

原電における状態監視の適用について

Application of Condition Monitoring in JAPC

日本原子力発電 (株)	長谷川 彰	Akira Hasegawa
日本原子力発電 (株)	中村 茂雄	Shigeo Nakamura
日本原子力発電 (株)	浦上 正雄	Masao Urakami

Condition Based Maintenance (CBM) includes Condition Monitoring (CM) of equipments and performing reasonable frequency on the maintenance work by CM. To improve safety and reliability of equipments and facilities, CBM has been applied to many industries in Japan and foreign countries from 1970's.

On the other hand, in Japanese nuclear power plants, we used to carry out the Time Based Maintenance (TBM) which is performed constant period of maintenance for the facilities. By the situation of these days, To assure the safety and reliability of nuclear power plants, we positively applied the Condition Monitoring that can carry out adequate and rational maintenance method.

In this report, we will introduce the summary of Condition Monitoring we have been recently applying to JAPC.

Keywords: Condition Monitoring , Condition Based Maintenance , Time Based Maintenance

1. 緒言

設備に対して状態監視 (CM ; Condition Monitoring) を行い、その結果に基づき保全措置を行う状態基準保全 (CBM ; Condition Based Maintenance) は、1970 年代に鉄鋼業や石油・化学業界等に導入され、その後も一般産業に広く導入された。[1]

状態基準保全は、設備の構成部品について各々の使用限界時期を見極め、限界前に分解点検を実施して適切な保全措置を適切な時期に講じることで、設備の安全性・信頼性を維持するものであり、結果的に状態基準保全の導入は保全コストの削減に繋がってくる。

従来、国内原子力発電所の設備に対しては、一定の期間で分解点検を行う時間基準保全 (TBM ; Time Based Maintenance) を中心とした保全を実施してきた。しかし、信頼性を重視するあまり過剰な保守となり、かえって機器の劣化や故障を招く場合があった。

昨今の情勢では原子力発電所においても、設備の安全性・信頼性確保はもとより保全内容の適正化・合理化が求められており、これに応えるために当社では平成 11 年に設備の状態監視を専属で行う設備診断チームを各発電所に設置し、保全内容の合理化・適正化に向けた検討を開始した。

設備診断技術の適用に当たって、まず始めに他産業でも実績の多い回転機器の振動診断、潤滑油診断、赤外線診断の 3 つの状態監視技術の導入を図った。それらの技術を用い、当社社員自らがデータを収集、分析評価し、機器の状態確認や点検計画の立案を行っている。特に振動診断の管理値については、技術導入当初はメーカー推奨値や公的規格を参照していたが、機器は運転状況や設置環境により固有の特性を持つことからデータの蓄積・整理を行った上で、機器毎に管理値を設定し、異常兆候の早期検知に努め、原子力発電所設備のより確実な安全性・信頼性の維持管理に力を注いでいる。

また、他産業における設備状態監視技術の調査・試験導入や、新しい診断技術の研究開発にも積極的に取り組み、間欠運転機器の振動傾向管理、電動弁・空気作動弁等の弁診断、ディーゼル機関診断等、状態監視技術の導入範囲拡大にも努めている。

本稿では、当社における原子力発電所設備への状態監視の適用について紹介する。

連絡先:長谷川 彰、〒101-0053 東京都千代田区神田美土代町 1 番地 1、日本原子力発電(株) 発電管理室
電話: 03-6371-7627、e-mail:akira-hasegawa@japc.co.jp

2. 状態監視技術導入状況

当社では、平成 10 年度に設備に対する状態監視技術導入の基本計画立案を行い、平成 11 年度から各発電所に設備診断チームを設置し、状態監視業務を実施している。

状態監視技術の導入状況について、図 1 に示す。

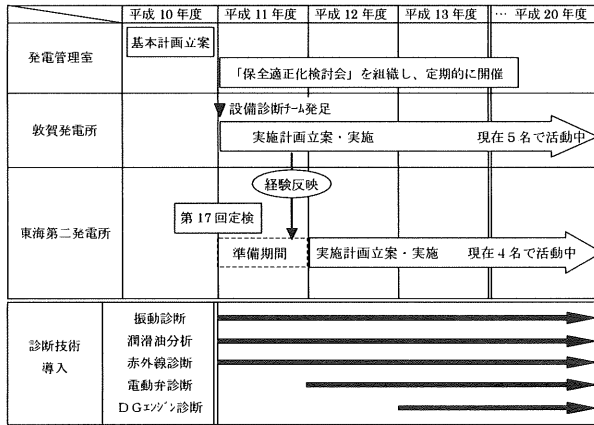


Fig. 1 The application process of CM technology

3. 状態監視の信頼性

状態監視技術の適用に当たっては、以下の 3 つの要素が重要となる。

- ① 状態監視技術の成熟度（診断技術の導入実績 等）
- ② 適切な活動プロセス（実施手順の的確性、フィードバック 等）
- ③ 診断技術者の力量（人材育成プログラム、資格制度 等）

各々について、下記に記す。

3.1 状態監視技術

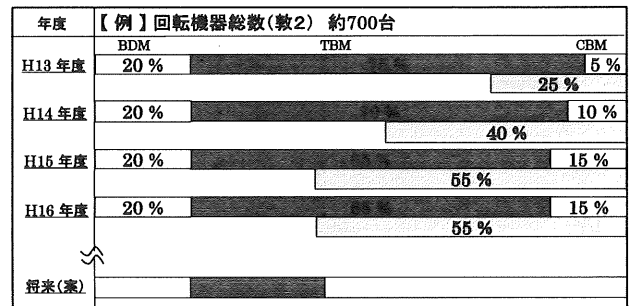
(1) 既存の状態監視技術の適用

国内外の産業界には、多くの状態監視技術が存在するが、診断技術の成熟度、実機への適用実績、米国での状態監視状況調査の結果を考慮し、表 1 に示す振動診断、潤滑油診断、赤外線診断の 3 手法から導入を開始した。

例として、敦賀発電所 2 号機の振動診断導入状況を図 2 に示す。敦賀発電所 2 号機には約 700 台の回転機器があり、構造上測定できないものや高線量区域の機器を除いて約 400 台に対して状態監視を行ってきた。

Table 1 CM method

	定量項目例	評価・分析項目例
振動診断	変位, 速度, 加速度, 周波数	回転体の構造異常 (アンバランス, ミスアライメント) 軸受異常, 回転体の摩耗
潤滑油診断	粘度, 水分, 全酸化, 清浄度 (NAS 等級)	油の性状, 汚染度 摩耗粉分析 (フェログラフィー)
赤外線診断	表面温度	発熱部位の確認, 温度分布 ・軸受温度 ・変圧器入出力端子の絶縁碍子温度



※ 下段は状態監視活動範囲の割合
Fig.2 Transition of maintenance method for rotating machines in Tsuruga Unit 2

これにより、状態監視結果に基づき点検を行う状態基準保全 (CBM) へ移行したり、これまでと同様に時間基準保全を行う場合でもその点検周期の延長や点検内容の合理化を行い、保全の合理化・適正化を進めている。

この 3 つの診断手法に続くものとして、米国において既に多くの原子力発電所に適用実績を有するディーゼル機関の診断技術を導入している。ディーゼル機関診断は、シリンダや燃料供給システムの各種パラメータを採取し、動作状況を確認するエンジン特性分析、エンジンに作用する流体に対する化学サンプリング、電気系統や排気ガスの漏れの有無をサーモグラフィ等により検知する温度測定により総合的に診断するシステムであり、現在は診断・評価及びデータの蓄積を行っている。

(2) 新しい状態監視技術の開発

状態監視業務を行うに当たり培った知見、ノウハウを基に研究開発した診断技術も状態監視に適用している。

1) 間欠運転機器傾向管理

原子力発電所の回転機器には不定期に起動・停止する間欠運転機器が多数あり、これらは起動時間が不明であることから振動データの蓄積が困難である。そこで、設備診断に実績のある会社との共同研究を行い、回転機器の起動を検知して自動で振動を測定し、傾向管理や精密診断を行うために必要なデータを採取できる装置を開発した。これにより間欠運転機器についても状態監視が可能となった。

2) 弁診断装置

従来の弁類の状態監視では、設備の隔離を行った上でセンサーの脱着を行う必要があり、運転中の状態監視を行うことは不可能であった。そこで、電動弁メーカー、空気作動弁メーカーと共同で、運転中に弁の作動状況等の状態監視を可能にする電動弁診断装置 (MOVDAS ; Motor Operated Valve Diagnostic Analysis System)、制御弁診断装置 (AVIDAS ; Air Operated Valve Intelligent Diagnostic Analysis System)、電磁弁診断装置 (SOVDAS ; Solenoid Valve Diagnostic Analysis System) を研究開発した。電動弁診断装置 (MOVDAS) はセンサーの設置のために弁駆動機構の改造をする必要があるが、制御弁診断装置 (AVIDAS)、電磁弁診断装置 (SOVDAS) については、改造は必要なく運転中にセンサー設置が可能である。

電動弁診断装置 (MOVDAS) については各発電所に計 150 台程度導入して診断及びデータの蓄積を行っている。制御弁診断装置 (AVIDAS)、電磁弁診断装置 (SOVDAS) については、今後の現場での適用を検討中である。

また、採取した各種 (振動、潤滑油、赤外線、電動弁等) の状態監視データを一元管理し、合理的かつ効率的にトレンド管理等ができるシステムを構築し、業務の効率化を進めている。

3.2 活動プロセス

状態監視の活動プロセスは、PDCA (Plan Do Check Action) サイクルを行っている。

具体的には、(Plan) 国内外産業プラントでの適用事例・保全計画を参考にした状態監視計画表の作成、

(Do) 状態監視を行うための手順書・要領書の作成及び測定、(Check) メーカー推奨値や点検手入力前データとの比較による状態診断、(Action) 診断結果に基づいた監視強化への移行や分解点検の推奨等を行っている。

3.3 診断技術者

設備診断チーム員の技能向上と、採取データ、分析結果の信頼性向上のため、国内外での診断技術トレーニングに積極的に参加し、表 2 に示す設備診断に関する資格を取得している。

また、平成 13 年度より、当社研修センターにて社員技術力向上のために振動、潤滑油、赤外線の各種診断技術の訓練コースを開設している。

当社研修センターは、平成 17 年度に ISO 機械状態監視診断技術者 (振動) 資格取得のための訓練機関として機械学会から認定を受け、ISO 対応の振動訓練コースを開設し、平成 19 年度までに当社・他電力会社・協力会社等を含めて約 120 名が受講し ISO 機械状態監視診断技術者 (振動) 資格を取得している。

Table 2 Certification required for CM

資格名	認証機関	資格概要
機械保全技能士 (設備診断作業)	厚生労働大臣 都道府県知事	・振動、油分析、絶縁診断の診断技術を検定
Vibration Analyst	Vibration Institute	・振動診断専門家の認証 ・ISO に基づいた資格 ・日本機械学会と相互認証
ISO 機械状態監視診断技術者 (振動)	日本機械学会	・振動測定・解析を行う技術者の資格と能力の認証 ・ISO に基づいた資格 ・Vibration Institute と相互認証
Machinery Lubricant Analyst	International Council for Machinery Lubrication	・潤滑油分析専門家の認証
Machinery Lubricant Technician	International Council for Machinery Lubrication	・潤滑油管理技術専門家の認証
Certified Infrared Thermographer	Academy of Infrared Training Inc.	・赤外線診断 (サーモグラフィ) 専門家の認証
	Infraspection Institute	

4. 課題

現在、原子力発電設備の検査制度の見直しが検討されており、状態監視業務を行うには資格や経験が必要となることが予測され、人材育成には時間を要することから、これが急務の課題となっている。また、先に述べたように、これまで過剰ともいえる保全を行ってきた原子力発電所の設備では不具合事例が少なく、経験の場が少ないことも懸案の一つとなっている。

更に、状態監視技術の柱でもある潤滑油診断や赤外線診断についても今後、更なる範囲拡大を行っていく必要がある。

5. 結言

従来の原子力発電所の保全は、定期的に機器の分解点検を行う時間基準保全 TBM が主体であり、設備診

断チームの組織発足当初は、データ・不具合事例・技術に対する信頼の不足より、状態監視への漠然とした不安があった。

しかし、データの蓄積、不具合の検知等により、徐々に状態監視技術への理解が深まってきている。

今後は、保全 PDCA サイクルの確立により更に状態基準保全を拡大し、保全の合理化を進めていく予定である。

参考文献

- [1] 豊田利夫、“状態監視保全 (CBM) の基礎と最新動向の紹介”、第 4 回保全セミナー、2008.3.28、P.1