

海水用高耐久性ライニング鋼管の開発

Development of the High Durable Lining Steel Pipe for Sea Water System



エネルギー・環境ドメイン
原子力事業部 神戸原子力営業部
E-mail: H-LDPE@mhi.co.jp

国内の原子力発電プラントは、冷却水として海水を使用している。この海水を各設備の冷却器に循環させるための配管は、海水に対する防食を目的として配管内面にゴムやポリエチレン(PE)等の高分子材料をライニング施工している。近年、このライニング材において、弁やオリフィス等の絞り部などの高流速部におけるキャビテーション壊食や、スラリー摩耗、物性低下によるき裂発生などの経年劣化事例が発生しており、ユーザである電力会社からより高い耐久性、信頼性を有したライニング材料の開発ニーズが高まっていた。そこで、宇部丸善ポリエチレン(株)と共同で、既存のライニング材を凌駕する耐キャビテーション壊食性、耐き裂性を有する高耐久性ライニング材を開発、過酷な環境に耐え得るライニング材として国内原子力プラントへの適用を開始している。

1. 特徴

高耐久性ライニング鋼管は、これまで使用環境に応じて使い分けていた各種ライニング材料の長所を兼ね備えるだけでなく、特に耐キャビテーション性、耐き裂性に関して、既存のライニング材を大きく凌駕する性能を有し、且つ既存のポリエチレンライニング鋼管と同一の製造方法、同等のコストで製造できる特徴を有する。国内原子力発電プラントの海水管の使用条件をほぼカバーし、耐久性の大幅向上を達成しており、使用条件に応じて使い分けていたライニング材料の統一及び海水管の保守・点検の負担軽減を可能にしている。

2. 仕様

高耐久性海水管ライニング材の基本物性は以下の通りである(表1)。

表1 高耐久性海水管ライニング材の基本物性 ※代表値を示す

項目	試験方法	特性値(※)
引張破断強さ(MPa)	JIS K 7161	24
破断時の伸び(%)	JIS K 7161	880
融点(°C)	JIS K 7121	126
MFR(合成樹脂の流動性の指標)(g/10分)	JIS K 7210	2.7
硬度(HDD)	JIS K 7215	59
接着強さ(N/mm)	JWWA K-132	18

従来ライニング材料として一般的に用いられている直鎖型低密度ポリエチレン樹脂(LLDPE)をベースとし、分子鎖構造等の適正化により各種性能を向上させている。

2.1 耐キャビテーション壊食性

流量調整弁やオリフィス等の絞り部周辺のライニングには、キャビテーション壊食に対する対策が必要である。図1に従来使用しているクロロプレンゴムやPE樹脂(低密度PE樹脂;LDPE及び直鎖低密度PE樹脂;LLDPE)と、今回開発した高耐久性PEのキャビテーション壊食速度について、ASTM G134-95に準拠したキャビジェット試験で検証した結果を示す。また、図2にキャビテ

ーション壊食試験後の試験体外観を示す。物性値の異なる複数のライニング材を試作してキャビテーション壊食速度を測定し、抗張積(引張強さ×引張破断伸び)とキャビテーション壊食速度に密接な関係があることを見出して、抗張積の向上を図ることで、ゴムの約 1/100、従来 PE の約 1/10 までキャビテーション壊食速度を低減させることに成功している。なお、抗張積はゴムやプラスチックの引張破断エネルギーの指標として使用され、値が大きい方が破断しにくい。

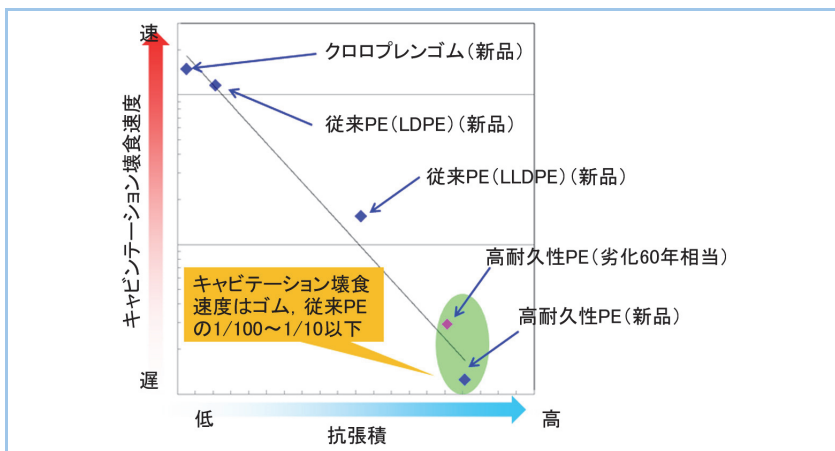


図1 各種ライニング材料のキャビテーション壊食速度の比較

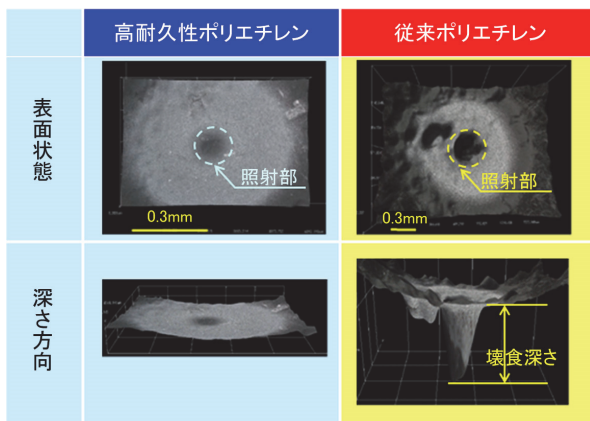


図2 キャビジェット照射部の壊食状態

2.2 耐き裂性

高分子材料であるライニング材は、経年劣化等により機械的特性の低下が生じ、き裂発生リスクが高まるため、初期の機械的特性の向上が重要となる。今回開発した高耐久性 PE は、実機供用60年相当の劣化加速試験後でも初期の機械的特性からの低下は小さく、新品の従来PEの抗張積以上(約 1.4 倍)の高い抗張積を有する製品となっており(図3)、経年劣化によるき裂発生リスクを軽減している。

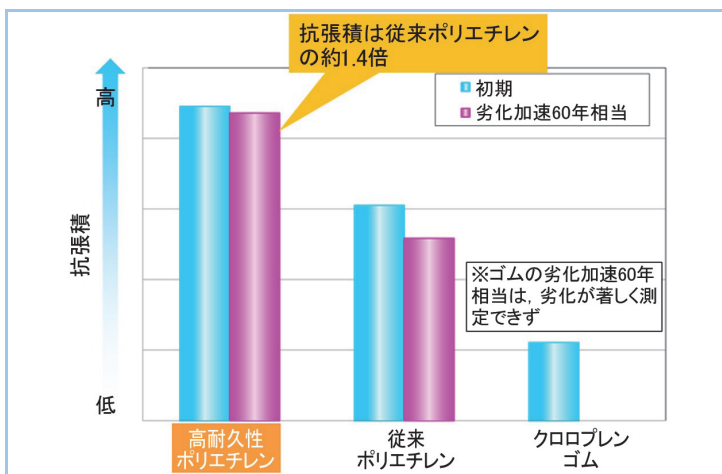


図3 新品と劣化後の抗張積比較

2.3 海水浸透性

ライニング材は長期間海水中に浸漬すると、海水が材料中に浸透して最終的には炭素鋼母材に達し、腐食発生や接着力低下・剥離を誘発する。このため、各種ライニング材の吸水率を計測した(図4)。高耐久性PEの吸水率は、クロロプレングムの約1/10、従来PEの約1/2と小さく、母材腐食やライニング剥離リスクの軽減に有効である。

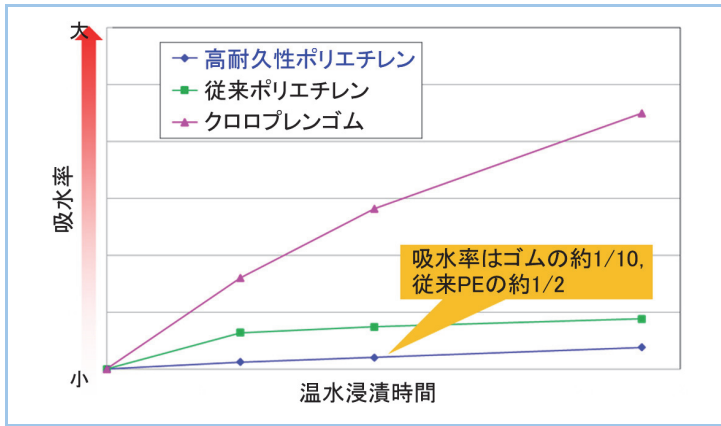


図4 各種ライニング材料の吸水率の比較

2.4 耐スラリー摩耗性

海水中に含まれる土砂等によるライニング材の摩耗特性を評価するため、高濃度スラリーを用いた摩耗試験を行い、摩耗速度を計測した(図5)。スラリー摩耗速度は、従来PEと同等、クロロプレングムよりも明らかに遅く、土砂を含む海水環境下でも優れた耐摩耗性を有している。

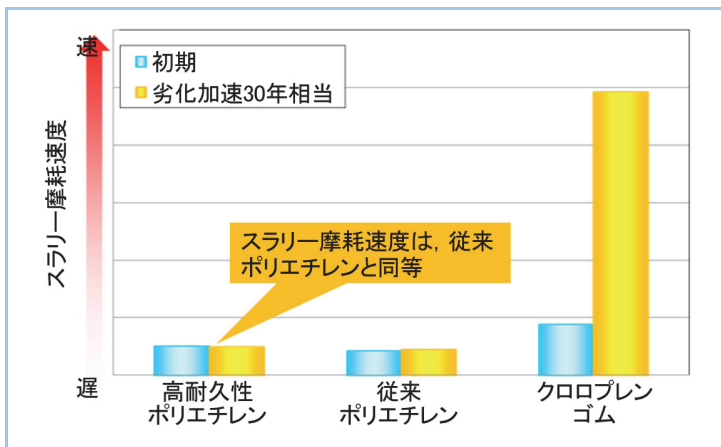


図5 各種ライニング材料のスラリー摩耗速度の比較

3. 今後の展望

今回開発した高耐久性ライニング鋼管は、原子力発電所のみならず、他産業プラントも含めた海水冷却設備の信頼性向上及びお客様の保守負担軽減に寄与できるものであり、幅広いユーザの方々にご推奨できる製品である。