

カラスウリの花はどのような仕組みで開閉しているのだろうか

焼津市立豊田中学校
3年 市川 迅

1 動機

「カラスウリの花」は、夜咲く事だけでもめずらしいのに、とても変わった形をしている。しかも寿命は一日だ。僕は初めてこの花を見たとき、とても驚いた。

なぜ、カラスウリはこのような生存戦略をしているのかを知りたくて、中1の頃から研究を続けている。

写真1 雌花



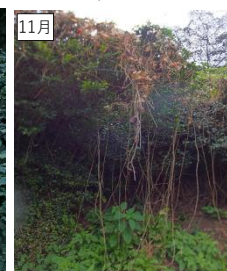
写真2 雄花



2 カラスウリ（ウリ科カラスウリ属）の特徴

- (1) つる植物の宿根草。
- (2) 雌雄異株。
- (3) 夜、花が咲く。
- (4) 花の寿命は1日。
毎日、新しい花が次から次へと咲く。

写真3 高草山のカラスウリ



3 研究目的

カラスウリの開花の仕組みを明らかにして

- (1) なぜ夜に咲くのか。
 - (2) 花弁の周りのレースは何のためか。
 - (3) 1日で枯れるのは効率が悪すぎないか。
- を考察する。

4 これまでの研究

植物内の水の循環は、葉の気孔から水を蒸散させることによって根から吸収した水を吸い上げている。気孔は葉にしかないと思っていたが、花弁にもあることを発見した。さらに、花弁の周りのレースにまで道管が通っていることを発見した。カラスウリは開花や閉花する仕組みにも、うまくこの気孔を使った水の循環を利用していると考えられる。

(1) 観察からわかったこと

- ア 開花は、蕾の中身が納まりきれなくなり割れ、次に花弁が開いて最後にレースが広がる。
- イ 蕾の中身が納まりきれなくなると割れる時間には個体差が大きく、早いと4時頃から割れているが、花弁は暗くなると一斉に開く。
- ウ 閉花の様子は、先にレースが縮んで最後に花弁が閉じる。閉花時間は個体差が大きい。

(2) 開花の仕組みの考察

- ① 開花当日の夕方までに咲ける状態までに成長しきり、蕾が割れる。
- ② 暗くなることが引き金になり、花弁の気孔が閉じて水が溜まり。細胞が膨張して花弁が開く。
- ③ 螺旋状の道管に水が通り、バネのように押し縮められていたレースがピンと伸びる。

5 今年の探究 「開花閉花に糖水は関係するのか？」

カラスウリの花の寿命は一日だ。しかし翌日の夕方にはまた新しい花が咲き、毎日次から次へと咲く。昨年の実験で、日光を遮ったことによって開花条件が揃わなくて咲き損ねた花が、次の日成長を再開せず萎れてしまうことが予想外で驚いた。翌日日光が当てれば、成長が再開し開花すると予想していたが、開花に失敗した花は枯れてしまったということは、次の新しい花を開花させることに切り替えているということになる。

この次の開花の切り替えは、どのように行われているのだろうか。

さらに、ずっと疑問に思っているのは閉花の引き金についてだ。

開花は、条件がそろわないと咲けず、光が弱まったことが引き金となり一斉に始まる。一方、閉花は、確実に行われるが、時間に個体差がある。

このことから、僕は閉花の引き金について、開花することにより花の細胞が死んでしまい、細胞が死んでしまうことにより、花の構造上、閉花は自動的に行われているのではないかと考えるようになった。

花の細胞が死ぬ原因を考えていて、花を分解したとき、雄花にも雌花にも花の根元に蜜らしきものがあつたのを思い出した。蜜かどうかかわからないので「糖水」と呼ぶことにする。

ナメクジに塩をかけると濃度差が起きて浸透圧により体内の水が出て死んでしまうが、カラスウリも、糖水により濃度差ができて細胞内の水が奪われることによって死んでしまい、次の開花の切り替えを行っているのではないかと仮説を立て、カラスウリの開花閉花に糖水が関係あるか研究してみようと思う。まずは、カラスウリの花の開花当日の一日の変化を調べてみた。

写真4 花の断面



糖水(蜜らしきもの)

(1) 実験① カラスウリの花は一日でどのくらい成長するか？

ア 仮説： 蕾のとき → 日光に当たり細胞分裂で成長し、大きく重くなる。

開花のとき → 水によって細胞が伸長し、大きく重くなる。

開花後 → 細胞内の水が花の蜜に奪われて、細胞が縮んで小さく軽くなる。

イ 方法： 蕾、開花前、開花後、閉花後の花弁の面積と花の重さを測る。

(ア) 花弁の面積の測り方

①花弁を1枚採取し、花弁を広げ、スライドガラスではさむ。

②写真を撮り(写真5)、画像解析フリーソフトの imagej を使って面積測定をする。

※レースは丸まって伸ばしきれなかったため、レースを除いた花弁の面積を測った。

(イ) 花の重さの測り方 花を1個採取し、はかりで重さを測る。

ウ 結果： 図1 花弁の面積と花の重さ

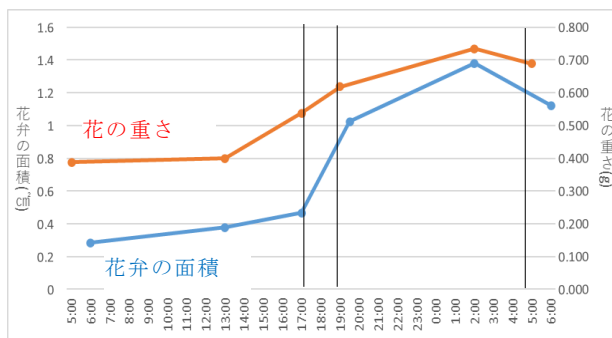
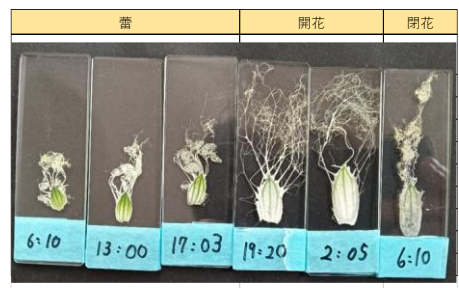


写真5 花弁の成長の様子



- ・開花前後の約2時間の間に花弁の面積が約2倍になっている。
- ・開花後も成長する。
- ・閉花後は小さくなる。

- エ 考察：・開花前後の1時間半の間に花卉の面積が約2倍大きくなっていた。
 見ているだけだと、蕾が少し大きくなっただけでそこまで成長しているとは思って
 いなかったが、実際に花卉を広げて比べると、だいぶ大きくなっていて驚いた。
- ・開花後も成長し続ける。
 → 開花して花の細胞がすぐ死ぬわけではなかった。
 - ・閉花後は小さくなっていた。
 → 2:05 と触った感触が変わった。
 見た目はパサパサして乾燥しているようにみえたが、触てみると水分をたくさん含んでいて、花卉を広げるとひびが割れやすく脆くなっていた。
 つまり、花の細胞が死んでいると考えられる。
 - ・閉花後に重さが軽くなったことから、水分が抜けて縮んだということがいえる。

次は、糖水について調べてみようと思う。

(2) 実験② 糖水はいつできるか？

- ア 仮説： 開花後も花が成長し続けたのは、糖水に細胞内の水が奪われるのではなくて、糖は
 水に溶けやすいから、糖水は水に溶けて細胞の中にいき、濃度差ができるため水を吸
 い、細胞が伸長したためと考える。開花するのに糖水が関係していると仮定すると、
開花直前に糖水ができるのではないだろうか。
- イ 方法： 蕾を分解して糖水があるか調べる。
- ①15時の蕾（開花3時間前）
 - ②17時の蕾（開花1時間前）
 - ③18時の蕾（開花直前）
 - ④開花できない状態にした蕾（朝6時から蕾に袋を被せ光を遮る）
 - ⑤次の日咲く蕾

ウ 結果： 図2 糖水のできる時間

	糖水
①15時の蕾（開花3時間前）	×
②17時の蕾（開花1時間前）	○
③18時の蕾（開花直前）	○
④開花できない状態にした蕾	○
⑤次の日咲く蕾	×

- ・17時より 18時の方が糖水の量が多い。
- ・根元から糖水が出ている。
- ・レースを15時と18時と比べると量が
多くなって成長している。

- エ 考察：・糖水は、開花開始する1時間前くらいの 17時頃出てくる。
 → 花の重さも17時頃急に増えていたので、糖水が出ることによって濃度差が
 でき、水を花に吸い上げているのではないかと考えられる。
- ・「④開花できない状態にした蕾」にも糖水がある。
 → 完全に成長していなくて開花できなくても糖水が出る。
 - ・「①15時の蕾」は糖水がない。
 - ・「④開花できない状態にした蕾」は糖水がある。
 → その日咲く蕾に糖水を作る器官が成長してできたら糖水が出るのだと思っ
 ていたが、時間になると糖水が出てくるという仕組みなのかもしれない。
 しかし、「⑤次の日咲く蕾」に糖水がなかったことから、すべての蕾に糖水
 が時間になると何処からか流れるというのではないことがわかる。

・糖水の糖度を糖度計で測ると **14.8** あった。14.8 とはどのくらいなのか、家にある果物の糖度を測ってみた。

図 3 果物の糖度

				
とまと	すいか	みかん	なし	ぶどう
6.9	9.7	10.5	12.9	19.3

他の果物と比べても、糖度はだいぶ糖度が高いことが分かった。

糖水が開花や閉花に影響を与えているなら、花卉の糖度は時間で変化するかもしれない。次は、花卉の糖度が変化するか調べようと思う。

(3) 実験③ 糖水是開花や閉花に影響を与えているだろうか？

ア 仮説： 開花→ 糖水が水に溶けて花卉の細胞にも染み込み、花卉の細胞が膨張することにより開花しているのではないかな。

閉花→ 気孔が開いて蒸散して、花卉内の糖の濃度が濃くなりすぎることで原形質分離をおこし、細胞が死ぬことにより少しだけ縮んでおこるのではないかな。

イ 方法： 蕾、開花前、開花後、閉花後に、花卉の糖度を糖度計で測る。

カラスウリ全体の糖度も変化するかな

調べるため、葉の糖度も測る。

花卉と葉は乳鉢ですり潰し、

ガーゼで絞った汁を計測する(写真6)。

写真6 花卉と葉の糖度の調べ方



ウ 結果： 図4 花卉と葉の糖度

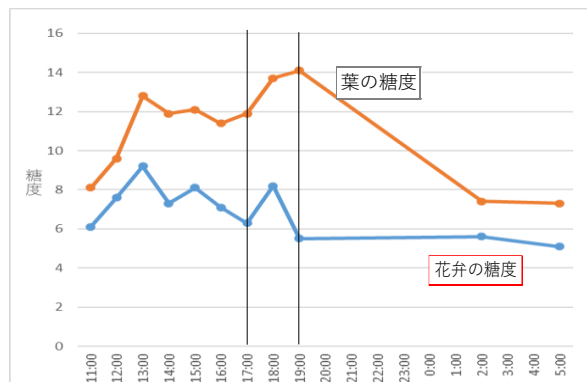


図5 花卉と葉の糖度のデータ

花の様子	時刻	花卉の糖度	葉の糖度
蕾	11:00	6.1	8.1
	12:00	7.6	9.6
	13:00	9.2	12.8
	14:00	7.3	11.9
	15:00	8.1	12.1
	16:00	7.1	11.4
	17:00	6.3	11.9
	18:00	8.2	13.7
開花	19:00	5.5	14.1
閉花	2:00	5.6	7.4
	5:00	5.1	7.3

エ 考察： ・葉の糖度が高くて驚いた。

→ 昼間、葉で光合成をして糖がつくられているためと考えられる。

11:00 の葉の糖度が低い、観測した日は、午前中曇りで少し雨が降り、午後は快晴だった。天気でも糖度は変わるかもしれない。

・花卉の糖度は葉の糖度より低い。

開花前の花卉の糖度の変化は葉の糖度と連動している。

→ 葉で作られた糖が花卉に送られていると考えられる。

・花卉の糖度は13:00 が一番高い。

→ 蕾がまだ緑のときは、蕾でも光合成をして糖をつくるのかもしれない。

・花卉の糖度が18:00 に上がった。

→ 糖水の影響と考えられる。18:30 の開花と関係あるかもしれない。

- ・ **花弁の糖度**がまだ花弁の成長中の **19:00** に下がってしまった。
→ 予想外だ。花の細胞が死ぬ原因は原形質分離ではない。
- ・ **葉の糖度**が **16:00~19:00** の間上がり続ける。
→ 予想外だ。日がなくなるにつれ光合成が終わり、糖度は下がると思っていたのにどうしたことだろう。
時間を細かくして、糖水の糖度とも比較して調べる必要がある。

(4) **実験④ 葉と糖水と花弁の糖度に関係性はあるか？**

ア 仮説： 「花の蜜は、光合成で作りすぎた糖を排出しているために出る」という話を聞いた。糖水は、花に流れている液と同じかもしれない。

イ 方法： 17:00 から開花する 19:00 まで、30 分おきに糖水と花弁と葉の糖度を測る。

ウ 結果：図 6 糖水と花弁と葉の糖度

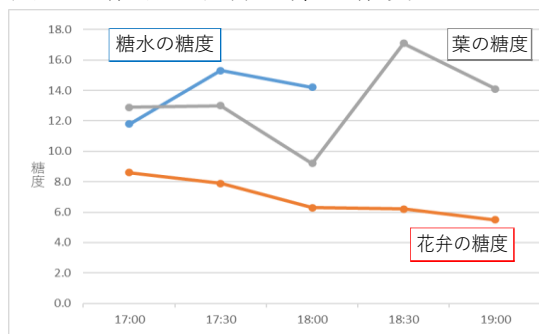


図 7 糖水と花弁と葉の糖度のデータ

花の様子	時刻	糖水の糖度	花弁の糖度	葉の糖度
蕾	17:00	11.8	8.6	12.9
	17:30	15.3	7.9	13.0
	18:00	14.2	6.3	9.2
開花	18:30		6.2	17.1
	19:00		5.5	14.1

- ・ 16:30 から糖水が確認できたが少なすぎて測れなかった。
- ・ 18:00 の糖水の量が多かった。

エ 考察：・ **糖水と葉の糖度は同じくらいだった。**

→ 糖水是、光合成によって葉で作られた糖が送られたものかもしれない。

・ **葉の糖度は、いちど下がるが、上昇する。**

→ 下がる： 日が弱まって光合成が出来なくなるため
上昇する： 開花で花に水分がとられ、濃くなるため と考えられる。

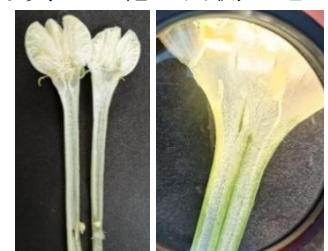
・ **花弁の糖度は、開花前(17:00)にいちど高くなる。**

→ 糖水の影響

・ 花の内側にびっしり毛が生えていた。

-
- ①15:00 は花を分解しても糖水はなく、花の内側も乾燥している。
 - ②16:00~17:00 には糖水が確認できるようになり花の内側の毛(写真 18)が湿りだす。
 - ③18:00 になるとレースも湿って長くなる。

写真 7 花の内側の毛



・ **糖水の量がずっと少なかったのに、最後の 18:00 は多かった。**

= 糖水是最後に多くなるのに、そのあと確認できなくなる。

→ 18:15 までは蕾の状態だったのに、18:30 に一気に開花したことと、葉の糖度が上がったことと関係がありそうだ。

・ **糖水が確認できたのは、18:15 までだった。**

→ 高草山で観察しているとカラスウリの **受粉成功率は高い。**

雄株と雌株はけっこう離れて生えていて、蛾に受粉してもらうには、先に雄株に来ないといけないのに、なんでこんなにうまくいくのだろうと思っていたが、雄花の糖水是開花してからすぐ無くなってしまいうから、雄株から雌株へと順番に行くことができるのかもしれないと思った。

・水分が葉から花卉に移動し、どの花も一斉に咲くと考え、18:30 頃花卉の気孔が開いて、糖水を含めた水分が一気に花のレースの先まで行き渡ってしまうため、糖水が 18:15 以降確認できなかったのではないだろうか。
花卉の気孔がいつ開いて閉じているのか調べてみようと思う。

(5) 実験⑤ 花卉の気孔はいつ閉じて、いつ開くのか？

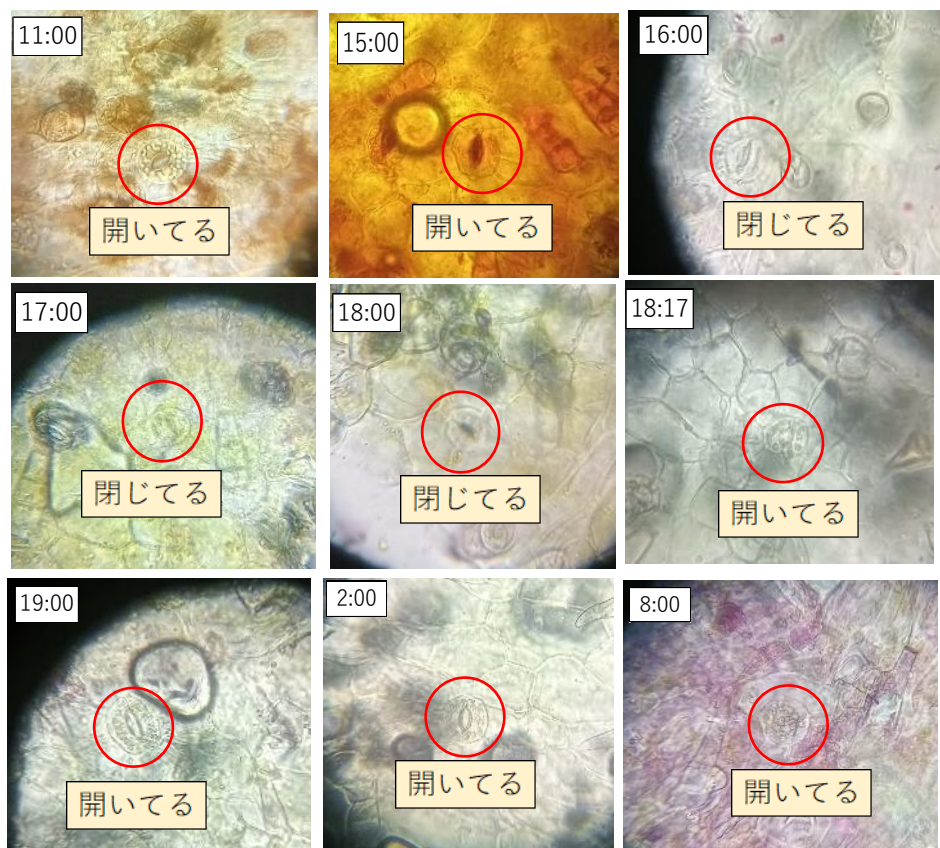
ア 仮説： 開花前は閉じていて、開花の直前で開くのではないか。

イ 方法： 花卉の表面を顕微鏡で観察する。

ウ 結果： 図 8 花卉気孔

花の様子	時刻	気孔の様子
蕾	11:00	開いている
	15:00	開いている
	16:00	閉じている
	17:00	閉じている
	18:00	閉じている
開花	18:17	開いている
	19:00	開いている
	2:00	開いている
閉花	8:00	開いている

写真 8 花卉気孔



エ 考察： ・16:00 頃、花卉の気孔が閉じる。

→ 蒸散しなくなり、花の内側に水分がこもりはじめ、花の内側の毛(写真 7)に水分を蓄えながら細胞に浸透することで伸長し、1 時間半の急成長をされると考えられる。

このとき、糖水が葉から送られ、濃度差によって水を吸い上げているため、花卉の糖度が少し高い 8 になるのだと考えられる。

- ・ 18:17、花弁の気孔が開く。

→ 水分が吸い上げられレースの先まで行き渡るため、一斉に開花すると考えられる。糖水も、気孔が開くことによりなくなるのではないかな。

- ・ 閉花のとき、気孔は開いたままだった。

→ 実験①のとき、閉花後の花弁は、見た目は乾燥しているが、触ってみると水分をたくさん含んでいて脆くなっていたのは、細胞に含んだ水分はそのままで、それ以外の水分が全部とんでしまったからなのかなと思った。

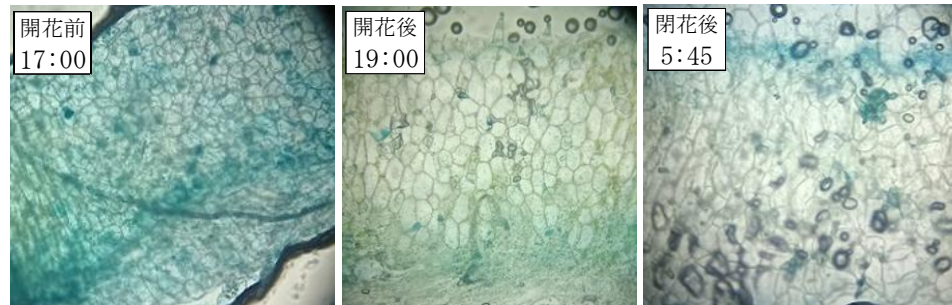
では、花弁の細胞はどう変化しているか実際に顕微鏡で観察してみようと思う。

(6) **実験⑥ 花弁の細胞はどう変化しているか？**

ア 仮説： 開花前の花弁の細胞は小さいが、水を含んで伸長し、どんどん大きくなっている、閉花後は少し縮むのではないかな。

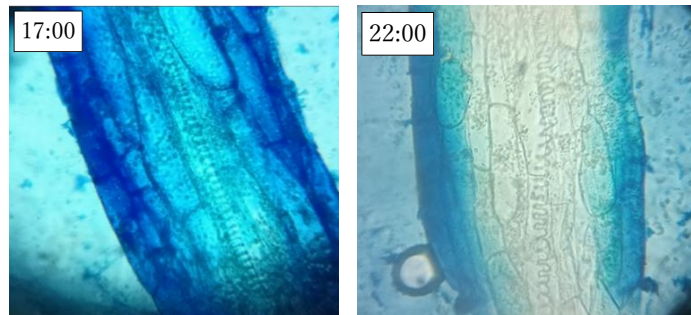
イ 方法： 花弁の断面、花のレースを顕微鏡で観察する。

ウ 結果： 写真 9 花弁の細胞



細胞が小さく詰まっている 細胞が大きくなっている 細胞の並び方が不揃い

写真 10 花のレースの細胞



- エ 考察：
- ・ 開花前(17:00)の花弁の細胞(写真9)は小さく詰まっている。
 - ・ 開花後(19:00)の花弁の細胞(写真9)は膨らんで大きくなっている。

→ 水を含んで細胞が伸長していると考えられる。

- ・ 閉花後(5:45)の花弁の細胞(写真9)の並び方が不揃いになった。

→ 細胞が死んでいるのだと考えられる。

膨らみすぎた細胞がしばみ、余分な水分がぬけ、細胞同士がくっつき合って塊になっているように見える。

- ・ 花のレースの螺旋状の道管(写真10)が引き伸ばされている。

→ 細胞が膨張し引っ張られて、道管が伸びていると考えられる。

(7) 探究のまとめ

カラスウリの花の寿命は一日で、一つの株で毎日新しい花をたくさん咲かせるので効率の悪い植物だと思っていたが、「カラスウリ全体」でみると、光合成で作ったエネルギーとなる糖と、水をすごくうまく使って開花させている。

糖水の考察

- ① 糖水は、16:00 頃気孔が閉じることにより、葉から送っていた糖が溜まったものであると考えられる
- ② 16:00 以前の気孔が開いているときは、花の上部まで糖が届けられ、糖は成長のエネルギーとして使い、水分は蒸散してしまう。
- ③ 花への水の吸い上げ

┌	昼間：気孔を開き行っている。
└	夕方：気孔は閉じ、溜まった糖水の濃度差によって行う。

開花の仕組みの考察

- ① 16:00 頃気孔が閉じる事によって、糖水が溜まりはじめる。
- ② 糖水の濃度差により、花に水を吸い上げる。
- ③ 花の内部が密閉状態になることで水分がこもり、花の内側の毛で水分を吸収する。
- ④ 花の細胞が水分を吸収して膨張し、花弁や花のレースが急成長し、蕾が割れる。
- ⑤ 18:00 過ぎに気孔が開き、水を一気に吸い上げ、開花する。
気孔が開いたことで、糖水はなくなる。

花の周りがレースである利点の考察

- ① 成長するとき、面積が少なくてすむ。
- ② 開花で細胞を膨張させるとき、少ない水と糖ですみ、短時間で広げることができる。
- ③ 表面積が増えるため、周りの水を吸収しやすい。
- ④ 大きく見える。

光合成をしていない夜に開花するカラスウリにとっては、レースの利点を生かしての水を使っている開花はとても効率的だと思う。レースを使って開花する仕組みにしなければ、カラスウリのようにたくさんの花を咲かせることはできないと考えられる。

6 おわりに（感想・さらに知りたいこと）

カラスウリの花を一度見たら忘れないだろう。僕もインパクトがあるこの花の形に惹かれて、なんでこんな形をしているのだろうか。どうやって咲いているのだろうか。そんな疑問からカラスウリの花の仕組みを知りたくて研究を始めた。

高草山での観察は、夜の観察だったので寝不足になったり、実験結果が予想外で何度も考え直したりすることが多くて時間もかかり大変だったが、分かることが増えると嬉しかった。

実験では、植物内の水分量の変化を測りたかったが方法が見つからず試行錯誤していた時、学校の理科で顕微鏡で玉葱の細胞や微生物を観察する授業があり、カラスウリの内部構造も見てみたいと思った。理科の先生に相談したところ、色々なアドバイスをくださり夏休みの間顕微鏡を貸していただけることになり、実験の幅も広がって分かることも増え、本当にありがたかった。

3年間の研究で開花の仕組みがわかった。特別だと思っていた夜咲くことや、花の周りのレースも、開花の仕組みを知るととても効率的でカラスウリの進化の結果なのかもしれないと思った。

わかっていないことは、閉花の仕組みだ。閉花はわざわざしているのではなく、花の構造上、花弁の水分が少なくなり縮んで閉花すると考えているが、花の細胞の死ぬ原因がわからないので今後調べたい。

[参考文献]

日本植物整理学会 植物 Q&A みんなのひろば「https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=3765」