

第1章

緊急事態発生時の対応

第1節 はじめに

緊急事態発生時において、最も大切なことは、まず、自分自身の身の安全を確保することである。周囲の人の救助・安全確保や被害拡大防止のための活動は、自分自身の身の安全を確保し、危険のないことを確認してから行うことになる。自分の身の安全は自分で守ることが被害を最小限にするために重要なことである。

この章では、緊急事態発生時の一般的な対処方法と、第4章以下に述べる各論とは別に、特に重要で、すぐに実行すべきことについてまとめてみた。緊急事態発生時に読むのはもちろん、事前に読んでおいて緊急時には速やかに最善の対応ができるように準備しておいて欲しい。

第2節 具体的対応

1 安全の基本

安全の基本として普段から下記について注意すること。

- (1) 常に、実験室等の整理・整頓・清掃・清潔に心がける。
- (2) 服装や履物は作業に適したものを着用する。
- (3) 作業に合わせた防護用具（ヘルメット、保護眼鏡、グローブ、マスク等）を使用する。
- (4) 作業に合った安定した姿勢で作業を行う。
- (5) 独断や早合点はケガのもとであることを心得る。
- (6) 長時間同じ姿勢での作業では、静的疲労を解消することも大切である。

2 電気事故が起きたら

【感電の場合】

- (1) 「非常停止スイッチ」により大元の電源を切る。あるいは実験盤の開閉器（ブレーカー）をオフにする。
- (2) オフにできない場合は救助者が感電しないよう、乾いた棒、布、絶縁ゴム手袋等を用いて要救護者を感電部位から引き離すようにする。
- (3) 心肺停止あるいは呼吸が浅いときは、心臓マッサージ及び人工呼吸をしながら救急車を呼ぶ（心臓マッサージ、人工呼吸については pp.10-11 を確認すること）。
- (4) 保温、安静に努める。

3 ガス漏れに気がいたら

- (1) ドアや窓を開放する。
- (2) ガスコックや元バルブを閉じる。
- (3) あわてて、換気扇や電灯のスイッチを入れないこと。(スイッチの火花がガスに着火して、爆発する恐れがあるため。)
- (4) 周囲にガス漏れについて周知、避難を進めるとともに緊急連絡先に報告すること。

4 火災が起きたら

(1) 発見・通報

火事を出したり見つけたりしたら、とにかく大きな声で周囲の人に知らせ、協力を求め、発信器のボタンを押し非常ベルを作動させること。

(2) 初期消火

状況に応じ、消火器もしくは屋内消火栓による初期消火に努める。

(3) 避難

初期消火の限界は天井に火がとどくまで。手に負えないと判断したら安全な場所へ避難する。ドアや窓を開けて出る。持ち出し物にこだわらない。エレベーターは使用しない。

5 地震が起きたら

- (1) 緊急地震速報や揺れがきたら、先ずテーブルなどの下に身を伏せ安全を確保する。揺れがおさまったら、火の始末等を行う。
- (2) 戸を開けて、出入口を確保する。あわてて外に飛び出さない。
- (3) 火が出たら状況に応じて初期消火に努める。
- (4) 門や塀に近寄らない。室内ではガラスの破片に気を付ける。
- (5) 協力し合って応急救護する。
- (6) ラジオ、テレビ、ネット等による正しい情報により行動する。

付 1 時間外実験等の場合の手続き

下記の時間において、各実験室等で実験を行う場合には、次の手続きをとらなければならない。

1 対象時間

曜日等	時間
月～金	午後9時～翌日午前8時30分
土・日・祝・休	終日

2 居残り実験を行いたい場合

- 2人以上の学生が、上記の時間に実験を行う場合は、「時間外居残り届」(別紙1)に記入のうえ、指導教員の承認を得て行う。(指導教員が学内に居て連絡が取れる場合は届出不要)なお、「時間外居残り届」は、各階にある掲示板に掲示し(掲示板がない階については、実験室前に掲示する)、実験終了後は、ただちに取り外し、系事務室に提出する。(学生が1人の場合は、時間外実験は承認しない。ただし、指導教員が同室に居る場合は、実験を認め、届出は不要とする。)
- 危険が予想される実験は行わない。また、土曜日、日曜日、祝日、休日の実験は原則として行わない。止むを得ない理由により実施する場合には、事前に指導教員から十分な指示を受けなければならない。

3 終夜無人運転を行いたい場合

- 無人運転を行う場合は「終夜無人運転中」の用紙(別紙2)に記入のうえ、指導教員の指示と承認を得て実施する。(フリーザーや空調機の場合は届出、承認不要)なお、危険が予想される実験装置の無人運転は行わない。
- 「終夜無人運転中」(別紙2)は、当該実験室の入口に貼りだしておく。

4 その他

- 各棟の各階毎に「時間外居残り届」用の掲示板が設置されているので、留意すること。
- 届出のあった実験室・終夜無人運転中の実験室に異常を発見した者は、「連絡先」欄に記載されている者に連絡するとともに監視室(エネルギーセンター 内線 9290 直通 0258-47-9290)に通報する。
- 上記による通報とともに、状況により学内緊急対応電話(内線 9999、直通 0258-47-9999)、消防署(119番)等への通報も行う。

別紙1

時間外居残り届	
日時	令和 年 月 日()時から 月 日()時まで
室名	実験室 系 号室(内線) 居室 系 号室(内線)
区分	実験・デスクワーク・両方
実験内容	
居残者氏名	
異常時 教員連絡先 指導教員 ・サイン	

別紙2

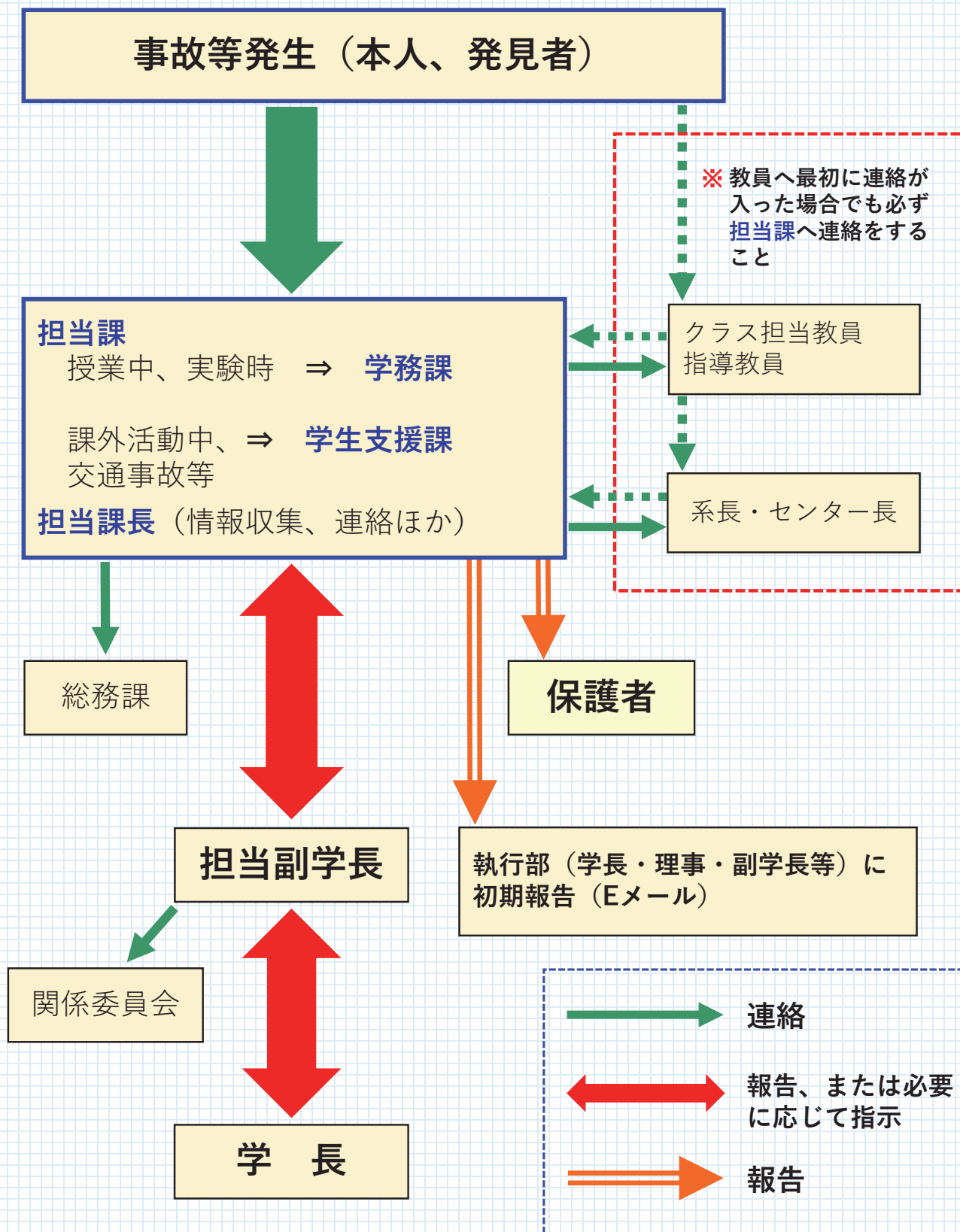
終夜無人運転中	
日時	令和 年 月 日()時から 月 日()時まで
室名	実験室 系 号室(内線)
実験内容	
予想される危険な状況	
実験者氏名	
異常時 連絡先	学生 外線 - 教員 内線 - 外線 -
指導教員 ・サイン	

様式掲載サイト

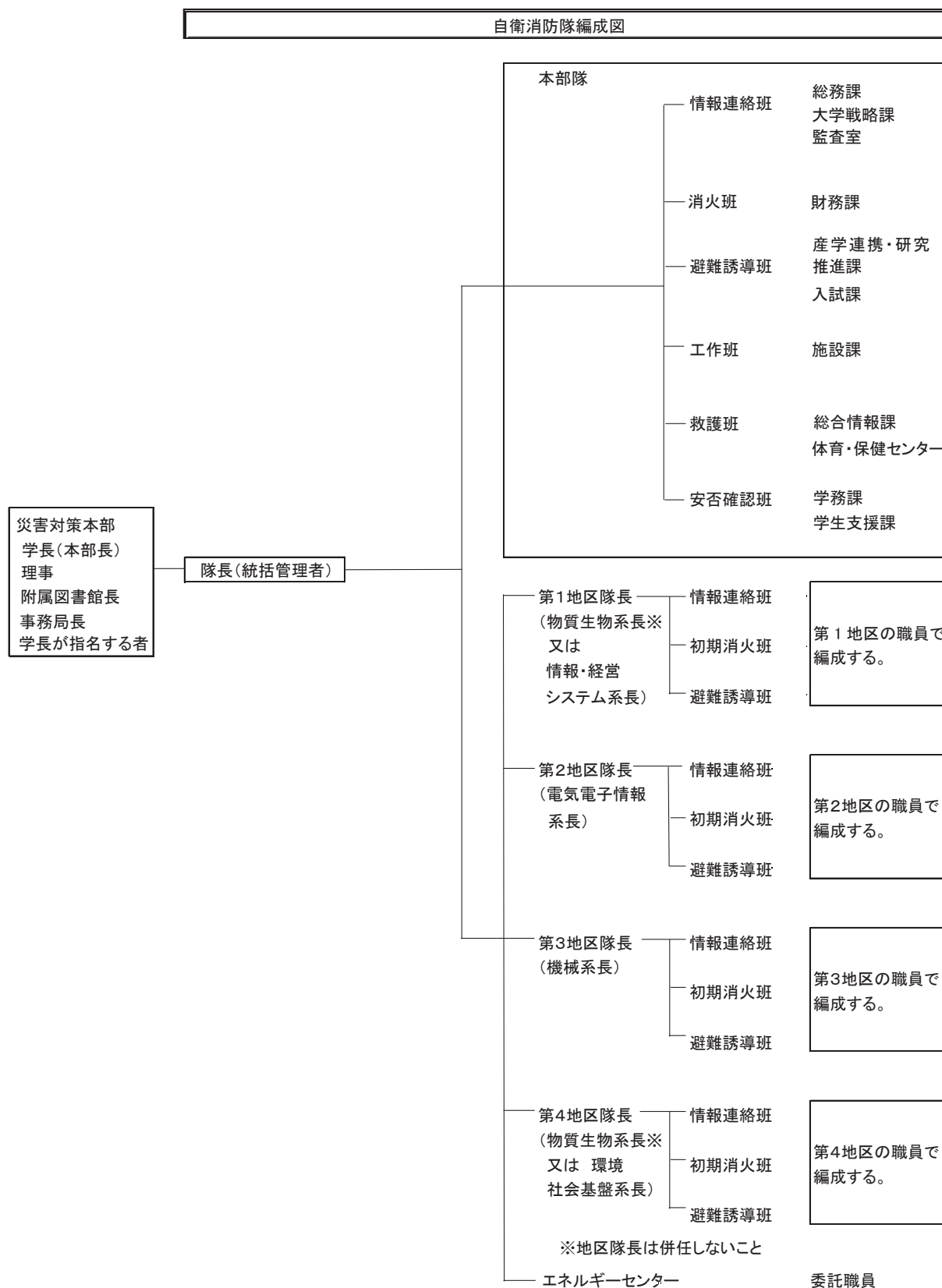
https://www.nagaokaut.ac.jp/gakunai/designated/jinji_romu/JIKO/jiko.files/todoke.xlsx

付2 学生の事故等に伴う連絡体制について

学生が事故等にあった場合の初期対応フローチャート



付3 自衛消防隊編成図



1. 本部隊の任務

班	任 務
情報連絡班	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自衛消防活動の状況の把握、情報の記録 ・ 消防機関への通報及び通報の確認 ・ 校内への非常放送及び指示命令の伝達 ・ 災害対策本部、移動本部の設営 ・ 避難状況の把握 ・ 関係機関及び関係者への連絡 ・ 職員の安否の確認
消火班	<ul style="list-style-type: none"> ・ 出火階に直行し、屋内消火栓による初期消火作業従事 ・ 消防隊との連携及び補佐
避難誘導班	<ul style="list-style-type: none"> ・ 出火階及び上層階に直行し、避難開始の指示命令の伝達 ・ 非常口の開放確認及び避難上障害となる物品の除去 ・ 逃げ遅れ、要救助者の確認及び本部への連絡
工作班	<ul style="list-style-type: none"> ・ 火災発生地区へ直行し、防火戸、防火シャッター、防火タンパー等の閉鎖 ・ エレベーターの非常時の措置 ・ 非常電源の確保 ・ 危険箇所への侵入禁止措置
救護班	<ul style="list-style-type: none"> ・ 応急救護所の設置 ・ 負傷者の応急処置 ・ 救急隊との連携及び情報の提供
安否確認班	<ul style="list-style-type: none"> ・ 学生の安否の確認 ・ 避難所の設営

2. 地区隊の任務

班	任 務
情報連絡班	<ul style="list-style-type: none"> ・ 災害発生場所、被害状況等の把握、情報収集及び自衛消防隊の隊長への報告
初期消火班	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消火器による初期消火 ・ 本部隊消火班の誘導
避難誘導班	<ul style="list-style-type: none"> ・ 出火時における避難者の誘導 ・ 避難状況の確認及び自衛消防隊の隊長への報告

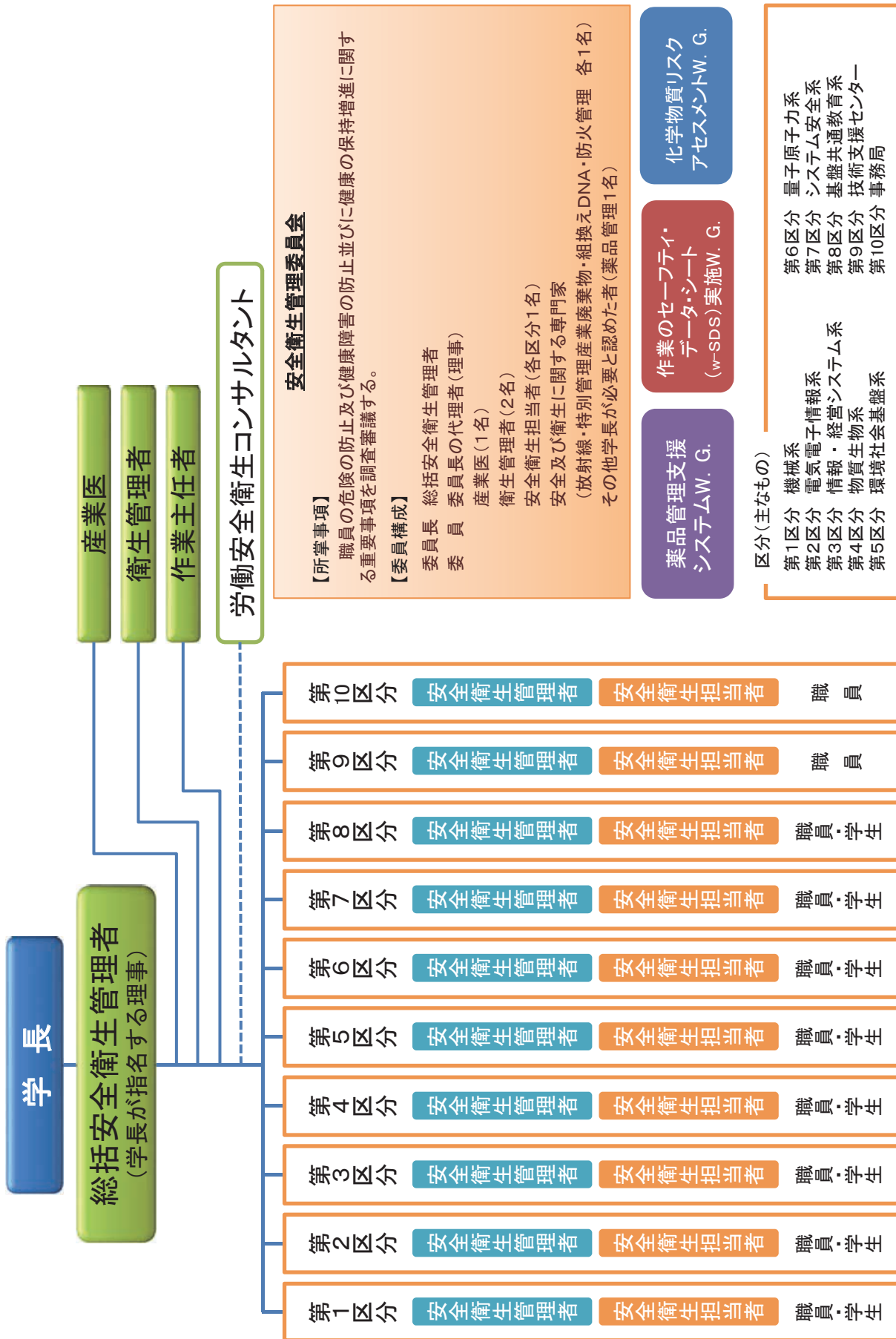
地区編成

地区	範 囲
第1地区	物質・材料 経営情報 1号棟～3号棟、総合研究棟、薬品庫、物理化学実験棟、RIセンター、分析計測センター
第2地区	電気 1号棟～3号棟、情報システム棟、極限エネルギー密度工学研究センター、共用実験棟
第3地区	機械建設 1号棟～4号棟、博士課程 1号棟、原子力安全・システム安全棟、大型実験棟、音響振動工学センター、工作センター、実験実習 1号棟～2号棟
第4地区	生物 1号棟、環境システム棟、技術開発センター、高圧実験施設

上記の建物には、当該建物に附属する施設を含む。

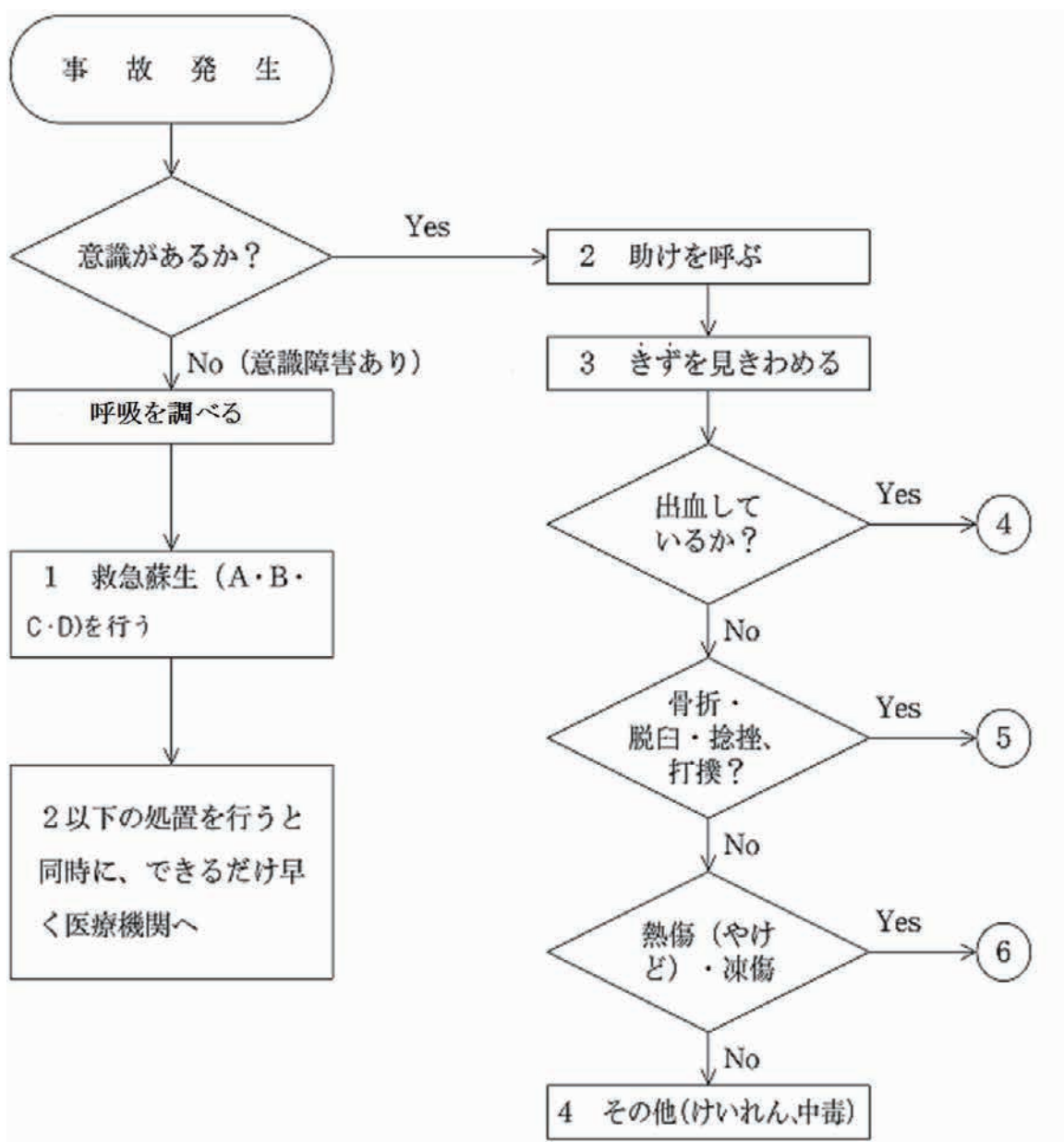
上記以外の範囲については、本部隊が地区隊の任務を兼ねる。

付4 安全衛生管理体制図



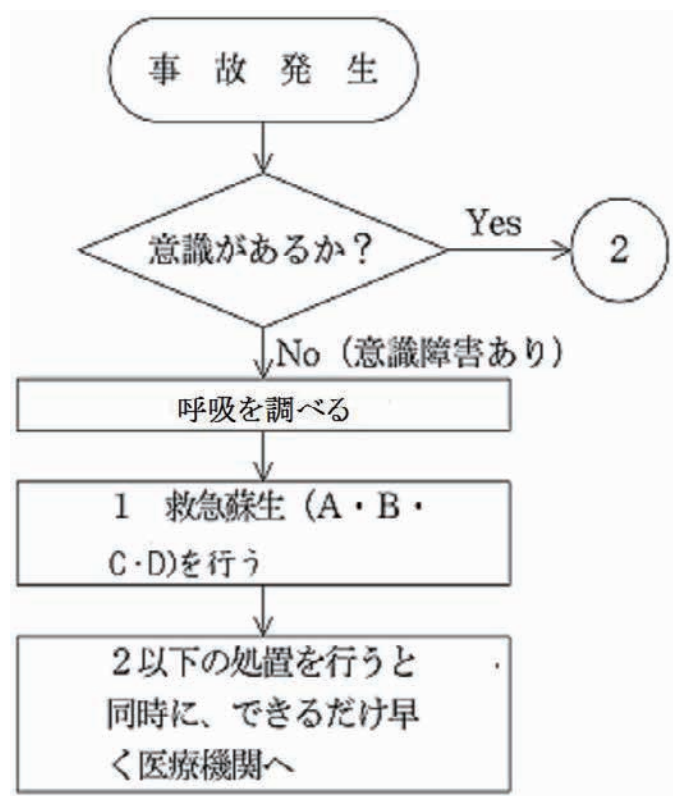
第2章 応急処置

安全に対する配慮が十分であっても、事故が起きることがある。このとき応急処置が必要である。応急とは文字どおり必要最小限の意味であるが、適切な処置が行われれば、生命を取りとめたり、事後の経過が良好になることが多い。ここでは意識障害に対する処置（救急蘇生のA・B・C・D）、止血、骨折等の処置について簡単に述べるにとどめ、できるだけ早く専門家に任せることが第一原則であることを強調しておく。また、沈着冷静さが肝要であることも強調したい。



1 意識障害（救急蘇生のA・B・C・D——>CAB+Dへ）

最も重要なのは、意識があるかないかである。もし意識障害があれば、生命にとって1秒を争う事態である。



〔処置法〕

A 気道確保 (Air way)

意識障害が起これば気道閉塞に対する自己防御を失わせ、呼吸、循環障害などを来す恐れがあるので、気道確保（呼吸できるようにする）は何よりも優先されるべき処置である。背臥させ、頭部を後屈させ、下顎を前に押し出すようにする。（図2-1）

口の中に液状物があるときは、側臥位（横向きに寝かせる）とし、口角を下に引き下げ流れ出させるか指などで掻き出す。

B 人工呼吸 (Breathing)

呼吸を確認し、呼吸がなければ人工呼吸をする。（口対口人工呼吸）患者の鼻をつまみ、口を大きく開いて患者の口にかぶせ、胸がふくらむのを感じるまで息を吹き込む。（図2-1）

口を離し胸の沈むのを見ながら、耳で、はく息の空気の流れを感じる。1回につき1秒かけてゆっくりと呼吸を2回吹き込む。

C 心マッサージ (Circulation)

循環のサイン（呼吸・せき・体動）がなければ心停止が疑われるので、直ちに胸骨圧迫心マッサージを行う。両手掌を胸骨の下方 1/2 に重ね、脊柱に向かって 1 回当たり 5 cm 以上/秒の速さで圧迫する。2 人で行う場合は 1 人が心マッサージを、もう 1 人が人工呼吸を行い、5 回目の胸骨圧迫ごとに 1 回人工呼吸を行う。（図 2-1）

1 人で行う場合は、1 分間に 100 回以上の速さで連続 30 回胸骨圧迫心マッサージ、次いで 2 回人工呼吸、これを反復する。患者が柔らかいベッドやソファの上に寝ているときは、固い平板を体の下に敷くか、胸骨圧迫によって体が沈まない床のような固い所に移す。救急車または医師が到着するまで続ける。

D 除細動 (Defibrillation)

事故以外の原因による心臓突然死が最近注目されている。その大部分は心室細動という病気であり、救急蘇生の ABC に加えて、さらに自動体外式除細動器 (AED) を使った心臓の除細動 (Defibrillation) が緊急に必要であり、救急蘇生の ABCD (最新は CAB+D としてこの Defibrillation が最優先となっている) とも呼ばれている。AED は学内には事務局 1 号棟、講義棟、食堂、体育・保健センター、エネルギーセンター、極限エネルギー密度工学研究センター、機械・建設 1 号棟、クラブハウスに各 1 台配置されている。(次ページ AED 設置場所参照。) 原則は使用講習会を受けた資格者が使用することとなっているが、緊急時には誰が使っても良い。

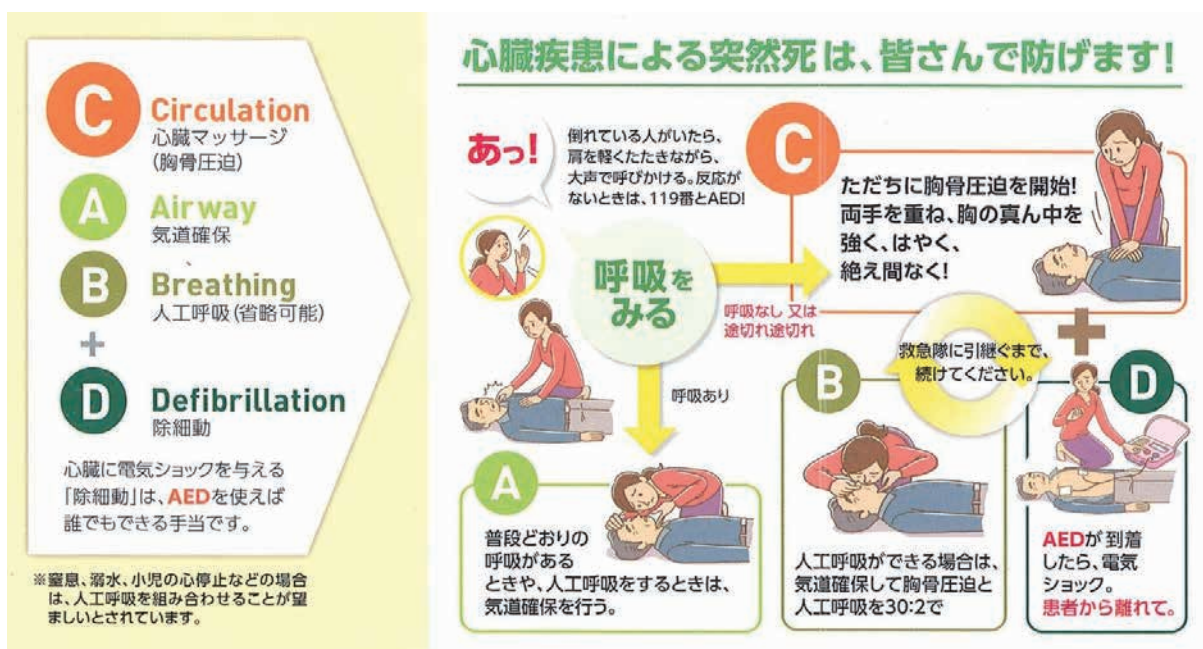


図 2-1 救急蘇生の CAB+D (日本医師会から)



極限エネルギー密度工学研究センター

講義棟 1階
(日・英)

事務局 1号棟 2階

福利棟 1階第1食堂前
(日・英)

体育・保健センター
(日・英)

エネルギーセンター
(日・英)

機械・建設 1号棟 2階
(日・英)

実験実習棟 工作センター入口

クラブハウス
(日・英)

共通ゾーン Common zone	住居ゾーン Residential zone
教育研究ゾーン Instruction and Research zone	屋外体育施設ゾーン Outdoor Athletic zone
実験実習ゾーン Experimental zone	その他 Others

長岡技術科学大学
Nagaoka University of Technology

1603-1 Kamitomiokamachi, Nagaoka, Niigata 940-2188 JAPAN
 TEL: 0258-46-6000
 URL: <https://www.nagaokaut.ac.jp/>

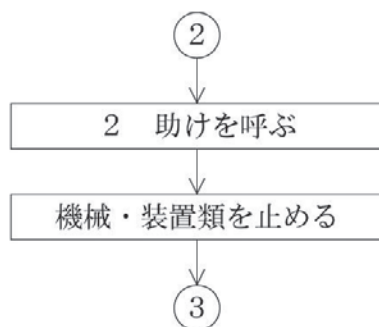
長岡技術科学大学のAED設置場所

2021年1月から、案内音声で日本語、英語の順に流れるバイリンガル式のAEDを一部導入しています(2024年現在6台)。

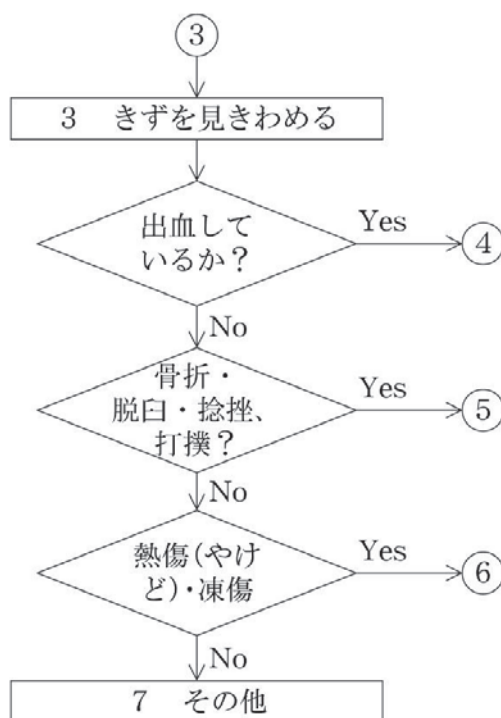


2 助けを呼ぶ

比較的軽度のきずであっても、後で重篤な合併症（たとえば、むち打ち症、自動車助手席における股関節脱臼、頭蓋内出血、内臓損傷等）が出現することがあり、また、当初は気が動転していることが多い。**まず助けを呼ぶこと。**次に余裕があれば機械類のスイッチ等を切り、続発事故を防止すること。このためにも救護者が必要である。救護者は必要な処置を行うとともに、患者の安静（肉体的、精神的）を図らねばならない。



3 きずを見きわめる



4 出血しているとき

出血していれば、**局所を圧迫して止血**しなければならない。約 1.5 リットル出血すれば生命に危険がおよぶ。しかし、目に見えない深部（打撲、骨折など、特に頭部）は、わからないことが多いので、このような可能性のある場合は、患部を冷やすなどしてできるだけ早く医療機関に運ぶ。

〔止血法〕

(1) 直接圧迫止血

布、ハンカチ、タオルなどで強く押さえ、最低 10 分間はそのまま保つ。むやみに圧迫を外さないこと。十分圧迫すれば、ほとんどのものがこれで止血する。少なくとも出血量を減らすことができる。

(2) 間接圧迫止血

出血点が図 2-2 の止血点より心臓から遠い位置にあれば、その止血点を止血帯で圧迫する。最低 30 分に 1 回はゆるめなければならない、この方法は熟練を要する。したがって、止血帯を施すような場合には、できるだけ早く医療機関へ運ぶことが肝要である。止血が完了すれば、できるだけ早くきずの消毒が必要である。

☆切断

手指などが切断された場合は、**切断片**をできるだけきれいに扱い、ビニール袋等に入れて**氷で冷や**しておけば、手術によって再びくっつく可能性がある。

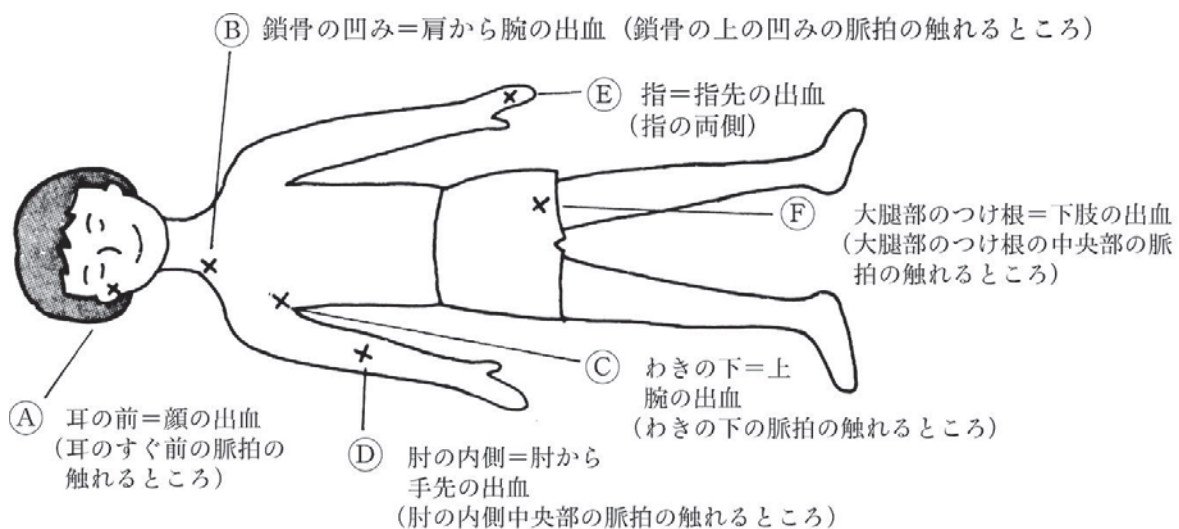
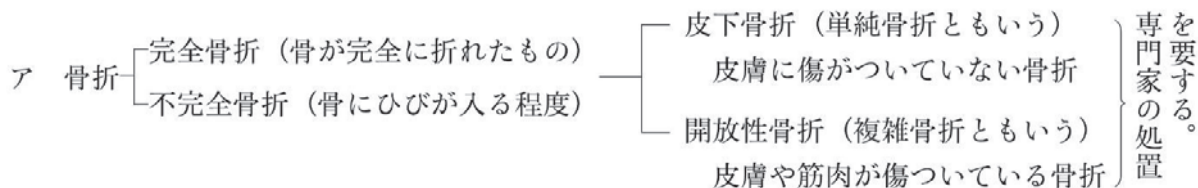


図 2-2 主な止血点

5 骨折・脱臼・捻挫、打撲

(1) 骨折・脱臼・捻挫



イ 脱臼—外部から強い衝撃を受けたために関節がはずれた状態

ウ 捻挫—関節が外れかかって元へ戻った後、関節をつなぐ筋（靭帯）や、血管などが傷ついてしまっている状態

〔処置法〕

◎骨折

- 動かしたり触れたりすると、耐えがたい痛みがある。
 - 腫れている。
 - 変形している。
 - 動かせない。
 - 傷口から出血があつて骨が突き出ている。（開放性骨折）
- 1) 患者はなるべく動かさず、その場で手当をすること。
 - 2) 体位は一般に仰向けに水平に寝かせるが、肩、鎖骨、腕の場合には座らせた方が楽である。
 - 3) 手（指、手首、前腕、上腕）、足（足首、下腿）の場合には、副子で固定し病院へ運搬するが、出血や痛みでショック症状を起こすことが多いので、保温し、取扱いにも十分注意すること。
 - 4) 副子の材料（副木、かさ、新聞紙や雑誌を棒状に巻く。細長く切ったダンボール、割り箸、物指し、毛布、布団など）

◎脱臼（骨折と同様の処置をする。）

- 関節が変形している。
 - 腫れて痛みがある。
 - 動かせない。
 - 肩、あご、肘、指に起こりやすいが脊椎や頸椎に脱臼が起こると致命的になりやすいので、患者の取扱いには十分注意しなければならない。
 - きちんと治しておかないと、関節が動かなくなることがあるので必ず整形外科医へ。
- 1) 脱臼した部分を冷やす。（アイスノン、冷やしたタオルをビニール袋に入れる。）
 - 2) 三角巾や包帯で動かないように固定する。

◎捻 挫

- 関節が腫れる。
- 内出血していると、皮膚の色が変わる。
- さわると痛みがある。
- 足首、手首、指、ひざなどに起こりやすい。
 - 1) スポンジ、綿などを当てて包帯で固定した後、そのまま冷水に 30 分ほど浸けて冷やす。
 - 2) ぬれた包帯をとり、パップ剤（ゼノール、パテックス等）を貼布して包帯で少しきつめに巻き、座布団などの上に乗せて高くして安静にしている。（パップ剤のないときは、包帯の上から氷のうなどを当て 1 日位冷やす。
 - 3) 腫れが引くまで安静にする。
 - 4) 患部をもまないこと。
 - 5) 痛みのあるうちは、入浴してはならない。
 - 6) ひどいときには整形外科医へ。

(2) 打撲

出血を伴わない場合でも、皮下出血や内出血・内臓損傷などがある場合があり、十分な観察が必要である。特に頭部の場合は、1 日以上観察が必要である。痛み、皮下出血などがあり骨折・内臓損傷が疑われるような場合は、直ちに医療機関へ運ばなければならない。しかし、運搬により悪化することがあるので、細心の注意が必要である。

〔処置法〕

- 1) 冷やす——痛み、皮下出血の有無にかかわらず、冷やすことはよい。
- 2) 安静

6 熱傷（やけど）、凍傷等

(1) 熱傷（やけど）

小さなものであれば、とにかく冷やすこと。患部より熱を奪い去るものであればどんな方法でもよい。冷水、氷片、金属片。痛みが無くなるまで十分に冷やすこと。

やけどの重傷度は面積に関係があり、体表面積の 15%を超えると危険である。十分に冷やすとともに、清潔な布、タオル等で覆って速やかに医療機関へ。

(2) 凍傷

やけどの反対で、局所を加温する。38～42℃の温水（風呂の湯の温度）中にしばらく患部をつけておく。しかし、やけど同様、できるだけ速やかに医療機関に運ぶことは当然である。

(3) 爆発

やけどを伴うことが多いが、特に気道をやられる場合があるので注意。また、生じた化合物等により、眼や呼吸器系が冒されることがある。眼外傷、鼓膜破裂にも注意。

(4) 電撃（感電）

一般に死亡率は高い。特に心臓の停止によることが多いので、心マッサージが必要である。呼吸停止ならば人工呼吸が必要。救急蘇生のCAB+D参照。

(5) 熱中症

暑い環境のもとで長時間作業した場合に起きやすい。過高熱症と単なる脱水症状の2つがあり、前者は生命に危険である。いずれにせよ、身体を冷却すると同時に、速やかに医療機関へ搬送しなければならない。

(6) 低体温症

ぬれた着衣を取り去り、温水にて暖める。酸素を必要とする。

7 けいれん、中毒

(1) けいれん

意識不明ならば救急蘇生のCAB+D。着衣をゆるめ、周辺の危険物を遠ざける。横向きまたは顔を横に向けて寝かせる。

(2) 中毒

原因物質がよく分からない場合でも、重傷中毒患者では、まず生命維持のための呼吸、循環の正常化を図ることが急務であると同時に、毒物の排除および呼吸阻止をしなければならない。

1) 現場からの隔離

ガス中毒では、患者をできるだけ速やかに現場から脱出させ、新鮮な空気を吸わせる。(酸素吸入は、できればなおよい。)

2) 体表面の洗浄

体表に付着した毒物は、とりあえず水で十分に洗い出す。

3) 催吐（嘔吐の誘発）

毒物を経口摂取したことが確かで、まだ嘔吐していなければ嘔吐を誘発させて毒物の排除を図る。ただし、嘔吐は意識障害のあるとき、腐蝕性毒物（酸・アルカリなど）、揮発性毒物（灯油・ガソリンなど）を摂取した際にはさせない方がよい。嘔吐法としては、指などによる咽頭部の機械的刺激を行う。

以上の応急処置とともに至急医療機関へ。

<重要> SDSの常備について

1999（平成11）年7月13日に公布された「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」（化学物質把握管理促進法：化管法）により、SDS（化学物質等安全データシート）の交付がメーカーに義務づけられている。すなわち、研究室にある化学物質のほとんどは購入業者からSDSを得ることができる。これには応急措置（対象物により従業員等

に被害が発生した場合の措置——具体的に<吸入した場合>、<皮膚に付着した場合>、<目に入った場合>、<飲み込んだ場合>)が記載されているので、日頃からこのSDSを手元に置いておくことが重要である。SDSは本学薬品管理支援システム又はインターネット等でも入手可能であり、詳細は下記のURLを参照のこと。

8 参考URL

- 心配蘇生法の手順

<https://www.med.or.jp/99/cpr.html>

- AED

<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2004/07/s0701-3.html>

<http://www.aed-life.com/>

- SDS

(社)日本試薬協会(M)SDS検索

<http://www.j-shiyaku.or.jp/Sds>

- 化学物質排出把握管理促進法 (PRTR制度及びSDS制度)

経済産業省

http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/index.html

厚生労働省

<http://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/seikatu/kagaku/index.html>

毒物及び劇物取締法 (毒劇法)

<http://www.nihs.go.jp/law/dokugeki/dokugeki.html>

環境省

<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html>

- 化学品の分類および表示に関する世界調和システム (GHS)

<http://www.env.go.jp/chemi/ghs/>

- 東京工業大学キャンパスマネジメント本部総合安全管理部門

<http://www.gsmc.titech.ac.jp/>

第1節 はじめに

「人間は間違える。間違えることを前提として、対応することが必要。」

1 初心者の心得

新入生及び転入生は、教職員や先輩の教えに従い、本学の生活に一日も早く慣れるように心がける必要がある。

- (1) 機器、工具及び器具等の性能をよく理解し、操作方法を習熟するとともに大切に使用する。
- (2) 小さなことでも、不審な点や分からないことがあったら、教職員や先輩に聞く。独断や早合点はケガのもととなるので十分注意する。
- (3) 慣れてくると気が緩みがちとなる。慢心せず実験等をするように心掛けること。

2 服装と履物

作業に適した服装は、作業がしやすく災害から身を守ることを、第一に考える必要がある。このことを忘れたために、大ケガをしたという事例も少なくないので下記のこと十分に注意すること。

- (1) 化学薬品を使用する実験等は長袖の上衣等で、四肢を露出しない服装で行うこと。また、白衣を着用し、保護メガネなど保護用具を正しく使用すること。
- (2) 回転機械に巻き込まれる恐れがあるシャツの裾は、ズボンの中に入れる。
- (3) 履物は、一般に滑らないものを選び、靴ひもがほどけたまま履いたり、靴のかかとの踏み履きは、つまづく危険があるので絶対に行わないこと。

3 姿勢

- (1) 腰を落ち着けて、背筋を伸ばし、作業に合った安定した姿勢で作業をすることが大切である。
- (2) 机に真っ直ぐ向かい、椅子に深く腰掛け、自然な姿勢で作業をする事を心掛け、机に覆い被さるような姿勢や椅子を後方に退きすぎる姿勢は、身体が疲れやすく目を悪くする原因となるので注意が必要である。
- (3) 長時間同じ姿勢を続けると、特定の筋群が緊張収縮を続けることによる「静的疲労」が起こることとなる。軽い運動等を行い、この「静的疲労」を解消することも必要である。

4 整理・整頓・清掃・清潔

安全の基本は、整理・整頓・清掃・清潔といわれている。整理・整頓の悪さが、災害原因になっている場合も多く見受けられる。

(1) 机上の整理

- ア 机の上は、広く使えるように常に整理し、事務用品も整理しておくこと。
- イ 離席するときは、椅子を必ず机・テーブルの下に引き込めておくこと。

(2) 物の置き方

- ア 全ての物は、置き場所を定めて必ず所定の場所に置くようにすること。
- イ 置き方は一端又は一辺を揃え、特に通路に対しては通路面を揃えて置くべきである。
- ウ 窓側に採光を妨げるような物を置かないこと。
- エ 高い棚、書架類、ガラス張りの棚等は、転倒を防ぐため必ず壁際に設置し、耐震措置を講じること。
- オ 棚や机から、書類や物品がはみ出さないようにすること。

(3) 通路の整理

- ア 通路には、物を置かないこと。
- イ 通路出入口、非常口、階段等及び屋内消火栓、消火器付近には、物を置かないこと。
- ウ 通路付近には、破損しやすいものや可燃物、危険物を置かないこと。

(4) 清掃

- ア 毎日、整理・整頓・清掃に努めるように心掛けること。
- イ 流し廻りの清掃は、定期的に行い、特に衛生には十分注意すること。

第2節 ちょっとした事故の例と教訓

実験室では、しばしばちょっとした事故が起こる。火、水、電気、重量物、薬品による事故が主なものである。以下に若干の例を示す。

1 死傷者事故の例

平成3年10月に大阪の大学においてCVD装置を使用した実験中、モノシランを供給するボンベ内で爆発が生じ、ボンベの破裂により学生などが死傷した。これは亜酸化窒素パージラインの逆止弁がOリングの劣化のため正常に作動せず、亜酸化窒素がパージラインを経てモノシランのボンベ内に逆流し、爆発混合ガスが形成され、なんらかの着火源から爆発したとされている。これを契機に高圧ガス取締法が改正された。

2 火災になりかかった例

- (1) 実験室でガスストーブを使用していて、ストーブの近くでビーカーにアルコールを入れ機械部品を洗浄していたところ、うっかりしてビーカーを床に落とし、こぼれたアルコールにストーブの火が引火して燃えたが、近くに可燃物がなかったので大事に至らずに済んだ。
- (2) ロータリーエバポレーターを用いて試料溶液の濃縮を行うに実験にて、水槽としてプラスチック製洗面器を用い、投げ込みヒーターにて水を加熱した。実験終了後、投げ込みヒーターの電源を切るのを忘れ、そのまま部屋を出た。数時間後、洗面器中の水が蒸発し、空炊き状態になり、ヒーターの加熱によりプラスチック製洗面器が燃焼した。これにより室内の煙感知器が作動して火災報知機が鳴ったため、職員が駆けつけ消火器を用いて消火し、洗面器及び冷却水用ゴム管が焼失しただけで鎮火した。
- (3) マグネシウムーリチウムインゴットから試料片を作る際、インゴットを手鋸で切削し、やすりがけを行った。作業後切粉とやすりがけした時の微粉末を鉄缶に入れ、鉄缶の蓋を閉めず放置したため、空気中の湿度により微粉末が酸化し、その酸化熱の蓄熱により粉末が自然発火し、床面の一部を焦がした。
- (4) 乾燥機や実験装置の使用時に、経過途中の状態を確認しない。または、その場を離れたため、装置内の試料が過熱しボヤとなった。

これらの例を見ると、事故は単一の原因によって起こるのではなくて、幾つかの不注意により運の悪いことが次々と重なりあった結果として起きていることが分かる。それと同時に、途中で運のよいことが入れば、大きな事故にならないで済むこともある。したがって、安全対策は二重、三重に立てておくべきである。

火災は、研究者にとって最も恐ろしい事故である。火災は自分のみならず、周りの人の命や時間を奪ってしまうこととなる。さらに、実験装置を駄目にするだけでなく、それまでに蓄積した各種のデータを失わせることにもなる。データを得るのには、多大な時間が必要である。実験装置は金で買えるが、人命や時間は買うことができない。予防法としては、単純だが、火気のある場所で引火性液体、気体を使用しない、可燃物を置かない、実験機器のそばを離れないなどであろう。

3 水の事故

- (1) 真空装置排気用の油拡散ポンプは水冷のため、水栓からビニールホースを通じて水道水を流していたが、ビニールホースが老朽化して小さな穴があいたのでビニールテープを巻いて応急的に穴を塞いだ。後で新しいものと取替えようと思ったが、水漏れが無いのでそのままにして帰宅した。その日の夜に水道の圧力が上がり、応急箇所から漏水し、実験室を水浸しにしたのみならず、下階の研究室も水浸しにしてしまった。

(2) 実験を行うために水栓を開けたが、その日は工事のため断水していたためそのまま帰宅した。水栓を開けたままにしていたため、断水工事が終わり通水をした際、復旧時の水圧により実験装置に接続していた冷却ホース外れ、室内が水浸しとなった。

この事故例は、間に合わせの処置は、してはいけないことを教えている。臨時処置は永久処置になり、最後には事故を導くことに留意すべきである。また、水栓及び実験装置に使用するホースの接続箇所は、最もトラブルを発生する場所であることを知っておくべきである。水がかかると使用不能になる電子機器、器具は数多くあり、また、水がかかったのが遠因となって、事故が発生することもある。また、レポートや書籍類は濡れると駄目になり、研究に支障をきたす。

4 電気配線の不良

実験装置の電気配線に際して、間に合わせ配線をすると事故につながる。例えばコードの長さがちょっと足りなかったとき、2本のコードをねじり合わせただけで接続させておくと、長い時間の後には、接触不良になったり、発熱したりして事故を引き起こす原因となる。実験装置を修理、改造したときなどに、一時しのぎの配線をして、ついそのままに放置しておくことが間々見られるが、長い時間のあとで事故の原因となる。一時は永久にたやすく転化する。

5 薬品事故

実験台にて苛性ソーダの水溶液を作製中、苛性ソーダの水溶液が突沸し飛沫が目に入ってしまった。直ちに十分な水で洗眼し、眼科医に駆けつけたが、あやうく失明するところであった。化学薬品の取扱い方を知らない物理系の学生が遭遇した事故である。これは、物理系の学生も化学薬品の取扱い方、また、保護メガネの着用などの初歩的知識は持つべきであることを教えている。逆に考えれば、化学、生物系の学生も機械、器具の取扱い方の初歩的知識は持つべきであろう。

6 重量物

重量物を持ち上げる際は、横又は斜め方向から持ち上げず、正対して手をなるべく深く掛け、ひざを曲げ、腰を低くかまえ背骨が垂直になるようにゆっくり持ち上げる。急激に持ち上げると腰痛の原因になるので十分注意すること。

一人で手持運搬する場合は、視界が遮られるような形状のものは運搬しないこと。長い物やかさばるものを運搬する場合は、あらかじめ運搬コースに危険な箇所又は障害物が無いことを確認し、衝突を防止すること。

第3節 大事に至らない対策

大抵の実験室の事故は、常識的な注意を払っておけば防げるものである。しかし、万一事故が起きた場合にも、大事に至らずに済ます対策を講じておかねばならない。例を上げれば、

- (1) 夜間1人で実験をしない。怪我や意識を失うなどで動けなくなったとき、救護、救急通報してもらえない人がいないため危険である。

学生が夜間、休日など時間外に実験等を行う場合には、「居残り届」に記入の上、指導教員の承認を得て行う。また終夜無人運転等を行う場合にも「終夜無人運転中」の用紙に記入し、指導教員の指示と承認を得て実施する。この手続きについては付1に示してある。

- (2) 夏は半袖など肌を露出する服装では実験をしない。電気が裸身に触れると思わず手足が動き、近くにある機械、器具、薬品などに触れて二次的な事故を起こす。

大きな事故が突然に起こることは少なく、大抵の場合、何らかの前兆（機械、器具の不調や人間の体調、気分など）がある。その前兆を察知したとき、適切な処置をとれば事故は防げる。大きな事故は、本手引の記載に従って通報しなければならないことは勿論だが、実験者は実験室でのちょっとしたトラブルでも研究室の責任者には知らせておく必要がある。そして、責任者はそれに対して適切な処置を講じ、大事故の芽を未然に摘みとってしまわねばならない。早期発見、早期治療の重要性は、人体の場合だけに当てはまるものではない。

研究者はプロであり、学生はプロの見習いである。実験・研究には危険は付き物であるが、安全と危険の境界を知り、安全限界までの範囲で仕事をするのがプロである。しかし、安全限界から遠く離れたところでしか仕事をしなかったり、あるいは、安全領域を越えたところで仕事をしたりするのは、アマチュアであって、研究者、技術者とはいえない。

第4章 電気、ガス、レーザー、工作機等の取扱い

第1節 電気の安全心得

1 電気事故にはどのようなものがあるか

(1) 火災事故

電気工事の不良による漏電や接触不良、未保守による老朽化でショート、機器の使用方法的誤りや過負荷運転、コンセントのホコリによるトラッキングなどでより起こる。

(2) 感電事故

電気工事、接地（アース）などの不完全、不適切な機器の使用、濡れた手での操作等の不注意などにより生じ、一瞬にして生命を失うことがある。

(3) 爆発事故

コンデンサに過電圧を加えたり、劣化したコンデンサや電解コンデンサに逆電圧を加えると爆発することがある。また、油入変圧器を短絡した際も、爆発が起こることがあるので注意を要する。

これらは、安全、管理の点から種々の電気施設に対し、工事、管理運用面において、いろいろな規則が定められている。

2 電気による火災事故

電線（ケーブル）の銅線太さが小さいと過熱により火災を発生することがある。表4-1に絶縁電線の許容電流値を示す。表4-2は火災事故原因の具体例と予防対策を示したものである。特に、下記について十分注意すること。

- (1) ヒューズの代用に鉄線や銅線を用いたり、回路の容量を超える大容量のヒューズを付けたりすることは絶対にしてはならない。実験の途中など機器をすぐ利用したい場合でも、ヒューズが切れた原因を取り除いた後に、代替品や電線等を便宜的に使用することがないよう必ず、予備のヒューズを用意し使用する。また、配線用遮断器（サーキットブレーカ）を使用すれば、ヒューズの保守が不要となる。
- (2) 俗にいう「たこ足配線」（分岐ソケットを用いて数個の器具を用いること。）については、使用する電気容量に十分注意すること。

「たこ足配線」の危険性は、使用する電気容量に大きく左右されるので、テーブルタップに差し込むプラグ数は原則差し込み口数以下とし、別のテーブルタップを接続して差し込み口数を増やすことは行わない。（合計容量は、使用するテーブルタップの容量以下とする。）

また、トリップ機能付きテーブルタップの使用を推奨する。

容量の大きな電気器具（電気ストーブ等）は壁や床のコンセントに直接接続すること。また、コンセントが埃まみれにならないよう注意するなど、日頃の点検も必要である。

- (3) 法規違反の配線や機器の使用はしない。いわゆる素人工事をやってはならない。
- (4) 電気機械器具の故障対策・修理は、専門知識のある技術者か専門工場で行い、臨時応急処置のまま使用することがあってはならない。
- (5) 電気設備の手入れを怠らない。常に手入れをし、清浄に保つ。
- (6) 配線等を行う時に実験盤やブレーカを切った場合には、感電事故を防ぐためにそれを明示するとともに施錠して他の人があやまって通電しないようにする。
- (7) ドラムコードを使用する場合は、ドラムコードの許容電流を守ることはもちろん、ドラムにコードを巻いたままの使用は避ける。コードの放熱がうまくいかず、本学でも火災になった例がある。（定格電流 15A のドラムコードでも巻いたままでは許容電流が 5A 程度となる。）
- (8) コンセントは金属バネの力でプラグの端子をはさむ構造になっているが、プラグをさしたまま力をかけたり、繰り返して乱暴に抜き差しをしたり、無理な曲げ方をすると、接触不良になる可能性がある。一度アークが発生すると金属が溶け、コンセント周辺も黒く炭化してますますアーク放電や漏電を起こしやすくなり、結果として火災につながる可能性が非常に大きい。特に大電流（15A以上）を使う場合などはなるべく実験盤から配線するようにし、やむを得ずコンセントから電源をとる場合にはコンセントの劣化や接触不良さらに周辺の状態に気を配り、早めに新しいものと取り替えるなど火災の防止に努める必要がある。また、実験盤から電源をとる場合、負荷容量に見合ったブレーカと配線を使用しないと火災の元となることがある。
- (9) もし火災が発生した場合は速やかに電源を遮断するとともに、電気火災に適合した消火器（粉末消火器等）を使って消火する。

表4-1 絶縁電線の許容電流

条件 導 体：銅

絶 縁 体：許容温度 60℃のビニルまたは天然ゴムの場合

周囲温度：30℃

配線方法：がいし引配線および次のものに電線をおさめた配線

金属管、金属線ぴ、可とう電線管、合樹脂管、合成樹脂線ぴ

種 類	太 さ ※	が い し 引 配 線	VVケーブル (Fケーブル) 3芯以下	管または線ぴに電線をおさめる配線			
				同一管内または線ぴ内の配線数 [本]			
				3以下	4	5～6	7～15
許 容 電 流 の 比 率							
		1.00	0.70	0.70	0.63	0.56	0.49
許 容 電 流 [A]							
単 線	1 mm	(16)	—	(11)	(10)	(9)	(8)
	1.2	(19)	(13)	(13)	(12)	(10)	(9)
	1.6	27	19	19	17	15	13
	2	35	24	24	22	19	17
	2.6	48	33	33	30	27	23
	3.2	62	43	43	39	34	30
	4	81	—	56	51	45	39
	5	107	—	75	67	60	52
形 成 単 線 お よ び よ り 線	0.9 mm ²	(17)	—	(12)	(10)	(9)	(8)
	1.25	(19)	—	(13)	(12)	(10)	(9)
	2	27	19	19	17	15	13
	3.5	37	24	26	23	20	18
	5.5	49	34	34	31	27	24
	8	61	42	42	38	34	30
	14	88	61	61	55	49	43
	22	115	80	80	72	64	56
	38	162	113	113	102	90	79
	60	217	150	152	137	121	106
	100	298	202	208	187	167	146
	150	395	269	276	248	221	193
	200	469	318	328	295	263	230
	250	556	367	389	350	310	272
	325	650	435	455	410	363	318
	400	745	—	521	470	417	365
500	842	—	590	530	471	413	

※ 中間の太さでは、細いほうの許容電流をとる

※ 直径 1.2 mm 以下及び断面積 1.25 mm² 以下の電線は一般的には配線に使用する電線として認められないため、許容電流は参考値を () で示してある

(参考) コードの許容電流

細いビニルコード (断面積 0.75 mm²) 7A

太いビニルコード (断面積 1.25 mm²) 12A

極太のビニルコード (断面積 2.00 mm²) 17A (定格 15A の OA タップ等)

表 4-2 電気による火災の原因と予防対策

区 分	原 因		予 防 対 策
	具 体 例		
配線の絶縁不良	埋込工事やケーブルを造営材にステップルで打ち付ける際の不注意		線間、大地間の絶縁抵抗を定期的に測定する。
接続の不完全	電線の接続や、スイッチや器具の端子の締め付け不良		常時点検して、完全な状態に保つ。
機器の不良	絶縁の不良、短絡や漏電		絶縁抵抗測定や回路試験をして、不良箇所は完全に修理する。
	型式承認のない粗悪な電気用品の使用		良品と交換する。
	老化		耐用年数により更新する。
	手入れ不良（ごみやほこりがついて放熱を妨げたり、ほこりが焼けたりする。） 長期間コンセントに差し込まれているプラグの電極間にたい積した埃が空気中の湿気で導通状態となり短絡（トラッキング現象）		常時点検・手入れをして、完全整備状態に保つ。
	保護装置の不良（サーモスタットの故障、温度ヒューズなし）		保護装置を修復する。
機器の誤用	過負荷運転		定格負荷以内で使用する。
	許容電流以上の電流を流す。		許容電流以内で使用する。
	目的外使用(電球やコンロをこたつに使う。)		正しい使用法で使う。
使用の不適	短絡		電源接続の前に回路を確認する。
	使用環境不適（可燃物との接近など）		環境に適合した使用法をする。
	通電放置		使用時の注意、使用後の確認
	不注意による転倒		使用時の注意

3 感電事故

人体に対する影響は、心臓を通る電流の大きさと時間に関係があり、指の間などは、相当大電流が流れても死に至ることはない。これらは個人差や感電部分に相異があるので一概にはいえないが、およそ表 4-3 のようである。

しかし、①汗をかいているとき、②素足でコンクリート、または地上にいるとき、③手足がぬれているとき、④風呂に入っているときなどは、低い電圧でも危険である。また、感電による転倒、墜落などの原因により、さらに事故を大きくすることがあるから、高所で電気設備を取扱う際には、必ずヘルメットや安全帯など保護用具を使用する。

表 4-3 電流値による人体への影響

電 流 値 [mA]	影 響
1 (以下)	電氣的衝撃やしびれを感じる。
5 以上	痛みを感じ、だるさが残る。
10	耐えられないほどの苦痛を感じ、電流の流入点に外傷ができる。
20	筋肉が収縮し、また、けいれんが起り身体の自由がきかなくなり、感電者自身充電物から逃げるできない。
30	火傷のような症状を生じ、意識を失うこともある。
50	呼吸が止ったり、場合によっては心臓機能が停止したりする。
100	致命的結果を生じ、ほとんどの場合死亡する。

4 感電を防止するには

- (1) 直接電気の通じている部分（充電部）には触れないよう注意する。通電中であるかどうかの確認は、検電器（ドライバの柄に仕組まれたものは使用しない）又はテスターを使用する。

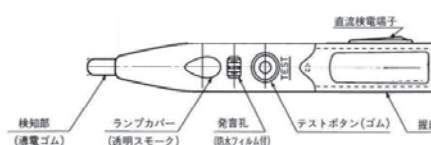


図 4-1 検電器

図 4-1 は検電器を示すが、電圧が 400V を超える設備等を検電することは、危険であるから行ってはならない。

- (2) 接地（アース）線の接続を必要とする電気機器には接地（アース）を施し、また、感電の恐れのある電源は、30mA 以下の漏電ブレーカを使用する。
- (3) 高圧は触れなくとも危険である。2,500V 以上は 30 cm 以上、50,000V 以上は 1 m 以上離れなければならない。
- (4) 電気機器は、水、特に塩水に濡らしてはならない。なお、濡れている場合は、乾燥した後、絶縁抵抗計（メガテスター）で絶縁抵抗を測定後に使用する。
- (5) コンデンサを取り扱う際は、両端子を必ず短絡（放電）してから扱う。短絡する際は、直接短絡せず、抵抗器などを介して行う。コンデンサは、短絡してもその後時間がたつと、電圧を回復し、感電することがある。電解コンデンサ、高圧コンデンサの場合は、特に注意を要する。
- (6) オシロスコープで電源電圧を測定する際は、ケースの部分が帯電していることがあるから、ケースを直接接触すると感電するおそれがあるため、感電保護具等を着用する。
- (7) スイッチの開閉のとき、ハンドルを握らない方の手は他の物、特に金属に触れないこと。スイッチの操作は、右手で行う。左手で行うと、感電のとき心臓に電撃を受ける。
- (8) 電磁石のような大きなインダクタンスを有する回路のスイッチを切ると、火花が飛んでやけどや感電するおそれがあるため、感電保護具、防具を着用する。直流電動機の界磁電流を切るときも、素早くスイッチを切ること。

5 接地工事

人体への安全を図るため、種々の電気機器は接地（アース）する必要がある。この接地工事にはA種、B種、C種、D種接地工事があり、その種類と抵抗値、接地箇所を表4-4、表4-5に示す。ただし、機器の仕様書または取扱説明書がある場合はその指示による。

実験盤の接地端子は、ほとんどD種接地である。接地端子の代用にガス管、水道管などを決して用いてはならない。また、N極（接地側）に電気機器の接地（アース）線を接続してはならない。

表4-4 接地工事の種類と接地抵抗値および接地線の太さ

接地工事の種類	接 地 抵 抗 値	接 地 線 の 太 さ
A 種	10Ω 以下	直径 2.6 mm又は 5.5 mm ² 以上
B 種	変圧器の高圧側、または特別高圧側の電路の1線地絡電流のアンペア数で150を除いた値に等しいオーム数	直径 4 mm又は 14 mm ² (高圧電流または特別高圧架空電線路とを変圧器に結合する場合は 2.6 mm又は 5.5 mm ²) 以上
D 種	100Ω 以下 (低圧電路において当該電路に地気を生じた場合に、0.5 秒以内に自動的に電路をしゃ断する装置を施設するときは 500Ω 以下)	直径 1.6 mm以上
C 種	10Ω 以下 (同上)	同上

表4-5 各種機器の接地箇所と接地の種類

設 備	接 地 箇 所	接地工事の種類
300Vを超える低圧、または高圧の計器用変成器	二次側	D 種
300V以下の低圧用機器	外箱、外箱のないものは鉄心	D 種
300Vを超える低圧用機器	外箱、外箱のないものは鉄心	C 種
高圧用または特別高圧用機器	外箱、外箱のないものは鉄心	A 種
300V以下の屋内金属配線管	管	D 種
300Vを超える屋内金属配線管	管	C 種
屋内配線用金属線び	線び	D 種
300V以下の屋内配線フレキシブルパイプ	フレキシブルパイプ	D 種
300Vを超える屋内用金属配線管フレキシブルパイプ	フレキシブルパイプ	C 種
300V以下の屋内配線用金属ダクト	ダクト	D 種
300Vを超える屋内配線用の金属ダクト	ダクト	C 種
300V以下の屋内配線バスダクト	ダクト	D 種

300Vを超える屋内配線バスダクト	ダクト	C	種
フロアダクト	ダクト	D	種
キャブタイヤケーブルを収める金属装置	金属製防護装置	D	種
300V以下の屋内ケーブル配線の金属製接続箱 または金属被覆	接続箱、金属被覆	D	種
前項で300Vを超える場合	接続箱、金属被覆	C	種
屋内使用の接触線（走行クレーンなど）	接触線	A	種
300V以下1A以下の放電灯器具	外箱、金属製部分	D	種
前項で1Aを超える場合	外箱、金属製部分	C	種
白熱電燈を収める電気機械器具	金属製部分	D	種

6 その他電気によって発生する災害

- (1) 電熱器の使用は、細心の注意をはらうこと。これはヒーター一部で周辺を焦がしたりするほかに、近くに可燃物がある場合や本体の電線被覆を伝っての火災の危険性がある。また、感電による心配もあるので、使用にあたっては十分に注意すること。
- (2) スイッチや電動機、分電盤・実験盤の近くには、燃えやすいものや、爆発しやすいものなどを置かない。ヒューズが飛んだときや開閉器が遮断した時の火花が元で火災になることや、やけどをすることがある。
- (3) 冷蔵庫などには、自動温度調節用のスイッチが取付けられている。室内に爆発性のガスが充満していると、スイッチを開閉する際の火花が点火源となり爆発事故を起こす場合があるため、薬品の冷蔵保管に際しては、防爆型冷蔵保存庫を使用すること。
- (4) 可燃性又は支燃性のガス（都市ガス、水素、アセチレン、アンモニア、一酸化炭素、酸素ガスなど）、危険物（アルコール、エーテル、ガソリン、シンナー、ベンジンなど）、粉塵（小麦粉、でんぷん、ココア、粉ミルク、硫黄）などの存在する場所では、機器の過熱、スイッチを開閉する際の火花、アークなどが点火源になり、爆発事故を起こす場合があるので防爆対策をとることが望ましい。
- (5) 腐食性ガス（酸、アルカリ、塩素酸カリ、さらし粉、染料、または電気分解、電気メッキを行う場所、蓄電池室など）の存在する場所では、腐食による絶縁不良などの障害が起きる可能性があり、対応としては腐食しにくい材料や器具を使用し、あるいは防食塗料を塗るなどして、容易に腐食劣化しないような特別の処置を施すとともに、定期的（1年毎）に腐食していないか点検する必要がある。
- (6) 漏電ブレーカの遮断やヒューズが切れたら必ずその原因を調べ、対策を講じた後に復旧させること。対策しない場合は感電や火災の危険性がある。

7 停電時の心得

電気機器は、一般には年に何度かの停電が避けられないことを想定して、対処しておく必要がある。その対応策を以下に記す。

- (1) 連続実験装置、サーバーシステム、冷却することで防爆しているものなど、不慮の停電により教育研究に支障をきたす機器や大きな災害をもたらす恐れのある電気機器ないしはシステムの電源については、特別の配慮が必要となる。すなわち、電源の安定度の向上ならびに予備電源の設置と相互の迅速な切換えなどについて、万全を期すべきである。
- (2) 古い排気装置など回転機を含むある種の装置では、停電した後の再通電時に負荷が過大で、回転機が自力で回転を開始できない場合がある。このような場合、発熱から火災を起こす恐れがあるので注意が必要である。一般に、夜間などに人のいない部屋で終夜運転の必要な装置（電気炉、排気ポンプなど）には、これら装置ごとに保護リレー等の安全回路を附置する。
- (3) 夜間突然に停電して暗闇となっても、わかりやすい所に懐中電灯を常置しておくこと。
- (4) 停電の時は、電動機のスイッチを切ること。直流機、誘導機、同期機等は復電したとき焼損の恐れがある。また、コンデンサ等の電荷を確認の上使用すること。

8 低圧電気取扱特別教育について

低圧の充電回路の敷設若しくは修理の作業等を行うには、低圧電気取扱特別教育を修了した者でなければ作業を行うことができません。（労働安全衛生法第 59 条、労働安全衛生規則第 36 条）また、経済産業省の資格である第二種電気工事士免許を取得していても、低圧電気取扱業務等につく場合は必ず厚生労働省の電気取扱(低圧)作業特別教育を修了していなければなりません。

表 4-6 は、電気工事士法に基づいて、第二種電気工事士の免状の交付を受けており、低圧電気取扱特別教育を修了した者でなければできない作業である。

表4-6 電気工事士の資格がないとできない作業

1	電線を接続する作業
2	がいしに電線を取付ける作業
3	電線を、造営材やその他の物に取付ける作業
4	電線管、線び、ダクトその他これらに類する物に電線を収める作業
5	配線器具を造営材その他の物に固定し、またはこれに電線を接続する作業。ただし、露出形点滅器または露出形コンセントを取替える作業は除く。
6	電線管を曲げたり、ねじを切ったりすること。または電線管相互や電線管とボックスその他の附属品とを接続する作業
7	ボックスを造営材その他の物に取付ける作業
8	電線、電線管、線び、ダクト、その他これらに類する物が造営材を貫通する部分に、防護装置を取付ける作業
9	金属の電線管、線び、ダクト、その他これらに類する物や、これらの付属品を建造物のメタルラス張、ワイヤラス張りまたは金属板張りの部分に取付ける作業
10	配電盤を造営材に取付ける作業
11	接地線を一般用又は自家用電気工作物に取付けたり、接地線相互や接地線と接地線とを接続したり、接地極を地中に埋設する作業

表4-7は、電気工事士の資格がなくてもできる軽微な作業である。しかし、この場合にも先にあげた低圧電気取扱特別教育を修了した者でなければできない作業である。

上記の作業でも、電気工事士が作業しているとき、電気工事士でないものが電気工事士の作業を補助することは差し支えない。また、電気工事士でないものは、上記1～11を除き、表4-7を含めた作業なら何でもできると考えてよい。

表4-7 電気工事士でなくともできる軽微な作業

1	電圧600V以下で使用する接続器または開閉器に、コード、キャブタイヤケーブルを接続する工事
2	電圧600V以下で使用する電気機械器具(配線器具は除く)の端子に、電線(コード、ケーブルを含む)をねじ止めする工事
3	電圧600V以下で使用する積算電力量計、電流制限器、ヒューズを取付け、取外す工事
4	2次電圧が、36V以下の小形変圧器の2次側の配線工事(インターホン、電鈴など)
5	電線を支持する柱、腕木などを設置し、または変更する工事
6	地中電線用の暗きょ、または管を設置し、または変更する工事

9 その他

- (1) 電線を踏んだり、挟んだり、またはロープの代わりなどに使用してはならない。その恐れがあるときは、必ず所定のカバーをつける。但し、コードはステップルで固定したり、モール等に収めて使用することは禁止されている。
- (2) 高所作業においては、墜落しないように命綱などを使用すること。
- (3) 単独の電気作業は避ける。人のいない場所及び夜間における作業は厳禁である。
- (4) 長い金属棒を持って、電気設備の近くを通るのは危険である。
- (5) 電気関連事故における人工呼吸法については、第2章応急処置(9ページ)を参照のこと。

第2節 レーザー機器の取扱い

1 光やマイクロ波に対する目の心得

- (1) レーザー光は、弱いものでも直視しないようにすること。レーザー光は、直視しなくとも窓ガラス等に反射することがあるから、反射光でも十分注意する必要がある。(次の「レーザーによる障害防止対策等について」を参照すること。)
- (2) 水銀灯、アークなどは紫外線を多く含むので、直視しないこと。このようなときは、安全眼鏡を使用する。
- (3) 電子レンジなどのマイクロ波は、小出力でも特に目には有害のため、目を近づけてはならない。

2 レーザーによる障害防止対策等について

(1) レーザー光の特徴

レーザー光は波面がそろっていて指向性に優れ、ビームの拡がり小さいため高いエネルギー密度のまま伝搬する。レーザー装置から十分離れており安全と思われるところでも直接強い光や、散乱による二次光を受け、危険な場合がある。波長領域は真空紫外、可視、赤外、ミリ波におよぶ。一般に、レーザー光は生体に吸収されやすく、吸収された光エネルギーが過剰な場合にはその熱、光化学反応、イオン化などによって生体組織を破壊する原因となり、主に、眼や皮膚に障害を起こす。可燃物に当たった場合には火災のおそれもあるので、火災防止のためレーザー実験室内では不燃カーテンを使用すること。不要な光の終端処理も重要である。なお、レーザー光にはX線やガンマ線などの放射線のように生体を透過する性質はなく、光照射積算時間に比例して生じるような蓄積効果もない。

(2) レーザーの危険性

1) 眼に対する危険性はレーザーの出力だけでなく、波長にも大きく依存する。

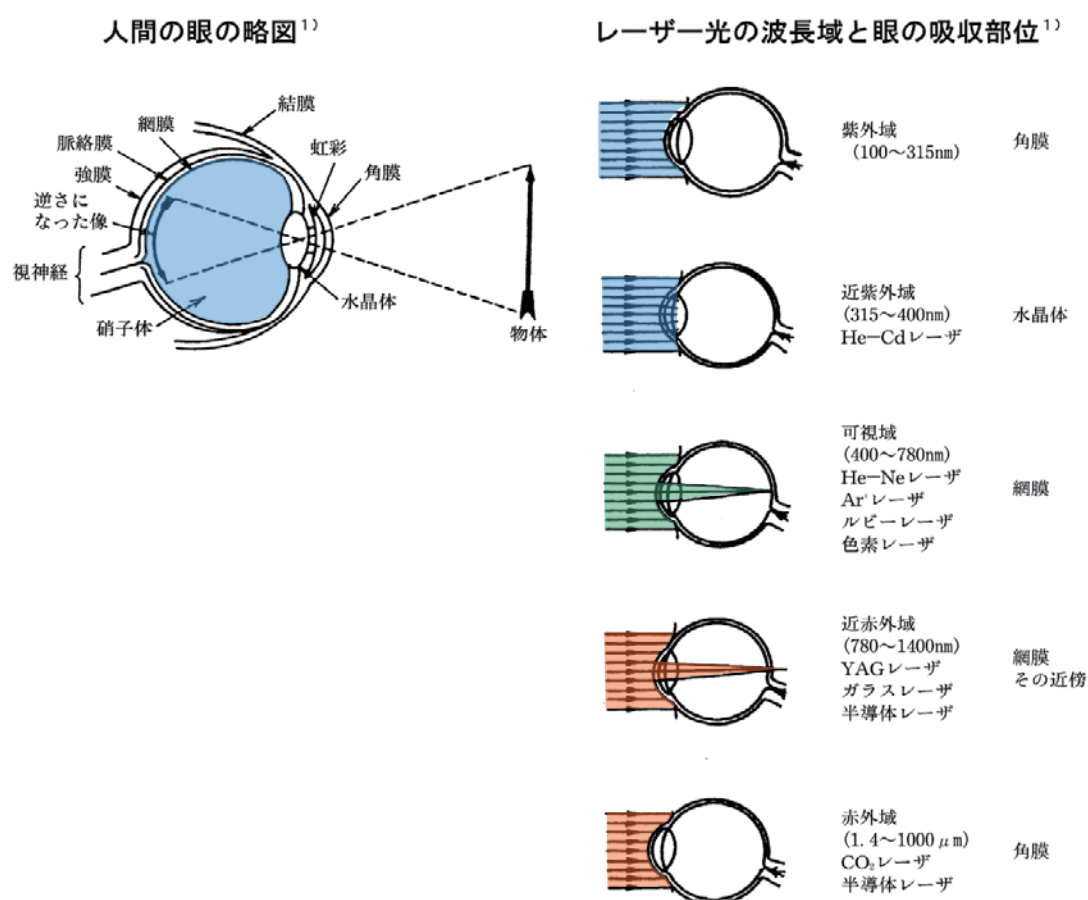
- ① 炭酸ガスレーザー (10.6 μm) のような遠赤外域のレーザー光は、水によく吸収されるため、眼の角膜表面にやけどを負う。高出力光を皮膚に直接受ければやけどを負う。
- ② 波長が 1.4~3 μm の中赤外域のレーザーは眼の内部まで達するので白内障を生じる。
- ③ 近赤外域および可視域のレーザー (YAG レーザー、半導体レーザー、チタンサファイアレーザー、YAG レーザーの第二高調波、アルゴンイオンレーザーなど) は、光が網膜まで達するため最も失明の危険性が高い。
- ④ 紫外レーザー (エキシマーレーザーなど) は、光が角膜の表面で吸収されやけどを負う。皮膚に直接受けるとやけどの他に皮膚ガンになる可能性も指摘されている。

2) レーザー本体および電源部には高電圧回路・高電圧コンデンサが使用されているので、

感電に気を付けること。スイッチを切ってもコンデンサは未放電状態の場合があるので注意すること。また、エキシマーレーザーのように毒性のガスを使用しているレーザーでは、換気・排気を含めて取扱いに、十分注意すること。紫外レーザーの場合には空気中でオゾン等が発生するので実験室の排気の処置が必要になる場合がある。

(3) 眼に対する障害

レーザーは、きわめて高いエネルギー密度をもつために、人体に対して大きなダメージを与える場合がある。その最も危険な場合が眼に対する障害である。眼をいかに保護するか、実験を行う上で、最大限の注意をはらわなければならない。眼にレーザー光が照射された場合にどのような影響が生じるかを図に示す。



可視光および近赤外光の場合、角膜を透過したレーザー光は水晶体のレンズ作用によって網膜上に集光される。その際、レーザー光はその波長程度の小さなスポットに集束されるので、そのエネルギー密度はきわめて大きくなる。そのため、網膜が破壊されて視力障害を引き起こす。特に注意すべきは Q スイッチパルスレーザーで、数 mJ/パルスのエネルギーでも網膜に障害を引き起こす場合がある。YAG レーザーなど、近赤外光レーザーの場合にはレーザービームの散乱光が見えないので、光路調整などの際には後述のように十分注意しながら行わねばならない。日本におけるレーザー眼外傷 43 例 50 眼を検討した報告²⁾によると、ほとんどの事故は、研究室で実験中に発生し、事故をおこした人は、大学関係者（職員、大学

院生および学生)と研究員が多かった。事故は光軸調整の時におこりやすく、微妙な操作を誤ってレーザー光がずれて、側壁等に反射して予期せぬ方向に進路を変えて受像していることが多い。事故をおこしたレーザーの種類は、**YAG レーザー**がもっとも多く、その他に**チタンサファイアレーザー**、アルゴンレーザーなどがあった。

(4) レーザーのクラス分け (レーザーの危険度による分類)

レーザー機器の安全対策のため、レーザー光の危険度によって被曝放出限界 (AEL: Accessible Emission Limit) と称する基準値が定められている。(JIS 規格 C6802 「レーザー製品の安全基準」) この JIS 規格が 2005 年 1 月 20 日に改正された (JIS C 6802:2005)。従来、安全な方からクラス 1、2、3A、3B、4 の 5 段階の分類が採用されていた。本改正で、ビーム広がり角の大きなレーザー光 (半導体レーザーや光ファイバから出力される光) のため、またはビーム径の大きなレーザー光のため、パワー (エネルギー) 密度が最大許容露光量 (MPE: Maximum Permissible Exposure) 以下になるような低クラスの分類が追加され、クラス 1、1M、2、2M、3R、3B、4 の 7 段階に細分化された。その内容をわかりやすくまとめると以下に示すようになる。自分が使用するレーザー装置がどのクラスのものであるかを把握しておく必要がある。

クラス 1 : 本質的に安全であるか、技術的設計によって安全になっている。出力がおおむね $0.39 \mu\text{W}$ 以下 (波長 400~550 nm の連続光の場合) で、通常の動作条件ではまったく危険のないもの。AEL 値は、MPE 値に限界開口面積を掛けたパワーで表示される。従ってクラス 1 以下のレーザービームをレンズ等で集束させても限界開口面積で平均化したパワー密度は MPE を超えない。これにより、クラス 1 のパワー制限値はルーペや双眼鏡の使用をも考慮した本質的に安全なレベルである。なお、囲い等を設けて人体への露光量が AEL 以下に制限できれば、**レーザー**単体の出力に依らずクラス 1 製品に分類される。

クラス 1M : このクラスは「裸眼は安全」として新設されたクラスである。露光条件は光源から 100 mm の距離をおいて裸眼で観測する場合である。従って、このクラスではレンズ系による観察で損傷を受ける可能性がある。

クラス 2 : 可視光 (400~700 nm) で低出力。連続 (CW) レーザーでは出力 1 mW 以下。本質的に安全ではないが、このクラスのレーザー光の場合には、偶発的に眼に入っても通常眼の嫌悪反応 (まばたき) によって保護される。しかし、長時間眼に照射した場合には障害が起きるので、レーザー光を直接覗き込んではいならない。

クラス 2M : このクラスは、クラス 1M と同様に「裸眼は安全」として新設されたクラスで、裸眼観測の条件下 (距離 100 mm) で嫌悪反応により安全となるクラスで、条件を限定されたクラス 2 である。従って、このクラスもレンズ系による観察は損傷を受ける可能性がある。

クラス 3R：光学的手段を用いたビーム内観察は危険である。双眼鏡などを用いて集光して目に入れた場合障害を引き起こすおそれがある。可視光に対し、連続波レーザーでは 5 mW 以下の放射パワー。可視光の波長では、クラス 2 の AEL の 5 倍以下、可視光以外の波長では、クラス 1 の AEL の 5 倍以下。

クラス 3B：直接光もしくは鏡面反射光を覗いた場合、常に危険であり、思いがけない障害を引き起こす。直接のビーム内観察は絶対に行ってはならない。連続 (CW) レーザーでは 0.5 W 以下、パルスレーザーについては 10^5 J/cm^2 以下の可視および不可視レーザーが該当する。

クラス 4：クラス 3B をこえる高出力レーザーで、直接光および鏡面反射光のみならず拡散反射も危険とされる。眼だけではなく皮膚障害をももたらす、火災の危険もあるとされる。

注：JIS C 6802:2005 は 2011 年に改正され、最新版は JIS C 6802:2011 である。

(5) 施設機器の安全管理

- ・クラス 2 以上のレーザー装置を使用する部屋には警告ラベルを貼ることが義務づけられている。
- ・研究・実験室にレーザー機器装置がある場合、出入口の廊下側ドアに表示する。
- ・クラス 3B 以上のレーザー機器装置については、使用中に、外部から判別できる警告表示灯（レーザー使用中）を設置する。

(6) レーザーを安全に使用するための原則

前述のようなことを念頭において考えれば、使おうとするレーザーを、安全に使用するための注意点が明らかになると思うが、次にクラス 3B 以上の高出力レーザーを対象に、一般的な注意事項を列記する。

1) 使用するレーザーの波長に応じた、保護眼鏡を着用する。

保護眼鏡は、使用レーザーの波長に対応したものでなければ効果はない。保護眼鏡は、完全吸収型と一部透過型があるが、高出力の不可視レーザーの場合には完全吸収型を使用する。

2) レーザービームを直接見ることは厳禁である。

保護眼鏡をしている場合でも、ビームを直接見てはいけない。

3) 直接のビームだけでなく、反射、拡散光も危険であり、これらが目に入らないように注意する。

- ・作業時には腕時計、指輪など、光を反射しそうなものは、はずす。
- ・可能な限り照明をつけて明るい環境で作業する。（暗い場所では瞳孔が開くので、目に入る光量が増加してしまう。）
- ・目をビームの高さに持っていかない。また、逆にレーザーの光路が、目の高さを通らないように設置する。

- 4) レーザーの光路およびその延長上には立たないようにする。
光路の延長上では、何かの拍子に、ミラー等がずれたり、倒れたりすると、レーザー光が当たってしまう可能性がある。このような潜在的な危険性も、避ける必要がある。可能な場合には、レーザーの光路を、非透光性、難燃性のパイプなどで覆うと良い。
- 5) レーザービームの終端には、吸収性、不燃性の遮蔽物を置く。
単発あるいは、短時間では、火災などの危険のない場合でも、繰り返し、あるいは長時間レーザーが当たることによって、発火する可能性がある。
- 6) レーザーの調整や、光路の調整を行う場合には、レーザーの出力や繰り返しを可能な限り低くして行う。
- 7) レーザービームに直接皮膚をさらさないようにする。衣服は皮膚の露出の少ない燃えにくい素材のものがよい。(溶融して玉状になる化学繊維の衣服は好ましくない)
また、紫外レーザー光のある種のもの (KrF エキシマーレーザー等) は、皮膚での吸収が大きく、拡散反射光、散乱光でも、「日焼け」等が起こるので、フェイスマスクタイプの保護具を使用し、眼だけではなく、顔などの皮膚の露出も避ける。
- 8) レーザー本体および電源部には、高電圧の端子やコンデンサがあり、感電する危険性が高い。本体および電源部を開けることは、教員または管理責任者の立ち合いのもとでのみ、行うようにする。
- 9) 使用にあたっては、マニュアル等をよく読んで、正しい操作を心がける。
- 10) レーザー照射によって発生する可能性のある有害物にも、注意を払い、適切な予防処置をとる。特に紫外レーザーでは、空気中の酸素からのオゾンの発生に注意する。
一部のレーザーは、有害物質、危険物質を使用しているので (エキシマーレーザーの場合は、ハロゲンガス、色素レーザーの場合は、色素や溶媒など)、その取扱いにも充分注意する。
- 11) 労働安全衛生法ではレーザーを用いた労働について、その安全予防対策の具体的内容をクラス 1M、クラス 2M、クラス 3R、クラス 3B および 4 のレーザー機器を対象に「レーザー光線による障害の防止対策について」で定めている。参考として、以下にその基準を示す。

措置内容 (項目のみ)		措置内容	レーザー機器のクラス			
			4	3B	3R	2M 1M
レーザー機器管理者の選任			○	○	○*1	
管理区域 (標識立入禁止など)		他の区域と区画し標識等で明示、関係者以外立入禁止	○	○		
レ ー ザ ー 機 器	レ ー ザ ー 光 路	光路の位置	○	○	○	○
		光路の遮蔽	○	○	○*1	
		耐火物による終端	○	○	○*1	○*2

レーザー機器	キーコントロール		キー等により作動する構造	○	○		
	緊急停止スイッチ	緊急停止スイッチ	レーザー光の放出を直ちに停止できる非常停止スイッチ	○	○		
		警報装置	容易に確認できる自動表示灯等の警報装	○	○	○*1	
		シャッター	放出口に不意の放出を避けるシャッター	○	○		
	インターロックシステム		管理区域開放、光路遮蔽解除の時、レーザー放出自動停止	○	○		
	放出口の表示		レーザー光放出口に表示	○	○	○	
作業管理等	操作位置		レーザー光路からできるだけ離れた位置でレーザー機器の制御	○			
	光学系調整時の措置		光学系調整時は必要最小限のパワーで行う	○	○	○	○
	保護具等	保護眼鏡	レーザーの種類に応じた適切なレーザー用保護めがねの着用	○	○	○*1	
		皮膚の露出の少ない作業衣	皮膚の露出の少ない衣服の着用	○	○		
		難燃性素材の使用	難燃性素材の衣服着用、熔融して玉状になる化学繊維は不適	○			
	点検・整備		始業点検、一定期間ごとの点検、調整	○	○	○	○
	安全衛生教育		労働者の雇い入れ時、作業内容変更時、レーザー変更時の教育	○	○	○	○
健康管理	前眼部（角膜、水晶体）検査	雇い入れまたは配置替え時に視力検査と併せて角膜、水晶体検査	○	○	○*1		
	眼底検査	雇い入れまたは配置替え時に視力検査と併せて	○				
その他	掲示		レーザー機器管理者氏名	○	○	○*1	
			危険性・有害性、取り扱い注意事項	○	○	○	○
			レーザー機器の設置の表示	○	○		
	レーザー機器の高電圧部分の表示		高電圧部分の表示、感電防止措置	○	○	○	○
	危険物の持込み禁止		爆発物、引火性物質	○	○		
	有害ガス、粉じん等への措置		労働安全衛生法所定の措置	○	○		
	レーザー光線による障害の疑いのある者に対する医師の診察・処置		レーザー光による障害が疑われる時、速やかに医師による診察処置	○	○	○	○

※1 400nm~700nm のレーザー光線を放出するレーザー機器について措置が必要である。

※2 平行ビームの状態でレーザーが出力されるクラス1M及びクラス2M製品では、レーザー光路の末端について措置が必要である。

参考文献

- 1) レーザー応用技術ハンドブック(朝倉書房、1991)
- 2) 「日本におけるレーザー眼外傷」上條由美、小澤哲磨、眼科臨床医報 97(2)、95-100、2003

第3節 都市ガス、水道水

1 都市ガス

各室で都市ガスを使用する際は、次の点に注意する。

(1) 点火と消火の確認

- ア 点火したとき、バーナーに火が完全についたかどうかを確認する。
- イ 炎の色または臭いで、完全燃焼しているかどうかを確認する。
- ウ ガスに点火したときはその場を離れない。またその場を離れるときには必ず消火する。
- エ 消火したら、器具栓、ガス栓が閉まっているかどうかを確かめる。

(2) 使用中の心得

- ア 使用中は、常に換気扇が動いているか、給気口、排気口が塞がれていないかなど、換気に注意すること。
- イ 換気設備がない場合は一定時間ごとに窓を開け換気を行う。

(3) ゴム管（強化ガスホース）について

- ア ひび割れや硬化している古いゴム管は強化ガスホース等新しいものに直ちに取り替える。
- イ 短いガスホースを継手で接続して使用しないこと。
- ウ 強化ガスホースはガス栓、器具栓の赤線までしっかり差し込む。
- エ 強化ガスホースは安全バンドでしっかり止める。
- オ ワンタッチ式の接栓を使う場合は、適切な継ぎ手を用いること。

(4) その他

- ア ガス器具の周りは整理整頓し、燃えやすいものは置かない。
- イ ガスを使用中、異臭や身体の不調などを感じたらただちにガスの使用を止め、窓や扉を開放し換気すること。
- ウ ガス器具は、こまめに手入れをすること。
- エ 地震が発生したら、器具栓、ガス栓を直ちに閉める。

2 水道水

水道水は、生活用水として用いられるほか、実験用水としても種々の目的で使用されている。特に装置の冷却用として使用される場合には、装置の正しい操作方法に従わなければならないが、安全上重要な点を次に示す。

- (1) 給水管と装置の給水口との接続は、継手配管にて行う。やむを得ずホース等で接続する場合は、水圧に耐えられるものを使用し、給水管及び装置の給水口との接続部分は、水圧の変動で外れることのないよう安全バンドその他でしっかり固定する。
- (2) 実験室の電気装置やその他水漏れにより危険を引き起こす恐れのある物品は、ホースや配管の破損、外れによる漏水の影響を避けるように、あらかじめ配置しておく。
- (3) 事故等により床への漏水が長時間にわたると考えられる場合は、下階の部屋への水漏れの恐れがあるので、防水パンの設置や床排水口を設けるなど、あらかじめこれらの対策を考えて、実験装置及び配管を設置すること。
- (4) 水道水の使用は、できるだけ実験者の在室中に行うこと。ただし、装置の継続運転、終夜運転を行う必要のあるときは、部屋の入口その他に表示すること。

第4節 高圧ガス、液化ガス

一般に、気体の容器、配置、弁等は、気体の種類のいかんによらず、内圧により破壊する際に危険を伴うので、使用圧力、容器の大きさに応じて、設計法が法律により定められている。(圧力容器構造規格を参照のこと。)したがって、これらの使用にあたっては、起こり得る最高圧力に対して、使用する容器類の規格、性能がこれに見合うものであることを銘板、刻印等により確認しなければならない。

1 高圧ガス容器（ボンベ）

- (1) ボンベは JISB8241 に基づいて良質の鋼で製造されている。これらは、すべて高圧ガス保安法によって耐圧試験、気密試験等を行い、合格したものだけが使用される。
- (2) ボンベは肩部に図4-2のような刻印がある。
- (3) ボンベには、充てんガスの種類を示す定められた色(表4-8)を外部に塗ることになっている。
- (4) バルブの構造を図4-3に示した。ガスの出口は、可燃性ガスを左ネジ、その他は右ネジに定めている。例外にヘリウムは左、臭化メチルとアンモニアは右ネジもある。
- (5) 本学では高圧ガス保安法により、ボンベにガスを充てんすることは許されていない。
- (6) ボンベは5年(平成元年以前は3年)ごとに再検査(耐圧、重量など)を受けることになっており、刻印及び容器証明書に成績を裏書する。プロパンの小容器など例外(6年ごと)もあり、また、5年を経過してもガスを使用中であれば、詰替えに際して再検査を受けることになる。

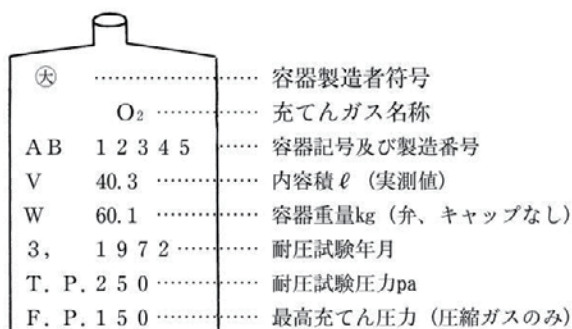


図4-2 ボンベの刻印

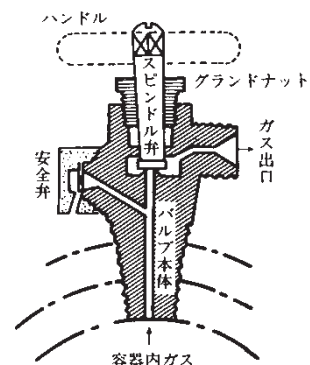


図4-3 バルブ略図

表 4-8 ボンベの色及びガスの性状

ガス名	色	毒性	可燃性	容器内の状態
酸素	黒	無	—	ガス体
水素	赤	〃	有	〃
二酸化炭素	緑	〃	無	液とガス体
アンモニア	白	有	有	〃
塩素	黄	〃	—	〃
アセチレン	褐	無	有	溶解ガス
アルゴン	ねずみ	〃	無	ガス体
窒素	〃	〃	〃	〃
メタン	〃	〃	有	〃
L P ガス	〃	〃	〃	液とガス体
一酸化炭素	〃	有	〃	ガス体
ホスゲン	〃	〃	無	液とガス体
エチレン	〃	無	有	〃

2 高圧ガスボンベの取扱上の注意事項

(1) 一般的注意事項

1. (心得)

ア ボンベの取扱いは十分な知識をもっている者が行うか、もしくはその者の指導の下に行う。

イ 各種ガスの取扱いは、ガスの性質及び取扱方法を熟知したうえで行う。

2. (貯蔵)

ウ ボンベは強固な支持物に2点固定し、転倒・転落などの防止措置をとる。

エ 可燃性ガス、毒性ガス、酸素は区別して貯蔵し、また、充てんしてあるボンベと空のボンベは区分する。

オ 使用しないボンベは、常に弁を閉めてキャップをかぶせておく。

カ ボンベは風通しの良い所に置き、40℃以上にならないようにする。

キ ボンベを貯蔵する場合、周囲に必要以外のものを置かない。また、2 m以内に火気、引火性、発火性のものを置かない。

ク ボンベを風雨にさらしたり、湿気の多い所へ置くことは避け、腐蝕を防止する措置を講ずること。直射日光にさらさない処置をとる。

ケ ボンベは電線、アース線の近くに貯蔵することは避ける。

3. (移動)

コ ボンベの移動時には、バルブを点検し、キャップを必ず付ける。

サ ボンベの移動は手押車などを使用し、引きずったり、滑らしたりしない。

4. (その他)

シ ガス使用後は、概ね1 MP a程度の残圧を保持して詰替業者に引渡すことが望ましい。

減圧には絶対しない。また、ボンベからボンベへのガスの移し替えは禁止されている。

ス 容器検査に合格しないボンベを廃棄する場合は、勝手に放棄せず、必ず高圧ガス取扱業者に処分を依頼する。

(2) 可燃性ガス、酸素、有毒ガス、窒息ガスに対する注意事項

ア 可燃性ガス（水素、炭化水素類など）または酸素を使用する設備から5 m以内では火気の使用を禁じ、引火性、発火性のものを置かないこと。ただし、当該設備内のものを除く。

イ 酸素を使用するときには、器具類から石油、油脂類の可燃性物質を除去した後に使用する。圧力調整器などは酸素専用のもを用いる。接続部には可燃性のパッキングを用いない。

ウ 酸化エチレンは、設備の内部をN₂、CO₂等で置き換えしたのち消費すること。また、ボンベと設備の間に逆流防止装置を付けること。

エ 毒性ガスに対する十分な知識をもって行う。有毒ガス（H₂S、CO、Cl₂等）を吸入しないように、ドラフトなど局所排気装置内で行う。

オ ガス排気は屋外へ出すように、有毒ガスの排気は、アルカリ吸収剤などをおして無害にする。

カ 可燃性ガスや有毒ガスなどを利用する場合はそれらのガス漏れ警報センサを設置したり、酸素モニタを設置したりすることが望ましい。

(3) シラン系ガス等（シラン、ジシラン、ジボランなど）に対する注意事項

半導体製造ではCVD、エッチング、洗浄などの過程で種々の化学物質が使用されるが、その中でも特に表4-9に挙げた37種類のガスは「特殊材料ガス」と呼ばれており、自然発火性であったり、分解爆発性であったりと爆発範囲が広く、また毒性を有していたりと危険性がきわめて高く取扱いには注意が必要とされているものである。これらのうち消費量の多い7種類の可燃性ガス（表4-9参照）については、使用する場合にはあらかじめ都道府県知事へ届出を行うことが必要である。これらのガスは大学の研究室でも死亡や重傷につながる事故の報告もあり、使用に際しては以下に示す点を十分考慮して、万全の準備と注意が必要である。

ア ガスボンベはシリンダーキャビネットに納め、キャビネット内にはガス警報センサ、散水ノズル、強制排気ダクトを装備する。

イ ボンベ元栓には圧縮空気作動のニューマチックバルブを装着し、停電時やガス漏洩時に自動的に閉まるようにする。

ウ ボンベと反応装置（実験装置）の間の配管にはSUS316材を用い、逆止弁、パージ用の窒素ガス供給系を用意する。

エ 実験装置、ガス供給装置は十分保安設置をし、室内上部にもガス警報センサを取付け、天井部に排気ダクトを設ける。

オ できれば実験室に保安用電源を設ける。

カ 実験装置の排気側は除害装置に接続し有害物質を外気に放出しない。吸着筒により反応ガスや有毒ガスを吸着するが、この除害装置の保守点検を十分に行う。

キ 実験室の隣室や近くに消火器を設置し、使用者にその位置を徹底する。

ク シラン系ガスは酸化性のガスと爆発的に反応するので、パージ用ガスは他のものと共通にせず酸化性ガスを含まない独立した系統を準備する。

表4-9 特殊材料ガス(37種)及び特殊高圧ガス(7種、*印)とその性質

ガス名	化学式	性質	ガス名	化学式	性質
シラン系			三フッ化ホウ素	BF ₃	
シラン*	SiH ₄	燃自	三塩化ホウ素	BCl ₃	
ジシラン*	Si ₂ H ₆	燃自	三臭化ホウ素	BBr ₃	
ジクロロシラン	SiH ₂ Cl ₂	燃	金属水素化物		
トリクロロシラン	SiHCl ₃	燃	セレン化水素*	H ₂ Se	燃
四塩化ケイ素	SiCl ₄		ゲルマン*	GeH ₄	燃分
四フッ化ケイ素	SiF ₄		テルル化水素	H ₂ Te	燃分
ヒ素系			スチビン	SbH ₃	燃分
アルシン*	AsH ₃	燃	水素化スズ	SnH ₄	燃分
三フッ化ヒ素	AsF ₃		ハロゲン化物		
五フッ化ヒ素	AsF ₅		三フッ化窒素	NF ₃	支
三塩化ヒ素	AsCl ₃		四フッ化硫黄	SF ₄	支
五塩化ヒ素	AsCl ₅		六フッ化タングステン	WF ₆	
リン系			六フッ化モリブデン	MoF ₆	
ホスフィン*	PH ₃	燃自	四塩化ゲルマニウム	GeCl ₄	
三フッ化リン	PF ₃		四塩化スズ	SnCl ₄	
五フッ化リン	PF ₅		五塩化アンチモン	SbCl ₅	
三塩化リン	PCl ₃		五塩化モリブデン	MoCl ₅	
五塩化リン	PCl ₅		六塩化タングステン	WCl ₆	
オキシ塩化リン	POCl ₃		金属アルキル化物		
ホウ素系			トリアルキルガリウム	GaR ₃	燃分
ジボラン*	B ₂ H ₆	燃	トリアルキルインジウム	InR ₃	燃分

注) 燃=空气中で可燃性、自=空气中室温で自然発火性、支=支燃性、分=分解爆発性

3 高圧ガス使用操作上の注意事項

(1) 装置組立

ア たとえ短期間の実験であっても、しっかりしたスタンドまたはフレーム装置を組み、装置が安全に固定された実験を行う。

イ 圧力調節器、配管・ホースなどはガス専用のものを用い、転用は絶対にしない。特に酸素ボンベには「禁油」の表示のある専用の圧力調節器を用いること。

ウ 圧力計は、常用圧力の1.5~3.0倍のものを使用する。

(2) 電気配線

十分注意して配線し、爆発引火、火花発生の起こらないようにする。

(3) ガス漏れ防止

ガス漏れを防ぐため、装置の接続を確実にを行う。例えば常圧反応装置では、パイプとパイプの接続、装置とパイプの接続を完全にすること。加圧反応装置ではフランジの接続、溶接部分等に注意し、いずれの場合も、反応前にN₂などの不活性ガスを用いてガス漏れ試験を行う。

(4) 爆発防止

ガス反応装置では、圧力がかかってガスが吹き出している間は燃焼にとどまっても、圧力が下がると空気を引き込んで装置内で爆発する危険性があるので、不活性ガスによってページできるような N_2 などの不活性ガスの配管を行う方がよい。爆発限界を表 4-10 に示す。炭化水素などの空気（または酸素）による気相酸化反応を行う場合には、爆発限界に十分注意しなければならない。特に反応中に爆発限界外であっても、反応開始時や終了時にはガス濃度に変化して爆発限界内になる可能性があるため、その爆発限界濃度に十分注意し、爆発の起こらないようにしなければならない。

(5) ガスの供給

圧力調整器は、故障のないことを確かめてからポンベに取付ける。油類がバルブや圧力調整器に附着していると、火災を引き起こしやすいことを忘れてはならない。むやみに圧力調整器に油をさしてはならない。

ア 圧力調整器をポンベに取り付け、圧力調整器の入口ナットをしっかりと締める。それから配管を圧力調整器の出口に接続する。

イ 圧力調整器に出口バルブがあればそれを閉じる。そして圧力調整器のコントロールノブを反時計回りにいっぱい廻して圧力調整器を閉じる。

ウ ゆっくりとポンベのバルブを開いて、圧力を次第に増加させる。高压ゲージがフル圧力に達したら、ポンベバルブを完全に開く。

エ コントロールノブを時計回りに廻して出口圧ゲージが希望する圧力になるまで調整する。調整器に出口バルブがあればそれを開いて、必要なら出口圧力を再度調整する。

オ 使用後は圧力調整器内のガスを抜き、ポンベバルブ・コントロールノブ・出口バルブを閉じる。



(6) ガス漏れの確認

ボンベと圧力調整器の接続部分、圧力調整器と装置との接続部分及び圧力調整器自体などからのガス漏れの有無を確認する。ガス漏れ検出液を塗布して調べると、簡単に漏れ部分を発見できる。圧力計の読みの変化を測定する方法により、漏れの有無を確認する。

(7) 装置の材質

装置の材質は、使用するガスの種類に応じた材質を選ぶ。例えばアンモニアは、銅を腐食するので、ステンレス管を配管材として使用する。

(8) 排ガスの処理

反応後の排ガスは、戸外へ排出する。ガス中毒、火災、爆発などの危険がないよう、ガス吸収剤への吸収などの方法を用いて他に影響のないようにする。

(9) 配管材料の劣化

配管材料は長期間使用すると、薬品、光、酸素、湿気などによって劣化、破損する恐れがある。たびたび点検して、なるべく早めに取り替えることが必要である。圧力調整器に使用されているパッキン類も早めに取り替えること。

(10) 圧力計の取付位置は、目より高くする。

(11) 事故発生時の対応

- ア 周囲に事故発生を大声で知らせ、エネルギーセンター（内2233または9290）に直ちに連絡する。
- イ 有毒ガスの使用可能性がある場合、保護具等の着用により二次災害発生を防止した後、罹災者を早急に新鮮な空気中に移す。
- ウ 罹災者を安静にし、衣服を緩め、保温する。
- エ 罹災者の状況によっては、人工呼吸を行う。
- オ 医師の救助を求める。

表4-10 主なガスの空气中爆発限界

(1 atm、常温、火炎上方伝ば)

ガ	ス	下限界	上限界
水	素	4.0	75.0
メ	タ	5.0	15.0
プ	ロ	2.1	9.5
ブ	タ	1.8	8.4
エ	チ	2.7	36.0
ア	セ	2.5	81.0 ※
酸	化	3.0	80.0 ※
ア	ン	15.0	28.0

注 1) 数字は可燃ガスの体積パーセント
 2) ※アセチレンや酸化エチレン、ヒドラジンなどは条件により100%でも爆発する。

4 高圧装置

高圧装置が破裂事故を起こすと、高速度で飛散する破片、急激に放出されたガスの衝撃波によって、人及び装置、設備に大きな損傷を与え、また、使用ガス、周辺に存在する薬品などによる爆発、火災などの大きな二次災害をも伴う場合が多い。したがって、高圧装置の取扱いには、高圧ガス保安法の適用を受けるものが多く、許可なく行くと罰せられる。

(1) 一般的注意

- ア 安全装置類は必ず取付けること。また、定期的に必ず検査をする。
- イ 常用圧力の 1.5 倍以上の圧力で耐圧試験を行う。常用圧力以上でガスの漏洩のないことはもちろんであるが、もし漏れても滞留しないように、室内の換気に注意する。
- ウ 実験室内の装置の配置は、もし事故が発生しても、被害を最小限に食い止めるように十分な配慮をしておく。
- エ 実験室の外及び周辺に標識を出し、実験の内容、使用ガスなどが外部の者に明確にわかるようにする。
- オ 高圧実験は危険度が高いので、各種装置、機器類の構造、取扱法を熟知したうえで慎重に行わねばならない。不審の点があれば専門書を参照したり、専門家の教示を受ける。

(2) 高圧反応装置（オートクレーブ）

加圧下で目的とする反応を行わせるには、それに適合した高圧装置が必要である。装置は反応器、配管、弁類及び計装関係がそれぞれの役割を果たすもので、反応物質による腐食、暴走などに耐えられるよう安全率を考慮する。また、ガス漏れに対して換気の良い所を選び、さらに耐爆性能の良い保護装置を使用する。

オートクレーブを操作するときは、決められた取扱方法により、指定された場所で行う。

(3) 反応器

- ア 反応器の耐圧は、常用圧力の 2 倍程度に設計する。
- イ 本体とふたの締付部分は、パッキン（ガスケット）の有無にかかわらず、常に清浄に保つ。締付けは、徐々に力を強くし、図 4-4 の順序に従うこと。片締めをしてはいけない。
- ウ 器内の空気は、窒素あるいは目的のガスで十分に置換する。
- エ 攪拌方式によっては、回転部分からのガス漏れ、触媒等による配管の閉塞について注意する。
- オ 原料は、容器の内容積の 1/3 以上を仕込んではいならない。

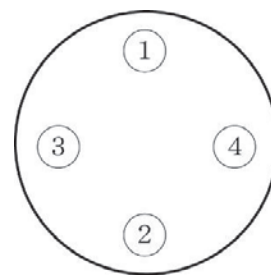


図 4-4 締付け手順

(4) 配管および弁類

- ア 配管継手の締付けは、押付けの力によるようにし、配管のねじれを起こさせない。
- イ 高圧弁は、可動部分（弁スピンドル）からガス漏れを起こしやすい。
- ウ 安全弁は、薄板式、バネ式等があり、危険なときは両者を併用する。

(5) 圧力計

- ア 常に検査を行い、指示の正確なものを使用する。
- イ ブルドン管式圧力計がよく用いられるが、使用ガスによってブルドン管の材質を選ぶこと。また、酸素には「酸素用禁油」と明示したもの以外は使用できない。
- ウ 圧力目盛は、常用圧力の2倍程度のもので使いやすく安全である。
- エ 安全装置を施したものを使用すること。ガラス蓋があれば、使用に先立ち金網などで覆いを作っておく。

5 液化ガス

(1) 冷凍機

- ア 大型冷凍機は「高圧ガス保安法」の適用を受ける。「冷凍機作業主任者」でないと運転、保守ができない。小型機は法の規制を受けないが、これに準じた取扱いをすること。
- イ かなり高圧で作動するので、高圧装置と同様の注意が必要である。また、冷媒の種類に適した取扱いをしなければならない。

(2) 低温液化ガス

- ア 極低温のため凍傷を起こす。革製手袋を用い、保護眼鏡、保護面等を着用する。布製手袋は液化ガスが付着した場合、内部まで浸み込みかえって危険である。
- イ 材料は、低温ぜい性等により破壊されやすくなり、二次災害の原因となる。
- ウ 凝相爆発を起こすことがある。液体水素－液体酸素、液体酸素－油脂または炭化水素燃料など。
- エ 液化ガスは気化すると800～900倍の体積になり、使用場所の空気を置換する。気体によっては窒息の危険がある。
- オ 過剰の熱によって、爆発的に気化する。(蒸気爆発)
- カ 液化ガスを密閉容器に入れてはならない。必ず気化ガスの逃げ口を作る。また、安全弁や排ガスベントが設けてある場合にも、それらの末端に空気中の水分や炭酸ガスが凍結凝固して詰まっている場合がある。
- キ 液化ガス容器は、静かに、丁寧に扱い、日光の直射しない風通しの良い場所に置く。

6 液体窒素の取扱上の注意事項

(1) 取扱上の注意事項

- ア クリーンルーム等閉めきった場所で液体窒素を寒剤として用いる場合、酸欠にならないように十分に換気する。閉めきった場所が外から見えるようにし、必ず2人以上で実験等を行う。

- イ 液体窒素を寒剤として用いた場合、空気中の酸素が液化する。液体酸素は非常に危険であるから、トラップ等を解放系のまま液体窒素中に長く放置してはならない。
- ウ 解放型容器は、必ず蓋をする。密閉型容器では昇圧弁、液取出弁を閉じ、ガス放出弁を開いておく。
- エ 長時間使用した液体窒素や、蒸発して少なくなった液体窒素は、酸素が濃縮されているから、有機物の冷却に用いてはならない。酸素含有量が増すと青みがかった液体となる。
- オ 液体窒素貯蔵容器は頸部が弱いので、横に倒してはならない。また、衝撃にも弱いので、丁寧に扱う。
- カ 容器は、金属製の液体窒素専用のものを用いる。裸のガラス製のデュワーびんの外周にはテープを巻き付けておく。
- キ 貯蔵タンクから液体窒素を取り出すときは、はじめはわずかに取出バルブを開き、出てくる低温ガスで容器内を十分冷却し、その後バルブを徐々に大きく開き、適量の液体窒素を取出す。
- ク デュワーびんの縁に液体窒素をかけてはならない。
- ケ 冷却による機器や配管の収縮の程度を配慮する。
- コ 液体窒素や低温の金属部分などを手や皮膚で直接触れてはならない。
- サ 広口容器で長時間液体窒素（沸点 77K）を保管すると、大気中から酸素（沸点 90K）が混入して液体酸素がたまることがある。酸素は有機物と接すると激しく発火するため、液体窒素の周りでも火の取扱には注意する。

(2) 液体窒素等の低温液化ガスをエレベータで運搬する際のガイドライン

- ア 液体窒素等の低温液化ガスをエレベータで運搬する際は、一般の人との同乗は極力避ける。
- イ エレベータ内において液体窒素等の低温液化ガスが容易に飛散する状態、または容器を開放した状態では運搬しない。
- ウ 容器がエレベータ内で転倒しないような措置を講じ、かつ、粗暴な取り扱いはしない。

7 液体ヘリウムの取扱上の注意事項

- ア 普通に寒剤として使われる液体ヘリウムとは、質量数4の ^4He である。この液体ヘリウムの沸点は4.2K、蒸発熱 $[\text{J}/\text{cm}^3]$ は液体窒素の約1/60と極めて小さく、外部からの僅かの熱流入があっても急激に蒸発し、体積膨張するので注意が必要である。
- イ 液体ヘリウムは、真空断熱された金属容器に入っている。重心が高いため、転倒させる危険がある。移動時には、容器上部ではなく重心近くの中央部のハンドルを持ち、転倒させないように注意すること。また、内側の容器は、外部からの熱流入を極力小さくするために極めて肉

厚の薄い特殊金属容器（高価）になっている。さらに、頸部分で殆ど宙吊り状態となっているため折れやすいので、衝撃を与えないように丁寧に扱うこと。

ウ 実験の際には、蒸発ガス放出口にゴム製のバルーンを蒸発モニター用として付けておくと良い。但し、放出口から空気が逆流すると容器内部（容器の頸部分）で固化し、閉塞してしまうので十分注意しなければならない。

エ 液体ヘリウムの移送には専用のトランスファーチューブを用いるが、移送に慣れた者の注意を良く守って実施すること。また、液体ヘリウム容器に液体が入ったまま保存しておく場合、容器上部に設置されている安全弁の開閉の確認、液体ヘリウム供給口の蓋、ガス放出口（微細孔）の確保などに十分注意すること。

第5節 電気炉

1 電気炉使用時の注意事項

電気炉使用時の安全心得は、次のとおりである。

- (1) 炉の周囲に燃えやすいもの、可燃性ガス等がないことを確認する。
- (2) 測温用の熱電対が所定の位置に設置されていることを確認する。
- (3) マニュアルをよく読み、操作、手順を確認する。それが無い時は管理者の指導を受ける。
- (4) 試料挿入に際し、容量以上に入れたり、炉体、炉心管等を損傷しないよう注意する。
- (5) 電気炉の使用中は目をはなさない。
- (6) 加熱の際、過電圧をかけない。炉の容量以上に温度を上げない。
- (7) 高温体を扱う時には手袋をする。
- (8) 熱処理等の危険性を伴う作業には、安全服、安全靴、保護眼鏡を着用する。
- (9) 無人運転する時は、使用者、作業内容、連絡先等を記入した張り紙をする。
- (10) 作業終了時には、炉温度が十分安全な低温度になっていることを確認する。

第6節 機械工作の安全心得

1 機械作業の一般的安全の心得（※事前対策として作業前に必ず熟読！！）

(1) 服装について

ア 機械に巻き込まれない服装で作業する。だらしなくシャツを出すこと、首や腰にタオルを下げること、露出したネクタイや首に掛けたタオルなどは非常に危険である。

イ 工作センター利用時には安全靴（JSAA A種もしくはJIS S種の規格に適合したもの）を着用すること。安全靴は、誤って重いものを落としたり、工具や切屑を踏んだときの保護用具でもある。

ウ 工作センター利用時には帽子、保護眼鏡を着用すること。作業内容によってはマスクなども使用する。不明な場合には、職員や管理者の指示に従うこと。

エ 機械工作作業では手袋は巻き込まれ易いので使用しない。

(2) 工作物の取り付け・取り外し

ア 機械への取り付け・取り外し作業は、手指を挟んだり刃物による接触のケガを起し易いので十分注意する。

イ 重い品物の取り付け・取り外し作業は、無理に一人で行わず複数で行うか、揚貨装置を利用する。

ウ 複雑な形状や不安定な形態の物品を加工するときは、治具や適切な締め付け具を用いて確実な取り付けを行う。

(3) 機械の運転

機械毎の安全注意事項を厳守すること

ア 品物の取り付けが終了し機械を運転する際には、不必要な工具類などを片付け周辺を安全にしてから作業を始める。

イ 作業開始時には機械を空転して、工作物と工具の取り付けの良否や機械の調子を見定める。運転の際には、機械の運動方向、回転面内又は危険区域内に立ち入らない。

ウ 機械の運転中は作業に専念し機械の周辺から離れない。

エ 機械から離れる場合はメインスイッチを必ず切る。

オ 自動送りを設定したまま機械を停止したり、工具と加工物を接触したまま機械の停止を行ってはならない。

カ 機械の音や振動や熱などには常に注意を払い、異常があったら直ちに運転を停止し工作センター職員に申し出ること。

キ 機械の慣性運動を、手・足・工具などで止めてはならない。

ク 共同作業は自分自身の安全を図ると共に、声をかけるなど相手にもケガをさせないよう、周囲に気遣いながら作業を進める。

ケ 機械を故障させたり異常を発見した場合は、速やかに工作センター職員に連絡し必要な指示を受ける。

コ 過労時の機械作業は極力避ける。また、長時間の連続作業も危険である。

サ 機械操作にあたってはWEB等を活用し、必要な予備知識を学習してから作業に入るとよい。（工作センターには、機械加工の教材が備えられているので有効に利用せよ）

シ 加工中に突然停電した場合は、使用している機械の主電源を切り、その後は工作センター職員の指示に従う。

ス 機械上で測定を行う場合は、安全を十分に確保してから行うこと。

(4) 切屑について

- ア 切粉や切屑は刃物のように鋭利である。素手で処理せず、ハケやペンチなど適切な道具を用いて処理する。
- イ 切屑が長くなると工作物に巻き付き易くなる。工作物を傷付けたり人体に危険である。短いうちに処理する。
- ウ 床上に散乱した切粉や切屑は、足裏に刺さったり、つまづき・滑りの要因となる。作業の区切りごとに掃除をする。
- エ 切粉が飛散して目に入りやすい作業（砥石作業など）は、適切なカバーを使用したり保護眼鏡を着用する。

2 各種工作機械類の取扱いに関する注意事項（作業を行う前に該当部分を熟読！！）

(1) 旋盤作業

- ア 機械に巻き込まれないよう袖や裾の締った作業服を着用する。
- イ 切屑が目に入らないような作業姿勢をとる。切屑が飛散するような材料の加工には、保護眼鏡を着用する。
- ウ チャックやフラットなどの取り付け・取り外し作業には、万一落としてもケガや機械の損傷のないよう、あらかじめベッド上に板などを敷いて作業する。
- エ やむを得ずチャックの爪を張り出して作業する場合は、手でスピンドルを廻し、爪がベッドや刃物台に接触しないことを確認してから運転を開始する。
- オ チャックやフラットに、ハンドルや締め付け具を取り付けたままにしておかない。用が済んだら直ちに外す。
- カ 工具・工作物の取り付け・取り外し作業や、工作物の測定は、機械を停止し、ギアニュートラルか電源をOFFにして行うこと。
- キ 回転中の機械や工作物を手で触ったり布で拭いたりしてはいけない。特に粗い加工面は、布を巻き込んだり指先を切ったりする危険がある。
- ク 刃物や工作物に巻き付いた切屑は、機械を停止して適切な道具を用いて処理する。
- ケ ベッド上に必要でない工具や素材などを置かないこと。
- コ バイトはできるだけ短く取り付ける。長い突き出しは食い込み現象を起こしやすい。
- サ チャックやチャックの爪の精度を悪化させるような取り付け作業はしてはいけない。
- シ 細くて長い加工物は、取り付けや切削条件に十分な配慮が必要である。

(2) フライス盤作業

- ア 工作物の取り付け・取り外し作業や加工部の測定は、機械を停止して行う。
- イ 刃物の回転中に、ウエスや手で加工物の面を拭いたり、切屑を払ってはいけない。
- ウ 刃物の回転方向を考え危険のない作業位置を取る。
- エ 刃物の特性を考え無理のない加工を心がける。
- オ 主軸や送りの変換は、回転を止めて確実にを行う。
- カ 早送りは、刃物の位置、工作物の状態など見極めて行うこと。
- キ バイスに工作物を挟むとき、口金の中央部を使用するように心がける。

(3) ボール盤作業

- ア 工作物が振り回されないよう、固定したテーブルに確実な取り付けを行う。
- イ 小さな加工物・薄板・やわらかい材料の穴あけは、振り回されないよう特に注意が必要である。
- ウ 振り回される危険が高いのは、穴の貫通するときとドリルを戻すときである。深穴加工の切屑の詰まりや、切れにくいドリルの使用もその原因になりやすい。
- エ 振り回された工作物を無理に手で押えたりしない。直ちに機械を止めてから処置する。
- オ 回転中のドリルや巻き付いた切屑に手で触れたりしてはならない。
- カ 手袋の着用は巻き込みの原因になるので使用しない。袖口のほつれなどにも注意する。
- キ ドリルやスリーブはテーパ部分のあったものを、きれいな布でよく拭いて使用する。
- ク 大きな穴を貫通させるときは板材などを下に敷き、工作物をバイスやテーブルに確実に取り付けておく。
- ケ 加工物の材質や穴の大きさに合ったドリル形状、穴あけ工具を選び適切な加工条件で加工を行う。
- コ 締め付け工具はチャックから必ず外す。

(4) 電気ハンドドリルを使つての作業

- ア 電気ハンドドリルでの穴あけは、腕の力や体の重みを使って強く押し付けるので、穴が貫通する際大きなトルクで体が振られバランスを崩し、危険である。加工物が回転したりすることもある。力の配分を考えて行うこと。
- イ 回転中のドリルに曲げモーメントが働くと折れやすく危険である。ドリルが加工面に垂直になるよう十分気をつける。

(5) 研削盤作業

研削砥石の取替え又は取替え時の試運転は、労働安全衛生法に定める特別教育を修了した者でないといけません。

- ア 砥石回転のスイッチを入れる際は、砥石回転方向の正面には立たない。
- イ 砥石回転のスイッチを入れてから1～2分間は空転させる。砥石が割れて飛ぶような事態はこの間に起きることが多い。
- ウ 砥石表面の凹凸や目詰まりやバランスの狂いは非常に危険であるので、気づいたら早急に工作センター職員に申しでること。
- エ 接触面の小さなものや背の高いものなど、不安定な加工物の磁気チャックへの取り付けは、ブロックやバイス、イケールなどを使って確実な取り付けを行う。
- オ 早送りを使用するときは砥石と加工物の位置関係をよく見極めてから行う。
- カ 適切な切り込みで加工し、決して無理な研削をしてはならない。
- キ 工作物の取り付け取り外しや測定作業は、回転を停止させ砥石より十分離して安全な場所で行うこと。
- ク 必ず保護眼鏡をかけること。
- ケ 使用後は、砥石に吸収された研削液を残さないよう必ず5分前後空転させること。

(6) 型彫放電加工機、ワイヤー放電加工機

機械の使用にあたっては、事前に工作センター職員に相談すること。

- ア 放電加工部分に切粉が入り込むと加工を不安定にする原因になるので、工場内に装備したエアーを吹き付け、十分に切粉を取り除いておくこと。
- イ 黒皮などの絶縁物があると安定な放電加工が持続できないので、事前に取り除いておくこと。
- ウ バリやかえりは、位置決めや安定な放電加工が出来ないので、ヤスリや砥石で取り除いておくこと。
- エ ひどい油污れなども放電加工に好ましくないので、ウエス等で拭き取ること。
- オ 感電防止のために加工時には電極に触れないこと。
- カ 火災防止のために液面を工作物最上部よりも50mm以上上方に設定すること。
- キ トラブル発生時には非常停止ボタンを押し、速やかに工作センター職員へ報告すること。

(7) マシニングセンター等のCNC工作機械

機械の使用にあたっては、事前に工作センター職員に相談すること。

- ア NCプログラムを十分に確認する。必要に応じて、コンピュータシミュレーションを行い、NC動作を確認する。
- イ NCプログラム経路に工具干渉がないように十分確認する。
- ウ 運転中に機械稼働範囲内に手を出さない。
- エ 工作物の材質にあった工具を選択し、適正加工条件で加工を行うこと。
- オ トラブル発生時には非常停止ボタンを押し、速やかに工作センター職員へ報告すること。

(8) グラインダー

砥石の取替え又は取替え時の試運転は、労働安全衛生法に定める特別教育を修了した者でないとできません。

- ア 高速で回転する砥石は、バランスの狂いや表面の変形は危険である。気づいたら、すぐに工作センター職員に申し出ること。
- イ 始動から1～2分前後は砥石の正面に立たない。
- ウ 砥石の使用面のみを使用し、それ以外の面を使つての作業はしない。
- エ 砥石と刃物台との隙間は、1～2mm以内で使用する。
- オ 加工物を無理に押し付けるような状態は、加工条件が間違っており、危険である。
- カ 小さな加工物は飛ばされないよう十分注意すること。
- キ 手袋をしたり加工物に布を巻いたりして作業をしない。巻き込みの原因になる。
- ク 飛んでくる砥粒や切屑から眼を守るため、保護眼鏡を使う。

(9) 試料切断機

砥石の取替え又は取替え時の試運転は、労働安全衛生法に定める特別教育を修了した者でないとできません。

- ア 切削液は、適量であることを確認すること。
- イ 砥石の選択は、砥石の消耗・切断精度に重要である。必ず確認すること。取り換えが必要な場合は、工作センター職員に申し出ること。
- ウ 切断逃げ溝に入り込むような、小さい物・薄い物の加工は行わない。砥石破損の原因になる。
- エ 砥石が破損した場合は、機械を停止し、速やかに工作センター職員に申し出ること。
- オ 始動から1分間は、砥石の正面に立たないこと。
- カ 自動運転を行う場合は、早送り位置・切削位置を十分に確認すること。
- キ 飛んでくる砥粒や切屑から眼を守るため、保護眼鏡を使うこと。
- ク 切断は、砥石を回転させ、冷却水の吐出を確認してから静かに切込レバーを移動させ行うこと。切断速度は、カットメーター指針を参考にして調整すること。

(10) 鋸盤作業

- ア 加工物をバイスに挟むとき、確実に取り付ける。不安定な材料の取り付けは、特に注意が必要である。
- イ 加工物の形状や材質に適した刃や加工条件を選んで作業する。選択が難しい場合は、工作センター職員に聞くこと。
- ウ 切削油は適量を流し、周りを汚さないようにする。
- エ 刃の交換が必要な場合は、工作センター職員に申し出ること。

(11) 帯鋸盤作業

- ア 刃の溶接部は時々点検し、安全であるか確かめる。
- イ 刃の交換が必要な場合は、工作センター職員に申し出ること。
- ウ 切断面が安定しないなど、異常を発見した場合は、工作センター職員に申し出ること。
- エ 小さな加工物の切断には、備え付けの押し具などを使用すること。
- オ 無理に加工物を刃に押し付けたりしないで、適切な切断速度で加工する。

(12) プレス、シャーリング作業

- ア プレス、シャーリング作業は、指先の切断事故をはじめケガの多い作業のひとつである。慎重に行うこと。
- イ シャーで板金を切断するときは、押え金具など、適切な道具を用いて確実に取り付ける。刃や押え具のそばには手を出さない。
- ウ 機械の切断能力を超えている材料は扱わない。

(13) ガス溶接・溶断作業

可燃性ガスと酸素を使用した金属の溶接、溶断、加熱の作業は、労働安全衛生法に定めるガス溶接技能講習を修了した者でないとできません。

- ア 酸素容器、調整器、トーチなどは、油やグリスの付着した手や手袋のまま操作しない。
- イ 調整器、トーチ、導管などの接合は、締め付け具を用いて確実に行うこと。各接合部に漏れがないか石けん水などを使い点検する。
- ウ 作業中逆火現象をおこしたら、直ちにトーチの酸素バルブを閉じ、次いでアセチレンバルブを閉める。
- エ 逆火をおこした火口は点検し、異状がなければ再び点火する。続いて逆火現象をおこしたらその火口は取り替える。
- オ 火口の掃除には備え付けの清掃棒を使用する。穴が大きくなったり変形すると逆火の原因になる。
- カ ガス溶接や溶断は、高温溶金の飛散でヤケドをすることがある。保護眼鏡、手袋、帽子、前掛けなどを着用する。
- キ 引火物のそばで作業してはならない。

(14) 被覆アーク溶接作業

アーク溶接は、労働安全衛生法に定める特別教育を修了した者でないとできません。

ア 電撃による障害の防止

- ◇ 絶縁性の手袋及び履物を使用する。
- ◇ 汗、水などで濡れた作業服を着用のまま作業しない。
- ◇ 完全に絶縁されたホルダを使用すること。
- ◇ 作業を中止するときは、必ず溶接機の電源を切ること。

イ 有害光線による障害の防止

- ◇ アークの強烈な光線を見るときは遮光面を使用する。肉眼でアークを見ると電気性眼炎になる危険がある。
- ◇ 作業にはハンドシールドや保護眼鏡を使用し、必要に応じては、ヘルメットや皮製のエプロン・腕あて・足カバーなども使用する。
- ◇ 作業服の袖を捲ったり、胸の開いた服装で作業しない。
- ◇ ついたてなどを使用し、他の作業者に害を与えないようアーク光の散乱を防ぐ。

ウ 溶接煙による障害の防止

- ◇ 作業室の換気を十分にする。
- ◇ 乾燥した溶接棒を使用する。

エ その他の災害防止

- ◇ 直接手で溶接部に触れるときは、ヤケドをしないよう温度を確かめて触れること。
- ◇ 使い終わった溶接棒は、温度が下がったことを確かめてから、決められた場所に捨てること。
- ◇ 可燃性ガスや引火性の高いものをそばに置いて作業しないこと。

3 各種工作機械や作業機器の不具合、ケガが発生したときの注意事項 (事後対策として重要！！)

(1) 工作機械や作業機器等の不具合

- ア 作業中に視覚、聴覚、臭覚などから得られる情報から、通常と少しでも異なるような違和感を感じたときは、些細なことでも工作センター職員に連絡し指示を受ける。
- イ 機械を故障させたり、異常を発見した場合は、速やかに工作センター職員に連絡し必要な指示を受ける。
- ウ 加工中に突然停電した場合は、使用している機械の主電源を切り、その後は工作センター職員の指示に従う。
- エ 寿命や突発的事故等ではなく、不注意で生じた不具合の場合は再発防止のために、不具合の理由、過程等の事情を詳細に工作センター職員に伝える。

(2) 怪我等

- ア 作業中に怪我をした場合は工作センター職員に連絡し、適任者（工作センター職員が指示した人）から必要な応急措置、適確な治療、その他の指示を受ける。
- イ 同等の事故再発を避けるため、治療完了後できるだけ速やかに工作センター職員に怪我の理由、過程、状況の報告をする。

※注目！

本学の工作センターにおいて最も頻繁に起きる事故は「指先」のケガである。

旋盤、フライス盤、研削盤、ボール盤、鋸盤などを用いた機械加工作業におけるケガの発生は、

◇鋭利な刃物への不用意な接触

◇素手による切屑の処理

◇加工物の不安定なセッティングによる振り回りや外れなどによって生じる。

発生したケガの多くは救急絆創膏等で済む軽症であったが、中には全治1か月の診断を受けた大ケガも記録されている。いずれも指を切断する事故に紙一重と考えられる。製品が完成する満足感を味わうためにも「機械工作の安全心得」を熟読し、ケガのないよう十分に留意し作業を行うように切望する。

第7節 運搬作業、高所作業

運搬作業には、クレーン・デリック・チェンブロックなどの揚貨装置及び運搬車による作業などがある。また、高所作業では脚立や梯子を使用し、屋根など高所へ登って作業することがある。

クレーンなどを使用する場合は免許・資格などを有する者でなければ、従事させてはならないことから、免許・資格を所有し特に許可されている者以外は、作業してはならない。

高所作業は地面又は床から高さ2 m以上の場所でする作業のことで、安全带・安全帽など装着して複数で行わなければならない。

この種の作業では、作業者が複数である場合が多く、かつ、事故による被害が大きい。それゆえ、作業中の指示及び指示系統の明確さが必要とされる。重量物運搬等の作業においては、1人の指示者の下で行うこと。

1 特定の免許、資格などを必要とする作業

危害の恐れが多い次の業務は、それぞれについて定められている特定の免許・資格などを有する者でなければ、従事させてはならない。

- (1) 吊り上げ荷重が5 t以上のクレーン、移動式クレーン、その他の揚貨装置及び制限荷重が5 t以上のデリックの運転及び玉掛けの業務
- (2) 制限荷重が1 t以上の揚貨装置、または吊り上げ荷重が1 t以上のクレーン、移動クレーンもしくはデリックの玉掛けの業務
- (3) 車輛系建設機械（整地、運搬、積込用など）で機体重量が3 t以上のものの運転業務

2 上記以外の作業

特定の免許や資格を要しない運転業務には、設備などの構造、機能、作業方法、設備などの取扱い、危険防止などに関する規定について、危険防止のための特別の教育を行った後でなければ、職員、学生をこれに従事させてはならない。

3 クレーン、デリック、チェンブロック等の作業

- (1) これらは重量物の上げ下ろし、または移動のために使用するもので、電氣的運転または手動によって操作するものであるが、許可された者のみが運転その他の作業に従事するものとし、次のような注意を十分に守ること。
 - ア 電源設備に手を触れないこと。
 - イ 上げ下ろし、移動作業中、重量物の下またはその附近から十分離れていること。

- ウ 作業者の指示に従って動作し、資格を有しない者が手を出すことが許されるまでは、その危険作業の観察をしていること。
- エ 個人個人が真剣に自分の身体の安全を守るため、最大の注意を払うこと。
- (2) 運転者以外の者は、談話、ふざけなどを避けて、不注意による不慮の人身事故を招かないよう細心の注意を払うこと。この注意を守らない者がある場合、関連する作業・実験に従事させてはならない。
- (3) 作業に従事する者は、安全帽（ヘルメット）、安全靴及び作業に適した服装を着用すること。

4 運搬車による作業

自家用車は研究・教育などの運搬に用いない方がよいが、用いなければならない場合には次の注意を守ること。

- (1) 疲労・多忙などのため、不慮の事故を起こさないよう、特に遠方へ運搬する場合には十分の配慮をして、2人以上で乗車・運転するなど指導者の指示に従うこと。
- (2) 積荷はできるだけ低く積み、よく縛り付ける。積み過ぎをしない。
- (3) 片積みにならないようにし、品物は車体からはみ出さないようにする。
- (4) 重いものを先に積み、軽いものをあとから積む。
- (5) 危険物や長物の運搬には、危険標示をする。
- (6) 特に必要があるときには、見張りまたは合図者をおく。

5 高所作業

- (1) 身ごしらえ、身構えをよくして、決して無茶な作業、危険な作業方法をとらないようにする。必ず監視者をおく。
- (2) 足場に注意し、安全帯等命綱を必ず使用し、命綱における支持部分の安全確認も必要である。
- (3) 屋根上の作業の場合、特に足もとに注意する。特にスレートなどの場合には、踏板を準備する。また、梁などの上を通らなければならないときは、特に注意すること。
- (4) 高所作業においては、滑りやすい履物は絶対用いてはならない。
- (5) これ位の高さの場所と、あなどってはいけない。わずかに高い所でも、落ちようによっては死亡することがある。
- (6) 足場、屋根、命綱、梯子などを用いるときは、十分に安全なことを確かめてから作業にかかる。
- (7) 高所における力作業は、地上での半分くらいの力でやめておく。
- (8) 足場、屋根の上に重いものを上げ、または持ち歩いてはいけない。

(9) 梯子についての心得

- ア 梯子は丈夫なもので、長過ぎず、よく適したものをを用いる。梯子をかけるときは、足場が堅固である所を選び、開き戸の前、通路で人の通る可能性のある場所を避けて、下に監視者をおく。壁に対して 15° くらいが適当である。
- イ 梯子はぬれていたり、油じみていたりして、滑りやすい状態では使用しない。また、横木が折れる心配のあるものは使用しない。
- ウ 梯子の昇降は、必ず一人で行い、手に物を持たない。

第1節 薬品とその取扱上の注意

1 危険薬品、有害薬品、一般薬品

本学では先導的、独創的な研究、高度の技術教育が行われており、極めて多種の化学物質が実験に用いられている。それらの中には、適切な用い方をしなければ、人命損傷・火災などに結びつく危険薬品や健康障害をきたす有害薬品がある。前者は「消防法」により後者は「毒物及び劇物取締法」によってそれぞれ規定されている。また、特定化学物質の環境への排出管理を目的とした化学物質排出把握管理促進法の PRTR 制度（Pollutant Release and Transfer Register）によって、使用量・排出量の管理・記録が義務づけられている。（これらの各法令の URL は 18 ページ及び下部 URL 参照。）

消防法の URL : <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=323AC1000000186>

薬品の取扱いや保管においては、これら法令を遵守し、実験者はもちろんのこと、監督者も十分に注意を払って、実験者自身、また、周囲の人々が危険にさらされることのないようにしなければならない。本学では、これらの法令に則して効果的な薬品管理をするために、平成 20 年度に **薬品管理支援システム** (IASO) を導入し、オンラインによる管理を行っている。本システムにより、特定毒物、毒物、劇物は 重量管理 で、他の薬品については 単位管理 で、薬品管理をしなければならない。

システムの URL : <http://iaso.nagaokaut.ac.jp/iasor7/fw/FW0000/>

システム利用法の URL :

https://www.nagaokaut.ac.jp/gakunai/designated/jinji_romu/yakuhinkanri/index.html

薬品を使用するときは、事前に、使用薬品の物理的および化学的性状はもちろんであるが、危険性、健康への有害性、環境に対する有害性、万一の時の応急措置などを知らねばならない。これらは **SDS**[※] (**Safety Data Sheet** : 17 ページ「**SDS** の常備について」参照) に記載されているので、薬品を扱う前に必ず読むべきである。**SDS** は、上記の薬品管理支援システム内で閲覧することができるが、薬品メーカーのホームページにも掲載されておりダウンロードできる。万一**薬品事故**で病院などの**医療機関**へ行くときは、**SDS** に記載されている**当該薬品の応急措置のコピーを持参**するのがよい。なお、本学の「安全点検リスト」においても **SDS** の整備と活用を求めている。

注：日本では SDS は平成 23 年度までは MSDS と呼ばれていたが、GHS（化学品の分類および表示に関する世界調和システム：The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals）に合わせて、国内でも SDS に名称変更され、日本工業規格（JIS）でも、SDS と表記されている。（JIS Z7253）

本学における教育、研究の実情から考えて、危険薬品、有害薬品および一般薬品を表 5 - 1 のように分類する。

表 5 - 1 危険薬品、有害薬品および一般薬品

A 危険薬品

名	称	消 防 法 該 当 項	労働安全衛生法施行令別表第 1 該当項
発 火 性 薬 品	強酸化性物質	危険物第 1 類	危険物：酸化性の物 爆発性の物の一部
	自然発火性物質	危険物第 3 類の黄りん・水素化物・有機金属化合物および有機金属水素化物の相当数	危険物：発火性の物
	低温着火性物質	危険物第 2 類	危険物：発火性の物の一部
	禁水性物質	危険物第 3 類、自然発火性の有機金属水素化物の相当数	危険物：発火性の物の一部
爆 発 性 薬 品	火薬類	危険物第 1 類および第 5 類	危険物：爆発性の物の一部
	分解爆発性物質	火薬類および危険物第 1 類の過酸化物その他の不安定な化合物	危険物：爆発性の物の一部
	可燃性ガス	高压ガスのうちの可燃性ガス・都市ガス・LPG	危険物：可燃性のガス
引 火 性 物 質	特殊引火物	危険物第 4 類の特殊引火物	危険物：引火性の物
	高度引火性物質	危険物第 4 類の第 1 石油類および同程度の引火性物質	危険物：引火性の物
	中・低度引火性物質	危険物第 4 類の第 2～第 4 石油類および同程度の引火性物質	危険物：引火性の物
	一般有機溶剤類	多量・常時用いられるから保管方法について注意	多量・常時用いられるから中毒対策を要する
酸・アルカリ		酸化性液体は危険物第 6 類	特定有害業務
混合危険物		危険物の規制に関する規則（46 条） 実験時および廃液回収・処理の際には重要、運搬・保管時もビンの破損に注意する。	該当なし 事故原因となることが多い。 薬品による原因不明の火災・2 種の物質の混合時の爆発・知らぬ間に不安定物質が生成
放射線物質		放射性同位元素等による放射線	障害の防止に関する法律

B 有害薬品

名	称	毒物及び劇物取締法	公害、環境関連法
有害最重点薬品	施錠保管薬品	文部科学省および監督官庁から保管指示のあった薬品・麻薬・覚せい剤取締法指定薬品および容易に変えうる薬品	SDS に記された適用法令の項の記載内容を参照

	有毒ガス・猛毒蒸気	多くは毒物・劇物指定 実験室事故原因のうち最多。2 人以上で実験することを遵守 して、事故に即応できるように する。	大気汚染物質 各実験室で無害化
	水銀及び水銀化合物	ほとんど毒物。少数が劇物、無指 定薬品はわずか。有機水銀化合物 は1人で取扱わないこと。	
有害薬品	無機有害薬品(該 当元素含有有機 化合物を含む)	SDS に記された適用法令の項 の記載内容を参照	SDS に記された適用法令の項 の記載内容を参照
	有機有害薬品(普 通の有機化合物・ 有機金属化合物 などは除く)	SDS に記された適用法令の項 の記載内容を参照	SDS に記された適用法令の項 の記載内容を参照

C 一般薬品

名 称		毒物及び劇物取締法	公害、環境関連法
一般薬品	無機薬品	上記の法律・規則には関係ない ように思われるが、毒性がある ものもあるから、SDS 及び類 似物の記載事項に注意すること。	SDS に記された適用法令の項 の記載内容を参照
	有機化合物	同 上	本学「実験廃液等処理の手引」 により分類・搬出すること。

2 リスクアセスメント

労働安全衛生法では、平成 28 年 6 月から 640 種類を超える化学物質について、薬品を利用する際に**リスクアセスメントの実施が義務化**された。リスクアセスメントとは、実験室の中に存在する様々な潜在的危険源を認識し、それらの危険度に応じて順序付けすることにより、事故や健康障害の発生を効率よく未然に防ぐためのものである。該当物質を使用する際は IASO でリスクアセスメント対象物質であるとの注意書きが表示されるので、必ず必要な安全対策を取ってから使用しなければならない。本学では以下の URL に化学物質のリスクアセスメントに関する対応を掲載している。

https://www.nagaokaut.ac.jp/gakunai/designated/jinji_romu/RA/RA.html

令和 4 年 2 月に労働安全衛生法施行令等が改正され、「物質ごとの個別規制」からリスクアセスメントを中心とした「自律的な管理」を基軸とする規制へと移行が進められている。その対象は当初の 674 物質群から今後も増加する方針が示されている。

化学物質を自律的に管理するということは、化学物質それ自体の有害性、危険性に加え、それらを取り扱う際のリスクについて、個人もしくは組織自らがしっかりと理解した上で、それらのリスクに対する措置を計画的に講じ、発火・爆発などの事故や作業者の健康障害、環境汚染等を未然に防止することである。

国立大学協会では、大学の研究における、少量多品種の薬品を扱う特殊性を踏まえて、合理的な対応として、令和6年1月に「大学の自律的化学品管理ガイドライン—リスクアセスメントと教育を基軸とした自律的管理の構築—（第2版）」を示している。このガイドラインは、今後施行される法令改正などに対応して改訂が行われることとなっている。

<https://www.janu.jp/univ/guideline/>

本学ではこのガイドラインや今後の改定等を参考にして、研究のアクティビティを維持しつつ安全性を考慮した方針について検討が行われている。本章ではこのガイドラインの記述を一部引用して説明を行う。

一般的に、リスクアセスメントでは、化学品の性質（有害性、引火性、揮発性等）の他に、その化学品が使われる作業手順、及び、化学品の有害性、危険性を低減する設備等についても対象となる。作業手順があげられる理由は、同じ物質でも作業内容が変わるとそのリスクも大きく変化するためである。従って、実験の作業手順と合わせ、一連の実験作業中、いつどのようなトラブルが起こりうるか、そしてそのトラブルに対応した実験設備が準備されているか、という視点が重要である。そして、リスクが想定される場合には、対象物にばく露される程度を最小限度にすることも大切である。例えば、i) 代替物の使用、ii) 発散源の密閉、局所排気装置または全体換気装置の設置と稼働、iii) 作業方法の改善、iv) 呼吸用保護具の使用などの対策が考えられる。

また、大学で発生する事故はこの指定された対象物質以外の物質でも起きており、取り扱うすべての化学品等についても生じるリスクは想定しておくことが望ましいとされている。また、使用する化学品のみでなく、反応等によって得られる副生物や廃棄物にも配慮することで、より安全な実験環境を形成できる。

その他、保管の段階でもリスクは存在する。災害（地震、水害、停電等）が起きた場合の漏洩・発火等のリスク、また室内が無人的際に起こる事故のリスク等についても購入や保管時に考慮することが望ましい。

3 薬品取扱上の一般的注意

化学薬品を用いようとするとき、購入に始まり、実験、保管、処理、廃棄に至る全体的な計画をすべきである。対象物質については前述の学内 URL にアクセスしてリスクアセスメントを行う。これによって、発火・爆発などの事故や作業員の健康障害、環境汚染等を未然に防止することにつながる。処理、廃棄については、本学実験廃液等処理に関する規則、指示に従うが、以下薬品取扱上の一般的注意を述べる。

(1) 購 入

ア 消防法で危険物と定められた薬品についての各実験室・研究室または一つの棟に保管可

能な量は、火災予防地方条例で規定されているから、常時使用する有機溶剤類のほかは、必要以上に購入しないこと。

- イ 一般の薬品類でも、常時使う薬品以外は多量に購入しないこと。古くなった薬品を用いたデータは信用し難く、また、薬品によって変質（過酸化物の生成・吸水・風解）することがあるので、用済み後、廃棄のことも考えて最少必要量を購入する。
- ウ 実験計画をよく立てて、必要以上に購入しないこと。
- エ 購入後は、直ちに薬品管理支援システム（IASO）に登録する。
- オ 災害（地震、水害、停電等）が起きた場合の漏洩・発火等のリスク、また室内が無人の際に起こる事故のリスク等も考慮することが望ましい。

(2) 保 管

- ア 施錠保管薬品に指定されている薬品の保管は、有害薬品の当該項の記載事項を厳守すること。
- イ 黄りん、金属ナトリウム、金属カリウム、トリエチルアルミニウムなどの自然発火性薬品、禁水性薬品は所定の方法をもって貯蔵し、できれば金属性薬品庫に保管すること。
- ウ 研究室・実験室単位で薬品棚の区分及び配列方法を考え、危険・火災防止上安全な処置をしておくこと。少なくとも、酸と塩基、酸化剤と還元剤、有機薬品と無機薬品は離して保管する。
- エ 有機過酸化物及び特殊な爆発性物質の取扱いは十分に注意し、他の物から離して低温・暗所に保管すること。
- オ ラベル表示対象物を他の容器に移し替えて保管する場合や、対象物を製造し容器に入れて保管する場合には、ラベル表示、文書、その他の方法で、その危険性・有害性を伝達すること。

(3) 局所排気装置等の使用

実験室では、排気設備等の導入とそれらの適切な使用と維持管理に加え、実験室内に保管する化学物質総量の低減、揮発性化学物質の室内への蒸発を低減する工夫などの対策が必要である。実験室の管理は、これらの設備を有効に活用しながら、実験室内の有害蒸気等の濃度を火災・爆発の危険以下のレベルにとどめ、実験室内に立ち入る者の健康に影響しない環境を維持することである。

排気設備等の能力は一般的に、局所排気装置＞卓上フード＝発散防止抑制措置＞＞全体換気扇、の順である。実験室では、化学物質を用いた作業全てが局所排気装置中で行われることが最も良いが、スペース、コスト、消費エネルギー的に困難な状況が想定される。従って、使用する化学物質の危険有害性や取扱量、作業方法に応じて適切に排気設備を使い分けることが肝要である。

同じ物質であっても、使用量、容器が解放され大気と接触している時間、及び、容器開口部の面積等により蒸発量は変化するため、使用形態（どのような容器でどのように取り扱う

か等)を考慮して使用する排気設備の選定を行う。例えば、有害性が小さい物質を扱う場合でも、解放されたピーカーで扱うと蒸発量が多くなるため、ばく露リスクは高くなると考えられる。手作業が中心の実験作業では、化学物質それ自体の性質に基づいたリスク評価だけでなく、使用形態も考慮して、危険度に応じた適切な排気設備を判断、使用できることが重要である。

(4) 保護具の着用

実験室では、化学物質の飛散、漏洩等による皮膚や眼等への接触事故は極めて多く、特に眼の障害は生涯にわたって視力低下等の影響を及ぼす可能性もある。化学物質の取り扱いにおいて、飛散、漏洩等を完全に防止することは難しいことから、皮膚や眼等への接触事故防止のため、適切な保護具を選定し、着用することは重要である。実験時はもちろん、秤量作業等の実験前、および廃棄、洗浄作業等の実験後にも化学物質と接触するリスクがあるため、保護具を着用することを忘れてはならない。保護具は以下の通りである。

保護眼鏡：化学物質を使用する作業者はその使用量にかかわらず着用する。なお、視力矯正用眼鏡は保護具には該当しない。視力矯正用眼鏡を着用している者はオーバーグラス型の保護眼鏡を着用するなど、眼の回りを覆うことができる保護眼鏡を着用する。

保護手袋：化学物質の取扱者は、保護手袋を着用する。保護手袋は耐透過性、耐熱性、フィット感やグリップなどを考慮し、使用する化学物質に対して接触のリスクを低減する材質を選定する。

保護衣：化学物質の取扱者は、白衣や作業着等の保護衣を着用する。保護衣は化学物質が飛散した時に直接触れないことを想定し、肌の露出を避けられるサイズや形を選択する。火災のリスクが特に高い場合には、耐火性を考慮した保護衣を選択する。

履物：化学物質の取扱者は、足全体を覆う適切な履物を着用する。履物は使用する化学物質に対して不浸透性のものとし、サンダルや通気穴の開いた靴、あるいはヒールの高い靴やスリッパ等は不適切である。

呼吸用保護具：呼吸用保護具は、環境空气中に人体に有害な化学物質が存在する場合、呼吸保護の目的で着用する保護具である。換気等によって作業環境を改善し、環境空气中の有害化学物質を低減することが前提であるが、作業環境改善のみでは防ぐことができない場合は呼吸用保護具を着用し、人体への侵入を避ける。化学物質に関する呼吸用保護具は、ファン付きのもの、面体型、防毒マスク、送気マスク等、多数の種類があり、実施する作業の特性に応じて、有効な呼吸用保護具を選定する。

火災・爆発・破裂等の危険性を有する実験等における保護具：火災・爆発・破裂等により化学物質や破片等の飛散等のリスクがある実験等については、取扱者は眼や頭部、体の防護用の保護具を着用する。必要に応じて、静電気対策の取られた保護具を選定する。また、万が一、事故が発生した場合に備え、被害を最小限にとどめるための防護衝立等の対策を講じる。

(5) 使用・反応時

取扱者が初めて対象物質の化学物質等を取り扱う場合において、その作業の計画時（作業実施前）にリスクアセスメントを行う。本学では、薬品管理支援システム（IASO）に対象物質を入力すると、対象物質であることが示される。約 670 種の物質のほとんどについては学内の web の公表結果によってリスクアセスメントを行うことができる。また、リスクアセスメントの結果に基づいて、局所排気装置等や保護具等を用いて、ばく露される程度を最小限にしなければならない。必要に応じて以下に記したようなリスク低減措置を行って使用する。

- ア 危険な物質を使用するとき、または生成物が危険物質であると予想されるときは、あらかじめ少量で実験を行うこと。
- イ 揮発性の化学物質を取り扱う際、可能な限り大気へ解放した状態で取り扱わないようにすること。例えば、容器の蓋は最低限しか開けない、ビーカーなど開口面積の大きい容器は有機溶剤には使わないなど、揮発性化学物質が蒸発する機会をできるだけ小さくする方法を考えること。
- ウ 危険な物質を使用するとき、または危険な反応を行うときは、前もって災害の防護手段を考え、万全の準備をして行うこと。火災や爆発の恐れのあるときには防護面を付け、消火器を用意して、適宜局所排気装置等を使用し、また毒性のあるときにはゴム手袋・防毒マスクを着用して行うこと。
- エ 化学物質を用いた作業全てが局所排気装置中で行われることが最も良いが、使用する化学物質の危険有害性や取扱量、作業方法に応じて適切に排気設備を使い分ける。より安全サイドで作業できることが望ましいが、発火・爆発などの危険性や、人体にとって有害な蒸気が問題となるレベルで空間内に充満することが無いように管理すること。
- オ 実験によっては、**爆発・火災の発生または急性中毒が起こることがあるので、深夜は当然、日中も 1 人だけで実験を行わないこと。**

(6) 処理・廃棄

実験そのものだけでなく、実験終了後の事故率が高い。リスクアセスメントでは廃棄と後片付けを含めて考えるべきである。

- ア 危険薬品、有害薬品及び一般薬品の処理、廃棄にあたっては、災害防止及び火災予防地方条例、水質汚濁防止法、大気汚染防止法、悪臭防止法の主旨を尊重し、各該当項の記載を参考にし、本学の規則・指示に従うこと。
- イ 実験系廃棄物は想定外の事故が発生するリスクがあるため、廃棄・処理・移し替え等の作業時にも保護眼鏡を着用する。また、容器の移動等廃棄物を取り扱う場合も同様に保護眼鏡、保護手袋、保護衣および足全体を覆う靴を着用する。廃棄時には、化学物質の意図しない混合により、有毒ガス等が発生する場合もあるため、必要に応じて呼吸用保護具等を用意しておくことも効果的な安全対策である。
- ウ 空になったビンなどは直ちに薬品管理支援システム（IASO）で空ビン処理を行い、登録を抹

消する。

(7) 危険物取扱者資格

危険物の取扱いにおいては、原則的に危険物取扱者免状を有していることが必要である。したがって、危険物薬品を頻繁に取扱う課程・専攻・分野に所属している場合は、危険物取扱者免状を取得することが望ましい。なかでも、大学や研究機関においては多種類の薬品を取り扱うので、甲種の取得が必要である。甲種取得の資格は、乙種取得後2年以上の実務経験があるか、高専や大学の化学系学科卒業または化学系科目を所定数履修していることである。

4 危険物の保有・取扱い限度

危険物の貯蔵・取扱いは、消防法及び火災予防地方条例で定められている。消防法では、一定数量以上の危険物の貯蔵または取扱いを一般的に禁止している。この基準となる数量を指定数量という。指定数量とは、危険物の危険性を勘案し、試験により示された性状に応じて危険性にランクを付け、そのランクごとにそれぞれ政令で定められた数量である。

危険物は消防法により、表5-2に示されるように、その性質により、第1類から第6類に分類されており、さらにその危険性に応じて指定数量が定められている。指定数量の0.2倍以上の危険物を保有する場合、消防署に届け出る必要があり、本学では、消防署に届け出ている危険物貯蔵庫を除くと、棟ごとに指定数量の0.2倍未満しか、保有・取扱いができない。(厳密には「防火区画ごとに指定数量の0.2倍未満」である。防火区画は棟の構造により異なるので、ここでは防火区画が最も広範囲である場合を記してある。) それゆえ、実験室における危険物の保有・取扱いは最少必要量にすることを心がけなければならない。それを超える場合は危険物貯蔵庫において保管しなければならない。

複数種類の危険物の指定数量の倍数は、次式で示されるように各危険物の倍数の和によって計算され、その和が0.2を超えてはならない。

$$\sum_i m_i / M_i < 0.2 \quad m_i : \text{各品目の保有量}, \quad M_i : \text{その品目の指定数量}$$

表5-2 危険物類別表 (種別、品名、指定数量は消防法による)

類	性質	品名	性質(令)	指定数量(令)
第1類	酸化性固体	1 塩素酸塩類	第1種酸化性固体	50 kg
		2 過塩素酸塩類		
		3 無機過酸化物		
		4 亜塩素酸塩類		
		5 臭素酸塩類		
		6 硝酸塩類		
		7 よう素酸塩類	第2種酸化性固体	300 kg
		8 過マンガン酸塩類		
		9 重クロム酸塩類		

		<p>10 その他のもので政令で定めるもの（過よう素酸塩類、過よう素酸、クロム・鉛又はよう素の酸化物、亜硝酸塩類、次亜塩素酸塩類、塩素化イソシアヌル酸、ペルオキシ二硫酸塩類、ペルオキシほう酸塩類、炭酸ナトリウム過酸化水素付加物）</p> <p>11 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの</p>	第3種酸化性固体	1,000 kg
第2類	可燃性固体	1 硫化りん		100 kg
		2 赤りん		
		3 硫黄（イオウ）		500 kg
		4 鉄粉		
		5 金属粉	第1種可燃性固体	100 kg
		6 マグネシウム		
7 その他のもので政令で定めるもの	第2種可燃性固体	500 kg		
8 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの				
		9 引火性固体		1,000 kg
第3類	自然発火性物質及び禁水性物質	1 カリウム		10 kg
		2 ナトリウム		
		3 アルキルアルミニウム		
		4 アルキルリチウム		
		5 黄りん		20 kg
		6 アルカリ金属（カリウム及びナトリウムを除く。）及びアルカリ土類金属	第1種自然発火性物質 及び禁水性物質	10 kg
		7 有機金属化合物（アルキルアルミニウム及びアルキルリチウムを除く。）		
		8 金属の水素化物	第2種自然発火性物質 及び禁水性物質	50 kg
		9 金属のりん化合物		
		10 カルシウム又はアルミニウムの炭化物		
		11 その他のもので政令で定めるもの（塩素化けい素化合物）		
		12 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの	第3種自然発火性物質 及び禁水性物質	300 kg
第4類	引火性液体	1 特殊引火物		50 L
		2 第1石油類	非水溶性液体	200 L
			水溶性液体	400 L
		3 アルコール類		400 L
		4 第2石油類	非水溶性液体	1,000 L
			水溶性液体	2,000 L
		5 第3石油類	非水溶性液体	2,000 L
	水溶性液体	4,000 L		
6 第4石油類		6,000 L		
7 動植物油類		10,000 L		

第5類	自己反応性物質	1 有機過酸化物 2 硝酸エステル類 3 ニトロ化合物 4 ニトロソ化合物 5 アゾ化合物 6 ジアゾ化合物 7 ヒドラジンの誘導体 8 ヒドロキシルアミン 9 ヒドロキシルアミン塩類 10 その他のもので政令で定めるもの（金属のアジ化物、硝酸グアニジン、1-アリルオキシ-2,3-エポキシプロパン、4-メチリデンオキセタン-2-オン） 11 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの	第1種自己反応性物質	10 kg
			第2種自己反応性物質	100 kg
第6類	酸化性液体	1 過塩素酸 2 過酸化水素 3 硝酸 4 その他のもので政令で定めるもの（ハロゲン間化合物） 5 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの		300 kg

備考

- 1 酸化性固体とは、固体（液体（1気圧において、温度20度で液状であるもの又は温度20度を超え40度以下の間において液状となるものをいう。以下同じ。）又は気体（1気圧において、温度20度で気体状であるものをいう。）以外のものをいう。以下同じ。）であって、酸化力の潜在的な危険性を判断するための政令で定める性状を示すもの又は衝撃に対する敏感性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すものをいう。
- 2 可燃性固体とは、固体であって、火炎による着火の危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すもの又は引火の危険性を判断するための政令で定める試験において引火性を示すものをいう。
- 3 鉄粉とは、鉄の粉をいい、粒度等を勘案して総務省令で定めるものを除く。
- 4 硫化りん、赤りん、硫黄及び鉄粉は、備考第2号に規定する性状を示すものとみなす。
- 5 金属粉とは、アルカリ金属、アルカリ土類金属、鉄及びマグネシウム以外の金属の粉をいい、粒度等を勘案して総務省令で定めるものを除く。
- 6 マグネシウム及び第2類の項第8号の物品のうちマグネシウムを含有するものにあつては、形状等を勘案して総務省令で定めるものを除く。

- 7 引火性固体とは、固形アルコール、その他1気圧において引火点が40度未満のものをいう。
- 8 自然発火性物質及び禁水性物質とは、固体又は液体であって、空気中での発火の危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すもの又は水と接触して発火し、若しくは可燃性ガスを発生する危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すものをいう。
- 9 カリウム、ナトリウム、アルキルアルミニウム、アルキルリチウム及び黄りんは、前号に規定する性状を示すものとみなす。
- 10 引火性液体とは、液体（第3石油類、第4石油類及び動植物油類にあつては、1気圧において、温度20度で液状であるものに限る。）であつて、引火の危険性を判断するための政令で定める試験において引火性を示すものをいう。
- 11 特殊引火物とは、ジエチルエーテル、二硫化炭素、その他1気圧において、発火点が100度以下のもの又は引火点が零下20度以下で沸点が40度以下のものをいう。
- 12 第1石油類とは、アセトン、ガソリン、その他1気圧において引火点が21度未満のものをいう。
- 13 アルコール類とは、1分子を構成する炭素の原子の数が1個から3個までの飽和1価アルコール（変性アルコールを含む。）をいい、組成等を勘案して総務省令で定めるものを除く。
- 14 第2石油類とは、灯油、軽油、その他1気圧において引火点が21度以上70度未満のものをいい、塗料類その他の物品であつて、組成等を勘案して総務省令で定めるものを除く。
- 15 第3石油類とは、重油、クレオソート油、その他1気圧において引火点が70度以上200度未満のものをいい、塗料類その他の物品であつて、組成を考案して総務省令で定めるものを除く。
- 16 第4石油類とは、ギヤー油、シリンダー油、その他1気圧において引火点が200度以上のものをいい、塗料類その他の物品であつて、組成を勘案して総務省令で定めるものを除く。
- 17 動植物油類とは、動物の脂肉等又は植物の種子若しくは果肉から抽出したものをいい、総務省令で定めるところにより貯蔵保管されているものを除く。
- 18 自己反応性物質とは、固体又は液体であつて、爆発の危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すもの又は加熱分解の激しさを判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すものをいう。
- 19 第5類の項第11号の物品にあつては、有機過酸化物を含有するもののうち不活性の固体を含有するもので、総務省令で定めるものを除く。
- 20 酸化性液体とは、液体であつて、酸化力の潜在的な危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すものをいう。
- 21 この表の性質欄に掲げる性状の2以上を有する物品の属する品名は、総務省令で定める。

5 危険物貯蔵庫

危険物の保有・取扱いは、消防法、危険物の規制に関する政令・規則などで厳格に定められている。それによると、定められた貯蔵所以外の場所で指定数量以上の量の危険物を保管することは禁止されている。本学の各実験棟では防火区画ごとにそれぞれ指定数量の0.2倍未満の量しか保有・取扱いができず、それ以上の量を保管・貯蔵するために危険物貯蔵庫が設置されている。

(70 ページ、「危険物の保有・取扱い限度」の項を参照) 危険物貯蔵庫は危険物の種類、性質などにより保管する部屋が分けられている。

本学の貯蔵庫で保管できる危険物の最大量は、指定数量の24倍であり、その実際の取扱方法は、長岡技術科学大学危険物貯蔵庫取扱要項に定められている。また、本学の危険物貯蔵庫での保管期間は1年と定められており、それ以上の期間保管することは原則として禁止されている。したがって、危険物を購入するにあたっては、実験計画を立てて不必要に多量の危険物を購入することのないよう心掛けるべきである。また、危険物貯蔵庫は不要な薬品を貯蔵するためのものではないので、使用の見込みのない薬品は規則に従い速やかに廃棄すべきである。

6 新しい実験に取りかかるとき

新たな実験に着手するときは、爆発等の不慮の事故が起こる可能性が高くなるので、各実験者及び実験指導者は、実験開始前に次のことを実行しなければならない。

(1) 広範囲に実験例を調査する。

原料、生成物、溶媒、副生成物など関連するすべての物質の危険性・毒性を調査する。17～18ページの「<重要>SDSの常備について」、「参考URL」及び本章の該当箇所を参照。

ア 文献調査

研究報告は実験指導書ではない。危険について記載されているとは限らないことに注意すべきである。

イ 経験者の話を聞く

(2) 事故が発生しないような実験計画を立てる。

(3) さらに通常は起こり得ないような万一の事故(誤操作、異常反応、材質欠陥、不在時停電、断水、周囲の事故からの二次被害、地震など)に対しても、それが人身災害につながらぬよう配慮する。

(4) 研究室において、その実験計画、防災対策について討議する。

(5) 必要な安全保護具を設備する。

(6) 最初に少量で予備実験をする。この際には、必ず保護具、防護壁など十分な対策を立てたうえで実施する。

(7) 一度に多量の実験に移行せず、段階的に移行する。

7 化学実験の一般的注意

化学実験室には薬品、各種の器具、機器があり、それぞれ適切な使用法によらなければならない。薬品の購入、保管、使用、廃棄について、第1節2で述べた取扱上の一般的注意をまずよく読む。特殊な実験室では、そこに適合した安全心得を作っておく必要がある。安全教育、防火訓練をおろそかにせず、必ず体験すること。

(1) 一般的注意

- ア 実験室を常に整頓し、清潔にする。
- イ 消火器、保護具（安全眼鏡、防護面、保護手袋、安全衝立など）、洗眼器、応急処置用道具と薬品（救急箱）を常に整備しておく。
- ウ 電気配線の老化、端子のゆるみ、絶縁不良などを定期的に点検する。
- エ 危険性の予想される物質を取扱う場合は、あらかじめその危険性、毒性などを十分に調査し、経験者に尋ね、万一事故が起こっても被害を最小にとどめるような対策を考えておく。
- オ 薬品には、見間違いのないよう品名を明記する。
- カ 適当な換気なしに、容器、装置などの洗浄を行ってはいけない。
- キ 次のような実験は、特に注意を要する。
 - 未知の危険性を含む操作及び反応
 - 多種多様の危険性を持つ操作や物質の取扱い
 - 発火性と有害性の共存する実験
 - 極限に近い反応条件（高圧、高温、低温、真空）での実験
- ク 危険の予想される実験を行う場合は、あらかじめ周囲の者に知らせ対策を立てさせる。
- ケ 保護眼鏡を使用する。さらに危険が予想される場合は、保護手袋、防護面、防毒マスク、安全衝立などの保護具を使用する。
- コ 薬品、実験後の廃棄物の処置
 - 重金属、シアン化合物、ヒ素を含む溶液、強酸、強アルカリ溶液は、本学実験廃液処理の手引きに従い、容器に貯留する。
 - 有機溶剤を流しに捨てない。回収可能なものはなるべく回収して、使用または廃棄する。
 - ろ紙など可燃性廃棄物は、水にぬらしてから「捨て鉢」に捨てる。
- サ 一般に危険の予想される実験でも、数回繰り返しているうちに馴れと油断により、不注意を起こしやすい。常に使用器具、量的関係、溶媒関係及び反応条件等をよく吟味し、沈着かつ慎重に実験に取りかかる。
- シ 消火器（炭酸ガス、粉末式など）、砂の位置を確認しておく。（消火器の種類と特徴を表5-3、表5-4に示す。）
- ス 皮膚を露出しないよう実験着、作業衣を着用する。軽快な動作がとれるようにする。サンダル、スリッパは好ましくない。

- セ 薬品は、必要以上に購入しない。実験に用いる量以外は、実験台から離れた薬品戸棚に収納する。収納には有機薬品と無機薬品とを離して置く。
実験台の上には必要なものと、必要な量の薬品だけ置く。余分の試薬、溶剤等を近くに置くと事故の拡大につながる。
- ソ 実験を始める前に、実験器具、実験装置、換気設備、配管、配線などを点検し、安全を確認する。

(2) 実験時の注意

- ア 実験をするとき、目一杯の予定を立ててはいけない。予定どおり進まないと思えば、中断する方がよい。急いではいけない。
- イ 実験中は実験室を離れない。離れるときは、同室の者に実験内容、行先をはっきりさせておく。
- ウ 蒸留などの際、沸騰石を入れ忘れないようにする。忘れてたら、一度冷やしてから入れる。
- エ 爆発の危険のある場合、装置を密閉するようなカバーをしてはいけない。装置と実験者を隔てる衝立状のものがよい。
- オ ビンの蓋を開けるとき、栓は人のいない方向に向ける。
- カ 粉砕のとき、摩擦、衝撃で、発火、爆発が起きないように注意する。
- キ 2種以上の物質が混合されたとき、発火、爆発する、いわゆる混合危険物（第2節5、96ページを参照のこと。）があるので、混合には注意する。
- ク 1人で事故を処理しようとしてはいけない。大声を出して応援を頼む。
- ケ 水銀やその化合物を流しで取扱わない。

(3) 後片付け

- ア 後始末も実験のうちである。
- イ 使用した器具、特にスリ合せ器具は直ちに洗う。洗浄廃液の処理に注意する。後片付けが適切でないと、実験再開までに事故が起きやすい。
- ウ 用済みの薬品は、定められた方法に従って処分する。使いかけの薬品、溶液は容器に内容を明示し、保存方法に十分に注意する。
- エ 薬品ラベルが落ちないようにする。ビンの底にマジックで書いておくのがよい。
- オ 古い薬品の処理は不注意にしがちである。気長に処理する。

(4) 退出時、終夜実験時の注意

- ア 退出時にガス、電気、水道の元栓を閉める。特に、休日の前日は念入りに注意する。
- イ 予想しない水圧変動、断水、停電に対する処置を講じておく。特にアスピレータ（逆流防止ビンをつける。）、冷却水など。処置がとれないものは無人運転禁止。
- ウ 終夜実験は、原則として認められないが、やむを得ず実験をするときは、暖房の使用及び換気に十分注意する。
- エ 2人以上が実験室にいるようにするが、一時的に1人になったときは、1人であること

がわかるようにする。ドアを開放しておくのも一法である。

オ 夜、休日における実験やデスクワーク及び機器の終夜運転をするときは、それぞれ定められた時間外居残り届、終夜無人運転届に、指導教員から許可サインを得て、決められたところに表示する。(付1、3ページ参照)

表5-3 適応消火器

級	種 類	適 応 す る 主 な 消 火 器
A	普通火災(木材、紙、繊維)	粉末(ABC)消火器、強化液消火器、泡消火器、水消火器
B	油火災(半固体油脂を含む)	粉末(ABC)消火器、強化液消火器、泡消火器、不活性ガス消火器
C	電気火災(変電機、変圧器)	粉末(ABC)消火器、強化液消火器、不活性ガス消火器

注) A級 普通可燃物の火災
 B級 石油類、油類の火災
 C級 電気設備の火災

表5-4 消火器と消防器材

消火器・用具の名称	薬 剤	適応火災	特 徴
化学泡消火器	A剤 炭酸水素ナトリウム溶液 B剤 硫酸アルミニウム水溶液	A・B	炭酸ガスを含む泡を放出する。2液の混合方法は、転倒または内びんを割る方法がある。射程5m位で、一度放出すると途中では止められない。感電の危険性があるのでC火災には使用できない。
粉末(ABC)消火器	リン酸アンモニウム	A・B・C	各種の火災に使用でき、消火効力が大きい。射程は4～6m位で放射時間が短い。消火後の汚れがある。
強化液消火器	炭酸カリウム	A・B	噴霧ノズルを付けるとC火災にも対応できる。強アルカリ性の水系で冷却効果もある。射程距離は4～8m。
二酸化炭素消火器	液化二酸化炭素	B・C	不活性ガス消火器。射程が小さく、1～2mで、容器が重いという欠点があるが、消火後の汚れが少ない。廊下に置いてある大型は威力がある。
BC粉末消火器	炭酸水素ナトリウム粉末	B・C	消火効力が大きい。射程は3～6m、取扱いがやや面倒で、重量も大きい。消火後の汚れがある。
水消火器	乾燥した黒鉛粉末、ソーダ灰、食塩など	A	霧状に放射するとC火災にも対応できる。湿潤剤を入れて不凍性を持たせている。
消火砂	乾燥した砂	金属火災	アルカリ金属やアルキル金属に有効であるが、立体的な火災の場合には適さない。

(5) 火災が起きた場合

- ア 「火事だ」と叫んで周囲に知らせる。
- イ 周囲の可燃物を取り除き、火源を絶つ。
- ウ ガス源、電源などをなるべく離れた源で切る。
- エ 小さい火災は、慌てずに消火する。その手順、方法を誤らぬこと。(火元の人はずぐにそこから離れて、大声で人を呼ぶこと。慌てて自分で火を消そうとすると、衣類に火がついたり、器具をひっくり返したりする結果になる。冷静な他人に任せる方がよい。) 消火器を使用する場合、火災の種類により適応できる消火器が異なるので注意する。消火器には、A級、B級、C級の区別があり、その内容は表5-3に示すようである。また、一般的な消火器の種類と特徴を表5-4に示す。

本学に備えてあるのは、情報処理センター・博士棟の一部のハロン系消火器(不活性ガス消火器、現在は製造されていない。)を別にすれば、粉末(ABC)消火器と二酸化炭素消火器(表5-4の太字の2種類)で、各廊下および部屋に配置されている。
- オ 実験衣に火がついた場合は、慌てず、非常用シャワー(不備の場合はバケツの水)を浴びる。(ナイロン、テロン混紡のものは、万一着火した場合、溶融して皮膚に密着し、大事に至る場合がある。肌に接する衣類は、木綿または羊毛が望ましい。)
- カ ドラフト内での火災は、消火の効果と上方への延焼防止の点から、換気を止めて消火するのが普通である。しかし、有毒ガス、煙の発生を伴う場合など、状況によっては換気を続ける方がよい。
- キ 可燃性ガスボンベから事故によりガスが噴出した場合は、まずバルブを閉じる努力を行う。また、速やかにガスバーナーなどを消して発火源を絶ち、次に窓を開けて室内の換気を良くし、できればボンベを窓の近くに移すとよい。
- ク 可燃性ガスがボンベから噴出し、着火した場合は、すぐに消火しないで、まず周囲の可燃物を除去してから、消火器、水などで消火する。
- ケ 有毒ガスの発生を伴う恐れのある場合や、煙が多量発生する場合には、保護具、防煙マスクなどを付けて消火する。少なくとも、風上側から消火する。
- コ 防毒マスクの使用にあたっては、過信は禁物。防毒マスクは、使用にあたって吸尿管の種類が適当であるか否かを点検する。また、防毒マスクは、有毒ガスの濃度が、ある一定濃度以上の場合には有効でない。防煙マスク、アクアリングのようなものがよい。
- サ 火災、またはガス発生が、上記の手段によっても手に負えないと判断された場合は、速やかに屋外に避難する。
- シ ガス源、熱源、危険物などの処理をできるだけ行っただうえ、逃げ遅れた者がいないかどうか確認する。

8 薬品による障害の応急処置

(1) 皮膚に対する処置

速やかに、大量の清潔な冷水で 15 分以上洗浄する。濃硫酸など水によって発熱するものは、はじめに乾いた布、紙、ティシュペーパーなどでできるだけ早くその大部分を拭きとった後、大量の水で一挙に洗い流す。

酸やアルカリは、皮膚のひだや毛髪の間に残ることが多いので、酸なら炭酸水素ナトリウムの水溶液、アルカリなら 2～3%の酢酸やレモン汁で中和しておく。石炭酸はアルコールで洗った後、炭酸水素ナトリウムで中和する。皮膚の潰瘍の処置は、皮膚科医の処置を受ける。

(2) 眼に対する処置

素早く大量の水で洗う。特にアルカリは眼球を腐食するので、よく水洗いして早急に眼科医の処置を受ける。

洗眼には噴出式の洗眼装置がよいが、無い場合は、清潔な水をオーバーフローさせた洗面器に顔を反復して入れ、はじめは目を閉じたまま、のち目を水中で開閉して洗眼する。蛇口につないだゴム管からの、ゆるやかな流水を用いてもよい。しかし、噴水が強いと顔に付いている酸などの目への圧入や、腐食された皮膚表面をはぎとることになるので注意。

中和剤は適用しない。洗眼が終わったら厚めのガーゼ湿布をあて、眼帯などで固定し、早急に眼科医の処置を受ける。

(3) 呼吸器に対する処置

患者を迅速に新鮮な空気中に移す。汚染衣服は取除き、皮膚は洗浄し、保温、安静にする。重症の場合は、酸素吸入や人工呼吸が必要。

酸ミスト、塩素ガスなどの濃厚曝露では、気管粘膜ばかりでなく肺胞も損傷し、気管支炎、肺炎、肺水腫（血しょうが肺に浸出）を引き起こし、呼吸困難に陥る。ショックを起こすこともあるので医師による治療が必要。

救出の際は、救助者が中毒しないように防毒マスクを用いる。人工呼吸は、本手引第 2 章などを参照のこと。

(4) 誤飲に対する処置

大量の水または牛乳を飲ませ、嘔吐させる。胃、食道の損傷は数分で死を招くので、処置は寸刻を争う。与える水は、飲んだ薬の約 100 倍必要である。酸に対しては生卵、アルカリに対しては果汁、酢なども使える。指でのどを刺激したりして吐かせてもよいが、意識がないときは、窒息する恐れがあるので何もしてはいけない。早急に医師を呼ぶ。保温、安静にし、ショックや呼吸麻痺に注意する。

(5) 中毒したときの処置

有毒ガスを吸引したときは、直ちに新鮮な空気中に移し、衣服をゆるめ、安静にさせる。必要があれば人工呼吸などを行う。ホスゲン、亜硝酸ガス、ハロゲン中毒に対しては、ガス吸入後に強い苦痛を訴えなくとも、数時間は必ず安静にさせる。しかる後、医師と相談する。

薬品などを飲んだときは、大量の温水または食塩水などを飲ませて吐かせる。ただし、意識のない者には何も飲ませないこと。

9 各種薬品に対する処置

IASO または各メーカーの SDS などを参照するとよい。数例を以下に示す。

(1) フッ化水素酸

皮膚を激しく腐食するので、30 分間水洗後、マグネシア泥膏（酸化マグネシウム 20 g、グリセリン 80 g）で覆い、乾いた包帯をする。呼吸器がおかされた時は、絶対安静を保つ。

(2) 塩素、臭素ガス

呼吸器障害に対し、希アンモニア水を湿ませた脱脂綿を短時間ずつかがせる。アルコール、エーテル等量混液の蒸気吸入も、気道の刺激緩和に役立つ。

(3) 一酸化炭素

新鮮な空気中に搬出し（患者を歩かせてはならない）、安静と保温に注意。発熱に対しては氷冷する。5%CO₂ 添加の酸素の吸入がよい。

重症者は、30 分以内に 2 倍以上の交換輸血が効果あるので、早急に医師と血液の手配をする。意識回復後は、2～3 時間絶対安静、数日間は休養が必要。

(4) シアン化水素、シアン化物

新鮮な空気中に救出し、意識があれば亜硝酸アミルを 5 分おきに 3 分間吸入させ、最高血圧が 80 mm Hg になったらやめる。この処置は数分以内にとらなければならない。呼吸停止には 100%酸素による人工呼吸を要する。シアン化水素は経皮呼吸されるから、石けんと水で洗い、患者の保温に注意。亜硝酸アミルによるショックもあるので、速やかに医師の処置を受ける。

(5) 二酸化窒素

曝露後かなり遅れて突然発生する。呼吸器症状が軽度でも酸素吸入を行う。肺水腫を主症状とする。口、鼻、目の粘膜、皮膚を 1%重曹水で洗浄する。

(6) 硫化水素

5%CO₂ を添加した酸素の吸入が有効とされる。目については、洗眼を行い、眼科医の処置を受ける。

(7) ホスゲン

重症の肺水腫を起こす。汚染衣服を除き、2%重曹水で洗う。酸素吸入は、できるだけ早く始める。20%アルコールをくぐらせた酸素の吸入は、呼吸困難を緩和する。

(8) 黄りん

治癒困難な第2度または第3度の火傷を生じやすい。水中か大量の流水で洗い流す。火傷には5%重曹水を注ぎ、次いで5%硫酸銅溶液で洗浄、リンを固形の銅塩としてピンセットで取るが、無理にはがさぬこと。

(9) 有機溶剤

危険な急性中毒は低沸点溶剤によって起こりやすい。呼吸器からの浸入による中毒が主だが、皮膚呼吸による中毒もある。一般に麻酔作用があり、重症の場合は意識障害、呼吸中枢麻痺を起こす。回復期に狂暴になることがある。

救急処置は一般的方法と同じ。洗浄には合成洗剤と水を用いる。後遺症が残ることがあるので注意する。

(10) 酸素欠乏

短時間で致命的な状態になるので、速やかに救出し、新鮮な空気中に移す。人間が正常に活動できる気中酸素濃度は16%以上で、10%前後で呼吸困難、悪心、顔面蒼白となり、7%前後で、短時間で意識不明、呼吸停止となる。

救助者が道連れにならないよう酸素呼吸器、命綱などを用いる。防毒マスクは無効。

第2節 危険薬品

危険薬品は、それ自身の毒性に起因するものでなく、その物理的、化学的性質による爆発や火災により、二次的に薬火傷、ケガ、人命損傷などをもたらす薬品である。また、危険性及び有毒性の両性質を持つ薬品も、特殊な有毒物質以外は危険薬品として取扱う。

1 発火性物質

一般に加熱や衝撃で発火するものや接触や混合で発火するものなどがある。ここでは、前者に属するものと、後者の場合は、空気や水などの存在で比較的容易に着火し、火災の原因となるものを取扱う。

表5-5 発火性物質

区 分	特 徴	物 質 例
強酸化性物質	加熱、衝撃で分解して酸素を出し、可燃物と激しく燃焼し、時には爆発する。	塩素酸塩類、過氧化物
自然発火性物質	室温で空気にふれると着火し、燃焼するもので、一部を除き研究用の特殊物質	黄りん、ある種の硫化物、ある種の塩の分解で作った金属
低温着火性物質	比較的低温で着火し、燃焼速度が大である。	赤りん、金属粉
禁水性物質	水と反応して発火し、時には爆発する。	金属ナトリウム、金属カリウム

(1) 強酸化性物質（薬品）

消防法危険物第1類では、「一般に衝撃、摩擦、加熱、強酸類の接触により発火、爆発の危険があるもの」として説明されている。これらは酸素供給剤であり、また、それ自身分解、爆発することもあり、著しく危険である。有機過氧化物は、特に危険である。塩素酸カリウムや過塩素酸カリウムは比較的安定であるが、有機化合物（ごみなども含む）の共存で加熱すると爆発することがある。これに該当する物質（薬品）を、表5-6に示す。表中Mは金属、Rはアルキル基やアリール基を示す。

表5-6 強酸化性物質

化 合 物	一 般 式	物 質（薬 品） 名	法 令 等
塩 素 酸 塩 類	$M^I ClO_3$	NH_4ClO_3 、 $NaClO_3$ 、 $KClO_3$ 、Ag、Hg(II)、Pb、	消防法危険物 第 1 類
	$M^{II}(ClO_3)_2$	Ba などの塩素酸塩	
過 塩 素 酸 塩 類	$M^I ClO_4$	NH_4ClO_4 、 $NaClO_4$ 、 $KClO_4$ および Mg、Ba などの過塩素酸塩	同 上
	$M^{II}(ClO_4)_2$		

無機過酸化物	MO_x または Ox など	Na_2O_2 、 K_2O_2 、 MgO_2 、 CaO_2 、 BaO_2 、過硫酸塩 [(NH_4) $_2$ S_2O_8 、 $Na_2S_2O_8$]、過ホウ酸ナトリウム、 H_2O_2 、 O_3	同上 H_2O_2 は 第 6 類
有機過酸化物	(RCO_2) $_2$ 、 RCO_3H 、 (RO) $_2$	過酸化アセチル、過酸化ベンゾイル、過酢酸、過 酸化ジエチル、クメンヒドロペルオキシドなどの 分解爆発性物質	消防法危険物 第 5 類
硝酸塩類	$M^I NO_3$ $M^{II} (NO_3)_2$	NH_4NO_3 、 $NaNO_3$ 、 KNO_3 、および Mg 、 Ca 、 Ba 、 Pb 、 Ni 、 Co 、 Fe などの硝酸塩	消防法危険物 第 1 類
過マンガン酸塩類	$M^I MnO_4$	$KMnO_4$ 、 $NaMnO_4$	同上
亜塩素酸塩類	$M^I ClO_2$	$NaClO_2$ 、 $KClO_2$ など	同上
臭素酸塩類	$M^I BrO_3$	$NaBrO_3$ 、 $KBrO_3$ 、 $Ba(BrO_3)_2$ など	同上
ヨウ素酸塩類	$M^I IO_3$	$NaIO_3$ 、 KIO_3 、 $AgIO_3$ など	同上
重クロム酸塩類	$M^I_2 Cr_2O_7$	(NH_4) $_2$ Cr_2O_7 、 $Na_2Cr_2O_7$ 、 $K_2Cr_2O_7$	同上

〔取扱上の注意〕

- 1) 加熱、衝撃、強酸類の接触により発火、爆発の危険がある。火気、熱源より遠ざけ、冷暗所に密封して貯蔵する。
- 2) 還元性物質や有機化合物と混合すると酸化発熱、発火、または爆発するから、みだりに他のものと混合することなく、また、これらのものと別に保管する。
- 3) 過酸化物は水で酸素 (O_2) を、希酸で過酸化水素 (H_2O_2) を生じて発熱し、時には発火する。
- 4) アルカリ金属及びアルカリ土類金属の過酸化物は、水と反応するので防湿に特に留意する。
- 5) エーテル、テトラヒドロフラン、ケトンなどの古い溶剤は過酸化物が生成していることがあるから、蒸留する時には常法に従ってこれを分解してから行うか、蒸留残液を相当残すようにしなければならない。

〔起こりやすい事例〕

- 1) 過酸化水素水溶液でガラスロート上の有機物を洗浄しようとする時、ろ過びんの中に過酸化物がたまり爆発することがある。(夏期)
- 2) 過酸化物を蒸留しようとする時爆発する。また、それを含む溶液を加熱すると爆発する。
- 3) 二酸化マンガン (MnO_2) に過酸化水素水溶液を添加して酸素を発生させるとき、添加を急速にすると爆発する。
- 4) クロム酸混液を調製するとき、誤って、重クロム酸カリウムの代わりに過マンガン酸カリウムにすると爆発する。
- 5) 過塩素酸 ($HClO_4$) 溶液と硫酸で有機化合物を分解するとき、分解の末期に爆発することがある。

(2) 自然発火性物質

貯蔵中または取扱中、主に空気中の酸素と反応発熱し、著しいときには自然発火する物質（表5-7）のことである。表中Mは金属、Xはハロゲンを表わす。

表5-7 自然発火性物質

化合物	一般式	物質（薬品）名	法令等
黄りん	P	黄りん	危険物第3類
水素化物	MH _n MH _n X _{a-n}	BH ₃ 、SiH ₄ 、PH ₃ 、AsH ₃ 、SbH ₃ 、油性 NaH、 油性 KH、BH _n X _{3-n} および SiH _n X _{4-n}	同上
有機金属化合物	R _n MX _{a-n}	M=Li、Na、K、(以上 RM 型)、Mg、B、Al、 P、Zn、Se、An、Sb、Bi、Ag、Ca、Ba	同上
有機金属水素化物	R _n MH _{a-n}	M=B、Al、Si、As、Pなど	同上
還元金属触媒	M	Ni(展開ラネーニッケルを含む)、Pt、Pd、Cu	
微粉金属末		シュウ酸塩、ギ酸塩を空気を絶って加熱分解して作った金属（Pb、Ni など）の微粉末、金属カルボニル、有機金属などを空気を絶って加熱分解して作った金属微粉末（Pb、Ni、Cu など）	

〔取扱上の注意〕

- 1) 空気に触れると発火するので、これを初めて使用するときは、経験者によく聞くか直接指導を受ける。
- 2) 破損、地震などで空気に触れ自然発火するから、それぞれに十分適合した保存容器、保存方法によって貯蔵する。溶剤で希釈したもので、溶剤が揮発すると発火するので十分注意する。
- 3) 通常、黄りんは禁水性ではないので水を入れたガラスびんに入れ、これをさらに砂の入った金属性の容器に入れ、ふたをして保管する。他の市販有機金属及びその水素化物は、不活性ガス雰囲気下、鉄製容器に納められている。これをフラスコに小分けしたものは必ず金属性容器中におき、それごと密閉金属貯蔵庫中に入れておく。（酸欠となり、火災までには至らない。）
- 4) 容器の移しかえ、容器の洗浄などの際、発火しないよう心掛け、黄りんはアルゴン、窒素などの不活性雰囲気下で、有機金属は不活性溶剤で希釈後、あるいはアルコールなどで処理した後、移しかえ、洗浄などを行う。
- 5) 処理後も有害なものがあるから、これについては本学の規則に従うものとする。

〔処 理〕

- 1) 黄りん、室外で 40～50g ずつ燃やすのが一番よい。五酸化リン (P₂O₅) はすぐにリン酸 (H₃PO₄) となり無害化する。このとき、熔融燃焼するので、鉄板上かコンクリート上で行うのがよい。砂や土の上で燃やすと熔融小粒となり、不燃のまま残ることがある。（ゴム手袋、ピンセット使用）

- 2) 燃焼後の酸化物が無害な有機金属化合物、有機金属水素化物は高沸点の石油ナフサ、灯油、デカリンで希釈し（自然発火しなくなる。）、少量ずつ室外で燃焼する。
- 3) 酸化物が有毒性（As、Se）のときは、実験室で無害化し、本学の規則・指示に従うものとする。

〔起こりやすい事例〕

- 1) ラネーニッケル触媒を用いて水素化し、反応液をろ別、溶媒で洗浄後、ろ紙ごとゴミ入れに捨てたりすると乾燥して発火する。
- 2) 有機金属化合物は必ず発火するものと考え、封管を切るときには十分な注意をすべきである。

(3) 低温着火性物質

比較的低温で酸化されやすく、燃えやすい物質で、一般に酸化剤と混合したものは打撃などにより爆発する危険がある。

表 5-8 低温着火性物質

化合物	物質名	法令等
	赤りん、硫化りん (P ₂ S ₃ 、P ₂ S ₅)、イオウ	危険物第2類
金属粉	Mg、Al の粉末、粒、箔リボン(写真用せん光粉を含む。)、鉄粉、亜鉛粉、タンゲステン微粉末、ニッケル微粉末など、Mg、Al 以外の粉末	同上

〔取扱上の注意〕

- 1) 加熱すると酸化、発火するので、熱源、火気より遠ざけて冷所に保管する。
- 2) 酸化剤と混合すると発火し、また、打撃などにより爆発するから、みだりに混合しないこと。（イオウは火薬、マッチとして、赤りんはマッチに使用される。）
- 3) 微粉末イオウは空気中で発熱、発火することがある。
- 4) 金属粉は、空気中で加熱すると激しく燃焼する。また、酸、アルカリで水素ガスを発生し、引火する恐れがある。（鉄粉、亜鉛末を用いての還元では近くの火気にも注意）
- 5) 硫化リンは毒物であるから毒性にも注意。

(4) 禁水性物質

一般に水と容易に反応し、その反応熱のため発熱、発火、爆発するもの（表 5-9）で、多くは水との反応の際、水素や炭素を発生する。

表 5-9 禁水性物質

一 般 名	物 質	法 令 等
金 属 及 び 金 属 化 合 物	金属 Na、金属 K、金属 Li、金属 Ca、CaC ₂ (カーバイド)、Al ₄ C ₃ (炭化アルミニウム)、SiC (シリコンカーバイド)、Ca ₃ P ₂ (リン化石炭)、CaO (生石灰)	危険物第 3 類など
水 素 化 物	Li、Na、K、Cs、Ca、Ba、Zr、Cu、Sn などの金属水素化物及び NaBH ₄ 、LiAlH ₄	危険物第 3 類
アルカリアミド	NaNH ₂ (ナトリウムアミド)、KNH ₂ (カリウムアミド)	
自 然 発 火 性 有機化合物の一部	Li、Na、K、Mg、Ca、Ba、Al、Zn の有機金属化合物、 たとえば C ₄ H ₉ Li、Al(C ₂ H ₅) ₃ 、Zn(C ₂ H ₅) ₂	研究分野特有物質 Al(C ₂ H ₅) ₃ など 2、 3 のものは危険物 第 3 類

〔取扱上の注意〕

- 1) 水と激しく反応し、水素や炭化水素を発生するから、水には十分注意すること。禁水性物質を取扱っている近くで、不注意に水道を使ってはいけない。水が飛び散ると発火、爆発することもある。
- 2) 金属ナトリウムの秤量には十分注意して、ろ紙上で表面上の保存溶媒を拭きながら手早く表面酸化層を除去してから秤量する。金属カリウムは、空気中の水分や酸素と迅速に反応して発火することがあるから、広口皿かビーカーの不活性溶剤中で表面酸化層を除去し、あらかじめ秤量しておいた不活性溶剤中に入れ、前後の差から求める。金属リチウムは、空気中で取扱っても安全である。
- 3) 金属リチウム、ナトリウム、カリウムの小片を水浴上のフラスコ中にピンセットで入れるとき、水浴の水中に落とすことのないよう水浴を外すか、板か鉄板で水面を覆う。
- 4) カーバイドは、水と反応するとき爆発することがある。これは、発生時の高度の発熱及び原料カーバイド中の不純物リン化カルシウムの自然発火によるためである。
- 5) リン化カルシウムは、水と反応して爆発することがある。
- 6) 生石灰は、水の存在で発火はしないが、そのときの発熱で他の物質を発火させることがある。

〔起こりやすい事例〕

- 1) 石油中に貯えた金属ナトリウムの削り屑をアルコールに入れ、反応が終了したと思い、石油を流して捨てたりすると、小粒のナトリウムによって発火する。(環境保全面からも溶剤を流しに捨ててはいけない。)
- 2) 石油中に貯えられた金属カリウムの削り屑の入ったびんを、室外で処理しようとして運搬中に落としたりすると発火する。(ナトリウムより危険である。)
- 3) 古くなって表面が酸化または炭酸ナトリウムになった白色のナトリウムに、不注意に水を加えたりすると爆発する。必ずアルコールで処理する。

2 爆発性物質

爆発には、分解しやすい物質が熱や衝撃で分解し、瞬時に気化膨張する分解爆発と、可燃性ガスが空気と混合し、爆発限界内の濃度（低沸点液状物質でも蒸気圧との関係で起こりうる）、になったときに引火して起こる燃焼爆発とがある。実験・研究ではこの両者とも起こりうる。

(1) 火薬類

火薬類（黒色火薬、無煙火薬、雷こう、アジ化鉛、カーリット、ダイナマイト、火工品）は分解爆発性物質を配合した成形品で、これらの使用にあつては火薬類取締法、消防法に従い、また、指導者の指示によらねばならない。

(2) 分解爆発性薬品〔消防法第5類など〕

これには硝酸エステル、ニトロ、ニトロソ、ニトラミン、有機過酸化物、その他の不安定で分解を起こしやすい化合物が含まれる。

表 5-10 分解爆発性薬品

結合の種類	名称	化合物例及び消防法危険物分類
N-O C-O-NO ₂	硝酸エステル (A)	ニトログリセリン、ニトログリコール、ニトロセルロース（以上火薬類・消危-5）、一価アルコールエステル（消危-4）
C-NO ₂	ニトロ化合物 (A)	トリニトロトルエン、ピクリン酸など（他に付いているニトロ基の数により消危-5、消危-4）
C-N-NO ₂	ニトラミン (A)	他に付いているニトロ基数などによりトリメチレントリニトロアミン、シクロテトラメチレンテトラニトラミン（火薬）エチルまたはフェニルニトラミン（消危-5）
C-NO	ニトロソ化合物 (C)	C ₆ H ₅ NO、CH ₃ C ₆ H ₄ NO、C ₁₀ H ₇ NO など（他に付いているニトロ基、ニトロソ基の数により消危-5、消危-4）
M-ONC	雷酸塩 (B)	Hg(ONC) ₂ 、AgONC 起爆薬
N-N [Ar-N=N] + X	ジアゾニウム塩 (C)	C ₆ H ₅ N ₂ X、HOC ₆ H ₄ N ₂ X など（普通、室温以下で取扱う。）

C-N ₂	ジアゾ化合物 (A)	CH ₂ N ₂ (ジアゾメタン・有毒ガス) 液体及び濃溶液は爆発性 N ₂ C(COOH) ₂ 、N ₂ C(COOH ₂ H ₅) ₂ 、 N ₂ CHCO ₂ C ₂ H ₅ 、N ₂ CHCO ₂ C ₆ H ₅ ……種類により安全性が異なる。 C ₆ H ₄ N ₂ O (ジアゾフェノール・乾燥状態では爆発) ジアゾニトロフェノール (電気・工業雷管の点火・爆発)
MN ₃	金属アジド (B)	Ag、Co、Pb、Hg、Cu、Cd などの重金属アジ化物。アジ化鉛は実用起爆薬。アジ化ナトリウムは初期の自動車エアバックに使用された。
XN ₃	ハロゲンアジド (B)	X が F、Cl、Br、I のときは、室温以下でも爆発
HN ₃	アジ化水素 (B)	不安定で非常に爆発しやすい。
-CN ₃	有機アジド (B)	CH ₃ N ₃ 、N ₃ CH ₂ COOH、C ₆ H ₅ N ₃ 、CH ₃ C ₆ H ₄ N ₃ 、 C ₁₀ H ₇ N ₃ ……物質により安定性は異なる。一般に室温以上に加熱すると分解 (分解点注意)。
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{C}-\text{N}_3 \end{array}$	有機酸アジド (C)	CH ₃ CON ₃ 、C ₆ H ₅ CON ₃ などイソシアナートの原料 (Curtius 転位)
MC≡CM	アセチリド (A)	重金属アセチリドは不安定 (Ag、Cu-アセチリドなど)
$\begin{array}{c} \text{O}-\text{O} \\ \quad \\ \text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{R} \end{array}$	ヒドロペルオキシド (B)	第2節、1. (1) 強酸化性物質も参照のこと。 イソブチルヒドロペルオキシド、クメンヒドロペルオキシド
R-O-O-R	ジアルキルペルオキシド (C)	過酸化(ジ)エチル、過酸化(ジ)イソブチル、過酸化メチルエチルケトン、シクロヘキサノンペルオキシド
RCO-O-O-H	ペルオキシ酸 (C)	過酢酸、過プロピオン酸、過安息香酸
RCO-O-OR	ペルオキシ酸エステル (C)	過酢酸 t-ブチル、過セバシン酸 t-ブチル、過安息香酸 t-ブチル
RCO-O-O-OCR	ジアシルペルオキシド (C)	過酸化アセチル、過酸化プロピオニル、過酸化ベンゾイル
$\begin{array}{c} \text{O}-\text{O} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \quad \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	オゾン (B)	オゾンと不飽和化合物の反応による分解しやすい油状物質

注) 表中の危険度の表示 A=著しく危険 B=相当に危険 C=危険

〔取扱上の注意〕

- 1) 上記の物質または類似物質を合成したり、原料、重合開始剤として使ったりする際には、その性質をよく調べたうえで実験すること。また、副生が予想される場合も注意し、反応廃液は注意してできるだけ早く処理すること。

- 2) 上記の物質は酸、アルカリ、金属、還元物質などとの接触、衝撃または加熱などによって爆発することがあるから十分注意し、容器、スパークテルなども適切なものを用いること。
- 3) 爆発により付近の可燃性物質に引火、火災となることがあるから、付近を片付け、消火器なども用意しておくこと。
- 4) 上記の物質には、毒性の大きいものがあるから、防護にも留意すること。

〔起こりやすい事例〕(強酸化性物質の項2～4のこと。)

- 1) 長く放置した塩化銀(アンモニア性溶液中に沈澱した)を回収しようとして、ろ過したものが乾燥すると爆発することがある。(アジ化銀生成のため。)
- 2) アクリル酸塩化物とアジ化ナトリウム(NaN_3)でアクリル酸アジドを作り、Curtius転位後のビニルイソシアナートから塩素化合物を除くときなど(酸塩化物とイソシアナートの沸点が近い)、沈澱銀を加えて蒸留しようとするとき爆発することがある。
- 3) ニトロ化反応物を蒸留するとき、残液が少なくなると爆発する。(高ニトロ化物が副生していたため。)
- 4) エチレングリコールとアルコールと希硝酸の混合物を長時間放置すると、発火することがある。(水、アルコールが蒸発、エステル化が進行)
- 5) Reppe法によるアルキノール合成反応に使った触媒(金属アセチリド)を放置しておくことで乾燥し、わずかな衝撃で爆発する。(湿った状態では安定)

(3) 可燃性ガス

水素 (H_2)、一酸化炭素 (CO)、アンモニアガス (NH_3)、硫化水素 (H_2S)、都市ガス、家庭用 LPG (C_3 、 C_4 炭化水素混合物)

炭化水素類：メタン (CH_4)、エタン (C_2H_6)、プロパン (C_3H_8)、ブタン (C_4H_{10})、エテン [エチレン] (C_2H_4)、プロピレン (C_3H_6)、ブテン (C_4H_8)、アセチレン (C_2H_2)、シクロプロパン (C_3H_6)、ブタジエン (C_4H_6)

アミン類：メチルアミン CH_3NH_2 、ジメチルアミン (CH_3) $_2\text{NH}$ 、トリメチルアミン (CH_3) $_3\text{N}$ 、エチルアミン $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$

ハロゲン化アルキル：塩化メチル (CH_3Cl)、塩化エチル ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$)、塩化ビニル ($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$)、臭化メチル (CH_3Br)

〔取扱上の注意〕

- 1) 装置から漏れて滞留し、爆発限界に入ると引火爆発する。可燃ガスのボンベの使用時、可燃ガスの発生するような実験のときなどは注意。
- 2) ボンベの取扱いの注意事項(第4章、第4節高圧ガス、液化ガスの注意事項参照のこと。)を忠実に守り、都市ガス配管コックも定期的に点検すること。
- 3) ボンベのグランドパッキングや配管途中でのガス漏れ、または都市ガスの漏れに気づいたときは適切に対処する。すなわち、爆発の危険のある実験、有毒ガスの実験には必要に応じて防護面、防毒マスクを着用する。多量のガス漏れには火気、ガス源を止め、

窓を開いて一時退避する。余裕のないとき（水素などの可燃性ボンベの安全弁が飛んだ）は直ちに退避し、様子を見る。

- 4) アセチレンと酸化エチレンは分解爆発するので直射日光や熱源の近くで加熱したり、衝撃を与えてはいけない。

〔起こりやすい事例〕

- 1) アセチレンボンベを運搬中、落下したりすると爆発する。（いずれのボンベでも、運搬時には必ず安全キャップを付けて行うこと。）
 2) 酸化反応では、混合ガスが爆発限界に入り、また、急激な発熱反応のために爆発することがしばしばある。（防護壁、防烈衝立の設置）

3 引火性物質

可燃物の危険性は、おおむね引火点で決められ、引火点が低いほど危険性が大である。引火点とは、液体の上部に空気と混合して火を引く濃度の蒸気ができるようになる液体の最低温度をいう。引火点の高い物質でも引火点以上に加熱すると危険で、実験室ではこのような事故も案外多い。

引火性物質を使用するとき、室内の換気を良くし、蒸気が空気より重いことを考えて、換気孔を床に近く設けるなど排気設備に注意する。

表 5-11 引火性物質の分類

分 類	定 義	消防法による区分等	
特 殊 引 火 物	20℃で液体、または 20～40℃で液体になるもので着火温度 ^{*)} が 100℃以下または引火点が-20℃以下で、沸点が 40℃以下のもの	特殊引火物	
一 般 引 火 性 物 質	高度引火性物質	室温で引火性の高いもの〔引火点が 20℃以下（第 1 石油類）と、これと同程度の引火性をもつ消防法危第 4 類の化合物〕	第 1 石油類及び、同程度の引火性物質
	中度引火性物質	加熱時に引火性の高いもの〔引火点が 21～70℃（第 2 石油類）と、これと同程度の引火性をもつ消防法危第 4 類の化合物〕	第 2 石油類及び、同程度の引火性物質
	低度引火性物質	強熱時に分解ガスによって引火するもの〔引火点が 70℃以上のもの（70～200℃：第 3 石油類、200℃以上：第 4 石油類）と、これと同程度の引火性をもつ消防法危第 4 類のもの〕	第 3、第 4 石油類、動植物油など

注) ※発火点ともいい、可燃物が空気中で加熱されて自然に発火する最低温度をいう。

引火性物質を貯蔵するとき、ガスまたは蒸気が漏れないように密封し、容器を火気、日照から遠ざけておくことが大切である。

引火性物質を表 5-11 の定義に基づいて 4 種に分類し、特殊引火物以外を一般引火性物質と呼ぶことにする。

(1) 特殊引火物

ジエチルエーテル、二硫化炭素、アセトアルデヒド、ペンタン、イソペンタン、酸化プロピレン、ジビニルエーテル、ニッケルカルボニル

〔取扱上の注意〕

- 1) 引火点が低く、極めて引火しやすいので、使用時は近くの裸火を消し、電気ヒーター、電気炉を切ること。
- 2) 沸点が低く爆発限界が広いので、通風を良くして滞留のないようにすること。
- 3) 一度引火すると爆発的に広がり消火しにくい。したがって、他の引火性物質を遠ざけておくこと。
- 4) 毒性、刺激性のあるものは防毒マスク、ゴム手袋を着用するか、ドラフト中で取扱う。

〔起こりやすい事例〕

- 1) 特殊引火物は引火点が低いため、取扱中に裸火が近くにあると引火する。
- 2) エーテルは過酸化物になりやすく、蒸留残液を残さないと爆発する。
- 3) エーテル溶液の入ったフラスコを冷蔵庫に入れておくと、エーテルの蒸気が漏れて（庫内でフラスコが壊れることもある。）、庫内スイッチで爆発することもある。（防爆冷蔵庫を使用すること。）

(2) 一般引火性物質

ア 高度引火性物質（引火点 20℃以下）

炭 化 水 素：石油エーテル、ガソリン、石油ベンジン、リグロイン、ジメチルブタン、ヘキセン、ヘプタン、シクロペンタン、メチルシクロペンタン、シクロヘキサン、シクロヘキセン、オクタン、ベンゼン、トルエン、エチルベンゼンなど炭素数8個程度までの炭化水素（特殊引火物を除く。）

エ ス テ ル 類：ギ酸エステル（ブチルまで）、酢酸エステル（プロピルまでとビニル）、プロピオン酸メチル及びエチル、アクリル酸及びメタクリル酸メチル及びエチル、亜硝酸アミル、炭酸メチル、ホウ酸メチル

アルコール類：（プロピルまで）

エ ー テ ル 類：プロピルエーテル、メチラール、ジオキサン、フラン、メチルフラン、テトラヒドロフラン

アルデヒド類：プロピオンアルデヒド、アクロレイン、クロトンアルデヒド、ブチルアルデヒド、パラアルデヒド

ケ ト ン 類：アセトン、メチルエチルケトン、メチルビニルケトン、メチルプロピルケトン

ア ミ ン 類：ジエチルアミン、トリエチルアミン、プロピルアミン、アリルアミン、ブチルアミン、アミルアミン、ピリジン、ピペリジン、メチルモルホリン

ハロゲン化物：塩化アリル、臭化アリル、塩化ブチル、臭化ブチル、塩化アミル、
塩化ビニリデン、ジクロロエタン、クロロプロパン、ジクロロプロパ
ン、クロロベンゼン

酸 塩 化 物：塩化アセチル、塩化プロピオニル

メルカプタン類：エチルメルカプタン、ブチルメルカプタン、チオフェン、テトラヒド
ロチオフェン

イ 中度引火性物質（引火点 21～70℃）

炭 化 水 素：灯油、軽油、テレピン油、クメン、シメン、デカン、ジシクロペンタ
ジエン、ジペンテン、スチレン、メチルスチレン、プロピルベンゼン、
ジエチルベンゼンなど

エ ス テ ル 類：酢酸ブチル、酢酸アミル、プロピオン酸ブチル、クロトン酸エチル、
酢酸エチル、クロロ酢酸メチル、ブロモ酢酸エチル、乳酸メチル、乳
酸エチル、炭酸ジエチル

アルコール類：ブタノール、アミルアルコール、ヘキシルアルコール、メタクリルア
ルコール、シクロヘキサノール、セロソルブ、ジアセトンアルコール

エ ー テ ル 類：ブチルエーテル、アミルエーテル、アニソール

アルデヒド類：フルフラール、ベンズアルデヒド

ケ ト ン 類：メチルブチルケトン、メチルアミルケトン、ジエチルケトン、ジプロ
ピルケトン

ア ミ ン 類：ヘキシルアミン、シクロヘキシルアミン、トリプロピルアミン、
エチレンジアミン、プロピレンジアミン、ジエチルエチレンジアミン、
ピコリン、メチルピコリン、ヒドラジン

ハロゲン化合物：クロロベンゼン、プロモベンゼン、クロロフェノール、エピクロロヒ
ドリン、エチレンクロロヒドリン、プロピレンクロロヒドリン

ニトロ化合物：ニトロエタン、ニトロメタン、ニトロプロパン

ウ 低度引火性物質（引火点 70℃以上）

炭 化 水 素：重油、クレオソート油、スピンドル油、ギヤー油、モーター油などの
潤滑油、変圧器油、テトラリンなどの高級液状炭化水素

エ ス テ ル 類：酢酸オクチル、酢酸フェニル、安息香酸メチル及びエチル、シュウ酸
エチル、マレイン酸エチル、フタル酸ブチル、フタル酸オクチル

アルコール類：オクタノール、ベンジルアルコール、アルドール、フルフリルアルコ
ール、テトラヒドロフルフリルアルコール、エチレングリコール、
ジエチレングリコール、プロピレングリコール、グリセリン、
エチレンシアンヒドリン

エーテル類：ジエチレングリコールジメチル及びエチルエーテル

アミン類：トリブチルアミン、エタノールアミン、アニリン、*N*-モノ及びジ置換アニリン、トルイジン、フェニルヒドラジン

塩化物：塩化ベンジル

カルボン酸：酢酸、無水プロピオン酸

酸塩化物：塩化ベンゾイル

ニトロ化合物：ニトロベンゼン、ニトロキシロールなどのモノ置換体の液状物

その他： γ -ブチロラクトン、酸化スチレン、ジメチルスルホキシド

動植物油：大豆油、ゴマ油、ヤシ油、イワシ油、アマニ油、鯨油

〔取扱上の注意〕

- 1) 高度引火性物質は特殊引火物ほどではないが、引火性が強く、スイッチや静電気による火花、赤熱体（電熱器など）や、たばこの火も発火原因となるから、近傍の火気に注意し、直火で加熱などをしてはいけない。
- 2) アセトン、石油エーテル、ヘキサン、ベンゼン、メタノール、エタノール、酢酸エチル、テトラヒドロフランなどは溶剤としてもよく使われ、蒸気圧も高く引火性も大きいので、細心の注意を払い取り扱うこと。
- 3) 高度引火性物質は蒸気圧も相当大きく、蒸気密度が大で滞留しやすいので通気を良くすること。（溶剤中毒の予防にも必要である。）
- 4) 中度引火性物質は、加温時に引火しやすく、開口容器による加熱時は、蒸気の停留に注意すること。

〔起こりやすい事例〕

- 1) 蒸留のとき加熱し、忘れていた沸石を途中で加えると突沸して引火する。（冷却後、沸石を加えること。実験室ではよくある事例である。）
- 2) フラスコをアセトンで洗って乾燥器に入れて乾燥しようとする、アセトンが気化して爆発することがある。

(3) 有機溶剤類

有機溶剤は実験室で使われる頻度が高く、量も多い。これらは、特殊引火物または高度引火性物質であるので、消防法および火災予防条例でその管理、保管が規制されている。また、衛生上有機溶剤中毒防止によっても取扱いが規制されているので十分注意しなければならない。

〔取扱上の注意〕

- 1) 消防法および火災予防条例により、各実験室に保管できる量が規制されているので、必要最小量を実験室内に保管するようにする。石油缶で購入した際は、必ず危険物貯蔵庫に保管し、必要量をその都度実験室に搬入すること。

- 2) 蒸発性が大きく、引火点が低い特殊引火物、高度引火性物質は、その項の注意事項、事故例をよくみて取扱うこと。
- 3) 水質汚濁防止のための地方条例の一般事項の BOD、COD と重要な関係を有する物質であるので、廃液および処理に際しては、本学の規則、指示に従う。
- 4) 衛生上、急性毒性は必ずしも強くはないが、慢性毒性の点で、その取扱いに注意しなければならない。第4節 1. 5を参照のこと。

4 酸

硫酸、塩酸、硝酸、フッ酸などの無機強酸、トリクロロ酢酸、トリフルオロ酢酸、スルホン酸、ピクリン酸などの有機強酸、リン酸、ホウ酸、有機カルボン酸などの弱酸がある。

発煙硝酸 (NO_2 を含む濃硝酸) ……酸化力が極めて強く、ホスフィン (PH_3)、硫化水素 (H_2S)、ヨウ化水素 (HI) を発火して酸化する。酸化剤、ニトロ化剤。発生する二酸化窒素 (NO_2) ガスは非常に有毒。

発煙硫酸 ($\text{SO}_3-\text{H}_2\text{SO}_4$) ……水と激しく反応して硫酸となる。(大きな発熱)
強い酸化剤として働く。スルホン化剤。皮膚を激しくおかす。

クロロスルホン酸 (HSO_3Cl) ……水と激しく反応し、硫酸と塩酸を生成する。スルホン化剤。
皮膚を激しくおかす。

無水硫酸 (三酸化イオウ : SO_3) ……水と激しく反応し硫酸となる。(大きな発熱)
強い酸化剤として働く。スルホン化剤。皮膚を激しくおかす。

濃硝酸 (市販品、 HNO_3 含量 62~70%) ……酸化力強い。硝酸塩の製造、酸化剤、ニトロ化剤。
皮膚粘膜をおかし、吸入すると気管をおかし、肺炎症状。

濃硫酸 (H_2SO_4) ……希釈熱が非常に大きく、濃硫酸中に水を加えると発熱のため爆発を起こす。また、木炭と反応し CO_2 とする。脱水剤として働き、高温では酸化作用もある。
硫酸塩製造、スルホン酸製造など。皮膚をおかす。

無水クロム酸 (三酸化クロム : CrO_3) ……水に溶けるとクロム酸となる。強い酸化剤。毒性が強く腎臓を痛める。

過塩素酸 (HClO_4) ……発煙性の液体 (無水物)。不安定で放置すると分解、加熱すると爆発。
酸化力がある。一水和物の他に二水和物、三水和物もがあるが、市販品は 60%か 70%の水溶液。

塩化チオニル (SOCl_2) ……水と反応し、亜硫酸ガス (二酸化イオウ : SO_2) と塩化水素 (HCl) となる。カルボン酸、スルホン酸からの酸塩化物の製造に用いられる。

塩化スルフリル (SO_2Cl_2) ……水により硫酸と塩酸に分解。

〔取扱上の注意〕

- 1) 上記のものは、危険物第1～5類の薬品であるものと混合すると、酸化、脱水、反応し、その反応熱による発熱、発火、爆発、生成物の分解と爆発、生成ガスの引火と爆発などを起こす。
- 2) 上記のものが貯蔵されている場所の火災の消火は、水でなく、特殊な消火剤を用いること。
- 3) 上記酸による実験、研究室での事故は皮膚、口、目などの薬火傷である。これらは、その対策とともに、第3節 酸、アルカリで詳しく述べる。

5 混合危険物

一般に2種以上の物質が混合された場合、拡散、溶解などによる混合熱、あるいは化学反応に伴う発熱によって急激な沸騰、飛散または発火、爆発が起こることがある。このようなものを混合危険物という。物理的な例としては、濃硫酸中への水の添加、多量の固形苛性ソーダに少量の水の添加、高温液体と低沸点物質の混合などがある。発火または爆発の原因から分類すると、①急激な分解や反応のため発熱して燃焼または爆発に至るもの、②爆発性化合物を生成するもの、③空気または酸素と混合し、分解または爆発性の混合物を作るときなどに分けられる。混合危険物として、表5-12の組合せ例がある。また、消防法による混載危険を表5-13として示す。薬品の保管、輸送、実験廃液の収集、固体廃棄物の集積時には、表5-13を考慮すべきである。

表5-12 混合すると爆発の危険性のある薬品の組合せ (A+B)

薬品 A	薬品 B	薬品 A	薬品 B
アルカリ金属、粉末にしたアルミニウム又はマグネシウムその他	四塩化炭素、二硫化炭素及びハロゲン (反応)	ヨウ素 (激しい発熱反応・生成物の分解)	アセチレン、アンモニア (溶液あるいは無水)、水素
カリウム、ナトリウム (反応)	四塩化炭素、二酸化炭素、水	フッ素 (同上、特に結合エネルギー大のため発熱大)	すべての化合物に対して反応性は著しく大である。
銅 (アセチリドの生成・分解反応)	アセチレン、過酸化水素	過酸化水素 (急激な分解反応)	銅、クロム、鉄、あるいはそれらの塩、アルコール、アセトン、有機物、アニリン、可燃材料引火性液体、ニトロメタン
銀 (アセチリドの生成・分解反応・雷酸銀・アジ化銀の生成)	アセチレン、シュウ酸、酒石酸、雷酸、アンモニウム化合物	アンモニア (無水) (アジ化水銀・銀の生成・激しい発熱反応・生成物の分解)	水銀 (たとえばマノメーター中の水銀) 塩素、次亜塩素酸カルシウム、ヨウ素、臭素、無水フッ化水素酸、銀化合物
水銀 (アセチリド・雷酸水銀・アジドの生成)	アセチレン、雷酸、アンモニア	クロム酸 (酸化反応・酸素の発生)	酢酸、ナフタリン、カンファ、グリセリン、テレピン油、アルコール類、一般酸化性物質
塩素 (激しい発熱反応・生成物の分解)	アンモニア、アセチレン、ブタジエン、ブタン、メタン、プロパン (他の石油ガス)、水素、ナトリウム、カーバイド、テレピン油、ベンゼン、微粉碎した金属	過マンガン酸カリウム (急激な酸化反応)	エタノール、あるいはメタノール、氷酢酸、無水酢酸、ベンズアルデヒド、二硫化炭素、グリセリン、エチレン、グリコール、酢酸エチル、酢酸メチル、フルフラール
臭素 (激しい発熱反応・生成物の分解)	塩素と同じ	ブタン、プロパン、ベンゼン、ガソリン、テレピン油などの炭化水素	フッ素、臭素、クロム酸、過酸化ナトリウム (激しい発熱反応・酸化反応と過酸化物の生成)
無水フッ化水素酸 (激しい発熱反応)	アンモニア (含水、あるいは無水)	アセチレン (激しい発熱反応と生成物の分解・アセチリドの生成)	塩素、臭素、銅、フッ素、銀、水銀
硝酸 (濃) (酸化反応、発熱)	酢酸、アニリン、クロム酸、シアン酸、硫化水素、引火性液体、引火性ガス	アニリン (酸化反応)	硝酸、過酸化水素
硫酸 (遊離塩素酸、過マンガン酸の生成とその分解と酸化反応)	塩素酸カリウム、過塩素酸カリウム、過マンガン酸カリウム (あるいはナトリウム、カリウム、リチウムのような軽金属の過マンガン酸塩)	シュウ酸 (急激な分解)	銀、水銀
二酸化塩素 (激しい発熱反応・生成物分解)	アンモニア、メタン、ホスフィン、硫化水素	クメンヒドロペルオキシド (急激な分解)	酸素 (有機あるいは無機)
塩素酸塩 (爆発性混合物の火薬・爆薬類似)	アンモニウム塩、酸類、金属粉、硫黄、一般に微粉碎した有機物あるいは可燃性物質	引火性液体 (酸化反応・過酸化物生成・急激な反応)	硝酸アンモニウム、クロム酸、過酸化水素、硝酸、過酸化ナトリウム及びハロゲン
過マンガン酸カリウム (急激な酸化反応)	無水酢酸、ビスマス及びそれらの合金、アルコール、紙、木材		

注) 表中の () の表示は原因を示す。

表 5-13 消防法による混載危険

	I	II	III	IV	V	VI
第1類危険物（I酸化性固体）		×	×	×	×	○ ^b
第2類危険物（II可燃性固体）	×		×	○	○ ^a	×
第3類危険物（III自然発火性・禁水性物質）	×	×		○ ^b	×	×
第4類危険物（IV引火性液体）	×	○	○ ^b		○ ^b	×
第5類危険物（V自己反応性物質）	×	○	×	○ ^b		×
第6類危険物（VI酸化性液体）	○ ^b	×	×	×	×	

注) ×は混載禁止 ○混載可
 ○は混載可とされているが
 a：混載危険ありと考える。
 b：場合によっては混載危険ありと考えた方がよいもの。

〔混合上の注意〕

- 1) 無機化合物と有機化合物をみだりに混合しないこと。また、混合すると爆発の危険性のある薬品の組合せがあることに常に留意すること。
- 2) 自然発火性物質、酸化性物質、禁水性物質は、他の類の物とみだりに混合してはいけない。
- 3) 消防法第6類の強酸類もI、II、III、V類の薬品類と混合すると、中和熱やハロゲン化水素を発生するものがあるから十分注意する必要がある。
- 4) 消防法で禁水性物質としていない三塩化リン (PCl₃)、五塩化リン (PCl₅)、塩化チオニル (SOCl₂)、塩化チタン (IV) (TiCl₄)、四塩化ケイ素 (SiCl₄)、酸塩化物 (RCOCl)、(Clの代わりに、Br、Iでも同様) は水や、アルコール、アミンなどと激しく反応し、ハロゲン化水素を発生するから注意すること。
- 5) 消防法第4類の化合物には、液状で、種々の性質の化合物があるから（たとえば、アミンとカルボン酸、酸塩化物）4類同士でも十分に注意し、反応または中和などを起こさないもの同士の混合に留めること。
- 6) 混合危険に注意しなければならないのは、反応がそれほど速くないために、実験廃液の分別貯留中とか、実験廃液の一時貯蔵庫等に搬入途中とか、または貯蔵中に起きる火災や爆発などである。また、固体廃棄物保管所における火災や爆発の発生の原因にもなる。廃棄物、実験液の収集貯蔵、保管には十分注意すること。

第3節 酸、アルカリ

酸、アルカリは実験室でよく使われる。これには無機、有機性の強酸、強アルカリから、弱酸、弱アルカリまで数多くのものがある。事故の原因となりやすい数種のものについて述べる。

1 酸

硫酸、塩酸、硝酸、フッ酸は無機強酸、トリクロロ酢酸、トリフルオロ酢酸、スルホン酸、ピクリン酸は有機の強酸、また、リン酸、ホウ酸、炭酸は無機弱酸、各種有機カルボン酸は有機弱酸として知られている。

実験室で事故の原因となるものは、無機酸の硫酸、塩酸、硝酸の濃度の高いものと、特殊な作用をもつフッ酸である。

〔取扱上の注意〕

- 1) 硫酸（発煙硫酸、濃硫酸、以下硫酸という。）、硝酸（発煙硝酸、濃硝酸、以下同じ。）、濃塩酸などは鉱酸系の強酸性物質で皮膚についたり、目に入ったりすると薬火傷を起こし失明することもある。また、分解爆発性物質と接触させると爆発、発火することがある。
- 2) 硫酸、塩酸、硝酸、フッ酸、クロロスルホン酸、トリクロロ酢酸、トリフルオロ酢酸は腐食性があるから、皮膚についたら直ちに水洗いすること。特にフッ酸は、その性質が著しいから、取扱いにはゴム手袋を着用すること。
- 3) 硝酸、塩酸、無水及び発煙硫酸、フッ酸などのように有毒ガスを発生するものは、吸いこんだり、皮膚に触れたりしないように注意すること。特にフッ酸は、呼吸器障害及び目に入ったとき障害が大きいから、防毒マスクを着用すること。
- 4) 硝酸には酸化性があり、硫酸は脱水性があり、その際発熱が大きいから、有機物と混合するとき発熱、発火することがある。
- 5) 硫酸は希釈時に発熱が大きく、また、他の酸も濃アルカリとの中和の際の中和熱が大きいから、前者は硫酸の項を参照し、後者のときは、それぞれ希薄溶液を中和するか、薄い溶液に他の濃厚溶液をかき混ぜながら少量ずつ加えるようにする。

(1) 硫酸 H_2SO_4 （無水硫酸、発煙硫酸を含む。）

ア 危険性

単独では爆発性、引火性もないが、「取扱上の注意」1）、2）、5）の性質があるから注意。

イ 腐食性、生体作用

種々の金属と反応し、多くの場合水素ガスを発生し、有機物からは脱水、その際発熱して発火することもある。生体腐食反応は濃硫酸、熱硫酸において激しく組織が破壊され、薬火傷を起こし、目に入れば失明することもある。加熱された硫酸、または発煙硫酸の蒸気は多量に吸収すると肺組織の損傷の原因となる。

ウ 使用上の注意

- 1) 強酸化性物質、分解爆発性物質、金属粉及び有機物と接触、混合すると、発火、爆発することがあるから、これらと離れた安全な場所で取扱う。
- 2) 薬火傷の原因となるから身体各部に触れないようにする。
- 3) 比重が大きいので、大きなガラスビーカーに入れて取扱うときは、両手で底を支え持つこと。上部や縁などを持つと割れる。
- 4) 無水硫酸 (SO_3)、発煙硫酸を希釈する時は、できるだけ濃い硫酸を用いること。
- 5) 使用後の空びんは、洗浄して定められた場所に保管すること。

エ こぼれたときの処置

コンクリート床や金属を腐食し、有機物の炭化が起きるから動かせるものは水洗いし、多量の水で希釈し、ゴム手袋をして拭きとるか、水で希釈し、重曹や石灰で中和後、拭きとる。

オ 濃硫酸が衣類に付着したときは、直ちに多量の水で洗い流し、希アンモニア水か1～2%の重曹（炭酸ナトリウムでも可）で中和後、さらに十分水洗いする。希硫酸の場合も時間が経つと濃縮されて布地をおかすから、中和水洗する。

〔起こりやすい事例〕

- 1) 希硫酸をピペットで吸うとき、口中に吸い込みやすい。
- 2) 希硫酸を作るとき、濃硫酸に水を加えると、発熱、飛沫が目に入ることがある。ビーカーが急熱によって割れ、硫酸がこぼれやすい。
- 3) 有機物の融点測定で、熱濃硫酸が入った融点測定管が破損し、硫酸が手や顔にかかって火傷になることがある。
- 4) 濃硫酸のしみ込んだボロ布を、廃油のついたボロ布と一緒に捨てると発火の危険がある。

(2) 塩酸 HCl (市販品 35～38%)

ア 危険性

塩酸自体では危険性は少ないが、「取扱上の注意」2)、3)の性質、各種金属と反応し、水素を発生することに注意。

イ 腐食性、生体作用

塩酸はほとんどの金属をおかすが、プラスチック類はおかさない。皮膚や粘膜に付着すると炎症を起こすが、硫酸より低度である。むしろ塩酸から発生する HCl ガスとミストの吸入による危険の方が大きい。塩酸ガスの許容度は 5 ppm。

ウ 使用上の注意

密栓したビンを開くときは内圧が高くなっており、内容物が吹き出すことがあるので、顔を十分に離し、ビンの口を外方向に向けて開けること。腐食性が大きく、塩化水素ガス、ミストは有毒であるからこれらに対しても注意すること。

エ 漏れた時の処置

化学反応性は、幾分異なるが、処置は硫酸の場合とほぼ同じ。

オ 衣類に付着したとき

硫酸の場合と同じ。

〔起こりやすい事例〕

夏季、塩酸の新しいびんを開けると、内圧のためにガスが吹き出し、これを身体に浴びることがある。

(3) 硝酸 HNO_3 (発煙硝酸も含む)

ア 危険性

硝酸自身は爆発性、燃焼性、引火性、自然発火性はないが、硫酸や塩酸と異なって酸化性がある。「取扱上の注意」1)、2)、3)、4)の性質のほか、硫化水素、二硫化炭素、アセチレン、ヒドラジン類、アミン類などとは酸化反応が激しく、混合すると発火、または爆発することがある。また、アルコール、グリコール、グリセリンや含酸素、含イオウ化合物や木片、紙、紙くず、ボロなどの多くの有機物質と接触すると、エステル結合や不安定化合物の生成により爆発、自然発火することがある。また、大部分の金属とも反応する。

イ 腐食性、生体作用

腐食、酸化作用があり、皮膚、粘膜に付くとピリピリ刺激し、黄褐色の薬火傷となる。目に入ると損傷を起こし、視力を失うこともある。飲み込むと酸性のため胃腸の組織を腐食する。濃硝酸、発煙硝酸からは窒素酸化物ガスを発生し、吸入すると呼吸器をおかす。許容濃度 10ppm。

ウ 窒素酸化物ガスによる障害

最も毒性の強いのが二酸化窒素 NO_2 (赤褐色)と三酸化二窒素 N_2O_3 (濃青色)である。5 ppm のガスを 8 時間続けて吸入すると、そのときは何ともなくとも、5～48 時間経過した後肺水腫の症状が起こることがある。500～1000ppm では 1 回の吸入で短時間内に致死する。

エ 使用上の注意

硝酸は消防法第 6 類の危険物である。有毒な NO_x ガスを発生し、また、そのもの自体も酸化性があるから、硫酸の使用上の注意 1)、2)、5) 及び塩酸の使用上の注意が必要である。

オ こぼれた時の処置

化学反応性は硫酸、塩酸といくぶん異なるが、処置は概ねこれらと同じように、まず水で希釈。この時、有害酸化窒素に注意し、それを吸入しないようにする。すぐにソーダ灰や石灰で中和すると、中和熱のため酸化窒素ガスの発生が多くなる。

カ 衣類に付着したとき

硫酸、塩酸の場合と同じく、直ちに多量の水で洗い流し、しかる後、2%重炭酸ナトリウム水（炭酸ナトリウム水溶液でも可）または石灰水で中和、さらに十分水洗する。特に木綿、レーヨン類は濃硝酸がつくと、ニトロセルロースが生成するため燃焼する恐れがあるので、そのままおいてはいけない。

キ 衛生上の注意

窒素酸化物ガス発生の可能性のある場所はよく換気する。ガスを発生させてしまったときは直ちに部屋から退去し、換気を十分に行った後でなければ入ってはいけない。

〔起こりやすい事例〕

濃硝酸を誤って手にこぼしたりすると、黄色化し、のち火傷となる。

(4) フッ化水素酸（フッ酸）HF（普通市販品は40～50%）

注意：ガラスの目盛付け、模様付けやツヤ消し、金属の表面処理剤にはフッ化水素酸を含むものがあるから、これらはフッ化水素液が入っているかどうかを確かめてから取扱うこと。

ア 危険性、毒性

金および白金以外のほとんどすべての金属を溶かす。（鉛は、そのフッ化物が水に溶けにくいので、容器または内張用として用いられる。）二酸化ケイ素、陶磁器、ガラスなどのケイ酸塩を腐食し、揮発性の四フッ化ケイ素を生ずる。

イ 腐食、生体作用

金属、ケイ酸塩、エナメル、亜鉛鉄のエッチングに用いられるものであるから、人体に対する作用も激しい。皮膚に付くと激しい刺激とともに薬火傷を生じ、組織内に浸透するため、他の酸よりひどい。許容限度3ppm。目に入ると、目やまぶたに強烈な痛みを与え、長時間、あるいは永久的視力障害を起こし、または失明する。呼吸器に入ると、気管や肺に激しい炎症、充血を起こし、ひどい場合は死に至る。飲み込むと、食道や胃に壊疽（えそ）を起こし嘔吐、下痢、循環系統の瓦解を起こさせ、死に至る。

ウ 防護、予防

毒性であり、生体に対する腐食作用が激しいので、必ずゴム手袋を用い、防護マスクも用いた方がよい。また、蒸気ミストなどを避けるため、ドラフト中で取扱う。排ガスはアルカリ洗浄し、外へフッ化水素ガスを絶対出さないこと。また、ケイ酸塩と触れると毒性の強いケイフッ化水素ガスが発生するから、ガラスのエッチングやケイ酸塩の分析のときは注意が必要である。

エ こぼれたとき

毒性で生体作用が激しいので、床などにこぼれたときは十分注意しながら水で薄め、炭酸ソーダかその溶液を少しずつ添加、中和し、腐食作用のないフッ化ナトリウム（NaF）とする。なお、ガラスなどと反応し、ケイフッ化水素ガスを発生するから、それにも注意する。

オ 衣類に付着したとき

直ちに身体から衣類を離し、多量の水で洗い流し、2%位の重炭酸ナトリウム（重炭酸ソーダ水溶液）で中和し、さらに十分水洗いする。

2 アルカリ

研究室でよく用いられ、事故をよく起こすものは、強アルカリ性の水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）と、水酸化カリウム（苛性カリ）と、弱アルカリ性のアンモニア水である。

〔取扱上の注意〕

- 1) 濃厚及び加熱水酸化ナトリウム溶液は腐食性が大きく、特にタンパク質を分解し、組織の深部に浸透していくから皮膚、衣類に付かないようにすること。
- 2) 濃または熱アンモニア水も刺激作用があるが、水酸化ナトリウムよりも弱い。しかし、有毒のアンモニアガスを発生するので注意が必要。許容濃度 100ppm。

(1) 水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）NaOH、水酸化カリウム（苛性カリ）KOH

ア 腐食性、生体作用

水溶液は各種金属を激しく腐食し、水素を発生する。身体に対しては浸透性があり、タンパク質を分解し、組織を破壊する。特に熔融状態のときは、腐食作用が著しい。水溶液が目に入った場合は、視力の低下や失明の原因となる。飲み込んだ場合は、食道、胃壁に炎症を生じ、胃壁穿孔することもあり、死に至ることもある。

イ 溶解時の注意

固形水酸化ナトリウムを溶解する場合は、非常に発熱して沸点あるいはそれ以上の温度となり、飛沫となって飛び散るから注意すること。これを避けるためには、水に少しずつ攪拌しながら投入し、溶解する。

ウ こぼれたときの注意

水で洗い流すか、薄めてから希酢酸で中和後、拭きとる。

エ 衣類に付着したとき

直ちに多量の水で洗い流し、希酢酸（2%）で中和後、さらに水洗いする。羊毛や絹などの動物性繊維の方が植物性繊維より容易におかされる。

(2) アンモニア水 NH₃ aq (市販品 通常 25～28%水溶液)

ア 腐食性、生体作用

アンモニア水は銅、銅合金、アルミニウム合金に対しては腐食性がある。アンモニア水が身体に接したときは、局所に刺激作用があるが、目に入ったとき、あるいは飲み込んだとき以外はそれほど問題はない。注意しなければならないのは、発生するアンモニアガスの吸入である。許容濃度 100ppm。

イ 使用上の注意

密封したビンの栓を取るとき、室温が高いと容器内の圧力が高くなっていて、内容物が吹き出すことがある。開栓時は、顔を栓の上に近づけてはならない。ビンの口を遠方に向けて開く。

ウ こぼれたとき、衣類に付いたとき

多量の水で洗浄することで足りる。

[起こりやすい事例]

- 1) 夏季にびんを開けるときの、内容物が吹出し、これを顔にまともに受けて呼吸困難となる場合がある。
- 2) アンモニアポンペのバルブの閉めが不完全で、ガス漏れが止まらず避難が必要となる場合がある。
- 3) 手製の容器にアンモニアガスを充てんし、布で包んで運搬中、溶接箇所が切断破裂して、アンモニアによって凍傷を受けたり、呼吸器障害になったりする。
- 4) 未反応アンモニアを溶解した反応生成物の臭いを直接かぐと、卒倒などの恐れがある。

第4節 有毒、有害薬品

実験室や研究室で使用する薬品は、その多くが有毒、有害物質である。シアン化合物や有毒ガスなど猛毒のものもあるが、一方よく知られている薬品、たとえば、ベンゼンやトルエンのように急性毒性は強くないが慢性毒性の点で取扱いに注意しなければならない薬品もある。したがって、実験に用いる薬品および反応によって生成する化学種について、あらかじめ、有毒性、有害性の有無、強さ、許容濃度などをよく調査し、有毒性、有害性のある場合はそれが経口毒か皮膚侵入毒かなどを十分認識する必要がある。また、有毒性の強い薬品の場合には、その薬品を用いないで済むような他の方法の有無を調査し、やむを得ず使用する場合は、使用量をできるだけ少なくするよう実験方法を検討する必要がある。

有毒性、有害性薬品を使用する場合は、事故を起こさないよう十分注意するとともに、指導教員や周囲の人達への連絡を徹底し、万一事故が起きた場合の対応も十分にしておく必要がある。不用意な取扱いは自分のみならず他人にも重大な害を及ぼすことを認識すべきである。また、排出、廃棄においては十分無毒化するよう、実験計画に組み入れる必要がある。

有毒薬品は、悪用された場合はいうまでもなく不注意な取扱いや管理のずさんさにより、結果的に人を死に至らしめるなど重大な結果を引き起こす懸念がある。したがって、特に**盗難、紛失の防止を図り、有毒薬品の保管、管理には十分注意を払う**必要がある。本節の2で述べるように、毒物、劇物の保管、管理の方法は法律によって定められており、本学においてもそのための「長岡技術科学大学における毒物及び劇物等に関する管理規程」が制定されている。これら法律と規定に従って有毒薬品の保管、管理をしなければならない。

表5-14 に有毒物質の区分（法律で定められた毒物、劇物については本節の2を参照）、表5-15 に有毒薬品の人体への障害性を示す。

表5-14 有毒物質の区分

区 分	特 徴	代 表 的 物 質
有毒ガス	許容濃度*が 200 mg/m ³ 以下のガス	ヒ素、フッ素、ホスゲン、シアン化水素
毒 物	経口致死量が体重 1 kgにつき 30 mg 以下のもの	亜ヒ酸、シアン化カリウム(青酸カリ)、黄りん、ニッケルカルボニル、四アルキル鉛(特定毒物)
劇 物	経口致死量が体重 1 kgにつき 30～300 mgのもの	硝酸アニリン、クロロピクリン、ジメチル硫酸、メタノール

注1) 毒薬、劇薬（指定された医薬品：医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律に規定）及び毒物、劇物（医薬品及び医薬部外品以外：毒物及び劇物取締法に規定）の場合は経口致死量か皮下注射最低致死量で、毒ガス、蒸気、ヒューム、粉塵では許容濃度または一定時間致死濃度で示す。

2) *毎日正常に作業して、急性あるいは慢性的症状が現れるまでの最低濃度で、一定時間致死濃度とは必ずしも比例しない。

表 5-15 有毒物質の人体への障害

種 類	代 表 的 物 質
a 皮膚障害性	皮膚角質化：ヒ素、コバルト、希アルカリ液など 皮膚着色：ピクリン酸、硝酸銀、ヨウ素など 色素異常：タール、ピッチ、ヒ素など 急性皮膚炎及び湿疹：酸、アルカリ、クロロジニトロベンゼン、ホルマリン、タール、ピッチなど 潰瘍：クロム、ニッケル、酸、アルカリなど 毛髪及び皮脂腺の病変：鉱油、タール、クロロナフタリンなど 毛髪の病変：タリウム、マンガンなど 爪甲及び周囲の病変：セレン、タリウム、フッ素など
b 粘膜障害性	主に上気道をおかす：アルデヒド、アルカリ性の粉じん及びミスト、アンモニア、クロム酸、エチレンオキシド、塩化水素、フッ化水素、亜硫酸ガス、無水硫酸など 上気道、肺組織をおかす：臭素、塩素、酸化塩素、臭化シアン、塩化シアン、ジメチル硫酸、フッ素、ヨウ素など 終末気道部及び肺胞をおかす：三塩化ヒ素、過酸化窒素、ホスゲンなど
c 窒息性	単純性窒息：炭酸ガス、エタン、ヘリウム、水素、メタン、窒素、亜酸化窒素 化学的窒息：一酸化炭素、シアン、シアン化水素、ニトリル、芳香族ニトロ化合物（ニトロベンゼン、ジニトロベンゼンなど）、芳香族アミン化合物（アニリン、メチルアニリンなど）、硫化水素など
d 麻酔性	ほとんどの有機溶剤ならびに多くの脂溶性固体には、程度の差はあるが、麻酔作用あり
e 神経系障害性	二酸化炭素、ハロゲン化炭化水素、メタノール、チオフェン、テトラエチル鉛、マンガン、水銀など
f 肝、腎障害性	四塩化炭素、四塩化エタン、ヘキサクロロナフタレン、トリニトロトルエン、ジオキササンなど、特に腎臓に関してはウラン、カドミウムなど
g 血液障害性	ベンゼン、鉛、放射性物質、ホスフィン、ヒ素など
h 硬組織障害性	酸ミスト、黄リン、フッ素など
i 肺障害性	肺胞刺激性物質（肺浮腫、肺炎）、難溶性粉じん（ジン肺）、遊離ケイ酸（ケイ肺）、石綿（石綿肺）、タルク（タルク肺）、ロウ石（ロウ石肺）、アルミニウム（アルミニウム肺）、石炭粉（炭肺）、黒鉛（黒鉛肺）、溶接ジン（溶接肺）、ベリリウム（ベリリウム肺）など
j 発がん性	膀胱がん：β-ナフチルアミン、ベンジジン、4-アミノビフェニル、オーラミン、マゼンタ 皮膚がん：コールタール、ピッチ、ケツ岩油、スス、カーボンブラックなど 肺がん：アスベスト、クロム塩酸、ニッケル、コールタール、ピッチ、放射性粉じんなど 鼻腔及び副鼻腔がん：ニッケル 白血病：放射性物質、ベンゼン
k その他	アレルギー性：金属酸化物とヒュームなど 循環機能障害性：ニトログリコール、ニトログリセリンなど
l 放射性	放射性鉱石、ラジウム、ウラニウム、プルトニウム等の塩、放射性アルゴン

1 毒性、毒性対策、公害対策

(1) 毒性対策

個々の毒性と対策については1. 1以下で述べられるが、毒性物質を用いた実験には、注意すべき最低限の共通事項がある。

- ア 実験の前に、使用薬品および生成する化学種の有毒性と対策及び実験方法について十分調べる。万一の事故に備えて、排気、身体の洗浄、洗眼、連絡等の方策を考えておく。
- イ 猛毒物質の蒸気、ヒューム、粉塵を吸収しないようにする。必要に応じて防毒マスクや粉塵用マスクを着用する。
- ウ 皮膚刺激性物質、特に薬火傷を起こす薬品にはゴム手袋、防護マスクを着用する。
- エ 皮膚浸透性有毒薬品を取り扱うときはよく注意し、必要に応じてゴム手袋を着用する。
- オ 液状有毒薬品および有毒薬品の溶液の秤量には、毒薬ピペットまたはゴム球付き毒物専用ホールピペットを用い、絶対に口で吸い上げない。
- カ 薬品アレルギーと考えられる場合は、その薬品の特定を含め医師に相談する。

(2) 公害対策

有毒物質、有害物質をそのまま廃棄あるいは排出すれば、それは公害物質となるので、以下の厳守が必要である。

- ア 毒性ガスには大気汚染特定物質に指定されたものも多く、指定されていなくとも大気を汚染することは確かであるから、ガスの種類に応じ、適切な吸収剤で吸収し、あるいは酸化剤、燃焼などで無害化する。
- イ 無臭物質も悪臭防止法の趣旨に沿い、アルカリ吸収、酸化無害化する。
- ウ 水質汚濁有害物質指定元素及び化合物については、それらの水可溶性塩および実験廃液ともに本学の取扱規程を厳守すること。
- エ 上記の元素及び化合物のうち、水不溶性固体で、しかも少量の場合は、塩化物、硫酸塩、硝酸塩などの水可溶性塩の形に変え、水溶液の形にして実験廃液の一時貯蔵庫等に搬入処理すること。多量の場合は、「実験廃液等処理の手引」に従うこと。
- オ 水質汚濁有害物質を机上または床にこぼしたときは、可能な限り集め、水可溶あるいは不溶によって前者はウと同じに、後者は可溶性塩に変え溶液の形でエと同じに取扱う。
- カ 水質汚濁有害物質以外の元素の水可溶性塩及びこれを含む廃液もまた、「実験廃液等処理の手引」に従うこと。
- キ 上記の水溶性固体で少量の場合は、塩化物、硫酸塩、硝酸塩などの可溶性塩の形に変え、水溶液として同施設に搬入し、多量の場合はエと同じようにすること。
- ク 禁水性、発火性、皮膚浸透性猛毒有機金属化合物は、実験廃液等処理従事者の安全のため、間違っても混入しないこと。ただし、有機リン化合物、有機鉛化合物などで無害化され「実験廃液等処理の手引」に従って十分希釈されたものはこの限りではない。

1. 1 毒性ガス、有毒蒸気

実験室、研究室でよく取扱われる毒性ガスには次のものがある。

◇毒性ガス 許容濃度

- 1.0 mg/m³ 以下： ヒ素、ホスフィン、フッ素、臭素、オゾン、ホスゲン、塩素、アクロレイン、ジアゾメタン
- 10 mg/m³ 以下： 亜硫酸ガス、フッ化水素、塩化水素、ホルムアルデヒド、シアン化水素、ケテン
- 50 mg/m³ 以下： 一酸化炭素、エチレンオキシド、臭化メチル、アンモニア、酸化窒素
- 100 mg/m³ 以下： 塩化メチル

◇有毒蒸気 許容濃度

- 0.1 mg/m³ 以下： 有機水銀化合物、水銀
- 1.0 mg/m³ 以下： ニッケルカルボニル、ヒドラジン、アクロレイン
- 10 mg/m³ 以下： 二硫化炭素

ガス状で猛毒のものが多いから、急性中毒例が多い。注意事項を厳守すること。

(1) 毒性、公害対策

ア 毒性の大きいガス、薬品を用いる実験はドラフト中で、しかも専用（または適合）防毒マスクを着用して行う。さらに室内の通気を良くし、時々濃度を検知器で調べ防毒マスクの脱着および対応策の検討を行う。刺激性の大きいガスときはガス漏れの認知は容易であるが、無刺激性のシアン化水素、一酸化炭素、ニッケルカルボニル、水銀及び有毒水銀のときは特に注意しなければならない。時には抵抗力の小さいカナリアを室内において実験することもある。

イ 急性中毒などがあるから、絶対に1人で実験しないこと。

ウ 毒性ガス、蒸気は公害物質であるから、適切な吸収剤で捕集するか酸化などの反応によって無害化、燃焼させる。燃焼の場合は N₂ をキャリアーガスとして用い、バーナー上に導き燃焼させる。

注 「防毒マスク」は適切に使用しなければ、かえって非常に危険である。専用または適切な防毒マスク（表 5-16）を用い、吸収剤の能力の十分あるものを用いなければならない。

〔起こりやすい事例〕

- 1) 塩素などの腐食性ガスボンベでは、バルブが腐ってしまうことがある。このような時、無理に開けると、ガスの放出が止まらなくなることがある（バルブが開かないボンベは、業者に処理を依頼する。）

- 2) 毒性ガス、有毒蒸気を扱う場合、思わぬガス漏れのための急性中毒にかかることがある。
- 3) 毒性ガス、有毒蒸気を扱う場合に、防毒マスクを着用していても急性中毒にかかることがある。(防毒マスクの吸収剤が古い場合、ガス濃度が高く、吸収不完全な場合がある)
- 4) 塩素、酸化窒素、硫化水素、亜硫酸ガスなどを扱う実験では、中毒で気分が悪く吐気を催すことがある。

表5-16 防毒マスク用吸収缶と適応ガス

ガスの種類 吸収缶の種類	吸収缶の色	四塩化炭素	ベンゼン	クロロピクリン	臭化メチル	四アルキル鉛	二硫化炭素	メチルエチルケトン	アクリロニトリル	トリクロロエチレン	パラチオン	塩化水素	ホスゲン	フッ化水素	塩素	酸化窒素	硫化窒素	亜硫酸ガス	シアン化水素	一酸化炭素	アンモニア	鉛・亜鉛
有機ガス用	黒	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△	×	△	×	△	×	×	×	×	△
普通ガス用		△	△	△	×	○	○	△	○	○	△	◎	◎	×	△	△	△	×	×	×	×	△
煙気用	白/黒	△	△	△	×	△	△	△	△	△	△	○	○	×	△	△	△	×	×	×	×	◎
酸性ガス用	灰	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	◎	◎	○	△	△	×	×	×	×
亜硫酸ガス用	橙	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	○	○	◎	△	◎	×	×	×	×
硫化水素用	黄	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	○	○	○	○	△	◎	○	×	×	×	×
青酸ガス用	青	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	○	○	△	○	△	○	○	◎	×	×	×
アンモニア用	緑	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	△	×	×	×	◎	×
一酸化炭素用	赤	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	△	△	△	△	△	×	◎	×	×
消防用	白/赤	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	△	△	△	△	△	×	△	×	×

注) ◎○：適切 △：避けたほうがよい ×：使用できないもの

1. 2 水銀、水銀化合物

注意事項：猛毒、中毒注意

◇無機化合物

毒物：液状(Hg)、固体 Hg(ClO₄)₂、HgO、Hg(CN)₂、HgCl₂、Hg₂Br₂、HgBr₂、HgI₂、Hg(NO₂)₂、Hg(NO₃)₂、Hg(SCN)₂、Hg₂SO₄、HgSO₄

劇物：Hg₂Cl₂

指定外：Hg₂I₂、HgS

◇有機水銀化合物

猛毒：液状(CH₃)₂Hg、(C₂H₅)₂Hg、その他の低級ジアルキル水銀、固体 CH₃HgCl、C₂H₅HgCl、(C₆H₅)₂Hg、CH₃HgOCOCH₃、C₆H₅HgCl、C₆H₅HgOCOCH₃、マーキュロフェン、アフリドール、メチルザリル、マーキュロクロム

無機水銀化合物は水への溶解度が極めて小さい2、3の化合物以外はほとんど毒物である。有機水銀化合物は残留毒性のため現在製造中止になっており、使用許可されているものは少ない。

水銀および水銀化合物は水質汚濁有害物中、永久毒でしかも規制値が小さいから最も留意しなければならない。水銀およびその化合物を含む実験廃液、温度計、水銀マンオメーター、水銀電池、蛍光灯など、水銀およびその化合物を含むものの取扱い、処置については、以下の処理対策を忠実に実施すること。

使用にあたって、水銀および水銀化合物の購入、使用記録簿と残高の定期的チェックをすることとする。

(1) 水銀及び水銀化合物の毒性

水銀中毒の症状（水銀蒸気を吸入、または水銀を飲み込んだ場合）

ア 急性 口内の炎症（歯、のどの痛み）

呼吸、循環器系障害（胸の苦しめ）

腎臓障害（尿が出なくなる）

イ 慢性 全身の疲労感

歯ぐきからの出血

精神症状（興奮、短気、不安、小心）……無機水銀

神経症状（手足のふるえ）……………有機水銀

(2) 毒性、危険性対策

ア 水銀蒸気は猛毒（許容濃度 0.1 mg/m³）である。室温での蒸気圧は表 5-17 に示すように、許容濃度の 100~200 倍にも達するので、換気を良くし、水銀容器、廃水銀溜めは表面を水で覆い、密閉する。

イ 無機水銀化合物は、一般に加熱によって比較的低温度で分解して遊離水銀蒸気を発生するものが多いので、加熱の際は注意する。

ウ 有機水銀化合物は、さらに猛毒（許容濃度 0.01 mg/m^3 ）なものもあり、皮膚から浸透するから、液状物及び蒸気圧の高いものはドラフト中で、ゴム手袋、ときには防毒マスクを着用して取扱う。

表5-16 水銀の蒸気圧

温度(°C)	水銀蒸気圧(mmHg)	空气中水銀飽和量(mg/m ³)
10	0,00049	5.5
15	0,00077	8.6
20	0,00120	13.2
25	0,00184	19.6
30	0,00278	29.6
35	0,00414	43.4

エ 水銀化合物の溶液の計量には、

毒物専用ホールピペットを使用し、絶対に口で吸い上げてはならない。

オ 水銀は比重が 13.55 と大きく、小容量でも重い。また、蒸気が猛毒であるからポリエチレン製容器か、またはガラスびんに入れたものをさらにポリエチレン製容器中に入れ保管する。

カ 水銀を机上や床にこぼしたとき、大きい水銀球は水銀スポイトで吸い集め、さらに羽根箒や卓上箒で紙上に塵芥とともに集め、大きなビーカー中で水洗いし、水銀だけ集める。（くぼみ、隙間に落ちこんだ水銀は、注射器で吸い集めるか、酸で表面処理した銅線、銅板でアマルガムとして水銀を集める。水銀が排水管に流れ出さないよう、大きなビーカーあるいはバットで行う。）

キ 水銀化合物を机上や床にこぼした場合、固体の場合は集め、水溶液の場合はぞうきんで拭きとり、ともに水溶液の形にして「実験廃液等処理の手引」に従うものとする。

ク 水銀化合物には爆発性物質（雷こう、アセチリド、アジド、第2節、2. (2) 分解爆発性薬品（88 ページ参照））があるから、それが生成することのないよう注意すること。

(3) 公害対策

ア 金属水銀は、排水鉛管、また、他の多くの金属とアマルガムを作り、構内排水溝中に汚泥として溜まる。さらに汚泥は、排出されると酸化剤によって（表面が）酸化され酸化溶液となるから、酸性排水によって溶解し、また一部は有機水銀となる。したがって、こぼれた水銀は決して流しに捨ててはならない。

イ 水銀温度計には 1 g 前後の水銀が使われているから、破損したら 1. 2 (2). カのように集め、廃水銀溜めに入れること。リレーなどに使った廃水銀なども同様に取扱うこと。

ウ 水銀化合物は廃水溝内の還元性物質との反応で金属水銀となり、これは上記アの挙動をとる。そのため水銀含有廃液はもちろんのこと、容器、沈殿の洗液 5 回までを集め、実験廃液の一時貯蔵庫等に持ち込むようにする。

エ 水銀化合物が机上や床にこぼれたときは、1. 2 (2). キと同様に処理すること。

オ 有機水銀化合物は各自下記の方法で酸化、無機化し、水溶性の形に変え、ウと同様に取扱うこと。廃液（ $\text{Hg}0.025 \text{ mg/m}^3$ 以下）1ℓに濃硝酸 60mL、6%過マンガン水溶液 20mL を加え、2 時間加熱還流する。過マンガン酸カリウムの色が消失するときは液温 60°C 以

下に下げ、さらに 20mL の過マンガン酸カリウム水溶液を加え、再加熱する。

カ 水銀電池、水銀ランプ及び蛍光灯の使用不能なものなど、水銀公害を発生させるものは本学の指定場所に搬入すること。

キ 有機水銀化合物をドラフト中にこぼしたときは、ケイソウ土やみがき砂にしみ込ませ、フラスコ中に水とともに入れ、硫酸酸性とし、過マンガン酸カリウム水溶液を少量ずつ加え、酸化硫酸水銀とし、ろ液を洗液とともにウと同様に取扱う。取扱いにはゴム手袋を必ず着用すること。

[起こりやすい事例]

- 1) 間違っって水銀を赤熱板上に落とすと、水銀蒸気を多量に吸入する恐れがある。この場合、急性中毒死することがある。
- 2) 許容濃度以下の水銀蒸気でも、長時間吸入すると水銀中毒になることがある。

1. 3 シアン化合物

シアン化合物は毒性が大であり、公害指定物質である。

◇毒物： シアン化カリウム (KCN)、シアン化ナトリウム (NaCN)、シアン化水素 (HCN)、シアン化カドミウム [Cd(CN)₂]、シアン化銀 (AgCN)、シアン化金 (AuCN)、シアン化銅 [CuCN (第一)、Cu(CN)₂ (第二)]、シアン化第一金カリウム [KAu(CN)₂]、シアン化第二金カリウム [KAu(CN)₄]、シアン化ニッケル [Ni(CN)₂]、シアン化ニッケルカリウム [Ni(CN)₂・2KCN]

◇無指定： フェロシアン塩とその錯塩：Na₄ [Fe(CN)₆]、K₄ [Fe(CN)₆] とそれらの錯塩
フェリシアン塩とその錯塩：Na₃ [Fe(CN)₆]、K₃ [Fe(CN)₆] とそれらの錯塩

(1) 毒性対策

- ア シアン化カリウム (KCN) とシアン化ナトリウム (NaCN) は有毒性薬品であるから、安全を考慮した所定の場所に保管すること。
- イ シアン化水素 (HCN) は毒性ガスであるから、取扱いは十分に注意を払うこと。
- ウ 溶液の採取は、1. (1). オの事項を守り、毒薬ピペットまたはゴム球付毒物専用ホールピペットを用い、口で吸い上げないこと。
- エ 万一、誤って飲み込んだら多量の水を飲み、指をのどに差し込んで吐き、これを 3 回繰り返し、直ちに医師の手当を受ける。

(2) 公害対策

- ア シアン化水素、ジシアンは大気汚染特定物質であるから、アルカリ吸収、酸化無害化してから放流する。

イ 重金属を含むシアン化合物（黄血塩、赤血塩、フェロシアン金属錯塩等）は、実験廃液の一時貯蔵庫等に持込む。その他のシアン化合物は、原則として原点処理であるが、未経験者や分解に必要な安全設備のない場合は一時貯蔵庫等に持ち込める。いずれにしても「実験廃液等処理の手引」に従うこと。

ウ 机上や床にこぼれたときは、1. (2)、オに従って貯留し、イと同様に処理する。

1. 4 その他の無機有毒・有害物質

本学において、使用頻度の少ない化学物質の中にも毒性のあるもの、環境保全上十分な注意を要するものが多い。それらの主なものを列挙すると、カドミウム化合物、鉛及び鉛化合物、クロム化合物、ヒ素、アンチモン、ビスマス化合物、リンとその化合物などである。表5-18に無機薬品類をまとめて示した。これらの有毒・有害物質を取扱う必要が生じた場合は、適切な資料を熟読し、指導者から詳細に指示を受ける。

表5-18 無機有毒・有害薬品類の人体への影響

薬品	影響	直接影響	慢性影響
シアン化合物		シアンが作用することで、生体は組織内窒息の状態を起こし、死亡する。 普通数秒ないし数分で中毒症状が現われ、頭痛、めまい、意識障害、けいれん、体温下降を起こし、死亡する。 量が少なければ、めまい、頭痛、耳鳴、嘔吐、呼吸増加、脈拍増加、さらに意識障害、けいれんなどがみられ死亡する。 致死量は、KCNとして150~300mg。	少量ずつ長期間にわたって摂取すると、慢性中毒を起こす。 頭痛、はき気、胸部・腹部の重圧感などがみられる。
アルキル水銀		大量に摂取すると、はき気、嘔吐、腹痛、下痢、口内炎、手のふるえなどの兆候を来す。	長期間にわたって摂取すると、記憶力不良、意志集中不能、頭痛、不眠、味臭の異常、神経痛、総体として神経衰弱様症状等中枢神経障害（水俣病の原因）
総水銀		大量に摂取すると、歯ぐきが腐り、血便がでる。（無機水銀中毒）	
有機りん		軽度：（全身倦怠、頭痛、めまい、多量発汗、悪心、嘔吐） 中症：（異常の流涕、瞳孔の縮小、筋の線繊維の緊縮、言語障害、視力減退） 重症：（意識が強くおかされ、全身のけいれん、し尿の失禁等を示し、死亡する。）	
カドミウム		腎尿細胞の再吸収が阻止され、カルシウムが失われ、体内カルシウムの不均衡が起こり、ついで骨軟化症を起こす。妊娠や授乳、更年期や老化による骨の変化ならびにカルシウムやタンパクの不足が骨変化を増加させる誘因として働いているものと思われる。（イタイイタイ病の原因）	

鉛	大量の鉛が体内に入ると急性中毒を起こし、腹痛、嘔吐、下痢、尿閉などがあり、激しい胃腸炎と、その結果起こるショックのため死亡することがある。	少量の鉛が長期にわたって体内に入ると食欲不振、便秘、疲労、全身倦怠、貧血、関節炎、腹痛、四肢のマヒ、さらに視力障害、けいれん、昏睡などが起こる。鉛の体内蓄積は、毎日0.5mg以上吸収すると起こるとされている。
クロム (6価)	大量のクロムを摂取すると嘔吐、尿閉、ショックけいれん、昏睡、尿毒症等を起こし死に至る。 皮膚にふれると皮膚炎、浮腫、潰瘍等が起こる。100ppm以上の濃度であれば、皮膚への影響がみられる。 経口的摂取では0.1ppmを超えると、嘔吐などの症状がみられる。 致死量は約5gである。	
ヒ素	大量にヒ素を摂取すると急性中毒を起こす。多くは摂取1時間以内に悪心、嘔吐、下痢、脱水状態、さらに腹痛、ニンニク臭の呼気、流涕、渴、尿量減少を来す。 さらに量が多いと、激しい胃腸炎症状、血便、体温低下、血圧低下、けいれん、昏睡、循環障害により死亡する。 致死量は約120mgであるが、20mgでも危険なことがある。	少量ずつ長期にわたって摂取すると、手や足の知覚障害が発生し、皮膚は青銅色となり、浮腫を生じ、手のひらや足の裏が角質化する。 悪心、嘔吐、腹痛、流涕、さらに肝臓肥大、腎炎が起こり、循環障害で死に至る。慢性中毒量は飲料水で0.2~0.4ppm程度である。

1.5 有機有毒、有害物質

市販されている有機薬物のうち毒物、劇物に指定されているものを表5-19にまとめた。平常ごく普通に取扱われているトルエン($C_6H_5CH_3$)、メタノール(CH_3OH)、クロロホルム($CHCl_3$)、などが含まれている。その他に、ヨウ化メチル(CH_3I)、アセトニトリル(CH_3CN)、アクリロニトリル($CH_2=CHCN$)、四塩化炭素(CCl_4)なども同様である。

一般に有機化合物の計量は、固体の場合重量で行う。また、液体の場合、重量で指定されているときには、計量前後の差か比重で割り出した容積から求める。容量で指定されている場合は、メスシリンダー、ゴム球付メスピペット、注射器などで計量する。

また、反応は密閉反応器中や還流下で行うから、原料に用いる薬品の毒性はあまり問題にならない。むしろ生成物の毒性が大きい場合は、その抽出、濃縮、蒸留、結晶化などに長時間かかり、その間蒸気を吸い込んだり、皮膚に付いたりするから注意する必要がある。すなわち、水銀や有機水銀のような猛毒蒸気を与える物質と四エチル鉛、リン農薬、硫酸ジメチルなどの皮膚浸透する物質の場合に、特にその毒性に注意する必要がある。

さらに留意すべきことは廃棄についてであり、水銀化合物以外は適当な溶媒を用いて廃液とし実験廃液の一時貯蔵庫等に搬入すること。そのとき、担当職員の健康安全を考え、次の事項を守ること。

- ア 第2節、1.(2)の自然発火性物質、第2節、1.(4)の禁水性物質は発生源で処理すること。
 (アルミニウム化合物のように、ひどい薬火傷を起こすものがある。) どうしても依頼する場合は、教職員の指示に従い、物質名を明記のうえ、搬入すること。
- イ 四エチル鉛、四メチル鉛、硫酸ジメチル、リン農薬など、皮膚侵入性毒物、劇物の場合も、できる限り発生源処理を励行のこと。搬入する場合は、不活性溶剤で下記ウのように希釈し、含有化合物の種類、濃度、量を明記し、搬入すること。
- ウ 一般的希釈基準としては、普通溶剤(毒、劇物に指定されていない溶剤)で毒物は1%、普通劇物では10%以下に希釈すること。このようにすれば、アクリロニトリル、アセトニトリルのような比較的沸点の低い化合物でも蒸気圧は通常の1/10程度以下になる。
- エ 刺激臭薬品は程度に応じて希釈し、搬入すること。
- オ 適当な溶媒がなく、酸化物、水酸化物が有害である場合は、燃焼または酸化分解後、鉍酸などで処理し、塩水溶液として搬入すること。
- カ 白金属元素、金、銀は溶液の場合も、ホルマリンなどの適当な還元剤で還元するか、イオン交換を利用し、金属として回収すること。
- キ 水銀化合物は、第4節、1.2を参照のこと。
- ク 有機過酸化物の処理は、第2節、1.(1)を参照のこと。

表5-19 主な有機溶剤と毒性

有機溶剤名		主な有害作用					備考	
		肝臓	腎臓	造血器	神経系			皮膚粘膜
					麻酔	その他		
炭化水素	石油エーテル				△		△	混在するベンゼンに注意 "
	石油ベンジン				△		△	
	● n-ヘキサシクロヘキサン				△		△	
	● ベンゼン	△	△	◎	○	○	○	白血球、赤血球、血小板減少 嗜癩を生ずることがある。
● トルエン	△	△	○	○	○	○	混在するベンゼンによる嗜癩を生ずることがある。	
アルコール	● メタノール	△	△		◎	○	△	視神経障害、体内でホルムアルデヒドが生成することにより失明
	エタノール	△	△		○		△	
	シクロヘキサノール	△						
エーテル	エーテル	△	△		◎	○	△	嗜癩を生ずることがある。
	テトラヒドロフラン	△	△		○		◎	
	● ジオキサン	○	○		△		△	

ケトン	アセトン メチルエチルケトン ●フルフラール				○ ○ ○	△ △	
塩素化炭化水素	二塩化メチレン ●クロロホルム ●四塩化炭素 三塩化エチレン (トリクレン) クロロベンゼン	△ ◎ ◎ △	○ ○ ○		◎ ◎ ◎ ◎	○ △ △ △	末梢神経系 多発性精神病 嗜癖の症例あり。
エステル	酢酸メチル 酢酸エチル				○ ○	○ △	視神経障害、失明の危険もある。
その他	ピリジン ●ジメチルホルムアミド ジメチルスルホキシド ●二硫化炭素	○ ◎ ◎ ○	○ △ ○		○ ◎ ◎	△ ◎ ○ △	中枢神経性の運動障害 毒物を溶かした溶液は危険（浸透） 精神分裂症様症状、多発性神経系

注 1) ◎>○>△の順で毒性の強さを示す。

2) 有機溶剤名の左に●を付したものは、日本産業衛生学会「許容濃度等の勧告」（2023年度、産業衛生学雑誌,2023,65,268-300, <https://doi.org/10.1539/sangyoeisei.S23001>）の表 I-1 で「皮膚と接触することにより、経皮的に吸収される量が全身への健康影響または吸収量からみて無視できない程度に達することがあると考えられる物質」とされている。

2 毒物、劇物の保管、管理

有毒物質は人を死に至らしめる危険性があるため、悪用や不用意な取扱いの防止に万全の注意を払わなければならない。そのために、「毒物及び劇物取締法」（以下「法」という）が制定されており、それに従って有毒物の適正な管理をしなければならない。「法」では有毒物を、「毒物」（「法」別表第1に掲げるものであって、医薬品及び医薬部外品以外のもの）、「劇物」（「法」別表第2に掲げるものであって、医薬品及び医薬部外品以外のもの）及び「特定毒物」（「法」別表第3に掲げるもの）の3つに分類している。毒物は劇物よりも毒性が強いものであるが、あとで述べるように保管に当たってはラベルの表示以外に差違はない。

これら毒物劇物の一覧及び関連した情報は下記のホームページ及びその関連サイトに掲載されている。

<http://www.nihs.go.jp>

(厚生労働省国立医薬品食品衛生研究所ホームページ)

<http://www.nihs.go.jp/law/dokugeki/dokugeki.html>

(毒物及び劇物取締法、毒劇物データベース)

そのうち比較的よく実験室で使用される毒物および劇物を、それぞれ表5-20 および表5-21に掲げる。また、毒物や劇物は薬品の容器や試薬カタログ中にも記載されている（日本の試薬

会社の場合) ので、一般薬品との見分けは容易である。

「法」で定められた毒劇物は、社会的状況や薬品の流布等をも考慮して定められているため、すべての有毒物が掲げられているわけではない。たとえば、トルエンは指定されているがベンゼンは指定されていない。また、塩化メチルや塩化エチルが劇物であるから塩化プロピルや塩化ブチルも劇物に準ずると考えた方がよい。すなわち、毒物、劇物に指定されていなくてもこれらの近隣または類似化合物は毒性が大きいとして取り扱うのが間違いない。

本学においては、「法」に準拠した「長岡技術科学大学における毒物及び劇物等に関する管理規程」が制定されており、「法」で指定された毒劇物及び学長が別に定めた薬品はこの規程に従って保管、管理をしなければならない。以下にその骨子を記す。

1. 毒劇物の購入、使用、廃棄にあたっては、購入後は直ちに薬品管理支援システム (IASO) に登録し、重量管理により量を管理しながら使用し、使い切ったら薬品管理支援システムの空ビン処理により廃棄手続きを行い、登録を抹消する。(第1節. 1)
2. 毒劇物の保管は、地震等による転倒防止の措置を講じた金属製の専用ロッカーで、一般薬品とは別に施錠保管する。保管庫や容器には、「医薬用外」の文字及び毒物については赤地に白字で「毒物」と、劇物については白地に赤字で「劇物」と表示する。
3. 万一、毒劇物の盗難、紛失等があれば直ちに毒物等管理者 (指導教員等) に報告する。
4. 廃棄においては、十分無毒化し、その後廃棄物処理の規定に従って処理する。たとえ微量であっても毒性によっては重大な結果を引き起こすことがあるので、指導教員等の指示に従うこと。

また、毒物、劇物でなくても他の法律等によって以下のものは施錠管理する必要がある。

危険物：塩素酸カリウム、塩素酸ナトリウム等

麻薬：モルヒネ、アヘン、コデイン、ヘロイン(ジアセチルモルヒネ)、コカイン、マリファナ、ハシシュ、LSD (リセルギ酸ジエチルアミド) 等

覚醒剤：塩酸フェニルアミノプロパン、塩酸フェニルメチルアミノプロパン、塩酸エフェドリン、アドレナリン、アンヘタミン、ベンゼドリン、デキシドリン、デキサメイル、メザドリン、メタンヘタミン、ビヘタミン等

毒物、劇物は、有毒物であると同時に消防法でいうところの危険物であることが多い。したがって保管にあたっては第1節と第2節で述べられた指定数量や混載防止規定等を勘案し、爆発や火災についても十分注意する必要がある。また、毒劇物が放射性物質である場合は第8章で述べられる取扱いもしなければならない。

表5-20 「法」で指定された「毒物」のうち、実験室で比較的良好に使用されるもの

-
- *アリルアルコール
 - *塩化ホスホリル
 - *黄リン
 - *クラレー

- *五塩化リン、三塩化リン、三フッ化リン
- *三塩化ホウ素、三フッ化ホウ素
- *ジアセトキシプロペン
- *四アルキル鉛 (特定毒物)
- *無機シアン化物、シアン化水素、シアン化ナトリウム
- *ジニトロクレゾール、ジニトロクレゾール塩類
- *四フッ化硫黄
- *ジボラン
- *水銀、水銀化合物
- *ストリキニーネ
- *セレン、セレン化合物
- *ニコチン、ニコチン塩類
- *ニッケルカルボニル
- *ヒ素、ヒ素化合物
- *フッ化水素
- *ホスゲン
- *メチルホスホン酸ジクロリド
- *メチルメルカプタン
- *モノフルオロ酢酸、モノフルオロ酢酸塩類、モノフルオロ酢酸アミド (特定毒物)
- *リン化アルミニウム/促進剤 (特定毒物)
- *リン化水素
- *硫化リン
- *チオセミカルバジド

その他農薬に分類されるものが多い。要注意。
特に、パラチオン、メチルパラチオン、シュラーダン、メチルジメトン、TEPPなどは特定毒物

表5-21 「法」で指定された「劇物」のうち、実験室で比較的良好に使用されるもの

- *アンモニア
- *ヒドロキシルアミン、その塩類
- *塩素、臭素、ヨウ素
- *塩化水素、臭化水素、ヨウ化水素
- *過酸化水素、過酸化ナトリウム、過酸化尿素
- *カリウム、ナトリウム、カリウムナトリウム合金
- *ケイフッ化水素酸、ケイフッ化水素酸塩
- *ホウフッ化水素酸、その塩類
- *シアン酸ナトリウム
- *硫酸、発煙硫酸、硝酸
- *水酸化ナトリウム、水酸化カリウム
- *無機亜鉛塩類
- *無機金塩類
- *無機銀塩類
- *無機スズ塩類
- *無機銅塩類
- *重クロム酸、無水クロム酸、クロム酸塩類
- *硝酸タリウム、酢酸タリウム、硫酸タリウム
- *アンチモン化合物
- *カドミウム化合物
- *バリウム化合物 (硫酸バリウムを除く)
- *鉛化合物
- *可溶性ウラン化合物

- *塩素酸塩類
- *亜塩素酸ナトリウム
- *亜硝酸塩類
- *トリクロロシラン
- *一水素二フッ化アンモニウム
- *五酸化バナジウム
- *リン化亜鉛
- *亜硝酸メチル
- *ジメチル硫酸
- *塩化チオニル
- *水酸化トリアリールスズ、水酸化トリアルキルスズ、その塩類、その無水物
- *アクリロニトリル、アクリルアミド、アクリル酸、メタクリル酸
- *アクロレイン
- *アニリン、アニリン塩類、*N*-アルキルアニリン、2-クロロアニリン
- *エチレンオキシド
- *エピクロロヒドリン、エチレンクロロヒドリン
- *ギ酸 (90%以上)
- *シュウ酸
- *ホルムアルデヒド
- *メタノール、トルエン、キシレン、酢酸エチル、メチルエチルケトン、二硫化炭素
- *塩化メチル、塩化エチル、クロロホルム、四塩化炭素
- *臭化メチル、臭化エチル、ジクロロブチン、1, 2-ジブromoエタン、ジブromoクロロプロパン、1-クロロ-1, 2-ジブromoエタン
- *ヨウ化メチル
- *ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸、モノクロロ酢酸、クロロ酢酸ナトリウム
- *モノフルオロ酢酸パラブromoアニリド、モノフルオロ酢酸パラブromoベンジルアミド
- *クロロアセチルクロライド
- *メチルアミン (40%以上)、ジメチルアミン、シクロヘキシルアミン
- *2-アミノエタノール
- *フェノール、クレゾール、 β -ナフトール
- *ニトロベンゼン、2, 4-ジニトロトルエン
- *ジクロロジニトロメタン、テトラクロロニトロエタン
- *トルイジン、*N*-アルキルトルイジン、トルイジン塩類
- *キノリン
- *ピクリン酸、その塩類
- *クロロピクリン
- *有機シアン化合物 (長鎖ニトリル化合物、*m*-, *p*-フタロニトリルを除く)
- *トリフルオロメタンスルホン酸
- *ヒドラジン-水和物、ヒドロキシエチルヒドラジン
- *クロロプレン
- *アセチレンジカルボン酸
- *エマメクチン
- *クロロスルホン酸
- *2-クロロエチルトリメチルアンモニウム
- *ジ (2-クロロイソプロピル) エーテル
- *2, 4-ジクロロ-6-ニトロフェノール、その塩類
- *シクロヘキシミド
- *3, 5-ジブromo-4-ヒドロキシ-4'-ニトロアゾベンゼン

- * 5-ジメチルアミノ-1, 2, 3-トリチアン、その塩類
- * スルホナール
- * 2, 4, 5-トリクロロフェノキシ酢酸、そのエステル
- * トリブチルトリチオホスフェート
- * 2-ヒドロキシ-4-メチルチオ酪酸
- * プラストサイジンS
- * ヘキサメチレンジイソシアナート
- * ペンタクロロフェノール (PCP)、その塩類
- * メチルスルホナール
- * メチルチオカルバミン酸亜鉛
- * メチルホスホン酸ジメチル
- * N-メチル-1-ナフチカルバメート
- * 硫酸パラジメチルアミノフェニルジアゾニウム、その塩類
- * ロダン酢酸エチル
- * ロテノン
- * シキミの実

その他農薬類 (ホスホネート、ジチオホフェート、チオホスホルアミド、イミデートなどの置換基名がある場合には要注意) または、それらしき名称の薬品

本学では、環境保全の一環として、学内で発生する排水を生活排水、実験排水、実験廃液及び雨水の4系統に区分し、実験廃液については回収、外部処理に至るまでの運用体制および管理機構を取決めている。ここで実験廃液とは、実験原廃液及び2回目までの容器洗浄水をさし、3回目以降の洗浄水、冷却水などは実験排水という。また、固形の廃棄物は、実験廃棄物として取扱う。

以下にその内容と必要とされる注意を述べる。

1 生活排水

人間の生活行動により発生する排水であって、便所の汚水をはじめ、手洗い、浴室、洗濯等の排水がこれにあたる。生活排水は、各棟の生活排水流しから専用の管路を通り、公共下水道（長岡市）に放流される。

2 実験排水

実験排水は、各研究室・実験室に設備された専用の実験排水流しへ放流する。放流した実験排水は、専用の管路を通り、定期的に水質検査を受け、公共下水道（長岡市）に放流される。

特に、実験排水流しと生活排水流しを間違わないよう注意が必要である。

3 実験廃液

実験廃液は、国立大学法人長岡技術科学大学実験廃液等取扱規程（平成16年4月1日 規程第44号）により、指定の容器に分別貯留する。分類の仕方は、**実験廃液等処理の手引**に記載されている。分類貯留した実験廃液は、いったん各系、センターごとに設置された一時貯蔵庫または指定箇所に運搬し、保管する。

排出者の処理申込書に基づき、この実験廃液を回収し、有機系実験廃液及び無機系実験廃液は専門業者に委託し、学外処理を行う。

4 雨 水

建物屋根からのルーフトレン及び道路排水など敷地等から流出する雨水排水は、専用の管路、または排水溝を通り、大沢川に放流されるため、敷地汚染は河川汚染となることを認識しておく。

5 実験廃棄物

実験廃棄物とは、教育・研究活動により発生する有害物質を含む粒状物・粉状物・沈殿物・泥状物・固形物及び不要廃試薬類をいう。これらの実験廃棄物は、産業廃棄物もしくは特別管理産業廃棄物に該当することから、財務課契約係を通じて学外業者に依頼し、適切な処理を行う必要がある。各研究室においては、発生した実験廃棄物について所定の分類に従って適切な分別と保管を行い、各系・センター等で定められた場所に定められた方法で搬出する。

実験廃棄物を搬出する際には、廃棄物の入ったビニール袋・缶等に、「研究室名・日付・分別の種類」を明記したラベルを貼り付けて搬出することとなっており、ラベルについては、全学統一のフォーマットが定められている。また、中身が残っているあるいは未開封で使用しなくなった試薬瓶（不要廃試薬類）は、各研究室の責任において別途専門の引き取り業者に回収を依頼する必要がある、通常の搬出場所に出してはならない（引取業者に関する問合せ先：財務課契約係）。

その他、実験廃棄物の処理方法について不明な点がある場合には、必ず事前に、各系・センターから選出された安全衛生管理委員に問い合わせを行うこと。分別方法が曖昧なまま、独自の判断による搬出を行うことは事故や火災の原因となることがあり、大きな社会問題に発展する恐れもあることから、決して行ってはならない。

下記に、本学における実験廃棄物の分別表を示す（実験廃棄物と同様に産業廃棄物に該当する実験廃液については、前掲の第3項を参照）。

表7 長岡技術科学大学における実験廃棄物の分別表

分別番号と区分名称	対象となる廃棄物の例
1. 疑似感染性廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 体育・保健センターから排出される廃棄物 ・ 注射器（ガラス製およびプラスチック製） ・ 注射針
2A. 実験系不燃物 （金属類）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金属製品またはその破片、研磨屑、切削屑（一斗缶に入るサイズ） ・ アルミホイルなどの金属箔 ・ メス（医療用以外に使用したもの） ・ <u>洗浄・乾燥済みの金属製試薬缶</u>（一斗缶等）
2B. 実験系不燃物 （ガラス類）	<ul style="list-style-type: none"> ・ ガラス製品またはその破片、ガラス屑 ・ <u>洗浄・乾燥済みのガラス製試薬瓶</u> （ラベルはそのままが良い、キャップは外して区分3へ） ・ ガラス製のシャーレ、アンプルなど
2C. 実験系不燃物 （その他）	<ul style="list-style-type: none"> ・ セラミックス製品（るつぼ等）またはその破片や粉 ・ コンクリート片（ゴミ袋に入るサイズ）、石膏 ・ その他の不燃物を含む複合素材 ・ シリカゲル ・ 乾燥剤（塩化カルシウム、硫酸マグネシウム、硫酸ナトリウム等）
3. 実験系可燃物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験に用いたキムワイプ、濾紙などの紙類 ・ 実験に用いたガーゼ、脱脂綿 ・ プラスチック製のシャーレ、チューブ、ピペットなど ・ 手袋（ゴム製およびビニール製） ・ <u>洗浄・乾燥済みのプラスチック製試薬瓶</u> （ラベルはそのままが良い） ・ 試薬瓶のプラスチック製キャップ ・ 滅菌済み培地 ・ オートクレーブ殺菌済みの廃棄物で<u>通常のゴミ袋に入れたもの</u>

以上、各系、センター等で実験・実習を行うにあたり、それに伴って排出される廃液等の処分については管理者の指示に従い、所定の方法を間違いなく実施することが必要である。それには、排出者自身の排出責任と自覚と協力が一番大切である。

なお、廃液等処理の詳細については、実験廃液等処理の手引を参照されたい。

第1節 はじめに

遺伝子操作に代表されるようなバイオテクノロジーの進歩により、生物を工学的に探究し応用するために、工学系の教育・研究機関においても生物材料を教育・研究で使用する機会が多くなった。これらの生物材料を扱う場合には、病原性微生物やその毒素および有害物質により引き起こされる健康被害ならびに遺伝子組換え生物等やその産物で懸念されるリスクなどを防止するために、法で定められた規則を守るとともに安全を確保することに留意する必要がある。

第2節 微生物実験

1 病原性微生物にかかわる法規制

病原性微生物を所持・使用する場合には感染により発症に至るリスクが生じるため、遺伝子組換え微生物と同様な拡散防止措置と感染防止対策が求められる。特に生物テロ対策の観点から図7-2-1に記載された一種から四種の特定病原体については感染症法により適正な管理をするように求められており、本学でも毎年、特定病原体の所持の有無とその内容を国に報告している。

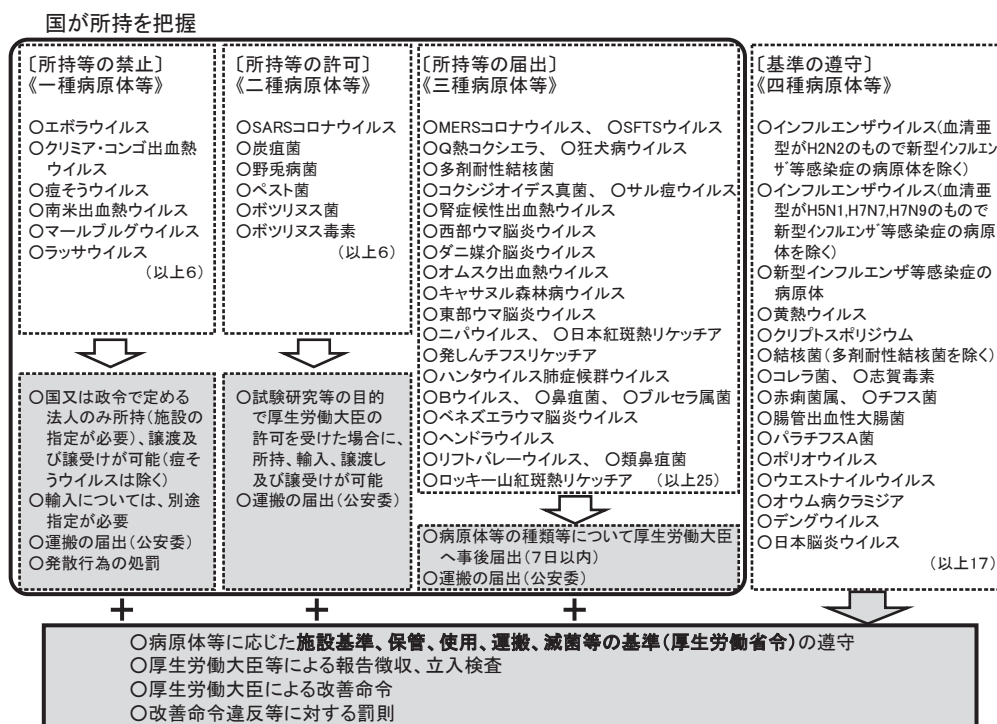


図 7-2-1. 病原体の適正管理について(厚生労働省、www.mhlw.go.jp から引用)

具体的には一種の特定病原体は本学で所持することは出来ない。二種の特定病原体を所持して使用するには事前に申請をして許可を得なければならない。三種の特定病原体の所持では届出が必要である。特定病原体を使用する場合はそれぞれのバイオセーフティレベル (BSL) (<http://www.nite.go.jp/nbrcl/list/risk/description.html#niid> 参照) に対応する感染防止対策を講じ、表 7-2-1 に示したようにリスクに応じた措置を取る必要がある。図 7-2-2 に四種病原体等で BSL2 相当に分類されるものを取り扱う実験室の施設基準例を示す。

【◎:法律上の義務・直罰 ○:改善命令】

	一種	二種	三種	四種
所持・輸入の大臣指定	◎			
所持・輸入の許可		◎		
所持・輸入の届出			◎	
感染症発生予防規程の作成	◎	◎		
病原体等取扱主任者の選任	◎	◎		
教育訓練	◎	◎		
滅菌等(指定・許可取消し等の場合)	◎	◎		
記帳義務	◎	◎	◎	
施設の基準	◎/○	◎/○	○	○
保管等の基準	○	○	○	○
運搬の届出(都道府県公安委員会宛)	◎	◎	◎	
事故届出	◎	◎	◎	◎
災害時の応急措置	◎	◎	◎	◎

表 7-2-1. 特定病原体等所持者の法律上の義務・罰則等 (www.mhlw.go.jp から引用)

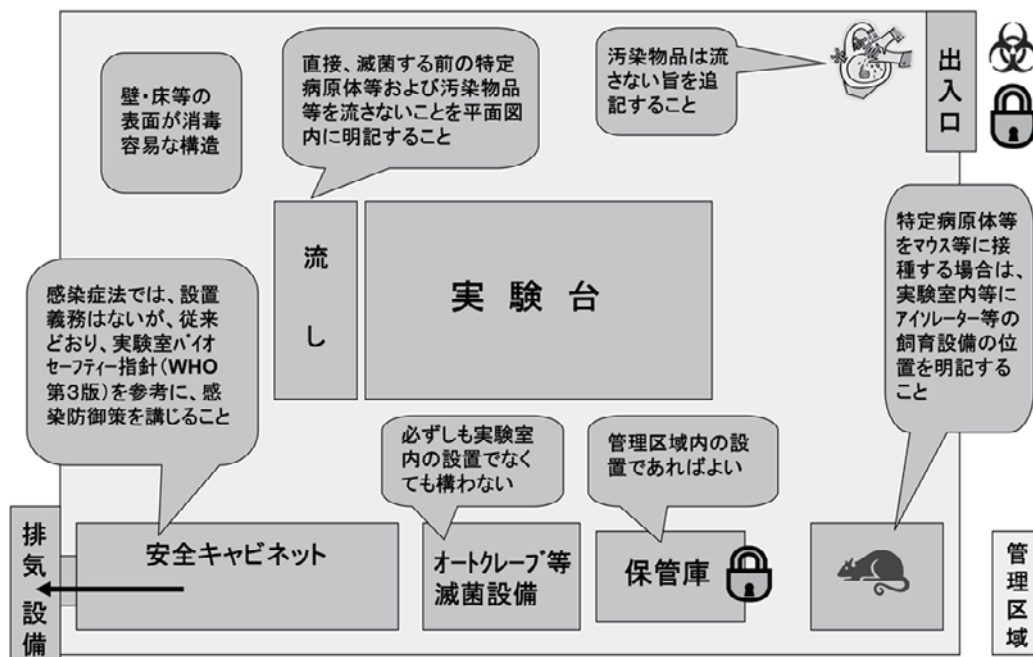


図 7-2-2. 実験室の施設基準の例(四種病原体等で BSL2 相当に分類されるもの) (www.mhlw.go.jp から引用)

尚、自然界などから分離した微生物においても分類上で病原性微生物と同等と認められた場合には、病原性微生物として取り扱うことが求められている。特に特定病原体等に相当する場合には、所持について許可や届出あるいは一種に相当すれば廃棄が必要となる。

2 微生物の取扱い

非病原性の微生物であっても、微生物で周囲をむやみに汚染することは、実験対象外の微生物の混入を招き、他の実験の妨げになる。また疾患や医療処置により免疫システムに不具合のある場合には病原性微生物にリストされていない日和見病原性微生物の感染により発症する場合や、自然界から分離した微生物群に病原性微生物が含まれている場合もある。したがって微生物を用いた実験は、以下のような注意を払う必要がある。

- (1) 実験を行う際は、白衣などの作業衣等を着用し、衣服等に微生物が付着するのを防ぐ。
- (2) 対象外の微生物の混入を避けるため、実験前には実験器具の滅菌や実験台の殺菌、手指の消毒を励行する。
- (3) ピペットの口での吸引や実験室内での飲食等を避ける。
- (4) 培養した微生物試料等は廃棄前に滅菌あるいは殺菌する。
- (5) 培養等に使用した器具は、使用後に滅菌あるいは殺菌する。
- (6) 病原性微生物を使用する場合には、感染や汚染を防ぐために白衣等の使用、安全ピペッター等の使用、使用後の試料や器具、実験台の滅菌あるいは殺菌、実験後の手指の消毒などを励行する。また誤飲などで感染が懸念される事態においては、必要に応じて抗生物質の服用や中和抗体・血清の投与などの措置を取る。

第3節 動物実験

動物実験は生命科学と医療の発展に必要であるが、その実施にあたっては、動物の福祉と倫理への十分な配慮が必須である。

1 動物実験に関する規制・規定

動物愛護の意識の高まりから2005年に「動物の愛護及び管理に関する法律」が改正され、動物実験においては、動物実験に関する国際原則である3Rの原則：

- (1) 代替法の利用 (Replacement)
できる限り動物を供する方法に代わり得るものを利用すること
- (2) 使用数の削減 (Reduction)
できる限り利用に供される動物の数を少なくすること
- (3) 苦痛の軽減 (Refinement)
利用に必要な限度において、動物に苦痛を与えない方法によってしなければならない

に基づいて実験を実施することが義務づけられた。

実験動物の適正な飼育と利用については「実験動物の飼養及び保管並びに苦痛の軽減に関する基準」（環境省）および「研究機関等における動物実験等の実施に関する基本指針」（文部科学省）が定められている。これらに基づいて、本学では動物実験委員会が設置され、「動物実験取扱規程」が定められている。

動物実験はあらかじめ申請した「動物実験室」で行わなくてはならない。また、実験従事者は、毎年開催される動物実験講習会に参加し、実験動物と動物実験に関する十分な知識を習得しておかなくてはならない。さらに、実験の計画や安全性などについて、動物実験管理者または動物実験委員と相談した上で、十分な安全性と妥当性が確保されるようにしなければならない。その上で、動物実験計画を学長に諮り、承認を受けなければならない。定期的に動物実験の実施状況等の自己点検を行い、学長に報告しなくてはならない。

2 実験動物の取扱い

実験実施者は、実験動物を適切に利用するよう努めなければならない。できる限り実験動物に苦痛を与えないようにするとともに、保温等の適切な処置をとること。実験動物の苦痛を軽減するためには、実験技術の洗練・向上と人道的エンドポイント（安楽死のタイミング）の設定が必要である。麻酔を用いる場合、動物の種類や年齢、疼痛の種類、外科処置に伴う安定性など、多様な観点から適切な麻酔薬を選定する必要がある。

主な人獣共通感染症の病原体

病原体（人が発症する病気）	感染する動物
ハンタウイルス（腎症候性出血熱）	ラット
リンパ球性脈絡髄膜炎ウイルス	マウス、ハムスター
サルモネラ（食中毒）	マウス、ラットなど多くの動物種
皮膚糸状菌（頭部白癬、足白癬）	マウス、ラットなど多くの動物種

実験動物が人獣共通の病原体に感染している場合がある。また、実験動物の糞や尿、唾液、血液をアレルゲンとする動物アレルギーおよびアナフィラキシーショックに注意しなければならない。実験実施者の安全を確保するために、以下の事柄に注意を払うこと。

- (1) 実験に使用する動物は、実験動物として合目的に生産され、遺伝学的モニタリング・微生物モニタリングの検査成績が添付された動物であることが望ましい。
- (2) 実験器具による刺傷・創傷、動物による咬傷、ひっかき傷などの防止に努めること。ラット以上の動物を取り扱う際には、厚手の手袋をする。
- (3) 経口感染を防ぐために、動物実験室内で飲食、喫煙、化粧を行ってはいけない。
- (4) 動物実験の前後には手指を洗淨・消毒し、手袋、マスク等を着用すること。
- (5) 動物実験室内の整理整頓に心がける。

- (6) 動物実験に使用した注射針やメス、その他の汚染器具や汚染物質などは、清掃業者への感染事故を引き起こさないように、滅菌した後に適当な容器に入れて廃棄する。
- (7) 事故が発生した場合は、汚染・感染被害を最小限度に食い止めるための処置を行い、直ちに実験責任者に連絡する。

第4節 遺伝子組換え実験

1 遺伝子組換え実験の規制

遺伝子組換えは、生物の遺伝子の構造や機能等を明らかにする基盤的な研究はもとより、がんその他の難治性疾患の解明、インシュリン、インターフェロン等の希少医薬品の量産、有用微生物の育種や作物の品種改良等の応用研究に至るまで広範なライフサイエンス分野の研究や産業に活用されており、欠くことのできない重要な技術となっている。

しかし、遺伝子組換えは、生物に元来なかった性質を付与する新しい技術であるため影響に予測できない部分があるとして、遺伝子組換え技術の使用に当たって研究者の慎重な対応が求められた。また遺伝子組換えの安全性を疑問視して遺伝子組換え食品などの利用や遺伝子組換え技術の使用に反対する人々もおり、遺伝子組換え技術の安全を確保しつつ適切に利用するために研究者が遵守すべき指針として、昭和54年、内閣総理大臣決定による「遺伝子組換え実験指針」が制定された。その後、遺伝子組換え実験の積み重ねから、多数の遺伝子の絶妙な組み合わせと調和から成り立つ生物個体に一部の遺伝子を導入して新たな生物を創造することは不可能であり、初期に危惧されたモンスター生物の誕生は空想に過ぎなかったことが明らかになった。また、微生物間の遺伝子交換などにより自然界で遺伝子組換えが頻繁に起こり得ることも知られるようになった。このような知見の積み重ねから、遺伝子を導入する生物（宿主）と導入する遺伝子（外来遺伝子）について有害性（病原性や毒性など）を評価し、その組み合わせとして遺伝子組換え生物の安全性を評価する手法が確立された。また、自然界で頻繁に遺伝子交換が起こり得る同種の生物の遺伝子を同種の宿主に導入する実験等は遺伝子組換え実験に含まないことになった。

一方、遺伝子組換え技術の発展は組換え植物の栽培や組換え動物の飼育など遺伝子組換え生物の環境中での利用を実現させた。組換え作物の栽培や輸出入が行われるようになり、自然環境に生息する野生生物などの多様性を損なうことが心配されるようになった。この結果、国際的に「生物多様性条約（カルタヘナ議定書）」が締結されるとともに、国内的には上述の指針を廃止して「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性確保に関する法律」（カルタヘナ法）が平成16年に施行され、現在に至っている。

2 法規制（カルタヘナ法）の仕組み

カルタヘナ法では遺伝子組換え生物や細胞融合生物（遺伝子組換え生物等）の使用について拡散防止措置による生物の多様性の確保を実現することを目的としている。対象は種の異なる生物間の遺伝子組換えや科を超える細胞融合で得られた生物であり、ヒトは対象となっていないが別の法律で規制される。実際に遺伝子組換え生物を作成・使用する場合には、あらかじめ作成・使用する遺伝子組換え生物にかかわる情報と作成・使用の計画を記載した申請書（研究開発においては「実験計画書」）を機関の安全委員会に提出して所管官庁（大学においては文部科学省）が定めた規定に沿って安全確認と拡散防止措置の決定（機関承認）を受けるか、所管官庁が定めた規定を逸脱するケースでは所管官庁に申請書を送り、所管官庁の遺伝子組換え関連委員会において安全確認と拡散防止措置の決定（大臣確認）を受ける。一方、実験室外で増殖できない動植物培養細胞等は対象としないが、動植物培養細胞の遺伝子組換え体等については従来の指針等に準じた扱いで安全性を確保することが求められている（本学では届出実験としている）。

カルタヘナ法において遺伝子組換え生物の作成・使用は、(1) 野外圃場での栽培や飼料利用など、遺伝子組換え生物等の拡散防止措置をしないで環境中で使用する第一種使用等と、(2) 実験室での使用や培養発酵装置での培養、飼育区画等での栽培・飼育など、遺伝子組換え生物等の環境中への拡散防止措置をして使用する第二種使用等に分けられている。本学において第一種使用等が実施されることは希であり、ここでは第二種使用等のみについて説明する。

本学では法規制に対応して「長岡技術科学大学遺伝子組換え実験安全管理規則」を、機関の安全委員会として「遺伝子組換え実験安全委員会」を設けており、実験責任者（教員）は実験の開始にあたって具体的に以下の(1)または(2)の手続きを踏むことが求められる。また実験の実施においては、実験責任者および実験に従事する者（実験従事者）は(3)以降の事項を遵守する必要がある。

- (1) 実験責任者は実験を始める前(実験計画時)に遺伝子組換え実験安全主任者と連絡を取り、所定の様式の実験計画書を作成し、安全主任者の拡散防止措置にかかわる所見の記載と押印、および所属する系の長の押印を受けた後、産学連携・研究推進課研究支援係に提出する（図 1）。産学連携・研究推進課研究支援係では各教員の申請書をまとめて「遺伝子組換え実験安全委員会」にかけ、安全確認を受けた後に各実験責任者に機関承認を通知する。
- (2) 文部科学省令で定めた拡散防止措置の範囲を逸脱する実験計画については文部科学大臣の安全確認が必要である。この場合には安全主任者の指示により大臣確認申請用の実験計画書の書き直し、産学連携・研究推進課研究支援係に提出する。産学連携・研究推進課研究支援係では安全委員会で確認後、実験計画書を文部科学省に提出する。文部科学省では遺伝子組換え技術等専門委員会で有効な拡散防止措置を確認し、結果が大臣確認として大学に通知される。この結果が産学連携・研究推進課研究支援係から実験責任者に通知される。

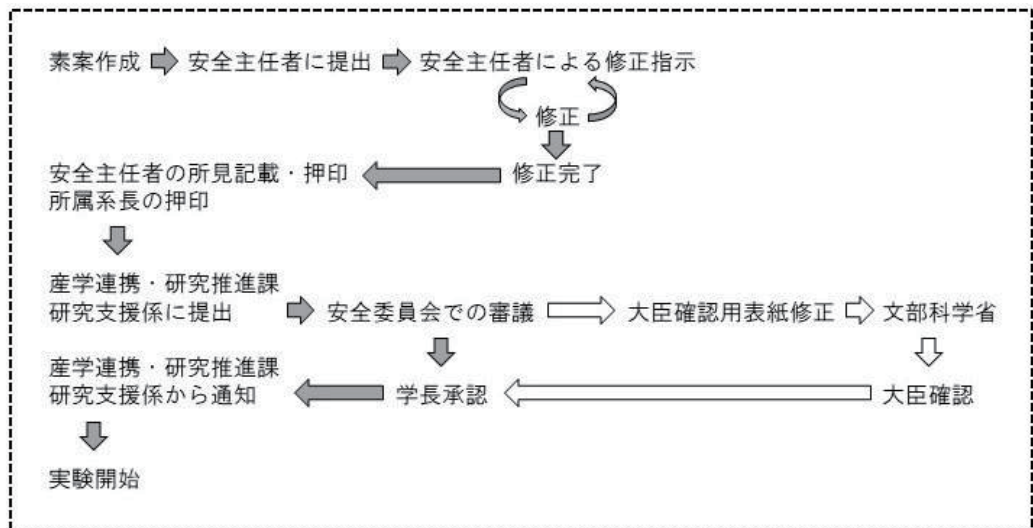


図1. 遺伝子組換え（組換えDNA）実験の手続き

- (3) 実験責任者は実験の実施に当たって適切な実験設備、実験手法、廃棄処理、遺伝子組換え体の保管と管理、表示等を含む必要な拡散防止措置を執る。また、実験計画書の内容と必要な拡散防止措置を実験従事者に周知する。
- (4) 実験従事者は実験の実施に必要な拡散防止措置を理解し、必要な拡散防止措置を遵守しつつ実験を実施する。
- (5) 実験従事者は、遺伝子組換え実験の教育訓練と健康診断（一般健康診断で代用）を受ける必要がある。
- (6) 実験責任者は年度初めに健康診断のために実験従事者のリストを、年度末に実験経過報告書を産学連携・研究推進課研究支援係に提出する。また実験計画書で指定された実験期間終了時には実験終了報告書を、実験を中止する場合には実験中止報告書を提出する。更に遺伝子組換え体の保管・廃棄の措置と記録を実施する。
- (7) 遺伝子組換え生物の保管及び運搬、譲渡、譲受においては必要な拡散防止措置や表示、情報提供等をする。

3 拡散防止措置の決定

第二種使用等における拡散防止措置は、「物理的封じ込め」と「生物学的封じ込め」の2種類の封じ込め手段を実験の安全度に応じて組み合わせて実施する。物理的封じ込めが優先されるが、生物学的封じ込めの利用により物理的封じ込めを緩和できる場合がある。

物理的封じ込め（Physical containment）は、遺伝子組換え生物を施設、設備内に閉じこめることにより、環境への拡散を防止することを目的とする。物理的封じ込めは、封じ込めの施設等の要件及び実験実施における遵守事項の2要素からなり、その封じ込めの程度に応じて微生物使用実験ではP1、P2、P3の3つのレベルが設定されている。Pはphysical（物理的）の頭文字で、数字が大きいくほど封じ込めのレベルが高い。微生物使用実験のP1/P2/P3に対応して、大量培養実験ではLSC/LS1/LS2、動物使用実験ではP1A/P2A/P3A、植物等使用実験ではP1P/P2P/P3Pの各レベルが設定されている。

一方、生物学的封じ込め（Biological containment）は、環境中で生残しにくい安全な宿主（認定宿主）あるいは環境中で生残できない安全な宿主（特定認定宿主）とベクターの組み合わせ「宿主ベクター系」を用いることにより、遺伝子組換え生物の環境への拡散を防止することを目的とする。封じ込めのレベルは、宿主ベクター系の安全性の程度に応じ、認定宿主ベクター系（B1）と特定認定宿主ベクター系（B2）の2つのレベルに区分される。Bはbiologicalの頭文字で、数字が大きいほど封じ込めのレベルが高く安全である。

物理的封じ込めレベルは、導入する遺伝子（供与核酸）自体の安全性と由来する生物（核酸供与体）の実験分類、遺伝子を導入する生物（宿主）の実験分類（表1）に基づいて決定する。この生物にはウイルスが含まれており、ウイルスに外来遺伝子を導入する場合にはウイルスを導入する細胞ではなく、ウイルス自体が宿主となる。具体的な実験分類は、クラス2以上の生物種が文部科学省告示「研究開発等に係る遺伝子組換え生物等の第二種使用等に当たって執るべき拡散防止措置等を定める省令の規定に基づき認定宿主ベクター系等を定める件」の別表第2にリストされており、リストされていない生物がクラス1に該当する。動植物はクラス1である。同告示の別表第1には認定宿主ベクター系と特定認定宿主ベクター系がリストされている。同告示は科学的知見の蓄積に応じて改訂されるので、使用時にWEB（末尾の参考に記載）から入手することが望ましい。

表 1. 実験分類の根拠

実験分類	クラス1	クラス2	クラス3	クラス4
病原性(1)	なし	低	高	高
伝播性(2)	—	—	低	高

- (1) 哺乳綱及び鳥綱に属する動物に対して病気を引き起こす性質と程度、
 (2) 核酸が個体から他の個体へ伝達する性質と程度

実験分類と供与核酸の安全性に基づく判定の仕組みを表2に示したが、例えばクラス1の宿主ベクター系にクラス1の核酸供与体由来の遺伝子を導入する場合にはP1レベルとなる。クラス1の宿主ベクター系にクラス2の核酸供与体由来の多様な遺伝子を特定せずに導入する場合にはP2レベルとなるが、クラス2の核酸供与体由来の安全性が確認された遺伝子（安全な同定済核酸）を導入する場合にはP1レベルとなる。クラス2の宿主ベクター系にクラス2以下の核酸供与体由来の遺伝子を導入する場合は、遺伝子の安全性にかかわらずP2となる。クラス1の宿主ベクター系に環境中から抽出した多様な核酸を特定せずに導入する場合は、環境中で想定される病原性微生物の最も高い実験分類が適用されるが、PCR法で特異的に増幅した安全な同定済核酸を導入する場合にはP1レベルとなる。尚、遺伝子の安全性は病原性や毒素産生に関与していないことで判定される。

表2. 拡散防止措置の決定

宿主	核酸供与体	供与核酸	拡散防止措置	判断のしかた
認定	クラス1	同定済・安全	P1	同定済 →宿主のレベルに一致
クラス1	クラス1	同定済・安全	P1	
クラス1	クラス2	同定済・安全	P1	
クラス2	クラス1	同定済・安全	P2	
クラス3	クラス1	同定済・安全	P3	大臣確認
クラス1	クラス1	未同定・未定	P1	未同定 →大きい方のレベルに一致
クラス1	クラス2	未同定・未定	P2	
クラス2	クラス1	未同定・未定	P2	
特定認定	クラス2	未同定・未定	P1	宿主による緩和
クラス3	クラス1	未同定・未定	P3	大臣確認
クラス1	クラス1	同定済・病原性関連等	P2	病原性 →レベル1上昇
クラス1	クラス2	同定済・病原性関連等	P3	
特定認定	クラス2	同定済・病原性関連	P1	宿主による緩和

4 物理的封じ込めの実際

物理的封じ込めが具体的にどのようなものであるのか、P1 レベル及び P2 レベルの物理的封じ込めの内容を以下に示す。

(1) P1 レベルの施設等の要件と実験実施における遵守事項

P1 レベルの物理的封じ込めでは、以下の要件および遵守事項が求められている。

施設等について満たすべき事項

拡散防止措置の内容		✓
1	実験室が、通常の生物の実験室としての構造及び設備を有すること。	

遺伝子組換え実験の実施に当たり遵守すべき事項

拡散防止措置の内容		✓
1	遺伝子組換え生物等を含む廃棄物（廃液を含む。）については、廃棄の前に遺伝子組換え生物等を不活化するための措置を講ずること。	
2	遺伝子組換え生物等が付着した設備、機器及び器具については、廃棄又は再使用（あらかじめ洗浄を行う場合にあつては、当該洗浄。）の前に遺伝子組換え生物等を不活化するための措置を講ずること。	
3	実験台については、実験を行った日における実験の終了後、及び遺伝子組換え生物等が付着したときは直ちに、遺伝子組換え生物等を不活化するための措置を講ずること。	
4	実験室の扉については、閉じておくこと（実験室に出入りするときに除く。）。	
5	実験室の窓等については、昆虫等の侵入を防ぐため、閉じておく等の必要な措置を講ずること。	
6	すべての操作において、エアロゾルの発生を最小限にとどめること。	
7	実験室以外の場所で遺伝子組換え生物等を不活化するための措置を講じようとするときなど、実験の過程において遺伝子組換え生物等を実験室から持ち出すときは、遺伝子組換え生物等の漏出や、拡散が起こらない構造の容器に入れること。	
8	遺伝子組換え生物等が付着し、又は感染することを防止するため、遺伝子組換え生物等の取扱い後における手洗い等必要な措置を講ずること。	
9	実験の内容を知らない者が、みだりに実験室に立ち入らないための措置を講ずること。	

(2) P2 レベルの施設等の要件と実験実施における遵守事項

P2 レベルの物理的封じ込めでは、上述の P1 レベルの要件および遵守事項に加えて、以下の要件および遵守事項が求められている。

施設等について満たすべき事項

拡散防止措置の内容		✓
2	実験室に研究用安全キャビネットが設けられていること（エアロゾルが生じやすい操作をする場合に限る。）。	
3	遺伝子組換え生物等を不活化するために高圧滅菌器を用いる場合には、実験室のある建物内に高圧滅菌器が設けられていること。	

遺伝子組換え実験の実施に当たり遵守すべき事項

拡散防止措置の内容		✓
10	エアロゾルが生じやすい操作をするときは、研究用安全キャビネットを用いることとし、当該研究用安全キャビネットについては、実験を行った日における実験の終了後に、及び遺伝子組換え生物等が付着したときは直ちに、遺伝子組換え生物等を不活化するための措置を講ずること。	
11	実験室の入口及び遺伝子組換え生物等を実験の過程において保管する設備に、「P2レベル実験中」と表示すること。	
12	執るべき拡散防止措置がP1レベル、P1Aレベル又はP1Pレベルである実験を同じ実験室で同時に行うときは、これらの実験の区域を明確に設定すること、又はそれぞれP2レベル、P2Aレベル若しくはP2Pレベルの拡散防止措置を執ること。	

参考

- 文部科学省ライフサイエンスの広場～生命倫理・安全に関する取組：遺伝子組換え実験

<http://www.lifescience.mext.go.jp/bioethics/anzen.html#kumikae>

第1節 はじめに

1 放射線とは

「放射線」とは、電磁波又は粒子線のうち、直接又は間接に空気を電離する能力をもつもので、政令で定めるもの(原子力基本法第三条第五号)である(第3節参照)。また、放射線の電離能力に注目して「電離放射線」と呼ぶこともある(労働安全衛生法 電離放射線障害防止規則第二条)。

放射線は、物質を透過する性質や電離・励起する性質を特徴としており、医療や研究で広く利用されている。一方、人間の五感(視覚、嗅覚、味覚、聴覚、触覚)では放射線を感じる事ができないため、**十分な放射線安全取扱いの知識がないと過度に被ばくしてしまう**という厄介な点がある。

放射性同位元素及び放射線発生装置から出る放射線は、それを利用することにより学術の進歩や産業の発展に大きく寄与する反面、人体に対し放射線障害を引き起こす危険性を持っている(第2節参照)。このことは、平成11年9月30日に茨城県東海村の株式会社ジェー・シー・オーで起きた臨界事故の際に犠牲者を出し、かつ広範な公衆が被ばくするという不幸な形で示された。

放射線を用いた研究中に事故を引き起こさないことはもちろんであるが、地震や火災等発生時においても安全に対処することができるようになるためには、**放射線の特徴、放射線と放射能の違い、放射線の検出法や障害の防止方法などについて基本的な理解を持つことが重要**である。

本学では、学生実験や安全教育において放射線に関する基礎実験を実施している。更に理解を深めたいと希望する者は、ラジオアイソトープセンターや極限エネルギー密度工学研究センター及び量子・原子力系にて放射性同位元素や放射線発生装置に関する進んだ教育を受けることも可能である。

2 どこで使用できるのか

放射線利用による障害を防止するため、放射性同位元素や放射線発生装置を使用できる場所は「放射性同位元素等の規制に関する法律」(以下、「RI法」という)によって厳密に定められている。本学では、**ラジオアイソトープセンターで「放射性同位元素」を、極限エネルギー密度工学研究センターと原子力安全・システム安全棟で「放射線発生装置」を使用することが原子力規制委員会から承認されている。**

放射性同位元素の使用については、その種類によって使用できる実験室や数量が異なり、放射線発生装置についても使用場所や使用回数等が決められている。**放射線業務に従事する場合は、あらかじめ実験計画を立て、他の研究グループと総合してこの使用数量、使用回数を超えないように調整**

する必要がある。これらの規制は、管理区域外にいる一般公衆及び放射線業務従事者の安全を確保するためのものである。

3 誰が使用できるのか

本学において放射線を使用できるのは、「長岡技術科学大学放射線障害予防規程」（以下、「予防規程」という）に定める**放射線業務従事者**(放射線業務従事者登録申請を行い、所定の教育訓練と特別健康診断を受けて、長岡技術科学大学放射線安全委員会にて承認された者)に限られている(第3節参照)。

4 何を使用できるのか

本学で使用できる放射性同位元素(密封、非密封とも)及び放射線発生装置は、原子力規制委員会の承認を受けた種類、数量、形式のものだけである。平成27年2月12日に**原子力規制委員会より承認された放射性同位元素と放射線発生装置**については表8-1の通りである。

表 8-1 長岡技術科学大学で使用できる放射性同位元素と放射線発生装置

放射 性 同 位 元 素	非密封線源	^3H , ^{10}Be , ^{14}C , ^{31}Si , ^{32}P , ^{35}S , ^{51}Cr , ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{59}Fe , ^{85}Sr , ^{99}Tc , ^{106}Ru , ^{125}I , ^{129}I , ^{131}I , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{139}Ce , ^{141}Ce , ^{144}Ce , ^{147}Nd , ^{152}Eu , ^{169}Yb , ^{237}Np , ^{241}Am , ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{243}Am , ^{244}Cm , ^{252}Cf (使用の目的 化学反応に関する研究)
	密封線源	^{57}Co 370MBq, ^{57}Co 740MBq, ^{60}Co 37MBq, ^{109}Cd 370MBq, ^{113}Sn 1.11GBq, ^{137}Cs 370MBq, ^{144}Ce 370MBq, ^{170}Tm 370MBq, ^{204}Tl 185MBq, ^{241}Am 370MBq, ^{252}Cf 18.5MBq (使用の目的 計器機器及び化学反応に関する研究)
放射線発生装置	コッククロフト・ワルトン型加速装置 1台 (使用の目的 大強度パルス軽イオンビームの発生とその応用に関する基礎実験) コッククロフト・ワルトン型加速装置 1台 (使用の目的 大強度電子ビームの発生と応用に関する基礎実験) コッククロフト・ワルトン型加速装置 1台 (使用の目的 高エネルギーイオンビームを用いた材料分析及び材料開発) コッククロフト・ワルトン型加速装置 1台 (使用の目的 試料にイオンビームを照射して、組成分析を行う)	

第2節 放射線の人体への影響

我々は、普段生活している環境において常に微量の放射線を受けている。この放射線は自然放射線とよばれるもので、宇宙線、中性子及びウラン 238、トリウム 232、ラジウム 226、ラドン 222、カリウム 40 などから放出されている。自然放射線による人体の被ばく線量は地域により多少異なるが、実効線量にして1年間に約2ミリシーベルト (mSv) である。このほかに、エックス線撮影などの医療行為の際に人工放射線を受けることがある。これら日常生活における放射線被ばくの早見図(図8-1)が国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構のホームページに掲載されている。

日本語版: <https://www.qst.go.jp/uploaded/attachment/22423.pdf>

英語版: <https://www.qst.go.jp/uploaded/attachment/1572.pdf>

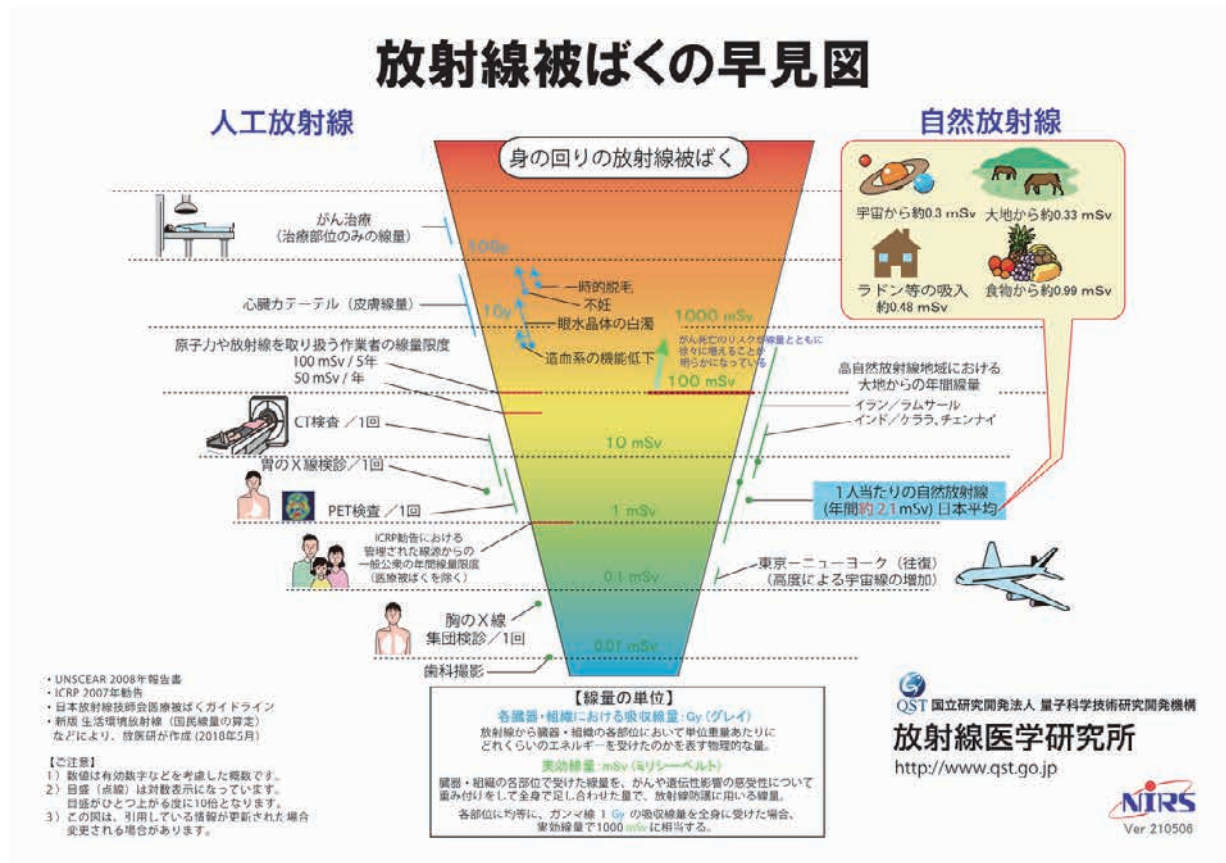


図 8-1 日常生活と放射線の関係

(量子科学技術研究開発機構のホームページより)

研究の目的で放射線を使用する放射線業務従事者の被ばく線量は、RI法によりその実効線量限度を100mSv/5年かつ50mSv/年としている。これは自然放射線の約10~25倍である。

一般的には、放射線の人体への影響は障害と考えられており、原子、分子、細胞、組織、臓器

及び個体の各レベルへの影響が進展した結果、障害が発現する。さらに、放射線による障害の一部は、子孫に影響をおよぼすこともあるとされている。

本節では、放射線の人体への影響について、被ばく線量や被ばくの仕方、その影響にどのような差が生じるかについて述べる。

1 放射線障害の発症時期による分類

放射線障害が、いつ誰に現れるのかの点から分類すると、**身体的影響**と**遺伝的影響**の2つに大別される(図8-2)。身体的影響は被ばく者自身に現れるもので、さらに身体的影響は被ばく直後から2~3ヶ月以内に発現する**早期影響**と、十数ヶ月から数年以上の長期間を経て発現する**晩発影響**に分類される。遺伝的影響はヒトでは確認されていないが、被ばくした本人ではなく子や孫に現れるもので、遺伝子に起こった変異が子孫に伝わり発現した段階で身体的影響として現れるものとされている。

- 早期影響：大量の放射線を短時間に被ばくした場合に出現する。身体の広範囲に被ばくした場合、発熱、出血、白血球の減少、下痢、嘔吐、脱水症状、皮膚紅斑・潰瘍、脱毛などの症状が現れる。
- 晩発影響：最も問題になるのは発癌。放射線発癌として人間で認められている主なものは、白血病、皮膚癌、甲状腺癌、乳癌、骨腫瘍などである。その他の障害としては白内障があげられる。

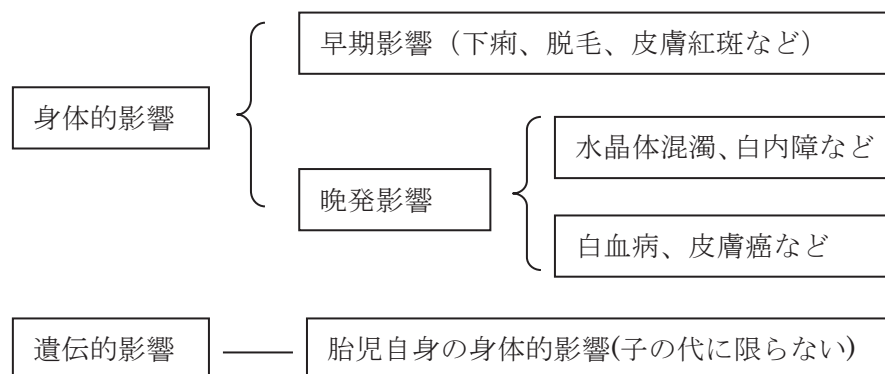


図 8-2 身体的影響(早期影響・晩発影響)と遺伝的影響

2 被ばくの仕方による分類

(1) 外部被ばくと内部被ばく

放射線被ばくは放射線源が体の中にあるか外にあるかで分類されている。線源が体内にある場合は体の内部から放射線を被ばくする**内部被ばく**と呼ばれ、体外にある線源からの放射線被ばくを**外部被ばく**と呼ぶ。その障害の程度は放射線の種類により異なるが、アルファ線放出核種による内部被ばくは、ほぼ全ての放射線エネルギーが障害に寄与し強度の障害となるため特に注意が必要である。また、内部被ばくでは、線源が体外に排泄されない限り常時被ばくし続ける。体内に摂取した放射性同位元素が排泄される生物学的半減期と、放射性同位元素そのものの物理学的半減期より求まる有効半減期が、内部被ばくの評価に用いられる。

これら内部被ばく、外部被ばくを防護する手段としては、**外部被ばくでは時間、距離、遮蔽を3原則として防護し、内部被ばくでは吸入、経口摂取、経皮侵入の3つを防ぐことが重要である。**

(2) 急性被ばくと慢性被ばく

急性被ばくとは短時間の被ばくであり、**慢性被ばく**とは長時間にわたる被ばくである。同じ線量を照射された場合でも、急性被ばくと慢性被ばくでは放射線障害の程度に違いが生じることがある。これは、細胞や組織のもつ損傷回復力が放射線による障害の発生を上まわって働くため、放射線防護の分野において吸収線量率(放射線が単位時間あたりに組織に与えるエネルギー量:Gy)が毎時0.1Gy以下である低線量率被ばくでは、放射線障害が現れることなく回復するとされている。

(3) 部分被ばくと全身被ばく

部分被ばく(局所被ばく)とは、身体の一部が被ばくすることであり、**全身被ばく**とは全身あるいは身体の広い部分が被ばくすることである。被ばくした面積と容積によって、影響の現れ方が異なる。例えば手掌が10Gy被ばくした場合には皮膚紅斑などが生じるが回復する。しかし、10Gy全身被ばくした場合には死亡する。

これは、部分被ばくで影響が現れるのは放射線を受けた組織や臓器だけであるのに対し、全身被ばくの場合は受けた線量に応じて放射線感受性の高い組織・臓器から影響が現れ始め、線量が高くなるとすべての組織・臓器に放射線の影響が発現するからである。

各組織の放射線感受性を表8-2に示す。細胞が放射線に対し最も敏感な状態は、胎児の未分化細胞が、大人の特別な組織細胞に変わっていく分化過程である。ある種の胎児細胞は成人になっても存在し、成人の生活の間に分化を続けていく。たとえば骨髄、リンパ腺、表皮、生殖腺の細胞などであり、これらの細胞は放射線感受性が高い。すなわち**放射線感受性については、細胞分裂が盛んで代謝の多い組織や器官は感受性が高い。造血臓器、リンパ組織、生**

殖腺などは最も敏感なものであり、その中で根幹細胞の感受性が高い。血管、皮膚、中枢神経の細胞は中程度、筋肉、骨、末梢神経は一般に放射線に抵抗力があると考えられている。

(4) 妊娠中の被ばくと胎児への影響

成体において細胞非再生系に属するものでも、発生途上においては細胞分裂をしていることから**胎児期の組織は高感受性である**。表 8-3 に胎児の放射線影響を示す。妊娠中または妊娠の可能性のある者については、放射線取扱による被ばく線量には注意が必要である。

3 しきい値による分類

放射線障害が発生する頻度や確率は被ばくした線量に関係し、放射線の影響が現れる最小線量を**しきい値**という。国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection: ICRP) では放射線防護の立場から、しきい値の有無によって放射線の影響を**確率的影響**と**有害な組織反応(確定的影響)**の2つに区分している(表 8-4、図 8-3)。放射線業務従事者の被ばく線量限度は、有害な組織反応の発生を防止し確率的影響の発生を容認できるレベルに制限する方針で設定されている。

表 8-2 組織の放射線感受性

感受性の程度	組織
最も高い	リンパ組織(胸腺、脾臓)、骨髄、生殖腺(精巣、卵巣)
高い	小腸、皮膚、毛細血管、水晶体
中程度	肝臓、唾液腺
低い	甲状腺、筋肉、結合組織
最も低い	脳、骨、神経細胞

(放射線概論より)

表 8-3 胎児の放射線影響

胎生期の区分	期間	発生する影響	しきい線量<Gy>
着床前期	受精 8 日まで	胚死亡	0.1
器官形成期	受精 9 日～受精 8 週	奇形	0.15
胎児期	受精 8 週～受精 25 週	精神発達遅滞	0.2～0.4
	受精 8 週～受精 40 週	発育遅延	0.5～1.0
全期間	—	発癌と遺伝的影響	—

(放射線概論より)

表 8-4 放射線防護の観点からの放射線影響の分類

種類	放射線防護の目標	しきい線量	線量増加により変化するもの	例示
確率的影響	発生を容認できるレベルに制限する	存在しない	発生確率(頻度)	発がん 遺伝的影響
非確率的影響 (確定的影響)	発生を防止する	存在する	重症度	白内障、皮膚の 紅斑、脱毛、不妊

(ICRP No.26 より)

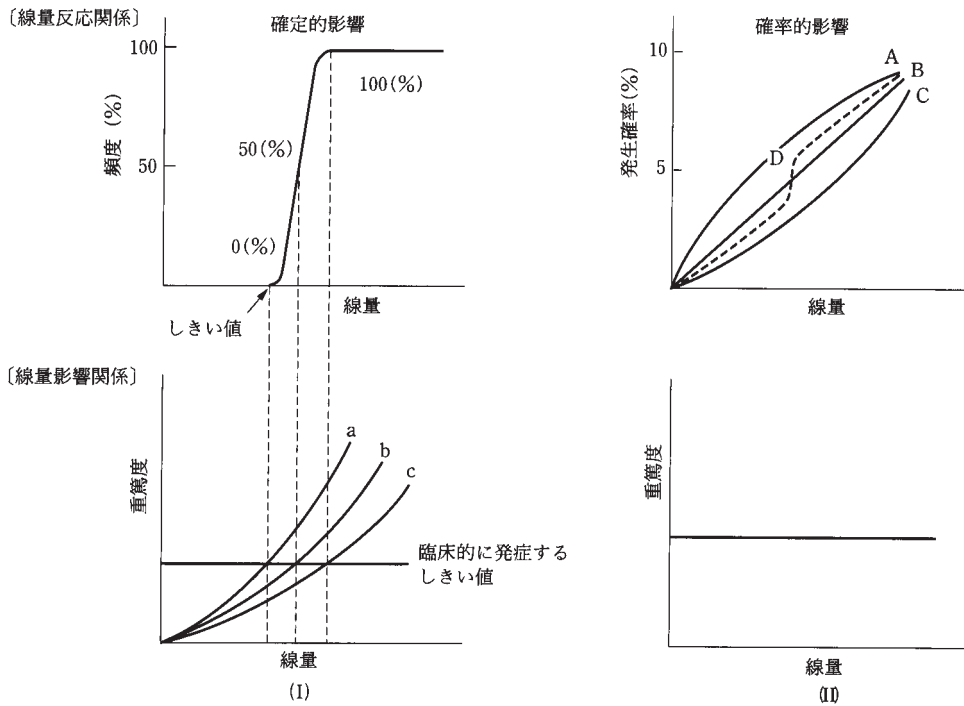


図 8-3 被ばく線量と確率的影響、有害な組織反応(確定的影響)の関係

(放射線安全取扱の基礎より)

4 放射線の種類による分類

放射線が生物の中を通過する場合、放射線と物質との相互作用によって生体にエネルギーを与える。前述した通り放射線の人体への影響はほとんど全てが障害とされており、その程度は放射線の種類によって著しく異なる。

放射線の飛跡に沿って物質に与える単位距離あたりのエネルギーのことを **LET(線エネルギー付与)**と呼び、同一エネルギーの放射線では、ベータ線やガンマ線よりもアルファ線のほうがLETは大きくなる。一般的に、ガンマ線(エックス線)やベータ線は**低LET放射線**であり、中性子線、アルファ線、陽子線、重粒子線は**高LET放射線**であるとされている。

第3節 放射線とRI、放射線発生装置

1 放射線

RI法は放射性同位元素や放射線発生装置の使用及び放射性同位元素によって汚染されたものの廃棄などを規制することによって、放射線障害を防止し、公共の安全を確保することを目的に制定された法律である。**規制の対象となる放射線とは「電磁波又は粒子線のうち、直接又は間接に空気を電離する能力をもつもので、以下に定めるもの」**である。

- (1) アルファ線、重陽子線、陽子線その他の重荷電粒子線及びベータ線
- (2) 中性子線
- (3) ガンマ線及び特性エックス線(軌道電子捕獲に伴って発生する特性エックス線に限る。)
- (4) 1メガ電子ボルト以上のエネルギーを有する電子線及びエックス線

注)1メガ電子ボルト未満のエネルギーを有する電子線及びエックス線については、電離放射線障害防止規則の対象となっており、やはり放射線防護の措置等が必要であるから注意すること。詳細は「第9章 エックス線、エックス線発生装置」参照。

以下に代表的な放射線(アルファ線、ベータ線、ガンマ線(エックス線)、中性子線)と物質との相互作用について簡単に説明する。

① アルファ線

アルファ線は、陽子2個、中性子2個からなる粒子で、ヘリウムの原子核と同じ粒子が飛んでいるものである。これは同じ荷電粒子であるベータ線と比べて非常に大きな粒子であるため、電子との相互作用による制動放射損失が少なく、ほぼ直線的に飛ぶ。そして、速度の減少とともに比電離が増加し、370keVのエネルギーのところで最大の比電離を示して停止する。**放射線が通り抜けられる物質の厚さ(飛程)は放射線の種類やエネルギー、物質の種類によって違い、普通の放射性同位元素から放出されるアルファ線の飛程は空気中で数cmしかない。**アルファ線の飛程が短いことから、遮蔽は紙1枚で十分であり、外部被ばくの危険性は極めて少ない。しかし、体内へアルファ線放出核種を取込んだ場合、生体中のアルファ線の飛程は空気中より短く数十 μ m程度となることから、生体細胞は非常に狭い領域に莫大なエネルギーを与えられる。このため局所的に重篤な障害が現れる危険性がある。このようなことから、**アルファ線放出核種の体内への取り込みは大変危険であり、安全管理上も厳しい措置がとられている。**

② ベータ線

ベータ線は、原子核から放出される電子線である。ベータ線には陽電子の β^+ と陰電子の β^- があり、どちらも荷電粒子という点では同じであるが、電荷だけが異なる。ベータ線と物質との主な相互作用は①クーロン力による原子の励起や電離、②原子核との相互作用による**制動エックス線**の放射、である。物質との相互作用によりエネルギーを失った陽電子は、陰電子と**電子対消滅**を起こし、2本の光子を放出する。また、ベータ線は励起や電離、散乱を繰り返して入射方向へ戻ってくる**後方散乱**という現象も起こるため、散乱線の遮蔽にも注意が必要である。

ベータ線の遮蔽物を選択する際は、②の制動エックス線放射を考慮しなければならない。**エネルギーの高いベータ線を遮蔽するには、原子番号の小さい物質(アクリルやアルミニウム)で遮蔽し、その外側を鉄や鉛で遮蔽し制動X線を遮蔽するというのが適当である。**

③ ガンマ線(エックス線)

ガンマ線は、励起状態にある原子核がよりエネルギーの低い基準状態に遷移するとき放出される光子である。光子は電荷を持たないため、物質中を通過するときの相互作用はアルファ線やベータ線などの荷電粒子とは異なる。光子の物質との相互作用には、トムソン散乱、光電効果、コンプトン効果、電子対生成などがある。

ガンマ線とエックス線との違いは、その発生プロセスにある。ガンマ線は原子核反応や素粒子反応により静止エネルギーが光子として放出されたもので、エックス線は荷電粒子の運動状態や束縛状態の変化により生じた余分のエネルギーが光子として放出されたものである。光子のエネルギーで分類されているものではない。

ガンマ線(エックス線)の遮蔽には、光子のエネルギーに応じて適当な物質を用いる。一般的には密度の高い物質がガンマ線(エックス線)との相互作用が大きいことから、鉛等を用いるのが適当である。

④ 中性子線

中性子は電氣的に中性の素粒子である。半減期 10 数分の不安定な粒子で、陽子と電子に分解してしまえば、これまでに述べた β 線や α 線と同じような相互作用が起こる。また、中性子の物質との相互作用には、A 弾性散乱、B 非弾性散乱、C 荷電粒子放出反応、D 捕獲反応、E 原子核分裂などがある。このうち、A の弾性散乱では衝突する相手の原子核が小さいほど多くのエネルギーを失う事が知られており、このことから**中性子の遮蔽には水素原子を多く含むパラフィンやコンクリート、水などが適している。**

B,C,D,E 等の相互作用では、相手の原子核が陽子や γ 線等を放出することや、ウランなどの重い原子核が核分裂を起こすことがあるので、中性子の遮蔽にはこれらの相互作用も考慮する必要がある。

2 RI (Radio Isotope:放射性同位元素)

RI法で規制されている放射性同位元素とは、りん32、コバルト60等放射線を放出する同位元素及びその化合物並びにこれらの含有物（機器に装備されているこれらのものを含む。）で、放射線を放出する同位元素の数量及び濃度がその種類ごとに原子力規制委員会が定める数量（下限数量）及び濃度を超えるもの（表8-5）である。

表 8-5 放射線を放出する同位元素の数量及び濃度の例

第1欄		第2欄	第3欄
放射線を放出する同位元素の種類		数量 (Bq)	濃度 (Bq/g)
核種	化学形等		
^3H		1×10^9	1×10^6
^7Be		1×10^7	1×10^3
^{10}Be		1×10^6	1×10^4
^{11}C	一酸化物及び二酸化物	1×10^9	1×10^1
^{11}C	一酸化物及び二酸化物以外のもの	1×10^6	1×10^1

ただし、RI法での規制対象としては、次の1~5に掲げるものを除く。

1. 原子力基本法に規定する核燃料物質及び核原料物質
2. 医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律に規定する医薬品及びその原料又は材料であって同法の許可を受けた製造所に存するもの
3. 医療法に規定する病院又は診療所において行われる医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律に規定する治験の対象とされる薬物
4. 上記のほか、陽電子放射断層撮影装置による画像診断に用いられる薬物その他の治療又は診断のために医療を受ける者に対し投与される薬物であって、当該治療又は診断を行う病院等において調剤されるもののうち、原子力規制委員会が厚生労働大臣と協議して指定するもの
5. 医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律に規定する医療機器で、原子力規制委員会が厚生労働大臣又は農林水産大臣と協議して指定するものに装備されているもの

3 放射線発生装置

RI法で規定されている放射線発生装置は、サイクロトロン、シンクロトロン等荷電粒子を加速することにより放射線を発生させる装置で、次に掲げる装置（その表面から10センチメートル離れた位置における最大線量当量率が原子力規制委員会が定める線量当量率以下であるものを除く。）をいう。

- (1) サイクロトロン
- (2) シンクロトロン
- (3) シンクロサイクロトロン
- (4) 直線加速装置
- (5) ベータトロン
- (6) ファン・デ・グラーフ型加速装置
- (7) コッククロフト・ワルトン型加速装置
- (8) その他荷電粒子を加速することにより放射線を発生させる装置で、放射線障害の防止のため必要と認めて原子力規制委員会が指定するもの

4 放射線の単位

(1) 放射能

放射線の単位としてよく耳にするのは「放射能」である。これは、RIが単位時間に崩壊する原子数をさすものであって、1秒間に崩壊する原子数の単位はベクレル($\text{Bq} = \text{s}^{-1}$)である。

この事からわかる通り、「放射能」とは、「速さ」や「明るさ」などと同じ“能力”を示すものであり“RI”や“放射線”そのものを直接指し示すものではない。メディア等で「原子力発電所からの放射能漏れ」といった表現を見かけることがあるが、“RI”、“放射線”と“放射能”を混同しないよう注意が必要である。

なお、放射能を示す単位Bqは、旧単位では1gのラジウムの放射能を表すキュリー(Ci)が用いられていた。1 Ci = 3.7×10^{10} Bqである。

(2) 線量

物質 1 k g に放射線を照射し、物質に与えた放射線のエネルギー量を吸収線量といい、グレイ Gy (=J/kg) であらわす。

放射線が人体に与える影響は放射線の LET により異なる。各種放射線による人体への影響を同じ尺度で計算し、放射線防護のために比較したり加え合わせたりできるようにする目的で、線量が考え出された。

$$\text{線量} = \text{吸収線量} \times \text{線質係数} \times \text{修正係数}$$

放射線防護の目的においてはこの線量を使い、単位をシーベルト Sv (=J/kg) であらわす。

さらに人体組織による放射線感受性の違いを考慮して等価線量が、また、それらを加え合せて実効線量が算出されている。単位はシーベルト Sv である。

(3) 電子ボルト

RI 法で定める放射線には、「1 メガ電子ボルト以上のエネルギーを有する電子線及びエックス線」がある。電子が 1 V の電位差間を動いて得る運動エネルギーを 1 電子ボルト (eV) とし、

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

である。1 メガ電子ボルト (1 MeV) は 100 万電子ボルトと等しい。

第4節 RI、放射線発生装置の安全取扱いと利用手続

1 安全取扱い

RI及び放射線発生装置を安全に取扱うために予防規程及び教育訓練テキストがあり、その手引書となっている。RI管理のため、受入れ及び払出し・使用・保管・運搬・廃棄等の記録が義務づけられている。実験を行う際には作業前後に使用する器具、作業台及び床面の汚染検査を行い、作業中の空間線量率計測などを行なうことが、汚染・被ばくの防止において重要である。

2 利用手続

RI及び放射線発生装置を取扱う場合には、予防規程に規定する放射線業務従事者として登録を行わなければならない。登録は、健康診断及び教育訓練の結果により放射線安全委員会の議に基づいて学長が行う。登録後は、毎月の被ばく線量測定（ガラスバッジを使用）及び6か月を超えない期間毎に1回の健康診断を受けなければならない。

3 RIの入手

RIを購入等により入手しようとする場合は、放射線取扱主任者の許可が必要となるので、購入等申込書をラジオアイソトープセンター管理室に提出すること。**放射線取扱主任者の許可なくRIを購入したり譲り受けたりする事はできない。**所定の手続き後にRIを受入れた場合、ラジオアイソトープセンター管理計算室での確認後、受入れ申込者に通知する。管理計算室にてRI管理ラベルと記録簿用紙を受取った後、使用することができる。

RIは、容器の中身を使いきり放射能がほぼ全て減衰した場合でも、RI法上は保有状態であるため、廃棄手続きが完了するまでは記帳・記録の義務があるので注意すること。長期間使用の予定がないRIは、払出しまたは廃棄の手続きを取ることが望ましい。

4 教育及び訓練

RI及び放射線発生装置を安全に取扱うために、放射線業務従事者として管理区域に入室する者は放射線障害防止のための**教育および訓練**を、初めて管理区域に立ち入る前及び管理区域に立ち入った後には前回の教育及び訓練を行った日の属する年度の翌年度の開始の日から一年以内に受けなければならない。これに従い放射線業務従事者および新規登録申請者には教育訓練の案内が届くので、必ず受講すること。

5 放射線使用施設への立ち入りと注意事項

放射線使用施設内で放射線業務に従事する場合には、予防規程等を熟知のうえ、放射線障害の防止を図り、以下の(1)～(7)について注意すること。

また、放射線使用施設内の見学及び修繕等を行う場合には、放射線管理者の許可を得て一時立ち入りのための教育訓練を受講し放射線業務従事者の案内のもとに「一時立入者」として行うこと。**一時立入者は放射線取扱業務をできないので注意**すること。

- (1) 放射線使用施設内に掲示してある「注意事項」に必ず目を通すこと。
- (2) 管理区域内での飲食、喫煙や化粧をしないこと。
- (3) 管理区域内に不要な物品を持込まないこと。特に携帯電話等無線機器は個人線量計の誤作動を招く恐れがあるので、必ず電源を切ること。
- (4) 汚染検査室にて用意された上履に履きかえ、指定の実験衣を着用すること。
- (5) 管理区域内での被ばく線量を計測するための**個人線量計(図8-4)**は、**男性は胸部、女性は腹部に装着**すること。また床面と接触するような衣類を着用している場合は裾を上げること。
- (6) 管理区域内の物品は、RIによる表面汚染を測定し、表面密度限度の10分の1以下であることを確認したものでなければ持ち出すことはできない。
- (7) 管理区域退室の前に汚染検査装置(図8-5)で手足衣服の汚染検査を行う。汚染が見つかったときは放射線管理者又は放射線業務従事者の指示を仰ぎ、適切な除染を行なうこと。



図 8-4 個人線量計



図 8-5 手足衣服の汚染検査装置(ハンドフットクロスモニタ)

6 放射線の検出

使用器具、作業台等の汚染検査や、作業中の空間線量率計測には、使用する放射線に適したものを選択しなければならない。

放射線の計測機器としては、持ち運びの容易な電離箱式サーベイメータ、NaIシンチレーション式サーベイメータ、GM管式サーベイメータが一般的である。

アルファ線や軟ベータ線(エネルギーの弱いベータ線)などは、サーベイメータでは検出できない場合があるため、これらの放射線放出核種による使用器具や作業台等の汚染検査にはスミア測定法を用いると良い。この計測に用いられる計測機器としては、液体シンチレーションカウンタやガスフローカウンタが一般的である。

また、汚染箇所のRIを同定するなどの目的には、NaI(Tl)検出器やGe検出器が用いられる。図8-6にGe半導体放射線検出器・波高分析システムによる ^{60}Co (主な光子のエネルギーと放出割合 1.173MeV-100%、1.333MeV-100% : アイソトープ手帳より)のスペクトルを示す。

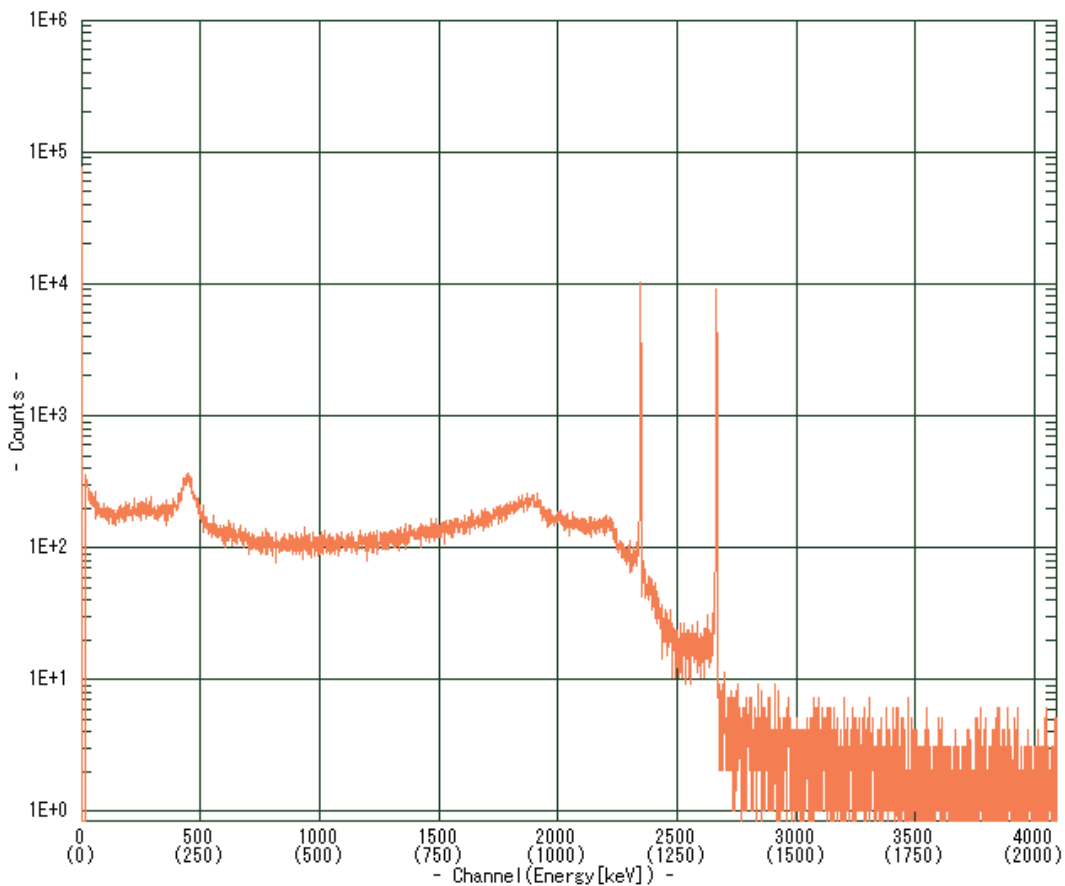


図 8-6 ^{60}Co のスペクトル(半導体放射線検出器・波高分析システムにて計測)

7 放射線の防護

放射線の防護の基本としては、

- 実験計画を立て、十分な予備実験(コールド実験)をする。
- 外部被ばくを防止する。
- 内部被ばくを防止する。
- 一人では作業しない。
- 作業前後の汚染検査と作業中の線量測定をする。

があげられる。

このうち、外部被ばくと内部被ばくの防止について以下に述べる。

(1) 外部被ばく防止

放射線による外部被ばく防止には、**遮蔽**、**距離**、**時間**の3原則がある。

A) 遮蔽による防護

放射線は、その種類及びエネルギーによって物質を透過する距離が異なるから、遮蔽物を利用し、できるだけ被ばく線量を少なくするように注意をしなければならない。

特にベータ線は制動エックス線放出するため、アクリル板での遮蔽が必要となる。

放射線の種類による遮蔽の例を図8-7に示す。

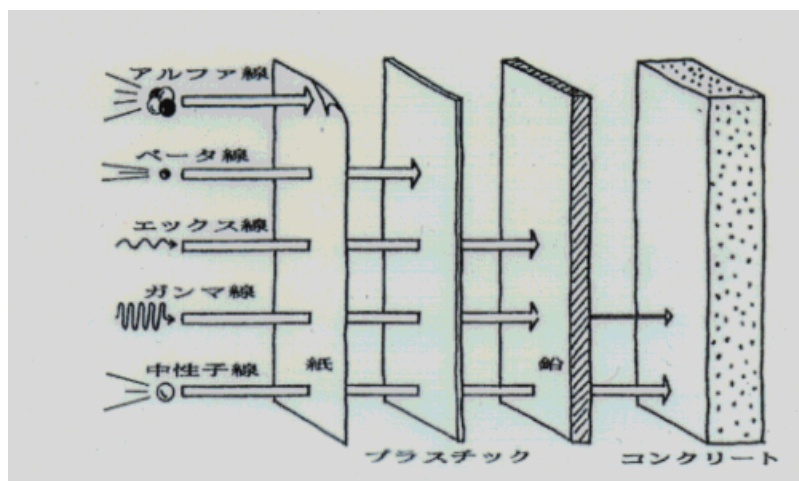


図 8-7 放射線の遮蔽の例

B) 距離による防護

放射線の強さは距離の2乗に反比例するため、線源との距離が離れるにつれて、線量は急激に減少する。R I を取扱う際に距離を取る必要がある場合は、柄の長い tong やピンセットなどを使用する。

C) 時間による防護

被ばく線量は被ばく時間に比例して大きくなるため、作業前に実験計画を立て、十分に予備実験(コールド実験)をすることにより、作業時間を短縮する。

(2) 内部被ばく防止

内部被ばくを防ぐには、**経口、経気道、経皮膚**の3つの経路に注意する。放射性同位元素の化学的、物理的性質にもよるが、これらの経路から放射性同位元素が体内に入らないようにするためには、R I が皮膚や傷口を通して体内に侵入しないようにゴム手袋等を着用し、吸入等により体内に入らないようにフード・ドラフト内で取り扱う。R I 試薬の誤飲を防ぐために、安全ピペッター等を使用する。**管理区域内では飲食、喫煙、化粧など放射性同位元素を体内に取込む危険性のある行為をしないこと。**

8 ウラン、トリウム等の取扱い

核物質が平和目的だけに利用され核兵器等に転用されないことを担保するため、たとえ数グラムの核物質を保管する場合であっても核物質を使用する場所を定め、その区域で一定期間に搬入・搬出される核物質の増減や、現在の核物質の在庫の量を正確に管理する必要がある。

原子力基本法に規定する核燃料物質（ウラン・トリウム等原子核分裂の過程において高エネルギーを放出する物質）及び核原料物質（ウラン鉱、トリウム鉱その他核燃料物質の原料となる物質）は RI 法からは除外され、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」の規制対象となり、使用の許可を受ける必要がある。ただし、表 8-6 に示すように「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令」第 39 条で定める種類及び数量の範囲内の核燃料物質を使用する場合には、許可は必要ではない。

表 8-6 使用の許可を要しない核燃料物質の種類と数量(原子力規制委員会 HP より)

	種類	使用の許可を要しない数量
一	ウラン 235 のウラン 238 に対する比率が天然の混合率であるウラン及びその化合物	ウランの量 300 グラム以下
二	ウラン 235 のウラン 238 に対する比率が天然の混合率に達しないウラン及びその化合物	ウランの量 300 グラム以下
三	一及び二を 1 または 2 種類以上を含む物質で原子炉において燃料として使用できるもの	ウランの量 300 グラム以下
四	トリウム及びその化合物	トリウムの量 900 グラム以下
五	四を 1 または 2 種類以上を含む物質で原子炉において燃料として使用できるもの	トリウムの量 900 グラム以下

以下のものは数量に関わらず使用の許可を必要とする。

1. ウラン 235 のウラン 238 に対する比率が天然の混合率をこえるウラン及びその化合物
2. プルトニウム及びその化合物
3. ウラン 233 及びその化合物

9 長岡技術科学大学にある原子力安全教育機器と実験例

本学には、原子力安全教育の目的で、ラジオアイソトープセンターに以下の機器を保管している。これらの機器を用いることで、放射線に対する基礎的な知識を習得することができる。本学で使用することのできる機器一覧を以下に、これら機器を使用した実験例を次ページに示す。

- ・ ベーシックスケーラ、アロカ TDC-105、1台
- ・ GM管、アロカ GM-5004、1台
- ・ 測定台、アロカ PS-202、1台
- ・ ベータちゃん、千代田テクノル、5台、鉛板・鉄板・アクリル板付
- ・ シンチレーションサーベイメータ、アロカ TCS-171、5台、チェックソース(^{137}Cs)付
- ・ 鉛ブロック、PBBLOCK2B、10個、放射線遮蔽材
- ・ 低温拡散型霧箱、島津 WH-50、1台、アルファ線源(^{241}Am)付
- ・ 低温拡散型霧箱用 CCD カメラ、1台

A. 目に見えない放射線を観測する

実験目的：

放射線は五感で感じるができないが、霧箱を用いて実験を行なうことにより実際に放射されている事を観測する。

教育項目：

放射線は五感で感じられない。線源からは放射状に放射線が放出される(図8-8)。α線の飛程は短く、紙で完全に遮蔽されるくらいに物質を透過する力は弱いですが、それだけにエネルギーをすべて物質に与えるので危険である。



図 8-8 α線の飛跡

実験材料：

低温拡散型霧箱、氷、氷水容器、氷水循環用ポンプとホース、エタノール(10ml)、スポット(1本)、ビーカー(50ml)、紙キャップ(α線遮蔽用、手製)、CCD カメラ、カメラ支持台(クランプまたは三脚)、モニタ(各系実験室のものを使用)、カメラ・モニタ接続ケーブル

手順：低温拡散型霧箱を使用する場合

- 1、低温拡散型霧箱、CCD カメラ、モニタ、氷水、循環用ポンプをセットする。
- 2、霧箱用のα線源を取り出し、放射線放出スリットから出ている放射線が目には見えないことを学生に確認させる。
- 3、霧箱内のフェルトにエタノールを染み込ませてα線源を霧箱に装着し、霧箱の電源と氷水循環用ポンプの電源を入れる。
- 4、霧箱窓内に放射線の飛跡が見えたら CCD カメラとモニタをセットして学生に観察させる。
- 5、α線の放出過程と性質及び遮蔽物質の選択について説明し、霧箱からα線源を抜き出す。
- 6、α線源の先端に紙製のキャップを装着し、霧箱に戻す。
- 7、しばらくして霧箱窓から放射線の飛跡が見えたら紙での遮蔽が可能なことを観察させ、説明する。

B.放射線の安全管理について

実験目的：

ガンマ線源(チェックソース)とシンチレーションサーベイメータを用いて放射線の遮蔽及び距離によるカウント数の変化を確認し、放射線を取り扱う際の時間・遮蔽・距離による安全管理を学習する。

教育項目：

ガンマ線源の性質(物質を透過する力が強い)、遮蔽材料の選択について。放射性同位元素を安全に使用するための「放射線源からの距離」、「放射線源との間に設ける遮蔽」「放射線源を取り扱う時間」について。

実験材料：

シンチレーションサーベイメータ、チェックソース、鉛ブロック

手順：

- 1、シンチレーションサーベイメータの電源スイッチを押して、計測可能な状態にする。
- 2、シンチレーションサーベイメータを適当な場所に置き、放射線源のない状態での測定値を記録する。時定数は30秒とし90秒以上経過後の数値を記録するのが望ましい。これをバックグラウンド値 A_{BKG} とする。
- 3、次にチェックソースを測定する。測定値から A_{BKG} を引いた正味の値が放射線源由来の値となる。
- 4、チェックソースとサーベイメータの間に鉛ブロックを置いた場合の測定値の変化から、鉛ブロックの遮蔽効果について確認する。
- 5、チェックソースとシンチレーションサーベイメータとの距離を2、3、4倍に伸ばした場合の測定値の変化から、線源との距離の効果について確認する。放射性同位元素からの距離と被ばく量との関係(距離2乗則)が確認できるが、この実験では点線源を用いていないので理論通りの減少は見られない。

C. 自然放射線の観測

実験目的：

自然界に存在するいくつかの物質中にも放射性同位元素が含まれていることを確認し、自然放射線及びその年間被ばく量について学習する。

教育項目：

自然放射線の存在と、ベータ線の性質(カリウム肥料など)。

実験材料：

ベータちゃんを含む測定実験キット

実験方法：

- 1、ベータちゃんの電源を確認し、実験キット内の各測定試料(花崗岩：80～100cpm、乾燥コ
ンブ：100～120cpm、塩化加里肥料：バックグラウンドの10倍程度、リン酸加里肥料：塩化
加里よりは低い値、湯の花：バックグラウンドの20倍程度、クリスタルガラス：60～80cpm
を測定してみる。
- 2、測定試料とベータちゃんの間には鉄板、アクリル板、鉛板を入れ、遮蔽の効果について確認
する。
- 3、測定試料とベータちゃんとの距離を2、3、4倍にしてカウント数の減少を確認し、距離を
とることの意味を確認する。

以上の他にも、放射性同位元素の半減期や遮蔽材厚さの効果に関する実験(GM計数装置)や放射性同位元素の計測分析による核種同定(放射線波高分析システム)などの原子力安全教育が可能である。

参考図書

1. よくわかる放射線・アイソトープの安全取扱い、公益社団法人日本アイソトープ協会(2018)
2. 放射線安全取扱いの基礎、西澤邦秀編、名古屋大学出版会(2013)
3. わかりやすい放射線物理学、多田順一郎、オーム社(2018)
4. 放射線概論、柴田徳思編、通商産業研究社(2018)
5. アイソトープ手帳、社団法人アイソトープ協会
6. アイソトープ法令集(Ⅰ)、公益社団法人日本アイソトープ協会

第9章 エックス線、エックス線発生装置

エックス線回折装置、蛍光エックス線分析装置等のエックス線を発生する装置及びエックス線の発生を伴う装置（以下、両者を総称して「エックス線発生装置」とする。）から出るエックス線も、人体に対して放射線障害の危険性を持っている。これらの使用等については、労働安全衛生法並びに電離放射線障害防止規則を受けて「長岡技術科学大学エックス線障害防止管理規程」が定められており、エックス線装置を使用する職員及び管理区域に職務上随時立ち入る必要がある職員は登録申請し、許可されなければ従事できない等の規制を行い、R I、放射線発生装置と同様に放射線障害の防止を図っている。

第1節 エックス線

1 エックス線の管理

エックス線は $0.01\sim 100\text{\AA}$ の波長をもつ電磁波で、物質をイオン化させる電離作用をもつため人体に有害であり、その取扱いにおいては、被曝を避けるように細心の注意を払うことが必要である。高エネルギーの電子線を対陰極金属に照射してエックス線を発生させる、通常のエックス線管では、発生するエックス線のスペクトルは、加速電圧（管電圧）を最高エネルギーとし、平均エネルギーがおよそその $1/3$ 程度の制動放射の連続的なスペクトルと、対陰極金属固有の特性エックス線とが重なったスペクトルになる。これをさらに分光する場合もあるが、最高エネルギーはたかだか 100 kV 程度であり、放射線としての遮蔽は比較的容易である。しかし、強度が強いため、隙間などからの漏洩や散乱の影響を考慮して、慎重に遮蔽する必要がある。また、電子が照射されている間だけエックス線が発生するので、市販の装置では、扉など各種の遮蔽や安全機構と連動したインターロック機構がついており、使用者の被曝を避けるようになっている。このため、エックス線の使用方法及び装置の機構を熟知し、実験を行うことはいうまでもない。本学では、遮蔽の構造、外部に漏れるエックス線の線量及びインターロックの有無等の条件により、エックス線装置内のみに管理区域が存在するものと、エックス線装置の外に管理区域を設定する必要があるものに分類され、それぞれ使用するための申請や許可の条件が異なるので注意されたい。いずれにしろ、自分が使用しようとするエックス線装置がどちらに分類されるかは、その装置の特性や機構に大きく係わるものであるものであるため、良く装置のことを理解する必要がある。

2 エックス線の測定

エックス線の検出には写真作用、蛍光作用およびイオン化作用等の性質が利用される。代表的な方法を表9-1に掲げる。

表9-1 エックス線の測定法

写真法	エックス線フィルム及び乾板
計数管法	シンチレーション計数管 ガイガーミュラー計数管・比例計数管 半導体検出器

エックス線の遮蔽が十分であるかどうかは、写真法によっても行えるが、通常携帯用の計数管（サーベイメーター）でチェックする。ただし、エネルギーの低いエックス線では、一般の放射線検出器では検出が困難な場合もあるので、エックス線のエネルギーに応じた測定法を選ばなくてはならない。

3 エックス線の人体に与える影響

エックス線の場合は外部被曝が中心であるが、その影響は他の放射線と同様であり、造血臓器、生殖腺、眼および皮膚の障害として現われる。たとえば眼の障害として、「白内障（白そこひ）」を生ずるエックス線量は、臨床的に5シーベルトとされている。

第2節 エックス線発生装置

本学では、エックス線発生装置の新設、拡充、改廃、又は変更しようとするときは、産学連携・研究推進課に届け出ることになっている。エックス線発生装置の設置室が設定されており、設置室が管理区域になっている場合には、エックス線施設責任者を、装置内部のみが管理区域となっている装置にはエックス線装置使用責任者を置くことになっている。また、エックス線装置を使用する職員等（ここで、等とは学生、共同利用者などの本学の職員以外のものを示す。）及び管理区域に職務上随時立ち入る必要がある職員等はあらかじめ所定の書式により学長に申請して、承認を得て登録した者でなければならない。設置室が管理区域になっているエックス線装置を使用する、あるいはその管理区域に職務上随時立ち入る必要がある職員等はエックス線業務従事者に登録する必要がある、装置内部のみが管理区域となっている装置を使用するものはエックス線装置使用者として登録する必要がある、両者共にあらかじめ所定の書式により学長に申請して、承認を得る必要がある。なお、退職及び卒業等で大学を離れるまで申請は自動更新される。

エックス線業務従事者の登録は、健康診断及び教育訓練の結果により、放射線安全委員会の議

に基づいて学長が行う。登録後は、被曝線量測定及び6か月に1回の健康診断を受けなければならない。登録後の教育訓練については、労働災害の動向、社会経済情勢、本学における使用環境の変化があった場合に実施する。ただし、学生は、登録後、進学の際には教育訓練を受講しなければならない。

エックス線装置使用者の登録は、教育訓練の結果により、放射線安全委員会の議に基づいて学長が行う。登録後の教育訓練については、労働災害の動向、社会経済情勢、本学における使用環境の変化があった場合に実施する。ただし、学生は、登録後、進学の際には教育訓練を受講しなければならない。

なお、エックス線施設責任者及びエックス線装置使用責任者は、毎年教育訓練を受ける必要があり、教育訓練を当該施設従事者あるいは当該装置使用者の被曝低減のために役立てていただきたい。

以下は、エックス線発生装置について、使用上の注意を述べる。

1 エックス線の使用に関する注意事項

設置室が管理区域になっているエックス線装置を使用する、あるいはその管理区域に職務上随時立ち入る必要があるものは使用する場合には、ガラスバッジやポケット線量計等の放射線測定器を装着して被曝量を確認しなければならない。当該装置を使用する場合は、装置の機能や機構を熟知し、不用意な取り扱いをしないよう十分に注意して被曝を最小限に抑えるようにしなくてはいけない。特に、各部品を外したり、変更を加えたりする場合には、細心の注意をはかる必要がある。なお、装置を変更する場合は事前に届け出る必要がある。装置の調整時には指、腕等を被曝しやすいので注意を要する。指につける指輪形の線量測定器等もあるので、必要に応じて併用すると良い。

装置内のみが管理区域として設定されるエックス線発生装置は、装置構成各部分にエックス線被曝を防止するためにインターロック等の安全装置が取付けてあるので、通常の使用時にはエックス線被曝の恐れは非常に少ないが、使用者はあらかじめ、その機構を熟知しておくことが必要であり、不用意な取り扱いをしないよう十分注意しなければならない。もちろん、各部品を不注意に外したり変更を加えたりしてはいけない。装置の調整時には指、腕等を被曝しやすいので注意を要する。指につける指輪形の線量測定器等もあるので、必要に応じて利用すると良い。

エックス線発生装置は、安全性を確保するためにも年1回の定期検査を必ず行わなければならない。

エックス線発生装置を使用するに当たっては、詳しくは、本学のエックス線障害防止管理規定を参照されたい。<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=347M50002000041>にある、電離放射線障害防止規則を参照することもお勧めする。また、エックス線作業主任者免許があり、これは、エックス線作業主任者免許試験を受験し合格するともらえる。この資格があると、エックス

線作業主任者になることができる。将来、有用な資格になりうるので、エックス線を使った研究をしている学生諸君は、積極的に受験されることを勧める。

電離放射線障害防止規則の第 50 条には、
エックス線作業主任者免許試験は、次の試験科目について、学科試験によって行う。

- 一 エックス線の管理に関する知識
- 二 エックス線の測定に関する知識
- 三 エックス線の生体に与える影響に関する知識
- 四 関係法令

と規定されている。

また、エックス線作業主任者は、第 1 種放射線取扱主任者免状を保有しているものもなることができる。第 1 種放射線取扱主任者免状は試験を受験し合格した後、研修を受けることにより免状を得ることが出来る。研修を受ける費用は比較的高いが、試験合格後に研修を受けるまでの期間に期限は無いので、会社等に入ってから研修を受けることもできる。したがって、試験だけ受けておくということも可能である。もし、余裕があるなら第 1 種放射線取扱主任者の試験に挑戦するのも良いだろう。

2 その他の注意事項

通常のエックス線管球にかける高電圧電源は 50～60kV、30～40mA 程度の出力をもつ直流電源である。この高電圧に触れると非常に危険であり、エックス線管球の交換および装置の保守点検は、電源を切り、高圧の電荷を十分放電させた後行う。

第10章 野外実験・実習等における安全確保

第1節 一般的な心構え

本学の学生の野外での活動範囲は、街中だけではなく、林野・海岸・河川・湖沼・山岳地帯などのあらゆる地域・環境に及ぶ。また、工学部である性質上、力学的・生物学的に危険な領域での活動も必要になる場合がある。また、それ故、小さな不注意から大きな事故を招くことがあり、活動には細心の注意が必要である。

野外実験、実習などで野外活動を行う場合には、事前に必要な情報を収集し、余裕をもった計画を立てること。また、滑落や野生動物との遭遇などの事故に備え、**必ず複数人**で行動すること。また担当教員は基本的には同行すること。もし同行できない場合には、事前に計画及び連絡方法などについて教員とよく検討を行い、了解を得てから出かけること。

現地では細心の注意を払い、計画実行に固執せず、**安全第一**で行動すること。

また、事故などの不測の事態が生じた場合には、冷静を心がけ、適切な処置を講じ、関係機関に直ちに連絡すること。

第2節 出かける前の準備

1 計画及び情報収集

過去の活動事例がある場合には、活動内容やその際に発生したヒヤリハット事例などを必ず確認しておくこと。計画立案の際には、移動や活動が楽に行えるように時間には余裕をもたせて設定すること。また事前に可能なだけ現地の状況を把握すること。その際には、地図や天気予報などで地理や気象などを把握するのはもちろんのこと*1)、天候が良好でも地滑りや河川増水の有無、波浪や潮位の状況、現地の野生動物の生態、野性生物などにもし遭遇した際の安全姿勢のとり方などの対処法など*2)についても情報収集をしておくこと。

また、計画実行の判断は担当教員の意見を含め総合的に判断すること。その結果、状況が悪いと予測できる場合は無理をせずに中止すること。また、立ち入りが制限されている危険地帯などの調査や作業が必要な場合には、事前にその場所の管理責任者などに連絡をとり許可を得ること。

決定した当日の行程および準備などについては、参加者全員に十分な説明と指導をすること。

*1) これに付随して、**地形図**や**天気図**の見方を知っておくことが望ましい。

*2) 堅果類凶作年の冬前には山林外でも朝夕方にクマに遭遇する確率が高くなる。

2 緊急連絡手段の確保、応急処置法の習熟

緊急時の連絡方法を事前に確認し、その方法（携帯電話の番号など）を担当教員や大学、必要ならば関係機関に必ず知らせておくこと。必要な装備については、次節『3 服装及び装備の準備（2）装備』を参考のこと。もし、現地で怪我や事故などが発生した場合、直ちに対処できるように『第2章 応急処置』を熟読し、必要であれば事前に練習をしておくこと。また、現地から最寄りの診療所や病院などを把握しておくことが望ましい。

3 服装及び装備の準備

(1) 服装

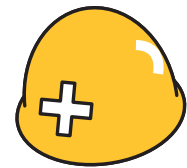
現地では長袖・長ズボン、手袋、長靴など、作業性や安全性が高く、肌の露出部分の少ない衣服や履物を着用すること。その他、必要に応じて安全靴や、防寒性や防水性などに優れたもの、夏期の熱中症予防のために通気性の良いレインウエアなどを着用すること。



作業・安全性優先

(2) 装備

ア 野外での作業は、通常的环境と異なるために不測のトラブルに遭遇するが多い。それを最小限に止めるためにも、事前に現地で使用する観測機器のメンテナンス等を実施し、その後、実際に機器を使用した予行練習を行い、作業工程を十分に習熟しておくこと。



イ 落石・崩壊・転落・雪崩・落水等の危険発生の恐れのある場所へ行く場合には、ヘルメットや救命胴衣などを準備すること。

ウ 野外活動中の負傷や急な疾病などにすぐに対処できるように、現場に応じた外傷用消毒薬の他、かぜ薬・胃腸薬・抗生物質入り軟膏・服用抗生物質・防虫薬*3)・毒蛇用解毒剤・湿布薬・小医療器材、酔い止めなどの医薬品などを用意しておくこと。必要な医薬品は対象地域により異なるが、各人の責任で適切な医薬品を選択すること。また、必要に応じて野生動物に遭遇した際に使用する器具*4)なども準備すること。



*3) ダニ忌避効果があるデーツが入った虫よけなどがある。

*4) カウンターアソルトというクマスプレーなどがある。

エ 安全性が確認された飲料水が確保できない地域へ出かける場合には、十分な量の携帯食や飲料水を用意すること。

オ 携帯電話などの通信手段を用意すること。携帯電話は長時間使用する可能性もあるので、外部電池パックなどを用意すること。また、携帯電話が通話不能な地域へでかける場合には、衛星通話が可能な携帯電話や、特定小電力トランシーバ*5)（免許不要）、アマチュア無線機*5)（要免許）などの通信手段を用意することが望ましい。

*5) 通話距離：特定小電力トランシーバ：数百メートル、アマチュア無線機：数キロメートル。

- カ 想定外に活動中で日没となることがあるので、ヘッドライトなどの灯火類を準備すること。
- キ その他 それぞれの専門分野での活動に必要な装備を準備すること。

4 事前届出

大学への届け出や関係機関への事前連絡は、基本的には担当教員が行う。学生は、どのような書類や届出が必要かを担当教員とよく相談をし、必要な場合には担当教員に書類を提出してもらうこと。提出が必要な書類には例えば次のものがある。

- (1) 野外実験・実習等実施計画書（必ず提出しなければならない）
- (2) 旅行命令等伺（出張申請書）
- (3) 立ち入り禁止区域への立ち入り許可証など*6（関係機関へ申請・入手する）
 - *6) 後述『現地での注意事項 (7) 危険地帯での調査・作業』を参照すること。
- (4) その他 それぞれの専門分野での活動に必要な届出をすること。

5 傷害保険の確認

災害・事故が発生すると、治療・救助などに多大な経費が必要となる。野外での活動を行う場合には、さまざまな災害・事故を想定し、適切な保険に加入しておくことが望ましい。

長岡技術科学大学では、入学時に学生全員が『学生教育研究災害傷害保険』に加入することになっている。この保険は、「教育研究活動中」の「傷害」に適用が可能である。この「教育研究活動中」とは、現地での傷害及び移動中の事故傷害を含む(本学は通学中の担保特約にも加入している)。ただし、この保険は、疾病や災害（地震、噴火、津波など）は適用外なので注意をすること。必要であれば、他の保険にも加入すること。

— 「学生生活ガイドブック」(25 ページ)抜粋 —

学生教育研究災害傷害保険（通称：学研災）は、学生が教育研究活動中（通学や課外活動中を含む。）に被った急激かつ偶然な外来の事故によって身体に傷害（ケガ）を被った場合に必要な給付を行い、大学の教育研究活動の充実に寄与することを目的とした災害補償制度で、本学では入学時に全員が加入することになっています。

■傷害には次に掲げるものを含みますが、「病気」はこの保険の対象となりません。

- ①身体外部から有毒ガスまたは有毒物質を偶然かつ一時に吸入、吸収または摂取した場合に急激に生ずる中毒症状。
- ②日射または熱射による身体の障害。

■その他保険金が支払われない事例

故意、闘争行為、自殺、犯罪行為、地震、噴火、津波、戦争、暴動、放射線・放射能による傷害、無資格・酒気帯び運転、学寮にいる間、大学が禁じた行為・時間・場所のほか山岳登山・スカイダイビング等これらに類する危険度の高い課外活動等。また、飲酒による急性アルコール中毒等急激かつ偶然な外来の条件を充足しない事故も対象となりません。

担保範囲	死亡保険金	後遺障害保険金	支払保険金	入院加算金
正課中、 学校行事中	2,000万円	120万円 ～3,000万円	3千円～30万円	1日につき 4,000円
上記以外で学校施設内にいる間（課外活動中を除く）、 通学中、 施設間移動中	1,000万円	60万円 ～1,500万円	治療日数4日以上が対象 6千円～30万円	
大学に届出した課外活動中			治療日数14日以上が対象 3万円～30万円	

※ 担保範囲でも該当しない場合や連絡が遅れると保険金が支払われない場合がありますので、**災害にあった場合は、速やかに学生支援課へ連絡**してください。

※ 「治療日数」とは傷害を被り治療を開始した日から「平常の生活に従事することができる程度に治った日まで」の間の実治療日数（実際に入院または通院した日数）をいいます。治療期間の全日数が対象になるのではないことに注意してください。

第3節 現地での心構え

1 現地での注意事項

現地では、計画行程に固執せずに、次の点に注意をしながら**安全第一**で行動をすること。

(1) 複数人で行動をし、単独行動は極力避けること。

(2) 身分証明書や保険証、立入許可証などの携行

ア 学生証や、運転免許証など、自分の身分を証明できるものを携行すること。

イ 調査中の怪我や疾病の可能性のあることから保険証のコピーを携行すること。

ウ 通行許可証や立入許可証などが必要な場合*7は、それも携行すること。

*7) 後述『現地での注意事項 (7) 危険地帯での調査・作業』を参照すること。

(3) 健康管理

ア 野外活動は体力を消耗するので、体調が優れない場合には中止をすること。また調査中に不調に気付いた場合には直ちに作業を中断し、必要に応じて医師の診断などを受けること。

イ 低温や降雨などで身体が濡れると、身体が冷え体調不良になるだけでなく、動作が鈍くなる。これが事故発生の要因になる場合があるので、手足の先や首などの末端の部位をしっかりと保温すること。

(4) 交通安全

ア 自動車で現地まで往復をする場合は、交通法規を遵守し、制限速度、車間距離などに注意をすること。

イ 自動車による移動調査、街中での作業時などは特に注意をすること。



安全運転で...

ウ 車外での作業などでは、ヘルメットや視認性の高い衣類を着用し、往来する車両に気を配ること。

(5) 立て看板

付近に「地すべり危険地帯」「ダム放流注意」「クマ出没注意」など注意喚起の立て看板などがある場合はその内容を必ず熟読しておくこと。



看板の確認

(6) 天候

天候が悪化した場合や日没後は無理をせずに作業を中止し撤退をすること。また、天候が良好でも、それまでの悪天候で土砂崩壊などの地盤災害が生じやすい状態の場合や、河川上流域の集中豪雨やダムの放水による河川増水*8)、台風接近による高波浪など、災害発生の可能性が高い場合がある。また野生動物の活動が活発になる時間帯もあるので、常に周囲の状況に気を配り、決して無理な行動をしないこと。



無理はしない

*8) 例えば、長岡市を縦断する信濃川は全長 367km である。ここでは、上流の洪水が最大 2 日間かけて長岡へ到達するので、長岡が晴天でも増水することがある。

(7) 危険地帯、自然保護地域、動植物相手の調査・作業

ア 地すべり地帯や崩壊地などの立ち入りが禁止されている地区や、危険地帯、工事現場などでの調査は極力回避すること。

イ 止むを得ず立ち入り禁止地区や危険地帯での調査や作業が必要な場合には、事前にその場所の管理責任者や関係者と連絡をとり、公的な許可を得ておき、当日はその指示に従って行動すること。また許可証がある場合は必ず携行すること。



許可証の携帯

ウ 落石・崩壊・転落の恐れや自然生物と遭遇の可能性がある危険な場所ではヘルメットや作業着など身を守る服を着用し、海岸・河川・湖沼などの水辺では救命胴衣などの必要な装備を着用するなど、事故のないように十分注意すること。また、単独行動を避け、周囲への注意を怠らないこと。特に悪天候の直後は危険であるので十分に注意をすること。

エ 調査場所や活動内容によっては事前に許可申請*9)が必要な場合があるので注意すること。また水中、地中、対動物などの特殊状況下での作業*10)では、必ず経験者と共に行うこと。

*9) 後述『(9)自然環境の保持 ア～ウ』を参照すること。

*10) 潜水士など、状況に応じて資格が必要となることがあるので注意すること。

(8) 社会性の遵守

ア 私有地での調査・作業は、地権者の同意を得てから行う。また、他人のプライバシーや公共性を侵害することのないように心がけること。市街地や人混みでは、他人に迷惑をかけるないように注意すること。

- イ 自然破壊・物的損傷につながるような行動をしないこと。
- ウ 栽培・養殖・飼育されている動植物の採集は窃盗に相当するので注意をすること。

(9) 自然環境の保持

ア むやみに自然環境を破壊しないように努めること。特に、国立公園・国定公園や天然記念物、採集禁止地域、鳥獣保護区等の法的規制のある場所での岩石や動植物などの採集はしないこと。研究の遂行上必要な場合は、担当教員と相談の上、関係機関に連絡をして必ず公的な許可をとること。



自然環境の保持

イ 鳥獣の捕獲等をおこなう場合には、**学術捕獲許可申請**を該当市町村や都道府県に提出し事前に許可を得ること。

また天然記念物指定エリアでは**現状変更等許可申請*11)**をおこなう必要があるので注意すること。海・河川・湖沼の場所によっては漁業権が設定されている場所があるので、それぞれ必要に応じて免許・許可をとること。免許状・許可証がある場合は必ず携行すること。

***11)** 申請後認可まで2ヶ月程度かかることがあるので早めに申請すること。

ウ 法的規制のない場所でも、乱獲を避け、節度ある採集などを心がけること。

(10) その他

現地では予測が困難な事故が発生する可能性もあり、状況に応じて各人の常識ある判断に基づいて行動すること。また、日頃からどのような場合にどのような状況（危険）が起こり得るかについて、習熟に心がけること。

2 不測の事態が発生した場合の対処

緊急事態や不測の事態などが生じた場合には、パニックに陥らずに冷静な状況判断を心がけ、状況に応じた適切な処置を講じること。また、必ず大学や関係機関に連絡をすること。

緊急事態で怪我・疾病、遭難者が出た場合には、『(6) 野外活動時における緊急事態発生時の応急処置』や『第2章 応急処置』に詳述してある内容に従い関係機関へ連絡し、必要であれば事故者への応急処置を講じる。これらの応急処置の手法は事前に熟読しておくことが望ましい。

(1) 怪我・疾病

『(6) 野外活動時における緊急事態発生時の応急処置』や『第2章 応急処置』に詳述してある内容に従い処置を講じること。必要な場合には、近くの病院などへ搬送をすること。意識不明や歩行不能など、搬送が困難な場合は救助を要請すること。

(2) 遭難

- ・**自分の場合**：通信手段で外部との連絡を試行しつつ、慎重に行動をすること。悪天候時や夜間では、夏場でも気温が低下し、体温や体力を消耗する。服装等に十分な配慮をしつつ、体力の温存及び食料等の節約を心がけること。
- ・**仲間の場合**：『(6) 野外活動時における緊急事態発生時の応急処置』に従いつつ救助を要請すること。救助が到着するまでの間、自分で捜索を行っても良いが、必ず安全を確保できる範

囲で行うこと。遭難者を発見した場合には、『(6) …』に従い状態を把握し、必要であれば応急処置を講じる。警察などが到着したら状況を説明し、捜索や応急処置を引き継ぐ。

(3) 落水・漂流

・**自分の場合**：むやみに流れに逆わずに*12)、速やかに陸上へ上がること。濡れた衣類を着用したままにすると体力を著しく消耗するので、できるだけ速やかに着替えたり乾燥させたりすること。もし自力で岸まで着けない場合は、体力の温存を心がけながら救助を待つこと。

・**仲間の場合**：むやみに近づくことはしないで*13)、ロープや物を投げて事故者を確保するよう試行する。確保が無理であれば『(6) 野外活動時における緊急事態発生時の応急処置』に従いつつ救助を要請すること。救助が到着するまでの間、自分で事故者確保を試行しても良いが、必ず安全を確保できる範囲で行うこと。事故者を確保した場合には、『(6) …』に従い状態を把握し、必要であれば応急処置を講じる。警察などが到着したら状況を説明し、捜索や応急処置を引き継ぐ。

*12) 速い流れに逆らおうとすると体力を激しく消耗するので、流れが急な場合には救助を待ちつつ体力を温存しながら浮くことに専念することが望ましい。

*13) 安全な場所であっても、しがみつかれ一緒に落水する可能性が高い。

(4) 地盤崩壊・家屋崩壊・雪崩など

・**自分の場合**：速やかに地上・屋外へ出ること。出られない場合は無理をせず、可能な範囲で安全確保、体力温存を心がけながら救助を待つこと。怪我などがある場合には可能な範囲で『第2章 応急処置』に従い処置を講じる。

・**仲間の場合**：むやみに近づくことはしないで、『(6) 野外活動時における緊急事態発生時の応急処置』に従いつつ救助を要請すること。救助が到着するまでの間、自分で事故者確保を試行しても良いが、必ず安全を確保できる範囲で行うこと。事故者を確保した場合には、『(6) …』に従い状態を把握し、必要であれば応急処置を講じる。警察などが到着したら状況を説明し、捜索や応急処置を引き継ぐ。

(5) 野生動物との遭遇

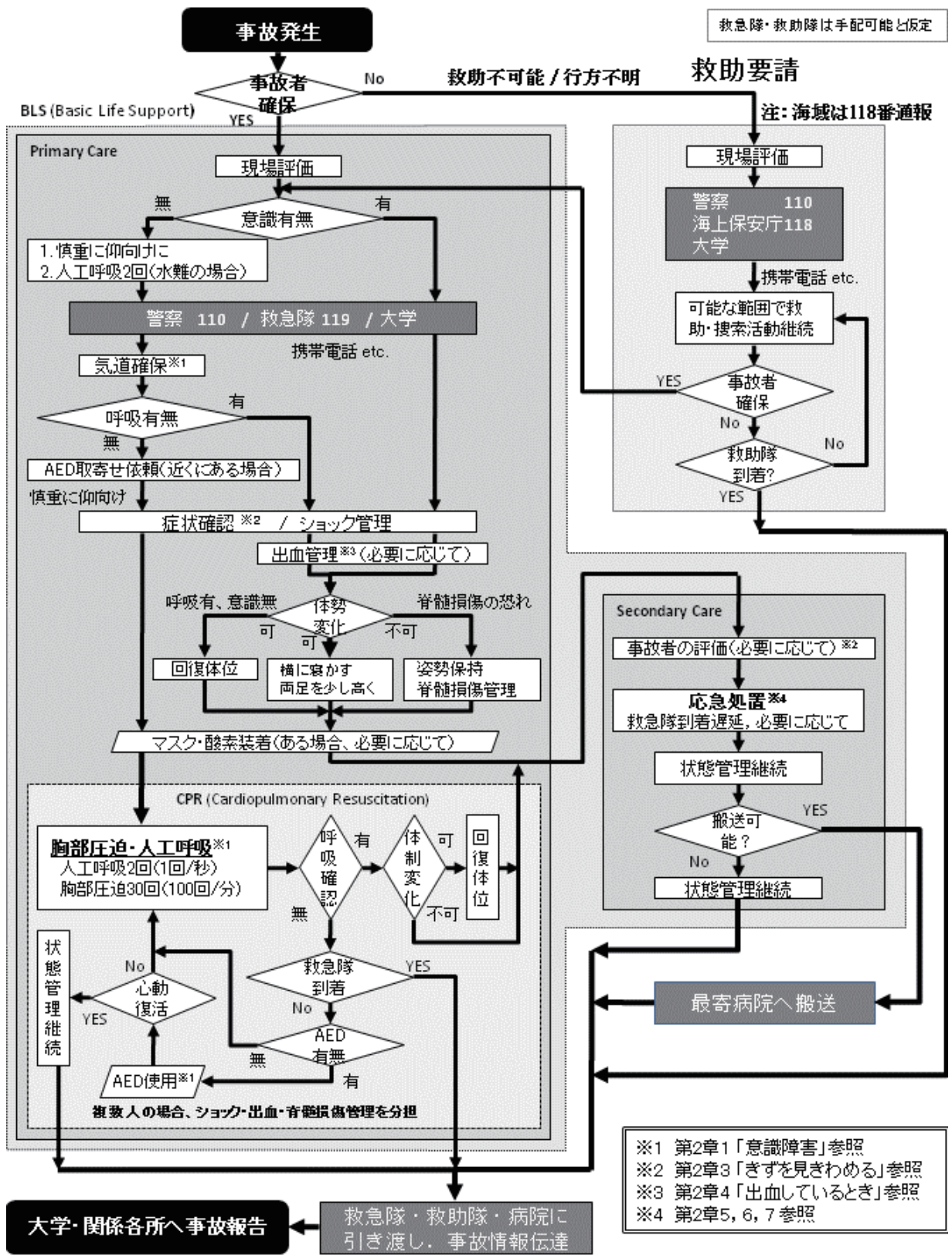
自然の中で行動していると、クマやイノシシ、サル、シカ、ヘビなど様々な野生動物に遭遇する可能性がある。もしこれらに遭遇しても、事前に勉強したとおりに慌てずに対処する*14)。

*14) 例えば、クマに遭遇した場合、15m以上離れていれば、クマを見ながらゆっくりあとずさり距離を取るのが良い。クマが襲ってきたら安全姿勢を取る。決して走っては逃げない。イノシシの場合は1m以上の高いところに上るとよい。

(6) 野外活動時における緊急事態発生時の応急処置

事故が発生した場合には以下のフローに示すように対応をすること。事前に熟読して流れを理解しておくこと。

緊急連絡先は、警察（110番）や救急（119番）の他、海域では海上保安庁（118番）である。



第4節 終了後の心構え

野外から戻り次第、活動の終了した旨を関係各位に報告をする。また活動の記録を残し、次回以降の活動時に参考になるようにする。

(1) 身体の健全性を確認する

野外活動中、気付かないうちに怪我をしていたり、害虫や種子が付着している事がある。怪我をしていた場合には直ちに適切な処置をすること。またマダニが付着しており、もし噛まれていたら、すぐに病院へ行きマダニに噛まれたことを報告し処置をしてもらうこと。

(2) 終了を報告する

野外活動から戻り次第、活動概要など必要な事項も含めて活動が終了した旨を担当教員などに報告する。

(3) 活動内容を記録する

当日の記録、注意点、反省点などを文書にして、事前資料に追記しておくことが望ましい。活動内容や注意点などは次回以降の活動に役立つことから、特に改善点などがある場合は後に検討を行い、今後の活動に資するようにする。

(4) 日頃からの準備

新入生の研究室への新配属時や調査開始前にミーティングをおこない、今までの活動内容やヒヤリハット事例を確認し、得られた知見を全員で共有する。

第1節 地震安全対策

1 地震に対する平素の心がけ

(1) 一般的な心得

ア 本棚、物品棚及び金庫のような重量物は転倒防止、すべり止めのため壁、梁などに固定しておく。固定に際しては施設課に確認すること。固定されていないものは、すべて動き出すと考えてよい。たとえば、

○金庫の類：非常に重いので平素は動かすのが大変であるが、地震時には重いものでもそのものに加速度が作用するので、これを固定するためには大きな力が必要である。

○吊り下げているもの：大きな振幅で揺れるときに、周りの物体または天井に衝突して落下する事がある。

イ 避難通路を確保するため、廊下、非常口、階段などには物を置いてはならない。また、防火扉にもものをはさんでの固定や、扉の前にもものを置くことは、火災時の延焼防止や煙の拡散防止という防火扉の役割を果たせなくなることから絶対にしない。

ウ 火災の発生に平素から注意する。

エ 研究室等において、懐中電灯を常備すること。

(2) 実験室での安全対策

ア 実験装置、機械の地震対策

丈の高いもの、安定の悪いものは転倒することがある。重量物でも滑り出すことがある。また、装置間のずれにより、配管・配線類がはずれることがあるので、十分な強度をもって固定しておく。

イ 高圧ガスボンベの安全対策

地震の際、ボンベの転倒による人的被害及び高圧ガスの漏洩は極めて危険であるから、転倒することのないように鎖などを用いてボンベを上下2カ所で壁などに確実に固定する必要がある。（丈夫なアンカーボルトを使用することが望ましい。）

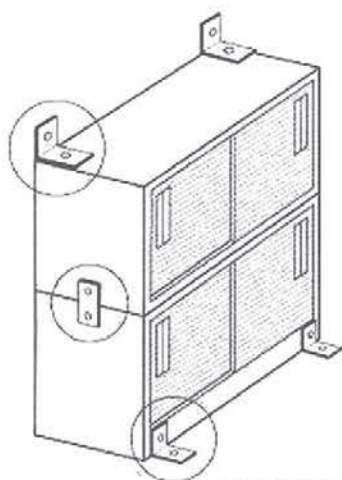
ウ ロッカー等の転倒防止及びガラスの飛散防止対策をすること

ロッカー等の転倒防止及びガラスの飛散防止対策

(7) ロッカー等の転倒防止対策

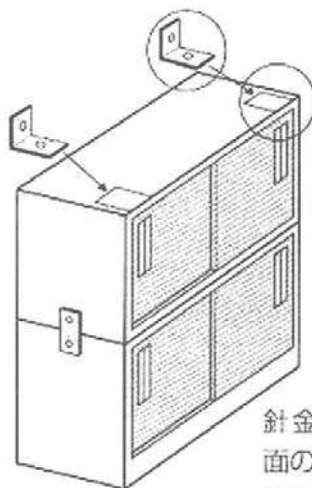
壁にとめる方法

L型の鋼製金物とアンカーボルトでとめる。



家具の重量が200kgをこえるものには、すべり止めをつける。

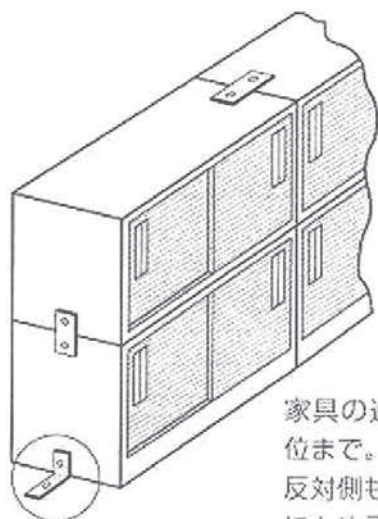
家具の重量が200kg以下のときは鉄製の16番線（径1.5mm）の針金2本と、L型鋼製金物でとめてもよい。



針金と家具の上面の角度は、30度以下とする。

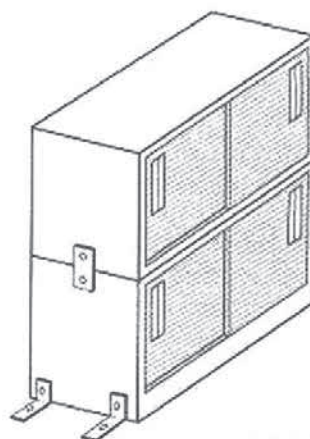
床にとめる方法

L型の鋼製金物とアンカーボルトで2か所とめる。



家具の連結は3個位まで。反対側も同じようにとめる。

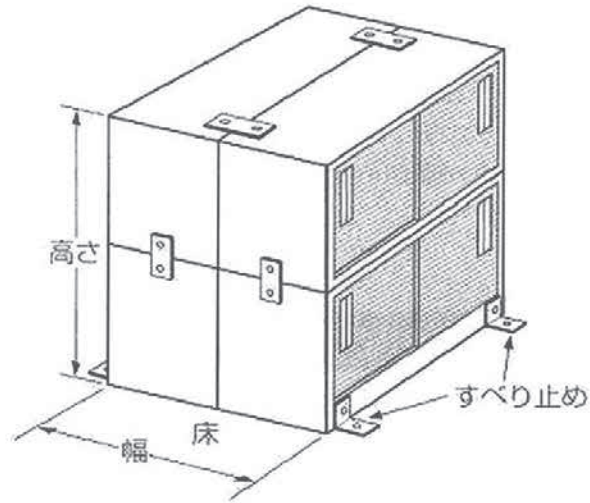
L型の鋼製金物とアンカーボルトで2か所とめる。



反対側も同じようにとめる。

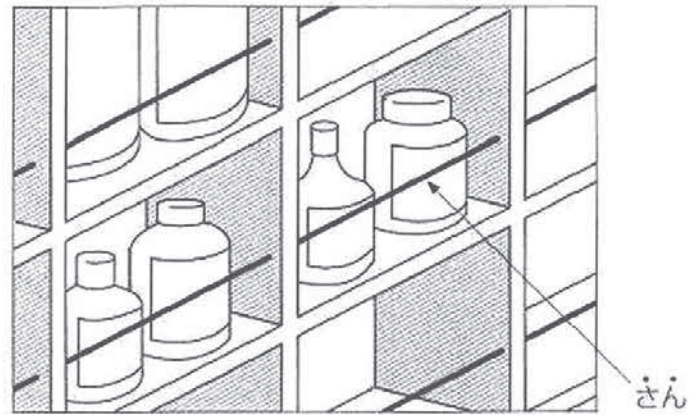
家具を連結する方法

家具を連結して幅を高さの半分
以上になるようにすれば倒れに
くくなる。

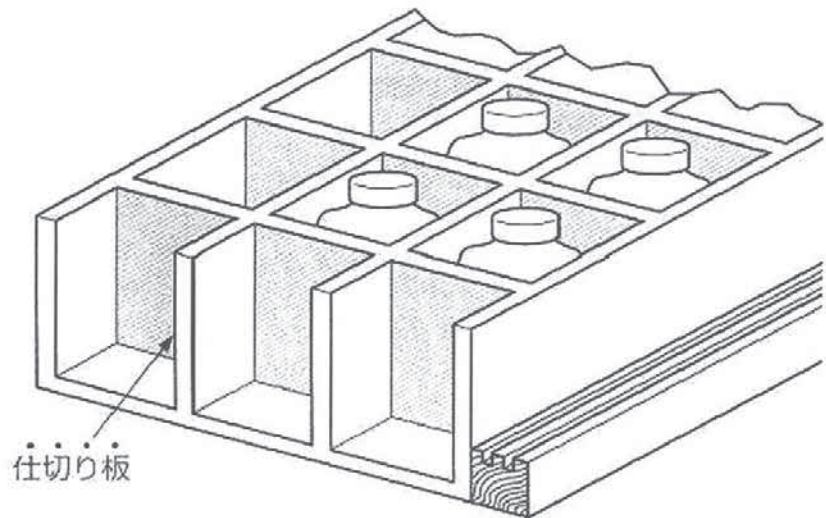


棚のとめ方

棚は壁に固定し、上のものが滑り出して落ちないように柔らかい敷物を敷き、「さん」を取り付ける。



化学薬品などの危険物は落下防止対策をするとともに、容器相互の衝突を防ぐための格子状の仕切り板をつけるとよい。



(4) ガラスの飛散防止対策

- ①ガラスが割れても飛散しないように改修する。
- 網入りガラスにする。
(注:ガラスの断面から雨水が侵入してさびが発生すると、ひび割れの原因になるので、施工時に防水処理に十分注意する。)
- ガラスの内側に飛散防止用フィルムを貼る。

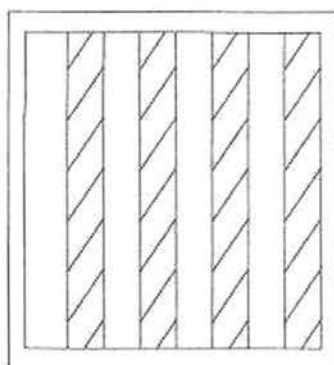
②粘着テープを利用する。(応急の措置)

警戒宣言が出た場合、改修や飛散防止の措置をしなかった窓には、応急措置として、窓ガラスの破損防止に効果のある粘着テープを貼る。

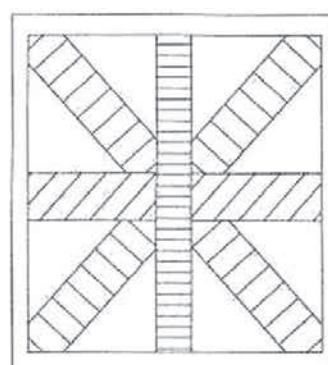
粘着テープの貼り方

- テープは窓ガラスの内側に貼る。
汚れや水分が残っているとよくつかないので、汚れや水分を十分取り除いてからしっかりと貼る。
- 貼り方は、図Aのように縦に等間隔に貼るのが最も効果的である。
テープとテープの間隔は、狭いほど効果がある。
- 図Bのような貼り方もあるが、効果が小さいので、同じテープ量ならば図Aのように貼る方がよい。

図A



図B



エ 薬品の保管

地震によって、薬品棚や実験台上の薬品容器は転落、破損し、薬品の流出や飛散が起こる。このような事態になると、条件によっては薬品の混合による発火が起こり、周囲に可燃物があると一層火勢は強まり、重大な被害を受ける。

以下の予防対策をとることが望ましい。

- (1) 薬品戸棚としては、できるだけ不燃性のものを用い、転倒防止のため壁などへ固定する。
- (2) 薬品容器は、容器の1本ごとのセパレート型収納ケースに入れて戸棚に固定する。
- (3) 混合すると発火等のおそれがある薬品類は、分類整理の上別々に収納・保管すること。
- (4) 実験台上には、なるべく薬品容器を置かないようにする。

2 地震が発生したら

(1) 地震を感じたら

地震動の強さは、地震規模（マグニチュード）と震源からの距離で決まる。

震源からの距離が近ければ、地震規模がそれほど大きくなくても、最初に縦波を感じるような大きな地震動となる。

震源からの距離が遠くても、地震規模の大きな地震では、上下動をあまり感じるこなしに、長い周期の大きな横揺れが続くことが一般である。

大事なことは、地震を感じたら、慌てずに、先ず、身体の安全を最優先させる行動をとることが大切である。

(2) 素早く、火の始末・危険物の始末

地震が強いと感じたら、できる限り装置類の運転を停止または停止の準備を手早く行い、実験などは中止して、火を消し、ボンベを閉めるなど、火を出したり危険なガスが流出したりすることのないような処置を講ずることが必要であるが、突然大きなゆれに襲われたら、自分自身の安全を第一に行動すること。

(3) 身体を安全な場所へ

身体を安全な場所へ寄せること。特に地震が大きいと感じたとき、または危険を伴う作業中には、素早く作業から離れること。身体の安全を第一に考えて行動すること。

鉄筋コンクリートの建築物中にいるときは、なるべく何もない広いスペースを捜し、そこにいる方がよい。スチール家具、本棚などは倒れることがあるので身を寄せないこと。上からの落下物や破損ガラスに注意し、机の下に入ることは安全である。ビニル床タイル張りの部屋は、家具類が滑り動くことがあるので注意。特に重量物は、平素動かすのに大変だが、地震時には簡単に動き出すので、壁などの間に挟まれると身動きができなくなる。

揺れがおさまったら、火の始末など残した作業があったら手早く行うこと。

(4) 火が出たら、まず消火

大学でも火災発生の危険性は特に注意を要する。

大地震による火災のときは学外でも火災が多発し、消防力が集中できないため、みんなに呼びかけ、初期消火に努めること。

初期消火は最も重要であるが、余震はまだまだ続いていることもあり、自分自身の身の安全を第一に行動すること。

(5) 避難について

建物内の火災が消火できなかった時または、危険なガスが充満した場合には、すみやかに建物外へ避難すること。

避難する際、エレベータは使用しないで、おちついて階段を使用すること。

3 地震後の処置

(1) 余震の注意

本震の後、続いて余震が発生する。余震は本震の震源域内で多く発生し、その数は有感でも1日数百回になることもある。その数は日が経つにつれて減少するが、大地震になると、数カ月続くことがある。余震の規模としては一般に本震よりも小であるが、距離が近いと強い震動を受ける場合もある。しかし一般には、余震の方が本震より弱いのが普通である。

余震により新たな破損・転倒が生じる場合があるので、十分注意する。

(2) 秩序の維持

震災後の秩序の維持は特に重要である。すなわち、保安上の秩序維持、デマによる混乱防止、避難市民の動静とそれに対処する大学側の対応など、あらかじめ種々の事態を想定して、それに対する方策を検討する必要がある。

(3) 研究室内の処置

被災後の各研究室における後片付けなどの処置は、次の諸点に重点をおいて速やかに処置をする必要がある。

ア 火災発生のおそれのあるものの処置

イ 電気・ガス・水道などは全部止まっている可能性が大であるが、スイッチ・元栓等はすべてOFFにする。

ウ 転倒などのおそれのあるもの、特に破損したものの処理

エ 被災した実験機器等の後かたづけをする前には、必ず被害物の写真撮影を行い、被災の証拠書類として保存すること。これは、後日災害復旧費の要求資料となる。

(4) 建物の点検、設備の点検

建築物の被害についての点検を各自近辺のものについて行い、異常の認められる場合は、施設課に連絡する。特に破損のために落下する恐れ、崩壊する恐れがあると判断されるものについては、大小にかかわらず通報する。また、被災現場の写真撮影を行い、証拠書類として保存する。

建物に付帯した配管、配線などについても、できる限り点検し、通報する。電気・ガス・水道等の供給が開始されても建物、施設の点検が終らないうちは、末端まで供給されないことも考えられる。

第2節 地震火災の安全対策

1 地震による出火事例

日本の主な都市型地震による出火原因を図 11-1 に示す。ストーブ、電気（電気機器、配線等）からの出火の割合が多く、また、化学薬品からの出火も無視できない。関東地震、新潟地震、宮城県沖地震では 22～27%にも達している。薬品出火、漏れたガスの引火、暖房器具やその他の火気による可燃物の着火に十分注意する必要がある。

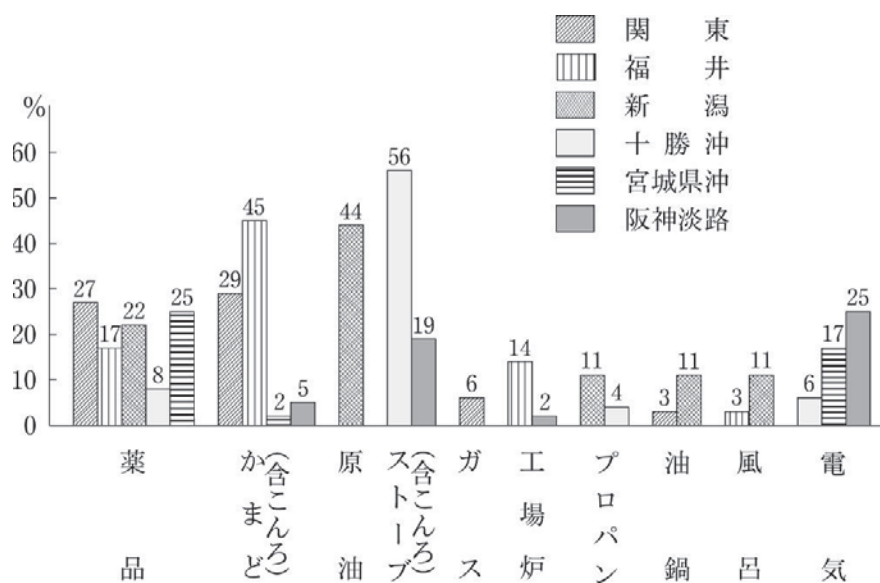


図 11-1 日本の主な地震による出火原因

2 平常時における地震火災の安全対策

(1) 地震発生時を想定し、平常時の準備

- ア 消火器と消火法
- イ 情報システムと訓練
- ウ 応急措置用備品
- エ 漏えい対策（薬品、ガス）
- オ 避難対策

(2) 薬品戸棚の安全対策

薬品戸棚対策として、以下の点に留意する必要がある。

- ア 戸棚が倒れないこと。
- イ 薬品容器が転落しないこと。

ウ 薬品ビンが棚上で割れないこと、割れても薬品が流れ出さないように内箱等の工夫をすること。

(3) 化学薬品、油類の管理

第5章「薬品等の取扱い」より薬品に関する知識を十分習得し、以下の事柄について平常時より管理しておかねばならない。

ア 薬品の保管実態の把握

イ 薬品の危険性評価

ウ 薬品の適性保管配置

エ 油類の適性保管配置

(4) 避難路

ア 地震発生時における薬品の発火・引火・爆発、有害薬品の漏えいやガス、暖房器が原因で出火した場合、地震による実験用装置、戸棚、書棚等の転倒、窓ガラスの破損等の事故の発生も予想し、避難路をどのように確保するか、あらかじめ実験室ごとに定めておく。

イ 廊下・階段等の通路には危険物、戸棚、ロッカー等の家具を置かない。

ウ 廊下・階段等の所定避難路が通行不能となる事態に備え、非常用はしご、非常口の位置を確認しておく。

3 地震発生時の火災対策

ア 地震発生時には、ガス栓、ストーブ等の暖房器具、加熱器等の元栓、電源を直ちに止め、室内の安全を確認してから安全な場所に避難する。

イ 万一、火災等の事故が発生した場合は、直ちにエネルギーセンター（9290）へ通報し、その指示に従うと同時に、適切な措置を講ずる。

ウ 火災の初期消火は、特に大切であり、備え付けの消火器または消火栓により消火を行う。

エ 建物内の火災が初期消火で手に負えなくなった場合、ガス、高圧ガスボンベ類、薬品の爆発の恐れもあり、速やかに避難路により建物外へ避難する。

オ 火災の種類と適応消火器については、第5章第1節、表5-3参照のこと。

第3節 防火と消火

1 火災予防

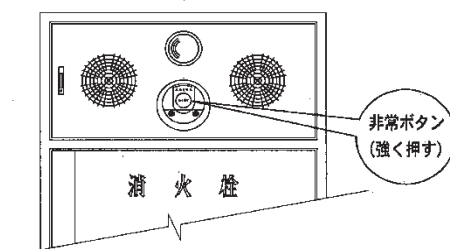
火災は、ひとたび発生すると人身事故及び建物や設備に多大な損害をもたらすこととなるので、平素から十分注意する必要がある。

については、火災予防のために次の心得を守らなければならない。

- ア 火気を使用する場合は、可燃物を安全な距離に置くとともに、周囲を常に整理整頓し、火気使用中は当該場所を離れないこと。
- イ 火気使用後は、火気を完全に処理し、安全確認をすること。
- ウ 電気配線及びガスの配管等を許可なく変更又は新設しないこと。
- エ 消火器、消火栓の所在及び操作方法を熟知しておくとともに、その付近には操作の支障となるものを置かないこと。
- オ 構内は車内含め全面禁煙とする。
- カ 退室にあたっては、必ず火気の点検を行って安全を確認すること。
- キ 火気の不始末を発見したときは、直ちに適切な処置を行うこと。
- ク 引火性、発火性薬品等の室内への持込みは、必要最小限にとどめるとともに、その使用及び保管については、細心の注意を払うこと。

2 火災が起こったときの処置

- (1) 火災を発見したときは、付近の火災報知器の非常ボタンを押し、「火事だ」と連呼して側近者に知らせる。
- (2) 消火器又は消火栓により消火する。(初期消火)(使用方法は第4節の2、3を参照のこと)
- (3) 消防署(119)に事故の種別(火災又は救急)、所在地、建物の名称及び火災の状況(出火位置、燃焼物、逃げ遅れの有無等)を知らせるとともに、エネルギーセンター(9290)及び緊急事態発生時における通報専用電話(9999、時間外は0258-47-9999 ※転送完了まで保留音が流れるのでしばらく待つこと。)にも知らせる。
- (4) 電源、ガス源を切り、周囲の燃えやすいものは早く取り除くこと。



3 避難

- (1) 初期消火では、手に負えないと判断されたときは、速やかに安全な場所に避難すること。
- (2) 避難するときは、電源・ガス源の遮断、危険物等の処理を行った後、内部に人のいないことを確認し、窓及び出口の扉を閉めること。
- (3) 廊下における避難路は、煙の動きを見て風上に避難すること。
- (4) エレベーターは使用しないこと。
- (5) 平素から避難経路を考え、非常口等をよく調べておく必要がある。
- (6) 廊下の防火扉は、閉まっても軽く押すか引くかによって開けることができるようになっているので、落ちついて行動すること。
- (7) 防火扉に物をはさんだりして、閉じないよう固定する事は絶対にしないこと。防火扉は閉じることによって、火災時の煙や炎を遮断し、避難路を確保するものである。また、防火扉の前に物を置かないよう、日頃から注意しておく必要がある。

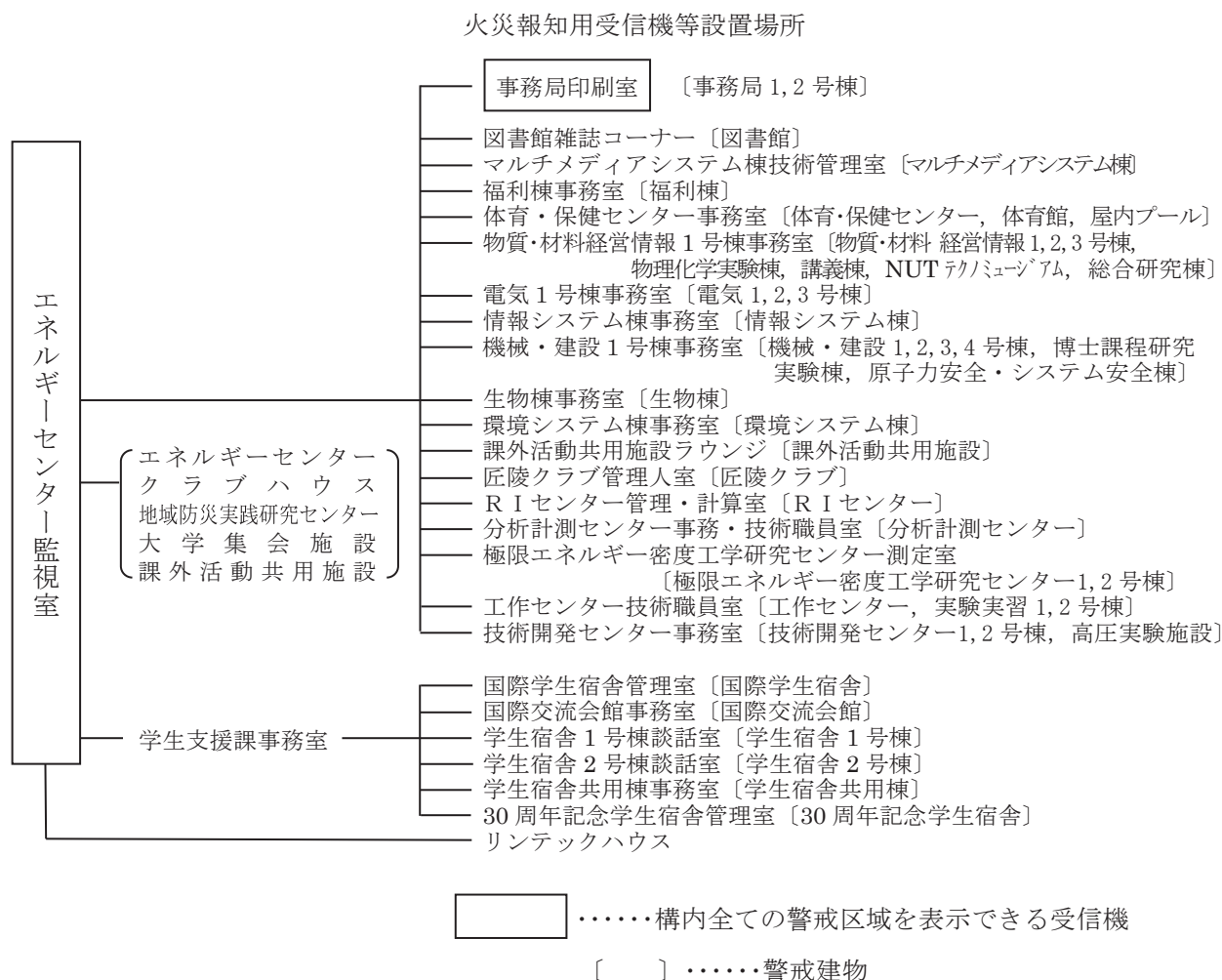
第4節 防災設備と警報

1 火災報知設備

(1) 自動火災感知器

各室には自動火災報知用熱感知器（差動式スポット型感知器又は定温式スポット型感知器）、屋内階段には煙感知器が取り付けられており、エネルギーセンターの受信機により常時監視している。又、系事務室等にも受信機又は副受信機が設置されており、そこでも火災発生位置がわかるようになっているので、日頃から受信機の位置や表示内容を確認しておくといよい。

感知器が動作すると、その階（出火階）とその上の階（直上階）の火報ベル・非常放送が鳴動する。（3階建以下の棟は全館一斉鳴動となっている）これは避難時の混乱を防止するための措置である。



2 消火器

各棟の廊下（一部実験室内）に設置されており、火災が発生した場合の初期消火の手段として、

非常に有効である。

構内の消火器はほとんどがABC粉末消火器であり、普通火災、油火災、電気火災に対応できるもので、放出時間は10型で約15秒である。

使用方法は下記のとおりである（消火器にも表示されている）ので、熟知しておくとともに設置されている位置も確認しておくことが重要である。また、防火訓練時には積極的に参加して操作に慣れておく必要がある。

消火器の使用方法

- 1 安全栓（黄色いリング）を引き抜く
- 2 ホースの先に近い部分を持って火元にむける
- 3 レバーを強くにぎる
- 4 燃焼物に直接向け、ほうきではなくように放射する

3 屋内消火栓設備

本学の主な建物には屋内消火栓が設置されている。

使用する場合は、水圧が予想以上に強いいため、3人以上で下記の手順を熟知の上操作する。（消火栓箱の扉の裏面にも表示されている）

屋内消火栓の使用方法

- 1 消火栓箱上部の発信機ボタンを押す
（消火栓ポンプが起動し、表示灯が点滅するとともに火報ベルが鳴る）
- 2 消火栓箱の扉を開く
- 3 ノズルを持ってホースをのばす
- 4 バルブを開いて放水する

4 屋外消火栓設備

講義棟、物質・材料 経営情報1号棟、物理化学実験棟、体育館、福利棟、工作センター、学生宿舎に屋外消火栓が設置されている。

屋内消火栓よりも圧力が高く、水量も多いので、使用する場合は必ず3人以上で、下記の手順を熟知の上操作する。

屋外消火栓の使用方法

- 1 消火栓箱の扉を開く
- 2 ノズルを持ってホースをのばす
- 3 消火栓箱内の起動ボタンを押す
- 4 バルブを開いて放水する

5 ハロゲン化物消火設備

極限エネルギー密度工学研究センター1号棟粒子ビーム実験室には、ハロゲン化物消火設備が設置されている。

火災発生時は、手動起動装置を操作することによりハロン1301を放出する。

放出前には合成音声による避難勧告放送があるので、速やかに避難する。

6 放送設備

構内には随所に放送用スピーカが設置されており、非常時及び任意に放送することができる。

放送用アンプは、各系事務室、体育・保健センター、分析計測センター、技術開発センターに設置されており、それぞれのエリアに放送できるようになっている。また、エネルギーセンターと事務局1号棟には各区域を選択し、構内全域に一斉放送することができる放送設備を設置している。

7 防火扉設備

廊下の途中（建物平面区画用）や階段の入口（縦穴区画用）に防火区画のための防火扉が取り付けられている。煙感知器と連動して自動的に閉鎖するので、避難する時は必要に応じて扉を開閉して通路を確保する。防火扉の動作状態は、系事務室の制御盤（火災報知用との複合型受信機）とエネルギーセンターの受信機に表示灯とブザーで知らせようになっている。

8 エレベータの管制運転

(1) 火災管制運転

火災が発生すると、その建物のエレベータは、火災管制運転となる。火災管制運転に入ると、強制的に避難階（1階）に直行し、扉を1回開いた後、閉じて停止状態となる。なお、エレベータ内外の操作パネルには火災管制運転中である旨の表示が出るとともに、エレベータ内では自動アナウンスを行う。

(2) 地震管制運転

地震が発生すると、構内の全てのエレベータが自動的に地震管制運転となる。地震管制運転に入ると、強制的に最寄り階に停止し、扉を1回開いた後、閉じて停止状態となる。（※再度扉を開けたい場合は、エレベータ内操作パネルの「開」ボタンを押す）なお、エレベータ内外の操作パネルには地震管制運転中である旨の表示が出るとともに、エレベータ内では自動アナウンスを行う。

第1節 作業環境と事故、災害

災害防止の先駆者の1人であるハインリッヒは、事故、災害が発生するメカニズムを図12-1を用いて説明した。この図は、ハインリッヒの5つの駒と呼ばれており、以下のような因果関係を表している。

- (1) 災害は、事故の結果生ずる。
- (2) 事故は、人の不安全な行動やその周囲にある物の不完全の結果起こる。
- (3) 不安全な行動・状態は、肉体的あるいは精神的な個人的欠陥によってもたらされる。
- (4) 個人的欠陥は、社会的・環境的悪条件の結果生ずる。

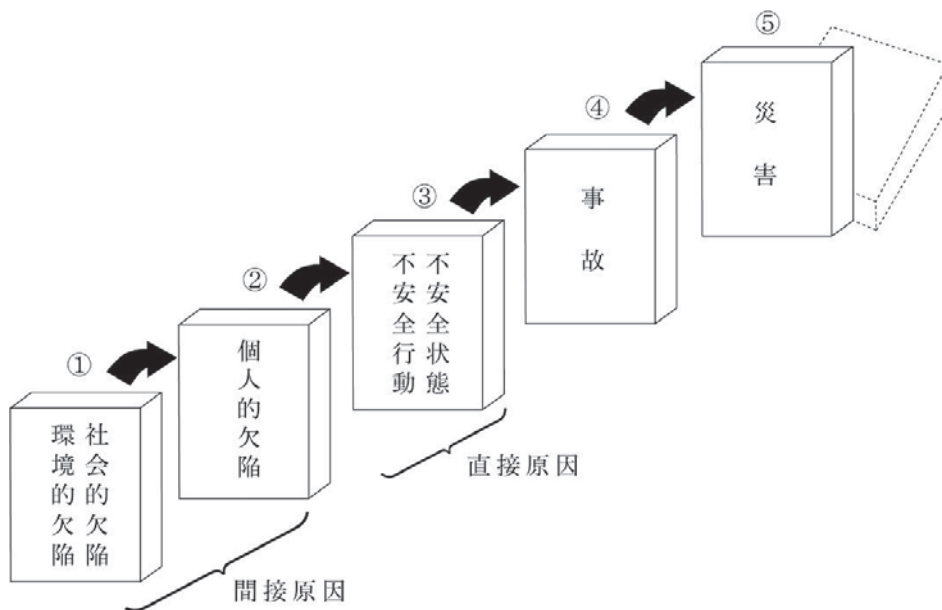


図12-1 ハインリッヒの5つの駒

このように、事故、災害は幾つかの欠陥が重なりあって発生する。したがって、これらのうちのどれかを取り去ってやれば、事故や災害には至らない。

本章では、第1の駒を取り除くことを考える。すなわち、どのような作業環境を設定してやればよいかを、①温度・湿度、②空気・換気、③採光・照明、④騒音・振動の各項目別に示す。

なお、作業環境の欠陥は、事故、災害への導火線となるばかりでなく、表12-1に示すような健康障害の原因にもなるので、十分注意をする必要がある。

表 12-1 環境条件及び作業条件による主な健康障害

環境条件及び作業条件		主な健康障害
環境条件によるもの	1 温熱条件によるもの	熱中症、凍傷、冷房病
	2 照明、有害光線、電離放射線によるもの	近視、白内障、電光性眼炎、電離放射線障害
	3 騒音、振動、超音波によるもの	難聴、白ろう病、関節痛、骨・関節変形症、超音波障害
	4 異常気圧によるもの	減圧病
	5 有害なガス・蒸気および粉じんによるもの	金属熱、鉛中毒、水銀中毒、クロム酸中毒、一酸化炭素中毒、塩化ビニール中毒、有機溶剤中毒、じん肺、皮膚障害、職業がん
	6 酸素によるもの	酸素欠乏症
作業条件によるもの		腰痛、背痛、頸肩腕症候群、弾撥指(バネ指)

第2節 温度・湿度

作業場では、一般の家庭や事務所などと違って、生産工程である程度の温湿度状態が必要であるなど、作業をしていく上でどうしても避けることができないような条件があり、結果的に快適といえない状態となることが少なくない。

気温は 18℃～24℃であれば作業環境として問題はない。湿度は温度と密接な関係があり、その関係を示す指標の一つに次式で示す不快指数がある。

$$\text{不快指数} = (\text{乾球温度} (\text{℃}) + \text{湿球温度} (\text{℃})) \times 0.72 + 40.6$$

この不快指数と快適感、不快感との間には図 12-2 に示すような関係がある。したがって、この図から温度及び湿度の作業環境の目安を定めることができる。

なお、同じ温度、湿度でも、そのときの気流の状態によって我々の受ける温度感覚は異なる。風が吹くと一般的には汗の蒸発が促進され、また伝導も増し涼しく、あるいは冷たく感じる。しかし、非常に温度が高く、湿度が高いときは、風があると逆に蒸し暑さを感じる。

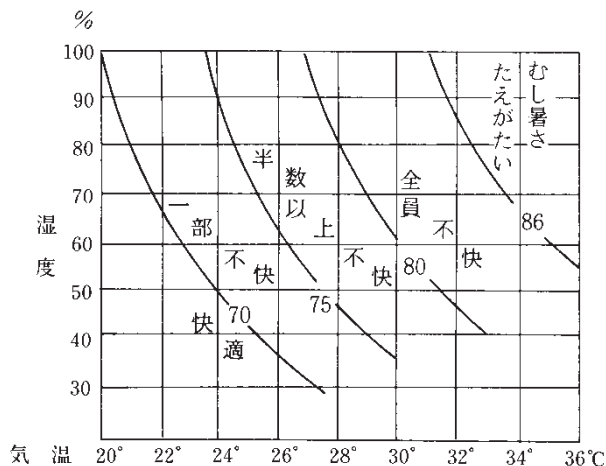


図 12-2 不快指数

第3節 空気・換気

一般の作業が行われている室内の空気環境は、粉じん、二酸化炭素、一酸化炭素などの濃度が人の活動に伴って増加し、快適性を損ねたり、作業能率に悪影響を与えたりすることがある。これらは、前節で述べた温度・湿度とともに我々の最も身近な作業環境であり、その影響を無視することはできない。

特に、粉じん、特定化学物質、鉛及び有機溶剤等は、作業環境中における気中濃度が場所的、時間的に大きく変動することから注意が必要である。このような有害物質に対する曝露を防止するためには、局所排気装置又はプッシュプル型換気装置、全体換気装置の使用が最も一般的であり有効である。

なお、一般作業環境の基準が定められているので、参考として表12-2に示す。

表12-2 事務所の衛生基準一覧

項 目			基 準	
空 気 環 境	気 積		10m ³ /人以上とすること	
	窓その他の開口部		最大開放部分の面積が床面積の1/20以上とすること(1/20未満のときは換気設備を設けること)	
	室内空気の環境基準	一酸化炭素	50ppm以下とすること	
		二酸化炭素	0.5%以下とすること	
	温 度	10℃以下のとき	暖房等の措置を行うこと	
		冷房実施のとき	外気温より著しく低くしないこと(外気温との差は7℃以内とすること)	
	空気調和設備	供給空気の清浄度	浮遊粉じん(約10ミクロン以下)	0.15mg/m ³ 以下とすること
			一酸化炭素	10ppm以下とすること
			二酸化炭素	0.1%以下とすること
			ホルムアルデヒド	0.1 mg/m ³ 以下とすること
室内空気の基準		気 流	0.5m/s以下とすること	
		室 温	18℃以上28℃以下になるように努めること	
		相対湿度	40%以上70%以下になるように努めること	
機械換気設備	供給空気の清浄度	浮遊粉じん	0.15mg/m ³ 以下とすること	
		一酸化炭素	10ppm以下とすること	
		炭酸ガス	0.1%以下とすること	
		ホルムアルデヒド	0.1mg/m ³ 以下とすること	
	室の気流	0.5m/s以下とすること		

第4節 採光・照明

作業場の採光、照明などは快適性や作業能率に大きな影響を与える。また、最適な条件からのわずかのずれによって、視環境への負担となり、健康上の問題を生じることには注意しなければならない。例えば、よく見えないとか、努力をしなければ見えないといった条件の下では、視機能に負担を与えるだけでなく間違いが増加し、不良品の増加、生産の低下などをきたすほか、眼を作業台に近づけるため、余計に粉じんやガスを吸い込むことなどによって、いろいろな健康上の障害を起こしたり思わぬケガをしたりすることになる。

照明の方法には、直接照明、間接照明、半間接照明、全般照明、局所照明の5つの種類があるので、作業の種類や方法などに合わせて適切な選択をする必要がある。選択にあたって留意すべき点を以下に示す。

- (1) 作業の種類により適当な照度であること。これに関して、JIS の照度基準 (Z9110-2010) で所要照度が定められているので、その例を表 12-3 に示す。
- (2) 普通の作業状態でまぶしくないこと。
- (3) 光源が動揺しないこと。
- (4) 作業面と床面に強い影をつくらないこと。
- (5) 周囲の明るさと作業面の明るさに大きな差をつくらないこと (全般照明は、局部照明の明るさの 1/10 以上にすること)。
- (6) 作業の性質に適した光の色であること。

表 12-3 JIS による所要照度 (表 10 工場の場合)

領域、作業、又は活動の種類		$\bar{E}_m(\text{lx})$	U_o	UGR_L	Ra	注記
作業	精密機械、電子部品の製造、印刷工場での極めて細かい視作業、例えば、組立 a、検査 a、試験 a、選別 a	1500	0.7	16	80	色が重要な場合は $Ra \geq 90$ 、超精密な視作業の場合には 2000lx とする。
	繊維工場での選別、検査、印刷工場での植字、校正、化学工場での分析などの細かい視作業、例えば、組立 b、検査 b、試験 b、選別 b	750	0.7	19	80	色が重要な場合は $Ra \geq 90$ 、精密な視作業の場合には 1000lx とする。
	一般の製造工程などでの普通の視作業、例えば、組立 c、検査 c、試験 c、選別 c、包装 a	500	0.7	—	60	色が重要な場合は $Ra \geq 90$ とする。

	粗な視作業で限定された作業、例えば、包装 b、荷造 a	200	—	—	60	
	ごく粗な視作業で限定された作業、例えば、包装 c、荷造 b、c	100	—	—	60	
	設計、製図	750	0.7	16	80	
	制御室などの計器盤及び制御盤などの監視	500	0.7	16	80	1)制御盤は多くの場合鉛直。 2)調光が望ましい。 3)VDT 作業については JIS の照度基準 (Z9110-2010) の 4.8 を参照。
	倉庫内の事務	300	—	19	80	
	荷積み、荷降ろし、荷の移動など	150	—	—	40	
執務空間	設計室、製図室	750	—	16	80	
	制御室	200	—	22	60	
共用空間	作業を伴う倉庫	200	—	—	60	
	倉庫	100	—	—	60	常時使用する場合は 200lx。
	電気室、空調機械室	200	—	—	60	
	便所、洗面所	200	—	—	80	
	階段	150	—	—	40	出入口には移行部を設け、明るさの急激な変化を避ける。
	屋内非常階段	50	—	—	40	
	廊下、通路	100	—	—	40	
	出入口	100	—	—	60	

注記 同種作業名について見る対象物及び作業の性質に応じて、次の 3 つに分ける。

- a) 表中の a は、細かいもの、暗色のもの、対比の弱いもの、特に高価のもの、衛生に関係ある場合、精度の高いことを要求される場合、作業時間の長い場合などを表す。
- b) 表中の b は、a) と b) との中間のものを表す。
- c) 表中の c は、粗いもの、明色のもの、頑丈なもの及びさほど高価でないものを表す。

第5節 騒音・振動

騒音は、人に不快感を与えるほか、会話や合図などを妨害し、安全の妨げになることも多く、生理機能にも影響し、聴力障害の原因となる。特に、①大きい音、②狭い周波数帯域に集中した音（純音）、③周波数の高い音、④長時間曝露される定常的な音、などが危険であり、その許容基準は 85 デシベル（dB）である。騒音発生源、伝搬経路で騒音防止ができないときは、耳せんを使用するとよい。耳せんは使用方法がよければ、2,000Hz 以上で 30～40dB、200～2,000Hz で 10～20dB 低下させることができる。参考として騒音レベルとその場の感じを表 12-4 に示しておく。

表 12-4 騒音レベルとその場の感じ

dB	その場の感じ	実例
140		
130	耳のとう痛感	
120		ジェット機の爆音
110		トンネル内の電車の開いた窓
100	耳を覆いたくなる	ガード下の電車通過時
90	目前の人と話ができない	騒々しい工場
80	よほどの声を張り上げないと話ができない	高架鉄道（車内）
70	意識的に声を大きくして話す	雑踏した街、普通の機械工場
60	うるさい感じだが普通に会話できる	忙しい事務室内
50	ざわざわと、いつまでも音が耳について落ち着かない	事務室、静かな歩行群集内
40	静かであるが音からの開放感がない	耳を澄ましている聴衆内
30	静かに落ち着いた感じ	放送用スタジオ内、静夜中
20	しーんとした感じ	木の葉の触れ合う音
10		ささやき声
0		防音室での最小可聴音

騒音防止対策として、次の方法がある。

- (1) 位置、配置などの改善による軽減
- (2) 音源対策
- (3) 吸音による室内騒音の減音
- (4) 遮音による減衰
- (5) 防振による騒音の軽減

振動は、10Hz から 500Hz 程度の振動を発生し、手で保持しなければならないチェーンソー、さく岩機などの工具を長期間にわたり使用する者に対して、手指・上肢の神経症状や手指のレイノー現象などとしてみられる抹消循環障害を起こす。一般の作業では振動障害は起きないが、振

動の増大による不快感、いらいら等の神経精神的影響、作業能率や正確性の低下などの影響はあり、振動は適正なレベルに保たなければならない。

振動の許容限度には、振動数、振幅、時間が関係する。振動数、振幅との関係を図 12-3 に示す。

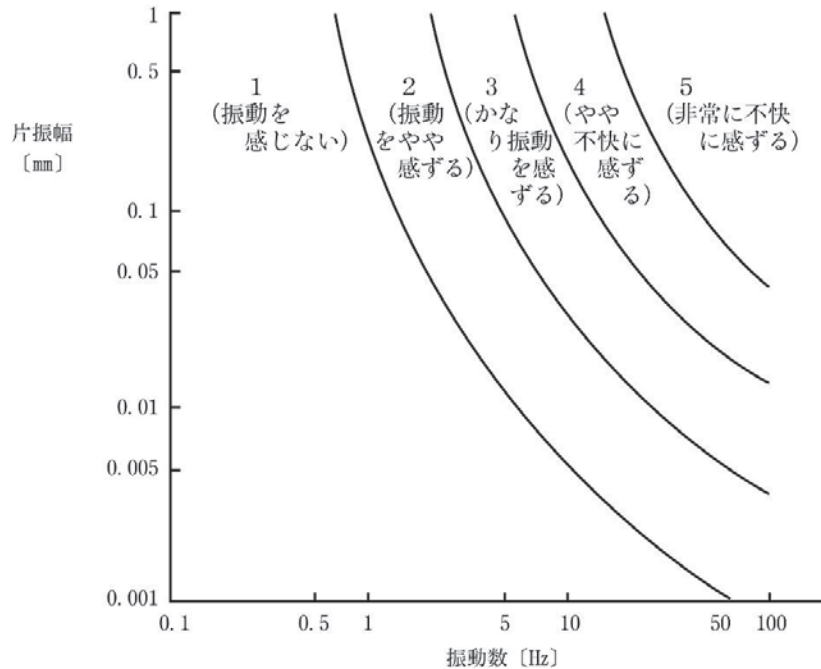


図 12-3 振動感の 5 区分域

振動防止対策として、次の方法がある。

- (1) 振動原因の除去
- (2) 振動の伝搬経路の遮断
- (3) 緩衝物の使用
- (4) 共振点の変更

第6節 情報機器作業における障害

平成14年4月5日付け厚生労働省労働基準局長通達、「VDT作業における労働衛生管理のためのガイドラインについて」によってVDT作業から生じるさまざまな障害対策が講じられるようになった。すなわち、近年のIT化により、我が国の労働形態がかなり変化し、コンピュータ作業（VDT作業）が日常的になったためである。

平成14年以降、職場におけるIT化はますます進行し、情報機器作業を行う労働者の範囲はより広く、作業形態はより多様化している状況をふまえ、同ガイドラインは、令和元年7月12日付け厚生労働省労働基準局長通達「情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドラインについて」として見直された。

1 情報機器作業における障害

自覚症状として、目の疲れ・痛み・乾き、首・肩のこり、頭痛、背中の痛み、腰痛、腕の痛み、手指の痛み、手指のしびれ、手の脱力感、ストレス症状等

2 管理の実際（予防）

詳細は下記参考URLに詳しいので、ここでは実用的な要点のみを記す。

(1) 作業環境管理

適正な照明、採光及びグレアの防止、騒音の低減、適正な作業姿勢を得るための適正なイスや机、情報機器等の適正な調整、その他及び作業環境の維持管理

(2) 作業管理一特に、次の作業を1日4時間以上行う場合

対話型作業—作業者自身の考えにより行う文章、表等の作成、編集、修正等。データの検索、照合、追加、修正。電子メールの送受信

技術型作業—プログラミング業務 コンピュータのプログラムの作成、修正等を行う。CAD業務 コンピュータの支援により設計、製図を行う。（CADへの単純入力を除く。）

情報機器作業には多くの種類があり、それぞれ作業形態や作業内容は大きく異なっている。また、作業が健康に及ぼす影響は非常に個人差が大きいため、画一的な作業管理を行うことは好ましくない。従って、個々の作業者の特性に応じた情報機器、関連什器（じゅうき）等を整備するほか、作業の実態に基づいて作業負担の少ない業務計画を策定すること等、こまかく配慮することが望ましいとされている。

<一連続作業時間及び作業休止時間>

作業休止時間は、ディスプレイ画面の注視、キー操作又は一定の姿勢を長時間持続することによって生じる眼、頸、肩、腰背部、上肢等への負担による疲労を防止することを目的とするものである。連続作業後、いったん作業を中止し、リラックスして遠くの景色を眺めたり、眼を閉じたり、身体の各部のストレッチなどの運動を行ったり、他の業務を行ったりするための時間であり、いわゆる休憩時間ではない。

小休止とは、一連続作業時間の途中でとる1分～2分程度の作業休止のことである。時間を定めず、作業者が自由にとれるようにすること。

<ドライアイ>

ドライアイ（角膜乾燥症）はれっきとした病気であるが、最近は情報機器作業における障害のひとつとして考えられている。予防には瞬きを意識的にすることが良いとされている。小休止中では意識的に瞬きをするように心懸けること。

3 参考URL

厚生労働省「情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドライン」について

<https://www.mhlw.go.jp/content/000539604.pdf>

別添 情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドラインについて

<https://www.mhlw.go.jp/content/000580827.pdf>

第13章 体育・スポーツの安全確保

第1節 はじめに

体育・スポーツでは、安全に対する配慮が十分であっても、結果として事故が起きることは稀なことではない。それゆえに体育・スポーツでは、その結果にも増さるさらに高度な危険予見義務とそれに基づく危険回避義務（行為・行動が危険だと思った場合、速やかにそれを止めて危険を回避する義務）が求められる。これは我々施設管理者である大学はもちろん、スポーツを実際に行う学生のみなさんにも要求されるものであることを忘れないでほしい。またスポーツは、授業などの特別な場合を除いて「自己責任」が原則となる。これは一般に、スポーツの活動中に生じた加害行為等については、それがそのスポーツのルールに著しく反することなく、かつ通常予測され許容された動作に起因するものであるときは、そのスポーツ活動に参加した者すべてがその危険を予め受任し、加害行為までも承諾した上で参加していると考えられているからである。スポーツ活動は危険ではあるけれども、そこで得るものも大きいことから「許された危険の法理」という考え方が適用される。これは車の運転に近い性格のものである。すなわちスポーツ活動において、みなさんには車の運転同様の安全配慮義務が求められることになることを肝に銘じてほしい。

では第2節以降、施設ごとに安全確保のために留意する点を述べていきたい。

第2節 プール

図 13-1 は、水泳授業中の事故の内容について示している。事故の内訳として飛び込み事故、溺水事故、突然死等が起こっている。

以前、ある民間スポーツクラブで心臓に持病のあった会員がひとりで水泳中、心臓に異常をきたし、監視員もその場を離れ発見が遅れたために亡くなるという事故の訴訟があった。本学プールでは、水泳部員が常に監視しているため、万が一の場合にも発見が遅れるということはない。しかし、もしも何らかの理由で監視員が不在のときには、監視員が戻るまで泳ぐことは控えて頂きたい。また、水泳中の突然死についてはランニングについて多数報告されている。プールで泳がれる学生のみなさんは自身の若さ・体力を過信することなく、その日の体調に留意し、入念な準備運動を行ってから泳ぐようにして頂きたい。さらに、泳いでいる最中に体調が悪くなったときは速やかに泳ぐのを止め、必要に応じて監視員等の手を借りてプールサイドに上がり、暖を取る。併せて、状況に応じては監視員等を通して体育・保健センター保健室（内 9824）に連絡する。

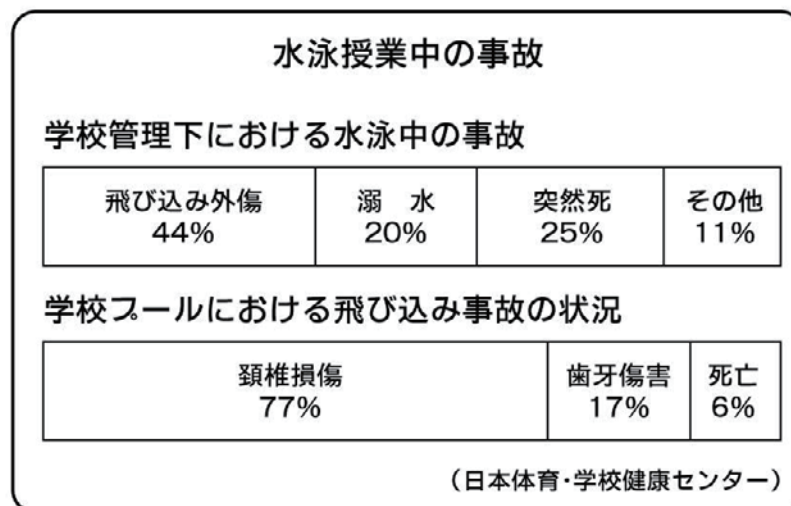


図 13-1 水泳授業中の事故

出典：浜田 建司：危険だからこそ指導しよう。

セキュリティスポーツライフ.Vol.6.

これらも「自己責任」である。自分自身の体調は、自分自身以外誰にもわからない。また万が一のために、ひとりで泳ぐのではなく、友人等を誘って複数で泳ぐことをお奨めしたい。

飛び込み事故については事故全体の 40%以上を占め、事故の状況では頸椎損傷が 8 割弱を占めている。これは突然死といった突発的な事故と異なり、授業中その実技指導を受けていながらの事故という点では非常に高い数字と考えられる。すなわち、飛び込みは非常にむずかしい技術ゆえに危険なのである。プールには水泳部員の練習用に飛び込み台が装着してあるが、一般学生みなさんは飛び込み台を使う使わないに関わらず、飛び込みは絶対に行わないようにして頂きたい。また、水泳部の学生でも、初級者には十分な指導手順を踏んでから飛び込ませるようにしていただきたい。

最後に、衛生面からの留意点。最近、プールに限らず様々な施設で細菌感染が話題となる。本学プールでは、一般的な塩素による水の消毒と併せて、循環装置により水を循環させ紫外線殺菌を行っているため衛生面でも万全を期している。しかし、多量の髪の毛等が浮遊していると循環装置に影響を与えてしまうことがある。そこで水泳時にはスイミングキャップを必ず着用する。また衛生面を考慮し、水泳の前後にはシャワーの使用を必ず行うようにする。

以下、プールにおける安全確保のための主な留意点をまとめる。

- 1) 自身の体力を過信することなく、体調に十分留意し、水泳前は入念な準備運動を行なう
- 2) 泳いでいるときに体調が悪くなったときは、速やかに泳ぐことを中止しプールサイドに上がり暖を取る（監視員等を通して体育・保健センターに連絡）
- 3) できるだけ、ひとりで泳がず、友人等複数で泳ぐ
- 4) 万が一、監視員不在のときは泳ぐのを控える

- 5) 飛び込みは絶対に行わない
- 6) 水泳時はスイミングキャップを着用する
- 7) 水泳前後、シャワーを浴びる
- 8) できるだけ、足が届くところで泳ぐことを（該当者は少ないかもしれないが）勧める。本学プールの最深部は 1.6m である。

第3節 屋内体育施設及びトレーニングルーム

本学は屋内体育施設として屋内体育館、武道館並びにトレーニングルームを有している。これらの施設における利用に際しても「自己責任」の原則、そして体調の管理や準備運動の実施はしっかりと守って頂きたい。

屋内体育館は、バスケットボール（またはバレーボールコート）コート2面、バドミントンコート6面が取れるスペースを有し、主に球技種目が行われている。捻挫や突き指といった比較的軽度な怪我は、これらのスポーツによくみられるものであり、そのスポーツのルールに著しく反することがなければ事が大事に至ることは少ない。しかし、ルールに違反した場合はその限りではない。

例えばバドミントンのダブルスは4名で行うが、そのルールに従ってコートの広さも規定されている。そのコート内に6名が入りバドミントンを行うことは、例え練習であってもラケットによる身体殴打等非常に危険である。我々がスポーツを行うときは、危険予見義務に基づく危険回避義務が存在することは先に述べたとおりである。屋内体育館においては、危険という観点から常に活動状況を見直し、正しいルールに基づいてスポーツを行ってほしい（なお、夏場暑い時期の特別な留意点については屋外体育施設にて言及する）。

武道館は柔道部、剣道部、空手道部等武道系のクラブ活動が主に行われ、一般学生については板張りスペースにおいて卓球等軽スポーツが実施される。ここでは、主に武道館を使用する各クラブの学生へ注意すべき点を述べておく。

空手道等では、その過ぎたトレーニングやルール違反が時として、裁判にまで発展してしまうケースがある。表 13-1 では、スポーツの危険性からみた分類と法的な対応についてまとめてみた。柔道や剣道、空手等は相手の身体を直接、手または道具で攻撃することを通して、相手への思いやりに基づいた武道精神を学ぶスポーツである。しかし、身体を攻撃するということから非常に危険性が高いため、ルール違反は違法性につながってしまう。ここでのルール違反は自動車の運転を、一般道を酔っ払って時速 100 キロで走るに等しいことである。

表 13-1 スポーツの危険性からみた分類と法的対応

スポーツの特性	該当するスポーツ種目	法的対応
相手の身体を直接、手又は道具で攻撃するスポーツ	柔道、剣道、空手、ボクシング、レスリング等	ルール違反は違法性がある
危険な場所で行われるスポーツ	登山、水泳、スキー等	高度な注意義務が求められる
ある程度の身体接触が予測されるスポーツ	ラグビー、サッカー、アイスホッケー、野球等の球技	著しいルール違反があれば、違法性がある

出典：菅原哲郎弁護士著 スポーツ法危機管理学 エイデル研究所（筆者：加筆修正）

武道系クラブに参加する学生またはそれを嗜む学生は、相手への配慮の気持ちそしてルールの遵守を肝に銘じて活動に励んでほしい。

トレーニングルームにはトレッドミル、自転車エルゴメータ、ウエイトマシン、フリーウエイト等の器具が設置されている。これら器具を使ったトレーニングは、ひとりでも簡単に行えることから気軽に利用する学生も多いと予想される。

しかし機械的に運動負荷をかけたり、ウエイトを使用するという観点からの危険性を考慮して、トレーニングルームの使用については原則2名以上としている。また、ここでも自己責任の原則から体調管理、入念な準備運動の実施を励行して頂きたい。次に、器具毎にいくつかの留意点を述べておく。

トレッドミルは、回転するベルト上で模擬ランニングを行う運動器具である。走行に際してはふらつきや転倒防止のため、走行に慣れるまでは左右の取手部を持ち身体をサポートして走行することを推奨する。またトレッドミルに慣れ手を離して走行する場合は、まっすぐ前をみながら走り、速度の増減は補助者が行うことが好ましい。走行中、ベルトを見たり、横を向いたりする行動は転倒の原因になるので注意すること。また走行中、身体の異常やふらつき感を感じたときは、自己責任の原則からも速やかに運動を中止する。

自転車エルゴメータは自転車駆動式の運動器具で、トレッドミルのような転倒の危険性は少ない。しかし運動中の身体の異常等やめまい等で腰掛けたサドルから転倒する場合もあるため、少しでも異常を認めたときは運動を中止しなければならない。

トレッドミル、自転車エルゴメータについては使用説明書を熟読し、使用方法をしっかりと把握した上で使用することとする。なお使用に関する質問は、体育・保健センター塩野谷（内 9823、Email:shionoya@vos.nagaokaut.ac.jp）まで問い合わせること。

ウエイトマシン、フリーウエイト（ダンベル、バーベル）によるトレーニングは、適正なウエイト荷重で行わなければならない。これは個人差も大きいですが、最低でも10回以上続けて持ち上げることのできるウエイト（10rpm）から初めることを奨める。またフリーウエイト（特にバーベル）については、必ず1名以上の補助者を付けて実施しなければならない。これはトレーニング

をする者が、バーベルを持ち上げられずに身体（特に胸部）を押しつぶすことのないよう絶対に守って頂きたい。補助者は、トレーニングする者が持ち上げているバーベルにいつでも手が届くような位置（1名の場合は頭の上の位置：図13-2参照、2名の場合はバーベルの左右重量プレートの位置：図13-3参照）に立ち、常にトレーニングする者への配慮を忘れてはならない。トレーニングする者が疲れてバーベルを持ち上げられないときは、速やかにバーベルを支え補助する。なお、ウエイトマシン、フリーウエイトを使ったトレーニングに係る質問等がある場合も前述の塩野谷まで問い合わせること。

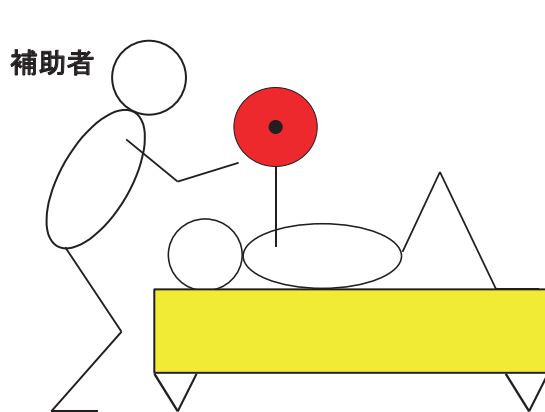


図13-2 補助者の位置（1名の場合）

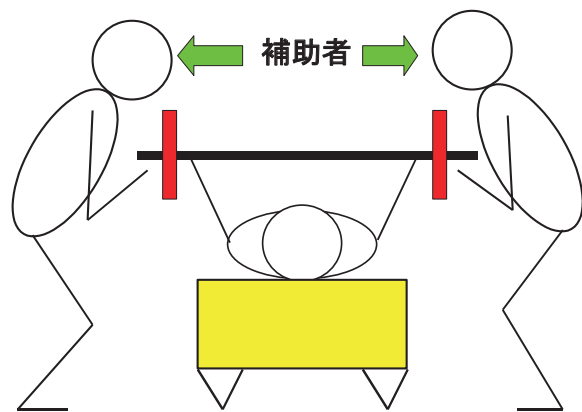


図13-3 補助者の位置（2名の場合）

合)

以下、屋内体育施設及びトレーニングルームにおける安全確保のための主な留意点をまとめる。

- 1) 自身の体力を過信することなく、体調に十分留意し、運動前には入念な準備運動を行なう
- 2) 運動中に体調の異常を認めたときは、速やかに運動を中止し必要に応じて体育・保健センターまで連絡する
- 3) 体育館で行う球技では、危険が予想されるようなルール違反をしない
- 4) 武道館で練習する柔道、剣道、空手部の学生は、その種目が有する危険性から相手への配慮の気持ちそしてルールの遵守を忘れない
- 5) トレーニングルームは、最低2名以上で使用しなければならない
- 6) テッドミル、自転車エルゴメータの使用に際しては、使用方法を十分に理解した上で使用する
- 7) フリーウエイト（特にバーベル）を使ったトレーニングを行う場合は、必ず1名以上の補助者を付けなければならない
- 8) 使用方法やトレーニング方法について質問等がある場合は、体育・保健センターまで問い合わせること

第4節 屋外体育施設

本学は屋外体育施設としてサッカー場、野球場、ラグビー場、テニスコート（6面）、弓道場、陸上競技場、ゴルフ練習場、多目的グラウンドが設置されている。

屋外体育施設において行う運動の場合も、自己責任の原則に従い、体調の管理や十分な準備運動の実施は言うまでもない。これらは大学内に留まらず、大学外で体育・スポーツ活動を行う場合も同様である。

本学が立地する長岡市は12月以降降雪のため、屋外体育施設の使用は11月までとなり、使用の最盛期は6月から9月にかけてとなる。この間、特に7月8月は長岡の高温多湿の気候から熱中症に対する注意が必要となる。熱中症は暑さ等のため身体の水分や熱のバランスが崩れ、正常な機能が損なわれるための障害で、熱痙攣、熱疲労、熱失神、熱射病等がある。図13-4では、気温・湿度と熱中症の危険度の関係を示している。熱中症は気温の高さだけでなく、湿度の高さもその原因となることがわかる。気温が29℃以上であったり、気温が低くても湿度が90%以上のときは熱中症の危険性が高まる。これは屋外体育施設だけでなく、風通しの良くない体育館等の室内体育施設においても注意が必要である。熱中症が起こる危険な要素としては、①長時間のスポーツ②水分補給の不足③気温の急上昇④高温（29℃以上）多湿（90%以上）無風状態に加え、自己責任である⑥体調不良が拍車をかけることになる。

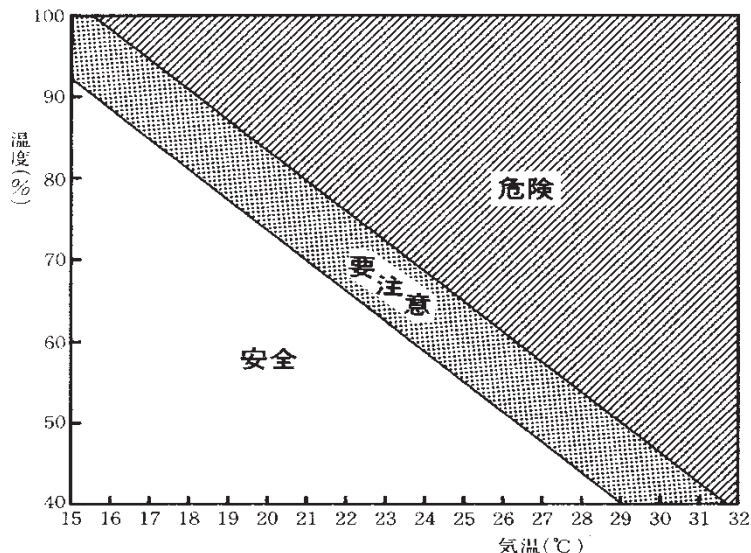


図13-4 気温・湿度と熱中症の危険性の関係
出典：野間口英敏著 スポーツ事故と安全対策
ベースボールマガジン社

熱中症の予防としては、①スポーツ活動中は十分な水分補給を行う②日差しの強い時間帯のスポーツは避ける③体調の悪いときは休む④通気性のよい衣服を着る等を心がけ、万が一めまいや頭痛、吐き気等を感じたときは木陰などの風通しの良い、涼しいところへ移動して休むようにす

る（引用：野間口英敏著スポーツ事故と安全対策.ベースボールマガジン社）。さらに症状が重い場合は、体育・保健センター保健室（内 9824）へ連絡すること。熱中症に関する詳しい情報は上記引用文献、並びに熱中症に関するウェブページ（公益財団法人日本体育協会：

<http://www.japan-sports.or.jp/tabid/523/Default.aspx>）を参照されたい。

屋外体育施設に特有の問題として、落雷事故について言及しておく。落雷事故は年間平均 60 件前後発生しており、スポーツ中の事故も起きている。発生頻度をみるとゴルフが最も多く、続いてサッカー・ラグビーそしてテニスと続いていることから、本学の屋外体育施設に関連にする種目であることが伺える。また、昨今のスポーツ用具は炭素繊維を用いた CFRP（カーボンファイバー強化プラスチック）が主流となっているが、統計上カーボン製品には落雷が多いことが報告される。CFRP はゴルフクラブ、テニスラケットの他、野球（金属）バットや弓等に使用されている。こういった用具を使っている場合は、注意が必要である。

落雷に対する安全対策としては、①建物や自動車の中に避難する②遠くの雷鳴でも安全な場所に移動する③その場に伏せる④高い物体（高さ 4メートル以上）の保護範囲（物体から 2メートル以上離れ、仰角 45 度以内の範囲）に入り、できるだけ姿勢を低くする⑤乾いた場所へ避難する⑦一ヶ所に集まらない⑧高く突き出るもの（バットやラケット）は手放す等々（引用：野間口英敏著スポーツ事故と安全対策.ベースボールマガジン社）が挙げられる。

落雷とスポーツに関する情報についても上記引用文献等を参照されたい。

最後に、ゴルフ練習場での安全対策について。図 13-5 は、民間のゴルフ練習場での打席について示したものである。練習場によって、その打席の大きさ等は若干異なると思われるが、図に示されるように打席が分離されている(か否か)、打席と移動スペースが分離されている(か否か)等によって、安全確認の義務の大きさ・程度が変わってくる。ゴルフ練習場での事故の多くは、打席でスウィング中のクラブが回りの人に当たったことによって発生しているが、クラブを振ろうとする者は、後方を含め周囲の状況に十分な注意を払い安全を確認した上で振らなければならない。同時に、回りにいる者もクラブを振ろうとしている者の動きに十分な注意を払う必要がある。さらに打席や打席と移動スペースに明確な分離がなされていない場合、クラブを振ろうとする者は相当の注意義務、安全確認義務が必要になってくる。

また、同様のことはテニスコートでも起こりうる。

以下、屋外体育施設及における安全確保のための主な留意点をまとめる。

- 1) 自身の体力を過信することなく、体調に十分留意し、運動前には入念な準備運動を行なう
- 2) 運動中に体調の異常を認めたときは、速やかに運動を中止し必要に応じて体育・保健センターまで連絡する（ここまでは、プール、屋内体育施設と同様である）
- 3) 熱中症の予防対策をしっかりとできるようにする
- 4) 落雷事故に対する予防対策をしっかりとできるようにする
- 5) ゴルフ練習場における注意、安全確認を忘れない

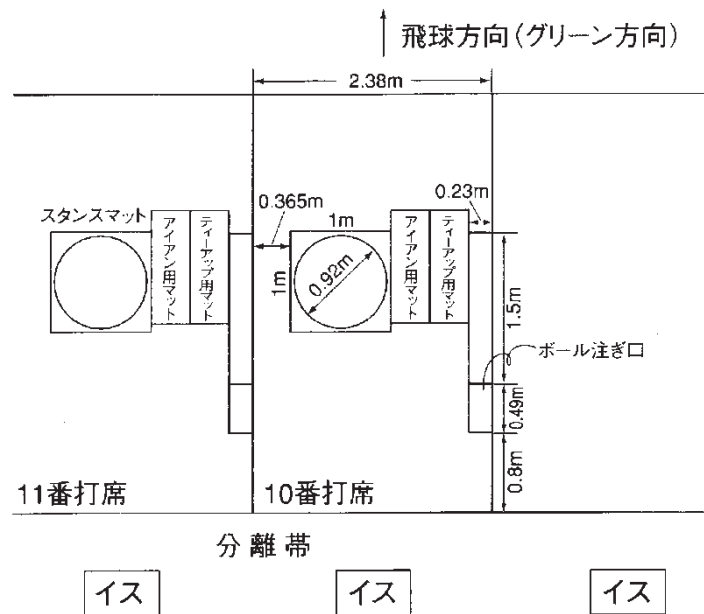


図 13-5 民間ゴルフ練習場での打席

出典：望月浩一郎弁護士「ゴルフ練習場での負傷事件」

セキュリティスポーツライフ.Vol.4

これまで述べてきたことは、体育・スポーツにおける安全確保の上で最低限のことであり、状況に応じて新たに必要となることが出てくるであろう。その際の安全確保の上での基本は、**体育・スポーツ活動は自己責任を背景とした危険予見義務とそれに基づく危険回避義務（行為・行動が危険だと思った場合、速やかにそれを止めて危険を回避する義務）とその能力が求められること**である。これを身に付けることで、体育・スポーツ活動が学生諸君の豊かな学生生活の一助となることを祈念して止まない。

第1節 本学における w-SDS の位置付け

大学における教育・研究活動で安全が大切なことは議論するまでもないことです。そこで本学では、この「安全のための手引」の発行を始め、全学及び各研究室で様々な安全のための取り組みが行われています。

ところで、労働安全衛生法等の法律は、過去に発生した事故を再発させないために決められており、内容は過去の事故に学んだチェックリストといえ、大学においても、参照することができます。そこで本学では学長が次の表明をしています(この手引の表紙裏にも記載されています)。

長岡技術科学大学安全衛生方針 【基本方針】 抜粋

・機器、設備等又はそれらを使用する作業等において適用される関係法令の横断的な管理方法を確立するため、「作業のセーフティ・データ・シート」を作成する。

一方、(1)法律の専門家でない我々が法令を横断的に知ることはたいへん難しく、また(2)法令は生産工場などを念頭に作られていますから、大学にはそのまま適用できない項目もあります。そこで、機器・設備、材料(物質)、作業⁽¹⁾毎に関連する法令を一覧とし、更にリスクアセスメントと組み合わせることで、安全性を確保して、教育・研究の推進をはかるべく、w-SDS(作業のセーフティ・データ・シート, work-Safety Data Sheet)手法が開発されました⁽²⁾。

本学はこのような経緯の上に、教育・研究活動の安全を高めるために、全ての研究室で w-SDS を作成し提出することとしています。提出された w-SDS は、総括安全衛生管理者の承認後に返却されます。

第2節 w-SDS の概要と作成・提出

上に述べたように、w-SDS は法令に関する部分とリスクアセスメントに関する部分があります。それに対応して、w-SDS 作成を次の様に行います。

毎年11月に全ての研究室で w-SDS の作成あるいは見直しを行うことになっています。そのプロセスは、大きく次の四段階になります。

1. 研究室で教職員を中心にしてミーティングを行う。自分の研究室の機器・設備や活動の安全について考えます。

(1) 本学では、まずは機器・設備の管理で w-SDS 作成を行っています。

(2) 杉本旭氏(開発当時 北九州市立大学)、塩田勇氏(SHIOTA 安全企画)、八幡勝也氏(開発当時 産業医科大学)により開発されました。

2. 法的管理が必要な機器・設備に関して、当該機器等で管理しなければならない事項を w-SDS を見ながら確認します。新規の機器等については w-SDS を作成します。
 3. 機器の使用等に付随する危険についてリスクアセスメントを行い、必要に応じて対策を考えます。
 4. 以上の結果を「ミーティング記録」、「w-SDS」にまとめて提出します。
- 4.は教職員が行いますが、1.～3.は学生を含んだ研究室全構成員で行います。そのため、毎年一回は研究室で安全ミーティングを行います。このミーティングを、日頃の教育・研究活動の安全を見直す機会にしましょう。ぜひ、ミーティングに積極的に参加しましょう。

安全に研究を行うことで、よい成果が達成できます。事故が発生すると、研究自体が止まってしまう、成果を出すこともできませんし、取り返しの付かない身体の障害が発生するかもしれません。そのような事態にならないためにも、全構成員が安全について考え、意識することが望まれています。

第3節 w-SDS 作成に役立つ情報

●w-SDS の概要

https://www.nagaokaut.ac.jp/annai/jyoho/jyohokoukai/sds/sds_top.html

●作成ガイド

https://www.nagaokaut.ac.jp/annai/jyoho/jyohokoukai/sds/sds_top.files/w-sds_tejyun_open.pdf

●w-SDS 雛形

https://www.nagaokaut.ac.jp/annai/jyoho/jyohokoukai/sds/w-sds_sample.html

●w-SDS ワーキング

e-mail アドレス (相談窓口) sds-wg@jcom.nagaokaut.ac.jp

●総務課人事労務室福祉・職員係

e-mail アドレス romu@jcom.nagaokaut.ac.jp 内線 9206

実験等における事故防止について

実験・実習の際には、教職員の指示に従い、事故防止に努めてください。

こんな**事故**が過去に起こっています。

番号	事故例	概要
1	実験中に保護メガネを着用しなかったため、溶液が目に入った。	試験管から測定用ガラスセルに溶液を移す作業中、下にあった別の溶液のビーカーにこぼれ落ちたしずくが跳ね、目に入った。保護メガネは着用していなかった。
2	実験機器の爆発	微粒子を作製する実験のため、可燃性ガスと支燃性ガスを混合し放電させたところ、機器内で爆発が起こり、アクリル板の蓋が粉々に吹き飛んだ。爆発の影響による外傷等はなかったが、事故後の片付けの際に貧血で倒れ、実験台の角にぶつかり額等を切る怪我をした。
3	工作機械による指先の切断	大きな金属板を切断するため、足踏切断機を使用し切断加工を行っていたところ、思いがけず足が足踏み台に接触したらしく、刃が下降し、左手のなか指及びびくすり指の先を切断する怪我を負った。
4	ガスボンベからのガス漏れ	高圧ガスを使用した実験終了後にガスボンベの元栓を閉めず、また、レギュレーターが故障していた（元栓が開いた状態で2次側バルブを閉めると2次圧を示すゲージが上昇し、安全弁が開放する）ため、ガスが漏れ、実験室及び周辺の部屋に悪臭が発生した。人的被害はなし。
5	配線コードからの発火	電気計装作業中、電圧測定器に接続していたコードを束ねて使用していたため発熱し、被覆が溶けて発火した（推定）。人的被害はなし。
6	実験機の上板による事故	実験機の上板をクレーンで吊るしていたことを忘れ、上板に右眉をぶつけて切った。
7	ガス充填中の事故	ガス充填中にガラス瓶が破裂し、ガラス片が飛び散り、左手薬指を2cm程度切った。
8	足を滑らせて転倒	実験材料を取りに行く際、足を滑らせて転倒し、資材置き場の仕切りブロックであごを裂傷した。
9	ガラス製トラップ破損	トラップ入り口側の耐圧ゴム管をはずした際に中の液体が大気圧により急に出口側に押し出され、その勢いでガラス製トラップが破損し、飛散したガラス片で長さ15cm程度の浅い切り傷を負った。
10	カッターの砥石の破片による切り傷	鉄の丸棒をファインカッターで切断中、回転している砥石が破損し破片が飛び散り、その一部が右目の目元付近に当たり、2cm程度の切り傷を負った。
11	ホットプレート過熱によるアセトン引火	チタン粉末と水酸アパタイト粉末および少量のアセトンを混合した粉体を金属製プレートに投入し、ホットプレートで加熱していた所、アセトンが引火して炎が生じた。
12	エッチング処理中のガラス薬品ビンの破裂	別々に作製した濃度の異なる硝酸と塩酸を混ぜたエッチング液の廃液を一つのガラス瓶に混ぜ、ふたをしたところ、瓶が破裂・飛散し、ドラフトチャンバー前面ガラスが破損した。
13	試料と固定バイスに手を挟まれ、左手親指を怪我した。	半円柱の金属材料を、帯のこ切断機を用いて切断するため、帯のこ切断機の台にバイスで固定しようとした際に、材料を押さえていた左手親指をバイスと材料の間にはさまれた。
14	濃硫酸による化学熱傷	強酸化性溶液の入ったビーカーを手を滑らせて落とし、ビーカーが割れて溶液が手足にかかった。

番号	事故例	概要
15	電源を切断し忘れたことによる火災	プラスチック水桶内のヒーターが過熱され、水桶内の水が蒸発して「空だき」の状態となり、ヒーターの熱でプラスチックが発火し、研究室内の一部を延焼した。
16	実験中に有機溶剤に引火	微粒子を分散させた有機溶剤にパルスレーザーを照射する実験を行っていたところ、有機溶剤に引火した。
17	乾燥炉の故障による火災	鉄筋の錆を落とすために乾燥炉を稼働させていたところ、乾燥炉の老朽化によって温度制限装置が故障していたため、温度が上がり続け出火し、乾燥炉の上にあった工具、電線、計測装置等が燃えた。
18	針刺し事故	有機合成実験を行っていた際、精緻な作業を行おうとして針を持っていた右手が過動し、左手手首に注射針を刺してしまった。
19	実験室でのぼや	アスファルト用容器の清掃時に、コンロの火炎がウエスに引火し、引火したウエスの火炎がそばにあった少量の灯油を含浸した別のウエスに燃え移ってしまった。
20	実験中に化学蓄熱実験装置から出火	化学蓄熱実験装置を使用した実験の事前準備として、油を投げ込み式の電気ヒーターで加熱中に、電気ヒーターが設置されている容器内の油から発火した。
21	万能試験機と治具による親指の挟まれ事故	試験治具を万能試験機に取りつけようとした際に、試験治具を支えている右手親指第一関節の半分が試験機に挟まれ、指の先端が裂ける怪我を負った。
22	切削油加熱実験中の引火事故	オイルミスト評価装置を用いて、切削油オイルのフィルターでの捕捉実験を行っていたところ、オイルに引火した。人的被害はなし。
23	石英管に金属試料を封入する作業中の石英管破損による手の切創	石英管をホースに取りつけようとした際に、必要以上の力をかけてしまい、破損した石英管で左手親指の付け根から人差し指の付け根までを深く切る怪我を負った。
24	休日夜間の火災	軽量作業台上およびその周辺の物品等を燃やす火災が発生した。人的被害はなし。
25	実験廃棄物の不始末による出火	実験で加熱した試料を手順に従わず廃棄したところ、ごみ箱内のゴミに引火した。人的被害はなし。
26	板状アスファルトコンクリートの残骸を打撃で分割する作業中での左手指挫減創	板状アスファルトコンクリートの残骸を屋外で床面に叩きつけて割る作業中、勢い余り割れて手元に残った残骸片と床面に指を挟み指挫減創を発症した。
27	管状電気炉ゴム栓発火	管状電気炉を 1000℃ で運転中、Ar ガスをフローさせていたムライト管両端のシリコンゴム栓が加熱されて発火した。

事故例 1	実験中に保護メガネを着用しなかったため、溶液が目に入った。
概要	試験管から測定用ガラスセルに溶液を移す作業中、下にあった別の溶液のビーカーにこぼれ落ちたしずくが跳ね、目に入った。保護メガネは着用していなかった。

1. いつ

学生実験中（平日、午後 4 時 40 分頃）

2. どこで

一般化学実験室

3. どんな事故

午後 4 時 40 分頃、学部第 1 学年学生が化学実験の実験中（実験テーマ：比色分析）、硫酸銅水溶液（濃度 $4 \times 10^{-2} \text{mol/l}$ ）とアンモニア水（ 8mol/l ）の混合溶液（銅アンモニア溶液）の吸光度測定を行うため、この溶液を試験管から測定用ガラスセルに移す操作を行っていたところ、**溶液がこぼれて**、ガラスセルの下にあった銅アンモニア溶液の入ったビーカー中にこぼれた溶液が落ちた。そのとき、ビーカー内の銅アンモニア溶液が**跳ね返り、それが左目に入ってしまった**。

4. どのように対処したか

すぐに大量の水で目を洗浄するよう、その学生に指示し、病院に向かうまでの 15 分間、教員が洗浄びん中の蒸留水で目の洗浄を続けた。

午後 5 時頃、職員に病院への同行を依頼し、**大学から病院まで目を洗い続けられるよう、水とタオルを準備して病院に向かわせた**。

午後 6 時 15 分頃、病院にて目の処置、目薬と飲み薬を処方してもらった当該学生は職員とともに大学に戻った。

5. 事故の原因は

学部 1 年生の化学実験授業では、毎回、実験前の諸注意のときに、安全対策として必ず保護メガネを着用して実験を行うように指導している。実験中の巡回でも、着用していない学生には着用するように注意を行っている。事故当日も同様に、実験前の諸注意で、学生には保護メガネを必ず着用するよう指示していた。**事故にあった学生だけが実験中に保護メガネを着用していなかった**ので、再三にわたり注意を行っていた。事故後本人に聞いたところ、事故時も保護メガネを着用していなかったということである。これが今回の事故の主原因である。

この日、事故にあった学生は操作についてもミスが多く、そのたびに注意を受けていた。試験の準備で寝不足もあったようで、注意力が低下していたのではないかと推測でき、これも原因の一つと考えられる。

6. どうすれば、防げるか？

本学開学以来、学部1年生の化学実験においてこのような事故が一度もなかったことを考えると、実験内容に問題はなく、**保護メガネさえ着用していれば防げた事故**である。

保護メガネとは？



(注：本件の事故の写真ではありません。)

事故例 2	実験機器の爆発
概要	<p>学生が、微粒子を作製する実験のため、可燃性ガスと支燃性ガスを混合し放電させたところ、機器内で爆発が起こり、アクリル板の蓋が粉々に吹き飛んだ。</p> <p>爆発の影響による外傷等はなかったが、事故後の片付けの際に貧血で倒れ、実験台の角にぶつかり額等を切る怪我をした。</p>

1. いつ

大学院生の研究実験中（平日、午前 11 時頃）

2. どこで

学内共同教育研究施設実験室

3. どんな事故

大学院学生が、細線放電装置を利用した酸化物超微粒子の作製研究において、ガスの熱伝導度を変化させて生成するナノ粒子の粒径や構造を制御する事を目的にして、アンモニアと酸素ガスを混合し、全圧 0.5 気圧とした中で放電を行った。この結果、爆発が起こり、装置の蓋であるアクリル板が破損・飛散し、蛍光管と手鏡を破砕した。

約 20 秒後職員が到着し、大学院学生が徒歩で室外に退出していたのを視認した。当人から爆発があったことの報告を受け、この時無傷であることを確認した。ガス閉鎖、電源遮断などの後処理を行っている最中、大学院学生が貧血により床に倒れ、この際実験装置の角に顔面を打ち付けた結果裂傷と出血を引き起こした。

4. どのように対処したか

職員が 119 番と研究推進課に電話連絡し、病院にて治療を行った。血圧低下のために点滴を行い、裂傷を縫合した。血液検査の結果が正常であったため、同日午後 5 時に帰宅。

5. 事故の原因は

大学院学生がアンモニアを可燃性ガスと認識せず、酸素と混合した後放電させたために爆発し、装置が破損した。

6. どうすれば、防げるか

- (1) 安全教育 安全教育を行う。これまでは講義のみであったので、習熟度確認のためのテストを行った。
- (2) 掲示 危険、可燃性がある薬品、ガスおよびその組み合わせを実験室に掲示した。
(写真 2)
- (3) 実験計画 新しい薬品・ガスを使った実験を始める際には、教員と相談する。

(4) 機器対策 3台の装置のうち、容積20リットル以上の大型チャンバー2台には、万一爆発しても安全な方向に内圧を逃がす安全弁として、ラプチャーディスクを発注した。

アクリル製フランジを、脆性破壊しにくい金属製フランジと交換する。

ガス配管を間違わないように、配管にガス種を記載した。(写真3)

配線むき出し部分での感電事故を防止するため、アクリル製カバーを発注した。

充電・放電時の感電を防止するため、充電時に点灯する赤ランプを発注した。またギャップスイッチ間を手動で導通させるスイッチを廃止し、電気駆動による遠隔操作放電スイッチを設置した。(写真4)

(5) リスクアセスメント **リスクアセスメントを行い、危険性予知と対策**を行う指針とした。

(6) 実験手順書 **実験手順書(装置マニュアル)を整備**した。

写真1 事故を起こした装置

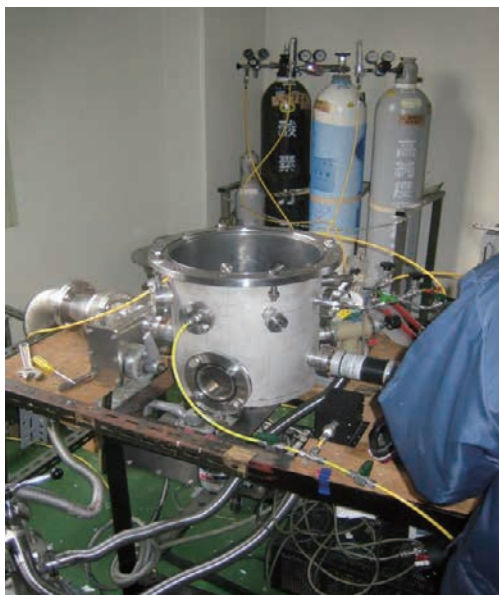


写真2 危険、可燃性がある薬品、ガス及びその組み合わせの掲示



写真3 ガス種の表示

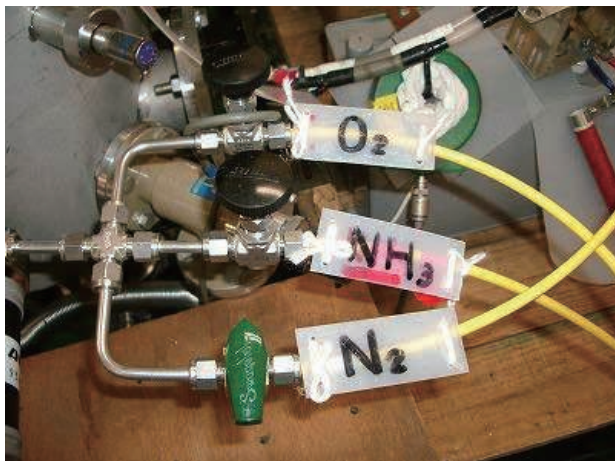


写真4 遠隔操作放電スイッチ



事故例 3	工作機械による指先の切断
概要	学生が、大きな金属板を切断するための足踏切断機を使用し、数センチ角の銅板加工を行った。作業中、足が足踏み台に接触したらしく刃が下降してきて、左手の中指及び環指の双方の先を切断する怪我を負った。

1. いつ

実験用の銅板加工中（平日、午後 2 時頃）

2. どこで

共通工作室

3. どんな事故

大学院学生が、銅板（厚さ 1 mm）を**足踏み切断機にて 1 人で加工中に指先を切断**した。（本人にその当時の状況を後に救急車の中及び手術後に聞いたが、セットして足が足踏みに接触したら刃が下降したとのことであるが、気が動転していて良く覚えていない様子だった。）

4. どのように対処したか

本人はあわてて近くの研究室に切断された指を持参して助けを求めた。居合わせた研究室の学生 2 名が主として対応した。**まず、119 番通報**。前室にいた教員の指導の下、**止血、ビニール袋で手及び切断した指をそれぞれ防水し、バケツに満たした氷水中に保存**した。また、指導教員に電話連絡。指導教員は系長に連絡し、一緒に現場に向かった。その後、**体育・保健センターに連絡し、医師と保健師が駆けつけて処置**。学生支援課に連絡し、学生保護者へ連絡。

午後 3 時頃、病院に救急車で到着。直ちに処置を開始し、検査とレントゲン撮影を行った。午後 4 時半から手術開始し午後 6 時半頃手術が終了した。

5. 事故の原因は

大きな金属板を切断するための足踏み切断機を数センチ角のサンプル切断に使用したこと。

6. どうすれば防げるか？

- (1) **サンプルに見合った工作法を検討し、危険を最小限にする。**
- (2) 学生実験のガイダンス時の安全教育において機械工作機器に対する教育を加え、これまで学内で生じた事故例について具体的な説明と注意喚起を行う。
- (3) 足踏み切断機の前に、「足踏み切断機使用上の注意」掲示。
- (4) 共通工作室の使用時間の厳守。緊急時の対応のため、工作室は 2 人以上で使用する。
- (5) 足踏み切断機のサンプルを置くスペースに指先を入らないような装置に改造。

足踏み切断機（改善前）



足踏み切断機（改善後）



事故例 4	ガスボンベからのガス漏れ
概要	高圧ガスを使用した実験終了後にガスボンベの元栓を閉めず、また、レギュレーターが故障していた（元栓が開いた状態で2次側バルブを閉めると2次圧を示すゲージが上昇し、安全弁が開放する）ため、アンモニアが漏れ、実験室及び周辺の部屋に悪臭が発生した。人的被害はなし。

1. いつ

研究実験後（平日、午後1時頃）

2. どこで

学内共同教育研究施設実験室

3. どんな事故

設置の実験装置周辺からアンモニア（NH₃）が漏れたため、研究室および隣の研究室に**悪臭が発生**した。

4. どのように対処したか

ガスボンベの元栓を閉め、部屋の換気を行った。



写真1
問題のあったレギュレーター

5. 事故の原因は

2日前にNH₃を使用する実験を行った。**実験終了後、NH₃ボンベの元栓を閉めなかった（閉めるルールになっていなかった）**。事故後の調査で、このボンベのレギュレーターには、ボンベ元栓を閉めずに2次側バルブを閉めると、2次圧を示すゲージが上昇する問題があったことが判明した。実験終了後2次圧が徐々に増加し、45時間ほど経過した事故発生日の午後1時ごろの時点で、レギュレーターの安全弁が開放になり、一気にガスが漏れたと考えられる。

6. どうすれば、防げるか

- (1) **実験の作業マニュアルを再作成し、ボンベの元栓の閉め忘れ、シリンダーキャビネットの排気スイッチ入れ忘れを防止する。**
- (2) 問題のあったレギュレーターは処分し、新しいレギュレーターを使用する。
- (3) シリンダーキャビネットを使用する。

図2のシリンダーキャビネット内は排気スイッチ入により排気され、ガスは屋外に放出される。今後は、このシリンダーキャビネットを利用し、ガス漏れが起こった場合にも屋内へのガス拡散を防止する。

- (4) NH₃に使用するレギュレーターは、必ずNH₃対応品の使用を義務付ける。腐食等で問題を発生させる場合があるため、1年に1度くらいの頻度で新品の内部部品を組み込んだ予備レギュレーターと交換する。



写真2
新たなシリンダーキャビネット

事故例 5	配線コードからの発火
概要	学生が、電気計装作業中、電圧測定器に接続していたコードを束ねて使用していたため発熱し、被覆が溶けて発火した（推定）。人的被害はなし。

1. いつ

電気計装作業中（平日、午後 6 時頃）

2. どこで

環境棟実験室

3. どんな事故

実験台で電気計装作業中、突然実験台に置いていた電圧測定器（旭計器）の電源ケーブルから出火した。

4. どのように対処したか

直ちに実験室に備え付けられていた粉末消火器を用いて実験台上の出火物に対して消火活動を行い、1 分以内に鎮火した。

5. 事故の原因は

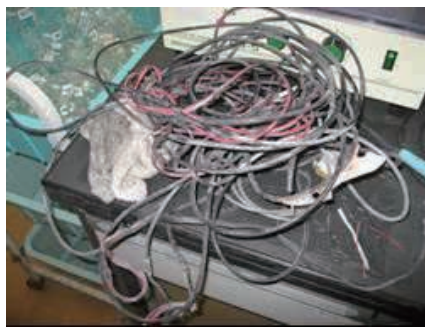
電圧測定器に接続している長いコードを束ねて使用していたことにより発熱し、被覆が溶け発火したのではないかとと思われる。

6. どうすれば防げるか

- (1) 初めて電気・計装作業を行う場合は、技術職員もしくは教員の立会いのもとで行う。
- (2) 電源ケーブル接続においては、メーカー推奨の条件、品物を用いるよう徹底する。
- (3) 電気・計装作業を行う際、極力、周辺備品を他の場所に移して行う。
- (4) 電気・計装作業は 2 人以上で行う。
- (5) 電源ケーブルは、コンセントと実験装置設置場所との距離に見合った適正な長さとする。
- (6) 実験作業中は実験室を不在としない。



発生現場（左側実験）



焼け焦げた電気配線



一部が焼けた電圧表示

事故例 6	実験機の上板による事故
概要	実験機の上板をクレーンで吊るしていたことを忘れ、上板に右眉をぶつけて切った。

1. いつ

実験の後処理中（平日、午前 11 時頃）

2. どこで

建設大型実験棟

3. どんな事故

実験機の上板を手で持ち上げられないためクレーンで吊っていたことを忘れ、作業を続けていた時に**右眉付近をぶつけて切ってしまった**。

4. どのように対処したか

一緒に作業していた先輩がすぐにティッシュを用意し、その部分を強く押さえて**圧迫止血**しながら体育・保健センターに向かい応急処置を行った後、長岡西病院で手当てを受けた。

5. 事故の原因は

実験に慣れてきたせいか**注意散漫**になっていたと考えられる。

6. どうすれば防げるか

注意を怠ることなく安全第一で作業を行う。

事故例 7	ガス充填中の事故
概要	ガス充填中にガラス瓶が破裂し、ガラス片が飛び散り、左手薬指を 2 cm 程度切った。

1. いつ

大学院生の研究実験中（平日、午後 6 時頃）

2. どこで

環境棟 4 階 環境反応工学実験室

3. どんな事故

試薬作製の際に容量 5L のガラス瓶に**窒素ガスを充填**していた。ガラス瓶にはガス入口と出口を設け、ガラス瓶内に圧力がかからないようにしていた。しかし、ガス充填中に**ガラス瓶が破裂**しガラス片が飛び散った。それにより左手薬指の手の甲を 2cm 程度切ってしまった。

4. どのように対処したか

事故後すぐにガスボンベを閉め、研究室の学生に後片付けをお願いし、傷口処置の為に早急に長岡赤十字病院に行き、4 針縫った。

5. 事故の原因は

今回の事故原因は**ガラス瓶へのガス圧力**が強かった為に起こったものである。

6. どうすれば防げるか

今後同様な事態が発生しない為に、ガスボンベを使用する際には必ずしっかり**圧力の確認**を行うこと、そして、**ガス出入り口をガス量に対して十分に確保**することが重要である。

事故例 8	足を滑らせて転倒
概要	実験材料を取りに行く際、足を滑らせて転倒し、資材置き場の仕切りブロックであごを裂傷した。

1. いつ

建設工学演習中（平日、午後 4 時頃）

2. どこで

機械建設 3 号棟 1 階コンクリート実験室

3. どんな事故

1 学期開講の建設工学課程 4 年生の科目「建設工学演習」の課題として、コンクリート研究室の 4 年生がコンクリートカヌーの製作に取り組んでいる。この日は、建設工学課程 2 年生の「建設工学テーマセミナーⅠ」の時間に合わせてカヌー作製を行い、担当教員立会いのもと、4 年生が 2 年生にカヌーの説明をしながら作製現場を見学させていた。コンクリート用骨材を取ってくるために中庭の資材置き場に向かったが、その際足を滑らせて転倒し、資材置き場の仕切りのブロックであごを裂傷した。

4. どのように対処したか

転倒直後に転倒して怪我をしたことを担当教員に報告し、一人で保健室に向かった。その後、4 年生の学生が様子を見に追いかけた。絆創膏による処置を受けて戻ってきた。保健室では、本日はこれで様子を見るのがよいとのことであった。しかし、念のため、なるべく早く医療機関で診てもらったほうがよいと判断し、機械建設事務室に相談し、担当教員が井村整形外科（長岡市大島本町）に連れて行った。医者の判断では、縫うまでではないが、化膿止め等の処置を行い、明日も通院が必要とのことであった。

5. 事故の原因は

今回は、特別に危険な作業をしたり、注意を怠っていたわけではないが、実験室や資材置き場では転倒程度のきっかけで大事に至ることもある。

6. どうすれば防げるか

足元に十分注意し、急がず足場の良いところを歩くように指導を徹底する。

事故例 9	ガラス製トラップ破損
概要	トラップ入り口側の耐圧ゴム管をはずした際に中の液体が大気圧により急に出口側に押し出され、その勢いでガラス製トラップが破損し、飛散したガラス片で長さ15 cm程度の浅い切り傷を負った。

1. いつ

研究室での実験中（平日、午前 11 時頃）

2. どこで

物質・材料系 2 号棟 3 階

3. どんな事故

フラスコに入れた反応混合物から溶媒であるメタノールを減圧留去していた。フラスコと水流ポンプの間に水酸化ナトリウム水溶液を入れたトラップを挟み、溶液中に残留する二酸化硫黄ガスが排水中に混入しないようにしていたが、途中でトラップ入り口側の耐圧ゴム管をはずした際に中の液体が大気圧により急に出口側に押し出され、その勢いでガラス製トラップが破損した。このとき、飛散したガラス片で右手小指側から手首にかけて長さ 15 cm 程度の浅い切り傷を負った。

4. どのように対処したか

直ちに傷口を流水で洗ってから体育・保健センターに行き、治療を受けた。傷がそれほど深いものではなかったため、消毒と傷面保護の処置のみを受け、午後からは実験を再開した。

5. 事故の原因は

トラップ中の水溶液量が多すぎたこと並びに減圧を解放する際にいきなり耐圧ゴム管を引き抜いて急激な圧力変化を与えてしまったことが原因と考えられる。また、破損したトラップは、そのまま廃棄したので確認はできていないが、何らかの原因で上部の「封じ込み」部分に傷が付き、機械的強度が落ちていた可能性もある。

6. どうすれば防げるか

トラップに入れる液量を多くしすぎないこと、減圧を開放する際には T 字管とスクリーコックを用いて徐々に開放するようにする。また、類似の実験を行う学生に対して、このことを周知する。

事故例 10	カッターの砥石の破片による切り傷
概 要	鉄の丸棒をファインカッターで切断中、回転している砥石が破損し破片が飛び散り、その一部が右目の目元付近に当たり、2cm 程度の切り傷を負った。

1. いつ

課題研究での実験中（平日、午後 4 時頃）

2. どこで

機械・建設 3 号棟

3. どんな事故

径 1cm、長さ 1m の鉄の丸棒を長さ 40cm に切断するためにファインカッターで切断していた。切断し終わる頃に、回転している**砥石が破損し破片が飛び散った**。その一部が右目の目元付近に当たり、2cm 程度の**切り傷**を負った。

4. どのように対処したか

すぐに、隣室にいた先輩が気づきキムワイプ（紙製のウエス）を用意し、**止血を行い**ながら体育・保健センターに向かった。そこでガーゼにより止血・消毒を行い、その後赤十字病院へ向かった。異物の混入がないかレントゲン撮影をしてもらい、血も止まっていたので、縫わずに傷口を治療した。

5. 事故の原因は

鉄の丸棒を固定すべき所に固定せず、手に持って切断した。そのため、装置に設置されたカバーを下ろさなかった。






このように、**正しく使用しなかったこと**が原因と考えられる。

6. どうすれば防げるか

- (1) 運転中は**カバーをすることを徹底**し、周知・掲示する。
- (2) 必要に応じ**保護メガネを着用**するよう指導する。
- (3) 機械器具のメンテナンス、作業室の整理・整頓を指導し、励行させる。
- (4) 単独で作業する場合、周囲の者に声を掛ける。

【現場写真】

機械・建設 3号棟

	<p>① 事故を起こしたファインカッター 円盤状の砥石を回転軸に取り付け、高速回転させて試料を切断する。 砥石はセラミックス製で、もろい。厚さは0.5mm程度。 鉄製のカバーにアクリル製の蓋が備わる。</p>
	<p>② 鉄製のカバーをし、アクリル製の蓋を開けたところ。 資料を固定する金具のボルト類に錆が浮いている。 周囲には「カバー」を促す注意書き等はない。</p>
	<p>③ 鉄製のカバーとアクリル製の蓋を閉めたところ。本来、切削中はこのように使用する。</p>
	<p>④ 事故が起きたときは、学生1人で作業しており、カバーをおろしていなかった。 学生自身は高専出身で、本学の工作センターでの作業経験もあり、機械に不慣れというわけではなかった。</p>
	<p>⑤ アクリル製の蓋 汚れで中の様子が見えにくい。 また、手元に照明がなく、作業箇所が分かりにくい。</p>
	<p>⑥ 機械の真上の天井に、割れて飛散した砥石の破片が刺さっていた。</p>

事故例 11	ホットプレート過熱によるアセトン引火
概要	チタン粉末と水酸アパタイト粉末および少量のアセトンを混合した粉体を金属製プレートに投入し、ホットプレートで加熱していた所、アセトンが引火して炎が生じた。

1. いつ

研究活動における実験中（課外・休日、午後2時頃）

2. どこで

実験実習2号棟

3. どんな事故

チタン粉末と水酸アパタイト粉末及び少量のアセトンを混合した粉体を金属製プレートに投入し、ホットプレートで加熱していた所、**アセトンが引火**して炎が生じた。当該学生は、発生10分前より実験を開始し、最初5分間状況を観察して異状なしを確認した後、隣室にて資料整理を行っていた。他の学生が所用で実験室を訪れ、小規模の火炎が上がっているのを発見した。

4. どのように対処したか

発見者は最初、鉄製容器をかぶせることで鎮火を試みたが成功せず、室外に設置してあった**消火器**を用いて鎮火した。

5. 事故の原因は

（作業中の要因）

- (1) アセトンが引火する可能性については認識していたものの、作業中に関係者が問題ないと判断して**その場を離れて**しまったこと。そのために引火前に**過熱状態**にあることを検知できなかった。
- (2) 関係者が、**作業手順とそのリスク**について、他者と**十分な確認**を行わないまま実行してしまったこと。休日ということで**教員等に連絡**することをためらった可能性もある。

（システムの背景要因）

- (1) ハードとしてのホットプレートに過熱防止装置が備わっていなかったこと。
以上が考えられるが、特に作業中の要因が今回の事故発生に致命的な影響を及ぼしたものと推察される。

6. どうすれば防げるか

- (1) 湿式混合時にアセトンを利用する場合は事前に**湯浴でアセトンを十分に蒸発**させてから乾燥させることとする。作業終了まで、作業者が**過熱が発生していないかを監視**するよう指導する。
- (2) 休日に作業をする場合でも、**休前日までに作業手順資料を作成して教員と相談**し、安全性評価後に対策を講じた上で了承を受け、作業を実施することを改めて指導する。

現場の参考写真



過熱を起こしたホットプレート及び周辺の様子。
発火は図中の金属プレート上である。



ホットプレートの制御装置。
タイマーと強度のみが制御できる。

事故例 12	エッチング処理中のガラス薬品ビンの破裂
概要	別々に作製した濃度の異なる硝酸と塩酸を混ぜたエッチング液の廃液を一つのガラス瓶に混ぜ、ふたをしたところ、瓶が破裂・飛散し、ドラフトチャンバー前面ガラスが破損した。

1. いつ

研究活動における実験中（課外・平日、深夜 2 時頃）

2. どこで

機械建設 2 号棟（化学処理室）

3. どんな事故

硝酸と塩酸を混ぜたエッチング液を作製し、**ステンレス鋼のエッチング処理**を行っていた。別々に作製した濃度の異なるエッチング液の廃液を一つのガラス瓶に混ぜ、ふたをしたところ、**瓶が破裂・飛散**し、ドラフトチャンバー前面ガラスが破損した。また、飛散したガラスの一部により、学生は左手親指の先にけがをした。

4. どのように対処したか

隣室の**研究室学生に口頭で事故の発生を知らせ**、さらに、緊急時連絡網に従って、エネルギーセンターへの通報を依頼した。エネルギーセンターの事故現場確認後、事故現場と同階にある研究室の学生とともに、長岡中央総合病院に行き、診察を受けた。診察の結果、**左手親指先のけが**のほかは、異常がなかった。

5. 事故の原因は

濃度の異なるエッチング液を使用するのは初めてであり、それらの廃液を混合することにより、さらに反応が生じる可能性があることについて**危険性を十分に考慮**しなかった。そのため、反応中にふたをして、ガラス瓶の破裂に至った。

6. どうすれば防げるか

- (1) 別々に作製したエッチング液の廃液を同一のガラス瓶で混合しないようにする。
- (2) **薬品を混合**する際には、反応が生じるか、また、生じていた場合、その後、反応が安定しているかを**十分に確認**する。
- (3) 深夜に作業をする場合、**事前に作業手順資料を作成して教員と相談・確認**し、安全性評価後に対策を講じた上で了承を受け、作業を実施することを改めて指導する。
- (4) 1名の教員の携帯電話によってのみで、連絡を試みたが、連絡が取れなかった。今後、関係する教員全員への自宅電話を含めた**連絡先の再確認**を徹底する。
- (5) 指導教員の指導に従い、白衣、マスク兼用の襟巻、帽子、保護眼鏡、耐酸手袋を着用し、ドラフトチャンバー内で作業を行っていた。したがって、薬品による被害はなく、ガラス片による指先のけがのみであった。今後も引き続き、同様の指導を徹底する。
- (6) 研究室内で作業手順を見直したのち、**外部による点検・評価**を受け、必要に応じて、さらに安全な手順とする。



事故当時、着用していた耐酸手袋



学生の怪我（左手の親指切創）
保護眼鏡・手袋・白衣等を着けていたため親指
以外には負傷はなかった。



事故後のドラフトチャンバー
内側からガラス瓶が破裂したため、前面ガラスが破損した。

事故例 13	試料と固定バイスに手を挟まれ、左手親指を怪我した。
概要	半円柱の金属材料を、帯鋸切断機を用いて切断するため、帯鋸切断機の台にバイスにて材料を固定しようとした際に、材料を押さえていた左手親指をバイスと材料の間に挟まれた。

1. いつ

実験のための試料加工中（平日、午後 4 時 30 分頃）

2. どこで

工作センター

3. どんな事故

直径 175mm、厚さ 55mm の半円柱の金属材料を帯鋸切断機を用いて溶解用るつぼに入る大きさに切断するため、帯鋸切断機の台にバイスにて材料を固定しようとした際に、材料を抑えていた左手親指をバイスと材料の間に挟まれた。

4. どのように対処したか

事故直後、工作センター職員に通報し、止血をした。通報により体育・保健センター職員が来て、消毒とガーゼ及び包帯による応急処置を行った後、午後 4 時 40 分に立川総合病院に向かった。

5. 事故の原因は

通常は、帯鋸切断機の台に半円状の材料を固定する場合、半円状の平らな面を下にして台に置くところ、円弧側を下にして台に置いたため不安定な状態になったため、材料に手を添えてしまった。

また、本人は外国からの特別聴講学生であり、同様の機器で作業した経験もなく、作業の最初の約 30 分間は、修士 1 年の学生が本機を操作し、本機を用いた一連の操作内容の手本を見せながら指導を行い、その後、約 2 時間修士 1 年生が操作をチェックしながら本人に作業をさせたが、少し目を離れた間に事故が起きた。

6. どうすれば、防げるか

(1) 指導教員からの事前安全指導の確認を強化する。

利用申込書に、指導教員からの「安全指導済み印」欄を設ける。

(2) 安全講習受講の厳格化を図る。

機器毎に、「初心者講習」を行った者でないと、機器の使用を禁止する。

機器毎に「使い方の手引き」「禁止事項」を掲示し、安全に対する心得を理解した旨を自署させた上で使用させる。

(3) 工作センター所有機器に対して、リスク・アセスメントを実施し、安全対策の強化を図る。



①事故があった津根精機製帯鋸切断機
TB4-262GN 外観写真

金属等の大きな試料を切断するための切断機である。

油圧シリンダ式主バイス A で材料を挟み、固定した上で試料を切断する。



②今回切断を予定していた、金属材料
試料の寸法：
直径 175mm
高さ 55mm



③事故発生時、本人(使用者)は半円柱材料を左図のように、円弧側を下に置き、材料に手を添え、材料が動かないようにしてバイスを固定しようとした。



④手で材料を固定する際に、主バイスと材料との間に左手親指を入れた状態で主バイスの閉ボタンを押し、左手親指が挟まれてしまった。
隣にいた修士 1 年生の学生が、事故に気づき、主バイスの開ボタンを押して荷重を取り除き、工作センターの職員に報告した。

事故例 14	濃硫酸による化学熱傷
概要	強酸化性溶液の入ったビーカーを手で滑らせて落とし、ビーカーが割れて溶液が手足にかかった。

1. いつ

研究室における研究実験中（平日、午後1時頃）

2. どこで

学内共同教育研究施設実験室

3. どんな事故

B4学生が、誤って濃硫酸+少量の硝酸カリウムの入ったビーカー(500ml)を手を滑らせて落とし、ドラフト内でビーカーが割れて溶液が両手両足の一部にかかった。かかった部位は硝酸とタンパク質の反応により黄変した。

4. どのように対処したか

直後より流水でかかった部位を洗浄。その後屋外にてホースにシャワーヘッドをつけて流水による洗浄を行い、病院に搬送、医師の処置を受けた。翌日より医師による実験再開が許可され、3日後に傷は全快。溶液がかかった直後より多量の流水洗浄を行ったため、大事に至らなかった。

5. 事故の原因は

実験操作を急いでしていたことから、ラップでフタをしたビーカーの上部を上から持って持ち上げようとしたために手を滑らせた。本来手袋の着用が指示されていたが、それを守っていなかった。

6. どうすれば、防げるか

耐薬品性手袋を着用し、ビーカーは横からしっかりと保持する。実験操作の時には操作に集中し、正確に操作を行う。目への飛散を未然に防ぐため安全眼鏡を着用する。既に起こりうる危険についても含めた操作手順書が掲示されていたが、より見やすいものに改良する。

また、もしもこのような事態が発生した場合には、一分一秒でも早く多量の流水で洗浄する事が効果を有し、大切である。

事故例 15	電源を切断し忘れたことによる火災
概要	プラスチック水桶内のヒーターが過熱され、水桶内の水が蒸発して「空だき」の状態となり、ヒーターの熱でプラスチックが発火し、研究室内の一部を延焼した。

1. いつ

休日、午前10時30分頃

2. どこで

博士実験棟3階

3. どんな事故

水処理実験装置の一部であるプラスチック水桶に設置したヒーター周辺の水が蒸発し、「空だき」の状態となり、ヒーターの熱でプラスチックが焦げ付き発火した。装置周辺には燃えやすいものはなかったものの、石膏ボード製の天井を焦がし、蛍光灯2か所と天井スピーカ、試験装置本体、シンク付き実験台1台に損害があった。

試験装置本体は、修士学生の実験が終了した6日前から休止状態となっていたが、ヒーター（消費電力1kW）が通電しており、実験室内の温度が低下したため、ヒーターのサーモスタットが作動し、水桶内の水が次第に減少して空だき状態となったと思われる。サーモスタットは、水温が28℃以下になった場合に作動するよう設定していた。

4. どのように対処したか

火災報知器の発報により現場に急行したエネルギーセンター職員が火災を発見、消火器（1本使用）により消火した。エネルギーセンター職員から事務局職員へ通報があり、担当教員へ連絡があった。なお、火災発生時は休日で実験担当者は不在であった。

5. 事故の原因は

（人為的要因）装置を休止状態にするときには、本来、ヒーターの電源を切る（コンセントをぬく）必要があったが、ヒーターの電源を切り忘れてしまった。

（システム要因）ヒーターに空だき防止機能が備わっていなかった。

6. どうすれば、防げるか

- (1) 研究室において安全衛生ミーティングを早急を実施し、熱源を含めた機器等のリスク対策を検討した上で、管理・運用方法を徹底する。
- (2) 装置を休止状態にするときに、ヒーターなど熱を発する装置の電源も同時に切ることを徹底し、操作マニュアル、指示書などをわかりやすい場所に掲示する。
- (3) 水位の低下でヒーターの電源が切れる装置や空焚き防止装置を設置する。

7. その他

- (1) 本装置のSDS作成の有無：無（法的管理対象物がなかったため）
- (2) 環境・建設系での実験マニュアルの有無及び実験安全指導実施の有無：環境システム工学課程3年の学生実験のはじめに、全学生を対象として、安全の手引き、ビデオ等を用いて実験安全指導は実施しているが、今回の水処理試験装置は、そもそも装置自体の開発を行うものであり、試験装置自体のマニュアルは無かった。

【焼失した試験装置：中央の黒い容器がプラスチック製水桶】



【天井蛍光灯】



【熱で溶けた天井スピーカーのプラスチックカバー】



事故例 16	実験中に有機溶剤に引火
概要	微粒子を分散させた有機溶剤にパルスレーザーを照射する実験を行っていたところ、有機溶剤に引火した。慌てて素手で対処しようとしたため、両手にやけどを負った。

1. いつ

研究室における実験中（平日、午後 1 時 5 0 分頃）

2. どこで

機械 2 号棟 7 階（レーザー応用実験室）

3. どんな事故

電気電子情報工学専攻 1 年の学生が、

- ① 100 cc のビーカーに微粒子を分散させた有機溶剤（プロパノール）を入れ、これにパルスレーザー（KrF, 248 nm, ~120mJ）を照射する実験（液中レーザーアブレーション）を開始した。
- ② 実験開始後、暫くして気化した有機溶剤に引火し、瞬間的に火柱が立上った。
- ③ 慌てて素手でビーカーを流しまで運ぼうとするが、熱さに我慢できず途中で落下させた。
- ④ 暗幕に火がつくが、防火使用のため被害は無かった。付近にあった座布団を少し焦がした。有機溶剤が手にこぼれ、引火し、両手にやけどを負った。

4. どのように対処したか

火災報知器が反応し、実験室から出て来た当該学生を、他研究室の学生が発見し、救急車を要請した。機械系教員も火災報知を確認し、緊急時連絡網に通報した。当該学生は、救急車で立川総合病院に搬送され、診察を受け研究室に戻った。

消防が到着し、現場確認を行い、翌日には消防及び警察が現場を検証した。

5. 事故の原因は

事故以前には、「水」を使って実験していた。指導教員は水だけで上手くいかない場合には、将来的に、「プロパノール」と「水」を混ぜて実験するつもりでいたが、学生は「プロパノール（100%）」で実験を行ってしまった。深夜に一人で実験しており、また、火柱に気が動転してしまい、ビーカーに蓋をすることにより消火する等、適切な対応が取れなかった。

6. どうすれば、防げるか

午後 9 時以降に危険を伴う可能性がある実験を実施する場合、事前に指導教員と学生との間で十分な打合せを行い、時間外居残り届を必ず提出する。実験の際には、指導教員と一緒に実験するか、又は、学生 2 名以上で実験する。学生だけで実験する場合は、指導教員はいつでも電話に出られるようにする。



ビーカー (事故の起きた状況を再現)



引火した座布団

事故例 17	乾燥炉の故障による火災
概 要	鉄筋の錆を落とすために乾燥炉を稼働させていたところ、乾燥炉の老朽化によって温度制限装置が故障していたため、温度が上がり続け出火し、乾燥炉の上にあった工具、電線、計測装置等が燃えた。

1. いつ

研究室における実験中（平日、午前0～4時頃）

2. どこで

大型実験棟

3. どんな事故

鉄筋の錆を落とすため、プラコンテナに 10%クエン酸二アンモニウム水溶液と鉄筋を入れて、60℃に設定した乾燥炉に入れた。乾燥炉の老朽化によって（昭和50年製）、温度制限装置が故障しており、温度が上がり続けたため、炉内部または排気口付近で出火し、乾燥炉の上にあった工具、電線、計測装置等が燃えた。周囲に可燃物が少なかったため、延焼することなく、乾燥炉とその上にあつたもののみが燃えた後、自然鎮火した。

4. どのように対処したか

出火時は深夜であり、部屋には誰もいなかった。巡回中のエネセン職員が機械1号棟2階廊下にて煙を発見し、周辺を調べ、同日に火災発生場所を発見した。そのときすでに鎮火していた。その後、教員・職員で状態を確認し、焼損した分電盤のブレーカを落とし、再出火の恐れがないことを確認した。

5. 事故の原因は

（設備の要因）

乾燥炉が老朽化して、温度制御装置が故障していた。

（環境の要因）

装置の上に燃えるものが置いてあつた。

（人的な要因）

火災の2日前に別の学生が同様の作業をして、通常は異常がないプラコンテナが溶けて変形したことがあつた。その時点で、装置が故障した可能性を確認するべきだが、教員に連絡することもなく、放置していた。

6. どうすれば、防げるか

- (1) 同様の機器の点検。
- (2) 発熱や発火の恐れがある機器の周囲に燃えるものを置かない。
- (3) 装置の故障・異常があった場合は、直ちに使用を停止し、教員・職員に連絡した上で、原因を確認し、処置をする。これを実験室使用者全員に指導する。



焼け焦げた乾燥炉

事故例 18	注射針刺し事故
概要	有機合成実験を行っていた際、精緻な作業を行おうとして針を持っていた右手が震えによって過動し、左手手首に注射針の先端で引っ掻くような状態で刺してしまった。

1. いつ

研究室における実験中（平日、午後17時頃）

2. どこで

環境システム棟

3. どんな事故

有機合成実験を行っていた際、誤って左手手首に注射針を刺してしまった。



内出血により腫れた患部

4. どのように対処したか

事故当時には出血がすぐに収まったため、当該学生は絆創膏による処置で十分であると自分で判断した。しかしながら、かゆみのために患部を無意識に何度も掻いてしまったためか翌週になって内出血による腫れが患部に現れたことから、体育・保健センターを訪問し診察を受けた。

5. 事故の原因は

精緻な作業を行おうとして緊張による震えのためと考えられるが、針を持っていた右手が過動した。

6. どうすれば、防げるか

注射針を実験で用いる作業の危険性の周知と、安全な取扱法を研究室内で徹底する。また、研究室内での事故や怪我等は、例え軽微でも直ちに研究室の教員に申し出て、必要な処置について指示を仰ぐように改めて指導徹底する。消毒薬や絆創膏など、応急処置に必要な救急品の保管場所の学生への周知等も徹底する。

事故例 19	実験室でのぼや
概要	アスファルト用容器の清掃時に、コンロの火炎がウエスに引火し、引火したウエスの火炎がそばにあった少量の灯油を含浸した別のウエスに燃え移ってしまった。

1. いつ

研究室における実験中（平日、午前11時52分頃）

2. どこで

機械建設4号棟

3. どんな事故

アスファルト用容器の清掃は、容器をコンロの直火で加熱し、付着したアスファルトの粘度を低くしたうえでウエスで拭き取って行う。その際にコンロの火炎にウエスが触れてしまい、ウエスに引火してしまった。そして、引火したウエスの火炎が、そばにあった少量の灯油を含浸した別のウエスに燃え移ってしまった。その結果、ウエスと作業者の軍手が焼け焦げてしまい、煙が発生して火災報知器が作動した。

4. どのように対処したか

ウエスへの燃焼は小規模であったので、手でふり叩いて消火した。作業者は軍手を2枚重ねで装着しているため、手作業で鎮火させることができた。

5. 事故の原因は

灯油が付着したウエスを、加熱清掃する机の上に放置した状態で清掃を行ったことにより、発生してしまった。

6. どうすれば、防げるか

灯油等が付着したウエスと、そうでないものを確実に分別し、適切な位置に格納しておく。そして、灯油等が付着したウエスはもちろんのこと、可燃性のものをそばに置いた状態で、アスファルト用容器等の加熱清掃作業を行わない。



清掃していたアス容器、使用したコンロ、ウエス



ぼやが発生した部屋の状況

事故例 20	実験中に化学蓄熱実験装置から出火
概要	化学蓄熱実験装置を使用した実験の事前準備として、油を投げ込み式の電気ヒーターで加熱中に、電気ヒーターが設置されている容器内の油から発火した。

1. いつ

研究室における実験中（平日、午後 14 時 25 分頃）

2. どこで

共用実験棟

3. どんな事故

化学蓄熱実験装置を使用した実験の事前準備として、油（引火温度は約 220℃）を投げ込み式の電気ヒーターで加熱していた。このとき、通常時には 2 人体制で行っている実験を、1 人で行っており、目的の温度である 120℃に達するまで加熱をしている間、一時現場を離れていた。現場に戻った時には、電気ヒーターが設置されている容器内の油から発火していた。

4. どのように対処したか

装置の周囲に常設の消化器で消火活動を行い、電源ブレーカーを落とすとともに、換気のために実験室の搬入庫シャッターを開けた。さらに、助けに駆けつけた者と消火活動を行い、発見から 5 分後に鎮火した。その後、消防署に通報した。

5. 事故の原因は

（装置の要因）

油の入った容器の上部から電気ヒーターを浸漬させる構造であったため、電気ヒーターによって引火点以上に加熱された油が、電気ヒーターの表面を伝って上昇し、空気に触れ引火した可能性が考えられる。

（作業方法の要因）

通常時には 2 人体制で行っている実験を、1 人で行っていたことと、油の加熱中に、その場を離れたこと。

6. どうすれば、防げるか

- (1) 装置について、容器内での油の温度むらを最低限にするため、油の攪拌バイパスルートを設置し、かつ、循環ポンプにより油を常時循環させる。この循環ポンプが作動していなければ、電気ヒーターの電源が入らない回路とする。また、複数設置した温度センサーが異常値を検出すると、電気ヒーターが OFF になる昇温防止装置を設置する。

- (2) 実験中はその場を離れず、常時、油の温度を監視する。
- (3) 実験マニュアルを定期的に見直し、現場に常備する。



電気ヒーターで油を加熱していた容器（消化活動後）



油の入った容器内に設置されていた電気ヒーター

事故例 21	万能試験機と治具による親指の挟まれ事故
概 要	試験治具を万能試験機に取りつけようとした際に、試験治具を支えている右手親指第一関節の半分が試験機に挟まれ、指の先端が裂ける怪我を負った。

1. いつ

研究室における実験中（土曜日、午後1時15分頃）

2. どこで

共用実験棟内

3. どんな事故

材料工学専攻の学生が、万能試験機の試験治具の取付作業時、試験治具を右手親指で支え、取付可動部を下方に移動していた時に、右手親指第一関節の半分を挟まれた。

作業は被災者一人で行っており、右手親指の先端が裂け、骨が見える状態で、爪もはがれた。

4. どのように対処したか

右手親指が挟まれたことに気づいた後、すぐに取付可動部を上方に移動した。

傷口を清潔な布で覆った後、日本赤十字社 長岡赤十字病院に移動し、治療を受けた。

5. 事故の原因は

作業時間を短縮するため、指導した治具取付方法とは異なる手順で行っていた。

6. どうすれば、防げるか

- (1) 指導された正しい手順で作業を行う。
- (2) 誤った方法による取付けを防止するために、試験機本体に治具取付手順を貼り付ける。

【事故時の状況】



写真 1 万能試験機外観写真



2. 試験治具の支持状態

①ユニバーサルジョイントと上部治具のセットピンを容易に挿入できるように、位置合わせ用の目印をつけ、上部治具に高さ調整用スペーサを取り付けた(図 1)。これにより、ユニバーサルジョイント下面とスペーサ上面が接触する直前まで可動させ、位置合わせ用の目印を合わせれば、セットピンを容易に挿入できることを確認した。



②上部治具取付け時の治具落下防止を目的として、下部治具装着前に、上部治具を設置する手順とした。下部テーブル上に上部治具を置き(図 2)、ユニバーサルジョイントと接続した後、上部テーブルを上方に移動させ、下部治具を装着することで、上部治具とユニバーサルジョイントを安全に接続可能である。



事故例 22	切削油加熱実験中の引火事故
概要	オイルミスト評価装置を用いて、切削油オイルのフィルターでの捕捉実験を行っていたところ、オイルに引火した。人的被害はなし。

1. いつ

研究室における実験中（平日、午後 14 時頃）

2. どこで

物質材料 2 号棟内

3. どんな事故

学部 3 年生が 1 人で、実験を行っていた。オイルミスト評価装置中のガラスシャーレ（22cm 直径 x 高さ 5cm）に切削油（ユシローケン GTS-100、引火点 150° C）を入れ、サーマリンク電気コンロを用いて、110° C で熱していたところ、オイルに引火し火災を引き起こした。評価装置はオイル加熱部でミスト化したオイルをブローアードクト管を介して吸引し、フィルター部に導く構造となっており、これにより発生するオイルミストをフィルターにて捕捉する目的での実験であった。ブローアードでの吸引中に、加熱開始後、約 10 分で引火に至った。この際に熱電対での温度計測は 110° C であったが引火に至った。

4. どのように対処したか

引火直後に他の学生が部屋に入ってきて 2 人で消火器消火を行おうとしたが、安全ピンの引き抜きが出来ず消火器をうまく操作できないでいた。その後、同じ階の教職員の手助けで、消火器 1 本で鎮火した。引火とほぼ同時に、火災報知器が作動し建物内に音声案内が流れた。その時点で別の教職員が駆けつけ、当該学生、同フロアの学生を退避させた。室内に切削油および装置部品の燃焼による煙が充満し異臭が廊下に漂っていたため、他の教職員と手分けして棟内の他のフロアの教職員学生にも一旦屋外へ避難してもらい、窓等を開放して煙と異臭が収まるのを待ち現場確認を行った。施設課職員が長岡消防署に連絡し、その後消防署の調査・検分が行われた。

5. 事故の原因は

加熱はゆっくりと時間をかけ、高温にならない様に指導していたが、フィルターで大量のオイルミストを捕捉したい希望があり、急激な温度上昇設定を行っていた。

本来ブリキ製の缶にオイルを入れ加熱するところ、自己判断で装置の仕様を変更し、並ガラス製の

シャーレにオイルを入れて加熱していた。シャーレの破損でオイルが漏れ出し、熱電対部で引火に至った可能性がある。

発火後に慌ててしまい、消火器の操作ができず、十分な消火活動を行うことができなかった。

6. どうすれば、防げるか

- (1) 一人で実験を行わないこと。
- (2) 実験は見込みで行わず、装置の仕様を変更する場合はしっかりと考察して行うこと。
- (3) 事故が起きても慌てないこと。

【現場写真】

オイルミスト評価装置 3 で示す様に、左側の円筒部に開発したフィルターが入っており、その右奥のブローアーによる吸引部より上部のアルミダクト管を通して、オイル加熱部で発生したオイルミストをフィルターに導く様になっている。事故後は、オイル加熱部とオイル受部の写真の様にガラスシャーレは破損し、オイル加熱部周辺では、受部よりこぼれたオイルがジャッキ下部に溜まっていた。



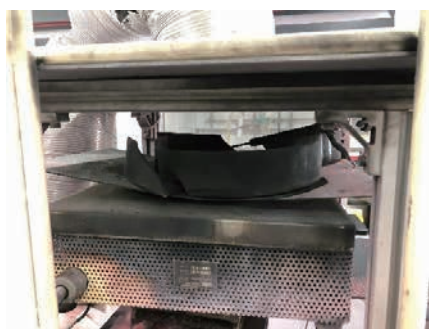
オイルミスト評価装置 1



オイルミスト評価装置 2



オイルミスト評価装置 3



オイル加熱部



破損したオイル受部



オイル加熱部周辺

事故例 23	石英管に金属試料を封入する作業中の石英管破損による手の切創
概要	石英管をホースに取りつけようとした際に、必要以上の力をかけてしまい、破損した石英管で左手親指の付け根から人差し指の付け根までを深く切る怪我を負った。

1. いつ

研究室における実験中（平日、午後1時00分頃）

2. どこで

機械・建設3号棟内

3. どんな事故

機械創造工学専攻の学生が、金属の試料を石英管に入れて、真空で内部を引き封入する実験をしていた。ロータリーポンプにつながる内径約22mmのホースに、直径20mm（外径約23mm）の石英管を接続する際、無理やり力いっぱいはめ込もうとした。その際、石英管が破損しその石英管で自分の左手（手の甲側の親指の付け根から人差し指の付け根まで）を約5cm切り出血した。

4. どのように対処したか

止血をしながら体育・保管センターに一人で行き、保健師が止血を行った。すぐに指導教員と長岡赤十字病院に向かい、救急外来ですぐに処置が施された。親指の腱と動脈が切れていたため即時入院となり、午後5時に手術を行った。経過観察のため2泊入院をした。

5. 事故の原因は

通常、ホースと石英管の接続には、すべりをよくするため真空グリースを塗って着脱させていたが、そのことを知らずにホースに石英管を力づくで固定しようとしていた。事故当時、実験装置周辺に真空グリースが置かれていなかった。

実験条件の都合で石英管の内径を大きくとったため（20mm）、今まで使用していたホースの肉厚では厚く、ホースの内径が小さすぎた。実験条件変更時のリスクアセスメントを行っていなかった。

6. どうすれば、防げるか

- (1) 安全教育を実施し、指導された正しい手順で作業を行う。
- (2) 封入作業場のすぐそばに、実験時の注意事項をまとめて掲示する。
- (3) 新しい学生が配属された際に、安全講習で注意喚起を行う。
- (4) 封入作業場のすぐそばに、実験に必要な物品（保護メガネ、手袋、保護面、真空グリース）を定位置化する。
- (5) 保護メガネは規格対応品(ANZI Z87. 1等)、手袋は耐切創性手袋(EN388 レベル 5)など、実験の手技や危険性に合わせた保護具を適切に用いる。
- (6) リスクアセスメントを行い、危険性予知の重要性を説明し、危険に対する対策を行う。

【事故時の状況、対策】



石英管をホースに接続する作業



真空用ホースの内側



封入作業場のすぐ周辺に、実験に必要な物品を定位置化

事故例 24	休日夜間の火災
概要	軽量作業台上およびその周辺の物品等を燃やす火災が発生した。人的被害はなし。

1. いつ

研究室における実験中（休日夜間、午前0時10分頃）

2. どこで

機械・建設2号棟内

3. どんな事故

装置の終夜無人運転をしていたところ、軽量作業台上およびその周辺の物品等を燃やす火災が発生した。

火元と推測される延長コードセットには、無人運転していた装置は接続していなかった。

軽量作業台上の卓上ドラフト及び延長コードセットに接続されていたマグネティックスターラーは火災発生時運転していなかった。

4. どのように対処したか

火災報知器の警報により現場に駆け付けた本学職員が消防へ通報した。本学警備員は消火器を現場に持参したが、煙の勢いが強く熱気もあり消火活動はできなかった。

同一階には電気が付いたままの部屋があったため本学職員が火災を知らせて回ったが、避難済のためか部屋には誰もいなかった。消防隊による消火活動が行われ、火災発生から1時間20分後に鎮火した。

当日の朝から消防と警察による現場検証が行われた。

5. 事故の原因は

消防、警察、鑑識による現場検証の結果、軽量作業台上に置かれていた延長コードセットが激しく燃えており、軽量作業台上の何かが電氣的な要因で出火したと推測された。特に、延長コードセットからの出火の可能性が高いと思われ、延長コードセットそのものか、当時延長コードセットに接続されていた機器かは断定できないが、それらのいずれかに問題があったと推測された。原因は特定されていないが、可能性としてトラッキング、ACアダプタの加熱が考えられた。

6. どうすれば、防げるか

- (1) プラグに安全カバーを取り付け、トラッキングが起こりにくくする。
- (2) 空いているコンセントにはコンセントキャップを取り付け、ホコリが入らないようにする。
- (3) ホコリが多いと考えられる箇所に電源タップを置かざるを得ない場合は、収納ボックスも使用する。
- (4) ケーブルの容量を超えないように接続する機器の消費電力に注意する。
- (5) コンセント、延長コードなどを定期的に点検するとともに、延長コードセットは全て「PSE」及び「コ」の表示のある製品に交換する。
- (6) 使用していない機器はコンセントからプラグを抜くようにする。

【現場写真】



火災発生時に稼働していた
小型電気炉



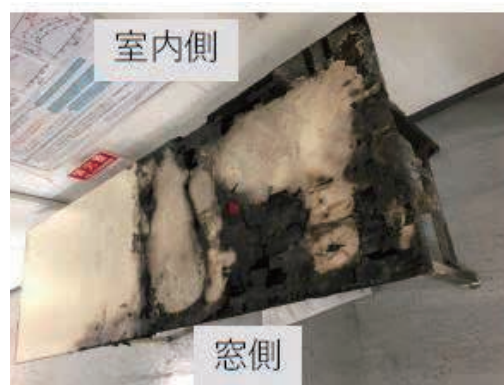
出火場所（軽量作業台撤去後）



火元と推測される
延長コードセット



軽量作業台上に設置していた卓上ドラフター（ほぼ
焼失）と、卓上ドラフター内に設置したマグネティ
ックスターラー（電源は軽量作業台上の延長コード
セットに接続）
※火災発生時運転していなかった



火元と推測される機材が載っていた
軽量作業台

事故例 25	実験廃棄物の不始末による出火
概要	実験で加熱した試料を手順に従わず廃棄したところ、ごみ箱内のゴミに引火した。人的被害はなし。

1. いつ

研究室における実験中（平日、午後2時頃）

2. どこで

実験実習2号棟

3. どんな事故

機械創造工学専攻大学院生および学部の学生が、実験で加熱したバイオマス（サトウキビ）を空气中で冷却後にゴミ箱に捨てたところ、冷却が不十分であったため火種となりゴミ箱内の可燃ごみに引火した。

4. どのように対処したか

現場を通りかかった本学職員が蓋つきのゴミ箱から煙が出ているのを発見した。蓋を開けたところ、ゴミ箱内の紙と段ボールの一部に火がついていたため、水をかけて消火した。

5. 事故の原因は

通常、加熱実験後のバイオマスは、ステンレス容器に移した後空气中で15分程度冷却し、水をかけて消火してから一般の可燃ゴミとして廃棄していた。

今回、100℃以上の高温のバイオマスに水をかける危険性や濡れたバイオマスの乾燥に手間がかかるなどの理由から、現場判断で、水による消火を行わず、バイオマスをステンレス容器内で冷ましてから廃棄する方法に変更していた。消火は、ステンレス容器内のバイオマスに炎や赤熱（高温発光）がないこと、ステンレス容器の外壁が室温と同程度であることをもって判断した。しかし、温度が十分に下がっておらず、ゴミ箱内の可燃物（紙くずなど）に引火した。

この冷却方法の変更に際し、手順書の変更や関係者によるチェックを行っておらず、現場判断のみであったため、作業のリスクアセスメントが不十分であった。

6. どうすれば、防げるか

- (1) 通常の手順通り、加熱実験後のバイオマスの冷却のためにより確実な方法を採用する
 - (2) バイオマスの加熱ガス化実験の手順書に後処置（冷却）として以下の項目を明記する
 1. 加熱実験後のバイオマスをステンレス製容器に入れ、空気中で冷却する
 2. サーモグラフィや温度計を用いてバイオマスの温度低下を確認する
 3. 全体が浸かるまで水をかける
 4. 水が沸騰・蒸発しないことをもって消火を確認する
 5. 実験室内の耐熱容器（耐熱ゴミ箱）で一週間保管する
 6. バイオマスを乾燥させた後、可燃ゴミとして廃棄する
- 注）バイオマスやステンレス容器など、高温であることが予想される場合には、サーモグラフィや温度計で温度低下を確認するまで素手で触れないこと
- (3) 毎年実験ごとに潜在的に存在するリスクの評価をより厳密に行い、関係者の意識改善を図る。
 - (4) 些細なことであっても、手順を変更する際には教員を含む実験関係者でミーティングを開き、リスクアセスメントを行う。

【現場写真】



煙が出ていたのは、右から
2番目のゴミ箱



引火したゴミ
紙ゴミ、段ボールの一部が焼けた



事故例 26	板状アスファルトコンクリートの残骸を打撃で分割する作業中での左手指挫減創
概要	板状アスファルトコンクリートの残骸を屋外で床面に叩きつけて割る作業中、勢い余って割れて手元に残った残骸片と床面に指を挟み指挫減創を発症した。

1. いつ

研究実験後（平日、午後4時00分頃）

2. どこで

機械・建設4号棟屋外

3. どんな事故

環境社会基盤工学専攻の学生が、板状のアスファルトコンクリートブロックから円柱供試体を切り取った後の残骸を破棄するために、アスファルトコンクリートの残骸を屋外で床面に叩きつけた際、勢い余って、割れて手元に残った残骸片と床面に左手中指、薬指、小指の3指を挟んで指挫減創を発症した。骨折や感染等はなかった。

4. どのように対処したか

事故当時、他の2名の学生と作業していた。本人は、激痛であったことから直ちに体育・保健センターに走って行ったが、保健師が不在であったため、学生支援課に助けを求めた。学生支援課の職員に事情を説明し、学生支援課から近くの整形外科への診察手続きをとってもらい、学生支援課長から公用車で整形外科に送迎してもらった。検査の結果、骨には異常がないことから、軟膏の塗布と絆創膏により治療を行い、痛み止めの薬を処方してもらって、大学に戻った。

5. 事故の原因は

大型ハンマーで叩き割る、あるいは割らずに廃棄するといった他の作業方法での実施も可能であったが、無理に自分の力だけに頼ろうとした。また、本人は大丈夫だと思って作業を行っていた。

6. どうすれば、防げるか

- (1) 安全指導、安全教育を行う。
- (2) 作業時の注意事項を取りまとめて掲示する。
- (3) 定期的に安全講習を行い、注意喚起を努める。
- (4) リスクアセスメントを行い、危険予知の重要性を認識するとともに危険予知トレーニングを行う。

【事故時の状況】



被災場所の状況



指を挟んだ板状アスファルトコンクリートの残骸

事故例 27	管状電気炉ゴム栓発火
概要	管状電気炉を 1000℃で運転中、Ar ガスをフローさせていたムライト管両端のシリコーンゴム栓が加熱されて発火した。

1. いつ

研究室における実験中（平日、午後 5 時 0 0 分頃）

2. どこで

極限エネルギー密度工学研究センター

3. どんな事故

管状電気炉を 1000℃で運転中、Ar ガスをフローさせていたムライト管両端のシリコーンゴム栓が加熱されて発火した。

なお、電気炉および温調は市販のもの、配線は自作のものを使用し、温度は電気炉指定のポートにて、K 熱電対で測定していた。電源オフ時に目視で確認した測定値は 999℃で、設定の 1000℃に対して良い制御ができていた。

4. どのように対処したか

別の研究室の学生から「煙が出ている」との通報を受け、学生が消火器を用いて消火した。
けが人無し、機器の損傷なし。

5. 事故の原因は

最近低温の加熱実験が多く、長さ 600mm のムライト管を使って 1000℃まで加熱したためにシリコーンゴム栓が過熱した。また、学生は温度をキープするようタイマーと温度を設定した後、ゼミ等のため部屋を空けていた。

6. どうすれば、防げるか

シリコーンゴム栓が過熱しないよう、以下の対策を行う。

- (1) 当該の長さ 600mm より長い 800mm（特注）または 1000mm(市販)のムライト管に交換する。
- (2) さらに加熱を防ぐため、シリコーンゴム栓にロックウール断熱材を追加する。
- (3) 毎年定例の安全教育で再度注意喚起する。

【事故時の状況】



管状電気炉



シリコーンゴム栓

やむを得ない理由による休日・終夜無人運転の実験について

やむを得ない理由により、実験を行う際には、必ず教員の指示に従い、事故防止に努めてください。

- 1) やむを得ない理由により、休日中に実験、研究等を行う必要が生じた場合には、安全、防火等に注意の上、行うこと。
 - ・指導教員の承認を得て行うものとし、指導教員から、事前に十分な指示を受けること。

- 2) やむを得ない理由により、終夜無人運転を行う場合には、安全、防火等に特段に注意の上、行うこと。
 - ・指導教員の承認を得て行うものとし、危険が予想される場合は、無人運転を行わないこと。
 - ・「時間外居残り届」「終夜無人運転中」を当該実験室等の入口に貼り出すこと。(手続きは、p3「付1 時間外実験等の手続き」を確認すること。)

「ヒヤリ・ハット」事例の募集について

事故の教訓

「1件の重大災害が発生する背景に、
29件の軽傷事故と300件のヒヤリ・ハットがある。」

—ハインリッヒの法則—

「ヒヤリ・ハット」とは、例えば

- ・ガスボンベが倒れ足に当たりそうになった。
 - ・ロッカーからダンボールが落ちて頭に当たりそうになった。
 - ・構内道路を横断中に駐車場から出てくる車にひかれそうになった。
 - ・書類の廃棄作業中に、ひもをライターで焼き切ろうとしたら紙に燃え移りそうになった。
- などの「あわや事故になりかねない」事故寸前の危険な状況です。

学内で「ヒヤリ・ハット」に遭ったとき

下記URLにアクセスして、その内容をお知らせ下さい。

学内に注意を促したり、設備等を改善したりします。

なお、研究室に所属している学生は、指導教員に報告して下さい。

ヒヤリ・ハット事例の募集について（ヒヤリ・ハット事例の募集・報告様式）
https://www.nagaokaut.ac.jp/gakunai/designated/jinji_romu/HIYARI/hiyarihat.html

ヒヤリ・ハット体験（ヒヤリ・ハット事例トップページ）
https://www.nagaokaut.ac.jp/gakunai/designated/jinji_romu/HIYARI/top.html

ヒヤリ・ハット 記載例 （上記URLで事例を紹介しています。）

事例1	流しに捨ててはいけない薬品類を誤って流してしまった
どこで	実験室
どうしていた時	蛋白質発現解析の実験中
あらまし	流しに捨ててはいけない薬品類（タンパク質の染色液）を不注意で捨ててしまい、あわててペーパータオルで拭き取り、乾燥後、可燃物として廃棄した
原因	流してはいけないことを忘れていた
対策	指導教員による再発防止指導を徹底するとともに、注意を促す掲示に努める

家庭ゴミの分別とは違いますのでご協力をお願いします

① 燃やすゴミ

家庭ゴミの持ち込み禁止

紙類、生ゴミ、木くず等

※生ゴミは水切りをして袋に入れ口をしぼること
 ※生ゴミは水切りをして袋に入れ口をしぼること
 (金属)は外して金属ゴミへ

② 燃やさないゴミ

パンや菓子の袋
 トレー
ビニール、プラスチック包装材

弁当の容器
 金属の留め具は外して金属ゴミへ
 プラスチックのフアイル

※弁当の食べ残しは燃やすゴミへ
 ※カップ麺の残り汁は入れないこと

③ ビン

ビンのキャップ、ふたは別置ゴミ(金属)

④ ペットボトル

キャップ、フィルムつけたままでOK

⑤ 缶

※匂いの残るような缶詰の缶等は袋に入れ口をしぼること

別置ゴミ 金属類、ガラス、スプレー缶等

※袋に入っている物を表示して他のゴミ箱のそばに置くこと。

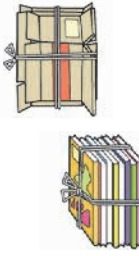
シュレッダーゴミや発泡スチロールは袋に入れ口を縛りゴミ箱の脇に置くこと

スプレー缶は「穴開け禁止」の旨の表示がある物以外は穴を開けること

※割れ物やガラス等は新聞紙に包みビニール袋に入れ、ガラスと表示すること

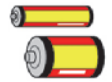
段ボール、カタログ等は縛って古紙回収集積場所に持つこと

※系によっては、棟の1Fゴミ箱側に置くところもあり



電池は専用BOXに入れるか、もしくは、袋に入れて系事務室に持っていくこと

※ただし、水銀含有電池を除く。
 (空気穴のあるボタン電池／品番頭文字NR・PR／水銀使用明示)



実験廃棄物の取扱い
 各研究室指導教員の指示に従い、専用集積場に運ぶこと

Please be aware that it differs from the separation of household waste!

① Combustibles

Not allow to bring household garbage

paper, food scraps, wood chips etc.

Remove fasteners (metal) of paper files and put them to other materials.

* Food scraps should be drained, put in a bag, and fasten the mouth of the bag.

② Incombustibles

Bag of bread and sweets
Tray

plastic packaging materials

Plastic bowl and cup etc. Disposable lunch box

Remove fasteners of Plastic files and put them to Other materials.

Plastic file

* **Leftover food is combustibles.**
* **Don't put leftover soup of cup noodles.**

③ Bottles

Cap of bottles is other materials (metal).

④ Plastic bottles

Not need to remove plastic label and cap.

⑤ Cans

* Cans that smell remains should be put in a bag, and fasten the mouth of the bag.

Other materials Glass, Metal, Spray can etc.

* **Write materials' name on the bag and place it near other garbage box.**

Shredded waste or styrofoam etc. should be put in the bag, fasten the mouth of the bag, and place the side of the garbage boxes.

Spray can

* Make a hole in the spray can except for written "Prohibition of making a hole".

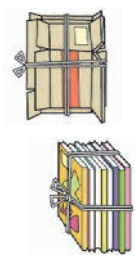
Glass

* Wrap glass or fragile items in newspaper, put in a bag, and write "Glass".

Metal

Regarding cardboard and catalogs etc., tie up and carry them to the WASTE PAPER RECOVERY PLACE.

* Some department place it near garbage box on the 1st floor of building.



Place the batteries in a designated box or place them in a bag and take them to the Administration Office.



Handling of experimental waste
Follow the directions of supervisor at each laboratory and bring it to a SPECIAL DUMP

* **Excluding mercury-containing batteries**
(button batteries with air holes / part number initials NR or PR / mercury use specified)

実験廃棄物の分別 (2016. 9.29)

分別番号と区分名称	対象となる廃棄物の例	備考
<p>1. 疑似感染性廃棄物</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 体育・保健センターから排出される廃棄物 • 注射器(ガラス製およびプラスチック製) • 注射針 	<ul style="list-style-type: none"> • 注射針は専用の回収容器(医療用)または適切な金属容器(化学実験用)に入れる
<p>2A. 実験系不燃物(金属類)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 金属製品またはその破片、研磨屑、切削屑(一斗缶に入るサイズ) • アルミホイルなどの金属箔 • メス(医療用以外に使用したもの) • 洗浄・乾燥済みの金属製試薬缶(一斗缶等) 	<ul style="list-style-type: none"> • メス等の刃物は、回収員が怪我などしないよう適切に保護し、内容物を明示する • 金属以外との複合素材は区分2Cへ
<p>2B. 実験系不燃物(ガラス類)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ガラス製品またはその破片、ガラス屑 • 洗浄・乾燥済みのガラス製試薬瓶(ラベールはそのままで良い、キャップは外して区分3へ) • ガラス製のシャーレ、アンブルなど 	<ul style="list-style-type: none"> • ガラス以外との複合素材は区分2Cへ
<p>2C. 実験系不燃物(その他)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • セラミックス製品(るつぽ等)またはその破片や粉 • コンクリート片(ゴミ袋に入るサイズ)、石膏 • その他の不燃物を含む複合素材 • シリカゲル • 乾燥剤(塩化カルシウム、硫酸マグネシウム、硫酸ナトリウム等) 	<ul style="list-style-type: none"> • 区分2A、2Bに該当しない不燃物全般 • 故障した装置など市販製品とその部品類は一般ゴミの不燃物へ
<p>3. 実験系可燃物</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 実験に用いたキムワイプ、濾紙などの紙類 • 実験に用いたガーゼ、脱脂綿 • プラスチック製のシャーレ、チューブ、ピペットなど • 手袋(ゴム製およびビニール製) • 洗浄・乾燥済みのプラスチック製試薬瓶(ラベールはそのままで良い) • 試薬瓶のプラスチック製キャップ • 滅菌済み培地 • オートクレーブ殺菌済みの廃棄物で<u>通常のゴミ袋に入れたもの</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • オートクレーブ殺菌済みの廃棄物に、バイオハザードマーク付きの袋は使用しない(疑似感染性廃棄物と誤認されるため) • 試薬やサンプルが付着していない紙・布類は一般ゴミの可燃物へ

【排出にあたっての注意事項】

1. 実験廃棄物を搬出する際には、廃棄物の入ったビニール袋・缶等に、「研究室名・日付・分別の種類」を明記したラベルを貼り付けて搬出する
→ 全学統一のフォーマットを web に掲載し、各研究室がダウンロード・印刷して利用出来るようにする
2. 袋を突き抜ける危険がある鋭利なもの（注射針、メス、金属片、ガラス片、セラミックス片など）は、堅牢な容器に入れて搬出する
3. 中身が残っているあるいは未開封で使用しなくなった試薬瓶については、別途専門の引き取り業者に回収を依頼する（問合先：財務課契約係）
→ 実験ゴミの回収業者には、中身が入っている場合は回収しなくて構わない旨を伝えてある

Classification of Experiment-Related Waste *upper classification is applied as priority

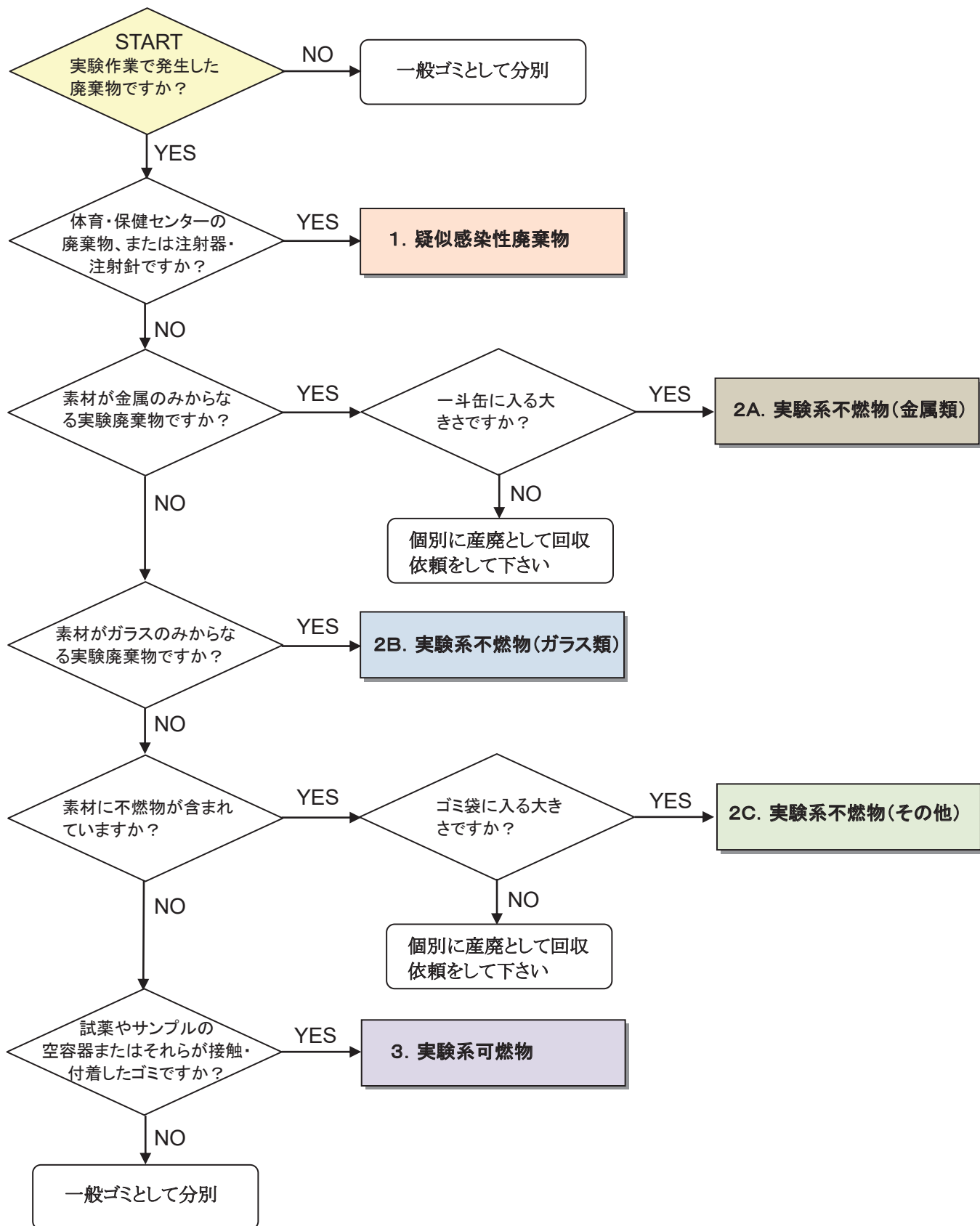
Classification number and term*	Example of waste	Note
1. Quasi-Infectious Waste	<ul style="list-style-type: none"> Waste from the Physical Education and Health Care Center Syringes and Quasi-Syringe (glass or plastic) Needles 	<ul style="list-style-type: none"> Put needles into medical containers or particular metal containers for chemical experiments.
2A. Incombustible Experiment-Related Waste (Metals)	<ul style="list-style-type: none"> Metal products, pieces, polishing chips and cutting chips (volume upper limit of 18 liter cans) Metal foil (e.g., aluminum foil) Metal edged tools (e.g., scalpel) (limited to non-medical usage) Both washed and dried reagent cans 	<ul style="list-style-type: none"> Edged tools shall be shown clearly and carefully protected collection operator from injury. Metallic and nonmetallic composite material is classified as "2C".
2B. Incombustible Experiment-Related Waste (Glasses)	<ul style="list-style-type: none"> Glass products, pieces and chips Glass petri dishes and ampoules Both washed and dried glass reagent bottle (No need to peel labels. Caps shall be removed and put into "3".) 	<ul style="list-style-type: none"> Glass and non-glass composite materials are classified as "2C".
2C. Incombustible Experiment-Related Waste (Other incombustible waste)	<ul style="list-style-type: none"> Ceramic products (e.g., crucibles), pieces and powders Concrete pieces (volume upper limit of garbage bag) and gypsum Other incombustible composite material Silica gel Desiccants (e.g., CaCl₂, MgSO₄, Na₂SO₄) 	<ul style="list-style-type: none"> Incombustible experiment-related waste other than "2A" and "2B". Commercial products and parts (e.g., broken machine) shall be put into domestic incombustible waste disposal.
3. Combustible Experiment-Related Waste	<ul style="list-style-type: none"> Papers (e.g., KimWipes, filter paper) Textile products (e.g., gauze, cotton wool) Plastic petri dishes, tubes, pipettes, and bottle caps Gloves (rubber or vinyl) Sterilized culture medium Autoclave sterilized combustible waste (Use bag without biohazard symbol) Both washed and dried plastic reagent container (No need to peel labels. Caps shall be removed.) 	<ul style="list-style-type: none"> To prevent erroneous recognition as quasi-infectious waste, do not use bag with biohazard symbol when discharging autoclave sterilized combustible waste. Reagent and sample non-adherent papers and textile products shall be put into domestic combustible waste.

Waste from experiments applied for the table above shall put into the appointed garbage area. Waste not from experiments shall put into domestic waste disposal. [Cautions]

- Attach NUT unified label (name of laboratory, date and classification are shown) on bags and cans when discharging experiment-related waste. (Format of NUT unified label is published in a web site. Each laboratory should download and print labels.)
- Penetrating sharp waste (e.g., pieces, chips) shall be discharged in solid containers.
- Reagent remained containers and unopened containers are collected by another professional service. Contact with the contract section of the division of financial affairs. (Collection service of experiment-related waste does not collect reagent remained containers.)

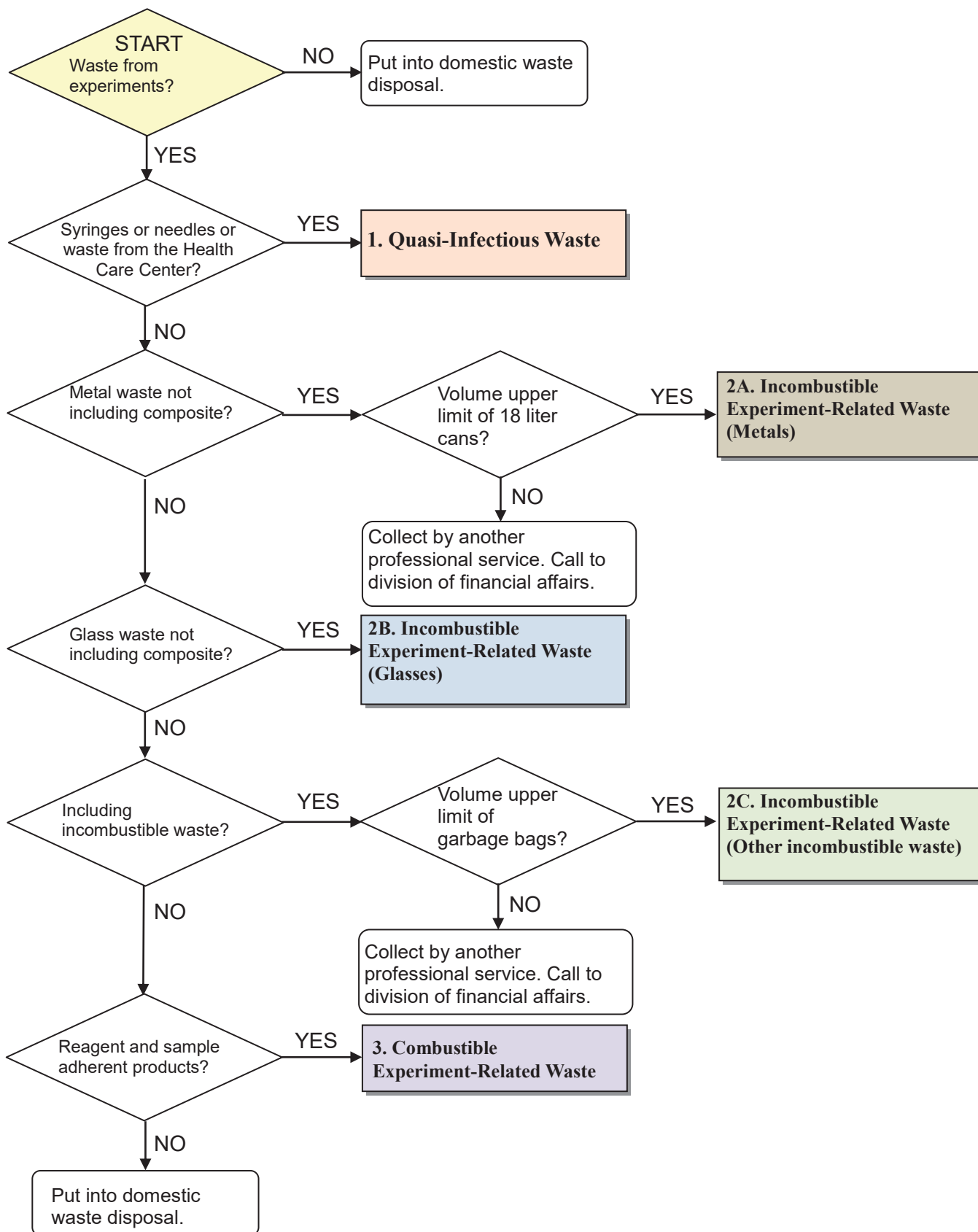
実験廃棄物分別フローチャート (2016. 9.29)

・ゴミ袋や容器には、研究室名・日付・分別区分を明記したラベルを貼って下さい
 ・業者による回収日は、原則として毎月第3木曜日です



Flowchart of Experiment-Related Waste Classification

- Attach NUT unified label (name of laboratory, date and classification are shown) on bags and cans.
- Waste collection day is on the third Thursday of the month.



【A-V】			
AED		11	
IASO	63,65,67,69,80,117		
MSDS		63	
PRTR制度		63	
SDS	17,18,63-65,74,80		
VDT障害		192	
w-SDS		203,204	
【あ行】			
アース線 (接地線)		29,43	
圧力計		45,47,49	
圧力調節器		45	
アルファ線	139,142-144,150,154		
安全靴		51,61,164	
安全第一		163,166	
意識障害	9,10,17,81,113		
遺伝子組換え実験		129-131,134	
遺伝子組換え生物		125,129-132	
居残り届		3,23,77,253	
雨水		121	
ウラン	106,118,137,144,153		
運搬作業		60	
液化ガス		42,49,50,90	
液体窒素		49,50	
液体ヘリウム		50,51	
エックス線業務従事者		160	
エックス線作業主任者		161,162	
エックス線施設責任者		160,161	
エックス線装置使用者		160,161	
エックス線装置使用責任者		160,161	
エックス線発生装置		143,159-161	
エレベータ		2,6,50,177,181,184	
応急処置		6,9,17,26,33,75,79,164,168,169	
オートクレーブ		48,123,257	
屋外消火栓設備		183	
屋内消火栓設備		183	
帯鋸盤		57	
【か行】			
海上保安庁		169	
家屋崩壊		169	
拡散防止措置		125,130-133	
学生生活ガイドブック		165	
学生教育研究災害傷害保険		165	
火災報知設備		182	
ガス漏れ		2,44,45,47,48,90,104,108,109	
ガス溶接・溶断		57	
学研災		165	
ガラスバッジ		148,161	
カルタヘナ法		129,130	
感染防止対策		125,126	
感電		1,17,25,26,28,29,31,35,38,39,55,77	
ガンマ線		34,142-144,156	
危険地帯		163,165-167	
危険物貯蔵庫		70,74,94	
危険物取扱者資格		70	
疑似感染性廃棄物		123,257,260	
気道確保		10,11	
救急		1,6,11,23,59,75,81,169,181	
救急蘇生		9-11,17	

許可証	165-168	疾病	164-166,168
グラインダー	56	指定数量	70,74,117
クレーン	31,60	地盤崩壊	169
警察	169	シャーリング	57
警報	39,44,182	社会性	167
けいれん	17,29,113,114	試薬瓶	122,123,257,258
怪我	23,59,164,166,168,169,171,197,253	終夜無人運転中	3,23,253
健康管理	39,166	重量管理	63,117
研削盤	55,59	宿主ベクター系	132
高圧ガス	20,42-45,48,49,64,90,173,180	出血	13-16,110,125,128,138
高所作業	33,60,61	飼養	128
交通安全	166	消防法	63,64,66,70,74,83,84,88,91,94,96,98,101,117
骨折	9,14-16	情報機器作業	192,193
【さ行】		除細動	11
サーバイメータ	150,154,156,160	人工呼吸	1,10,11,17,33,47,79,80
最大許容露光量	36	人獣共通感染症	128
細胞融合	130	心マッサージ	11,17
作業のセーフティ・データ・シート	203	水道水	21,40,41
産業廃棄物	122	生活排水	121
自衛消防隊	5,6	切断機	56
時間外実験	3,253	接地	25,29,30,33
地震	2,40,66,67,74,85,117,165,173,176-180,184	旋盤	53,59
自然環境	129,167,168	遭難	168,169
実験系可燃物	123,257,260	装備	44,55,145,164,165,167
実験系不燃物	123,257,260	【た行】	
実験動物	128	第1種放射線取扱主任者	162
実験廃液	66,75,96,98,107,110,111,113,114,121-123	たこ足配線	25
実験廃棄物	121-123,255,257,258,260	脱臼	13,15
実験排水	121	打撲	14-16
		単位管理	63
		単独行動	166,167
		チェーンブロック	60

中性子線	142-144	飛散防止	173
中毒	17,47,64,69,79,80,81,94, 108-110,112-114,128,165,186	微生物実験	125
通報	2,3,6,23,178,180,181	避難	2,5,6,78,104,173,177-182,184,201
低圧電気取扱特別教育	32,33	被曝（被ばく）	36,135,137-140,142,143,148,149, 151,152,156,157,159-161
停電	32,44,52,58,66,67,74,76	被曝放出限界	36
デリック	60	被覆アーク溶接	58
電気工事	25,32,33	ヒューズ	25,28,31,33
転倒防止	117,173,176,198	漂流	169
電離作用	159	服装	1,19,23,51,58,61,164,168
砥石	53,55,56	物理的封じ込め	131-134
動物愛護	127	不要廃試薬類	122
動物実験	127-129	フライス盤	54,59
動物実験委員会	128	プレス	57
動物実験室	128	ベータ線	142-144,150,151,157
毒物及び劇物取締法	18,63-65,105,116	防火扉設備	184
特別管理産業廃棄物	122	防災	74,173
都市ガス	31,40,64,90	防災設備	182
ドライアイ	193	放射性同位元素	64,135,136,139,143, 145,152,156,157
ドラムコード	26	放射線	34,64,135-143,145-152, 154-157,159-162,165,186
トリウム	137,153	放射線発生装置	135,136,143,146,148,149,159
ドリル	54	放射能	135,146,148,165
【な行】		放送設備	184
雪崩	164,169	放電加工機	55
捻挫	15,16,197	法令	63-66,83,85-87,157,162,203
鋸盤	57,59	保険	165,166
【は行】		保護眼鏡	1,37,39,49,51-53,55-58,68,69,75
廃液	64,76,89,95,107,111,114,121,123	保護手袋	68,69,75
バイト	53	ボール盤	54,59
培養細胞	130		
爆発限界	46,47,88,90-92		
発見	2-4,23,47,52,57,58,169,181,195		
ハロゲン化物消火設備	184		

ボンベ 20,42-47,78,90,91,104,108,
173,177,180,254

【ま行】

マシニングセンター 56
ミーティング 171,203,204
身分証明書 166

【や行】

野外実験・実習等実施計画書 165
薬品管理支援システム
18,63,67,69,117
熱傷（やけど） 16

【ら行】

落水 164,169
リスクアセスメント 65,66,69,203,204
旅行命令等伺 165
冷凍機 49
連絡体制 4
労働安全衛生法 32,38,39,55-58,65
135,159,203

安全のための手引 (令和6年度版)

編 集 長岡技術科学大学安全衛生管理委員会
発 行 国立大学法人長岡技術科学大学
〒940-2188
新潟県長岡市上富岡町1603-1
電話 0258-47-9206
<https://www.nagaokaut.ac.jp/>

本書の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。

緊急事態発生時の関係者連絡先一覧

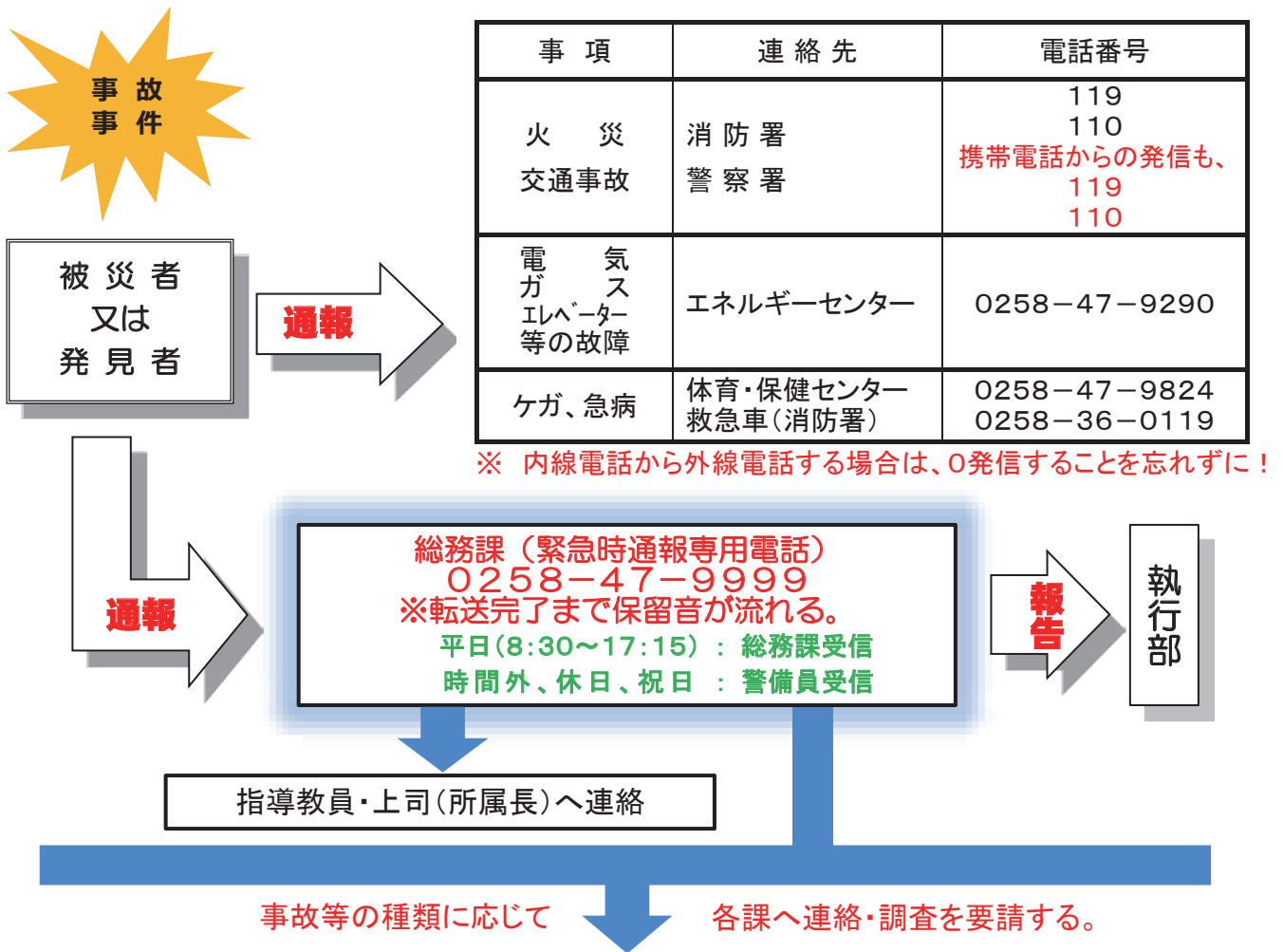
※ 長岡市の市外局番「0258」

(内線電話使用の場合は、0発信することを忘れずに)

		連絡箇所	内線電話	外線電話
火災等 盗難等 風水害	エネルギーセンター		9290	(0258) 47-9290
	総務課長		9200	47-9200
	財務課長		9210	47-9210
	施設課長		9230	47-9230
電気・ガス エレベーターの事故	エネルギーセンター		9290	47-9290
	施設課長		9230	47-9230
	施設課専門員		9232	47-9232
	施設課総務係		9232	47-9232
	電気係		9233	47-9233
	機械係		9234	47-9234
	建築係		9235	47-9235
その他の事故・問い合わせ	学生・研究生関係	学生支援課長	9250	47-9250
		学生支援課専門員	9255	47-9255
		学生支援課専門員	9284	47-9284
		学生係	9253	47-9253
		生活支援係	9256	47-9256
		留学生支援係	9285	47-9285
	学務関係	学務課長	9240	47-9240
		学務課専門員	9241	47-9241
		学務課専門員	9242	47-9242
		学務係	9243	47-9243
		教務係	9246	47-9246
		教育交流係	9244	47-9244
	受託研究員 共同研究員 内地研究員 関係	産学連携・研究推進課長	9225	47-9225
		産学連携・研究推進課専門員	9276	47-9276
		産学連携・研究推進課専門員	9182	47-9182
		研究支援係	9278	47-9278
		外部資金係	9277	47-9277
	教職員関係	総務課長	9200	47-9200
		総務課専門員	9201	47-9201
		総務係	9203	47-9203
総務課人事労務室長		9202	47-9202	
	福祉・職員係	9926	47-9926	

- ・通信先が不在の場合は、同一棟の他の者へ連絡すること。
- ・消防署(救急車)、警察署、病院へ通報した場合は、総務課長、学生支援課長、学務課長へその旨を至急連絡すること。
- ・勤務時間外で本学関係者へ連絡する必要がある場合は、エネルギーセンターに自宅の電話番号を問い合わせること。

緊急事態発生時の連絡体制



区 分	担 当 課	連 絡 先
地震、台風、大雪	総務課 施設課	0258-47-9201、9203 0258-47-9233、9234
火災、器物損壊	施設課	0258-47-9233、9234
不審者、盗難	総務課	0258-47-9201、9203
授業中、実験時の事故等	学務課	0258-47-9246、9248
課外活動中の事故、交通事故 学生の不祥事	学生支援課	0258-47-9253
学生の食中毒、急病	学生支援課	0258-47-9253
感染症	総務課(教職員) 学生支援課(学生)	0258-47-9926、9206 0258-47-9253
海外渡航中の事故等	総務課(教職員) 学務課(学生)	0258-47-9201、9203 0258-47-9243
学外からの問い合わせ(報道機関等)	企画・広報室	0258-47-9016、9207