

保護線を用いた 高抵抗地絡保護手法

電力技術研究部 き電研究室

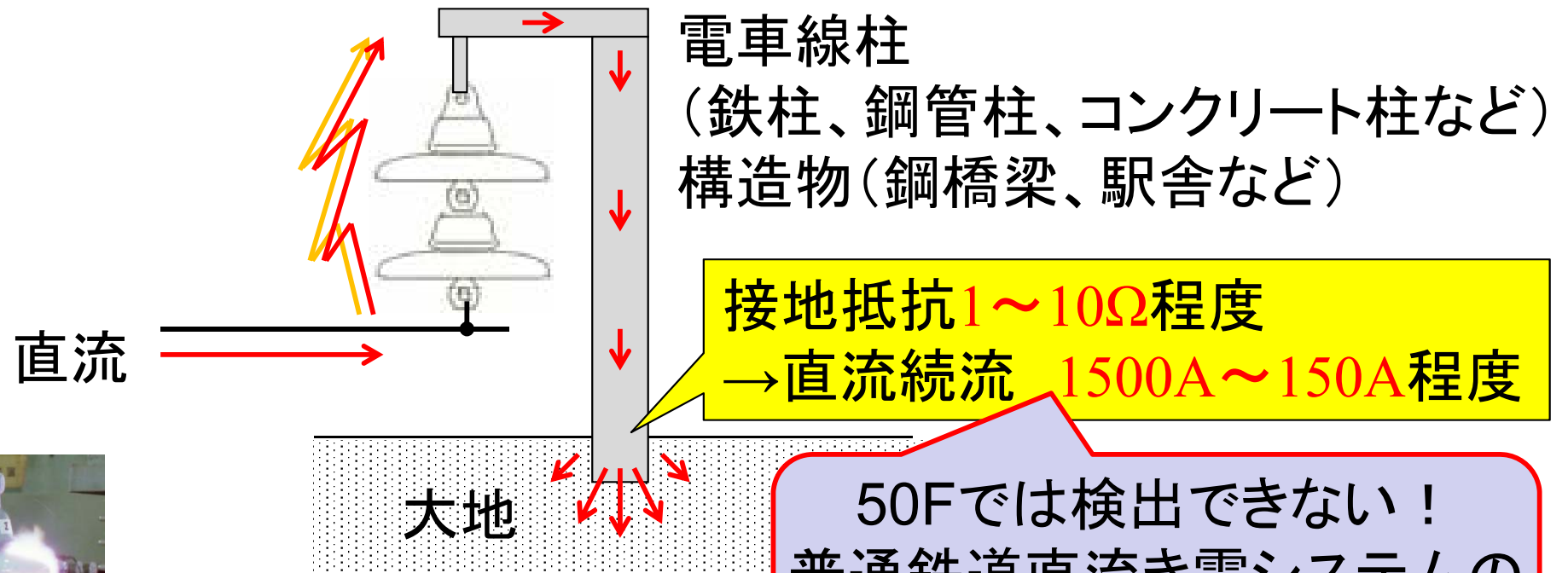
主任研究員 森本 大観



背景：直流高抵抗地絡故障

導電性飛来物
雷によるがいし閃絡
がいしのピン折損

直流の**続流**が発生
(金属導通またはアーク導通)



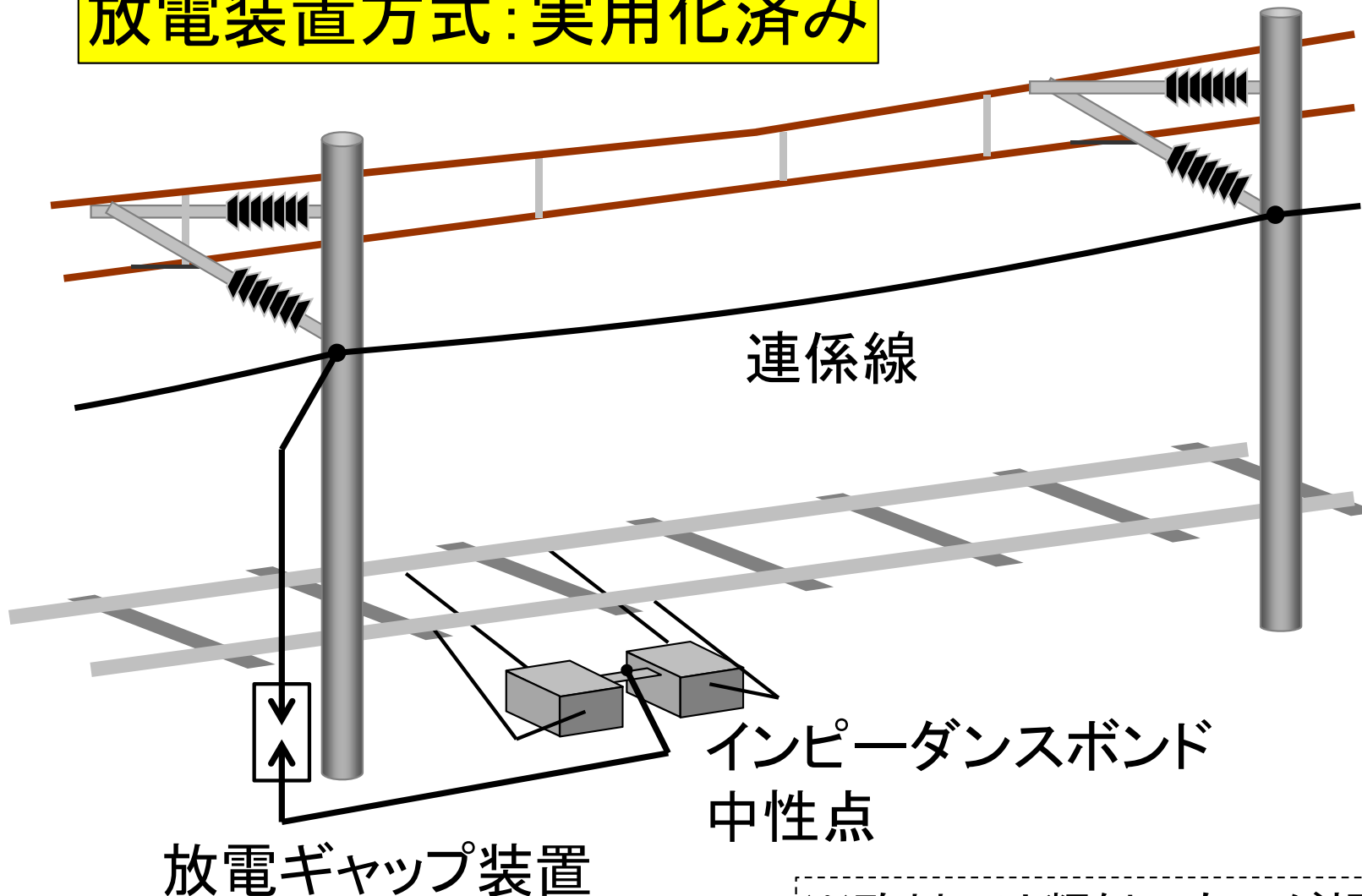
懸垂がいしの雷インパルス試験例

検出手法の検討事例

種類	状況	課題
放電装置を用いて 金属短絡へ移行、 50Fで検出	実用化(本四 連絡橋、車 両基地構内)	本線への適用は、太い接続 線を必要とするため高価 (本四では橋梁自身を利用)
支持物電位上昇を 保護線で伝達	開発済み	信頼度確保と、電線の新規 敷設に対する理解
高調波を用いたイン ピーダンス継電器	過去の研究 のみ	車両のパラメータが必要 信頼度確保が困難
電流継続時間監視 による統計的検出	一部特殊箇 所で実用	整定の標準化に難あり ダイヤ乱れの影響を受ける
2段式直流高圧接 地継電器(64P) 例:200Vと400V	実用例多数	レール漏れ抵抗の影響を強く 受ける(天候等) 複数変電所の「共倒れ現象」

過去の検討事例(1) 実用事例

放電装置方式: 実用化済み



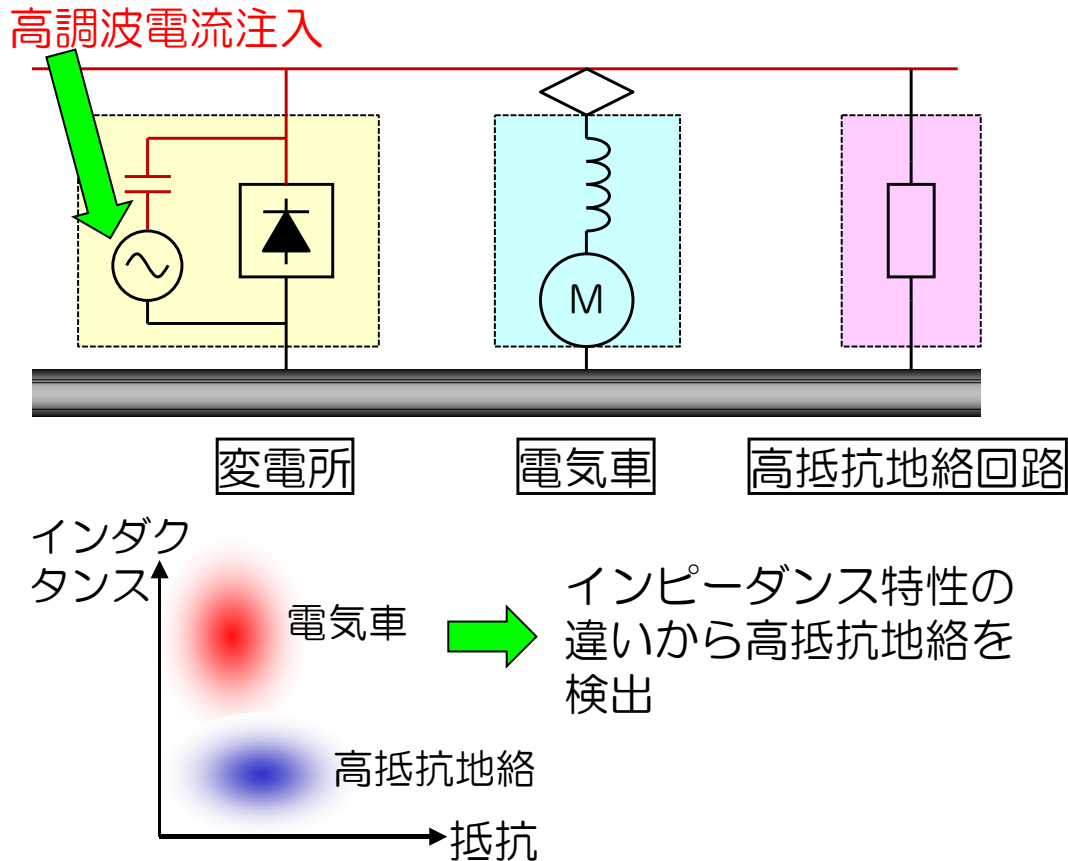
本四架橋(橋梁部)、
関西空港橋(一部):
橋梁鋼構造物自体を
連係線として使用中

車両基地構内:
連係線を新設して実
用化
低コスト版放電ギャッ
プ装置の採用

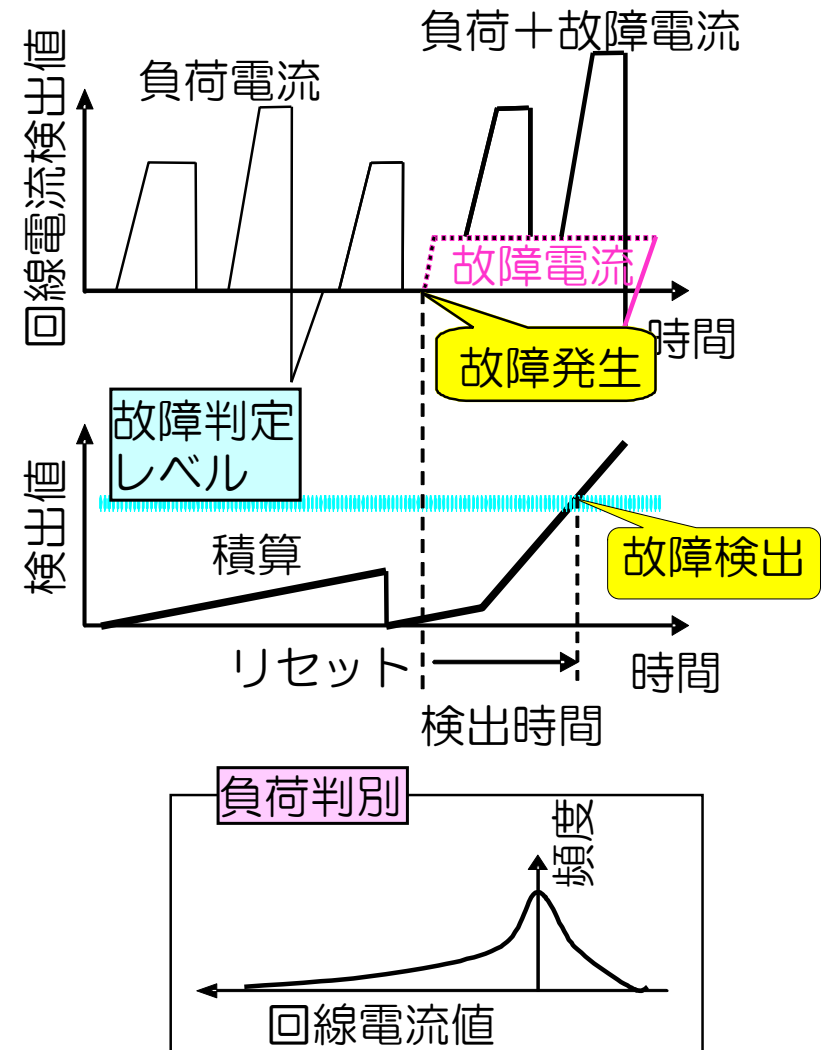
※欧州では類似のものが規格 EN 50526-2「電圧制限装置」にて規格化済み、IEC 62848-2 審議中。

過去の検討事例(2) 概念提案のみ

高調波電流注入方式

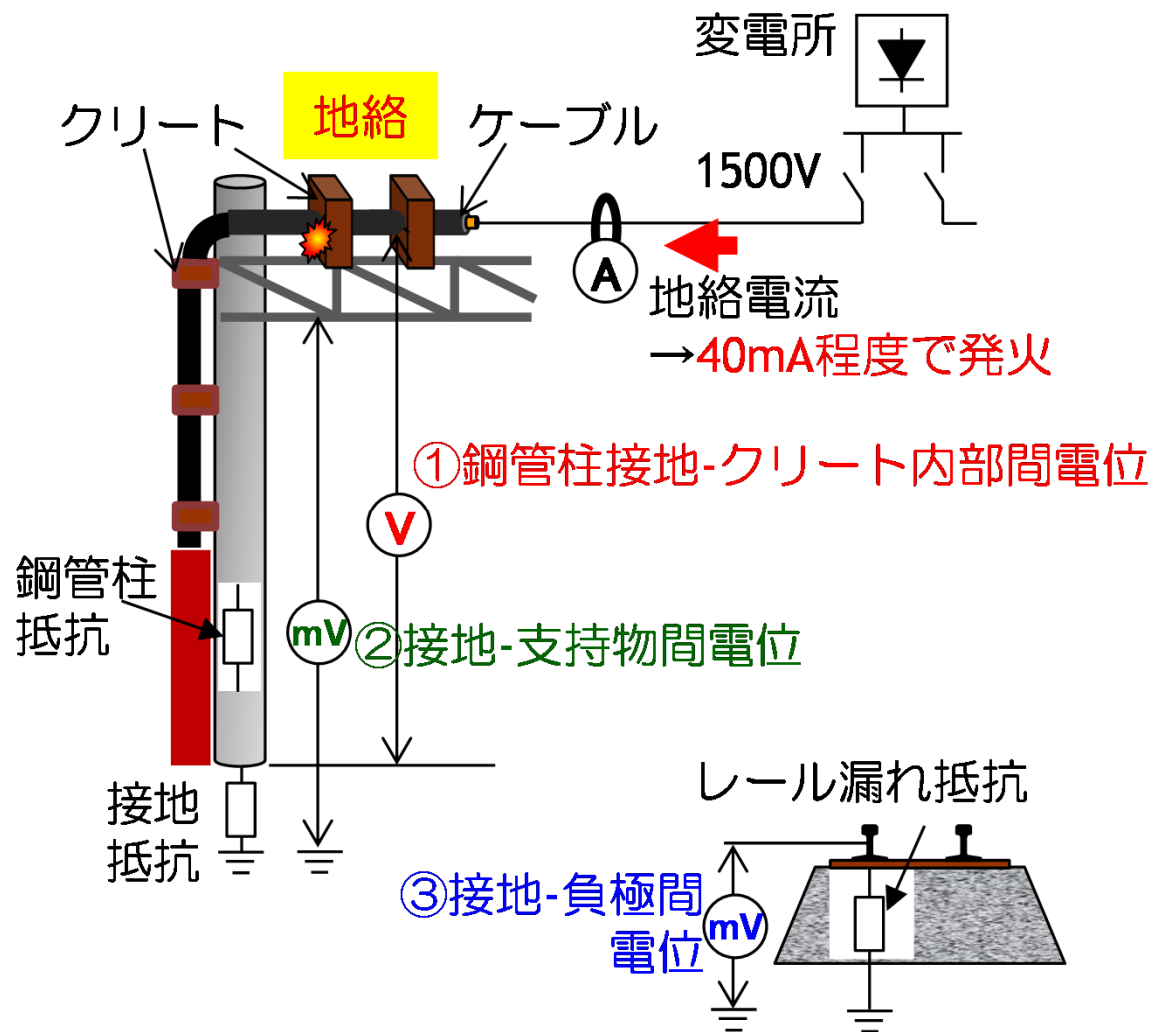


回線電流方式(継続時間)

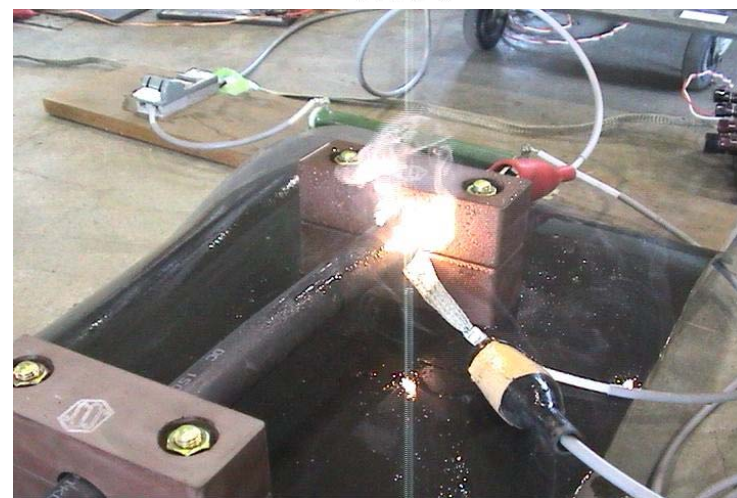
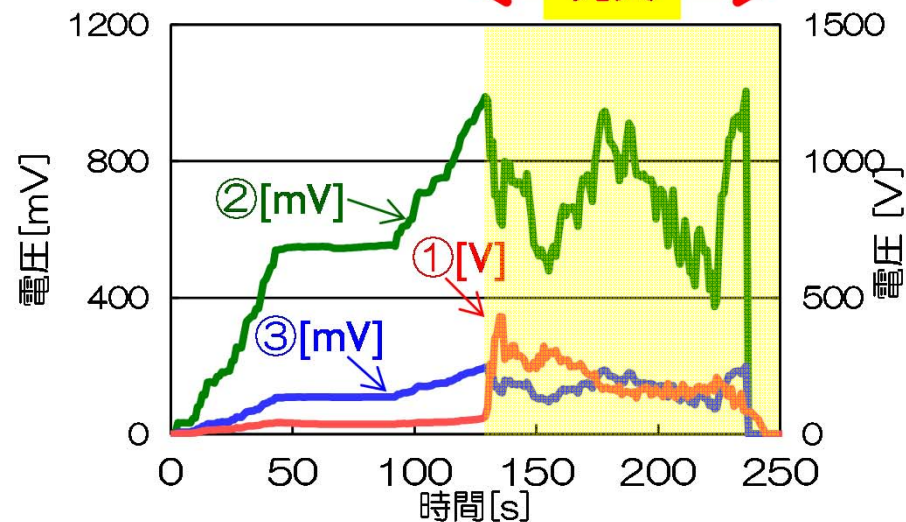


過去の検討事例(3) 基礎実験レベル

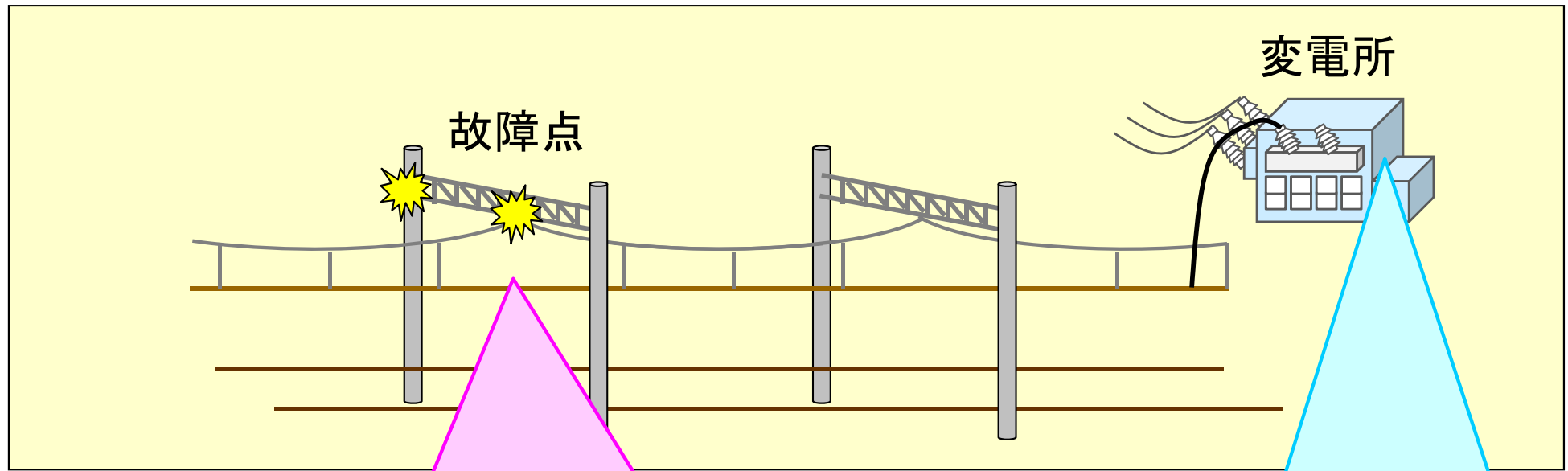
ケーブルクリート位置での検知 (絶縁電線の劣化検出)



発火時において①クリート内部の
電位上昇が最も顕著



検出のための考え方とハードル



故障点発信方式

- 故障点にて電圧・電流の変化、火花の発生などを、センサーで検出するか、電線(保護線)で変電所に伝送。
- 変化の検出自体は容易。
- 電路設備増(センサーや電線の新設)と保守、伝送手段の確保が課題。

変電所検出方式

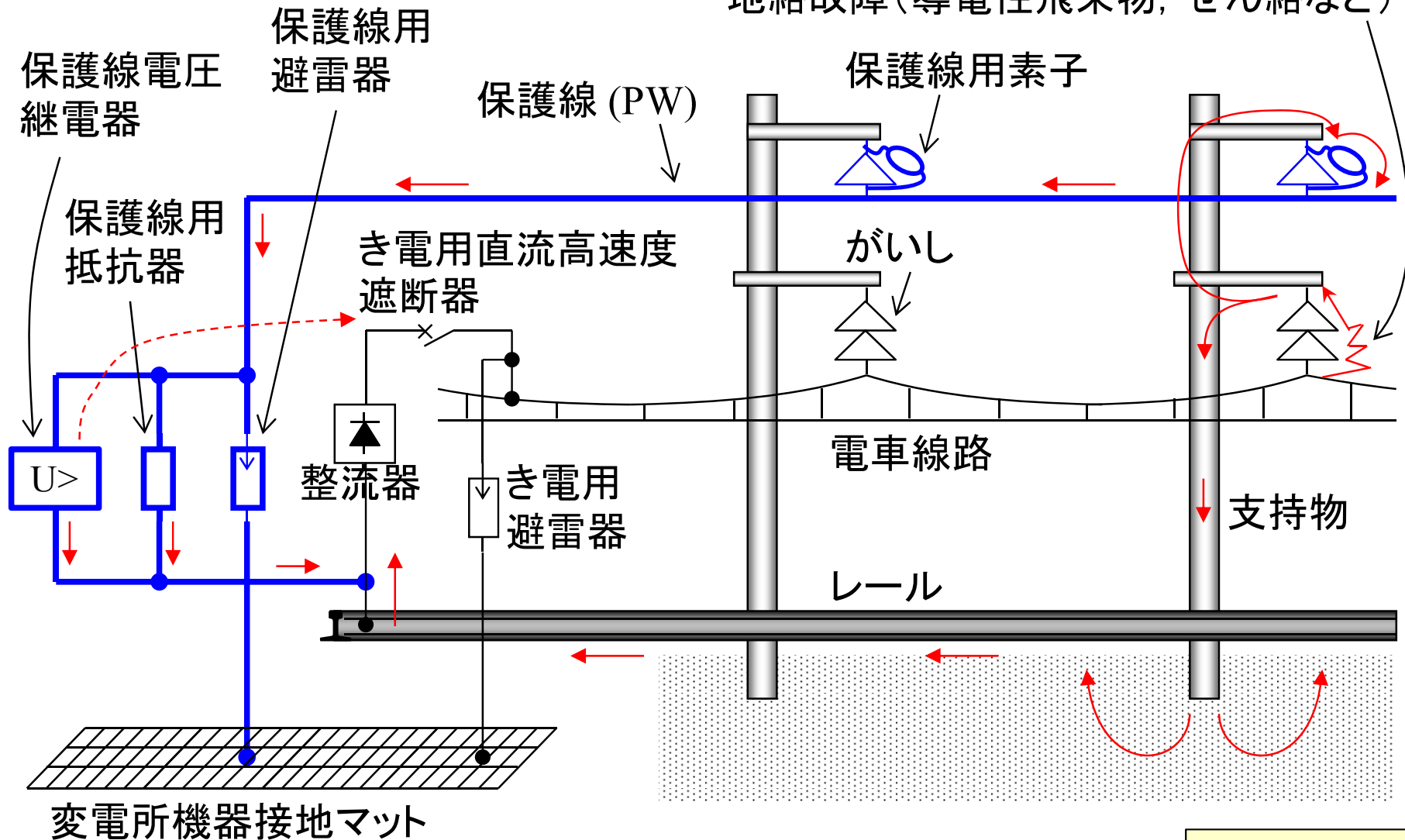
- 変電所から送出する電圧・電流の変化を検出して故障を判別。
- 故障による変化の検出が難しい。20000A中の10Aを観測する必要。
- 設備は変電所内に限定。電路設備数量や保守の手間は増えない。

検出手法の検討事例

種類	状況	課題
放電装置を用いて 金属短絡へ移行、 50Fで検出	実用化(本四 連絡橋、車 両基地構内)	本線への適用は、太い接続 線を必要とするため高価 (本四では橋梁自身を利用)
支持物電位上昇を 保護線で伝達	開発済み	信頼度確保と、電線の新規 敷設に対する理解
高調波を用いたイン ピーダンス継電器	過去の研究 のみ	車両のパラメータが必要 信頼度確保が困難
電流継続時間監視 による統計的検出	一部特殊箇 所で実用	整定の標準化に難あり ダイヤ乱れの影響を受ける
2段式直流高圧接 地継電器(64P) 例:200Vと400V	実用例多数	レール漏れ抵抗の影響を強く 受ける(天候等) 複数変電所の「共倒れ現象」

保護線を用いた直流高抵抗地絡検出

地絡故障(導電性飛来物, せん絡など)

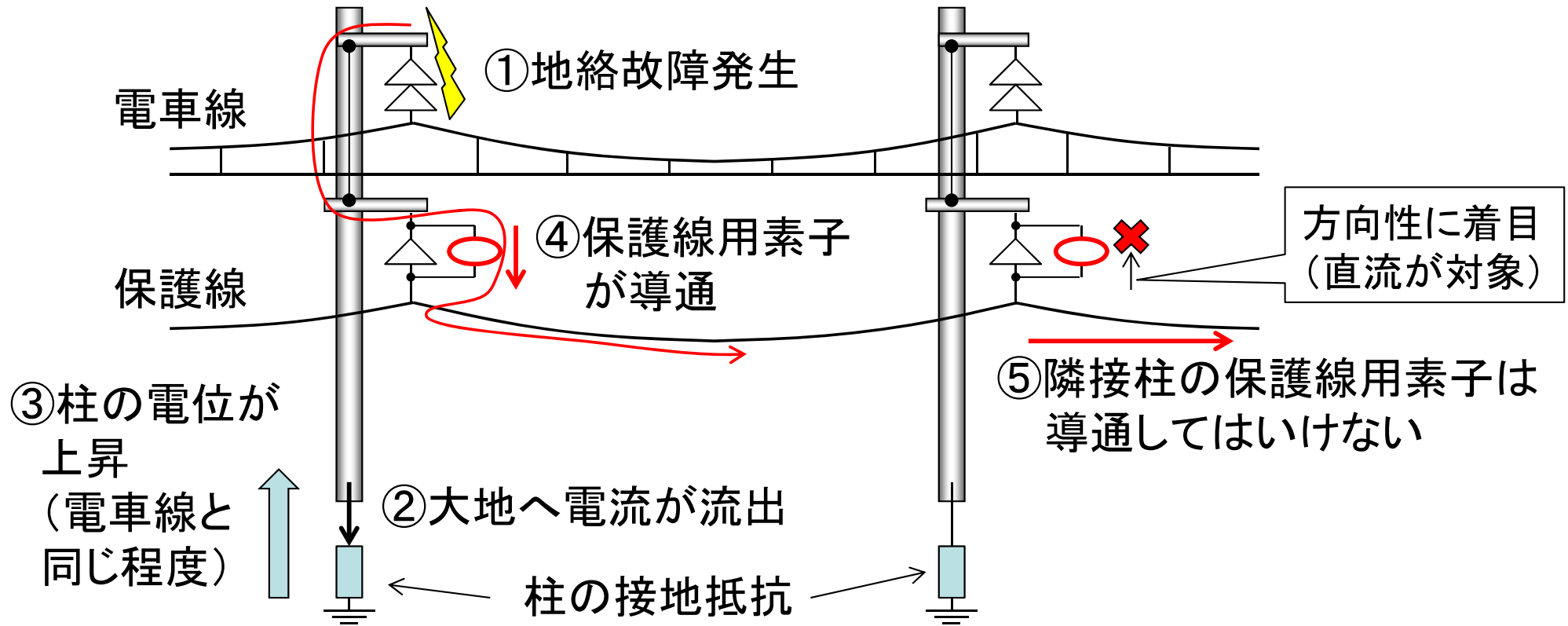


— : 本システムで新設する物

← : 電流の流れ

参考: 鉄道総研報告
2014年10月号

保護線用素子に求められる機能



要求される機能

- ① 直流は、順方向は導通、逆方向は阻止。
- ② ある程度の雷サージに耐える。
- ③ 安定した性能を得るため、大気中放電間隙は使わない。

保護線用素子の開発

要求機能を実現する構成：

ダイオードで導通方向を設定

導通開始電圧(約400V)をバリスタV1で設定

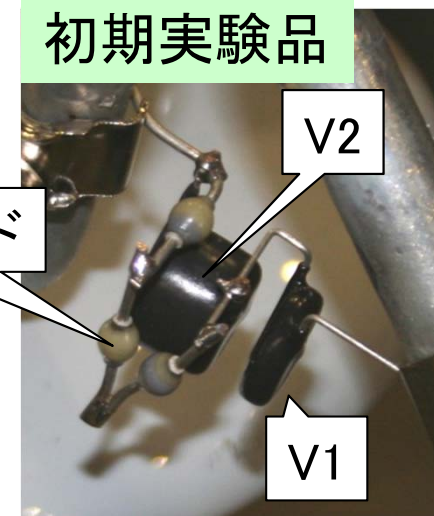
バリスタV2でダイオードを守る

初期実験品

ダイオード

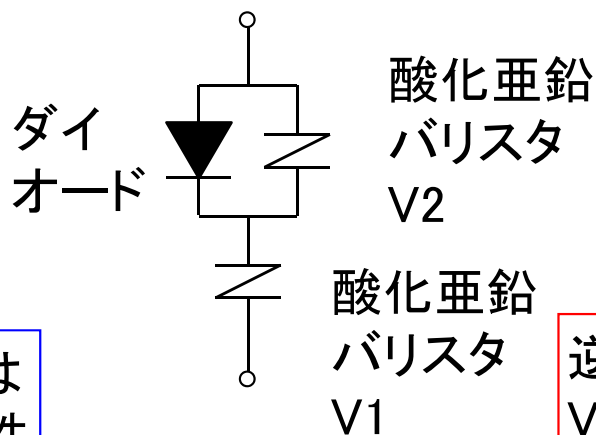
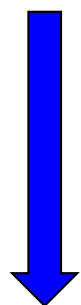
V2

V1



試作品(インパルス電流耐量10000A)

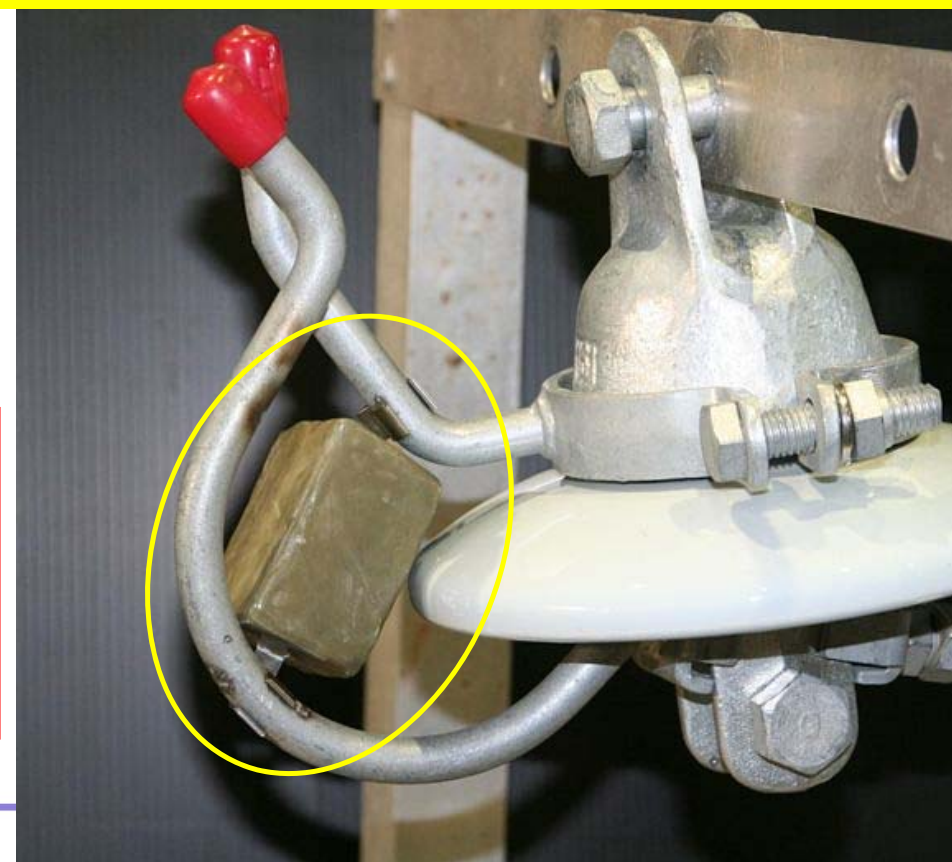
支持物(鋼管柱等)側



順方向は
V1の特性
で導通

保護線側

逆方向は
V2により
ダイオード
を雷から
守る



保護線電圧継電器の試作

2機種を開発した。

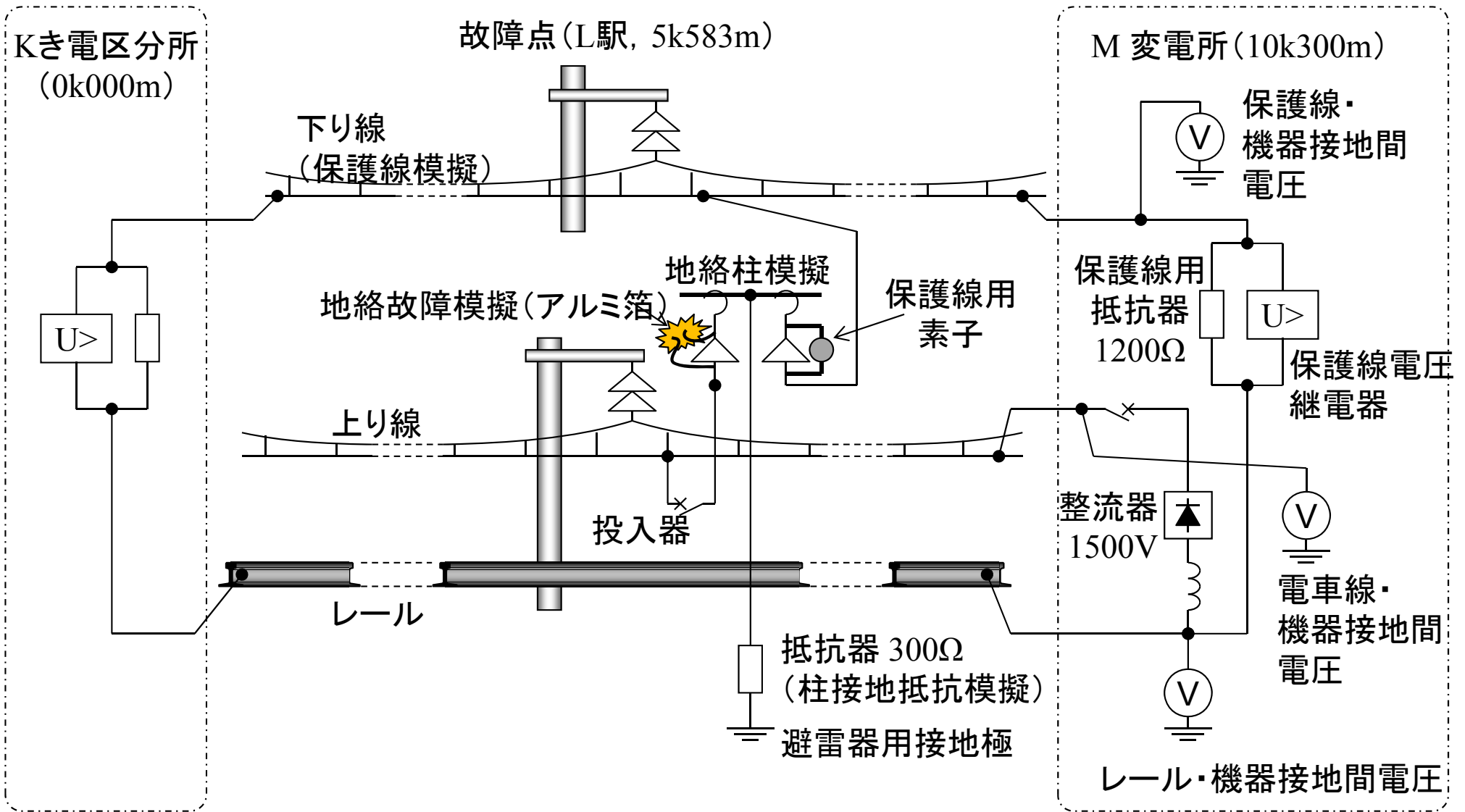
通常形



制御電源レス形



現地試験

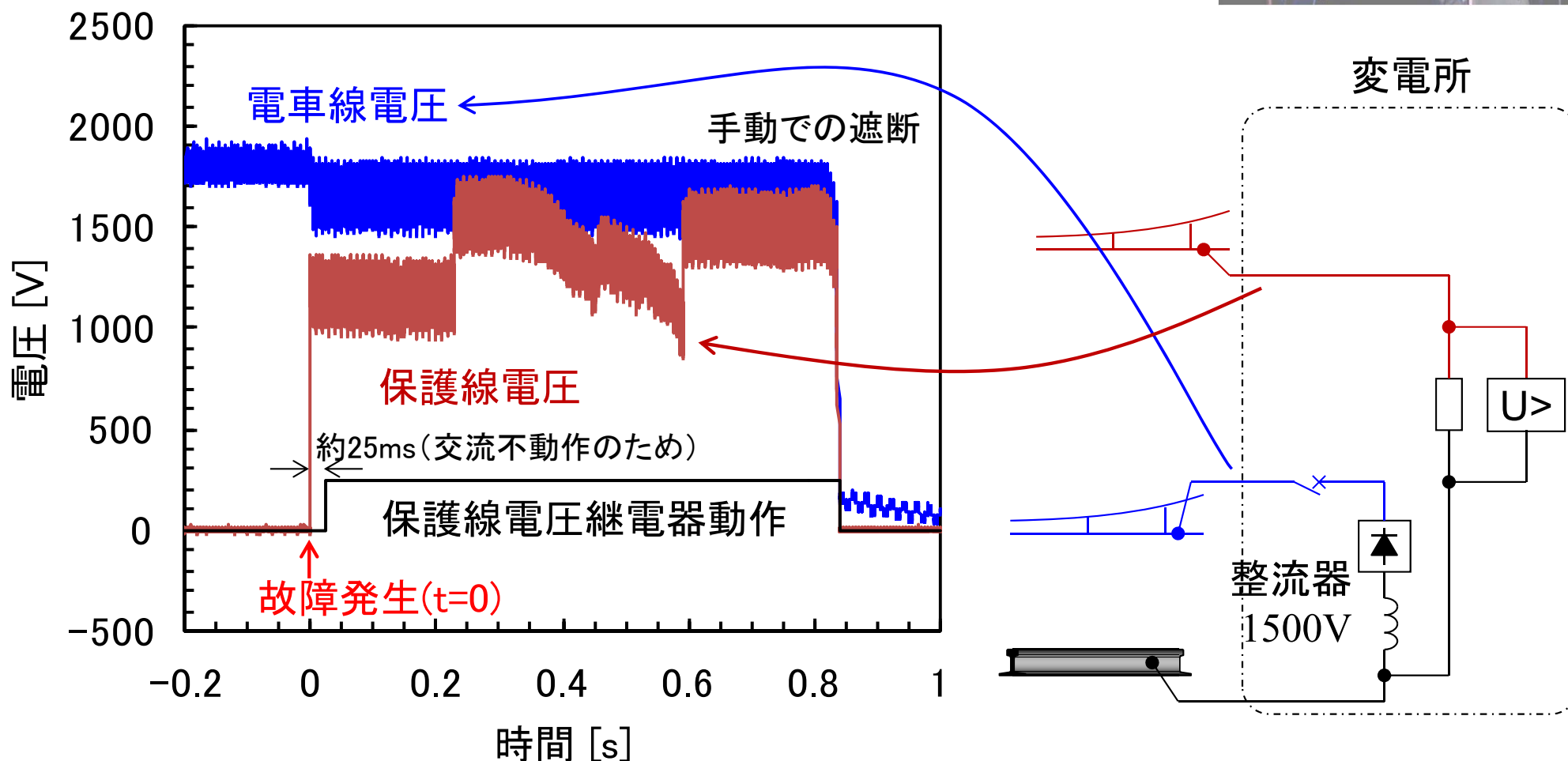


現地試験結果

故障点状況

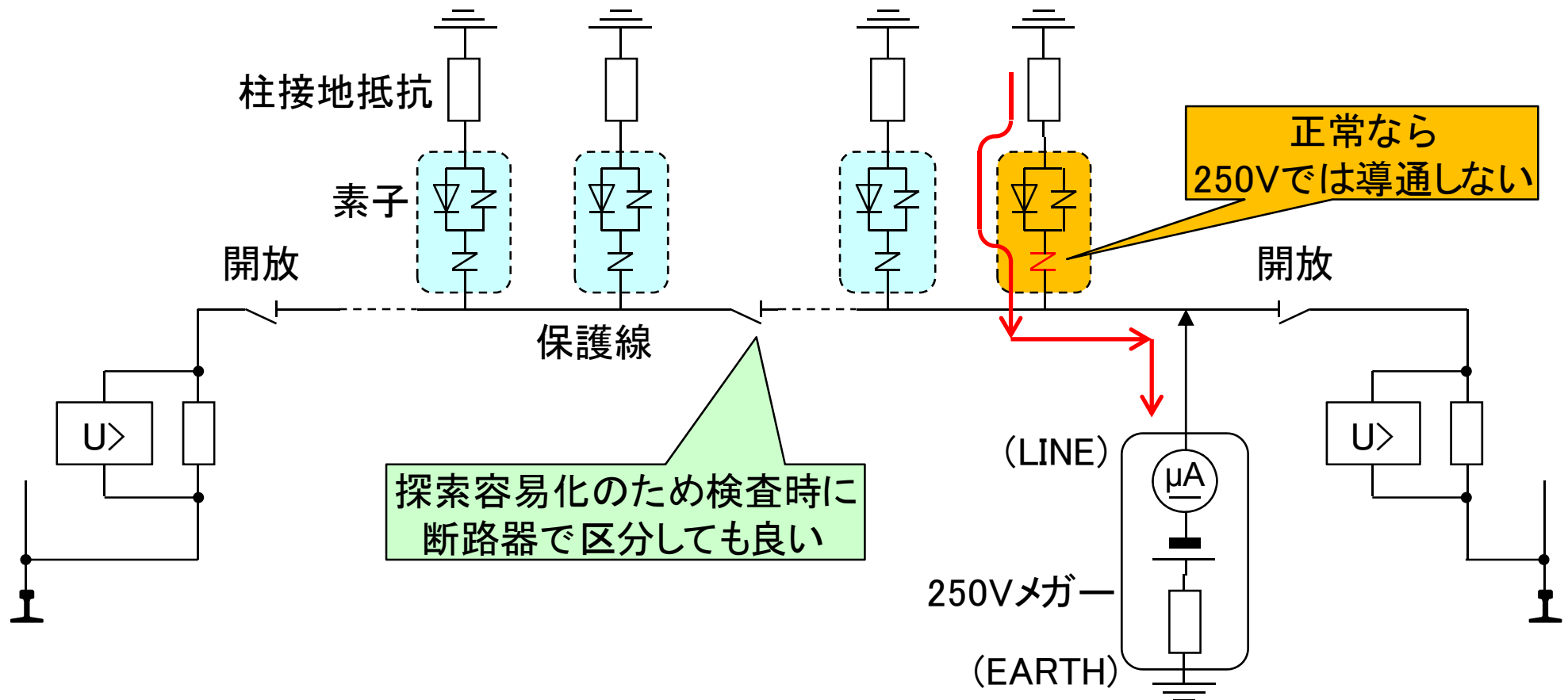


保護線電圧継電器は、遅滞なく動作。
→提案システムで、高抵抗地絡を検出可能。



保護線用素子の定期点検方法

250Vメガーや、汎用の自動絶縁耐圧試験器等を用いて、区間一括点検する。導通する場合は、不良素子を探索して交換。



検出対象と導入コスト試算

検出可能な故障： 保護素子を追加した支持物への地絡

対象外： 上記以外への地絡（保護素子を設けない箇所や、トンネル壁、あるいは道路橋等第三者構造物へのき電線・トロリ線接触）

電車線（材料費のみ、片線あたり）

- 保護線： 数十万円／km（風圧荷重等に耐える、電流容量不要）
- 保護素子： 約60万円／km（がいし含む）
- 区分用断路器： 必要により

変電所（材料費のみ）

- 保護継電器： 100～200万円／台
- 保護線用抵抗器： 200万円／台
- 連動改修・電力管理システム改修： システムによる

ご清聴ありがとうございました。



FAQ

保護線を新設することは困難(電路財産・保守項目の増、柱強度)。既にある架空地線を転用できないか。

→理論・実験検討はしていないが、不可能ではないと思われる。ただし、元来の役割が違うことを認識する必要あり。

架空地線:

雷に対する電界遮蔽(シールド)

直撃雷を積極的に受け止めて犠牲になるもの(避雷針相当)

保護線:

検知用電線→本来は進んで犠牲になる電線ではない

→特高連絡架空送電線併架箇所は、不可能。(検討はしていないが、地絡保護協調に課題があると予想)

FAQ

保護素子はコンクリート柱並みの恒久寿命(60年以上)か？

→誘導雷等によっても一時的に動作するため、電氣的には、恒久寿命は期待できない。

→材料的には不明。原理検証までの検討であったため、環境長期暴露試験や加速劣化試験などはしていない。

FAQ

金具類は？

取り付け信頼性が不安だが？

→この研究では入手容易な既製品（交流電車線路用S状ホーンB形）を使っただけなので、最適とはいえない。

→180mm懸垂がいしも同様で、そこまでの耐圧は不要。

ピンがいし等でも構わない。

→最適なものを開発することは考えられる。

FAQ

地下区間(剛体電車線、き電ちょう架線方式)では使用できるか？

→トンネルと電車線下束等の構造による。

円形シールドトンネル:可能性がある。(一般に空頭が大きい)

ただし、下束をトンネル構造物から絶縁することが必要。(特にダクタイル鋳鉄セグメント)

開削箱形トンネル:離隔が小さい場合は難しい。

第三軌条方式(600V、750V)では使用できるか？

→できる(保護線用素子の電気設計を変更)。

→塵埃による汚損が激しいので、保護線用素子に求められる耐環境性や、取り付け場所が、難しい。

地下トンネル構造物への直接地絡は検出できるか？

→できない。64Pの領分。



FAQ

駅舎への地絡は検出できるか？

→地上駅舎であれば可能。

しかし、おそらく放電ギャップ装置方式を採用するほうが廉価。

保護線方式は、駅間の何も無いところの電化柱や跨線橋で有用。

(保護継電器は駅に置き、変電所や電力指令との間を通信線で結んでもよい)

FAQ

保護線方式の検出感度は？

→電圧でみているので、電流を問わない。

→これまで検討されてきた各種方式の中で、最も優れている。

ギャップ方式：50F整定値以上の短絡電流が必要。

高調波注入方式：観測原理上、誤判定が避けられない。

回線電流時限方式：輸送乱れ時の検証ができていない。

2段式64P：レール漏れ抵抗に依存。多くの場合、50F整定値に匹敵する地絡電流がある状態のみ検知可能。