

# 圧延プロセスにおける設備診断技術

解 説

沖 津 博 人\*

## Machine Condition Diagnosis Technique for Rolling Mills and Processing Lines

Hiroto OKITU

### 1. はじめに

戦後、保安全管理活動のあり方は大きな変化を遂げてきた。そのありさまを10年単位に区切ると、表1のごとくみることができる<sup>1)</sup>。設備診断技術は、この流れの中で1970年代に入つて、ようやく開発・実用化の始まつた新しいテクノロジーである。

設備的には、オイルショックを契機に、省エネルギーや省資源、品質や歩留りなどを重視した設備体系へと転換されてきている。これにともない、保安全管理活動のあり方も、設備のライフサイクル全般にわたつて、その性能を十分発揮させると共に、ライフサイクルコストの最小化など、いわば設備の経済性を重要視した「テロテクノロジー」が台頭してきた。この思想を実現するための中核的技術として、設備診断技術の必要性が説かれ以来

今日まで、多種多様な技術の開発と実用化がなされてきた。また、この技術の有効性も広く認識され始め、必要不可欠な技術として定着してきている。

本稿では、設備診断技術個々の記述は省略し、同技術の現状と圧延プロセスへの適用状況について概観していきたい。

### 2. 圧延プロセスの保安全管理活動

本論に入る前に、圧延プロセスの保安全管理活動の現状について、簡単に触れておきたい。

圧延プロセスの設備態様は、大量生産型から、省エネルギーや品質・歩留りの向上を追求したプロセス間の連続化・同期化、精密な板厚制御や形状制御、材質制御などを組み込んだ高度な自動化プロセス、更には、高付加価値製品を狙つた高性能な表面処理プロセスへと、大き

表 1 保安全管理活動の変遷<sup>1)</sup>

年代	1950年代	1960年代	1970年代
	PMを中心とするメンテナンス機能確立時代	信頼性・安全性・経済性を考慮したプラント設計の重要性認識時代	人間尊重・全員参加によるトータル・システムとしてのPMの総合的効率化時代
保 全 管 理 技 術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 予防保全 1951～ (PM-Preventive Maintenance)</li> <li>・ 生産保全 1954～ (PM-Productive Maintenance)</li> <li>・ 改良保全 1957～ (CM-Corrective Maintenance)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 保全予防 1960～ (MP-Maintenance Prevention)</li> <li>・ 信頼性工学 1962～ (Reliability Engineering)</li> <li>・ 保全性工学 1962～ (Maintainability Engineering)</li> <li>・ 経済性工学 (EE-Engineering Economy)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 行動科学</li> <li>・ MIC計画 (Management for Innovation and Creation)</li> <li>・ PAC (Performance Analysis and Control)</li> <li>・ システム工学</li> <li>・ エコロジー</li> </ul> <p>・ テロテクノロジー</p> <p>(イ) 狙い；設備のライフサイクルコストの最適化</p> <p>(ロ) 中核技術；設備診断技術</p>

昭和 63 年 4 月 28 日 受付 (Received Apr. 28, 1988) (依頼解説)

\* NKK 福山製鉄所生産設備部設備技術室主査 (Facilities Technology Sec., Plant Engineering Dept., NKK Corporation, 1 Kokan-cho Fukuyama 721)

Key words : maintenance ; machine condition diagnosis technique ; condition monitoring and diagnosis for processing lines ; condition based maintenance ; degradation trend control ; service life prognosis ; condition monitoring ; condition analysis ; condition diagnosis for machine element ; condition diagnosis for machinery ; plant maintenance management and activity ; productive maintenance ; predictive maintenance ; time based maintenance.

く変化してきた。

保安全管理活動も、このように変革された圧延プロセスを、いかに最少の保全費用で信頼性の高い状態に維持し、かつ、その性能をフルに発揮させるか、といった難しい対応を求められてきた。

そこで、保安全管理活動の現況を、以下の3点に絞ってみたい。

2.1 定量的保安全管理体制の確立

信頼性の高い保安全管理活動をより経済的な費用で達成するためには、保全員による五感点検や経験的手法をベースとした、定性的保安全管理活動のみでは限界にきている。各種の保全技術や管理手法を駆使した定量的・科学的な保安全管理活動と、保全員の高い感性とを組み合わせ、調和させた活動への転換が不可欠となつてきている。

このような定量的保安全管理体制を確立するために、次のような技術的手段がとられている。

(1)保安全管理活動の主体を、時間基準保全 (TBM; Time Based Maintenance) 方式から、設備診断技術を駆使した状態基準保全 (CBM; Condition Based Maintenance) 方式へと、保全の質的転換が進められている。

TBM は経験的・統計的に定めた一定周期ごとに、開放点検や取替えを実施する保全方式で、多くの長所をもっている反面、保全精度や保全費用の合理化などの面で十分な成果の得にくい方式でもある。

CBM は設備の劣化特性や部品などの余寿命を正確に把握し、その定量的データに基づき最適な保全計画や修復手段などを決定する方式である。従つて、部品などの寿命限界まで使い込めること、異常の予知により適切な対応がとれ、故障防止や設備信頼度の向上が図れること、

取替えや開放点検の周期が大幅に延長できることなどから、保全費用の低減に大きな成果が期待でき、この方式の導入、定着活動が広く展開されてきている。

(2)設備や部品などの劣化メカニズムを解明し、故障のおきない、そして保全のしやすい設備や部品に改良する改良保全活動が積極的におこなわれている。同時に、この活動は保全員の活性化にも大いに寄与し、さらに質の高い活動を進めるエネルギー源ともなっている。

(3)整備や施工ミスによる初期故障防止も重要な課題である。設備の性能維持や品質管理面から定めた諸基準を、常に満足させる整備・施工技術の充実はもちろん、それらを客観的に評価する技術の確立など、いわゆる品質施工体制の確立も急務である。

(4)一方、保安全管理活動を円滑に進めるためには、大形コンピューターによるサポートシステムの整備・充実が不可欠となつてきている。膨大な保全情報の中から必要な時に必要な質と量の情報を自由に活用できるか否かが、定量的かつ経済的保安全管理活動の成否に決定的な差を生ずるようになってきた。このため鉄鋼各社はそれぞれ、各種の保全技術データの管理を始め、保全計画、工事計画、予算管理や資材管理、あるいはこれらに付帯する情報サービスなど、保安全管理活動に係わるすべての業務を有機的に結合し一元的に管理する、オンライン EDPS (Electric Data Processing System) を構築し活用している。

2.2 プロセスの稼働率確保

連続化・同期化されたプロセスにおいては、プロセス間の融通性がなくなり、プロセス個々の突発故障が、関連するプロセス全体に影響する状態になつてきている。それ故に、プロセスの高稼働率確保が重要な課題となり、

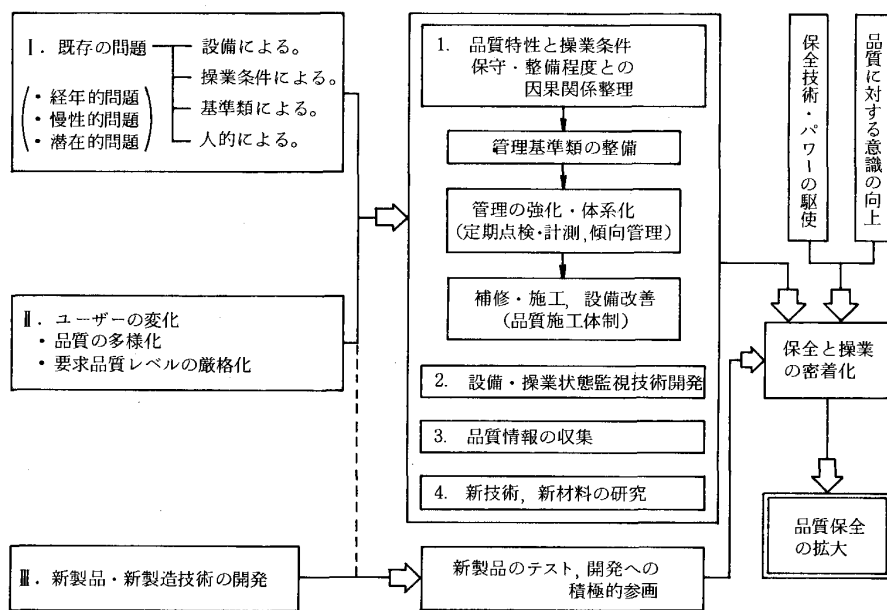


図 1 品質保全における保全の役割<sup>2)</sup>

種々の対策がとられている。なかでも、長時間にわたる突発故障の防止対策はもちろん、高度に自動化されたプロセスの故障や異常に対する効果的なトラブルシューティング手法の確立も重要である。これらを解決する手段として、重要設備の稼動状態を常時監視し、設備状態の異常を早期に検出したり、あるいはその原因を究明するなど、オンラインの設備診断機能をもたせることが極めて有効といえよう。

2.3 設備による品質保証体制の確立

現在のプロセスにおいては、設備の一部の異常や故障が、関連するプロセス全体に影響し、品質や歩留りの低下などを発生させている。品質についてみると、ばらつきの少ない製品が自動的につくられていく反面、一部の設備異常が大量の品質欠陥を生ずる危険性もある。

このようなプロセスにおいては、品質異常情報から設備の異常に気づくフィードバック式情報収集では遅すぎる。設備の異常を予知して品質欠陥を防止する、フィードフォワード方式の体制確立が求められている。

永年の保全管理活動において蓄積してきた保全技術やノウハウを有効に活用し、従来の設備を媒体として間接的に品質や操業に係わる姿勢から、直接的・意識的に係わる積極的体制への転換、いわば設備による品質保証体制の確立が急がれている。

図1に、品質保証体制における保全の役割を示す<sup>2)</sup>。この活動においても、既に設備診断技術が、品質欠陥原因の早期究明や品質欠陥防止などの技術的手段として、有効に活用されている。

3. 設備診断技術の現状

3.1 設備診断技術とは

設備診断技術 (CDT ; Machine Condition Diagnosis Technique) とは、「設備の状態、すなわち、設備にかかるストレス、故障や劣化、強度や性能などを定量的に把握し、信頼性や性能を予測すると共に、とるべき最適な

保全手段を決定する技術」と解されている。

図2に、設備診断技術の概念を示す<sup>3)</sup>。図からも分かる通り、設備診断技術は、①各種の診断パラメーターを検出する技術、②検出した情報を加工し解析する技術、③その結果を同定し、かつその将来の状態を予測する技術、そして④とるべき最適な保全手段の決定などを含む広範な技術によって成立している。従つて、設備診断技術は単なる故障検出技術ではなく、設備に対する医療技術として位置づけられるべき総合技術である点に注目を要する。

3.2 簡易診断技術と精密診断技術

設備診断技術は、図3に示すように、簡易診断技術と精密診断技術に大別される。

簡易診断技術は、医療における定期健康診断に相当するもので、多くの設備の状態を簡便、かつ的確に診断する技術であり、主として、設備状態の良否判定、診断結果の傾向管理による寿命予測などの機能を分担する。

簡易診断の実務は、保全員による定期巡回診断と常設モニターによるオンライン監視システムに分けられる。前者は小型可搬型の簡易診断計を用い、一定周期ごとに多数の設備の状態を迅速に診断してまわる方式で、従来からおこなわれている“点検”を定量化、高精度化したものといえ、保全員の重要業務の一つとなっている。後者は、重要度が高い、突発故障時の損失が大きい、老朽化が進んでいる、保全員による定期巡回診断が難しいなどの設備を対象に、診断モニターを常設し監視するシステムとしている。

精密診断技術は、医療における精密検診に相当するもので、簡易診断によつて発見された異常や問題点について、その状態を定量的に検出し、異常などの原因、部位程度を同定すると共に、寿命や信頼性の予測もおこない今後とるべき保全手段を決定する機能を分担する。

精密診断の実務は、専門的知識と技術的経験を必要とするので、通常は社内に設備診断グループを設け実施し

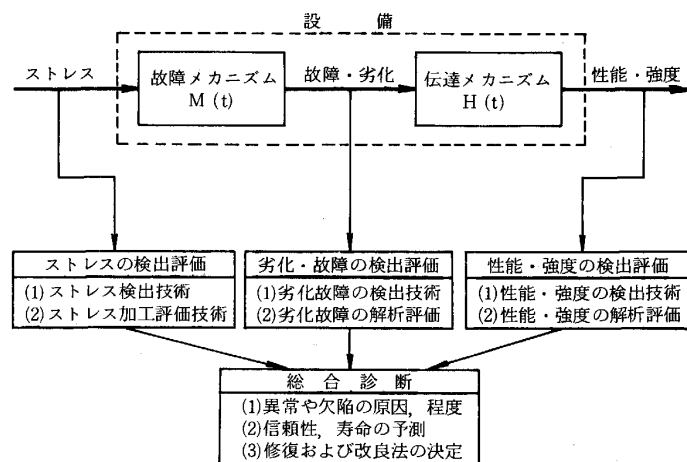


図2 設備診断技術の概念<sup>3)</sup>

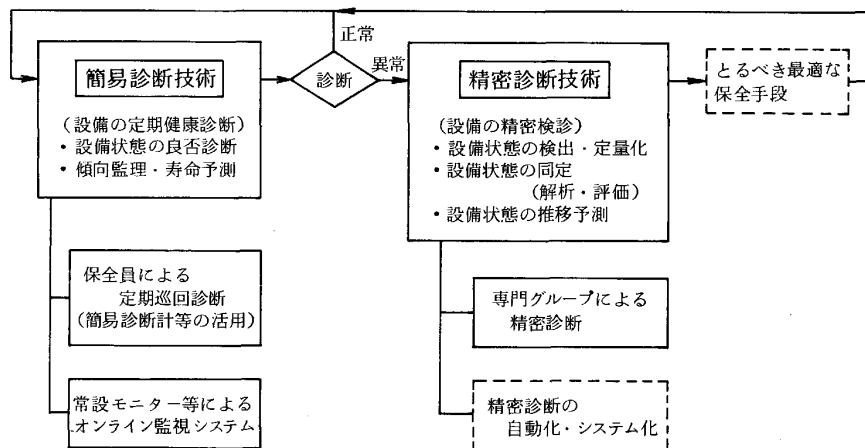


図 3 簡易診断技術と精密診断技術

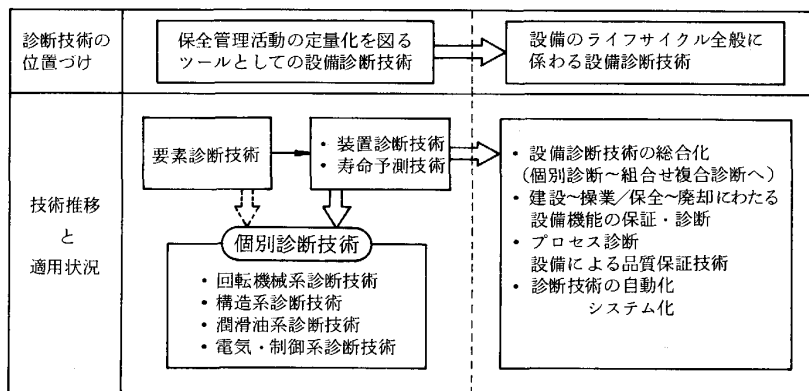


図 4 設備診断技術の推移概要

ているところが多い。この専門グループは、通常の精密診断業務のほか、簡易診断の適用できない機器や装置の診断、設備改善をした時の改善評価診断、あるいは品質異常原因の究明や操業時の各種データ採取、設備能力調査などの品質・操業ニーズにも対応している。

3.3 設備診断技術の現状

日本では、1970年代の初期より、装置産業を中心に技術の研究・開発が進められ、数年後には一部で実用化が始まったといわれる。以来今日まで、多種多様な設備診断技術の開発がなされ、実用に供されてきている。また、この技術の有効性が評価されるに従い、その位置づけも変わってきた。以下、これらの状況について概観していききたい。

3.3.1 設備診断技術の推移

図 4 に、設備診断技術の推移概要を示す。

(1) 要素診断技術

設備診断技術は、転がり軸受や歯車などの主要機械要素を対象に、それらの損傷状態を診断する「要素診断技術」からスタートした。

例えば、転がり軸受内部に損傷が発生すると、その損傷部と転動体の衝突により、微弱な衝撃振動が発生する。

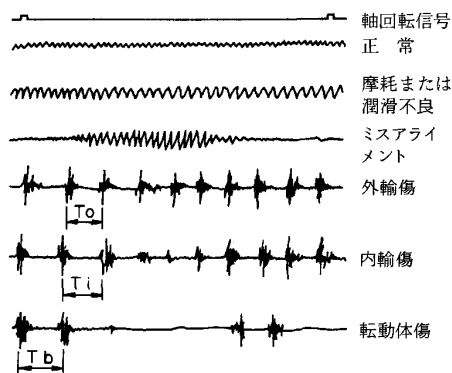


図 5 軸受損傷と振動波形例<sup>4)</sup>

損傷部位やその程度により、発生する衝撃振動の大きさ、波形形態、変動周期などが異なる。図 5 に、転がり軸受の損傷部位と振動波形の形態例を示す<sup>4)</sup>。

簡易振動診断法では、図 6 に示すような構成の簡易振動診断計を用い<sup>5)</sup>、微弱な衝撃振動を振動加速度または振動速度として計測する。軸受状態の良否判定とその損傷程度の同定は、数百 rpm 以上の回転数であれば、計測値の大小による絶対値判定で、それ以外の場合は相対値判定、あるいは相互比較判定によりおこなう。また、

診断結果を傾向管理し損傷の進展具合や寿命点の把握などの寿命予測もおこなっている。

精密診断では、検出した衝撃振動波形の形態や変動周期などについて、波形分析、周波数分析、自己相関分析などの信号処理技術を駆使して、損傷原因や部位、損傷程度を同定する<sup>6)7)</sup>。

(2)装置診断技術

主要な機械要素を対象にスタートした診断技術も、技術の確立や診断ノウハウの蓄積に伴い、診断適中率も向上し、また、設備診断技術への期待とニーズもしいだいに

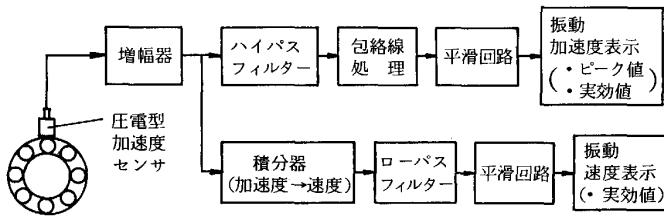


図 6 簡易振動診断計ブロック図<sup>6)</sup>

増大していった。その結果、診断対象もポンプ、ブロー、減速機といった回転機械を対象とした機器単体の診断技術へと拡大されてきた。その後さらに、設備診断技術の開発と適用が精力的に進められ、油圧作動装置、各種の駆動力伝達装置、自動制御装置といった、その装置全体を診断対象とする、いわゆる「装置診断技術」へと発展した。適用技術領域も、到達技術レベルに差異はあるものの、①回転機械系、②構造系、③潤滑油系、④電気制御系など、保全技術領域全般へと拡大されてきた<sup>8)~11)</sup>。

各技術分野で使われている代表的な設備診断技術を図7に<sup>12)</sup>、また診断用パラメータの検出手法例を表2に示す<sup>13)</sup>。

一般的に、回転機械や潤滑油装置のように、異常振動、異音、過熱、異常摩耗粒子といった、故障や劣化を示す徴候を自ら発生する能動的機械の場合は、これらの徴候パラメータを検出し解析する手法が主体となる。一方、構造物のように、自らは劣化や損傷の徴候を直接的に表さない受動的機械では、例えば、超音波や高周波電流、機械的あるいは電気的ハンマリングなど、外部から何ら

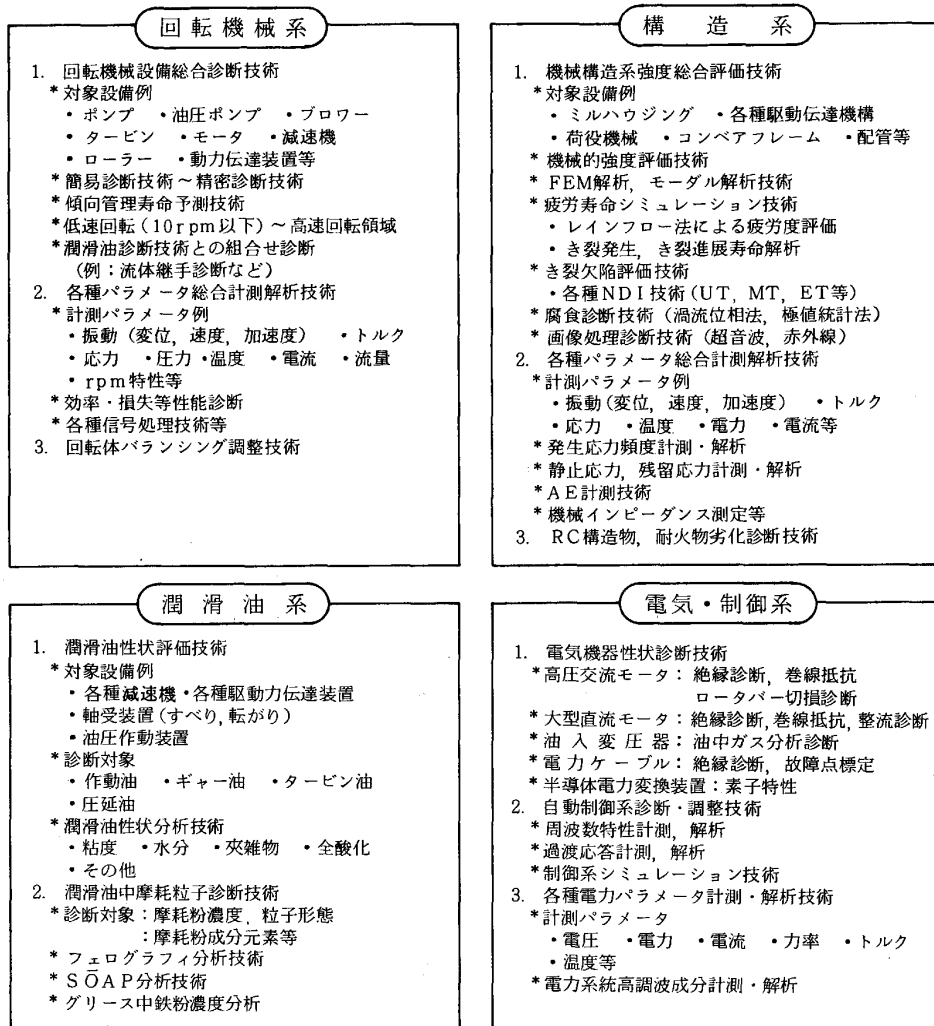


図 7 代表的な設備診断技術例<sup>12)</sup>



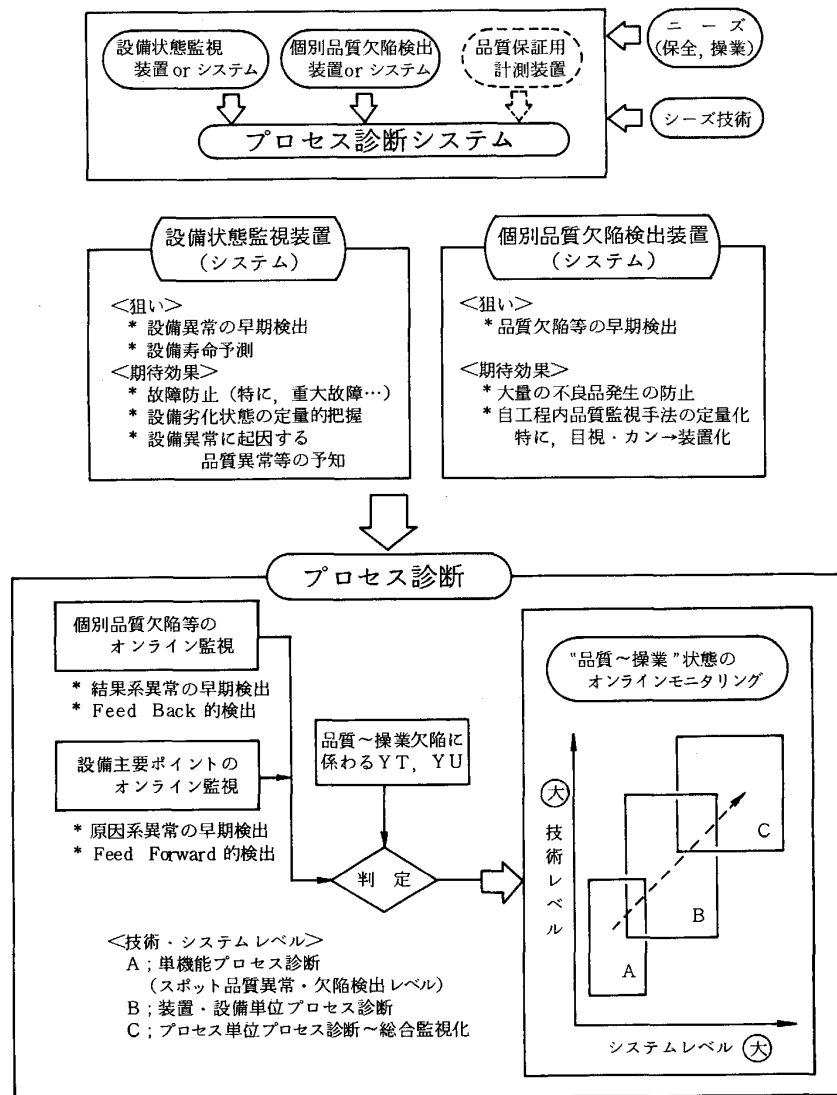


図 8 プロセス診断の概念<sup>14)</sup>

り、改善前後の診断による改善効果の確認、更には、高度な自動化設備の開放点検や修理をおこなった際の、施工前後における設備機能の異常の有無確認など、施工品質の評価にも使われ始めている。

操業面では、プロセス診断をはじめ、設備仕様限界での製造や操業条件の変更などによる設備能力や機械的強度の診断、更には、最適操業範囲の同定のための手段としても活用し始めた。

一方、設備性能の劣化が保全上、操業上の限度をこえると、更新が必要となる。老朽更新をいつの時点で実施するかは極めて重要な問題である。設備の残存強度や腐食評価などから寿命予測をし、合理的な更新時期の設定手段としても一部で活用され始めている。

#### 4. 設備診断技術の適用事例

最近、鉄鋼協会の講演大会でも、設備診断技術の適用事例報告が目につくようになり、1985年から1987年ま

での3年間に35編が報告されている。内容的には、要素診断技術からプロセス診断技術まで、現在実施されている設備診断技術の全域にわたっている。

以下、圧延プロセスへの適用事例の一端を紹介する。

##### 4.1 回転機械の傾向管理寿命予測

TBM主体の予防保全では、例えば、取り外した軸受に何らかの異常の発見される比率は数%以下と想定され、本来ならほとんどのものが継続使用可能である。設備診断技術適用後のCBMでは、軸受の状態を正確に把握した上で取替えるので、理論的には寿命点まで使い切ることが可能になった。

図10に、このための手法として使われる傾向管理寿命予測の概念を示す。縦軸は簡易振動診断計で計測された振動加速度または振動速度で、その大きさにより、良、注意、不良に区分される。横軸は定期診断時期を示す。

計測値が安定している正常領域から、何らかの異常により徐々に増加し始める劣化領域、更に異常が進展する

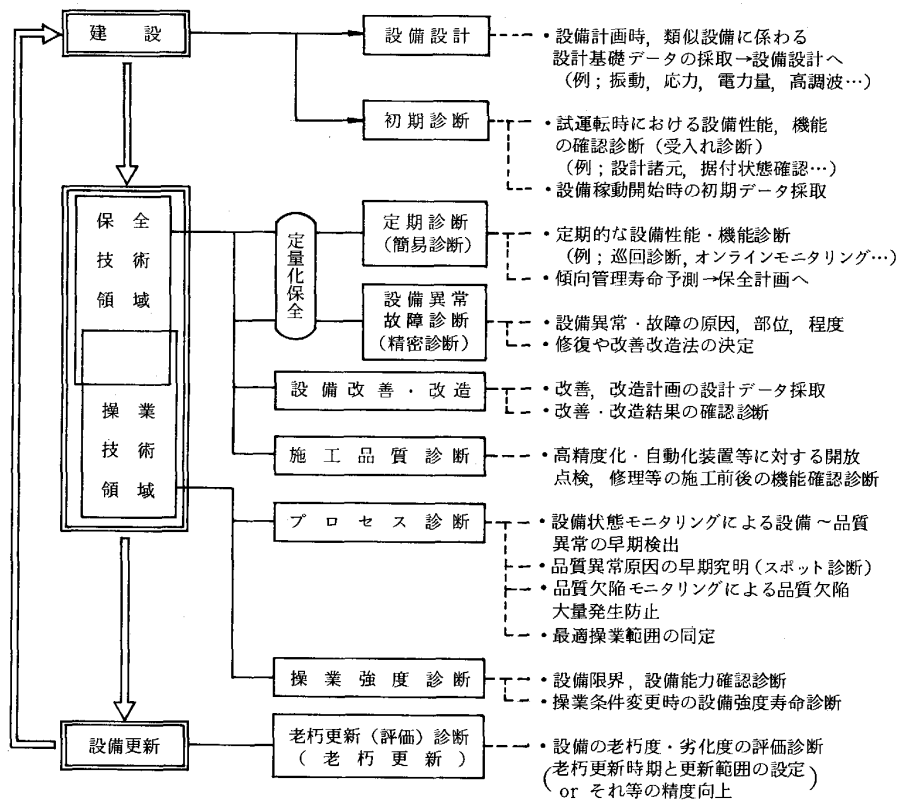


図 9 設備診断技術の適用状況<sup>15)</sup>

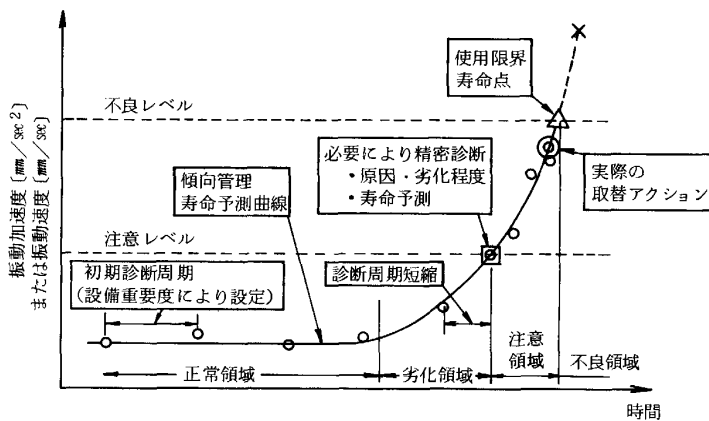


図 10 傾向管理寿命予測の概念<sup>16)</sup>

と注意レベルを超えて注意領域に入る。その後の異常進展はかなり早く、不良レベルを突破して不良領域に入り、ついには破損に至る。

劣化領域の後半からは診断周期を短縮して、注意領域以降の挙動を正確に把握、寿命点予測の精度をあげる。しかし、不良領域における劣化進展は極めて早いので、保全管理上の寿命は不良レベル到達時点として、その直前の定期修理時に取り替える<sup>16)</sup>。

なお、この手法は膨大な点検データの管理が必要となるので、コンピューターによりシステムサポートされている場合が多い。

#### 4.2 潤滑油中の摩耗粒子分析


潤滑油は機械内部を人間の血液のように循環しているので、その中に含まれている摩耗粒子を分析することにより、潤滑状態の良否、異常原因や部位、程度などが診断できる。分析手法としては、摩耗粒子の成分元素を分析する SOAP (Spectrometric Oil Analysis Program) 法と、摩耗粒子の形態を分析するフェログラフィ分析が主として使われている。

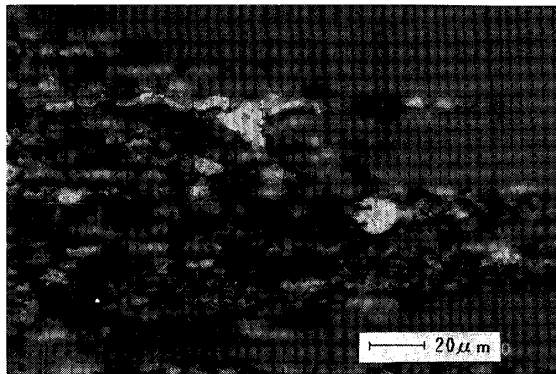
表 3 に代表的な摩耗粒子の形態とその発生要因を示す<sup>17)</sup>。

図 11 に、冷間圧延機バックアップロール用軸受油の変色原因について、フェログラフィ分析した結果を示す。

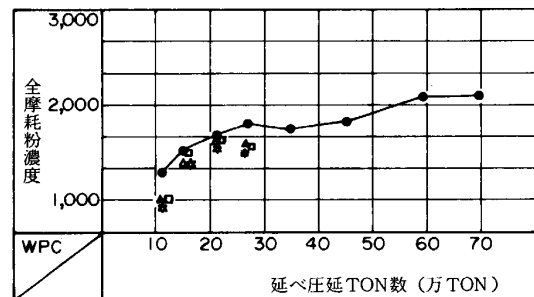


表 3 代表的摩耗粒子形態とその発生要因<sup>17)</sup>

	形 態	発 生 要 因
正常摩耗粒子 	(1) 薄片状 (2) 表面なめらか (3) 大きさ 15 μm以下…厚さ 1 μm	
球状摩耗粒子 	(1) ボール状 1 ~ 5 μm 5 μm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ベアリング初期疲労</li> <li>・ 溶接スパッター, キャビテーション</li> </ul>
平板状摩耗粒子 	(1) 表面周囲不規則 (2) 大きさ 10 μm以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 歯車疲労</li> <li>・ ベアリング疲労</li> </ul>
圧延性薄片摩耗粒子 	(1) 薄片状厚さ 1 μm以下 (2) 周囲不規則穴あきあり (3) 大きさ 20 ~ 50 μm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ベアリングの疲労粉に多い</li> </ul>
切削摩耗粒子 	(1) 切りくず状 (2) 大きさ 25 ~ 100 μm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 異物混入</li> <li>・ 摺動部の突起</li> </ul>
シビヤー摩耗粒子 	(1) 直線的エッジ (2) 表面にストライエション (3) 大きさ 20 μm以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 歯車の高負荷時に発生</li> </ul>



(a) 摩耗粒子形態



(b) 全摩耗粉濃度推移

図 11 軸受油フェログラフィー分析例

(a)は摩耗粒子の形態を示す。粒子の大きさはほとんどが 10 μm 以下、テンパーカラーを有する小摩耗粒子が散在し、また黒色酸化鉄が見られることなどから、転がり軸受に軽度の焼付き現象が発生し、それにより変色したものと診断された。

(b)は油中の全摩耗粉濃度の推移を示す。使用されるにつれ全摩耗粉濃度は飽和傾向となり、また摩耗粒子形態も変化なく、従って、軸受の初期損傷も進展することなく落ち着いてきたものと判断された。

### 4.3 ミル駆動系の強度診断

省エネルギー、材質制御圧延のために低温圧延や高圧下圧延がおこなわれ、圧延時のミル負荷は大幅に増大し、設備能力の限界で使用されることが多くなってきた。

また、ミル駆動系の機械的ガタの増大は、材料嚙込時に大きな衝撃力を発生させている。

これらは、いずれもミル設備の寿命を著しく短縮し、特に主駆動電動機、スピンドル、ミルハウジングなどのき裂や損傷など、重大な現象を誘発している。

図 12 に、ミル駆動系の強度診断事例を示す。

スピンドル、主減速機とピニオンスタンドのギャー部の安全率が低くなっている。対策として、スピンドルのわにぐち部に応力集中の発生しないスリッパ型スピンドルの開発、クロスピン形状の改善、ピニオンスタンド歯車の面圧強度と曲げ強度の向上などを実施している<sup>18)</sup>。

図 13 に、ミル駆動系のトータルギャップ管理の適否が、スピンドル寿命に及ぼす影響についてシミュレー

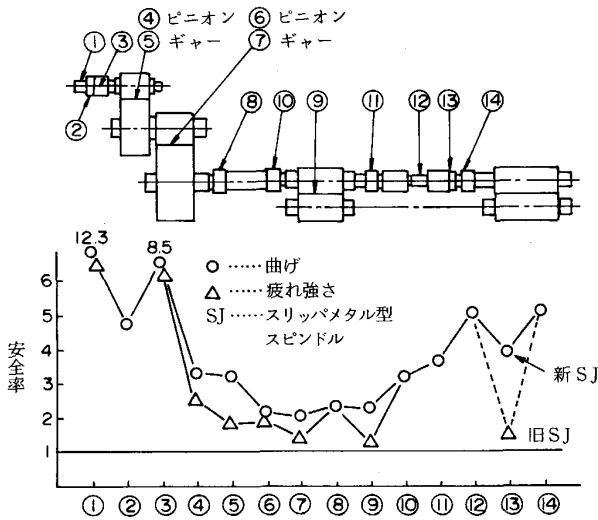


図 12 ミル駆動系の強度診断例<sup>18)</sup>

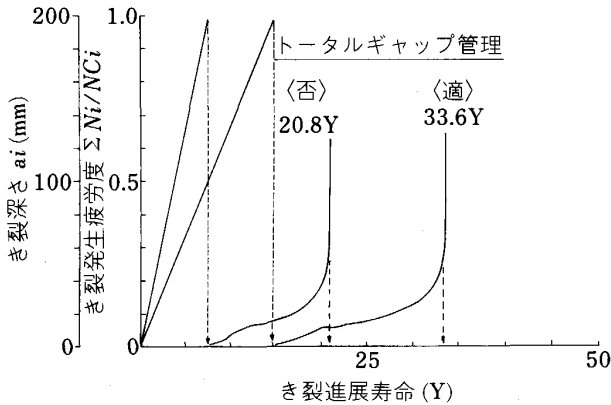


図 13 ミル駆動系の寿命予測例

ションした結果を示す。ギャップ管理が不適切な場合、嚙込時あるいは減速開始時などに発生する大きな衝撃トルクにより、寿命が大幅に短縮されることを示している。

4.4 自動制御装置の制御特性診断

圧延プロセスに不可欠な可変速自動制御装置や油圧サーボ装置などの制御状態の良否は、品質や歩留りに大きな影響を与える。従来は設備休止時に、制御装置の点検や静特性チェックを実施してきたが、最近では動特性診断が有効に活用されるようになってきた。

動特性診断では、可変速自動制御系については、周波数特性や過渡応答特性を測定し、系の応答性、安定性、駆動機械系とのねじり共振の有無、あるいは隣接する設備との揃速性などを診断する。油圧サーボ系でも周波数特性におけるゲイン特性の形状と応答周波数から、サーボ弁を含む油圧機器の劣化や制御状態を診断する。

図 14 に、油圧サーボ系の周波数特性測定のプロック図を示す。測定は伝達関数測定装置を用いておこなう。図 15 に測定結果の 1 例を示す。測定した周波数特性か

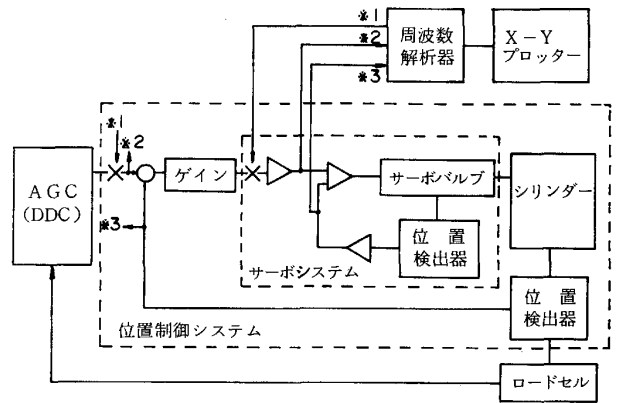


図 14 周波数特性測定用プロック図<sup>19)</sup>

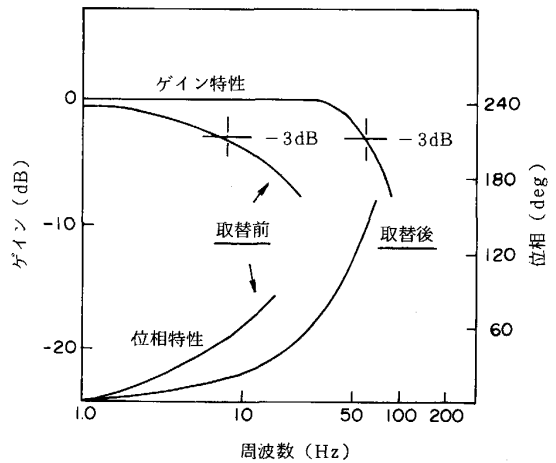


図 15 周波数特性の測定例

ら応答性が著しく低下していることがわかった。原因はサーボ弁の劣化と診断され、これを取り替えることにより良好な状態に復帰した<sup>19)</sup>。

図 16 に、自動制御系の診断事例を示す。

(a)は周波数特性で、高周波数領域においてゲイン特性が大きく跳ね上がり、駆動機械系とのねじれ共振特性を示している。(b)はこの時の軸トルクと電流チャートを示す。定格トルクを上回る大きなねじり振動と電流のハンチングが見られる。

この診断結果に基づき駆動軸系を点検したところ、スプライン型駆動軸の歯底部に大きなき裂が見つかった。軸の取替えと制御系の調整を実施した結果、(c)、(d)に示すような状態に改善された<sup>20)</sup>。

4.5 チャタリング検出システム

冷間圧延中に突然発生する冷間圧延機のチャタリング現象は、圧延スタンドやロール系の異常振動であり、板厚変動を生じ、激しい時には板破断に至ることもある。

この現象は主として、100 から 200 Hz 程度の振動現象で、薄物圧延などの変形抵抗の非常に高い状態において発生しやすく、圧延油の乳化特性や潤滑性、材料温度、

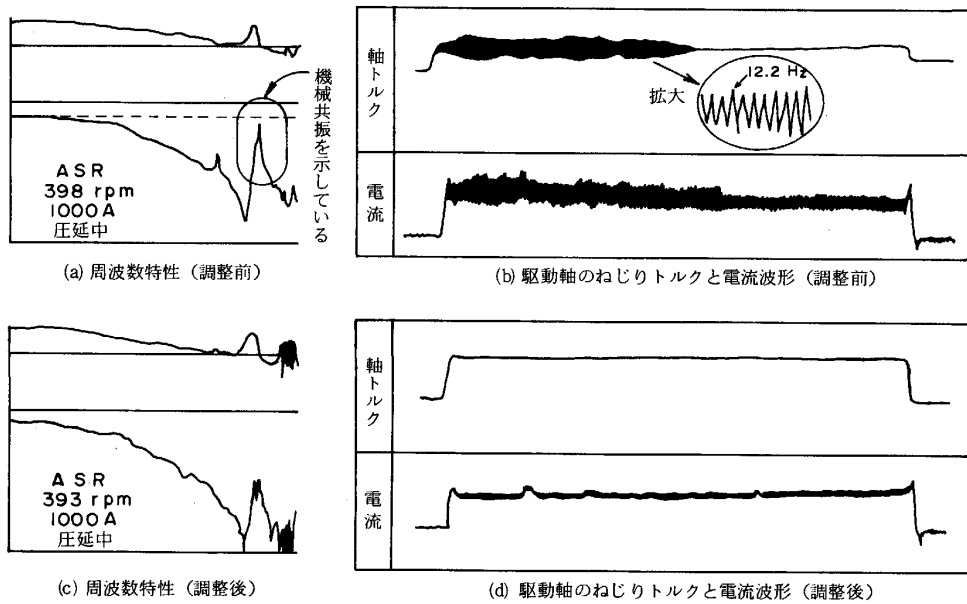


図 16 可変速自動制御系の診断事例<sup>20)</sup>

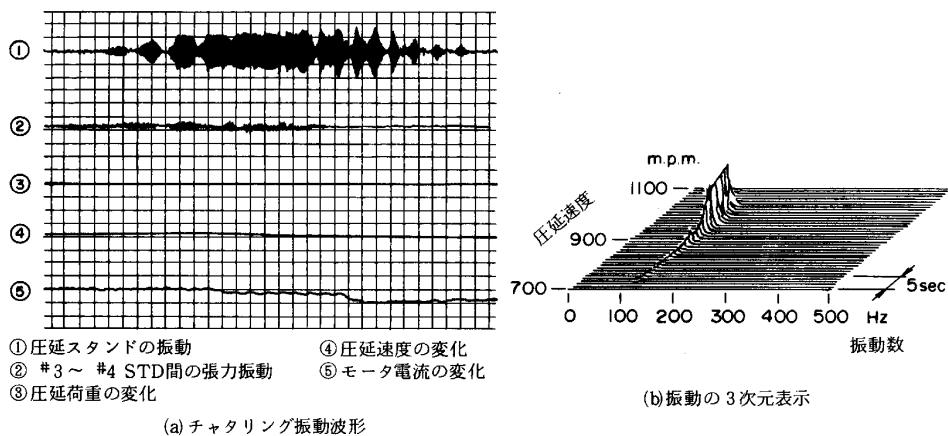


図 17 冷間圧延機チャタリング検出システム例<sup>21)</sup>

圧延ロール摩耗などに関係しているといわれる。

図 17 に、チャタリング現象の検出システムを示す。(a)に各種の振動状況を示すが、最も顕著に表れているのが圧延スタンドである。(b)はその振動の三次元表示を示すが、この振動成分は 120 Hz であることが分かる。(c)に検出システムのブロック図を示す。チャタリングを検出するセンサーは、モーダル解析により得られた圧延スタンドの最強振部に設置している<sup>21)</sup>。

チャタリングの発生を早期に検出することにより、迅

速な抑制操作が可能となり、品質欠陥の防止に大きな成果をあげている。

#### 4.6 ダウンコイラー設備監視システム

最近のダウンコイラー設備には、ユニットロールの段差制御、ピンチロールやユニットロールの押付け力制御など、高度なメカトロ装置が採用されている。これらの突発事故や性能劣化は大きな機会損失のみならず、コイルの品質・歩留りにも多大な影響を与える。

図 18 に、コイラー設備の主要機構部の作動状態をオ

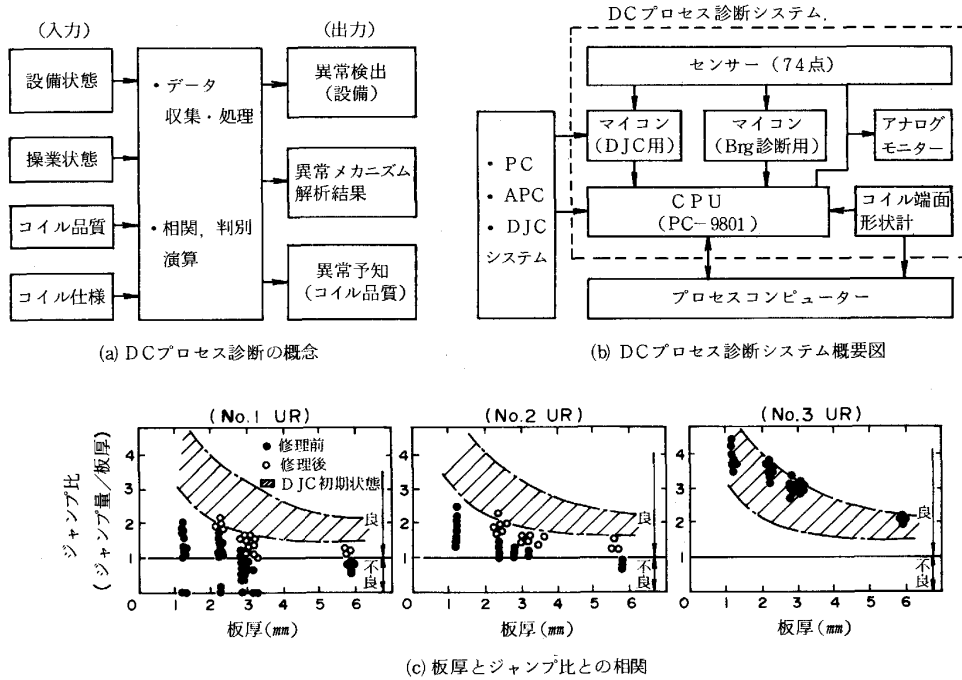


図 18 コイラー設備オンラインモニタリングシステム例<sup>22)</sup>

ンラインモニタリングし、設備異常を早期に検出するための監視システムを示す。(a)に構築したシステムの狙いを、(b)にシステム構成を示す。なお、このシステムには、巻きとつたコイルの形状をはかる端面形状計も組み込んであり、コイル形状と各機構部作動状態との相関分析も可能である。(c)はユニットロール段差制御装置の動作状態を示す。

この図から明らかなように、#3 ロールの作動は正常であるが、#1、#2 ロールはジャンプ量不足であり、特に #1 ロールの状態が極めて悪い。測定結果の相対評価や初期診断データなどを総合的に検討した結果、作動不良は段差制御機構部の支点部摩擦やこじれによるメカロス増加と診断された。この結果に基づき、#1 ロール系は一式取り替え、#2 ロール系は各支点部の潤滑を強化し、良好な作動状態に戻った<sup>22)</sup>。

### 5. あとがき

要素診断技術という“点”技術からスタートした設備診断技術も、現在では、保全管理活動に不可欠な中核的技術へ、そして操業面へも踏み込んだプロセス診断技術へと、いわば“面”としての広がりをもった技術に成長し大きな成果をあげうる存在となってきた。

今後、保全技術面では、生産活動を長時間ストップさせる重大故障の防止、防災面での異常の予知、あるいは設備老朽度の定量的評価など、装置や設備トータルとしての信頼性向上を目指した総合診断技術の確立が大きな課題といえよう。

そのためには、個別診断技術から複合診断技術へ、腐食診断や強度評価技術などを含む総合強度寿命評価技術の充実、適確な設備状態監視システムの開発と、それをベースにした効果的かつ経済的なモニタリングシステムの構築なども必要になってくる。

プロセス診断技術には、設備診断技術の本質的価値をさらに有効活用するため、ますます積極的に取り組まなければならない課題といえる。

設備異常に起因する品質欠陥の防止、ないしは異常の早期検出のための個別技術やシステムの充実はもちろん、品質を直接つくり出しながら、ともすればブラックボックス的存在のめつきプロセスの品質監視技術、あるいは高度なメカトロ設備の各機構部の作動状態監視技術なども必要となる。そして、これらを適宜組み合わせた中規模レベルのオンラインモニタリングシステムから、プロセス全体にわたる総合オンラインモニタリングシステムの構築まで、それぞれのニーズに応じ強力に推進されるであろう。

一方、これらの動きと合わせて、設備診断技術の自動診断装置化やエキスパートシステム化など、設備診断技術の標準化がいつそう促進され、難しい技術から身近な汎用技術への転化も図られるであろう。

以上、設備診断技術の流れと適用について概観してきた。独断と偏見にわたる部分もあろうかと思うがお許し願いたい。最後に、設備診断技術がより多くの産業界において広く活用され、発展することを願つてやまない。

文 献

- 1) 中嶋清一: テロテクノロジー (1976), p. 21 [日本プラントエンジニア協会]
- 2) 沖津博人: 日本プラントメンテナンス協会, 第6回設備診断技術シンポジウム予稿 (1986), A1-2-2
- 3) 設備診断技術ハンドブック (日本鉄鋼協会編) (1986), p. 1 [丸善]
- 4) 同上, p. 88
- 5) 同上, p. 86
- 6) 豊田利夫: 設備診断技術の進め方 (1982) [日本プラントメンテナンス協会]
- 7) 牧 修市: 振動法による設備診断の実際 (1983) [日本プラントメンテナンス協会]
- 8) 設備診断技術 (1978) [日本プラントエンジニア協会]
- 9) 豊田利夫, 横田典之, 前川健二, 山田信夫, 鈴木昂士: 製鉄研究 (1981) 305, p. 16
- 10) 設備診断マニュアル (1983) [電気書院]
- 11) 第1回~第8回設備診断技術シンポジウム予稿集 (1981~1988) [日本プラントメンテナンス協会]
- 12) 沖津博人: 計測技術, 15 (1987) 11, p. 125 [日本工業出版]
- 13) 同上, p. 126
- 14) 日本鋼管株式会社: 設備診断技術分科会資料 (1987)
- 15) 例えば, 設備診断技術 (1978), p. 241 [日本プラントエンジニア協会], 牧 修市: 振動法による設備診断の実際 (1983), p. 11 [日本プラントメンテナンス協会]
- 16) 日本鋼管株式会社: 社内教育資料 (1987)
- 17) 檀上賢一: 日本プラントメンテナンス協会, 第7回設備診断技術シンポジウム予稿 (1987), B3-3-5
- 18) 井上紀明, 池田晴行, 中野貞則, 石川貴章: 鉄と鋼, 73 (1987), S1078
- 19) 浜口理彦, 中島繁紀, 岸本吉功, 北村 章: 鉄と鋼, 73 (1987), A255
- 20) 石田成男: 日本プラントメンテナンス協会, 第3回設備診断技術シンポジウム予稿 (1983), B1-1-12
- 21) 沖津博人: 日本プラントメンテナンス協会, 第6回設備診断技術シンポジウム予稿 (1986), A1-2-16
- 22) 小川定義, 沖津博人, 吉本松男, 中村丈人, 寺内琢雅, 牟田 潔: 鉄と鋼, 73 (1987), A251