

鉄道用変電所における機器運転実績と余寿命の判定に関する 調査専門委員会 活動中間報告

古関隆章* (東京大学) 片岡秋久(東芝)

吉永 純、工藤 希(交通安全環境研究所) 森本大観(鉄道総合技術研究所)

Interim report of the investigation committee on operation records and remaining life assessment
of electric substation equipment for electric railway systems

Takafumi Koseki* (The University of Tokyo), Akihisa Kataoka (Toshiba Corp.)

Jun Yoshinaga, Nozomi Kudoh, (National Traffic Safety and Environment Laboratory),
and Hiroaki Morimoto (Railway Technical Research Institute)

This paper describes actual and scheduled activities of the investigation committee on operation records and remaining life assessment of electric substation equipment for electric railway systems from December 2006 through November 2008, briefly. The discussion in the committee consists of technical information exchanges among railway operator, system manufacturers and academic researchers, and survey of questionnaires to electric railway operators. There are no perfect strategies for the prognosis of failures/remaining lifetime of electric equipments useful for railway operators, but there are some hopeful technical sources for lifetime assessments for some components, whose failure physics have been already analyzed and useful techniques of data-mining have been applied.

キーワード 電気鉄道、電気設備、変電所、保守作業、合理化、データマイニング、余寿命診断

(Keywords: electric railway, electric equipment, substation, maintenance, rationalization, data mining, remaining life assessment)

1. はじめに

委員会設置の目的

電鉄向け変電所の機器老朽化に伴い、更新時期についての議論が問題になることが多い。近年の鉄道事業のサービス向上は著しく、車内サービス、駅務機器の機能向上、バリアフリー対応等に多くの資金が使用されるのは時代の趨勢として受け入れざるを得ない。しかしながら電気鉄道運営のインフラとして重要な位置付けにある地上設備の更新計画は事業運営にとって非常に重要な要因であると考えられる。

変電機器は多種、多様に渡りパワー機器から電子機器まで種類も豊富である。しかしながら、これらの重要設備を更新する場合の判断基準は全て経験に頼るしかなく、ユーザによってバラツキが大きいのが実体となっている。

機器は製造直後の初期故障期を経て偶発故障期と呼ばれる安定期が続いた後、故障が増大する摩耗故障期に入ることが一般的(バスタブカーブ)と言われている。また、使用環境による経験則や他社使用実績等を踏まえて余寿命を判定することが一般的に行なわれている方法と考えられる。また、ドキュメントとして残されている基準には ①大

蔵省令による建物付属設備等の耐用年数 ②電気学会耐用年数アンケート調査結果 ③建築保全センター耐用年数アンケート調査結果 ④建設省耐用年数アンケート調査結果等が存在している。これらはそれぞれ関係省庁、ユーザ、電気主任技術者、メーカーの立場で評価したもので基準が明確でない上にバラツキも多く見られるデータとなっている。更に「官庁建物用受配電機器の平均使用予定年数」「日本電機工業会の更新推奨時期」「日本配電盤工業会の配電機器更新状況報告」等もあるが、運転実績との関連が明確に表現されていないことから、あくまでも目安との位置付けとなっていて、実際の更新時期検討の参考になっていないのが実情である。

近年、予防保全のためのデータ取得技術や判定ソフト等も製品化されつつあるが、余寿命判定の必要性は年々高まっているのが実体である。先にも述べたが鉄道事業がサービス向上を目指している中、事業の基盤である定時運用が絶対の使命であり、機器の故障による運用への影響は最小限に抑えねばならない。一方、機器を限界まで使用したいとのユーザ意向や環境対策との関連など検討すべき項目は多岐に渡るものと考えられる。

本調査専門委員会は機器の運転実績と余寿命の判定方

法を研究し、予防保全に役立てることはもちろんのこと、最適な機器の更新時期を判定する基準を定めることを目的に、

- (1) 鉄道用変電所における機器の種類と運用実績調査
- (2) 運用実績と余寿命との相関関係
- (3) 余寿命の判定手法
- (4) 最新の保全・計測システム、予防保全・診断技術の調査

を、具体的な調査検討項目として、当初2006年6月の活動開始を予定し設立された。その後、委員長の急病などにより活動開始が半年遅れ、2006年12月から以下に述べる形での活動を行っている。

設置計画の委員構成

- 委員長 古関 隆章 (東京大学)
委員 安田 初男 (東日本旅客鉄道株式会社)
委員 井上 隆 (西日本旅客鉄道株式会社)
委員 松田 薫 (東京地下鉄株式会社)
委員 今成 孝雄 (東京急行電鉄株式会社)
委員 奥谷 民雄 (鉄道建設・運輸施設整備支援機構)
委員 長谷 伸一 (鉄道総合技術研究所)
委員 片岡 秋久 (株式会社 東芝)
委員 古川 孝之 (三菱電機株式会社)
委員 吉永 純 (交通安全環境研究所)
幹事 森本 大観 (鉄道総合技術研究所)
幹事 山口 知宏 (交通安全環境研究所)

2007年6月時の委員構成

- 委員長 古関 隆章 (東京大学)
委員 金子 力 (東日本旅客鉄道株式会社)
委員 二法田昌明 (西日本旅客鉄道株式会社)
委員 土屋 康晴 (東京地下鉄株式会社)
委員 山下 信哉 (京王電鉄株式会社)
委員 八木 英行 (鉄道建設・運輸施設整備支援機構)
委員 長谷 伸一 (鉄道総合技術研究所)
委員 片岡 秋久 (株式会社 東芝)
委員 古川 孝之 (三菱電機株式会社)
委員 渡辺 能康 (日立製作所)
委員 粟飯原一雄 (富士電機)
委員 大関 進 (明電舎)
幹事 森本 大観 (鉄道総合技術研究所)
幹事 吉永 純 (交通安全環境研究所)
幹事補佐 工藤 希 (交通安全環境研究所)

2. これまでの委員会活動の進め方と取りまとめにむけた考え方

〈2・1〉 前半の活動 本委員会は、事業者・システム供給者双方にとって非常に重要な問題意識はあるものの、比較的検討対象が広くまた、技術的な調査対象としては曖昧な部分も含むため、調査項目の具体化は困難であった。そこで、前半の進め方としては、問題点の具体化、絞り込みも一つの目標に、各委員がそれぞれの立場で感じている問題点や、関係する範囲で育っている技術についての情報交換を行うことを一つの活動の柱とし、それに適宜鉄道事業者の現場の見学会、鉄道事業者への問題意識を問うアンケートおよび、他分野、および鉄道における他の種類のハードウェアの保守に関する先行調査報告書の調査を平行して進めすることとした。

それを具体化したものが以下の活動報告であり、いくつかの技術シーズの紹介は、この研究会における他の講演で、本発表に引き続き行われる予定である。

前半の活動記録

第1回 06/12/19 自己紹介

信頼性工学について (古関研 鈴木)

第2回 07/02/01 JR 東日本丸の内変電所見学

第3回 07/04/11 電気協同研究 58-5 電力設備の保守・運用における IT の活用と将来動向 (文献調査 幹事)
鉄道における状態監視・危険予知技術調査専門委員会 工場電気設備の診断・更新など (幹事)

第4回 07/05/31 地下鉄技術協議会の取り組み紹介 (土屋委員)

保守診断技術紹介—電気鉄道向け電力管理・保全計測統合システム (東芝電機サービス殿)

交流変電所の主な機器について

第5回 07/07/23 小田急電鉄殿 保全支援システム電力管理システム (千歳船橋、相模大野) 見学 索道施設の検査と更新 (吉永)



図1 小田急電鉄殿の最新鋭の変電所における設備監視の技術の見学と議論の様子

Fig. 1 technical visit and discussion at one of the newest substations of Odakyu electric railway

第6回 07/09/11 青函トンネルの変電設備更新（八木委員）

受電設備の保守技術（日立 渡辺委員）

第7回 07/10/24 LCA, 中長期保全計画、設備診断、カスタマーセンタ、リモート監視、

電気設備メンテナンス技術研究所（明電舎 大関委員）

鉄道のライフサイクルコストアセスメント（RTRI 相原氏長谷委員御推薦）

第8回 07/11/28 三菱電機 岡澤様（古川委員御推薦）

JR西日本の変電施設概要と設備管理、更新について 二法田委員

第9回 08/03/16

施設管理に関する銚子電気鉄道殿との意見交換



(a) Rolling stock at Choshi station



(b) The unique substation of Choshi Electric Railway

図2 銚子電鉄殿の見学の様子（：銚子駅停車中の車両（上）と変電所の見学の風景（下）

Fig. 2 Technical visit and discussion

at Choshi Electric Railway

第10回 08/04/15

話題提供 粟飯原委員より

話題提供 古関より（SVMを用いた時系列予測）

第11回 08/05/27

話題提供 山下委員 京王電鉄の変電施設概要と更新について

話題提供 森本幹事 電鉄設備の保全における電車線路と変電設備の比較

これらの審議を支えるものとしてこれまで 07/11/28, 08/05/14 の2回の幹事会を行った。

〈2・2〉 後半の報告書取りまとめに向けた作業

上記の活動に引き続き、後半は、技術報告書の執筆、編修に向けた具体的作業とそのための議論に入っている。その経過、今後の予定は以下のとおりである。

第12回 08/06/18

報告書目次案、章幹事などの割り振り、

文献調査範囲・候補（自動車などの文献調査、海外文献等の調査の予定）

第13回 08/07/31

執筆分担、スケジュールも含めた具体的依頼

海外文献等の調査の報告と審議

第14回 2008/10月

章ごとの原稿確認 <===章レベルでの調整（グループワーク）

解散報告書審議

第15回 2008/11月末あるいは12月

最終回： 報告書最終確認

産業応用フォーラムに関する準備の審議 電鉄用変電所機器余寿命管理についての調査として

〈2・3〉 事業者アンケートについて 電鉄用変電所機器

余寿命管理についての調査として、JR2社、大手民鉄6社、地下鉄事業者4社、中小事業者4社、新交通等 4社のご協力をいただき余寿命の判断に関する実務的な考え方と技術の実態についての詳細な調査を行い、委員会の審議でその結果を議論しつつ取りまとめを行っている。

3. おわりに---今後の活動と成果報告の方針

機器の余寿命の判定方法が得られることで、最適な更新時期の判断、予防保全による事故の未然防止、延命のための最適な処置、機器の有効利用によるLCC（ライフサイクルコスト）の低減等の効果を図るといふ、初期の目標を本委員会の短い活動時間の中で達成することが難しいことは、議論を進める過程で改めて認識されたが、上記の活動を

通じて、各事業者の考え方と抱えている問題点の具体的整理、現在導入されている新しい設備状態の監視技術や機器供給者側のメンテナンス支援、状態監視と記録装置の現状、および余寿命診断に資すると考えられる萌芽的な機器部品レベルでの劣化診断技術については、まとまった報告をまとめられるよう今後の作業を進めていきたい。本研究会で萌芽的な機器部品レベルの劣化診断技術の紹介に加え、12月に向けて、以下の概要を持つ技術報告書の発行に向け検討を進める。

「鉄道用変電所における保守のための計測と余寿命判定技術の動向」

1. はじめに（執筆担当：古関）

問題点：

- (1) 鉄道用変電所における機器の種類と運用実績調査
- (2) 運用実績と余寿命との相関関係
- (3) 余寿命の判定手法
- (4) 最新の保全・計測システム、予防保全・診断技術

の調査

2. 活動報告

3. 余寿命判定とは

3.1 考え方、基礎となる手法

故障物理の解明/実験計画的アプローチ：マハラノビス/タグチ法/サポートベクトルマシン/その他データマイニングの手法（コホーネンアップ、ニューラル・ネットワークなど）/ライフ・サイクルコスト・アセスメントの考え方

3.2 計測技術の現状と判定技術の最新動向

3.2.1 総合メンテナンスシステム技術と保守支援サービスの現状

3.2.2 故障物理が解明され優れた余寿命診断技術が実用化しつつある事例

4. 鉄道変設備の維持管理の問題点 --ユーザ側保全・老朽化の調査

4.1 鉄道事業者の変電設備維持管理への取り組みの現状と動向

4.2 変電設備維持管理をする立場から必要とする技術、技術開発のあるべき姿

4.3 アンケートの分析とその傾向

5. 他の設備・産業インフラにおける手法、海外の検討例

6. まとめと今後の課題

この報告書が編修、発行できたら、その内容を産業応用フォーラムなどの場で報告すべく努めたい。

これまで、貴重な設備見学の機会をお与えくださった、JR東日本殿、小田急電鉄殿、銚子電鉄殿、アンケートのために貴重な時間を割いて情報のご提供をくださった事業者の皆様、および本委員会の調査活動に多大なご尽力をいただいている皆様に、この紙面を借りて厚くお礼申し上げます。