

令和 4 年 4 月 20 日現在

機関番号：17102

研究種目：奨励研究

研究期間：2021～2021

課題番号：21H04085

研究課題名 含水多孔質体を用いた過熱水蒸気生成装置の製作ならびに高効率化に関する研究

研究代表者

江藤 淳朗 (Etoh, Atsuroh)

九州大学・工学部・技術専門職員

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 450,000円

研究成果の概要：本研究では、含水多孔質体を用いた過熱水蒸気発生のための実験装置を作成し、水とエタノールのそれぞれを蒸気にする実験を行った。実験ではヒーターを通電加熱した場合における、蒸気温度の時間変化を測定し応答性を確認した。その結果使用する多孔質体の構造の違いによる発生蒸気温度の違い、また水とエタノールどちらも加熱量が大きいほど蒸気温度が短時間で急上昇するがその応答速度と上昇温度の違いがあることが確認できた。これらの特性の差異が把握できたことで効率的な過熱蒸気利用装置製作のための条件について明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

申請者は、含水多孔質体を利用して、過熱水蒸気を瞬時（数秒以内）に効率よく、生成・停止出来る小型かつ簡単な装置を製作して殺菌・洗浄などの用途に使用することを考案した。しかしながら、迅速・効率よく過熱水蒸気が生成できる寸法・構造や作動条件などに関しては明確ではなかった。そこで本研究では、考案した装置を実際に製作し、またその高効率化を目指して、使用する多孔質体の構造の違いによる蒸気生成の条件、ならびに使用する液体（水またはエタノール）の違いが蒸気生成に与える影響について明らかにすることができた。これにより、用途に応じて必要な温度の過熱蒸気を効率よく発生させられる装置を計画することが可能となった。

研究分野：熱工学

キーワード：多孔質体 過熱水蒸気

1. 研究の目的

本研究では、含水多孔質体を用いた過熱水蒸気発生のための実験装置を作成し、密度の違う2種類の含水多孔質体サンプルでの性能の差異を実験によって求める。またエタノール(>99.5%)を使用して、加熱条件別に蒸留水とエタノールそれぞれの蒸気温度と時間の関係を実験によって明らかにすることで、より汎用的な装置の製作に寄与することを目指した。

2. 研究成果

図1に作成した実験装置全体図を示す。試験部は幅50mm、高さ50mm、長さ80mmに加工した市販の耐熱レンガの50mm×50mm面上の中央に直径10mmの水平貫通孔(以下、中空部と呼ぶ)を設けた。その中空分の内壁面上に、直径φ0.4mmのカンタル線をコイル状にできるだけ密着するように設置した。多孔質体の50mm×50mm面の両端部に50mm×50mmで厚さ2mmのステンレス板、および内径(φ6mm)の蒸気噴出用ノズルを持つ50mm×50mmで厚さ2mmのステンレス板をそれぞれ設置した。試験部多孔質体の底部のみを実験中に水位が変動しない十分な大きさの水槽にて液に浸した。加熱はカンタル線に交流電圧をボルトスライダで調整しながら通電加熱した。蒸気温度の測定は高温となるヒータからの放射の影響をできるだけ小さくするため、同図に示すように90度曲げ、その下流にφ1mmのK型熱電対を、出口側エルボー管の中に30mm挿入し、設置してエタノールの蒸気温度 $T_v$ を計測した。同様に多孔質体の下面におよび凝縮器出口に直径1mmのK多孔質型シーす熱電対を設置し、多孔質体下面温度 $T_{out}$ を、凝縮器出口温度 $T_{con}$ をそれぞれ計測した。

試験部に使用した耐熱レンガはイソライト社製の主成分 $SiO_2$  55%、 $Al_2O_3$  41%のものであり、型式B5(有効熱伝導率0.33W/(m・K)、かさ比重0.78)と型式C1(有効熱伝導率0.44W/(m・K)、かさ比重1.06)の2つを各々加工して使用した。B5よりC1の方が1.36倍密度が大きい。また実際に顕微鏡での表面観察結果から求めた細孔径の相当直径の平均値は、B5が307 $\mu m$ 、C1が195 $\mu m$ と、C1の約1.57倍ほどB5の平均細孔径が大きいこの差異がどのように蒸気生成条件に影響するかを実験によって求める。

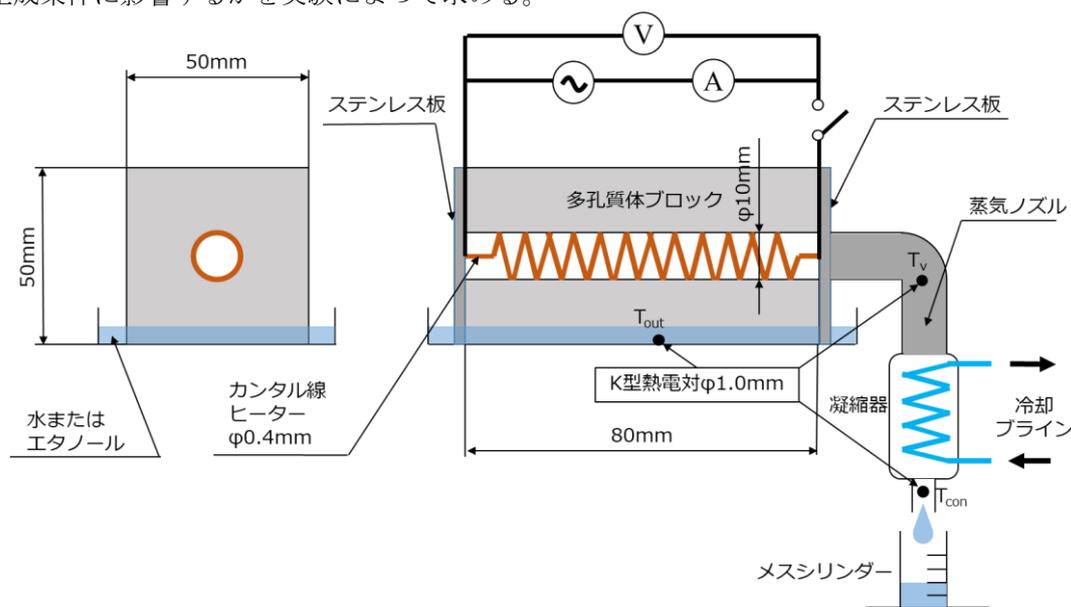


図1 実験装置の概略図

実験では約60~200Wの入力値でステップ状に約10分間加熱し、電源起動時、定常状態および電源停止時の蒸気温度 $T_v$ の測定を行った。エタノールで200W以上の実験を行わなかったのはエタノール蒸気温度 $T_v$ が発火点である400℃を超えてしまうのを防ぐためである。起動特性を調べる際は、予め多孔質体および水槽中の液体温度 $T_{out}$ が室温(約25℃)であることを確認の上、加熱を開始した。まず、B5とC1のサンプルそれぞれの、定常状態における、入力電力に対する水蒸気出口温度 $T_v$ との関係性を図2のグラフにて示す。B5、C1いずれも電力量に対して比例的に出口温度が上昇していくが、その程度には差異が生じた。実験開始前の水温を25.0℃としたときの近似曲線の傾きは、B5がC1の約1.38倍となった。ここで多孔質体内の吸水メカニズムである毛管力に支配的な影響があると考えられる細孔径の、B5のC1に対する倍率が前述の通り1.57倍程度であったことから、細孔径が大きくなれば、同一の電力量でより高温の水蒸気を得られるという傾向が予測できる。

次に図 3(a)、(b)の 2 つのグラフは B5 の多孔質体サンプルを使用して、59.5W、122.3W、151.7W および 177.2W でステップ状にヒータを通电加熱した場合における、水蒸気温度  $T_v$  の時間変化を示す。また、図 4(a)、(b) はエタノールを用いて 59.5W、151.7W、222.1W で同様の実験を行った結果を示した。図中の” OFF” は、加熱を停止した時刻である。この図から水とエタノールどちらも加熱量が大きいほど温度が短時間で急上昇していることがわかる。しかしながら、入力 151.7W での加熱後、水の場合は 12.6 秒で飽和温度である 100°C に達するのに対し、エタノールの場合 4.3 秒という約 1/3 の時間で飽和温度である 78.4°C に達している。この傾向は入力電力を 59.5W に低下させた場合においても同様の結果が得られた。

これはエタノールのほうが水よりも飽和温度が低く、蒸発潜熱、定圧比熱が小さいためであると考えられる。

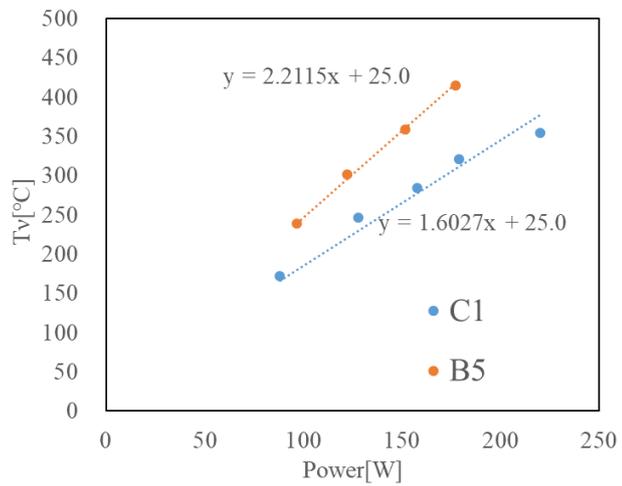


図 2 多孔質体サンプル 2 種の発生蒸気温度  $T_v$

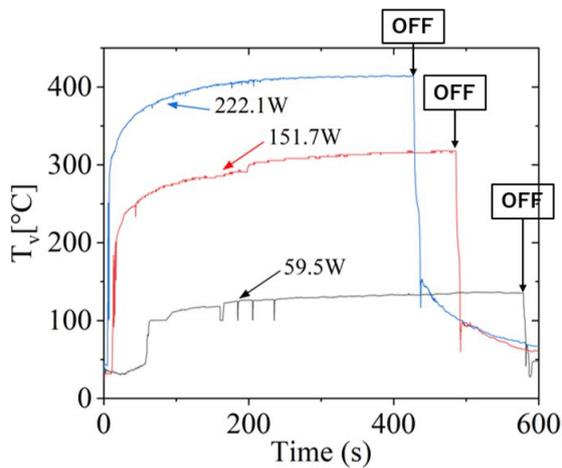
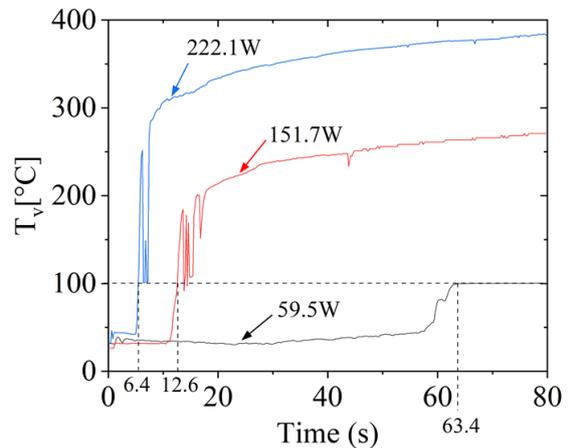


図 3(a) 水蒸気温度  $T_v$  の時間変化



(b) 加熱開始から飽和温度に至る時間

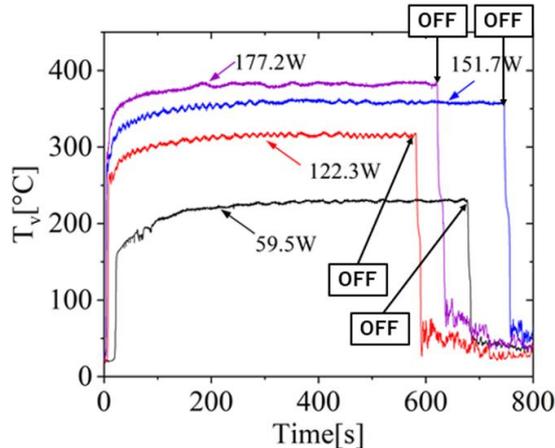
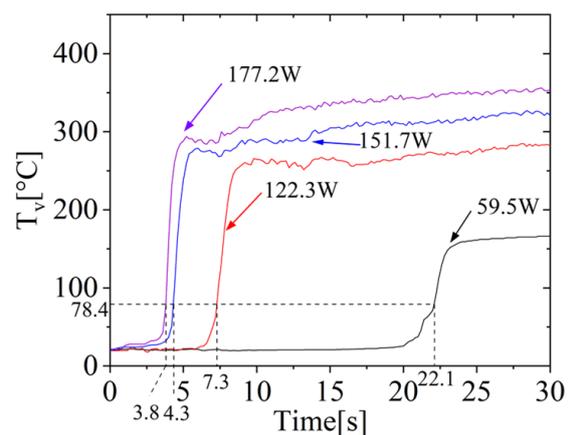


図 4(a) エタノール蒸気温度  $T_v$  の時間変化



(b) 加熱開始から飽和温度に至る時間

このように水とエタノールを使用した実験により、提案した過熱蒸気発生装置が所定の性能を発揮すること、ならびに使用する多孔質の材質による蒸気温度の差異、そして入力電力による蒸気温度の特性や応答速度について明らかにすることができた。

これらの結果により、過熱蒸気を利用した殺菌・洗浄などの具体的な使用用途に向けた装置設計の面で大いに前進することができたが、更なる高効率化や簡易構造化の提案を行うにはより多くの検討を必要とすることから、今後も研究を継続していきたいと考えている。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
森 昌司	(Mori Shoji)