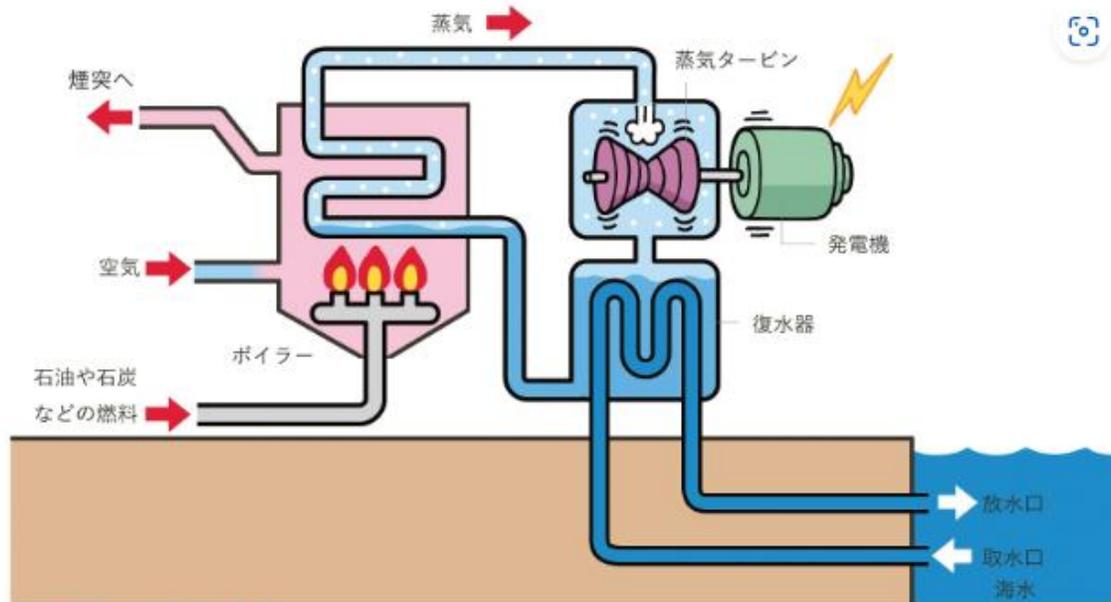


同期発電機と発電の仕組み

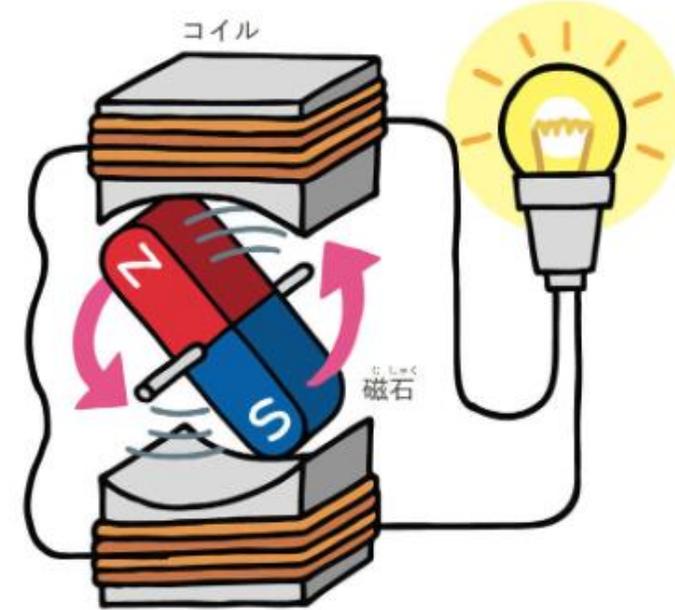
発電の仕組み



ガスタービン発電

出典: 一般社団法人九州経済連合会 九州エネルギー問題懇話会より抜粋

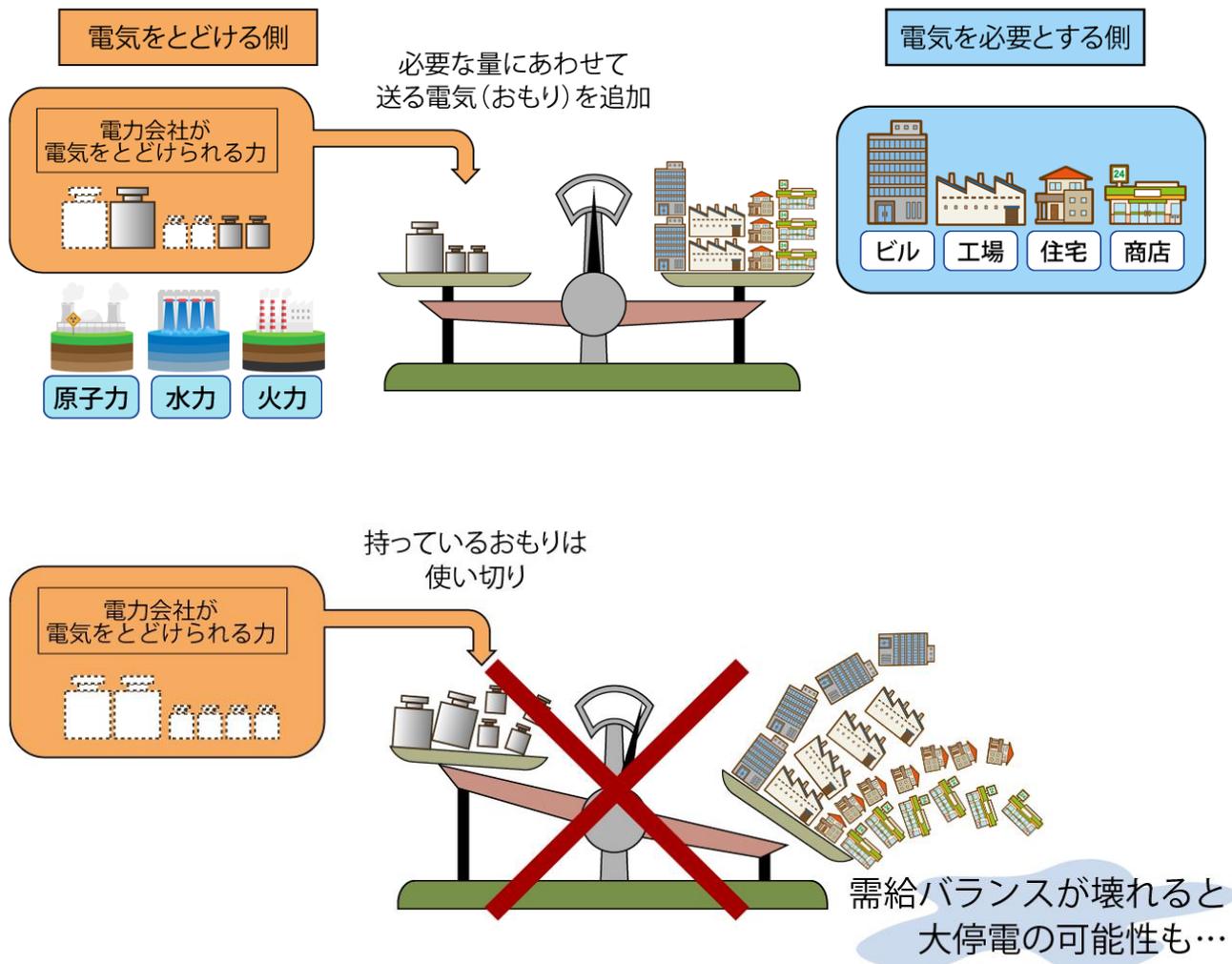
発電機の仕組み



出典: 四国電力ホームページより抜粋

従来からある火力、水力、原子力発電といった方法による発電の仕組みは原理的にはほとんど同じです。これらの方法では、タービンやエンジンが使われ、発電機の軸を回転させます。軸が回転することで内部の磁石も回転し、これが電気を生成する原理となります。なお、これらの方法で生成される電力は交流 (AC) です。

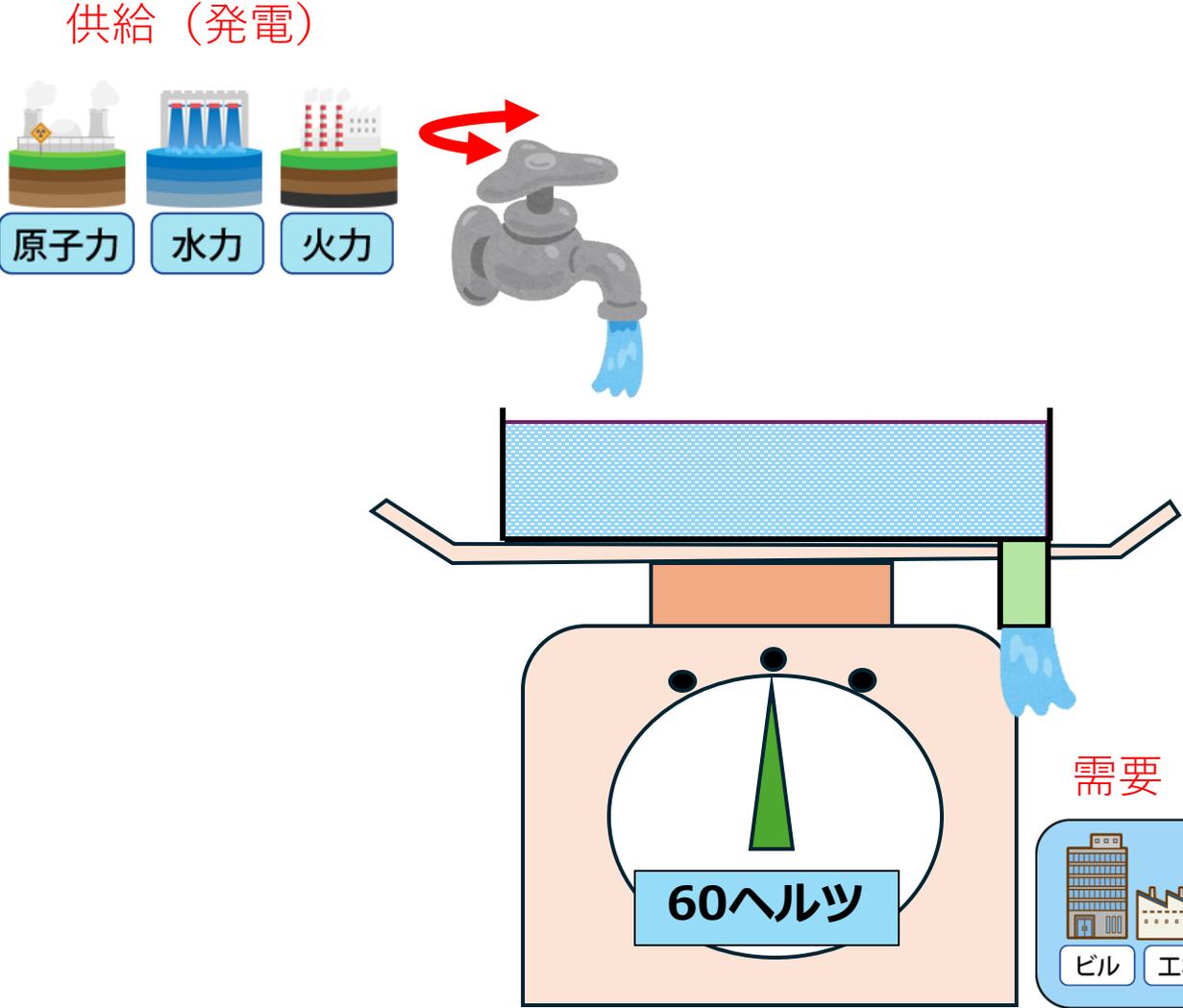
電気の“同時同量”について



電力供給の仕組みは**同時同量**の原則に基づいています。これは、発電される電力量と消費される電力量が常に一致しなければならないという原則です。電力の需要は刻々と変化しますが、供給側はその変化に即座に対応し、発電量を調整します。これにより、需要と供給のバランスが維持されます。

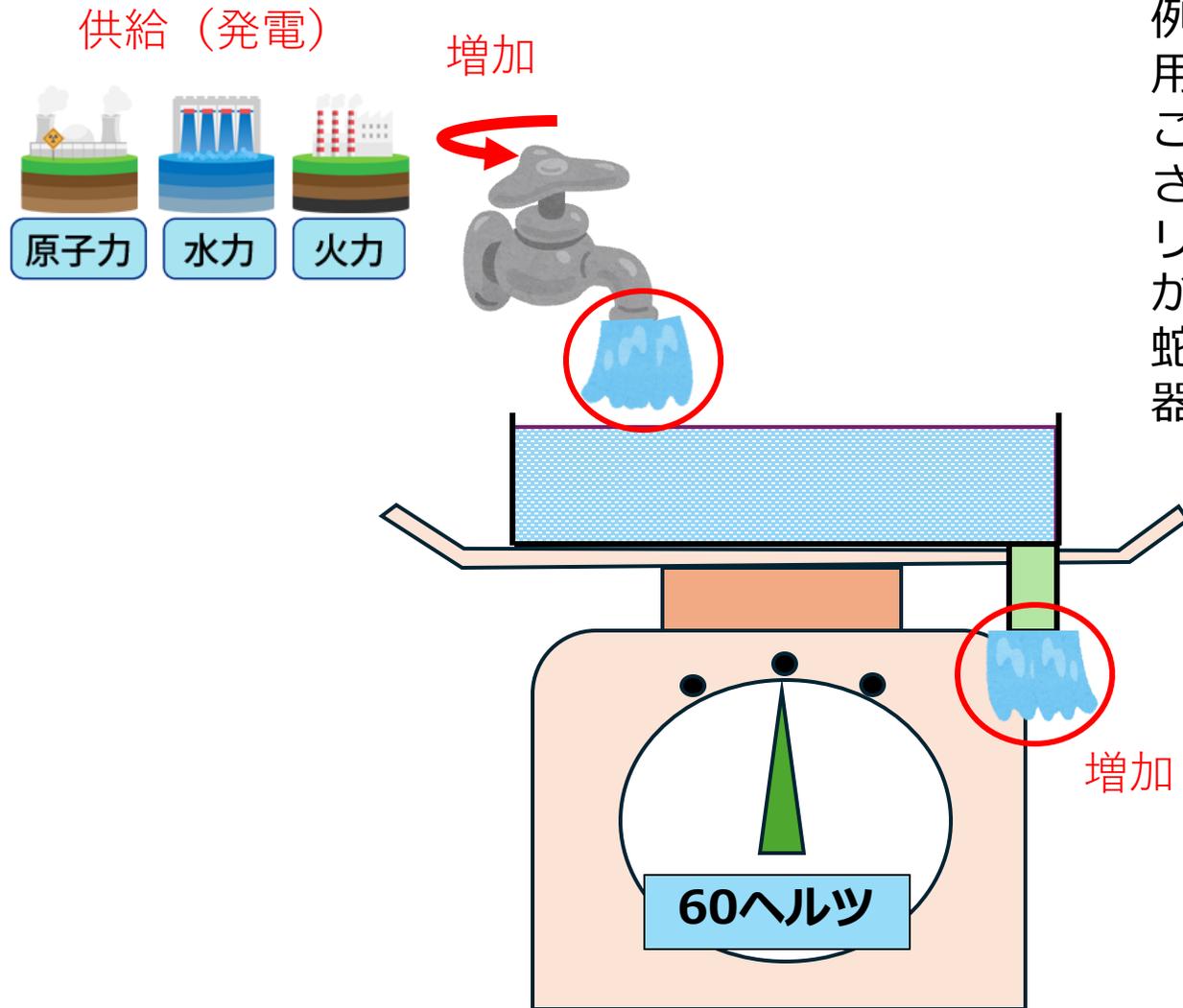
もし、電力の需給バランスが崩れると、全体の電力供給に影響を及ぼし、最悪の場合、大規模な停電、すなわちブラックアウトが起こる可能性があります。電力の供給と需要のバランスが保たれることで、我々は日常生活やビジネスにおいて安定した電力を利用することができます。

電力需給バランスについて



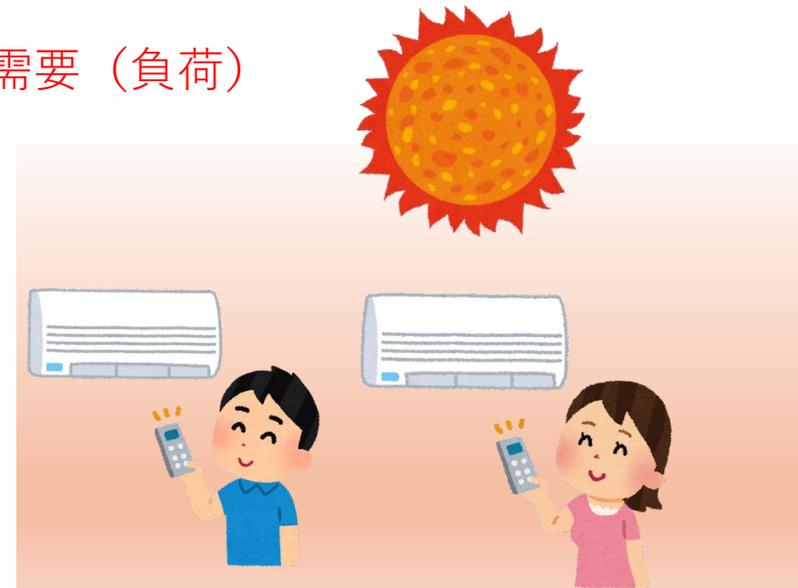
電力供給と需要のバランス、つまり「同時同量」の原則を理解するために、水道という例えを使います。ここで発電は、水道の蛇口から注がれる水と考えてください。一方、電力の使用量、すなわち負荷は、容器の底から排出される水として表現します。容器の水量（重さ）は電力グリッドの周波数、つまり60Hzを表します。この60Hzを常に保つことが、電力供給の高品質を維持するための重要な要素です。したがって、負荷が変動する度に、供給（蛇口の水量）を調節して、水の供給と排出のバランスを保つ必要があります。このバランスの維持こそが、「同時同量」の原則と言えるでしょう。

電力需給バランスについて

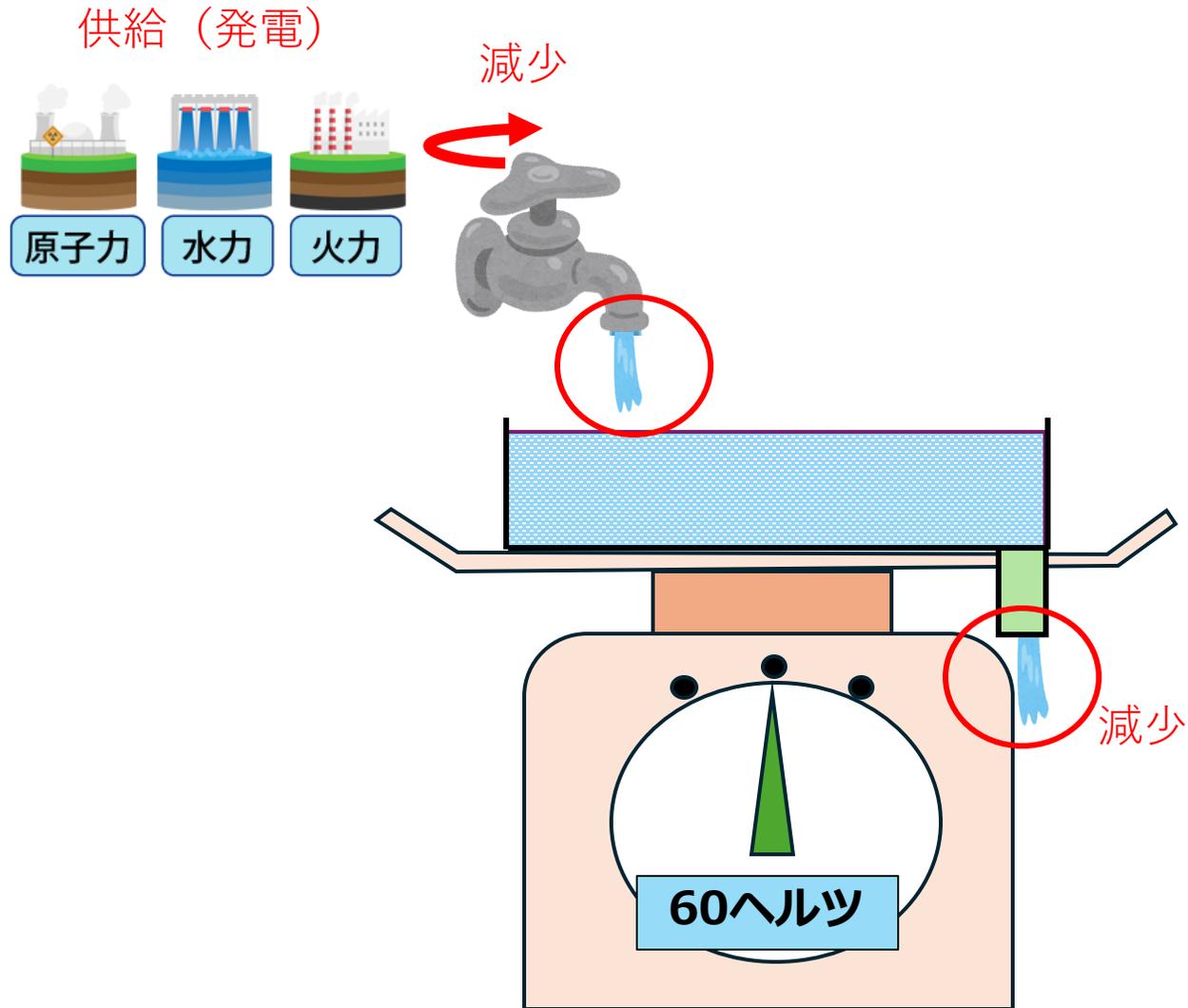


例えば猛暑の日には、多くの人エアコンを使用し始め、これにより電力の需要が増えます。この状況が続くと、容器からどんどん水が排出され、その結果容器の重さが軽くなり、電力グリッドの周波数（ここでは容器の重さに相当）が低下してしまいます。これを防ぐためには、蛇口をさらに開いてより多くの水（電力）を容器に供給し、バランスを保つ必要があります。

需要（負荷）



電力需給バランスについて

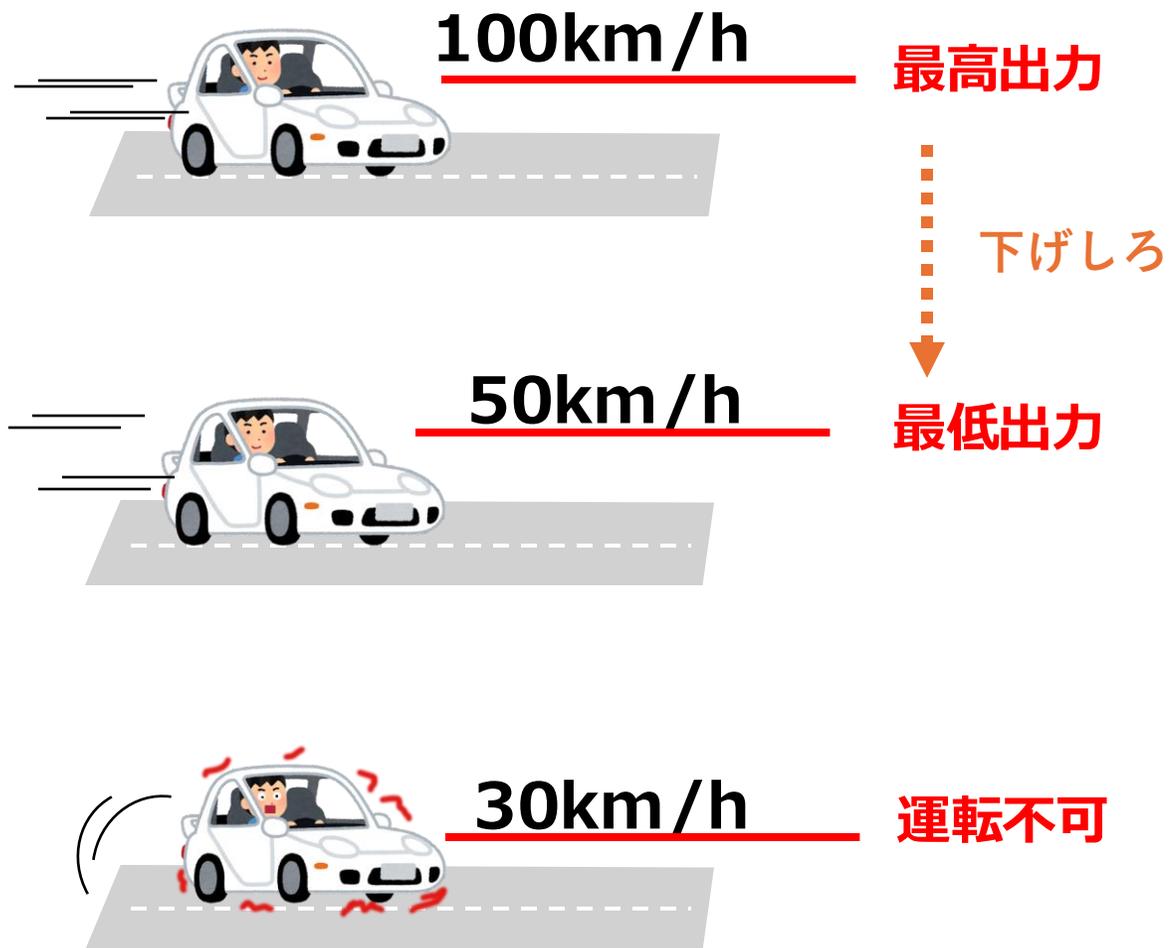


一方、天候が変わり雨が降り始めると、多くの人々がエアコンを切ることで電力需要が急速に減少します。この場合、水の排出量が急に減り、結果として容器の水量、つまり電力供給量が増えてしまいます。この電力供給の過剰は、電力グリッドの周波数を急速に上昇させ、そこから新たな問題が生じる可能性があります。電力供給と需要のバランスを維持するためには、この状況では蛇口を速やかに閉じて水（電力）の供給量を減らす必要があります。

需要（負荷）



発電機の“下げしろ”について

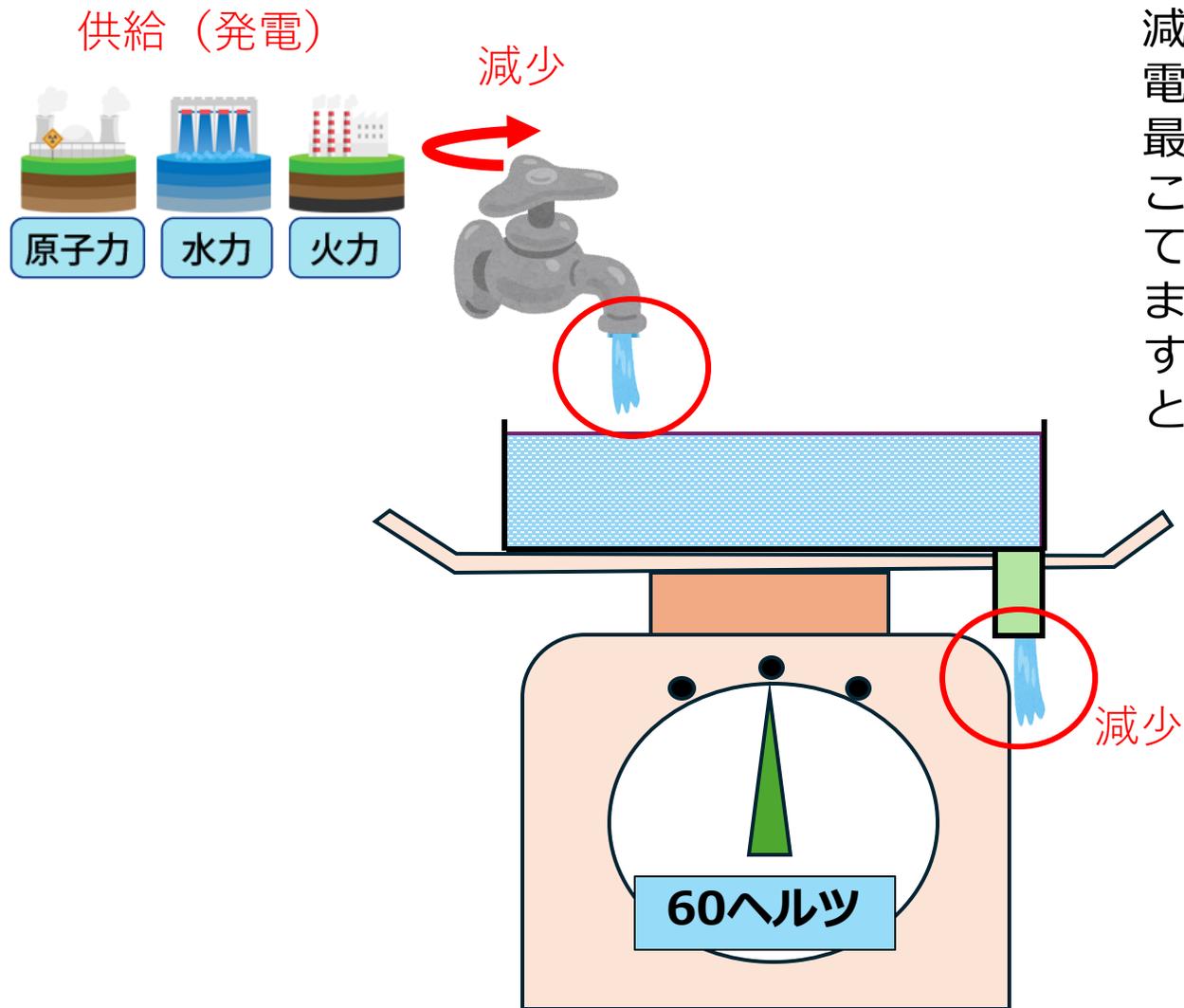


まず、発電機の「下げしろ」について理解するために、高速道路を走る**マニュアルギア**の自動車に例えて説明します。

ある車がトップギアで時速100kmで走行しているとします。何かの理由で速度を50kmに下げるとは問題ありません。しかし、さらに速度を30kmに落としたとき、エンジンの回転に異常が生じ、最終的にはエンスト（エンジン停止）を起こす可能性があります。

この現象は、発電機の動作にも当てはまります。発電機には、正常に運転できる最低出力が存在します。ある一定の出力からその最低出力まで、どれだけ出力を絞り込めるかを示す範囲が「下げしろ」です。

発電機の“下げしろ”について



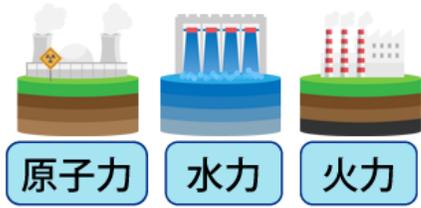
発電所は電力の需要の変化に応じて発電量を増減させることが可能です。ただし、使用する発電機の特性からくる安全な運用範囲が存在し、最大・最小の出力値が既に定められています。この範囲を超えて出力を調整することは許されていません。ある時点の発電量から最小出力値までの調整可能な範囲を“下げしろ”と表現しますが、この“下げしろ”を超えて出力を下げることは、安全運用の観点からは行われません。

需要（負荷）

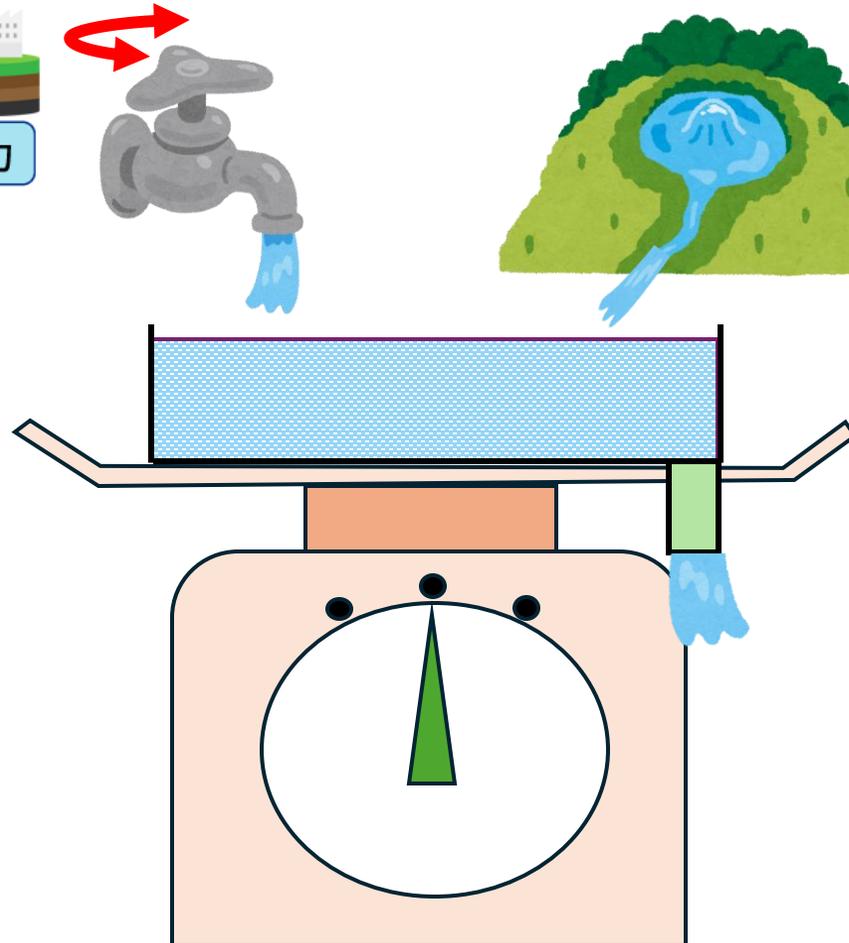


発電機の“下げしろ”について

同期発電源



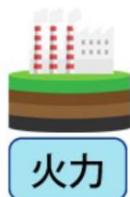
再エネ発電源 (間欠泉)



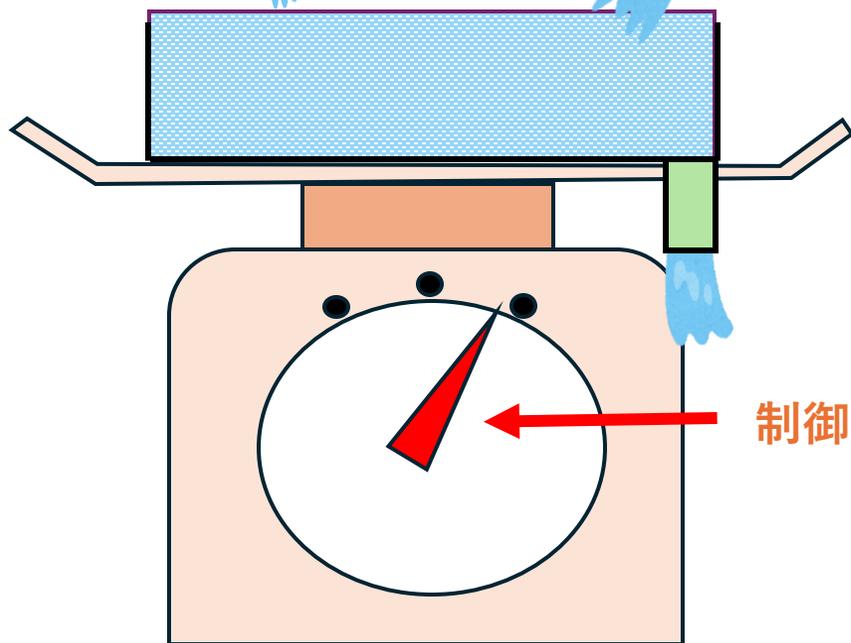
従来の発電所は需要の増減に対応して発電量を調整することでバランスを保つことができましたが、近年の再生可能エネルギーの大量導入により、電力の需給バランスが大きく影響を受けるようになりました。火力発電所の調整可能な発電量は、調節可能な水道蛇口に例えることができます。一方、風力や太陽光発電などの再生可能エネルギーは、発電量の予測も調整も難しく、ここでは"間欠泉"の水量に例えます。

発電機の“下げしろ”について

ディーゼル発電源



再エネ発電



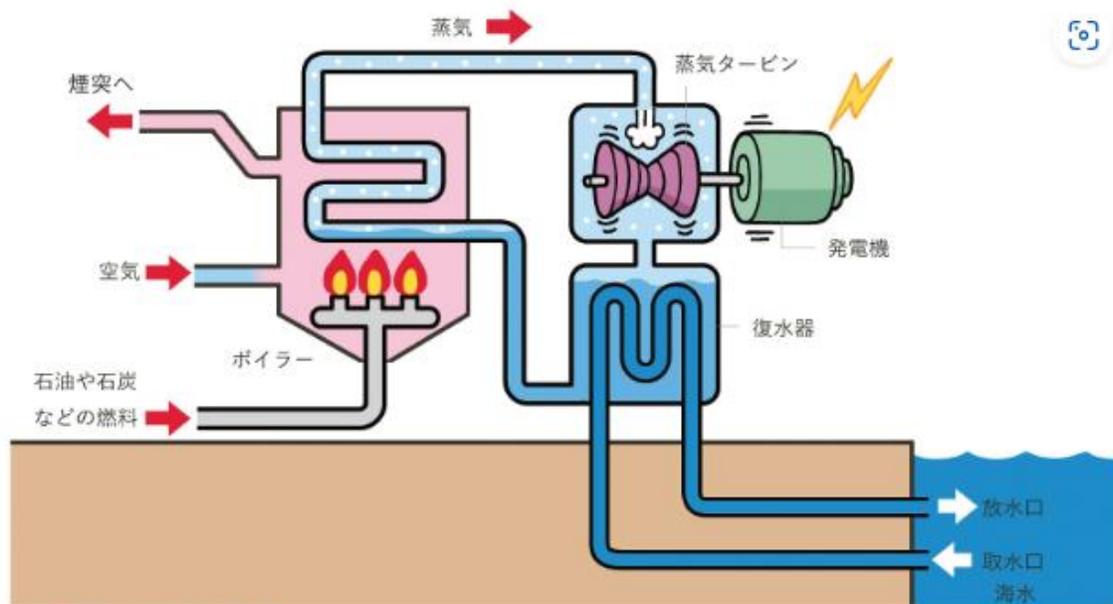
制御不可

再生可能エネルギーの大量導入は電力の需給バランスに影響を与えます。このバランスは、再エネの発電量が火力発電所の調整範囲内である限りは保たれます。しかし、発電量が調整範囲を超えると、供給が過剰になりブラックアウトの危険性が生じます。

本島では6基の内燃発電機（ディーゼル発電）を運用し、その最低負荷は50%とされています。年間で需要が最も低い昼間の電力需要を6,760kWと想定します。これに対し、発電機の最低出力が4,500kWなので、調整可能な“下げしろ”は2,260kWです。これを超える再エネ発電量は出力制御が必要となり、これが再エネ100%導入の障害となります。

同期発電機と発電の仕組み

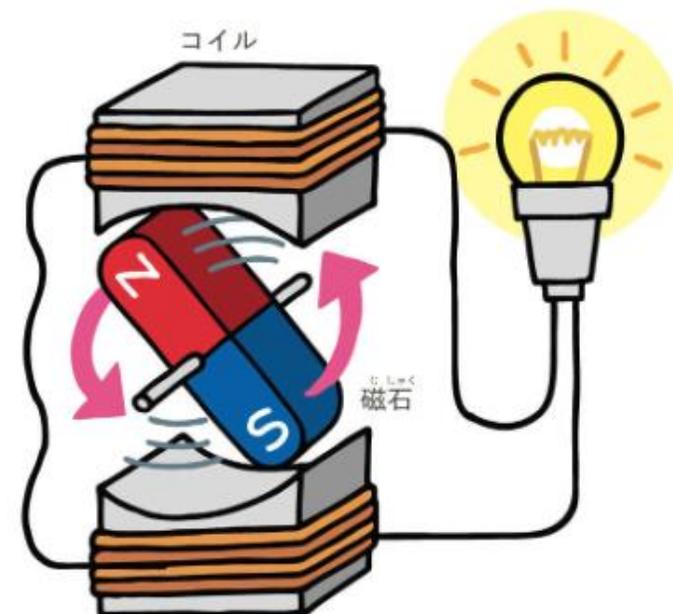
発電の仕組み



ガスタービン発電

出典：一般社団法人九州経済連合会 九州エネルギー問題懇話会より抜粋

発電機の仕組み

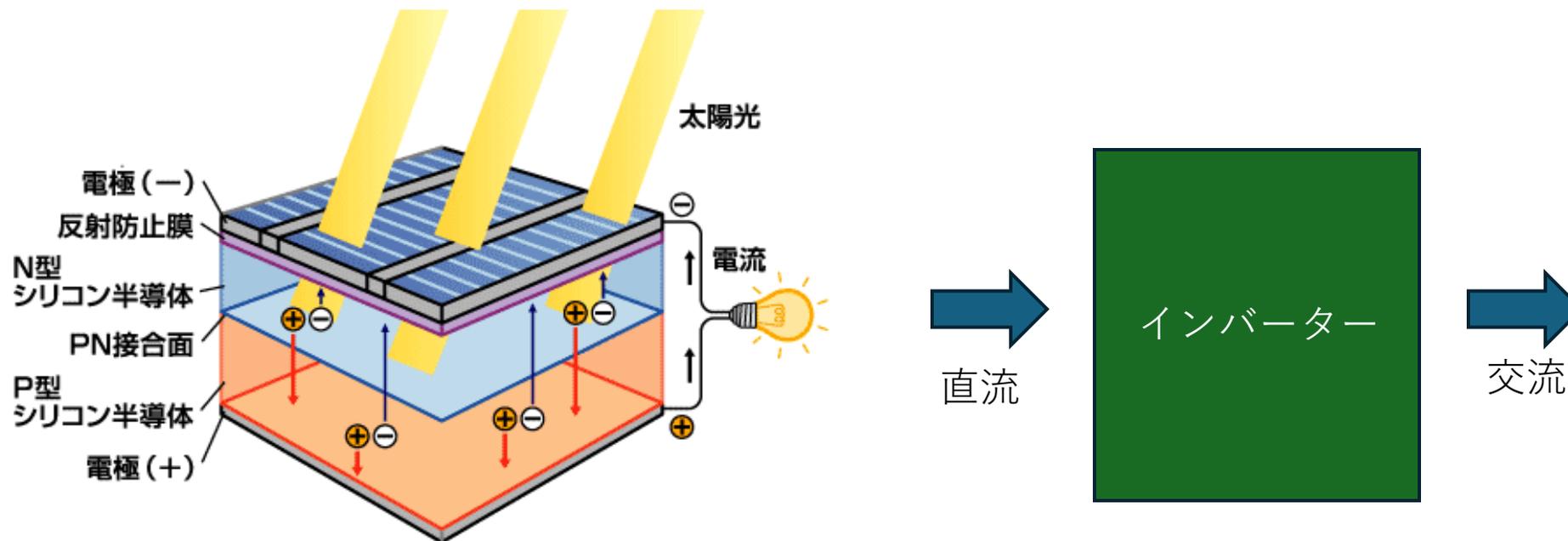


出典：四国電力ホームページより抜粋

従来からある火力、水力、原子力発電といった方法による発電の仕組みは原理的にはほとんど同じです。これらの方法では、タービンやエンジンが使われ、発電機の軸を回転させます。軸が回転することで内部の磁石も回転し、これが電気を生成する原理となります。なお、これらの方法で生成される電力は交流（AC）です。

太陽光発電の仕組み（インバーター電源）

発電の仕組み

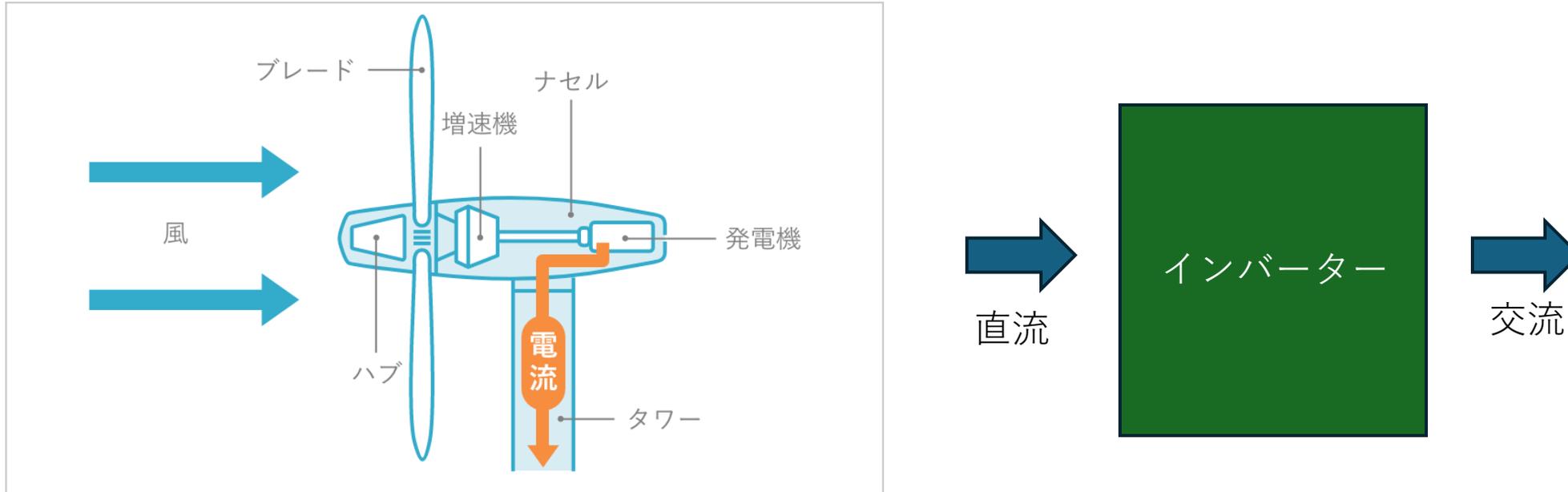


出典:中部電力HPより抜粋

太陽光発電は、太陽電池パネル内の半導体が太陽光を受けることで電気を生成します。ただし、生成される電力は直流（DC）であり、一般的に我々が生活で使用する交流（AC）に変換するための装置、つまりインバーターが必要となります。

風力発電の仕組み（インバーター電源）

発電の仕組み



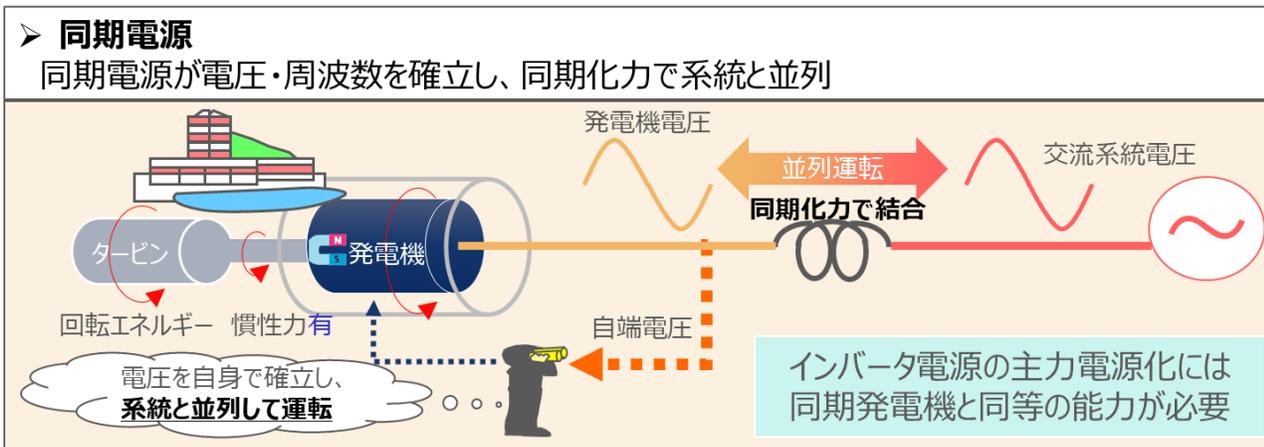
出典:JREHPより抜粋

風力発電は風車が回る動きを電気に変えるという点で、火力発電所などで使われるタービンと似ています。そのため、風車が回ることで「交流」の電気を生成することができます。ただし、風の強弱により風車の回転速度が一定でないため、生成される電気も一定ではありません。そのため、まず風車から生成される電気を一度直流(DC)に変換し、その後、インバーターにより安定した交流(AC)の電気に再変換しています。

発電源の分類（同期電源 vs インバーター電源）

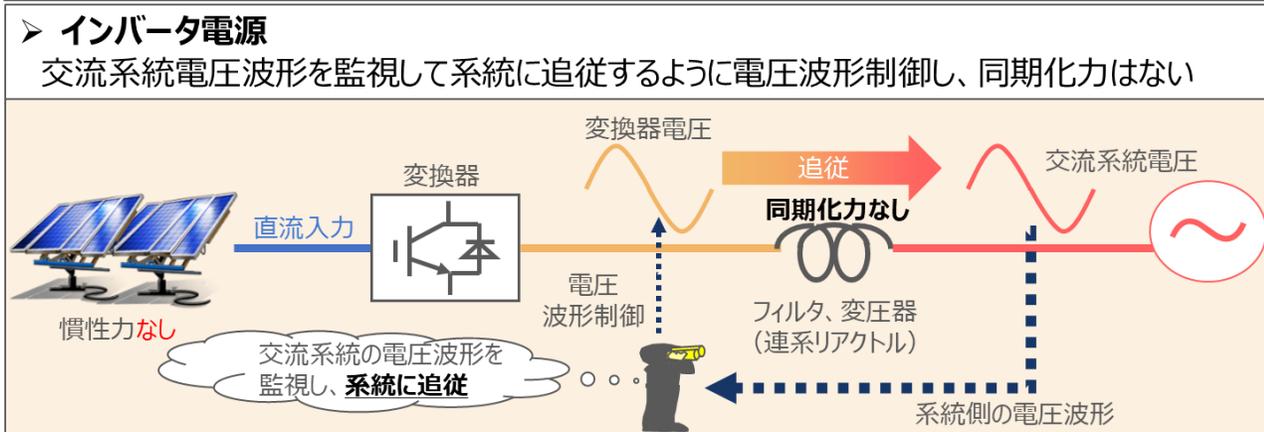
同期電源

火力、水力、地熱、原子力



インバーター電源

太陽光、風力

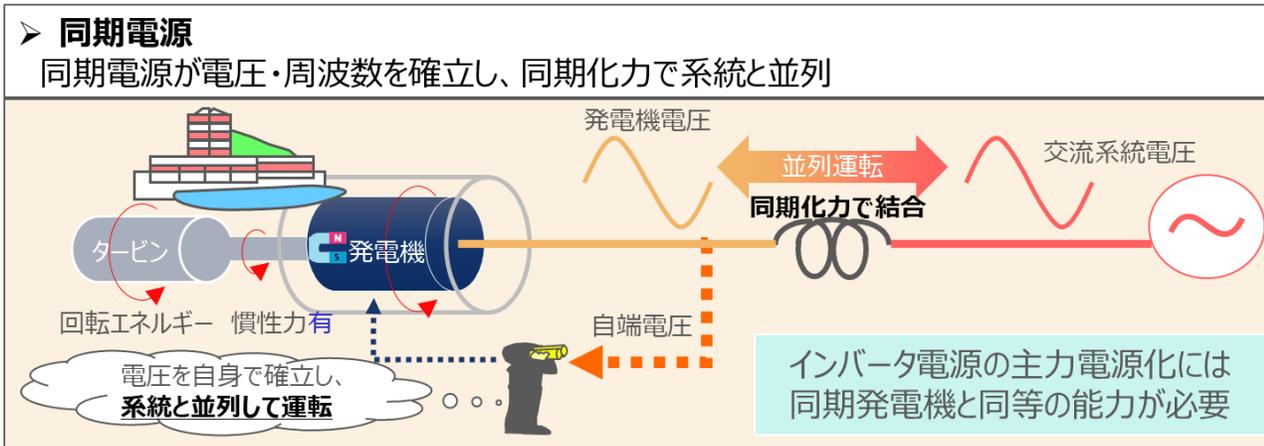


これまでの説明から、発電装置は大きく2つのカテゴリーに分けることができることがお分かりいただけただけでしょうか。一つはタービンなどが回転することで発電する「同期電源」、もう一つはインバーターを介して発電する「インバーター電源」です。

発電源の分類（同期電源 vs インバーター電源）

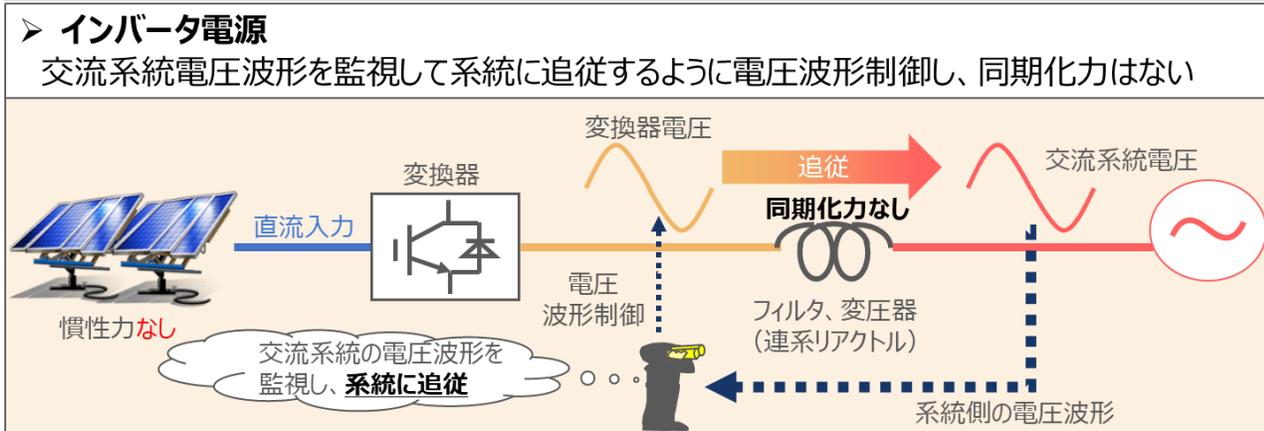
同期電源

火力、水力、地熱、原子力



インバーター電源

太陽光、風力

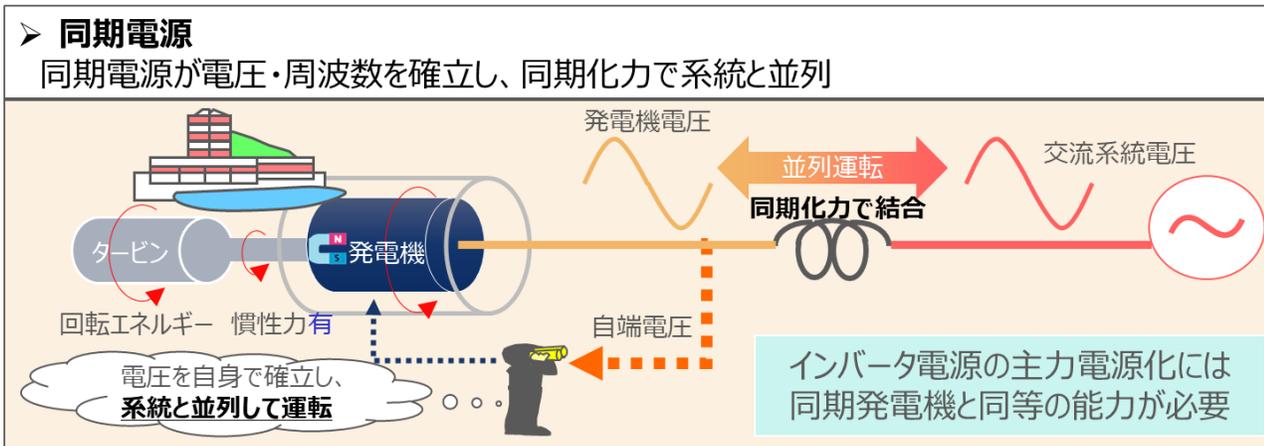


同期電源は物理的な回転エネルギーによって発電しているため、発電機自体が慣性エネルギーを持っています。これは、自転車をこいでスピードを上げたあと、ペダルをこぐのをやめても、すぐには止まらずにしばらく走り続ける現象と同じです。この例を思い浮かべていただければ、慣性エネルギーの概念が理解しやすくなると思います。

発電源の分類（同期電源 vs インバーター電源）

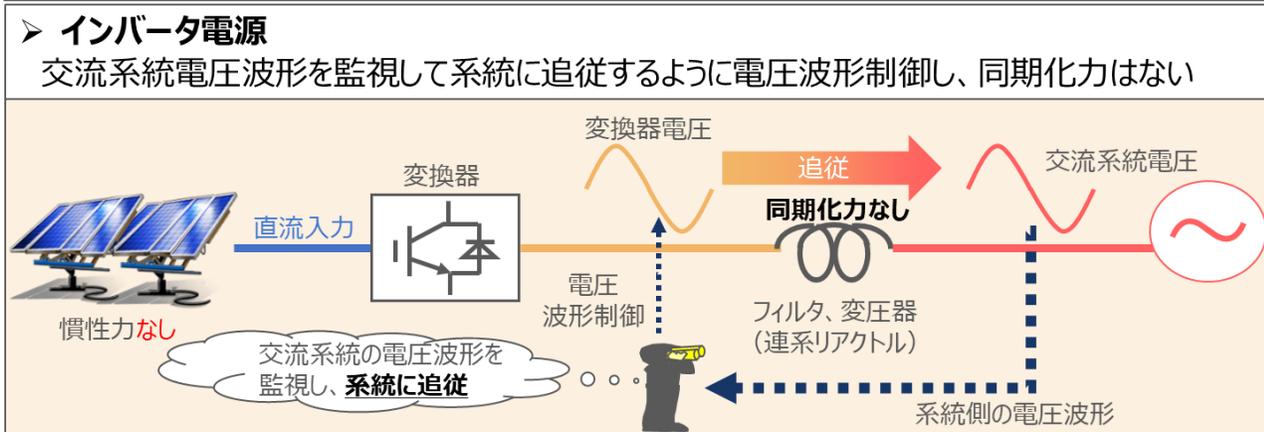
同期電源

火力、水力、地熱、原子力



インバーター電源

太陽光、風力



一方、太陽光や風力などのインバーター電源は、慣性エネルギーを持たない特性があります。そのため、太陽が雲に覆われたり、風が止んだりした瞬間、発電は即座に停止します。

同期電源 vs インバーター概念



それではそれぞれの発電機が電力網（グリッド）に接続された様子をイメージ図に表します。同期発電機群は、1台のタンデム自転車に乗ってそれぞれが全く同じ回転数で自転車をこいでいると思ってください。たとえもし1人が突然こぐのを止めても、自転車自体が持つ慣性エネルギーと他の人のこぐ力で、自転車は急には止まらずに走り続けます。

一方、インバーター発電機はポゴスティック（ホッピング）で移動するイメージです。それぞれのインバーターは電力網の動きを見ながらそれに合わせて動きますが、太陽光や風力の具合によって突然止まったり、またもし電力網の動きが遅くなると進むのを止めてしまいます。

同期電源 vs インバーター概念

インバーター発電機群

風力

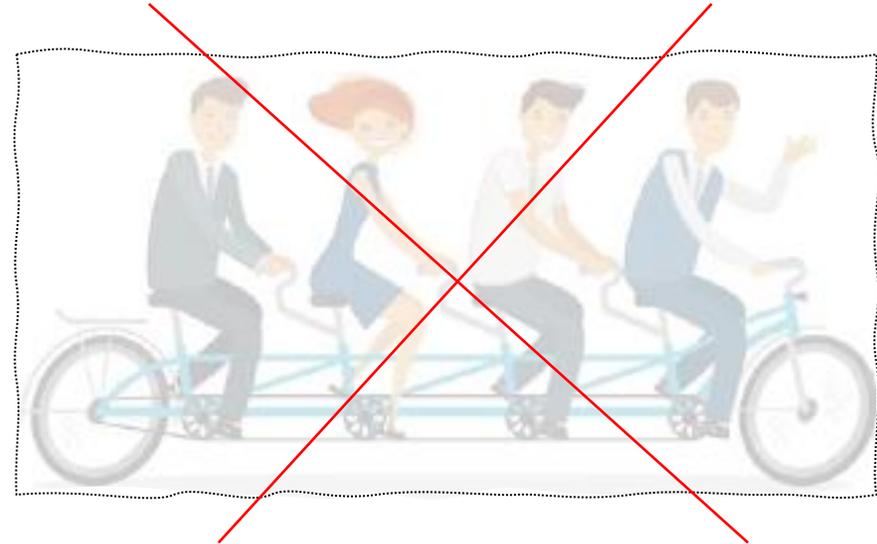


太陽光



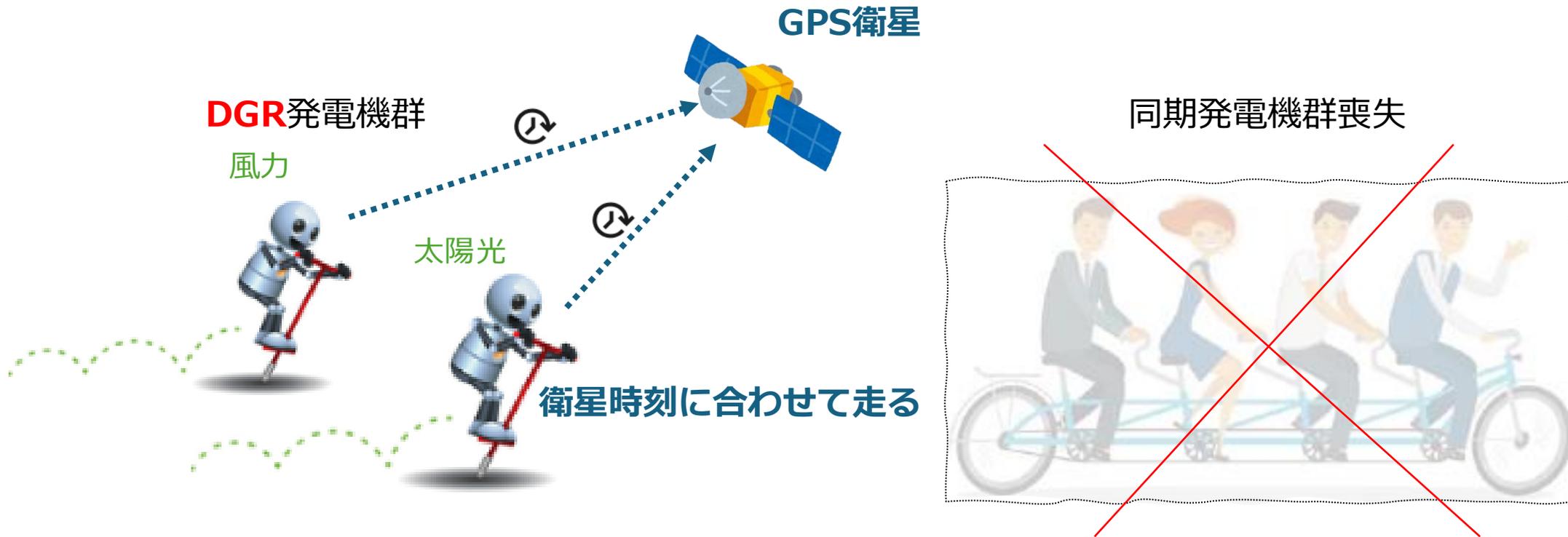
合わせる先がないため停止する

同期発電機群喪失



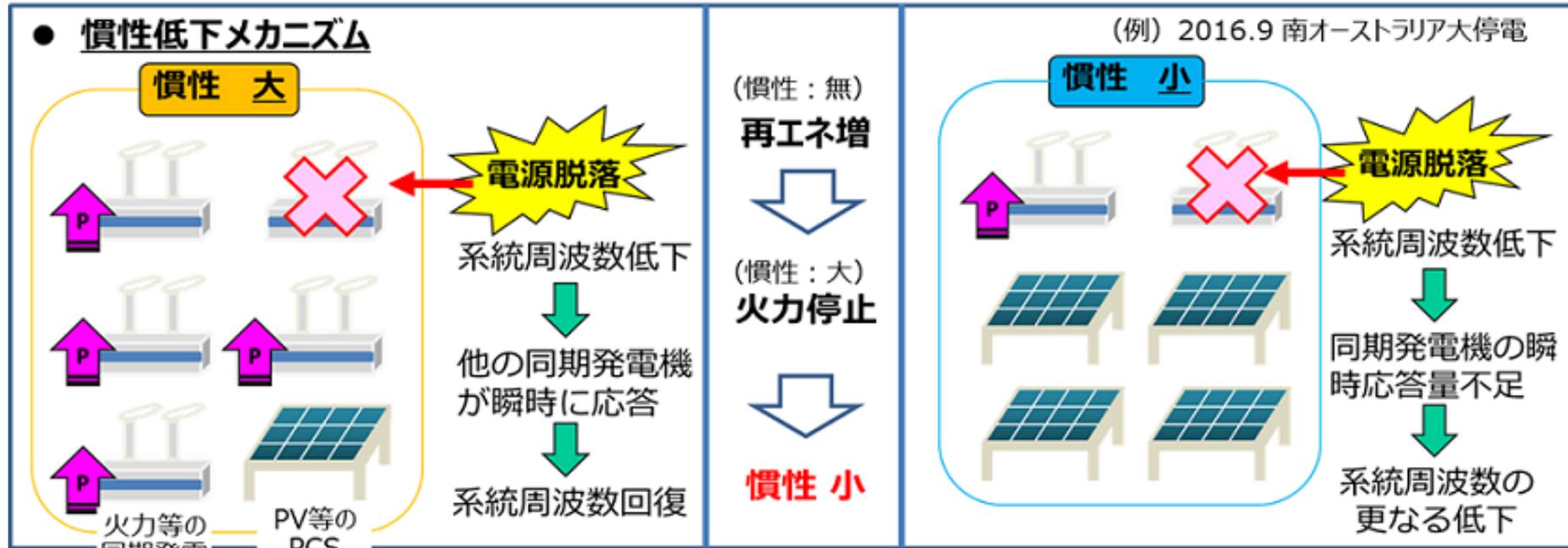
電力網の動きに合わせて動いていたインバーター発電機は、電力網が停電すると動きを合わせる先がないため動作を停止してしまいます。このようなインバーターをGFL（グリッドフォローイング）インバーターと言います。

同期電源 vs インバーター電源概念



一方、同じインバーターであるDGRは特許技術の「GPS時刻同期」機能があるため、電力網が停電した場合、GPS人工衛星から1秒毎に送られてくる時刻信号をもとに正確な電源周波数（60Hz or 50Hz）を生成し、それに合わせて電力を送り続けることが可能です。このような同期発電機が持つ慣性力に似た「疑似慣性力」を持ち合わせるインバーターを**GFM（グリッドフォーミング）インバーター**と呼びます

インバーター電源増加による電力網の慣性低下



出典: 東京電力グループホームページより抜粋

電力網を安定的に運営する義務を持つ電力会社は、慣性力を持たないインバーターが同期発電機を上回った場合、電力網全体の慣性が低下し電力網の不安定化や大停電の可能性が高まることを強く懸念しております。この問題を打開するには同機発電機と同等の疑似慣性力を持つDGRのようなGFMインバーターを全面的に導入する必要があります。