

# 海水から世界を救うおじぎ草

耐塩性から海岸植栽の可能性まで



千葉県成田市立吾妻小学校

6年3組高垣有希




## 実験の動機・目的

去年からおじぎ草の就眠活動・接触傾性・蒸散・気孔などについて様々な実験・観察を行ってきた。しかしおじぎ草の花がわが家では咲かず、筑波実験植物園を訪れた。職員の方からおじぎ草について色々な話を伺うことが出来た。その際花の咲いたおじぎ草の枝を2本もらい花の解剖をすることにしたのだが、ふと疑問に思い、「水につけておくとどのぐらい持ちますか。」と質問してみた。すると「おじぎ草の水耕栽培はやったことがない。興味があるならやってみたら。」と職員の方に言われチャレンジすることにした。家に帰り、早速水に挿し観察を始めた。就眠運動を順調に続けていたが、20日後葉が動いていないことに気がついた。おじぎ草を水から抜いて観察してみると、枝の根元に白い根の様なものが出ていたのが確認できた。残念ながら、このおじぎ草は枯れてしまったが、水耕栽培は出来るのではないかと思った。なぜなら、ほかの植物の葉や枝を水に挿しても根が出てくることなど見たことがない。つまり、おじぎ草は生命力が強いのではないかと考察した。庭と玄関の花壇に植えたおじぎ草が寒さの為に枯れかけていることから、このおじぎ草を土から抜き根を洗い、ペットボトルで水耕栽培をすることにした。2015年11月から始め2016年9月現在までの結果は、2つのおじぎ草は無事に越冬し、いまでは根の大きさは5倍、葉の面積は20倍程にまで成長してしまった。これは、驚くべきことである。だが、これはすでに根が生えているもの話である。では根が生えていない物はどうかだろう。おじぎ草の枝を切ったものとおじぎ草の葉を用意し、それぞれを水道水が入った容器に挿した。いずれも、約20日後に根が出てその後も順調に成長した。つまり、水耕栽培の成功である。生命力の強いおじぎ草。その生命力の強さをもっと試してみたい。おじぎ草は根から水を吸い上げ蒸散する量も多い。もし、おじぎ草が塩にも耐えることが出来るのならば、近年叫ばれている海面上昇の問題もおじぎ草が解決する糸口になるかもしれない。海水を吸って真水を蒸散することが出来たら、浜辺におじぎ草を植え土地の塩害を防ぐことが出来るためだ。そこで、おじぎ草の耐塩性について実験することにした。

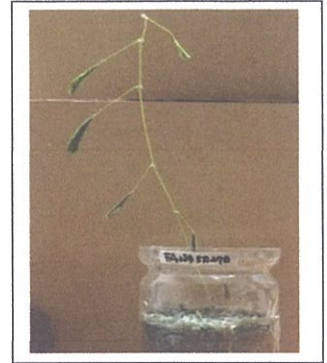
観察経過 H27・8月～H28・9月24日まで

			
最初に貰った枝	就眠運動	根の様なもの	先端部拡大
H27・8・6	H27・8・27まで確認	H27・8・26	H27・8・26
			貰った枝は9月2日に枯れてしまった。残念ながら左記の2つもすぐに枯れてしまった。しかし、この実験の成果を次に生かすことが出来た。
最初の水耕栽培	土を使わず種を植えた	発芽	
H27・9・10	H27・9・12	H27・9・14	



			
葉挿し	葉挿し 根が出ている	葉挿し 100日越え	葉挿しの根
H27・5・20	H27・6・12	途中植え替え	葉は小さいが根は大きい

この右のおじぎ草は、種から完全水耕栽培で育てたおじぎ草だ。H28・5月より育てているため5か月近くなる。窓際にて育てていたため、草丈が長く葉の色も薄くなっている。



## 実験内容

まずは、おじぎ草が何%の海水濃度に耐えられるかどうかの実験をする。この海水は、銚子の犬吠埼で海水を6Lと、砂を2L分採取。この海水を使用して海水の実験をする。



←犬吠埼での採集

## 実験 1

**方法**：水耕栽培のおじぎ草の水を海水濃度、100% 50% 25%を作り、枝挿しをする。



**目的**：海水濃度何%まで耐えられるか確認する。





**予想**：これだけの生命力のあるおじぎ草でも 25%ほどだと思ふ。

## 用意したもの

- ：銚子の海水・砂浜の砂…適量
- ：200 mlペットボトル…1本
- ：1000 mlペットボトル…2本
- ：おじぎ草の枝…2本
- ：おじぎ草の枝(根有り)…1本



	観察開始・観察終了	就眠運動の期間	枯れてしまった時の状況	写真	
100%	観察開始	7月12日 日まで	最後はカビが生えてきて、枯れてしまった。12日までは元気に育っていたが、13日の朝ごろから弱り始めてきた。夜にはしなびてしまい茶色くなってしまった。葉は落ちず腐ってしまった。	開始時	終了前
	7月10日				
	観察終了				
	7月13日				

50%	観察開始	7月13日 日まで	不思議なことに葉は一枚も落ちなかったが、下の方からじわじわとしわしわになり枯れてしまった。就眠運動も葉柄の上げ下げをするぐらいで初日から葉がきちんと閉じなかった。	開始時	終了前
	7月10日				
	観察終了				
	7月18日				
25%	観察開始	7月18日 日まで	葉がすべて落ち、茎だけが残りに枯れてしまった。葉の落葉は下の方から進んでいく様子が観察していた。最後に残った1枚の葉は、最後まで就眠運動をしていた。	開始時	終了前
	7月10日				
	観察終了				
	7月19日				

## 結果

海水 100%のものは、根有りのおじぎ草を使用した。なぜかという、100%のおじぎ草はすぐに枯れてしまうと予想していた。なので、根が有ることでフィルターの役割をして、少しでも生存の可能性を広げたいと思った。そのため、根有りのおじぎ草を選んだ。だが、一番生存していた期間が短かった。

予想通り、25%が一番最後まで残ったが、それでもわずか9日しか持たなかった。やはり、おじぎ草でも塩害は厳しかったのだろうか。

塩害にかかったおじぎ草は、下の方の塩害が進んでいった葉から、どんどん落として行くことが分かった。葉を一枚でも残しておいて少しでも生きながらえるためにおこなっているのだと考えられる。

調べてみると、高濃度環境下において葉の面積を小さくして気孔の数を少なくし、水分消費を少なくし耐塩性を高めているという植物があるようだ。また、塩分を吸収しないように下の方の葉にためてその葉を落として行くという植物もある。ということが分かった。まさにおじぎ草がやっていることである。ということは、海水濃度を下げれば長く生きていられるのではないのだろうか。塩分濃度を下げて再度実験を試みることにした。

## 実験 2

**方法**：水耕栽培の水を海水濃度 20% 15% 10% 5%で作る、枝挿し又は葉挿しをする。

**目的**：25%以下の濃度でどれくらいまで耐えることが出来るのかの検証をするため。

**予想**：5%は少なくとも耐えられるのではないのだろうか。

## 用意したもの

- ：ゼオライト…適量
- ：200 mlペットボトル…4本
- ：おじぎ草の枝(根有り)…2本
- ：おじぎ草の枝(根無し)…1本
- ：おじぎ草の葉(根有り)…1枚



# 結果

種類	根の有無 <small>枝挿しか葉挿しか</small>	観察開始	就眠運動	枯れてしまった時の状況	写真	
20%	枝挿し 根有り	観察開始	8月27日 日まで	最後の葉が8/27日に落ちてしまった。しかし、先端部分が生きていたので、観察を続けた。だんだんと茎は赤茶けてきて、下の方にぶよぶよのような状態になっている。そして最後は腐ってしまった。	開始時	終了前
		8月6日				
		観察終了				
		9月8日				
15%	葉挿し 根有り	観察開始	8月27日 日まで	20%ほどではないが、15%も腐ってしまっている。下の方に平らな状態でテロテロしてしまっている。	開始時	終了前
		8月13日				
		観察終了				
		9月1日				
10%	枝挿し 根有り	観察開始	9月23日	今も観察を続けているが、9月24日現在、葉がすべて落ちてしまった。しかし、まだ茎は青々としているため経過観察を続けている。根もたくさん出ており、新しい葉が出ることを期待している。 	開始時	終了前
		8月14日				
		観察終了				
		経過観察中				
5%	枝挿し 根無し	観察開始	8月24日 日まで	8月27日に葉がすべて落ちてしまったが、茎が青々としていたのでそのまま観察をしていた。そして、9月1日に茎の色も茶色に変色し、この時点で枯れたと認識した。	開始時	終了前
		8月13日				
		観察終了				
		9月1日				

何故 10%を根有りにしたか。それは実験 1 の結果を踏まえて考えたからだ。25%は、葉を落として行くことで生き永らえた。だが、50%は葉にまで塩が回る前に、枯れてしまったのだと考察する。つまり、葉を落とすという対策を実行できなかった。そのため早く枯れてしまったのだ。それならば、濃度を下げた条件で根と言うフィルターが有る状態では、もう少し長く生きながらえるのではないのかと思ったからだ。そのため、10%以上は根有りとした。それならば、なぜ 5%も根有りにしなかったのか。それは、最初にも書いたとおり、5%は耐えられると思ったからだ。そして、20%から、5%刻みで設定した。

## ここまでで分かったこと

- 根が有る場合 10%までなら耐えることが出来る。
- 海水濃度 5%のおじぎ草でも、根がないとかなり厳しい。
- 純海水で育てたおじぎ草は、根が有っても枯れてしまう。
- 25%なら、葉を落として生きながらえることが出来るが、50%になると出来なくなってしまふ。
- 濃度が 15%を超えると、2 週間もつのがやっとなる。



しかし、5%なら根が無くても生存できると予想していたのに、生存できなかったのは驚きだ。また、10%は9月22日現在も順調に生育中であることから、根が有れば、10%までおじぎ草は海水栽培環境下で生育できることが分かった。

## 気付いたこと

ここまでの実験で気付いたことがある。それは、海水栽培をしたおじぎ草は、葉の色が深緑色から黄緑色になったということである。疑問に思い、いろいろな場所にあるおじぎ草を見てみた。外に置いてあるおじぎ草は深緑、家の中で日光が当たらないおじぎ草は薄緑色になっている。日光が当たると薄くなるのであれば、中のおじぎ草が薄くなっているのはおかしい。どうしたことか考えて見た。その結果、こう推測した。葉が緑色なのは葉緑素が塩の影響で減ってしまい、葉の色が薄くなってしまったのではないのだろうか。



## 考察

2つの実験の結果から、考えられることがある。それは、おじぎ草の塩に対する対応の仕方についてだ。まず、濃度が5%から25%までの場合、おじぎ草は海水を吸おうとする。そして、1番上の葉を残すために、下の方の葉に塩分を集めてその葉から落とすことで生存に成功していると考えられる。だが、海水濃度が高すぎる場合は、海水とおじぎ草内の液の浸透圧差で、逆に体液を吸われてしまう。そのため、干からびたようなぐっしょりしたような感じで枯れてしまうのだ。しかし、根が有る場合は浸透圧を防いでくれるためか、おじぎ草は根の無いものより長い期間持つことが出来る。また、根が有っても、高濃度海水の場合は根がフィルター役目を果たさなくなってしまう。だが、ここで思うことがある。それは、おじぎ草が濃度によって対応を分けていることだ。これは、おじぎ草が濃度を感じ取っているということだろうか。そして、蒸散している水だが、海水ではなく真水であることが分かった。なぜかという、食紅を混ぜた水を吸ったおじぎ草の表面には赤い水は付着していなかったからだ。白いゼオライトにも色は全くついていない。つまり、塩や食紅などの溶質は細胞膜に引っかかり葉の表面に現れることが出来ないのだ。



そのことを考えるとおじぎ草は、低濃度海水であれば生存できることが分かり、なおかつ蒸散するのは真水と言う実験結果が得られた。では、砂地での栽培はどうだろう。より海に近い環境下でおじぎ草はどのような反応を見せるのか。実験してみることにした。

実験してみることにした。

### 実験 3

**方法**：水耕栽培のおじぎ草の水を海水濃度 10%と銚子の砂の混合水にし、根有りの枝挿しと根有りの葉挿しをする。

**目的**：海岸に近い状況でのおじぎ草の生育状況を観察するため。

**予想**：今までも海水のような状態で観察をつづけていたが、ここまで海岸に近い状態で観察するのは初めてだ。予想だが、砂と言う環境下で海水以外の要素も少なからず含んでいる。だが、いくらおじぎ草と言えどこの状況では厳しいのではないか。



#### 用意したもの

- ： 銚子の砂…適量
- ： 200 mlペットボトル…4 本
- ： おじぎ草の枝(根有り)…1 本
- ： おじぎ草の葉(根有り)…1 枚
- ： 銚子の海水…200 ml中 10%



**状況**：このおじぎ草は、家の縁側にて観察しているため、雨が降ると水が容器に入る。そのため、海岸に雨が浸入の状態と全く同じだ。

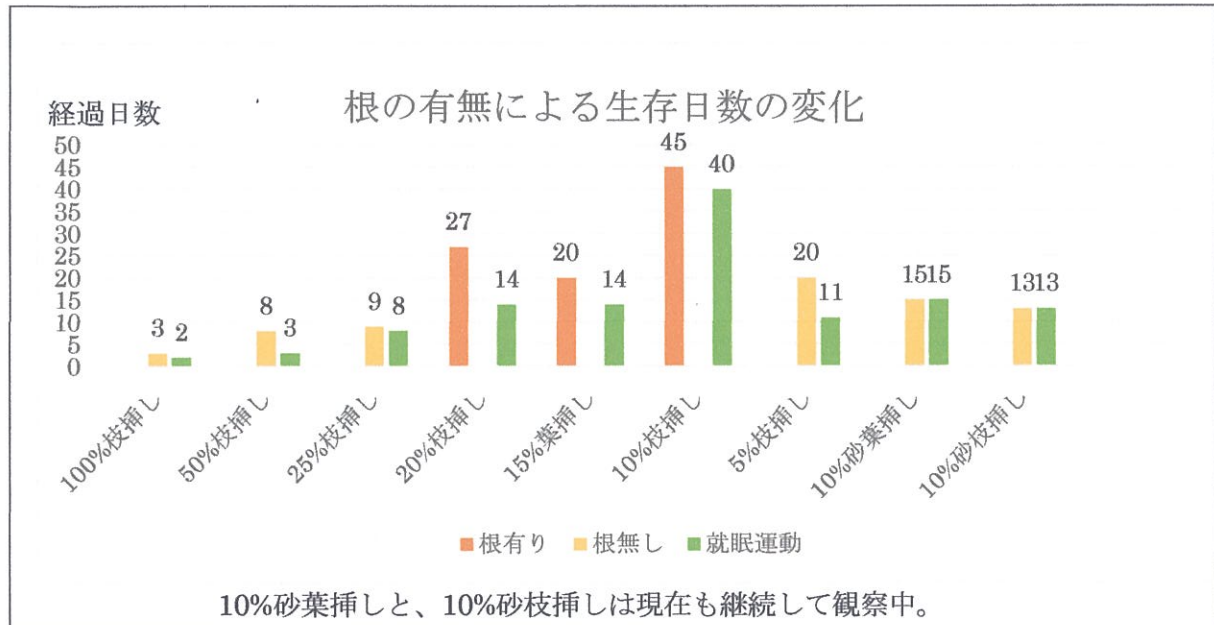
#### 結果

	観察開始・ 観察終了	就眠運動の 期間	現在の状況	写真
10% 砂 枝挿し	観察開始	問題なく運動中 観察継続中	今も、順調に生育を続けている。この枝挿しは、枝の部分を少しカットしているため少し草丈が短い。	
	9月9日			
	観察終了 9月24日 観察継続中			
10% 砂 葉挿し	観察開始	問題なく運動中 観察継続中	この葉挿しも枝挿し同様順調に生育を続けている。どちらもすでに発根しているが、葉挿しの葉柄あたりに白いぼつぼつが出てきて、これは根だと思われる。	
	9月11日			
	観察終了 9月24日 観察継続中			



## ここまでで分かったこと

- 10%であれば、砂に挿した枝挿しや葉挿しも生育をつづけることが出来る。
- 砂に挿した枝挿しや葉挿しの就眠運動に特別な影響はない。
- 砂に挿した枝挿しと葉挿しで、発育に目立った違いは見られない。



## このグラフを見て分かったこと





黄色グラフの根無しと、赤グラフの根有りを比べると、赤グラフの方が、緑グラフで示した就眠運動終了後の生存日数が圧倒的に高いということが分かる。

## 考察

今回、驚くべき事実を発見した。それは、砂の下ではなく砂の上に根が出てきたということだ。葉柄の部分に白い根の様なものが生えてきたのだ。これはどういうことなのか少し考えた結果このような考えに行きついた。砂の下はとても濃い海水が有る。そのため、そこに根を伸ばし、じかに海水を吸うのは避けたほうが良い。だが、上の部分はどうだろう。海水であることには変わりはないが、降ってきた雨水がそこに溜まっている。つまり、おじぎ草は塩分濃度がとても薄い部分を選んでおじぎ草は根を伸ばし、少しでも真水に近い水を吸収することをしているのではないのだろうか。土の上に根が生えてきているというのは見たことがない。こんなことがあるなんて驚きだ。

まるでマングローブのようだ。マングローブ植物は、土の上に根を出す傾向がある。なぜかという、マングローブは、海水で生息することのできる植物である。海水は下の方が濃い濃度の海水で、上に行くにつれて海水濃度が下がっていく。そのため、上の方に根っこを出さして薄い濃度の水を吸っているのだ。まさに、今回の砂の上に根を出すというのは、海岸に準じた環境、濃い海水の下と言う環境色々な環境に順応していると言えるのではないか。なんということだ。こんな小さなおじぎ草にこんな無限の可能性が詰まっているとは！



			
10%葉挿し	根元に白いものが	根が浮き出てきた	10%枝挿しの根元
H28・9・24 現在	H28・9・22	H28・9・22	H28・9・18

10%枝挿しの根元にもよく見ると白いものが見える。これは本来トゲであったものが何故かだんだんと白くなり先端が根のように丸くなっている。

### 10%葉挿しの根 H28・9・24



この葉挿しの根、よく見るとアーチ状になりそのわきから側根が出てきていることが良くわかる。この根のかたちは、マングローブ植物のヤエヤマヒルギなどによく見られる支柱根に酷似している。弓なりのアーチを描く支持根のそばから側根が出てきている。これはマングローブ植物の特性で、おじぎ草がマングローブ化したということだろうか。



→3日後→



また、茎の脇から出た根が3日で2倍に伸びている。茎に白くついてるのはなんと塩分か?! 茎の脇から根が出るというのもマングローブ植物に似ている。驚きだ。

9月22日 10%砂葉挿し拡大写真なんと茎の脇から根が。

9月25日 10%砂葉挿し拡大写真

## 実験 1.2.3 のまとめ

これらの実験を踏まえて、分かったことがある。それは、おじぎ草は海岸線に近い状況でも育つことの出来る可能性が高いということだ。だが、問題もある。葉挿しで根の有るおじぎ草は長く育つことが出来る。だが、根はぐんぐん育っていくが新しい茎が全く育たない。また、枝挿しで根の有るおじぎ草もそれなりに持つが、いつになっても花が咲かない。以前調べた時に「おじぎ草は、水や栄養に不自由しない状態だといつになっても花が咲かない。」というものがあつた。その状態と言うのは水耕栽培と酷似している気がする。しかし、今回の実験では海水を使っているため環境は過酷であると言える。だが、花が咲かない。これは海岸線に植えるうえで致命的なことである。なぜかという、花が咲かないと言うことは、種が出来ない。と言うことは、繁殖することが出来ないため、自生する事が出来ず人が定期的な植えたり管理したりしなければならない。

しかし当初の目的である「海水環境下での生育は可能であるか」と、「海水環境下で生育したおじぎ草の蒸散水は海水ではないか」の2点に関しては、実証することが出来た。おじぎ草が、海水の混合水でも生育することが出来るというのが分かったというのはとても大きいと思う。また、海水環境下や砂地環境下での発根を見ることが出来たのに驚きだ。今後、どこまでおじぎ草が順応していくのか。おじぎ草はマングローブのようになっていくのか。はたまた水草のようになってしまうのか。 どうなるおじぎ草。



## あしがき

おじぎ草の観察を始めて、早いものでもう1年になる。最古参のおじぎ草は400日を超え、葉挿しの最古参はつい先日100日を超えた。そうかと思えば、今日枝挿しした末っ子、開始1日で枯れかけてしまい、元の鉢の近くに挿しなおしたおじぎ草と色々なおじぎ草を見てきたが、花が中々咲かない。「水と肥料のやりすぎは花が咲かない」との定説通り、水耕栽培では花芽は出すが、次々と葉と枝、光合成の効率を上げることに力を注いでいる7月生まれの最古参おじぎ草や海水おじぎ草、砂地おじぎ草。花を咲かせる気配が、花が咲きやすい9月になっても全くない。厳しい状況にしても変わらない。そこで海岸の砂に水を少なめにし、枝も短く、一部の葉をカットした枝を挿してみた。25日間が過ぎたころ、ほかのおじぎ草より花芽が膨らんでいるように感じられる。若し花が咲いて種が収穫できれば海水にも強いDNAを持ったおじぎ草が出来るのではないか。そんな夢を持ちながら検証を続けることにした。来年、科学の芽に応募する時には、花が咲いたという嬉しい報告とともに出せたらいいなあ。

最後に、実験や観察について助言をもらった筑波植物園の方に感謝したい。



希望のおじぎ草。花が咲くかな？と思いつつ観察中。



## 参考文献

参考文献	著者	発行社	参考文献	著者	発行社
植物はすごい 生き残りかけた仕組みと工夫	田中修	中公新書	おじぎ草は なぜおじぎする？	上田実	(論文)
新マンガゼミナール 大学 生物 I	船登惟希	四国写研・ 明昌堂	気象庁ホームページ (日本の平均気温の変化)	気象庁	(HP)
中学入試マンガ攻略 BON! 理科 水溶液・期待・物の燃え方	木村紳一	<b>Gakken</b>	明治大学・成田社会人大学修学士論文 梅雨空に眠りを愚図るおじぎ草	高垣隆弘	(論文)
世界の葉と根の 不思議のかたち	湯浅浩史	こだわり アカデミー	視覚でとらえる科学図録	(発行)星野泰也	数研出版
植物は動いている	清水清	あかね書房	視覚でとらえる生物図録	(発行)星野泰也	数研出版
葉っぱのふしぎ	田中修	ソフトバンク クリエイティブ株式会社	異端の植物 「水草」を科学する	田中法生	ペレ出版