

温度センサーなしのカーボン・ナノチューブ織物状ヒーターの恒温制御ならびに融雪への応用

齋藤研究室 1516116 今野友貴

1. 研究の動機・目的

カーボン・ナノチューブ（以降 CNT と略記）織物状発熱体については、過去に当研究室において、電流電圧特性等の測定を実施した。その結果、CNT 発熱体は、サーミスタと同様に温度が高くなると抵抗が低くなる特性を持つヒーターであることがわかっている。このような特性は正の温度係数を持つ、これまでの金属ヒーターとは異なるので、CNT 発熱体のさらなる評価を実施するとともに、温度センサーなしの恒温制御についての研究を目的とした。また CNT 織物状発熱体を用いた融雪も行う。太陽光発電モジュールに CNT 織物状発熱体を貼り付け直接加熱する方法と空気層を挟んで加熱する間接加熱する方法で実験を行う。

2. 実験方法

2.1. 温度センサーなしの CNT 織物状ヒーターの恒温制御

CNT 織物状発熱体をセンサー兼ヒーターとして使用し、図 1 の回路により抵抗値を一定すなわち温度を一定に保つ負帰還制御を試みる。温度センサーなしの恒温制御は mW レベルでは実施していたが、今回は 10W を超える電力レベルにするため、OP アンプの出力にパワー・トランジスタを接続した。CNT 織物状発熱体に熱流束センサーと熱電対を取り付け熱流束、温度、電源の電圧をデータロガーで計測した。電力が 2W 刻みになるように可変抵抗器を調整して測定した。

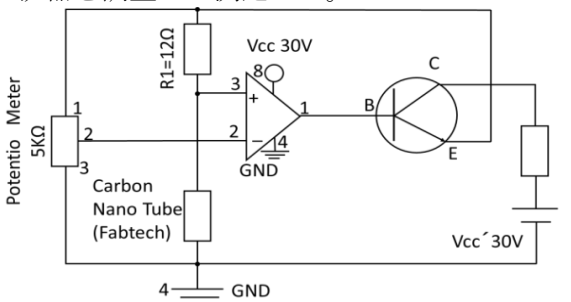


図 1. 恒温制御回路図

2.2. 融雪実験

融雪実験は豪雪地として知られる秋田県大仙市大曲において行った。向かって左側の太陽光発電モジュール裏面には CNT 織物状発熱体を直接貼り付け（直接加熱）、右側の太陽光発電モジュール裏側には約 1cm の空気層を挟んでブラック（非遮熱）塗装ガルバリウム鋼板上に CNT 織物状発熱体を貼

り付けた（間接加熱）。この二つの加熱方法の比較を行う。配線図ならびに温度センサーの配置を図 2 に示した。G8、G9、SL1、SL2 はボタン型温度データロガーである。

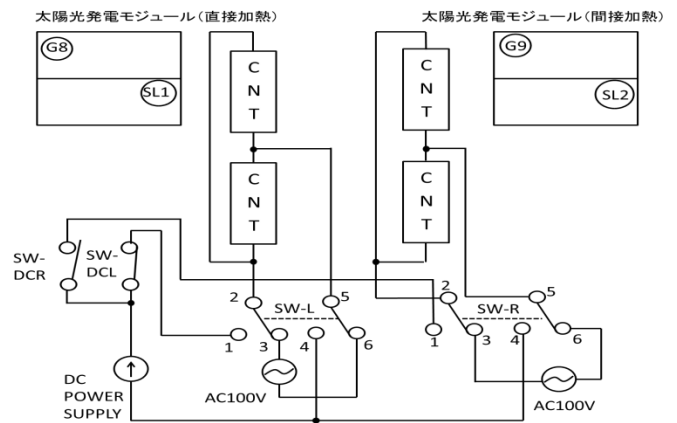


図 2. 融雪実験接続図

3. 結果と考察

3.1. 温度センサーなしの CNT 織物状ヒーターの恒温制御

実験結果の一例を図 3 に示した。CNT 織物状発熱体には目標としていた電力 10W を超える電力レベルで温度センサーなしの恒温制御をほぼ達成できたことを確認した。その時の最高温度は約 80°C であった。ただし、高出力時に温度がやや変動している。その原因として抵抗は、温度以外に印加電圧（電流）によっても変わりうるためではないかと推定される。

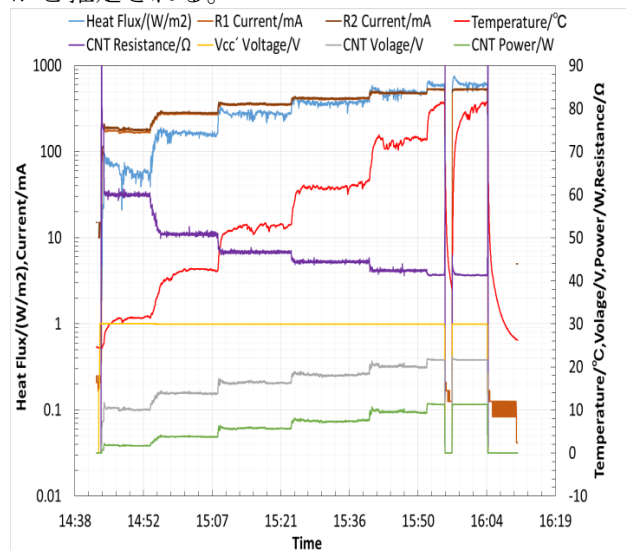


図 3. CNT 織物状発熱体を温度センサーなしで恒温制御した場合の経時変化

3.2. 融雪実験結果

実験の条件、結果、実際の様子を以下に示す。左側の太陽光発電モジュールが裏面に CNT 織物状発熱体を直接貼り付けた直接加熱である。右側の太陽光発電モジュールが裏側に約 1cm の空気層を挟んでブラック（非遮熱）塗装ガルバリウム鋼板上に CNT 織物状発熱体を貼り付けた間接加熱である。

実験日 2019 年 1 月 18 日～1 月 19 日

スイッチ:SW-L (左用スイッチ): DC、SW-R (右用スイッチ): DC

SW-DCL (直流電源左用スイッチ): on、SW-DCR (直流電源右用スイッチ): on

直流電源: 定電流モードで 13 A

通電開始: 1 月 18 日 8 時 5 分 電源電圧 66.65 V (2 アレイの合計消費電力 866.45 W)

通電停止: 1 月 19 日 16 時 52 分 電源電圧 64.09 V (2 アレイの合計消費電力 833.17 W)

通電停止時の各部温度: 左上パネル裏面: 40.6°C、右下パネル裏面: 16.6°C、右上パネル裏面: 16.3°C

電力量: 27.75 kWh



写真 1. 通電開始 19 分後の様子



写真 2. 通電開始 13 時間 55 分後の様子



写真 3. 通電開始 27 時間 47 分後の様子

実験の結果、太陽光発電モジュールの裏側に約 1cm の空気層を挟んでブラック（非遮熱）塗装ガルバリウム鋼板上に CNT 織物状発熱体を貼り付けた間接加熱と太陽光発電モジュールの裏面に CNT 織物状発熱体を直接貼り付けた直接加熱とも大方融雪されることが確認できた。太陽光発電モジュールを間接加熱する方式と直接加熱する方式で、融雪される様子にあまり違いは見られなかった。

4. まとめと今後の課題

本研究のまとめと今後の課題は以下の通りである。

- ・温度センサーなしの CNT 織物状ヒーターの恒温制御では目標としていた電力 10W を超えることができた。
- ・ただし、高出力時に温度がやや変動している事例が確認され、その原因として抵抗は、温度以外に印加電圧（電流）によっても変わりうるためではないかと推定される。
- ・融雪実験の結果、直接加熱、間接加熱どちらも同様に大方融雪されることが確認できた。
- ・実用の運用では常時通電が想定されるので、融雪状態を維持するのに最小の電力を探索する必要がある。

謝辞

本研究は、(株)Fabtech、(株)タニタハウジングウェア、(株)吉岡の協力の下、実施した。関係各位に御礼申し上げます。

参考文献

1. 川名雅広、通電加熱による除雪-太陽光発電パネルの伝熱特性等評価-、2017 年度卒論
2. <http://www.fabtech.jp/>