

設備状態監視技術の現状と開発状況

The Present Situation and Development of Condition Monitoring Technologies

鳴瀬 卓也 NARUSE Takuya JFE スチール 技術企画部 主任部員 (副部長)
縁川 悟 MIDORIKAWA Satoru JFE スチール 東日本製鉄所 (千葉地区) 設備部保全技術室 主任部員 (課長)
高田 重信 TAKATA Shigenobu JFE スチール 技術企画部 主任部員 (理事)

要旨

JFE スチールの各製鉄所の主要設備は稼働後 30～40 年経過し、経年劣化による設備破損防止を目的に腐食や亀裂の点検を強化してきた。一方で、設備の能率向上に加え、高稼働率・高安定操業が要求されてきた。そこで、従来にも増して設備の劣化状態を効率的に診断する技術開発の導入が必要となり、現在までに、足場が設置不要でかつ非開放で診断可能な構造物の減肉や亀裂の診断、従来の振動監視で困難な低速や往復動の回転機械・すべり軸受の異常検知、さらには大型電動機などの設備停止レス絶縁診断など、設備の安心安全を確立する設備状態監視技術の開発と導入を行い、設備の生産性向上に寄与している。

Abstract:

Main equipment installed in steel works of JFE Steel have passed 30–40 years since its operation. Inspection activities of cracks and corrosion have been strengthened to prevent equipment failure due to aging. In addition, high operating rate and stable operation have been required to improve equipment efficiency. The development and introduction of higher efficient equipment monitoring technology is needed and JFE Steel has developed technologies such as remote control diagnosis device to measure cracks and steel thickness without building a foothold, new diagnosis system for low speed rotating machines and journal bearings, diagnosis technology for large-sized motors and generators without stopping the motor. These new monitoring technologies have contributed to production improvement and establishment of “Safe Safety” operations.

1. はじめに

JFE スチールの製鉄所の主要設備は稼働後 30～40 年が経過し、経年劣化による設備破損防止を目的に腐食や亀裂の点検を強化してきた。一方で、近年の設備生産性向上要求に添えていくため、従来にも増して設備の劣化状態を効率的に診断し、適正時期に補修を行う必要がでてきた。

本論文では、これまでの設備状態監視技術の変遷と、設備劣化モードに対応した設備状態監視技術の開発状況およびその効果について報告する。

2. 製鉄所の設備状態監視技術の変遷

2.1 常時設備状態監視センサーの拡大

図 1 に製鉄所の設備に常設している状態監視センサー数の推移を示す。1995 年をベースに 2009 年には約 25 倍まで増加しており、約 600 min⁻¹ 以上の中高速回転機械を対象と

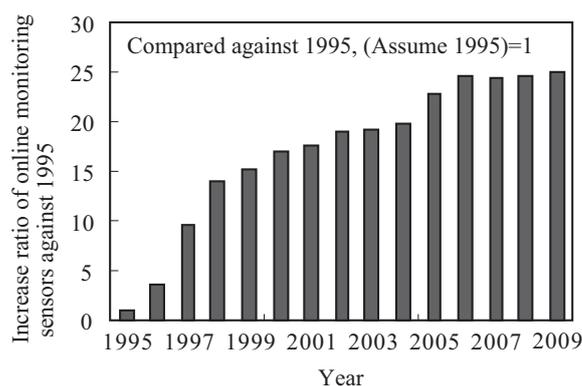


図 1 常時設備状態監視センサー設置数の増加率推移

Fig. 1 Transition of online monitoring sensor

した振動センサー¹⁾増設や、温度計・流量計・圧力計などの状態監視装置拡大も図ってきた。これらに加え、電流計・操業条件などを取り込み、設備負荷条件の変動影響も監視できる装置を熱間圧延工場などで採用し、設備安定稼働に取り組んできた。

2.2 設備点検・精密診断の取り組み

監視センサーを採用する以外に、設備状態を正確に把握するため、**図2**に示すようにさまざまな設備点検や精密診断業務を実施してきた。そのうち、超音波探傷・磁粉探傷・フェーズドアレイ超音波探傷法などの亀裂診断が約半数を占め、そのほかでは常設監視センサーで異常を示した設備の振動波形から周波数解析・自己相関処理による精密診断や、変位・応力・トルク診断、さらにはフェログラフィ（油分析）²⁾などを実施してきた。

また、「Scan-WALKER[®]」³⁾による副生ガス配管の特長で

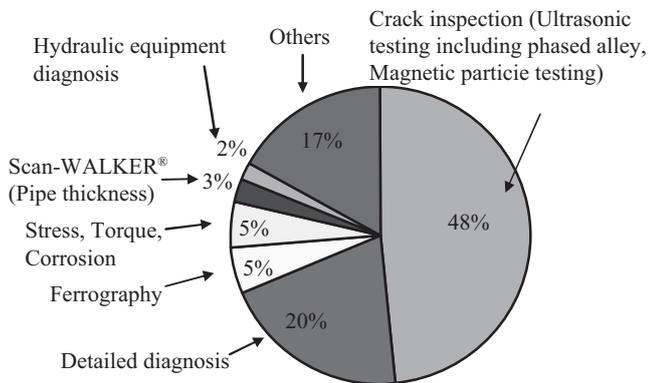


図2 設備診断業務内訳
Fig. 2 Items of diagnosis works

ある局部腐食部位をとらえて更新範囲を最小限にする配管面診断なども実施してきた。

3. 設備状態監視技術の開発状況

本特集号に掲載する設備状態監視技術は、**表1**に示す各設備の劣化モードに応じて、非開放検査、遠隔操作化、高精度化、異常の簡易判定化などを念頭に技術を開発し、適用拡大を図ってきた技術である。すなわち、高炉熱風炉の鉄皮溶接線亀裂を検査する高温 TOFD (time of flight diffraction) 法による遠隔亀裂診断技術や、高精度赤外線サーモグラフィを活用した各種測定技術を開発し、足場レス非開放診断を実用化している。また、ガス配管管台部の非開放超音波探傷診断技術も実用化している。さらに、振動診断では高精度振動波形解析により、従来診断が困難であった低速回転機械、すべり軸受などの早期異常検知を実現している。その他部分放電・軸電圧波形診断による大型電動機などのオンライン診断技術や、高周波の波の振幅減衰を用いた診断技術、AE (acoustic emission) 絶縁劣化診断技術、高精度地震被害予測技術なども開発して、実機適用し、設備安定化に貢献している。

4. 設備状態監視の効果

図3に2007年度下期をベースにした監視センサー数も含めた点検点数と故障時間の比率の推移を示す。設備状態監

表1 劣化モード別開発技術と適用分野
Table 1 Developed technology and application area

Degradation mode	Development technology	Application area
Crack	Remote control diagnosis using high temperature time of flight diffraction (TOFD)	Hot stove (Blast furnace)
	High accurate infrared camera	Neck portion of roll crane structure
	Geo-acoustic tomography (Pseudorandom wave)	Crane garter of housing structure
	Phased array ultrasonic testing	Driving device, steel structure
Vibration	High accurate vibration waveform analysis	Low-speed rotary machines journal bearing reciprocating motion
	High function monitor device	
Corosion	Scan-WALKER [®] (Thickness)	Overhead piping
	Pipe thickness measurement using ultrasonic testing for the saddle shape support area	Pipe area of saddle shape support
	Internal camera robot for pipe	Pipeline
Abrasion	Realtime Fe (Ferrum) concentration analysis in grease	Bearing
The others	Partial electric discharge axis-voltage wave diagnosis	Large-sized motor and generator
	Insulation diagnosis equipment using acoustic emission (AE)	Electrical installations
	High accurate infrared camera	Stress, Temperature, Fatigue
	High accurate earthquake damage prediction technology	Overall

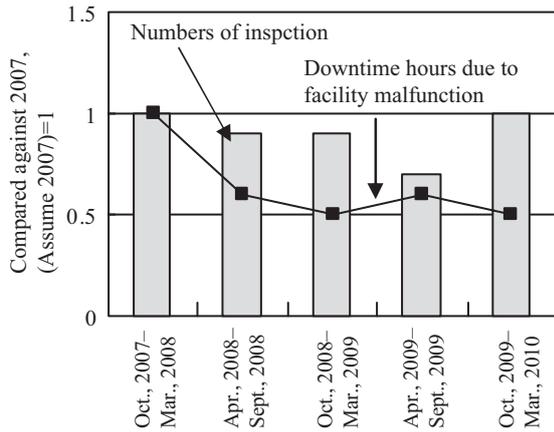


図3 点検点数と故障時間比の推移

Fig. 3 Transition of inspection and downtime hours

視技術の開発と適用拡大，それらによる設備の正常値を管理することで，ほぼ故障時間を半減することができた。

5. おわりに

今回の特集号では，JFE スチールやグループ会社，および共同開発企業で実機適用化している設備状態監視技術に

ついて紹介する。製鉄所はさまざまな劣化モードへの対応が必要で，今後も開発を継続していく。さらに，ここで紹介した設備状態監視技術が他の分野でも活用・発展されるよう取り組んでいく。

参考文献

- 1) 谷口哲男ほか. 鉄鋼設備における保守検査の最近の動向 (回転機械設備の振動診断技術の動向). 検査技術. 1996-11, vol. 1, no. 1.
- 2) 吉田隆二. ミリポアフェロ分析法を用いた鉄鋼設備の潤滑管理. 第49回設備管理全国大会. TPM Conference 2009. 2-C-7.
- 3) 壇上武勝, 横山康夫ほか. 設備健全性評価技術 - 架空配管・埋設配管の診断. 2006, no. 11, JFE 技報.



鳴瀬 卓也



緑川 悟



高田 重信