

太陽熱利用マグネシウム燃料電池システムによる駆動実験

所属先 山梨大学大学院医学工学総合教育部
機械システム工学専攻武田研究室
氏名 羽鳥寛史 松野準也 渡邊晃子 大久保樹
栗山慎司 田中大輔 中込祐作

1. 緒言

近年、人口増加や経済成長に伴い、世界のエネルギー消費量が急増しており、限りあるエネルギー資源をどのように利用していくかは、今後の大きな課題となっている。

そこで、私たちは、新しいエネルギー資源として期待されるマグネシウム (Mg) 燃料電池に着目した。Mg 燃料電池は、エネルギー密度が高く、現在主流となっているリチウムイオン電池の約7倍の電力を取り出すことができる。Mg 燃料電池は、二次電池のように充電することができない一次電池の一種であるが、放電後の酸化 Mg を太陽光エネルギーにより還元処理することで、電池として再利用することが可能であり、有害物質も排出しないため、環境に優しい再生可能エネルギーシステムの一つとして分類できる。

本提案では、身近に存在する部品を用いて Mg 燃料電池を製作し、太陽エネルギーを利用した発電システムを構築する。具体的には、太陽光を熱源とするソーラークッカーによりお湯を沸かし、お湯を電解液として発電する Mg 燃料電池を製作する。この Mg 燃料電池による発電電力を利用したモーター駆動システムを構築する。

2. 実験に用いる装置及び原理

2.1 Mg 燃料電池

現在、企業や大学等で研究開発が進められている Mg 燃料電池は、正極活性剤に酸素、負極活性剤に Mg、電解液に食塩水を用いている。

今回私たちが製作する電池は、正極に炭、負極に Mg リボン、電解液に水 (お湯) を利用し、Mg 燃料電池が駆動する温度に保持する。Fig.1 に電池の概略図を示す。この電池の作り方は、炭にティッシュペーパーを巻き、その上から Mg リボンを巻く。これをビーカー等に入れてお湯を注ぐと、Mg がお湯と反応し発電する。原理としては、Mg が水 (お湯) と反応すると電子を放出し、炭に吸着した酸素が電子を受け取ることにより、電流が流れる。

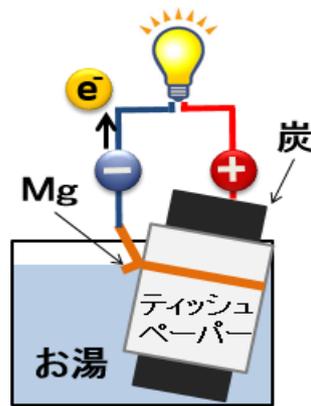


Fig.1 電池の概略

2.2 ソーラークッカー

Mg 燃料電池に用いるお湯の加熱，保温には，太陽熱を利用する．ソーラークッカーは，Fig.2 に示すように，反射鏡を用いて太陽光を熱エネルギーに変換し，蓄熱することで調理を行う道具である．海外では様々な形のソーラークッカーが作られ，エネルギー不足の国の支援などにも活用されている．

ソーラークッカーは，構造により大別すると，ボックス型，パラボナ型，パネル型の3つに分類できる．本提案では，比較的安価で購入できる点，手作りしやすい点から，シンプルな構造のパネル型を採用し，これを使ってお湯を沸かす．

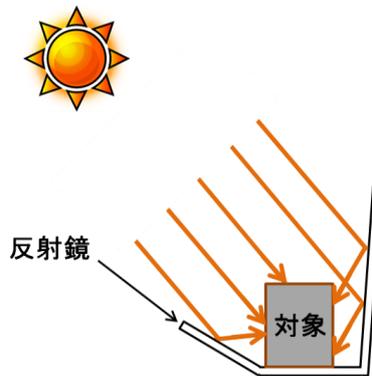


Fig.2 パネル型ソーラークッカー

3. 実験の目的

本実験の目的は，ソーラークッカーを用いてお湯を沸かし，お湯を電解液とした Mg 燃料電池から得られた電力を利用してモーター駆動をさせ，船もしくは車を動かすことである．

実験は，以下の手順で進めた．

- (1) Mg 燃料電池の仕様（水温，Mg の量，炭の種類，炭の重さ）を変えて実験を行い，電池の発電量を調べ，電池の仕様を最適化する．
- (2) ソーラークッカーにより水温がどのくらい上昇するかを調べる．
- (3) 得られた結果からモーターとスクリューを選定し，船を製作する．

第一の目標は、電池により得られた電力を利用して、船を動かすことであるが、これを達成後は、船よりも電力が必要であると考えられるモーター駆動車に挑戦する。

4. Mg 燃料電池の電気特性調査

Mg 燃料電池の仕様を最適化するため、条件（水温、Mg の量、炭の種類、炭の重さ）を変えて実験を行い、電流と電圧の時間変化を測定した。Fig.3 に実験装置を示す。実験手順は以下の通りである。

- (1) 炭（備長炭、木炭、オガ炭）、Mg リボン（99.8%、昭和化学株式会社）、市販のティッシュペーパーを用いて電極を作成する。
- (2) 容器に 500ml の水を入れ、投込みヒーター（AWA1503、株式会社八光電機）と温度制御機器（LOGTHERMO DGL0100、株式会社八光電機）を用いてお湯を沸かす。
- (3) Mg 燃料電池を導線でデジタルマルチメーター（MT-4520、株式会社マザーツール）に繋ぎ、お湯の中に電極を入れる。
- (4) 電流、電圧をそれぞれ 20 秒毎に 3 分間測定する。

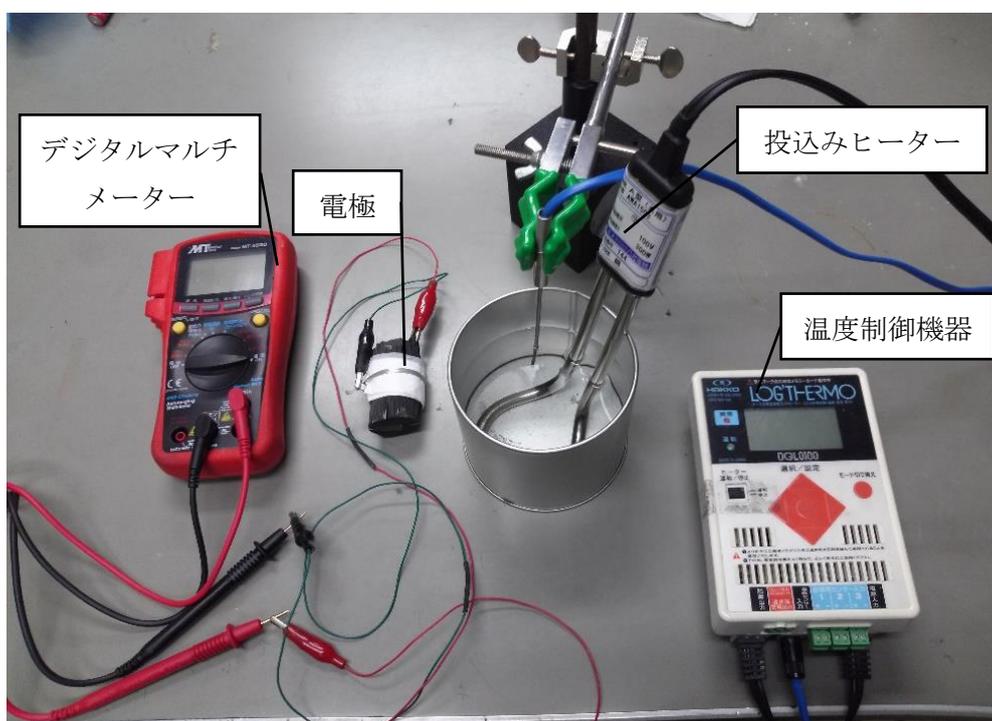


Fig.3 実験装置

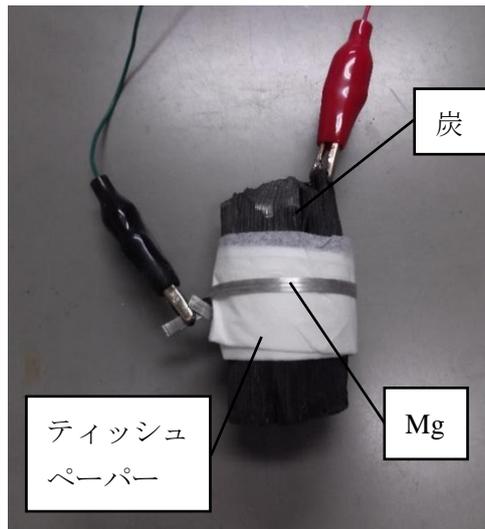


Fig.4 電極

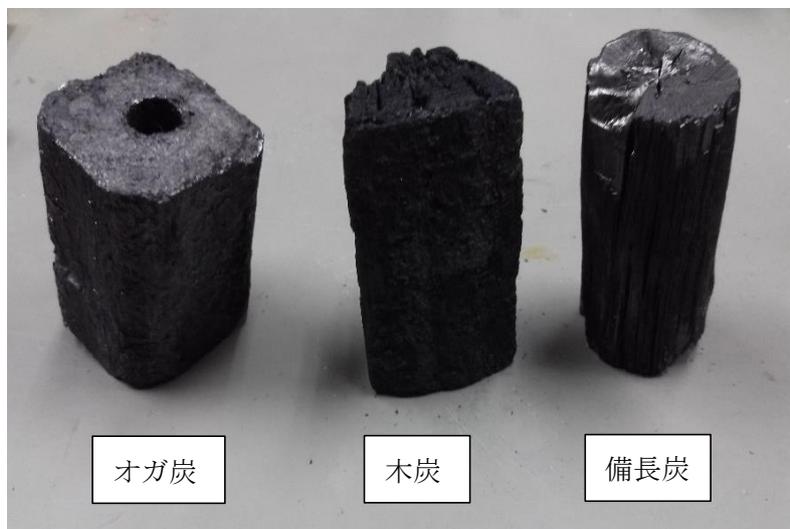


Fig.5 実験で使した炭

4.1 各水温に対する電気特性

各水温（75, 85, 95℃）に対する電流と電圧の時間変化を測定し、水温との関係を調査した。実験では、15cmのMgリボン及び50gの備長炭を使用した。実験結果をFig.6に示す。

Fig.6(a)は各水温に対する電流の時間変化を示した図である。各水温に対する電流の平均値は、75℃の場合が17.2mA、85℃が21.2mA、95℃が28.0mAであった。

Fig.6(b)は各水温に対する電圧の時間変化を示した図である。各水温に対する電圧の平均値は、75℃の場合が1.43V、85℃が1.52V、95℃が1.41Vであった。

電流と電圧の平均値から求めた電力は、75℃の場合が24.6mW、85℃が32.2mW、95℃が39.5mWであった。この結果から、水温が高いほどより大きな電力を得られると考えられる。

この理由は、温度が上昇すると分子の運動が激しくなることで分子同士の衝突回数が増え、Mg と水分子の反応が促進されることや、活性化エネルギー以上のエネルギーを持つ分子が増え、分子が衝突した際に反応の進む割合が高くなるためであると考えられる。

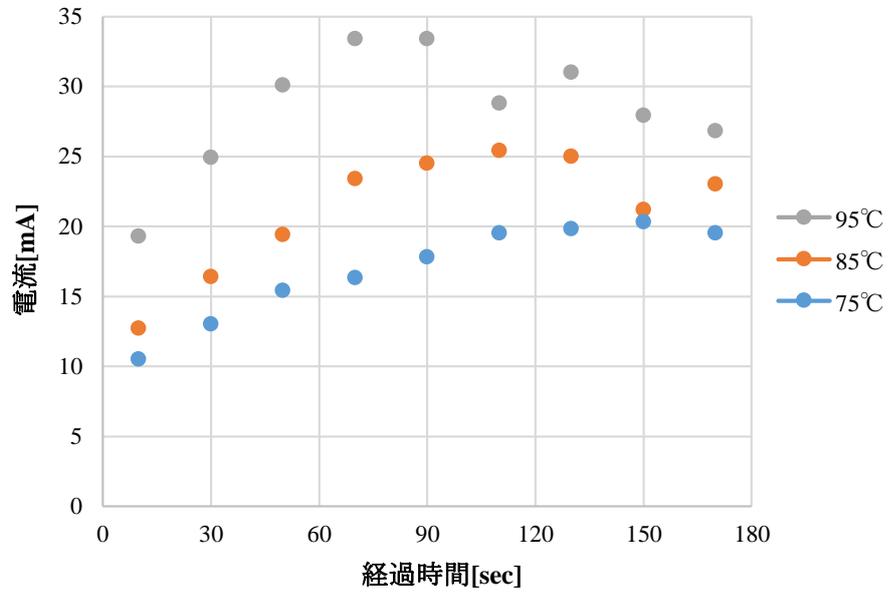


Fig.6(a) 各水温に対する電流の時間変化

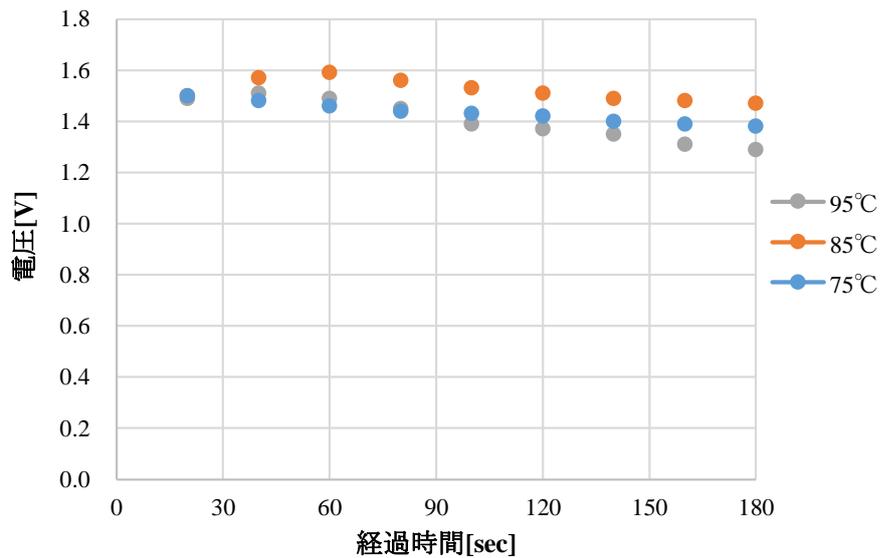


Fig.6(b) 各水温に対する電圧の時間変化

4.2 各 Mg 量に対する電気特性

各 Mg 量 (30, 45, 60cm) に対する電流と電圧の時間変化を測定し、Mg 量との関係を調査した。実験では、お湯の温度を 90°C とし、50g の備長炭を使用した。実験結果を Fig.7 に

示す。

Fig.7(a)は各 Mg 量に対する電流の時間変化を示した図である。各 Mg 量に対する電流の平均値は、30cm の場合が 40.7mA、45cm が 64.0mA、60cm が 78.3mA であった。

Fig.7(b)は各 Mg 量に対する電圧の時間変化を示した図である。各 Mg 量に対する電圧の平均値は、30cm の場合が 1.49V、45cm が 1.47V、60cm が 1.48V であった。

電流と電圧の平均値から求めた電力は、30cm の場合が 60.6mW、45cm が 94.1mW、60cm が 116mW であった。この結果から、Mg 量が多いほどより大きな電力を得られると考えられる。この理由は、使用する Mg リボンが長くなるにつれて炭に巻く回数が増え、Mg の表面積が増加し、水分子との反応がより起こりやすくなるためであると考えられる。

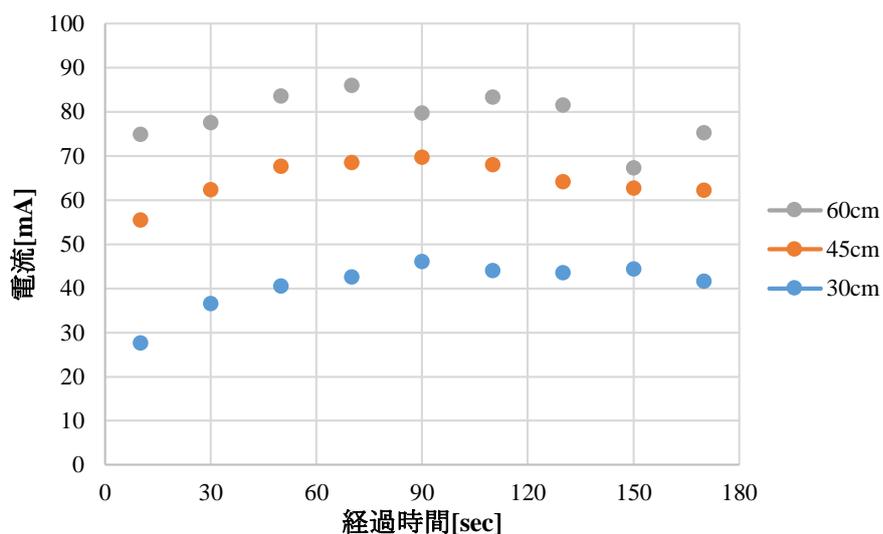


Fig.7(a) 各 Mg 量に対する電流の時間変化

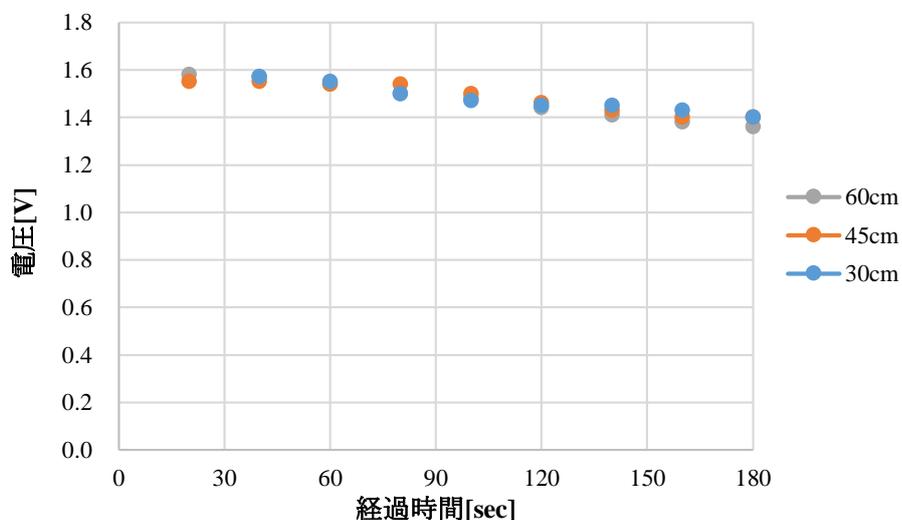


Fig.7(b) 各 Mg 量に対する電圧の時間変化

4.3 各炭（木炭，オガ炭，備長炭）に対する電気特性

各炭（木炭，オガ炭，備長炭）に対する電流と電圧の時間変化を測定し，炭の種類との関係を調査した．実験では，15cmのMgリボンを使用し，お湯の温度を90℃，炭の重さは50gとした．実験結果をFig.8に示す．

Fig.8 (a)は各炭（木炭，オガ炭，備長炭）に対する電流の時間変化を示した図である．各炭に対する電流の平均値は，木炭の場合が3.48mA，オガ炭が21.5mA，備長炭が30.2mAであった．

Fig.8 (b)は各炭（木炭，オガ炭，備長炭）に対する電圧の時間変化を示した図である．各炭に対する電圧の平均値は，木炭の場合が1.35V，オガ炭が1.48V，備長炭が1.48Vであった．

電流と電圧の平均値から求めた電力は，木炭の場合が4.70mW，オガ炭が31.3mW，備長炭が44.7mWであった．この結果から，発電量は炭の種類によって大きく異なり，木炭，オガ炭，備長炭の順で大きくなることが分かった．この理由は，炭の電気抵抗によるものであると考えられる．炭の電気抵抗は，炭を製造する際の炭化温度に依存している．炭化温度の上昇に従い炭素の構造が整然とすることにより，炭の電気抵抗が少なくなる．一般的に備長炭の炭化温度は1000℃以上と高温であるため，木炭（500～700℃），オガ炭（1000℃前後）に比べ高い電力を示したと考えられる．また，備長炭には叩くと金属音がすることや，断面に光沢がある等の特徴があり，炭素純度が高いことから，オガ炭よりも高い電力が得られたものと考えられる．

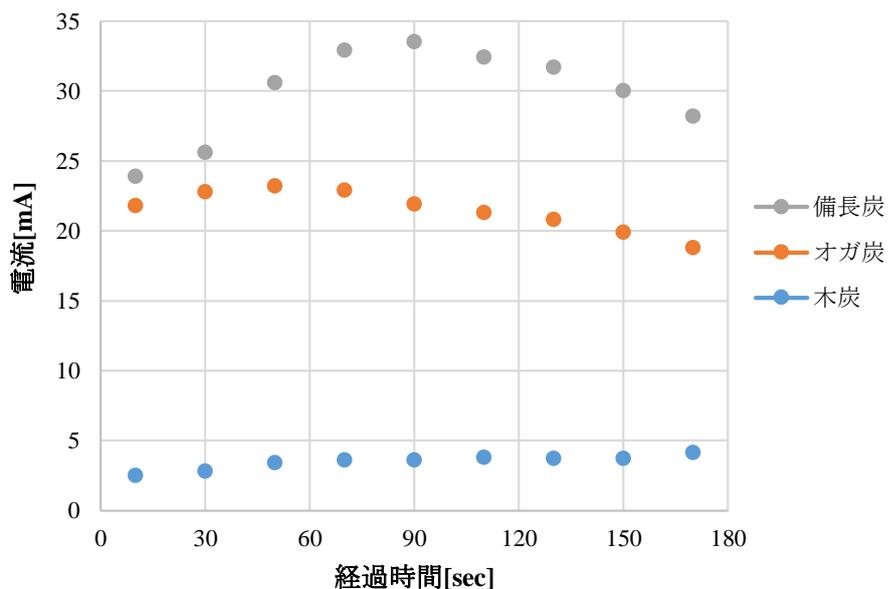


Fig.8(a) 各炭に対する電流の時間変化

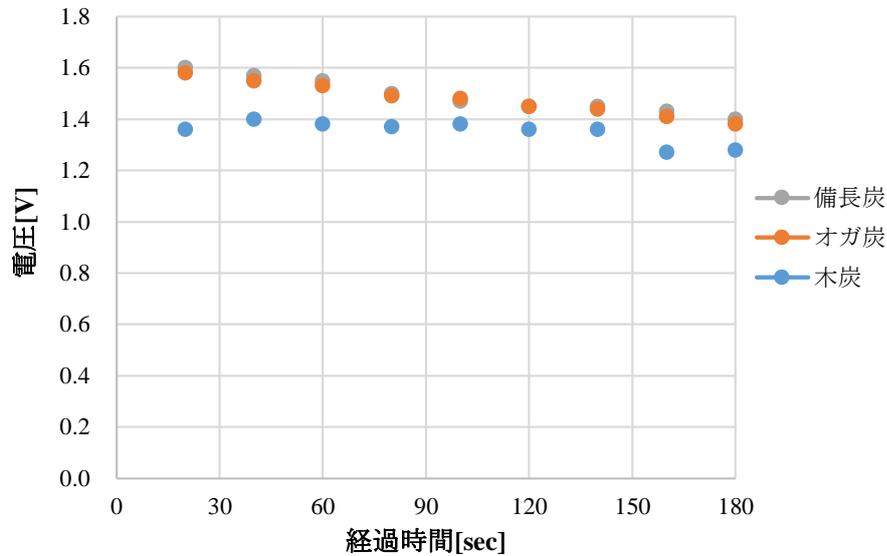


Fig.8(b) 各炭に対する電圧の時間変化

4.4 各炭の重さに対する電気特性

炭の大きさを測定することが困難であったため、実験では炭の重さを比較することにより評価を行った。各炭の重さ（30, 50, 70g）に対する電流と電圧の時間変化を測定し、炭の重さとの関係を調査した。実験では、お湯の温度を 90°Cとし、15cm の Mg リボン及び備長炭を使用した。実験結果を Fig.9 に示す。

Fig.9(a)は各重さに対する電流の時間変化を示した図である。各重さに対する電流の平均値は、30g の場合が 20.8mA、50g が 23.8mA、70g が 28.3mA であった。

Fig.9(b)は各重さに対する電圧の時間変化を示した図である。各重さに対する電圧の平均値は、30g の場合が 1.46V、50g が 1.48V、70g が 1.46V であった。

電流と電圧の平均値から求めた電力は、30g の場合が 30.4mW、50g が 35.2mW、70g が 41.3mW であった。この結果から、炭が重いほどより大きな電力を得られると考えられる。この理由は、炭の重さが増加するほど炭の表面積が大きくなり、炭に吸着している酸素の量が多くなるため、より反応が進むのではないかと考えられる。

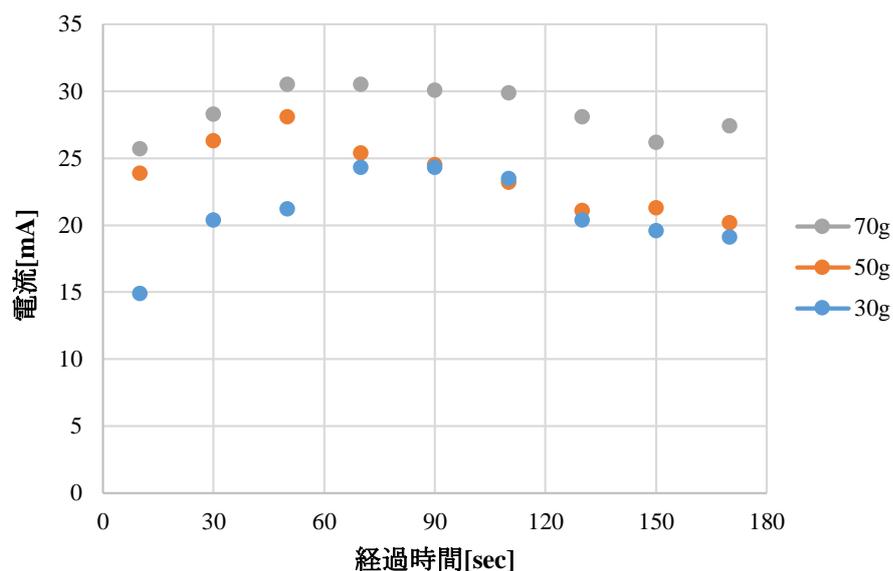


Fig.9(a) 各炭の重さに対する電流の時間変化

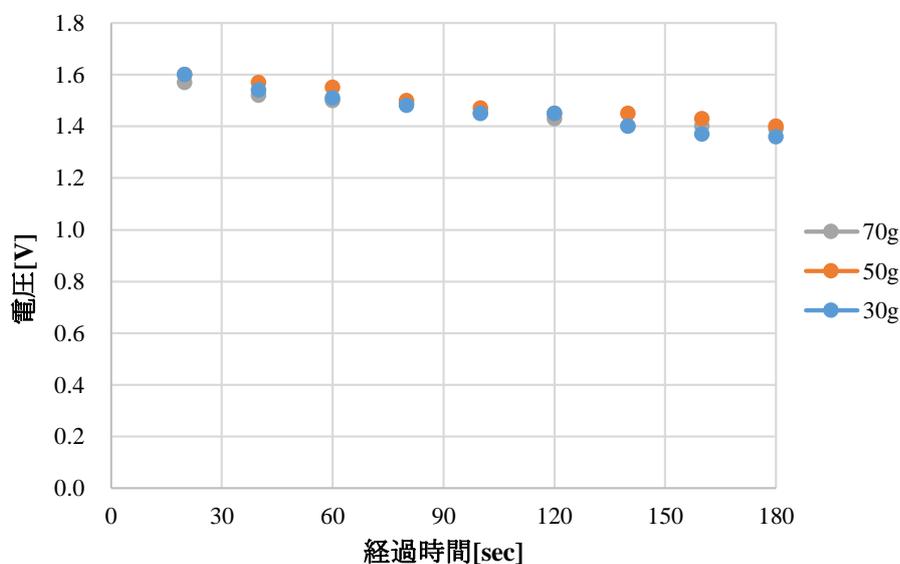


Fig.9(b) 各炭の重さに対する電圧の時間変化

4.5 電気特性実験のまとめ

以上の実験で得られた結果を Table1 にまとめた。これらの結果から、Mg 燃料電池において良好な電気特性を得るためには、お湯の温度を高く、Mg リボンの量を多くし、炭の重さを重くすればよいことが分かった。炭の種類は電気抵抗の低い備長炭を使用することで、より大きな発電力を得られることが分かった。

これらの各測定結果における最適化した条件（水温：95℃、Mg リボンの量：60cm、炭の種類：備長炭、炭の重さ：70g）に対する電気特性を調査した。この条件の平均電流及び平均電圧はそれぞれ 79.9mA、1.49V であった。平均電力は 119mW であり、最適条件で実験を

行うことで、最も高い電力を得られることを確認できた。以上の検討結果より、最適化した電池を使用して、船の駆動実験を行うこととした。

Table1 各条件における実験結果

水温	電流[mA]	電圧[V]	電力[mW]
75°C	17.2	1.43	24.6
85°C	21.2	1.52	32.2
95°C	28.0	1.41	39.5

Mgの量	電流[mA]	電圧[V]	電力[mW]
30cm	40.7	1.49	60.6
45cm	64.0	1.47	94.1
60cm	78.3	1.48	116

炭の種類	電流[mA]	電圧[V]	電力[mW]
木炭	3.48	1.35	4.70
オガ炭	21.5	1.48	31.8
備長炭	30.2	1.48	44.7

炭の重さ	電流[mA]	電圧[V]	電力[mW]
30g	20.8	1.46	30.4
50g	23.8	1.48	35.2
70g	28.3	1.46	41.3

5. ソーラークッカーによる集熱実験

ソーラークッカーを用いて太陽熱を集め、容器内の水がどのくらい温度上昇するかを確認するため、以下の器具を使用し、集熱実験を行った。Fig.10 に集熱実験装置を示す。

- ・ソーラークッカー（寸法：505×520×525mm，重さ：638g，エコソーラークッカー，株式会社アースダンボール）
- ・温度測定機器（LOGTHERMO DGL0100，株式会社八光電機）
- ・容器（空き缶に黒いビニールテープを巻いたもの）
- ・カバー（ペットボトルを半カットし上部に穴を空けておく）
- ・ラップ

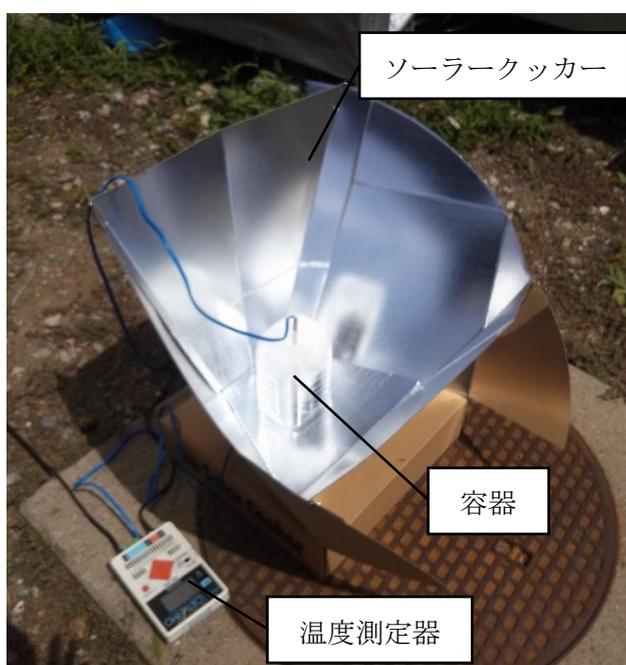


Fig.10 ソーラークッカーを用いた集熱実験装置

実験手順は以下の通りである。

- (1) ソーラークッカーを太陽光のあたる場所に置き，その上に水 150ml を入れた容器を設置する。
- (2) 放熱を防ぐため，容器にラップをかけ，カバーをかぶせる。
- (3) カバー上部から温度測定機の熱電対を貫通させ，容器内の水温を測定する。

実験結果を Fig.11 に示す。11:00 から 12:30 まで温度を計測した。装置は南向きに設置し，開始時の外気温は約 30℃であった。容器内の水温は，測定開始後約 60 分で 100℃付近まで上昇した。

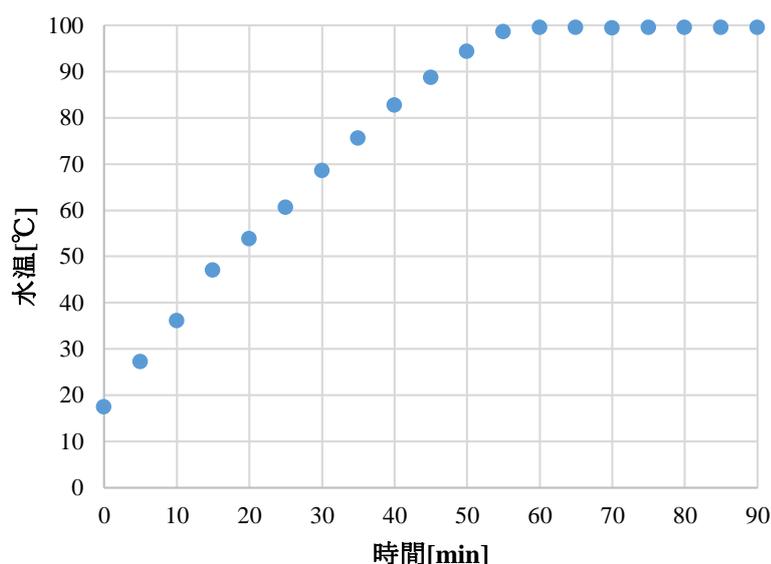


Fig.11 集熱実験の結果

6. Mg 燃料電池船の製作

以上の実験結果を踏まえて，最適化した条件の電池を使用し，モーターで駆動するスクリー船を製作した。Fig.12 に船の概要図を示す。搭載したソーラークッカーにより容器内の水を加熱し，その中に，ティッシュペーパー及び Mg リボンを巻いた炭の電極を入れる。お湯からの放熱を防ぐため，電極を入れた容器にカバーを被せ，船の駆動中もソーラークッカーによる加熱を続けることで駆動温度を保持する。船の走行時には，電池とモーターを接続し，スクリーで船を動かす仕組みである。

実際に製作した船の写真を Fig.13 に示す。船のボディは発泡スチロールで製作し，ソーラークッカーを船の中央に設置した。また，モーターを発泡スチロールで船の後方に固定し，スクリーと接続した。モーターには，少ない電力で作動し，軽いものを動かす工作に適した市販のモーター（tamiya solar motor 03）を使用した。モーターの規格を Table 2 に示す。

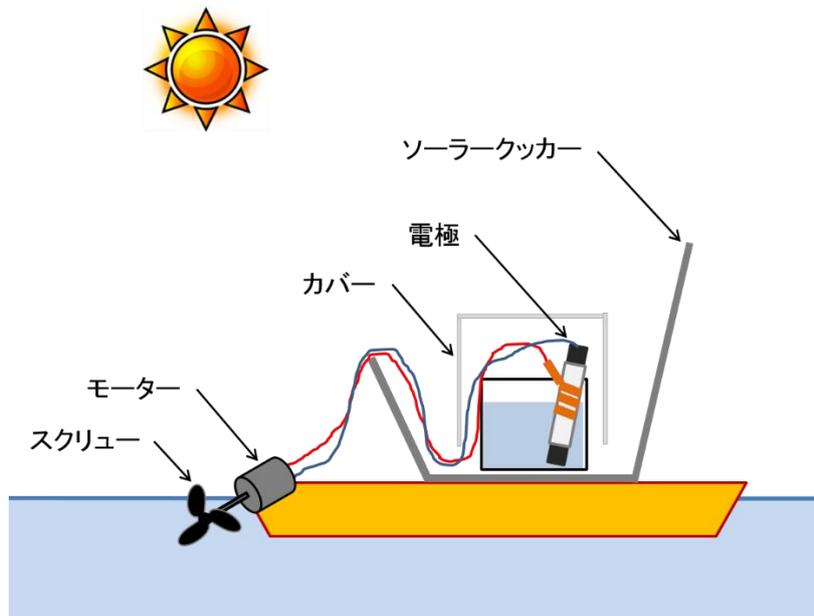


Fig.12 船の概要図



Fig.13(a) 製作した船の写真



Fig.13(b) 船の駆動部

Table 2 モーター (tamiya solar motor 03) の規格表

電圧[V]	電流[mA]	回転数[rpm]
0.5	190	906
1.5	250	2924

7. 船の駆動実験

製作した船を山梨大学キャンパス内の池に浮かべ、最適化した条件の Mg 燃料電池を用いて船の駆動実験を行った。その結果、直径 2.5cm のスクリューが回転して船が前進した。また、駆動実験の様子を動画にまとめた。(別途添付)

しかし、直径 6cm のスクリューに変更した船の駆動実験においては、水の抵抗が増加し、スクリューが回転しなかった。使用したスクリューを Fig.14 に示す。そのため、さらに大きな電力を得る方法として、電解液であるお湯に塩を加えるという方法を考案した。前述したように、現在、企業や大学等で研究開発が進められている Mg 燃料電池は、電解液に食塩水を用いている。そこで、お湯に食塩を溶解させたものを電解液として使用することで、発電量がより増加するのではないかと考えた。以下では、電解液としてお湯に食塩を加えた溶液を用いて、電気特性を調査した。



Fig.14 スクリュー (左 : 直径 2.5cm, 右 : 直径 6cm)

8. 食塩を加えた場合の電気特性調査

お湯に食塩を加えた電解液の場合の電気特性を調査するため、条件（食塩濃度、水温、Mgの量、炭の重さ）を変えて実験を行った。実験を行う際に、お湯に食塩を加え、電解液がお湯の場合と同様に実験を行い、電流と電圧の時間変化を測定した。

8.1 各食塩濃度に対する電気特性

各食塩濃度（0, 10, 20%）に対する電流と電圧の時間変化を測定し、食塩濃度との関係を調査した。実験では、30cmのMgリボン、30gの備長炭及び90℃のお湯を使用した。実験結果をFig.15に示す。

Fig.15(a)は各食塩濃度に対する電流の時間変化を示した図である。各濃度に対する電流の平均値は、0%の場合が40.7mA、10%が623mA、20%が772mAであった。

Fig.15(b)は各食塩濃度に対する電圧の時間変化を示した図である。各濃度に対する電圧の平均値は、0%の場合が1.49V、10%が1.23V、20%が1.04Vであった。

電流と電圧の平均値から求めた電力は、0%の場合が60.6mW、10%が766mW、20%が803mWであった。この結果から、お湯に食塩を加えることで、発電量が急激に増加すること分かった。この理由は、お湯（水）は電気をほとんど流さないが、食塩を水に溶解させることで電離が起こり、イオンが電荷を運び、電気が流れやすくなるためであると考えられる。また、濃度が高いほど電荷が多く運ばれるため、発電量が増加すると考えられる。

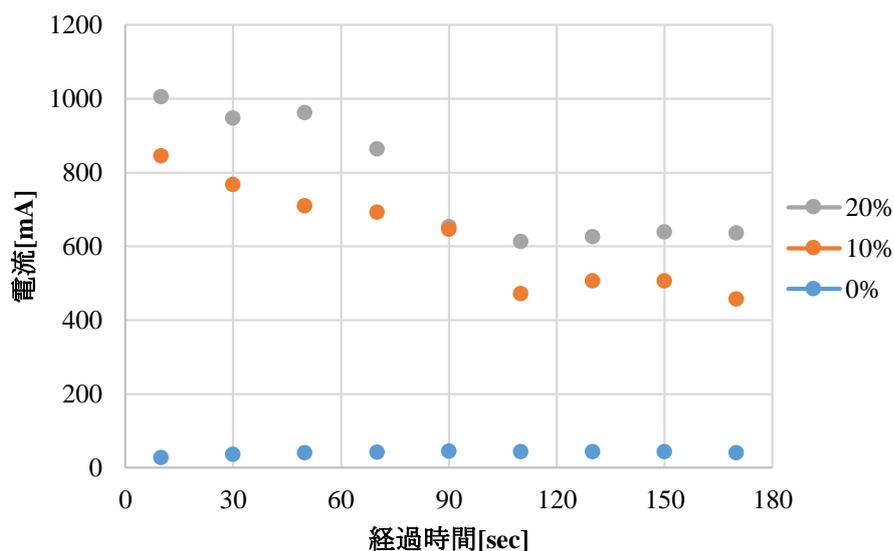


Fig. 15(a) 各濃度に対する電流の時間変化

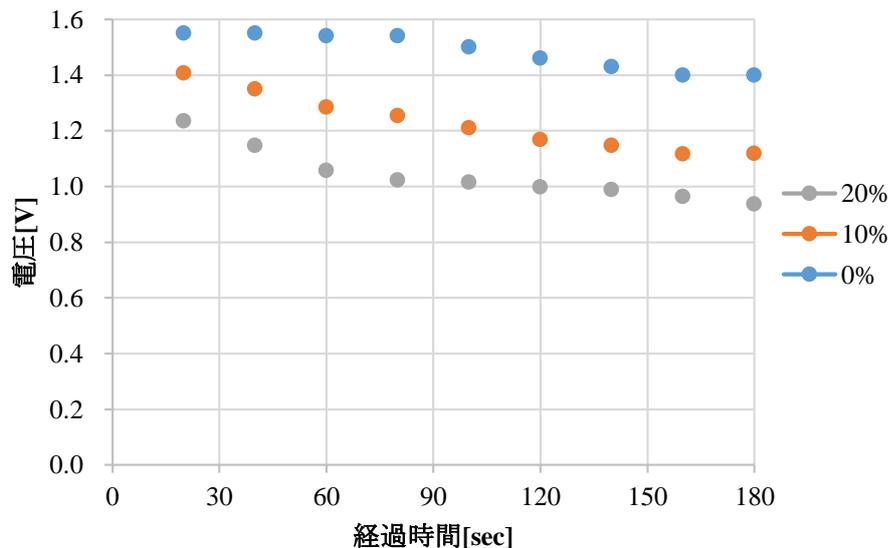


Fig. 15(b) 各濃度に対する電圧の時間変化

8.2 各水温に対する電気特性

各水温（22.6, 55, 90℃）に対する電流と電圧の時間変化を測定し、水温との関係を調査した。実験では、30cmのMgリボン、30gの備長炭及び食塩濃度が20%の電解液を使用した。実験結果をFig.16に示す。

Fig. 16(a) は各水温に対する電流の時間変化を示した図である。各水温に対する電流の平均値は、22.6℃の場合が398mA、55℃が637mA、90℃が772mAであった。

Fig. 16(b) は各水温に対する電圧の時間変化を示した図である。各水温に対する電圧の平均値は、22.6℃の場合が1.17V、55℃が1.08V、90℃が1.04Vであった。

電流と電圧の平均値から求めた電力は、22.6℃の場合が465mW、55℃が688mW、90℃では803mWであった。このため、水温が高いほどより大きな電力を得られると考えられる。この理由は、電解液がお湯の場合と同様に、温度の上昇に伴い、Mgと水分子の反応が促進されることや、活性化エネルギー以上のエネルギーを持つ分子が増え、分子が衝突した際に反応が進む割合が高くなるためであると考えられる。

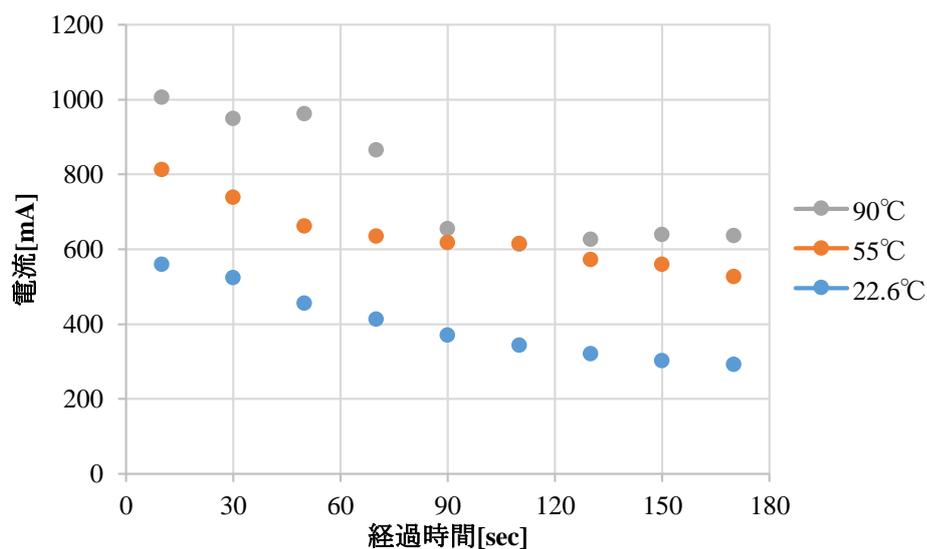


Fig. 16(a) 各水温に対する電流の時間変化

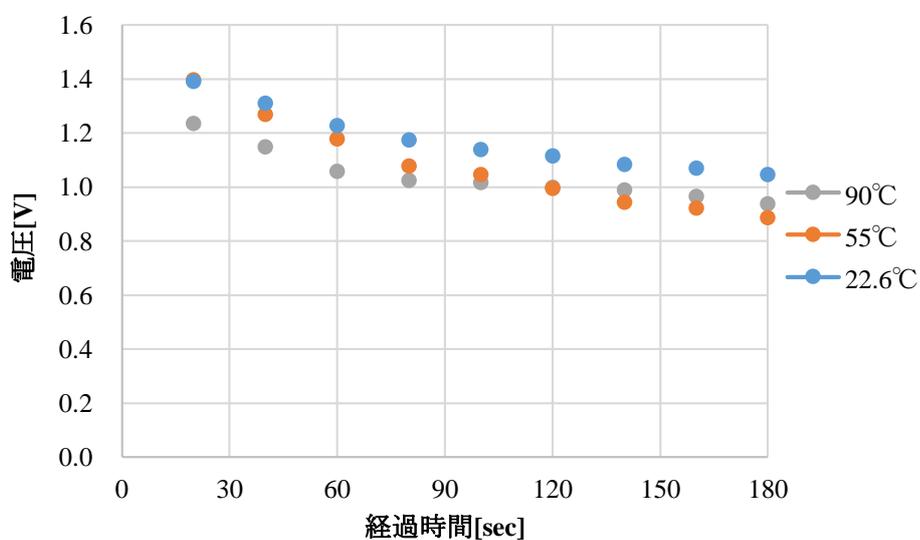


Fig. 16(b) 各水温に対する電圧の時間変化

8.3 各 Mg 量に対する電気特性

各 Mg 量 (30, 45, 60cm) に対する電流と電圧の時間変化を測定し, Mg 量との関係を調査した. 実験では, お湯の温度を 90°C とし, 食塩濃度が 20% の電解液及び 50g の備長炭を使用した. 実験結果を Fig.17 に示す.

Fig.17(a) は各 Mg 量に対する電流の時間変化を示した図である. 各 Mg 量に対する電流の平均値は, 30cm の場合が 772mA, 45cm が 807mA, 60cm が 884mA であった.

Fig.17(b) は各 Mg 量に対する電圧の時間変化を示した図である. 各 Mg 量に対する電圧の平均値は, 30cm の場合が 1.04V, 45cm が 1.10V, 60cm が 1.13V であった.

電流と電圧の平均値から求めた電力は、30cm の場合が 803mW、45cm が 888mW、60cm が 999mW であった。この結果から、Mg 量が多いほどより大きな電力を得られると考えられる。この理由は、電解液がお湯の場合と同様に、使用する Mg リボンが長くなるにつれて Mg の表面積が増加し、反応が促進されたためであると考えられる。

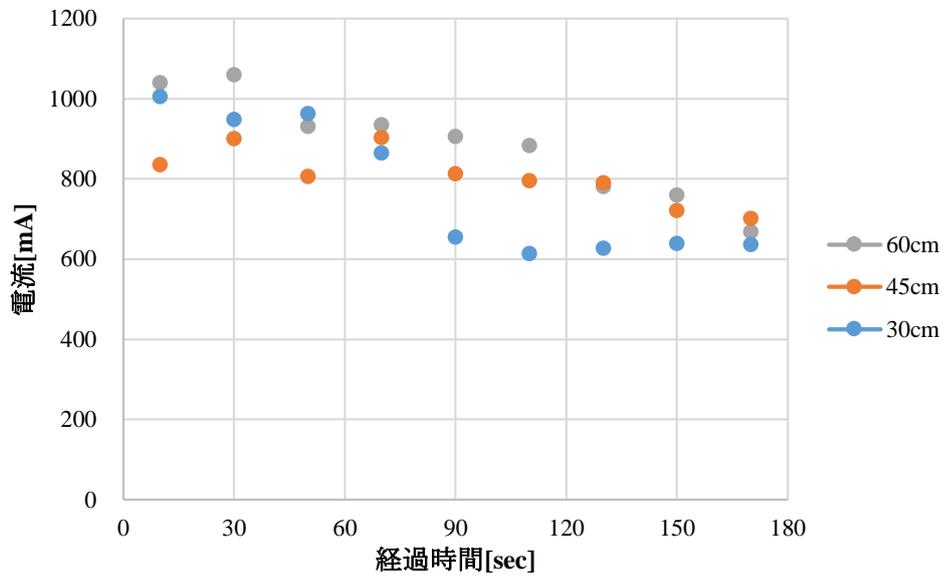


Fig.17(a) 各 Mg 量に対する電流の時間変化

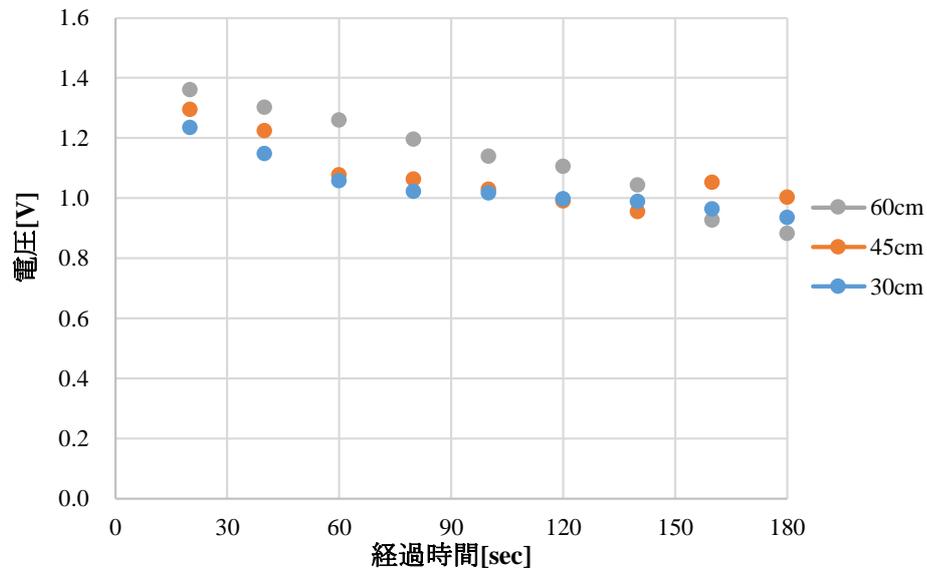


Fig.17(b) 各 Mg 量に対する電圧の時間変化

8.4 各炭の重さに対する電気特性

各炭の重さ（30, 50, 70g）に対する電流と電圧の時間変化を測定し、炭の重さとの関係を調査した。実験では、お湯の温度を 90℃とし、食塩濃度が 20%の電解液、30cm の Mg リボン及び備長炭を使用した。実験結果を Fig.18 に示す。

Fig.18(a)は各重さに対する電流の時間変化を示した図である。各重さに対する電流の平均値は、30g の場合が 772mA, 50g が 793mA, 70g が 920mA であった。

Fig.18(b)は各重さに対する電圧の時間変化を示した図である。各重さに対する電圧の平均値は、30g の場合が 1.04V, 50g が 1.07V, 70g が 1.14V であった。

電流と電圧の平均値から求めた電力は、30g の場合が 803mW, 50g が 848mW, 70g が 1049mW であった。このため、炭が重いほどより大きな電力を得られると考えられる。この理由は、電解液がお湯の場合と同様に、炭の重さが増加するほど炭の表面積が大きくなり、炭に吸着している酸素の量が多くなるため、より反応が進むのではないかと考えられる。

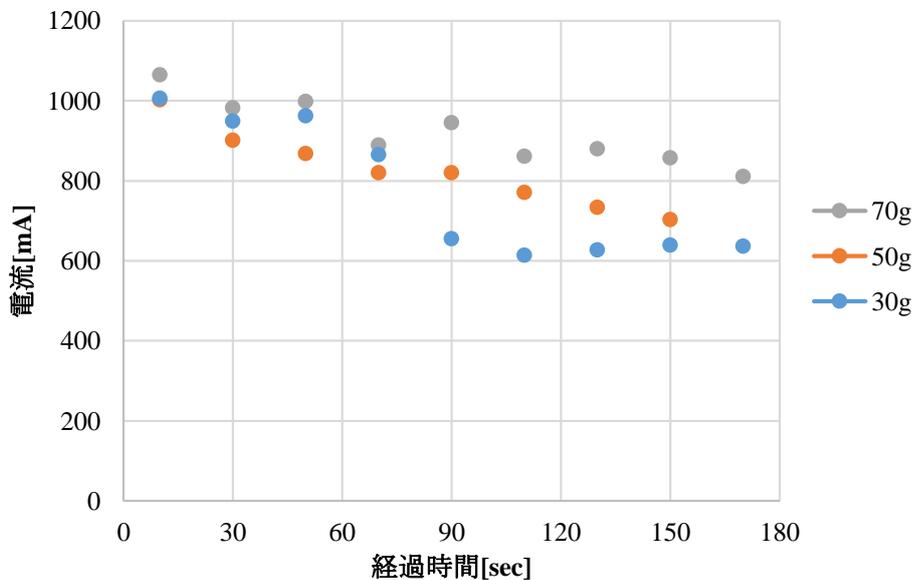


Fig. 18(a) 各炭の重さに対する電流の時間変化

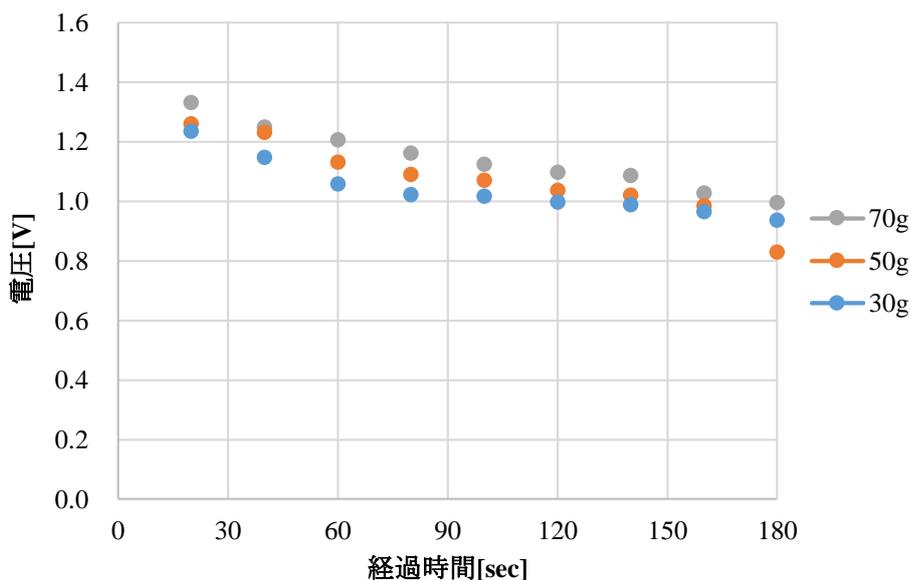


Fig. 18(b) 各炭の重さに対する電圧の時間変化

8.5 電気特性実験のまとめ

以上の実験で得られた結果を Table3 にまとめた。これらの結果から、お湯に食塩を溶解させた電解液を使用した Mg 燃料電池において、良好な電気特性を得るためには、食塩濃度及びお湯の温度を高く、Mg リボンの量を多くし、炭の重さを重くすればよいことが分かった。これらの各測定結果における最適条件（食塩濃度：20%、水温：90℃、Mg リボンの量：60cm、炭の種類：備長炭、重さ：70g）に対する電気特性を調査した。この条件の平均電流及び平均電圧はそれぞれ 964mA、1.14V であった。平均電力は 1099mW であり、最適条件で実験を行うことで、最も高い電力を得られることを確認できた。以上の検討結果より、最適化した電池を使用して、船の駆動実験を行うこととした。

Table3 各条件における実験結果

食塩濃度	電流 [mA]	電圧 [V]	電力 [mW]	水温	電流 [mA]	電圧 [V]	電力 [mW]
0%	40.7	1.49	60.6	22.6℃	398	1.17	465
10%	623	1.23	766	55℃	637	1.08	688
20%	772	1.04	803	90℃	772	1.04	803

Mgの量	電流 [mA]	電圧 [V]	電力 [mW]	炭の重さ	電流 [mA]	電圧 [V]	電力 [mW]
30cm	772	1.04	803	30g	772	1.04	803
45cm	807	1.10	888	50g	793	1.07	848
60cm	884	1.13	999	70g	920	1.14	1049

9. 直径 6cm のスクリーューを用いた船の駆動実験

以上の実験結果を踏まえて、最適化した条件の電池を使用し、直径 6cm のスクリーューをモーターに接続して、電解液がお湯の場合と同様に船の駆動実験を行った。その結果、スクリーューが回転し、より速い速度で船が前進した。また、駆動実験の様子を動画にまとめた。(別途添付)

10. 自作ソーラークッカーによる集熱実験

前述のソーラークッカー (エコソーラークッカー, 株式会社アースダンボール) では、車に乗せる際に比較的大きな負荷がかかるため、小型化、軽量化したソーラークッカーを自作した。プラスチックダンボールにアルミホイルを張り反射鏡を作って、それらを組み合わせたものである。自作品は市販のエコソーラークッカーに比較して、大きさが 1/4 程度 (380×270×330mm) に小型化し、重さは 1/4 程度 (160g) に軽量化した。

この自作ソーラークッカーを用いて集熱実験を行った。Fig.19 に集熱実験装置、Fig. 20 に実験結果を示す。11:00 から 12:30 まで温度を計測した。装置は南向きに設置し、開始時の外気温は約 26℃であった。容器内の水温は測定開始後約 80 分で 100℃付近まで上昇した。

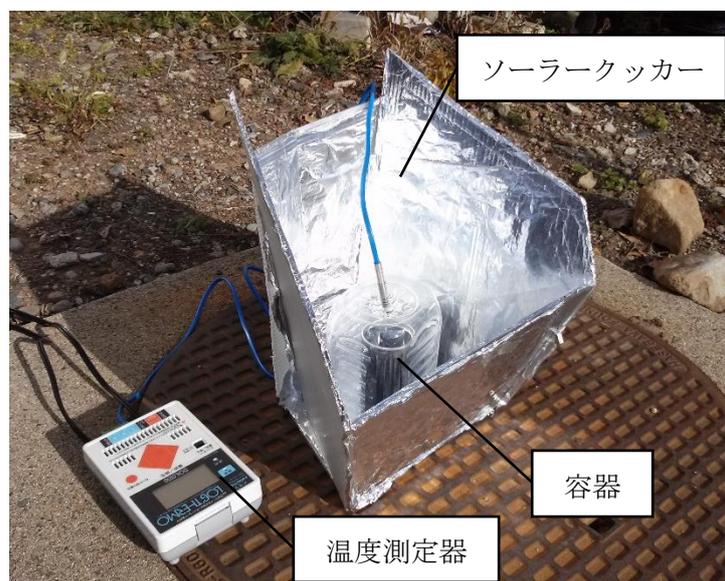


Fig. 19 自作ソーラークッカーを用いた集熱実験装置

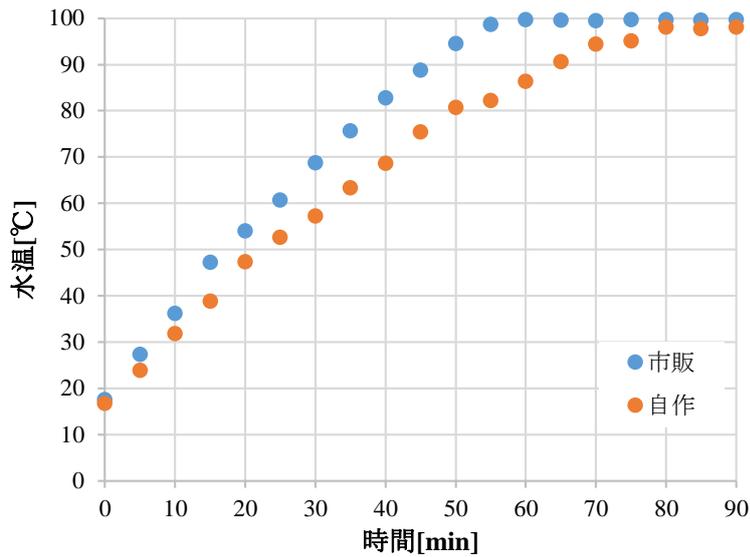


Fig. 20 集熱実験の結果

11. モーター駆動車の製作

ソーラークッカー及びMg燃料電池を用いて、モーターで駆動する車を製作した。Fig. 21に車の概要図、Fig. 22に製作した車の写真を示す。船の場合と同様に、搭載したソーラークッカーにより容器内の水を加熱し、その中に、ティッシュペーパー及びMgリボンを巻いた炭の電極を入れる。お湯からの放熱を防ぐため、電池を入れた容器にカバーを被せ、車の走行時には電池とモーターを接続して、車を動かす仕組みである。

車のボディは、モーターを固定するシャーシと発泡スチロールを組み合わせて作成した。また、モーターは船の駆動実験に用いたものを使用した。Mg燃料電池により得られた電力を利用してモーターを駆動させて、前輪が回転することで車が前進する。後輪は、銅管にシャフトを通し、車体底面に固定した。

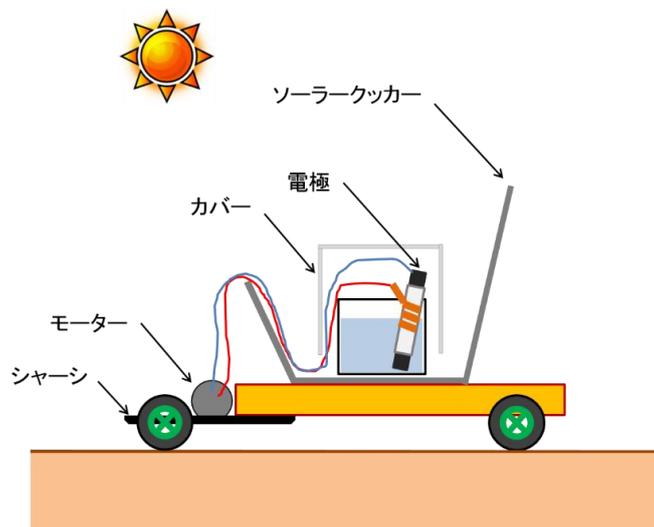


Fig. 21 車の概要図



Fig. 22(a) 製作した車の写真

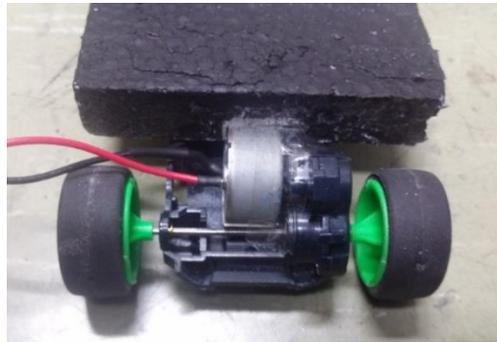


Fig. 22(b) 車の駆動部

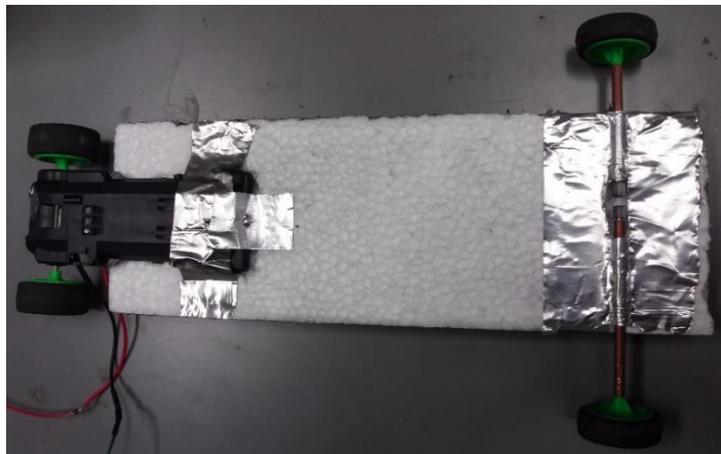


Fig. 22(c) 車の底面

12. 車の駆動実験

山梨大学キャンパス内の校舎屋上において、製作した Mg 燃料電池を搭載した車の駆動実験を行った。駆動実験時は、食塩濃度が 20%の電解液、60 cm の Mg リボンを使用した。また、車への負担をなるべく少なくするため、30g の備長炭を使用した。ソーラークッカーや電極、電解液、容器等の積載物の重さは約 250g であった。駆動実験の結果、車が前進した。また、実験の様子を動画にまとめた。（別途添付）

13. 撮影動画

電解液がお湯の場合とお湯に食塩を加えた場合の船と車の駆動実験についてまとめた動画を添付する。

船の駆動実験では、電解液にお湯を用いると直径 2.5cm のスクリューが回転し、船が前進した。しかし、直径 6cm のスクリューに変更した船の駆動実験においては、水の抵抗が増加し、スクリューが回転しなかった。そこで、お湯に食塩を加えた電解液を用いて実験を行った。その結果、スクリューは回転し、船がより速く前進した。

車の駆動実験では、ソーラークッカーを軽量化し、軽い炭を使用するなど、車への負担をなるべく減らすことで、車を走らせることができた。

14. 結言

本提案では、太陽光を熱源とするソーラークッカーによりお湯を沸かし、そのお湯を電解液として発電する Mg 燃料電池を製作した。得られた電力を利用して、モーターを駆動させることで船と車を動かすことができた。その過程で得られた知見及び結果を以下に記す。

- (1) Mg 燃料電池を身近に存在する部品を用いて製作し、電池の仕様（水温、Mg の量、炭の種類、炭の重さ）を変えて実験を行い、最適条件を調査した。実験の結果、Mg 燃料電池において良好な電気特性を得るためには、お湯の温度を高く、Mg リボンの量を多くし、炭の重さを重くすればよいことが分かった。炭の種類は電気抵抗の低い備長炭を使用することで、より大きな発電量を得られることが分かった。
- (2) 市販のソーラークッカーを用いて太陽光を集め、容器内の水がどのくらい温度上昇するかを確認するため、集熱実験を行った。その結果、容器内の水温は、測定開始後約 60 分で 100℃付近まで上昇した。
- (3) 最適化した条件の電池を使用し、ソーラークッカーにより沸かしたお湯を電解液としてモーター駆動のスクリュー船を製作した。駆動実験の結果、直径 2.5cm のスクリューは回転し、船が前進した。しかしながら、直径 6cm のスクリューに変更した場合、水の抵抗が増加したため、スクリューは回転しなかった。

- (4) お湯に食塩を加えた電解液を使用することで、より大きな発電量を得られるのではないかと考え、条件（塩の濃度、水温、Mgの量、炭の重さ）を変えて電気特性を調査した。実験の結果、食塩濃度及びお湯の温度を高く、Mgリボンの量を多くし、炭の重さを重くすることで、より大きな発電量を得られることが分かった。
- (5) 電解液としてお湯に食塩を加えた溶液及び最適化した条件の電池を使用し、直径 6cm のスクリューをモーターに接続して、船の駆動実験を行った。実験の結果、スクリューを回転させることができ、より速い速度で船が前進した。
- (6) 市販のソーラークッカーでは、車に搭載すると大きな負荷となるため、大きさを 1/4 程度 (380×270×330mm) に小型化し、重さを 1/4 程度 (160g) に軽量化したソーラークッカーを自作した。自作したソーラークッカーを使用して集熱実験を行った。その結果、容器内の水温は、測定開始後約 80 分で 100℃付近まで上昇した。
- (7) 自作したソーラークッカーによりお湯を沸かし、食塩を加え電解液としたモーター駆動車を製作した。ソーラークッカーや電極、電解液、容器等の積載物の重さは約 250g であった。駆動実験の結果、車が前進した。

15. 謝辞

本実験は株式会社八光電機殿より実験費の助成を受けて実施したものです。(株)八光電機殿には、熱の実験コンテストという貴重な実験研究の場を設けて頂きましたことに深く感謝の意を表します。

また、本実験を行うにあたり適切なお助言を頂いた武田哲明教授、船谷俊平助教、そして、ご協力いただいた研究室の皆様に謝意を表します。