

環境プラントにおける鋼材の耐食性評価

Corrosion resistance evaluation of steel materials in environmental plants

電子・機械技術部 機械・加工科 渡邊孝康

材料技術部 金属・物性科 橋本政靖

材料技術部 分析・化学科 伊藤弘康

様々な腐食性物質を扱う環境プラントで使用される鋼材の耐食性を調べるため、実環境を模擬した腐食試験を行った。試験後に材料の表面状態、重量測定及び試験溶液の分析を行い、耐食性を評価した。その結果、鋼材の種類により耐食性に大きな差があることが分かった。また本研究の腐食条件ではステンレス鋼のみが耐食性を有していると明らかにした。

Key words: 環境プラント、腐食試験、耐食性

1. 緒言

課題を申請した株式会社クレハ環境（以下、申請企業）は、産業廃棄物の中間処理業を行っている。所有プラントで使用される鋼材の耐食性は種類と腐食環境によって大きく差があり、新たなプラントに採用した際の耐食性を把握したいという要望がある。また、使用される鋼材は、使用される箇所により、溶接加工、曲げ加工などが施され、金属組織も変化する。そのため変化した金属組織が耐食性に与える影響も評価する必要がある。

そこで、3種類の鋼板を対象に、試験片の溶接加工及び曲げ加工後、申請企業から提供された試験溶液及び条件で腐食試験を行った。また、試験後のサンプルの観察と分析を行い、耐食性を比較した。

2. 実験方法

2. 1. 試験片の作製

試験には、一般圧延鋼板、耐食性鋼板、ステンレス鋼板の3種類の鋼板を用いた。各鋼板を50[mm]角に切断後に端面の面取りを行った。表面は#600研磨紙で研磨後、中性洗剤で洗浄し試験に供した。次にこの試料鋼板の溶接による影響を検討するためにティグ溶接法でオンビード溶接を行い前述と同様に研磨洗浄を行い試験に供した。ステンレス鋼板については応力腐食割れの影響を検討するため、JISG0576「ステンレス鋼の応力腐食割れ試験方法」に準拠し、内側半径8[mm]にU字曲げ加工した試験片も作製し試験に供した。これらの試験片は精密天秤で重量測定を行い、腐食試験後の重量と比較した。

2. 2. 腐食試験

試験には、腐食試験は図1の試験装置を用いた。公称容積500[mL]のセパラブルフラスコ、上部に揮発分を冷却して還流する還流器、下部に加温攪拌用のスタ

ーラー付ホットプレートを用いた。試料はおおむね2/3が液中、1/3が気中になるようにポリエチレン製糸で吊るした。この際に、溶接した資料は溶接部が気液界面にまたがる向きで吊るした。試験溶液は実使用環境中の10倍濃度とし、500[mL]を入れ、実環境よりも高い温度の90[°C]で加熱・攪拌しながら連続試験を行った。

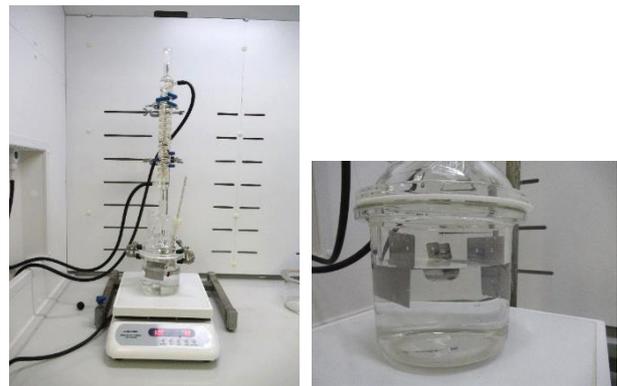


図1 腐食試験装置

2. 3. 観察及び分析

腐食試験終了後に試験溶液から取り出し、水洗後に乾燥させ観察および分析に供した。

2. 3. 1 外観観察

外観観察は目視およびマクロ撮影機能付デジタルカメラ（OLYMPUS PEN E-P3型）で行った。

2. 3. 2 重量測定

試験前後の重量を精密天秤で測定した。

2. 3. 3 拡大観察および定性分析

表面観察・分析はエネルギー分散型分析装置付走査型電子顕微鏡（日立ハイテクノロジー SU1510型、アメテック Phoenix）で行った。

2. 3. 4 試験溶液分析

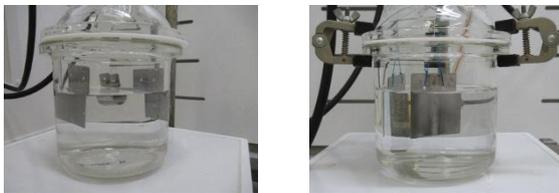
試験開始1か月後及び終了後の試験溶液を ICP 発光分光分析装置(日立ハイテクサイエンス PS3520UVDD II 型) で定量分析を行った。

3. 実験結果

3. 1. 外観観察

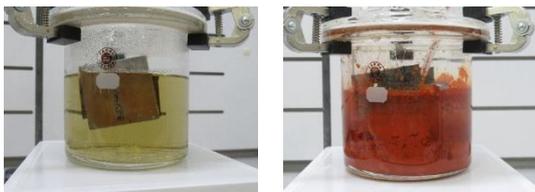
3. 1. 1 試験中の溶液の観察

試験前後のセパラブルフラスコの外観を示す。ステンレス鋼板は図2に示すとおり、試験終了時点(2か月経過後)も生材、溶接、曲げ試験片の全てでセパラブルフラスコ中の試験溶液に外観上の変化は認められなかった。

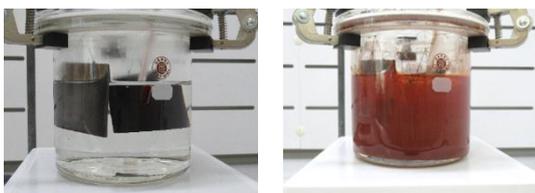


(左：試験開始時、右：2か月後)
図2 ステンレス鋼板の浸漬試験外観

これに対して一般圧延鋼板及び耐食性鋼板は図3、図4のとおり、浸漬後10分程度で溶液が黄色に変色し始め、24時間経過後では濁った赤茶色に呈色し、さらに48時間経過後ではより濃い色を呈したため、試験を終了した。



(左：試験開始時、右：2日経過後)
図3 一般圧延鋼板の浸漬試験外観

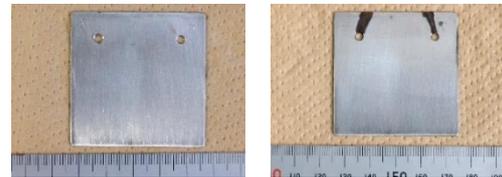


(左：試験開始時、右：2日経過後)
図4 耐食性鋼板の浸漬試験外観

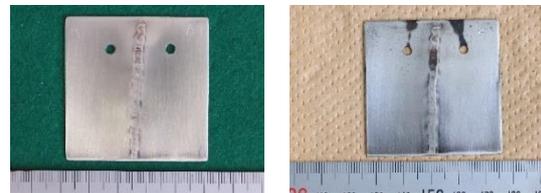
3. 1. 2 試験片の外観観察

次にこの試験溶液から試験片を取り出し、水洗後に

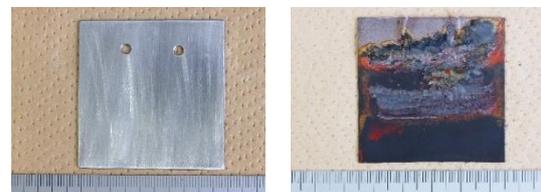
乾燥させ外観観察を行った結果を示す。ステンレス鋼板は図5、図6のとおり、生材、溶接試験片共に外見上変化が認められないのに対して、一般圧延鋼板及び耐食性鋼板は図7、図8、図9、及び図10のとおり、全体的に黒色を呈し、一部に赤茶色の腐食生成物と思われるものが生成している。



(左：試験開始前、右：2か月後)
図5 ステンレス鋼板(生材)の試験片外観



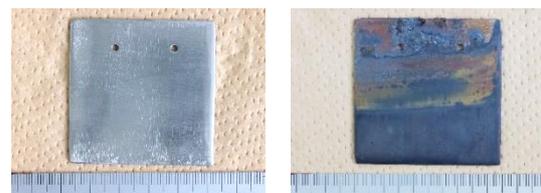
(左：試験開始前、右：2か月後)
図6 ステンレス鋼板(溶接)の試験片外観



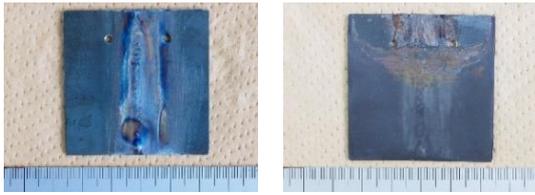
(左：試験開始前、右：試験後)
図7 一般圧延鋼板(生材)の試験片外観



(左：試験開始前、右：試験後)
図8 一般圧延鋼板(溶接)の試験片外観



(左：試験開始前、右：試験後)
図9 耐食性鋼板(生材)の試験片外観



(左：試験開始前、右：試験後)
図 10 耐食性鋼板（溶接）の試験片外観

3. 2. 重量測定

試験前後の重量測定を行った。その際、試験後の腐食生成物はウェスで拭き取った後、測定した。結果を表 1 に示す。ステンレス鋼はほぼ重量変化が見られないのに対して、一般圧延鋼板及び耐食性鋼板は大きな重量減少を示した。特に一般圧延鋼板は大きな重量減少が認められた。

表 1 試験前後の重量測定結果

鋼種	状態	試験前 [g]	試験後 [g]	差分 [g]	腐食量 [mg/cm ²]
ステンレス鋼板	生材	18.580	18.578	0.002	0.03
	溶接	18.980	18.978	0.002	0.04
	曲げ	10.389	10.387	0.002	0.04
一般圧延鋼板	生材	18.657	16.829	1.828	36.56
	溶接	18.515	16.517	1.998	39.96
耐食性鋼板	生材	30.374	29.837	0.537	10.74
	溶接	29.016	28.579	0.437	8.75

3. 3. 拡大観察及び表面定性分析

外観観察で腐食が認められなかったステンレス鋼板についてエネルギー分散型分析装置付走査型電子顕微鏡で拡大観察および定性分析を行った。その結果を図 1 1 及び図 1 2 に示す。生材、溶接及び曲げ試験片について拡大観察を行ったがいずれにおいても孔食等の腐食損傷は確認されず、試料板作製時の#600 研磨時の研磨痕のみが確認された。

3. 4. 試験溶液分析

ステンレス鋼板の試験開始 1 か月後及び試験終了後の試験溶液を ICP 発光分光分析装置（日立ハイテクサイエンス PS3520UVD II 型）で Fe、Cr、Ni の定量分析を行った。その結果を表 2 に示す。試験溶液にこれらの金属イオンはほとんど検出されなかった。

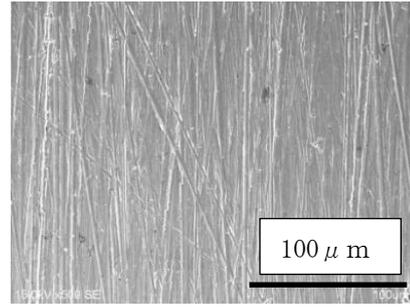


図 1 1 ステンレス鋼板（生材）の試験後の表面観察

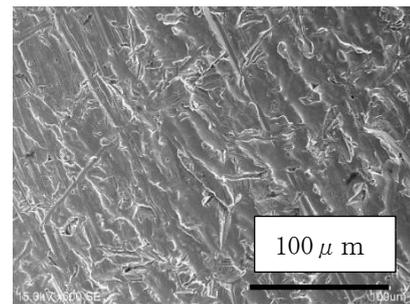


図 1 2 ステンレス鋼板（溶接部）試験後の表面観察

表 2 ステンレス鋼板 試験溶液の分析結果

試験期間	濃度 [mg/L]		
	Fe	Cr	Ni
1 か月後	5	1	1.5
2 か月後	6	1	0

4. 結言

本研究では、種類の異なる 3 種類の鋼板を対象に、試験片の溶接加工及び曲げ加工を行い、申請企業から提供された試験溶液及び条件で腐食試験を行った。試験後のサンプルの観察と分析を行い耐食性の比較をした結果、以下の知見を得た。

- ステンレス鋼板は腐食試験の結果、試験溶液及び生材、溶接及び曲げ試験片外観に変化は認められなかった。
- 一般圧延鋼板及び耐食性鋼板は試験溶液が浸漬後 10 分程度で溶液が黄色に変色し始め、24 時間経過後では濁った赤茶色に呈色し、さらに 48 時間経過後ではより濃色を呈した。
- 一般圧延鋼板及び耐食性鋼板の試験片の外観を観察した結果、全体的に黒色を呈し、一部に赤茶色の腐食生成物と思われるものが生成した。
- 試験前後での重量測定の結果、ステンレス鋼板は重量変化が見られないのに対して、一般圧延鋼板及び耐食性鋼板は大きな重量減少があった。
- 外観観察で腐食が認められなかったステンレス鋼

板について拡大観察および定性分析を行った結果、生材、溶接部および曲げ試験片について拡大観察を行ったがいずれにおいても孔食等の腐食損傷は確認されなかった。

- ステンレス鋼板の試験開始 1 か月後及び試験終了後の試験溶液の Fe、Cr、Ni の定量分析を行った結果、これらの金属イオンはほとんど検出されなかった。

以上より、本研究の腐食条件ではステンレス鋼板のみが耐食性を有していると考えられる。