

# 放射線応用計測器

小林 裕信 (こばやし ひろのぶ)

高木 昭 (たかぎ あきら)

特集 1

## 1 まえがき

富士電機は、放射線を計測する装置のほかに、その技術を応用して、厚さ・密度など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、非破壊・非接触での計測が可能なので、検査・試験効率向上のため、広く生産現場で使用されている。さらに、近年の配管の安全管理に対する関心の高まりを受け、放射線応用計測技術を用いた配管減肉検出装置を開発した。

本稿では、放射線応用計測器について、配管減肉検出装置を中心に紹介する。

## 2 配管減肉検出装置

### 2.1 概要

近年、発電プラントなど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。

そこで、2004年度と2005年度の東北電力株式会社との共同研究を経て、保温材の上からでも調査可能な配管減肉検出装置を開発した。

### 2.2 特徴

配管減肉検出装置は、以下の特徴を持つ。

- (1) 放射線透過型であるため、保温材の上から減肉を調査できる。
- (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できる。
- (3) 小型・軽量なので狭隘(きょうあい)部・高所へも対応できる。
- (4) 表示付認証機器であるため、被ばく管理は不要である。

表示付認証機器とは、使用時の被ばく線量が十分少なくなるように設計・品質管理していることについて、文部科

学省あるいは文部科学省の認定した機関の認証を得ていることを、設計認証印により表示した機器である(「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」第12条の2など)。

### 2.3 構成

図1に配管減肉検出装置のシステム構成を示す。

装置は、放射線源、検出器、計測部、アタッチメント、データ処理システムで構成する。

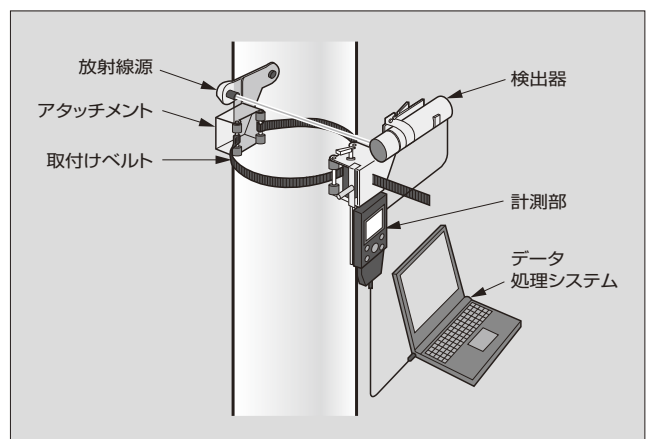
放射線源は、線源ホルダで遮へいされており、線源ホルダは測定時の散乱線の影響を低減する。

検出器は、よう化ナトリウムを用いたシンチレーションプローブである。

計測部は、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肉厚を算出し、保存する。計測部はアタッチメントに取り付けた状態でも、手で持った状態でも使用できる。

アタッチメントは、放射線源と検出器を配管に固定するためのものである。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。また、放射線が配管中心からずれると、配管の曲率により肉厚の検出値に誤差を生じる。これらに対応するため、図2に示すように、検出

図1 配管減肉検出装置のシステム構成



小林 裕信

放射線機器・システムの開発・設計と放射線応用計測器の開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社制御システム本部放射線システム統括部放射線システム部長。



高木 昭

放射線機器・システム、放射線応用計測器の開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社制御システム本部放射線システム統括部放射線システム部主任。日本機械学会会員、日本ロボット学会会員。

器と放射線源とが配管中心を挟んで対向するよう、これらを保持するアタッチメントを開発した（特許出願中）。

データ処理システムでは、配管に関する設定データを入力・保存・編集し、計測部へ転送する。また、計測部に保存した肉厚値データを取り出し、部位ごとの表示、減肉速度や余寿命の計算、帳票作成などを行う。

2.4 測定原理

図3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ことに減衰する。

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。したがって、算出する肉厚値は配管両側の肉厚の合計値である。

富士電機は従来から、γマイクロ密度計で配管肉厚による減衰率を一定値とし、全体の減衰率から差し引くことで内部流体の密度を算出する技術を有している。本装置はこの技術を応用したものである。

図4に装置全体、線源ホルダ、計測部の外観を示す。

2.5 仕様

表1に、この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

図2 アタッチメント取付け原理図

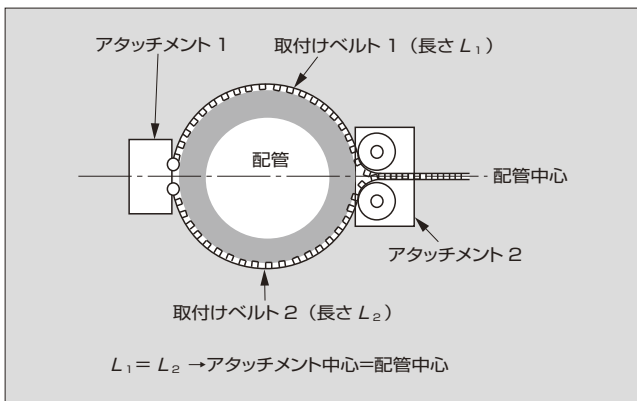
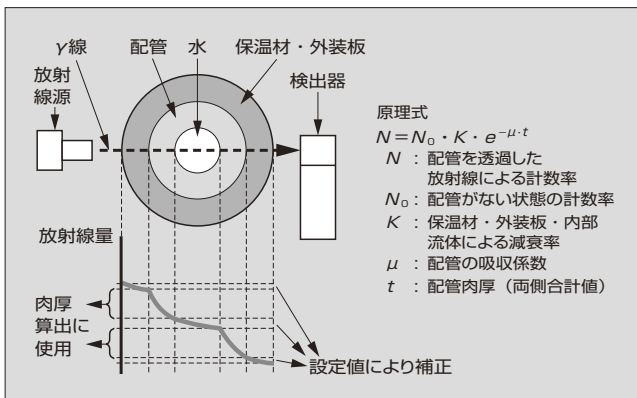


図3 肉厚算出の原理



配管の大部分が包含されることから、空配管で外径 500 A 以下、肉厚 50 mm 以下とした（満水時は外径 300 A 以下、肉厚 30 mm 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 1.6% 以内とした。

マイクロメータにて実際の肉厚を測定した校正用配管における肉厚算出値から再現性を評価した結果、図5のようにばらつきは少なく、仕様どおりの再現性を有している。なお、測定時間を長くすることで、より精度を向上させることが可能である。

図4 装置の外観

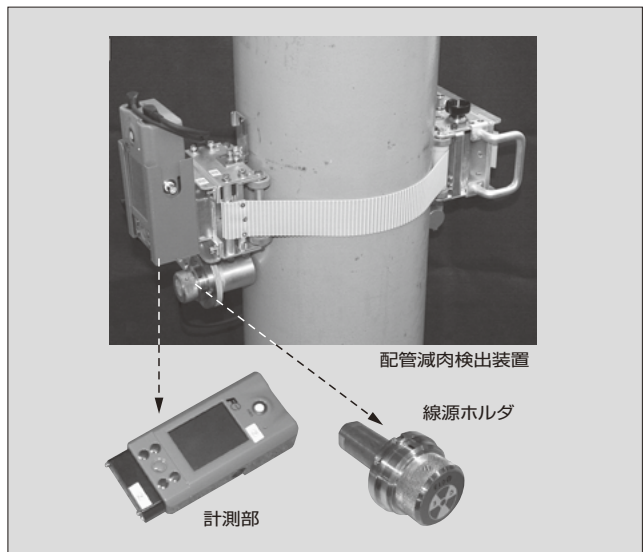
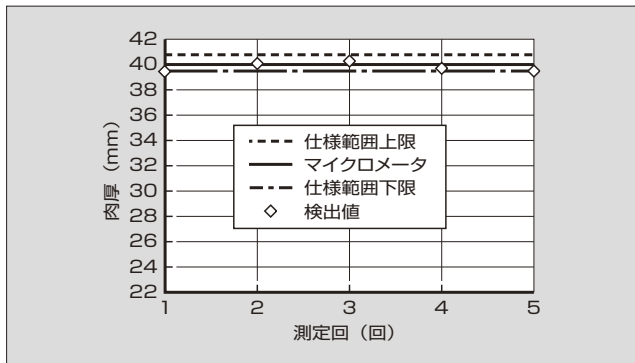


表1 製品の仕様

項目	仕様		備考	
対象配管	材質	炭素鋼、低合金鋼、ステンレス鋼		
	部位	直管、曲管、レジューサ		
	外径 肉厚	空配管	外径80~500A、肉厚50mm以下	
		満水配管	外径80~300A、肉厚30mm以下	
保温材	材質	けい酸カルシウム		他の材質も対応可能
	外径	710mm以下		
外装板	鉄、アルミニウム			
再現性	公称肉厚の±1.6%以内		検出値は配管両側の合計肉厚（保温材厚さなどの誤差は含まず）	
校正精度	校正基準原器肉厚の±0.5%または±0.1mmの大きいほう以内			
使用線源	<sup>137</sup> Cs, <sup>60</sup> Co (10MBq以下)		表示付認証機器	
1点あたりの測定時間	外径350A以下、肉厚20mm以下：100s以内		線源強度10MBq、保温材厚み75mmの空配管	
	外径500A以下、肉厚50mm以下：600s以内			
使用温湿度	0~40℃、80%RH以下			
質量	配管設置部分：約6kg			

図5 再現性評価例



2.6 今後の課題

小型・軽量かつ被ばく管理が不要で、保温材の上から減肉傾向の検出が可能な装置を開発した。

さらに効果的な装置に発展させるための課題として、以下が挙げられる。

- (1) 配管の状態に関する設計・仕様と実際との食い違いや、スケールの影響などに、検出値から判断して対応する必要があるが、測定ノウハウを蓄積し、容易に対応できるようにする。
- (2) 原子力施設での適用範囲拡大のため、バックグラウンド放射線量・エネルギー範囲を調査し、影響を受けない領域で測定可能かどうかを判断する。

今後、この装置を用いた測定サービスを展開し、配管の保全・管理の効率化に寄与していくとともに、上記課題に取り組み、装置自体の提供や自動化を行っていく。

③ その他の放射線応用計測器

放射線応用計測器は、放射性同位元素から放射される放射線と被測定物との相互作用を利用し、厚さ、レベル、密度、水分などを測定する装置である。非接触、非破壊、オンラインリアルタイム応答性などの特徴を持っており、温度、振動、圧力などの影響を受けにくいことから、各種プラントの製造ラインでの計測に利用されている。主な放射線応用計測器を表2に示す。

表2 放射線応用計測器

種類	代表的な測定物
β線厚さ計	プラスチックフィルム、紙、非鉄金属
γ線厚さ計	鋼板、非鉄金属
γ線レベル計	鉄、バルブ、化学原料
γ線密度計	化学原料
中性子水分計	コークス

なお、放射線応用計測器は放射性同位元素を使用するため、利用時には各種法律に従った、届出、許可および管理が必要である。

④ あとがき

放射線応用計測器について、配管減肉検出装置を中心に解説した。

配管減肉検出装置は、放射線を用いながら、小型・軽量かつ被ばく管理が不要な機器である。富士電機は、配管減肉検出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、非破壊・非接触という特徴を持った放射線応用計測器を、さらに小型化・軽量化するとともに、導入の容易な機器とすることで、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、本装置の開発および本稿執筆にあたり、東北電力株式会社殿に多大なご指導・ご協力をいただいたことに深く謝意を表する次第である。

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, p.26-30.
- (2) 発電用火力設備規格 火力設備配管減肉管理技術規格, 日本機械学会, JSME S TB1-2006, 2006.
- (3) 発電用原子力設備規格 加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格, 日本機械学会, JSME S NG1-2006, 2006.
- (4) 発電用原子力設備規格 沸騰水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格, 日本機械学会, JSME S NH1-2006, 2006.