

PS - 15 オゾンを用いた鋼製プレート式熱交換器の防食実験（第2報）

環境・動力系 *小島隆志、構造基盤技術系 伊飼通明、
 (株)栗本鐵工所 廖金孫、森陽一

1. はじめに

バラスト水処理装置開発研究⁽¹⁾の中でオゾン注入海水に鋼材を浸漬した場合、オゾンに鋼材防食効果が認められ、この防食効果を利用した船用鋼製プレート式熱交換器を開発すべく種々の実験を行った⁽²⁾⁽³⁾。本研究では、オゾンによる防食効果が最も高いと考えられる2.0ppm～3.0ppmのオゾン濃度の範囲で鋼材防食実験を行い、錆の発生とオゾン濃度の関係を求めた。

2. オゾン濃度と錆の発生の関係

実験は、熱交換器(日阪製作所製、RX-00、配管口径20A)を用いてオゾンによる鋼材の防食実験を行った。プレートの材質はSS400である。実験は、アクリル板で鋼製プレートを挟んで熱交換器の状態を模擬し、下方より海水を通路して上方より排出し、防食実験を行った。



図1 試験片の質量低減率

海水は大阪湾の海水を用いた。流量は、配管入り口13Aにおいて約1.5L/minである。海水は室温とした循環条件で、オゾン濃度を一定になるように設定して実験を行った。その実験結果を図-2に示す。実験期間は、8日間から10日間とした。試験片の錆の発生面積とオゾン濃度の関係について図-3に示す。錆の発生がオゾン濃度で平均2.0ppmから2.7ppmの範囲で錆の発生が抑えられた。図-2では、平均オゾン濃度2.62ppmの場合、面積評価で約20%にまで錆の発生が抑えられた。同じオゾン濃度でも錆の発生が異なる場合があった。

そこで、錆の発生と実験中のオゾン維持濃度について調べた。その結果を図-4に示す。試験片の発錆面積比で20%まで錆の発生を抑えられた場合、その平均オゾン濃度は2.15ppmであり、46%までに及んだ場合は2.17ppmであった。図-5と図-6は、水槽内におけるそれぞれの場合の、オゾン濃度の経時変化である。オゾンはオゾン発生器(コフロック製、Z-2AH)より注入しているが、オゾン濃度を一定に維持するのが困難であり、オゾン濃度は半減期を考慮して3時間ごとにオゾンを

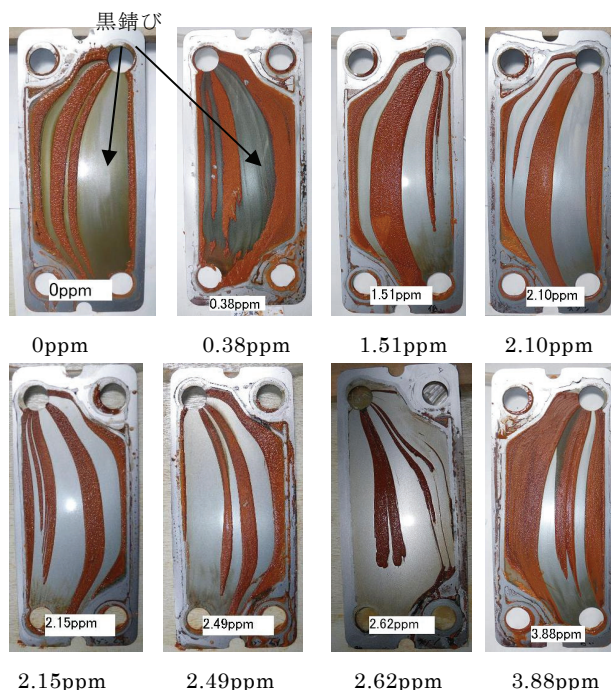


図-2 主要な錆の発生状態写真

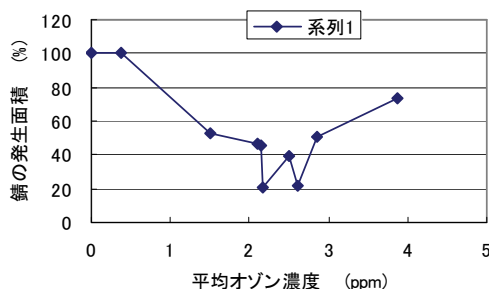
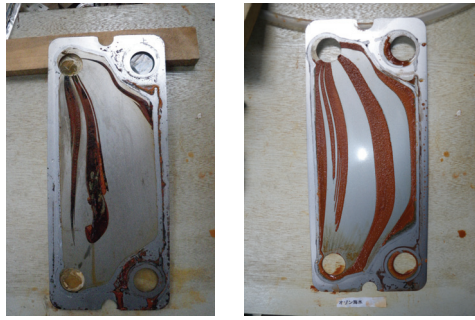


図-3 錆の発生とオゾン濃度の関係

数分注入する状態でオゾン濃度を維持しているが、室温等により、上昇、下降する場合がある。図-5と図-6を比較すると、錆の発生が多い図-6ではオゾン濃度が1.5ppm以下になる場合が観測されており、また、図-2のオゾン濃度2.62ppmの場合も発生面積が約20%であるが、2.49ppmでは40%以上である。これらを比較すると2.49ppmにおいてオゾン濃度が3.0ppm以上の値が数回観測されており、オゾン濃度が2.0ppm～2.7ppmの範囲を超えると錆の発生が増加する傾向にあることを本研究で見いだした。

3. プレート内の流れの影響

プレート内の流れが錆の発生に影響しているとも考えられ、整流板をプレート内に設けて錆の発生を観察した。整流板は図-7に示すように入り口側に3箇所設



試験片 A 2.17ppm 試験片 B 2.15ppm

図4 試験片の錆の発生比較

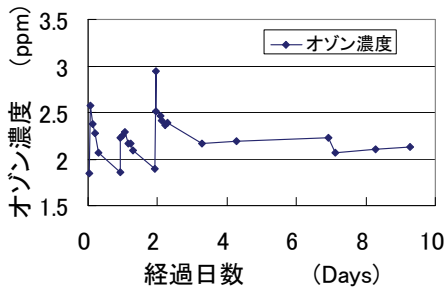


図-5 試験片 A のオゾン濃度維持状態

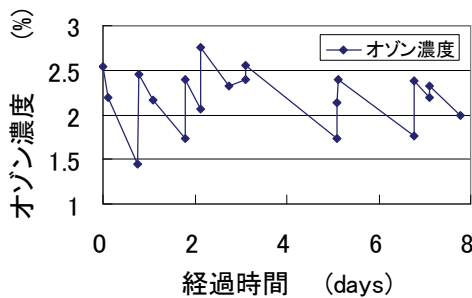


図-6 試験片 B のオゾン濃度維持状態

けた。図-7左は、入り口側に3箇所の整流板を設けた写真であり、中央と右の写真は実験結果である。右の写真は整流板無しの場合で左側に錆の発生が見られ、中央の写真ではプレート内の左側に錆の発生が見られなくなっている。ある程度の流速を強制的に流すと錆の発生は抑えられている。ただ、整流板の後方に淀みが発生し、その部分では錆が増加している。

4. 流れの解析

錆の発生と流れが関係あると考えられることから、プレート内の流れの状態を調べた。実験では、熱交換器では外側に鋼板を使用しているため外部から流れを観察できない。そこで、プレートをモデル化し、流体解析(Fluent)を行った。プレート幅は2mmとし、13Aの入り口流速を0.188m/sとした。図-8に流速分布の解析結果を示す。プレート中央部では、流速は0.11~0.15m/sの値であり、速度差は少ない。図-9は流線を



整流板3箇所 整流板有り錆無し 整流板無し錆有り
図-7 整流板による流れの比較

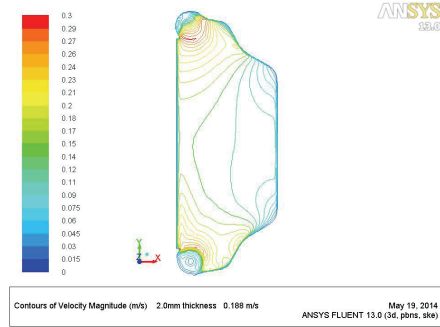


図-8 流速分布 (m/s)

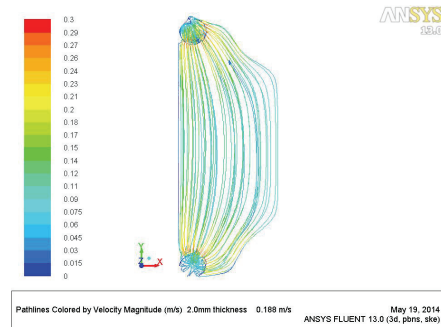


図-9 流線

示した図で、外側のゴムの形状からプレート内での渦の発生を予想したが、渦の発生や淀みは見られなかった。解析は、ゴムを圧縮して実験装置を組み立てるためゴム幅が変わることが予想される。このため、プレート幅1.5mm~4.0mm、流速は0.0188~1.88m/sの範囲で解析を行ったが、いずれも渦の発生や淀みは観察できなかった。

5. まとめ

試験片の発錆を面積割合で20%まで抑えることができた。流体解析の結果は、プレート内には渦の発生や淀みが無いことを示した。このことから、錆の発生を抑えるためには、オゾン濃度を2.0~2.7ppmの範囲に抑えることが必要である。

参考文献

- 1) 山根健次、伊飼通明、海技研総合報告、(2009. 8)
- 2) 伊飼通明、他、マリンエンジニアリング学会誌、45巻4号、(2010. 7)
- 3) 伊飼通明、他、海技研講演会、(2012.6)