

ステンレス板の強度に関する研究

愛媛県立今治北高等学校（3年生 化学班）

井上大雅・宮下敬人・青野明悟・上田夢・近藤涼

指導教員：矢野裕房

1. 研究概要

私たちはステンレス板の強度に関する研究を行った。ステンレスは英語で stain（汚れ） less とその名の通り、錆びないと言われるほど強力な金属であるが、ステンレス製の水筒には清涼飲料水や果汁ドリンクと言った酸の飲み物など、一般に入れてはいけないものがあり、過去にはステンレスボトルに入れた清涼飲料水を飲んで金属中毒になったという事故例もあったようである。このような背景からステンレスを腐食させる要因を探るため、ステンレス板を用いて様々な溶液でどれくらいの濃度や時間で腐食が起こるのかを研究した。まず、身の回りの溶液（蒸留水、お茶、清涼飲料水、お酢、牛乳、野菜ジュース、食塩水）で腐食が起こるのか、また、ステンレス板に傷をつけて同様の実験を行った。次に、酸として塩酸・硝酸・硫酸・酢酸、塩基としてアンモニア水を用い、濃度を変化させて腐食の様子を観察した。ステンレス板には「もらい錆び」という現象も起こるので、どういう条件で「もらい錆び」が起こるのかについても実験した。



2. 背景と目的

過去の金属中毒の事故例から、ステンレスボトルを腐食させる原因を探るため、ステンレス板を用いて様々な溶液でどれぐらいの濃度や時間で腐食が起こるのか気になり研究を行った。

3. 方法

1cm角に切ったステンレス板を様々な溶液に入れ、ステンレス板の腐食が見られるか1日ごと一週間観察する。

4. 結果・考察

(常温 30℃で実験を行った。○…腐食した △…やや腐食した ×…腐食しなかった)

表1 身の回りの溶液でのステンレス板の腐食

| 身の回りの溶液 | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|----|----|----|-----|-----------|-----------|------------|
| | 蒸留水 | ポカリ | お茶 | 食酢 | 牛乳 | 野菜ジ | 食塩水 3% | 食塩水 5% | 食塩水 10% |
| 1日目 | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 3日目 | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 7日目 | × | × | × | × | × | × | × | × | × |

身の回りの溶液では、ステンレス板の腐食反応が見られなかった。インターネットによると、基本的には、金属製の水道管であっても内部にコーティングが施されている製品では、スポーツドリンクを入れたからといって、金属が溶け出すことはほぼないと言われている。

表2 酸の溶液でのステンレス板の腐食

| 酸の溶液 | | | | | | | | | |
|------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| | 塩酸 0.1mol/L | 塩酸 6.0mol/L | 塩酸 12mol/L | 硝酸 0.1mol/L | 硝酸 6.0mol/L | 硝酸 14mol/L | 硫酸 0.1mol/L | 硫酸 6.0mol/L | 硫酸 18mol/L |
| 1日目 | × | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 3日目 | × | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 7日目 | × | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × |

塩酸の 6mol/L・12mol/L では、ステンレス板を入れた瞬間から反応し、数時間後には溶液の色が濃い緑色に変化していき、ステンレス板はほぼ溶液中に溶けていった。また、同じ濃度の酸性の溶液でも、塩化物イオンの有無でステンレス板の腐食の様子が変わることがわかった。塩酸以外の溶液でステンレス板の腐食が起こらなかった理由は、表面に不動態皮膜といううすい皮膜があり、不動態皮膜の皮膜が破れると、ステンレス板中のクロムと大気中（あるいは溶存）の酸素とが反応し、不動態皮膜を瞬時に形成するため、何度でも不動態皮膜は再生し、錆を発生させないということがわかった。

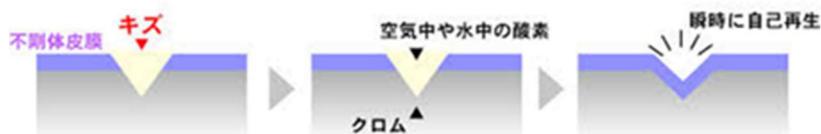




図1 7日後の塩酸 12mol/L の腐食の様子

表3 塩酸[mol/L]での金属の腐食

| | | 塩酸の濃度 [mol/L] | | | | |
|-----|--|---------------|-----|-----|-----|-----|
| | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 6.0 |
| 1日目 | | × | △ | △ | ○ | ○ |
| 3日目 | | × | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 7日目 | | × | ○ | ○ | ○ | ○ |

表4・図3において、濃度が大きく、2.0mol/L以上の塩酸ではステンレス板が腐食し、濃度が大きいほど、腐食するまでの時間が早くなることがわかった。

表4 溶液+鉄釘でのステンレス板の腐食

| | | 溶液+鉄釘 | | | |
|-----|--|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| | | 塩酸 6.0mol/L | 硫酸 6.0mol/L | 酢酸 6.0mol/L | アンモニア 6.0mol/L |
| 1日目 | | × | × | × | × |
| 3日目 | | × | × | × | × |
| 7日目 | | × | × | × | × |

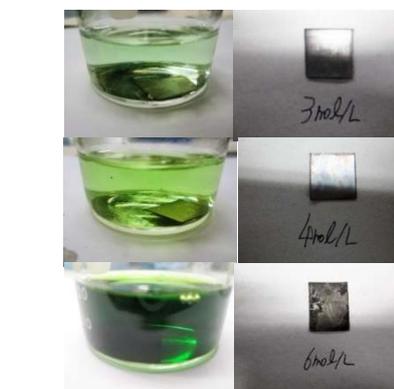


図2 7日後の各濃度における腐食の様子



図3 7日後の塩酸+鉄釘の溶液の様子

表2において、塩酸の溶液以外でステンレス板の腐食が見られなかったので、表3のような溶液に表面をやすりで削った鉄釘を入れて、ステンレス板にもらい錆びが起こるか実験をおこなった。表2の塩酸の6.0mol/Lでは、ステンレス板の腐食反応が起こったが、鉄釘を入れた場合、鉄釘では腐食が起こり、ステンレス板では腐食は起こらなかった。図2のように塩酸はステンレス板より電子が放出されやすく酸化されやすい鉄釘と反応し、また、表面を削ったので、主に鉄釘から生じた錆の赤褐色となった。

表5 レモン汁+日光でのステンレス板の様子

| | 釘あり | 釘なし |
|--------------|------|------|
| ステンレス板 | もらい錆 | 変化なし |
| ステンレス板 キズ | もらい錆 | 変化なし |



図4 10日後のレモン汁+日光でのステンレス板の様子

表5・図4のように、釘なしでステンレス板をレモン汁につけると、ステンレス板自体に変化はなかったが、レモン汁の粘り気が強くなった。だが、釘ありでステンレス板をレモン汁につける

と、ステンレス板にもらい錆が生じ、黒い粉末が発生した。この黒い粉末の正体を探るために、次のような実験を行った。

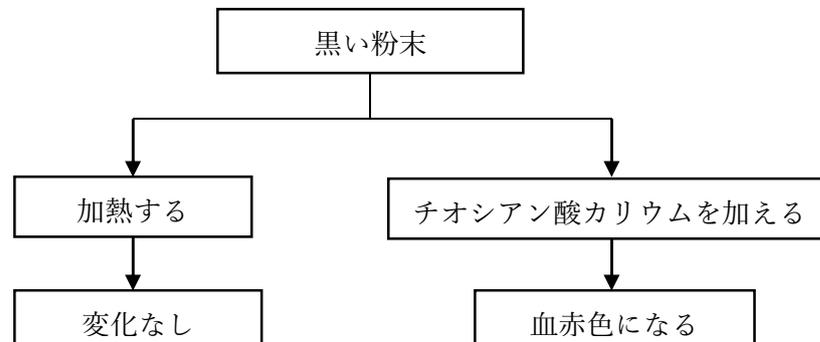


図5 黒い粉末の分析系統図

図5・6のように、黒い粉末を加熱すると、何も変化がなかったことから、黒い粉末に炭素が含まれないことがわかった。だが、チオシアン酸カリウム水溶液を加えると、溶液の色が血赤色に変わったことから、黒い粉末には鉄が含まれていることがわかった。このことから、ステンレスに釘を接触させ、レモン汁につけて日光に当てると、釘もステンレスも錆び、黒色の酸化鉄が生じたことがわかった。



図6 黒い粉末の分析

5. まとめと今後の課題

ステンレスは、表面に不動態皮膜があり、身の回りの溶液や酸や塩基の溶液では腐食が起こらなかった。しかし、濃度の大きい2.0mol/L以上の塩酸では塩化物イオンによって不動態皮膜を破り、そのまま腐食が進行した。もらい錆びについては、ステンレス板の表面に錆びがついたが、削ると錆がとれ、ステンレス板自体は錆びていなかった。ステンレス板以外でもアルミニウムや真鍮製の製品でも同様の条件で腐食させる液体やその濃度や時間について調べていきたい。

6. 参考文献

1. ステンレスの耐食性と腐食現象について—ステンレス協会

<https://www.susjis.info/faq/taishoku.html>

2. 条件によってはすぐ錆びる!？ステンレス容器が錆びる原因と対策 | 日東金属工業株式会社

http://www.trc-center.imr.tohoku.ac.jp/_userdata/mono56_2.pdf