

エネルギー分析型中性子イメージングによる 稼働条件下での実用製品の直接観察

Direct Observation of Commercial Products under Operating Conditions using Energy-Resolved Neutron Imaging

廣井孝介¹、蘇玉華¹、篠原武尚¹、甲斐哲也¹、及川健一¹、瀬川麻里子¹、
林田洋寿²、松本吉弘²、Joseph Don Parker²、鬼柳善明³

1 原子力機構、2 CROSS、3 名大

中性子イメージング(ラジオグラフィ)は工業製品内部の非破壊検査に広く利用されてきた。近年、中性子透過像のエネルギー依存性を解析することで、対象内部の結晶構造、元素、温度、磁場などの様々な物理/化学情報の分布を可視化するエネルギー分析型中性子イメージングが注目されている。この手法を稼働中の実用製品の観察に応用すれば、従来までシミュレーション等から推測することしかできなかつた動作環境下における電池内部の元素分布やモーター内部の磁場分布等の製品の特性を直接的に観測することが可能になり、計算・設計と比較可能な実測データを取得することで、製品設計の高度化や性能向上に繋がることが期待される。

J-PARC 物質・生命科学実験施設(MLF)では世界に先駆け本格的なパルス中性子イメージング専用装置BL22「螺鈿」の運用を開始しており、MLFの大強度パルス中性子を活用したエネルギー分析型中性子イメージング技術の開発とその応用研究を進めている。本発表では「螺鈿」で開発を進めている中性子イメージング手法の原理を紹介するとともに、それを実用製品の測定に適用した実験結果について説明する。

Li イオン2次電池の中性子透過スペクトル測定では、負極材のグラファイトに由来するブラッグエッジが現れる波長の変化から、充電時にLiイオンがグラファイト層間に侵入することで生じるグラファイト面間隔の変化を観測できた。電池の拘束の仕方を変えて充放電を行う劣化試験を行ったところ、充放電時に拘束条件に依存して面間隔分布に差異が生じることが明らかとなり、拘束条件が電池の劣化に与える影響を議論できることが分かった。また、偏極中性子を利用した磁気イメージング測定により、回転中の小型モーターの磁場分布の時間変化を観察することに成功した。モーターの磁場分布は駆動する周波数に依存してその形状が変化しており、シミュレーションから予測される磁場分布との比較から、駆動周波数に依存した磁場分布の変化はモーター固定子部で生じる渦電流損失に由来していることが強く示唆された。

本研究は文部科学省 光・量子融合連携研究開発プログラム「実用製品中の熱、構造、磁気、元素の直接観察による革新エネルギー機器の実現」により実施された。