

S-05-1 保温材下応力腐食割れ

1. 概要

高温で使用する配管等の設備では、断熱材を外面に施工する。保温材中に雨水が侵入すると、保温材中の塩化物イオンは雨水に溶解する。そのため、ステンレス鋼は、粒内型の塩化物応力腐食割れを生じることがある。100℃前後で最も生じやすい。さらに高温側では、金属表面が乾くので割れづらくなる。「S-05(2) ASCC (粒界型 ESCC)」と区別して、粒内型 ESCC、塩化物型 ESCC と呼ぶこともある。

2. 損傷を受ける材料

オーステナイト系ステンレス鋼 (SUS304、304L、316、316L、321、347)

3. 腐食機構

保温材中には塩化物が含まれている。長期使用期間中には、海塩粒子の飛来等による外部雰囲気からの侵入により、保温材中の塩化物濃度は蓄積・増

ラントについて、保温材の使用年月と塩化物イオン濃度（乾燥保温材基準）の関係を調査した結果の一例である。保温材の種類は、カルシウムシレート、パーライト、岩綿、フォームガラス、ガラスウールであるが、保温材質間の明瞭な相違はなく、いずれも年月とともに、塩化物イオンの量は増大している。データのばらつきは、プラント

の立地条件や保温材の使用状況による。ものであり、悪い条件

では、塩化物イオンは、ASTMC-659 による汚染度判定基準（許容限

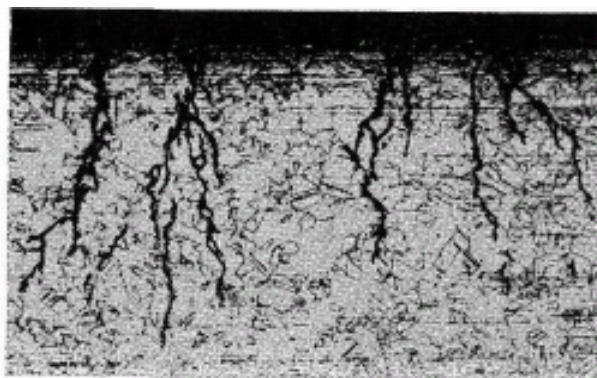


写真1. 保温材下で発生した
SUS304 の粒内型の

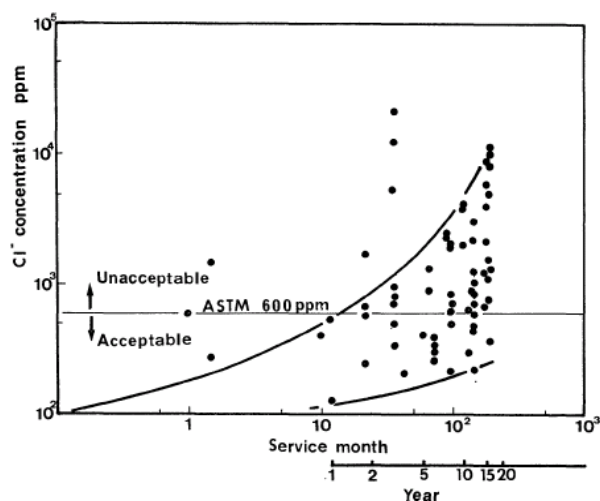


図1. 保温材中の可溶性塩化物
イオン濃度の経年変化

界濃度：600ppm) を、1 年程度で超えている。

このように塩化物イオンが蓄積し、雨水が侵入し、金属表面で塩化物イオンが濃縮し、かつ加温条件にさらされると、オーステナイト系ステンレス鋼は、孔食やすき間腐食を起点として、写真 1 に示すような粒内型の応力腐食割れを生じる。

ESCC は 70～130℃で生じやすい。温度が高いほど、水が蒸発しやすいので、金属表面での塩化物イオンは濃縮される。また、温度が高いほど、塩化物イオンに起因するオーステナイト系ステンレス鋼の応力腐食割れは発生しやすくなる。一方、保温温度が一定の温度を超えると、乾燥状態となるので、腐食性は無くなり、ESCC は発生しなくなる。100℃前後で最も生じやすい。

塩化物イオンの濃度が高いほど ESCC が発生しやすいが、ESCC に及ぼす塩化物イオン濃度は、保温材中の平均濃度ではなく、金属表面での濃度が重要となる。加温されている金属表面では、水の蒸発に基づき、塩化物イオンが濃縮する傾向にある。そのため、平均濃度より、表面濃度は高くなり、割れが発生する。

4. 損傷事例

精留塔で生じた SCC 事例を紹介する¹⁾。SUS316 製で、高さ 16m、直径 780 mm Φ、岩綿で保温し、外装雨切はしているが、屋外塔のため雨水の侵入は避けられない。塔の温度分布は、図 2 に示すように、底部は 100℃を越すが、上部に移るにしたがって、温度は低下する。温度分布的に、80～90℃のマンホール溶接部付近で外面から粒界割れが生じた。

新品の岩綿中の塩化物イオンの濃度は 20ppm であるが、ESCC の生じた個所の塩化物イオン

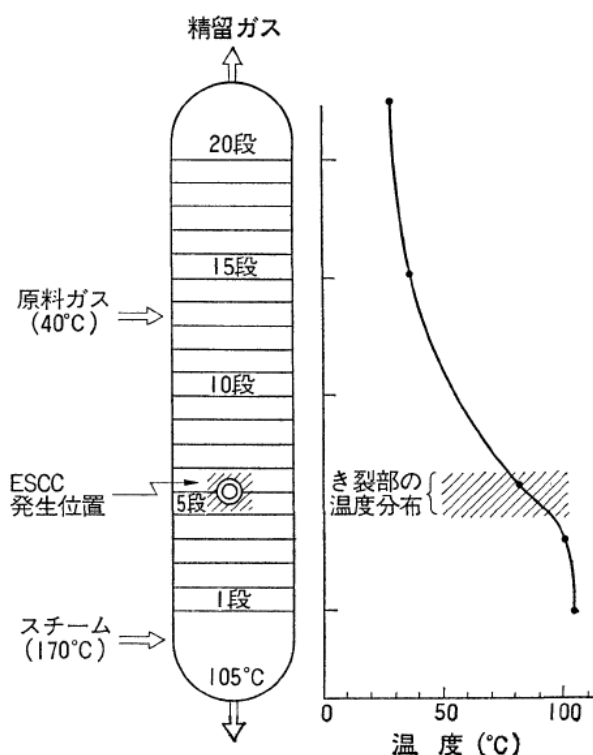


図 2. 精留塔の温度分布と ESCC 事例¹⁾

濃度は 440ppm と濃縮していた。固着スケール中の塩化物イオン（温水抽出分）は 6400ppm と濃縮していた。精留塔の上方（低温側）はすべて健全であった。

5. 対策

5.1 水の侵入を防止する。

外からの水の侵入を遮断することが出来れば、ESCC の発生は防止できる。構造上の工夫が必要である。保温層を貫通する突起物（支柱等）の個所は、突起物を伝わって、雨水が金属表面に侵入する。このような個所は、突起物を含め、断熱層で覆い、かつその外側を外装板で保護する必要がある。

5.2 金属表面を樹脂コーティングする。

金属表面をコーティングし、腐食環境と遮断する方法である。樹脂コーティングとしては、亜鉛を含まない高温用シリコン塗料、フェノール塗料などが使用されている。

5.3 保温材の選定

表 1³⁾ は、

市販されている各

表 1. 各種保温材中の可溶性成分 種

保温材の可溶性成分の分析結果の一例である。塩化物イオンが多いほど ESCC の発生確率は高くなるが、一方、 Na_2SiO_3

種類	メーカー	可溶性成分 (ppm)				pH
		Cl^-	F^-	Na^+	SiO_3^{2-}	
グラスウール 保温材	A社①	30~40	1~2	600~700	30~210	—
	A社②	11	—	2300	3400	10.1
	B社	18	—	1300	3400	9.5
	C社	26	—	870	1900	9.8
	D社	250	—	1700	2500	8.8
ロックウール 保温材	E社①	3	—	25	42	—
	E社②	6	—	$\text{Na}^+ + \text{SiO}_3^{2-} = 600$		8.3
	E社③	3	1.3	25	42	—
	F社	8	13	19	560	—
ケイ酸カルシウム 保温材	G社	13	—	440	4000	9.8
	H社①	60	<11	1130	3500	8.7
	H社②	70	<11	400	3100	10.4

は ESCC を抑制する効果がある。一般的には、腐食性物質である ($\text{Cl}^- + \text{F}^-$) 含有量と腐食抑制物質である ($\text{Na}^+ + \text{SiO}_3^{2-}$) 含有量は、図 2 に示した米国規格 ASTM-C795 の許容範囲内になるように管理されている。しかし、塩化物イオンは、図 1 に示したように、使用年月とともに増大する傾向を示すので、より腐食性の少ない保温材を選定することが望ましい。

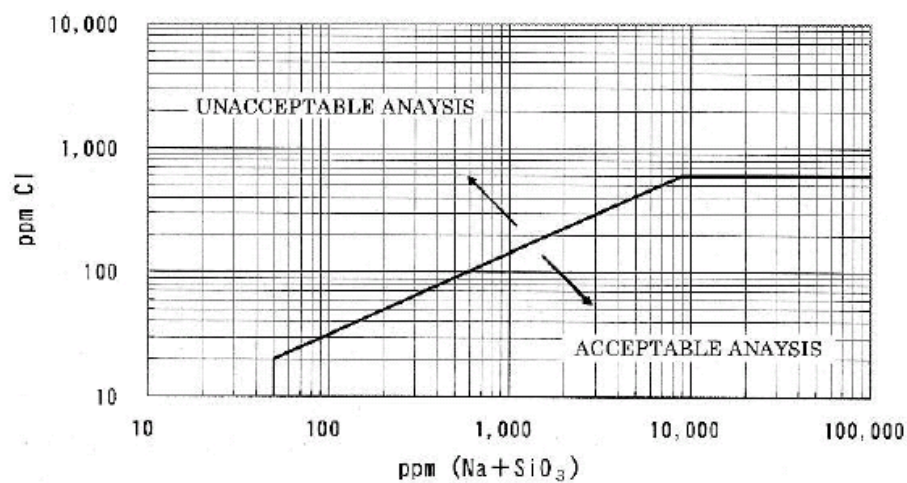


図 2. 可溶性 Cl と (Na + SiO₃) イオン濃度による保温材の使用範囲 (ASTM-C795)

6. 参考文献

- 1) 竹本幹男 他：防食技術：第 36 巻、4 号、210～218 (1987)
- 2) 大久保勝夫：防食技術：第 30 巻、12 号、705～715 (1981)
- 3) 轟智成：外面腐食への対応 (日本における管理方法 (1))：第 148 回腐食防食シンポジウム資料