

二相ステンレス鋼の実浄水場における耐オゾン性調査（中間報告）

Evaluation of Corrosion Resistance of Duplex Stainless Steel in Ozonation Process of Actual Water Purification Plant (Interim Report)

山根 久和*、○廣辻 淳二**

*：阪神水道企業団、**：日本オゾン協会

論文要旨

実浄水場のオゾン接触槽において、二相ステンレス鋼、従来のステンレス鋼の試験片を約17ヶ月に亘って暴露し、耐オゾン性を調べた。試験片の表面分析の結果、オゾン接触槽の気相部及び液相の全ての暴露試験片において、自由面、すきま部、また母材部、溶接部ともに腐食の発生は認められなかった。これらのことから、17ヶ月暴露の時点において、二相ステンレス鋼は排オゾン及び液中の溶存オゾンに対して、良好な耐オゾン性を有すると判断できた。

The corrosion resistance of 4 kinds of duplex stainless steel has been examined for 17 months at an actual ozone contactor in water purification plant. No corrosion was observed at all samples included SUS304 and SUS316L. The results suggest their applicability to the actual water purification plant.

キーワード：二相ステンレス鋼、耐オゾン性、浄水処理

1. はじめに

オゾンは酸化力が強いため、オゾンに接する部分には耐オゾン性材料を使用しなければならず、浄水場のオゾン処理設備ではオーステナイト系ステンレス鋼のSUS304やSUS316Lが使用される。

二相ステンレス鋼はオーステナイト組織とフェライト組織からなり、オーステナイト系ステンレス鋼と比較して、(1)高強度(約2倍)、(2)高耐食性、(3)省資源と良好な価格安定性（ニッケル含有量が少ない）という特長がある。

このため、オゾン処理設備への適用が期待されるが、広く普及させるためには実施設での評価実証試験が不可欠と考え、実施設での長期間暴露評価試験を実施した。なお暴露評価試験は現在も継続しており、本報告では17ヶ月間の暴露後に回収した試験片の評価結果を報告する。

2. 方法

2.1 試験場所：

阪神水道企業団 尼崎浄水場の下方注入式オゾン接触槽 No.3 の気相部及び液相部において試験片を暴露した（図1）。

2.2 暴露期間：

2019年3月～2020年8月の約17ヶ月間。

2.3 暴露条件：

浄水場の通常の運転条件下で暴露した。

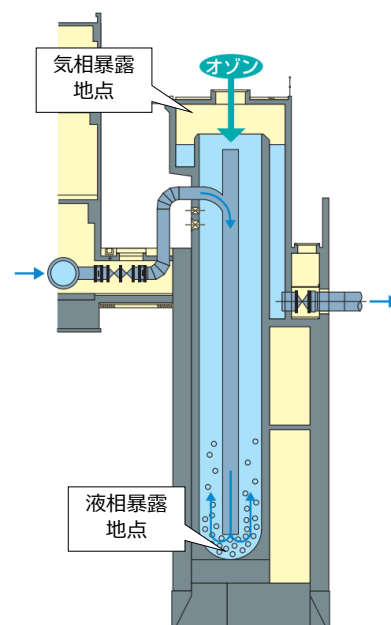


図1 試験片の暴露地点

2.4 試験材料：

二相ステンレス鋼については、SUS821L1、SUS323L、SUS329J1 及び SUS329J3L の 4 種を、また比較評価のため、従来鋼である SUS304、SUS316L の 2 種を供試した。供試材の主要成分を表 1 に示す。

2.5 試験片の作成及び取り付け：

図 2 に示すように、各供試材料について□50mmと□20mmの試験片を作成し、これらを重ねてボルトで暴露板に固定し供試した。オゾン接触槽の気相部の暴露板は接触槽上部の点検口内のステップに、液相部の暴露板は接触槽最低部の内管（下降流管）を支える脚に取り付けた。

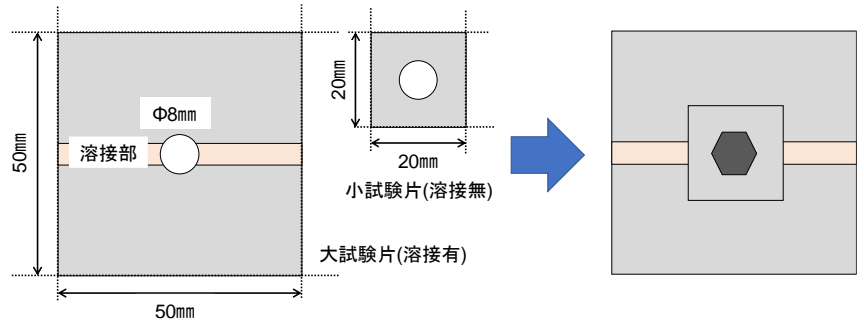


図 2 試験片の形状

表 1 供試材主要成分

| 鋼種 | 主要成分(mass%) |
|-----------|--------------------|
| SUS821L1 | 21Cr-2Ni-Cu-0.17N |
| SUS323L | 23Cr-4Ni-0.15N |
| SUS329J1 | 23Cr-5Ni-1Mo-0.16N |
| SUS329J3L | 22Cr-5Ni-3Mo-0.15N |
| SUS304 | 18Cr-8Ni |
| SUS316L | 18Cr-12Ni-2Mo |

3. 試験結果

3.1 試験環境（排オゾン濃度、溶存オゾン濃度、水質）

(1) 排オゾン濃度、溶存オゾン濃度

暴露期間中の排オゾン濃度及び溶存オゾン濃度の推移を図 3 に示す。排オゾン濃度は約 2g/m^3 で推移し、溶存オゾン濃度は 0.25mg/L に維持されていた。

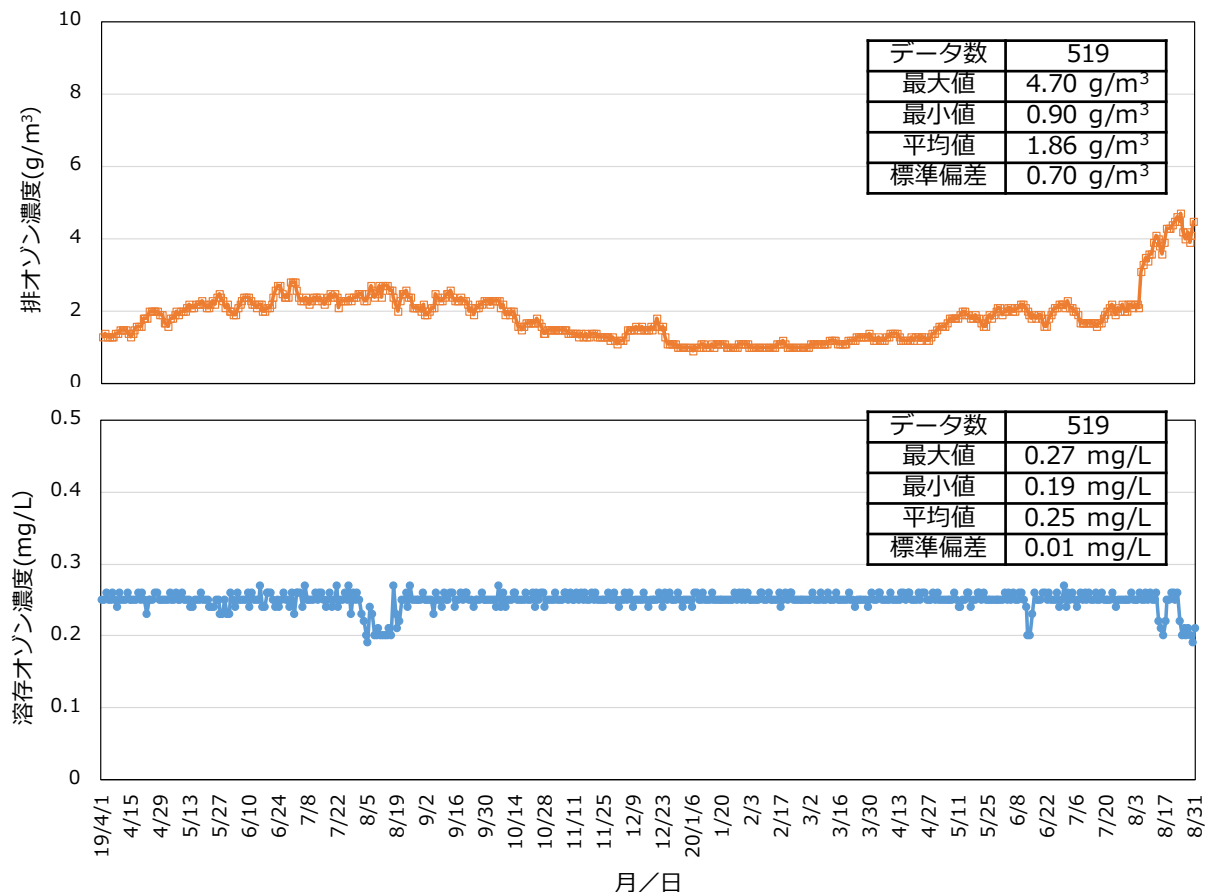


図 3 排オゾン濃度及び溶存オゾン濃度の時系列（2019年4月1日~2020年8月31日）

(2)水質

暴露期間中の水温、pH、TOC、塩化物濃度の最大値、最小値、平均値等を表2に示す。これらより、暴露期間中のオゾン環境、水質環境は、浄水処理における一般的な環境であったと判断できる。

表2 各水質項目の最大値、最小値、平均値等 (2019年4月1日~2020年8月31日)

| 項目 | 原水水温 (°C) | 接触槽流出水 pH (-) | 接触槽 TOC(mg/L) | 塩化物濃度 (mg/L) |
|------|-----------|---------------|---------------|--------------|
| データ数 | 519 | 67 | 67 | 17 |
| 最大値 | 31.3 | 7.20 | 1.8 | 17.0 |
| 最小値 | 8.4 | 6.80 | 0.8 | 7.3 |
| 平均値 | 19.6 | 7.08 | 1.2 | 13.6 |
| 標準偏差 | 6.61 | 0.10 | 0.2 | 2.58 |

3.2 試験片の分析結果

(1) 外観観察及び腐食減量測定

17ヶ月間の暴露後にオゾン接触槽から取り出した暴露板を写真1に示す。気相部暴露板の灰色のシミのようになっている箇所は、気相部の水蒸気が凝縮した後である。つぎに、取り出した暴露試験片を、水洗後30%硝酸に浸漬して付着物を除去した。

写真2に水洗後及び付着物除去後の気相部暴露試験片を示す。写真に示すように、水洗後の暴露試験片において、いずれの鋼種も、自由面、すきま部ともに全体的に変色が認められた。また付着物除去後は、いずれの鋼種も、すきま部に僅かな変色が残っているものの全体的に金属光沢が観察された。なお、湿潤オゾンガス環境におけるステンレス鋼の変色については、表面皮膜の厚膜化による変色が報告されている²⁾。また、腐食による減量はなかった。

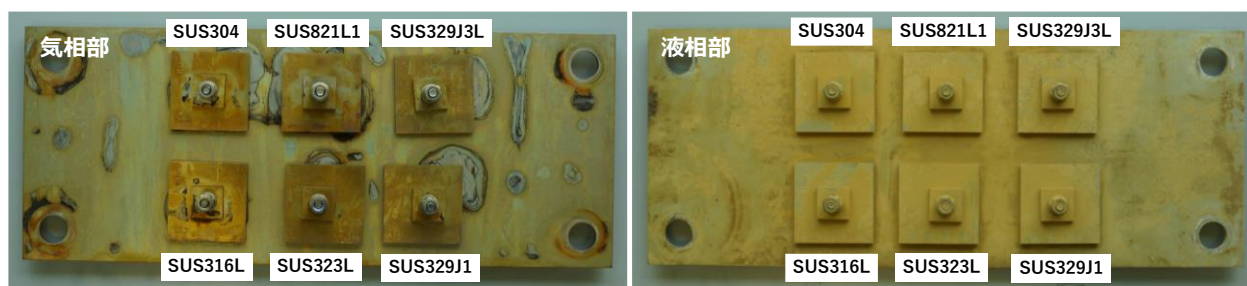


写真1 オゾン接触槽気相部及び液相部の暴露板 (取り出したまま)

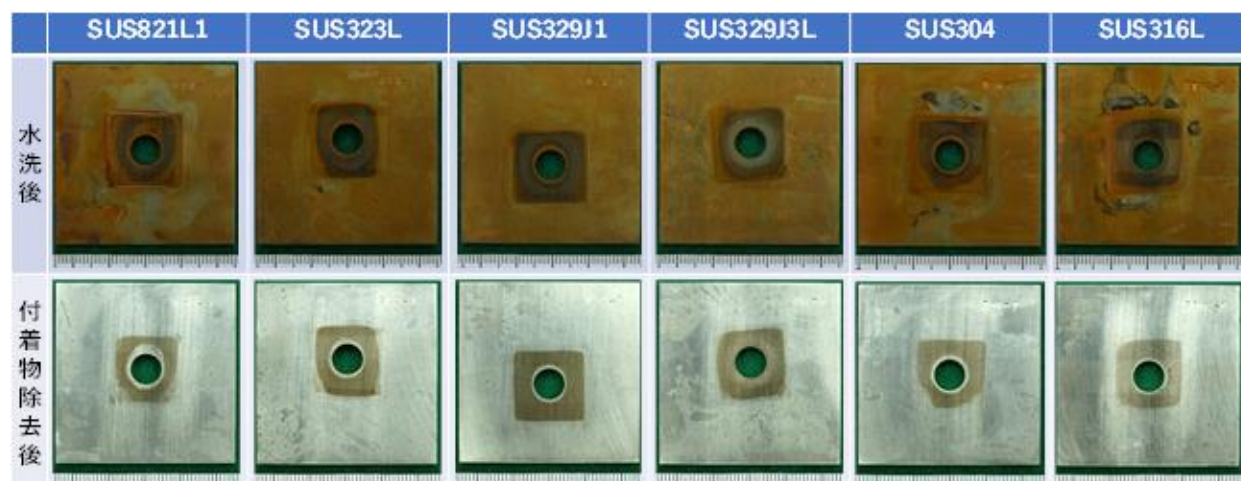


写真2 水洗後及び付着物除去後の気相部暴露試験片 (左4鋼種: 二相ステンレス鋼)

つぎに、写真3に水洗後及び付着物除去後の液相部暴露試験片を示す。写真に示すように、いずれの鋼種も金属光沢を有し、減量も無く、腐食は観察されなかった。

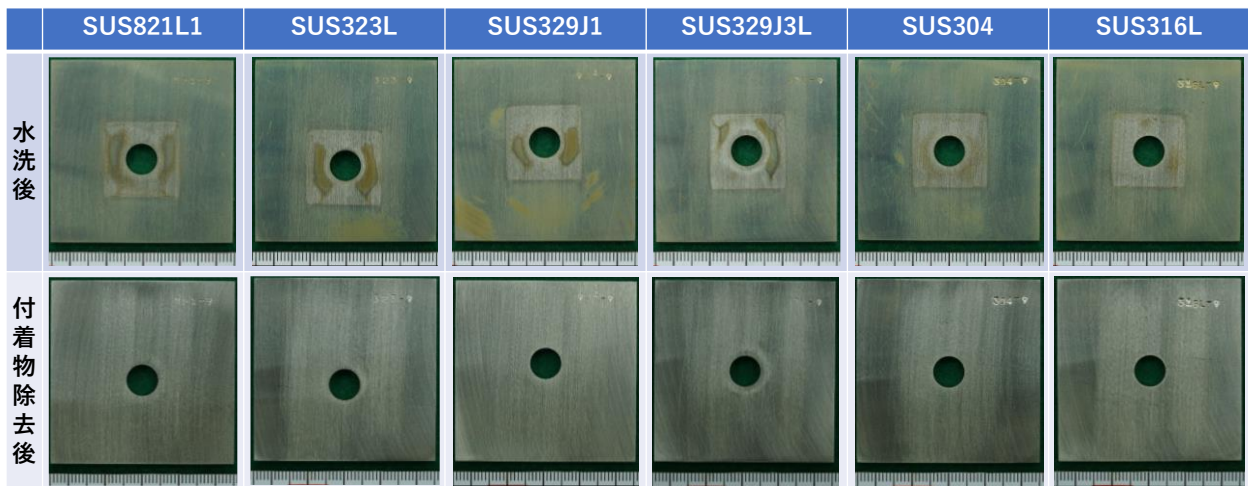


写真3 水洗後及び付着物除去後の液相部暴露試験片（左4鋼種：二相ステンレス鋼）

(2)表面観察

表面観察結果の一例を写真4に示す。オゾン接触槽気相部の暴露試験片について、マイクロSCOPE(100倍以上)で表面観察を行った。その結果、全ての鋼種において、変色した隙間部の表面に腐食は観察されなかった。

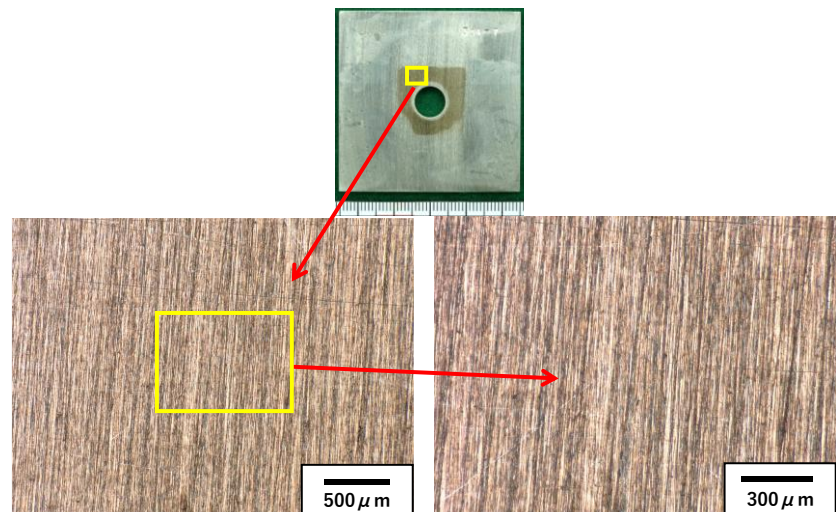


写真4 オゾン接触槽気相部の暴露試験片の表面観察結果例(SUS304)

4. まとめ

本稿では、実浄水場のオゾン接触槽において、二相ステンレス鋼、従来のステンレス鋼を約17ヶ月に亘り暴露し、耐オゾン性を外観観察、腐食減量測定、表面観察により調査した。

(1)暴露期間中の暴露環境については、オゾン関連の暴露環境は排オゾン濃度が約 $2\text{g}/\text{m}^3$ 、溶存オゾン濃度が $0.25\text{mg}/\text{L}$ であった。また、水質は浄水処理における一般的なものであった。

(2)オゾン接触槽気相部の排オゾンガスに暴露した試験片は、全てのステンレス鋼において自由面、すきま部、また母材部、溶接部において変色が生じていたが、減量は無く、腐食は認められなかった。

(3)オゾン接触槽液相部の溶存オゾンに暴露した試験片は、全てのステンレス鋼において自由面、すきま部、また母材部、溶接部ともに、金属光沢を有し、減量も無く、腐食は認められなかった。

これらのことより、暴露期間17ヶ月の時点において、二相ステンレス鋼のSUS821L1、SUS323L、SUS329J1及びSUS329J3Lは、湿潤オゾン、溶存オゾンに対し、良好な耐食性であると判断できた。暴露実験は現在も継続しており、来年夏以降に残りの試験片を回収、分析して、最終評価を行う計画である。

これらより、暴露期間17ヶ月の時点において、二相ステンレス鋼のSUS821L1、SUS323L、SUS329J1及びSUS329J3Lは、湿潤オゾン、溶存オゾンに対し、良好な耐食性であると判断できた。暴露実験は現在も継続しており、来年夏以降に残りの試験片を回収、分析して、最終評価を行う計画である。

謝辞：暴露材料の製作、分析などで日鉄ステンレス(株)の支援を頂いた。ここに謝意を表します。

参考文献 1) JIS B 9946:2019. 2) 吉見ら：第24回日本オゾン協会年次研究講演会講演集, 119(2015)。