

## 物理分野における事故例と安全対策


### I 物理実験における事故の防止について

物理実験では、高温○超低温、高圧○超低压、高電圧、大電流、放射線等を取り扱う場合がある。これらの実験は、生徒の興味○関心を高める実験であると同時に、事故等の危険性が高いので、安全面に十分留意して行う必要がある。また、高価な電気、電子機器を測定用に使う場合が多いので、操作ミス等でそれらの機器を破損させてしまうことのないように、取扱い方を熟知しておくことも大切である。

また、実験前に、実験で使う道具類や機器類すべての動作等を確認し、不備があるものは修理等をしておき、実験中に故障したり、誤動作したりしないようにしておきたい。

### II 事故の例と注意事項

項目	事故例	注意事項
ペットボトルの破裂(断熱膨張、水ロケット)	○断熱膨張により霧が発生することを示そうとして、PETボトルに自転車の空気入れで空気を圧入していたところ、PETボトルが破裂して破片で生徒が負傷した。 ○水ロケットの実験を行っていたところ、自転車の空気入れで加圧中に破裂した。	○PETボトルは、周囲が丸い炭酸飲料用の耐圧容器を使用する（設計段階では、耐圧用が10気圧、非耐圧用が2気圧に耐えるようになっている）。 ○PETボトルに傷がないことを確認しておく。 ○耐圧用のPETボトルでも与圧を4気圧程度にとどめておく（設計値の半分）。 ○ゴム栓を使用すれば、圧力が高まったときに先にゴム栓が抜けて安全であるが、ボトルやゴム栓が飛んで人に当たらないようにしておく。
ペットボトルやビンの破裂(ドライアイス)	○炭酸飲料を作ろうとして、ジュースの入ったペットボトルにドライアイスを入れてフタをしたら、ペットボトルが破裂して破片で負傷した（フタで失明した例もある）。	○ペットボトルやビンにドライアイスを入れて密閉しない。 ○炭酸水を作るなら、密閉しなくても十分な濃度の二酸化炭素が溶け込む（水温が低いほど溶けやすい）。
床の濡れ(噴水実験、巨大シャボン玉)	○シャボン玉遊びで床が濡れた状態となり、足を滑らせて転倒し、頭を打った。	○滑りやすいので走らないことを注意する。 ○雑巾やモップを用意しておいて、適宜拭き取るようにする。
足元・配線の整理	○隣の班の生徒が配線コードにつまずき、電熱器で加熱中の蝋が飛び散り火傷を負った。 ○足元の電熱器のコードに足を引っ掛け、上に載っていたヤカンが落下し、火傷を負った。	○生徒が横切るような位置に電源コードを配置しない。 ○電源の引き回しを避け、電源に近いところで実験する。 ○足元に配線するときは、できるだけコーナーにコードを寄せ、ガムテープ等で固定する。

<p>ガラス管・ガラス容器・温度計等の破損</p>	<p>○ガラス管や温度計をゴム栓に差し込むとき、折れて、折れ口が手に刺さる。 ○縁の欠けたビーカーなどに指や手を突っ込んで切る。 ○太陽光線をレンズで集めていて温度計の球部の当たるところ、球部が破損して手を負傷する。</p>	<p>○使用するガラス器具をあらかじめ点検し、切り口等が丸めてあるか、欠けやヒビがないか確認しておく。 ○ガラス管を濡らして回転させながら差し込む。水で濡らしても滑りが悪いときは、石けん水、アルコール、グリセリンを用いる。両手の間隔が開かないように、小刻みに差し込んでいく。 ○曲がったガラス管を挿入するときは、加工した部分が折れやすいので、加工した部分より後を持たない。 ○棒温度計をかき混ぜ棒として使用しない。</p>
<p>刃物の使用</p>	<p>○カッターナイフを使用中、呼ばれて振り向いたときに、呼んだ生徒の顔に刃が当たった。 ○牛乳パックを切り裂くときに、自分に向けてカッターナイフを入れたので、刃が目当たった。</p>	<p>○生徒は刃物の使用体験がないことを前提に考え、持ち方、切り方の指導を怠らない。 ○刃物を持ってふざけたり、立ち歩いたり、不意に振り向いたりしないように注意する。 ○使用していない刃物は、サヤに納めたり、箱にしまうなどし、むき出しのままにしない。 ○刃が進む向きに、自分の手指や目、他人の身体がないことを確かめる。 ○切れにくい刃物は事故が起こりやすいので、使用しない。 ○カッターナイフの刃は折れやすい（折れるように作られている）ので、長く伸ばして使用しない。</p>
<p>電動工具による事故</p>	<p>○教師が使用する卓上ボール盤をのぞき込むように見ていた生徒の目に、折れた刃先が刺さった。 ○電動丸のこ、電動カンナによる手指欠損障害事故例多数</p> <p>○軍手をして電動工具を扱うと、軍手の繊維（けば立ちなど）がドリルの錐に巻き付き、重大な事故につながる。 ○素手で扱うか、どうしても手袋をするときには革手袋を使用する。</p>	<p>○生徒には電動工具を安易に使わせない。 ○電動工具使用時は、観察者を遠ざけ、操作者自身も安全メガネを着用して、危険をアピールする。 ○電動工具使用時は、袖のすぼまった着衣を用い、着衣の袖口やひもを巻き込まれないように注意する。軍手の使用は厳禁。</p> 

<p>コードリールの融損</p>	<p>○電気リールを巻いたまま使用していたところ、熱がこもり、電線の被膜ビニルが溶けてショートした。</p>	<p>○電流の最大定格を守る。 (15A(100Vで1500W)程度) ○コードリール、テーブルタップ、延長コードなど、それぞれに定格電流があるので、どの部分でも定格値を超えないようにする。 ○コードリールは長さが余っても、リールに巻いたままにせず、全部ほどく。</p>
<p>低温液化ガス(液体窒素等)</p>	<p>○空だと思い、のぞきながら逆さにしてうっかり飲み込んだ。 ○液体空気を衣服にしみ込ませてしまったまま、火を取り扱ったら衣服が燃え上がった。</p>	<p>○布地にしみ込むので軍手などの布製手袋を使用してはいけない。革製の手袋を使用する。 ○密閉容器に入れると、気化して圧力が高まり、容器が破裂するおそれがある。 ○ガラス製の家庭用魔法瓶に入れない。 ○液体酸素(空気)と可燃性物質とが混合しないようにする。 ○密室で液体窒素を大量に扱うと窒息のおそれがあるので、通気を良くする。 ○皮膚が容器に張り付いた場合は、無理にはがしてはいけない。容器ごと水やぬるま湯で温めて、溶かしながらはがす。</p>
<p>電源のショート(短絡)と感電</p>	<p>○電気パン焼きの実験で、セット前の極板が接触した状態で生徒がプラグをコンセントに差し、ショートした。また、焼き上がった後、プラグを抜かずに極板を引き抜き、ショートさせた。いずれも、極板の金属が溶けて飛び散った。</p>	<p>○アース端子のある機器は、アースを接続する。 ○配線が完了したことを確認し、ボリウムなどを最小にしてから最後に電源に接続し、スイッチを入れる。使用後は、まず電源から遠いボリウムから最小にして、スイッチを切り、プラグを抜く。スイッチが入ったまま電源を抜くようなことはしてはいけない(緊急の場合はこの限りではない)。 ○実験室の配電盤で操作できる場合は、電源を投入する前に各実験装置の安全を十分に確認(各機器のスイッチが切っていること)してから通電する。 ○商業用交流(100V)電源を露出配線しない。 ○電極が動いて接触することがないように電極部を固定する。 ○コンデンサーを使った機器では、電源を切っても、帯電した電荷で感電することがある。</p>

<p>人体への通電実験</p>	<p>○バンデグラフでの電流は極めて微弱であるが、何度も通電したあと気分が悪くなった。 ○10人ほどの生徒に一列に手をつないで両端の生徒に100Vの商業交流を直接通電して、苦情が来た。</p>	<p>○100Vの電源に直接接触れる実験は危険が伴うので絶対行わない。 ○安全な電流でも、長時間の通電は行わない。 ○粘膜（唇、舌、目など）や傷口が電極に触れないようにする。 ○ペースメーカーを装着している人や体表に傷口のある人は実験に参加させない。 ○実験者が自分の意志で電極に触れ、自分の意志で離れられるようにする。 ○実験者に事前に通電を予告する。 ○実験への参加は自由意志によるものとする。</p>
<p>レーザー光源</p>	<p>○生徒がいたずらしたレーザーポインタの光が教師の目に入り、視野欠損の障害が出た。 ○市販のレーザーポインタを直接のぞきこんでいた小学生が失明した。</p>	<p>○危険を理解できない生徒にレーザー光源を操作させない。 ○誤操作・盗難防止のため、レーザー光源は光学台等に固定する。 ○光路は、観察者の目の高さより十分上方、または下方に配置する。</p>
<p>紫外線・赤外線</p>	<p>○アーク放電の演示実験を8クラス実施した指導者が、サングラスを掛けていたにもかかわらず目に軽い障害が発生した。</p>	<p>○観察者を光源から十分離す。 ○アークの点灯時間を極力短くする。</p>
<p>放射性物質</p>	<p>○放置していた放射線源が紛失し、誰かが知らずに被曝するおそれがある。</p>	<p>○放射線源は、なるべく市販の教材用密封線源を使う。 ○危険性を理解できない者には、絶対に線源を触らせない。 ○管理を厳重にし、常に所在を確認しておく、実験の前後で必ず数の確認をする。 ○放射性鉍物などの開放性線源は、低レベルでも直接接触させない。 ○放射線源を内蔵した器具（グローランプ、煙感知器など）を分解しない。 ○被曝防護の三原則 距離・時間・遮蔽</p>
<p>X線</p>	<p>○教育用X線装置で手の透視をした生徒が、後で指が黒ずんで腫れた。</p>	<p>○裸のX線管を使用しない。 ○人体に故意にX線を照射する実験を行わない。 ○クルックス管等の放電実験においても被曝を避ける対策を取る。</p>

### III その他の実験器具・装置の正しい取扱い

#### 1 電池

電圧が低く取扱いが簡単であるが、使い方によっては大電流が流れ、発熱して危険なことがある。

- ・無理な取扱い（分解、改造、ハンダづけ、加熱等）をすると、電池が損傷し、発火や液飛びを起こす。
- ・性能の違う電池を混ぜて使わない。
- ・金属類と一緒にしておくとしょととして発熱するおそれがある。
- ・古い電池は内部に塩酸がたまり、金属が腐食して、液漏れ・機器の損傷を起こす。

#### 2 ハンダ

ハンダの中にフラックス（松ヤニ）が入ったものが多く、ハンダ付け中に飛び散ってやけどをすることがあるので、あまり顔を近づけない。ゴーグルを使用することが望ましい。

#### 3 強力磁石

ネオジム磁石などの強力磁石は、大きな渦電流を生じさせるなど、生徒の興味・関心を引く教材であるが、力があまりにも強いいため、取扱いには注意を要する。

- ・2個の磁石を迂闊に近づけると急激にくっつき、指を挟んだり（血豆ができる）、磁石が破損したりするので、近づけるときは慎重にする。
- ・磁気記憶媒体（FD等）、時計、携帯電話、磁気カード類などを近づけると故障の原因になる。
- ・2つの磁石が着いたときは、机の角などを利用して横にずらすようにすると離せる。

#### 4 紫外線ランプ

ランプ自身は弱い紫色であるが、紫外線は眼には見えておらず、可視光よりも強い紫外線を気付かずに見ていることがある。

- ・点灯中のランプを近づいて見ることをしないようにする。
- ・長時間の皮膚への照射を行わない。

#### 5 バンデグラフ

空気が乾燥しているなど、条件が良ければ30万Vにも達する高電圧を発生させる。電荷量は少ないので、仮に感電してもダメージは少ないが、精神的なショックが大きく、教育的ではない。

- ・電気が流れやすいものが周囲にない（離れていても静電誘導・誘電分極で近寄ってくる）ことを確認してから起動する。
  - ・操作の際は、絶縁台に乗って行う。
  - ・スイッチを切っても、集電球には電荷が残っているので、接地棒を使って電荷を逃がしてから触れる。
  - ・濡れた手などでは触らない。
  - ・バンデグラフ自体への蓄電量は少ないが、ライデン瓶などに蓄電させると大量の電荷を蓄電させることができ、感電したときのショックも大きくなるので、ライデン瓶などへの蓄電は避ける。
- なお、湿度が70%を超えると、急激に起電力が低下し、80%以上では蓄電できなくなる。

#### 6 誘導コイル

30万V近くの高電圧を発生させることができるので、取扱いには十分注意する。

- ・表示されている電圧、電流を守る（旧式のものには6Vの直流電源が必要）。
- ・旧式のものには、極性を間違えたり、接点の調整が悪いと放電が起こりにくく、大電流が流れ続けてコイルが断線するおそれがある。
- ・電気が流れやすいものが周囲にない（離れていても静電誘導・誘電分極で近寄ってくる）ことを確認してから起動する。
- ・アース端子のあるものはアースを接続する。

### (アースについての余談)

#### (1) アースが不要な場合

電気器具を使用するとき、不要な感電を防ぐためにアース（接地）をつなぐことは有効であるが、必ずしもすべての場合にアースをつなぐ必要はない。

#### (2) アースの必要がない場合

次のような場合は感電の危険が少なく、アースは無くても構わない。

\*使用電圧が直流300V又は交流対地電圧150V以下の回路で使用するものを、乾燥した場所に施設する場合…（テレビやビデオ等、単相200Vの機器でも、乾燥した場所ならアースは不要）

\*電気用品安全法の適用を受ける二重絶縁構造の機械器具を施設する場合…（電動工具等）

\*水気のある場所以外に施設する低圧用の機械器具に電気を供給する回路に、高感度高速形漏電遮断器（定格感度電流15mA以下、動作時間0.1秒以下の電流動作形のものに限る）を施設する場合---（洗濯機は水気の無い場所に設置するのは困難なのでこの漏電遮断器を使ってもアースは必要）

#### (3) アースについての注意

水道管へのアースは、途中で塩化ビニル管などを使用している場合があり、全く意味がない場合がある。

アース線を接続することを、「アースをとる」と言う場合があるが、これは安全面からは禁句である。アースを接続することなのか、アース線を取る（つまり外す）ことなのか不明確だからであり、この誤解によって死者が出たことがあるそうである。

## IV 実験事故への対策

### 1 実験前の一般的な注意

- (1) 安全上問題がある実験は、教師実験とする。
- (2) 日頃から、教師の指示を守るように指導しておく。
- (3) 机の上は整理整頓させる。
- (4) 必要に応じて、保護メガネや手袋を着用させる。
- (5) 必ず予備実験を行い、実験について把握しておく。

### 2 裁判上の問題

- (1) 教師として、一般人として予見しうる結果であったか（予測可能性）。
- (2) 教科書、指導書の記載にしたがった方法であったか。
- (3) 事前に、性質、方法を指導したか。
- (4) 適切な実験器具を使用したか。
- (5) 監督・指示すべきときには立ち会っていたか。
- (6) 事故後に医師の手当てを受けさせたか。
- (7) 必要な場合に、保護者に対応を要請したか。

### 参考

「理科の実験 安全マニュアル」東京書籍 左巻健男 他

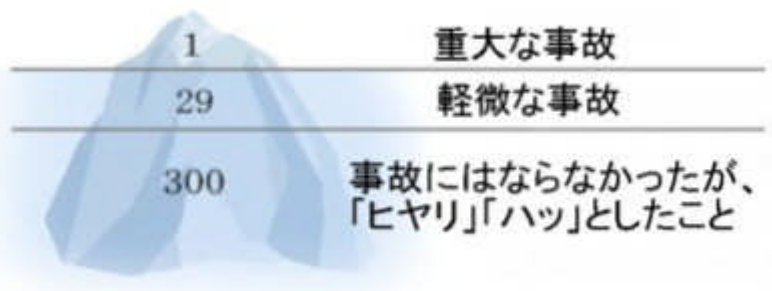
「科学実験等の事故事例に関する考察」科学事業振興事業団 西潟千明

「安全な理科実験・観察ハンドブック（高等学校編）」佐賀県教育センター

## 重大事故防止の法則（ハインリッヒの法則）

ハインリッヒの法則は、労働災害における経験則の一つである。

1つの重大事故の背後には29の軽微な事故があり、その背景には300の異状が存在するというもの。ハインリッヒのトライアングル（三角形）又はピラミッド（四角錐）とも呼ばれる。



法則名はハーバート・ウィリアム・ハインリッヒ（1886～1962）に由来している。彼がアメリカの損害保険会社にて技術・調査部の副部長をしていた1929年11月19日に出版された論文が法則の初出である。彼は、労働災害5000件余を統計学的に調べ、計算し、以下のような法則を導いた。

「災害」について現れた数値は「1:29:300」であった。その内訳として、「重傷」以上の災害が1件あったら、その背後には、29件の「軽傷」を伴う災害が起り、300件もの「ヒヤリ・ハット(hiyari-hatto cases)」した（危うく大惨事になる）傷害のない災害が起きていたことになる。更に、幾千件もの「不安全行動」と「不安全状態」が存在しており、そのうち予防可能であるものは「労働災害全体の98%を占める」こと、「不安全行動は不安全状態の約9倍の頻度で出現している」ことを約75,000例の分析で明らかにしている。

上記の法則から、

- \* 災害を防げば傷害はなくせる
- \* 不安全行動と不安全状態をなくせば、災害も傷害もなくせる

という教訓を導き出した。

1931年に初版が発行されたIndustrial Accident Prevention - A Scientific Approachは、「災害防止のバイブル」として、NASAを初め数多くの著作物等に引用され、結果ハインリッヒは「災害防止のグランドファーザー（祖父）」と呼ばれるようになる。1:29:300の法則は、ハインリッヒの法則とも呼ばれている。

出典：フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』