

『電気協同研究』第78巻第2号

変電設備の保全高度化とアセットマネジメント

2022年7月28日

一般社団法人 電気協同研究会

【発刊に際しての委員長推薦のことば】

変電設備の保全高度化とアセットマネジメント専門委員会
委員長 名古屋大学大学院 教授 早川直樹

一般送配電事業者ら（以下、使用者と称す）は、1960年代から1990年代の需要増加に対する設備の新增設により多くの変電設備を保有しており、それらは高経年化が進んでいる実態にある。これらの高経年設備に対し使用者は、設備の信頼性を維持しつつ、点検周期の延伸や個々の設備状態に応じた点検への移行、劣化に対する保全方策の確立などの保全高度化、ライフサイクルコストを踏まえた設備保全計画の検討など保全の合理化に取り組んできた。

一方、省エネなど電力需要の減少による託送収入減少や、電力の小売全面自由化を背景とした低廉な託送料金実現への期待、労働人口の減少に伴う技術者の減少など、電力業界を取り巻く環境も変化しており、設備のさらなる長期使用を見据えた保全や、より一層の効率化、コスト削減が求められている。そのため、設備状態を的確に把握し、設備の寿命を精緻に推定するなど、高度な保全を実現する必要がある。

また、高経年設備は順次更新される必要があるが、経年による一律的な更新計画では、費用や施工力、設備の停止制約により、これを実現することは困難である。そのため、長期的な観点による効果的な投資と効率的な設備保全計画の策定が必要であり、アセットマネジメントによる戦略的な投資判断が注目されている。

これらの背景を踏まえ、本専門委員会では、変電設備全般を対象として、設備量や保全実態、事故・障害実態、劣化メカニズムの分析、保全方策と延命化に関する調査を行った。加えて、保全の省力化や設備診断の高精度化などを実現する先端技術の知見を収集し、その活用事例および今後期待される技術と、さらなる保全の高度化に向け必要な取り組みについて研究を行った。また、国内外のアセットマネジメントの事例から、代表的なアセットマネジメント手法の概要や手法に用いる設備状態・影響度の定量化方法を調査し、設備状態やリスク、経済性の観点により戦略的な投資判断を行うための研究を行った。本書には、これらの研究成果を取りまとめている。

本書は、使用者ならびに変電設備の製造者の皆様だけでなく、受変電設備を維持・管理している皆様、さらには電気技術者を目指す学生にまで広く活用され、変電設備を取り扱う現場において、保全高度化とアセットマネジメントを検討する一助とされることを切に願うものである。

1. 本書の主な活用方法

本書の主な活用方法は、以下のとおりである。本研究成果を使用者・製造者共通の認識とし、読者の設備実態を踏まえ、的確かつ合理的な保全の検討にご活用いただきたい。

○現状調査結果に基づく保全高度化

本書に示した機種別の事故・障害実態の傾向を踏まえて保全項目、保全周期を設定することにより、設備の特徴にあわせた合理的な保全ができる。

○劣化により発生する事故・障害の低減

本書に取りまとめた劣化進展フローや、障害事象の確認方法、保全方策をもとに、設備の部位・部品単位に的確な方策を講じることができ、事故・障害を低減できる。

○先端技術を活用した保全高度化

本研究にて取りまとめた保全高度化技術を参考に、技術導入に向け必要な取り組みを行うことで、保全の省力化、診断精度の向上、故障の未然防止、作業の安全性向上などの効果が期待できる。

○効率的・効果的な設備保全計画の策定

アセットマネジメント手法の導入により、設備状態やリスク、経済性を勘案した効率的・効果的な設備保全計画の策定が可能となり、戦略的な投資判断を行うことができる。

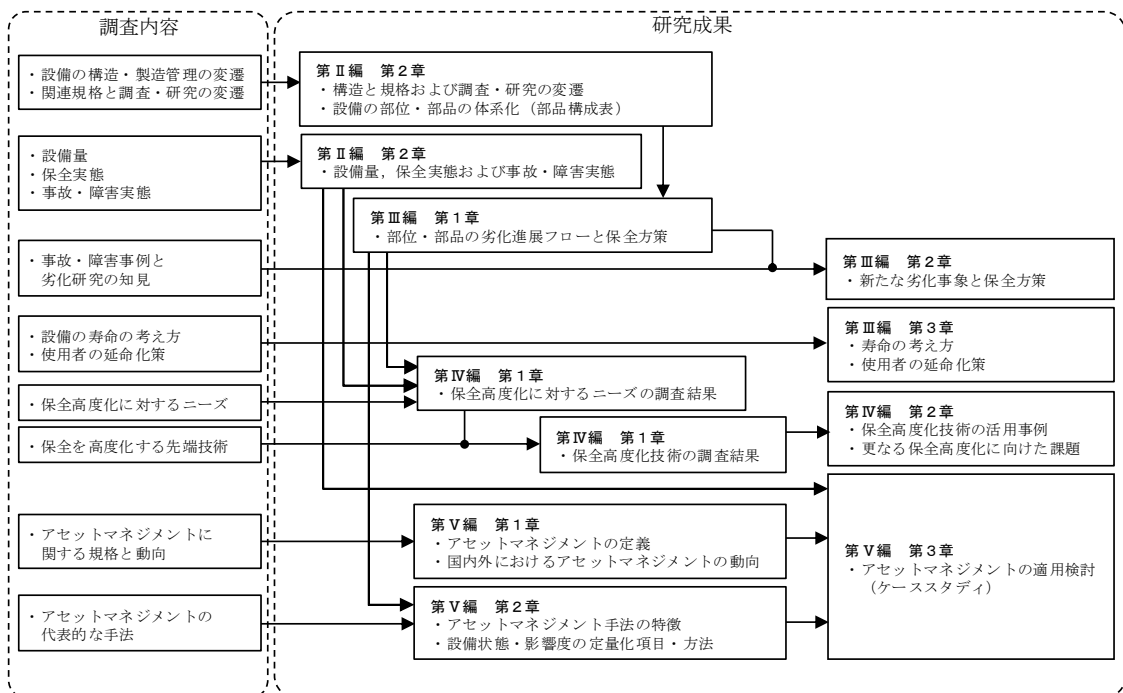
○技術継承資料

使用者、製造者ともに旧世代設備を熟知した技術者が減少しつつあるなか、今後の保全だけでなく、設備の新規設計にも過去の知見を反映していく必要があり、本研究の成果を技術継承資料として活用することができる。

2. 本書の主な記載内容

2-1. 総説（第I編）

第I編「総説」では、委員会設立の経緯と研究成果の概要を示すとともに、本研究の研究成果について要点を取りまとめている。本書の全体構成は第1図のとおりである。



第1図 報告書の構成

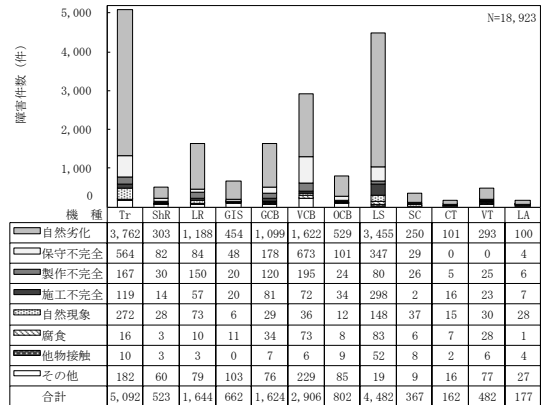
2-2. 現状調査 (第II編)

第II編「現状調査」では、これまでの電協研において調査されてきた全12機種の変電設備(第1表)を対象に、構造と規格の変遷、使用者の保有する設備量や保全実態、事故・障害実態の調査・分析結果を機種別に取りまとめている。

第2図に一例を示す。本図は各機種における原因別の障害件数であり、全機種において自然劣化の占める割合が多い結果を示している。

第1表 調査対象設備・期間

機種	調査期間(年度)	
	前回	今回
Tr	1998~2001 [第61巻第3号]	2002~2017
ShR	1998~2001 [第61巻第3号]	2002~2017
LR	2002~2007 [第67巻第4号]	2008~2017
GIS	2002~2010 [第70巻第2号]	2011~2017
GCB	2002~2010 [第70巻第2号]	2011~2017
VCB	1998~2001 [第61巻第3号]	2002~2017
OCB	1992~1997 [第56巻第2号]	1998~2017
LS	1992~1997 [第56巻第2号]	1998~2017
SC	1998~2001 [第61巻第3号]	2002~2017
CT	1992~1997 [第56巻第2号]	1998~2017
VT	1992~1997 [第56巻第2号]	1998~2017
LA	1992~1997 [第56巻第2号]	1998~2017



第2図 各機種における原因別の障害件数

2-3. 劣化評価と保全方策 (第III編)

第III編「劣化評価と保全方策」では、第II編の調査結果を踏まえ、劣化進展により生じる設備の各部位・部品の障害事象を検討し、その結果を「劣化進展フロー」として整理している(第3図)。

そして、最新の劣化研究および事故・障害事例より得られた劣化事象とこれに対する保全方策、また、使用者・製造者の寿命の考え方や、使用者が実施している延命化策について取りまとめている。

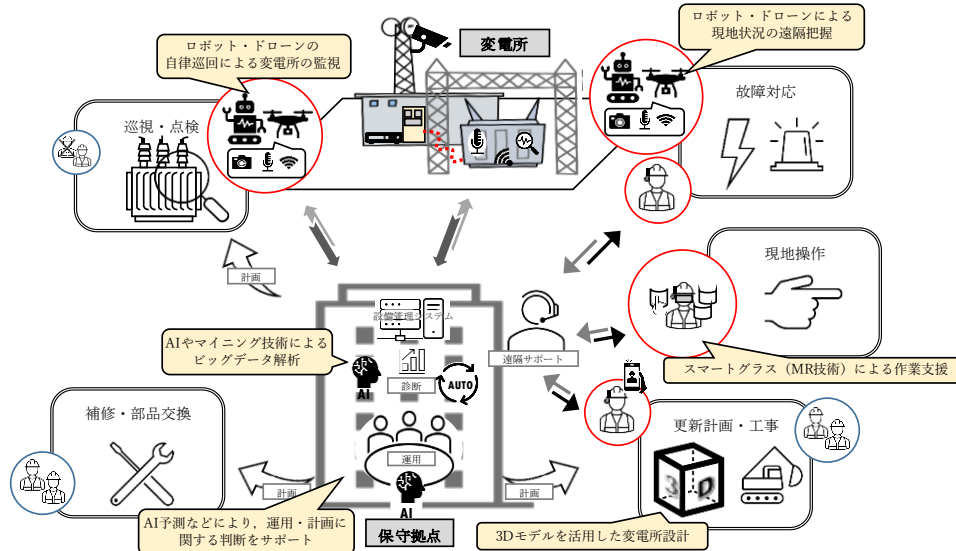
さらに、各設備の部位・部品ごとの劣化傾向を分析するため、調査結果をもとに各機種の部位・部品構成を体系化し、付録「部品構成表」として収録している。

設備	部位	構成部位			部品	劣化進展フロー ★: 本体へ影響が起きた時点
		大分類	中分類	小分類		
Tr・ShR	本体	タンク	面部・気密部	シール部	ガスケット	実質、変形の進行 → シール性能の低下 → ★油漏れ、ガス漏れ → 漏量、ガス量の低下 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊
				カバー	腐食	腐食の進行、めっき塗 → 亀裂の発生 → ★油漏れ、ガス漏れ → 漏量、ガス量の低下 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊
			扉部	扉板	扉板の消耗	腐食の進行、めっき塗 → 亀裂の発生 → ★水分の浸入 → 計器、線束部の動作 → 運転停止
				扉板	腐食の進行、めっき塗 → 亀裂の発生 → ★油漏れ、ガス漏れ → 漏量、ガス量の低下 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊	
			シールド部	電磁遮蔽	アルミ	締付けの緩み、変形 → 過熱、絶縁物の劣化 → ★部分放電の発生 → 分解ガスの発生 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊
					鋼板	腐食の進行、めっき塗 → 亀裂の発生 →
		防音タンク			吸音材 表皮膜の消耗	腐食の進行、めっき塗 → 亀裂の発生 →
		巻線 (巻圧・中 圧・低圧・ タップ)	通電部	配位電線	高電圧の侵入 → ★部分放電の発生 → 分解ガスの発生 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊	
				短絡電線通電	変形 → 機械強度の低下 →	
				絶縁距離	絶縁距離の不足 →	
			平角線	アルミ線	過電流通電 → 過熱、温度上昇 → 絶縁物の劣化 → ★部分放電の発生 → 分解ガスの発生、絶縁性能の低下 → 絶縁破壊	
				銅線	過電流通電 → 過熱、温度上昇 → 絶縁物の劣化 → 絶縁物の損傷 →	
				アルミ線	絶縁距離の劣化 → 絶縁の特性低下 → ★部分放電の発生 → 分解ガスの発生 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊	
		絶縁物	プレストボード	絶縁板	過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → ★部分放電の発生 → 分解ガスの発生 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊	
				強化セメント	過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → 変形 → 機械強度の低下 →	
ガラスエポキシ	腐食、変形による劣化 → 劣化 → 劣化、損失の増大 →					
絶縁物	アルミ線		過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → ★部分放電の発生 → 分解ガスの発生 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊			
	銅線		過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → 変形 → 機械強度の低下 →			
	絶縁物		過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → ★振動の増大 →			
鉄心 (コア)	鉄心(コア)本体	電磁遮蔽	鋼板	腐食、変形による劣化 → 劣化 → 劣化、損失の増大 →		
			アルミ線	過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → ★部分放電の発生 → 分解ガスの発生 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊		
			銅線	過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → 変形 → 機械強度の低下 →		
		ヨーク	アルミ線	過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → ★部分放電の発生 → 分解ガスの発生 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊		
			銅線	過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → 変形 → 機械強度の低下 →		
			絶縁物	過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → ★振動の増大 →		
		締付部	締付金具類	スクリュー	締付けの緩み、変形 → 機械強度の低下 → 支持機能の低下 →	
				ナット	過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → ★部分放電の発生 → 分解ガスの発生 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊	
				電磁遮蔽	過電による過熱 → 絶縁物の劣化 → ★部分放電の発生 → 分解ガスの発生 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊	
			コアバインド	絶縁物	過電による過熱、振動 → 変形 → 支持機能の低下 →	
				絶縁物	過電による過熱 → 絶縁物の劣化 →	
				絶縁物	過電による過熱 → 絶縁物の劣化 →	
		主回路引出部	絶縁物	絶縁物	腐食の進行 → 腐食生成物の発生 → 亀裂の発生 → ★機械強度の低下 → 支持機能の低下 → がい骨破壊	
				絶縁物	熱劣化 → セメント金具脱落発生 → ★油漏れ、ガス漏れ、吸 → 絶縁性能の低下 → 絶縁破壊	
				絶縁物	セメントの劣質 → 変形 → 絶縁性能の低下 →	

第3図 劣化進展フローの整理例

2-4. 保全高度化技術（第IV編）

第IV編「保全高度化技術」では、第II編、第III編の調査結果を踏まえ、使用者の実態から保全高度化に対するニーズを整理するとともに、最新の ICT・IoT などを活用して保全高度化を実現する技術を調査した。また、保全高度化技術の活用実態と今後活用が期待される技術（第4図）を整理するとともに、使用者が目指す保全高度化の将来像の実現に向け、参考となる技術事例を紹介している。さらに、保全高度化技術の導入促進に向けた検討フローを整理し、各フェーズにおける必要な取り組みについて取りまとめている。



第4図 今後活用が期待される技術

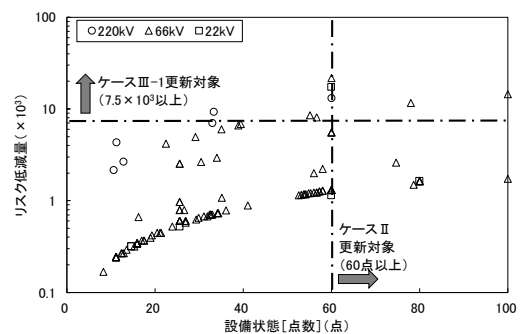
2-5. アセットマネジメント（第V編）

第V編「アセットマネジメント」では、国内外におけるアセットマネジメントの事例を調査し、電力流通設備に対するアセットマネジメントの動向と、代表的なアセットマネジメント手法の特徴（第5図）や、手法に用いる設備状態・影響度の定量化項目や定量化方法を取りまとめている。

さらに、使用者の戦略的な投資判断の一助となるよう、設備保全計画の策定を題材としたケーススタディにより、変電設備へのアセットマネジメントの適用事例を示している（第6図）。

		設備群の評価		保全方策の評価
評価指標	設備状態	リスク		リスク・コスト
影響度	—	点数	費用	
設備状態				
点数	Health Index	Scoring	Risk matrix	
故障確率			CNAIM	累積コスト評価法
			NOMs	IGMS

第5図 アセットマネジメント手法の分類



第6図 ケーススタディ事例（遮断器）

2-6. まとめ

以上のように、本書は全12機種の変電設備における最新の实態、各機種の部位・部品単位の劣化メカニズム、劣化に関する新たな知見や延命化策、さらには、先端技術の活用による保全高度化、設備状態・リスク・経済性を勘案した戦略的な投資判断についての研究成果を取りまとめた資料である。変電設備の保全高度化とアセットマネジメントを目指すにあたり、多くの皆様に活用いただけるものとする。