◇ENA 特集◇

ENA の実機プラントへの展開と今後の展望/
既存のモニタリング技術の限界と ENA への期待 (2)

設備管理における ENA の役割

岩 脇 大 仁*

* 東洋エンジニアリング株式会社 技術本部

The Roles of ENA for Maintenance Strategies in Process Plants

Hirohito Iwawaki*

* Technology & Knowledge Development Center, Toyo Engineering Corporation

Electrochemical Noise Analysis (ENA) has been used as laboratory technique for the fundamental study of form of corrosion. In recent years, the development of instrumentation technology as in measurements of potential and current makes it possible to apply ENA to commercially available corrosion monitoring technique in practical use for the field monitoring. In addition, since recent maintenance strategy for process plant requires a new role for corrosion monitoring technology, ENA-based online corrosion monitoring technique is being expected to be applicable to proactive corrosion control. In this paper, the importance of ENA for the latest maintenance strategy as an on-line measurement for real-time data collection was discussed. Issues to be solved for wide use of ENA in the practical field was also discussed.

Key words : electrochemical noise analysis, proactive maintenance, corrosion monitoring

1. は じ め に

電気化学ノイズ解析法 (ENA) は、腐食の基礎研究を目的とした計測技術¹⁾として主に実験室で用いられてきたが、近年、電位や電流の計測技術およびデータ処理技術の進歩により、実験室だけでなく実機プラントへも適用できるようになった。これら ENA による腐食モニタリング技術は、石油・ガス開発設備を中心に実績が出始めており、既存の腐食モニタリング技術と同様にプラント市場に普及しつつある。

一方、昨今のプロセスプラントにおける保全形式の変化に伴い、設備管理で求められる腐食モニタリングの役割が変わりつつあり、既存の腐食モニタリング技術と異なる特徴を持つ ENA が、新しい設備管理手法に適用できる技術として期待が高まっている。

ここでは、プロセスプラントの設備管理手法に注目し、同設備管理で求められる ENA による腐食モニタリングの役割と今後の課題について述べる。

2. 設備管理と腐食モニタリング

腐食モニタリングは、従来からプラント機器の健全性評価や余寿命予測のために実機で用いられてきた。近年、プラント長期連続運転による定修中検査機会の減少および保全費削減の動きの中、腐食モニタリングを単なるプラント設備の診断手法としてではなく、故障に至る前の兆候を運転中に把握し、腐食損傷の徴候を早期に検出し

て漏洩などの異常を生じさせないプロアクティブな設備管理手法のツールとしての適用が試みられている。

このような設備管理手法は、回転機を対象とした設備ではいち早く採用されており、潤滑油成分や振動をリアルタイムでモニタリングし、データを運転管理に反映させて振動に起因した損傷を未然に防ぐ設備管理法が実施されている²⁾。しかし、静止機器や配管の腐食損傷に関しては、腐食の発生機構が複雑であり、かつ多くの要因が発生に関与していることが多いため、回転機のようなプロアクティブな設備管理手法のモデルを構築することが難しい。さらに、従来の腐食モニタリングは、感度や応答性の観点から腐食性をリアルタイムに検知することが難しかったことも、腐食損傷を対象とした同設備管理法が検討されていない一因でもある。腐食の発生機構および発生要因が明確な設備であれば、感度と応答性に優れた腐食モニタリング技術を用いることにより、図 1 に示すようなオンライン腐食モニタリングシステムを腐食損傷を対象としたプロアクティブな設備管理手法に適用できると考えられる。このような腐食を未然に防ぐ“劣化させない運転管理手法”に適用できる腐食モニタリング技術が注目されており、海外を中心に注力的に研究開発されている。

3. 最近の腐食モニタリング技術

腐食モニタリングの手法は、実機の腐食状態を直接検出する技術 (直接検出技術) と、プロセス流体の腐食性をセンサーでモニタリングし、その腐食性から対象設備の腐食状態を間接的に監視する技術 (間接検出技術) に大別される。

直接検出技術には、いわゆる浸透探傷試験 (PT) や超

* 〒275-0024 習志野市茜浜 2-8-1 (2-8-1, Akanehama, Narashino, 275-0024 Japan)

図 1

表 1 感度と応答性に優れた間接検出技術の例

メーカー名	国	測定手法	商品名	主な実績
CorrOcean	ノルウェー	高感度電気抵抗法	High Sensitivity ER	北海油田設備
		電位差法	FSM	
InterCorr	米国	電気化学ノイズ法	SmartCET, FieldCET	北海油田設備, 米国製油所
Cormon	英国	高感度電気抵抗法	CEION	北海油田設備
CAPCIS/CIS	英国	電気化学ノイズ法	CIS407	米国核燃料廃棄 処理設備

音波探傷試験（UT）などの非破壊検査手法も含まれ、実装置の腐食状態を直接把握する技術として位置付けられる。これら直接検出技術には、TOFD（Time of Flight Diffraction）や電磁超音波など超音波を利用した技術が多く開発されており、全面腐食以外にも割れや局部腐食など突発的な損傷の検出技術としても適用されている。しかし、直接検出技術では、常時かつ機器全体の監視に適用できる技術は少なく、上述した運転改善による防食管理ツールとして適用するにはいくつか課題がある。例えば、超音波探傷を用いて運転改善による防食管理モデルを構築するためには、探触子の常時設置の可否（オンライン性）、探触子の感度（リアルタイム性）およびモニタリング部位の選定などを検討しなければならない。近年、これらオンライン性とリアルタイム性を備えた直接検出技術も開発されており、超音波の受動的検出技術である AE（Acoustic Emission）や電位作法の一種である FSM（Field Signature Method）³⁾は、常時監視できる直接検出技術として実績がある。

これに対して間接検出技術は、実装置が曝されている流体の腐食性をセンサー（プローブ）によってモニタリングする技術であり、間接的ではあるが機器全体の腐食状態（腐食性）を監視することができる。これら間接検出技術としては、(1) 試験片を設備内に一定期間挿入して腐食速度を実測する腐食クーポン法、(2) 腐食によるセンサーの重量減を電気抵抗の変化として測定する電気抵抗法（Electrical Resistance：ER）、(3) 分極を測定して腐食速度を求める分極抵抗法（Linear Polarization Resistance：LPR）が有名で国内外の現場への適用実績も多い。間接検出技術は、機器の腐食による減肉量や欠陥程度を直接検出することはできないが、4～20 mA などのプラント計装信号としてデータを収集できるためにオ

ンライン性を有している。従って、感度や応答性に優れた技術であれば、モニタリングデータをオンラインでリアルタイムに運転にフィードバックすることにより、防食剤の注入量や運転負荷を改善することができ、運転改善による防食対策により機器全体を腐食しないように管理することができる。これら感度と応答性に優れた間接検出技術は、電気化学ノイズ法を含めて表 1 に示すような商品が市販されている。

4. ENA の役割

ENA は、(1) 高感度、(2) 速い応答性、(3) 外乱を与えない測定手法という既存する他の腐食モニタリング技術にない特徴により“腐食させない”設備管理において重要な役割を果たすと考えられる。

運転改善による設備の防食管理では、高感度かつ応答性に優れた腐食モニタリング技術が求められる。主な腐食モニタリング技術の感度と応答性の関係を図 2 に示す⁴⁾。例えば汎用電気抵抗法では、0.0254 mm/y (1 mpy) の腐食速度を検出するのに数十時間を要し、故障に至る前に腐食状態を把握できるほどのリアルタイム性を有していない。近年、開発された高感度電気抵抗法⁵⁾では、同程度の腐食速度を 1 時間以内で検出できるが、電気抵抗法の原理上、感度向上によりセンサー寿命が短くなる傾向にあるため、長期連続運転の観点から実機での適用には留意が必要である。

これに対し、ENA では、0.001～0.01 mm/y の腐食速度を測定できる感度があるとともに、理論上、数秒で腐食速度をモニタリングできる応答性を持つ^{注)}。また、電

注：実際にはデータ収集と計算のために数分を要する場合がある。

図2 主な腐食モニタリング技術の感度と応答性の比較⁴⁾

気抵抗法では、腐食によるセンサーの減肉量を抵抗値の変化として測定するために温度補正が必要となるが、ENA ではこのような補正も必要とせず、計測類も簡易化できる。

分極抵抗法も高感度かつ応答性に優れる測定法であるが、測定系に分極という外乱を与えてしまうため、実環境の自然な腐食状態を把握する障害となる。しかし、ENA では、腐食反応による自発的な電位および電流ノイズを用いるため、外乱を与えることなく腐食状態を測定できる。従って、ENA は、実環境の腐食性の忠実な監視が求められる実機の腐食モニタリングに最も適した測定手法であると言える。このような外乱を与えないモニタリング技術は、腐食性に寄与する流体条件とモニタリングデータを直接比較することが求められる本設備管理法において、信頼できるデータを与えることができる。

5. ENA の課題

ENA は、設備故障を未然に防ぐ設備管理ツールとして期待される技術であるが、現状、実機での適用には課題も多い。

電気化学ノイズ信号は極めて微少であるため、電流および電位ノイズは高精度の無抵抗電流計およびボルトメーターで測定することが推奨されている。また、微少ノイズ計測であることから、プラント内でオンライン化する場合、センサーと上記測定器間のケーブルは可能な限り短くし、ケーブル内での信号減衰を極力低く抑える必要がある。ENA による腐食モニタリングを実機で汎用させるためには、振動、プラント計装ノイズ、防爆を考慮した屋外設置可能な測定機器の市販化が求められる。

また、ENA は、測定時に外乱を与えないという特徴から、局部腐食など腐食形態の研究を目的として従来から利用されてきたが、これら実験室における多大な研究成

果に相反して実機における局部腐食モニタリング技術としての適用実績はあまりない。一部、3 極法による局部腐食性の半定量評価⁶⁾が商品化されているが、主に淡水冷却水系の炭素鋼の局部腐食モニタリングで実用化されているにすぎない。局部腐食は、余寿命予測が難しいため、発生したら更新するプラントが多く、腐食を未然に防ぐ設備管理では、局部腐食モニタリングは最もニーズの高い技術であると言える。我が国が技術的に先進する電位ノイズ法⁷⁾など、ENA による局部腐食モニタリング研究の更なる進展に期待したい。

6. おわりに

腐食を未然に防ぐプロアクティブな設備管理における ENA の役割と今後の課題について述べた。ENA は、既存の腐食モニタリング技術と異なるアプローチで実機の腐食モニタリング技術として適用できるが、スケール堆積や偏流など局部条件の影響を受ける腐食損傷には適用が難しい。既存の腐食モニタリング技術にも言えることだが、設備の故障形態およびその目的に応じて最適な腐食モニタリング技術を選定できる手法が、ENA を含む腐食モニタリング技術の有効利用および市場普及に重要であると考えられる。

参考文献

- 1) W. P. Iverson, *J. of Electrochemical Soc.*, 1 (1968).
- 2) E. C. Fitch, *Proactive Maintenance for Mechanical Systems*, (1992).
- 3) CorrOcean, Technical Bulletin
- 4) InterCorr, Technical Bulletin
- 5) Cormon Ltd., Technical Bulletin
- 6) D. A. Eden, *NACE Corrosion/98*, Paper No.386 (1998).
- 7) H. Inoue, *Proc. 121st Symposium*, p.1 (2000).
- 8) G. Okamoto, *Boshoku Gijutsu*, 28 [3] 117 (1979).

(2003年3月7日受理)