

現場での非破壊検査高度化を目指した超小型 エックス線源開発



鈴木良一

すずきりょういち
r-suzuki@aist.go.jp
産業技術総合研究所
計量標準総合センター
分析計測標準研究部門
首席研究員

1987年3月に筑波大学博士課程前期を修了し、同年4月通産省工業技術院電子技術総合研究所入所。工学博士。2001年より組織再編により産業技術総合研究所主任研究員、2015年4月より現職。電子加速器応用技術、陽電子ビームによる材料分析技術、エックス線源開発、放射線線量計開発などに従事。

共同研究者
加藤英俊、藤原健（産総研）

社会インフラや産業インフラ構造物を有効に活用するには現場での効率的な点検・検査が必要です。エックス線を用いた非破壊イメージング技術は、インフラ構造物の主要な検査技術の1つとして期待されていますが、従来のエックス線源を用いた方法では効率的な検査が難しいという問題がありました。現場での効率的な検査を可能にするため、カーボンナノ構造体を電子源とし、小型軽量でバッテリー駆動ロボットに搭載でき、数 cm の鉄の透過イメージングができる超小型エックス線源を開発しました。

1. 研究の背景

日本国内には、高度成長期以降に建設された膨大な社会インフラや産業インフラがあり、それらを有効に活用するためインフラ構造物の効率的な点検が必要とされています。エックス線を用いた非破壊イメージング技術は、肉眼では見えない内部の状態を見ることができることから、インフラ構造物の主要な検査技術の1つとして期待されています。インフラ構造物は検査箇所が膨大にあるため、ロボットを使った自動検査技術の開発が進められていますが、検査の現場では電源確保が難しい場合が多く、小型、軽量、バッテリーで駆動し、かつ検査に必要なエックス線透過能力を有するエックス線非破壊検査システムが望まれています。

特に、産業インフラの主要な構造物の1つであるプラント配管は、鉄製の配管が保温材で被覆されているものが多く、外観からは判断できない配管の減肉が問題となっています。このような配管の減肉を精度良く検査するには、数センチメートルの鉄を透過できるようなエックス線源が必要です。しかし、そのようなエックス線源は、管電圧が 200 kV 以上必要で、従来の非破壊検査用エックス線源は大きく重く、小型のロボット等に搭載することが難しいという問題がありました。

産総研では、これまでカーボンナノ構造体を電子源とした可搬型エックス線源の開発を行ってきました。このエックス線源は、ヒーターやフィラメントが無いため、待機電力不要で、エックス線発生時にしか電力を消費せず、バッテリー駆動エックス線源に最適です。そこで、このエックス線源の管電圧を 200 kV 以上に高めるとともにサイズや重量を抑え、検査に必要なエック

ス線透過能力を有する超小型エックス線源を開発しました。

2. カーボンナノ構造体エックス線源

開発したエックス線源は、針葉樹型カーボンナノ構造体電子源に高電圧を印加して電界電子放出現象により電子を放出させ、ターゲットに電子を入射させてエックス線を発生します。針葉樹型カーボンナノ構造体電子源は、瞬間的に 10 mA オーダーの電流を出して高出力エックス線を発生し、非破壊検査を行うことができます。

針葉樹型カーボンナノ構造体（図1）は、先端がカーボンナノチューブと同等の曲率を持っており、基板側に向かうに従って太く、電界によって生じるクーロン力による破壊耐性が強い構造となっています。この針葉樹型カーボンナノ構造体の電界に弱い部分を処理工程で取り除くことで電子源の出力安定性を向上させ、エックス線管内部の真空環境を改善することでカーボンナノ構造体が破損する頻度を低くしました。これら処理後に寿命試験を行った結果、1000 万ショットに相当するエックス線発生を行っても顕著な劣化は見られず、非破壊検査用エックス線源として長期間交換せずに使用できることを確認しました[1]。

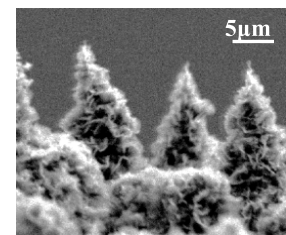


図1 針葉樹型カーボンナノ構造体