

# 環境材料分析センターの分析技術紹介

🔗 環境測定, 余寿命診断, 材料劣化診断, 良品解析, 信頼性評価試験, ISO17025, 微量PCB分析

\* 畑岸琢弥 Takuya Hatagishi      \* 石垣治久 Haruhisa Ishigaki

## 概要

当社は品質最優先でものづくりを進めており、お客様に信頼性の高い製品・システム、メンテナンスサービスを提供している。

2010年に新しい分析ラボとして、発足・運用開始した環境材料分析センターは、保有する分析評価技術・最新設備を活用して、「製品品質向上」、「新製品創出」、「環境への配慮」を推進している。明電グループ全体を対象に開発段階から分析部門が参加し、材料面からの製品の品質向上に貢献するため、恒常的に分析技術の強化を図っている。

長年にわたって蓄積した分析・解析・試験技術を通じて、サンプルに潜んでいる価値ある情報を導き出し、その情報を関係部門にタイムリーに提供している。



電子線マイクロアナライザによる元素分析

## 1. ま え が き

当社の製品は、発電機器・変電機器・電子機器・情報機器など多岐にわたり、数多くの材料・部品を使用している。市場で不具合が発生した場合、交換・改修などによる経済的な損失だけでなく、お客様の信用を失墜してしまうため、品質最優先でものづくりを進めている。

また、製品はメンテナンスを前提に設計・製造されており、品質の確保は適正なメンテナンスの実施に依存している。

当社の環境材料分析センターは、**第1図**に示すように分析評価技術で3つの重点実施項目「製品品質向上」、「新製品創出」、「環境への配慮」を推進している。「製品品質向上」において、フィールド電気設備は運用年数・設置環境によって経年劣化が進行するため、点検で設備・部品の劣化や腐食

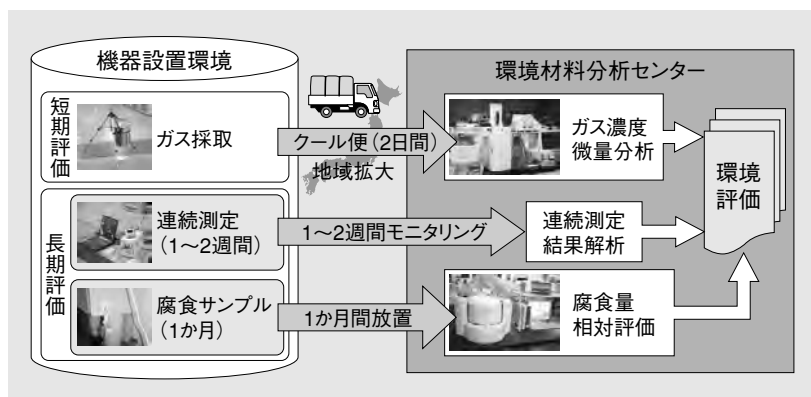
\*材料技術研究所



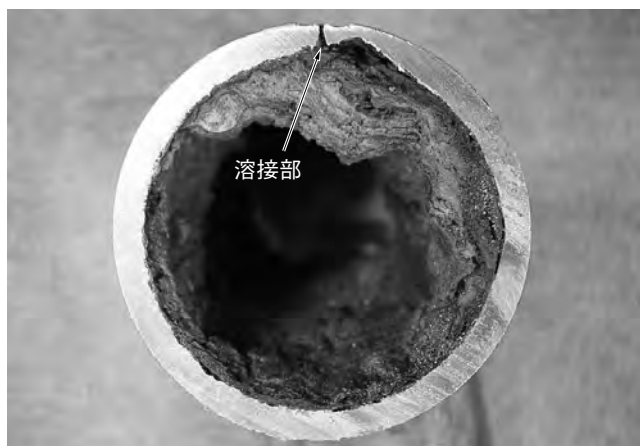
**第1図 3つの重点実施項目**  
環境材料分析センターでは、3つの重点実施項目「製品品質向上」、「新製品創出」、「環境への配慮」を推進している。



**第2図 環境材料分析センターのメンテナンスサービス**  
 環境材料分析センターでは、「設備環境評価」、「油入機器異常劣化診断」など様々なメンテナンスサービスを推進している。



**第3図 設置環境評価システム**  
 腐食性ガスの短期評価と長期評価の組み合わせで、制御機器設置環境の総合的な評価を行っている。



**第4図 腐食した冷却管の断面**  
 腐食した冷却管の切断後の様相を示す。配管溶接部から腐食が進行し漏水に至った。

の程度を分析し診断することで、不具合や故障を未然に防ぐ取り組みを実施している。第2図に環境材料分析センターのメンテナンスサービスを示す。

本稿では、メンテナンスサービスを下支えする環境材料分析センターの分析技術について紹介する。

## 2. メンテナンスサービス技術

### 2.1 設備環境評価技術

製品設置環境において、製品の信頼性を脅かす存在として腐食性ガスが挙げられる。当社の製品不具合に関する分析事例でも、腐食性ガスに起因する障害は少なくない。環境材料分析センターでは当社製品の品質を確保するため、設置環境における腐食性ガスの影響を評価する技術を保有している。評価手法には、汚損度測定方法や直接ガス採取法による短期評価、腐食性ガスの種類に応じた金属試験片によるモニタリングやガスの連続測定法による長期評価があり、製品の設置環境や運転状況などに合わせて選択している。

このように、設置前・設置後の定期的な設置環境を短期・長期的な測定を組み合わせることで総合評価し、腐食不具合の未然防止を推進している。第3図に設置環境評価システムを示す。

### 2.2 冷却水評価技術

運用年数・設置環境により、冷却水配管は腐食やスケールの蓄積などの劣化が生じる。不具合の要因の1つである配管内の腐食は、配管材料の成分分析や元素分析で、その腐食度合いを定量的に評価している。第4図に腐食した冷却管の断面を示す。

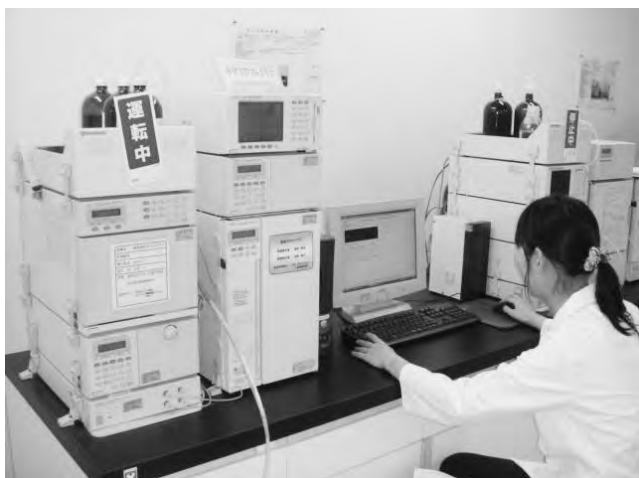
また、冷却水に含有するイオン成分を分析し、飽和係数を算出することで、腐食性のある水あるいはスケールがたまりやすい水などの評価を行っている。第5図にイオンクロマトグラフ分析装置を示す。

### 2.3 油入変圧器の余寿命診断

油入変圧器の寿命は、変圧器のコイルに巻かれている絶縁紙の劣化（機械的強度）度合いに依存す



**第5図 イオンクロマトグラフ分析装置**  
冷却水中の腐食成分を含むイオン成分濃度を分析する装置を示す。

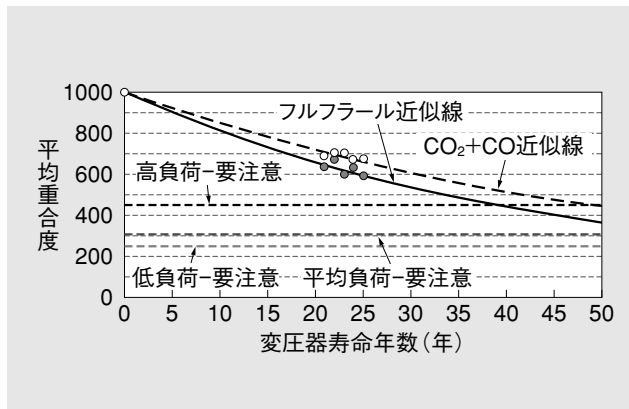


**第6図 フルフラール分析**  
高速液体クロマトグラフ分析装置で油中フルフラール（絶縁紙の劣化分解により生成する化学物質）を分析している様子を示す。

る。劣化の進行は、使用期間・機種・使用条件（運転・負荷・油温ほか）などで大きく異なり、絶縁紙の劣化が進行すると、機械強度の低下とともに各種劣化生成物（フルフラール・一酸化炭素・二酸化炭素ほか）が増加する。第6図にフルフラール分析の様子を示す。環境材料分析センターでは、フルフラール、一酸化炭素及び二酸化炭素などのガス成分を定量的に分析することで絶縁紙の経年劣化度を推定し、第7図に示す絶縁紙の平均重合度と寿命の関係から、変圧器の余寿命診断する分析サービスを行っている。

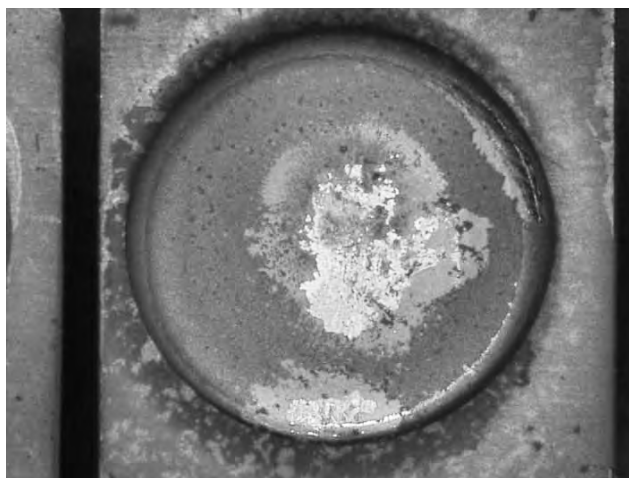
#### 2.4 接触部品評価技術

水処理場などの腐食性ガスが懸念される設置環境では、製品中のリレー接点・スイッチ・コネクタなどの接触部品が腐食劣化する事例がある。第8図に腐食したリレー接点を示す。これら接触部品の



**第7図 重合度と寿命の関係**

油入変圧器劣化診断は、変圧器から採取した絶縁油内の劣化生成物「フルフラール」測定値とガス分析によるCO<sub>2</sub>+CO測定値により絶縁紙平均重合度を算出し、変圧器の寿命を予測する。



**第8図 腐食したリレー接点**  
腐食環境下で表面が腐食したリレー接点の様子を示す。

腐食による不具合を未然防止するため、当社エンジニアリング事業部による設備の点検時に、これら部品の腐食状態を分析するなどの支援を行っている。例えば、リレー接点の微細構造や組織を電子顕微鏡（第9図）で観察し、変色部や付着部が確認される場合には、成分分析による構成元素の特定やその分布状況を測定することで正常品との比較を行い、腐食劣化の進行度について判定している。

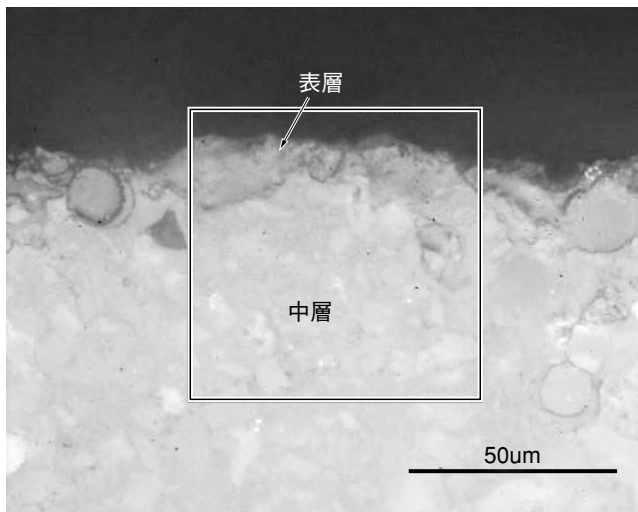
#### 2.5 高分子材料劣化診断技術

絶縁フレーム・ゴム・グリースなどの高分子材料には、絶縁性や機械的強度・潤滑性など目的に応じた多くの機能が要求される。

絶縁フレームには、高い絶縁性能や機械的強度が要求される。環境材料分析センターは中部電力(株)との共同研究において、絶縁フレーム表面の絶縁抵抗値と劣化により生じた物質の赤外分光光度計



**第9図 分析機能付き電子顕微鏡**  
元素分析や分布解析機能を備えた電子顕微鏡の測定時の様子を示す。



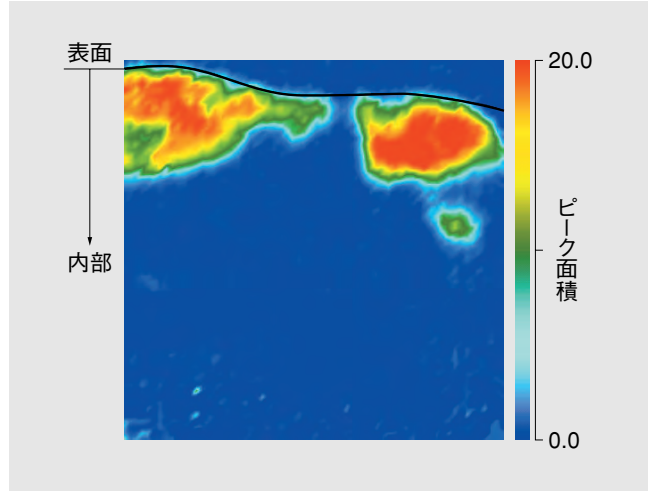
**第10図 絶縁材料断面図**  
表面劣化した絶縁フレーム断面の電子顕微鏡写真を示す。

による定量分析手法で、絶縁劣化に対する寿命推定方法を確立した。また、グリース剤の化学構造分析技術や混入した磨耗金属種の分析技術により、グリースの使用状況や劣化要因を診断している。第10図に絶縁材料断面図を、第11図にイメージング画像を示す。

### 3. 故障の再発防止・未然防止技術

#### 3.1 故障の再発防止

製品の故障調査の多くは、構造部品の破損・異物成分分析・腐食・接触不良・短絡などが要因である。環境材料分析センターでは、保有技術や設備の活用によって、故障原因を究明して再発防止につなげている。例えば、第12図に示すように構造部品の破損・折損・断線は、破断面のマクロ・

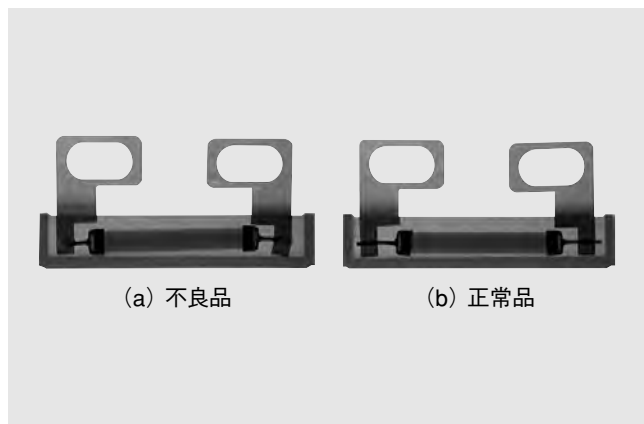


**第11図 イメージング画像**  
第10図の枠内の水酸基濃度のイメージング画像を示す。表面に絶縁フレームの経年劣化で生じた水酸基の濃度が高いことが分かる。



**第12図 破断したボルトと破面像**  
破断したボルトと破面を電子顕微鏡で拡大観察した像を示す。疲労破壊により生じる縞模様（ストライエーション）が確認できる。

ミクロ解析技術によって疲労・衝撃・応力腐食などの破壊形態・破壊の起点・進展方向をつかむことで破壊のメカニズムを解明し、設計改善・再発防止につなげている。



**第13図 セメント抵抗の軟X線像**  
 軟X線検査装置によるセメント抵抗の透視像を示す。(a)は不良品、(b)は正常品である。不良品はセメント抵抗の軸に変形が確認できる。

### 3.2 良品解析・信頼性評価による故障の未然防止技術

良品解析は、機能が正常な試料を観察して、将来故障に至る危険性がある部品内部の欠陥を検出する手法である。第13図にセメント抵抗の軟X線像の一例を示す。内部構造を非破壊で検査することで、正常品と不良品の識別が可能となる。環境材料分析センターでは、IC、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)・プリント板などの購入部品を非破壊もしくは開封して、内部の状態を解析チェックリスト表を基に定量評価することで、採用部品の品質向上に反映させている。

### 3.3 信頼性評価試験

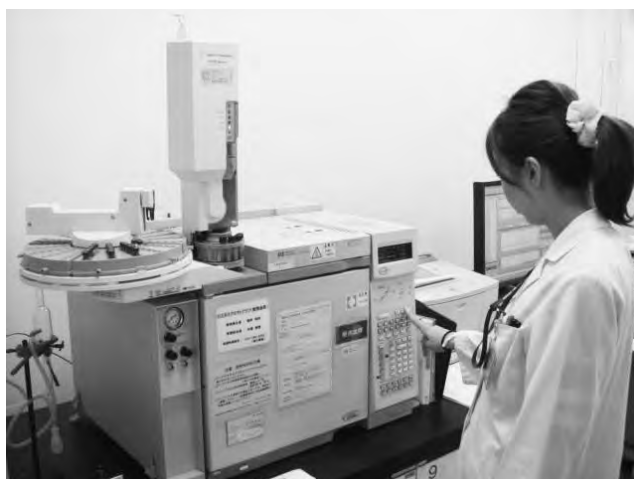
信頼性評価試験は、購入部品・製品・材料などの故障発生を予測ないし予防するために、加速条件下で潜在的な欠陥を顕在化させ、故障率や寿命を推定する試験である。環境材料分析センターでは、過去の経験を基に、独自の評価条件や基準を設けるなどの工夫を進め、使用環境に即した評価を行っている。

日進月歩で変化している調達材料部品において、海外調達品を積極的に採用していくため、環境材料分析センターでは、更なる良品解析や信頼性評価試験のノウハウを構築して、製品の品質向上を支援していく。

## 4. 環境規制有害物質分析技術

### 4.1 RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 指令対象物質分析 (ISO17025認証)

RoHSやREACH (Registration, Evaluation,



**第14図 ガスクロマトグラフ分析装置によるPCB分析**  
 公定法に基づく前処理操作で絶縁油中のPCBを分離・回収し、ガスクロマトグラフ分析装置で分析している様子を示す。

Authorization and Restriction of Chemicals) などの有害物規制は世界的な規模で広がり、合わせて評価方法も制定されている。環境配慮型製品の創出には、製品に含まれる化学物質を把握することが重要である。環境材料分析センターは、第三者機関が認定する国際的な試験所認定 [ISO17025 (JISQ17025)] を取得した。これにより、国際的に通用する適正な分析結果を提供する能力のあることが証明され、より一層信頼性の高い分析データの提供が可能となった。

### 4.2 微量PCB分析

変圧器・リアクトル・計器用変成器・整流器について、1954年から1972年に製造された一部の機器はPCB入りの絶縁油が使用されていたが、1972年以降PCB使用機器の製造は全面廃止された。微量のPCB混入の疑いがある絶縁油を使用した変圧器などの電気機器が廃棄物となった場合、環境材料分析センターでは廃棄物処理法及びPCB特別措置法に基づき、PCB濃度測定を行ってきた。今までは各社が独自の方法で行ってきたが、2010年の7月から、廃電気機器の適切な処理を行うためには、環境省から発表された『絶縁油中微量PCBに関する簡易測定マニュアル』に従った測定手法が必要となった。環境材料分析センターでは、これら測定手法を迅速に検討し、分析対応を行っている。第14図にガスクロマトグラフ分析装置によるPCB分析の様子を示す。

## 5. む す び

環境材料分析センターでは、環境測定・材料調査と幅広い内容の業務に携わっており、工場や各事業部と密接に協力してデータを提出するだけでなく、データ解析から対策などの考察を提案している。

お客様に環境にやさしい高品質製品やメンテナンスサービスを持続的に提供するために、また新たな環境規制にいち早く対応するために、分析・解析・試験技術を更にレベルアップさせ、縁の下の力持ちとして関係部門を積極的に支援していく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

### 《執筆者紹介》



畑岸琢弥 Takuya Hatagishi  
環境分析管理業務に従事



石垣治久 Haruhisa Ishigaki  
材料品質評価及び環境分析管理業務に従事

