

燃料電池の性能4 ～マグネシウム空気電池の走り～

浜松市立光が丘中学校
2年 大多和 良季

1 研究の動機

小学1年のときに、遊びで作ったトレイ船がどうすれば良く進むか知りたくなりトレイ船に風をあてて、よく進む船を調べました。そこから、模型を使って船や車の進み具合について調べるようになりました。2年生では、自作のトレイ船にプロペラをつけて進ませ、3年生では理科の授業「風やゴムのはたらき」の学習で使った模型車で実験をしました。4年生でも、学校の授業で使ったアクティブレーサーというモーターカーで、乾電池と太陽電池で進み具合がどう違うか調べました。5年生では、ルクスという燃料電池車を使い、太陽光発電と手回し発電機と乾電池と燃料電池の性能を比べました。6年生では、Hレーサーという燃料電池車を購入して、5年のときのルクスと性能を比較しました。中学1年でも、Hレーサーを使い、燃料電池車とモーターカーのパワーを比べました。その後、ネットでマグネシウム燃料電池カーが販売されていることを知り、マグネシウム燃料電池とはどんなものなのか、どのくらいの性能があるかを、今年は調べてみようと考えました。

2 研究の目的

マグネシウム燃料電池を調べてみると、マグネシウムと炭素を電極とし、食塩水を電解質水溶液として発電するようだ。マンガン乾電池などの化学電池と同じ原理で発電しているのではなく、空気中の酸素を使って発電しているためマグネシウム空気電池といい、燃料電池に分類されるとわかった。

マグネシウム空気電池は、水や食塩水を入れなければ、マグネシウムは減らないため、現在非常用の発電装置として販売されている。古河電工のマグボックスは水さえ入れれば、スマホのフル充電が30台できると書かれている。

マグネシウム循環社会協議会の資料によると、玉川大学と共同して、マグネシウム燃料電池の車を開発しているようだ。また、マグネシウムが電解質に溶けてできた塩化マグネシウムに熱を加え、金属のマグネシウムに戻す太陽炉の開発も進んでいる。次世代の電池は水素燃料電池なのかマグネシウム空気電池なのか、性能を比較してみたいと考えた。



3 研究の方法

今回、イーケイジャパン社のエレキット、①マグネシウム燃料電池カー、②燃料電池ミニバギー、③4WD燃料電池カーの3台を購入し、食塩水の量や濃度によって、走る距離や速さがどのように変わるか調べ、マグネシウム空気電池の性能を考えました。

(1) 実験① 食塩水の濃度を変えたとき、マグネシウム燃料電池車の走りがどう変わるか調べる。

0%、5%、10%、15%、20%、25%の食塩水を作り、燃料電池カー①にスポイトで2滴入れてどれくらい走るか測定する。

燃料電池カー①は試運転で走らせたところ、電極付近の接触不良なのか走り出してもすぐに止まってしまうことが多かったので、走った距離ではなく燃料電池Hレーサーでも採用したタイヤが空回りした時間を測定することにした。



(2) 実験② 食塩水の量を変えて、マグネシウム燃料電池車の走り具合がどう変わるか調べる。

基準の濃度（食塩 1 に対し水 5）の食塩水をスポイトで 1 滴、2 滴、3 滴とマグネシウム空気電池に入れる食塩水の量を増やしながら燃料電池ミニバギー②を走らせ、走った時間と距離を測定する。

3 台の中でミニバギー②が一番安定した走りをするため走る距離を測定することとした。



(3) 実験③ マグネシウム燃料電池車のパワーを測定する。

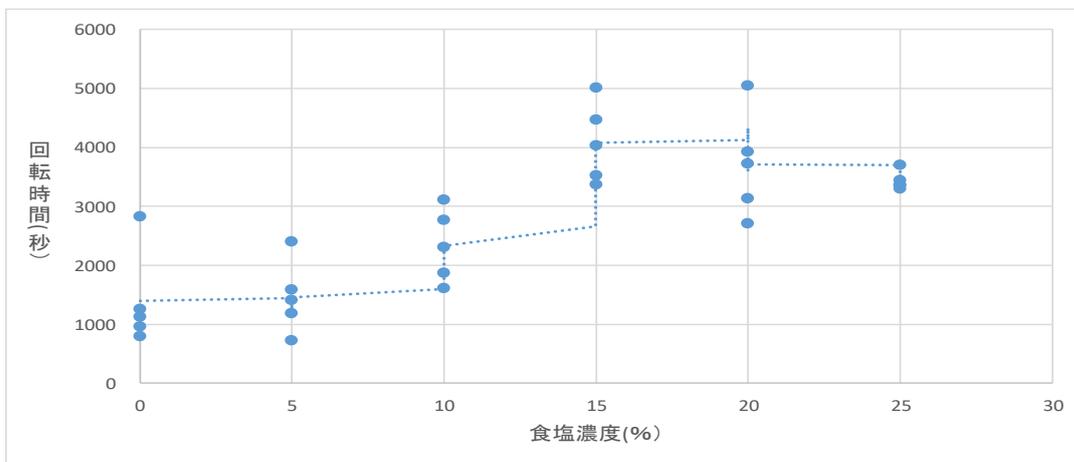
水素燃料電池Hレーサーやモーターカーのアクティブレーサーと比べるため、同じおもりを 4WD 燃料電池カー③の後に台車をつなぎ、どれくらいの速さで引っ張ることができるか調べる。基準の食塩水を 2 滴入れ、5 m 走る時間を測定して平均の速さを出すことにした。

4WD 燃料電池カー③は質量も一番大きく、4 輪駆動でタイヤのゴムのグリップ力も大きく、3 台の中で一番パワーありそうなので、4WD 燃料電池カー③を使うこととした。



4 実験の結果

(1) 実験① 食塩水の濃度とマグネシウム燃料電池車の空回り時間



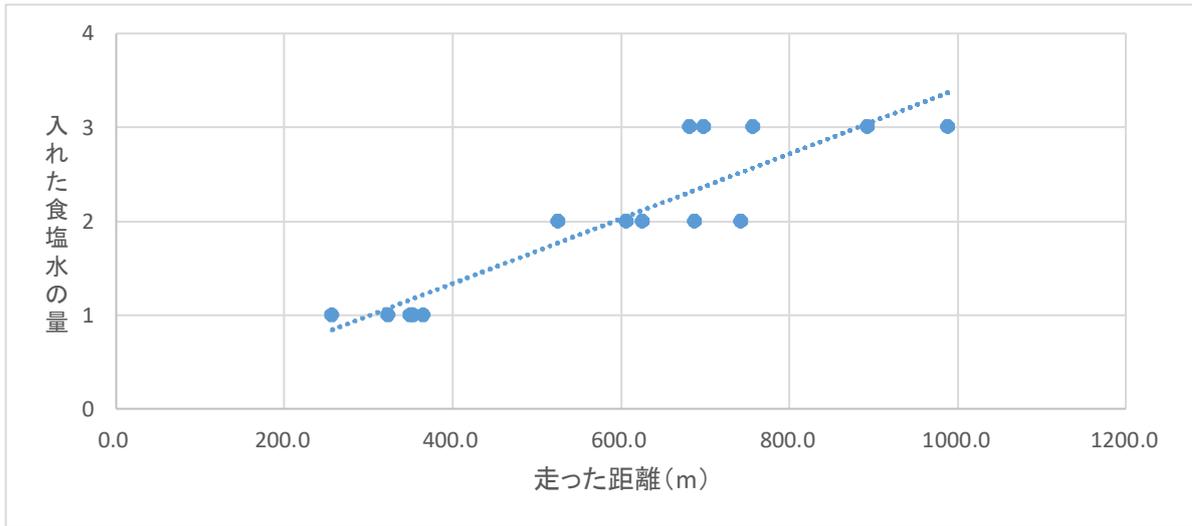
マグネシウム燃料電池カー①は、車体もタイヤもとても軽く、タイヤの回転が非常に速い。そのためか走りに安定性がなく、タイヤの空回り時間にばらつきが大きかった。食塩濃度が 0% で電気は起きないと思っていたが、3 回目に 47 分以上もタイヤが回ったのにはとても驚いた。水道水を使ったため、水道水には消毒等でイオンが含まれていると聞いた。イオンが含まれていれば、電解液になり電気を作ることができる。2 回目以降になれば、溶け出したマグネシウムイオンが存在するため電気は流れ、3 回目にほどよく反応したのではないかと考えた。

実験結果より、食塩が入っていないときより、入っているときの方が基準の食塩水の濃度までタイヤもよく回った。食塩濃度が濃い方がより性能が良いと思ったが、濃すぎてもだめだとわかった。

基準の食塩水あたりの濃度で、マグネシウム空気電池の起電力は 1.5V 以上で乾電池なみの電圧を持っていることがわかった。それ以上に食塩の濃度が上がると起電力は下がってしまった。また、マグネシウムの変色、腐食により走行時間だけでなく、電池の起電力もばらつきが大きかった。

説明書には、基準の塩水のときに一番効率がよく、1 回の発電で 15 分程度、マグネシウム 1 枚で 3 時間程度動作すると書いてあったが、基準の食塩濃度あたりで一番電圧が高く、機動時間も長くなることが確かめられた。

(2) 実験② 入れた食塩水の量とミニバギー走った時間と距離

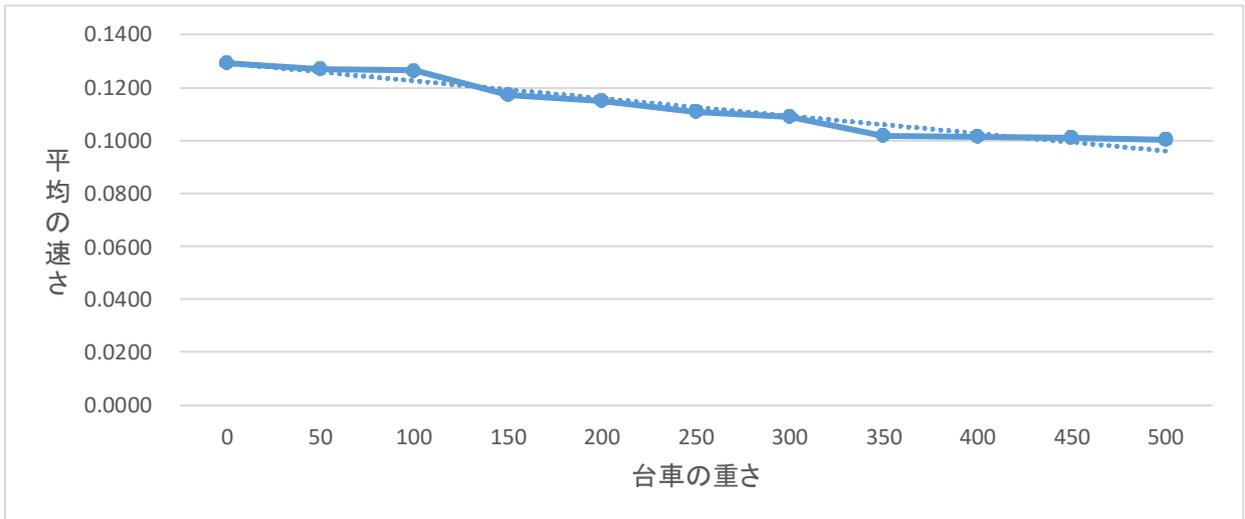


ばらつきはあるが、食塩水の量を1滴、2滴、3滴と増やしていったら、走行時間も距離は比例的に増えていった。ばらつきは、マグネシウムの変色、腐食によるところが大きいと思う。

マグネシウムや不織布、黒色電極の大きさを大きくしていけば、食塩水の量を増やすことで、もっと発電時間も走行距離も伸ばせると思う。ただ、電流を流すために消費するのはマグネシウムで、食塩水は、マグネシウムが溶けて塩化マグネシウムが作られる。食塩水の量よりもマグネシウムの量が走行時間に関わっていると思う。

(3) 実験③の結果

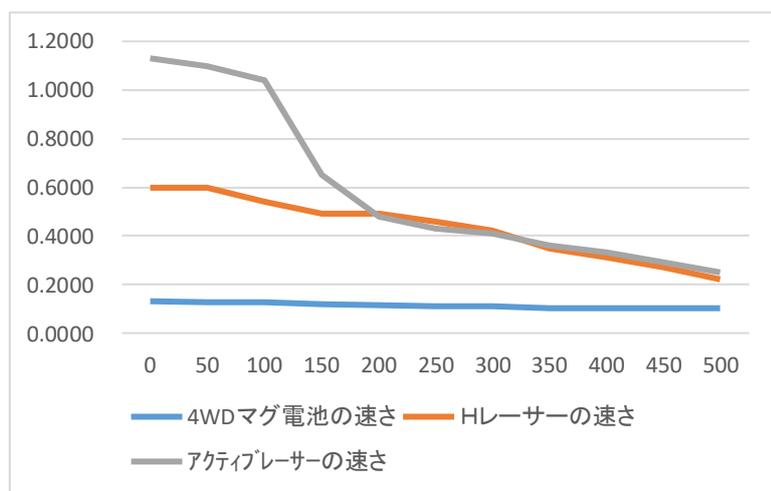
ア 4WD燃料電池カーが台車を引いて5m進んだときの平均の速さ



台車に乗せるおもりの重さが増えるほど、5m進むのに時間がかかり、そこから計算した速さも比例的に遅くなっていった。

4WDカー③は前輪も後輪にも駆動力が伝わり、タイヤが回転する。その分、エネルギー的には消費する。そのため、スピードは遅いが、台車を引いても安定した走りができたと思う。

イ マグネシウム燃料電池車と水素燃料電池車（Hレーサー）と乾電池車（アクティブレーサー）の台車を引くときの速さの比較



マグネシウム空気電池の4WDカーは、最初からスピードがないが、重くなる台車を引いても、速さの下がり具合が少ない。台車の重さの影響を一番受けていない走りをした。

自転車でもそうだが、ギアを変えると小さい力でも坂道を楽に上ったり、同じ回転スピードでも速く走ったりすることができる。4WDカーは車輪のところに大きなギアがついているのでギア比で遅い速さでも、安定して力強く走ることができると思う。

7 まとめ

マグネシウム空気電池のマグネシウムが食塩水に溶け出すところから電気（電子）が作られる。マグネシウムが溶けて減っていくことで、電池の寿命は減っていく。また、食塩水中の塩化物イオンとマグネシウムイオンが結びついてできる塩化マグネシウムという物質が不織布やマグネシウムにつくため、電流の流れを邪魔する。今回のマグネシウム空気電池カーでは、4～5時間、走行距離で3kmぐらい、マグネシウムは大きさが半分以下でボロボロになってしまった。子どものおもちゃとしては十分かもしれないが、この電池で1000kg以上の乗用車を走らせるとなると、この模型車の1万倍の2kg以上のマグネシウムが計算上必要となる。水素燃料電池は、水素と酸素が結びついて、水しか排出しない。しかし、マグネシウム空気電池は塩化マグネシウムという物質が作られる。空気電池の性能の邪魔をせずに、塩化マグネシウムを排出または回収できるしくみも必要となってくる。市販されている非常用のマグネシウム空気電池は使いたいときに水を入れて1回使うと、もう使えない。乗用車に使うとなると1回のみを使い捨てというわけにはいかない。現在、研究が進んでいるとはいえ、マグネシウム空気電池で乗用車を走らせるにはまだまだ開発が必要で、水素燃料電池の利便性には及ばない電池といえる。

8 反省、今後の課題

今回、マグネシウム空気電池の模型車の性能を調べ、燃料電池よりたくさん走ったため、1回1回の測定に時間がかかった。また、マグネシウムと電極の接触具合で測定結果に、ばらつきが多く、マグネシウム電池の性能の特徴をつかむことが大変だった。水素燃料電池は水素を作って、注入しないと走り出さないが、マグネシウム空気電池は食塩水を入れるだけで、手間がかからずすぐに走ることができた。しかし、マグネシウム空気電池は使用すると、マグネシウムがボロボロになってしまう。車に使うとなるとマグネシウムが大量に必要になる。さらに、食塩水がうまくしみこまないと走るのに時間がかかったり、途中で止まったりしてしまう。そうすると、やはりパワーがあり、エネルギー変換効率がよい充電式の方が良いということになる。電気自動車やガソリンエンジンの車より性能が良く、環境に優しい車としては、水素燃料電池の方が良いのだろう。

マグネシウム空気電池は今、非常用の電池などで使われている。車に使うのは難しくても、非常用電池のように少ないマグネシウムでも使うことのできるものなら他にもいろいろなところで使われることになると思う。今後も、環境に良い電池の性能を調べてみたいと思う。