

「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



一般社団法人日本電機工業会

はじめに

生産設備や情報機器の高度化、複雑化に伴い、受変電設備の重要性はますます高まり、事故による停電はもとより、瞬時の電圧低下すら許されない状況にある。

しかしながら、現在設置されている受変電設備の中には、10 数年～20 数年を経過した老朽機器も多数使用されているのが現状である。これら老朽機器が一旦事故を起こした際の社会的、経済的影響は機器を設置した時点と比較にならないほど増大している。

そこで、当工業会では、設備の信頼性確保の見地から、受変電設備の更新計画の目安としていただくよう、ユーザ各位で数多く使用されている各種の汎用高圧機器のうち 10 種類の機器を対象に、技術的、経済的にみた更新推奨時期を調査、検討し取りまとめた。

本報告書では、平成元年（1989 年）9 月に発行した「汎用高圧機器の更新推奨時期に関する調査」報告書（以下、旧報告書と称す）の内容を見直し改訂した。

旧報告書は、メーカパンフレットやユーザ向け冊子に引用されるなど有益な報告書であったが、引用規格などの情報が古いという指摘があった。このような背景の下、汎用高圧機器の更新を促して会員企業の事業活動を支援するため、旧報告書発行以降のマクロな技術動向や新たな知見を取り入れ、ユーザに対して有益な情報を提供することを目的に、旧報告書を見直した新たな報告書を作成することとした。

今回の改訂において、総論 1～3 章は、その最新規格の反映と文言の見直しが主な内容で大幅な変更はしていない。従って、3 章のアンケート調査結果については、40 年以上前のものだが、旧報告書の発行以降に網羅的に調査された資料が無いことに加え、対象電気機器の基本性能は当時から大きく変化しているものではなく、製品寿命的観点からは過去のアンケート結果が引き続き有効であるとの見解に基づき、改めて再調査は実施せず、既存のアンケート結果を継続して使うこととした。

なお、4 章にスマート保安の取組み状況、予防保全と診断技術（余寿命診断・絶縁診断）、プロアクティブ手法の導入などの新たな技術や考え方を追加した。

ユーザ各位の設備更新に当たっては、負荷の要求する給電の信頼性はもとより、使用環境や保守条件など各々の設備の実情に合わせてご判断いただく必要がある。その際、機器の更新が適切に実施され、不測の事故の防止と併せて設備運用の効率化を図られることに、本報告書が役立てられますことを願っている。

2023 年 3 月

一般社団法人 日本電機工業会

汎用高圧機器業務専門委員会

目 次

I. 汎用高圧機器更新の考え方（総論）	1
1. 対象機種と更新推奨時期	2
2. 電気機器の寿命の考え方	4
3. 実績からみた機器の寿命	8
4. 電気機器の保全と診断	14
5. 機器更新の考え方	22
II. 各機器の更新推奨時期（各論）	28
1. 高圧交流負荷開閉器	29
2. 断路器	33
3. 避雷器	42
4. 高圧交流遮断器	46
5. 計器用変成器	51
6. 保護継電器	55
7. 高圧限流ヒューズ	59
8. 高圧交流電磁接触器	65
9. 高圧進相コンデンサ，直列リアクトル，放電コイル	68
10. 高圧配電用変圧器	76
III. 参考資料及び文献	79

I. 汎用高圧機器更新の考え方（総論）

1. 対象機種と更新推奨時期

(1) 機器の種類と定格範囲

本報告書で対象とした機器の種類と定格の範囲及び各機器の対象規格は表1のとおりである。

表1 対象機種と主要定格及び関連規格

機 種	主 要 定 格	関 連 規 格	
		現 行 規 格	旧 規 格
高 圧 交 流 負 荷 開 閉 器	電圧 3.6kV, 7.2kV 電流 100～600A	JIS C 4605(2020) JIS C 4607(2023) JIS C 4611(1999)	JIS C 4605(1998) JIS C 4607(1999) JIS C 4611(1993) JEM 1219(2001) JEM 1259(1984)
断 路 器	電圧 3.6kV, 7.2kV 電流 200～1200A 短時間電流 8～20kA	JIS C 4606(2011) JEC-2310(2014)	JIS C 4606(1971) JIS C 4606(1993) JEC-165(1964) JEC-196(1975) JEC-2310(1990) JEC-2310(2003)
避 雷 器	電圧 4.2kV, 8.4kV 公称放電電流 2.5kA, 5kA, 10kA	JIS C 4608(2015) JEC-2374(2020)	JEC-156(1963) JEC-203(1978) JEC-217(1984)
高 圧 交 流 遮 断 器	電圧 3.6kV, 7.2kV 電流 400～3000A 遮断電流 40kA 以下	JIS C 4603(2019) JEC-2300(2020)	JIS C 4603(1990) JEC-2300(2010)
計器用変成器	電 圧 3.45(3.3)kV , 6.9(6.6)kV 電流 600A 以下	JIS C 1731(1998) JEC-1201(2007)	JIS C 1731(1988) JEC-1201(1996)
保 護 継 電 器	55 頁の定格参照	JIS C 4601(1993) JIS C 4602(2017) JIS C 4609(1990) JIS C 4612(2020) JEC-2500(2010)	JIS C 4601(1976) JIS C 4602(1986) JEC-174(1968) JEC-2500(1987)
高 圧 限 流 ヒ ュ ー ズ	電圧 : 3.6kV, 7.2kV 電流 : 1A～400A 遮断電流 : 12.5kA～ 63kA	JIS C 4604(2017) JEC-2330(2017)	JIS C 4604(1988) JEC-2330(1986)
高 圧 交 流 電 磁 接 触 器	電圧 3.3kV, 6.6kV 電流 100～600A	JEM 1167(2007)	JEM 1167(1990)
高 圧 進 相 コンデンサ, 直列リアクトル 放 電 コ イ ル	回路電圧 3.3kV, 6.6kV 設備容量 500kvar 以下	JIS C 4902-1(2010) JIS C 4902-2(2010) JIS C 4902-3(2010)	JIS C 4902-1(1998) JIS C 4902-2(1998) JIS C 4902-3(1998) JIS C 4801(1977) JIS C 4802(1977) JIS C 4902(1977)
高 圧 配 電 用 変 圧 器	一次電圧 3.3kV, 6.6kV 容量 : 単相 500kVA 以下, 三相 2,000kVA 以下	JIS C 4304(2013) JIS C 4306(2013) JEC-2200(2014)	JIS C 4304(2005) JIS C 4306(2005) JEC-2200(1995)

(注) 規格番号が同一で制定年度のみ異なる規格は原則として最新版の制定年度を記載した。
このため本表に記載した規格と同一番号で制定年度の古い旧規格も存在する。

(2) 設置環境と使用条件

機器の設置環境と使用方法に対する条件は、各機種毎に異なるため、各機種の項を参照されたい。
なお、設置環境の屋外用と屋内用の区別は下記とする。

屋外用：屋外（空気の温度、湿度とも調節されない場所で、遮蔽物がなく、直射日光、風、雨、みぞれ、雪、結氷のような気象条件に曝される場所）での使用を前提とした構造のもの。

屋内用：屋外での使用を前提とした構造でないもの。

(3) 対象機種の更新推奨時期

表 1 に掲載した各機器の更新推奨時期は表 2 の通り。なお、この更新推奨時期は、機能や性能に対する製造者の保証値ではなく、通常的环境下で、通常の保守・点検を行って使用した場合に、機器構成材の老朽化などにより、新品と交換した方が経済性を含めて一般的に有利と考えられる時期である。また、これら更新推奨時期を設定した根拠、背景等については、各機器の項を参照されたい。

表 2 各機器の更新推奨時期

機 種	更 新 推 奨 時 期
高圧交流負荷開閉器 *	屋 内 用 15年 又は定格負荷電流開閉回数200回 屋 外 用 10年 又は定格負荷電流開閉回数200回 GR付開閉器の制御装置 10年
断路器 *	手動操作 20年 又は操作回数 100回 動力操作 20年 又は操作回数1,000回
避雷器	15年
高圧交流遮断器 *	20年 又は規定開閉回数
計器用変成器	15年
保護継電器	15年
高圧限流ヒューズ	屋 内 用 15年 屋 外 用 10年
高圧交流電磁接触器 *	15年 又は規定開閉回数
高圧進相コンデンサ, 直列リアクトル, 放電コイル	15年 15年
高圧配電用変圧器	20年

なお、*印を付した開閉器類については、交換可能な部品の最短寿命を表わすものではなく、保守・点検状況又は製造者の推奨する部品交換条件に従って、消耗部品、磨耗部品は適宜交換されることを前提としている。

また、長期間保管した予備品は、十分な点検・整備を行ってから使用されるようお願いする。

2. 電気機器の寿命の考え方

(1) 機器の劣化と寿命

電気機器の寿命も生物のそれと同様に機能が停止するまでの期間をとることもあるが、一般には「使用中に被る種々のストレスや経年的な劣化などにより、その機器の電气的性能や機械的性能が低下して、使用上の信頼性や安全性が維持できなくなるまでの期間」を指している。

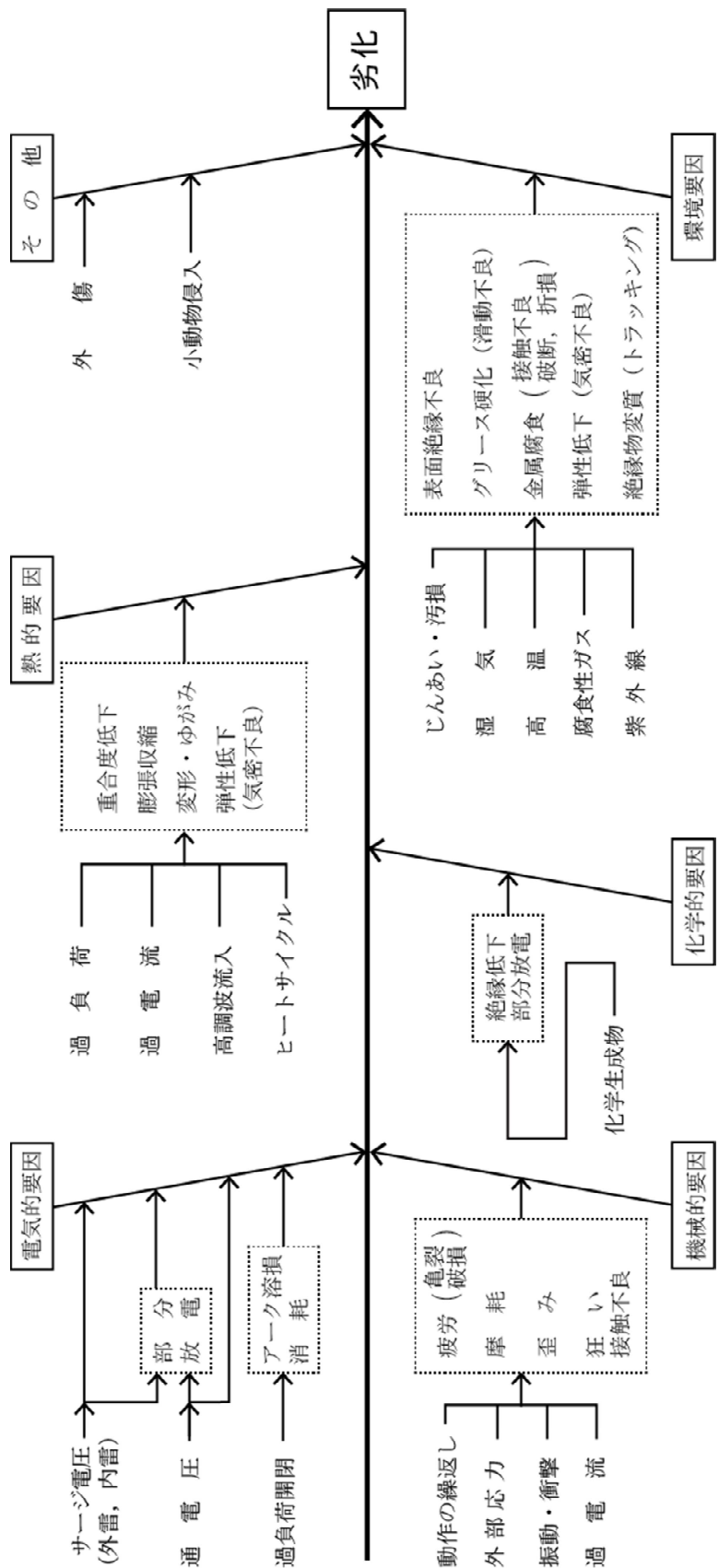
この劣化要因と機器に与える影響の程度は対象機器により異なるが、例えば図 1 のように表わされる。

また、電気機器は一部の部品を補修又は交換することにより、なお相当期間に亘り実用上支障のない性能を発揮して安全に運転が継続できる機種（修理系）と、劣化又は故障したら、更新する以外に性能が戻らない機種（非修理系）とに分けられる。汎用高圧機器について言えば、前者としては高圧配電用変圧器、高圧交流遮断器、断路器、高圧交流負荷開閉器、高圧交流電磁接触器及び保護継電器など主として動作（運動）する部分を有する機器が該当し、後者としては高圧進相コンデンサ、計器用変成器、高圧限流ヒューズ、避雷器などが該当する。

しかし、この分類はあくまで物理的にみた場合のことであり、故障点の部位により修理の不可能な場合もあり、また経済性を加味すれば、汎用保護継電器のように、修理するよりは交換（更新）した方が有利となる場合もある。

前者の機器群については使用期間により影響を受ける絶縁物の劣化に対する耐久性のほかに、動作回数による機械的な摩耗、疲労、狂いなどに対する耐久性も寿命の決定要因となる。つまり修理系の機器については、一部の部品を修理又は交換することにより引続いて使用することが出来るが、機構全体にガタが生じて機能を満足しえなくなった場合には更新する必要がある、これが各々の機器の規格に定められた動作回数である。

さらに、機器が使用されている環境条件（周囲温度、湿度、雰囲気など）にも大きく影響されるとともに、使用回路に短絡や地絡が生じた場合にも影響を受ける。つまり、個々の機器の寿命は、その機器の使用されてきた履歴により大きく異なる。



[注] 1. 各要因が並列的又は直列的に複合進行し、劣化が加速的に進行する場合もある。
 2. 上記のほか、設計、製作、施工及び保守の不良なども劣化を促進させる原因となる。

図 1. 劣化の要因分析 (代表例)

(2) 劣化故障の形態

図 2 は機器の典型的な劣化故障パターンで、横軸に機器の使用時間、縦軸に故障率をとった場合、この曲線が洋式の浴槽に似ているのでバスタブカーブ (bath tub curve) と呼ばれているものである。

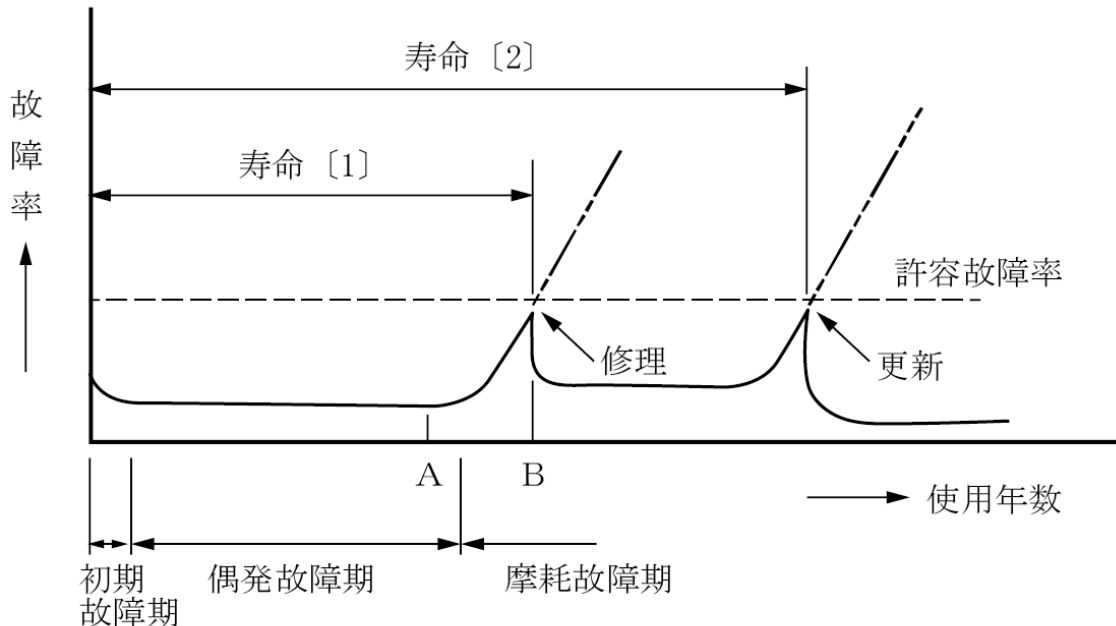


図 2 機器の劣化故障パターン

バスタブカーブは人間の死亡率パターンから出発したもので、必ずしも全ての汎用機器の故障率の時間的変化がこのパターンと合致するとは言えないが、寿命に対する基本的概念をつかむ上では有効なので、これに沿って説明する。

(a) 初期故障期

機器の運転を開始して暫くは、外部的環境になじまない弱点や設計、製作の不具合が現われる。この期間は、時間の経過とともに故障率が低下する傾向を示し、初期故障期と呼ばれている。

(b) 偶発故障期

初期故障期を過ぎると、故障率が時間の経過に関係なく、ほぼ一定な(定故障率の)期間が続く。この期間は偶発故障期と呼ばれ、故障率が低く、安定した運転が期待できる。

(c) 摩耗故障期

偶発故障期を過ぎると、構成部品の劣化や摩耗などにより、時間の経過に伴って、故障率が増加する時期が来る。この時期は、摩耗故障期と呼ばれ、設備としての機能を維持するためには、機器のオーバーホール又は更新が差迫った課題となる。

一般に、電気機器の寿命は上記の偶発故障期の長さで左右され、この時期を延ばすためには、適切な保守が必要となる。また、修理系の機器に対する修理やオーバーホールは、一定期間又は一定動作回数毎に分解点検を行い、劣化や摩耗の生じている部品を交換して、機能や性能を維持することを目的としており、これらを行うことにより図 2 の寿命 [1] を [2] に延ばすことができる。

ここで、問題となることは「許容故障率をいくらにとるか」ということである。つまり、図 2 の B 点をどこにとるかということで、この具体的数値は当該機器が故障を起こした場合の二次災害の影響や、故障に伴う停電による影響などによって、各設備において決めるべきものである。

非修理系機器については、許容故障率に達する時点 B より（まだ摩耗故障期に入る以前の）余裕をもった時点 A で機器を更新すれば、故障率を最小限に抑えることができる。

本報告で設定した更新推奨時期は、この A 点を指すものであり、修理系機器について A 点で更新するか、修理によって延命化を図るかは、ここで述べた許容故障率の考え方に加えて、後述するライフサイクルコストや更新による効果も含めて、総合的に判断する必要がある。

この偶発故障期から摩耗故障期に移るまでの期間は、次の要因により大きく左右される。

- ① 使用条件・環境条件
- ② 保守点検状況
- ③ 機器の構造（機械的構造、絶縁構造、構成材の材質など）

すなわち、同一定格の機器を同一時期から使用開始しても上記①～③の要因により、寿命は大きく変わる可能性がある。

3. 実績からみた機器の寿命

電気機器の寿命（耐用年数）について、各種機関からアンケート調査に基づいた値が報告されているので、その中から汎用高圧機器に関係ある部分を抜き出して掲載する。

(1) 電気学会のアンケート調査結果

電気学会が昭和 56 年 8～9 月に、工場電気設備の寿命とメンテナンスの実態について、国内の大手工場 129 事業所に対しアンケート調査を行った。そのうち 82 の事業所から回答を得た結果をまとめたものが、電気学会技術報告（Ⅱ部）159 号に「工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告」（昭和 58 年 11 月）として報告されている。調査対象機種は、1.変圧器、2.コンデンサ、3.計器用変成器、4. 高圧交流遮断器、5.断路器、6.開閉器、7.閉鎖配電盤、8.CV ケーブル、9.電動機、10.非常用発電設備、11.バッテリー、12.半導体応用製品（VVVF, CVCF）の 12 機種で、このうち本報告書で対象としている 1～6 の 6 機種について抜粋して表 3 に掲載した。

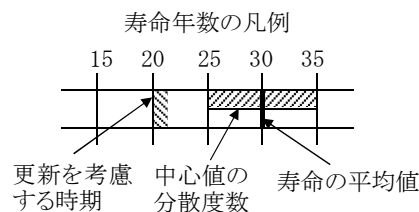
このアンケートの設問は、「実績から想定して機器の寿命は何年と考えていますか」と「寿命の終期状態は五つのパターンの一つ又は、二つのパターンを選んで○をつけて下さい」と言うもので、表 3 の数値では、コンデンサ、開閉器類が 25 年程度、変圧器、変成器、遮断器は 30 年程度となっている。

表 3 電気機器の寿命に関するアンケート調査結果

No.	機器の種類	寿命の 平均値	寿命の年数					※寿命の終期状態					アンケート 回答数			
			10	15	20	25	30	35	1	2	3	4		5		
1-1	油入変圧器	32.4											○	○		83
-2	乾式・モールド変圧器	31.0											○	○		64
2	コンデンサ	27.2												○		80
3-1	油入変成器(P・CT)	30.8												○		73
-2	乾式変成器(〃)	27.8												○		80
4-1	真空遮断器	28.2											○			52
-2	ガス遮断器	31.5											○			41
5	断 路 器	29.8												○		81
6-1	気中開閉器	24.5												○		77
-2	真空開閉器	25.6												○		51

※寿命の終期状態

1. 故障頻度が高くなり、停電による損失が多くなった時点
2. 交換部品の入手が困難になった時点
3. 修理が技術的に不可能になった時点
4. 性能が低下し、使用上の安全性が維持できないと判断した時点
5. 性能劣化により維持管理費の増大が著しくなった時点



(2) 設備耐久性部会電気分科会のアンケート調査結果

国土交通省（旧建設省）が総合技術開発プロジェクトのテーマとして、昭和55年度から5年間に亘って「建築物の耐久性向上技術の開発」に取り組んだが、電気設備に対しては、建築設備耐久性部会の電気分科会が調査を行い、その結果を雑誌「電設工業」の昭和60年12月号に発表した。

この調査は、建築電気設備の保全及び補修・交換の実態を把握するとともに、設備機器の寿命、あるいは終期状態に対する意義の実態を明らかにするため、関東地区における488箇所の自家用電気主任技術者あてにアンケート用紙を郵送して回答を求め、回答のあった121件についてまとめたものである。（うち有効回答数119件）

調査対象機種としては、受変電設備（変圧器、高圧交流遮断器、避雷器、計器用変成器、保護継電器、計器、配線用遮断器）、自家発電設備（原動機、発電機など4機種）、蓄電池設備（3機種）、動力・照明設備（3機種）、防災設備（4機種）、避雷設備、監視制御設備について報告されているが、このうち本報告書で対象としている受変電設備（計器と配線用遮断器は除く）について抜粋して表4に掲載した。

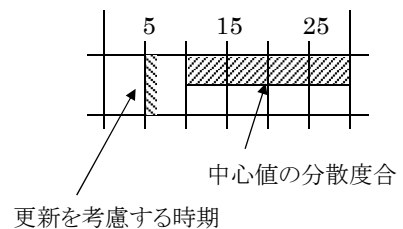
表4 建築電気設備の寿命アンケート結果(電気主任技術者アンケート 有効回答数119件より)

設備名 大分類	調査項目 小分類	実績から想定しての寿命としての限界年数と寿命の終期状態												
		限界年数(注)1						アンケート 回答数	終期状態(注)2					アンケート 回答数
		5	10	15	20	25	30		A	B	C	D	E	
受変電設備	変圧器					48.3	31.5	89			○ 15.6	○ 64.5		96
	高圧交流遮断器				27.9	43		86		○ 16	○ 18	○ 52.1		94
	避雷器					48.6	29.2	72				○ 71.8		78
	計器用変成器				27.1	48.2		85				○ 74.3		93
	保護リレー				18.6	39.6	24.4	86				○ 77.7		94

(注)1. 寿命の限界年数

(注)2. 寿命の終期状態

- A：故障頻度が高くなり、停電による損失が多くなった時点
- B：交換部品の入手が困難になった時点
- C：修理が技術的に不可能になった時点
- D：性能が低下し、使用上の安全性が維持できないと判断した時点
- E：性能劣化により維持管理費の増大が著しくなった時点



*1. 限界年数のバーチャートの下の数字はその範囲の回答数の全回答数に占める百分率を示す。

(15%以上の範囲のみ数値を記入)

*2. 終期状態欄の数字はその状態の回答数の全回答数に占める百分率を示す。

(15%以上の状態のみ数値を記入)

(上記*1及び*2は原文にはなく、本報告書作成に当たっての説明として追記した事項である。)

(3) 建設省営繕部のアンケート調査結果

建設大臣官房官庁営繕部が官庁建築物に使用されている機械設備、電気設備の設計基準、保全基準の基礎的な資料とするために、設備機器の耐用年数の実績値と、寿命の判断基準について調査を行った結果で、昭和 54 年 11 月に同営繕部より「設備機器の耐久性等に関する調査報告書」として報告されている。

調査方法は、同営繕部の「設備機械等指定名簿」に記載されている製造業者のうち、大手上位の企業（電気設備機器については 32 社の 83 機器について問合せ、31 社から 74 機器についての回答があった。）に対してアンケート方式で回答を求めたものである。

この調査の電気設備機器についての対象は、変圧器（油入、乾式）、高圧交流遮断器（油入、磁気、真空）、保護継電器、電力コンデンサ、中央監視装置（グラパネ、データロガー）、蓄電池（鉛、アルカリ）、ディーゼルエンジン、発電機、動力制御盤、電気時計、拡声装置の各機器である。

このうち、本報告書で対象としている変圧器、高圧交流遮断器、保護継電器、電力コンデンサの 4 機種について抜粋して表 5 及び表 6 に掲載した。

表 5 設備機器別耐用年数表

機器名	機種別	調査件数	回答年数		平均年数		法定耐用年数	備考	
			事後保全の場合	予防保全の場合	事後保全の場合	予防保全の場合			
電気設備機器	変圧器	油入	4	15	30~40	15.0	35.0	15	
	〃	乾式	4	15	(30)	15.0	(30.0)	15	
	高圧交流遮断器	油入	5	—	20	—	21.3	15	開閉回数では 10,000 回が限度
	〃	真空	5	—	(20)	—	(20.0)	15	〃
	〃	磁気	5	—	20	—	20.0	15	〃
	保護継電器		5	5~10	10~20	7.0	17.0	15	
	電力コンデンサ		6	15~25	25~30	21.0	24.2	15	

表 6 耐用年限終期状態表

機器名	機種別	調査件数	耐用年限終期の状態					点検修理費の機器価格に対する割合	生産費用の提出可否		
			①	②	③	④	⑤		可	否	
電気設備機器	変圧器	油式	4			3	3		250	3	1
	〃	乾式	4	1			3		50	3	1
	高圧交流遮断器	油入	5	2			4		80	5	0
	〃	真空	5	2		2	5		70	5	0
	〃	磁気	5	2		2	5		100	5	0
	保護継電器		5	2	2	2	3		100	4	1
	電力コンデンサ		6	1		4	4		100	5	1

耐用年限終期の状態

- ① 故障率が高くなり、経済的でなくなった時点
- ② 交換部品の入手が困難になった時点
- ③ 修理が技術的に不可能になった時点
- ④ 性能低下、安全運転が維持出来ないと判断した時
- ⑤ 旧式により運転費の増大

この調査は、製造者に対するアンケートであるが、同報告の考察にもあるように、機器の設置環境として比較的條件の良い官庁の事務庁舎に限定してとらえた年数である。また、このアンケートは単に機器の耐用年数だけでなく、点検修理費の機器価格に対する割合も調査している点が、前二者のアンケートと異なっている。

(4) アンケート調査結果の考察

- (a) 表 3 のアンケートの回答ユーザは、24 時間監視体制にある特別高圧受電の大手工場が主体であり、表中の機器には特別高圧用のもの及び高圧でも（汎用とは言い難い）大容量器が含まれていることも大きく影響していると考えられる。また、同時に行った設問の回答で、ほとんどのユーザが予防保全の見地から機器の定期点検を実施していることと、それら作業を主として自社の保守員が実施できる体制と保守能力を有していることを考慮に入れる必要がある。
- (b) 表 5 は対象ユーザが建築分野、すなわちビルを主体とした第三次産業であり、高圧受電のユーザが大半を占めている。このため、本調査の対象としている汎用高圧機器も多く使用されており、実態調査としては三者の中で最も妥当な対象と考えられる。
- (c) 表 5 及び表 6 の調査の対象は製造者である点が趣を異にしているが、予防保全を行った場合の（同アンケートで調査対象とした）電気設備機器の耐用年数の単純平均が 18.9 年と報告されており、表 4 の限界年数と大差ないことは注目される。また、表 5 で予防保全を行った場合と、事後保全のみの場合とでは、耐用年数の比で 2～2.5 倍と大きな差があるが、予防保全のために要する経費の機器購入費に対する比率が、表 6 に示されているように 50～250%と、相当な金額にのぼっており、結果として予防保全が事後保全に比べてコストメリットがあるかどうか、十分検討評価する必要のあることがわかる。
- (d) 表 3 及び表 4 には、「更新を考慮する時期」が記載されているが、各機器とも寿命（耐用年数）より 5～10 年前から更新を考慮していることが示されている。
- (e) 寿命の終期状態の判断要因としては表 3 及び表 4 のアンケートとも「性能が低下し、使用上の安全が維持できないと判断した時点」を何れの機器も該当項目としているが、さらに変圧器、高圧交流遮断器については「修理が技術的に不可能になった時点」も挙げられている。一方、表 6 の製造者からの回答では各機器について、耐用年限の終期状態が種々の原因に分かれている点が、表 3、表 4 とは異なっている。

(5) その他の調査データ

(a) 電気学会では高圧機器 4 機種（油入変圧器，進相用コンデンサ，高圧交流遮断器及び三相誘導電動機）と CV ケーブルの故障実態のアンケート調査を行い，その結果を技術報告「工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告」（昭和 61 年 10 月）として発表している。それによると油入（配電用）変圧器，高圧進相コンデンサ，高圧交流遮断器の 3 種類とも図 3 に示すように「稼働後 10 年経過頃を境に故障率が急増する」傾向のあることが報告されている。

これは，各機種とも使用材料や設計，製造技術の面などから，本当に使用后 10 年程度で故障率が高くなるものなのか，又は調査時期との関連で，昭和 40 年代に作られた機器と，昭和 50 年代に作られた機器との故障率の差なのかは，今後の調査を待つ必要があるが，いずれにしても昭和 50 年代に入ってから製作された機器の故障率が，昭和 40 年代までに製作された機器の故障率よりはるかに低くなっていることは注目する必要がある。

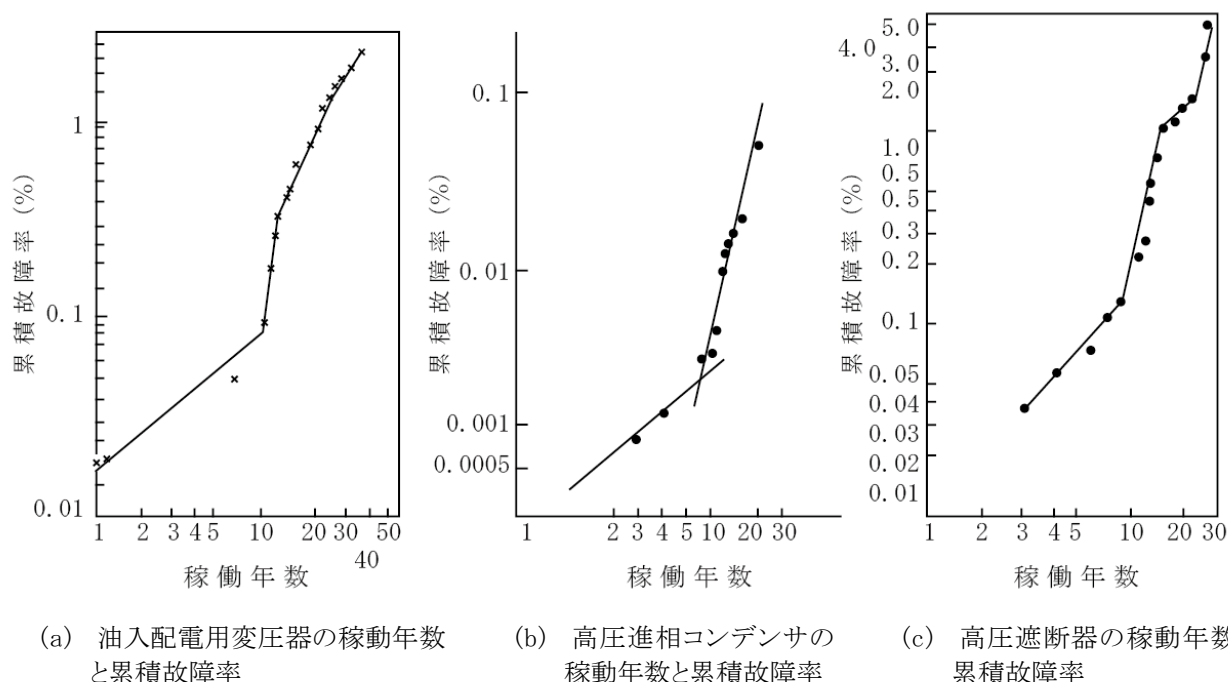


図 3 高圧配電用機器の稼働年数と累積故障率

また，この調査結果では油入変圧器及び進相コンデンサについては，ともに全故障の 35%が日常点検で，また約 20%弱が定期点検で事前に発見されていることが報告されており，後述する予防保全の重要性を裏付けている。

(b) 大阪通商産業局管内で昭和 62 年度中に発生した電気事故のうち，電気関係報告規則に基づき，同局に報告のあった自家用設備からの波及事故は 97 件であった。このうち，機器又は設備の自然劣化によるものと判断されたものが 43 件あったが，これを施設後の経過年数別に分けたものが表 7 である。

表 7 電気工作物施設後の経過年数別の波及事故件数

経過年数	件数(件)
20年以上	1
15年以上 20年未満	8
10年以上 15年未満	30
10年未満	4
合計	43

これによると、自然劣化が波及事故の原因と判断された機器又は設備の平均経過年数は 13.3 年と記載されている。

(6) 法的な耐用年数

電気機器など固定資産の減価償却に用いる法定耐用年数は、「減価償却資産の耐用年数等に関する省令」(財務省令：旧大蔵省令)に定められている。この法令は昭和 26 年に現行の形に整えられたもので、回転機、静止器からケーブルなどの配線機材などまで同一分類に入っているなど、実情にそぐわない点も見受けられるが、製造者における設計基準の参考や、ユーザにおける資産管理や運用などに対するよりどころとなっている。

この省令によれば、建物の付属設備の一部としての電気設備に対する耐用年数は、蓄電池設備は 6 年、その他の電気機器は 15 年となっており、本報告書で対象としている汎用高圧機器は全てこの 15 年に該当する。

4. 電気機器の保全と診断

電気機器の保全方法は、大別すると事後保全と予防保全に分けられる。(図4 保全の種類、参照) 事後保全とは機能や性能が低下したり、故障を生じた機器をその都度修理又は交換する方法で、一般家庭における電球の交換などが代表例である。この方法は機器を寿命まで使いきるの面で一面では非常に経済的と言えるが、重要なことは電源機器の寿命終了時には生物の自然死とは異なり、「静かに機能を停止する」ことはむしろ少なく、ほとんどの場合、絶縁破壊等の「事故を伴う」ということである。このことから「少なくとも突発停電が避けられず、ケースによっては二次災害や波及事故を招きかねない」ことを認識しておく必要がある。

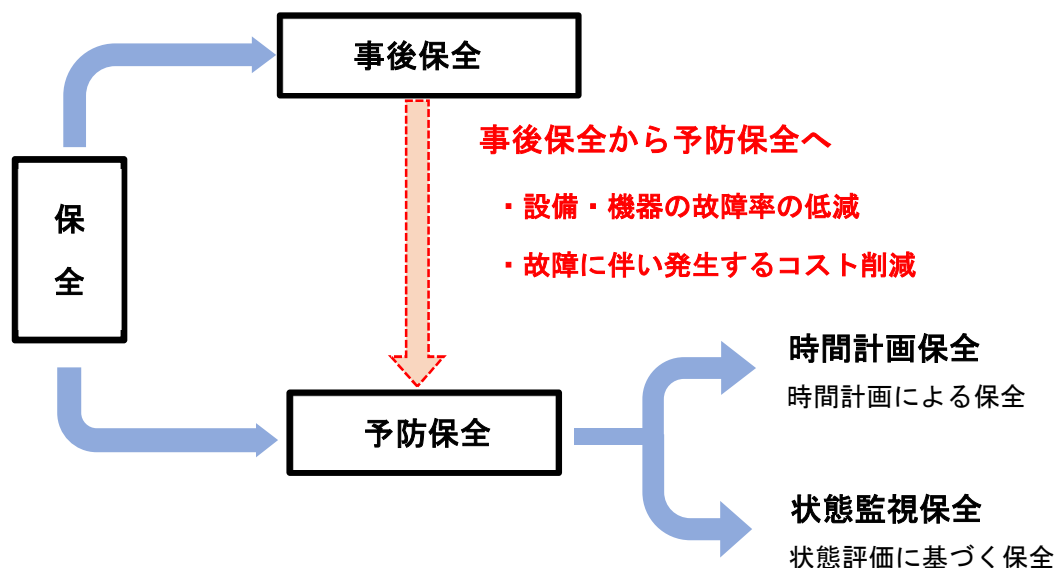


図4 保全の種類

予防保全は、時間基準保全と状態基準保全に分けられる。時間基準保全とは、前述したバスタブカーブの考え方に基づいて故障率が許容値に達する期間以前に、機器又は部品を計画的に修理、交換する方法で、配電盤の表示ランプ等を一定期間毎に全数交換するなどがその例である。この方法は、まだ暫く使用できる機器又は部品を、健全なうちに交換してしまうため、機器に対する狭義の経済性では事後保全に比べて劣るが、故障率の低下には大きな効果があり、現在各ユーザで定期的に行っているメンテナンス作業により突発事故は大幅に低減し、生産性の向上に寄与している。

次に状態基準保全とは日常及び定期的な点検・診断の結果が許容値を超えた場合、該当機器又は部品の修理・交換を行う方法で、故障の兆候を検知して事前に手を打つと言う意味で、最近とくに注目されている方法である。状態基準保全を行うためには、機器の状態を正確に把握する必要がある、できるだけ活線状態でリアルタイムに知ることが望ましい。このようなニーズに応じて、故障予知装置又は予測診断装置などが開発され、電力事業用の設備等で、既に一部実用化に入りつつあるが、何分、現状では診断装置と設備機器の費用の兼ね合いから、汎用機器に対しては、このような装置はまだ実用化に至っていない。

汎用機器に対する定期的な診断手法として、活線状態で行えるものとしては、変圧器絶縁油の電気的特性測定、油中ガス分析、ケーブルを含む回路全体の絶縁診断装置などがある。また、停電して行う手法としては、絶縁抵抗測定や静電容量測定、それに高圧交流遮断器の開閉時間測定、継電器の動作特性チェックなどが挙げられる。これらは、いずれも長期的な（劣化傾向を含む）性能の変化をつかむためには有効であるが、故障予知判定の面では難がある。また、定期点検の周期を短縮することは、予知の精度を上げることにはなるが、3. (3)のアンケート結果にもみられるように、点検・修理費の増加を招くことになり、これら経費の累計と更新する機器費との経済性比較が問題となる。

次に予防保全の根幹をなす保守作業について言えば、対象とした各機器は、各々の規格に定められた使用環境（標準使用状態）の下で使用され、かつ3. (5)で述べたように、製造者の推奨する保守点検基準に基づいた管理（日常点検及び定期点検など）が実施されていることが重要である。

また、最近の電気設備・機器の保守点検に関するスマート保安の取組み状況、予防保全と診断技術（余寿命診断・絶縁診断）、プロアクティブ手法の導入などの新たな技術や考え方を以下に述べる。

(1) 機器更新や点検、保安における課題

昨今、電気設備を取り巻く環境は大きく変化している。電力の安定供給等を目的とした小売全面自由化及び発送電分離といった電力システム改革や政府のエネルギー基本計画に基づく再生可能エネルギーの導入加速、電気自動車・コージェネレーションシステム・リチウムイオン蓄電システム等を含む分散型エネルギーリソースの設置拡大、SDGsの達成に向けた脱炭素社会・カーボンニュートラル実現の政府方針など変化のスピードに関しても著しいものがある。様々な環境が変化する中で、電気設備については高度化・複雑化が加速し、従来にも増して安定した稼働継続が求められている。

このような中、電力の安定供給に不可欠な電気設備の設置件数は年々増加傾向にある。各地域における再開発に伴うビルの新築や老朽化ビルの建て替え件数は著しく増加し、固定価格買取制度（FIT制度）の活用による太陽光・風力発電を中心とした再エネ発電設備設置数も急拡大している。

一方、電気設備の保安を担う人材は高齢化や新規従事者の減少、技術・技能の伝承力の低下等により人材不足に直面しており、2019年9月以降に複数回にわたって行われている経済産業省の電気保安人材・技術ワーキンググループの中間報告では「2030年には第3種電気主任技術者が約2,000人不足する」との見通しが報告され、将来的に人材不足は更に深刻化する懸念がある。

＜将来不足が見込まれる第3種電気主任技術者＞

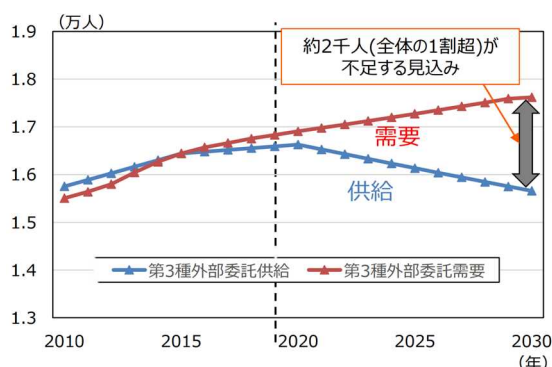


図5 第3種主任技術者数の需要と供給予測

出典：令和元年11月25日経済産業省『電気保安人材・技術WG中間報告』抜粋

また、災害の激甚化やテロリスク、AI・IoT・5Gといった新技術の加速や高度化、さらには新型コロナウイルス等の感染症リスクの直面など、構造的な課題や様々な環境変化への対応が必須となっている。

これらの課題に直面する中で、各事業者が安定的な事業継続を確実なものとするため、電気設備内の機器に関しても、計画的かつ効率的な更新検討や点検・保安体制を構築する必要がある。官民が一体となり取り組むスマート保安や予防・予知保全と診断技術(余寿命・絶縁診断)、プロアクティブ手法やアセットマネジメントの導入など、設備のライフサイクル全般において経済性と信頼性向上を両立した運用・保全・更新をいかにして実現するかが課題である。

(2) スマート保安の取組み状況

経済産業省は、スマート保安官民協議会電力安全部会を設置し、電気保安のスマート化の取組みについて、2025年をターゲットイヤーとして、電気保安分野における現状の課題や導入が期待される技術を踏まえ、スマート保安の将来像やスマート保安を実現するためのポイントを以下の通り検討・整理されている。

(a) 電気保安のスマート化の将来像

直面する課題を保安のスマート化により解決を目指し、将来、以下に示すような本質的な変化が生じると考えられる。

- ① 定置センサーの増設やドローン・ロボットによる可搬センサーの現場搬送によって、労働集約的であった現場作業が合理化され、機器による常時監視化・遠隔監視化が普及・拡大する。
- ② センサーの高度化・増設によるデジタルデータ化及び、AI活用による処理情報量の拡大と判断精度の向上によって、これまで一部が主観的・暗黙知であった判断内容が客観化・形式知化される。
- ③ 各種設備状況データの分析と携行機器の活用によって、現場作業内容がより知識集約化される。

(b) 技術実装の道筋とターゲットイヤー

2025 年に向けて個別の保安業務のスマート化を進めるべく、まず既に一定程度確立している要素技術については、既存の保安業務の補完性・代替可能性について実証を進めるとともに、法令や業界指針の必要な環境整備を進め、その普及を図り、スマート保安技術の導入を推進する。

一方、現在未確立の要素技術については、その開発・実証を進め、要素技術を組み合わせた保安システム全体のマネジメントモデルの実証を行う。技術が確立した段階で徐々に必要な規制環境の見直しと共に技術の実用化を進めていく。

各技術の導入について、設備付帯型（センサー等）の技術については、小規模な試行実施から進めていき、有効性を確認したうえで、新設・リプレースの段階での導入が見込まれる。

他方、設備非付帯型（ドローン・ウェアラブル機器等）については、技術毎の業務代替性を確認後、順次の導入が見込まれる。

こうした取組みを通じ、スマート保安技術を保安活動の中で利用（ドローンによる外観点検や、センサーによるデータ取得等）する発電所等数の割合を増加させ、事故の予兆を早期に発見し、電気設備起因の事故の低減を目指す。

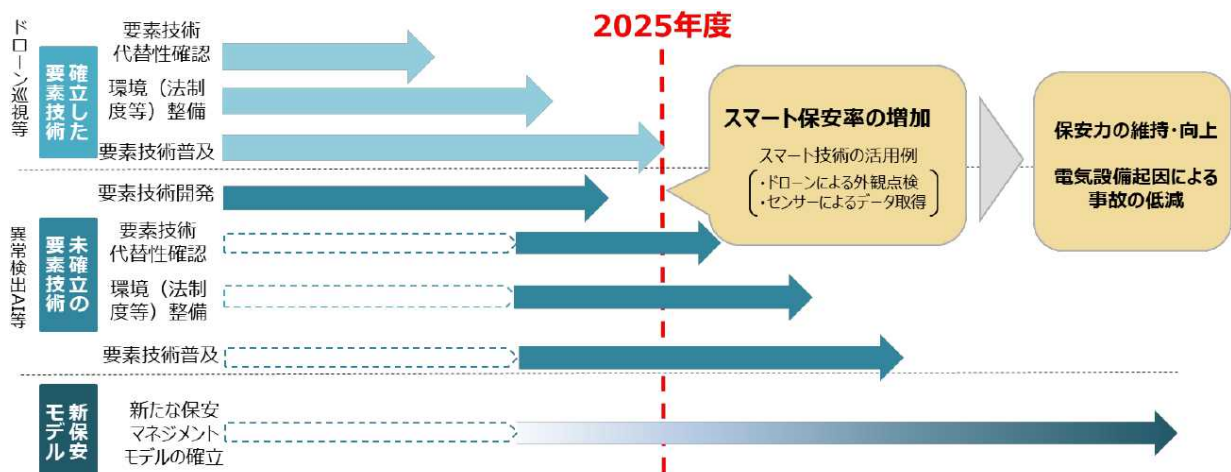


図 6 保安業務のスマート化

(c) 具体的な保安上の課題及び導入が期待される技術

- ・電気設備ごとの技術実装の道筋

現時点で利用可能な技術は 2025 年までに確実に社会実装し、研究途上の技術については引き続き開発・実証を進め 2025 年度以降の社会実装を目指す。

- ・スマート保安に期待される主な技術分野は、①ロボット・ドローン、②センサー・カメラ、③定期・常時伝送、④異常検知・予兆検知・CBM、⑤ウェアラブル機器・携帯端末等が想定される。
- ・具体的な保安上の課題及び導入が期待される技術

一例) 火力発電所：巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化
 AI 活用による保安活動の判断支援
 デジタル端末の活用による現場作業高度化
 点検におけるドローン活用

(d) 新技術の実用化・導入に必要な取組み

電気保安分野におけるスマート保安の推進に向け、まずは 2025 年度を目処に、データ取得用の技術 (IoT (センサー), ドローン) といった基礎技術の導入促進や、スマート保安に係る新技術 (AI, IoT, ロボット, ドローン等) を組み合わせた新しい保安モデルの創出、新しい保安モデルの実現に向け、必要な規制の見直しや、人材の育成等について、官民協同して進めていく。

2025 年度以降は、それまでに確立した新しい保安モデルの横展開を中心とした取組みを図る。

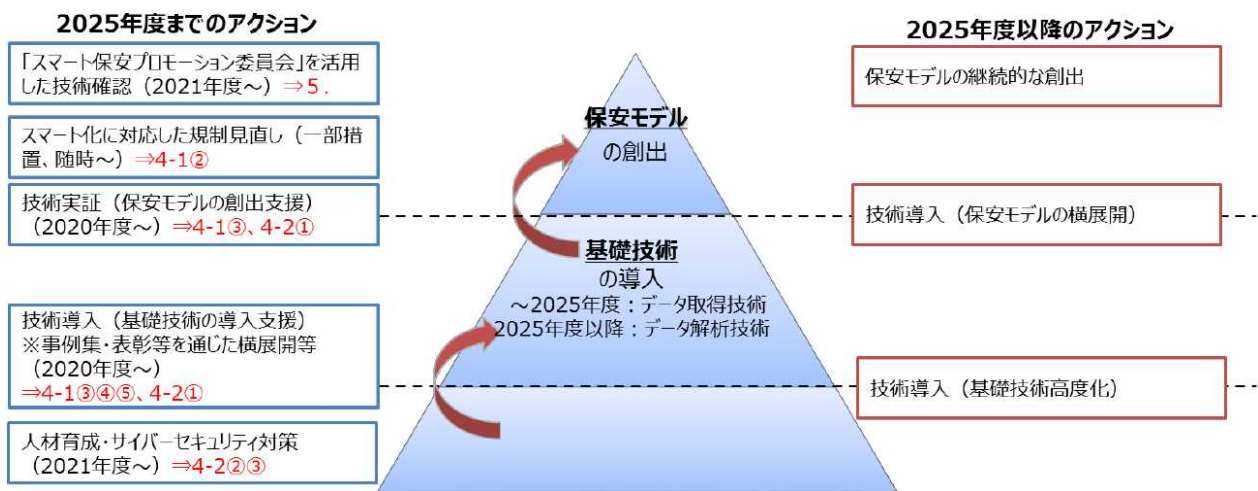


図 7 新技術の実用化・導入に必要な取組み

(3) 予防保全と診断技術(余寿命診断・絶縁診断)

高度成長期、バブル経済時等の経済活動の躍動期に受変電設備は、新設や更新が行われ、設備の経年劣化による故障や不具合が抑制されてきた。しかしながら、バブル経済消滅後の経済停滞、省エネ機器普及や省エネ意識の浸透により、電力需要が鈍化し、積極的な受変電設備への投資が抑制されてきた。これらの複合要因により受変電設備の高経年化が進み、故障・不具合リスクが増大してきている。このように国内における各種設備の老朽化が進む一方、設備更新が進まない現状がある。また、国の少子高齢化に伴う労働人口の減少による電気専門技術者の高年齢化及び技術者不足が言われている。

このような背景により、受変電設備の維持管理及び更新を推進するためにもアセットマネジメントを進め、ライフサイクルコストの低減や計画的な更新計画が重要となってくる。このような計画の推進には受変電設備の予防保全と診断技術(余寿命診断・絶縁診断)が鍵となってくる。

鍵となる現在の予防保全や診断技術は、劣化度を評価項目で数値化し、機器の劣化診断に活用して

いる。その機器の劣化分類として現状分析と機器診断があり、その数値化評価項目は、現状分析として経過年数、環境条件、保全記録、生産終了製品対応及び異常現象、また、機器診断として劣化現象及び性能試験がある。

これら評価項目を保全技術者が点数化し、劣化評価表による機器更新時期の客観的な判断をする状態監視保全(CBM)を行う方式や受変電設備の定期的な巡視・点検により設備機器の保守・点検を実施し、寿命域に達した機器については取替を行う時間計画保全(TBM)を行う方式がある。なお、CBM方式としている評価点数は、機器毎に作成された劣化評価表により行い、劣化診断の評価結果は機器更新の目安としている。

詳細は、JEMA 発行「長期使用受変電設備の信頼性の考察」を参照願いたい。

一方、さらなる保全の高度化のためには、さまざまなセンサー等を用いて、設備機器の余寿命予測精度を向上させ、巡視・点検、設備機器保守の最適化を行う。ただし、これらの活用には、多くのデータの蓄積が必要であり、業界全体でのデータの蓄積・共有が求められると共に技術者不足対策や技術継承等も期待できる。さらに、常時遠隔監視技術を活用することで、異常予兆検知による事故の低減が期待される。

具体的な新保守点検・技術として、国で「電気保安分野 スマート保安アクションプラン」の中で、①ロボット・ドローン、②センサー・カメラ、③定期・常時伝送、④異常検知・予兆検知・CBM、⑤現場作業員支援としてウェアラブル機器・携帯端末等を挙げている。これらには高速大容量伝送の5GやAI等の技術を利用することで、受変電設備の保全や診断技術が進化することとなる。概要は、図8を参照願いたい。

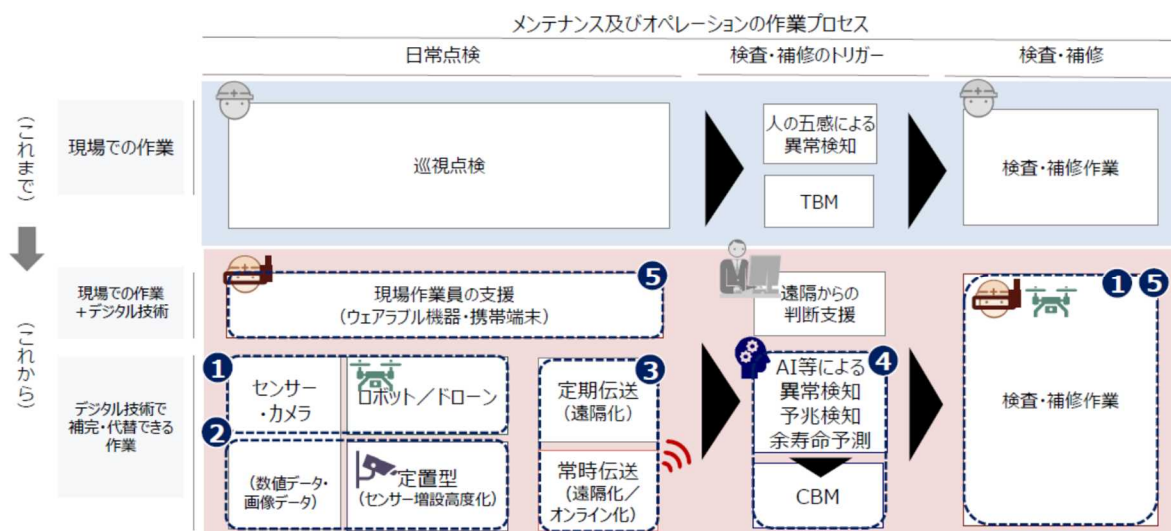


図8 これからの点検作業プロセスの概要

出典：「経済産業省 電気保安分野 スマート保安アクションプランの概要」

(4) プロアクティブ手法の導入

本項では電気学会にて取りまとめられた工場電気設備保全へのプロアクティブ手法の活用(1)について、一部引用を交えて紹介する。

プロアクティブとは事前対策を意味する言葉である。電気機器の保全の分野において、人材確保や高齢化、適正な保全費用の確保等の問題がある中で、事故を未然に防ぎ、機器を適切に維持することは重要な課題である。電気機器におけるプロアクティブ手法とは、機器の寿命に関与する劣化について、その顕在化や進行促進に関与する要因を機器の運用段階から適切にコントロールすることで、機器の絶縁劣化の進行速度を緩慢化させ、物理的寿命の延伸を図る点にある。(図9参照)

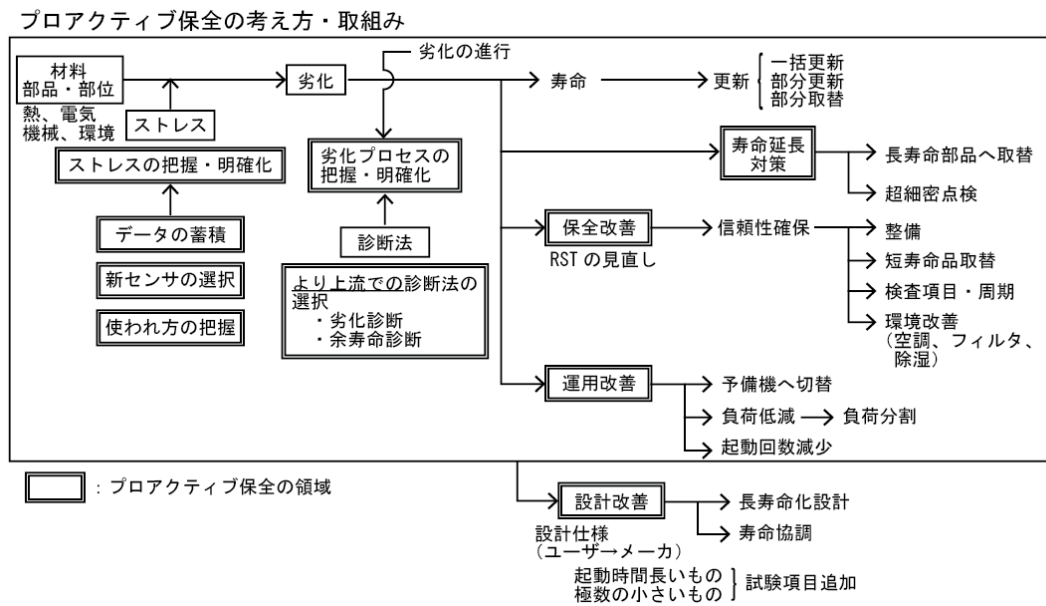


図9 保全におけるプロアクティブ手法の位置づけ

機器は、設計段階において、ある一定の使用条件や環境条件のもとにおける期待寿命を考慮し、その中で健全に使用可能な期間が更新推奨時期として一般に示されている。しかしながら、現実には機器の据付場所の環境条件、また運転時間、頻度等の使用条件は顧客によって大きく変化する。これら様々な条件を考慮しつつ適切な機器保全を実施すれば機器の延命につながる。その原理は、図10のバスタブ曲線内に示されるような効果として示される。

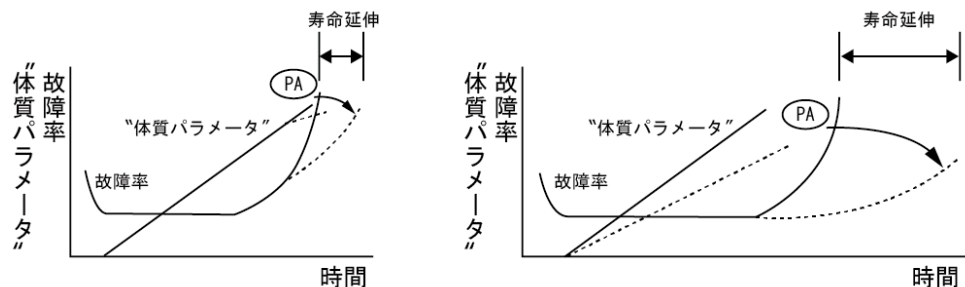


図10 更新推奨時期の考え方

- ・ 摩耗期から適用する場合，対症療法となって摩耗の進行速度の低減につながる。
- ・ 購入当初，又は安定期から適用する場合，安定期間が延長され，かつ摩耗の進行速度の低減につながる。

導入効果としては機器の物理的寿命の延伸や，点検・診断周期の延長や削減による保全費用の低減のほか，弾力的な更新計画が可能となり，他機器と調整することにより保全・設備投資費用の平準化が期待できる。

劣化のプロセスは，周辺環境の影響や材料知見等による劣化メカニズムの評価とともに，センシング技術やデータ処理技術の発展に基づく絶縁診断技術の確立による劣化の数値化・可視化により評価される。

なお，参考文献の電気学会「工場電気設備保全へのプロアクティブ手法の活用」では各論として，回転機，変圧器，遮断器，蓄電池，ケーブルの各機器へのプロアクティブ手法の活用検討も述べられている。

また，ある重電メーカーでは，受変電設備のメンテナンスに対し，機器の劣化診断に設備ごとの重要度や停止の影響度を加味して点数評価し，さらに，補修部位の概算費用を積算した上で総合的な経済効果を顧客へ提案するといった取組みも行われている。

ただし，導入初期から継続して実施すればその効果が最大であったとしても，機器に包括的，継続的な対策を実施することで発生するコスト増加が存在する。また，絶縁診断のノウハウは機器ごとに企業・団体に帰属し，機器ごとにそのサービスを受けねばならない。そのため効果が大きい機器に対策を講じるなど，費用対効果の判断が要求される。

現在の日本の電気機器保全は，保守点検員の高齢化，人材難が大きな課題である。近年，各社・研究機関で開発が進められている余寿命診断や常時絶縁監視などの最新技術とともに，プロアクティブ手法が，絶縁劣化による焼損，感電事故による人的，経済的な損失を最小化とする取り組みとして注目されている。

5. 機器更新の考え方

ユーザにおいて電気機器の寿命の終期状態をどのような判断に基づいて決めているかについては、

3. のアンケート調査の際、概ね次の五つの項目で回答を求めている。

- ① 故障頻度が高くなり、停電による損失が多くなった時点
- ② 故障部品の入手が困難になった時点
- ③ 修理が技術的に不可能になった時点
- ④ 性能が低下し、使用上の安全性が維持できないと判断した時点
- ⑤ 性能劣化により維持管理費の増大が著しくなった時点

このうち、最も多い回答は各調査とも④であり、修理系の機器については、②や③の理由も相当数あるが、部品の修理・交換を行っても次第に故障率が上昇することも考える必要がある。

また、汎用機器を用いた設備と特別高圧用の大容量設備とでは、予防保全のため診断装置などに費やす点検・診断費と、更新した場合の機器の価格を比較した場合の経済的な分岐点が相当異なり、経済的かつ信頼性の高い診断技術が、汎用機器の領域にまで実用化されていない状況を加味すると、機器の故障によるトラブルを最小限に抑えるためには、(機器の許容故障率の定量的数値を求めにくいこととも考え合わせて) 図 2 の摩耗故障期に達する以前に、故障率の低い新形機器に更新した方が総合的にみて得策となる場合が多いと考えられる。

また、最近の機器は故障率ばかりでなく、変圧器やコンデンサなどについては損失の低減も図られており、長期的なトータルミニマムコストを実現するためのライフサイクルコストの面からも検討する必要がある。

(1) ライフサイクルコストの考え方

受配電設備に限らず、広い意味での設備・装置を建設する際、ともすると、初期投資額のみを対象にしがちであるが、その機器の寿命終期までに必要とする費用は運転経費(損失費を含む)や点検・修理費などのランニングコストの方がむしろ大きなウェイトを占めている。

このため、その設備機器の寿命終期までに要する費用、すなわちライフサイクルコストを最低にすることが、総合的な経済性(トータルミニマムコスト)を得る手段であるといわれている。

ここで、建設省が体系づけた建築物のライフサイクルコストの項目を参考に、受配電設備について主な項目をまとめると図 11 のようになる。

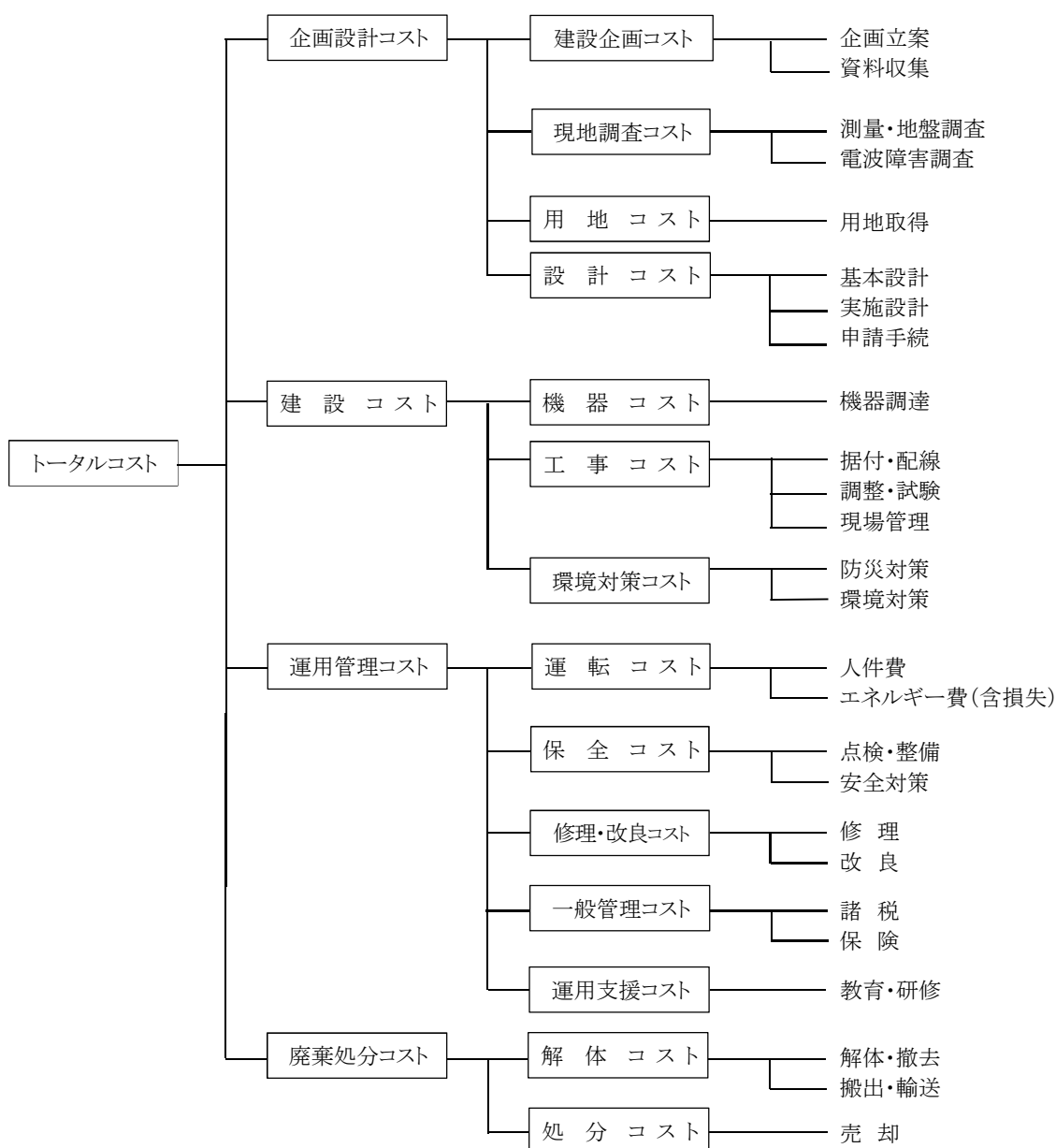


図 11 受配電設備のライフサイクルコスト項目の体系

ライフサイクルコストは長期的に亘って発生する費用を取扱うので、発生コストを基準の年に換算して計算する必要がある。この換算にはいくつかの方法があるが、一般には基準の年を初年度、つまり現在の価格に換算する現価法が多く用いられる。たとえば、

C_p : 耐用年数 t 年目までに発生する現在価格の合計値

C_o : インシヤルコスト (企画設計コスト+建設コスト)

C_n : ランニングコスト (運用管理コスト)

$(1+i)^n$: n 年度末における現価係数

i : 利率

t : 耐用年数

S : 廃棄処分コスト (残存価値 - 処分費)

とすれば

$$C_p = C_o + C_n(1+i)^{-n} + S(1+i)^{-t}$$

で表わされる。

また、t 年間の年平均コストは次式で求められる。

$$C_m = C_p \times \frac{i}{1-(1+i)^{-t}}$$

ただし、 C_m : 現在価格に換算された総費用を t 年間の均等額に換算した年等価額

$\frac{i}{1-(1+i)^{-t}}$: t 年間における資本回収係数

上記のイニシャルコスト、ランニングコスト、廃棄処分コスト及びトータルコストの年等価額を縦軸に、使用年数を横軸にとってグラフに表わすと、例えば図 12 のようになる。つまり、トータルコストは建設後暫くはイニシャルコストの影響が大きく、経年につれて年等価額は減少するが、ある時期を過ぎると、保守・点検費や修理費の方が上回り、(ランニングコストの影響が大きくなり)年等価額が増加する。このため、経済的な寿命として、このライフサイクルコスト(トータルコスト)が最低となる時期に更新することが最も有利と言える。

なお、この検討はあくまで設備機器に対する経済性だけで、二次災害による損害や、停電による機会損失などは含まれていない。

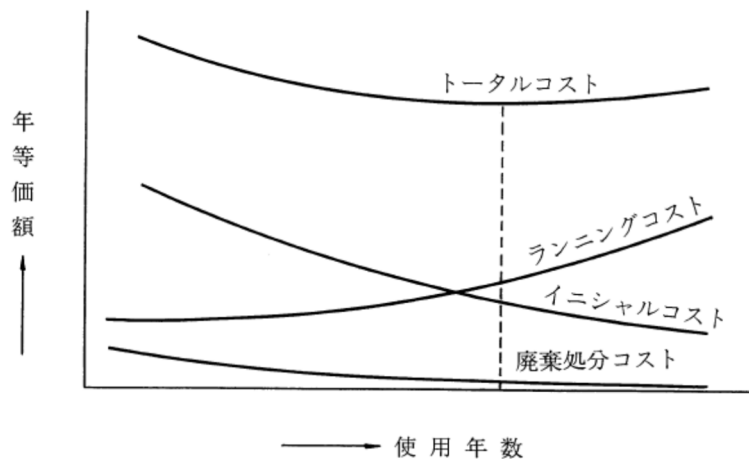


図 12 ライフサイクルコストから見た更新時期

(2) 機器の更新による効果

老朽化した電気機器を更新することの第一の目的は、安定した機能・性能を得ることであるが、新形の機器に置換えることにより、単に機器の故障率を従来設備の新品状態に戻すだけでなく、現時点における新設設備と同様の合理的な受配電設備を構築することができる。

更新に伴う付帯効果をまとめると、次のような事項が挙げられる。

(a) 信頼性の向上

最近の受配電機器は、材料の進歩、コンピュータ解析に基づく設計・製造技術の向上、性能を検証する試験・検査と品質管理面の充実などにより、絶縁、駆動部品、気密・油密部品、メッキ・塗装など、あらゆる部分について、従来の機器に比べ一段と信頼性が向上している。

(b) 高機能・高性能化

最近の変圧器は、鉄心材料と加工技術の進歩に伴って、損失、特に無負荷損が大幅に低減しており、低負荷率のユーザには好適な製品となっている。また、モールド変圧器は、従来のシリコン絶縁の乾式変圧器に比べ、絶縁レベルを高くすることができ、同時に負荷損も低減されている。

遮断器は、従来の遮断器を真空又はガス遮断器に更新することにより、遮断時間が短くなり、誘導形継電器を静止形に更新することと相まって、事故区間の高速除去が可能となる。このことは、ケーブルをはじめとする直列機器及び導体の負担を軽くするとともに、事故の拡大、波及を防止する意味でも極めて効果が大きい。

このように、同一容量、同一定格の機器でも、その機能・性能が向上されているものが多い。

(c) 安全性向上とコンパクト化

都市部に設置される受配電設備の場合、スペースの有効利用の面から電気室の面積削減が強く要求されている。このニーズに伴って変電所の形態も開放形からキュービクルタイプへ移行して安全性向上とコンパクト化を図っているが、収納機器についても絶縁技術、設計・製造技術の向上により、幅狭形キュービクルや前面保守薄形キュービクルに対応した製品を開発し、安全性向上とコンパクト化に寄与している。

(d) 不燃化、環境調和

コンパクト化と合わせて、防災性を考慮した機器の不燃化に対する社会的要請も高まりつつあり、屋内設置の電気設備に対する防災面での法規制は、今後いっそう強化されることが予想される。前述したモールド変圧器への更新や、真空又はガス遮断器、並びに気中開閉器などの採用は機能・性能の向上が図れるとともに、合わせて難燃化、不燃化も達成でき、防災形変電設備を構築することができる。

また、更新に当たって、例えば低騒音変圧器を使用すれば、環境調和にも役立つこととなる。

(e) 省力化, 省人化

最近の受配電機器はメンテナンス面でも多くの考慮が払われており、点検を必要とする部分も少なく、かつ点検周期も延長することができる。

また、不燃化機器すなわちオイルレス機器の採用は、保守・点検に当たって絶縁油を取扱う必要がなく、点検時間の短縮とともに作業の簡素化も図れる。

設備の更新は、以上述べたほかに、設備の容量増加や配電規模の拡大など操業状況（負荷状況）との兼ね合いも考えられ、設備増強と絡めて更新する場合や、長期間停電のできる機会をとらえて実施するなど、さまざまなケースが考えられる。いずれにしろ、故障を起こしてからの後追いの修理・交換でなく、長期的視点に立って計画的に老朽設備の先取り更新を図っていくことが望まれる。

参考文献(総論部)

1. 設備機器の耐久性等に関する調査報告書 保全資料-2
昭和 54 年 11 月 建設大臣官房官庁営繕部 営繕計画課企画保全室
2. 建築物におけるライフサイクルコスト分析手法 保全資料-4
1981 年(昭和 56 年) 3 月 建設大臣官房官庁営繕部 営繕計画課企画保全室
3. 工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告
電気学会技術報告(Ⅱ部) 159 号 1983 年(昭和 58 年) 11 月 電気学会
4. 工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告
電気学会技術報告(Ⅱ部) 230 号 昭和 61 年 10 月 電気学会
5. 電気設備の耐久性に関する調査研究報告
電設工業 1985 年(昭和 60 年) 12 月号 日本電設工業協会
6. 電気設備の診断技術 1988 年 11 月 30 日初版 電気学会
7. 1987 年(昭和 62 年)度における大阪通商産業局管内の電気事故について
1988 年(昭和 63 年) 12 月 5 日 電気商工新聞 大阪通商産業局 施設課
8. 「電気保安制度をめぐる現状と課題」令和 2 年 7 月経済産業省
9. 「電気保安分野 スマート保安アクションプランの概要」経済産業省
10. 「電気保安分野 スマート保安アクションプラン」令和 3 年 4 月保安官民協議会 電力安全部
会
11. 「「需要設備」におけるスマート保安技術導入」株式会社三菱総合研究所
12. 「工場電気設備保全へのプロアクティブ手法の活用」工場電気設備におけるプロアクティブ保
全技術調査専門委員会編 電気学会技術報告第 1424 号(2018 年 5 月 30 日)
13. プロアクティブ手法を活用したライフサイクルメンテナンス 桐生一志 明電時報 通巻 353
号(2016)

【参照ホームページ】

1. 国交省電気通信室「電気通信施設アセットマネジメント」
<https://www.mlit.go.jp/tec/it/asset/index.html>
2. 国交省電気通信室「電気通信施設劣化診断要領(案)参考資料(電力設備編)」
<https://www.mlit.go.jp/tec/it/asset/index.html>
3. 電気保安分野 スマート保安アクションプラン
https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/smart_hoan/denryoku_anzen/20210430_action_plan.html

Ⅱ. 各機器の更新推奨時期（各論）

1.4 寿命を決める要因

(1) 電氣的要因

部位	期待寿命	要因
操作コイル	15年	ヒートサイクル, 電磁力
絶縁支持物, 絶縁ロッド (合成樹脂材)		沿面絶縁劣化, トラッキング, クラック, 枯れ
ブッシング, 絶縁支持物	15年	汚損による絶縁低下
補助スイッチ (制御装置)	10~15年	接触不良, 接点摩耗, 絶縁物の枯れ
整流器 (制御装置)		耐電圧不良
抵抗器, アルミニウム電解コンデンサ (制御装置)		ヒートサイクル
真空バルブ (真空開閉器)	20年	真空度低下
アークシュート, 主回路接触部 (気中開閉器)	15年	吸湿による絶縁抵抗低下, 負荷開閉による接点摩耗, アークシュートの消耗・絶縁劣化
封入シール部, 主回路接触部 (ガス開閉器)		ガス漏れ, 負荷開閉による接点の摩耗・絶縁劣化
口出線	15年	トラッキング

(2) 機械的的要因

部位	期待寿命	要因
外箱	10年	腐食
パッキング	10~15年	経年, 永久変形
ブッシング及び支持がいし	15年	落雷, 台風, 鳥害の外部要因
ピン		発せい (錆)
ばね		

1.5 更新推奨時期

屋内用 使用開始後 15年, 又は定格負荷電流開閉回数 200回

屋外用 使用開始後 10年, 又は定格負荷電流開閉回数 200回

GR付開閉器の制御装置は使用開始後10年とする。

これを目安に更新することを推奨する。

なおこの値は製造者の保証値ではない。

開閉回数については, 規格値 (JIS C 4605 高圧交流負荷開閉器, JIS C 4607 引外し形高圧交流負荷開閉器) を参照されたい。

1.6 更新推奨時期を設定した背景

(1) 気中開閉器

主回路接触子は, 空気中の水分, 酸素, じんあい, 場合によっては腐食性ガス等の影響で表面のめっき及び母材表面が酸化腐食し, 接触抵抗が増大する。そのため, 通電による発熱が過大となり劣化が進む。

消弧室は、電流遮断時に発生したアーク熱により消弧材料が熱分解し、この時発生したガスによりアークを消滅させるが、消弧室は消耗し劣化していく。また、場合によっては炭化して絶縁が低下し、消弧不能になることもある。

樹脂がいしや絶縁ロッドなどの樹脂製絶縁物は温度、雰囲気によって枯れが発生し、また電界の影響でトラッキングが発生し、特に開放型開閉器においては、じんあい、塩分などの付着によって加速されて劣化していくことがある。

(2) 真空開閉器

真空バルブの真空度は、外気の透過と内部材料の放出ガスにより非常に微量ではあるが徐々に低下していく。高濃度の塩素ガスあるいは硫化ガス雰囲気が高湿度と重なった場合はペローズの腐食に結びつくことがあるので注意を要する。

(3) ガス開閉器

ステンレスケースの溶接部近辺の熱影響部がハロゲンイオンに曝された場合、応力腐食割れが起りガス漏れを生ずる可能性がある。

ガスケット（Oリング等）は空気中に微量に含まれているオゾンにより酸化して亀裂を生じたり、屋外使用で低温や紫外線に曝されシール性能が低下した場合には、ガス漏れを生ずる可能性がある。

(4) 油入開閉器

油入開閉器は昭和47年10月にオイルレス化の通達（47公局806号）が出され、昭和51年の電気設備技術基準改正（98条の2）で柱上施設が禁止された。

屋内には、いまだに使用されている例もあるが、放置しておくで絶縁油の酸化、開閉時のアークによる油分解で木質絶縁物にスラッジが付着しトラッキングにより炭化が進む。

(5) 屋外閉鎖形負荷開閉器

外箱が普通鋼板の場合は据付運搬中に塗膜を損傷させると、雨水のため錆を発生し極端な場合には孔があき開閉器内部に水が侵入して内部で絶縁破壊、短絡事故に至ることもある。

柱上開閉器は雷シーズンに配電線路からのサージ侵入により、ブッシングや制御装置に有害な影響を受けることがあるので、シーズンあけに点検することが望ましい。

また外箱は外気の影響を直接受け、設置環境に合わない場合には早期に錆の発生があるので、早目の点検が必要であり、物によっては耐塩塗装、溶融亜鉛めっき又はステンレス製の開閉器を選択する必要がある。

柱上開閉器の場合は保守といっても目視点検しか出来ず、しかも開閉器の上面は下から見えないので損傷状況を確認することは困難である。

底面又は側面の錆がひどい場合は早めの更新が望ましい。

口出ブッシングのがいしと貫通導体との熱膨張係数の違いのため、がいしに内圧がかかり、もし欠陥を内在していた場合には亀裂を生ずる。また、雷撃などの異常電圧や台風時の異常塩分、煤煙などによりがいし表面の絶縁が低下してフラッシュオーバーや局部アークで偏熱破壊を起こすことがある。

(6) 屋外開放形気中開閉器

開放形気中開閉器は接触部，機構部が外気中に曝され風雨，冷熱，じんあい，ガス，塩害等苛酷な条件にあるので，各部の損傷は上記屋内開閉器，屋外閉鎖形開閉器と比較すると劣化はかなり早く進む。

(7) ヒューズ付き負荷開閉器

ヒューズについては「7. 高圧限流ヒューズ」の項を参照されたい。

1.7 負荷開閉器の特殊性

負荷開閉器は，配電盤の主遮断装置の電源側に取付けられたり，責任分界点に取付けられたりすることが多い。したがって，この開閉器に故障が発生すると全停電となるほか，配電線への波及事故となった場合には，他の需要家も停電し被害が拡大することになる。以上の点からその機会損失を十分考慮して適切な更新時期に取り替えることが望ましい。

なお責任分界点の負荷開閉器などの取替え及び新設に当っては，主遮断装置間との高圧回路の事故波及防止のため，過電流ロック形高圧負荷開閉器（SOG 動作形）の採用を推奨する。

1.8 参考文献

電気協同研究 43 巻第 2 号（配電機材劣化診断技術）

1.9 参考資料

JEM-TR 173 高圧交流負荷開閉器の選定及び保守・点検指針

2. 断路器

2.1 適用範囲

(1)機種

高圧受変電設備に使用される公称電圧 3.3kV 又は 6.6kV，周波数 50Hz 又は 60Hz の電路に使用される高圧断路器

(2)規格

現行規格：JIS C 4606 (2011)，JEC-2310 (2014)

旧規格：JIS C 4606 (1971)，JIS C 4606 (1993)，JEC-165 (1964)，JEC-196 (1975)，
JEC-2310 (1990)，JEC-2310 (2003)

(3)定格

極数：単極，三極

定格電圧：3.6kV，7.2kV

定格電流：200A～1200A

定格短時間耐電流：8kA～20kA

2.2 設置環境（標準使用状態）

項目	状態
設置場所	屋内，屋外単独設置，又は屋内盤及び屋外盤に収納
周囲温度	−5℃～+40℃（屋内用） −20℃～+40℃（屋外用）
湿度	相対湿度 95%以下，屋内の場合は結露しないこと。
汚損度	汚損のないこと。 なお目安として等価塩分付着密度 0.01mg/cm ² 未満（屋内の場合）とする。
有毒ガス等	腐食性ガスのないこと。
粉塵	過度の粉塵のないこと。（なお目安として 2mg/m ³ （注1）以下とする。）
標高	1,000m以下

2.3 使用条件（標準使用条件）

項 目	条 件
電 圧	定格電圧以下とする。
電 流	定格電流以下とする。 なお、短時間過負荷使用については製造者資料による。
外部サージ	有害な異常電圧に曝されないこと。
操作制御電圧	規格に定められた変動範囲内とする。※ なお、機械的寿命は定格操作・定格制御電圧における値である。

※ この値は短時間の性能は有しているが、110%連続で長期間保証するものではない。

2.4 寿命を決める要因

断路器の劣化は、断路器に作用する各種のストレス(熱的, 機械的, 電氣的, 環境的, 化学的)によって促進される。特に, 断路器は, 接触部及び主要機構部が気中に暴露されているので, 外部環境の影響を受けやすい。

断路器の劣化進行メカニズムを図 2.1 に示す。図 2.1 に示すとおり, 障害・事故に至る前に初期現象として, 例えば過熱については変色, かげろう, 屋外用の場合降雨時に水蒸気が発生するなど, また, 開閉不良については手動操作時に操作が異常に重くなるなどの異常の前兆が生じるので, 主要部が暴露されていて点検しやすいという特徴を活用して, 大事に至る前に日常点検でこれらの現象を把握し, 適切な処置をすることが必要である。

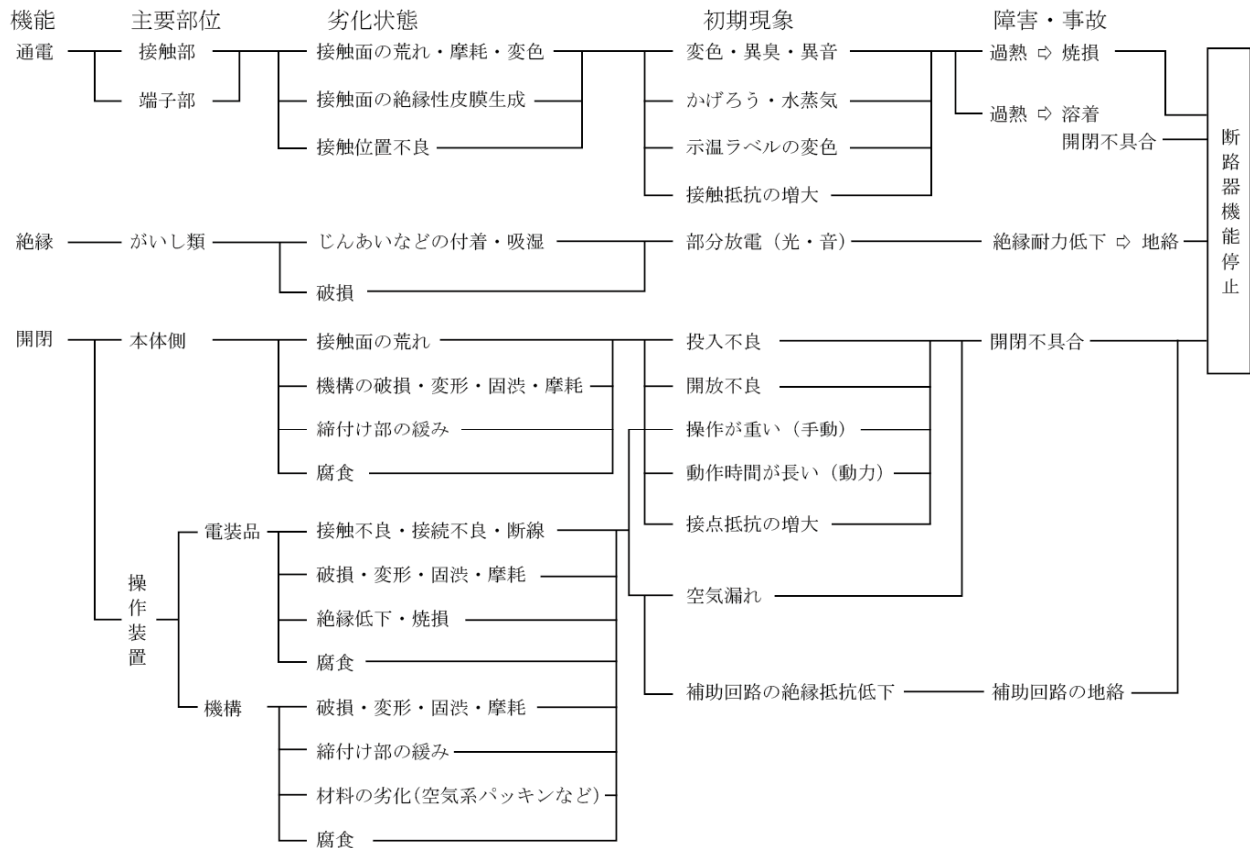


図 2.1 断路器の劣化進行フロー図

断路器の寿命を決める要因は、一般に部品の交換及び修理して期待寿命を全うする修理系部品と、基本的に交換及び修理しない非修理系部品より構成されている。上記の障害データ等を参考として断路器の寿命を決める要因を各項目に分類して検討を行うと、表 2.1 に示すとおりとなる。

表 2.1 寿命を決める要因

部位	要因	劣化形態	障害現象	期待寿命(年)	修理系 非修理系	備考	
導電部	環境	腐食, じんあい・異物の付着	接触不良→過熱	20	非	3年毎の清掃及びグリース塗布が必要	
	経年	グリースの変質, 接触面酸化被膜					
	開閉振動	ゆるみ					
	開閉動作	かじり, 摩耗, 変形, 破損	操作力増大				
ベース部	環境	じんあいの付着, 発錆	操作力増大 開閉不具合	20	非	3年毎の清掃及びグリース塗布が必要	
	経年	グリースの変質・固化, 変形, 破損					
	開閉動作	連結部などの摩耗・変形	開閉不具合				
	開閉振動	ゆるみによる位置の狂い					
絶縁物	環境	破損, 吸湿, 変形, クラック	絶縁低下	20	非		
操作装置制御部	コイル電動機	環境 経年	吸湿, 腐食	絶縁低下・断線	(20)	修	
	制御継電器 電磁接触器		接点の汚損・腐食	接触不良・開閉不具合	10		
	ヒューズ	電流通年 経年	劣化, 熔断	開閉不能	6~12		
	補助スイッチ	環境 経年	接点の汚損・腐食	接触不良・開閉不具合	(20)		
	配線	環境 経年	劣化, 腐食	絶縁低下, 断線	20		非
	配線接続部	開閉 振動	締付部のゆるみ	開閉不具合			
操作装置機構部	ギア・リンク・ピン・クラッチ・結合部	環境 経年	じんあいの付着, 発錆	開閉不具合	20	非	3年毎の清掃及びグリース塗布が必要 空気操作式において常時加圧部のパッキン類は製造者の基準に基づいた定期的な交換が必要
		環境 経年	グリースの変質・固化				
	締付部	開閉 動作	摩耗・変形 ゆるみによる整定値・位置の狂い				
			摩耗・変形				

- 備考 1) 修理系・非修理系欄の修は修理系, 非は非修理系を示す。
 2) 修理系の部品及び寿命は製造者の資料を参考にすること。
 3) 期待寿命の()は, 製造者の資料を参考にすること。

2.5 更新推奨時期

更新推奨時期とは、電気設備の運用に当たり機器材料が標準使用条件下で使用される場合に機能の低下が実用上支障ない程度であると期待できる年数、並びに操作回数であり、この値は製造者の保証値ではない。これらのことを考慮して更新推奨時期は下記としたので、これを目安に更新することを推奨する。

手動操作断路器 20年又は、100回操作
動力操作断路器 20年又は、1,000回操作

2.6 更新推奨時期を設定した背景

機器の期待寿命を考える場合上記の事故、障害データの外に次の事項も考慮する必要がある。

(1) 使用実績

断路器の耐用年数は、導電部、機構部などほとんどの部品が気中に暴露状態で使用されているため、開閉頻度、環境状態、メンテナンス（部品の取替えを含む）状況等により、その度合が大きく異なる。

使用実績のデータとして、工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告（注2）よりみると、寿命年数は約25～35年、平均値は29.8年となり、更新を考慮する時期としては20年経過時よりという値が出されている。

(2) 耐用操作回数

断路器の機械的耐久力は、断路器規格 JEC-2310（2014）により、一般の断路器においては、手動操作断路器では100回、動力操作断路器では1,000回の連続開閉試験にて、耐用性能の検証が規定されている。

(3) 保守点検期間との関係

需要家は、製造者の推奨点検周期や使用実績に合わせて独自の期間で保守点検がなされている。通常1年又は3年毎などで実施されているものと判断される。効果的な機器の更新は、この最終期に合わせて計画的に実施するのが望ましい。

なお、20年間正常に使用するためには、日常の巡視点検、普通点検手入れ、細密点検手入れが必要であり、2.8 保守・点検及び製造者の取扱説明書を参照願いたい。

2.7 保守・点検

(1) 保守・点検の目的

保守・点検の目的は、性能の維持を図るとともに不良箇所の早期発見に努め、事故を未然に防止することにある。

このためには、断路器の構造、特性などを熟知するとともに、断路器の適切な保守方法を把握し、十分な点検手入れを実施することが必要である。これらの具体的な方法として、製造業者の取扱説明書によるほか、断路器ごとの試験記録などの経歴表を整備し、点検手入れ、修理した要点及び故障の状況、年月日などをそれに記録しておき、その断路器の保守、更新などの資料とすることが望ましい。

(2) 保守・点検の分類

断路器は、一般に主要部が気中に暴露されて使用されるので、経年的に接触部表面の化学変化によって接触抵抗が増大しやすく、さらに、その使用場所の環境(例えば有害ガスがある場所、煤煙・セメント粉・砂じんの付着することが多い場所、塩風の影響がある場所など)によって、保守・点検の要否及び内容が左右されるので、その断路器の使用条件、使用実績などを考慮して適切な保守基準を定める必要がある。

一般的には、表 2.3 の分類で実施することが望ましい。

表 2.3 保守・点検の分類

分類	説明	断路器の状態	点検周期
巡視点検	日常巡視によって外部から点検する。	日常運転の状態のまま行う。	日常
初回点検	初期故障の早期発見と環境，初期条件の相違による点検周期，内容の目安を定め，以降の保守点検が適切に実施できるように，据付け後に行なう初回の点検で，点検内容は定期点検に準じて行うことが望ましい。	運転を止めて行う。	据付け後 1～2年(初回のみ)
定期点検	断路器の性能確認，維持，回復を目的として行うもので，必要に応じて分解点検手入れ，部品の交換を行う。	運転を止めて行う。	3年
臨時点検	次のような状態に該当するときは，必要な箇所を臨時に点検する。 巡視点検で異常を発見した場合。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 外気の状態によって塩分又はじんあいの付着による汚損が著しくなった場合。 ・ 開閉操作時に異常又は不具合があった場合，又は無理な操作を行ったと考えられる場合。 ・ 類似の他器に故障が発見され，同種故障のおそれがある場合。 ・ 充電電流又は励磁電流の開閉によって，接触部の損傷が著しくなった場合。 ・ ・ 屋内用では湿潤，結露が著しい場合。 	運転を止めて行う。	随時

(3)点検内容

断路器の一般的な点検内容を次に示す。

なお，保守に当たっては，その断路器特有の調整，点検手入れ方法，その他注意を要する事項があるので，これらについては製造業者の取扱説明書を参照されたい。

(a) 巡視点検 巡視点検の点検内容を表 2.4 に示す。

表 2.4 巡視点検内容

点検項目	点検内容	説明
外部一般	<ul style="list-style-type: none"> 投入又は開放状態 支持がいしの亀裂、破損の有無及び汚損の状況 操作ロッドの変形、破損の有無 安全ピンなどロック装置の異常の有無 屋内用では湿潤、結露の有無 	異常を発見した場合は、運転を止めて原因を調査する。 必要な場合、臨時点検手入れを行う。
温度上昇	<ul style="list-style-type: none"> 端子部、接触部の過熱、変色又はかげろうの有無 示温ラベルの変色の有無 	異常を発見した場合は、状況に応じて、臨時点検を行う。
操作装置	<ul style="list-style-type: none"> 箱内の湿潤、発せい(錆)の有無、汚損の状況及び異臭、異音の有無 スペースヒータの温度調節 	

(b) 定期点検 定期点検の点検内容を表 2.5 に示す。

表 2.5 定期点検内容

点検項目	点検内容	説明
外部一般	<ul style="list-style-type: none"> 主回路端子締付部の緩み、過熱による変色の有無を点検する。 接触部の異常の有無を点検する。 操作ロッドの異常の有無を点検する。 	3年に1回行う。 なお、1年間開閉操作実績がなかったときは遮断器の開閉操作試験に併せて点検することが望ましい。
操作装置	<ul style="list-style-type: none"> リンク機構各部に発せい(錆)、損傷がないかを点検し、各部に注油を行う。 空気漏れの有無を点検する。 低圧回路配線の締付状態を点検する。 	
開閉操作	<ul style="list-style-type: none"> 断路器の操作方式にしたがって数回開閉操作を行い、各部の動きを点検する。 	
絶縁抵抗測定	<ul style="list-style-type: none"> 主導電部と大地間を 1,000 V 絶縁抵抗計で測定し、500 MΩ 以上であること。 低圧回路と大地間を 500 V 絶縁抵抗計で測定し、2MΩ 以上であること。 	
その他	<ul style="list-style-type: none"> 巡視点検に属する事項の点検を行う。 	
部品交換基準、処置、点検手入れ方法などの詳細は、製造業者の推奨基準による。		

(c) 臨時点検 臨時点検の点検内容を表 2.6 に示す。

表 2.6 臨時点検内容

臨時点検が必要な条件	点検の内容
巡視点検で異常を発見した場合 開閉操作の際に異常を認めた場合 その他必要が生じた場合	定期点検の要領で必要な箇所の点検手入れ, 調整を行う。
充電電流, 励磁電流又はループ電流を開閉 した場合	接触部の損傷状況を点検し, 必要に応じて接 触状態の再調整などの手入れを行う。

2.8 参考文献

JEM-TR 178 (2018) 高圧断路器の保守・点検指針

(注 1) : 日本産業衛生学会資料 許容濃度等の勧告 (1982)

(注 2) : 電気学会技術報告 (Ⅱ部) 第 159 号

工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告

3. 避雷器

3.1 適用範囲

(1) 規格

現行規格：JIS C 4608 (2015), JEC-2374 (2020)

旧規格：JEC-156 (1963), JEC-203 (1978), JEC-217 (1984)

(2) 定格

定格電圧：4.2kV, 8.4kV

定格周波数：50Hz 又は 60Hz

公称放電電流：2.5kA, 5kA, 10kA

3.2 設置環境（標準使用状態）

項目	状態
設置場所	屋内, 屋外
周囲温度	-20℃～+40℃
湿度	屋内の場合, 相対湿度は最高温度 40℃で 85%を超えない。 屋外の場合は, 特に規定しない。
汚損度	等価塩分付着密度 0.005mg/cm ² 未満 (耐汚損形を除く)
標高	1,000m以下

3.3 使用条件（標準使用条件）

定格電圧 kV [実効値]	公称電圧 kV [実効値]	連続使用電圧 kV [実効値]	公称放電電流 kA [波高値]
4.2	3.3	$3.45/\sqrt{3}$	2.5
4.2	3.3	$3.45/\sqrt{3}$	5
4.2	3.3	$3.45/\sqrt{3}$	10
8.4	6.6	$6.9/\sqrt{3}$	2.5
8.4	6.6	$6.9/\sqrt{3}$	5
8.4	6.6	$6.9/\sqrt{3}$	10

3.4 寿命を決める要因

避雷器劣化の要因の基本的なものをまとめると図 3.1 のようになる。

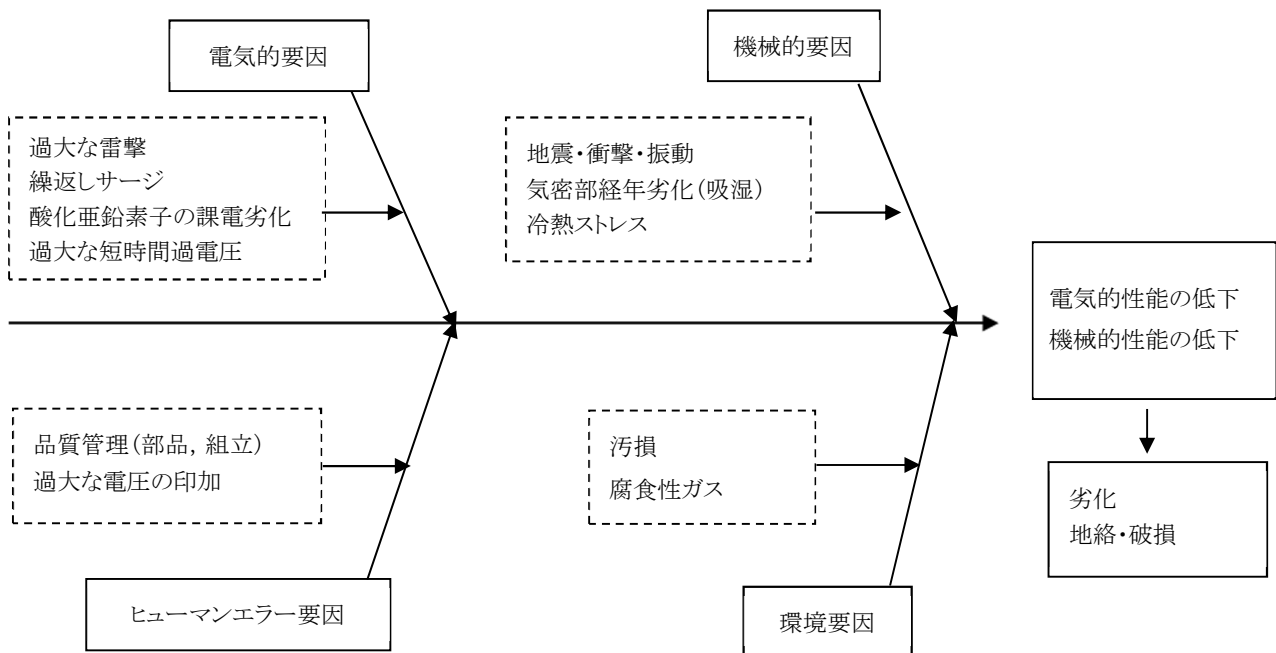


図 3.1 避雷器劣化の要因

3.5 更新推奨時期

使用開始後 15 年

更新推奨時期は、使用開始後 15 年と設定したので、この時期を目安に更新することを推奨する。
なお、この値は製造者の保証値ではない。

3.6 更新推奨時期を設定した背景

- (1) 避雷器は、モールド形計器用変成器や進相用コンデンサなどと同様に、非修理系の機器である。
劣化診断に用いられる漏れ電流などの特性低下と寿命との相関関係に対する裏付けデータが必ずしも十分でなく、現時点では、使用中の製品はもとより、停止状態においても設置場所で寿命予測や故障予知を行うことは、技術的に困難である。
- (2) 避雷器の素子（特性要素）及び直列ギャップは、雷サージや内部異常電圧で放電すると、その発生条件によっては劣化が生じる。
劣化が進むにつれて絶縁抵抗の低下、漏れ電流の増大、商用周波放電開始電圧の低下、動作責務能力の低下などの現象が現れる。
これらの特性低下が生じた場合、全く回復性がなく劣化が更に進行していくことになる。
- (3) 避雷器は一般に密封構造を採用している。その気密性能が不良になると、吸湿して内部の絶縁性

能が低下し劣化に至る場合がある。

避雷器の寿命を縮める最大の要因は、気密性能の低下である。

避雷器の構造にもよるが、ガスケット自体の性能は20年程度の使用が期待できる。しかし、気密性能を考慮すると、避雷器の更新推奨時期は15年程度と考えられる。

- (4) 実績的には、使用年数と事故相数との関係からみて、10～15年経過すると、事故相数が、初期の約2倍に増加している（注1）、との報告もされている。

3.7 避雷器の特殊性

- (1) 実際の避雷器事故の原因の中には、強雷又は、開閉サージ、間欠弧光地絡サージ、限流ヒューズ遮断時のサージなどの内部異常電圧と呼ばれる電氣的要因が多いという実態があり、必ずしも15年を満足しない場合がある。
- (2) 避雷器は雷サージ保護用として、電気設備の受電端に設置されることから、一旦事故が発生すると電気系統が麻痺してしまう場合や、他の需要家への波及事故など、広範囲に影響を及ぼすことが少なくない。
- (3) 避雷器の更新推奨時期として15年を設定したが、これはあくまでも3.2に示す状態及び3.3に示す条件で使用され、製造者の推奨する保守点検基準に基づいた保守点検を行った場合の目安値であり、特殊な使用環境で使用される場合や、点検結果なども参照して更新を行う必要がある。

3.8 保守・点検（注1）

- (1) 目的 避雷器の保守・点検は、避雷器が常時異常なく運転していることを確認し、所定の性能の維持を図り、不良箇所の早期発見に努め、事故を未然に防止することを目的とする。
- (2) 種類 保守・点検の種類及び点検周期は、表3.1を標準とする。
- 10年間を経過した避雷器及び過酷な使用条件で用いられた避雷器及び動作頻度が多い避雷器については、最低1年に一度、特に雷が多発する時期の前に定期点検することが望ましい。

表 3.1 保守・点検の種類

点検の種類	説明	点検周期
日常点検	使用状態のまま、無停電で外部からの異常の有無を点検するもので、適宜目視で行う。許容できないような異常があった場合は、停電などの措置を施し、適宜、対処する。	適時 (ほかの機器と同じ周期)
定期点検	避雷器を常に正規の性能に維持し、その使用目的を果たすために一定期間ごとに行うもので、停電して実施する項目を含めて点検する。	1回/(1年～3年)
臨時点検	何らかの異常が発生したときなどに行い、停電して実施する項目も含めて点検する。	随時

3.9 参考資料

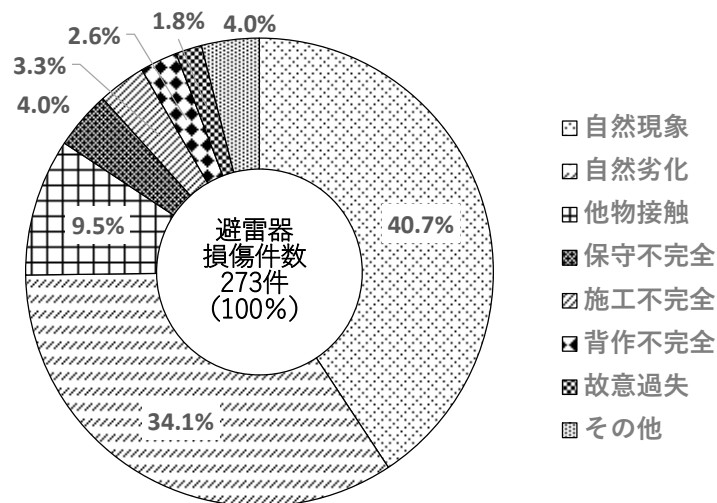


図 3.2 避雷器損傷推定原因の分類
9 電力会社を対象に昭和 60 年度に発生した避雷器
損傷品 273 件についての調査分析結果（注 2）

3.10 参考文献

- (1) （注 1）日本電機工業会「高圧避雷器の保守・点検指針」
日本電機工業会技術資料 JEM-TR 179（2019 年 12 月）
- (2) （注 2）電気協同研究会「配電機材劣化診断技術」
電気協同研究 第 43 巻第 2 号（昭和 62 年 10 月）
- (3) 電気学会「配電用避雷器の耐劣化性能」
開閉保護研究会資料 PD-72-4（1972 年 3 月）
- (4) 電力中央研究所報告「配電線耐雷設計ガイドブック」
電力中央研究所電力技術研究所報告 No.175030（昭和 51 年 3 月）
- (5) 電気協同研究会「配電線雷害対策」
電気協同研究 第 40 巻第 6 号（昭和 60 年 2 月）
- (6) 電気協同研究会「送配電系統の内部異常電圧とその防護」
電気協同研究, 第 18 巻第 1 号（昭和 37 年 6 月）
- (7) 電力中央研究所「配電線の間欠弧光地絡時における電流波形形状の解明と故障点探査への適用」
電力中央研究所報告 研究報告 No.185016（昭和 60 年 12 月）
- (8) 電力中央研究所「配電系統用限流ヒューズの動作過電圧と避雷器の動作責務」
電力中央研究所技術第一研究所報告 No.74070（昭和 50 年 4 月）

4. 高圧交流遮断器

4.1 適用範囲

(1) 機種

高圧受電設備に使用される公称電圧 3.3kV 又は 6.6kV，周波数 50Hz 又は 60Hz の電路に使用される高圧交流遮断器（以下，遮断器という。）

消弧方式：真空，ガス

操作方式：手動操作方式，電気動力操作方式

(2) 規格

現行規格：JIS C 4603 (2019) JEC-2300 (2020)

旧規格：JEC-145 (1959) JEC-181 (1975) JEM 1198 (1965)

JIS C 4603 (1990) JEC-2300 (2010)

(3) 定格

定格電圧：3.6kV，7.2kV

定格電流：400～3000A（JIS：400A 又は 600A）（JEC は 3000A まで）

遮断電流：8～40kA（JIS:3.6kV→16kA，7.2kV→12.5kA）（JEC は 63kA）

4.2 設置環境（標準使用状態）

項目	状態
設置場所	屋内単独設置，又は盤内に収納。
周囲温度	−5℃～+40℃ 24時間の平均値が+35℃を超えないこと。
湿度	相対湿度：最高温度 40℃で 85%と超えない範囲で結露しないこと。
汚損度	汚損のないこと。なお目安として等価塩分付着密度 0.01mg/cm ² 未満
有害ガス等	腐食性ガス などの有害ガスがないこと。
粉塵	過度の粉塵のないこと。（なお目安として 2mg/m ³ *以下とする。）
標高	1,000m以下

*参考文献(1)参照

4.3 使用条件：(標準使用条件)

項目	条件
電圧	定格電圧以下
電流	定格電流以下 なお、短時間過負荷使用については製造者の資料による。
周波数	定格周波数の±10%以内
外部サージ	有害な異常電圧にさらされないこと。
操作制御電圧	規格に定められた操作・制御電圧の変動範囲内※ なお、機械的寿命は定格操作・定格制御電圧における値である。

※ この値は短時間の性能は有しているが、連続で長期保証するものではない。

4.4 寿命を決める要因

遮断器は、一般に部品の交換及び、修理して期待寿命を全うする修理系部品と、基本的に交換及び、修理できない非修理系部品より構成されている。

また、遮断器の消弧方式により寿命を決める要因も大きく変わるため、消弧方式別の専用項目と、遮断器共通で把握可能な共通項目に分類して検討を行った。(表 4.1 参照)

なお寿命を決める設定条件として遮断器の設置環境は前記の(標準使用状態)で、使用条件は前記の(標準使用条件)で使用することとし、その基本として製造者の資料に基づく点検・補修を行っていることを前提としている。

4.5 更新推奨時期

更新推奨時期とは、電気設備の運用に当たり機器・材料が標準使用状態下で使用される場合に機能の低下が実用上支障ない程度であると期待できる年数であり、この年数は機器・材料に対する製造者の保証値ではない。また、電氣的・機械的寿命が優先する。

以上のことを考慮して更新推奨時期は下記としたので、これを目安に更新することを推奨する。

使用開始後 20年

なお、20年間正常に使用するためには、日常の巡視点検、普通点検手入れ、細密点検手入れが必要である。『電気協同研究会 第29巻第1号 第1編電力用交流遮断器保守基準』及び製造者の取扱説明書を参照願いたい。

表 4.1 寿命を決める要因

部分		機種	要因	劣化形態	障害現象	期待寿命(年)	修理系 非修理系	備考	
遮断器部分	消弧部	真空 SF ₆ ガス	VCB	環境	真空漏れ	耐電圧低下→遮断性能低下	20	非	
				(電流開閉)	電極中のガス放出で真空度低下				
		接点 フスル	GCB	環境	ガス漏れ	耐電圧低下→遮断性能低下	20	修(非)	電流開閉回数による点検
				(電流開閉)	アークにより劣化物生成 ガス噴出口消耗	摺動部に付着して開閉動作性能低下 遮断性能低下			
	通電接触部	全機種 (気中露出部)	環境	腐食・塵埃・異物付着・クリーズの変質	接触不良→オーバーヒート	20	非	1年毎の清掃が必要	
	導体接続部	全機種	(開閉振動)	ゆるみ					
	ブッシング管	全機種	環境	汚損・飛来物による損傷 セメンチング部破損	絶縁低下 漏気・漏ガス・支持機能低下	20	非		
	絶縁物	全機種	環境	汚損・吸湿・変形・クラック	絶縁低下	20	非		
	操作機構	リンク・ピン ラッチ結合部	全機種	(開閉動作)	連結部の摩耗・変形	動作不整・負荷力増大 動作量不足・開閉不具合 動作速度低下	(20)	非(修)	1年毎のグリース塗布が必要
				環境	塵埃の付着・発錆				
締付部 その他動作部		(開閉振動)	ゆるみによる整定値・位置の狂い	開閉不具合					
		(開閉動作)	摩耗・変形・破損						
操作制御部分	コイルモータ	全機種	環境	吸湿・腐食	絶縁低下・断線	(20)	修(非)		
	制御リレー コンタクタ			接点の汚損・腐食	接触不良・開閉不具合	(12)			
	コンデンサ		経年	熱劣化・容量抜け	開閉不能・制御時間の変化	(6)			
	ヒューズ		電流通電・経年	劣化・溶断	開閉不能	(12)			
	補助スイッチ		環境	接点の汚損・腐食	接触不良・開閉不具合	(12)			
	配線 配線接続部		経年	劣化	絶縁低下	(20)	非(修)		
			(開閉振動)	断線 締付部のゆるみ	開閉不能 開閉不具合				
その他	タンク・配管	GCB	環境	腐食	漏油・漏ガス・漏気	20	非		
	ダンパ	全機種	経年	永久変化・劣化	漏油・漏気	(6)	非・(修)		

- 注 1) 要因欄の () は電流開閉回数寿命, 又は機械的開閉回数寿命によるものを示し, 各開閉回数は製造者の資料に基づくものとする。
- 2) 修理系・非修理系欄の 修 は修理系, 非 は非修理系を示す。
- 3) 修・非の 2 者記入は製造者により修理系, 非修理系に分かれるので製造者の資料を参考にする事。
- 4) 修理系の部品及び寿命は製造者の資料を参考にする事。
- 5) 期待寿命の () は, 製造者の資料を参考にする事。

4.6 更新推奨時期を設定した背景

遮断器は、製造者の資料に基づく保守・点検を実施していても、設置環境及び使用条件により、劣化の進捗スピードは異なり、寿命を正確に予測することは非常に困難である。保護機器である遮断器は故障すると操業停止に至る可能性があり、長期に亘って本来の性能を発揮するためには定期的な保守・点検と機器の更新が重要である。

工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告（注 4）では、寿命年数は約 25～35 年、平均値は 29.9 年であり、計画的な運用をしていくため、更新を考慮し始める時期として 20 年を更新推奨時期とした。

4.7 特殊性

遮断器は、高圧受電設備の主遮断機器として使用され、下位の負荷設備に対する重要な保護設備であり、高圧機器の中で特に遮断方式及び原理の変遷が多い機器である。

1960 年代まで油遮断器が主流であったが、磁気遮断器の一時的な普及期を経て、1970 年代から、特に安全性及び経済性(小形・軽量)の利点から、真空遮断器の普及が顕著であり、現在の高圧遮断器の主流となっている。一方、超高圧の領域から高圧領域にガス遮断器が適用されてきた。

油遮断器、磁気遮断器は、かつて製造されていたが現在は製造されていない。部品の調達、修理及び保守が困難になっているため、早めに真空遮断器等への更新を検討することが望ましい。

また、電気炉用、多頻度開閉などの特殊用途に使用される交流遮断器については、各製造業者の指示に従い運用することが望まれる。

4.8 保守・点検

遮断器の保守・点検は、日常的に実施する巡視点検、据付後 1～3 年後に実施する初回点検、3 年毎に実施する普通点検、6 年毎に実施する細密点検と、異常を発見した場合等に実施する臨時点検に区分される。また、普通点検と細密点検は、年数だけでなく規定開閉回数到達時にも実施される。

保守・点検の目的は、性能の維持を図るとともに不良箇所の早期発見に努め、事故を未然に防止することにある。また、開閉動作時に大きな衝撃を伴う遮断器は、点検の有無が運転の信頼性に大きな影響を及ぼす。

遮断器の消弧方式等によって点検内容の異なる点があり、実際の保守・点検に当たっては、各製造業者発行の保守・点検マニュアル、取扱説明書などを参照する。

4.9 参考文献

- (1) 日本産業衛生学会資料 許容濃度等の勧告（2021）
- (2) 電気協同研究会……第 29 巻第 1 号：第 1 編 電力用交流遮断器保守基準
付録 2「電力用交流遮断器の故障内容に関する実態調査結果に対する製作者側の意見」
- (3) 電気学会……(Ⅱ)部 159 号：工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告

(4) JEM-TR 174 : 2012 高圧交流遮断器の保守・点検指針

4.10 参考資料

- (1)電気協同研究会……第 43 巻第 2 号 : 配電機材劣化診断技術
- (2)電気協同研究会 第 63 巻第 5 号 高経年期を迎える電力流通設備の円滑な取替えに備えて
- (3)電気学会……(Ⅱ)部 197 号 : 真空遮断器・開閉器の適用について
- (4)電気学会……(Ⅱ)部 230 号 : 工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告
- (5)電気学会……電気学会技術報告 第 1243 号 絶縁診断に基づく電力機器のアセットマネジメント
- (6)電気学会……電気学会技術報告 第 831 号 工場電気設備の診断・更新技術
- (7)電気共同研究 第 50 巻 第 2 号 変電設備保全の高度化・効率化
- (8)電気学会技術報告 第 791 号 真空遮断器・開閉器の適用指針
- (9)電気学会技術報告 第 831 号 工場電気設備の診断・更新技術
- (10) 電気学会技術報告 第 1238 号 工場電気設備の診断・更新に関する課題と将来展望

5. 計器用変成器

5.1 適用範囲

- (1) 機種 屋内用モールド形計器用変成器
- (2) 規格 現行規格 JIS C 1731(1998) JEC-1201(2007)
旧規格 JIS C 1731(1988) JEC-1201(1996)
- (3) 最高電圧 3.45kV, 6.9kV
- (4) 定格電流 600A 以下

5.2 設置環境（標準使用状態）

項目	状態
設置場所	屋内
周囲温度	-5℃～+40℃ 24時間の平均が35℃以下
湿度	相対湿度45～85% 結露しないこと
汚損	潮風を著しく受けることがないこと。 過度の粉じんのないこと。（なお目安として2mg/m ³ 以下とする。）
標高	1,000m以下
その他	屋内で直射日光に曝されず、雨水に直接あたらないこと。 JIS C 1731 (1998), JEC-1201 (2007) に示す「特殊使用状態」に該当しないこと。

5.3 機器の使用条件（標準使用条件）

項目	条件
電圧	最高電圧以下
連続通電電流	定格一次電流以下 ただし、別に表示がある場合はその値とする。
許容負担	定格負担の25～100%
瞬時過電圧	有害な異常電圧に曝されないこと。
瞬時過電流	定格値（過電流値又は定格一次電流×定格過電流強度）とし通電時間は定格通電時間内とする。

5.4 寿命を決める要因

モールド形変成器は部品の交換及び修理ができない構造である。寿命を決める要因は次のとおりで、単独又は複合的に作用する。

絶縁劣化の種類		要 因	進 行 プ ロ セ ス
熱 劣 化		熱	酸化，熱分解 →機械強度低下，吸湿性増大など
電界劣化	部分放電劣化	ボイド(クラック，はく離，気泡)	酸化，せん孔 →絶縁厚さ減少 →貫通破壊
	トリーイング	突起，異物	
応 力 劣 化		熱応力 ヒートサイクル 振動応力	クラックなどボイド発生・進展 →電圧劣化
環 境 劣 化		湿気，じんあいなど	汚損，吸湿 →絶縁抵抗低下，トラッキング

[電気学会技術報告(Ⅱ部)第225号より]

5.5 更新推奨時期

使用開始後 15年

これを目安に更新することを推奨する。

なお，この値は製造者の保証値ではない。

また，日本電機工業会技術資料第164号「計器用変成器の保守点検指針」に示した保守点検を実施することを前提として設定したものである。ただしヒューズ付きのものヒューズについては，「7. 高圧限流ヒューズ」の項を参照されたい。

5.6 更新推奨時期を設定した背景

- (1) モールド形は多数使用され，その期間も長期間に亘るものが年々増加しつつある。

一方，その製造技術及び評価技術の向上が長年に亘って図られてきている。

製造技術とは，エポキシモールドの場合は樹脂配合，注型・硬化条件など，ゴムモールドの場合は高圧押出成形などであり，評価技術とは，部分放電特性，ヒートサイクル性，長期寿命特性等に対するものである。

したがって，近年に製造されたものの方が従来のものに比較して性能がすぐれているといえる。

- (2) モールド形は内部に絶縁異常(放電，ボイド，き裂など)が生じた場合，全く回復性がなく，劣化が進行していくケースが多い。
- (3) モールド形は絶縁材料そのものが気中に直接曝されているうえ，有機材料特有のトラッキング現

象があることから、環境条件の影響を受けやすい。

- (4) モールド形の劣化診断である部分放電と寿命の相関関係に関して、裏付けデータが必ずしも十分でなく、現時点では寿命を予測することは技術的に難しい。

なお、計器用変成器の計量法上の検定有効期間が15～21年間であること及び電気設備の税法上の法定耐用年数が15年であることも参考とした。

5.7 計器用変成器の特殊性

- ①計器用変成器は保護継電器、計器のセンサーとして、又は保護継電器などの電源として使われており、一旦事故が発生すると、電気系統が麻痺してしまう場合が少なくない。
- ②使用台数が他の電気機器に比較して多いことから、同じ故障率でも発生件数は多くなる。表5.1に2009年(平成21年)～2014年(平成26年)の変圧器と計器用変成器の生産台数との比較を示す。(経済産業省 生産動態統計による。)

表 5.1 計器用変成器及び変圧器の生産台数

							単位 台
機器	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	合計
変圧器	516,725	584,893	568,647	623,519	579,895	606,208	3,479,887
計器用変成器	937,795	941,579	958,676	953,065	945,551	1,039,789	5,776,455
注記 変圧器の値は、標準変圧器と非標準変圧器との合計数。特殊用途変圧器は、含まない。							

- ④ 計器用変圧器は主遮断装置の電源側に設置されることから波及事故となることも多い。高压自家用電気工作物の波及事故原因及び被害箇所の内訳を表5.2に示す。

表 5.2 高圧自家用電気工作物の波及事故原因と被害箇所

二次要因 一次要因	支持物	電線	ケーブル			開閉器			主遮断装置			機器類						その他	合計				
			ケーブル	終端接続部	その他	気中開閉器	断路器	その他	遮断器	LBS	変圧器	計器用変成器	コンデンサ	避雷器	がいし	母線	その他						
自発事故	操業者過失				22			5	7		2	4	2	2		1			2	6	53		
	他物接触	樹木接触		4				1	1			1									7		
		鳥獣接触		1	1	1		14	1			19			1	1					2	41	
		その他						1										1				2	
	施設不完全	製作不完全						1														1	
		施工不完全			2	3			2														7
		保守不完全			8	57		1	37	1		8	4	4	2	3		3		5			133
		自然劣化		1	1	115	3	4	18	1		14	6	1	1	1		2		1	2		171
		水トリー				2																	2
		その他			1	16	1		8			4	2	1				2	1				36
その他												1									1		
気象条件事故	雷			2	14	4		174	1		7	2	3	3	2	3		1		2	218		
	塩																						
	風雨雪		1	8	3	1		9			3				1	2			1	7		36	
	その他		1	3	4								3							5		16	
他発事故	公衆過失又は故意	建築現場		1	4		2												1		8		
		他起業者の外傷			8		6							1								14	
		クレーン車接触																					
		火災		1	11						1		1						2	9		25	
	その他		1	1				2														4	
その他												1										1	
その他		1																		2		3	
原因不明							2	1									1					4	
合計		4	33	26	10	13	272	15		35	42	15	10	7	7	10	3	17	30		783		
主遮断器電源側の事故件数		4	26	25	10	13	272	14					4		4	8				12	623		
主遮断器負荷側の事故件数			7	5				1				15	6	7	2	2	3	17	34		99		
主遮断装置の事故件数										35	42											77	

(出典：高圧受電設備規程)

5.8 参考文献

- (1) 日本電機工業会技術資料 第 164 号計器用変成器の保守点検指針
- (2) 電気学会技術報告Ⅱ部第 225 号絶縁システム複合要因劣化に関する研究の現状
- (3) 日本電気協会 高圧受電設備規程 JEAC8011-2020 JESCE0013(2020)

6. 保護継電器

6.1 適用範囲

(1) 種類

電気機械形（誘導形など）

静止形（IC、トランジスタ、マイクロプロセッサ及びこれに類する半導体を主体としたもの）

(2) 規格

現行規格：JIS C 4601（1993） JIS C 4602（2017） JIS C 4609（1990）

JIS C 4612（2020） JEC-2500（2010）

旧規格：JIS C 4601（1976） JIS C 4602（1986） JEC-174（1968） JEC-2500（1987）

(3) 定格

定格周波数

周波数の定格値は 50Hz 又は 60Hz を標準とする。

定格電圧

(a) 計器用変圧器で付勢される回路の定格電圧値は、次の値を標準とする。

線間電圧で付勢される回路：110V

相電圧で付勢される回路：63.5V

零相電圧で付勢される回路：110V^①又は 190V

(b) 直流回路の定格電圧値は、次の値を標準とする。

24, 48, 110^②, 220, 440V

注① 零相電圧で付勢される回路の定格電圧値としては、110V を使用することを推奨する。

注② 直流回路の定格電圧値は、できるかぎり 110V とすることを推奨する。

定格電流

(a) 変流器で付勢される回路の定格電流値は、次の値を標準とする。

相電流で付勢される回路：1, 5A

二つの相電流のベクトル差で付勢される回路：1.7, 8.7A

(b) 直接付勢される直流回路の定格電流値は、次の値を標準とする。

1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 7A 及びこれの 10ⁿ 倍。ただし、n は正又は負の整数とする。

6.2 設置環境（標準使用状態）

項目	状態
周囲温度	-20℃～+50℃。ただし、氷結しない状態とする。
相対湿度	日平均で30%～80%
標高	2,000m以下
振動等	異常な振動、衝撃、傾斜、磁界又は電界を受けない状態
有害ガス等	次の条件にさらされない状態 (1) 有害な煙又はガス (2) 塩分を含むガス (3) 水滴又は蒸気 (4) 過度のちり又は微粉 (5) 爆発性のガス又は微粉 (6) 風雨、直射日光など

(注) 上表は JIS C 4612 規格の数値を掲載した。JEC-2500 規格では数値の異なるものがある。
 詳細は同規格を参照されたい。

6.3 使用条件（標準使用条件）

項目	条件
制御電源電圧	定格電圧の-20%～+10%以内 ただし直流では+30%以下、交流では+15%以下の一時的な変動があってもよい。
周波数	定格周波数の±5%以内

6.4 寿命を決める要因

一般的な継電器は、動作待機状態にあるため、機械的摩耗による劣化は少ない。しかしながら、設置環境などによっては部品の劣化を促進し、それにより継電器の寿命が左右される場合があるので、その劣化要因について表 6.1 にまとめる。

表 6.1 劣化要因及び故障

劣化要因	劣化現象	予想される故障
温度	a) 絶縁物、有機材料などの劣化 (枯れ、収縮、反り、硬化、軟化、クラックなど) b) 電子部品の特性変化 c) エレクトロマイグレーション	絶縁破壊 動作不良 復帰不良
湿度	a) 発せい(錆) b) 腐食 c) 絶縁劣化 d) シルバーマイグレーション(銀移行) e) チップ内配線の腐食断線	絶縁破壊 金属破損 動作不良 復帰不良
じんあい	a) 軸受部回転摩擦大 b) マグネット部異物付着 c) 接点部異物付着	絶縁破壊 接点接触不良 動作不良 復帰不良

劣化要因	劣化現象	予想される故障
化学反応	a) 応力腐食 b) ウィスカ c) 絶縁性皮膜	絶縁破壊 金属破損 接点接触不良 接点短絡
振動及び衝撃	a) ねじの緩み b) 可動部などの摩擦 c) 断線	動作不良 復帰不良
過負荷電流及びサージ電流	a) コイルの溶着，溶断 b) 部品の断線，短絡 c) 絶縁破壊	コイル焼損 動作不良 復帰不良

6.5 更新推奨時期

使用開始後 15 年

これを目安に更新することを推奨する。なお，この値は製造者の保証値ではない。

また日常点検及び定期点検の実施を前提としている。

6.6 更新推奨時期を設定した背景

JEM-TR 156 にて保護継電器の寿命の目安を 15 年としている。

寿命を決める要因は表 6.2 のものがあり，寿命の最も短い部品により更新時期が決定されることから，更新推奨時期を 15 年とした。

表 6.2 各種部品の寿命の目安

部品		寿命の目安	劣化要因	備考
接点	主接点	15 年	電氣的摩耗，損傷，機械的摩耗	JEC-2500 で規定する耐久性試験は 15 年を目安としたものであり，形式試験で実施している。
	補助接点			
機構	軸受	15 年	動作及び電磁振動による摩耗，環境条件による腐食	
	歯車			
	ヒンジ			
コイル	巻線	15～30 年	温度上昇による絶縁劣化	—
	ボビン			
	外装			
抵抗器	ボビン形	15～30 年	環境条件(湿度，ガスなど)による腐食劣化	—
	金属皮膜形	15 年		
	酸化金属皮膜形	15～20 年		
コンデンサ	タンタル	15 年	温度上昇による絶縁劣化，熱ストレスによる絶縁劣化	寿命の 10℃半減則
	プラスチック			
	セラミック			
半導体	IC	15 年	環境条件(湿度，ガスなど)による劣化，ストレス蓄積劣化	—
	トランジスタ			
	LSI			
配線機材	コネクタ	15 年	環境条件(湿度，ガスなど)による腐食劣化，接触圧力の経時減少	—
	ターミナルブロック			
	絶縁電線			

6.7 保守・点検

(1) 試験の種類

機器の信頼性を維持するために、定期試験を行う。その他の試験も含めて、試験の種類を表 6.3 に示す。

表 6.3 試験の種類

試験の種類	試験目的
形式試験	継電器の設計技術・製造技術の良否を判定するための試験で、その形式を代表する少数の継電器について、詳細、かつ、他項目にわたって行う。
受入試験	製品の受渡しを決定するための試験で、多数の継電器について、特定項目について行う。
竣工試験	設置目的を満足するかを確認するための試験で、継電器の整定を実使用整定とし、特定項目について行う。
定期試験	稼働中の継電器の信頼性を確認するための試験で、継電器の整定を実使用整定とし、特定項目について行う。
臨時試験	稼働中に特別な理由で定期試験以外に行う試験で、例えば、継電器が原因不明の動作をしたとき、また、事前に不良が予想される場合に、特定項目について行う。

定期試験は、竣工時の特性に対し、経年的な変化を見て、継電器を適用している対象に対してその機能が満足しているかを試験するものである。試験の詳細については、取扱説明書等に従い定期点検を行う必要がある。

6.8 参考文献

- (1) 電気協同研究第 39 巻第 1 号 保護継電器保守点検方策（1983 年（昭和 58 年）6 月）
- (2) 日本電機工業会技術資料第 156 号 保護継電器の保守・点検指針（平成 20 年 1 月）

7. 高圧限流ヒューズ

7.1 適用範囲

(1)機種

高圧受変電設備に使用される公称電圧 3.3kV 又は 6.6kV，周波数 50Hz 又は 60Hz の電路に使用される高圧限流ヒューズ

(2)規格

現行規格：JIS C 4604 (2017)，JEC-2330 (2017)

旧規格：JIS C 4604 (1988)，JEC-2330 (1986)

(3)定格

3.6kV，7.2kV

定格電流：1A～400A

定格遮断電流：12.5kA～63kA

7.2 設置環境（標準使用状態）

項目	状態
設置場所	屋内，屋外
周囲温度	−20℃～+40℃ 24時間平均：35℃以下 注(1) 上記の範囲でも，定格，特性等の補正を必要とする場合がある。 注(2) +40℃をこえる場合は，ヒューズ各部の温度が，規格で決められた最高許容温度以下であること。
湿度	屋内使用の場合は，相対湿度 45%～85% 結露しないこと。
汚損度	等価塩分付着密度：0.01mg/cm ² 未満
雰囲気	潮風を著しく受けないこと。 常時湿潤ではないこと。 過度の水蒸気又は過度の油蒸気のないこと。 爆発性，可燃性その他有害なガスのないこと及び同ガスの襲来の恐れのないこと。 過度のじんあいのないこと。(なお目安としては 2mg/m ³ 以下とする。)
標高	1,000m以下

7.3 使用条件（標準使用条件）

項 目	条 件	
電 圧	定格電圧以下	
電 流	定格電流以下	
繰返し 過電流	T（変圧器用）	ヒューズの定格電流の 10 倍の電流が 0.1 秒にて 100 回以下
	M（電動機用）	ヒューズの定格電流の 5 倍の電流が 10 秒にて 10,000 回以下
	LC（直列リアクトル付きコンデンサ用）	ヒューズの定格電流の 5 倍の電流が 0.1 秒にて 100 回以下
	C（直列リアクトルなしコンデンサ用）	ヒューズの定格電流の 70 倍の電流が 2ms にて 100 回以下
断 路 形 ヒ ュ ー ズ	開閉回数 50 回以下	

* 連続通電電流，繰返し通電電流は製造者のカタログ，技術資料などによる。

7.4 寿命を決める要因

ヒューズの劣化を決める要因には，電流通電によって被るストレスで可溶体が劣化する電氣的要因，及び外部環境によって被るストレスで構成部品が劣化する機械的要因に分けられる。

(1)電氣的要因

ヒューズを劣化させる電氣的要因は，可溶体の熱的疲労劣化，機械的疲労劣化及び摩耗が挙げられる。

a)熱的疲労劣化 ヒューズリンクの可溶体の許容温度を超える過負荷電流が流れたときに，可溶体は熱劣化を起こす。

可溶体に用いる銀は，熔融温度が 960 °Cであるが，これより低い温度でも加熱を繰り返し，その結果が蓄積したときに組織の粗大化が進み，機械的強度の低下，塑性ひずみなどが起こり，最終的に亀裂が生じる。

このような状態に至ると，可溶体は表面荒れを生じ，比較的少ない通電回数で溶断又は破断する。

b)機械的疲労劣化 ヒューズリンクの可溶体は，変圧器の励磁突入電流及び負荷電流の顕著な変動又は電動機の始動電流又はコンデンサの突入電流などの過電流の通電・休止を行うたびに加熱・冷却を繰り返す。

可溶体が通電によって加熱した場合，それに応じて熱膨張し，また，休止期間中は冷却のため収縮する。この膨張・収縮のサイクルにおいて，可溶体はヒューズリンク両端が金属キャップで固定されていること，及び周囲に消弧剤が充てんされていることによって，自由な移動が妨げられるため応力が発生し，塑性ひずみを生じる。

この過程が，繰返し反復された場合，可溶体は変形したり，結晶組織が変化したりする。

可溶体の変形は，ヒューズリンクの構造によって局所的なもの又は全長にわたって生じるもの

があるが、全長に亘る場合は可溶体が絶縁筒の内壁に接近し、ヒューズの性能が損なわれる危険を生じる。また、結晶組織は通電時間が長く、大きい電流による繰返し通電ほど、結晶粒が粗大化し、結晶粒界に亀裂が発生する。

結晶粒界の亀裂は、繰返し通電回数の増加に伴って大きくなり、ついには機械的疲労によって溶断又は破断する。

繰返し通電によるヒューズの劣化溶断は、定常の負荷電流通電中又は始動時の過渡的過電流の通電期間中、その直後などに発生する。

c) 摩耗 可溶体の摩耗は、電流通電の断続が激しい用いられ方の場合、温度変化による可溶体の伸縮時に、消弧剤との摩耗により生じることがある。

(2) 機械的要因

ヒューズを劣化させる機械的要因は、設置場所の環境によるストレス、すなわち、温度、湿度、じんあい、ガス、振動、衝撃などが挙げられる。表 7.1 に主な機械的ストレスの劣化要因、調査方法及び予測される故障について示す。

表 7.1 機械的ストレスの劣化要因、調査方法及び予測される故障

	部位	劣化ストレス	劣化要因	調査方法	予測される故障
ヒューズリンク	絶縁筒	温度(高温) 湿度(多湿) 振動, 衝撃	材料の変形, 変質, 亀裂, 吸湿	目視確認 分解調査	遮断不能
	キャップ	ガス 湿度(多湿) 開閉頻度(多)	汚損, 発せい(錆), 摩耗, 腐食	目視確認 触診 分解調査	接触不良 異常過熱
	キャップ接着剤	温度(高温), 湿度(多湿)	材料の変形, 変質	触診	消弧砂の吸湿 遮断不能
	可溶体	ガス 振動, 衝撃	腐食, 摩耗, 変形, 疲労	分解調査	自然断線 溶断特性変化
	消弧剤	湿度(多湿)	吸湿	分解調査	遮断不能
	表示器用ばね	ガス 温度(高温) 湿度(多湿)	発せい(錆), 腐食, ばね力の低下	目視確認 触診 分解調査	動作表示不良
	表示器用可溶体	ガス 温度(高温) 湿度(多湿) 振動, 衝撃	発せい(錆), 腐食, 疲労	分解調査	動作表示不良
	銘板	ガス 温度(高温) 湿度(多湿) 紫外線	汚損, たい色, 接着剤劣化	目視確認	判読不能 脱落

	部位	劣化ストレス	劣化要因	調査方法	予測される故障
ヒューズホルダ	接触部金具 可動・開閉部	ガス 温度(高温) 湿度(多湿) 開閉頻度(多)	汚損, 発せい(錆), 摩耗, 腐食, ばね力の低下, 締付部のゆるみ	目視確認 触診 抵抗測定	異常過熱
	がいし	振動, 衝撃 温度 ガス じんあい 異物 湿度(多湿)	汚損, 亀裂 沿面絶縁劣化 接着部分の破損	目視確認 絶縁抵抗測定 耐電圧試験	絶縁不良 ヒューズリンク支持 不能
	ベース	ガス 温度(高温) 湿度(多湿) 開閉頻度(多)	発せい(錆), 腐食, 締付 部のゆるみ	目視確認 触診	ヒューズリンク支持 不能 断路操作不能

7.5 更新推奨時期

機械的要因によるヒューズの劣化は、定期的な保守・点検によってある範囲で進行を遅らせることが可能であるが、電気的要因による劣化は、診断による判定が非常に困難である。したがって、ヒューズの性能を十分発揮し、信頼性が高い運転を継続させるために、次の時期を目安に更新することを推奨する。

- a) 屋内用 使用開始後 15 年
- b) 屋外用 使用開始後 10 年

なお、この値は製造業者の保証値ではない。保管状態にもよるが、一般的に予備ヒューズについても、ヒューズは用いなくても劣化するので、保管期間を含めて更新推奨時期に近づいたヒューズは更新することが望ましい。

7.6 更新推奨時期を設定した背景

電気的要因による劣化は徐々に進行することから、その途中過程において劣化程度を診断できれば、早目にヒューズリンクを交換しておくことができ、不必要な溶断に伴うトラブル防止を行うことができる。

表 7.2 に、電気的要因によるヒューズリンクの劣化診断方法を示す。

表 7.2 電氣的要因によるヒューズリンクの劣化診断方法

項目	劣化診断方法
抵抗測定	ヒューズの抵抗値を測定し、初期値と比較して劣化の判定を行う方法である。 並列になっている可溶体の何本かが劣化によって破断した場合には、抵抗値による検出は可能である。ただし、可溶体に亀裂が発生しても抵抗はほとんど変化しないため劣化の判定は困難なことが多い。
X線調査	ヒューズの内部を X 線調査(X 線透視又は X 線写真撮影)し、可溶体の変形、位置ずれなどを調査する方法である。 可溶体の変形、絶縁筒の内壁に接近又は接触するとき、性能が低下するので劣化の判定に役立つ。
可溶体の金属組織調査	ヒューズを解体して可溶体の金属組織を顕微鏡で観察して劣化の有無を判定する方法である。 金属組織が粗大化している場合、劣化が進行している。 なお、亀裂がある場合は、かなり劣化が進行している。
溶断試験	ヒューズの溶断試験を行い、初期特性に対してどの程度変化しているかを調査する方法である。 しかし、初期特性に幅があるため、劣化判定が困難な場合が多い。

上記のように、ヒューズの劣化診断には種々の方法があるが、劣化調査は破壊調査となる項目が多く、調査費用がかかる割には劣化の有無の判定が付きにくいいため、使用開始後一定の年数が経過したら更新するのが保全上よい手段といえる。

機器の更新推奨時期については、電気学会等の団体において出されている各種調査報告書を参考とした。(下記参考文献参照)

7.7 高圧限流ヒューズの特殊性

- (1) 高圧限流ヒューズは、一旦溶断すると他の保護器（高圧遮断器等）と異なり、再使用が出来ない（再送電まで、時間がかかる）。また可溶体の疲労、劣化が次第に進行した場合回復性がなく、外観（目視）検査等により劣化を予知することが不可能である。
- (2) 高圧限流ヒューズの溶断特性は規格上からもバラツキが認められており、同一定格のヒューズでも使用負荷条件の影響度が異なる。したがって劣化の進行状態もそれなりに相違してくる。電気設備の突然の停止を防止し、安定した運転を維持することを狙い、安全側に更新推奨時期を設定した。

7.8 保守・点検

高圧限流ヒューズは他の電気機器よりも構造が簡単で比較的保守・点検も簡単である。しかしながら使用環境によっては、保守・点検の適否が運転の信頼性に影響を及ぼす。したがって、各製造者発行の保守・点検マニュアル、取扱説明書等に従い、日常点検及び定期点検を行う必要がある。

(1) 点検時の注意事項

- a) 予備ヒューズリンクの保管 予備ヒューズリンクは、変質・損傷しないように、高温・多湿の場所及び直射日光を避けて、迅速・確実に用いる状態で保管し、三相回路用は3本、単相回路用は2本をそれぞれ1組として準備しておく必要がある。
- b) ヒューズリンクの交換 ヒューズリンクが動作したとき、三相回路用3本、単相回路用2本のうち、溶断せずに残ったヒューズについても、ヒューズエレメントが劣化している可能性があるため、必ず各相とも、新しいヒューズリンクに取り換える必要がある。
- c) 断路形ヒューズの操作 断路形ヒューズは、一般に一相ずつ開閉操作を行う方式であるため、ほかの機器とのインタロック機構を設けることが困難である。このため、誤操作による事故が発生しやすいので次のような注意が必要である。
 - 1) 断路形ヒューズでは電流開閉を行わないように負荷を完全に開放してから開閉操作を行う。
 - 2) 開閉操作を行う場合には、正面から、必要以上の力を入れずに軽く行う。閉路時は、可動接触部を固定接触部の中心と一致するように投入する。安全掛金装置付ヒューズの場合、ラッチの掛かりが完全であることを確認する。また、ヒューズリンクを過大な力で操作すると、ヒューズリンク及びがいしを損傷するおそれがあるので注意する。
 - 3) フック棒の先端が金属製のものを用いる場合、充電部間距離が狭いと、フック棒先端の金属部を介して相间短絡を起こす危険があるので注意を要する。特に、ヒューズの据付場所が高い場合、フック棒の先端が不安定になりやすいため、全体が絶縁物で作られたフック棒を用いるか、又はヒューズ相互間に絶縁バリヤを設けるなどの対策を講じることが望ましい。
- d) 感電に対する注意 ヒューズリンクを交換する場合は、電源側開閉器を開放し、無電圧状態で作業を行う必要がある。断路形ヒューズの場合で無電圧状態にできない場合には、充電部を完全に絶縁物で覆うなど、感電事故に対する万全な防護策を講じる必要がある。

7.9 参考文献

- (1) 電気学会技術報告 第155号「限流ヒューズの現状と信頼性」
- (2) 電気学会技術報告 第231号「限流ヒューズの繰返し過電流特性」
- (3) JEM-TR 168「高圧限流ヒューズの保守・点検指針」

8. 高圧交流電磁接触器

8.1 適用範囲

(1) 機種

高圧交流電磁接触器

消弧方式：気中，真空，ガス

励磁方式：常時励磁方式，ラッチ式

(2) 規格

現行規格：JEM 1167 (2007)

旧規格： JEM 1167 (1990)

(3) 定格

定格使用電圧：3.3kV, 6.6kV

定格使用電流：100～600A

(定格周波数：50Hz,60Hz)

8.2 設置環境（標準使用状態）

項目	状態
設置場所	屋内単独設置又は屋内盤及び屋外盤に収納
周囲条件	-5℃～+40℃ 24時間の平均温度が+35℃を超えない
湿度	相対湿度：45%～85%，結露しない
振動及び衝撃	異常な振動及び衝撃を受けない
汚損度	汚損がない（目安として等価塩分付着密度 0.01 mg/cm ² 未満）
有毒ガスなど	腐食性ガスがない
粉じん	過度の粉じんがない（目安として 2 mg/m ³ 以下）
標高	1,000 m 以下
日光	日光を直接的又は間接的に受けない

8.3 使用条件（標準使用条件）

項目	条件
電圧	定格使用電圧以下
電流	定格使用電流以下。短時間過負荷使用については，製造業者の仕様による
周波数	定格周波数の±10%以内
外部サージ	異常電圧にさらされない
操作回路・制御回路の電圧	JEM 1167 で規定される操作回路の定格使用電圧範囲内

※ この値は短時間の性能は有しているが長期間保証するものではない。

8.4 寿命を決める要因

表 8.1 寿命を決める要因及び期待寿命

部分	機種	要因	要因による影響	障害現象	期待寿命年	
高圧主回路部	アークシュート	気中接触器	環境	吸湿	耐電圧低下→遮断性能低下	15
	吹き消しコイル		環境	加熱	変色, 変形	
	真空バルブ	真空接触器	環境	真空度低下	耐電圧低下→遮断性能低下	(20)
			(電流開閉)	接点磨耗		
	ガスシール部	ガス接触器	環境	ガス漏れ	耐電圧低下→遮断性能低下	(20)
	接点		(電流開閉)	アークによる劣化物生成	しゅう (摺) 動部に劣化物が付着して開閉動作性能低下	
	導体接続部	全機種 (気中露出部)	環境	腐食・じんあい・異物付着	接触不良→異常過熱	15
全機種		振動	緩み	接触不良→異常過熱	15	
絶縁物	全機種	環境	汚損・吸湿・変形・クラック	絶縁低下・支持機能低下	15	
操作機構	ラッチ機構	ラッチ式電磁接触器	開閉動作	連結部の摩耗・変形	動作不良・負荷力増大・動作量不足・開閉不具合・動作速度低下	(15)
			環境	じんあいの付着・発せい (錆)		
			経年	グリース変質・固化・変形・破損		
	締付部	全機種	振動	緩み	開閉不具合	
その他動作部	全機種	開閉動作	摩耗・変形・破損			
操作制御部分	操作コイル, 引外しコイル	全機種	環境	吸湿・腐食	絶縁低下・断線	(10)
	電子部品		環境・経年	劣化	開閉不能	(10)
	ヒューズ		電流通電経年	劣化・熔断	開閉不能	(10)
	補助スイッチ		環境	接点の汚損・腐食	接触不良・開閉不具合	(10)
	配線		経年	劣化	絶縁低下	(20)
			振動	断線	開閉不能	
配線接続部			締付部の緩み	開閉不具合		
<p>要因欄の括弧は、電流開閉回数によるものとし、電流開閉回数は、製造業者の資料に基づくものとする。</p> <p>期待寿命の括弧は、製造業者の資料を参考にする。</p> <p>各部分の寿命より、製品寿命が先に到来する場合も多い。</p>						

8.5 更新推奨時期

接触器の更新推奨時期は、使用開始後 15 年、又は規定開閉回数¹⁾となり、どちらか早く到達した時点で更新することを推奨する。

なお、この値は製造業者の保証値ではない。

注¹⁾製造業者のカタログ及び取扱説明書で公表されている機械的開閉寿命回数・及び電氣的開閉寿命回数、又は受渡当事者間による開閉寿命回数。

8.6 更新推奨時期を設定した背景

- (1) 高圧交流電磁接触器は他の高圧開閉器に比べて開閉頻度が非常に高い場合が多い。
- (2) 高圧交流電磁接触器の電氣的寿命は、基本的には電動機開閉用として定められており、コンデンサ、誘導炉及びアーク炉等、電動機以外の用途に対して設置環境と使用条件によっては 10 年程度で更新が必要となることもある。

8.7 特殊性

ガス接触器は、かつて製造されていたが、現在は製造されていない。部品の調達、修理及び保守が困難になってくるため、早めに気中接触器又は真空接触器への更新を検討することが望ましい。

8.8 保守・点検

保守・点検の目的は、性能の維持を図るとともに不良個所の早期発見に努め、事故を未然に防止することにある。

保守・点検の分類として「巡視点検」「初回点検」「定期点検」「臨時点検」に大別される。それぞれの点検内容は、各製造業者の取扱説明書などに従い実施する必要がある。また点検間隔は、使用条件、環境条件などによって異なるため、各製造業者の取扱説明書などに推奨している点検期間、初回点検の結果などから実情に応じた点検周期を定めるとよい。

8.9 参考文献

- (1) 日本産業衛生学会資料 許容濃度等の勧告 (2021)
- (2) JEM-TR 172 : 2022 高圧電磁接触器の保守・点検指針
- (3) JEM 1167 : 2007 高圧交流電磁接触器

8.10 参考資料

- (1) 電気協同研究 第 43 巻第 2 号
配電機材劣化診断
- (2) 電気学会技術報告Ⅱ部 第 225 号
絶縁システム 複合要因劣化に関する研究の現状

9. 高圧進相コンデンサ，直列リアクトル，放電コイル

9.1 適用範囲

(1) 機種：高圧進相コンデンサ，直列リアクトル，放電コイル

(2) 規格

	高圧進相コンデンサ	直列リアクトル	放電コイル
現行規格	JIS C 4902-1(2010)	JIS C 4902-2(2010)	JIS C 4902-3(2010)
旧規格	JIS C 4902-1(1998)	JIS C 4902-2(1998)	JIS C 4902-3(1998)
	JIS C 4902(1977)	JIS C 4801(1977)	JIS C 4802(1977)

(3) 定格

	高圧進相コンデンサ	直列リアクトル	放電コイル
相数	単相及び三相	単相及び三相	単相及び三相
周波数	50Hz，60Hz 又は 50/60Hz	50Hz 又は 60Hz	50Hz ， 60Hz 又は 50/60Hz
電圧	3.3kV，6.6kV 回路用	3.3kV，6.6kV 回路用	3.3kV，6.6kV 回路用
容量	定格容量 10.6～532kvar	定格容量 0.638～31.9kvar	放電容量 100～1,000kvar
リアクタンス	—	6 %	—

9.2 設置環境（標準使用状態）

（高圧進相コンデンサ，直列リアクトル，放電コイルに共通）

項目	状態			
設置場所	油入式		モールド・乾式	
	屋外及び屋内		屋内（*屋外盤収納を含む）*9.7.(4)による	
周囲温度	最高周囲温度：下表による			
	単位 ℃			
	温度種別	最高周囲温度	24時間平均の 最高温度	1年間平均の 最高温度
	A	40	35	25
	B	50	45	35
<p>注記 1 温度種別 A は主として屋外使用のものに適用し，閉鎖配電盤内で使用する場合は，温度種別 B を適用するのがよい。</p> <p>注記 2 コンデンサを設置すると周囲温度に影響を与える場合には，その冷却空気温度は，この表の値より 5 ℃を超過しないようにするのが望ましい。</p>				
最低周囲温度：-20℃又は-5℃				

項 目	状 態
相 対 湿 度	屋内使用時の相対湿度は、85%以下とする。
標 高	標高は 1,000m以下
そ の 他	<p>特殊使用状態 特殊使用状態とは、上記に規定する設置場所、周囲温度、相対湿度、標高以外、及び次のいずれかの状態をいう。特殊使用状態の場合、使用者は製造業者にあらかじめその旨を指定しなければならない。</p> <p>a) 急激な温度変化を受ける頻度の高い場所で使用する場合。 b) 著しい潮風を受ける場所で使用する場合。 c) 著しい湿潤な場所で使用する場合。 d) 過度のじんあいのある場所で使用する場合。 e) 爆発性、可燃性、腐食性及びその他有害ガスのある場所又は同ガスの襲来のおそれのある場所で使用する場合。 f) 異常な振動又は衝撃を受ける場所で使用する場合。 g) 水蒸気又は油蒸気中で使用する場合。 h) その他の特殊な条件下で使用する場合。</p>

9.3 使用条件（標準使用条件）

高圧進相コンデンサ

項 目	条 件										
最高許容電圧	最高許容電圧は下表による。ただし、1.15 倍を超える電圧の印加は、コンデンサの寿命を通じて 200 回を超えてはならない。										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>電圧倍数</th> <th>許容印加時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.10</td> <td>24 時間のうち 12 時間以内</td> </tr> <tr> <td>1.15</td> <td>24 時間のうち 30 分間以内</td> </tr> <tr> <td>1.20</td> <td>5 分以内</td> </tr> <tr> <td>1.30</td> <td>1 分以内</td> </tr> </tbody> </table>	電圧倍数	許容印加時間	1.10	24 時間のうち 12 時間以内	1.15	24 時間のうち 30 分間以内	1.20	5 分以内	1.30	1 分以内
	電圧倍数	許容印加時間									
	1.10	24 時間のうち 12 時間以内									
	1.15	24 時間のうち 30 分間以内									
1.20	5 分以内										
1.30	1 分以内										
最大許容電流	最大許容電流は、定格電流の 130%とする。ただし、容量の実測値が容量の許容差の範囲内でプラス側のものは、その分だけ更に過電流が増加してもよい。										

直列リアクトル

項 目	条 件									
最大許容電流	最大許容電流は、下表による。ただし、これはリアクトルの回路に第 5 調波を含む場合、その含有率が基本波に対し、下表の値以下の合成電流の実効値とする。									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>許容電流種別</th> <th>最大許容電流 (定格電流比) %</th> <th>第 5 調波含有率 (基本波電流比) %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>120</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>130</td> <td>55</td> </tr> </tbody> </table>	許容電流種別	最大許容電流 (定格電流比) %	第 5 調波含有率 (基本波電流比) %	I	120	35	II	130	55
	許容電流種別	最大許容電流 (定格電流比) %	第 5 調波含有率 (基本波電流比) %							
	I	120	35							
	II	130	55							
	許容電流種別 I は主として特別高圧受電設備に適用し、許容電流種別 II は主として高圧配電系統に直接接続するコンデンサ設備に適用する。									

項 目	条 件
最大瞬時許容電流	最大瞬時許容電流は、定格電流の 25 倍で 2 秒間とする。

放電コイル

項 目	条 件	
最高許容電圧	最高許容電圧は下表による。ただし、1.15 倍を超える電圧の印加は、放電コイルの寿命を通じて 200 回を超えてはならない。	
	電圧倍数	許容印加時間
	1.10	24 時間のうち 12 時間以内
	1.15	24 時間のうち 30 分間以内
	1.20	5 分以内
	1.30	1 分以内

9.4 寿命を決める要因

高圧進相コンデンサはケースが封じ切りのため、内部劣化の点検、試験は困難であり、またケースやブッシングの修理が不可能なため、劣化又は故障したら更新する以外に性能が戻らない非修理系に属する。

高圧進相コンデンサの絶縁劣化はコンデンサの誘電体が電氣的に又は化学的な作用により劣化するので、この劣化に影響を及ぼす要因は温度、電圧、電流などの条件がある。規定値を上回って使用されると劣化が大きく進行して寿命の大幅な短縮になる。例えば、温度では 7～8℃の温度の上昇により寿命半減すると言われている。

運転中の誘電体は常時高電界にさらされており、微弱な部分放電や部分放電に至らないまでも局部的な電離現象を生じて劣化させている。また、規定を超える低温では内部圧力の低下による部分放電を発生して電氣的な劣化が生じる。

過電圧や高調波の流入による過電流などは発熱量が増加して熱的劣化を促進するとともに、高調波電流の流入によりコンデンサには高調波電圧が重畳されて尖頭値が上昇して電圧的劣化を促進する。

直列リアクトルの油入りの場合は油や紙などの絶縁物の熱的、電氣的な劣化があり、構造部品であるガスケットの劣化の進行や振動による締め付け部のゆるみなどが引き金になる。乾式（モールドなど）の場合は熱、電界、機械力、環境などのストレスがあり、どちらも基本的には変圧器と同じであるが、高調波電流の流入により常時過負荷で運転され、温度上昇による熱的劣化も大きい。

放電コイルはコンデンサの残留電荷を放電するため、多頻度開閉などで放電コイルの熱的耐量を超えると絶縁物が劣化し主絶縁の損傷破壊に至ることもあるが、乾式の放電コイルは計器用変成器と基本的には同じになる。

電力用コンデンサ、直列リアクトル、放電コイルの劣化現象の例を、それぞれ下記の表 9.1～表 9.3 にまとめる。

表 9.1 油入り電力用コンデンサの劣化現象と評価指標例

構成部位		劣化現象			
構成部品	材料	種類	影響	指標	
内部	誘電体	絶縁紙 フィルム 絶縁油	<ul style="list-style-type: none"> 熱劣化 過電圧劣化 部分放電 	絶縁物の熱分解→部分放電 	<ul style="list-style-type: none"> 静電容量の変化 損失の増大 絶縁耐力低下 部分放電開始電圧の低下 油中の可燃性ガスの増大
	絶縁物	絶縁紙 プレスボード			
	電極	アルミニウム箔			
	内部接続線	銅編組線			
タンク	ガスケット	合成ゴム	<ul style="list-style-type: none"> 経年劣化 	弾性低下 → 変形 , 亀裂 → 漏油 吸湿	<ul style="list-style-type: none"> 漏油の有無
	外箱	鋼板・形鋼	<ul style="list-style-type: none"> 発錆 	腐食 → 孔食 → 漏油 吸湿	<ul style="list-style-type: none"> 発錆有無・程度
ブッシング	がい管	磁器	<ul style="list-style-type: none"> 汚損 	クラック → 漏油 吸湿 汚損 → 絶縁耐力低下	<ul style="list-style-type: none"> 汚損の有無
	ガスケット	合成ゴム	<ul style="list-style-type: none"> 熱劣化 疲労による劣化 環境(汚損)による劣化 	弾性低下 → 油密性低下 → 漏油 吸湿	<ul style="list-style-type: none"> 漏油の有無
	端子	銅・銅合金	<ul style="list-style-type: none"> 酸化・腐食による劣化 	接触不良 → 過熱	<ul style="list-style-type: none"> 外観上の異常の有無及びゆるみの有無

表 9.2 油入り直列リアクトルの劣化現象と評価指標例

構成部位			劣化現象						
区分	部品	材料	種類	影響	指標				
内部	鉄心 (鉄心絶縁)	絶縁材料・紙, プレスボード, エポキシ含浸ガラステープ	・熱劣化	機械的強度低下→振動増加 局部加熱→油中ガス発生	・騒音・振動の変化				
	巻線	絶縁紙・木材, プレスボード	・熱劣化 ・部分放電劣化	<pre> graph LR A[絶縁物熱分解] --> B[機械的強度低下] B --> C[絶縁破壊] B --> D[振動増加] A --> E[可燃性ガス発生] </pre>	<ul style="list-style-type: none"> ・油中溶存ガスの変化 ・絶縁紙の重合度の低下 ・絶縁紙の機械的強度の低下 				
	リード線	絶縁紙, ワニスクロス, 絶縁材料							
	絶縁油	電気絶縁油	・熱劣化 ・部分放電劣化 ・吸湿	<pre> graph LR A[絶縁耐力低下] --> B[部分放電発生] B --> C[可燃性ガス発生] C --> D[絶縁破壊] </pre>	<ul style="list-style-type: none"> ・絶縁破壊電圧 ・油中溶存ガスの変化 ・油中水分の増加 				
外部	タンク及び配管	<table border="1"> <tr> <td>ガスケット</td> <td>ゴム入りコルク</td> </tr> <tr> <td>防振継手</td> <td>ニトリルゴム</td> </tr> </table>	ガスケット	ゴム入りコルク	防振継手	ニトリルゴム	・経年劣化	弾性低下→変形亀裂→漏油	<ul style="list-style-type: none"> ・漏油の有無 ・亀裂の有無 ・油面低下
	ガスケット	ゴム入りコルク							
	防振継手	ニトリルゴム							
コンサベータ	ニトリルゴム	・熱劣化, 酸化劣化 ・疲労	強度低下→亀裂→絶縁油の酸化	・絶縁油性状測定					
ブッシング	<table border="1"> <tr> <td>がい管</td> <td>磁器</td> </tr> <tr> <td>ガスケット</td> <td>シリコンゴム, ニトリルゴム</td> </tr> </table>	がい管	磁器	ガスケット	シリコンゴム, ニトリルゴム	・汚損	絶縁性能の低下	・汚損状況	
がい管	磁器								
ガスケット	シリコンゴム, ニトリルゴム								
付属機器	放熱器	プレート	・発錆 ・目づまり	発錆→亀裂→漏油 油温上昇	<ul style="list-style-type: none"> ・漏油の有無 ・汚損状況 ・油温 				
	放電装置	ベークライト, 薄鋼板	・疲労	亀裂割れ→漏油	・漏油の有無				
	計器 継電器		・発錆 ・吸湿	<pre> graph LR A[接触不良] --> B[誤動作] C[結露→絶縁不良] --> B C --> D[誤指示] </pre>	・発錆				

表 9.3 モールド絶縁（直列リアクトル及び放電コイル）の劣化進行プロセス例

絶縁劣化の種類		要因	進行プロセス
熱劣化		熱	酸化，熱分解→機械強度低下，吸湿性増大
電界劣化	部分放電劣化	ボイド（クラック，はく離，気泡）	酸化，穿孔→絶縁厚さ減少→貫通破壊
	トリーイング	突起，異物	
応力劣化		熱応力，ヒートサイクル，振動 応力	クラック，はく離など，ボイド発生・進展→電圧劣化
環境劣化		湿気，じんあいなど	汚損，吸湿→絶縁抵抗低下，トラッキング

9.5 更新推奨時期

使用開始後 15 年。

これを目安に更新することを推奨する。なお，この値は製造者の保証値ではない。

9.6 更新推奨時期を設定した背景

(1) コンデンサ

- (a) 一般に電力機器には種類や使用条件によって異なるが，寿命がある。コンデンサの場合，一般に運転中に受ける温度・過電圧・過電流等の影響により誘電体の絶縁性能が次第に低下し，それが進行すると誘電体が部分的に絶縁破壊を起こし，この現象が連続的，連鎖的に拡大して完全短絡，容器の変形，き裂，噴油爆発に至る危険性が増加する。
- (b) 機器の劣化がどのくらい進んでいるのかは，従来の紙を誘電体としたコンデンサの場合には，絶縁物の重合度試験や油中の溶解ガス分析試験などによってある程度知ることができたが，現在のオールフィルムを誘電体としたコンデンサでは，その判断が困難であり，更に，コンデンサは密閉機器であるため，この方法を適用するには無理がある。機器が運転に入ってから破壊する危険が非常に高まった時点を経験の寿命と呼ぶが，この時点を確認することは非常に困難であり現段階ではまだその具体的な方法は確立されていない。
- (c) 正常に製作，運搬，据え付けられたコンデンサについては，JIS で定める範囲内で使用した場合に大略 20 年程度の寿命が期待できるとされている。

寿命にばらつきがあり，稼働年数 10 年間程度から寿命域に達した故障を呈するものもあり，予防保全の見地から早期の更新が望ましいので裕度をみて更新推奨時期は故障率の低い期間である 15 年とした。

(2) 直列リアクトル

構造上変圧器に準じた取扱いをすべきであるが，常に全負荷にて使用される上に開閉頻度が多く，高調波の影響（過負荷，振動）を受けやすいなど，変圧器より苛酷な使用条件となる。よって更新推奨時期を変圧器より短い 15 年とした。

(3) 放電コイル

構造上、計器用変成器に準じた取扱いができるのでそれと同じ 15 年とした。

(4) 更新による効果

更新によって機器の信頼性向上の他に効率向上による電力損失低減の効果も期待できる。

9.7 特殊性

- (1) コンデンサは変圧器など他の油入機器に比べて許容温度が低く抑えられているにもかかわらず、常に全負荷運転機器であるため使用条件によっては、許容温度を超える恐れがある。
- (2) コンデンサは最近、高調波発生負荷の使用増大により、使用電流が定格を大幅に超え過負荷運転となり寿命短縮の原因となる場合が増えている。(9.8(3)参照)
- (3) 直列リアクトルは、9.5 で述べた以外は「10. 高圧配電用変圧器」に準じる。放電コイルは、「5. 計器用変圧器」に準じる。
- (4) モールド・乾式の直列リアクトル、放電コイルは、鉄心、端子部等が外部に露出した屋内機器であることから、屋外盤の内部環境を一般的な屋内環境と同等にする必要がある。
- (5) 1972 年（昭和 47 年）以前に製作されたコンデンサの多くには、PCB が使用されている。これら PCB 入りコンデンサは従来から使用されているものだけに限り使用が認められているものの、管理上種々の規制が定められている。使用済みのものについては事業者での保管が法的に義務付けられており、またその保管要領も定められているので特に注意願いたい。
- (6) 1998 年（平成 10 年）の JIS 改正で容量・電圧の定格が変更になたため、1998 年以前の旧 JIS 品と以後の現行 JIS 品の機器を組み合わせができなくなった。（直列リアクトルのリアクタンス（%）が変化して危険です）。そのため旧 JIS（1998 年以前）の機器を交換する場合は、組み合わせるコンデンサ、リアクトルともに現 JIS 品へ交換する必要がある。

9.8 保守・点検

- (1) 油入コンデンサは、油漏れ、ケースの異常膨れ（コンデンサの内部は加圧ぎみに製造され、常温・未使用の状態でもケースは若干膨れている）、汚損（特にブッシングのじんあい）、錆（特に接続端子部の錆・緩み等は異常発熱の原因）、対地間絶縁抵抗等の普通点検をする。
- (2) 周囲温度が規格範囲内であることを確認する。（盤内では風通しが不十分な場合、発熱機器による影響を受け、温度が異常に高くなることもあり十分な配慮が必要）
- (3) 高調波電流の流入によりコンデンサの最大許容電流（許容電流種別 I は定格電流の 120%、許容電流種別 II の場合は定格電流の 130%）を超える場合がある。許容電流種別 I の場合は許容電流種別 II へ、許容電流種別 II の場合は $L=6\%$ $I_5=70\%$ 許容品や $L=13\%$ などの採用を検討することが必要である。 $L=13\%$ を採用する場合はコンデンサの端子電圧が許容過電圧を超過しないよう、これに対応した電圧定格を持つコンデンサを使用する。
- (4) コンデンサ開放後残留電荷が放電しきれないうちに再投入すると、コンデンサ並びに母線に過電圧が発生するので、開放から再投入までの間隔は必ず、放電コイル付属の時は 5 秒以上、放電抵

抗内蔵の時は5分以上とする。

- (5) コンデンサの開路時は進相電流の遮断となるので、開閉器の極間には大きな回復電圧が発生し、極間の絶縁回復性の不十分な開閉器では再点弧を生じて、コンデンサに大きな異常過電圧が加わる。

このようなことを避けるためコンデンサ用の開閉器としては十分な極間絶縁性能を有して再点弧を生じる心配のない真空開閉器などを使用する。

- (6) 保守点検の詳細については、日本電機工業会技術資料 JEM-TR182「電力用コンデンサの選定、接地及び保守指針」を参照されたい。

9.9 参考資料

- (1) 工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告
電気C学会技術報告(Ⅱ部)159号
1983年(昭和58年)11月 電気学会 工場電気設備調査専門委員会
- (2) 工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告
電気学会技術報告(Ⅱ部)230号
1986年(昭和61年)10月 電気学会 工場電気設備寿命予知技術調査専門委員会
- (3) 配電盤使用状況実態調査報告書
1988年(昭和63年)3月 日本配電盤工業会
- (4) 電力用コンデンサ予防保全技術
電気学会技術報告 第521号 電力用コンデンサ予防保全調査専門委員会編
- (5) JEM-TR182「電力用コンデンサの選定、接地及び保守指針」
2018年3月16日改正

10. 高圧配電用変圧器

10.1 適用範囲

(1) 機種 油入変圧器, モールド変圧器, 乾式変圧器 (シリコン・その他のワニス)

(2) 規格

現行規格 : JIS C 4304 (2013), JIS C 4306 (2013), JEC-2200 (2014)

旧規格 : JIS C 4304 (2005), JIS C 4306 (2005), JEC-2200 (1995)

(3) 定格

相数 : 単相及び三相

定格周波数 : 50Hz 又は 60Hz

一次電圧 : 3.3kV 級, 6.6kV 級

容量 : 単相 500kVA 以下, 三相 2,000kVA 以下

10.2 設置環境 (標準使用状態)

項目	状態
設置場所	油入 屋外及び屋内 モールド・乾式 屋内 (*屋外盤収納を含む) *10.7.(2)による
周囲温度	最高温度 40°C, ただし, 日間平均 35°C以下, 年間平均 20°C以下 最低温度 屋外 -20°C, 屋内 -5°C
湿度	湿気又は水分が, 多過ぎないこと。
汚損	潮風, じんあいなどにより, はなはだしく汚損されないこと。
標高	1,000m以下
その他	爆発性, 可燃性, 腐蝕性その他有毒ガスが存在しないこと。氷, 雪などが多過ぎないこと。異常な振動又は衝撃を受けないこと。

10.3 使用条件 (標準使用条件)

項目	条件
電圧の変化	一次側使用タップの電圧の+10%以内
連続通電電流	定格力率のもとで, 定格容量に相当する二次電流。 ただし, 二次電圧又は周波数の変化は, JEC-2200 変圧器 4.4.1 に規定された値以内とする。
許容過負荷	油入変圧器は電気学会技術報告 (I 部) 第 143 号「油入変圧器運転指針」による。モールド変圧器及び H 種乾式変圧器は電気学会技術報告 (I 部) 第 115 号「乾式変圧器の運転指針について」を参照のこと。
周波数の変化	定格周波数の±5%以内。一次電圧と周波数両方が変化するときは前者は増加, 後者は減少の割合を正として加算した和が+10%以内とする。
異常電圧	有害な雷異常電圧, 開閉異常電圧, 交流持続性異常電圧などに曝されないこと。

10.4 寿命を決める要因

変圧器は巻線や鉄心などで構成される本体と、外箱、ブッシング、温度計などの付属品からなり、前者は劣化又は故障したら更新する以外に性能が戻らない非修理系、後者は補修又は取り換えることにより、なお相当期間に亘り実用上支障のない性能を発揮して安全に運転が継続できる修理系に属する。

変圧器は一般に、日本電機工業会技術資料第 124 号,171 号,218 号,変圧器の保守・点検指針によって保守することが望ましく、またこれによって修理系である付属品の性能を保つことができる。

変圧器本体の寿命は、主として絶縁物の劣化に左右される。その要因は次の表のとおりで、単独又は複合的に絶縁物に作用するが、その重要度は変圧器の種類によって異なる。

絶縁物劣化のモード	劣化の推定要因
熱による劣化	温度、酸素、水分など
電界による劣化	部分放電（異常電圧、ボイド、クラックなどがあると発生し易い。酸素・水分などがあると劣化が促進される）
クラック・剥離など	熱衝撃・ヒートサイクル・振動など
トラッキング	水分・塩分・じんあいなどによる汚損、電界

10.5 更新推奨時期

使用開始後 20 年

これを目安に更新することを推奨する。なお、この値は製造者の保証値ではない。

10.6 更新推奨時期を設定した背景

- (1) 変圧器の寿命に対する考え方は、正常に製作、運搬、据え付けられた変圧器について①周囲温度が 25℃一定、②定格負荷で連続使用、③規格に定められた最高点温度以下の状態で、かつ保守点検・部品類の取替えなどを確実にを行い、機器を常に良好な状態に保って使用した場合に現在では 30 年程度の寿命が期待できるとされている。しかし、これは機器の保証を意味するものではなく、実際に使用されている変圧器の環境は、必ずしも上記の状態でない場合もあり、寿命は一定ではない。

実使用状態の変圧器の劣化は、絶縁紙の重合度試験や油中の溶解ガス分析試験及び部分放電試験などによって、ある程度知ることができるが、寿命を正確に予測することは非常に困難である。

変圧器の運転によって発生する経費は無視出来ず、寿命に至る前に早めに電力損失が少ない最新の変圧器に取替えることは、日々の運転損失に加え、突然の故障による停電の危険性を減らし、経費及び信頼性の両面で効果を期待することができる。

- (2) 従って、変圧器の更新推奨時期については学会・需要家等の団体から発行されている各種調査報告書及び大手需要家や建築分野の電気主任技術者等によるアンケート調査結果等を参考にした。これら調査報告書による更新時期は、期待寿命より 5 年先行した時期（25 年）と信頼性を重視して早めに更新を考慮し始める時期（15 年）などの考え方があり、これらを考慮して中間的に 20 年とした。

10.7 変圧器の特殊性

- (1) 変圧器の故障は、経年劣化した変圧器に雷などの異常電圧が侵入して突発的に起こることが多く、保護機器が正常に動作すれば火災などの二次災害に至ることは極めて稀であるが、電気設備の根幹をなすものであり、一旦故障し停電すると、生活環境の維持に支障が出たり、長時間かつ広範囲な業務の停滞などを生じる可能性がある。
- (2) モールド・乾式変圧器は、鉄心、端子部等が外部に露出した屋内機器であることから、屋外盤に収納される場合は屋外盤の内部環境を一般的な屋内環境と同等にする必要がある。
- (3) 昭和 47 年以前に製作された不燃性油入変圧器の多くは PCB が使用されている。これら PCB 入り変圧器は従来から使用されているものに限り使用が認められているものの、管理上種々の規制が定められている。使用済みのものについては事業者での保管が法的に義務付けられており、またその保管要領も定められているので特に注意願いたい。

10.8 保守・点検

変圧器は他の電気機器よりも比較的保守・点検も少なく、故障も稀ではあるが、保守・点検の適否が運転の信頼性及び寿命に影響を及ぼす。したがって公表されている保守点検指針や各製造者発行の取扱説明書等に従い日常点検及び定期点検を行う必要がある。

10.9 参考文献

- (1) 配電用 6kV 油入変圧器の保守・点検指針
日本電機工業会技術資料 第 171 号 平成 22 年 1 月 日本電機工業会
- (2) 乾式変圧器の保守・点検指針
日本電機工業会技術資料 第 124 号 昭和 54 年 6 月 日本電機工業会
- (3) モールド変圧器の保守・点検指針
日本電機工業会技術資料 第 218 号 令和元年 8 月 日本電機工業会

10.10 参考資料

- (1) 工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告
電気学会技術報告（Ⅱ部）159 号 1983 年（昭和 58 年）11 月 電気学会
- (2) 工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告
電気学会技術報告（Ⅱ部）第 230 号 1986 年（昭和 61 年）10 月 電気学会
- (3) 建築電気設備機器の期待寿命について
電気設備学会誌第 8 巻第 9 号 1988 年（昭和 63 年）9 月 電気設備学会

Ⅲ. 参考資料及び文献

1. 総論又は各論双方に関連あるもの

(1) 工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告

電気学会技術報告（Ⅱ部）159号

1983年（昭和58年）11月 電気学会 工場電気設備調査専門委員会

（総論，断路器，高圧交流遮断器，高圧進相コンデンサ，直列リアクトル，放電コイル，
高圧配電用変圧器）

(2) 工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告

電気学会技術報告（Ⅱ部）230号

1986年（昭和61年）10月 電気学会 工場電気設備寿命予知技術調査専門委員会

（総論，断路器，高圧交流遮断器，高圧進相コンデンサ，直列リアクトル，放電コイル，
高圧配電用変圧器）

(3) 配電機材劣化診断技術

電気協同研究 第43巻第2号

1987年（昭和62年）10月 電気協同研究会

（高圧交流負荷開閉器，避雷器，高圧交流遮断器，高圧交流電磁接触器）

(4) 許容濃度等の勧告

日本産業衛生学会資料

1982年（昭和57年） 日本産業衛生学会

（断路器，高圧交流遮断器）

(5) 絶縁システム複合要因劣化に関する研究の現状

電気学会技術報告（Ⅱ部）225号

1986年（昭和61年）7月 電気学会

（計器用変成器，高圧交流電磁接触器）

2. 総論

(1) 設備機器の耐久性等に関する調査報告書* 保全資料-2

昭和54年11月 建設大臣官房官庁営繕部 営繕計画課企画保全室

(2) 建築物におけるライフサイクルコスト分析手法 保全資料-4

1981年（昭和56年）3月 建設大臣官房官庁営繕部 営繕計画課企画保全室

(3) 工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告

電気学会技術報告（Ⅱ部）159号

1983年（昭和58年）11月 電気学会 工場電気設備調査専門委員会

(4) 工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告

電気学会技術報告（Ⅱ部）230号

1986年（昭和61年）10月 電気学会 工場電気設備寿命予知技術調査専門委員会

- (5) 電気設備の耐久性に関する調査研究報告
電設工業 1985年(昭和60年)12月号
1985年(昭和60年)12月 日本電設工業協会 技術委員会
- (6) 電気設備の診断技術
1988年(昭和63年)11月30日初版 電気学会
- (7) 1987年(昭和62年)度における大阪通商産業局管内の電気事故について
電気商工新聞 1988年(昭和63年)12月5日付
大阪通商産業局 施設課
- (8) 電気保安制度をめぐる現状と課題
令和2年7月経済産業省
- (9) 電気保安分野 スマート保安アクションプランの概要
経済産業省
- (10) 電気保安分野 スマート保安アクションプラン
令和3年4月 保安官民協議会 電力安全部会
- (11) 「需要設備」におけるスマート保安技術導入
株式会社三菱総合研究所
- (12) 工場電気設備保全へのプロアクティブ手法の活用
工場電気設備におけるプロアクティブ保全技術調査専門委員会編
電気学会技術報告第1424号(2018年5月30日)
- (13) プロアクティブ手法を活用したライフサイクルメンテナンス
桐生一志 明電時報 通巻353号(2016)

【参照ホームページ】

- (1) 国交省電気通信室「電気通信施設アセットマネジメント」
<https://www.mlit.go.jp/tec/it/asset/index.html>
- (2) 国交省電気通信室「電気通信施設劣化診断要領(案)参考資料(電力設備編)」
<https://www.mlit.go.jp/tec/it/asset/index.html>
- (3) 電気保安分野 スマート保安アクションプラン
[https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/smart_hoan/denryoku_anzen/20210430_action_pl
an.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/smart_hoan/denryoku_anzen/20210430_action_plan.html)

3. 各論

- (1) 高圧交流負荷開閉器
 - ・電気協同研究 43巻第2号(配電機材劣化診断技術)
1987年(昭和62年)10月 電気協同研究会
 - ・JEM-TR 173 高圧交流負荷開閉器の選定及び保守・点検指針

(2) 断路器

- ・ JEM-TR 178 (2018) 高圧断路器の保守・点検指針
- ・ 許容濃度等の勧告
日本産業衛生学会資料
1982年(昭和57年) 日本産業衛生学会
- ・ 変電設備信頼度向上対策
電気協同研究 第41巻第5号
1986年(昭和61年)2月 電気協同研究会
- ・ 変電所監視システム
電気協同研究 第42巻第3号
1987年(昭和62年)2月 電気協同研究会
- ・ 工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告
電気学会技術報告(Ⅱ部)159号
1983年(昭和58年)11月 電気学会 工場電気設備調査専門委員会

(3) 避雷器

- ・ JEM-TR 179 (2019) 高圧避雷器の保守・点検指針
- ・ 配電機材劣化診断技術
電気協同研究 第42巻第2号
1987年(昭和62年)10月 電気協同研究会
- ・ 配電用避雷器の耐劣化性能
谷ッ田, 永井, 田口 開閉保護研究会資料 PD-72-4
1972年(昭和47年)3月 電気学会 開閉器保護研究会
- ・ 配電線耐雷設計ガイドブック
研究報告 No.175030
昭和51年3月 電力中央研究所 電力技術研究所
- ・ 配電線雷害対策
電気協同研究 第40巻第6号
1985年(昭和60年)2月 電気協同研究会
- ・ 配電線の間欠弧光地絡時における電流波形形状の解明と故障点探査への適用
研究報告 No.185016
1985年(昭和60年)12月 電力中央研究所
- ・ 送配電系統の内部異常電圧とその防護
電気協同研究 第18巻第1号
昭和37年6月 電気協同研究会
- ・ 異常電圧と送電系統の防護
六角英通

昭和 8 年 11 月 修教社書院

- ・配電系統用限流とヒューズの動作過電圧と避雷器の動作責務

高梨, 横倉 技術第一研究所報告 No.74070

昭和 50 年 4 月 電力中央研究所

- ・ DISTRIBUTION ARRESTER RESEARCH

M.V.Lat, J.Kortschinski

IEEE 81 WM 199-9 (IEEE Trans. PAS, Vol.PAS-100, No.7)

- ・ LIGHTNING CURRENT MAGNITUDE THROUGH DISTRIBUTION ARRESTERS

G.L.Gaibrois

IEEE 80 SM 696-5

(4) 高圧交流遮断器

- ・ JEM-TR 174 : 2012 高圧交流遮断器の保守・点検指針

- ・ 高経年期を迎える電力流通設備の円滑な取替えに備えて

電気協同研究会 第 63 巻第 5 号

- ・ 絶縁診断に基づく電力機器のアセットマネジメント

電気学会技術報告 第 1243 号

- ・ 工場電気設備の診断・更新技術

電気学会技術報告 第 831 号

- ・ 変電設備保全の高度化・効率化

電気共同研究 第 50 巻 第 2 号

- ・ 真空遮断器・開閉器の適用指針

電気学会技術報告 第 791 号

- ・ 工場電気設備の診断・更新技術

電気学会技術報告 第 831 号

- ・ 工場電気設備の診断・更新に関する課題と将来展望

電気学会技術報告 第 1238 号

- ・ 許容濃度等の勧告

日本産業衛生学会資料

1982 年 (昭和 57 年) 日本産業衛生学会

- ・ 第 1 編 電力用交流遮断器保守基準, 付録 2 電力用交流遮断器の故障内容に関する実態調査結果に対する製作者側の意見

電気協同研究 第 29 巻第 1 号

電気協同研究会

- ・ 配電機材劣化診断技術

電気協同研究 第 43 巻第 2 号

1987 年 (昭和 62 年) 10 月 電気協同研究会

- ・工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告
電気学会技術報告（Ⅱ部）159号
1983年（昭和58年）11月 電気学会 工場電気設備調査専門委員会
- ・真空遮断器・開閉器の適用について
電気学会技術報告（Ⅱ部）197号
1985年（昭和60年）10月 電気学会
- ・工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告
電気学会技術報告（Ⅱ部）230号
1986年（昭和61年）10月 電気学会 工場電気設備寿命予知技術調査専門委員会

(5) 計器用変成器

- ・計器用変成器の保守点検指針
技術資料 第164号
1988年（昭和63年）8月 日本電機工業会
- ・絶縁システム複合要因劣化に関する研究の現状
電気学会技術報告（Ⅱ部）225号
1986年（昭和61年）7月 電気学会
- ・高圧受電設備規程 JEAC8011-2020 JESCE0013(2020) 日本電気協会

(6) 保護継電器

- ・保護継電器保守点検方策
電気協同研究第39巻第1号
1983年（昭和58年）6月 電気協同研究会
- ・保護継電器の保守・点検指針
技術資料第156号
2008年（平成20年）1月 日本電機工業会

(7) 高圧限流ヒューズ

- ・限流ヒューズの現状と信頼性
電気学会技術報告（Ⅱ部）155号
1983年（昭和58年）9月 電気学会
- ・限流ヒューズの繰返し過電流特性
電気学会技術報告（Ⅱ部）231号
1986年（昭和61年）10月 電気学会

(8) 高圧交流電磁接触器

- ・配電機材劣化診断技術
電気協同研究 第43巻第2号
1987年（昭和62年）10月 電気協同研究会
- ・絶縁システム複合要因劣化に関する研究の現状

電気学会技術報告（Ⅱ部）225号

1986年（昭和61年）7月 電気学会

(9) 高圧進相コンデンサ，直列リアクトル，放電コイル

- ・工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告

電気学会技術報告（Ⅱ部）159号

1983年（昭和58年）11月 電気学会 工場電気設備調査専門委員会

- ・工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告

電気学会技術報告（Ⅱ部）230号

1986年（昭和61年）10月 電気学会 工場電気設備寿命予知技術調査専門委員会

- ・配電盤使用状況実態調査報告書

1988年（昭和63年）3月 日本配電盤工業会

(10) 高圧配電用変圧器

- ・工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告

電気学会技術報告（Ⅱ部）159号

1983年（昭和58年）11月 電気学会 工場電気設備調査専門委員会

- ・工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告

電気学会技術報告（Ⅱ部）230号

1986年（昭和61年）10月 電気学会 工場電気設備寿命予知技術調査専門委員会

- ・建築電気設備機器の期待寿命について

電気設備学会誌 第8巻第9号

1988年（昭和63年）9月 電気設備学会

- ・変圧器の保守・点検指針

技術資料 第155号

1987年（昭和62年）4月 日本電機工業会

- ・乾式変圧器の保守・点検指針

技術資料 第124号

1979年（昭和54年）6月 日本電機工業会

◆本書執筆担当委員会並びに傘下加盟会社一覧◆

1. 委員会名（順不同）

汎用高圧機器業務専門委員会	負荷開閉器技術専門委員会	断路器技術専門委員会
避雷器技術専門委員会	高圧遮断器技術専門委員会	計器用変成器技術専門委員会
継電器技術専門委員会	電力ヒューズ技術専門委員会	コンデンサ技術専門委員会
小形変圧器技術専門委員会		

2. 傘下加盟会社（五十音順。複数委員会に加盟の会社もある。）

愛知電機(株)	(株)宇都宮電機製作所	エス・オー・シー(株)
エナジーサポート(株)	大崎電気工業(株)	音羽電機工業(株)
オムロン阿蘇(株)	北芝電機(株)	(株)キューヘン
(株)三英社製作所	(株)指月電機製作所	大東通信機(株)
(株)ダイヘン	中国電機製造(株)	(株)東光高岳
(株)東芝	東芝インフラシステムズ(株)	東芝エネルギーシステムズ(株)
東芝産業機器システム(株)	東北電機製造(株)	(株)戸上電機製作所
(株)西島電機製作所	ニチコン(株)	ニチコン草津(株)
日新電機(株)	パナソニックインダストリー(株)	光商工(株)
(株)日立産機システム	(株)日立製作所	富士電機(株)
富士電機機器制御(株)	北陸電機製造(株)	三菱電機(株)
三菱電機社会インフラ機器(株)	(株)明電舎	利昌工業(株)
WashiON 共立継器(株)		

「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）

1989年（平成元年） 9月 初版 発行
2023年（令和5年） 3月 改訂版 発行

発行所 一般社団法人 日本電機工業会
〒102-0082 東京都千代田区一番町17番地4
電話 03-3556-5884

本書の記事，データの無断転載，コピーを禁ず。

重 202204 1K(2023.03)
産 9201