5. 内外におけるモニタリングの実用例

5. Some Examples of Practical Applications in Corrosion Monitoring

5.1 内 燃 機 関 冷 却 水 系 統

露 木 昭 治*

*鉄道技術研究所

5.1 Application of Corrosion Monitoring Methods to Engine Cooling Systems

Shoji Tsuyuki*

*Railway Technical Research Institute, JNR

This paper deals with some examples of application of methods for monitoring of corrosion of metals to engine cooling systems. In service tests of a simulated automobile cooling system linear polarization methods in-situ were applied to the measurements of corrosion rates of aluminum specimens and aluminum water pumps immersed in inhibited ethyleneglycol coolant under operating conditions. It was found that rates of corrosion of Al estimated from the polarization measurements correlated well with the actual weight losses. Periodic linear polarization measurements made in service tests continued for 7 months (running distance: 11,300 kms) under cooling conditions similar to practical ones showed that the estimated corrosion rates of the aluminum were in a good agreement with the average corrosion rate calculated from the weight losses of aluminum specimens removed from the test cars. The linear polarization resistance method for monitoring of corrosion of metals in diesel locomotive cooling system and an electronic sensor for detecting of the corrosivity of automobile antifreezing coolants are also described.

5.1.1 ま え が き

自動車、車両、船舶等の機関冷却水系統における腐食問題はよく知られており、水、不凍液（エチレングリコール）または海水により、機関、熱交換器類その他構成部品が腐食される。通常、使用されている冷却水用インヒビターは温度、流速、圧力等の影響により防食機能が破壊されて不慮の腐食事故になることがあるので、局部腐食機構の検討とともに防食管理面から腐食モニタリングに関心がもたれてきた。ここでは電氣的計測による腐食モニタリングの開発研究において、実用上の重要な指針と考えられる二、三の実験例について述べる。

5.1.2 自 動 車

(1) シミュレーション試験

自動車の冷却水系統における腐食をモニターするために、M. S. Walker により図 5.1.1 に示すシミュレーション試験装置が考案された¹⁾。この装置に組み込まれた

直線分極抵抗法（定電流方式）により各種条件下のエチレングリコールクーラント中の鑄鉄、黄銅、はんだ、アルミニウム鑄物試験片の腐食速度が測定され、重量減測定法による結果とよく一致することが明らかにされた。これらの試験結果の一部は既に本誌に紹介されているので参照されたい²⁾。

また本装置に組み込まれたアルミニウム製水ポンプおよびアルミニウム製サーモスタットハウジングを対象にたとえば図 5.1.2 に示すような電極構成として、これらに対する直線分極抵抗法の適用性が検討された。実験の一例として、クーラントの流速を 180 時間ごとに変えた場合の試験結果を図 5.1.3 に示す。水ポンプの腐食速度が低流速 (48 l/min) で小さいのに比べ、高流速 (108 l/min) では大きくかつ激しく変化している。この変動はキャビテーションの発生による周期的な酸化皮膜の破壊と補修が行われていることを暗示しており、本法による測定結果から、水ポンプのキャビテーション損傷を防止するある限界流速を推定できるとともに、キャビテーション腐食に対するモニタリングにも役立つことがわかる。

* 〒185 国分寺市光町 2-180 (2-180, Hikari-cho, Kokubunji, Tokyo 185, Japan)

(M. S. Walker et al. による)

図 5.1.1 自動車のシミュレーション試験装置 (a) ラジエーター (b) サーモスタットハウジング (c) メタルポット (エンジンブロックをシミュレートしたもの) (d) ホットプレート (e) タイミングチェーンカバー (f) 水ポンプ (g) 電動モーター

(M. S. Walker et al. による)

図 5.1.2 サーモスタットハウジングにおける直線分極抵抗の測定用電極の組立て

(a) サーモスタットハウジング (試料電極), (b) 白金照合電極, (c) サーモスタット (対極), (d) 絶縁被覆, (e) 絶縁用ガスケット

(2) 実車試験

自動車による約1年間の実車試験を行い、この間、周期的に測定した直線分極抵抗法によるデータと試験片の重量減から求めた腐食速度を対比した。試験条件としてはクーラント温度は常温から 82°C 、流速は $0\sim 2.2\text{ l/s}$ 、圧力は大気圧から $9,800\text{ kg/m}^2$ で、最高速度は 96 km/h である。試験片はラジエータ下部のゴムホース中間に鋳鉄、黄銅、はんだおよびアルミニウム鋳物をセットし、

(M.S.Walker et al. による)

図 5.1.3 自動車シミュレーション試験におけるクーラントの流速を変えたときのアルミニウム製水ポンプの腐食速度

クーラント: 25% GM 6038-M エチレングリコール, 82°C

(M.S.Walker et al. による)

図 5.1.4 試験期間7か月、11,300km 走行の実車試験における直線分極抵抗法により求めたアルミニウムの腐食速度および重量減から求めたアルミニウムの平均腐食速度 (A および B 点)

分極測定装置は測定時以外は取り外し、セルのみを残して運転した。

実験結果の一例を図 5.1.4 に示す。図中の点Aは11車両による12か月間の平均 19,300km 運転後のアルミニウムの重量減から求めた腐食速度の平均値を示し、点Bは10車両による8か月間、平均 80,450km 運転のものである。これらからアルミニウムの腐食速度はエンジン

停止時に比べて、運転時に著しく大きく、またこれらの値が運転条件の異なる試験車の浸漬試験片の重量減から求められた腐食速度に対応していることが認められた。

(3) 特殊センサーによるクーラントの腐食性モニター

クーラントが腐食性に变化したかどうかを判断する自動車冷却水用腐食モニター装置が Texas Instruments によって開発された。これに使用されているセンサーは腐食液中での金属に発生する固有の電位を利用したもので、これと照合電極間に生ずる電位すなわちセンサー電位とクーラントの腐食性または防食性との間に相互関係が得られている。たとえば、正常なインヒビター溶液の場合では -0.2 V 附近の電位を示すものが、 -0.4 V 近くでは部分的な防食性能の低下と判断される。またエチレングリコール溶液は腐食性が大きく、センサー電位は $-0.7\sim-0.8\text{ V}$ を示す。任意のセンサー電位に警告表示をセットすることができ、これよりインヒビターの補給またはクーラントの取替えをドライバーに知らせることができる。

5.1.3 ディーゼル機関

ディーゼル車両の冷却水システムの防食管理にはインヒビターの濃度分析や pH 測定による間接モニタリング法が実施されている。しかし、局部腐食防止対策の研究や冷却水防食処理の近代化のために、電気化学的腐食モニタリングに対して関心が寄せられるようになってきた。最近、国鉄では筆者らにより図 5.1.5 に示す腐食計（定電流方式の直線分極抵抗法）の車両用ディーゼル機関冷却水システムの腐食モニタリングへの適用性について実車試験によって検討している。

図 5.1.6 はインヒビターを添加した $15\text{ v/v\%}$ エチレングリコールクーラント（冷却水容量約 $1,000\text{ l}$ ）中の鋼の腐食速度とその関連データを示す。鋼の腐食速度は初期に $0.1\sim0.4\text{ mdd}$ の範囲に変動したが、次第に定常値を示

図 5.1.5 腐食計および直線分極抵抗測定用電極とそのディーゼル機関冷却水管への取付け状態

図 5.1.6 DE 10 型ディーゼル機関車冷却水系統における直線分極抵抗法による鋼の腐食速度、インヒビター濃度および pH の変化

すようになった。これらの変動に対しては補給水によるインヒビターの濃度低下や pH 変化との影響は小さく、むしろ分極測定時の冷却水温により変わり、高温のときに大きい値を示すものと考えられる。本法による腐食モニタリングにおける今後の問題点として、アルミニウム合金や銅合金電極による分極測定データの集収とそれらの信頼性について検討し、インヒビターの破壊や補給水による防食性能の低下を簡易に判断できるような腐食性警告表示条件の決定などがあげられる。

船舶用ディーゼル機関における海水冷却の場合、防食対策に流電陽極法が採用されるときには、腐食モニタリングとして防食電位計測法が適当と思われるが、詳細については他の電気防食法に関する記述を参照されたい。

エンジンクーラント系の腐食モニタリングについて無抵抗電流計によるガルベニ電流計測方式も検討されており、適切な手段と考えられるが、本法の多電極系への適用条件などに問題があり、研究段階にあると思われる。

以上、エンジン冷却水系統における電気的計測方法による二、三の腐食モニタリングの実験例について述べたが、いずれも開発研究のための実車試験段階にあり、ほとんど実用されていないのが現状であろう。しかし、エンジン機器の進歩に対応して、それらの局部腐食に対する直接腐食モニタリングの研究とともに、さらに間接腐食（防食）モニタリングの実用化について検討する必要がある。

(昭和 53 年 11 月 6 日受理)

文 献

- 1) M. S. Walker & W. D. France: *Mater. Perform.*, **8**, No. 9, 47 (1969).
- 2) 露木昭治: 防蝕技術, **21**, No. 1, 3 (1972).
- 3) M. S. Walker: *Mater. Perform.*, **13**, No. 7, 37 (1974).