

ちちゅうねつ

# 地中熱のひみつ

STATION



DISTRICT HEATING  
AND COOLING



AIRPORT



ROAD



### 参考文献

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1. 環境省 子ども環境白書 2019                    | 9. 資源エネルギー庁ホームページ            |
| 2. 環境省 STOP THE 温暖化 2017               | 10. 資源エネルギー庁 第5次エネルギー基本計画    |
| 3. 気象庁ホームページ                           | 11. 地中熱利用促進協会ホームページ          |
| 4. 環境省ホームページ 地球温暖化防止コミュニケーター 学ぼう!地球温暖化 | 12. 株式会社東武エネルギーマネジメント ホームページ |
| 5. 環境省 令和2年版 環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書      | 13. 青森県 あおり地中熱ホームページ         |
| 6. 環境省 気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018      | 14. 環境省 平成30年地中熱利用状況調査       |
| 7. 環境省 21世紀末における日本の気候 不確実性評価を含む予測計算    | 15. 環境省 地中熱利用システムパンフレット      |
| 8. NEDO 再生エネルギー技術白書                    |                              |

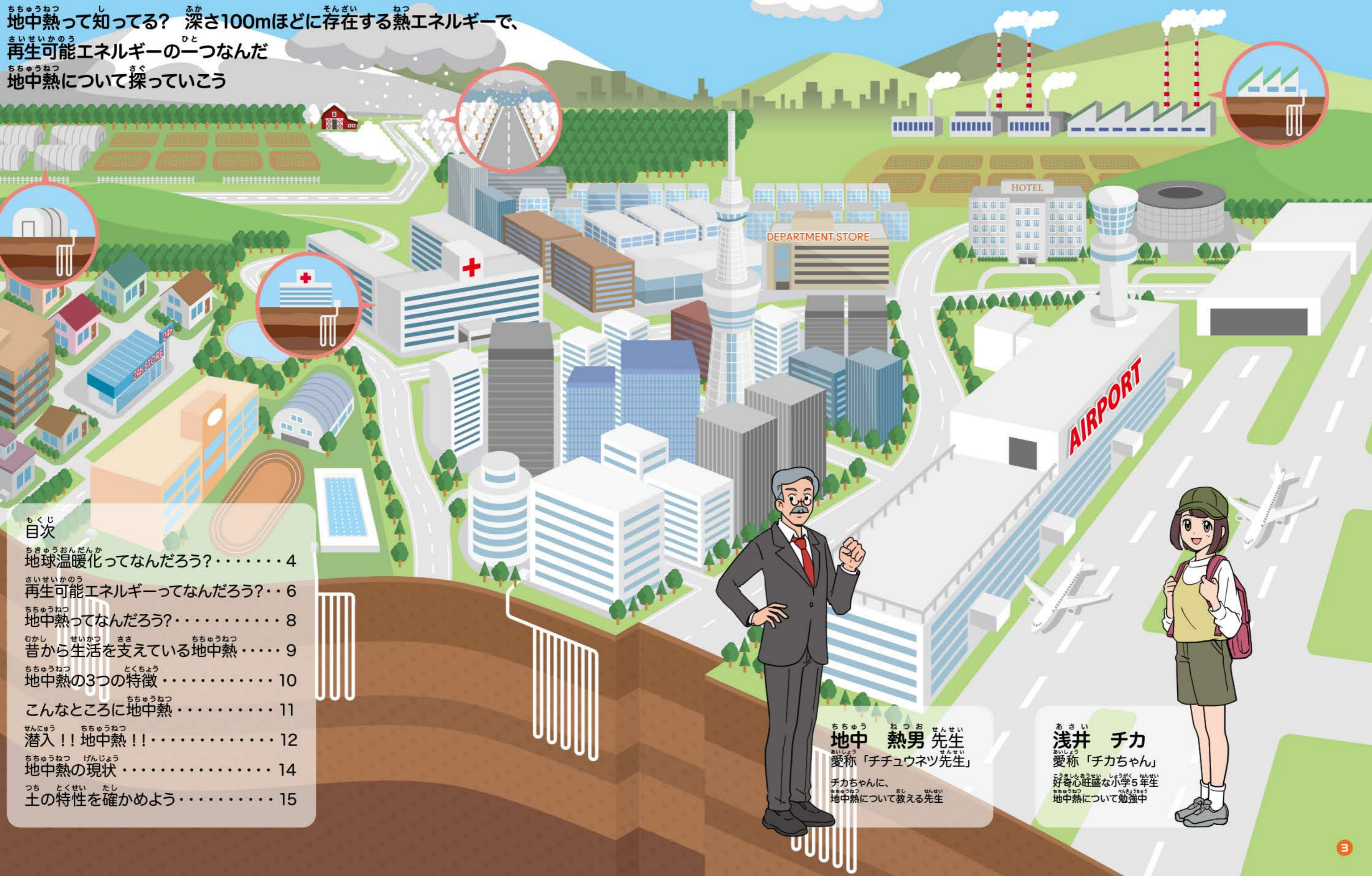
写真提供：PIXTA





# たの まな ちちゅうねつ 楽しく学ぼう地中熱のいろいろ

ちちゅうねつ 地中熱って知ってる？  
さいせいかのう 再生可能エネルギーの一つなんだ  
ちちゅうねつ 地中熱について探っていこう



## もくじ 目次

- ちきゅうおんだんか 地球温暖化ってなんだろう？..... 4
- さいせいかのう 再生可能エネルギーってなんだろう？.. 6
- ちちゅうねつ 地中熱ってなんだろう？..... 8
- むかし 昔から生活を支えている地中熱..... 9
- ちちゅうねつ 地中熱の3つの特徴..... 10
- こんなところに地中熱..... 11
- せんいゆう 潜入！！地中熱！！..... 12
- ちちゅうねつ 地中熱の現状..... 14
- つち 土の特性を確かめよう..... 15

ちちゅうねつおせんせい  
**地中 熱男 先生**  
あいしょう 愛称「チチュウネツ先生」

チカちゃんに、  
地中熱について教える先生

あさい  
**浅井 チカ**  
あいしょう 愛称「チカちゃん」

こうきんおうせい 好奇心旺盛な小学5年生  
ちちゅうねつ 地中熱について勉強中

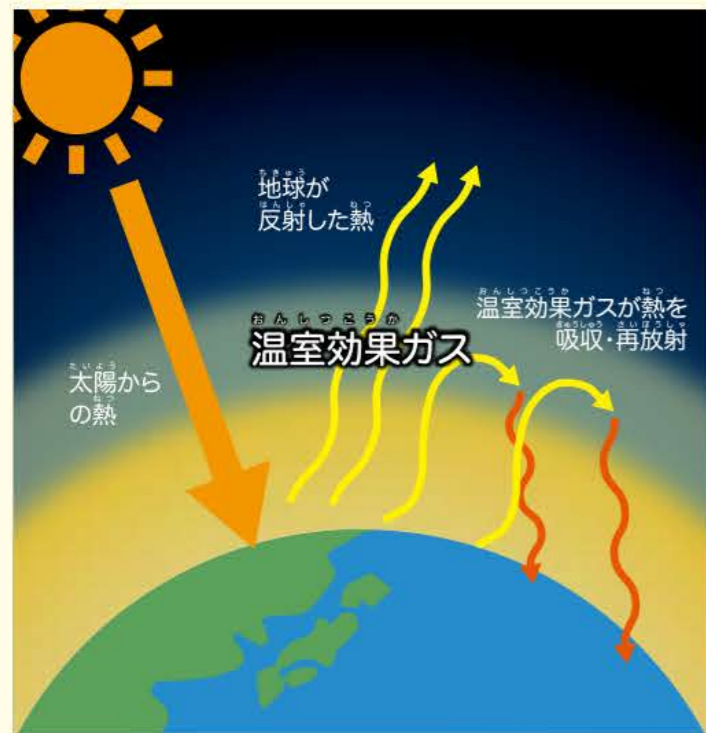


# 地球温暖化ってなんだろう？

## 地球温暖化ってなんだろう

なんだか最近、どんどん暑くなっている気はしませんか？実は、地球は過去1400年で最も暖かくなっています。地球全体の平均気温が上がっていくことを「地球温暖化」といいます。地球温暖化が進むと、世界中の自然や暮らしに様々な影響が出ます。例えばブナやサングといった、貴重な生物の数が少なくなってしまう。また、毎年の気象の変化が激しくなり、大洪水や干ばつという自然災害がたびたび起こるようになります。私たちは、乗り物を動かしたり、電気を作ったりするために、「温室効果ガス」を出すようになりました。こうした人間の暮らし方の変化が、地球温暖化を引き起こしています。

(出典)参考文献1, 2, 3



## 地球温暖化のしくみ

太陽から地球に注ぐ熱のうち、3割は雲や雪で跳ね返って宇宙に戻ります。残りは海や地面に吸い込まれます。

この吸い込まれた熱は、やがて宇宙へ戻っていきませんが、地球を覆っている「温室効果ガス」と呼ばれる気体が、熱の一部を地球にとどめています。地球にとどまる熱と、宇宙へ戻っていく熱がうまくバランスして、地球の温度は長いことほぼ一定に保たれてきました。

ところが、私たちが便利な生活を求めて石油や石炭を燃やすことでたくさんの温室効果ガスを出してきた結果、地球が温まりはじめたのです。

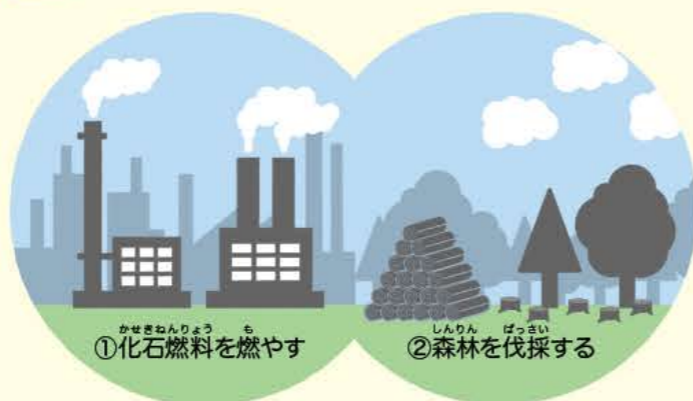
(出典)参考文献4

## 地球温暖化の原因

なぜ地球温暖化は深刻な問題になっているのでしょうか。国際連合の下で活動している組織によると、「地球温暖化は、人間活動の影響が主な要因である可能性が極めて高い」と示しています。石油、石炭、天然ガスといった化石燃料を燃やしたり、森林を伐採したりすることで、温室効果ガスが増えてしまっているのです。

(出典)参考文献4

## 人間活動の影響とは・・・

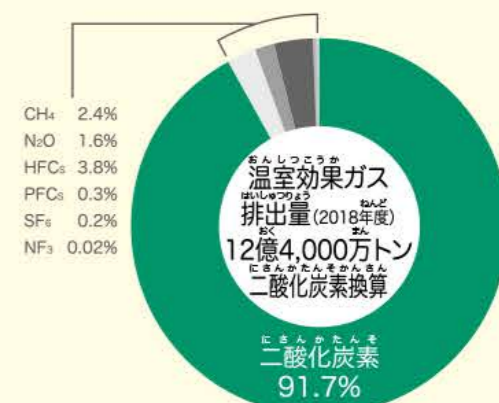


## 温室効果ガスって？

温室効果ガスとは、地球の表面から熱が宇宙に逃げるのを妨げる性質を持つ気体のことです。温室のように、地球の温度を温かく保つ効果があるので、温室効果ガスと呼びます。温室効果ガスにはたくさんの種類がありますが、日本が最も排出しているものが二酸化炭素です。日本の温室効果ガスのうち、およそ95%が二酸化炭素だと言われています。二酸化炭素は、ものを燃やした時に出てくる身近な温室効果ガスです。私たちが使う電気の多くは、石油や天然ガスなどを燃やして作られています。例えば、テレビを見て電気を使うことは、二酸化炭素を出すことにつながっているのです。

(出典)参考文献1, 5

日本の温室効果ガス排出量の内訳



(出典)令和2年度版 環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書

## 今、日本に何が起きているの？

日本の年平均気温は少しずつ上がっています。2020年の年平均気温は過去最も大きい数字になりました。

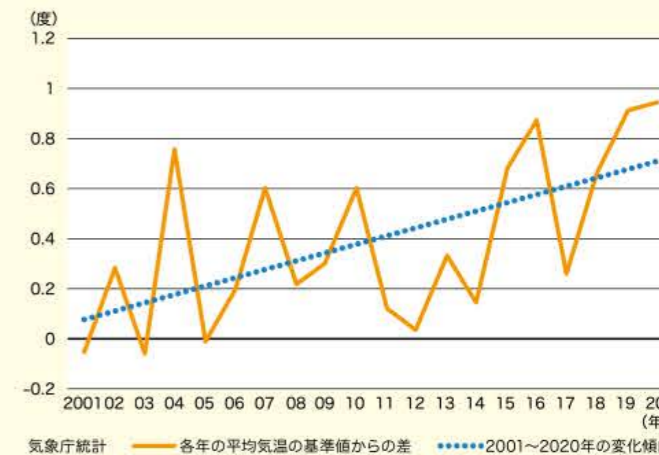


このグラフは日本の年平均気温と1981年～2010年の30年間の平均気温の差を示しているのね。細かくみると、平均気温の差は下がったり上がったりしているけど全体的には上昇しているわ。

このまま地球温暖化が進み、気温が上昇することで、農作物や生態系に悪影響を及ぼしたり、熱中症が増えたりします。また、温暖化が進むときには毎年の気象の変化が大きくなり、今まで無かったような豪雨で土砂災害や洪水の被害が出たり、私たちの生活にも大きな影響があります。

(出典)参考文献6, 7

近年の日本の気温の変化



気象庁統計 各年の平均気温の基準値からの差 2001～2020年の変化傾向

## 日本の二酸化炭素排出量

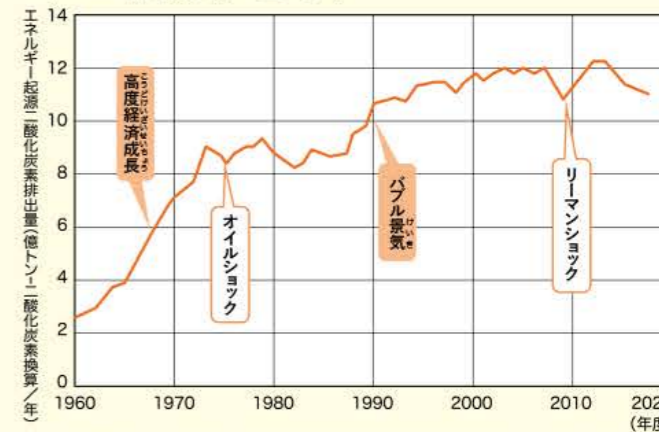
明治時代以降の推移を見ると、生活が豊かになってきた高度経済成長期と呼ばれる期間に二酸化炭素排出量が急増していることがわかります。その後、1970年代の石油の価格が急に高くなったオイルショックの影響で省エネに努めた結果、二酸化炭素排出量の変動は少なくなりましたが、その後はまた増加しています。ここ数年は減少傾向が続いています。

(出典)参考文献4



高度経済成長期に二酸化炭素排出量はぐんと増えたのね。2013年あたりから排出量は減っているけど、もっと減らす必要がありそうだね。

日本の二酸化炭素排出量の推移



(出典)国際エネルギー機関(1960～1990)、国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ」(1990～2017)より作成 注: エネルギー起源二酸化炭素換算/年



# 再生可能エネルギーってなんだろう？

## 地球温暖化を防ぐための再生可能エネルギー

### 再生可能エネルギーって？

再生可能エネルギーとは、自然界に存在し、繰り返し使えるエネルギーのことです。太陽光・風力・地熱・中小水力・バイオマスといった再生可能エネルギーは、温室効果ガスを排出せず、国内で生産できるため、重要なエネルギー源として期待されています。発電に利用できるほか、熱として利用できる再生可能エネルギー熱があります。

(出典)参考文献8,9



### 再生可能エネルギー発電等設備



太陽光発電



風力発電



地熱発電



小水力発電



蓄電池



バイオマス発電

### 再生可能エネルギー熱利用設備



地中熱利用



温度差熱



バイオマス熱利用



太陽熱利用



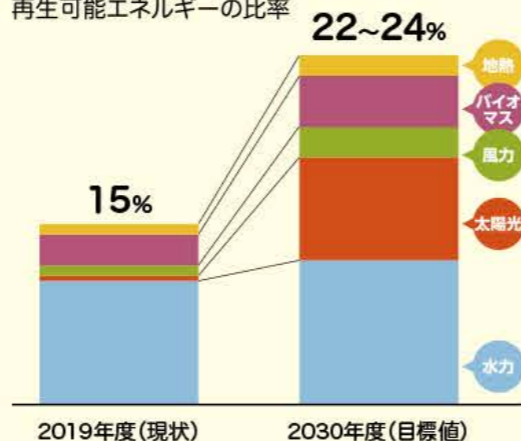
バイオマス燃料製造メタン発酵、それ以外

### どうして再生可能エネルギーが必要なの？

温室効果ガスを出さない再生可能エネルギーの利用は、地球温暖化の対策には欠かせません。日本は2013年度に最も高い温室効果ガスの排出量を記録しています。世界的にも温室効果ガスの排出量削減が求められる中、自然を活かした再生可能エネルギーは重要なエネルギー源です。日本では2030年までに電力の22~24%を再生可能エネルギーで作ることを目標としています。

(出典)参考文献9

再生可能エネルギーの比率

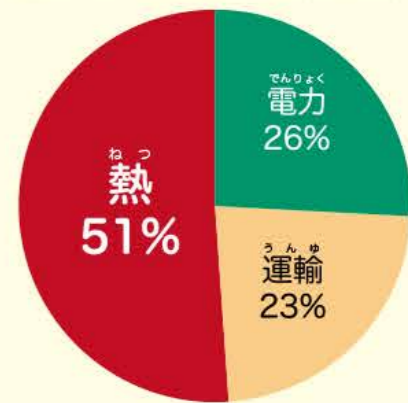


### 熱エネルギーが注目されています

エネルギーはどのように使われているか知っていますか？最終的に、エネルギーは電力、運輸、熱のいずれかとして消費されます。このうち大部分を占めるのが熱です。2016年の最終エネルギー消費の内訳をみると、およそ51%が熱として使われています。つまり、熱を効率的に使うことはエネルギーを効率的に使うことにつながるのです。特に、太陽熱、地中熱、バイオマス熱といった再生可能エネルギー熱を活用していくことは効果的と考えられています。

(出典)参考文献10

最終エネルギー消費の内訳(2016年)



(出典)第5次エネルギー基本計画



最終エネルギー消費における熱の割合は電力よりも多いんだね。

※運輸：自動車のガソリンのように、輸送に使うエネルギーのこと

### おもな再生可能エネルギー熱



### マンガコラム「ヒートアイランド現象ってなんだろう？」

1. 最近どんどん暑くなる気がするわ。それはヒートアイランド現象が原因だね。

2. 地球温暖化とは何が違うの？ 都市部が他の地域より高温になる現象のことだよ。東京や大阪のような大都市の気温は世界平均に比べてとても高くなっているんだ。

3. ヒートアイランド現象の原因が違ふんだ。工場やエアコンからの排熱、高層ビルに密集したオフィスや住宅、アスファルトで覆われた道路などが原因とされているよ。

4. ヒートアイランド現象と地球温暖化、両方の対策になるものはないかな？ 地中熱。そこで地中熱が役立つんだ！



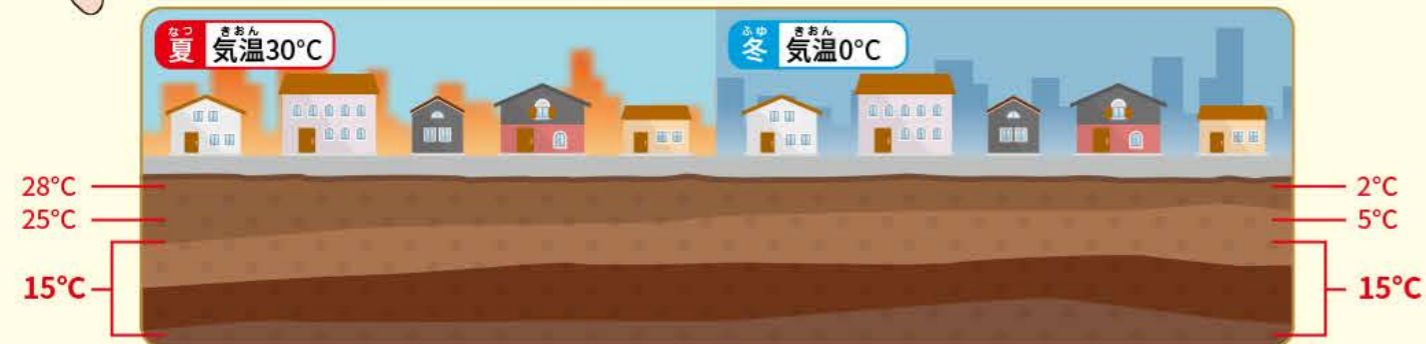
# 地中熱ってなんだろう？

## 土の中の温度はどれくらい？

地表から10mの地中の温度はどれくらいあるのでしょうか？夏、気温が30°Cを超えるような暑い日でも、土の中は15°Cくらい。そして冬、雪が降る寒い日でも土の中は15°Cくらいです。つまり、土の中は外の気温の影響を受けず、年中15°Cくらいなのです。



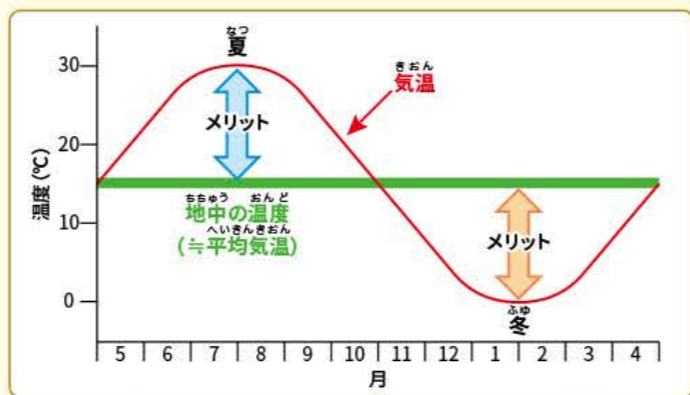
夏は暑いから、15℃だと冷たくて気持ちよさそうね。  
冬は寒いから、15℃だと温かく感じるんじゃないかしら。



**ポイント** 地中の中でも浅いところは気温の影響があるけど、深くなると気温に関係なく15°Cなんだよ。

## 地中は、夏冷たく冬は温かい

地面の中は、夏は冷たく冬は温かいのです。もし冬に、地面の中の温かさを使うことができれば暖房に使う電気は少なくとも済むかもしれません。また、もし夏に地中の冷たさを使うことができればクーラーに使う電気はもっと減ります。



**ポイント** 気温は8月に向かってだんだん気温が上がっていき、1,2月に向かって下がっていきます。でも地中の温度は常に同じです。



お母さんがいつもクーラーの電気代が高いうってんだけど、電気代も安くなりそうだね。

## 地中熱と地熱の違い

火山や温泉の近くの地下1~3kmの深さにある200~300°Cの熱を「地熱」と言います。一方で地中熱とは深さ100mほどにある、温度が一年間を通して一定の熱を指し、日本中どこでも使えます。地熱は地下深くの高温のエネルギーを発電等に使っていますが、年中一定の温度を保っている地中熱は、温熱・冷熱として利用されています。このように、地熱と地中熱は似て非なるものなのです。



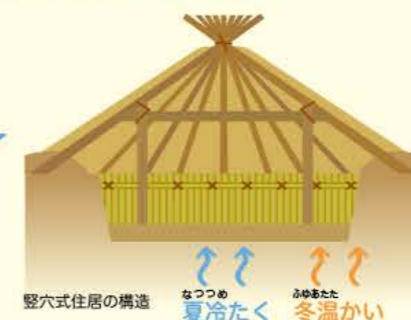
(出典)参考文献9,11

# 昔から生活を支えている地中熱

## 生活の中で使われている地中熱



写真: 竪穴式住居(登呂遺跡)



竪穴式住居の構造

夏冷たく 冬温かい

地中熱は私たちの足もとにある自然エネルギーです。地中熱は最近注目されるようになったエネルギーに思われがちですが、実はそうではありません。温度変化が小さいという地中の特性は、私たちの先祖である縄文人が生活に取り入れています。たてあなしきじゆうきょがその例です。

## 生糸産業に利用されていた地中熱

地中熱の特性は生糸産業にも利用されてきました。「荒船風穴」は冷風を利用してカイコの卵を貯蔵した遺跡です。絹の大衆化を促進し、人々の生活や文化を豊かにしたとして、2014年に世界文化遺産になりました。

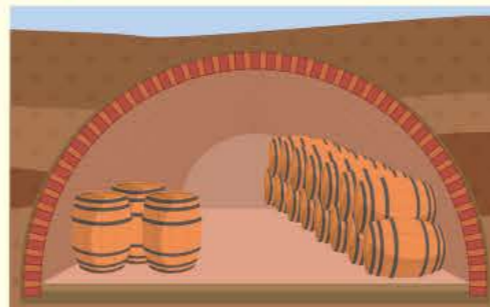


写真: 下仁田町歴史館より提供



荒船風穴の特徴は、自然によって生まれた冷風を利用し貯蔵した卵のふ化の時期を調整したことです。夏、30°C近い外気が地中の仕組みによって0°C近くまで下がり、貯蔵庫に流れ込みます。冷風は常に冷温多湿であるため、梅雨や夏の湿度が高い外気と接触すると白雲が発生することもあります。

## 今でも使われ続ける地中熱利用



ワインセラー



野菜の保管

夏は冷たく、冬は温かい地中熱は今でも利用されています。ワインの保管のため温度を一定にする必要のあるワインセラーや、野菜を保存する室など、食品の保存に地中熱が使われています。

## マンガコラム「実は身近な地中熱！」





# 地中熱の3つの特徴

# こんなところに地中熱

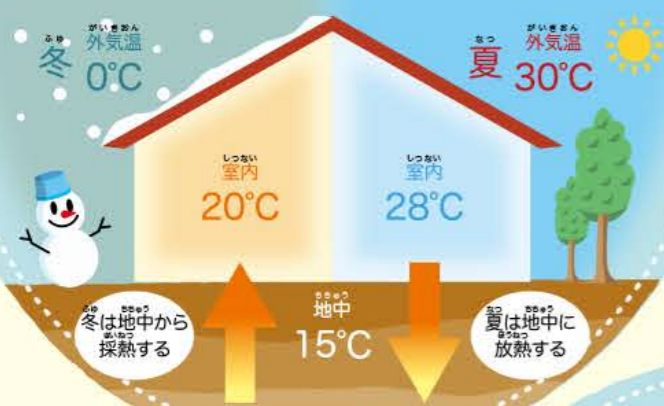
ちちゅうねつ りよう  
**地中熱を利用すれば**  
ちきゅう ふたん へ  
**地球にかかる負担を減らせる**



## 1

**環境にやさしく、省エネルギー!**

そと くわき つか かんきょう  
外の空気を使うエアコンよりも電力を使う量が  
少ないので省エネルギーです。さらに電力消費を  
抑えることで二酸化炭素排出量削減もできます。  
省エネ+地球温暖化対策ができるのが、地中熱  
の強みです。



## 2

**日本中、いつでも  
どこでも利用可能!**

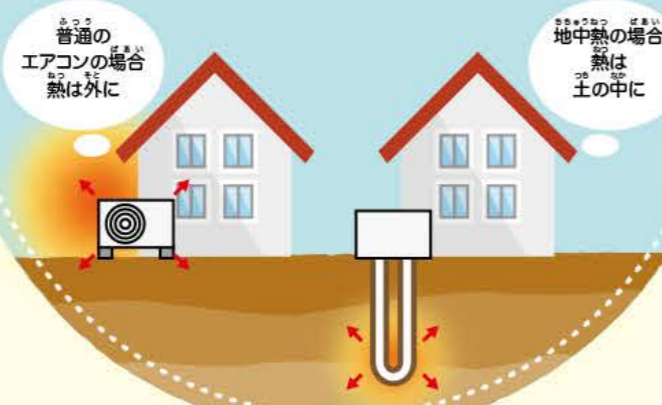
ちちゅうねつ つち なが  
地中熱は土の中  
のエネルギー。  
だから日本中どこ  
でも使えます。



## 3

**ヒートアイランド現象を緩和!**

なつ じめん ほうねつ ぶゆ じめん さいねつ ねつ  
夏は地面に放熱し、冬は地面から採熱します。熱  
を大気中に出さないから、ヒートアイランド現象  
を抑制します。



いつでもどこでも  
使えるのが  
地中熱の強みだよ。



地中熱は環境に  
やさしいエネルギー  
なんだね。

# こんなところに地中熱

とうきよう ちいき  
**東京スカイツリー®地域**



とうきよう  
東京スカイツリー地域では、日本の  
ちいきれいだんぼう はじ ちちゅうねつ  
地域冷暖房で初めて地中熱システムを  
さいよう したてもの ささく じめん  
採用しました。建物を支える杭や、地面  
に空けた穴にチューブを設置し地中熱  
と熱交換します。その熱を利用して夏は  
冷水、冬は温水を作って地域の冷暖房  
の一部として利用します。 (出典)参考文献12

日本のいろんな場所で  
地中熱が  
役立っているよ。



こうきようしせつ  
**公共施設**  
がっこう えきしや みじか しせつ  
学校・駅舎など身近な施設  
で、地中熱が冷暖房として使  
われています。



ゆうせつりよう  
**融雪利用**  
ちちゅうねつ ゆき と  
地中熱で雪を溶かせば  
じよせつさぎょう らく  
除雪作業も楽になります。

とうきようこくさいくこう はねだくこう  
**東京国際空港 (羽田空港)  
第3ターミナル**



はねだくこうだい  
羽田空港第3ターミナルビルでは、土地の特徴に合わ  
せた地中熱利用を行っています。羽田空港では、地中  
約50mまで杭を打ち建物を安定させています。この杭  
に、熱を採放熱するチューブを設置し、地中熱を回収  
することで冷暖房として利用します。 (出典)参考文献13



# 潜入!! 地中熱!!

## 東京スカイツリー®地域の地中熱システムを探ってみよう

地中熱はたくさんの施設に導入されています。その中でも、地域冷暖房としてはじめて地中熱を導入した東京スカイツリータウン®のシステムを見てみましょう。

### ① 地中から熱を採るチューブ

チューブが、いたるところに埋め込まれています。このチューブはボアホール方式※1では地下約120メートル、基礎杭利用方式※2では地下約18メートルまで伸びています。チューブの中には熱源水が流れ、地中の熱と熱交換します。



写真は基礎杭利用方式

※1 ボアホール方式:  
機械で掘った穴の中に熱交換用のチューブを設置する方法

※2 基礎杭利用方式:  
建物を支える杭に、熱交換用のチューブを設置する方法

### ② 地中熱ヒートポンプ

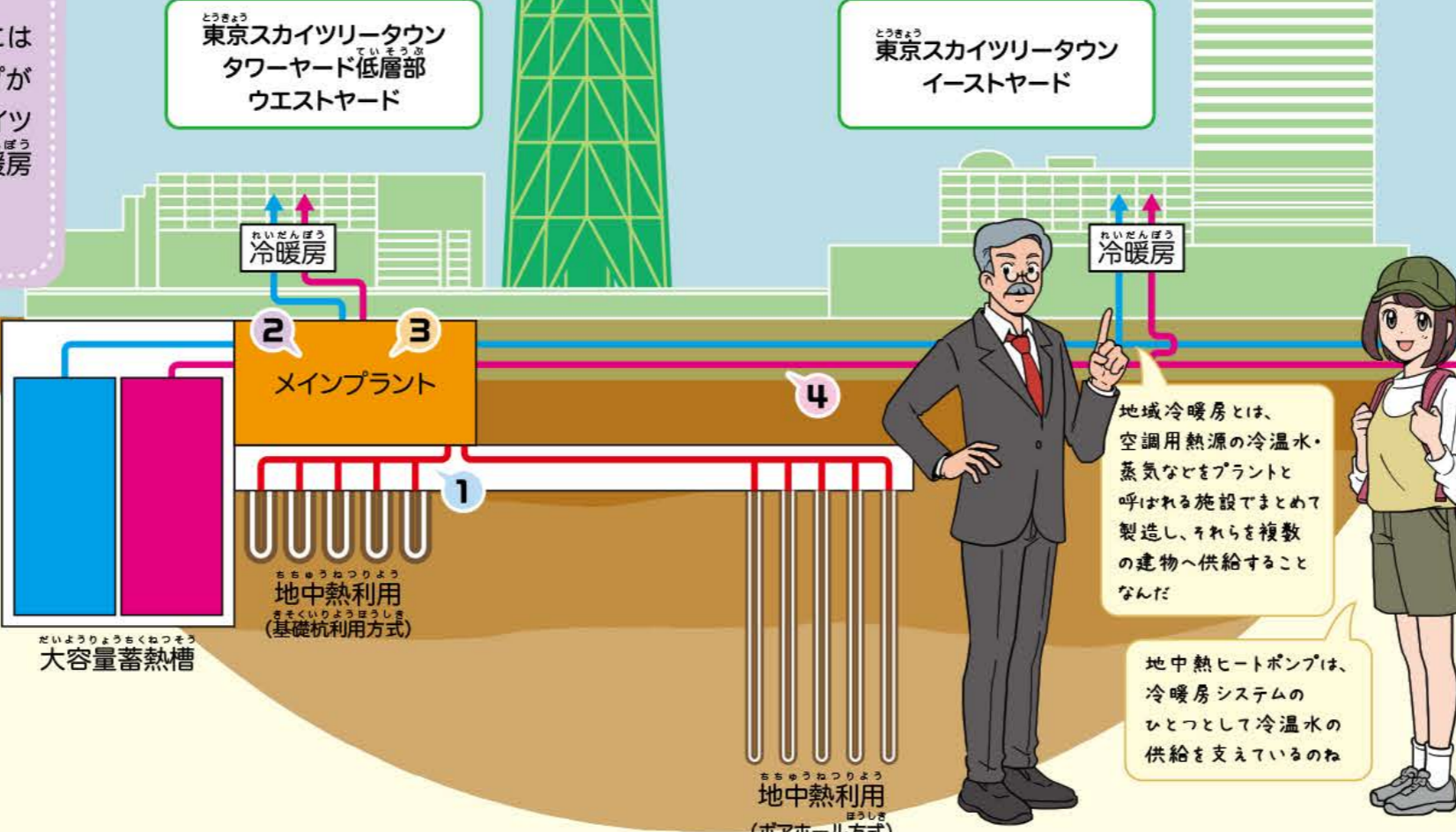


メインプラント内には地中熱ヒートポンプが設置され、東京スカイツリー地域の地域冷暖房を支えています。

### ③ 圧巻!メインプラント



メインプラントには大容量の熱源機械が設置されています。これらの機械で冷暖房用の冷水と温水を作っています。



地域冷暖房とは、空調用熱源の冷温水・蒸気などをプラントと呼ばれる施設でまとめて製造し、それらを複数の建物へ供給することなんだ

地中熱ヒートポンプは、冷暖房システムのひとつとして冷温水の供給を支えているのね



東京スカイツリー®  
地域冷暖房システムとは  
東京スカイツリータウン®とその周辺の施設へ冷暖房用の冷温水供給を行っています。一部は地中熱利用システムで作られた冷温水も活用されています。



④ 熱を街に供給するパイプ!  
この大きなパイプを通して、冷温水が東京スカイツリー地域の各施設に運ばれます。パイプの全長は往復でおよそ3kmもあります。



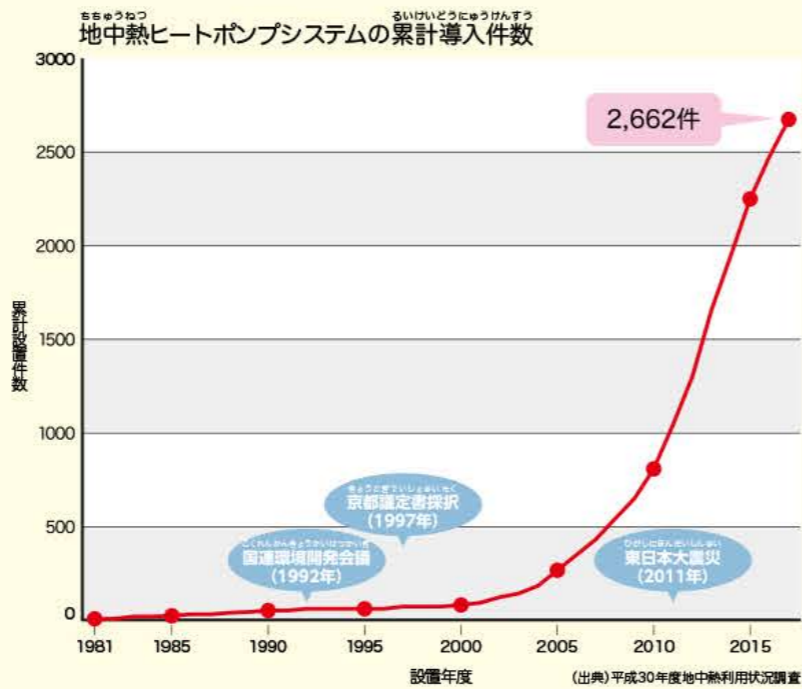
# 地中熱の現状

## 地中熱の現状

日本では、主に住宅や事務所の冷暖房や道路の融雪に地中熱が利用されています。それ以外にも、学校、工場、農業施設など、幅広い施設で地中熱は使われています。

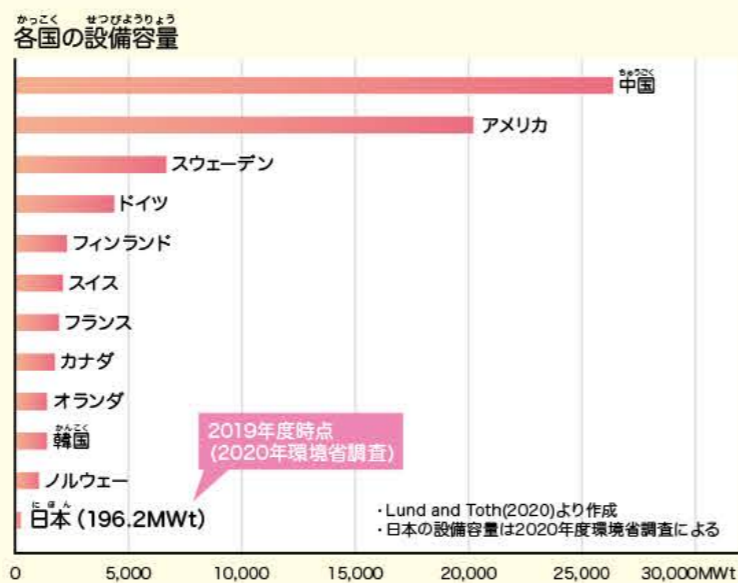
環境省が実施した調査によると、2017年度末までに設置された地中熱ヒートポンプシステムの数合計は2,662件です。2年前の調査と比較すると、設置件数は20%ほど伸びています。都道府県別で見ると、北海道が一番多いです。その他には、秋田県、東京都、長野県などで多く、東日本での設置件数が多くなっています。

(出典)参考文献14.15



## 海外では普及の進む地中熱

地中熱は、海外で普及が進んでいます。欧米では1980年代から普及し始め、アメリカでは既に160万台以上が使用されています。欧米や中国では国の仕組みで地中熱が取り上げられ、政府が地中熱を導入する手助けを行っています。日本ではこれからより一層の普及が期待されています。



## マンガコラム「環境を守るために」

1 地中熱は身近なところで使われているのわかったかな？  
公共施設でしか使われていないと思っていたわ

2 あたいたい風が送風口から出ているわ！  
公共施設だけでなく家庭で使えるエネルギーなんだ。

3 住宅 1,174  
商業用 200  
公共用 323  
総数 2,662件  
他にも使われている施設はあるのかな？  
住宅、事務所、庁舎等様々な施設で地中熱は使われているよ

4 海外では日本以上に普及が進んでいるんだ日本も負けていけないね  
地中熱を使う設備を意識して選ぶことで普及につながるって地球温暖化防止にもなるわね

図：地中熱ヒートポンプシステムの導入別設置件数 (2017年度末)

# 土の特性を確かめよう

## 土の特性を実験で調べてみよう

実験は保護者の方と一緒にいきましょう。

### 実験1

地中の温度は、大気温度に関係なくほぼ一定です。実際に比べることで、地中の温度の特徴を確かめてみましょう

- 用意するもの  
□シャベル □棒温度計



- ①地面に10センチ程穴を掘り、温度計を刺します。液だめが深さ20センチまで到達するように刺したら、土を穴に戻します。



- ②1時間おきに地中の温度と気温を記録しましょう。変化の様子に違いはあるでしょうか。

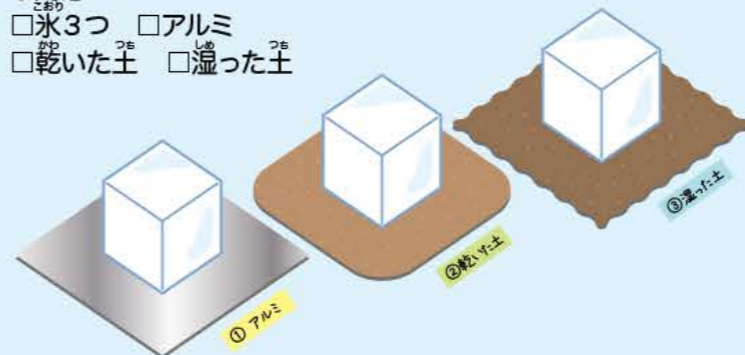
記録方法 温度変化の様子はグラフでまとめましょう。

ポイント 地中と気温で、温度の変化の様子はどうかあったでしょうか。

### 実験2

熱の伝わり方は物質によって違います。アルミは熱を通しやすい物質として有名です。土はアルミほど熱を通しません。湿った土になると熱を通しやすくなります。熱の伝わり方について、確かめてみましょう。

- 用意するもの  
□氷3つ □アルミ  
□乾いた土 □湿った土



- ①同じ大きさの氷を3つ用意し、アルミ、乾いた土、湿った土の上に置きます。



- ②30分経過後したら、それぞれの氷の重さを比べてみましょう。それぞれの重さに違いはあったでしょうか。

ポイント ・どの素材の上に置いた氷が、早く溶けたでしょうか。  
・湿った土の方が乾いた土よりも熱を通しやすいという特徴は、実際にも利用されています。地下水がある場所で熱交換をすると、たくさんの熱が取れます。