

海水で発電はできるか ～未来の浸透圧発電～

静岡県沼津市立大岡中学校
3年 眞辺 千尋

1 動機

僕はよく釣りに行くので、自分にとって身近な海を研究しようと思った。海について普段から感じていた疑問について調べていたら、海水を使った浸透圧発電というものを知った。

浸透圧の図を初めて見た時、「なぜ浸透圧が起こるのだろう」と、疑問をもった。しかも、浸透圧発電は実用化されていないということから、さらに研究したいという思いが強くなった。

研究を始めてから3年がたち、すっかり釣りには行かなくなったが、浸透圧発電への興味は持ち続けているので、引き続き浸透圧の研究をしようと思う。昨年までは海水のしょっぱい理由について調べ、全国各地の海水の濃度を測った。そして、大きな浸透圧を発生させるには、発電に使う海水の濃度を濃くして、発電に使う半透膜という膜の面積を大きくすれば良いことが分かった。さらに海水の濃度と浸透圧、半透膜の面積と浸透圧が比例していることもわかった。浸透圧発電の要である半透膜を用いて濃縮海水を製作することも試みた。砂糖水で浸透圧を発生させると、塩水よりも大きな浸透圧を発生させることが去年の実験で分かった。そして昨年、自分で浸透圧発電を行うことに成功した。今年は発電というところから離れて、去年の実験から分かっていた、「同じ濃度で砂糖水のほうが塩水より大きな浸透圧を発生させる」ことについて追及していきたい。

2 浸透圧について

(1) 浸透圧とは

浸透圧発電とは、真水と塩水を半透膜で仕切って、真水から塩水にかかる圧力を利用して発電するものである。

浸透圧の圧力で、タービンを回して発電をする。

落差 600mの水力発電システムと同じ発電能力を、浸透圧を利用して直径 20cm、長さ 1m の膜モジュール内で実現しようとするものである。

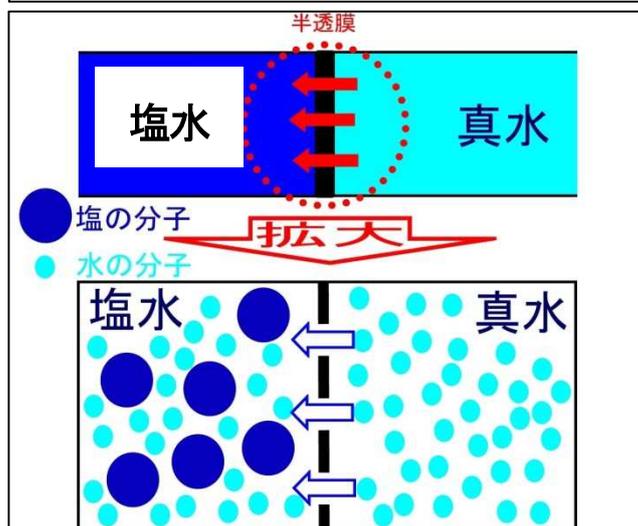
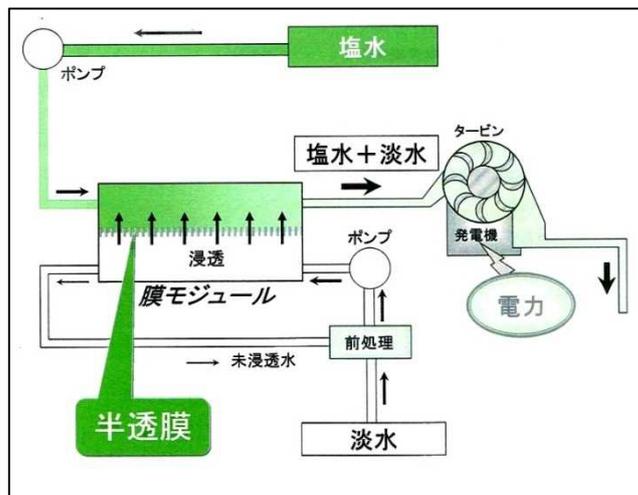
浸透圧発電は半透膜があることで成り立っているので、半透膜についても調べてみることにした。

(2) 半透膜とは

塩水と真水を半透膜で仕切る。すると、半透膜には 1nm (0.000001mm) の小さな穴が開いているので、その穴から水だけが通る。右図のように、塩水側に水の分子が浸透していく。この塩水から真水の方へかかる圧力を浸透圧という。

(3) まとめ

浸透圧発電は、真水と海水と半透膜で成り立っていることが分かった。そのなかでも、半透膜はとても大事な役割を果たしており、浸透圧発電の心臓部といえることが分かった。



半透膜は塩の分子を通さない性質があった。ならば、塩と並んで身近な存在にある砂糖の分子も通さないであろうと考えた。塩水と砂糖水、この2つの水溶液で浸透圧を発生させたらどうなるのか、疑問に思った。

3 真水と塩水で浸透圧実験

(1) 真水で浸透圧実験

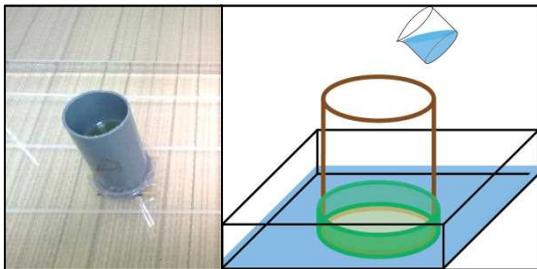
ア 内容

半透膜は塩の分子を通さない性質があった。ならば、塩と並んで身近な存在にある砂糖の分子も通さないであろうと、昨年考えて塩水と砂糖水、この2つの水溶液で浸透圧を発生させる実験をした。その結果、砂糖水のほうが大きな浸透圧を発生させた。なぜこの結果になるのかわからないので、今年も引き続き追及したいと思った。

まずは真水を用いて浸透圧なしの状態に対照実験を、予備実験もかねて行うことにした。

イ 実験方法

昨年までとは大きく変わった装置を使用する。灰色の長い水道管、短く切った透明の水道管、10cm 四方の半透膜 (右図はわかりやすくするため半透膜の代わりにセロハンを使用) を使った装置である。



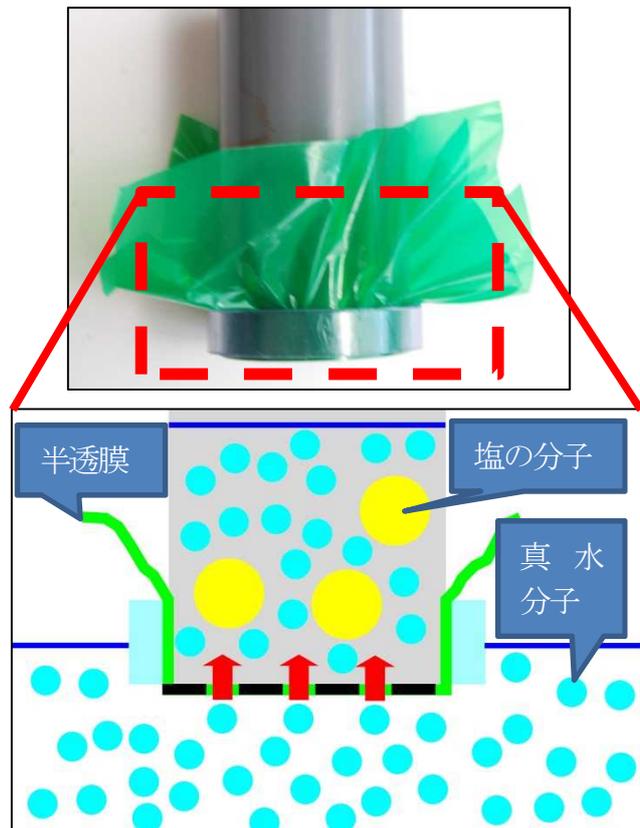
こうしてできた装置は左図のように使用する。水道管の中に水溶液を入れることで、水槽の真水と水溶液が半透膜を仕切りとしてわかる。

右図は装置内で浸透圧が起こる原理を図にしたものである。装置に水溶液を入れると、水槽の真水が半透膜を通過して装置内に浸透する。すると、装置内の水溶液が増加し、装置自体の質量が増えることになる。どれだけの真水が装置内に浸透したか、つまり装置の質量がどれだけ増加したかで浸透圧の大きさを比較することにした。

装置Aと装置Bと、同じ装置を2つ作って、実験をするごとに半透膜を取り換えた。そのため、装置自体の質量が毎回変わってしまうため、実験をするごとに装置自体の質量も記録する。



この実験は20分間行った。



ウ 予想

砂糖水と塩水を比較する際の予備実験、対照実験として、真水を装置内に入れて実験する。浸透圧が発生していない状態を観察する。今回は真水という1つの条件なので、AとBで同じ実験を行い、その平均を出す。装置の質量は実験前に比べて減少すると思う。装置内の水位が水槽の水位よりも高くなるから、装置内の真水が水槽内に移動すると考えた。

エ 結果

どちらの装置も、装置内の真水が減少してしまった。AとBの平均より0.15g減少してしまうことが分かった。これは、装置内の水位が水槽の水位よりも高くなるから、装置内の真水が水槽内に移動して質量が減少するという、予想通りの結果になったといえる。

真水での実験の結果もわかり、予備実験もできたので砂糖水と塩水を比較してみたい。

(2) 塩水と砂糖水で浸透圧実験

ア 内容

真水での実験ができたので、本題の砂糖水と塩水での実験に入る。同じ濃度の塩水と砂糖水で浸透圧を発生させる。昨年は砂糖水のほうが大きな浸透圧を発生させたという結果が得られたのだが、本当にそうなるのか、今年は何回か実験を行って平均を出して検証したい。

イ 実験方法

真水実験のときと同じ装置を用い、同じ条件で行う。塩水と砂糖水は、それぞれ25%の濃さにする。塩水の飽和水溶液の濃度が約25%だからだ。装置自体の質量を量り、装置に100.00gの水溶液を入れる。

1回目は、Aに塩水をBに砂糖水を入れる。2回目は逆に、Aに砂糖水を、Bに塩水を入れる。これを4回繰り返し、その平均を出す。

| | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 装置A | 砂糖水 | 塩水 | 砂糖水 | 塩水 |
| 装置B | 塩水 | 砂糖水 | 塩水 | 砂糖水 |

見分けがつくように、砂糖水は黄色に、塩水は赤色に着色した。

ウ 予想

同じ濃度の塩水と砂糖水なので、浸透圧の大きさに大差はないと思う。昨年得られた「同じ濃度の砂糖水と塩水では、砂糖水のほうが大きな浸透圧を発生させる」という結果は、実験中に発生してしまった誤差であると予測した。

エ 結果

| 1回目 | 装置A | 装置B |
|----------------|--------|--------|
| 溶質、濃度(%) | 砂糖、25 | 塩、25 |
| 装置の質量(g) | 47.33 | 48.04 |
| 入れた水溶液の量(g) | 100.00 | 100.00 |
| 最後の質量(g) | 147.65 | 149.58 |
| 浸透圧による質量の増加(g) | 0.32 | 1.54 |

| 2回目 | 装置A | 装置B |
|----------------|--------|--------|
| 溶質、濃度(%) | 塩、25 | 砂糖、25 |
| 装置の質量(g) | 47.36 | 48.05 |
| 入れた水溶液の量(g) | 100.00 | 100.00 |
| 最後の質量(g) | 148.67 | 148.75 |
| 浸透圧による質量の増加(g) | 1.31 | 0.70 |

| 3回目 | 装置 A | 装置 B |
|----------------|--------|--------|
| 溶質、濃度(%) | 砂糖、25 | 塩、25 |
| 装置の質量(g) | 47.35 | 47.93 |
| 入れた水溶液の量(g) | 100.00 | 100.00 |
| 最後の質量(g) | 147.78 | 149.04 |
| 浸透圧による質量の増加(g) | 0.43 | 1.11 |

| 4回目 | 装置 A | 装置 B |
|----------------|--------|--------|
| 溶質、濃度(%) | 塩、25 | 砂糖、25 |
| 装置の質量(g) | 48.05 | 47.42 |
| 入れた水溶液の量(g) | 100.00 | 100.00 |
| 最後の質量(g) | 149.27 | 148.11 |
| 浸透圧による質量の増加(g) | 1.22 | 0.69 |

同じ濃度の砂糖水と塩水で実験をしてみた。真水で実験したときは、質量が減少したが、砂糖水、塩水で実験した場合は質量が増加したので、浸透圧が発生し、その影響で装置の質量が増加したといえる。そして、先ほどの4回の砂糖水、塩水の実験結果の平均が右の表である。

| | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 平均 |
|-----|-------|-------|-------|-------|--------|
| 砂糖水 | 0.32g | 0.70g | 0.43g | 0.69g | 0.535g |
| 塩水 | 1.54g | 1.31g | 1.11g | 1.22g | 1.295g |

同じ濃度の塩水と砂糖水では、予想に反して塩水のデータのほうが大きい浸透圧だった(装置の質量がより増加した)。

昨年との結果とは異なるが、今年は4回の平均をとり、4回とも塩水のほうが大きな浸透圧を発生させたので、塩水のほうが大きな浸透圧を発生させるということ結論とする。

4 考察

昨年残った疑問について実験した。今年行った実験は、前年までとは大きく異なった実験装置を用いた。昨年までの装置は、塩水や砂糖水を入れるという作業が大変で、時間がかかってしまうので、水溶液を入れている最中にも浸透圧が発生してしまうという事態が発生していた。これらの問題をなくす新たな装置を考えるのに、たくさんの案を出して、たくさんの試作品を作ることが大変だった。しかし、こうしてできた今年の実験装置は、水溶液を入れるという作業がとてもスムーズに行うことができ、何回も繰り返し実験を行うという点で優れている。昨年の課題を解決した装置である。苦労して実験装置を検討してよかったと思う。

「同じ濃度の砂糖水と塩水では、砂糖水のほうが大きい浸透圧を発生させた。」という昨年の結果に対して、今年は4回の実験から「同じ濃度の砂糖水と塩水では、塩水のほうが大きい浸透圧を発生させた。」という結果を得られた。

4年間継続してこの研究に取り組んできた。1年目は、浸透圧発電のことについて知りたくて、各地の海水を採取して濃度を測った。そして東京工業大学の谷岡教授に浸透圧発電についてのお話を伺うことができた。2年目は実際に浸透圧発電の実験を行っている設備があるということで、長崎まで行った。興味深いお話を聞くことができ、実験施設も見ることができた。3年目は、1、2年目の浸透圧実験の結果を生かして、自分で実際にLEDを点灯させるという形で、浸透圧発電を行うことができた。しかしそれは、大がかりな装置で、25%という実際の海水よりも濃い濃度の塩水を用いての発電だった。そのこともあり、浸透圧だけで発電をするのは難しいことだと思った。ただ、ほかの発電方法と組み合わせたり、もっと発電方法が改善されれば新たな発電となることは間違いないと思う。来年以降も継続して研究を続けていきたい。

最後に、この研究にご協力いただいた学校の先生、実験の手伝いをしてくれた家族、研究資金を提供していただいた公益財団法人山崎自然科学教育振興会の方々に感謝をしたいと思います。