

## 横型ポンプの振動診断の実績と今後

Current and Future Diagnosis of vibration in horizontal type pumps

中部電力株式会社	堀井 一明	Horii Kazuaki	Non-Member
中部電力株式会社	小林 秀壽	Kobayashi Hidetoshi	Non-Member
中部電力株式会社	鶴来 俊弘	Tsurugi Toshihiro	Member
中部電力株式会社	代田 寿彦	Shirota Toshihiko	Non-Member

### Abstract :

In Hamaoka nuclear power station, Condition Based Maintenance (CBM), which uses vibration diagnosis technology, has been introduced for some rotational devices such as horizontal type pumps or fans.

Until now, a lot of instances, which include predicting a failure of bearing by detecting an upward tendency of vibration, and reducing an oscillation by adding adequate oil following a detection of insufficient bearing lubricant, show that CBM has an adequate predictive function as preventive maintenance method.

However, some equipments need particular control on set values in consideration of the characteristic of each apparatus. And hereafter, it is necessary to solve some technical problems including improving proper judgment for starting maintenance, for expanding the capability of CBM application.

Moreover, it should be promoted positively to adopt not only vibration diagnostic technology but also lubricant analysis, thermography technology, etc., for the purpose of establishing an appropriate CBM technology.

**KeyWords :** Condition Based Maintenance, vibration diagnostic technology, horizontal type pumps

連絡先：中部電力株式会社 浜岡原子力発電所 保守計画課、〒437-1695 静岡県御前崎市佐倉 5561  
Tel : 0537-86-3481、E-mail : Horii.Kazuaki@chuden.co.jp

### 1. はじめに

原子力発電施設は、安全・安定運転を第1に考え、各種機器・設備を適切に維持・管理するために科学的知見や運転実績を踏まえた保守管理を実施している。

現在の保守管理は、「定期保全（時間計画保全）」を基本とした保全方法であるが、昨今の電力自由化やプラントの長寿命化に伴い保守の高度化、効率化が重要な課題となってきた。とりわけ設備の健全性を損なうことなく保守コストの削減が期待される「状態監視保全」の技術導入は、必要不可欠なものとなりつつある。

当社、浜岡原子力発電所においては、平成8年に状態監視保全技術（以下CBMという）の検討を開始し、以来、横型ポンプの振動診断を実施してきた。ここでは、その実績と今後の展望について紹介する。

### 2. 導入経緯

平成8年当時の発電所の保全是、過去の保守経験を基に一定の点検基準（点検周期を定め、分解点検を行い個々の構成部品の健全性を確認し、消耗品等の取替を行う）を定めた「時間計画保全」を主体として実施していた。

また、「現状の品質レベルを維持し、効率的な点検指標作成」を目標とし、検討を進めていた。さらに、「OSART (Operational Safety Review Team(運転管理調査チーム))」の調査において信頼性向上および保守コスト低減を目的として予知保全の導入について提言も受けたこともあり、海外でのCBMの実態調査等を行う等積極的な導入に向け検討を開始した。

一方、異常徴候の早期発見を目的に設備パトロール、運転確認（サーバランス含む）、回転体振動測定、音響モニター等の状態監視を実施していたが、経験や五感に頼るもので設

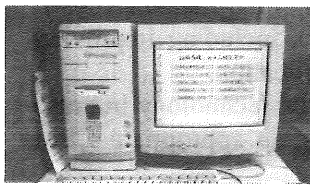
備健全性の診断は出来ても寿命予測は出来ないものであった。

そこで、他産業や海外原子力プラントで実績の豊富な回転体振動診断技術に着目することとした。

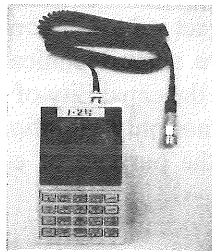
回転体振動診断測定器の採用にあたっては、

- ①軸受けの振動診断ができるように高周波数まで測定出来ること
- ②振動データの保管ができること（過去のデータ保管、事務所での分析が可能）
- ③携帯性が良いこと

等を考慮してNKK社製の"神童君" (Pic. 1, 2) を採用することとし、パイロットプログラムとして横型ポンプの振動診断を開始した。(Pic. 3)



Pic.1 Main body of "Shindou-kun"



Pic.2 Measuring instrument of "Shindou-kun"



Pic.3 Vibration diagnosis

### 3. パイロットプログラムの実施

従来の時間計画保全を継続した上で、パイロットプログラムとして、装置の取扱技術や診断技術等の自主技術の修得を兼ねて、平成9年6月から約2年間、約10台の横型ポンプに対して1回/月の頻度で振動診断を実施した。監視項目としては、従来から巡視等で実施している運転状態確認（吸込圧力、吐出圧力の確認、漏れの有無、潤滑油の量、軸受部温度確認等）に加え、振動監視項目として

変位量、速度および加速度とした。変位量、速度および加速度には注意値、不可値を設けた。まず「簡易診断」としてデータを採取し、注意値を超過した場合、「精密診断」として周波数分析を行い、注意値を超過した原因を特定することとした。(Fig. 1) 注意値、不可値は、従来から当所で用いている変位量、ISO 2372をベースとした PEAK 速度、NKK 推奨の加速度とし、振動監視項目に上昇傾向が認められる機器については、必要に応じ測定頻度を短くし状態監視の強化を図ることとした。

#### 簡易診断と精密診断

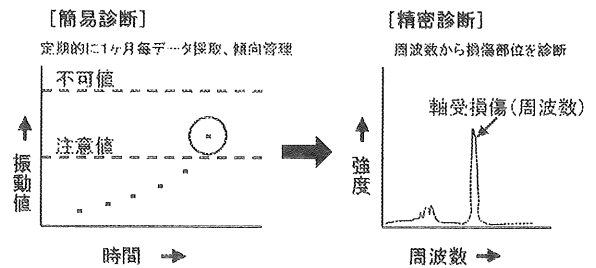


Fig.1 The example of simplified diagnosis and a precise diagnosis

パイロットプログラムを実施中、1台のポンプに注意値を超えた加速度が計測された。精密診断の結果、ベアリングの潤滑不良と診断されたため、潤滑材充填を試みたところ、加速度は低下した。(Fig. 2) この潤滑不良検知からこの振動診断は、異常を検知できる有効な保全方法であると考え、対象範囲を拡大していくこととした。

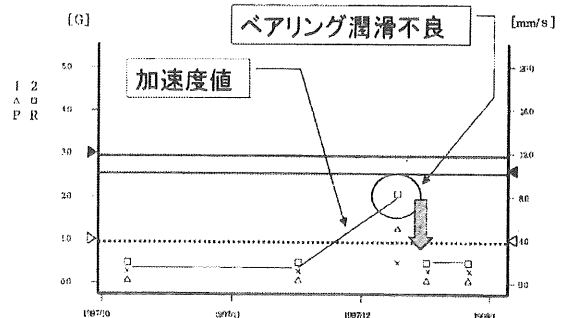


Fig.2 An example of insufficient bearing lubricant

#### 4. 対象範囲の拡大（本格導入）

平成10年に対象機器を拡大するため以下の観点で抽出作業を行った。(Fig. 3) この結果、88台の横型ポンプ、横型ファンを対象とし従来の時間計画保全からCBMへ移行することとした。

さらに、本格導入にあたっては、自主技術の育成の観点から当所原子力研修センターにて保修員に対する計画的な訓練カリキュラムを制定し教育することとした。

なお、教育は、研修センター内に振動診断装置を置き、点検実習用ポンプを用いて行っている。

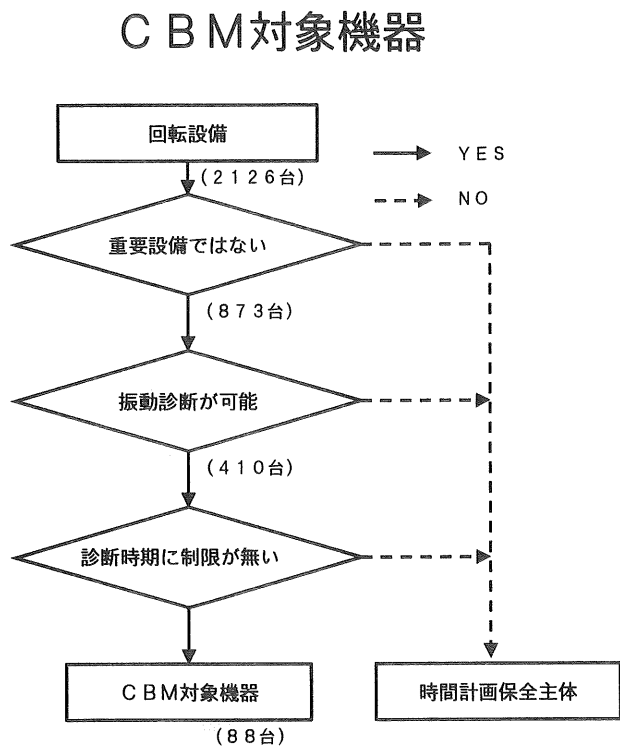


Fig. 3 The assorting flow for choosing CBM equipment

#### 5. 本格導入結果

導入後約5年が経過し、その間のデータ採取数は延べ約5,000台(88台×5年×12回/年)となったが、その診断結果の概要は以下の通りである。

##### 5.1 分解点検

診断の結果、不可値を超えて分解点検を要

したものは、延べ10台であった。10台のうち1台は、平成13年12月頃から速度、加速度に増加傾向が発生し、注意値を超え、平成14年12月には不可値を超えたため分解点検を行った。(Fig. 4) この結果、軸受損傷(ベアリング保持器に割れ)が認められた。(Pic. 4)

残りの9台については、分解点検結果、顕著な異常箇所は認められず、芯ずれのような経年的な事象による振動変化と想定された。

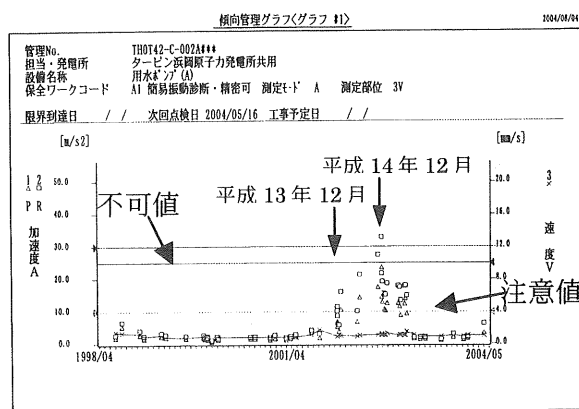
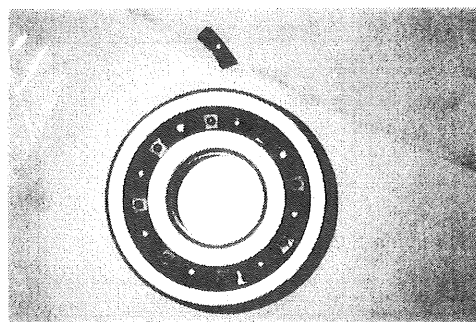


Fig. 4 The example which resulted in decomposition check with the vibration value rise



Pic.4 The inspection result of bearing

##### 5.2 潤滑油補給

診断結果から軸受に潤滑剤の補給等を実施したものは、延べ5台であった。潤滑剤の補給は、従来運転員の定期的なパトロール時に触手や異音の有無等の確認による定性的な判断に頼るため個人差も大きかったが本振動診断によって定量的に的確に判断することが可能となった。

(Fig. 5)

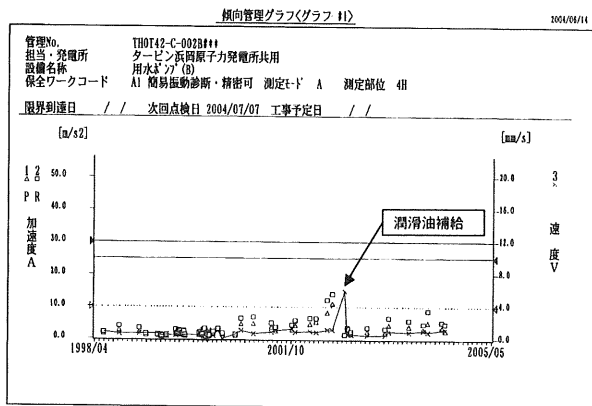


Fig. 5 The example of a bearing lubricating oil supply result

### 5.3 管理値の見直し

一部の機器は、通常の振動が高いため、導入時に決めた注意値を超えてしまうことが認められた。精密診断結果、据付状態や機器そのものの特性によって通常の振動の平均値 (AVE) が高く、劣化や不具合に起因するものでないことが確認された。このため、各機器に適した注意値に見直しすることとした。(Fig. 6)

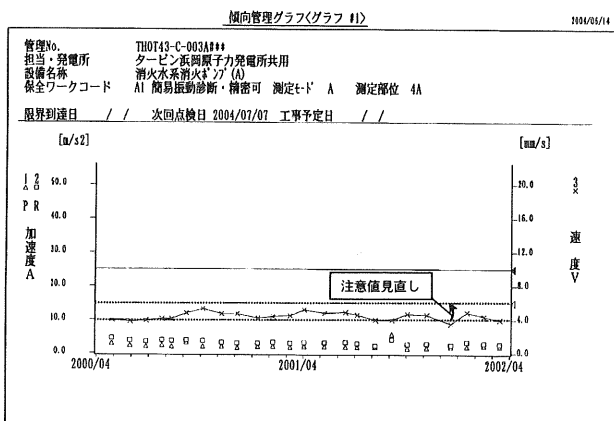


Fig. 6 The example of a cautions value reexamination result

このように、機器によっては、据付や機器そのものの特性に違いがあるため、各機器に適した注意値を考慮し、見直していくことが重要である。(Fig. 7)

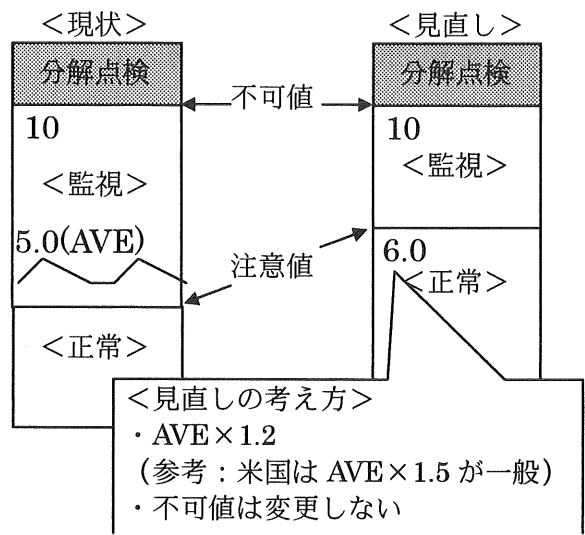


Fig. 7 Changing a set value for monitoring enforcement

### 5.4 本格導入による成果

CBMの導入結果、88台全ての機器が導入前の分解点検周期を越えて運転可能であったことを確認した。(9年間順調に運転を継続している機器もある。)

導入前の点検計画では、年間平均約20台の分解点検を計画・実施していたが、導入後は5年間で10台(年間平均2台)の分解点検実績となり、導入前の1割程度に削減された。(Fig. 8)

この結果から保守費用低減に有効であることも確認された。ただし、前例のように診断結果のどの時点で分解点検に踏み切るか等の判断基準の設定には、今後も検討を継続していく必要がある。

分類	名称	周期	年						備考	
			H11	H12	H13	H14	H15	H16		
TBM	用水ポンプ(A)	6年					○			
	用水ポンプ(B)	6年			○					
	変圧器消火ポンプ	6年			○					
	常用空調冷却水ポンプ	3年			○					○
	シール水ポンプ	3年			○			○		
	シールド系排気ファン								○	
設備台数88台		分解点検延べ台数110台								
CBM	用水ポンプ(A)	1回/月診断	導入開始					☆◎		
	用水ポンプ(B)	1回/月診断						☆点検実績無(8年の運転実績)		
	変圧器消火ポンプ	1回/月診断						☆点検実績無(8年の運転実績)		
	常用空調冷却水ポンプ	1回/月診断						☆点検実績無(8年の運転実績)	◎	☆
	シール水ポンプ	1回/月診断						☆点検実績無(6年の運転実績)		☆◎
	シールド系排気ファン	1回/月診断						導入		
設備台数88台		分解点検延べ台数10台								

○：点検計画  
◎：点検実績  
☆：従来点検計画

Fig. 8 The difference of the check plan accompanying the maintenance management method change

## 6. 今後の展望

今回、88台のCBM本格導入によってその有効性を十分に検証でき、振動診断技術の蓄積ができたが、今後共、PDCAを効果的に廻していくことが重要である。

今後、さらに適用範囲の拡大を進めていくため、常用系ポンプを中心とした信頼性重視保全（RCM：Reliability Centered Maintenances）技術の適用性検討も開始することとした。

また、振動診断技術だけではなく潤滑油分析、サーモグラフィー技術等も積極的に採用し、適切な保全技術の確立を進めていきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] ISO 2372  
Mechanical vibration of machines with operating speeds from 10 to 200rev/s--Basis for specifying evaluation standards

