

第7章 電気の取り扱いに関する安全

7.1 一般的事項

電気電子工学コースの実験や研究での機器の取り扱いは、気をつけていれば比較的危険の少ないほうであると思われるが、それでも場合によっては学生実験における死亡事故や、研究室における爆発事故や火災の発生などが報じられることが無いではない。

電気は日常生活に密接にかかわっており、またあらゆる分野の研究や生産の場で用いられるので、その危険性について日頃から考えておくことが望ましい。そこでこの小冊子では、特に研究、実験の場で出会う可能性のある危険について、電気以外のものも含めて、注意しておかなければならないことをまとめている。

7.2 電氣的な危険

7.2.1 高電圧

電気による事故と聞いてまず心に浮かぶのは感電事故や高電圧の危険性であろう。電気工学で扱う高電圧の範囲は、数100ボルトから数10万ボルトに及ぶが、極端に高い電圧を扱う場合は、最初から安全性に対してそれなりの考慮を払って装置を組み立てる場合が多いし、取り扱いにおのずと注意を払うものである。それに対して、むしろ数百ボルト程度の比較的低い電圧を扱う装置も決して危険性は低くない。そこには当然慣れと油断という事柄が絡んでくる。

例えば100ボルトの電灯線に触れて感電した経験のある人はかなり多いと思われるが片方の手でうっかり触れてしまったくらいなら、心臓の弱い人は別として、大抵は命にかかわる大事にはならないのが普通である。また、昔の真空管時代には、2～300ボルトの電源電圧を使うのが普通であったから、機器の調整を行なっていてしばしば感電の経験をしたものであるが、この場合もこれが原因で命を落としたという人はそれほどは少ないはずである。

そのような経験から、この程度の電圧はたいしたことが無いという間違った常識ができていなくもないと思われる。しかし、感電のしかたによっては100V程度の電圧でも致命的な結果をもたらす。一般に、感電事故では、加わった電圧ではなくて、人体内をどの程度の電流が流れるか、また流れている時間がどの程度かによって危険度が異なるのであって、後に述べるように、感電時に人体に流れる電流が10mAを越えるとかなり危険である。人体内部はかなり良好な導体であり、一方乾燥した皮膚は普通数100k Ω の抵抗を持っているが、湿った皮膚ではこれが数100 Ω まで低下する。従って、皮膚の表面が汗や湿気で湿っている場合には、同じ電圧でも電流が流れやすいためにきわめて危険である。そのため、冬よりは汗をかきやすい夏の方が、また快晴の日よりは雨天の方がショックが大きく、重大な事故になりやすい。洗濯などの水仕事の時の感電では、100Vの電圧でも容易に死に至るのはこのためである。

さらに感電した結果、電流が心臓を流れる場合がもっとも危険である。そのため片手の二本の指の間を電流が流れた場合よりも、左手と右手の間を電流が流れた場合の方がずっと危険である。そのうえ、たとえば手で高電圧の加わっている電極を握った状態で10mA程度の電流が流れると、筋肉が痙攣を起こすため、電極を握りしめたまま自分の意志では手を離すことが不可能となるという事態が起きるのである。このような場合には、側にいるものが急いで引き離してやるのがぜひとも必要になり、側に誰もいない場合には致命的な結果に

なりかねない。

さて、感電事故が生ずるには、次のような原因があると考えられる。

- ① 装置の構造や動作についての知識の不足。
- ② 操作手順についての訓練の不足。
- ③ 装置の安全対策の不備。
- ④ 装置の欠陥、故障（漏電など）。
- ⑤ 慣れによる油断、不注意、長期間の実験による疲れ。
- ⑥ 地震などの不慮の災害。

このような感電事故を防ぐためには次のような注意が必要である。

まず第一に、いかに不注意で、またぼんやりしていても、決して危険な箇所には触れられないようにはじめから装置を設計製作しておくことである。特に長時間の研究や夜遅くなつての実験では、当然のことながらかなり精神的に疲れているのが普通である。そのため注意力が散漫になり、その結果、常識では考えられない操作をしてしまうこともあり得る。

したがって、感電事故を防ぐためには、高圧部分は、たとえさわろうとしても苦心して防護を取り外さない限り簡単にはさわれないような構造にしておくのが、もっともよい解決策となる。また、誤った操作をした際は、かならず安全な側に装置が動作するようにしておくことである。このような危険防止策 fool-proof と言うが、要するに普段では用心が過ぎると感じられるくらいに防護を施しておくことである。少し例を挙げてみよう。

- (1) 高圧電源などの高圧機器類は十分安定設置し、装置全体を接地した金網などで囲って触れられないようにすること。高圧配線類は嚴重に絶縁のうえ手を伸ばしても触らないようななるべく高い離れた位置にしっかりと固定し、まちがっても垂れ下るようなことの無いようにすること。また、メーターを含む計器類など、外部から見える必要がある部分は、アクリルのケースで囲って、これも蓋を開けなければさわれないようにするのがよい。これに接続する電線についても上にのべた考慮が当然必要である。これらは当たり前のことであるが、高電圧関係の研究室などでは、頻繁に調節する必要があるためと慣れも手伝ってこの点が意外にいい加減であり、うっかりつまづいて倒れたりした場合のことを考えるとぞつとするような配置で平気で実験をしているのがまますみ見受けられる。
- (2) 端子類の締め付けは外れないように十分しっかり行ない、また動作に関係ない部分でもねじ類のゆるみなどの無いように気を付ける。
- (3) 漏水は間接的に絶縁破壊や漏電などの電気事故の原因になるので注意する。
- (4) アースすべき、あるいはアースしてもかまわない金属部分は、嚴重にアースする。これはその金属部分を強制的に大地の電位にすることで、漏電や静電的な誘導によって思わぬ電圧が発生して事故に至ることを未然に防いでくれる。ほとんどの電気機器には接地のための端子が設けられているのが普通であり、これはケースにつながれていることが多いので、これを完全にアースすることによって、万一の漏電の場合の安全対策となる。実験室には、壁などにアース端子が設けてあるのが普通であるが、これも経年変化などで必ずしも常に良好なアースになっているとは限らないので、念のため調べておく。
- (5) 言う迄もなく、高電圧部分からは十分な距離をとって実験を行う。
電圧によっても異なるが普通1m以上は必要である。また、うっかりつまづいて倒れても大丈夫なように考えておくことが望ましい。
- (6) 高圧実験装置の付近に例えば赤ランプや回転標識灯などの高電圧が加わっていることを示す標識を必ず付ける。また、高圧の配線にはそれと分かる標識をつけ色分けなどをしておくのが良い。
- (7) 決して一人では実験を行わない。これは勿論、万一ひとりが感電して気を失ったような

場合に救急措置ができるようにするためである。また、上に述べたように高電圧に接触する仕方によっては一人で電極から離れることが不可能になるので、この場合には他の人間が引き離してやることがぜひとも必要である。ただし、この場合絶縁物を用いて引き離さないと、二人とも感電することになるので注意が肝要である。

感電した場合の危険の度合いは、電源がどの程度の容量を持っているかにも大きく依存する。例えば冬の乾燥した日によく発生する静電気は数千ボルト以上の電圧を持っておりかなりのショックを受けることがあるが、全体の電気量が少ないので、特殊な場合以外は少しも危険ではない。逆に低電圧であっても、電源の容量が大きいと、接触したときに流れる電流が大きいので危険である。特に危険であるのは、コンデンサーに貯えられた高電圧である。

これはコンデンサーにはたとえ小型のものといえども相当大量の電気量が貯えられることによる。さらに、コンデンサーは次の点でもきわめて危険である。コンデンサーに貯えられた電荷は、特に回路的に考慮されていない場合には電源スイッチを切った後かなり長い間（数分、長い場合は数日）残っている。そのため電源を切った後と油断して装置の内部の調整を始めたようなときに思わぬ感電をして命を失うこともあり得る。

さらにコンデンサーは、ひとたび放電してもしばらくするとまた電荷が生じて電圧が回復する性質を持っているのであるからなおさらのことである。この意味で欠かせない道具がショート棒である。これは二本の長い絶縁棒の先にそれぞれ金属の短針を取り付けておき、それらを確実に電線で、または適当な抵抗で接続したものである。また、接地用として片側をアース端子としたものを用意しておく必要もある。高電圧回路の蓋を開けて調整を始めるときには、高電圧部に使われているコンデンサーは大小にかかわらず一つ残らずたんねんにこのショート棒で短絡して放電させ、電荷が残っていないことを確かめてから調整に取りかかるのである。さらに装置を開いている間は常にコンデンサーの電極間を両端にクリップの着いた電線でショートしておくことが必要である。

参考になるかと思うので執筆者の体験をご紹介します。特殊な放電管用の大電流高電圧装置を用いて実験中に、突然高電圧が発生しなくなった。

メーターは完全に0ボルトを指している。折角順調に実験が進行していたのにと、多少イライラ気味の一人が、装置の裏蓋を開けて早くも首を突っ込んでいた。中には数10センチ角の大きな高電圧用のコンデンサーが見える。高電圧は出ていないとはいえ、一応ショート棒でショートしてからチェックを始めた方が良いのではないかと1人からのアドバイスに従ってショートしたとたん、ドカンと大きな音がしてショート棒は殆ど融けて無くなってしまった。高電圧は正しく発生していたのであって、表示用のメーターが切れていたのである。あの時あらかじめショートしておかなかったらと思うと、横で眺めていた1人として今もって背筋が寒くなる思いがする。

一般的な注意であるが、実験はなるべく昼間に行うことが大切であり、決して実験装置を動かしたまま部屋を留守にすることなどがあってはならない。また、日頃から整理整頓を心掛け、物事をいい加減にしない態度を養っておくことも重要な心得である。さらに不幸にも事故が起きた場合には、その原因をよく反省して、後の教訓として生かすことが大切である。

7.2.2 漏電による事故

実験装置が古くなってきたり、設置場所が不適切であったりすると、漏電を生じる可能性がある。電気機器が長期間使われているうちに、電線の被覆や端子部分の絶縁物が徐々に劣化し、場合によると炭化して絶縁性を失うようになる。このため、その部分に僅かに電流が流れ、あるいは沿面放電を生じて加速度的に劣化が進み、最悪の場合は火災事故

を生じることとなる。このような事故を防ぐためには、機器の設置場所を塵埃や湿気の少ない場所を選ぶこと、高電圧部分には特に埃がたまりやすいので端子部分の埃などを定期的に掃除すること、また、定期的に点検を行なって、劣化している電線や絶縁物を見付けて早めに取り替えるなどの考慮が必要である。

漏電が起きた場合、火災の恐れがあることとともに、思わぬ部分に電圧が現れていて感電事故を起こす可能性があることから危険である。この危険性は先に述べた装置の金属部分を可能なかぎりアースすることによって除くことが可能である。しかしこの場合アースが不十分であるとその効果は望めないのが普段からときどき検査をしておかねばならない。また、たとえ漏電があったとしても、実験者が大地から絶縁されていれば感電の危険性はかなり小さくなるから、絶縁靴や絶縁手袋の着用はこの点で非常な効果がある。

7.2.3 電子部品の不良に起因する火災および人身事故

最近の電気電子装置および部品は品質管理が行き届いており、使い方を誤らなければ事故を起こすことはほとんど無いと思われるが、それでも時折電子部品の不良に起因すると思われる火災事故などが報じられている。執筆者も、それまで正常な動作をしていたコンデンサーが、突然マッチのように炎を上げて燃えだしたのを見たことがある。研究室や学生実験では、部品の不良による動作の異常はすぐ気づかれるので、高電圧関係の装置での感電事故のような場合を除いては大事にいたる場合は少ないと思われる。むしろ問題となるのは実験者の不注意や気のゆるみ、一時的な間に合わせのため、あるいは無知などから定格を無視して部品を使用したため、あるいは不適切な使い方（例えば周囲温度、湿度などの使用環境、部品の極性など）をしたために事故が生じる場合である。

特にトランスや抵抗器配電線、ソケットなどの容量が不足の場合は直接火災事故に結びつくので、慣れやまちがった自信による油断は禁物であり、常に注意を怠ってはならない。

7.2.4 電磁波および光による事故

電気工学、電子工学では電磁波や光を扱う分野も多いが、これらも思わぬ事故の原因となる。電磁波の人体への影響は、電子レンジへの応用を考えれば理解されるとおり加熱作用が主なものであるが、神経系などへの直接の影響があるという報告もあり、後程述べるように目に対する危険性は特に考慮する必要がある。

約 100MHz までの周波数の大電力高周波は、主として半導体の加工に使われることが多いが、この帯域での事故は人体全体の加熱作用による。事故防止の方法は電磁シールドを如何に完全にするかにつくる。高周波に対するシールドは水が漏れないほど完全にしなければならないといわれるくらいで微小な漏れ電力まで防ごうと思うとなかなか難しいが、人体に害の無い程度のシールドを作ることはそれ程難しくはない。漏れ電力の他に、直接高周波が加わっている端子に触れた場合には、前項の感電事故と同様の障害を受けるので事故防止には前項に述べた諸注意と同様の考慮が必要である。

周波数が 1GHz を越えると、電磁波が照射された場合、主として人体の表面のみが加熱されるようになる。最近 2.54GHz 付近の大電力の電磁波（特に電子レンジでよく使われ、マイクロ波と言われる）が、半導体の加工や薄膜の生成、物質の加熱などにしばしば利用されるようになった。この場合特に問題になるのは、目に対する影響である。

この周波数帯になると、目にあつたときちょうど水晶体の裏側の付近に集中して熱が発生し、そのためその部分の温度が数度上昇する。このことが原因で、ちょうど卵の白身が固まるように、水晶体が白濁する、俗に白内障と言われる状態になる可能性がある。さらに、このような目に対する障害は、電磁波にあつた当座すぐには生じなくとも、数年あるいは

数十年後に、後遺症として現れる可能性もあるということであるので油断はできない。これを防ぐには電磁波にあたらぬよう電磁波源にシールドを十分に施すより方法がないが、逆に人の方が目の細かい金網でできた入れ物に入るか、少なくとも金網の被りものを被るかすればある程度は被害を防止できる。一般に波長の短い（周波数の高い）電磁波ほど小さな穴からも漏れやすいので注意が肝要である。

光の領域に入ると、その取り扱いにかなりの注意が必要となるものがある。とりわけレーザーの出力はエネルギー密度が高い光であるので目に入ると網膜の焼損を生じて非常に危険である。特にパルス発振をする大出力レーザーと、赤外線（当然見えない）を発生する炭酸ガスレーザーが最も危険である。一般にレーザー光が人体にあたったとき、障害の殆どは熱によるものと考えて良く影響は体の表面だけに限定されるので、目に対する影響を別とすれば致命的な事故になることはあまり多くないと思われる。

しかしながら目に対する影響はよほどの注意が必要である。特にパルス状の光は光の道筋に目を置くことのないように気を付ける以外には方法がない。光は反射によって思わぬ方向に進んでくることがあるのでこの点にも注意が必要である。

特に赤外線などの見えない光には気を付ける必要があり、可能なかぎり防護眼鏡を着用することが望ましい。

連続光では常に光が見えているので比較的注意しやすいが、その場合注意すべきは半導体レーザーである。一般に、半導体レーザーは、その出力は数ミリワット～数十ミリワットでありかなり大きい。波長が可視光領域の外れにありほとんど見えない。しかし、その光は薄赤くではあるが見えないことはない。うっかりこれを出力が弱いであると勘違いをして、調節の時に覗き込んでしまうことがよくある。その結果思わぬ大きな電力を目に受けて障害が残ることもあり得ないことではない。相手が小さいものであるだけに油断していることが多いからよく注意が肝要である。

直接光による危険性のほかにも、レーザー装置には高電圧が用いられることが多い。先に述べたコンデンサーの事例も、高出力固体レーザー実験での話である。従って高電圧に対する注意も同時に怠ってはならない。

7.2.5 その他

上に述べたことその他に、多少細々した注意を気づくままに述べておこう。コースの特徴としてハンダごてを使う機会が非常に多い。こてに触った場合の火傷はたいしたことはないが、融けたハンダが目に入ることもあるので注意が必要である。勿論使い終わった後電源を切ることを忘れてはならない。

ハンダごてのコード、あるいは一般に実験機器、測定機器類のコードが何本も床をはっている光景がしばしば見られる。疲れてくると、配線をした本人でしばしば足を引っ掛けるものである。この時相互に接続した機器類が次々と落下して壊れ、ショートを起こして事故に至らぬ迄も、多くの装置の作り直しとなり実験計画が大きく狂うなどの大損害の原因になることがある。計算機を使っているときには、長期間の苦心の結果が水の泡になることもある。不必要なことに気を使わなくても良い実験環境を作ることが必要である。

研究室では得てして電源ソケットの定格をオーバーして機器を接続する傾向にある。加熱から火災に至る恐れもあるので、気を付けなければならない。これに関連して配電盤のスイッチの開閉時には、現在稼働中の機器の確認を怠ってはならない。不用意に切ると、機械が異常な停止をして、回復不可能な故障を生じ、場合によっては事故を起こす。また機器の接続、調整中に不用意に投入すれば勿論感電事故や短絡事故を起こす可能性がある。特に高電圧の実験では、スイッチの開閉は互いに声を出して合図し確認しあって行なわねばならない。また、スイッチの開閉は中途半端な状態ではなく、确实、完全に行なうように常に気を付けなければならない。

7.3 化学薬品による事故

特に物性関係の実験室では薬品を使う機会がきわめて多く、その中には劇薬に類するものが数多く含まれている。また、危険なガス類を取り扱うことも多い。ここではそれらについての注意を考えてみよう。

危険な薬品としては、大きく四種類に分けられる。まず第一に、衣類や金属類などを腐食させる薬品であり、このようなものは当然皮膚についたり目に入ったりすると危険である。塩酸、硝酸、硫酸などがこれに類する。半導体の加工にはしばしば弗化水素が用いられるが、この薬品は皮膚に着くと一見あまり大きな障害がなくとも長期の間に体内に浸透して骨に影響を与える点できわめて危険である。したがって、弗化水素を取り扱う場合は、嚴重にゴム手袋をして、しかも換気のきいた小部屋（ドラフトチェンバー）で行なわなければならない。

いまひとつは、青酸、砒素、磷、メチルアルコールなどの、急性、亜急性の中毒を起こす薬品類である。三番目は、水銀や有機溶剤類のように、長期にわたって扱うことにより発癌性や神経障害のような慢性障害を生じる可能性がある薬品類である。これらの取り扱いにあたっては、ドラフトチェンバー内で作業することや換気を良くすること、適切な防護策（防護眼鏡、防毒マスク、防塵マスク、手袋など）を採ること、またたとえわずかでも床や机の上にこぼれたものを放置しない（特に水銀の時）などの細かい管理を徹底する必要がある。

最後に四番目として、不適切な取り扱いによって発火したり爆発を起こしたりする可能性のある薬品類がある。トリクロロエチレン、アセトン、ニトロセルローズなどがこれに相当する。

以上に述べたような物質は、その保管にも気を付けなければならない。即ち、不必要に大量を保管しないこと、適当な保管方法を採るよう気を付けることなどである。また、容器の破損などでそれらが漏れだすことのないよう厳重な注意が必要であり、また紛失したりすることのないよう常に所在の確認を怠ってはならない。さらに、これらの危険物の廃棄については、各学校や研究所において決められた方法にしたがって確実に行うべきであることはいまでもない。

次に、危険なガス類について述べよう。ガスの場合、上述したのと同じ毒性の問題に加えて、ガスによっては発火と爆発の危険もきわめて大きい。電気工学や電子工学で用いる毒性を持ったガスとしては、例えば塩素ガス、半導体の製造に用いるシランガスなどが代表的なものであり、また発火、爆発性を持った代表的なものは水素ガスである。酸素ガスはそれ自身は爆発性はなくとも他のものに触れたり混合したりすると発火させることがある非常に危険なガスであるから、十分気を付けなければならない。毒性、爆発性はない炭酸ガスのようなものでも、密閉された場所で取り扱うと酸素の欠乏による事故が起きるので、一般にガスを取り扱う場所は十分な換気をする必要がある。また、万が一の場合を考えて、あらゆるボンベ類は、常に十分安定な場所に縦に置き、また倒れないように針金や鎖などで地震などの対策を採っておかなければならない。ボンベに付ける減圧弁や、配管のつなぎ目からのリークなどにも十分な注意が必要である。地震などによる機器の落下により、樹脂性の配管が切断して、そこからガスが噴出する可能性もある。また、半導体などの製作のため電気炉を設置した場所にガスボンベが置かれることが比較的多いと思われるが、樹脂性の配管が炉に近接していて融ける危険性も考えておかなければならない。また、減圧弁はそれぞれのガスに応じて異なったものを用いるものであるから、むやみに混用してはならない。総じて、ガスボンベは、慣れないうちは1人で取り扱ってはならず、十分に取り扱いに習熟した人とともに実験を行うべきである。

可燃性ガスとの関連で注意しなければならないのは静電気の発生である。静電気の火花が原因で発生したガス爆発の報道がしばしばあり、またゴム風船に入った水素ガスが静電気で爆発して、周囲の数人が大火傷をしたという報道もある。僅かな静電気の発生にも決して油断はできない。静電気の放電によるショックで驚いて思わぬ動きをし、そのために重い物を足に落とすなどの機械的な事故や、危険な場所に触れて感電事故をおこすこともあり得ないことではない。さらに重い事故に結びつくことは少ないが、静電気によってある種の電子部品が容易に破壊することは常識となっている。十分心得ておかねばならない。

毒性はないが、しばしば用いるもので事故を起こす可能性があるものとして液体窒素と液体ヘリウムがある。特に液体窒素は大量に使うことが多いので部屋の換気には十分気を付ける必要がある。いずれも勿論冷媒であり、液体窒素がかかったり冷却された部分に触れたりすると容易に凍症を起こすので危険である。また、これらの冷媒の注入時に、樹脂性のパイプがガラスのように割れて飛び散ることもあり、目を傷つけないように注意すべきである。

さらに、これらの容器の口が水滴が凍りついたりすることによりふさがっていると、徐々に蒸発したガスの圧力で容器が破裂することがあるので注意が肝要である。取り扱いの誤りによりガラス容器内の液体ヘリウムが急速に蒸発した場合は特に危険である。

7.4 機械的な事故

電気工学、電子工学で生じる機械的な事故には、装置の運搬時に不注意による落下事故を起こしたような場合を除けば、電動機や発電機などの回転機に巻き込まれる事故か、実験装置を加工する際の工作機械による事故であろう。電動機などの回転機による事故は、運動部分に近付かない、電源投入時にはよく注意する、巻き込まれやすい長い裾やネクタイ、紐の着いている服を着ない、滑りやすい靴をはかないなどの一般的な注意によって十分防げるが、特に学生実験などでは実験中にむやみにふざけたりしないよう注意すべきである。以下では実験装置の工作中的の事故や怪我について考えてみたい。

電気工学、電子工学でも、自分で作れる部分はなるべく手作りでやり繰りしているのが普通である。これは何も研究費の節約のためばかりではなく、その方が各自の研究方法にぴったりあった装置ができるためでもあるし、また不都合な場合は短時間で手直しがきくという点も大きな利点である。そのために、大抵の研究者はある程度の工作技術は心得ているのである。しかし、そのために思わぬ怪我をすることもあり得る。

電気関係の学生や研究者が普通使用する可能性があるのは、ボール盤、旋盤、フライス盤、剪断機などの簡単な工作機械に殆ど限られよう。それぞれの機械には注意すべきことはあるが、要は機械が動いているときには不用意に手や指を出さないという注意を守れば良い。軍手などの手袋を着けることは、場合によってはかえって危険である。特にフライス盤は巻き込まれると非常に危険であるから気を付けなければならない。一方学生がしばしば気軽に使うボール盤といえども、例えば薄い板に大口径の穴を開けようとしたりすると、刃が板に食い込んで板と一緒に回転してひどい怪我をしかねないので油断は禁物である。

一般に、万力などの重いものは、足の上に落としたりして怪我をせぬよう、アンカーボルトなどを用いてしっかりと固定すべきである。これはなにも工作室に限らない。

7.5 計算機関連の研究における障害

最近の計算機の発達が目覚ましいが、それに伴い計算機のオペレーターの健康に対する影響が問題となりつつある。この影響は、大きく二つに分けられると考えられる。一つは物理的な影響であり、長時間ディスプレイを見つめることによる目の疲れ、キーボードを操作

することによる肩凝り、座ったままの姿勢に起因する腰痛などである。さらに、計算機本体やディスプレイから出る微弱な電磁波が悪影響を与えるという説もある。

今一つは、ただ一つのみ許されないうえに、ある意味では非常に機械的な作業をしていることによるさまざまな種類の精神的なストレスである。計算機関係の業務や研究に従事しているものは、このようなことに留意して、部屋の照明の改善、定期的な眼の健康診断、適度な運動と気分転換を心掛ける必要がある。

最後に、特に一命にかかわることの多い感電事故に限って、それが起きた場合の処置についてまとめておきたい。

まず、自分自身が感電して、自分の意志で感電状態から逃れることができたのであれば、勿論事故としては比較的軽かった訳であり、幸いなことである。

しかしこの場合も、感電ショックで体が思わぬ動きをして切傷や打撲傷などを受けていないかよく調べたうえで、一度念のために医師の診断を受けた方が良い。もし共同実験者が感電した場合には、

- (1) まず感電者を高電圧から引き離すこと。具体的には高電圧のスイッチを切り、高压部やコンデンサーなどをアースする方が先か、絶縁物で感電者自身を動かし引き離す方が先かは、その場で即座に判断をする必要がある。この場合、救助を急ぐあまりうっかり感電者に触れることによって救助する方の人間まで感電（連鎖感電）しないよう厳重に注意しなければならない。そのためには、ゴム手袋や絶縁ぐつを着用が必要であり、あるいは身近な絶縁物を用いての臨機応変の処置が必要である。また、スイッチを切る場合には、電極間の放電などによる事故にも注意しなければならない。
- (2) 感電者は一時的に気を失っていることが多い。倒れる時に頭などを打つことの無いよう注意が肝要である。
- (3) 感電者の心臓が正常に動いていて、呼吸も正常であれば、その様子を常に注意を払う一方、急いで救急の処置を依頼することになる。勿論人を呼ぶなりして、その間も必ず1人は感電者の側にいて、常に様子を見ていなければならない。感電者に意識があり、一見大丈夫な様でも、火傷や内臓（特に心臓）の障害を生じている場合もあるので、急いで医師の診断を受けることが絶対に必要である。
- (4) もし感電者の心臓が停止しており、呼吸がなければ、大声で他の助けを呼ぶ一方、ただちに人工呼吸と心臓マッサージが必要であり、可能な場合はAED（自動体外式除細動器）を使用する。脳は数分間血液の循環がとどこおると破壊することに注意。一方、人工呼吸を始めて数時間後に蘇生した例がいくつもあるので、最後まで諦めてはならない。医師や救急車が来るまで休みなく続けること。人工呼吸と心臓マッサージの方法についてはここで述べる余裕はないが、日頃から各研究室でパンフレットなどを配布して周知させておくことが望ましい。
- (5) さらに、感電者に、転倒などによる外傷や出血が無いか十分調べ、必要ならばそれに対する応急処置を採ること。
- (6) 以上の処置の他に、装置の故障などに起因する火災の発生が無いか、常に注意を怠ってはならない。

高電圧の実験は数人一組で行なうべきであって、1人きりの実験が如何に危険なものであるか、以上のことから理解されるであろう。大切なことは高電圧の実験に限らないが、危険な研究を行うものは、常々から事故の起こった場合の処置方法を心得ておくことが大切であり、事故がおきてからあわてて対応策のパンフレットを読む訳にはゆかないということである。実験装置の安全対策の徹底、事故対策のパンフレットの作成、救急処置の指導など各

研究室での普段からの指導が望まれるのはこの点である。

さらに、地震などの天災が生じた場合の安全性の確保についても、普段からしっかりとした対策が望まれる。

最後に、感電時に流れる電流と障害の大きさについてまとめておこう。

区分	50～60Hzの電流 [mA]	通電時間	生理作用	
0	0～1	時間の長さに関係ない	感知できる限界以下	感電による 直接の生命の 危険はほと んどない
1	1～3	時間の長さに関係ない	強い刺激を受ける	
2	3～10 (15)	時間の長さに関係ない	痛みを感じる 離脱可能	
3A	10 (15)～30	数分以内	筋肉のけいれん 離脱不能	生命の危険 がある
3B	30	数分以上	血圧上昇, 呼吸困難	
4A	30～	約1分以内	呼吸停止, 脈拍不正	死に至る
4B	50 (75)	約1分以上	血圧上昇	
5A	50 (75)～	約1秒 (1脈拍) 以内	強い電撃, 心室細動は起きない	心室細動, 失神, 電流痕跡を生じ る。電気によるまひ状態になり, 死に至る。
5B	250 (300)	約1秒以上		
6A	250 (300)以上	約1秒 (1脈拍) 以内	脈拍位相のある区域では心室細動を 起こす。電流痕跡を生じる。失神, 生命の危険がある。	心臓停止, 火傷, 失神, 死に至 る。電流痕跡を生じる。
6B		約1秒以上		
7	4 (5) A以上	人体の重要な部分を通過し ない場合	体の内部組織まで火傷を受ける	

感電状態	感電電流と障害比較	
	100V回路 接地しないで漏電電圧100Vの 場合	200V 接地しないで漏電電圧200Vの 場合
手から靴履き足	約3 [mA] かなりの痛み, ショック	約6 [mA] かなりの痛み, ショック
乾いた手から 手 5kΩ	約20 [mA] けいれん, 筋肉不自由収縮	約40 [mA] けいれん, 危険性
濡れた手から コンクリート (素足) 3kΩ	約35 [mA] けいれん, 危険性あり	約70 [mA] 致命的
濡れた手から 手または土間 (素足) 2kΩ	約50 [mA] 危険性大	約100 [mA] 致命的