金属製品の腐食に関する研究
（ステンレス鋼の腐食減量実験）

紫竹　耕司[*]　　吉田　正樹[*]　　樋口　智[*]

Study for Corrosion of Metal

by

SHICHIKU Kouji[*], YOSHIDA Masaki[*] and HIGUCHI Satoru[*]

抄録

ステンレス鋼について、塩化第二鉄－塩酸溶液で腐食減量実験をおこない、材質や表面状態の違いが耐食性に及ぼす影響について検討した。腐食減量の経時変化を測定することで、腐食速度および腐食開始までの時間の違いがわかり、より正確な耐食性評価が可能となった。また、ＩＮＣＯ法発色処理、硝酸処理、メッキ等の表面処理がステンレス鋼の耐食性に及ぼす影響について、その前処理も含め考察した。

１　緒言

県央地域は、伝統的地場産業である刃物や金属洋食器から、作業工具やハウスウェア、建築金物、その他に至るまで金属製品の集積地域である。当支援センターでは、これら金属製品に関する試験・相談を数多く受けているが、腐食に絡む相談も多い。

そこで、なかでも相談の多いステンレス鋼を対象として、製品設計やクレーム対応に活用することを目的として、腐食減量実験をおこなった。

２　実験

２．１　試料

２．１．１　丸棒試料

公称φ20（実測 20.1）×約 10mm の片端面を腐食減量実験の評価面とした。

まず、マルテンサイト系の試料は標準的な熱処理として焼き入れ（1050℃30 分空冷）焼き戻し（200℃60 分空冷）処理を施した。その際、ＳＵＳ４４０Ｃについては焼き入れ後にサブゼロ処理（液体窒素中に約１時間）して残留オーステナイト低減措置をとった。

その後試料研磨機にて所定の状態まで研磨し、さらに必要に応じ所定の表面処理を施した。最後に、評価面以外をポリエステル系樹脂でマスキングした。

材料の組成（分析値）を表１に示す。

表１　丸棒試料の組成（単位：ｗｔ％）

SUS	C	S	P	Ni	Cr
303	0.07	0.321	0.027	8.99	19.1
304	0.07	0.027	0.028	8.14	18.5
304L	0.02	0.015	0.029	9.64	19.7
420J2	0.34	0.011	0.022	0.29	14.0
440C	0.96	0.002	0.024	0.46	17.8

２．１．２　平板試料

ＳＵＳ３０４－２Ｂ材（板厚 0.6mm）について、70×20mm に切断した試料全体を評価対象（マスキングなし）とした。

２．２　実験方法

JIS G 0578「ステンレス鋼の塩化第二鉄腐食試験方法」に準じて腐食減量を測定した。0.05N 塩酸溶液に塩化第二鉄を溶解して塩酸酸性６％塩化第二鉄溶液を調整した。

丸棒試料については、100ml ビーカーに上

[*]県央技術支援センター

記溶液を 90ml 注ぎ、試料評価面を上に向けた状態で、平板試料については、200ml ビーカーに上記溶液を 150ml 注ぎ、ビーカーに立て掛けた状態で実験した（図１参照）。

そのビーカーに時計皿で蓋をして 50℃に設定したフード付きウォーターバス中で所定時間静置し（図２参照）、0.1mg 表示の電子天秤で腐食前後の質量を測定して腐食減量の経時変化を求めた。

丸棒試料　　平板試料

図１　試料の状態

図２　ウォーターバス

２．３　実験結果及び考察

２．３．１　丸棒試料について

２．３．１．１　鋼種と腐食減量

結果は図３のとおりで、オーステナイト系とマルテンサイト系の腐食速度の違い、同じマルテンサイト系でもＣｒ含有量の差による違いが明らかとなった。また、切削性向上目的で添加した微量のＳが耐食性をかなり劣化させていることもわかった。なお、ＳＵＳ３０４全時間とＳＵＳ３０３の初期は孔食状態だったが、ＳＵＳ３０３の途中からとマルテンサイト系は全面腐食状態であった。

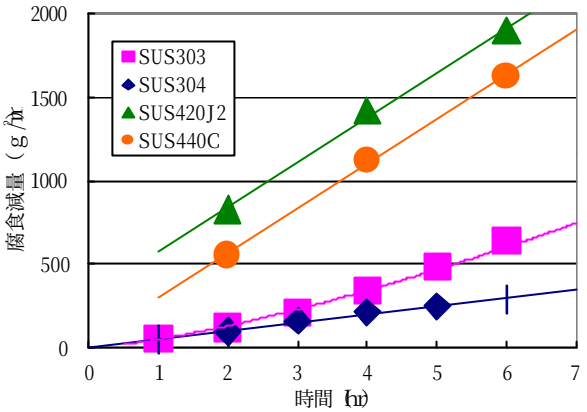

図３　鋼種と腐食減量

２．３．１．１　表面粗さと腐食減量

ＳＵＳ３０４について実験した結果、今回の実験方法では表面粗さによる影響をあまり受けないことがわかった（図４）。なお、各試験片の表面粗さは表２のとおりである。

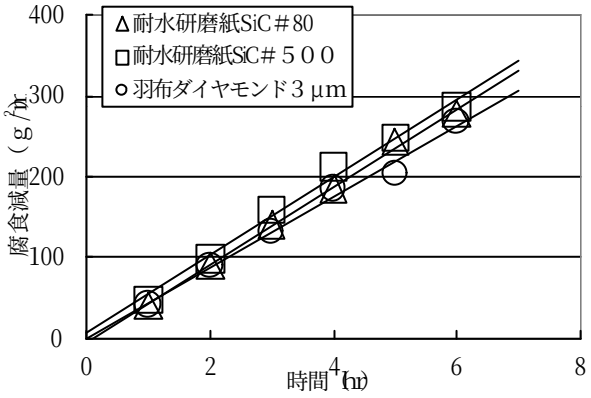

図４　表面粗さと腐食減量

表２　表面粗さ（単位：μｍ）

	Ｒａ	Ｒｙ
耐水研磨紙＃８０	0.203	2.149
耐水研磨紙＃500	0.040	0.401
ダイヤモンド３μｍ	0.005	0.056

２．３．１．３　硝酸処理と電解研磨

ＳＵＳ３０４Ｌを鏡面研磨した後、硝酸処理（30wt%硝酸 50℃1hr 浸漬）と電解研磨（リン酸クロム酸系）した結果を図５に示す。これらの処理でＣｒリッチな酸化物層が表面に生成され、腐食減量開始までの時間が増加したものと考えられる。ただ、電解研磨後の試料表面は荒れていて適正な処理条件となっていなかった可能性がある。

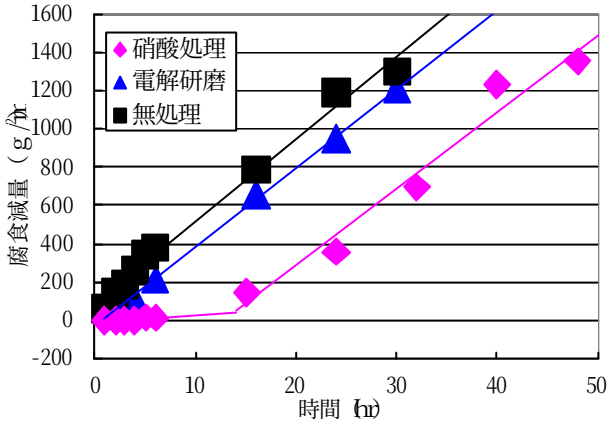

図５　硝酸処理と電解研磨

２．３．１．２　発色処理と腐食減量

ＳＵＳ３０４Ｌについて、ＩＮＣＯ法発色処理（硫酸クロム酸処理）を施した結果を図６に示す。この処理によってＣｒリッチな酸化物層がかなり厚く（100～400nm程度）生成され、腐食減量開始までの時間増加が確認された。また、青～緑へと酸化物層が厚くなるほど耐食性は良い。

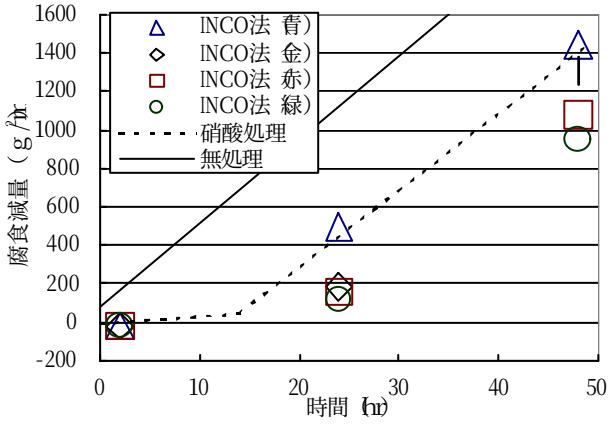

図６　発色処理（ＳＵＳ３０４Ｌ）

ＳＵＳ４２０Ｊ２及びＳＵＳ４４０Ｃについての結果を図７及び図８に示す。共に硝酸処理よりもＩＮＣＯ法発色処理の方が耐食性改善効果が大きかった。なお、ＳＵＳ４４０ＣについてＩＮＣＯ法後半の硬膜処理（硫酸クロム酸カソード処理）のみを施した試験片についてもその効果を確認した。

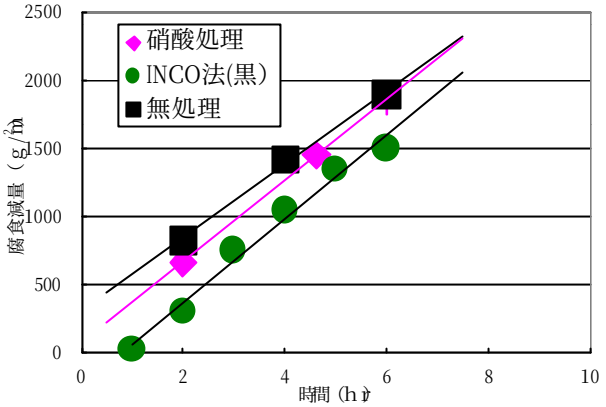

図７　発色処理（ＳＵＳ４２０Ｊ２）

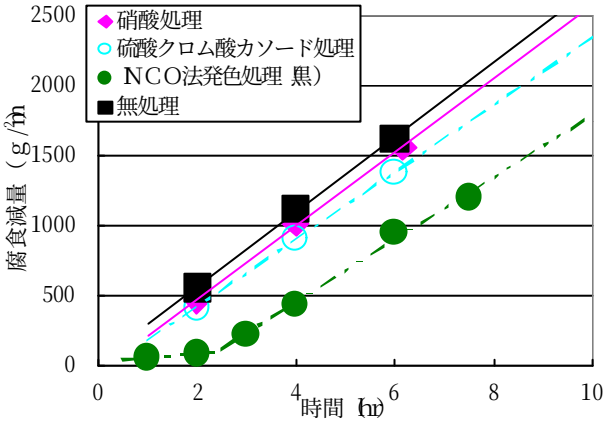

図８　発色処理（ＳＵＳ４４０Ｃ）

２．３．１．４　メッキと腐食減量

ＳＵＳ３０４Ｌについて、Ａｕメッキ（中間にＮｉメッキ）したものの結果を図９に示す。ごく薄いＡｕメッキは耐食性をむしろ劣化させ、ある程度厚くつけると耐食性が向上することが確認された。また、評価面の半分だけメッキした試験片では、メッキした部分のみ腐食が進行した。ステンレス鋼へのメッキにおいては、まず表面の不動態膜を除去してからメッキ層をつけるため、本来ステンレス鋼が持っている不動態膜による耐食性は損ねているといえる。

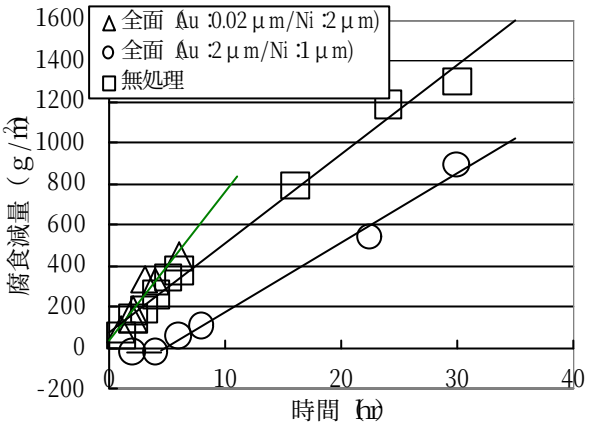

図９　メッキと腐食減量

２．３．２　平板試料について

ＳＵＳ３０４－２Ｂ材についての結果を図１０に示す。電解研磨とバフ研磨後硝酸処理したものが同程度の耐食性向上効果を示した。ＩＮＣＯ法発色処理はさらに優れた効果を示した。硝酸処理のみや、図では示していないがバフ研磨のみでは、ほとんど効果がなかった。硝酸処理で耐食性を向上させるためには、前処理で表面を均一にする必要があると考えられる。

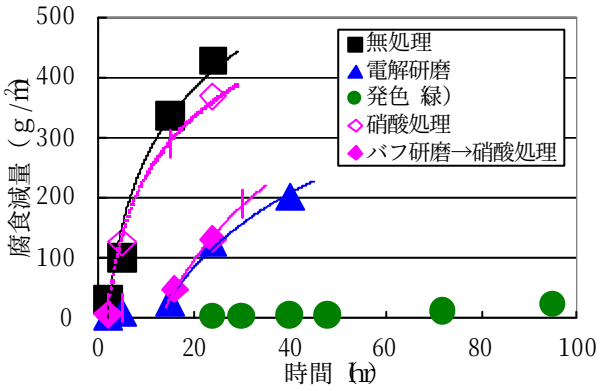

図１０　平板（ＳＵＳ３０４－２Ｂ）

３　まとめ

(1) 腐食減量の経時変化を測定することで、より正確な耐食性の評価が可能となった。

(2) ＩＮＣＯ法による発色処理はどの場合においても優れた耐食性を示した。

(3) ステンレス鋼の耐食性向上対策としては、表面を如何にＣｒリッチな酸化物で均一に覆うかが重要であるが、電解研磨は表面均一化と不動態膜強化の両作用を持った処理法であるといえる。

(4) 硝酸処理自体には表面均一化作用はないので、耐食性を向上させるためには前処理で表面を均一にする必要がある。また、材質によりその効果には差があって、ＣやＳが少ない鋼種ほど効果が大きいようだ。

(5) ステンレス鋼へのメッキは不動態膜による耐食性を損ねるので注意が必要である。メッキする場合は耐食性の良い物質をある程度厚くつけたほうがよい。

＜謝辞＞

本研究に際し、（株）中野科学様には発色処理及び電解研磨等で、（株）高秋化学様にはメッキ等で、島田工場様にはバフ研磨で多大なるご協力を頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

４　参考文献

(1) 長谷川監修：ステンレス鋼便覧

(2) （社）日本材料学会腐食防食専門委員会編：実験で学ぶ腐食防食の理論と応用

(3) 田中編著：ステンレス鋼の選び方・使い方

(4) 表面処理対策Ｑ＆Ａ1000 編集委員会編：表面処理対策Ｑ＆Ａ1000

(5) （社）表面技術協会編：表面技術便覧

(6) 諸橋、桑原、内藤、南、有田：工業技術研究報告書、No.22、P.72

(7) 諸橋、南、内藤、桑原、中條：工業技術研究報告書、No.23、P.63

(8) 小林、紫竹、田村：工業技術研究報告書、No.30、P.72