

# 『電気』はどうやって つくっているの？

～いろいろな発電方法～





# 目次

---

寄稿	04
----	----

---

## 1 原子力発電

1-1 原子力発電の仕組み	06
1-2 原子力発電の見通し 更なる安全性向上、革新炉の研究開発	07
コラム 核燃料サイクル	07

---

## 2 火力発電

2-1 火力発電の仕組み	08
2-2 火力発電の見通し	09
コラム 火力発電の脱炭素化の例	09

---

## 3 地熱発電

3-1 地熱発電の仕組み	10
3-2 地熱発電の見通し	11

---

## 4 水力発電

4-1 水力発電の仕組み 水車の種類	12 13
4-2 水力発電の見通し	13
コラム 今後が期待される中小水力	13

---

## 5 風力発電

5-1 風力発電の仕組み	14
5-2 風力発電の見通し	15
コラム 期待される洋上風力発電の開発	15

---

## 6 太陽光発電

6-1 太陽光発電の仕組み	16
6-2 太陽光発電の見通し	17
コラム 次世代太陽電池(ペロブスカイト)の開発	17

---

## 7 電力関係 図面・データ集

1 エネルギー自給率	18
2 電源別発電電力量の構成比	19
3 世界各地で起こっている電力需給ひっ迫	20
4 日本の電源別CO <sub>2</sub> 排出量	21
5 発電に必要な燃料の量	21
6 発電コストの試算	22
7 電気の特長	23
8 電気の使われ方	26
9 電気料金の国際比較	27

---

# 電力の安定供給に向けた課題と対策

## 1. 電力需給ひっ迫の背景と要因

我々の日常生活や社会経済活動の維持に安定したエネルギー・電力供給が不可欠である。1990年頃から欧州、米国で始まった電力自由化政策の波が、我が国にも押し寄せ、1995年の阪神・淡路大地震の復興および産業の国際競争力向上のため、発電分野の自由化が始まって以降、小売部門の段階的自由化、2016年のライセンス制導入、2020年の送配電部門の法的分離など、事業の効率化を最優先する政策がとられてきた。多くの国と同様、総括原価主義に基づく安定供給第一の規制方式から自由競争になれば、新規電源投資等に対するファイナンスも厳しくなり、安定供給の要であるベースロード電源(原子力発電、石炭火力)に対して過小投資になる傾向がある。実際、高額な保守維持費がかかり、可変費の高い老朽火力が休廃止に追い込まれ、予備的な電源を維持できなくなり、中長期的に需給ひっ迫が起きやすい状況に陥ってしまう。安定供給のため、競争政策と補完的なスキームが必要になる。

自由化政策に加え、持続的でない性急な脱炭素化政策もエネルギー需給構造の不安定化の要因の一つである。欧州の金融機関などは国策として化石燃料分野への投資を急速に絞り、世界のエネルギー供給の8割を占める化石燃料の上流分野への投資が減少してきた。さらにこの状況を悪化させたのがロシアのウクライナ侵攻である。長期のエネルギー安全保障政策を見誤り、ロシアの天然ガスへ

の依存度が高いドイツなど厳しい節ガス対策と、原子力早期閉鎖の一時停止や石炭火力の利用で何とかエネルギー危機を乗り越えようと躍起になっている。

一方、2050年カーボンニュートラル実現を目指す日本政府は、官民のグリーントランスフォーメーション(GX)を推進する中、そのGX実行会議にて現下のエネルギー危機を克服するため、2011年以降停滞している原子力の利用を強力に推し進めることを宣言した。国内の取組み強化に加え、日米が対中露の競争力とエネルギー安全保障確保に向けて、革新炉など原子力分野の協力を深化させることも日米首脳が宣言した。

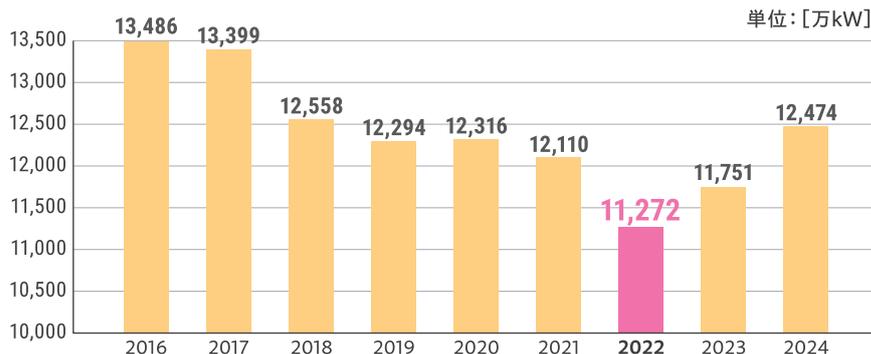
2021年以降の電力危機に直面した教訓から、供給力不足に備えた事業環境が整っておらず、原子力発電所の再稼働の遅れが原因であることなど、自由化など電力制度全体の再点検が必要であることも政府は言明している。十分な予備力を確保できる電源投資の支援制度が必要であるが、容量市場が十分機能するかは今後次第である。その場しのぎの短期的な節電対策ではなく、長期的に持続し、信頼できるデマンドレスポンス(DR)※の本格的な普及を推し進めるなど需要側の対策も不十分であった。

※電力を使う需要家が、電気を使う量を抑えたり時間をずらしたりすることで需給バランス調整に一役買うしくみ

2022年、関東での需給ひっ迫は、原子力および火力による供給力が不十分であれば、長期的なカーボンニュートラル実現に向けて太陽光発電(PV)をはじめとする再生可能エ

### 図1 全国の火力発電所の供給力の推移

- 火力発電の供給力は、2016年度以降、設備の休廃止により大きく減少。2022年度は1.1億kW余りと最も低くなっている。
- 設備の休廃止の動向にもよるが、2023年度は新設火力の運転開始等に伴い、供給力が増加に転じる見通し。



出典：供給計画届出書

出所：資源エネルギー庁HP「2022年度の電力需給と総合対策について」より作成



東海国立大学機構  
岐阜大学高等研究院 特任教授  
あさの ひろし  
**浅野 浩志 氏**

東京大学卒業、同大学院修了。博士(工学)。東京大学工学部助教授、同大学院教授、早稲田大学大学院理工学術院先進理工学研究科客員教授を経て、現在、東海国立大学機構岐阜大学高等研究院地方創生エネルギーシステム研究センター特任教授、(一財)電力中央研究所研究アドバイザー、東京工業大学科学技術創成研究院ゼロカーボンエネルギー研究所特任教授。第12代エネルギー・資源学会会長。内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「IoT社会のエネルギーシステム」サブ・プログラムディレクター。経済産業省グリーンイノベーション戦略推進会議ワーキンググループ委員。

エネルギーを主力電源化したときの安定供給の難しさを広く国民に知らしめた事象であった。安定的なベースロード電源(原子力発電)を失ってきて、電力供給システムが脆弱化してきた構造的な需給問題である。

## 2. 当面の電力需給対策

電力需給に関する検討会合(2012年6月22日)において、需要家の節電への協力にもかかわらず、電力需給がひっ迫する可能性がある場合には、あらかじめひっ迫が想定される特定の電力会社管内に「電力需給ひっ迫警報」を発令し、緊急節電要請を行うこととしている。電力の需給バランスが乱れると予想される場合に事前に国民に向けて節電への協力の呼びかけを行い、計画停電やいわゆる「ブラックアウト」などの大規模停電を防ぐことが目的である。この警報は発電所の故障や天候不順などで需給のバランスが乱れると事前に予想できるときに発表するものであり、地震などで突然需給バランスが乱れた場合はこの警報を発表せずに、UFR(周波数低下保護装置)による自動的な負荷遮断や計画停電などを行う場合もある。

2022年6月7日、政府は電力需給に関する検討会合を開催し、注意報・準備情報の新設を決定した。6月26日、翌27日の東京電力管内において、当初の想定より気温の上昇が見込まれ、予備率が5%を下回る見通しとなったことから、新設された電力需給ひっ迫注意報が初めて発令された。

主力電源と期待されていたPVも悪天候のため、最大でも設備容量(17.8GW)の1割程度(1.75GW)しか期待できなかった。改めて、変動電源のkW価値の低さを露呈した。PVの発電状況が電力需給そのものに大きな影響を与える傾向が顕著になった。当面、我が国の再生可能エネルギー主力電源化の柱がPVであるため、先進的なパワーエレクトロニクス技術・ICT等を駆使し、自ら創出できる調整力活用など一層の電源価値向上を目指すイノベーションとその実装が必要である。

構造的な要因として、原子力発電の再稼働の遅れ、高経年火力(主に石油火力)の休廃止による供給力の低下がある。電力自由化政策により発電コストを抑制するため、短期限界費用(可変費相当)の高い火力を廃止・長期休止することに加えて(図1)、短期限界費用の安価なPVが大量に参入し

たため、既存火力の退出とともに固定費回収リスクの高い新設火力への投資が鈍化したことが要因と推察される。これは、いわゆるmissing money problemと呼ばれ、専門家の間では従来から指摘してきた基本的な問題である。十分な供給信頼度を確保するために電源投資インセンティブが不十分な状況である。2024年度以降は容量市場によりいくらかは緩和されるものの、過渡期において問題が顕在化してしまった。確実な費用回収が可能となり、投資の予見性を高める制度の整備が急がれる。

## 3. 課題と今後の対策

政府が安定供給に向けて主な検証すべき課題として指摘したものは、

- 供給力確保策(容量市場・追加kW公募、電源投資促進、電源休廃止対策等)
  - 電力ネットワーク整備(マスタープラン、連系線・周波数変換装置、蓄電池・揚水等)
  - 電気事業者・広域機関の需給調整対応強化(需要想定、供給側対策・揚水・融通等の活用、需要抑制アプローチ、広域機関・事業者間連携等)
  - 国の節電要請の手法・タイミング、最終的な需要抑制策の在り方
- と多岐にわたる。

対価を伴う節電(下げDR)の普及拡大などの対策があげられた。広く需要家の理解を得て、緊急時DRによる需給バランス維持能力の確保、経済DRによる平常時の需給バランスの確保も充実するべきである。PVなど変動電源が主力電源の一つとして供給力の価値を上げるためには、高価な蓄電池の前に、安価かつカーボンフリーな需要側資源による調整力を充実させていくことが、カーボンニュートラルと安定供給の双方に寄与する。

長期的な対策として、広域連系の増強、蓄電池・水素などエネルギー貯蔵設備による揚水発電機能(系統柔軟性)の補強にも取り組む必要がある。安定供給、低炭素化、安定した電力価格水準を同時達成できる、外乱に強い多様で柔軟な電源ポートフォリオを構築することはエネルギー政策の基本である。

(2023年1月)



# 1 原子力発電

- 原子力発電は、発電時に二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を排出せず、少ない燃料で大量の電力を供給できる安定した電源です。
- また、数年にわたって国内保有燃料だけで発電が維持できる準国産エネルギーです。
- しかし、福島第一原子力発電所事故のように、事故が起こった時に甚大な被害に進展する可能性があり、安全性の確保が大前提です。
- 原子力発電所の再稼働にあたっては、大規模自然災害対策やシビアアクシデント対策等を強化した新規制基準に適合させる必要があります。

## 1-1 原子力発電の仕組み

原子力発電は、原子炉の中でウランが核分裂する時に出る熱で水を沸かして蒸気を作り、その蒸気のでタービン・発電機を回転させて発電します。

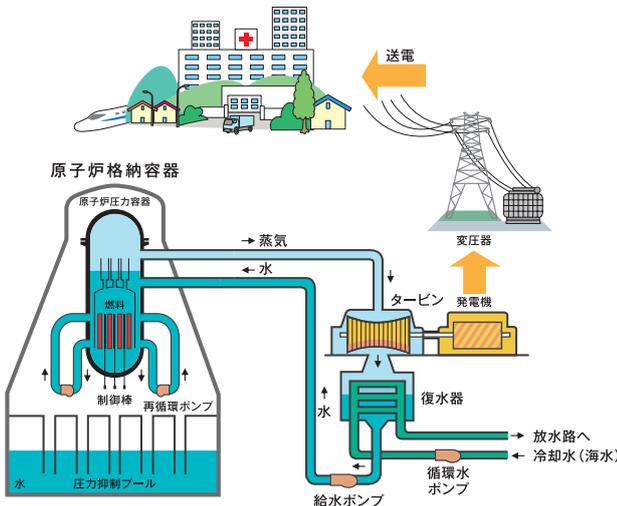
原子炉の種類は、使用する冷却材※1、減速材※2などによって区別されていますが、わが国の原子力発電所では、「軽水炉」と呼ばれる原子炉が採用されています。この原子炉は軽水(普通の水)が減速材と冷却材に兼用されているのが特徴です。

※1:核分裂によって放出された熱を原子炉から取り出し、原子炉を冷却する役割を果たします。

※2:原子炉内で、核分裂で発生した高速の中性子のスピードを落とし、次の核分裂を起こしやすい状態にします。

「軽水炉」は、蒸気を発生させるしくみの違いによって「沸騰水型軽水炉(BWR: Boiling Water Reactor)」と「加圧水型軽水炉(PWR: Pressurized Water Reactor)」とに大別することができますが、日本には両方の型が設置されています。

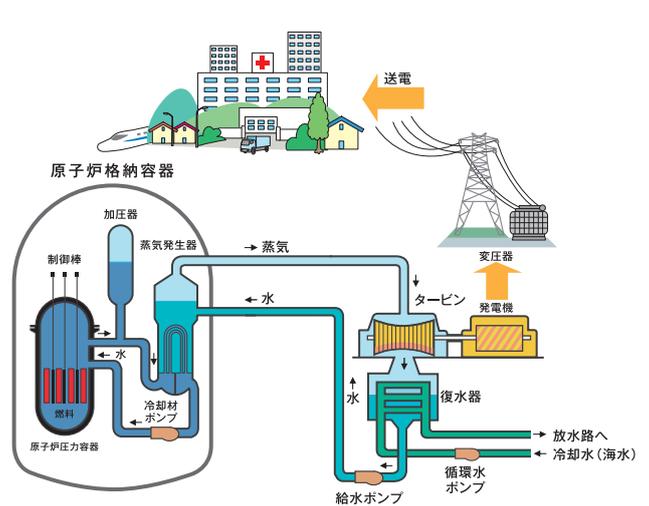
### 沸騰水型炉(BWR)原子力発電のしくみ



核分裂反応によって発生した熱エネルギーで原子炉内の水を沸騰させ、高温・高圧の蒸気として取り出し、そのままタービンに送り発電機を回します。このため構造はシンプルですが、蒸気は放射性物質を含むため、タービンや復水器についても放射線の管理が必要となります。

東京電力(株)、中部電力(株)、東北電力(株)、中国電力(株)、北陸電力(株)、日本原子力発電(株)で採用。

### 加圧水型炉(PWR)原子力発電のしくみ



核分裂反応によって発生した熱エネルギーで温められた水(一次冷却材)が、BWRより高い圧力で原子炉容器⇄蒸気発生器を循環します。蒸気発生器で別系統の水(二次冷却材)と熱交換し、高温高圧の蒸気を得る方式です。この二次冷却材の蒸気でタービンを回しますが、蒸気は放射性物質を含まないため、タービンや復水器は放射線の管理が必要ありません。

九州電力(株)、関西電力(株)、四国電力(株)、北海道電力(株)、日本原子力発電(株)で採用。

## 1-2 原子力発電の見通し

2023年2月に閣議決定された「GX実現に向けた基本方針」では、エネルギー安定供給の確保とカーボンニュートラル達成に向けて、原子力については、

- ①安全を最優先に再稼働に向けて、関係者の総力を結集する
- ②運転期間の延長など既設原子力発電所を最大限に活用する
- ③次世代革新炉の開発・建設を進める
- ④再処理・廃炉・最終処分プロセスを加速する
- ⑤サプライチェーンの維持・強化に対する支援を強化する

などの方針が示されています。

### 更なる安全性向上、革新炉の研究開発

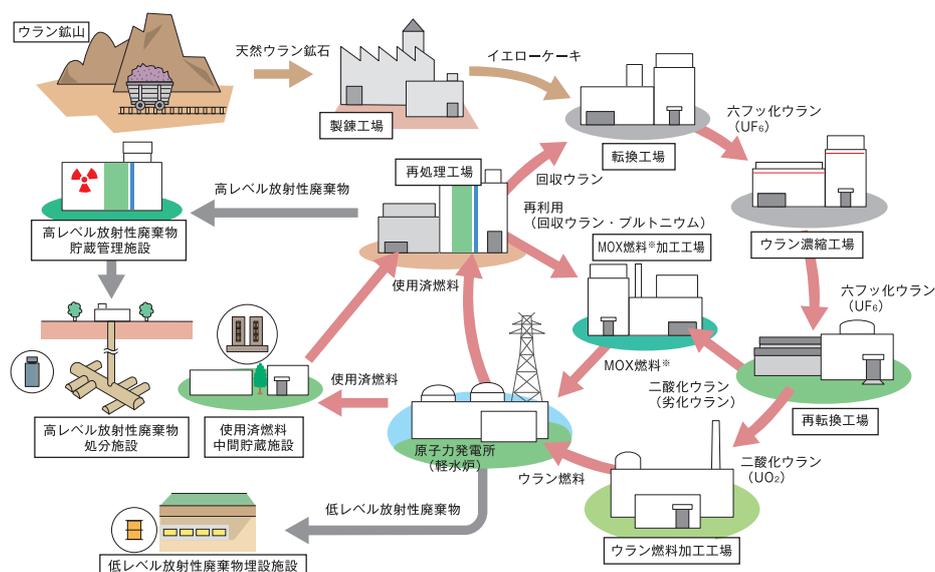
現在、アメリカ、カナダ、イギリスなど世界各国で「次世代炉・革新炉」と呼ばれる新しい原子炉の開発が加速しています。日本においても、軽水炉の更なる安全性向上、安全性や信頼性、効率性を抜本的に高める「次世代炉・革新炉」の開発に向けた検討が進められています。



出典：資源エネルギー庁HP

「第5回革新炉WG関連資料3 三菱革新炉開発の取組み(三菱重工業株式会社提出資料)」

### Column 核燃料サイクル



※MOX (Mixed Oxide) 燃料：プルトニウムとウランの混合燃料

- 我が国は、資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本的方針としています。
- また、米国や仏国等と国際協力を進めつつ、高速炉等の研究開発に取り組むこととしています。

出典：日本原子力文化財団HP「原子力・エネルギー図面集」 [7-2-1] 原子燃料サイクル | エネ百科 | きみと未来と。







## 3-2 地熱発電の見通し

貴重な国産エネルギーとして導入拡大が期待されていますが、課題も多くあります。

### 課題

- ①地熱開発は、地熱貯留層を探し当てて実際に発電にいたるまでに、およそ10年という長い期間がかかる。
- ②資源は地下深くにあるため、掘削調査をしても、蒸気や熱水を確実に掘り当てることができるとはかぎらない。
- ③井戸を1本掘るのに数億円のコストが必要。

### 新たな技術開発への取組み

- ①開発リスクやコスト低減のために、熱水や水蒸気の有無、地層の状態といった地下構造の探査技術の向上。
- ②発電所の運転開始後に十分な蒸気量が維持できるように人工的に水を注入する技術(人工涵養)の開発。
- ③革新的な「超臨界地熱発電技術<sup>※5</sup>」の開発<sup>※6</sup>。

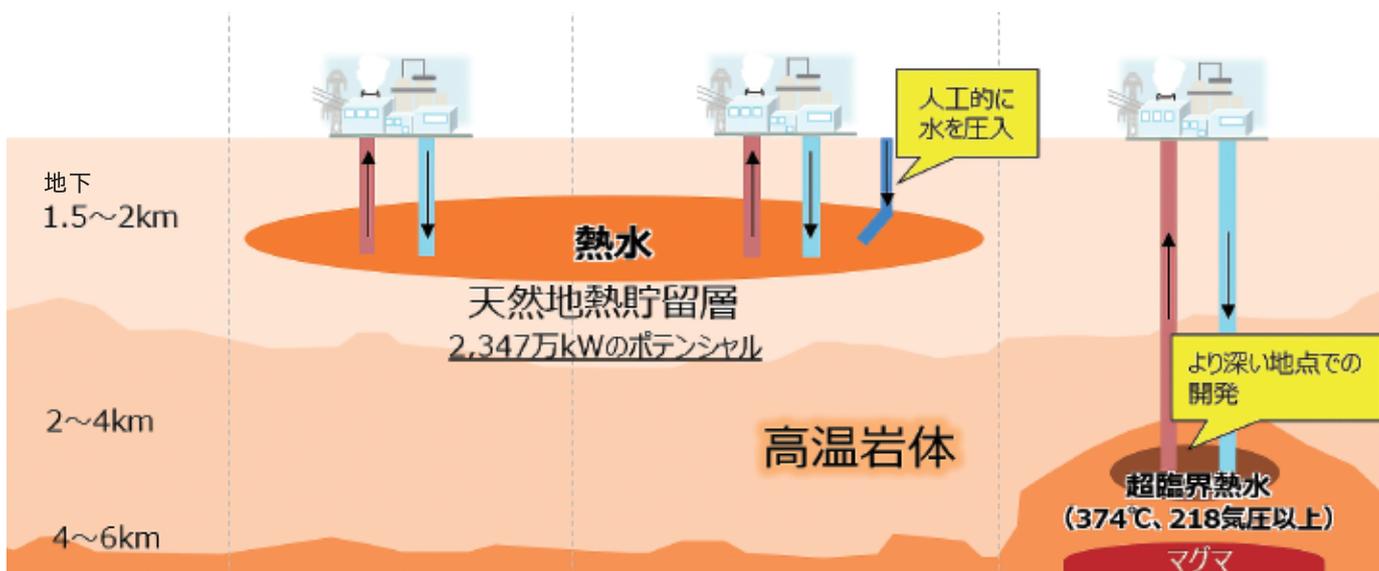
※5:従来よりもさらに地下深く、マグマに近い部分にある超臨界状態の熱水資源(温度、圧力により「超臨界状態」、つまり液体と気体の区別がつかなくなっている水)を活用することで、これまでよりも大規模な発電が可能になります。

※6:超臨界地熱資源は、超高温・超高压であることに加え、酸性濃度が高いといった特徴があり、井戸やタービンなど設備の腐食対策技術、大深度の掘削技術の開発が必要となります。

### 革新的地熱発電技術の開発 \*Enhanced Geothermal Systems(地熱増産システム)

地熱発電の更なる導入拡大に向けて、超臨界地熱発電や高温岩体地熱発電等の技術開発を実施

	従来型地熱発電	人工涵養	高温岩体地熱発電	超臨界地熱発電
概要	天然地熱貯留層の熱水を利用。	地熱貯留層に人工的に水を圧入。	深部の高温岩体に地熱貯留層の人工造成及び水等を圧入。	より深部のマグマ付近の高温・高圧な水を利用。
現状・課題	JOGMECによる地表・掘削調査事業への補助等を実施。	福島・柳津西山発電所で実証中。圧入した水の回収状況をモニタリングし、影響を評価。	地熱貯留層を造成する技術の調査・研究段階。	高温・腐食に耐える掘削機や配管等の部材の調査段階。



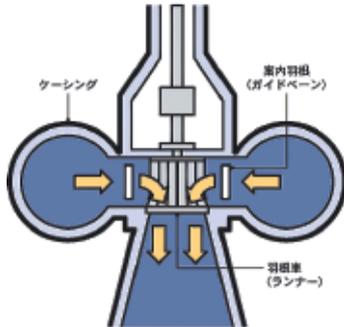
出典:資源エネルギー庁HP「クリーンエネルギー戦略中間整理」、  
「もっと知りたい!エネルギー基本計画④ 再生可能エネルギー(4)豊富な資源をもとに開発が加速する地熱発電」より作成



## 水車の種類

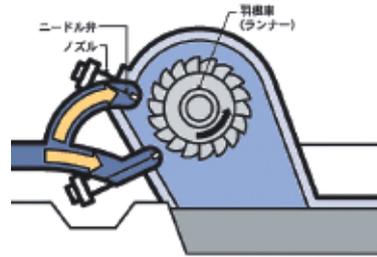
水車は、水力発電所の心臓部と言えるもので、高い所から落下してくる水や、勢いよく流れ込んでいる水の力を受けて回転します。つまり、水車は水のエネルギーを、回転する機械エネルギーに変えるものです。

### フランシス水車



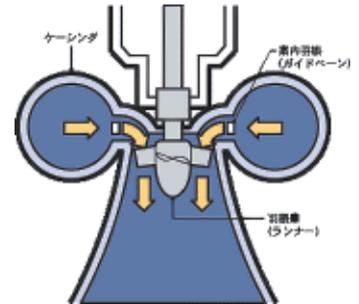
水の圧力と速度をランナーと呼ばれる羽根車に作用させる構造の水車で、広い範囲(10~300メートル程度)の落差で使用でき、日本の水力発電所の約7割がこの水車です。

### ペルトン水車



水の速度のみを利用する水車で、落差の大きい発電所に用いられます。ノズルから強い勢いで吹き出す水をおわん形の羽根に吹きあてて回転させます。

### プロペラ水車



水の圧力と速度を利用します。落差が比較的低く、しかも流量が多い発電所で採用されます。羽根の角度を変えることができるものを「カプラン水車」と呼んでいます。

出典：中部電力(株)HP「水力発電の仕組み 水車の種類」より作成

## 4-2 水力発電の見通し

大規模水力は、すでに多くの場所で開発が進められ、新たなダムを建設できる場所は限定的です。新規開発地点の小規模化、奥地化により発電コストが割高になります。

こうしたことを踏まえ、発電に利用されていない既存のダムに発電設備を設置したり、古くなった発電設備を新しいものに取り替えて発電効率や出力をアップさせるなどの方法が進められています。

### Column

#### 今後が期待される中小水力※

※出力10,000kW~30,000kW以下を「中小水力発電」と呼ぶことが多い



- 開発余地が少ない大規模水力発電にかわって増えているのが中小水力発電です。中小水力はさまざまな規模があり、河川の流水を利用する以外にも、農業用水や上下水道を利用する場合もあり、まだまだ開発できる地点が多く残されています。
- ダムや貯水池といった大規模な開発を必要とせず、自然への影響を最小限にとどめることができます。
- しかし、中小規模なため発電コストが割高となります。

出典：資源エネルギー庁HP「水力発電は安定供給性にすぐれた再生可能エネルギー」より作成



## 5-2 風力発電の見通し

国の方針では、再エネの主力電源化を徹底し、最大限の導入を促すこととしています。しかし、更なる導入拡大には、さまざまな課題があります。

●陸上風力では、適地とされる風速6m/s以上の地域が沿岸部・山地に集中している。(平地の適地が多いドイツと対照的)

●洋上風力では、遠浅の海が広がる欧州に比べて急に深くなる地形が多く、着床式の立地が限られる。(着床式での設置可能面積はイギリスの1/8程度)

●国際水準と比較して、日本の風力発電は開発規模が小さくコストが高い。

### Column 期待される洋上風力発電の開発

洋上風力発電の開発促進に向けて、再エネ海域利用法(通称)が施行され、陸上とはちがった枠組みによって、案件形成に向けたプロセスが定められました。

この法律により、洋上風力発電のために、事業者が長期にわたって海域を占有できるしくみや、漁業関係者や船舶運航事業者といった海域を先行して利用している人々など関係者と、協議会を通じて地元での調整をする枠組みも定められました。

#### 促進区域、有望な区域等の指定・整理状況 (2022年8月)

区域名	万kW	
促進区域	①長崎県五島市沖	1.7
	②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖	47.88
	③秋田県由利本荘市沖(北側・南側)	81.9
	④千葉県銚子市沖	39.06
	⑤秋田県八峰町・能代市沖	36
有望な区域	⑥長崎県西海市江島沖	42
	⑦青森県沖日本海(南側)	60
	⑧青森県沖日本海(北側)	30
	⑨秋田県男鹿市・潟上市・秋田市沖	34
	⑩山形県遊佐町沖	45
	⑪新潟県村上市・胎内市沖	35,70
	⑫千葉県いすみ市沖	41

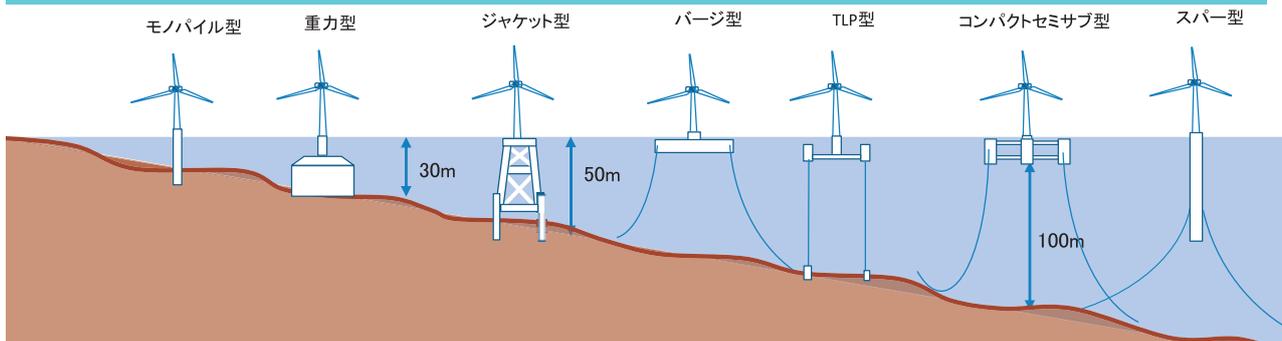
#### 洋上風力の導入状況



区域名	一定の準備段階に進んでいる区域
⑬北海道松前沖	⑰北海道松前沖
⑭北海道岩宇・南後志地区沖	⑱岩手県久慈市沖(浮体)
⑮青森県陸奥湾	⑲岩手県久慈市沖(浮体)
⑯岩手県久慈市沖	⑳福井県あわら市沖
⑰北海道島牧沖	㉑福岡県響灘沖
⑱北海道石狩市沖	㉒佐賀県唐津市沖

#### 参考：洋上風力の種類(着床式と浮体式)

●水深の深いエリアでは浮体式技術が必要。



出典：内閣官房HP「GX実行会議(第2回)資料、日本のエネルギーの安定供給の再構築」、資源エネルギー庁HP「『洋上風力発電の低コスト化』プロジェクトの研究開発・社会実装計画(案)の概要」より作成



## 6-2 太陽光発電の見通し

国の方針では、再エネの主力電源化を徹底し、最大限の導入を促すこととしています。そのためには、適切な設置場所の確保、コスト低減、技術革新などが必要です。

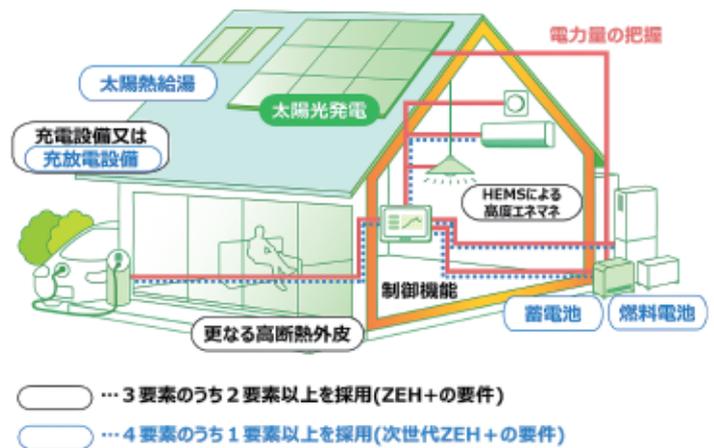
太陽光発電システムの設置に適した未開発の適地が減少する中、荒廃農地への設置や営農しながら太陽光発電を導入する「営農型太陽光発電」などを進める予定です。

2050年には設置が合理的だと判断される住宅・建築物には、太陽光発電設備の設置が一般的になることを目指し、その途上の2030年には新築戸建て住宅の6割に太陽光発電設備の設置を目指しています。

「ZEH」(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)や「ZEB」(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)といった省エネ対策による大幅な省エネルギー化を実現した上で、再エネなどを導入することにより、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを旨とした住宅・建築物について、普及拡大を目指しています。

出典：資源エネルギー庁HP「もっと知りたい!エネルギー基本計画② 再生可能エネルギー(2)設置場所を確保し、太陽光発電をさらに拡大」より作成

### 住宅単体で自家消費を 拡大させたモデル(次世代ZEH+)



## Column 次世代太陽電池(ペロブスカイト)の開発

現在、主流の「シリコン太陽電池」は、重く、曲げることができないなど設置場所に制限があります。これに対して、「ペロブスカイト太陽電池」は、ペロブスカイトと呼ばれる結晶構造の材料を用いた新しいタイプの太陽電池で、

「製造が安価」、「レアメタルを必要としない」、「軽く、薄く、柔らかい、フレキシブルな形状」などの特徴があり、設置場所が拡大できるなど、次世代太陽電池として期待されています。

### 実験室サイズでの効率向上

課題の例：

- ・効率向上のための最適材料の開発  
(より多くの光を吸収する組み合わせ)
- ・エネルギーロスを最小化する電池構造

実験室内での超小面積サイズ



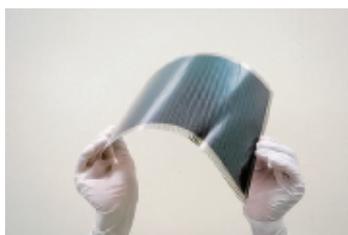
出典) 東京大学

### 製品サイズへの 大型化・耐久性向上

課題の例：

- ・ナノレベルで大面積に均一に塗布・印刷する技術
- ・長期に信頼される耐久性

軽量化・曲面追従が可能なペロブスカイト太陽電池



出典) NEDO

### マーケットを想定した 実装・実用化

課題の例：

- ・エンドユーザ等の用途を考慮した製品化等の本格検討

ビル壁面等に太陽光パネルを設置した例



出典) NEDO

出典：資源エネルギー庁HP「総合エネルギー調査会 基本政策分科会(第33回分科会)資料」

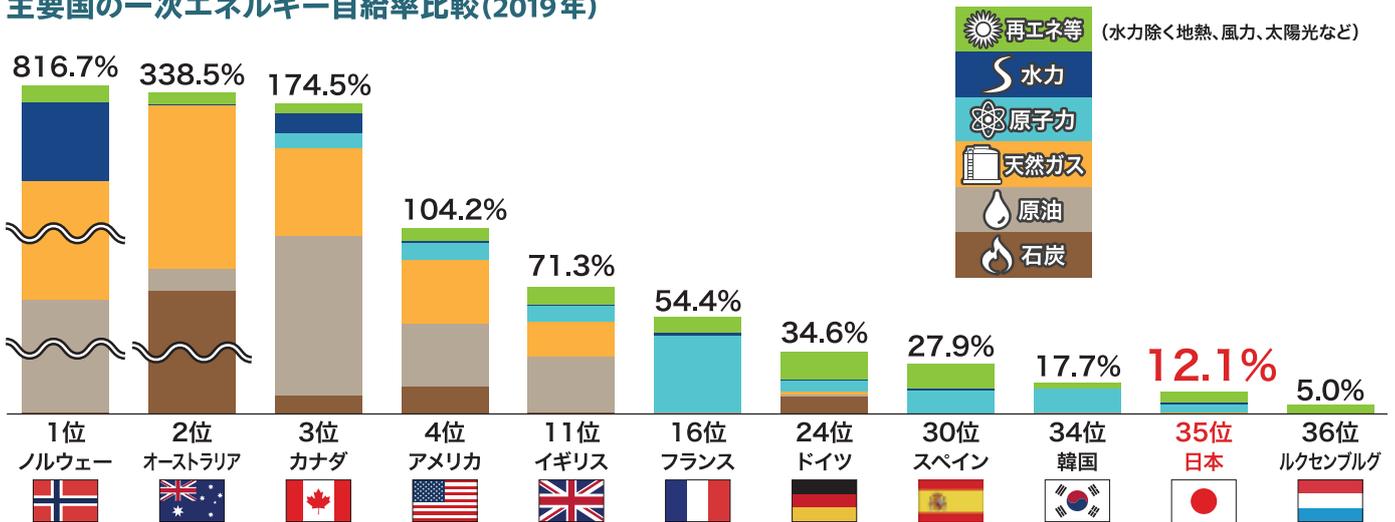
# 7 電力関係 図面・データ集

## 1 エネルギー自給率

### 主要国のエネルギー自給率

2019年度の日本の自給率は12.1%で、他のOECD諸国と比べても低い水準です。

### 主要国の一次エネルギー自給率比較(2019年)



(出典)IEA「World Energy Balances 2020」の2019年推計値、日本のみ資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」の2019年度確報値。  
※表内の順位はOECD 36カ国中の順位

### 我が国のエネルギー自給率

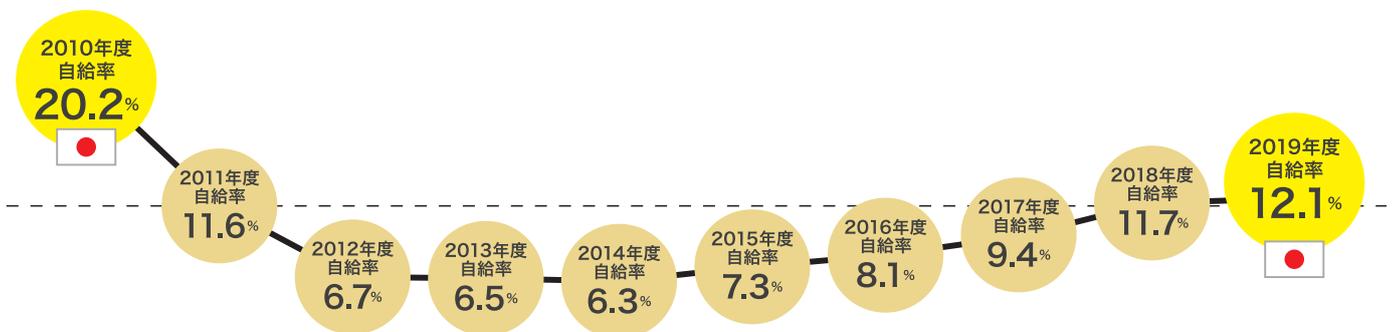
日本は、エネルギー源として使われる石油・石炭・天然ガス(LNG)などの化石燃料のほとんどを海外からの輸入に大きく依存しています。

1970年代に起こった「オイルショック」をきっかけに、化石燃料への依存度を下げようとエネルギー源の分散が進みました。

しかし、2011年に起こった東日本大震災の影響で国内の原子力発電所が停止し、化石燃料への依存が増加しています。

**一次エネルギー**：石油、天然ガス、石炭、原子力、太陽光、風力などのエネルギーのもともとの形態

**エネルギー自給率**：国民生活や経済活動に必要な一次エネルギーのうち、自国内で産出・確保できる比率

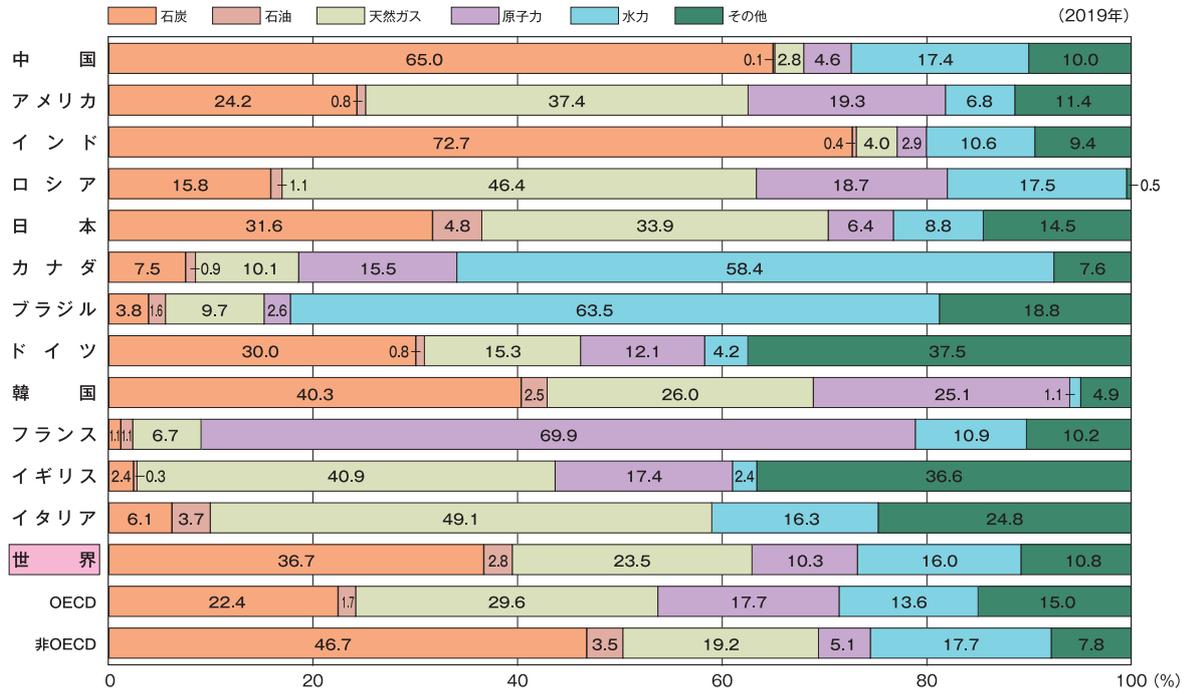


出典：資源エネルギー庁HP「日本のエネルギー 2021年度版『エネルギーの今を知る10の質問』」より作成

## 2 電源別発電電力量の構成比

### 主要国の電源別発電電力量の構成比

主要国の電源構成は、資源の有無や保有する資源の種類等によって異なります。

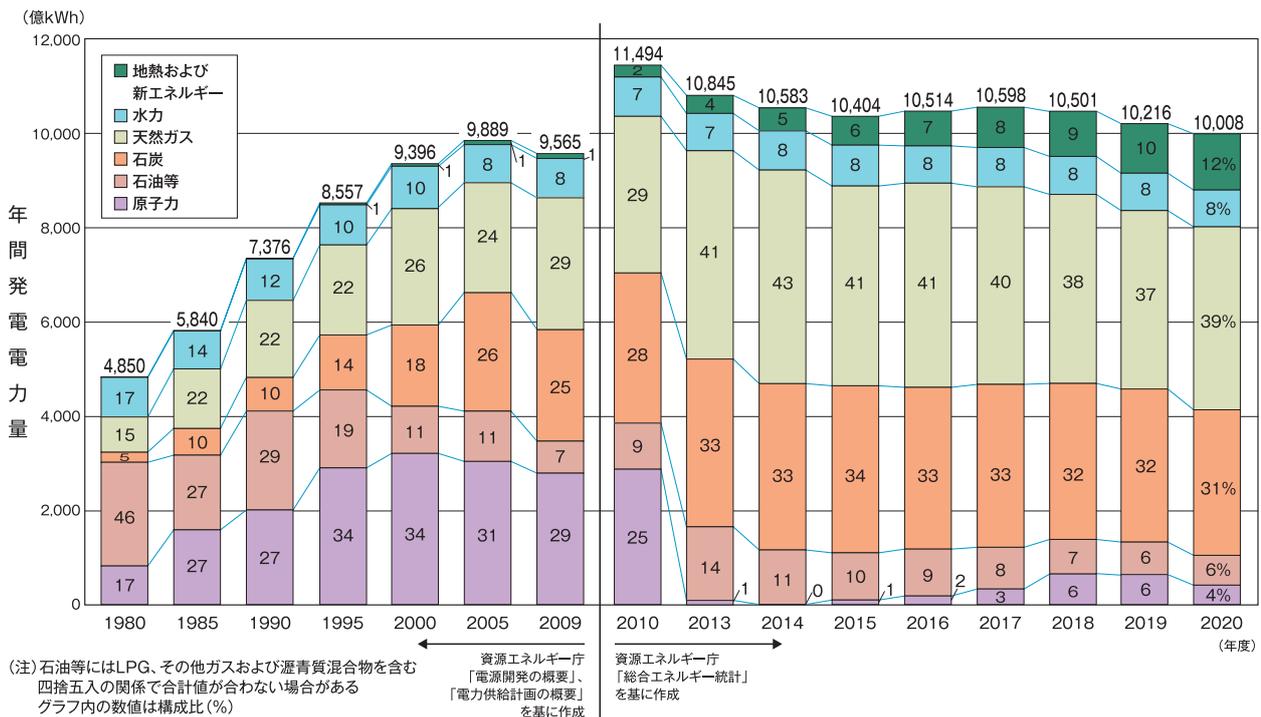


(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

出典: 日本原子力財団HP「原子力・エネルギー図面集」より作成

### 日本の電源別発電電力量の推移

日本は、エネルギー確保とリスク分散の観点から電源の多様化を図ってきましたが、2011年度以降の原子力発電所の停止により、火力発電の割合が増加しています。



(注) 石油等にはLPG、その他ガスおよび瀝青質混合物を含む  
四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある  
グラフ内の数値は構成比(%)

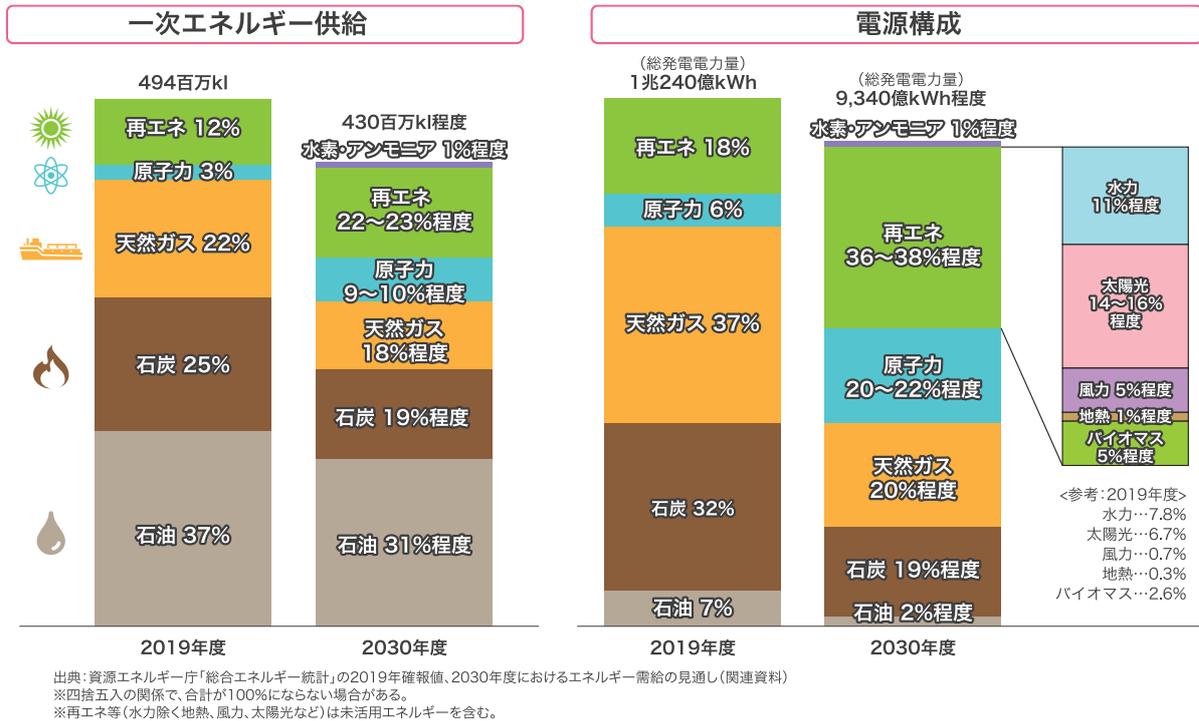
資源エネルギー庁「電源開発の概要」  
「電力供給計画の概要」を基に作成

資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」  
を基に作成

出典: 日本原子力財団HP「原子力・エネルギー図面集」より作成

## 2030年度におけるエネルギー需給の見通し

政府より2030年度の温室効果ガス削減目標(2013年度比46%削減)を踏まえて、徹底した省エネルギーや非化石エネルギーの拡大を進める上での需給両面における様々な課題の克服を野心的に想定した場合に、どのようなエネルギー需給の見通しとなるかが示されています。



出典:資源エネルギー庁HP「日本のエネルギー 2021年度版『エネルギーの今を知る10の質問』」より作成

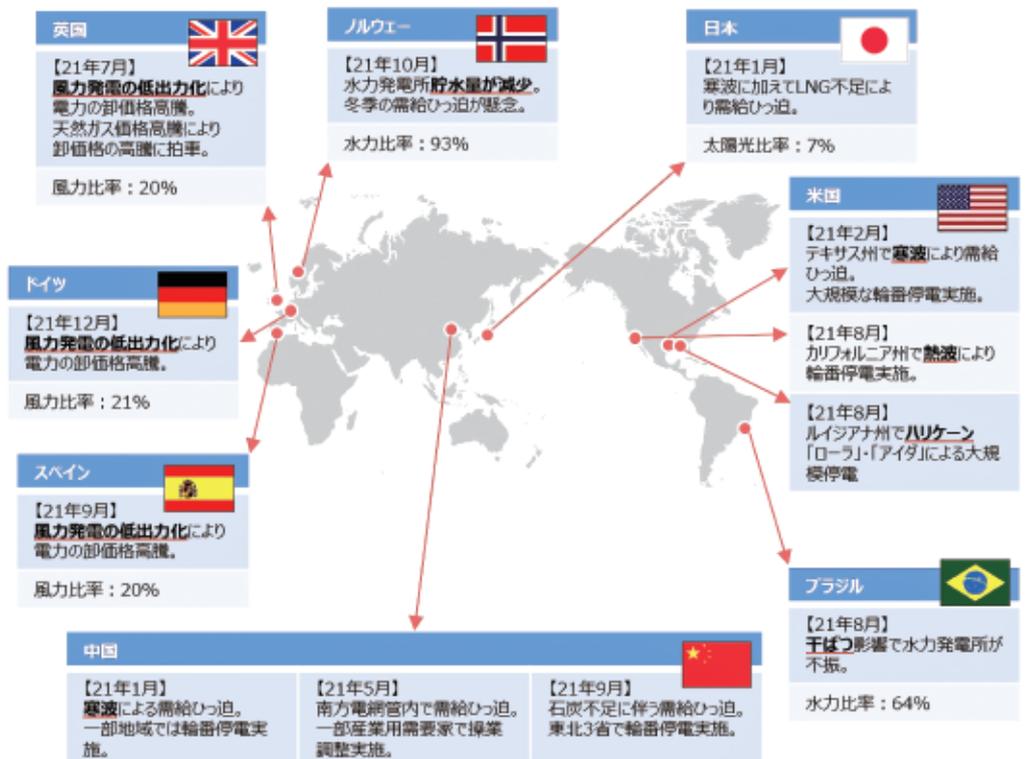
## 3 世界各地で起こっている電力需給ひっ迫

### 世界各地の電力需給のひっ迫状況(2021年)

世界各地で電力需給ひっ迫が起こっています。

その要因のひとつは、2015年以降、原油価格の下落で化石燃料への投資が停滞し、さらに脱炭素化の流れが重なって、供給力不足が深刻になったことです。

また、悪天候が続いて風力などの再エネが期待通り動かなかったことも影響しています。



(出典)エネルギー経済社会研究所作成

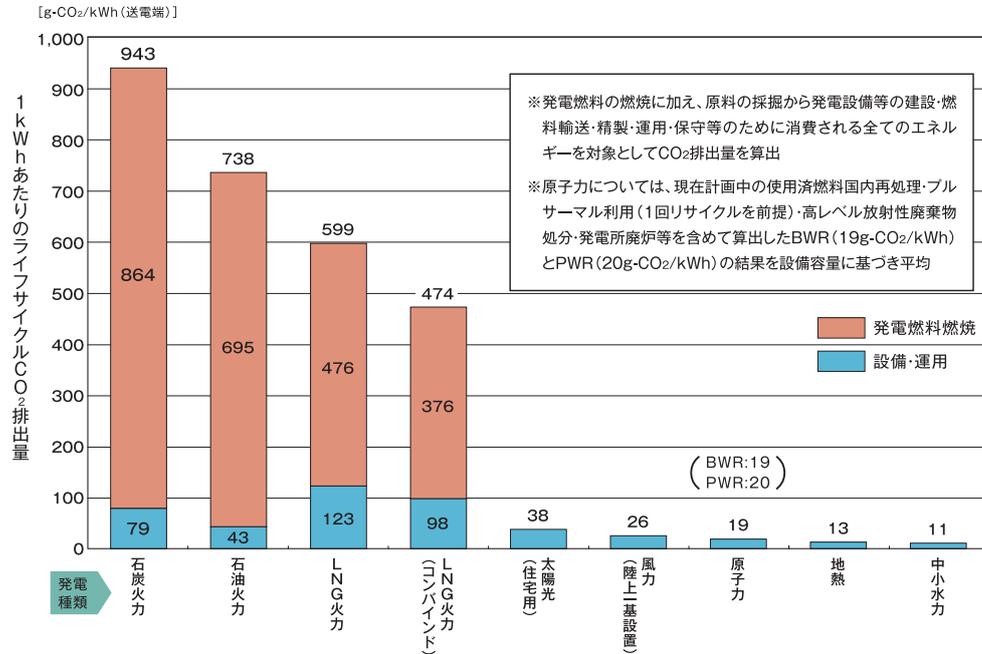
出典:資源エネルギー庁HP「今こそ知りたい!日本のエネルギー事情—『エネルギー白書2022』」より作成

## 4 日本の電源別CO<sub>2</sub>排出量

火力発電は石炭・石油・天然ガスなどの化石燃料を燃やし、その熱エネルギーを利用して発電を行っているため、発電の過程でCO<sub>2</sub>を排出します。

一方、原子力発電は、ウラン燃料が核分裂した時に発生する熱を利用して発電しているため、太陽光発電や風力発電と同じように発電時にCO<sub>2</sub>を排出しません。

### 各種電源別のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量

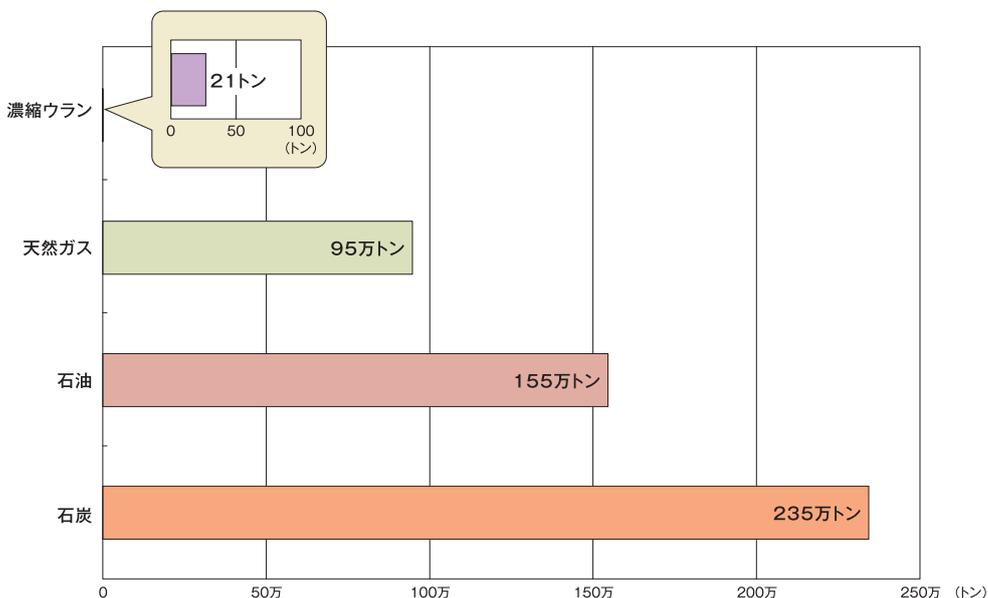


出典：原子力文化財団HP「原子力・エネルギー図面集」より作成

## 5 発電に必要な燃料の量

原子力は少量のウラン燃料で大きなエネルギーが取り出せるので、燃料の運搬、貯蔵の面でも優れています。

### 100万kWの発電所を1年間運転するために必要な燃料



出典：原子力文化財団HP「原子力・エネルギー図面集」より作成



# 7 電気的特性

## 直流と交流

直流



「プラス」と「マイナス」の極性がある  
→極性を逆に接続すると動作しない

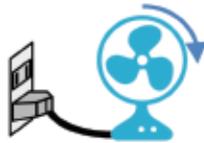


大きさと向きが変化しない

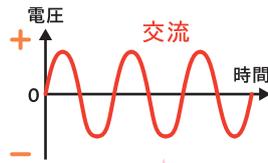
直流は電圧と電流の向きと大きさが変化しない電気の流れ方です。

直流を出す代表的なものは「乾電池」です。乾電池に豆電球をつなぐと光りますが、この時に流れている電気の流れは直流となっています。

交流



交流は「プラス」になったり  
「マイナス」になったりする  
→プラグをどの向きに挿しても使える



大きさと向きが変化する

交流は電圧と電流の向きと大きさが周期的に変化する電気の流れ方です。

交流を出す代表的なものは家庭の壁にある「コンセント」です。コンセントに扇風機をつなぐと回りますが、この時に流れている電気の流れは交流となっています。

【参考】一般的に電子機器は直流で作動しています。このため、私たちが利用している多くの電気製品は、電気製品の内部で交流を直流に変換して使用しています。  
出典:Electrical Information HP「『直流』と『交流』の違いとは?図解でわかりやすく説明します!」より作成

## 電気の旅

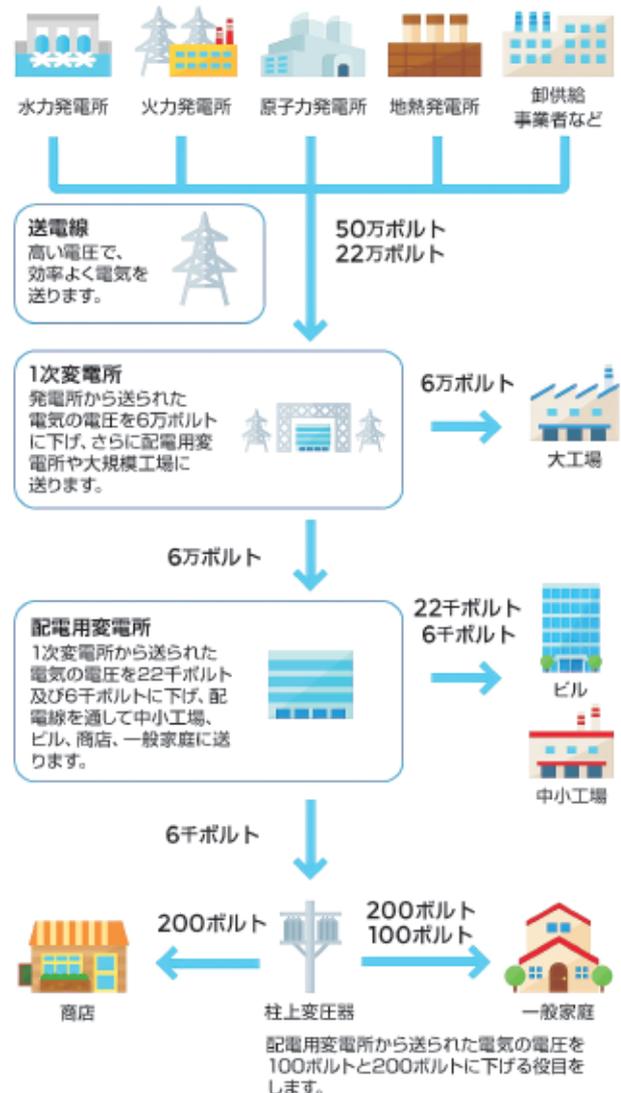
発電所で作られた電気は、50万ボルトや22万ボルトの送電線を通して1次変電所に集められ、そこで6万ボルトに変換されて、大規模工場などの特別高圧で受電する需要家や配電用変電所に送られます。

配電用変電所では、電気をさらに22千ボルトや6千ボルトに変換し、中小工場やビルなどの高圧で受電する需要家に送電するとともに、配電線に送られます。

一般の家庭には、電柱に設置されている柱上変圧器で100ボルトまたは200ボルトに下げて、送られています。

変電所で繰り返し徐々に電圧を下げるのは、「送電ロス※7」を少なくするためです。

※7：電気を送電線で送ると、電線の電気抵抗により電気が熱に変わることで損失(ロス)が発生します。電圧が高いほど、ロスが少なくなるため、高い電圧で送り、変電所で電圧を下げて、使いやすい電圧で需要家に送っています。

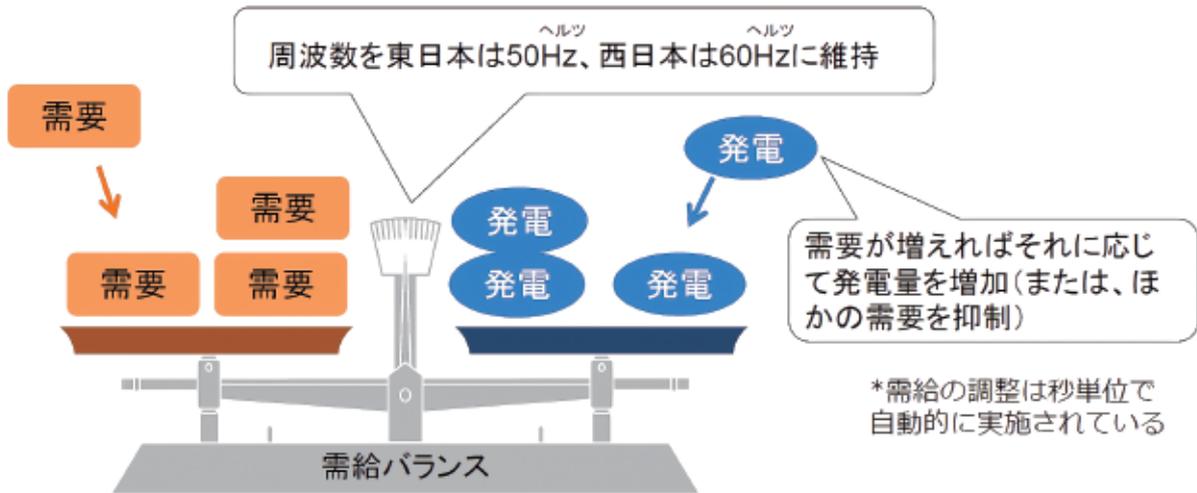


出典:九州電力送配電(株)HP「(参考)電気的特性や電気をお届けするまで」より作成

## 発電量(供給)と消費量(需要)とのバランス

電気は、電気をつくる量(供給)と電気の消費量(需要)が常に一致していないと、電気の品質(周波数)が乱れてしまいます。

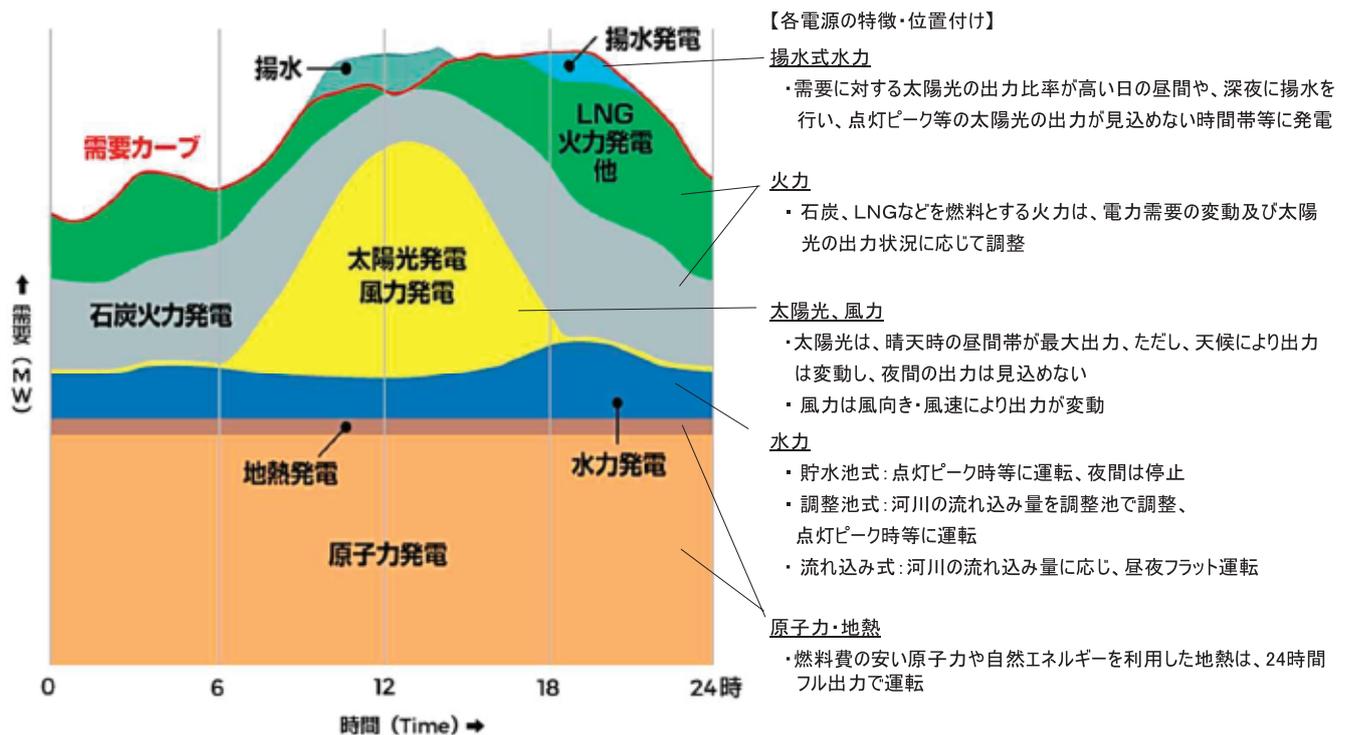
供給が需要を上回る場合は周波数が上がり、その逆の場合は周波数が下がります。この需要と供給のバランスが崩れてしまうと、電気の供給を正常に行うことができなくなり、安全装置の発動によって発電所が停止してしまい、場合によっては大停電になります。



出典: 資源エネルギー庁HP「日本初の“ブラックアウト”、その時一体何が起きたのか」より作成

## 電力需要と電源の組合せ

原子力発電、火力発電、太陽光発電、風力発電等は、発電のしくみや発電に使用するエネルギー源の違いから、それぞれ特徴を持っています。資源の有効活用とコスト低減の観点から、これらの発電を組み合わせ、需給運用を行っています。



出典: 九州電力(株)HP「九電グループデータブック」より作成

## 慣性力の減少と停電リスク

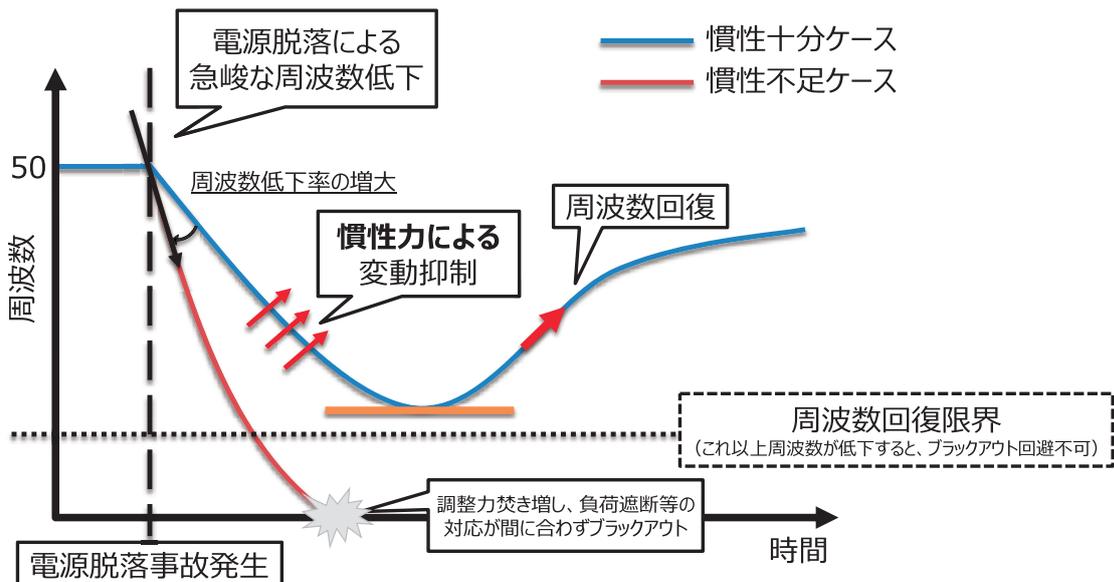
太陽光、風力発電などの電子機器で「直流」から「交流」に変換している電源(非同期電源)は、周波数や電流の急激な変化に対して、周波数を維持する機能を持たず、周波数の変化が一定の値を超えると、その電子機器を守るため離脱(解列)します。

火力、原子力などのタービン(機械)の回転で発電している電源(同期電源)は、周波数や電流の急激な変化に対して、同じ周期で回転を維持する力(慣性力)が働くため、相対的に周波数や電流の急激な変化に対して、発電を継続し、周波数を維持する機能を有しています。

再エネ導入拡大に伴い、火力発電等が減ることで、この慣性力が減少することが懸念されています。



## 慣性力不足によるブラックアウトが発生するイメージ



## 8 電気の使われ方

電気の使用量(需要)は、季節、時間、天候などにより大きく変化します。

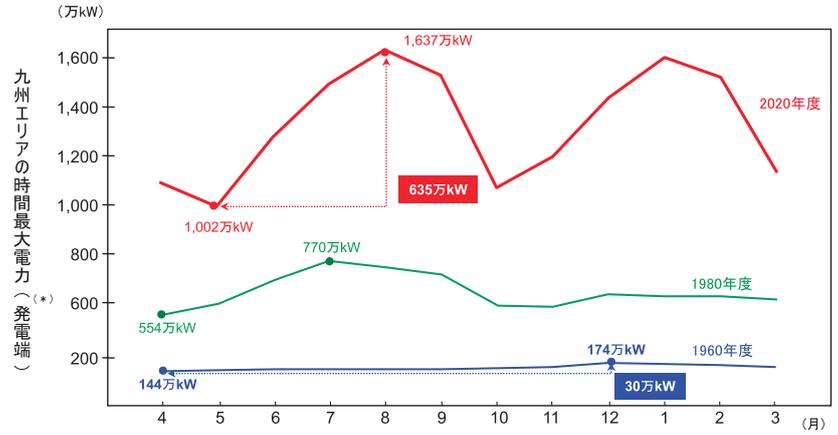
一方、電気を一年を通して安定的に供給するには、発電設備は需要のピーク(最大電力)に合わせて必要になります。季節や時間帯により電力需要が大きく変化すると、発電設備の利用効率が下がり、結果、コストは割高になってしまいます。

### 季節別の電力需要の推移

九州エリアでは、季節別の電力需要の差は、約60年前と比較し約21倍に拡大しています。

30万kW(1960年度)  
→ 635万kW(2020年度)

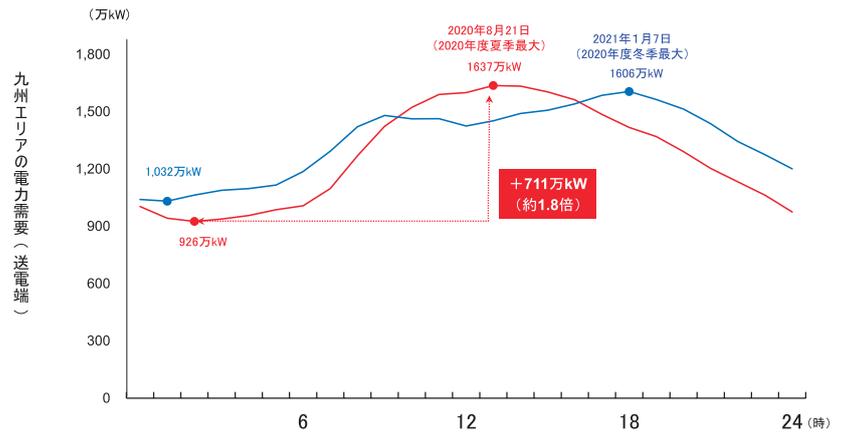
近年は、冷暖房機器の普及等により、夏季と冬季に電力需要のピークが発生し、季節別の差が大きくなっています。



(\*) 2020年度の値は、送電端の値

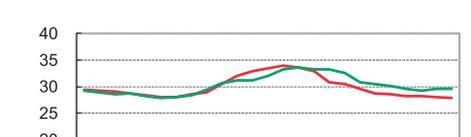
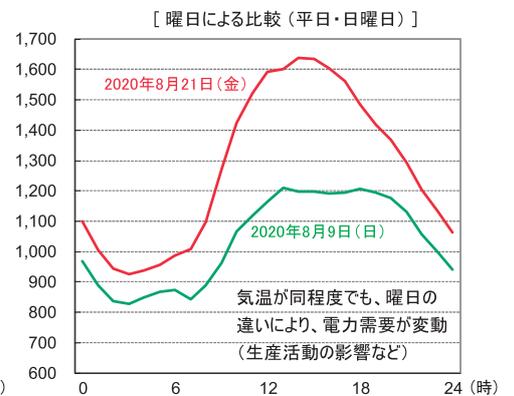
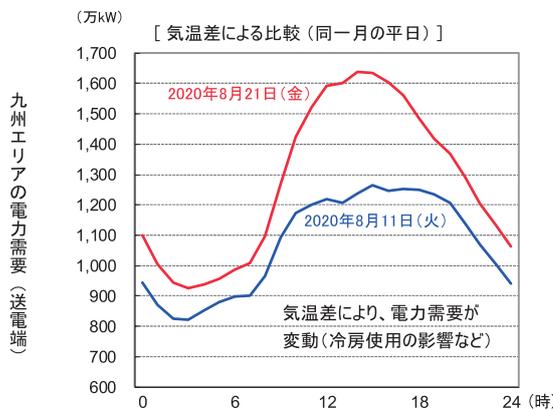
### 時間別の電力需要の推移

1日の中でも、時間帯によって電力需要の差が大きく、九州エリアでは、夏季の昼間(2020年度夏季最大電力発生日)は、夜間の約1.8倍の電力需要が発生しています。



### 気温や曜日による電力需要の変動

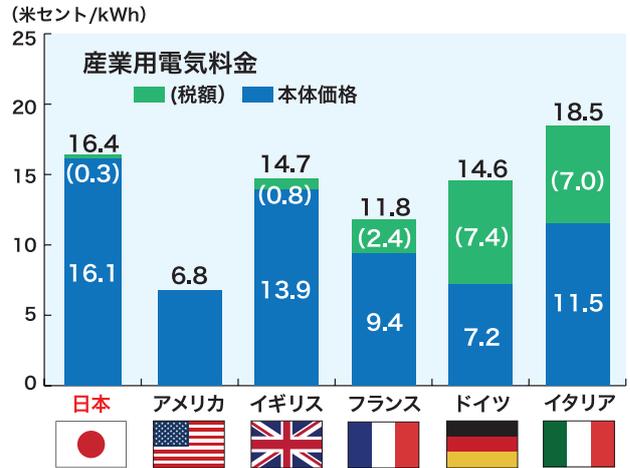
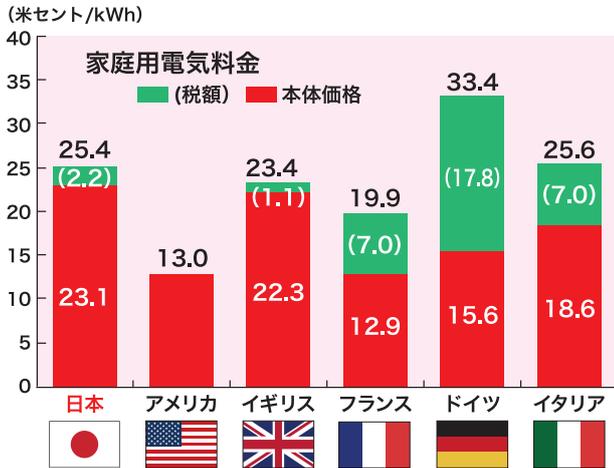
電力需要は、気温等の気象状況や曜日によって、大きく変動します。



## 9 電気料金の国際比較

日本の電気料金は、家庭用、産業用ともに高い水準となっていました。各国での課税・再エネ導入促進政策の負担増で格差は縮小してきています。

電気料金の低下に向けた努力を怠ってはなりません。その際には我が国固有の事情、すなわち、燃料・原料の大部分を輸入に依存しており、その安定供給が不可欠なこと等、供給面での課題に配慮する必要があるとされています。



出典:IEA「Energy Prices and Taxes for OECD Countries 2020」を基に作成  
(注)米国は本体価格と税額の内訳不明。

### 参考：過去の原油価格下落局面と現在の状況

エネルギー資源に乏しい日本では、輸入する燃料価格が電気料金に大きく影響します。

このところ比較的安定していた燃料価格は、2020～2021年にかけて上昇しており、このような状況が、現在の電気料金に影響を与えています。

国際原油価格WTI (ドル/バレル)

日本のLNG輸入価格 (ドル/MMBTU) (\*百万英熱量単位)

日本の石炭輸入価格 (ドル/トン)



出典：資源エネルギー庁HP「日本のエネルギー（2022）」、「2021-日本が抱えているエネルギー問題（前編）」より作成

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

---

〒810-0004 福岡市中央区渡辺通2丁目1-82 電気ビル共創館6階  
TEL 092-714-2318 FAX 092-714-2678  
<http://www.q-enecon.org/>