

等張液濃度の違いから浸透圧の違いを探る

静岡大学教育学部附属静岡中学校

2年 島田 亮介

1 動機

僕はスギ花粉とダニのアレルギーがある。だから鼻詰まりにはよく悩まされる。テレビで「ハナノア」という鼻うがい溶液のCMを見た時、やってみたい気持ちと、鼻に液体を流し込むなんて、本当に痛くないのか信じがたい気持ちと半々だったが、勇気を出して鼻うがいをやってみた。専用の液体を鼻から通して口から出したら、真水が鼻に入った時は涙が出るほど痛いのに、鼻うがい溶液は痛くなかった。そして、少し塩味を感じた。なぜ痛くならないのか不思議に思い調べると、鼻の奥や目には痛みを感じる神経細胞があり、塩分濃度の薄い水が細胞膜に触れると、濃度の濃い細胞の内側の水を薄めようとして水が細胞内に侵入し、細胞が膨らむ。細胞が膨らむことは細胞にとって危険な状態なので、それを察知する感覚センサーが反応し、痛みの情報として脳に伝える。だから体液と等しい濃度の食塩水だと水が細胞内に侵入することが無く、細胞が膨らまないで痛くならないことが分かった。人間は0.9%が生理食塩水と言われ、細胞溶液に近い塩分濃度だが、植物はどうなのだろう？と興味がわいた。また、野菜は葉菜、果菜、根菜に分けられる。それぞれ植物の部位として、働きが違う。であるなら、浸透圧も違うのではないかと考え、比較したいと思った。

2 仮説

細胞溶液よりも低い濃度であれば細胞は膨らみ重くなり、濃い濃度であれば細胞は水分が抜けて軽くなる。そして、等張液であれば、細胞への水の出入りが無く、重さは変わらないだろう。植物の部位ごとに働きが違うため、野菜の種類によって浸透圧が変わると考える。

3 正確な実験データを得るための実験方法の検証

〈使用した器具〉

- ・プラスチックコップ ・メラミンスポンジ
- ・スポイト ・マドラー（金属製）
- ・さじ ・ピンセット
- ・PROFESSIONAL DIGITAL MINI SCALE（電子量り）



図1 使用した器具

細かな質量の変化が図ることができるように、0.001gまで量ることができる電子量りを使用した。最初は検体を塩水に10分間つけた後、余分な水分をふき取って重さを測っていたが、重さの増減のバラつきはふき取る時に力のかけ具合が変わってしまうからではないかと考え、ふき取らずに済む方法がないか実験で確かめた。どのような方法がいいか0.9%の塩水を用いて、以下の4つのパターンで3検体ずつ、比較実験を行った。

- ◎パターン3-1：食塩水に浸したメラミンで挟む
- ◎パターン3-2：食塩水に浸した脱脂綿で挟む
- ◎パターン3-3：食塩水に浸したメラミンで挟み測定前にペーパーでふき取る
- ◎パターン3-4：塩水につけペーパーでふき取る

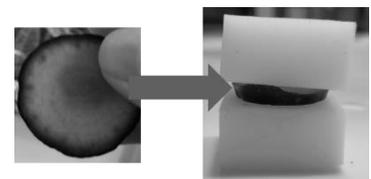
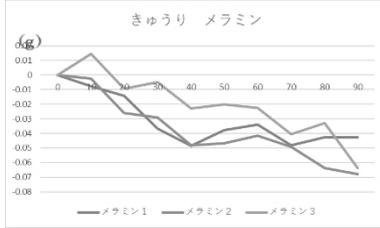
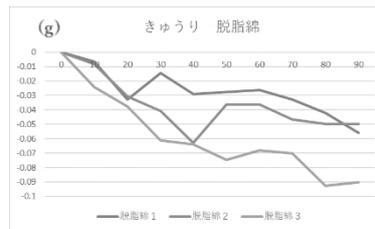


図2 きゅうりをメラミンスポンジで挟んだところ

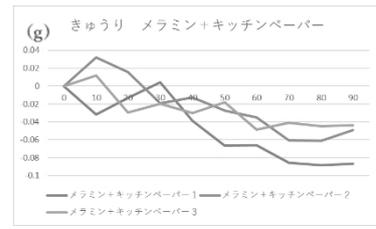
パターン 3-1



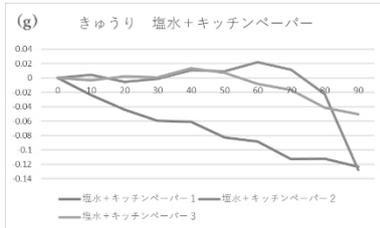
パターン 3-2



パターン 3-3



パターン 3-4



以上の結果から、検体同士の数値の差が少なく、質量の変化を読み取りやすいパターン 3-1 を採用することに決めた。また、測定する間隔を、人の手に触れる機会を減らすため 10 分ごとから 20 分ごとに変更した。

最初は 3 検体ずつ実験を行っていたが、データのバラつきがあったので、正確性を上げるために、8 検体ずつで行うことに変更した。

その過程で同じ食塩濃度でも数日間にわたって実験を行ったため、実験日時、及び室温湿度は記載を省略する。室温は、28.4℃~26.2℃までの間、湿度は 56% から、77% までの間であった。顕微鏡で細胞を観察するという方法もあったが、実験のデータを数値化するため、重さの増減を測るという方法をとった。

4 実験方法

パターン 3-1 を使い実験した。最初に 1.5%、1%、0.5% の食塩水で質量の変化をみた。質量の変化の仕方から、等張液の濃度がどのあたりにあるのかを絞り込み、さらに細かく塩水の濃度を変えて実験を行った。重さの変化が無い濃度をその検体の等張液濃度とする。実験の方法は以下の通りである。

- (1) 0.001 g まで量ることができる電子量り (PROFESSIONAL DIGITAL MINI SCALE) を使い、それぞれの濃度の食塩水を 3 検体あたり 100ml 作る。
- (2) (1) の食塩水にメラミンスポンジを浸す。
- (3) 野菜を同じ大きさになるように切って重さを量る。果菜のきゅうり、なす、根菜の人参、大根、葉菜のレタス、小松菜で実験を行うものとした。(一種類につき 8 検体ずつ)
- (4) 食塩水を染み込ませたメラミンスポンジで検体を挟む
- (5) 80 分間、20 分ごとに検体を取り出し、重さの変化を測定する。
- (6) 数値の誤差がある事を考え、平均から離れたデータの検体 2 つをグラフから削除する。そして、削除していない 6 検体のデータの平均を改めて出す。そのデータでグラフを作る。
- (7) 測定した質量の変化をグラフに表した。縦軸は増減した質量を検体の重さに対する % を示し、横軸は経過時間を示す。

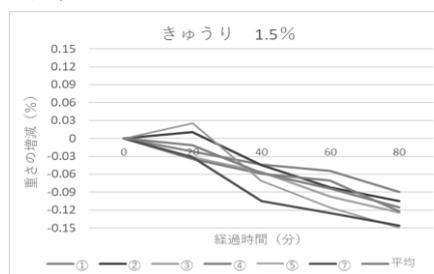
5 結果

(1) きゅうり

ア 1.5% 食塩水の時の質量変化 表 1

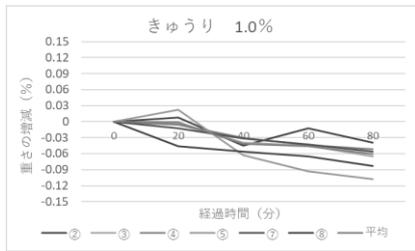
	0分	20分	40分	60分	80分
①	2.506	2.452	2.397	2.371	2.282
②	2.934	2.903	2.802	2.693	2.627
③	2.849	2.759	2.69	2.572	2.496
④	2.945	2.844	2.772	2.737	2.586
⑤	2.484	2.422	2.307	2.196	2.113
⑥	2.578	2.641	2.481	2.368	2.245
⑦	1.825	1.767	1.634	1.597	1.558
⑧	2.009	1.981	1.858	1.837	1.8
平均	2.51625	2.471125	2.367625	2.296375	2.213375

グラフ 1



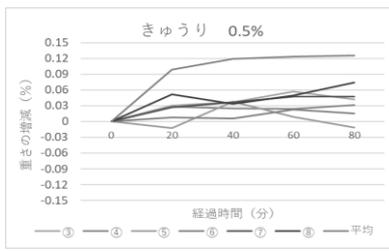
きゅうりは1.5%の塩水では多くの検体の重さが減っていた。以降、表は省略する。

イ 1.0%食塩水の時の質量変化



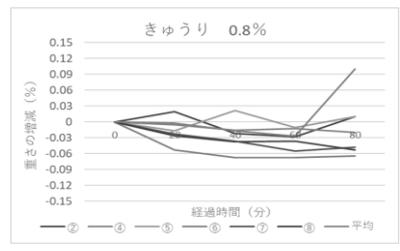
グラフ2

ウ 0.5%食塩水の時の質量変化



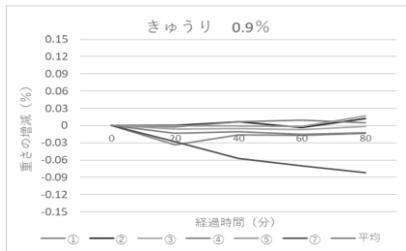
グラフ3

エ 0.8%食塩水の時の質量変化



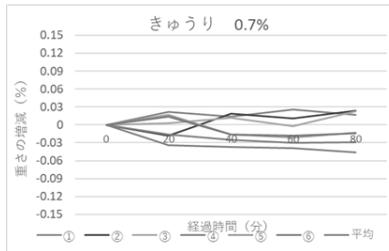
グラフ4

オ 0.9%食塩水の時の質量変化



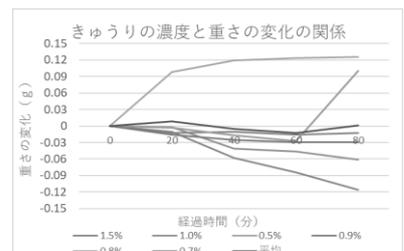
グラフ5

カ 0.7%食塩水の時の質量変化



グラフ6

キ きゅうり まとめ



グラフ7

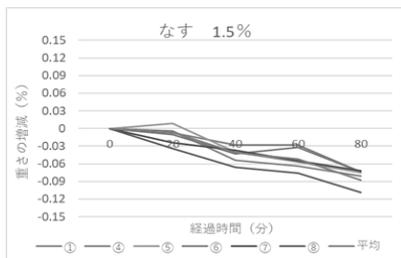
表2 きゅうり 各濃度の重さの変化平均

	0分→20分	0分→40分	0分→60分	0分→80分
1.5%	2.51625	2.471125	2.367625	2.296375
1.0%	2.9865	2.942625	2.8515	2.830875
0.5%	2.889375	3.106375	3.1345	3.154875
0.9%	2.852625	2.826875	2.824375	2.812
0.8%	2.48575	2.45475	2.4175	2.397
0.7%	2.231	2.20225	2.18125	2.159875

きゅうりは1.0%の塩水では検体の重さが減り、0.5%では全体的に検体の重さが増えていた。この結果から、きゅうりの等張液は1.0~0.5%の間にあると考え、0.7%~0.9%の塩水で同じように実験した。0.9%の塩水では、少しばらついてはいるが、平均を見ると、0の所からほとんど変化していない。0.7%、0.8%の塩水ではデータがバラついてはいるが平均を見ると重さが減っている。0.7%が一番0に近い値をとっているため、0.7%がきゅうりの等張液濃度に近いと考えられる。

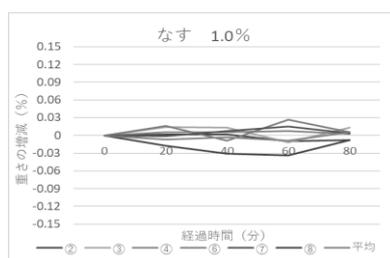
(2)なす

ア 1.5%食塩水の時の質量変化



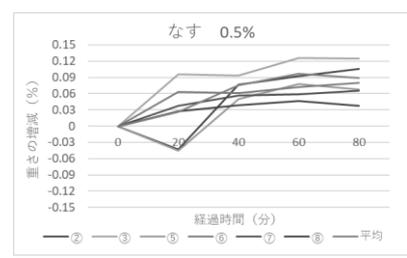
グラフ8

イ 1.0%食塩水の時の質量変化



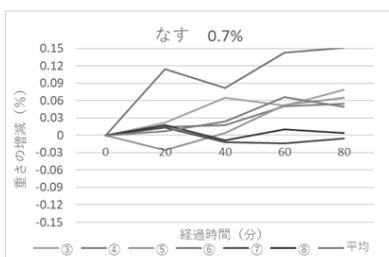
グラフ9

ウ 0.5%食塩水の時の質量変化



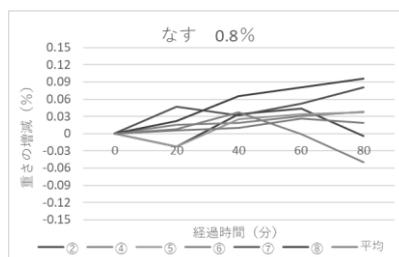
グラフ10

エ 0.7%食塩水の時の質量変化



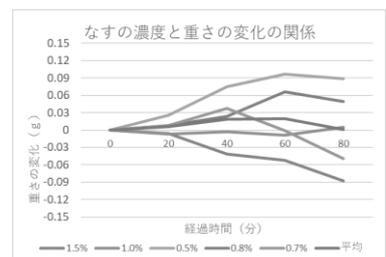
グラフ11

オ 0.8%食塩水の時の質量変化



グラフ12

カ なす まとめ



グラフ13

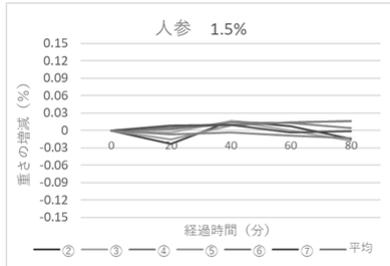
表3 なす 各濃度の重さの変化平均

	0分→20分	0分→40分	0分→60分	0分→80分	
1.5%	2.650625	2.613	2.541	2.51425	2.426125
1.0%	2.178	2.178625	2.172875	2.17	2.186125
0.5%	2.456375	2.57625	2.6235	2.66875	2.658
0.8%	2.499125	2.560375	2.5865	2.488875	2.357
0.7%	1.8725	1.9345	1.92275	1.99125	1.9675

なすは1.5%の塩水では、多くの検体の重さが減り、0.5%の塩水では、全体的に検体の重さが増えているが、1.0%でほとんど重さが変化していなかった。1.0%に近い0.8%、0.7%の塩水で実験を行った。なすは0.8%、0.7%の塩水では、グラフが少しバラついているが、平均を見ると、多くの検体の重さが増えている。以上の結果から1.0%がなすの等張液に近いと言える。

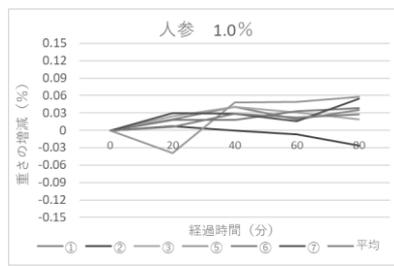
(3)人参

ア 1.5%食塩水の時の質量変化



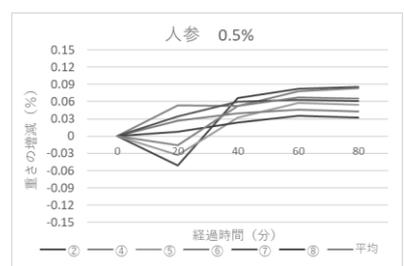
グラフ 14

イ 1.0%食塩水の時の質量変化



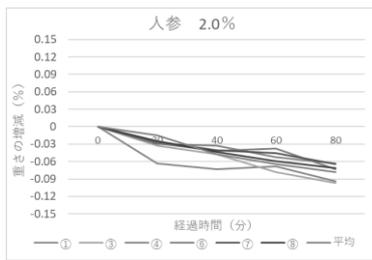
グラフ 15

ウ 0.5%食塩水の時の質量変化



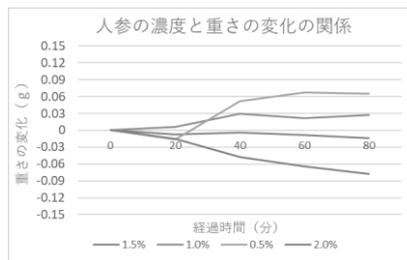
グラフ 16

エ 2.0%食塩水の時の質量変化



グラフ 17

オ 人参 まとめ



グラフ 18

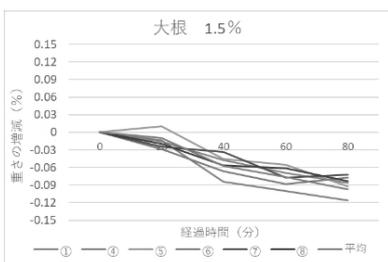
表4 人参 各濃度の重さの変化平均

	0分→20分	0分→40分	0分→60分	0分→80分	
1.5%	2.198	2.22E+00	2.199625	2.192125	2.185625
1.0%	2.343375	2.385125	2.40575	2.39275	2.42225
0.5%	2.99375	3.026125	3.158125	3.191875	3.18225
2.0%	1.850875	1.79225	1.76975	1.74575	1.715875

人参は1.5%の塩水では、データがかなりバラついているが、平均を見ると大体平衡になっている。1.0%の塩水ではデータにバラつきがあるものの、多くの検体の重さが増えている。0.5%の塩水では、全体的に検体の重さが増えている。実験した全ての濃度で検体の重さは増えているため、2.0%を実験することにした。2.0%の塩水では、全体的に検体の重さが減っている。よって、人参は1.5%が等張液濃度に近いと考えられる。

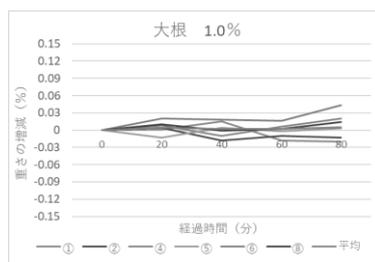
(4)大根

ア 1.5%食塩水の時の質量変化



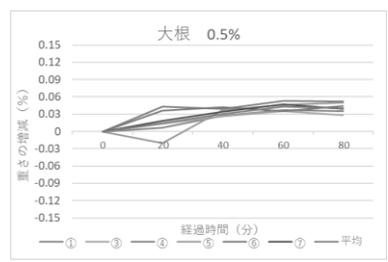
グラフ 19

イ 1.0%食塩水の時の質量変化



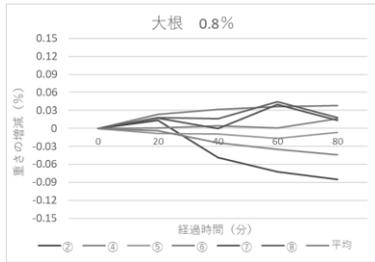
グラフ 20

ウ 0.5%食塩水の時の質量変化



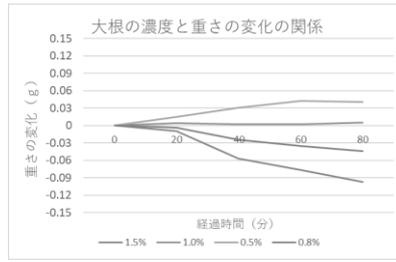
グラフ 21

エ 2.0%食塩水の時の質量変化



グラフ 22

オ 大根 まとめ



グラフ 23

表5 大根 各濃度の重さの変化平均

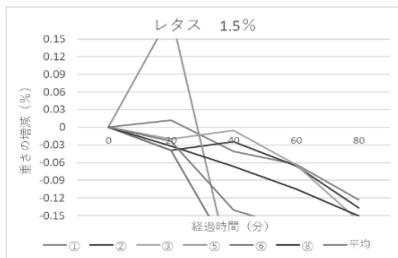
	0分→20分	0分→40分	0分→60分	0分→80分	
1.5%	3.559625	3.4875	3.370875	3.28625	3.235625
1.0%	3.126375	3.1615	3.15575	3.152875	3.170875
0.5%	3.54725	3.633125	3.653625	3.69175	3.683125
0.8%	2.96775	3.00175	2.999125	3.02275	3.0125

大根は1.5%の塩水では、全体的に検体の重さが減っているが、1.0%の塩水では平均を見ると0に近い値になっている。0.5%の塩水では、全体的に検体の重さが増えている。1.0%の食塩水では、大根の重さは変化せず、等張液が近いと感じたので、1.0%近辺の0.8%で実験した。0.8%の塩

水では、データにバラつきがあるが、少し重さが減っている。よって、1.0%の塩水が大根の等張液濃度に近いと考えられる。

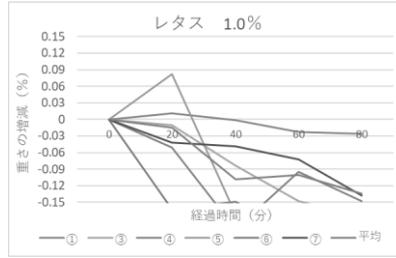
(2) レタス

ア 1.5%食塩水の時の質量変化



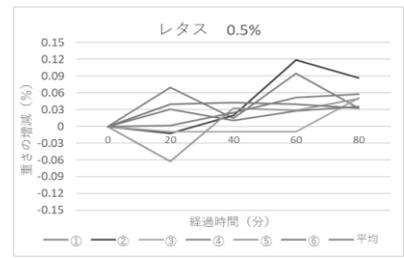
グラフ 24

イ 1.0%食塩水の時の質量変化



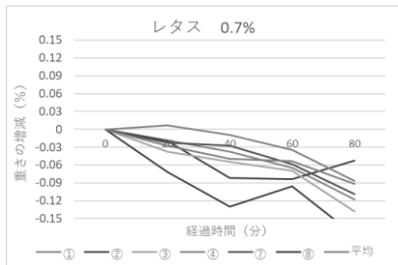
グラフ 25

ウ 0.5%食塩水の時の質量変化



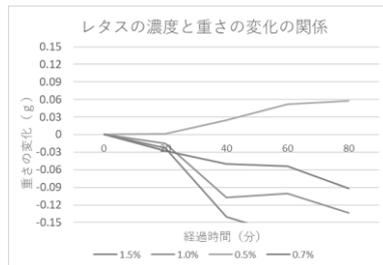
グラフ 26

エ 2.0%食塩水の時の質量変化



グラフ 27

オ レタス まとめ



グラフ 28

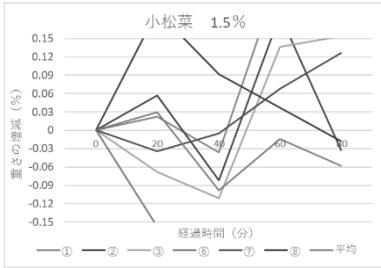
表6 レタス 各濃度の重さの変化平均

	0分→20分	0分→40分	0分→60分	0分→80分	
1.5%	0	-0.00788	-0.07175	-0.10475	-0.144
1.0%	0	-0.0255	-0.0605	-0.05988	-0.08388
0.5%	0	-0.0115	0.00575	0.010875	0.015625
0.7%	0	-0.0225	-0.046	-0.074	-0.11488

レタスは1.5%、1.0%の塩水では全体的に重さが減っているが、0.5%の塩水では、全体的に重さが増えている。0.5%と1.0%の間の0.7%で実験を行った。0.7%の塩水では、全体的に重さが減っている。よってレタスの等張液濃度は0.5%~0.7%の間だと考えられる。

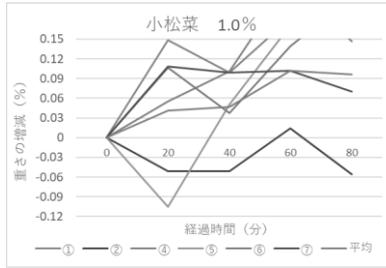
(3) 小松菜

ア 1.5%食塩水の時の質量変化



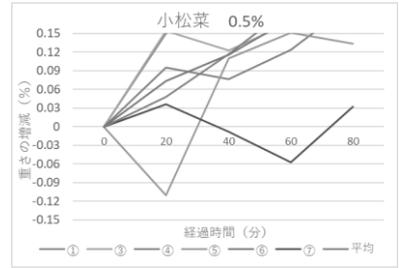
グラフ 29

イ 1.0%食塩水の時の質量変化



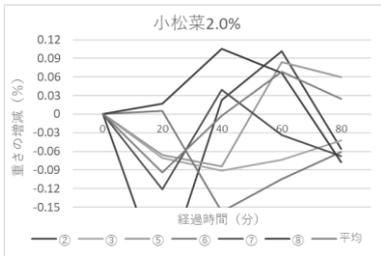
グラフ 30

ウ 0.5%食塩水の時の質量変化



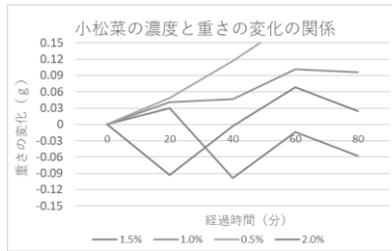
グラフ 31

エ 2.0%食塩水の時の質量変化



グラフ 32

オ 小松菜 まとめ



グラフ 33

表7 小松菜 各濃度の重さの変更平均

	0分→20分	0分→40分	0分→60分	0分→80分
1.5%	0.153875	0.139125	0.136625	0.147375
1.0%	0.231125	0.25125	0.2415	0.251
0.5%	0.189125	0.21375	0.2055	0.21775
2.0%	0.228375	0.22475	0.220625	0.2305

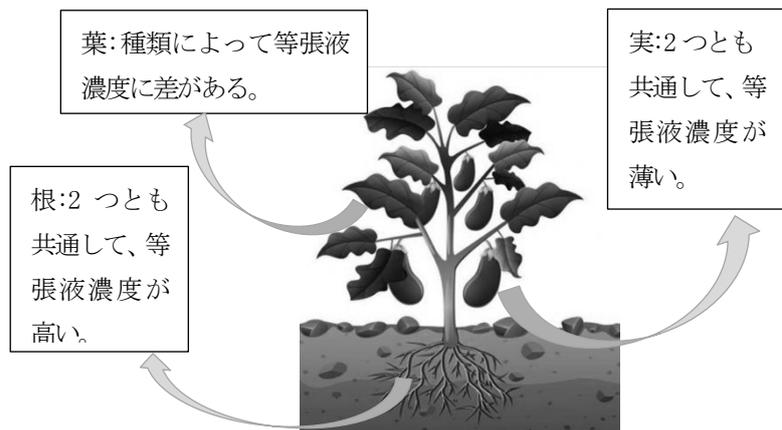
小松菜は1.5%~0.5%の塩水の全てにおいて重さが増えている。そこで、2.0%の食塩水で実験する。小松菜は2.0%の塩水では、データにバラつきが見られるが、平均は0の近くの値をとっていることから、2.0%近くの濃度が等張液濃度と考えられる。

6 考察

実験から得られた野菜の等張液濃度

表2

	等張液濃度
きゅうり	0.7%~0.9%
なす	1.0%
人参	1.50%
大根	0.8%~1.0%
レタス	0.5%~0.7%
小松菜	1.5%~2.0%



実験で使用した検体の等張液と思われる濃度を表にまとめると上の通りになる。

果菜のきゅうりや、なす、葉菜のレタスに比べて、根菜の大根、ニンジン、葉菜の小松菜は等張液と思われる濃度が高い。植物でも細胞溶液の等張液と思われる濃度が1.0%、0.9%、0.8%近辺のものと、1.5%近辺の物があり、植物の中でも種類によって浸透圧が違ふと考えられる。実験に使用した野菜の食感を確認するため、食したところ、人参ほどの濃度でも沈んでいて、塩味を感じる事が無かった。逆に、大根、レタス、小松菜は強く塩味を感じた。等張液の濃度による浸透圧の違いが味に関係しているのだろうか、と考えた。

等張液に近いだろうと予想される濃度の近くでは重さが増えている検体と減っている検体があったり、一

つの検体でも時間の経過とともに増えたり減ったりしていた。逆に等張液の濃度から離れるほど、グラフの傾きは増え続けるか、減り続けるかのどちらかになった。この結果から、浸透によって水の移動が終わっても、細胞は生きているため、水を吸ったり吐いたりしているのではないかと考えた。また、根菜の等張液の濃度が高いのは、根は水を吸うために、水をあまり含んでおらず、等張液の濃度が高いのではないかと、という仮説を立てた。

JSTのサイエンスカンファレンスに参加した際、レタスと小松菜の等張液濃度がかけ離れているのは、小松菜に耐塩性があることが関係しているかもしれないという助言をいただいた。そこで、実験で使用した野菜の成分を確認した。

表2 きゅうりの成分表

	成分名	量	単位
無機質	ナトリウム	1	mg
	カリウム	200	mg
	カルシウム	26	mg
	マグネシウム	15	mg
	リン	36	mg

表3 なすの成分表

	成分名	量	単位
無機質	ナトリウム	Tr	mg
	カリウム	220	mg
	カルシウム	18	mg
	マグネシウム	17	mg
	リン	30	mg

表4 人参の成分表

	成分名	量	単位
無機質	ナトリウム	28	mg
	カリウム	300	mg
	カルシウム	28	mg
	マグネシウム	10	mg
	リン	26	mg

表5 大根の成分表

	成分名	量	単位
無機質	ナトリウム	17	mg
	カリウム	230	mg
	カルシウム	23	mg
	マグネシウム	10	mg
	リン	17	mg

表6 レタスの成分表

	成分名	量	単位
無機質	ナトリウム	2	mg
	カリウム	200	mg
	カルシウム	19	mg
	マグネシウム	8	mg
	リン	22	mg

表7 小松菜の成分表

	成分名	量	単位
無機質	ナトリウム	15	mg
	カリウム	500	mg
	カルシウム	170	mg
	マグネシウム	12	mg
	リン	45	mg

等張液濃度の高い、人参、大根、小松菜はナトリウムの量が他の野菜に比べて非常に多いことがわかる。また、小松菜は他の野菜に比べて、カリウムの量が倍以上ある。今回使用した野菜でしか比較していないが、植物の浸透圧及び、等張液濃度にはその植物が含むナトリウム、カリウムの量が関係しているのではないかと考えた。

7 結論

野菜は種類によって、浸透圧、等張液の濃度が違うということが分かった。等張液の濃度は、高い方から順に根菜、葉菜、果菜となっており、その部位の役割によって等張液の濃度が変わり、浸透圧に影響するのではないかと考えた。また、実験を進める中で浸透圧の仕組みを考えましたが、細胞壁、細胞膜の量が変わったとしても、同じように水などが透過してしまうため、細胞壁、細胞膜の量が、浸透圧に影響を及ぼす可能性は、低いと考えた。

8 感想と反省

自分は細胞溶液より濃い濃度であれば、重さは減り続け、低ければ増え続けるだろうと考えていた。そして、等張液につけると、重さは変化しないのではないかと考えていた。しかし、実験では、同じ濃度でも増える検体と減る検体があり、一つの検体でも重さは増減を繰り返し、グラフが一直線ではなく、ジグザグしたものだった。このような予想外の結果に驚くと同時に、生きている細胞の働きを実感することができた。また、そこから水が移動した後も細胞は水を吸ったり吐いたりしているという仮説を今回の実験結果から新たにたてた。この仮説を検証できる方法を今後考えていきたい。この研究は、夏休み前から始め、十分に時間をとったつもりだったが、予想に反して、重さの増減が検体ごとにバラついたため、実験方法の見直しに時間がかかって、なかなか研究が調査に進まなかった。また、このように何が起こるのかわからないところが研究の難しいところでもあり、おもしろさでもあると思う。最初自分はこの研究方法はかなり単純なので、あまり難しくないのではないかと考えていたが、実際はデータのバラつきや、単純作業の繰り返してかなり苦労した。等張液の濃度を求めるという、一つのことでさえこれだけ大変なのだから、研究は地道な積み重ねによってできるのだなということを実感した。

9 参考文献

○『実験でわかる科学のなぜ? (子供の科学 STEM 体験ブック)』

著者: ニック・アーノルド他

誠文堂新光社

○塩百科 URL: www.shiojigyo.com

○なぜ鼻や目に水が入ると痛いのか? -痛みと匂いの意外な関係性

【Re. Ra. Ku 下丸子店】

URL: Reraku.jp

○漬物や梅酒をおいしくする浸透圧と砂糖の関係

URL: www.pearlance.co.jp

○野菜の成分表

食品成分データベース

きゅうり URL: https://fooddb.mext.go.jp/details/details.pl?ITEM_NO=6_06065_7

なす URL: https://fooddb.mext.go.jp/details/details.pl?ITEM_NO=06_06191_6

人参 URL: https://fooddb.mext.go.jp/details/details.pl?ITEM_NO=6_06212_7

大根 URL: https://fooddb.mext.go.jp/details/details.pl?ITEM_NO=6_06134_7

レタス URL: https://fooddb.mext.go.jp/details/details.pl?ITEM_NO=06_06312_6

小松菜 URL: https://fooddb.mext.go.jp/details/details.pl?ITEM_NO=6_06086_7

○なすの図

URL: https://st3.depositphotos.com/6633222/14662/v/450/depositphotos_146625397-stock-illustration-eggplant-plant-with-root-underground.jpg