

# 放射線透過式配管厚さ測定装置

## Radiation Transmission Pipe Thickness Measurement System

富士電機システムズ 東 泰彦 Yasuhiko HIGASHI

Fuji Electric Systems can be measured from the outer insulation of the transmission Characteristics and radiation detection equipment had been developed that can measure Pipe wall thinning in plant and running, the recruitment of another three-beam calculation method by pipe thickness measurement system was developed to measure the thickness of the pipe side. This equipment has been possible to measure the thickness of the circumferential profile of the pipe attachment by adopting automatic rotation

*Key Words:* thickness measurement, detection thorough heat insulation , radiation transmission , safety of plants

### 1. はじめに

富士電機システムズは、放射線を計測する装置の他に、その技術を応用して、放射線を用いて厚さ・密度・レベル等を計測する放射線応用計測器を製造・販売している。放射線応用計測器は、非接触・非破壊での計測が可能で、検査・試験効率向上のため、鉄鋼、化学プラント等の生産現場で広く使用されているが、放射線関連法令の規制等、一般計測機器には必要としない放射線管理費、資格等が必要となることから、産業界への普及が比較的限定されていた。しかし平成17年度に「国際基本安全基準」を取り入れた法令改正の際、機器のリスク、利用実態に応じた合理的な規制が構築された設計認証制度が新たに施行された。この新しい設計認証制度にもとづいて、製造された表示付認証機器については、安全性が確認された機器であり、その旨の表示をつけることにより、機器の使用・保管・被ばく管理等の規制が課されないことから、広く産業界へ普及することが期待されている。

富士電機システムズではこの設計認証制度の適用を受けた、配管減肉検出装置を東北電力株式会社殿との共同研究で開発し、表示付認証機器として、測定サービス、販売を始めたが、放射線を配管の中心に照射していることから、測定結果は配管の両肉厚の合計値となり、官庁への報告データには採用されていない。

本稿で紹介する配管厚さ測定装置は、配管減肉検出装置の保温材の外から測定ができ、且つプラント稼働中においても測定が可能である特長を活かして、さらに富士電機システムズの従来からの配管測定技術を活かした3ビーム演算方式の採用により、

配管の片側厚さを測定できる装置を開発したので、その原理、システム構成。装置仕様等について、紹介する。

また、近年ニーズが高まっている、小径配管内流体の密度、レベル等を検出する配管診断装置についても表示付認証機器として、実用化を図ったので、その概要を紹介する。

### 2. 配管厚さ測定装置

#### 2.1 概要

近年、発電プラント等の安定稼働の観点から、配管の肉厚管理が一層重視されるようになってきている。そのため、管理や調査の対象が増え、肉厚管理にかかるマンパワー、コストは増大しており、より効率的な測定が要望されている。特に、保温材付き配管の肉厚測定では、多くの時間とコストが保温材の撤去・復旧工事に費やされている。

また、保温材を外すことができるのはプラント停止中のみであるため、定期検査の期間中に肉厚測定を実施している。一定期間内での作業となるため、新たな知見を得るための調査等にかける時間は限られており、配管の交換が必要と判定されると、長期にわたってプラントを停止させなければならない恐れもある。

富士電機システムズは、上記課題を解決するため配管減肉検出装置を東北電力株式会社殿との共同研究で開発し、さらに放射線の3ビーム演算方式を採用して、配管の片側厚さ測定装置を開発、実用化した。

配管厚さ測定装置は、以下の特長を持つ。

- 1) 放射線透過型であるため、保温材の上からの配管減肉測定が可能
- 2) 定期検査前のプラント運転中でも減肉を検出し、配管の早期手配などが可能

連絡先：東泰彦、〒191-8502 東京都日野市富士町1  
富士電機システムズ(株)放射線装置 TEL：042-583-4772  
e-mail：higashi-yasuhiko@fujielectric.co.jp

- 3) 自動回転アタッチメントにより、配管円周方向の厚さプロファイル測定が可能
- 4) 小型・軽量なので狭隘部・高所へも取付可能
- 5) 表示付認証機器であるため、安全で放射線の被ばく管理は不要

装置の外観を Fig1 に示す。

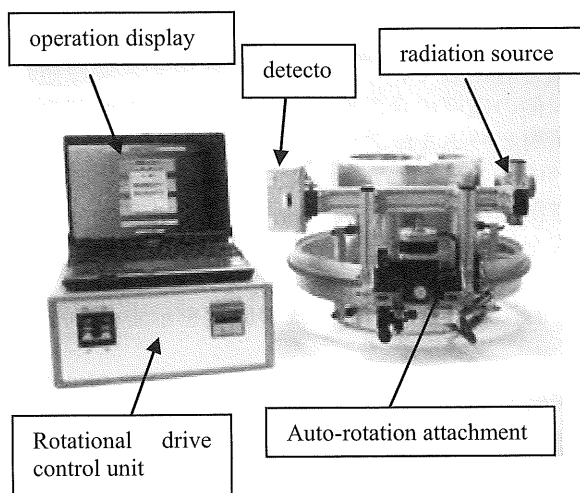


Fig.1. Pipe thickness measurement system

## 2.2 システム構成

本装置は、放射線源部、検出部、駆動制御部、自動回転アタッチメント、操作表示部で構成する。

放射線源部は、線源ホルダで遮蔽されており、線源ホルダは測定時の散乱線の影響を低減する構造としている。Fig.2 に線源ホルダの外観を示す。

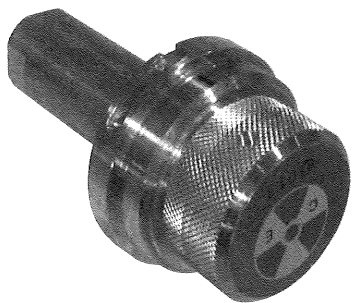


Fig.2. Radiation source holder

検出器には CsI (ヨウ化セシウム) を用いたシンチレーションプローブで、環境変化による検出感度の変化については、自動補正回路を付加して、野外環境での測定を可能としている。また操作表示部への測定データの通信および各種測定条件データの通信には、配管への取り付け、回転が迅速かつ容易に行える様、Bluetooth を採用して、ワイヤレス化を図った。

Fig.3 に検出部の外観を示す。

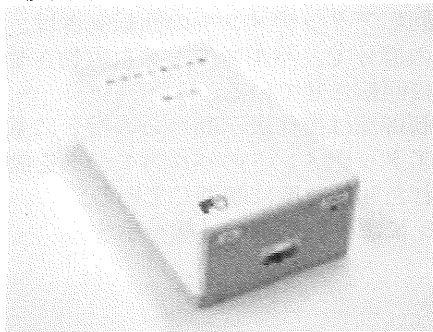


Fig.3 detector

放射線源部と検出部は、C 型フレームに固定され、自動回転アタッチメントで測定配管に取付けられる。自動回転アタッチメントを使用すると、設定された測定点数に従い、各点測定終了後に順次自動で回転して、配管円周上の厚さプロファイルを測定できる。保温材付き配管の外径寸法は配管と保温材の組合せにより多種にわたるため、Fig.5 に示す配管への取付け金具で、多種のサイズに対応出来る様、5種類の回転レール部と各サイズに対応した回転レール部取付け金具で構成されている。

Fig.4 に自動回転アタッチメントの外観を示す。

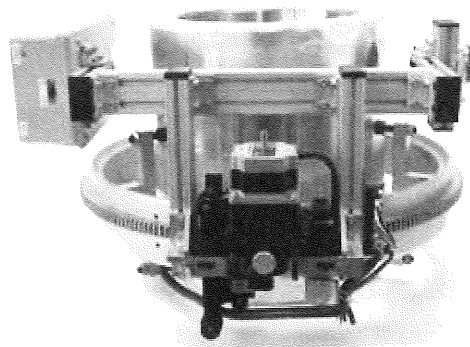


Fig.4 auto-rotation attachment

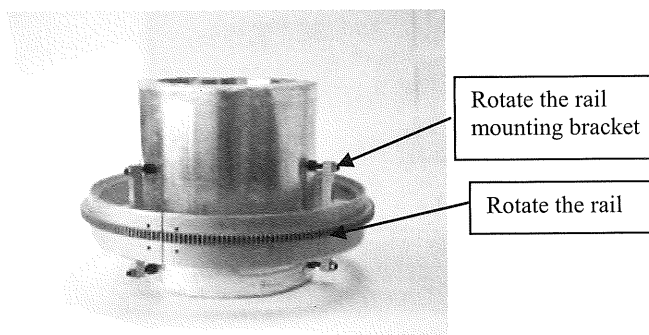


Fig.5 pipe clamp

自動回転アタッチメントの回転制御は、駆動制御部からの信号で、パルスモータを駆動させて、任意の位置に回転させている。

駆動制御部は操作表示部からの指令に基づき、自動回転アタッチメントのパルスモータを制御して、指定された回転角度に制御している。

Fig. 6 に駆動制御部の外観を示す

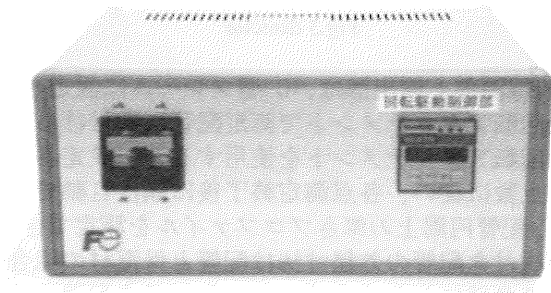


Fig.6 drive control unit

操作表示部は、検出した放射線量と、配管に関する各種定数データから配管の厚さを算出して保存する。また測定データは測定値表示シート (EXCEL) に転送されて、3 ビーム厚さデータの演算を行い、各点の厚さデータを絶対値で表示する。

測定配管に関する各種設定データは、操作表示部から検出部に Bluetooth を介して転送される。

その他、配管に関する設定データの入力、保存、編集、さらに測定厚さデータを取り出し、配管円周方向のプロファイル表示を行うとともに、部位毎の厚さ推移表示、減肉速度や余寿命の計算などを行うことが出来る。

Fig. 7 に操作表示部の外観を示す

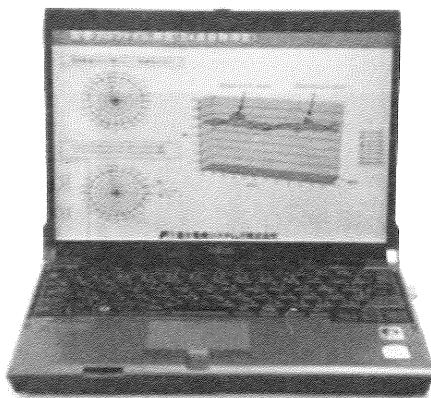


Fig.7 operation display

### 2.3 測定原理

Fig. 8 の基本原理に示すように、放射線は、外装板、保温材、配管、内部流体(水、あるいは空)のそれぞれを透過するごとに減衰する。

この特性を利用して、保温材付き配管全体における放射線の減衰率を検出した後、外装板、保温材、内部流体による減衰率を一定値として差し引いて、配管における減衰率のみを抽出し、これを用いて肉厚値を算出している。従って、算出する肉厚値は配管両側の肉厚の合計値である。この基本原理の放射線照射ビームを配管センターから配管内に正三角形を形成するように照射して、基本原理式に基づいて厚さ演算を行い、その3箇所での測定結果から連立方程式を解いて、正三角形のそれぞれ頂点の厚さを算出する。

Fig. 9 に3ビーム演算方式の原理を示す

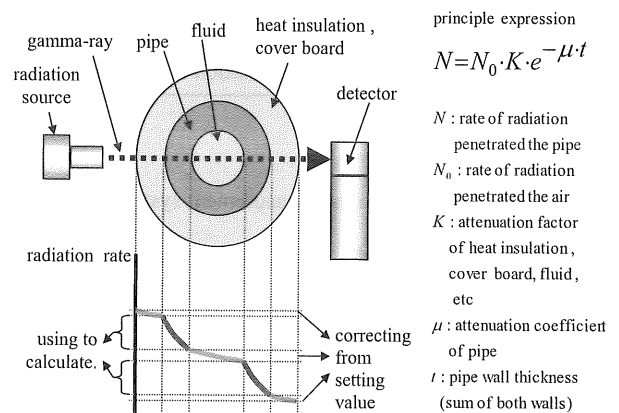


Fig.8 Basic principle

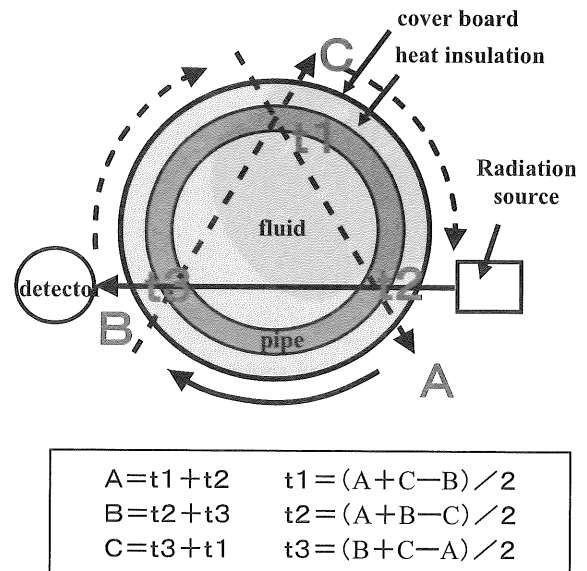


Fig.9 3-beam calculation method

## 2.4 装置仕様

Table.1 に、本装置の主な仕様を示す。

対象配管の外径と肉厚の仕様は、火力発電所における配管の大部分が包含されることから、空配管で外径 500A 以下、肉厚 30mm 以下とした(満水時は外径 300A 以下、肉厚 20mm 以下)。

精度(再現性)は、減肉が十分検出できるように、一般的な公称肉厚と必要厚さの差や測定時間から、公称肉厚の 2.0%以内とした。

Table.1 Specifications

item		Specification	
Pipe	material	carbon steel, low-alloy steel, stainless	
	type	Straight, reducer	
	outside diameter, wall thickness	empty pipe	diameter : 80~500A, thickness : 30mm and under
filled with water		diameter : 80~300A, thickness : 20mm and under	
heat insulation	material	calcium silicate	
	outside diameter	710mm and under	
cover board	steel , aluminum		
repeatability	±2.0% of nominal wall thickness		
comparison accuracy	±0.5% of wall thickness of standard pipe for calibration, or ,±0.1mm. (whichever is greater)		
radiation source	<sup>137</sup> Cs、 <sup>60</sup> Co		
measurement time of a point (empty pipe)	diameter 200A and under, thickness 10mm and under	: 300s and under	
	diameter 500A and under, thickness 30mm and under	: 600s and under	
working temperature, humidity	0~40°C、80%RH and under		
mass	about 6kg		

## 2.5 実証試験

実証試験では、富士電機システムズ保有の校正用サンプルにビルドアップ用短冊を配管内面に貼り付けて、分解能 24 点でプロファイル測定を行い、幅を変えたビルドアップ用短冊の厚さ変化が測定出来ている事を確認した。結果 Fig.9 に示す。

<測定条件>

測定配管 200A(SUS材) 肉厚平均：5.0mm

ビルドアップ：厚さ0.8mm×幅30mm、

厚さ0.8mm×幅60mm

測定面積：約20φmm

測定時間：200秒/点

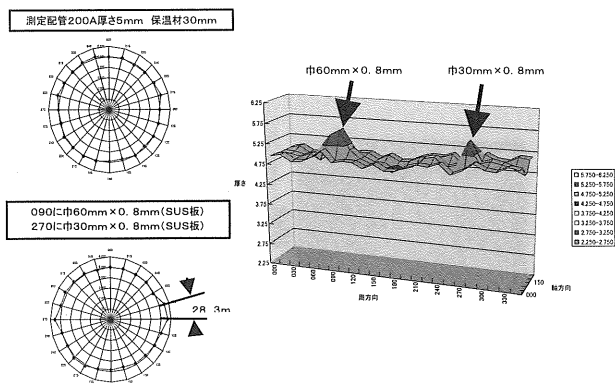


Fig.9. measurement example

## 2.6 今後の課題

小型・軽量かつ被ばく管理が不要で、保温材の上から配管厚さの検出が可能な装置を開発したが、今後さらに効果的な装置へと発展するための課題として、以下が挙げられる。

- 1) 測定配管内のスケール・残留冷却水の影響などは、検出値から判断して対応することが必要であるが、測定ノウハウを蓄積して、容易に判断出来るようにする。
- 2) 自動回転アタッチメントの配管取付金具については、常時設置タイプに改善を図る。

## 3. 配管診断装置

### 3.1 概要

配管診断装置は、配管を透過する放射線の減衰を利用して、小径配管から大口径配管の配管減肉検出、配管内流体の密度、レベル、付着物、錆び等の検出が、屋内、屋外、およびプラント運転中に非接触・非破壊で測定出来る。

### 3.2 システム構成

本装置の構成は、配管厚さ測定装置の放射線源部、検出部、操作表示部から構成されて、常時固定式の配管取付金具および移動式の取付金具を測定用途に応じて選択している。

小径配管用診断装置の外観を Fig.10 に示す。

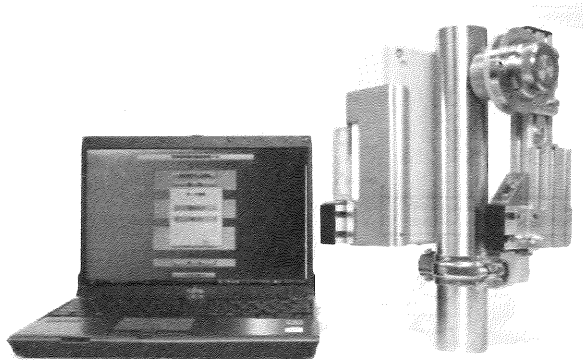


Fig.10. piping diagnostic system

### 3.3 装置仕様

Table. 2 に、本装置の主な仕様を示す

Table.2 Specifications

item		Specification	
Pipe	material	carbon steel, low-alloy steel, stainless	
	type	straight, elbow, reducer	
	outside diameter, wall thickness		diameter : 25~300A, thickness : 30mm and under
heat insulation	material	calcium silicate	
	outside diameter	500mm and under	
cover board	steel , aluminum		
repeatability	±2.0% of nominal wall thickness		
comparison accuracy	±0.5% of wall thickness of standard pipe for calibration, or , ±0.1mm. (whichever is greater)		
radiation source	<sup>137</sup> Cs、 <sup>60</sup> Co		
working temperature, humidity	0~40℃、80%RH and under		
mass	about 2kg		

### 3.4 適用例

(1) 配管内流体の密度、レベル測定

- ・ 冷却水の密度測定
- ・ 汚泥水の密度測定
- ・ スラリーの密度測定
- ・ 黒液の密度測定
- ・ 二相流のボイド率測定
- ・ 流体のレベル位置測定

(2) 配管両側肉厚測定

- ・ 減肉傾向スクリーニング
- ・ 配管内錆びの検出
- ・ 配管内付着物の検出
- ・ 配管内異物の検出

## 4. おわりに

本稿は、配管厚さ測定装置を中心に紹介した。

富士電機システムズは、配管厚さ測定装置による配管の保全・管理への貢献はもとより、その開発によって培われた技術を生かし、非接触、非破壊という特長を持った放射線応用計測器を、さらに小型化・軽量化すると共に、安全で被ばく管理等が不要で導入の容易な表示付認証機器とすることで、より広い分野での適用を提案していく所存である。

最後に、本装置の開発に当たり、東北電力株式会社殿に多大なご指導、ご協力を頂いたことに、深く謝辞を表す。

## 参考文献

- [1] 高木 昭：「放射線透過式配管減肉検出装置の開発」, FAPIG No. 174(2007)