

# 火炉壁管ファイアクラック検査技術

## 1. はじめに

現在の日本の電力の大部分が火力発電によって作られている。この火力発電の基本的原理は、ボイラの火炉と呼ばれる場所で燃料を燃やし、水から蒸気を作り、さらに過熱蒸気の状態にして、タービンを回転させて電力を発生させている。この火炉は、配管を並列に並べて面状に配置した構造となっており、この面状の部分を火炉壁、配管を火炉壁管と呼ぶ。図1にボイラ模式図を示す。

石炭焼き火力発電所におけるボイラ火炉壁は、高温かつ腐食環境にさらされる厳しい環境で使用され、長時間の稼働によっては損傷劣化する。この代表的な損傷形態のひとつにファイアクラック（エレファントスキン）と呼ばれる溝状腐食があり、これを放置すると大きな事故につながる場合がある。そこで、安定した発電運用を行うには、火炉壁管の経年劣化状況を定期的に把握すること

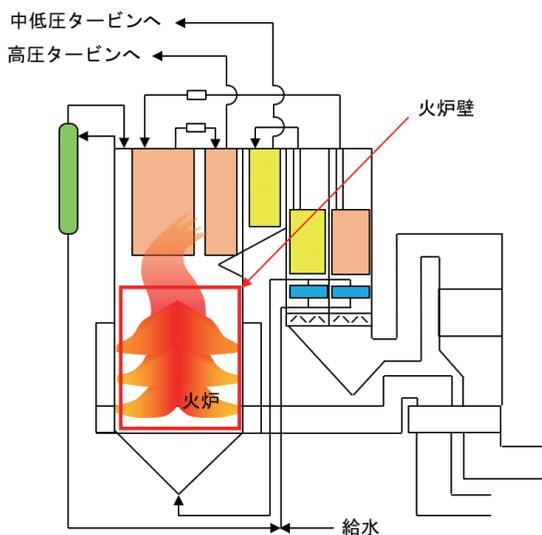


図1 ボイラ模式図

が重要となる。

近年、IHIグループでは、渦電流探傷試験（ET）を応用した新しいスクリーニング検査を開発し、詳細な検査が必要となる部位を特定している。この方法は、従来の目視点検および磁気探傷試験（MT）だけの点検方法と比べ、工期短縮と格段に安定した火炉壁管メンテナンス手法である。以下にその内容を紹介する。

## 2. ファイアクラック

ファイアクラックとは、高温硫化腐食と疲労との相互作用によって、管の円周方向に多数の溝状き裂が生じる現象であり、エレファントスキンとも呼ばれる。

また、火力発電所の炉壁管におけるファイアクラックの発生原因は、炉内の高温燃焼炎の揺らぎによる熱疲労損傷と硫化物による高温腐食が重畳し発生すると考えられている。図2に炉壁管（抜管材）ファイアクラックの外観および断面写真を示す。

## 3. 渦電流探傷試験（ET）の原理

渦電流探傷試験（ET）とは、センサー（プローブ）内部にあるコイルに微弱な電流を流し、金属などの導電体に近づくことによって導電体の表層に誘導される渦電流（誘導電流ともいう）の変化をコイルで受け渦電流（磁束）の乱れを電気信号として検出する手法である。図3に渦電流の模式図を示す。

ETは、一般的には磁性体材料の探傷に不向きとされ、さらに溶接部形状および塗膜による凹凸の影響を大きく受ける。本開発では、当社のET

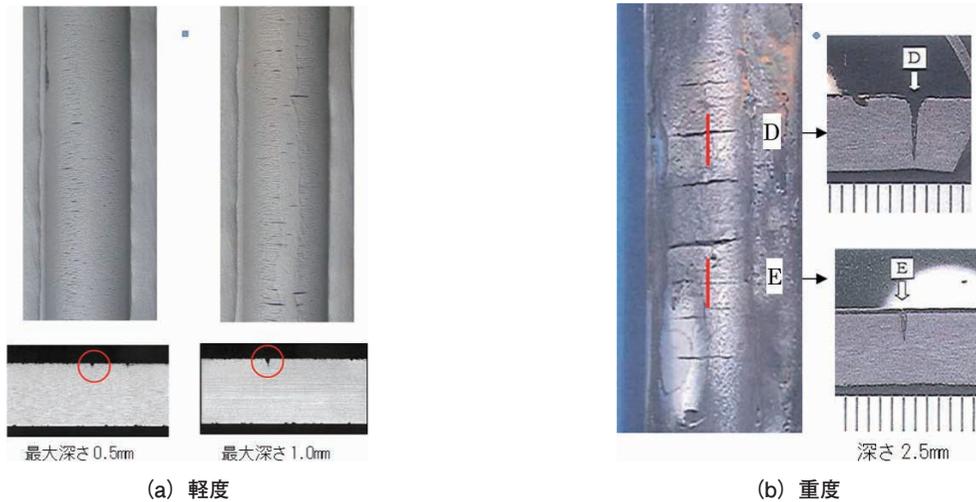


図2 炉壁管（抜管材）ファイアクラックの外観および断面

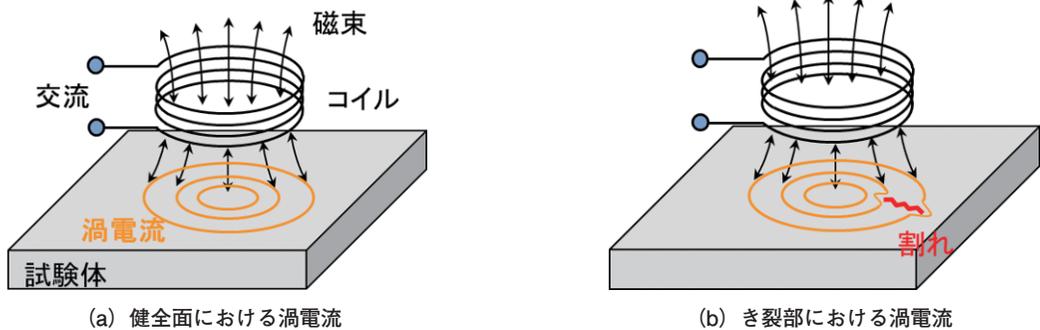


図3 渦電流模式図

装置 (Mobile EDDy<sup>®</sup>) にファイアクラックの探傷に特化した特殊プローブを組み合わせ、疑似信号の影響を少なくすることに成功した。図4にET装置 (Mobile EDDy<sup>®</sup>) を示す。

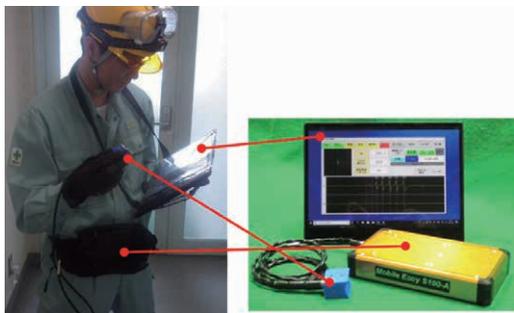


図4 渦電流探傷装置 (Mobile EDDy<sup>®</sup>)

#### 4. 現状のファイアクラック検査の課題

ファイアクラックの検査は、炉壁管の面積が数百 m<sup>2</sup> と広いエリアを行うことが多く、従来の検査では、目視検査後の MT にて詳細探傷をしている。この目視検査および MT での検査をする場合には、炉壁管の表面に付着した燃焼灰、クリンカ（灰が石状に固まったもの）、および酸化スケールの除去をし、炉壁管表面を露出させる前処理が必要となる。

この前処理作業は、主にサンドブラストで施工する。この作業は、炉壁の広いエリアに及び、また、炉内に砂が舞うことから安全上、他の点

検作業と重複を避け、主に夜間に実施する。このサンドブラストでは、大量の残砂が発生し、産業廃棄物処理が必要となる。その後の目視検査およびMTの結果からファイアクラックが検出される箇所が一部分に限られることもあり、前処理にかかる費用に対する効果が得られにくい面も否定できない。

これらのことから、従来のファイアクラック検査には、前処理作業にかかる労力と時間の削減、産業廃棄物の削減、工期短縮、またMTを含む目視検査結果からの定量評価などの課題があった。

そこで、本開発では、ETによるスクリーニング検査をすることにより、これらの課題解決を試みた、火炉壁管メンテナンスへ適用したので以下に紹介する。

### 5. 火炉壁管メンテナンスへの適用

Mobile EDDy®を使ったETを実際の火炉壁管ファイアクラックの検査へ適用した結果、燃焼灰、クリンカ、酸化スケールを除去(前処理)することなく、ファイアクラックが検出でき、また火炉壁管表面保護の溶射被膜上からも検出できることを確認した。火炉壁管の抜管サンプル材でのMT、ETの検査結果では、図5に示すように、外

観写真ではファイアクラックを確認することが困難であるが、ETではファイアクラック発生部位を検出している。その後のMT結果とET結果を比べてもファイアクラック発生部位が一致しており、断面観察調査の結果、ファイアクラックの深さは約0.2mmであることが判明した。

以下に本技術を用いた火炉壁管メンテナンスを紹介する。

ファイアクラックの検査について、従来の検査とETを適用した検査方法の作業フローを図6に示す。従来の検査方法では、検査範囲の全エリアについてサンドブラストにて灰・酸化スケールなどを除去し、目視検査、MTによる検査をする。これらの検査結果および判定は目視によるもので、ファイアクラックの定量的評価は難易度が高い。

これに比べETでの検査は、サンドブラストによる前処理は不要であり、検査結果がファイアクラックの深さと相対した電気信号で得られることから、半定量的な評価が可能である。

ETでの火炉壁管スクリーニング検査の手法では、火炉壁管の検査範囲をブロック分割し、チョークなどで罫書を行った後、ブロック内の管を全て探傷する。このETを適用した検査の場合は、高速で探傷可能なため全数検査が可能であ

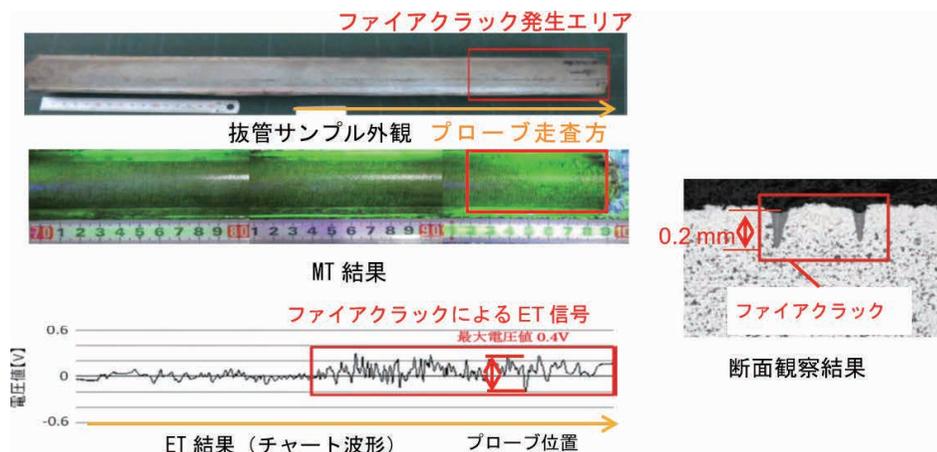


図5 抜管サンプル材でのMT、ET結果

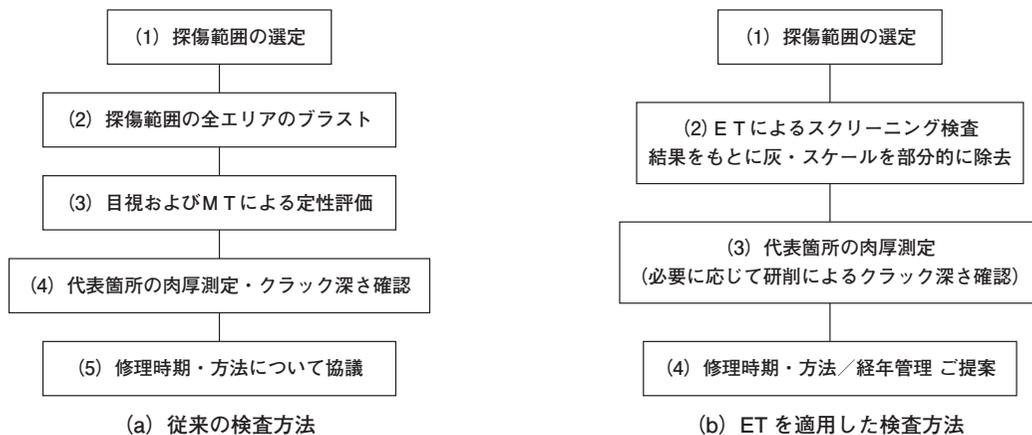


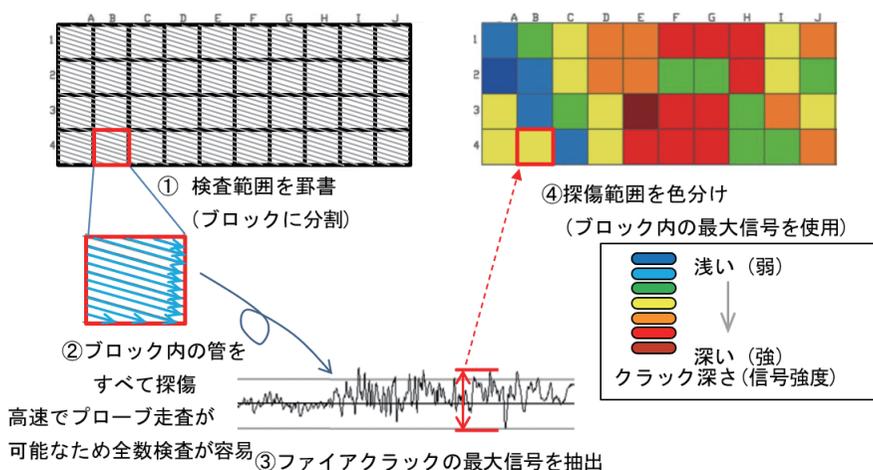
図6 従来の検査とETを適用したファイアクラック検査作業フロー

り、同時に最大信号を抽出し、信号レベルにより、ブロック図の色分けマッピング表示を行うことが可能となる。これにより、火炉壁管のファイアクラック状態の「見える化」(管理ポイントの明瞭化)による管理が可能となる。図7にファイアクラックのマッピング管理および図8に火炉壁管メンテナンス管理を示す。

ETを適用した検査手法では、ET信号マッピング結果よりファイアクラックによる信号が顕著な

場所について灰・酸化スケールの部分除去を行い、管肉厚測定を実施する。この肉厚値とET結果から推定されるファイアクラック深さの相関から、残存肉厚を求め経年変化に対応する管理を行うことにより、適切な修理時期・修理方法など、リーズナブルな保守管理をご提案することが可能となる。

また、初回のET検査では、上記の相関を確認するため、図9に示すようにMTと研磨を繰り返



検査範囲の全数検査により、重大なファイアクラックを見逃さない  
マッピングによる管理ポイントの明瞭化

図7 ファイアクラックのマッピング管理

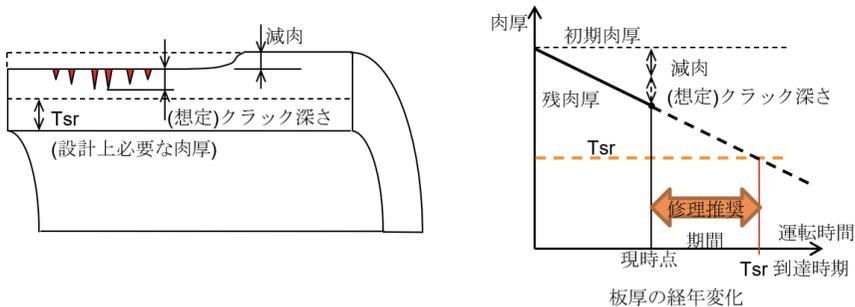
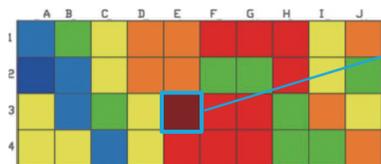


図8 火炉壁管のメンテナンス管理

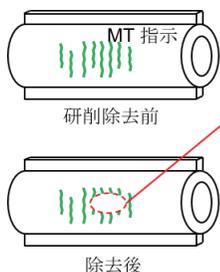
代表箇所肉厚測定



ET マッピング結果

ファイアクラックの顕著な場所を中心に  
灰・スケールを部分的に除去し  
肉厚測定を実施する  
硫化腐食/エロージョン  
による減肉状況の確認

クラック深さ確認



管頂部の一部を、MT(磁気探傷試験)で確認しながら  
研削を実施  
初回のET検査では、  
結果の整合性の確認のため  
実施しておくことが望ましい

図9 ファイアクラックのクラック深さ確認

し、ファイアクラックのクラック深さの実測値を確認することが望ましい。

6. まとめ

本稿では、IHIグループにて開発したETでのファイアクラックのスクリーニング検査を用いる火炉壁管メンテナンス管理方法について紹介した。火炉壁の検査では、検査対象面積が広く、ファイアクラックなど経年変化が生じやすい箇所はプラントごとに異なることで、検査および管理面で時間を要する。一方で、短時間で広範囲の検査が求められることから、本技術の適用により火

炉壁管における半定量的な経年変化の把握が可能となり、長期的なメンテナンス計画が期待できる。これからも、火炉壁管検査技術の向上とプラントの安定的な運用に貢献を図る。

文責

IHI 資源・エネルギー・環境事業領域  
ボイラ SBU 保守技術総括センター  
技術サポート 課長代理 津田 明憲  
IIC 検査事業部 第一検査部  
部長 本間 一茂