

4. 海水を使った発電はできるのか ～未来の浸透圧発電～

沼津市立大岡中学校

2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2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、一昨年から引き続き浸透圧の研究をしようと思う。一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。そして実際に浸透圧発電を行っている東京工業大学特任教授の谷岡先生にお話を伺い、とてもいいお話をお聞かせいただいた。昨年は長崎にある実際の発電所も見学させていただくことができた。今年は、「浸透圧は塩水以外の水溶液を使っても起きるのか」、研究を始めた時からの目標である、「実際に発電をしてみる」、この2つをやりたいと思う。

2 浸透圧について

(1) 浸透圧発電とは

浸透圧発電とは、塩水と淡水を半透膜で仕切って、淡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。

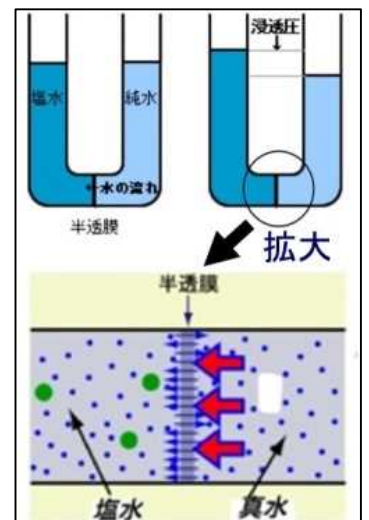
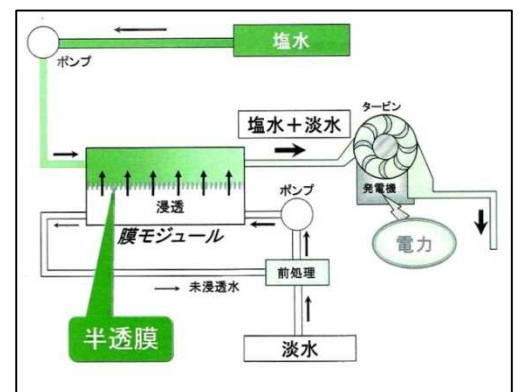
(2) 半透膜とは

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どんどん浸透していくために、水位が上昇していく。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。

半透膜には「真水は通すが塩は通さない」という性質があった。その性質を利用して、海水から真水を作る施設があることを昨年知った。浸透圧発電と逆の原理を利用していた。真水を作ると倍の濃さになった濃



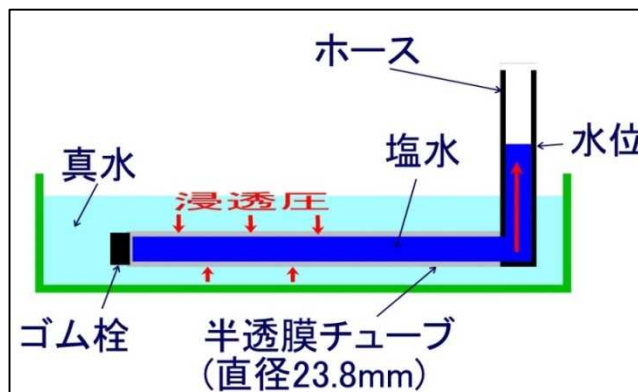
縮海水と一緒に出てくるので、自分で濃縮海水を作ることはできないかと考えた。

3 塩水と砂糖水で浸透圧を発生させたらどうなるか？

(1) 同じ濃度の塩水と砂糖水ではどうなるか？

ア 内容

いままで僕が浸透圧の実験をする際に使用してきたのは塩水だった。しかし、「塩水ではなく、砂糖水で浸透圧を発生させたらどうなるのだろうか」と思った。右図のような装置を使って、浸透圧の大きさを調べる実験をする。

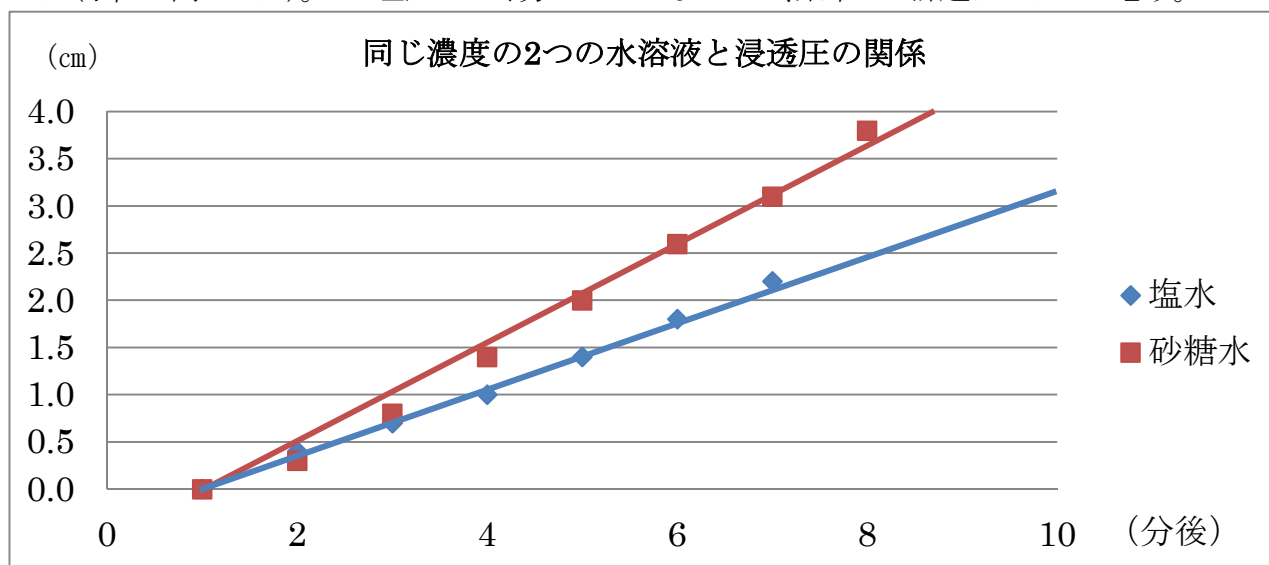


イ 予想

塩水も砂糖水も、同じ割合で水に溶けている。なので、発生する浸透圧に違いはないと考えた。よって塩水と砂糖水での違いはないと思う。

ウ 結果

同じ濃度の砂糖水と塩水で実験をしてみた。その結果、どちらも水位上昇と時間が比例していた。そして、予想とは違い、最初から最後まで砂糖水のデータのほうが大きい浸透圧だった(水位が高かった)。この理由がよく分かっていないので、来年への課題にしたいと思う。



次に、塩と砂糖の飽和水溶液で浸透圧を発生させたらどうなるか疑問に思ったので実験することにした。

(2) 塩と砂糖の飽和水溶液ではどうなるか？

ア 内容

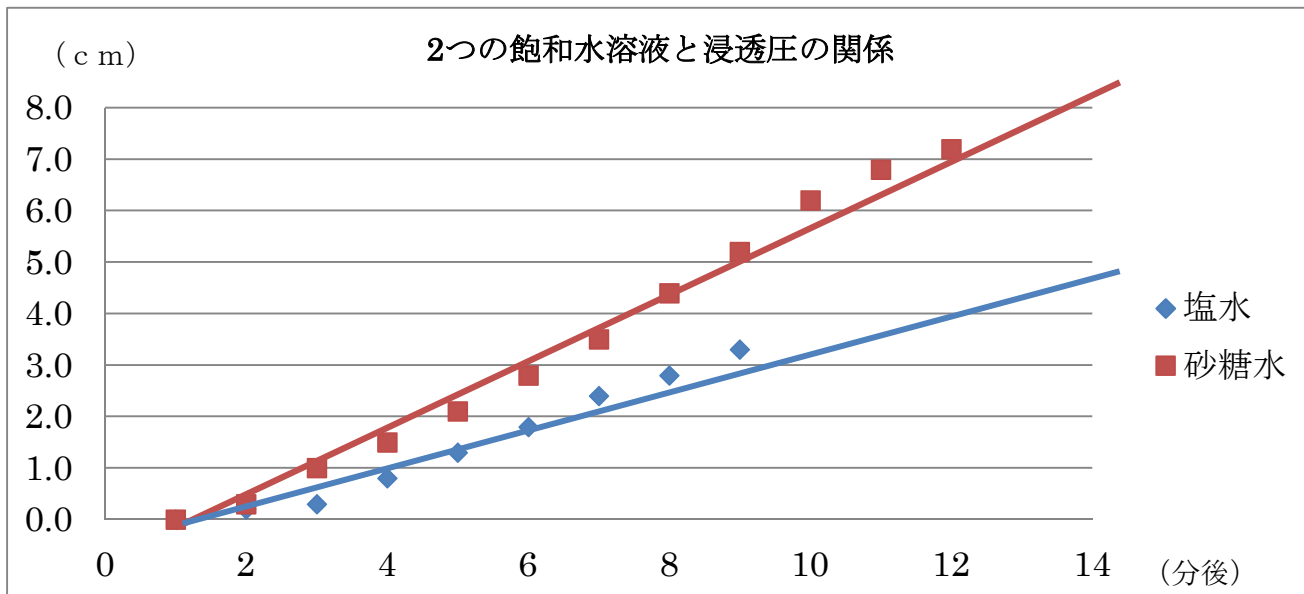
先ほどの実験では同じ濃度で実験を行った。塩と砂糖をそれぞれ限界まで溶かした飽和水溶液で実験をしたらどうなるのか不思議に思い、実験することにした。

イ 予想

100gの水に、塩は25gほどしか溶けないのに対して砂糖は約60gも溶ける。なので、濃度のより高い砂糖水の方が大きな浸透圧を発生させると思う。

ウ 結果

どの値とも比例し、予想通り砂糖の飽和水溶液の方が大きな浸透圧を発生させた。



(3) まとめ

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。

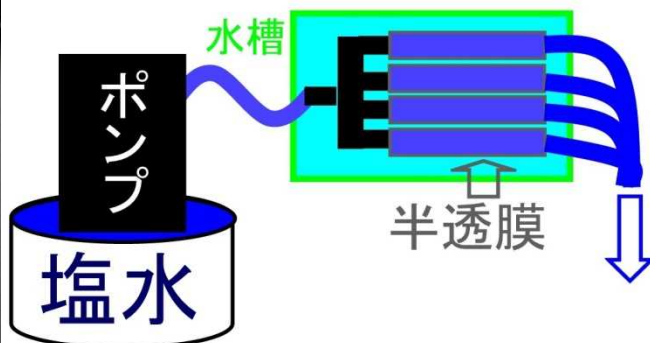
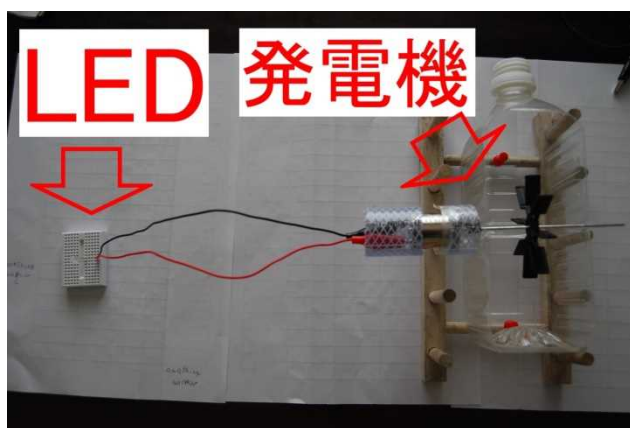
また、塩水の飽和水溶液と砂糖水の飽和水溶液では、濃度の濃い砂糖の飽和水溶液のほうが大きい浸透圧を発生させた。

つぎは、研究を始めた時からの目標である、発電実験の準備をしようと思う。

4 実際に浸透圧発電はできるのか？

(1) 実験方法

今回、自分で浸透圧発電をするにあたり、右図のような方法で行う。25%の塩水、観賞魚飼育用のポンプ、150 cmの半透膜チューブを4本使用する。そして、自分で製作した右図の発電機を使用して発電をする。



(2) 実験結果

右図のように、5.5mAの電流と1.9Vの電圧を得ることができた。そして、LEDを点灯させることもできた。ちなみに、塩水ではなく真水を送って発電したときの値は5.0mA、1.9Vであった。



5.5mA



1.9V

(3) まとめ

水で発電したときと同じく、LED も点灯したので、浸透圧発電はできたといえる。真水で発電をしたら 5mA、塩水で発電をしたら 5.5mA の電流を得ることができた。

20%の塩水 20600mL をポンプで送り、150cm×4 本の半透膜内を通した。すると、浸透圧により、塩水は 19.4%に薄まり、22750mL の塩水が出てきた。塩水で発電をすると、真水で発電をするときより 2150mL 多い水量を得られた。この差が電流 0.5mA に現れたのだと思う。

塩水で発電をする時に使った半透膜は、150cm×4 本だったが、実際に水に浸かっている半透膜の長さを測ってみた。すると、435cm であった。この半透膜はチューブ状のものであり、直径は 23.8mm (2.38cm) だった。ということは、水に浸かっていた半透膜の面積は、「 $435 \times 2.38 \times 3.14 = 3250.842$ 」となり、約 3250cm^2 となる。この 3250cm^2 に 2150mL の真水が浸透したということだ。

真水の実験の時と比べて、電圧は 1.9V と変わらなかった。しかし、電流を比べてみると、5mA から 5.5mA となった。電力 (W) = 電圧 (V) × 電流 (A) だから、
「ポンプの圧力⇒ $1.9\text{V} \times 5\text{mA} = 0.0095\text{W}$ 」

「ポンプの圧力+浸透圧⇒ $1.9\text{V} \times 5.5\text{mA} = 0.01045\text{W}$ 」

これにより、

「ポンプの圧力で 0.0095W の電力が作られた」

「ポンプの圧力+浸透圧で 0.01045W の電力が作られた」

といえるであろう。

「 $0.01045\text{W} - 0.0095\text{W} = 0.00095\text{W}$ 」から、浸透圧だけで 0.00095W の電力を生み出すことができた。よって、**浸透圧を利用した発電ができた**。といえる。

5 考察

今年新たに持った疑問があった。それが「塩水と砂糖水で浸透圧を発生させたらどのような違いが出るのか」ということだった。20%の塩水と砂糖水、25%の塩水、60%の砂糖水で実験をした。なかなか水に溶けなくて大変だった。そうして得られた結果は「同じ濃度の塩水と砂糖水では、砂糖水のほうが大きい浸透圧を発生させる。」「塩の飽和水溶液と砂糖の飽和水溶液は、砂糖の飽和水溶液のほうが大きい浸透圧を発生させる。」ことだった。

そして研究開始の時から目標である浸透圧発電を自分で行うための準備に取り掛かった。まずは発電をするための水車を製作した。6 種類の水車と 3 種類のモーターの中から選んで、ベストな水車を作った。この水車と、20%の塩水、150cm×4 の半透膜を使って、浸透圧発電を行った。その結果、LED を点灯させることができたので、とてもうれしかった。しかし、それにより得られた電流は 5.5mA だった。これは決して大きな値だとはいえないであろう。どうしたらもっと大きな電力を生み出せるのか、これからも研究していきたい。さらに、砂糖水と塩水の比較実験で、砂糖水を使ったほうが大きい浸透圧を生み出せるということが分かった。しかし、はっきりとした理由が分かっていない。この点も含めて、来年への課題としたい。

最後に、この研究にご協力いただいた学校の先生、静岡科学館る・く・るの講師の方々、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の方々に感謝をしたいと思います。本当にありがとうございました。