

ステンレス鋼の腐食試験法

福田 敬則 *

Fukuda Takanori

ステンレス鋼は耐食材料として広く普及している。ステンレス鋼は腐食しない材料であるとの誤解も根強いが、腐食損傷事例も報告されている¹⁾²⁾。ここでは日本工業規格 (JIS) に規定されているステンレス鋼の腐食試験を紹介するとともに、腐食形態との関係を解説する。

キーワード：ステンレス鋼、腐食、試験、腐食形態、材料選定

1. はじめに

日本における腐食コスト (直接・間接腐食損傷額と腐食対策費の和) は3兆9千億円 (1997年) でGDPの0.77%に相当すると報告されている¹⁾。1974年の報告では2兆6千億円、GDP比1.72%である。腐食コストの対GDP比の低下は防食技術の進歩の結果といえる。腐食コストの内訳のうち、腐食対策費に含まれる耐食材料のコストは4,432億円と1974年の2,388億円に比して85%を超える増加率を示した。これは、ステンレス鋼に代表される耐食材料の適用が腐食コスト総額の削減に大きく寄与していることを示している。

ステンレス鋼は強度、加工性、溶接性に優れた耐食材料であり、他の耐食材料 (Ni基合金、チタン等) に比して安価であるため、装置材料として幅広く使用されている。しかし、ステンレス鋼といえどもその耐食性には限界があり腐食損傷例も数多く報告されている²⁾³⁾。腐食損傷防止のためには、ステンレス鋼の耐食性能および使用環境

の把握が重要である。国産のステンレス鋼は品質管理がいきとどいているため、素材自体の不適合 (規格外の成分組成等) が腐食損傷原因となるケースは殆どない。近年輸入されているステンレス鋼では素材自体に問題がある場合もあり、輸入ステンレス鋼を使用する場合は開発・設計・製造の初期段階で素材の品質管理を検討項目に加えることが推奨される。

本稿では日本工業規格 (JIS) に規定されているステンレス鋼の腐食試験を紹介し、腐食形態との関係を解説する。

2. ステンレス鋼の腐食試験法

2.1 ステンレス鋼とは

ステンレス鋼はクロム含有率を10.5 (mass%) 以上、炭素含有率を1.2 (mass%) 以下とし耐食性を向上させた合金鋼として定義され、常温における組織によってマルテンサイト系、フェライト系、オーステナイト系、オーステナイト・フェライト系及び析出効果系の5種類に分類される⁴⁾。

* 元 研究開発事業部 基盤技術部 部長

ステンレス鋼の耐食性は、基本的にはクロム含有の効果により表面に不動態皮膜が形成されることに起因する。ステンレス鋼はさまざまな種類が規格化されているため、材料の選択肢の幅が広い。例えば、「JIS G 4305 (2005) 冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」では61鋼種が規格化されており、耐食性能、強度、コスト等を念頭とした材料の選

択が可能である。また、ステンレス鋼は耐食性以外に優れた低温特性、高温強度、耐火性、意匠性、加工性等を有している。このため、厨房機器、産業機械、建築土木、精密機械、輸送、家電関係と広範な産業分野で使用されている。ここ10年間では自動車関連(図1)⁵⁾、家電関連(図2)⁵⁾での需要の伸びが目立っている。

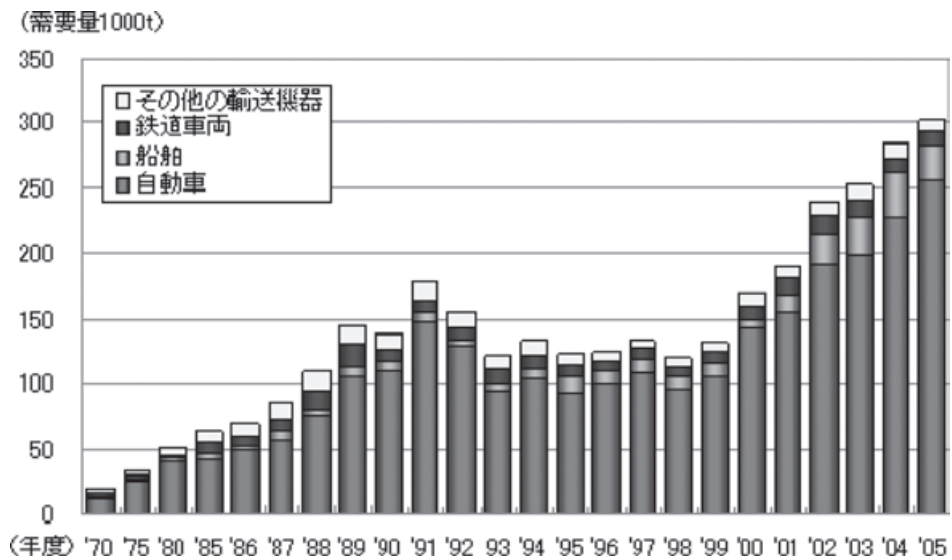


図1 ステンレス鋼板の輸送器需要動向⁵⁾

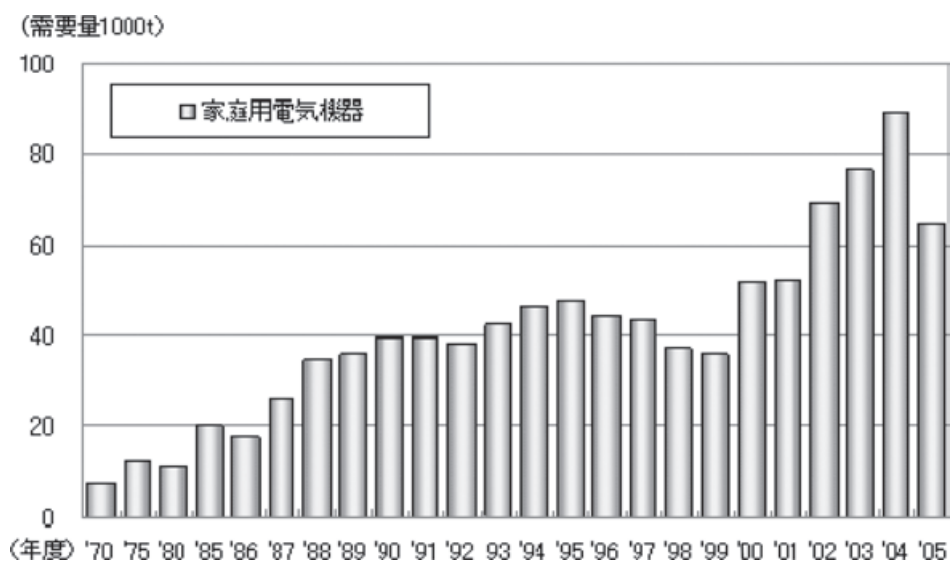


図2 ステンレス鋼板の家庭用電気機器需要動向⁵⁾

表1 腐食形態の分類とステンレス鋼がこれらを生じる環境例

腐食形態		ステンレス鋼で生じる環境例
1. 均一腐食	表面の均一溶解	硫酸中
2. 異種金属接触腐食	卑な金属の溶解加速	濃硝酸、白金と接触
3. すきま腐食	すきま部での局部侵食	塩化物水溶液
4. 孔食	孔状の侵食	塩化物水溶液
5. 粒界腐食	結晶粒界の腐食	濃硝酸
6. 脱成分腐食	合金相のうち、卑な相のみ溶出	—
7. エロージョン・コロージョン	保護皮膜の破壊による	高速度流体
8. 応力腐食割れ	割れ状に腐食(溶解)が進展	塩化物水溶液
番外:水素脆化	拡散性水素によるメタン形成/遅れ破壊とも呼ばれる	大気(高強度材) 高温高圧水素

—: 筆者は承知していない。

2.2 腐食形態

金属材料の腐食形態は多様である。Fontana ら⁶⁾による腐食形態の整理を表1に示す。耐食材料であるステンレス鋼にも耐食限界があり、さまざまな腐食形態での腐食損傷を生じている。表1にはステンレス鋼でこれらの腐食形態をとる環境例を併記した。ステンレス鋼であっても、腐食に対して免疫ではなく、かつ、種々の腐食形態をとることができる。

2.3 ステンレス鋼の腐食試験法

JISに規定されているステンレス鋼の腐食試験法を表2に示す。12種類の腐食試験と標準サンプル1種類が規格化されている。ステンレス鋼の腐食試験法と検出する腐食形態の統計を表3に示

す。腐食試験での検出対象は粒界腐食が最も多く、次いで孔食、応力腐食割れ、すきま腐食と続く。腐食試験は、局部腐食に係る試験法が11件、全面腐食に関係した試験規格は1件である。これはステンレス鋼が不動態金属であり、主に問題となる腐食形態は局部腐食であることと関係している。

ステンレス鋼のしゅう酸エッチング試験結果の一例を図3に示す。受入れまま、および熱時効(650℃/24h)後の状態のSUS304鋼に対し、しゅう酸エッチ試験を実施したものである。受入れまま状態の組織は段状組織に分類され、健全と判断できる。

熱時効後の組織は、しゅう酸エッチング試験の際に結晶粒界およびその近傍が顕著に侵食されたため、溝状組織に分類される。この様に、ステンレス鋼は熱時効により結晶粒界近傍の耐食性が大

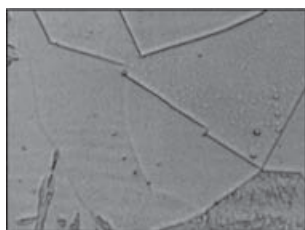
表2 ステンレス鋼の腐食試験法 (JIS)

JIS番号	名称	腐食形態
JIS G 0571-2003	ステンレス鋼のしゅう酸エッチング試験方法	粒界腐食
JIS G 0572-2006	ステンレス鋼の硫酸・硫酸第二鉄腐食試験方法	粒界腐食
JIS G 0573-1999	ステンレス鋼の65%硝酸腐食試験方法	粒界腐食
JIS G 0575-1999	ステンレス鋼の硫酸・硫酸銅腐食試験方法	粒界腐食
JIS G 0576-2001	ステンレス鋼の応力腐食割れ試験方法	応力腐食割れ
JIS G 0577-2005	ステンレス鋼の孔食電位測定方法	孔食
JIS G 0578-2000	ステンレス鋼の塩化第二鉄腐食試験方法	孔食
JIS G 0579-007	ステンレス鋼のアノード分極曲線測定方法	(電気化学測定)
JIS G 0580-2003	ステンレス鋼の電気化学的再活性化率の測定方法	粒界腐食
JIS G 0590-2005	ステンレス鋼の臨海孔食温度測定方法	孔食
JIS G 0591-2000	ステンレス鋼の硫酸腐食試験方法	全面腐食
JIS G 0592-2005	ステンレス鋼の腐食すきま再不動態化電位測定方法	すきま腐食
JIS G 0595-2001	ステンレス鋼の表面さび発生程度評価方法	(標準サンプル)

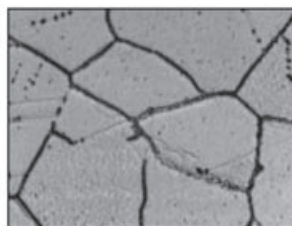
大きく変化/劣化することがあるので、素材入手後の加工工程、特に熱履歴が加わる工程の管理には注意が必要である。施工上の対策としては550～850℃の温度域での保持を避ける、低入熱溶接工法の採用等が挙げられる。また、材料側の対策としては低炭素ステンレス鋼種やNbやTiを添加し

表3 ステンレス鋼の腐食試験法の分類

腐食形態	腐食試験法の件数	比率 (%)
粒腐食	5	38.5
孔食	3	23.1
応力腐食割れ	1	7.7
すきま腐食	1	7.7
全面腐食	1	7.7
その他	2	15.4



SUS304 受入れまま
(段状組織)



SUS304 熱時効材 (650°C/24h)
(溝状組織)

図3 ステンレス鋼のしゅう酸エッチング試験結果 (一例)

た安定化ステンレス鋼(別途安定化熱処理が必要)の採用が、応力側の対策としてはピーニングや高周波誘導加熱応力改善法 (IHSI) 等が挙げられる。熱時効を受けたステンレス鋼は、大気環境中で粒界型応力腐食割れを生じる場合があり、これらの損傷事例も報告されている⁷⁾。

試験法の詳細は、対象 JIS の規格本体および解説に記載されているが、一部の概略は JIS G 0202-1987 鉄鋼用語 (試験) にも解説されている。

3. まとめ

ステンレス鋼は耐食材料として国内産業の腐食コスト削減に大きく貢献している。一方、ステンレス鋼の腐食損傷事例も多い。また、近年では輸入ステンレス鋼の不適合に起因した腐食損傷も生

じている。IHI 検査計測では、JIS に規定された腐食試験はもとより、代替材料選定のための試験計画・実施・評価・溶接施工管理等を含めた総合サービスを提供し、プラントの信頼性向上・腐食コストの削減に貢献している。

参考文献

- 1) 「わが国における腐食コスト調査報告書」(平成13年5月)、(社)腐食防食協会、(社)日本防錆技術協会
- 2) 例えば、「事例で学ぶ腐食損傷と解析技術」、日本材料学会腐食防食部門委員会編、さんえい出版(2009)
- 3) 例えば、新版「金属の腐食損傷と防食技術」、小若正倫、(株)アグネ承風社(2000)
- 4) JIS G 0203 (2009) 鉄鋼用語および品質
- 5) ステンレス鋼需要部門別統計資料：ステンレス協会(2009)
- 6) M.G.Fontana, N.D.Greene:Corrosion Engineering, McGraw-Hill, p.28(1967).
- 7) 川本輝明：防食技術、37、30(1988)



元 研究開発事業部
基盤技術部 部長
福田 敬則
TEL. 045-759-2121
FAX. 045-759-2155