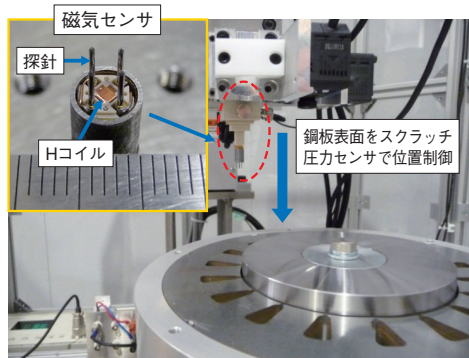
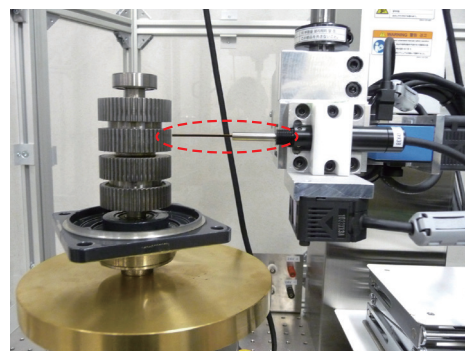




磁性材料のソリューション特集号



a 局所磁気センサ (B探針&Hコイル)



b 三軸ホールプローブ

写真1 局所磁気測定装置



写真2 二軸モータベンチ

磁性材料のソリューション特集号

磁性材料の特性評価ソリューション

Evaluation and Analysis Technology for Magnetic Materials

▶ なぜいまこれが？

自動車分野では、地球温暖化対策のため電動化に向けた流れが加速しています。電動車（EV、HEV、PHEV）の最重要部品であるモータに対して高性能・高効率化への要求はますます強くなってきています。モータ性能を左右する重要素材として、電磁鋼板・永久磁石があげられます。これらの磁気特性は、使用環境により変化する事から、モータ設計においてはそれらを考慮することが必要となります。

▶ これがポイント！

当社は電磁鋼板の高い分析・評価技術を保有しており、実際のモータ製造時の種々の加工による磁気特性変化の

影響を把握する技術や局所的な磁気特性の可視化技術を開発して参りました（写真1-（a））。永久磁石に関しては、超電導VSMやBHトレーサ等による減磁曲線や履歴曲線の測定、高周波用途で特に重要となる渦電流損失測定をおこなっています。更に磁石単体や磁石埋込み型ロータ表面の三次元表面磁束測定などの種々の解析評価を実施してきました（写真1-（b））。また希土類磁石の構造解析として極低加速電圧SEMやFE-EPMAを用いた結晶相の同定や磁区観察、着磁状態でのSEM観察なども実施しております。

モータ駆動性能であるトルクと回転数などの評価では、実車を想定した

低温や高温、高湿度下での環境耐久試験にも対応した一軸および二軸モータベンチ試験でお客様のニーズに応えています（写真2）。更に、音・振動に関わる電磁加振力の発生要因であるエアギャップ磁束密度分布の測定が可能です。モータに発生する熱の測定も実施しており、CAEとの組み合わせにより、モータ開発に関わる情報を数多くご提供してまいります。種々のソリューション提案を実施しておりますので、お気軽にご相談ください。

▶ お問い合わせ先

西日本ソリューション本部 倉敷材料評価センター

高宮 俊人

t-takamiya@jfe-tec.co.jp

永久磁石材料の 磁気特性評価

～低損失磁石の評価～

▶なぜいまこれが？

地球環境の保護がますます重要視される中、環境負荷の低いEV/HEV（電気自動車/ハイブリッド電気自動車）の生産台数は増加し続けています。モータはEV/HEVのエネルギー効率を決定づける基幹モジュールであり、ロータに用いられる永久磁石は重要な機能性材料の一つになります。EV/HEV用駆動モータには、小型、高出力、高効率が求められるため、高い残留磁束密度と保磁力を持つネオジム焼結磁石が主に用いられています。一方で、近年モータの高出力密度化に伴い、モータの高回転化が進んでおり、モータ構造に起因するスロット高調波やインバータキャリア周波数の影響による磁石内渦電流損が課題となっています。このような背景もあり、ネオジム焼結磁石に比べて電気抵抗が高い、ボンド磁石やフェライト磁石に期待が高まる一方、焼結磁石において低損失な新規磁石の開発も検討されています。

▶これがポイント！

今回、ネオジム焼結磁石の低損失化

に向けて、粒界相の電気抵抗を増加させ、粒間渦電流損の低減化を試みました。図1は、Al金属を磁石表面に圧着し、650℃、750℃、850℃にて熱処理した際の、断面Al元素分布（EPMAにて分析）を示します。650℃に対して、750℃、850℃では粒界にAlが拡散しているのが明瞭に確認できます。図2に、各温度における磁石の交流損失測定結果（周波数5kHz、最大磁束密度0.05T）を示します。熱処理温度が高くなるとともに、磁石損失が低くなる傾向を示します。この結果は、粒界相に高抵抗なAl化合物が生成され、上記粒間渦電流損の低減により磁石損失が低くなったと推定されます。当社では、磁石の損失評価に加えて、超電導コイル式VSM（最大印加磁場±5T）による広範囲温度（液体窒素温度～900℃）での磁気特性評価も可能ですので、お客様の目的に合わせた磁石

評価を検討いたします。お気軽にご相談ください。

▶お問い合わせ先

営業本部 プロジェクト営業部
中田 崇寛
t-nakada@jfe-tec.co.jp

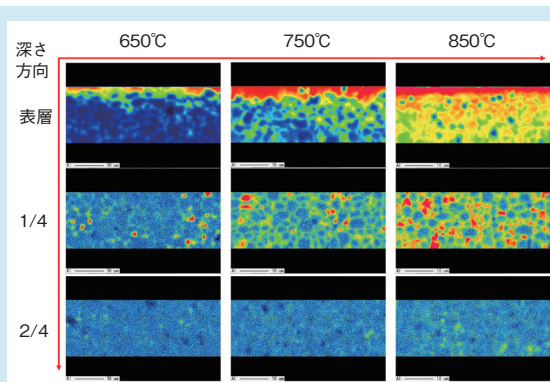


図1 Al圧着処理ネオジム焼結磁石の熱処理後断面Al元素分布像（EPMA分析）

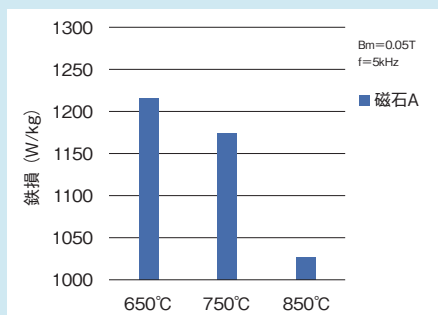


図2 Al粒界拡散磁石の交流磁気損失測定結果

補助ヨークを用いた モータコア特性評価

～モータコアのティース部を含んだ磁気測定～

▶なぜいまこれが？

モータの高効率化ニーズが高まっていますが、コア特性改善の取り組みにも関わらず、モータ性能が向上しないという事例が多数報告されています。鉄心材料からモータ鉄心（ステータ、ロータ）が作られ、モータに組み上げられますが、いくら鉄心材料の特性が良好でも、モータ鉄心の段階で性能が確保されていなければ、モータ性能の改善に繋がりません。

▶これがポイント！

当社では、各種の方法でモータ鉄心の評価する手法を取り揃えています。従来からコアバックを用いた磁気測定（図1）が一般的ですが、この方法ではモータ特性への影響が強いティース部分の評

価はできません。これに対し、図2の補助的なヨーク（磁気経路）を用いた磁気測定により、ティース部を含んだ鉄心磁気特性の評価を可能としています。種々の工夫で各種形式の鉄心に対応が可能ですので、お気軽にお声かけください。

▶お問い合わせ先

西日本ソリューション本部 倉敷材料評価センター
千田 邦浩
k-senda@jfe-tec.co.jp

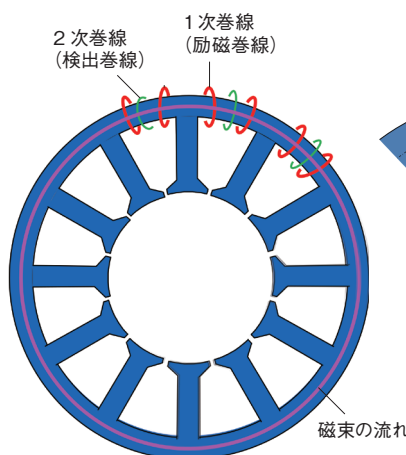


図1 コアバック部に対する磁気測定

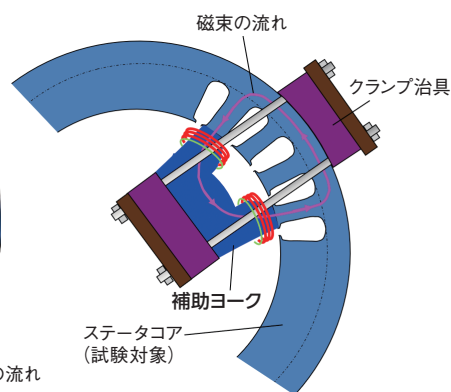


図2 補助ヨークを用いた磁気測定

磁性材料の最近の評価

～モータの高効率化に向けて使用される
材料の機械的特性評価～

▶なぜいまこれが？

昨今EVの航続距離延長のためモータの小型、高出力、高効率化が求められ、材料とモータ設計の両面から検討が進められています。注目されている材料として、ナノ結晶軟磁性材料とボンド磁石が挙げられます。

ナノ結晶軟磁性材料はFe基のアモルファス相中に、ランダム配向した強磁性相であるナノ結晶粒(10～20nm)が分散した材料でこれまで以上に小さな磁界で高い磁束密度を確保する特徴を有しています。一方、ボンド磁石は樹脂と磁粉を組み合わせた磁石で、粉末状の磁性材を焼き固めた磁石焼結よりも軽量で、電気抵抗値が高いため熱損失が少なく、小型・薄型・複雑な形状への加工等の特徴を有するため注目されています。

▶これがポイント！

ナノ結晶軟磁性材料は、非常に硬く高強度であり、脆性が強いので機械的特性を評価する際に必要とされる試験片加工が難しい材料です。さらに、引張試験や疲労試験の際に把持部近傍か

ら破断しやすいため試験片加工や把持方法に工夫を要した機械的特性の評価が求められます。

ボンド磁石の技術課題は、強度と磁

気特性の両立になります。磁気特性を高めるためには、磁粉と樹脂で成形する際に磁粉の向きを揃えて異方性を持たせるが、高強度な樹脂を使うほど磁粉の向きは揃え難いという相反性があります。積層ローターコアには様々な形状のボンド磁石が埋め込まれますが、磁石形状に合わせた押抜き治具を設計・製作することにより押抜き荷重を評価することが可能です。さらに接着剤やボンド磁石の劣化状況を評価することも可能です。

表1に当社で実施可能な特性評価内容をまとめました。一例として図1、図2にナノ結晶軟磁性材料の疲労強度試験結果を示しました。

今後、新たな評価法についても検討いたしますのでお気軽にご相談下さい。

▶お問い合わせ先

機能材料ソリューション本部 マルチマテリアル評価センター
柳田 絢子
a-yanagida@jfe-tec.co.jp

表1 モータの高効率化に向け適用検討される材料の特性評価

対象材料	試験項目
ナノ結晶軟磁性材料 ・圧延まま ・磁性焼鈍後	ナノ結晶軟磁性材料の試験片加工
	ナノ結晶軟磁性材料の機械的強度特性評価(0.2%耐力、引張強さ、ヤング率、伸び、ビッカース硬さ)
	ナノ結晶軟磁性材料の疲労強度特性評価
	ナノ結晶軟磁性材料の断面観察(レーザー加工後の入熱範囲確認)
ボンド磁石 ・入手まま ・冷熱衝撃など環境処理試験後	ボンド磁石の引張、曲げ等の強度試験
	ボンド磁石の疲労特性評価
	積層ローターコアに充填された磁石の押抜き荷重測定(複雑形状の磁石に対応可能)
	ボンド磁石や接着剤の劣化解析

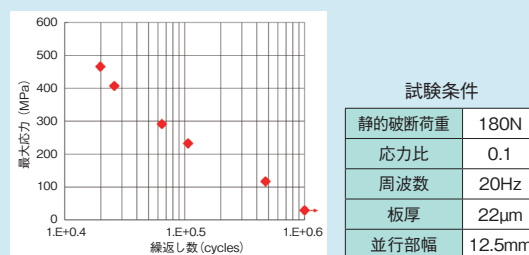


図1 ナノ結晶軟磁性材料の疲労強度特性例



図2 ナノ結晶軟磁性材料の疲労強度試験後外観

電動車用モータの解析技術

～EVモータの駆動試験～

▶なぜいまこれが？

近年、地球温暖化対策として、カーボンニュートラル(炭素中立)および自動車ビジネスに関するCASE (Connected, Autonomous, Shared & Service, Electric) の機運が高まっています。これを受けて、自動車業界各社で2030年度に向け電動車(EV, HEV, PHEV, FCV)の比率を高める目標が設定されており、電動車にとっての最重要部品であるモータに対する高性能・高効率化の要求がますます強くなっています。自社開発モータまたは市場モータの性能調査需要が増えており、基本となるモータの駆動性能であるトルクと回転数などの評価ができるモータベンチ試験はモータにかかる評価の中で最も重要といえます。

▶これがポイント！

EV主機モータの性能調査において、モータベンチ試験に要求されるニーズは多種多様であることから、当社では社内設備のみならず外部の協力機関と提携することでサービスの強化を図り、質的にも量的にもニーズにお応えしています。

最近ではE-アクスルと呼ばれるモータ、インバータ、減速機が一体となったEV用起動モジュールが開発されており、従来のモータ単位の試験に加えてモジュールとしての評価が重要となってきております。さらに実車に対応した低温、高温、高湿度下での環境耐久試験は重要で、EV主機モータ評価用の大型モータベンチについて、これらに対応した一軸モータベ

ンチ(写真1)、二軸のモータベンチでお客様のご要望に応えます。またモータの軸電圧評価や絶縁評価など信頼性、振動・騒音などの快適性にかかる評価サービスの拡充に努めておりますので、お気軽にご相談ください。

▶お問い合わせ先

西日本ソリューション本部 倉敷材料評価センター
永井 大資
d-nagai@jfe-tec.co.jp

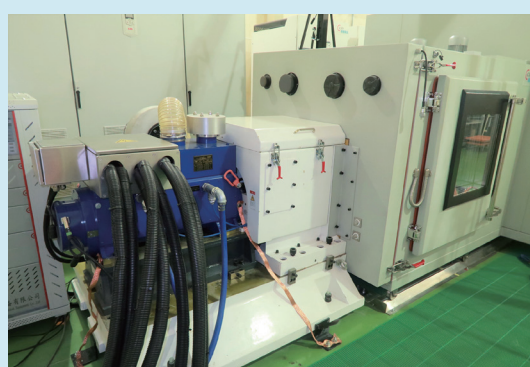


写真1 一軸モータベンチ(環境試験装置付)

磁性材料のCAE

～熱測定技術とCAEによる

モータの熱設計支援サービス～

▶なぜいまこれが？

EV駆動用モータを中心にモータの高出力密度化が進み、モータ性能を低下させる発熱の影響が顕在化しています。モータ開発において、低損失・高効率な上に、発熱や冷却の制御も含めたモータの熱設計がますます重要になってきています。当社ではCAEによるモータ熱解析技術を適用することにより、熱設計を支援いたします。

▶これがポイント！

発熱を制御したモータを開発するためには、モータ実機の温度推移や伝熱状況を知ることが重要であり、CAEによる予測・評価が必要です。当社では、例えば磁石渦電流による発熱を精度よく評価するため、当社独自開発の薄フィルム型センサを磁石の隙間に挿入して磁石温度を測定することができます。また、CAEによるモータ熱解析に適用するため、各部材の熱物性値の測定に加え、異なる部材間の接触熱抵抗を測

定します。測定の困難な主要伝熱経路の熱伝達係数は簡易的なCFD（熱流体解析）から算出し、モータの熱解析モデルを補完します。

当社では、評価用モータの自社開発のため、これらの技術を適用した評価用モータの熱解析モデルを構築し、測定とCAEの両面から温度推移を比較しました。その結果、**図1**に示す磁石、**図2**に示すステータヨーク及びモータケースにおいて駆動開始からの温度推移が概ね一致しました。これは、紹介した熱に関する測定技術の適用とともに、実態に即した熱解析モデル（伝熱経路の表現、熱物性値、伝熱境界条件など）を構築できたからだと言えます。このように、実際のモータ開発の場で上記技術を適用することにより、熱分析を詳細に行い、熱性能を高い精度で予測・評価することで熱設計にフィードバックし、高性能なモータ開発に役立てることができます。測定とCAE

による熱設計支援サービスをご希望でしたら、お気軽にご相談ください。

▶お問い合わせ先

計測・プロセスソリューション本部 CAEセンター
田中 進也
shi-tanaka@jfe-tec.co.jp

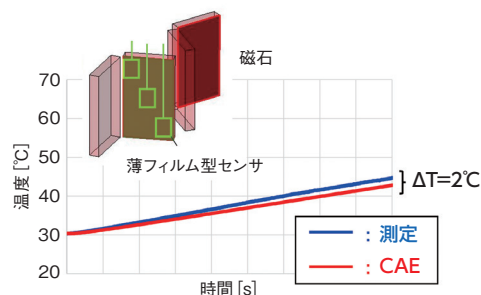


図1 評価用モータの温度推移（磁石）

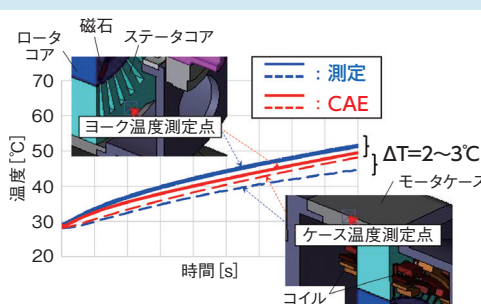


図2 評価用モータの温度推移（ステータヨーク＆モータケース）

着磁状態における永久磁石の電子顕微鏡観察

～脱磁処理による表面変化のないSEM観察～

▶なぜいまこれが？

モータに使われる永久磁石の電子顕微鏡観察では、一般的に熱消磁が行われています。これは、加熱により表面被膜の破壊や材質変化が生じないことを前提としており、使用されている磁石の状態を正しく観察している保証がありませんでした。

▶これがポイント！

当社では新たに熱消磁なしで永久磁石の表面観察および元素分析を行う手法を開発しました。これで、使用状態のまま表面観察が可能です。表面にNi/Cu/Niコーティングが施されたネオジム

磁石の観察例を図1に示します。

この手法を用いることで、長時間使用後の磁石表面や化合物相変化や、各種コーティング（めっき、樹脂皮膜）の変化を正しく観察することが可能となります。是非、お気軽にご相談ください。

▶お問い合わせ先

西日本ソリューション本部 福山材料評価センター
阪口 友唯
y-sakaguchi@jfe-tec.co.jp

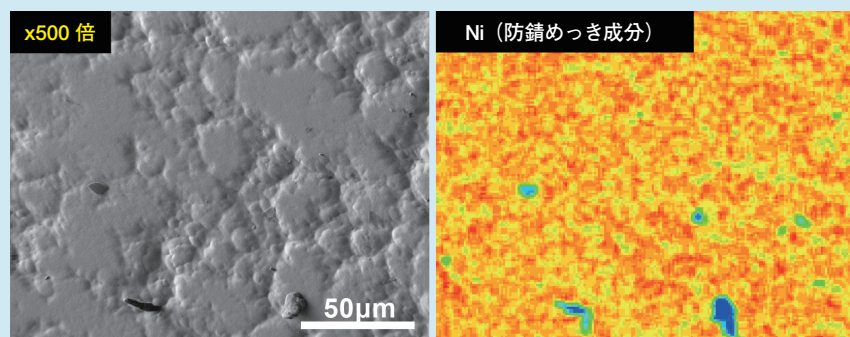


図1 新技術によるネオジム磁石表面の二次電子像とEDX元素マッピング
（加速電圧：5kV、装置表示倍率：500倍）

◆このパンフレットの送付中止、宛名変更は jfetecsalesmarketing@jfe-tec.co.jp へご連絡ください

JFE-TEC News <2023>

No.77

2023年10月発行

発行人／蛭田 敏樹

発行所／JFEテクノリサーチ株式会社 営業企画部

〒100-0004 東京都千代田区大手町一丁目6番1号 大手町ビル4階

☎0120-643-777

