

横野 智 明\*

### 1. はじめに

各種生産工場において、潤滑油や駆動油などのオイル、またエア、窒素や炭酸ガスなどのガス体に代表される様々な流体が、各種用途に幅広く使用されている。それら流体は、ただ使用するだけでなく、管理を確実に実施しないと、本来の性能を発揮できないばかりか、設備トラブルによる生産停止など、生産活動に大きな影響を及ぼす可能性がある。今回は、それら流体の管理の基本となるオイルのモニタリング技術と、ガス体の外部リーク診断技術を紹介する。

まずは、オイルの監視によって設備の突発故障を防止する技術とその活用事例を説明する。

### 2. 設備のオイル状態監視システム

#### ウェアスキャナー (WEARSCANNER)

##### 2.1 金属摩耗粉の管理

オイルの管理は、大きく分けると二つの目的がある。一つは、オイルそのものの潤滑性能が維持されているか、オイルそのものの性質・性能の管理と、二つ目は、オイルに混ざった金属摩耗粉や不純物などを管理し、オイルを使用している設備に何か異常が発生していないかを確認するものである。

ウェアスキャナーは、潤滑油内の微小な金属摩耗粉の粒子数と大きさを測定し、振動測定では発見できない設備の初期段階の損傷、破損や低速回転機器のベアリングの損傷状況などを、把握できるシステムである。

その上、金属摩耗粉などの不純物は、転がり軸受け、クランクシャフト、ギア歯面などの薄い潤滑膜を破壊し、潤滑不良による設備

の早期故障を発生させる可能性があるため、モニタリングし、適切な対策を実施することで、設備の延命にもつなげることができる。

##### 2.2 ウェアスキャナーの測定原理

ウェアスキャナーは、渦電流を使用した測定方式を採用している。センサー部には、1つの励磁コイルと2つの受信コイルがセットされており、励磁コイルにより磁界を発生させ、その磁界により、センサー内に流れている潤滑油の中に、渦電流を誘導している。この渦電流を受信コイルで検出している。

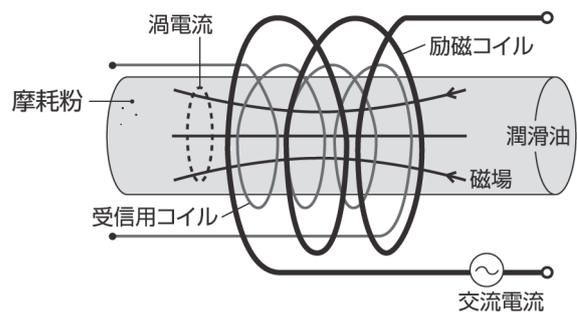


図1 渦電流測定方式

センサー内を磁性体の粒子である金属摩耗粉が通過すると、誘導されている渦電流に変化が生じ、それによって受信コイルに誘導されている信号の電圧の振幅と位相が変化するため、それを信号処理して監視している。2つの受信コイルを活用していることにより、非常に素早い応答が可能となり、流量が多い場合にも、ごく小さな粒子の検出が可能になる。

受信コイルにより検出された電圧の振幅値と粒子径は相関関係にあるため、電圧に閾値を設定することで、粒子径の大きさをクラス分けすることができる。そのため、ウェアスキャナーでは、単位時間当たりの、粒子サイ

\* (有)ティティエス テクニカルマネジャー

ズとその平均粒子数、ならびにその積算値を記録することができる。

### 2.3 ウェアスキャナーの特徴

従来、潤滑油内の摩耗粉監視は、摩耗粉以外の粒子や気泡も検出してしまうため難しい監視方法とされてきたが、ウェアスキャナーは、渦電流を利用しているため、潤滑油内に存在する磁性体の粒子のみを測定できる。そのため、測定している流体の温度、流量、粘度、空気や水の含有量、色（汚れや黒ずみ）の影響を受けず、正確な金属摩耗粉などの測定が可能になる。また、その他の特徴として、

#### 1) 広範囲なサイズを測定

ISO16232 に定義された粒子サイズのうち Class-E~Class-K の広範囲の粒子が測定可能である（表1）。カウント可能な最小サイズの Class-E は  $50\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$  の微粒子となる。

表1 測定範囲（ISO16232 粒子サイズ）

クラス	E	F	G	H	I	J	K
測定モード	ファイン			スタンダード			
サイズ $\mu\text{m}$	50 ~ 100	100 ~ 150	150 ~ 200	200 ~ 400	400 ~ 600	600 ~ 1000	1000 ~

※ウェアスキャナーではJおよびKの区分けはなく、全て600 $\mu\text{m}$ 以上としてカウント

#### 2) 低速回転設備にも対応

発生した摩耗粉を測定する方式であるため、振動測定では評価が困難な低速回転機器も監視可能である。

#### 3) オンライン／オフラインの選択可

LAN 接続を利用した「オンライン監視」（オプション）、または本体に内蔵された 64MB のメモリー機能を活用した「オフライン監視」の選択が可能である。

「オンライン監視」では、リアルタイムにトレンド管理を行うことが可能となり（図2）、またサイズ毎に閾値を設定することで、閾値を超えた場合にアラームを出力することもできる。「オフライン監視」では、メモリー内に約 150 日間のデータ保存ができる（最短記録間隔 1 分の場合）。記録したデータは、CSV 形式にて収集可能であり、表計算ソフトを活用することで、様々な分析が実施できる。

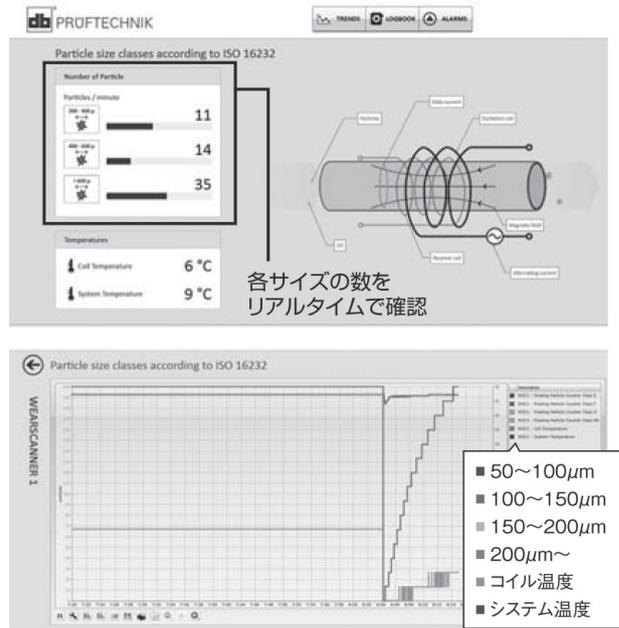


図2 オンライン監視画面例

#### 4) セットアップが容易

本体を潤滑油循環ラインにインラインで取付け、セットアップするだけですぐに測定をスタートできる。

### 2.4 ウェアスキャナーの活用事例

ウェアスキャナーはその特徴を活かし、

—ギアボックスの摩耗、破損の監視

—ベアリングの摩耗、破損の監視

—各種装置金属部品の摩耗、破損の監視などの用途に使用されている。設備故障を事前に予知し、計画的なメンテナンスを実施することで、設備の突発故障による生産機会損失が防止できている。以下に、いくつかの具体例を記載する。

#### 1) パワートレイン試験装置（自動車／建機）

自動車、建機のパワートレイン試験室では、装置の試験開始から終了までの間のベアリング、ギアなどの異常の微細な兆候を把握したいニーズがあった。しかし、振動測定では微兆候を感知できず、かつ従来の金属磨耗粒子測定では、粒子の大きさと量の把握は不可能であった。そこで、50 $\mu\text{m}$ 以上の磨耗粒子の量と大きさが測定可能なウェアスキャナーが導入された。金属磨耗粒子の大きさと数を数値化できたことで、試験機器の耐久性の正確な評価が可能となった。

## 2) 風車ナセル内ギアボックス (風力発電)

風車のナセル内のギアボックスの状態監視を行いたかったものの、風車が低速で回転するため振動測定で評価することは困難であった。そこで、設備の回転数に依存せず状態監視できるウェアスキャナーが導入された。粒子サイズを監視することで、ギアが突発停止する前の段階で異常が確認できるようになり、正確な予知予防が可能になった。さらに、オンライン監視化することで、高所のナセルまで登らなくても、地上からリアルタイムで安全にモニタリングすることが可能となった。

## 3) エンジン・減速機 (船舶)

洋上ではエンジン周辺部品の交換が容易ではないため、突発故障防止は重大な課題であった。そこで、エンジン周辺機器のオイル循環ラインにウェアスキャナーを取り付け、潤滑油内の金属摩耗粉を測定し、ギアの破損やベアリングの損傷などを監視することにした。その結果、機器の破損に至る前に、修繕などの対策がとれるようになり、突発故障の発生件数が大きく低減。更に、異常が悪化する前に手が打てるようになり、大きな振動発生を経験することがなくなった。

## 4) 大型減速機・クラッチ (一般産業)

従来は突発故障防止の目的で、複数の機械の振動測定を行っていたが、作業者によって測定結果にバラツキがあるため正確な評価ができず、振動測定と併用できる簡単な測定方法を探していた。そこで設備の潤滑油循環ラインにウェアスキャナーを取り付け、破損頻度の高いギア、ベアリング、シャフトなどの磨耗粉、破損粒子の状態を監視。閾値を設定し、閾値を越えたらすぐにメンテナンスを実施するようにした。その結果、設備に異常があるまま稼働を継続させて事態が悪化することがなくなり、メンテナンスコストが削減。人による測定のように結果のバラツキが無ければか煩雑な解析も不要となり、簡単に精度の高い状態基準保全が実施できるようになった。

次に、ガス体の外部リーク診断技術による、コストダウン、信頼性工場技術とその活用事例を説明する。

## 3. ガス体の外部リーク検出・定量化診断 ソニックマンサーベイ (SonicMan survey)

### 3.1 ガス体の外部リーク監視の必要性

工場やプラントには、エア、燃料ガス、不活性ガスなど、圧力を持ったガス体が様々な用途に使用されている。ガス体の外部リークは、貴重なガス体の損失やエネルギーロスになるばかりでなく、災害の要因となったり、駆動用に使用されるエアなどの場合は、エア駆動機器が安定して作動せず、品質不良や設備停止にいたる原因になる場合もある。

ガス体の外部リークは、一般的に、①石鹼水による発泡点検、②ガス検知器、③五感(聴覚、触覚、視覚など)により、診断されることが多い。発泡検査による診断では、塗布した箇所は精度よく確認できるが、全ての対象箇所を網羅するのは物量や地理的条件で難しい。ガス検知器による診断では、検知器毎に検知できるガスの種類が限られたり、風の影響をうけたりする。また、五感による診断は、操業中の工場など騒音の大きい箇所などでは診断は難しく、また、静かであっても微少漏れの発見はできない。上記それぞれの診断手法は相当のマンパワーが必要となるため、これらの手法を使って工場全域を包括的・網羅的に点検することは難しい。

そのため、通常は、①特定のガスのラインだけを点検する、②特定のエリアだけを点検する、③日常の点検ルートのみを点検する、などのように、部分的な点検しか実施されていない。またリーク量が定量化できないため、プラント全体のロスやリスクを把握できず、優先順位もつけられないため改善が進まないことが多い。設備の老朽化が進む現在、工場全域の包括的なガス体の外部リーク診断の必要性は高まっている。

工場のリークを撲滅するには、工場全域を、一気呵成に包括的・網羅的に診断し、これまで把握できていなかったロスやリスクのポテンシャルを明確にした上でリーク箇所を管理・補修していかなければならない。また、工場・設備は、日々稼働し劣化しているため、診断・補修管理は定期的に継続して実施していく必要がある。

### 3.2 ソニックマンサーベイ技術

圧力をもったガス体が、狭所を通過して低圧部へ放出される際、乱流により超音波が発生する。TTS が提供する、ガス体の外部リーク検出・定量化診断技術である「ソニックマンサーベイ」は、その超音波を専用マイクロフォンにより非接触でキャッチしリーク箇所を特定する（図3）。



図3 ガスリークによる超音波検出

設備の稼動ノイズは高周波域では減衰するのに対し、リークにより発生した超音波は高周波域にまでおよぶため、特定の高周波のみを検出することで、人間には騒がしく思える工場の作業中でも影響を受けずに診断ができる。また、超音波を検出するというその原理から、対象となるガス体の種類を選ばず、圧力を持った全てのガス体の外部リークを包括的に診断することができる。さらに、十数 m の範囲を非接触で検査できることから、広いエリアを迅速に診断することができ、配管ラック上など高所に設置されている設備・部材や配管であっても、地上からリークの検出が可能となる。

発見したリーク箇所については、発生している超音波の音圧レベルやリーク箇所までの距離、ガス体の種類などからリーク量を定量化することができる。診断の結果については、すぐに補修アクションが取れるよう、リーク箇所のリスト、各リーク箇所のロケーションマップおよび詳細写真が記載されたレポートが提出される（図4）。また、リーク箇所のトレンドチェックや補修管理をユーザーが実施できるよう、WEB による管理ツールも準備されている（図5）。

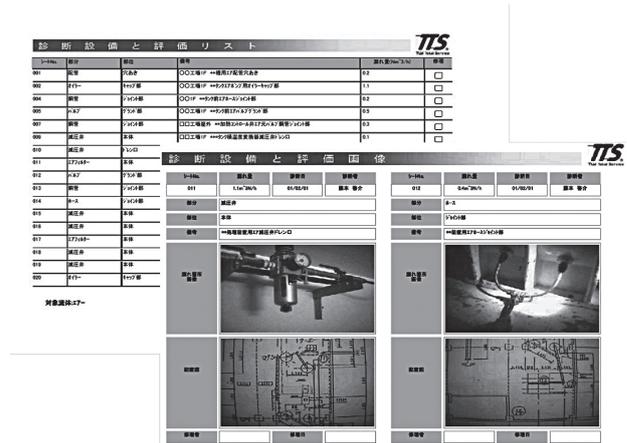


図4 診断レポートサンプル

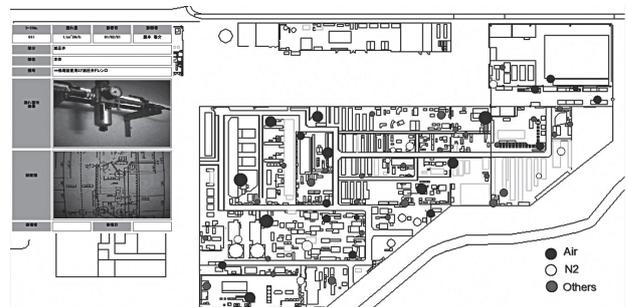


図5 WEB 管理ツール

また、リーク箇所については、バルブグランドや継手部など、増し締めを実施することで、すぐにリークを抑えることができる箇所も多いため、TTS では、診断に補修作業者を同行させることを推奨している。過去の実績では、平均で、発見したリーク箇所の 17%が、当日に増し締めなどのアクションにより修理を完了している。リークは、一度リークし始めると漏れ続けるため、早期に修理を実施すればするほど受けるメリットは大きくなり、リスク発生確率は低くなる。

上述のように、プラントの包括的なガス体の外部リーク診断に対し、非常に有効なソニックマンサーベイ技術であるが、一方、その使いこなしには、技術・経験が必要とされる。TTS では社内の厳格な認証システムによりスキルが一定以上の診断員にのみ認証を与えており、人によらず診断の質が維持される仕組みとなっている。

### 3.3 ソニックマンサーベイの適用事例

以下に、ソニックマンサーベイの具体的な事例と効果を紹介する。

## 1) 石油精製プラント

ある石油精製プラントにおいて、プラントが老朽化していく一方、現場のマンパワーが減少しリーク対策が十分に取れないという課題を持たれていた。そこで、全てのガス体を対象とし、ソニックマンサーベイを適用した。オフサイトを含むプラント全エリアのリーク診断を13工数で完了した。

診断により発見されたリークは613箇所あり、内訳は、エアリーク箇所が431箇所(70%)、蒸気が118箇所(19%)、窒素が45箇所(7%)、その他ガス(8種類)で19箇所(4%)となり、ロス量を金額換算すると、年間で約2,500万円相当(診断当時の単価)であった(図6)。

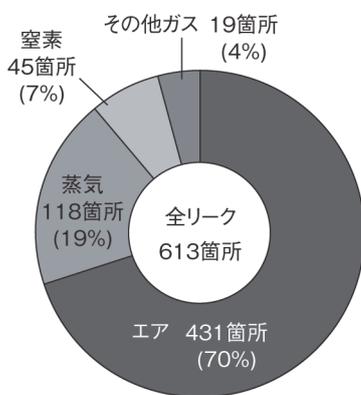


図6 石油精製診断事例

このユーザーは、漏れ箇所を早急に補修され管理することで、大幅なコストダウンを達成できると共に、事故のリスクを低減でき、プラントの信頼性向上につながった。

## 2) 自動車工場

工場の組み立てラインなどで使用されているエアの需給がタイトとなり、コンプレッサーの増設を検討されていた。その前に、まずエアの外部リークを低減しコンプレッサーの負荷を低減しようと活動されていたが、プラントの稼働中は設備のノイズが大きいため点検が難しく、また一部の設備には安全上の問題から近づくことができないため、エアリークの点検活動は後手になっていた。そこで、休日に限られた人数でエアリークの診断を実施するも、イタチごっことなり、対策が進まない状態であった。工場を使用していないにも関わらず、休日のエア流量は、1,756Nm<sup>3</sup>/h

にも達していた。そこで、リーク対策を加速するため、TTSのソニックマンサーベイが導入された。

まずは、車体工場を3日間で診断実施。結果として、302箇所のエアリークを稼働中に発見することができた。302箇所の中から、漏れ量をベースに優先度を設定し、全体の約90%のリーク箇所が修理された。結果、休日のエア使用量が35%低減され、大幅なコストダウンを達成できたと共に、コンプレッサーの稼働率を下げることができ、コンプレッサーを増設する必要がなくなった。

## 4. おわりに

今回は、潤滑油などに混在する、金属摩耗粉などをモニタリングできるウェアスキャナーとその原理、特徴、適用事例を紹介した。また、工場全域の包括的なガス外部リークマネジメントの必要性およびそれを実施するためのソニックマンサーベイ技術、適用事例を紹介した。

これら流体の管理は、生産に直接関わるものではないために、軽視される場合があるが、一方で、管理を怠ったがゆえに、設備トラブルにつながり、大きな生産機会損失を経験されておられるユーザーもいる。

工場の安定安全操業のためには、この様な流体のモニタリング・管理をプラント生産活動の仕組みの中に落とし込む必要があり、今回紹介した技術は、その為の有効なツールとなりえることを確信する。

本稿が、工場・プラントの信頼性向上、安全安定操業、コストダウンなどの一助になれば幸いである。