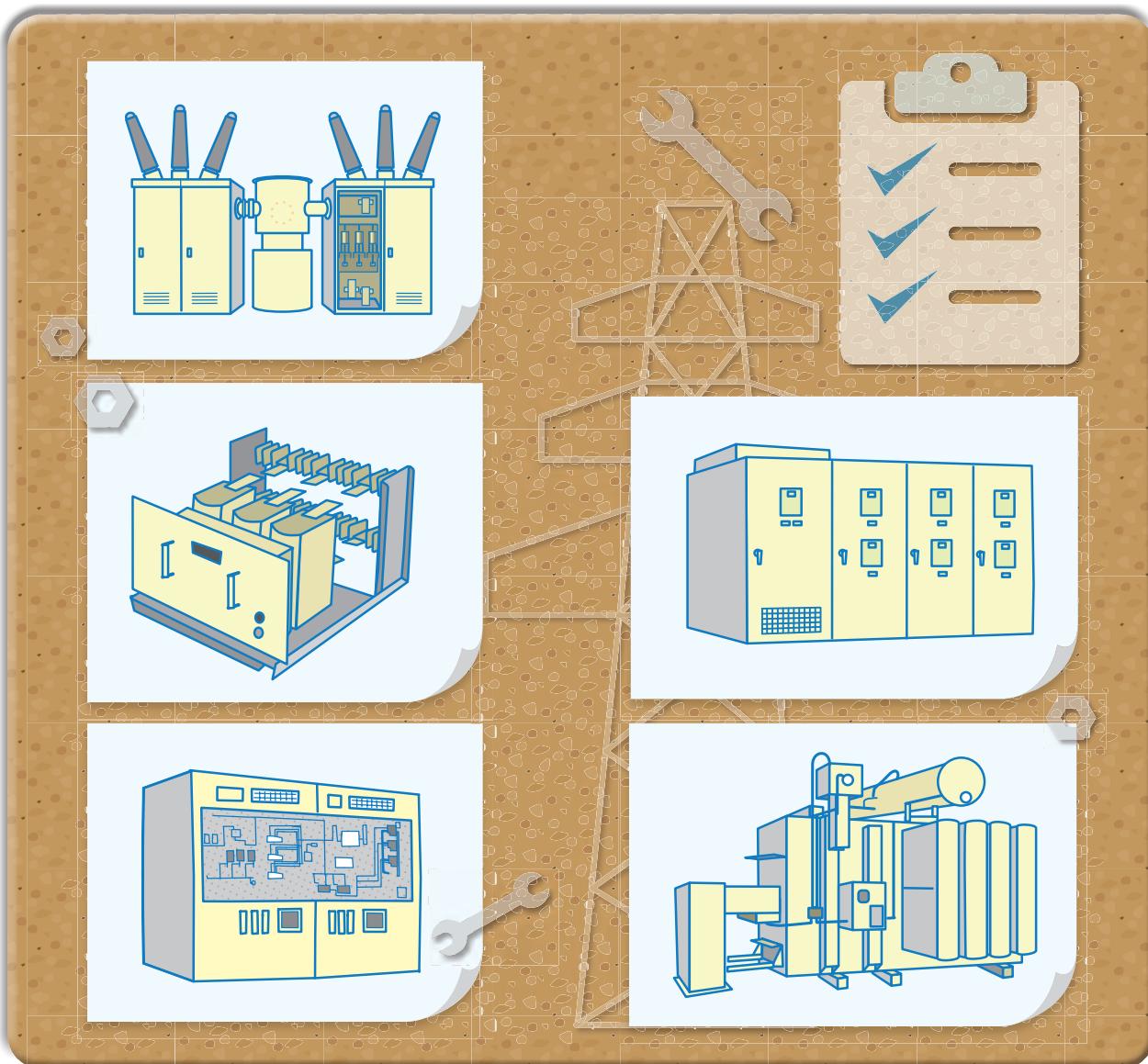


あなたの

受変電設備の診断は お済みですか

保守点検と設備診断のおすすめ



一般社団法人日本電機工業会
The Japan Electrical Manufacturers' Association

目 次

| | | |
|----------|--------------------------|-------|
| 1 | はじめに | 3 |
| 2 | 事故・障害の要因と事例 | 4 |
| 2.1 | 電気設備における事故・障害の要因 | |
| 2.2 | 電気設備における事故・障害の事例 | |
| 3 | 設備のライフサイクルにおける概念 | 6 |
| 3.1 | 設備のライフサイクルの概念 | |
| 3.2 | 定期点検周期と診断実施推奨時期および更新推奨時期 | |
| 4 | 保守点検 | 8 |
| 4.1 | 保守点検の目的 | |
| 4.2 | 保守点検の内容 | |
| 4.3 | 保守点検の基本パターン | |
| 5 | 設備診断 | 10 |
| 5.1 | 設備診断の目的 | |
| 5.2 | 設備診断の基本手順 | |
| 5.3 | 機器の診断方法 | |
| 6 | 各機器の劣化診断技術 | 12 |
| 6.1 | GIS/C-GIS の劣化診断技術 | |
| 6.2 | 油入変圧器の劣化診断技術 | |
| 6.3 | 遮断器の劣化診断技術 | |
| 6.4 | 気中スイッチギヤ/保護継電器の劣化診断技術 | |
| 7 | 信頼性向上対策のポイント | 20 |
| 7.1 | 信頼性向上対策の目的 | |
| 7.2 | 信頼性向上対策実施の考え方 | |
| 7.3 | 信頼性向上対策実施時に考慮すべき事項 | |
| 7.4 | 部品交換による信頼性向上対策 | |
| 7.5 | 機器更新による信頼性向上対策 | |
| 8 | 設備更新のポイント | 24 |
| 8.1 | 更新の考え方 | |
| 8.2 | 設備更新の検討手順 | |
| 8.3 | 設備更新による効果 | |
| 9 | 劣化評価表の参考例 | 26 |
| ◆ | 関係資料の紹介 | (裏表紙) |

1

はじめに

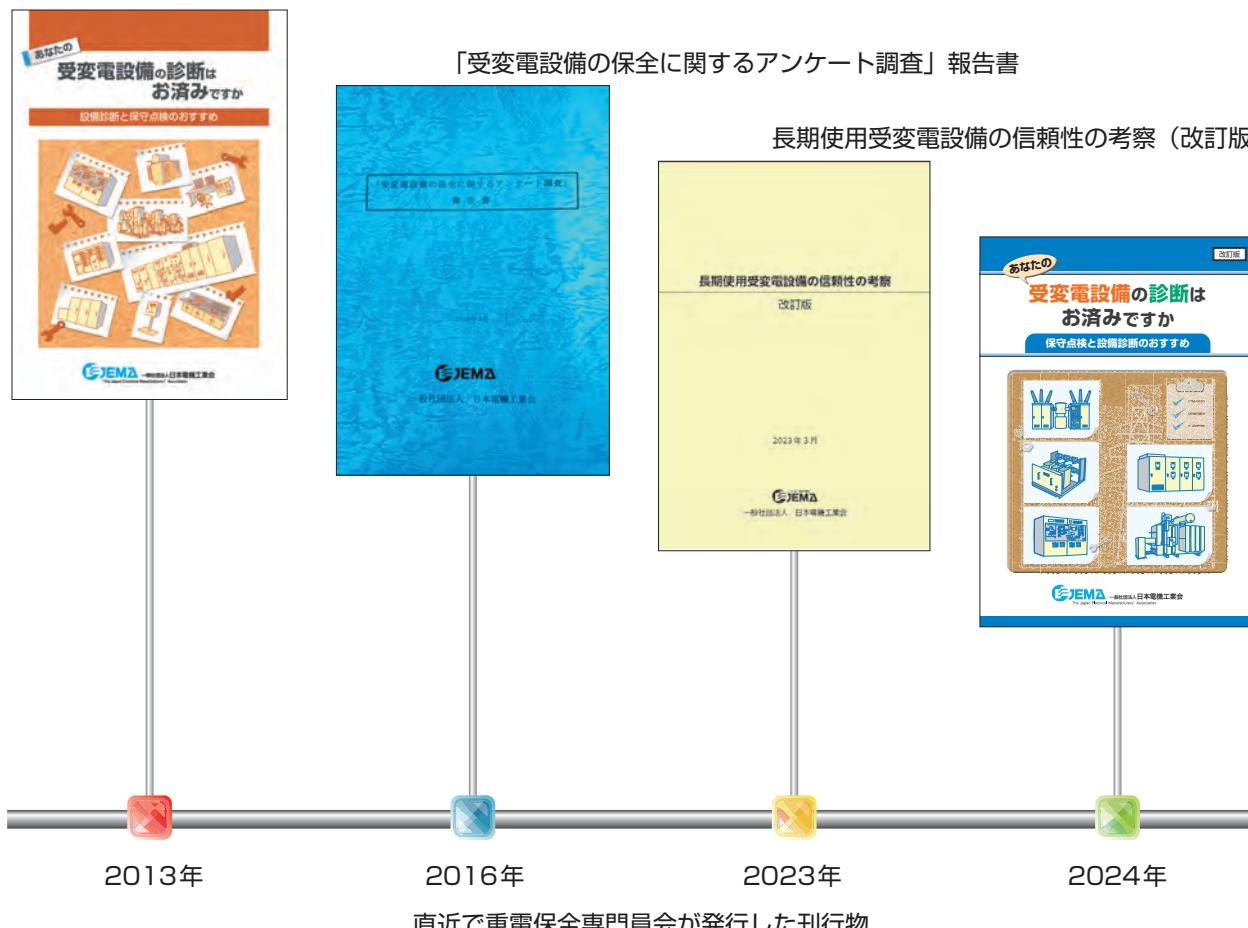
受変電設備は、電力供給に欠かせない設備であり、安全・安心な電気を安定して供給することで生活や社会活動、生産活動を支えている。また、情報化社会が拡大し、インターネットや携帯電話は、生活・生産に欠かせないものとなり、より高品質な電源供給が求められている。一方で需要家の受変電設備は、適切な点検や保全がされない場合があり、劣化した機器が更新時期を過ぎて継続使用されるなどの問題から、予期せぬ故障で電源供給停止や障害に至る場合がある。

受変電設備で使用される機器は、一般的な生産設備で使用される機器とは異なり、常時電力を供給する必要があるため、保守・保全作業などで停止できる期間が限られる。また、運用中の設備の劣化評価は難しく、更新時期を超えて長期使用される機器が多く見られる。このため、設備（機器）の継続使用の可否は、物理的寿命評価だけではなく、機器の生産終了や保守終了などの社会的寿命評価を含めて検討することが望ましい。

設備の総合評価は、構成機器の個別評価に加えて、電力供給停止時の影響度合い、今後の設備増強や運用計画、継続使用リスクなども加味して評価することが必要である。また、設備の信頼性維持には、総合評価した結果に基づいて、機器の故障リスクを軽減するための保守・保全、部分更新、設備全体更新などを確実に実施するため保全計画へ反映させることが重要である。

受変電設備の長期稼動が進むなか、設備の安全と信頼性の向上にお役立ていただくため2023年に設備診断方法を見直し、報告書「長期使用受変電設備の信頼性の考察」を改訂した。併せて受変電設備の保守・保全活動に本資料もご活用ください。

あなたの受変電設備の診断はお済みですか



2 事故・障害の要因と事例

2.1 電気設備における事故・障害の要因

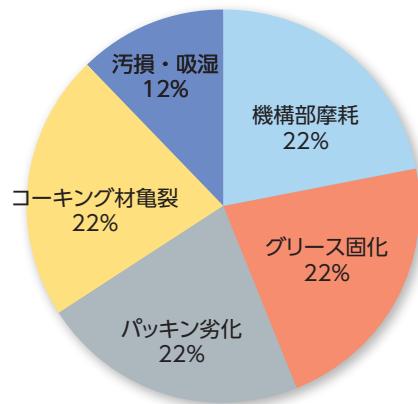
重電保全専門委員会が収集した近年10年間程度の障害データより、主たる要因が長期使用による経年劣化であると推定できる障害現象を分析し要因を劣化形態として表した。

設備区分では、特高受変電設備、高圧受変電設備及び配電設備で事故・障害事例があり、機器毎に分類し劣化形態をグラフ化した。

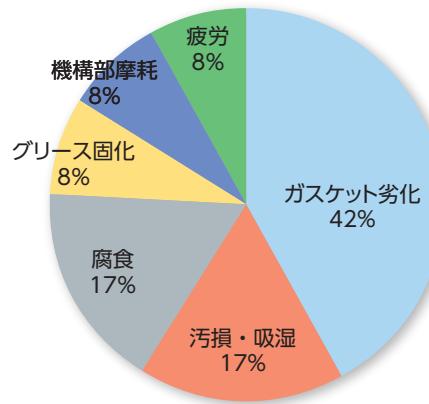
(1) 特高受変電設備における機器毎によるデータ

特高受変電設備のデータを機器毎に細分化し、劣化形態についてグラフ化

①GIS、C-GIS、遮断器などの劣化形態



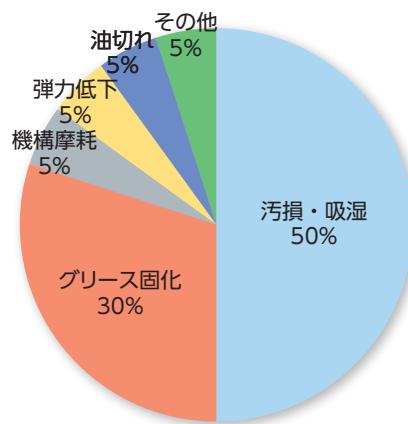
②特高油入変圧器、特高CTなどの劣化形態



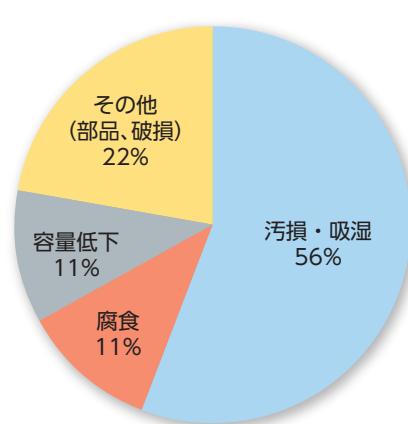
(2) 高圧受変電設備及び配電設備における機器毎によるデータ

高圧受変電設備のデータと配電設備のデータを機器毎に分け、劣化形態についてグラフ化

①断路器、真空遮断器、負荷開閉器などの劣化形態

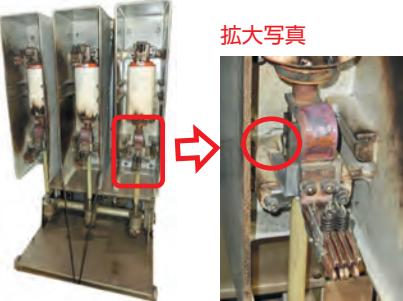
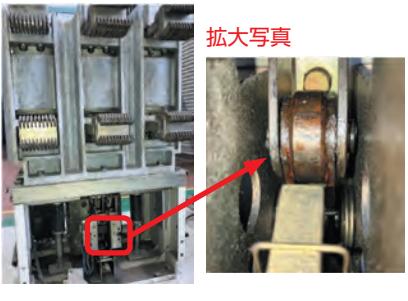


②高圧油入変圧器、コンデンサなどの劣化形態



2.2 電気設備における事故・障害の事例

電気設備の保全現場における、設備の老朽化、保全費の削減、保全技術力の低下などに伴い、事故・障害の発生リスクが増加してきている。特に設備の老朽化については、客観的なデータなどに基づく計画的な点検・交換・更新の実施による信頼性の確保が必要である。これを怠ると事故・障害に至るケースがある。

| 特高真空遮断器 絶縁劣化による焼損 | 高圧真空遮断器 絶縁劣化による短絡焼損 | 高圧真空遮断器 グリース固化による動作不良 |
|--|---|---|
|  <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 拡大写真 ① ② </div> <p>屋外受変電設備にて、高湿潤状態での使用及び経年劣化により、VCB電源側R相にトラッキングが発生し、絶縁低下により地絡したと推定される。(R相トラッキング部拡大)</p> |  <p>* 屋外盤に設置され、塵埃堆積と多湿の影響をうけて絶縁劣化を起こし短絡焼損事故に至ったと推定される。 (設置場所：ビルの屋上、設置後15年以上経過)</p> |  <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 拡大写真 ① </div> <p>グリースの固化により操作機構が動作不良に至ったと推定される。</p> |

| 特高油入変圧器 絶縁劣化による内部短絡 | 高圧油入変圧器 水分浸入による内部短絡 | 高圧油入変圧器 ガスケット劣化による漏油 |
|--|---|--|
|  <p>絶縁紙の劣化、コイル保持物の痩せ・枯れが発生し強度低下となり、変圧器二次側外部短絡事故の電磁機械力により内部短絡となったと推定される。</p> |  <p>変圧器本体内部絶縁油への水分浸入により耐電圧値の低下から絶縁破壊に至り焼損したと推定される。</p> |  <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> ② ① </div> <p>①配管接続部フランジのガスケットの劣化により絶縁油の漏油に至ったものと推定される。 ②ラジエタ下部の腐食により漏油に至ったものと推定される。</p> |

注記) * 盤標準化協議会、キュービクル技術部会より許可を得て引用

3

設備のライフサイクルにおける概念

3.1 設備のライフサイクルの概念

受変電設備の機器の故障率は時間経過とともに徐々に高まっていく。この故障率の変化を保守点検・整備により把握し、「部品交換」・「部分更新」を図りながら「設備更新」の時期を見極め、設備の信頼性を確保することが重要となる。

(1) 受変電設備の機器の故障モード

受変電設備の機器の故障モードは、初期故障期、偶発故障期、摩耗故障期の3つに分けられる。

① 初期故障期

製造工程・工事中のミスなどにより設備納入後の初期段階で故障が起こりえる時期を言う。

この時期に初年度点検を実施して初期値を得ておくことはその後の設備維持管理に重要となる。

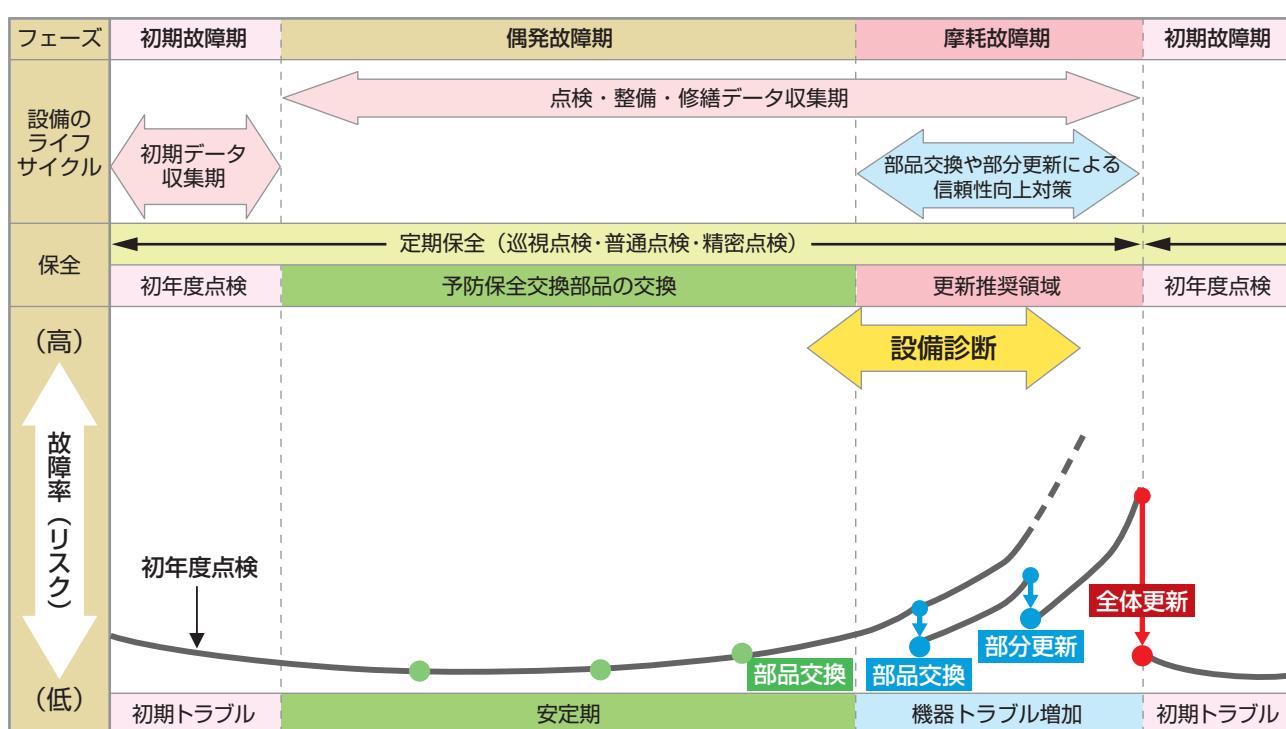
② 偶発故障期（安定期）

安定的な稼働をしている時期を言う。この時期に発生する偶発的な故障は、保守点検（巡回点検・普通点検・精密点検）、整備により故障の要因を事前に発見できる場合が多いため、保守員による適切な保守点検が重要となる。

③ 摩耗故障期

機器の長期使用により、内部部品の摩耗や疲労など機器の劣化で故障が増加する時期を言う。

この時期に設備診断を実施して機器の信頼性対策、設備更新の判断をし、保全計画を見直すことが重要となる。



(2) 保全について

① 事後保全

機器が故障した後で、故障した部分を修理し機能回復を図る保全を言う。

部品調達期間や修理対応に長い時間を要する。

② 予防保全

機器の故障や部品の不具合発生を未然に防ぐ目的で点検や部品の交換などを行い、設備や機器の故障率を低減する保全を言う。時間計画保全や状態監視保全さらにリスクレベルを算出する保全がある。

・時間計画保全 (TBM) 時間計画による保全

・状態監視保全 (CBM) 状態評価に基づく保全

3.2 定期刊検周期と診断実施推奨時期および更新推奨時期

診断実施推奨時期は、更新推奨時期のおおむね5年前としているが、精密点検時に合わせるなどの配慮が必要です。

| 設備区分 | 機器名称 | 普通点検周期 (年) | 精密点検周期 (年) | 診断実施 推奨時期 (年) | 更新推奨時期 (年) | 使用者の 平均更新 期待年数 (年)*1、*2 |
|---------|--------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 特高受変電設備 | GIS | 1～3 | 6 | 20 | 25 | 27.1 |
| | C-GIS | 1～3 | 6 | 20 | 25 | 27.1 |
| | 気中断路器 | 1～3 | 6 | 15 | 20 | 26.3 |
| | 真空遮断器 | 3年又は 規定開閉回数 | 6年又は 規定開閉回数 | 15 | 20年又は 規定開閉回数 | 25.0 |
| | ガス遮断器 | 3年又は 規定開閉回数 | 6年又は 規定開閉回数 | 15 | 20年又は 規定開閉回数 | 26.1 |
| | 計器用変成器（油入） | 1～3 | 6 | 15 | 20 | 26.1 |
| | 油入変圧器 | 1～3 | 6 | 20 | 25 | 27.4 |
| | ガス入変圧器 | 1～3 | 6 | 20 | 25 | 27.4 |
| | 酸化亜鉛形避雷器 | 1～3 | 6 | 15 | 20 | 26.5 |
| 高圧受変電設備 | スイッチギヤ | 1 | 6 | 15 | 20 | 27.1 |
| | 気中断路器（盤用） | 1～3 | 6 | 15 | 20年又は 規定開閉回数 | 26.3 |
| | 気中負荷開閉器（盤用） | 1～3 | 6 | - | 15年又は 負荷電流開閉回数 200回 | 24.9 |
| | 真空遮断器 | 3年又は 規定開閉回数 | 6年又は 規定開閉回数 | 15 | 20年又は 規定開閉回数 | 25.0 |
| | ガス遮断器 | 3年又は 規定開閉回数 | 6年又は 規定開閉回数 | 15 | 20年又は 規定開閉回数 | 26.1 |
| | 計器用変成器（モールド） | 1～3 | 6 | 12 | 15 | 26.3 |
| | 油入変圧器 | 1～3 | 6 | 15 | 20 | 27.4 |
| | 酸化亜鉛形避雷器 | 1～3 | - | - | 15 | 26.5 |
| | 空電磁接触器 | 1～3 | 6 | 12 | 15 | - |
| 配電設備 | 電力用コンデンサ | 1 | 3 | 12 | 15 | 25.3 |
| | モールド変圧器 | 1～3 | 6 | 15 | 20 | 27.0 |
| | スイッチギヤ | 1 | 6 | 15 | 20 | 27.1 |
| | 監視盤 | 1 | 6 | 15 | 20 | - |
| 監視保護設備 | デジタル形保護継電器 | 1～3 (取扱説明書) | 6 | - | 15 | 18.4 |

* 1：一社）日本電機工業会「受変電設備の保全に関するアンケート調査」報告書 2016年（平成28年）3月発行

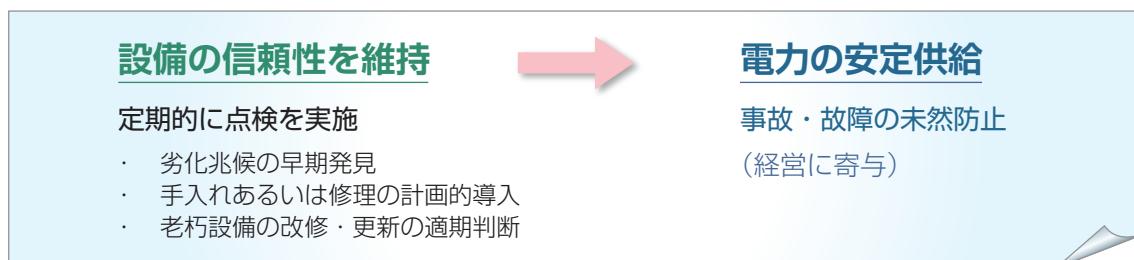
* 2：更新までの平均期待稼働年数

4

保守点検

4.1 保守点検の目的

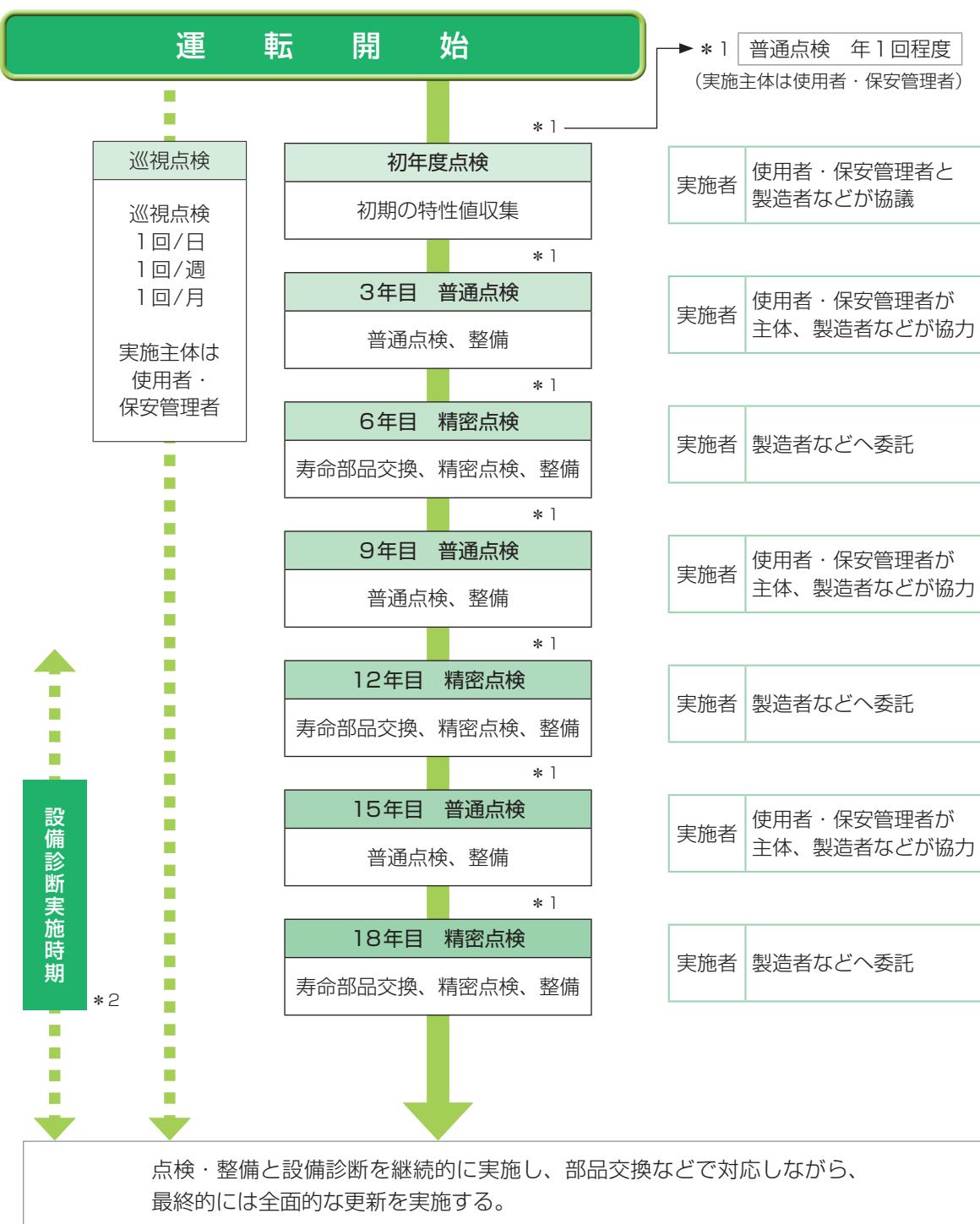
受変電設備に不測の事態が発生すると、プラントの停止やビルでの停電など影響が大きい。さらに波及事故などの社会的な問題に発展する場合もあり、定期的に点検を実施して事故の未然防止に努めることが重要です。



4.2 保守点検の内容

| 種類 | 設備の状況 | 内容 | 周期 |
|-------|-------|---|--------------|
| 初年度点検 | 停電 | 設備使用開始から1年目くらいの安定した時期に、初期値データを得るための点検（停電して初年度点検）を実施する（対象項目は絶縁油特性試験、主回路抵抗測定、漏洩電流測定、絶縁抵抗測定など） | 使用開始から1年目を目途 |
| 巡回点検 | 活線 | 設備異常の有無を、外観・計測表示及び五感（視覚、聴覚、臭覚など）により点検 | 1回／日、週、月 |
| 普通点検 | 停電 | 設備異常の有無を、外観・特性測定で検査。 機器を分解せずに点検整備（清掃、給油） | 1回／1～3年 |
| 精密点検 | 停電 | 設備異常の有無を、機器内部の検査・特性測定にて確認。 機器を分解して点検整備（清掃、部品交換、調整） | 1回／6年 |
| 臨時点検 | 停電 | 巡回点検などで異常を発見した場合や事故発生時などに継続使用・部品交換・更新などの判断と回復処置のため点検整備 | 隨時 |

4.3 保守点検の基本パターン

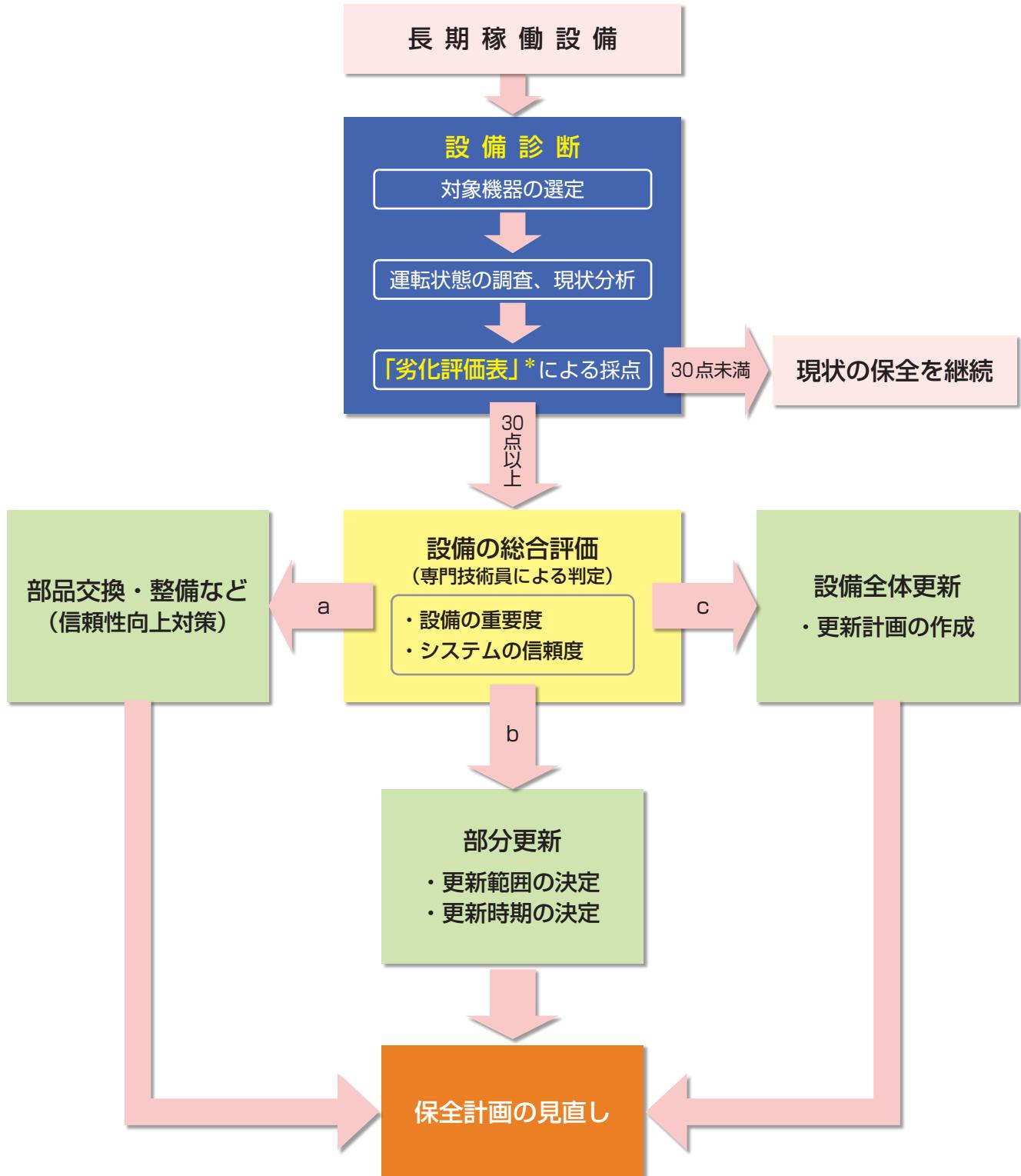


*2 3.2項を参照

5.1 設備診断の目的

設備診断の目的は、長期稼動した機器の劣化状態を把握し、システムとして総合評価して部分更新などの信頼性向上対策の項目や、更新時期を明確にすること。

5.2 設備診断の基本手順



*参考例をP26、27に示します。詳細は、報告書「長期使用受変電設備の信頼性の考察（改訂版）」2023年3月発行を参照ください。

5.3 機器の診断方法

機器の診断は、設備診断として各機器ごとの劣化評価表*を活用して実施することを推奨します。

| 設備区分 | 主要機器 | 評価項目 |
|--------|--------------|-----------|
| 特高受電設備 | GIS | 経過年数 |
| | C-GIS | 環境条件 |
| | 気中断路器 | 保全記録 |
| | 真空遮断器 | 生産終了製品対応 |
| | ガス遮断器 | 異常現象 |
| | 計器用変成器（油入） | 劣化現象（各部位） |
| | 酸化亜鉛形避雷器 | |
| | 油入変圧器（特高） | |
| | ガス入変圧器 | |
| | | 性能試験 |
| 高圧受電設備 | スイッチギヤ | |
| | 気中断路器（盤用） | |
| | 真空遮断器 | |
| | 計器用変成器（モールド） | |
| | 気中負荷開閉器（盤用） | |
| | 酸化亜鉛形避雷器 | |
| 配電設備 | 油入変圧器（高圧） | |
| | 真空電磁接触器 | |
| | 電力用コンデンサ | |
| | モールド変圧器 | |
| | スイッチギヤ | |

*参考例をP26、27に示します。詳細は、報告書「長期使用受変電設備の信頼性の考察（改訂版）」2023年3月発行を参照ください。

機器によっては、診断手法の確立したものや製造メーカーによって技術開発したものがあるため、その診断結果を加点に加えることが出来るように、劣化評価表の性能試験の評価項目に、その他の診断手法を設けた。

従来から活用されている機器診断としての測定項目を参考に示す。診断対象の機器で活用できる測定項目がある場合は、積極的に実施されることを推奨する。

| 機器診断項目 | 環境測定 | 部分放電測定 | 局部過熱測定 | ガス漏れ測定 | ガス純度測定 | ガス中水分量測定 | X線透視診断 | 騒音測定 | 絶縁油特性試験 | 油中ガス分析 | 油中CO+CO ₂ 診断 | 油中フルフラール診断 | 平均重合度診断 | 漏れ電流測定 | 汚損度測定 | 絶縁抵抗測定 | 超音波測定 | 開閉動作特性 | 接触抵抗測定 | コイル抵抗測定 | ストローケ測定 | グリース分析 | 真空チェック | 静電容量測定 | 有機絶縁物劣化診断 |
|--------|------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|------|---------|--------|-------------------------|------------|---------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|-----------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

注) 対象機器により適用可能な測定項目は変わります。

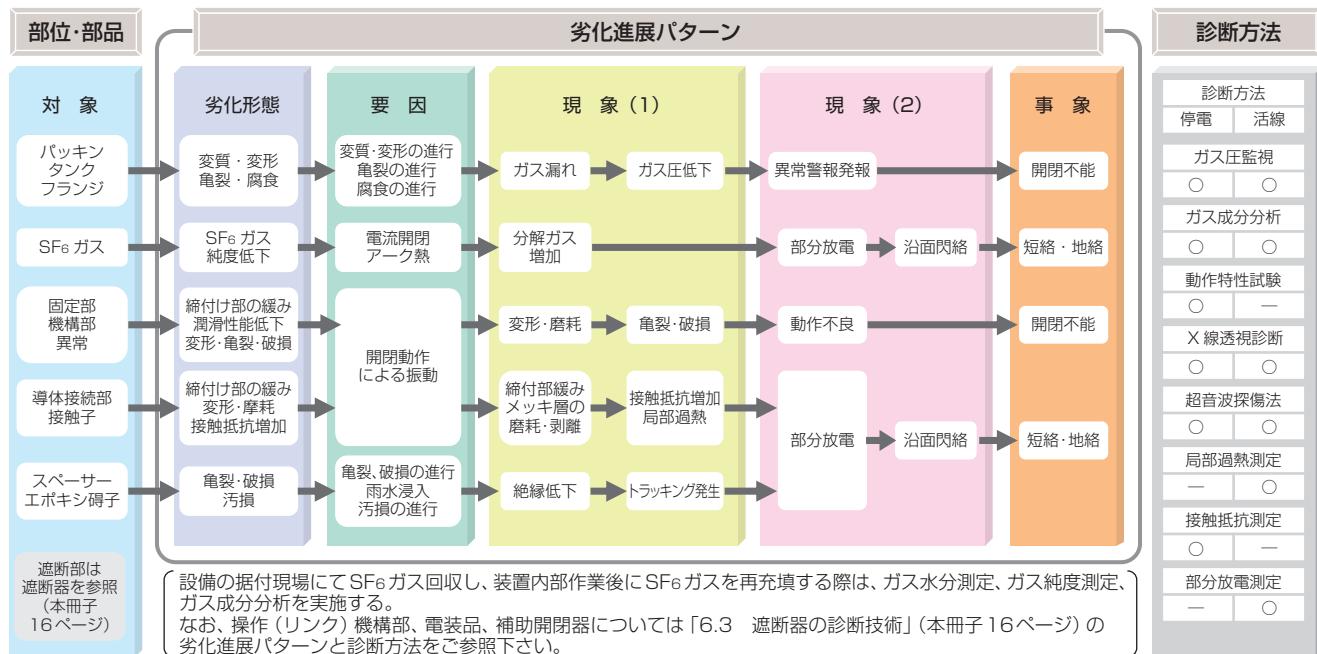
6.1 GIS/C-GISの劣化診断技術

◆特別高圧受変電設備（受電部）の変遷

| | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | | | | | | |
|--|---------------------------|-----------------------------|---------|---|--|--|------|--|--|--|--|--|--|
| 社会のニーズ | ・安定性向上⇒不燃化 ・用地事情悪化⇒縮小化 | ・労働力不足⇒省力化 ・電力の安定供給⇒高信頼化 | ・低損失ニーズ | ・1997 地球温暖化防止(COP3) ・高効率型機器 ・省エネ型機器 | ・2015 地球温暖化防止(COP21) SDGs ・環境配慮型機器 | ・2021 グラスゴー気候合意 | | | | | | | |
| 高度成長期 | | 高度情報化期 | | | | | | | | | | | |
| 受変電設備形態 | | | | | | | | | | | | | |
| 都市型変電所向け機器の開発(小型・不燃) 密閉縮小化〈GIS形〉(SF ₆ ガス絶縁) | | | | | | | | | | | | | |
| 屋外／室内閉鎖形 キュービクル化〈C-GIS形〉(SF ₆ ガス絶縁) | | | | | | 〈GIS形絶縁方式の変化〉 (SF ₆ ガスの代替ガス絶縁、ドライエア絶縁) | | | | | | | |
| 屋外開放形 1972 PCB 製造中止、回収等の指示 | | | | | | | | | | | | | |
| 遮断器操作 空気操作 油圧操作 バネ操作 2002 微量 PCB 汚染判明 2021 カーボンニュートラル | | | | | | | | | | | | | |

| | GIS/C-GIS以前 (屋外／室内閉鎖型) | GIS | C-GIS (SF ₆ ガス絶縁) | C-GIS (ドライエア複合絶縁) (固体絶縁) |
|-------|---------------------------|--|---|---|
| 代表例 | | | | |
| 仕様確認 | 気中絶縁機器を大型閉鎖盤内に配置 | 圧縮した絶縁ガス(SF ₆)を封入してタンク内に各機器を収納 | キュービクル内に機器を収納して低い圧力の絶縁ガス(SF ₆)を封入 | キュービクル内に機器を収納して低い圧力の絶縁ガス(ドライエア)を封入、又は固体絶縁によるガスレス化 |
| 特徴 | ・屋外開放型に比べ環境性に優れる | ・耐汚損性に優れる ・駆動部閉鎖化(安全性向上) ・不燃性 | ・耐汚損性に優れる ・駆動部閉鎖化(安全性向上) ・不燃性 ・ガス圧が低く圧力容器とならない ・ドライエア仕様もしくはガスレス化による環境負荷低減 | ・耐汚損性に優れる ・駆動部閉鎖化(安全性向上) ・不燃性、難燃性 ・ガス圧が低く圧力容器とならない ・ドライエア仕様もしくはガスレス化による環境負荷低減 |
| 使用遮断器 | 油遮断器、空気遮断器 ガス遮断器 | ガス遮断器 | ガス遮断器、真空遮断器 | 真空遮断器 |

◆劣化進展パターンと診断方法



◆GIS/C-GIS設備診断方法の紹介

GIS/C-GISの設備診断は、劣化進展原因から

①ガス圧低下 ②機構部の変形・摩耗・劣化 ③導体接続部の劣化 ④SF₆ガスの純度低下 の診断に分けられます。

| 診断項目 | | 内容 |
|------------------------------|------------|---|
| ① ガス圧低下 | ガス密度監視 | ガス密度スイッチ（温度補正付）により規定値以下でアラームを出す。 |
| | ガス漏れ測定 | SF ₆ ガスリークディテクタにより、ガスシール部、タンク溶接個所をトレースしガス漏れを検出する。 |
| ② 機構部の変形・摩耗 | 動作特性試験 | 遮断器の開極時間、閉極時間、三相不揃い時間、ストローク特性などを測定し動作時間、電圧の変化から異常を発見する。 |
| | X線透視診断 | 外部よりX線を照射し撮影した画像（内部投影画像）により、接触子や接続ボルト・ナット等 機構部の状態を診断する。 |
| | 超音波探傷法 | 接触子から超音波を発信させ、その反射波（エコー）の時間差やその有無により欠陥の有無を判定する。（スペーサー部のクラック/碍管吸湿等が対象） |
| ③ 導体接続部の劣化 | 局部発熱測定 | 赤外線放射温度計によりタンク部の温度分布を測定する。 |
| | 接触抵抗測定 | 主回路に一定電流を流し、電圧降下法により接触抵抗を測定する。 |
| ④ SF ₆ ガスの純度低下 | 部分放電測定 | 部分放電により外部に漏れる電磁波を外部に設置したセンサで検出する。 |
| | 絶縁スペーサ法 | 部分放電により発生する電磁波を絶縁スペーサの埋め込み電極にて検出する。 |
| | 加速度超音波センサ法 | 部分放電により発生するタンク外の機械的振動や異物が衝突する際の振動を検出する。 |
| | ガス成分分析 | タンク内部の分解ガスをセンサなどで検出する。 |

(注) 気中機器（制御機器）については「6.4気中スイッチギヤ/保護継電器の劣化診断技術（本冊子18ページ）」の劣化形態となる。

◆GIS/C-GIS主回路事故のイメージ

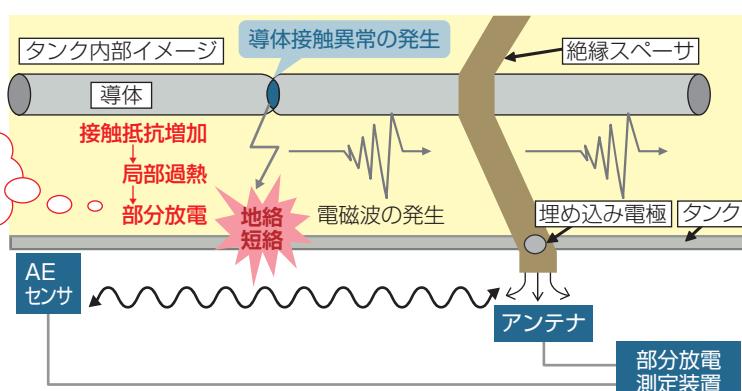
GIS/C-GISの事故のうち、導体接觸異常に伴う局部過熱などにより発生する分解ガスの増加は部分放電に進展し、短絡・地絡等の大事故につながる恐れがあります。

ガス検知管式測定器



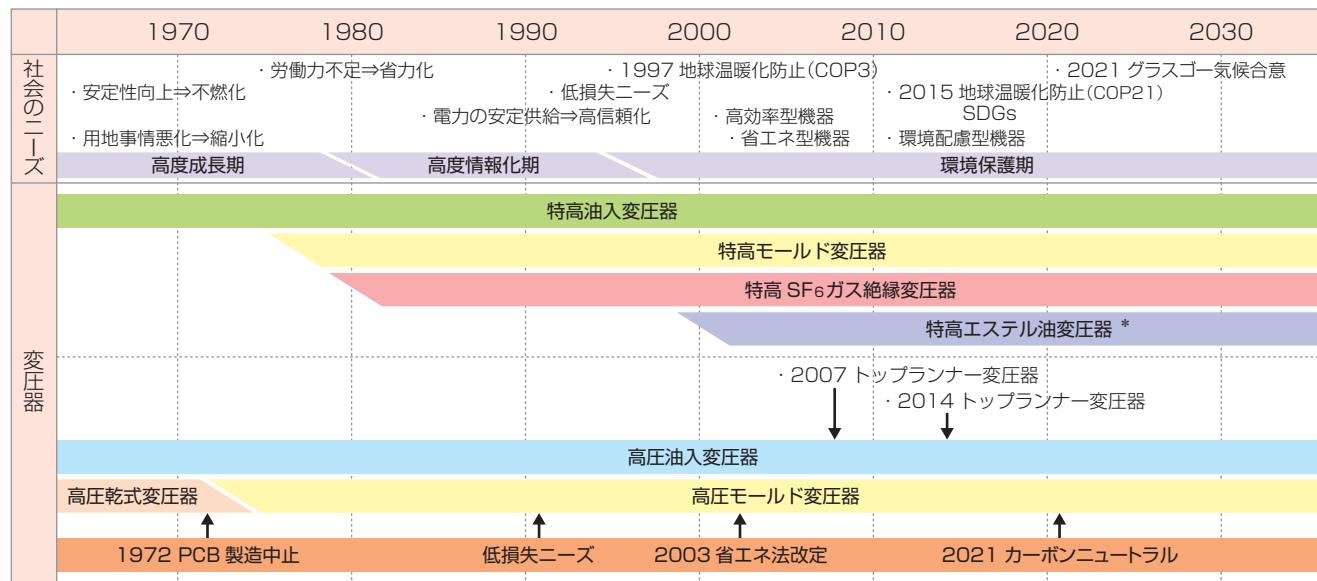
活線中に診断する部分放電とタンクからSF₆ガスを採取し分解ガスの濃度を測定することでタンク内部の異常の有無を把握できる。

部分放電信号の伝搬



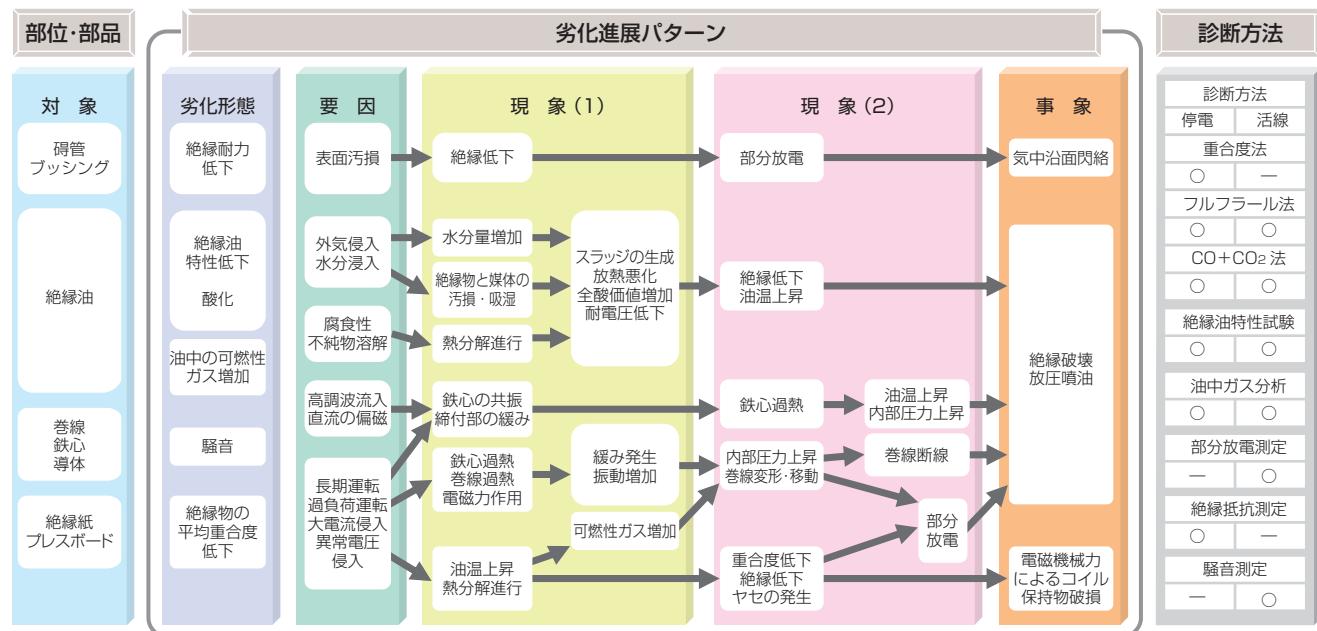
6.2 油入変圧器の劣化診断技術

◆変圧器の変遷



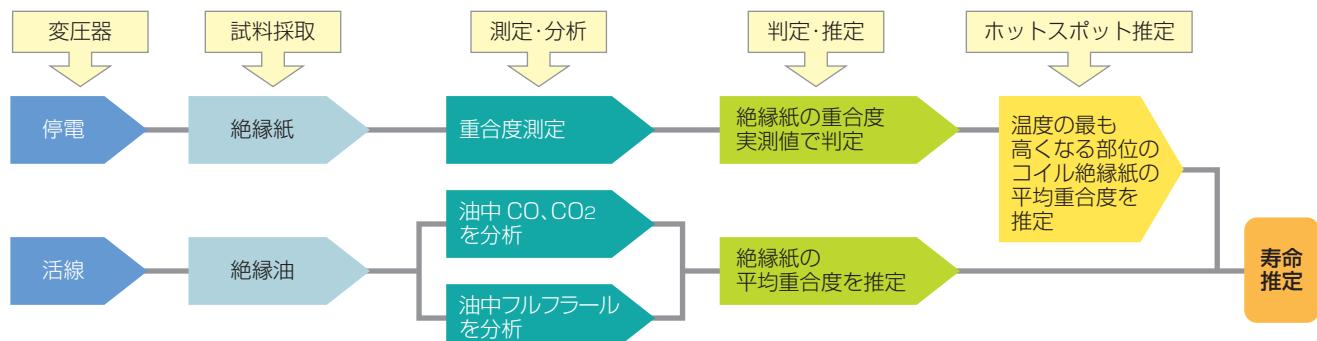
注*：合成エスティル、天然エスティル、植物由来エスティルを含む。

◆劣化進展パターンと診断方法



- その他：外観構造診断（外箱部の油漏れ、塗装剥離、錆、腐食、ボルトナットの緩み、外部端子の緩み、サーモラベル変色、接地線接続部の緩みや断線、など）
- 本体のほかにも付属機器であるコンサベータ、冷却装置、無負過タップ切換装置、負過時タップ切換装置についても診断が必要です。

◆油入変圧器の余寿命推定概念図



◆油入変圧器の事故事例

特高油入変圧器 絶縁劣化による内部短絡

長期間の使用により、経年劣化で絶縁紙が強度低下をおこし、変圧器二次外部短絡事故の電磁機械力で内部破壊が発生したものと推定されます。



推定原因

経年により絶縁紙の劣化、コイル保持物の痩せ・枯れが発生していた

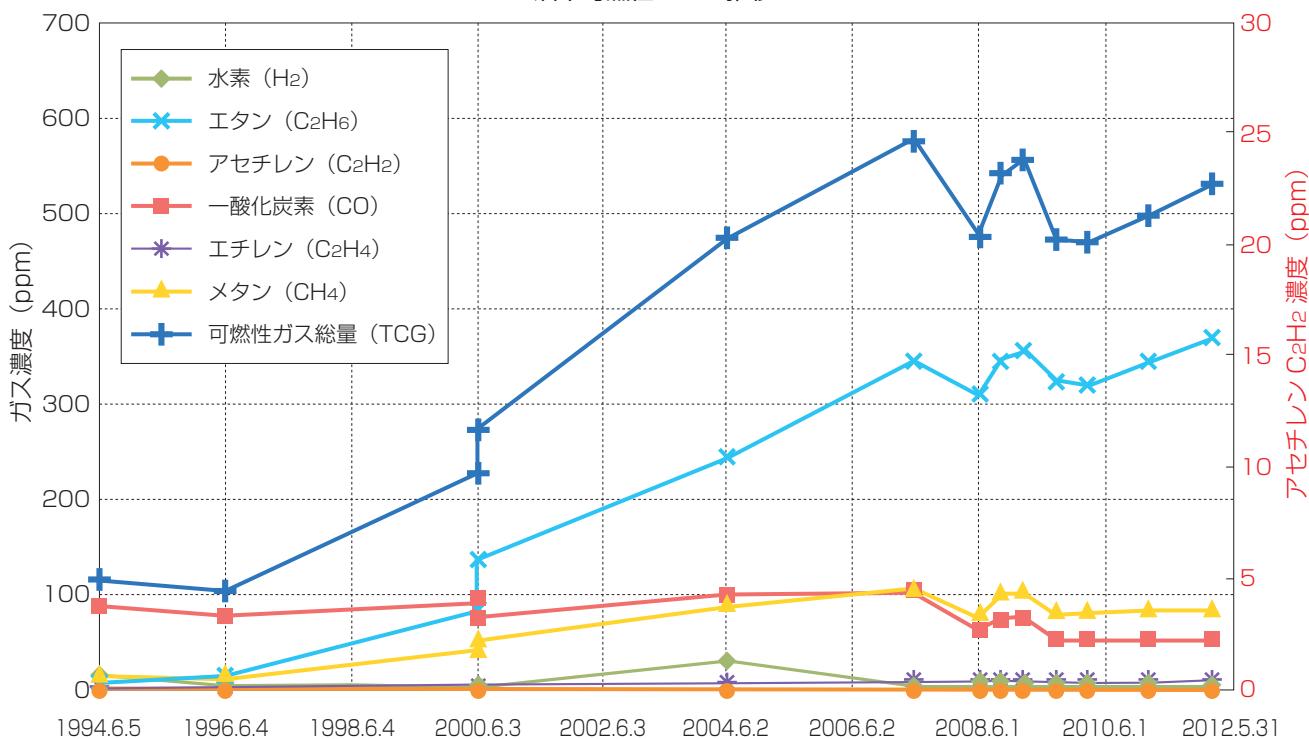
二次母線の外部至近端で三相短絡が発生

電磁機械力発生

コイル保持物変形破損・内部短絡

◆油中ガス分析結果のトレンド監視例

油中可燃性ガスの推移



(表1) 異常の種類と発生ガスの関係

| 異常の種類 | 主なガス |
|------------|--|
| 絶縁油の過熱 | H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ *2 |
| 油浸固体絶縁物の過熱 | H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ *2, CO, CO ₂ |
| 絶縁油中の放電 | H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ |
| 油浸固体絶縁物の放電 | H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ , CO, CO ₂ |

(表2) 油中ガス分析の判定レベル

| 判定レベル | 判定基準 (いずれか一つでも適合する場合) |
|--------|--|
| 要注意 I | H ₂ ≥ 400ppm CH ₄ ≥ 100ppm C ₂ H ₂ ≥ 0.5ppm*3 C ₂ H ₄ ≥ 10ppm |
| 要注意 II | C ₂ H ₂ ≥ 0.5ppm C ₂ H ₄ ≥ 10ppm かつ TCG ≥ 500ppm |
| 異常 | C ₂ H ₂ ≥ 5ppm C ₂ H ₄ ≥ 100ppm かつ TCG ≥ 500ppm C ₂ H ₄ ≥ 100ppm かつ TCG 増加 ≥ 70ppm / 月 |

(表3) ガスの種類

| |
|---------------------------------------|
| H ₂ : 水素 |
| CH ₄ : メタン |
| C ₂ H ₂ : アセチレン |
| C ₂ H ₄ : エチレン |
| C ₂ H ₆ : エタン |
| CO : 一酸化炭素 |
| CO ₂ : 二酸化炭素 |
| TCG : 可燃性ガス総量 |

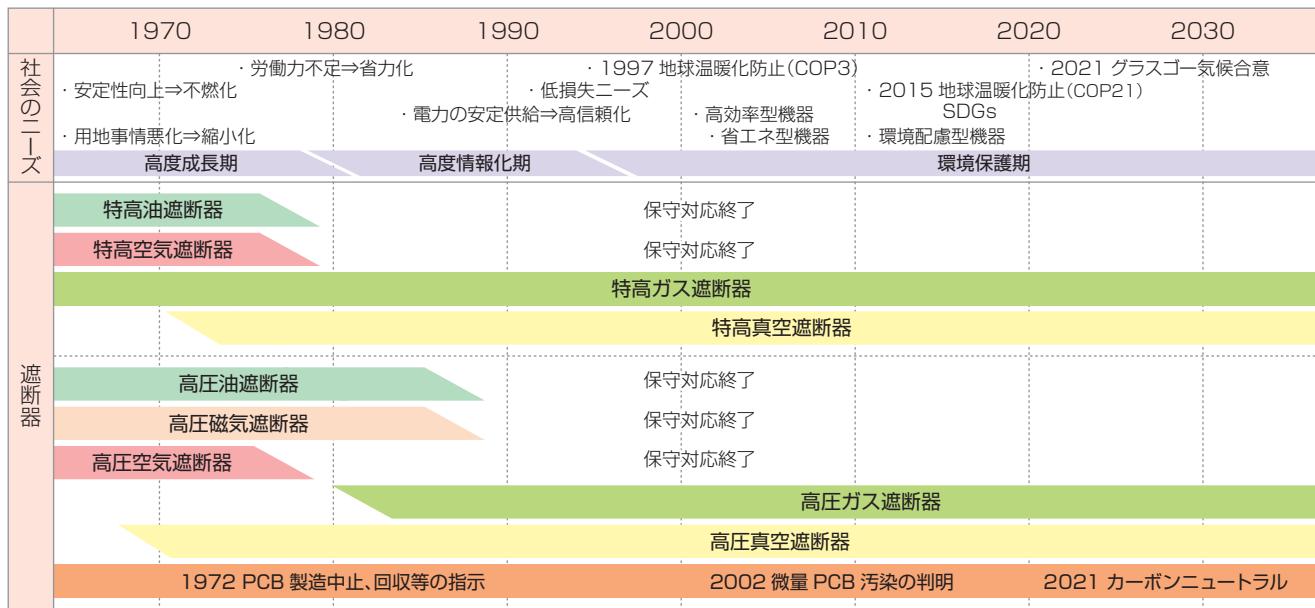
* 2 高温時発生

* 3 C₂H₂ が検出される場合は、追跡調査を実施することが望ましいため、可能な限り低く設定し、要注意 II レベルと同じ定量下限値の 0.5ppm とする。

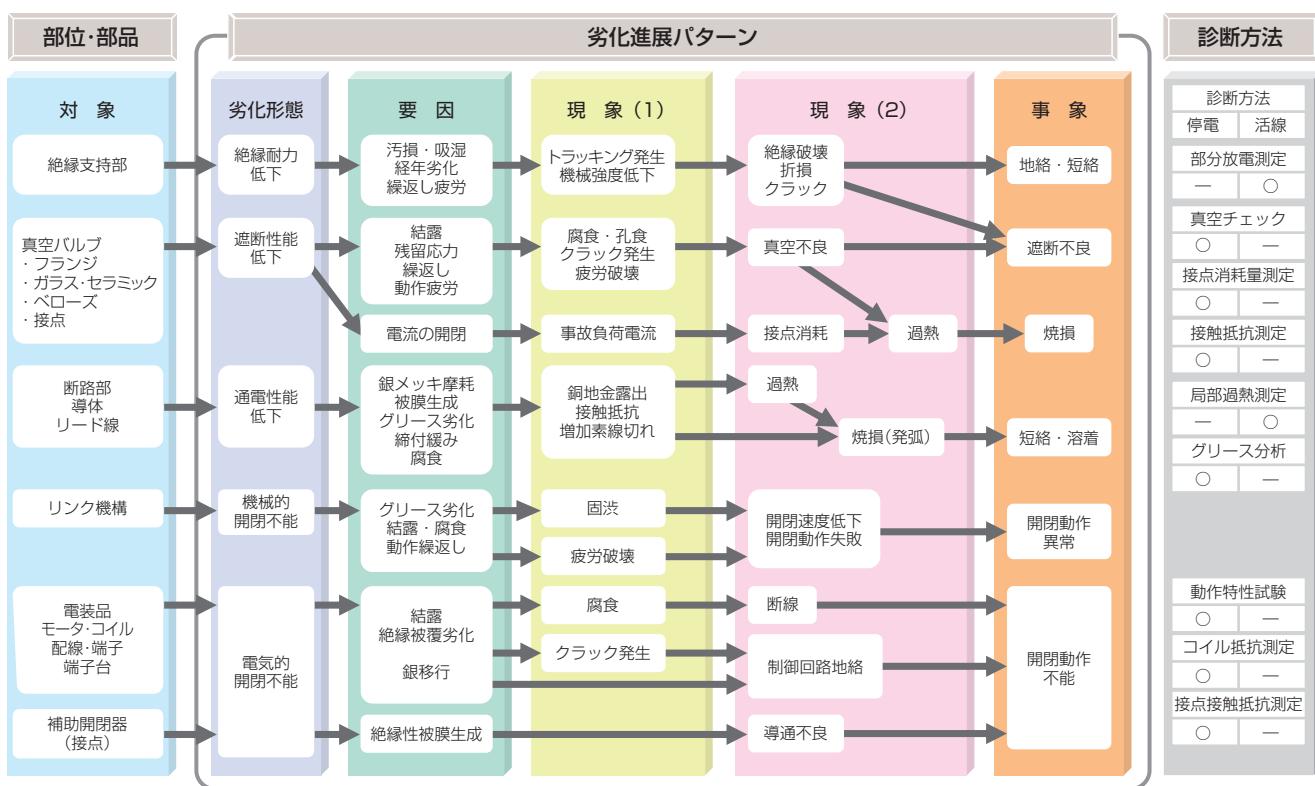
(電気協同研究 第65巻 第1号 平成21年9月)

6.3 遮断器の劣化診断技術

◆遮断器の変遷



◆劣化進展パターンと診断方法



◆事故事例 汚損・吸湿による沿面コロナ放電発生



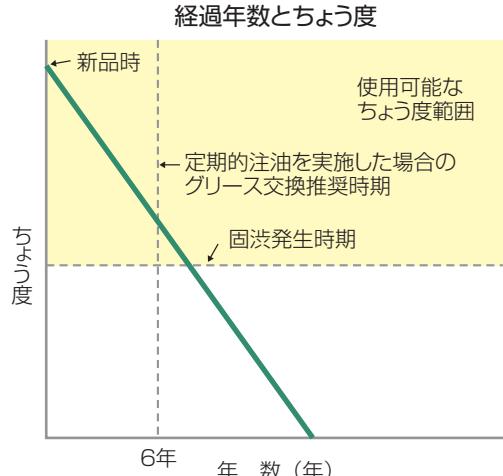
注油・グリースの交換時期

高圧真空遮断器において、グリースの劣化（固化、固渋）が原因で遮断不良、投入不良といった問題が引き起こされます。よって、設置場所や使用環境により、かなり差が出ますが1～3年毎のグリース固化防止のための注油、及び6年毎のグリース交換の実施が必要です。

右図はグリース塗布後の経過年数とちよう度^{*2}の関係を示しています。

*2 グリースの硬さを表す尺度。硬いほど数値が小さい。

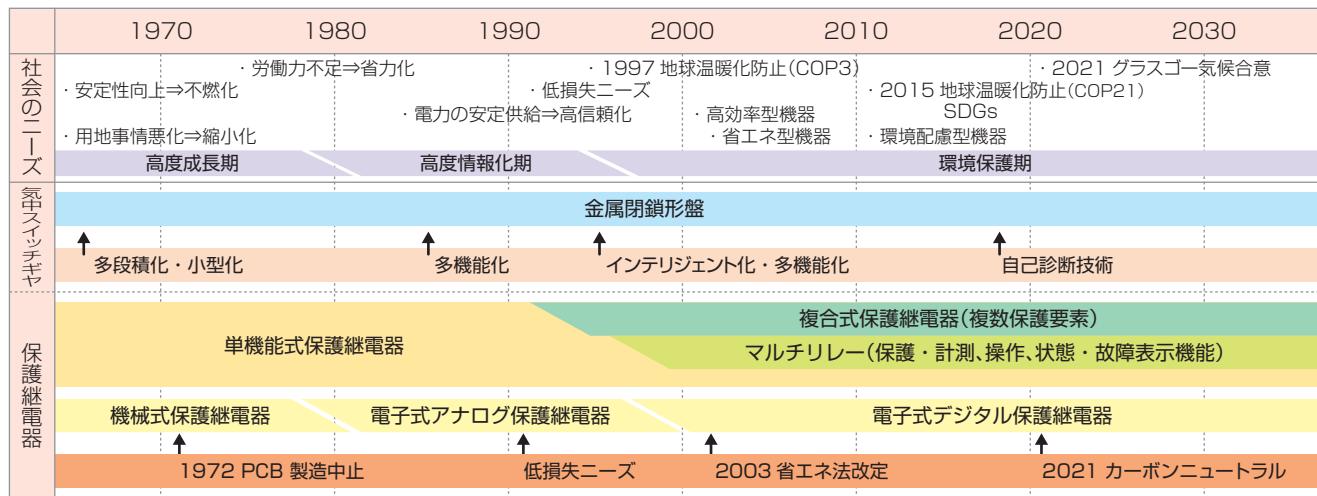
| 項目 | 内 容 | 周 期 |
|---------|------------------------------|-------|
| 注 油 | グリースの固化防止のため基油の補充 | 1～3年毎 |
| グリース 交換 | ちよう度低下したグリースを取り除き、新しいグリースに交換 | 6年毎 |



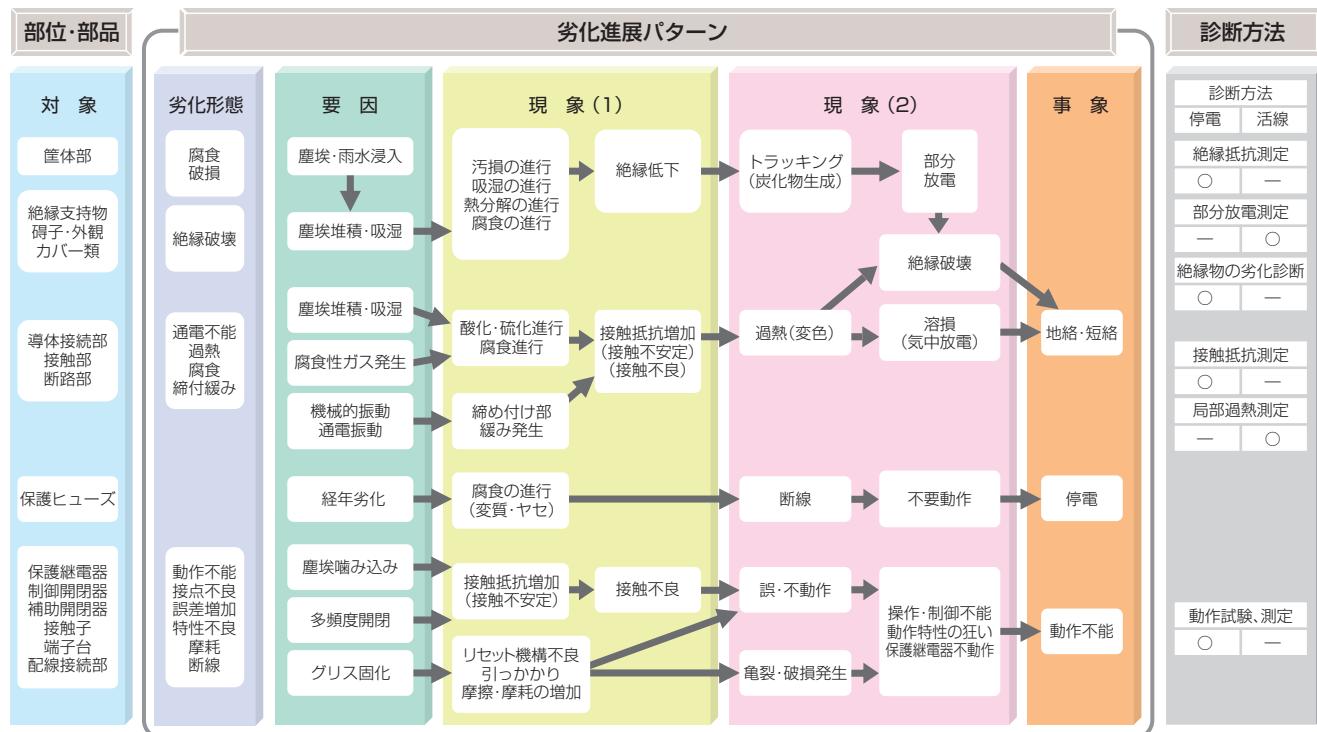
注油箇所：リンク機構部、
主回路断路部（本体及び盤側）

6.4 気中スイッチギヤ/保護継電器の劣化診断技術

◆気中スイッチギヤ/保護継電器の変遷



◆劣化進展パターンと診断方法

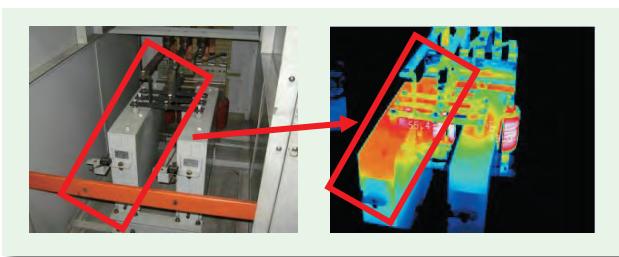


◆スイッチギヤ内の機器・部品の局部過熱測定事例

コンデンサの過熱測定

低圧コンデンサの過熱測定事例

同じ回路に接続されているコンデンサで
左側のコンデンサの異常過熱を示す。



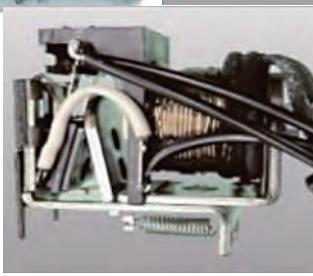
切換スイッチの過熱測定

電流計測用相切換スイッチの過熱測定事例

白色部分が高温を示す。
(スイッチの接点)



◆ スイッチギヤの機器・部品の劣化事例

| 機器・部品 | 劣化・故障写真 | 劣化原因と事象 |
|-----------------|---|---|
| 1 * 断路器（高圧） |   参考 | 保守・整備不良によりブレード噛み込み部のグリースが固着・異物化して通電不能、焼損となったもの。 |
| 2 * 交流負荷開閉器（高圧） |   参考 | 保守・整備不良によりストライカ（可動）部分のグリースが固着し引外し不能となったもの。 |
| 3 * 変流器（高圧） |   参考 | 長期使用による絶縁性能の低下で内部のコイルで内部閃絡・焼損が発生し、モールドが割れて機能喪失したもの。 |
| 4 * 計器用変圧器（高圧） |   参考 | 長期使用による絶縁性能の低下で内部のコイルで内部閃絡・焼損が発生し、モールドが割れて機能喪失したもの。 |
| 5 * 誘導形保護継電器 |    | 長期使用による損耗、経年劣化による腐食で接点不能となり、動作不良・機能喪失したもの。 |

注記) *の資料は、「三菱配電制御機器 更新のおすすめK-K06-6-C7464-R本1905<IP>2019年5月作成」より許可を得て引用

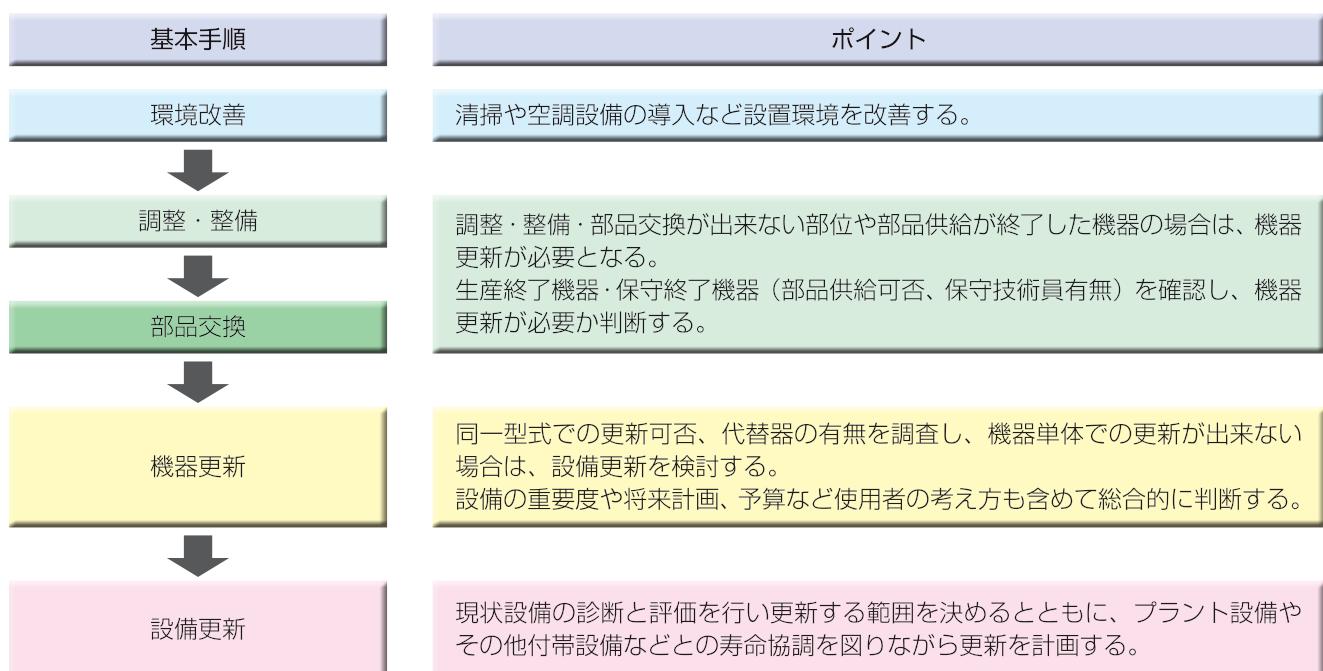
7 信頼性向上対策のポイント

7.1 信頼性向上対策の目的

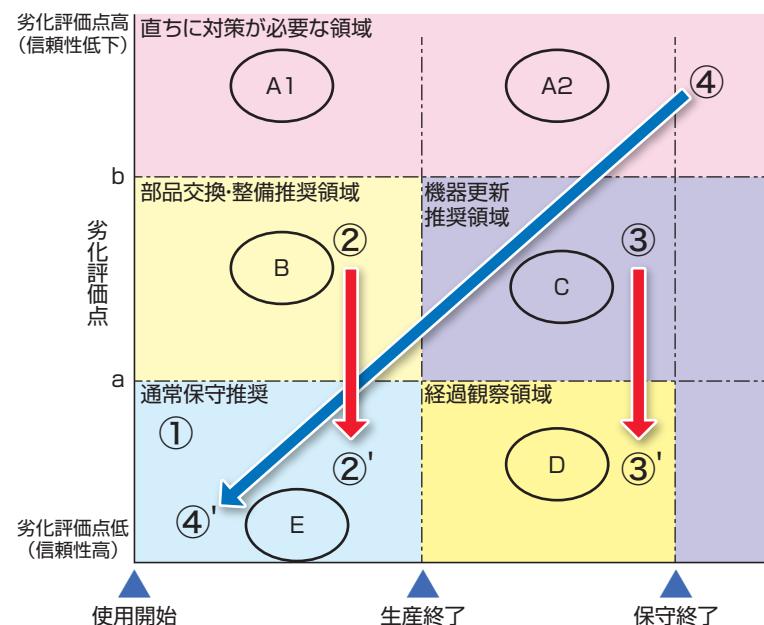
信頼性向上対策の目的は、更新時期の近い設備がある限定された期間だけ信頼性向上対策を実施して設備としての機能を確保して維持するものです。

7.2 信頼性向上対策実施の考え方

◆信頼性向上対策の基本手順



◆信頼性向上対策による劣化評価のイメージ

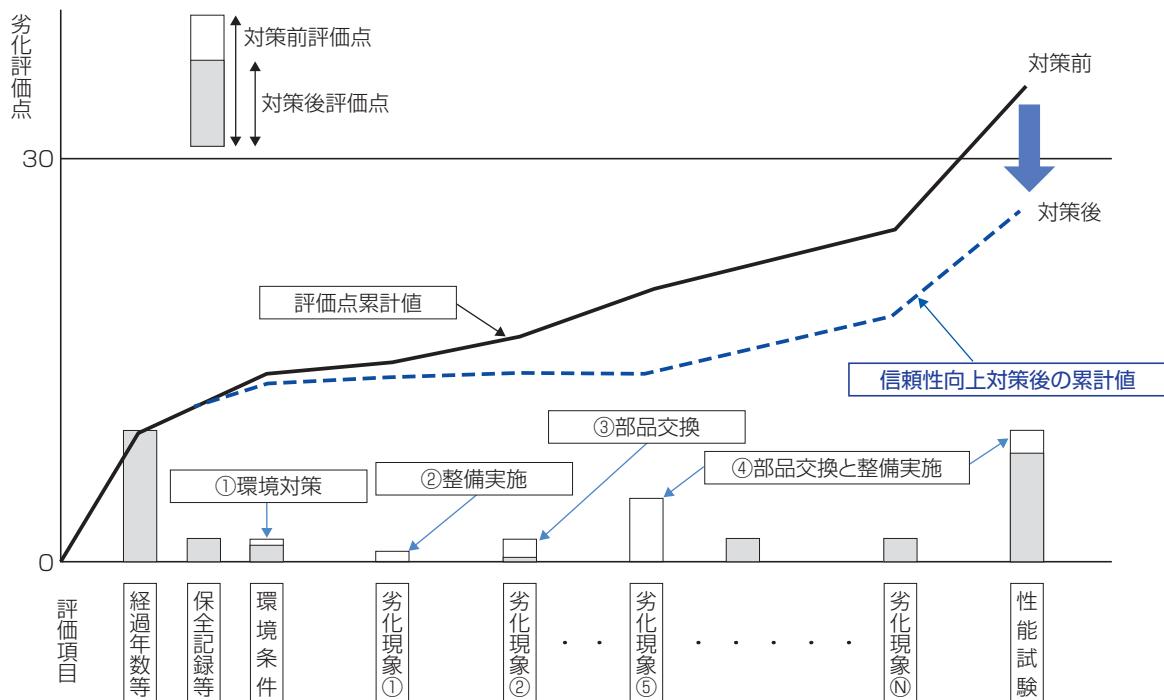


| 対策区分 | 対策 |
|-------|--------------------------------------|
| A1、A2 | 直ちに対策すべき領域の危機 |
| B | 部品交換や整備することで信頼性向上が期待できる領域 |
| C | 部品交換や整備することで信頼性向上が期待できる領域但し、機器更新推奨領域 |
| D | 通常の保守但し、経過観察必要領域 |
| E | 通常保守領域 |

劣化評価点
 a : 期待する信頼性が確保されている評価点
 b : 信頼性向上対策が必要な評価点

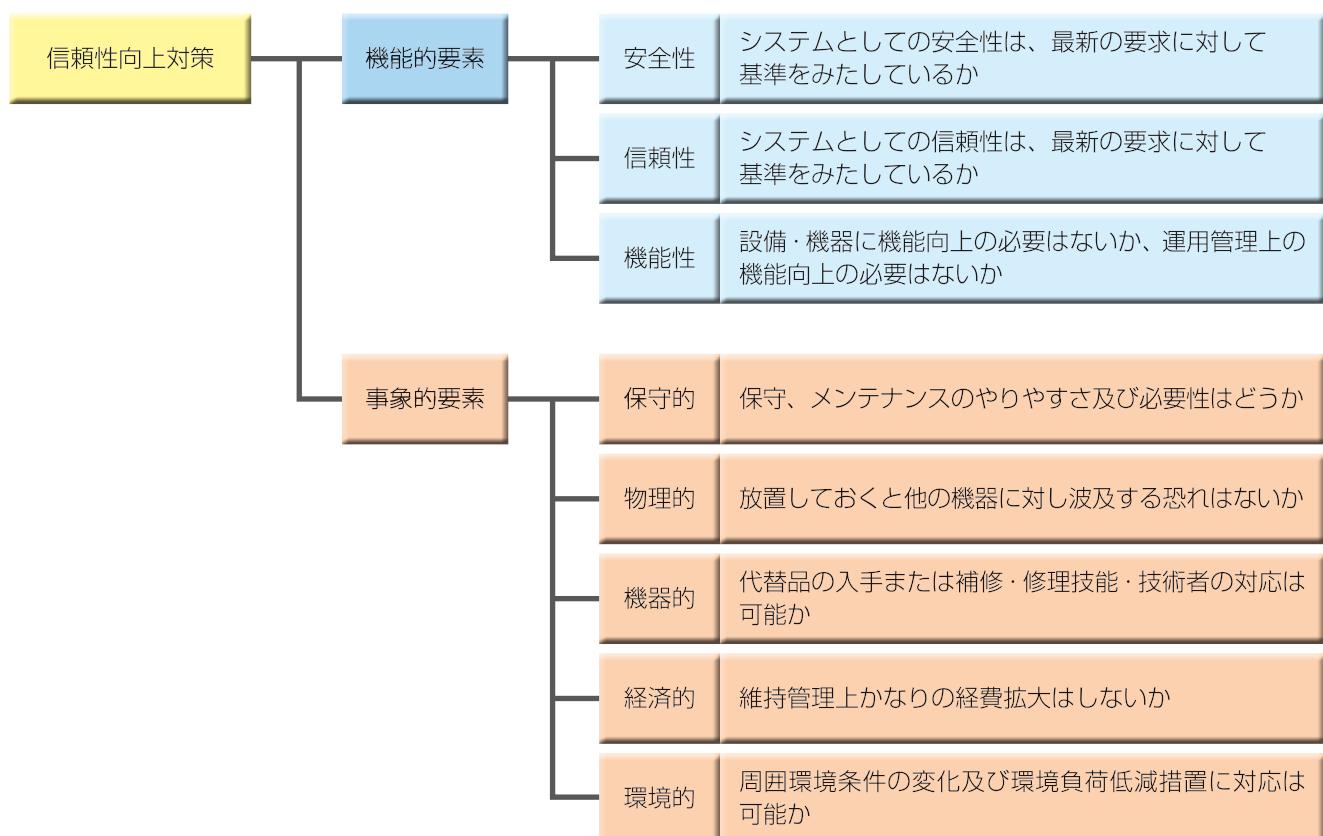
| 機器 | 機器の信頼性 |
|----|----------------------------|
| ① | 通常の点検対応 |
| ② | 部品交換や整備を実施推奨 |
| ②' | ②の整備後の状態 |
| ③ | 整備、機器更新推奨機器 |
| ③' | ③整備実施後の機器状態。但し機器更新時通常保守の領域 |
| ④ | 更新対策が必要な機器 |
| ④' | ④の更新実施後の状態 |

◆項目別評価点の信頼性向上策実施前後（例）



7.3 信頼性向上対策実施時に考慮すべき事項

電気機器で修理系部品交換による信頼性向上対策を実施する場合、処置の最終判断は下記に示す諸事項についても検討し総合的に判断することが重要です。



7.4 部品交換による信頼性向上対策

劣化評価で部品交換が可能な部位は、信頼性向上対策を実施することが必要です。

(1) C-GIS

| 区分 | 部位・部品 | 交換推奨時期 | 確認項目 |
|-----------|---|--------|----------------|
| 筐体部 | 扉パッキン | 6年 | 変質、破損 |
| 主回路部、ガス室内 | 密度スイッチ ガスバルブ ガス配管 | 12年 | 腐食、損傷、動作 |
| 制御部 | 操作・制御開閉器 補助継電器、接触器 リミットスイッチ 端子台、配線 保護ヒューズ | 15年 | 汚損、腐食、破損、変質、動作 |
| 表示記録部 | 表示灯、ガス警報器 電圧検出装置 | 12年 | 汚損、腐食、破損 |

(2) 真空遮断器

| 区分 | 部位・部品 | 交換推奨時期 | 確認項目 |
|-------|----------|-------------|----------|
| 開閉部 | 主回路断路部 | 接点潤滑剤 | 変質、変色 |
| 操作機構部 | 共通 | 緩衝装置、ストッパー | 摩耗、変形 |
| | | 潤滑剤 | 変質、変色 |
| | 投入バネ蓄勢機構 | 潤滑剤 | 変質、変色 |
| 操作制御部 | | 操作・制御継電器/基板 | 汚損、破損、絶縁 |
| | | 補助開閉器 | 汚損、腐食、動作 |
| | | リミットスイッチ | |
| | | 保護ヒューズ | 腐食、損傷 |

(3) 油入変圧器（特高）

| 区分 | 部位・部品 | 交換推奨時期 | 確認項目 |
|----|------------|--------|----------|
| 外部 | 冷却ファン・ポンプ | 15年 | 動作 |
| | 油密・気密ガスケット | 10～15年 | 漏油、気密不良 |
| | 油劣化防止装置の隔膜 | | |
| | タンク、放熱器 | 15年 | 腐食、漏油 |
| | 油劣化防止装置の外部 | | |
| | 金属ペロー | | |
| | ブッシング・碍管 | 15年 | 汚損、破損、漏油 |
| | 負荷時タップ切換装置 | 規定回数 | 動作 |
| | 付属品 | 10～15年 | 動作、漏油 |

(4) スイッチギヤ

| 区分 | 部位・部品 | 交換推奨時期 | 確認項目 |
|--------|--------------|--------|-------------|
| 筐体部 | 扉パッキン | 6年 | 変質、破損 |
| 補機 | 冷却装置（冷却ファン他） | 3～10年 | 動作、異音 |
| | フィルタ | 1年 | 目詰まり |
| 制御部 | 保護継電器 | 15年 | 動作 |
| | 操作・制御開閉器 | 15年 | 汚損、腐食、破損、動作 |
| | 補助継電器、接触器 | 15年 | |
| | リミットスイッチ | 15年 | |
| | 端子台 | 15年 | 汚損、腐食、破損 |
| | 配線 | 15年 | |
| | 配線接続部（端子） | 15年 | |
| 表示・記録部 | 保護ヒューズ | 6～12年 | 腐食、損傷 |
| | 表示灯 | 1年 | 指示、動作、腐食、破損 |
| | 表示器、警報器 | 15年 | |
| | 指示・記録計器 | 15年 | |
| | 変換器 | 15年 | |
| | 電圧検出装置 | 15年 | |

7.5 機器更新による信頼性向上対策

各機器の更新により設備の信頼性向上を図る場合は、設備の運用を含め総合的に判断することが必要です。

| 設備区分 | 既設対象機器 | 更新推奨機器 | 更新により期待される効果 | | | | |
|------|----------------------------|------------------------------|------------------|--------------|---------------|------------|------|
| | | | 高信頼化 | 高機能化 高性能化 | 縮小化 省スペース化 | 省力化 省人化 | 環境調和 |
| 特別高圧 | GIS | GIS | ○ | ○ | ○ | | |
| | C-GIS | C-GIS (SF ₆ ガス低減) | ○ | ○ | ○ | | ○* 1 |
| | 断路器 | GIS C-GIS | 断路器 | ○ | ○ | | |
| | 油遮断器 | | 真空遮断器 ガス遮断器 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 空気遮断器 | | 油入変成器 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 真空遮断器 | | 酸化亜鉛形避雷器 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 油入変成器 | | 油入変圧器 (鉱物油) | ○ | ○ | ○ | |
| | 避雷器 | | 油入変圧器 (植物由来) * 2 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | ガス入変圧器 | ガス入変圧器 | ○ | ○ | | | |
| 高圧 | 真空遮断器 | 真空遮断器 | | | | | |
| | 磁気遮断器 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 油遮断器 | | | | | | |
| | 変圧器 (乾式) (油入) (モールド) | 油入変圧器 (高効率形) | ○ | ○ | | | ○* 2 |
| | | | ○ | ○ | | | ○ |
| | 電力用コンデンサ | 電力用コンデンサ (乾式) | ○ | | | | ○ |
| | | 電力用コンデンサ (油入) | ○ | | ○ | | ○ |
| 監視制御 | 気中スイッチギヤ | 気中スイッチギヤ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 誘導形保護継電器 | デジタル形保護継電器 | ○ | ○ | ○ | | ○ |
| | 指示計器 | 多機能複合計器 | ○ | ○ | ○ | | ○ |
| 監視制御 | 監視・制御装置 | 多機能監視制御装置 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

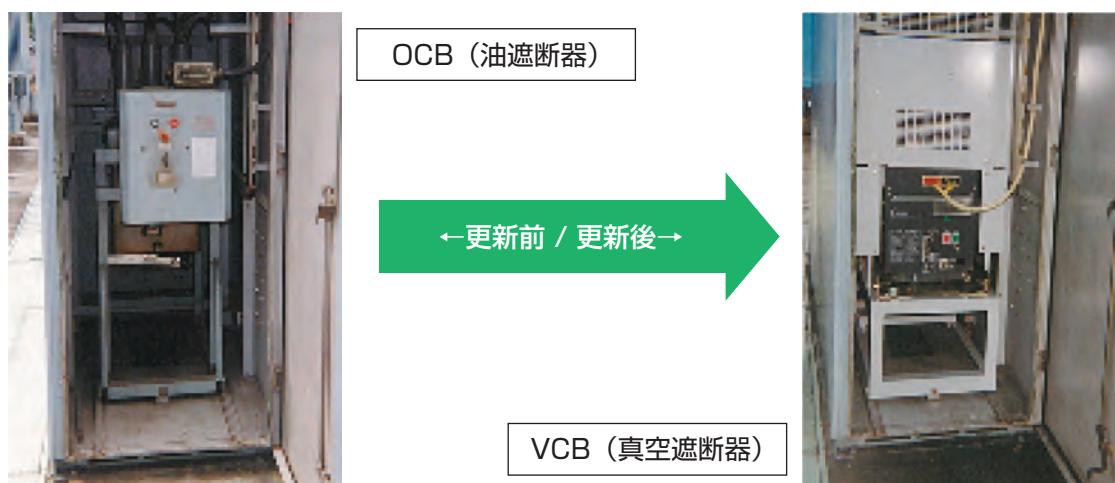
* 1 真空遮断器又はSF₆ ガス低減乾燥空気絶縁の場合

* 2 油入変圧器は、植物由來の絶縁油を使用した場合（エコマーク認定）

<機器単体更新事例>

高圧遮断器の互換形（レトロフィット）遮断器での更新

更新後の機器側で主回路、制御回路の取合いを更新前の機器に合わせ設計することで停電時間の短縮が図れる

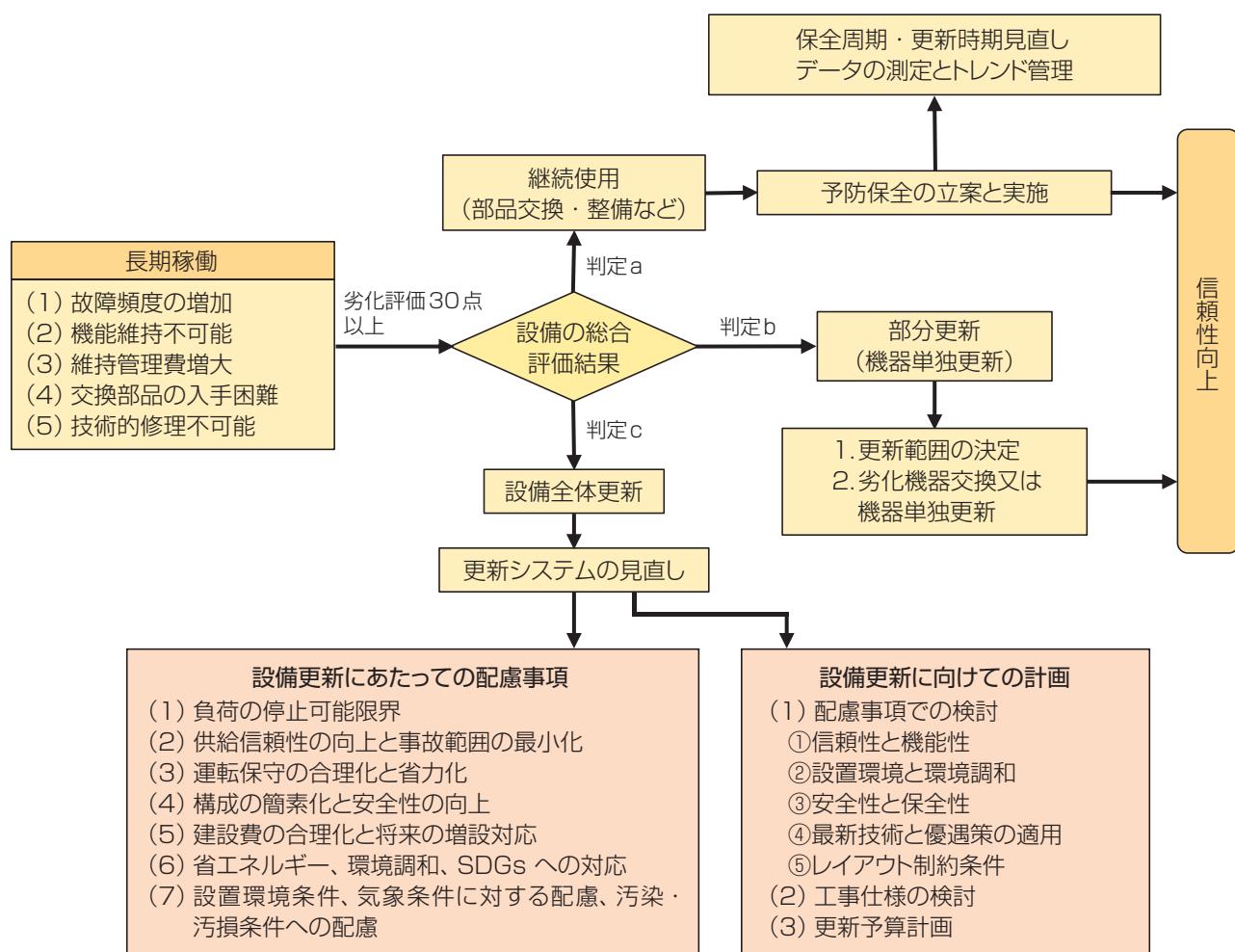


注) 機器単体の信頼性は確保できるが、設備（システム）としての信頼性が確保出来るか検討する必要があります。

8.1 更新の考え方

設備更新は、寿命に達した機器あるいは、設備の機能や安全性・信頼性を、初期レベルに回復させるだけでなく、環境への配慮、省エネ、工事・保守コストの低減、最新技術適用機器の採用などの検討を行い、これまで以上に付加価値を高めた設備にすることが必要です。

8.2 設備更新の検討手順



8.3 設備更新による効果

| 期待される効果 | | 内容 |
|---------|------------------|---|
| 信頼性 | システムの信頼性 | <ul style="list-style-type: none"> ・系統の二重化などによる電力供給信頼性の向上 ・保守点検時・事故時の電力供給確保 ・増設時の停電時間の短縮 ・サブ変圧器廃棄による配電系統の簡素化・健全化 ・発電設備の設置による重要負荷への停電回避 |
| | 機器の信頼性 | <ul style="list-style-type: none"> ・密閉化機器(GISなど)採用により設置場所の雰囲気による影響削減 ・グリースレス操作機構、フッ素ガスケット採用 ・保護継電器、制御装置のデジタル化による信頼性向上 |
| 機能性 | メンテナンス不可機器の解消 | <ul style="list-style-type: none"> ・受電系統、設備二重化などによりメンテナンス不可部分を解消 |
| | 遠隔集中監視 | <ul style="list-style-type: none"> ・分散した負荷設備の運転状況及びエネルギーの使用状況などを一元管理 |
| 安全性 | 感電防止による安全性向上 | <ul style="list-style-type: none"> ・GIS・C-GISなど、主回路充電部分を密閉化した機器の採用 |
| | 遠隔による操作 | <ul style="list-style-type: none"> ・手動操作機器削減 |
| | 災害への対応性 | <ul style="list-style-type: none"> ・高床式による耐水害性の向上 ・耐震性機器採用による耐震性の向上 ・難燃性絶縁油の採用、不燃化機器の採用 |
| 経済性 | 保全費の削減 | <ul style="list-style-type: none"> ・最新技術適用機器の採用による、点検周期の延長と点検項目削減 ・オイルレス機器、真空バルブ式LTCの採用による油交換、清掃などの削減 ・電気操作式の機器採用による空気圧縮機の分解点検の削除 |
| | 省スペース | <ul style="list-style-type: none"> ・機器の縮小化による敷地・空きスペースの活用 |
| | 省エネルギー | <ul style="list-style-type: none"> ・電気使用量平準化、力率改善、高効率機器採用によるランニングコスト削減 |
| 環境調和性 | 地球環境保全 周囲環境調和 | <ul style="list-style-type: none"> ・環境負荷が小さい材料の採用(有害物質・六フッ化硫黄の不使用機器の採用など) ・カーボンニュートラル(植物由来絶縁油への転換) ・騒音と雑音低減機器の採用 |

劣化評価表の参考例

複数ある機器の中から、スイッチギヤの例を示します。

(1 / 2)

| スイッチギヤ 劣化評価表 | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|--|-----------------------------|-------|--|----------------|---------------------------|----|--|--|
| 設置場所 | | 設備名称 | | 定格・仕様 | | | | | | |
| 用 途 | | | | | | | | | | |
| 形 式 | | | | | | | | | | |
| 製造番号 | | | | | | | | | | |
| 製 造 年 | | | | | | | | | | |
| 評 価 日 | | 評価実施者 | | | | | | | | |
| 天候/温湿度 | | °C | % | 評価点 | | | | | | |
| 項目 | | 評価項目及び評価基準 | | | | 現地劣化評価結果 | | 所見 | | |
| | | | | | | 評価結果 | | | | |
| | | | | | | 評価 配分点 A | 評価 点 B | | | |
| 1. 経過年数 | | ① 経過年数 | | | | 評価 点 C | 換算 評価点 D (B/A×C) | | | |
| | | | | | | 5 | 10 | | | |
| | | | | | | 5 | | | | |
| 2. 環境条件 | | ① 塩害レベル (現地試料採取) | | | | 5 | | | | |
| | | ② 腐食性ガス (NO _x , SO _x , H ₂ S, NH ₃ など 必要に応じ測定) | | | | 5 | | | | |
| 3. 保全記録 | | ③ 塵埃の付着 | | | | 5 | | | | |
| | | ④ 据付レベル | | | | 5 | | | | |
| 4. 生産終了品 | | ① 交換時対応の可否 | | | | 5 | | | | |
| 5. 異常現象 | | ① 異音の有無 | | | | 5 | | | | |
| | | ② 異臭の有無 | | | | 5 | | | | |
| 6. 劣化現象 | 1) 外箱部 | | ① 塗装剥離、発錆、腐食、破損 | | | 5 | | | | |
| | | | 新品と同等である | | | 5 | | | | |
| | | | 塗装の劣化が認められる | | | 5 | | | | |
| | | | 軽微な発錆、腐食、破損あり | | | 5 | | | | |
| | | | 塗装剥離、発錆、腐食、破損あり。補修塗装が必要 | | | 5 | | | | |
| | | | 盤外周に大幅な発錆、腐食、破損あり。全面補修塗装が必要 | | | 5 | | | | |
| | | | 錆などによる外皮の欠損発生 | | | 5 | | | | |
| | 2) 主回路 ・接続部 | | ② 扉・ハンドルの腐食、破損 | | | 5 | | | | |
| | | | 新品と同等、腐食・破損なし | | | 5 | | | | |
| | | | 腐食・破損あり、スムースな開閉が困難 | | | 5 | | | | |
| | | | ③ パッキン類の損傷 | | | 5 | | | | |
| | | | 新品と同等である | | | 5 | | | | |
| | | | 軽微な変色又は腐食あり | | | 5 | | | | |
| | | | 導体のめっき黒化変色あり | | | 5 | | | | |
| | | | 導体のめっきの剥離あり | | | 5 | | | | |
| | ④ ポルト・ナット類の 締付状態 | | 新品と同等である | | | 5 | | | | |
| | | | 変色はないが新品と同等とはいえない | | | 5 | | | | |
| | | | 軽微な過熱による変色あり | | | 5 | | | | |
| | | | 過熱による変色あり、サーモラベルの変色あり | | | 5 | | | | |
| | | | 機能に影響する過熱変色あり | | | 5 | | | | |
| | ③ 変形、亀裂、破損などの 損傷 | | 新品と同等である | | | 5 | | | | |
| | | | 変形、亀裂、破損はないが新品同等とはいえない | | | 5 | | | | |
| | | | 軽微な変形、亀裂、破損などの損傷あり | | | 5 | | | | |
| | | | 変形、亀裂、破損などの損傷あり | | | 5 | | | | |

スイッチギヤ 劣化評価表

| 項 目 | No | 評価項目、評価基準及び経過年数 | 評 価 点 | 現地劣化評価結果 | | | 所見 | |
|-----------|----------|---------------------------|--|-----------------------|--------------|---------------|------|--|
| | | | | 評価 配分点 A | 評価結果 | | | |
| | | | | | 評価 点 B | 重み 付け C | | |
| 6 劣化現象 | 3) 支持絶縁物 | ①導体支持物の汚損 | 汚損なし 汚損あり | 0 3 | 3 | | | |
| | | ②導体支持物の損傷 | 新品と同等で損傷なし 損傷はないが新品と同等とはいえない 軽微な変形、亀裂、破損等の損傷あり 機能に影響する変形、亀裂、破損などの損傷あり | 0 1 3 7 | 7 | | | |
| | | ③絶縁物、碍子のコロナ放電痕、トラッキング痕 | 新品と同等で痕跡なし 痕跡はないが新品同等とはいえない コロナ放電検出器でコロナ検出、軽微なトラッキング痕あり 機能に影響するコロナ放電痕などあり | 0 1 3 7 | 7 | | | |
| | | ④機構部 | 各部締付け部に緩みがある 緩みがある | 0 3 | 3 | | | |
| | 4) 機構部 | ②操作機構部の腐食、発錆 | 新品と同等である 軽微な腐食、発錆ある | 0 1 | 3 | | | |
| | | ③操作機構部の摩耗、損傷 | 新品と同等である 軽微な摩耗あり 軽微な摩耗、損傷あり | 0 1 3 | 5 | | | |
| | | ④操作機構部の動作油脂類の劣化 | 新品と同等である グリース、油脂類の劣化あり | 0 3 | 5 | | | |
| | | ⑤スプリング類に発錆、変形 | 新品と同等である 発錆、変形あり | 0 5 | 5 | | | |
| | | ⑥制御部 | 配線接続部の腐食 新品と同等である 軽微な腐食あり 腐食あり | 0 1 3 | 3 | | (30) | |
| 7 性能試験 | 5) 制御部 | ②制御器具の湿潤、発錆、腐食 | 新品と同等である 軽微な湿潤、発錆、腐食あり 湿潤、発錆、腐食あり | 0 1 3 | 3 | | | |
| | | ③補助継電器類の状態 (必要に応じ抜取調査) | 新品と同等である 軽微な接点の荒れあり 接点の荒れあり シーケンス試験が正常に終了しない | 0 1 3 5 | 5 | | | |
| | | ④制御回路部品の損傷 | 新品と同等である 軽微な変形、亀裂、破損などの損傷あり 変形、亀裂、破損等の損傷あり | 0 1 3 | 3 | | | |
| | | ⑤制御配線の被覆、芯線、素線、絶縁物の状態 | 新品と同等である 軽微な変質又は芯線の腐食あり 変質又は芯線の腐食あり 固化、ひび割れ等の変質あり 機能に影響する変質又は腐食あり | 0 1 3 5 7 | 7 | | | |
| | | ⑥開閉表示器類の、表示状態 に異常がある | 新品と同等である 一部異常はあるが運用に支障はない 表示に異常あり | 0 3 7 | 7 | | | |
| | | ⑦付属品 | 冷却装置の異音、振動状態 新品と同等である 軽微な異音、振動あり 異音、振動あり | 0 1 3 | 3 | | | |
| | 6) 付属品 | ②冷却装置の目詰まり状態 | 新品と同等である 軽微な目詰まりあり 目詰まりあり | 0 1 3 | 3 | | | |
| | | | (小計) | 96 | | | | |
| | | 1) 絶縁抵抗測定 (直近測定データ) | ①主回路部 判定基準内で測定値トレンド良好 判定基準内で測定値トレンド低下 判定基準内ではあるが、測定値のトレンドから、判定基準を外れる恐れあり 1面当たり20MΩ以下 1面当たり5MΩ以下 | 0 3 5 7 9 | 9 | | | |
| | | 2) その他測定項目 (直近測定データ) | ①部分放電測定 部分放電検出なし 部分放電検出あり ②サーモメータによる測定 異常なし(前回と変化なし) 負荷率に対して温度上昇が高く感じられる 許容温度上昇を超えてる | 0 9 0 3 7 | 5 | | 30 | |
| | | | (小計) | 30 | | | | |
| | | | 換算評価点合計 | (100点換算評価) | | | | |
| 評価まとめ | | | | | | | | |

注記1：評価項目に該当しない項目がある場合、評価点Aの小計はそれを除いた評価点とする。

注記2：6(劣化現象)及び7(性能試験)の項目で、一項目でも7点以上の場合、換算評価点はそれぞれ30点とする。

注記3：地盤沈下について、機器の設置場所などから地盤沈下が考えられない機器は考慮外とする。

関係資料の紹介

本資料に関する「一般社団法人 日本電機工業会」発行の資料を下記に示します。

● 報告書

| | |
|--|----------|
| 受変電設備保守点検の要点（第3版） | 2007年 6月 |
| 『受変電設備の適切な保全業務について』技術講習会アンケート調査報告（第2回） | |
| －保守・保全担当者の生の声－ | 2007年10月 |
| 社会インフラ設備（電気設備）の運用・保全の実態に関するアンケート | |
| 調査報告書 | 2008年 6月 |
| 「受変電設備の保全に関するアンケート調査」報告書 | 2016年 3月 |
| 長期使用受変電設備の信頼性の考察（改訂版） | 2023年 3月 |
| 「汎用高圧機器の更新推奨時期に関する調査」報告書（改訂版） | 2023年 3月 |

● PRパンフレット

| | |
|--------------------------|----------|
| 汎用高圧機器の保守点検のおすすめ | 2019年 3月 |
| 汎用高圧機器の更新のおすすめ | 2019年 3月 |
| あなたの受変電設備の診断はお済みですか（改訂版） | 2024年 9月 |

● 技術資料

| | |
|--|----------|
| JEM-TR122：金属閉鎖形スイッチギヤ及びコントロールギヤの保守点検指針 | 2008年 7月 |
| JEM-TR156：保護継電器の保守・点検指針 | 2008年 1月 |
| JEM-TR164：計器用変成器の保守・点検指針 | 2015年12月 |
| JEM-TR168：高圧限流ヒューズの保守・点検指針 | 2011年 7月 |
| JEM-TR171：配電用6 kV油入変圧器の保守・点検指針 | 2016年12月 |
| JEM-TR172：高圧交流電磁接触器の保守・点検指針 | 2022年 3月 |
| JEM-TR173：高圧交流負荷開閉器の選定及び保守・点検指針 | 2012年 8月 |
| JEM-TR174：高圧交流遮断器の保守・点検指針 | 2012年 3月 |
| JEM-TR178：高圧断路器の保守・点検指針 | 2018年 8月 |
| JEM-TR179：高圧避雷器の保守・点検指針 | 2019年12月 |
| JEM-TR182：電力用コンデンサの選定、設置及び保守指針 | 2018年 3月 |



人と社会と技術の調和

一般社団法人日本電機工業会 重電保全専門委員会

〒102-0082 東京都千代田区一番町17-4
URL <https://www.jema-net.or.jp>