

メンテナンスとライフサイクルエンジニアリング

🔗 ライフサイクルエンジニアリング, TBM, CBM, RBM, 余寿命診断

* 瀬戸栄一 Eiichi Seto

* 片桐正明 Masaaki Katagiri

概要

電気設備をはじめ社会のインフラを支える各種設備の多くは、常に経済性を維持しつつ、社会不安をおおるようなことのない安定した信頼性が求められる。工場・プラントなど一般産業用の基幹設備も同様である。それを実現するために欠くことのできないのが、適切なメンテナンスとそれを支える技術である。

「engineering (エンジニアリング)」は工学技術と訳されるほかに、「巧みな処理」という訳もある。これは取りも直さず設備の保守と運用の最適化を目指す活動を意味する。設備全体を総合的に評価しながら全供用期間にわたってベストな状態を維持するのが、ライフサイクルエンジニアリングの目的とするところである。別の言い方をすれば、経済性と信頼性の両立ということになる。設備を構成する主要素（装置・機器）や付帯物（ケーブル・配管など）に関する多面的な保全技術と総合的な評価判断のための科学的知見をも必要とする。

また近年、特に大規模な自然災害に見舞われるケースも相次ぎ、社会全体の価値観の変遷も少なからず影響し、一般の故障リスクにとどまらず被災リスクも考慮した新たな運用体制・判断基準及びメンテナンスのあり方が求められている。

1. ま え が き

我が国経済の高度成長期後半からバブル崩壊の1990年代までに導入された電気設備の多くが老朽化進行期にあり、故障の発生確率も年々高まっている。従来は供用年数や実稼動時間に応じ、所定の部品交換や保全措置を施す時間基準保全（TBM：Time Based Maintenance）が広く浸透していたが、それに代わる状態監視保全（CBM：Condition Based Maintenance）の保全手法が、より合理的な手段として次第に普及しつつある。

当社では、従来の点検保守ないしはTBM的メンテナンスに加え対象機器・設備の劣化診断を適宜行い、それに応じた措置を含む最適なCBMを「ニューメンテナンス」と呼び、展開している。さらに設備の総合的な評価判定をするとともに、最も差し迫ったリスク要因などに着眼した有効かつ

経済的な措置対策を選択する手法であるリスク管理保全（RBM：Risk Based Maintenance）を指向した技術開発を進めている。

本稿では、当社のメンテナンス技術の概要やライフサイクルメンテナンスへの取り組みについて紹介する。

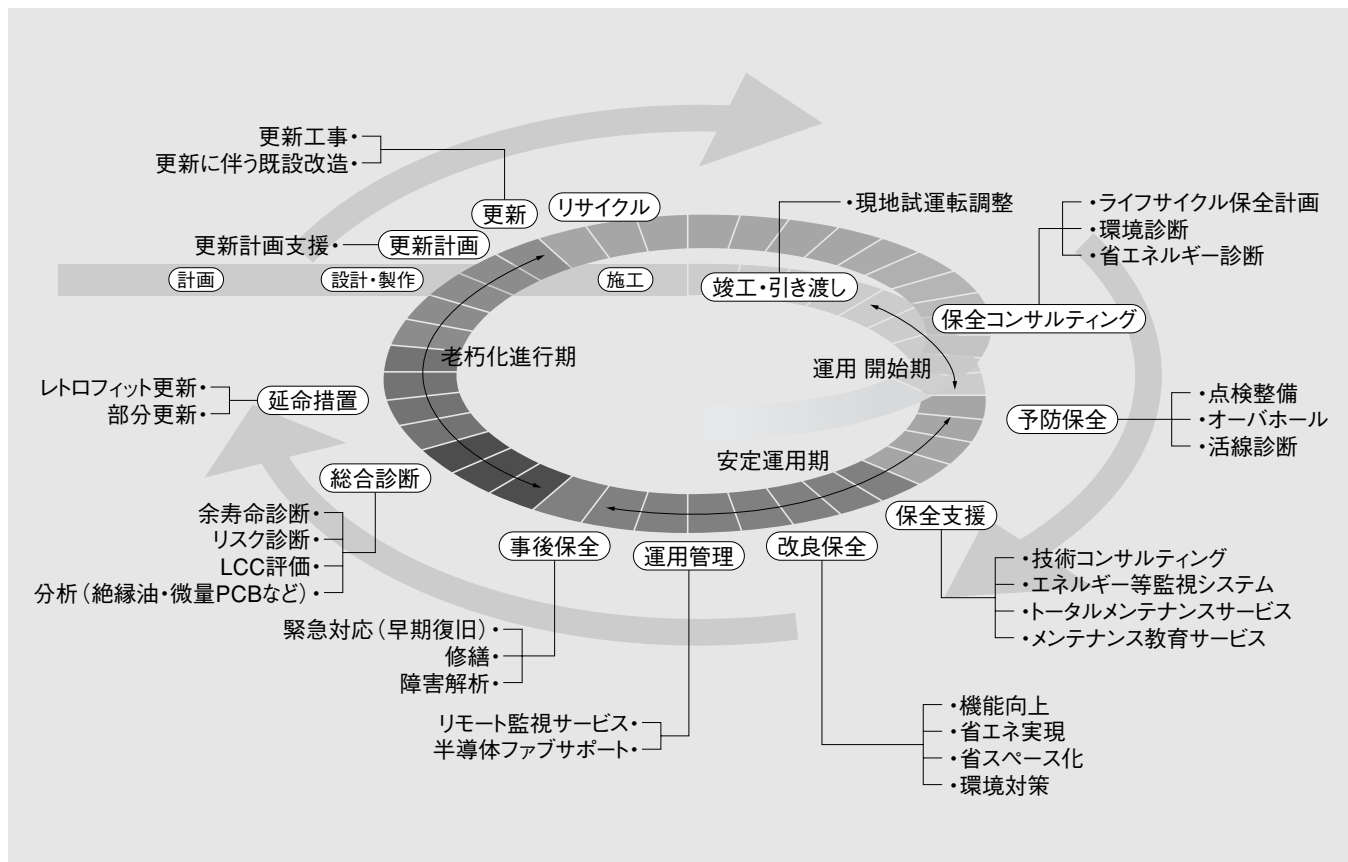
2. 当社のメンテナンス技術概要

2.1 運用開始期から安定運用期

受変電設備を始め電気設備のライフサイクル全体を俯瞰したステージは、第1図に示すようなフローとなる。この各ステージにおいて、メーカーでもある当社の強みを発揮した様々な保全ないしは保全に関する支援業務を展開している。

まず、運用開始期から安定運用期においては、中長期にわたるライフサイクル保全計画を立案し、主に予防保全に着眼しつつ環境診断や省エネ診断

*サービス技術統括部



第1図 電気設備のライフサイクルエンジニアリング

設備の計画・導入から廃棄・更新までのライフサイクルの各ステージにおいて、メンテナンスの役割を示す。

も実施しながら、トータルな保全支援活動を展開している。

2.2 安定運用期から老朽化進行期

安定運用期から老朽化進行期にあつては、機能向上を含む改良保全を実施するとともに、劣化が著しい部位・機器を中心に積極的な設備診断を展開している。

診断には、大きく分けてその時点での異常の有無を判断する異常診断と余寿命診断がある。どちらも要因は直接・間接的に経年劣化に伴うものが大半であるが、特に余寿命診断は、劣化の進行度(年率)を定量化し寿命を判定するものであり、一般の保全技術の枠を超えた多くのノウハウやデータの蓄積が必要となる。詳細は、後述を参照されたい。

2.3 老朽化進行期から延命・更新へ

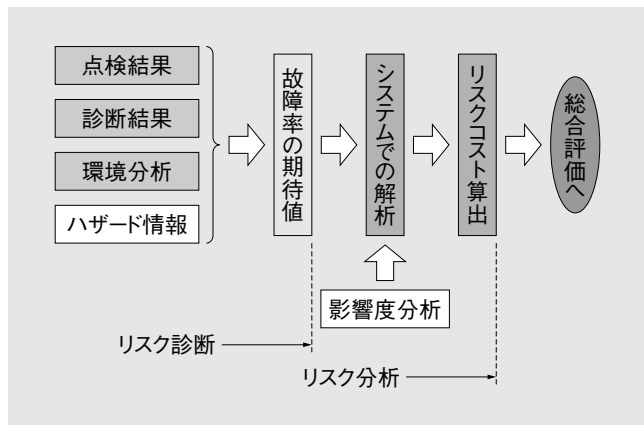
設備の老朽化進行期においては、一般的に事後保全(故障対応)が増加する傾向がある。図らずして発生してしまった故障については、化学的な分析を含めた確な障害解析をするとともに、診断の結果も踏まえた改善・延命措置を講じている。

当該設備・機器の診断結果や運転環境などの条件から余寿命診断やリスク診断を行い、部分更新・レトロフィット更新・改良又は全体更新に向けた段階的対策立案など最適な措置の提案・実施に努めている。

3. ライフサイクルエンジニアリングへの貢献

前述したように、対象設備の全供用期間にわたり、故障などのリスクを一定以下に抑え、全体としてコストの最適化を実現することが、ライフサイクルエンジニアリングの主たる目的とするところである。これには、大規模な事故はもとより一般故障や一部機能不全による被害をも、リスクコストとしてコストに反映させた公平な評価が求められる。期待故障率をアウトプットするリスク診断に、コスト評価を反映させたリスク分析を経て総合診断又は総合評価を行う。この一連の手順を第2図に示す。

これまでに確立されたメンテナンス技術・診断技術又は改良・改善施工技術などは、個々の装置・



第2図 リスク診断・リスク分析から総合評価
 リスクベースマネジメントの考え方に沿い、総合評価へ反映させるための作業フローを示す。

機器や部位ごとに最適化を実現する手段として有効に機能している。それらの要素技術を総合的な評価・判断基準の下で最適動員することにより、部分最適・局所最適から全体最適への道が開ける。これは取りも直さずトータルコスト（ライフサイクルコスト）の最適化につながるものである。

故障によるリスクを恐れるあまり、過剰保全（オーバメンテナンス）に陥ることを合理的に抑制する手法とも言える。保全協調又は信頼性協調とも呼ばれる。リスクベースマネジメントあるいはRBMの考え方や手法が具体的な実現手段の一つである。

主要機器の余寿命診断には、中長期にわたる傾向管理とともに、診断による統計解析手法である主成分分析・ニューラルネットワークなどの多変量解析の適用が有効である。

このように、真のライフサイクルエンジニアリングは次回の更新までを想定した上で、発生し得る全てのトラブルの確率予測を基に、設備全体を俯瞰したリスクとコストの最適化を実現するものであり、総合診断・総合評価の様々なノウハウを駆使して実現する。

4. 今後の展開

一般の統計解析的手法は、相当数の診断データや故障データの蓄積が必要条件である。診断の結果から導かれる余寿命あるいは絶縁破壊電圧値の予測などは、十分な標本データがあって初めてアウトプットの確度や信頼度が実用段階まで高まる訳であるが、往々にして破壊値や故障実績（ハ

ザードデータ）などの蓄積が乏しいのが現実である。質・量ともに十分でないデータを基に導出した余寿命など予測値は、その確度の指標である決定係数（相関係数）も低く、説得力も弱いものとならざるを得ない。

当社では、本誌で後述する設備情報管理システム（e-FaIn）を開発・運用し、診断技術の改善・高度化に必要なハザードデータを含む実フィールドデータの蓄積を継続しつつも、統計的処理のみに固執しない、より現実的かつ合理性を伴う新たな手法の調査・導入も進めている。経年や運転環境による評価など一定の合理的な判断基準（事前確率）を基に、点検・診断や分析の結果を順次反映させ、最終的な評価（事後確率）の確度を上げていくベイズの定理に沿った手法の適用も研究中である。メカとしての知見や保全の経験を効果的に反映できる新たな評価法であり、2013年度から一部フィールド適用を目指している。

5. む す び

昨今、大規模な自然災害の被災によるリスクも重要な要素として、社会的に無視できなくなってきた。復旧を支えた当社の主な活動実績については本誌に後述するが、設備のライフサイクルエンジニアリングを展開する上でも、自然災害リスクをどう反映させるかについて、メカとしてまた保全のプロとして真剣に考えていかなければならない。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



瀬戸栄一 Eiichi Seto
 診断技術の研究開発に従事



片桐正明 Masaaki Katagiri
 診断技術の研究開発に従事