

エンジニアの素朴なキモン

第10回 省エネと永久機関の夢

小暮裕明

エネルギーとは仕事ができる能力(本誌2008年4月号、pp.131-133の連載第9回を参照)のことで、電気製品は、電気のエネルギーを使って人間の代わりに仕事をこなしてくれます。J(ジュール)よりW(ワット)の方がびんときます。電力の多くは、化石燃料の持つエネルギーに頼っていますから、省エネで地球温暖化を防ごうと叫ばれています。(筆者)

● どこで省エネするのか



新人：日本の発電電力量の6割近くは火力発電です。



先輩：石油や石炭、LNG(液化天然ガス)などの化石燃料を燃やして蒸気を作り、タービンを回して発電する。原子力発電も仕組みは同じだ。しかし、蒸気による発電は、発生した熱エネルギーをすべて発電に利用することができない。

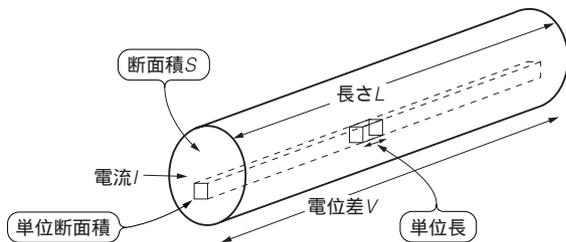


図1 導体の抵抗

長さ L 、断面積 S の導体があり、電位差 V を加えたとき電流 I が流れたとすれば、その抵抗 R は V/I で与えられる。この導体中に単位断面積の棒を考えると、これに流れる電流は I/S となり、その単位長さの電位差は V/L である。この電位差と電流の比が、導体の抵抗率になる。



原子力発電の熱効率^{注1}は30%程度と聞きました。発生した熱の70%近くは利用できないのですね。



発電では、燃料の持つ熱量(kcal)が電力(kW)に変換される割合を発電効率と呼んでいる。中国やインドの火力発電の発電効率は30%程度といわれているが、石炭をガス化して発電し、廃熱も利用して蒸気タービンを回すIGCC^{注2}という技術で、50%近い発電効率が得られるそうだ。



発電効率を高めれば、省エネばかりか、二酸化炭素などの温室効果ガスの排出削減にもなるわけですね。



その通り。さて発電された電気は、送電線や配電線^{注3}で需要家側まで送られるが、途中の電線でもロスがある。



送電線は、長距離なので細く軽くしたいです。



図1に示す長さ L 、断面積 S の導体の抵抗 R は、

$$R = \rho \frac{L}{S} \dots\dots\dots (1)$$

(ここで ρ は抵抗率[m])

だから、細い電線ほど抵抗は大きくなる。



長い電線の損失電力 $P(=EI)$ は、 I^2R が効いてくるから電流 I を小さくすればよい。電圧を高くすれば、その割合で電流が減るから、できるだけ高压送電して

注1：熱効率は、供給された熱エネルギーが、仕事(電力など)に変換される割合(%)。

注2：IGCC(Integrated Coal Gasification Combined Cycle)とは、石炭ガス化複合発電のこと。

注3：発電所から最後の変電所(配電用変電所)までの電線を送電線、そこから工場や家庭までの電線を配電線と呼ぶ。

Keyword

熱効率、発電効率、省エネ、損失電力、超高压送電、変圧器、永久機関、熱力学の第二法則、電力回生

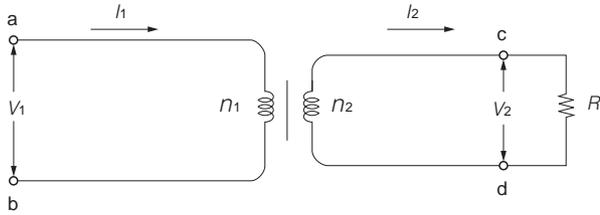


図2 理想的な変圧器の仕組み

1次側コイルを n_1 回, 2次側コイルを n_2 回巻き, 1次側コイルの電圧を V_1 , 2次側コイルの負荷電圧を V_2 とすると, という関係がある. また, 1次側コイルの電流を I_1 , 2次側コイルの負荷電流を I_2 とすると, 1次側電力 P_1 と2次側電力 P_2 は等しいので, 式(2)が得られる.

ロスを減らす. これも省エネですね.



発電所のタービンを回して発生する電圧は, 2万V (ボルト)程度までだが, 超高压送電は50万Vだから,

図2のような変圧器(トランス)が必要だ. しかし, ファラデー^{注4}が発見したように, 直流では変圧器は動かない(写真1). だから交流送電が採用されたというわけだ.



直流送電のほうがロスが少ないといわれています.



交流送電は, 途中で電圧と電流の位相がずれるので, 図3のように無効電力によるロスが増える. そこで変電所では, 大型のコイルやコンデンサ(調相機器)を使った無効電力制御が必要だ.



省エネといえば, 回路の消費電力を抑えることばかり考えていましたが, エネルギーの変換効率を向上することによる効果は絶大ですね.

● 永久機関の夢



図4の装置は, 一度動かせば, 外からエネルギーを加えなくても動き続けそうです.



これは17世紀に考案された永久機関だ. 動力源は装置自身の運動エネルギーなので, 資源を必要としない究極の省エネというわけだ. しかし残念ながら実験すると動かない(ここで一休みして理由を考えてみよう).

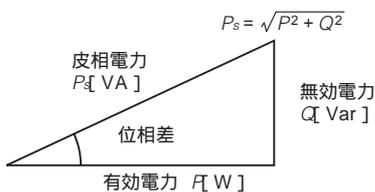


図3 皮相電力, 有効電力, 無効電力の考え方を示すベクトル図

Q は, 負荷と電源とで往復するだけで消費されない電力であり, 無効電力(Reactive Power)と呼ばれる. 単位はヴァール(Var).



写真1

ファラデーのコイル

電磁誘導の実験で使用した自作のコイルである. ロンドンのファラデー博物館にて筆者が写す.



ついに永久機関が発明されたという新聞記事を読んだことがあります...



第一種の永久機関とは「一度機関を始動させれば外部から何らエネルギーを補給しなくても永久に運動を続ける機械や装置」で, 図4のように装置自身が無限にエネルギーを作り続ける. また第二種の永久機関とは「装置自身の作るエネルギーではなく, 例えば大気を持つ無限の熱を取り入れて機械の仕事に変えるもの」¹だ.



第一種の永久機関はエネルギー保存の法則^{注5}に反しますが, 第二種の永久機関はこれに反していないので, すでに発明されているのではないですか.



熱力学の第二法則^{注6}によると, 熱機関に仕事をさせるには高熱源と低熱源が必要なので, 第二種の永久機関も成り立たないといわれている. エントロピー^{注7}が増大するので, 熱エネルギーのすべてを運動エネルギーに変えること

注4: ファラデー(1791年~1867年)は, イギリスの物理学者, 化学者. 電磁誘導の発見(1831年), 電気分解のファラデーの法則(1833年), 自己誘導の発見(1834年)など. 静電容量(キャパシタンス)の単位F(ファラッド)は, 彼の名にちなんでいる.

注5: エネルギーは, 外部から影響を受けない系内では一定不変で, 消滅することも無から生じることもない.

注6: 熱は必ず高温の物体から低温の物体へ移るという原則は, 体験的に知っていることだが, これは熱力学の第二法則と呼ばれ, エントロピー増大の法則ともいわれる.

注7: 物質に与えられた熱量を, その物質の絶対温度で割った cal/deg(度)がエントロピーの増加として定義される. 例えば300K(絶対300度)の物体が600calの熱をもらうと, エントロピーは2cal/deg増え, 別の600Kの物体が600cal失えば, 1cal/degエントロピーが減る. 両者間で熱の受け渡しがあったとすれば, 600Kの物体から300Kの方へ熱の移動があったということだが, 前者は1cal/deg減り, 後者は2cal/deg増え, 全体としてはエントロピー1cal/deg増えていることになる. このような熱の出入りを物質全体で考えると「エントロピーは増大する」というのが, 熱力学の第二法則の別の見方である.