

電力流通

低炭素化社会の実現のため、再生可能エネルギーとITを活用したスマートグリッド技術が注目を浴びている。日立グループは、電力系統・配電系統・需要家の各レベルでのスマートグリッドの実現を幅広く推進している。また、ガス絶縁開閉装置などの電力用開閉器、変圧器などを開発し、それらに関連する環境性評価などにも取り組みながら、電力系統の安定化に貢献している。

1 中部電力 長野方面系統安定化システム

中部電力株式会社向けに、長野方面系統安定化 (ISC: Integrated Stability Control) システムの親局装置を開発し、納入した。このシステムにより、新設された日本海側の上越火力発電所から太平洋側の需要地に、大電力を安定的に長距離送電することができる。

主な特長は、以下のとおりである。

- (1) 長距離送電における非ルート断故障発生時には、過渡安定度と電圧維持の複合問題の解析シミュレーションと制御アルゴリズムの反映を繰り返す技術を適用することにより、適切な対策を立案する。
- (2) 信頼性と高速性を両立させる制御用ブレードサーバの技術により、10台 (40コア) の解析エンジンを使用して並列計算で処理し、常時遅れることなく30秒周期で動作する。

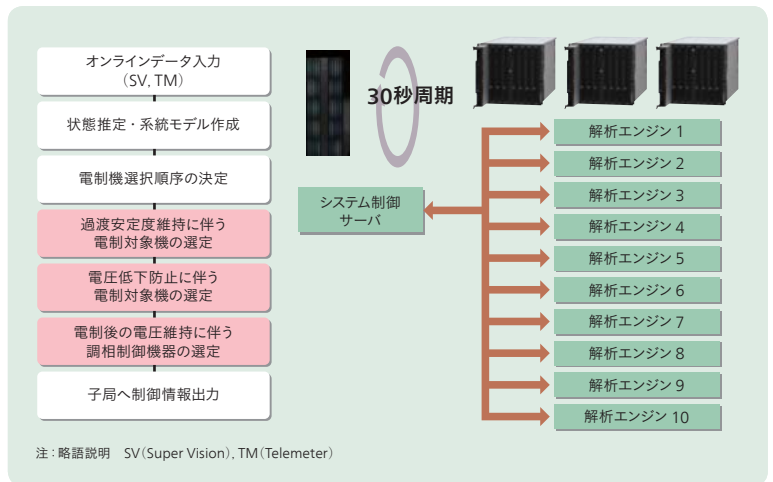
このシステムは、電力系統の安定的で経済的な運用に貢献できるものと期待されている。

(運用開始時期: 2012年5月)

2 九州電力 大分電力センター 総合制御所

株式会社正興電機製作所の下で製作を進めた九州電力株式会社大分電力センター総合制御所システムが、2013年3月の大分地区運用開始に向けて最終調整を実施中である。このシステムによって既設制御所2か所が統合され、約150か所の発電変電所の監視制御、約30か所の水系監視運用を担うことになる。

主な特長は、以下のとおりである。



1 中部電力 長野方面系統安定化システムの親局装置の演算フローとシステム構成

- (1) 監視制御系機能の計算機を三重系構成、操作指令伝票作成などの運転支援系機能の計算機を二重系構成とすることで、極めて信頼性が高いシステム構成とした。
- (2) システム盤にはプロジェクタ式映像システムを採用し、電力潮流などの系統情報、また、雷警戒情報などの気象情報などを当直運転者どうしが効果



2 九州電力 大分電力センター総合制御所の当直指令室

的に情報共有できるようにした。

- (3) 操作面では系統の信頼度監視，事故復旧手順の生成，および操作指令伝票の作成業務を一部自動化し，当直運転者の負担軽減を実現している。
(大分地区運用開始予定時期：2013年3月)

3 東北電力 新潟系統給電指令所システム

東北電力株式会社向けに，新潟系統給電指令所システムを納入した。このシステムは，中央給電指令所や制御所と連携し，主として新潟県全域の基幹系統とローカル系統の監視および給電指令を行う機能を有している。

主な特長は，以下のとおりである。

- (1) 自社開発ハードウェアによる高信頼性，長期保守によるライフサイクルコスト低減，ブレードサーバによる省スペース化・省電力化・高拡張性
 - (2) LED (Light-emitting Diode) 型リアプロジェクタ系統監視盤と指令卓ワイドモニタを活用した，HMI (Human-machine Interface) の高度化
 - (3) 運用者の負担軽減と運用効率向上を目的とした，事故監視機能や平常時系統操作機能の高度化
 - (4) 時々刻々と変化する電力系統において想定事故を定周期で自動模擬し，系統運用を支援する信頼度監視機能の導入
 - (5) 汎用ソフトウェアを使用し，検索や作表などにオンライン情報を活用する支援業務の充実
- このシステムは，さらなる運用の効率向上と高

度化に貢献できるものと期待されている。

(運用開始予定時期：2013年1月)

4 東北電力 LRT整定支援機能

近年，PV (Photovoltaic：太陽光発電) の導入量増加による配電系統の電圧上昇などが危惧されている。この問題に対しては，既存設備である配電用変電所変圧器LRT (Load Ratio Transformer) を活用して電圧を調整することが望ましい。これまでのLRT整定値の導出においては，実測データを用いた定量的な条件を考慮した整定は実施されていなかった。

2011年，東北電力と共同でLRT整定アルゴリズムを開発し，実測データを用いた最適整定値の導出を実現した。その後，このアルゴリズムを採用したLRT整定支援機能を2012年に製品化した。

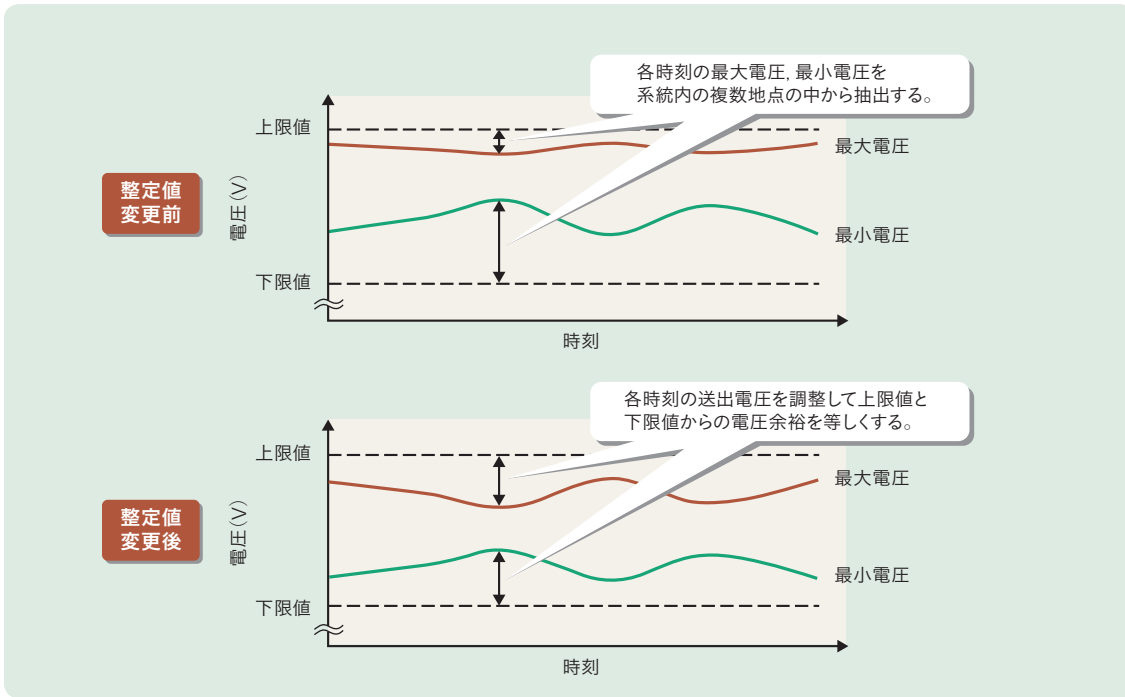
主な特長は，以下のとおりである。

- (1) フェランチ現象やPVの逆潮流による電圧上昇と，通常の負荷による電圧降下を考慮したLRTの最適整定値を導出する。
 - (2) 1年分の実測データを用いることで，特定の時間断面だけでなく年間を通じた最適整定値を導出する。
 - (3) プログラム制御方式，LDC (Line Drop Compensator：線路電圧降下補償) 方式などのLRT制御方式に応じた整定値の導出が可能である。
- (運用開始時期：2012年3月)



3 東北電力 新潟系統給電指令所システム (仮設置にて調整中の系統監視盤と指令卓)





4 LRT整定支援による電圧改善のイメージ

5

リアルタイムプロセスバス適用
保護リレーシステム用通信ネットワーク

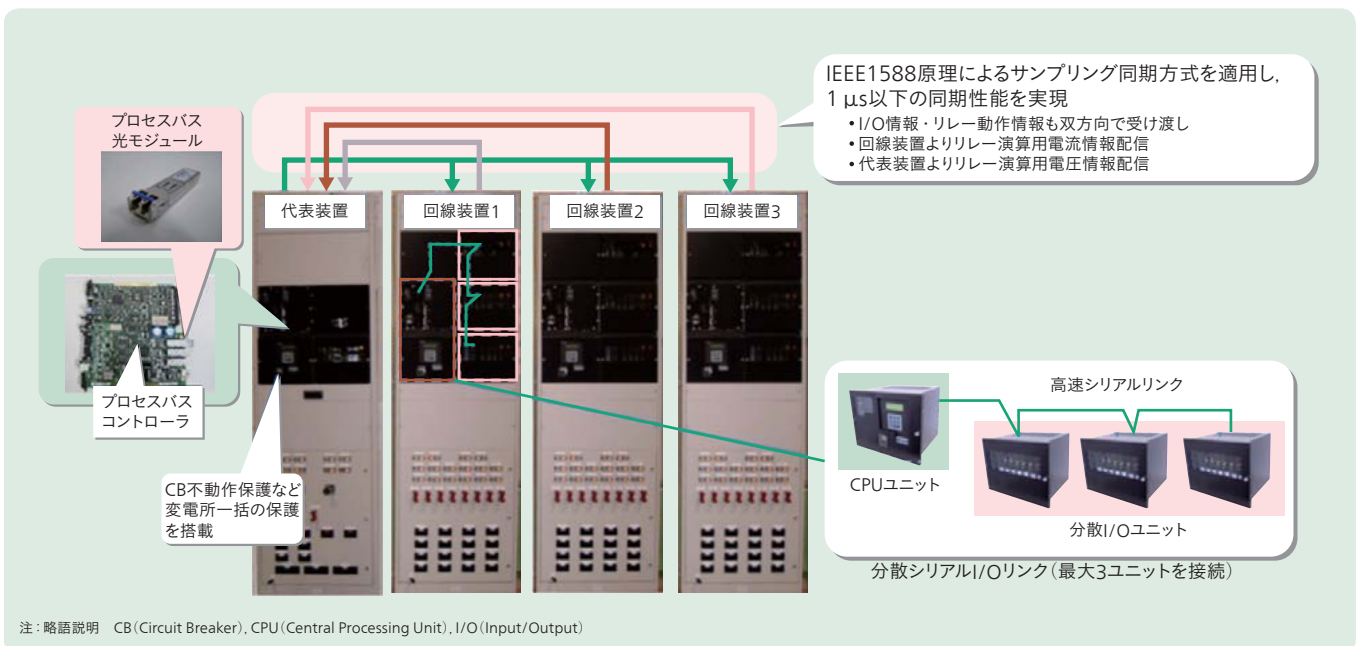
保護リレーシステムは、落雷などによる系統故障が発生した際、迅速に故障区間を特定し、系統から同区間を切り離して電力供給を継続する機能を担っている。そのため、保護リレーシステムには、取り込みデータの同期精度を確保した大容量で双方向通信が可能な通信ネットワークが不可欠である。

今回、汎用ネットワーク技術を適用した保護リ

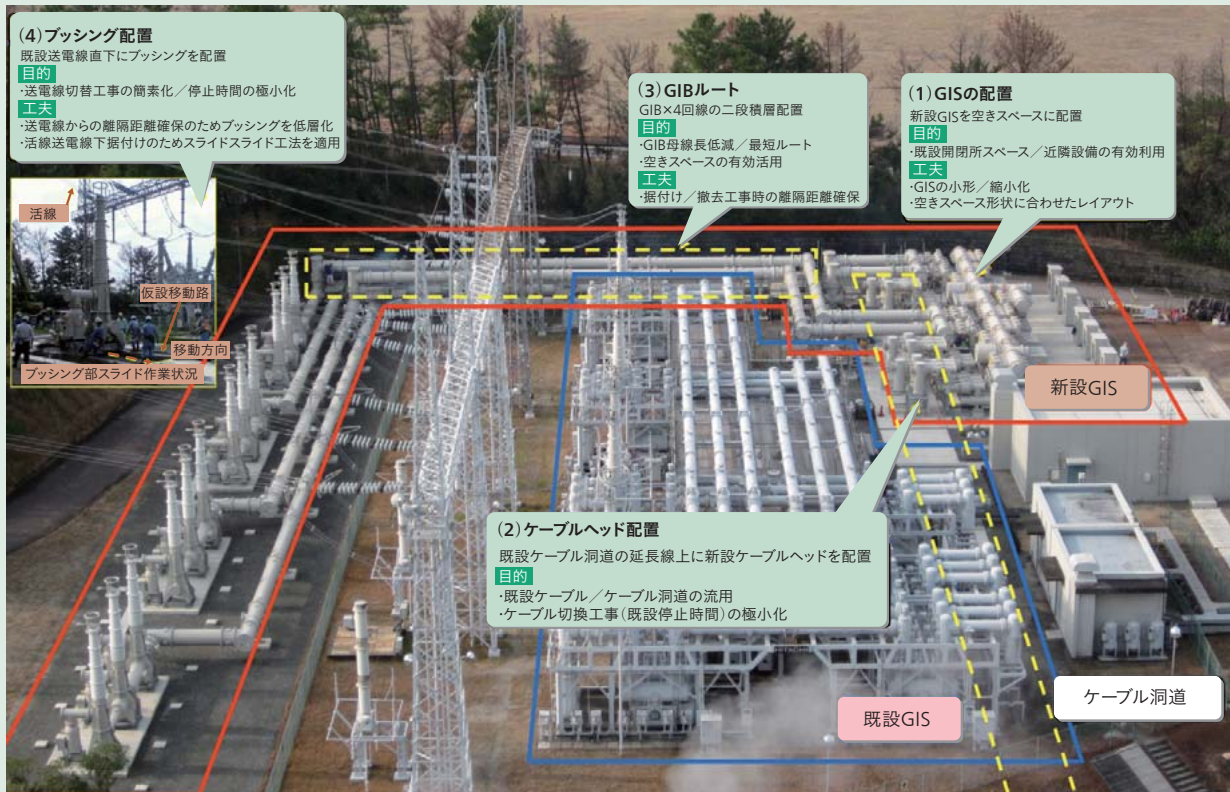
レーシステム用通信ネットワーク（リアルタイムプロセスバス）を開発した。この技術を適用した商用製品は国内初である。開発した製品により、従来システムの柔軟性・拡張性が確保されるだけでなく、太陽光発電や風力発電機が大量に連系されたスマートグリッドを保護する広域分散型の保護リレーシステムの構築が可能となる。

リアルタイムプロセスバスを適用した保護リレーの特長は、以下のとおりである。

- (1) ユニット単位の機能分散により、多様なシステム構成が可能



5 保護・制御装置Veuxシリーズのプロセスバス構成



注：略語説明 GIB (Gas Insulated Bus：ガス絶縁母線)

6 九州電力川内発電所 フルGISリプレイス工事後の全体機器配置

- (2) 複雑なシステムをユニットとして標準化することにより、将来的なユニット更新が可能
- (3) ユニット間や装置間の信号を大容量で高速な光通信で集約し、省配線化を実現
- (4) 変電所間の大容量データ通信を活用した新しい保護システムへの応用が可能

今後は、リアルタイムプロセスバスを活用した製品ラインアップを拡充していく。

6 九州電力川内発電所 フルGISのリプレイス工事

1973年に納入した九州電力川内発電所の240 kV GIS (Gas Insulated Switchgear：ガス絶縁開閉装置)は、240 kV級のフルGISとしては日立グループの第一号器であり、据付けから38年が経過している。サイトは海岸に近い屋外の重塩害地域であり、近年は腐食劣化に対する補修費用が課題となっていた。今回、補修費用と更新費用を比較検討した結果、このクラスでは国内で初めて、フルGISからフルGISへのリプレイス工事を実施することになった。

新設機器には、小形・低層、省メンテナンスを特徴とする新形GISを採用し、塩害対応として材

質と表面処理の格上げを施した。また、重要な設計配慮事項として、既設機器が運転状態のままで、土木工事、据付け工事、現地試験が可能であること、送電線や電力ケーブルの切り替え工期が短いことなどが挙げられる。送電線引込口であるブッシングを既設送電線の直下に配置するため、送電線活線下でブッシングをスライドさせて据付ける工法の適用などがその一例である。新設機器の据付けから試験までを2012年5月に完了した。

今後は、送電線の切り替え工事を実施していく。

7 新形SF₆ GIBの開発とSF₆ガスレスGIBへの展望

近年、発電所の機器更新工事や設備拡張工事において、極めて長尺なGIBを採用するケースが増えてきている。これらの需要に対し、合理化を図った新形300 kV GIBを開発した。

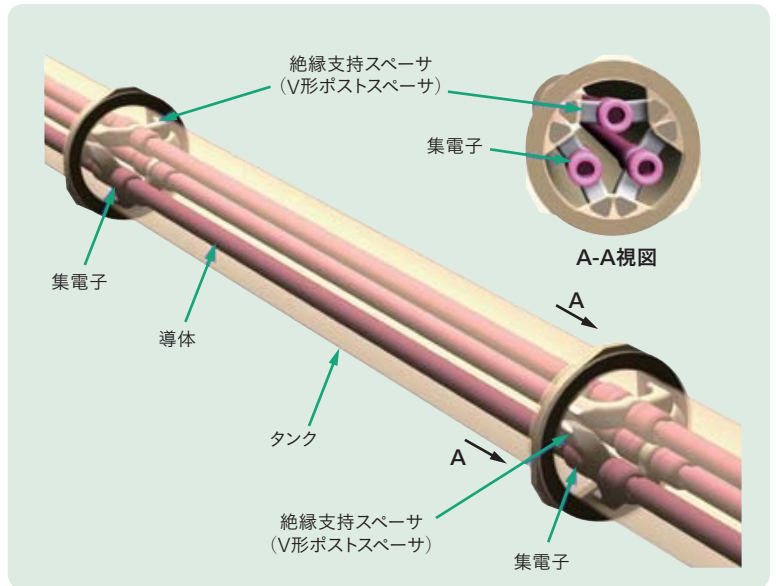
主な特徴は、以下のとおりである。

- (1) 新形状の絶縁支持スペーサの開発により、必要な絶縁物沿面距離は確保しながら、タンク径をガス絶縁のほぼ限界まで縮小した。
- (2) 導体支持間隔を極大化し、絶縁物などの部品点数を削減した。

(3) 二つの隣接するタンク間に設けたリング状のアダプタフランジに絶縁物を取り付けることで、タンク・導体形状を簡素化・標準化した。

開発した製品は、各種試験によって十分な性能を有していることを確認でき、2012年2月に一号器の納入に至った。現在、開発したGIBを地球環境配慮形〔SF₆（六フッ化硫黄）ガスレス〕GIS用として適用することも視野に入れ、検証試験を進めている。現状構造のまま封入気体だけを乾燥空気とすることで、下位定格である168 kV級SF₆ガスレスGIBとして適用できる見通しを得ている。

今後は、SF₆ガスレスGIBとしての製品化をめざしていく。



7 新形300 kV GIBの構造

8 次期500 kV分解輸送変圧器

輸送環境の変化や据付けスペース縮小によるトータルコスト最小化という電力会社のニーズを背景に、変電所向け高電圧大容量変圧器においては、三相一体の分解輸送形が主流になりつつある。この状況に対応するため、脚容量が過去最大で、なおかつ、簡易輸送の申請が可能な輸送重量の実現をコンセプトに、実規模サイズの試作器（500 kV、1,500 MVA）を製作し、性能検証を実施中である。

開発器の設計上の特長は、以下のとおりである。

- (1) 巻線重量低減を目的とした銅／鉄比の最適化
- (2) 高温化仕様に対応した電線高密度化と耐熱紙の採用
- (3) 電流増大に伴う短絡時巻線発生力の増大、および体格増大に伴う強度低下傾向に配慮した巻線強度設計（モデル試験による確認実施）
- (4) 高効率冷却器の採用による冷却器台数抑制と温度設計の両立
- (5) 最新解析ツールを駆使した高精度な性能評価
- (6) 急峻（しゅん）波サージ侵入時の発生電圧評価（縮小モデルによる解析精度の事前確認も実施）を反映した絶縁設計

検証試験は実器を想定して、分解前試験、分解後の輸送試験、再組立後試験を計画し、現在、輸送試験までを完了している。

今後は、再組立後試験で過流速、過電圧試験などの過酷試験を実施して設計裕度を確認し、最適設計に資するデータを取得する予定である。



8 次期500 kV分解輸送変圧器の実規模モデル試験（分解前試験）の様子

9 直流絶縁変圧器の高信頼性確保

直流送電に用いられる変換用変圧器や直流リアクトルなど、直流電圧が印加される機器の高電圧化に伴う高信頼性を確保した絶縁設計を図るため、定常状態および電位分担の時間変化を考慮した過渡状態で変圧器の油－紙絶縁における直流電界解析を実施した。

直流電界においては、電位分担を左右する導電率が電界の影響を受けて非線形性を持ち、積層された油浸絶縁物の導電率が材料の方向によって異なる異方性（沿層方向および貫通方向）を持つ。そのため、異方性非線形直流電界の計算を実施する必要がある。また、過渡状態においては、直流

直流電圧のさらなる高電圧化においても高い信頼性を確保した絶縁設計を実施していく。

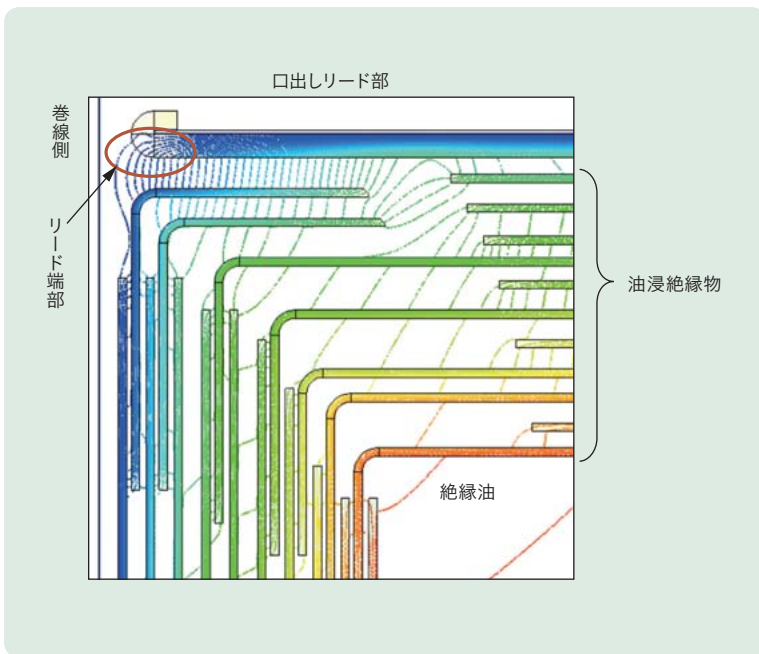
10 変圧器用絶縁油シリコン液の土壤中加水分解に関する環境性評価

近年、環境保全や防災性への関心の高まりから、分解性・難燃性に優れた新絶縁油入りの変圧器がますます増加している。その代表例である低粘度シリコン液は、その性状から新絶縁油の中で唯一JIS (Japanese Industrial Standards) 化され、信頼性・環境保全を考慮している。しかし、変圧器用絶縁油として実際に土壤に漏洩(えい)した場合の環境への影響や、その評価方法についてはほとんど調査されていない。

今回、変電所における万一の変圧器の漏洩を想定したモデル試験を行い、以下の知見を得た。

- (1) 一般的な変電所の土壤表層構造において、シリコン液は鉱油に比べて土壤浸透に抑制効果があった。
- (2) 土壤中のシリコン液は、時間の経過とともに土壤自体が触媒となって加水分解され、12か月後には約90%が分解された。なお、鉱油は分解がほとんど認められなかった。

今後はシリコン液のさらなる環境性評価を行い、変電所の環境対策に貢献していく。

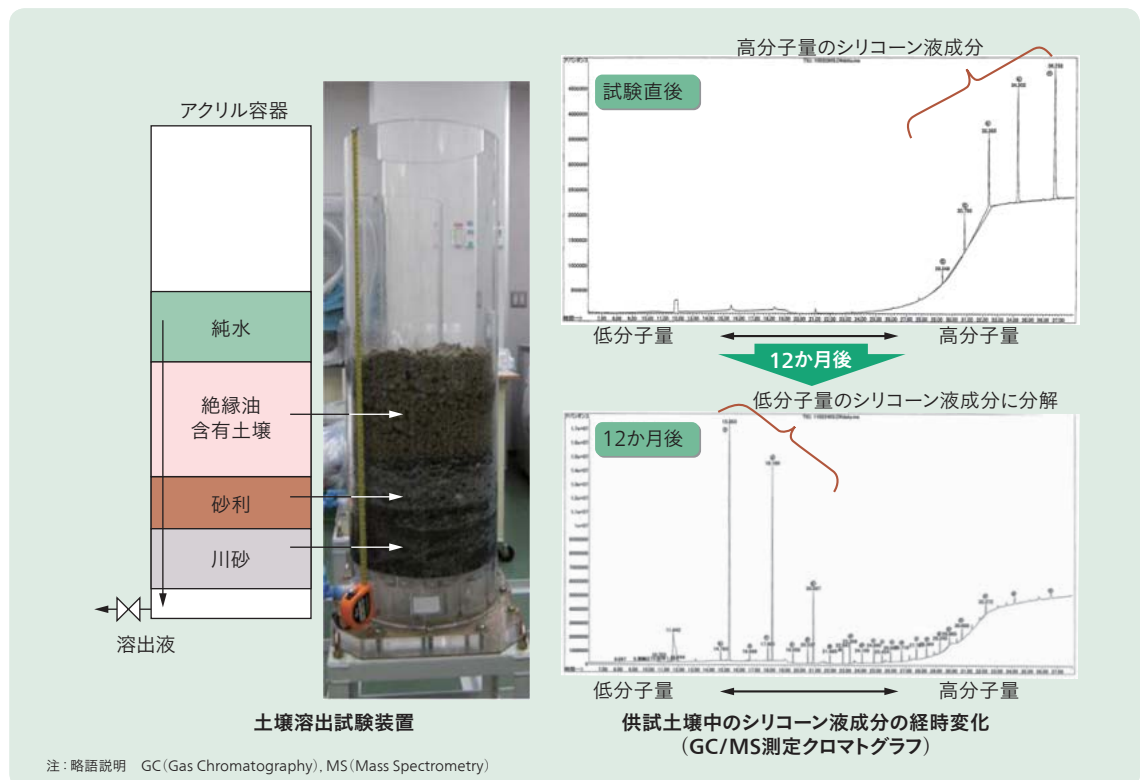


9 変圧器巻線からのリード線口出し部異方性非線形直流電界解析の結果

電圧印加によって絶縁物内を流れる電流のアンバランスで生じる電荷分布を考慮することで、電位分担が求められる。

今回、変圧器巻線からのリード線口出し部について、異方性非線形直流電界解析を定常状態で実施するとともに過渡電界解析を実施し、油浸絶縁物端部の油浸紙沿層方向絶縁評価を行った。

これらにより、油-紙絶縁における詳細な電界評価が可能となった。今後はこれらの解析により、



10 土壤溶出試験装置 (左) と供試土壤への添加後のシリコン液成分の経時変化 (右)