

# 「輻射熱で水をいっぱいとはそう！」

2012年12月17日

チーム名：福井工業高等専門学校物質工学科西野研究室

代表者氏名：山田和希 チームメンバー：門早織，中野あり紗，山本萌恵

## 1. 緒言

一般にお湯を沸かす場合、ガスコンロを用いてやかんを加熱したり、電気ポットで水を加熱したりするなど、固相-液相間の熱電導を用いて水を加熱している。一般家庭で輻射熱を用いてお湯を沸かすことはまずない。本実験ではこの輻射熱を用いて水をより速く蒸発させるにはどのようにすればよいかを明らかにすることを目的とする。

## 2. 実験

### 2.1 実験装置

2本の八光電機のウルトラファイブ(カートリッジヒーター HLK1254)を発熱体に用いたAl製のサセプター(50mm×40mm×15mm)をボルトおよびナットを用いてマイクロメータ稼働ステージ付きのスタンドに保持可能とし、カートリッジヒーターとK熱電対を既存の温度調節器に接続し温度コントロールを可能にした。また、音叉式電子天秤(新光電子株式会社製 AJ-320JS)からRS-232Cの接続によりPCヘデーターの取り込みができるように、接続ケーブルを自作し、RS-232C to USB変換モジュール(秋月電子 FT232RL)介してWindows XPのPCに接続し、質量変化を自動測定するための装置を組み立てた。上記の装置の写真を図1に示す。

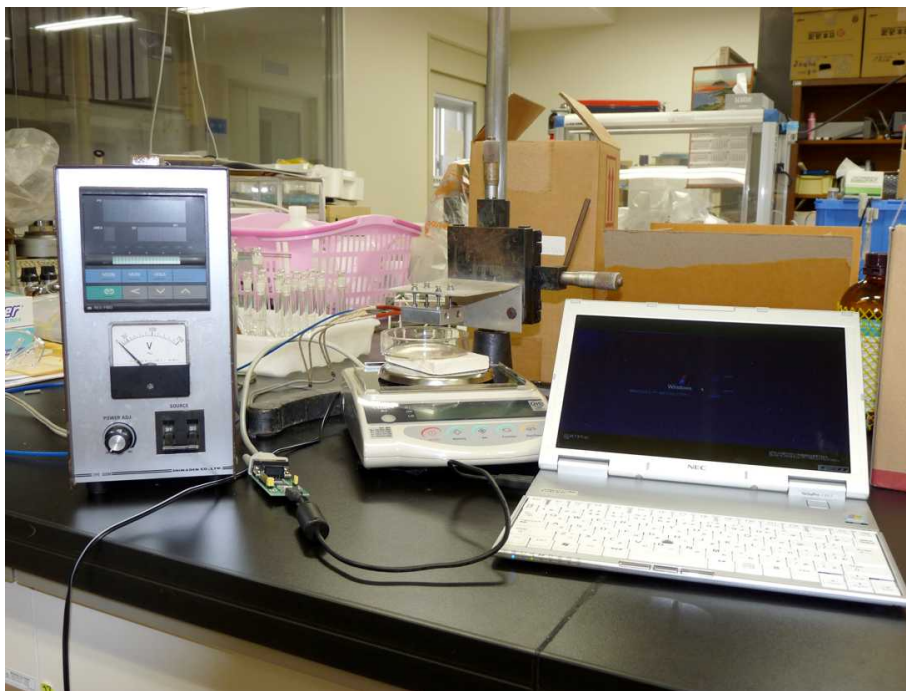


図1 蒸発量測定装置の写真

水を入れる容器には、内径 8.5 cm、深さ 1.8 cm のガラス製のシャーレを用いた。シャーレの下には天秤を保護するためにろう付け用作業台セラミックスボード(新富士バーナー株式会社製 RZ-400)を敷いた。

## 2.2 実験方法 1

### 2.2.1 実験 1

初期水面からサセプターまでの距離 12.5mm、サセプター温度 27 から 600°Cの条件で 30 秒ごとに電子天びんを用いて水の減少量のデータを取得し、経過時間とシャーレ中の水の質量変化を測定した。

### 2.2.2 実験 2

実験 1 の結果に基づきサセプター温度を 600°Cに固定し、サセプターと初期水面の間の距離を 2.5 mm、5.0 mm、および 12.5 mmと変化させ 30 秒ごとに電子天びんを用いて水の減少量のデータを取得し、経過時間とシャーレ中の水の質量変化を測定した。シャーレへの水の充填量は約 100 g とした。

### 2.2.3 実験 3

実験 1, 2 に基づきサセプター温度を 600°Cに固定し、サセプターと初期水面の間の距離を 2.5 mm に固定しシャーレの断熱材の有無、赤外線吸収剤としてのショ糖濃度を 0.035M と 0.10M と変え実験パラメータとし、30 秒ごとに電子天びんを用いて水の減少量のデータを取得し、経過時間とシャーレ中の水の質量変化を測定した。なお、断熱材には液晶ディスプレイ保護用の LDPE,HDPE 複合シートを用い、これをシャーレ側面に 2 重半巻きセロハンテープで固定した。

### 2.2.3 実験 4

実験 1, 2, 3 に基づきサセプター温度を 600°Cに固定し、サセプターと初期水面の間の距離を 2.5 mm に固定し、シャーレの断熱材有の条件で、サセプター底面に 2 cm × 4.8 cm の Si 単結晶板(P ドープ Si(100) 厚さ 0.5 mm)またはガラス板(厚さ 1.0 mm)をボルトとジグを用いて装着した場合について、30 秒ごとに電子天びんを用いて水の減少量のデータを取得し、経過時間とシャーレ中の水の質量変化を測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 実験結果 1

図 2 に初期水面からサセプターまでの距離 12.5 mm、サセプター温度 27 から 600°C、の条件での 30 秒ごとにデータを取得したときの経過時間とシャーレ中の水の質量変化のグラフを図 2 に示す。

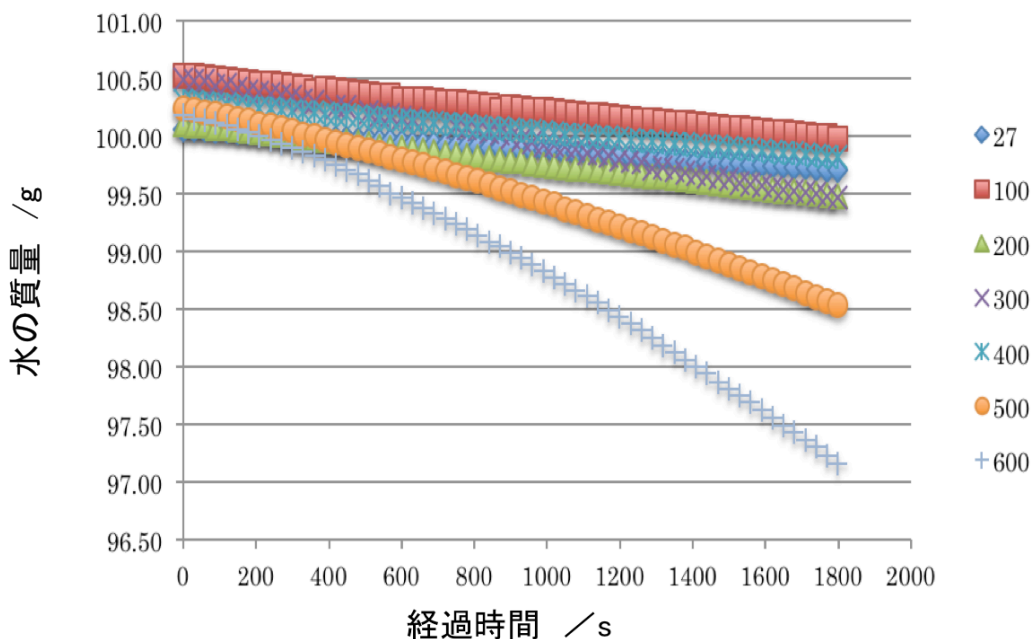


図 2 経過時間と蒸発量の関係（距離 12.5mm）

図 2 のグラフから、サセプター温度 500, 600°Cを除きシャーレ中の水の質量はほぼ直線的に減少していることがわかる。一方、サセプター温度 500, 600°Cでは、指数関数的に減少する傾向があることがわかる。

当然のことながら、最も AI サセプター温度が高い  $T_s=600^\circ\text{C}$  の条件が最も水が蒸発していた。

### 3.2 実験結果 2

サセプター温度を  $T_s=600^\circ\text{C}$  に固定し、サセプターと初期水面の間の距離を 2.5mm, 5.0mm, および 12.5mm と変化させ 30 秒ごとに電子天びんを用いて水の減少量のデータを取得し、経過時間とシャーレ中の水の質量変化を測定したときの結果を図 3 に示す。

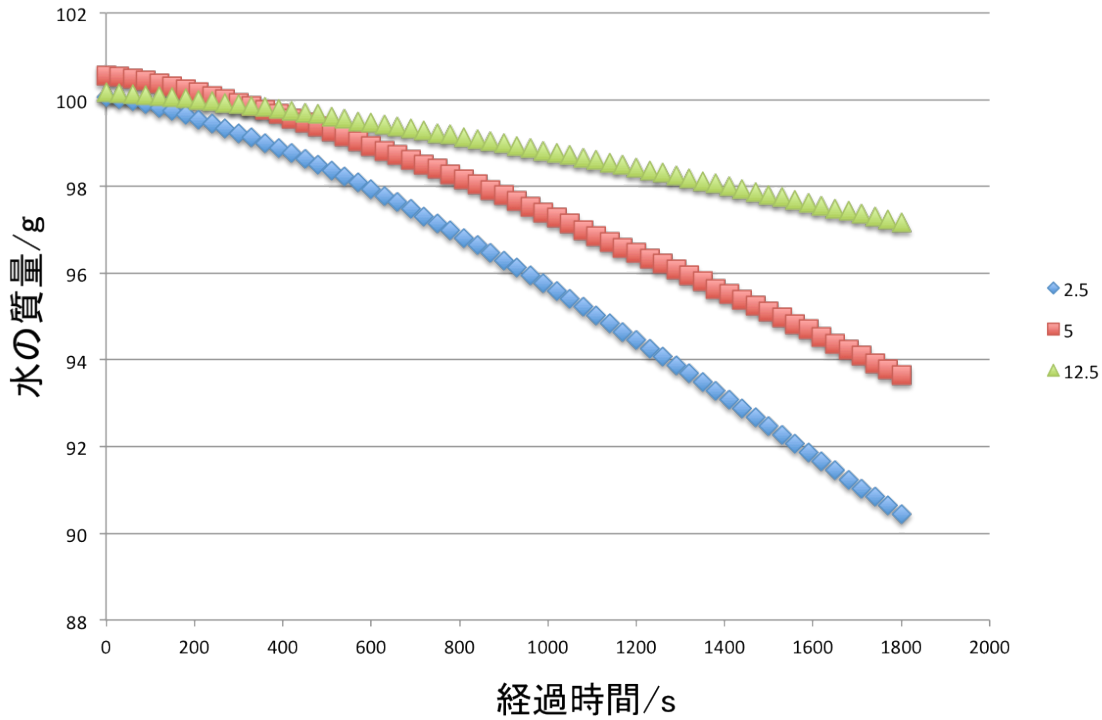


図 1 経過時間と蒸発量の関係(サセプター温度 600°C)

図 3 のグラフから当然予想された結果であるが、距離 2.5 mm が最も蒸発速度が速いことがわかる。また、サセプターと初期水面の間の距離が近いほど水の質量は指数関数的に減少する傾向があることがわかる。

### 3.3 実験結果 3

実験 1,2 に基づきサセプター温度を  $T_s=600^\circ\text{C}$  に固定し、サセプターと初期水面の間の距離を 2.5 mm に固定し断熱材の有無、赤外線吸収剤としてのショ糖濃度 0.035M と 0.10M と変え実験パラメータとし、30 秒ごとに電子天びんを用いて水の減少量のデータを取得し、経過時間とシャーレ中の水の質量変化を測定した結果を図 3 に示す。

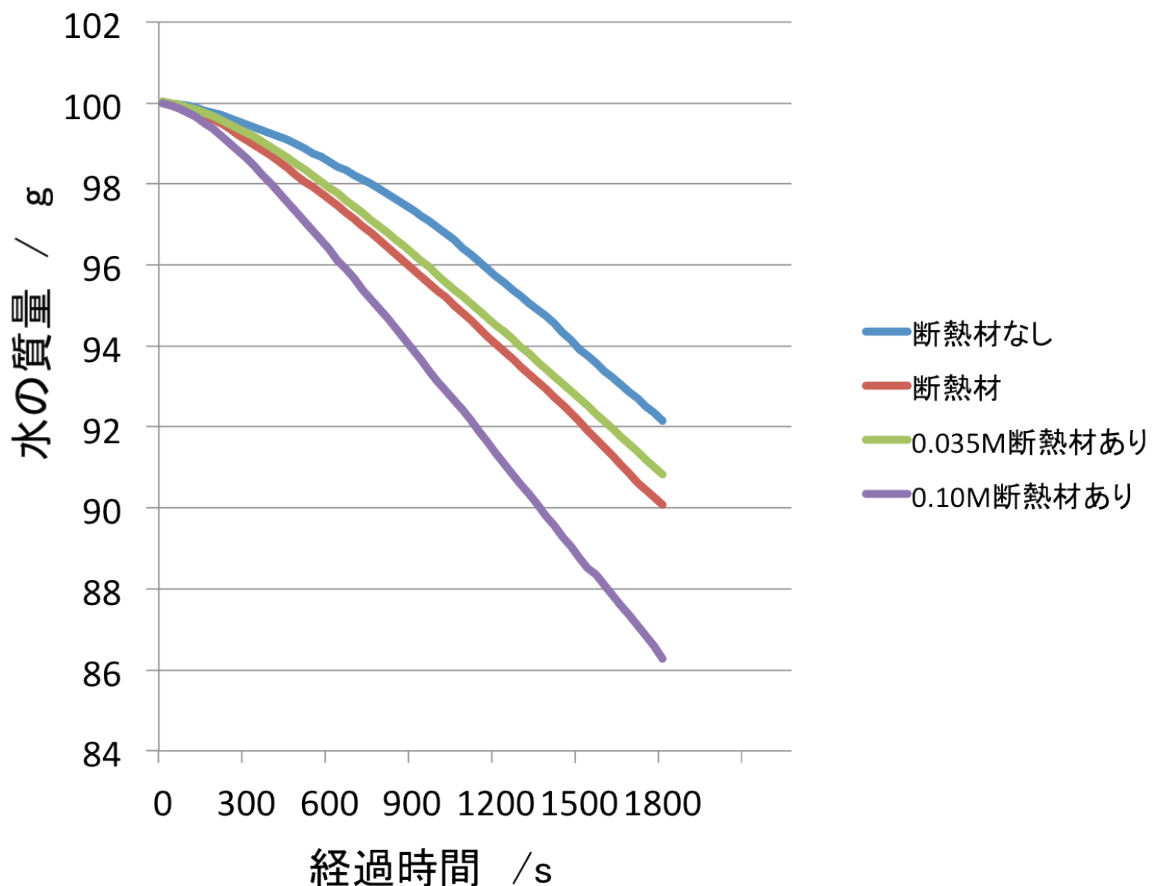


図 2 経過時間と蒸発量の関係(サセプター温度 600°C)

図 3 のグラフからシャーレの断熱材があることによりシャーレ側面からの熱の逃げが抑制され水の蒸発速度が速くなっていることがわかる。また、シヨ糖濃度が 0.035M の場合、もとの断熱材ありの場合よりも蒸発速度が遅くなっていた。これは、シヨ糖を加えたことによる赤外線吸収の効果よりも、シヨ糖を水に加えたことによる水の蒸気圧の低下の効果が大きかったためであると考えられる。さらにシヨ糖濃度を 0.10M と濃くすることにより赤外線吸収の効果の寄与が大きくなり蒸発速度が速くなったと考えられる。

#### 3.4 実験結果 4

実験 1, 2, 3 に基づきサセプター温度を 600°C に固定し、サセプターと初期水面の間の距離を 2.5 mm に固定し、シャーレの断熱材有の条件で、サセプターに 2cm × 4.8cm の Si 単結晶板(P ドープ Si(100) 厚さ 0.5mm) またはガラス板(厚さ 1.0mm) をボルトとジグを用いて装着した場合について、30 秒ごとに電子天びんを用いて水の減少量のデータを取得し、経過時間とシャーレ中の水の質量変化を測定した結果を図 4 に示す。

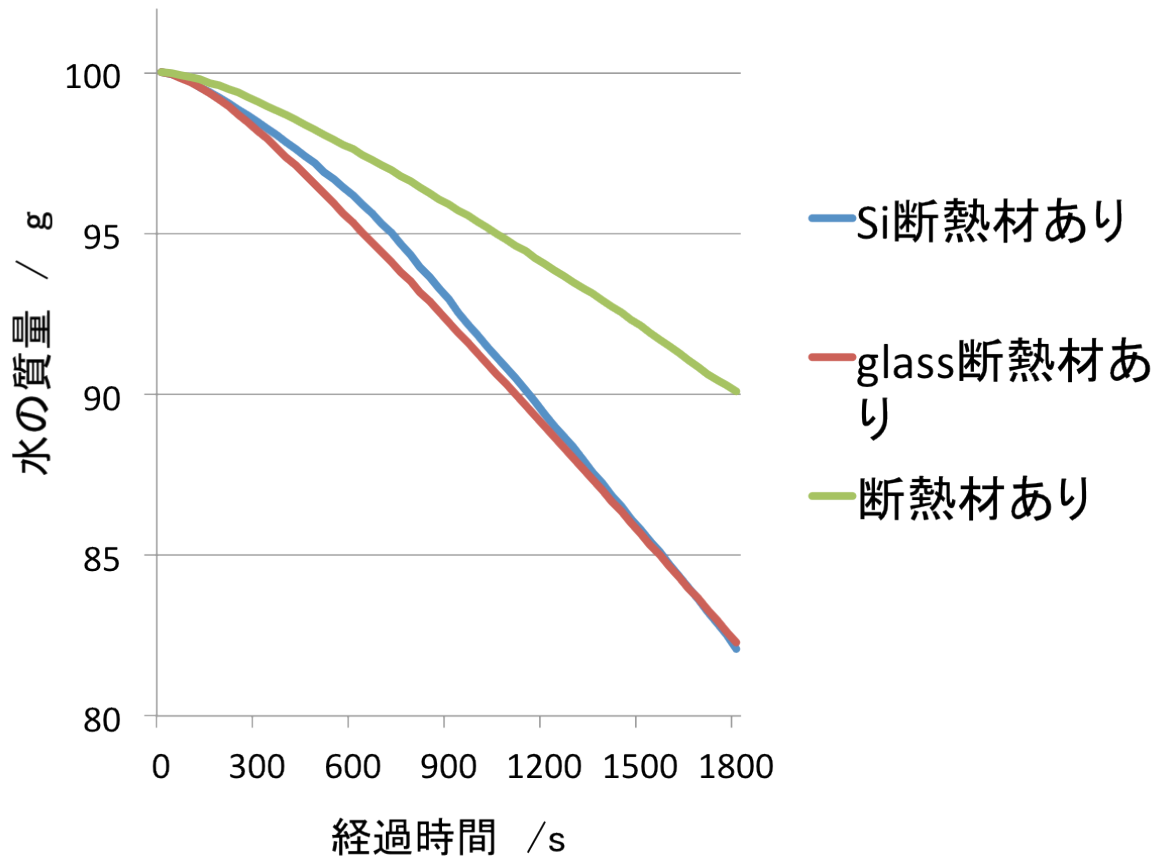


図3のグラフからガラスまたはSi単結晶があると水の蒸発速度が早くなることがわかる。これは、サセプターの材質であるアルミの熱放射率が0.06程度なのに対しガラスの熱放射率は0.9程度と大きいことに起因していると考えられる。これは、温度  $T$ [K]の固体面  $A$ [m<sup>2</sup>]から単位時間あたり発散させる熱量  $q_r$  は次式で表されることによる

$$q_r = bA \varepsilon T^4 \quad [\text{J/s}]$$

ここで、 $b$  はステファン・ボルツマン定数とよばれる。

また、Siの蒸発速度が時間の経過とともにガラスに近づいているのはSi単結晶表面が水蒸気による酸化によりSiO<sub>2</sub>化してきているためであると考えられる。

#### 4. 結論

この実験により輻射熱で水をいっぱいとはすには、熱放射するサセプターの温度を高くする、熱放射するサセプターと水面の距離を短くする、水の容器を断熱する、赤外線吸収剤を水に大量に添加する、熱放射率が多い物質をサセプター表面に貼り付けることを行えばよいことがわかった。

謝辞 本研究に対して実験費用を提供してくれた株式会社八光電機様に感謝いたします。