

## 8.1.4 卒業研究・大学院研究における注意事項

応用化学科では学部4年次に「卒業研究」を必修科目として、大学院博士前期および同後期課程の学生には「応用化学研究」を専修科目として課している。

該当する学生は研究遂行に伴う実験に際して、以下に記したそれぞれの研究に共通の注意事項および前記の「8.1.2 授業科目の実験・実習での注意事項」を熟読し、十分に理解しておくこと。また、年に1回の安全教育講習会の受講は必須である。

### (1) 安全の心構え

卒業研究および大学院における研究は創造的かつ探究的作業であり、未知の要因が多く含まれている。起こり得る危険を想定して十分に予防策を講じておくこと。

- 1) 自分の安全は自分で守る。機器の安全な使い方について各自が積極的に理解するよう努めること。
- 2) 実験中はその実験に集中すること。従って、音楽やスポーツの実況放送を聞きながらの実験やテレビ放送を見ながらの実験を厳禁とする。ましてや酒気を帯びての実験は厳禁である。また、実験中に雑談をしたり、不用意に機器や装置から離れることは事故のもとになる。常に異常の察知に努めること。
- 3) 実験室では常に自分のまわり（周囲、頭上、足元）に注意を払い、けがなどの危険を事前に回避できるように心がけておくこと。
- 4) 実験室内には種々の機器や装置などがあるため、作業時には作業しやすい服装（白衣あるいは袖や襟がしまった作業着）に着替えること。
- 5) 実験装置の製作に際しては、事前に強度、安全性および利便性を十分に検討したものについて、指導教員の立ち合いのもとに作業を実施すること。学生のみでの作業は厳禁とする。
- 6) 実験の準備中および実施中における事故の発生を回避するため、不必要あるいは余分な器具や道具などを所定の位置に戻しておくこと。また、不用意な電源の投入は危険であり厳禁とする。
- 7) 夜間や休日における実験に際しては、事前に所定の手続きを行い、原則として同一の研究室や実験室に3名（事故当事者・救護・連絡）以上居ることが望ましいが、少なくとも2名は居ること。
- 8) 喫煙とその後始末について

実験室内、廊下においては全面的に禁煙となっている。所定の場所でのみ喫煙すること。

## (2) 電気およびガス

- 1) 火気使用中は1名は必ず在室し、火のそばを離れないこと。
- 2) ガス器具は周囲に可燃物が無い所で使用するとともに、換気に注意すること。退室の際は室内の元栓を必ず閉めること。
- 3) 各研究室・実験室の最終退室者はガスや水道の栓が閉まっていることを確認し、機器などの電源を切り、部室の窓などを必ず閉めた上で、照明のスイッチを切ること。

## (3) 火災および地震

- 1) 消火器のある場所および使用法について、各自熟知しておくこと。
- 2) 地震時の転倒および破損の防止措置をとること。
- 3) 非常時における避難通路を確保するため、廊下や階段、通路には物を置かないこと。

## (4) 水銀、廃液、廃油、薬品等の廃棄

生田キャンパスでは、廃液、廃油、薬品等を各研究室や実験室毎に「実験廃棄物処理区分」に従って分別回収し、それらを定期的に廃棄物処理業者に一括して処理を依頼している（「6. 1. 2 実験廃液」を参照のこと）ので、みだりに流しに捨ててはならない。

- 1) 水銀を扱う際には、こぼれないように十分注意すること。万一こぼれた際には、その全量を回収し、再生あるいは廃棄物処理に回すこと。
- 2) 水銀を扱った後はいかなる場合にも生活排水につながる水道では手やその他のものを洗ってはならない。水銀に触れた手は容器に入れた水で洗い専用の廃液用ポリタンクに保管し、廃棄物処理に回すこと。
- 3) 写真廃液は、現像液（マイクロファイン、コレクトール、パンドール等）、停止液、定着液（フジフィックス等）と分類して、それぞれ専用のポリタンクに保管し、廃棄物処理に回すこと。
- 4) 廃油、薬品類およびそれらを含む廃液は、分類区分に従ってそれぞれ専用のポリタンクに保管し、廃棄物処理に回すこと。
- 5) 実験廃液、不要試薬、薬品不着物類の廃棄については、生田安全管理センター（内線 7974・7179）に事前に申請の上処理すること（「6 廃棄物処理と安全」を参照）。

## (5) 臭気性ガスおよび有毒ガスの排気

臭気あるいは毒性のあるガスを取扱う際には必ず、ドラフトチャンパー内で行うこと。

- 1) 万一、実験室内に臭気性ガスが充満した場合には、窓を開けたり、換気扇により速やかに換気すること。なお、充満している臭気性ガスが引火性のものであれば窓を開けるにとどめ、換気扇のスイッチなどには手を触れないこと。

- 2) 臭気性ガスの吸引により気分が悪くなったら、外部の新鮮な空気を吸える場所に速やかに移動すること。
- 3) 臭気性ガスの発生源がボンベであるときにはその弁を閉じること。また、発生源が反応器内であれば発生を抑制する措置を講ずること。
- 4) 研究上、止むを得ず毒性を持つガスを使用する場合にはドラフトチャンバー内で行うことはもちろん、十分換気に努めること。また、ドラフトチャンバーから吸引されたガスは屋上の排気口から排出されるので、屋上への人の立入りを禁止している。

## (6) 薬品の取扱い

白衣を着用して身体との接触を避けるよう、常に注意すること。白衣の着用は薬品による衣服の汚れを防ぎ、酸、アルカリ等を多量に浴びた場合にも、直ちに脱ぎ捨てることにより被害から逃れることができるからである。皮膚に付着したり、目に入る恐れがある場合には保護具（保護手袋、マスク、保護メガネ）を使用すること。ピペットを使用する時には口で吸わず、必ず安全ピペッターを用いるなどの注意を励行すること。なお、薬品は全て所定の場所に保管し、実験台などの上に放置しないこと。また、保管状況を常に把握できるように薬品管理簿を備え付け、購入量・使用量・保管量を記録すること。特に、「毒物」および「劇物」と表示されているものは、指導教員にその保管を依頼すること。

### 1) 強酸、強塩基およびフェノール

目に入ると失明するなど身体に著しい損傷を与えるので、十分に注意して取扱うこと。飛散の恐れがある時には、保護メガネを着用すること。濃硫酸を希釈したり、試料と混合する時は、少量ずつ攪拌しながら滴下すること。アルカリを溶かす際には、必ず保護メガネを着用すること。フッ酸を使用する時には、マスクおよび保護手袋を着用すること。酸と塩基はそれぞれ別の薬品棚に保管すること。

### 2) 有機溶媒、揮発性物質の取扱い

エーテルは引火の恐れがあるので、近くで火を使用しないこと。

一般に、有機溶媒の蒸気に継続的に長期間、接すると有害であるので、必ずビンにフタをしておくこと。また、流して捨てないこと。誤って接触したらすぐに石けんで洗浄すること。ピリジンや DMF など比較的毒性の強い薬品の蒸気を出さないようにすること。

### 3) 有機溶媒の蒸留における注意

エーテル、テトラヒドロフランなどエーテル系溶媒の乾燥には金属ナトリウムが用いられることが多い。これらを用いて乾燥、蒸留しているときは最後の一滴まで溶媒を揮発させると爆発することがある。蒸留中は必ず部屋にいて、容器中のエーテルが 1/3～1/4 になったら蒸留をやめること。

#### 4) 有機溶媒の蒸留後の取扱い

蒸留用フラスコ中の金属ナトリウムを交換するときは、見かけ上、ナトリウムが消滅しても、水をかけることは禁物である。メチルアルコールを入れ、一昼夜置いてナトリウムをアルコラートにしてから、容器を洗浄すべきである。なお、現在は高価であるが、金属ナトリウムに代わり安全な Pb-Na 合金が市販されているので、これを用いた方がよい。

#### 5) 水銀・溶融塩

蒸気は有害であるため、吸わないようにすること。溶融塩は水と接触すると飛散し、やけどの原因となるので、十分に注意して取扱うこと。水銀がこぼれたり、飛散した時には、直ちに指導教員に報告し、勝手に捨てないこと（「(4) 水銀、廃液、廃油、薬品等の廃棄」を参照のこと）。

### (7) 薬品で事故が発生したときの処置

1) 薬品が皮膚または衣服に付着した場合、酸・アルカリなどの劇物や有毒物により身体が汚染した場合あるいは皮膚についた場合には、汚染した部分を大量の水で洗うこと。衣服についた場合は速やかに脱がせる。衣服を脱がせる際、劇薬を浴びてたかれた皮膚をこする恐れのあるときには、手早くハサミで切り取ること。汚染が全身に及ぶ時には、大量の流水で洗うこと。速やかに医師の診断を受けること。

#### 2) 目に入った場合

まぶたを開き、水道水で 10 分位洗う。目はアルカリに対して弱いので、特に注意すること。速やかに医師の診断を受けること。

#### 3) 有毒・刺激性気体を吸い込んだ場合

至急、新鮮な空気中に移動すること。単独で歩けない場合には、無理のないよう担架などで運び、速やかに医師の診断を受けること。

#### 4) 劇物や有毒物を飲んだ場合

口の中だけで止まった場合は、うがいを繰り返す。飲んでしまった場合は吐かせる。速やかに医師の診断を受けること。

#### 5) 医師の診断について

「診療所」が開いている場合には診療所で診断を受け、指示を仰ぐこと。「診療所」が開いていない場合には守衛所に連絡し、救急指定病院への搬送を依頼すること。

#### 6) 引火などにより火がついた場合

有機溶媒に火がついても容器が割れない限り、それほど大きな事故にはならない。まわりにある可燃物を除き、ガスなどの熱源を止め、火勢が弱まってから濡れ雑巾などで口を覆いながら消火すること。必要ならば、消火器を用いること。要は、あわてないことである。

※事故が発生したときには、いずれの場合も緊急処置後、指導教員あるいは近くにいる専任教員の指示を受けること。

#### (8) 各種ガスの取扱い

##### 1) 実験室等で使用するガスの一般的な取扱い

- ガスを使用する実験を行なうにあたっては、事前に使用ガスあるいは発生ガスの性質（特に、比重・爆発限界・発火点等）を十分に調査し、熟知しておくこと。
- ガス漏れい時に迅速な処置が取れるように、ガスの種類・反応物の内容に適合した消火器・保護具の所在を事前に確認しておくこと。
- ガスを使用する際に使用記録をつけること。

##### 2) 可燃性ガス

実験室等で使用する可燃性ガスの取扱い

- 火気のそばで使用してはならない。万一の火災に備えて、消火器の所在を確認しておくこと。
- 着火源は常に存在するものと考え、燃焼の起こるような条件を作らないように注意すること。
- 多量のガスが漏れた場合には、周囲の者にも知らせ直ちに避難する。余裕がある場合には、ガス源の火気を止め、窓等の開放を行なうこと。
- 漏れの検知は、大気圧より高い場合には、石鹼液を用いた発泡による方法が簡単である。常圧の場合には、ガスビュレットの減少をチェックすればよい。
- 爆発範囲の大きなガス（例えば、水素 4～75%、一酸化炭素 12.5～74%、硫化水素 4.3～45%、酸化エチレン 3～100%）の排気には特に注意を要する。

##### 3) 都市ガス（天然ガス 13 A）の取扱い

当該ガスの特性および器具の機能をよく認識し、次の事項を遵守すること。

- 当該ガスに適合したガス器具以外のものを使用しないこと。
- 不完全燃焼を起こさないように、空気の補給を十分に行ない、常に換気をよくすること。
- ゴム管類は劣化しやすいのでヒビ割れ等に注意し、都市ガス用ホースは2年以内に1回は取り替えること。
- ガスの使用中は原則として、その場を離れないこと。

##### 4) 高圧ガスボンベおよび圧力調整器の取扱い

圧力が高いため、漏れい・破損等により爆発、火災、中毒、けが等の重大災害につながる恐れがあるので、次の事項を遵守すること。

- 容器・付属機器は、月 1 回の自主点検を行なうこと。
- 実験室内に配備する場合、見通しが良く直射日光が当たらない場所に立て、必ず固定して保管すること。
- 酸素と可燃性ガスを 1 箇所に保管してはならない。
- 初めて取扱う場合は、経験者または教員の指導を受けること（特に、バルブの開閉）。
- 圧力調整器は、ガスの種類に適合しているもの以外は使用を禁ずる。
- 高压ガスを使用する際には一次弁（通常はポンベの元栓に相当）、二次弁（圧力調整器のポンベに直近のバルブに相当）、三次弁（二次弁の次に配置されているバルブに相当）の順に所要圧力まで開放すること。また、使用を終了する時にも一次弁、二次弁、三次弁の順に閉じ、ゲージ圧を  $0 \text{ kg/cm}^2$  としておくこと（開閉の方向を間違えないこと）。この時、圧力調整器が取り付けられている方向には立たないこと。
- 使用後のポンベの元栓は確実に閉じ、ガス漏れのないことを確かめる。
- 運搬時には安全靴・手袋等を着用し、ポンベの横ころがし等で衝撃を与えないこと。
- 液化ガス、溶解アセチレンは必ず立てたまま使うこと。溶解アセチレンはアセトンにアセチレンを溶解したものであるため、ガス圧が  $5 \text{ kg/cm}^2$ （ゲージ圧）以下では使用しないこと。

### (9) 液体窒素の取扱い

液体窒素は寒剤として有用であるが、使用方法を誤ると大変危険なものである。日常的に使用しているとその危険性を忘れてしまうので、注意が必要となる。常圧下室温という雰囲気にならされた場合、液体窒素は  $77 \text{ K} (-196^\circ\text{C})$  に保たれている。常圧下で気化すると体積を大きくする点は、高压ガスと同じである。

#### 1) 液体窒素の物性

沸点： $77.3 \text{ K} (-196^\circ\text{C})$

密度： $0.804 \text{ kg/L}$

液体と蒸発ガスの体積比： $644 \text{ 倍} (0^\circ\text{C}, 1 \text{ atm})$

#### 2) 運搬時の注意

運搬には台車等を利用し、汲み出し後の液体窒素が充填された容器は直ちに持ち帰る。屋外に放置しない。また、運搬は 2 名以上の複数名で行い、坂道や段差、エレベータ等では容器の転倒防止に心がける。

#### 3) 液体窒素使用時の注意

革手袋を使用し、装置等への供給中はその場を離れない。液体窒素を他の容器や実験装置に移す時は、容器等の冷却を確認しながらゆっくりと行う。決して容器をのぞき込んで

はならない。液体窒素使用時は酸素欠乏症に注意して換気を行う（酸素濃度モニターを確認する）。気化したガスは、地面に近いところに溜まる。液体窒素を充填した容器、使用した実験装置は密閉しない。

#### 4) その他

不活性ガスである窒素の液体であっても空気中の酸素が凝縮して引火の原因となる場合がある。広口容器で液体窒素を使用する場合は、長時間置かないようにする（空気中の酸素が液体酸素として溶け込む）。

### (10) ガラス器具の取扱い

#### 1) ガラス製品の取扱い

ガラスは非常に破損しやすく、破損部分が鋭利な刃物となるため、注意を怠ると大けがを招く場合がある。ガラスが機械的、熱的ショックに弱いことをいつも思い出しながら実験する必要がある。

- 使用前には必ず、キズ・ヒビ割れのないことを確認すること。
- 必要により、軍手、タオル等、適切な保護具を使用すること。
- 急激な温度差を与えないこと。
- 熱アルカリに弱く、また、フッ化水素酸には特に弱いので注意すること。
- ガラス器具同士あるいは硬いものとぶつかったり、こすれたりしないように、保管および運搬方法に注意すること。

#### 2) ガラス管の取扱い

破砕したガラスの破片は鋭利な刃物より切れる。取扱いに注意すること。特に、ガラス管をゴム栓に通す時、折れて手を貫通する程の大けがをすることがある。実験室のけがで最も多い。

- ガラス管の切り口をガスの炎で加熱し滑らかにしてから用いること。わずかでもクラックの入ったガラスは非常にもろい。
- ガラス管はゴム栓に近い根元を支え、回転させながら徐々に深く通すこと。
- 問題がなければ、水またはグリースをガラス管に塗ってから通すこと。

#### 3) ガラス器具の使用・ガラス細工

ガラスの破損に伴う切傷、加熱加工時のやけど、破損片および熱による眼球の損傷などに注意すること。決して無理な力を加えて操作せず、加熱細工の時には必ず眼鏡を使用すること。

#### 4) ガス清浄および混合装置の使用

ガスを通して行う実験装置は、通常はいくつかのガラス器具をゴム栓やゴム管、ビニー

ル管を用いて連結して作成し、これらをクランプ等で所定の位置に固定して使用する。

- ガスを通す時には、流通系になっていることを確認した後、静かにガスを送ること。
- 真空にしてから使用する時には、ガラス器具が破損、飛散することを考慮して装置を金網等で覆うこと。
- 万一、器具を破損したような場合には、ガラス破片でけがをしないように後片付けを行い、速やかに指導教員にその旨を連絡すること。また、転倒等を引き起こすような不安定な所に装置を置かないように注意する。

#### (11) 電気器具・計測装置の取扱い

- 1) 持ち運びは慎重に行ない、落としたり、ショックを与えないこと。
- 2) 実験台上の安全な位置に置くこと。実験台の端に置くと、通行人の体が触れて感電したり、接続が切れたり、破損することがある。
- 3) 実験室の配電盤には 100 V と 200 V の電源が配線されている。使用機器の規格〔電圧 (V)、電流 (A)、電力 (W)〕に合った電圧に接続すること。銅線は、その太さによって流すことのできる電流が異なっている。安全な電線を使用すること。また、過度に大きな電線を使用しないこと。必要な場合には、ヒューズを入れること。
- 4) 配線は、できるだけ短くし、通路にたらしたりしないこと。
- 5) 1 kV 程度の高圧も使用するので、生命に危険が及ぶことも起こり得る。他人が触れない様に安全な配線を行うこと。
- 6) スライダックの電源を入れたままで二次側 (Output) の配線をさわらないこと。たとえ、二次側を 0 V にしていても、念のため触れないこと。スライダックの電源の ON および OFF は二次側を 0 V にした後に行うこと。
- 7) 銅線をねじり合わせただけでは十分な接続とは言えない。必ずビスやナットを使って接続するか、ハンダ付けをすること。
- 8) 銅線の接続箇所はむき出しのままにせず、絶縁テープ等で被覆すること。
- 9) 機器の外箱の空冷用の窓を他の機器や本でふさがないようにすること。
- 10) 誤った測定法でも計器は何らかの値を示す。熱電対の先端が正しい位置からずれていたり、熱電対が途中で接触している場合などは、温度が実際よりも低く示されているため、温度が設定値より高くなり、反応が暴走したり、反応管が融解するなどの危険な事態が生ずる。

#### (12) その他

- 1) 恒温水槽および循環 (恒温) 水槽の使用について
  - 水槽の水位の低下には十分注意を払い、適宜、水を補給するなどして適正な水位を

保つこと。パイプヒーターの発熱部が水面上にあると、温調器が破損するばかりではなく、火災になることもある。特に、設定温度を高温にする場合には水位の低下が顕著となるので十分に注意を要する。

- 冷凍機や加熱機付の（恒温）循環槽は長時間の使用に耐える機能を持っているが、循環している媒体の水位の低下には十分注意を払い、時には媒体を補給する必要がある。この注意を怠ると過熱、断線に至ったり、温度コントロールリレー機能の劣化を招く。
- 指示温度が異常な変動を示す場合には、直ちに電源スイッチを切り、温度コントロールリレーを取り替えるなど、必要な措置を講ずること。また、これらの恒温水槽や循環水槽の空運転は厳に慎むこと。

### 2) 新たに開始する実験における注意事項

新たに開始する実験については、安全上、曖昧な部分が生ずることもある。その際には「(新) 実験化学講座」や「化学実験の安全指針」、「防災指針」などを参照し、さらに指導教員に相談して正しく安全な実験方法を採用すること。

### 3) その他

ここに列挙されていない研究特有の注意事項については、指導教員の注意に従うこと。

