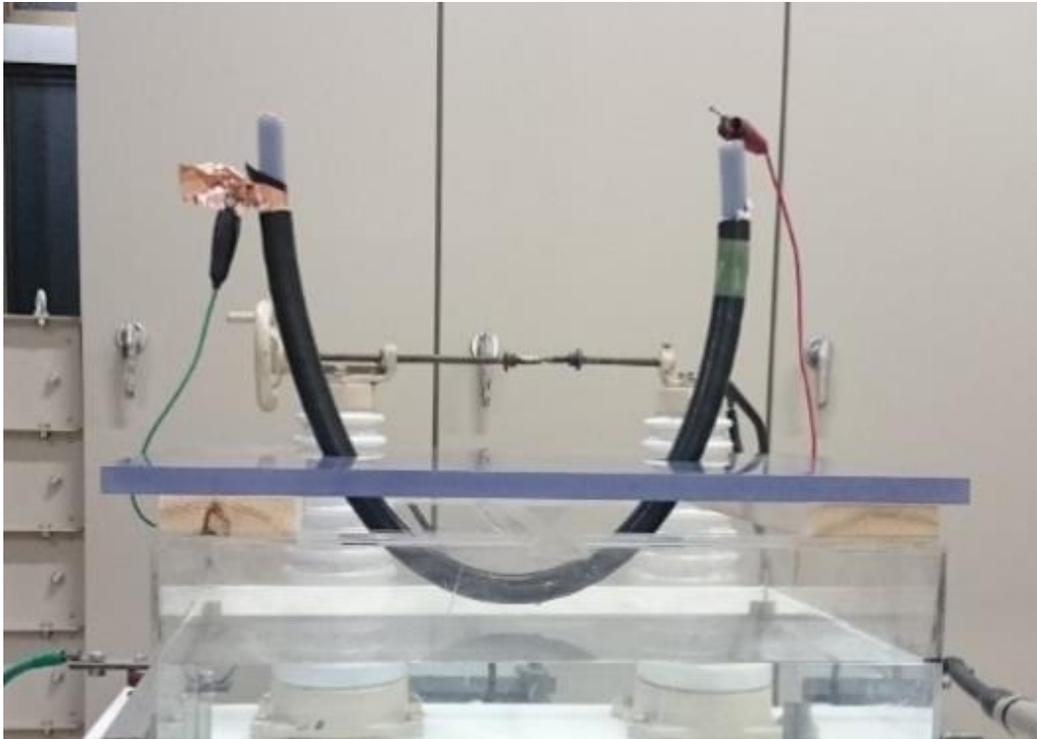


※対地静電容量模擬コンデンサは現場に近い状態を模擬するために使用

3 . 人工地絡試験

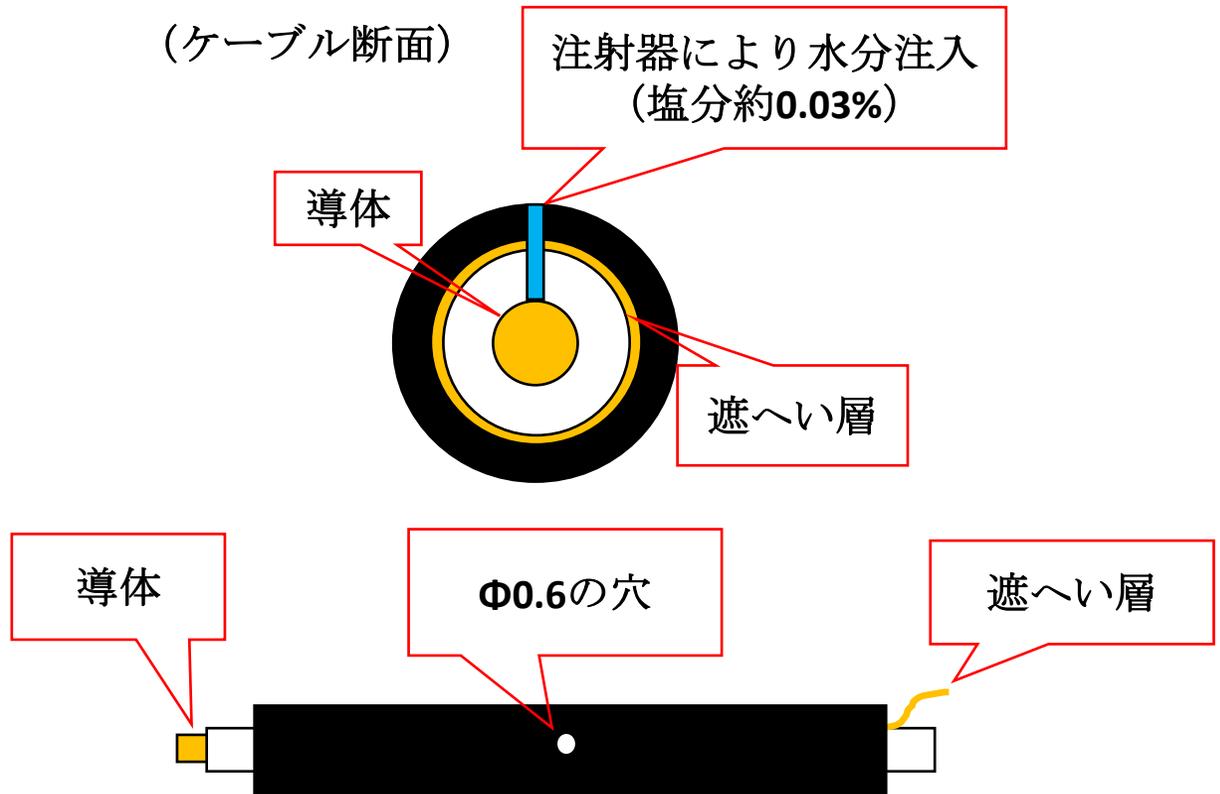
【ケーブル地絡発生試験方法】

ケーブルに、 $\Phi 0.6$ の穴を導体まで貫通させ、塩水を少量（約0.01cc～0.1ccの範囲）注入。
同試料で複数回続けて地絡を発生させることで、初期異常～故障異常までの水トリーによる絶縁劣化を模擬。



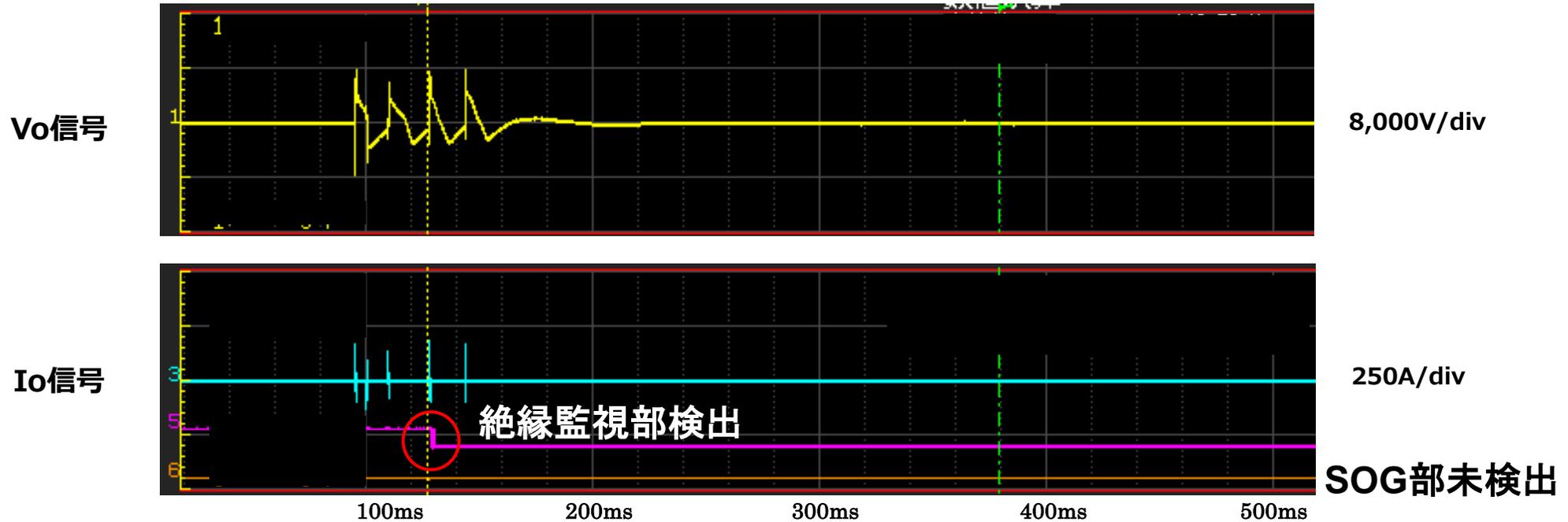
ケーブル試験例

(ケーブル断面)



3. 人工地絡試験の波形 ①

【波形：ケーブル】 微地絡：検出 地絡：未検出

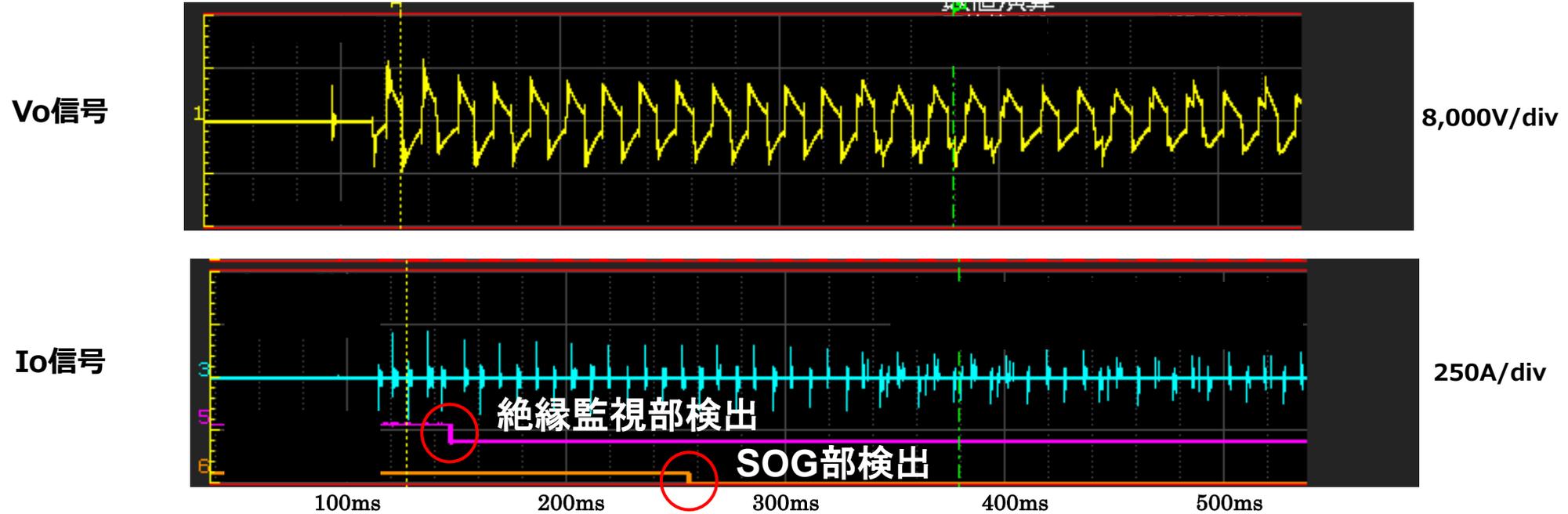


● 考察

新品・中古ケーブル共に、地絡試験を複数回実施することで、ケーブルの劣化進行(Φ0.6の穴が徐々に拡大)により地絡継続時間が延び、「絶縁監視部」、「SOG部」共に未検出状態から、まず「絶縁監視部」が検出し始めるようになる。

3 . 人工地絡試験の波形 ②

【波形：ケーブル】 微地絡：検出 地絡：検出



● 考察

新品・中古ケーブル共に微地絡から地絡へと推移した結果が見られた。回を重ねて終盤になると、「絶縁監視部」、「SOG部」共に検出状態に移行する。また、「SOG部」が検出するような状態でも絶縁抵抗が2,000MΩ以上ある場合があり、アークにより注入した水分が蒸発することで絶縁が回復したことが推測される。

4. 高圧絶縁監視機能付方向性SOG制御装置 (CHZ形) の概要

【各部説明】

高圧絶縁監視部

現在計測値($V_o \cdot I_o$ 値)表示
微地絡動作記録の確認(最大100件)

微地絡動作LED表示

PC接続端子

SOG 制御装置部

地絡動作電圧・電流・時間制定タップ

制御電源表示灯

$V_o \cdot I_o$ 表示灯

自己診断異常表示灯

自己診断異常無電圧接点出力

GR・SO動作表示(マグサイン)

表示復帰・自己診断押ボタン

GR・SO動作試験用スイッチ

GR・SO動作無電圧接点出力

4. 特長

- ①PAS内蔵のZCT以降、受変電設備の高圧開閉器類の高圧部分すべての地絡検出
- ②零相電圧(V_0)、零相電流(I_0)、位相差(PH)を計測、本体のLCD画面へ表示
- ③微地絡確定時に接点出力が可能(無電圧a接点)
- ④微地絡検出条件や動作時間を幅広く設定可能
- ⑤微地絡確定時に本装置内へログデータ保存、閲覧が可能(最大100件)
- ⑥収集データは総合管理ソフト(PC)を使用してCSVファイルへ出力可能
- ⑦既設の当社製SOG制御装置と交換可能

※当社方向性PAS (KLT-(PA)-D、KLT-M形) との組合せが可能。

4. 仕様

項目	S O G 部	絶縁監視部
定格の制御電圧	AC100/110V (変動範囲85~120V)	
定格周波数	50/60Hz	
消費電力	12VA	
地絡動作電圧整定値 (完全地絡時)	2-5-7.5-10% (4段階切替)	1~10% (1%刻み) (10段階切替)
地絡動作電流整定値	0.2-0.3-0.4-0.6A (4段階切替)	15-20-25-30-35-40-50-60-70- 80-90-100-200-300-400-500- 600mA (17段階切替)
地絡動作時間整定値	0.1-0.2-0.3-0.5秒 (4段階切替)	40-50-60-70-80-90-100-150- 200-250-300-350-400-450- 500ms (15段階切替)
動作位相特性	遅れ $60^{\circ} \pm 15^{\circ}$ ~ 進み $120^{\circ} \pm 15^{\circ}$	

5. 参考資料

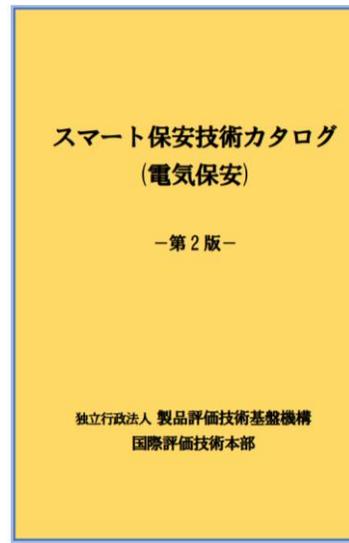
製品評価技術基盤機構 (nite) 発行 スマート保安技術カタログ (第2版) に当社商品掲載

◆令和2年度に経済産業省は、スマート保安官民協議会を設置：niteに事務局設置

目的：経済産業省では、官・民連携して、スマート保安技術の的確な導入促進を行うための取組を進めている。電気保安分野では、スマート保安官民協議会電力安全部会において、スマート保安技術の妥当性確認等を行う仕組みが必要とされたためスマート保安協議会を設置。

- ・2022年2月にスマート保安プロモーション委員会に対して「基礎要素の評価技術」として、高圧絶縁監視機能付方向性SOG制御装置とOUD遠隔監視装置を申請
- ・2022年5月23日にnite会議室で委員会が開催され以下委員により審議が行われ承認された
- ・2022年7月29日にniteのHP上に、スマート保安カタログ (第2版) として公開

(常任委員) 中垣委員長 (早稲田大学教授)
 飯田委員 (東京大学特任准教授)
 伊藤委員 (福井大学准教授)
 高野委員 (岐阜大学准教授)
 小出委員 (株) 安全研究所



※OUD遠隔監視装置のサービスのお申し込みは
 当社ホームページからできます。

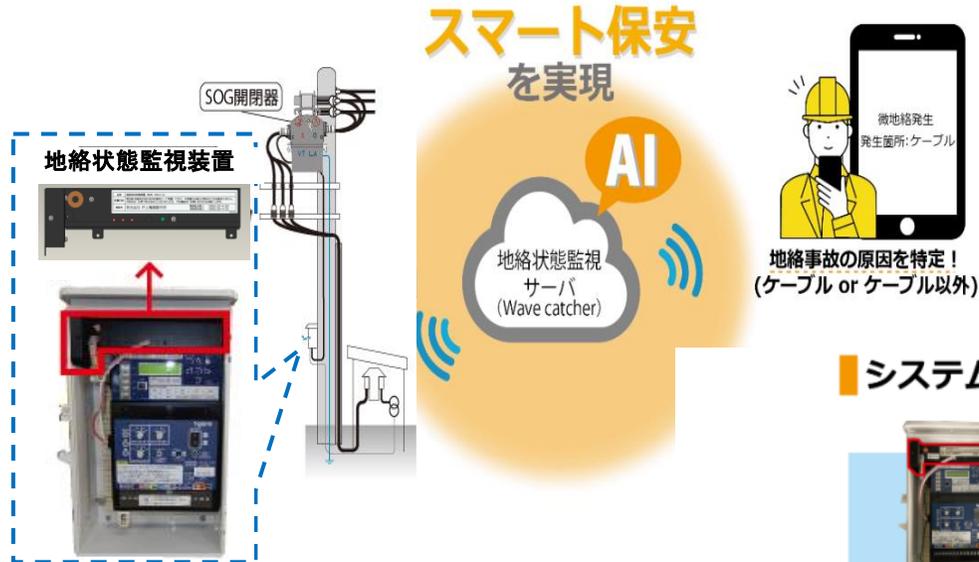
5. 参考資料

JECA FAIR 2022製品コンクール 関東電気保安協会理事長賞受賞



【システム構成】

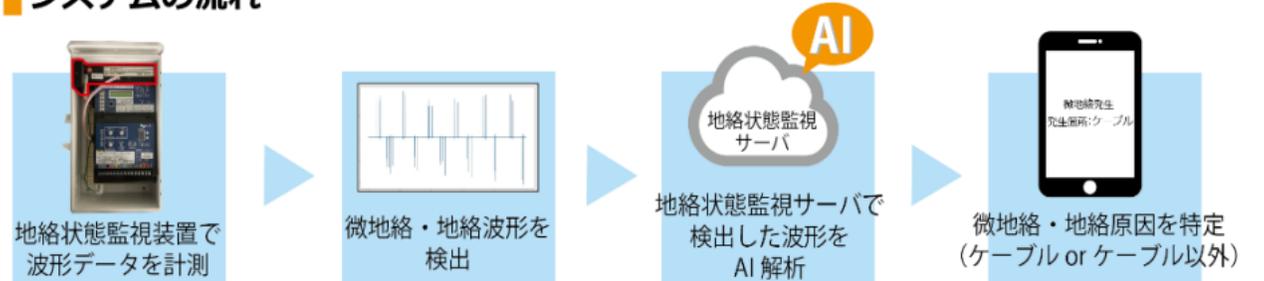
AIによる微地絡・地絡原因特定システム



◆システム概要

本システムは、A Iを使用することで、高圧需要家構内における地絡予兆（微地絡）や地絡事故の原因が「ケーブル」か「ケーブル以外」のどちらに起因するものかを判断することができる。地絡発生箇所の特定により事故原因特定作業の効率化に繋がる。また、微地絡を監視することで、予防保全として活用でき、突発的な地絡事故を防止する。

システムの流れ



ご清聴ありがとうございました



【お問合せ先】

株式会社 戸上電機製作所

営業統括部 ソリューション&マーケティンググループ

住所：佐賀市大財北町 1 - 1 電話0952-25-4129

北海道オフィス

住所：札幌市中央区南一条東1-3パークイースト札幌 電話011-261-1528