

○化学実験等安全マニュアル

1. 初等理科実験、コース専門科目の化学実験

1.1 実験を開始する前の心得

- (1) 実験を開始する前にあらかじめ教科書を熟読して実験内容や手順をよく理解しておく。また使用する薬品の性質や危険性についても調べておく。実験内容について理解できないときは、事前に参考書を調べたり教員に尋ねるなどして、十分に理解しておく。何の予習もせずに、その場で教科書を読みながらの実験では実験自体が機械的になり能率よく実験できない上、つまらない失敗をしがちになる。そればかりか思わぬ事故を招く場合がある。
- (2) 実験では白衣か作業衣を着用する。これは薬品などから身を守るためであるとともに、これから実験を開始するというけじめでもある。スリッパやハイヒールなどは避ける。これは薬品などから身を守るとともに非常時に対する備えでもある。長髪の者は髪を後ろで束ねる。またアクセサリー類の着用やマニキュアは避ける。
- (3) 実験を行う際は防護めがねをかける。これは薬品が目に入ったり、ガラス器具の破損・飛散などによる失明の危険を防止するためである。コンタクトレンズは使用してはいけない。
- (4) 遅刻しないこと。あわてて実験を開始するのは失敗や事故につながる。また教員による実験の説明や注意を聞き逃してしまうため、失敗や事故の可能性が高くなる。
- (5) カバン、コートなどの所持品は収納する場所がないので必要以外の物は持ち込まない。

1.2 実験中の注意

- (1) 実験室内では静粛にする。
- (2) 実験室内では喫煙や飲食は厳禁である。
- (3) 実験中は常に観察を怠らない。
- (4) 実験を行っている場所から長時間、離れない。
- (5) 実験を他人に頼まない。他人の実験には緊急を要する場合を除いては手を出さない。
- (6) 実験器具類は大切に取扱い、必ず正しい使用方法を理解してから使用する。特に装置類の取扱いには十分注意する。
- (7) ガラス器具類を使用するときは十分注意する。
 - ・ ガラス器具類を加熱するときは傷やひびがないことを確認し、外壁が濡れている場合は布などで拭ってから行う。外壁が濡れたままで加熱を行うとガラス器具類は破損・飛散することがある。なおガラス器具類に傷やひびが認められたときは申し出て、傷やひびのないものと交換しておく。
 - ・ ミクロかき混ぜ棒はガラスの太さが変わっているところから折れ易いので、多少力を加える場合は太い部分の下方を持って行う。
 - ・ 溶液をピペットで採取するときは安全ピペッターを用いる。そのとき空気を吸込まないようにピペットの先端 3 cm くらいを溶液中に入っていることを確認すること。
- (8) ガラス細工は指定された場所で行い、火傷や切り傷に十分注意する。特に一度加熱したガラスはなかなか冷めにくく、加熱した部分をうっかり持っしまい火傷をすることが多い。
- (9) 火災の予防に努めること。マッチの燃えさしは実験台の上に備え付けてあるスチール製のコップに捨てる。燃えさし入れのコップには必ず水を入れておく。
 - ・ バーナーを使う場合は近くに燃えるもの(たとえば可燃性の試薬、書籍類、ノート、白衣などを置かない。

- ・ バーナーの火をつけたままで実験台から離れない。
 - ・ 消火器の設置場所および取扱方法を確認しておく。
 - ・ 万一、火災が発生した場合はただちに担当の教員と周囲の実験者に知らせる。
- (10) ビーカーやフラスコ内で反応を行っているとき、上から覗き込まない。急激な反応や突沸により顔や皮膚に溶液がかかる危険がある。
- (11) 急な加熱や密閉容器の加熱は絶対にしない。
- (12) 濃硫酸を水で希釈するときは大きな発熱を伴い、ときとして溶液が飛散することがあり危険である。冷却しながら所定量の水に濃硫酸を少しずつかきまぜ注意して加える。絶対、濃硫酸に水を加えてはならない。
- (13) 実験中は常に近くに他の学生が実験していることを念頭において行う。たとえば試験管内の溶液を加熱するときは、試験管の先端を他人のいる方向に向けて行わない。
- (14) 試薬や溶液は手で直接触れない。臭気は直接かがず、手扇を使う。
- (15) 実験中に薬品や試薬が含まれている溶液が目に入った場合は、失明や視力障害の危険性がある。直ちに大量の水で素早く洗い流す。まぶたを開いて、洗眼用蛇口(または近くのホースあるいは水道の蛇口)からの穏やかな水流で洗う。強い水流は目によくない。また清潔な水をオーバーフローさせながら洗面器に顔を繰り返し入れ、目をばちばち開閉するのもよい。
- (16) 実験室の廊下に緊急用シャワーが設置されている。鎖を下に引くと大量の水が出るようになっている。実験中にあやまって多量の試薬を体や衣服につけてしまったり、またバーナーや引火した試薬から衣服や髪の毛などに火が燃え移ってしまった場合、直ちにシャワーの下に行き水を浴びる。ただし移動することにより、逆に火の勢いを強めたり燃焼の範囲を広げてしまうこともあるので、瞬時に適切な判断が求められる。

1.3 実験終了後の心得

- (1) 実験が終了したら器具をきれいに洗浄し整理・整頓しておく。
- (2) 使用した試薬類は実験開始前に置かれていた位置に戻し整理・整頓しておく。
- (3) 実験台の上は雑巾で拭いてきれいにする。
- (4) 電気のスイッチを切り、ガス、水道の元栓が閉まっているか点検を行う。
- (5) 掃除当番に当たっている者は実験室と実験室周辺の掃除を行う。
- (6) 忘れ物がないか確認してから退室する。

1.4 環境保全に関する注意

- (1) 固形物は絶対に水道の流しに捨ててはならない。
- (2) 紙製品(薬包紙、ろ紙、綿など)は実験台の横に設置してある「ごみ入れ」に捨てる。
- (3) 破損したガラス器具、ガラス破片、瓦礫(破損した磁性るつぼなど)は「ガラス専用」と書かれたポリバケツに捨てる。
- (4) 金属製のごみ(金網、針金など)は「金属専用」と書かれたポリバケツに捨てる。
- (5) 溶剤や有機廃液はそれぞれに用意されている「廃液入れ」に入れる。流しには絶対に捨てない。
- (6) クロムが含まれている廃液は「クロム廃液」と記されている赤いポリタンクに捨てる。
- (7) 水銀もクロムも含まれていない重金属を含有した廃液は「他の重金属廃液」と示されている白いポリタンクに捨てる。

これまで述べてきた注意事項は教科書にも記載があるのでぜひ熟読するとよい。

2 研究実験

卒業論文における研究実験においてはこれまで述べてきた心得や注意事項はもとより、より実験が高度化・専門化する。したがって使用する試薬類や実験装置は特殊なものが多くなるので、実験を行う前に指導教員と十分討論し実験内容・操作を完全に理解してから行う。以下にまず実験を行うにあたっての基本的注意を述べる。

2.1 実験を行うにあたっての基本的注意

- (1) 実験には周到な計画が必要である。実験の方法をよく調べ手順を練っておき、一通り頭の中で模擬実験をしてみるとよい。
- (2) 実験準備は万全を期さねばならない。準備すべきことを怠ってはならない。少し慣れると、横着になり事故を起こす。

正規の機材を用い、無理のない手順で行うことが大切である。使用する装置や薬品はもちろんであるが、身支度にも実験に応じた準備が必要である。実験衣は引火時に融着するナイロン、ポリエステルなどの合成繊維を避け、できるだけ皮膚を露出しないようにし、軽快に動作ができることが必要である。また実験中は常に防護めがねをかける。必要があるときは手袋、防護面などを着用しなければならない。
- (3) 教員の指示に従い、無理な実験をしてはならない。無理なスケジュールや不備な装置による実験は事故のもとである。実験には決して無理をしてはいけない。夜間の単独実験は絶対に行ってはならない。
- (4) 常に実験の危険度を想定することが必要である。事故は予知できないが、危険度は予知できる。未知の実験でも危険度は推測して対策をたてなければならない。特に、①未知の反応および操作、②複合危険のある実験(火災、毒ガス発生など)、③苛酷な反応条件(高温、高圧など)の場合には万全の注意が必要である。
- (5) 事故発生時の対策を確認してから実験を始める。止めるべき元栓やスイッチ、消火器や救急シャワーの位置とその操作法、救急法と連絡法などを確認してから実験を開始する。特に実験室内の通路は常に整理整頓し、地震や爆発などで通路の一部がふさがっても、他に退避路が確保できるようにしておかななくてはならない。通路を実験装置でふさぐようなことは決してしてはならない。
- (6) 実験中は注意を集中すべきである。五感を働かせちょっとした危険の兆しも見逃さないように観察することが、実験を安全・確実に行うために最も必要なことである。
- (7) 実験の記録は詳細にとらなければならない。実験中はノートを傍らに置き、実験経過と結果をできるだけ詳細に記録し、問題点や着想などもその都度控えておくことが必要である。
- (8) 実験の後始末をおろそかにしてはいけない。後始末も実験の過程である。特に溶剤の回収、廃液や廃棄物質の処理を怠ってはならない。

2.2 試薬類について

- (1) 強酸化性物質(消防法、第一類)である過酸化水素などは加熱・衝撃や金属との接触などで爆発する。したがって火気・熱源から遠ざけて冷暗所に保管し衝撃を与えないようにする。

(2) 有機溶剤は大学に保存しない。有機薬品のうち、特に引火性・発火性の危険物に対しては火災を起こさぬよう取り扱いには十分な注意が必要である。

- エーテル……沸点が 34.5℃と低く引火性が強い(消防法、特殊引火物)。極めて引火しやすいので、使用時は近くの裸火を消す。裸火が遠くにあっても、爆発限界が広いので通風をよくし蒸気が滞留しないようにする。特に試薬瓶を開けるときの分液ロートで抽出操作を行うときには蒸気が発生するので火気には十分注意する。また蒸留時にエーテルが留出するときは留出口と裸火が同一の高さにならないようにする。
- 高度引火性物質……引火点が約 20℃以下であり室温で引火性が高いもの(消防法、第一石油類)。石油エーテル、ヘキサン、イソオクタン、ベンゼン、トルエン、メタノール、エタノール、アセトンなど。エーテルほどではないが引火性が強いので、使用時には近傍の火気には十分注意する。
- 中度引火性物質……引火点が 20℃～70℃のもの(消防法、第二石油類と第三石油類)。灯油、酢酸、ニトロベンゼン、アニリンなど。加熱時に引火しやすく、蒸留時などには蒸気が滞留しないように換気して通風する。
- 低度引火性物質……引火点が 70℃以上のもの(消防法、第四石油類と動植物油)。高温に加熱すると分解し引火しやすいガスを発生する。また加熱時に水などの異物が混入すると突沸して熱液が飛散し引火する。したがって加熱するときには白煙が発生するまで高温にしないこと、また水などの異物を混入させないこと。なお低度引火性物質は引火すると液温が高くなり消火が困難であることを認識しておく。
- 含ハロゲン有機溶媒……ハロゲン元素(フッ素、塩素、臭素、ヨウ素)を含む有機化合物。クロロホルム、四塩化炭素、ウイス液など。これらはそれ自身あるいは分解生成物が大気中のオゾン層の破壊や温室効果といった地球環境に影響を与えるばかりか、発癌性など人体にも有毒である。そのため使用量を低くおさえるとともにこれらを含む廃液は「含ハロゲン廃液」と示された容器に捨てる。
- アンモニア水やアセトアルデヒドなどの低沸点化合物……夏季には試薬瓶内で一部が気化しやすく、瓶を激しく振ったりすると栓をとるときに噴き出す恐れがある。
- 有機溶媒……大量に保存しない。多少の振動に対しても落下する恐れのない所に保存する。耐震薬品庫に保存する。混触により発火する恐れのある無機試薬(濃硫酸、濃硝酸、過塩素塩、亜硝酸塩など)を混在させない。実験で使用中は換気に注意する。

(3) 強酸性物質(消防法、第六類)である濃硝酸、発煙硝酸、無水硫酸、濃硫酸、発煙硫酸などは有機物と混合すると発熱発火することがある。たとえばこれらの酸が着衣や布にかかり発火した例は多い。皮膚に付着するとやけどするので、そうした場合は大量の水で洗う。強酸性物質は強塩基性試薬(水酸化ナトリウム、水酸化カリウムの濃厚溶液など)とできる限り離して置く。

(4) 低温着火性物質(消防法、第二類)である金属粉は加熱すると発火するので、火気や熱源から遠ざけて用いる。空気中で加熱すると激しく燃焼するので注意する。

(5) 試薬のラベルに赤地に白で「医薬用外毒物」の表示がある試薬は「毒物および劇物取締法」で規制されている毒物である。また試薬のラベルに白地に赤で「医薬用外劇物」の表示がある試薬は「毒物および劇物取締法」で規制されている劇物である。医薬用外劇物は多く扱う。たとえば塩酸、硝酸、硫酸、過酸化水素、アンモニア、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、クロム酸カリウム、シュウ酸、メタノール、クロロホルム、トルエン、フェノールなどはすべて

医薬用外劇物である。これらの毒物および劇物は人間の体の局部に対して強烈に作用するか、あるいは体内に吸収されて諸器官に作用するもので、その毒作用には以下の4つがある。

- 接触した局部の細胞に作用して、凝固や崩壊を起こす。(硫酸、硝酸、塩酸、アンモニア、水酸化ナトリウム、水酸化カリウムなど)
 - 体内に吸収されて生活細胞の原形質を侵し、諸器官に脂肪変性を起こさせる。(鉛化合物など)
 - 血色素を溶解したりして酸素の供給を妨げてしまう。(青酸カリなど)
 - 体内に吸収されて中枢神経と心臓を侵す。(メタノール、クロロホルムなど) したがってこれらの毒物および劇物を扱う場合は直接体に触れたり、吸入したりしないように十分に注意する。
- (6) アンモニア水などの低沸点化合物及びその水溶液は、夏季に試薬瓶内で一部気化しているため瓶を激しく振ったりしないこと。また、栓を開ける時に噴き出すことがあるので注意すること。
- (7) その他の試薬についても毒性や危険性を試薬のラベル、注意書、便覧などを見てあらかじめ調べてから用いる。

2.3 高圧ガス容器(ボンベ)について

- (1) 高圧ガス取締り法により規制されておりボンベ容器の塗色と文字の色は下に示すとおりである。

高圧ガスの種類	ボンベの色	ボンベに書かれている文字
酸素ガス	黒	白で「酸素」
水素ガス	赤	白で「水素」と「燃」
液化炭酸ガス	緑	白で「液化炭酸ガス」
液化アンモニアガス	白	赤で「液化アンモニア」と「燃」、黒で「毒」
液化塩素ガス	黄	白で「液化塩素ガス」、黒で「毒」
アセチレンガス	褐	白で「アセチレン」と「燃」
可燃性ガス	灰	赤で「ガスの名称」と「燃」
可燃性・毒性ガス	灰	赤で「ガスの名称」と「燃」、黒で「毒」
毒性ガス	灰	白で「ガスの名称」、黒で「毒」
その他のガス	灰	白で「ガスの名称」

- (2) ボンベの開閉弁は可燃性のガスおよびヘリウムが左ネジ、その他のガスが右ネジである。
- (3) 調整器はそれぞれ専用のもを使用し、他のガス用のものを転用しない。水素用のものは左ネジ、酸素用のものは右ネジになっており、誤って共用して事故が起きないようにしている。
- (4) ガスの性質については使用前によく理解しておく。「燃」と書かれたボンベのガスは可燃性、「毒」と書かれたガスは毒性の強いものである。特に水素ガスは爆発の危険性もあるので使用中は火気厳禁である。また酸素ガスは油脂類に触れるだけで酸化発熱し燃焼・爆発に至る危険性があるので二次弁には「禁油」と書かれたものを、ガスと接触する部分には不燃性のパッキングを行う。
- (5) 高圧ガスを使用する前後は二次弁や容器弁が閉まっていることを確認する。

2.4 装置におけるその他の注意事項

実験装置もより特殊で高度なものを使用するようになるので、使用するすべての実験装置について取扱説明書を熟読したり担当教員に尋ねるなどして、その装置の動作原理、特性、危険性などを十分理解してから使用する。以下に一例としていくつかの装置の注意事項などについて列挙しておく。

実験装置名	特に取扱について注意すべき点
減圧蒸留装置	蒸留に先立って使用するガラス器具にひびなどが入っていないかどうかを十分にチェックする。フラスコや受器は丸底のものを使用する。
電気恒温乾燥器	有機溶媒を含む物質を入れて加熱しない。
真空ポンプ	排気による部屋の汚染を防ぐため換気に注意する。
冷蔵庫	有機溶媒を貯蔵することは、漏れ出した蒸気に引火する恐れがあるので、極力避ける。
HPLC（高速液体クロマトグラフィー）	移動相が噴出する恐れのある箇所・状況では防護めがねを着用する。
分光光度計	UVランプ点灯時には、カバーをはずしたりして直接、光を目に当てないこと。ホトマル用高電圧に十分注意する。アースをとることを習慣づける。
IC（イオンクロマトグラフィー）	溶離液の気泡トラップが空にならないように注意する。
電子レンジ	未知のサンプルを加熱する場合、いきなりハイパワーにしない。腐食性ガスを発生するようなサンプルの過熱はしない。
恒温水槽、恒温油浴、電熱式ウォーターバスなど	電気プラグをコンセントに差し込むと同時にヒーターが作動するので、必ず水などの熱媒体を浴に入れてから電源を入れる(空だき防止)。感電する恐れがあるので浴の水の中に手などを入れないこと。装置はアースしておくことが望ましい。
エバポレーター	使用時は装置内が減圧になっているので、装置を停止するときには、逆流しないように操作手順をよく考えてから停止する。
真空ポンプ、攪拌器など	回転部分やベルトなどに体が触れないよう十分に注意する。攪拌棒を用いて攪拌するときは、使用中に棒が外れてもガラス器具を壊さないように安全措置を講じておく。

* どんな装置についても緊急時にどう対応すべきか考えておく。例えば電子レンジで加熱中に異常発熱して危険となった場合、装置のスイッチを切るのか、装置のそばに寄るには危険すぎる状況では、どこで電源を切るかを決めておく。

2.5 その他の注意事項

実験中の注意事項については 1.2 の注意事項の他に以下の点にも留意する。

- (1) 酸の蒸気や有毒ガスが発生する実験は必ずドラフト内で行う。ドラフト内で行うことができない場合は、実験室内を十分に換気しながら行う。
- (2) 蒸留操作を行う場合は、試料は蒸留に使用するフラスコの内容積の半分以上入れてはならない。

試料溶液を構成している各物質の沸点、分解点をあらかじめ調査あるいは予想しておく。留出温度が 150℃以下のときは冷却管に水を通し、それ以上のときは冷却管の水を抜く(空気冷却管を用いる)。再度、蒸留をおこなうときは沸石を新たに加える。乾固するまで蒸留しない。特に過酸化物が濃縮されると爆発の危険のあるもの(長期保存したエーテル類、過酸化物、ニトロ化合物など)は注意が必要である。

以上、ここに記した注意はほんの一例であり、これら以外にもそれぞれの専門の化学実験における注意事項がある。実験を開始する前、また実験中の担当教員や助手の注意事項も各自遵守する。