

電気炉で電池用炭を製作する実験

永山 尚也

金沢工業高等専門学校 電気電子工学科5年

1. はじめに

この実験の将来的な目標は、災害時に空き缶や炭などで構成された炭電池をLED照明用電池として利用することである。地震発生直後は停電により夜間照明がなく、暗さに不安を感じる。また、暗闇での活動は怪我などのリスクを伴うため、明かりが重要な役割を演じる。通常、電池を備蓄しておけばよいが、首都圏や広範囲な災害では人口が多いため、十分に物資供給までに相当な時間を要す。そのため身近なもので代用できれば一時的な混乱を回避することが可能となるだろう。炭は電池材料となるばかりでなく、災害時には火元としても有用な材料であり、常備することも一助となると思われる。

また、炭を製造するには高温環境で長時間焼成することが必要であり。作業者の作業環境の改善として有用である。一方、木の焼成はCO₂を増加させるわけではないが、地球環境の観点から、火燃焼をしない炭製作技術を開発することは意義がある。

2. 実施内容の概要

この実験では、電気炉を用いて木材を炭化して炭を製作するための焼成パターンを見つけ出すことである。通常、電気炉内を高温で焼成すると、木材は完全に焼成して炭にはならない。すなわち電気炉内で炎を生じない状態にする必要がある。そこで、本実験では、炉内を500℃以下で水分の蒸発、表面の焼成、芯部分の炭化となるような焼成過程を考えた。この過程を電気炉内で実現するには、温度制御することが必要であり、温度調整機能付き電気炉で実施した。(図1)

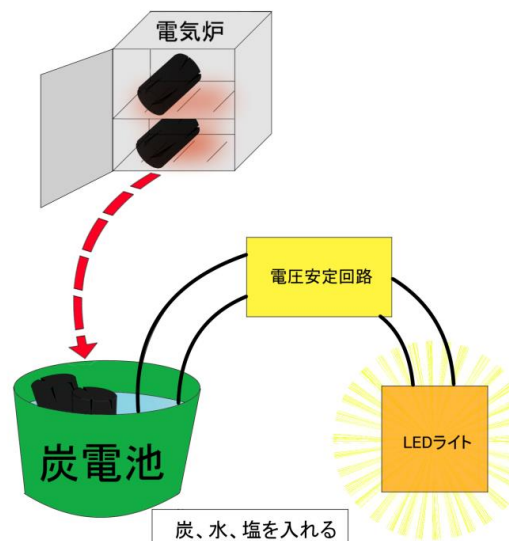


図1 実験の構想図

3. 実験装置と方法

(1) 電気炉

実験では図2に示すような温調付き小型電気炉（フルテック製，FT-01X）を使用した。炉内はW50×D80×H50 mm で，温度調節により炉内温度を制御した。温度計測は炉内に設置された熱電対より行った。また，焼成は水分の蒸発，表面の焼成，芯部分の炭化を想定した焼成パターンとして図3に示すような3種類を考えた。焼成パターン1および2は200℃，300℃，400℃で焼成する。その後，焼成パターン1では自然冷却した。焼成パターン2では300℃で焼成してから自然冷却した。焼成パターン3では400℃焼成後，自然冷却した。

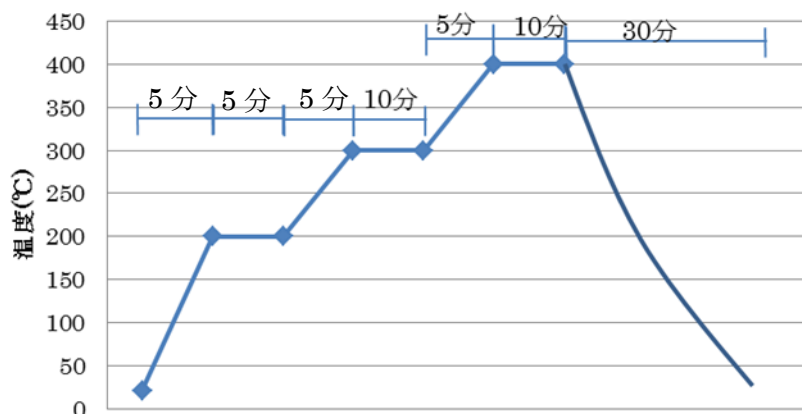


(a) 電気炉の外観

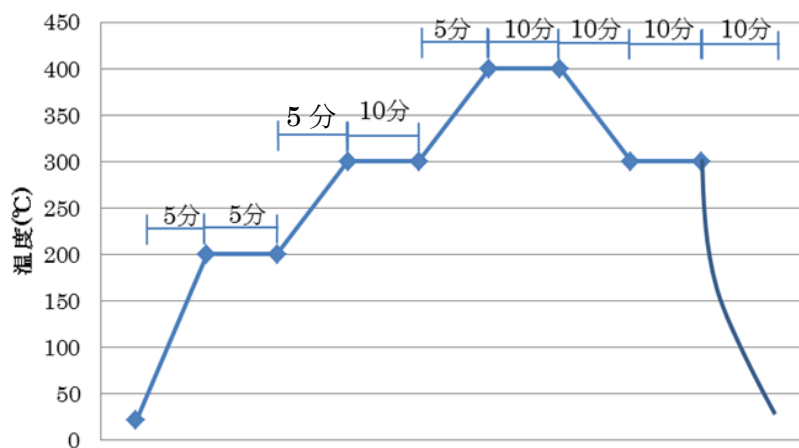


(b) 電気炉内の熱電対（中心部）

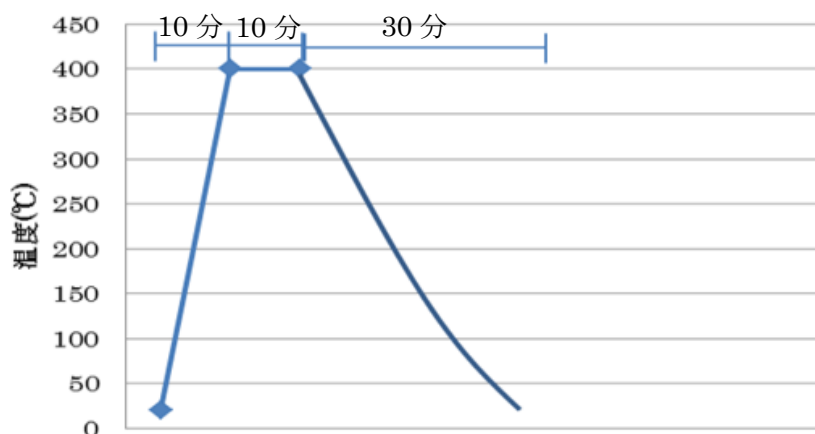
図2 焼成用電気炉



(a) 焼成パターン1



(b) 焼成パターン2



(c) 焼成パターン3

図3 電気炉の焼成パターン

(2) 実験方法

実験では図4に示すアルミニウム製の容器 30×30×30 mmに木材を入れた。木材は図5の木材(紅葉)を約30mm角に裁断してから、アルミニウム製の容器に収めて焼成した。実験では焼成パターン1~3を試みた。焼成パターンを検討する予備実験後、焼成実験を6回実施した(実験①~⑥)。図6は焼成パターン1を電気炉温度制御プログラムに設定したときの測定結果である。炉内温度は若干の変動はあるが、ほぼ制御指令通りになっている。



図4 電気炉内に収納されたアルミニウム製容器



図5 使用した木材の例

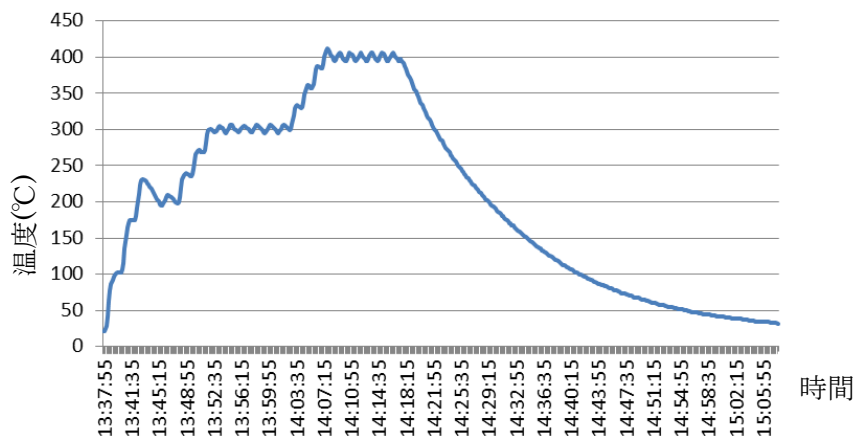


図6 焼成パターン1の実例

4. 実験結果

(1) 焼成パターンの決定

焼成パターンを決めるために予備実験を実施した。実験では、電気炉内に木片だけを入れ、400℃で焼成すると木片は燃焼して灰だけが残った。そこで、アルミニウム製の容器内に木片を入れ、それを電気炉で焼成することで炭が出来た。電気炉内の焼成過程は水分除去、表面の焼成、芯部分を焼成すると考えた。目視による評価では、焼成パターン1または2が適当だと思われた。電気炉で焼成した炭の評価は、炭表面画像および表面反射率で行った。参考のため、市販の炭表面画像を図7に示す。



図7 市販されている炭表面画像

(2) マイクロスコープによる表面観察

画像には図8(a), (b)に示したように2台のマイクロスコープ（倍率60~250）、（キーエンス製、倍率300）で表面画像を撮影した。図9~14の画像は、木材の側面①、表面②および裏面③の3方向を焼成前と焼成後で撮影した。いずれの方向の画像でも木材は焼成され、炭になっていることが確認できた。図15~18はマイクロスコープの倍率を300倍にしたときの焼成前後の画像例である。これらの画像から、より細かい表面状態が観察でき、炭化の詳細が判る。ただし、画像は焼成後に大きく体積や表面積が変化するため、同一部分を撮影することはできない。これらの画像は同一材料であることを示している。

表1は焼成前と焼成後の重さの変化を示した。焼成により重さは80.08~94.59%と大きく減少した。焼成による重さや体積が変化することは判っていたが、本実験により数値化できた。



(a)



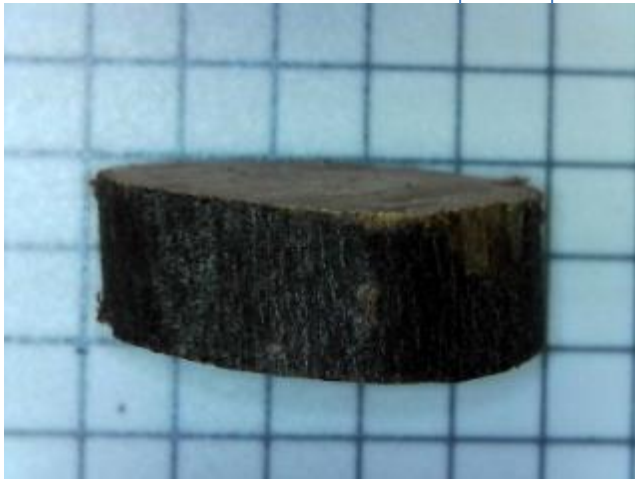
(b)

図8 マイクロスコープ

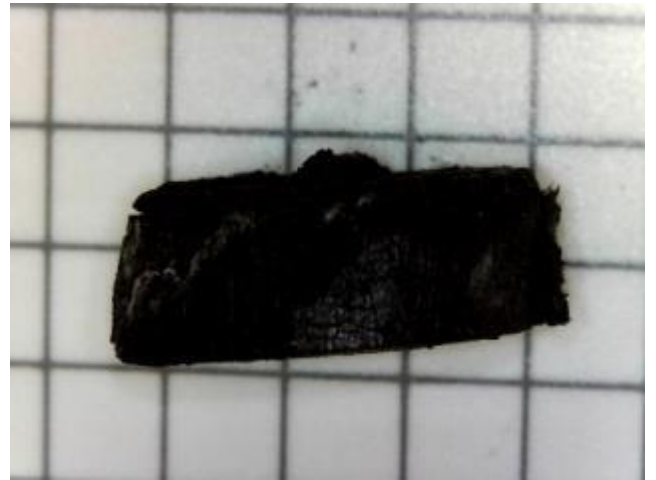
実験①

撮影面① 焼成前

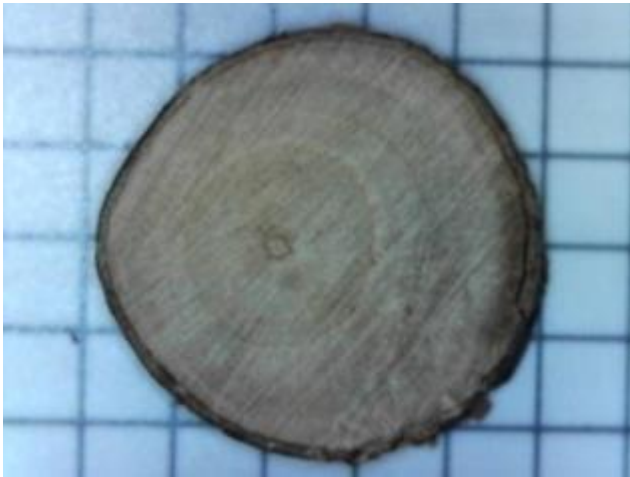
5mm



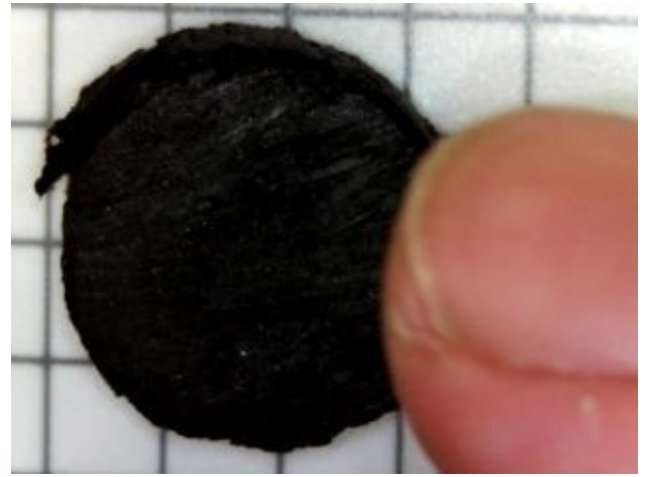
撮影面① 焼成後



撮影面② 焼成前



撮影面② 焼成後



撮影面③ 焼成前



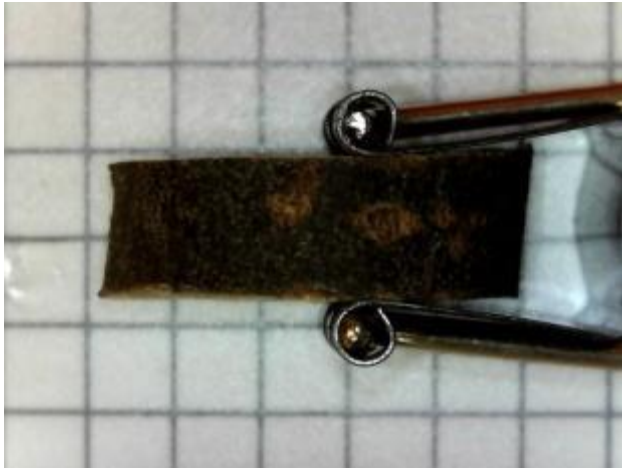
撮影面③ 焼成後



図9 実験① マイクロ스코プの画像

実験②

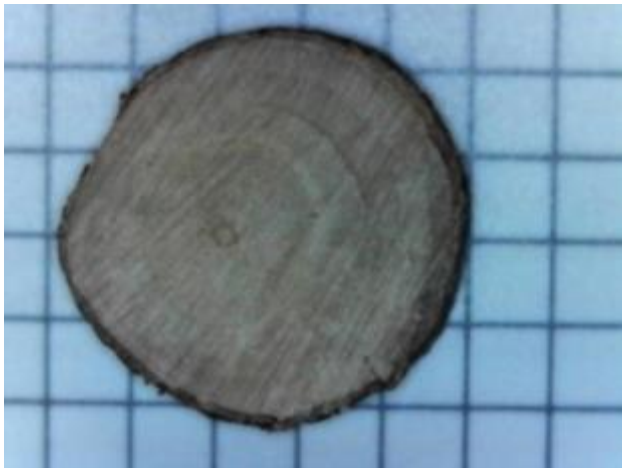
撮影面① 焼成前



撮影面① 焼成後



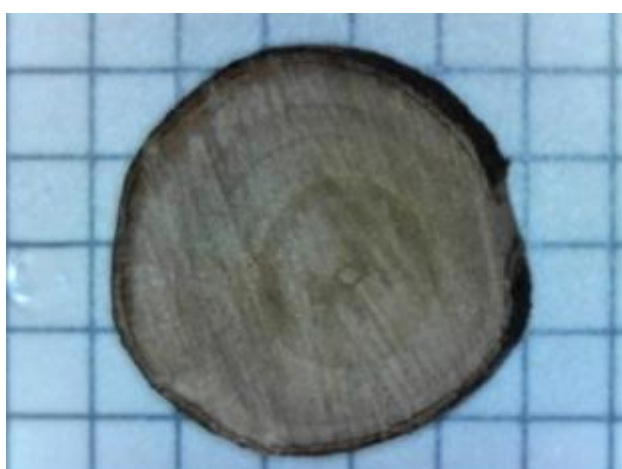
撮影面② 焼成前



撮影面② 焼成後



撮影面③ 焼成前



撮影面③ 焼成後

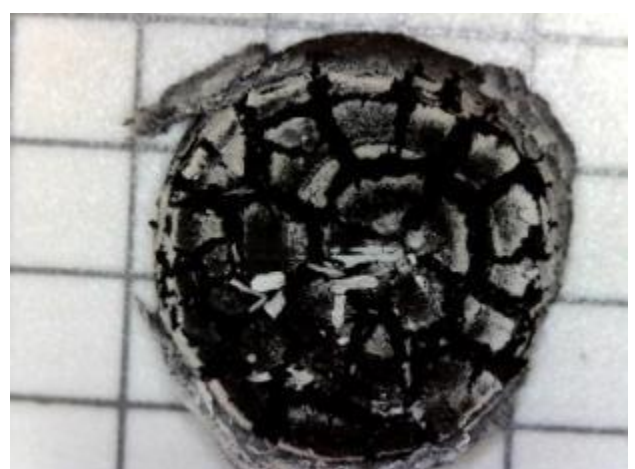
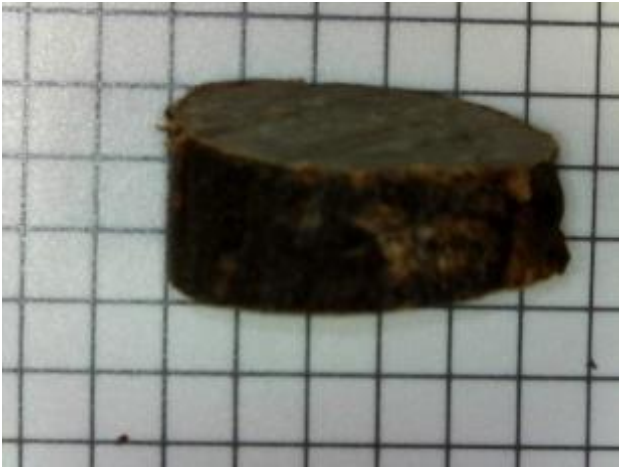


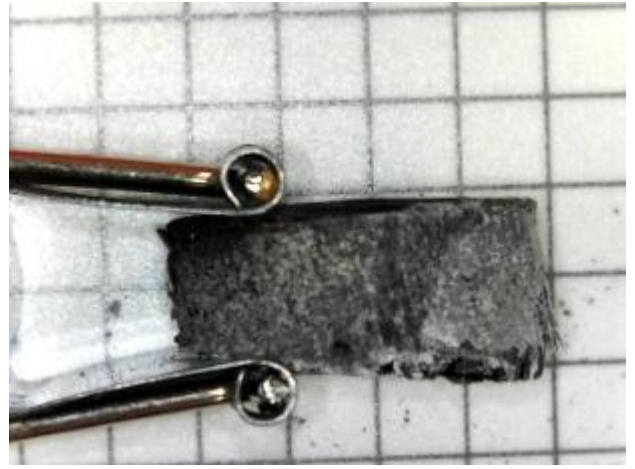
図10 実験② マイクロスコプの画像

実験③

撮影面① 焼成前



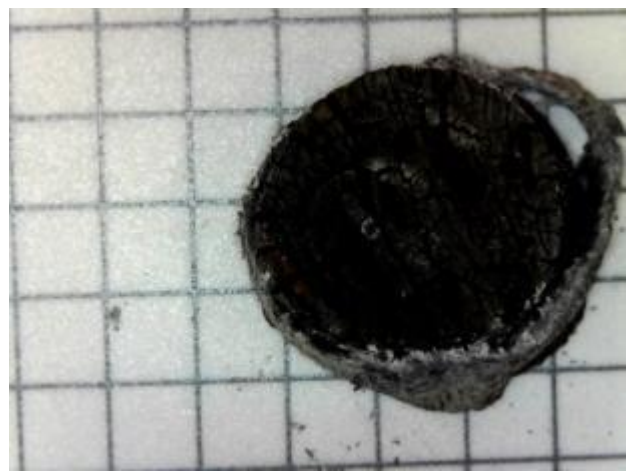
撮影面① 焼成後



撮影面② 焼成前



撮影面② 焼成後



撮影面③ 焼成前



撮影面③ 焼成後

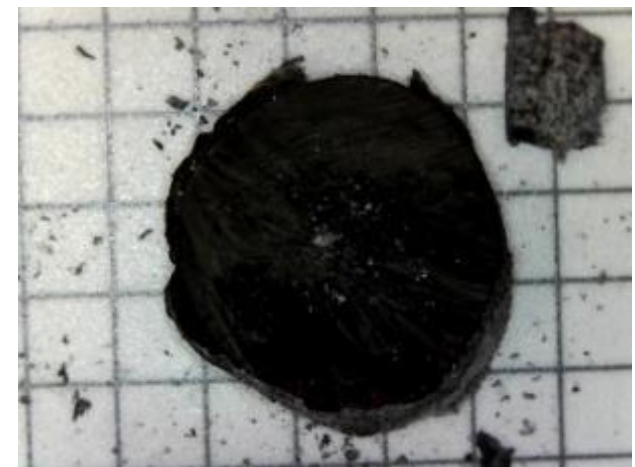


図11 実験③ マイクロスコプの画像

実験④

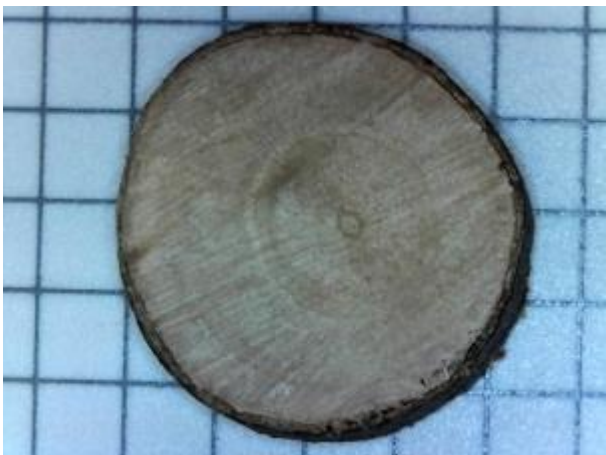
撮影面① 焼成前



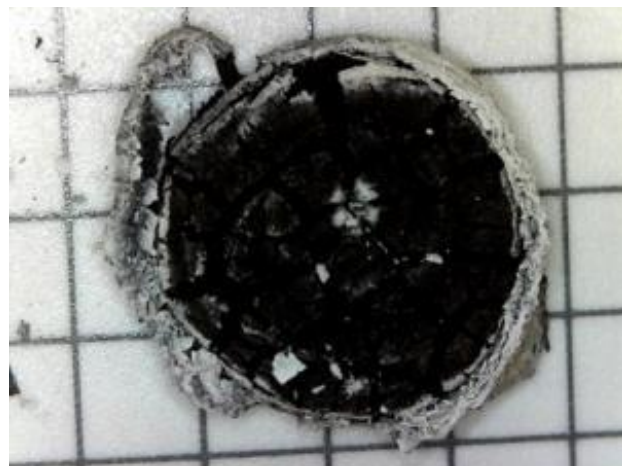
撮影面① 焼成後



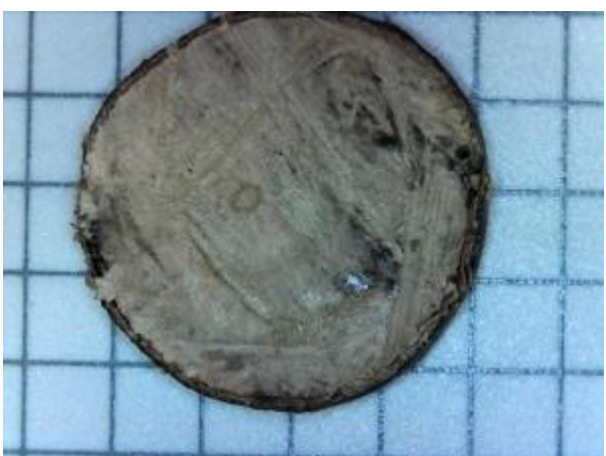
撮影面② 焼成前



撮影面② 焼成後



撮影面③ 焼成前



撮影面③ 焼成後

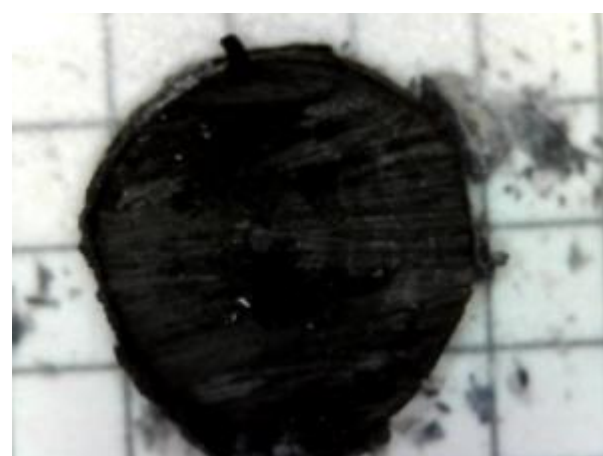
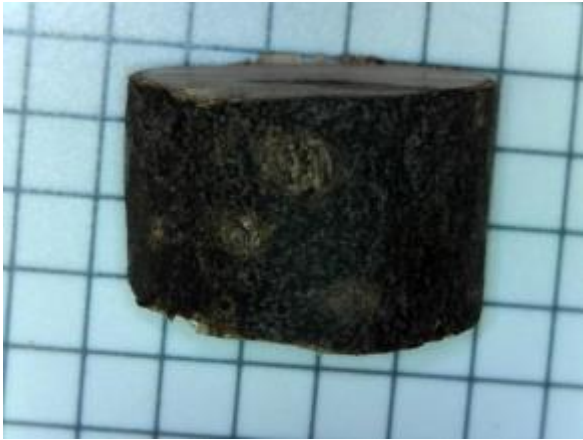


図12 実験④ マイクロスコプの画像

実験⑤

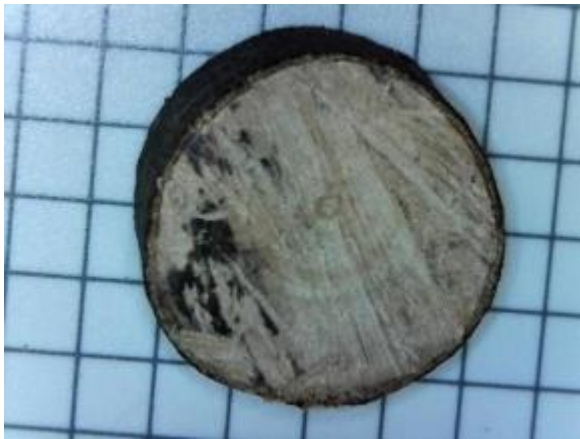
撮影面① 焼成前



撮影面① 焼成後



撮影面② 焼成前



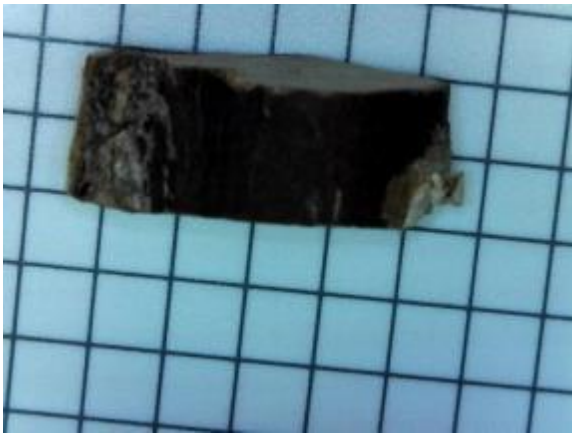
撮影面② 焼成後



図13 実験⑤ マイクロ스코ープの画像（撮影面③なし）

実験⑥

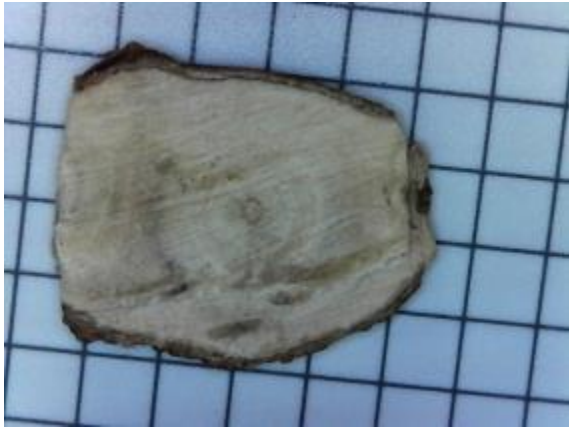
撮影面① 焼成前



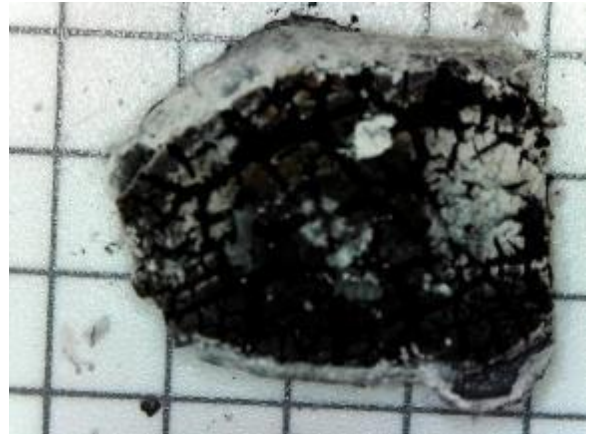
撮影面① 焼成後



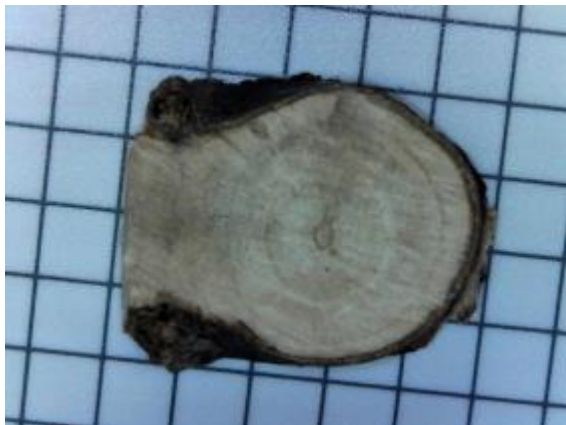
撮影面② 焼成前



撮影面② 焼成後



撮影③ 焼成前



撮影③ 焼成後

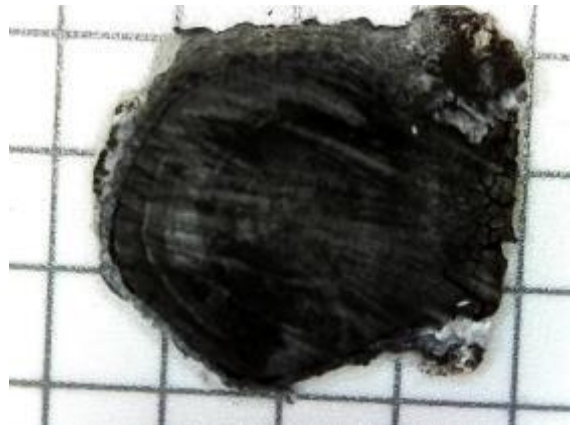


図14 実験⑥ マイクロスコープの画像

実験③

撮影面① 焼成前



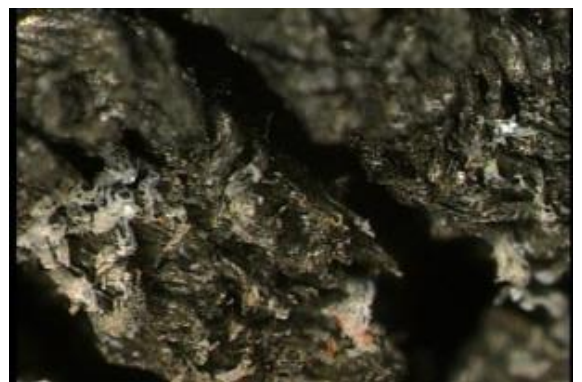
撮影面① 焼成後



撮影面② 焼成前



撮影面② 焼成後



撮影面③ 焼成前



撮影面③ 焼成後



図15 実験③ マイクロ스코ープの画像（詳細）

実験④

撮影面① 焼成前



撮影面① 焼成後



撮影面② 焼成前



撮影面② 焼成後



撮影面③ 焼成前



撮影面③ 焼成後

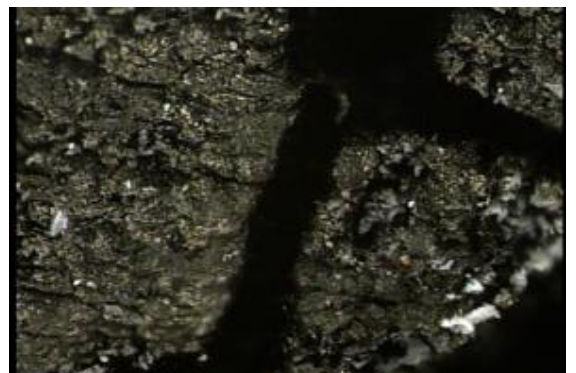
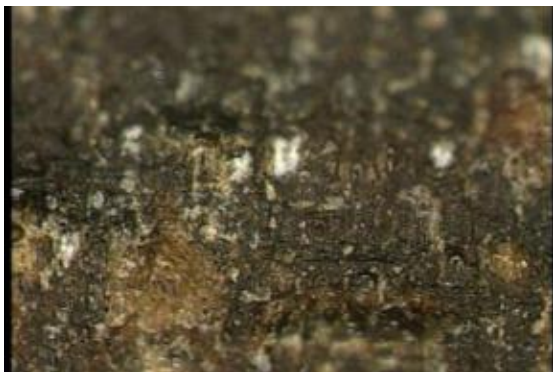


図16 実験④ マイクロ스코ープの画像（詳細）

実験⑤

撮影面① 焼成前



撮影面① 焼成後



撮影面② 焼成前



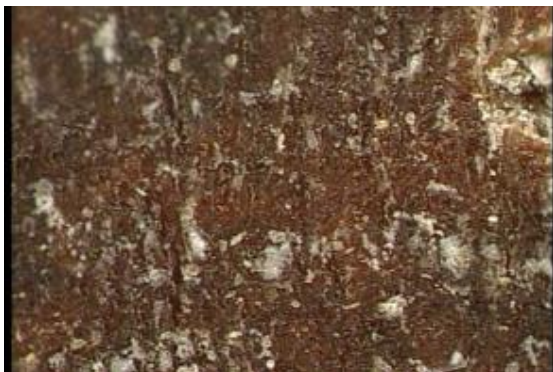
撮影面② 焼成後



図17 実験⑤ マイクロスコップの画像（詳細）（撮影面③なし）

実験⑥

撮影面① 焼成前



撮影面① 焼成後



撮影面② 焼成前



撮影面② 焼成後



撮影面③ 焼成前



撮影面③ 焼成後



図18 実験⑥ マイクロ스코ープの画像（詳細）

表1 焼成前と焼成後の重さの変化

	焼成前の重さ (g)	焼成後の重さ (g)	変化量 (%) *
実験①	2.2	0.4	81.82
実験②	2.1	0.4	81.08
実験③	3.7	0.7	81.08
実験④	2.2	0.4	81.81
実験⑤	3.7	0.2	94.59
実験⑥	2.1	0.3	85.71

*変化量= (1-(焼成後の重さ/焼成前の重さ)) ×100

(3) 色差色度計による評価

図19のような色差色度計（ミノルタ製，CR300）を用いて焼成前の木材と焼成後の炭における反射率 Y 値の測定をした。表2に測定結果を示す。表2から焼成後は反射率が焼成前よりも低く，目視同様に黒体であることを示している。結果としては，焼成前のY値は51～64を示し，焼成後は31～35になった。焼成後にY値は約半分程度になることが判った。焼成前に比べて焼成後では，Y値が低下することは当然であるが，定量的に炭のY値を求めることができた。なお，色度座標値も参考のために示した。測定では炭の表面凹凸があるため，測定表面が均一に接触していなことがあるので，若干の誤差を持つと考えられる。



図19 使用した色彩色度計

表2 焼成前と焼成後の色差 (Yxy表色系)

	焼成前			焼成後		
	Y	x	y	Y	x	y
実験①	57.954	0.33572	0.33436	32.4	0.31606	0.317
実験②	56.648	0.33638	0.33444	32.592	0.31598	0.31678
実験③	51.308	0.33344	0.33226	31.494	0.31596	0.31686
実験④	57.844	0.33514	0.33398	34.62	0.31516	0.31662
実験⑤	60.292	0.33542	0.33454	34.894	0.31578	0.3174
実験⑥	63.798	0.33516	0.33616	32.738	0.31602	0.31658

※Y: 物理的な輝度, X, Y: 色度座標

(4) 起電力の測定

起電力の測定では、焼成した炭に塩分を浸透させて紙およびアルミ箔を巻く。測定では炭とアルミにテスターの測定棒を押し当てて行った。図20は焼成後の炭における起電力の時間的な変化を測定した。時間0秒の起電力値を初期起電力と呼ぶ。また、同図において起電力値の変化がなくなった値を安定起電力値と呼ぶことにする。測定は炭を電池状態にしてから300秒間の起電力値を測定した。図20では6回の測定結果がシンボルで示されている。炭の大きさは均一でないため、起電力値に約0.15Vの差異があるが、時間に対する起電力の減少傾向はいずれの場合も同様であることが判る。

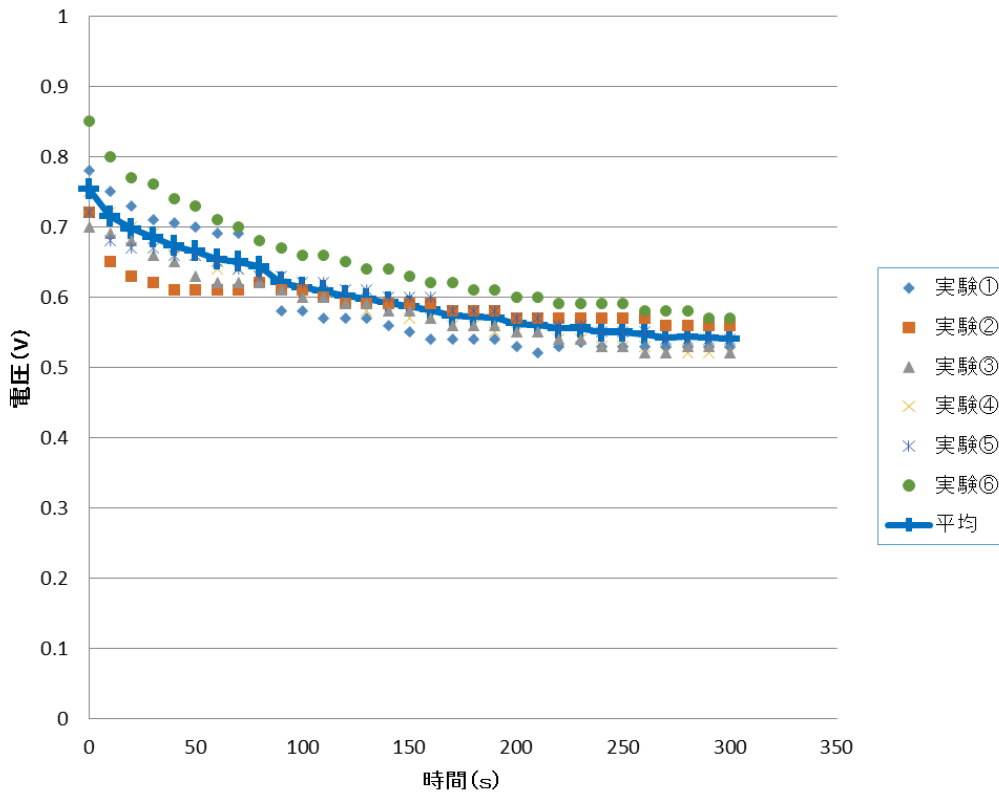


図20 起電力の時間的な変化

5. 炭電池を有効に利用する方法

(1) 電圧装置の提案

炭電池単体では起電力値が小さいため、直並列に接続することで電圧および電流容量を増加させる。図21は5直列3並列の炭電池をモジュール化した模式図を示す。出力電圧を一定にするためにDC/DCコンバータを接続することも考えられる。今回製作した炭は25mm程度であり、電池としての実験はできなかった。

(2) 利用

「はじめに」でも示したように、焼成後の炭は災害時に空き缶や塩などで構成された炭電池としてLED照明用電池として利用することである。災害時の夜には、明かりがないと不便であるばかりでなく、不安を感じることが多い。利用場所として、避難所の周辺やトイレなどの照明として利用すれば有用であると考えられる。また、炭電池として不要な炭は、暖や煮炊きなどに利用することができ、一石二鳥である。災害備えとしては当然ではあるが、炭の利用ばかりでなく他の機器も備えることは必要である。

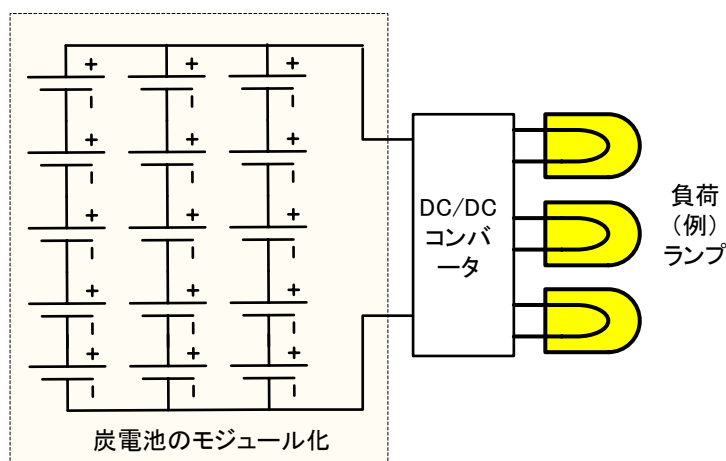


図21 炭電池をモジュール化した模式図

6. 所見

電気炉を用いて炭を製作できることをこの実験で明らかにした。木材を電気炉内温度400℃程度で焼成すると燃え尽きてしまう。また、200℃程度の焼成では炭化しないことが予備的な実験から判った。すなわち炉内温度400℃で炎がでないことが必要だと考えた。そこで、アルミニウム容器内に木材を入れ、輻射熱で焼成することを考え、実験により炭ができることを確認した。電気炉から放出される煙を観察していると、アルミニウム容器に木材を入れたときが少なかつたため、炎がでていないと思った。ただし、炉内を観察できないので詳しいことは不明である。また、使用した電気炉容量および実験環境から数ミリ程度の木材しか実験が出来なかった。市販炭と同じような大きさで実験する予定ではあったが、電気炉および排煙環境を用意出来なかった。

7. まとめ

本実験では電気炉を使用することで、短時間焼成で炭をつくることを出来ることを述べた。焼成実験は6回行い、再現性を確認した。電気炉内では輻射熱を利用するために、アルミニウムのケースを利用

した。

起電力測定では，製作炭で0.6～0.8Vの初期起電力を得ることができた。安定起電力は初期起電力よりは低下するが，60秒程度で安定した。