

# 海水管内面ライニング点検技術の高度化

## The Advancement of lining inspection technology inside sea water piping

三菱重工業株式会社	南山 彰男	Akio MINAMIYAMA	Non-Member
三菱重工業株式会社	山本 剛	Takeshi YAMAMOTO	Non-Member
三菱重工業株式会社	杉本 憲昭	Noriaki SUGIMOTO	Non-Member
三菱重工業株式会社	光畑 幸史	Yukifumi KOHATA	Member
三菱重工業株式会社	當房 亮平	Ryohei TOBO	Non-Member

In domestic plants, sea water is used for cooling the auxiliary coolers, the lining of sea water pipe inside as anticorrosion materials is used with rubbers, polyethylene, epoxy resins, and etc. And the lining conditions are mainly confirmed by direct visual inspection. In the sea water piping, the once occurred the small through-holes(pin-hole) accelerate the piping degradation caused by corrosion and it is important to confirm the deterioration condition of lining at an early stage. However, to confirm the small through-holes on the lining have a difficulty in aspects from the accessibilities on inside of piping by existing direct visual inspection. MHI has developed the inspection equipment with pinhole detection function for the lining of sea water pipe inside.

**Keywords :** lining inspection technology, piping degradation, pinhole detection function

### 1. はじめに

加圧水型原子力発電所（以下、PWR）における非常用ディーゼル発電機及び原子炉補機などの冷却に用いられている海水管は、海水による腐食防止の観点から配管内面にライニング（図1）が施されている。

しかし、ライニング材質であるゴムやポリエチレンなどは運転に伴う経年変化によって劣化が生じることで剥離やき裂が発生し、最終的には配管の腐食が発生することとなる。（図2）<sup>[1]</sup>

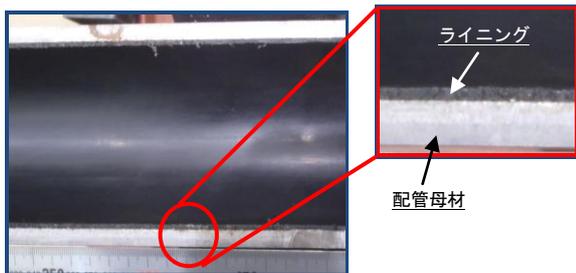


図1 ライニング構造

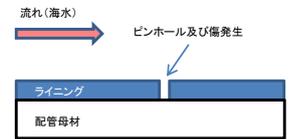
海水管の定期的な点検方法としては、作業員の直接目視による健全性確認が主体となっているが、作業員が入ることが出来ない配管（4B～20B配管）などはライニング劣化傾向を初期の段階で確認することは課題となっている。

連絡先: 〒652-8585 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町 1-1-1、  
三菱重工業株式会社 原子力保全技術部 保全技術開発課  
E-mail: akio\_minamiyama@mhi.co.jp

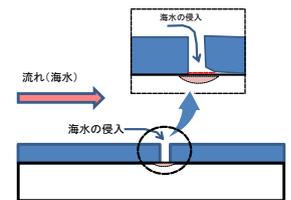
ライニングの劣化状態を事前に確認する方法としては微小な傷・き裂が検知可能であるピンホール検査技術があり、ライニングに対する予防保全としては有効と考えられる。

その為、人が立ち入れない配管サイズ（4B～20B）を念頭にピンホール検査技術を用いた海水管内面検査装置の開発を行った。

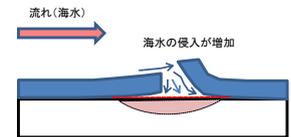
① 運転時の海洋生物の接触等によるピンホール及び傷発生。



② 海水が接着剤に接触することでライニングの剥離が発生。また、母材に海水が接触することで母材の腐食が発生。



③ 海水の侵入が増加、ライニングの剥離及び母材の腐食がさらに進行。



④ 剥離が進行すると、ライニングは破断し、ルースパーツとなる可能性がある。また、母材の腐食も進行し、割れ等が発生する可能性がある。

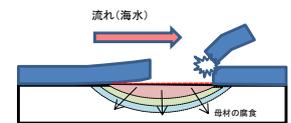


図2 ライニング剥離のメカニズム

## 2. ピンホール検査技術とは

ピンホール検査技術の原理は絶縁物（誘導体）に小さな貫通口があった場合、ブラシ（電極）に高電圧（数kV）をかけると、貫通口においてブラシと金属表面の間に空気絶縁破壊が起こる放電現象が発生する。（図3）

この放電現象にて発生した電流の変化を検出器が捕らえ制御盤へ伝達することで、ライニング面の異常（剥がれ等）の有無を検知することが出来る。

当社では、ライニングに影響を与えず、またライニングの材質によらず微小なピンホール穴も検出可能であることが確認した（表1）

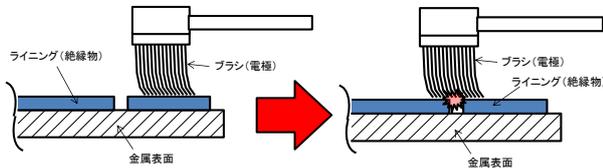


図3 ピンホール検査原理

表1 ピンホール検査検証結果

	ポリライニング	ゴムライニング
φ 0.1 	○	×
φ 0.2 	○	○
φ 0.3 	○	○
φ 0.4 	○	○

○: 検知可能 × 検知不可能

## 3. ピンホール検査装置の開発

作業員がピンホール検査を行う場合、専用の電極（ブラシ）を配管内へ挿入することで対応可能となるが、作業員が入ることが出来ない配管（小口径及び中口径配管：4B～20B配管）については作業員の手が届く範囲のみの点検となる。

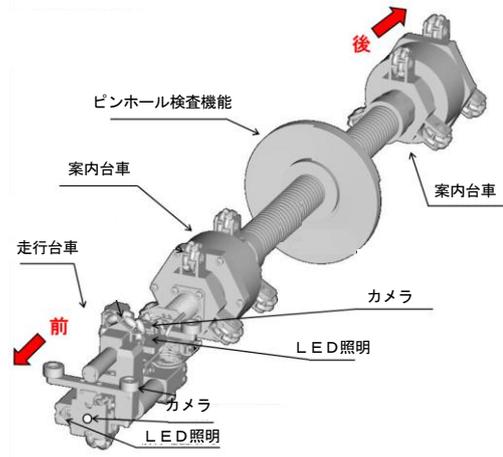
また、配管全域の点検を行う場合、配管を細かく解体することで対応可能となるが、作業員の労力及び点検期間増加となる。

そこで、当社では小口径及び中口径配管の中で6B配管を代表としてピンホール検査機能を搭載した自走式の専用装置を開発した。（図4）。

配管のフランジ部から装置を挿入し、遠隔操作にて配管内面を自走することで、作業員の手の届かない20m以内の配管内のライニング部の詳細点検が可能となる。（図5）（図6）

更に、本装置には目視点検の為のカメラ機能を備えることで、ピンホール指示部の状況確認も合わせて出来ることを実現した。

これにより、自走式装置を使用することで作業員の労力の低減及び点検期間の短縮につながる事となる。



項目	装置仕様
対象配管	6B配管
走行距離	約20m
エルボ	4箇所程度
レジューサ	走行不可能
ライニング走行	ゴム・ポリライニング両方可能
T字管	通過可能。(直進のみ)
目視機能	JIS Z 2340(2002)要求事項 TVモニターでラインペラ値3.6LP/mmの黒線が識別可能。
ピンホール検査機能	直管部・エルボとも可能

図4 小口径配管ライニング点検装置概要及び基本性能

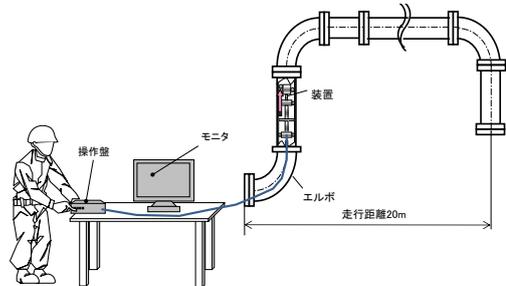


図5 作業イメージ

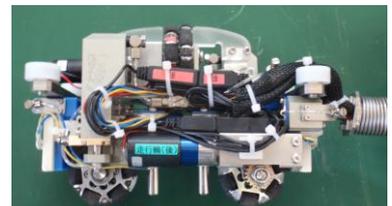


図6 装置外観写真

## 4. 装置性能試験結果

2種類の6B配管モックアップ（図6）を使用して装置の移動性能並びにピンホール穴検出性能の確認試験を行った。

いずれのモックアップにおいてもスムーズに走行できることを確認し、ピンホール穴検出についてはエルボ部及びストレート部でも0.2mm以上のピンホール穴を検出（表2）を確認できた。

更に装置に搭載したカメラ機能により、ピンホール穴の確認も可能であった。（図7）

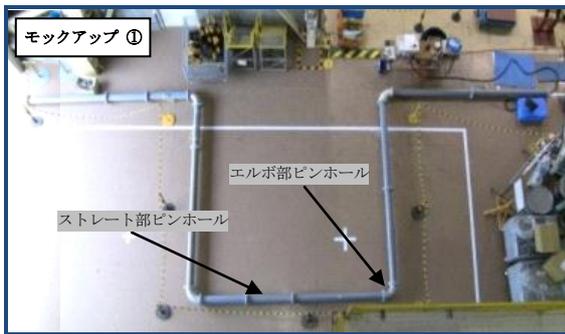


図6 試験モックアップ写真

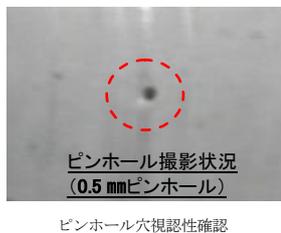


図7 カメラ映像確認結果

## 5. 結言

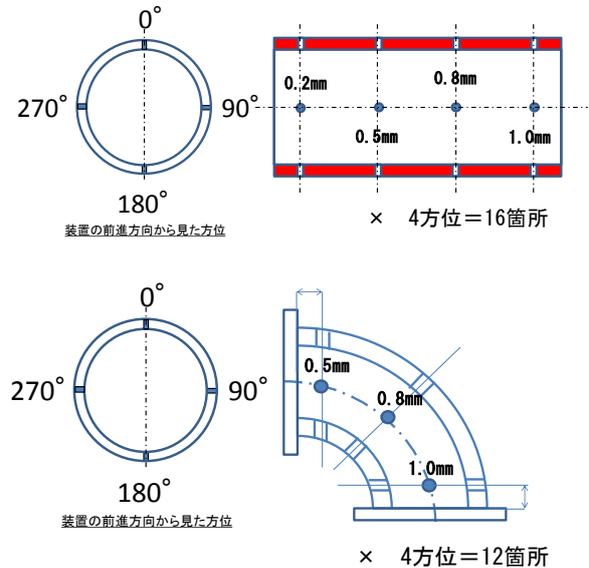
当社のピンホール検査技術を用いた海水管内面点検装置の開発及び性能確認を行い、ライニング点検の高度化の成果が得られたが、これら点検技術によって原子力発電プラントの安全性と信頼性を向上させ、長期間の運転にわたって経済的に運転を継続するのに役立つものと考えている。

当社では今後とも、点検装置用いた原子力発電プラント他機器部位への応用・展開を積極的に推進して行く。

## 6. 参考文献

- [1] 日本保全学会 第7回 学術講演会 要旨集  
P427 “海水管ライニング劣化診断技術”  
2.ライニング劣化メカニズム

表2 ピンホール試験結果



配管種類 内径	エルボ			ストレート			
	φ 0.5	φ 0.8	φ 1.0	φ 0.2	φ 0.5	φ 0.8	φ 1.0
モックアップ①	○	○	○	○	○	○	○
モックアップ②	○	○	○	○	○	○	○

○: 検知可能