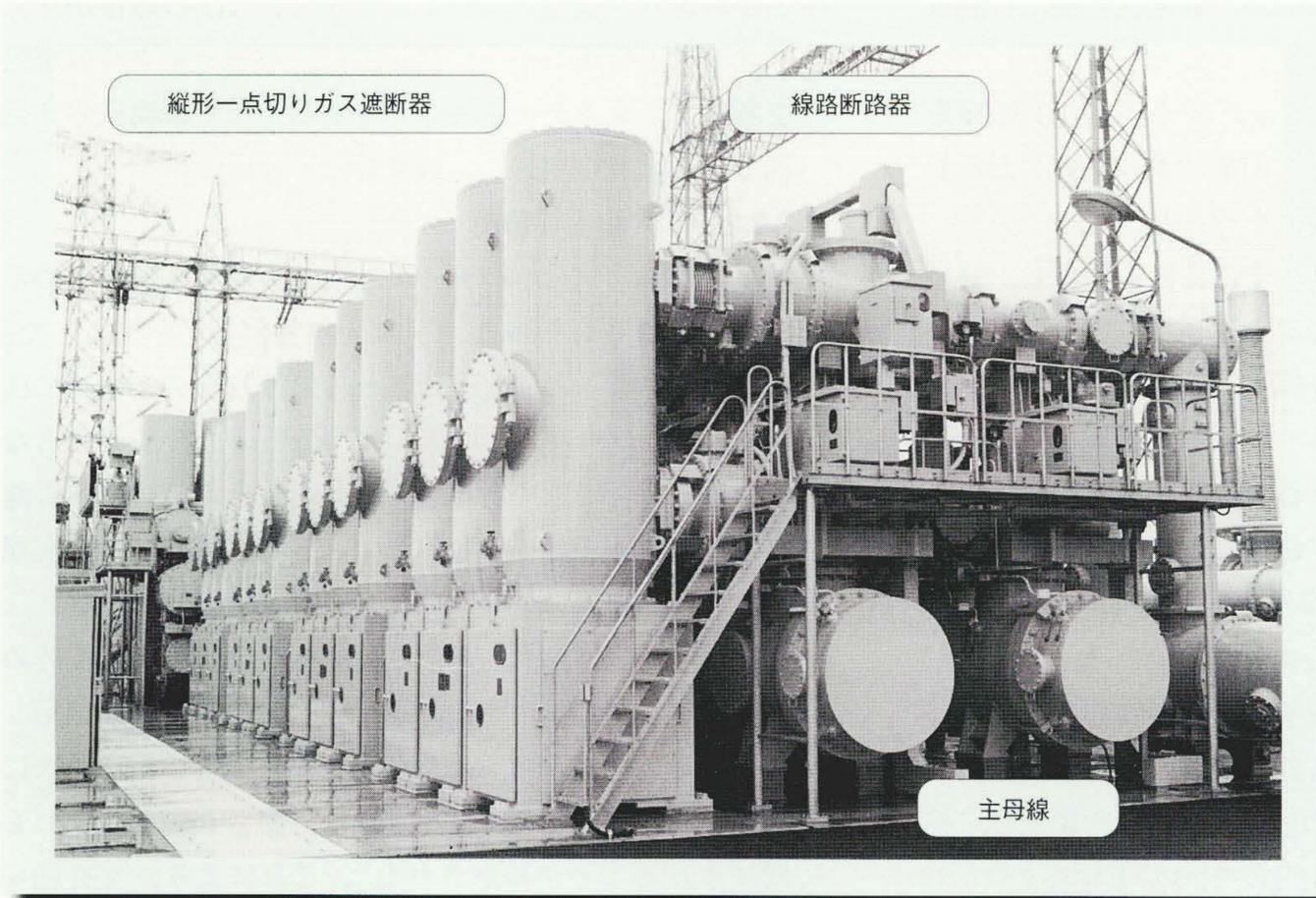


新型550 kVガス絶縁開閉装置

—信頼性向上と小型・縮小化の実現—

Development of New 550 kV Gas-Insulated Switchgear

八塚裕彦 Hirohiko Yatsuzuka 松山正治 Masaharu Matsuyama
高本 学 Manabu Takamoto 中川史夫 Fumio Nakagawa



新型550 kVガス絶縁開閉装置の外観

東京電力株式会社東群馬変電所で据付け・試験が完了し、良好な結果が得られた。

縦形一点切りガス遮断器を適用し、下部に主母線、上部に線路側機器を配置したコの字形レイアウトとしている。

変電機器に対するコストダウンと電力供給安定の要求にこたえて、日立製作所は、GIS(ガス絶縁開閉装置)の小型化と信頼性向上のための技術開発を進めてきた。

今回開発した新型550 kV GISでは、いっそうの小型・縮小化と信頼性の向上を目指して、絶縁性能面や通電性能面の設計合理化、新規解析技術の適用などによってタンク径を縮小するとともに、レイアウト上の配慮として、縦形一点切りガス遮断器、線路引込部の三相GIB(ガス絶縁母線)を開発し、適用した。これにより、GISの据付け面積を従来の46%に縮小した。さらに、開発時の性能検証では、限界性能の把握と不具合モードを想定した実用性能検証試験を実施し、信頼性の確認を行った。また、新たに適用した長尺の三相GIBでは、完全な据付け状態での熱伸縮挙動の検証を行うために通電試験を現地でも実施し、工場試験結果と比較、評価して構造面の確認を行うとともに、設計の妥当性を確認した。一方、部品の高精度化や専用組立装置の適用などにより、組立作業性の向上、全天候対応型現地大型組立ハウスの適用など、構造面と製造技術の両面に最新の技術を適用し、信頼性向上を追求した。

1 はじめに

日立製作所は、1978年に、第一世代の550 kV GISを、四点切り遮断器を適用した全相分離形で開発した。その後、遮断器を二点切りとし、さらに1989年に制限電圧を下げた高性能避雷器を適用することによってLIWV(雷インパルス耐電圧)の低減が可能となったことから、大口徑三相一括スペーサを開発し、主母線を三相一括化して小型化したものを第二世代として納入してきた。

今回、第三世代を、タンク径で従来比85%以下、据付け面積で従来比46%に小型・縮小するとともに、信頼性を確保するために限界性能と実用性能を確認し、設計構造面と製造技術面で最新技術を適用した。この新型550 kV GISを東京電力株式会社東群馬変電所に納入した。

ここでは、新たに開発した新型550 kV GISについて述べる。

2 小型・縮小化へのアプローチ

2.1 仕様見直しによる設計合理化

新型550 kV GIS¹⁾の仕様と送電線回線の構造を図1に示す。タンク径を決定する要因としては、絶縁性能面では設計基準ガス圧力と許容異物長が、通電性能面では温度上昇限度がそれぞれあげられる。

設計基準ガス圧力については、従来器の0.3 MPaを0.35 MPaに格上げした。また、面積効果を考慮した電界解析を実施し、適切な電界設計を行った。

許容異物長については、発生する異物を採集し、評価した結果からは有害な長さの異物が発生しないことが確認できたので、許容異物長を5 mmから3 mmにした。また、三次元異物挙動シミュレーションを適用し、絶縁性能に影響を与えない浮上高となる構造を採用した。

温度上昇限度については、材料の耐熱強度を評価したうえで、主回路通電部の銀接触部を65 Kから75 Kへと、接触しうる外表面を30 Kから40 Kへと上げた。单相、三相とも温度上昇が大きくなる個所は着脱装置部分の导体表面温度であるが、いずれも許容値以下であった。耐熱強度が懸念されたフランジのOリング部は通電試験の結果30 K以下であり、平均周囲温度を20℃とするとOリングの平均温度は50℃である。これは、50年の耐熱寿命を確保する60℃以下であり、問題がないことを確認した。

2.2 高精度解析技術の適用

2.2.1 三次元異物挙動シミュレーション

異物存在下の絶縁性能の評価では、三次元異物挙動シミュレーションを適用した。パーティクルトラップでは、トラップ近傍のタンク底面電界の抑制が効果的であることがわかり、構造に反映した。また、GIBの导体がタンク底面に近接する個所の構造では、パーティクルの挙動を考慮し、タンク径を大きくすることなく底面電界を抑制できる構造を検討し、適用した。

2.2.2 三次元磁界解析

多点接地方式GISのシース電流と接地線電流を求めるため、接地系を模擬した三次元磁界解析²⁾を適用した。電流が集中することが予想される機器端部の接地線に関して、コンクリート中の温度上昇が問題ないレベルとなることを解析で求めた。さらに、現地通電試験でも接地線電流の実測を行い、これを確認した。解析結果と実測値の比較を図2に示す。また、三相一括機器(主母線、三相GIB)の短絡時および定常運転時での、電流通電時の导体やタンクに作用する力を、三次元磁界解析を適用して求めた。短絡時の导体に作用する電磁力は、タンクに誘導される電流により、タンクを考慮しない場合よりも低減されることが確認された³⁾。これにより、支持絶縁物の員数を低減することができた。

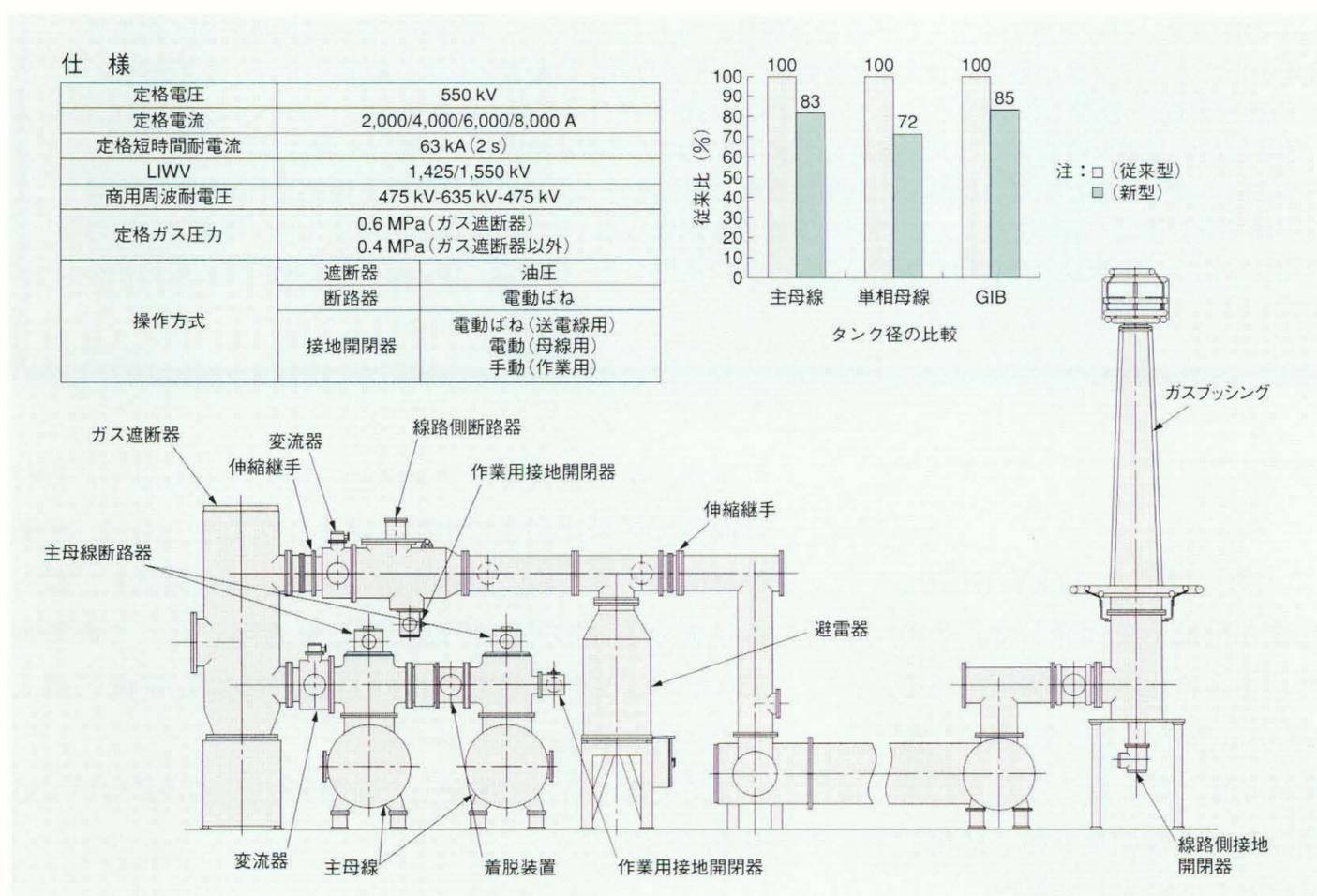
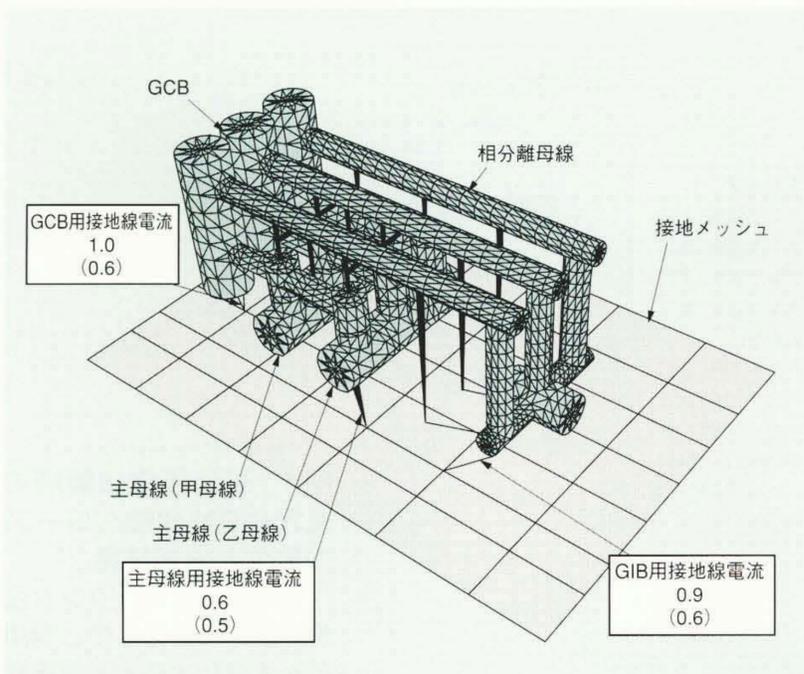


図1 新型550 kV GISの仕様と送電線回線の外形図
タンク径を従来器の85%程度に縮小した。



注1：(1)接地線電流は、主回路電流を100としたときの値を示す。
 (2)接地線電流は、上段が解析結果、かっこ内は現地通電試験時の実測値をそれぞれ示す。
 注2：略語説明 GCB(ガス遮断器)

図2 三次元磁界解析による接地線電流の解析結果と実測値の比較

解析は実測値の評価に有効であった。

3

小型化に対応した信頼性向上へのアプローチ

3.1 限界性能の確認

絶縁性能の裕度を確認するため、フラッシュオーバー試験を実施した。破壊電圧は線路側機器・主母線・遮断器の順に高くなり、線路側機器でもLIWVに対して50%以上の裕度を示し、解析から求めた破壊電圧とよく一致した。

通電性能では、8,000 Aの定格電流を通電し、飽和した状態から110%過負荷通電しても、温度上昇限度に達するまでに2.5時間かかり、十分な裕度が確認できた。

開閉性能については高低温試験を実施し、-20℃の低温仕様に対して-30℃の試験条件で動作特性を確認した。

3.2 実用性能を評価するための性能検証

(1) 機械的寿命の確認試験、(2) 開閉動作によって発生する異物の確認試験、(3) 電流開閉後の絶縁試験については、起こりうる不具合モードを想定し、開閉速度、偏心量、集電子ばね力、および接点の損傷をパラメータとして条件設定を行い、実用性能を確認した。また、運転状態で起こりうる直流電圧印加条件下での対地間と極間の耐電圧性能に関しても問題がないことを確認した。

3.3 現地通電試験による検証

現地に通電用設備を据付けて、GIS全体に通電した。

その結果、タンク、架台、外装品ともローカルヒートはなく、良好な結果が得られた。そのほかに、(1) タンクの温度、変位、応力、ベローズ長は日射量と周囲温度の変化によって大きく影響を受ける、(2) 特に、日射によるタンク表面温度とタンク変位は時間的にずれがなく、変化する、(3) 日射による局所的な温度上昇でも、変位が局所的に過大となることはなく、タンク平均温度変化に伴って挙動するなどの知見が得られた。通電試験時のタンク温度変化と、ベローズ長の実測値と解析値の比較を図3に示す。

タンクの周方向の温度分布(タンク上部と下部の温度差)を考慮した三次元シェルモデルでの有限要素法による設計変位量は、通電試験時の実測値とよく一致し、三次元的な挙動に関しても解析の妥当性が確認できた。

また、通電試験前後で集電子の接触挿入寸法変化をX線で測定した結果、タンクの温度変化に伴うタンク変位に追従して、接触挿入寸法が正常範囲内で変位しており、構造・作業管理の両面から改善を図った主回路接触部の健全性を確認した。

3.4 最新の製造技術適用による信頼性の向上

今回の新型GISでは、これまでよりも小型化し、コストダウンを図っているが、製造技術面では以下の手段で信頼性の確保を図った。

- (1) 部品精度の向上による組立時の複雑な調整作業をなくし、部品の一体化によって接続個所数を低減するなど、設計構造面にくふうを凝らした。
- (2) 専用組立装置を適用して組立性を改善し、タンク内作業の極少化を図り、異物によるトラブルポテンシャルを排除した。

一方、現地据付けでも以下のような改善を図った。

- (1) 全天候対応型大型現地据付けハウス(図4参照)を設置した作業環境により、厳寒期や悪天候条件下での据付けを可能にした。品質確保と据付け工程短縮にも大きな効果が得られた。
- (2) 据付け寸法管理にレーザーランシットを適用して、現地組立部の寸法精度を向上させた。
- (3) 管理面ではQFD(Quality Function Deployment)手法によって各作業ステップとトラブルポテンシャルとの相関関係を明確にした。このトラブル防止策を織り込んだQC(Quality Control)工程表の適用により、管理レベルの向上を図った。

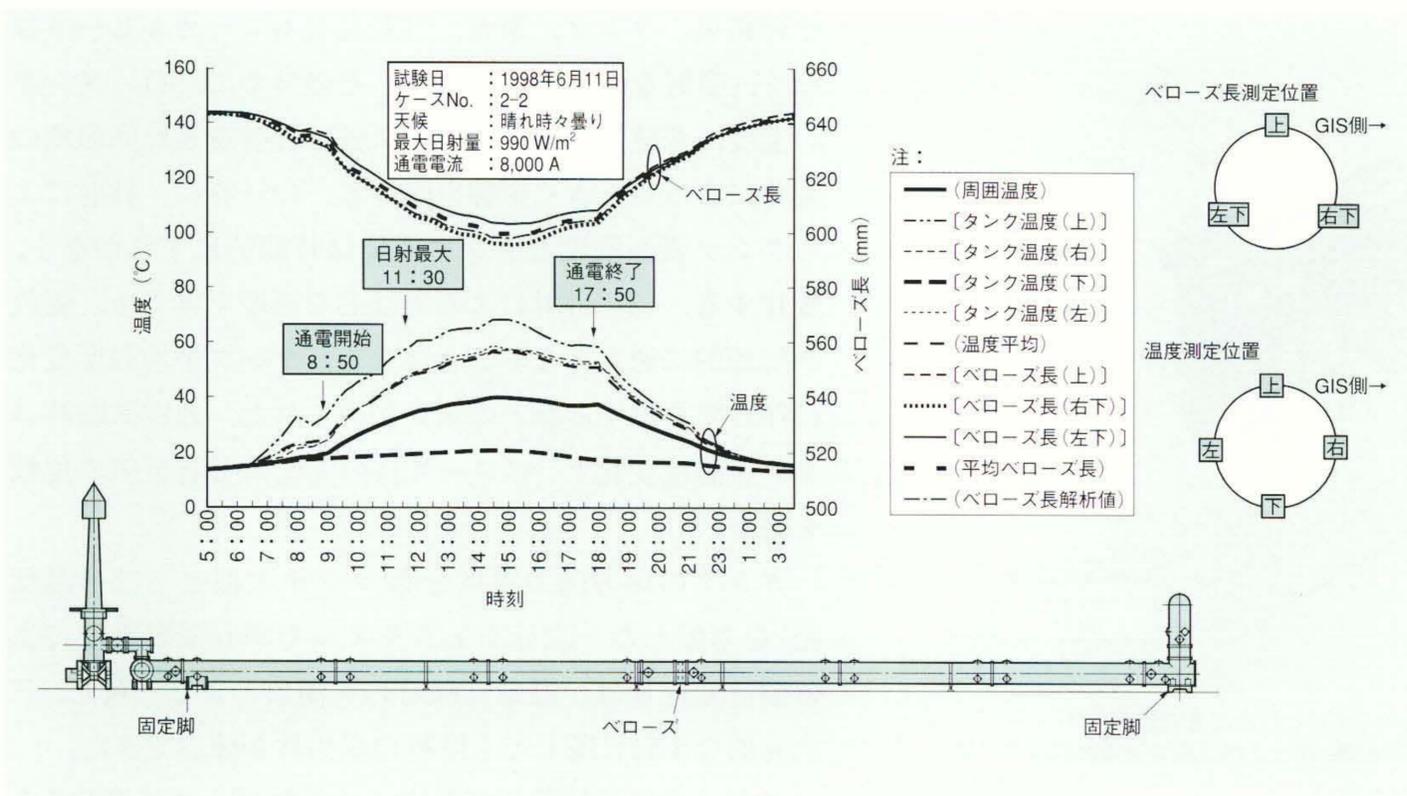


図3 現地通電試験時の長尺GIB熱伸縮ベローズの変位と解析結果

ベローズ長は、タンク温度の変化に対応して、時間差なく変化することが確認できた。温度測定結果から解析で求めた変位は、実測値とよく一致した。

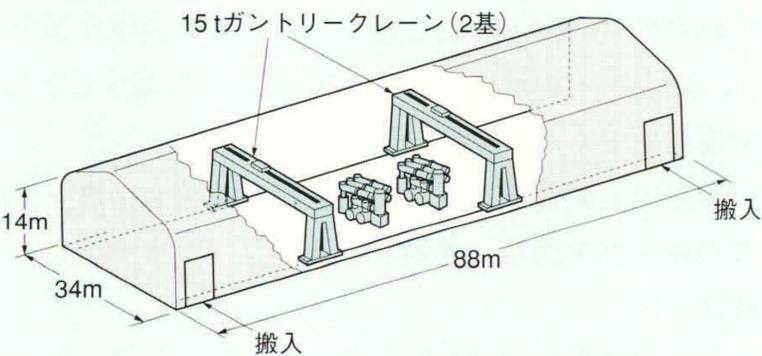


図4 大型現地据付けハウスの外観と内部構造
 GIS 12回線の収納を可能とし、15 tガントリークレーン2基を装備している。

4 おわりに

ここでは、新型550 kV GISの開発に採用した各種の技術について述べた。

今回開発した、第三世代となる550 kV GISでは、上述したさまざまな施策により、信頼性を確保しつつ小型化を図ることができた。ここで適用した手法と基本的な考え方を、今後の他の定格電圧クラスのGISを開発する際にも適用していく考えである。

参考文献

- 1) 小川, 外: 新形550kV GISの開発, 平成9年 電気学会 電力・エネルギー部門大会論文集(論文Ⅱ)
- 2) 今村, 外: ガス絶縁開閉装置の3次元渦電流解析, 平成9年 電気学会 電力・エネルギー部門大会論文集(論文Ⅱ)
- 3) 八田, 外: 新形550 kV GIBの開発, 平成9年 電気学会 電力・エネルギー部門大会論文集(論文Ⅱ)

執筆者紹介



八塚裕彦

1984年日立製作所入社, 国分工場 ガス絶縁開閉装置部 所属
 現在, ガス絶縁開閉装置の設計に従事
 電気学会会員, 日本機械学会会員
 E-mail : h-yatsuduka @ cm. kokubu. hitachi. co. jp



高本 学

1980年日立製作所入社, 国分工場 ガス絶縁開閉装置部 所属
 現在, ガス絶縁開閉装置の設計に従事
 電気学会会員
 E-mail : m-takamoto @ cm. kokubu. hitachi. co. jp



松山正治

1975年日立製作所入社, 国分工場 ガス絶縁開閉装置部 所属
 現在, ガス絶縁開閉装置の製作に従事
 日本機械学会会員
 E-mail : m-matsuyama @ cm. kokubu. hitachi. co. jp



中川史夫

1975年日立製作所入社, 国分工場 品質保証部 所属
 現在, ガス絶縁開閉装置の品質保証業務に従事