

家電製品の測定

奈良教育大学 藪 哲郎

最終更新 2016.5.2

1. 目的

節電に対する感覚を身につけることは重要である。効果的な節電には、各々の家電製品が消費するエネルギーのオーダーを知っておく必要がある。そうでないと、木を見て森を見ずということになりかねない。本実験ではいくつかの家電製品について、そのエネルギー消費量を知る。さらに、簡単なエネルギー計算ができるようにする。

2. エネルギーの単位

エネルギーの単位は J (ジュール) である。一方、電気製品の消費電力は W (ワット) で表される。1 W は 1 秒間に 1 J のエネルギーを消費することを意味する。100W の電気製品が 1 分間に消費するエネルギーは

$$100 \text{ J/s} \times 60 \text{ s} = 6000 \text{ J}$$

である。

電気の分野ではエネルギーの単位として Wh (ワットアワー) を用いることが多い。1 Wh は 1W の電気機器が 1 時間に消費するエネルギーである。

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ J/s} \times 60 \text{ s} \times 60 \text{ m} = 3600 \text{ J}$$

の関係がある。

エネルギーの単位としては J の他に cal (カロリー) がある。1 cal は 1 g の水の温度を 1°C 上昇させるのに必要なエネルギーである。

$$1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$$

の関係がある。3600 J をカロリーに直すと

$$3600 \text{ J} \div 4.2 \text{ J/cal} \doteq 857 \text{ cal}$$

となる。燃焼エネルギーは cal で表されることが多い。例えば、灯油は 1 ml で 8.7 kcal (キロカロリー) の燃焼エネルギーを持つ。1000W の電気ストーブが 1 時間に消費するエネルギーを灯油に換算すると、以下ようになる。

$$\text{消費エネルギーをジュールで表すと } 1000 \times 60 \times 60 = 3600 \text{ kJ}$$

$$\text{カロリーに換算すると } 3600 \text{ kJ} \div 4.2 \text{ J/cal} = 857 \text{ kcal}$$

$$\text{灯油に換算すると } 857 \text{ kcal} \div 8.7 \text{ kcal/ml} \doteq 100 \text{ ml}$$

電気回路中の素子が消費する電力 P は、直流の場合、素子にかかる電圧を V 、素子を流れる電流を I とすると、

$$P = V \times I \quad [\text{W}]$$

である。交流の場合は、電圧 $v(t)$ と電流 $i(t)$ は時間の関数なので、瞬時電力 $p(t)$ も時間の関数となり、

$$p(t) = v(t) i(t) \quad [\text{W}]$$

となる。瞬時電力 $p(t)$ を 1 秒間平均したものが消費電力である。

交流は図 1 に示すように、電圧 $v(t)$ と電流 $i(t)$ は正弦関数 (sin, cos のこと) で表される。正弦関数を 2 乗すると周波数が 2 倍になるので、電力は 2 倍の周波数の正弦関数になる。

図 1 に示すように電力は負の値も取りうる。コイルとコンデンサはエネルギーを蓄える働きを持つ。電力が負の値をとることは、これらのエネルギーを蓄える素子から電源へエネルギーが戻ることを意味する。

交流においては、電圧と電流に関して実効値という量を定義する。実効値は「直流換算値」である。電圧の実効値を V 、電流の実効値を I 、電圧と電流の位相差が θ のとき、電力 P は次式のように直流と類似した形になる。

$$P = VI \cos \theta \quad [\text{W}]$$

$\cos \theta$ を力率と言う。抵抗の場合、力率は 1 である。コイルやコンデンサの場合、力率は 0 である。抵抗やコイルが混在する回路を一つの素子と見なした場合、力率は 0~1 の間の値になる。

電圧も電流も実効値の $\sqrt{2}$ が振幅である。家庭のコンセントは交流 100 V であるから、その振幅は 141 V である。

事前練習問題

「消費エネルギーを求めよ」と書いてあるときは、J, cal, Wh の 3 つの単位を使って答えなさい。

1. HD レコーダーの待機電力は 5W であった。1 日の消費エネルギーを求めよ。

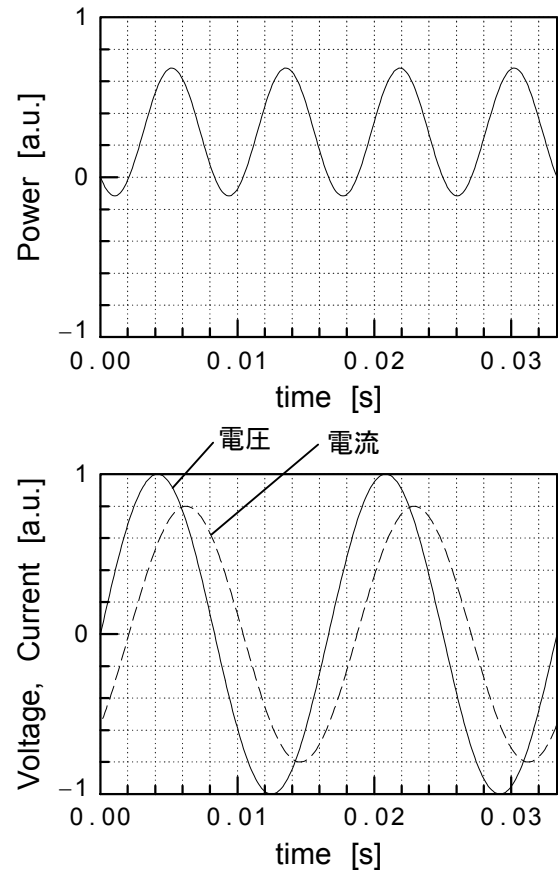


図 1 交流の電圧、電流、電力の例
(位相差 45°)

2. 20W の蛍光灯を 8 時間点灯させたときの消費エネルギーを求めよ。
3. 1200W の電気ストーブを 3 時間使ったときの消費エネルギーを求めよ。
4. 4000 kcal/h のガスコンロを 10 分間使ったときの消費エネルギーを求めよ。
5. 体重 60kg の人が階段で 1 階から 4 階まで上がった。60 秒で上ったとき、何 W か？
ただし、ワンフロアは 3m、重力加速度は 9.8m/s^2 として計算せよ。
位置エネルギーは mgh [J] で表される。m は重量 [kg], g は重力加速度 [m/s^2], h は高さ [m] である。
なお、1kg の物体に 1m/s^2 の加速度を生じさせる力は 1N であり、1N の力を加え続けて 1m 移動させるのに必要なエネルギーは 1J である。
6. 真冬にシャワーを使う。1 分間の流量を 15 L, 0°C の水温を 40°C まで上昇させると仮定すると、出力は何 W か？
7. 車で時速 60 km で走行する。燃費は 1 L で 10km、ガソリン 1 ml あたりの燃焼エネルギーを 8.2 kcal とすると、燃焼エネルギーは何 W か？
(追記事項) 機械出力は燃焼エネルギーの 20%~30% である。

事前練習問題は、次週の実験開始前に提出する。

3. 家庭用電源の測定

この実験は交流 100V を扱い、危険なので作業は教員が行う。学生は測定結果をメモすること。

家庭用電源は交流 100V がきている。100V は実効値なので、電圧は $\pm 141\text{V}$ の範囲で変化している。コンセントの片方（長さが長い方）は柱上トランスにおいて接地されており「コールド」と呼ぶ。もう片方（長さが短い方）は $\pm 141\text{V}$ の電圧がきており「ホット」と呼ぶ。

アース付きのコンセントのアース端子は建物のアースに接続されている。

1. 「コールド～ホット間」「コールド～アース間」「アース～ホット間」の電圧をデジタルマルチメータで測定しなさい。
2. オシロスコープで「コールド～ホット間」の電圧を観測し、電圧の最大値、最小値、周期を記録しなさい。周期より周波数を算出しなさい。
3. オシロスコープで測定した振幅とテスタで測定したコールド～ホット間の電圧（実効値）の比率を算出しなさい。

オシロスコープの電源コードのプラグ部分が 3 端子（アース端子付き）の場合、「プ

ラグのアース端子」と「プローブのアース端子（みの虫クリップ）」はオシロ内部で接続されている。「プローブのアース端子」を「コンセントのホット端子」に接続すると、接地抵抗（100Ω以下）を介してショートさせていることに等しいので、大電流が流れ危険である。漏電ブレーカが作動し、オシロスコープが故障する可能性がある。3端子の電源コードを使用して商用電源を測定する場合は、必ずプローブのアース端子はコンセントのコールド端子に接続する。

オシロの電源コードとして2端子（アース端子なし）のを用いると、そのようなことは起こらないが、オシロスコープで正しく測定するには3端子の電源コードを使用することが望ましい。

4. 家庭用電気機器の測定

表1に示された家電製品に対して以下の作業を行いなさい。

- 機器本体に記載されている定格消費電力を記録する（書いてない場合は「不明」と記入する）
- 実際に運転し、電力、電圧、電流を測定する
- 力率を計算して記入する

以下の機器については、下記の指示に従いなさい。

- 白熱電球・・・電球が光っていない状態で60W電球の抵抗値をテスタで測定せよ。次に電球を光らせ電力、電圧、電流を測定せよ。光っている状態の抵抗値（電圧 ÷ 電流）とテスタで測定した抵抗値を比較せよ。
- 電気ポット・・・電気ポットの中に水を1.5～2リットル入れる。水の重量はg単位で計測しておく。温度を測定する。時計をスタートさせ、電源を入れる。電力、電圧、電流を以下のように測定する。1回目は30秒後に測定し、以後1分間隔で測定する。電源を入れてから7分経過したら、コードを抜き、電気ポットの蓋を開けて中の水の温度を測定する。中の水が得た熱量と電気ポットが消費したエネルギーを計算し、比率を算出せよ。電気ポットの消費エネルギーは7回の電力の測定値の平均を、平均消費電力として計算せよ。
- 電子レンジ・・・容器の中に水を1500ml入れる。温度を測定する。9分間加熱する。電気ポットのときと同様にスタートの30秒後に測定し、以後1分間隔で電力、電圧、電流を測定する。加熱終了後、容器の中の水の温度を測定する。水が得た熱量と電子レンジが消費したエネルギーを計算し、比率を算出せよ。

表 1 各電気機器の測定結果

		定格消費電力 [W] (ラベル表示)	電力 [W] (測定値)	電圧 [V]	電流 [A]	力率
扇風機	弱					
	中					
	強					
掃除機	弱					
	強					
ラジカセ						
白熱電球						
電球形蛍光灯						
LED 電球						
パソコン						
液晶ディスプレイ						
冷蔵庫						
電気ストーブ						
電気ポット						
電子レンジ						

5. 照度の測定

5.1 日常の照度

実験机の上、屋外、廊下、など何箇所か場所を選び、照度を測定しなさい。

5.2 照明器具の照度の測定

白熱灯スタンドに 60W 形の「白熱電球」「LED 電球」「電球形蛍光灯」を接続し、それぞれについて、スタンド直下における照度を測定しなさい。スタンドと照度計の位置は固定しておくこと。

5.3 電球形蛍光灯の照度変化の測定

「電球形蛍光灯」は徐々に照度が上がる。スイッチ on の直後に測定し、以後 15 秒ごとに測定しなさい。明るさがほぼ一定になったら測定を終了してよい。実験は電球形蛍光

灯が十分に冷えた状態からスタートすること。実験結果は、縦軸を照度、横軸を時間としたグラフで表しなさい。

事後問題

1. 一般家庭のブレーカは 15A あるいは 20A で遮断されるようになっている。力率が 1 の電気機器のみを接続することを仮定する。15A のブレーカするとき、接続する電気機器の合計ワット数はいくら以下にする必要があるか。
2. 冷蔵庫が 1 週間に消費するエネルギーは () kWh であった。平均消費電力は何ワットか。

レポートの書き方

3. 4. 5. の実験の測定結果と事後問題を解いて提出しなさい。実験の測定結果においては「～しなさい」「～せよ」と指示された箇所を見落とさないように注意すること。