

8 各学科の実験・実習における安全

8.1 電気電子生命学科

8.1.1 一般的心得

(1) 安全の心構え

実験における事故や災害は、一般に以下に述べるような原因で引き起こされると考えられる。

- a) 知識不足や安全確認の怠り
- b) 緊張感のない態度
- c) 実験設備の整備不良や重大かつ突発的な故障
- d) 実験に不適切な服装での実施

上記の中で知識不足については、予め実験テキストを熟読し、十分な調査を行う事によりある程度これを補うことが可能である。また、実験は通常 3～4 人で行うため、お互いに役割分担を明確にして、電源や可動部分のスイッチ投入時には、その合図等をはっきりとわかるように行わなければならない。

実験に際しては、適切な服装で、常に緊張感をもって臨むべきであり、体調にも気を使う必要がある。T シャツ、半ズボン、スリッパという服装は、感電防止や作業の観点から最悪である。また、回転機を使用する実験では、巻き込まれるおそれがあるので、男女ともだぶついた服装は好ましくない。

実験室にある設備は、十分に整備されているが、配線コードの被覆内の切断、突発的な故障、誤った操作による装置の誤動作や故障等には実験者自身で直ちに対処しなければならないこともある。したがって、前記したように、実験に関連する知識の把握は非常に大切である。また、仮に誤動作があった場合にも、実験者がけがをしないように、実験設備の周囲は常に整頓しておかなければならない。不幸にもけがをした場合、装置が故障をした場合には、必ずその旨を担当者に申し出ることを忘れてはならない。

実験設備は共用であり、常に他の実験者のことを配慮して、大切に扱うことが求められる。

(2) 電気火災

実験室において、電気火災の主な原因として考えられる項目を以下に示す。

- a) 電気機器を許容電力以上で使用した場合
- b) 絶縁物の損傷や劣化、電源の短絡による場合
- c) 接地不良、不備のために流れる漏洩電流による過熱の場合
- d) 電気接点の開閉時に発生した火花やアーク、あるいは静電気による火花が可燃物に燃え移った場合

上記 a)～c) 項目では、電源スイッチを直ちに OFF にしなければならない。a) に関連することで、火災には至らないが、計測器から煙が発生すること等はしばしば経験することである。これは、誤った結線による場合が非常に多いので、結線の確認は十分に行うことが重要である。いずれにしても、原因の究明、その後の修理や適切な処置が必要となる。d) においては、特に高電圧の実験では起こり得るので、周囲に可燃物を持ち込まないように注意する必要がある。

(3) 水と漏電

電流が設定された回路を流れず外部に盛れ出る現象を漏電という。電気設備技術基準では安全の上から大地との絶縁を義務づけている。したがって漏電が生じるのは電気機器の老朽化や配線の不備で、この大地との絶縁が劣化した場合である。とくに水はよく電流を通すので電気機器の近くまたは機器そのものを水で濡らすと漏電電流が大きくなり、最悪の場合漏電火災や感電死事故を招くおそれがある。漏電が起らないように電気機器の漏電防止の整備を行うと同時に周りの環境や配線系統を常に保守・点検しなければならない。

(4) 地震に対する安全対策

大きな地震の発生は人間の生活全般にわたってさまざまな災害をもたらす。副次的災害が多く、もし万が一のことがあった場合を想定してどのような行動をとったらもっともよいかを常日頃考えておかなければならない。学内では隆起、地滑り、地割れなどが原因となって建築物の倒壊、通信連絡網の断絶などあることが予想される。授業中や特に実験中などは二次的災害が起らないようガス、電気、火などを止めた後ただちに身を守るように行動する必要がある。また指示された注意伝達や誘導にしたがってすみやかに避難する。そのため常日ごろ避難場や経路などを確認しておく必要がある。以下に対策について列記する。

- 1) 地震によるゆれは特に上階において激しくなるのでより強い対策が必要である。
- 2) 背の高い器物（本棚、ロッカーなど）は上部を壁に固定し転倒防止を行う。
- 3) 重量物は床面にアンカーボルトで固定する。
- 4) ボンベは太い鎖で壁に固定し転倒を防止する。

- 5) 薬品などの危険物は平素保管庫に収納する。また卓上の機器も落下防止の措置を行う。
- 6) 火災が発生しないように心がけ、発生した場合すばやく対処する。
- 7) 廊下、階段、道路に物を置かない。

(5) 共同作業

何人かで同じ実験、実習等を行う共同作業には、しばしば事故、けがが発生することがある。よって、次の事柄に十分配慮することが肝要である。

まず、第一に全員が参加する同一実験の内容をしっかりと把握していること。これを怠ると、作業上の混乱から思わぬ事故を招く危険性がある。その為には必ず一人の代表責任者を決めて、その責任者の安全確認のもとで、お互いに確認しながら、実験等を推し進めることが望ましい。実験機器の電源の開閉や、実験中における疲労から来る感電等の事故に、お互いに十分注意しなければならない。

(6) 居残り実験

原則として、居残り実験は好ましいとは言えないが、しかし万一止むを得ないこともある。夜間まで実験等を行う場合には、まず、指導教員に申し出て、学校当局に所定の手続きを必ず行って、居残り実験の許可をとること。その際、一人での居残り実験は原則として行わない方が好ましい。例えば実験機器等の火災、感電事故、疲労から来る立ちくらみ、あるいは貧血による昏倒、その他、停電、断水等に対処が困難となる。よって、共同作業が好ましい。その際、言うまでもないことだが、終夜実験中に実験機器から実験操作者が一人もついていない等ということは絶対にあってはならない。

8.1.2 授業科目の実験における安全の心得

(1) 一般的な注意事項

電気電子工学に関する実験では、感電や電気機械に巻き込まれたりする可能性がある。感電による事故には驚いて物にぶつかったり、転倒したりする二次災害の例が多いので、次の点に注意して実験を行う。

- 1) 絶縁性の高い履き物を履く。素足にサンダル履きのような場合は退出させる。
- 2) 実験テーブルには実験に使用する最小限の物のみを置く。
- 3) 実験テーブルのまわりを整頓しておく。特に足場には気を配る。
- 4) 不安定な姿勢で実験テーブルに向かわない。
- 5) 電線・端子に触れる前に、電源スイッチが切れていることを確かめる。
- 6) スイッチを入れる前に共同実験者が待機状態にあることを確認し、声をかける。

- 7) 他人の実験を邪魔するような行為は許されない。
- 8) 事故を起こしたら、すぐに実験指導教員に連絡する。

(2) 高電圧

高電圧の実験を行う場合は、指導者の指示があるまで実験装置に触ってはならない。高電圧を取り扱う上で注意すべきことは、感電と蓄積エネルギーが大きいことによる破壊である。安全確保の要点は、接地、絶縁及び離隔距離である。

感電とは、人体が電気に触れてショックを受けることである。感電による生理的影響としては、刺激、痛み、筋肉のけいれん、血圧上昇、呼吸困難、呼吸停止、脈拍不整、心室細動、失神、まひ状態、やけど、心臓停止、死亡、などがある。感電の生理的影響に及ぼす諸因子としては、電流の大きさ、電流の周波数、電流の波形、通電時間、通電部位、などがある。感電による傷害の多くは、感電により受けたショックによって引き起こされる二次的災害である。例えば、200 Vの電線に触れて、転倒し、頭をぶつけること、などである。感知電流のしきい値は、個人差、男女差、年齢差でかなり異なる。感知電流のしきい値の大きさは、直流では 5.2 [mA]、50～60 Hz の正弦波交流では 1.0～1.2 [mA]、50～60 Hz の非正弦波交流では 1.65～1.7 [mA]（ピーク値）となる。運動の自由がきく最大電流のしきい値（可随電流）としては、直流の場合、男子で 74 [mA]、60 Hz 正弦波交流の場合、男子で 15.5 [mA]、女子で 10.5 [mA]である。

感電防止のためにはまず、高電圧や大電流の帯電部に接近、接触しないように絶縁物で遮蔽し、また危険区域を指定し、安全距離以内に立ち入らないよう柵を設けることである。高電位部は絶縁物で覆って、不注意な接触が万が一にも起こらないようにする。また、高電界による絶縁破壊や放電の発生、静電・電磁誘導の影響をさけるため、及び実験中の転倒等の最悪の状況を考えて、安全距離を決め、明確に表示する。また、高電圧機器の接地を完全にすることである。高圧コンデンサでは、両端子間を一度短絡させても、その後解放しておくとも再び電荷がたまり、高電圧になることがある。保護抵抗を介した接地棒で短絡して作業を行い、また実験休止中も短絡しておく必要がある。高電圧機器に近づく時は必ず接地後に行う。また、接地端子やその配線は目立たない場所にあることが多く、実験開始前に点検して接地不備に気を付ける。高電圧実験は、安全確保及び万が一の事故時の応急措置のため、単独で行わず、必ず複数人で行い、この場合、指導者の指示に従うと同時に、命令系統を明確にしておく。また、新しいテーマ及び回路を組み替えて高電圧実験を行う時にも、指導教員の指示に従う。

以下に、注意点を箇条書きにしてまとめた。

- 1) すべての装置は堅固に取り付け、振動によってはずれたり運転中にゆるんだりしないよ

う注意する。

- 2) 電圧のかからない導体は接地しておく。
- 3) 接地線は太い裸銅線とし、確実に接地されているかよく確かめる。
- 4) 危険防止のため、必要でないものは遠ざけて整理整頓を心がける。
- 5) 電線の被覆がその電圧に適しているかどうかよく注意する。
- 6) 高電位部はできるだけ人間から遠ざける。
- 7) 装置に触れる前に絶縁棒の先に接地線を付けてこれでまず触れ、触れた状態にしておいて作業をする。スイッチを切っておくことはもちろん大切であるが、スイッチが切れていても安心はできない。残っている電荷に注意しなければならない。特に、コンデンサや整流素子が回路にある場合は必要である。なお、コンデンサを使用しない時は電荷を逃がしてから端子を短絡しておくのがよい。
- 8) 高電位部分にはエッジを作らないようにする。
- 9) 部外者をみだりに近寄せない。また、実験者がすべて危険区域外にいることを確認してから実験を始める。
- 10) 操作者は必ず絶縁台を有効に使用する。
- 11) スイッチを入れる場合には、電圧調整器のハンドルが出力電圧最低の位置にあることを確認する。
- 12) 実験は急がずあわてず落ちついて行う。
- 13) スパーク、アーク、グローなどの放電からの紫外線から眼を保護するため、これらを注視しない。
- 14) 放電に伴って、オゾン（生臭いにおい）が発生することがあるので、このオゾンを直接嗅ぐことのないよう気を付ける。

(3) 回転機

回転機を操作する場合は、巻き込まれないように、次の点に注意して実験を行う。

- 1) 裾の広がった衣服（白衣・スカートなど）やネクタイの着用は避ける。
- 2) 回転機の周辺に巻き込まれるおそれのある物を置かない。
- 3) 結線に誤りがないか慎重に確認する。直流電動機の場合、誤った結線で運転すると異常に高い回転速度で回転することがある。
- 4) スイッチを入れる前に共同実験者が待機状態にあることを確認し、声をかける。
- 5) 正しい操作手順で運転を行う。
- 6) 許容された回転数以上に速度を上げない。
- 7) 許容された負荷以上で運転を行わない。過負荷で運転すると巻線の温度が上昇し、火災

などのおそれがある。

(4) 回路

ここでは、電気回路および電子回路に関する実験において、その安全のために注意すべき事項について述べる。

- 1) 配線が終了した実験回路へ、直流または交流電源を投入するとき、必ずその配線が正しく行われているか否かを点検し、安全性を確認する。
- 2) 電源投入時、計器の指示などから異常が認められる場合、直ちに電源を切り、再度点検する。
- 3) 配線を変更する時も、必ず電源を切ってから実行する。短絡事故や感電事故あるいは計器破損の危険を未然に防止する。
- 4) 電子回路を配線した基板は、絶縁されていない導線が多く、短絡し易いので、導線の間隔を広げて短絡を防ぐ。
- 5) 抵抗素子を使用する時、予めその電力容量あるいは電流容量が十分であることを確かめておく。同様に、コンデンサの耐圧と極性（があれば）も調べ、素子の定格にしたがって、各素子を正しく使用する。
- 6) 半田ごてを使用する場合、やけどと火災に細心の注意をする。こて台を使用し、周囲に可燃物を置かない。融けた半田が飛散し、目に入らないよう注意を払い作業を行う。また、実験台を離れる時、必ず電源を切る。
- 7) 交流電源のプラグをコンセントに挿入したり、コンセントから引き抜く時は、必ずプラグを持って行き、コードを引っ張ったりしない。
- 8) 電子回路で使用する直流電源は、比較的低圧であるが、感電による危険度は人体を通過する電流値に比例し、その値は小さくても危険であるので、高圧の交流電源を使用する時と同様に通電中の裸線には絶対に触れてはならない。

(5) 情報処理機器

情報処理機器を用いる演習では、使用するワークステーションやパソコンにおいて次のことを注意する。

- 1) 管理者あるいは指導者の許可なく、ワークステーションやパソコンの接続機器の変更を行わない。
- 2) 長時間、モニターを凝視することは疲労の原因となるため、定期的に休憩をとる。

(6) 生命実験

生物関連の実験や物理化学実験において、以下の点に留意すること。

- 1) 上記の一般的心得はもとより、基礎化学実験 1・2 の注意事項にも留意し実験を行うこと。
- 2) 実験室内では白衣を着用し、素肌の露出がないようにする。白衣は実験室の外では着用しないこと。
- 3) 実験室内には、実験を行ううえで必要なものを持ち込み、その他の鞆や上着類は所定の箇所に収納しておくこと。
- 4) 実験で使う試薬やその溶液は、毒性の強いものがあるので、それらの扱いは必ず実験指導者の指示に従うこと。
- 5) 実験で使用した溶液を廃棄する際は、必ず所定の廃液タンクに廃棄すること。流しに捨ててはならない。また、廃棄する液体の種類によって廃液タンクが異なる場合があるので、実験指導者の指示に従うこと。
- 6) 実験で使用したピペットやチューブ等、試薬が付着した消耗品は、所定の廃棄箱に廃棄し、実験室の外へは持ち出してはならない。
- 7) 誤った使い方をすると、事故や怪我のもとになるので、実験で使う計測器や器具は、実験指導者からの説明等がない限り、使用しないこと。
- 8) 実験を行う前夜は、十分な休息を取ること。疲労や睡眠不足等による注意力散漫が、不慮の事故につながる。

8.1.3 卒業研究・大学院研究における安全の心得

(1) 高電圧

4. 1. 2 の (2) を参照すること。

(2) 回転機

4. 1. 2 の (3) の注意事項に加えて、超高速電動機を扱う場合は以下の点に注意する。

- 1) 運転前にカップリングの状況を確認する。
- 2) カップリング部には頑丈なカバーを設ける。
- 3) 回転機の円周方向に人がいない状態で運転を行う。

(3) 回路

卒業研究や大学院研究の場合は、研究室によりあるいは研究テーマにより回路の実験規模や内容が異なるので、それぞれの研究室に適した心得を各自が編み出す必要があるが、前述の「4. 1. 2 授業科目の実験における安全の心得 (4) 回路」は、どの研究室においても共通するものであるので、熟読をすすめる。

(4) 情報処理機器

ワークステーションやパソコンなどの情報処理機器においてプログラム開発をする際、長時間プログラム開発に専念することが多い。種々の意味で判断ミスを引き起こす可能性があるため、徹夜でのプログラム開発をしない。仮に徹夜をした場合、通学の自動車やバイクの運転、過激な運動、飲酒を避ける。

(5) 工作機械

電気電子生命学科で主として使用する工作機械はグラインダー、電気ハンドドリル、ボール盤、シャーリング等であると考えられる。このような工作機械は学科の実験室・各研究実験室にあるか、またはその室に設置固定され、研究用資材の穴あけ、切断、切削などに利用するのである。一般的には取扱い説明書を熟読し、作業始動順序に従って確実に行うよう心掛ける。

ここでは上記工作機械を取り扱う上での注意事項について述べる。

(5)-1. グラインダー

- 1) 切削粉が飛ぶから、必ず防塵メガネまたは保護具を着用すること。
- 2) 使用前には必ず試運転し、砥石の割れ、ボルトの緩みなどがないか確認する。
- 3) 受け台と砥石との間隔は 2～3 mm を保つこと。広い間隔では材料・指などが巻き込まれるおそれがある。
- 4) 砥石は高速運転しているので、グラインダーの前面に身体がこないような位置で作業する。
- 5) 小物を研削するときはプライヤなどで保持する。

(5)-2. 電気ハンドドリル

- 1) 腕力や身体の重みでドリルを押し付けるので、穴が貫通した瞬間やドリルが破損した瞬間に身体のバランスを失い、大けがをすることがある。

(5)-3. ボール盤

- 1) 材料を固定するため、把持用バイスまたは治具を用いる。小物加工の時、手で押さえると危険である。
- 2) ドリル・材料の脱着は回転が停止してから行うこと。
- 3) チャックの締付け用ハンドルを取り付けたまま回転させないこと。
- 4) 切削直後の切粉は高温のため触れてはいけない。

(5)-4. シャーリング（始動形）

- 1) 材料をスケールに合わせて固定する時、上部に跳ね上げたカッターアームに気を付ける。

2) 始動する際、周囲の作業員の安全を確認するため合図する。

(6) レーザ光などの光線

- 1) 失明の恐れがあるのでレーザー光を直接目で見てはならない。(目の高さでレーザー光の実験を行わないこと。) 実験中は保護用眼鏡を着用すること。
- 2) 周囲の金属の鏡面部分などの思わぬところからの反射光に注意すること。(光路が目に見えない赤外線レーザーの場合には特に注意を要する。)
- 3) 水銀灯・キセノン灯およびアーク放電などの光量の多い光源を使用する場合は光を直視するのは大変危険である。実験中はサングラスを着用すること。
- 4) 駆動用電源の高圧部には触れないこと。

(7) 薬品

- 1) 使用する薬品の性質をよく勉強し、特に危険な物を使用する時には、火災、爆発、中毒の危険性をよく調べておく。
- 2) 薬品を取り扱う時には、身体との接触をさせないように常に心がける。
- 3) 危険な薬品を使用する場合は、次の点を特に注意する。火災や爆発のおそれのあるときは、防護面、耐熱保護衣、消火器など、また中毒のおそれがあるときは、ゴム手袋、防毒マスク、防護衣を準備する。
- 4) 薬品の管理は十分気をつけて、薬品を廃棄するときには、水質汚染、大気汚染を起こさないように注意する。
- 5) 薬品による事故、危険な薬品の紛失や盗難があったときは、指導教員に必ず届ける。

(8) 材料ガス（特殊高圧ガスを含む）

- 1) 初めて取り扱う場合は場合は経験者の指導を受けること。
- 2) 事前に使用ガスの性質を熟知しておくこと。
- 3) 材料ガスの充填容器等の受払いは保管台帳に記入し保管すること。
- 4) 使用済みボンベには「から」と明記し、速やかに返却すること。
- 5) 可燃性ガスを取り扱う場合は火災に備え、消火器の所在を確認しておくこと。
- 6) 材料ガスの利用状況および周辺設備等の安全点検を定期的に行うこと。
- 7) ガス漏れを発見した場合は直ちに指導教員に通報すること。
- 8) 充填容器の運搬中は容器に衝撃を与えないこと。
- 9) 材料ガス用バルブおよびガス配管の材質および構造を勘案し、過大な力を加えないようにすること。
- 10) ガスの使用中はその場を離れないこと。

11) ガス使用後は元栓を完全に閉じること。

12) 特殊高压ガス使用時は以下のことに特に注意すること。

- 危険性（燃焼・爆発・毒性・腐食性）があるので、取り扱いには十分気を付けること。従って、特殊高压ガスを使用した時には研究室にある装置の操作手順使用手引を熟読すること。
- 他のガスとの混合を行う時は危険性を調べること。
- 特殊高压ガス使用時は除害塔を通して屋外に排気すること。
- 容器と容器弁・配管・継手・バルブ・機器からのガス漏れに特に注意すること。
- ボンベ交換時は排気内のパージを十分行うこと。
- ガス漏れを発見した時は直ちに指導教員に通報すること。

(9) 圧力機器（ボンベ、真空装置）

- 1) 圧力容器に取り付ける圧力調整器（減圧弁）は時計方向に回すとガス圧力が上がるので注意すること。
- 2) 地面にボンベを倒す時は衝撃を与えないこと。
- 3) ボンベは壁際に保持用の鎖で倒れないように直立させること。
- 4) ガスの漏れに注意すること。

(10) 真空装置

- 1) ガラス製ベルジャ内が排気されている時には、常に金属製の網をかぶせること。
(ベルジャが破裂した場合、ガラスが飛散し、危険である。)
- 2) ガイスター管の電源は高電圧を発生するので感電に注意すること。(感電した場合には転倒することなどによる二次災害に注意すること。)

(11) 低温装置

- 1) 低温装置を取り扱う際には、皮、ナイロンまたはゴム製の手袋を着用すると共に、直接寒剤（液体窒素は $-195.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、液体ヘリウムは $-268.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）が触れない様に注意すること。
- 2) 寒剤容器はもろいので取り扱いには十分注意すること。
- 3) 寒剤が蒸発する実験を行う場合には、室内の換気に十分気を付けること（液体窒素使用時の事故が多い）。
- 4) 寒剤として液体酸素や液体水素を使用する場合には、絶対に火気を近づけないこと。
- 5) 低温装置と強磁場発生装置を併用する時には、周囲に金属類がないことを確かめること。

(12) 電気炉

- 1) 使用法については、よく取り扱い説明書を読み、指導教員とまず一緒に使用し、訓練の

後使用する。

- 2) 炉にスイッチを入れる場合には、事前に炉のまわりに可燃物がないことを確認し、ヒーター、コード等が短絡してないかを確認する。
- 3) 通電中は、炉は高温となるので、直接素手で炉自体をさわらないこと。
- 4) 炉を動かしている最中は、必ず一人は監視人がいること。

8.1.4 その他の注意事項

- (1) 暗室内で作業する時には、換気に十分気を付ける。
- (2) 実験によっては、高い所に昇ることがあるので、その場合には転落事故に十分注意する。
- (3) 測定器等には高価で精密なものが多いので慎重に取り扱う。また、測定器等を移動させる時には、安全にも注意する必要がある。
- (4) 冷却水を使用する機器（多くの真空装置では油拡散ポンプに冷却水を供給する）では漏水により、コンピュータ等の機器をすべて使用不能にしてばく大な損害を与えるだけでなく、漏電の原因にもなる。
- (5) 実験に適した服装を心がける。感電、落下物、滑りによる転倒に対し、安全を確保できる靴を使用する。
- (6) 実験室内での喫煙は厳禁である。