

# 高圧絶縁監視装置の効果について



一般財団法人

中部電気保安協会

人財・技術開発センター

## ご説明内容

### 1 高圧絶縁監視装置による地絡事故の未然検出

(1) 地絡現象の種類と発生原因

(2) 高圧絶縁監視装置の概要

(3) 高圧絶縁監視装置の特長

(4) 事例1 ネズミ接触による微小地絡検出

(5) 事例2 高圧電線のコンクリート柱接触による短時間地絡検出

(6) 事例3 高圧CVケーブルの水トリー劣化によるアーキング地絡検出

### 2 地絡電流波形と事故原因

(1) 地絡波形分類と地絡原因の推定

(2) 碍子類の表面劣化による短時間地絡の発生

(3) 樹脂製碍子の表面劣化による短時間地絡の検出

# 1 高圧絶縁監視による地絡事故の未然検出

## (1) 地絡現象の種類と発生原因

地絡の発生原因は多様である。

地絡事故の未然検出を図るためには、保護継電器（GR、DGR）の動作に至らない、以下の地絡を幅広く検出することであり、予防保全として効果を成す。

### ○ 微小地絡

保護継電器の動作電流に至らない地絡  
事例1に示すネズミ接触による地絡

### ○ 短時間地絡

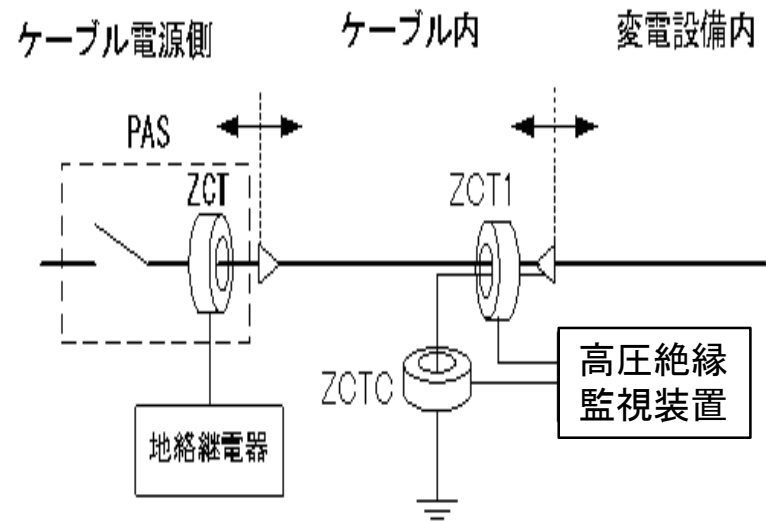
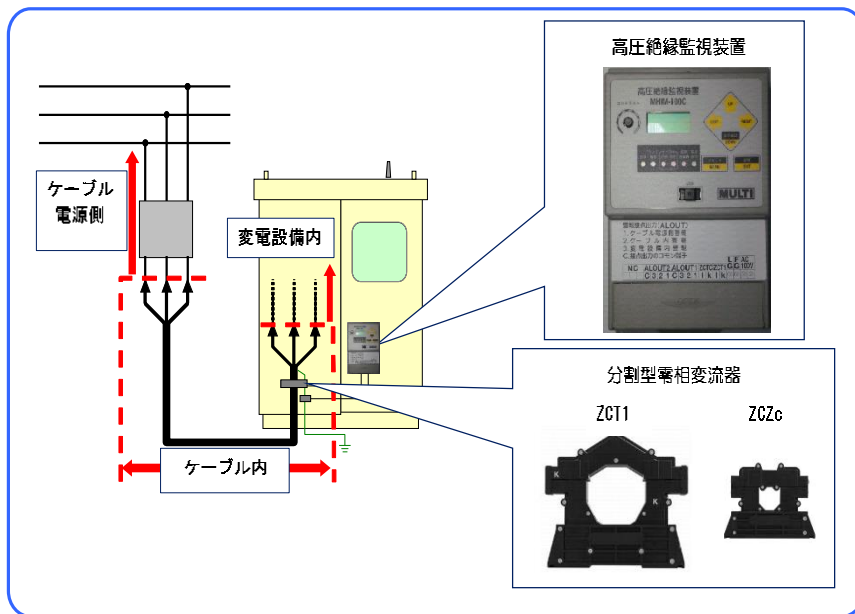
保護継電器の動作時間に至らない地絡  
事例2に示す高圧電線のコンクリート柱接触による地絡  
樹脂製碍子の表面劣化による地絡

### ○ アーキング地絡

アークにより大きな火花が発生し、地絡電流に高次高調波を含む地絡  
保護継電器による検出が難しい場合もある。  
事例3に示す高圧CVケーブルの水トリー劣化による地絡

## (2) 高圧絶縁監視装置の概要

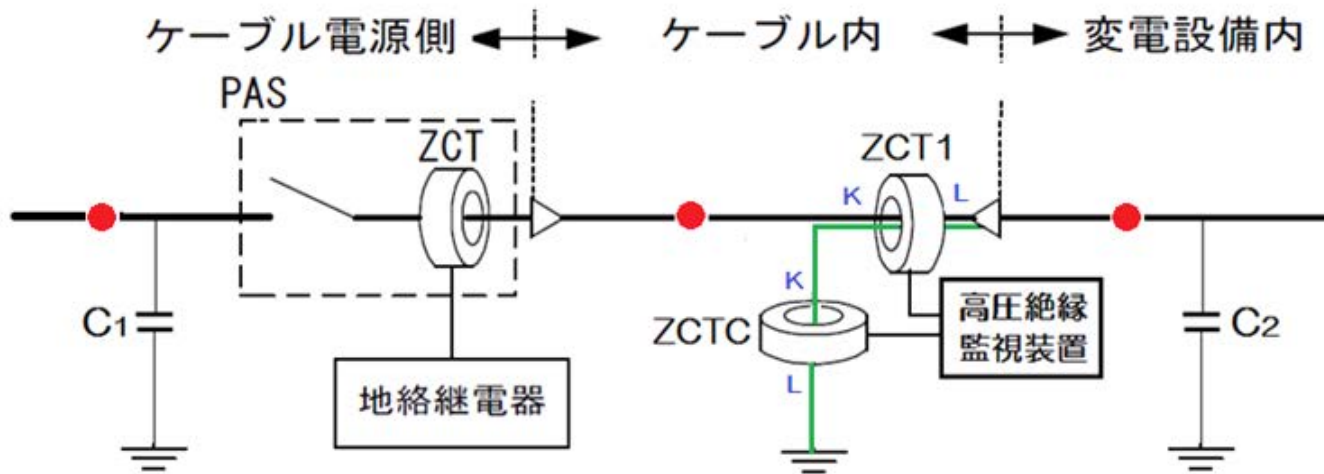
地絡事故の未然防止に資するため、  
**「微小地絡」、「短時間地絡」、「アーキング地絡」**を幅広く検出する  
 高圧絶縁監視装置(特許第3634986号)を開発した。



出典;「高圧受電設備規程:JEAC 8011-2014」  
 日本電気協会、2014

ZCT1とZCTc双方の零相変流器の併用使用により、地絡検出した場合、発生区間を「変電設備内」、「ケーブル内」、「ケーブル電源側」の3区間に区間判別して高圧絶縁監視をする。

# 高圧絶縁監視装置による地絡検出と区間判別



C1: 配電線路の対地静電容量  
C2: 変電設備内の対地静電容量

● ; 地絡点

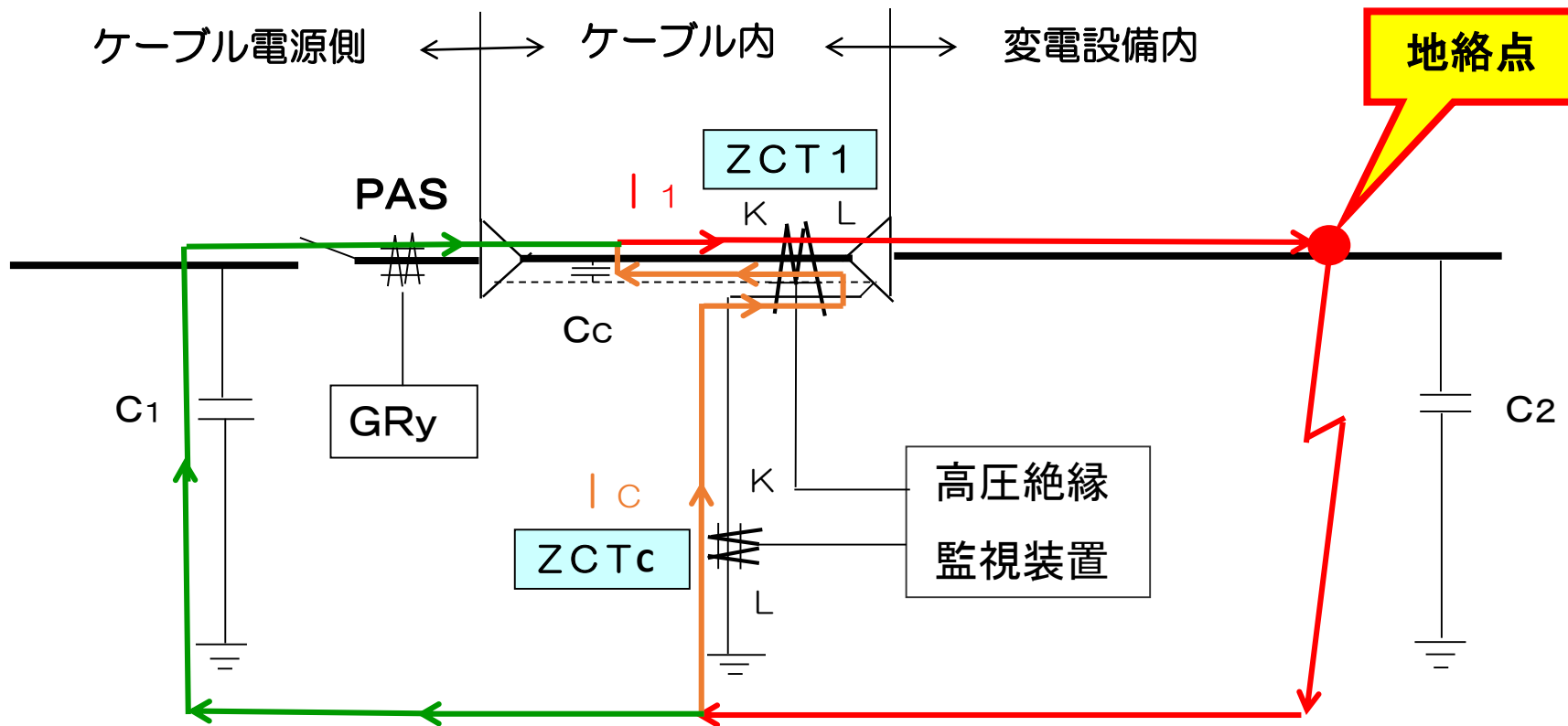
## 地絡発生区間の判別方法

地絡の発生区間	I1の 通電方向	ICの 通電方向	I1とICの 位相角	I1とIC 大きさの比較
変電設備内	K ⇒ L	L ⇒ K	180°	I1 ≫ IC
ケーブル内	L ⇒ K	K ⇒ L	180°	I1 ≪ IC
ケーブルの電源側	L ⇒ K	L ⇒ K	0°	I1 ≧ IC

I1 ; ZCT1に通電する電流      IC ; ZCTCに通電する電流

※ 双方の零相変流器(ZCT1とZCTC)にて検出する電流の大きさや位相を複合判別することによって、地絡の発生区間を判別できる。

# 零相変流器による検出（変電設備内）

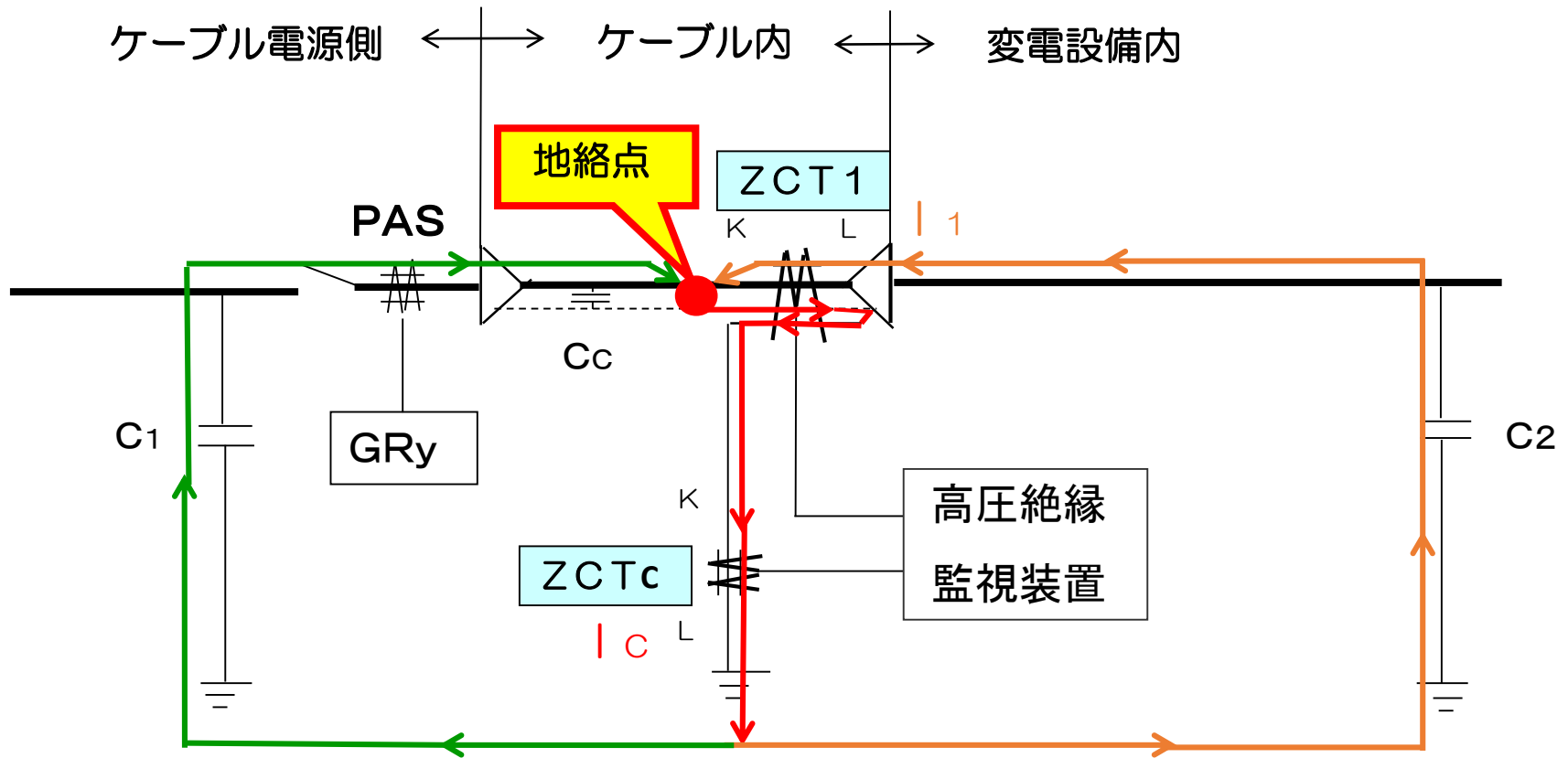


- C<sub>1</sub> ; 配電線路の対地静電容量
- C<sub>2</sub> ; 変電設備内の対地静電容量
- C<sub>c</sub> ; ケーブルの対地静電容量

$I_1$ の 通電方向	$I_C$ の 通電方向	$I_1$ と $I_C$ の位相差	$I_1$ と $I_C$ の大きさ比較
K ⇒ L	L ⇒ K	180°	$I_1 \gg I_C$

$I_1$  ; ZCT1に通電する電流     $I_C$  ; ZCTcに通電する電流

# 零相変流器による検出（ケーブル内）

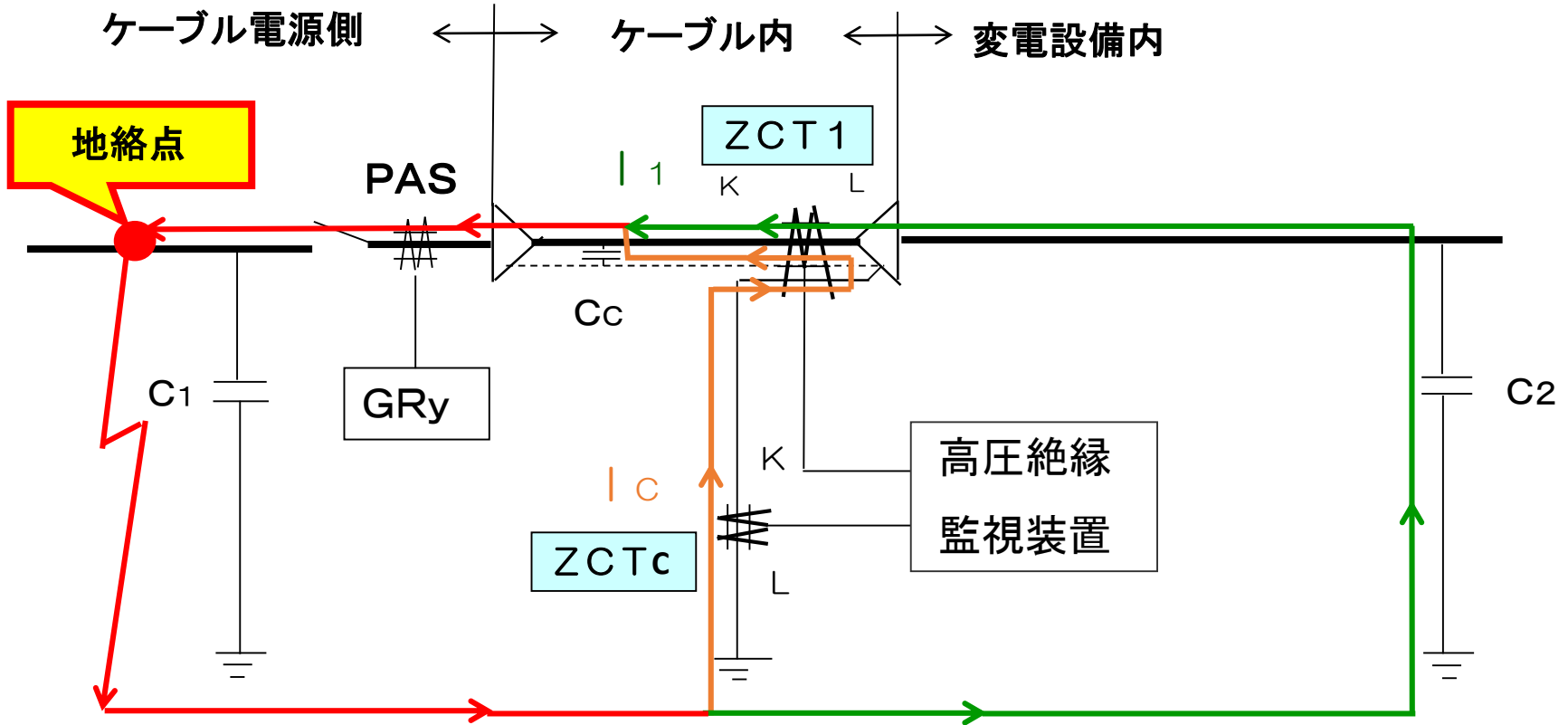


- C<sub>1</sub> : 配電線路の対地静電容量
- C<sub>2</sub> : 変電設備内の対地静電容量
- C<sub>c</sub> : ケーブルの対地静電容量

$I_1$ の 通電方向	$I_C$ の 通電方向	$I_1$ と $I_C$ の位相差	$I_1$ と $I_C$ の大きさ比較
L ⇒ K	K ⇒ L	180°	$I_1 \ll I_C$

$I_1$  ; ZCT1に通電する電流     $I_C$  ; ZCTcに通電する電流

# 零相変流器による検出（ケーブル電源側）



- C<sub>1</sub> ; 配電線路の対地静電容量
- C<sub>2</sub> ; 変電設備内の対地静電容量
- C<sub>c</sub> ; ケーブルの対地静電容量

$I_1$ の 通電方向	$I_c$ の 通電方向	$I_1$ と $I_c$ の位相差
L ⇒ K	L ⇒ K	0°

$I_1$ ; ZCT1に通電する電流     $I_c$ ; ZCTcに通電する電流



## 高圧絶縁監視装置による地絡区間の判別方法(再掲)

地絡の発生区間	I <sub>1</sub> の通電方向	I <sub>c</sub> の通電方向	I <sub>1</sub> とI <sub>c</sub> の位相画	I <sub>1</sub> とI <sub>c</sub> 大きさの比較
変電設備内	K⇒L	L⇒K	180°	I <sub>1</sub> ≫I <sub>c</sub>
ケーブル内	L⇒K	K⇒L	180°	I <sub>1</sub> ≪I <sub>c</sub>
ケーブル電源側	L⇒K	L⇒K	0°	I <sub>1</sub> ≥I <sub>c</sub> $\begin{matrix} < \\ < \\ < \end{matrix}$

備考； I<sub>1</sub>はZCT<sub>1</sub>を通電する電流（変電設備内の地絡検出）  
 I<sub>c</sub>はZCT<sub>c</sub>を通電する電流（ケーブル内の地絡検出）



### (3) 高圧絶縁監視装置の特長

- ① 取り付けスペースの確保が容易
- ② 零相変流器2台の設置によるため取り付け、取り外しが容易にできる。
- ③ 無停電での取り付け・取り外しが可能  
分割型の零相変流器を用いるため、高圧力所から安全な離隔距離が見込めれば、無停電での取り付け・取り外しが可能
- ④ 故障区間を3区間に区分判別できる。  
区分判別により故障区間を特定でき、迅速な原因究明に資することができる。
- ⑤ 地絡波形の観測により、故障原因を推定できる。

## ⑥ アーキング地絡の検出性能が高い

高圧地絡の大半は、アーキング地絡となり、地絡電流は高調波分を含む。開発した高圧絶縁監視装置は、アーキング地絡の検出性能を向上させるため、高次高調波の感度低下が少ない特性としている。

下図に、地絡継電器と高圧絶縁監視装置の周波数特性を示す。

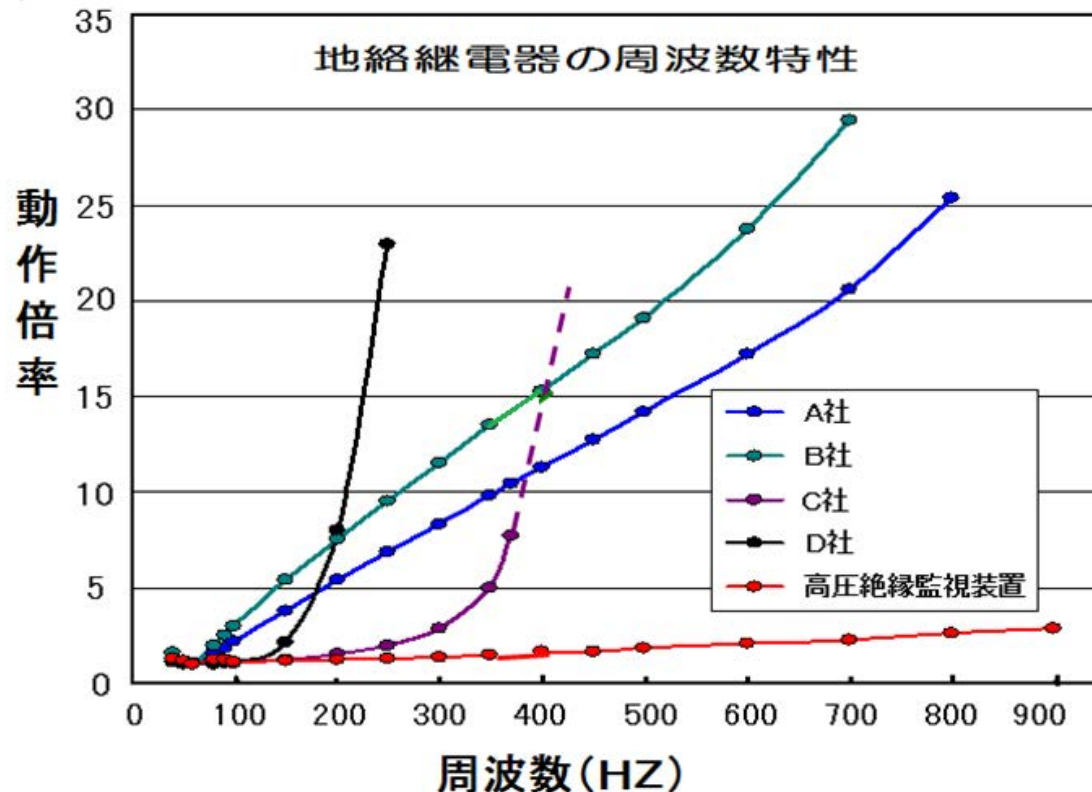
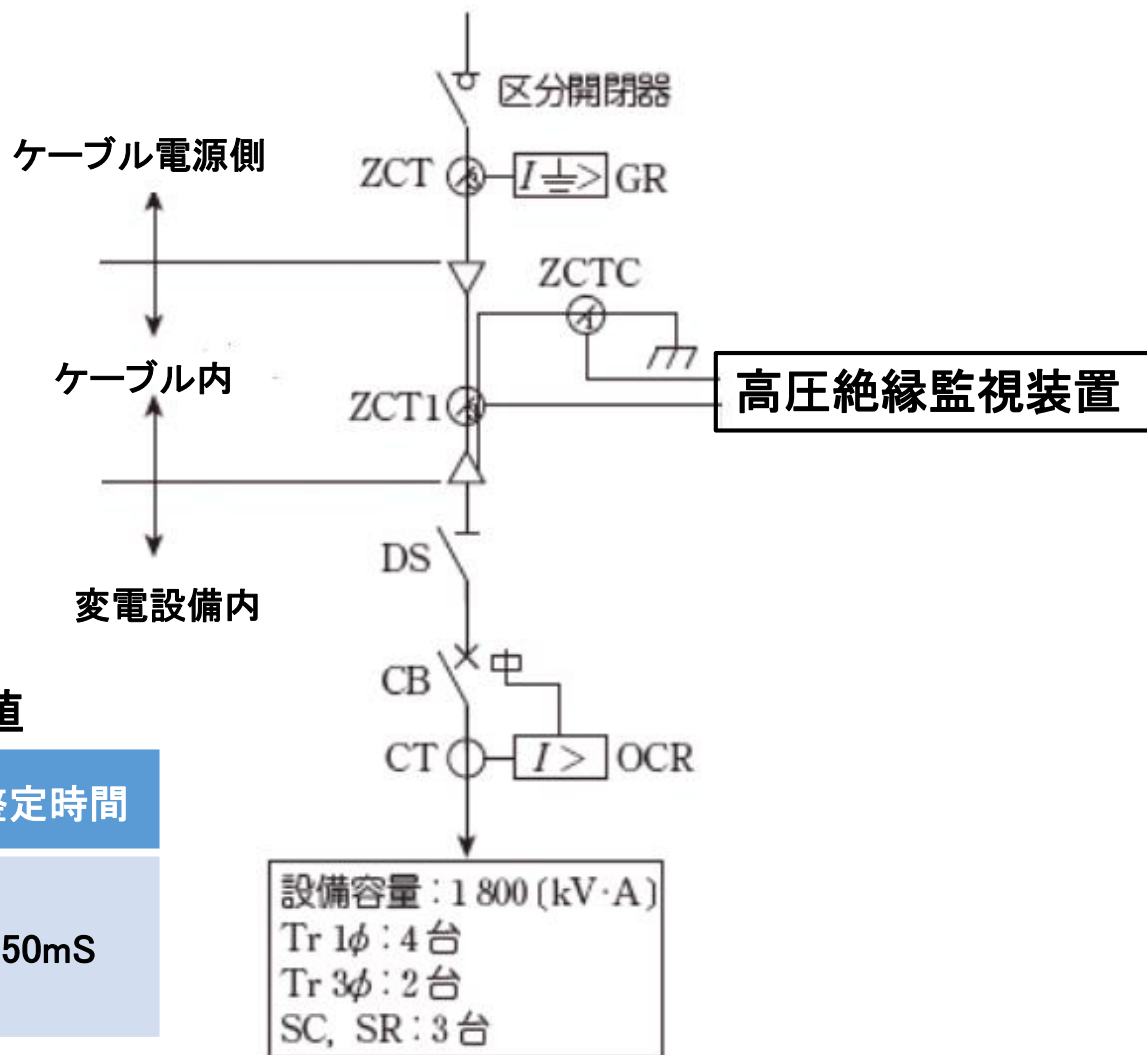


図 地絡継電器と高圧絶縁監視装置の周波数特性

## (4) 事例1 ネズミ接触による微小地絡検出



高圧絶縁監視装置の整定値

監視の区間	整定電流	整定時間
ケーブル内	100mA	50mS
変電設備内	30mA	

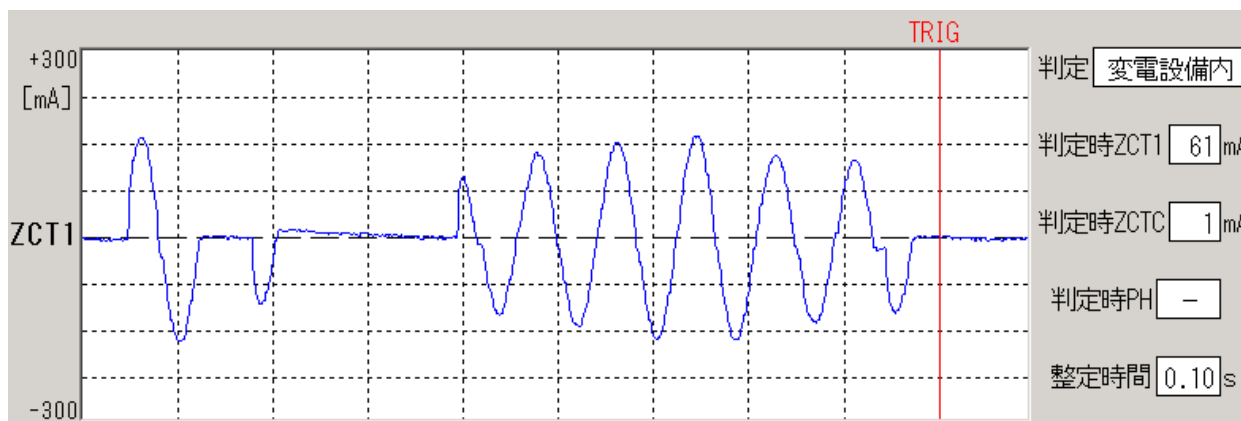
高圧絶縁監視装置の取り付け力所と監視区間

# ① 高圧絶縁監視により微小地絡を検出

## 地絡検出データ

検出時間	3月20日 午前1時44分
検出区間	変電設備内
検出電流	61mA (実効値)
地絡の継続時間	0.1秒ほど

※ 検出電流は60Hz、61mAであり、地絡継電器の動作に至らない微小地絡であった。



## ネズミの接触による地絡波形

地絡は変電設備内にて深夜に生じており、地絡波形は正弦波状であることから、夜行性小動物(ネズミ)が地絡原因であると推定した。

## ② 微小地絡の発生原因と防止策

### 発生原因

低圧ケーブル挿入口に隙間があり、ネズミが浸入して変圧器用LBSの充電部に接触して地絡発生した。

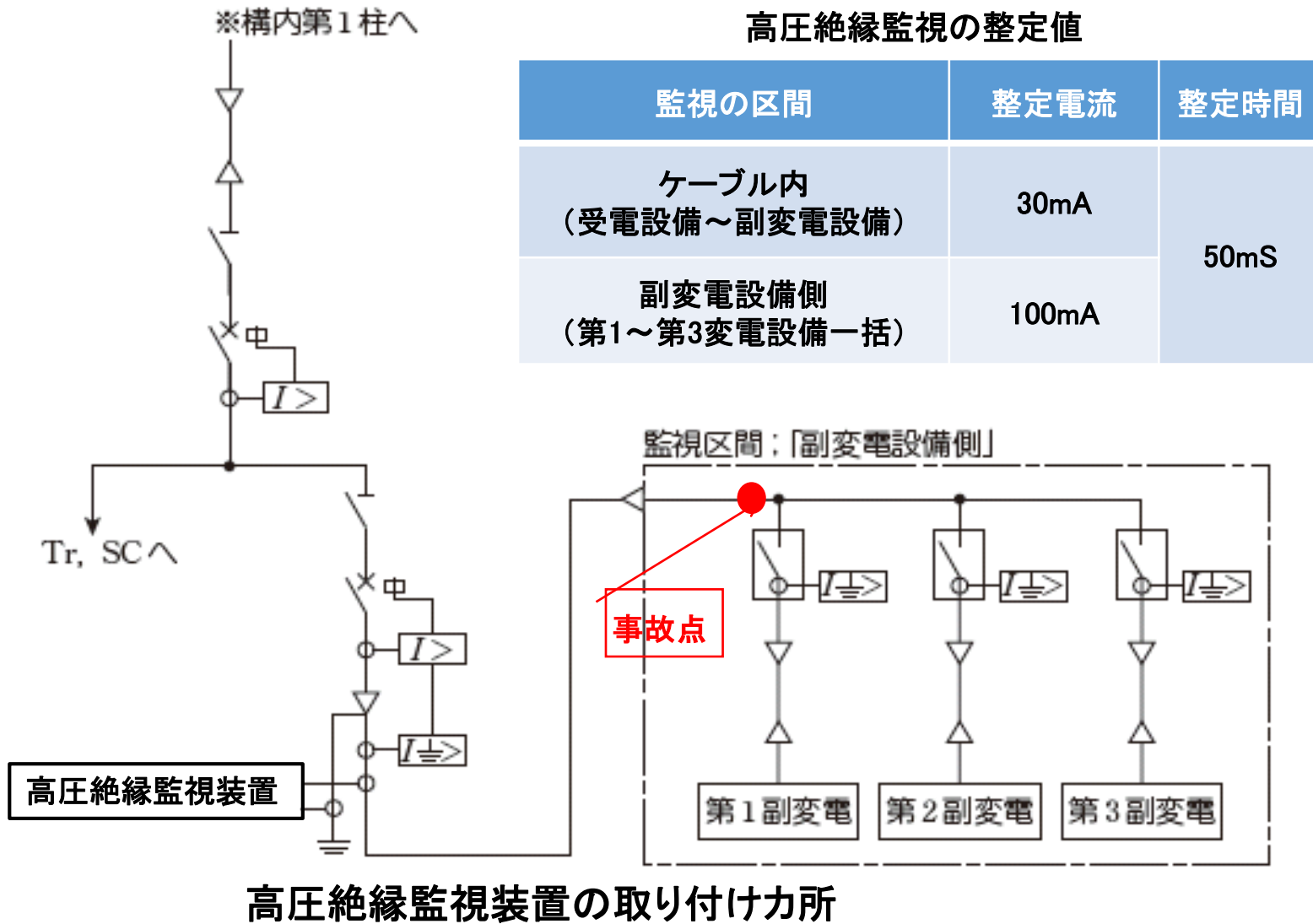
### 防止策

低圧ケーブル挿入口の隙間をコーキング材で塞いだ。



高圧充電部に接触したネズミの死骸

## (5) 事例2 高圧電線のコンクリート柱接触による短時間地絡検出

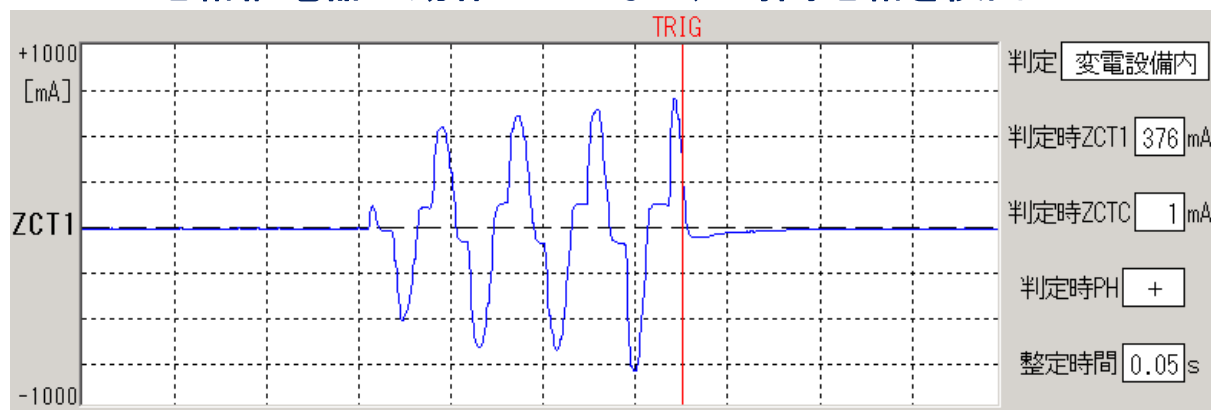


# ① 高圧絶縁監視装置による検出記録

	検出日時	検出電流 (実効値)	地絡の継続時間	天候
1	9月26日 14時29分42秒	150mA	420mS	雨
2	9月26日 14時29分45秒	190mA	350mS	雨
3	9月30日 11時04分45秒	116mA	660mS	暴風雨
4	9月30日 11時04分48秒	146mA	400mS	暴風雨
5	9月30日 11時04分51秒	139mA	900mS	暴風雨
6	9月30日 15時19分56秒	307mA	175mS	暴風雨
7	9月30日 15時19分58秒	376mA	76mS	暴風雨
8	9月30日 15時20分44秒	212mA	200mS	暴風雨

※ 地絡の検出区間は、いずれも「副変電設備側」であり、地絡継電器の動作なし

## 地絡継電器の動作に至らない短時間地絡を検出



検出日時;9月30日 15時19分58秒

検出した地絡波形の一例(検出電流;376mA 地絡の継続時間;76mS)





## ② 高圧絶縁監視により地絡検出した原因

### 検出記録より判明したこと

- 地絡は監視区間の「副変電設備側」にて発生していた。
- 地絡の発生は降雨時であり、かつ風の強い日に集中していた。
- 地絡電流は地絡発生の直後から経時とともに増加する傾向にあった。
- 地絡の継続時間は数十～数百mSほどであり、発生と消滅を繰り返していた。
- 地絡波形は三角波状であり、ギャップ放電を伴うことが分かった。

### 地絡検出した原因

検出記録から、地絡波形は三角波状であり、発生と消滅を繰り返していることから、高圧電線の他物接触が地絡の発生原因であると推定した。

目視点検より地絡の発生原因は、副変電設備へ至るコンクリート柱に高圧架空電線が強風により、接触したためであることが分かった。

地絡は、降雨によるコンクリート柱の「湿り具合」と南東向きの「強風」の条件が揃い、かつ高圧架空電線がコンクリート柱に押し付けられたときに発生していた。

### 防止対策

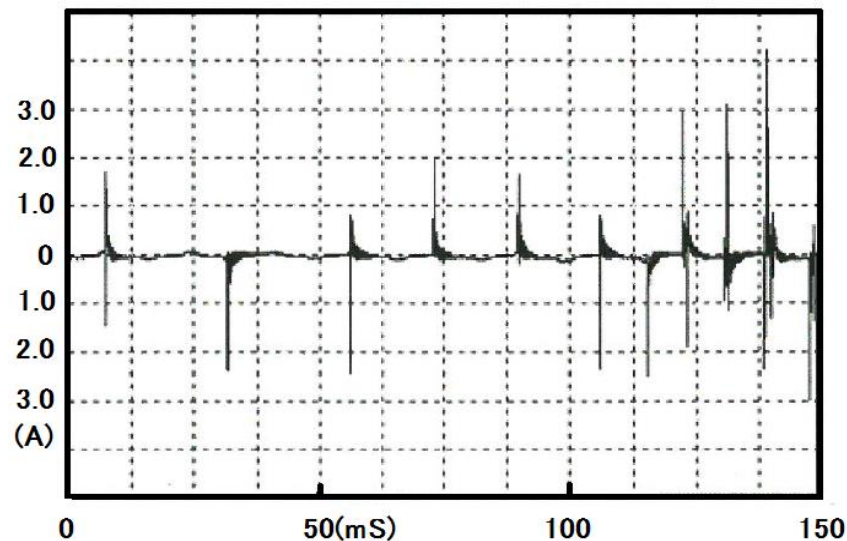
コンクリート柱と高圧架空電線の離隔距離は、施工時には強風による接触まで想定されなかった。対策として、高圧架空電線を碍子にて支持固定した。

## (6) 事例3 高圧CVケーブルの水トリ劣化によるアーキング地絡検出

水トリ劣化による地絡は、絶縁体の厚さをギャップとした放電になるため、大きな火花が発生し、間欠的なアーキング地絡となる。

また、地絡波形は針状波であり高次高調波を含むため、保護継電器(GR、DGR)による検出が難しい場合もある。

下図は、高圧絶縁監視装置にて地絡検出した、高圧CVケーブルの水トリ劣化による地絡波形と事故点を示す。



水トリ劣化による地絡波形



水トリ劣化による事故点

## 2 地絡波形と地絡原因

### (1) 地絡波形分類と地絡原因の推定

ご紹介した事例や事故原因推定結果(出典参照)から分かるように地絡波形には、地絡原因に応じた特色が現れており、地絡波形から発生原因を推定できる。

#### 【地絡波形が発生原因を教えてくれる】

##### 零相電流の分類

波形分類	波形分類基準
高調波	低次高調波から高次高調波まで含んだ波形
三角波	基本波に加え、低次高調波(3,5次)が含まれる波形
正弦波	基本波のみの波形

##### 事故原因推定結果一覧

波形分類	事故原因(実フィールド)
高調波	ケーブル不良、変圧器不良、がいし不良、高圧線断線、腕金接触など
三角波	PAS不良、クレーン接触、営巣材接触、樹木接触、鳥獣接触など
正弦波	ネズミ接触、金物接触、鳥獣接触

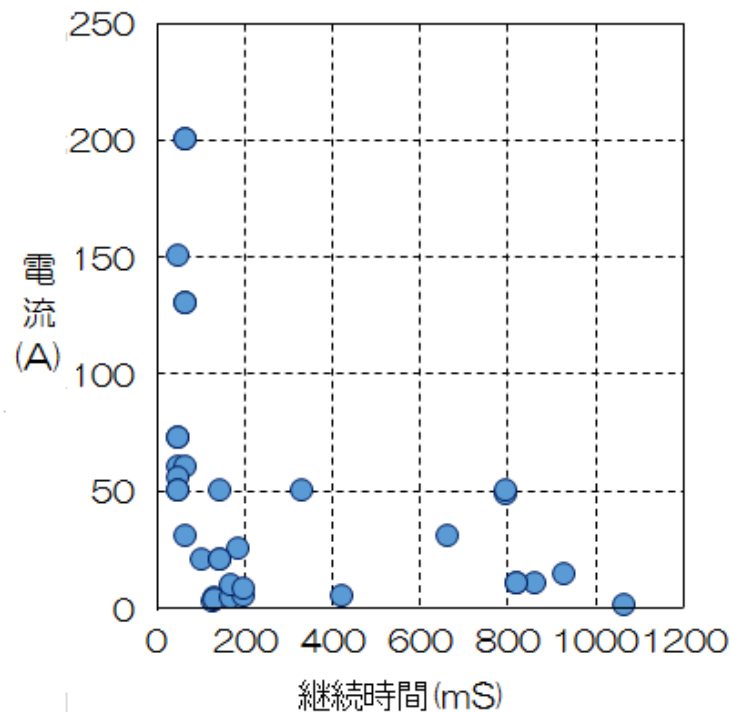
#### 参考出典

電気協同研究 第72巻 第3号配電自動化技術の高度化 配電自動化技術の高度化専門委員会  
平成28年

## (2) 碍子類の表面劣化による短時間地絡の発生

実設備にて、地絡検出した碍子類の表面劣化による沿面リーク電流と継続時間の関係を下図に示す。

発生した地絡の7割ほどが、保護継電器動作(検出時間:200mS)に至らない短時間地絡の発生であった。



碍子類の沿面リーク電流と継続時間の関係

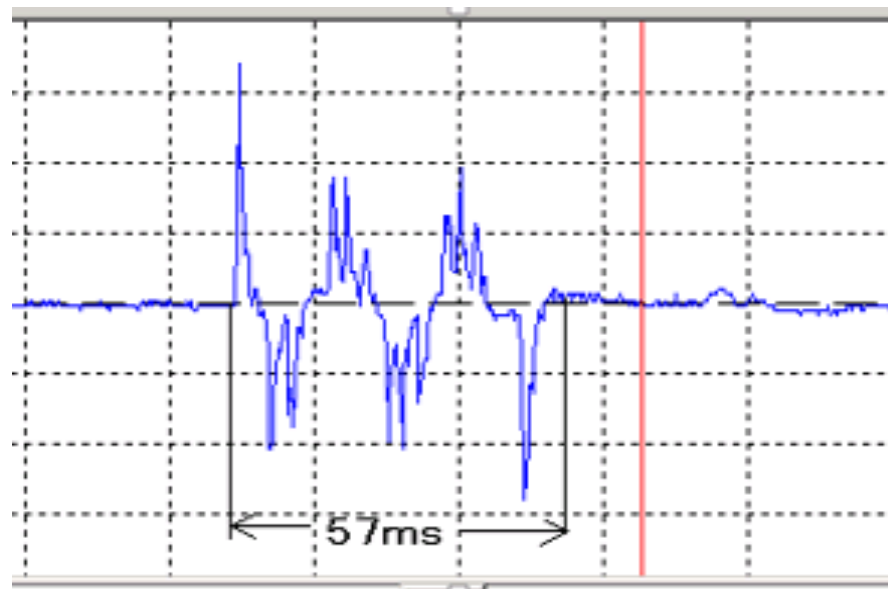
※ 電流値は0-peak値を示す。

### (3) 樹脂製碍子の表面劣化による短時間地絡の検出

碍子類の表面劣化では、保護継電器 (GR、DGR) の動作に至らない短時間地絡発生に留まることがある。

短時間地絡の検出によって、保護継電器 (GR、DGR) の動作に至らない地絡の未然検出を図ることができる。

下図に、樹脂製碍子の表面劣化により検出した地絡波形と継続時間を示す。



樹脂製碍子の表面劣化による地絡波形

### 3 あとがき

#### 【年間を通じた常時監視が効果を成す】

地絡発生は一過性であり、原因究明に困難を極めることがある。  
地絡発生した一時の事実として、地絡波形を捕えることが原因究明のため重要である。

梅雨時や台風シーズンは電気設備にとって過酷な使用環境にあり、地絡が生じ易い季節である。

地絡事故の未然検出として、一層の検出効果を高めるには年間を通じて常時監視(高圧絶縁監視)することにある。