

V-325

農業用水鋼管ステンレス鋼の微生物腐食

栗本鐵工所 住吉工場 正員 ○ 廖 金孫, 亀谷博仁, 岡田 斎

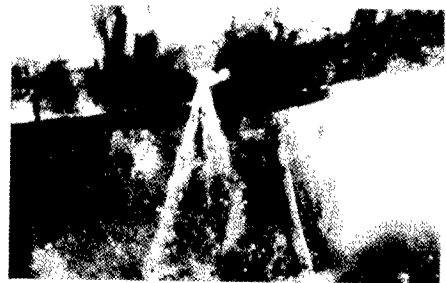
1. はじめに 微生物腐食は、微生物の活発な活動による直接又は間接的な影響により誘起されたもので、その腐食事例は、過去の20年間、欧米を中心に、石油化学工業、ガス工業、原子力発電プラント及びコンクリート構造物に対して報告されてきたが、最近、日本においても、工業・農業用水鋼管や水門などの鋼構造物において発生し、構造物にダメージを与えたケースも出てきた。しかしながら、微生物腐食の事例や研究報告はまだ少なく、ステンレス鋼等の金属材料における微生物腐食の発生原因や発生機構には不明な点が多く、微生物腐食の挙動はまだ十分理解されていない。

本研究では、農業用水鋼管の内面に内張した SUS304 ステンレス鋼の母材及び溶接部に発生した腐食に対して、腐食の発生原因を調査し、実験室における腐食現象の再現を試みた。

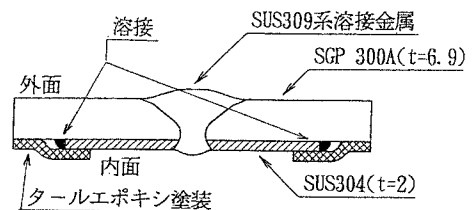
2. 腐食事例 腐食が発生した鋼管は農業用水用鋼管であり、導水されてから約7年後漏水が発生した。漏水部位は、図1に示すように、主に溶接部及びその近傍であった。この鋼管は、板厚6.9mmのSGP300A（配管用炭素鋼管）で製作され、管内面はタールエポキシ樹脂により防食塗装が行われている。現地溶接部は、溶接終了後管内面が塗装できないため、工場でTIG溶接法を用いて、幅片側80mmの厚さ2mmのSUS304鋼管をSGP管内面にライニングした。現地溶接は、被覆アーク溶接法で行った。溶接材料は、希釈を考慮してSUS309系の溶接棒であった。

3. 腐食原因調査 漏水が発見された溶接ビードを中心として、約600mm幅の鋼管を採取し、漏水部近傍の管外観及び溶接ビード断面マクロ組織を詳細に観察した。漏水部に発生した腐食は、溶接ビード上2箇所の孔食以外に、ステンレス鋼母材にも1箇所の孔食が認められた。また、溶接部断面観察結果、若干の目違いは存在するものの、漏水原因となるような溶接欠陥はすべての観察面において認められず、溶込みも良好であった。鋼管内の農業用水の水質は、表1に示すように、塩素イオン(Cl^-)が13ppm程度で、孔食や隙間腐食等を起こすレベルより遥かに低い。pH値は約7.7で、腐食性を持つ水ではなかった。以上のことから、鋼管の漏水事故は溶接欠陥または鋼管中の水質によるものではないことが判明できた。

一方、腐食孔先端部の化学組成をEDXで分析した結果、鋼管水中に26ppm程度の SO_4^{2-} イオン及び極少量の S^{2-} イオ



(a) 鋼管漏水部



(b) 現地溶接部継手形状

図1 漏水部の状況

ンしか存在していないにも関わらず、腐食孔先端部には、比較的多くのSが検出された。

また、腐食部の形態は、図2(a)に示すように、

表1 鋼管中水質分析結果

計量項目	鋼管内の水	大阪市水道水
塩素イオン(Cl^-) (ppm)	13	23
硫酸イオン(SO_4^{2-}) (ppm)	26	24
リン酸イオン(PO_4^{3-}) (ppm)	<0.1	<0.1
硫化物イオン(S^{2-}) (ppm)	<0.2	<0.2
pH	7.7	7.3

キーワード：微生物腐食、ステンレス鋼、溶接部、硫酸塩還元菌、浸漬試験

連絡先：〒559-0021 大阪市住之江区柴谷2丁目8-45、電話 06-6686-3233、FAX 06-6686-5542

SUS304 鋼表面の孔の直径が小さく、約 0.5mm であるが、内部の直径が約 2mm 程度に拡大している。すなわち、腐食部形態は、入口と出口が狭く、内部が広く、いわゆる壺状模様であった。高倍率で観察したステンレス鋼溶接金属部の腐食部形態は、図 2 (b)に示すように、スケルトン状であった。このスケルトン部の化学組成は、SUS304 ステンレス鋼母材に比べ、Ni が少なく、Cr が濃化されている。すなわち、腐食で残されたスケルトン部は δ -フェライトであり、オーステナイトが優先的に腐食されたと考えられる。

上述の腐食部の化学組成及び形態は、硫酸塩還元菌が関与した腐食現象の特徴と一致する¹⁾³⁾。このため、漏水事故は硫酸塩還元菌による微生物腐食が関与した可能性が高いと推測できる。

4. 腐食再現試験結果 硫酸塩還元菌用培地、鉄細菌用培地及び標準寒天培地を用いて、現地で鋼管中の水から接種し、実験室のインキュベータ（恒温室）内において 30℃で培養し、微生物腐食に関わると言われている微生物の検出を行った。インキュベータにおける培養は、文献 3)に推薦された条件で行った。培養後の硫酸塩還元菌用培地が黒変したことから、鋼管水中に硫酸塩還元菌が存在したことが確認できた。

現地鋼管から採取した約 200ml の水と 7 日間培養後の硫酸塩還元菌用培地から採取した 2ml 培養液との混合液を浸漬液とし、これを浸漬用試験片と一緒に滅菌した三角フラスコに入れ、嫌気性環境において 30℃で浸漬試験を行った。また、これと比較するために、上記の浸漬液を 120℃で 20min 滅菌したものに試験片を入れ、上記と同様な浸漬条件で浸漬試験を行った。浸漬用試験片は、TIG 溶接でなめ付け溶接を行った板厚 3mm の SUS304 鋼板から溶接ビードを中心として幅 20mm、長さ 10mm の寸法に切断し、600 番まで湿式研磨したものとした。嫌気性環境は、窒素ガスにて三角フラスコ中の酸素を排出することによって得た。また、浸漬期間は 40 日としたが、20 日経過後浸漬液を半分入替えた。

40 日浸漬した試験片表面状況は、図 3 に示すように、滅菌した場合には試験片表面に腐食が認められなかったが、滅菌しなかった場合は、試験片表面に直径約 30 μ m の孔食が数箇所認められた。

5. 結 言 本研究で行った腐食調査及び再現試験結果より、今回発生した SUS304 鋼の腐食事故には硫酸塩還元菌が関与した可能性が高いと判明した。実際、鋼管上流において、硫酸塩還元菌が著しく繁殖し、硫化水素が発生した現象も確認されている。この事実からも、鋼管中において硫酸塩還元菌が繁殖し、鋼管を腐食させることが十分可能であると考えられる。

<<参考文献>> 1) 佐々木：MIC（微生物腐食）の事例、第 114 回腐食防食シンポジウム資料（1997 年 10 月）、p1-8。 2) 梶山：タイプ 316 ステンレス鋼の腐食に及ぼす硫酸塩還元菌の役割、材料と環境、46（1997）、p326-331。 3) 社団法人日本機械工業連合会等：平成 6 年度金属の生物腐食及び微生物腐食の防止技術の調査研究報告書。

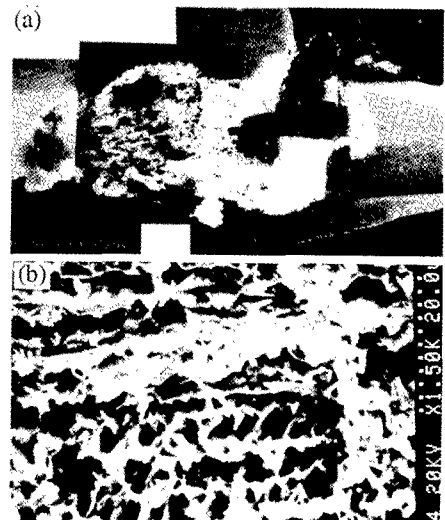


図 2 腐食部断面の SEM 観察結果
((a) 腐食孔断面、(b) 溶接金属部形態)

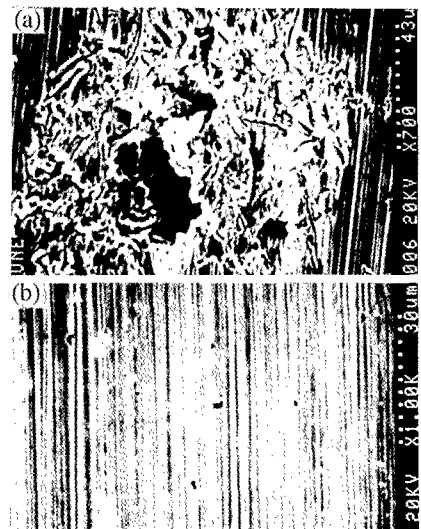


図 3 実験室浸漬試験後の試験片表面状況
((a) 滅菌なし、(b)滅菌あり)