

高温超伝導 SQUID のフィールド応用

Field Application of HTS-SQUIDs

超電導センシング組合 °田辺 圭一

SUSTERA, °Keichi Tanabe

E-mail: tanabe@sustera.or.jp

Y 系銅酸化物高温超伝導材料を用いた SQUID 磁気センサは、Nb 系低温超伝導 SQUID に比べ感度は劣るものの、どこでも簡単に入手可能で取り扱いの容易な液体窒素冷却で使用できるため、野外や種々の現場、いわゆるフィールドでの応用に適している。超電導センシング組合 (SUSTERA) では、前身である超電導工研時代に開発した薄膜積層構造とランプエッジ接合を用いた磁場耐性の高い高温超伝導 SQUID 磁気センサを利用し、資源探査・モニタリング装置や非破壊検査装置の開発を進めてきた。これらフィールド応用の最近の進展について紹介する。

超電導工研時代に (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) の委託により開発した金属資源電磁探査装置 (SQUITEM3) は約 1000m の探査深度をもち実探査に供用されているが、最近では、SUSTERA がもつ改良型の装置が国内での地熱貯留層の探査に利用されている。例えば、約 2000m の深度にある地熱貯留層に関連する低比抵抗層のイメージが、深部探査によく用いられる地磁気地電流法 (MT 法) に比べより高い空間分解能かつ短時間で得られることが示されている。また、さらに深い位置に存在する石油貯留層のモニタリングへの応用も試みられている。既存油田では、石油の回収効率向上のため海水注入がよく行われるが、約 2000m 深度の油層に対し、石油と海水の比抵抗の大きな違いを反映した比抵抗コントラストイメージが SQUID 電磁探査装置を用い得られた例も出てきている[1]。

SQUID 磁気センサの非破壊検査への応用については、古くは超電導工研時代に Y 系線材や非磁性材料を対象とした装置開発を試みたが、最近では科学技術振興機構の委託により、社会インフラで用いられる鋼材を対象とした検査装置の開発を進めてきた。磁性をもつ鋼材の非破壊検査に対しては、検出コイル分離型のグラジオメータセンサを利用し、SQUID 本体を磁気シールド中に置くことで、外部磁場や環境磁場雑音に対する耐性を高めた。最終的には、3チャンネルのセンサユニットを搭載し、高速道路鋼床版の溶接部に発生する疲労き裂をアスファルト舗装の上から検出するプロトタイプ装置を開発し、高速道路上での試験でその安定動作を実証した[2]。

SUSTERA では、海中や空中などより過酷なフィールドでの高温超伝導 SQUID 磁気センサの応用を目指し、グラジオメータセンサの高バランス化などセンサの高性能化や、液体窒素と冷凍機を併用するハイブリッド型の冷却技術等の基礎研究を防衛装備庁の安全保障技術研究推進制度で最近行っている。これらの技術が完成すれば、海中での資源探査や空中からの磁気探査などへの応用が大きく拓けるものと期待している。

[1] V. Hansamuit, <http://techno-forum.jogmec.go.jp/2018/detail/index.html>

[2] A. Tsukamoto *et al.*, IEEE Trans. Appl. Supercond. **29**, 1601005 (2019).