

力学熱量効果測定装置の試作

(1) 張力／長さ／温度の同時測定

固体を伸縮させると温度が上下することは、150 年以上も前にジュールが発見し、多くの物質について、張力を掛けると温度がわずかに下がることを示しました。しかしゴムは例外で、温度が上がり、しかも温度変化が非常に大きいことを見出しました。この温度変化は可逆的であり、典型的な不可逆現象であるジュール熱や気体の自由膨張(ジュールの実験)やジュール・トムソン効果とは対照的です。ゴム弾性の根底には鎖状高分子の分子形態のエントロピーがあつて、実用上も熱力学の対象としても興味深いものです。

ゴム弾性は、実験のしやすさからこれまで主に張力と伸びの間の関係の測定にもとづいて研究されてきましたが、近年、温度測定も便利になったので、ジュールのオリジナルの実験を現代化することも行われています(T. Matsuo and N. Azuma, *Netsu Sokutei* **43**, 12 (2016); **43**, 20 (2016))。本稿ではもう一歩進めて、張力と長さで温度の同時測定装置を紹介します。

天然ゴムやシリコンゴムの厚さ 1 mm、幅 10 mm、長さ 70 mm 程度のテープ 2 本を重ねて恒温箱に吊るし、上端は張力計に固定します。下端に細い鋼撚線を繋ぎ、その他端をモーターの軸に巻き付けます。モーターに至る途中で鋼線をヘリポット抵抗器のツマミに巻き付けておきます。モーターで鋼線を巻き取るとゴム試料は伸び、鋼線の移動で可変抵抗器が回ります。抵抗値をデジタルマルチメータ(DMM1)で読み取れば、ゴムの伸びが数値化できます。

試料の温度は 50 μm 径のクロメル・コンスタンタン熱電対出力を低ノイズ・低ドリフトのプリアンプで増幅し、DMM2 で測定します。張力計と 2 台の DMM からの数値は LabVIEW プログラムでパソコンに取り込み、画面にグラフで表示します(Photo 1)。このプログラムでは 0.5 秒周期でデータを取り込みました。Fig. 1 にはシリコンゴム力学熱量効果による温度の時間変化を試料の長さ L と重ねて示しました。この結果から、正のみならず微小な負の力学熱量効果も非常に明瞭に測定できることがわかりました。さらに進んで分子レベルの理解に行きたいと考えています。仕事と熱の測定値から内部エネルギーを論じることもできるようになりました。

(鈴木 晴, 松尾隆祐)

発 表

松尾隆祐, 鈴木 晴, 東 信晃, 片島拓弥, 井上正志, 第 53 回熱測定討論会(福岡), P48 (2017)。

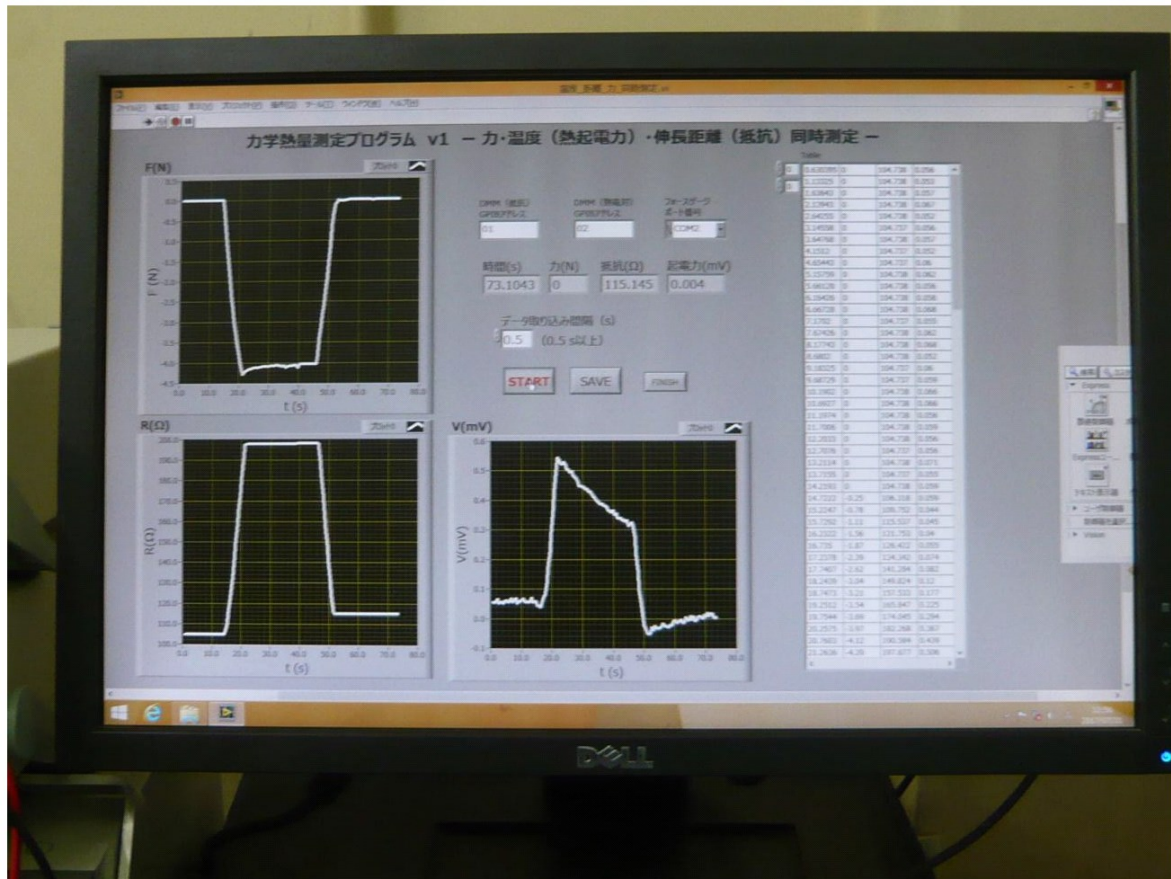


Photo 1. Computer screen displaying the three quantities measured simultaneously on a silicone rubber sample.

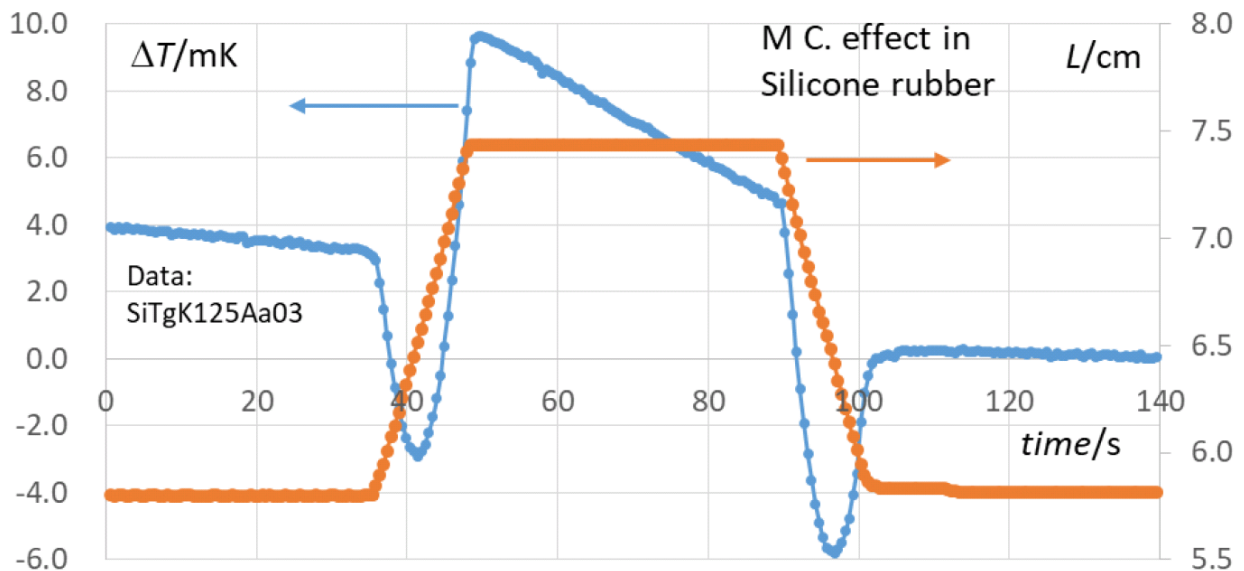


Fig. 1. Mechanocaloric temperature response and the length of silicone rubber undergoing stretch/shrinkage deformation.