

# 設備診断機器, システムの概要

## Overview of Equipment Diagnosis Device and System

村山 恒実\*  
Tsunemi MURAYAMA

### 抄 録

新日鉄住金(株)において、早期に劣化兆候を把握する手段として回転機械を中心とした設備診断技術が開発され、40数年が経過している。この間、点検員の巡回時に使用する携帯型診断器から、重要設備の長期にわたる傾向管理のためのオンライン診断システムまで開発され、多くの産業現場で活用されている。新日鉄住金で開発された設備診断技術の実用化を新日鉄住金グループとして担っている日鉄住金テックスエンジ(株)の設備診断装置のうち、最新の多機能携帯型診断器とオンライン設備診断システムの概要について紹介した。

### Abstract

Forty years have passed since Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation developed an equipment diagnosis technology mainly for rotating machinery, as a means to grasp deterioration signs at an early stage. In the meantime, many diagnostic apparatuses such as portable diagnostic devices for an inspector during patrol and online diagnostic systems for the long-term trend management of critical facilities were developed and have been utilized in many industrial fields. This paper describes an overview of the latest multi-function portable diagnostic device and an online equipment diagnostic system among the equipment diagnostic apparatuses of Nippon Steel & Sumikin Texeng Co., Ltd., as one of the affiliates (group companies), bearing the commercialization of equipment diagnostic technology developed by Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation.

## 1. はじめに

新日鉄住金(株)において、早期に劣化兆候を把握する手段として回転機械を中心とした設備診断技術が開発され、40数年が経過している。この間、点検員の巡回時に使用する携帯型診断器から、重要設備の長期にわたる傾向管理のためのオンライン診断システムまで開発され、適用設備増大、機能拡大が進み、鉄鋼のみならず、多くの産業現場で活用されている<sup>2)</sup>。

日鉄住金テックスエンジ(株)は、新日鉄住金の開発に当初から関わってきた経緯があり、“設備診断技術および機器の販売を目的とする技術供与”を受け、新日鉄住金の他、化学、セメント、製紙業界など様々な顧客向けに設備診断機器・システムの商品供給、エンジニアリング、コンサルティングを行っている。図1に新日鉄住金と日鉄住金テックスエンジの設備診断事業の歩みを示す。

設備診断機器・システムとしては、振動の他、音響、モータ電流、温度等による診断や、データロガー等の測定機能をもった多機能携帯型診断器(エレスマート<sup>®</sup>\*X)、エレスマート<sup>®</sup>Xで収集したデータの管理用ソフトウェアである回転機械診断管理システム、ペンシルタイプの簡易診断器、オンライン設備診断システム等を保有している。

本報告では、2014年10月にリリースした最新の多機能携帯型診断器と2013年度TPM賞優秀商品賞実効賞を受賞したオンライン設備診断システムの概要について紹介する。

## 2. 多機能携帯型診断器(エレスマート<sup>®</sup>X)

### 2.1 開発経緯

多機能携帯型診断器の前機種<sup>3)</sup>は、回転機械設備の振

\*1 エレスマート、ELES MARTは、日鉄住金テックスエンジ(株)の登録商標である(登録第4999606号)。

\* 日鉄住金テックスエンジ(株) 電計・システム事業本部 計測・ICTソリューション部 計測・診断ソリューショングループ長  
福岡県北九州市八幡東区前田大塚 1320-4 〒805-8555

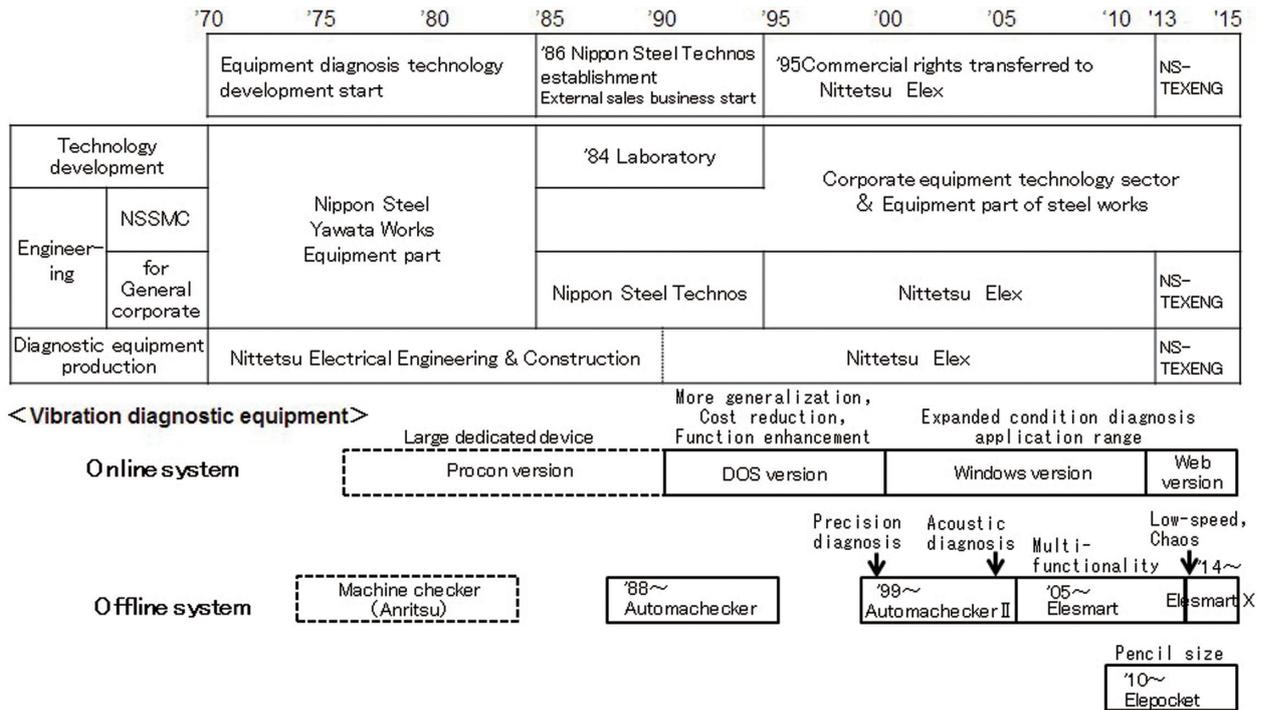


図1 設備診断事業の歩み  
Nippon Steel & Sumikin Texeng's transition of equipment diagnosis business  
(日鐵電設工業, 日鉄エレックスは日鉄住金テックスエンジの旧社名である。)

動診断をメインに、音響、モータ電流、温度信号などの各種情報から設備の状態を把握するために必要な機能を搭載した製品である。しかし2005年の発売開始から10年近くが経ち、部品の枯渇問題もあり更新を行うことにした。新しい機種製作にあたっては、これまで使われた顧客の声を取り入れ、また、新日鐵住金および日鉄住金テックスエンジが設備・操業診断活動で得た知見、技術、ノウハウを活かし、新機能付加および既存機能の強化を図った。

2.2 携帯型診断器における課題、動向

近年、生産現場においては設備老朽化や熟練点検員の離職を背景として、高度な診断技術や、多様な故障解析が可能でかつ操作・診断結果が分かりやすい診断機器が求められている。

2.2.1 診断精度向上 (低速診断技術)

大型・重要設備に多い低速回転機械 (一般的に100rpm以下) は故障時の損失が大きいことから診断精度向上のニーズが高い。しかし、転動体が外輪疵等との接触時に発生する衝撃エネルギーが弱いため異常検出感度は低く、診断精度の高い診断方法が求められている。最近では振動に代わるものとしてAE (Acoustic Emission) の利用研究も進められているが、定量的な指標がなく装置が高価ということもあり普及していないのが実情である。

2.2.2 顧客ニーズ

旧型の多機能携帯型診断器 (エレスマート®) を使用されている顧客から改善ニーズを調査したところ、操作性と機能の面において下記のような要望があった。

(1) 操作性

- ①高温環境下での安定性
- ②屋外での視認性向上
- ③大画面化ただし本体は小さく
- ④使用時間を長く

(2) 機能

- ①診断結果を分かりやすく
- ②新しい診断技術はないか

このうち、ハードウェアの能力は表1のように向上させたことで、上記(1)の操作性要望に対しては満足されるレベルに達したと考えている。また大画面化により精密診断の3つの周波数分析グラフも1画面で比較できる等、表現力が向上したことで評価しやすくなった (図2)。

2.3 開発品の機能と特徴

開発の測定機能を図3に示す。太字が新機能または機能アップを図ったもので、このうち低速診断、常時監視、カオス解析について紹介する。

2.3.1 低速診断

新日鐵住金では一般的な回転数の軸受診断において、加速度センサの共振周波数を利用して異常検出感度を高める

表1 基本仕様比較  
Comparison of basic specification

		ELES MART MCV-080	ELES MART X MCV-090
Basic structure	OS	WindowsCE.NET	WindowsCE.6.0
	Size	170(W) × 120(H) × 50(D)	165(W) × 119(H) × 40(D)
	Weight	750g including a battery	About 650g including a battery
Operating environment	Operating temperature	0 to 40 °C	-5 to 50 °C
	Dust-proof, waterproof	IP54 or equivalent	IP54 or equivalent
Operating time	Continuous usage	170 minutes	300 minutes
Storage capacity	Memory	Internal memory: 64 MB	Micro SD: 32 GB
LCD module	Screen size	4.7 inch	5.7 inch
	Number of dots	320 × 200	640 × 480
Touch panel	Touch-panel operation	One-touch mode	One-touch, two-touch, slide mode
Number of channels	BNC	1ch	2ch (option)
Internal gain	Vibration, sound	Maximum 40 dB	Maximum 50 dB
Type of Probes	Standard sensor	Stick probe	Stick probe/magnet holder Exchangeable
LAN	Specifications	-	10BASE-T (option)

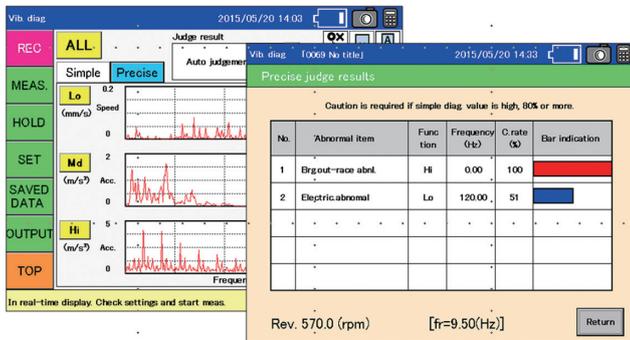


図2 精密診断画面、精密判定画面例  
Precision diagnosis and judgment screen example

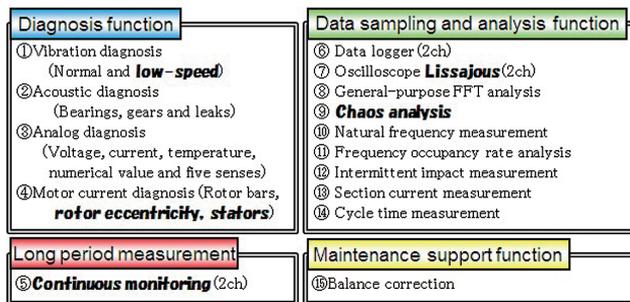


図3 機能構成  
Composition of functions

ため、10kHz以上の周波数帯で診断している。しかし、低速回転時は通常回転時と比較して転動体が外輪疵などと接触した際に発生する衝撃エネルギーが弱まることにより、加速度センサの共振点近傍での振動が小さくなる一方、軸受ハウジングの固有振動数である10kHz以下の振動が顕著になると考えられる。

そこでバンドパスフィルタを対象設備に応じて適切に設定できるようにすること、この周波数範囲に共振周波数をもつ加速度センサを使用すること、さらに回転数に応じて長時間の採取時間を確保するという3つの組み合わせによる低速診断モードを開発した。図4に従来法と低速モード

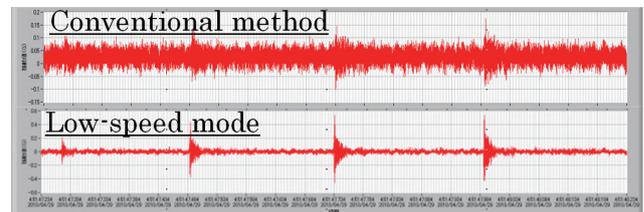


図4 低速診断モードの効果  
Effect of the low-speed diagnostic mode

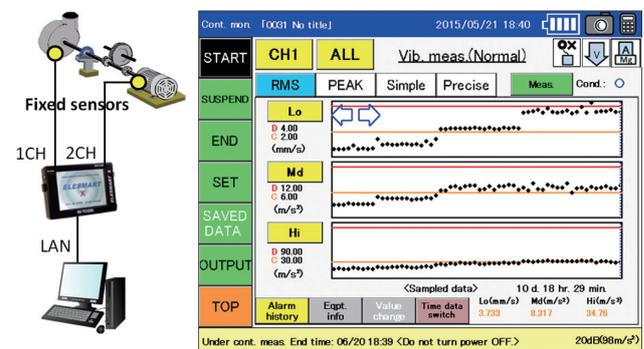


図5 常時監視のシステム構成および画面例  
Continuous monitoring system configuration and screen example

での軸受外輪疵の振動波形を示す。

### 2.3.2 常時監視

新機能の特徴の1つが常時監視機能である。異常兆候が見られるときに次定修まで集中監視したい、オンライン診断システム設置にあたり予め効果を検証したい等の場面で使用できると考えている。最長31日の連続監視が可能で、LAN接続すれば、本体だけでなく執務室のPCで遠隔監視もできる(図5)。

### 2.3.3 カオス解析

新たな技術発信・挑戦を意識し開発に取り組んだのが、

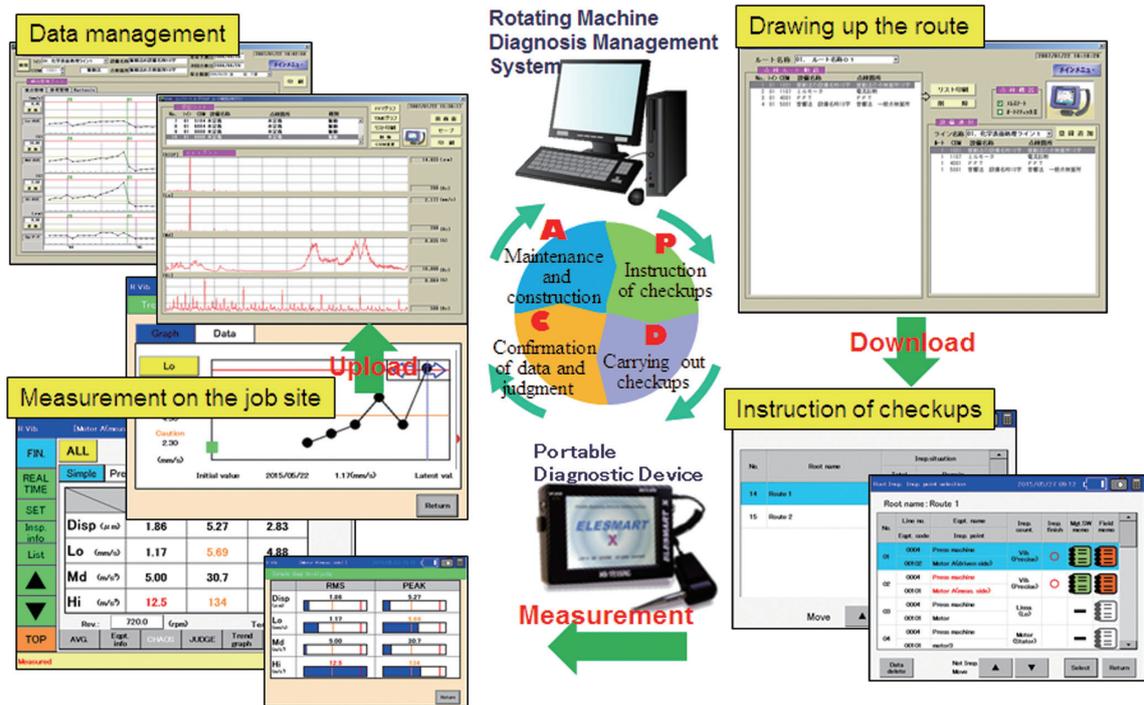


図7 回転機械診断管理システム  
Rotating machine diagnosis management system

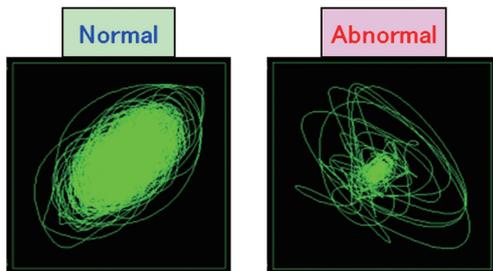


図6 カオス診断例 (軸受振動)  
Chaos diagnosis example (bearing vibration)

“カオス解析”である。カオスとは、“あるシステム(系)が確固たる規則に従って変化しているにも関わらず、非常に複雑で不規則かつ不安定にふるまい、遠い将来における状態が全く予測できない事象のこと”と定義されている。

図6に示すようにカオスの定性的指標であるアトラクター図(時系列信号に対して特殊な変換を行うことによって1つの空間上に波形の特徴を表現)で、設備の正常・異常状態を視覚的に評価することに加え、アトラクター図の散らばり具合を示すシャノンエントロピーや軌道の不安定さを示すリアプノフ指数といった定量的指標により傾向管理も可能である。振動に留まらず様々な信号を用いることによる操業系診断への展開も期待している。一部の顧客が試用されたところ、振動診断知識の浅い保全マンにおいても異常の一次判断が可能であるとの評価を得ている。

## 2.4 回転機械診断管理システム

多機能携帯型診断器では、診断データだけでなく精密診断も本体で行うことが可能である。しかし、設備管理のよ

り一層の高度化を図るためには、PC処理ソフトウェアである回転機械診断管理システムとの連携が望ましい。PCから点検ルートや管理値をダウンロードし、その指示に基づき日常点検を行う。点検時に異常があれば分かりやすく表示し、過去データとの比較もできる。測定後はPCにアップロードしてデータ管理を行う。以上の設備管理のPDCAを回すことで、より一層の活用が可能となる(図7)。新日鐵住金では、本機能を全社共通設備管理システムに搭載し設備管理強化を図っている。

## 3. オンライン設備診断システム<sup>4)</sup>

### 3.1 開発経緯

オンライン設備診断システムとは主としてモータ、ポンプ、ブロワなどの回転機械に振動センサや温度センサ等を取付け、診断装置とPCを組み合わせることで自動的に振動値、温度等の採取としきい値判定を行って、異常の発生を報知するシステムで、鉄鋼、セメント、製紙をはじめ様々な業界で使用されている。従来のシステムは随時改良を加えながら標準化を進めてきたが、開発当時のシステム環境、ファイル構造を踏襲しており、マンマシンインターフェイスにおいて表現力、操作性のより使い勝手の良いシステム提供のためには最新のシステム技術導入が必要であった。一方、設備管理システムなどの他システムとのデータ連携を強化するためには、データ構造の変更が不可欠であった。

そこで、従来の設備診断基本機能はそのままに、長期保存可能とした診断データと保全業務や履歴を比較することで、これまで以上に診断結果を保全業務に活用できる支

機能を強化した。さらに表現力, 操作性を向上させた Web アプリケーションソフトウェア (以下アプリ) とすることで, ユーザが各自の業務用 PC で診断結果を参照できるシステムとして開発した。

### 3.2 開発システム

#### 3.2.1 動作環境

旧システムは診断装置が採取した振動, 温度等のデータを監視端末にバイナリファイルとして保存される仕組みで, 端末自身または他の端末がネットワーク経由でそれ取得して表示する Windows<sup>®\*2</sup> アプリであった。本方式の問題は次の点にある。

- ①アプリ動作が開発時の OS に依存しているため, OS 進化に伴い都度再開発が必要
- ②端末ごとに専用アプリのインストールが必要
- ③データがバイナリファイルのため他システムとのデータ連携の柔軟性がなく, 対象システムごとに中継用のファイル作成が必要

新システムの構成を図8に示す。上記課題を克服するため, 本システムは Web アプリとして開発した。開発するアプリは Web サーバ内で動作し, 参照するクライアント端末は Internet Explorer<sup>®\*2</sup> を通じて Web サーバにアクセスすることにより設備診断システム画面を起動することができる。さらにデータベースを使用し, システムで扱われる各種データはデータベース内に保存される。これらによりクライアント端末側は OS に依存されず, クライアント毎に専用アプリをインストールすることなく業務用 PC を使用できる。さらにデータベース構造を使用することにより汎用性が向上し, 他システムと柔軟な連携ができるものとした。

#### 3.2.2 新技術の導入

システムの Web 化にあたって技術的に問題になるのがグラフ表示である。一般的な Web 表示では画面上に表示された数値やグラフなどは連続的には更新されず, ユーザが画面上の更新ボタンを押すか, 自動更新を設定し定期的に更新させる手段しか用意されていない。一方, 設備診断システムでは診断箇所毎に傾向管理グラフや周波数分析結果, さらには3次元傾向管理グラフ等の診断・解析結果を表示し設備の状態を把握する。その際に, カーソル操作により任意位置の振動値や周波数の値を読み取るため, マウス操作に対するカーソル描画の応答, 数値の更新がリアルタイムに行われることが操作性において必須条件となる。

そこで, アニメーション表示に用いられる技術のひとつである Flash<sup>®\*3</sup> を適用し, データベースと連携してマウス操作にダイナミックに応答するグラフ表示を可能とした。データベースと Flash<sup>®</sup> のインターフェイスの実現とパフォーマンスが実用に耐えられるものにできるかが本開発の鍵であり, マウス操作→データ取得→画面描画の一連の動作の中でいかに時間短縮を図るかが重要な検討課題であった。図9に傾向管理グラフの例を示す。

#### 3.2.3 機能向上

##### (1) 診断採取個別データの長期保存, 参照

設備診断システムは通常, モータ, ポンプ, ブロワ等, 設備劣化に数年以上要するものをモニタリング対象としているため, 採取データ (振動, 温度等) を1時間, 1日, 1か月, 2年…毎に集約 (平均, 最大, 最小, P-P 等) しながら管理していた。しかし, 設備故障が起こった際に, 過去に同様のトラブルが発生した時点の採取値そのものを見たいという要望が多くなってきた。そこで新システムで

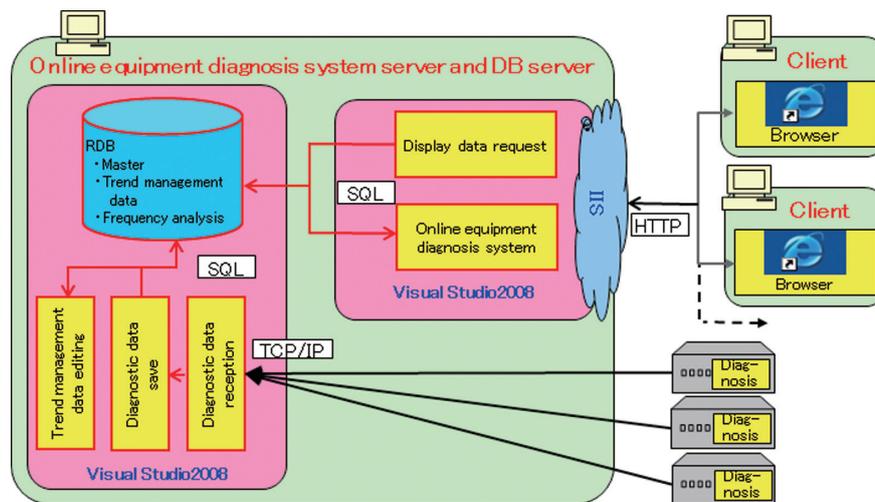


図8 オンライン診断システム構成  
Composition of online equipment diagnosis system

\*2 Windows, Internet Explorer, SQL Server, Visual Studio は米国 Microsoft Corp. の米国およびその他の国における登録商標である。

\*3 Flash Player は Adobe Systems (アドビシステムズ社) の米国ならびに他の国における商標または登録商標である。

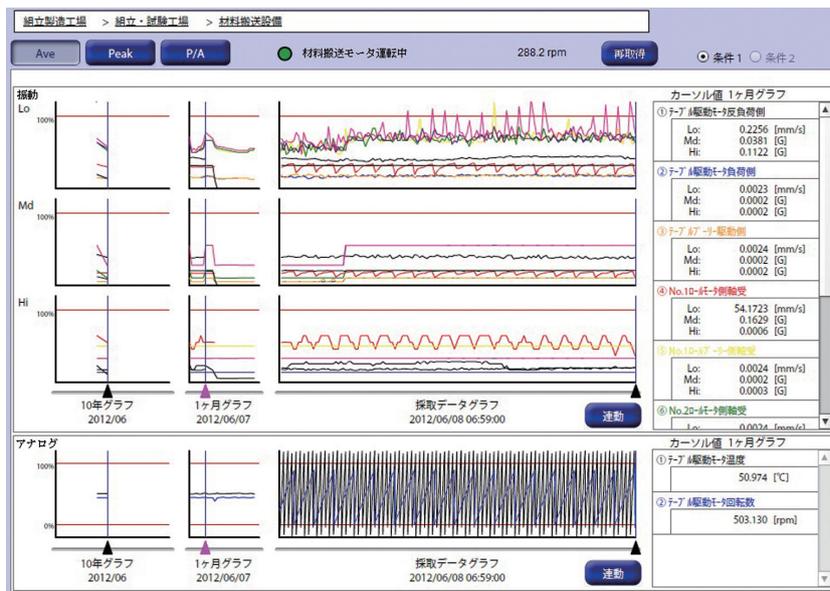


図9 傾向管理グラフ  
Trend management graph



図10 掲示板  
Bulletin board

はデータベースの採用にあわせ、保存期間を振動 10分周期、アナログ 1分周期でそれぞれ 10年間としたうえでストレスのない描画処理の実現に挑戦した。

(2) 保全支援機能の強化

従来の設備診断システムでは診断情報を確認できるだけで、診断データとその際の保全アクション・結果を突き合わせるためには別途保全マンのメモや故障記録等を照らし合わせる必要があった。そこで新システムでは、設備診断システムによる診断結果と日常の保全業務の情報を比較可能とすることで、これまで以上に診断結果を保全業務に活用されることを狙った。主な機能は以下の3点である。

- ①診断結果の情報共有およびコミュニケーションのための掲示板機能
- ②異常設備抽出のための任意検索機能
- ③保全日前後の比較レポート出力機能

一つ目は、図10のように日常業務で使うための掲示板

を監視画面の右肩に設置したことである。システムで得た設備の異常兆候やその設備に対するアクション等、気付いたことを都度掲示板に書き込み、情報を共有するためのものである。情報は画面に表示している設備に応じてフィルタリングされる仕組みで、その情報を見たユーザがさらにその設備に関する新たな情報を書き込むことでその設備についての有用な情報が集積、共有化される。その結果、最適な保全アクションに繋がることを期待している。

次に異常設備抽出のための検索機能の強化を図った。これまででは採取値に対し、2段階のレベル判定で Caution/ Damage のみを報知してきた。本開発では、ユーザの考え方で異常兆候を抽出することができるよう異常抽出画面を搭載し、基本的な抽出条件に加え追加できるものとした(図11)。決められた補修予算のなかで保全対象に優先順位をつけたい場合などに活用されることを期待している。

三つ目はレポート作成機能の充実である。ペーパーレス



図 11 異常抽出画面  
Abnormal extraction screen

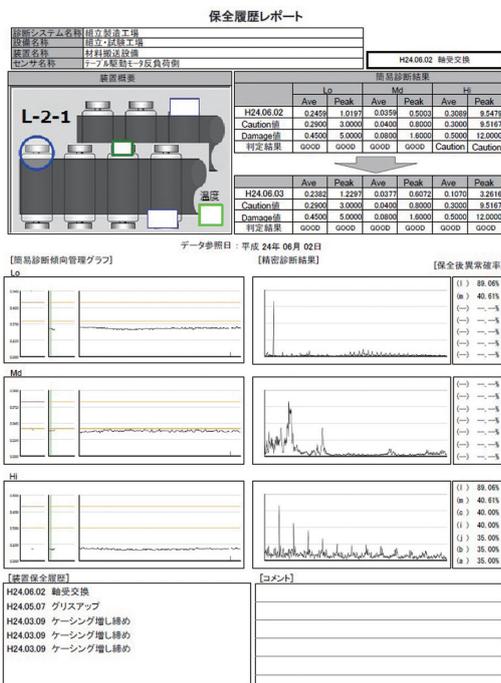


図 12 保守履歴レポート  
Conservation history report

の時代とはいえ、保全活動において点検日誌的なものは必ず使用されており、点検履歴や報告に活用されている。このような点検報告業務において、本システム側から保全実施日前後の診断結果を帳票化し保全効果把握の資料として出力、あるいは異常箇所の簡易・精密診断結果を帳票化して設備異常の報告用資料として出力することで、有効に活用できると考えている (図 12)。

#### 4. おわりに

本報告では新日鐵住金グループが保有する設備診断機器、システムのうち、最新の多機能携帯型診断器とオンライン設備診断システムの概要について紹介した。

診断器、システムの発展は、日々進歩するセンサ技術、

解析技術、装置化技術によるところが大きい。しかし、これら機器は、現場を知り尽くす保全マン・スタッフの診断技術向上とともに、回転機械診断だけでなく設備特性に応じて多様な診断方法、解析方法を利用する柔軟な発想によってその機能が活きてくる。

その意味から、今後も診断機器サプライヤーとして安定操業に貢献できるよう、設備診断機器の機能、操作性、パフォーマンスのさらなる向上を進めることはもちろん、診断方法や使用者の視点に立ったマスタープランの提案力向上にも努めていく。

#### 参照文献

- 1) 豊田利夫: 回転機械診断の進め方. 日本プラントメンテナンス協会, 1991
- 2) 村山恒実: 鉄鋼プラントにおける設備診断の現状と課題. 潤滑経済. 504 (11), 18 (2007)
- 3) 麻生淳 ほか: オールインワン多機能携帯型診断器. 検査技術. 11 (5), 67 (2006)
- 4) 梶島敬二 ほか: オンライン設備診断システム CMS-W1.0 について. プラントエンジニア. 46 (3), 20 (2014)



村山恒実 Tsunemi MURAYAMA  
日鉄住金テックスエンジ(株)  
電計・システム事業本部  
計測・ICTソリューション部  
計測・診断ソリューショングループ長  
福岡県北九州市八幡東区前田大塚1320-4  
〒805-8555