

ブリルアン散乱を利用した分布型光ファイバセンサによる 過酷な高温環境下における温度測定技術

横河電機株式会社
熊谷芳宏, 手塚信一郎
豊田工業大学
齋藤和也

1. はじめに

光ファイバセンサは光ファイバ自身がセンサとなり、光ファイバの長手方向に沿った歪み、温度の分布・多点測定が可能である。光ファイバセンサは、電磁誘導ノイズを出さない・影響を受けない、電力供給が不要、防爆性を有する、細径・軽量を有する、腐食性・機械的強度が高い、耐熱性を有するなど多くの優れた特長を有している。これらは、一般的な電気を用いた他のセンサにはないメリットである。建築・土木業界では、ビル、橋梁、トンネル内壁、高速道路、ダムなどの構造物に光ファイバセンサを適用し光ファイバを張り巡らせることによって、これらの構造物に加わる歪みを測定して構造物の施工管理、維持管理、予防保全への実用化がされつつある¹⁾。また、航空・宇宙業界への応用（機体、翼、圧力隔壁、燃料タンク）も期待され、経済産業省主導の国家プロジェクトが充足され素晴らしい成果を上げている²⁾。一方で温度測定は、石油・天然ガス採掘現場での温度監視、化学プラント・ベルトコンベアなどの温度管理、火災検知、配管の漏れ検知などが既に実用化されている³⁾。近年、過酷な高温環境下での歪み・温度測定の需要が化学プラント業界、鉄鋼業界、電力業界、航空・宇宙業界などにおいて高まってきている。シリカガラスを材料とした光ファイバは、融点が 1,000°C 以上と高く、高温環境下でも使用できる可能性があるため、光ファイバセンサに注目が集まっている⁴⁾。

図 1 は、光ファイバを監視対象（製鉄所の鉄溶鉱炉）に張り巡らせた分布型光ファイバセンサによる温度監視例（想定図）である。このような温度監視により、耐熱煉瓦の残厚・浸食予測、ホットスポット検知、樋漏れ予測など、保全管理を目的としたソリューションを実現できると考えている。

光ファイバセンサの温度測定に着目した場合、ラマン散乱光の強度比から温度を算出する分布型光ファイバセンサが既に実用化され一般的であるが、光ファイバの伝送損失が高温環境下で変化するなどの問題から、300°C 以上の高温度を長期に精度良く測定することは難しい⁵⁾。一方、ブリルアン散乱を利用した分布型光ファイバセンサは、入射光とブリルアン散乱光の周波数差から温度を算出するため、光ファイバの伝送損失変化の影響を受けにくく、300°C 以上の高温度測定の実現が期待できる。

近年、数多くの研究機関から有益となる実験結果が多数報告⁶⁻⁸⁾されている。筆者らは、高温環境下でシリカガラスの物性値が変化し、その結果ブリルアン散乱光の周波数シフトが低周波側にドリフトしてしまう現象を世界で初めて報告している⁹⁾。本稿では、分布型光ファイバセンサの測定技術について概説し、光ファイバを高温環境下に曝した際のブリルアン周波数シフトの挙動を実験により評価し、ブリルアン散乱を利用した分布型光ファイバセンサの高温環境下における、温度センサとしての適用可能性、および実用化に向けた課題について述べる。



図 1 温度監視例（想定図）