

事業結果要約報告書

受付番号

2024 KJ-

－科学技術振興関係－

公益財団法人 **マツダ財団** 御中

令和7年 3月 31日

所属機関名 岡山県立岡山芳泉高等学校サイエンス部

申請代表者

役 職 指導教諭

フリガナ オノ マサヒロ

氏 名 小野 政博

印

(TEL : 086 264 2801)

マツダ財団から受けた 助成金 75千円 による事業結果について、
次のとおり報告します。

助成事業名

電池に関する研究

(事業期間 : 2024年5月31日～2025年3月24日)

	計 画	実 施 結 果
事 業 内 容	<p>日時 2024年7月～10月 場所 岡山県立岡山芳泉高等学校 対象 高校生 定員 9人 内容</p> <ul style="list-style-type: none">「桃太郎 CAR」を動かす動力源として効率や力強さに優れるダニエル電池を開発するSDGs7「エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」の観点から環境保全に貢献できるような電池について実験しながら考える高校生にできる範囲で知識と理解を深めどのようなエネルギーが地球に優しいのか考える。	<p>日時 2024年5月31日～2025年3月24日 場所 岡山県立岡山芳泉高等学校 対象 高校生 参加者(人) 8人 内訳 (小中高の先生 ; 1人) (生徒 ; 7人) 内容</p> <ul style="list-style-type: none">「桃太郎 CAR」を動かす動力源として効率や力強さに優れるダニエル電池を開発するSDGs7「エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」の観点から環境保全に貢献できるような電池について実験しながら考える高校生にできる範囲で知識と理解を深めどのようなエネルギーが地球に優しいのか考える。 <p>講演 ; 0件、発表 ; 0件、シンポジウム ; 0件</p>

事業の目的・ねらい

本研究の目的は部活動を通じて実験を行い、実際に科学に触れることで、科学をより身近に感じられるようになることである。

私たちは昨年サイエンスチャレンジ岡山 2023 に参加し、「桃太郎 CAR」という車の模型を作り自作のエンジンで動かそうとした際に上手くいかず苦戦した。そこで今回動力源として電池に関する研究をし、より良い電池を開発したい。

また、近年無駄のないエネルギー消費が求められている。高校生にできる範囲で知識と理解を深めどのようなエネルギーが地球に優しいのか考える。SDGs7「エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」の観点から研究を行いたい。

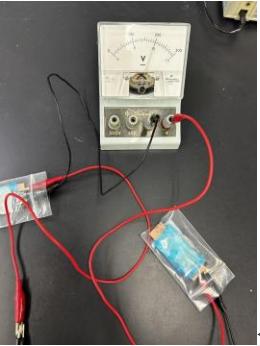
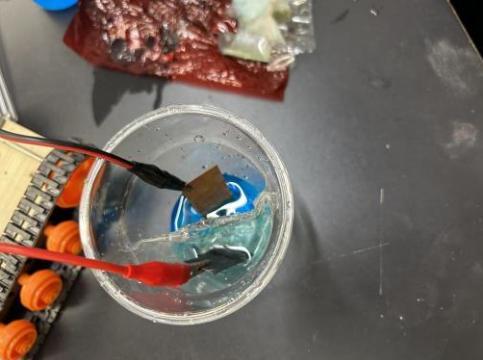
事業の概要

部内でグループに分かれて上記のような目的・ねらいに基づいて研究を行う。

成果・効果

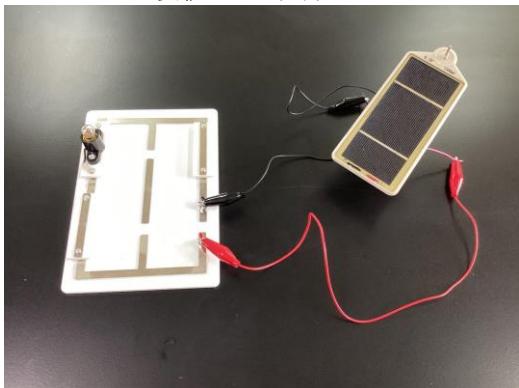
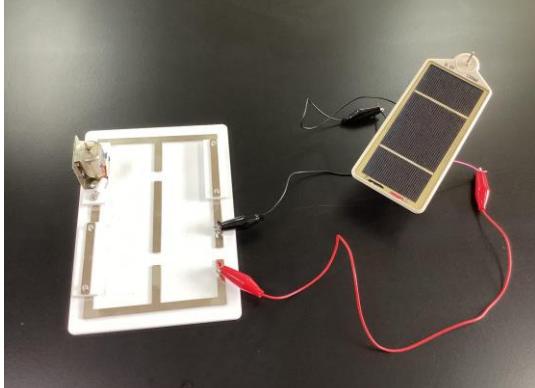
電池名とその仕組み、研究を行うための先行研究、準備、結果を以下に示す。

電池名	ダニエル電池
備考	<p>毎年行われる「サイエンスチャレンジ 2024」の競技である「桃太郎 CAR」の動力として研究した。</p> <p>また、動力にダニエル電池を選んだ理由として、次の 3 つの観点を満たしていると考えたためである。</p> <ul style="list-style-type: none">①安定して電力を供給できること②重くなく、「桃太郎 CAR」の走行の邪魔をしないこと③制作にかかる費用・労力等が現実的であること
先行研究	<p>静岡県教育委員会・静岡県立教育センターによるダニエル電池の研究を参考にした。この研究は、電解液中の銅イオンおよび亜鉛イオンの濃度が電池の電圧保持性能にどのように影響するかを考察している。研究結果によると、銅電極と鉛電極間の電子移動を円滑に行うためには、硫酸銅（II）水溶液の適切な濃度設定が重要であると示されていた。特に硫酸亜鉛の濃度が 0.5 mol/L 付近に保たれると、電圧が長時間にわたり安定して維持されることがわかった。これは電極間のイオンバランスが適切に保たれるためである。この濃度設定は、電池の効率的なエネルギー変換を可能にするだけでなく、電極の溶解や析出反応の速度にも影響を与え、結果としてダニエル電池の持続性や効率に重要な役割を果たすことがわかった。濃度が高すぎる場合には、副反応やイオン移動制限が生じるリスクがあるため、最適な電解液濃度を維持することがダニエル電池の長期的な安定性にとって重要であるとされている。この研究は、ダニエル電池の教育的応用における効率化や持続性の向上に資するものと考えられる。</p> <p>ここから、水溶液の濃度を、硫酸亜鉛水溶液の濃度を 5%、硫酸銅（I）水溶液の濃度を 14% として実験した。</p>
仕組み	<ol style="list-style-type: none">1.亜鉛電極（負極）で、亜鉛が酸化して電子を放出2.放出された電子が外部回路を通って銅電極（正極）に移動し、電流が発生3.銅電極では、銅イオンが電子を受け取り銅に還元される <p>The diagram illustrates the Daniell Cell's electronic circuit and ion transport. Electrons flow from the Zinc electrode (负極) through an external circuit to the Copper electrode (正極). Ions move through the electrolyte solution between the two half-cells.</p> <p>〈ダニエル電池の電子式〉</p> <p>(-) Zn ZnSO₄aq CuSO₄aq Cu (+)</p> <p>化学反応式</p> <p>正極) Cu⁺ 2+ + 2e⁻ → Cu</p> <p>負極) Zn → Zn⁺ 2+ + 2e⁻ -</p>

実験方法 材料	<p>〈実験方法〉 水溶液や電極に変化をつけながら電圧と電流を計測する。 水溶液はコットンに染み込ませて電極に巻きつけた。</p> <p>〈材料〉 銅板、亜鉛板、硫酸銅水溶液、硫酸亜鉛水溶液、コットン、袋、鰐口クリップ、電圧計、電流計、車体</p>
予想	<p>含まれる原子数がそのまま増えるので、水溶液が2種共に多いほど電流が多く流れる。</p> <p>電圧は一定の値まで上がったらそれ以上進まなくなり、電流ほど変化が確認しづらい。</p>
結果	<p>ダニエル電池を使って動かす車体ほどのぐらいの電圧と電流があれば動くのか乾電池を使い調べた。すると結果として、最低でも電圧が1.5V 電流が2.0Aあれば動くことがわかった。そこから、電圧と電流に分けそれぞれ目標値に達成するまで実験を行った。</p>  <p><電圧を測っている</p> <p>[1] 電圧 電圧を大きくするため変更した点：水溶液を1杯、直列繋ぎの数を変えた • 直列1個→0.95V • 直列2個→1.88V この時点で目標の電圧には達成したが念の為もう一つ増やして実験した • 直列3個→2.51V 結果として目標を大きく超えたこの値を今回は採用した</p> <p>[2] 電流 変更点：水溶液2杯分 • 金属板1枚、10mmx20mm→0.36A • 2枚→0.42A • 金属板1枚 70mmx45mm→0.54A, (0.85V)</p>  <p><軽さを保ったまま溶液の量を増やすため にこのようにカップ内をセロハンで分ける方法も実験したが、隙間から溶液が漏れて上手くいかなかった。</p>
考察	<p>予想通り水溶液や、電池そのものの量が多い方が流れる電流量が多い。 また、電圧については一定値までは上がったもののそこから大きな変化は見られなかった。</p>

反省 展望	<p>目標の電圧は得られたものの、電流が足りず車体を動かすことができなかつた。原因として、上手く電池が作動しなかったことが考えられる。今回は軽さや溢れにくさ、安定性などを重視して電池を設計したが、溶液の量や金属板の面積によって得られる電流の限度があるのかもしれない。失敗のより具体的な原因や正確な特性理解が求められる。</p> <p>また、水溶液の濃度について実験することができなかつたので今後の課題としたい。</p>
参考文献	<p>https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h24/123139.pdf 高性能ダニエル電池～電解質溶液の最適濃度～ 静岡県立浜松北高等学校 物理・化学部 化学班1年 高瀬 伶音 他二名</p>

電池名	太陽光電池
先行研究	<p>近年自動車のガソリンや家電のガス、ゴミを焼却処分する際に排出された二酸化炭素など温室効果ガスの濃度が上がってきたことが問題となっている。温室効果ガスが地表に多くなると、太陽からの熱を放出しにくくなり地球温暖化となる。温暖化が過剰に進むと異常気象や海水面上昇、生態系の不安定化が引き起こされ、それらは食糧生産の困難化や水資源枯渇、さらには健康問題や経済格差につながる。温室効果ガスの発生を抑えることは近代社会が抱える大きな課題の1つと言えよう。</p> <p>こうした課題を解決するために、石油燃料に変わる電力として注目されているのは太陽光や風力といった再生可能エネルギーである。しかし風力発電や水力発電などは広大かつ条件を満たす土地を必要とする、太陽光発電などは天候の影響を大きく受けるなど課題も残されている。電力供給を安定させるため、ある程度化石燃料に頼らざるを得ないのが現状である。</p> <p>また、太陽光発電が地域活性化に貢献する影響もある。例えば、農地や未利用地にシステムを導入することで、地元経済の活性化や雇用創出につながる事例が増えている。</p> <p>これらの観点を考慮すると、太陽光発電は単に電力を供給するだけでなく、環境、社会、経済の三側面で持続可能な発展に寄与する重要な技術であると結論づけられる。</p>
仕組み	<ol style="list-style-type: none"> 伝導電子が多く電子が逃げやすいn型半導体と、伝導電子が少なく正孔(電子が不足している場所)を持つp型半導体を積み重ねる。 n型半導体とp型半導体が接合することによって、n型半導体からp型半導体へ伝導電子が逃げ出して、正孔と打ち消し合う。 電子の足りなくなったn型半導体はプラスに帯電し、余分に電子をもらったp型半導体はマイナスに帯電する。 接合部分に内部電界が生じる。(内部電界は、n型半導体から逃げ出そうとする電子の流れを妨げ、n型半導体からp型半導体へ電子が流れようとする力と釣り合ったところで安定する。) 接合部の半導体に光が当たると、光のエネルギーにより新たに伝導電子と正孔が叩き出される。 内部電界に導かれて伝導電子はn型半導体へ、正孔はp型半導体へ移動する。 光起電力効果により起電力(電子を外部に押し出す力)が生まれ、次々に電子が押し出されることによって外部の電気回路に電力が供給される。

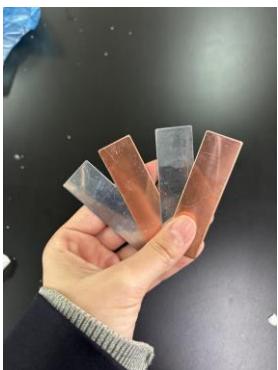
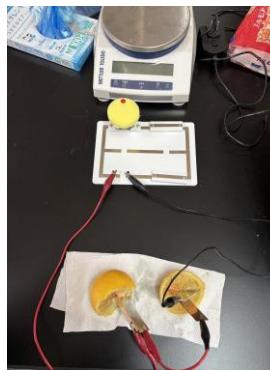
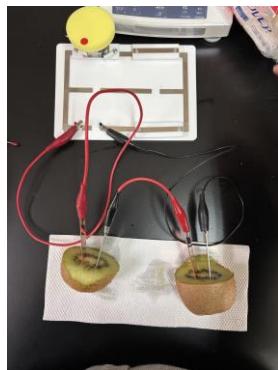
	<p>8. 押し出された電子は外部の電気回路を通じて p 型半導体の側に戻り、正孔と結合する。</p>															
実験方法 材料	<ul style="list-style-type: none"> 実験方法 下記の 2 種類のソーラーパネルを使用し、それぞれにモーターと豆電球を接続して向きを変え、効率の良いソーラーパネルの使用方法を考察する。 材料 タミヤ ソーラーパネル 1.5V-500mA 多結晶シリコンタイプ タミヤ ソーラーパネル 0.5V-1500mA 多結晶シリコンタイプ 回路カード実験器 															
予想	<ul style="list-style-type: none"> ソーラーパネルを太陽(光源)に対して垂直に設置すると、発電量が増加する。 1.5V-500mA タイプの方が 0.5V-1500mA タイプと比べて発電量が多くなる。 															
結果	<p>・豆電球を接続した場合</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>ソーラーパネルの タイプ</th> <th>豆電球の反応の有無</th> <th>豆電球の反応開始時の 光量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.5V-500mA タイプ</td> <td>あり</td> <td>約 60000LUX</td> </tr> <tr> <td>0.5V-1500mA タイプ</td> <td>なし</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>・モーターを接続した場合</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>ソーラーパネルの タイプ</th> <th>モータの最高回転速度</th> <th>モーターの回転開始時 の光量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.5V-500mA タイプ</td> <td>高</td> <td>約 25000LUX</td> </tr> </tbody> </table>	ソーラーパネルの タイプ	豆電球の反応の有無	豆電球の反応開始時の 光量	1.5V-500mA タイプ	あり	約 60000LUX	0.5V-1500mA タイプ	なし	—	ソーラーパネルの タイプ	モータの最高回転速度	モーターの回転開始時 の光量	1.5V-500mA タイプ	高	約 25000LUX
ソーラーパネルの タイプ	豆電球の反応の有無	豆電球の反応開始時の 光量														
1.5V-500mA タイプ	あり	約 60000LUX														
0.5V-1500mA タイプ	なし	—														
ソーラーパネルの タイプ	モータの最高回転速度	モーターの回転開始時 の光量														
1.5V-500mA タイプ	高	約 25000LUX														

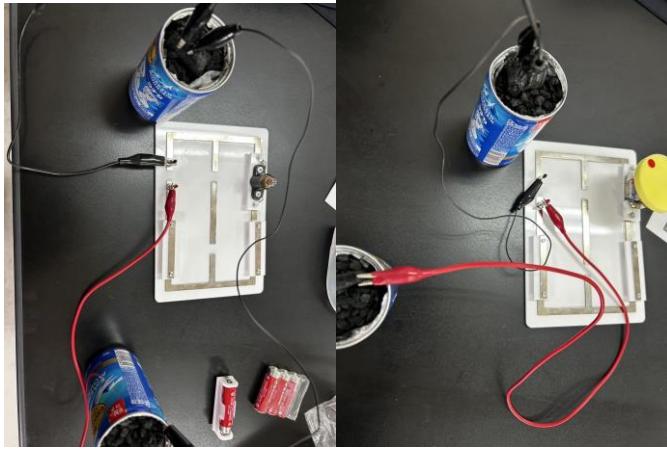
	0.5V-1500mA タイプ	低	約 2000LUX
	どちらの実験もソーラーパネルが光源(太陽)に対して垂直に近づくほど、勢いが増した。		
考察	1.5V-500mA タイプは予想通り、0.5V-1500mA タイプと比べ、最大発電量が大きい傾向があった。一方で、0.5V-1500mA タイプは光量が少くとも発電が可能であることが分かった。また、太陽光発電に関する問題点として発電量が天候に左右されるといった点があるが、今回の実験より発電可能な電圧の低いものを大量に設置することで安定性を得ることができる。しかし、この場合には、設置コストの発生や自然破壊といった別の課題が生じるためそのため、それらの問題を同時に解決しなければならない。そのため、燃料に関する環境問題は長年注目されているにもかかわらず実用的な解決が進まない要因の一つであると感じた。		
反省 展望	実験期間を長くすれば、季節や測定場所による変化を確認できた可能性がある。そのため、より長い時間をかけて取り組むと良かったのではないかと感じた。また、今回の実験を通して、ソーラーパネルは光があると発電が行われるという単純なものという印象から、実際にはその原理は非常に複雑であり、理解するのが難しいものであるということがわかった。また、実験を踏まえて、現在のソーラーパネルに関する問題点と結びつけて考察を行ったが、ソーラーパネルを含む再生可能エネルギーの普及には多くの課題がある。そのため、今後も社会全体で改善・解決に取り組む必要があると感じた。		
参考文献	https://unit.aist.go.jp/rpd-envene/PV/ja/about_pv/principle/principle_3.html 産総研 太陽電池の原理 3		

電池名	備長炭電池
仕組み	<p>アルミニウムが電子を放出してアルミニウムイオンとなって食塩水中に溶け出す。放出された電子は導線を通って備長炭電池にたどり着く。備長炭に吸着した酸素と水が電子を受け取って化学反応を起こし、水酸化物イオンとなる。このような電子の流れによって電流が起こる。</p> <p>化学反応式</p> <p>正極)$3\text{OH} + 3\text{e}^- \rightarrow 3\text{OH}^-$</p> <p>負極)$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$</p> <ul style="list-style-type: none"> ・備長炭電池の作り方(通常) <ol style="list-style-type: none"> 1.水 100 グラムに食塩 30 グラム入れて溶かす 2.1 で作った食塩水に備長炭の大きさに合せたキッチンペーパーを浸す 3.備長炭にキッチンペーパーを巻き、その上にアルミホイルを巻く 4.キッチンペーパーの下とアルミの上に曲げたクリップを挟む 5.アルミのクリップを負、キッチンペーパーを正として電流計と繋ぐ
実験方法 材料	<p>実験方法</p> <p>食塩水中の食塩の濃度や使用する液体の種類を変化させたり、電池の繋ぎ方を変えたりして電流を計測する。</p> <p>材料:備長炭 アルミホイル 食塩 キッチンペーパー 電流計 クリップ クエン酸</p>
予想	<p>電流が増えるであろう方法</p> <ol style="list-style-type: none"> 1:備長炭電池を直列に繋ぐ 2:キッチンペーパーに染み込ませる溶液を、pH が食塩水より低いクエン酸にする。備長炭電池の仕組みはアルミが食塩水で溶ける時に放出される電子を利用

	<p>する。なのでアルミをより溶かせるであろうクエン酸を使用すれば電流が増えると考えた。</p> <p>3:備長炭電池の作り方の 4 の状態で数分放置してから電流計に繋ぐ</p>
結果	<p>通常の方法で作った電池の電流の値は 100mA。また直接備長炭を電流計のクリップで挟んだ時、電流の値は 200mA に変化した。これらの値をもとにして電流が増えたか判断する。</p> <p>それぞれの予想の結果</p> <p>1:クリップを介した場合の電流 200~300mA 備長炭を直接かんだ場合の電流 最大 400mA (途中途中変化あり)</p> <p>2:実験を行ったが、クエン酸水溶液を使用した場合、電流は流れなかった。</p> <p>3:この実験は全ての内容で備長炭を直接かんで行った。</p> <p>5 分放置した時 250mA 10 分放置した時 350mA 15 分放置した時 300mA しかしいずれも数分経てば 200mA となった。</p>
考察	<p>備長炭電池を直列に繋いだ場合は予想通り電流が増えた。</p> <p>クエン酸水溶液を使用して電流が流れなかった原因ははっきりとは分からなかったが、放出された電子が水溶液中の水素イオンと結合することで電流計に電流が流れなかったのではと考察した。3 の方法は時間を置くことで備長炭中の電子が溜まるために電流が一時的ではあるが増加したのではと考える。しかしこれは通常流れるはずのものを止めて溜めていただけであり、電流全体が増加したとは言い難い。また備長炭を直接かんだ場合とクリップを介した場合で電流計の値が変化した原因は分からなかった。</p>
反省 展望	<p>今回使用した食塩水はすべて飽和水溶液とした。しかし食塩水の濃度を変化させることで電流が流れる量は変化すると考えた。また 1 の実験によりクリップを介した場合と直接かんだ場合とで電流計の値が変化したが 2、3 の実験で 1 と同じ様に 2 つの方法で実験をすればもう少し比較できたのではと思った。</p>
参考文献	<p>https://yamlab.net/2204211551/#03 https://kids.gakken.co.jp/jiyuu/category/try/binchotan_battery/ https://www.happiness.kota.aichi.jp/library/media-download/284/eea42af9d11b4858/ https://www2.nhk.or.jp/school/watch/clip/?das_id=D0005301395_00000 https://www.youtube.com/watch?v=eGulxI6NKR0</p>

電池名	フルーツ電池
仕組み	<p>果汁、つまり電池における水溶液には電解質が溶けているため金属板の表面がイオン化する。金属板のイオン化と同時に電子も生じ、それが反対側の金属板に移動するので電流が流れ電気が生じる。</p> <p>目的：果物に含まれる酸を利用して、電気を発生させられるかを調べる。</p>
実験方法 材料	金属板(今回は銅板と亜鉛板を使用した)、レモン、キウイフルーツ、鰐口クリップ、回路
結果	キウイ、レモンともに LED とモーターが変化せず、電流は流れなかった。

	<p>しかし、亜鉛板と銅板に変色部分が見られたので、化学反応は起きていると考える。</p>   
考察	<p>考察：電流が流れなかつた要因として 3 つ挙げられる</p> <ul style="list-style-type: none"> • 電極の接続が不十分だった。 • 電極間の距離が近すぎた。 • 使用した果物の水分量や酸の濃度が不足していた。 <p>結論：</p> <p>今回の条件では、キウイとレモンを使って電流を流すことはできなかつた。フルーツ電池を成功させるには、電極や果物の状態などを工夫する必要がある。</p>
参考文献	<p>NHK 「果物で電気を起こせ！」 https://www.nhk.or.jp/kokokoza/basicscience/contents/resume/resume_0000003464.html?lib=on</p>
電池名	アルミ缶電池
仕組み	缶のアルミが作用し、電子を放出する。電子が導線を通って備長炭に達する。ここで、備長炭の表面の酸素と水が電子を受け取って反応し、水酸化物イオンができる。このような電子の流れで電流が発生する。
実験方法 材料	<p>実験方法</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 内側を紙やすりで削ったアルミ缶の中に、食塩水を染み込ませたキッチンペーパーを巻き付ける。 2. アルミ缶の中に備長炭を立てて入れ、その周りに活性炭を入れる。 3. 同じものを 2 つ作り、その 2 つをワニ口クリップでつなぐ。 4. アルミ缶電池と豆電球をつなぐ。 <p>材料</p> <p>アルミ缶、備長炭、活性炭、食塩、キッチンペーパー、紙やすり、ワニ口クリップ、豆電球、モーター</p>

結果	 <p>2つのアルミ缶電池を繋ぎ、豆電球と繋いだが、豆電球は光らなかつた。また、豆電球の代わりにモーターとも繋いだが、モーターは動かなかつた。</p>
考察	電流が流れなかつた要因として、缶の内部を十分にやすりで磨けていなかつたことが考えられる。やすりがけが不十分だったことで、缶の金属が作用せず、電子の流れが生じなかつたと考える。
反省 展望	今回は実験に十分な時間が確保できず、条件を変えての実験を行うことができなかつたため、電流が流れなかつた具体的な要因を知ることができなかつた。また、今回は電流が流れているか確認するために豆電球とモーターを用いたが、電流計などを使って具体的な数値を調べる必要があると考える。
参考文献	http://science.wao.ne.jp/experiment/details.php?contents_no=50924 https://kdc.csj.jp/learning/item_2424.html https://yamlab.net/2204211551/#03

[全体を振り返って]

今回の研究ではダニエル電池、太陽光電池、備長炭電池、フルーツ電池、アルミ缶電池といった、性質の異なる電池を実際に自分の手で組み立て、条件を変えながら比較・検証を行つた。それぞれの電池がどのような原理で電気を生み出すのかを体験的に学ぶことができ、非常に有意義な活動となつた。

しかし、振り返ってみるといくつか反省点も見つかった。まず、電圧や電流の測定において、測定環境や手順にバラつきがあり、全体としての統一感が低くなってしまった。また、部品の組み立て方や材料の状態・適切な保存ができているかによって結果が大きく変わることもあり、再現性を重視した実験設計の重要性を実感した。例えばダニエル電池では2つの溶液が混ざって機能が低下してしまったことや、フルーツ電池が働かないといった失敗が挙げられる。

さらに、それぞれの電池のメリット・デメリットや実用性について、もう一步踏み込んだ考察ができれば、研究としてより深みが出たと思う。特に、環境への配慮や持続可能性の観点からも電池を評価する視点を取り入れたかった。

今後は、実験の精度向上と、考察の幅を広げることを意識しながら、より質の高い研究を目指していきたいと思う。

※ 3ページ以降も自由に追加いただいたいて結構です。
 ※この「事業結果要約報告書」(Word)、デジカメ写真の画像 (.jpeg などで、解像度を下げていないもの) を、CD-R 等に入れてご提供いただければ幸いです。
 ※みなさまの活動を「事業結果要約報告書」や「マツダ財団ホームページ」で、写真も含めてご紹介したいと思っております。写真撮影の際には、参加者の皆様にもその旨了解を得ておいてください。