

最近の非破壊検査に活用される放射線透過法②

小型X線検査装置

Compact X-Ray Inspection System

産業配管用小型X線検査装置の開発と応用

つくばテクノロジー(株) 齊藤 典生・王 波・劉 小軍・鈴木 修一

1. はじめに

我々は産業技術総合研究所の技術移転ベンチャーとして、産業インフラ、社会インフラ用の新しい非破壊検査装置を研究開発している⁽¹⁾。特にX線装置としては、単3乾電池1本で駆動可能な手のひらサイズの小型X線発生装置を新規開発し、電線検査用途などへの応用を進めている⁽²⁾。

ところで、高度成長期に建設された産業プラントが老朽化し、その産業プラント配管の検査は急務の課題となっている。特に、その配管検査を効率的に行うために、配管の保温材を付けてそのまま検査したいというニーズがある。

そこで、我々はそのニーズを解決するため、乾電池でも駆動可能な小型・省電力・長寿命の冷陰極X線管を搭載して、現場で保温材付き配管をそのまま、かつ配管と配管の隙間に差し込んでX線検査できる小型X線検査装置を開発した。本稿で、本装置の開発と応用について紹介する。

2. 乾電池駆動小型X線発生装置

我々が開発した乾電池駆動小型X線発生装置を写真1に示す。

本装置は、乾電池でも駆動可能な小型・省電

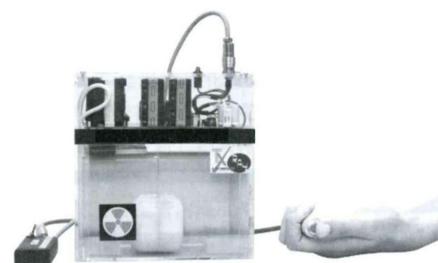


写真1 乾電池駆動小型X線発生装置

力・長寿命の冷陰極X線管を搭載し、独自に開発した小型の昇圧回路により、本体サイズW170×H178×D68mm、本体重量1.85kg、単3乾電池1本で管電圧60kVのX線を出力できる。また、本装置は小型軽量ながら単3乾電池1本で50msのパルスX線を約100ショット照射可能である。

実際に非破壊検査装置として使用する場合は、小型のリチウムイオンバッテリを組み込み、昇圧回路を最適化して、照射可能パルス数を数千ショット程度としている。本装置とFPDを組み合せれば、持ち運びしやすいX線検査装置が実現できる。

3. 産業配管用小型X線検査装置

今回我々は先の乾電池駆動小型X線発生装置

の管電圧を上げ、FPDと組み合せて、現場で機動性を發揮して、保温材付き配管をそのまま効率よく検査できる産業配管用小型X線検査装置の開発を行った。本装置の構成図を第1図に示す。本装置は小型のX線発生装置とFPDおよび無線・制御装置から構成される。



第1図 小型X線検査装置構成図

本装置の特長を以下に示す。

- ① X線管：小型、省電力、
長寿命1,000万ショット、
焦点サイズ0.5mm
- ② X線源：幅70mm、重さ6kg、
管電圧80～150kV
- ③ FPD：高精細、高感度
- ④ 無線・制御装置：30m無線通信
- ⑤ ソフト：リアルタイム計測、寸法表示等

4. 開発した装置

我々が実際に開発した小型X線検査装置を写真2に示す。X線発生装置は、X線を照射するX線装置本体と20m離れた所からX線の照射条件を制御できるコントローラとから成っている。実際に配管を検査する場合は、検査対象の配管をX線装置本体とFPDで挟んで、コントローラを使って、20m離れて安全にX線を照射できる。加えて、FPDの検出画像を無線通信し

小型X線検査装置…(2)



写真2 開発した小型X線検査装置

て30m離れた所のPCで、リアルタイムに撮像した配管画像を視ることができる。

このように、本装置は小型軽量で、持ち運びしやすく機動性に優れ、幅が70mmと薄く、保温材付きの配管と配管の狭い隙間に入れて検査できるため、産業プラント配管用非破壊検査装置として有用な装置と言える。

開発した装置の仕様を第1表に示す。

第1表 小型X線検査装置の仕様

項目	仕様値	備考
管電圧	80～150kV	
管電流	最大2mA	
パルス幅	30～1000ms	
X線管	冷陰極式 寿命1000万ショット	カーボンナノ構造体
焦点サイズ	0.5mm	
無線通信	30m	
本体サイズ	W235×D70×H215mm	
本体質量	6kg	
電源	リチウムイオンバッテリ	約千ショット照射可能
動作温度	0～40°C	

5. 開発した装置の 保温材付き配管への応用例

X線装置本体は幅70mm、重さ6kgで、配管と配管の隙間に入れて、バッテリ駆動で、横向方向にX線照射し、20m離れた所からコントローラを使って、管電圧80～150kV、パルス幅30～

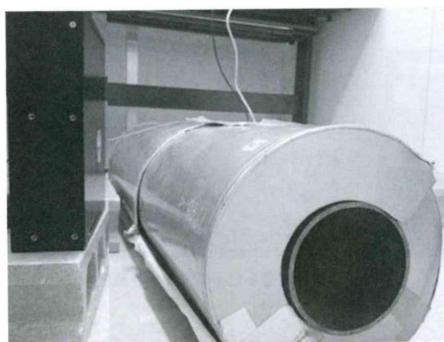
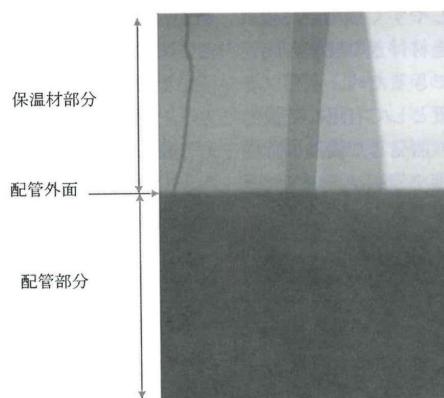


写真3 保温材付き配管撮像風景



第2図 保温材付き配管撮像画像

1,000msのパルスX線を照射できる。

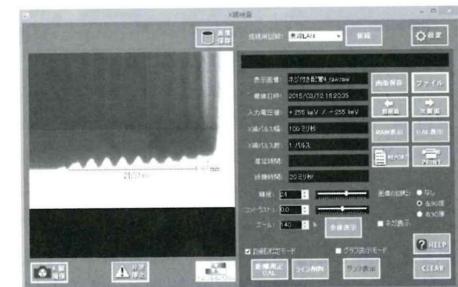
また、焦点サイズが0.5mmで、保温材を付けたまま配管のすぐ近くでX線を照射しても高精細の画像が得られる。

開発した装置の性能を評価するため、保温材付き配管の撮像を試みた。その様子を写真3に示す。この時、FPDとして間接変換方式のTeledyne Radicon Imaging社Shad-o-Box 1548 HSを使い、管電圧100kV、管電流1mA、パルス幅200ms、1パルスの条件で保温材付き配管を撮像した画像を第2図に示す。

ここで使用した間接変換方式のFPDは三菱化学製高感度シンチレータをCMOS素子にダイレクトコンタクトした高感度なもので、撮像したX線画像は、保温材部分と配管部分とで、透過値の違う高精細なX線画像になっている。

6. 開発した装置による配管の寸法表示例

次に開発した装置で配管の寸法を表示した例を第3図に示す。この時のFPDは自主開発した100μmピクセルピッチの直接変換方式CdTe検出器を使用した。この画像は配管端部のネジ山を削った所を撮像した画像である。このネジ山を削った配管の外径は34mm、肉厚6.8mm、削り深さ1.8mmであった。撮像時の条件は管電圧140kV、管電流1mA、パルス幅100ms、1パルスとした。



第3図 配管の寸法表示例

その結果、ネジ山を削った所の寸法を表示して、実物の値と測定値を比較すると、

- 実物値：山長さ21.0mm

- 削り深さ1.8mm

- 測定値：山長さ21.09mm

- 削り深さ1.83mm

この値より、実物値と測定値の差（誤差）は、山長さで0.09mm（0.43%）、削り深さで0.03mm（1.66%）であった。

7. おわりに

本稿で、乾電池駆動・小型省電力X線管を搭載して開発した産業配管用小型X線検査装置の開発と応用について紹介した。

以上のように我々の開発した装置は小型軽量で、AC電源のない場所でもバッテリで駆動でき、産業プラントの現場で機動性を発揮して、保温材付きの配管と配管の隙間に差し込んで、保温材を付けたままX線検査できる今までにならない装置である。実際に保温材付き配管を撮像した画像から、保温材部分と配管部分をはっきりと識別でき、配管検査における寸法表示においてもその性能を確認できた。

今後は、小型軽量の本装置を移動させながら検査できるロボットに搭載して、保温材付き配管のスクリーニング検査に応用し、2020年東京オリンピックの成功および人々の安全・安心に貢献するため、実用に供する製品を提供していくたい。

【謝辞】

本開発にあたり、産業技術総合研究所鈴木良一首席研究員、静岡大学青木徹教授、日立パワー・ソリューションズ服部行也様、三菱化学三浦到様に多大なるご協力を賜りましたことに感謝申し上げます。

また、本開発は科学技術振興機構A-STEP実用化挑戦タイプ課題番号：AS2416903Kの採択により行われたことを記して謝意を表します。

＜参考文献＞

- (1) 齊藤典生・松岡一夫・王波：“現場用リアルタイムX線検査装置の開発”、検査技術、19(1), pp.70-73 (2014)
- (2) 齊藤典生・王波・王晓東・鈴木修一・劉小軍：“乾電池でも駆動可能な省電力X線管を用いた小型軽量X線検査装置とその適用例”、非破壊検査、64(5), pp.210-215 (2015)

【筆者紹介】

齊藤 典生
つくばテクノロジー㈱
研究開発部 エックス線事業課
課長



＜主なる業務歴および資格＞
1985年、山形大学大学院修士課程修了、国立公害研究所でレーザーレーザーの研究、その後、日本電気で高出力YAGレーザーの開発に従事。2012年より現職。第6回ものづくり日本大賞優秀賞受賞。

王 波
つくばテクノロジー㈱ 代表取締役

劉 小軍
つくばテクノロジー㈱ 取締役CFO

鈴木 修一
つくばテクノロジー㈱ 執行役員 製造部 部長

＜会社の主な事業内容＞
レーザー超音波可視化検査装置の開発、製造、販売。
小型X線検査装置の開発、製造、販売。個人線量計の開発、製造、販売。AE、光ファイバー検査装置の開発、製造、販売。その他非破壊検査装置の開発、製造、販売。

● 優良技術図書案内

● 知っておきたいバーコードの知識 新改訂版

平本純也 著 A5判 本文378ページ 3,800円+税

お問合せは日本工業出版㈱販売課まで 販売直通 03(3944)8001 FAX 03(3944)0389