

# (3) 電気の安定供給

技術分野

- ・エネルギー変換の技術
- ・情報の技術

その他の教科

理科…電流とその利用  
(電流、電流と磁界)

動画へGO!

『東京電力パワーグリッドの使命・仕事』  
東京電力パワーグリッド

動画へGO!

『ひらめき! ピカールくん』  
電気事業連合会

技術・家庭科  
技術分野

4 エネルギーと技術

## (3) 電気の安定供給

◆電気を安定供給するためのしくみ

発電所から送電線、変電所、配電線などのすべての電力設備のシステムを「電力系統」という。電力系統は周波数・電圧をつねに一定に保ち品質を維持しながら利用される場所まで送られる。

●送電の流れと給電指令系統

●電流の種類と周波数

●電氣使用量と発電量のバランス

電氣使用量 = 発電量

電氣使用量 > 発電量 → 周波数低下

電氣使用量 < 発電量 → 周波数上昇

●中央給電指令所の役割

電氣使用量と発電量が常に一定のバランスを保つため、電力需要の予測や発電所の発電量の計画と指令などをおこなう。中央指令所で発電所の出力を遠隔自動制御するシステムも導入されている。近年は天候に発電量が左右される再生可能エネルギーによる発電量の予測や出力変動への対応が課題となっている。

●系統給電所・地方給電所の役割

系統給電所は送電線や変電所などの設備に異常がないかを常時監視し、電力ネットワークをコントロールする。発電所で作られた電気を無数に広がる送電網を使って安定的に送る最適なルートを決める、電圧を適正な値に調整する、などの業務をおこなっている。万が一、自然災害などで事故が発生した場合には、その復旧計画や指令も系統給電所の仕事である。

●再生可能エネルギーの出力を予測して需給計画を作成するしくみ

再生可能エネルギーの出力を予測して需給計画を作成するしくみ

●見直しの方向性

家庭に送られる電気をなぜ交流なのか調べてみよう。また、家庭で使っている電気製品は、電流が交流か調べてみよう。

学習のねらい

- 暮らしや社会に不可欠な電気を送るための送電・配電技術について理解する。
- 電力需給のバランスをコントロールする中央給電指令所のはたらきを理解する。
- 電気は貯められないので需要に応じて発電量を調整しなければならないことを理解する。

学習のポイント

- 超高压で送り出された電気は、需要地で必要に応じた電圧に下げられて供給されている。
- 電力は大量に貯めておくことができないので、常に需要に合わせて発電がコントロールされている。
- 電源の組み合わせは、それぞれの発電方式の特徴や長所、短所を考慮し、バランスのとれた構成になるよう考えられている。

## ◆中央給電指令所の役割

電気は大量に貯蔵しておくことができません(近年は大容量の蓄電池が研究・開発されつつある)、生産と消費が同時に行われるため(電気の速さは光速とほぼ同じ)、需要量を上回るように発電量をコントロールしなければならない。また、供給の安定性(燃料の入手のしやすさ)、環境への影響(二酸化炭素排出量)、経済性(燃料コスト)などを考慮し、どのように電源を組み合わせるかバランスの取れた構成になるよう調整をおこなっている。

中央給電指令所では、時々刻々変化し続ける電気の使用量を予測しながら、発電所の発電量を調整する指令を出し、周波数を一定に調整している。また、送電線の流れを管理し、変電所や送電線などの送電設備に異常や故障が起きた際の対応も、中央給電指令所の重要な業務である。

## ◆系統給電所・地方給電所の役割

系統給電指令所の下には各地に点在する地方給電所がある。電力会社によって給電指令所は基幹給電制御所、地方給電所は給電所、系統制御所、給電制御所など名称が異なる。

系統給電所では、送電線や変電所などの設備に異常がないかを常時監視し、電力ネットワークをコントロールする、発電所で作られた電気を無数に広がる送電網を使って安定的に送る最適なルートを決める、電圧を適正な値に調整する、などの業務をおこなっている。万が一、自然災害などで事故が発生した場合には、その復旧計画や指令も系統給電所の仕事である。

## ◆送電のしくみと送電ロス

発電所で発電された電気は、交流で需要地に送られている。電流には直流と交流があるが、発電された電気を交流にする理由は変電が容易なためである。

電気が届けられる過程で、その一部は送電線の抵抗などのために、途中で熱となって大気中へ逃げてしまう。これを「送電ロス」といい、送電ロスは電圧が低いほど、送るまでの距離が長いほど大きくなる。日本の送電網の場合、発電量に対して約5%程度を損失している。

電気を高压で送るのは、こうした送電ロスを減らすためである。近年は、電力需要の増加と電源の大容量化・遠隔化・安定供給に対応するため、送電線

の高圧化が図られており、50万〜27万5,000Vで送電されている。そのため、需要地に近づくにつれて変電を繰り返して徐々に電圧を下げている。

## ◆「日本版コネクト&マネージ」とは

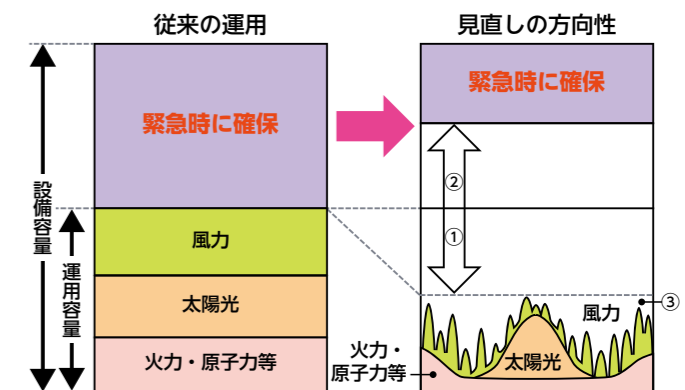
日本の電力系統はこれまで大規模発電所と需要地を結ぶ形で形作られてきたが、再生可能エネルギーの立地ポテンシャルとは必ずしも一致していない。このため、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、電力系統の容量が足りず接続できない例が見られるようになった。今後、再生可能エネルギーが主力電源となるためにはこの系統制約が大きなネックとなる可能性がある。しかし、電力系統の空き容量を増やすために新しく送電設備を作ったり増強するにはコストと時間がかかる。そこで、再生可能エネルギーを最大限導入しつつ既存の送電設備や技術で緩和・解消する方法が検討されている。

現在導入方法が検討されている「日本版コネクト&マネージ」では、これまでの運用ルールを変更して緊急時用に空けていた容量や他の電源が発電していない時間などの「すきま」をうまく活用し、よりたくさんの電気を流せるように工夫しようというものである。

※電力広域的運営推進機関 (<https://www.occto.or.jp>) では電力の安定供給や送配電設備の効率的利用などへの取り組みに関する情報を公開している。

## 日本版コネクト&マネージのイメージ

	従来の運用	見直しの方向性
空き容量の算定	全電源がフル稼働する前提で算定	実態に近い想定で算定【下図①に該当】
緊急時用の枠	半分程度を確保	事故時(落雷など)に電源を電力系統から瞬時遮断する装置の設置を条件として、一部枠を平常時に開放【下図②に該当】
出力制御を前提とした接続	通常は想定せず	電力系統の混雑時の出力制御を前提として、新規電源の接続を許容(系統が空いているときの容量を活用)【下図③に該当】



(出所) 経済産業省「総合エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会/再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会中間整理 (2018年5月)」



技術分野

- ・エネルギー変換の技術
- ・情報の技術

その他の  
教科

- 理科 …化学変化とイオン（化学変化と電池）
- 理科 …電流とその利用（電流、電流と磁界）

技術・家庭科  
技術分野

エネルギーと技術

### ◆地域間連系線の強化

これまで日本では地域ごとに電力系統を構築し供給バランスの管理がおこなわれてきた。それぞれの地域は隣の地域と連系線で繋がっているが、地域を越えて流せる電気の量は限られている。現在、地域間の送電できる運用容量を大きくする連系線の設備強化が進められている。

●地域間連系線の強化

- 北海道：北海道と本州は品川と上北に交・直送設備を設置し、この線を架空送電線および海底ケーブルで結んでいる。
- 東北：東北電力と東京電力は高圧送電線を通じて交流-交流-交流に変換して連系している。
- 中部・北陸間：高圧送電線を通じて交流-交流-交流に変換して連系している。
- 中部・北陸間：高圧送電線を通じて交流-交流-交流に変換して連系している。
- 中部・北陸間：高圧送電線を通じて交流-交流-交流に変換して連系している。
- 中部・北陸間：高圧送電線を通じて交流-交流-交流に変換して連系している。

●電気の安定供給と再生可能エネルギー

東日本大震災以降、太陽光発電を筆頭に再生可能エネルギーを利用した発電所が増加している。しかし、天候に左右される変動型再生可能エネルギーは発電量の予測や出力の制御がむずかしいため、送配電線の周波数・電圧に影響を与え、電力の安定供給の課題となっている。

●周波数と電力の品質

電力の需要と供給のバランスがずれると、周波数や電圧に乱れが生じる。工場などで使用しているモータは周波数が乱れると回転数が変動し、製品の品質に影響が出てしまう。そのため周波数や電圧の変動が小さい高品質な電力を送り続けることができるよう維持されている。

●リチウムイオン二次電池

電力の需要と供給のバランスがずれると、周波数や電圧に乱れが生じる。工場などで使用しているモータは周波数が乱れると回転数が変動し、製品の品質に影響が出てしまう。そのため周波数や電圧の変動が小さい高品質な電力を送り続けることができるよう維持されている。

●電力系統の安定をはかる蓄電池と制御技術

太陽光発電、風力発電は天候によって発電量が変動するので、需要に併せて電力量を確保することがむずかしい。そうした再生可能エネルギーの不安定性の問題を解決する装置として期待されているのが蓄電池である。電力があまったときに電力を貯蔵し、需要に応じて送電網に電気を送ることが可能になる。現在のところ、高価格であること、大型化がむずかしいことから、低価格化、大型化をするための技術開発が進められている。

●用差別リチウムイオン二次電池の要求寿命特性（例）

用途	電圧	使用期間	充電頻度	使用期間 + 充電サイクル
携帯機器	10Wh	~3年	1回/日	3年 1000サイクル
電気自動車	30kWh	~10年	300km/日	10年 400サイクル (1250km/日として)
産業向け	6kWh	10年以上	2~3回/日 (ピークシフトモータ)	10年 6000サイクル
産業用装置	50kWh	~10年	2~3回/日 (ピークシフトモータ)	10年 10000サイクル

●周波数変換（交直交換機）のしくみ

60Hzの電気を50Hzにする場合：60Hzの交流の電気を周波数変換設備で直流の電気に変え、今度はその直流の電気を50Hzの交流の電気に変える。50Hzの電気を60Hzに変換する場合はこの逆になる。

●その他の教科：

- 理科-化学変化とイオン（化学変化と電池）
- 理科-電流とその利用（電流、電流と磁界）

学習の  
ねらい

- 直流と交流の違いを理解する。
- 東日本と西日本では周波数が異なっていることを知り、相互融通には技術的な理由から限度があることを知る。

学習の  
ポイント

- 周波数を変換するためには、一度、直流に変えてから別の周波数に変えている。
- 一部の連系線も変換所で交流を直流、直流を交流に変換して連系している。
- 東西間の周波数変換は静岡県と長野県の3か所でおこなわれている。

◆東日本と西日本の周波数のちがいが

日本は、静岡県の富士川と新潟県の糸魚川辺りを境にし、東日本は50Hz、西日本は60Hzの電気が送られている。

東西地域の周波数を50Hz、60Hzに分化させるきっかけは、明治時代に東京電灯浅草発電所がドイツ製50Hz発電機を、大阪電灯幸町発電所がアメリカ製60Hz発電機を導入したことである。大正時代初頭から第2次世界大戦直後までに4回の周波数統一の動きがあったが、いずれも莫大なコストと時間がかかり、設備の改造過程で供給力不足を招くことから実現されず、現在も2つの周波数が使用されている。

東西で電力を融通する場合、同じ周波数に変換しなければならない。現在は、佐久間周波数変換所（静岡県）、新信濃周波数変換所（長野県）、東清水周波数変換所（静岡県）の3か所で、電力融通がおこなわれている。変換設備の合計容量は120万kWだが、従来の運用では事故などに備え、実際に使える能力はわずか40万~55万kW程度である。

◆電力の品質と再生可能エネルギー

電力会社では、常に一定の周波数、電圧で電気を供給できるような品質の安定に努めている。例えば繊維工場で使われている織機のモーター回転数に乱れが発生すると、仕上がった生地に織りムラができるなどの不具合が生じてしまうため、常に調整目標範囲内に収まるよう調整している。

周波数維持の指標には時間滞在率（標準周波数から実測周波数が一定の変動幅に維持された時間の比率）がある。各電力会社は平常時の調整目標を下の表の通り設定している。

再生可能エネルギーの固定価格買取制度が導入されて以降、太陽光発電を中心に設備導入が増大しているが、太陽光発電や風力発電は、天候によって発電量が大幅に変動する。電力の品質を保つためには、火力発電などの出力調整が可能な電源をバックアップとして準備するほか、発電した電気を大規模な蓄電池に蓄えるなどの対策が必要となる。

各供給区域の周波数調整ルール

供給区域	北海道	東北・東京	中部・北陸・関西・中国・四国・九州	沖縄
標準周波数	50Hz	50Hz	60Hz	60Hz
調整目標範囲	±0.3Hz	±0.2Hz	±0.2Hz	±0.3Hz
±0.1Hz以内滞在率目標	-	-	95%以上	-

（出所）電力広域的運営推進機関資料

◆優先給電ルールとは

太陽光や風力などの再生可能エネルギーは天候によってその出力（発電）が大きく変動するうえ、そのコントロールが困難である。条件に恵まれれば、電力の需要以上に発電する場合もあり、そのままにしておくと需要と供給のバランスがくずれて大規模な停電などのリスクが発生してしまう。そのため需要以上に発電され電気が余る場合にはあらかじめ決められた順に電源を制御する「優先給電ルール」が設けられている。

2018年秋、九州や四国では優先給電ルールの順に出力制御をおこなっても電力が余ったため、太陽光発電の出力制御が初めておこなわれた。

優先給電ルールのイメージ

出力の制御などをおこなう順番

- ・火力発電（LNG・石炭・石油など）の発電量を減らす
- ・揚水式水力発電の動力として電気を使用し需要を増やす
- ・連系線を活用し他のエリアへ電力を融通する
- ・バイオマス発電の出力を制御する
- ・太陽光発電・風力発電の出力を制御する

◆蓄電池

蓄電池は化学電池のひとつで、二次電池とも呼ばれる。蓄電池には鉛電池、ニッケル水素蓄電池、リチウムイオン二次電池などさまざまな種類がある。その中でリチウムイオン二次電池は、体積、重量当たりの電気蓄積量が大きい上に急速充電・急速放電が可能のため、電気自動車から電力貯蔵のための定置用まで幅広い利用が見込まれている。

これまでは電気は貯めることができないことを前提に、需要の最大値に合わせた発電設備を作る必要があった。現在は、蓄電技術の進展で大容量蓄電池の開発が進んだため、発電量が多いときには大規模な蓄電池へ蓄え、少ないときやゼロのときには蓄電池から出力することが可能になり、将来的には電力需要の負荷平準化への寄与が期待されている。

電池の種類

