



# 【報告 1】

## 電力流通設備の アセットマネジメントへの貢献

電力中央研究所 研究参事  
グリッドイノベーション研究本部 ファシリティ技術研究部門  
副部門長 高橋紹大

研究成果報告会2025  
2025年11月13日  
電力中央研究所

© CRIEPI 2025

電力中央研究所

### 本報告でお伝えしたいこと

本報告では**電力流通設備の高経年化対策**（経年劣化への対策）について、  
日本の新託送料金制度を踏まえて説明する

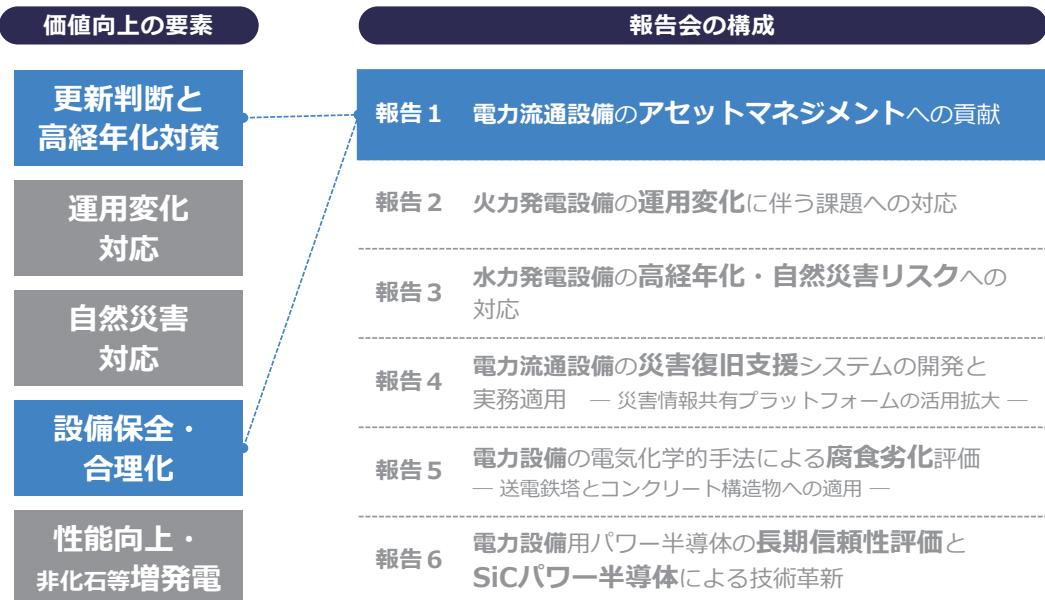
新託送料金制度では**日本全体で共通のリスク評価手法**がOCCTOの「高  
経年化設備更新ガイドライン（GL）」（2021年策定）の中で規定され  
たが、当所では**その策定に寄与したデータ**、および**今後の改定への寄与が  
見込まれるデータ**を取得・蓄積してきており、その状況について紹介する

最後に今後の方向性として、ISO55000シリーズで言う「アセットから  
の価値」を評価指標とすべく、**リスクベースからバリューベースへの移行**  
を展望する

© CRIEPI 2025

1

# 本報告の内容は電力インフラに対し どのような価値向上の要素を持っているか



## 報告内容

### 1. 日本における電力流通設備のアセットマネジメント（現状）

### 2. リスク評価精緻化に向けた当所の取組み

- ① 送電設備（送電用CVケーブル）
- ② 変電設備（油入変圧器）
- ③ 配電設備（配電用CVケーブル）

### 3. おわりに

## 1. 日本における電力流通設備のアセットマネジメント（現状）

従来より、一送各社では社会的コストダウン要請に対応し、また、託送料金に対する説明責任を果たすため、設備保全方策の合理化を進めてきた

これに対し当所は主要設備を対象とした状態診断技術開発を進め、個別設備のアセットマネジメントへの貢献を志向してきた

(例) 送電設備：架空線、地中線（OFケーブル/CVケーブル）、鉄塔  
変電設備：油入変圧器、ガス絶縁開閉装置（GIS）/ガス遮断器（GCB）、避雷器  
配電設備：配電用CVケーブル、柱上変圧器、コンクリート柱/腕金

## 高経年化設備更新ガイドラインについて

■我が国では2023年度よりレビュー・キップ制度を導入した新しい託送料金制度に移行

新託送料金制度への移行にあたり、近年の設備の高経年化に対する問題意識を受け、高経年化した設備を合理的に更新できるよう、アセットマネジメントの考え方を取り入れた「高経年化設備更新ガイドライン（GL）」（2021年）がOCCTOにより策定され、更新計画作成に活用されることとなった

評価対象：鉄塔、送電線、送電用ケーブル、変圧器、遮断器、電柱、配電線、配電用ケーブル、柱上変圧器

※ それぞれ主要種別・電圧階級が対象

GLの評価手法は「全国統一の手法」として導入され、今後も規制期間の切替りごとに改定・維持されることが見込まれる

## GLの基本的考え方

GLの基本的な考え方は**リスク量 = 故障影響度（円換算）×故障発生率（故障率）**として求める値を評価指標とすること

設備状態で決まる**故障率**は設備ごとに、経年に加えて使用環境や使用状況等が補正係数により反映された「ヘルススコアH」により算出される計算式から求められる（英國CNAIMの手法に準拠）

$$\text{故障率 } \lambda(H) = K \cdot \left\{ 1 + C \cdot H + \frac{(C \cdot H)^2}{2} + \frac{(C \cdot H)^3}{6} \right\}$$

※単調増加の三次関数、Cは一定値、Kは設備ごとに設定

$$H = 0.5 \cdot \exp \left\{ \ln \left( \frac{5.5}{0.5} \right) \cdot \frac{\frac{t}{t_0}}{\left( \frac{A_1}{A_2} \cdot A_3 \right)} \right\} \cdot A_3 \cdot A_4$$

※ t:経年、t<sub>0</sub>:標準期待年数（標準仕様状態で劣化の兆候が表れ始める年）、A<sub>1</sub>:場所係数、A<sub>2</sub>:使い方係数、A<sub>3</sub>:ヘルススコア係数、A<sub>4</sub>:信頼度係数

※ GL策定にはK値、標準期待年数、場所係数等の設備実態に合わせた設定が必要

## 各種パラメータの根拠データ

GL策定時は、日本の設備実態に合った故障率の値が得られるよう、対象設備の故障実績や劣化様相分析結果が活用された

また第二規制期間以降に向けた改定の中で、設備実態データをさらに拡充し、精度向上を図ることが提言されている

## 2. リスク評価精緻化に向けた当所の取組み

### ① 送電設備（送電用CVケーブル）

#### 送電用CVケーブルの経年劣化特性把握

##### 貢献の概要

**撤去ケーブルの残存性能試験**（前駆遮断試験）により、布設環境別の経年劣化特性（標準的な性能低下傾向）の把握を進めている。このデータはGLのヘルススコア算出で使用されるパラメータ（K値、標準期待年数、場所係数等）算出に寄与した

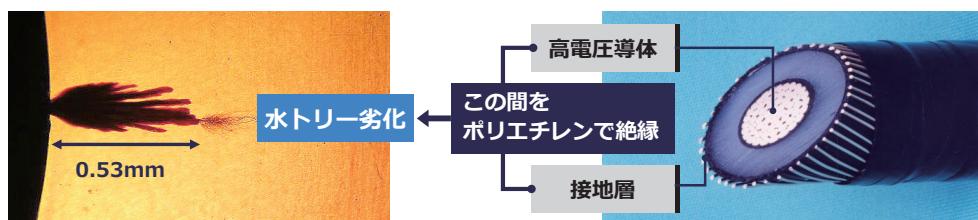
- 現行GL策定時に利用された撤去品データは、主に「非遮水・非洞道」タイプの66/77kV CVケーブルについて取得されたもので、少数の遮水層付きケーブルのデータと合わせてパラメータ設定に活用された
- 遮水層付きケーブルの適用拡大・経年進行を背景に、近年は遮水環境（洞道布設を含む）のデータ拡充を進めている
- さらに電圧階級の高いケーブルのデータも必要となると想定され、110/154kV用の試験設備導入を進めている

### 経年CVケーブルの劣化特性の取得（送電）

電力各社（当時）では高経年化が進むCVケーブルの劣化特性を把握すべく、H13～H15年に中央電力協議会（当時）要請研究を設定、当所は前駆遮断試験設備を有する試験棟を建設のうえ、各社からの撤去ケーブル（22kV～77kV）に対し試験を実施、要請に応えた

以後、個別・共同の受託研究等、およびH23年度以降は再び全電力（全一送）共同の枠組みにて、継続的に撤去ケーブルの残存性能試験を実施

非遮水ケーブルについては概ね特性把握が終了し、以後は遮水構造または非遮水構造のうち非水場設置環境にあったケーブルを中心でデータを取得、またより高電圧クラス（110/154kV）への対応を進めている

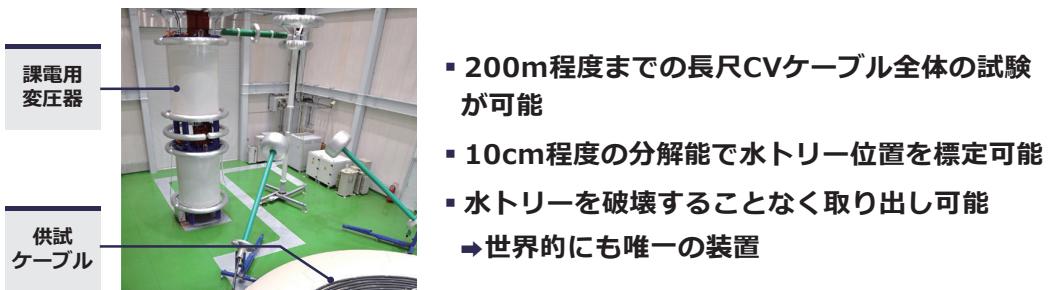


## CVケーブル前駆遮断試験

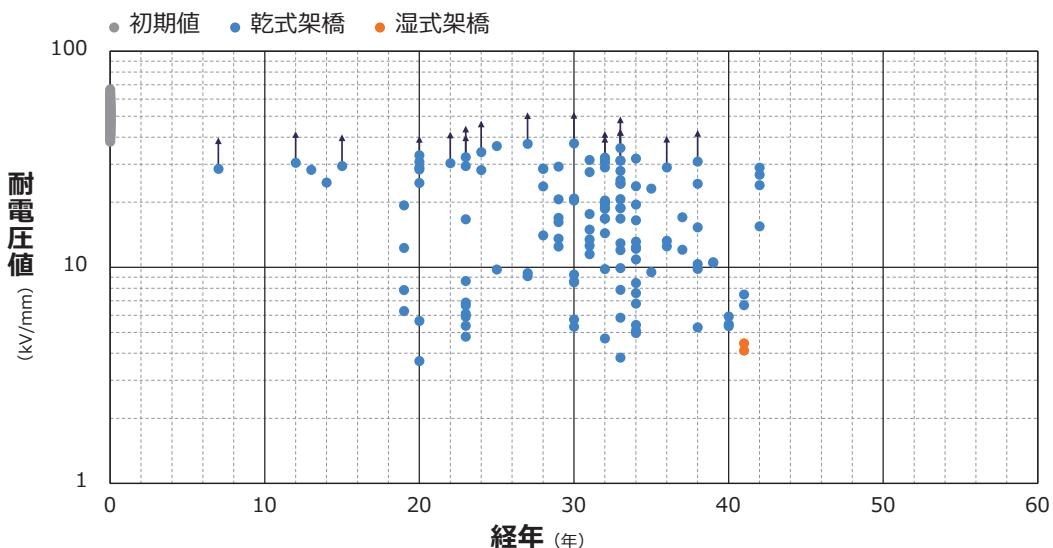
■通常の破壊試験と異なり、撤去ケーブルの残存耐電圧値に加え、**耐電圧値を下げる要因となる水トリーを見つけることができる**

- 高電圧課電によりに水トリー先端で発生する部分放電（絶縁破壊の前駆現象）を検出
- 印加電圧を瞬時に遮断
- **水トリーを残したまま耐電圧値を取得**
- 水トリーの位置を標定し、ケーブル絶縁体から切り出して**形状、長さ**を取得

### CVケーブル前駆遮断試験設備

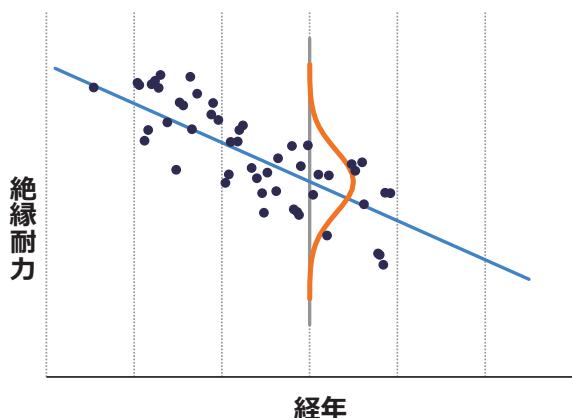


## 経年と残存耐電圧値の関係 (66/77kV、非遮水・非洞道布設)



※上矢印付プロットは、設備の課電電圧上限値で前駆遮断しなかつたデータを示す

## 残存耐電圧特性から 故障率-経年特性を把握する手順

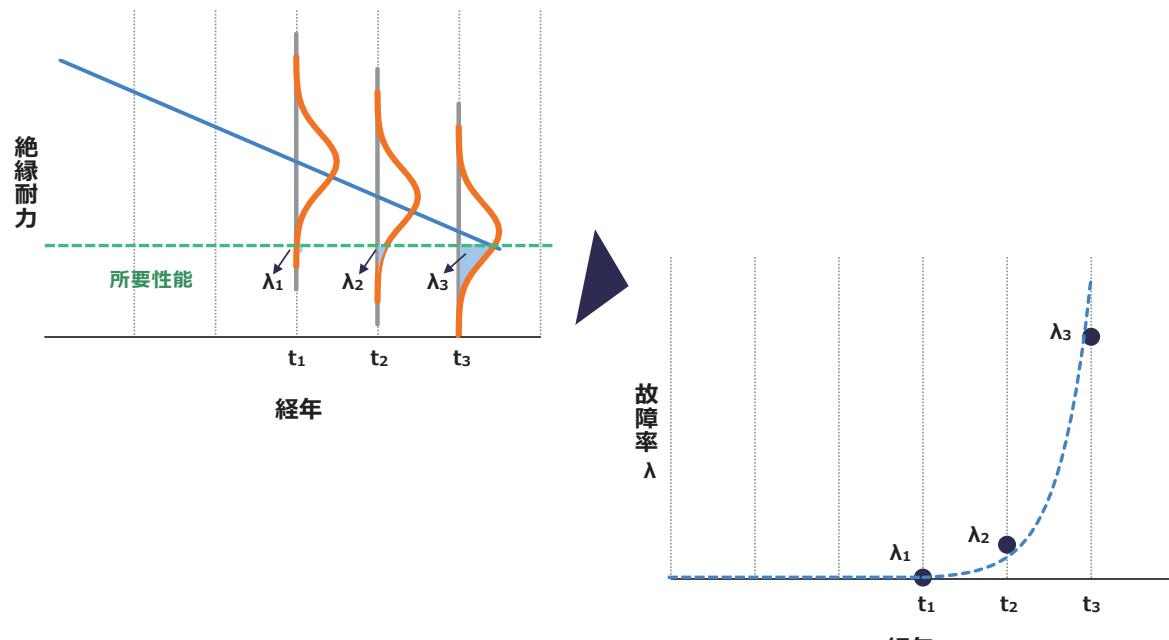


※データはイメージ

© CRIEPI 2025

12

## 残存耐電圧特性から 故障率-経年特性を把握する手順



※データはイメージ

© CRIEPI 2025

13

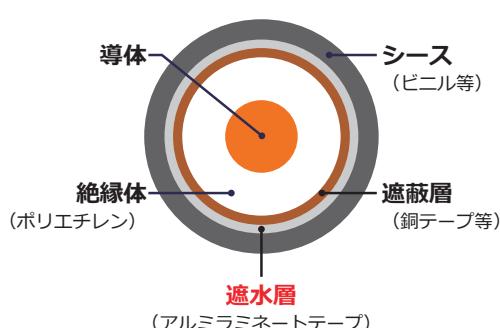
## ケーブル種別・布設形態の分類（水分影響の観点）

※CVケーブルの耐電圧値は水トリー劣化様相で決まる

→水分影響で故障率特性が変わる（これまでの主対象は水分影響ありの条件）

### ケーブル種別：遮水層の有無

#### ■ 遮水層付きCVケーブルの構造イメージ



### 布設形態

#### ■ 洞道内布設



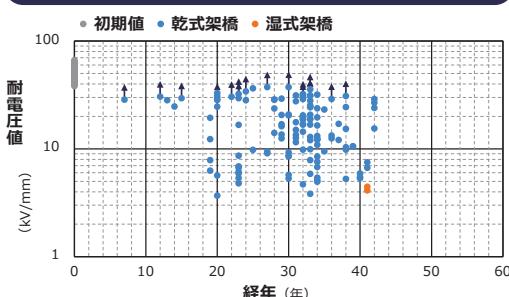
#### ■ 管路布設



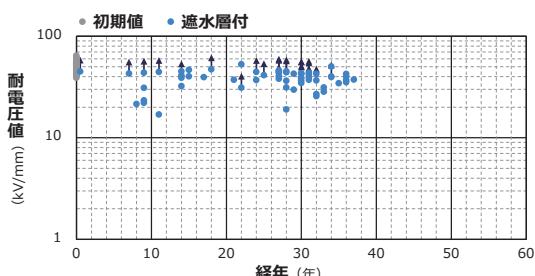
遮水層付or洞道布設では絶縁体が水分に触れにくく、  
劣化進行が遅いと想定される

## 経年と残存耐電圧値の関係（66/77kV）

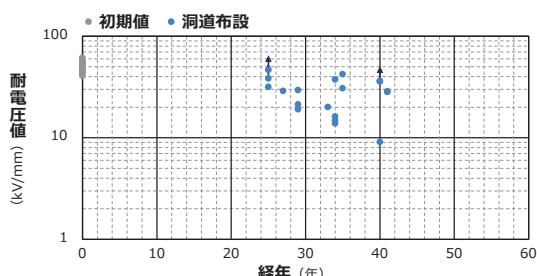
### 非遮水・非洞道（従来の主対象）



### 遮水層付（近年の拡充対象）



### 洞道布設（近年の拡充対象）



## 2. リスク評価精緻化に向けた当所の取組み

### ② 変電設備（油入変圧器）

#### 油入変圧器の余寿命評価技術の開発

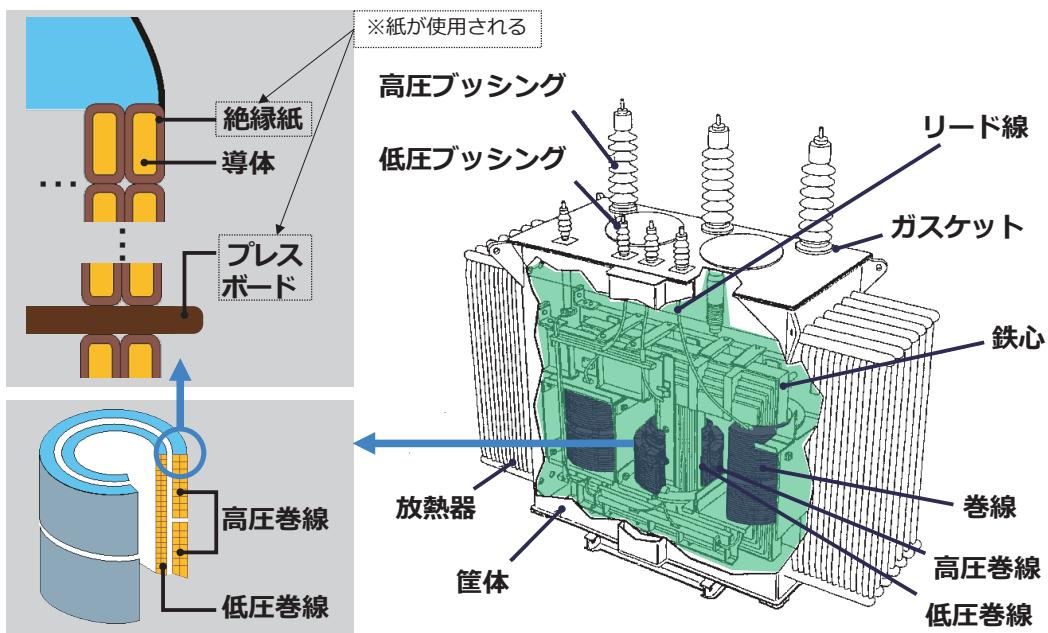
##### 貢献の概要

寿命指標と考えられている**巻線絶縁紙の機械強度低下**に基づき、**負荷実態を反映した余寿命評価法を開発**してきた。従来の変圧器は絶縁紙には普通紙、絶縁油には鉛油を用いているが、近年**耐熱紙や植物油を採用する変圧器が増加**していることを受け、これらに対応できる劣化特性データ\*を取得し、評価法の拡張を行った

\*現行GLでは鉛油・普通紙の組合せを想定したパラメータ設定が行われたが、将来の改定時には耐熱紙／植物油採用変圧器への対応が必要とされることも想定され、標準期待年数を設定する根拠データとして活用可能

- 耐熱紙**はアミン系化合物等の添加により普通紙よりも熱劣化が抑制される
- 絶縁紙の熱劣化は紙の中の水分により加速されるが、**植物油**は鉛油よりも飽和水分量が大きく、紙から水分を吸収するため熱劣化が抑制される

## 油入変圧器の構造



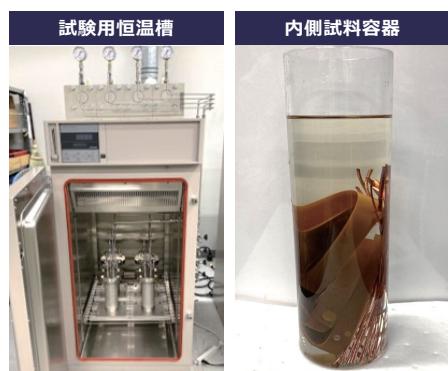
出典：「変圧器の歴史」，サイエンス（1988）

## 絶縁紙の熱劣化特性（熱加速劣化試験）

### 配電変電所用クラスの変圧器を模擬した劣化条件を設定

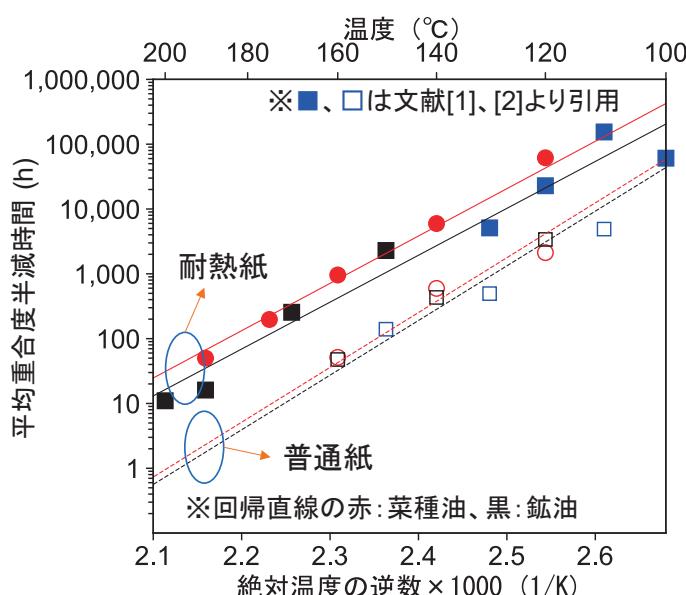
- 変圧器構成材料である銅（電線）、ケイ素鋼板（鉄心）、普通紙／耐熱紙、鉱油／植物油（菜種油）を容器に封入し、恒温槽にて加熱
- 紙の機械強度と相関のある平均重合度（残率）を評価指標とする
- 劣化条件：最長の加熱時間で絶縁紙平均重合度残率が50%を下回る想定にて設定

	150°C	170°C	190°C	200°C
22時間				●
36時間				●
72時間			●	●
216時間	●	●	●	●
360時間		●	●	
720時間	●	●	●	
2160時間	●	●		
6480時間	●			



※熱劣化条件例（耐熱紙－鉱油）

## 平均重合度半減時間の温度特性 (アーレニウスプロット)



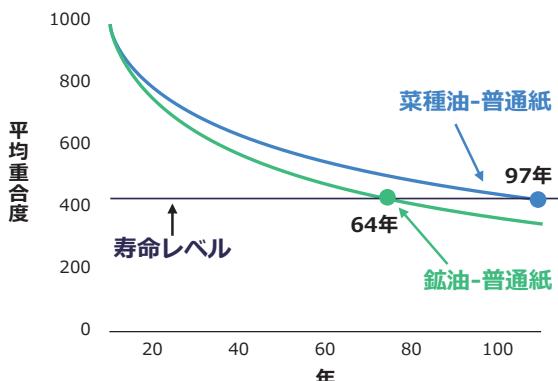
平均重合度半減時間は、普通紙と比較して耐熱紙の方が長く、また普通紙、耐熱紙とも鉱油中よりも植物油（菜種油）中の方が長い、すなわち劣化進行が遅い

※アーレニウスプロットの傾きからセルロースの分解反応速度が温度の関数として得られる。これにより、任意の温度履歴を経た絶縁紙の平均重合度が計算できる

文献 : [1] 的場他, 絶縁油分科, No.2 (2022)  
[2] 山中他, 絶縁油分科, No.10 (2018)

## 絶縁紙寿命評価例

実変圧器を想定した普通紙の寿命評価結果



■鉱油と比べて菜種油中で絶縁紙が約1.5倍の長寿命化、巻線平均温度が6°C上昇すると鉱油中と同等の寿命になる

▼  
菜種油使用によりコンパクト化や冷却器削減、あるいは通電電流量増による増容量化や長期の過負荷運用の便益が見込まれる

## 2. リスク評価精緻化に向けた当所の取組み ③ 配電設備（配電用CVケーブル）

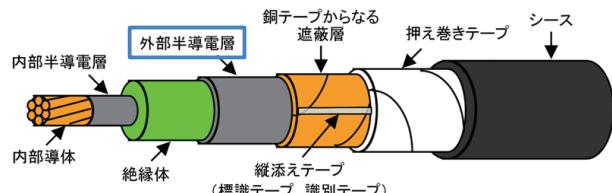
■配電用6.6kV CVケーブルについてはこれまでE-Tタイプについて絶縁劣化特性が調査され、寿命基準等が提案されているが、電気事業ではE-Eタイプが主流となっており、当所ではその経年劣化特性を撤去品調査を通じて進めてきた

配電用CVケーブルの経年劣化特性把握

### 貢献の概要

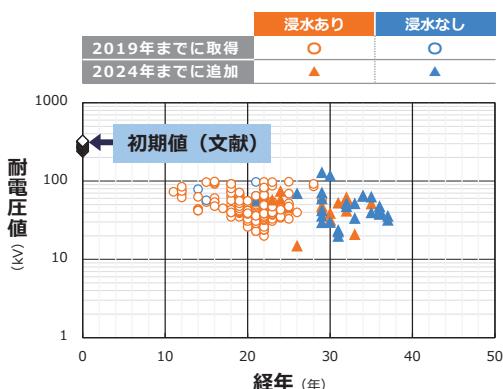
撤去ケーブルの残存性能試験（絶縁破壊試験、前駆遮断試験）により、布設環境別（水没／非水没）の経年劣化特性（標準的な性能低下傾向）の把握を進めている。このデータはGLのヘルススコア算出で使用されるパラメータ（K値、標準期待年数、場所係数）算出に寄与

※ E-Tタイプは外部半導電層を半導電テープ巻きで形成するが、E-Eタイプは絶縁体と同時に押出し形成するため、界面の突起形成・電界集中が抑えられる



## 経年CVケーブルの劣化特性の取得（配電）

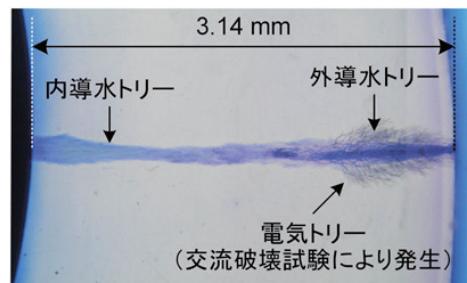
- 高経年（30年超）E-Eタイプケーブルの絶縁性能を撤去品調査を通じて調査し、経年劣化特性の取得を進めている
- 劣化様相はE-Tタイプと同様に水トリー劣化の進行であるが、E-Tタイプを対象に開発してきた各種診断手法の判定基準適用可否についても確認を進めている（現行基準にて橋絡水トリーを診断できる見込み）



(文献) 橋詰, 他. 電気学会論文誌A, Vol.111, No.7, pp.659-666, 1991

© CRIEPI 2025

■ 内外半導電層を橋絡している水トリー例



22

## リスクベースからバリューベースへ（1/2）

当所では各種電力流通設備を対象に劣化メカニズムの分析と状態診断技術開発を進めており、個別設備のアセットマネジメントへの貢献を志向してきた。これはTBM (Time Based Maintenance) からCBM (Condition Based Maintenance) への移行の支援となる

一方、日本ではレベニューキャップ制導入に伴い、GLによるリスク量評価に基づく設備の高経年化対応を行うこととなった。これはリスク評価可能な設備に対するRBM (Risk Based Maintenance) 導入を意味する

GLは日本全体で統一の評価手法であり、今後の規制期間切り替えに伴う定期的な改定の中で、全一送共通により広範にRIDM (Risk-Informed Decision Making) が求められていくと想定される

当所はこの流れに対し、各種電力流通設備の状態評価（故障率評価）を通じた貢献を継続実施する

© CRIEPI 2025

23

## リスクベースからバリューベースへ (2/2)

なお、アセットマネジメントの国際規格ISO55000シリーズでは、「アセットマネジメント」を「アセットからの**価値**を実現化する組織の調整された行動」と定義している

「**価値 (Value)**」には「**財務的価値**（収益やコスト低減など）と**非財務的価値**（環境・安全、社会的責任など）」があり、アセットマネジメントとはこれらの項目を複数、適切に組み合わせた評価を行うものと考えられる

これまでの電力流通設備を対象としたアセットマネジメント評価技術導入の検討では、コストやリスクの低減分のみを**価値**ととらえ、また設備数（規模、所要品質）は変えない前提で評価することとしている

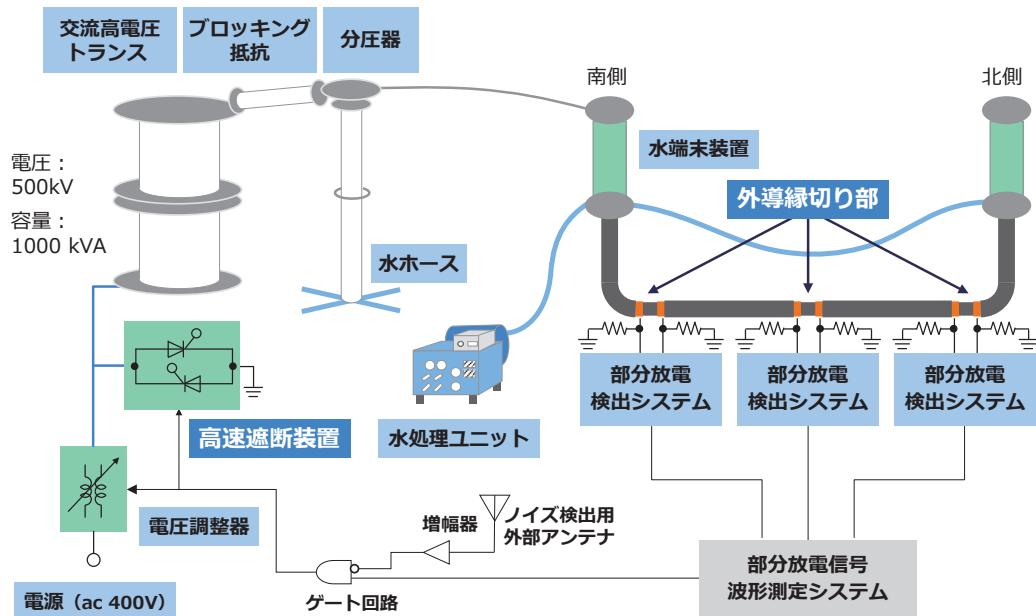
そこで将来的には、多面的な**価値評価**に基づくアセットマネジメント手法として、例えば、地域や需要の特性に基づく**個々の価値**の考慮方法を検討し、設備構成（設備規模など）や設備運用（過負荷を許容する運用など）の最適化検討に資する、**バリューベースの評価指標**の構築・提案、および評価ツールの開発を目指したい

ご清聴ありがとうございました

 **電力中央研究所**

Central Research Institute of Electric Power Industry

## 【参考】前駆遮断試験装置の構成

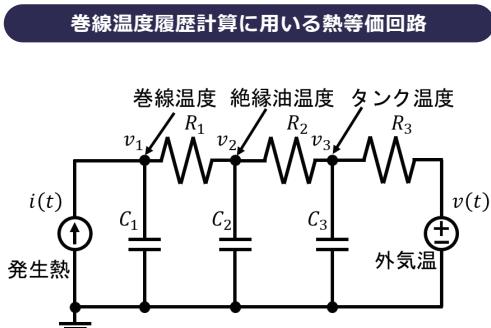


© CRIEPI 2025

26

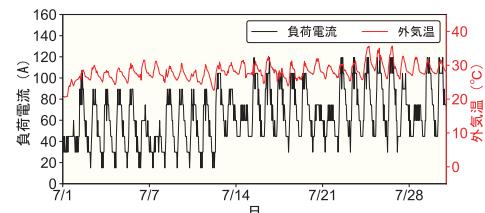
## 【参考】当所既開発の絶縁紙寿命評価手法

- 巻線温度履歴を計算して変圧器内の絶縁紙寿命を評価
- 負荷及び外気温の履歴（将来推定含む）を元に熱等価回路から巻線温度を算出

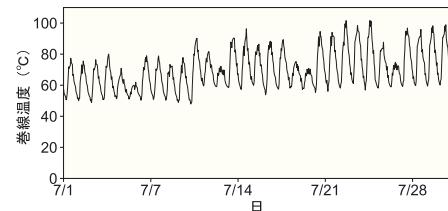


あらかじめ取得した絶縁紙の熱劣化特性に基づき、巻線温度履歴から平均重合度低下推移を計算

年間負荷パターンおよび外気温データ（抜粋）



計算で得られた巻線温度履歴（抜粋）



© CRIEPI 2025

27