

**TOSHIBA**

**原子炉压力容器・炉内構造物の保全技術**

Preventive Maintenance Technology for  
Reactor Vessel & Internals

# 高経年化プラントの信頼性向上をめざして

## Enhanced Reliability for Aged Reactor

東芝が納入した原子力発電所の初期のものは、運転開始から20年を超えており、高経年化を考慮した原子炉圧力容器・炉内構造物の保全対策の重要性が高まっています。

初期の原子力プラントの炉内構造物には炭素量の比較的高いステンレス鋼などが用いられており、SCC（応力腐食割れ）に対する保全対策が望ましく、東芝は炉内の各機器に対し、最適な対策技術を提案し、実機への適用を進めています。

Some early nuclear power plants Toshiba produced have been operated for more than twenty years. The stable operation for aged plants makes it more vitally important to implement the preventive maintenance of Reactor Pressure Vessel and Internals of early plants which were made of the high carbon stainless steel susceptible to SCC.

Toshiba has been applying its pioneering technology to the preventive maintenance.

### SCCに対する保全対策

Preventive Maintenance for SCC

SCCは、材料・応力・環境の3要因の重畳で発生するため、一つの要因を取り除くことでSCCに対する保全を行うことができます。

材料改善、応力改善、環境改善について多くの保全対策工法を開発してきました。

SCC is caused by the combination of Material, Stress, Environment. It is important to get rid of one of three factors for the preventive maintenance. Toshiba has been developing the a lot of preventive maintenance technologies.

- 取替（シュラウド、ジェットポンプ、給水スパージャ等）
- レーザクラッド
- レーザ表面改質（LDT）・レーザCRC
- Replacement (Core Shroud, Jet Pump, Feed Water Sparger etc.)
- Laser Cladding
- Laser De-sensitization Treatment(LDT), Laser CRC\*\*



#### ● 機械的な応力改善

- ショットピーニング
- レーザピーニング

#### ● 熱的な応力改善

- I H S I \*\*

#### ● Mechanical Stress Improvement

- Shot Peening
- Laser Peening

#### ● Thermal Stress Improvement

- I H S I \*\*

#### ● 環境因子の改善

- 水素注入
- 貴金属注入

#### ● Environment Improvement

- Hydrogen Water Chemistry
- Noble Metal Chemical Addition

\*\* I H S I : Induction Heating Stress Improvement (高周波誘導加熱による応力緩和法)

\*\* C R C : Corrosion Resistant Cladding (耐食材クラッド)

## 各種炉内機器への保全対策適用例

Application of the preventive maintenance technologies

炉内のほぼ全ての機器に対し、点検・検査、保全対策および補修・取替の技術を開発し、実用化しています。東芝は、以下の進め方で保全対策を進めています。

Toshiba has been developing and applying the technologies of inspection, preventive maintenance and repair/replacement for the most parts of reactor internals.

### 1 部分保全

Individual maintenance

レーザーピーニング、レーザー表面改質などにより対策優先度の高い機器から保全対策をとる。

Laser Peening, Laser De-sensitization Treatment, etc.

### 2 統合保全

Integrated maintenance

シュラウド取替、原子炉圧力容器取替 (RVR) などにより1定検でまとめて保全対策をとる。

Core Shroud Replacement, Reactor pressure Vessel Replacement, etc.

#### 1 シュラウドショットピーニング

Shot Peening for Core Shroud

#### 1 シュラウドレーザーピーニング

Laser Peening for Core Shroud

#### 1 シュラウド取替

Core Shroud Replacement

#### 1 シュラウド点検

Core Shroud Inspection

#### 2 再循環水出口ノズル(N1)取替

Recirculation Outlet nozzle(N1) Replacement

#### 2 再循環水出口ノズル(N1) IHSI

IHSI for Recirculation Outlet nozzle(N1)

#### 3 原子炉底部点検

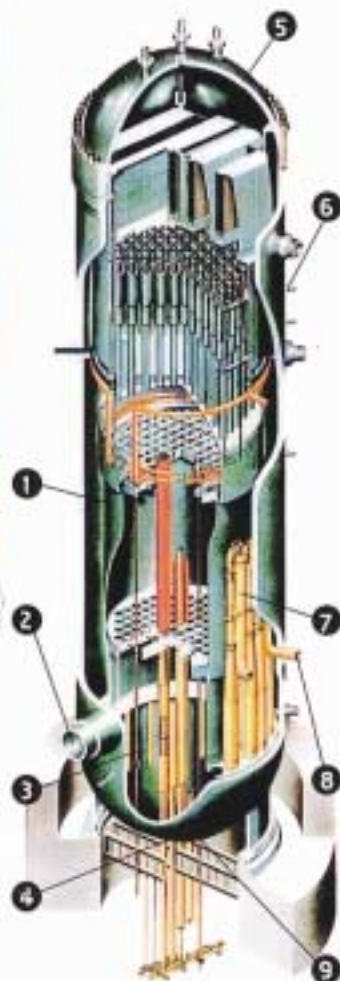
Inspection for RPV bottom head

小型水中点検ロボット  
Inspection Submersible

小型水中点検ロボットは、カメラを搭載し、原子炉内の各種機器や構造物の点検を行います。比重を調整しており、4基の推進器とバランスにより高度な運動性能を実現します。

Inspection Submersible is equipped with a camera and inspects internals and structures in RPV. The specific gravity is adjustable. Four propellers and a balancer enable it to move freely.

寸法 Size	150mm×L200mm
重量 Weight	1.7kg
推進器 Propeller	電動式 (水平2基/垂直2基) Electricpowered (horizontal 2/vertical 2)
水深 Depth	最大30m Max 30m



#### 4 制御棒駆動機構ハウジング・スタブチューブ取替

Control Rod Drive housing stub tube Replacement

#### 5 原子炉圧力容器取替 (RVR)

Reactor pressure Vessel Replacement

#### 6 水位計装ノズルCRC

CRC for Instrumentation nozzle

#### 7 ジェットポンプライザーブレース取替

Jet Pump Riser Brace Replacement

#### 7 ジェットのライザー・ライザーブレース補修 (LDT)

LDT for Jet Pump Riser Pipe and Riser Brace

#### 7 ジェットポンプ計測配管クランプ取付

Clamping of Jet Pump Instrumentation Pipe

#### 8 再循環水入口ノズル (N2) 取替

Recirculation Inlet nozzle(N2) Replacement

#### 8 再循環水入口ノズル (N2) IHSI

IHSI for Recirculation Inlet nozzle(N2)

#### 9 中性子束計測ハウジングレーザークラッド

Laser Cladding for In-Core Monitor housing

#### 水素注入

Hydrogen Water Chemistry

#### 貴金属注入

Noble Metal Chemical Addition

#### 材料因子改善技術

Material improvement Technology

#### 応力因子改善技術

Stress improvement Technology

#### 環境因子改善技術

Environment improvement Technology

#### 原子炉内点検技術

Inspection Technology

# レーザーピーニング技術—シュラウドの保全

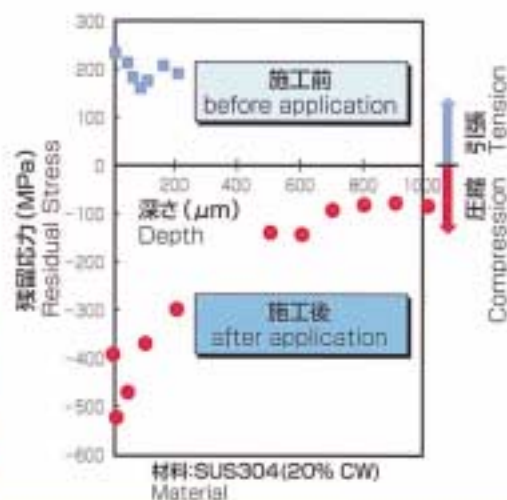
## Laser Peening Technology-Preventive Maintenance for Core Shroud

レーザーピーニング技術は、シュラウドの保全対策として開発された新しい方法で、水中でレーザーパルスを照射することにより、その際発生するプラズマの衝撃力で表面付近に圧縮残留応力層を形成させるものです。

本法は、ピーニング技術の中でも応力改善効果が大きく、また狭あい部分でも施工が可能なが大きな特長です。

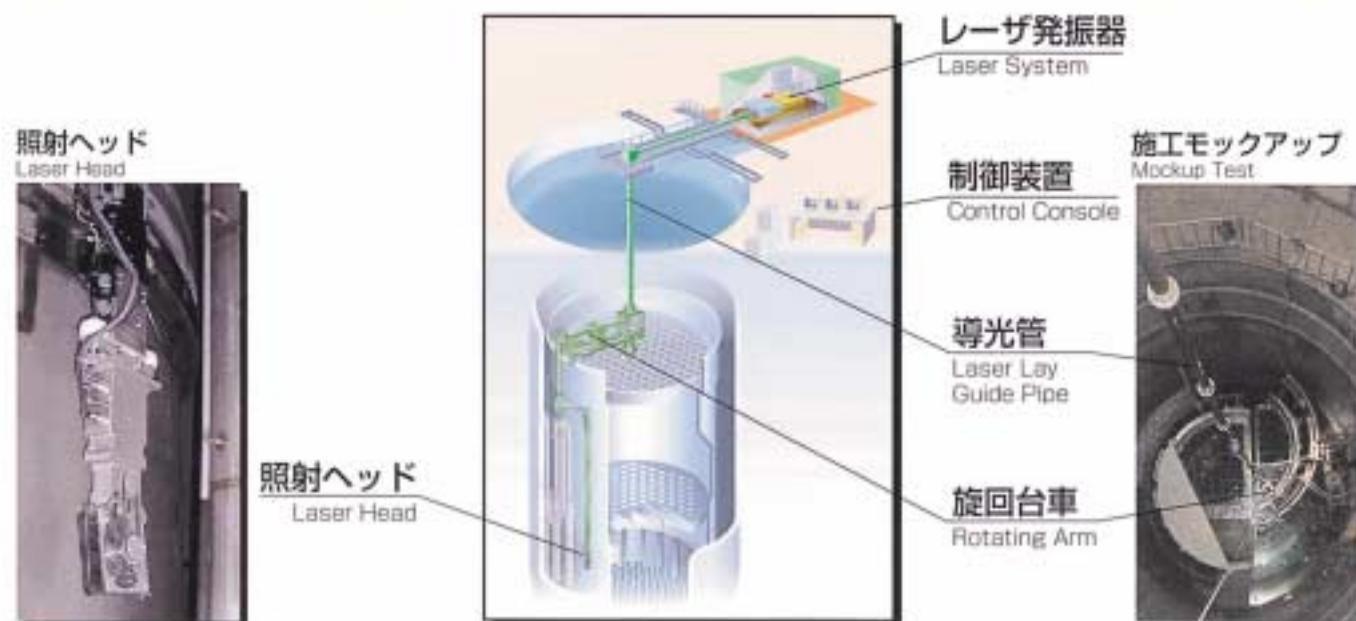
Laser Peening Technology has been developed for the preventive maintenance for Core Shroud. The shock wave of plasma which is caused by irradiation of laser pulse beam under water makes compressive residual stress on the surface of material. This technique has more effect to improve the residual stress than other peening techniques and has more accessibility for the narrow space.

### レーザーピーニングの原理と効果



### 実機シュラウドへの施工概念

Concept of Laser Peening for Core Shroud



# レーザー表面改質 (LDT) 技術

## Laser De-sensitization Treatment Technology

レーザー表面改質 (LDT) は、主に薄肉の管及び板の保全対策として開発された新しい方法で、高出力のレーザーを照射することにより、鋭敏化ステンレス鋼表面を熔融凝固もしくは溶体化することにより脱鋭敏化させるものです。

Laser De-sensitization Treatment (LDT) Technology has mainly been developed for the preventive maintenance of the thin pipe and plate. The high power laser beam produces a molten layer and solution heat treated layer, and can change the sensitized surface of a stainless steel to de-sensitized.

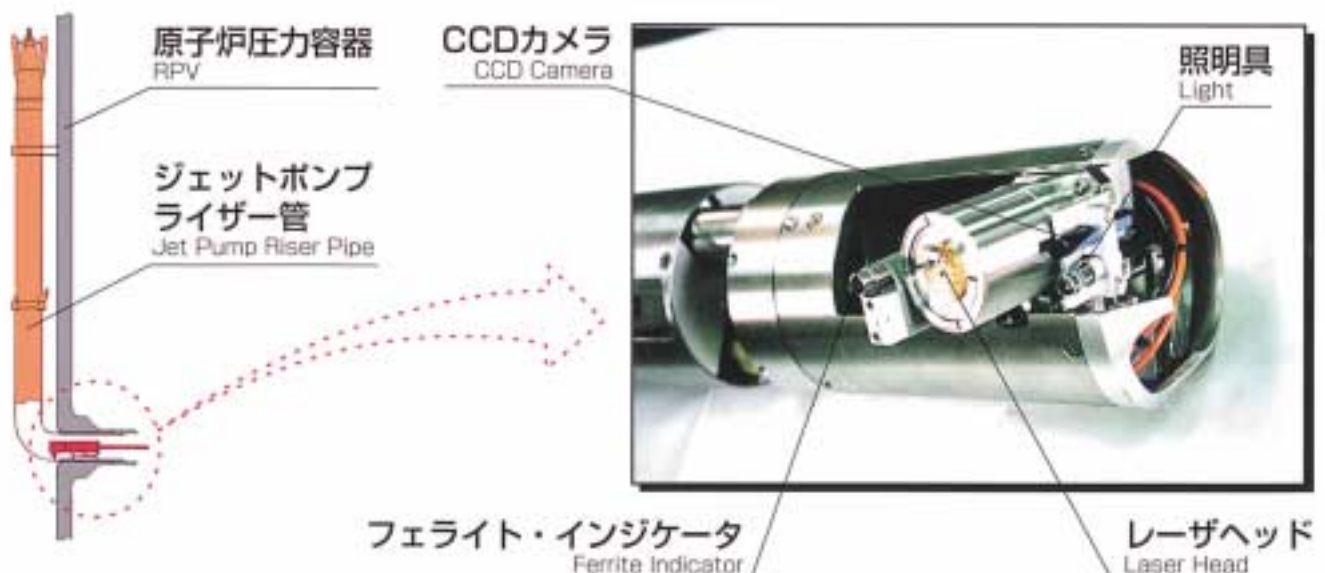
### レーザー表面改質の原理

#### Principle of Laser De-sensitization Treatment



### レーザー表面改質装置

#### Laser De-sensitization Treatment Device



# シュラウド取替—炉内構造物をまとめて取替

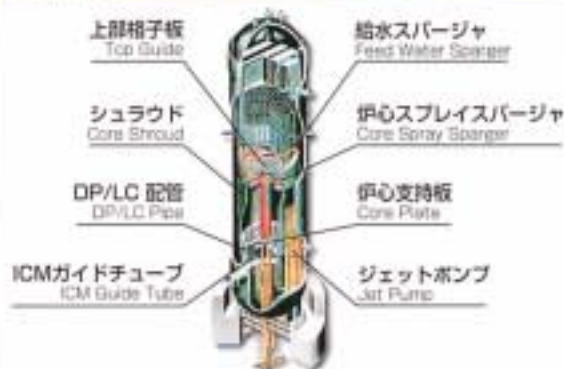
## Core Shroud replacement

シュラウドの応力腐食割れに対する保全対策として、シュラウド取替工法を開発・確立しました。この世界初のシュラウド取替工事は、東芝が主契約者となり東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機で完了しました。

Toshiba has developed and established the Core Shroud Replacement Method as the complete countermeasure against SCC.

Toshiba has achieved the core shroud replacement project at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Unit No.3(1F-3) as the main contractor to complete it with great success.

### 取替範囲 Scope of Core Shroud replacement



### 取替手順

#### Replacement Sequence

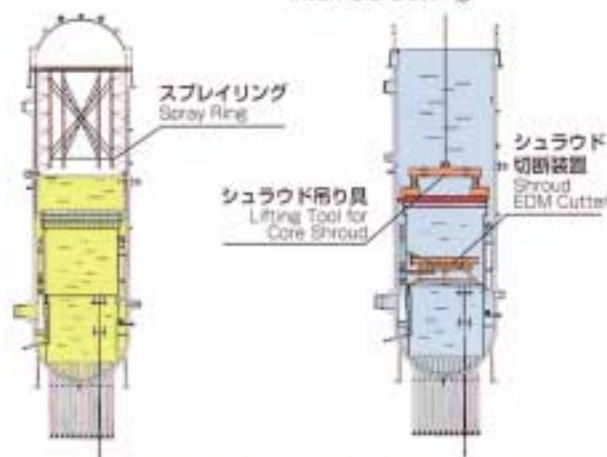
**1 化学除染**  
Chemical Decontamination

**2 シュラウド他切断**  
Core Shroud and other internals Cutting

化学除染を実施し、水中でシュラウド等の炉内機器を切断後、炉内遮へいを設置し、ジェットポンプ、シュラウドおよび炉内機器を順番に復旧します。

After chemical decontamination, the existing core shroud and other components are cut out under water.

In-vessel shields are installed. Then jet pumps, core shroud and other components are installed in turn.



**3 ジェットポンプ据付**  
Jet Pump Installation

**4 シュラウドサポート具先加工**  
Shroud Support Machining

**5 新シュラウド据付**  
New Core Shroud Installation

**6 炉内構造物復旧**  
Restore Internals Components

