

電気の旅をたどる

エネルギーロスを減らし、 効率良く送電する

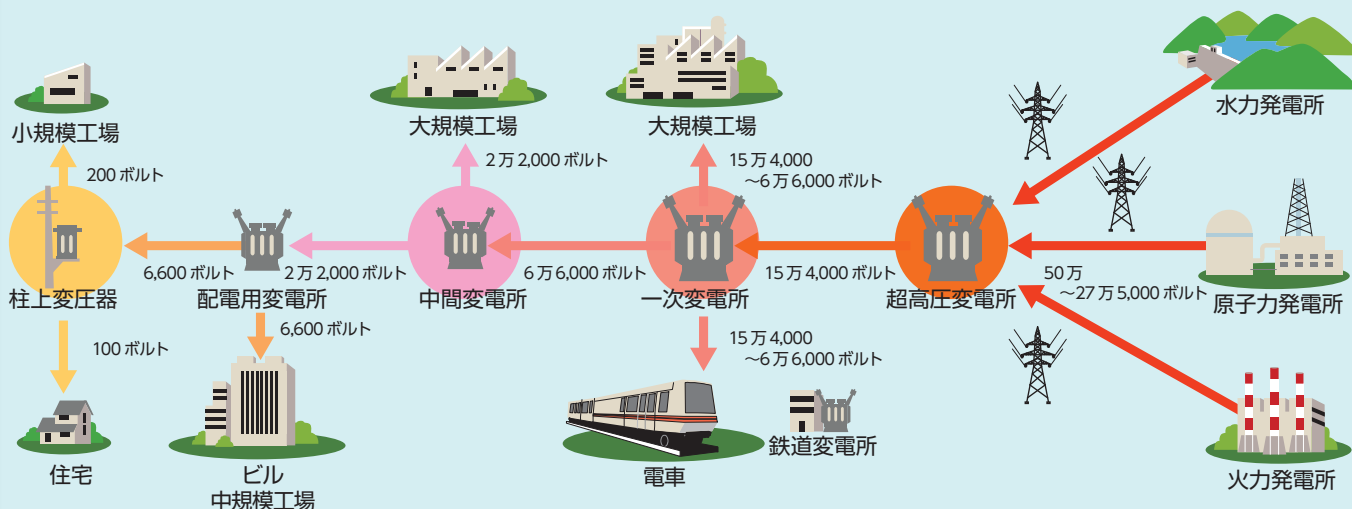
私たちの暮らしに欠かせない電気は、どのような経路で発電所から各家庭に届けられているのでしょうか。
電気を安定して供給するための送電システムについて、電気事業連合会に取材しました。

変電所で電圧を下げ 工場やビル、住宅へ

電気は発電所でつくられます。主な発電所には水力発電所、火力発電所、原子力発電所があり、経済産業省資源エネルギー庁のデータによると、2018年度の発電電力量合計は1兆1706億kWhにのぼります。このうち電気事業者の発電電力量は8922億kWhで、水力(揚水式含む)が850億kWh(9.5%)、火力が7262億kWh(81.4%)、原子力が621億kWh(7.0%)を占めています。都道府県別では千葉県が最も多く、次いで神奈川県、愛知県の順です。これに対して需要電力量合計は8962億kWhで、都道府県別では東京都が最も多く、次いで愛知県、大阪府の順となっています。

では、発電所でつくられた電気がどのような経路で需要地へ届けられるのかを東京電力ホールディングスの例で見ましょう。各発電所でつくられた電気は、27万5000～50万ボルトの超高電圧に変電され、超高圧変電所で15万4000ボルトに下げられます。その後、一次変電所で6万6000ボルトにまで下げられ、一部が鉄道会社や大規模工場に送られて各企業内の変電設備で必要な電圧に落とされます。残りは中間変電所に送られて、2万2000ボルトに変電されます。この段階でも大規模工場や大規模ビルに電気が供給されます。さらに配電用変電所で

写真提供：東京電力ホールディングス



電気の流れ

- 発電所** 発電所内の変圧器で27万5,000～50万ボルトに昇圧し、送電線で超高压変電所へ送っています。
電気事業者10社による発電所数は1,425カ所にのぼります。
- 送電線** 発電所でつくられた電力を一次変電所や中間変電所などへ輸送します。
2017年度における送電線の長さは電気事業者10社で架空線8万7,776キロメートル、地中線2万7,150キロメートルに達しています。
- 変電所** 発電所から送られてきた電力の電圧を、消費地に近づくにつれて落としていき、最終的には柱上変圧器で100～200ボルトまで下げて届けています。

低損失型の変圧器を導入する

6600ボルトに変電された電気は、ビルや中規模工場に直接配電されたり、電柱の上にある柱上変圧器で100ボルトまたは200ボルトに変電されて、引込線から各家庭へと届けられます。

「消費する電力によって、どれくらいの電圧が最適になるのかも変わってきます。変電所から電気が伝わる経路は網の目状にして、どのお客様にもくまなく配電できるようなシステムを整えています」(大場副長)

発電された電気が家庭に届くまでに徐々に電圧を下げるのは、発熱による電気の送配電損失(ロス)を最小限に抑えるためです。ロスが少なくなれば、長距離の区間を効率的に送電することができます。

送配電損失が起きる原因の1つとしては電気抵抗があります。電気を通しやすい銅やアルミニウムの電線にも電気抵抗があるため、電気が通ることによって熱が生じ、エネルギーの損失となります。しかも発電所と各需要地までには距離があるため、電気を遠隔地に送ろうとすると、たくさんの電気が無駄に消費されてしまいます。

経済産業省資源エネルギー庁によると、2015年度における電気事業者10社の平均送配電損失率は4・7%。関西電力においては、1951年度に30・8%あったロスが4・5%にまで減少しています。

「その理由は、送電線に用いられる素材が良くなったこともありすが、電圧を上げたことが大きいと考えられます。大規模に電気を送る際には電圧を高くすればするほど、抵抗による損失が少なくなることから、高電圧化するように取り組んできました。さらなる高電圧化は電力需要が増えない限り難しいので、今後は低損失型の変圧器を導入するなどの取り組みにより、送配電損失対策を行っていくことになると思います」(桃原副長)

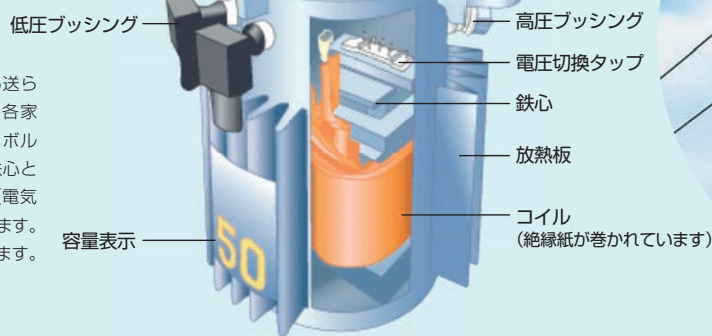


電気事業連合会 工務部
桃原 千尋 副長

電気事業連合会 工務部
大場 良輔 副長

柱上変圧器の構造

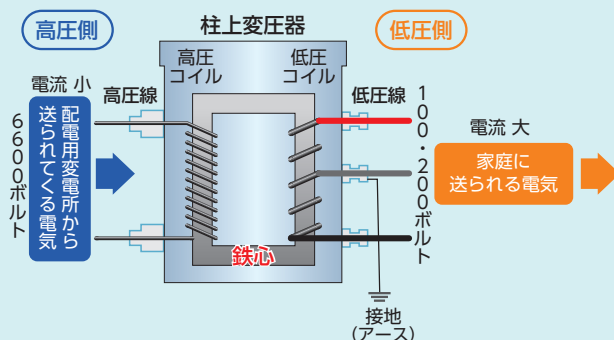
柱上変圧器は、配電用変電所から送られてくる6,600ボルトの電気を各家庭で使用する100ボルト・200ボルトに変える装置です。内部には鉄心とコイルが入っていて絶縁のため(電気を通さないよう)に油で浸されています。鉄心には電磁鋼板が用いられています。



写真提供：東京電力ホールディングス

柱上変圧器のしくみ

柱上変圧器のなかには、導線がたくさん巻いてある高圧コイルと、それより少ない巻き数の低圧コイルがあります。この2つのコイルの電磁誘導を利用して電圧を変えています。



電気事業連合会 工務部
長田 大輔 副長

「送配電損失は電線の太さによっても異なります。太い方がロス自体は少なくなりますが、太くし過ぎると送電線として架設できないことになります。電線は水道管のように流せる電流の量が決まっています。電流の2乗に比例して熱に代わるエネルギーが増えてしまうので、同じエネルギーを送る場合、電圧を高くすれば電流が小さくなり損失が減少するので効率が良いのです」(長田副長)

変電所で電圧を変換する変圧器の鉄心材料には電磁鋼板が用いられています。さまざまな送配電損失対策のなかで、電磁鋼板はどのように貢献しているのでしょうか。

「送配電損失(送電ロス)には、電流に依存するものだけでなく、電圧をかけるだけで逃げてしまうものがあります。変圧器の鉄心の損失は、負荷の大きさに関係なく印加※1時に発生するため、無負荷損と称されています。電力会社は環境負荷低減の観点から効率や損失を規定し、その条件を満たす電磁鋼板を変圧器メーカーが選択するため、おのずと高グレードな電磁鋼板が用いられています。変圧器の無負荷損失を高度経済成長時代と現行で比較すると、およそ40%向上しており、CO₂削減に大きく寄与しています」(長田副長)

北海道から九州まで すべて送電線でつながっている

電気は24時間365日、休むことなく送り続けられています。その速度は光の速さと同じで、発電所でつくられた電気は一瞬にして各家庭へと届けられます。

「電気は大量に貯めておくことができないので、安定供給のためには需要と供給を常に一致させる必要があります。我々はそのことを同時同量と呼んでいます。北海道から九州までの電力システムはすべて送電線につながっており、50ヘルツ(東日本)と60ヘルツ(西日本)の周波数で管理されています。

電気事業法に定める認可法人である電力広域的運営推進機関が全国の各エリアの需給状況や電気の流れを監視し、足りない地域に融通する取り組みを行っています。電力会社の垣根を越えて電力を融通できることは、良質な電気の安定供給という電気事業の使命に大きく役立っています」(桃原副長)

電力会社は万が一の機器の故障による停電を未然に防ぐため、巡回パトロールや送配電ルートの多重化などを実施しています。また電力供給にかかわる制御システムで万が一故障が発生した場合でも、電力システムの監視などに極力影響を及ぼさないよう、必要な対策を講じています。

「電圧や周波数の変動が少ない高品質な電気を維持するために、刻々と変わる電力需要に合わせて24時間体制で各発電所の出力調整を行っています。さらに落雷や何か

※1 印加：回路または装置に電圧をかけること



の事故で送電線が寸断してしまった時は、遮断器(スイッチ)がそれを検知して切り替えを行い、瞬時に他の送電線から電気が送られる仕組みになっています。これらの操作は遠隔地からでも可能なため、通常は変電所に人が入ることなく対応できます。しかし、どうしても人が見に行かなければいけない場合もあるので、カメラやセンサーなどデジタル技術を使った効率化に取り組んでいるところです」(大場副長)

しっかりメンテナンスして 経年劣化を防ぐ

近年の自然災害の頻発に伴い電力の安定供給の重要性がクローズアップされています。天災などのために太陽光発電システムを導入する家庭が増えてくると、従来のような送電網に影響を及ぼすことが考えられます。

「通常、発電所でつくられた電気が高い電圧から徐々に下がっていくのですが、一般家庭でつくられる電力が増え、家庭での余剰が増えてくると、電圧が逆に上がっていくケースも発生します。これまで、電力設備は電圧が下降していくことを前提に構築していましたが、今後は上昇することも考慮した設備対策が必要になってきます」(長田副長)

「家庭用の電圧は法律で決められている範囲があり、101±6ボルト、202±20ボルトの範囲に維持しなければなりません。

今までは発電所から流した電圧は下がっていく一方ですので、管理が簡単にできましたが、自家発電が増えた場合は電圧が上がる可能性があります。それをどうやって決めた範囲に収めるかが新たな課題のひとつです。すでに取り組みは始まっていますが、再生可能エネルギーの普及に合わせてさらに改善していく必要があるでしょう」(大場副長)

さらに、高度経済成長期の電気需要の伸びに合わせて大量の電力流通設備を建設してきた電力会社は、設備の高経年化※という問題を抱えています。具体的には、鉄塔部材や電柱内部の発錆、変圧器からの漏油などが懸念されています。特に海沿いの地域や島では塩分付着によりさびが進みやすいため、メンテナンスの際にしっかりと洗浄して塗装を行っています。変圧器の絶縁油に関しては機械で抽出して劣化を分析しています。

「設備の物量が多いだけに、今後メンテナンスが集中して目に見えるので、どのような対応をしていくのか考えていくことは電力会社10社に共通していると思います。ただ年間にできるメンテナンスの数は決まっているので、優先順位を決めて対応しながらできるだけ延命化するなどの対策が必要です」(長田副長)

今後大量の設備が高経年化し、メンテナンス費用や改修費用の増加が懸念されますが、費用増加をできる限り抑制できるよう、

高経年化対策は計画的かつ効率的に取り組まれています。

最後に今後の抱負と鉄鋼メーカーに対する期待を伺いました。

「電力をしっかりと安定的に送ることが我々の使命だと思っていますので、安定供給を果たしつつコストや効率化などの課題に取り組んでいきたいと思っています」(長田副長)

「今後の抱負の1つ目はこれからも安定的に電力を送ること。2つ目はそれを効率的に行うこと。3つ目は設備を更新して事故のないようにしていくことです。設備を変える時にはどうしてもお金がかかってしまいますが、少しでも効率良く行うことができれば電気料金を安くすることができそうです。そのとき設備材料のひとつである電磁鋼板が大きな役割を担うものと期待しています」(大場副長)

「IoTやAIなどの技術を活用すれば、より効率的で安心なシステムができると思います。それがひいては災害時の対策を円滑にしたり、停電を少なくして電力を安定供給できることにつながるものと考えています。また、送配電損失の改善は、エネルギー資源の節約と地球温暖化防止にも寄与することから非常に重要です。電磁鋼板の素材を製造する鉄鋼メーカーにおいては、良質な製品を今後も継続的に製造・供給いただく、電力の安定供給や送配電損失削減のためにご尽力いただければと思います」(桃原副長)

※2 高経年化：発電所で長期間の運転により、機器や構造物に性能・材質の劣化や変化が現れること