

化学実験の安全と衛生

WEB 版

愛媛大学理学部化学コース

緊急時には…

救急車・消防車 119 番

愛媛大学総合健康センター 927-9193（内線 9193）

（利用時間：平日 8:30 – 17:00 応急手当のみ）

浦屋病院 943-0150（17:30 まで，緊急，外科，整形外科ほか）
（平和通り 1 筋南の通り，中一万町 5 番）

赤十字病院 924-1111

理学部化学事務 927-9577（内線 9577）

理学部総務チーム 927-9541（内線 9541）

理学部学務チーム 927-9546（内線 9546）

安全衛生管理チーム 927-8702（内線 8702）

理学部の防災・救急用具

救急箱：理学部事務室・本館2階 217 印刷室

非常用シャワー・洗眼器：各階トイレ前

消火器・消火栓：各階廊下

AED(自動体外式除細動器)

理学部本館1階リフレッシュコーナー，総合研究棟 I 1F エレベーターホール

※AED には自動診断装置が内蔵されているので，ガイド音声に従って使用して下さい。定期的に行われる AED 利用講習会を受講してください。

2019

目次

I. 化学実験の心構えと安全衛生	2
はじめに	2
事故・災害が起こったときは…	3
【化学実験の潜在危険と事故】	4
【安全で衛生的に化学実験を行うために】	5
1. 【前日の準備】	5
2. 【実験のための服装・靴・保護具】 動きやすく身体を危険から防御するもの	5
3. 【防災設備・防災用具・避難路】の確認	6
4. 5S【清潔, 清掃, 整理整頓, しつけ(習慣化)】が安全衛生確保の基本	7
5. 実験作業中:【危険予知】	8
6. 【次の事故を防ぐために】事故例の学習と「ヒヤリ・ハット」・事故の報告	9
II. 事故予防・2次災害の予防と事故発生時の措置	10
A. 実験室・作業場の日常の備え	10
B. 避難	12
C. 2次災害の防止	13
D. 火災時の措置	13
E. 爆発時の措置	14
F. 有毒ガス漏洩時の措置	14
G. 感電事故時の措置	14
III. 化学実験操作における安全	15
1. ガラス器具の取扱	15
2. 電熱器具	17
3. 遠心分離器	18
4. 高圧ガス容器(ガスボンベ)	18
5. 局所排気装置(ドラフト)	20
6. 静電気とその対策	21
IV. 機器分析装置使用時の安全	22
1. 分光光度計(可視紫外分光光度計・蛍光光度計・赤外分光光度計 等)	22
2. ガスクロマトグラフィ(GC)・液体クロマトグラフィ(LC)・ストップフロー(SF)	22
3. 熱分析装置(融点測定装置・示差熱分析装置 等)	23
4. 質量分析装置(EI-MS, GC-MS, LC-MS, TOF-MS, Q-MS, ICP-MS 等)	23
5. 核磁気共鳴装置(NMR)	23
6. 電子スピン共鳴装置(ESR)	24
7. 高真空装置	25
8. X線回折装置	25
9. レーザー	26

I. 化学実験の心構えと安全衛生

【はじめに】

この冊子は、愛媛大学理学部で化学実験を含む課程を実施する際の安全衛生教育のガイドです。実験を実施する前に教育指導を行い、「安全衛生教育」の記録としてレポートを提出させます。

化学実験は、様々な「化学物質」を実際に取り扱って行う作業です。化学物質は、天然のものも人工合成物も、多かれ少なかれ人体や環境に対して有害です。しかし、化学物質は、現在の私たちの生活から切り離せない存在で、身近な道具や機器を始めとして、現在の高度な科学技術や医療を支える重要な役割を果たしています。化学物質を安全に私たちの生活に役立てるためには、その性質を知り、正しく取り扱う必要があります。個々の化学物質の性質をよく知らないまま、誤った取り扱いや安易な廃棄などを行えば、自分だけでなく周囲に大きな被害を及ぼすかも知れません。

まず、化学実験が日常生活に比較して「危険」な作業であることを自覚しましょう。実験室では、危険な化学薬品や一般家庭にはない特別な装置類が使用されており、電気、真空、高圧ガス、高温、液体窒素、冷却水、放射線など取扱に熟練や注意を要する技術を伴う実験が行なわれています。わずかな油断が生命や環境を危険にさらす大事故につながります。安全で衛生的な実験を行うためには、第一に、実験室における「規律」を遵守しなければなりません。小数の人でも規律を乱せば、同じ実験室にいる多くの人が危険にさらされます。また、実験室から環境に一旦排出された化学物質の回収は極めて困難です。場合によっては、周囲に大きく拡散して環境を致命的に汚染し、周辺住人に多大な迷惑をかけ、多くの動植物に大きなダメージを与えるかも知れません。このようなことを防ぐために、なによりも、化学実験を行う上での規律・約束事を守る態度を身につけましょう。

応急処置

- ①やけど：流水または冷水で患部を 30 分以上冷やす。衣類などが皮膚に焦げ付いているときは無理に取らずそのまま冷やし、医師の処置を受ける。
- ②切り傷等：傷のある部分を露出させ、汚れているときはよく洗う。出血が止まらないときは止血処置を行う。救急箱にバンドエイドや消毒薬などが用意されている。
- ③薬品が目に入ったとき：直ちに大量の水で長時間洗う。（実験中は安全眼鏡を着用し事故を予防する。裸眼・コンタクトレンズ装用での実験は禁止する。）
- ④薬品が口に入ったとき：直ちに水でうがいをする。専門医に相談する。
- ⑤薬品による皮膚の炎症：直ちに大量の水で洗う。
- ⑥ガス中毒：直ちに新鮮な空気の下に移動する。窓を開け、ガスの発生源を止める。喉の異常時はうがいを繰り返す。
- ⑦感電：電源スイッチを切る。呼吸困難に陥った場合は人工呼吸などの措置をする。意識がなく心停止等の疑いがある場合は、速やかに救急車を呼び、AED を使用する。

※【参考】「実験を安全に行うために 第8版」（化学同人）4章「応急処置法」など。

事故・災害が起こったときは…

- ✓ あわてず落ち着いて行動する。身の安全を優先する。
- ✓ 大声で周囲の人に状況を知らせる。（一人で対処しない！）
- ✓ 負傷者等がいる場合は、迅速に適切な救護・応急処置を行う。

火 災

身の安全を確保し大声で周囲に知らせしてから、落ち着いて消火にかかる。小規模の火災の場合は、濡れタオル・消火スプレーなどでの消火を試みる。火元がガスや電気の場合は元栓を閉めスイッチを切る。油火災や電気火災の際には消火器を用いる。火災の規模が大きい場合は、一旦避難と安全確保を優先し、周囲と協力して消火栓を使うか、消防の到着を待つ。

着衣に着火した場合は、非常用シャワーを浴びるか、床にころがってこすりつけ消火する。

消火器・消火栓・緊急シャワー：理学部本館・総合研究棟Ⅰ各階廊下に設置

地 震

大きなゆれを感じたら、直ちに落下物・転倒物から身を守る体勢を取る。実験室では実験台から落ちてくる（かもしれない）ガラス器具、薬品や熱湯に注意。ゆれがおさまったらガス栓を閉じて火を消す。火災が発生した場合は、可能ならば消火を試みる。状況に応じて指示に従い避難する。（館内放送や教員の指示に従う。教職員は、学生等の避難を誘導する。）

※日頃から、実験中の地震発生時にどのように対応するか考えておく。

実験事故

周囲に事故発生と状況を知らせる。必要と判断されれば、館内放送で事故の場所と状況を知らせて応援を求める。救出の必要がある負傷者・被害者がいないか確認する。負傷者の救出・救護・応急処置を行ない、必要ならば速やかに救急車を呼ぶ。AEDを準備・使用する。

2次災害を防ぐため必要な処置をとる。事故の状況によっては指示に従い避難する。（館内放送や教員の指示に従う。）

※化学物質が関与している事故の場合は、速やかな対応ができるように、その化学物質の名称・性質・量を消防・救急・医師に速やかに伝えなければなりません。

非常時に最善の行動ができるためには、起こりうる事故・災害を日頃から想定し、その場合の対処法を知っておく必要があります。実験室で予想される非常事態（火災、爆発、地震、有毒ガスの漏洩、感電、漏電、漏水など）に対する対処法を定期的に学習するようにしましょう。

安全で衛生的な化学実験を行うために

【学生化学実験と安全衛生教育】

危険が伴う作業を行う者には、事前の「安全衛生教育（講習）」の受講が法令で義務づけられている。化学実験は、有害な化学物質を使用し身体に悪影響を受ける危険を伴う作業であり、また、環境に対して有害な廃液や廃棄物を出す。化学実験を行う者は、安全かつ衛生的に作業を行う方法、環境に負荷をかけない廃液・廃棄物処理の方法について、事前に教育を受けなければならない。安全衛生教育を受講した者はその内容についての記録を提出し、安全教育担当者の承認を得なければ、化学実験を行うことができない。安全衛生教育で学んだことは、大学・企業を含めた全ての作業所・実験室において常に守らなければならない。

実験に際し、学生は、指導する教職員・TA の指示に従い、安全かつ衛生的に実験を行うよう協力する義務がある。実験室では、一人の不注意や不安全行動が周囲にいる全員を危険にさらす可能性がある。「自分だけは（自分だけなら）大丈夫」という感覚は、実験室（作業場）では、決して持つてはならない。

【事故例】THF(テトラヒドロフラン)蒸留中の爆発事故

THF を蒸留していたのを忘れてしまい乾固させた。しばらくして大音響とともに爆発し、ガラス器具の破片が部屋中に高速で飛び散った。一部が同室の学生の首をかすめたが、幸い軽い切り傷で済んだ。

※THF などのエーテル類は過度に濃縮・乾固させると過酸化物が濃縮され、わずかな刺激で爆発する。有機溶剤の過度の濃縮による同様の爆発事故例が多数報告されている。水溶液系でも、過マンガン酸カリウム等の酸化剤を含む場合、濃縮により爆発する可能性がある。爆発事故は実験室全体を危険に巻き込む。一人の不注意が、その部屋にいるすべての者の命を危険にさらすことになる。

【化学実験の潜在危険と事故】

化学実験中の事故は主に次の3種である。

- ① 化学物質中毒・傷害：経口，経気道（呼吸で吸い込む），経皮（皮膚からの接触・吸収）
- ② 火災・爆発：化学物質の発火・引火・爆発，着衣への着火
- ③ けが・機械的原因の事故：切り傷・刺し傷，やけど，巻き込み，転倒，重量物の落下，感電

また、実験室の装置・器具・環境には、下記のような潜在危険が存在する。

① 器具・装置

ガスバーナー（火災，着衣着火，火傷），湯煎器（火傷，感電），遠心分離器（巻き込み，ローター破損，感電），ガラス器具（破損による切り傷，刺し傷，器具内薬品による障害，火傷），重量物（落下事故）

② 環境

水で濡れた床（滑る，転倒），換気不十分（有毒ガス濃度上昇），床に置かれた物品・コード類（引っ掛け，転倒），狭い通路（実験器具・試薬取扱時の接触，衝突による誤操作）

【安全で衛生的な化学実験を行うために】

1. 【前日の準備】

どのような作業をする場合でも、安全に手際よく進めるためには、作業前にあらかじめ「段取り」を付けておくことが重要である。前日までにテキストの該当個所を読み、当日の作業の流れを掴み、実験ノートの準備をする。この短時間の準備が、安全で手際よい実験を行うコツであり、ミスを防ぎ実験時間を大きく節約する。

安全で衛生的な実験を行うためには、実験者が身体的に良好な状態であることが必要です。実験に臨む前日から、十分に睡眠をとり深酒は避けるなど体調を整えるようにしましょう。体調不良の時、疲労している時、集中力が落ちている時には実験を行なってはなりません。周囲に人が少なくなる深夜・休日や、日中でも一人のときには実験を行ってはなりません。

実験日には、簡素で活動的な服装をしましょう。サンダル・下駄・厚底の靴・ハイヒール等は、転倒の危険があり機敏な行動を妨げますので実験室内での着用が禁止されています。

2. 【実験のための服装・靴・保護具】 動きやすく身体を危険から防御するもの

① 実験用の服装（白衣）は、化学繊維製を避け、綿 100%で皮膚ができるだけ露出しない〔長袖、長ズボンなど〕身軽に動けるデザインのもを着用する。白衣を必要としない作業の場合も、巻き込みや引火のおそれがない身軽に動き回れる服装を心がける。実験室に入る前に実験着に着替え、実験終了時には実験着を脱ぐ。実験室以外の一般の場所、特に売店や食堂等の飲食物を扱う場所に実験着のままで出入りしてはならない。化学物質で汚染された可能性のある実験着で、一般の人や食品・食空間を汚染しないためのエチケットである。

【事故例】アスベスト作業着家族のアスベスト肺による死亡

アスベスト作業を行っている作業着が、作業着を家に持ち帰り、家族が洗濯していた。長年の作業着からの間接的なアスベスト被爆により、家族がアスベスト肺（中皮腫）となり死亡。

※作業着（白衣）は、本来危険な物質から作業着を守るべき役割を持つはずであるのに、作業場以外に汚染された作業着をそのまま持ち出しては、意味がない。汚染度が高い作業着は対応する産業廃棄物として廃棄するか、その汚染物質に対応した専門の施設でクリーニングを行うべきである。

学生実験レベルでは、使用する試薬の危険度は低く、作業着の汚染も高くない。しかし、研究室配属後に行う専門の実験では、場合によっては毒性・危険性が高い物質で作業着（白衣）が汚染されるかも知れない。自分や周囲の実験者が行った作業を理解し、汚染の状況を把握した上でなければうかつに白衣を持ち帰り洗濯してはならない。同じ理由で、実験室からうかつに白衣を持ち出してはならない。少しでも危険性を感じる場合には、洗濯せずに実験系廃棄物として廃棄するべきである。

② 実験作業中の靴は、足の甲を覆うタイプで安定する靴底のもでなければならない。なぜなら、化学薬品や熱湯、ガラス器具、火の粉が足元に落ちてくるかも知れない。重量物作業の時には安全靴（足の甲の部分に補強板が入っている）を着用する。転倒や引っ掛け・つまずき防止のためスリッパ、サンダル、ハイヒール、厚底靴、下駄、つまかけ等での実験室への入室を禁止する。

- ③ 実験中は必ず保護メガネを必ず着用する。化学物質やガラス屑・塵埃などで眼球に障害を受けると取り返しがつかない。作業内容に応じて、保護手袋、防護マスクを着用する。
- ④ 実験室には、実験に必要なテキスト・ノート・筆記用具以外は持ち込まず、他はロッカー・棚に収納する。傘は傘立てに置く。実験台周囲・足元に荷物等を置いてはならない。

実験着・作業着の生地とデザイン

- (a) 化繊製生地は着火しやすく、燃焼時に溶けて皮膚に付着し火傷の被害を大きくする。京都市消防局によるマネキン人形を用いた実験では、化繊混紡の白衣の生地（ポリエステル 65%、綿 35%）の着衣は、木綿 100% 製より着火しやすく、炎までの距離 3 mm で着火までに 3 秒（木綿 100% では 8 秒。袖口に着火後、肩まで燃焼する時間はともに 3 分 10 秒程度。）。木綿製でも、薄手、ひらひらしたデザインの着衣は、すぐに炎をあげて激しく燃える。ジーパンのように厚手で身体に密着した衣類は燃え広がりにくい。不燃性生地の作業着も市販されている。
- (b) 化学実験で一般的に使用されるコートタイプの白衣は、真空ポンプや旋盤などの回転機械がある作業場では袖や裾が巻き込まれやすく危険である。このような作業場では、ツーピースタイプ（つなぎ式）の作業着を着用する。
- (c) 医療系や生物学などの分野で用いられる白衣（作業着）は、防汚・抗菌などの機能が優先される。従って、化学系とは異なり化繊製や表面加工が施された白衣・作業着が多い。使い捨てにされる場合も多い。

3. 【防災設備・防災用具・避難路】の確認

① 緊急シャワー：各階廊下トイレ前に設置

着衣に着火したとき、化学薬品を浴びたときには、緊急シャワーを躊躇なく浴びる。周囲の者は状況に応じて協力する。

② 洗眼シャワー：各階廊下トイレ前に設置

眼に化学薬品等が入った場合には、直ちに洗眼を行う。その後、必ず適切な医療処置を受ける。

③ 消火器：各階廊下に設置、消火スプレー：実験室ドラフト内に設置

火災発生時は、まず身の安全を確保する。火の規模が小さい場合は、ぬれたタオル、ぞうきんや実験着をかぶせることで通常消火できる。消火スプレーを使用してもよい。火が大きい場合は、周囲に火災発生を知らせ消火の応援を求める。安全が確保できるならば、消火器で消火を試みる。後始末が簡単な炭酸ガス消火器を用いることが望ましい。延焼が広がり高く炎が立つような状況では、自力での消火は困難であるので、安全な場所に避難し消防の到着を待つ。

④ 救急箱：事務室などに用意

軽傷の場合には、救急箱の救急薬品・救急用品を使用する。

⑤ 避難路：実験室・作業場の避難路をあらかじめ確認しておく。

4. 5S【清潔、清掃、整理整頓、しつけ（習慣化）】が安全衛生確保の基本

【清潔】

- ① 飲食・喫煙は厳禁である。飲食物の実験室内への持ち込みも禁止である。これは、経口の化学薬品中毒を防止するためである。実験室では飲食物が化学物質で汚染されるかも知れない。
- ② 薬品が口に入るような行為をしてはならない。ピペット操作では必ず安全ピペッターを利用する。
- ③ 薬品には不用意に直接接触しないように心がける。かぶれやすい薬品類を取り扱う場合は必ず保護手袋を着用する。手以外の部分の皮膚は手に比較して化学薬品に対して炎症を起こしやすい。薬品が皮膚に触れてしまったときには、水道または緊急シャワーの流水で十分に洗い流し、応急処置をして医師の治療を受ける。有機物は流水だけでは落ちにくく皮膚から吸収されやすいので、触れた場合には、①流水で流し、②石鹼で洗い、③水ですすぎ、④エチルアルコールですすぎ、⑤再び石鹼で洗い、⑥最後に水ですすぎ。薬品で汚れた衣服はすぐに脱ぐ。
- ④ 実験中、化学薬品で汚染された可能性のある手で体の他の部分（特に顔や頭）に触らない。
- ⑤ 休憩時・実験終了時には、手洗い、洗顔、うがいを励行し、清潔にする。特に、飲食等を行う前には必ず念入りに手を洗う。

事故例：ベンゾキノンの水蒸気蒸留を行っていた学生（女性）が、翌日顔を中心として体の各所が赤くはれた。キノンによるかぶれ症状であるが、この学生は実験でキノンを取り扱った後、手を洗わずに自分の顔や体に触れたらしい。

【清掃、整理整頓】

清掃や整理整頓をおろそかにすると、思わぬ事故の原因になったり被害拡大の誘因になったりする。例えば、様々な試薬が放置された実験台上で試薬をこぼしたら、薬品混合による発火が起きるかも知れない。紙屑類をため込んでおくと、それに引火して火災を拡大するかも知れない。試薬をこぼしたままで放置すると、それを知らずに実験台に触れた人が薬品傷害・中毒を起こすかも知れない。実験室・作業場では「自分はわかっているから大丈夫」、「後でも大丈夫」は厳禁である。

- ① 整理整頓・清掃を日頃から心掛ける。雑然とした状態で実験しない。
- ② 出入口・非常口・通路の確保：足元や通路・出入口付近には物品を置かない。
- ③ 実験台上は実験中も可能な限り整理しておく。
- ④ こぼした薬品は最優先で速やかに片づける。
- ⑤ 実験の後始末を確実にし、清潔な状態を保つ。
- ⑥ ゴミ（廃棄物）・廃液は、正しく分別し、所定の場所に回収する。

【図書館にある事故例集】

「有機化学実験の事故・危険一事例に学ぶ身の守り方」 鈴木仁美著（丸善）

「実験室の笑える?笑えない!事故実例集」 田中陵二、松本英之著（講談社サイエンティフィク）

5. 実験作業中：【危険予知】

実験は多かれ少なかれ危険を伴う。事故がいつどこで起きるかは予知できないが、どのような危険がどこに存在するかは、作業の前に予想できる。「危険予知」は、事故・災害の防止と発生時の被害の最小化を目的として、作業前に危険箇所を洗い出し、万一の状況への対応を整える方法である。

- ① あらかじめテキストを読むなど十分に**事前調査**し、準備・段取りを整えてから実験を始める。
- ② 使用する試薬・合成する化学物質の性質と危険（取り扱い上の禁止事項）を調べておく。（SDSの調査）
- ③ 事故発生時に止める元栓・電気スイッチ・バルブなど、消火器や緊急シャワーなどの非常設備とその操作法、避難経路を確認してから実験を始める。
- ④ 実験室では**常に保護眼鏡を着用**する。自分だけではなく近隣の他の実験者の作業による危険が存在する。（自分が作業中ではないときに、隣または対面の実験者が起こした事故による傷害の報告例が多数有り。）周囲で行われている作業について知っていなければならない。また、実験中、必要に応じて保護手袋などの保護具を使用する。
- ⑤ 未経験の反応・実験操作は、少量の試薬を用いて安全を確かめる。必要な試薬量の一部をまず加えて、様子を観察してから、残りを徐々に加える。未知の点が多く危険が予想される実験は、決して一人で行わず、指導教員やベテランの作業者の指示を受け、その立ち会いの下で行う。
- ⑥ 実験室・測定室では不要の火気を使用しない。火気が必要な場合には、周囲の状況を慎重に確認し、火気使用中の表示をする。
- ⑦ 長時間の実験は疲れるので、適宜休憩し、常に集中力が保てるリフレッシュした状態で実験に臨むようにする。

【事故例】核燃料物質の一時の取扱量制限の無理解による放射線被爆事故

当初の作業手順書に放射性物質の1回の取り扱い・投入量・投入法が指示されていたにもかかわらず、作業の効率化のためにバケツで4・5回分をまとめて1回で投入するように変更し、作業を続けた。放射性核種の量的制限の限界を超えたため、放射化学反応が暴走し臨界に達し（青い光を目撃）、放射線が大量発生・漏洩して作業員が被爆した。周辺住民が一時避難した。

※作業員に高濃度核燃料と臨界に関する知識（放射化学・原子炉に関する知識）がほとんどなかったことは明らかである。作業変更時に、放射化学・核物理の専門研究者によるcheckもなかった。放射性核種の量が増加するとともに危険度（放射化学連鎖反応）は指数関数的に増大する。従って放射化学分野では、取り扱い時の放射化学種の量的制限は常識となっている。それを知らずに、効率を優先して作業内容を変更したことによる事故。専門知識・安全教育不十分。作業管理・安全管理の欠落。作業手順書がわざわざ手間のかかる面倒なステップを指示する場合には、危険が潜在している可能性を感じ取らなければならない。

化学反応を取り扱う場合でも、反応の種類によっては同様のことが起こる可能性がある。「量に比例して、反応熱や圧力（危険度）が増大する」と考えるのは、初心者から熟練した研究者までが共通して陥りやすい錯覚である。理論上あるいは多くの場合そうだからといって、実際に必ず全てそうなるとは限らない。化学工業では、実験室レベルでは簡単な反応が、プラントレベルで制御不能になることはよくあることだと考えられている。新規の反応において反応物の量を未経験の域に変化させる場合には、段階を踏んで徐々に増加させるように行わなければ何が起こるか予測できない。

6. 【次の事故を防ぐために】過去の事故例の学習と「ヒヤリ・ハット」・事故の報告

愛媛大学安全環境課 WEB 経由で報告を提出する <http://web.office.ehime-u.ac.jp/hiyari/index.html>

事故を予防するために、事故発生の状況や原因の実例について学習することが有効である。化学実験をはじめ、実験室や工場の作業所などではこれまで数え切れない事故が起こっている。これらの事故の教訓を生かし、自らが事故に遭わないため、「事故例集」を一読することを薦める。多くの事故が過去の教訓が生かされずに繰り返し同じ様な原因で生じている。

事故が起こってしまったら、次に重要なことは、同様の事故が生じないように対策することである。事故の後始末が終わった後に、当事者・目撃者など関係者が共同して事故の原因や予防対策を話し合っ
て「事故報告書」を作成し提出する。事故に至らない小事、例えば、教員・TA・学生が危険を感じ、「ひやり」、「はっ」とした事柄（ヒヤリ・ハット）も同様に報告するようにする。これらの報告は、データベース（教訓）として事故予防・再発防止の対策に役立てられる。

「労働災害におけるハインリッヒの法則」

ハインリッヒらが労災事故を調べたところ、1 件の重傷事故の背景には、29 件の同種の軽傷事故、300 件の傷害のない事故（ヒヤリ・ハット）が存在し、さらに数千件の危険な行為または状況が存在した。軽微な事故が生じた際に軽視せず原因を究明し、潜在的な危険要素を取り除いておくことが、重大事故を防止する第一の方法である。

【愛媛大学理学部での事故例】

- ① テトラヒドロフランを蒸留中、加熱・放置したまま忘れてしまい乾固させて爆発した。
- ② ドラフト内でバーナーの炎が合成実験中のトルエンに引火した。
- ③ 断水時に冷却水を止め忘れ、断水復帰時に漏水して実験室を水浸しにした。被害は下の階の実験室に及び、高価な機器を損傷させた。
- ④ 濃硫酸を駒込ピペットで吸い上げたら、駒込ピペットよりもスポイトヘッドの方の容量が大きかったため、ゴムのスポイトヘッド部分にまで濃硫酸が入り、ゴムが溶けて濃硫酸でやけどした。
- ⑤ ガラス管をゴム栓に差し込もうとして押したら、ガラス管が折れて手をつきさして大けがをした。
- ⑥ ホットプレート付きスターラー（攪拌機）を動かそうと握ったら、前の人が加熱して使った直後だったため手の指と手のひらをやけどした。
- ⑦ メッシュの細かいシリカゲルを実験台上で取り扱っていたら、目が雪目のように真っ赤になり、痛くて涙と咳が止まらなくなった。
- ⑧ 廃液ポリタンクに亀裂が入り、廃液が漏れて下の階の居室に及んだ。
- ⑨ 洗面器の水を加熱するために投げ込みヒーターを用い、洗面器をとかして穴をあけた。
- ⑩ 真空デシケーターの点検をせずに減圧したら、突然爆縮して周囲に大きなガラス片が飛び散った。
- ⑪ ドラフトを使用しないで有害ガスが発生する実験を行い、ガスを吸い込んで気持ち悪くなった。
- ⑫ 廃液処理の際、台車にポリタンクを積みすぎて倒し、理学部玄関前に廃液を多量に流した。
- ⑬ ドラフトで行っていた実験で蒸気圧の高い有害物質を使用していた。こぼれたためティッシュで拭きとり、実験室のゴミ箱に入れた結果、実験室中にその有害物質が充満した。

Ⅱ．事故予防・2次災害の予防（減災）と事故発生時の措置

近年の大規模地震・津波などの災害事例から、実験室等の危機管理体制について多くの教訓が得られた。実験室・作業場では、起こりうる災害・非常事態（火災、爆発、地震、有毒ガスの漏洩、感電、漏水など）を想定し、日頃から十分な安全対策を講じておくとともに、非常時の対処法をマニュアル化して常備し構成員が学習しておく。事故や災害が発生した際は、人身の安全確保が最優先である。状況を速やかに判断し、周囲に知らせ、避難・救助活動を行う。授業中など学生がいる場合には、教職員が学生の避難を誘導する。

夜間や休日に事故が発生すると、発見や対処が遅れ被害が増大する。救急・消防の対応も遅れがちになる。ゆえに休日・夜間の実験は禁止されている。

A. 実験室・作業場の安全対策

1. 地震・火災対策

地震発生時の被害を防止するため、装置・備品類は可能な限りボルトなどで床や壁に固定する。特に、ガスボンベなど転倒時に危険が増す備品や、電気乾燥機などの重量物の固定を徹底する。消火器はホルダー等を使用して地震のゆれで転倒しないように措置する。有機溶剤・劇物等の危険性を持つ試薬は、法令に従い金属製の保管庫に収納し、内部で転倒しない措置を行う。廃液や有機溶剤は台上におかず、低い位置に置き転倒防止の措置をする。使用していない器具・試薬は、実験台上に放置せず収納する。

可燃性の有機溶剤を定常的に使用する実験室には、消火スプレー・炭酸ガス消火器などを設置する。静電気のスパークが着火源になる場合があるので、機器や有機溶剤にはアース等を設置する。

2. 実験室での作業

化学実験は（大学に限らず）原則として立ち作業で行う。これは、作業の安全と正確さ、集中力を保つためであり、事故防止・事故被害の低減のために重要である。実験室に多数の椅子があると円滑な作業や緊急時の避難行動の妨げとなる。実験台の高さ（80 cm）は立ち作業前提の設計（Cf 事務机の高さ：70-72 cm）で、着席して実験操作をするには高すぎる。実験中に液体薬品が飛び散っても、立っていれば、身体をひるがえして避けることができるが、腰掛けていると薬品をかぶるだろう。突然の発火など思わぬ危険から身を守るためにも、立って作業することが基本である。

実験室内部の状況が外から見えない状況は、作業者にとって大変危険で、事故等が発生して被害者が昏倒し救助が必要な状況になっても、外から発見できない（多数の事例有り）。実験室の扉には透明な窓をもうけるべきである。外から内部が見えない場合、作業中は可能ならば扉を開けておく。作業中の換気には常に注意する。

3. 電気機器・配線

老朽化・過電流・容量オーバーなどが原因の電気コードからの出火や、プラグとコンセントの間からのトラッキング現象による出火が多い。また、高電圧・大電流との接触による感電は人命に関わる。スイッチ、ヒューズ、コンセント、および電気コードは正しい定格の規格品を用い、定期的に点検・交換する。過電流、漏電の際に入力が切れる漏電ブレーカーなどの安全装置を整備するの

が望ましい。電源・アースは電気業者の工事で配電盤から配線し、コネクタタイプとするか、端子カバーを用い、通電端子部が人・ゴミ・水気に接触しないように措置する。床にたれ下がる配線やタコ足配線はしてはならない。レーザー、X線源などの装置の高電圧部分の感電対策は入念に行う。BNC コネクタは 500V、MHV・SHV コネクタは 5000V など、定格を守る。損傷防止のため高電圧ケーブルの折り曲げは厳禁、引っ掛けやすい場所に通してはならない。ロータリーポンプや電気機器のアースは必ず接続する。新たに通電を開始した装置類は、発煙・異臭・異常音・漏電・真空度などの異常がないことを 1 時間程度断続的に確認する。

4. **水道・冷却水**:冷却水等の漏水は、直接人命に関わらないため軽視されがちであるが、装置・設備に重大な被害をもたらす場合がある。水道・流し・冷却水配管に漏れがないか、電気系からの漏電がないか、定期的に点検し、ホース・チューブ類は定期的に交換する。万一の漏水に備え、電気系・化学物質の近くに配管しないように配慮する。排水溝は定期的に清掃しつまりを防ぐ。

5. 化学物質・試薬・廃液の管理

化学物質は、爆発及び発火・火災等の危険性、中毒等の人体健康への有害性、水質汚濁等の環境汚染性の 3 つのリスクをもつ。一旦、有害化学物質の関与する事故等が起これば、その影響が広範囲に長期的に及ぶ可能性があり、周辺住民を危険と不安に陥れる可能性がある。1984 年に発生したインドボパールの化学工場事故では、一夜のうちに周辺住民 3 千人以上、その後 1 万 5 千人以上の中毒死が報告されている。日本でも、化学工場の爆発・火災や漏洩事故などで周辺住民が避難した事例が度々報告されている。我々は、取り扱う化学物質の性質と法の規制について知り、事故を予防し、安全・衛生的に作業するための知識、技術、注意力を身につけなければならない。

化学物質が関与する事故は、対処が大変難しいので、事故の予防と二次災害の予防を行うことが特に重要である。常日頃から計画的にリスクアセスメントや危険予知などの方法で起こりうる事故とリスクを予測して、万一の事故発生時に被害・損害が最小になるように、設備・環境を整え効果的な安全措置を準備し、事故発生時には速やかに適切な対処ができることが必要である。それと共に、構成員に対して十分な安全衛生教育を行わなければならない。

適正な化学物質管理と廃液管理のために、愛媛大学では「化学物質管理の手引」及び「排水、廃液についての手引」を配布しているので、そのルールに必ず従わなければならない。大学内で化学物質が関与する事故が発生したら、その軽重を問わず、速やかに化学物質統括管理者（部局長）に報告しなければならない。実験室では教員に許可された試薬以外は使用してはならない。危険物や毒・劇物は必ず定められた保管場所に保管し、わずかな期間であっても実験室に放置してはならない。使用した残りの試薬は速やかに片付ける。廃液は適切に分別し、ため込まないようにルールに従って搬出する。関与する化学物質量の大小が事故の拡大、避難の可否に決定的因子になる。実験室への可燃性溶媒の持ち込み量は、条例の規制を遵守し、必要最小限とする。有毒ガス類の実験室への持ち込みは、許可を得た上で、必要最小限とする。熱源の近くに引火性、可燃性の物質を置いてはならない。可燃性溶剤・廃液は、静電気が着火源となり得るので、アース等の対策を行う。

※取り扱う個々の物質についての危険性、毒性、取扱法については、化学物質安全データシート(SDS)を調査する。一種類の化学物質が複数の法令の規制を受けていることに注意。

WEB 上の SDS 検索： 日本試薬協会 <http://www.j-shiyaku.or.jp/home/>

化学物質等による急性中毒に関する情報入手先(中毒 110 番)

日本中毒情報センター (<http://www.j-poison-ic.or.jp/homepage.nsf>) では、化学物質 (タバコ, 家庭用品, 化学薬品など), 医薬品, 動植物の毒などによって起こる急性中毒について, 実際に事故が発生している場合に限定して 情報提供している.

中毒 110 番 (無料) : 072-727-2499 (大阪・24 時間対応) 029-852-9999 (つくば・9-21 時)

B. 避難

- ① あらかじめ非常時の避難路を把握しておく. 実験室・作業場には 2 ヶ所以上の避難口がなければならない. 出入口付近での火災・有毒ガス発生の場合, もう一方の出入口から, あるいは窓からベランダに出て避難する. 何処で事故がおこっても全員が速やかに避難できるように十分な広さの通路を非常口まで確保しておく. 避難口となる扉の周囲に障害物を置いてはならない. 通路の足下に物品を置いてはならない. ベランダは消防の救助の際に通路となるので, 常に安全に人が通れるスペースを確保する. 消防進入口及びベランダに面した窓のうち一ヶ所は必ず人が出入りできるようにしておく. 防火扉, 消火器の周辺などに障害物を置いてはならない. 避難するときはエレベーターを使用しない. 火災の場所と規模によっては, 内階段が煙の通路になることがある. 建物の構造, 非常口などを調べ, 平常から避難経路を考えておく.
- ② 火災やガスの発生が初期消火で対応できない状況と判断したときは, 速やかに安全な場所へ避難する. (消火器で消火できる火災の限界は, 壁の内装材が燃えている程度までで, 天井が燃えはじめると消火は難しい.)
- ③ 避難する際には, 実験室・居室のガス, 電気, 危険物などの安全処置を行なったのち, 内部に人のいないことを確認して, 出入口の扉は閉める. (施錠してはならない!)
- ④ 避難は, 誘導や館内放送などの情報がない場合, 煙の動きを見て風上に逃げる. 屋内での煙の速度は, 縦方向は, 3~4 m/s, 横方向は 0.5~0.8 m/s である. 内階段は煙の通路になり, 危険が多いので可能な限り避ける.
- ⑤ 煙が多い場合には, 手拭などを口に当て, 低い姿勢で避難する. 煙が地面まで下がるにはかなり時間がかかる. 廊下の防火扉は内側に人のいないことを確かめてから閉める. 閉じこめられた場合は強く押すか, 引くことにより開けることができるので冷静に対処する.

C. 2 次災害の防止

- ① 事故・災害発生時は, 差し迫った危険がない限り, 2 次災害を防止するための処置を講じる. ガスボンベの元栓, ガスのバルブは閉める. レーザーなどの高電圧電源やヒーターの電源は直ちに切る. 試薬はフタをして安全な場所に片付ける.
- ② 非常時には緊急に配電盤から電源を落とす場合がありうる. したがって, 停電の場合に装置が致命的な影響を受けないような処置を施しておくことが望ましい.
- ③ 漏水などの非常時には緊急に元栓から水を止める場合がありうる. 断水時に電源が自動的に切

れるインターロックを設置するなど、装置の致命的ダメージを防ぐ処置を施すことが望ましい。

- ④ 工事などのための計画的な断水の場合は、事前にすべての水道栓をしめる。断水復帰時には水压が不安定になるため漏水事故を起こしやすい。断水の復旧後は水回りを慎重に点検する。
- ⑤ 計画による停電の場合は、事前に機器の電源を切り、ブレーカーを落としコンセントを抜く。点検中の高電圧の印可で機器が損傷することがある。再通電直後は、機器の再起動に通常運転時の数倍の起動電流が流れるため、機器が損傷することがある。ロータリーポンプやトランスを使用した機器は再起動後数時間程度、発煙・異臭・異常音・漏電などの異常がないことを断続的に確認する。
- ⑥ 機器担当者が不在の際に停電・断水等が生じた場合に備え、緊急措置法を掲示・周知しておく。

D. 火災時の措置

- ① 火災の発生状況を確認し、「火事だ」と周囲の人に知らせる。次いで館内放送で火災の場所と状況を知らせて消防隊の出動を要請する。
- ② 消火スプレーや消火器を用いて消火する。適切な消火剤の消火器を正しく操作すれば、初期の火災は容易に消火できる。あわてずに落ち着いて行動することが重要である。
- ③ 状況に応じ、現場の1人は火災報知機のボタンを押す（ベルが鳴り、消火栓ポンプが始動する）。混乱を避けるため、火災発生場所以外の火災報知機は使用しない。
- ④ 周辺の電源は切る。周囲の可燃物はできるだけ速やかに取り除く。
- ⑤ 衣服に着火したら手またはありあわせの物品でもみ消すか、緊急シャワーなど近くの水をかぶる。通路などを転がしてもみ消す方法もある。
- ⑥ ドラフト内での火災は、上方への火災の拡大防止と消火の効果から、通常は換気を止める。ただし、煙、有毒ガスの発生を伴う場合など、状況によっては換気を続けた場合が良い場合もあるので、燃えている物質と状況によって判断する。
- ⑦ ボンベからの自然発火性ガスあるいは可燃性ガスの噴出により発火が起こった時は、消火はしないで周囲の可燃物を除去し、ボンベに注水して冷却する。
- ⑧ 発火を伴わずに可燃性ガスが噴出している時は、なるべく離れたところから電源を切るなど着火源を取り除く操作を行ない、強制排気で換気を行う。可能なら噴出口をふさぐ。
- ⑨ 有毒ガスの発生を伴うおそれのある火災の場合には、消火に当たって防毒マスク等の保護具を付けるか、少なくとも風上側から消火を行なう。

E. 爆発時の措置

- ① 付近にいる人が被害を受けている可能性が大きいので、まず負傷者の救出・救護を心がける。
- ② 館内放送で事故の場所と状況を知らせて応援を求める。必要に応じて救急車を呼ぶ。
- ③ 爆発を起こした装置を直ちに危険のない状態にする。それが困難で引続き爆発のおそれがあるときは、速やかに避難する。
- ④ 爆風・飛散物により、付近で2次的な事故が起こるおそれがあるので、爆発した装置だけでなく、付近も忘れずに点検する。
- ⑤ 爆発による火災発生時は、火災時の措置を行なう。

F. 有毒ガス漏洩時の措置

可能ならば直ちに噴出口をふさぎ、強制排気で室内の換気をはかる。状況やガスの種類によっては避難を優先し、「有毒ガス（ガスの種類）が漏洩した。」と周囲に知らせ、館内放送で事故発生場所と状況を知らせて応援を求める。被害者がいる場合は必要に応じて救急車を呼ぶ。

G. 感電事故時の措置

感電により大電流が体内を流れた場合、通電時間が短くても呼吸停止や心臓がけいれんを起こして停止する場合がある。救急車の到着には平均 6 分程度が必要だが、呼吸停止から人工呼吸を始めるまでに 5 分経過していると、救命率は 30% まで低下し、助かっても脳障害が残る場合が多い。また、10 分が経過していると、救命率はほとんどゼロになる。心臓が自然回復することは稀なので事故現場にいる人が直ちに心肺蘇生法を施さなくてはならない。心肺蘇生を行なえる人がいない場合は近隣を探して応援を頼む。119 番に連絡すると、救急車が到着するまでの心肺蘇生法を含む救急処置を電話で指導してくれる。心停止・不整脈等が疑われる場合は、自動体外式除細動器（AED）を用いる。AED には自動診断装置が内蔵されているので、ガイド音声に従って迷わず使用する。日頃から AED の設置場所を確認しておく。

Ⅲ. 化学実験操作における安全

学生化学実験は、慣れない器具と見たこともない素材を使ってレシピだけを頼りに料理を作るのに似ているかも知れない。しかし、化学物質を取り扱う実験には、日常の料理にはない異質で大きな危険が潜んでいる。実験者は各々の器具の取扱法と性質を熟知し、個々の操作について危険を予知し、それを回避するスキルが求められる。本章では、安全に実験操作を行うための基本的な器具の性質と使い方を述べる。

1. ガラス器具の取扱

ガラスには、熱膨張率が小さく加熱可能なもの（パイレックス）、熱には弱いが機械的強度が大きいもの（硬質ガラス・強化ガラス）など様々な製品がある。このため、ガラス器具は用途に応じて使い分けなければならない。知識のないままに指示されている器具と違うものを用いると思わぬ事故につながる。

使用する前にガラス器具にひび・傷がないかを目視で確認する。ひびや傷があるガラス器具は使用しない。ガラス製品の細い口にゴム管や軟塩ビ管をつなぐ場合に破損して負傷する事故が頻繁に起こる。そもそもガラスは割れやすい。破損したらどうなるかを考え、必要ならば軍手・革手袋などを着用し、万一の事故による負傷を回避できる対策をしてから器具を取り扱わなければならない。

- ① **試験管**：硬質またはパイレックスの薄いガラス製であり、機械強度は弱いが熱変化に強い。湯煎及び直火での加熱が可能である。直火での加熱の際は、必ず液面のすぐ下の部分のみを加熱する。液のない部分を加熱すると変形したり、底の部分を加熱すると突沸しやすくなったりするためである。加熱できる液量は、約3分の1量までである。
- ② **試薬瓶、保存瓶**：硬質または軟質の厚いガラス製であり、機械強度はあるが熱に弱い。直火やホットプレートでの加熱は厳禁である。低融点の固体を温めて液体として取り出したい場合（冬季に氷酢酸やt-ブタノールを取り扱う場合など）、水を張った洗面器に40度前後のお湯を足してゆっくり溶かす。電熱水浴を用いてもよいが、瓶が直接発熱部に当たらないように注意する。液体の試薬を冷凍庫や冷蔵庫に保存する場合は、破損漏洩の対策を講じる。
- ③ **フラスコ**：硬質またはパイレックスの薄いガラス製である。湯煎、マントルヒーター及び直火での加熱が可能である。加熱の際は、大きさの合った加熱器具を用い、液のない部分を加熱しないように注意する。液のない部分を加熱するとその部分だけが局所的に高温となり、内部の溶液の急な分解等を引き起こして危険である。通常底部を加熱するため突沸しやすい。突沸防止のため、加熱の際は沸騰石や攪拌子を用い、液量は容器の6割を超えないようにする。
- ④ **ビーカー**：硬質またはパイレックスの薄いガラス製である。湯煎、マントルヒーター及び直火などでの加熱が可能である。加熱の際は、液のない部分を加熱しないように注意する。上部が大きく開口しているので、蒸気の吸い込みや火傷の事故を起こしやすい。このため一般に水溶液以外には用いない。液量は容器の5割を超えないようにする。
- ⑤ **冷却器**：さまざまな種類の冷却器があり、リービッヒ、アリーン（玉入）、アダムス（蛇管）、ジムロート、フリードリッヒ（二重管）など考案者の名前が付けられている。おおむねこの順に冷却効率が良くなる。還流のときや蒸留蒸気を凝縮する場合、いずれも垂直あるいはこれに近い角

度で用いる。リービッヒ冷却器だけは水平に近い角度で用いることができる。ジムロート還流冷却器は、冷媒を通す管が上部の1ヶ所のみで固定されているため、振動に弱い。このため、プロペラ型攪拌機を装着した実験装置の冷却管としては使用できない。

- ⑥ **共通摺り合わせ器具**：摺りの部分に髪の毛や繊維片などの異物がないことを確かめてから使用する。摺り合わせの器具を接続して装置を組む場合、両方の器具をクランプで強く固定しすぎると余計な力がかかり破損の原因となる。通常、接続する摺りの部分にはグリースを塗って気密性を保つようにするが、グリースによる汚染を嫌う実験の場合は用いない。
- ⑦ **摺り合わせのない器具**は、口に合うゴム栓に穴をあけて、接続するガラス器具を差し込んで使う。ゴム栓は、口の大きさにあったものを用い、まず差し込むガラス器具に取り付ける。この際、ガラス器具は差し込む部分になるべく近い位置を持ち、ゴム栓の穴には水か少量のワセリンを塗って滑りやすくして差し込む。
- ⑧ **精留塔**：多くの種類の精留塔があり、ヴィグリュー、ウィドマーなど考案者の名前が付けられているものもある。通常は空の管にガラス管片やビーズを詰めて使用する。いずれも垂直あるいはこれに近い角度で用い、管の周りを保温する。真空ジャケットつきのものもある。
- ⑨ **蒸留頭部および接続管**：蒸気や気体の流路を分けたり、曲げたりするためのもので、屈曲部、枝分かれを持つガラス器具である。このため機械的強度が小さく、破損しやすい。クランプで止める際には、応力を考えてきつくとめすぎないようにする。
- ⑩ **温度計**：使用する温度範囲に適合した温度計を用いる。加熱時に用いる場合、測定対象の媒質の沸点以上の測定範囲を持つ温度計を選択する。たとえば、水を40度に加温する場合でも、100度以上の測定範囲を持つ温度計を選択する。水銀温度計は最近では少なくなったが、使用時は破損しないように十分注意する。万一破損した場合には、慎重に水銀回収と後処理を行う。
- ⑪ **メスシリンダー**：温度変化で容量が変わり、元に戻らなくなるため、加熱は厳禁である。転倒しやすいので、使用中は置く位置に気を配る。ガラス製のものは転倒させて壊しやすい。欠けやひびのあるメスシリンダーは使用せず、廃棄する。
- ⑫ **ホールピペット**：加熱は厳禁である。先端が少しでもかけていたら容量精度が保証できないので使用できない。径の合うピペッターと合わせて使う。
- ⑬ **メスピペット**：加熱は厳禁である。先端が少しでもかけていたら廃棄する。径の合うピペッターと合わせて使う。メスピペットで容量を測定するときは、垂直に保持して液のメニスカスを最小目盛りの1/10まで読む。正確な容量が必要な場合は、可能な限りホールピペットを使用する。
- ⑭ **駒込ピペット・パスツールピペット**：駒込ピペットの目盛りは、ビーカー同様、目安程度なので、容量の計測に用いてはならない。先端が少しでもかけていたら危険なので廃棄する。スポイトヘッドは、必ずピペットの全量よりも小さい容量のものを使う。
- ⑮ **ビュレット**：加熱は厳禁である。長いので専用のビュレットスタンドにクランプで固定して使う。滴定液がアルカリの場合、ガラスすり合わせコックのものは使えないので、テフロン製コックのものを使う。
- ⑯ **ペトリ皿、時計皿**：観察用のガラス皿で、少し厚手の高質またはパイレックス製である。ペーハー試験紙などを使う場合は、試験紙を細かく切って分散させて使うと便利である。

2. 電熱器具

有機溶剤を常用する実験室では、引火の危険を避けるため、バーナーなどの裸火は使用できない。特殊引火性の溶剤（ジエチルエーテルなど）を取り扱うときには、電熱器・ドライヤー・ヒートガンも使用できない。電熱部分が被覆された電熱器（投げ込みヒーター、マントルヒーター、リボンヒーター）、セラミックヒーター、ホットプレート、ハロゲンヒーター、IHなどが熱源に使用される。電熱器具は、消費電氣量が大きいので、コンセントやブレーカーの容量オーバーと電氣コードの発熱に注意する。電熱器の電源に延長コードの使用やたこ足配線を行ってはならない。電熱器を固定した場所で使う場合、コンセントとプラグ間に埃がたまってショートする事故（トラッキング）や電氣コードの異常加熱による発火事故が多く報告されている。

- ① **投げ込み式ヒーター**：容器に入れた熱媒体に入れるだけで手軽に加熱できる利点がある。コードをひっかけて熱媒体ごと落下させた事故や、コードの重みで熱媒体からはみ出てしまった部分が過熱して熱媒体の発火点を超えて火災になる事故が報告されている。熱媒体を入れる容器と一体になった電熱水浴（油浴）が便利である。熱媒体には 80℃までなら水、それ以上の温度の場合は低分子量のジメチルシロキサンポリマーであるシリコンオイルを用いる。シリコンオイルは 180℃程度までの加熱に用いることができる。長時間の高温での加熱は熱媒体の膨張と量の減少や変性の危険があるので、十分に安全対策を行った上で作業する。グリセリンや可燃性の食用オイルを熱媒体に使用してはならない。引火・自然発火の他、空気酸化による劣化物質に起因して事故が起こることがある。
- ② **ホットプレート**：便利で手軽であるが、加熱面が平面のため、ビーカー・三角フラスコのように底面が平らな容器の加熱に限られる。砂などの熱媒体を入れたステンレス容器をホットプレートで加熱し、熱媒体で間接的に加熱する方法もある。マグネティックスターラーや温度調節器、タイマーなどが内蔵の製品がある。加熱したプレートに素手で触れたやけど事故が多い。
- ③ **マントルヒーター**：発熱体がガラスウール等の断熱性の繊維で覆っており、フラスコ等の容器の形状と大きさに合った加熱面を持つ製品が市販されている。通常厚みがあるので外部からマグネティックスターラーを使って攪拌するのが困難であるが、マグネティックスターラー・温度調節器が内蔵された製品もある。経年劣化で被覆部分にはがれがある場合には、可燃性有機溶剤を取り扱う実験に使用してはならない。（事故例有り）
- ④ **リボンヒーター**：精留塔などをリボンのように巻いて保温するヒーターである。すぐに高温になるので、印加電圧の調整と過熱に注意する。
- ⑤ **ヒートガン**：高熱量のドライヤーで、取扱には裸火と同様の注意が必要である。可燃性の溶媒の近くで用いることや、紙や綿など可燃性のものを乾燥させるのに用いることは厳禁である。ガラス器具を加熱する際には近づけすぎないようにする。局所的な過熱で器具が破損する。
- ⑥ **赤外線ランプ・ハロゲンヒーター**：赤外線による加熱器で、蒸留中に流出液が固化しそうな場合に用いる。ソケット部は高温になるので、やけどに注意する。ほこりが発火するおそれがあるので、使用前にクリーニングする。
- ⑦ **電氣乾燥機**：一般の器具乾燥用の電氣乾燥機は、底部にある大容量のニクロム線の発熱で温度を一定に保って乾燥する仕組みになっている。温度設定は、通常の乾燥では 40～80℃で十分だが、水分を嫌う実験用に乾燥する場合は、120℃程度にする。高温使用時の電氣乾燥機内部の器具や

壁は高温になっているので、やけどを避けるため軍手などを着用して器具を取り出す。腕を露出していることが多い夏季は、高温部に腕が触れやけどする事故が多数発生している。アセトンやエタノールを洗浄の最後に使用する場合は、引火や爆発を避けるため、ドラフト内で十分に自然乾燥させてから、仕上げに乾燥機を用いる。金属製のスパチュラや針などを乾燥する場合、下部のニクロム線部分に落ちないように目の細かい編みかごを利用する。通電中に金属製品を下部の発熱体に落下させるとショートして乾燥機が故障することがある。

3. 遠心分離器

遠心分離器は、けん濁液から速やかに沈殿を沈降させるために用いる。異常動作時の危険性が高いため、定期自主点検が義務付けられている。使用前に点検簿の内容を確認し、使用時は使用簿に必要事項を記入する。

遠心（回転）時に大きな力がかかるので専用のスピッツ管を用いなければならない。ガラス製のスピッツ管を使用する前には必ず傷の有無を調べ、傷のあるものは廃棄する。水性けん濁液や生物系試料の場合、プラスチック製の使い捨て型スピッツ管を使用することが多い。ローターは高速回転するため、ローター部分の重心が常に回転軸上にななければならない。試料が1本のスピッツ管で十分な場合でも等量の2本に分けるか、等量の溶液を満たしたもう1本のスピッツ管を用意して、重量バランスを確認し2本を軸対称の位置にセットする。複数のスピッツ管を使用する場合は、重心が回転軸上に来るように配置する。運転中は回転音に注意し、大きな音や異常な音がしたら運転を中止する。ローターを外して再装着した場合は、運転を開始前に止め忘れやずれがないかを確認する。

4. 高圧ガス容器（ガスボンベ）

ガスボンベは、高圧ガス（「高圧ガス保安法」で規定されている高圧圧縮ガスまたは液化ガス）が詰められた容器のことを言う。日本では高圧ガスを詰めたものを総称してガスボンベと呼んでいるが、ボンベ（bombe）の由来はドイツ語で、爆発の形が円形のことから擬音の方を取って円形のガス容器に名付けられたものと思われる。爆発時の音と、敵に対する皮肉な贈り物の意味で飛行機から投下する爆弾を（bomb）というのもこのあたりの由来による。英語圏では、高圧ガス充填容器はその形によりそれぞれ別の呼称があるが、実験室で見られる業務用の縦型円柱状高圧ガス容器はシリンダー（cylinder）と呼ばれる。

【設置・保管】ガスボンベは地震対策のため、上下2箇所をチェーンで壁やボンベ架台に固定する。ガスの購入量は必要最小限とし、耐用年数を経過したボンベや不要なボンベは速やかに返却する。

【移動】内容物が「高圧ガス保安法」以外の法令による規制を受ける場合を除いて、ガスボンベの内容物を消費する行為そのものに規制はないが、高圧ガス容器の貯蔵と移動は「高圧ガス保安法」の規制を受けており、違反には罰則が適用される場合がある。高圧ガス容器の移動について、次の行為は法律上禁止されている。

- ✓ 公道上を内容物の充填された高圧容器と同室内で移動すること。（車の助手席や後部座席に高圧ガス容器を載せて移動することは禁止。トラックの荷台に置く場合は、よく見えるように

高压ガスとそのガス名を表示する.)

✓ 移動中密室になるところで内容物の充填された高压容器と人が同室すること。

移動する際には、必ず元栓を閉めてレギュレーターを外し、安全靴を着用しボンベキャリアーを用いて作業する。

【使用】

ガスボンベを使用する際は、ガスの種類に適合した減圧のためのレギュレーター（減圧器）を取り付けなければならない。塩素、塩化水素やアンモニアなどの腐食性ガスの場合は、耐腐食性のダイヤフラム式のレギュレーターを用いる。地震等災害発生時の対策として、ガスボンベは、必ず固定または転倒防止策を講じて保管・使用する。レギュレーターを取り付けたガスボンベの移動は厳禁である。ボンベ転倒時にレギュレーターが破損しやすく、ガス漏出の原因となる。転倒によりレギュレーターごとボンベの元バルブを破損した結果、内容物が一気に放出されてボンベがロケットのように飛んだ事故もある。

高压ガス保安法により、市販ボンベは業者による定期的な耐圧検査（漏えい試験）が課されている。漏えい試験の合格基準は、ボンベの元バルブを全開及び全閉にした時に漏えいがないことである。言い換えれば、元バルブが半開の状態でも元バルブ部分からガスの漏えいがあったとしても業者に責任はない。使用時はガスボンベの元バルブを必ず全開にしなければならない。これを怠ったために、通常は半年以上使用できる量の水素ボンベが一日で空になったことがある。

誤用防止のため、ガスの種別ごとにボンベに決まりがある。第一に、ボンベの半分以上の面積にガスの種類で定められた色を塗る。（消火器は一般には赤色を塗ってあるのに、炭酸ガス消火器は下半分以上が緑色に塗ってあるのはこのためである。）第二に、水素とヘリウムはレギュレーター取り付け部が他のガスと逆ねじになっている。また、ボンベの開口部の規格が同じガスでも異なっている場合があるが、専用の変換アダプターを取り付けて使うことができる。以下に高压ガスの個別の注意を述べる。

- ① **不活性ガス**（アルゴン、窒素、ヘリウム、空気など）：マンガン鋼の継ぎ目のない**ネズミ色**のボンベに充填されている。出荷時は高压のもので約 14.7 MPa（150 気圧）で充填されている。ヘリウムは逆ねじになっている。レギュレーターの付け替え作業中は、急激なガス漏えいの可能性があるため、必ず戸口を開放し、窒息の危険を防止する。レギュレーターの付け替え後は必ず接続部分のガス漏れ検査をしておく。漏えい検査のためのスプレー式検査具が市販されている。漏えい検査で見過ごしがちな部分は圧力計部分である。圧力計は、内部の真鍮製の曲がったホーン状（羊の角状）のブルドン管に気体が充満するとその圧力で管が伸びようとする力を測っている。このブルドン管は薄い真鍮の管なので穴が開きやすい。
- ② **酸素**：マンガン鋼の継ぎ目のない**黒色**のボンベに充填されている。出荷時は高压のもので約 14.7 MPa（150 気圧）で充填されている。
- ③ **炭酸ガス**：マンガン鋼の継ぎ目のない**緑色**のボンベに充填されている。出荷時は高压のもので約 14.7 MPa（150 気圧）で充填されている。ドライアイス作製などで液化炭酸ガスを使用する場合のためのサイフォン式ボンベもある。サイフォン式ボンベは必ず立てて使用する。
- ④ **水素**：マンガン鋼の継ぎ目のない**赤色**のボンベに充填されている。出荷時は高压のもので約

14.7 MPa（150 気圧）で充填されている。水素は金属と結合しやすいうえに浸透性が良く、水素が浸透した金属は大変脆くなる（水素脆性）ため、水素ガス用に使用可能な金属は限られている。水素ボンベは逆ねじで、水素ガス専用のレギュレーターと配管が必要になる。

- ⑤ **塩素**：マンガン鋼の継ぎ目のない**黄色**のボンベに充填されている。腐食性ガスであり、ダイヤフラム式の専用レギュレーターを使う。
- ⑥ **アンモニア**：白色の継ぎ目容器に液化して充填してある。**液体と気体がボンベ中に混在しているので、必ず立てて転倒防止策を講じて保管・使用する**。腐食性ガスであり、ダイヤフラム式のレギュレーターを使う。
- ⑦ **アセチレンガス**：褐色の継ぎ目容器に溶剤に吸収させて充填してある。溶剤にはアセトンやジメチルホルムアミドが用いられるが、経費の点からアセトンが一般的である。**液体と気体がボンベ中に混在しているので、必ず立てて転倒防止策を講じて保管・使用する**。溶接用アセチレンバーナーはボンベから直接出るガスを用いることができるが、化学反応の目的には、精製が必要となる。精製にはドライアイス-アセトンバスで冷却したトラップを用いるのが簡単である。
- ⑧ **塩化水素ガス**：マンガン鋼の継ぎ目のない**ネズミ色**のボンベに充填されている。腐食性ガスであり、ダイヤフラム式のレギュレーターを使う。
- ⑨ **メタンガス、エタンガス**：マンガン鋼の継ぎ目のない**ネズミ色**のボンベに充填されている。出荷時は高圧のもので約 14.7 MPa（150 気圧）で充填されている。可燃性ガスである。
- ⑩ **プロパンガス**：**ネズミ色**の継ぎ目容器に液化して充填してある。可燃性ガスである。
- ⑪ **液体窒素・液体ヘリウム**：寒剤・冷媒に用いられる液体窒素、液体ヘリウムは、（圧力は低い）が液化ガスであるため**法律上は高圧ガス**となる。高圧ガス保安法に基づく講習を受講してから慎重に正しく使用する。液体窒素はコールドトラップ用冷媒として頻繁に用いられるが、低温やけどや窒息の事故例が多い。取扱時は安全眼鏡と低温用革手袋等の保護具を着用する。ステンレス製の小型デュワー容器（0.5～20 リットル）が通常用いられる。一部でガラス製デュワーが使用されているが、衝撃やクラックで爆発した例が数多く報告されている。エレベーターに液体窒素、液体ヘリウムと同乗してはならない。閉じこめられた時や容器が倒れたとき、窒息の危険がある。ヘリウム回収ラインは使用する度にリークや詰まりがないかを確認する。

5. 局所排気装置（ドラフト）

有害蒸気や粉じんを発生する可能性のある作業（劇物、毒物、有機溶媒、シリカゲル、アルミナなどの取扱）は、ドラフト中で行う。ドラフトは定期自主点検が義務付けられている。ドラフトの使用方法を誤ると期待する効果が得られない。以下の注意を必ず守る。

- ① ドラフトフード内に頭を入れて作業してはならない。
- ② 作業内容・取扱物質の性状に適合したドラフトを使用する。ドラフトの適合条件は指導者に相談する。
- ③ **加熱や混合の操作をする場合、ドラフトの前に座って操作してはならない**。顔の真正面に反応装置が来ることになり、事故発生時たいへん危険である。
- ④ フードの開口面積は最小にして作業する。ドラフトには風速が 0.4m/s になる位置が開口部に示してあるので、作業中はこの位置より開口部を小さくして使用する。

- ⑤ 作業しないときは、フードの開口を最小にする。
- ⑥ ドラフト内に必要以外の物品を置かない。特に開口部付近とドラフト奥の吸気口付近に物品を置いてはならない。ドラフト内の物品は気流の障害となり、排気気流を乱してドラフト内の有害蒸気が漏れだすことがある。
- ⑦ フードの開口量によって風速が変化するので、加熱実験の場合は温度が大きく変化する可能性がある。通常ドラフトは共用なので、開口位置と注意喚起を表示し、温度管理に注意する。
- ⑧ ドラフトを過信しない。定期自主点検を行っているドラフトであっても、ファンベルトが切れるなどのトラブルが使用直前に起こる場合があるので、必ずドラフトの**動作を使用前に確認**する。開口部を規定位置にして、キムワイプなどをかざして吸気風量を確認する。

6. 静電気とその対策

静電気によるスパーク放電は、粉じん爆発や有機溶剤への引火など災害の原因となる。また、静電気のスパークは、コンピューターや精密機器を電氣的に破壊する可能性がある。異種の物質が擦れ合うと多かれ少なかれ帯電し、これを一部分に集積する金属部分があるとスパークが飛ぶ。実験室では必ずアースなどの静電気対策を行い、事故を予防しなければならない。

- ① 静電気・漏電の対策として、装置・機械類の電源にはアース付のコンセントを使用する。
- ② 装置・機械類にアース端子がある場合は、アースコードを接続して接地する。特に高圧電源の機器や液体・気体を装置内で使用する装置は必ずアース接続しなければならない。アースを決してガス管・水道管に接続してはならない。
- ③ 電源を用いない装置でもガラス管や金属管中に有機溶媒が流れる構造を有する場合、摩擦による静電気が発生しスパークによる事故が起こる可能性がある。このような装置類は必ず金属部分をアースする。（事故例有り）
- ④ 静電気による事故の防止のため、ドラフトなどを利用し可燃性の蒸気や粉体が飛散しないように作業を行う。
- ⑤ 5L以上の有機溶剤・有機系廃液（特に、危険物4類：特殊引火物）を保管・使用する場合は、金属線を容器または液中に接続し、アースする。特にジエチルエーテル（危険物4類：特殊引火物）などを金属容器から使用する際には必ずアースが必要である。人から金属容器にスパーク放電し引火する可能性があるため、容器のふたを開ける前に必ず除電するよう心がける。有機溶剤や有機廃液が静電気で引火炎上した事故例が多数有る。（ガソリンスタンドで給油中に静電気で発火する事故もこれに相当する。）
- ⑥ 人に起因する静電気の多くは、衣服の組み合わせで起こる。綿繊維は、保水率が高く静電気の発生が抑制できる。絹、ナイロン、静電気防止加工のないポリエステル繊維や混紡は帯電しやすい。特に、冬季の乾燥時には静電気に対する注意が必要である。部屋の湿度を高めに保持することは静電気予防効果がある。
- ⑦ 静電気事故につながるような作業場では、静電気防止加工された作業着・除電靴を着用する。出入口・作業場所への除電シートの設置も効果がある。作業する前には、床と接触のある金属製（木製でも効果がある）の家具や扉、配管などに触れて除電する。

IV. 機器分析装置使用時の安全

ほとんどの機器分析装置には、メーカーにより適切な安全装置が装備されており、操作説明書通りに安全に取り扱う限り、事故はほとんど避けられる。しかし、機器の潜在危険性について全く知識を持たないことは、誤って「非常識な」危険操作・行動を行う可能性を生む。操作に習熟した者であっても、油断や無理解が危険な事故を発生させることは、事故例を見ても明らかである。高電圧や高熱を発する部分を有する場合には、感電・やけど・火災予防の措置をする必要がある。どこにどのような危険があるか把握し、対策しておくことが事故の発生を予防する。この章では、化学実験に用いられる主要な機器分析装置について、その危険性を指摘し、使用者が安全な操作を行うことを期待する。

機器を使用する場合は、取扱に先立ち、機器管理責任者による安全講習を受講しなければならない。使用時は、それぞれの機器について定められた規則に従い十分な注意を払う。

機器の地震対策

多くの機器分析装置は、重量があり設置面との静止摩擦が大きく、地震の振動で動くとは予想しがたいかも知れない。だが、運動時の摩擦は静止摩擦に比べて非常に小さいので、一旦動き始めると重量物ゆえに慣性も大きく、手が付けられなくなる。地震に対する備えとして、重量のある機器類は設置面にアンカーボルト等で固定するべきである。地震発生時には、固定が不十分な装置類から迅速に待避するべきである。

機器を長期間使用しない場合も、設置方法・収納箇所の安全には十分に配慮する必要がある。

1. 分光光度計（可視紫外分光光度計・蛍光光度計・赤外分光光度計 等）

市販されている分光光度計はパッケージ化され、通常の使用での危険がないように設計されている。分光光度計は、プローブ光として紫外線や赤外線などの光発生装置を有している。これらは、眼や皮膚に対して有害であるが、通常防護カバーがあり、直接照射されることはない。ランプ交換や調整などの目的で、安全装置・カバーを解除する場合は、紫外線保護眼鏡を着用するなど、マニュアルに従い安全に十分配慮する。

2. ガスクロマトグラフィ (GC)・液体クロマトグラフィ (LC)・ストップフロー (SF)

使用前に配管や接続部を点検し、漏れやクラックがないことを確認する。GC・LC・SF 装置使用時は安全眼鏡を必ず着用する。LC・SF で漏れがあると、有機溶剤が激しく飛び散り眼に入る等の事故の可能性がある。流路やカラムは必ず詰まりがないものを使用する。破裂のおそれがあるので、HPLC においてガラス製カラムを使用してはならない。GC・LC 装置には、高圧や高温の部分がある。GC・LC の主要な高温部は安全のためシールドされているので、高温運転時にシールドを開けてはならない。GC のキャリアーガス、LC の溶媒が可燃性の場合、装置とドレインに静電気防止の接地が行われていることを確認する。中毒・かぶれ・火災防止のため、LC・SF の廃液は利用者が使用ごとに速やかに処理する。GC・LC の設置箇所には、必ず消火設備または消火器を用意する。

3. 熱分析装置（融点測定装置・示差熱分析装置 等）

熱分析装置は、通常発熱部にカバーがあり、高温部に触れないように設計されている。高温を加えた後、十分に冷却する前に試料や試料保持部に触れてはならない。また、試料保持部が汚染されることが多いので、使用時に注意するとともに、クリーニングやメンテナンスを必ず行う。融点測定装置は電熱器の一種であるので、電源容量に注意し、たこ足配線をしない。

4. 質量分析装置（EI-MS, GC-MS, LC-MS, TOF-MS, Q-MS, ICP-MS 等）

質量分析装置は、高真空のチャンバーと高磁場・高電圧を有するが、パッケージ化されており、操作者にあらわな危険がないように設計されている。付帯装置でキャリアーガス等を用いる場合は、ガスの性質とボンベ等の取扱に配慮が必要である。有害性を有するガスや溶媒を使用する場合は、機器責任者の許可を得るとともに、立入禁止の標識や作業内容の表示を行わなければならない。

通常、機器担当者以外の一般利用者が直面する危険は少ないが、異常を感じた場合は直ちに機器責任者に連絡する。停電時は通常安全装置が働くが、速やかに機器担当者に連絡し指示を仰ぐ。

5. 核磁気共鳴装置（NMR）

NMR は現代の化学分析に必須の装置となったが、その大型化・高性能化に伴い、潜在危険性も増大しており、十分な注意が必要である。最大の危険要因は、強磁場と大量の冷媒の使用である。災害や異常発生時には、短時間で生命を脅かす危険な状況に陥る可能性があるので、常に避難路を確保しておくことが重要である。異常を感じた場合は、直ちに部屋から退去し、機器担当者に連絡する。特に、大きな揺れを伴う地震発生時は直ちに室外に退去すべきである。NMR に関連する死亡事故例（主に窒息）が多数ある。NMR 室は常時十分換気するとともに、酸素濃度モニターや酸素濃度低下警報装置を設置し、万一の事故に備える。

- ① NMR 室の出入口付近に、転倒の可能性のある棚、ボンベ、大型のデュワーなど災害発生時に避難路をふさぐ可能性のある物品を置いてはならない。出入り口ドアは外開きにすべきである。なぜなら、人は意識朦朧時に内開きのドアから待避することが困難となるからである。
- ② NMR が設置された部屋に入室する場合、決して金属製の道具を持ち込んではいけない。金属製品は、磁場に引き寄せられ事故を誘発するかもしれない。キャスターなどの転がりやすいもの、固定していない金属製の重量物（ガスボンベなど）は特に危険である。金属製品が超電導磁石に引き寄せられた場合、クエンチを誘発し多量の気化ガスが発生する可能性がある。
- ③ NMR は、超電導磁石の冷却のため大量の冷媒（液体ヘリウム・液体窒素：He, N₂）を使用している。NMR では、冷媒の大量気化による室内の酸素濃度低下の危険が常にある。また、気化した冷媒を室外に逃がすための排気管がほこりや氷結によって閉塞する場合があります。破裂・爆発の危険がある。排気が正しく流出していることを常に確認しなければならない。
- ④ NMR において、温度可変等の特殊測定を行う場合、通常より多量の気化ガスが発生するので、酸素濃度が低下する可能性がある。窒息防止のため、換気に十分配慮する。
- ⑤ 大規模地震が発生した場合、超電導磁石が倒壊する可能性がある。（阪神大震災で例あり。）倒壊に至らなくとも、強い振動や配管の損傷などで、クエンチ（超伝導状態の破壊）や冷媒の急速な気化が起こる可能性があり、爆発や窒息の危険がある。

- ⑥ NMR では試料管の出し入れに圧縮空気を用いる場合が多いが、コンプレッサーから NMR、排気に至る配管がほこりやゴミ等で詰まることがある。この場合、通常は安全弁が作動するが、不意に NMR 試料管が飛び出す可能性がある。配管は日頃から手入れし、異常時には機器担当者に連絡する。事故予防のため、室内は清潔・清浄を保ち、定期的に清掃を行う必要がある。

事故例①：MRI（磁気共鳴画像診断装置）を廃棄するため、事故前日に通常は取外す事のない安全シールド（破裂板）を取り除いた。その結果、大気がヘリウムデュワー容器に吸引されて氷結を起こし、ヘリウムガスの排出経路を閉塞した。事故当日、その状態でデュワーの真空バルブを開放した。デュワーの断熱性が破られ急速な温度上昇により He が急速に気化し、容器内部圧力の増大により爆発した。病院職員ら 8 人が重軽傷。（作業手順書の不確認。安全配慮義務違反。）

事故例②：脳腫瘍の摘出手術を行った 6 歳の男児が、術後の検査のために MRI 検査室にいた。摘出手術は 1 週間ほど前に行われており、MRI 検査は術後に行う検査としては一般的なものであった。MRI 検査中は身体が動いてはならないので、この男児には麻酔が与えられ、MRI 装置内に横たわっていた。このとき室内に何らかの理由で持ち込まれ放置されていた磁性体金属製の酸素ボンベが、検査中の MRI 装置内の磁石に引きつけられ、装置内にいた男児の頭部を直撃した。鈍器による脳の損傷、頭蓋骨骨折、および脳内出血で男児は 2 日後に死亡した。酸素ボンベは消火器程度の大きさであったが、磁化されたことにより時速 32～48km で引きつけられたと考えられる。

※酸素ボンベを始め MRI 検査室内に持ち込む器具類には非磁性の専用のものが必要となる。通常の金属製酸素ボンベを誤って MRI 室内に持ち込んでしまい、磁場で吸い付けられた酸素ボンベが飛び MRI 装置を直撃し破壊するという事故例も報告されている。他にもホーロー製トレーなどが飛んだ報告例あり。

事故例③：酸素欠乏

- ・NMR に冷媒（液体窒素）補填作業中に作業員が酸欠で死亡。部屋に窓はなく扉は閉め切られていた。充填中に発生した窒素ガスが部屋内に充満し、酸欠に至った。（換気不十分による窒息）

- ・クエンチによる酸欠・窒息：クエンチが起きると、大量の液体ヘリウムが一気に蒸発する。そのため、NMR 室内の酸素濃度が急速に低下して酸欠・窒息する可能性がある。危険を感じたら、速やかに室外に待避しなければならない。

6. 電子スピン共鳴装置（ESR）

X-band, Q-band クラスの ESR 装置の電磁石が発生する磁場の到達範囲は、装置の周囲：1～2 m 程度であり、また重量物を引き寄せるほどの漏洩磁力を発生しないので、超伝導 NMR に比較すると危険性は少ない。しかし、磁極近傍に金属製品を近づければ引き寄せられて事故が発生する可能性がある。（磁極内ではさみやカッターをとばす事故例多数あり。）

電磁石の電源など高電圧や大電流が印加されている箇所があるので、シールドされた部分に金属を差し入れたり、水などの液体がかかることは避けなければならない。停電時は直ちに主電源を切り、機器担当者に連絡して再送電に備える。

低温測定などで冷媒やキャリアーガスを使用する場合には、窒息を避けるために換気に十分注意して密室にならないようにするとともに、避難路を確保しておかなければならない。

7. 高真空装置

ロータリーポンプの排気系統にはオイルミストトラップを設置し、ゴム管または塩ビ管でダクトに接続して排気を外部に排出する。亀裂等のない品質の高いゴム管・塩ビ管を使用し、脱落や電気コードとの接触がないように注意する。ガラス製の真空ラインなどを使用する場合は、使用前にクラック等がないか十分に点検する。クラックにより減圧時に衝撃で爆縮する可能性がある。

真空チャンバーなどの金属製真空装置は、重量があるため、固定やチャンバーの傷みに注意する。作業中は安全靴を着用すべきである。チャンバーのふた等の重量物を足下に落下させる事故が多数報告されている。真空ポンプの回転部に衣服が巻き込まれる事故も多い。真空装置には高温部・高電圧印加部が存在するので、該当箇所には表示を行い、防護カバーをつけるなど、部外者にも一目で危険箇所が判別できるように配慮する。コールドトラップなどで冷媒を使用する場合は、保護具を着用して取り扱い、窒息や中毒が発生しないように換気に十分配慮する。トラップに蓄積した揮発性物質を処分する場合も、安全眼鏡・保護具を着用し十分な注意をして作業しなければならない（爆発事故例有り）。装置で可燃性ガスを取り扱う場合には、装置に接地し作業前に除電するなど、静電気対策を行わなければならない。真空蒸着等で特殊ガスを使用する場合は、危険性について十分な調査を行い、部局長及び学長に使用について届け出るとともに、ポンプの排気なども含めて安全対策と安全教育を徹底し、事故を予防する。（重大事故例有り）

停電時は、真空系が急速に破れ気体やポンプオイルの逆流などが生じる可能性があるため、直ちにバルブを閉じる。（非常時に閉じる必要のあるバルブを表示しておく。）

8. X線回折装置

X線発生装置を取り扱うためには、安全講習を受講しX線取扱者として登録・許可され、使用時には放射線被曝線量を測定するバッジを着用しなければならない。X線発生源を持つ装置には、X線防御シールドが装備されている。装置は、シールドが開いた状態ではX線が発生しないように設計されている（インターロック）。機器管理者はメンテナンスや調整の目的で安全装置を解除する場合があるが、このとき必ず立入禁止の表示などを行い、他者が被爆しないように配慮しなければならない。どのような場合でも、許可者以外は管理区域に立ち入ってはならない。停電時は、装置には触らず速やかに機器担当者に連絡し指示を仰ぐ。

X線発生装置で多い事故は、意外にも漏水と窒息である。X線発生装置を使用する部屋は、その性質上扉を閉め切ることが多く、密室になりやすい。また、外部から室内の状況がわかりにくく、事故の発見が遅れる場合がある。十分な換気が行われない状態での長時間の作業は危険である。特に試料の冷却に冷媒等を使用する場合は、十分な換気を行わなければならない。（事故例あり）

【事故例】X線結晶回折装置の低温測定時の窒息事故

X線回折装置で、試料の冷却に液体窒素からの冷却窒素ガスを大量に使用していた。窓はなく扉は閉められており部屋が密室状態であったため、酸欠（または急性中毒）により意識を失った。（扉に透明な窓があったため）幸い通りがかりの人が気づき、救助し命に別状はなかった。

※大量の窒素ガスが発生する実験では、換気に十分注意しなければならない。強制換気を使用し、扉は開けたままにする。事前に作業手順を確認する。

9. レーザー（加工用レーザー、レーザー分光装置、レーザー顕微鏡、レーザーポインター）

レーザー光は位相の揃った指向性の高い電磁波であり、通常の光に比べてエネルギー密度が高い。レーザー光は、半導体レーザーのように出力がかなり小さくても、眼に対しては致命的なダメージを与える可能性が高い。最も深刻な眼障害は網膜損傷など、眼底に及ぶものである。可視波長のレーザー光は単に眼球を透過するばかりではなく、水晶体のレンズにより集光されるため、眼底に大きなダメージを及ぼす。レーザーポインターの光でも直接目に入るとダメージを受ける。一方、紫外・赤外のレーザー光は、目に見えないので光線の所在が分からず大変危険である。レーザー使用時は必ず使用するレーザーの波長・出力に適合する専用の保護眼鏡を着用する。ミラー等によりレーザーの光路を変化させる場合は、光路の行き先に十分配慮する必要がある。停電時は通常レーザーのインターロックが働くが、念のため速やかに主電源を切る。地震発生時は、光路が振動で移動し不定になる可能性があり大変危険であるので、速やかにブレーカーまたは主電源を切る。

- ① レーザーを取り扱う実験室・作業場には、出入り口付近に危険の所在とレーザーの種類等について表示する。
- ② レーザー使用中は、警告のための立札・表示板等を掲げ、周囲の人に注意を喚起する。
- ③ レーザー使用時には、必ずそのレーザーの波長・出力に適合した保護眼鏡を着用する。
- ④ 保護眼鏡を装着した場合でも、絶対にレーザービームをのぞき込んではいけない。
- ⑤ レーザー光の光路は目の高さを避ける。人がかがむ場合も考慮して、腹の位置（1 m 程度）以下の高さにする。
- ⑥ 光学調整はレーザー光の強度を弱めて行う。暗所では瞳孔が大きく開くため、網膜に達する光量が多くなり危険である。調整時は室内を明るくする方がよい。
- ⑦ フルパワーで出力中のレーザーを移動させてはならない。
- ⑧ 腕時計やガラス器具など鏡面反射を起こす物体を、レーザー光の近くに持ち込まない。
- ⑨ 予期せぬ方向にレーザー光が反射・散乱しないように、光路の終端には遮蔽物（出力が大きい場合は不燃物で鏡面反射が起こらないもの）を置く。
- ⑩ 講演中にレーザーポインターを聴衆に向けてはならない。（事故例多数報告あり）

事故例①：レーザー使用中の事故

He-Ne レーザー光を眼に入れた。緑色レーザーで眼や身体に異常を来たした。銅蒸気レーザー装置の取扱いで火傷、感電した。CO₂、Nd:YAG レーザーで手の平を火傷した。CO₂、Nd:YAG レーザーで対象物が破壊・飛散し、怪我をしそうになった。

事故例②：実験用 YAG レーザーの誤照射による外傷（光産業技術振興協会 1999-03 報告より）

- * 患者：21 歳，男 大学生
- * 受傷場所・部位：講座の研究室，右眼
- * 状況：透明材料にレーザーを照射し，その物性を調べる実験中。レーザー装置（YAG レーザー，パルス繰り返し，平均出力 3～4W）からでた光の光路のミラーを調整中，手が滑ってミラーの方向が実験者の眼の方向に向いた。防護メガネなどの装備も用意してあったが，受傷時はかけていなかった。
- * 所見：黄斑部に直径 1mm 以上の損傷が生じた。眼底出血の有無は不明。詳細は不明であるが黄斑円孔の手術を受け，そのあと網膜剥離を発生し，2 回の光凝固，2 回の網膜剥離手術を受けている。症状の改善はない。視力は現在右 0.06，左は 1.2，前年は 1.5，1.5 であった。

実験等廃液回収について

※詳細は、「愛媛大学における排水、廃液についての手引」を参照のこと。

1. 類分の整理

[illegible]

2. 廢液容器等

(1) 容易への表示

- ① 留置の手續にはピニール2面書き以上で、以下の色別表示をする。
- ・留置の有無(押田表)の地区表示
 - ・留置の分類番号

[illegible]

② 東京の理髪店に、「横浜の分類番号」又は「横浜名」を登録の2箇所(面)以上に明示する。

- ・無機系濃液：①～⑤又は「水銀濃液」「アルカリ濃液」(番号と濃液名の併記も可。)
・有機系濃液：①～⑯又は「難燃性濃液」「番号と濃液名の併記も可。)

③所有者(使用者)が、明確となるように図解に明示する。
例)工事開始00日作業の機会：内閣審議(必ず)、「工・〇〇研」又は所在地を自費が分かる文書、配車、記録、イラスト等
所有権(使用者)「工・〇〇研」：建設法第9条、第10条及び第11条の規定による。

- 例) 工手印 → 明久三の印: [1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [6](#) [7](#) [8](#) [9](#) [10](#) [11](#) [12](#) [13](#) [14](#) [15](#) [16](#) [17](#) [18](#) [19](#) [20](#) [21](#) [22](#) [23](#) [24](#) [25](#) [26](#) [27](#) [28](#) [29](#) [30](#) [31](#) [32](#) [33](#) [34](#) [35](#) [36](#) [37](#) [38](#) [39](#) [40](#) [41](#) [42](#) [43](#) [44](#) [45](#) [46](#) [47](#) [48](#) [49](#) [50](#) [51](#) [52](#) [53](#) [54](#) [55](#) [56](#) [57](#) [58](#) [59](#) [60](#) [61](#) [62](#) [63](#) [64](#) [65](#) [66](#) [67](#) [68](#) [69](#) [70](#) [71](#) [72](#) [73](#) [74](#) [75](#) [76](#) [77](#) [78](#) [79](#) [80](#) [81](#) [82](#) [83](#) [84](#) [85](#) [86](#) [87](#) [88](#) [89](#) [90](#) [91](#) [92](#) [93](#) [94](#) [95](#) [96](#) [97](#) [98](#) [99](#) [100](#) [101](#) [102](#) [103](#) [104](#) [105](#) [106](#) [107](#) [108](#) [109](#) [110](#) [111](#) [112](#) [113](#) [114](#) [115](#) [116](#) [117](#) [118](#) [119](#) [120](#) [121](#) [122](#) [123](#) [124](#) [125](#) [126](#) [127](#) [128](#) [129](#) [130](#) [131](#) [132](#) [133](#) [134](#) [135](#) [136](#) [137](#) [138](#) [139](#) [140](#) [141](#) [142](#) [143](#) [144](#) [145](#) [146](#) [147](#) [148](#) [149](#) [150](#) [151](#) [152](#) [153](#) [154](#) [155](#) [156](#) [157](#) [158](#) [159](#) [160](#) [161](#) [162](#) [163](#) [164](#) [165](#) [166](#) [167](#) [168](#) [169](#) [170](#) [171](#) [172](#) [173](#) [174](#) [175](#) [176](#) [177](#) [178](#) [179](#) [180](#) [181](#) [182](#) [183](#) [184](#) [185](#) [186](#) [187](#) [188](#) [189](#) [190](#) [191](#) [192](#) [193](#) [194](#) [195](#) [196](#) [197](#) [198](#) [199](#) [200](#) [201](#) [202](#) [203](#) [204](#) [205](#) [206](#) [207](#) [208](#) [209](#) [210](#) [211](#) [212](#) [213](#) [214](#) [215](#) [216](#) [217](#) [218](#) [219](#) [220](#) [221](#) [222](#) [223](#) [224](#) [225](#) [226](#) [227](#) [228](#) [229](#) [230](#) [231](#) [232](#) [233](#) [234](#) [235](#) [236](#) [237](#) [238](#) [239](#) [240](#) [241](#) [242](#) [243](#) [244](#) [245](#) [246](#) [247](#) [248](#) [249](#) [250](#) [251](#) [252](#) [253](#) [254](#) [255](#) [256](#) [257](#) [258](#) [259](#) [260](#) [261](#) [262](#) [263](#) [264](#) [265](#) [266](#) [267](#) [268](#) [269](#) [270](#) [271](#) [272](#) [273](#) [274](#) [275](#) [276](#) [277](#) [278](#) [279](#) [280](#) [281](#) [282](#) [283](#) [284](#) [285](#) [286](#) [287](#) [288](#) [289](#) [290](#) [291](#) [292](#) [293](#) [294](#) [295](#) [296](#) [297](#) [298](#) [299](#) [300](#) [301](#) [302](#) [303](#) [304](#) [305](#) [306](#) [307](#) [308](#) [309](#) [310](#) [311](#) [312](#) [313](#) [314](#) [315](#) [316](#) [317](#) [318](#) [319](#) [320](#) [321](#) [322](#) [323](#) [324](#) [325](#) [326](#) [327](#) [328](#) [329](#) [330](#) [331](#) [332](#) [333](#) [334](#) [335](#) [336](#) [337](#) [338](#) [339](#) [340](#) [341](#) [342](#) [343](#) [344](#) [345](#) [346](#) [347](#) [348](#) [349](#) [350](#) [351](#) [352](#) [353](#) [354](#) [355](#) [356](#) [357](#) [358](#) [359](#) [360](#) [361](#) [362](#) [363](#) [364](#) [365](#) [366](#) [367](#) [368](#) [369](#) [370](#) [371](#) [372](#) [373](#) [374](#) [375](#) [376](#) [377](#) [378](#) [379](#) [380](#) [381](#) [382](#) [383](#) [384](#) [385](#) [386](#) [387](#) [388](#) [389](#) [390](#) [391](#) [392](#) [393](#) [394](#) [395](#) [396](#) [397](#) [398](#) [399](#) [400](#) [401](#) [402](#) [403](#) [404](#) [405](#) [406](#) [407](#) [408](#) [409](#) [410](#) [411](#) [412](#) [413](#) [414](#) [415](#) [416](#) [417](#) [418](#) [419</](#)

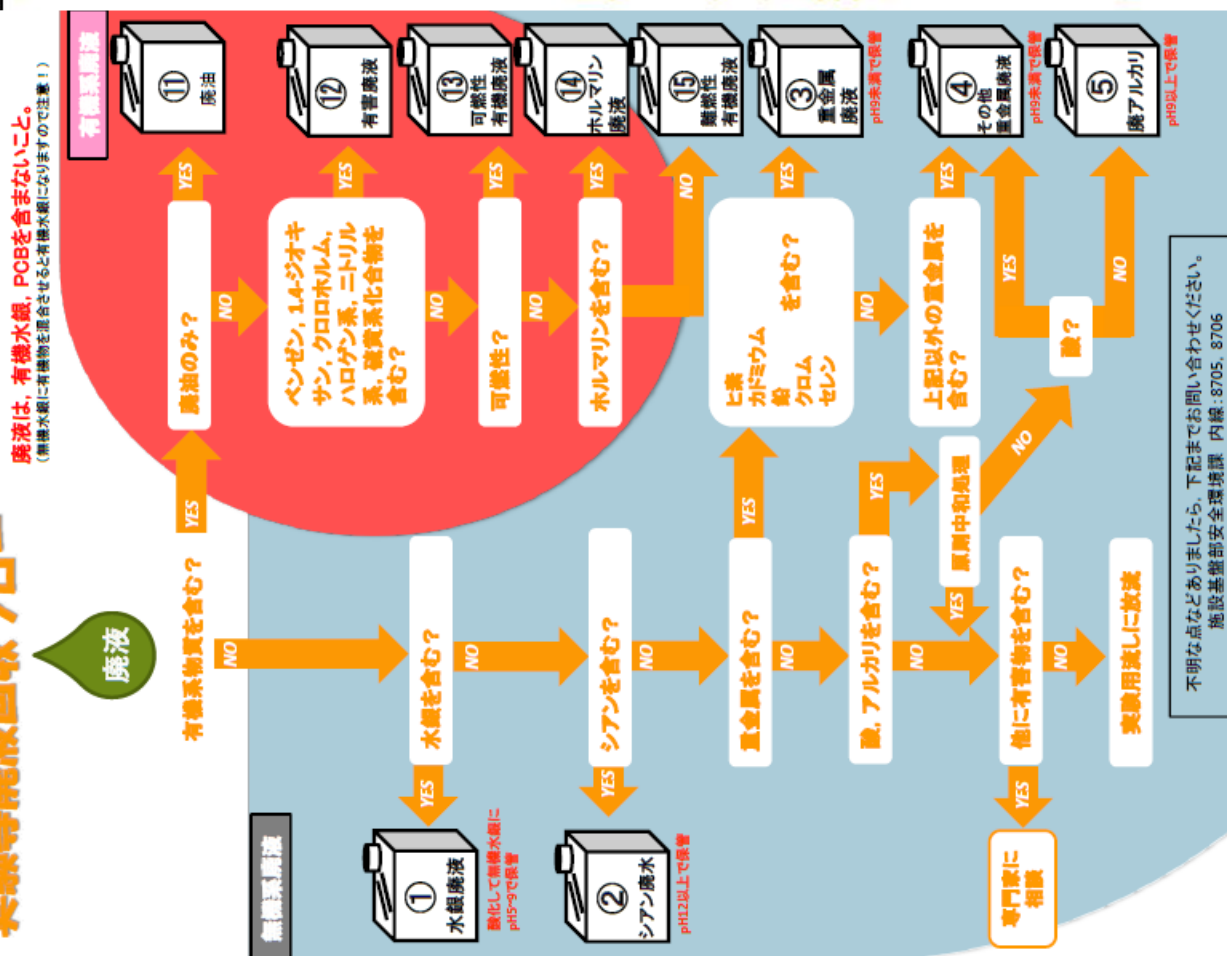
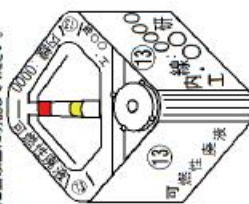
3. 廢液回收場所、日時

[illegible]

4. その他

- ① 廃液は、有機水銀、PCBを含まないこと。
- ② 廃液は、粘度が異常に高くないこと。
- ③ 無機系廃液は、有機溶質をできるだけ含まないこと。
- ④ 有機系廃液は、塩酸、硫酸、硝酸等の腐食性物質をできるだけ含まないこと。

例) 文京町3番地区の工學部○○研究室から酢酸を含む有機系の可燃性廃液を出したい場合。



ゴミ（廃棄物）の分別

A. 【一般ゴミ】 実験以外の日常のゴミは、下記の分別に従い廃棄する。（ゴミ袋に搬出元を表示する）



【可燃ゴミ】（黄色ゴミ袋）
再利用できないゴミ
可燃ゴミに、段ボール・書類・シュレッダーくずを入れない。

【資源化ゴミ】（無色透明袋）
飲料の瓶・缶
それぞれ分別し資源ゴミ置場に

【金属・ガラス】（無色透明袋）
金属・ガラス・ガラス製試薬瓶
それぞれ分別して袋に入れる

【回収紙ゴミ・段ボール】（段ボール箱では出さないで、紐で縛るか、無色透明のゴミ袋を使用する）

1. 【段ボール】：紙とは分けて縛り、段ボール回収指定場所へ。
2. 【シュレッダーくず】：無色透明のゴミ袋（搬出元表示）に入れ、紙ゴミ保管場所に。
3. 【新聞・雑誌類・書類・コピー等】：新聞、本・冊子、書類、雑用紙など、種別・大きさ別（A4など）に分けてビニール紐・紙紐で縛る。紙袋を使用した場合も紐で縛る。

B. 【実験系ゴミ】 実験の廃棄物は、必ず一般ゴミとは分け、分別し指定の容器に入れる。（搬出元表示）

1. 【医療用廃棄物】：実験の廃棄物（実験用のガラス、プラスチック、ポリ製試薬瓶、使い捨ての手袋・マスク、試薬で汚染された可能性がある口紙・紙・布類・実験器具類）は、（可能な場合は洗浄し、水気を切って）「医療用廃棄物」のダンボール箱に入れる。
2. 【ガラス製試薬瓶】：洗浄し乾燥後、試薬瓶だけを無色透明ビニール袋に分別して入れ、ガラスゴミ置き場に。
3. 【金属製薬品容器】：試薬等の汚染がない場合は、ラベルをはがし金属ゴミ。溶剤の一斗缶は、乾燥させてそのまま金属ゴミ。