

## 配管系狭隘部に適用可能なX線イメージングシステムの開発

### 背景

発電設備等のプラント施設において、配管の応力腐食割れ\*<sup>1</sup>や減肉状況を把握することは、プラントの健全性を維持する上で重要である。プラント施設では配管が複雑に入り組んでいることが多く、特に狭隘部（～10cm程度）にも適用できるX線イメージング技術の開発が望まれている。狭隘部において効率良く診断を行うには、現像を要するX線フィルムなどと異なり、撮影結果をその場で確認できるオンライン計測装置が必要である。

### 目的

プラント施設等の配管系狭隘部に適用でき、かつオンライン計測可能なX線イメージングシステムを開発する。

### 主な成果

#### 1. X線イメージングシステムの構築

CCD素子\*<sup>2</sup>を用いた小型X線イメージセンサーを検出部とすることで狭隘部でのオンライン計測を可能とし、更にこれをXYステージと組み合わせ広範囲撮影が可能なX線イメージングシステムを構築した（図1）。

#### 2. 透過画像撮影の高速化

広範囲撮影では多数の透過画像を撮影し連結するため、1枚あたりの撮影時間を短縮する必要がある。本システムではセンサー検出素子を厚膜化することで感度を高め（図2）、発電所で使用されているエルボ配管（配管部外径60.5mm、肉厚8.7mm、炭素鋼）に対する撮影時間として1分程度を得た\*<sup>3</sup>。また、厚膜化に伴う画像歪もなく、X線フィルム規格値と同程度の画像識別を達成した（表1）。

#### 3. 撮影画像のスモーキング処理

構築したX線イメージングシステムを用い、人工減肉を施した配管のX線透過画像を走査撮影した。単純な画像連結で生じる不連続性（図3（a））を解消するため、回転補正処理、線形合成処理を施す画像連結プログラムを開発するとともに、人工減肉部に人の視覚特性を考慮した画像処理\*<sup>4</sup>を適用することで、視認性が向上することを明らかにした。（図3（b））。

以上により目的とする狭隘部診断用X線イメージングシステムを開発し、実用的に十分な性能を有することを実証した。

### 今後の展開

開発したイメージングシステムの現場への適用性を評価し、実用化を目指す。

主担当者 電力技術研究所 高エネルギー領域 主任研究員 大石 祐嗣

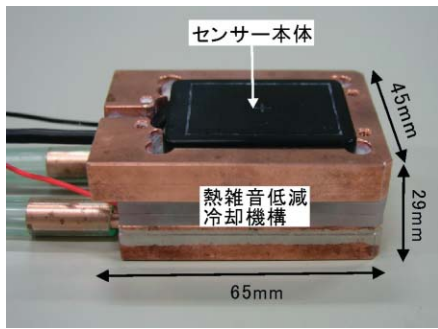
関連報告書 「高エネルギーX線用小型イメージセンサーの開発」電力中央研究所報告：H06011（2007年9月）  
「狭隘部診断用X線イメージングシステムの開発」電力中央研究所報告：H07006（2008年7月）  
「狭隘部診断用X線イメージングシステムの開発（2）」電力中央研究所報告：H08005（2009年6月）

\*1：金属材料が腐食しやすい環境下で、破壊されるほどの強い力を受けずに、配管の溶接部などが割れる現象。

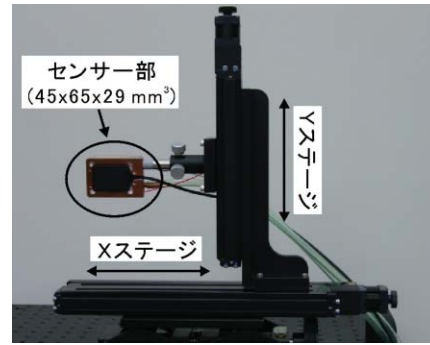
\*2：電荷結合素子（Charge Coupled Device）の略、ビデオカメラなどに広く使用される。

\*3：イリジウム線源、 $8.2\text{Ci} \approx 3.0 \times 10^{11} \text{ Bq}$ 、距離30cm、1枚（24mm×34mm）あたりの撮影時間。

\*4：Retinexフィルタを用いた画像処理を施した。このフィルタは適用した領域を他の領域から際立たせることで視認性を向上させる。



(a) センサー部拡大図



(b) システム全体図

図1 狹隘部診断用X線イメージングシステム

狹隘部（10cm程度）に適用可能、かつオンライン計測可能なX線イメージングシステムを開発

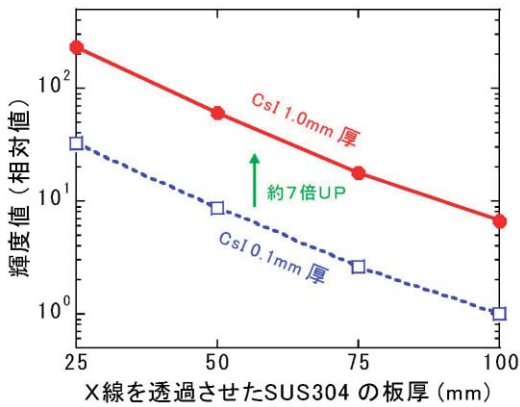


図2 センサー感度の比較

センサー検出素子（CsI）を厚膜化することで感度が約7倍向上

表1 針金形透過度計<sup>a</sup>の識別最小線径

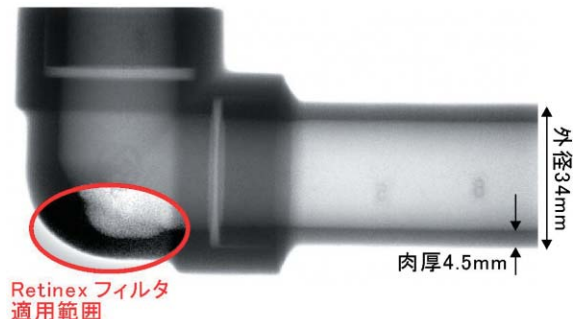
SUS304 板厚 (mm)	X線イメージングシステム		写真フィルム (規格値) <sup>b</sup>
	CsI 1.0mm厚	CsI 0.1mm厚	
50	0.63	0.63	0.8
75	1.0	1.25 <sup>c</sup>	1.0
100	1.25	>3.2 <sup>c</sup>	1.25

<sup>a</sup> JIS Z 2306 規定の16S, 32Sを使用 単位(mm)  
<sup>b</sup> ステンレス鋼溶接の規格 JIS Z 3106 A級  
<sup>c</sup> 装置の都合上、900sec照射での評価

CsI 1.0mm厚において写真フィルム規格値と同程度の識別を達成



(a) 単純連結画像（6×4=24枚）



(b) 回転補正および線形合成処理を施したものの

線源：イリジウム線源（<sup>192</sup>Ir、7Ci、90sec照射/枚）、センサー：CsI 0.1mm厚

図3 撮影画像のスムージング処理

回転補正および線形合成処理を施すことで不連続性が解消し、更にフィルタを適用することで減肉部の視認性が向上