

# 低ノイズ低ドリフト熱電対測温系の試作と ハイドロゲルの力学熱量効果の測定

力学熱量効果は次式に基礎をおいています.

$$dT = -\frac{(\partial S/\partial L)_T}{C_L/T} dL \quad (\text{断熱変化に際して})$$

ここで  $L$  は系の長さなどの力学的変数,  $C_L$  は  $L$  を一定とする条件下の熱容量,  $T$  と  $S$  は通常どおりの意味です.  $L$  を気体の体積  $V$  とすれば,  $dT$  は断熱圧縮/膨張による気体の温度上昇/下降を表わし,  $L$  をゴムひもの長さとするれば伸縮による温度上昇/下降となります. ゴムについて本冊子の別稿で述べました. もっと他にも使えるだろうと考え, ハイドロゲルについての測定を試みました.

温度を測定しつつ試料を変形させるという単純な測定操作ですが, 温度変化はゴムのように熱伝導度の低い物質でも瞬時に起こりますので, その特徴を生かすために, 応答が速く, かつ自身の熱容量の小さい温度計が望まれます. その点で熱電対が適切ですが, デジボル (DVM) で  $1 \mu\text{V}$ , 従来のアナログアンプで  $0.1 \mu\text{V}$  程度の分解能が得られ, C/C 熱電対ではそれぞれ  $17 \text{ mK}$  と  $1.7 \text{ mK}$  に相当します. 最近, ノイズの低い EM Electronics のユニット A10 を入手し, それで Fig. 1 に示す非反転型増幅器を作りました. 内部帰還回路に  $1 \Omega$  の抵抗素子があり, 外付け抵抗素子として  $0, 9, 99, 999, 9999 \Omega$  を切りかえると,  $1$  倍から  $10000$  倍の増幅度が得られます. 電源は単 3 電池 4 本のパック 2 個からの  $\pm 6 \text{ V}$  で, ゼロ信号時の消費電流は  $1.5 \text{ mA}$  と小さい値です. このアンプの出力を大倉のマイクロボルトアンプで増幅し, その出力を DVM で読み取りました. これについては別稿を参照してください.

アクリルアミド  $\text{CH}_2\text{CHCONH}_2$  水溶液の重合によるハイドロゲルは本研究科高分子科学専攻片島拓弥博士から頂きました. そのテープ状試料に  $50 \mu\text{m}$  径の C/C 熱電対を挟み, 伸長率  $1.58$  まで張力を与えたときの温度変化を Fig. 2 に示します. このとき伸び弾性率は  $3.7 \text{ Pa}$  でした. 図より  $5 \text{ mK}$  の温度変化が  $0.2 \text{ mK}$  程度のノイズで明瞭な力学熱量効果がとらえられました. たいへん興味深いのは, 期待された瞬時応答とは反対に伸長および収縮直後に遅い温度変化があることで, これはシリコンゴムなどに見られないことです. 指数関数をフィットさせて  $10$  秒程度の時定数を得ましたが, その機構は今後のテーマです. ソフトマターの物性研究に手軽に使えるかもしれないと考えています.

(鈴木 晴, 松尾隆祐)

## 発 表

松尾隆祐, 鈴木 晴, 片島拓弥, 井上正志, 第 53 回熱測定討論会(福岡), P49(2017).

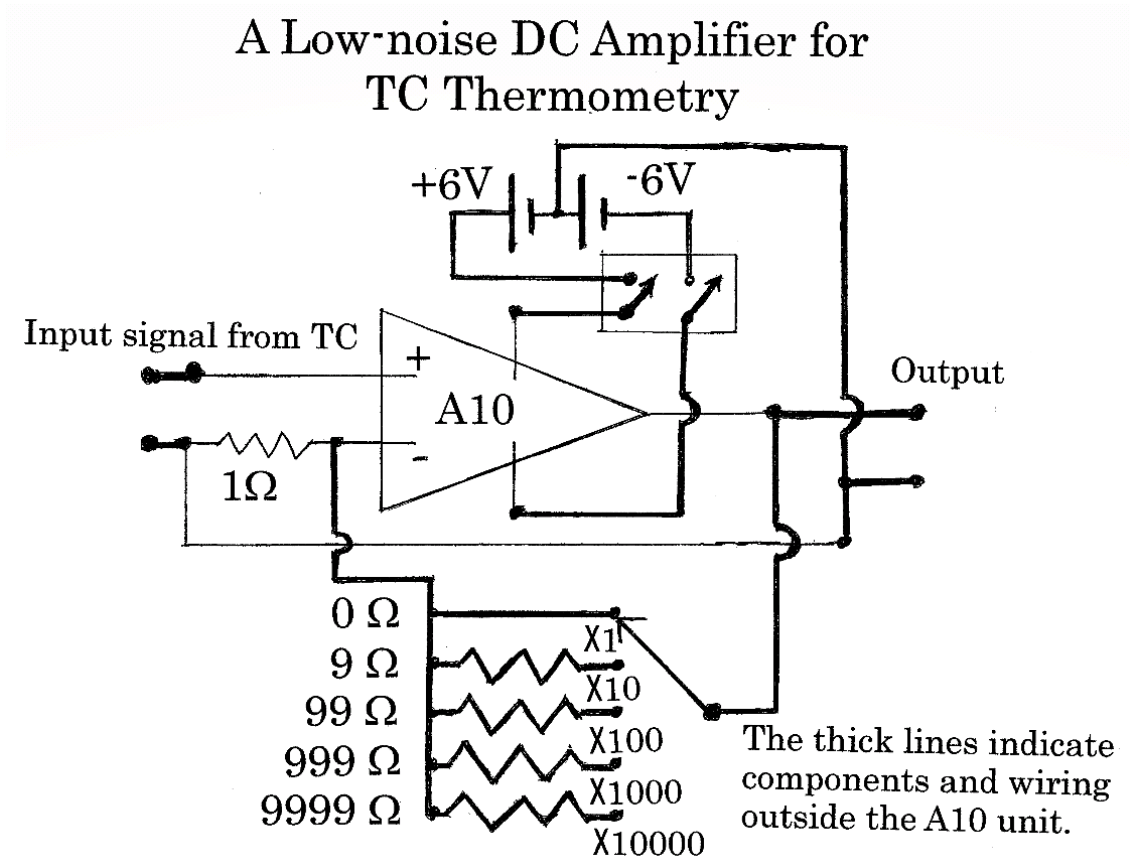


Fig. 1. Low noise DC amplifier for thermocouple thermometry used in the mechanocaloric experiment.

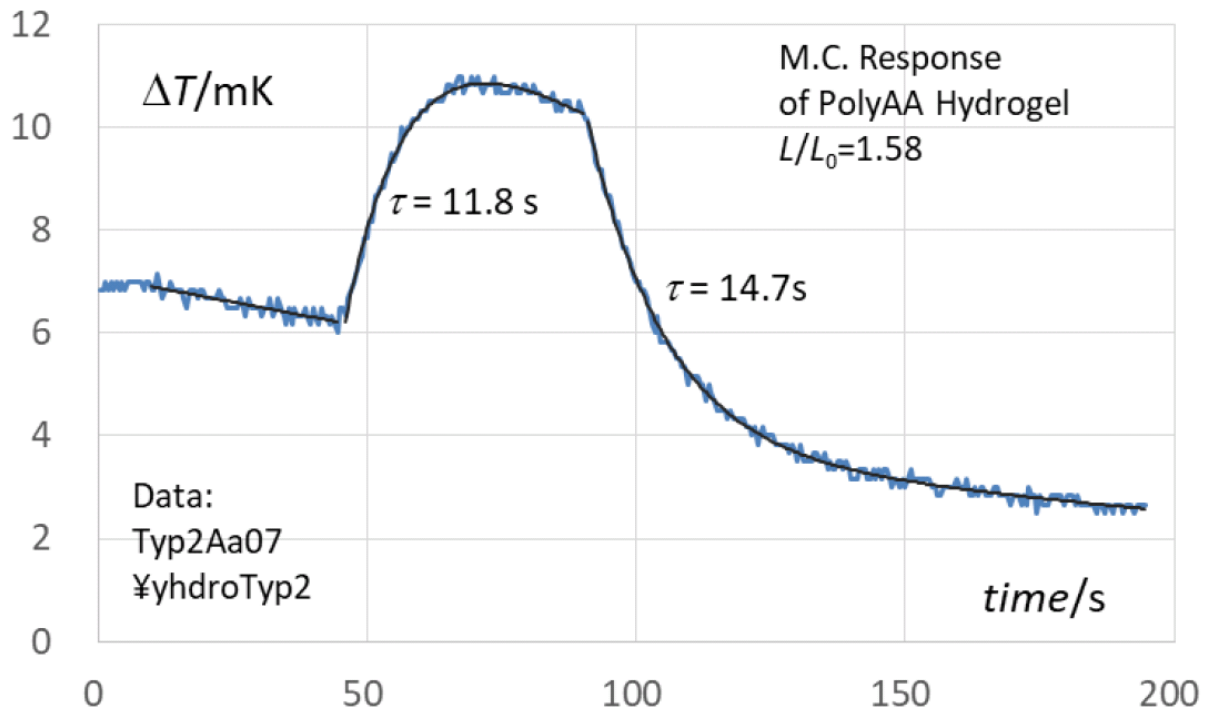


Fig. 2. Mechanocaloric temperature response of a polyacrylamide hydrogel.  $L/L_0 = 1.58$ , at room temperature.  $\tau$ 's are the best-fit time constants of the delayed responses.