

状態基準保全移行に向けた取り組み

Action for the Condition Based Maintenance shift

東北電力(株)

佐藤 優樹

Yuki SATO

Member

At Oangawa Nuclear Power Station, the maintenance for the plant equipment has been performed by TBM which is based on the operation period of the equipment, and by BDM which is to be repaired the equipment by each break down. However, since FY2007, we have introduced CM to the plant equipment diagnosis for part of equipment, and performed TBM + CM maintenance. From this fiscal year, we evaluated those equipment performing TBM + CM to apply CBM which is based on the condition of the equipment, and started CBM for those representative equipment.

Keywords: Condition Based Maintenance, started CBM for the representative equipment,

1. 緒言

女川原子力発電所においては、発電所の機器の保全部は機器の運転期間等を基準とする時間基準保全 (Time Based Maintenance 以下「TBM」という) と機器の故障の都度、補修を実施する事後保全 (Breakdown Maintenance 以下「BDM」という) を基本に点検を実施してきたが、平成19年度から一部の機器について設備診断による状態監視 (Condition Monitoring 以下「CM」という) を導入し、「TBM」+「CM」の保全を実施してきた。

今年度から、TBM+CMの機器について、機器の状態を基準として実施する状態監視保全 (Condition Based Maintenance 以下「CBM」という) への移行評価を実施し、代表機器についてCBMへの移行を実施した。(CBM移行までの状況は図1参照)

ここでは、CBM移行にあたっての対象機器の選定、移行評価方法等について紹介する。

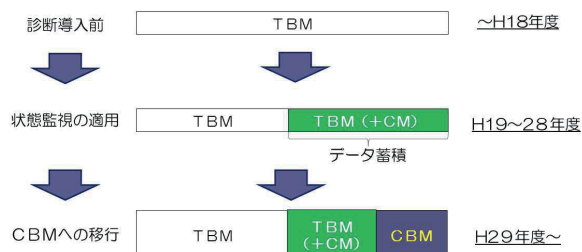


図1 CBM移行までの状況

2. 設備診断の状況

女川原子力発電所では、設備診断として「振動診断」「潤滑油診断」「赤外線診断」を実施しており、適用状況は下表のとおりとなる。

表1 設備診断適用台数

設備診断	長期停止中	運転中 (通常定検含む)
振動診断	270台(3Unit)	400台(3Unit)
潤滑油診断	120台(3Unit)	210台(3Unit)
赤外線診断	330台(3Unit)	500台(3Unit)

(1) 振動診断

振動診断は、発電所内の回転機器に適用し、主に機器の回転部(ベアリング部)の振動測定を実施し、回転部に発生する微細な振動を速度、加速度として測定している。振動診断の測定データからは、主に軸受の内・外輪傷、転動体傷、保持器傷等や主軸のアンバランス等が故障モードとして検知することが出来る。

測定結果はISOや診断メーカー知見をもとに評価基準を設定し評価を行っており、異常を検知した場合は、上記で記載した故障モードに対して原因推定を実施し、対策の推奨案を作成の上、設備担当Gと協議を実施し、対策を実施している。

連絡先:佐藤 優樹、〒986-2293 宮城県牡鹿郡女川町塚浜字前田1番、東北電力株式会社 女川原子力発電所 保全部 保全計画G
E-mail: sato.yuki.yc@tohoku-epco.co.jp

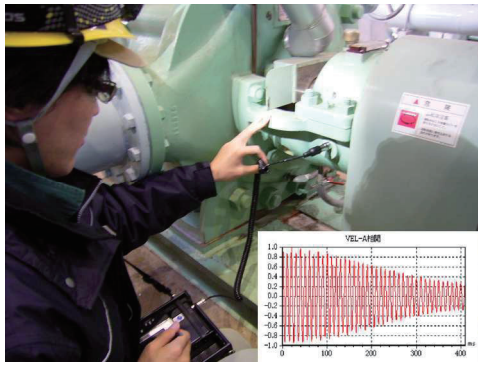


写真1 振動診断実施状況

(2) 潤滑油診断

潤滑油診断は、発電所内の回転機器に適用し、主に機器の回転部（ベアリング部）の潤滑油を採取し、潤滑油の性状、汚染、摺動部の摩耗状態などを測定している。潤滑油診断の測定データからは、主に摺動部の摩耗箇所や潤滑油への水分、異物の混入等が故障モードとして検知することが出来る。

測定結果は潤滑油診断導入時の診断メーカーの知見をもとに評価基準を設定し評価を行っており、異常を検知した場合は、振動診断同様の原因推定を行うが、摺動部の摩耗については振動データも考慮し、原因推定および対策の検討を行っている。

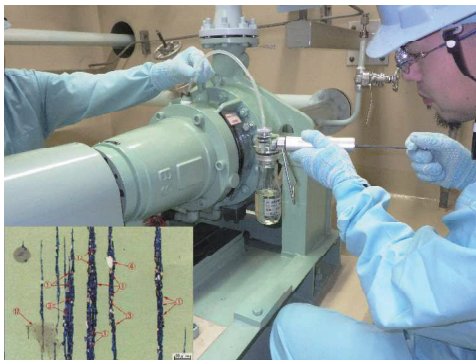


写真2 潤滑油診断実施状況

(3) 赤外線診断

赤外線診断は、発電所内の回転機器や電気設備に適用し、主に回転機器は固定子や軸受部、電気設備は導体部、導体接続部を測定している。赤外線診断の測定データからは、回転機器であれば軸受損傷、潤滑油不足による発熱等、電気設備であれば端子部の接触抵抗増加、過負荷、負荷アンバランス等による発熱が故障モードとして検知することが出来る。

測定結果は赤外線診断導入時の診断メーカーの知見をもとに評価基準を設定し評価を行っており、異

常を検知した場合は、振動診断同様の原因推定を行うが、回転機器については振動診断、潤滑油診断の測定データを考慮した対策の検討を行っている。

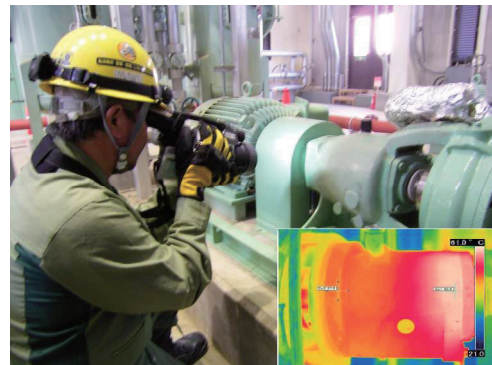


写真3 赤外線診断実施状況

3. CBM 移行の概要

3. 1 CBM 移行対象機器の抽出

CBM 移行にあたっては、TBM+CM の機器の中から振動診断を適用している機器を抽出し「保全重要度が低い機器」「異常発見時に予備機に切替可能」などの選定フローを図2のとおり作成の上、CBM 移行対象機器の抽出を実施した。

選定フローに従い抽出を実施した結果、CBM 移行対象機器は1～3号機の各号機約40台抽出され、その中でCBM 移行への代表機器として「1号機 純水移送ポンプ」を選定し、移行評価を実施することとした。

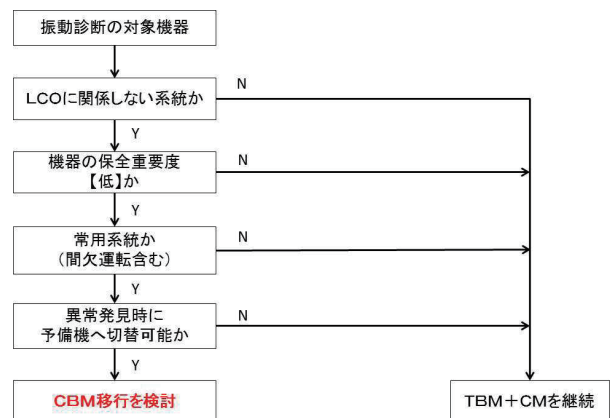


図2 CBM 移行対象機器の選定フロー

3. 2 CBM 移行対象機器の移行評価

CBM に移行すると現状の点検頻度を超えて運転することが想定されることから、現状の保全内容で問題が発生していないこと、設備診断により想定される劣化モードが検知できるか確認するため、以下の評価項目を立案し、図3のとおり評価フローを作

成した。

- (1) 各部位の経年的な劣化による故障の発生
- (2) 点検時に各部位で想定を超える劣化の発生
- (3) 機器に想定される経年劣化事象に対するCBMによる保全の妥当性

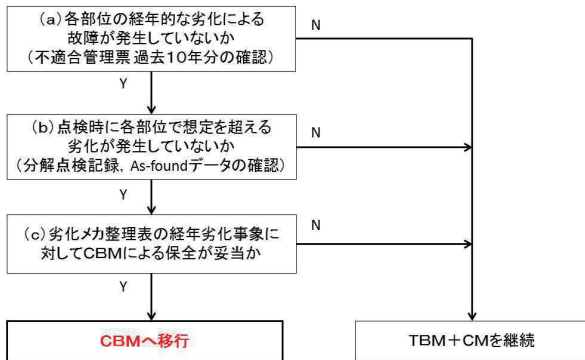


図3 CBM移行対象機器の評価フロー

(1) 各部位の経年的な劣化による故障の発生
過去に機能を喪失するような経年劣化に伴う故障が確認され、現在の保全内容（点検頻度、点検項目）となっているのであれば、CBMを適用し、現状の点検頻度を超えて運転することは好ましくない。
過去の故障履歴とその是正内容の確認を行うため、当該機器の不適合事象を過去10年分抽出し、その内容について確認を行った。

確認結果として、当該機器の不適合事象について不適合事象は確認されず、「各部位の経年的な劣化による故障の発生」という観点において、CBM移行は可能と判断した。

(2) 点検時に各部位で想定を超える劣化の発生
前述までは機器故障の発生状況について確認を実施したが、同様な観点で過去の点検結果から、各部位で想定を超える劣化が発生していないかについて、分解点検記録（過去3回 or 過去10年分で点検回数の多いほうで抽出）および点検手入力前データ※1の確認を実施した。

当該機器については、点検頻度「65M」（M⇒Month）で約1回/5年分解点検を実施しているため、過去3回分の点検記録を確認した。

当該機器の機能維持が必要となるための補修が必要な劣化や不具合は発生していないことから、「点検時に各部位で想定を超える劣化の発生」という観点

において、現状の保全で問題は発生しておらず、CBM移行は可能と判断した。

※1：機器の分解点検等において、劣化状態を修復する前の観察により得られる構成部品に係る情報をいう。

表2 純水移送ポンプの点検結果

対象機器	分解点検結果	点検手入力前データ
純水移送ポンプ(A)	過去3回全て「良」判定 ・マウスリングの摩耗やインベラキーの腐食、カップリング嵌め合い部に軽微ななじり傷等が確認されたが、主要部に想定を超える劣化は見られていない。	過去1回分 カップリング:適合※1 その他評価部位:良好※2
純水移送ポンプ(B)	過去3回全て「良」判定 ・マウスリングの腐食やシャフトベアリング嵌め合い部の摩耗、スタフィンボックスドレン孔からのリーク等が見られたが、主要部に想定を超える劣化は見られていない。	過去1回分 全ての評価部位:良好

※1 良好: 通常(想定)より良い状態(継続使用可能)
※2 適合: 通常(想定)通りの状態(通常の手入れ、定期取替品の交換、予防的に行う修理・交換)

(3) 機器に想定される経年劣化事象に対するCBMによる保全の妥当性

上記(1)(2)においては、当該機器の実際の不具合や点検結果により、CBM移行可能かを判断したが、CBM移行にあたっては機器の状態により点検の可否を判断するため、経年劣化事象に対して劣化事象を検知できるかの検討が必要となる。

機器の経年劣化事象については、原子力安全推進協会電力共通保全基盤エキスパート会議事務局発行「劣化メカニズム整理表」から当該機器の使用条件（型式：ターボポンプ横型遠心/流体：純水/材質：ステンレス鋼）に該当する劣化事象を抽出し、各劣化事象に対する検知性の確認を実施した。

確認結果として、振動診断、潤滑油診断および日常の巡視点検により、想定される経年劣化事象が検知可能と判断し、CBM移行は可能と判断した。

表3 経年劣化事象の整理結果（抜粋）

劣化メカニズム整理表: B01-05(ターボポンプ横型遠心/純水/ステンレス鋼)					機器の部位および材質 (設備図書: ポンプ組立図より)		劣化事象に対する評価	
No.	機能達成に必要な項目	部位	材料	環境	経年劣化事象			
1	ポンプ容量と揚程の確保	主軸	ステンレス鋼	純水	摩耗	302/シャフト	ステンレス鋼 (SUS303)	純水移送ポンプのシャフトは密接部を持たないため、応力腐食割れの可能性は低い。また、過去の分解点検記録より、有意な疲労割れは確認されていないことから、腐食による劣化が最も懸念しいと考えられる。また、長期間停止していた場合、腐食の進展や曲がりは、ガタやミスアライメントとして現れるため、振動診断により検知できる。
2					疲労割れ (確率的な疲労割れ)			
3					疲労割れ (フレックスマシンによる疲労割れ)			
4					応力腐食割れ (輸送応力腐食割れ)			
5					軸継手			

以上より、当該機器は移行評価項目全てに対して、CBM移行は可能と判断されたことから、CBM移行を実施することとした。

3. 3 CBM 移行にあたっての運用方法

CBM 移行にあたっては、機器の劣化事象を検知した際の対策の提案、機器を補修する際の取替部品確保の運用方法について、整理を実施した。

(1)劣化事象を検知した際の対策提案

CBM 移行にした際は、状態監視を実施するグループと設備の補修を実施するグループとの役割分担を明確にし、劣化事象を検知した際の対応を円滑に実施する必要があり、各役割分担は下記のとおり行っている。

[状態監視実施グループ]

- ・ 診断結果および所見内容の整理
- ・ 予備機への切替の提案
- ・ 対策の推奨案作成

[設備補修グループ]

- ・ 予備機切替の対応有無
- ・ 対策実施の判断
- ・ 対策予定時期の作成

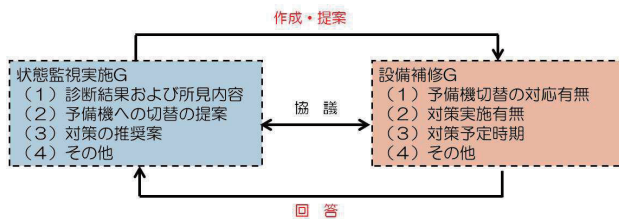


図4 劣化事象を検知した際の対策フロー

(2) CBM 移行機器に対する取替部品確保

CBM 移行にあたっては、劣化事象を検知してから補修を実施する際の予備品確保の必要性について検討を行った。

CBM 移行機器は予備機を有している機器を抽出しているため、点検等の対策が必要となった場合、予備機への運転切替えを実施し、その間に取替部品の手配を実施することから、原則として取替部品の事前準備は不要と整理した。

4. 結言

これまでに女川原子力発電所では、設備診断技術の蓄積に努めてきたが、今回初めて CBM に移行させるにあたり、評価方法を検討し、適用可能か評価を行った。

1号機 純水移送ポンプを代表機器として、評価

を行った結果、CBM への移行が可能と判断されたことから、当該機器の保全方式を TBM から CBM に変更した。

今後は、CBM 対象機器の抽出および移行評価の手法を活用し、CBM の適用範囲の拡大を図っていく。