

# CMS(コンディションモニタリングシステム)による状態監視診断

Condition Monitored Diagnosis by the CMS (Condition Monitoring System)

諸田 秀嗣 コンピュータソフト開発(株)

Morota Hidetsugu Computer Software Development Co., Ltd.

宮園 敏光 日本原子力発電(株)

Miyazono Toshimitsu The Japan Atomic Power Company

The CBM(Condition Based Maintenance) is very effective to make improvement utilization rate on an electric power facility. In case of the CBM, it is often the case such as a vibration diagnosis for rotating components based on direct measurements.

The CMS (Condition Monitoring System), which is an effective tool for a plant performance analysis and assesses components and plant performances based on heat and mass balance calculations, has beneficial effect to proceed more effectively the CBM.

Key words: CMS、Condition Monitoring System、CBM、Electric Power Facility、Diagnosis、Plant Performance Analysis、DMP、Thermal Power Analysis

## 1. 緒言

発電設備の利用率向上を図る上で状態監視保全(CBM)が有効との認識が高まってきている。

従来、状態監視技術は回転機器の振動診断等のように当該機器の直接観測情報をもとに診断する例が多い。

本稿では発電設備の個別機器及び熱サイクル設備全体の性能をオンラインでヒートバランスを監視して診断できるコンディションモニタリングシステム(CMS)を提案したい。CMSについては平成20年1月15日、第1回「検査・評価・保全に関する連携講演会」等でも報告しており参照されたい。

## 2. システムの構成と診断機能

CMSはシグナルバリデーション、ヒートバランス計算、運転経験データベース、オンライン状態監視診断及びユーザーインターフェースの5つのサブシステムから構成されている。図-1にシステム構成図を示す。

状態監視診断は、次の3ステップを経て行なわれる。

- ・ 温度、圧力及び流量等の約150点の計測値の入力
- ・ 各設備の機能低下原因の評価、アドバイス
- ・ 各設備の機能低下量の計算、出力(電気出力低下順位リスト)

表-1に示すように、タービン、湿分分離器、復水器、給水加熱器、蒸気発生器等の機能低下診断、バルブシートリーク等の発電機出力への影響評価、給水流量評価等が出来る。診断結果は運転性能の分析支援及び短期対策は勿論だが、中長期的なプラントマネジメントに活用することができる。

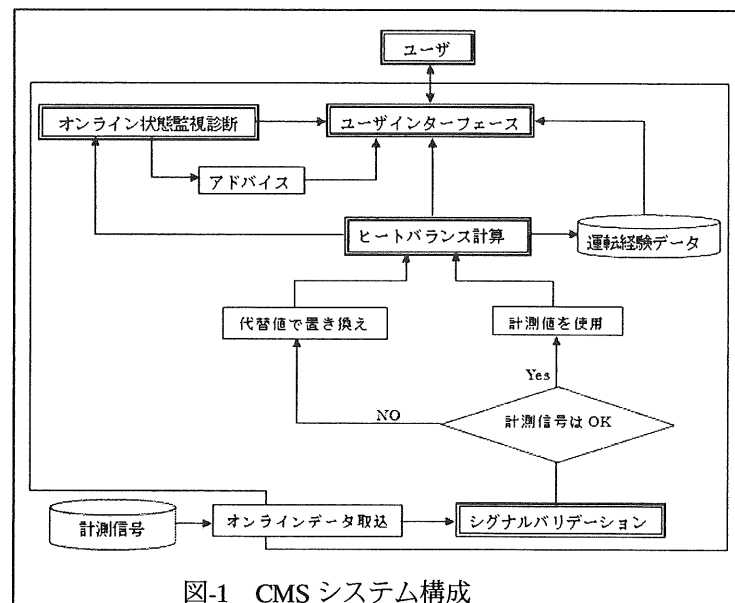


図-1 CMSシステム構成

連絡先：諸田 秀嗣 〒108-0075 東京都港区港南二丁目16-5、コンピュータソフト開発(株)事業企画プロジェクトグループ  
電話: 03-6716-5460  
E-mail: hidetsugu\_morota@csd.co.jp

		診断支援機能	診断内容
状態監視診断	機能低下評価	タービン性能評価	内部漏洩、機械損失評価等
		湿分分離器性能評価	湿分分離効率の評価等
		復水器性能評価	冷却管汚れ、冷却水量評価及び空気抽出装置の性能低下評価等
		給水加熱器性能評価 蒸気発生器性能評価	加熱管の汚れ、抽気管の圧力損失評価等
		バルブシート、配管漏洩評価	漏洩部位の摘出
		プラント熱効率	プラント全体の熱効率評価等
	給水流量評価	給水流量計のドリフト量の評価	
診断結果の活用	運転性能分析支援	性能変化の早期検知、原因同定及び性能変化機器の電気出力ロス値及びそのランキングリスト作成	
	中長期的プラントマネジメント	機器の最適サイジング、交換時期計画、計画停止計画等	

表-1 CMS の診断機能

### 3. 診断内容

CMSの診断の目的の一つは機器の機能低下の早期検知及び対策の立案である。図-2にその概念図を示すが、プロセス量の監視のみでは数MWe程度の機能低下の検知が遅れる可能性がある。また、熱サイクルの各機器が関連しあった機能低下等は診断が難しい場合もある。

それに対し、CMSを用いることによってプラントの性能変化を早期に検知することができれば、それに基づいて、施策を実行することにより電気出力ロス（経済的損失）を早期に抑制する事ができる。また、状態監視機能としてCMSは、①機能低下の有無の判断、②機能低下原因の診断、評価、ガイド、③機能低下の影響分析、④解決策のアドバイス機能等を有している。

診断は診断モデルプロセッサ（DMP）の概念を用いている。DMP は対象機器に関わる計測値と計算値の残差、その方向性から推定される診断仮説（例えば、A 温度計測値-B 温度計算値<1.0 は正常等）の中から、最も可能性の高い診断を下すものである。

前述の残差は測定値のバラツキやモデル化の上での誤差等を考慮して許容限度を設定している。

各診断仮説の確かさは残差と許容誤差及び残差の計測変数に対する変化度合等を考慮して判断する。

50%及び80%の確かさで機能低下の可能性がある場合は、システム表示画面、診断ロジック図上でそれぞれ黄色、赤色で警告する。図-3は診断結果の診断ロジック図例であり、左側に当該機器に関わる計測値と計算値の残

差方程式群、右側に診断仮説群を配し、当該機器の機能低下がどの計測値等に起因するかを判別し、具体的なアドバイスを出すようにしている。

図-4にはオンライン状態監視診断フローの概念図を示す。

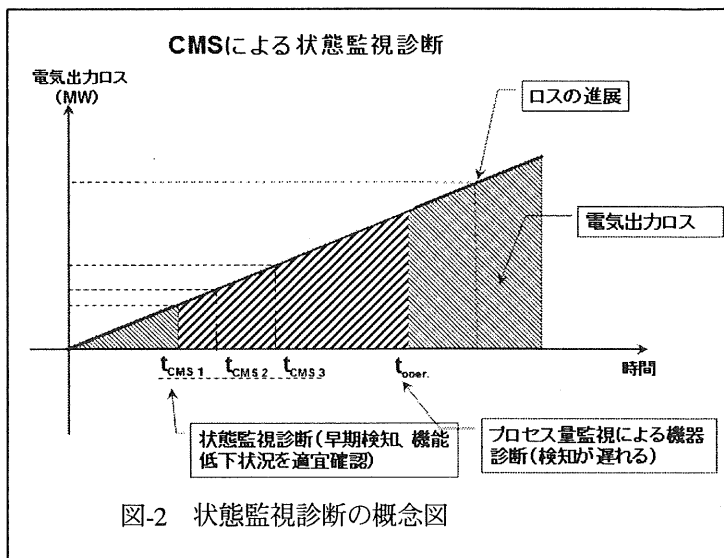


図-2 状態監視診断の概念図

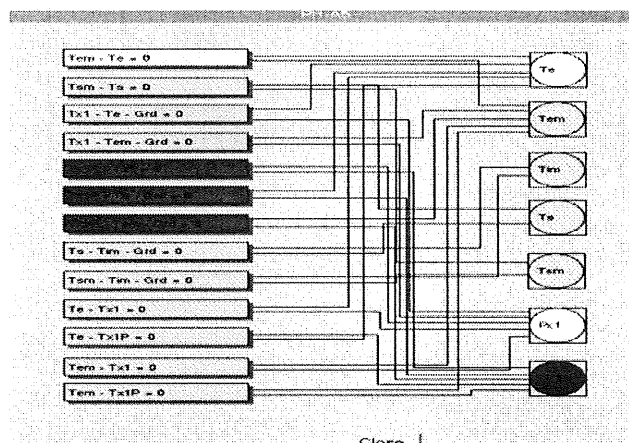


図-3 診断ロジック図例

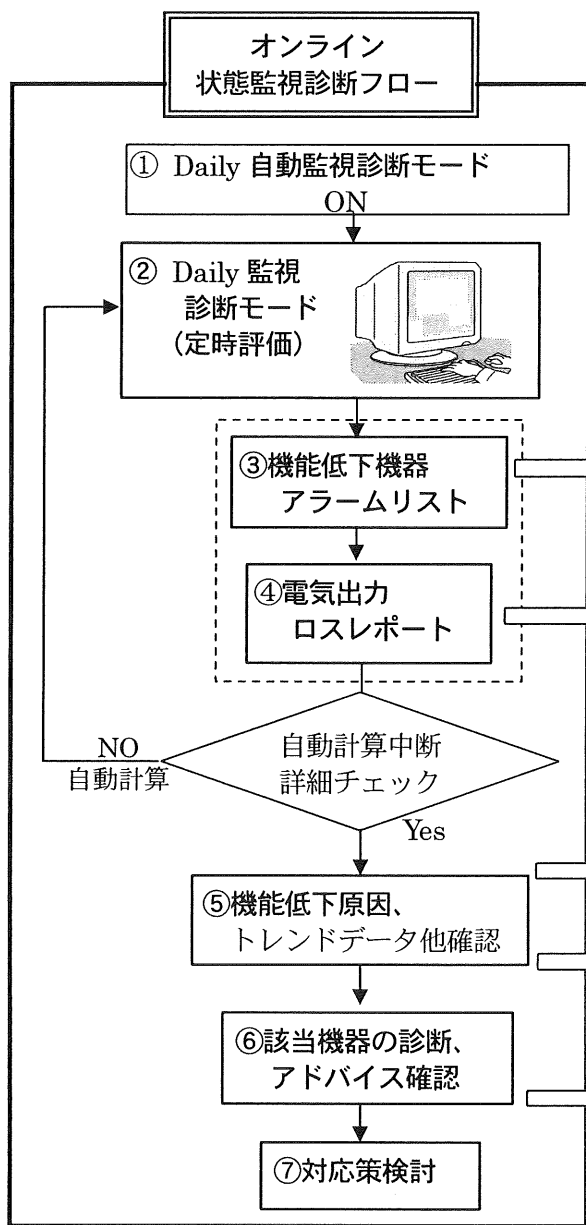
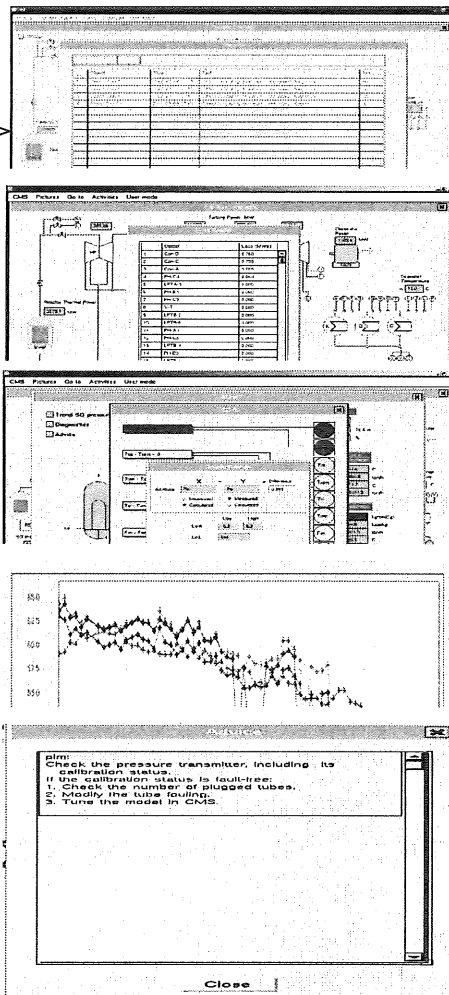


図-4 状態監視診断フロー

#### 4.1 給水ポンプ出口ミニフローライン流量調節弁シートリーク

CMSは電力計指示値を参照値としてCMS計算値が指示値と等価（指示値－計算値＝0）となるよう評価することによりシステム内のリーク、給水流量評価も含めて任意の運転状態の個別機器の性能低下量を評価することができる。



#### 4. 状態監視診断例

以下に給水ポンプ出口ミニフローライン流量調節弁のシートリーク例及び復水器性能低下時の出力ロス、夏期出力予測評価事例を紹介する。

CMS のリーク評価は、有意な出力ロスを来す可能性のあるバイパスライン（ヒータ出口クリーンアップライン、給水ポンプミニフローライン、復水ポンプ出口シール戻りライン）等が予めモデル化されており、個別機器の出力低下の兆候が無いにもかかわらず出力が出ていない場合や、現場でリークの兆候があるものの、

当該リークが出力低下にどれほど影響しているかが把握できない場合の評価機能である。

以下の紹介事例は給水ポンプミニフローラインリークの事例であり、背景、評価結果等は下記の通りである。

図-5はCMSの系統モデル中の給水ポンプミニフローラインモデル部を示したものである。

(1) 背景

トラブル復旧後、定格出力に復帰した際、5MWe相当の出力ロスが確認された。原因が特定できず、現場での調査、分析の結果、復水流量の増加傾向（給水ポンプミニマムフローリーク）が認められた。

(2) 漏洩部位とCMSモデル

図-5にCMSモデル図を示す。漏洩部位は給水ポンプミニフローラインの流量調節弁である。

(3) 評価

復旧後、数日間の運転データを用いてタービン、復水器及び給水加熱器について性能評価を実施したところ、機器の機能低下は認められなかったが、給水流量ミニフローラインのリーク及び給水流量の低下の兆候が認められた。評価の結果、5MWeの出力ロスのうち、1.4MWe相当がミニフローラインの流量増加（シートリーク（50 ton/hr）によるもの、その他が給水流量低下他によるものであるとの評価結果を得た。

リーク量の評価は各機器の性能及びリークの可能性のあるバイパスラインを特定した後、図-5のように、リーク評価ウィンドウ上でリーク量を評価することができる。

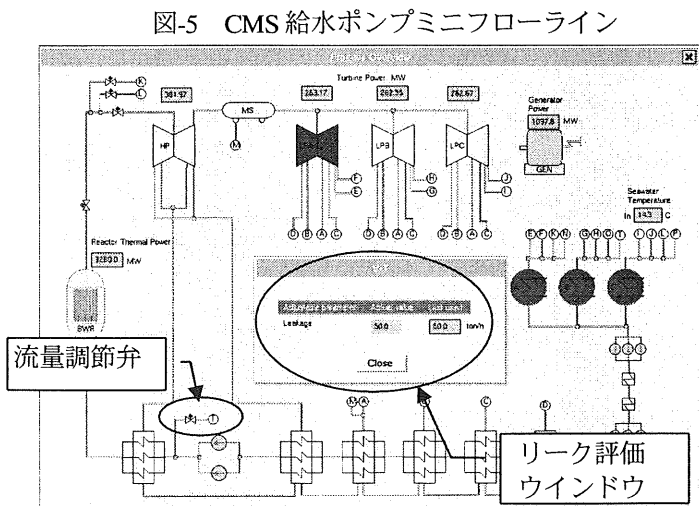


図-5 CMS 給水ポンプミニフローライン

4.2 復水器性能低下時、海水昇温時の出力予想

(1) 背景

夏期早々、復水器清浄度が低下している状況下で、海水昇温時の清浄度が現状維持（55%）の場合と改善（74%）出来る場合について電気出力を評価したもので、復水器洗浄時期他の判断に活用されたものである。

(2) 評価

図-6は復水器性能の経時変化データ例である。CMSは図-7に示すように任意時点の復水器性能をもとに海水温度、清浄度等を境界条件に運転サイクル内の電気出力予測（性能予測）等を容易に行うことができる。

評価結果は、復水器の清浄度が現状のまま海水温が25℃まで推移すると、電気出力が約10MWe低下すること、また、洗浄度を改善すると、約5MWe低下に止まるとの結果を得たものである。

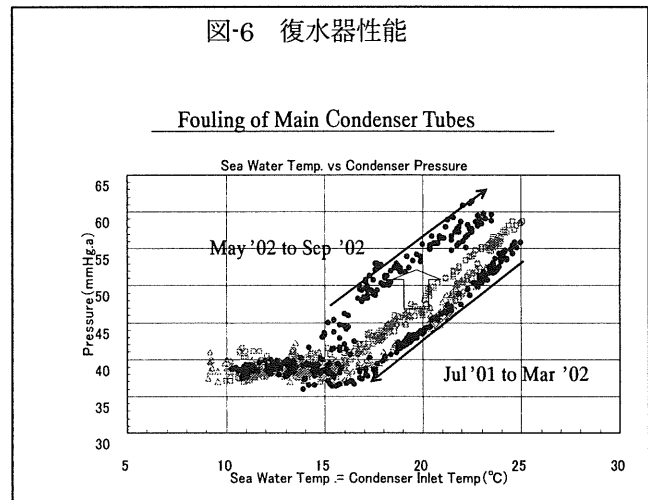


図-6 復水器性能

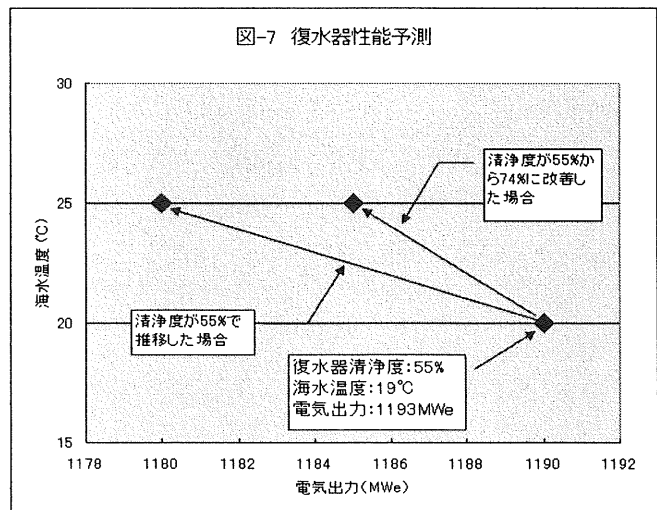


図-7 復水器性能予測

## 5. 結言

発電設備の利用率向上には状態監視保全(CBM)の高度化が必要であるが、当該機器の直接観測情報をもとにした状態監視技術に加えて、オンラインでヒートバランスを監視して発電設備の個別機器及び熱サイクル設備全体の性能を診断できる CMS が有用である。

## 参考文献

- [1] Petti, T.F., J. Klein, and P.S. Dhurlati(1990): “The Diagnostic Model Processor: Using Deep Knowledge for Process Fault Diagnosis,” American Institute of Chemical Engineering (AIChE) Journal-accepted
  
- [2] 武藤、熱効率最適化モニタリングシステムによる東海第2発電所の性能評価（その1）  
平成 13 年度火力原子力発電大会研究発表要旨集、平成 13 年 9 月
  
- [3] H. Morota, Condition Monitoring System Activities in Japan, Nuclear Plant Performance Improvement Seminar, 10th in the P2EP Series July 15–16, 2002, Saratoga Springs, NY
  
- [4] 諸田、熱効率最適化モニタリングシステム (CMS)、原子力 Eye Vol.48 NO.3 (2002 年 3 月号)
  
- [5] 諸田、松山、張、ヒートバランス監視による発電設備診断、平成 20 年 1 月、保全学会、第 1 回「検査・評価・保全に関する連携講演会」