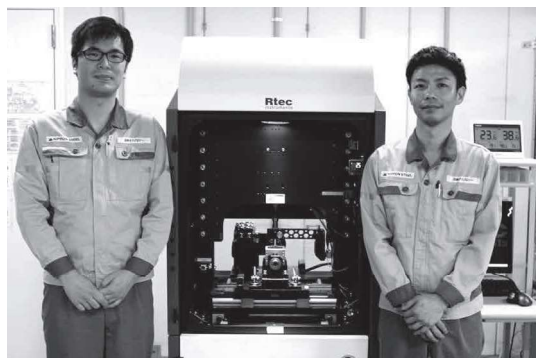


多機能型摩擦摩耗試験機を活用した 生産性向上・カーボンニュートラル 社会実現を支援する材料評価・分析技術

日鉄テクノロジー(株) 材料解析ソリューション部 強度・疲労解析室 主幹 古野 智也 氏

主査 田中 満隆 氏に聞く



多機能型摩擦摩耗試験機「MFT-5000」を挟んで写真右が古野氏、左が田中氏

1. 企業概要とトライボロジー評価技術

日鉄テクノロジーは、日本製鉄の主要な製鉄所・研究所に拠点をもち、全国に展開し、「材料評価・分析」、「計測検査」、「環境測定・分析」、「省エネルギー提案」を複合的に活用することで、ユーザーの生産性向上とカーボンニュートラル社会の実現を支援している。

我々は「材料評価・分析部門」に所属し、主にトライボロジーに関する試験や表面性状評価を担当している。トライボロジー試験では市販の試験機に加え、当社独自に設計・製作したしゅう動試験機、エロージョン試験機、スラリー摩耗試験機などを保有し、多様な摩耗形態やしゅう動環境の試験に対応できる。さらに、試験片の形状や治具の工夫、試験機の改造を通じて、ユーザー固有の試験条件にも柔軟に対応している。また、トライボロジー試験後の白色干渉顕微鏡を用いた nm オーダーの表面粗さ・形状解析、TOF-SIMS（飛行時間型二次イオン質量分析法）や EPMA（電子線マイクロアナ

ライザー）を用いたしゅう動被膜解析、高性能ナノインデンテーション、SPM（走査型プローブ顕微鏡）、XPS（X 線光電子分光法）、TEM（透過電子顕微鏡）などの各種分析機器を活用し、各種試験と表面解析をワンストップで実施している。

ここでは、ユーザーの生産性向上とカーボンニュートラルの実現に貢献するトライボロジー受託試験において、活用頻度が増している Rtec-instruments 製の多機能型摩擦摩耗試験機「MFT-5000」の導入経緯や活用例、その利点について、装置ユーザーの立場から紹介する。

2. 多機能型摩擦摩耗試験機の導入の背景

我々は鉄鋼・非鉄金属、産業機械、輸送機器など、多種多様なユーザーから材料評価・分析を受託しているが、その中でも親会社である日本製鉄からの依頼が約半分を占める。そのため、設立当初から製鉄設備の高温環境下における摩擦・摩耗試験を多数実施してきた。しかし、使用していた試験機は老朽化により故障し、使用不能となったうえ、古い機種のためメーカーの保守サポートも終了していたことから、1000℃の高温環境下での試験が可能な

摩擦・摩耗試験機の導入を検討し始めた。

一方で、産業分野を問わず、部材の摩耗を抑えたい、部材間の摩擦を低減したいといったニーズが高まっており、実使用環境下で耐摩耗性や低摩擦特性を確保できる材料のスクリーニングや、新材料の開発が求められている。特に、材料の分析・評価が必要でありながらも、トライボロジーが専門でないユーザーにとっては、試験・評価の方法が分からず、また設備を有していないことから、当社への受託試験・評価の相談や依頼が増加していた。

こうした背景のもと、各種モジュールと環境チャンバーの組み合わせによって、高温環境試験や高速往復試験、長ストローク試験、高荷重試験など、多様なしゅう動形態・環境条件での試験を 1 台で実施可能な Rtec-instruments 製の多機能型摩擦摩耗試験機「MFT-5000」(図 1) の導入を 2020 年に決定し、2021 年に同社代理店である三洋貿易が据え付けを行い、稼働を開始した。



図 1 多機能型摩擦摩耗試験機「MFT-5000」

3. 多機能型摩擦摩耗試験機の採用の利点

3.1 モジュール・チャンバーの組み合わせによるユーザーの広範な試験ニーズへの対応

当社では、回転モジュール（図2）、高速往復モジュール（図3）、ブロックオンリングモジュール（図4）、さらにXYステージと組み合わせて往復試験が可能な等速往復試験治具（図5）を保有している。また、回転用1000℃対応の高温チャンバーや、高速往復用500℃対応の高温チャンバーも備えており、多様な試験条件に対応できる。受託試験の実施頻度は、回転試験、往復試験、等速往復試験、ブロックオンリング試験の順に多い。

当社のMFT-5000は、国内の受託試験機関で最も高い1000℃までの温度に対応できるほか、荷重0.1～5000N、回転速度0.1～5000rpm、往復速度（周波数）0.1～80Hzと、幅広い試験条件

をカバーしている。そのため、トライボロジー受託試験で活用する装置の中でも、極めて稼働率の高い装置となっている。

3.2 取得データの高い信頼性

MFT-5000は、米国や中国をはじめとする多くの大学・研究機関で使用され、論文発表にも活用されている。このように、得られたデータが国際的に通用する点は大きな強みであり、ユーザーに提示する受託試験データの信頼性を裏付けるものとなっている。こうした高いデータ信頼性により、当社のトライボロジー試験を活用した開発サポートが、ユーザーの特許取得に貢献した事例もある。

3.3 幅広い試験条件を設定できる容易なプログラミング

MFT-5000は、制御ソフトが充実しており、試験レシピの作成を通じて、

荷重や速度のステップアップや繰り返し、間欠運転、停止条件の設定など、多彩な試験条件の設定が可能である。そのため、ユーザーの使用条件と相関した試験プログラムを柔軟に組むことができ、大きなメリットとなっている。

3.4 高出力モーターによる無潤滑・高トルク試験の実現

ユーザーの使用条件に沿った受託試験では、無潤滑の過酷な環境下で耐摩耗性を評価する試験の要求も少なくない。しかし、従来所有していた摩擦摩耗試験機では、高トルクでの耐摩耗試験を行うことが困難だった。これに対し、当社のMFT-5000は高出力のモーターを搭載しており、無潤滑環境下でも高トルク試験が可能となっている。

3.5 充実したアフターサービス

試験設備である以上、使用を重ねるうちに機械部品の損傷は避けられない。

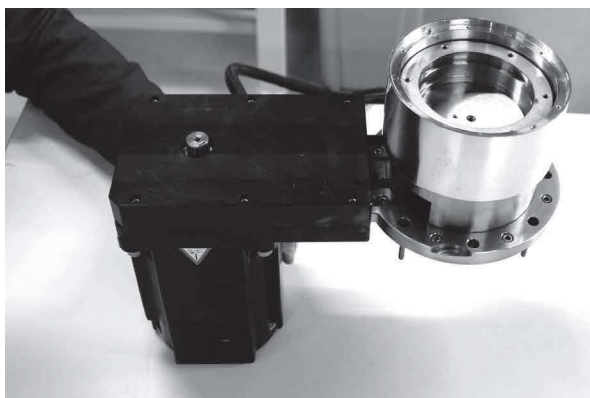


図2 高速回転試験が可能な潤滑カップを組み合わせた回転モジュール

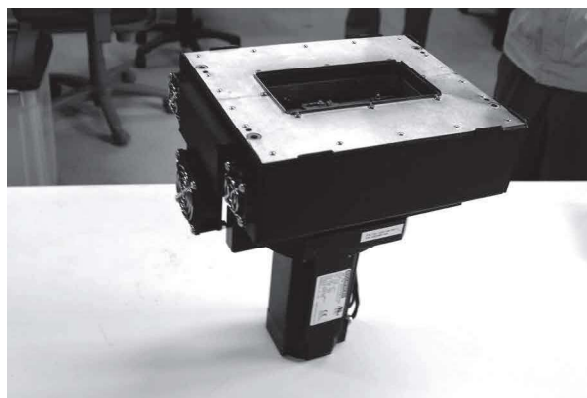


図3 500℃対応の高温チャンバーを組み合わせた高速往復動モジュール

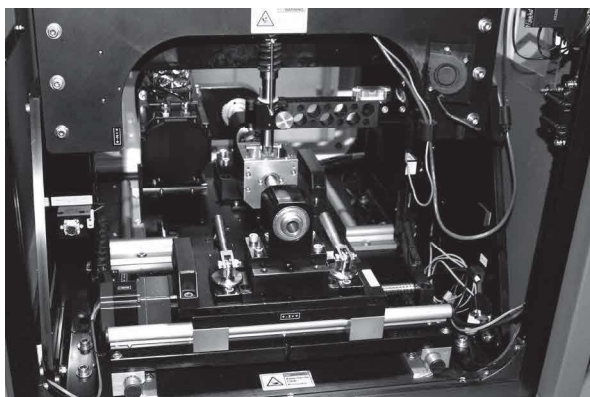


図4 潤滑カップを組み合わせたブロックオンリングモジュール



図5 MFT-5000のXYステージと組み合わせることで等速往復動試験が可能な治具

当社でもこれまでに海外製の設備を導入してきたが、部品損傷時の保守対応については、国内製品に比べて海外製品全般で対応が遅いという印象を持っていた。

しかし、MFT-5000 に関しては、アフターサービスを担う三洋貿易、メーカーである Rtec-Instruments、さらに技術面・理論面を支援する東京理科大学 佐々木研究室（主宰：佐々木信也教授）の密接な連携により、迅速かつ的確な保守対応が実施されていると実感している。不具合発生時には、米国の Rtec-Instruments 本社に丸投げされることなく、まずは国内での検証が行われる。現地で要因を特定できない場合でも、東京理科大学に導入されている MFT-5000 のデモ機および各種モジュールを活用することで、不具合の原因を特定し、検証・究明することが可能である。

商社は海外製品を販売するだけとい

うイメージを持たれがちだが、三洋貿易はメーカーやアカデミアと緊密に連携し、万全なアフターフォロー体制を構築している。こうしたサポート体制が整っていることにより、MFT-5000 は当社の受託試験において高い稼働率を維持し、頻繁に活用できる環境が確保されている。

4. 受託試験の事業拡大に向けた今後の取り組み

市場ニーズの高まりを受け、「上部回転モジュール」の新規導入を準備している。これにより、新たにリングオンディスク試験およびシェル式四球試験への対応が可能となる。

こうした最新のユーザーニーズを三洋貿易や Rtec-Instruments と連携しながら把握し、ユーザーの開発サポートに共同で取り組むことで、当社の受託事業の拡大につながるだけでなく、三洋貿易や Rtec-Instruments にとっても

5000 の増設も視野に入れている。

我々が MFT-5000 を用いて実施した受託試験のデータが、ユーザーの学会論文に採用されるなど、試験評価業務の意義を実感する機会も増えている。しかし、ユーザーニーズは社会課題の変化を反映し、多様化し続けている。そのため、今後もさまざまなアプリケーションに対応できる体制を強化するとともに、ユーザーが安心して多様な試験評価・分析業務を相談できる環境を整えていきたい。

たとえば近年、環境規制の強化により、ユーザーが製造過程で使用していた潤滑剤が使用不可となったケースがあった。この際、我々は代替潤滑剤のスクリーニング試験を実施し、従来と同等の性能を持つ潤滑剤の選定に貢献した。また、今後は日本製鉄をはじめとする製鉄各社が、2050 年のカーボンニュートラル実現に向け「ゼロカーボン・スチール」の開発を進める中で、材料組成の変化に伴う耐摩耗性の評価など、新たなトライボロジー試験のニーズも生まれてくると考えられる。

今後も、トライボロジー受託試験を通じた開発サポートを提供し、ユーザーの特許取得や製品開発に貢献することで、ビジネスに新たな価値を創出できる試験評価・分析業務を推進していきたい。

さらなる顧客満足度向上のため、MFT-

他社の同様の試験機に比べ、高速往復・長いストローク・高荷重の試験にも対応
広い試験空間と柔軟な治具設計により、多彩な形状のサンプルに適用可能



図6 MFT-5000による往復動試験の一例（提供：日鉄テクノロジー）

他社の同様の試験機に比べ、高速回転・高荷重の試験にも対応
国内受託試験会社において最も高い1000℃での高温試験が可能

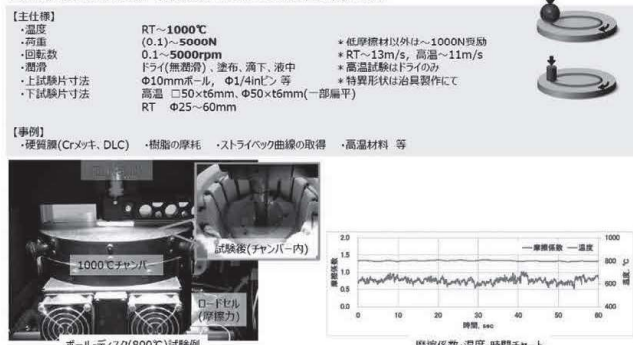


図7 MFT-5000による回転試験の一例（提供：日鉄テクノロジー）

ブロックオンリング試験の標準機に比べ、幅広い荷重および回転数の選択が可能
広い試験空間と柔軟な治具設計により、多彩な形状のサンプルに適用可能

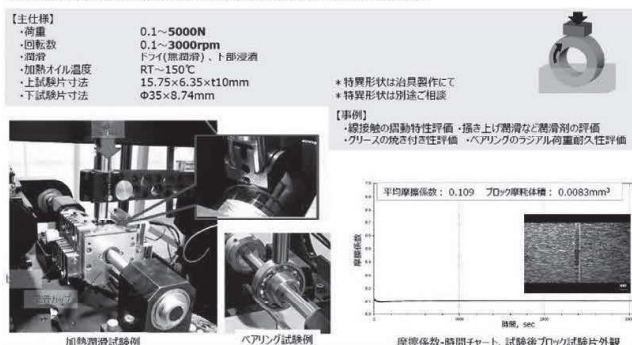


図8 MFT-5000によるブロックオンリング試験の一例（提供：日鉄テクノロジー）