

ペルチェ素子を用いた冷却システムの試作

高田, 青
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/4794806>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 4, pp.19-22, 2022-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

ペルチェ素子を用いた冷却システムの試作

高田 青

要 旨

共同利用装置である温度成層風洞は、流入風や床面の温度を変えて、気流の実験を行う装置である。従来の床面温度制御システムは、循環させた水で床面（アルミパネル）の温度を制御していたが、ペルチェ素子を用いて電氣的に温度を制御する方法にリニューアルする予定である。本稿では、床面の冷却性能を検証するために作製した、温度制御システムの試作機について、紹介する。

キーワード

温度成層風洞 温度制御 ペルチェ素子 水冷システム

1. はじめに

研究所の共同利用装置である温度成層風洞（正式名称は大気海洋システム解析実験装置）は、気流や床面の温度制御が可能な、一風変わった風洞装置である。本装置の概要は過去の技術レポート^[1]を参照されたい。本装置を用いて、学内の研究室のみならず、学外の研究機関や企業が流体に関する研究を行っている。

温度成層風洞は 1992 年に導入されており、30 年使い続けている状況である。ただし、床面の温度制御システムは、目標の温度に到達するまでに半日ほどの時間がかかる・頻繁に水漏れが発生するなどの問題があり、近年は使用していなかった。今般、当該風洞を管理・運用している風工学研究室で、床面の温度制御システムを改修する話が持ち上がり、当該システムの仕様を検討することとなった。

新たに検討する温度制御システムでは、先述の問題を解消するために、ペルチェ素子を用いることとした。ペルチェ素子を用いて電氣的に加熱・冷却を制御することで、短時間で目標の温度に到達することが期待できる。実際にペルチェ素子を用いた温度制御システムを発注するにあたり、ペルチェ素子を配置する間隔や、床面に使用するアルミ板の厚さについて検討するために、当該システムを模した試作機を作製したため、本稿で紹介する。

2. ペルチェ素子の概要

試作機の紹介の前に、ペルチェ素子について簡単に説明する。ペルチェ素子とは、2 種類の金属間に電気を流すと、金属間に温度差ができるという、ペルチェ効果を用いた熱電素子である。ペルチェ素子は、図 1 のように板状のものが一般的であり、電圧をかけると、一方の面が発熱、もう一方の面が冷却されるものである。なお、発熱と冷却が起こる面は、電流の向きにより切り替えることができる。ペルチェ素子を取り扱う上で注意しなければならないのが、素子にかける電圧を上げていくと、加熱面の熱が冷却面に伝わり、冷却面の温度が下がらなくなる問題が発生することである。ペルチェ素子を冷却目的で使用する場合は、これを防ぐために、加熱面の熱をヒートシンクやファンなどで冷却する必要がある。

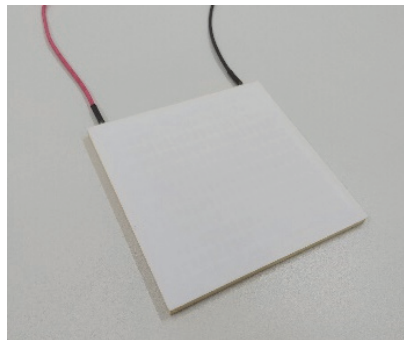


図 1 試作機に使用したペルチェ素子

3. 試作機の概要

先述したペルチェ素子の問題から、冷却性能に焦点を当てて、試作機を設計した。ペルチェ素子の発熱面における冷却には、水を冷媒とした水冷システムを採用した。また、本試作機は、ペルチェ素子の配置間隔と、床板として用いるアルミ板の厚さを検討することが目的であるため、ペルチェ素子の配置とアルミ板の板厚を容易に変更できることが望ましい。なお、温度成層風洞の床面は、 $1.5\text{m} \times 1\text{m}$ のアルミ板を用いており、アルミ板の温度を一枚一枚独立制御する方式を採用しているが、試作機は、 $1\text{m} \times 1\text{m}$ のサイズとした。

以上のことを踏まえ、作製した試作機を図 2 と図 3 に示す。



図 2 試作機（アルミ板なし）



図 3 試作機（アルミ板あり）

3-1. 水冷システム

水冷システムの設計にあたり、ペルチェ素子の発熱を効率よく水に伝える方法を考える必要がある。なおかつ、ペルチェ素子やアルミ板の脱着が容易にできなければならない。そこで、図 4 のように、水が通る配管にはアルミの角パイプを採用し、ペルチェ素子の両面に熱伝導シート（非接着タイプ）を挟んだ。水は、バケツに貯めたものをポンプで汲み上げることとして、アルミの角パイプを通った水は、同じバケツに排水される循環システムにした。

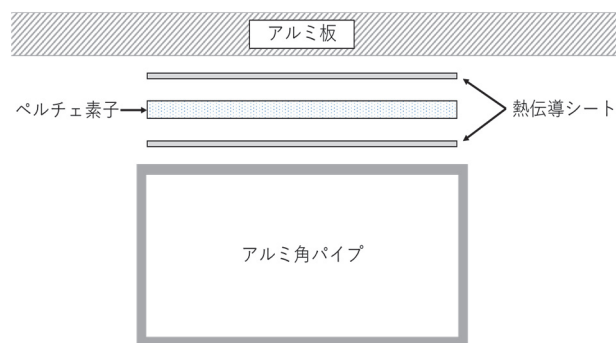


図 4 ペルチェ素子冷却部分の断面図

図 2 にあるように、配管は 4 本使用する。そのため、水の流路を分岐させて、角パイプにそれぞれホースを接続する必要がある。流路の分岐には、市販の分岐コネクタを使用し、各パイプとホースのジョイント部分は、3D プリンタで自作した。自作したジョイントは、FDM（熱溶解積層方式）の 3D プリンタで作製したが、水を充填して圧力をかけると、水漏れが発生することが判明した。これを解決するために、ジョイントの表面全体にシーリング処理を施した。

3-2. ペルチェ素子への電力供給

今回使用するペルチェ素子 (UT-7070CE-M) は、最大定格 $30\text{V} \cdot 7.5\text{A}$ である。これを 16 枚使用することになるため、電力供給可能な直流電源を確保する必要がある。幸い、 $250\text{V} \cdot 8\text{A}$ まで出力可能な直流電源を借りることができたため、ペルチェ素子を全て直列に接続することにより、電力を供給することができた。また、本試作機は水を扱っており、漏水による感電の危険性があったため、漏電遮断機能付きのブレーカーを設置した。なお、

ペルチェ素子は個体差による抵抗値のばらつきがある。そのため、かかる電圧にばらつきが発生する直列配線は非推奨となっていることから、慎重に作業を進めた。

3-3. アルミ板表面温度の計測

水冷システムの検証のために、アルミ板の表面温度を熱電対温度計で計測した。計測点は、図 5 の 4 点と、室温とバケツ内水温の合計 6 点である。

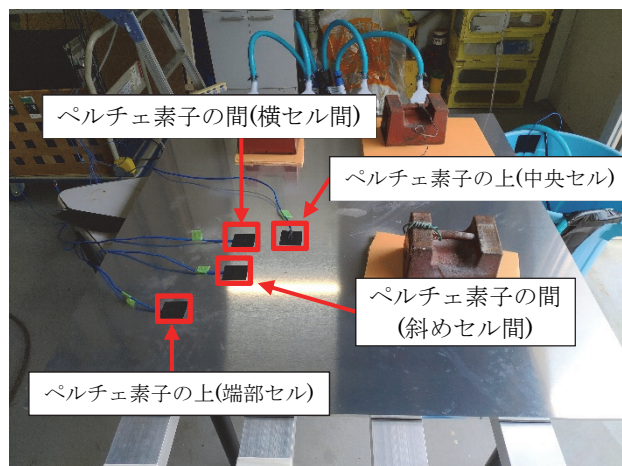


図 5 アルミ板上の温度の計測点

4. 試作機を用いた検証実験

試作した水冷システムと、ペルチェ素子によるアルミ板冷却性能試験を実施した。ペルチェ素子の中心間距離は 200mm とし、アルミ板の厚さは

9mm で実験を行った。予備実験で、時間経過とともに、循環する水の温度が上昇し、冷却性能が低下することが分かったため、バケツ内に氷を投入した。実験開始からの時間と温度変化の関係を図 6 に示す。アルミ板表面の温度分布は 2℃以内であり、良好な結果を示している。従来の温度制御システムは 4℃まで冷却が可能であるが、試作機でも同等の性能が発揮できることが確認できた。なお、実験では、電源電圧を最大 200V としたため、ペルチェ素子 1 枚あたりにかかる電圧は、12.5V と、まだまだ余力がある状況であった。しかし、時間経過とともに、バケツ内の水温が上昇しており、長時間の実験が困難であったため、実験終了とした。ペルチェ素子の間隔やアルミ板の板厚を変えて実験をする予定ではあったが、1 回目の実験で良好な結果が得られたため、実施しなかった。

5. おわりに

水を扱った実験装置の作製は初めての経験であったため、水漏れの対策・対処や感電に関して、細心の注意を払って作製した。実験結果は、温度成層風洞の床面温度制御システムを発注するにあたり、仕様を固める際の情報として、大いに役立つこととなった。本稿を執筆している現在、温度成層風洞の床面は、新システムに改修中であるため、新システムを用いた実験が非常に楽しみである。

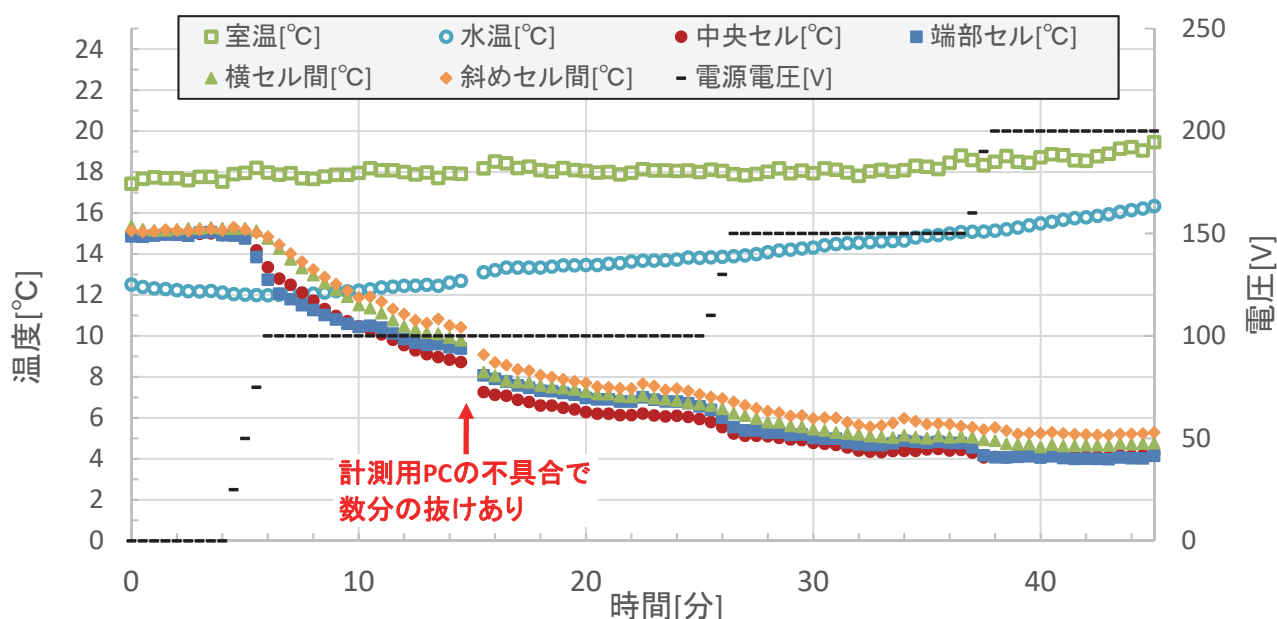


図 6 アルミ板冷却テストの結果

参考文献

- [1] 杉谷賢一郎：温度成層風洞について，九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート，2，1-6, 2001.

謝辞

本試作機を作製する機会を与えて頂いた内田孝紀准教授、渡邊康一特任准教授、電源を貸していただいた出射浩教授、日頃よりサポート頂いている研究室スタッフの皆様に厚く御礼申し上げます。