

# 電磁超音波共鳴法による配管減肉測定技術と原子炉配管への適用

Wall thickness measurement of piping using electromagnetic acoustic resonance method and its application to nuclear reactor cooling system

東北大学 流体科学研究所	高木 敏行	Toshiyuki TAKAGI	Member
東北大学 流体科学研究所	内一 哲哉	Tetsuya UCHIMOTO	Member
東北大学 流体科学研究所	浦山 良一	Ryoichi URAYAMA	
東北大学大学院 工学研究科	孫 宏君	Hongjun SUN	Member

## Abstract

In this study, we developed a method to measure pipe wall thinning by electromagnetic acoustic resonance method (EMAR) which is one of electromagnetic ultrasonic method. The EMAR can evaluate the thickness of piping with high accuracy. In addition, we propose a method to obtain the resonance frequency with high accuracy when the thickness reduction progresses and the SN ratio decreases. We applied the technology to PWR and BWR pipings and examined its applicability.

**Keywords:** nondestructive testing, electromagnetic acoustic resonance, pipe wall thinning, thickness measurement, monitoring system

## 1. 緒言

原子力発電所は高経年化により配管の腐食減肉の加速が可能性として懸念されているため、配管減肉の管理が重要となっている。現在、超音波厚さ計 (UT) による定期的な配管肉厚測定を実施しているが、検査による高コストが問題となっている。一方、腐食減肉を合理的に管理する方法として、システム全体の腐食減肉状態を予測評価するための減肉が予想される代表測定点での配管肉厚モニタリング技術として電磁超音波探触子 (EMAT, electromagnetic acoustic transducer) による配管肉厚測定が提案されている<sup>[1]</sup>。

本研究では、配管肉厚測定のための EMAT システムを加圧水型 (PWR, Pressurized Water Reactor) 発電プラントの肉厚測定と、廃止措置段階の沸騰水型 (BWR, Boiling Water Reactor) 発電プラントの肉厚モニタリングに適用し、その適用性について検討する。

## 2. EMAT システムによる測定

### 2.1 PWR 発電プラントへの適用と測定結果<sup>[2]</sup>

PWR 発電プラント (敦賀発電所 2 号機) の二次系実機

連絡先: 高木 敏行 〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1  
東北大学流体科学研究所未だエネルギー研究センター  
システムエネルギー保全研究分野  
E-mail : takagi@ifs.tohoku.ac.jp

配管の肉厚測定に EMAT システムを適用し、UT による測定結果と比較する。EMAT システムは、EMAT プローブ、パルサーレーザ (RPR-400, RITEC 社製)、プリアンプ、広帯域ディケードフィルタ (FV-628B N 社製)、オシロスコープおよび制御 PC から構成される。

また、電磁超音波共鳴法により得られた FFT スペクトルから N 周期加算 (SNC) 法により基本共鳴周波数を解析し肉厚を求める<sup>[2]</sup>。ここで、共鳴周波数ピークを加算した基本共鳴周波数ピーク値を、標準試験片のピーク値を 1 として規格化した。規格化 SNC ピーク値は信頼性の指標とされ、規格化 SNC ピーク値が 1 に近いほど信頼性が増す<sup>[2]</sup>。また、傾斜や凹凸などの底面の形状変化によりその値は小さくなる傾向を示す。

Fig.1 に規格化 SNC ピーク値と UT との測定厚さの差の結果を示す。規格化 SNC ピーク値が 0.1 以下の場合に UT との測定厚さの差が大きくなる傾向が確認された<sup>[2]</sup>。

### 2.2 BWR 発電プラントの配管肉厚モニタリングへの適用と測定経過<sup>[3]</sup>

EMAT システムを廃止措置中の東京電力福島第一原子力発電所 (1F) 4 号機使用済燃料プール循環冷却一次系配管の配管肉厚をモニタリングするために、上記の EMAT システムに加え、10cH プローブ切替機、FFT の高速化のための FFT 計測用 A/D 変換ユニット (IDMS ユニット、インサイト社製)、および放射線量の少ない建屋から社内 LAN を利用してシステムを遠隔操作するモニタ用 PC

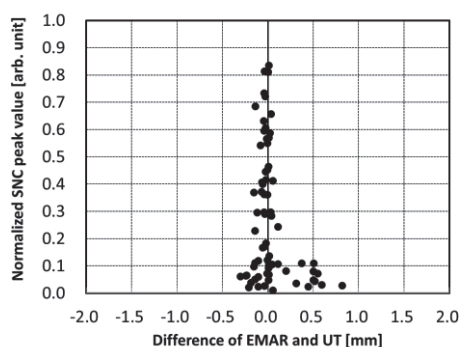


Fig. 1 Relationship between the SNC peak values and the difference in thicknesses obtained with EMAR and UT.

を使用する。

測定箇所の環境は、配管温度は5~30°Cであり、空間放射線量は0.2 mSv/h、配管表面放射線量は7 mSv/hである。測定箇所は発電用原子力設備規格 JSME S NH1-2006 により減肉が予想されるオリフィス下流側配管と、その比較としてオリフィス上流側配管とし、配管周方向にそれぞれ4個のEMATプローブを設置する。データ解析は同じくSNC法を使用する。

モニタリングシステムの設置と当初の測定結果については第14回学術講演会で報告した<sup>[3]</sup>。ここでは、その後のモニタリング測定経過について報告する。Fig. 2にオリフィス上流とFig. 3にオリフィス下流の配管肉厚モニタリングの経過を示す。測定期間中の減肉による肉厚の大きな変化は認められない。ただし、オリフィス下流において評価厚さにばらつきがみられる。また、底面の形状変化の指標となる規格化SNCピーク値は上流側の0.2前後と比較してオリフィス下流側では0.04前後と低く、配管内面に形状変化があると推測される。

### 3. まとめ

本研究では、EMATシステムをPWR型発電プラントの二次系冷却システム配管の肉厚測定と、廃止措置段階のBWR型発電プラントの使用済み燃料プール冷却配管の肉厚モニタリングに適用し、適用性について検討した。

PWRにおける配管肉厚測定では、規格化SNCピーク値が0.1以下でUTとの誤差-0.3~0.8 mmと大きくなった。

BWRにおける配管肉厚モニタリングでは、一年間以上にわたり継続してモニタリングすることができている。オリフィス下流ではオリフィス上流と比べて規格化SNCピーク値が1/5以下となり、測定肉厚が安定性を欠いている。ただし、測定肉厚のばらつきを、それ以前の測定結果と比較して、ノイズ処理し平滑化できる。

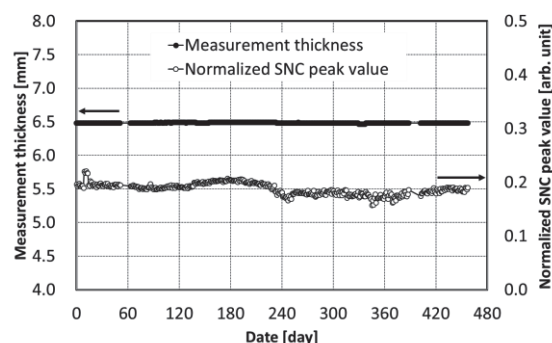


Fig. 2 Result of upstream of the orifice.

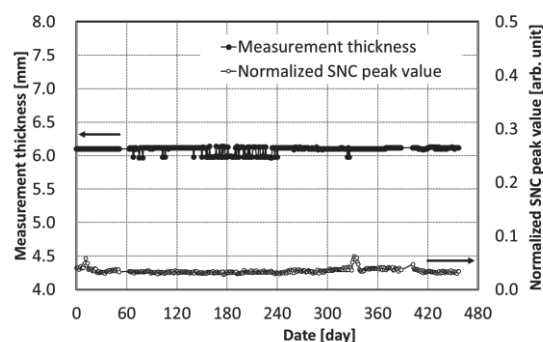


Fig. 3 Result of downstream of the orifice.

以上のことから、EMATシステムを実機の肉厚測定とモニタリングに適用することが可能であった。

### 謝辞

敦賀発電所におけるEMATシステムによる実機配管測定に際してご尽力を賜りました日本原子力発電株の大平拓様並びに菊池貴好様、また福島第一原子力発電所へのEMATモニタリングシステムの設置に関してご尽力を賜りました東京電力ホールディングス株の鈴木聡則様と村山諒太様に感謝の意を表します。

### 参考文献

- [1] Ryoichi Urayama, Tetsuya Uchimoto, Toshiyuki Takagi, Shigeru Kanemoto, "Online Monitoring of Pipe Wall Thinning by Electromagnetic Acoustic Resonance Method", E-journal of Advanced Maintenance, Vol.5, No.5, (2013), pp.155-164.
- [2] Ryoichi Urayama, Toshiyuki Takagi, Tetsuya Uchimoto, Shigeru Kanemoto, Taku Ohira and Takayoshi Kikuchi, "Implementation of electromagnetic acoustic resonance in pipe inspection", E-journal of Advanced Maintenance, Vol.5, No.1, (2013), pp.25-33.
- [3] 高木敏行, 内一哲哉, 浦山良一, 鈴木聡則, "電磁超音波を用いた減肉モニタリングシステムの福島第一原子力発電所4号機使用済燃料プール冷却配管への適用", 日本保全学会 第14回学術講演会要旨集, (2017), pp.483-484.