

学生実験の改良について

黒川 正明

静岡大学 工学部 技術部

1. 学生実験について

はじめに、静岡大学 工学部 電気電子工学科の専門実験について紹介する。2年生より工学実験Ⅰとして行われ、約150名の学生たちが、表1に示すように前期（4月～7月）・後期（10月～2月）に各6テーマ、2コマ（前期12時45分から15時45分、後期14時25分から17時35分）の実験を週一回行っている。実験室はほぼ2テーマ一室で実験を行っている。部屋数の都合上、一部教室でも実験を行っている。3年生については、工学実験Ⅱとして行われ、4月～11月の中旬まで、週一回3コマ（12時45分～17時35分）で実験を行っている。11月下旬から2月末まで、E・D・Iの3コースに分かれて、週一回3コマ専門実験を行っている。各テーマは技術職員か助教（准教授）とTA（院生）の2名で指導に当たっている。

2. 建物改修後の学生実験について

電気電子工学科の建物改修は2007年8月より第一期工事が始まり、第一期工事は旧電子工学科が主な部分で、建屋全体の約半分に当たる。第二期工事が昨年2008年8月より、私が旧所属していた電気工学科の建屋の改修が行われた。この改修の一つの目的としては、共同実験研究室をつくることにあり、5スパン（1スパンは一室）前後の部屋が各フロアに出来上がった。このため以前分散してあった学生実験室はなくなり、新規に大部屋（3スパン～4スパン）4室が実験室となった。電気電子工学実験Ⅰにおいて、3章に詳細するテーマ「回路素子」は、線材や抵抗に過電流を流すため燃焼が生じ煙の発生を伴う実験となる。以前は一室を使用して実験を行っていたため、窓、ドアを開け、部屋を開放する状態で実験を進めることができた。建物改修後は実験環境が変化したため、実験時に発生する煙の排気をする必要性ができた。排気システムとしては、学生たちが線材、抵抗素子の変化の様子を観察する必要があるため可視化が出来、実験中排気ファンが静穏であることなどがあげられる。

表1 電気電子工学実験Ⅰのテーマ

前 期	後 期
オシロスコープの使い方	オペアンプ
共振回路	電子回路
太陽光発電	光強度、電気伝導率測定
温度制御とオンオフ制御	風力発電と3相回路
計器の仕組みと取り扱い	集中定数
回路素子	論理回路

3. テーマ「回路素子」 実験について

実験内容^[1]は、導線・抵抗素子に過電流を流した場合の状態変化を観察する実験が中心となっている。具体的な項目は1) 断面積の異なる2種類の導線に定格の数倍の電流を流した時の導線の変化を見る。2) 1W、2Wの酸化被膜金属抵抗に10Wの電力を入力した場合の変化を見る。3) 平行ビニール線に定格電流と定格の1.5倍の電流を流したときの温度変化を見る。実験器具については十数年前に作成した。実験台はプリミックスという合成樹脂を使用しているが、当時としては耐熱・不燃性・絶縁性能が抜群に良いものであった。発生した煙は、マンホール内の工事などに使用する排気ファンとフレキシブルダクトを使い排気した。しかし騒音が大きいため、実験担当者が交替してから使用しなくなり、実験室の窓・ドアを開けることにより実験を行うようになった。その後、数年前より実験を再担当することになった。

4. 実験の改良の変遷

2009年2月に、一室で2テーマの学生実験が行えることが可能となる排気システムの製作を考えた。このシステムは、線材を固定する実験台をカバーするチャンバーと排気用ファンとダクトから構成される。チャンバーについては実験の状態が可視化できるよう透明で、組立加工が可能で、耐久性のある素材を検討した。素材としてはアクリル、塩ビ、ポリカーボネイトなどあげられる。加工ができ、コスト、入手の容易さからアクリルとした。線材などを固定する実験台が2個あるため、チャンバーのサイズ500X350X300、450X250X300mmの2種類、それぞれ板の厚みを6mmとし観察時に手をついても耐えことのできるものとした。図1に示すように排気ファン用の穴開け加工を行い、その後接着剤で5面を取り付けた。

ファンの選定^[2]

$$\text{動力 } P_x = Q \cdot P_t / 60000 \cdot 100 / \eta \quad \text{kW} \quad (1)$$

全体の圧力損失

$$P_t = P_f + P_{L1} + P_{L2} + (\rho / 2) \cdot V d^2 \quad \text{N/m}^2 \quad (2)$$

直管の圧力損失

$$P_f = \lambda \cdot (L/D) \cdot (\rho / 2) \cdot V d^2 \quad \text{N/m}^2 \quad (3)$$

ブラジウスの式より管摩擦係数

$$\lambda = 0.3164 / \text{Re}^{1/4} \quad (4)$$

レイノルズ数

$$\text{Re} = V \cdot D / \nu \quad (5)$$

管路の局所損失

$$\text{バンド: } P_{L1} = \zeta_1 \cdot (\rho / 2) \cdot V d^2 \quad \text{N/m}^2 \quad (6)$$



図1 アクリル製チャンバーの製作

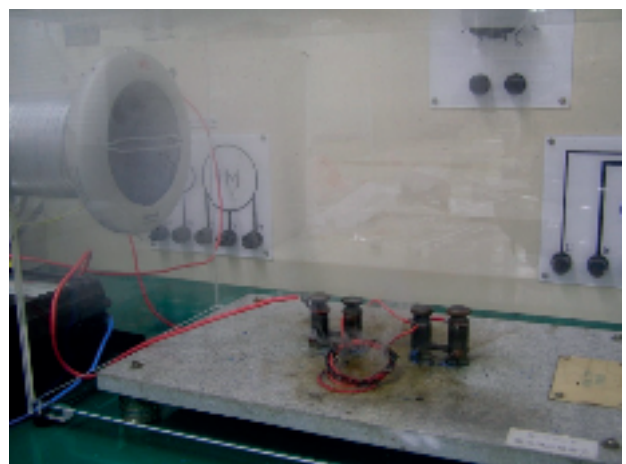


図2 チャンバーの動作確認

$$\text{流出口: } PL2 = \zeta_2 \cdot (\rho / 2) \cdot Vd^2 \quad \text{N/m}^2 \quad (7)$$

$$\text{速度圧: } (\rho / 2) \cdot Vd^2 \quad \text{N/m}^2 \quad (8)$$

Q: 風量 $0.83\text{m}^3/\text{min}$ 、 η : ファンの効率 70%、Pf: 直管の圧力損失、Vd: 管内の流速 5m/s 、L: 直管の長さ 4m 、D: 管の直径 0.1m 、 ν : 空気の動粘性係数 $15.4 \times 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$ 、損失係数 ζ_1 、 ζ_2 それぞれ 1.0 、 0.5 、空気密度 $\rho = 1.2\text{kg}/\text{m}^3$ を各式に代入し計算すると $Px = 0.95\text{W}$ となる。これよりファンを次の機種を選定した。

Panasonic FY-08PT7HC、 $\phi 100$ 、電圧 100V 、消費電力 2.4W 、風量 $50\text{m}^3/\text{h}$ 、騒音 28.5dB

排気ダクトについては、内径は排気ファンと接続する部分の径より $\phi 100\text{mm}$ 、絶縁被覆等からの煙に耐えること、作業性等を考慮し伸縮性のあるアルミダクトを使用した。窓枠については、 4mm の合板に防水塗料を塗布し、排気口の外側に雨除け用ベンドキャップを取り付けてダクトを接続した。一階に実験室があるためダクト固定板とガラス戸に施錠ロックをつけた。図2に示すように、出来上がった排気システムを使って動作確認用に実験を行った。排気のシステムは概ね良好で、静音で実験に支障は全くなかった。4月から始まった実験では、一部の学生からチャンバーの煙が無くなるまでに時間がかかることと一部排煙の臭いが漂うことを指摘された。これはファンの排気風量が少ないことにより、チャンパー内に煙が停留することによる。このため改良として、2010年2月、排気用ファンは2倍の換気風量 $100\text{m}^3/\text{h}$ である。Panasonic FY-24JD7 交換することにした。ファンの吸気口が丸穴から四角形 ($254 \times 254\text{mm}$) になることにより、チャンパーの亚克力板を加工する必要があるが出てきた。図3に示すようにファンの固定用のねじ穴を先に開け、次に四角形の角4点に 10mm の穴を開けた。この穴に金工鋸の歯のみを通して、時間をかけて少しずつ亚克力板を切り、エッジにクラックが入らないよう作業を行った。図4に示すように最近のファンのジョイント部にはゴムパッキンがなく、機密性がよくない。ファンの排気風量が多くなったことにより、管内の動圧が増す。従ってファンの周辺から排気漏れが発生した。ここでダクトと本体との接合部にシリコングリスを塗り、密着を良くし、ダクト部のある筐体の外側からメジにシリコンゴムを充填することにより密閉性を良くした。その結果図5に示すように、排気漏れが押さえられ、約1分位で排気ができるようになった。ファンの騒音は 23dB と 5.5dB 軽減でき、より静音で実験が行えることができる。

同年の学生実験では実験をスムーズに行うことができている



図3 アクリル板の加工

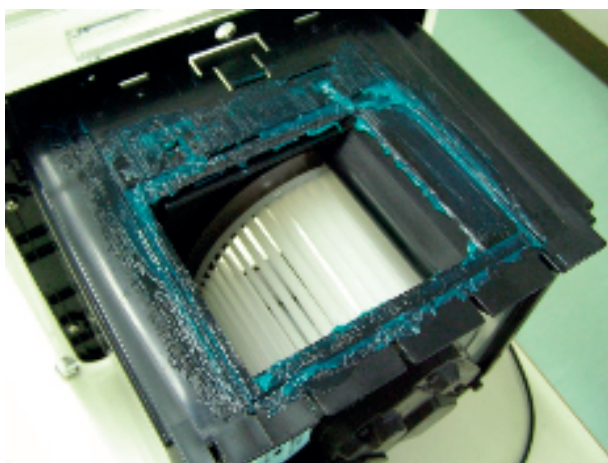


図4 排気ファンの様子

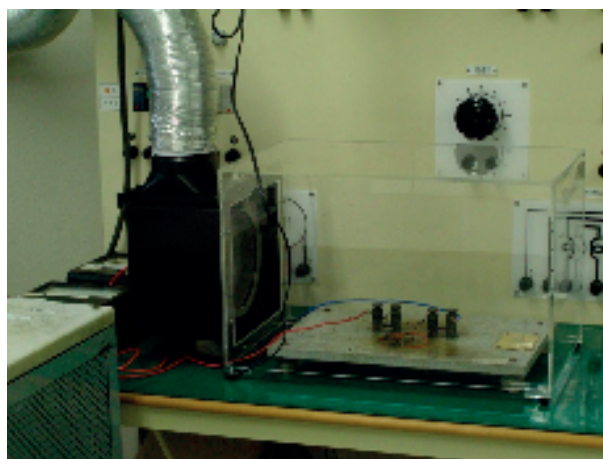


図5 排気システムの動作確認

た。しかし、再び学生から、若干排気臭がすることの指摘を受けた。実験を一度終えるごとに、実験台の接続端子に線材、抵抗素子を交換しなければならない。この際に排気ダクトを排気ファンから外し、チャンバーを一度机に移動する作業を行う。この時、窓の外に風が吹くとダクトについている若干の排気臭が室内に流れ込んでくるのが分った。実験には差し支えないので、今年度はこのままにしておくことにした。

燃焼ガスを排気するとの観念が強くどのように改良するか、考えあぐねていた。7月の実験終了後も解決はできなかった。焼き肉店の様子を見て、発想の転換ができた。常時換気扇により排気を行っている機構を取り付ければよい。2010年12月、換気ファン選定条件は2か所の吸気口があること、排気風量が $200\text{m}^3/\text{h}$ 以上あること、静音であること。これより、Panasonic FY-15KCD1A、風量 $320\text{m}^3/\text{h}$ 、吸気口2個、排気口1個、騒音44.5dB、28Wを選んだ。

この換気ファンの固定位置をどうするか。学生の身近には置きたくなかったので、天井とした。いろいろな苦心があった。固定するためにどうするか。天井に穴を開ける作業は大変であるため、いろいろなところを観察して回った。その結果、ケーブルラックに使用している吊りボルトを使用することにしたが、普段利用しているDIYでは取り扱ってなく、代用品を探し回った結果、図6に示す長ボルト(長さ280mm)というものを見つけ出した。これを使用してケーブルラックに取り付けることにした。図7に示すようにラックの上に厚さ6mmの合板(300X300mm)を置いた。排気ファンの重量が約7kgであり、この合板で十分荷重を持たせることができる。天井とラックとの間が10cm程度である。また、壁からの距離も8cm

位しかないので作業性が悪く、長ボルトにダブルナット(緩み防止)で板に固定することは大変であった。

排気ファンの取り付け後、図8に示すように、線材を使用して、実験を行った結果、排気については以前の通り良好であり、チャンバーを外しても排気を行っているのので、排気臭はない状態で有った。来季の実験に使用可能であることが分った。

参考文献

[1] 電気電子工学実験 I テキスト「回路素子」

[2] 局所排気装置の設計

<http://www.d4.dion.ne.jp/~yano05>

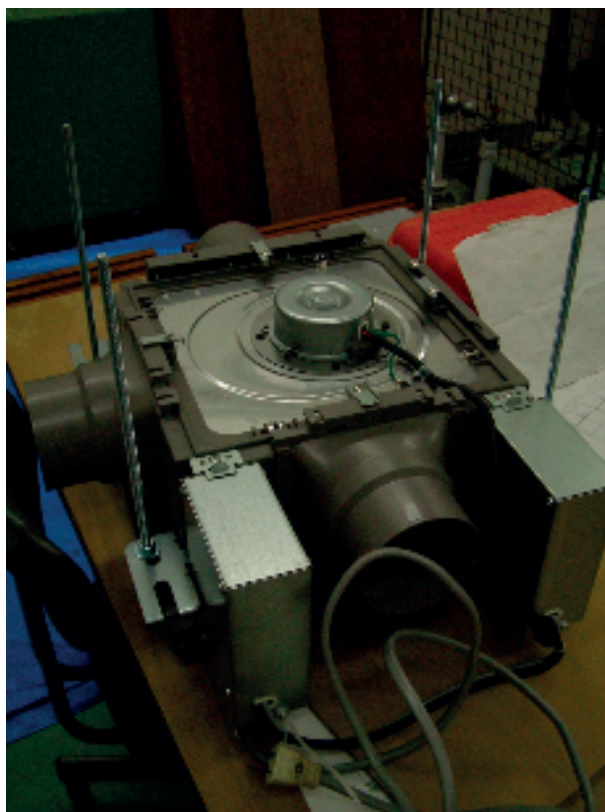


図6 排気ファンに長ボルトの取り付け



図7 排気ファンのケーブルラックに取り付け



図8 常時排気システム