

助成番号 0607

光ファイバ AE システムを用いた製塩装置の隙間腐食モニタリング法の開発と応用

長 秀雄, 竹本 幹男, 米津 明生, 松尾 卓摩

青山学院大学理工学部機械創造工学科

概要 製塩プラントでは、応力腐食割れ(SCC)や隙間腐食などが発生し、検査・補修経費が膨大な金額に及ぶこと、錆や脱落金属片が製品に混入するなどの大きな問題を抱えている。フランジの隙間腐食は、ガスケット/フランジ界面など外部流体の出入りの起こりにくい部分で発生し、開放時に初めて検出される面倒な損傷で、製塩プラントでは大きな問題となっている。そのため、運転中における隙間腐食の発生・成長を監視する方法の構築は大事な技術である。また、運転中における隙間腐食の進展のモニタリングが可能になれば、定期修理における代替部品の事前手配が可能になり、工期を大幅に短縮することが可能になるなど、製塩プラントのメンテナンス計画に貢献できると思われる。そこで本研究では、まずフランジ締結部でのすき間腐食の発生・進展と AE の関係について検討した。また、隙間部に直接挿入できる光ファイバセンサ(マイケルソン型光ファイバセンサ)を開発し、これを用いて実験室内において隙間腐食のモニタリングを試みた。その結果以下のような知見を得ることができた。

○スポット溶接によって作成した SUS304 鋼同士のすき間腐食に対する圧電 AE センサを用いた計測を行った。その結果、隙間腐食によって発生した腐食生成物(錆もしくは水酸化物)の破壊によって AE が放出され、放出された AE の発生頻度は腐食量を示すアノード電流量と強い相関があることがわかった。つまり、AE の発生頻度からすき間腐食の有無だけでなく腐食速度を推定できる可能性がある。この傾向はフランジ/ガスケット界面で生起するすき間腐食においても同じであることを確認し、複数個のセンサの到達時間差から求めた AE 発生位置はすき間腐食の付近に標定された。しかしながら、圧電型 AE センサでは、製塩工場内に無数に存在するフランジ締結部を連続的にモニタリングするには、多大な費用が必要になると思われる。

○フランジ/ガスケットすき間に挿入することができるマイケルソン型光ファイバ AE 計測システムの開発を行った。マイケルソン型では、センサ用ファイバおよび参照光用ファイバの片方の端面を反射面(鏡面)にする必要があることから、鏡面作成の方法を検討した。その結果、白金と金の多層膜を蒸着することで高い反射率と耐久性が得られることがわかった。センサファイバは感度と検査エリアを広げる目的でコイル状に 90 周巻いたものを作成し、SUS304/アクリルすき間(ボルトによる締付けトルク: 2 N・m および 4 N・m)内に挿入し、電位制御下においてすき間腐食の AE モニタリングおよびアノード電流の計測を行った。その結果、すき間に直接挿入した光ファイバ AE センサを用いて隙間腐食(錆破壊)の AE を高感度に検出でき、腐食進展の連続的なモニタリングが可能になる。

1. はじめに

製塩プラントでは、応力腐食割れ(SCC)や隙間腐食などが発生し、検査・補修経費が膨大な金額に及ぶこと、錆や脱落金属片が製品に混入するなどの大きな問題を抱えている。フランジの隙間腐食は、ガスケット/フランジ界面など外部流体の出入りの起こりにくい部分で発生し、開放時に初めて検出される面倒な損傷で、製塩プラントでは大きな問題となっている。このため耐隙間腐食性に優れた材料の選択や、運転中における隙間腐食の発生・成長を監

視する方法の構築は大事な技術である。電気化学ノイズ法¹⁾は、隙間腐食の萌芽を調べるには威力を発揮するが、進展を検出することには向いていないし、電極挿入などの付帯工事を必要とするなどの問題がある。一方、いままで申請者らは、錆が発生・成長する際の体積膨張によって錆が自壊し、AE(アコースティックエミッション)が放出されることを確認し、これを検出できれば腐食損傷の有無と損傷位置を標定できることを示した²⁾。さらに申請者らは光ファイバを AE センサとするシステムを構築した³⁾。光ファイバ

は柔軟・軽量かつ化学的にも安定であることから現場装置に負荷をかけることなく、長時間モニタリングを可能にする。つまり、このシステムを用いて、隙間腐食によって生成する硬い錆の破壊による超音波(AE)を検出できれば、フランジ部のすき間腐食の有無をモニタできる可能性を持っており、フランジ締結部に光ファイバセンサを半恒久的に設置でき、運転中における隙間腐食の進展のモニタリングが可能となると考えている。これによって定期修理における代替部品の事前手配が可能になり、工期を大幅に短縮することが可能になるとと思われる。そこで本研究では、まずフランジ締結部によるすき間腐食の発生・進展と AE の関係について検討した。また、隙間部に直接挿入できる光ファイバセンサ(マイケルソン型光ファイバセンサ)を開発し、これを用いて実験室内において隙間腐食のモニタリングを試みた。

2. すき間腐食と AE 発生頻度

最初に従来型 PZT 圧電素子 AE センサを用いて隙間腐食のモニタリングの可能性について検討した。図1に示すように、直径 150 mm の SUS304 鋼円盤の中央部に直径 25 mm の SUS304 鋼円盤をスポット溶接してすき間を構成し、3.5% NaCl 溶液中での隙間腐食におけるアノード電流と AE を電位を変化させながら計測した。電位は対極に白金、参照電極に銀/塩化銀電極を用いてポテンショスタットにより制御した。また、AE は直径 6 mm の小型センサを半径 40 mm の円周上に 2 個設置し計測した。

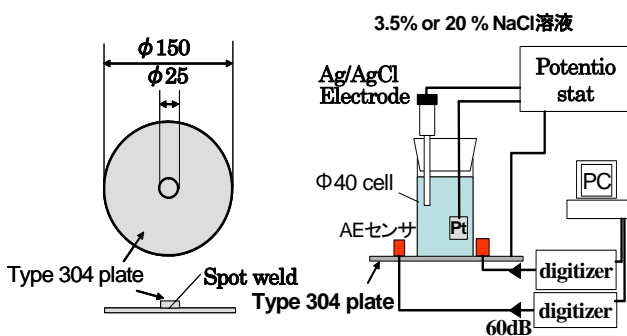


図1 AEを用いたすき間腐食のモニタリング

図2には各電位(上横軸)におけるアノード電流および AE 累積数の変化を示す。AE 発生数と電流密度は、電位が貴になるにつれて増加し、502 mV より貴になると両者とも指数関数的に増大している。試験後に隙間を開放して

観察したところ、溶接円盤外周近傍には錆をもつ隙間腐食が発生しており、錆には多くのき裂が観察された(図2中の写真)。

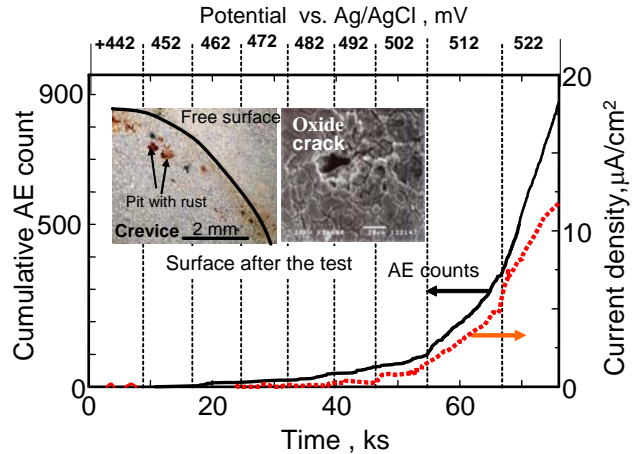


図2 電位掃引時のアノード電流密度と累積 AE 発生数の経時変化

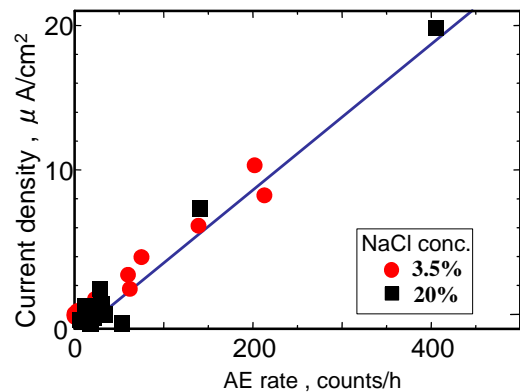


図3 アノード電流密度と AE 発生頻度の関係

図3には濃度 3.5%と 20% NaCl 溶液において同様な実験を行ったときのアノード電流密度と AE 発生頻度の関係を示す。AE 発生頻度は、NaCl 濃度に依らずアノード電流密度に比例して増加しており、AE 発生頻度から隙間腐食進展速度が推定できる可能性を示している。つぎに実際のフランジを用いて図4に示すような実験を行った。試験片には JIS 3K15A(外径 80 mm, 厚さ 5 mm)の SUS304 鋼のフランジを用い、ガスケットには隙間腐食を促進するためポリサルホンを用いた。また、締結を 5% NaCl 溶液中で行うことで、すき間にあらかじめ NaCl 溶液が浸透している。締付けは 4 本の M8 絶縁ボルトを用い、締め付けトルク 20 N・m になるようにした。また、ポテンショスタットを用いて電位を制御しながら測定を行った。対極には白金を、参

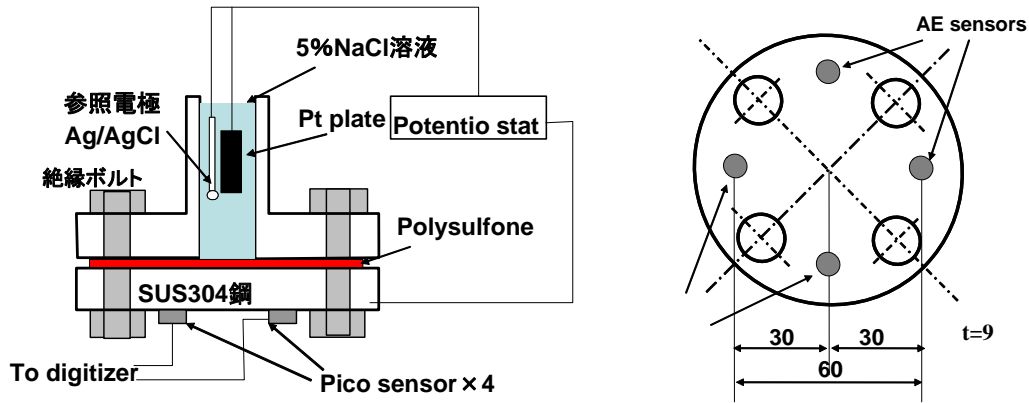


図4 フランジ/ガスケットすき間腐食に対する AE モニタリング試験
(左:実験装置の概略図, 右:フランジ形状とセンサ配置)

照電極には Ag/AgCl 電極を用いた。溶液には 5% NaCl 溶液を用いた。AE 計測は試験片となるブラインドフランジ (図中下側のフランジ) 中心から 30 mm の円周上に 90°ごとに 4 個の小型 AE センサ (共振周波数:200 kHz~400 kHz) を取付けて行った。センサ出力は 40 dB 増幅後、コンピュータに取り込み、その後の解析を行った。図5に試験中の電位・電流の変化および累積 AE 発生数を示す。アノード電流は電位を 50 mV にシフトし、しばらく後に急増した。そこで電位を -30 mV にシフトさせたところ、徐々に低下し、約 1 mA に収束した。その後、アノード電流が 1 mA 以下にならないように電位を適宜制御した。AE は、アノード電流が急増時に数多く検出され、その後アノード電流の低下とともに頻度も低下し、最終的には 31 個の AE が検出された。

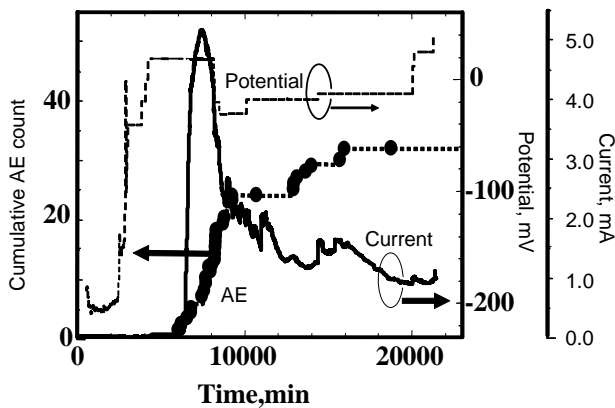


図5 電位・アノード電流の変化および累積 AE 発生数

さ方向を伝搬する縦波として検出されており、各センサの到達時間差と伝搬速度 (鋼の縦波速度 5,950 m/s) を用いて AE 源位置標定を行った。位置標定には振幅の比較的大きな (信号/ノイズ比の大きな) 信号のみ (10 個) を対象とした。

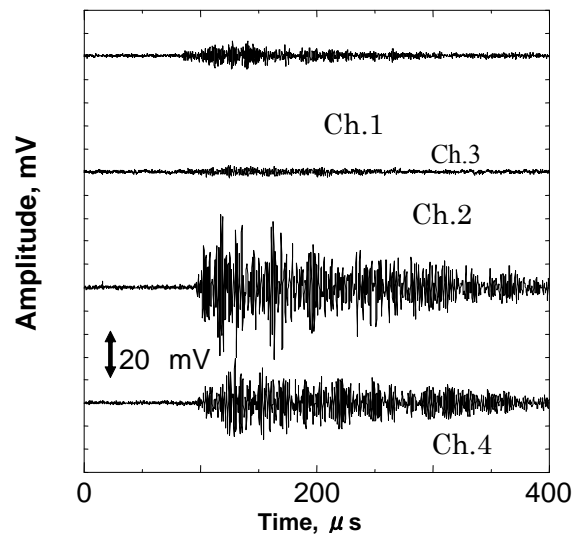


図6 代表的な検出 AE 波形

図7に推定した AE 源位置を試験後の試験片写真の上でオーバーラップして示した。すき間腐食は、フランジ/ガスケットすき間の入り口から 3 mm~4 mm の範囲まで発生していた。センサの囲まれた領域内に位置標定された AE は 10 個中 8 個であり、それらの AE 発生源はすき間腐食付近に標定され、実際のフランジ/ガスケット界面でのすき間腐食に対してモニタできることがわかった。試験後のす

図6に代表的な検出 AE 波形を示す。AE はフランジ厚

き間腐食部の深さプロファイル(図8)を測定したところ、入り口付近の腐食が最も激しく、最大で0.3 m以上の減肉が確認されており、入り口から離れるに従って減肉量を小さくしており、腐食幅は約5 mm~10 mm程度であった。

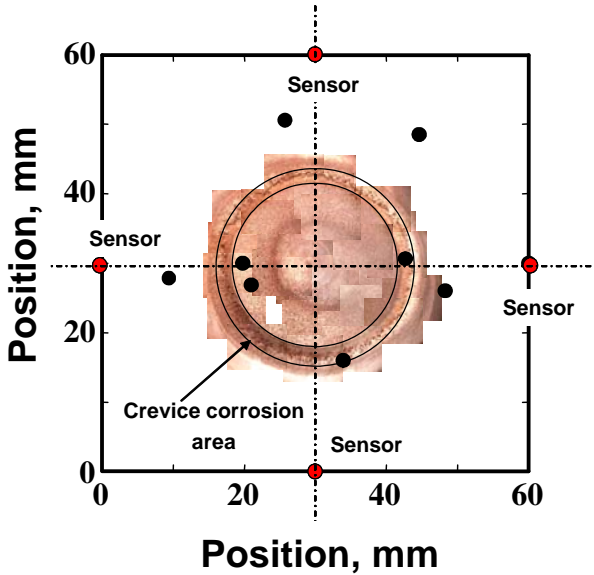


図7 AE位置標定結果および試験後の表面写真

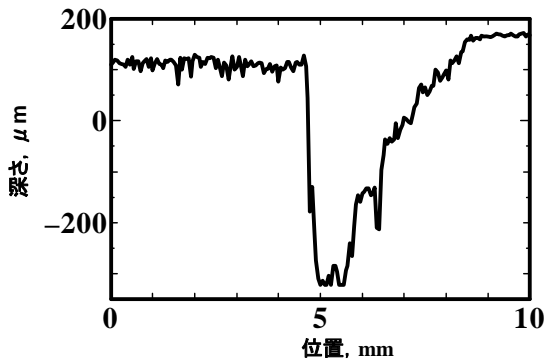


図8 すき間腐食部の深さプロファイル

3. 光ファイバ AE モニタリングシステム

3.1 マイケルソン干渉計型光ファイバ AE センサシステム

図9は開発した光ファイバセンサシステムであり、マイケルソン型干渉計を基本として構成されている。レーザダイオードから励起されたレーザ光は、サーキュレータを通り、1x2カプラによって参照光とセンサ光に分岐される。センサ光及び参照光は光ファイバ端面に蒸着した金属皮膜ミラーによって反射され、元の経路を戻り再び1x2カプラで結合され干渉光となる。参照光と振動の影響を受けたセンサ光との位相差によって起こる光の強弱(干渉)を二つのフォトダイオードで光電変換する。また、光電変換された干渉光強度は電気信号として補償回路内で信号処理され、一つは信号として、もう一つは干渉計の安定性を向上させるためのフィードバック信号として出力される。後者は参照光に取付けられた圧電アクチュエータに送信され、アクチュエータを駆動する信号として使われる。

図10に補償回路の概要を示した。1x2カプラで分岐された光の位相は同位相であるため、加算回路により信号増幅とノイズの低減ができ、S/N比の改善される。その後、20 kHzのハイパスフィルターを介し、一つは検出AE信号としてディジタイザーに送られる。もう一方は環境ノイズ成分である低周波数成分をローパスフィルタにより抽出し、積分回路を用いてフィードバック信号に適した信号に変換する。その後、フィードバック信号はアクチュエータドライバを介し参照光用ファイバに取付けられた圧電アクチュエータに送られる。参考光用ファイバは圧電アクチュエータとともに伸縮することで低周波ノイズを補償する。

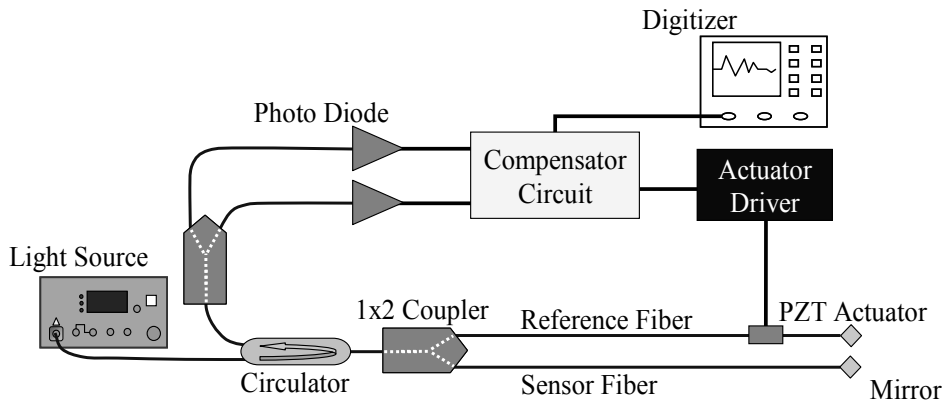


図9 開発したマイケルソン型光ファイバ AE モニタリングシステム

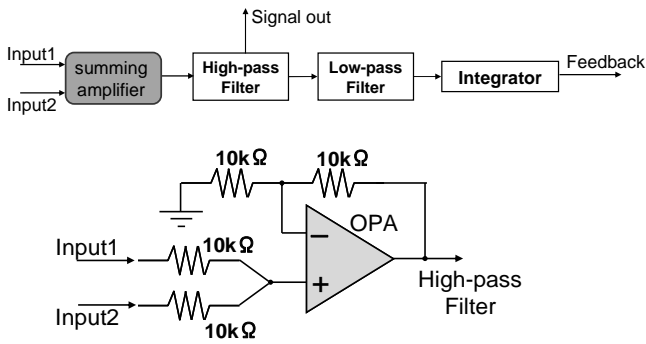


図10 試作した補償回路(上)と加算回路(下)

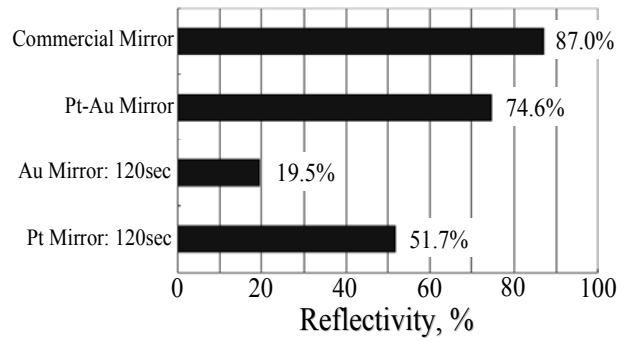


図11 光ファイバ端面に蒸着した各皮膜の光反射強度

3.2 金属蒸着型光ファイバミラー

マイケルソン型 AE システムの参照光及びセンサファイバの端部には光を反射させるミラーを取付ける必要がある。本研究では真空蒸着によってファイバ切断面に金属皮膜コーティングを施し、反射ミラーとした。一般に赤外域のミラーには Au ミラー(反射率 98% @1,000 nm)が用いられるが、Au は光ファイバの素材である石英との密着力が低い。そこで今回は Pt, Au のみ、及び Pt-Au 積層皮膜を真空蒸着法(蒸着時間:120 秒)を用いて堆積して、特性評価を行った。図11にそれぞれの皮膜での反射率測定結果(波長 1,300 nm)を示す。Au 皮膜ミラーの反射率は19.5%と低かった。一方、Pt 皮膜では 51.7%、Pt を下地に Au をコーティングした Pt-Au 皮膜では 74.6%であった。Au ミラーの反射率が低い原因としては図12に示すように、光ファイバ(石英)と Au 皮膜の付着力が弱いため、作業中に容易に皮膜が剥離してしまうことが原因と思われる。一方、Pt は Au よりも石英との付着性が高いため、下地に Pt を薄く蒸着することによって付着力が改善し、高い反射率が得られたと考えられる。そこで、今回は Pt-Au 皮膜をミラーとして用いた。

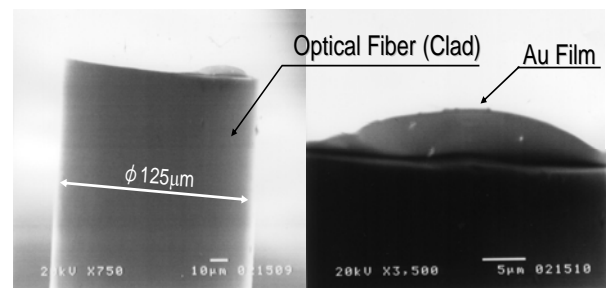


図12 金蒸着膜を施した光ファイバ端面の SEM 写真

4. 導電性光ファイバを用いた隙間腐食モニタリング

4.1 隙間腐食試験装置

光ファイバ AE システムを用いた隙間腐食の試験装置を図13に示す。試験片には SUS304 ステンレス鋼を用い、表面は湿式研磨(#600~#2000)した。図13に示すように、試験片・ろ紙(桐山製作所、桐山ルート用 汙紙 No.3:φ 60 mm)・光ファイバセンサを上下からアクリル板を用いて8のボルトで締付ける。この試験での隙間は、ろ紙と試験片の

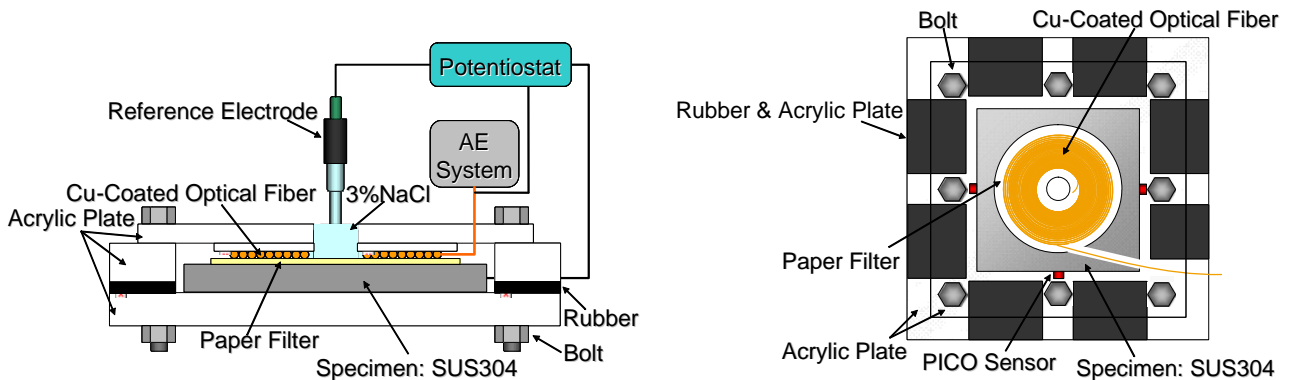


図13 マイケルソン型光ファイバ AE モニタリングシステムを用いた隙間腐食試験(左:側面図, 右:上面図)

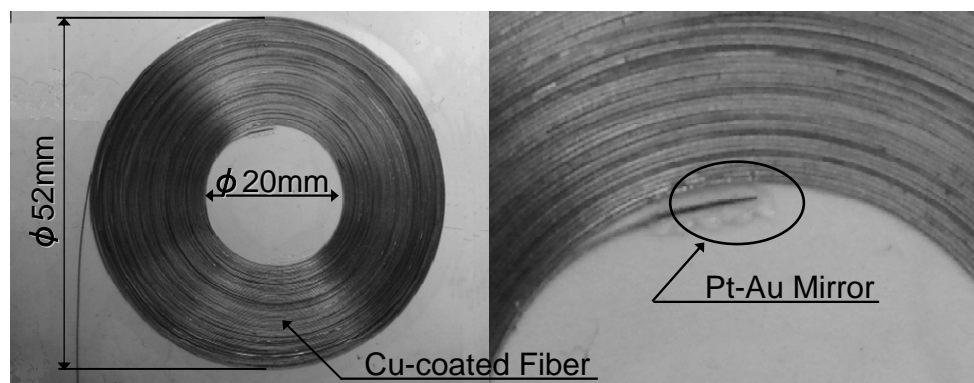


図14 センシング用コイル状光ファイバ(左)および端部の拡大図(右)

間に形成される。試験片の電位をポテンシオスタットで制御するため、作用極(試験片)、参照電極(Ag/AgCl 電極)、対極が必要となる。そのため、センサファイバに導電性のある Cu コーティッドファイバを用いて対極とした。つまり、導電性ファイバによって AE とアノード電流のモニタリングが同時に行う。また、ボルトの締付けによる上下のアクリル板のたわみを防ぐために土台/押え板間にゴム板とアクリル板を挟んだ。腐食液(3% NaCl 溶液)は上部のアクリル板に開けた孔(ϕ 10 mm)から供給し、ろ紙全面に浸透させた。また、参照電極は孔より腐食液内へ挿入した。

4.2 コイル状光ファイバセンサ

隙間腐食による錆破壊は拘束された狭い空間で発生するため、AE の振幅は小さいと予想される。微弱な AE を検出するには、錆が生成する近くにセンサを設置する必要がある。そこで今回は図14に示すように、Cu コーティッドファイバを同心円上に巻いたセンサを用いた。光ファイバセンサの感度は試験片との接触面積に依存することから、90周巻きとした。また、光ファイバの厚さは200 μ m と薄いためすき間部に直接挿入することができる。コイル状の光ファイバはろ紙上部に設置し、AE センサと電気化学計測における対極と二役をこなすことによって、隙間腐食における錆破壊の AE とアノード電流のモニタリングを行った。

4.3 隙間腐食ステップ分極試験中の AE モニタリング

試験は、自然浸漬電位で 15 分間保持した後 200 mV 貴な電位にシフトし、アノード電流の急増が確認できない場合は再度 200 mV 貴な方向に電位をシフトした。これをアノード電流の急増が確認できるまで繰り返した。アノード電流の増加が認められた場合はその電位で一定時間保持し、腐食を進展させた。また、ステンレス鋼の再不働態化によってアノード電流が減少した時は、再度電位を 100

mV ずつ貴な方向にシフトさせた。本試験で、AE 計測は隙間内に設置した光ファイバセンサで行ったが、従来型 AE センサとの比較のため、試験片の側面に圧電型センサ(PAC, Pico)を三つ取付けた。今回、ボルトの締付けトルクは 2 N \cdot m および 4 N \cdot m とした。最初に、締付けトルク 2 N \cdot m の場合の結果を示す。なお、この締付けトルクは、被締結材にアクリルを用いたため、通常フランジにおける締結トルクよりかなり低い。

4.4 実験結果と考察

図15に腐食電位、アノード電流、光ファイバと圧電型 AE センサで検出された累積 AE カウント数を示す。自然浸漬電位である -190 mV から段階的に電位を貴方向にシフトさせ、+410 mV に達した時にアノード電流の急増が確認された。つまり、腐食によりステンレス鋼表面の不動態皮膜が破壊したことを示している。しかし、この段階では圧電型センサ、光ファイバセンサ共に AE は検出しておらず、その 4,952 s(電気量 2,696 C)後から AE が検出された。すき間腐食では錆が生成した後、隙間上面まで生長し、上面からの拘束(力)を受けることによって破壊されると考えられる。すなわち、この遅れ時間はさび高さがすき間間隔と同じになるまでの時間を示している。また、電位を +510 mV に上昇させたのち、再びアノード電流の急増と共に AE も急激に発生していた。これは、隙間内で錆が飽和状態になっており、わずかな錆生成により以前に生成した錆が破壊したためと思われる。つまり、拘束された隙間のような環境において一度 AE が発生した後は、腐食量(電気量)に比例して AE は発生すると考えられ、AE 発生頻度から腐食速度を推定できる可能性を示している。また、この AE とアノード電流の傾向は +610 mV に電位を設定した時にも観察された。最終的に、圧電センサで検出した AE は 487 個であったのに対し、光ファイバセンサは 133

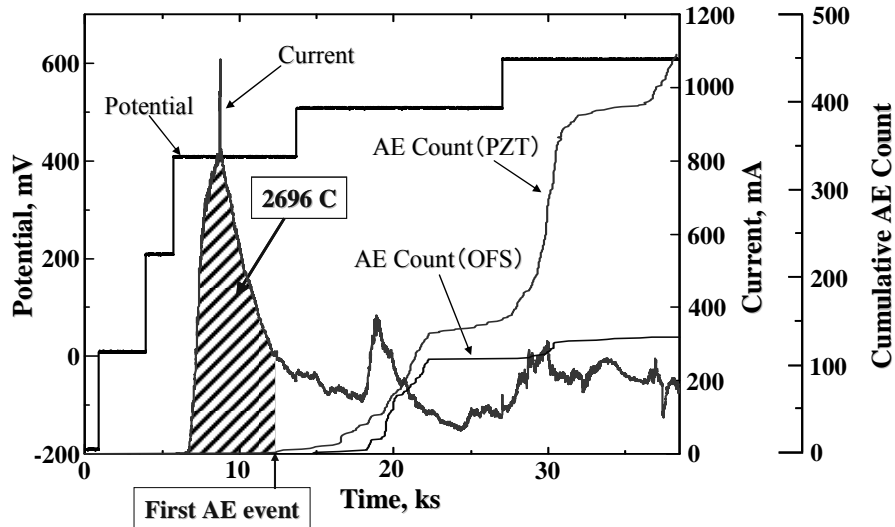


図15 電位およびカソード電流の変化および光ファイバ AE および圧電型 AE システムでの累積 AE カウント数 (締付けトルク: 2 Nm)

個と試験片側面に取付けた圧電型センサよりも少ない。また、試験開始 26 ks 以降に PZT センサでは AE の急増が観察されたが、光ファイバセンサではほとんど検出しなかった。実験終了後、蒸着ミラーの反射率を測定したところ、センサファイバの反射率は大きく低下しており、センサとして機能していないことがわかった。これは、今回ミラー部を木工用ボンドで保護したが、保護部が何らかの原因(多分溶液に浸り、軟化した)により、蒸着ミラー部が汚染されもしくは剥がれ、光ファイバセンサの検出感度が著しく低下したためであると思われる。

5. 締付け圧による隙間腐食 AE 発生傾向

5.1 実験方法

次に、締付けトルクによる隙間腐食と AE 発生傾向の関係を調べた。実験は図13に示した隙間腐食試験装置を用いて、ボルトの締付けトルクを $4 \text{ N}\cdot\text{m}$ として行った。試験片は前試験と同様、SUS304 鋼 ($70 \text{ mm} \times 70 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$) を使用した。試験片電位を自然浸漬電位から 50 mV 貴にシフトし、30 分以内にアノード電流の増加が認められない場合は再度 50 mV 貴な電位にシフトした。アノード電流の急増が確認された場合はその電位で一定時間保持し、腐食を進展させた。また、センサファイバのミラー部はエポキシ系樹脂により強固に保護した。

5.2 実験結果と考察

図16に示すように、試験片電位を自然浸漬電位から 50 mV ずつ貴方向にシフトさせ、 $+460 \text{ mV}$ に達した時にアノ

ード電流の急増が確認された。ボルトの締付けトルクを大きくしたため、隙間間隔は狭くなり、錆の生成から錆破壊までの時間、つまり AE 発生までの時間は短くなると予想される。しかしながら、アノード電流の急増から AE が検出されるまでの時間差は $5,316 \text{ s}$ であり、ボルトの締付けトルク $2 \text{ N}\cdot\text{m}$ の場合よりも 364 s 遅い。これは、電位のステップアップ間隔を 2 Nm の場合よりも小さくしたためであり、隙間腐食の潜伏時間が長くなったためであると思われる。そこで、直接的に腐食量を示す腐食電気量による比較を行った。実験開始から始めて AE が検出されるまでに要した腐食電気量は、締付けトルク $2 \text{ N}\cdot\text{m}$ の時は $2,696$ クーロンであったのに対して、 $4 \text{ N}\cdot\text{m}$ の時は 389 クーロンと $1/7$ 程度であり、わずかな腐食によって AE が発生しており、すき間が狭い方が AE は検出しやすいと思われる。また、締め付けトルクが 4 Nm の場合の試験では、AE は圧電センサで 83 個検出したのに対し、光ファイバセンサでは 95 個とほぼ同じ数であり、光ファイバセンサでもすき間腐食の進展を忠実にモニタできると思われる。また、図17に示すように、検出波形の S/N 比は圧電型センサ (18.5 dB) より光ファイバセンサ (28.8 dB) の方が高く、隙間内に直接挿入した光ファイバセンサの方が高感度に隙間腐食をモニタリングできることが分かった。試験後、AE の発生原因を確認するためステンレス鋼の表面を SEM により観察したところ、表面にはすき間腐食に由来する多くの錆が観察され、その錆には多くにき裂(図18左)が存在しており、これらが AE の発生源と考えられる。

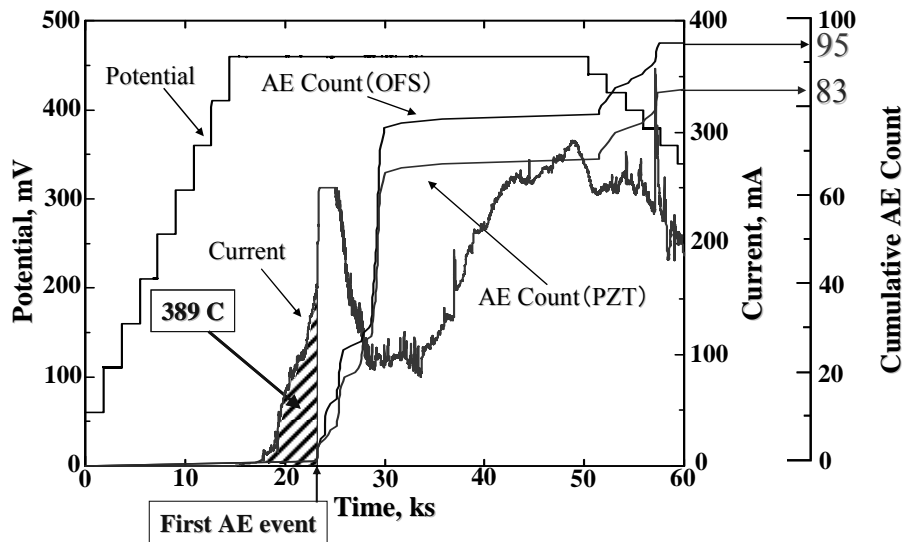


図 16 電位およびカソード電流の変化および光ファイバ AE および圧電型 AE システムでの累積 AE カウント数 (締付けトルク:4 Nm)

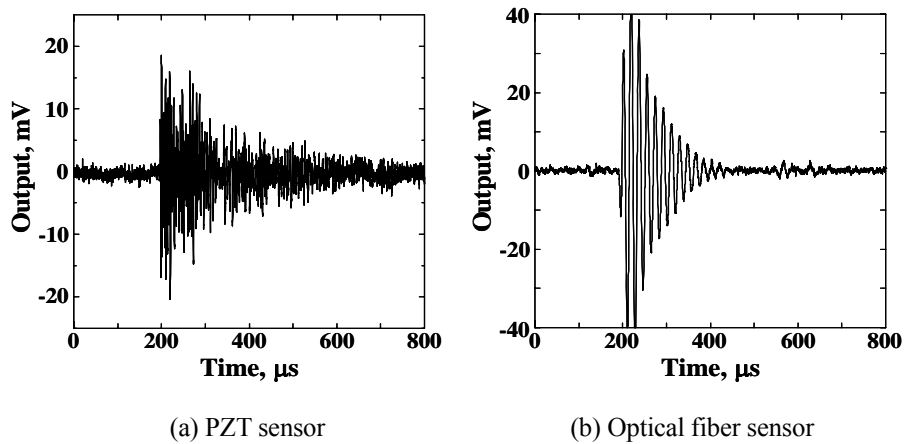


図 17 代表的な検出 AE 波形(左:圧電 AE センサ, 右:光ファイバ AE センサ)

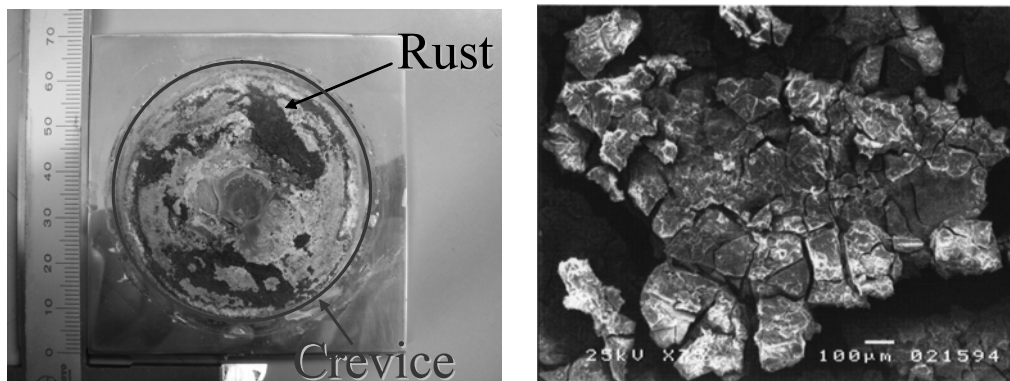


図 18 試験後の表面写真(左)および SEM による錆部の拡大写真(左)

6. まとめ

圧電型 AE センサおよび光ファイバ AE 計測システムを用いて実験室内において隙間腐食のモニタリングを行ったところ以下のことが分かった。

○スポット溶接によって作成した SUS304 鋼同士のすき間腐食に対し圧電 AE センサを用いた計測を行った。その結果、隙間腐食によって発生した腐食生成物(錆もしくは水酸化物)の破壊によって AE が放出され、放出される AE 頻度は腐食量を示すアノード電流量と強い相関があることがわかった。つまり、AE の発生頻度からすき間腐食の有無だけではなく腐食速度を推定できる可能性がある。この傾向は実際のフランジ/ガスケットすき間においても同じであることが確認でき、複数個のセンサの到達時間差から求めた AE 発生位置はすき間腐食の付近に標定された。しかしながら、圧電型 AE センサでは、製塩工場内に無数に存在するフランジ締結部を連続的にモニタリングするには、多大な費用が必要になると思われる。

○フランジ/ガスケットすき間に挿入することができるマイケルソン型光ファイバ AE 計測システムの開発を行った。マイケルソン型では、センサ用ファイバおよび参照光用ファイバの片方の端面を反射面(鏡面)にする必要があることから、鏡面作成の方法を検討した。その結果、白金と金の多層膜を蒸着することで高い反射率と耐久性が得られることがわかった。センサファイバは感度と検査エリアを広げる目的でコイル状に 90 周巻いたものを作成し、

SUS304/アクリルすき間(ボルトによる締付けトルク:2 N・m および 4 N・m)内に挿入し、電位制御下においてすき腐食の AE モニタリングおよびアノード電流の計測を行った。その結果、AE はアノード電流が増加してしばらく後に発生し、その後アノード電流と AE 発生頻度に相関があることが判った。つまり、腐食初期時では、腐食生成物はすき間内の自由表面上に生長するが、すき間の上面まで達するとその拘束力によって割れが発生しはじめ、その後はすき間が腐食生成物によって満たされているため、AE 発生頻度はアノード電流量と比例すると考えられる。また、アノード電流の発生に対する AE 発生の遅れ時間はボルトによる締付けトルクが大きいほど短かった。AE 信号の S/N 比はすき間内に直接挿入した光ファイバセンサの方が高かった。

参考文献

- 1) 井上博之, 電気化学ノイズ測定の基礎, 材料と環境, 52(9), (2003) pp.444-451
- 2) 長 秀雄, 竹本幹男, 米津明夫, 池田隆二, 鈴木裕晶, 中野正章, ラム波 AE を用いた円筒タンク底板腐食損傷位置の標定—人工音源を用いた位置標定精度, 非破壊検査, 54(5), (2005) pp.259-264
- 3) 長 秀雄, 新井良平, 竹本幹男, ”安定化・高感度光ファイバ AE 計測システムの開発とガス漏洩による AE の検出”, 非破壊検査, 53(11), (2004) p.709-714

No. 0607

A New Optical Fiber Acoustic Emission System for Crevice Corrosion Monitoring in Salt Producing Plants

Hideo CHO, Mikio TAKEMOTO, Akio YONEZU, Takuma MATSUO

Aoyama Gakuin University

Summary

Crevice corrosion is one of serious corrosion damages in a salt producing plant. The crevice corrosion tends to cause not only the leakage of process fluid but the contamination of salt by corrosion products or the rust. This study aims to monitor the crevice corrosion utilizing a new acoustic emission (AE) method. Here the AEs are produced by the fracture of the rusts produced in the crevice. We first studied progression behavior of the crevice corrosion of spot-weld type 304 stainless steel disks in 3.5 and 20 mass % NaCl solution by monitoring both the AE and anode current under controlled corrosion potentials. Two piezo-type AE sensors were mounted on the large base plate of Type-304 plates outside of the corrosion cell in which a 25 mm diameter disk was spot weld. AEs from the crevice corrosion increased with potential shift to noble region. AE counts increased proportional with anodic current. Conventional AE system with PZT sensor was successfully utilized to monitor the crevice corrosion progression of a connection of Type-304 steel flange and polysulfate gasket.

Next we utilized a new optical fiber AE monitoring system to detect AEs from crevice corrosion. This system is the Michelson-type laser interferometer, but feed back controlled to improve both the stability and sensitivity. Owing to flexibility and hardness of the quartz fiber, the fiber was easily inserted into the narrow crevice of flange joints of Type-304 plates (70 mm square with 5 mm thickness) and PMMA plate. The PMMA plate was fastened to the stainless plate by nut and bolts at torque of 2 Nm or 4 Nm. We utilized a swirled copper-coated optical fiber as both the AE sensor and counter electrode. The swirled fiber sensor of 20 mm inner and 52 mm outer diameters detected AEs after an increase of anodic currents at noble potentials in 3 mass % NaCl solution. The delayed emission of AE suggests that the rust fracture occurs after the crevice is filled with the rust produced by oxidation of dissolved metallic ions. The delayed time decreased with an increase of fastening torque. AE counts rate increased proportional to the electric amount of anodic currents. We observed a number of cracks in grown rust in the crevice. Signal to noise ratio or S/N ratio of the AEs detected by the developed optical fiber system was found to be higher than that by the conventional PZT sensor.