

# 日本保全学会の保全遺産 原子力発電所のピーニングによる応力腐食割れ抑制技術

The SCC Protect Technology by Peening in NPS

日立 GE  
東芝 ESS  
三菱重工

今野 隆博  
石橋 文彦  
沖村 浩司

Takahiro KONNO  
Fumihiko ISHIBASHI  
Koji OKIMURA

保全学会員  
保全学会員  
保全学会員

Abstract.

The SCC Protect Technology by Peening is registered in The Maintenance Heritage by JSM  
We introduce The SCC Protect Technology by Peening in NPS

**Keywords:** Maintenance Heritage SCC( Stress Corrosion Cracking) Peening Technology

## 1. 保全遺産とは

日本保全学会では、2019年度から保全学の発展、普及、社会への貢献を推奨することを目的に、歴史に残る保全技術関連遺産でありかつ人類の文化的遺産である保全遺産を認定する制度を設けている。

保全遺産の内容としては、以下の種類を設けており、認定件数は毎年1～2件としている。

- (1) 保全技術が産業・人類の福祉に重要な貢献をした機器、プラント、システム
- (2) 保全技術の発展に重要な貢献をした技術資料
- (3) 保全技術に関係した建造物、構造物、展示館等の所蔵品のどの歴史的な事物

2020年度は、以下の3つが保全遺産に登録された。

- (1) 原子炉容器用自動超音波探傷装置 A-UT マシン
- (2) 原子力発電所のピーニングによる応力腐食割れ抑制技術
- (3) 原子力設備の検査用水中遊泳ロボット（水中ビークル）

## 2. 原子力発電所のピーニングによる応力腐食割れ抑制技術

### 2.1 ウォータージェットピーニングについて

(1) 炉内機器の残留応力を改善するウォータージェットピーニング (WJP: Water Jet Peening)

原子力発電プラントの炉内機器に発生する応力腐食割れ(SCC : Stress Corrosion Cracking)は、材料表面の引張残留応力が一因である。WJPは、キャビテーション噴流を利用して、炉内機器表面の引張残留応力を圧縮残留応力に転換し、SCCの発生を抑制することができる。

#### (2) WJPの特徴

WJPは、使用媒体が水のみのため、供用期間中の原子炉内に異物を持ち込むことがなく、炉水を満たしたまま、施工できるので被ばく線量の低減が可能といった、原子力発電プラントの炉内機器に適用する上で好適な特徴を持つ。

#### (3) WJPの高度化、適用実績

WJPは、1999年に国内BWRの炉心シュラウドの溶接部に初めて適用され、その後、2001年には国内PWRの炉内計装筒管台内面にも適用された。

以降、水中遠隔操作施工技術等の高度化を進め、日立GE及び三菱重工の原子力建設、BWRとPWRの予防保全プラントに幅広く適用されており、多くの国内及び米国原子力プラントへの適用実績がある(図1、2参照)。

本技術は、原子力発電所保全技術の保全遺産としての価値が大いにある。

## 2.2 レーザピーニングについて

### (1) レーザピーニング (LP) の原理

LPはレーザー光を用いて金属表層に圧縮残留応力を付与する技術である。パルス時間幅数 ns、出力数 GW/cm<sup>2</sup> のレーザー光を金属材料に照射すると高圧のプラズマが発生する。このプロセスを水中で行うことで、水の慣性によってプラズマの膨張が妨げられ、材料中に衝撃波が伝播する。その際、材料に塑性変形が生じて、表層に圧縮残留応力を形成する技術である。

### (2) LP の特徴

LPもWJPと同様に水中で行うため、炉水を抜くことなく施工が可能であり、工期短縮や作業員の被ばく低減に効果的である。また、レーザー光を用いるため、照射位置や出力などの時間的かつ空間的な制御が可能である。従って、施工対象範囲を正確に照射することができ、範囲外の構造物へ影響を与えない、という利点を持つ。

### (3) LP の高度化、適用実績

1999年の初適用以来、国内軽水炉プラントの保全工事に適用されてきた。適用初期はオペレーティングフロア（オペフロ）にレーザー発振器を設置し、光ファイバーによって施工対象までレーザー光を伝送する方式で国内原子力プラント向けに適用された。その後、小型発振器を本体に組み込むことでオペフロへの装置設置が不要なポータブル方式（図3）が開発され、米国原子力プラント向けに適用されている。さらに原子炉内以外では疲労強度改善を目的としてタービン翼にも適用実績がある。上記実績から本技術は、保全遺産としての価値が大いにある。

## 3. まとめ

WJPとLPに関しては、日立GE<sup>①</sup>、三菱重工<sup>②</sup>及び東芝ES<sup>③</sup>の論文発表として、十分な発表実績があり、また、各著名な学会での表彰としても、十分な受賞実績がある。



図1 BWR シュラウドサポート用 WJP 装置  
所有機関：日立 GE ニュークリア・エナジー(株)



図2 PWR 炉内計装筒管台用 WJP 装置  
所有機関：三菱重工業(株)



図3 BWR炉底部用ポータブルLP装置  
所有機関：東芝エネルギーシステムズ㈱

### 参考文献

- [1] 日立GE製WJP、日本機械学会「M&M2009 材料力学カンファレンス・2009年7月24日～26日」
- [2] 三菱重工製WJP、ASME「Proceedings of the ASME Pressure Vessels & Piping Division Conference PVP2012」.
- [3] 東芝ESS製LP、日本機械学会「ポータブルレーザピーニングシステムの開発及び実用化」