

東海再処理施設における海中放出管からの漏えいについて — 海中放出管漏えい箇所の復旧 —

Liquid leakage from the sea release pipe of the Tokai reprocessing plant
— Restoration of the leak point at the sea release pipe —

日本原子力研究開発機構	青木 賢二	Kenji AOKI	(Non-Member)
日本原子力研究開発機構	清水 和幸	Kazuyuki SHIMIZU	(Non-Member)
日本原子力研究開発機構	山本 昌彦	Masahiko YAMAMOTO	(Non-Member)
日本原子力研究開発機構	竹内 謙二	Kenji TAKEUCHI	(Non-Member)
日本原子力研究開発機構	檜山 久夫	Hisao HIYAMA	(Non-Member)
日本原子力研究開発機構	岩崎 省悟	Shogo IWASAKI	(Non-Member)

A leakage was found on the sea release pipe of the Tokai reprocessing plant. The leak point was discovered in a part buried in the sea floor. The damaged part was cut and was collected, and investigation into the cause was subsequently carried out. As a result, external force and hydrogen embrittlement were estimated to be the cause that produced a crack on the pipe. As restoration of the leak part, a construction method using a coupling technique was proposed considering steady sealability on the restored part as well as constraints on the construction in the sea. The electrolytic protection system was improved to prevent hydrogen generation. This paper describes the connection method using a coupling technique for the existing pipe and replaced one, and the new protection method. In addition, it was found that there were no problems on the sea release piping after checking the influence caused by the Tohoku district-off the Pacific Ocean Earthquake.

Keywords. sea release pipe, coupling technique, mechanical coupling, sealability

1. 緒言

平成 21 年 4 月に確認された東海再処理施設の海中放出管からの漏えいは、漏えい箇所が海底埋設の放出管であり、この漏えい箇所を切断・回収し原因究明を行った。その結果、漏えい原因は外部からの損傷と損傷箇所に経年変化として水素脆性が生じたことにより漏えいに至ったと推定した。

切断・回収した漏えい箇所は、原因究明を終えた後、復旧を行った。復旧に際しては、復旧配管のシール性、海中での施工性を考慮した方法の検討を行った結果、既設配管との接続をメカニカル形管継手により行う方法を採用し、また、腐食防止を考慮し、電気防食を行えるようにした。なお、本年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う放出管への影響の有無について点検を行い、異常がないことを確認した。

2. 復旧方法の検討

2.1 復旧の配管を設計する上での考慮

復旧に用いる配管の設計及び施工では、以下のことを考慮した。

(1) 設計の考慮事項

- ①再処理施設の設計及び工事の方法の技術基準

に適合した設計とする。

- ②漏れがたい構造とし、最高使用圧力、土圧、水圧に耐えうる材料を用いる。
- ③施工性と今後の保守性を考慮する。
- ④腐食対策として電気防食が継続できるよう、既設配管との電氣的導通を図る。

(2) 施工の考慮事項

施工は、漏えい原因究明の結果による対策を講じることとして以下のことを考慮した。

- ①施工の際は、既設配管を損傷させない対策を十分確実に行う。
- ②既設配管との接続を海中で安全かつ確実に施工できる。
- ③復旧箇所の土砂掘削、埋め戻しは、グラブを使用せず、潜水土による作業確認ができる方法により行う。

2.2 設計に際しての課題

漏えい箇所を切断・回収し調査した結果、配管は図 1 に示すように、漏えい部を頂点として陸側へ約 8 度、沖側へ約 2 度の勾配があった。このため、復旧配管の設計・製作では、取合いの際、芯が合うように回収した配管と同様な勾配を設ける

必要があった、また、海中での施工を考え、海中で容易に取合いの微調整ができ、そのうえ漏れがないよう堅固に接続できるようにする課題があった。

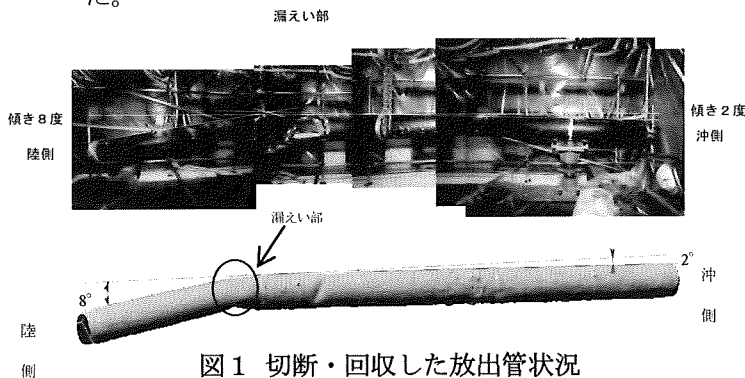


図1 切断・回収した放出管状況

3. 復旧配管の設計

3.1 復旧に用いる配管材料の仕様

復旧に用いる配管の仕様は既設配管と同等な仕様を基本とした。

(1) 配管の仕様

既設配管と同材質である圧力配管用炭素鋼鋼管 (STPG370 sch80) 200A で継目無鋼管 (シームレス管) を使用した。

(2) 外面処置の仕様

配管外面については既存と同様にポリエチレンライニングを施す。なお、接続部等については、ノンタール系のエポキシ塗装を行うようにした。

3.2 配管の接続方法の検討

配管を堅固に接続する方法としては、陸上であれば溶接を用いて行うことができるが、海中での作業であることを考慮してあらゆる方法を検討した。検討は、ねじ込み式接続、差込溶接接続、突合せ溶接接続、フランジ接続、メカニカル形管継手接続による方法について加工性、シール性等の要求事項を評価することにより行った。

表1 配管接続方法の検討

項目	要求事項						実現性
	加工性	シール性	施工性	強度	耐食性	保守性	
①ねじ込み	×	○	×	○	△	○	×
②全周溶接Ⅰ	×	×	△	△	△	○	△
③全周溶接Ⅱ (加圧室内溶接)	△	○	×	○	○	○	△
④全周溶接Ⅲ (海上溶接)	○	○	×	○	○	○	△
⑤全周溶接+ クランプ	△	○	△	△	△	△	△
⑥フランジ接続	○	○	×	△	△	△	△
⑦メカニカル形継手	○	○	○	△	△	○	◎

検討の結果、溶接を行う方法は、直接海中で溶接する方法であるウェット方式^{※1}、海中で接続部をチャンバで囲むことで陸上と同じ空気雰囲気にして溶接できるようにするドライ方式^{※2}があるが、いずれも今回の作業では採用することが困難であると判断した。

以上のことから、配管の接続は、表1の検討の結果、シール性があり、施工性が良いメカニカル形管継手にて行う設計とした。

※1 ウェット溶接・・・溶接部が急冷し強度が低下する。滑らかな溶接ビードの維持が困難。

※2 ドライ溶接・・・溶接部をチャンバで覆い、水を抜き出すため、装置が大掛りでコストが掛かる。

3.3 既設配管と復旧配管との取合調整方法の検討結果

復旧配管の設計は勾配を十分に考慮して設計し、高周波による曲げ加工で精密に製作を行うが、接続時は長さ、角度の調整は必要となる。これを海中で行うことを考慮すると、配管を現場で加工することなく行えることが必要となる。そこで、接続の際、取合いが容易に調整できる方法として次の4方式について検討した。

- (1) 配管を高周波曲げにより勾配を設け、既設配管とは芯を合せた状態で、メカニカル形管継手を用いて接合する方法。
- (2) 勾配をボールジョイント、フレキシブル継手などにより継手自体で勾配を得て既設配管と接合する方法。
- (3) 高周波曲げ配管と長さ調整用の短管をメカニカル形管継手により組み合わせ、既設配管と接合する方法
- (4) 高周波曲げ配管とスリーブ形伸縮管継手の組み合わせ、ハウジング形管継手で既設配管と接合する方法。

検討した結果、勾配の調整が可能であり、さらにスリーブ形伸縮管継手により長さ調整ができる(4)項の接合方法を採用することとした。

3.4 復旧配管に用いる管継手の仕様

既設配管との接続にメカニカル形管継手、取合いにスリーブ形伸縮管継手を用いることとしたが、このうち接続用に用いるメカニカル形管継手

は各方式を調査した結果、ハウジング形管継手を用いることにした。以下にハウジング形管継手とスリーブ形伸縮管継手の特長を示す。

(1) ハウジング形管継手の特長

接続端両端部に特殊形状のゴムリングをはめ込み、その上からハウジングをかぶせ、ボルト・ナットで締付ける接続方式である。シールはゴムリングで行い、ハウジングで押さえつける様にする。取付けボルト2本で装着するため、海中での作業が容易であることが特長である。また、配管の内圧や曲げに対して図に示すようにシール性が保持できるようにしている。さらに、配管の撓みや伸縮に裕度がある。なお、ハウジングの抜け防止に配管に角リングを溶接するが、海中でも溶接することができる。

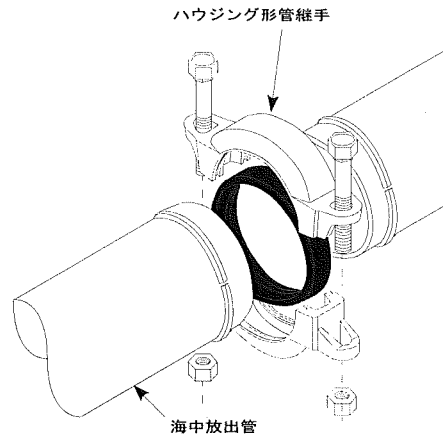
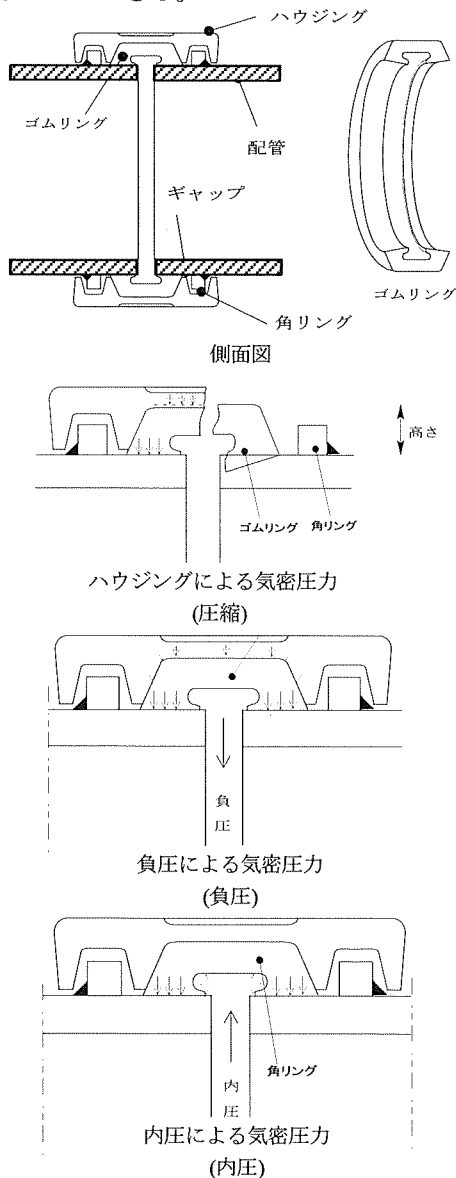


図2 ハウジング形管継手の構造図

(2) スリーブ形伸縮継手の特長

下図で示すとおり、構造は二重管形式（外管：スリーブ管、内管：スピゴット管）を採用した独特の可とう伸縮継手で内管と外管の口径差を利用して大きな曲げ角と伸縮が吸収できる。外管と内管との気密は、ハウジング形管継手と同様にゴムリングをハウジングで押さえつけることで確保する。二重管形式であるため、管が自由に回転することにより、ねじれを吸収することもできる。長さの調整は、タイボルトの廻止めボルトを調整することで行える。廻止めボルトはスパナ1本で行えるため、海中での作業性が良い。

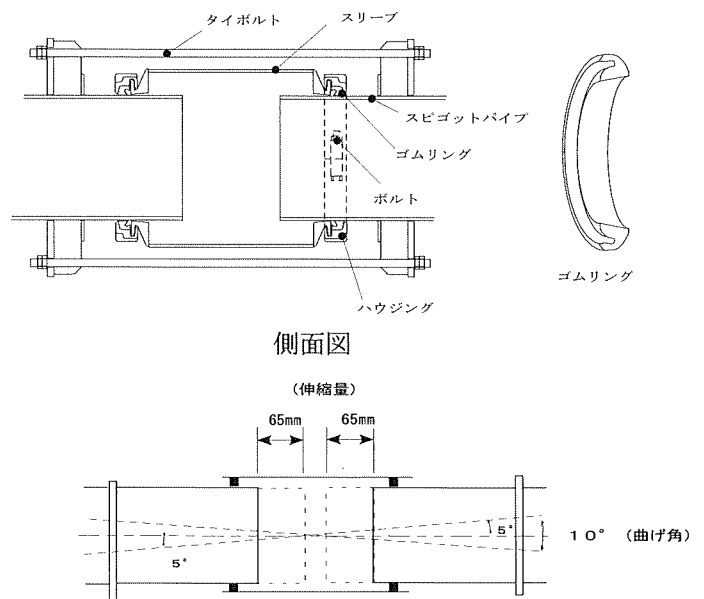


図3 スリーブ形伸縮管継手構造図

3.5 設計のまとめ

接続と取合調整の容易さ、シール性から、復旧配管はハウジング形管継手とスリーブ形管継手を組み合わせた構成とした。

図4にこれら継手を組合せた復旧配管概要図を示す。

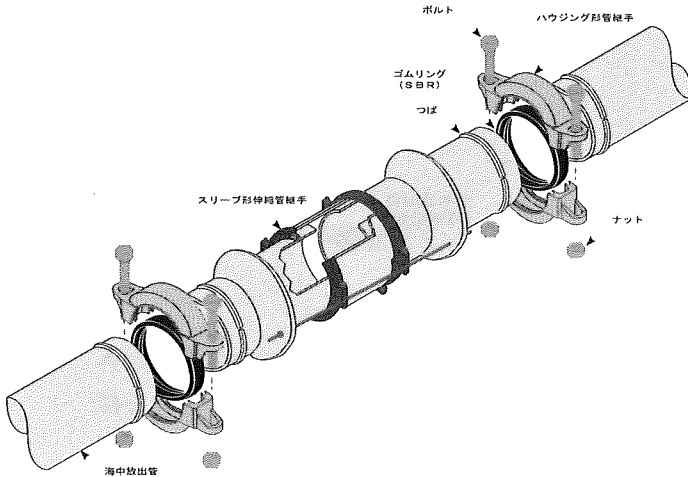


図4 復旧配管概要図

4. 復旧配管の耐震性

(1) 耐震設計上の重要度分類

本設備の耐震重要度分類は、B類^{※1}として設計した。

※1：B類とは、建築基準法施工令第88条第4項に定める水平震度の1.5倍のもの。

(2) 耐震設計の計算

復旧配管の耐震計算は、既設放出管とも埋設配管となることから、応答変位法により行った。計算は、復旧配管に生じる応力として、主荷重（内圧、土圧、水圧）により生じる応力及び従荷重（温度変化、地震）により生じる応力の合成応力が管の許容応力以下であることを確認した。また、地震によって生じる放出管切断部の変位量が、スリーブ形伸縮管継手の許容変位量以内であることを確認した。確認した結果を表3に示す。

表3 地震により生じる変位量

復旧放出管の変位量	スリーブ形伸縮管継手の許容変位量
撓み量 (U_h) = 30.5 mm	許容伸縮量 = 130 mm
撓み角 (θ) = 0.001°	許容撓み量 = 10°

5. 復旧作業

設計の後、製作を行い、平成23年4月6日から復旧作業に着手し、復旧部の海底面の掘削整地を行い、復旧配管の架台基礎を設置後、既設配管と復旧配管との接続を2回に分けて海中で実施した。

復旧工程は、復旧作業に約4ヶ月（海中で作業の実働は50日、稼働率^{※2}は約36%）を要したが、このうち、復旧手順に示す角リングの溶接から復旧配管取付け自体は実働5日で行うことができた。図5に復旧概要図及び図6に復旧作業手順を示す。

※2 稼働率は、「実際に作業できた日数/期間の総日数」で表される。

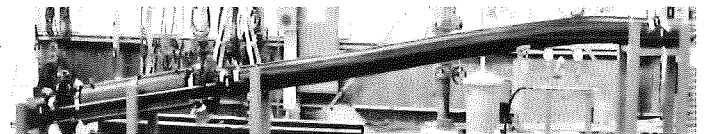
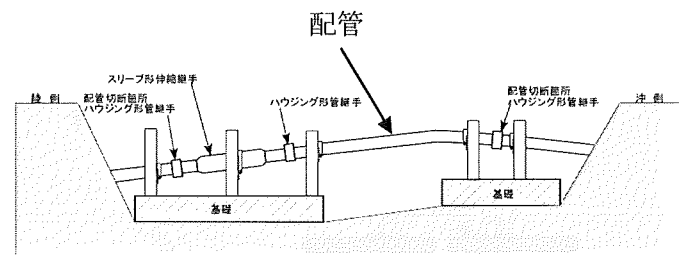


図5 海中放出管復旧概要図

復旧作業手順

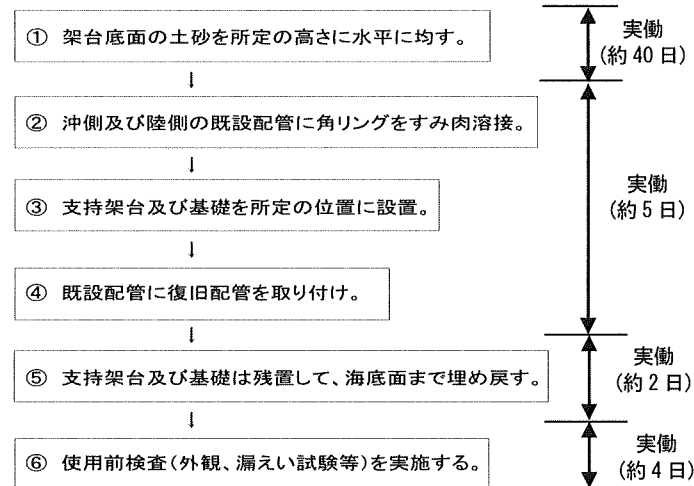


図6 海中放出管復旧手順

6. 東北地方太平洋沖地震での海中放出管等への影響

漏えい部の復旧の矢先、本年3月11日に「東北地方太平洋沖地震」が発生した。

このため、既設放出管について点検を行った点検とともに埋設部(陸域部、海域部)について再処理施設内で観測された加速度を用いて、地震による応力が大きくなる箇所を抽出して掘削し目視点検を行った。

掘削点検箇所は構築物から配管が出た箇所、配管の曲がりの大きな箇所を代表箇所とし、目視点検のほか配管の硬さ試験を行った。

上記の結果、変形及びひずみによる硬さの増加は認められなかったことから、地震による影響はなかったと判断した。

7. 結言

平成21年4月に海中放出管の漏えいが確認されて以降、漏えい箇所の特定、原因究明及び復旧までには、海象不良により海洋作業のできない状況もあり約2年4ヶ月を要した。しかし、メカニカル形管継手を使用する設計により、復旧のうち、配管の接続自体は短期間に行うことができた。海中の埋設配管の復旧については、陸上であれば溶接で接続できるが、海中での溶接の制約があるため、海中での施工性が良い、メカニカル形管継手を用いて接続するという、今まで経験のない方法により行った。本方法をとることにより、海中での作業を短期間に行うことが可能となり、さらに、耐震上も優れ、既存と同等な気密性も保持でき、電気防食も導通を取れるようにして防食性能をも維持できた。

今回の復旧で採用した方式が海中、陸上の補修に適用できる見通しを得たことは、大きな成果であったと考える。

参考文献

- 1) 日本金属継手協会「日本金属継手協会規格 ハウジング形管継手 (JPF)」
- 2) (社) 空気調和・衛生工学会「空気調和衛生工学会規格 スリーブ形伸縮管継手 (SHASE)」
- 3) (社) 日本電気協会、「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601)」
- 4) (社) 日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2008年度版 (JSME)」
- 5) (社) 公共建築協会「機械設備工事監理指針 平成19年度版」
- 6) (社) 日本港湾協会「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (下巻)」
- 7) 石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準の細目を定める告示(昭和48年9月28日告示)
- 8) (社) 日本水道協会「水道施設手耐震工法指針・解説(1997年版)」
- 9) 日本水道鋼管協会「水管橋設計基準 改正4版 (WSP)」
- 10) 日本工業標準調査会「鉄鋼製管継手用語 (JIS B 0151) 2001年版」
- 11) 日本ヴィクトリック(株)「クローザージョイントカタログ」
- 12) 日本ヴィクトリック(株)「ヴィクトリックジョイントカタログ」