コンバインドサイクル HRSG のアルカリ腐食検査技術の開発 (空気圧搬送 ECT)

Development of Inspection Technology for HRSG Caustic Gouging (Air Pressure Conveyance ECT)



浦田 幹康*1 Mikiyasu Urata

浦田 直矢*3 Naoya Urata

黒澤 裕也*5 Yuya Kurosawa 山口 岳彦*2 Takehiko Yamaguchi

中原 強*⁴ Tsuyoshi Nakahara

高橋 春女*⁵ Haruna Takahashi

火力発電プラントのコンバインドサイクル HRSG (Heat Recovery Steam Generator) 伝熱管では、アルカリ腐食等による管内面側の腐食減肉の発生が懸念される。三菱重工業(株)及び三菱日立パワーシステムズ(株)では、伝熱管の腐食減肉部をスケールを除去せずに計測可能な技術として空気圧搬送 ECT (Eddy Current Testing: 渦電流探傷法) 検査システムを開発した。また、本技術の性能評価のため、東北電力(株) 仙台火力発電所4号機 HRSG にて検証試験を実施し、良好な結果が得られた。

1. はじめに

火力発電プラントのコンバインドサイクル HRSG 伝熱管では、アルカリ腐食等(図1)による管内面側の腐食減肉の発生が懸念される。このため当社では、腐食に伴って生成したスケールの影響を受けず、かつ管全長・全周を検査する管内面腐食減肉部検査技術として管内面からの ECT技術を確立している。しかし、これまでに開発した検査システムは、水圧によって搬送する水圧搬送方式を採用しており、システム規模が大きく、大型ポンプ・ケーブル送り装置・貯水タンクの運搬・設置等、検査前の準備・片付け等に時間を要していた。そこで、水圧搬送方式に代わるシステムとして、空気圧による搬送方式を検討した。本報では、空気圧搬送 ECT 検査システム及び東北電力(株)仙台火力発電所4号機 HRSG で実施した実機での検証試験結果について述べる。

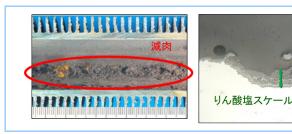


図1 アルカリ腐食の例

■2. 空気圧搬送 ECT 検査システムの開発

図2に開発した空気圧搬送 ECT 検査システムと従来の水圧搬送 ECT 検査システムを示す。空気圧搬送 ECT 検査システムは、開発した ECT プローブを空気圧によって伝熱管内部に挿入し、手動操作によって移動させながら、管の全周及び全長にわたって減肉を検査するものである。搬

*1 総合研究所 サービス技術部

- *2 総合研究所 電気・応用物理研究部
- *3 三菱日立パワーシステムズ(株) サービス本部呉サービス部
- *4 三菱日立パワーシステムズ(株) エンジニアリング本部プロジェクト総括部電力計画部 主席技師
- *5 東北電力(株)仙台火力発電所

送装置は、空気挿入口とケーブル挿入口を有したものであり、検査対象管との接続はホースバンドを利用する簡便な構造である。従来の水圧搬送方式の場合、大型の水圧ポンプ・ケーブル送り装置・貯水タンクが必要であり、HRSG炉外での重機による装置準備が必要であった。一方、開発した空気圧搬送システムは、コンパクトなシステム構成から炉内側に設置可能であり、装置の設置時間の短縮が可能である。また、信号ケーブルには樹脂製玉を取り付け、搬送中の接触摩擦低減とケーブルの座屈防止を図ることにより、空気圧でスムーズな搬送を可能とした。

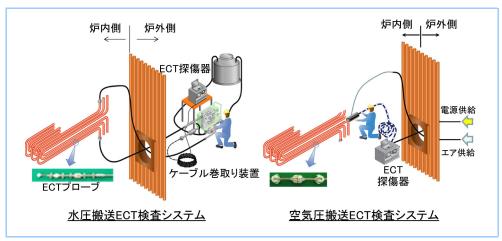


図2 空気圧搬送 ECT 検査システムと従来の水圧搬送 ECT 検査システム

図3に開発した ECT プローブを示す。センサコイルには様々な方式があるが、本プローブでは、HRSG で使用される炭素鋼管等の磁性の影響やセンサ傾きにより発生するノイズが小さく、かつ欠陥検出性が高い自己比較方式を採用した。すなわち、管周方向と管軸方向の信号成分の差分を検出するため、欠陥に起因する信号を保持したままノイズを低減可能である。なお、本プローブのコイル部はフレキシブルな構造であり、溶接裏波等の形状不連続部や管曲げ部をスムーズに通過可能である。

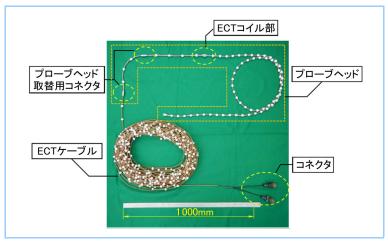


図3 開発した ECT プローブ

図4にモックアップパネルによる検証試験結果を示す。空気圧搬送システムを用いて HRSG 伝熱管を模擬したパネル(全長 40m)の通過性について検証した。その結果,曲げ半径 65mm の曲げ部を通過可能であることを確認した。その際の必要空気流量は約 1000NL/min 程度であり、火力発電プラントで使用される一般的なエアコンプレッサの流量で十分対応可能であることが分かった。

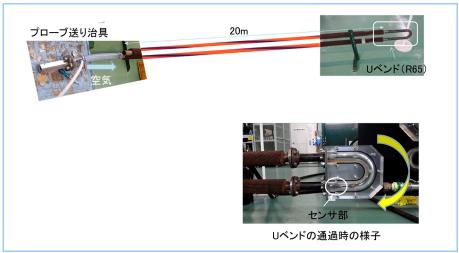


図4 モックアップパネルによる検証試験結果

次に、開発した ECT プローブの減肉検出性を評価するため、管内面に人工欠陥を加工したサンプルを用いて検証試験を実施した。図5に人工欠陥の検出状況を示す。人工欠陥は深さを一定(0.5mm)とし、幅や長さを変化させたものであるが、開発した ECT プローブは全ての人工欠陥を検出可能であった。なお、本システムでは、独自の解析システムにより管内面を展開した色調図で検査結果を表示し、減肉分布を視覚的に把握することができる。また、減肉深さは得られた信号の振幅等から評価可能である。

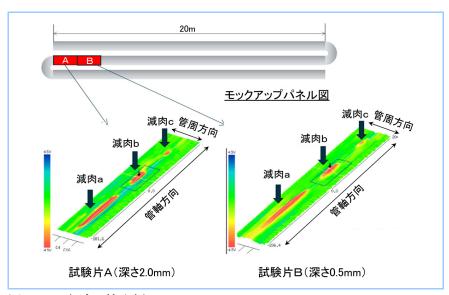


図5 人工欠陥の検出例

【3. 仙台火力発電所における検証試験

開発した空気圧搬送システムの実用性を評価するため、東北電力(株)仙台火力発電所4号機の予防保全点検期間に、実機伝熱管による検証試験を実施した。図6に仙台火力発電所の外観と検証対象である高圧蒸発器管を示す。検証項目は、ECT プローブの通過性と検査時間に加え、抜管による断面観察との比較検証を実施した。挿入試験の結果、溶接部を含め 20m 長さの管内を問題なく通過可能であることを確認した。図7は ECT 信号と管内面状況の比較結果である。ファイバースコープを用いた目視検査の結果、管内表面に白筋模様の付着したスケールが確認されたが、ECT 検査ではいずれの管にも減肉信号は検出されなかった。図8は、管内面に白筋模様が確認された部位の抜管調査結果である。白筋模様をブラスト加工で除去し、管内面の減肉有無を確認した。その結果、深さ 0.1mm 程度の軽微な減肉が確認された。これは開発したECT プローブの検出下限値(0.5mm)未満であることから、ECT 結果(減肉信号なし)の妥当性が

確認された。また、ECT の信号には不要なノイズなども見られていないことから、検査装置としての問題はないことを確認した。

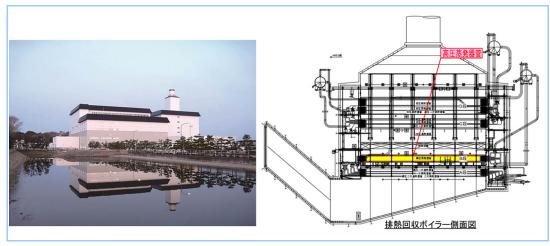


図6 仙台火力発電所の外観及び高圧蒸発器

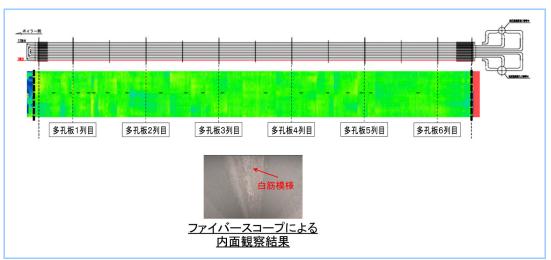


図7 ECT 信号と管内面状況の比較結果

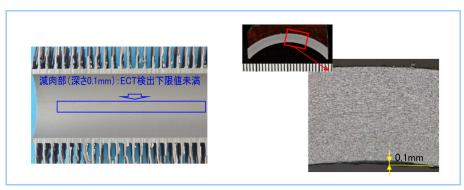


図8 抜管調査結果

図9に水圧搬送システムと空気圧搬送システムの現場設置状況を示す。水圧方式はシステム 規模が大きく HRSG 炉外に設置していたが、空気圧方式は炉内設置が可能なコンパクトなシステムであることが分かる。図 10 に両方式の検査時間を比較した結果を示す。システム簡素化により、検査準備時間が約 1/3 まで短縮でき、検査速度は約 1.5 倍に向上した。これらの効果により、全体作業時間が 45%低減する見込みを得た。なお、水圧搬送システムの場合、水の循環経路の確保のためにプローブ挿入の入口側と出口側の2箇所の管切断が必要であったが、空気圧搬送システムの場合は、入口側1箇所の管切断のみで十分であるため、付帯工事を低減可能である。



図9 水圧搬送システムと空気圧搬送システムの現場設置状況

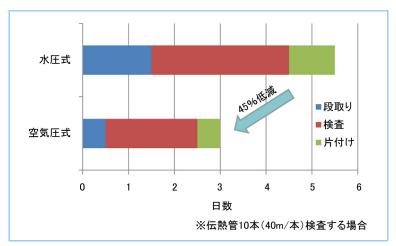


図10 検査時間の比較結果

4. まとめ

火力発電プラントのコンバインドサイクル HRSG 伝熱管内面に発生するアルカリ腐食を管全長・全周にわたって検査し、減肉深さを定量的に評価可能な空気圧搬送 ECT 検査システムの概要及び東北電力(株)仙台火力発電所で実施した性能検証試験結果を述べた。本システムは、磁性材管内面に発生した腐食減肉について、スケールを除去せずに定量評価でき、かつ高効率な当社独自の検査技術である。なお、アルカリ腐食の発生が懸念されるプラントについては、本検査による腐食減肉有無を確認し、減肉の兆候が確認された場合は、水処理の最適化などの対策案を推奨している。今後は、本システムによる検査実績を積み重ね、より信頼性の高い検査システムを構築していく。