

2016

試験・検査・評価・診断・寿命予測の専門誌

8

20th
おかげさまで
創刊20周年

検査技術

Vol.21 No.8

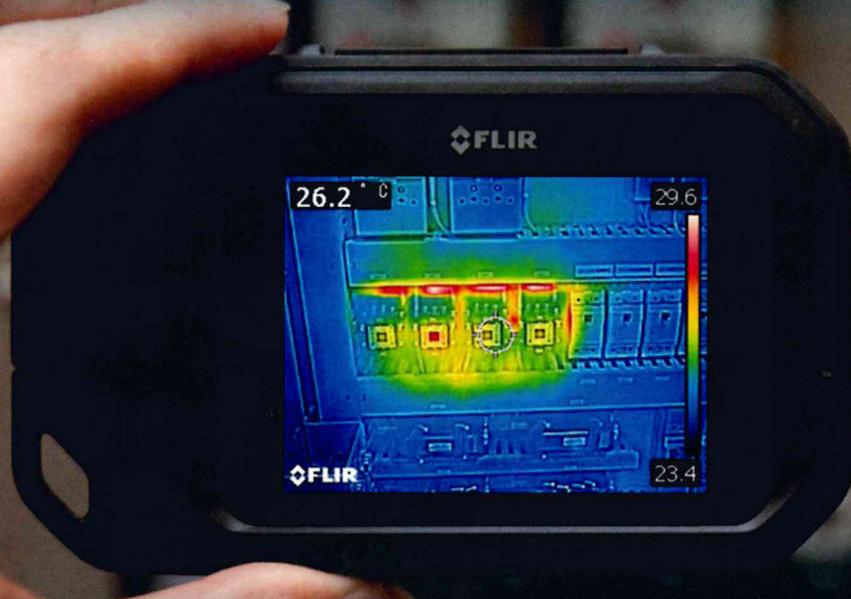
Inspection Engineering

発行：日本工業出版
<http://www.nikko-pb.co.jp/>

特集：赤外線サーモグラフィの応用技術と最新事例
特集：非接触計測・検査技術の活用②

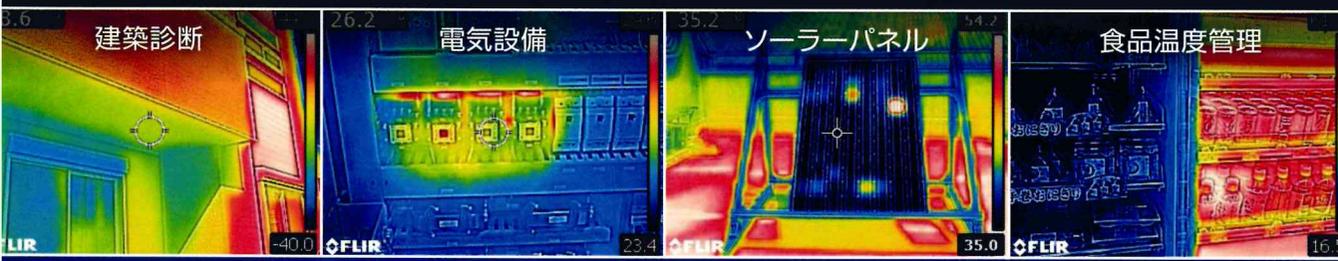
携帯型赤外線サーモグラフィカメラ FLIR C2

FLIR C2
メーカー希望小売価格
99,800円(税別)より



ポケットに入れて持ち運び可能、
建築物検査、電機設備の保守点検、食品の品質・衛生管理など
いつでもすぐに目に見えない問題箇所の発見に役立つ

※製品詳細はこちら(www.flir.jp/C2)をご覧ください。



The World's Sixth Sense™

非接触計測・検査技術の活用②

冷陰極小型X線検査装置の開発と応用

Development and Application of Cold cathode Compact X-Ray Inspection System

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、社会インフラ用の非破壊検査装置を自社で研究開発している⁽¹⁾。なかでもX線装置は、単3乾電池1本で駆動可能な手のひらサイズの冷陰極小型X線装置を開発し、各種X線検査への応用を進めている⁽²⁾。

本稿では、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、小型軽量で、X線作業主任者資格なしで手軽に各種対象物をX線検査できる小型X線検査装置の開発とその応用について紹介する。

2. 単3乾電池駆動冷陰極小型X線発生装置

我々の小型X線検査装置に採用されている冷陰極X線管内部の針葉樹型カーボンナノ構造体

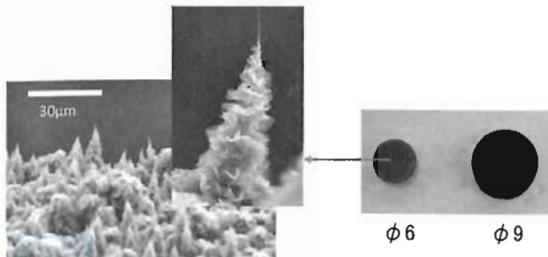


写真1 針葉樹型カーボンナノ構造体冷陰極電子源

冷陰極電子源を写真1に示す。

この針葉樹型カーボンナノ構造体冷陰極電子源を採用した冷陰極X線管は電界電子放出により電子が放出されるので、ヒーターやフィラメントがなく、予熱やエージングなしで、必要な時にすぐX線を照射できる。また、X線の発生時にしか電力を消費しないため、単3乾電池1本でも駆動可能であり、写真2に我々の開発した手のひらサイズの単3乾電池駆動小型X線発生装置を示す。

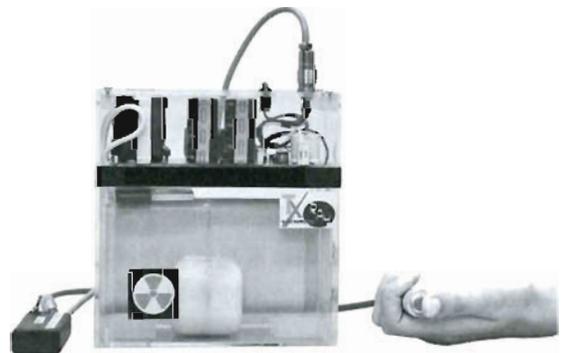


写真2 手のひらサイズの単3乾電池駆動小型X線発生装置

本装置は、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、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。

3. 冷陰極小型X線検査装置

写真2の単3乾電池駆動小型X線発生装置の技術を応用して、高感度・高精細フラットパネル検出器を組み合わせて開発した小型X線検査装置を写真3に示す。



写真3 小型X線検査装置

この小型X線検査装置は、写真4のX線発生部と写真5の電線検査用筐体あるいは写真6の電線以外検査用筐体とから成っている。

その筐体サイズは270×270×180mmで、重さは20kgと1人でも移動可能な装置となっている。

ここで、電線あるいは電線に似た線状の対象物に関しては写真5の電線検査用筐体を、それ以外の対象物に関しては写真6の電線以外検査用筐体を、対象物によって適宜X線発生部と組み合わせて使用できる。このように、筐体を交換することで、各種の対象物を検査でき、検査対象物の幅が広がった。実際、筐体の中には、幅260mm×奥行き80mm×高さ170mmサイズの対象物まで入れられるように製作されている。

これら2つの筐体の中にはフラットパネル検



写真4 X線発生部

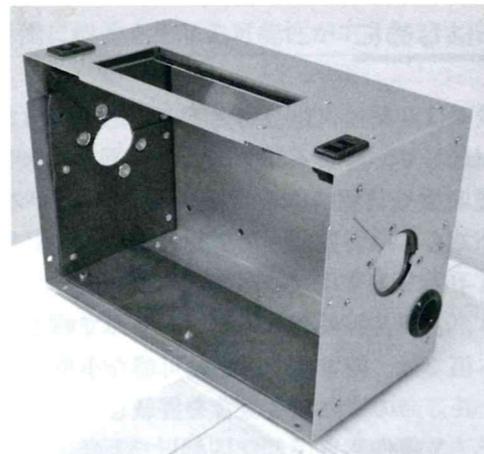


写真5 電線検査用筐体

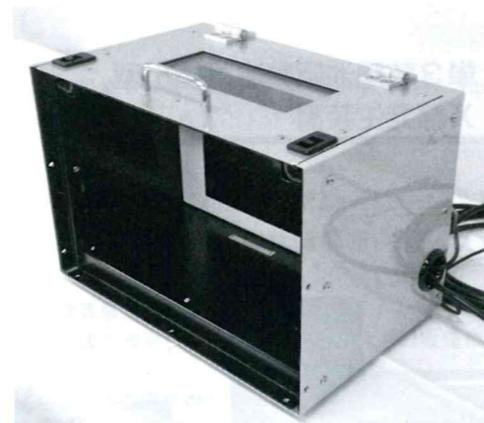


写真6 電線以外検査用筐体

出器を内蔵し、装置の操作&画像表示にはPCを使用する。

X線発生部は、前面の制御パネルで管電圧、パルス幅、パルス数の撮影条件の調整ができる。また、これら撮影条件の設定は操作&画像表示用のPCでも行うことができる。PCにはLANケーブルで接続し、X線を照射すると、フラットパネル検出器からの信号がPCに取り込まれ、画面上にリアルタイムで透過画像が表示される。撮影した画像は、各種の画像処理が施され、画面上で拡大縮小、ヒストグラム、明るさ、コントラスト等の調整が可能になる。

この装置はX線発生部と対象物を入れる筐体を一体化すると、全体が鉛遮蔽により、X線の漏えいを0.6 μ Sv/h以下に抑えられる。これにより、X線作業主任者資格なしで、X線検査が可能になり、安全かつ小型の汎用的X線検査装置として、大学や研究室、企業で使用することができる。

下記の第1表にX線発生部、第2表にフラットパネル検出器の仕様を示す。

このフラットパネル検出器（Teledyne Radicon Imaging社、Shad-o-Box 1548 HS）は、検出エリアが約10cm×15cm、解像度が99 μ mであり、これは電線や小型の対象物に関して使用

第1表 X線発生部の仕様

項目	仕様値	備考
管電圧	80~120kV	
管電流	最大2mA	
パルス幅	20~100ms	
X線管	冷陰極式	針葉樹型カーボンナノ構造体冷陰極電子源
X線管寿命	1000万ショット	
実効焦点サイズ	1mm	
筐体サイズ	W270×D270×H180mm	
装置重量	20kg	
電源	リチウムイオンバッテリー	約3000ショット照射可能
外部漏えい線量率	0.6 μ Sv/h以下	X線作業主任者資格不要
動作温度	0~40 $^{\circ}$ C	

第2表 フラットパネル検出器の仕様

項目	仕様値
フラットパネル検出器	CMOSイメージセンサ
シンチレータ	Gd 20 S
検出エリア	102mm×153mm
ピクセル	1032×1548
ピクセルサイズ	99 μ m
フレームレート	最大32fps
重量	約3.5kg
全体サイズ	150×200×35mm

できる。また、このフラットパネル検出器は、三菱化学製のシンチレータをCMOSイメージセンサにダイレクトコンタクトして、ダイナミックレンジ3,000:1の高感度なX線検出を実現している。

4. 装置の検査例

実際に開発した小型X線検査装置で、電線を検査する場合の様子を写真7に示す。



写真7 装置の電線検査風景

写真7のように、電線検査用筐体に送電線を入れて上部の蓋を締めて、電線を挟んだ状態で固定する。そして、PC画面で、管電圧、パルス幅、パルス数の設定をして、X線を照射して透過画像を撮影することができる。

次に、本装置で撮影した例として、送電線端の実物とその透過画像を写真8に示す。

この時の撮影条件は、管電圧110kV、パルス幅90ms、パルス数1で撮影した。この画像を見ると送電線端の内部の芯線の部分が判別でき、芯線の捩り具合も確認できる。

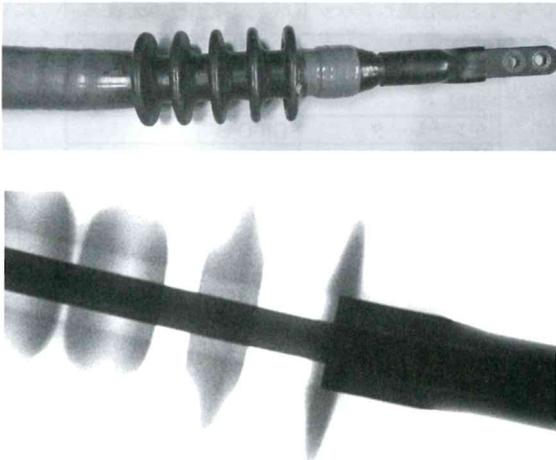


写真8 送電線端の撮影画像

5. 常夜灯の検査例

次に本装置で検査体として常夜灯のX線撮影を試みた。その際の検査の様子を写真9に示す。

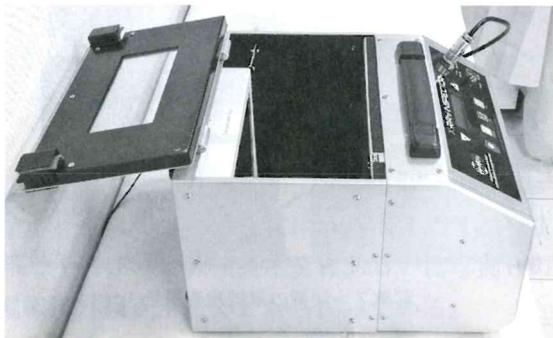


写真9 常夜灯の検査例

この場合は、写真9のように、X線発生部と電線以外検査用筐体を組み合わせて、その筐体に常夜灯を入れて上部の蓋を締めて、X線が漏れいしない状態で検査した。この場合PC画面上で、撮影の条件として、管電圧100kV、パルス幅30ms、パルス数1と設定した。もちろん、画像が所望通りでない場合、この管電圧、パルス幅を変えて何度も撮影できる。

写真10に常夜灯とその透過画像を示す。これを見ると、常夜灯のコンセント部の内部結線の

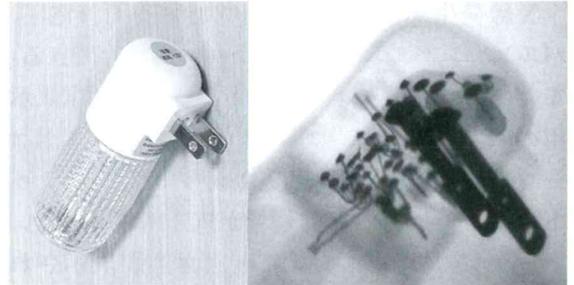


写真10 常夜灯の撮影画像

状態が高精細に撮影されて、良好な画像が得られた。

6. おわりに

ここでは冷陰極小型X線検査装置の開発とその応用について紹介した。この装置は、X線管にカーボンナノ構造体冷陰極電子源を採用しているため、予熱が不要で、バッテリーで、使いたい時にすぐX線を照射でき、小型ながらX線を長寿命で照射できる。さらに、バッテリーで120kVまでのX線を発生でき、1人で移動させて、X線作業主任者資格なしでX線検査が可能になる。

また、フラットパネル検出器により、検査体のX線透過画像を数秒で、高精細に画像表示でき、画面上でリアルタイムに検査できる。

この装置を使えば、手軽にX線検査が可能になり、X線作業主任者資格なしで、研究用途から工場での製品検査など、X線検査の適用範囲が広がる。これにより、X線検査が速やかに実施でき、製品の品質向上や人々の安全、安心の確保に貢献できると考える。

この装置は平成27年度つくば市トライアル発注認定製品に選定されている。

<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・劉小軍・鈴木修一：“小型軽量X線検査装置”、検査技術、21(3)、pp.30-33 (2016)

(筆者紹介はp.75参照)