

令和5年度新エネルギー等の保安規制高度化事業
(スマート保安技術の導入に伴う電気工作物の点検等の
在り方に関する調査)

報告書

2024 年 3 月



みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

(空白ページ)

<目次>

1	本調査の目的.....	1
1.1	本調査の目的.....	1
1.2	本調査の実施項目	1
2	外部委託における点検項目に関する整理及び自家用電気工作物の点検・事故データベースの構築・分析の実施.....	2
2.1	調査概要.....	2
2.1.1	本調査の目的	2
2.1.2	本調査における課題認識と分析方針.....	3
2.1.3	本調査の具体的な検討方法	4
2.2	機器故障及びセンシング技術の検討.....	9
2.2.1	故障・事故の起点となる弱点部位の検討（STEP1）	9
2.2.2	弱点部位に対する点検方法・監視方法の検討（STEP2）	33
2.2.3	主任技術者がリスクを考慮して留意して点検を行っている部位の整理（STEP3）	44
2.2.4	各機器における具体的なリスクの把握（機器経年故障分布図の活用）（STEP4）	56
2.2.5	高圧機器の各主要部位に対するセンシング技術の適用可能性の検討（STEP5）	121
2.3	機器別の重大な事故発生予防を考慮したスマート保安の提案.....	137
2.3.1	重大な事故の分析	137
2.3.2	機器の優先順位付け	141
2.3.3	ミニマムコストでのスマート保安の提案	144
2.4	年次点検の延伸についての検討	146
3	特別高圧の設備及び高圧の EV 急速充電器の点検工数の算定・特別高圧設備の事故リスクに関する調査.....	147
3.1	調査概要.....	147
3.2	特別高圧の設備の点検工数の算定・事故リスク等に関する調査	147
3.2.1	調査概要.....	147
3.2.2	特別高圧設備の設備構成.....	148
3.2.3	ヒアリング対象者及びヒアリング項目	156
3.2.4	需要設備.....	156
3.2.5	太陽電池発電所.....	158
3.2.6	風力発電所.....	159
3.2.7	特別高圧設備の点検工数.....	161
3.2.8	特別高圧設備の保安管理及び電気主任技術者の業務の概要	163
3.2.9	特別高圧の設備の点検工数の算定・事故リスク等に関する調査まとめ	167

3.3	高圧で受電する EV 充電器の点検工数の算定・事故リスクに関する調査.....	168
3.3.1	調査概要.....	168
3.3.2	ヒアリング対象者及びヒアリング項目	168
3.3.3	ヒアリング結果.....	169
4	認定校制度の課題特定のための調査	172
4.1	認定校ヒアリング	172
4.1.1	ヒアリング対象の一覧.....	172
4.1.2	ヒアリング内容.....	173
4.2	認定校に対する施策の検討.....	176
4.2.1	認定校に対する施策	176
4.2.2	認定校における制度	178
4.3	認定校の認知度向上への対応	180
4.4	認定校に係る法令の比較	182
5	ボイラー・タービン主任技術者の選任に関する検討調査	196
5.1	調査概要.....	196
5.2	ボイラー・タービン主任技術者における兼任制度の要件に係る調査.....	197
5.2.1	ボイラー・タービン主任技術者として求められる業務.....	197
5.2.2	ボイラー・タービン主任技術者の兼任制度の要件における課題の把握	197
5.2.3	ボイラー・タービン主任技術者の選任要件に関するアンケート調査.....	199
5.2.4	まとめ	204
5.3	水素・アンモニアを活用した発電設備に対するボイラー・タービン主任技術者の許可選任要件について	205
5.3.1	水素・アンモニアを燃料とする内燃力を原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件の検討.....	206
5.3.2	水素・アンモニアを燃料とするガスタービンを原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件の検討.....	211
5.3.3	まとめ	214

1 本調査の目的

1.1 本調査の目的

電気事業法（昭和 39 年法律第 170 号）においては、「公共の安全」を確保するため、電気工作物の工事、維持及び運用を規制し、当該電気工作物に係る保安責任を設置者に課している。

このうち、需要設備や再エネ発電設備等の自家用電気工作物の設置者に対しては、電気工作物の保安の監督を行う主任技術者の選任を義務付けている。選任する主任技術者の免状の種類や選任形態（統括、兼任、外部委託等）については電気工作物の電圧や容量等によって定めている。また、外部委託については、設備容量や設備構成から国（経済産業省）が定めた告示により、点検頻度や受託できる設備数の上限を定めている。

これまでも、自家用電気工作物の保安管理は、電気事業をめぐる環境変化に適切に対応するため、その時代の経済的・社会的な情勢を背景に適宜見直しを行ってきたところだが、近年では生産年齢人口の減少や再エネ発電設備の増加等により、電気保安人材の不足が生じ、今後も人手不足は加速していくことが想定される。

一方で、遠隔監視技術の導入等のテクノロジーの進展など、電気保安分野をめぐる環境は変化し、この環境変化を適切に捉えた規制の見直しの必要性が高まっている。

上記のように電気保安規制をめぐる環境変化を丁寧に調査するとともに、現行の保安管理の実態の分析を実施することで、今後の自家用電気工作物の保安管理のあり方について検討することを目的とする。

1.2 本調査の実施項目

本調査の実施にあたっては、主に電気保安人材に係る 5 項目の調査及び点検・事故データベースの構築・分析を実施する。

- ① 外部委託における点検項目に関する整理
- ② 自家用電気工作物の点検・事故データベースの構築・分析の実施
- ③ 特別高圧の設備及び高圧の EV 急速充電器の点検工数の算定・特別高圧設備の事故リスクに関する調査
- ④ 認定校制度の課題特定のための調査
- ⑤ ボイラー・タービン主任技術者の選任に関する検討調査

2 外部委託における点検項目に関する整理及び自家用電気工作物の点検・事故データベースの構築・分析の実施

2.1 調査概要

2.1.1 本調査の目的

本業務の実施の背景としては、目的に示したように、近年の生産年齢人口の減少や再エネ発電設備の増加等による、電気保安人材の不足の加速が想定されている状況が挙げられる。その中においても、特に電気主任技術者の外部委託制度が多く活用されている高圧の受電設備（電圧 7,000V 未満で受電する電気設備）においては、既に電気保安人材の減少が顕在化してきており、高圧需要設備に対する点検のさらなる効率化が必要である。本業務においては、本状況の対策の一つとして、遠隔監視技術等の新たなテクノロジーを活用した保安制度、いわゆる「スマート保安」を導入することにより、さらなる効率化を図るための検討を実施する。

スマート保安の方法として、例えば特別高圧設備（電圧 7,000V 以上で受電する電気設備）においては、最新の IOT 技術を導入する、組織のあり方も含めた効率的な方法で監視する等、さまざまな方法が想定され、各事業者において独自の研究開発が進んでいる。一方で、主に高圧の需要設備の設置者である中小規模の需要家においては、未だにスマート保安の導入が進んでいないのが現実であることから、本検討では、その対象を高圧需要設備とし、設備を監視する技術の導入について検討を行うこととした。

本業務は、機器別の故障しやすい部位の特定、またこの部位に適切なセンシングの調査を行い、人的な保安体制からセンシング技術による保安体制への変革を目指し、どのようなセンシング技術が活用できるか、またその適用性について検討を行うものである。

一方、中小規模の高圧需要設備が対象であることから、有効的なスマート保安技術があったとしても、導入コストが大きければ普及することはできない。そのため、本事業においては、電気火災、感電事故及び波及事故といった重大な事故（以下、「重大な事故」という。）を起こさないことを目的とした、ミニマムコストでのスマート保安の手法について検討する。

2.1.2 本調査における課題認識と分析方針

ミニマムコストで、重大な事故を起こさないためのセンシング技術を活用したスマート保安の実施のためには、各機器において監視すべき部位である故障・事故の起点となる弱点部位の情報が必要となるが、機器別の故障件数データや重大な事故の起点となった機器の情報は存在するものの、機器の弱点部位である故障原因のデータが十分ではない状況である¹⁾。そのため、細かいデータ解析を行った結果としてのスマート保安の提案ではなく、故障が多い機器のファクトデータと機器メーカー等が整理した定性的な弱点部位の組み合わせ分析を活用したスマート保安を提案する。

また、通常のリスクアセスメントにおいては、故障率と事故の重大さで評価を行うところ、機器の故障件数は判明しているが、稼働している機器の母数となるデータがないため故障率データの換算ができないことより、一般的なリスクマトリックスを活用した評価を行うことができないという課題もある。

本検討においては、縦軸に故障率、横軸に設置してから故障するまでの年数をとった機器経年故障分布図を機器別で作成するのが望ましいところ、故障件数のデータはあるが、母数となる稼働している機器数のデータがないことから、経年別の故障件数でデータを整理した。なお、故障の発生については、停電等を含む事故応動要請が生じた事例をもとに作成するものであり、重大な事故を対象としたものではない。

以上のような課題の中で、分析方針を検討した。

また、機器の故障データを活用し、機器別のセンシングを活用したスマート保安の検討を行った後に、重大な事故を引き起こした機器の情報²⁾を活用し、ミニマムコストで重大な事故を引き起こさないためのスマート保安のあり方について検討を行った。

¹ 機器の弱点部位、故障原因のデータが十分ではない状況の要因は、通常の高圧電気設備の機器において経年劣化等で故障等が生じた場合には、予算をかけて故障原因の分析を行うのではなく、機器の更新を行うためである。

² 経済産業省電気事故統計

(https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/detail/denkihoantoukei.html)

2.1.3 本調査の具体的な検討方法

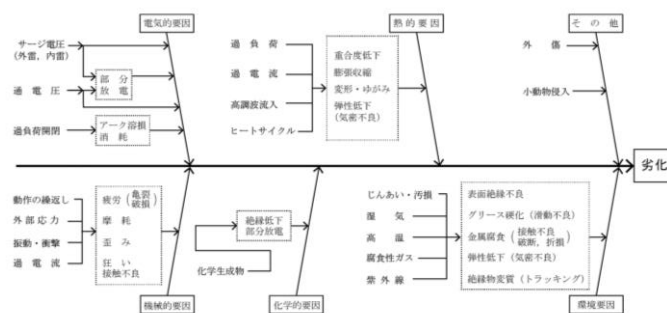
(1) 各機器において監視すべき故障・事故の起点となる弱点部位の評価方針

機器別の弱点部位については、公表されているデータとして、「汎用高压機器の更新推奨時期に関する調査」（2023 年 3 月、一般社団法人日本電機工業会）（以下、「JEMA 調査報告書」）に整理されていることから、本資料を参考に整理にすることとする。

本報告書における電気機器の寿命の考え方を以下に示す。

① 機器の劣化と寿命の考え方

- 一般には、「使用中に被る種々のストレスや経年劣化などにより、その機器の電気的特性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」であるとしている。
- 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、例えば以下の図のように表される。



【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 2.1 劣化の要因分析（代表例）³⁾

② 劣化故障の形態

- JEMA 調査報告書では、機器の寿命を考える上で、機器経年故障分布図（縦軸：故障率～横軸：使用年数）を用いて説明を行っている。（下図参照）

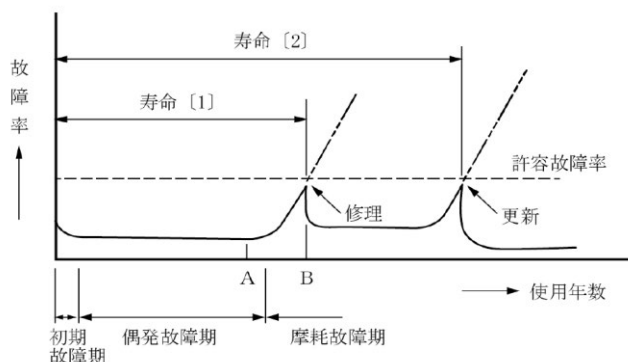


図 2.2 機器劣化故障パターン³⁾

³⁾ 出所：「汎用高压機器の更新推奨時期に関する調査」（2023 年 3 月、一般社団法人日本電機工業会）

- 機器の寿命は、部品交換を行うことが可能であれば、B点の寿命（1）から寿命（2）に伸ばすことが可能となり、交換ができない場合は、B点が寿命ということになる。B点の位置は、許容故障率の考え方で決まるものである。また、本資料では、更新推奨時期は、B点に達する前のA点を指すものと整理している。
- また、偶発故障期から摩耗故障期に至るまでの期間は、次の要因により決まるものと整理している。
 - ✧ 使用条件・環境条件
 - ✧ 保守点検状況
 - ✧ 機器の構造（機械的構造、絶縁構造、構成材の材質など）
- 以上から、同一定格の機器を同一時期から使用開始しても上記の要因による、寿命は変わる可能性があるとしている。
- ◆ 故障・事故の起点となる弱点部位の評価方法
 - 機器の弱点部位は、原則として、JEMA 調査報告書で提案されている「期待寿命」が短い部位を弱点部位として想定する。
 - 期待寿命とは、JEMA 調査報告書において一定の使用条件、環境条件を設定し、検討が行われた部位別の期待寿命になる。
- ◆ 例として、区分開閉器の使用条件、環境条件における寿命を決める要因を示す。

表 2.1 区分開閉器の使用条件、環境条件における寿命を決める要因例 ³⁾

使用条件		寿命を決める要因（電氣的要件）		
項 目	条 件	部位	期待寿命	要因
電 圧	定格電圧以下	操作コイル	15 年	ヒートサイクル、電磁力
電 流	定格電流以下	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
周 波 数	定格周波数±10%以内 ※	ブッシング、絶縁支持物	15 年	汚損による絶縁低下
操 作 制 御 電 圧	規格に定められた変動範囲内とする ※	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
※この値は短時間の性能は有しているが、連続で長期間保証するものではない		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
		アーカシュート、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、アーカシュートの消耗・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
設定環境		寿命を決める要因（機械的要件）		
項 目	状 態	部位	期待寿命	要因
設置場所	屋内、屋外	外 箱	10 年	腐 食
周囲温度	屋内用 -5℃～+40℃	パッキング	10～15 年	経年、永久変形
	屋外用 -20℃～+40℃	ブッシング及び支持がしい		落雷、台風、鳥害の外部要因
湿 度	相対湿度 95%以下（24 時間平均値）	ピ ン	15 年	錆せい（錆）
汚 損 度	屋内用 等価塩分付着密度 0.01mg/cm ² 未満	ば ね		
	屋外用 耐塩じん汚損性能の種類による			
標 高	1,000m以下			

- ◆ 区分開閉器の弱点部位について
 - 本検討結果を参考にした場合、弱点部位としては以下の部位が想定される。
 - ✧ 外箱（要因：腐食、期待寿命：10 年）
 - ✧ パッキン（要因：経年劣化・永久変形、期待寿命：10～15 年）
 - ✧ 制御装置（要因：補助スイッチの接触不良・接点摩耗・絶縁物の枯れ等、期

待寿命：10～15 年)

- ◆ 上記の考え方で各機器について整理した。また、弱点部位の特定にあたっては、それぞれの機器のメーカーへのヒアリングによる情報収集を行い、検討結果を補強した。

(2) 弱点部位に対する点検項目の把握

機器の弱点部位とあわせて、一般的な点検項目についても機器メーカーへのヒアリングを行い、整理する。

(3) 主任技術者が想定する重点点検部位

本検討においては、8名の主任技術者に事故に至った際のリスクを考慮して点検している部位について、ヒアリング調査を実施した。

本データについては、主任技術者が認識しているリスクと、(1)で示した JEMA 調査報告書における弱点部位と異なる可能性があり、弱点部位はどちらも考慮した上で検討する必要がある。

また、主任技術者のヒアリング結果については、それぞれの経験や主観に基づくものであることに注意する必要がある。

(4) 機器故障データの活用

本検討においては、全国の保安協会が所有する停電等を含む事故応動要請があった事例の分析を行い、機器故障のデータについて整理を行い、故障が多い機器の洗い出しを行う。また、この機器故障データを活用し、横軸を使用開始からの経過年数、縦軸に故障した機器の件数を示す曲線（以下、「機器経年故障分布図」という。）を作成する。なお、機器経過年故障分布図の経過年数は、機器の製造年数等のデータから算定した。

通常、このような機器経過年数の故障分布図は、図 2.2 に示すようにバスタブ曲線と呼ばれ、縦軸は故障率であるが、今回の調査においては、機器の総数のデータに関する情報がないことから、本検討では縦軸は故障件数とし、機器経年故障分布図として整理した。

分析に用いたデータ数は、約 11,400 件、分析した機器類は 48 機器である。なお、分析結果より、約 11,400 件のうち、約 3,200 件が純粋な機器故障（自然劣化、保守不完全）であり、残りの約 8,200 件が自然災害（風雨、氷雪、雷等）、故意・過失、他物接触等の外的要因（以下、「外的要因」という。）であることから、機器経年故障分布図は約 3,200 件の機器故障を対象に作成した。

本検討においては、これらのデータを用い、機器別、年代別の故障件数の分析を行い、(1)～(3)のデータと併せて、総合的に高圧需要設備におけるスマート保安による監視対象機器・部位の優先順位の検討を行う。

(5) センシング技術の調査

本検討においては、センシング技術の調査を実施し、(1)～(4)の検討により得られた優先度が高いスマート保安による監視対象機器・部位に対して、目的に合致した適用可能なセン

シング技術の洗い出しを行う。

図 2.3 に(1)～(5)の機器故障及びセンシング技術検討フロー図を示す。

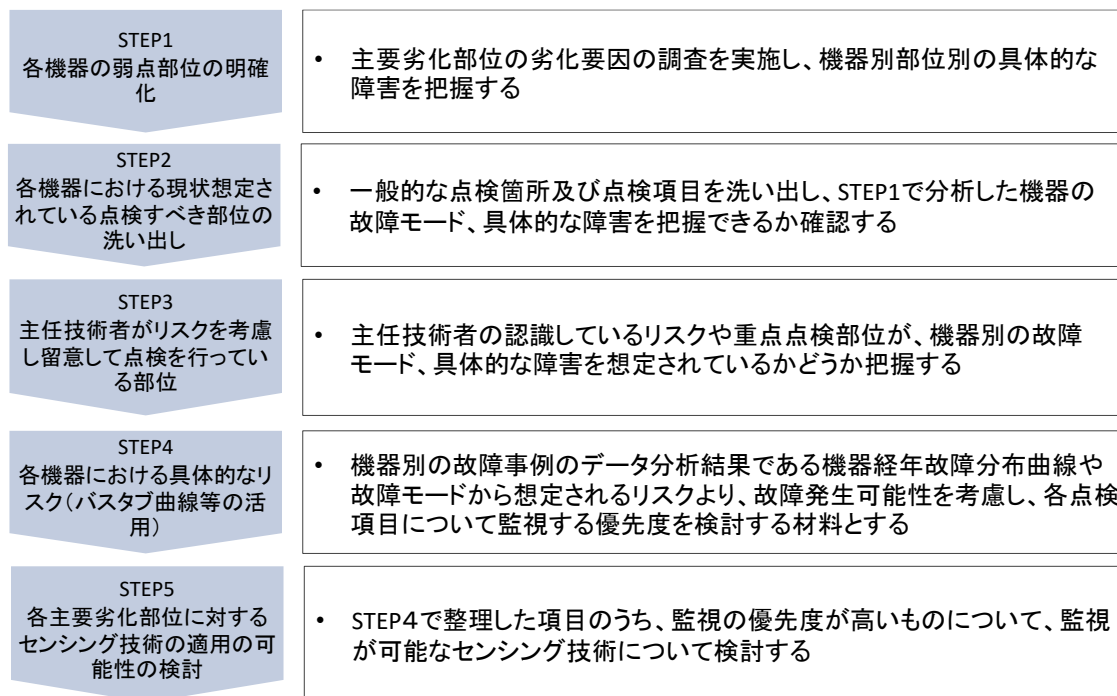


図 2.3 機器故障及びセンシング技術検討フロー図

(6) 機器別重大な事故発生予防を目的としたスマート保安の提案

(1)～(5)については、主に機器故障に着目したスマート保安におけるセンシング方法について検討を行うものである。この検討結果を活用し、最終的に、重大な事故の要因となる機器を洗い出し、機器の優先順位付けを行い、ミニмумコストでの最適なスマート保安のあり方について検討を行う。

図 2.4 に重大な事故予防を目的としたスマート保安の検討フロー図を示す。

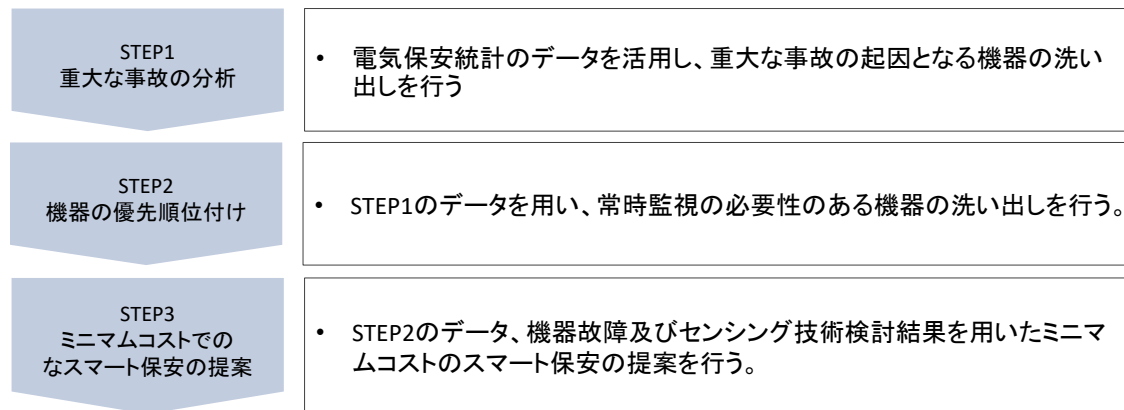


図 2.4 重大な事故予防を目的としたミニмумコストでのスマート保安の検討フロー図

2.2 機器故障及びセンシング技術の検討

2.2.1 故障・事故の起点となる弱点部位の検討（STEP1）

本項では、図 2.3 に示した STEP1（2.1.2(1)）についての検討を実施した。以下に検討対象とした機器を示す。

- ◆ 引込線路
 - 引き込み線・ケーブル（高圧母線の評価も含む）
 - 区分開閉器
- ◆ 高圧需要設備
 - 断路器
 - 負荷開閉器
 - 遮断器
 - 保護継電器
 - 高圧カットアウト
 - 変圧器
 - 進相用コンデンサ
 - 直列リアクトル
 - 避雷器

(1) 引込設備

(a) 引き込み線・ケーブル（高圧母線も含む）

(i) 劣化要因と更新推奨時期

電線、ケーブルの劣化要因としては、以下の項目⁴⁾が挙げられている。また、日本電線工業会が示す更新推奨時期においては、水の影響がある場合と水の影響がない場合とで整理されており、ケーブル内部への浸水の影響が代表的な劣化要因の1つであることが示唆されている。

- ① 電氣的要因（過電圧や過電流等）
- ② 電線ケーブルの内部への浸水（結果的に物理的／電氣的劣化を起こす）
- ③ 機械的要因（衝撃、圧縮、屈曲、捻回、引張、振動、等）
- ④ 熱的要因（低温、高温による物性低下）
- ⑤ 化学的要因（油、薬品による物性低下）
- ⑥ 紫外線、オゾンや塩分付着（物性低下）
- ⑦ 鼠や白蟻による食害
- ⑧ かび等の微生物等による劣化
- ⑨ 施行不良（端末及び接続処理、接地処理、外傷、等）

また、機器としての更新推奨時期の例⁵⁾として、水の影響がある場合は15年、水の影響がない場合は、20～30年が示されている。

(ii) 弱点部位の調査

ケーブルの弱点部位としては、令和5年12月1日付けで経済産業省電力安全課が注意喚起を行った、「「更新推奨時期に満たない高圧ケーブルにおける水トリ現象に係る注意喚起」に関する補足的周知」⁶⁾に示すように、E・Tタイプのケーブルにおいて、更新推奨時期に満たない期間で水トリ現象が発生することが散見され、絶縁破壊に至る可能性があることが示唆されている。

本検討においても、メーカー等へのヒアリング結果より、②の電線ケーブル内部への浸水による水トリが代表的な劣化要因であると考え、監視技術について調査を実施した。

ケーブルにおいては、一般的に外観での劣化の把握が困難であり、また主任技術者へのヒアリングにおいても、年次点検において絶縁抵抗測定を実施し、十分な絶縁抵抗を有することを確認した直後に、絶縁破壊が生じる事例もあり、監視が困難な機器であるとのコメント

⁴ 出所：「電線・ケーブルの耐用年数について」（日本電線工業会）
(<https://www.jcma2.jp/files/gijutsu/Shiryo/107.pdf>)

⁵ 出所：「自家用電気工作物保安管理規定（JEAC8021-2023）」（一般社団法人日本電気協会）

⁶ 出所：経済産業省 HP
(https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2023/12/20231201.pdf)

を得た。また、ケーブルに対する監視技術としては、年次で実施する停電点検（1年に1回又は3年に1回）における絶縁抵抗測定が一般的であり、遠隔等でケーブルの絶縁破壊を検知する技術については、各メーカーが絶縁監視装置の実証、研究段階にある（絶縁監視装置については、表 2.82 参照）。

一方で、ケーブルにおける水トリリーについては、「更新推奨時期に満たない高圧ケーブルにおける水トリリー現象に係る注意喚起」に関する補足的周知において、一般的な高圧需要設備において用いられている比較的安価な E-T タイプのケーブルではなく、水トリリー対応が実施されている E-E タイプを用いることにより、一定の故障や劣化を抑制することが示されている。従って、水トリリーへの対応として、監視技術以外の方法として、ケーブルの導入コストとして 10%程度のコスト増となるが、E-E ケーブルを適用する方法が考えられる。

表 2.2 に E-E タイプと E-T タイプの特徴を示す。

表 2.2 E-E タイプと E-T タイプの特徴⁶⁾

	E-E タイプ	E-T タイプ
構造概略		
外部半導電層の剥ぎ取り	専用工具等が必要	容易
単価	E-T タイプに対し約 1.11 倍	E-E タイプに対し安価
耐水トリリー性	高い	敷設環境と品質に関する説明に留意

※近畿地域の 6.6kV CVT38sq における単価を比較（一般財団法人建設物価調査会「月刊 建設物価」2021 年 6 月号による）

E-E ケーブルの適用性について、メーカー、一般送配電事業者より以下の情報を得た。

- ◆ E-E タイプのケーブルは、1980 年代より一般送配電事業者、鉄道事業者に活用されている水トリリーに対応した確立された技術である。
- ◆ 日本電線工業会の資料においては、E-T タイプと E-E タイプでの更新推奨時期を同等としているが、一部のメーカーにおいては、E-E タイプの場合は、水の影響の有無にかかわらず目安の耐久性を 20～30 年としており、水トリリーに特化した技術である。
- ◆ E-E ケーブルを活用する一般送配電事業者からは、E-E ケーブルでは故障の実績は水トリリーも含め少ないとの情報を得た。また、一般送配電事業者の目視点検は、数年に 1 回程度（各社によって異なる）であり、点検回数は少ないが、故障が少ないといった状況であることが確認できた。ただし、目視点検で劣化状況を判断し、計画的な

更新を実施しているとのことであった。

- ◆ なお、日本電線工業会の特別高圧を対象としたケーブル（メーカーからの情報では、大半が E・E ケーブルのデータに基づくものとのことである）の更新推奨時期は、水の影響がある場合で 20～25 年、水の影響がない場合で 30 年⁷⁾とされており、一定の水の影響があるものと推察される。
- ◆ また、その他の経年劣化に対する情報としては、主任技術者の指摘により、シュリンクバック（日射等によりシース端部が露出し水がケーブルに浸水する等の現象）の故障が多いとの情報がある。一方、メーカーからの情報では、シュリンクバックの要因としては、シュリンクバックは日射の影響や温度差による収縮の影響で生じやすく、また張力が生じるような場合にも樹脂が垂れ下がることに起因することが想定されるため、自然劣化ではなく、施工上の問題が大きいとのことである。

(b) 区分開閉器

(i) 劣化要因と更新推奨時期

区分開閉器は、JEMA 調査報告書においては、高圧交流負荷開閉器が該当する。高圧交流負荷開閉器の劣化要因と障害現象について表 2.3 に示す。

表 2.3 に示すように、区分開閉器の弱点部位としては、期待寿命が 10 年である外箱、10～15 年であるパッキン、制御装置が挙げられる。また、機器としての更新推奨時期の例⁵⁾として、10～15 年又は規定開閉回数が示されている。

表 2.3 高圧交流負荷開閉器の劣化要因と障害現象³⁾

○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 se 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

⁷⁾ 出所：日本電線工業会 HP（https://www.jcma2.jp/files/documents/22_33cvcable.pdf）

○機械的要因

部位	期待寿命	要因
外 箱	15 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		

(ii) 弱点部位の調査

表 2.3 に示すように、既往資料における弱点部位としては、外箱、パッキン、制御装置が 15 年未満で劣化が生じることが示されている。

メーカーへのヒアリングにより、以下の情報を得ることができた。

- ◆ 外箱については、従来は鉄製であり腐食が生じる事例が見られたが、2000 年以降よりステンレス製に代わり、近年では腐食が見られることは減少している。
 - また、外箱に腐食が生じた場合においても、技術革新が進み、内部浸水による地絡に至らない事例も確認されつつある。
- ◆ パッキンについても最新の技術により、15 年程度の耐久性が得られつつあるが、機器故障の要因となる例が見られる。
- ◆ また、本体内部においては、絶縁支持物の劣化が比較的早い可能性があり、部分放電が生じる可能性がある。一方で、キュービクル内部と異なり、区分開閉器内の部分放電の検知については、技術が確立していないものと思われる。
- ◆ 制御装置においては、電解コンデンサの寿命が 10 年程度と短く、センサー等で監視を行うことが困難である。このため、必要に応じ、更新する必要がある。

(2) 高圧需要設備

(a) 断路器

(i) 劣化要因

表 2.4 に断路器の劣化要因と障害現象を示す。

断路器については、操作制御部ではヒューズが 6～12 年と期待寿命が短く、次いで制御継電器が 10 年である。ただし、これらの機器については、交換が可能である。なお、「自家用電気工作物保安管理規程（JEAC8021-2023）」（日本電気協会）（以下、「JEAC8021」という。）においては、断路器の更新推奨時期は例示されていなかった。

表 2.4 断路器の劣化要因と障害現象³⁾

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				
絶縁部		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		電流通電経年	劣化、溶断	開閉不能		
	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)	非	
	配 線	環 境 経 年	劣化、腐食	絶縁低下・断線	20		
	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バッキン類は製造者の基準に基づいた定期的
		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				

	動作部						な交換が必要
--	-----	--	--	--	--	--	--------

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事。
3) 期待寿命の（ ）は、製造者の資料を参考にする事。

(ii) 弱点部位の調査

表 2.4 に示すように、既往資料における弱点部位としては、ヒューズ、制御装置が 12 年未満で劣化が生じることが示されているが、高圧需要設備の遮断器の上流側に設置される断路器では手動操作で制御装置がない機器が大半であることから、操作装置制御部が設置されていない機器を想定する。

メーカーへのヒアリングにより、以下の情報を得ることができた。

- ◆ 期待寿命 20 年の部位においては、一般的に絶縁物の絶縁破壊が挙げられる。絶縁物については、年次点検等の清掃により解決する場合もあるが、20 年を経過すると劣化が進行する。

(b) 負荷開閉器

(i) 劣化要因と更新推奨時期

負荷開閉器は JEMA 調査報告書においては、区分開閉器と同様、高圧交流負荷開閉器が該当する。負荷開閉器の劣化要因と障害現象について表 2.5 に示す。

屋内に設置する負荷開閉器は屋外と異なり、箱の内部に設置されるのではなく、キュービクル内に、開放された状態で設置される。そのため、外箱、パッキンは存在しないが、キュービクル内の環境（温度、湿度、粉塵等）の影響を受けることになる。また、機器としての更新推奨時期の例⁵⁾として、15～20 年又は規定開閉回数が示されている。

表 2.5 負荷開閉器の劣化要因と障害現象³⁾

○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

○機械的・環境的要因

部位	期待寿命	要因
外 箱	15 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		

(ii) 弱点部位の調査

表 2.5 に示すように、屋外においては、外箱及びパッキンが弱点部位となるが、屋内においては、制御装置の期待寿命 10～15 年と短く、区分開閉器と同様、制御装置の電解コンデンサの寿命が短いと推察される。

負荷開閉器の弱点部位について、メーカーへのヒアリングにより、以下の情報を得ることができた。

- ◆ 負荷開閉器では、最も寿命が短い部位はヒューズであり、期待寿命が 10 年程度（表 2.4 では 6～12 年と記載があるが、あくまで環境によって異なるため、このような記載となっているとのことである。メーカーからの情報により、一般には 10 年程度ではないかとのコメントがあったため、ここでは一律 10 年程度と記載する。）と言われている。ヒューズが劣化した場合には、溶断や破断による LBS の誤作動が生じる。
- ◆ ヒューズについては、監視する技術は現状なく、適切な時期に更新する必要がある。
- ◆ 非交換部位としては、温度、湿度や粉塵等の環境にもよるが、更新推奨時期を過ぎた場合には、絶縁支持物の劣化が進行するとの情報を得た。
- ◆ 制御装置では、電子基板の電解コンデンサの寿命が 10 年程度と短く、熱により劣化する機器であり、劣化した場合には、容量抜けが生じ、作動不良が生じる。
- ◆ 従って、通常は適切な時期に更新することが必要である。

(c) 遮断器

(i) 劣化要因と更新推奨時期

表 2.6 に遮断器の劣化要因と障害現象を示す。

遮断器については、操作制御部ではコンデンサが 6 年、ヒューズ、制御リレーコンダクタ、補助スイッチの期待寿命が 12 年とされており、これらの部品については交換可能とされている。これら以外についての遮断器部分、操作機構については期待寿命が 20 年である。また、機器としての更新推奨時期の例³⁾として、20～25 年が示されている。

表 2.6 遮断器の劣化要因と障害現象³⁾

部位			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	真空バルブ	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						
		SF ₆ ガス	GCB	環境	ガス漏れ	耐電圧低下→遮断性能低下	20	修 (非)		電流開閉回数によって点検する
		接点		(電流開閉)	アークにより劣化物生成	摺動部に付着して開閉動作性能低下				
	ノズル				ガス噴出口消耗	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・グリースの変質	接触不良→オーバーヒート	20	非	一年毎の清掃及びグリース塗布が必要		
	導体接触部	全機種		(開閉振動)					ゆるみ	
	ブッシングがい管がいし	全機種	環境	汚損・飛来物による損傷	絶縁低下	20	非			
				セメンチング部破損	漏気・漏ガス・支持機能低下					
	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)	一年毎のグリース塗布注油が必要		
			環境	塵埃の付着・発錆						
			経年	グリースの変質・固化・変形・破損						
	締付部	(開閉振動)	ゆるみによる整定値・位置の狂い	開閉不具合						
	その他動作部	(開閉動作)	摩耗・変形・破損							
操作制御部分	コイルモーター	全機種	環境	吸湿・腐食	絶縁低下・断線	(20)	非 (修)			
	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・熔断	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)	非 (修)			
	配線		経年	劣化	絶縁低下	(20)				
			(開閉振動)	断線	開閉不能					
	配線接続部			締付部のゆるみ	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賃料を参考にする事。
- 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。

(ii) 弱点部位と点検項目

表 2.6 に示すように、既往資料における弱点部位としては、操作制御部ではコンデンサ（期待寿命 6 年）、ヒューズ、制御リレーコンダクタ、補助スイッチ（それぞれ期待寿命 12 年）が挙げられる。

メーカーへのヒアリングにより、以下の情報を得ることができた。

- ◆ 遮断器は、経年劣化による絶縁物の絶縁破壊が主な劣化要因であり、更新推奨時期を超えると顕著に表れる。
- ◆ 操作機構部においては、定期的なメンテナンスを行わない場合には、グリースが固化して、作動時に固着することにより、作動しない可能性がある。また、遮断器の故障の 7～8 割はグリースの固化に起因するものとの意見もあった。
- ◆ グリースの寿命は 3 年程度であるが、最近では 6 年対応のグリースも普及しつつある。
- ◆ 遮断器の操作制御部では、電解コンデンサ及びヒューズの寿命が 10 年程度と短く、通常は適切な時期に更新する必要がある。
- ◆ 操作制御部の電解コンデンサは温度により劣化する機器であり、劣化した場合には、容量抜けが生じ、作動不良が生じる。
- ◆ 制御操作部のヒューズは、劣化した場合には、溶断や破断が生じ、作動不良が生じる。

(d) 計器用変成器

(i) 劣化要因

表 2.7 に計器用変成器の劣化要因と障害現象を示す。

計器用変成器（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り、絶縁異常（放電、ボイド、亀裂など）が生じた場合には、全く回復性がなく、劣化が進行するといわれている。なお、JEAC8021 においては、計器用変成器の更新推奨時期は例示されていなかった。

表 2.7 計器用変成器の劣化要因障害現象³⁾

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

(ii) 弱点部位の調査

表 2.7 に示すように、既往資料には構成部品の期待寿命が明示されていないが、ヒューズ等、期待寿命が短い部品が弱点部位として想定される。

メーカーへのヒアリングにより、以下の情報を得ることができた。

- ◆ ヒューズが 10 年と期待寿命が短く、溶断当が生じた場合、センサー等で監視を行うことが困難であり、必要に応じ更新する必要がある。
- ◆ VT ではモールド内部においてボイドの発生による部分放電が発生し、絶縁破壊に至る可能性がある。

(e) 保護継電器

(i) 劣化要因と更新推奨時期

表 2.8 に保護継電器の劣化要因と障害現象、表 2.9 に各部品の寿命の目安を示す。

保護継電器については、動作待機状態の機器であり、機械的摩耗による劣化は少ない機器と言われている。なお、表 2.8 や表 2.9 に示す内容については、機械式の保護継電器の情報が含まれているが、現在では電子式の保護継電器が大半を占めるという情報があり、留意する必要がある。また、機器としての更新推奨時期の例⁵⁾として、10～15 年が示されている。

表 2.8 保護継電器の劣化要因障害現象³⁾

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
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

表 2.9 各部品の寿命の目安³⁾

部品		寿命の目安	劣化原因	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			

部品		寿命の目安	劣化原因	備考
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			

(ii) 弱点部位の調査

表 2.8 に示すように、既往資料における弱点部位としては、特に明示されていないが、コンデンサに使用されているタンタル、プラスチック、セラミック等について、10℃温度が上昇すると劣化が 2 倍になる、いわゆる 10℃半減則により、熱が高い場合には寿命が短くなる傾向にあるものと思われる。

また、保護継電器については、故障した場合に作動しないという問題があり、作動すべき時に作動しない故障が生じた場合には、波及事故に繋がる可能性があり、定期的な更新や、自己診断機能付きの保護継電器を用いることが推奨される。

(f) 高圧カットアウト

(i) 劣化要因

高圧カットアウトは JEMA 調査報告書において該当する機器がなく、類似する機器として、高圧交流負荷開閉器が該当し、劣化要因と障害現象について表 2.10 に示す。なお、JEAC8021 においては、高圧カットアウトの更新推奨時期は例示されていなかった。

表 2.10 高圧カットアウトの劣化要因と障害現象³⁾

○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

○機械的要因

部位	期待寿命	要因
外 箱	15 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		

(ii) 弱点部位の調査

高圧カットアウトについては、内部に組み込むヒューズにて短絡及び過負荷の保護を行うが、ヒューズの期待寿命が 10 年程度であることから、ヒューズが弱点部位といえる。また、本体の絶縁支持物は、陶器性であり、絶縁耐力が高いといわれている。

(g) 変圧器

(i) 劣化要因と更新推奨時期

表 2.11 に変圧器の劣化要因と推定要因を示す。

変圧器については、絶縁劣化のパターンとして、内部構造に対して熱による劣化、電界による劣化、トラック・剥離が示されており、外部構造に対しては、トラッキングが示されている。表 2.11 については、主にモールド型の変圧器の劣化要因であることに留意する必要がある。また、機器としての更新推奨時期の例⁵⁾として、20～25 年が示されている。

表 2.11 変圧器の劣化要因と推定要因³⁾

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・塩分・じんあいなどによる汚損、電界

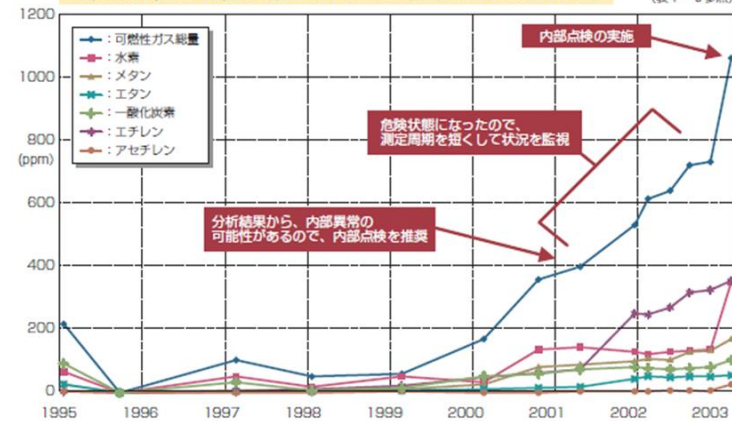
(ii) 弱点部位と点検項目

変圧器の弱点部位について、メーカーへのヒアリングにより、以下の情報を得ることができた。

- ◆ 油入変圧器の内部については、絶縁紙の劣化、油の劣化に伴い、部分放電が生じガスが発生する（図 2.5 参照）。そのため、ガスの発生及びガスの成分を監視することにより、変圧器の劣化の兆候を把握することは可能である。絶縁紙の劣化、油の劣化については、過負荷による油の温度上昇と相関あるが、温度測定のみでは、部分放電の発生の有無については監視が困難である。
- ◆ モールド変圧器については、ボイドによる劣化が生じ、部分放電が発生する可能性がある。
- ◆ また、変圧器の外側の絶縁部では、温度、湿度、粉塵等により絶縁劣化が生じるが、適切なメンテナンス（清掃）により絶縁劣化の防止が可能であるが、長期間の使用により劣化が生じる。
- ◆ 上記以外に、故障データの分析結果より、過負荷が原因で故障に至る可能性も示されている。

◆油入変圧器の事故未然防止事例

油中ガス分析結果の可燃性ガス発生量のトレンドから変圧器の内部異常を見つけた事例 (表1～3参照)



(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

* 2 高温時発生

(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 ≧ 700ppm C ₂ H ₄ ≧ 100ppm かつ TCG 増加 ≧ 70ppm/月

* 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54巻 第5号(その1) 平成11年2月)

(表3) ガスの種類

H₂: 水素
CH₄: メタン
C₂H₂: アセチレン
C₂H₄: エチレン
C₂H₆: エタン
CO: 一酸化炭素
CO₂: 二酸化炭素
TCG: 可燃性ガス総量

図 2.5 油入り変圧器の事故未然防止事例⁸⁾

⁸ 出所: 「受変電設備の診断はお済みですか」(一般社団法人日本電気工業会)

(h) 進相用コンデンサ

(i) 劣化要因と更新推奨時期

表 2.12 に進相用コンデンサの劣化要因を示す。

進相用コンデンサも変圧器と同様、内部構造と外部構造に分かれており、内部構造では絶縁紙等の劣化等、外部構造については、がい管の劣化、ガスケットの劣化が示されている。

なお、進相用コンデンサは、直列リアクトルや避雷器と同様、非修理系の機器である。

また、機器としての更新推奨時期の例⁵⁾として、15 年が示されている。

表 2.12 進相用コンデンサの劣化要因と推定要因³⁾

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	・熱劣化 ・過電圧劣化 ・部分放電	絶縁物の熱分解 → 部分放電 容量変化 損失増大 油中ガス発生 → 絶縁耐力低下	・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	・経年劣化	弾性低下 → 変形、亀裂 → 漏油 吸湿	・漏油の有無
	外箱	鋼板・形銅	・発錆	腐食 → 孔食 → 漏油 吸湿	・発錆有無・程度
ブッシング	がい管	磁器	・汚損	クラック → 漏油 吸湿 汚損 → 絶縁耐力低下	・汚損の有無
	ガスケット	合成ゴム	・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	・漏油の有無
	端子	銅・銅合金	・酸化・腐食による劣化	接触不良 → 過熱	・外観上の異常の有無及びゆるみの有無

(ii) 弱点部位の調査

進相用コンデンサに対しては、一般的に温度上昇警報、形状変異警報機能が設けられており、問題がある場合には、製造元に問い合わせるのが一般的である。また、JEMA 調査報告書では、特に内部構造については、明確な弱点部位が示されていない。

一方、進相用コンデンサの弱点部位について、メーカーへのヒアリングにより、以下の情報を得ることができた。

- ◆ 進相用コンデンサの内部については、ポリプロピレンが用いられており、ポリプロピレンが熱により劣化することである。熱による劣化が生じた場合、部分放電が生じガスが発生し、ガス圧により筐体がふくらむ。
- ◆ 一般に、進相コンデンサの内部ガスの監視・分析は困難である。そのため、最近の機種においては、ふくらみセンサーやガス圧異常検知機能が備わっている機器が販売されており、異常が生じた場合に警報を発する機能がある。
- ◆ また、最近の機種においては、温度センサーが備わっている機器が販売されており、温度に異常がある場合には、警報を発する機能がある。
- ◆ また、進相用コンデンサの外側のがい管部では、変圧器同様、温度、湿度、粉塵等により絶縁劣化が生じるが、適切なメンテナンス（清掃）により絶縁劣化の防止が可能である。

(i) 劣化要因と更新推奨時期

直列リアクトルも変圧器、進相用コンデンサと同様、内部構造と外部構造に分かれており、内部構造では絶縁紙等の劣化等、外部構造については、がい管の劣化、ガスケットの劣化が示されている。

また、機器としての更新推奨時期の例⁵⁾として、15年が示されている。

表 2.13 直列リアクトルの劣化要因³⁾

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	絶縁物熱分解 → 機械的強度低下 → 絶縁破壊 振動動作 可燃性ガス発生	・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、絶縁材料				
	絶縁油	電気絶縁油		・熱劣化 ・部分放電劣化 ・吸湿	絶縁耐力低下 → 部分放電発生 → 可燃性ガス発生 → 絶縁破壊	・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	ガスケット	ゴム入りコルク ニトリルゴム	・経年劣化	弾性低下→変形亀裂→漏油	・漏油の有無 ・亀裂の有無 ・油面低下
		防振接手				
	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
	プッシング	がい管	磁器	・汚損	絶縁性能の低下	・汚損状況
ガスケット		シリコンゴム ニトリルゴム	・経年劣化	弾性低下→変形亀裂→漏油	・漏油の有無 ・亀裂の有無 ・油面低下	
付属機器	放熱線	プレート		・発錆 ・目づまり	発錆→亀裂→漏油 油温上昇	・漏油の有無 ・汚損状況 ・油湿
	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	接触不良 → 誤動作 結露 → 絶縁不良 → 誤指示	・発錆

(ii) 弱点部位と点検項目

直列リアクトルに対しても、一般的に温度上昇警報機能が設けられており、問題がある場合には、製造元に問い合わせるのが一般的である。

一方、直列リアクトルの弱点部位について、メーカーへのヒアリングにより、以下の情報を得ることができた。

- ◆ 直列リアクトルの内部については、絶縁紙が用いられており、絶縁紙の劣化や油の劣化に伴い、部分放電が生じガスが発生する。なお、進相用コンデンサの場合には、ガスが発生することにより筐体のふくらみが生じることが指摘されていたが、直列リアクトルについては、機器故障データベースにも示すように、故障件数が少なく、メーカーよりふくらみについての示唆は得られなかった。
- ◆ 一般に、直列リアクトルの内部ガスの監視・分析は困難である。
- ◆ 温度測定のみでは、部分放電の発生の有無については監視が困難であるが、最近の機種においては、温度センサーが備わっている機器が販売されている。
- ◆ また、直列リアクトルの外側の絶縁部では、変圧器同様、温度、湿度、粉塵等により絶縁劣化が生じるが、適切なメンテナンス（清掃）により絶縁劣化の防止が可能である。

(j) 避雷器

(i) 劣化要因

図 2.6 に避雷器の劣化要因を示す。

避雷器については、図 2.6 に示すように、過大な雷撃、繰り返しサージ、地震等の外部要因による故障や劣化が多い機器である。一方、自然劣化要因としては、酸化亜鉛素子の過電劣化、気密経年劣化等が示唆されている。なお、JEAC8021 においては、避雷器の更新推奨時期は例示されていなかった。

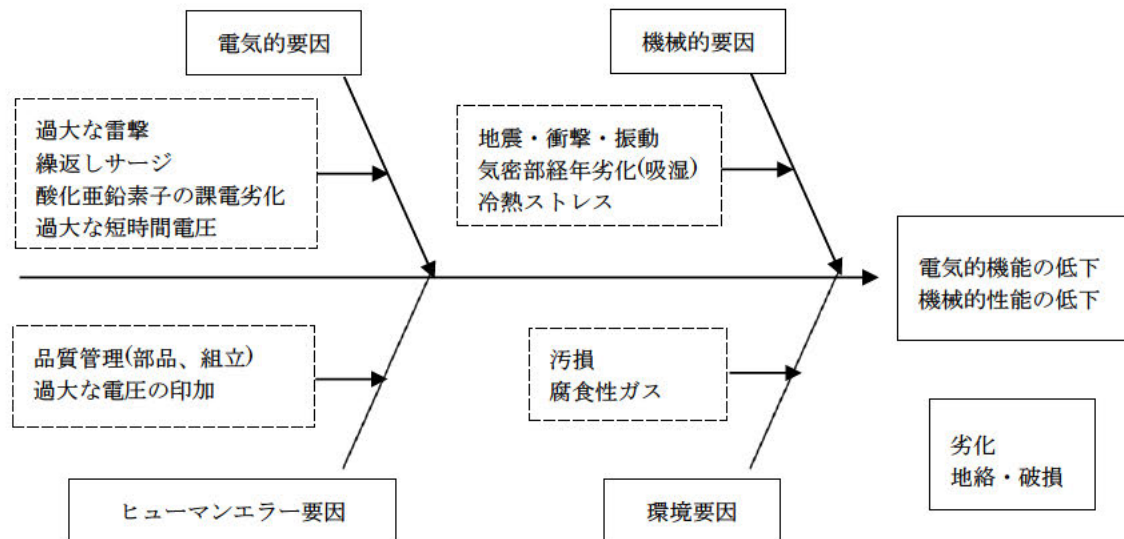


図 2.6 避雷器の劣化要因³⁾

(ii) 弱点部位の調査

避雷器の外的要因以外の劣化要因について、メーカーへのヒアリングにより、以下の情報を得ることができた。

- ◆ 避雷器が経年劣化する場合には、がい管の外部と内部に分けた場合には、一般的な環境においては、内部で生じると思われる。
- ◆ がい管内部の中での劣化要因としては、図 2.6 に明記されていないが、気密を保つためのガスケットが考えられる。ガスケットが劣化した場合には、通常では密閉されている容器内部が吸湿し、劣化に至るものと思われる。
- ◆ なお、ガスケットの期待寿命としては、区分開閉器等の屋外のパッキンの期待寿命と同等の 10～15 年と想定される。

図 2.7 に避雷器の構造を示す。

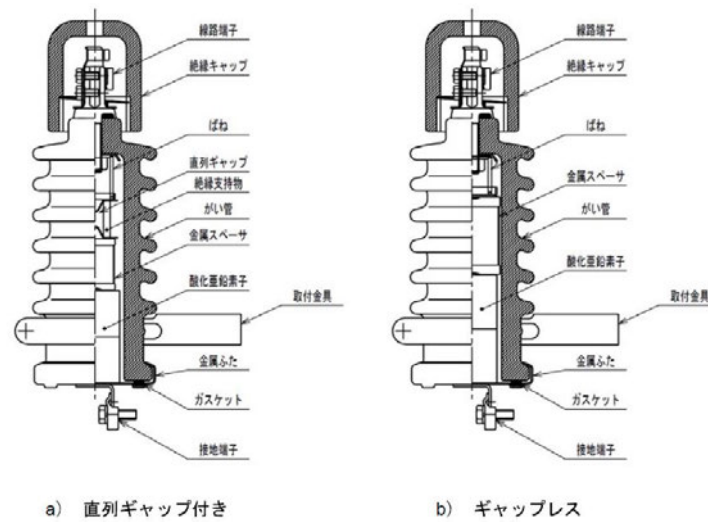


図 2.7 避雷器の構造⁹

⁹ 出所：「汎用高圧機器の保守点検のお奨め」（一般社団法人日本電機工業会）

(3) 更新推奨時期

高圧設備における機器の更新推奨時期については、「自家用電気工作物保安管理規程 JEAC8021-2023」（一般社団法人日本電気協会）では、以下の例示がある。

表 2.14 高圧設備の各機種の更新推奨時期（例）¹⁰⁾

	気中 開閉器 (PAS)	高圧CV ケーブル	高圧真空 遮断器	気中負荷 開閉器 (LBS)	変圧器	高圧進相 コンデンサ、 直列リアクトル	保護 継電器
更新 推奨値	10～15 又は 規定開閉 回数	水の影響が ある場合:15 水の影響が ない場合:20～25	20～25	15～20 又は 規定開閉 回数	20～25	15	10～15

〔備考 1〕 本表は、一つの目安として示した例であり、設備更新の判断は、それぞれの機器の使用状況、環境、保守・点検の結果等によって合理的に行うこと。

〔備考 2〕 高圧 CV ケーブルについては、水の影響により推奨時期を分けているが、浸水等の影響がある場所への布設や水トリー性の強い 3 層押出型（E-E タイプ）を使用することを推奨する。

表 2.15 各種文献における更新推奨時期（参考）¹⁰⁾

	柱上気中 開閉器 (PAS)	高圧CV ケーブル	高圧真空 遮断器	高圧気中 負荷開閉器 (LBS)	変圧器	高圧進相 コンデンサ、 直列リアクトル	その他 高圧機器
日本電機工業会更新推奨時期 「汎用高圧機器の更新推奨時期に関する調査」報告書(令和5年3月)より	屋内用:10 又は付加電流開閉回数200回 屋内用:15 又は付加電流開閉回数200回 GR付開閉器の制御装置:10	15 (電線工業会調べ)	20 又は規定開閉回数	15	20	15	10～20
日本配電盤工業会更新状況報告 「配電盤使用状況実態調査報告書」より	20	20	20	20	20	15	20

¹⁰⁾ 出所：「自家用電気工作物保安管理規程 JEAC8021-2023」（一般社団法人日本電気協会）

2.2.2 弱点部位に対する点検方法・監視方法の検討（STEP2）

本項では、図 2.3 に示した STEP2（2.1.3(2)）についての検討を実施した。なお、調査対象機器は、2.2.1 と同様、以下の機器とした。

- ◆ 引込線路
 - 引き込み線・ケーブル（高圧母線の評価も含む）
 - 区分開閉器
- ◆ 高圧需要設備
 - 断路器
 - 負荷開閉器
 - 遮断器
 - 保護継電器
 - 高圧カットアウト
 - 変圧器
 - 進相用コンデンサ
 - 直列リアクトル
 - 避雷器

(1) 引込設備

(a) 引込み線・ケーブル（高圧母線も含む）

2.2.1(1)(a)の調査結果を参考に、引込み線・ケーブル（高圧母線も含む）の弱点部位に対する点検項目を表 2.16 に整理した。なお、ケーブルの水トリーは、月次点検における外観点検での把握は困難であり、年次点検で実施する絶縁抵抗測定で把握する必要がある項目である。

表 2.16 ケーブルの弱点部位に対する点検項目¹¹⁾

部位	メーカーが示す 耐用年数 ¹²⁾	点検項目等
E-T タイプ（水の 影響がある場合）	10～15 年（水の 影 響 が あ る 場 合）	・ケーブルを直接点検することは困難である。 ・一般的には、ケーブルの点検は、年次点検で実施する絶縁抵抗測定で実施する。 ・直接点検する方法の代替として、絶縁監視装置の適用が実証、研究されている状況であり、費用対効果が得られるのであれば導入もありうる。
E-E タイプ（水の 影響がある場合）	20～30 年（水の 影 響 が あ る 場 合）	・ケーブルを直接点検することは困難である。 ・一般的には、ケーブルの点検は、年次点検で実施する絶縁抵抗測定で実施する。 ・E-T タイプと比較した場合には倍程度の耐用年数が期待される。

¹¹ E-T タイプのケーブルと E-E タイプのケーブルの両方を記載しているが、メーカーヒアリングより、高圧需要設備における E-T タイプのケーブルの普及率は 90%以上といわれている。

¹² 出所：住友 HST ケーブル社 HP
(https://www.hst-cable.co.jp/ee_movie/_pdf/C-19016A.PDF)

(b) 区分開閉器

2.2.1(1)(b)の調査結果を参考に、区分開閉器の弱点部位に対する点検項目を表 2.17 に整理した。これらの点検項目は、すべて月次点検で実施する外観点検で把握することが困難な項目である。

表 2.17 区分開閉器の弱点部位に対する点検項目

弱点部位	期待寿命	点検項目
パッキン	10～15 年	・パッキンの劣化については、劣化した場合には硬くなることが指摘されている。 ・ひずみゲージ等を活用してパッキンのひずみを観測することが可能であるが、閾値の設定が困難であり、不確実性が高い。
本体内部の絶縁支持物	15 年	・温度、湿度、粉塵等の環境条件にもよるが、経年劣化により、絶縁劣化による絶縁破壊が生じる場合がある。 ・絶縁支持物の部分放電の検知については、技術的な課題があり現実的ではない。
制御装置	10～15 年	・制御装置には、電解コンデンサが用いられており、電解コンデンサの一般的な寿命は 10 年程度である。 ・電解コンデンサの劣化の程度をセンサーにより点検することは困難である。 ・上記の点検の代替として、制御装置の電源電流値を測定し異常電流を把握する方法、リレーに B 接点とリレーを活用した壊れた際に通知をする仕組みの提案がある。 ・上記については、事故の予兆を監視する上で不確実性が高い状況である。

(2) 高圧受電

(a) 断路器

2.2.1 (2)(a)の調査結果を参考に、断路器の弱点部位に対する点検項目を表 2.18 に整理した。これらの点検項目は、すべて月次点検で実施する外観点検で把握することが困難な項目である。

表 2.18 断路器の弱点部位に対する点検項目

弱点部位	期待寿命	点検項目
絶縁部	20 年	・期待寿命が 20 年である部位としては、絶縁部が挙げられる。 ・絶縁部については、温度、湿度、粉塵等の環境にもよるが、経年劣化により絶縁破壊が生じ、地絡・短絡が生じる可能性がある。 ・これらの劣化については、部分放電を検知することにより把握が可能である。

(b) 負荷開閉器

2.2.1 (2)(b)の調査結果を参考に、負荷開閉器の弱点部位に対する点検項目を表 2.19 に整理した。これらの点検項目は、すべて月次点検で実施する外観点検で把握することが困難な項目である。

表 2.19 負荷開閉器の弱点部位に対する点検項目

弱点部位	期待寿命	点検項目
ヒューズ	10 年	・ ヒューズの寿命は 10 年程度である。 ・ ヒューズの劣化をセンサーで監視することは困難であり、適切な時期に更新により対応する必要がある。
絶縁支持物	15 年	・ 絶縁支持物については、温度、湿度、粉塵等の環境にもよるが、経年劣化により絶縁破壊が生じ、地絡・短絡が生じる可能性がある。 ・ これらの劣化については、部分放電を検知することにより把握が可能である。
制御装置	10～15 年	・ 制御装置には、電解コンデンサが用いられており、電解コンデンサの一般的な寿命は 10 年程度である。 ・ 電解コンデンサの劣化の程度をセンサーにより点検することは困難である。 ・ 上記の点検の代替として、制御装置の電源電流値を測定し異常電流を把握する方法、リレーの B 接点を活用した壊れた際に通知をする仕組みの提案がある。 ・ 上記については、事故の予兆を監視する上で不確実性が高い状況である。

(c) 遮断器

2.2.1 (2)(c)の調査結果を参考に、遮断器の弱点部位に対する点検項目を表 2.20 に整理した。これらの点検項目は、すべて月次点検で実施する外観点検で把握することが困難な項目である。

表 2.20 遮断器の弱点部位に対する点検項目

弱点部位	期待寿命	点検項目
絶縁部	20 年	・期待寿命が 20 年である部位としては、絶縁部が挙げられる。 ・絶縁部については、経年劣化により絶縁破壊が生じ、地絡・短絡が生じる可能性がある。 ・これらの劣化については、部分放電を検知することにより把握が可能である（ただし、筐体内部の絶縁劣化については、部分放電センサーによる検知は困難である）。
操作機構	20 年	・操作機構については、定期的なメンテナンスが行われた場合にはグリースが固化することがないが、未保守であれば固化し動作しない場合がある。 ・これらの状況についてもセンサーにより点検するが困難であり、定期的なメンテナンスが必要である。
操作制御部	10 年	・操作制御部ではヒューズの期待寿命が短い。 ・また電子部品には、電解コンデンサが用いられており、電解コンデンサの寿命も 10 年程度である。 ・これらの劣化の程度をセンサーにより点検することは困難である。 ・これらの部品については、適切な時期に更新により対応する必要がある。

(d) 計器用変成器

2.2.1 (2)(d)の調査結果を参考に、計器用変成器の弱点部位に対する点検項目を表 2.21 に整理した。これらの点検項目は、すべて月次点検で実施する外観点検で把握することが困難な項目である。

表 2.21 計器用変成器の弱点部位に対する点検項目

弱点部位	期待寿命	点検項目
ヒューズ	10 年程度	・計器用変成器には、ヒューズが用いられており、一般的な寿命は 10 年程度である。 ・ヒューズの劣化の程度をセンサーにより点検することは困難であり、適切な時期に更新する必要がある。
モールド内部	15 年	・モールド内部にボイドが発生し、部分放電が生じる場合がある。 ・部分放電については、部分放電センサーにより検知する可能性がある。

(e) 保護継電器

2.2.1 (2)(e)の調査結果を参考に、保護継電器の弱点部位に対する点検項目を表 2.22 に整理した。これらの点検項目は、月次点検で実施する外観点検で把握することが困難な項目である。

表 2.22 保護継電器の弱点部位に対する点検項目

弱点部位	期待寿命	点検項目
コンデンサ	10～15 年	・制御装置には、コンデンサ（タンタル、プラスチック、セラミック）が適用されており、10℃半減則により、熱が高い場合には寿命が短くなる傾向がある。 ・コンデンサの劣化の程度をセンサーにより点検することは困難である。

(f) 高圧カットアウト

2.2.1 (2)(f)の調査結果を参考に、高圧カットアウトの弱点部位に対する点検項目を表 2.23 に整理した。これらの点検項目は、すべて月次点検で実施する外観点検で把握することが困難な項目である。

表 2.23 高圧カットアウトの弱点部位に対する点検項目

弱点部位	期待寿命	点検項目
ヒューズ	10 年	・ヒューズの寿命は 10 年程度である。 ・ヒューズの劣化をセンサーで監視することは困難である。 ・そのため、適切な更新が必要になる。
絶縁支持物	15 年	・絶縁破壊の監視については、絶縁監視装置による監視が可能である可能性があるが、高圧カットアウトの本体の絶縁支持物は、陶器製であり、絶縁性が高いといわれており、点検の必要性はないと判断。

※エナジーサポート社カタログを参照

(g) 変圧器

2.2.1 (2)0 の調査結果を参考に、変圧器の弱点部位に対する点検項目を表 2.24 に整理した。これらの点検項目は、すべて月次点検で実施する外観点検で把握することが困難な項目である。

表 2.24 変圧器の弱点部位に対する点検項目

弱点部位	期待寿命	点検項目
油入変圧器内部における熱による劣化、電界による劣化	20 年	・油入変圧器の内部の絶縁紙の劣化、油の劣化に伴い、部分放電が生じ、ガスが発生する。 ・水素ガスの発生を監視することにより、変圧器の劣化の兆候を把握することが可能である。 ・一般的に温度測定が実施されているが、こちらでは変圧器の負荷や油の温度の把握のみで、部分放電の発生については検出ができない。
モールド変圧器におけるボイドの発生	20 年	・ボールド変圧器の内部にボイドが発生した場合、部分放電が発生する。 ・部分放電については、変圧器付近に部分放電センサーがある場合には、検知が可能である。
変圧器外側の絶縁部	20 年	・変圧器の外側の絶縁部では、温度、湿度、粉塵等の汚染により絶縁劣化が生じる。 ・絶縁劣化については、他の機器と同様、部分放電センサーにて検出が可能である。 ・一方、温度、湿度、粉塵等が要因であれば、適切なメンテナンス（清掃）により絶縁劣化の防止が可能である。
その他	—	・変圧器は過負荷による故障が多いことから、電流測定により負荷を確認することが望まれる。

(h) 進相用コンデンサ

2.2.1 (2)(h)の調査結果を参考に、進相用コンデンサの弱点部位に対する点検項目を表 2.25 に整理した。これらの点検項目は、筐体のふくらみを除き月次点検で実施する外観点検で把握することが困難な項目である。

表 2.25 進相用コンデンサの弱点部位に対する点検項目

弱点部位	期待寿命	弱点項目と点検項目
内部のポリプロピレン	15 年	・進相用コンデンサの内部のポリプロピレンの劣化に伴い、部分放電が生じ、ガスが発生し、機能低下が起き、損失率が徐々に高くなる。 ・ガスの発生を監視することにより、進相用コンデンサ内部の劣化の兆候を把握することが理論的に可能であるが、機器の構造により検出が不可能である。 ・最近では、部分放電が発生した場合には、容器全体がふくらむことから、ふくらみ検知センサーやガス圧検知センサーが設けられている機種が登場している。同様のセンサーが設けられていない機種においては、ひずみゲージにより傾向は把握可能であるが、閾値の設定が困難であり、不確実性が高い。 ・温度測定により異常温度が発生しないことを検知することは可能であるが、温度測定のみでガスの発生を把握することは困難である。
進相用コンデンサの外側の絶縁部	15 年	・進相用コンデンサの外側の絶縁部では、温度、湿度、粉塵等の汚染により絶縁劣化が生じる。 ・絶縁劣化については、他の機器と同様、部分放電センサーにて検出が可能である。 ・一方、温度、湿度、粉塵が要因であれば、適切なメンテナンスによる対応が可能である。

(i) 直列リアクトル

2.2.1 (2)(i)の調査結果を参考に、直列リアクトルの弱点部位に対する点検項目を表 2.26 に整理した。これらの点検項目は、すべて月次点検で実施する外観点検で把握することが困難な項目である。

表 2.26 直列リアクトルの弱点部位に対する点検項目

弱点部位	期待寿命	弱点項目と点検項目
絶縁紙	15 年	・直列リアクトルの内部の絶縁紙の劣化に伴い、部分放電が生じ、ガスが発生し、機能低下が起きる。 ・ガスの発生を監視することにより、直列リアクトルの内部の劣化の兆候を把握することが理論的に可能であるが、その構造により検出が不可能である。 ・温度測定により異常温度が発生しないことを検知することは可能であるが、温度測定のみでガスの発生を把握することは困難である。
直列リアクトルの外側の絶縁部	15 年	・直列リアクトルの外側の絶縁部では、温度、湿度、粉塵等の汚染により絶縁劣化が生じる。 ・絶縁劣化については、他の機器と同様、部分放電センサーにて検出が可能である。 ・一方、温度、湿度、粉塵等が要因であれば、適切なメンテナンスによる対応が可能である。

(j) 避雷器

2.2.1 (2)(j)の調査結果を参考に、避雷器の弱点部位に対する点検項目を表 2.27 に整理した。これらの点検項目は、月次点検で実施する外観点検で把握することが困難な項目である。

表 2.27 避雷器の弱点部位に対する点検項目

弱点部位	期待寿命	弱点項目と点検項目
ガスケット	10～15 年	・ガスケットが劣化した場合には、通常では密閉されている容器内部が吸湿し、劣化に至るものと想定される。 ・ガスケットの劣化については、ひずみゲージ等を活用してパッキンのひずみを観測することが可能である。 ・一方、ガスケットのひずみに対しての閾値の設定については困難であると思われ、不確実性が高い。

2.2.3 主任技術者がリスクを考慮して留意して点検を行っている部位の整理（STEP3）

本項では、主任技術者へのヒアリングを通じ、月次点検での外部委託における点検項目・内容を整理した。本情報は、図 2.3 に示す STEP3（2.1.2(3)）に該当する。

なお、調査対象機器は、以下の機器とした。

- ◆ 引込線路
 - 引き込み線・ケーブル（高圧母線の評価も含む）
 - 区分開閉器
- ◆ 高圧需要設備
 - 断路器
 - 負荷開閉器
 - 遮断器
 - 計器用変成器
 - 高圧カットアウト
 - 変圧器
 - 進相用コンデンサ
 - 直列リアクトル
 - 避雷器

本検討では、外部委託の主任技術者が月次点検で実施している点検項目等についてヒアリング調査を行い、整理した。情報収集を行った項目を以下に示す。

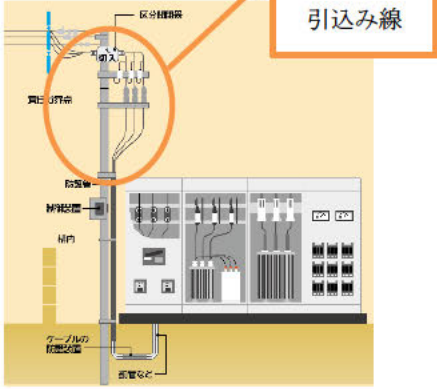
- ◆ 点検項目
- ◆ 具体的な点検内容・点検方法・異常の判断基準
- ◆ 点検に使用する測定機器
- ◆ 異常状況の確認事例

(1) 引込設備

(a) 引込み線・ケーブル（高圧母線を含む）

表 2.28 に外部委託の主任技術者の引込線路の点検概要を示す。

表 2.28 引込線路の点検概要¹³

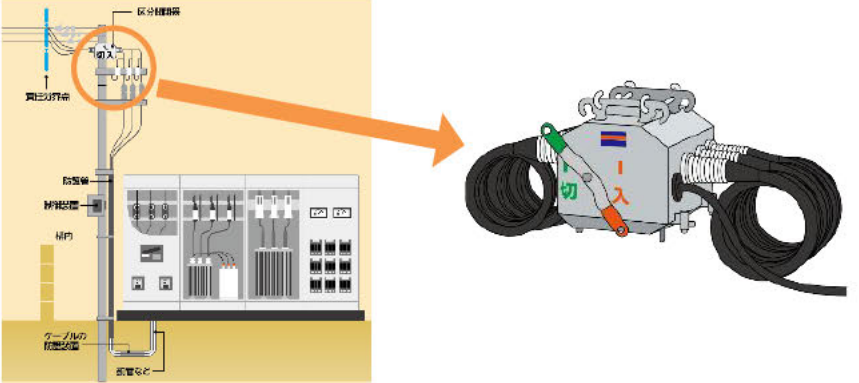
概要図	
点検項目	外観点検、稀であるが超音波測定を実施する場合あり
具体的な点検内容・点検方法・異常の判断基準	・引込線路の外観点検ではケーブルの異常（ケーブルのたるみ・破損、障害物の有無等）、外的要因の有無（樹木やカラスの営巣の有無）を確認し、そういった状況が発見されれば異常と判断する。 ・本体にたるみがある場合には、シュリンクバック（高圧ケーブル内部が露出すること）が生じ、露出部から雨水や湿気が侵入することで絶縁破壊が生じる可能性がある。 ・引込線路に濡れた樹木との接触、金属を含むカラスの営巣等の障害物との接触が生じた場合には、地絡事故が生じる可能性がある。 ・稀ではあるが、異音測定では、超音波式放電探知機を活用し、ケーブル端末部、がいしからの異音の有無を確認（3～4カ月に1回程度）し、異音があるかどうかで異常を判断することもある。 ・超音波測定を実施している例（3～4カ月に1回程度）では、接続部のボルトのゆるみがあるかどうかを、サージ音の有無により判断する。 ・サージ音が確認された場合には、トラッキング（想定外の箇所に微小電流の流れが生じる）が生じ、発火、火災に至る可能性は否定できない。
点検に使用する測定器	・外観点検では、双眼鏡が用いられる場合が多数である。 ・異音測定では、超音波式放電探知機が用いられる（校正なし：傾向確認が目的であり、良・不良を判断していないことから、精度を求めている、他の設備における異音測定についても同様）。
異常状況の確認した事例	・引込線路、区分開閉器付近に樹木の接触、カラスの営巣が確認される事例は、しばしばみられる事例である。一方、これが要因により地絡が生じた事例については、確認できなかった。 ・PGS のガス漏れについて確認された事例は確認できなかった。 ・区分開閉器に脱落する可能性のありそうな積雪は年に1回以上確認されるが、除雪対応が行われることにより、脱落を回避できている。 ・非常に稀であるが、異音を確認し、トラッキング（想定外の箇所に微小電流の流れが生じ、ショートした場合には発火、火災の可能性が生じる）のリスクがあることを確認された事例がある。

¹³ 出所：概要図は、「電気設備の更新」（関東電気保安協会）を参考にみずほリサーチ&テクノロジーが作成

(b) 区分開閉器

表 2.29 に区分開閉器の外部委託の主任技術者の点検概要を示す。

表 2.29 区分開閉器の点検概要

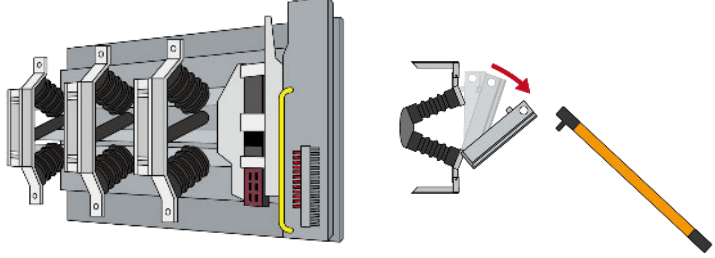
概要図	
点検項目	外観点検
具体的な点検内容・ 点検方法・異常の判 断基準	・PGS 本体に腐食が発生した場合には、ガス漏れが生じ、開閉できない動作不良を起こす。 ・PAS 本体に腐食が生じた場合には、雨水が侵入し絶縁材料が劣化し、絶縁劣化の原因になりうる。 ・大量の積雪があった場合は、PAS の脱落が想定されるため、注意して確認している。 ・接続部については、ゆるみが発生していると温度が高くなるので、放射温度計にて温度測定を実施する。経験上、外気温+20℃であれば問題ないと認識している。 ・超音波測定を実施している例（3～4カ月に1回程度）では、接続部のボルトのゆるみがあるかどうか、サージ音の有無により判断する ・サージ音が確認された場合には、トラッキング（想定外の箇所に微小電流の流れが生じる）が生じ、発火、火災に至る可能性は否定できない
点検に使用する測定器	・外観点検では、双眼鏡が用いられる場合が多数である。 ・異音測定では、超音波式放電探知機が用いられる。
異常状況の確認した事例	・PAS、PGS とも外箱はステンレス製であり、腐食が確認された事例はない。 ・PAS が脱落するのではないかと思われる大雪は1年に1回程度確認されるが、脱落した事例はない。 ・接続部の過熱についても確認された事例はない。 ・過去に超音波試験によりサージ音を確認されたことがあった。停電させて清掃することにより解消されたため、汚損が原因であると思われる。

(2) 高圧設備

(a) 断路器

表 2.30 に断路器の外部委託の主任技術者の点検概要を示す。

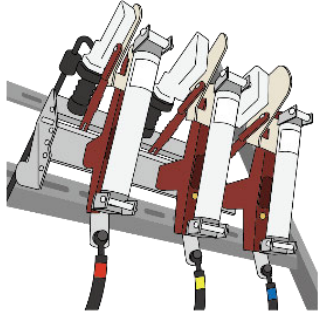
表 2.30 断路器（DS）の点検概要

概要図	 ＜通常時＞ ＜開放時＞
点検項目	外観点検、温度測定、超音波測定（超音波測定は一部のみ）
具体的な点検内容・ 点検方法・異常の判 断基準	・一般的に断路器の外観点検では本体の損傷、変色の有無、異音・異臭の有無、リーク痕の有無を確認するが、主として断路器が可動接触子と固定接触子が接触しているかどうか確認する。 ・断路器の可動接触子と固定接触子が接触していない場合には、事故時に遮断しない可能性がある。 ・温度測定では、接続部の温度を確認する事例が多く、放射温度計、サーモグラフィを用い温度を測定し、閾値（55～70℃程度）を超えているかどうかを判断する。 ・温度が閾値を超えている場合は、接続部にゆりみが発生している可能性があり、過熱により火災に至る可能性が想定される。 ・超音波測定を実施している例（毎月ではなく、1年間に2回程度）では、接続部のボルトのゆりみがあるかどうか、サージ音の有無により判断する。 ・サージ音が確認された場合には、トラッキング（想定外の箇所に微小電流の流れが生じる）が生じ、発火、火災に至る可能性は否定できない。
点検に使用する測定器	・温度測定を実施している場合には、放射温度計、サーモグラフィ（放射温度計については校正されている場合とされていない場合あり、サーモグラフィは校正されていない）が用いられている。 ・超音波測定を実施している例では、超音波測定器（校正なし）を用いる。
異常状況の確認した事例	・月次点検で異常が確認された事例としてリーク痕が確認された事例があるが、月次点検で異常は確認されることは稀である。

(b) 負荷開閉器

表 2.31 に断路器の外部委託の主任技術者の点検概要を示す。

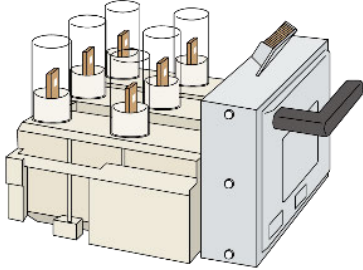
表 2.31 負荷開閉器（LBS）の点検概要

概要図	
点検項目	外観点検、温度測定、超音波測定（超音波測定は一部のみ）
具体的な点検内容・ 点検方法・異常の判 断基準	・負荷開閉器の外観点検では一般的に本体の損傷、変色の有無、異音・異臭の有無、可動接触子と固定接触子が接触しているかどうかを確認する。 ・負荷開閉器の可動接触子と固定接触子が接触していない場合には、事故時に遮断しない可能性がある。 ・温度測定では、接続部の温度を確認する事例が多く、放射温度計、サーモグラフィを用い温度を測定し、閾値（55～70℃程度）を超えているかどうかを判断する。 ・温度が閾値を超えている場合は、接続部にゆるみが発生している可能性があり、過熱により火災に至る可能性が想定される。 ・超音波測定を実施している例（毎月ではなく、1年間に2回程度）では、接続部のボルトのゆるみがあるかどうか、サージ音の有無により判断する。 ・サージ音が確認された場合には、トラッキング（想定外の箇所に微小電流の流れが生じる）が生じ、発火、火災に至る可能性は否定できない。
点検に使用する測定器	・温度測定を実施している場合には、放射温度計、サーモグラフィ（放射温度計については校正されている場合とされていない場合あり、サーモグラフィは校正されていない）が用いられている。 ・超音波測定を実施している例では、超音波測定器（校正なし）を用いる。
異常状況の確認した事例	・外観点検、温度測定による異常を確認した事例としては、ヒューズの取付がゆるんでいる事例が数例確認されたが、月次点検で異常が確認されることは稀である。

(c) 真空遮断器

表 2.32 に真空遮断器（VCB）の外部委託の主任技術者の点検概要を示す。

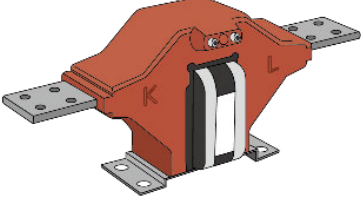
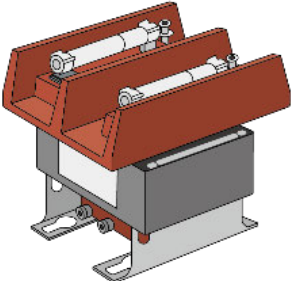
表 2.32 真空遮断器（VCB）の点検概要

概要図	
点検項目	外観点検、温度測定、超音波測定（超音波測定は一部のみ）
具体的な点検内容・ 点検方法・異常の判 断基準	・遮断器の外観点検では一般的に本体の損傷、変色の有無、異音・異臭の有無を確認する。 ・遮断器の外観点検で確認できる具体的な異常については、今回の調査において確認できなかった。 ・温度測定では、接続部の温度を確認する事例が多く、放射温度計、サーモグラフィを用い温度を測定し、閾値（55～70℃程度）を超えているかどうかを判断する。 ・温度が閾値を超えている場合は、接続部にゆるみが発生している可能性があり、過熱により火災に至る可能性が想定される。 ・超音波測定を実施している例（毎月ではなく、1年間に2回程度）では、接続部のボルトのゆるみがあるかどうか、サージ音の有無により判断する。 ・サージ音が確認された場合には、トラッキング（想定外の箇所に微小電流の流れが生じる）が生じ、発火、火災に至る可能性は否定できない。
点検に使用する測定器	・温度測定を実施している場合には、放射温度計、サーモグラフィ（放射温度計については校正されている場合とされていない場合あり、サーモグラフィは校正されていない）が用いられている。 ・超音波測定を実施している例では、超音波測定器（校正なし）を用いる。
異常状況の確認した事例	・外観点検、温度測定による異常を確認した事例については、今回の調査においては確認できなかった。

(d) 計器用変成器

表 2.33 に計器用変成器（VT-CT）の外部委託の主任技術者の点検概要を示す。

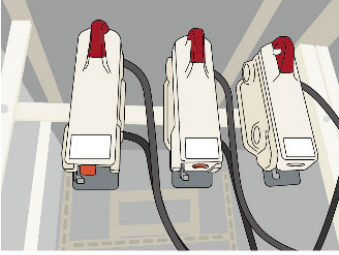
表 2.33 計器用変成器（VT-CT）の点検概要

概要図	  CT（計器用変流器） VT（計器用変圧器）
点検項目	外観点検、温度測定
具体的な点検内容・点検方法・異常の判断基準	・計器用変成器の外観点検では一般的に本体の損傷、変色の有無、異音・異臭の有無を確認する。 ・計器用変成器の外観点検で確認できる具体的な異常については、今回の調査においては確認できなかった。 ・温度測定では、接続部の温度を確認する事例が多く、放射温度計、サーモグラフィを用い温度を測定し、閾値（55～70℃程度）を超えているかどうかを判断する。 ・温度が閾値を超えている場合は、接続部にゆるみが発生している可能性があり、過熱により火災に至る可能性が想定される。
点検に使用する測定器	・温度測定を実施している場合には、放射温度計、サーモグラフィ（放射温度計については校正されている場合とされていない場合あり、サーモグラフィは校正されていない）が用いられている。
異常状況の確認した事例	・外観点検、温度測定による異常を確認した事例については、今回の調査においては確認できなかった。

(e) 高圧カットアウト

表 2.34 に高圧カットアウトの外部委託の主任技術者の点検概要を示す。

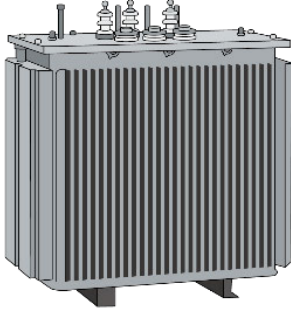
表 2.34 高圧カットアウトの点検概要

概要図	
点検項目	外観点検、温度測定
具体的な点検内容・ 点検方法・異常の判 断基準	・高圧カットアウトの外観点検では一般的に本体の損傷、変色の有無、異音・異臭の有無を確認する。 ・計器用変成器の外観点検で確認できる具体的な異常については、今回の調査において確認できなかった。 ・温度測定では、接続部の温度を確認する事例が多く、放射温度計、サーモグラフィを用い温度を測定し、閾値（55～70℃程度）を超えているかどうかを判断する。 ・温度が閾値を超えている場合は、接続部にゆるみが発生している可能性があり、過熱により火災に至る可能性が想定される。 ・また、温度が高い場合には、ヒューズが切れている可能性がある。
点検に使用する測定器	・温度測定を実施している場合には、放射温度計、サーモグラフィ（放射温度計については校正されている場合とされていない場合あり、サーモグラフィは校正されていない）が用いられている。
異常状況の確認した事例	・外観点検、温度測定による異常を確認した事例については、今回の調査においては確認できなかった。

(f) 変圧器

表 2.35 に変圧器の外部委託の主任技術者の点検概要を示す。

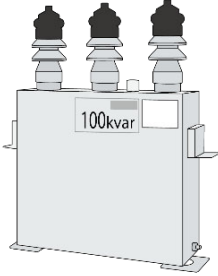
表 2.35 変圧器の点検概要

概要図	
点検項目	外観点検、温度測定、2次側電流測定、漏れ電流測定
具体的な点検内容・点検方法・異常の判断基準	・外観点検では目視等により、異音・異臭、本体の損傷、漏油の有無を確認 ・変圧器の外観点検で確認できる異常としては、漏油が挙げられ、周辺温度が高い場合には、火災に至る可能性がある。 ・温度測定では、本体の過熱を把握する（閾値：70～90℃程度）。 ・温度が高い場合には、過負荷が想定されること、内部の絶縁油の温度の上昇による劣化及び劣化による絶縁低下、さらには火災に至る可能性が想定される等、様々な影響が想定される。 ・2次側電流測定では、負荷側の電流値を確認することで、負荷設備の負荷程度を把握する。 ・電流値が高い場合には、変圧器の負荷が高く、絶縁油の劣化及び最終的には温度上昇による火災が想定される。 ・負荷設備の漏れ電流測定により漏れ電流の有無を確認する。 ・負荷設備で漏電がある場合には、感電や火災に至る可能性がある。
点検に使用する測定器	・温度測定には、放射温度計、サーモグラフィ、サーモマーカが用いられる（放射温度計については6か月または1年に1回の頻度で校正されているが、サーモグラフィは校正されていない）。 ・2次側電流：2次側電流計。 ・漏れ電流：クランプメーター（校正頻度1回／6か月）。
異常状況の確認した事例	・外観点検により、メーカー更新推奨時期を過ぎた機器において、漏油が確認された事例が、今回のヒアリング調査において1件確認された。 ・温度測定により、温度の異常確認事例も最近では稀である（以前は変圧器が負荷条件ギリギリで使用されている例が見られたが、近年では負荷ギリギリで使用されている事例が少ないことによるとのことである）。 ・2次側電流測定により、負荷が高い事例については上記同様、近年では稀である。一方、夏季、冬季等において、一部地域では過負荷状態になることが散見されるとの報告もあるが、こちらも稀である。 ・漏れ電流については、一定数の絶遠監視装置からのエラー警報の報告があるため、比較的頻繁に確認される。

(g) 進相用コンデンサ

表 2.36 に進相用コンデンサの外部委託の主任技術者の点検概要を示す。

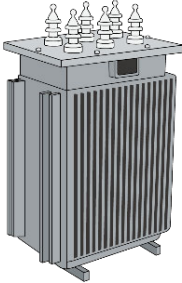
表 2.36 進相用コンデンサの点検概要

概要図	
点検項目	外観点検、温度測定
具体的な点検内容・ 点検方法・異常の判 断基準	・外観点検では目視等により、異音・異臭、本体の損傷、漏油、ふくらみ変形の有無を確認する。 ・進相用コンデンサの外観点検で確認できる異常としては、異常なふくらみ、漏油があり、異常なふくらみが生じた場合には、内部で短絡が生じている可能性があり、漏油がある場合は火災に至る可能性がある。 ・温度測定では、接続部の温度を確認する事例が多く、放射温度計、サーモグラフィを用い温度を測定し、閾値（55～70℃程度）を超えているかどうかを判断する。 ・温度が閾値を超えている場合は、接続部にゆるみが発生している可能性があり、過熱により火災に至る可能性が想定される。
点検に使用する測定 器	・温度測定には、放射温度計、サーモグラフィ、サーモマーカーが用いられる（放射温度計については 6 か月または 1 年に 1 回の頻度で校正されているが、サーモグラフィは校正されていない）。
異常状況の確認した 事例	・外観点検、温度測定による異常を確認した事例については、今回の調査においては確認できなかった。

(h) 直列リアクトル

表 2.37 に直列リアクトルの外部委託の主任技術者の点検概要を示す。

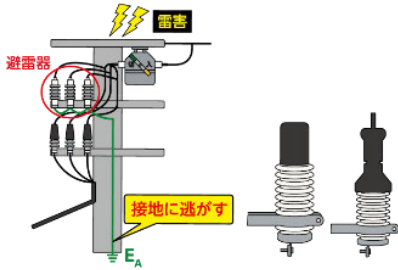
表 2.37 直列リアクトルの点検概要

概要図	
点検項目	外観点検、温度測定
具体的な点検内容・ 点検方法・異常の判 断基準	・外観点検では目視等により、異音・異臭、本体の損傷、漏油の有無を確認する。 ・直列リアクトルの外観点検で確認できる異常としては、漏油が挙げられ、周辺温度が高い場合には、火災に至る可能性がある。 ・温度測定では、接続部の温度を確認する事例が多く、放射温度計、サーモグラフィを用い温度を測定し、閾値（55～70℃程度）を超えているかどうかを判断する。 ・温度が閾値を超えている場合は、接続部にゆるみが発生している可能性があり、過熱により火災に至る可能性が想定される。
点検に使用する測定 器	・温度測定には、放射温度計、サーモグラフィ、サーモマーカーが用いられる（放射温度計については6か月または1年に1回の頻度で校正されているが、サーモグラフィは校正されていない）。
異常状況の確認した 事例	・外観点検、温度測定による異常を確認した事例については、今回の調査においては確認できなかった。

(i) 避雷器

表 2.38 に避雷器の外部委託の主任技術者の点検概要を示す。

表 2.38 避雷器の点検概要

概要図	
点検項目	外観点検
具体的な点検内容・ 点検方法・異常の判 断基準	・外観点検では目視等により、本体の損傷・汚損、錆等の確認を行う。 ・避雷器の外観点検で確認できる具体的な異常については、今回の調査において確認できなかった。
点検に使用する測定 器	・避雷器が柱上に設置されている場合には、双眼鏡が用いられる。
異常状況の確認した 事例	・外観点検、温度測定による異常を確認した事例については、今回の調査においては確認できなかった。

2.2.4 各機器における具体的なリスクの把握（機器経年故障分布図の活用）（STEP4）

本項では、経済産業省殿（以下、「METI 殿」という。）からご提供いただいた全国の停電事故発生データ（以下、「機器故障データ」という。）を用いた機器故障データベースの構築・分析内容及びその結果に基づく各機器の具体的なリスクの把握検討結果を説明する。本情報は、図 2.3 に示す STEP4（2.1.2(4)）に該当する。

（1）機器故障データベースの構築・分析

（a）実施概要

高圧需要設備の監視技術の導入検討における監視対象設備の選定に資することを目的として、自家用電気工作物（以下、「機器」という。）の故障発生状況（使用開始から故障発生までの年数、劣化状況や故障原因等）を評価するために、METI 殿からご提供いただいた機器故障データにおける停電事故事例の故障機器とその機器の経過年数を分析/集計し、機器別の機器経年故障分布図を作成した。

機器経年故障分布図は、機器の種類ごとに、当該機器の使用年数と故障発生状況の関係を分かりやすく視覚的に確認可能にするために、横軸を使用開始からの経過年数として経過年数ごとの故障発生件数を棒グラフ化したものである。

以下に、機器故障データの概要、データの分析手順及び分析結果を説明する。

（b）機器故障データの概要とデータ分析

（i）機器故障データの概要

機器故障データは、METI 殿が各地の電気保安協会から提供を受けた停電事故に関するデータであり、地域別（北海道、東北、関東、中部、北陸、関西、中国、四国、九州及び沖縄）に、停電発生事故事例ごとに「発生場所」、「発生日時」、「発生状況や原因」、「停電の発生原因となった機器とその製造年」等の項目をまとめたエクセル形式のデータである。

図 2.8 に、機器故障データの例（一部抜粋）を示す。

機器別の機器経年故障分布図の作成には、機器の故障原因及び使用開始から故障発生までの経過年数のデータが必要となるが、各地域の機器故障データの事例には、基本的にこれらのデータが含まれている。

機器故障データの事例ごとに、以下に示す項目のデータを分析し、それらを集計することによって、機器別の機器経年故障分布図を作成することが可能である。

故障機器・・・「停電の発生原因となった機器」

故障原因・・・「停電発生状況や原因」と「停電の発生原因となった機器」

経過年数・・・「停電発生日」と「停電の発生原因となった機器の製造年」

各地域の機器故障データのデータ項目の構成は概ね同じであるが、一部の項目については、地域ごとに項目の名称が異なる場合やデータが記載されていない場合等がある。このため、各地域の機器故障データに、機器経年故障分布図の作成に必要なデータが含まれている

ことを確認するために、地域ごとのデータ項目を比較した。

なお、四国及び沖縄のデータは、全ての停電事事故事例について、停電の発生原因となった機器の製造年に係る情報が記載されていなかったため、機器経年故障分布図に必要な経過年数に係る情報が得られないことから、これらの2地域のデータは、分析対象外とした。

表 2.39 に、地域別のデータ件数を示す。

表 2.40 に、地域ごとのデータ項目の比較表を示す。

表 2.40 のオレンジの項目が「故障機器」に係る項目であり、緑の項目が「故障原因」、青の項目が「経過年数」に係る項目である。

件数	地域	データ項目	備考
410	北海道	故障機器	
8,914	東北	故障機器	
1,177	関東	故障機器	
2,229	中部	故障機器	
908	北陸	故障機器	
508	関西	故障機器	
382	中国	故障機器	
0	四国	故障機器	故障機器の製造年が記載されていないため分析対象外とした
146	九州	故障機器	
0	沖縄	故障機器	故障機器の製造年が記載されていないため分析対象外とした
14,674	総計		

図 2.8 機器故障データの例（一部抜粋）

表 2.39 機器故障データの地域別件数

地域	データ件数	備考
北海道	410	
東北	8,914	
関東	1,177	
中部	2,229	
北陸	908	
関西	508	
中国	382	
四国	0	故障機器の製造年が記載されていないため分析対象外とした
九州	146	
沖縄	0	故障機器の製造年が記載されていないため分析対象外とした
総計	14,674	

表 2.40 地域ごとのデータ項目の比較表

No.	北海道		東北		関東		中部		北陸		関西		中国		九州	
	データ項目（並べ替え後）	データ数	データ項目（並べ替え後）	データ数	データ項目（並べ替え後）	データ数	データ項目（並べ替え後）	データ数	データ項目（並べ替え後）	データ数	データ項目（並べ替え後）	データ数	データ項目（並べ替え後）	データ数	データ項目（並べ替え後）	データ数
1	お客さま番号	410	お客さま番号	8914	お客さま番号	1219	お客さま番号	2229	お客さま番号	908	契約番号	508	お客さま番号	382	お客さま番号	146
2	自家用番号	410	自家用番号	0	自家用番号	1182	自家用番号	2229	自家用番号	0			自家用番号	0	自家用番号_データ無し	0
3	事業本部	410	事業本部	8914	事業本部	1219	事業本部（支店）	2229	事業本部	0			事業本部	3	事業本部	146
4	事業所	410	事業所	8914	事業所	1219	事業所（営業所）	2229	事業所	908	所属	508	営業所	382	事業所	146
5	受付年月日	410	受付年月日	8914	受付日時	1219	受付年月日	2229	受付年月日	908	受付年月日	508	受付日	382	受付年月日	146
6	受付内容	410	受付内容	0	受付内容	1219	受付内容	2229	受付内容	908	出動依頼内容	508	受付内容	382	受付内容	146
7	事故故障状況	404	事故故障状況	8914	事故故障状況	1210	事故故障状況	2226	事故故障状況	0			事故故障状況	377	事故故障状況	63
8	事故対応年月日	406	事故対応年月日	8914	事故対応年月日	1219	事故対応年月日	2229	事故対応年月日	908			作業開始日	382	事故対応年月日	146
9	調査内容	402	調査内容	0	調査内容	1212	調査内容	2227	調査内容	0	故障状況 1 ～ 3		調査内容	375	調査内容	139
10	調査結果	406	調査結果	0	調査結果	1214	調査結果	2226	調査結果	0			調査結果	375	調査結果_データ無し	0
11	事故原因	410	事故原因	8914	事故原因	1219	事故原因	2227	事故原因1～3	908	故障原因	508	原因	381	事故原因	146
12	原因詳細	402	原因絶縁抵抗MΩ	6979	原因詳細	1212	原因詳細	2199	原因詳細	0			原因（詳細）	369	原因詳細_データ無し	0
13	処理内容	410	処理内容	0	処理内容	1211	処理内容	2224	処理内容	908	措置内容	508	処理内容	378	処理内容	146
14	再発防止策	148	再発防止策	0	再発防止策	378	再発防止策	662	再発防止策	0			再発防止策	135	再発防止策	0
15	事故故障備考	21	事故故障備考	0	事故故障備考	194	事故故障備考	618	事故故障備考	0			事故故障備考	37	事故故障備考_データ無し	0
16	事故故障種類	410	事故故障種類	7156	事故故障種類	1218	事故故障種類	2229	事故故障種類	908	停電状況	508	事故故障の種類	382	事故故障種類_データ無し	0
17	階層 1 事故設備	410	事故機器電圧区分	4537	階層 1 事故設備	1209	階層 1 事故設備	2226	事故機器電圧区分	908			発生設備階層1	382	事故機器電圧区分	146
18	階層 2 事故設備	410	事故設備区分	8914	階層 2 事故設備	1209	階層 2 事故設備	2195	事故設備区分	908			発生設備階層2	382	事故設備区分	146
19	階層 3 事故設備_機器	0	事故設備_機器	8914	階層 3 事故設備_機器	1209	階層 3 事故設備_機器	2195	事故設備_機器1	908	故障工作物	508	発生設備階層3	382	事故設備_機器	146
20	階層 3 事故設備_部位	410	事故設備_部位	8914	階層 3 事故設備_部位	1209	階層 3 事故設備_部位	0	事故設備_機器2	908			発生設備階層3？	0	事故設備_部位_データ無し	0
21	階層 3 事故設備_機器・部位	0			階層 3 事故設備_機器・部位	1209	階層 3 事故設備_機器・部位	0	事故設備_部位	908			発生設備階層3？			
22	製造年月	410	製造年月	8914	製造年月	1219	製造年月	2229	製造年月	908	製造者	508	製造年月	382	製造年月	146
23	経過月数	304	経過月数	3523	経過月数	1219	経過月数	2229	経過月数	0	型式	344	経過月数	0	経過月数	146
24	経過年	304	経過年	8914	経過年	1219	経過年	2229	経過年	0	製造年	508	経過年	0	経過年	146
25	使用電圧区分	408	使用電圧区分	8914	使用電圧区分	1215	使用電圧区分	2221	使用電圧区分	0	使用電圧の他電圧	496	機器使用電圧	382	使用電圧区分_データ無し	0
26	警報種別	1	絶縁監視装置警報種別警報種別	33	警報種別	465	警報種別	109	絶縁監視装置警報種別警報種別	0			監視警報種別	3	絶縁監視装置警報種別	28
27	事故現象	409	事故現象	8914	事故現象	1217	事故現象	2227	事故現象	908			事故故障現象	382	事故現象_データ無し	0
28	停電有無	410	停電有無	6840	停電有無	1217	停電有無	2229	停電有無	0			停電の有無	382	停電有無_データ無し	0
29	製造者	401	製造者	8914	製造者	1190	製造者	2220	製造者	908			事故発生機器：製造者名	379	製造者	143
30	型式	339	型式	8914	型式	1046	型式	2016	型式	0			事故発生機器：型式	315	型式	139
31	保護継電器・PF種類	402	保護継電器・PF種類	7061	保護継電器・PF種類	1186	保護継電器・PF種類	2177	保護継電器・PF種類	0			動作した保護装置等：動作したPF、保護継電器等	373	保護継電器・pf種類_データ無し	0
32	開閉器・遮断機動作区分	406	開閉器・遮断機動作区分	7098	開閉器・遮断機動作区分	1194	開閉器・遮断機動作区分	2216	開閉器・遮断機動作区分	908			動作した保護装置等：動作した開閉器、遮断器等	375	開閉器・遮断器動作区分_データ無し	0
33	動作保護装置	0	動作保護装置	7061	動作保護装置	7	動作保護装置	26	動作保護装置	908	動作した保護装置	508	動作した保護装置等：動作した保護装置等	3	動作保護装置_データ無し	0
34	動作の適否	407	動作の適否	4926	動作の適否	1204	動作の適否	2221	動作の適否	0	動作 S ・ C B	465	動作した保護装置等：動作の適否	375	動作の適否_データ無し	0
35	動作不明理由	37	動作不明理由	0	動作不明理由	103	動作不明理由	391	動作不明理由	0			動作した保護装置等：動作不明の理由	48	動作不明理由_データ無し	0
36	動作種別	407	動作種別	8158	動作種別	1203	動作種別	2221	動作種別	0			動作した保護装置等：動作種別	375	動作種別_データ無し	0
37	不必要動作理由	34	不必要動作理由	324	不必要動作理由	159	不必要動作理由	149	不必要動作理由	0			動作した保護装置等：動作種別「不必要動作」理由	26	不必要動作理由_データ無し	0
38	変電所名	0	変電所名	0	変電所名	967	変電所名	1837	変電所名	0			設備名称	319	変電所名_データ無し	0
39	設置場所	361	設置場所	0	設置場所	996	設置場所	1908	設置場所				設置場所	325	設置場所_データ無し	0
40	受電設備区分	0	受電設備区分	0	受電設備区分	996	受電設備区分	1908	受電設備区分	908			設備形態	325	受電設備区分_データ無し	0
	データ件数	410	データ件数	8914	データ件数	1219	データ件数	2229	データ件数	908	データ件数	508	データ件数	382	データ件数	146

(c) 機器故障データの分析手順

機器故障データは、以下の手順で分析し、機器経年故障分布図用データを作成した。

- ① 故障機器、故障原因及び発生事象の分類項目の設定
- ② 辞書データの設定
- ③ 分析シートの設定と故障機器データ等の抽出
- ④ データの確認
- ⑤ データ集計と機器経年故障分布図用データの作成

(d)以降に、上記各手順を説明する。

(d) 故障機器、故障原因及び発生事象の分類項目の設定

機器故障データの分析に当たり、事例ごとの故障機器、故障原因及び故障発生によって引き起こされた現象の分類項目を設定した。

故障機器は、47 種類の機器に分類した。表 2.41 に、故障機器分類の一覧を示す。

また、故障原因は、25 種類に分類した。表 2.42 に、故障原因分類の一覧を示す。

さらに、故障によって引き起こされた現象は、6 種類に分類した。表 2.43 表に、発生現象分類の一覧を示す。

ここで、機器経年故障分布図の対象となる故障は、製造時不良等による初期故障や供用中の偶発的な故障及び経年劣化による故障とし、自然災害や使用者の過失等による故障は対象外とした。

表 2.42 に示した本作業における故障原因分類には、機器経年故障分布図の対象とした原因（表 2.42 の記号 a～e）に加えて、自然災害や故意・過失、他物接触等の原因を含めている。これは、機器故障データの事例には、これらを原因とする多数の事例が含まれていること、これらの原因も含めて故障原因を分類することで、停電発生事例における機器故障の傾向の把握が可能となり、監視対象設備の選定に有益な情報が得られる可能性があると考えられるためである。また、表 2.43 に示した機器故障によって引き起こされた現象（地絡、短絡等）の分類も同様の理由による。

表 2.41 故障機器分類

No.	故障発生機器分類		
	区分 1	区分 2	区分 3
1	区分開閉器	PAS	本体
2			制御装置(SOG等)
3			不明
4		PGS	本体
5			制御装置(SOG等)
6			不明
7		UAS	本体
8			制御装置(SOG等)
9			不明
10		UGS	本体
11			制御装置(SOG等)
12			不明
13		その他 (AOG含む)	本体
14			制御装置(SOG等)
15			不明
16	区分開閉器以外	支持物	コンクリート柱
17			その他 (木、鉄、他)
18			付属品 (腕金、碍子、支線等)
19			その他
20		電線類	電線
21			端末部(CH)
22			CV・CVTケーブル
23			その他
24		避雷器(LA)	
25		変成器	ZCT
26			VT
27			CT
28		遮断器	OCB
29			VCB
30			PF付LBS
31			その他
32		保護継電器	GR
33			OCR
34			その他
35		高圧開閉器	VS
36			LBS(分岐、機器単独等)
37			その他
38		断路器(DS)	
39		高圧カットアウト(PCS)	
40		その他開閉器類	
41		変圧器	変圧器
42			柱上変圧器
43			その他
44		高圧進相コンデンサ	
45		直列リアクトル	
46		その他	
47	故障機器なし		

表 2.42 故障原因分類

記号	事故原因分類	
	大分類	小分類
a	設備不備	製作不完全
b		施工不完全
c	保守不備	保守不完全
d		自然劣化
e		過負荷
f	自然災害	風雨
g		氷雪
h		雷
i		地震
j		水害
k		山崩れ・雪崩
l		塩・塵・ガス
m		その他
n	故意・過失	作業者の過失
o		公衆の故意・過失
p		無断伐採
q		火災
r	他物接触	樹木
s		鳥獣
t		その他
u	腐食	
v	振動	
w	他事故波及	
x	その他	
y	不明	

表 2.43 発生現象分類

記号	発生現象
aa	地絡
bb	短絡
cc	地絡・短絡
dd	損傷・破壊
ee	損傷
ff	その他

(e) 辞書データの作成

機器故障データの各事例の故障機器や故障原因は、基本的に地域ごとに同じ基準で記載されている。

例えば、北海道地域の機器故障データにおいては、故障機器が「PAS 本体（表 2.41 の No.1）」の場合の故障機器の欄の記載は以下の 3 通りである。

- ・ 負荷開閉器類：PAS リード線
- ・ 負荷開閉器類：PAS 接続部
- ・ 負荷開閉器類：PAS 絶縁部

これらの記載内容をまとめて各項目に対応するデータとそれぞれの項目の分類番号/記号の辞書データを作成した。これにより、各事例の事故設備、事故原因及び事故現象がエクセル上で自動的に設定可能となり、各事例の故障機器、故障原因及び発生現象の分析作業効率が大幅に向上する。

辞書データは、以下の 3 種類のデータを作成した。

- ・ 故障機器用辞書データ
- ・ 故障原因用辞書データ
- ・ 故障時に発生した事象用辞書データ

表 2.44～表 2.46 に、辞書データの例を示す（故障機器用辞書データは一部抜粋）。

なお、北海道、関東、中部及び中国地域の故障機器の記載内容は同一であったことから、これらの地域の故障機器用辞書データは一つのデータとして統合して作成した。

表 2.44 故障機器用辞書データの例（北海道等 4 地域、一部抜粋）

故障設備（各地域の元データは下表参照）	故障発生機器分類			
	No.	区分 1	区分 2	区分 3
負荷開閉器類：PASリード線	1	区分開閉器	PAS	本体
負荷開閉器類：PAS接続部	1	区分開閉器	PAS	本体
負荷開閉器類：PAS絶縁部	1	区分開閉器	PAS	本体
高圧キャビネット：地中線用GR付ガス開閉器	10	区分開閉器	UGS	本体
負荷開閉器類：リード線（PAS以外）	13	区分開閉器	その他（AOG含む）	本体
負荷開閉器類：外箱部（PAS以外）	13	区分開閉器	その他（AOG含む）	本体
負荷開閉器類：接続部（PAS以外）	13	区分開閉器	その他（AOG含む）	本体
負荷開閉器類：絶縁部（PAS以外）	13	区分開閉器	その他（AOG含む）	本体
負荷開閉器類：制御装置（外箱）	2	区分開閉器	PAS	制御装置(SOG等)
負荷開閉器類：制御装置（内部）	2	区分開閉器	PAS	制御装置(SOG等)
負荷開閉器類：制御配線	2	区分開閉器	PAS	制御装置(SOG等)
引込線路：がいし	18	区分開閉器以外	支持物	付属品（腕金、碍子、支線等）
引込線路：腕金	18	区分開閉器以外	支持物	付属品（腕金、碍子、支線等）
配電設備：がいし	18	区分開閉器以外	支持物	付属品（腕金、碍子、支線等）
配電設備：支線	18	区分開閉器以外	支持物	付属品（腕金、碍子、支線等）
配電設備：腕金	18	区分開閉器以外	支持物	付属品（腕金、碍子、支線等）
引込線路：支持物	16	区分開閉器以外	支持物	コンクリート柱
高圧配線：支持物	16	区分開閉器以外	支持物	コンクリート柱
配電設備：支持物	16	区分開閉器以外	支持物	コンクリート柱
ケーブル：その他ケーブル本体	24	区分開閉器以外	電線類	その他
引込線路：その他ケーブル本体	24	区分開閉器以外	電線類	その他
引込線路：架空電線	20	区分開閉器以外	電線類	屋外電線
高圧配線：配線	20	区分開閉器以外	電線類	屋外電線
低圧配線：配線	50	析対象外（重複等		
配電設備：その他ケーブル本体	24	区分開閉器以外	電線類	その他
配電設備：架空電線	20	区分開閉器以外	電線類	屋外電線
ケーブル：端末	22	区分開閉器以外	電線類	端末部（CH）
引込線路：ケーブル接続部	22	区分開閉器以外	電線類	端末部（CH）
引込線路：ケーブル端末部	22	区分開閉器以外	電線類	端末部（CH）
引込線路：架空電線接続部	20	区分開閉器以外	電線類	屋外電線
配電設備：ケーブル接続部	22	区分開閉器以外	電線類	端末部（CH）
配電設備：ケーブル端末部	22	区分開閉器以外	電線類	端末部（CH）
配電設備：架空電線接続部	20	区分開閉器以外	電線類	屋外電線
ケーブル：CVケーブル本体	23	区分開閉器以外	電線類	CV・CVTケーブル
引込線路：CVケーブル本体	23	区分開閉器以外	電線類	CV・CVTケーブル
配電設備：CVケーブル本体	23	区分開閉器以外	電線類	CV・CVTケーブル

表 2.45 故障発生原因用辞書データの例（北海道）

故障原因（北海道）（L列）	故障原因分類		
	記号	大分類	小分類
設備不備：製作不完全	a	設備不備	製作不完全
設備不備：施工不完全	b	設備不備	施工不完全
保守不備：保守不完全	c	保守不備	保守不完全
保守不備：自然劣化	d	保守不備	自然劣化
保守不備：過負荷	e	保守不備	過負荷
自然現象：風雨	f	自然災害	風雨
自然現象：氷雪	g	自然災害	氷雪
自然現象：雷	h	自然災害	雷
自然現象：地震	i	自然災害	地震
自然現象：水害	j	自然災害	水害
自然現象：塩、ちり、ガス	l	自然災害	塩・塵・ガス
故意・過失：作業者の過失	n	故意・過失	作業者の過失
故意・過失：公衆の故意過失	o	故意・過失	公衆の故意・過失
他物接触：樹木接触	r	他物接触	樹木
他物接触：鳥獣接触	s	他物接触	鳥獣
他物接触：その他の他物接触	t	他物接触	その他
震動	v	振動	
他事故波及：他者	w	他事故波及	
系統側電圧異常	w	他事故波及	
他事故波及：自社	w	他事故波及	
その他	x	その他	
不明	y	不明	

表 2.46 故障時に発生した現象用辞書データの例（北海道）

故障時に発生した現象 （北海道）（AA列）	発生現象分類	
	記号	分類
地絡	aa	地絡
短絡	bb	短絡
地絡＋短絡	cc	地絡・短絡
損傷	ee	損傷
焼損	ee	損傷
その他	ff	その他
過電流	ff	その他
系統側（配電線）異常	ff	その他
温度異常	ff	その他

各地域の機器故障データのエクセルシート上に、故障データ分析用のエリアを設けて、(e)で説明した辞書データを用いて、事例ごとの故障機器、故障発生原因、発生した現象及び経過年数データを設定した。

[illegible]

(g) データの確認

分析対象外とした事例は、以下に該当する場合である。

- ・故障機器、発生原因等が記載されていない又は記載内容が不明確で設定が困難な場合
 - ・同じ停電事故（故障機器が同じ）が複数の事例で重複している場合
- （停電対応が事故発生の日まで継続して、二つの事例として取り扱われている場合等）

さらに、機器故障データの事例には、データ中の故障機器欄の記載機器と実際の故障機器が異なる場合や故障機器が存在しない場合がある。

65

このような事例については、確認可能な範囲で各事例の記載内容に基づいて、故障機器を変更した。

表 2.47 各地域の分析対象外データ件数

地域	データ件数	分析対象外データ件数	備考
北海道	410	22	
東北	8,914	2,889	故障発生機器欄に機器種別ではなく番号が記載されていて機器種別の設定が困難な事例が多数存在している
関東	1,177	53	
中部	2,229	88	
北陸	908	120	
関西	508	28	
中国	382	8	
九州	146	3	
総計	14,674	3,211	

(h) データ集計と機器経年故障分布図用データの作成

(g)までのデータ分析の結果を集計し、以下の 6 種類のデータにまとめた。

- ① 地域別の機器ごとの故障原因別故障件数
- ② 地域別の機器ごとの経過年数別故障件数
- ③ 地域別の機器ごとの経過年数ごとの故障原因別故障件数
- ④ 全地域の機器ごとの故障原因別故障件数
- ⑤ 全地域の機器ごとの経過年数別故障件数
- ⑥ 全地域の機器ごとの経過年数ごとの故障原因別故障件数

さらに、③及び⑥から故障原因が以下の 5 種類のデータを抽出して、機器経年故障分布図用データを作成した。

- 製作不完全
- 施工不完全
- 保守不完全
- 自然劣化
- 過負荷

なお、各地域の機器故障データにおける上記 5 種類の故障原因の記載については、表現の違いはあるが、基本的に分類内容の違いはなかった。

表 2.48 に、各地域の上記 5 種類の故障原因の表現を示す。

表 2.48 各地域の5種類の故障原因の表現

故障原因分類			北海道	東北	関東	中部	北陸	関西	中国	九州
記号	大分類	小分類								
a	設備不備	製作不完全	設備不備：製作不完全	製作不完全	01 設備不備：製作不完全	設備不備：製作不完全	製作不完全	設備不備(製作不完全)	設備不備：製作不完全	製作不良
b	設備不備	施工不完全	設備不備：施工不完全	施工不完全	02 設備不備：施工不完全	設備不備：施工不完全	施行不完全	事例なし	設備不備：施工不完全	事例なし
c	保守不備	保守不完全	保守不備：保守不完全	保守不完全	03 保守不備：保守不完全	保守不備：保守不完全	保守不完全	保守不備(保守不完全)	保守不備：保守不完全	事例なし
d	保守不備	自然劣化	保守不備：自然劣化	自然劣化	04 保守不備：自然劣化	保守不備：自然劣化	自然劣化	保守不備(自然劣化)	保守不備：自然劣化	自然劣化
e	保守不備	過負荷	保守不備：過負荷	過負荷	05 保守不備：過負荷	保守不備：過負荷	過負荷	保守不備(過負荷)	保守不備：過負荷	過負荷

(2) 機器故障データの分析結果

(1)で説明した機器故障データの分析手順に基づいて、機器ごとの故障原因別故障件数データ及び機器経年故障分布図用データを作成した。

以下に、作成した機器ごとの故障原因別故障件数データ及び機器経年故障分布図用データを示す。

(a) 機器ごとの故障原因別故障件数及び経過年数別故障件数

表 2.49～表 2.64 に、地域別の機器ごとの故障原因別故障件数及び経過年数別故障件数を示す。

また、表 2.65 及び表 2.66 に、地域別のデータを集計して作成した全地域の機器ごとの故障原因別故障件数及び経過年数別故障件数を示す。

表 2.49 機器ごとの故障原因別故障件数（北海道）

故障発生機器分類			事故件数総計	経年故障分布図 対象数 (設備不備、保守不備)	故障発生原因																												
区分 1	区分 2	区分 3			設備不備		保守不備		自然災害									故意・過失				他物接触			腐食	振動	他事故波及	その他	不明	要再評価	要再評価	特殊要因	
			製作不完全	施工不完全	保守不完全	自然劣化	過負荷	風雨	氷雪	雷	地震	水害	山崩れ・雪崩	塩・塵・ガス	その他	作業者の過失	公衆の故意・過失	無断伐採	火災	樹木	鳥獣	その他											
区分開閉器	PAS	本体	38	5	0	2	2	1	0	2	5	15	0	0	0	1	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
区分開閉器	PAS	制御装置(SOG等)	45	13	1	0	6	6	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3	4	14	0	0	0	0
区分開閉器	PAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PGS	本体	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器	PGS	制御装置(SOG等)	4	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器	PGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器	UAS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器	UAS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器	UAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器	UGS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器	UGS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器	UGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器	その他(AOG含む)	本体	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
区分開閉器	その他(AOG含む)	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器	その他(AOG含む)	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	支持物	コンクリート柱	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	支持物	その他(木、鉄、他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	支持物	付属品(錠金、碼子、支線等)	4	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	支持物	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	電線類	屋外電線	15	3	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	3	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	電線類	屋内電線(母線含む)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	電線類	端末部(CH)	27	11	0	2	3	6	0	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	電線類	CV・CVTケーブル	34	12	1	1	3	7	0	0	0	0	1	1	0	0	4	2	0	0	3	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	0
区分開閉器以外	電線類	その他	9	4	1	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	避雷器(LA)		2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	ZCT	3	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	VT	3	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	CT	8	4	0	0	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	遮断器	OCB	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	遮断器	VCB	14	4	0	0	2	2	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	遮断器	PF付LBS	42	17	0	2	7	7	1	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	0	1	0	3	4	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	遮断器	その他	3	2	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	保護継電器	GR	20	10	0	0	4	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	保護継電器	OCR	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	保護継電器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	高圧開閉器	OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	高圧開閉器	VS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	高圧開閉器	LBS(分岐、機器単独等)	12	8	1	0	4	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	高圧開閉器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	断路器(DS)		5	4	0	0	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	高圧カットアウト(PCs)		9	6	0	0	1	4	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	その他開閉器類		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	変圧器	変圧器	12	5	0	1	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	変圧器	柱上変圧器	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	変圧器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	高圧直相コンデンサ		15	6	0	0	2	4	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	直列リアクトル		1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	その他		29	5	0	0	2	3	0	1	1	2	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	4	3	9	0	0	0	0	0	0
故障機器なし			25	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	7	1	0	0	0	0	0	0	0
分析対象外(重複等)			22	6	1	0	3	2	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	5	3	0	0	0	0	0	0	0
要確認			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
データなし			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

故障発生時の現象						
主たる現象						
地絡	短絡	地絡・短絡	損傷・破壊	損傷	その他	事故発生なし
11	4	10	0	4	8	1
21	0	0	0	2	22	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	4	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

表 2.50 機器ごとの経過年数別故障件数（北海道、機器経年故障分布図対象原因）

[illegible]

	データ数：1～9
	データ数：10～99
	データ数：100～

表 2.51 機器ごとの故障原因別故障件数（東北）

故障発生機器分類			事故件数総計	経年故障分布図 対象数 (設備不備、 保守不備)	故障発生原因																												
区分 1	区分 2	区分 3			設備不備		保守不備		自然災害										故意・過失				他物接触				腐食	振動	他事故 波及	その他	不明	要再評価	要再評価
			製作 不完全	施工 不完全	保守 不完全	自然劣化	過負荷	風雨	氷雪	雷	地震	水害	山崩れ ・雪崩	塩 ・塵 ・ガス	その他	作業者の 過失	公衆の 故意 ・過失	無断伐採	火災	樹木	鳥獣	その他											
区分開閉器	PAS	本体	1008	134	37	7	28	62	0	0	34	428	1	3	0	38	0	3	2	0	1	6	90	18	1	3	6	46	194	0	0	0	
区分開閉器	PAS	制御装置(SOG等)	44	14	6	0	2	6	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	9	0	0	0	
区分開閉器	PAS	不明	862	43	9	1	10	23	0	0	11	137	1	4	1	4	0	13	15	0	3	1	44	6	0	1	24	126	428	0	0	0	
区分開閉器	PGS	本体	107	23	6	0	5	12	0	0	6	30	0	0	0	5	0	1	1	0	1	0	9	2	0	0	1	7	21	0	0	0	
区分開閉器	PGS	制御装置(SOG等)	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PGS	不明	89	5	1	0	3	1	0	0	1	17	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	5	17	40	0	0	0		
区分開閉器	UAS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UAS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	コンクリート柱	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	その他 (木、鉄、他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	付属品 (腕金、端子、支線等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	屋外電線	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	屋内電線 (母線含む)	18	5	0	0	0	5	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	端未部(CH)	68	17	0	4	1	12	0	0	4	15	0	0	0	2	0	2	0	0	2	5	3	2	0	0	0	8	8	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	CV・CVTケーブル	443	165	12	1	24	128	0	0	16	77	4	1	1	7	0	55	8	0	13	6	23	5	0	0	0	21	28	0	0	13	
区分開閉器以外	電線類	その他	34	13	2	1	2	8	0	0	0	10	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	
区分開閉器以外	避雷器(LA)		231	54	1	1	11	41	0	0	6	120	0	0	0	5	0	0	0	0	3	21	7	0	0	0	12	3	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	ZCT	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	VT	63	20	3	0	2	15	0	0	3	20	0	0	0	0	3	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	CT	80	19	1	0	3	15	0	0	5	27	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21	2	0	1	0	2	2	0	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	OCB	44	13	1	1	2	7	2	0	0	5	0	0	0	0	3	2	0	0	0	1	0	0	1	0	9	10	0	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	VCB	374	107	11	1	25	44	26	0	4	55	2	4	0	1	0	8	0	0	1	0	13	0	0	0	16	104	59	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	PF付LBS	40	10	0	1	2	5	2	0	2	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	保護継電器	GR	979	174	57	4	30	83	0	0	9	134	0	13	0	3	0	15	20	0	0	3	41	16	0	0	20	128	403	0	0	0	0
区分開閉器以外	保護継電器	OCR	83	31	1	0	3	2	25	0	0	3	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	16	0	0	0	
区分開閉器以外	保護継電器	その他	79	1	0	0	0	1	0	0	0	13	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	11	44	6	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧開閉器	OS	9	3	0	0	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧開閉器	VS	11	6	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧開閉器	LBS(分岐、機器単独等)	523	98	10	1	39	46	2	0	41	53	4	4	0	5	0	3	0	0	0	10	201	12	0	5	1	37	49	0	0	0	0
区分開閉器以外	高圧開閉器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	断路器(DS)		14	4	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	高圧カットアウト(PCS)		66	36	1	0	3	25	7	0	0	5	10	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	2	8	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	その他開閉器類		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	変圧器	変圧器	384	165	11	5	22	78	49	0	5	53	17	16	0	2	0	3	2	0	0	2	45	3	0	0	0	34	37	0	0	0	0
区分開閉器以外	変圧器	柱上変圧器	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	変圧器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					

表 2.52 機器ごとの経過年数別故障件数（東北、機器経年故障分布図対象原因）

故障発生機器分類			事故件数総計	経過年数																																											
区分1	区分2	区分3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41～			
区分閉鎖器	PAS	本体	134	1	5	9	5	4	4	7	8	4	4	5	7	10	11	8	5	3	5	4	6	1	4	2	4	2	1	1	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉鎖器	PAS	制御装置(SOG等)	14	1	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0	2	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器	PAS	不明	43	0	2	0	0	0	0	4	0	0	1	1	2	3	3	4	1	0	3	7	2	1	2	1	3	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器	PGS	本体	23	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3	0	3	0	1	4	4	1	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器	PGS	制御装置(SOG等)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉鎖器	PGS	不明	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉鎖器	UAS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉鎖器	UAS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉鎖器	UAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉鎖器	UGS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器	UGS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器	UGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器	その他(AOG含む)	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器	その他(AOG含む)	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器	その他(AOG含む)	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器以外	支持物	コンクリート柱	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器以外	支持物	その他(木、鉄、他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器以外	支持物	付属品(腕金、端子、支線等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器以外	支持物	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器以外	電線類	屋外電線	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器以外	電線類	屋内電線(母線含む)	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器以外	電線類	端末部(CH)	17	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2	2	2	1	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器以外	電線類	CV CVTケーブル	165	1	1	0	0	3	2	1	2	1	4	4	4	4	3	3	1	3	1	6	6	6	8	5	7	6	9	12	11	5	8	4	8	2	4	6	3	2	3	0	0	0	6		
区分閉鎖器以外	電線類	その他	13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
区分閉鎖器以外	避雷器(LA)		54	0	0	0	0	2	0	5	0	0	0	2	1	1	0	1	0	1	0	3	3	3	1	2	2	2	1	3	2	1	3	2	1	1	2	2	1	2	3	0	0	0	0	0	
区分閉鎖器以外	変成器	ZCT	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉鎖器以外	変成器	VT	20	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	1	3	0	0	0	0	1	1	1	2	3
区分閉鎖器以外	変成器	CT	19	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	2	1	0	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
区分閉鎖器以外	遮断器	OCB	13	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	4	
区分閉鎖器以外	遮断器	VCB	107	1	8	0	2	1	3	2	2	3	1	2	0	3	2	1	2	3	3	5	1	1	8	4	4	5	10	7	4	0	2	4	1	6	1	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
区分閉鎖器以外	遮断器	PF付LBS	10	0	3	0	0	1	0	0	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉鎖器以外	遮断器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉鎖器以外	保護継電器	GR	174	2	3	5	4	3	2	12	11	8	7	10	10	15	12	13	8	10	3	6	0	3	2	4	4	5	1	2	1	1	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
区分閉鎖器以外	保護継電器	OCR	31	0	2	2	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0																														

表 2.53 機器ごとの故障原因別故障件数（関東）

故障発生機器分類			事故件数総計	経年故障分布図 対象数 (設備不備、 保守不備)	故障発生原因																													
区分 1	区分 2	区分 3			設備不備			保守不備		自然災害										故意・過失				他物接触			腐食	振動	他事故 波及	その他	不明	要再評価	要再評価	特殊要因
					製作 不完全	施工 不完全	保守 不完全	自然劣化	過負荷	風雨	氷雪	雷	地震	水害	山崩れ ・雪崩	塩 ・塵 ・ガス	その他	作業者 の過失	公衆の 故意 ・過失	無断伐採	火災	樹木	鳥獣	その他										
区分開閉器	PAS	本体	40	16	0	1	4	11	0	3	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0		
区分開閉器	PAS	制御装置(SOG等)	73	53	1	0	11	41	0	1	0	9	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	4	0	1	0	0		
区分開閉器	PAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器	PGS	本体	2	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器	PGS	制御装置(SOG等)	7	5	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0		
区分開閉器	PGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器	UAS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器	UAS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器	UAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器	UGS	本体	10	8	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
区分開閉器	UGS	制御装置(SOG等)	7	7	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器	UGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器	その他 (AOG含む)	本体	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器	その他 (AOG含む)	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器	その他 (AOG含む)	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	支持物	コンクリート柱	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	支持物	その他 (木、鉄、他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	支持物	付属品 (腕金、端子、支線等)	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	支持物	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	電線類	屋外電線	15	2	0	0	1	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	屋内電線 (母線含む)	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	電線類	端末部(CH)	13	6	0	0	1	2	3	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0		
区分開閉器以外	電線類	CV・CVTケーブル	141	69	2	1	9	57	0	0	0	4	1	0	0	0	0	15	0	0	1	0	0	0	0	0	5	9	0	1	0	36		
区分開閉器以外	電線類	その他	32	18	0	0	2	16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	5	5	0	0	0	1		
区分開閉器以外	避雷器(LA)		3	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	変成器	ZCT	20	11	0	0	0	11	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0		
区分開閉器以外	変成器	VT	27	8	0	0	2	6	0	2	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	10	1	0	0	2	0	1	0	0		
区分開閉器以外	変成器	CT	10	4	0	1	3	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
区分開閉器以外	遮断器	OCB	10	6	0	0	0	2	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0		
区分開閉器以外	遮断器	VCB	78	48	0	0	5	43	0	9	0	7	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	2	6	0	1	0	0		
区分開閉器以外	遮断器	PF付LBS	110	55	1	3	15	36	0	11	1	12	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	18	0	0	1	7	0	2	0	0		
区分開閉器以外	遮断器	その他	9	4	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0		
区分開閉器以外	保護継電器	GR	216	172	3	3	16	148	2	10	0	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	8	16	0	1	0	0		
区分開閉器以外	保護継電器	OCR	13	10	0	0	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	保護継電器	その他	10	2	0	0	0	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧開閉器	OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧開閉器	VS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧開閉器	LBS(分岐、機器単独等)	11	3	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧開閉器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	断路器(DS)		16	6	0	0	3	3	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧カットアウト(PCS)		29	27	0	0	0	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	その他開閉器類		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	変圧器	変圧器	54	36	0	3	0	14	19	2	0	2	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	9	0	1	0	0	0		
区分開閉器以外	変圧器	柱上変圧器	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	変圧器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧進相コンデンサ		50	32	0	1	2	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	15	0	1	0	0	0		
区分開閉器以外	直列リアクトル		72	17	1	1	4	10	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0																

表 2.54 機器ごとの経過年数別故障件数（関東、機器経年故障分布図対象原因）

故障発生機器分類			事故件数統計	経過年数																																											
区分1	区分2	区分3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41～			
区分閉閉器	PAS	本体	16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41～			
区分閉閉器	PAS	制御装置(SOG等)	53	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	1	1	1	0	0	0	2	1	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器	PAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	7	3	6	7	4	2	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	PGS	本体	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	PGS	制御装置(SOG等)	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	PGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	UAS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	UAS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	UAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	UGS	本体	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉閉器	UGS	制御装置(SOG等)	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	UGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	その他 (AOG含む)	本体	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
区分閉閉器	その他 (AOG含む)	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	その他 (AOG含む)	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器以外	支持物	コンクリート柱	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器以外	支持物	その他 (木、鉄、他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器以外	支持物	付属品 (鍍金、硝子、支線等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器以外	支持物	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器以外	電線類	屋外電線	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器以外	電線類	屋内電線 (母線含む)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器以外	電線類	端末部(CH)	6	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器以外	電線類	CV CVTケーブル	69	1	0	1	1	0	1	3	0	1	0	2	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	3	2	3	4	4	5	3	3	10	1	0	4	4	3	0	1	1	3		
区分閉閉器以外	電線類	その他	18	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	2	2	3	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0		
区分閉閉器以外	避雷器(LA)	避雷器(LA)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器以外	変成器	変成器	11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1			
区分閉閉器以外	変成器	VT	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3			
区分閉閉器以外	変成器	CT	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2			
区分閉閉器以外	遮断器	OCB	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3			
区分閉閉器以外	遮断器	VCB	48	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	3	2	5	4	1	1	1	2	2	1	4	2	1	4	2	1	4	1	1	0	2	2	1	0	1	1	
区分閉閉器以外	遮断器	PF付(LBS)	55	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	1	0	0	2	2	3	3	1	4	3	2	4	3	2	0	1	2	1	2	1	2	1	1	0	2	0	8		
区分閉閉器以外	遮断器	その他	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2			
区分閉閉器以外	保護継電器	GR	172	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	2	2	2	8	6	20	17	23	14	13	9	8	7	8	0	2	4	2	3	16				
区分閉閉器以外	保護継電器	OCR	10	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1				
区分閉閉器以外	保護継電器	その他	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
区分閉閉器以外	高圧開閉器	OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
区分閉閉器以外	高圧開閉器	VS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
区分閉閉器以外	高圧開閉器	LBS(分岐、機器単独等)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
区分閉閉器以外	高圧開閉器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器以外	断路器(DS)	断路器(DS)	6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0			
区分閉閉器以外	高圧カットアウト(PCs)	高圧カットアウト(PCs)	27	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3	1	1	0	2	1	3	1	1	2	0	0	0	1	2	0	1	0	5				
区分閉閉器以外	その他開閉器類	その他開閉器類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				

	データ数: 1 - 9
	データ数: 10 - 99
	データ数: 100 -

表 2.55 機器ごとの故障原因別故障件数（中部）

[illegible]

故障発生時の現象						
主たる現象						
地絡	短絡	地絡・短絡	損傷・破壊	損傷	その他	事故発生なし
56	25	30	0	40	19	0
74	4	3	0	11	72	1
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
23	7	5	0	5	12	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
10	2	1	0	4	1	0
0	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0
33	5	3	0	1	4	0
7	0	0	0	0	0	0
31	4	4	0	9	1	0
105	10	2	0	7	0	0
25	0	0	0	4	2	0
4	0	0	0	2	1	0
12	3	0	0	3	4	0
14	11	3	0	9	2	0
14	4	1	0	4	8	0
1	0	0	0	1	13	0
28	30	9	0	5	32	0
81	33	16	0	4	109	0
11	5	1	0	4	11	0
73	0	2	0	1	130	1
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0
0	0	1	0	0	1	0
21	11	3	0	6	50	0
0	0	0	0	0	0	0
20	5	1	0	0	1	0
0	0	0	0	5	15	0
1	0	1	0	0	5	0
33	13	11	0	9	56	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
37	14	2	0	5	16	0
5	0	1	0	0	7	0
198	14	6	0	10	179	0
0	0	0	0	0	0	0
33	7	1	0	4	43	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

			データ数：1 - 9
			データ数：10 - 99
			データ数：100 -

表 2.56 機器ごとの経過年数別故障件数（中部、機器経年故障分布図対象原因）

故障発生機器分類			事故件数総計	経過年数																																										
区分 1	区分 2	区分 3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41～		
区分閉器	PAS	本体	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器	PAS	制御装置(SOG等)	34	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3	1	0	3	0	0	0	2	2	3	1	1	1	3	4	0	2	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	
区分閉器	PAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器	PGS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器	PGS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉器	PGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉器	UAS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器	UAS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器	UAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器	UGS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器	UGS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器	UGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器	その他 (AOG含む)	本体	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
区分閉器	その他 (AOG含む)	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器	その他 (AOG含む)	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器以外	支持物	コンクリート柱	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器以外	支持物	その他 (木、鉄、他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器以外	支持物	付属品 (腕金、端子、支線等)	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
区分閉器以外	支持物	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器以外	電線類	屋外電線	8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	
区分閉器以外	電線類	屋内電線 (母線含む)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器以外	電線類	端面部(CH)	16	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	4	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分閉器以外	電線類	CV ケーブル	49	0	0	0	0	1	0	1	0	2	4	2	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	2	1	1	3	4	1	3	1	3	1	0	1	0	0	1	1	8	0	
区分閉器以外	電線類	その他	11	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器以外	避雷線(LA)		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉器以外	変成器	ZCT	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉器以外	変成器	VT	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0		
区分閉器以外	変成器	CT	12	0	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
区分閉器以外	変成器	OCB	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	
区分閉器以外	変成器	VCB	45	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	1	0	2	1	4	3	5	4	2	3	6	3	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉器以外	変成器	PF付LBS	44	2	1	1	2	1	0	3	1	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	2	1	2	2	3	0	4	1	1	0	1	2	1	2	0	0	1	1	1	0	1	4	0	
区分閉器以外	変成器	その他	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0		
区分閉器以外	保護継電器	GR	83	1	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2	6	4	7	7	6	9	12	6	4	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	6	0	
区分閉器以外	保護継電器	OCR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉器以外	保護継電器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉器以外	高圧開閉器	OS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
区分閉器以外	高圧開閉器	VBS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
区分閉器以外	高圧開閉器	LBS(分岐、機器単独等)	40	1	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	1	0	1	3	0	1	2	0	1	2	0	2	2	0	0	1	2	1	0	1	0	10	0	0	
区分閉器以外	高圧開閉器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉器以外	断路器(DS)		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0			
区分閉器以外	高圧カットアウト(PCS)		8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0		
区分閉器以外	その他開閉器類		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
区分閉器以外	変圧器	変圧器	58	1	3	3	1	2	0	0	0																																			

	データ数：1～9
	データ数：10～99
	データ数：100～

表 2.57 機器ごとの故障原因別故障件数（北陸）

故障発生機番分類			事故件数総計	経年故障分布図 対象数 (設備不備、 保守不備)	故障発生原因																												
					設備不備			保守不備			自然災害										故意・過失				他物接触			腐食	振動	他事故 波及	その他	不明	要再評価
区分 1	区分 2	区分 3	製作 不完全	施工 不完全	保守 不完全	自然劣化	過負荷	風雨	氷雪	雷	地震	水害	山崩れ ・雪崩	塩 ・塵 ・ガス	その他	作業者の 過失	公衆の 故意 ・過失	無断伐採	火災	樹木	鳥獣	その他											
区分開閉器	PAS	本体	92	10	1	0	2	7	0	6	4	36	0	0	0	1	0	0	1	0	0	18	2	0	0	0	0	2	4	8	0	0	0
区分開閉器	PAS	制御装置(SOG等)	17	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
区分開閉器	PAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PGS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PGS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UAS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UAS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	制御装置(SOG等)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	コンクリート柱	7	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	その他 (木、鉄、他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	付属品 (腕金、端子、支線等)	18	6	0	1	0	5	0	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	その他	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	屋外電線	26	7	0	3	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	7	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	屋内電線 (母線含む)	34	11	0	2	4	5	0	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	11	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	端未部(CH)	38	21	0	6	2	13	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	CV・CVTケーブル	114	64	0	0	10	54	0	1	0	11	0	0	0	0	20	0	0	1	1	2	1	0	0	0	5	3	0	0	5		
区分開閉器以外	電線類	その他	8	4	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	避雷器(LA)	避雷器	76	12	0	1	5	6	0	21	4	13	0	0	0	5	0	0	0	0	1	16	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	ZCT	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	VT	18	3	0	0	0	3	0	1	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	CT	3	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	OCB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	VCB	32	16	0	0	3	13	0	2	1	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	PF付LBS	83	30	1	0	4	22	3	4	6	17	0	0	0	0	1	0	0	0	1	18	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	その他	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	保護継電器	GR	21	6	0	0	1	5	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0	
区分開閉器以外	保護継電器	OCR	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	保護継電器	その他	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧開閉器	OS	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧開閉器	VS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧開閉器	LBS(分岐、機器単独等)	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧開閉器	その他	7	5	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	断路器(DS)		2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧カットアウト(PCs)		27	20	0	0	1	17	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	
区分開閉器以外	その他開閉器類		3	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変圧器	変圧器	23	12	0	0	2	8	2	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変圧器	柱上変圧器	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変圧器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧進相コンデンサ		29	14	1	0	1	12	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	
区分開閉器以外	直列リアクトル		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	その他		92	15	0	0	7	8	0	7	3	2	0	0	1	1	0	2	2	0	0	1	45	4	0	0	8	1	0	0	0	0	
故障機器なし			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
分析対象外 (重複等)			120	27	1	3	7	12	4	3	1	13	0	1	0	0	8	1	0	1	1	30	1	0	0	3	12	18	0	0	0	0	
要確認			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
データなし			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

		データ数：1 - 9
		データ数：10 - 99
		データ数：100 -

故障発生時の現象							
主たる現象							事故発生なし
地絡	短絡	地絡・短絡	損傷・破壊	振働	その他	不明	
47	11	10	0	0	16	8	0
16	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	3	0
0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	2	0
3	0	0	0	0	0	0	0
13	6	1	0	0	4	2	0
16	7	0	0	0	8	3	0
19	12	2	0	0	3	2	0
101	1	2	0	0	7	3	0
7	1	0	0	0	0	0	0
50	10	1	0	0	7	8	0
1	0	0	0	0	0	0	0
4	7	4	0	0	3	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
9	9	0	0	0	9	5	0
34	8	5	0	0	27	9	0
0	0	1	0	0	0	1	0
11	2	0	0	0	4	4	0
0	0	0	0	0	3	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	4	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	17	8	0
2	1	0	0	0	0	0	0
7	5	1	0	0	9	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	2	0	0	5	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0
73	4	1	0	0	10	4	0
0	0	0	0	0	0	0	0
71	14	6	0	0	21	8	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

表 2.58 機器ごとの経過年数別故障件数（北陸、機器経年故障分布図対象原因）

[illegible]

	デ=夕数: 1-9
	デ=夕数: 10-99
	デ=夕数: 100-

表 2.59 機器ごとの故障原因別故障件数（関西）

故障発生機器分類			事故件数総計	経年故障分布図 対象数 (設備不備、 保守不備)	故障発生原因																												
区分 1	区分 2	区分 3			設備不備			保守不備		自然災害										故意・過失				他物接触			腐食	振動	他事故 波及	その他	不明	要再評価	要再評価
			製作 不完全	施工 不完全	保守 不完全	自然劣化	過負荷	風雨	氷雪	雷	地震	水害	山崩れ ・雪崩	塩 ・塵 ・ガス	その他	作業者 の過失	公衆の 故意 ・過失	無断伐採	火災	樹木	鳥獣	その他											
区分開閉器	PAS	本体	25	3	0	0	0	3	0	1	0	11	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	5	0	0	0	0	1	0	0	0	
区分開閉器	PAS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PGS	本体	3	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PGS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UAS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UAS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	コンクリート柱	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	その他 (木、鉄、他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	付属品 (腕金、端子、支線等)	4	3	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	屋外電線	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	屋内電線 (母線含む)	14	7	0	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	端末部(CH)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	CV・CVTケーブル	137	69	3	0	13	53	0	5	0	5	1	0	0	0	0	13	1	0	0	3	1	0	0	0	0	2	0	0	0	37	
区分開閉器以外	電線類	その他	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
区分開閉器以外	避雷器(LA)		6	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	ZCT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	VT	13	5	0	0	2	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	
区分開閉器以外	変成器	CT	4	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	OCB	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	VCB	23	12	0	0	4	5	3	2	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	2	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	PF付LBS	74	18	0	0	2	12	4	1	1	15	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	25	5	0	0	0	5	0	0	0	0	
区分開閉器以外	遮断器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	保護継電器	GR	11	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0	0	0	
区分開閉器以外	保護継電器	OCR	6	4	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	保護継電器	その他	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧開閉器	OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧開閉器	VS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧開閉器	LBS(分岐、機器単独等)	5	3	0	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧開閉器	その他	4	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
区分開閉器以外	断路器(DS)		11	4	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧カットアウト(PCS)		40	34	1	0	2	18	13	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	その他開閉器類		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変圧器	変圧器	12	5	0	0	1	3	1	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
区分開閉器以外	変圧器	柱上変圧器	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	変圧器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	高圧進相コンデンサ		7	2	0	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
区分開閉器以外	直列リアクトル		17	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										

表 2.60 機器ごとの経過年数別故障件数（関西、機器経年故障分布図対象原因）

[illegible]

	データ数: 1 - 9
	データ数: 10 - 99
	データ数: 100 -

表 2.61 機器ごとの故障原因別故障件数（中国）

[illegible]

故障発生時の現象						
主たる現象						
地絡	短絡	地絡・短絡	損傷・破壊	損傷	その他	事故発生なし
13	7	5	1	3	3	0
13	1	0	0	0	16	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	3	0
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	4	0
0	0	0	0	0	0	0
3	3	0	0	0	0	0
39	4	2	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	1	0
5	1	0	0	1	1	0
3	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	7	0
38	5	3	2	1	10	0
1	0	0	0	0	2	0
17	1	0	0	1	15	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
3	2	1	0	1	4	0
0	0	0	0	0	0	0
7	1	2	0	0	1	0
0	0	0	0	2	2	0
0	0	0	0	0	1	0
6	3	1	0	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
7	2	0	0	0	2	0
1	0	0	0	0	1	0
35	0	0	0	1	12	0
0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

			データ数：1 - 9
			データ数：10 - 99
			データ数：100 -

表 2.62 機器ごとの経過年数別故障件数（中国、機器経年故障分布図対象原因）

故障発生機器分類			事故件数統計	経過年数																																										
区分1	区分2	区分3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41～		
区分開閉器	PAS	本体	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
区分開閉器	PAS	制御装置(SOG等)	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器	PAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PGS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PGS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	PGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	JAS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	JAS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	JAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	UGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器	その他 (AOG含む)	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	コンクリート柱	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	支持物	その他 (木、鉄、他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	支持物	付属品 (鍍金、砂子、支線等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	支持物	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	屋外電線	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
区分開閉器以外	電線類	屋内電線 (母線含む)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	電線類	屋内電線 (母線含む)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	電線類	端末部(CH)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	電線類	CV CMTケーブル	27	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	3	2	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
区分開閉器以外	電線類	その他	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分開閉器以外	避雷器(LA)	避雷器(LA)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	ZCT	変成器	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	変成器	VT	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
区分開閉器以外	変成器	CT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	遮断器	QCB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	遮断器	VCB	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	遮断器	PF付LBS	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	2	3	1	0	0	0	1	0	0	0	2		
区分開閉器以外	遮断器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	保護継電器	GR	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2		
区分開閉器以外	保護継電器	OCR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	保護継電器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧開閉器	OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧開閉器	VS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧開閉器	LBS(分枝、機器単独等)	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧開閉器	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧開閉器	断路器(OS)	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分開閉器以外	高圧カットアウト(PCS)	高圧カットアウト(PCS)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
区分開閉器以外	その他開閉器類	その他開閉器類	1	0	0	0	0	0	0	0</																																				

		データ数：1～9
		データ数：10～99
		データ数：100～

表 2.63 機器ごとの故障原因別故障件数（九州）

[illegible]

表 2.64 機器ごとの経過年数別故障件数（九州、機器経年故障分布図対象原因）

[illegible]

	$\overline{d}^{\text{ss}}$ -タ数: 1 - 9
	$\overline{d}^{\text{ss}}$ -タ数: 10 - 99
	$\overline{d}^{\text{ss}}$ -タ数: 100 -

表 2.65 機器ごとの故障原因別故障件数（全地域）

[illegible]

		データ数：1 - 9
		データ数：10 - 99
		データ数：100 -

表 2.66 機器ごとの経過年数別故障件数（全地域、機器経年故障分布図対象原因）

故障発生機器分類			経過年数																																												
区分1	区分2	区分3	事故件数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41~			
区分閉閉器	PAS	本体	185	1	5	9	5	5	5	7	10	5	5	7	8	12	12	8	11	5	7	6	7	4	5	3	5	4	2	2	4	5	2	2	1	3	1	1	0	0	0	1	0	0			
区分閉閉器	PAS	制御装置(SOG等)	126	3	1	0	1	0	1	2	0	1	5	1	2	6	1	0	4	3	0	3	4	0	3	4	5	6	7	10	6	12	12	4	5	5	8	3	3	0	1	0	2	1	0	0	1
区分閉閉器	PAS	不明	43	0	2	0	0	0	4	0	0	1	1	2	3	3	4	1	0	3	7	2	1	2	1	3	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	PGS	本体	26	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3	0	3	0	1	4	4	1	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	PGS	制御装置(SOG等)	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	PGS	不明	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器	UAS	本体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器	UAS	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器	UAS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	UGS	本体	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	UGS	制御装置(SOG等)	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
区分閉閉器	UGS	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器	その他 (AOG含む)	本体	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0		
区分閉閉器	その他 (AOG含む)	制御装置(SOG等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器	その他 (AOG含む)	不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器以外	支持物	コンクリート柱	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器以外	支持物	その他 (木、鉄、他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器以外	支持物	付属品 (錠金、磚子、支線等)	15	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
区分閉閉器以外	支持物	その他	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
区分閉閉器以外	電線類	屋外電線	25	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1	0	1	1	0	1	2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4	
区分閉閉器以外	電線類	屋内電線 (母線含む)	24	1	1	1	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1		
区分閉閉器以外	電線類	箱末部(CH)	72	2	2	1	0	2	2	1	0	4	1	3	3	4	2	4	1	0	1	3	5	2	4	4	4	1	1	0	1	4	3	2	2	1	1	1	0	2	0	0	0	0	1		
区分閉閉器以外	電線類	CV VCTケーブル	465	4	4	5	3	7	6	16	6	14	16	17	12	12	5	14	9	8	3	8	11	8	13	10	11	13	20	28	26	16	19	29	16	17	7	8	8	6	4	4	2	20			
区分閉閉器以外	電線類	その他	51	0	1	3	0	0	1	0	1	1	0	2	1	1	2	1	1	0	1	0	2	0	3	3	3	1	1	1	2	1	3	2	2	4	3	3	1	0	2	1	0	0	0		
区分閉閉器以外	避雷器(LA)		75	0	1	1	0	4	0	6	0	0	0	2	1	1	0	2	0	3	1	5	4	5	2	3	3	2	1	5	2	1	3	4	1	1	2	2	1	3	3	0	0	0			
区分閉閉器以外	変成器	ZCT	21	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	2	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	2	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2		
区分閉閉器以外	変成器	VT	47	0	0	0	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	2	1	1	2	0	1	2	3	0	0	2	4	0	0	1	0	0	2	1	1	3	13		
区分閉閉器以外	変成器	CT	41	0	1	2	3	3	0	1	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	1	1	2	3	2	2	1	0	4	0	0	0	0	1	0	1	0	5		
区分閉閉器以外	遮断器	OCB	25	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	10			
区分閉閉器以外	遮断器	VCB	242	3	8	2	2	2	4	3	6	4	2	2	0	3	3	4	5	3	5	9	8	7	14	8	12	10	18	13	12	8	11	14	7	11	4	5	3	2	2	0	2	1			
区分閉閉器以外	遮断器	PFV(LBS)	196	2	7	2	6	2	0	6	3	1	1	3	0	2	9	2	1	2	3	1	4	8	6	7	5	11	9	12	8	6	7	15	6	5	5	4	3	2	2	3	1	14			
区分閉閉器以外	遮断器	その他	15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	4			
区分閉閉器以外	保護継電器	GR	460	3	5	6	4	5	2	12	13	8	7	13	10	17	13	13	9	10	6	6	0	5	6	11	12	18	15	31	25	34	30	25	17	9	10	9	0	2	4	4	5	26			
区分閉閉器以外	保護継電器	OCR	46	1	2	3	0	2	0	2	1	2	0	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	2	5	1	2	0	4	0	2	1	1	1	0	1	2	0	0	0	3			
区分閉閉器以外	保護継電器	その他	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
区分閉閉器以外	高圧開閉器	QS	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1				
区分閉閉器以外	高圧開閉器	LVS	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0			
区分閉閉器以外	高圧開閉器	MS(分岐、機器単独等)	158	1	0	1	0	1	4	4	4	3	0	3	1	2	3	2	2	5	6	1	8	4	4	9	7	8	5	7	6	5	5	6	9	1	2	2	4	1	1	2	2	17			
区分閉閉器以外	高圧開閉器	その他	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
区分閉閉器以外	断路器(OS)		26	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	2	3	1	0	1	0	2	0	1	0	2			
区分閉閉器以外	高圧カットアウト(PCS)		136	0	2	1	1	1	0	3	3	4	3	2	0	2	2	4	1	3	1	6	1	4	1	7	6	5	0	5	7	6	3	12	7	3	2	3	3	2	1	2	2	15			
区分閉閉器以外	その他開閉器類		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													

	デ=夕数: 1-9
	デ=夕数: 10-99
	デ=夕数: 100-

(b) 機器ごとの経過年数ごとの故障件数データと機器経年故障分布図用データ

表 2.67 に、機器ごとの経過年数ごとの故障原因別故障件数データの例として、全地域の PAS 本体の経過年数ごとの故障原因別故障件数データを示す。

機器経年故障分布図は、このデータから以下の故障発生原因を対象としたデータを抽出して機器経年故障分布図用データとして作成した。

- 製作不完全
- 施工不完全
- 保守不完全
- 自然劣化
- 過負荷

表 2.68 に、表 2.67 に示したデータから、上記 5 種類の故障発生原因を抽出した機器経年故障分布図用データを示す。

また、図 2.10 に、表 2.68 から作成した機器経年故障分布図を示す。

なお、地域別の機器経年故障分布図用データ及び機器経年故障分布図、全地域の機器経年故障分布図用データ及び機器経年故障分布図は、データ量が多いことから別紙にまとめている。

表 2.67 機器ごとの経過年数ごとの故障原因別故障件数データの例（全地域 PAS 本体の経過年数ごとの故障原因別故障件数）

経過年	故障発生原因																												合計
	設備不備		保守不備			自然災害							故意・過失				他物接触			腐食	振動	他事故波及	その他	不明	要再評価	要再評価	特殊要因	合計	
	製作不完全	施工不完全	保守不完全	自然劣化	過負荷	風雨	氷雪	雷	地震	水害	山崩れ・雪崩	塩・塵・ガス	その他	作業者の過失	公衆の故意・過失	無断伐採	火災	樹木	鳥獣	その他	腐食	振動	他事故波及	その他	不明	要再評価	要再評価		
1	0	1	0	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	3	0	0	0	18
2	3	1	1	0	0	0	2	44	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	13	2	0	1	2	7	4	0	0	0	85
3	6	0	1	2	0	0	4	39	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	10	0	0	0	0	2	12	0	0	0	79
4	2	0	2	1	0	1	3	44	0	1	0	4	0	1	0	0	0	1	4	1	0	1	0	3	2	0	0	0	71
5	2	1	0	2	0	2	3	38	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	2	15	0	0	0	76
6	1	0	2	2	0	2	3	37	0	1	0	8	0	0	0	0	0	2	8	1	0	0	1	3	21	0	0	0	92
7	5	0	1	1	0	0	1	35	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	7	4	0	0	2	1	7	0	0	0	66
8	5	2	1	2	0	2	3	29	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	5	0	0	0	0	8	16	0	0	0	77
9	1	0	1	3	0	4	1	51	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	1	1	14	0	0	0	86
10	2	0	0	3	0	2	5	32	0	1	0	3	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	5	10	1	0	0	74
11	2	0	1	4	0	0	2	40	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	11	0	0	0	0	3	19	0	0	0	86
12	0	1	1	6	0	3	3	26	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	13	1	0	0	0	2	16	0	0	0	73
13	1	1	4	6	0	3	1	27	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	11	2	0	0	0	3	20	0	0	0	83
14	3	1	1	7	0	1	2	22	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	3	2	0	0	1	1	10	0	0	0	57
15	2	0	2	4	0	1	2	21	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	5	1	1	0	1	4	10	0	0	0	57
16	1	0	4	6	0	0	1	20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	8	3	0	1	1	1	13	0	0	0	60
17	0	0	1	4	0	4	1	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	7	2	0	0	0	3	14	0	0	0	49
18	0	0	1	6	0	1	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	3	7	0	0	0	37
19	0	0	3	3	0	3	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	6	0	0	0	32
20	0	0	3	4	0	0	1	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	25
21	0	0	1	3	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	2	0	0	0	16
22	0	0	2	3	0	1	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	20
23	0	0	2	1	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	17
24	0	0	0	5	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	15
25	1	1	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	14
26	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	8
27	0	0	0	2	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	11
28	0	0	1	3	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	12
29	1	1	0	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
30	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6
31	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
32	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4
33	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	6
34	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4
35	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
41～	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	38	10	43	94	0	39	44	597	1	4	0	41	0	6	3	0	1	18	150	24	1	3	14	61	238	1	0	0	1431

表 2.68 機器経年故障分布図用データの例（全地域 PAS 本体）

器年数	製作 不完全	施工 不完全	保守 不完全	自然劣化	過負荷
1	0	1	0	0	0
2	3	1	1	0	0
3	6	0	1	2	0
4	2	0	2	1	0
5	2	1	0	2	0
6	1	0	2	2	0
7	5	0	1	1	0
8	5	2	1	2	0
9	1	0	1	3	0
10	2	0	0	3	0
11	2	0	1	4	0
12	0	1	1	6	0
13	1	1	4	6	0
14	3	1	1	7	0
15	2	0	2	4	0
16	1	0	4	6	0
17	0	0	1	4	0
18	0	0	1	6	0
19	0	0	3	3	0
20	0	0	3	4	0
21	0	0	1	3	0
22	0	0	2	3	0
23	0	0	2	1	0
24	0	0	0	5	0
25	1	1	0	2	0
26	0	0	1	1	0
27	0	0	0	2	0
28	0	0	1	3	0
29	1	1	0	3	0
30	0	0	1	1	0
31	0	0	2	0	0
32	0	0	0	1	0
33	0	0	2	1	0
34	0	0	1	0	0
35	0	0	0	1	0
36	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0
39	0	0	0	1	0
40	0	0	0	0	0
41～	0	0	0	0	0

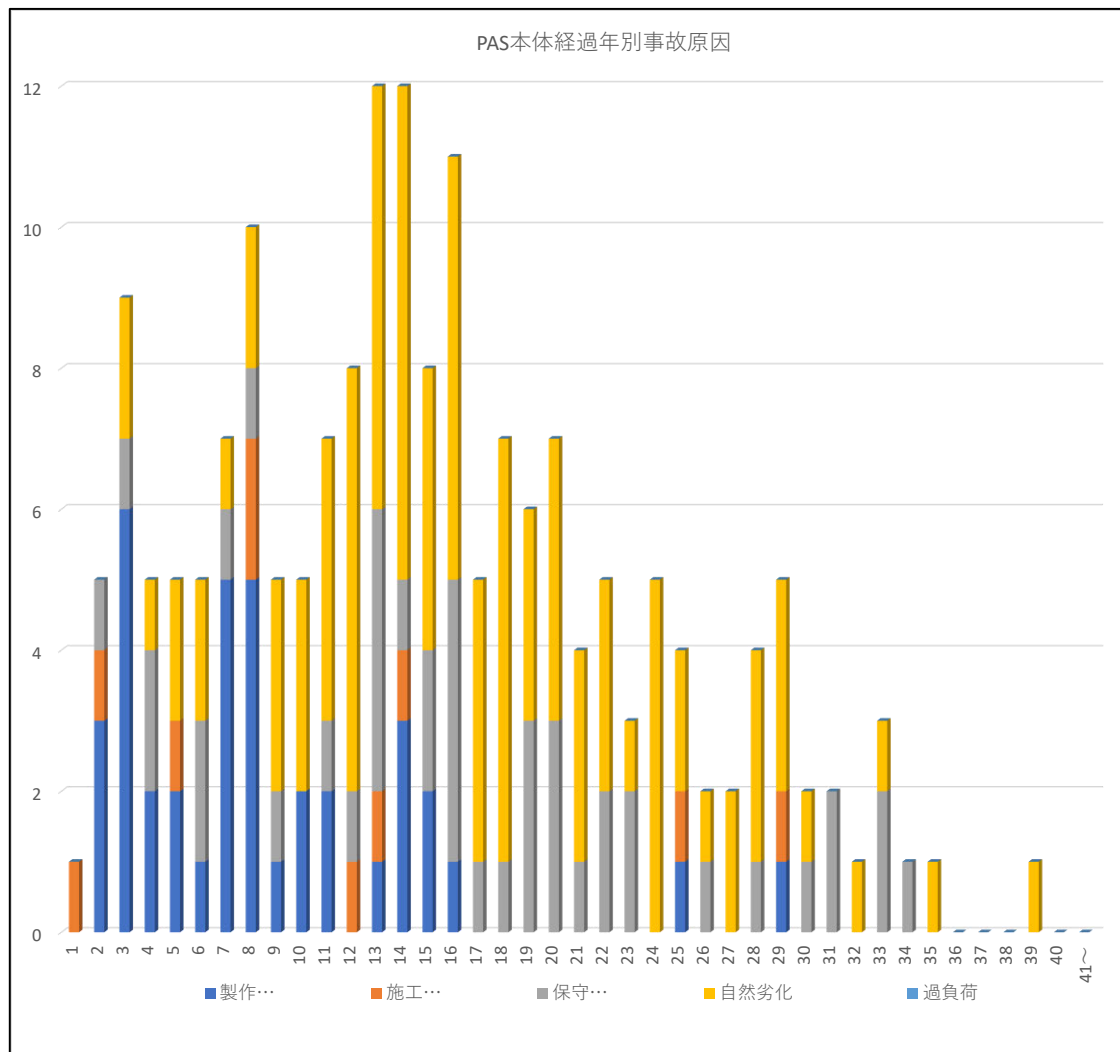


図 2.10 機器経年故障分布図の例（全地域 PAS 本体）

(3) 主要機器の故障件数

(1)及び(2)で説明した約 11,400 件の故障データのうち、外的要件が約 8,200 であり、外的要因を除くと約 3,200 件であった。本検討においては、この外的要因以外の約 3,200 件のデータを分析し、故障件数の多い機器についてまとめた。

本結果について主任技術者に意見を伺ったが、妥当な結果であるとのコメントを得た。ただし、保護継電器の故障件数については、停電が発生し現地にて調査を行った結果として、保護継電器が作動したが、故障機器が確認できなかった場合に保護継電器の故障と報告した案件の可能性がある、仮にそうだとすれば、実態としては不明である可能性があるとの意見を得た。

なお、これらのデータは、あくまで各機器の故障件数のデータであり、各機器の母数は把握していない状況である。すなわち、例えばケーブル類については、637 件の故障データが存在し、断路器が 26 件の故障データが存在するが、これらの機器の稼働総数のデータが存在しないことから、単純にケーブル類の故障が多く、断路器の故障が少ないということではないことに留意する必要がある。

表 2.69 に主要機器の故障件数を示す。

表 2.69 主要機器の故障件数表

	故障設備			機器故障事例数
	区分 1	区分 2	区分 3	
1	区分開閉器以外	電線類	CV・CVTケーブル等	637
2	区分開閉器以外	保護継電器	GR	460
3	区分開閉器以外	遮断器	LBS	354
4	区分開閉器以外	変圧器	変圧器	284
5	区分開閉器以外	遮断器	VCB	242
6	区分開閉器	PAS、UAS	本体	185
7	区分開閉器	区分開閉器全体	制御装置(SOG等)	141
8	区分開閉器以外	高圧進相コンデンサ		137
9	区分開閉器以外	高圧カットアウト(PCS)		136
10	区分開閉器以外	避雷器(LA)		75
11	区分開閉器以外	変成器	VT	47
12	区分開閉器以外	変成器	CT	41
13	区分開閉器	PGS、UGS	本体	34
14	区分開閉器以外	直列リアクトル		29
15	区分開閉器以外	断路器(DS)		26

(4) 引込設備の機器経年故障分布図の作成

(a) 引込み線・ケーブル（高圧母線を含む）

引き込み線・ケーブルによる故障件数については、表 2.70 の通り 637 件である。

図 2.11 にケーブル類の機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、保守不完全のみの 3 種類を示す。

図 2.11 に示すように、ケーブル類の傾向として、初年度から徐々に故障件数が増加し、11 年目で年間 20 件とピークとなるが、その後減少傾向にあり、再度 19 年目より増加し、31 年目で年間 31 件をピークになり、その後減少する傾向にある。11 年目のピークについては、E-T タイプのケーブルについては、水トリートの影響が指摘されており、その要因によるものと思われ、31 年目のピークが通常自然劣化の影響によるものと推察される。その後機器の更新による母数が減少することにより、減少する傾向にある。

※ケーブルの故障データからは、矢崎エナジーシステム製のものと及び古河電気製のものは除いている。

表 2.70 ケーブル類に係る機器の故障件数

故障設備			機器故障事件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器以外	電線類	ケーブル類	637

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

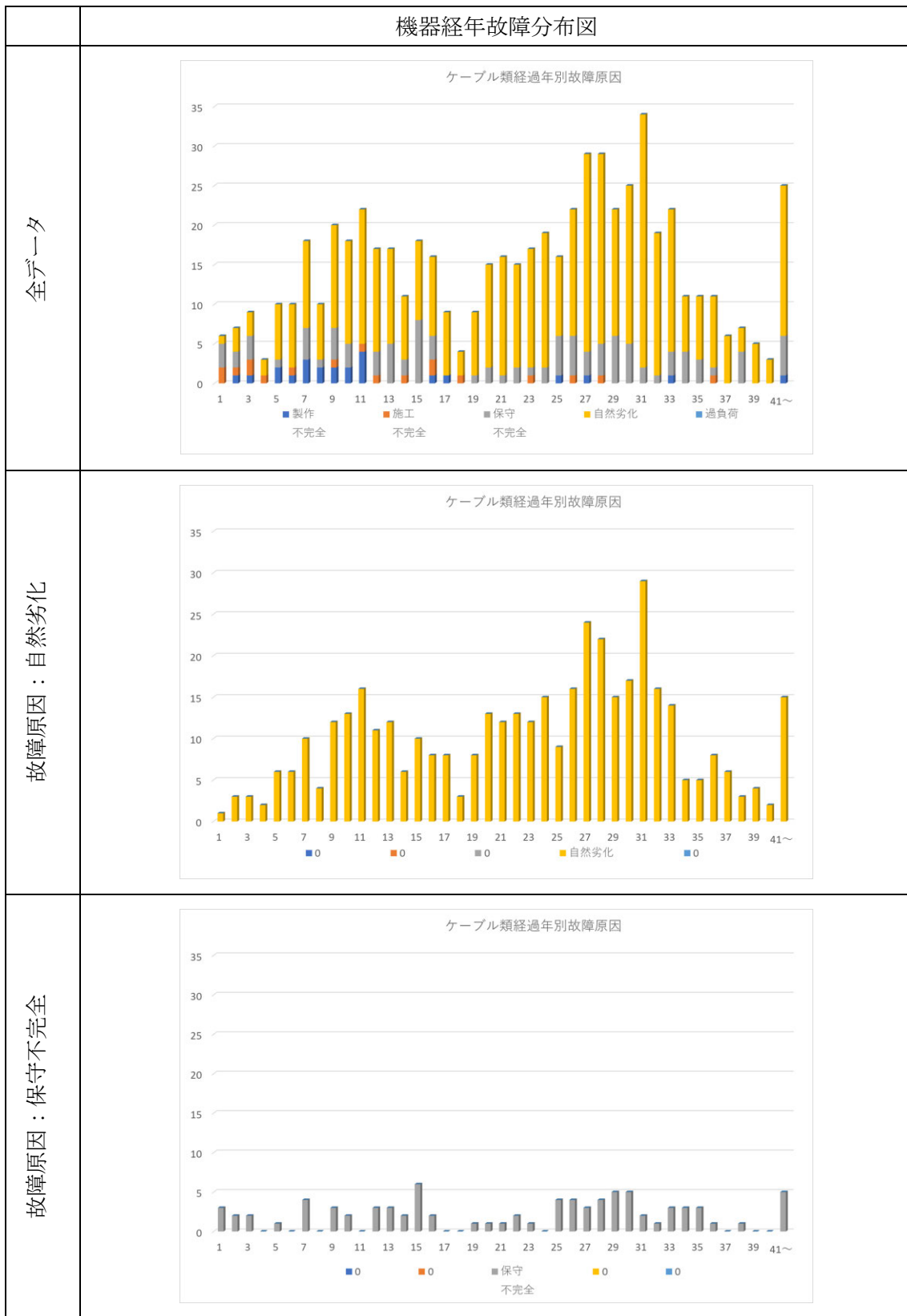


図 2.11 ケーブル類の機器経年故障分布図（故障原因別）

(b) 区分開閉器

区分開閉器による故障件数については、表 2.71 の通りであり、PAS、USA の本体（UAS の故障件数が 0 件であり、実質的に PAS の故障件数と同等）が 185 件、PGS、UGS 本体が 34 件、区分開閉器全体の制御装置が 141 件である。

図 2.12～図 2.15 に区分開閉器の機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、保守不完全のみの 3 種類に加え、PAS 本体は保守不完全とほぼ同等の製作不完全の 4 種類を示す。

図 2.12、図 2.13 を見ると、PAS 本体の傾向としては、2 年目以降製作不完全による故障が見られようになり、3 年目をピークに減少する傾向にある。また、自然劣化による故障については、10 年目までは年間 3 件程度であるが、11 年目以降増加傾向にあり、14 年目の 7 件をピークに、その後機器の更新による母数が減少することにより、減少する傾向にある。

PGS、UGS 本体は、故障件数が少ないが、徐々に故障件数が増え、15～16 年目に故障件数が 4 件とのピークを示す。その後機器の更新による母数が減少することにより、減少する傾向にある。

PAS の制御装置については、10 年目まではほとんど故障がなく、11 年目より増加傾向にあり 28 年目に年間 12 件とピークとなる。PAS の制御装置については、期待寿命が 10～15 年であるが、実際は 20 年以降も使われていることが分かる。

表 2.71 区分開閉器に係る機器の故障件数

故障設備			機器故障事件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器	PAS、UAS	本体	185
区分開閉器	PGS、UGS	本体	34
区分開閉器	区分開閉器全体	制御装置(SOG等)	141

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

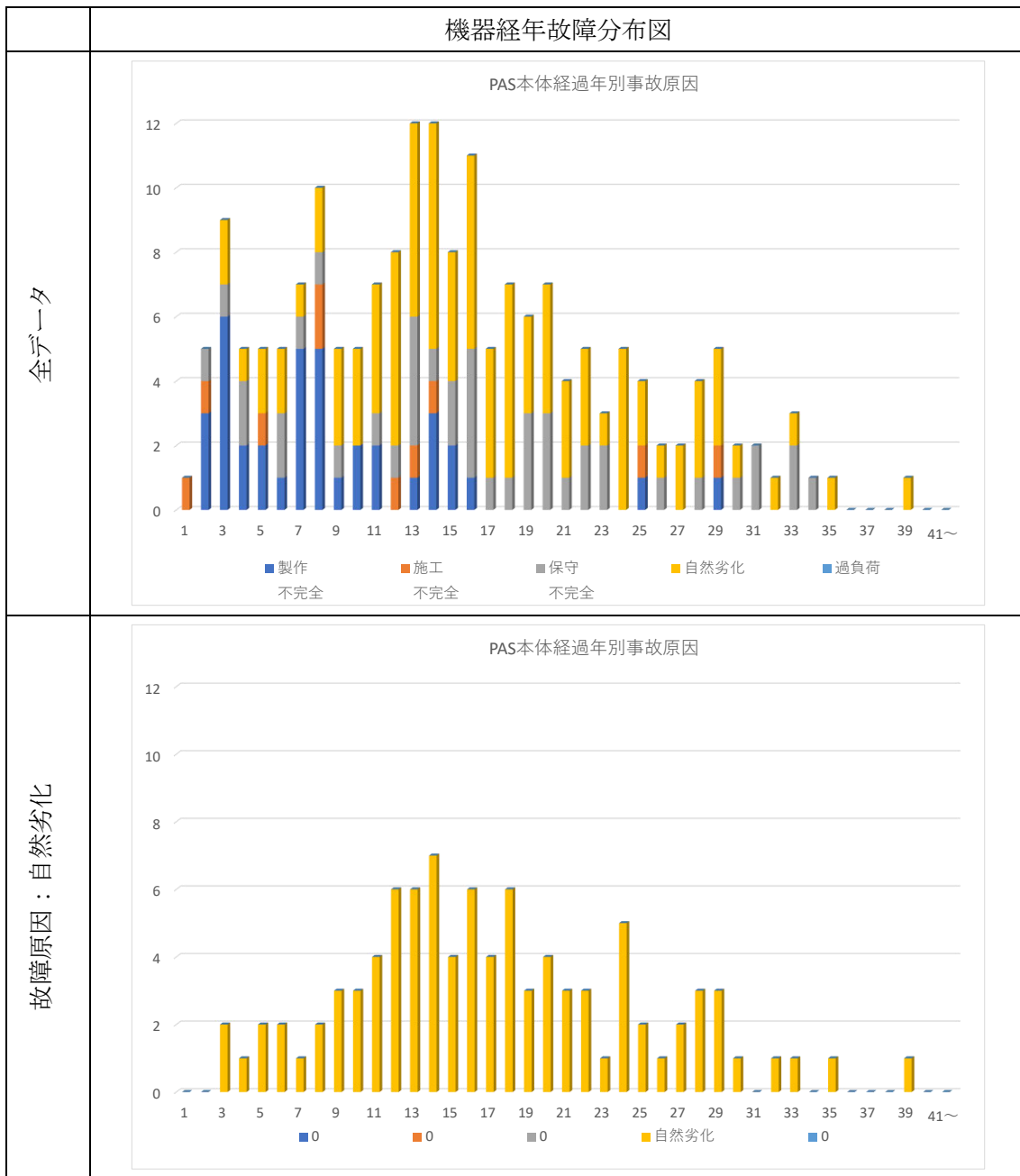


図 2.12 PAS 本体の機器経年故障分布図（故障原因別）

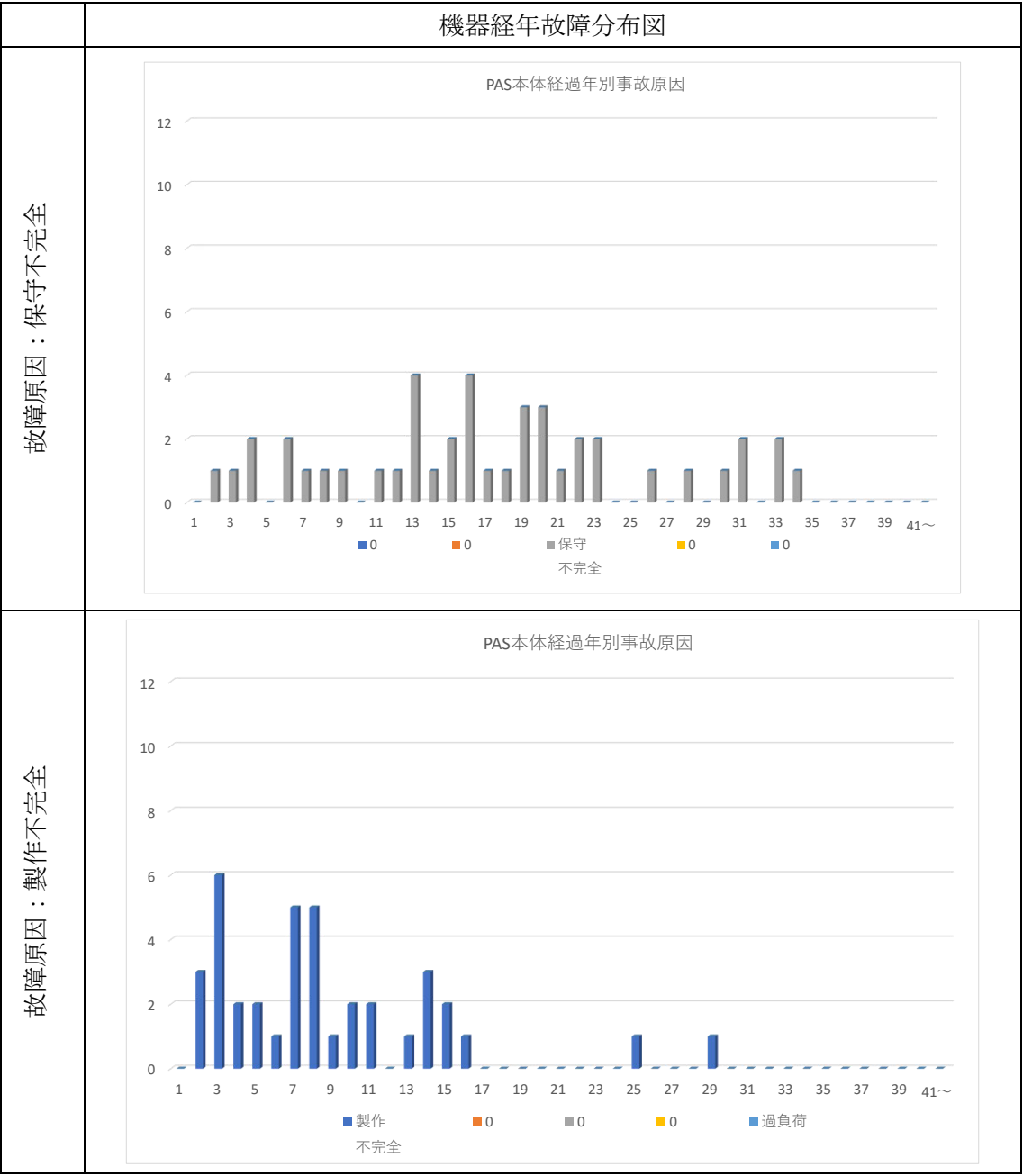


図 2.13 PAS 本体の機器経年故障分布図（故障原因別）

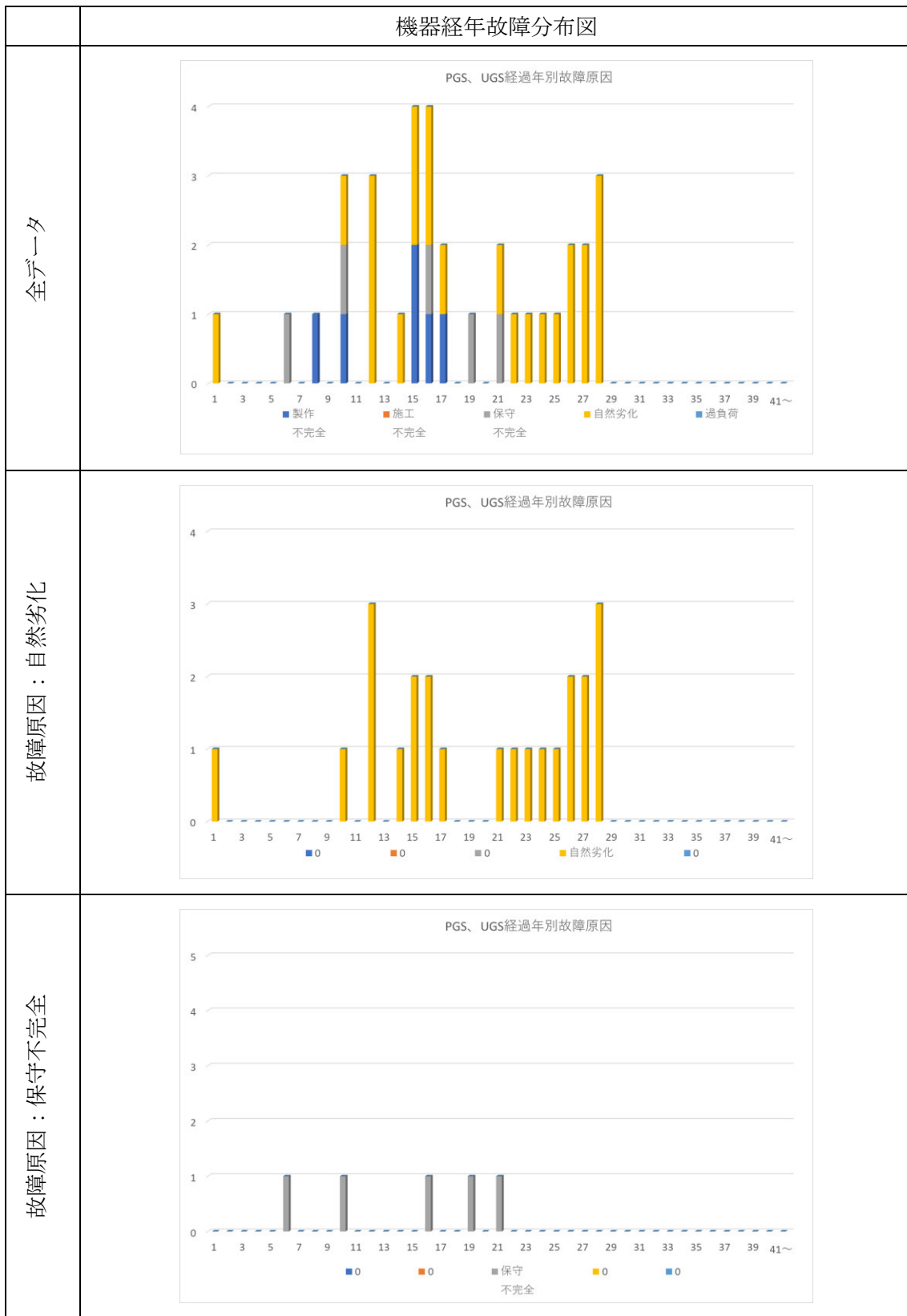


図 2.14 区分開閉器制御装置全体の機器経年故障分布図（故障原因別）

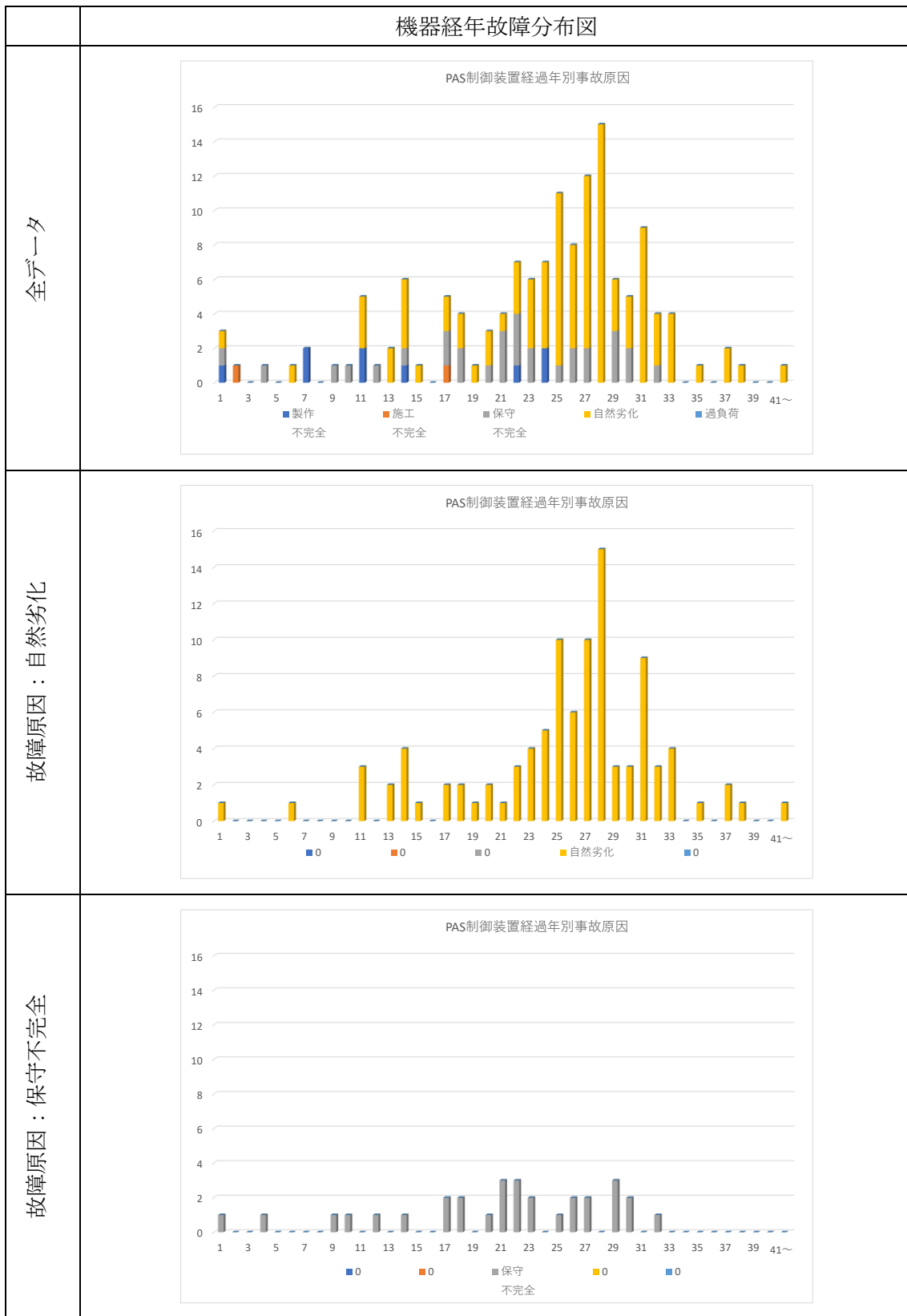


図 2.15 区分開閉器制御装置全体の機器経年故障分布図（故障原因別）

(5) 高圧需要設備の機器経年故障分布図の作成

(a) 断路器

断路器による故障件数については、表 2.72 の通りであり 26 件である。

図 2.16 に断路器の機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、保守不完全のみの 3 種類を示す。

図 2.16 に示すように、断路器については、年間最大で 3 件の故障であり、自然劣化 13 件、保守不完全 11 件とほぼ同等の理由により故障することが分かった。また、故障件数が少ないデータの中での傾向であるが、断路器は使用開始時から使用開始後 40 年目以降まで、大きく故障件数に変化がない機器である。

表 2.72 断路器に係る機器の故障件数

事故設備			事故件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器以外	断路器(DS)		26

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

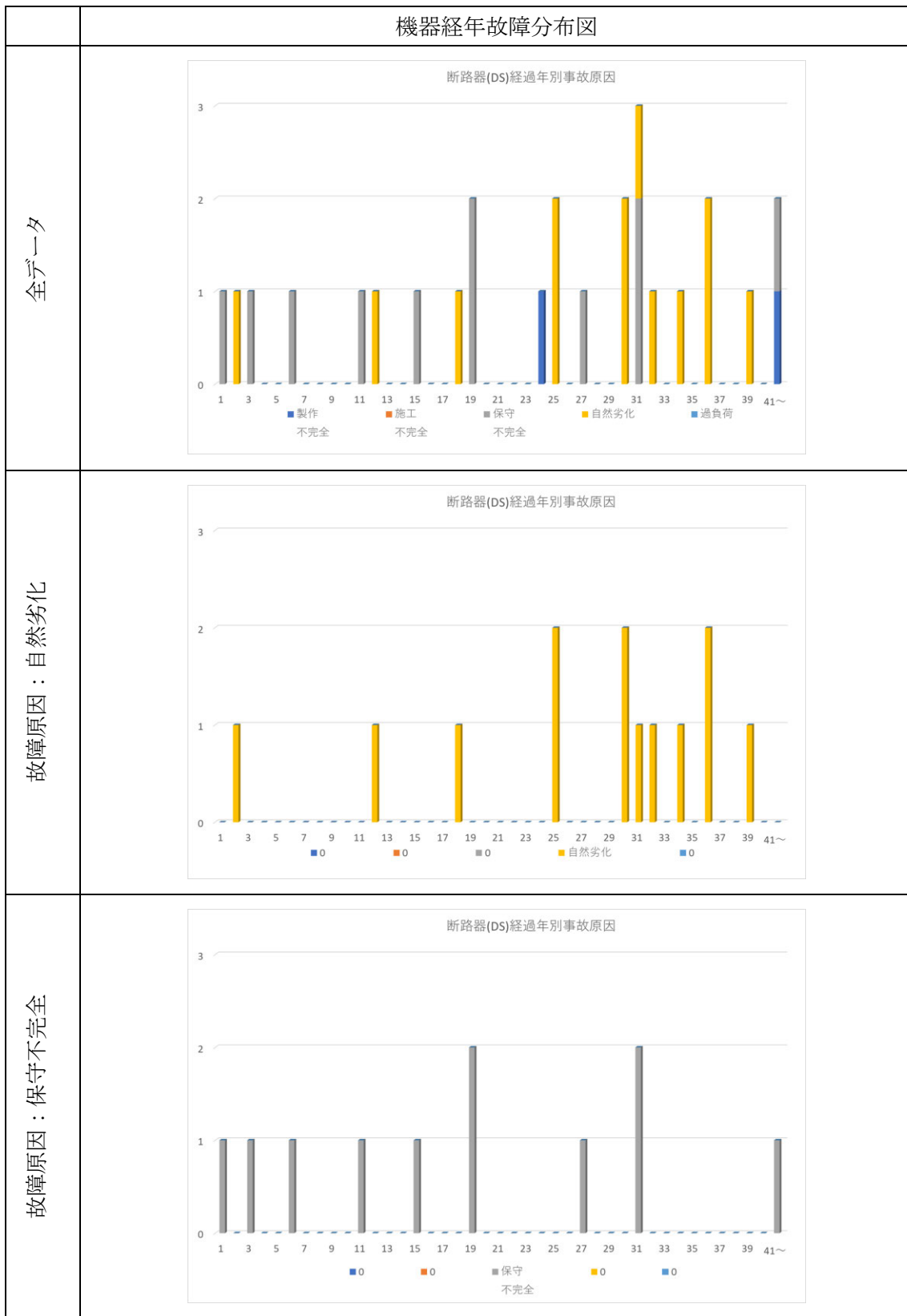


図 2.16 断路器の機器経年故障分布図（故障原因別）

(b) 負荷開閉器

負荷開閉器（LBS）による故障件数については、表 2.73 の通り 354 件である。

図 2.17 に LBS の機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、保守不完全のみの 3 種類を示す。

図 2.17 に示すように、LBS は更新推奨時期を過ぎる 20 年目までは年間最大 11 件の故障件数であるが、その後徐々に増え、31 年目に 21 件の故障が確認された。その後機器の更新による母数が減少することにより、徐々に減少する傾向にある。また、41 年以降も利用されている機器があることが分かる。

表 2.73 負荷開閉器（LBS）に係る機器の故障件数

故障設備			機器故障事件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器以外	遮断器	LBS	354

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

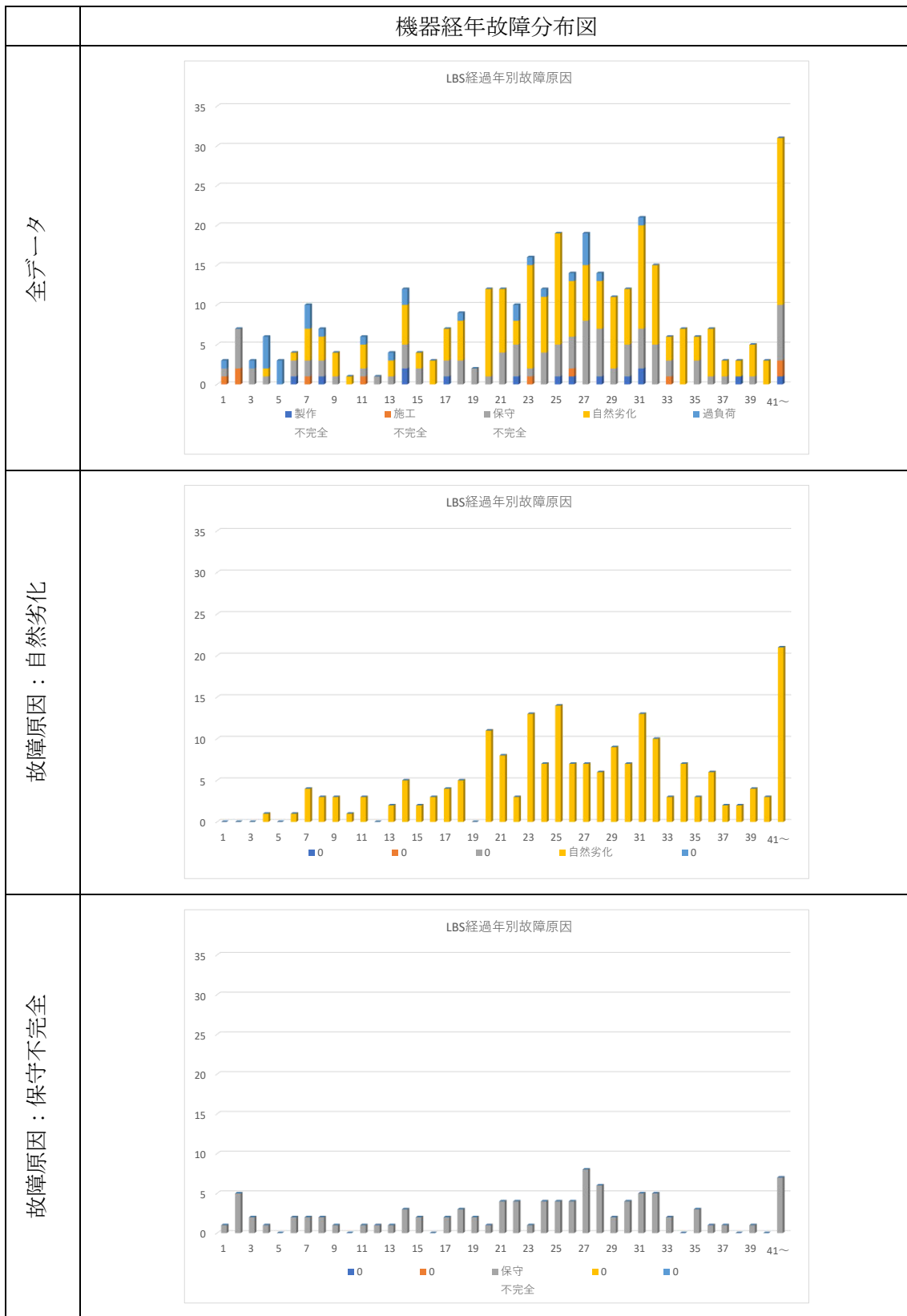


図 2.17 負荷開閉器 LBS の機器経年故障分布図（故障原因別）

(c) 遮断器

遮断器による故障件数については、表 2.74 の通りであり、VCB が 242 件である。

図 2.18 に遮断器（VCB）の機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、保守不完全のみの 3 種類を示す。

図 2.18 に示すように、遮断機（VCB）は更新推奨時期と同等の 18 年目までは、年間最大 8 件の故障であるが、19 年目以降徐々に増加する傾向にあり、26 年に年間 19 件の故障が生じ、その後機器の更新による母数が減少することにより、徐々に減少する傾向にある。

表 2.74 遮断器（VCB）に係る機器の故障件数

故障設備			機器故障事件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器以外	遮断器	VCB	242

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

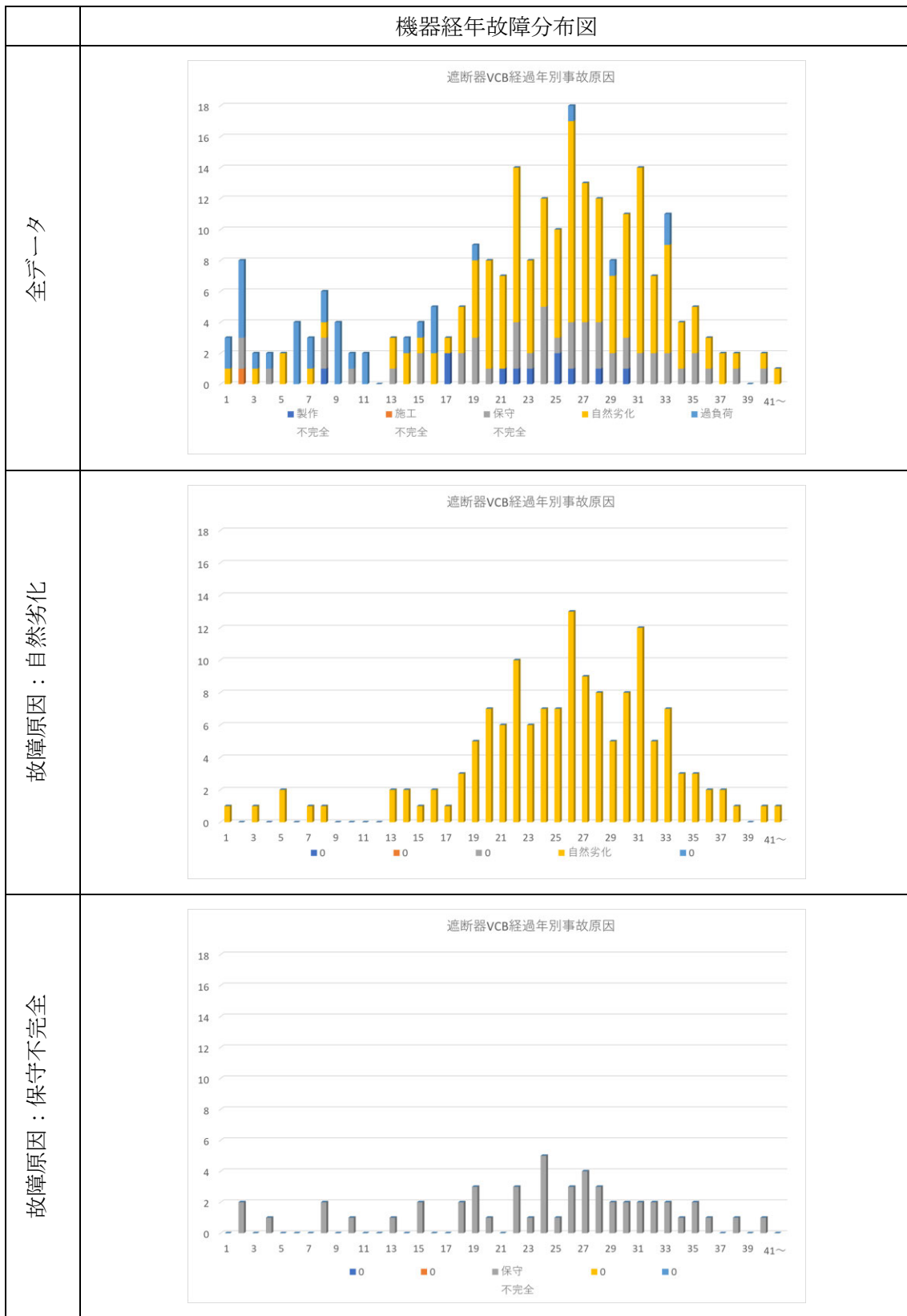


図 2.18 遮断器の機器経年故障分布図（故障原因別）

(d) 計器用変成器

計器用変成器による故障件数については、表 2.75 の通りであり、変圧器（VT）が 47 件で、変流器（CT）が 41 件であり、合算して 88 件である。

図 2.19 に VT 及び CT の機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、保守不完全のみの 3 種類を示す。

計器用変成器（VT）は、5 年目までは製作不完全、保守不完全による故障もあり、年間最大 6 件程度の故障事例があるが、6 年目～19 年目までは最大 2 件の故障と、比較的故障が少ない機器である。経年的な傾向としては、使用開始後、徐々に故障が生じる可能性が高い傾向を示す。

表 2.75 計器用変成器に係る機器の故障件数

故障設備			機器故障事件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器以外	計器用変成器	VT	47
区分開閉器以外	計器用変成器	CT	41
区分開閉器以外	計器用変成器	CT-VT 合算	88

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

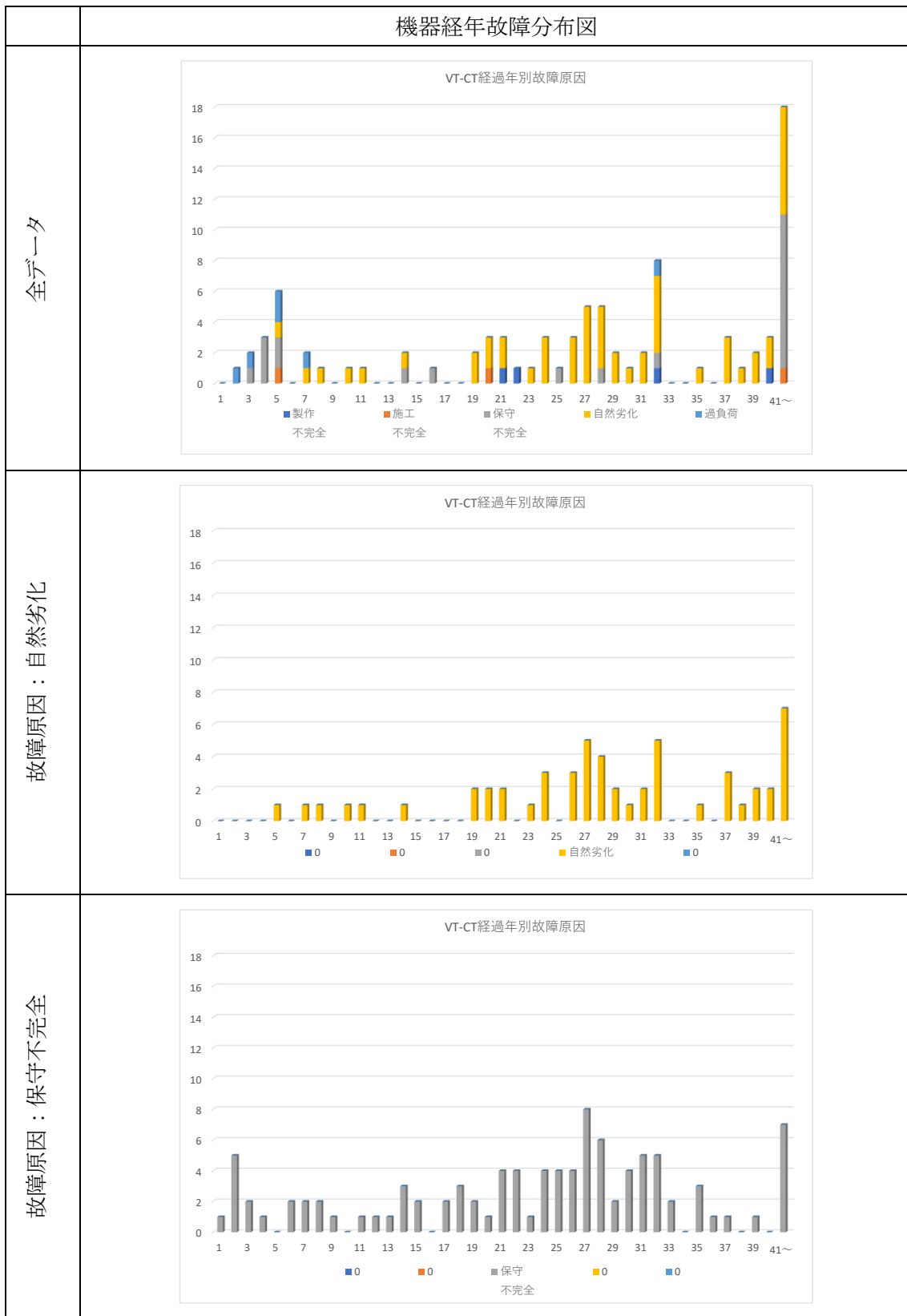


図 2.19 計器用変成器 VT-CT の機器経年故障分布図（故障原因別）

(e) 保護継電器

保護継電器による故障件数については、表 2.76 の通り、GR が 460 件である。

図 2.20 及び図 2.21 に保護継電器（GR）の機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、保守不完全のみに加え、次いで故障事例の多い製作不完全のみを加え 4 種類で示す。

図 2.20 及び図 2.21 に示すように、保護継電器は更新推奨時期と同等の 15 年目までは、最大でも 1 年で 18 件の故障が発生しており、10 年目までは製作不完全が多い傾向がある。その後 PAS の制御装置と同様減少傾向にあるが、更新推奨時期を超えた 20 年目以降徐々に増加し、設置してから 29 年後に最大 38 件の故障が発生するが、その後機器の更新による母数が減少することにより、徐々に減少する傾向にある。

表 2.76 保護継電器に係る機器の故障件数

故障設備			機器故障事件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器以外	保護継電器	GR	460

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

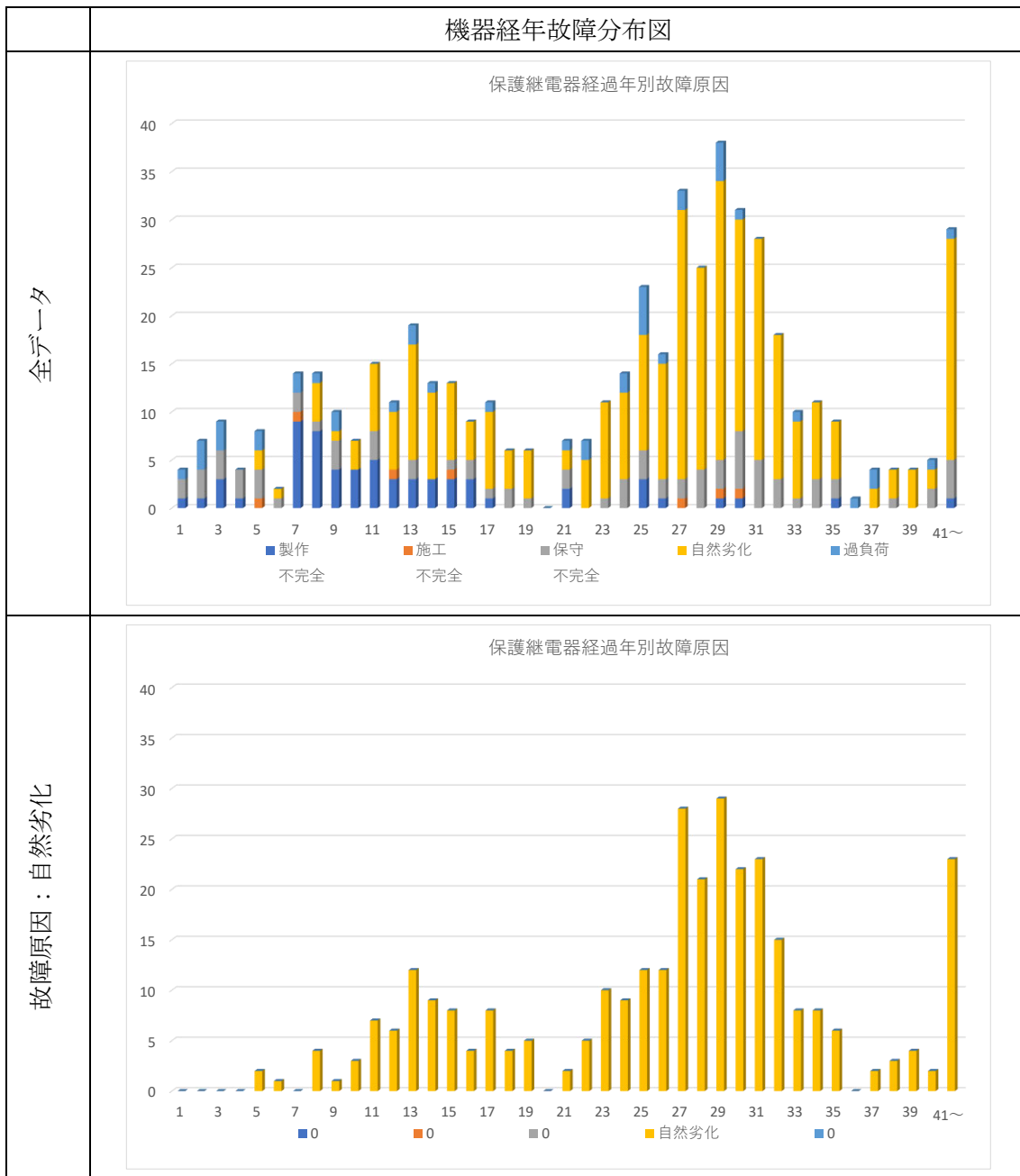


図 2.20 保護継電器の機器経年故障分布図（故障原因別） 1/2

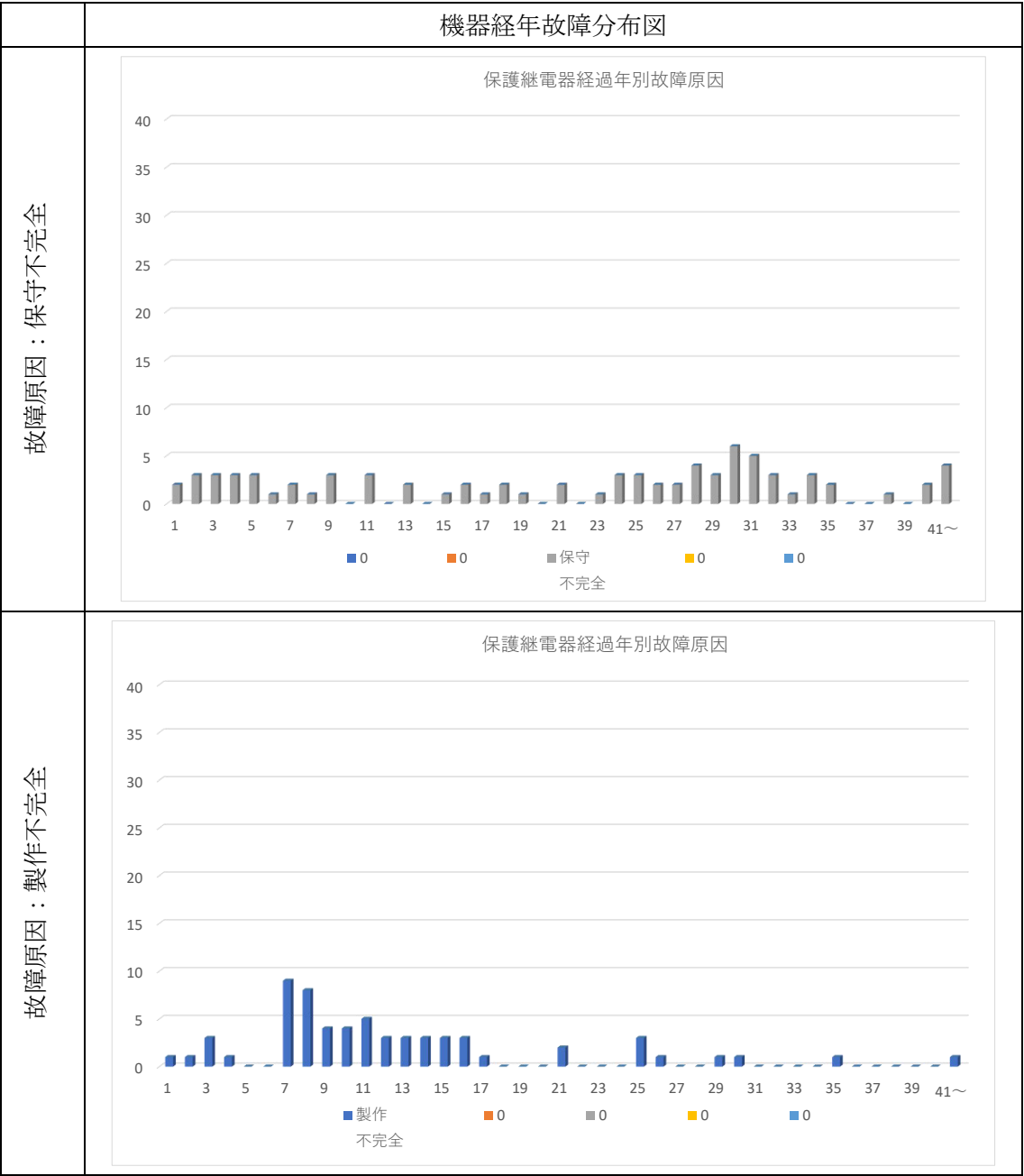


図 2.21 保護継電器の機器経年故障分布図（故障原因別） 2/2

(f) 高圧カットアウト

高圧カットアウトによる故障件数については、表 2.77 の通りであり、高圧カットアウトは 136 件で、全故障データ約 3,200 件のうち 4.3%である。

図 2.22 に高圧カットアウトの機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、過負荷のみの 3 種類を示す。

図 2.22 に示すように、高圧カットアウトについては、利用開始後より徐々に故障件数が増え、更新推奨時期の 15 年目までは年間最大 4 件の故障である。その後さらに増加し、31 年では 12 件の故障が確認されるが、その後機器の更新による母数が減少することにより、徐々に減少する傾向にある。

表 2.77 高圧カットアウトに係る機器の故障件数

事故設備			事故件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器以外	高圧カットアウト(PCS)		136

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

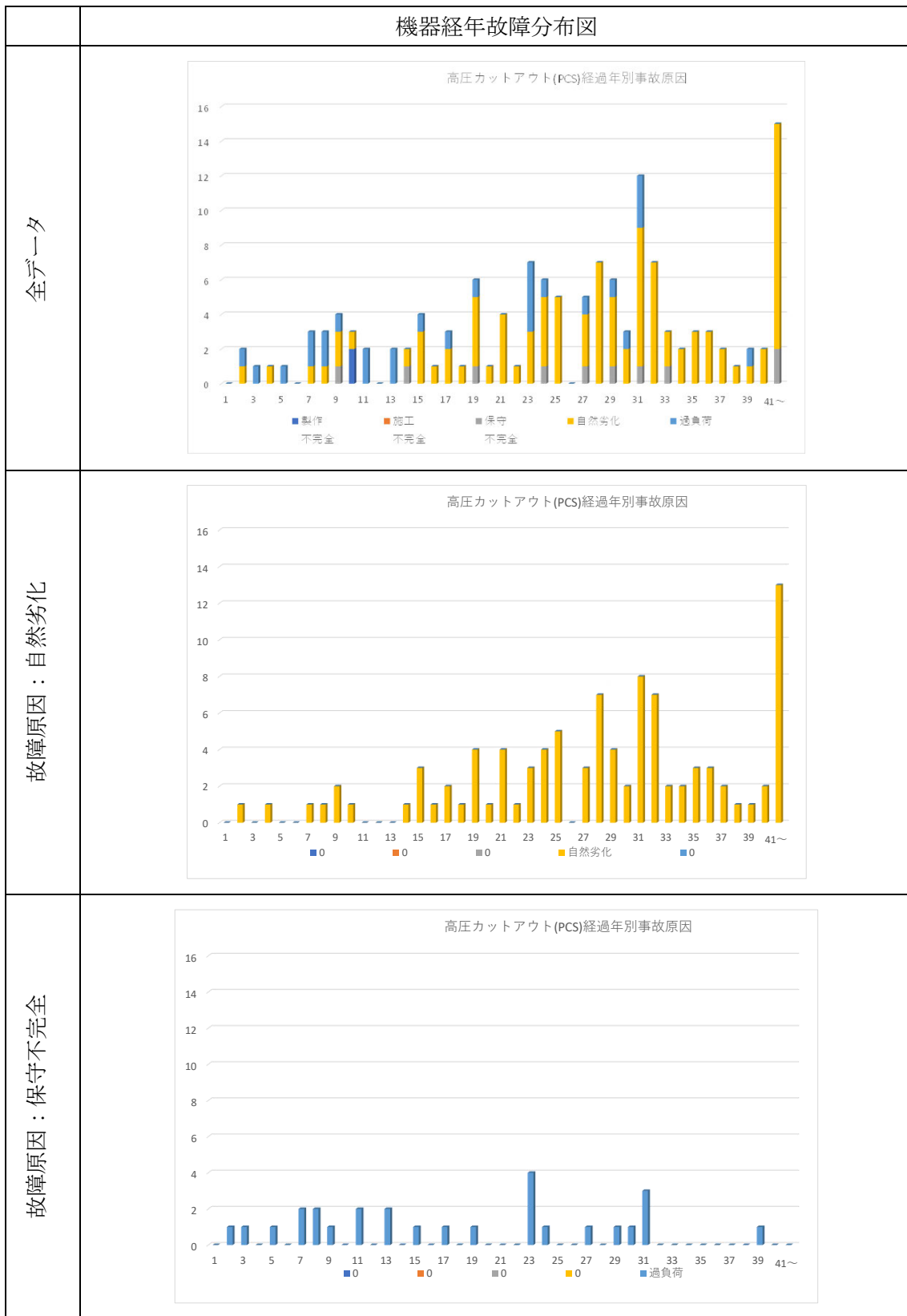


図 2.22 高圧カットアウトの機器経年故障分布図（故障原因別）

(g) 変圧器

変圧器による故障件数については、表 2.78 の通りであり、故障件数が 284 件である。

図 2.23 に変圧器の機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、過負荷のみの 3 種類を示す。

図 2.23 に示すように、変圧器については、更新推奨時期の 20 年目までは過負荷による故障が多い傾向があり、年間最大 6 件の故障である一方、自然劣化は年間 3 件程度である。その後自然劣化による故障数が徐々に増加し 31 年では 8 件の自然劣化による故障が確認されその減少する。故障要因としては、自然劣化が 122 件と変圧器全体の 43.0%であり、次いで過負荷が 102 件と 35.9%である。変圧器は、他の機器に比べ過負荷による故障が多い機器である。また、41 年以降の故障件数が 30 件と 10.6%であり、40 年以上を超えても活用されている機器が少なくないことが分かる。

表 2.78 変圧器に係る機器の故障件数

故障設備			機器故障事件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器以外	変圧器	変圧器	284

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

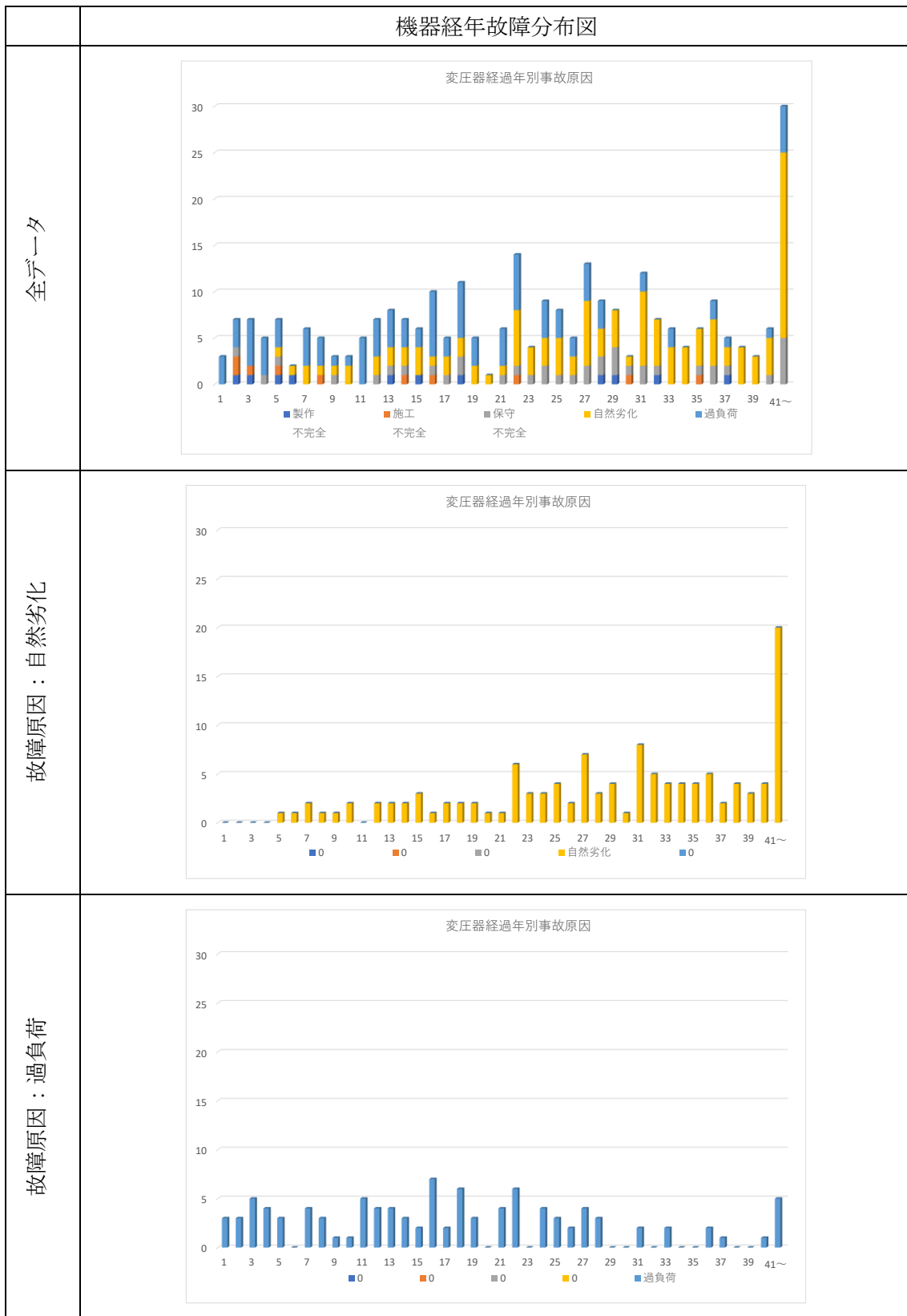


図 2.23 変圧器の機器経年故障分布図（故障原因別）

(h) 進相用コンデンサ

進相用コンデンサによる故障件数については、表 2.79 の通り、故障件数が 137 件である。

図 2.24 に進相用コンデンサの機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、保守不完全のみの 3 種類を示す。

図 2.24 に示すように、進相用コンデンサについては、更新推奨時期の 15 年目までは年間最大 4 件の故障であり、その後さらに増加し、24 年では 10 件の故障が確認され、その後機器の更新による母数が減少することにより、徐々に減少する傾向にある。また、41 年以降の故障件数が 22 件と約 16%であり、40 年以上を超えても活用されている機器が少なくないことが分かる。

表 2.79 進相用コンデンサに係る機器の故障件数

事故設備			事故件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器以外	高圧進相コンデンサ		137

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

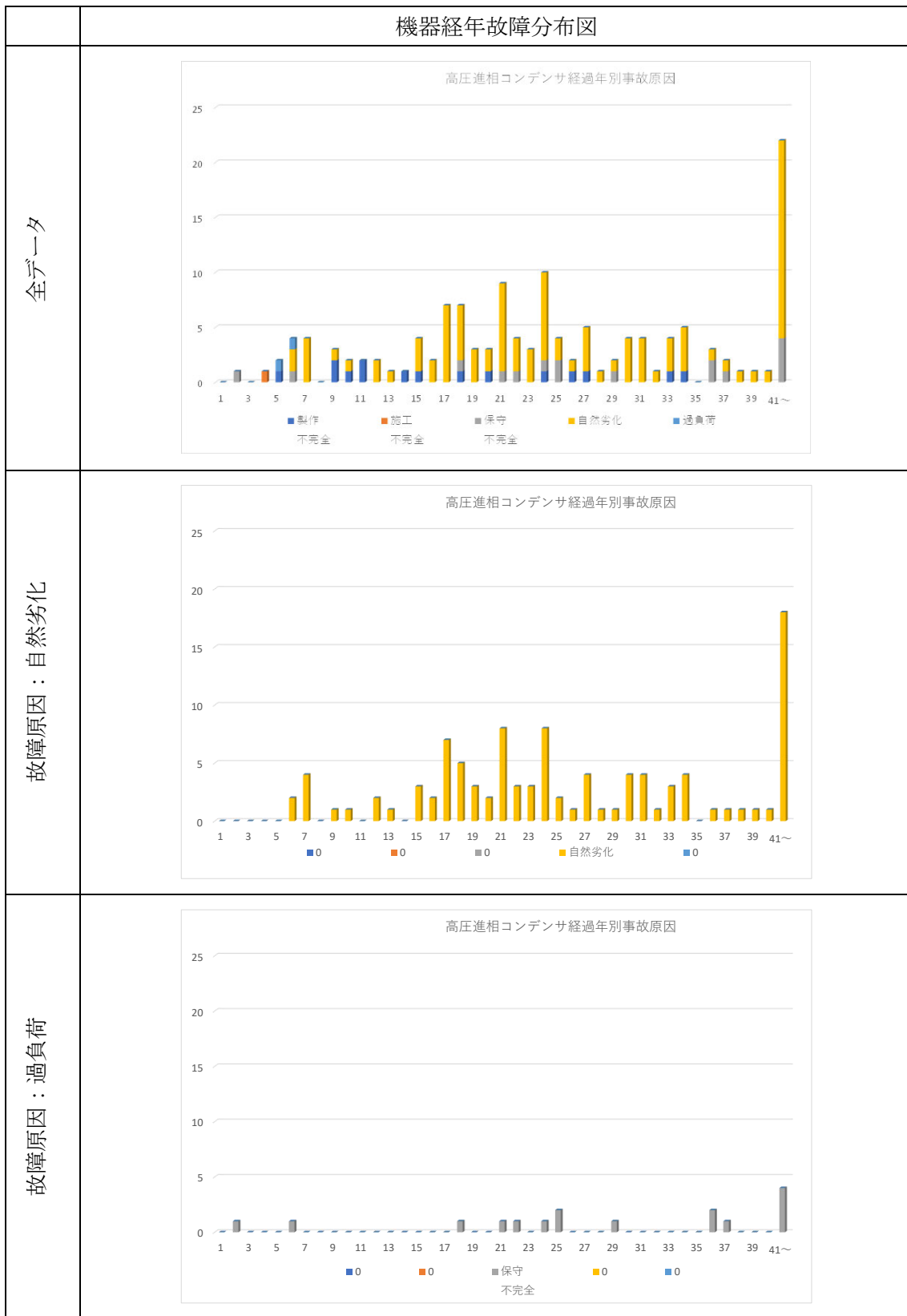


図 2.24 進相用コンデンの機器経年故障分布図（故障原因別）

(i) 直列リアクトル

直列リアクトルによる故障件数については、表 2.80 の通り、故障件数が 29 件であり、全故障データ約 3,200 件のうち、約 0.9%と比較的故障が少ない機器である。

図 2.25 に直列リアクトルの機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、保守不完全のみの 3 種類を示す。

図 2.25 に示すように、直列リアクトルについては、更新推奨時期の 15 年を過ぎ、40 年以降についても、故障件数は年間最大 3 件の故障であり、全体的に故障が少ない機器であることが分かる。

表 2.80 直列リアクトルに係る機器の故障件数

事故設備			事故件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器以外	直列リアクトル		29

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

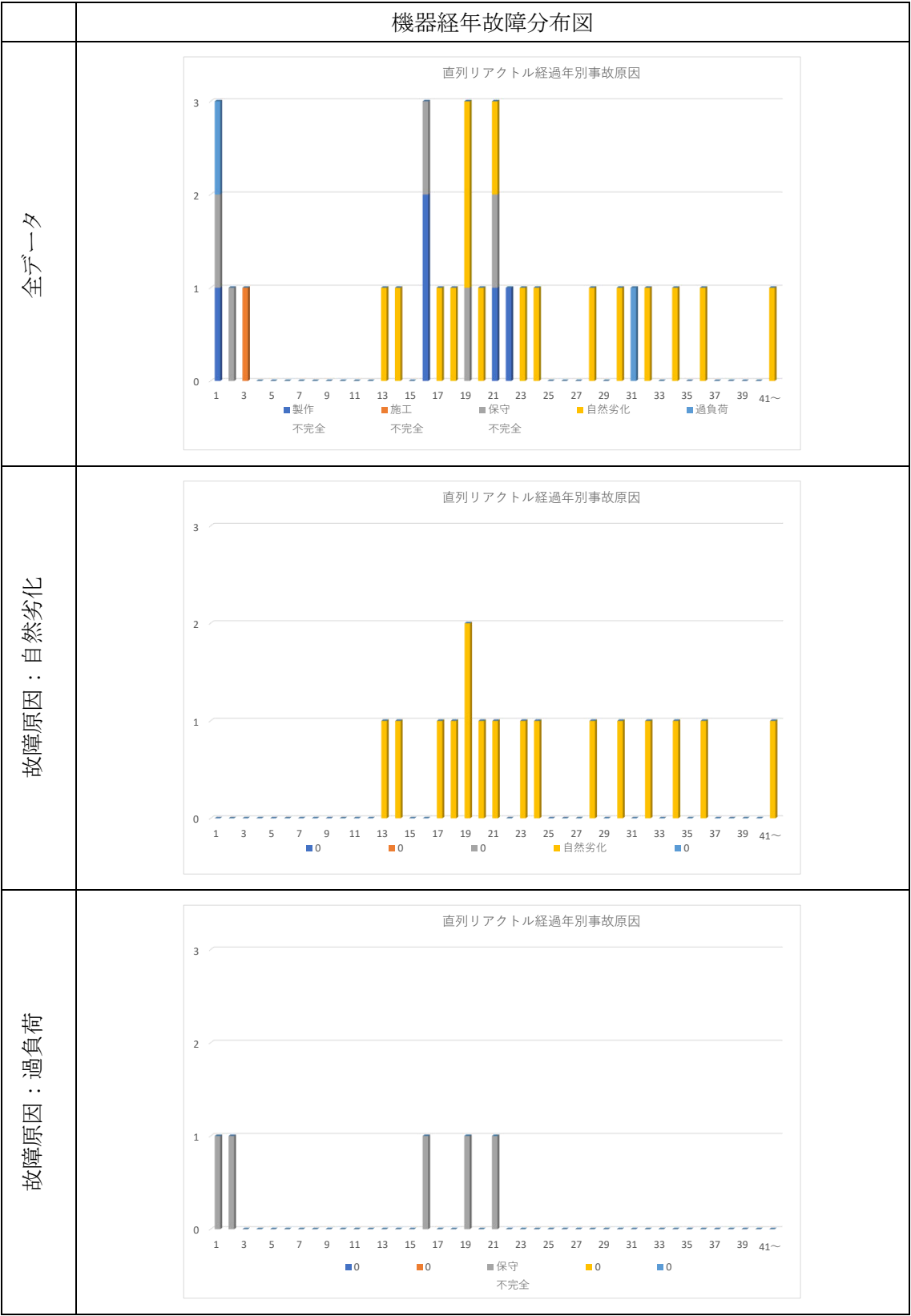


図 2.25 直列リアクトルの機器経年故障分布図（故障原因別）

(j) 避雷器

避雷器による故障件数については、表 2.81 の通り、故障件数が 75 件であり、全故障データ約 3,200 件のうち、約 2.3%と比較的故障が少ない機器である。

図 2.26 に避雷器の機器経年故障分布図を示す。なお、機器経年故障分布図は、全体と故障原因として比較的件数が多い自然劣化のみ、保守不完全のみの 3 種類を示す。

図 2.26 に示すように、避雷器については、故障件数は年間最大 6 件の故障であり、また経年による劣化傾向が見られず、年間 0～6 件の故障が見られる機器である。

表 2.81 避雷器に係る機器の故障件数

事故設備			事故件数
区分 1	区分 2	区分 3	
区分開閉器以外	避雷器(LA)		75

※ 上記の故障件数は、あくまで母数が不明な状況での件数であることから、故障率が高いということを示すデータではないことに留意する必要がある。

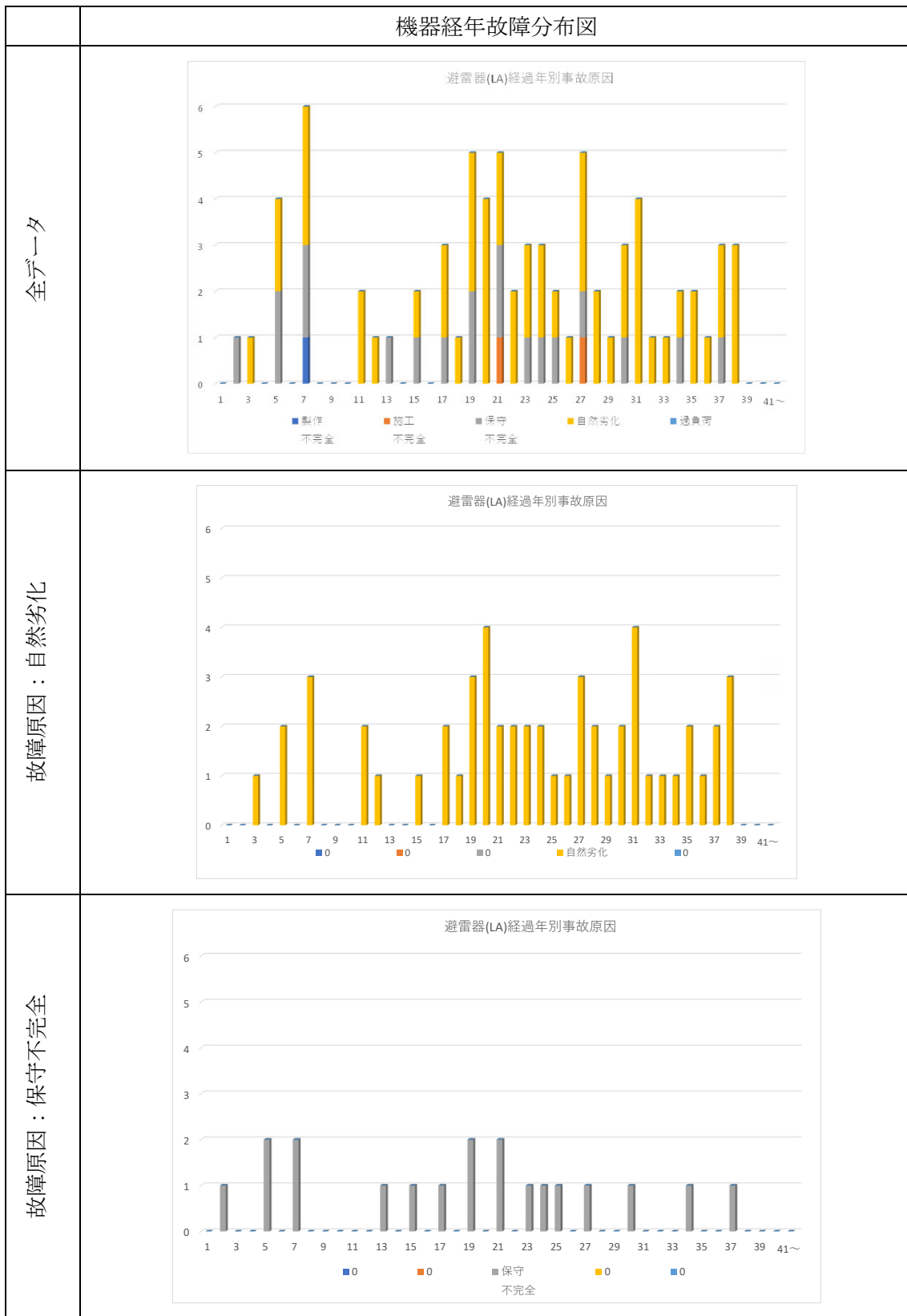


図 2.26 避雷器の機器経年故障分布図（故障原因別）

2.2.5 高圧機器の各主要部位に対するセンシング技術の適用可能性の検討（STEP5）

本項では、センシング技術の調査を行い、その調査結果と STEP1～STEP4 における高圧機器に係る情報とのマッチングを行い、各機器に対する効率的・効果的なセンシング技術についての検討を行う。本情報は、図 2.3 に示す STEP5（2.1.2(5)）に該当する。

(1) センシング技術の調査

ここまでの検討の中で、2.2.2 項における文献調査、メーカーへのヒアリングによる弱点部位に基づく観測すべき項目として得られた、部分放電、絶縁監視（高圧漏電監視）のためのセンサーについて、表 2.82 にセンサーの種類とメリット・デメリットを整理した。

また、2.2.3 項における主任技術者へのヒアリングにより観測すべき項目として得られた、温度を監視するセンサーについて、表 2.83 にセンサーの種類とメリット・デメリットを整理した。

さらに、その他の利用可能性がある他のセンサーについて表 2.84 にセンサーの種類とメリット・デメリットを整理した。

表 2.82 に示すように、部分放電を検知するセンサーとして 3 種類のセンサーを整理した。これらのセンサーの課題としては、感度が高く、故障に至らない微小の部分放電に反応することでの頻繁な対応が要求される可能性がある一方、メーカーが実証、研究を行い、ノイズを除去するロジックを開発しており、成果がでつつある技術も存在する。また、ケーブル等の絶縁劣化を把握する技術としては、零相変流器（ZCT）を活用した絶縁監視装置では、微地絡を検出する技術が、現状、実証、研究開発中である。

表 2.83 に示すように、温度を検知する方法が多数あることが分かる。これらについては、メリット・デメリットが明確であり、各部位の温度を正確に計測するにあたっては、接触技術を用いた技術が向いている一方、全体的な温度傾向を確認する場合は、異なる技術での温度計測が必要となる。

表 2.84 に示すように、その他のセンサーとして、振動センサー（加速度センサー）、ガスセンサー、粉塵センサーを示す。振動センサーについては不確実性の課題があり、ガスセンサーについては、ガス種、適用可能な機器が限定である。粉塵センサーについては、ほこりを常時監視が可能であり、粉塵の状態が把握できるが、清掃を要求する閾値の設定が困難であり、清掃の必要性を遠隔監視により判断するためには、さらなる検証等が必要である。

また、各センサーとも校正が必要であり、さらに機器と同様に、一定の期間を超えると更新する必要があることに留意する必要がある。

表 2.82 部分放電センサー・漏電センサーの種類とメリット・デメリット

	部分放電を検知するセンサー			絶縁監視装置 (高圧漏電監視)
	音・超音波センサー	TEVセンサー	電磁波センサー	
特徴	キュービクル内の放電箇所を常時監視し、放電音のレベルをリモート監視する。 放電時に発生する超音波を検知する。	絶縁劣化で発生する部分放電を過渡接地電圧 (TEV) で測定する。 検出信号をフィルタ処理して、ノイズ除去を行うシステムもある。	部分放電時に発生する電磁波をUHFアンテナで捉える。	ZCTから零相電流、EVTから零相電圧を取り込み絶縁劣化の予兆を判定する。
メリット	絶縁不良、ほこり付着による放電発生を検知できる。	絶縁劣化の前兆として発生する部分放電の徴候を検知する。	絶縁劣化の予兆現象である部分放電を検知する。	劣化初期の間欠孤光地絡を検出することができる。
デメリット	超音波センサーは周囲雑音(雨、風等)の影響を受けることに注意が必要。 電流値などを計測する機器ではないため、特段の校正は行っていない。 感度が高く、故障に至らない微小の部分放電に反応する可能性あり。	感度が高く、故障に至らない微小の部分放電に反応する可能性あり。	キュービクル内で、電磁波発生源と電磁波センサーの間に、遮蔽するものがあると検出がむずかしい。 一方、感度が高く、故障に至らない微小の部分放電に反応する可能性あり。	間欠孤光地絡および微地絡検出時の零相電流値と、絶縁抵抗値とに直接の相関はない。
測定性能	受信感度:40～70dB(基準設定距離:1m)	1MHz～80MHz	UHF帯(500～1500MHz)	—
測定箇所	絶縁不良による部分放電が想定される箇所	絶縁不良による部分放電が想定される箇所	絶縁不良による部分放電が想定される箇所	ケーブル等
価格	センサーは約2万円 センサー3台と制御装置のセット製品(監視センターへの送信機能付き)は20万円程度	20万円程度	—	PAS及びSOGと併せて絶縁監視装置を5万円程度で販売するメーカー、温度センサー・部分放電センサーと併せて月額2万円～程度で、サブスクリプション契約を行うベンダーあり(その他別途点検費用を要す)

表 2.83 温度センサーの種類とメリット・デメリット

	熱電対	測温抵抗体	サーミスタ	放射温度センサー	サーモカメラ
特徴	2種類の異なる金属導体で構成された温度センサーであり、主に工業用として利用される。応答が早く、-40℃～1200℃と幅広く温度測定が可能。	金属の電気抵抗が温度により変化する性質を利用した温度センサ。測温抵抗体の抵抗線には白金が用いられることが多い。	温度が高くなると電気が流れやすくなり(抵抗値が下がる)、温度が低くなると電気が流れにくくなる(抵抗値が上がる)特性から、温度測定を行う。	物体が放出する赤外線(熱放射)を測定し、温度に換算するセンサーである。非接触で温度測定ができ、移動する物体の温度測定も可能。	物体から放射されている赤外線を検知して、温度を画像として表示することができるカメラ。非接触で広範囲に温度測定ができる。
メリット	接触型であるので、比較的測定精度が高い。	熱電対温度計より精度がよい。	感度がよく、精度も高い。	対象に接触できない状況でも温度測定が可能。移動・回転する物体の温度測定ができる。	広範囲に温度測定が可能。可視光線がない場所でも測定できる。
デメリット	測定対象とセンサの温度が等しくなるために、両者が十分に接触している必要がある。基準接点補償が必要である。	抵抗線が細いため、振動や衝撃の大きな場所には適さない。	自己発熱性への対策が必要である。湿気によって故障する場合がある。	精度については、熱電対に比べて低い。物体の内部や気体の温度測定ができない。物体に合わせて放射率の設定が必要。	精度については、熱電対に比べて低い。画像データの保存あるいは転送する仕組みが必要。
測定性能	温度範囲:-40～1200℃ 精度:±1.5℃(-40～375℃) (JIS C1602 K)	温度範囲:-196～600℃ 精度:0℃で±0.30℃、100℃で±0.80℃ (JIS C1604、クラスB)	温度範囲:-50～350℃ 精度:階級により、±0.3℃、±0.5℃、±1.0℃、±1.5℃(-50～100℃)(JIS C 1611)	測定温度範囲:-60～500℃前後の製品が多い 精度は機種、測定状況による	測定温度範囲:-20～500℃前後の製品が多い 精度は、機種、測定状況による
測定箇所	変圧器、進相用コンデンサ、直列リアクトル等	変圧器、進相用コンデンサ、直列リアクトル等	変圧器、進相用コンデンサ、直列リアクトル等	変圧器、進相用コンデンサ、直列リアクトル等	変圧器、進相用コンデンサ、直列リアクトル等
価格	5,000～15,000円/本 別途、データロガー、通信機が必要	25,000円/本 センサ本体	3,000～15,000円/本 センサ本体	25,000円/本 別途、データロガー、通信機が必要	100,000円/台 クラウド利用料、通信機が必要

表 2.84 その他のセンサーの種類とメリット・デメリット

	振動センサー	ガスセンサー	粉塵センサー
特徴	測定対象機器の速度または加速度に比例した信号を出力して、振動を監視する。 PLC、DCS、SCADAシステムに直接接続可能な製品もある。	ガスセンサーには、半導体式、電気化学式、接触燃焼式、赤外線式などの方式があるが、熱伝導率が高い水素では熱伝導度検出方式(TCD)で測定することができる。	5μm～50μmの粒子を計測。 センサーユニットは、パーティクルカウンターの原理を応用して、低価格を実現。
メリット	重要設備の振動を測定し異常監視を実現。	変圧器内部の異常により絶縁油から発生する水素ガスの濃度変化を計測して異常を早期に検出する。	ほこりを常時監視し、塵埃の増減傾向を見える化を可能とした。
デメリット	電気的な異常ではない時にも振動が発生する可能性がある。	適用可能な変圧器は、一部に限り、限定的である。	粉塵は確認できるが、どの値となると絶縁不良となるか等の異常値の判断が難しい。
測定性能	周波数範囲:3～1,000Hz	25～5000ppm(水素センサーの製品がある)	粒子径: 5,10,20,30,50μm 測定粉塵濃度範囲: 0.0～300.0μg/m ³
測定箇所	—	変圧器	キュービクル内
価格	5万円程度	10万円程度から	10万円以下 Ethernet、Wi-Fi、RS-485の通信に対応 ロギング機能はない。

(2) 引込設備におけるセンシング技術の活用について

(a) 引込み線・ケーブル（高圧母線を含む）

ケーブルは、JEAC8021 における更新推奨時期の例が水の影響がある場合には 15 年、水の影響がない場合には 20～30 年であり、故障事例がすべての機器で最も多い。

引込み線・ケーブルは、水トリーによる故障が多く、波及事故の要因となるケースも多いことから、優先的にセンシング技術を活用すべき機器である。一方、水トリー対策としては、ケーブル種別の選定により対応が可能であることも示されている。現状、普及している E-T タイプのケーブルを用いる場合においては、年次点検で実施する絶縁抵抗測定に加え、センシング技術を活用した常時監視の検討を行うことが考えられる。一方、ケーブル種類を E-E タイプに変更した場合には、水トリー対策ができており、一般送配電事業者では、数年に 1 度の目視点検により点検を行うとのことであり、一定の耐性があるものと思われる。

表 2.85 に引込み線・ケーブルに対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.85 引込み線・ケーブルに対するセンシング技術の活用

部位	更新推奨時期	要因	センシング 技術	備考
E-T タイプ (水の影 響があ る場 合)	15 年 (水の影 響があ る場 合)	水トリー劣化	— (絶縁監視装 置)	・ケーブルを直接点検・監視することは困難である。 ・一般的には、ケーブルの点検は、年次点検で実施する絶縁抵抗測定で実施する。 ・直接点検する方法の代替として、絶縁監視装置の適用が実証、研究されている状況であり、費用対効果が得られるならば導入もありうる。
E-E タイプ (水の影 響があ る場 合)	20～30 年 (水 の影 響があ る場 合)	水トリー劣化	—	・ケーブルを直接点検・監視することは困難である。 ・一般的には、ケーブルの点検は、年次点検で実施する絶縁抵抗測定で実施する。 ・E-T タイプと比較した場合には水トリーに耐久性があり、一般送配電事業者では、数年に 1 度の目視点検を実施する。

(b) 区分開閉器

区分開閉器は、JEAC8021 における更新推奨時期の例が 10～15 年又は規定開閉回数であり、故障事例が本体、制御装置とも一定の故障がある機器である。

区分開閉器は、2000 年以前は外箱やパッキンの故障が多い機器であったが、2000 年以降はこれらの故障は減少しつつあるとのことである。また、本体内部の弱点部位としては、絶縁支持物が挙げられるが、本体内部部位に対する絶縁監視技術は、現状、確立していない状況である。また、制御装置では電解コンデンサの寿命が 10 年程度であり、本体に比べ寿命が短くかつセンサーで監視ができない部位であることから、一定期間を超えたものについては、交換が必要である。

表 2.86 に区分開閉器に対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.86 区分開閉器に対するセンシング技術の活用

部位	期待寿命	要因	センシング 技術	備考
本体：パッキン	10 ～ 15 年	経年劣化・変形	—	・パッキンについては、良質な材料を用いることにより、15 年程度の寿命が期待できるという意見がある。 ・パッキンについては、ひずみゲージを用いてひずみや変形を測定することにより観測が可能であるが、閾値の設定は困難である。 ・不確実なパッキンのひずみ測定を実施することに比べ、15 年程度の寿命が確保可能なパッキンを選択することが望まれる。
絶縁支持物	15 年	絶縁劣化	—	・温度、湿度、粉塵等の環境条件にもよるが、経年劣化により、絶縁劣化による絶縁破壊が生じる場合がある。 ・区分開閉器本体内部の部分放電監視について技術的に確立しているものではないことから、今後の課題として整理する。
制御装置	10 ～ 15 年	電解コンデンサの容量抜け	(SOG 電源の電流値、電圧値、抵抗値) (リレーに B 接地抵抗を設け電源が切れた際に警報を出す方法)	・制御装置の中では、電解コンデンサの寿命が 10 年程度と短く、直接監視することが困難な状況である。 ・上記の点検の代替として、SOG 電源の電流値、電圧値、抵抗値を観測することにより、健全性を把握できるのではないかという提案がある一方、リレーに B 接地抵抗を設け、電源が切れた際に警報を出す方法等の提案があるが、不確実性が高く、今後の課題である。

(3) 高圧需要設備に対するセンシング技術の活用について

(a) 断路器

断路器は、比較的故障が少ない機器である。

断路器は、絶縁物が期待寿命を超えると経年劣化により絶縁破壊による地絡・短絡が生じる可能性が指摘されている。

表 2.87 に断路器に対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.87 断路器に対するセンシング技術の活用

部位	期待寿命	要因	センシング 技術	備考
絶縁支持物	20 年	絶縁破壊	・ 部分放電センサー	・ 温度、湿度、粉塵等の環境条件にもよるが、 経年劣化により、絶縁劣化による絶縁破壊 が生じる場合がある。 ・ 絶縁支持物の劣化については、部分放電を 検知することによる把握が可能である、

(b) 負荷開閉器

負荷開閉器は、JEAC8021 における更新推奨時期の例が 15～20 年又は規定開閉回数であり、比較的故障が多い機器である。

負荷開閉器は、構造が区分開閉器と類似しているが屋内に設置する負荷開閉器は屋外と異なり、キュービクル内に箱の中ではなく開放された状態で設置される。そのため、外箱、パッキンは存在しないが、キュービクル内の環境（温度、湿度、粉塵等）の影響を受けることになる。負荷開閉器の弱点部位としては、制御部のヒューズや電解コンデンサは寿命が短く 10 年程度である。ヒューズや電解コンデンサの劣化の程度をセンサーで監視することは困難であり、一定期間を超えたものについては、交換が必要である。

非交換部位としては、温度、湿度、粉塵等の環境にもよるが、更新推奨時期を過ぎた場合には、絶縁支持物の劣化が進行するとの情報を得た。

表 2.88 に負荷開閉器に対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.88 負荷開閉器に対するセンシング技術の活用

部位	期待寿命	要因	センシング 技術	備考
ヒューズ	10 ～ 15 年	ヒューズの 劣化等	—	・ 負荷開閉器では、ヒューズの寿命が 10 年程度と短く、直接監視することが困難な状況である。 ・ ヒューズの劣化をセンサーで監視する技術については、現在確立されていない。 ・ 以上から、センサーでの監視ではなく、適切な時期に交換する必要がある。
制御装置	10 ～ 15 年	電解コンデンサの容量 抜け	—	・ 制御装置には、電解コンデンサが用いられており、電解コンデンサの一般的な寿命は 10 年程度である。 ・ 電解コンデンサの劣化の程度をセンサーで監視する技術については、現在確立されていない。 ・ 以上から、センサーでの監視ではなく、適切な時期での更新対応する必要がある。
絶縁支持物	15 年	絶縁劣化	部分放電センサー	・ 温度、湿度、粉塵等の環境条件にもよるが、経年劣化により、絶縁劣化による絶縁破壊が生じる場合がある。 ・ これらの劣化については、部分放電を検知することによる把握が可能である。

(c) 遮断器

断路器は、JEAC8021における更新推奨時期の例が20～25年あり、比較的故障が多い機器である。

遮断器の弱点部位としては、期待寿命が10年と短い操作制御部のヒューズや電解コンデンサが挙げられる。ヒューズや電解コンデンサの劣化の程度をセンサーで監視することは困難であり、一定期間を超えたものについては、交換が必要である。

非交換部位としては、区分開閉器と同様、絶縁支持物が挙げられ、更新推奨時期を超えると経年劣化により絶縁破壊による地絡・短絡が生じる可能性がある。また、操作機構部においては、適切なメンテナンスが行われない場合、グリースが固化し開閉不具合が生じる可能性がある。

表 2.89 に遮断器に対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.89 遮断器に対するセンシング技術の活用

部位	期待寿命	要因	センシング技術	備考
操作制御部	10 年	電解コンデンサの容量抜け ヒューズの劣化等	—	・ 遮断器の操作制御部には、電解コンデンサやヒューズが用いられ、寿命が10年程度と短い。 ・ これらの劣化をセンサーで監視する技術については、現在確立されていない。 ・ 以上から、センサーによる監視ではなく、適切な時期での交換が必要である。
絶縁部	20 年	絶縁劣化・絶縁破壊	・ 部分放電センサー	・ 遮断器は、経年劣化による絶縁物の絶縁破壊が主な劣化要因であり、更新推奨時期を超えると顕著に現れる。 ・ 絶縁部の劣化については、部分放電を検知することによる把握が可能である、
操作機構	20 年	操作機構の固着	—	・ 操作機構においては、定期的なメンテナンスを行わない場合、グリースが固化し、作動しない可能性がある。 ・ グリースの状態についても、センサーによる監視が困難であり、定期的なメンテナンスが必要である。

(d) 計器用変成器

断路器は、比較的故障が少ない機器である。

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り、絶縁異常（放電、ボイド、亀裂など）が生じた場合には、全く回復性がなく、劣化が進行するといわれている。また、計器用変成器には、期待寿命が 10 年程度と比較的短いヒューズが用いられており、センサー等による監視を行うことができないことから、適切な時期にヒューズを交換する必要がある。

表 2.90 に計器用変成器に対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.90 計器用変成器に対するセンシング技術の活用

部位	期待寿命	要因	センシング技術	備考
VT のヒューズ	10 年	ヒューズの劣化等	－	・計器用変成器（VT）には、ヒューズが用いられ通常の寿命が 10 年程度である。 ・ヒューズの劣化をセンサーで監視する技術については、現在確立されていない。 ・以上から、センサーによる監視ではなく、適切な時期での交換が必要である。
モールド内部	15 年	ボイドの発生	部分放電センサー	・モールド内部にボイドが発生し、部分放電が生じる場合がある。 ・部分放電については、部分放電センサーにより検知する可能性がある。

(e) 保護継電器

保護継電器は、JEAC8021 における更新推奨時期の例が 10～15 年あり、故障が多い機器である。

保護継電器は、動作待機状態の機器であり、機械的摩耗による劣化は少ない機器と言われている。一方、保護継電器には熱が高い場合に寿命が短くなるコンデンサが用いられており、センサー等による監視を行うことができないことから、適切な時期に保護継電器を交換する必要がある。

表 2.91 に保護継電器に対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.91 保護継電器に対するセンシング技術の活用

部位	期待寿命	要因	センシング 技術	備考
コンデンサ (タ ン タ ル、プラス チック、セ ラミック)	15 年	熱による劣 化	ー	・保護継電器には、コンデンサが用いられており、10℃半減則により、熱が高い場合には寿命が短くなる傾向がある。 ・コンデンサの劣化をセンサーで監視する技術については、現在確立されていない。 ・以上から、保護継電器は、センサーでの監視ではなく、適切な時期での交換により対応する必要がある。

(f) 高圧カットアウト

高圧カットアウトには、負荷開閉器と同様、期待寿命が 10 年程度と短いヒューズが用いられており、センサー等による監視を行うことができないため、適切な時期にヒューズを交換する必要がある。また、高圧カットアウトの絶縁支持物については、陶器製であり絶縁性能が高いと言われている。

表 2.92 に高圧カットアウトに対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.92 高圧カットアウトに対するセンシング技術の活用

部位	期待寿命	要因	センシング技術	備考
制御装置	10 ～ 15 年	ヒューズの劣化等	—	・ 高圧カットアウトでは、ヒューズの寿命が 10 年程度と短く、直接監視することが困難な状況である。 ・ これらの劣化をセンサーで監視する技術については、現在確立されていない。 ・ 以上から、ヒューズに対しては、センサーでの監視ではなく、適切な時期での更新により対応する必要がある。
絶縁支持物	—	本体の絶縁劣化	—	・ 絶縁破壊の監視については、絶縁監視装置による監視が可能である可能性があるが、高圧カットアウトの本体の絶縁支持物は、陶器性であり、絶縁性が高いと言われており、センサーによる常時監視の必要性はないと判断した。

(g) 変圧器

変圧器は、JEAC8021における更新推奨時期の例が20～25年あり、比較的故障が多い機器である。

変圧器の絶縁劣化のパターンとして、内部構造に対して熱による劣化、電界による劣化、トラック・剥離が示されており、外部構造に対しては、トラッキングが示されている。メーカーからの情報では、変圧器の弱点部位として、油入変圧器の場合には内部の絶縁紙の劣化や油の劣化、モールド変圧器の場合には内部でのボイドの発生に伴い部分放電が生じ故障に至ることが挙げられた。一方、変圧器の外部の絶縁部では、温度、湿度、粉塵等による絶縁劣化が生じるが、適切なメンテナンス（清掃）により劣化の防止が可能である。

また、故障データの分析結果より過負荷による故障が比較的多く示されている。

表 2.93 に変圧器に対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.93 変圧器に対するセンシング技術の活用

部位	期待寿命	要因	センシング技術	備考
油入変圧器 内部における熱による劣化、電界による劣化	20 年	内部絶縁物の劣化による部分放電	温度センサー	- 変圧器の内部の絶縁紙や油の劣化に伴い、部分放電が生じ、ガスが発生する。 - ガスの発生を監視することにより、変圧器の劣化の兆候を把握することができる。 - 一方、ガス検知については、コストの観点より高圧設備においては、現実的ではないと判断した。 - ガス検知の代替として、内部温度の上昇を監視するため、温度センサーを用いることを提案する。
モールド変圧器におけるボイドの発生	20 年	ボイドの発生	部分放電センサー	- ボールド変圧器の内部にボイドが発生した場合、部分放電が発生する。 - 部分放電については、変圧器付近に部分放電センサーによる監視が可能である。
変圧器外側の絶縁部	20 年	外部絶縁部の絶縁劣化	—	- 変圧器の外部の絶縁部では、温度、湿度、粉塵等の汚染により絶縁劣化が生じる。 - 絶縁劣化については、温度、湿度、粉塵等が要因であれば、適切なメンテナンスによる対応が可能である。
過負荷	—	過負荷による故障	電流値	- 変圧器は過負荷による故障が多い機器である。 - 電流値を遠隔で監視することにより、変圧器の負荷の程度を監視することを推奨する。

(h) 進相用コンデンサ

進相用コンデンサは、JEAC8021における更新推奨時期の例が15年であり、一定の故障事例が見られる。

進相用コンデンサは変圧器と同様、内部構造と外部構造に分かれている。内部構造ではポリプロピレンが用いられており、ポリプロピレンの劣化による部分放電の発生が指摘され、外部構造ではがい管の絶縁劣化が指摘されている。進相用コンデンサの内部で部分放電が発生した場合には、内部でのガスの発生による本体にふくらみが発生することから、機器によってはガス圧センサーやふくらみセンサーが備わっている。がい管が温度、湿度、粉塵等による絶縁劣化が生じるが、適切なメンテナンス（清掃）により劣化の防止が可能である。

表 2.94 に進相用コンデンサに対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.94 進相用コンデンサに対するセンシング技術の活用

部位	期待寿命	要因	センシング技術	備考
進相用コンデンサの内部におけるポリプロピレンの劣化	15 年	内部絶縁物の劣化による部分放電	（ガス圧センサー、ふくらみセンサー）	・進相用コンデンサの内部のポリプロピレンの劣化に伴い、部分放電が生じ、ガスが発生し、機能低下が起き、損失率が徐々に高くなる、 ・ガスの発生を監視することにより、進相用コンデンサ内部の劣化の兆候を把握することが理論的に可能であるが、その構造により検出が不可能である。 ・ガス圧による管体のふくらみは、ひずみゲージにより傾向は把握可能であるが、閾値の設定が困難であり、不確実性が高い。 ・近年ではガス圧センサー、ふくらみセンサーが備わっており、異常発生時に警報を発する機種も販売されている。
進相用コンデンサ外側の絶縁部	15 年	外部がい管部の絶縁劣化	—	・進相用コンデンサの外部がい管部では、温度、湿度、粉塵等の汚染により絶縁劣化が生じる。 ・絶縁劣化については、温度、湿度、粉塵等が要因であれば、適切なメンテナンスによる対応が可能である。

(i) 直列リアクトル

直列リアクトルは、JEAC8021における更新推奨時期の例が15年であり、故障が少ない機器である。

直列リアクトルは変圧器や進相用コンデンサと同様、内部構造と外部構造に分かれている。内部構造では絶縁紙が用いられており、絶縁紙の劣化や油の劣化による部分放電の発生の可能性が指摘されている。

表 2.95 に直列リアクトルに対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.95 直列リアクトルに対するセンシング技術の活用

部位	期待寿命	要因	センシング技術	備考
絶縁紙	15 年	内部絶縁物の劣化による部分放電	温度センサー	・直列リアクトルの内部の絶縁紙の劣化に伴い、部分放電が生じ、ガスが発生し、機能低下が起きる。 ・ガスの発生を監視することにより、直列リアクトルの内部の劣化の兆候を把握することが理論的に可能であるが、その構造により検出が不可能である。 ・近年では、温度センサーが備わっており、異常発生時に警報を発する機種も販売されている。
直列リアクトルの外側の絶縁部	15 年	外部がい管部の絶縁劣化	—	・直列リアクトルの外部がい管部では、温度、湿度、粉塵等の汚染により絶縁劣化が生じる。 ・絶縁劣化については、温度、湿度、粉塵等が要因であれば、適切なメンテナンスによる対応が可能である。

(j) 避雷器

避雷器は、比較的故障が少ない機器である。

避雷器の経年劣化は、一般的な環境であれば、内部で生じるとのことである。がい管内部における劣化要因としては、気密を保つためのガスケットの劣化が挙げられる。ガスケットが劣化した場合には、通常では密閉されている容器内部が吸湿し、劣化に至る可能性がある。

なお、ガスケットの期待寿命としては、区分開閉器等の屋外パッキンの期待寿命である 10 ～15 年が想定される。

表 2.96 に避雷器に対するセンシング技術の活用を示す。

表 2.96 避雷器に対するセンシング技術の活用

部位	期待寿命	要因	センシング 技術	備考
ガスケット	10 ～ 15 年	経年による 変形	—	・ガスケットについては、良質な材料を用いることにより、15 年程度の寿命が期待できるという意見がある。 ・ガスケットについては、ひずみゲージを用いてひずみや変形を測定することにより観測が可能であるが、閾値の設定は困難であり、不確実性が高い。 ・以上から、15 年程度の寿命が確保可能なガスケットを選択することが望まれる。

2.3 機器別の重大な事故発生予防を考慮したスマート保安の提案

2.3.1 重大な事故の分析

経済産業省が実施する電気保安統計（平成 29 年～令和 3 年の 5 年間を対象）より、感電事故、波及事故の起因となった機器の調査を行った。

(1) 高圧機器

(a) 感電事故

感電事故の起因となった機器として、5 年間で、遮断器が 1 回、開閉器類（屋内、屋外は不明）が 4 回であった。

開閉器に含まれる機器としては、高圧区分負荷開閉器、高圧負荷開閉器、断路器、高圧カットアウトが該当するが、この 4 回のデータがどれに該当するかは不明である。なお、これらの中で感電事故の要因となる手動操作の可能性がある機器は、断路器、負荷開閉器（LBS）であり、これらの機器が感電事故の要因と推定する。

(b) 波及事故

外的要因を除く自然劣化等の機器故障による波及事故の内訳は、5 年間でケーブル類（がいしを含む）が 327 件と約 60%を占め、次いで区分開閉器本体の 89 件（約 16%）、遮断器の 38 件（約 7%）である。また、波及事故の要因としては、区分開閉器の制御機器の不良によるものがあり、5 年間で 93 件確認され、区分開閉器の有無が波及事故に影響があることが分かった。

表 2.97 に波及事故の要因となった機器一覧表、表 2.98 に原因分類表及び図 2.27 に波及事故の起因となった機器の一覧表及び円グラフを示す。

表 2.97 波及事故の要因となった機器一覧表

	波及事故 件数	地絡・短絡の要因				
		製作 不完全	施工 不完全	保守 不完全	自然劣化	過負荷
区分開閉器本体	89	5	1	42	41	0
区分開閉器制御装置	14	1	4	5	4	0
遮断器	38	1	0	19	18	0
負荷開閉器	27	0	1	17	9	0
変圧器	5	0	0	3	2	0
ケーブル類	327	0	3	168	156	0
断路器	15	0	1	10	4	0
避雷器	1	0	0	0	1	0
進相用コンデンサ	7	1	0	1	5	0
計器用変成器	13	1	0	5	6	1
その他	8	0	1	4	3	0

表 2.98 原因分類表¹⁴⁾

原因別		内容
大分類	小分類	
設備不備	製作不完全	電気工作物の設計、製作、材質等の欠陥によるもの。
	施工不完全	建設、補修等の工事における施工上の欠陥によるもの。
保守不備	保守不完全	巡視、点検、手入れ等の保守の不完全によるもの。
	自然劣化	製作、施工及び特に欠陥がなかったにも関わらず、電気工作物の材質、機構等に劣化を生じたもの。
	過負荷	定格容量以上の過電流によるもの。

※ 地絡・短絡の要因として、一部の機器を除き保守不完全が最も多い。一方、保守不完全の理由として、主任技術者が機器の更新を推奨したが、機器の更新を行う前に自然劣化による故障に至る事例が含まれていることが判明している。そのため、事実上の機器故障の主要因は自然劣化であると判断した。

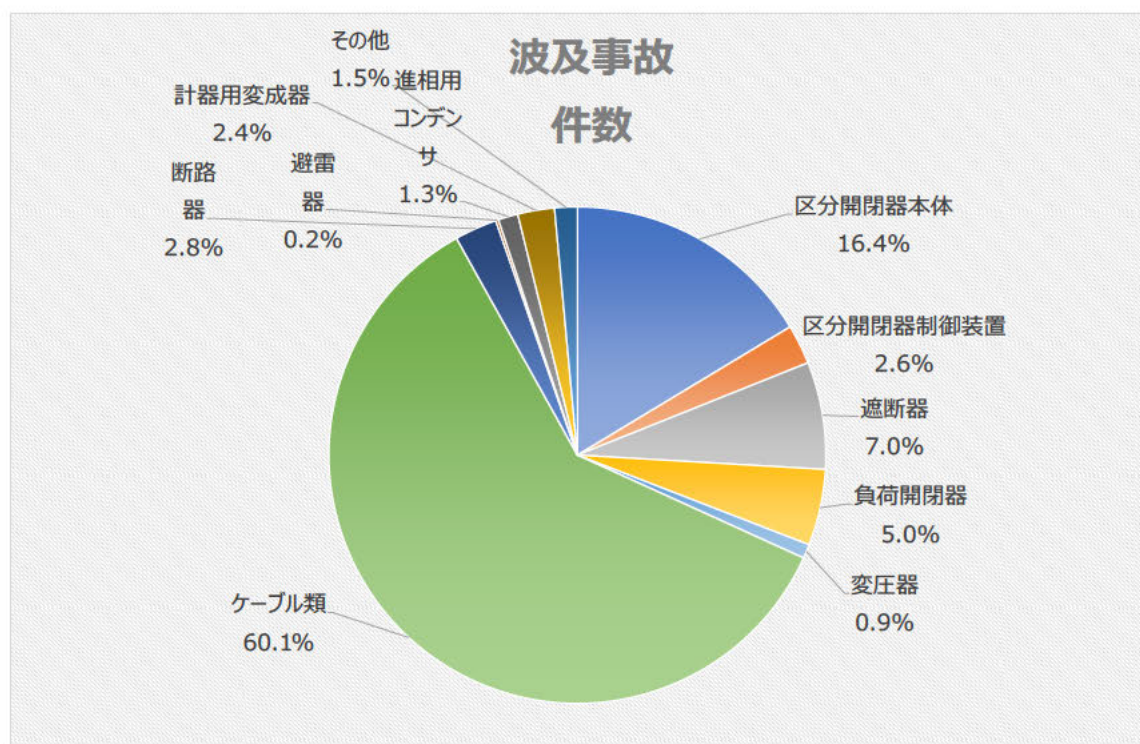


図 2.27 波及事故件数グラフ

¹⁴⁾ 出所：「統計資料の使用にあたって」（経済産業省）
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/12hoan-tokei/024.PDF

表 2.97 に示す波及事故の要因となった機器データの中には、区分開閉器が未設置であることによる波及事故が含まれていることが分かった。

表 2.99 に各機器別の波及事故全件数（外的要因によるものも含む）に対する区分開閉器が未設置における事故件数及び割合を示す。

表 2.99 機器別波及事故における区分開閉器未設置の件数¹⁵⁾

	波及事故 全件数	区分開閉 器未設置 件数	区分開閉 器未設置 の割合
区分開閉器本体	143	0	0.0%
区分開閉器制御装置	35	0	0.0%
遮断器	48	25	52.1%
負荷開閉器	64	48	75.0%
変圧器	5	2	40.0%
ケーブル類	454	270	59.5%
支持物	10	0	0.0%
断路器	43	21	48.8%
避雷器	5	0	0.0%
計器用変成器	27	6	22.2%
進相用コンデンサ	10	2	20.0%
その他	24	5	20.8%

表 2.99 に示すように、ケーブルによる波及事故が 454 件となるが、その要因として区分開閉器未設置の事故が 270 件である。また、遮断器、負荷開閉器、断路器についてもそれぞれ、約 50%、約 75%、約 50%程度が区分開閉器未設置による要因が大きいと思われる。そのため、区分開閉器の設置は波及事故を抑制する可能性があり、区分開閉器の設置を推奨する。

続いて、波及事故の多いケーブル、区分開閉器（本体）、遮断器、負荷開閉器、断路器について、波及事故の要因について分析した。なお分析にあたっては、NITE が公表する「詳報公表システム」における 2020 年 4 月～2023 年 12 月のデータより分析を行った。

- ◆ ケーブルの機器故障分析結果¹⁶⁾より、劣化の主要因は自然劣化である。これらの直接の要因は、ケーブルの絶縁破壊・絶縁劣化が約 70%を占めているが、絶縁破壊の要因も含め水トリーの影響と明記されているものが約 40%であり、波及事故の主要因であるといえる。また、水トリーは更新推奨年数を満たない場合でも、発生する可能性⁶⁾がある。
- ◆ 区分開閉器の機器故障分析結果¹⁶⁾より、劣化の主要因は自然劣化である。これらの

¹⁵⁾ 本表に示す波及事故の件数は、外的要因を含む全体の波及事故件数に対する区分開閉器未設置の事例数、パーセンテージを示す。

¹⁶⁾ NITE が公表する「詳報公表システム」における 2020 年 4 月～2023 年 12 月のデータを中心に、2.2.1 章でのメーカーヒアリング、2.2.4 章での全国の保安協会が所有する機器故障データを総合的に分析した結果。

直接の要因は、パッキンの劣化によるものが約 40%であり、パッキンの劣化に伴って、雨水の侵入、結露の発生、絶縁支持物の発錆、PGS のガス漏れによる絶縁低下が引き起こされる。

- ◆ 遮断器の機器故障分析結果¹⁶⁾より、劣化の主要因は、自然劣化である。これらの直接の要因は、更新推奨時期を超えた使用による経年劣化による絶縁劣化が多く、次いで雨水侵入による絶縁劣化による故障である。なお、絶縁破壊の発生箇所は、遮断器の表面が約 67%、内部が 33%であった。
- ◆ 負荷開閉器の機器故障分析結果¹⁶⁾より劣化の主要因は、自然劣化である。これらの直接の要因は、更新推奨時期を超えた使用による経年劣化による絶縁破壊、雨水侵入による絶縁破壊、ヒューズの熔断による故障である。
- ◆ 断路器の機器故障分析結果¹⁶⁾より、劣化の主要因は、自然劣化である。これらの直接の要因は、更新推奨時期を超えた使用による経年劣化による絶縁破壊が多く、次いで雨水侵入による絶縁破壊である。
- ◆ 進相用コンデンサの機器故障分析結果¹⁶⁾より劣化の主要因は、自然劣化である。これらの直接の要因は、更新推奨時期を超えた使用による経年劣化による絶縁劣化である。
- ◆ 変圧器の機器故障分析結果¹⁶⁾より劣化要因は、自然劣化及び過負荷である。変圧器は他の機器と異なり、過負荷による故障が多い。

(2) 低圧機器

低圧機器についても、重大な事故の分析を実施した。

低圧機器においては、現状では低圧絶縁監視装置が普及しており、一定数の設備においては、絶縁破壊の監視が行われているものと思われる。

一方で、平成 29 年～令和 3 年までの 5 年間では感電事故の事例はなく、波及事故の事例は 1 件と少ないが、火災事故の事例は 5 年間で 17 件（施工不完全：4 件、保守不完全：7 件、自然劣化：6 件）であり、火災事故の件数は高圧機器に比べ多い傾向にある。代表的な火災事故の事例として、劣化した電源プラグでのトラッキング事故や劣化したコードからの短絡事故による出火である。

低圧機器については、低圧絶縁監視装置が普及しているものの、備わっていない設備もあり、今後さらなる普及率を上げ常時監視率を高くすることが望まれる。

2.3.2 機器の優先順位付け

本検討で行った高圧需要設備を構成する機器に対し、重大な事故の分析結果を参考に、常時監視の検討を行うための優先順位について検討を行った。

表 2.100 に常時監視を行うべき機器の優先順位付けの検討結果を示す。また、表 2.101 に、常時監視の必要性が低いと判断した機器とその理由を示す。

表 2.100 常時監視を行うべき機器の優先順位付け

機器名	優先順位	理由
ケーブル	1	・ ケーブル類は、火災事故、感電事故の要因となった事例はないが、波及事故の発生要因となった事例が最も多く、全体の約 60%である。 ・ 区分開閉器の設置により波及事故の抑制は可能であるが、波及事故のリスクが高く、常時監視を行うべき機器としては、優先順位が高い。
区分開閉器	2	・ 区分開閉器本体は、火災事故、感電事故の要因となった事例はないが、ケーブルに次いで波及事故の発生要因となった事例は多く、波及事故件数全件数の中で 15.8%であった。 ・ 以上から、常時監視を行うべき機器としては、優先順位が高い。
区分開閉器（制御装置）	2	・ 区分開閉器の制御装置は、火災事故、感電事故の要因となった事例はないが、波及事故の直接の発生要因となった事例としては、波及事故件数全件数の中で 2.6%程度と少ない。一方で、他の機器が故障した際に、区分開閉器の制御装置が作動せずに、波及事故となったケースは比較的多く（17.1%）、影響は大きい。 ・ 以上から、常時監視を行うべき機器としては、優先順位は区分開閉器と同等とした。
遮断器	3	・ 遮断器は、火災事故の要因となった事例はなく、波及事故の発生要因となった事例は、波及事故件数全件数の中で 7.0%と一定数ある。また、手動操作があるため、感電事故の要因となる可能性がある機器である（電気保安統計では、遮断器で感電した事故事例が 5 年間で 1 件あり）。なお、遮断器を要因とした波及事故の約 50%が、区分開閉器未設置箇所で発生している。 ・ 以上から、常時監視を行うべき機器としては、優先順位が高く、波及事故への影響割合を考慮して、区分開閉器に次いで優先順位が高い機器とした。
負荷開閉器	4	・ 負荷開閉器は、火災事故の要因となった事例はなく、波及事故の発生要因となった事例は、波及事故件数全件数の中で 5.0%と一定数ある。また、手動操作があるため、感電事故の要因となる可能性がある機器である（電気保安統計では、開閉器類で感電事故事例が 5 年間で 4 件あり、手動操作の可能性がある LBS と推定した）。なお、負荷開閉器を要因とした

		波及事故の約 75%が、区分開閉器未設置箇所が発生している。 ・以上から、常時監視を行うべき機器としては、優先順位が高く。波及事故への影響割合を考慮して、遮断器に次いで優先順位が高い機器とした。
断路器	5	・断路器は、火災事故の要因となった事例はなく、波及事故の発生要因となった事例は、波及事故件数全件数の中で 2.8%と少ない。一方、手動操作があるため感電事故の要因となる可能性がある機器である（電気保安統計では、開閉器類で感電事故事例が5年間で4件あり、手動操作の可能性がある断路器と推定した）。なお、断路器を要因とした波及事故の約 50%が、区分開閉器未設置箇所が発生している。 ・以上から、常時監視を行うべき機器としては、波及事故への影響割合を考慮して、負荷開閉器に次いで優先順位が高い機器とした。
計器用変成器	6	・計器用変成器は、火災事故や感電事故の要因となった事例はないが、波及事故の発生要因となった事例は、波及事故件数全件数の中で 2.4%であり、そのうち約 85%が、計器用変圧器（VT）が要因となり波及事故が生じている。なお、計器用変成器を要因とした波及事故の約 20%が、区分開閉器未設置箇所が発生している。 ・以上から、常時監視を行うべき機器としては、波及事故への影響割合を考慮して、断路器に次いで優先順位が高い機器とした。
進相用コンデンサ	7	・進相用コンデンサは、火災事故や感電事故の要因となった事例はないが、波及事故の発生要因となった事例は、波及事故件数全件数の中で 1.3%と少ない。 ・以上から、常時監視を行うべき機器としては、波及事故への影響割合を考慮して、計器用変成器に次いで優先順位が高い機器とした。
変圧器	8	・変圧器は、火災事故や感電事故の要因となった事例はないが、波及事故の発生要因となった事例は、波及事故件数全件数の中で 0.9%と少ない。 ・以上から、常時監視を行うべき機器としては、波及事故への影響割合を考慮して、進相用コンデンサに次いで優先順位が高い機器とした。

表 2.101 常時監視の必要性が低い機器

機器名	優先順位	理由
避雷器	—	・避雷器は、火災事故や感電事故の要因となった事例はなく※1)、波及事故の発生要因となった事例も、波及事故件数全件数の中で5年間で1件と極端に少ない。 ・5年間での波及事故事例が極端に少ないため、常時監視の対象外であると判断した。
高圧カットアウト	—	・高圧カットアウトは、火災事故や感電事故の要因となった事例はなく、波及事故の発生要因となった事例も、波及事故件数全件数の中で5年間で0件であった。 ・5年間での波及事故事例が0件であったため、常時監視の対象外であると判断した。
直列リアクトル	—	・直列リアクトルは、火災事故や感電事故の要因となった事例はなく、波及事故の発生要因となった事例も、波及事故件数全件数の中で5年間で0件であった。 ・5年間での波及事故事例が0件であったため、常時監視の対象外であると判断した。

2.3.3 ミニマムコストでのスマート保安の提案

本検討では、高圧機器の弱点部位、機器故障の分析を行い、スマート保安に適用すべきセンシングの検討を行い、さらに重大な事故の分析、機器の順位付けを行った。これらの結果より、各機器に対するスマート保安の考え方を整理した。

表 2.102 に各機器に対するスマート保安の考え方を提案する。なお、表 2.102 に示していない避雷器、高圧カットアウト、保護継電器、直列リアクトルについても更新推奨時期での更新を実施しない場合においても、停電事故や場合によっては波及事故に至る可能性も否定できないことから、更新推奨時期に更新することを推奨する。

表 2.102 各機器に対するスマート保安の考え方の提案
(常時監視の対象とすべき機器)

機器名称	推奨案
ケーブル	・区分開閉器を設置することにより 60%程度、ケーブルを要因とした波及事故を抑制する可能性があり、区分開閉器の設置を推奨する。 ・ケーブル種別で対応する場合には、水トリー対策された E-E ケーブルの適用を推奨する。 ・水トリー対策ができていないケーブルを用いる場合には、事故リスクが増加するため、費用対効果を検証し、高圧絶縁監視装置での監視を検討する必要がある。
区分開閉器（本体）	・区分開閉器の本体は、原則、更新推奨時期に交換を行うことを推奨する。 ・更新しない場合は、事故リスクが増加するため、費用対効果を検証し、高圧絶縁監視装置での監視を検討する必要がある。
区分開閉器（制御装置）	・区分開閉器の制御装置は、原則、更新推奨時期に更新を行うことを推奨する。
遮断器（本体）	・グリースの定期的な塗布・注油又は長寿命対応グリースの適用を推奨する。 ・遮断器が更新推奨時期を超えた場合には、更新を推奨する。 ・更新しない場合は、事故リスクが増加するため、費用対効果を検証し、部分放電センサーや高圧絶縁監視装置での監視を検討する必要がある。 ※なお、遮断器の表面については、部分放電センサーにより監視が可能であるが、筐体内部の監視は現状では困難である。
遮断器（操作制御部）	・遮断器の制御装置内部の電解コンデンサやヒューズを適切な時期に交換する必要がある。
負荷開閉器（本体）	・負荷開閉器が更新推奨時期を超えた場合には、更新を推奨する。 ・更新しない場合は事故リスクが増加するため、費用対効果を検証し、部分放電センサーや高圧絶縁監視装置での監視を検討する必要がある。 ・負荷開閉器本体のヒューズを適切な時期に交換する必要がある。
負荷開閉器（制御装置）	・負荷開閉器の制御装置内部の電解コンデンサやヒューズを適切な時期に交換する必要がある。

断路器	・ 断路器が更新推奨時期を超えた場合には、更新を推奨する。 ・ 更新しない場合は事故リスクが増加するため、費用対効果を検証し、部分放電センサーや高圧絶縁監視装置での監視を検討する必要がある。
計器用変成器	・ 計器用変成器が更新推奨時期を超えた場合には、更新を推奨する。 ・ 更新しない場合は事故リスクが増加するため、費用対効果を検証し、部分放電センサーでの監視を検討する必要がある。
進相用コンデンサ	・ 進相用コンデンサは、更新推奨時期を超えた場合には、更新を推奨する。
変圧器	・ 変圧器の負荷を把握するため、電流値の監視を推奨する。 ・ 油入変圧器の場合は、電流値監視の他に温度の監視を推奨する。 ・ モールド変圧器の場合は、部分放電の監視を推奨する。

2.4 年次点検の延伸についての検討

(1) 年次点検の延伸についての検討

本検討で実施した 2.2～2.3 節については、主に月次点検の延伸を目指し検討を実施した。

停電年次点検は、断路器、遮断器等の高圧電気機器の清掃とグリース塗布等の点検や機能確認が 1 年毎（条件により 3 年に 1 回）に必要とされている。2.2～2.3 節における高圧電気機器の保守管理に導入することを前提としたうえで、以下の項目について導入した場合に停電年次点検の延伸の可能性がある。

- ◆ 現在の技術を調査したところ、熱や湿気に耐性があるフッ素系グリース等の長寿命特性に優れたグリースが登場し、様々な用途でメンテナンスフリーのニーズがある分野において活用されている。高圧電気機器においても、フッ素系グリースと無潤滑軸受技術を活用した注油間隔 6 年の機器が登場してきており、停電年次点検の延伸の可能性がある。また、フッ素系グリースは熱や湿気に耐性があるものの、粉塵等が多い環境において、グリースに粉塵等の不純物が混ざった場合には寿命が短くなることから、使用環境に注意を要する。
- ◆ 期待寿命が短い機器として、ヒューズ、コンデンサが挙げられる。これらの機器については、10 年程度の期待寿命であり、かつセンシング技術により劣化の確認ができず、適切な交換が必要な部品である。そのため、12 年目の停電年次点検においては、ヒューズの更新を行うことを推奨し、コンデンサが用いられている制御装置（保護継電器を含む）であれば、動作試験を実施し整定値設定や、内蔵電源等の異常を確認した上で、更新の必要性について検討を行うことを推奨する。
- ◆ また、更新推奨時期が短い機器として、区分開閉器が挙げられる。機器の更新推奨時期として 10～15 年※4 が例示されていることから、12 年目の停電年次点検にて、適宜メンテナンスを行い、更新の必要性について検討を行うことを推奨する。
- ◆ 停電年次点検に対しての主任技術者等へのヒアリングでは、機能確認の他に、清掃の重要性について確認した。高圧電気機器においては、絶縁物が多く使われており、絶縁物は、温度、湿度、粉塵等により、絶縁劣化が生じる機器であり、清掃が重要とされている。一方、キュービクル内の温度、湿度、粉塵等の状況を監視するセンサーを活用した実証や研究が行われている状況であり、停電年次点検を延伸させるためには使用環境状況を監視するシステムが必要と考えられる。

(2) 年次点検の延伸についてのまとめ

以上に示すように、停電年次点検の延伸については機器摺動部へのグリースを長寿命グリース（フッ素系）へ取替えること等で 6 年毎の点検に延伸は可能と考えられる。また、短寿命品（コンデンサ、ヒューズ）については、更新推奨時期に取替えることを推奨する。なお、使用環境による温度、湿度、粉塵等の影響が絶縁劣化に繋がることから、温度、湿度、粉塵等を監視するセンサーの導入を検討する必要がある。

3 特別高圧の設備及び高圧の EV 急速充電器の点検工数の算定・特別高圧設備の事故リスクに関する調査

3.1 調査概要

特別高圧の設備及び高圧の EV 急速充電器の事業場における主任技術者等に対するヒアリングやデスク調査等により、標準的な設備構成を特定した上で、点検（月次・年次）1 回当たりに必要なのべ時間数（人数×点検時間）を算定した。点検工数の算定にあたっては、それぞれの作業時間を算定した。

3.2 特別高圧の設備の点検工数の算定・事故リスク等に関する調査

3.2.1 調査概要

特別高圧設備の点検工数の算定、事故リスクに関する調査を実施した。

本調査においては、特別高圧の設備のうち需要設備、太陽電池発電所及び風力発電所を対象に、事業場における主任技術者等に対するヒアリング及びデスク調査等により、標準的な設備構成を特定したうえで、点検（月次・年次）1 回当たりに必要なのべ時間数（人数×点検時間）を算定した。

また、太陽電池発電所及び風力発電所においては、外部選任における統括の許容、統括事業場と被統括事業場の資本関係及び供給区域をまたがる統括の許容等について確認を行った。

3.2.2 特別高圧設備の設備構成

特別高圧設備の設備構成の概略について、以下に示す。

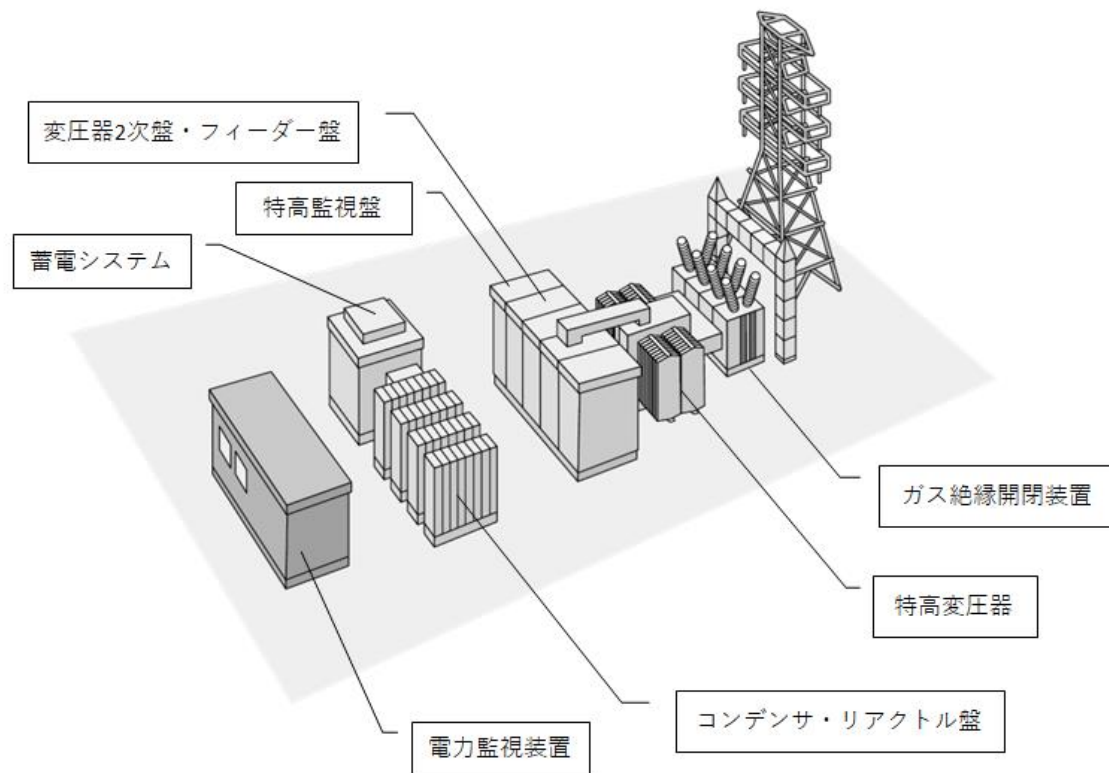


図 3.1 特別高圧設備の設備構成イメージ図（需要設備）¹⁷

¹⁷ 電気設備メーカーの公開情報等より作成

表 3.1 特別高圧設備を構成する機器等¹⁸

機器名	役割	種類
断路器 (LS、DS)	・単に充電された電路を開閉する（負荷電流の開閉不可） ・他機器の点検、試験、補修を行うために、機器を充電回路から切り離す	水平二点切形、水平中心一点切形直立一点切形、パンタグラフ形、垂直中心一点切形 等
接地開閉器 (ES)	・送電線や変電設備を停止して点検などの作業を行う場合に停止部分を接地するための開閉器	
遮断器 (CB)	・負荷電流の投入、遮断を行う ・保護装置などと組合せて、電路や機器の過電流、短絡、地絡等の事故により流れる異常電流を自動的に遮断する	油遮断器 (OCB)、空気遮断器 (ABB)、磁器遮断器 (MBB)、真空遮断器 (VCB)、ガス遮断器 (GCB)
変圧器 (T)	・電圧を変成（高くしたり、低くしたり）する	油入変圧器、モールド変圧器、ガス遮断器
計器用変成器	・主回路の高い電圧や大きな電流を電圧計や電流計で計測する ・電圧や電流が異常になったとき保護継電器を動作させるために、安全で扱いやすい低い電圧あるいは小さい電流に変成する	変流器 (CT)、零相変流器 (ZCT)、計器用変圧器 (VT)、コンデンサ形計器用変圧器 (PD)
避雷器 (LA)	・送電線への落雷により、変電所に異常電圧が侵入した場合、異常電圧を放電して変電所の機器を保護する	
電力用コンデンサ (SC)	・負荷力率を改善して電力損失の低減を図る	
ガス絶縁開閉装置 (GIS)	・断路器、遮断器、その他の諸機能を各々ユニット化し金属製ケースに収納し、絶縁耐力の高い SF6 ガスを密封したもの、適用電圧階級は 60/70kV 以上	
キュービクル式ガス絶縁開閉装置 (C-GIS)	・断路器、遮断器、その他の諸機能をまとめて金属製ケースに収納し、絶縁耐力の高い SF6 ガスを密封したもの、最近ではドライエアを充填したものも製品化されている、適用電圧階級は 20/30～60/70kV 以下	
固体スイッチギヤ (SIS)	・充電部をエポキシ樹脂等の電気絶縁材料で絶縁した開閉装置 ・適用電圧階級は 6kV～60/70kV 以下	
配電盤 (SG)	・一般に監視制御保護を目的とした器具（計器、スイッチ、継電器等）を取り付けた盤及び主回路の開閉装置ならびに制御器具を備えたものをいう ・適用電圧階級は標準的に～30kV 以下	
直流電源装置 (DC)	・直流操作機器の操作装置、及び制御用の直流電圧・電流を供給する ・蓄電池を有し停電時も潮流電源を供給することができる	

¹⁸ ヒアリング先の提供資料より作成。

表 3.2 主要な遮断器¹⁹

種類	油遮断器 (OCB : Oil Circuit Breaker)	磁気遮断器 (MBB : Magnetic Blow-out circuit Breaker)	ガス遮断器 (GCB : Gas Circuit Breaker)	真空遮断器 (VCB : Vacuum Circuit Breaker)
特長	・電路の開閉が油中にて行われる遮断器。 ・アークエネルギーによる油の熱分解ガス及び油流をアークに吹き付けて消弧する。	・開路が磁界中で行われる気中遮断器。 ・磁界によりアークを拡散し消弧する。	・電路の開閉が六ふっ化硫黄 (SF₆) のような不活性ガス中にて行われる遮断器。 ・SF₆ ガスの優れている消弧性能を利用したもので、SF₆ ガスをアークに吹き付けて、消弧を行う。	・電路の開閉が真空中にて行われる遮断器。 ・真空の優れたアークの消弧力及び絶縁性能を利用したもので、開極時に生じるアークは、真空中で高速拡散する。
適用電圧	高圧～特別高圧	高圧～特別高圧	(高圧～) 特別高圧	高圧～特別高圧
製作年代	～S60 年	～S50 年	S55 年～	S40 年～
備考	現在は生産中止となっている (メンテナンスも困難な状況)		特別高圧が主流	高圧では最も一般的な遮断器

¹⁹ ヒアリング先の提供資料より作成。

表 3.3 主要な変圧器²⁰

	油入変圧器	乾式変圧器	モールド変圧器	ガス絶縁変圧器
概略構造	変圧器の外箱を密封し、絶縁並びに冷却用として絶縁油を使用したもの	巻線に耐熱絶縁紙を使用し絶縁ワニスを含浸させた構造。樹脂絶縁で冷却は空気となる	巻線を樹脂で注型またはモールドを含浸させた構造。樹脂絶縁で冷却は空気となる	変圧器の外箱を密封し、絶縁並びに冷却用として SF6 ガスを使用したもの
適用電圧	～154kV	～33kV	～33kV	～77kV
耐湿性	密閉あるいは油劣化防止装置により対策	長期間停止した場合吸湿する（運転前に乾燥処理する）	吸湿しない	吸湿しない
絶縁の種類（標準） 耐熱クラス	A 種	H 種	B、F 種	E 種
耐電圧	耐電圧特性に優れる	ガス絶縁、油入変圧器に比べ、特性が劣る（インパルス耐電圧）	ガス絶縁、油入変圧器に比べ、特性が劣る（インパルス耐電圧）	耐電圧特性に優れる
床面積	90～100%	50～70%（単体） 70～90%（収納盤、フェンス含む）	50～70%（単体） 70～90%（収納盤、フェンス含む）	100%
質量	110～120%	100～110%	100～110%	100%
安全性	火災の危険性があるの で、消火設備などの防災 上の注意が必要である	難燃で爆発の心配がない	難燃自消性で爆発の心配がない	不燃性で爆発の心配がない。 充填される SF6 ガスは、無毒 無臭で安全性が高い
環境性	漏油した場合土壌汚染を 引き起こす可能性がある	特に無い	特に無い	SF6 ガスは地球温暖化ガスで あるので管理が必要
保守	絶縁油は運転中に酸化劣 化して電気特性を低下さ せるので油劣化装置など の保守が必要	特には不要である	特には不要である	化学的に安定な、SF6 ガスが 封入されているので、変圧器 絶縁物の経年劣化は少なく、 長寿命が期待できる

²⁰ ヒアリング先の提供資料より作成。

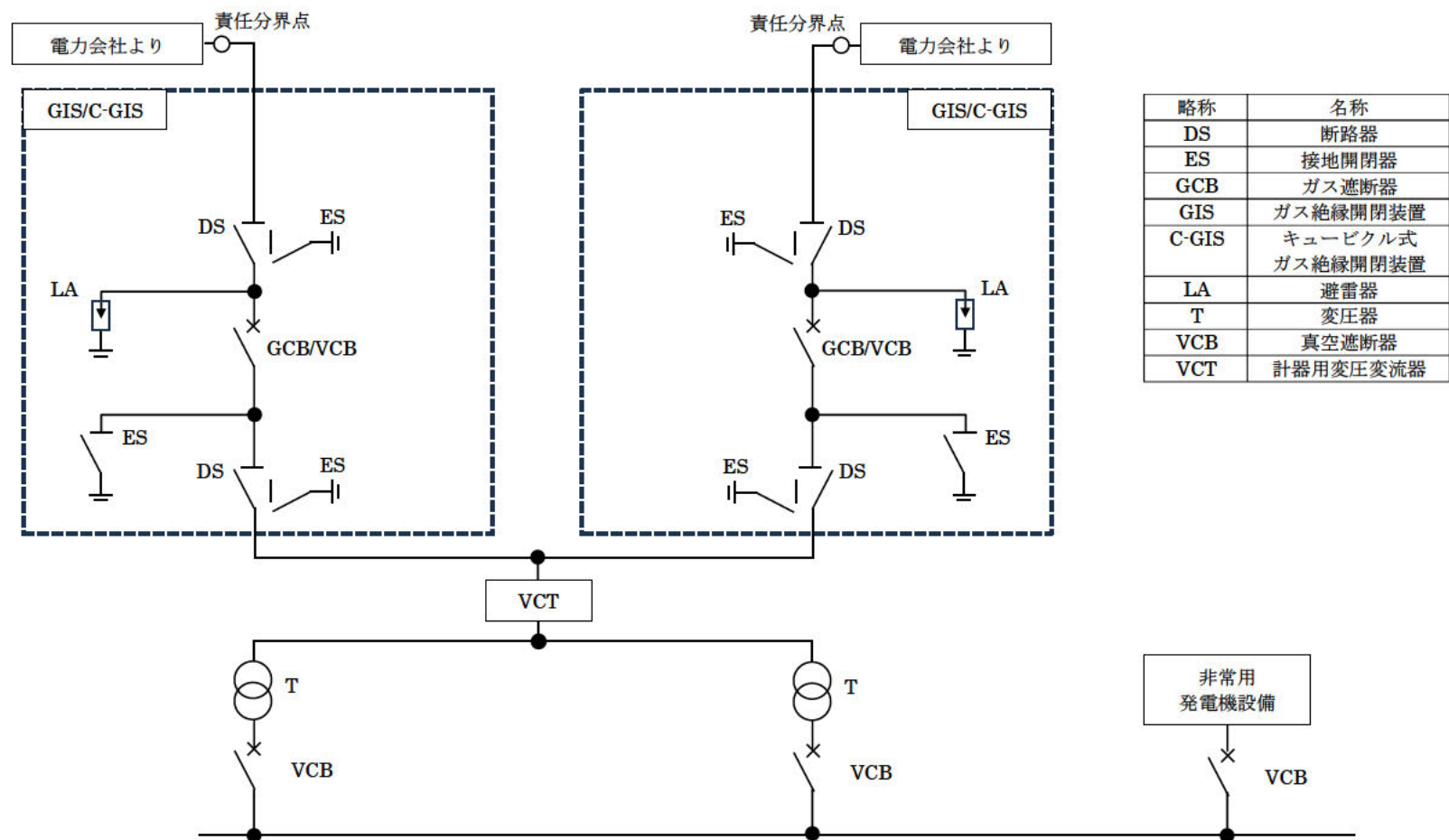


図 3.2 特別高圧の需要設備（本予備受電方式）の構成概要図²¹

²¹ ヒアリング先の提供資料より作成。

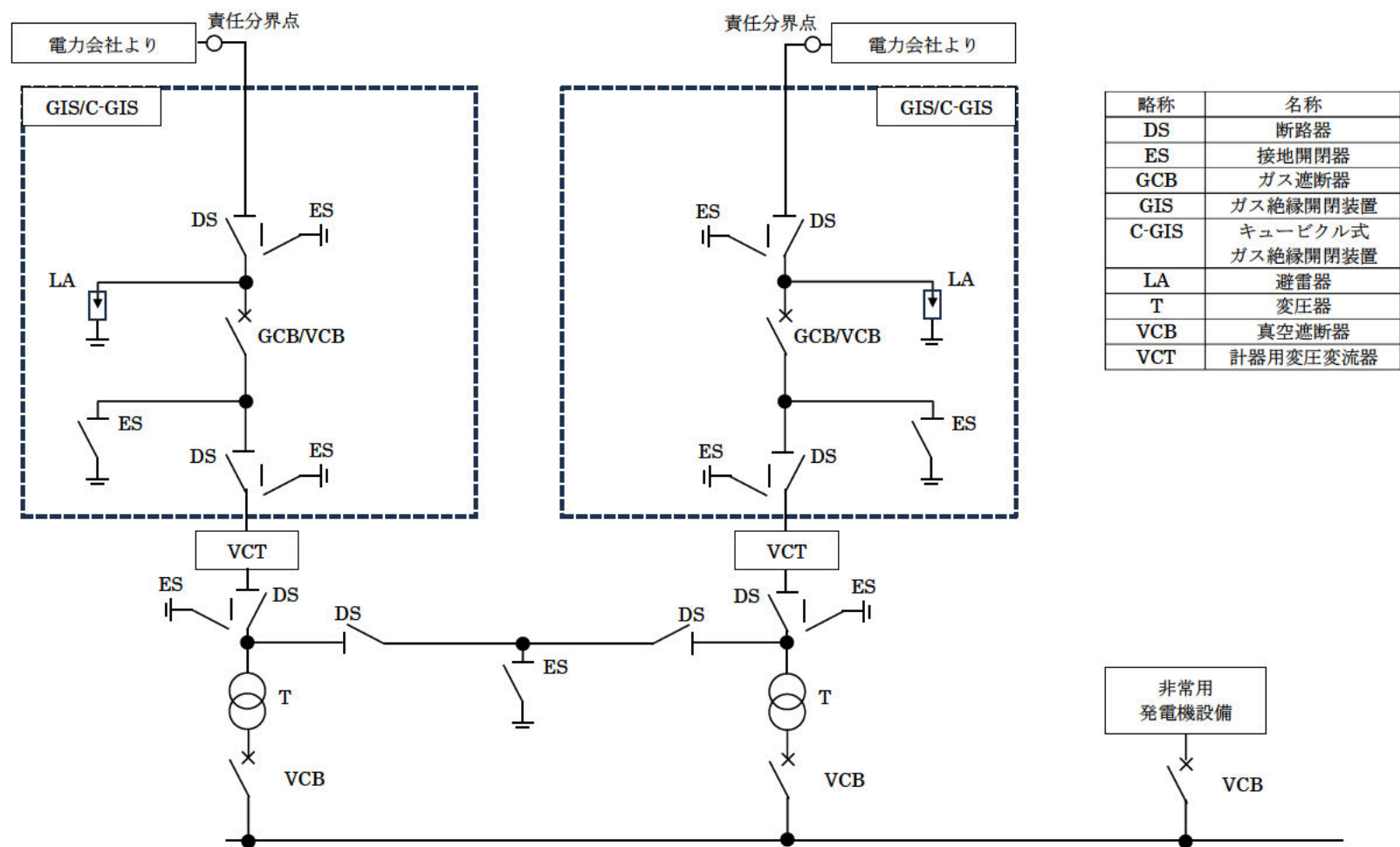


図 3.3 特別高圧の需要設備（平行 2 回線受電方式）の構成概要図²²

²² ヒアリング先の提供資料より作成。

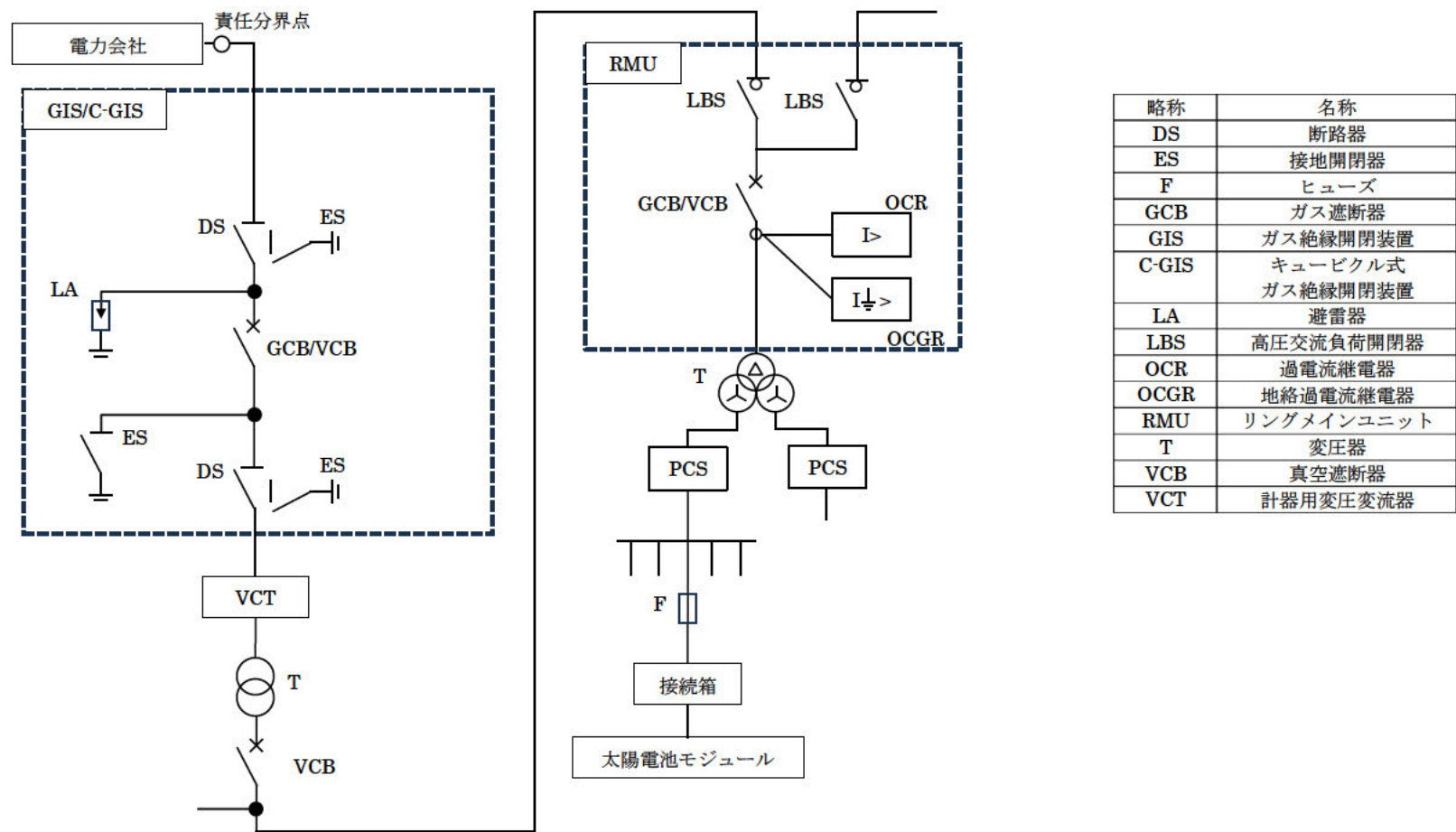


図 3.4 特別高圧の太陽電池発電所の設備の構成概要図²³

²³ ヒアリング先の提供資料より作成。

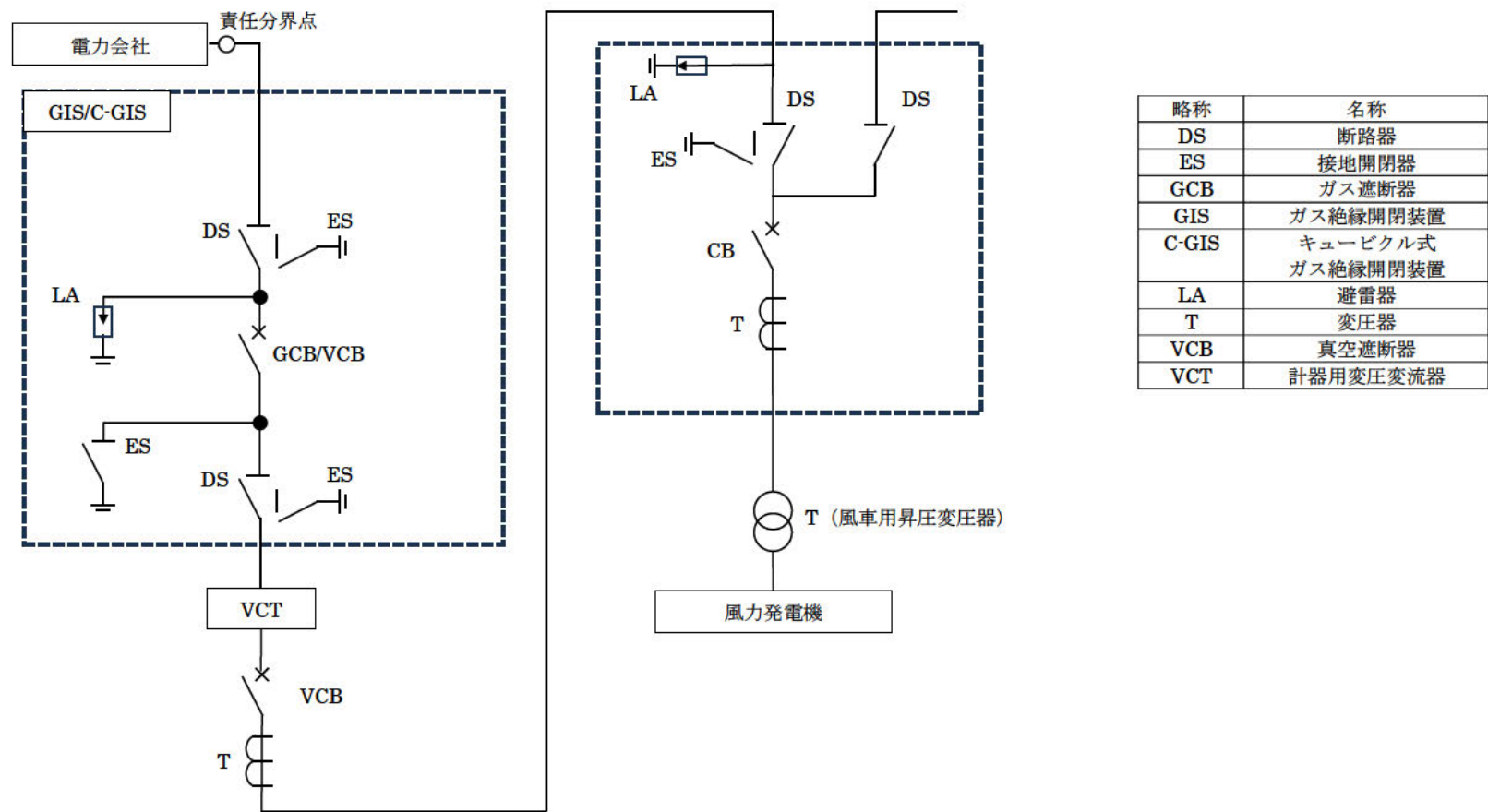


図 3.5 特別高圧の風力発電所の設備の構成概要図²⁴

²⁴ 電力会社の公開情報等より作成。

3.2.3 ヒアリング対象者及びヒアリング項目

(1) ヒアリング対象

本検討においては、以下の事業者にヒアリングを実施し、情報収集を行った。

表 3.4 ヒアリング対象（特別高圧の設備）

企業	区分	用途／分野	選任形態
A 社	設置者	需要設備（工場）	自社選任
B 社	設置者	需要設備（データセンター）	自社選任（外部委託）
C 社	設置者	需要設備（店舗）	自社選任
D 社	設置者の出資者	太陽電池発電	統括
E 社	設置者の出資者	太陽電池発電	自社選任
F 社	設置者	風力発電	統括または自社選任
G 社	設置者	風力発電	統括
H 社	設置者	風力発電	統括または自社選任

(2) ヒアリング項目

本業務におけるヒアリングにおいては、以下について行った。

- ① 選任形態
- ② 点検体制（月次点検・年次点検）及び点検時間
- ③ 設備構成
- ④ 想定されるリスク
- ⑤ 電気主任技術者の業務内容
- ⑥ 統括設備を 7 か所以上とすることの可能性

また、太陽電池発電及び風力発電については、外部選任における統括の許容、統括事業所と非統括事業所の資本関係及び供給区域をまたがる統括の許容について確認を行った。

3.2.4 需要設備

(1) 点検体制（月次点検・年次点検）及び点検時間

特別高圧の需要設備を保有する 3 社における点検体制（月次点検・年次点検）について、各社間で以下のような特徴がある。

- 月次点検は 1 人程度で実施している。現場の点検は主任技術者の教育を受けた検査員等が実施し、主任技術者はチェックのみという体制を敷いている。現場の点検を担当する検査員等に資格等は求められていない。
- 特別高圧を対象とした年次点検は 10～20 数人で対応しており、人数の大半は外注先である。

(2) 設備構成

特別高圧の需要設備を保有する 3 社における設備構成及び点検工数について、各社間で以下のような特徴がある。

- ・ 月次点検に要する時間は 0.5～1 時間程度である。
- ・ 年次点検に要する時間は 1～2 日程度である。瞬時でも停電を許容できない需要設備においては、2 回線を同時に点検できないため、要する時間が長い。

(3) 想定される事故リスク

特別高圧の需要設備を保有する 3 社が想定する事故事例やリスクについて、各社間で以下のような特徴がある。

- ・ ヒアリング先の 1 社の自社設備の部品の経年劣化による監視設備の不具合（受変電設備の機能に影響はなく停電等の機能停止に至らず）、電力会社側設備の落雷による短絡事故があった。
- ・ 他の 2 社については、天候・塩害・小動物の侵入・浸水等のリスク要因を事前に特定し対策を行うことにより事故を回避している。
- ・ その他一般的なリスク要因としては、屋外設置設備の樹木接触、長期間使用している機器・部品の経年劣化があげられている。

(4) 電気主任技術者の業務内容

特別高圧の需要設備を保有する 3 社における電気主任技術者の業務内容について、各社間で以下のような特徴がある。

- ・ 電気事業法の手続き関係、事故対応、立入検査といった都度発生した場合に負荷が大きい業務項目があり、過去に事例発生の有無により、業務の負荷の捉え方が各社間で異なる。
- ・ 需要家が他社かつ多数わたる設備（例：ショッピングモール、テナントが需要家）は、年次点検における需要家との調整の業務の負荷が比較的大きい。
- ・ 事業場によっては、主技が電気設備以外の管理業務（例：エネルギー管理士との兼務、ボイラー、排水処理、防火管理、ショッピングモールにおけるテナントの管理、所属事業者における業務管理）も行っている場合がある。

(5) 統括設備を 7 か所以上とすることの可能性

統括設備を 7 か所以上とすることの可能性についての特別高圧の需要設備を保有する 3 社から、以下のような意見があげられている。

- ・ 統括設備数の上限値に影響を及ぼす要因として以下があげられている。
 - 設備の稼働年数、維持状態。
 - 被統括設備の立地。
 - 点検担当者の知識・経験。

- 一部事業場の主技は、設備オーナーの規約により当該事業場以外の電気工作物の保安の監督はできず、専任が義務付けられている。

3.2.5 太陽電池発電所

(1) 点検体制（月次点検・年次点検）及び点検時間

特別高圧の太陽電池発電所を保有する 2 社における点検体制（月次点検・年次点検）について、各社間で以下のような特徴がある。

- 月次点検は 10～20 数人で実施している。現場の点検は主任技術者の教育を受けた検査員等が実施し、主任技術者はチェックのみという体制を敷いている。現場の点検を担当する検査員等に資格等は求められていない。
- 特別高圧を対象とした年次点検は 10 人前後の自社社員（統括の主技含む）及び外注先で構成される。主技以外は全て 10 数人の外注先（OM 事業者、メーカー）で体制が組まれている設備もある。

(2) 設備構成

特別高圧の太陽電池発電所を保有する 2 社における設備構成及び点検工数について、各社間で以下のような特徴がある。

- 月次点検に要する時間は太陽電池パネルを除き 1 日程度である。
- 年次点検に要する時間は 1～3 日程度である。ただし、外注先を含むため工数は月次点検の約 1.5～3 倍となっている。

(3) 想定される事故リスク

特別高圧の太陽電池発電所を保有する 2 社が想定する事故事例やリスクについて、各社間で以下のような特徴がある。

- リスク要因としてヒューマンエラー、外的要因（落雷、台風、地震、飛来物、小動物等）、経年劣化等による故障や焼損がある。

(4) 電気主任技術者の業務内容

特別高圧の太陽電池発電所を保有する 2 社における電気主任技術者の業務内容について、各社間で以下のような特徴がある。

- 主技の作業は確認が主な作業となるため、全体的に負荷は小さい。
- 事故報告、立会検査、電力会社対応といった都度発生した場合に負荷が比較的大きい業務項目があり、過去の事例発生の有無により、業務の負荷の捉え方が各社間で異なる。

(5) 外部選任の場合における統括の許容

外部選任の場合における統括の許容についての特別高圧の太陽電池発電所を保有する 2 社から以下のような意見があげられている。

- 事故やトラブルが発生した場合の迅速な対応、緊密な情報共有を行う仕組みを構築していれば、外部選任の場合における統括が許容されるのではないかな。
- SPC が設置者という体制の場合、統括を外部選任した場合に、契約が複数となるため意思決定が円滑に行われない懸念がある。

(6) 統括事業場の設置者と被統括事業場の設置者との間の一般的な資本関係

統括事業場の設置者と被統括事業場の設置者との間の一般的な資本関係についての特別高圧の太陽電池発電所を保有する 2 社から以下のような意見があげられている。

- 保守に関する部分には資本関係を持ち込まない方が望ましい。
- 特別高圧の発電設備と需要設備では、事業性（稼働率や保守頻度）の考え方が異なる。このため、発電設備に比べ需要設備は保守の考え方に資本関係が影響することがあり得る。

(7) 異なる供給区域に存在する事業場の統括

異なる供給区域に存在する事業場の統括についての特別高圧の太陽電池発電所を保有する 2 社から以下のような意見があげられている。

- 特筆すべき懸念点はないと思われる。一方、統括事業場と被統括事業場が遠隔地の場合は、統括電気主任技術者が遠隔の指示により現場の技術員が事故対応等を行うことになる。遠隔の指示が事故により途絶する可能性もあるため、当該技術員にある程度のレベルが求められる。
- 安全面の知見等の共有が進むことが期待される。

(8) 統括事業所としての担当可能な事業場数に関する検討

統括事業所としての担当可能な事業数（7 か所以上受け持つと支障が生じる可能性のある業務）についての特別高圧の太陽電池発電所を保有する 2 社から以下のような意見があげられている。

- 主技の業務は主に確認や書類の作成あるいはチェックのため、複数か所を対象に作業を行う場合にミス等が発生することが懸念される。
- 統括事業場の主技の指示の下に事業場で実務を行うことが可能な作業員や技術者の体制が整備されている場合に限り、担当する事業場数を増加させることが可能と考える。

3.2.6 風力発電所

(1) 点検体制（月次点検・年次点検）及び点検時間

特別の風力発電所を保有する 3 社における点検体制（月次点検・年次点検）について、各社間で以下のような特徴がある。

- 月次点検は 2～数人で実施している。現場の点検は主任技術者の教育を受けた検査員等が実施し、主任技術者はチェックのみという体制を敷いている。現場の点検を担当

する検査員等に資格等は求められていない。

- 特別高圧を対象とした年次点検は数名～20 人程度の自社社員（統括の主技含む）及び外注先で構成される。主技以外は全て外注先（OM 事業者、メーカー）、あるいは主技及び自社社員のみで体制が組まれている設備もある。

(2) 設備構成

特別高圧の風力発電所を保有する 3 社における設備構成及び点検工数について、各社間で以下のような特徴がある。

- 月次点検に要する時間は 1 日程度である。
- 年次点検に要する時間は 1～4 週間程度である。複数の事業場を複数日かけて順に実施している。特に風力発電所の点検に多くの時間を要する。

(3) 想定される事故リスク

特別高圧の風力発電所を保有する 3 社が想定する事故事例やリスクについて、各社間で以下のような特徴がある。

- リスク要因としてヒューマンエラー、経年劣化や施工不良等による故障や焼損がある。

(4) 電気主任技術者の業務内容

特別高圧の風力発電所を保有する 3 社における電気主任技術者の業務内容について、各社間で以下のような特徴がある。

- 主技の作業は確認が主な作業となるため、全体的に負荷は小さい。
- 事故報告、電力会社対応といった都度発生した場合に負荷が比較的大きい業務項目があり、過去に事例発生の有無により、業務の負荷の捉え方が各社間で異なる。

(5) 外部選任の場合における統括の許容

外部選任の場合における統括の許容についての特別高圧の風力発電所を保有する 3 社の意見から以下のような意見があげられている。

- 事故やトラブルが発生した場合の迅速な対応、緊密な情報共有を行う仕組みを構築していれば、外部選任の場合における統括が許容されるのではないかと。対応において、技術員が事業場に駐在していれば、主技は必ずしも事業場近隣にいらなくても良い。
- 特に風力発電設備は風車についての知識が十分でないことが想定されるため、風車の知識を十分に有する技術員を配置することが必要となる。

(6) 統括事業場の設置者と被統括事業場の設置者との間の一般的な資本関係

統括事業場の設置者と被統括事業場の設置者との間の一般的な資本関係についての特別高圧の風力発電所を保有する 3 社から以下のような意見があげられている。

- 保安上の指揮命令系統、責任の所在が契約等により明確になっていれば、主技による設置者への発言権が弱まるような懸念はなく、資本関係が保安体制に影響を及ぼすことを回避することは可能なのではないか。

(7) 異なる供給区域に存在する事業場の統括

異なる供給区域に存在する事業場の統括についての特別高圧の風力発電所を保有する 3 社から以下のような意見があげられている。

- 特筆すべき懸念点はないと思われる。特に隣接する供給区域は距離的にも問題はないためニーズがあると考えられる。
- 供給区域によって保安監督部、電力会社によって書類や機器の呼び方が異なるが、大きな混乱を招くほどの違いはないのではないか。

(8) 統括事業所としての担当可能な事業場数に関する検討

統括事業所としての担当可能な事業数（7 か所以上受け持つと支障が生じる可能性のある業務）についての特別高圧の風力電池発電所を保有する 3 社から以下のような意見があげられている。

- 主技の業務は主に確認や書類の作成あるいはチェックのため、極端に多くの事業場を担当した場合、あるいは工事、事故、電力会社都合による系統停電作業が同時期に発生した場合に主技の負荷が大きくなる懸念がある。
- 統括事業場の主技の指示の下に事業場で実務を行うことが可能な作業員や技術者の体制が整備されている場合に限り、担当する事業場数を増加させることが可能と考える。

3.2.7 特別高圧設備の点検工数

特別高圧の需要設備、太陽電池発電所及び風力発電所を保有する各社へのヒアリング結果から、需要設備、太陽電池発電所及び風力発電所の月次点検及び年次点検に要する工数を設備ごとに算定した。

ヒアリングにおいて設備ごとではなく合計の工数のみ提示があった事業者については、他社のヒアリング結果を参考に案分により算定を行った。

需要設備、太陽電池発電所及び風力発電所の月次点検及び年次点検の点検工数（人・時間）を表 3.5～表 3.7 にそれぞれ示す。

表 3.5 特別高圧の需要設備における特別高圧変電所の点検工数（人・時間）

機器	月次点検	年次点検
ガス絶縁開閉装置（GIS）	0.056～0.22	4.0～28.3
断路器（LS、DS）	0.056～0.22	4.0～28.3
接地開閉器（ES）	0.056～0.22	4.0～28.3
遮断器（CB）	0.056～0.22	4.0～28.3
計器用変成器	0.056～0.22	4.0～28.3
避雷器（LA）	0.056～0.22	4.0～28.3
母線	0.056～0.22	4.0～28.3
変圧器	0.056～0.22	4.0～28.3
その他	0.056～0.22	4.0～28.3
合計	0.5～2.0	36.0～255
作業人数	1～2 人	10～30 人

表 3.6 特別高圧の太陽電池発電所における点検工数（人・時間）

機器	月次点検	年次点検
ガス絶縁開閉装置（GIS）	0.15～0.45	6.0～16.4
キュービクル式ガス絶縁開閉装置（C-GIS）	0.15	6.0
断路器（LS、DS）	0.15～0.36	5.4～16.4
接地開閉器（ES）	0.15～0.36	5.4～16.4
遮断器（CB）	0.15～0.45	6.0～16.4
計器用変成器	0.15～0.36	5.4～16.4
避雷器（LA）	0.15～0.36	5.4～16.4
母線	0.15～0.45	6.0～16.4
変圧器	0.15～0.45	6.0～16.4
中性点接地抵抗器（NGR）	0.15～0.45	6.0～16.4
所内変圧器、所内電源	0.2～0.36	7.2～16.4
太陽電池パネル（ケーブル含）	60	—
接続箱・集電箱（ケーブル含）	0.1	0.2
パワーコンディショナー（ケーブル含）	0.15	6.0
その他	0.3～0.36	10.7～16.4
合計	62.2～64.2	86.2～186.2
作業人数	10～30 人	20～30 人

表 3.7 特別高圧の風力発電所における点検工数（人・時間）

機器	月次点検	年次点検
ガス絶縁開閉装置（GIS）	0.4～1.0	7.0～40.0
固体スイッチギヤ（SIS）	0.4	7.0
断路器（LS、DS）	0.4～1.0	7.0～40.0
接地開閉器（ES）	0.4～1.0	7.0～40.0
遮断器（CB）	0.4～1.0	7.0～40.0
計器用変成器	0.4～1.0	7.0～40.0
避雷器（LA）	0.4～1.0	7.0～40.0
母線	0.4～1.0	7.0～40.0
変圧器	0.4～1.0	7.0～40.0
中性点接地抵抗器（NGR）	1.0	40.0
保護継電器装置	1.0	40.0
直流電源装置	1.0	40.0
発電装置（風車）	0.67～2.0	13.3～46.7
支持工作物	0.44～1.0	13.3～46.7
電気系統	0.44～1.0	13.3～46.7
その他	0.4～1.0	40.0
合計	5.75～16.0	47.0～620
作業人数	2～6 人	7～40 人

3.2.8 特別高圧設備の保安管理及び電気主任技術者の業務の概要

(1) 特別高圧設備の保安管理

ヒアリング結果等に基づく、特別高圧設備の保安体制の概要を図 3.6 に示す。

設置者は主任技術者を選任し、主任技術者は特別高圧設備の保安の監督を行う。

月次点検は主に主任技術者の指示の下に教育を受けた自社保安員等（一部事業場では OM 事業者等の外部に依頼）が現場の点検を行い、主任技術者は結果の報告を受けチェックを行う。年次点検は主に自社保安員等、及び一部点検を依頼した外注先（OM 事業者、メーカー、電気管理技術者、保安法人等）が現場の点検を行い、主任技術者は結果の報告を受けチェックを行う。主任技術者のチェックを受けた点検報告書は設置者に提出される。

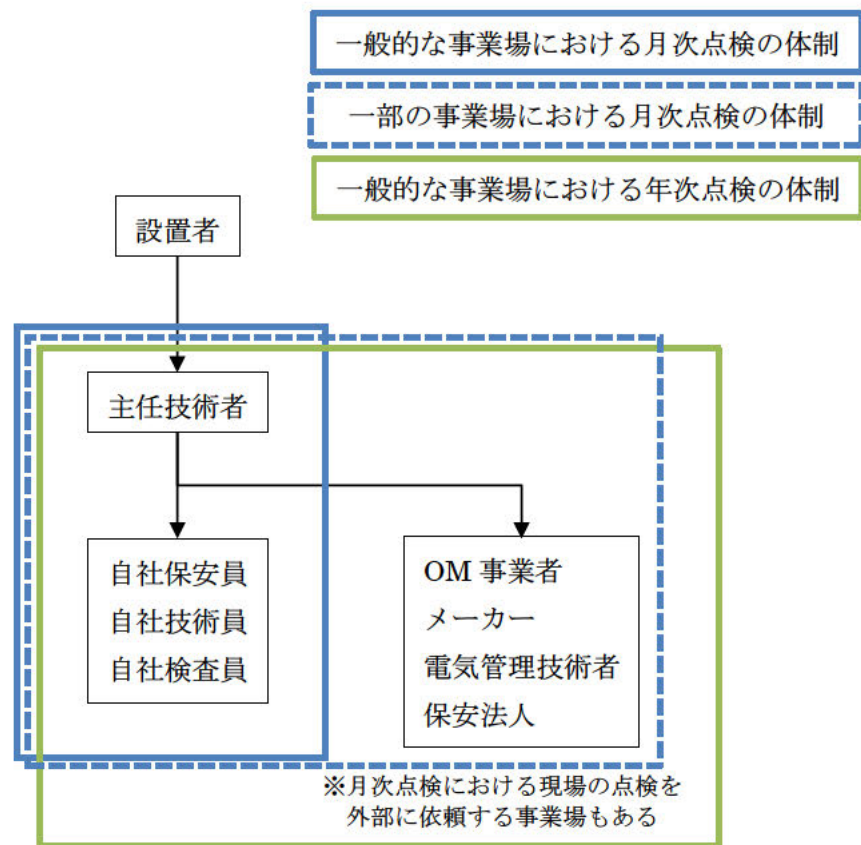


図 3.6 特別高圧設備の保安体制の概要

(2) 電気主任技術者の業務の概要

(1)に示した体制による点検業務を含め、特別高圧設備の主任技術者は、保安の監督を行う。ヒアリング結果等に基づき取りまとめた主任技術者の業務の概要を表 3.8 に示す。

表 3.8 特別高圧設備の主任技術者の業務の概要

業務の種類	項目		業務の概要等	
通常時の業務	電事法手続き関係	・ 保安規程作成・変更届出		・ 設置者が電気工作物の安全を確保するため工事、維持及び運用の規程（保安規程）を作成する。 ・ 設置者が保安規程の内容を変更した場合に、変更した事項を遅滞なく届け出る。 ・ 通常作業はないが、組織変更、設備変更、主技変更時等に限り、主技に作業が発生する。
		・ 工事計画届出、安全管理審査		・ 設置者が電気工作物の工事の計画（工事計画）を届け出る。 ・ 設置者は届け出た電気工作物の使用の開始前に、主技の立会いの下に自主検査を行い（使用前自己検査）、その結果の確認のため、産業保安監督部は使用前自主検査を評価する（安全管理審査）。 ・ 審査終了後、審査の確認書に審査官、設置者、主技が署名し、審査官と設置者の双方で確認して保持する。
		・ 電気関係事故報告		・ 設置は電気事故が発生した場合、主技に連絡し、事故を覚知してから 24 時間以内に報告する。 ・ 主技は事故の内容に応じて、事故に関する適切な対処を指示する。
	工事検査関係	計画	・ 改修箇所の確認	・ 設置者や主技等は必要に応じ電気設備の改修の要否等について検討を行い、検討結果に応じ設置者が施工会社や建設会社に改修を依頼する。 ・ 主技は、設計内容における技術基準の適合性を確認し、必要に応じて助言する。
			・ 年度計画の内容審査・見直し	
		設計	・ 工事計画や設計書の内容審査	・ 主技は、電気工作物の施工に立ち会う。
		着工	・ 工事に関する監督・指示、指導・助言	
		竣工検査	・ 竣工検査計画の内容審査	・ 施工の適正性の検査及び省令の電気設備技術基準の適合性の検査を行う（竣工検査）。 ・ 主技は検査に立ち会い、技術基準の適合性を確認する。 ・ 設置者は竣工検査記録を保管する。 ・ 工事の規模により、計画を含めて数か月から数年を要する場合がある。
			・ 竣工検査の監督・指示、指導・助言	
			・ 検査結果の審査・承認（技術基準適合状況の確認）	
	巡視点検関係	計画	・ 修繕・補修箇所の確認	・ 設置者や主技等は修繕・補修箇所の有無等を確認する。
			・ 年度計画の内容審査・見直し	・ 主技は年度計画の内容審査や見直しを必要に応じて行う。
		実施	・ 点検に関する監督・指示、指導・助言	・ 主技は若い担当者への指導や助言を行う。
			・ 日時点検の実施	・ 事業場によって 1 日 1 回、決められた方法によって電気工作物の点検を行う場合がある。 ・ 現場の点検は主技が教育した検査員等が行い、主技は報告を受ける場合が多い。
			・ 週次点検の実施	・ 事業場によって 1 週に 1 回、決められた方法によって電気工作物の点検を行う場合がある。 ・ 現場の点検は主技が教育した検査員等が行う場合が多い。
			・ 月次点検の実施	・ 1 月に 1 回、決められた方法によって電気工作物の点検を行う。 ・ 現場の点検は主技が教育した検査員等が行う場合が多い。
			・ 年次点検の実施	・ 1 年に 1 回、決められた方法によって電気工作物の点検を行う。 ・ 現場の点検は主技が教育した検査員、外部の事業者（OM 事業者、メーカー、電気管理技術者 等）が行う場合が多い。
結果			・ 点検結果の審査・承認	・ 主技は各点検結果の確認を行う。
		・ 年度計画の実績審査	・ 主技は点検方法や実施時期の計画等を検討する。	
安全関係	・ 安全活動計画の審査		・ 設置者は安全活動計画を立案、実施する。主技も計画立案に参画することは可能。	
	・ 安全活動実績の審査		・ 設置者は必要に応じて主技に計画を具申し、主技は内容の審査を行う。	
	・ 事故時の対応・防災訓練		・ 設置者は関係者を対象に事故時の対応・防災訓練を行う。	

業務の種類	項目		業務の概要等
	教育関係		・主技は必要に応じて、電気設備に関する訓練（例：非常用発電設備稼働）の手順書作成、説明等を行う。
		・保安教育実施状況の確認	・事業場に新規の OM 事業者等が入所する場合に都度実施する。
		・研修計画の審査	・主技は必要に応じて、設置者が作成した保安教育・研修の計画の内容確認を行う。
		・研修実績の審査	・主技は必要に応じて、設置者が実施した保安教育・研修の実績の確認を行う。
	保安に関する改善活動	・保安組織のレビュー	・主技は必要に応じて、保安組織変更について検討を行う。
		・保安規程・社内規定等の見直し	・主技は必要に応じて、保安規程・社内規程の見直しについて検討を行う。
		・社内監査による指摘事項の改善策の内容審査	・主技は必要に応じて、設置者の内部監査による電気安全にかかわる指摘事項があった場合に、改善策の内容の確認を行う。
	その他	・立入検査・安全管理審査の対応	・設置者は、産業保安監督部による立入検査を受け入れる。 ・立入検査は主技のほか、マネジメント会社、OM 事業者等で対応し主技はマネジメント会社、OM 事業者に対する助言、チェックが主な作業である。 ・主技は必要に応じて立入検査のリハーサルを行う。
		・他社や他業界との情報共有	・主技は要請があった場合や必要に応じて、電気保安に関する講習会等を実施する。 ・主技は、定期的開催される地域の電気主任技術者会議に出席する。
		・新技術の調査・検討（スマート保安）	・必要に応じて、設置者や主技は事業場を対象に本案のための新技術の調査・検討を行う。
		・電力会社対応	・主技は、電力会社より停電要請等の対応のための作業が発生する場合がある。現場担当者に手順書を作成することを依頼するため、それなりの負荷が発生する。
非常時の業務	事故・災害関係	・事故・障害・災害発生状況の把握	・設置は電気事故が発生した場合、主技に連絡し、事故を覚知してから 24 時間以内に報告する。 ・主技は事故の内容に応じて、事故に関する適切な対処を指示する。
		・現場責任者との連絡及び対応指示	
		・臨時点検による現場確認	・設置者は、事故が発生してから 30 日以内に、被害状況や事故原因の分析、再発防止対策の策定を完了し、詳報を作成し、産業保安監督部に提出する。 ・主技は事故収束後、現場の検証、復旧、被害状況や事故原因の分析、再発防止対策の策定に関する指導・助言等を設置者に対して行う。 ・事故の規模により、数か月から数年の作業になる場合がある。
		・復旧に関する指導・助言	
		・異常発生時の関係機関（官庁、電力等）との対応	
電気保安以外の業務	・他法令業務（公害防止法関係、消防法関係、労働安全衛生法など）		・主技が事業場のエネルギー管理士を兼務し関連する業務を行う場合がある。 ・主技が事業場のボイラー、排水処理、防火の管理を行う場合がある。
	・管理職業務		・主技が事業場等の所属先で管理職を担っている場合に、業務管理や事務対応を行う。 ・主技は事業場によっては、同じ事業場で業務に従事する他社と定例の会議を行う場合がある（例：ショッピングモールでのテナントとの会議）。 ・主技は事業場によっては電気工作物を含めた事業場敷地の掃除や見回り等の作業を行う場合がある。

3.2.9 特別高圧の設備の点検工数の算定・事故リスク等に関する調査まとめ

特高設備の需要設備、太陽電池発電所、及び風力発電所を保有する事業者を対象に、特別高圧の設備の点検工数の算定・事故リスク等に関する調査を行った。

点検工数の算定では、以下のようなことが分かった。

- 月次点検や年次点検は1～2日程度で終了する場合が多い。一方、事業場の広さや設備間の移動距離、停電ができないため回線を片方ずつ停止させる必要といった設備や事業場の制約等による、必要な点検の時間や対応する人数の増減に応じて、設備の種類に関わらず点検工数（人・時間）は増減する傾向になる。
- 事故リスクは、機器や部品の経年劣化、外的要因（天候・塩害・小動物の侵入・浸水・樹木接触等）による不具合、ヒューマンエラーがあげられる。
- 統括設備数については、以下のような意見があった。
 - 統括設備数の上限値に影響を及ぼす要因（設備の稼働年数、維持状態、被統括設備の立地、点検担当者の知識・経験）について主技の負荷が軽減されるように改善できれば、7か所以上を統括できる見込みがある。
 - 主技の業務は主に確認や書類の作成あるいはチェックのため、複数か所を対象に作業を行う場合にミス等が発生することが懸念される。あるいは工事、事故、電力会社都合による系統停電作業が同時期に発生した場合に主技の負荷が大きくなる懸念がある。

太陽電池発電所及び風力発電所においては、外部選任における統括の許容、統括事業場と被統括事業場の資本関係及び供給区域をまたがる統括の許容等について確認を行った。

- 外部選任の場合における統括の許容については、以下のような意見があった。
 - 事故やトラブルが発生した場合の迅速な対応、緊密な情報共有を行う仕組みの構築、技術や知識を十分に有する技術員の配置により、外部選任の場合における統括が許容されると思われる。
- 統括事業場の設置者と被統括事業場の設置者との間の一般的な資本関係については、以下のような意見があった。
 - 保安上の指揮命令系統、責任の所在が契約等により明確になっていれば、主技による設置者への発言権が弱まるような懸念はないのではないか。
- 異なる供給区域に存在する事業場の統括については、以下のような意見があった。
 - 特筆すべき懸念点はないと思われる。安全面の知見等の共有が進むことが期待される。特に隣接する供給区域は距離的にも問題はないためニーズがあると考えられる。
 - 供給区域によって保安監督部、電力会社によって書類や機器の呼び方が異なるが、大きな混乱を招くほどの違いはないのではないか。
 - 一方、統括事業場と被統括事業場が遠隔地の場合は、統括電気主任技術者が遠

隔の指示により現場の技術員が事故対応等を行うことになる。遠隔の指示が事故により途絶する可能性もあるため、当該技術員にある程度のレベルが求められる。

3.3 高圧で受電する EV 充電器の点検工数の算定・事故リスクに関する調査

3.3.1 調査概要

高圧で受電する EV 充電器の点検工数の算定、事故リスク、点検形態、設置者と主任技術者、メーカー等との契約に関する調査を実施した。なお、調査にあたっては、設置者、メーカー、主任技術者等へのヒアリングを行い、現状把握を行った。

3.3.2 ヒアリング対象者及びヒアリング項目

(1) ヒアリング対象

本検討においては、以下の事業者にヒアリングを実施し、情報収集を行った。

表 3.9 ヒアリング対象（高圧で充電する EV 充電器）

企業名	区分	ヒアリング方法
I 社	設置者	ヒアリング（対面）
J 社	設置者	ヒアリング（WEB 会議）
K 社	メーカー	ヒアリング（WEB 会議）
L 社	メーカー	ヒアリング（WEB 会議）
M 社	保守点検業者	書面回答
N 社	主任技術者	ヒアリング（WEB 会議）
O 社	主任技術者	ヒアリング（WEB 会議）
P 社	主任技術者	ヒアリング（WEB 会議）
Q 社	主任技術者	アンケート

(2) ヒアリング項目

本業務におけるヒアリングにおいては、以下について行った。

- ① 設備構成（設置者、メーカー）
- ② 設備点検における主任技術者とメーカーとの役割の実態（設置者、メーカー、保守点検業者、主任技術者）
- ③ メーカーと設置者が契約している保守の内容（設置者、メーカー、保守点検業者、主任技術者）
- ④ 高圧の EV 充電器のリスク（設置者、メーカー、保守点検業者、主任技術者）
- ⑤ 点検時間（主任技術者）

3.3.3 ヒアリング結果

(1) 設備構成

高圧で受電する EV 充電器の設置者が保有する、またメーカーが提供している主な設備の構成について、各社間で以下のような特徴がある。

- 高圧キュービクル、急速充電設備、PAS、VCT で構成される。
- 急速充電設備には、メーカーや保守点検業者と通信するための機器を備えているものがある。

(2) 設備点検における主任技術者とメーカーとの役割の実態

高圧で受電する EV 充電器の点検における主任技術者とメーカーの役割について、各社間で以下のような特徴がある。

- 主任技術者の責任範囲は、届出が行われている自家用電気工作物全般が責任範囲となる。EV 充電器も負荷設備に該当するので責任範囲になる。
- 実務の範囲は、以下のとおりである。
 - 月次点検時に、主技は EV 充電器の 1 次側（キュービクル 等）の外観や、異音、異臭あるいは変色等の異常の点検、及び EV 充電器の外観の点検を実施し、メーカー（または保守点検業者）は EV 充電器内部の点検を実施する。
 - 年次点検時に、主技は EV 充電器の 1 次側（キュービクル 等）の外観や、異音、異臭あるいは変色等の異常の点検、接地抵抗、絶縁抵抗の測定、及び EV 充電器の接地抵抗、絶縁抵抗の測定及び外観の点検を実施し、メーカー（または保守点検業者）は EV 充電器内部の点検を実施する。
 - 異常発生時の対応の範囲も同様に、主技は EV 充電器の 1 次側（キュービクル 等）、メーカー（または保守点検業者）は EV 充電器本体である。

(3) メーカーと設置者が契約している保守の内容

高圧で受電する EV 充電器についてメーカーと設置者が契約している保守の内容について、各社間で以下のような特徴がある。

- 設置者は、主技及びメーカー（または保守点検業者）と、(2)に示した範囲の実務を履行する契約を個別に締結している。
- 一部設置者において、EV 充電器の保守点検の契約を締結せず、故障や異常発生時に都度メーカーに修理を実費で依頼している事例もある。

(4) 高圧の EV 充電器のリスク

高圧で受電する EV 充電器のリスクについて、各社間で以下のような意見があげられた。

- 自動車の衝突。
- 部品の経年劣化による故障。
- 修理・点検時における感電、受電設備のブレーカー活殺による停電範囲の間違い。
- 自動車とコネクタの相性によるエラー検知。

(5) 点検時間

主任技術者が実施する高圧で受電する EV 充電器の月次点検工数については、容量別のアンケートを表 3.10 に示す要領にて実施し調査を行った。

本調査にあたっては、対象とする設備は、電気保安協会全国連絡会の会員である 10 の電気保安協会が保安の監督を受託している事業場のうち、負荷設備が EV 充電器のみで、点検工数及び基数を把握することが可能な高圧受電設備とした。

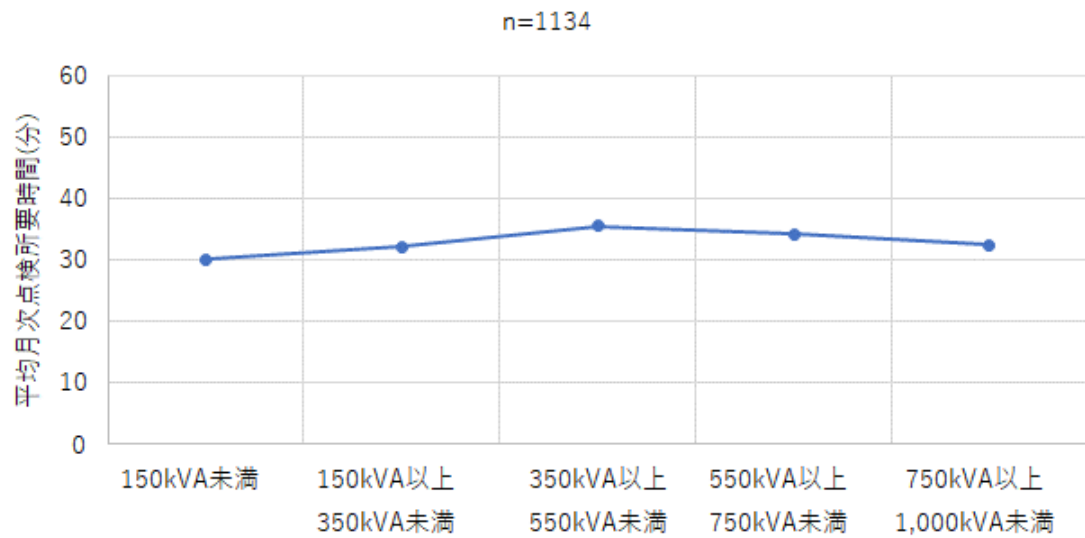
点検工数及び基数の合計は、表 3.10 に示す設備容量の区分ごとに、以下のようにして算出した。

- ・ 事業場ごとの月次点検所要時間（分）の全合計値を全事業場数（n=1134）で除することにより月次点検所要時間（分）の平均値を算出。
- ・ 事業場ごとの基数の全合計値を全事業場数（n=1134）で除することにより基数の平均値を算出。

点検工数及び基数の整理結果を図 3.7 及び図 3.8 に示す。点検工数（点検に要する平均の所要時間）は、設備容量よらず概ね一定、事業場ごとに設置されている基数は 1～3 基程度であった。

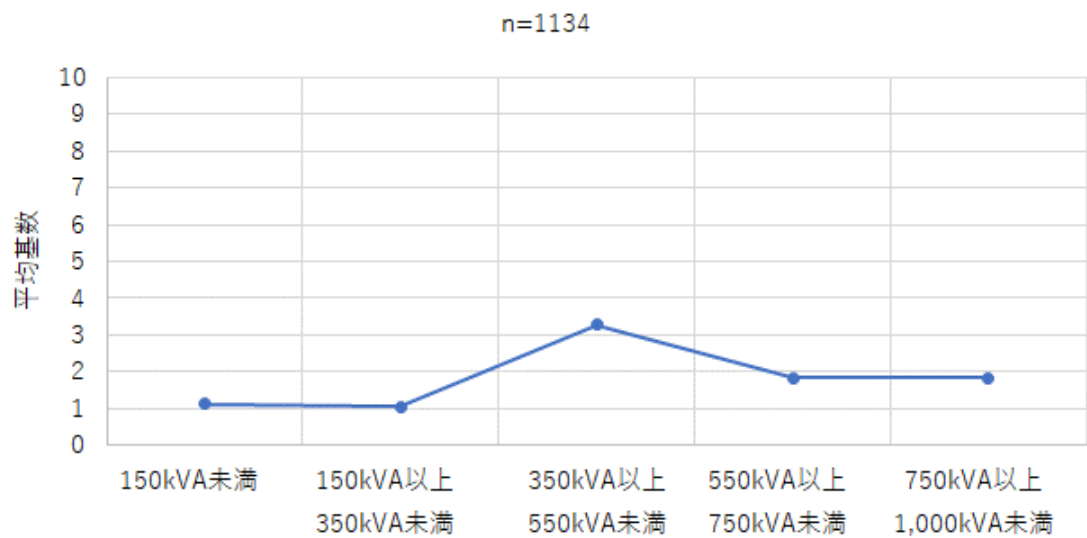
表 3.10 EV 充電器の月次点検工数のアンケート項目

項目	内容
対象	・ 電気保安協会全国連絡会の会員である 10 の電気保安協会
設備容量 の区分	・ 150kVA 未満 ・ 150kVA 以上 350kVA 未満 ・ 350kVA 以上 550kVA 未満 ・ 550kVA 以上 750kVA 未満 ・ 750kVA 以上 1000kVA 未満 ・ 1000kVA 以上 1300kVA 未満 ・ 1300kVA 以上
点検時間	・ 以下に示す設備容量の区分ごとに無作為に抽出した事業場における点検時間。 ・ 点検時間は、当該事業場における従前の点検時間のおおよその平均値で差し支えないものとする。 ・ 点検時間は、「事業場に到達した時点から、点検等を実施し、事業場を出発するまで」の時間。
事業場数	・ 抽出した各事業場の数。
合計基数	・ 抽出した各事業場における充電器の基数の総計。
合計口数	・ 抽出した各事業場における充電器の口数の総計。



※アンケート結果には設備容量 1000kVA 以上の設備は含まれていない。

図 3.7 高圧で受電する EV 充電器の設備容量と月次点検工数の関係



※アンケート結果には設備容量 1000kVA 以上の設備は含まれていない。

図 3.8 高圧で受電する EV 充電器の設備容量と基数の関係

4 認定校制度の課題特定のための調査

電気主任技術者免状は、電気主任技術者試験の合格による他、経済産業大臣が認定する学校（認定校）を卒業後、一定年数以上の電気保安の経験を有するによっても取得することが可能となっている。しかし、近年は実験設備の維持負担などの原因による認定校数の減少や、認定校卒業者の減少が指摘されているところである。このため、認定校に対して、ヒアリングを実施し、減少の背景や認定校への入学者を増加させるために必要な事項等について調査し、施策を検討した。

4.1 認定校ヒアリング

4.1.1 ヒアリング対象の一覧

認定校の減少の背景や認定校への入学者を増加させるために必要な事項等について調査し、施策を検討することを目的として、認定校に対してヒアリングを実施した。

表 4.1 に、ヒアリング対象および日時・形式の一覧を示す。

表 4.1 ヒアリング対象および日時・形式の一覧

学校	日時・形式
A 校	2024 年 2 月 8 日（木）13:00～14:15 【Web 形式】
B 校	2024 年 2 月 28 日（水）17:00～18:00 【Web 形式】
C 校	2024 年 1 月 31 日 【書面形式】
D 校	2024 年 2 月 20 日（火）13:00～14:00 【Web 形式】
E 校	2024 年 2 月 26 日（月）16:00～17:00 【対面形式】

(※)順不同、敬称略

4.1.2 ヒアリング内容

認定校のヒアリングにおいては、以下の(1)～(6)の各項目について、現状把握、課題、対応策の3つの観点から調査を行った。

(1) 認定校数の減少

認定校数が減少している原因・理由、および認定校数を増加させるための対応策について、ヒアリング調査を行った。

(2) 認定校（電気系学科）への入学

工学系の学科で学生に人気の高い学科、電気系学科への学生の入学状況、学科定員への充足状況、電気系学科への入学者数が減少している原因・理由、および電気系学科への入学者数を増加させるための対応策について、ヒアリング調査を行った。

(3) 電気主任技術者の認知度

電気主任技術者の資格に関する学生の認知状況、電気主任技術者の資格に関する学生の認知度が低い原因・理由、および電気主任技術者の資格に関する学生の認知度を向上させるための対応策について、ヒアリング調査を行った。

(4) 電気主任技術者の資格取得

電気主任技術者の資格に関する学生の取得状況、電気主任技術者の資格取得が低調な原因・理由、および電気主任技術者の資格取得を促進させるための対応策について、ヒアリング調査を行った。

(5) 電気保安業界への入職

就職希望の学生に人気の高い業種、電気保安業界への学生の入職状況、電気保安業界への学生の入職が低い原因・理由、および電気保安業界への学生の入職を促進させるための対応策についてヒアリング調査を行った。

(6) 認定校における制度

告示第71号第1条第4項に規定する実験設備等の保持が経済的負担になっているもの、および実際の保安全管理業務で使用機会のないものについてヒアリング調査を行った。

ヒアリングの実施にあたり、ヒアリング対象の方々に事前に送付したヒアリング調査票の内容を、以下に示す。

ヒアリング調査票の内容

経済産業省「令和5年度新エネルギー等の保安規制高度化事業
(スマート保安技術の導入に伴う電気工作物の点検等の在り方に関する調査)」
認定校制度の課題特定のための調査に係る認定校インタビュー

1. 調査の概要

- ・電気主任技術者免状は、電気主任技術者試験の合格による他、経済産業大臣が認定する学校（認定校）を卒業後、一定年数以上の電気保安の経験を有するによっても取得することが可能となっている。
- ・しかし、近年は実験設備の維持負担などの原因による認定校数の減少や、認定校卒業生の減少が指摘されているところ。
- ・このため、認定校（5校程度）に対して、ヒアリングを実施し、認定校の減少の背景や認定校への入学者を増加させるために必要な事項等について調査し、施策を検討する。

2. インタビューでお伺いしたい内容

以下の（1）～（6）の項目について、現状把握、課題、対応策の3つの観点からお伺いしたく存じます。

（1）認定校数の減少

- ・認定校数が減少している原因・理由について、（考えられるものがあれば）教えてください。【課題】
- ・認定校数を増加させるための対応策（既に実施している取り組みも含む。）があれば、教えてください。【対応策】

（2）認定校（電気系学科）への入学

- ・工学系の学科で学生に人気の高い学科について教えてください。【現状把握】
- ・電気系学科への学生の入学状況、学科定員への充足状況について、可能であれば具体的数値も含めて教えてください。【現状把握】
- ・電気系学科への入学者数が減少している場合、その原因・理由について教えてください。【課題】
- ・電気系学科への入学者数を増加させるための対応策（既に実施している取り組みも含む。）があれば、教えてください。【対応策】

(3) 電気主任技術者の認知度

- ・電気主任技術者の資格に関する学生の認知状況について、可能であれば具体的数値も含めて教えてください。【現状把握】
- ・電気主任技術者の資格に関する学生の認知度が低い場合、その原因・理由について教えてください。【課題】
- ・電気主任技術者の資格に関する学生の認知度を向上させるための対応策（既に実施している取り組みも含む。）があれば、教えてください。【対応策】

(4) 電気主任技術者の資格取得

- ・電気主任技術者の資格に関する学生の取得状況について、可能であれば具体的数値も含めて教えてください。【現状把握】
- ・電気主任技術者の資格取得が低調な場合、その原因・理由について教えてください。【課題】
- ・電気主任技術者の資格取得を促進させるための対応策（既に実施している取り組みも含む。）があれば、教えてください。【対応策】

(5) 電気保安業界への入職

- ・就職希望の学生に人気の高い業種について、可能であれば具体的数値も含めて教えてください。【現状把握】
- ・電気保安業界への学生の入職状況について、可能であれば具体的数値も含めて教えてください。【現状把握】
- ・電気保安業界への学生の入職が低い場合、その原因・理由について教えてください。【課題】
- ・電気保安業界への学生の入職を促進させるための対応策（既に実施している取り組みも含む。）があれば、教えてください。【対応策】

(6) 認定校における制度

- ・告示第71号第1条第4項に規定する実験設備等の保持が、経済的負担になっているもの（特に機器メーカー側で製造停止されていて調達がほぼ不可能となっているもの）を教えてください。【現状把握】
- ・告示に規定されている実験設備等のうち、実際の保安管理業務で使用機会のないものがないか教えてください。【現状把握】

以上

4.2 認定校に対する施策の検討

4.2.1 認定校に対する施策

認定校のヒアリング調査結果に基づいて、(1)認定校数の増加、(2)電気系学科への入学者数の増加、(3)電気主任技術者の資格に関する学生の認知度の向上、(4)電気主任技術者の資格取得の促進、(5)電気保安業界への学生の入職の促進、等の課題に対する施策の検討結果について、以下に整理する。

表 4.2 認定校に係る施策の検討結果

課題	項目	対応策
認定校数の増加	要件の緩和	・ <u>設備要件を緩和する、また認定科目を減らす</u>ことで、認定校の申請が増える可能性がある。 ・ <u>オンライン授業を前提とした学校</u>があると、実験設備等の機器の要件も緩和されて、設備維持の経済的負担が減る。
電気系学科への入学者数の増加	高校生・中学生に向けて	・ 電気系学科でホームページを作成して、高校生の興味を引くような<u>研究テーマの説明や動画紹介</u>を行う。また、パンフレットを作成して高校生・中学生へのPRに努める。<u>SNSや各種媒体からの発信を強化</u>する。 ・ オープンキャンパスとともに、<u>教員が学校を直接訪問して学校のPR活動、ガイダンス活動など</u>を実施。 ・ 高校生・中学生に電気系学科で学ぶ内容を理解してもらうには、<u>まずは教員に理解してもらう</u>必要がある。
	社会人教育	・ <u>学び直しの一環としての社会人教育を</u>、社会人に向けてアピールする。また、企業と連携して、電気系の資格を取得できれば、電気保安業界ではウェルカムということを積極的にPRする。
	留学生	・ <u>留学生に対してしっかりと教育して</u>、電気系の業界に就職できるところまでサポートする。
	オンライン形	・ 学校の設置基準に沿う範囲内で、<u>通信制の電気系の学校ができれば、一定の需要がある</u>。座学は基本的にオンデマンド動画視聴にして、残りの課程を対面での実習、座学にすれば、時間に制約のある社会人にも積極的に志望してもらえる可能性がある。
電気主任技術者の資格に関する学生の認知度の向上	広報活動	・ 電気主任技術者の資格について、学生向けに<u>勉強会、チラシ配布、電気主任技術者による高校訪問・ガイダンス、現場実習などの機会</u>を通じて、もっとPRする。 ・ 就職活動で資格をアピールできるようにするために、<u>在学中の受験</u>を学生に勧める。 ・ 教員向けにPRして、さらに教員が学生にPRするようなやり方がよい。まずは<u>高校の教員への理解度を増す</u>必要がある。<u>WEB参加が可能な説明会があれば、PRしやすい</u>。

課題	項目	対応策
		・ 学生にとって CM を流している企業のイメージは強い。<u>YouTube の広告などを通じて電気の仕事内容をよく知ってもらえる機会を増やす。</u> ・ この資格がどのように役立つのか、この先社会でどれほど必要なのか、国が中心となり<u>勉強会などを開催する方法もある。</u>
電気主任技術者の資格取得の促進	宣伝活動	・ 電気主任技術者の社会での必要性や資格取得のメリットを学生に対してアピールする。また、電気主任技術者の業務内容を理解してもらうために、<u>職場体験や見学を積極的に行う。</u> ・ 仕事が不規則、責任の重さ、転勤が多いなどの世間の<u>マイナスのイメージを払しょくすること</u>も必要。
電気保安業界への学生 の入職の促進	職業教育	・ 職業教育の中で、学校側から学生に対して電気保安の仕事内容を説明して、学生に電気の資格を活かせることを理解してもらう。また、就職関連で、<u>企業担当者による説明会の機会、OB・OGを大学に定期的に招いて講演会を行う。</u>
	広報活動	・ 電気主任技術者の資格を取得することによって、個人事業主として独立することもできる、メンテナンス業務は素晴らしい仕事、皆さんの生活インフラを 24 時間 365 日支えている“やりがい”のある仕事ということを様々な機会を通じてアピールする。 ・ YouTube、TikTok 等で、業界の魅力をアピールする。例えば、保安協会が YouTube、TikTok に仕事内容についてスポットで CM を出す。
	留学生	・ <u>企業が留学生を採用する際のハードルが下がると</u>、業界の人出不足の問題の解決につながる。国の施策として、企業が留学生をある一定数以上は採用しないといけないというような義務があれば、留学生の採用は増える可能性がある。
	職場体験	・ <u>職場体験できる会社の一覧の情報があるとよい。</u>教員から学生に対して職場体験を薦めやすくなり、学生に業界に対する興味関心を持ってもらえるようになる。
	オンライン形式	・ <u>オンライン授業を前提とした学校があるとよい。</u>実験設備等の機器の要件も緩和されて、設備維持の経済的負担が減る。電気保安の仕事に就く学生の数も増えるのではないかな。

4.2.2 認定校における制度

(1) 実験設備等の保持が経済的負担になっているもの

実験設備等の保持が経済的負担になっているものについて、ヒアリング調査結果を以下に整理する。

表 4.3 ヒアリング結果（実験設備等の保持の経済的負担について）

項目	実験設備等の保持が経済的負担になっているもの	コメント
1. 電気機器実験・実習設備 (1)回転機	全般	・ 学生実験実習で取り扱うためには、設備もかなり大掛かりになることから予算的負担が大きい。
2. 電子・情報工学実験・実習設備 (2)計測装置	③回路計（テスター）	・ 「デジタルマルチメータでもよい。」との記載があり、扱いやすくなっているものの、アナログメーターは職人技で製作しているので、作れる人がいなくなっている。
3. 高電圧実験設備 (1)試験装置	①試験用変圧器一式 ②インパルス電圧発生器	・ 対象設備が多く広いフロアが必要になるので維持管理が難しい。高電圧実験設備の周囲に柵や防音装置を設置する必要もある。 ・ 製造メーカーがなくなっているので今後は修理が大変になる。新規で設備を揃えるのが大変なので、新設校にとってはハードルが高い。
4. 測定用設備及び計器類設備	③可変コンデンサ ④可変インダクタ ⑥高電圧電圧計	・ 設備を維持していくのが大変。
	⑤微小電流測定装置 ①磁束計 ②照度計	・ 古い年数の設備が調達不可能となっている。 ・ 現在日本で製造しているアナログの計測器は高価で、かつ生産が少ない。 ・ 電圧、電流等を計測する機器をマルチメーターに置き換えられると、もう少し負担が減る。
その他	全般	・ オンライン授業を前提とした学校があると、実験設備等の機器の要件も緩和されて、設備維持の経済的負担が減る。

(2) 実験設備等で実際の保安管理業務で使用機会のないもの

実験設備等で実際の保安管理業務で使用機会のないものについて、ヒアリング調査結果を以下に整理する。

表 4.4 ヒアリング結果（実験設備等で実際の保安管理業務で使用機会がないもの）

項目	実験設備等で実際の保安管理業務で使用機会のないもの
1. 電気機器実験・実習設備	①直流分巻電動発電機 ⑪速度制御装置 ⑫太陽電池発電装置 ⑬インバータ実験セット ⑭シーケンス制御装置 ⑮フィードバック制御装置
2. 電子・情報工学実験・実習設備	④電子計数装置（サイクルカウンター） ⑤トランスデューサ ⑨A-D/D-A 変換装置
3. 高電圧実験設備	②インパルス電圧発生器
4. 測定用設備及び計器類設備	③可変コンデンサ、④可変インダクタ（可変に絞る必要はない） ⑭データロガー
その他（全般）	・ 実際の保安管理業務で使用機会のない実験設備等がある程度まで削減できれば、認定校として新規に設備導入するハードルが下がり、やりやすくなる。

4.3 認定校の認知度向上への対応

(1) 電気保安業界の魅力度向上

現在、電気保安業界への入職希望者が少ないこと、電気系学科としての魅力度が低下していること（＝情報系が強勢）が課題である。これに対して、認定校のヒアリング調査結果に基づいて、以下のような施策が効果的であると考えられる。

- 若者向けに電気保安技術者の仕事内容、やりがい、魅力に関する YouTube、TikTok 等の動画コンテンツを配信することにより、電気系学科への入学者数の増加、および電気保安業界への入職増につながる。
- 説明会や職場見学、インターンなどで、企業と学生をつなげる場が進路選択に直接影響する（そのようなイベントがあると保安業界への入職者増につながった）。Web 参加が可能な説明会も効果的である。
- 認定校においては社会人へのリスキリング教育も行っており、認定校への入学者増加に向けては若年層以外にも対象を広げた周知・広報に力を入れることが重要である。

(2) 認定校の効果的な PR・宣伝

認定校への入学者を増加させるために必要な施策としては、認定校の教員が入学者向け進路説明会や新入学生向けの入学説明会等で配布する場において、電気主任技術者の資格の紹介から認定校への進学の特典まで一貫通貫して紹介する資料があれば、より良く宣伝効果を発揮できると考えられる。

そこで、上記のような説明の場において配布することを想定した、電気主任技術者の業務内容に関する PR チラシのイメージおよび構成案について作成した。図 4.1 に、本業務において作成した認定校 PR チラシのイメージ案の具体的な内容を示す。なお、認定校 PR チラシ案の構成には、認定校ヒアリングの調査で有識者から得られた知見に基づいて、以下の内容を含めた。

- ・電気主任技術者の資格の内容
- ・電気主任技術者の業務内容
- ・電気主任技術者の資格を取った場合の就職先の例
- ・電気主任技術者の資格の魅力
- ・現場技術者からの声（業務のやりがい）
- ・電気主任技術者の資格取得方法

電気主任技術者 のお仕事

社会を支えるエッセンシャルワーカー



経済産業省
Ministry of Economy, Trade and Industry

電気主任技術者って知ってる？

- 電気主任技術者は、社会的ニーズが高い国家資格で、ビルや工場、学校などに設置される電気施設の保安・監督を担当することができます。
- 第三種の資格を取得すると、街中のビルや施設など身近な建物のほとんどを対応できます。
- 鉄道施設や発電所、大きな工場などの電圧は5万ボルトを超えます。発電所や大きな工場などで業務を行う際は、第一種、第二種の資格が必要となります。

電気主任技術者ってどんなことするの？

- 電気主任技術者は電気設備を安全に使用するための保安業務を行います。
- 主な仕事内容は、定期的な点検や検査などです。電気配線や電気機器に異常がないか確認したり、施設の電気設備が正常かどうかの試験をしたりします。

資格を取るとどのような就職先があるの？

- ビルメンテナンス業や発電事業などでは、必ず電気主任技術者を置かなくてはなりません。ですから、つねに需要が高く、安定してお仕事に取り組むことができます。
- また、鉄道業界や建設業界など、幅広い分野で活躍できるのも魅力です。
- 最近では再生エネルギーを活用したエネルギー発電設備が全国に増えており、電気は人々の生活にもっとも欠かせない重要な照明・通信のインフラであるため、電気主任技術者は今後ますます需要が拡大すると予想されます。

資格の魅力

- 電気主任技術者は、再生可能エネルギー設備の増加と有資格者の高齢化に伴って近い将来に人材不足が危惧されていますので、就職や転職にも有利です。
- 電気を使う施設では電気主任技術者が管理監督しなくてはならないと法律で義務づけられているため、社会的ニーズがとても高いです。また、色々な建物の工事段階から維持運用段階までに至り、電気設備に関する技術的な基準をクリアしているかを監督する立場にあり、高い責任感が求められる資格です。

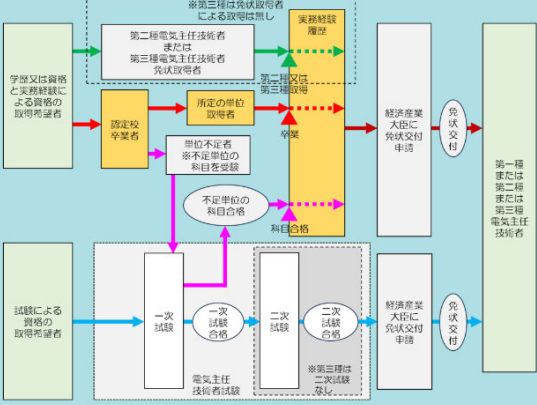


現場技術者からの声

- 電気がないと建物も機能しないじゃないですか。その、一番要となる電気を自分の手で守っていることに責任感とやりがいを感じています。
- 電気保安の仕事は地味ですが、電気の安全を守り、お客さまの日常を支える縁の下力持ち。そういう仕事ってなかなか無いんじゃないでしょうか。電気事故や災害が発生した時の対応は本当に大変ですが、社会貢献ができますので、大きなやりがいを感じます。
- 電気設備に不具合が起き、停電で困っているお客さまがいる。お客さまのために対応し、電気が通った時に感謝された時は喜びを感じます。
- 電気主任技術者の仕事はとても安定しており、男女の性別に関係なく資格さえあれば誰でも挑戦できる仕事。ワークライフバランスが取りやすいです。

電気主任技術者の資格取得方法

- 電気主任技術者になるにはさまざまな方法があります。



電気主任技術者を養成する大学・短大・専門学校、高等学校の一覧
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/ninteikou.pdf

参考サイト

- 電気業界の就職支援サイト Watt Magazine <https://www.watt-mag.jp/>



経済産業省
Ministry of Economy, Trade and Industry

図 4.1 認定校 PR チラシのイメージ案

4.4 認定校に係る法令の比較

認定校のカリキュラムや設備のうち、文科省学校令で求めているものと認定校として経済産業省の告示（「電気主任技術者免状に係る学校等の認定基準に関する告示（経済産業省告示第七十一号）」）で必須とされているものについて、比較を行った。

表 4.6 に、経済産業省「電気主任技術者免状に係る学校等の認定基準に関する告示」と法令（文部科学省）との対応関係について比較した内容を整理する。

認定校の制度として、経済産業省の告示で必須とされている実験設備等（「電気主任技術者免状に係る学校等の認定基準に関する告示（経済産業省告示第七十一号）」別表第五）の中で、認定校ヒアリングの調査で有識者から得られた知見に基づいて、要件を緩和することが可能ではないかと考えられる項目を、表 4.5 にまとめる。

これらの実験設備等の項目は、経済産業省の告示（経済産業省告示第七十一号）で必須とされている一方で、文部科学省の大学設置基準、短期大学設置基準、高等専門学校設置基準、高等学校設置基準ではいずれも、

- ・「機械、器具等」に関して「必要な種類及び数の機械、器具及び標本を備える」

（大学設置基準 第 40 条、短期大学設置基準 第 33 条、高等専門学校設置基準 第 27 条の 2）

もしくは

- ・「校具及び教具」に関して「必要な種類及び数の校具及び教具を備えなければならない」

（高等学校設置基準 第 17 条）

のように規定されているのみで、個別の実験設備等の具体的な内容については示されていない。

また、上記の各学校種（大学、短期大学、高等専門学校、高等学校）の設置基準よりも下位の省令、告示、通知等について、文献・デスクトップ調査を行ったが、実験設備等の具体的な内容に関する規定は特に見つからなかった。

表 4.5 経済産業省告示で必須とされている実験設備等で要件緩和が可能と考えられる

項目の一覧

項目	実験設備等で実際の保安管理業務で使用機会のないもの	コメント
1. 電気機器 実験・実習設備	①直流分巻電動発電機	現在の主流は直流から交流に移ってきていること、設備として（交流電源に比べて）直流電源を用意することが困難なことから、要件を緩和してもよいのではないかな。
	⑪速度制御装置 ⑫太陽電池発電装置 ⑬インバータ実験セット ⑭シーケンス制御装置	実際の保安管理業務では使用機会がないと考えられるため、要件を緩和してもよいのではないかな。
	⑮フィードバック制御装置	現場技術者のレベルでは、フィードバックの調整を行う程度で済むので、要件を緩和してもよいのではないかな。
	④電子計数装置（サイクルカウンター） ⑤トランスデューサ ⑨A-D/D-A 変換装置	保安管理業務の現場では、使用機械がほとんどないと考えられることから、要件を緩和してもよいのではないかな。
3. 高電圧実験設備	②インパルス電圧発生器	製造メーカーがなくなっていること、柵や防音装置の設置も含めてコストが非常にかかること（新規での設備設置が困難）、業務では使う機会が非常に少ないことから、要件を緩和してもよいのではないかな。
4. 測定用設備及び計器類設備	③可変コンデンサ ④可変インダクタ	可変に絞る必要はないと考えられる。
	⑭データロガー	現在の保安管理業務の現場では、使用機械がほとんどないと考えられる。

以上の検討結果に基づいて、実際の保安管理業務で使用機会のない実験設備等がある程度まで削減できれば、設備維持の経済的負担が減って認定校として新規に設備導入するハードルが下がることで、認定校数の減少に歯止めがかかり、入学する学生数や電気保安の仕事に就く学生の数も増えるのではないかと考えられる。

表 4.6 経済産業省「電気主任技術者免状に係る学校等の認定基準に関する告示」と法令（文部科学省）との対応関係

電気主任技術者免状に係る学校等の認定基準に関する告示		大学	短期大学	高等専門学校	高等学校又はこれと同等以上	
別表第一 入学資格、 修業年限 及び教育 施設の内容	入学資格	【経済産業省告示】 別表第一				
		・高等学校を卒業 ・通常の課程による12年の学校教育を修了	・高等学校を卒業 ・通常の課程による12年の学校教育を修了	・中学校若しくはこれに準ずる学校を卒業	・高等学校を卒業 ・通常の課程による12年の学校教育を修了	・中学校若しくはこれに準ずる学校を卒業
		【学校教育法】第九十条 ・高等学校若しくは中等教育学校を卒業 ・通常の課程による12年の学校教育を修了	【学校教育法】第九十条 ・高等学校若しくは中等教育学校を卒業 ・通常の課程による12年の学校教育を修了	【学校教育法】第一百八条 ・第五十七条に規定	【学校教育法】第九十条 ・高等学校若しくは中等教育学校を卒業 ・通常の課程による12年の学校教育を修了	【学校教育法】第五十七条 ・中学校若しくはこれに準ずる学校若しくは義務教育学校を卒業 ・中等教育学校の前期課程を修了
	修業年限	【経済産業省告示】 別表第一				
		・4年以上	・2年以上	・5年以上	・2年以上	・3年以上
		【学校教育法】第八十七条 ・4年以上	【学校教育法】第百八条② ・2年又は3年	【学校教育法】第百十七条 ・5年	【学校教育法】第五十六条 ・3年 ・3年以上（定時制の課程及び通信制の課程）	
	教育施設	【経済産業省告示】 別表第一				
		・大学設置基準に適合 ・大学卒業者と同等以上の学力を習得し得ると認められるもの	・短期大学設置基準に適合 ・短期大学卒業者と同等以上の学力を習得し得ると認められるもの	・高等専門学校設置基準に適合 ・高等専門学校と同等以上の学力を習得し得ると認められるもの	・高等学校（専門教育を主とする学科）卒業者と同等以上の学力を習得し得ると認められるもの	・高等学校設置基準に適合 ・高等学校卒業者と同等以上の学力を習得し得ると認められるもの
【大学設置基準】 （附属施設）第三十九条2 ・実験・実習工場を置く		【短期大学設置基準】 （附属施設）第三十二条 ・適当な規模内容を備えた附属施設を置く	【高等専門学校設置基準】 （附属施設）第二十七条 ・実験・実習工場、練習船その他の適当な規模内容を備えた附属施設を置く	【高等学校設置基準】 （校舎に備えるべき施設）第十五条2 ・専門教育を施すための施設を備える		
別表第二 関係学科 の科目区 分に 応じた 科目の 授業内容	授業内容	【経済産業省告示】 別表第二				
		【大学設置基準】 （教育課程の編成方針）第十九条 ・必要な授業科目を自ら開設（授業の方法）第二十五条 ・講義、演習、実験、実習若しくは実技又はこれらの併用	【短期大学設置基準】 （教育課程の編成方法）第六条 ・各授業科目を必修科目及び選択科目に分け、これを各年次に配当（授業の方法）第十一条 ・講義、演習、実験、実習若しくは実技又はこれらの併用	【高等専門学校設置基準】 （教育課程の編成）第十七条 ・必要な授業科目を自ら開設	【学校教育法施行規則】 （設備、編制、学科及び教育課程）第八十三条 ・別表第三＜①を参照＞に定める各教科に属する科目、総合的な探究の時間及び特別活動によつて編成	

電気主任技術者免状に係る学校等の認定基準に関する告示		大学	短期大学	高等専門学校	高等学校又はこれと同等以上
別表第三 関係学科 の科目区 分別基準 単位数	単位数	【経済産業省告示】 別表第三			
		・科目合計 49	・科目合計 38	・科目合計 41	・科目合計 26
		【大学設置基準】 (単位)第二十一条 ・大学において定める (卒業の要件)第三十二条 ・124 単位以上	【短期大学設置基準】 (単位)第七条 ・短期大学において定める (卒業の要件)第十八条 ・62 単位以上 (修業年限 2 年) ・93 単位以上 (修業年限 3 年)	【高等専門学校設置基準】 (教育課程の編成)第十七条 3 ・30 単位時間 (1 単位時間は、標準 50 分) (課程修了の認定)第十八条 ・167 単位以上 (一般科目 75 単位以上、専門 科目 82 単位以上)	【学校教育法施行規則】 (入学、退学、転学、休学及び卒業等)第九十六条 ・74 単位以上
別表第四 関係学科 の教員数	教員数	【経済産業省告示】 別表第四			
		・1 学年 1 学級：8 名以上 ・1 学年 2 学級以上：1 学級を 増すごとに+2 名	・1 学年 1 学級：4 名以上 ・1 学年 2 学級以上：1 学級を 増すごとに+2 名	・1 学年 1 学級：8 名以上 ・1 学年 2 学級以上：1 学級を 増すごとに+2 名	・1 学年 1 学級：3 名以上 ・1 学年 2 学級以上：1 学級を増すごとに+2 名
		【大学設置基準】 (基幹教員数)第十条 別表第一<②>を参照> 別表第二<②>を参照> の数を合計した数以上	【短期大学設置基準】 (基幹教員数)第二十二条 別表第一イの表<③>を参照> 別表第一ロの表<③>を参照> の数を合計した数以上	【高等専門学校設置基準】 (教育研究実施組織等)第六 条 7 ・1 の学科：8 人 ・2 以上の学科：1 学科を増す ごとに+7 人以上 ・1 学級を増すごとに+5 人 (1 学科の入学定員に係る学 生を 2 以上の学級に編制す る場合)	【高等学校設置基準】 (教諭の数等)第八条 ・収容定員を 40 で除して得た数以上
別表第五 関係学科 実験設備 等	実験設備 等	【経済産業省告示】 別表第五			
		【大学設置基準】 (機械、器具等)第四十条 ・必要な種類及び数の機械、器 具及び標本を備える	【短期大学設置基準】 (機械、器具等)第三十三条 ・必要な種類及び数の機械、器 具及び標本を備える	【高等専門学校設置基準】 (機械、器具等)第二十七条の 二 ・必要な種類及び数の機械、器 具及び標本その他の設備を 備える	【高等学校設置基準】 (校具及び教具)第十七条 ・必要な種類及び数の校具及び教具を備えなければならない

①【学校教育法施行規則】

別表第三（第八十三条、第八十八条、第二百二十八条関係）

（二）主として専門学科において開設される各教科

各教科	各教科に属する科目
工業	(略)、実習、製図、(略)、電子機械、(略)、電気回路、電気機器、電力技術、電子技術、電子回路、電子計測制御、(略)

②【大学設置基準】

別表第一 学部の種類及び規模に応じ定める基幹教員数（第十条関係）

イ 医学又は歯学に関する学部以外の学部に係る基幹教員数

（１）専門職学科以外の学科に係るもの

学部の種類	学科の組織	収容定員	基幹教員数
工学関係	1 学科で組織する場合	200～400	14
	2 以上の学科（専門職学科を含む。）で組織する場合	160～320	8

（２）専門職学科に係るもの

学部の種類	学科の組織	収容定員	基幹教員数
工学関係	1 学科で組織する場合の基幹教員数	100～199	12
		200～400	14
	2 以上の学科（専門職学科を含む。）で組織する場合	80～159	7
		160～320	8

別表第二 大学全体の収容定員に応じ定める基幹教員数（第十条関係）

大学全体の収容定員	基幹教員数
400 人	7
800 人	12

③【短期大学設置基準】

別表第一（第二十二条関係）

イ 学科の種類及び規模に応じ定める基幹教員数

学科の属する分野の区分	一学科の入学定員	同一分野に属する学科が一学科の場合の基幹教員数	同一分野に属する学科を二以上置く場合の一学科の基幹教員数
工学関係	100 人まで	7	4
	101 人～150 人	9	6

ロ 短期大学全体の入学定員に応じ定める基幹教員数

入学定員	基幹教員数
50 人まで	2
150 人まで	3
250 人まで	4
400 人まで	5
600 人まで	6

【経済産業省告示】

電気主任技術者免状に係る学校等の認定基準に関する告示（経済産業省告示第七十一号）

別表第一

入学資格、修業年限及び教育施設の内容

教育施設の種類 入学資格、修業年限、教育施設の内容	大学又はこれと同等以上の教育施設	短期大学又はこれと同等以上の教育施設	高等専門学校又はこれと同等以上の教育施設	高等学校又はこれと同等以上の教育施設	
入学資格	高等学校を卒業した者若しくは通常の課程による12年の学校教育を修了した者（通常の課程以外の課程によりこれに相当する学校教育を修了した者を含む。）又は監督庁の定めるところにより、これと同等以上の学力があると認められた者	高等学校を卒業した者若しくは通常の課程による12年の学校教育を修了した者（通常の課程以外の課程によりこれに相当する学校教育を修了した者を含む。）又は監督庁の定めるところにより、これと同等以上の学力があると認められた者	中学校若しくはこれに準ずる学校を卒業した者又は監督庁の定めるところによりこれと同等以上の学力が認められた者	高等学校を卒業した者若しくは通常の課程による12年の学校教育を修了した者（通常の課程以外の課程によりこれに相当する学校教育を修了した者を含む。）又は監督庁の定めるところにより、これと同等以上の学力があると認められた者	中学校若しくはこれに準ずる学校を卒業した者又は監督庁の定めるところによりこれと同等以上の学力が認められた者
修業年限	4年以上	2年以上	5年以上	2年以上	3年以上
教育施設の内容	大学設置基準に適合し又はこれに準ずるものであって大学卒業以上の学力を修得し得るもの（通信教育による課程を除く。）	短期大学設置基準に適合し又はこれに準ずるものであって、短期大学卒業以上の学力を修得し得るもの（通信教育による課程を除く。）	高等専門学校設置基準に適合し、又はこれに準ずるものであって、高等専門学校卒業以上の学力を修得し得るもの（通信教育による課程を除く。）	高等学校（専門教育を主とする学科）卒業者と同等以上の学力を修得し得るもの（通信教育による課程を除く。）	高等学校設置基準に適合し又はこれに準ずるものであって、高等学校卒業以上の学力を修得し得るもの（通信教育による課程を除く。）

別表第二

関係学科の科目区分に応じた科目の授業内

科目区分	授業内容	
	第一欄	第二欄
1. 電気工学又は電子工学等の基礎に関するもの	電磁気学 電気回路 電気計測又は電子計測	電子回路 電子デバイス工学 システム基礎論 電気電子物性
2. 発電、変電、送電、配電及び電気材料並びに電気法規に関するもの	発電工学又は発電用原動機に関するもの 変電工学 送配電工学 電気法規 電気施設管理	高電圧工学 エネルギー変換工学 電力システム工学 放電工学 電気材料（絶縁材料を含むこと。） 技術者倫理
3. 電気及び電子機器、自動制御、電気エネルギー利用並びに情報伝送及び処理に関するもの	電気機器学 パワーエレクトロニクス 自動制御又は制御工学	電気応用 メカトロニクス 電気光変換 情報伝送及び処理 電子計算機 省エネルギー
4. 電気工学若しくは電子工学実験又は電気工学若しくは電子工学実習に関するもの	電気回路実験 電気応用実験	電気実習 電子実験 電子実習
5. 電気及び電子機器設計又は電気及び電子機器製図に関するもの		電気機器設計 電気製図 自動設計製図（CAD） 電子回路設計 電子製図

別表第三

関係学科の科目区分別基準単位数

教育施設の 種類 科目区分	大学又はこれと 同等以上の教育 施設	短期大学又はこ れと同等以上の 教育施設	高等専門学校又 はこれと同等以 上の教育施設	高等学校又はこ れと同等以上の 教育施設
1. 電気工学又 は電子工学等 の基礎に関する もの	17	12	12	6
2. 発電、変電、 送電、配電及び 電気材料並びに 電気法規に関す るもの	8	7	7	3
3. 電気及び電子 機器、自動制御、 電気エネルギー 利用並びに情報 伝送及び処理に 関するもの	10	8	8	5
4. 電気工学若 しくは電子工学 実験又は電気工 学若しくは電子 工学実習に関す るもの	6	5	8	10
5. 電気及び電子 機器設計又は電 気及び電子機器 製図に関するも の	2	2	2	2
科目合計	49	38	41	26

別表第四

関係学科の教員数

教育施設の種類		大学と同等 以上の教育 施設	短期大学と 同等以上の 教育施設	高等専門学 校と同等以 上の教育施 設	高等学校と 同等以上の 教育施設
関係学科の 教員数	1 学年 1 学 級編成の場 合	8 名以上	4 名以上	8 名以上	3 名以上
	1 学年 2 学 級編成以上 の場合	上記の教員数に 1 学級を増すごとに 2 名を加えた数			

別表第五

関係学科実験設備等

1. 電気機器実験・実習設備

教育施設の種類 品目 品名		大学若しくはこれと同等以上の教育施設	短期大学若しくはこれと同等以上の教育施設	高等専門学校若しくはこれと同等以上の教育施設	高等学校若しくはこれと同等以上の教育施設	備考
(1)回転機	① 直流分巻電動発電機	◎	◎	◎	◎	複巻でもよい。
	② 単相又は三相誘導電機	◎	◎	◎	◎	かご形又は巻線形どちらでもよい。
	③ 三相同期機	◎	◎	◎	◎	
(2)変圧器	④ 高圧単相変圧器	○	○	○	—	
	⑤ 低圧単相変圧器	○	○	○	○	一次及び二次の定格電圧が100V以上のもの。
	⑥ 三相変圧器	○	○	○	—	
	⑦ 単相又は三相誘導電圧調整器	○	○	○	○	定格電圧が100V以上のものであって調整範囲が±100%のものとする。単巻調整器でもよい。
(3)パワーエレクトロニクス	⑧ 半導体整流装置	◎	◎	◎	◎	素子の種類は問わない。
	⑨ 半導体パワーエレクトロニクス素子実験セット	◎	◎	◎	—	〃
	⑩ 可変抵抗器	◎	◎	◎	◎	負荷抵抗器でもよい。
	⑪ 速度制御装置	○	○	○	—	
	⑫ 太陽電池発電装置	○	○	○	—	

	⑬ インバータ実験セット	○	○	○	○	
(4) 制御装置	⑭ シーケンス制御装置	○	○	○	○	
	⑮ フィードバック制御装置	○	○	○	○	
(5) 保護装置	⑯ 保護継電器各種	○	○	○	○	過電流継電器及び地絡継電器を含む計器用変流器（CT）、計器用変圧器（VT）を含む継電器試験装置でもよい。
(6) 開閉装置	⑰ 開閉器各種	○	○	○	○	遮断器でもよい。

2. 電子・情報工学実験・実習設備

教育施設の種類		大学若しくはこれと同等以上の教育施設	短期大学若しくはこれと同等以上の教育施設	高等専門学校若しくはこれと同等以上の教育施設	高等学校若しくはこれと同等以上の教育施設	備考
品目	品名					
(1)電源装置	①直流安定化電源	◎	◎	◎	◎	
(2)計測装置	②波形観測装置	◎	◎	◎	◎	
	③回路計(テスター)	◎	◎	◎	◎	デジタルマルチメータでもよい。
	④電子計数装置	○	○	○	○	電子計数器、サイクルカウンタでもよい。
	⑤トランスデューサ	○	○	○	—	交流又は直流でもよい。
	⑥減衰器	○	○	○	—	
(3)電子回路実験装置	⑦増幅器実験装置	○	○	○	○	高周波又は低周波でもよい。
	⑧発振器実験装置	○	○	○	○	ファンクションジェネレータを含むこと。
	⑨A—D／D—A変換装置	○	○	○	○	インターフェイスボードを含むこと。
	⑩パルス回路実験装置	○	○	○	○	
	⑪論理回路実験装置	○	○	○	○	

3. 高電圧実験設備

教育施設の種類 品目 品名		大しこ 学これ 若はと 等の上 の教 育施設	短学 期若 はと 以上 の教 育施設	大しこ 等若 はと 以上 の教 育施設	高門 等若 はと 以上 の教 育施設	専校 若は と等 の教 育施設	高若 校は と等 の教 育施設	学し こ同 上育 育	備考
(1) 試験装置	①試験用変圧器一式	◎	◎	◎	◎				出力電圧 6 kV 以上のもの。
	②インパルス電圧発生器	◎	◎	◎	◎	※◎			※印は、高電圧発生装置でもよい。
	③球間隙	◎	◎	◎	◎				
	④試料がいし	◎	◎	◎	◎				
(2) 計測装置	⑤波形観測装置	◎	◎	◎	◎				分圧器、高圧プローブ他を含むこと。
	⑥高電圧電圧計	○	○	○	○				
	⑦油試験装置	○	○	○	○				
	⑧受電設備（断路器、遮断器、変圧器、保護継電器、コンデンサ等）	○	○	○	○				実習又は見学を行うこと。

4. 測定用設備及び計器類設備

教育施設の種類		大学若しくはこれと同等以上の教育施設	短期大学若しくはこれと同等以上の教育施設	高等専門学校若しくはこれと同等以上の教育施設	高等学校若しくはこれと同等以上の教育施設	備考
品目	品名					
(1)測定用設	①測定用可変抵抗器	◎	◎	◎	◎	
	②万能ブリッジ	◎	◎	◎	◎	エレクトロニクス応用ブリッジ、インピーダンス測定器又はオートブリッジでもよい。
	③可変コンデンサ	◎	◎	◎	—	
	④可変インダクタ	◎	◎	◎	—	
	⑤微小電流測定装置	◎	◎	◎	◎	2種類以上の検流計を含むこと。
(2)電気計測器類	⑥直流電流計各種	◎	◎	◎	◎	デジタル式、クランプ式、電子電圧計を含んでもよい。
	⑦交流電流計各種	◎	◎	◎	◎	〃
	⑧直流電圧計各種	◎	◎	◎	◎	〃
	⑨交流電圧計各種	◎	◎	◎	◎	〃
	⑩単相電力計	◎	◎	◎	◎	デジタル式でもよい。
	⑪三相電力計	◎	◎	◎	◎	〃
	⑫単相電力量計	◎	◎	◎	◎	
	⑬絶縁抵抗計	○	○	○	◎	電子式を含み、定格測定電圧500V以上のもの。
	⑭接地抵抗計	○	○	○	◎	

	⑮ 単相又は多相力率計	○	○	○	○	
	⑯ 周波数計	○	○	○	○	
(3) 温度計測器類	⑰ 熱電温度計	○	○	○	○	
	⑱ 光高温計	○	○	○	○	
	⑲ 抵抗温度計	○	○	○	○	
	⑳ 熱画像計測装置	○	○	○	○	
(4) その他	㉑ 磁束計	○	○	○	○	
	㉒ 照度計	○	○	○	○	
	㉓ 回転計各種	○	○	○	○	速度センサを含んでもよい。
	㉔ データロガー	○	○	○	○	

<出典>

- ・電気主任技術者免状に係る学校等の認定基準に関する告示（経済産業省告示第七十一号）
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/220401kokuji.pdf
- ・学校教育法（昭和二十二年法律第二十六号）
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=322AC00000000026>
- ・学校教育法施行規則（昭和二十二年文部省令第十一号）
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=322M40000080011>
- ・大学設置基準（昭和三十一年文部省令第二十八号）
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=331M50000080028>
- ・短期大学設置基準（昭和五十年文部省令第二十一号）
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=350M50000080021>
- ・高等専門学校設置基準（昭和三十六年文部省令第二十三号）
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=336M50000080023>
- ・高等学校設置基準（平成十六年文部科学省令第二十号）
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=416M60000080020>

5 ボイラー・タービン主任技術者の選任に関する検討調査

5.1 調査概要

事業用電気工作物に該当する火力発電設備や燃料電池発電設備を設置する者は、電気事業法第43条第1項に基づき、電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安の監督をさせるため、施行規則第52条第4項に基づき、ボイラー・タービン主任技術者免状の交付を受けている者のうちから、ボイラー・タービン主任技術者を原則として1事業場（発電所）又は1設備に1名選任することが求められている。

この選任制度においては、施行規則第52条第4項のただし書きに基づく兼任制度（複数の事業場（設備）に対して1名の主任技術者の兼任による選任を認める制度）の要件が主任技術者制度の解釈及び運用（20210208保局第2号）（以下「主技解釈」という。）6.に規定されている。この要件によれば、電気主任技術者やダム水路主任技術者は兼任が可能な事業場又は設備の件数上限が原則として6程度のところ、ボイラー・タービン主任技術者においては2までと、可能な件数が異なっている。また、主任技術者が保安組織と一体となって複数の事業場（以下「統括事業場」という。）の保安業務を統括して行う制度（以下「統括制度」という。）の要件は主技解釈3.に規定されているが、電気主任技術者やダム水路主任技術者における統括制度の要件は既定されている一方、ボイラー・タービン主任技術者における統括制度の要件は規定されていない。

以上を踏まえ、ボイラー・タービン主任技術者の選任状況及びボイラー・タービン主任技術者として求められる業務について調査・整理を行い、ボイラー・タービン主任技術者の兼任制度の要件の見直しに係る調査を実施。また、統括制度の導入とその要件についても調査を実施した。

その他、令和4年12月に実施された水素・アンモニア発電に係る施行規則の改正に伴い、これまでボイラー・タービン主任技術者の選任が必要なかった、内燃力を原動力とする火力発電所及び出力10,000kW未満のガスタービン火力発電所のうち、アンモニア又は水素を燃料とするものについては、ボイラー・タービン主任技術者の選任が必要となった。一方、主技解釈で定めている許可選任の要件には、内燃力を原動力とする火力発電の実務経験は有効ではなく、汽力を原動力とする火力発電所やガスタービンを原動力とする火力発電所等の実務経験を要求する制度となっている。

本検討においては、上記に示す課題に対して検討を行い、必要に応じて改正案の提案を実施した。

5.2 ボイラー・タービン主任技術者における兼任制度の要件に係る調査

本検討においては、ボイラー・タービン主任技術者（以下「BT 主任技術者」という。）の兼任要件として、兼任可能な事業所数（現状は 2 か所まで）、常時勤務する事業場から兼任可能な事業所まで移動時間（現状は 30 分以内）、さらに統括事業場としての選任が可能かどうかについて、調査を行った。なお調査にあたっては、電気事業連合会を通じた発電事業者（以下「電力事業者」という。）10 社及び大口自家発電施設者懇話会を通じた自家用発電事業者（以下「自家用発電事業者」という。）32 社に対してアンケート調査を実施し、意見聴取を行った。

ここでは、アンケート内容及びアンケート結果、さらに事業者に対するヒアリング結果について示す。

5.2.1 ボイラー・タービン主任技術者として求められる業務

BT 主任技術者に求められる業務として、以下の業務が求められている。

- ◆ BT 主任技術者は、事業用電気工作物（火力発電所、燃料電池発電所）の工事、維持及び運用に関する保安の監督を行う立場であり、一般的に所長に順ずるクラスの管理職がその任務についている。
- ◆ 主な業務として、以下の業務が挙げられる。
 - 電気工作物の保安のための諸計画の立案にあたり、必要に応じて関係責任者に対して指示、指導、助言を行う。
 - 電気工作物の保安上必要な場合には、関係責任者に対し、指示、指導、助言を行う。
 - 関係法令で定められている電気工作物の使用前自主検査、溶接自主検査及び定期自主検査において、検査の指導及び監督を行う。
 - 所管官庁が行う関係法令に基づく立入検査には、原則として立ち会う。
 - 上記に伴う、書類確認などの日常業務を実施する。
 - その他保安の監督に必要な職務を行う。
- ◆ 上記に示すように、発電所における十分な経験を有するのみならず、管理業務を適切に担える人材が担当することができる業務である。

5.2.2 ボイラー・タービン主任技術者の兼任制度の要件における課題の把握

BT 主任技術者の兼任制度の要件として、電気主任技術者、ダム水路主任技術者と異なり、以下の要件が異なっていることが分かった。

- ◆ 電気主任技術者及びダム水路主任技術者は、兼任可能な事業場の上限が 6 であるが、BT 主任技術者は 2 である。
- ◆ 電気主任技術者及びダム水路主任技術者は、常時勤務する事業場又はその者の住所から 2 時間以内に到達できるところに兼任先の事業場があることが要件となっているが、BT 主任技術者は、常時勤務する事業場から 30 分以内に到達できることが要求されている。

なお、図 5.1 に兼任制度の概要、図 5.2 に統括制度の概要を示す。

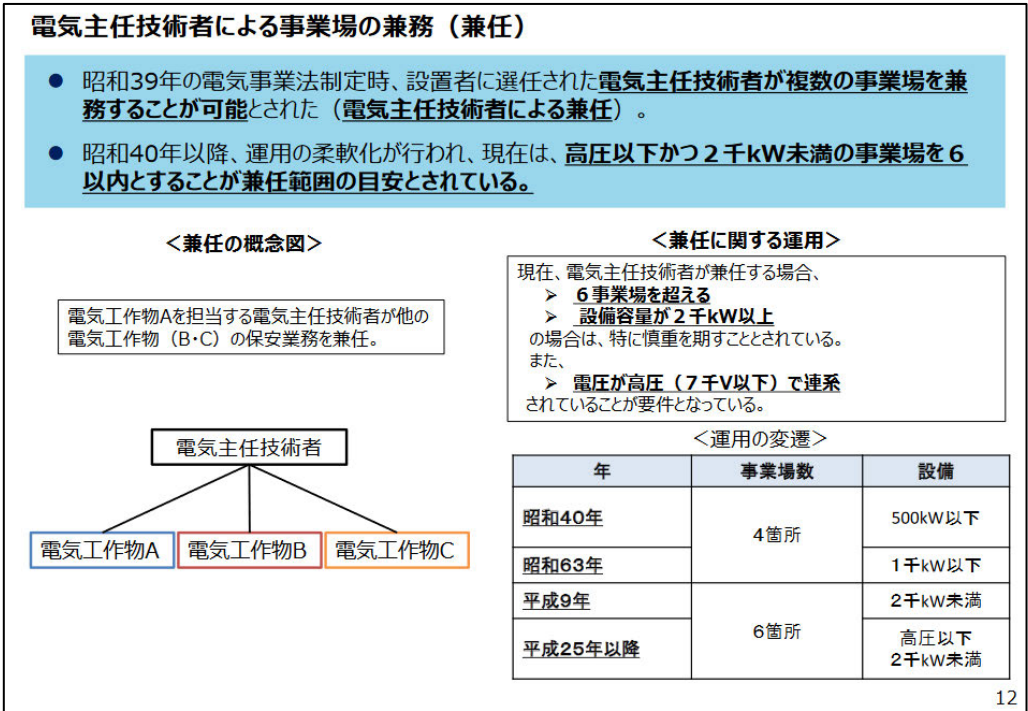


図 5.1 兼任制度の概要²⁵⁾

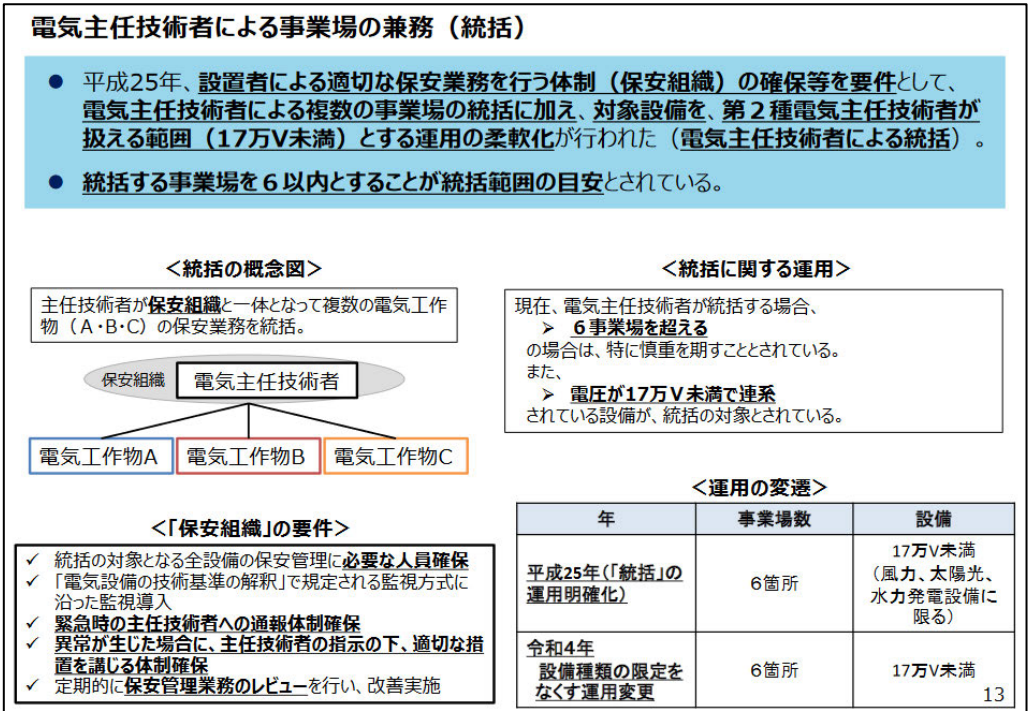


図 5.2 統括制度の概要²⁵⁾

²⁵⁾ 出所：「第13回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 電気保安制度ワーキンググループ 資料1」

5.2.3 ボイラー・タービン主任技術者の選任要件に関するアンケート調査

本調査では、電力事業者 10 社及び自家発電事業者 32 社に対してアンケート調査を実施した。

(1) 兼任要件の見直しに係るアンケート内容

兼任要件の見直しに係るアンケートでは兼任制度や統括制度に関する見直しについて兼任可能な事業数や到達可能な範囲、統括制度の必要性の調査を実施した。以下に具体的な質問内容を整理する。

【兼任制度に係る質問】

- ◆ 質問 1：現在、BT 主任技術者の兼任可能な事業数は 2 ですが、これについて該当するものを 1 つお選びください。また、「妥当な事業数である」又は「その他」と回答された方は、その理由をお聞かせください。
 - 選択肢：妥当な事業数である／3 以上も可能／その他
- ◆ 質問 2：質問 1 で「3 以上も可能」と回答した方にお伺いします。兼任可能と思われる上限数について、該当する数を 1 つお選びください。また、BT 主任技術者様の業務内容や根拠を踏まえ、その理由をお聞かせください。
 - 選択肢：3 まで／4 まで／5 まで／6 まで／その他
- ◆ 質問 3：BT 主任技術者の兼任が可能な到達範囲は 30 分以内となっておりますが、これについて該当するものを 1 つお選びください。また、「妥当な時間である」又は「その他」と回答された方は、その理由をお聞かせください。
 - 選択肢：妥当な時間である／30 分超過も可能／その他
- ◆ 質問 4：質問 4 で「30 分超過も可能」と回答した方にお伺いします。兼任可能と思われる範囲について、該当する時間を 1 つお選びください。また、BT 主任技術者様の業務内容や根拠を踏まえ、その理由をお聞かせください。
 - 選択肢：45 分まで／1 時間まで／90 分まで／2 時間まで／その他

【統括制度に係る質問】

- ◆ 質問 5：BT 主任技術者の統括制度の必要性について、該当するものを 1 つお選びください。「統括制度は不要」又は「その他」と回答された方は、その理由をお聞かせください。
 - 選択肢：統括制度は不要／統括制度は必要／その他
- ◆ 質問 6：質問 5 で「統括制度は必要」と回答した方にお伺いします。BT 主任技術者の統括制度の実現に必要な条件について、BT 主任技術者様の業務内容や根拠を踏まえてお書きください。

(2) 選任要件の見直しに係るアンケート結果

(1) で整理した質問項目について電力事業者 10 事業者、自家発電事業者 32 事業者にア

ンケート調査を実施した。以降に各質問項目の結果と自由回答の記述を整理する。

(a) BT 主任技術者の兼任可能な事業場数（質問 1）

現行の BT 主任技術者の妥当な兼任可能な事業数についてアンケートを実施した。

アンケートの集計結果を表 5.1 に示す。電力事業者では 10 事業者中 5 事業者、自家用発電事業者では 32 事業者中 15 事業者が妥当な事業数であると回答した。また、電力事業者では 10 事業者中 5 事業者、自家用発電事業者では 32 事業者中 9 事業者が 3 以上の兼任も可能であると回答した。

「妥当な事業数である」と回答した事業者からは、現状の運用で支障が生じていないという意見や、BT 主任技術者の業務内容や対応すべきトラブルを考慮すると 3 以上の兼任は難しいという意見が挙がった。BT 主任技術者の高齢化が進んでいるものの、現状、BT 主任技術者不足に直面している事業者は少ないものと思われる。

「3 以上も可能」と回答した事業者からは、大規模発電所においても十分対応できていること、2 か所の兼任した経験から 3 か所以上も対応可能であること、同じタイミングでトラブルが生じる可能性が低いことが挙げられた。

「その他」と回答した事業者からは、判断しかねるといった意見が主であった。

表 5.1 アンケート結果（質問 1）

	妥当な事業数である	3 以上も可能	その他
電力事業者	5	5	0
自家用発電事業者	15	9	5
合計	20	14	5

(b) BT 主任技術者の兼任可能な事業場数の上限（質問 2）

質問 1 において「3 以上も可能」と回答した事業所に対して兼任可能だと思われる上限数について調査を実施した。

アンケートの集計結果を表 5.2 に示す。回答の対象外の事業者を除くと、電力事業者では 10 事業者中 4 事業者、自家用発電事業者では 32 事業者中 3 事業者が 6 までの兼任が可能であると回答した。また、電力事業者では 10 事業者中 1 事業者、自家用発電事業者では 32 事業者中 3 事業者が 3 までの兼任が可能であると回答した。

「6 まで」と回答した事業者からは、スマート保安、DX 化の活用をすることで 6 までの対応が可能であるという意見や、電気主任技術者やダム水路主任技術者と同等で問題がないという意見が挙がった。

「3 まで」と回答した事業者からは業務上 4 以上は厳しいといった意見が、また、「3 まで」と「その他」と回答した事業者からは設備規模や技量等にも依存するといった回答が挙がった。

表 5.2 アンケート結果（質問 2）

	3 まで	4 まで	5 まで
電力事業者	1	0	0
自家用発電事業者	3	0	1
合計	4	0	1
	6 まで	回答対象外	対象外
電力事業者	4	5	0
自家用発電事業者	3	23	2
合計	7	28	2

(c) BT 主任技術者の兼任が可能な到達範囲（質問 3）

BT 主任技術者の兼任が可能な到達範囲について調査を実施した。

アンケートの集計結果を表 5.3 に示す。電力事業者では 10 事業者中 7 事業者、自家用発電事業者では 32 事業者中 21 事業者が 30 分超過も兼任は可能であると回答した。

「妥当な時間である」と回答した事業者からは現状問題が無いという意見やトラブルの初動対策を考慮すると 30 分以内が適切だという意見が挙がった。

「30 分超過も可能」と回答した事業者からは携帯や Web 会議システム等の技術を駆使することで遠隔での状況把握等が可能であるため到達時間の制限を 30 分以内にしなくともよいという意見が挙がった。

表 5.3 アンケート結果（質問 3）

	妥当な時間である	30 分超過も可能	その他	未回答
電力事業者	3	7	0	0
自家用発電事業者	4	21	6	1
合計	7	28	6	1

(d) BT 主任技術者の兼任が可能な到達範囲の上限（質問 4）

質問 1 において「30 分超過も可能」と回答した事業所に対して兼任が可能な到達範囲の上限について調査を実施した。

アンケートの集計結果を表 5.4 に示す。電力事業者では 10 事業者中 5 事業者、自家用発電事業者では 32 事業者中 19 事業者が 2 時間までの到達範囲の兼任が可能であると回答した。

電気主任技術者と同等でよいという意見やデジタルデバイスの活用により遠隔からの業務も可能であることから 2 時間程度は問題ないという意見が挙がった。同様の理由で「時間制限不要」と回答する事業者が見られた。

表 5.4 アンケート結果（質問 4）

	1 時間まで	2 時間まで	時間制限不要
電力事業者	1	5	1
自家用発電事業者	1	19	0
合計	2	24	1
	その他	対象外	
電力事業者	0	3	
自家用発電事業者	1	11	
合計	1	14	

(e) BT 主任技術者の統括制度の必要性（質問 5）

BT 主任技術者の統括制度の必要性について調査を実施した。

アンケートの集計結果を表 5.5 に示す。電力事業者では 10 事業者中 4 事業者、自家用発電事業者では 32 事業者中 17 事業者が統括制度は必要であると回答した。

「必要」と回答し事業者からは人口減の状況や DX を活用した保安技術、情報通信技術の向上などを踏まえ、統括制度および制度の見直しは必要であるという意見や、統括制度を導入することで効率的な保安の実現が可能であるという意見が挙げた。

「不要」と回答した事業者からはニーズがない等が主な意見であった。

「その他」と回答した事業者からは人員不足等による有資格者数の減少に伴い、今後は統括制度の要望が高まるのではないかという意見が挙げた。将来の人口減、BT 主任技者の高齢化を鑑み、今後求められる制度である可能性が高いものと思われる。

表 5.5 アンケート結果（質問 5）

	必要	不要	その他	未回答
電力事業者	4	2	4	0
自家用発電事業者	17	6	8	1
合計	21	8	12	1

(f) BT 主任技術者の統括制度の実現に必要な条件（質問 6）

質問 5 において「統括制度は必要」と回答した事業所に対して統括制度が必要な条件について調査を実施した。統括制度を実現に必要な条件として、以下の意見が挙げた。

- ◆ BT 主任技術者による確実な監督及び指導、運用体制の確保
 - 事故時等の有事の際に、BT 主任技術者の移動時も含め、有効な情報共有手段の確保
 - 遠隔監視体制の確保

- BT 主任技術者不在時における現場における BT 主任技術者の指導に基づいた現場運用体制の確保
- 緊急時の連絡体制、手段の明確化
- 日常の運転データ、保安記録の共有手段の確保
- ◆ 各プラントにおける事故時の体制確保
 - 敷地内の保安体制の確保
 - BT を熟知し、指揮が可能となり、適切な維持に必要な処置や指示ができる技術者の確保
 - 担当技術者への教育・研修の徹底
- ◆ 立ち合い審査等の対応体制の確保
 - 立ち合い審査の日程が重なった場合のバックアップ体制の確保
- ◆ 異常時において設備を安全に停止させる手段の確保

5.2.4 まとめ

本事業では、ボイラー・タービン主任技術者として求められる業務について調査・整理を行い、主任技術者制度の解釈及び運用の見直し案の提案を実施した。以下に兼任制度（兼任可能な事業場数、到達範囲）、統括制度の観点から結果を整理する。

(1) 選任状況

本調査においては、明確に選任状況についての確認は行わなかったものの、BT 主任技術者の兼任可能な事業所数に関するアンケート調査結果より、BT 主任技術者に対する明確な不足は確認できなかったため、1 人の BT 主任技術者が担当する事業場数は、現状の 2 事業場が妥当であるという意見が多かった。一方、将来の人口減といった課題があることから今後を睨み、統括制度の導入には、「その他」も含め、肯定的な意見が多かった。

(2) 兼任制度（兼任可能な事業場数、到達範囲）

兼任可能な事業場数については、電力事業者が「妥当な事業場数である」「3 以上も可能である」と選択した事業者が同票であった。一方、自家用発電事業者では現行制度の内容が妥当であると回答した事業者が最も多かった。妥当な数であると回答した事業者は、現行の運用において問題ない事業者の回答が大半であり、積極的な反対は少ないものと思われる。

到達範囲については、電力事業者、自家用発電事業者共に 30 分以上も可能とするという回答が最も多かった。具体的な理由としては、業務量の観点から、ボイラー・タービンに関するトラブルが多いこと、BT 主任技術者の職務範囲が広いことから保安の担保の観点から変更には慎重になるべきだという意見が挙げられた。一方、スマート保安の導入によりリモート等での状況把握が可能なため到達時間や兼任数は見直すことが出来るという回答も得られた。

(3) 統括制度

統括制度については電力事業者、自家用発電事業者共に必要であるとの回答が最も多かった。必要であると回答した事業者からは、将来の人材不足の現状を鑑みて検討をする必要があるといった意見が挙げられた。一方、統括制度が不要と回答した事業者からは必要性を感じない、BT 主任技術者の現行の業務量から導入は難しいといった意見が挙がっていた。

今回の調査結果は、BT 主任技術者の業務範囲の広さ・対応すべきトラブル量、各事業者の BT 主任技術者の資格保有者の状況、制度変更の必要性への意識といった観点が大きく影響していると考えられる。ヒアリングを実施した事業者は BT 主任技術者の資格取得を推奨し、BT 主任技術者が十分に確保できていたことから、制度変更に対して喫緊の課題を感じている様子ではなかった。規模の小さな事業者等の意見は異なる可能性も想定される。

今後、兼任制度、統括制度の変更を検討する場合は、保安の担保に加えスマート保安の導入等を検討する必要がある。

5.3 水素・アンモニアを活用した発電設備に対するボイラー・タービン主任技術者の許可選任要件について

令和4年12月に実施された水素・アンモニア発電に係る施行規則の改正に伴い、これまでボイラー・タービン主任技術者の選任が必要なかった、内燃力を原動力とする火力発電所及び出力10,000kW未満のガスタービン火力発電所のうち、アンモニア又は水素を燃料とするものについては、ボイラー・タービン主任技術者の選任が必要となった。

一方、ボイラー・タービン主任技術者の許可選任を得る場合において、内燃力を原動力とする火力発電の実務経験は有効ではなく、それぞれ汽力又はガスタービンを原動力とする火力発電所等の実務経験を要求する制度となっている。

本検討においては、改めて水素・アンモニアを燃料とする内燃力を原動力とする火力発電設備及び出力10,000kW未満も含むガスタービンを原動力とする火力発電設備の許可選任制度の要件について検討を行い、改正案の提案を行った。

5.3.1 水素・アンモニアを燃料とする内燃力を原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件の検討

(1) BT 主任技術者の許可選任要件

水素・アンモニアを燃料とする内燃力を原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件を検討するにあたり、以下の前提条件に基づき検討を行った。

- ◆ 内燃力を原動力とする発電設備については、ピストン運動により圧縮、膨張を繰り返す、定圧で稼働する設備ではないことから、圧力ではなく、出力別の許可選任要件の検討を行った。
- ◆ 出力別の許可選任要件については、現状の BT 主任技術者の許可選任要件を参考に提案する。
 - 内燃力を原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件としては、労働安全衛生法のボイラー取扱者、ボイラー技士等の資格要件は除外する。
 - 現状の BT 主任技術者の許可選任要件においては、汽力の場合は 100kW（1,000kPa）を閾値としているところ、小型のガスタービン原動力とする火力発電設備等に係るボイラー・タービン主任技術者を不要とする要件に係わる告示²⁶⁾の要件を参考に、内燃力の場合は 300kW を閾値とすることを提案する。
- ◆ なお、現在、BT 主任技術者の免状交付要件において、大学機械工学卒と、短大・高専機械工学卒とで実務経験の要求を同等することを検討していることから、本検討においても、短大・高専機械工学卒を大学機械工学卒と同等として取り扱った。
- ◆ また、内燃力を原動力とする発電設備に関する実務経験及び専門知識を証明する他の国家資格や民間資格が存在した場合については、BT 主任技術者としての要求を満たすこととする。
- ◆ 水素・アンモニア等の燃料に係る一定の専門知識や経験を要求する。

(2) 内燃力を原動力とする発電設備に関する他の国家資格及び民間資格について

内燃力を原動力とする発電設備に関する国家資格として、電気工事士法第 3 条第 3 項に基づく「特殊電気工事資格者（非常用予備発電装置工事）」が挙げられる。本資格は、次のいずれかに該当する者に対して認定が行われる。

- ◆ 電気工事士であって、免状の交付を受けた後、電気工作物に係る工事のうち非常用予備発電装置として設置される原動機、発電機、配電盤及びこれらの附属設備を設置し、又は変更する工事に関し 5 年以上の実務経験を有し、かつ、経済産業大臣が定める非常用予備発電装置工事に関する講習（非常用予備発電装置工事資格者認定講習）の課程を修了した者
- ◆ 経済産業大臣が定める受験資格を有する者であって、経済産業大臣が定める非常用

²⁶⁾ https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/sekoukisoku48kokuji.pdf

予備発電装置工事に関する講習（非常用予備発電装置工事資格者認定講習を除く。）の課程を龍昇氏、かつ、経済産業大臣が定める非常用予備発電装置工事に必要な知識及び技能を有するかどうかを判定するための試験に合格した者

民間資格としては、一般社団法人日本内燃力発電設備協会が実施する、「自家用発電設備専門技術者資格」、「可搬形発電設備専門技術者」が挙げられる。

自家用発電設備専門技術者資格は、自家用発電設備（内燃機関駆動の発電設備）の設計、製造、据付工事、運転管理、保全を行う資格であり、可搬形発電設備専門技術者は、建設工事現場等で使用される可搬形発電設備の現場での据付、運転管理、点検を行う資格である。また、本資格においては、学歴や資格に応じて実務経験の短縮が可能である。

表 5.6 に自家用発電設備専門技術者及び可搬形発電設備専門技術者の受検に必要な実務経験、表 5.7 に学歴・資格別の自家用発電設備専門技術者及び可搬形発電設備専門技術者の受検に必要な実務経験を示す。

表 5.6 自家用発電設備専門技術者及び可搬形発電設備専門技術者の受検に必要な実務経験²⁷⁾

資格種類 業務区分 実務経験	自家用発電設備専門技術者			可搬形発電設備 専門技術者
	装置部門	据付工事部門	保全部門	
必要年数	5 年	5 年	5 年	3 年

表 5.7 学歴・資格別自家用発電設備専門技術者及び可搬型発電設備専門技術者の受検に必要な実務経験

資格種類 業務区分 実務経験				自家用発電設備専門技術者			可搬形発 電設備専 門技術者	
				装置部門	据付工事 部門	保全部門		
必要 実務 経験	学 歴	大学（注１）	機械工学 系又は電 気工学系	３年	３年	２年	２年	
		短期大学（注１）						
		高等専門学校（注 １）（注２）						
	資 格	電気主任技術者			１年	１年	１年	
		ボイラー・タービン主任技術者						
		技術士（機械又は電気・電子） （注３）						
		消防設備士（注４）			該当せず	該当せず	１年	該当せず
		消防設備点検資格者（第一種）						

注 1. 学校教育法による大学、短期大学若しくは高等専門学校です。

²⁷⁾ 出所：日本内燃力発電設備協会 HP (https://nega.or.jp/juken/pdf/tebiki_shinki_R6.pdf)

注 2. 5 年制の高等教育機関を指し、各種専門学校ではありません。

注 3. 技術士法で定める国家資格で、電気工事士、施工管理技士等の資格ではありません。

注 4. 第一類、第二類若しくは第三類の甲種又は乙種のもので。

(3) 水素・アンモニアに係る一定の専門知識の要件

本検討対象の発電設備は、水素・アンモニアといったこれまで燃料として用いられていない可燃性ガスや毒性ガスであり、かつ高圧ガスを燃料とすることから、水素・アンモニア等の燃料に係る一定の専門知識や経験を要求する。

本検討対象においては、製造された水素・アンモニアの高圧ガスを貯蔵及び消費する設備であることから、高圧ガス保安法に基づく資格である「高圧ガス製造保安責任者」も加えることを提案する。

高圧ガス製造保安責任者は、あらゆる施設の製造責任を担当することが可能な甲種（化学、機械）、1 日 100m³ 未満の製造を担当することが可能な乙種（化学、機械）、丙種化学（液化石油ガス）、丙種（特別試験科目）の他、冷凍空調機器を備えている施設で製造（冷凍）に関する保安実務を担当する第一種～第三種冷凍機械責任者が挙げられる。ここでは、高圧ガスの「貯蔵」及び「消費」が対象であることから、水素・アンモニアの実務経験がない場合も含み、上位の資格であることから、本要件を満たすものとする。

また、水素、アンモニアの「貯蔵」及び「消費」を行う事業所に選任が必要となる、高圧ガス保安法に基づく資格である「特定高圧ガス取扱主任者（圧縮水素又は液化アンモニア）」も、本要件を満たすものとする。

その他、主技解釈 2.（3）③のボイラー・タービン主任技術者講習の「火力発電設備の構造物等（ボイラー、タービン等）」において、発電設備に使用される燃料について学習することが規定されていることから、当該講習の受講者は、この要件を満たすものと思われる。

以上から、「水素・アンモニアを燃料に係る一定の専門知識や経験」として、以下の要件を要求することを提案する。

- ◆ 高圧ガス製造保安責任者の免状保有者
- ◆ 特定高圧ガス取扱主任者（圧縮水素又は液化アンモニア）講習を修了した者
- ◆ ボイラー・タービン主任技術者講習を修了した者

(4) 水素・アンモニアを燃料とする内燃力を原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件の改正案

6.3.1(2)及び 6.3.1(3)の検討を踏まえ、水素・アンモニアを燃料とする内燃力を原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件の改正案を表 5.8 に示す。

水素・アンモニアを燃料とする内燃力を原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件としては、表 5.8 に示す要件①のうち、(A) の要件又は (B) の要件のいずれかを満たすと共に、要件②を満たすことを提案する。

表 5.8 水素・アンモニアを燃料とする内燃力を原動力とする発電設備の

BT 主任技術者の許可選任要件の改正案

要件	項目	対象設備	具体的な要求事項
要件① (A) または (B)	(A) 内燃力を原動力とする発電設備に係る実務経験・資格	イ 出力300キロワット未満の内燃力を原動力とする火力発電所、当該発電所の設置の工事のための事業場又は内燃力を原動力とする火力発電所を直接統括する事業場であってその直接統括する発電所の出力の合計が300キロワット未満のもの	次のいずれかに該当する者 (イ) 学校教育法による高等学校又はこれと同等以上の教育施設において機械工学の課程を修めて卒業した者 (ロ) 学校教育法による高等学校若しくはこれと同等以上の教育施設を卒業した者又は高等学校卒業程度認定試験規則第8条に規定する認定試験合格者（同規則附則第2条の規定による廃止前の大学入学資格検定規程第8条第1項の資格検定合格者を含む。）であって、内燃力を原動力とする火力発電所又は非常用発電機の工事、維持又は運用に関する実務に通算して1年以上従事した者 (ハ) 船舶職員及び小型船舶操縦者法第5条第1項第2号イの1級海技士（機関）、同号ロの2級海技士（機関）又は同号ハの3級海技士（機関）としての海技士の免許を受けている者 (ニ) エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律第55条第1項のエネルギー管理士免状の交付を受けている者（エネルギー管理士の試験及び免状の交付に関する規則第31条の表の上欄に掲げる熱分野専門区分に応じた同表の下欄に掲げる試験課目又は同規則別表第1の第1欄に掲げる熱分野専門区分に応じた同表の第2欄に掲げる修了試験課目に合格したことによりエネルギー管理士免状の交付を受けた者に限る。） (ホ) 技術士法第4条第1項の規定に基づき行われる技術士試験の第二次試験であってその技術部門が機械部門であるものに合格した者
		ロ 出力5,000キロワット未満の内燃力を原動力とする火力発電所の設置の工事のための事業場又は内燃力を原動力とする火力発電所を直接統括する事業場であってその直接統括する発電所の出力の合計が5,000キロワット未満のもの	次のいずれかに該当する者 (イ) 学校教育法による高等学校又はこれと同等以上の教育施設において機械工学の課程を修めて卒業した者 (ロ) 船舶職員及び小型船舶操縦者法第5条第1項第2号イの1級海技士（機関）としての海技士の免許を受けている者 (ハ) エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律第55条第1項のエネルギー管理士免状の交付を受けている者（エネルギー管理士の試験及び免状の交付に関する規則第31条の表の上欄に掲げる熱分野専門区分に応じた同表の下欄に掲げる試験課目又は同規則別表第1の第1欄に掲げる熱分野専門区分に応じた同表の第2欄に掲げる修了試験課目に合格したことによりエネルギー管理士免状の交付を受けた者に限る。） (ニ) 技術士法第4条第1項の規定に基づき行われる技術士試験の第二次試験であってその技術部門が機械部門であるものに合格した者

要件	項目	対象設備	具体的な要求事項
			(ホ) イ(ロ)に掲げる者であって、出力300キロワット以上の内燃力を原動力とする火力発電所又は非常用発電機の工事、維持又は運用に関する実務に通算して2年以上従事した者 (ヘ) 船舶職員及び小型船舶操縦者法第5条第1項第2号ロの2級海技士(機関)若しくは同号ハの3級海技士(機関)としての海技士の免許を受けている者又はボイラー及び圧力容器安全規則第97条第3号の2級ボイラー技士免許を受けている者であって、出力300キロワット以上かつ圧力1,000キロパスカル以上の内燃力を原動力とする火力発電所又は非常用発電機の工事、維持又は運用に関する実務に通算して2年以上従事した者 (ト) (イ) から (ヘ) までに掲げる者と同等以上の知識及び技能を有すると認められる者
		ハ 出六5,000キロワット以上の内燃力を原動力とする火力発電所又は当該発電所の設置の工事のための事業場	次のいずれかに該当する者 (イ) 学校教育法による短期大学若しくは高等専門学校又はこれと同等以上の教育施設において機械工学の課程を修めて卒業した者であって、出力5,000キロワット以上の内燃力を原動力とする火力発電所又は非常用発電機の工事、維持又は運用に関する実務に通算して3年以上従事した者 (ロ) ロに掲げる者であって圧力5,000キロパスカル以上の内燃力を原動力とする火力発電所又は非常用発電機の工事、維持又は運用に関する実務に通算して7年以上従事した者
	(B) 実務経験に相当する資格保有者	イ 内燃力を原動力とする火力発電所又は当該発電所の設置の工事のための事業場	次のいずれかに該当する者 (イ) 電気工事士法第3条第3項の特殊電気工事(特殊電気工事資格者(非常用予備発電装置工事))資格保有者 (ロ) 一般社団法人日本内燃力発電設備協会の自家用発電設備専門技術者資格証の交付を受けている者
		ロ 可搬型の内燃力を原動力とする火力発電所又は当該発電所の設置の工事のための事業場	次のいずれかに該当する者 (イ) 電気工事士法第3条第3項の特殊電気工事(特殊電気工事資格者(非常用予備発電装置工事))資格保有者 (ロ) 一般社団法人日本内燃力発電設備協会の自家用発電設備専門技術者資格証の交付を受けている者 (ハ) 一般社団法人日本内燃力発電設備協会の可搬形発電設備専門技術者資格証の交付を受けている者
要件②	水素・アンモニアに関する実務経験又は相当する知識		次のいずれかに該当する者 (イ) 高圧ガス製造保安責任者の免状保有者 (ロ) 特殊高圧ガス取扱者(圧縮水素又は液化アンモニア)講習を修了した者 (ハ) ボイラー・タービン主任技術者講習を修了した者

5.3.2 水素・アンモニアを燃料とするガスタービンを原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件の検討

現在検討されている水素・アンモニアを燃料とする小型発電設備としては、ガスタービンを原動力とする小型の発電設備も存在することから、ガスタービンを原動力とする発電設備についても BT 主任技術者の許可選任要件について検討を行う。

(5) BT 主任技術者の許可選任要件

水素・アンモニアを燃料とするガスタービンを原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件を検討するにあたり、以下の前提条件に基づき検討を行った。

- ◆ ガスタービンを原動力とする発電設備についての許可選任要件については、ガスタービンを原動力とする発電設備の実務経験等を有している者に対しても許可選任することが可能であることから、現行の許可選任制度を適用することを基本とする。
- ◆ ただし、現行の許可選任制度において、ガスタービンに関する最も出力が低い規定は、5,000kW 未満であるが、小型のガスタービンについても実証等が行われていることから、内燃力と同様 300kW の閾値を設けることを提案する。
- ◆ 水素・アンモニアを燃料に係る一定の専門知識や経験を要求する。

(6) 水素・アンモニアに係る一定の専門知識の要件

水素・アンモニアについての一定の専門知識の要件については、6.3.1(2)と同様とする。

(7) 水素・アンモニアを燃料とするガスタービンを原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件の改正案

6.3.1(2)の検討を踏まえ、水素・アンモニアを燃料とするガスタービンを原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件の改正案を表 5.9 に示す。

なお、現行のガスタービンを原動力とする発電設備の許可選任要件として、ガスタービン以外の汽力を原動力とする発電所や燃料電池発電所の実務経験についても実務経験として認められることから、ここでの 300kW を超えるガスタービンの選任要件としては、現行の要求事項と同様とした。水素・アンモニアを燃料とするガスタービンを原動力とする発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件としては、表 5.9 に示す要件①及び要件②の両方の要件を満たすことを提案する。

表 5.9 水素・アンモニアを燃料とするガスタービンを原動力とする

発電設備の BT 主任技術者の許可選任要件の改正案

要件	対象設備	具体的な要求事項
要件①	イ 出力 300 キロワット未満、圧力 1,000 キロパスカル未満のガスタービンを原動力とする火力発電所、当該発電所の設置の工事のための事業場又はガスタービンを原動力とする火力発電所を直接統括する事業場であってその直接統括する発電所の出力の合計が 300 キロワット未満のもの	次のいずれかに該当する者 (イ) 学校教育法による高等学校又はこれと同等以上の教育施設において機械工学の課程を修めて卒業した者 (ロ) 学校教育法による高等学校若しくはこれと同等以上の教育施設を卒業した者又は高等学校卒業程度認定試験規則第 8 条に規定する認定試験合格者（同規則附則第 2 条の規定による廃止前の大学入学資格検定規程第 8 条第 1 項の資格検定合格者を含む。）であって、ガスタービンを原動力とする火力発電所の工事、維持又は運用に関する実務に通算して 1 年以上従事した者 (ハ) 船舶職員及び小型船舶操縦者法第 5 条第 1 項第 2 号イの 1 級海技士（機関）、同号ロの 2 級海技士（機関）又は同号ハの 3 級海技士（機関）としての海技士の免許を受けている者 (ニ) エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律第 55 条第 1 項のエネルギー管理士免状の交付を受けている者（エネルギー管理士の試験及び免状の交付に関する規則第 31 条の表の上欄に掲げる熱分野専門区分に応じた同表の下欄に掲げる試験課目又は同規則別表第 1 の第 1 欄に掲げる熱分野専門区分に応じた同表の第 2 欄に掲げる修了試験課目に合格したことによりエネルギー管理士免状の交付を受けた者に限る。） (ホ) 技術士法第 4 条第 1 項の規定に基づき行われる技術士試験の第二次試験であってその技術部門が機械部門であるものに合格した者
	ロ 出力 5,000 キロワット未満かつ圧力 1,470 キロパスカル未満の火力発電所若しくは燃料電池発電所、当該発電所の設置の工事のための事業場又は火力発電所を直接統括する事業場であってその直接統括する発電所の出力の合計が 5,000 キロワット未満のもの	次のいずれかに該当する者 (イ) 学校教育法による高等学校又はこれと同等以上の教育施設において機械工学の課程を修めて卒業した者 (ロ) 船舶職員及び小型船舶操縦者法第 5 条第 1 項第 2 号イの 1 級海技士（機関）としての海技士の免許を受けている者 (ハ) ボイラー及び圧力容器安全規則第 97 条第 1 号の特級ボイラー技士免許又は同条第 2 号の 1 級ボイラー技士免許を受けている者 (ニ) エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律第 55 条第 1 項のエネルギー管理士免状の交付を受けている者（エネルギー管理士の試験及び免状の交付に関する規則第 31 条の表の上欄に掲げる熱分野専門区分に応じた同表の下欄に掲げる試験課目又は同規則別表第 1 の第 1 欄に掲げる熱分野専門区分に応じた同表の第 2 欄に掲げる修了試験課目に合格したことによりエネルギー管理士免状の交付を受けた者に限る。） (ホ) 技術士法第 4 条第 1 項の規定に基づき行われる技術士試験の第二次試験であってその技術部門が機械部門であるものに合格した者 (ヘ) イ（ロ）に掲げる者であって、出力 300 キロワット以上かつ圧力 1,000 キロパスカル以上の火力発電所又は燃料電池発電所の工事、維持又は運用に関する実務に通算して 2 年以上従事した者

要件	対象設備	具体的な要求事項
		(ト) 船舶職員及び小型船舶操縦者法第5条第1項第2号ロの2級海技士（機関）若しくは同号ハの3級海技士（機関）としての海技士の免許を受けている者又はボイラー及び圧力容器安全規則第97条第3号の2級ボイラー技士免許を受けている者であって、出力300キロワット以上かつ圧力1,000キロパスカル以上の火力発電所又は燃料電池発電所の工事、維持又は運用に関する実務に通算して2年以上従事した者 (チ) (イ) から (ト) までに掲げる者と同等以上の知識及び技能を有すると認められる者
	ハ 圧力2,940キロパスカル未満の火力発電所若しくは燃料電池発電所、当該発電所の設置の工事のための事業場又は火力発電所を直接統括する事業場	次のいずれかに該当する者 (イ) 学校教育法による短期大学若しくは高等専門学校又はこれらと同等以上の教育施設において機械工学の課程を修めて卒業した者 (ロ) ロに掲げる者（(ト) 及び (チ) に掲げる者を除く。）であって、圧力1,470キロパスカル以上の火力発電所又は燃料電池発電所の工事、維持又は運用に関する実務に通算して3年以上従事した者
	ニ 圧力5,880キロパスカル未満の火力発電所若しくは燃料電池発電所又は当該発電所の設置の工事のための事業場に係る場合は、次のいずれかに該当する者	次のいずれかに該当する者 (イ) 学校教育法による短期大学若しくは高等専門学校又はこれと同等以上の教育施設において機械工学の課程を修めて卒業した者 (ロ) ハに掲げる者であって圧力2,450キロパスカル以上の火力発電所又は燃料電池発電所の工事、維持又は運用に関する実務に通算して2年以上従事した者
	ホ 圧力5,880キロパスカル以上の火力発電所若しくは燃料電池発電所又は当該発電所の設置の工事のための事業場	ニに掲げる者であって、圧力2,450キロパスカル以上の火力発電所又は燃料電池発電所の工事、維持又は運用に関する実務に通算して3年以上従事した者
要件②	水素・アンモニアに関する実務経験又は相当する知識	次のいずれかに該当する者 (イ) 高圧ガス製造保安責任者の免状保有者 (ロ) 特殊高圧ガス取扱者（圧縮水素又は液化アンモニア）講習を修了した者 (ハ) ボイラー・タービン主任技術者講習を修了した者

5.3.3 まとめ

水素・アンモニアを活用した内燃力や 10,000kW 未満のガスタービンを原動力とする発電設備においては、令和 4 年 12 月から、水素・アンモニアといった、可燃性ガスや毒性ガスを燃料として新しく活用するため、保安の観点から工事計画の提出や BT 主任技術者を選任することが要件として加わった。

これを受け、本検討においては、水素・アンモニアを活用した内燃力を原動力とした火力発電設備及び水素・アンモニアを活用したガスタービンを原動力とした火力発電設備に対する BT 主任技術者の許可選任要件について検討を行い、表 5.8 及び表 5.9 のとおり改正案の提案を行った。

現在の新しい燃料から、カーボンニュートラル時代には一般的な燃料へと進化することが期待され、さらにこれらの発電設備に対する新しい保安技術が確立し、安全に運用されている状況が確認できた場合には、改めて制度の見直し検討を行うことが望まれる。