

教育装置としてのスターリング冷凍機の開発

○中木村雅史

工学系技術支援室 装置開発技術系

概要

以前に製作したスターリング型パルス管冷凍機は、膨張部に実体のピストンが存在せず、代わりにガスピストンが発生し、無潤滑、無摺動の機構となっている。したがって装置の簡略化、小型化、および低振動化を実現できる極めて優れた冷凍機である。完成後の性能評価においては -32°C (室温 21°C)、到達時間 8min を記録した。ただし、持ち運びが不便で、電源を必要とするため、作動環境に制限があった。

昨年度、よりコンパクトで携帯が容易なスターリング型パルス管冷凍機を設計・製作した。また、動力システムをモータ駆動ではなく、人力による手回し機構にすることで、電源のない場所でも動かせるようになった。さらに従来機ではデジタル温度計を用いて温度を計測表示するだけであった部分を改良して、エレクトロニクスの要素を取り入れたものに進化させ、パソコンを用いて自動で時間-温度変化の状況をプロット出来るように試みた。今後、複合領域として期待されるメカトロニクス教育装置への発展を視野に入れている。

1 従来型スターリング冷凍機

従来型冷凍機の外観を図1に示す。作動実験において室温から6分で -32°C に達するという優れた冷凍効果が得られ、冷却部において霜の発生が確認できた。(図2)ただ、使用を重ねるにつれていくつかの問題点も明らかとなった。まず、大型で運びづらいということ、そして100Vの電力供給が必要であるということである。そこで改良機は、(1)装置のコンパクト化および軽量化、(2)モータ駆動方式を手動による駆動方式に変更、以上2点を目指して設計した。

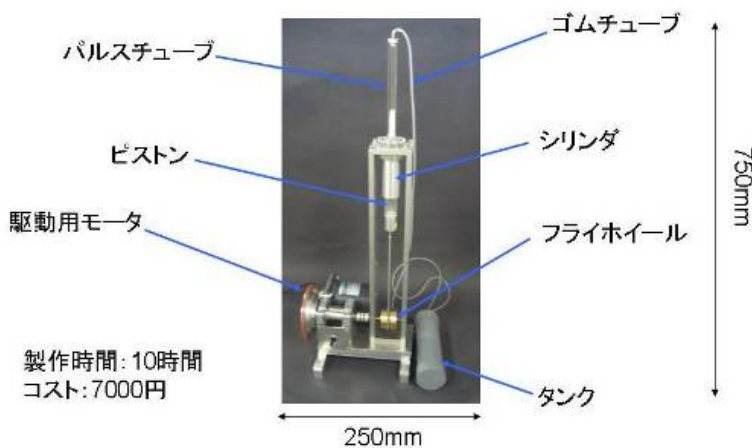


図1 従来型冷凍機



図2 霜の発生

2 改良型スターリング冷凍機

新しく製作した冷凍機を図3に示す。上部には取手がつけられ、持ち運びに適した形になっている。冷凍サイクル実現に必要なクランク軸回転数は700rpmであり、コイルスプリングを内蔵した遠心力式回転計で所望の回転数を得る構造になっている。本装置を手動で2分間作動させたところ、室温から-3℃まで温度を下げる事ができた。冷却部には従来機同様、霜の発生が確認できた。(図4)

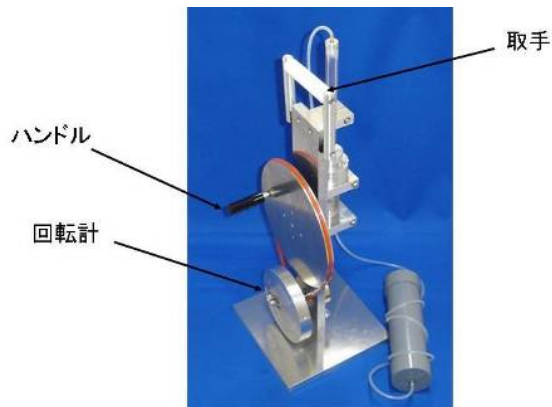


図3 改良型冷凍機

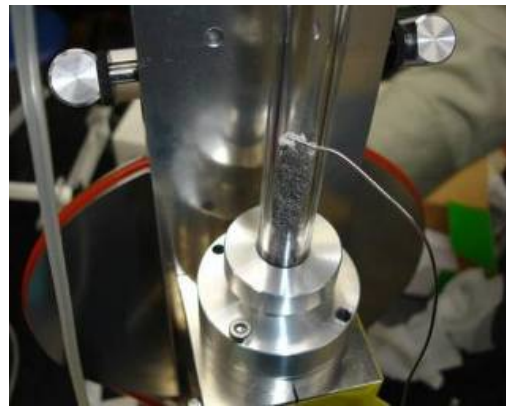


図4 霜の発生

3 スペック比較

従来機と改良機のスペック比較を表1に示す。当初の目的であった小型・軽量化および手動化が実現した。また、モータ駆動式から手動式に変更したことにより、自ら仕事を行い、その仕事エネルギーが冷凍効果に変換される様子が視覚的に理解でき、エネルギー変換教材としての理想デバイスに一步近づいたと考えている。

表1 各種スペック比較

	従来型	改良型	備考
ボア×ストローク (mm)	25.5×30	←	
サイズ(mm)	220×200×750	200×200×570	コンパクト化(高さ24%減)
本体重量(kg)	8.7	5.7	軽量化(35%減)
作動気体	空気	←	
供給エネルギー	電力	人力	使用場所を選ばない

4 温度表示部分の改良

今まではデジタル温度計により管内温度を表示していたが、市販の熱電対キットを用いて、ノートPCのディスプレイ上に温度を表示させることにより、教育装置としてさらなる発展が見込めると考えた。方法としては、熱電対からの信号をデジタル信号に変換し、さらにUSBケーブルを介してノートPCに入力した後、Visual Basic2008を用いてディスプレイ上で温度表示を行なわせた。(図5) 今後は時系列データを抽出してグラフ上にプロットさせることを視野に入れている。

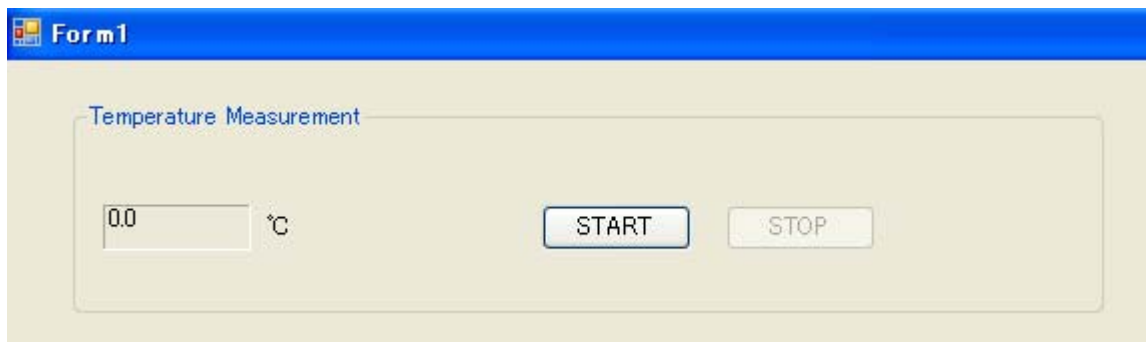


図5 Visual Basic2008 を用いての温度表示

5 まとめ

従来機の欠点であった「大型で運びづらい」「100V 電源が必要」という問題点を、コンパクト化・手動化に改良することで解決することができた。さらに性能面においても従来機と遜色ない冷凍効果が得られた。これに加えて、温度表示部分をノート PC のディスプレイ上でモニタリングできるようにすることで、教育用教材としてさらなる効果が期待できる。

6 今後の予定

温度表示部分を改良し、温度変化と時間の関係をリアルタイムでプロットできるようにする。

参考文献

- [1] スターリングサイクルを利用した温度差発現装置の試作と検証 中木村雅史 千田進幸 福森勉
立花一志 平成 19 年度核融合科学研究所技術研究会 2008 年 3 月