

# 3 発電のしくみを見てみよう

### 発電のしくみを見てみよう

発電所ではどうやって電気を作っているのかな？

**発電のしくみ**  
コイルの中で磁石を回すと、コイルに電気がおこる。これが発電のしくみである。実際の発電所では、蒸気や流れる水の水力でタービン（羽根車）や水車を回し、そこに繋がれている発電機で電気が作られる。

**火力発電のしくみ**  
①天然ガス、石炭、石油などの燃料をボイラーで燃やす。  
②ボイラーの熱で水が蒸気になる。  
③蒸気の水力でタービン（羽根車）が回る。  
④発電機を動かして電気を作る。  
⑤蒸気を冷やして水にもどす。

**長所**  
・発電に使う燃料を取りあつかいやすい。  
・電気がたくさん使われる時間帯、あまり使われない時間帯で発電量を調節することができる。

**短所**  
・燃料によって量にちがいがあがるが、電気を作るときに地球温暖化の原因となる二酸化炭素が出る。  
・燃料のほとんどを輸入にたよっている。

### 原子力発電のしくみ

**発電量の調節**  
電気はたくさん貯めることができない。そのため電力会社では、電気の使われ方を予測しながら、つねに使用量と発電量のバランスをたもつように電気を作り続けている。もし使用量と発電量のバランスがくずれると停電をひきおこすこともある。

**原子力発電のしくみ**  
①ウランが徐々に核分裂して熱を出す。  
②核分裂により出る高温の熱で水が蒸気になる。  
③蒸気の水力でタービン（羽根車）が回る。  
④発電機を動かして電気を作る。  
⑤蒸気を冷やして水にもどす。

**長所**  
・少ない燃料でたくさん発電できる。  
・電気を作るときに二酸化炭素を出さない。  
・24時間安定して発電し続けることができる。

**短所**  
・放射性物質を取りあつかうのできばしい安全管理が必要。  
・使い終わった燃料などから放射線を出すごみが発生する。

**ポイント**  
火力発電も原子力発電もタービンを回して発電するしくみはほぼ一緒だよ。

**調べてみよう**  
火力発電所と原子力発電所はそれぞれどんなところにならされているのか調べてみよう。

火力  
原子力

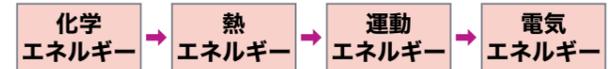
## ■電磁誘導と発電のしくみ

発電機の原理は、イギリスの科学者ファラデー（1791～1867）が発見した磁気を利用して電流を発生させる電磁誘導の応用である。実際の発電所の発電機では、タービンの回転軸と直結した電磁石がコイルの中を回っている。

タービンを回転させる力は、火力発電所、水力発電所、原子力発電所でそれぞれ異なる。火力発電所ではボイラー、原子力発電所では原子炉の熱によって水を蒸気に変え、蒸気がタービン（蒸気タービン）を回す。蒸気タービンは、蒸気の流れを整えるための固定された羽根と、タービンとして回転する羽根が組み合わされている。水力発電所ではダムや導水管を流れ落ちる水の力によってタービン（水車）を回している。

## ■火力発電

天然ガス・石炭・石油などを燃焼して得た熱で水を水蒸気に変え、その力で発電機につながるタービン（羽根車）を回して発電する（汽力発電）。



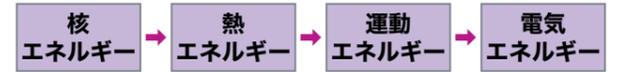
特徴：

- ★燃料の調達や保管が容易。
- ★稼働と停止が比較的容易なので需要変動に対応しやすい。
- ★二酸化炭素などの温室効果ガスを排出する。
- ★化石燃料のほとんどを海外からの輸入に依存している。
- ★タンカーから燃料を受け入れる港、蒸気の冷却に大量の水（海水を利用）が必要なため、海の近くに建設される。

## ■原子力発電

ウランの原子核に中性子が当たり核分裂が起こると原子核が割れて2つ以上の小さな原子核に分裂し、同時に2～3個の中性子が発生する。核分裂が起きて発生した熱エネルギーを利用し蒸気を発生させ、その力で発電機につながるタービン（羽根車）を回して発電する。

現在、日本で使用されている原子炉は「軽水炉」とよばれ、減速材（中性子の速度を遅くして核分裂しやすいようにする材料）や冷却材（核分裂で発生した熱を炉心の外に取りだす材料）に普通の水（軽水）を使用している。軽水炉には沸騰水型（BWR：Boiling Water Reactor）と加圧水型（PWR：Pressurized Water Reactor）の2種類がある。



特徴：

- ★少ない燃料で大きなエネルギーが得られる。
- ★発電時、二酸化炭素などの温室効果ガスを排出しない。
- ★核燃料サイクルにより、ウラン資源の利用効率を高めることができる。
- ★放射性物質が生じることから、厳しい安全管理が必要となる。放射性廃棄物が発生する。
- ★燃料を受け入れる港や蒸気の冷却に大量の水（海水を利用）が必要なため、海の近くに建設される。

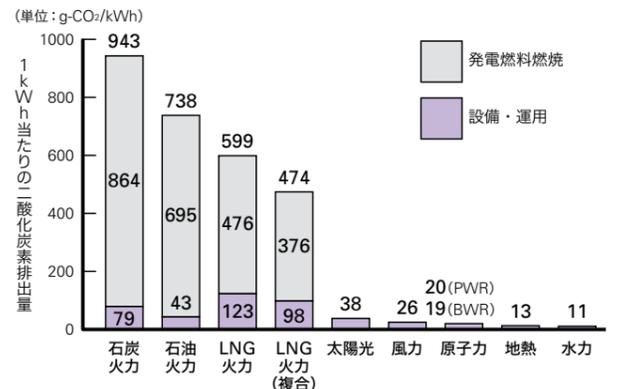
## ■需要への対応

電気は多く貯められない（近年は大容量の蓄電池が研究・開発されつつある）ので、使う分だけ同時につくられて、光と同じ速さで送られる。電気の消費量（需要）と発電量（供給）のバランスが大幅にくずれると、大規模な停電につながることもある。電力会社では、刻々と変わる電気の使用量を予測して発電所の出力を調整し、電気の流れを管理している。また、需要のピークに合わせて、余裕を持った発電設備が必要である。

## ■電源別の二酸化炭素排出量

発電に伴う環境負荷の分析・評価は、電気を作るのに必要となる、燃料採掘、加工、輸送、廃棄物処理、発電所の建設や廃止などのすべての活動に伴う間接的な環境負荷も含めて、トータルの環境負荷でおこなわれる（ライフサイクル評価）。

### 発電方法別の二酸化炭素排出量



※LNG：液化天然ガス（天然ガスを冷却して液体にしたもの）

※発電燃料の燃焼に加え、原料の採掘から発電設備等の建設・燃料輸送などに消費される全てのエネルギーを対象としてCO<sub>2</sub>排出量を算出。  
※原子力については、1回だけのリサイクルを前提として、高レベル放射性廃棄物処分・発電所設備廃棄・廃炉などをふくめて算出。

出所：電力中央研究所「日本の発電技術のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量評価（2016年7月）」

### 学習のねらい

- 最も身近なエネルギーである電気の作り方（発電）についてそのしくみを理解する。
- 火力発電、原子力発電、水力発電に共通する点、または異なる点を考える。

### 指導上のポイント

- 発電機が運動エネルギーを電気エネルギーに変える役割をする。
- 火力発電、原子力発電、水力発電とも、タービンに直結した発電機を回転させて電気を作る。
- 火力発電の燃料は天然ガスや石炭、石油などである。
- 原子力発電の燃料はウランである。

### 関連する単元

- 4年 社会科 人々の健康や生活環境を支える事業
- 4年 理科 電流の働き
- 5年 理科 電流がつくる磁力
- 6年 理科 燃料の仕組み、電気の利用

### 関連ページ

- 電気を作ってみよう！（18～19ページ）
- エネルギー資源はどこからくるの？（32～33ページ）

**動画へGO!**

『発電のしくみ（火力発電と原子力発電）』九州電力

# 3 発電のしくみを見てみよう

- 水力
- 太陽光
- 風力

### 水力発電のしくみ

水を高いところから落として水車を回し、水車とつながった発電機で電気を作る。水の量が多いほど、また、高いところから水を落とすほど、たくさんの電気を作ることができる。水力発電にはダム式や流れ込み式などがある。

**ダム式**  
①水を水車に送る。  
②水で水車が回る。  
③発電機を動かして電気を作る。

**流れ込み式**  
①水が流れる。  
②水が流れるときに水車を回す。  
③発電機を動かして電気を作る。

**長所**

- 水のエネルギーを利用するので、石油などのように資源がなくなる心配がない。
- ダム式は必要なときにすぐに発電できる。
- 流れ込み式は水量の多い季節は安定して発電できる。
- 電気を作るときに二酸化炭素を出さない。

**短所**

- ダム式は水がたまるないと発電できない。
- 大きなダムを作る場所がほとんど残っていない。
- 流れ込み式は川の水量が少ない季節は発電量が少なくなる。

### 太陽光発電のしくみ

太陽光発電は、太陽の光エネルギーを光電池に集め電気に変える発電方法である。家庭用の太陽光発電や広い土地を利用したメガソーラー（大規模太陽光発電施設）がふえている。

**長所**

- 太陽のエネルギーを利用するので、石油などのように資源がなくなる心配がない。
- 電気を作るときに二酸化炭素を出さない。

**短所**

- 日が照っていないと発電できない。
- 大量に発電するためには広い設置面積が必要。

**ポイント**  
自然の力を使ったエネルギーを「再生可能エネルギー」というよ。

### 風力発電のしくみ

風力発電は風力を利用して風車を回し、その回りを電気に変える発電方法である。風の向きや強さが安定している地域で作るのが適している。

①ブレード(羽)で風を受け回転する。  
②発電機で電気を作る。

**長所**

- 風のエネルギーを利用するので、石油などのように資源がなくなる心配がない。
- 電気を作るときに二酸化炭素を出さない。

**短所**

- 風が弱かったり強すぎたりすると発電できない。
- 大量に発電するためには太陽光発電よりもさらに広い設置面積が必要。

**ポイント**  
自然の力を利用したエネルギーを「再生可能エネルギー」というよ。

### 揚水式水力発電のしくみ

電気があまっているときに下の池から電気を送って上の池へ水をくみ上げ、電気がたくさん使われるときに上の池から下の池へ水を流して発電する。つまり揚水式水力発電は、上の池にエネルギーをためておき、必要なときに電気を作れる「大きな電池」のようになっている。

**長所**

- 短時間で動かし止めたりすることができるため、電気が不足したときに急いで発電することができる。

**短所**

- ポンプを使って水をくみ上げるために必要な電気の量を10とすると、7くらいの電気しか発電することができない。

## ■水力発電

水力発電は100年以上も前から利用されてきた再生可能エネルギーである。さまざまな方式があるが、ここでは代表的な貯水池式について紹介する。高所から水が落下するときの勢いを利用して水車を回し、発電する。

位置エネルギー → 運動エネルギー → 電気エネルギー

- 特徴：**
- ★燃料が必要ない。
  - ★周辺の自然環境に配慮した開発が必要となる。
  - ★雨量などの自然条件で発電量が変動する。
  - ★すでに水力資源の開発が進んでいる日本では、開発地点の小規模化・奥地化が進んでいる。

## ■揚水式水力発電

揚水式水力発電とは発電所の上部と下部に水を蓄えるための調整池をつくり、需要のピーク時間帯は上部調整池（上池）から下部調整池（下池）に水を流下させて発電し、発電電力に余剰がある時間帯に水車を逆回転させて上部調整池に揚水するしくみである。近年は太陽光の余剰電力によるくみ上げ利用が増えている。

揚水式水力発電は電気を水のかたちで蓄えておく蓄電池の働きをしている。起動・停止が短時間でできるため、電気が不足したときに、緊急に発電することも重要な役目となっている。ただし、発電量に対し水をくみ上げるために消費する電力の方が大きく、くみ上げに必要な電力が10とすると7くらいしか発電することができない点に留意が必要である。

## ■再生可能エネルギー

化石燃料が限りあるエネルギー資源であるのに対し、水力や太陽光、太陽熱、風力、バイオマス、地熱などのエネルギーは自然界に常に存在し、エネルギー源として持続的に利用できる。これらは「再生可能エネルギー」といわれている。再生可能エネルギーは、温室効果ガスを排出せず、国のエネルギー安全保障にも寄与できる低炭素の国産エネルギー源であるため、重要性が高まってきている。

再生可能エネルギーには大きな可能性があるものの、現在は出力が不安定、コストが高いなどの理由により普及が十分に進んでいない。こうした再生可能エネルギーの利用推進を図るため、2012年7月1日から、固定価格買取制度が施行されている。こ

れは、再生可能エネルギー（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）によって発電された電気を、電気事業者が、一定期間にわたって一定の価格で買い取りすることを電気事業者が義務付けたものである。\*

※エネルギー安全保障…国民生活、経済・社会活動、国防等に必要『量』のエネルギーを、受容可能な『価格』で確保できること。

再生可能エネルギー		革新的なエネルギー高度利用技術※2
<b>新エネルギー</b> 発電分野 ●太陽光発電 ●風力発電 ●バイオマス発電 ●中小規模水力発電※1 ●地熱発電※1 ●バイオマス燃料製造		再生可能エネルギーの普及、エネルギー効率の飛躍的向上、エネルギー源の多様化に資する新規技術であって、その普及を図ることが特に必要なもの ●クリーンエネルギー自動車 ●天然ガスコージェネレーション ●燃料電池 など
大規模水力発電・海洋エネルギー		

※1：中小規模水力発電は1,000kW以下のもの、地熱発電はバイナリー方式のものに限る  
 ※2：新エネルギーとされていないが普及が必要なもの

## ■太陽光発電

太陽光発電とは太陽電池を使った発電である。太陽電池は半導体の一種で、光エネルギーを直接電気に変える。これまでの技術開発により、光から電気に変換する効率（変換効率）が向上し、コストも下がってきたため、住宅用の電源としても普及し始めた。

光エネルギー → 電気エネルギー

- 特徴：**
- ★燃料が必要ない。
  - ★電気を作るときに二酸化炭素を排出しない。
  - ★夜や雨の日などの自然条件によって、発電量が左右される。
  - ★たくさん発電するためには、広い面積が必要。
  - ★設備利用率が低い。

## ■風力発電

風力発電は「風」の力で風車を回し、その回転運動を発電機に伝えて電気を起こす発電方式である。風力発電は風の運動エネルギーの最大30~40%程度を電気エネルギーに変換でき、比較的効率の高いことが特徴である。

運動エネルギー → 電気エネルギー

- 特徴：**
- ★燃料が必要ない。
  - ★電気を作るときに二酸化炭素を排出しない。
  - ★風向きや風速などの自然条件によって、発電量が左右される。
  - ★たくさん発電するためには、広い面積が必要。

**学習のねらい**

- 最も身近なエネルギーである電気の作り方（発電）についてそのしくみを理解する。
- 再生可能エネルギーについてその性質や特徴を理解する。

**指導上のポイント**

- 再生可能エネルギーなどの地球環境を守るための新しいエネルギー利用技術の開発・導入が進められている。
- しかし現在の技術では課題が多く残されており、エネルギー生産量に占める割合はまだまだ小さく価格も割高である。
- さまざまなエネルギー、利用技術の長所と短所。
- 水力発電は水の流れる勢いを利用している。

**関連する単元**

4年 社会科 人々の健康や生活環境を支える事業  
 4年 理科 電流の働き、雨水の行方と地面の様子  
 5年 理科 電流がつくる磁力、流れる水の動きと土地の変化  
 6年 理科 電気の利用

**関連ページ**

電気を作ってみよう！（18～19ページ）  
 エネルギー資源はどこからくるの？（32～33ページ）  
 未来の社会を想像してみよう（48～49ページ）

**動画へGO!**

『資源エネルギー庁×Green TV Japan「見てなっとく！水力発電」(環境教育映像) 資源エネルギー庁

**動画へGO!**

『資源エネルギー庁×Green TV Japan「見てなっとく！風力発電」(環境教育映像) 資源エネルギー庁

**クイズの答え 正解：① 火力発電所** 2017年度末の火力発電所数は2,505か所、原子力発電所数は16か所、水力発電所数は1,817か所となっている。

# 3 発電のしくみを見てみよう

# 4 災害とエネルギー

### 地熱発電のしくみ

火山の多い日本には高温の地熱エネルギーが豊富である。地熱発電は火山のマグマの熱で温められた熱水・蒸気を地下から取り出し、タービンを回して電気を作る方法である。

**長所**

- ・天候に左右されず、24時間発電できる。
- ・電気を作るときに二酸化炭素を出さない。

**短所**

- ・発電所を作るまでに調査などで時間がかかる。
- ・景色をそこなうおそれがある。

### バイオマス発電のしくみ

バイオマスエネルギーとは動植物からえられるエネルギーである。木のくずや動物のふん、食品の生ごみなどを利用して電気を作る方法である。そのまま燃やしたり、燃料やガスにして発電する。

**長所**

- ・ごみとしてすてていたものをエネルギー資源として活用できる。
- ・植物が光合成で吸収する二酸化炭素の量と、燃やしたときに排出される二酸化炭素の量は同じなので地球温暖化に影響をあたえない。
- ・火力発電と同じように安定して発電できる。

**短所**

- ・燃料を集めたり、運んだりするのに費用がかかる。

### その他の発電方法

●**海洋温度差発電**  
海面に近い温かい海水と深海の冷たい海水との温度差を利用して発電する。

●**波力発電**  
波の力を利用して発電する。

●**太陽光パネルの被害**  
台風や大雨によって太陽光パネルが土砂と混ざり流されたり飛ばされたりする被害も増えている。太陽光パネルはぬれていたりこわれていたりしても日光が当たると発電するため、さわると危険である。地域の安全にも影響をあたえるため、より強度の高い設備を設置するよう対策が進められている。

### 地熱

### バイオマス

### 災害とエネルギー

日本は地形や気象条件などから台風や豪雨、豪雪、土砂災害、地震、津波、火山噴火などによる自然災害が発生しやすい国土である。大きな災害が発生した場合に電気やガス、水道などの供給に大きな影響をあたえることもある。

●**北海道胆振東部地震による影響**  
(大規模停電)  
2018年9月に北海道で発生した震度7の地震は、北海道の全域が停電となる「ブラックアウト」を引き起こした。原因は地震によって火力発電所が被害を受けたり、複数の送電線が切れたりし、必要とされる電力量に対し送電できる電力量のバランスがとれなかったためである(23ページの発電量の調節をみよう)。発電・送電設備の復旧後も被害を受けた発電所の復旧に時間がかかり、電気の供給が安定するまでおよそ2週間かかった。北海道と全国の電力会社ではふたたびブラックアウトがおきないよう点検や対策を進めている。

●**台風による影響**  
(停電)  
2018年9月に上陸した台風21号は関西地方を中心に強風が吹き、電柱がたおれたり、電線が切れたりするなどの被害が出て、およそ240万戸が停電した。ほとんどの地域は停電から数日で復旧したが、倒木や土砂くずれなどの被害を受けた地域に立ち入れないなどの理由で、停電が解消するまでに16日間かかった。また、同年台風24号も記録的な暴風雨となり、日本全国で約180万戸が停電した。

(災害)  
台風は通り過ぎた後も強風が吹きつけられた海水の塩分によって「塩害」という被害をもたらす場合がある。送電線や電車の架線から火花が出るなどすると、各地で停電や電車のおくれ、運休が発生する。電力会社や鉄道会社では、塩分のつきにくい部品に交換するなどの対策をおこなっている。

(太陽光パネルの被害)  
台風や大雨によって太陽光パネルが土砂と混ざり流されたり飛ばされたりする被害も増えている。太陽光パネルはぬれていたりこわれていたりしても日光が当たると発電するため、さわると危険である。地域の安全にも影響をあたえるため、より強度の高い設備を設置するよう対策が進められている。

### 学習のねらい

- 再生可能エネルギーについてその性質や特徴を理解する。

### 指導上のポイント

- 再生可能エネルギーなどの地球環境を守るための新しいエネルギー利用技術の開発・導入が進められている。
- さまざまなエネルギー、利用技術の長所と短所。

### 関連する単元

4年 **社会科** 人々の健康や生活環境を支える事業  
4年 **理科** 電流の働き  
5年 **理科** 電流がつくる磁力  
6年 **理科** 電気の利用、土地のつくりと変化

### 関連ページ

電気を作ってみよう!(18~19ページ)  
エネルギー資源はどこからくるの?(32~33ページ)  
未来の社会を想像してみよう(48~49ページ)

### 学習のねらい

### 指導上のポイント

### 関連する単元

## 4 災害と電気

**動画へGO!**  
『資源エネルギー庁×Green TV Japan「見てなっとく!地熱発電」(環境教育映像)』資源エネルギー庁

## 地熱

## バイオマス

### ■地熱発電

火山の地下深部にはマグマが存在し、膨大な熱エネルギーが眠っている。地熱発電はこの熱エネルギーの一部を熱水・蒸気として取り出し、利用するエネルギーである。

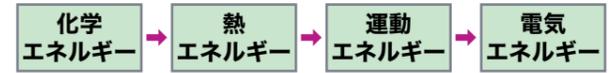


- 特徴:**
- ★燃料が必要ない。
  - ★天候に左右されず安定した発電が可能である。
  - ★高温の地熱を得られる場所が国立・国定公園内や、温泉地の周辺などに多く、場所の確保が難しい。

### ■バイオマス発電・バイオマス熱利用

バイオマスとは生物資源のことで、エネルギー源として再利用できる動植物から生まれた有機性の資源である。

単に燃やすだけの熱利用から発電、化学的に得られたメタンやメタノールなどの自動車用燃料としての活用まで利用分野が広がっている。



- 特徴:**
- ★バイオマスは植物の光合成による二酸化炭素の吸収量と、植物の焼却による二酸化炭素の排出量が相殺され、実際に大気中の二酸化炭素の増減に影響を与えない(カーボンニュートラル)。
  - ★資源が広い範囲に分散しているため、収集・輸送管理にコストがかかる。メタン発酵後の残渣処理方法に課題がある。

### ■災害と停電

日本は電力供給が安定しているため、設備等の事故による停電は少ない。しかし、大地震や台風、豪雨による断線、電柱倒壊など送配電設備に被害がおよび、広範囲に停電が発生することがある。

2018年9月に発生した北海道胆振東部地震では、北海道全域で停電が発生した。原因は北海道電力苫東厚真火力発電所(北海道厚真町)が地震の影響で緊急停止した後、需給バランスが急激に崩れ、北海道内の全火力発電所が連鎖的に自動停止したことによる。

### 激甚災害と停電戸数

	災害名/最大停電戸数と復旧に要した日数
地震	阪神・淡路大震災(1995年1月17日) 約260万戸→発災後6日で停電解消
	東日本大震災(2011年3月11日) 約870万戸(東北電力及び東京電力の合計) →〈東北電力〉発災後3日で約80%停電解消、 発災後8日で約94%停電解消 →〈東京電力〉発災後7日で停電解消 ※家屋流出地域等の復旧作業に着手不可能な地域を含む。
	熊本地震(2016年4月14日(本震は4月16日)) 約47.7万戸→本震の発生から約5日で停電解消
	北海道胆振東部地震(2018年9月6日) 約295万戸→約50時間後に99%解消 ※復旧後も需給が安定する13日後までは節電を要請した。
水害	平成27年9月関東・東北豪雨(2015年9月9日~11日) 約11,000戸→約5日で停電解消
	平成29年7月九州北部豪雨(2017年7月5日) 約6,400戸→約4日後で進入可能な地域は停電解消、 約2か月後全域停電解消
	平成30年台風第21号(2018年9月4日上陸) 約240万戸→約120時間後に99%解消

(出所) 資源エネルギー庁資料を基に作成

### ■太陽光パネルの被害

台風や豪雨では、太陽光パネルの崩落や飛散などの事故が起こる恐れがある。

2018年に起こった自然災害のうち、被害が多かったものは発電設備を立地していたエリアで豪雨のために土砂崩れや水没が起こり、太陽光パネルやパワーコンディショナー(パワコン)が損傷したケースや、台風による強風で太陽光パネルが破損した例も多く見られた。

### 2018年度の災害による太陽光パネルの被害状況(50kW以上)

	西日本豪雨	台風21号	北海道地震
被害概要	合計 19	21	1
	水没 8	-	-
	土砂崩れ 11	-	-
損傷部位	パネル 10	19	-
	パワコン 9	3	1
	キュービクル 4	1	-
	その他 9	5	-

※台風21号は強風によるパネルの飛散被害が多い。

(出所) 資源エネルギー庁資料

太陽光パネルは浸水・破損をした場合であっても光が当たれば発電することができる。破損箇所などに触れた場合、感電をするおそれがある。また、水が引いた後でも危険なため、浸水・破損した太陽光パネルには近づかないように児童達に注意を促したい。