

葉の表面で水がなぜ球になるのか？

静岡市立西奈中学校

1 年 梨本悠月

I. 動機

キャベツの葉を洗っているときに、水が球になって転がっていた。雨のあとのハスの葉やサトイモの葉、剥いたばかりのタケノコの皮でも同じ様子を見たことがある。

なぜこんなにきれいな球になるのか不思議に思った。それには、葉の表面にその秘密があるのではないかと考え、表面の様子を調べてみることにした。

II. 目的

水が球になることと葉の表面の様子の関係について明らかにする。

IV. 仮説

僕は水泳をやっていて、大会用の水着は水をはじき、水着の上で水が球になっている。水着の表面は凸凹になっているので、葉も表面がつるつるのものよりも凸凹のものの方が水をはじき、その凸凹が水が球になることに関係しているのではないかと考えた。

V. 探究

探究 1： 水をはじくハスの葉などは、表面がどうなっているのか？

水をよくはじくハスの葉と、サトイモほか庭の野菜 10 種類の葉の表面を調べ、表面の様子の違いを探る。

1. 方法

- (1) 条件をそろえるため、摘んですぐの葉を使う。
- (2) 葉の表・裏のプレパラートを作り、顕微鏡で表面を調べる。
- (3) 600 倍で調べ、接眼レンズにカメラのレンズを当てて写真を撮る。

2. 使ったもの

- ・ 調べる葉(ハス、サトイモ、トウモロコシ、キュウリ、ナス、トマト、イチゴ、サツマイモ、エダマメ、ヤマイモ、ジャガイモ)
- ・ 顕微鏡、カバーガラスとスライドガラス、スポイト、カメラ

3. 実験結果

(1) 表 1 顕微鏡で調べた葉の表面の様子

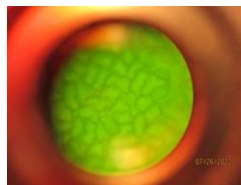
	葉の表	葉の裏
ハス	突起のようなものがある	少し凸凹がある
サトイモ	凸凹がある	少し凸凹がある
トウモロコシ	平ら	平ら
キュウリ	平ら	平ら
ナス	平ら	平ら
トマト	平ら	少し凸凹がある
イチゴ	平ら	平ら
サツマイモ	平ら	平ら
エダマメ	平ら	少し凸凹がある
ヤマイモ	平ら	少し凸凹がある

ジャガイモ	平ら	少し凸凹がある
-------	----	---------

(2)写真 1 顕微鏡写真 600X

ハス 表

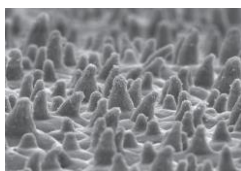
ハス 裏



- ①ハスの葉の表には突起のようなものがあつた。
- ②サトイモの葉の表は全体的に凸凹していた。
- ③ハス、サトイモ、トマト、エダマメ、ヤマイモ、ジャガイモの葉の裏は少し凸凹していた。それ以外の葉は平らだった。

600 倍で調べたが細かいところまではよく見えなかったため、ハスの電子顕微鏡写真(資料)で確認してみると表面の突起が確認できた。

写真 2 ハスの葉の電子顕微鏡写真



引用：理研 <http://bioem.riken.jp/quiz/page-12/page-92/>

4. 考察

- ①水をはじくハスやサトイモの葉の表面は、突起や凸凹などがあり、平らではないことがわかった。
- ②水がはじかれて球になるには、表面の突起や凸凹が関係しているのではないか。

探究 2：水をはじく葉の表面の仕組みを探る。

水をよくはじくハスの葉の表面の模型を作り、水がはじかれ球になるときに表面の突起が関係していることを証明する。

1. 方法

- (1)実験 1 の結果をもとに、ハスの葉の表面の模型を作る。
- (2)模型は、20cm の木の板に 2cm に切ったつまようじを 1cm 間隔で刺して作る。

図 1 模型設計図

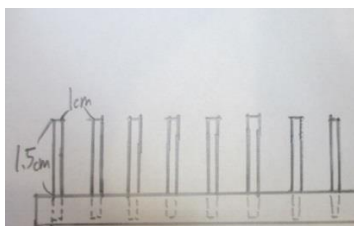


写真 3 ハスの葉の表面の模型 1



- (3)観察しやすいように、水と似ていて表面張力の大きい「つかめる水」のキットで球形の水の模型を作る。
- (4)木の板とハスの葉の表面の模型の上に水の模型を乗せて、それぞれの様子を調べる。
- (5)木の板とハスの葉の表面の模型を、30° 45° 60° に傾けたときに水の模型が落ちるスピードを 5 回ずつ測定、平均値を出し速さを計算する。

2. 使ったもの

- ・木の板、つまようじ、きり、ハンマー
- ・「つかめる水」のキット（アルギン酸ナトリウムとお湯を混ぜたものを、乳酸カルシウムと水を混ぜたものの中に入れて、水玉を作るもの）

・カメラ、分度器、ストップウォッチ

3. 実験結果

(1) 写真 4 水の模型を乗せた写真

A: 木の板



B: ハスの葉の表面の模型



(2) 表 2 水の模型が落ちるスピード

	A: 木の板			B: ハスの葉の表面の模型		
	30°	45°	60°	30°	45°	60°
1 回目	0.44 秒	0.31 秒	0.25 秒	0.31 秒	0.25 秒	0.28 秒
2 回目	0.44 秒	0.28 秒	0.25 秒	0.35 秒	0.28 秒	0.28 秒
3 回目	0.37 秒	0.31 秒	0.31 秒	0.28 秒	0.25 秒	0.25 秒
4 回目	0.44 秒	0.28 秒	0.29 秒	0.29 秒	0.32 秒	0.22 秒
5 回目	0.35 秒	0.38 秒	0.34 秒	0.34 秒	0.29 秒	0.22 秒
平均値	0.41 秒	0.31 秒	0.29 秒	0.31 秒	0.28 秒	0.25 秒
速さ	48.7 cm/ s	64.5 cm/ s	68.9 cm/ s	64.5 cm/ s	71.4 cm/ s	80 cm/ s

①水の模型を乗せたとき、木の板では平たくつぶれたが、ハスの葉の表面の模型では突起の上になり、球形が崩れなかった。

②水の模型が落ちる速さは、30° 45° 60° に設定し、どの角度でもハスの葉の表面の模型の方が速かった。

探究 2<改良実験>

探究 2 で作った模型では、突起が長く表面も滑らかではないので、よりハスの葉の表面に似せるために、突起を短く丸みをもたせ、土台も水をはじく素材に変えて模型を作り実験することにした。

1. 方法

(1) 20cm のポリプロピレン板にポリプロピレン用接着剤を高さ 5mm の円柱状に 1cm 間隔でつける。

写真 5 ハスの葉の表面の模型 2



(2) ポリプロピレン板とハスの葉の表面の模型の上に水の模型を乗せて、それぞれの様子を調べる。

(3) ポリプロピレン板とハスの葉の表面の模型を、30° 45° 60 に傾けたときに、水の模型が落ちるスピードを 5 回ずつ測定、平均値を出し速さを計算する。

2. 使ったもの

- ・ポリプロピレン板、ポリプロピレン用接着剤
- ・「つかめる水」のキット
- ・カメラ、分度器、ストップウォッチ

3. 実験結果

(1)写真 6 水の模型を乗せた写真

A:ポリプロピレン板



B:ハスの葉の表面の模型



(1)表 3 水の模型が落ちるスピード

	A:ポリプロピレン板			B:ハスの葉の表面の模型		
	30°	45°	60°	30°	45°	60°
1 回目	0.44 秒	0.30 秒	0.28 秒	0.35 秒	0.25 秒	0.25 秒
2 回目	0.41 秒	0.29 秒	0.28 秒	0.28 秒	0.25 秒	0.22 秒
3 回目	0.47 秒	0.31 秒	0.25 秒	0.34 秒	0.27 秒	0.21 秒
4 回目	0.47 秒	0.28 秒	0.28 秒	0.28 秒	0.25 秒	0.25 秒
5 回目	0.43 秒	0.31 秒	0.25 秒	0.31 秒	0.22 秒	0.21 秒
平均値	0.44 秒	0.30 秒	0.27 秒	0.31 秒	0.25 秒	0.23 秒
速さ	45.4 cm/ s	66.6 cm/ s	74 cm/ s	64.5 cm/ s	80 cm/ s	86.9 cm/ s

- ①水の模型を乗せたとき、ポリプロピレン板では平たくつぶれたが、ハスの葉の表面の模型では突起の上に乗れ、球形が崩れなかった。
- ②ハスの葉の表面の模型 1 の突起よりも、模型 2 の突起の方が形・表面とも滑らかになり、突起が水の模型に沿うように支え、球形がよりきれいな形で保たれていた。
- ③水の模型が落ちる速さは、30° 45° 60° どの角度でもハスの葉の表面の模型の方が速かった。
- ④ハスの葉の表面の模型 1 と 2 では、水の模型が落ちる速さは 30° では変わらず、45° 60° では模型 2 の方が速かった。

4. 考察

- ①表面の突起が、水をはじき球にすることに関係していることがわかった。
- ②ハスの葉が水をはじくとき、表面の突起が水を支える役割をし、球形を保っていることがわかった。
- ③水の球が落ちる速さは、表面の素材に関わらず、どんな角度でも、表面が平らよりも突起がある方が速いことがわかった。
- ④表面が滑らかな方が水の球がきれいな形で保たれ、水の球が落ちる速さも速いことから、葉の表面の質感の違いによっても水のはじき具合が変わってきそう。

探究 3 : 葉の表面の質感によって水のはじき具合は変わるのか?

水をよくはじくハスの葉と、サトイモほか庭の野菜 10 種類の葉の表面の質感と水のはじき具合を調べ、そこにどんな関係性があるのかを明らかにする。

水のはじき具合を数値化するために、実験装置を手作りできる「撥水試験 JIS L1092」の方法を参考に、自作実験器を作り実験する。

図2 撥水試験 JIS L1092 実験装置

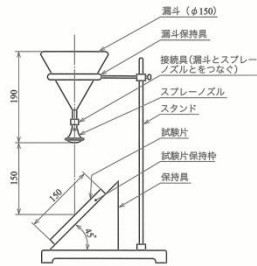


図3 撥水試験 JIS L1092 実験方法

- 1 試験片を保持具に取り付け、水 250ml を 25～30 秒間散布します。
- 2 保持具を外し試験片の表側を下向きにして固い物に軽く当てて水滴を落とした後、比較見本を基準にはっ水度を判定します。

図4 撥水試験 JIS L1092 の撥水度等級

- 1 級：表面全体に湿潤を示すもの
- 2 級：表面の半分に湿潤を示し、小さな個々の湿潤が布を浸透する状態を示すもの
- 3 級：表面に小さな個々の水滴状の湿潤を示すもの
- 4 級：表面に湿潤しないが、小さな水滴の付着を示すもの
- 5 級：表面に湿潤及び水滴の付着がないもの

図2～4 引用：消費科学研究所

https://www.shoukaken.co.jp/clothing/physical/water_repellent/

1. 方法

- (1) 45° に切った木にアルミ板を張り付けた台と、ペットボトルの蓋に、きりで穴をあけシャワーにしたものを作る。

図5 実験台設計図



写真7 手作り実験台



写真8 ペットボトルシャワー



- (2) 実験台の上に、摘んですぐの葉を平らにして置き、15 cmの高さからペットボトルで 250ml の水を 30 秒かける。

写真9 実験の様子



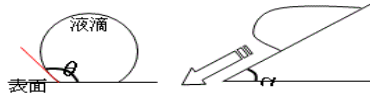
- (3) 余分な水滴を落として、撥水試験 JIS L1092 の撥水度等級 1 ～ 5 級に分け、葉の水のはじ

き具合を判定する。

(4)それぞれの葉の表裏各3回ずつ実験し、平均値を出す。

(5)3級以上の水をはじきやすい葉については、撥水性の評価基準となる接触角と滑落角も調べる。

図6 接触角と滑落角



引用：KYOWA <https://www.face-kyowa.co.jp/science/literature/contactangle01.html>

(6)接触角は、平らにした葉の上に、スポイトで葉に近い位置から1滴水を垂らして真横から写真を撮影、分度器で測って調べる。滑落角は、平らにした葉の上に、同様に1滴水を垂らして少しずつ角度を上げ、水滴が落ち始める角度を調べる。

2.使ったもの

- ・調べる葉(ハス、サトイモ、トウモロコシ、キュウリ、ナス、トマト、イチゴ、サツマイモ、エダマメ、ヤマイモ、ジャガイモ)
- ・45°に切った木とアルミ板、ペットボトル
- ・きり
- ・カメラ、スポイト、分度器

3.実験結果

(1)写真10 撥水試験の写真

ハス 表



ハス 裏



(2)表4 葉の表、表面の質感と撥水試験結果

	表面の質感	1回目	2回目	3回目	平均
ハス	ざらざら	5級	5級	5級	5級
サトイモ	つるつる 滑りが悪い	4級	4級	4級	4級
トウモロコシ	葉脈に沿ってざらざら	2級	1級	1級	1.3級
キュウリ	毛 ざらざら	1級	1級	1級	1級
ナス	毛 ふわふわ	1級	1級	1級	1級
トマト	ざらざら	3級	2級	3級	2.7級
イチゴ	つるつる	3級	4級	3級	3.3級
サツマイモ	つるつる 滑りが悪い	1級	1級	1級	1級
エダマメ	ざらざら	3級	3級	4級	3.3級
ヤマイモ	つるつる 滑りが悪い	2級	2級	2級	2級
ジャガイモ	ざらざら	2級	2級	2級	2級

(3)表5 葉の裏、表面の質感と撥水試験結果

	表面の質感	1回目	2回目	3回目	平均
ハス	滑りが悪い	5級	5級	5級	5級
サトイモ	ざらざら	5級	5級	5級	5級
トウモロコシ	つるつる	1級	1級	1級	1級
キュウリ	毛 長 ちくちく	3級	3級	3級	3級
ナス	毛 ふわふわ	1級	1級	1級	1級
トマト	ざらざら	4級	4級	4級	4級
イチゴ	ざらざら	4級	4級	4級	4級
サツマイモ	ねばねば	1級	1級	1級	1級
エダマメ	毛 短	4級	4級	4級	4級
ヤマイモ	ざらざら	3級	3級	3級	3級
ジャガイモ	ざらざら	2級	2級	2級	2級

(4)写真11 接触角の写真

ハス 表



ハス 裏



(5)表6 撥水試験 3級以上の接触角と滑落角

	葉の表			葉の裏		
	平均	接触角	滑落角	平均	接触角	滑落角
ハス	5級	150°	5°	5級	150°	20°
サトイモ	4級	120°	20°	5級	145°	20°
トウモロコシ	1.3級	/	/	1級	/	/
キュウリ	1級	/	/	3級	75°	×
ナス	1級	/	/	1級	/	/
トマト	2.7級	90°	×	4級	100°	×
イチゴ	3.3級	90°	×	4級	140°	45°
サツマイモ	1級	/	/	1級	/	/
エダマメ	3.3級	80°	×	4級	130°	30°
ヤマイモ	2級	/	/	3級	85°	30°
ジャガイモ	2級	/	/	2級	/	/

接触角と滑落角の/は、撥水試験2級以下の調べなかった葉

滑落角の×は、水が転がり落ちずに広がり測れなかった葉

- ①ハス、サトイモ、トマト、イチゴ裏、エダマメ表、ヤマイモ裏のように、毛が生えていなく、ざらざらしている葉の表面は水をはじいた。
- ②ハス、サトイモの葉の他、トマト裏、イチゴ裏、エダマメ裏は水をよくはじき、水が球になっていた。
- ③エダマメ裏のように、葉の表面に毛が生えている葉は、毛の長さが短い方が水をよくはじいた。

- ④水をかけたときに、葉の表面に空気の層ができていて葉は水をはじいていた。
- ⑤サツマイモ表、ヤマイモ表のように、滑りが悪くても表面が平らな葉は、あまり水をはじかなかった。
- ⑥調べた 11 種類の葉のうち、5 種類の葉は裏側の方が水のはじき具合が大きかった。
- ⑦接触角は撥水試験 5 級に近いほど大きく、逆に滑落角は撥水試験 5 級に近いほど小さかった。

4. 考察

- ①表面に突起や凸凹のある葉のほか、エダマメ裏の写真から、短い毛の生えている葉も水をはじくことがわかった。
- ②水のはじき具合は、表面の突起＞凸凹＞短い毛の順に小さくなることがわかった。
- ③葉の裏側の方が水をよくはじく葉が多かったが、葉は表に比べ裏の方が、造りが細かいように感じた。
- ④葉の表面の滑りが悪い葉は、ワックス状で水をはじきやすいかと思ったが、表面が平らなものはあまり水をはじかなかったことから、水をよくはじくには表面の凸凹さが重要なようだ。

VI. まとめ

- ①実験 1, 2, 3 から、表面に突起や凸凹・短い毛の生えている葉は、表面と水の接地面積が小さくなり、水をよくはじき水が球形になることがわかった。毛は長いと倒れてしまうが、短いと突起や凸凹と同じような役割をするからではないかと思う。
- ②逆に、表面が平らなものは、表面と水の接地面積が大きくなり、水をはじかないことがわかった。
- ③実験 2, 3 から、表面の質感の細かな違いで水のはじき具合が変わってくることがわかった。
- ④野菜の葉で調べることで、水を好む野菜・原産地が暑い土地の野菜などの生育環境と、はじきやすさに何か共通点が見つかるかと思ったが、明らかなものはなかった。また違う角度から調べることで発見があるかもしれない。

この研究をすることで、表面が凸凹している方が水をはじき、凸凹が水が球形になることに関係しているのではないかと、という仮説について、水が接している葉の表面の様子から、確認に一步近づくことができた。次は、水そのものがなぜ丸い球になるのか、水の様子から探究し、仮説を証明していきたい。

今回は、夏に葉が茂っている野菜の葉で表面の様子を調べたが、ハスやサトイモ以外にも水が球になる葉がいろいろあることに驚いた。同じように水が球になる葉でも、表面の質感はそれぞれ違っていたこと、また、実験 2 でハスの葉の表面の模型を作って実験したときに、素材によって水の模型の転がる速さや乗せた時の様子が違っていたことから、葉の素材と水のはじき具合の関係についても調べてみたいと思った。葉の素材と水のはじき具合の関係がわかれば、表面の様子を模しただけのものよりも、さらに水をはじくものが作れると思う。

VII 参考文献

- ・顕微鏡で見るミクロの世界 山村紳一郎著 誠文堂新光社
- ・理研 <http://bioem.riken.jp/quiz/page-12/page-92/>
- ・消費科学研究所 https://www.shoukaken.co.jp/clothing/physical/water_repellent/
- ・KYOWA <https://www.face-kyowa.co.jp/science/literature/contactangle01.html>