

# サボテンの不思議



## はじめに

みなさんは「サボテン」を知っていますか？ 西部劇に出てくる電信柱ほどの高さがある柱サボテン。あるいは、トゲがいっぱいある丸いボールの形をしたものや、美しい花を咲かせる姿を思い浮かべる人もいるでしょう。きっと、多くの人が本やテレビで何度もサボテンを見ていることでしょう。でもどうして鳥取や日本の野山にサボテンはないのでしょうか？ どうしてサボテンは砂漠に生えるのでしょうか？ 日本の野山にある植物とサボテンではずいぶん形が違いますけどどうしてなのでしょう？ サボテンには不思議がいっぱいありそうです。この実験ではみんなで力を合わせてサボテンの不思議を解き明かしましょう！

## 1 . サボテンとは？

### 1 ) サボテンと多肉植物

サボテンとは、植物学でいう「サボテン科」に属する植物のことですが、通俗的には、もっと広い意味に使うことが多いのです。サボテン科以外の植物にも、トゲがあったり、幹が肥大したりして、サボテンとよく似ているものが、たくさんあります。これらは「多肉植物」といわれ、栽培の面からもサボテンと共通するところが多いので、古くからサボテンと同じように扱われてきました。このようなことから、サボテン科のものと、サボテン科以外の多肉植物(多くの科にわたる)とを合わせて「サボテン」または「シャボテン」と言われることがあります。

多肉質という点からいえば、サボテン科の植物のほとんど全部が多肉植物です。しかし、日本の園芸界では、多肉植物から、サボテンだけを別格扱いして、「サボテンと多肉植物」と呼ぶのが、慣例となっています。

### 2 ) サボテンの種類

サボテンは、通常、次の3つのグループに分けられます。

#### 木の葉サボテン類

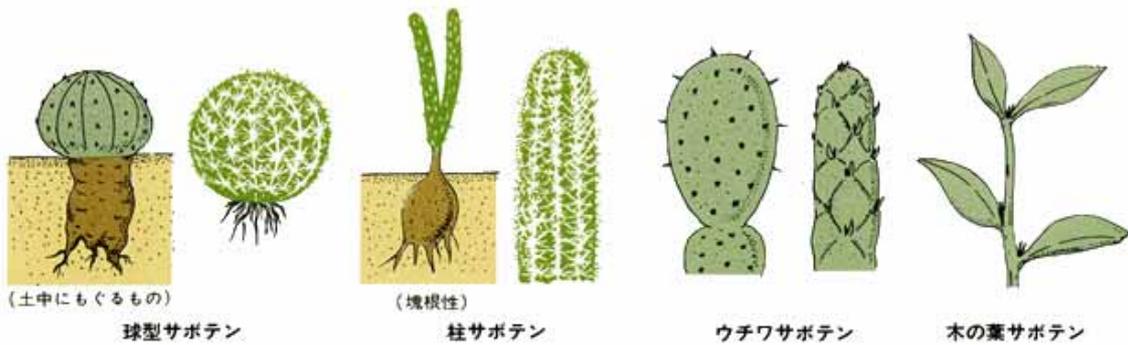
ふつうの広葉樹と同じような葉を持っています。一部に根が肥大するものもありますが、多くは多肉化しません。原始的なグループとされ、20種あまりがあります。

## ウチワサボテン類

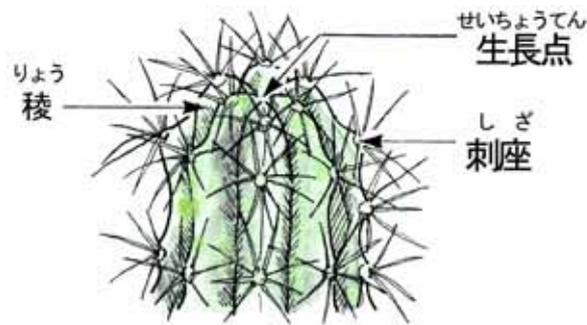
樹木形のものから、幹が肥大した筒形、棒状、肉厚の円盤状のものまで、形態はいろいろです。植物体の多肉化が進んでおり、高山の乾燥地産のものには、球状になったものもあります。分布する地域は広く、種類もたくさんあります。

## 柱サボテン類

上の2つのグループ以外が含まれます。長い年月の間に、環境に順応して、現在見られるような、多様な形態に分化してきたと考えられています。普通に柱サボテンと呼ばれるさまざまな柱状種はもちろん、コンブのようなクジャクサボテンも、その他のいろいろな球型種も、すべて同じ系列のものです。



## サボテンの各部の名称



## 2. サボテンの自生地

サボテンのふるさとは、主として北アメリカ、南アメリカ、その周辺にある西インド諸島やガラパゴス諸島です。北はカナダから南はパタゴニアまで、広

く分布していますが、特に、北アメリカのアウハラチア山系、ロッキー山系、中央アメリカの東・西両シェラ・マドレ山系ならびに南アメリカのアンデス山系を軸とした高原地帯、およびブラジル東南部に横たわる高原や荒れ地が主な自生地となります。気候条件としては、熱帯、亜熱帯、温帯圏内に多く集中しています。標高 0mの海浜から標高 4,000mの高山まで、分布する高度も驚くほど広範囲です。土質も、粘土状から、石灰岩系の土、落ち葉や朽木の堆積物の多い土まで、さまざまです。



サボテンの大部分は、乾燥地帯に自生します。焼け付くような日差しと乾燥、昼夜の温度差、吹きすさぶ砂嵐など、その環境は過酷きわまっていますが、その厳しい生育環境に適応しながら、たくましく生き抜いてきたのです。また、サボテンは、大地にどっしりと根をおろすものから、急斜面にしがみつくように生えるもの、土中にもぐってしまうもの、気根でほかの樹木に着生するものなど、さまざまな育ち方をします。

### 3 . サボテンのトゲはなに？

樹皮の突起



茎の変態



葉の変態



サボテンには、赤や黄や黒や褐色など、さまざまな色のトゲや毛が生えています。サボテンの他にも、バラ、カラタチ、メギのようにトゲのある植物があります。そして、トゲのつく位置、つくりによって、皮針、茎針、葉針に分けることができます。バラのトゲは、木の皮が突き出てトゲになったもので、これを皮針、カラタチは葉のつけ根で芽や茎の出る位置につくトゲで、これを茎針、メギは葉のつく位置にできるトゲで、これを葉針と呼んでいます。植物の体は根、茎、葉、花などに分かれています。サボテンのトゲはいったいどの器官なのでしょう？

#### (サボテンの進化)

サボテンには化石がありませんので、化石から現在のサボテンの祖先を明ら

かにすることはできません。しかし、サボテンの種類を生育環境<sup>せいいくかんきょう</sup>や形の上から分類して推定<sup>すいてい</sup>すると、どうも木の葉サボテンがいちばん原始的なサボテンのようです。木の葉サボテンは、カラタチの木のように茎に広い葉をつけ、トゲをつけています。生育地がだんだん乾燥<sup>かんそう</sup>してくるにしたがって葉は小さくなり、しかも成長期にだけ葉をつけるようになります。これがウチワサボテンと呼ばれるものです。さらに乾燥<sup>かんそう</sup>が厳しい環境<sup>きびかんきょう</sup>では、葉がなく、太い茎<sup>くき</sup>だけのトゲがたくさん生えた形のものに変わってきます。これが柱サボテン、玉サボテンと呼ばれるものです。

サボテンが生存環境<sup>せいぞんかんきょう</sup>のより厳しい場所<sup>きび</sup>に適応<sup>てきおう</sup>していったと考えると、サボテンは、木の葉サボテン ウチワサボテン 柱サボテン 玉サボテンの順<sup>しんか</sup>に進化してきたこととなります。

木の葉サボテンやウチワサボテンの葉とトゲのつきかたをよく観察すると、少なくともメギの葉針<sup>ようしん</sup>のようにはとても見えませんね。むしろカラタチの茎針<sup>けいしん</sup>に近いのではないかと思われます。サボテンのトゲは葉から変化したものと考えてよさそうです。

## (トゲの働き)

生物は環境<sup>かんきょう</sup>に合った生活をするために、長い年月の間に形や性質をいろいろ変えています(適応)。サボテンのトゲも必ず何らかの役に立っているに違いありません。では、どんな働きをしているのでしょうか？

身を守る・・・かたいトゲが生えていると、動物が食べようと近寄<sup>ちかよ</sup>って来ても、食べることができません。トゲはまず、身を守る大切な働きをしています。

日陰かげをつくる・・・サボテンは太陽の好きな植物ですが、砂漠には日陰<sup>ひかげ</sup>がありません。トゲは日陰をつくる働きがあります。

場所の移動<sup>いどう</sup>・・・かぎトゲを持ったサボテンの中には、動物の体にトゲをひっかけて、場所を移動<sup>いどう</sup>させてもらうものがあります。

水を集める・・・細かい綿<sup>わた</sup>のような毛をつけているサボテンは、毛に夜露<sup>よつゆ</sup>をとまらせて水を補給<sup>ほきゅう</sup>すると同時に、水分があまり多いときには、棉毛<sup>わたげ</sup>をみの替わりにして雨水<sup>ふせ</sup>を防ぎます。

太陽光線を反射<sup>はんしゃ</sup>する・・・白毛<sup>はんしゃ</sup>は太陽の光を反射して、球体<sup>きゅうたい</sup>の温度があまり上がらないようにする。

サボテンはこのようにトゲを様々な活用して生きているのです。それにしてもトゲにはなんとすばらしい働きがあるのでしょうか！

## 4 . サボテンが砂漠で生きる仕組み

サボテンといえば、砂漠に育つ植物としてよく知られています。ではなぜ、サボテンは雨が少なく、日差しが強烈な砂漠で成長・繁栄し続けることができるのでしょうか。

植物の成長には水が欠かせませんが、サボテンはその葉や根、茎に水を貯めておくことができます。専門的には貯水組織と呼びますがこの貯水組織のおかげで、サボテンは数カ月間から長い場合には数年間、雨がなくても枯れることはありません。サボテンの重さのうち96%は水分だと言われるほどで、多量の水を貯水しています。しかし、根は地下数センチの深さしかなく、浅く広く張っています。これは、砂漠に降る雨の大部分が地中深くまでしみこむことはなく、植物が使える水分はごく浅いところに限られるからです。根の吸水力は大きく、降った雨を一気に吸収し、貯水組織に貯えることができます。さらに、朝、夕のわずかな霧や露も取り込むことができます。逆に、1日に消費する水分は、植物体の1/2000~1/2500といわれており、貯えた水をチビリチビリ大切に使います。サボテンが球形や太い茎をしているのは、表面積を小さくして水分の蒸発を防ぐためでもあります。そのほか、寿命が比較的長いにもかかわらず、成長がきわめて遅いのも、表面積を増やさないための手段だと考えられています。

こうした厳しい乾燥条件で生きていくための様々な仕組みのおかげで、サボテンは雨が少なく寒暖差の激しい砂漠で生き抜いていくことができるのです。

## 5 . サボテンは砂漠が好きなの？

サボテンは、南北アメリカ大陸のとても広い範囲にわたって生育していますが、ジャングルや湿地に生えることはありません。共通していえることは、日差しの強い、乾燥した場所、つまり砂漠のような所を住み家としているということです。それでは、サボテンはほかの植物と違って、砂漠のような所が好きなのでしょうか？

どんな植物でも水なしでは生きられません。もちろんサボテンも同じです。まったく水分のない所では枯れてしまいます。成長し、繁殖していくためには、

サボテンもかなりの水分や養分を吸わなくてはなりません。ただ、ほかの植物と違うことは、雨が長い間降らず、地面が乾いても、生きていける仕組みを持っているということです。一方、このような雨が少ない砂漠のような場所は、他の植物にとっても生育が厳しい場所なので、植物同士の競争が少ないという利点があります。サボテンは、他の植物が生きていけない砂漠のような乾燥地に進出して長い間生活しているうちに、乾燥に耐える仕組みを身につけたのでしよう。サボテンは砂漠が好きなのではなく、砂漠で生きる術を獲得した植物である、と言った方がよいようです。

## 6 . サボテンの光合成

### 1 ) 植物が育つ条件

植物が育つには、光、水、空気、温度、養分が必要です。これらのうち、どの一つが欠けても植物は生育できません。

### 2 ) 光合成ってどんな働き？

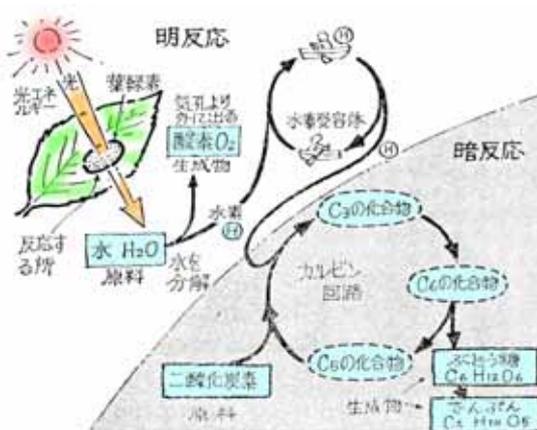
光合成とは、根で吸い上げた水分と、葉で取り入れた二酸化炭素を原料として、葉緑体の中でエネルギーを借りてでんぷんを合成し、副産物として酸素を出す働きを言います。

光合成をする植物は、みな緑色をしています。植物の葉を薄く切って、顕微鏡で見ると、緑色の粒が見えます。それを葉緑体と言います。葉緑体が緑色をしているのは、中に葉緑素という色素があるためです。この葉緑素がでんぷんの合成(光合成)の鍵をにぎっています。

葉緑素に光が当たると、光エネルギーを吸収して、葉緑素は活動する葉緑素に変わります。そして、根から送られてきた水を酸素と水素に分解します。酸素は葉の気孔から外に出されますが、水素は次の反応へ



葉 緑 体



光合成のしくみ

(「植物の?5問 サボテンってこんなもの」より引用)

と進みます。水が分解される反応には、どうしても光のエネルギーが必要です。この反応を明反応と呼んでいます。明反応でできた水素は、カルビン回路という複雑な反応サイクルに入り、二酸化炭素を取り入れ、最後にブドウ糖を作ります。この反応は光がなくても進むので、暗反応と呼んでいます。ブドウ糖はさらにでんぷんに変わり、植物の成長に使われます。

### 3) 光合成の種類

植物には3つの光合成のタイプがあります。作物の多くはC3型光合成タイプです。ただ、この光合成タイプは、気温が高いところではエネルギーの損失が大きくなります。一年中気温の高いところに生育する植物にとって、このエネルギー損失は深刻な問題となります。そこで、C4型光合成と呼ばれる光合成をするトウモロコシのような植物があります。この光合成のタイプは強光、高温に適応した光合成ということができます。

サボテンのように、非常に乾燥した地域に生息する植物にとって、水分の損失は深刻な問題です。日中に二酸化炭素を取り込むために気孔を開けることは、水分を失うことを意味します。そこで、そのような植物はCAM型光合成を行います。この光合成タイプの植物は、まず、夜間に気孔を開いて二酸化炭素を取り込み、二酸化炭素をリンゴ酸に変えて貯蔵します。日中は気孔を閉じ、貯蔵しておいたリンゴ酸から二酸化炭素を取り出して葉緑体で光合成をします。

#### 参考図書

- 「サボテン・多肉植物 330 種」伊豆シャボテン公園伊豆資源生物アカデミー編著
- 「花と形をたのしむサボテンの本」長田清一著
- 「学校園芸百科 観葉植物・サボテン・食虫植物」福島普徳編
- 「植物の？50問 サボテンってこんなもの」清水清著
- 「砂漠のサボテンも本当は雨を待っている」春田俊郎著

## 実験 1 サボテンの形の不思議

サボテンは他の植物とは違った形をしています。同じ植物なのにどうして形が違うのでしょうか？ 形からサボテンの不思議を解き明かしましょう！

**用意するもの：**サボテン、キュウリの苗、虫眼鏡、包丁、まな板

**実験：**

サボテンとキュウリを比べてみよう

サボテンとキュウリを比べてみて、気付いたことをメモしましょう。

メモ

サボテンのトゲがどうなっているか虫眼鏡むしめがねを使って調べよう

どんな風に生はえているか、何本ずつ生はえているか、トゲはどんな形をしているかなど、気付いたことをメモしましょう。

メモ

サポテンの中はどうなっているか、切って調べてみましょう

サポテンを切った様子をスケッチしましょう。また、縦に切った場合と、横に切った場合の<sup>ちが</sup>違いや、色、<sup>もよう</sup>模様、<sup>てざわ</sup>手触りなどをメモしましょう。

スケッチ

メモ

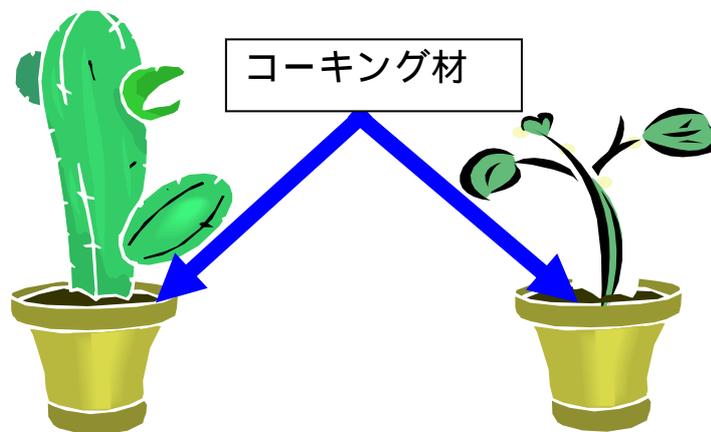
## 実験 2 サボテンが砂漠で干からびないのはなぜ？

庭や校庭に植えている植物に水やりをします。砂丘のナガイモは、スプリンクラーという装置を使って、水やりをします。これは、植物が育つためには水が必要だからです。でも、サボテンはからっからに乾燥した砂漠でも生育します。サボテンは水がなくても育つのでしょうか？ サボテンも植物なので、水がないと生育できません。では、サボテンはどのようにして砂漠でも枯れないのでしょうか？ 何か秘密があるのでしょうか。

**用意するもの：**サボテン、キュウリの苗、コーキング材、はかり、サーモグラフィ

### 実験の順序：

サボテンの鉢とキュウリ苗の鉢の土の部分にコーキング材を入れて、鉢から水が蒸発しないようにする。



サボテンの鉢とキュウリ苗の鉢の重さをはかり、重さを記録する。

サボテンとキュウリの鉢を人工気象室の中に置き、重さの変化を記録する。

サボテンとキュウリの表面の温度を測定する。

乾燥させていた間に減少した重さ( = 植物から出た水の重さ )を計算する。

計算式：「 植物から出た水の重さ = 乾燥した後の重さ - はじめの重さ 」

サボテンとキュウリから出た水の重さを比べる。

**記録用紙（重さ）**

	重さ（g）			植物から蒸発した水の重さ（g）	
	はじめ	30分後	60分後	30分間	60分間
サボテン					
キュウリ					

**記録用紙（表面温度）**

	表面温度（ ）			温度の変化（ ）	
	はじめ	30分後	60分後	30分間	60分間
サボテン					
キュウリ					

二種類の植物を比べてみてわかったことを書いておこう。



### 実験3 <sup>さばく</sup>砂漠で生きるって大変かも・・・

サボテンは夜に<sup>きこう</sup>気孔を開いて二酸化炭素を取り入れます。これは昼間に<sup>きこう</sup>気孔を開くことで水分が蒸発するのを防ぐためです。でも、<sup>こうごうせい</sup>光合成は光がないとできません。では、サボテンは夜に二酸化炭素を取り入れて、どうやって光合成をしているのでしょうか。実は、サボテンの<sup>なかま</sup>仲間は二酸化炭素をリンゴ<sup>さん</sup>酸という物質に変えて<sup>ちよぞう</sup>貯蔵し、昼にリンゴ<sup>さん</sup>酸から二酸化炭素を取り出して<sup>こうごうせい</sup>光合成をしているのです。

サボテンのかわりにアロエ（サボテンと同じ<sup>しく</sup>仕組みの<sup>こうごうせい</sup>光合成をする）を用いて、リンゴ<sup>さん</sup>酸が<sup>ちくせき</sup>蓄積されている様子を調べてみよう。

用意するもの：アロエ、<sup>あんまく</sup>暗幕、<sup>ほうちよう</sup>包丁、<sup>まな板</sup>まな板、<sup>ちょうこうかんどみかく</sup>超高感度味覚センサー

#### 実験：

一方のアロエには光を当てて、昼の状態にし、もう一方のアロエには<sup>あんまく</sup>暗幕をかけて、夜の状態にする。

同時に2種類のアロエの葉を切り取り、<sup>ほうちよう</sup>包丁で皮をむく。  
食べてみて味をみる

#### <sup>ちょうこうかんどみかく</sup>超高感度味覚センサーの測定値の記録用紙

	1	2	3	4	5
甘い	-----	-----	-----	-----	-----
塩辛い	-----	-----	-----	-----	-----
酸っぱい	-----	-----	-----	-----	-----
苦い	-----	-----	-----	-----	-----

どんな植物が砂漠<sup>さばく</sup>でも生育できるのか、自分の考えを書いてみよう！



[サボテンのお土産<sup>みやげ</sup>について]

ある説では、サボテンは感情豊<sup>ゆた</sup>かな植物だと言われています。植物に感情があるかどうか、本当のところはわかりませんが、サボテンのことを少しでも知り、理解<sup>りかい</sup>して面倒<sup>めんどう</sup>を見てあげてください。そして、時々優<sup>やさ</sup>しく話しかけてあげてください。