



福山大学 安全衛生管理の手引き

N.C:2017年3月27日

福山大学 安全安心防災教育センター スマートコミュニティ教育研究部門で各部局の協力を
得て原案を作成し、「学生の安全衛生委員会」での審議を経て発行したものである。

目次

| | | |
|------|--------------------------------------|----|
| 1 章. | 緊急事態発生時の対応..... | 7 |
| 1 節 | はじめに..... | 7 |
| 2 節 | 安全の基本..... | 7 |
| 3 節 | 感電発生時..... | 7 |
| 4 節 | ガス漏れに気付いた時..... | 7 |
| 5 節 | 火災発生時..... | 7 |
| 6 節 | 地震発生時..... | 8 |
| 7 節 | インフルエンザ、ノロウイルスなど感染症にかかった時..... | 8 |
| 2 章. | 応急処置..... | 9 |
| 1 節 | 意識障害（救急蘇生の A, B, C, D →CAB+D ～）..... | 10 |
| 2 節 | 助けを呼ぶ..... | 13 |
| 3 節 | きずを見きわめる..... | 13 |
| 4 節 | 出血がある時..... | 13 |
| 5 節 | 骨折、脱臼、捻挫、打撲..... | 14 |
| 6 節 | 熱傷（やけど）、凍傷..... | 16 |
| 7 節 | けいれん、中毒..... | 16 |
| 3 章. | 安全の一般的心得..... | 18 |
| 1 節 | 他大学であった事故例と教訓..... | 19 |
| 1. | 爆発..... | 19 |
| 2. | 火災..... | 19 |
| 3. | 電気配線不良..... | 20 |
| 4. | 薬品事故..... | 20 |
| 5. | 重量物..... | 20 |
| 2 節 | 大事に至らないために..... | 20 |
| 4 章. | 電気、ガス、重量物の取扱い..... | 22 |
| 1 節 | 電気の安全心得..... | 22 |
| 1. | 電気が原因で発生する事故の種類..... | 22 |
| 2. | 電気による火災..... | 22 |
| 3. | 感電事故と防止..... | 25 |
| 4. | 接地工事..... | 26 |
| 5. | その他、電気による事故..... | 28 |
| 6. | 停電時の心得..... | 28 |
| 7. | 低圧電気取扱い、その他..... | 29 |
| 2 節 | レーザー機器の取扱い..... | 30 |
| 1. | 光、マイクロ波に対する目の心得..... | 30 |
| 2. | レーザーによる障害防止対策..... | 30 |
| 3 節 | 都市ガス、水道..... | 36 |
| 1. | 都市ガス..... | 36 |
| 2. | 水道..... | 36 |
| 4 節 | 高圧ガス..... | 37 |
| 1. | 高圧ガス容器..... | 37 |
| 2. | 高圧ガスボンベ取扱上の注意事項..... | 38 |
| 3. | 高圧ガス使用上の注意..... | 39 |
| 4. | 高圧ガスシステム..... | 41 |
| 5. | 液化ガス..... | 43 |
| 6. | 液化窒素..... | 43 |
| 5 節 | 機械工作..... | 44 |
| 6 節 | 重量物運搬作業、高所作業など、建築関連作業..... | 50 |
| 1. | 作業に対する計画と準備（実験手順の確認）..... | 50 |
| 2. | 運搬作業..... | 51 |
| 3. | 高所作業..... | 52 |
| 4. | P C鋼棒緊張作業..... | 53 |
| 5. | コンクリートミキサーによる作業..... | 53 |

| | | |
|-----|-----------------------------------|-----|
| 6. | 載荷装置..... | 53 |
| 7. | 建築関連の材料試験の注意..... | 53 |
| 5章. | 薬品等の取扱い..... | 55 |
| 1節 | 薬品と取扱い上の注意..... | 55 |
| 1. | 危険薬品, 有害薬品及び一般薬品 | 55 |
| 2. | 薬品取扱上の一般的注意 | 57 |
| 3. | 新たな実験を開始するとき | 62 |
| 4. | 薬品を使う実験の一般的注意 | 62 |
| 5. | 薬品に対する障害の応急処置 | 66 |
| 6. | 各種薬品に対する処置..... | 68 |
| 2節 | 危険薬品..... | 69 |
| 1. | 発火性物質..... | 69 |
| 2. | 爆発性物質..... | 74 |
| 3. | 引火性物質..... | 76 |
| 4. | 酸..... | 80 |
| 5. | 混合危険物..... | 81 |
| 3節 | 酸, アルカリ | 83 |
| 1. | 酸..... | 83 |
| 2. | アルカリ | 86 |
| 4節 | 有毒, 有害薬品..... | 88 |
| 1. | 毒性、毒性対策、公害対策 | 89 |
| 2. | 毒物, 劇物の保管・管理..... | 98 |
| 6章. | 生物材料の取扱い..... | 103 |
| 1節 | 微生物..... | 103 |
| 2節 | 動物..... | 104 |
| 3節 | 遺伝子組換え実験..... | 105 |
| 1. | 遺伝子組換え実験と規制..... | 105 |
| 2. | 拡散防止措置..... | 106 |
| 3. | 遺伝子組換え実験の手続き | 107 |
| 4. | 物理的封じ込め（拡散防止措置）の実際 | 108 |
| 7章. | 廃液等処理..... | 109 |
| 1節 | 生活排水..... | 109 |
| 2節 | 実験排水..... | 109 |
| 3節 | 実験廃液..... | 109 |
| 4節 | 雨水..... | 112 |
| 5節 | 実験, 研究による廃棄物..... | 112 |
| 8章. | 放射線の取扱い..... | 113 |
| 1節 | 放射線の人体への影響..... | 113 |
| 1. | 放射線障害の発症時期による分類 | 114 |
| 2. | 被曝の仕方による分類 | 115 |
| 3. | しきい値による分類 | 117 |
| 4. | 放射線の種類による分類 | 118 |
| 2節 | 放射線と RI、放射線発生装置..... | 118 |
| 1. | 放射線..... | 118 |
| 2. | RI (Radio Isotope: 放射性同位元素) | 120 |
| 3. | 放射線発生装置 | 121 |
| 4. | 放射線の単位 | 121 |
| 3節 | RI の安全な取扱いと利用手続き | 122 |
| 1. | 安全な取扱い | 122 |
| 2. | 利用手続き | 122 |
| 3. | RI の入手 | 122 |
| 4. | 教育・訓練 | 123 |
| 5. | 放射線使用施設内での注意事項 | 123 |
| 6. | 放射線の検出 | 123 |
| 7. | 放射線の防護 | 124 |

| | | |
|-------|-----------------------|-----|
| 9 章. | エックス線の取扱い（非該当） | 126 |
| 10 章. | 野外実験・教育実習・介護等体験の安全 | 126 |
| 1 節 | 心構え | 126 |
| 2 節 | 準備 | 126 |
| 1. | 計画と情報収集 | 126 |
| 2. | 緊急連絡手段の確認、応急処置法の訓練 | 127 |
| 3. | 服装及び装備 | 127 |
| 4. | 事前届け出 | 128 |
| 5. | 傷害（旅行）保険の確認 | 128 |
| 3 節 | 現地 | 128 |
| 1. | 現地での注意事項 | 128 |
| 2. | 不測の事態に備えて | 130 |
| 4 節 | 終了後 | 133 |
| 11 章. | 防災（地震、火災） | 134 |
| 1 節 | 地震対策 | 134 |
| 1. | 常日頃の心構え | 134 |
| 2. | 地震発生 | 137 |
| 3. | 地震の後の処置 | 138 |
| 2 節 | 地震火災の対策 | 139 |
| 1. | 地震による出火例 | 139 |
| 2. | 平常からの地震火災対策 | 139 |
| 3. | 地震発生時の火災対策 | 140 |
| 3 節 | 防火と消火 | 140 |
| 1. | 火災予防 | 140 |
| 2. | 火災が発生 | 141 |
| 3. | 避難 | 141 |
| 4 節 | 防火設備、警報設備 | 142 |
| 1. | 火災報知器 | 142 |
| 2. | 消火器 | 142 |
| 3. | 屋内消火設備 | 142 |
| 4. | 屋外消火設備 | 143 |
| 5. | ハロゲン化消火設備 | 143 |
| 6. | 非常用放送設備 | 143 |
| 7. | 防火扉 | 143 |
| 8. | エレベータの運転 | 143 |
| 12 章. | 作業環境 | 144 |
| 1 節 | 作業環境と事故 | 144 |
| 2 節 | 温度、湿度 | 145 |
| 3 節 | 空気、換気 | 145 |
| 4 節 | 採光、照明 | 147 |
| 5 節 | 騒音、振動 | 148 |
| 6 節 | VDT障害 | 149 |
| 13 章. | 体育・スポーツ活動の安全 | 151 |
| 1 節 | 心構え | 151 |
| 2 節 | 屋内体育施設とトレーニングルーム | 151 |
| 3 節 | 屋外体育施設 | 153 |
| 4 節 | プール | 155 |
| 14 章. | 実験等における事故防止 | 157 |
| 15 章. | リスクマネジメント、ヒヤリ・ハットについて | 168 |
| 16 章. | 緊急事態発生時の連絡先 | 170 |

福山大学の安全衛生管理について

大学で行われる学習や教育・研究・社会貢献などの諸活動を、学生や教職員が心配なく進めることが出来るためには、安全で安心な環境が何よりも大切です。

本学では、学生や教職員の事故・災害の防止及び健康の保持増進のために安全及び衛生に関する安全衛生規程を定めるなど、安心して大学生活が送れるよう大学を挙げて取り組んでいます。

具体的には、①機械器具その他設備等、爆発性の物質、発火性の物質、引火性の物質等、電気、熱その他のエネルギー、高圧ガス等に対する危険防止措置であり、②特定化学物質、有機溶剤、ガス、蒸気、粉じん、酸素欠乏空気等、放射線、高温、定圧、超音波、騒音、振動、異常気圧等、計器監視、精密工作の作業等、排気、廃液又は残さい物等に対する健康障害防止措置などです。

また、併せて常日頃から安全かつ良好で快適な教育研究環境の保持に対しても適切な安全点検と維持管理がなされるよう努めています。

これらを実現させるためには、大学教職員及び関係者が、安全衛生関係法令、大学が定める安全衛生規程及びその他の規程等に定める事項を遵守し、安全衛生管理技術の一層の向上を目指す必要があり、大学は今後とも教職員及び学生等の安全衛生の保持に努めると共に、より高い安全衛生意識の涵養のため、安全衛生教育の充実を図り、教育、指導を継続的に行って参りたいと考えています。

これらを踏まえ、この「福山大学安全衛生管理の手引き」が、学生、教職員の安全衛生と安全で安心な環境を維持するために日常的に活用されますようお願いします。

福山大学学長 松田 文子

はじめに

本学での工学、生命工学、薬学の学問分野では、実験を通した技術の習得あるいは新しい発見が必須であり、人間文化、経済の学問分野でも実験はないものの安全を考慮すべきフィールドワークが存在する。従って、全学での様々な活動にともなう危険を回避し、安全を確保する努力は必要である。本学では、開学からこれまで各学部で必要に応じて「安全のための手引」を発行し適用してきたが、広く社会にコンプライアンスとしてそれらを開示してきたことはない。その状況で、化学、生物系実験における安全の確保を優先課題として、「福山大学作業環境安全衛生マニュアル（生命工学部・薬学部）」をまとめ、平成28年7月1日に発行したところである。

しかし、本学は安全安心防災教育研究センターを擁する総合大学であり、地域における安全に関する知の拠点としては、ヒヤリハット事例の活用なども含めた安全マネジメントの核となる全学対象の安全衛生管理を記述する文書が必要不可欠である。また組織コンプライアンスとしては、この文書は電子媒体として本学ウェブページで公開することも急務であることから、ここに「福山大学 安全衛生管理の手引き」を発行することになった。

学生諸君が、充実した学生生活を過ごし、所定の技能、知識を修得して社会に巣立って行けるよう、教育研究のみならず、大学生活の安全衛生に配慮することが、本学教職員の使命であり、責務である。本手引きが、本学での教育研究の実施に際して学生諸君及び教職員全員で有効に活用されることで、安全が確保されることを期待している。

平成29年 3月

福山大学 学生の安全衛生委員会委員長
副学長（総務担当）

松 浦 史 登

1章 緊急事態発生時の対応

1節 はじめに

緊急事態発生時に最も大切なことは、何よりも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。自分自身の身の安全をまず確保することが緊急事態発生時の被害を最小限にするために最も重要なことである。

本章では、緊急事態発生時の一般的な対処方法と、第4章以下に述べる詳細とは別に、特に重要で、すぐに実行すべきことについてまとめる。緊急事態発生時に読んで確認も必要であるが、常日頃から読んでおき、緊急事態発生時にはすみやかな最善の対応ができる準備の方が重要である。

2節 安全の基本

下記5項目は安全の基本として身に付けること。

- (1) 研究室や実験室等の整理・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着用する。
- (3) 作業に合った安定した姿勢を確保する。
- (4) 独断や早合点が事故につながるため、厳に慎むこと。
- (5) 長時間同じ姿勢での作業継続は避けて、適宜、休息を取り疲労蓄積を少なくすること。

3節 感電発生時

- (1) 機側の「非常停止スイッチ」により装置を停止し、装置電源をoffとする。あるいは当該部屋の電源ブレーカーをoffにする。
- (2) すぐに上記を実行できない場合は救助者が二次感電しないよう、乾いた棒、布、絶縁ゴム手袋等を用いて被害者を感電状態から引き離す。その後、救急車を呼ぶ。
- (3) 呼吸停止あるいは呼吸が浅いときは、人工呼吸が必要になる。
- (4) 傷の処置は、保温、安静が基本である。

4節 ガス漏れに気付いた時

- (1) ドアや窓をすべて開放する。この際に静電気発生に気を付けること。
- (2) ガスの元コックやバルブを閉じる。
- (3) 換気扇や電灯の電源は入れないこと。（電源スイッチの火花がガスに着火して、爆発する恐れがある。）

5節 火災発生時

- (1) 火事を発生させた、あるいは見つけた場合は、とにかく大きな声で周囲の人に知らせ、協力を求めると共に火災報知器の吹鳴ができるだけ早期に実行する。
- (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届く程度である。これ以上で手に負えないと判断してすぐにその場から避難する。ドアや窓は極力閉め、持ち出す物にこだわらない迅速な行動が必要である。

6節 地震発生時

- (1) 地震を感じたら火の始末と確認を行い、テーブルなどの下に身を伏せる。
- (2) 状況をみて戸を開け、出入口を確保する。ただし、あわてて外に飛び出さない。
- (3) 地震と同時に火が出た場合は、状況に応じて初期消火に努める。
- (4) 門や扉には近寄らない。建屋内ではガラスの破片に気を付ける。
- (5) 周囲の人たちと協力し合って応急救護、共助が必要である。
- (6) 落ち着いたらラジオ、テレビ、インターネット等から情報を入手して行動する。

7節 インフルエンザ、ノロウイルスなど感染症にかかった時

- (1) 冬場に流行するインフルエンザは学校保健安全法に規定された第二種感染症で、ノロウイルスによる感染症胃腸炎は第三種感染症であり、一般の風邪や下痢とは異なる。
- (2) 喉が痛い、発熱してだるい、下痢や腹痛など体調が悪いと感じているのにとりあえず自己診断の上マスク装着で通学することは感染拡大の元であるため厳禁である。最寄りの医療機関で診察・検査を受けることが最優先である。
- (3) 医療機関で感染を確認した場合は、完治するまで通学してはならない。この完治していることも自己判断ではなく医療機関の検査結果によること。なお医療機関からは診断書または治癒証明書（発症～完治期日の記載必要）を発行してもらう。これは下記(5)の手続きに必要である。
- (4) 感染して通学できなくなったら、各学科・学年の担任教員または研究室の担当教員へすぐに連絡を入れる。学科・学部で感染情報は共有することになる。また担当教員は学生が感染したことを保健室に連絡することになる。
- (5) 完治後、大学へ出て来たら、教務課へ公認欠席届を提出する。

以下に示す本手引きの付録を適宜参照すること。

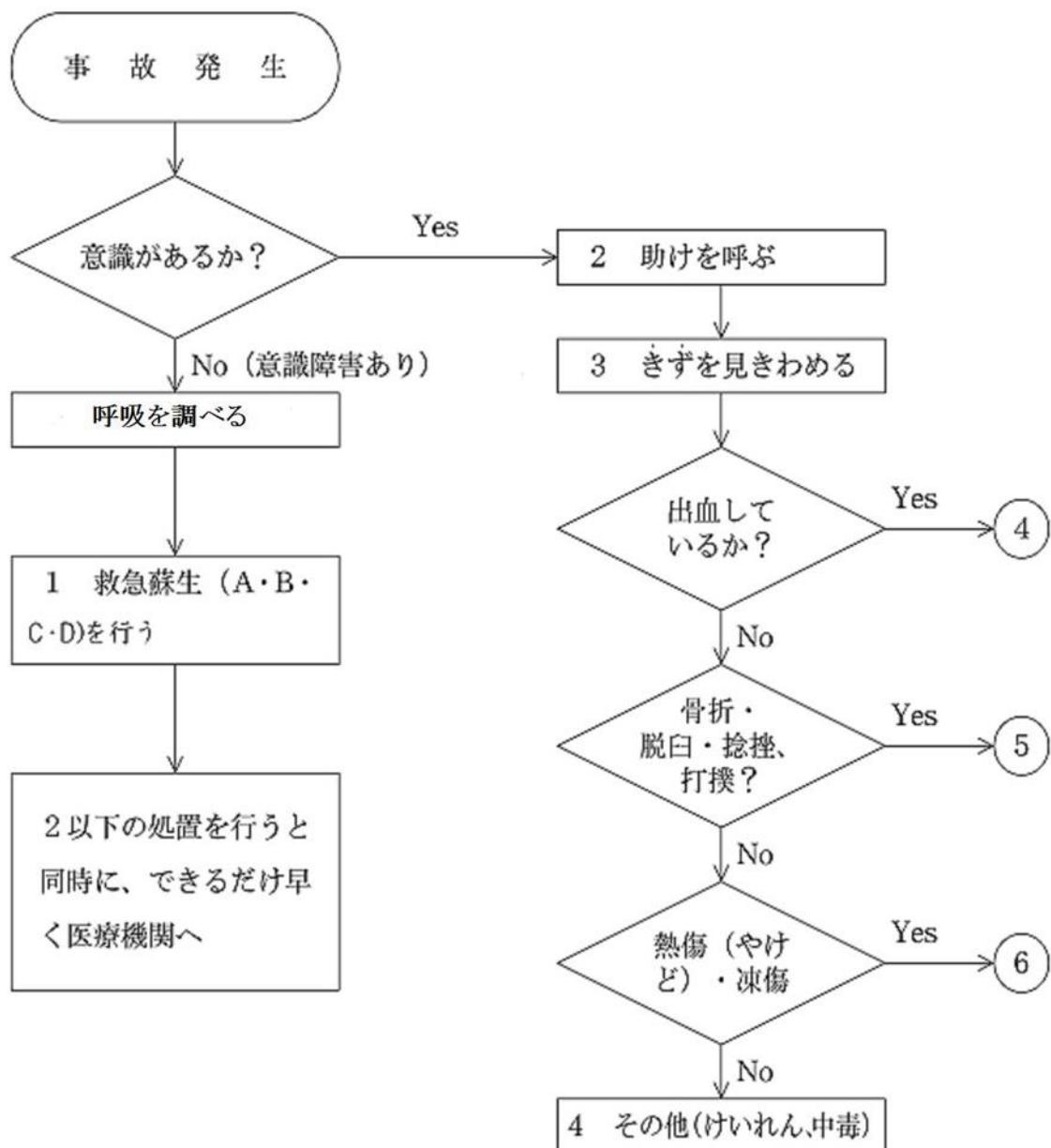
付2 学生の事故等に伴う連絡体制

付3 自衛消防組織図

付4 安全衛生管理体制図

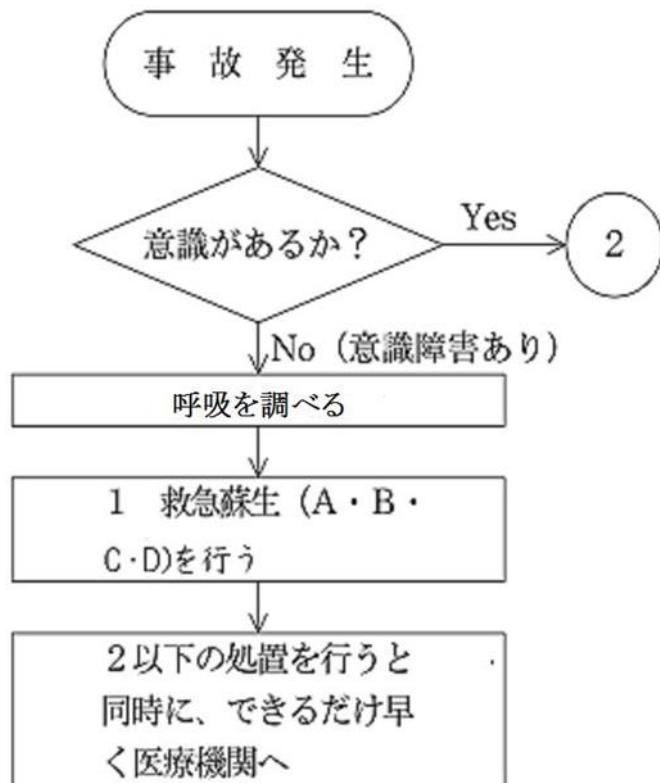
2章. 応急処置

事故を起こさないように万全に備えても、事故は起きるものという認識を改めて持つ必要がある。その事故が万一に発生した場合、適切な応急処置が必要になる。応急処置は必要最小限に限られるが、適切でタイムリーに行われれば、生命を救い、被害拡大を防ぐことも可能である。本章では意識障害に対する処置（救急蘇生のA・B・C・D）、止血、骨折等の応急処置の基本事項を簡単に述べる。応急処置の後の本格的な処置は一刻も早く専門医療機関等に任せること。また、事故が起きた状態では難しいものであるが、沈着冷静さをできるだけ保つことも必要である。



1節 意識障害 (救急蘇生のA, B, C, D →CAB+Dへ)

意識があるかないかの確認は最重要であり、意識がない状態は生命にとって処置実行に1秒を争う緊急事態である。



[処置法]

A 気道確保 (Air way)

意識障害があると気道閉塞に対する自己防御を失い、呼吸、循環障害に至る恐れがあるので、呼吸できるような気道確保が最優先の処置となる。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2-1参照)

口の中に液状物があるときは、横向きに寝かせて、口角を下に引き下げ流れ出させるか、指などを口に入れて搔き出す必要がある。

B 人工呼吸 (Breathing)

呼吸がなければ口対口人工呼吸を次の要領で行う。①患者の鼻をつまみ、②自分の口を大きく開いて患者の口にかぶせ、③胸がふくらむのを感じるまで息を吹き込む。④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。⑤1回につき1秒かけてゆっくりと呼吸を2回吹き込む。 (図2-1参照)

C 心マッサージ (Circulation)

呼吸・せき・体動がなければ心停止が疑われる所以、次の要領で胸骨圧迫心マッサージを行う。
①両手掌を胸骨の下方 1/2 に重ね、背柱に向かって 1 回当たり 5 cm 以上/秒の速さで圧迫する。
②2 人で行う場合 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 参照）
③1 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。
④患者が柔らかいベッドやソファー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。
⑤救急車または医師が到着するまでこの心マッサージを続ける。

D 除細動 (Defibrillation)

事故以外が原因で心臓突然停止による死亡が最近増加している。その大部分は心室細動という病気で、救急蘇生の A B C に加え、自動体外式除細動器 (AED) を使った心臓の除細動 (Defibrillation) が緊急に必要である。救急蘇生 の A B C D （最新は C A B + 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 は学内では合計 11 の建屋に各 1 台配置されている。（次ページ A E D 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、緊急時はそんなことを言っている場合ではないので誰が使っても良い。

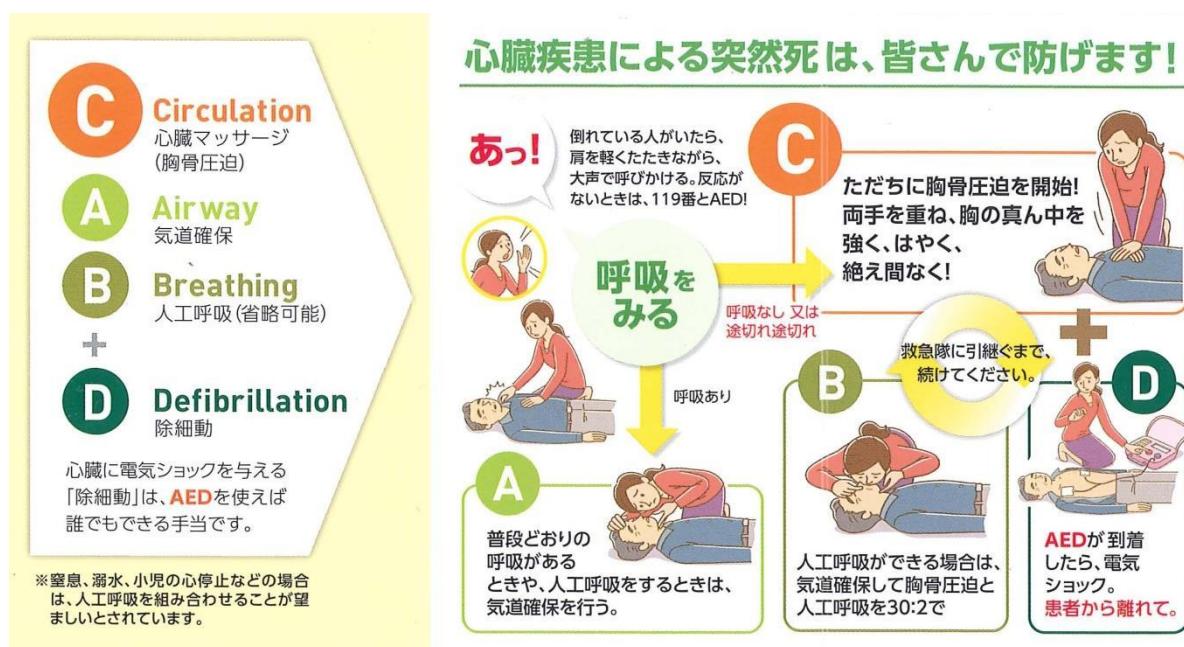


図 2-1 救急蘇生の CAB+D (日本医師会から)

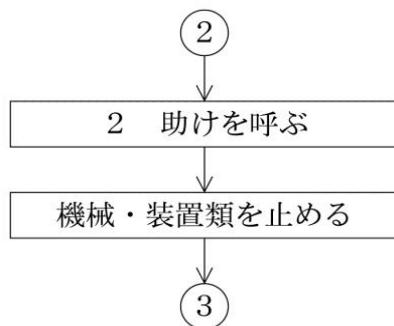


福山大学因島キャンパス図

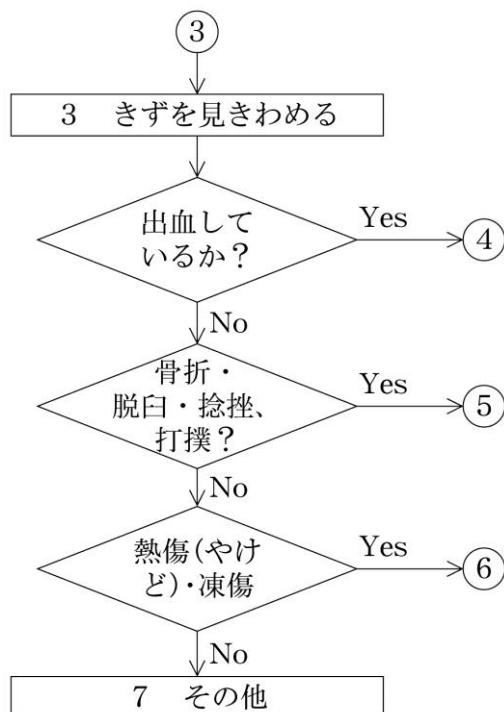


2節 助けを呼ぶ

見た目では、比較的軽度のきずであっても、後で重篤な被害（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）が出ることがある。また、事故発生当初は気が動転して正しい判断ができないことも多いので、まず助けを呼ぶこと。次に余裕があれば機械や装置類のスイッチ等を切り、事故の拡大を防止すること。このためにも更なる助けが必要である。救護者は必要な処置を行い、被害者の安静を図らねばならない。



3節 きずを見きわめる



4節 出血がある時

出血があれば、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] 主な止血点を図2-2に示す。

(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分間はそのままで保つ。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ず、熟練を要するため止血帯を施す場合は、できるだけ早い医療機関での処置が必要である。止血を完了したら、きずを消毒する。

注) 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た上で、救急医療を依頼すれば、手術によって治癒する可能性がある。

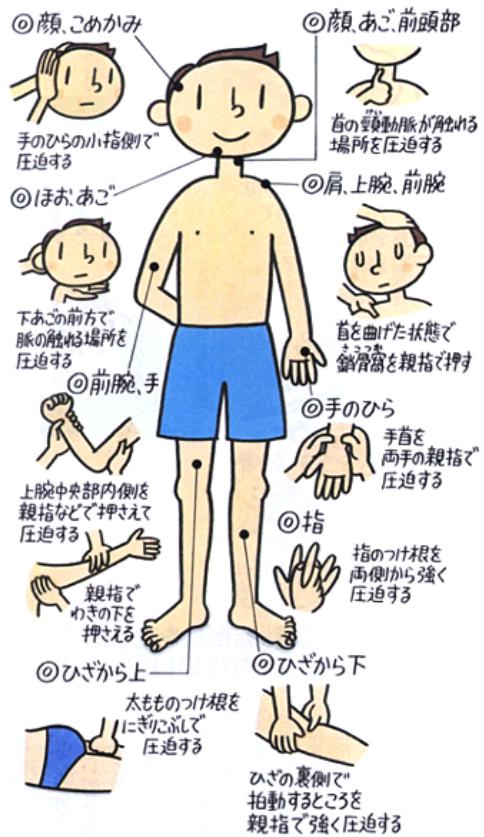


図2-2 主な止血点 (<http://gensun.org>)

5節 骨折、脱臼、捻挫、打撲

(1) 骨折・脱臼・捻挫

- ✓ 骨折
 - 完全骨折：骨が完全に二つ以上に分かれている
 - 不全骨折：骨にひびが入るなど完全に分かれていない
 - 閉鎖骨折（単純骨折）：骨が筋肉、皮膚を破らず外に露出していない
 - 開放骨折（複雑骨折）：骨が筋肉、皮膚を破って外に露出している
 - 外傷骨折：体に外からの強い力が加わって骨折する
 - 疲労骨折：骨に長い期間をかけて繰り返しの力がかかって骨折する
 - 病的骨折：病気により骨が弱くなって起こる骨折
- ✓ 脱臼 関節を構成する骨どうしの関節面が正しい位置関係を失っている状態
- ✓ 捻挫 関節に許容範囲を超えた動きが与えられねじり、くじくことで損傷がおきた状態

[処置法]

① 骨折

- ✓ 動かしたり触れたりすると、耐えられない痛みがある。
- ✓ 腫れている。
- ✓ 変形している。
- ✓ 動かせない。

✓ 傷口から出血があって骨が突き出ている。

① 患者は動かさず、その場で応急の手当をすること。

② 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）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もあるので、保温し、取扱いに十分注意すること。

④ 副子は、副木、かさ、新聞紙や雑誌を棒状に巻いたものを使う。細長く切ったダンボール、割り箸、物指し、毛布、布団なども活用できる。

◎ 脱臼

✓ 関節が変形している。

✓ 肿れて痛みがある。

✓ 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。

① きちんと治さないと、関節が動かなくなることもあるので整形外科での処置が必要である。

② 脱臼した部分を冷やす。（簡易氷枕、冷やしたタオルなどをビニール袋に入れる。）

③ 三角巾や包帯で動かないように固定する。

◎ 捻挫

✓ 関節が腫れている。

✓ 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、そのまま冷水で冷やす。

② ぬれた包帯をとり、湿布剤を貼布して包帯を少しきつめに巻き、高くして安静にする。

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 整形外科医での処置が必要である。

(2) 打撲

出血を伴わなくても、皮下出血や内出血・内臓損傷などがあり十分な注意が必要である。特に頭部の場合、1日以上の観察が必要である。痛み、皮下出血などから骨折・内臓損傷が疑われる場合は、直ちに医療機関で処置を受ける。運搬により悪化もあるので、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。

2) 安静にしている。

6節 熱傷（やけど）、凍傷

（1）熱傷（やけど）

小規模であれば、患部より熱を奪い去るもの（例えば冷水、氷片、金属片）であればどんな方法でもよいので痛みが和らぐまで冷やすこと。

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。小規模同様に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での処置を受けること。

（2）凍傷

やけどと逆に、局所を加温する。38～42°Cの温水（風呂の湯の温度）中にしばらく患部をつけておく。やけど同様、できるだけ速やかに医療機関での処置を受けること。

（3）爆発

やけどを伴うことが多いが、気道を損傷する場合がある。また、生じた化合物等により、眼や耳、呼吸器系が冒されることもある。

（4）電撃（感電）

一般に死亡率が高い。特に心臓停止が多いので、前述した心マッサージが必要となる。前述した救急蘇生のCAB+Dを参照すること。

（5）熱中症

暑い環境のもとでの作業を継続して起きる。過高熱症と単なる脱水症状の2つがあり、前者は生命の危険がある。身体を冷却すると同時に、救急車を呼び医療機関へ搬送が必要である。

7節 けいれん、中毒

（1）けいれん——意識不明になっている場合、前述の救急蘇生のCAB+Dを参照すること。着衣をゆるめ、周辺の危険物を遠ざけて横向きまたは顔を横に向けて寝かせる。

（2）中毒

重傷中毒の場合は、原因物質が不明であっても、いち早く生命維持のための呼吸、循環の正常化を図り、以下の要領で応急処置を行うと同時に、救急車を呼び医療機関へ搬送が必要である。

- ① ガス中毒では、被害者を速やかに現場から脱出させ、新鮮な空気を吸わせる。簡易酸素吸入缶があればそれも活用すると良い。
- ② 体表面に付着した毒物は、水で十分に洗い出す。
- ③ 毒物を経口摂取したことが確かで、まだ嘔吐していないければ嘔吐を誘発させ毒物の排除を図る。ただし、意識障害がある場合、腐蝕性毒物（酸・アルカリなど）や揮発性毒物（灯油・ガソリンなど）を摂取している場合は嘔吐させない方がよい。嘔吐は、指などを口に入れて咽頭部を刺激して行う。

＜重要＞(M) S D S の 常備

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、(M) S D S(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。

大学研究室で扱う化学物質のほとんどは購入業者からこの(M) S D Sを得ることができる。これには対象物により被害者が「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」などに対応した応急処置が記載されているので、この(M) S D Sは実験・研究時に手元に置いておくこと。(M) S D Sは下記インターネット等からも入手可能である。

参考

○救急蘇生の CAB

<http://www.ncvc.go.jp/cvdinfo/cpr/cab.html>

○A E D

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

○S D S

(社) 日本試薬協会 S D S 検索

<http://www.j-shiyaku.or.jp/home/msds/index.html>

○化学物質排出把握管理促進法 (P R T R 制度及びM S D S 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>

○世界の化学関連情報サイト

<http://www.liv.ac.uk/Chemistry/Links/links.html>

○東京工業大学総合安全管理センター

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

※MSDS の表記について: 日本工業規格 (JIS) の改訂により、従来の MSDS は SDS と表記されることになったが、本手引きでは固有の名称など必要があれば「MSDS」も併記する。

3章. 安全の一般的心得

「人間は間違える。これを前提とした対応・心得が必要。」

新入生の心得

新入生及は、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心がけが第一である。

- (1) 機器、工具及び器具等の性能を理解し、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、分からぬことがあつたら、教職員や先輩に聞く。独断や早合点はケガのもとである。
- (3) 慣れてくると気が緩むので、初心を忘れないような心得が必要である。

服装と履物

実験や作業に適した服装は、行動しやすくて効率が良くなり事故から身を守ることができる。これを守らずに、事故にあつた例は少なくない。特に履物について下記を十分注意すること。

- (1) 履物のかかとへの金具や鉢装着滑りやすいのでこれらを打った履物で実験・作業は行わない。
- (2) 履物は、滑りにくい靴底を選び、ひもはきっちり結び、かかとを踏まないで正しく履くこと。

姿勢

- (1) 腰を落ち着け、背筋を伸ばし、作業に合った安定した姿勢で作業すること。
- (2) 机に真っ直ぐ向かった自然な姿勢での作業を心掛ける。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、身体が疲れやすく危険を招く原因とも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、特定の筋肉が緊張収縮を続けることによる「静的疲労」となる。適宜休息を取り軽い運動等を行って、この疲労を解消すること。

5 S 整理・整頓・清掃・清潔・しつけ

安全確保の基本は、整理・整頓・清掃・清潔・しつけ（頭文字を取って5 Sと呼ぶ）である。ちなみに5 Sは世界的に安全と品質の分野で共通に使われている言葉である。

(1) 机上の整理

- ① 机の上は、広く使えるように常に整理し、事務用品も散乱させない。
- ② 離席するときは、椅子は机の下に引き込むことはマナーである。

(2) 物の置き方

- ① すべての物は、置き場所を定めて必ずそこへ置くようにすること。
- ② 窓側に採光を妨げるような物を置かないこと。
- ③ 高さがある棚、本棚、ガラス張りの棚等は、転倒を防ぐため必ず壁際に付けて設置し、耐震措置を講じること。
- ④ 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

- ① 通路には、物を置かないこと。
- ② 通路出入口、非常口、階段等及び消火栓、消火器付近には、物を置かないこと。
- ③ 通路付近には、破損しやすいものや危険物を置かないこと。

(4) 清掃

- ① 毎日、作業前後の清掃に努めること。
- ② 流し廻りの清掃は小まめに行い、衛生に十分注意すること。

1節 他大学であった事故例と教訓

全国の大学では、これまで何かしら事故を発生してきた。火、水、電気、重量物、薬品による事故が主なものである。以下に他大学で起きた例を示すので「対岸の事故」として自分には関係ないと考えるのではなく、「他山の石」として自分たちの参考になる教訓を学ぶこと。

1. 爆発

平成3年10月に大阪の大学での実験中、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。これは亜酸化窒素バージラインの逆止弁がOリング劣化のため漏洩し、亜酸化窒素がシランのボンベ内へ逆流し、爆発混合ガスが形成され、着火源により爆発した事故である。この事故は高圧ガス取扱い時の事故事例の教訓としてしばしば引用される事例である。

2. 火災

- ① 実験室でガスストーブをつけていた。そ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が、ビーカーを床に落として割った。こぼれたアルコールにストーブの火が引火して燃え上がったが、可燃物が近くに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際して、浴槽としてプラスチック洗面器を用い、投げ込みヒーターにより水を加熱した。この実験終了後、投げ込みヒーターの電源を切るのを忘れ、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洗面器が燃焼した。これにより煙感知器が作動し、職員が消火器を用いて消火し、洗面器等の焼失だけで鎮火した。
- ③ マグネシウム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。作業の後、切粉を鉄缶に入れ、その上にヤスリがけした時の微粉末を入れ放置した。切削時の摩擦熱により切粉の温度が高かったため、微粉末が自然発火し、床面の一部を焦がした。
- ④ 加熱器の起動に際し、中の状態を確認せず、いつもの作業のつおりでその場を離れたところ、中に他の人が置いた物品が過熱しボヤとなつた。

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。つまり火災は実験装置を喪失するだけではなく、それまでに蓄積した各種のデータも失うことになる。実験装置は買い戻せば済むが、人命や時間は戻らない。

火災防止は、火の近くで可燃物を使用しないこと、火を使っている場所を離れないことに尽きる。

3. 電気配線不良

実験装置などの電気配線に際して、仮の配線をそのまま放置すると事故につながる。例えばコードの長さが不足することが良くあるが、2本のコードをねじり合わせた簡易接続のままでは、接触不良や発熱を発生して事故に至る。装置などを修理、改造したときなども仮の配線を行ってそのまま放置してしまうことがある。正規の配線工事により完了させること。

4. 薬品事故

苛性ソーダの水溶液を作製中に苛性ソーダの破片が目に入って、直ちに水で洗眼して眼科医で処置を受けて失明をまぬがれたという事例がある。化学薬品の取扱に慣れていない学生が遭遇しやすい事故例である。つまり工学部機械、電気系の学生でも化学薬品の取扱い方の初步的知識は持つべきという教訓であると同時に薬学、生物系の学生は工作機械、工具の取扱い方の初步的知識は持つべきという教訓でもある。

5. 重量物

20kg以上の重量物は1人で持ち上げないことが基本である。1人で重量物を持ち上げる際は、正対して手をなるべく深く入れ、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て腰を守ること。

一人で手持ち運搬する場合は、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不意の衝突を防止すること。

2節 大事に至らないために

1節で示したような事故は、常識的な注意を講じれば防げる。しかし、それでも事故は起きてしまうので、その万一の場合にも事故の影響を小さくする対策を事前に講じておくこと。

- (1) 夜間に学生が1人残っての作業や実験は避ける。事故発生時に、救助、通報してもらえる人がいないからである。学生が夜間、休日など時間外に作業や実験を行う場合には、規定の書類に記入し、指導教員の承認を得て各学部事務室への提出が必要である。また機械類を終夜無人運転する場合は「終夜無人運転中」との明確な表示を指導教員の指示と承認を得て実施すること。

(2) 夏場に暑いからといって肌を露出した姿で作業や実験を行わない。電気に体が接触すると手足が反応して近くにある機械、器具、物品と接触して二次的事故を引き起こすからである。

大事故は単一の要因で突然に発生することはほとんどなく、何かしらのちょっとした前兆現象がある。その前兆を察知できれば、適切な処置を行うことで事故の発生まで至らない。この前兆を察知する能力はセンスが必要であり、更にそれを経験で磨く必要もある。ただし実験や作業でのちょっとしたトラブルをヒヤリハット情報として記録して活用するとセンスや経験がなくても前兆の察知につながる。ヒヤリハット情報を反映して適切な処置を講じておけば、事故の芽を未然に摘みとることができ、事故発生に至らない。ヒヤリハットについては、第15章に更に記載する。

教員は研究・実験のプロフェッショナルであり、学生はそのプロ見習いである。実験・研究には危険や事故に至る事象が潜在または顕在するが、安全と危険の境界を知った上で安全範囲にあることを確認できるのがプロフェッショナルである。また安全と危険のどちらか不明のグレーゾーンも存在するのは確かで、その際には安全を確認する行為を終えてグレーゾーンを解消することが安全マネジメントのポイントである。安全確認を行わずグレーゾーンのまま、運が良いことを祈って作業を行ったり、安全確認済みの範囲を越えて危険とわかつていながらそのまま作業を行うのは、技術者・研究者倫理に背く行為である。

4章. 電気, ガス, 重量物の取扱い

1節 電気の安全心得

1. 電気が原因で発生する事故の種類

(1) 火災事故

電気工事の不良による漏電や接触不良、不適切な保守による老化・短絡の放置、あるいは機器の誤使用 や過負荷運転などにより火災は発生する。

(2) 感電事故

電気工事の不良による不完全な接地（アース）、接地が不適当な機器の使用あるいは不注意な配線露出部との接触により感電し、一瞬にして生命を失う。

(3) 爆発的な事故

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 爆発的に発火することがある。また、油入変圧器を短絡した際も、爆発的な発火現象あるので注意を要する。

これらは、種々の電気施設に対し、工事、管理運用面の規則が定められている。

2. 電気による火災

電線が過度に細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な注意が必要である。

- (1) ヒューズの代用に鉄線を用いたり、回路の容量を超える大容量のヒューズを付けることは厳禁である。実験中、急に機器を利用したい場合でも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) 「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）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）は壁コンセントで直接接続すること。また、コンセントに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。素人電気工事は厳禁である。

- (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が専門業者で行い、臨時応急処置のままで恒久的に使用してはならない。
- (5) 電気設備は常に手入れをし、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することで、他の人が知らずに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。またドラムにコードを巻いたままの使用はコードの放熱がうまくいかず、火災になった事例があるため避ける。（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、乱暴な抜き差しを繰り返すと、接触不良になる可能性がある。接触不良ではアーク放電や漏電を起こしやすくなり、火災につながる可能性が高い。特に 15A 以上の大電流を使う場合は実験盤の配線が基本であるが、やむを得ずコンセントから電源をとる場合はコンセント劣化や接触不良に気を配ること。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すること。
- (9) 万一火災が発生した場合は速やかに電源を遮断し、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。つまり電気設備付近には電気火災適合消火器が必要である。

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°C のビニルまたは天然ゴム

周囲温度:30°C

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、金属線び、可とう電線管、合樹脂管、合成樹脂線び

| 導体 | がいし 引配線 | VVケーブル (Fケーブル) 3芯以下 | 管または線びに電線をおさめる配線 | | | |
|------|---------------------|---------------------------|--------------------|------|----------|------|
| | | | 同一管内または線び内の配線数 [本] | | | |
| | | | 3以下 | 4 | 5~6 | 7~15 |
| 種類 | 太さ* | 許容電流の比率 | | | 許容電流 [A] | |
| | | 1.00 | 0.70 | 0.63 | 0.56 | 0.49 |
| | | 許容電流 [A] | | | | |
| 単線 | 1 mm | (16) | — | (11) | (10) | (9) |
| | 1.2 | (19) | (13) | (13) | (12) | (10) |
| | 1.6 | 27 | 19 | 19 | 17 | 15 |
| | 2 | 35 | 24 | 24 | 22 | 19 |
| | 2.6 | 48 | 33 | 33 | 30 | 27 |
| | 3.2 | 62 | 43 | 43 | 39 | 34 |
| | 4 | 81 | — | 56 | 51 | 45 |
| | 5 | 107 | — | 75 | 67 | 60 |
| | 0.9 mm ² | (17) | — | (12) | (10) | (9) |
| | 1.25 | (19) | — | (13) | (12) | (10) |
| 形成単線 | 2 | 27 | 19 | 19 | 17 | 15 |
| | 3.5 | 37 | 24 | 26 | 23 | 20 |
| | 5.5 | 49 | 34 | 34 | 31 | 27 |
| | 8 | 61 | 42 | 42 | 38 | 34 |
| | 14 | 88 | 61 | 61 | 55 | 49 |
| | 22 | 115 | 80 | 80 | 72 | 64 |
| | 38 | 162 | 113 | 113 | 102 | 90 |
| | 60 | 217 | 150 | 152 | 137 | 121 |
| | 100 | 298 | 202 | 208 | 187 | 167 |
| | 150 | 395 | 269 | 276 | 248 | 221 |
| より線 | 200 | 469 | 318 | 328 | 295 | 263 |
| | 250 | 556 | 367 | 389 | 350 | 310 |
| | 325 | 650 | 435 | 455 | 410 | 363 |
| | 400 | 745 | — | 521 | 470 | 417 |
| | 500 | 842 | — | 590 | 530 | 471 |

※ 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 0A タップ等)

表4-2 電気による火災の原因と予防対策

| 原 因 | | 予 防 対 策 |
|---------|-----------------------------------|------------------------------|
| 区 分 | 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 | 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 | 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 | |
| | 保護装置の不良（サーモスタットの故障、 | 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. 感電事故と防止

人体に対する影響は、心臓を通る電流の大きさと時間に主な関係がある。電流により受けた人体の影響を表4-3に示す。

体に水分がある時や、素足でコンクリート、または地上にいる時などは、危険度が異なる。

また、感電による転倒、墜落などにより、さらに被害が大きくなることがあるから、作業に応じた安全確保策の追加を検討すること。

表4-3 電流値による人体への影響

| 電流値(mA) | 影 韻 |
|---------|--|
| 1(以下 | 電気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、けいれんが起こ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ことができない。 |
| 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。 |

感電を防止するポイントは以下のとおりである。

(1) 直接電気の通じている部分（充電部）には触れない。通電中であるかどうかの確認は、検電器又はテスターを使用する。図4-1に検電器の例を示すが、低電圧に限られる。400Vを超える高電圧には、使用してはならない。

(2) 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) 高電圧は触れなくとも危険である。2,500V以上は30cm以上、50,000V以上は1m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、ケースが帶電していることがあり、ケースを直接触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のおそれがあるため、感電保護具、防具を着用する。

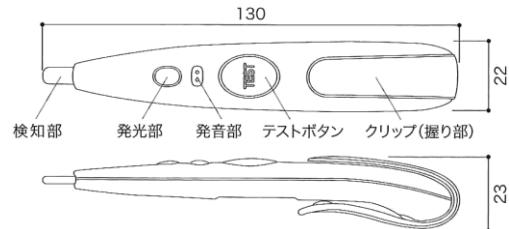


図4-1 検電器
(<https://www.otowadenki.co.jp>)

4. 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。

大学での実験に使う盤の接地端子は、ほとんどD種接地である。

接地端子の代用にガス管、水道管などを用いることは厳禁である。

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 を除し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 |
| C種 | 10Ω 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 |
| D種 | 100Ω 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 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 | 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 |
| キャプ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 1 A 以下の放電灯器具 | 外箱、金属製部分 | D種 |
| 前項で 1 A 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 |

5. その他、電気による事故

- (1) 電熱器の使用は、細心の注意をはらうこと。これは裸火で直近を焦がしたりする他に、電線を伝って火災を発生させることもあるからである。紙、布などは近づけてはならない。また感電もあり得るので、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、燃えやすいものなどを置かない。ヒューズが飛んだときやブレーカーが遮断した時の火花で火事になることがある。
- (3) 冷蔵庫には、自動温度調節用のスイッチが取付けられている。冷蔵庫内に万一爆発性のガスが充満していると、このスイッチ作動時の火花が点火源となり爆発事故を起こすため、薬品の冷蔵用には、防爆型冷蔵庫を使用すること。
- (4) 可燃性又は支燃性のガス（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）、あるいは危険物（セルロイド、マッチ、石油など）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。
- (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、電気メッキを行なう場所、蓄電池室など）の存在する場所では、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処置を施すとともに、定期的（1年毎）に腐食発生などの点検が必要である。
- (6) ヒューズが切れたたら必ずその原因を調べ、必要があれば対策を講じること。

6. 停電時の心得

我が国は電力供給の信頼性が高いため、日常生活で停電発生はないと言って良い。しかし電気機器は、一般的に年に何度かの停電発生を想定して対処が必要である。その対処策の主要なものを以下に記す。

- (1) 生命維持装置や冷却することで防爆しているものなど、不慮の停電により大きな災害をもたらす懸念にある電気機器ないしはシステムの電源は、特別の対策が必要となる。具体的には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である。
- (2) 古い排気装置など回転機を含む装置では、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。そこで、夜間など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適切な安全回路の装備が必要となる。
- (3) 夜間突然に停電して暗闇となっても、懐中電灯はすぐに使える状態で常備すること。

(4) 停電時は、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ためこれらのメイン電源を一旦 Off とすること。また、コンデンサ等の電荷を確認の上使用すること。

7. 低圧電気取扱い、その他

低圧の電線の設置若しくは修理の作業等は、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ない。（労働安全衛生法第 59 条、労働安全衛生規則第 36 条）

経済産業省の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らぬ。

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、電気取扱（低圧）作業特別教育を修了した者でなければできない作業を示す。

表 4-6 電気工事士資格と特別教育終了が必要な作業

- 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、ねじを切ること。または電線管相互や電線管とボックスなど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 電気取扱（低圧）作業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場合に、電気工事士でないものが作業を補助することは差し支えない。

表 4-7 電気工事士でなくて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、キャプ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 地中電線用の暗きよ、または管を設置し、または変更する工事

その他、電気作業について一般的な注意事項を以下に示す。

- (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である。
- (2) 2m 以上の高所作業では、墜落防止の命綱を使用すること。
- (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いての作業は厳禁である。
- (4) 長い金属棒を持って、電気設備の近くを通りるのは危険である。

2節 レーザー機器の扱い

1. 光、マイクロ波に対する目の心得

- (1) レーザー光は、直視しないこと。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、反射光にも十分注意が必要である。
- (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。見る必要があるときは、適切な安全眼鏡を使用する。
- (3) 電子レンジなどのマイクロ波は、小出力でも目には有害であるため目を近づけない。

2. レーザーによる障害防止対策

(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、ビームの拡がりが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を受けたり、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 ($10.6 \mu m$) 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 $3 \sim 1.4 \mu m$ 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

レーザー光は、これまで説明したとおり指向性に優れ、通常の光より高いエネルギー密度をもつため、人体に対して大きなダメージを与える場合がある。ただし現在使用されているレーザー光は生体に対する透過力は低く、人体に与える影響は眼はたは上皮組織に限られる。眼の保護は実験を行う上で、最大限の注意をはらわなければならない。図 4-2 に眼にレーザー光が照射された場合に生じる障害を示す。

眼の障害のうち、最も深刻な障害は網膜損傷など眼底に及ぶもので、400nm から 1400nm の波長域の可視光および近赤外光で誘発される。この波長の光は角膜を透過し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、

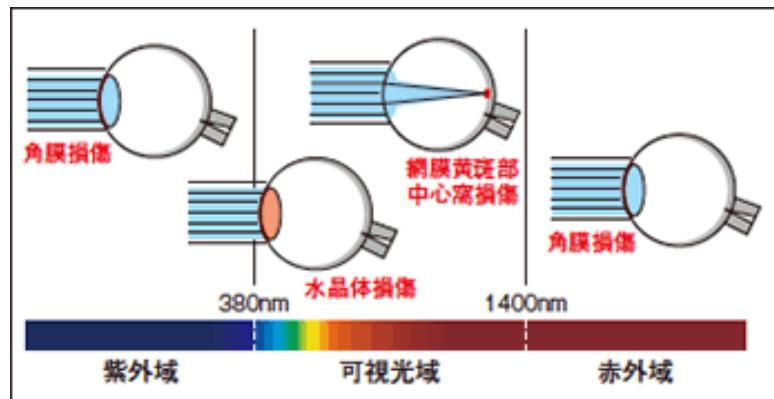


図 4-2 レーザー光による眼の障害
(<https://www.global-optosigma.com>)

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。400nm より短波長の紫外光や 1400nm より長波長の赤外光はほとんどのエネルギーが角膜表層で吸収されるため角膜障害の原因となる。

これまでの多くの事故事例は、研究室での実験中に発生し、大学関係者(教職員、学生)と研究員による事故が多い。更に事故は光軸調整時におこりやすく、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の進路で事故になることが多い。

(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爆放出限界（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 規格の最新版は 2014 年 改正版（JIS C 6802-2014）で、規格構成のユーザー使用を考慮した改訂と情報要件の追加が主で、LED が通信アプリケーション以外で削除され、新クラスとして直接アクセスする場合の 1C が導入された。これまでの JIS 改訂で安全に係る最も大きな改訂は JIS C 6802-2005 である。この改訂で、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）、またはビーム径の大きなレーザー光のためにパワー（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。その内容を以下にまとめる。実験・研究で使用するレーザー装置がどのクラスかをこれにより把握することが重要である。

クラス 1：人体に照射しても本質的に安全で危険のないクラスで出力が $0.39 \mu\text{W}$ 以下（波長 400～550nm の連続光）である。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。つまりクラス 1 はルーペや双眼鏡を使用しても安全なレベルである。また、囲い等を設けて人体への露光量が AEL 以下に制限できる場合も、レーザー単体の出力に依らずクラス 1 に分類される。

クラス 1M：「裸眼は安全」としたクラスである。露光条件は光源から 100mm の距離をおいて裸眼で観測する場合である。このクラスは光学機器を使用すると危険になる可能性がある以外はクラス 1 と同じである。

クラス 2：可視光（400～700nm）で低出力のクラスで連続（CW）レーザー（レーザーポインタなど）で出力 1mw 以下である。このクラスは、偶発眼に入ってもまぶしさで眼を閉じることにより保護される。長時間の眼への照射では障害が起きる。

クラス 2M：クラス 1M と同様「裸眼は安全」で、裸眼観測の条件(距離 100mm)下ではまばたきにより安全となるが、光学機器を使用すると危険になる条件限定のクラス 2 である。

クラス 3R：光学的手段を用いたビーム内観察は危険なクラスである。双眼鏡などを用いて集光して目に入る場合障害を引き起こす。可視光に対し、連続波レーザーでは 5mw 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 倍以下である。

クラス 3B：直接光もしくは鏡面反射光を直接眼に入れると危険で障害を引き起こすクラスで直接のビーム観察は厳禁である。拡散面で反射したレーザー光は通常安全である。連続（CW）レーザーでは 0.5W 以下、パルスレーザーについては 10^5J/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、鏡面反射光はもちろん拡散面反射光も危険である。眼だけではなく皮膚障害や器物へ火災の危険もある。

(5) 施設機器の安全管理

- ① 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。
- ② 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。
- ③ クラス3B以上のレーザー機器は、使用中に、外部でわかる警告表示灯（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注意事項

レーザーを安全に使用するための注意事項としてクラス3B以上の高出力レーザーについて以下に示す。

- ① 使用するレーザーの波長に応じて効果のある保護眼鏡を着用する。保護眼鏡には、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。保護眼鏡を装着していても、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、拡散光も目に入らないよう以下に注意する。
 - 1) 作業時には腕時計、指輪など、光を反射しそうなものは、身に付けない。
 - 2) 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する。）
 - 3) 目をビームの高さに持っていないか。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。光路の延長上では、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。この様な潜在的な危険性も避けることが必要である。可能な場合には、レーザーの光路を非透光性、難燃性のパイプで覆うこと。
- 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と発火する場合があるからである。
- 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も着ない）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、眼に加えて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ーがあり、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行う。
- 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。
- ⑪ 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）、その取扱いにも注意する。
- ⑫ 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な内容をクラス 1M、クラス 2M、クラス 3R、クラス 3B およびクラス 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、表 4-8 にその基準を示す。

表4-8 レーザーによる障害の防止対策基準

| 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 |
| 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 | | | | ○ | ○ | | |
| レーザー光路 | 光路の位置 | 光路の位置 | 作業者の目の高さを避ける | | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 光路の遮蔽 | 不透明、不燃性材料で遮蔽 | | | | ○ | ○ | ○ | |
| | | 耐火物による終端 | 耐火構造の終端。囲いで反射、散乱防止 | | | | ○ | ○ | ○ | ○ ※1 ※2 |
| | 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 | 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置 | | | | ○ | ○ | ○ | ※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 | 遠隔操作 | | 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 | | | | ○ | | | |
| | 光学系の調整 | | 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 |
| | | 保護衣 | 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、溶融して玉状になる化学繊維は不適 | | | | ○ | | | |
| 管理 | 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 | 管理者の氏名等の掲示 | | レーザー機器管理者氏名 | | | | ○ | ○ | ○ | ※1 |
| | | | 危険性、注意事項 | | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | | レーザーの設置標識 | | | | ○ | ○ | | |
| | 高電圧の表示 | | 高電圧部分の表示、感電防止措置 | | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 危険物の持込み禁止 | 管理区域内 | 爆発物、引火性物質 | | | | ○ | | | |
| | | レーザー | 爆発物、引火性物質 | | | | | ○ | | |
| | 有害ガス粉じん | | 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 | | | 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 可視波長域外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。

3節 都市ガス、水道

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

- ① 点火したとき、バーナーに火が完全についたことを確かめる。
- ② 炎の色により、完全燃焼していることを確かめる。
- ③ 点火中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。
- ④ 消火したら、器具栓、ガス栓が閉まっていることを確かめる。

(2) 使用中の心得

- ① 使用中は、常に換気扇、給気口、排気口の換気に注意する。
- ② 時々窓を開ける。

(3) ガスホース

- ① 古いゴム管は強化ガスホース等新しいものへ取り替える。
- ② 強化ガスホースはガス栓、器具栓の赤線までしっかりと差し込む。
- ③ 強化ガスホースは安全バンドでしっかりと止める。
- ④ ワンタッチ式の接栓もあるが、適切な継ぎ手を用いること。

(4) その他

- ① 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。
- ② ガス器具は、常日ごろから手入れをする。

2. 水道

水道水は、生活用水として用いられる他、実験で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、安全上重要な点を以下に示す。

- (1) 水道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、水道管及び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と固定する。
- (2) 部屋の電気装置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、漏水による影響、配管の破損による注水からの影響を避けるように、あらかじめ配置しておく。
- (3) 床への漏水が長時間にわたるときは、下階の部屋への水漏れの恐れがあるので、床排水孔を設けるなど、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限ること。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。

4節 高圧ガス

一般に、気体の容器、配置、弁等で構成される高圧容器は、気体の種類によらず、内圧により破壊する危険を伴うので、使用圧力、容器の大きさに応じて、設計法が法律で定められている。

(圧力容器構造規格を参照) 従って、これらの使用では、想定最高圧力 (MEOP) に対して、使用する容器類の規格、性能が適合していることを銘板、刻印等により確認しなければならない。

1. 高圧ガス容器

- (1) ボンベは JISB8241 に基づいて良質の鉄鋼で製造されている。これらは、すべて高压ガス保安法によって耐圧試験、気密試験等を行い、合格したものだけを使用する。
- (2) ボンベは肩部に図 4-3 のような刻印がある。
- (3) ボンベは、充てんガスの種類を示す色 (表 4-9) を外部に塗り識別している。
- (4) ボンベ元バルブの構造を図 4-4 に示す。ガス出口は、可燃性ガスは左ネジ、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) 本学は高压ガス保安法により、ボンベにガスを充てんする業務は許されていない。
- (6) ボンベは 5 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。

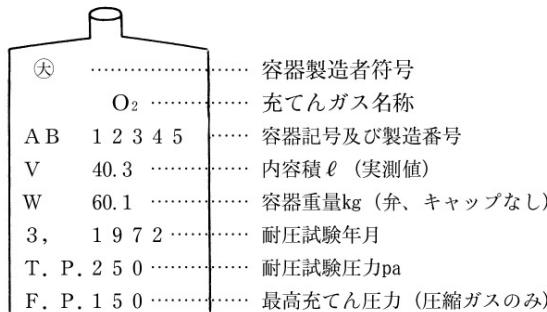


図 4-3 ボンベの刻印

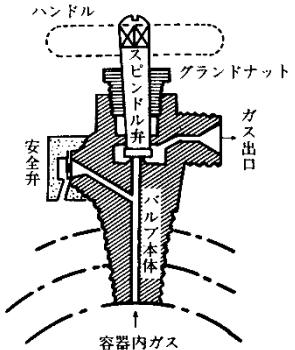


図 4-4 バルブ略図

表 4-9 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. 高圧ガスボンベ取扱上の注意事項

(1) 一般的注意事項

(心得)

- ① ガス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。

- ② 各種ガスの取扱いは、ガスの性質及び取扱方法を熟知する必要がある。

(貯蔵)

- ③ 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。

- ④ 可燃性ガス、毒性ガス、酸素は区別して貯蔵し、また、充てんボンベと空ボンベは区分する。

- ⑤ 使用しないボンベは、常に弁を全閉としキャップをかぶせる。

- ⑥ ボンベは風通しの良い所に置き、40°C以上にならないようにする。

- ⑦ ボンベを貯蔵する場合、周囲に必要なもの以外を置かない。また、火気、引火性、発火性のものを置くことは厳禁である。

- ⑧ ボンベは風雨にさらしたり、湿気の多い所へ置くことは避け、腐触を防止する措置を講ずる。また直射日光にさらさない処置をとる。

- ⑨ ボンベは電線、アース線の近くに貯蔵することは避ける。

(移動)

- ⑩ ボンベの移動時には、バルブ全閉を確認し、キャップを必ず付ける。

- ⑪ ボンベの移動は手押車などを使用し、引きずったり転がしたりしない。

(その他)

- ⑫ ボンベは、1MPa程度の残圧を保持して業者に引渡すこと。また、ボンベからボンベへのガスの移し替えは禁止である。

- ⑬ 容器検査に合格しないボンベの廃棄は、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

- ① 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5m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。

- ② 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のを用いる。接続部には可燃性のパッキングを用いない。

- ③ 酸化エチレンは、設備の内部を N_2 、 CO_2 等で置き換え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。
- ④ 毒性ガスに対する十分な知識をもって行う。有毒ガス (H_2S 、 CO 、 Cl_2 等) を吸入しないように、ドラフトなど局所換気装置内で行う。
- ⑤ 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とおして無害にする。

(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

半導体製造などのエッチング、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「特殊材料ガス」と呼ばれる 39 種類のガスは自然発火性であったり、分解爆発性で爆発範囲が広く、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である。中でも消費量の多い 7 種類（モノシラン、ジシラン、アルシン、ホスフィン、ジボラン、セレン化水素及びモノゲルマン）は、特殊高圧ガスとして分類されており、使用する場合はあらかじめ都道府県知事への届出が必要である。これらのガスは大学の研究での使用でも死亡や重傷といった事故事例があり、使用に際して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。

- ① ガスボンベは専用の保管キャビネットに納め、保管キャビネット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。
- ② ボンベ元栓には圧縮空気作動バルブを装着し、停電時やガス漏洩時には元弁が自動で閉まるようにする。
- ③ ボンベと実験装置の間の配管には SUS316 材を用い、逆止弁、ページ用の窒素ガス供給系を用意する。
- ④ 実験装置、ガス供給装置は十分に安全を考慮し、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。
- ⑤ 実験室に保安専用の電源系統を設ける。
- ⑥ 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させる。またこの除外装置の保守点検を十分に行う。
- ⑦ 実験室では消火器を設置し、使用者にその位置を徹底する。
- ⑧ シラン系ガスは酸化性のガスと爆発的に反応するので、ペ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。

3. 高圧ガス使用上の注意

(1) 装置組立

- ① 短期間の実験でも、スタンドまたはフレーム装置を組み、装置が固定された状態で実験を行う。

- ② 圧力調整器（弁）、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」表示のある専用の圧力調節器（弁）を用いること。
- ③ 圧力計は、常用圧力の1.5～3.0倍のものを適切に選定して使用する。

(2) 電気配線

本章1節を熟読すること。

(3) ガス漏れ防止

- ① ガス漏れを防ぐため、装置の確実に接続し状態を確認する。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。
- ② 加圧反応装置ではフランジの接続、溶接部分等に注意し、いずれも、反応前に窒素などの不活性ガスを用いてガス漏れ点検を行う。

(4) 爆発防止

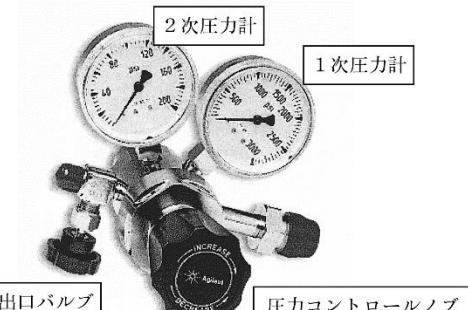
- ① ガス反応装置では、圧力がかかりガスが吹き出している間は燃焼状態で安定している、圧力が下がると空気を引き込んで装置内で爆発の危険性がある。それに備えて窒素など不活性ガスによってバージできる配管敷設を行う。
- ② 各ガスの爆発限界を表4-10に示す。
- ③ 炭化水素などの空気による気相酸化反応を生ずる場合は、爆発限界に十分注意しなければならない。特に反応中は爆発限界外でも、反応開始時や終了時にはガス濃度が変化して爆発限界内になる可能性があるので、十分注意しなければならない。

(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ボンベに取付ける。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ので、圧力調整器に油をさしてはならない。

- ① 圧力調整器をボンベに取り付け、圧力調整器の入口ナットをしっかりと締める。その後で配管を圧力調整器の出口に接続する。
- ② 圧力調整器の出口バルブがあれば閉とする。
- ③ 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圧力調整器を全閉とする。
- ④ ゆっくりとボンベの元バルブを開いて、圧力を徐々に上げる。高圧ゲージがフル圧力に達したら、ボンベバルブを全開とする。
- ⑤ コントロールノブを時計回りに廻して出口圧力計が所要圧力になるまで調整する。調整器の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。
- ⑥ 使用後は圧力調整器内のガスを抜き、ボンベバルブ・コントロールノブ・出口バルブを閉じる。

(6) ガス漏れがないことの確認



ポ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各部からガスが漏れていないことを確認する。石鹼水などの検出液を使うと、確実に漏れを発見できる。圧力計が時間経過で変化しないことでも漏れがないことを確認する。

(7) 装置の材質

装置の材質は、使用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、ステンレス鋼を使用する。

(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、爆発などの危険が懸念される場合はガス吸収剤への吸収などにより要因を除去する。

(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替えること。

(10) 圧力計の取り付け位置は、目より高くする。

(11) 事故発生時の対応

周囲に事故発生を大声で知らせ、守衛室（内2230）へ直ちに連絡し、本書の1章に従った行動をとること。

表4-10 ガスの空気中爆発限界濃度（常温、常圧、火炎上方伝ば 可燃ガスの体積%）

| ガス | 下限界 | 上限界 |
|--------|------|--------|
| 水素 | 4.0 | 75.0 |
| メタン | 5.0 | 15.0 |
| プロパン | 2.1 | 9.5 |
| ブタン | 1.8 | 8.4 |
| エチル | 2.7 | 36.0 |
| アセチレン | 2.5 | 81.0 ※ |
| 酸化エチレン | 3.0 | 80.0 ※ |
| アンモニア | 15.0 | 28.0 |

※アセチレン、酸化エチレンなどは条件により100%でも爆発する。

4. 高圧ガスシステム

高圧ガスシステムで爆発などの事故を起こすと、破片飛散、放出ガスの衝撃波、また使用ガス、周辺に存在する薬品などによる爆発、火災による二次災害など影響が大きい。そのため高圧ガスシステムは、高圧ガス保安法を適用する厳格な管理対象である。

(1) 全般

① 安全弁など定期検査合格済みの安全装置を必ず取り付ける。

- ② 常用圧力の1.5倍以上の圧力で耐圧試験で異常のないことを確認する。常用圧力以上でガスの漏洩のないことの確認と万一の漏洩時に滞留しないよう換気に注意する。
- ③ 実験室内の装置の配置は、万一の事故発生時に被害最小化となるように行う。
- ④ 実験室の外及び周辺に実験内容、使用しているガスなどが外部の者に明確にわかるように注意喚起の表示を行う。
- ⑤ 各種装置、機器類の構造、実験手順を熟知したうえで声だしWチェックなど万全を期すこと。不明や懸念があれば必ず実験担当職員、教員に尋ねること。

(2) 高圧反応装置（オートクレーブ）

- ① 高圧加圧下で目的の反応を行わせために適合した高圧装置を使用する。
- ② 装置は反応器、配管、弁類及び計装関係などで構成され、反応物質による腐食、暴走などに耐えられる適切な安全マージンを確保した安全設計が行われていること。
- ③ ガス漏れに備えて換気の良い所を選び、さらに耐爆性がある保護装置を使用して、決められた取扱方法と手順で装置の操作を行うこと。

(3) 反応器

- ① 反応器の耐圧は、常用圧力の2倍で安全設計されていること。
- ② 本体とふたの締付部分は、パッキンの有無にかかわらず、常に清浄に保つ。締付けは、徐々に力を強くするが、均一に締めるために図4-5に示す対角の順序に従うこと。
- ③ 器内は、窒素あるいは目的のガスで十分に置換する。
- ④ 回転部分からのガス漏れ、触媒等による配管の閉塞に注意する。
- ⑤ 原料は、容器の内容積の1/3以上を投入してはならない。

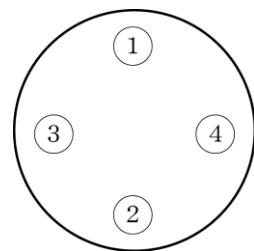


図4-5 締付け手順

(4) 配管および弁類

- ① 配管継手の締付けは、押付けの力により、配管のねじれを起こさせない。
- ② 高圧弁は、可動部他、インタフェース部でガス漏れがないことに特に注意する。
- ③ 安全弁は、定期検査に合格して設定圧の誤差がないものを使用する。

(5) 圧力計

- ① 高圧ガスとしての定期検査に合格して校正期限内であるものを使用する。
- ② 使用ガスに適合した材質のものを選ぶこと。特に酸素ガスには「酸素用禁油」と明示したもの以外使用できない。
- ③ 圧力目盛は、常用圧力の2倍程度のものを選定すること。
- ④ 万一の過加圧時に開放できる安全弁付きのものを使用すること。

5. 液化ガス

(1) 冷凍機

- ① 大型冷凍機は「高圧ガス保安法」により「冷凍機作業主任者」の法定資格保持者しか運転、保守ができない。小型機は法の規制を受けないが、準じた取扱いとなる。
- ② 高圧ガスシステムと同様の注意が必要である。また、冷媒の種類に適応した取扱いも必要となる。

(2) 低温液化ガス

- ① 凍傷防止のため革製手袋を使い、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、内部まで浸み込んで危険である。
- ② 液化ガスは気化すると 800～900 倍の体積になり、使用場所の空気をすべて置換してしまうこともあり、ガスの種類によって窒息の危険がある。
- ③ 過剰の熱によって、爆発的に気化する。(蒸気爆発)
- ④ 液化ガスは密閉容器に入れてはならない。必ず気化したガスの開放口を作る。また、安全弁や排ガスポートを採用してあっても、外とのインターフェース部に空気中の水分が凍結凝固して詰まっていて機能しない場合があるので注意すること。
- ⑤ 液化ガス容器は静かに丁寧に扱い、直射日光があたらない風通しの良い場所に置く。

6. 液化窒素

(1) 取扱上の注意事項

- ① 実験室で液体窒素を使う場合、酸欠にならないよう十分に換気する。閉めきった場所が外から見えるようにし、必ず 2 人以上で作業を行う。
- ② 液体窒素を使う場合、空気中の酸素が液化する。この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。
- ③ 解放型容器は必ず蓋をし、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。
- ④ 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。液体窒素は酸素含有量が増すと青みがかる。
- ⑤ 液体窒素貯蔵容器は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。
- ⑥ 容器は、金属製の液体窒素専用のものを用いる。裸のガラス製デュワーびんを使う場合は外周にはテープを巻き付けておく。

- ⑦ 貯蔵タンクから液体窒素を取り出すときは、はじめ取出バルブを微開とし、出てくる低温ガスで容器内を十分冷却してからバルブを徐々に開放し、適量の液体窒素を取出す。
- ⑧ デュワーびんの縁に液体窒素をかけてはならない。
- ⑨ 液体窒素や低温の金属部分などは手や皮膚で直接触れてはならない。

(2) エレベータで運搬する際の注意

- ① 液体窒素等をエレベータで運搬する際は、第三者との同乗は避ける。
- ② 液体窒素等が容易に飛散するような容器を開放した状態で運搬しない。
- ③ 容器がエレベータ内で転倒しないような策を講じ、粗暴な取り扱いはしない。

5節 機械工作

1 一般的注意事項

(1) 服装

- ① 服装は身軽に動作でき、油などで汚れてもよいような作業服を着用すること。シャツをパンツから外に出したり、首にタオルを巻いたり、ネクタイやネックレスの露出は厳禁である。
- ② かかかとのある靴（サンダル履きなどしない）を履く。なお安全靴は、誤って重いものを足に落としたり、切削工具や切りくずを踏んだときの保護用具でもある。
- ③ 作業には帽子をかぶり、必要に応じてマスク、保護眼鏡などを使用する。
- ④ 手袋は機械に巻き込まれるおそれがあるので溶接作業以外は使用しないこと。

(2) 工作物の取り付け・取り外し

- ① 工作物の取り付け・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こしやすいので十分注意する。
- ② 重量物の取り付け・取り外し作業は、複数人で行うか、補助の治工具類を利用する。
- ③ 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。
- ④ 工具や工作物の取付けが不完全な場合には事故を起こすので指示に従い確実に行うこと。
- ⑤ 工具や工作物を取り外す場合は、機械や主軸の運動の停止を確認してから作業をすること。

(3) 機械の運転

- ① 工作物の取付けが終わり機械を運転する際には、不必要的工具類などを片付ける。

- ② 作業開始時に機械を空転し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。機械の運転スイッチを入れるときは、周囲に合図するとともに安全を再確認すること。
- ③ 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。
- ④ 機械の運転中は作業に専念し機械の周辺から離れない。
- ⑤ 駆動中の機械部分には触れないこと。特に切削中はその部位に手を触れたり、顔を近付けたりしないこと。
- ⑥ 作業途中で機械から離れる場合は、必ず機械を停止すること。
- ⑦ 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。
- ⑧ 機械の音や振動や熱などには常に注意を払い、異常があつたら直ちに運転を停止し担当の教職員に申し出ること。
- ⑨ 機械の慣性運動を、手・足・工具などで止めてはならない。
- ⑩ 機械の故障や異常振動や異常騒音を発見した場合は、機械を停止し教職員に申し出で必要な指示を受ける。
- ⑪ 機械操作にあたってはあらかじめテキストや Web 情報を読んで必要な予備知識を理解しておくこと。
- ⑫ 突然停電した場合は、使用している機械の主電源を切ること。
- ⑬ 工作物の寸法計測、点検、調整、機械の給油等は、機械を完全に停止してから行うこと。

(4) 切りくず

- ① 切りくずは刃物のように鋭利である。素手で処理せず、手かぎやブラシなど適切な道具を用いて処理する。
- ② 切りくずが長くなると工作物に巻き付き易くなり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。
- ③ 床上に散乱した切りくずは、足裏に刺さったり、滑りの要因となる。作業の区切りごとに掃除をする。
- ④ 切粉が飛散して目に入りやすい砥石作業などは適切なカバーを使用し、切りくずが飛ぶ場合は必要に応じて保護眼鏡を着用すること。

2 各種工作機械における注意事項

(1) 旋盤作業

- ① チャックなどの取り付け・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。

- ② 工作物を取り付けるチャックのハンドルや締め付け具を付けたまま主軸を回転させない。用が済んだら直ちに外す。
- ③ 回転中の機械や工作物を手で触ったり布で拭いたりすることは厳禁である。
- ④ 回転しているチャックの半径方向の正面に立たないこと。
- ⑤ 加工中、バイトが強く工作物に食い込んだときには機械を停めて抜き出すこと。
- ⑥ ベッド上に必要のない工具や筆記具、材料などを置かないこと。
- ⑦ バイトの取付けは刃先高さを確認して、短い長さで確実に行うこと。
- ⑧ 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

- ① 実習で製作する三角台のような角物の場合、加工前と各工程の加工後はかどが鋭く、またバリが出ていて、触れると手を切るおそれがある。必ずヤスリで面とりをおこなうこと。(ただし加工物によっては面とりが不可能の場合もある。)
- ② 加工中にケガキ線を見ようとして、切りくずを指先で払うことは厳禁である。必ずブラシを用いること。
- ③ カッターの回転方向を考えて、危険のない作業位置を取る。
- ④ 主軸や送りの変換は、回転を止めてから確実に行う。
- ⑤ 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。
- ⑥ 機械のテーブル上に必要のない工具や筆記具、材料などをのせないこと。

(3) ボール盤作業

- ① 工作物は必ず万力、ジグに確実に取付けること。手で押さえて作業することは非常に危険である。
- ② ドリル取付けチャックハンドルをつけたまま回転させないこと。
- ③ 薄物の穴あけは振り回されやすいので注意すること。木片を敷き、これと一緒に穴をあけること。
- ④ 工作物の取り外しはドリルの回転を停めてから行うこと。穴あけ終わり近くや穴あけのあとドリルを戻すとき、工作物が振り回されやすいので注意すること。
- ⑤ 回転中のドリル、主軸や巻き付いた切りくずには手を触れないこと。
- ⑥ ドリルやスリーブはテーパー部のあったものを、きれいな布で拭いて使用する。
- ⑦ 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。

(4) ホブ盤作業

- ① ホブの刃先は鋭利であるから、手を触れないこと。
- ② 歯車素材をアーバに取付けて締め付ける場合は、必ず上部センタを下げる支持してから行うこと。

③ テーブル前進の早送りは 30mm 移動する。ホブに衝突させないよう間隔にとくに注意すること。

(5) 平面研削盤作業

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以外にできない。

- ① 工作物は電磁チャックに確実に取付け、ゆるみがないこと確認する。なお接触面の小さなものや背の高いものなど、不安定な工作物の電磁チャックへの取り付けは、ブロックやバイス、イケールなどを使う。
- ② 回転する砥石の半径方向の正面に立たないこと。
- ③ 砥石の切り込みを課題にしないこと。
- ④ 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。砥石が割れて飛ぶ事象はこの間に起きることが多い。
- ⑤ 砥石表面の凹凸やバランスの狂いは非常に危険であるので、気づいたら早急に教職員に申し出て指示に従うこと。
- ⑥ 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。
- ⑦ 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。
- ⑧ 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。研削液が残っているとバランスの狂いや割れの原因になる。

(6) 転造盤作業

- ① 特殊な工作機械なので、運転は担当教員、指導者の指示に従うこと。
- ② 高い圧力がかかっているので、2 個のロールダイスの間に手を入れないこと。
- ③ 加工後の工作物はかなりの高温になっているので、取り出すときには注意すること。

(7) マシニングセンタ作業

- ① 特殊な工作機械なので、運転は担当教員、指導者の指示に従うこと。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ エンドミルの回転数は 8000rpm と非常に速いので、運転中に機械稼働範囲内に手を出さない。

(8) グラインダ作業

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以外にできない。

- ① 不慣れな場合危険なので、実習では原則として使用禁止とする。
- ② 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、すぐに教職員に申し出ること。砥石の研磨を要する場合も教職員に申し出ること。
- ③ スイッチを入れてから1~2分前後は砥石の正面に立たない。十分に回転が上がつてから使用すること。
- ④ 切りくずの飛散から眼を守るため保護眼鏡を着用し回転する砥石の半径方向の正面に立たないこと。
- ⑤ 砥石の使用面のみを使用し、それ以外の面を使っての作業はしない。
- ⑥ 砥石と受け台のすき間を、常に3mm以内に保つこと。受け台の調停は砥石の回転を停めてから行うこと。
- ⑦ 小物、薄物を研削するときは、飛ばされないように特に注意すること。
- ⑧ 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。

(9) 切断機作業

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以外にできない。

- ① 切断する材料は確実に取付け、締め具合を確認すること。
- ② 切削液は、適量であることを確認すること。
- ③ 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、教職員に申し出ること。
- ④ スイッチを入れて、完全に回転があがつてから作業すること。スイッチを入れてから1分間は砥石の正面に立たないこと。
- ⑤ 砥石車の回転中、その半径方向に立たないこと。
- ⑥ 砥石車の回転中に材料の取付け、取り外しは厳禁する。
- ⑦ 切断を進めるハンドルを、むやみに力を入れて下げないこと。
- ⑧ 砥石が破損した場合は、機械を停止し、速やかに教職員に申し出ること。
- ⑨ 作業中は火花に注意すること。また飛んでくる砥粒や切りくずから眼を守るため、保護眼鏡を着用すること。
- ⑩ 材料を薄く切り取るときは、砥石が曲がって割れやすいので注意すること。

(10) 鋸盤作業

- ① 鋸刃のゆるみ具合を調整してから作業すること。
- ② 材料の取付けは確実に行うこと。丸棒の場合は取付けが不確実であれば、材料が廻るので、とくに注意すること。
- ③ 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、教職員に聞くこと。

- ④ 切削油は適量を流し、周りを汚さないようにする。
- ⑤ 切削中に鋸刃の折損や欠損などの異常が起これば、機械を停め教職員に申し出ること。

(11) 帯鋸盤作業

- ① 刃の溶接部は時々点検し、異常がないことを確かめる。
- ② 刃の交換が必要な場合は、教職員に申し出ること。
- ③ 切断面が安定しないなど、異常を発見した場合は、機械を停め教職員に申し出ること。
- ④ 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) 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以外にできない。

- ① 溶接は高温熱源による危険を伴うことが多いので、作業にあたってはとくに教職員の指示に従うこと。
- ② 電撃による感電、火傷防止のため絶縁性の皮手袋及び履物を使用し、汗や水などで濡れた作業服を着用のまま作業しない。また完全に絶縁されたホルダを使用すること
- ③ ホルダに溶接棒を差し込んだ場合、棒の端部が外に出ないよう注意すること。
- ④ アークから眼を保護するため、遮光面を必ず使用すること。見学の場青も同じである。
- ⑤ 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、ヘルメットや皮性のエプロン・腕あて・足カバーなども使用する。
- ⑥ 溶接により生ずる煙による障害を防止するために作業室の換気を十分に行うこと。また乾燥した溶接棒を使用すること。
- ⑦ 溶接直後、溶接部に素手で触れないこと。スラグの除去はチッピングハンマによること。
- ⑧ 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。

3 工作機械や作業機器の不具合、怪我が発生したときの注意事項

(1) 工作機械や作業機器等の不具合

- ① 作業中に視覚、聴覚、臭覚など五感から、故障や不具合ではないものの通常と少し異なるといった違和感を感じたら、些細なことでも教職員に申し出て指示を受ける。後述するヒヤリハット情報を残すと良い。
- ② 機械の故障や異常を発見した場合は、速やかに教職員に申し出て指示を受ける。

③ 機械の劣化・寿命や予想もしない突発的事故等ではなく、作業者の不注意により生じた不具合は再発防止のために、不具合の理由、過程等の事情を教職員に文書で報告する。

(2) 万一の怪我発生

- ① 作業中に怪我を発生した場合はすぐに教職員に連絡し、教職員の指示に従って必要な応急措置、各所への連絡などを迅速に行う。
- ② 事故の再発を避けるため、怪我治療完了後できるだけ速やかに教職員に怪我の理由、過程、状況を文書で報告する。
- ③ 大学の工作では「指先」のケガが多い。軽傷が多いが紙一重で重傷や指切断に至るものである。事故に至る要因は、各工作機械の項目でも説明したが以下3項目にまとめることができるので、特に注意すること。
 - ◇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回りや外れ

6節 重量物運搬作業、高所作業など、建築関連作業

運搬作業には、クレーンやチェー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。高所作業には梯子を用いたり、屋根など高所へ登って作業することが該当する。

いずれも、特定の免許・資格などを有する必要があるため、許可されている者以外が従事してはならない。特定の免許や資格を要しない作業でも、設備の構造、機能、作業方法、取扱い、危険防止などに関する規定について、必要な安全教育を受けた教職員、学生以外に作業へ従事させてはならない。

またこれらの作業は、作業従事者が複数である場合が多く、事故による被害が大きい。そのために作業中の指示及び指示系統の明確さが必要となるので、1人の指示者の下で行うこと。

1. 作業に対する計画と準備（実験手順の確認）

- (1) 担当教員は、作業者の技能と作業内容の適性を検討し、無理のない工程を計画すること。
- (2) 工具、吊具および器具などは事前に点検し、必要に応じて補充を依頼すること。
- (3) 試験機・オイルジャッキ・クレーン・工作機械の取り扱い方法を確認する。また運転有資格者による事前の点検と試運転を行い、異常の場合は修理を依頼すること。
- (4) 試験体や加力治具などは重量物であり、それらの運搬作業には未経験の作業が多く、精神的緊張が続く。そのため、安全に作業できることを第一に考え、無理のない作業日程を計画すること。
- (5) 机上の計画案と作業現場での齟齬については、安全対策・工程の修正を検討すること。
- (6) 作業の工程管理・安全管理は担当教員が行うこと。

2. 運搬作業

- (1) 荷物の運搬にあたっては、運搬する荷物の重量や大きさ・長さを把握し、また、その荷物が置かれている場所、置く場所とそこまでの運搬経路、周辺状況を十分に把握し、最も適した方法で行うこと。
- (2) 重量物の人力による運搬や軽運搬車による運搬には、単独の力を過信せず、できるだけ複数で行うこと。その際は、運搬する者、確認する者、判断する者などの役割を決めること。
- (3) 吊り上げ能力 5t 以上の床上操作式クレーンの運転は、クレーン免許の取得者、限定免許所持者および技能講習修了者が運転すること。5t未満のクレーン及び跨線テルハの運転は前述者が特別教育修了者が運転すること。（表 4-1-1 参照）
- (4) 吊り上げ荷重0.5t未満のクレーンの運転は、担当教員が行う。0.5tを越える場合は、表 4-1-1 の資格取得者が運転すること。

表 4-1-1 運搬作業運転者の資格

| つり上げ荷重／運転するクレーン | | 運転者の資格 |
|--|--------------|------------|
| 5t 以上 | クレーン（含無線操作式） | 運転士免許所持者※1 |
| | 床上運転式クレーン※5 | 限定免許所持者※2 |
| | 床上操作式クレーン※6 | 技能講習修了者※3 |
| 5t 未満のクレーン及び跨線テルハ | | 特別教育修了者※4 |
| ※1：クレーン運転士免許を受けた者 | | |
| ※2：床上運転式クレーンに限定したクレーン運転士免許を受けた者 | | |
| ※3：床上操作式クレーン運転技能講習を修了した者 | | |
| ※4：クレーン運転の業務に係る特別の教育を修了した者 | | |
| ※5：床上で運転し、かつ当該運転をする者がクレーンの走行と共に移動する方式のクレーン（床上操作式クレーンを除く） | | |
| ※6：床上で運転し、かつ当該運転する者が荷の移動と共に移動する方式のクレーン | | |

- (5) 吊り上げ荷重0.5t以上 1t未満の玉掛け作業は玉掛け特別教育修了者が、1tを超える玉掛け作業は玉掛け技能講習修了者がそれぞれ行うこと。
- (6) 吊り上げ荷重0.5t未満の玉掛け作業は、玉掛け技能講習修了者または玉掛け技能講習修了者の指示を受けて行うこと。
- (7) 荷物を置くときは、その目的や時間などに応じて、周辺の作業環境の安全を確保できるように留意すること。
- (8) 吊り上げ用のワイヤーロープを過信しないこと。ワイヤーロープなどの使用にあたっては、4倍荷重試験に合格していることを確認した上でロープの吊り上げ角度と荷重に応じてワイヤーロープの太さを選ぶこと。ロープ太さの選択は、ロープの使用方法に

従うこと。

- (9) ワイヤーロープ1本吊りは行わないこと。荷物の重心のバランスを保つように、2本のワイヤーロープで吊り上げること。
- (10) ねじれ・素線の破断・錆・著しい変形などの異常が認められるワイヤーロープは、たとえ荷重試験に合格していても使用を禁止する。
- (11) 吊り荷の下には絶対に入らないこと。
- (12) 革手袋などの保護具を着用すること。
- (13) 材料の切端は鋭く尖っている場合が多いので、やすりなどでなめらかにし、またガムテープなどで包装しておくこと。

3. **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する。必ず監視者をおく。十分に安全なことを確かめてから作業にかかる。
- (2) 高さが 2m 以上の箇所で作業を行う場合には、作業床を設けなければならない。
- (3) 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。
- (4) 安全帯を使用するときは、ベルトや金具のキズなどを点検してから使用すること。
- (5) 高さまたは深さが 1.5m を越える箇所で作業を行うときは当該作業に従事するものが安全に昇降できるように、移動はしごや脚立などの昇降設備を用いること。
- (6) はしごは丈夫なもので長過ぎず適したもの用いる。はしごをかけるときは、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る。壁に対して 15° くらいが適当である。
- (7) はしごや脚立は、材料に著しい損傷や腐食などがないことを確認して用いること。
- (8) 移動はしごの使用では、すべり止め装置などで転倒防止の措置を講ずること。
- (9) 脚立を使用するときは、脚と水平面との角度を 75° 以下とし、かつ折たたみ式のものにあっては、脚と水平面との角度を確実に保つための器具などを設けること。
- (10) 高所作業のために設けられた作業床の上で、脚立は使用してはならない。
- (11) 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。
- (12) これ位の高さの場所と、あなどってはいけない。身長より高い所では、落ちようよっては死亡することがある。
- (13) 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。
- (14) 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。

4. **PC鋼棒緊張作業**

- (1) センターホールジャッキとPC鋼棒を接続するときには、PC鋼棒も一緒に回転することがあるので、接続状態をよく確認しながら行うこと。
- (2) 緊張作業中は決してPC鋼棒の延長上に居てはならない。鋼棒の切断、定着具の解離によりこれらが飛来すれば重大事故となる。このことより緊張終了後もPC鋼棒の延長線上には、不用意に近付かないこと。

5. **コンクリートミキサーによる作業**

- (1) コンクリートの練り混ぜの際には、絶対に回転中のコンクリートミキサーには近付かないこと。
- (2) 学生はミキサーの運転をしてはならない。コンクリートミキサーのベルトにはさまれ、指を切断した事故が過去にある。

6. **載荷装置**

- (1) 試験機・ジャッキは、実験内容を十分理解し加力方法を理解している者が操作する。
- (2) 学生が操作する場合は、教員の指導・指示のもと許可を得て行うこと。
- (3) 試験機・ジャッキなどの操作者は、その操作中に試験体や加力治具およびその付近の作業者の状況を把握しなければならない。
- (4) 操作者が操作位置から試験体や加力治具および付近の作業者の状況を把握できない場合は、状況を判断できる者を付け、その者に全体を見渡してもらい、その者の指示によって操作する。あるいは、適宜状況を観察する者の連絡に基づいて操作すること。
- (5) 操作者は、原則として操作中の操作位置を離れてはならない。
- (6) 作業者および見学者は、試験体や加力装置にみだりに近付かない。試験体や加力装置に近付く必要があるときは、教員および操作者にその旨を告げ教員の指示に従うこと。

7. **建築関連の材料試験の注意**

材料試験には、材料切断、切削、研磨、熔解、圧延、熱処理、引張、疲労および顕微鏡観察などがあり多種多様である。従ってあらゆる状態に対応できるよう、日頃の心構えが必要である。材料試験では、装置の取り扱い責任者の許可を得て指示に従うこと。機械の始動前に、各部の状態などを事前に確認のこと。緊急時の対応を良く確認しておくこと。

(1) 材料切断、切削、研磨

- ① 切断などの作業については、前節に従うこと。
- ② 機械の回転物には、絶対に手を出さないこと。小片が飛散する場合は、保護メガネを使用すること。
- ③ 材料を切断し終えたら、端の鋭く尖った部分をやすりなどで落として滑らかにしておくこと。

- ④ 必要に応じて、端をガムテープで包装しておくこと。

(2) 熔解、圧延、熱処理、引張、疲労試験および顕微鏡観察

- ① いずれも取り扱い説明書および実験手順書を良く読み、これに準じて行うこと。
- ② 熔解、圧延、熱処理の場合、熱源による高温に注意し、引張、疲労試験の場合は、試験片破断時のショックに注意すること。
- ③ 手順書がない場合は、教員の指示に従って手順書を作成後実験に取りかかること。
- ④ 熱間圧延、放電加工機による切断あるいはガスを使用する実験を行う場合は、教員に事前に連絡して、許可を得てから行うこと。

5章. 薬品等の取扱い

1節 薬品と取扱い上の注意

1. 危険薬品, 有害薬品及び一般薬品

本学では先進の研究と科学技術教育が行われており、多種の薬品等が実験に用いられている。それらには、適切な用い方をしなければ、死亡・傷害・火災などに結び付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。薬品の取り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、周囲の人々を危険にさらさないようにしなければならない。

本学での化学物質・有機溶剤の取扱いにおける基礎マニュアルについては、2016年7月に安全衛生委員会 化学物質等リスクアセスメント専門委員会が「福山大学作業環境安全衛生マニュアル（生命工学部・薬学部）」を発行している。化学物質・有機溶剤を扱う実験・研究を行う際にはこのマニュアルも熟読する必要がある。

薬品を使用するときは、事前に、使用薬品の物理的化学的性状はもちろん、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等を知らねばならない。これらは SDS (Safety Data Sheet : 「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、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 事故で病院等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。

本学での研究・教育で使用する可能性がある、危険薬品、有害薬品及び一般薬品の分類を表 5-1 に示す。

表5-1 (1/3) 危険薬品

| 名 称 | 消 防 法 該 当 項 | 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・有機金属化合物及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類及び第5類 危険物：爆発性の物の一部 |
| | 分解爆発性物質 | 火薬類及び危険物第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 | 高圧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石油類及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 | 危険物の第4類の第2～第4石油類及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防止、注意 |
| 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) しかし、実験時及び廃品回収・処理の際には重要 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物質の混合時の爆発・知らぬ間に不安定物質の生成 |
| 放射性物質 | | 放射性物質・同位元素による放射線障害の予防に関する法律 |

表5-1 (2/3) 有害薬品

| 名 称 | 毒物及び劇物取締法 | 公 害 、 環 境 関 連 法 |
|------|--------------------------------|---|
| 有害薬品 | 施錠保管薬品 | 警視庁・文部科学省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及び容易に変えうる薬品 |
| | 有毒ガス・猛毒蒸氣 | 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・事故に速応できるようにする。 |
| | 水銀及び水銀化合物 | ほとんど毒物。少数劇物・無指定薬品はわずか。有機水銀化合物は1人で実験をやらないこと。 |
| | 無機有害薬品（該当元素含有機化合物を含む） | 該当項の記載参照 |
| | 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） | 該当項の記載参照 |

表5-1 (3/3) 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と思われるが、毒性があるものもあるから、類似物を見て注意すること。 |
| | 有機化合物 | 同 上 本学の規定により分類・搬入すること。 |

2. 薬品取扱上の一般的注意

化学薬品の使用は、購入に始まり、実験、保管、処理、廃棄に至る全体的な実験計画を立てるべきである。処理、廃棄については、本学の規定、指示に従うが、以下薬品取扱上の一般的注意を記載する。

(1) 購入

- ① 消防法で危険物と定められた薬品の各実験室・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。常時使用する有機溶剤類のほかは、実験計画に従い、必要以上に購入しないこと。

② 一般の薬品類も、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頼性が低く、また薬品によって変質（過酸化物の生成・吸水・風解）があるので、その際の廃棄も考慮して必要最小限の量を購入する。

(2) 保管

- ① 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。
- ② 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で貯蔵し、できれば金属性薬品庫に保管すること。
- ③ 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。少なくとも有機薬品と無機薬品は離して保管すること。
- ④ 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、他の物の保管から分離して低温・暗所に保管すること。

(3) 貯蔵・取扱い

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 危険物は消防法により、表5-2のように、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倍以上の危険物を貯蔵する場合、消防署に届け出る必要がある。したがって本学では、消防署に届け出た危険物倉庫を除き、指定数量の0.2倍未満しか、各棟で貯蔵・取扱いができない。それゆえ、実験室における危険物の貯蔵・取扱いは必要最小限量に限られることに注意すること。
- ④ 複数種類の危険物の指定数量の倍数は、次式で示す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。

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

(4) 使用

- ① 使用する物質及び生成物の性状、特に発火性、爆発性、毒性の有無を調べてから取扱うこと。

- ② 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。
- ③ 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、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。
- ④ 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、1人だけで実験を行わないこと。特に深夜の1人での実験は厳禁である。

(5) 処理・廃棄

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、本学の規定・指示に従うこと。

(6) 危険物取扱者資格

危険物の取扱いは、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研究室に所属している場合、危険物取扱者免状を取得することが望ましい。特に本学は、多種類の薬品を取り扱うので、甲種の資格取得が必要である。甲種資格は、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が必要となる。

表 5-2 危険物識別表（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 | 塩素酸塩類 過塩素酸塩類 無機過酸化物 亜塩素酸塩類 臭素酸塩類 硝酸塩類 よう素酸塩類 過マンガン酸塩類 重クロム酸塩類 その他政令で定めるもの（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、ペルオキソ二硫酸塩類、ペルオキソほう酸塩類） 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの | 第1種酸化性固体 | 50kg |
| | | | 第2種酸化性固体 | 300kg |
| | | | 第3種酸化性固体 | 1,000kg |
| 第2類 | 可燃性 固体 | 硫化りん 赤りん 硫黄 | | 100kg |
| | | 鉄粉 | | 500kg |
| | | 金属粉 マグネシウム その他政令で定めるもの 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの | 第1種可燃性固体 | 100kg |
| | 自然 発火性 物質 及び 禁水性 物質 | 引火性固体 | 第2種可燃性固体 | 500kg |
| | | 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 黄りん | | 1,000kg |
| 第3類 | 自然 発火性 物質 及び 禁水性 物質 | アルカリ金属（カリウム、ナトリウム除）及びアルカリ土類金属 有機化合物（アルキルアルミニウム、アルキルリチウム除） 金属の水素化合物 金属のりん化合物 カルシウム又はアルミニウムの炭化物 その他政令で定めるもの（塩素化けい素化合物） 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの | 第1種自然発火性物質 及び禁水性物質 | 10kg |
| | | | 第2種自然発火性物質 及び禁水性物質 | 50kg |
| | | | 第3種自然発火性物質 及び禁水性物質 | 300kg |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| 第4類 | 引火性 液体 | 特殊引火物 | | 50リッ |
| | | 第1石油類 | 非水溶性液体 | 200リッ |
| | | | 水溶性液体 | 400リッ |
| | | アルコール類 | | 400リッ |
| | | 第2石油類 | 非水溶性液体 | 1,000リッ |
| | | | 水溶性液体 | 2,000リッ |
| | | 第3石油類 | 非水溶性液体 | 2,000リッ |
| | | | 水溶性液体 | 4,000リッ |
| | | 第4石油類 | | 6,000リッ |
| 第5類 | 自己 反応性 物質 | 有機酸化物 硝酸エステル類 ニトロ化合物 ニトロソ化合物 アゾ化合物 ジアゾ化合物 | 第1種自己反応性物質 | 10kg |
| | | | 第2種自己反応性物質 | 100kg |
| | | | | |

| | | | | |
|----------------------|-----------|---|--|-------|
| | | ヒドラジンの誘導体 ヒドロキシルアミン ヒドロキシルアミン塩類 その他政令で定めるもの（金属アジ化物、硝酸グアニジン） 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの | | |
| 第 6 類 | 酸化性 液体 | 過塩素酸 過酸化水素 硝酸 その他政令で定めるもの（ハロゲン化物） 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの | | 300kg |

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度を超える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であることをいう。
- 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であることをいう。
- 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っては、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、空气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であることをいう。
- 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っては、1気圧において、温度20度で液状であるものに限る。）であって、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であることをいう。
- 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って、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って、組成を勘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、シリングダー油その他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って、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、固体又は液体であって、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であることをいう。
- 19 第5類の項第11号の物品にあっては、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試験において政令で定める性状を示すものであることをいう。
- 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。

3. 新たな実験を開始するとき

経験したことのない不慮の事故まで想定して、各実験担当教員及び研究室担当教員は、実験開始前に以下を実行しなければならない。

- (1) 広範囲に先行の実験例を調査する。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。
 - ① 「<重要> SDSの常備について」本章の該当箇所を参照。
 - ② 文献調査や研究報告は重要な情報ではあるが実験指導書ではない。リスクや危険について詳細に記載されているとは限らない。
 - ③ 経験者の話を聞く
- (2) 事故発生に至るリスクまで十分に考慮してリスク制御を含めた実験計画を立てる。
- (3) 通常では起こり得ないと考えられる事象（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）による万一の事故に対しても、それが人身災害につながらないようにリスクの制御方法を配慮する。
- (4) 研究室において、その実験計画、リスクの洗い出しとその制御について討議する。
- (5) リスク制御として必要になる安全保護具を準備する。
- (6) 最初に少量で予備実験をし、フルの量まで段階的に移行する。この際には、必ず保護具、防護壁などのリスク制御は十分に実行すること。

4. 薬品を使う実験の一般的注意

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、使用、保管、廃棄について、前述した注意事項をよく読む。特殊な実験では、それに適合した個別安全心得が必要である。安全教育、防火訓練は必ず実行すること。

(1) 一般的注意

- ① 実験室を常に整頓し、清潔にする。実験前には実験器具、実験装置、配管、電気配線などを点検し異常がないことを確認する。
- ② 消火器、保護具（安全眼鏡、防護面、手袋、安全衝立など）、洗眼器、応急処置用材料と薬品（救急箱）を常に整備しておく。
- ③ 危険が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、経験者の話を聞く。万一の事故発生時も被害を最小とする対策を講じる。
- ④ 危険薬品は、ヒューマンエラーにより間違えることがないよう品名を明記する。
- ⑤ 容器、装置などの洗浄時には、適切な換気を行うこと。

- ⑥ 次のような実験は、特に注意を要する。
 - 1) 未知の危険性が潜在すると思われる操作及び反応
 - 2) 多種多様の危険性を持つ操作や物質の取扱い
 - 3) 発火性と有害性の共存する実験
 - 4) 極限に近い反応条件（高圧、高温、低温、真空）での実験
- ⑦ 危険が予想される実験では、あらかじめ周囲の者に知らせ、周囲に影響を及ぼさない対策を立てる。
- ⑧ 保護眼鏡、手袋、防護面、防毒マスク、安全衝立などの保護具を適切に使用する。
- ⑨ 薬品、実験後の廃棄物の処置
 - 1) 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、本学指定の方法に従い、容器に貯留する。
 - 2) 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する。
 - 3) 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。
- ⑩ 危険な実験も無事故を繰り返している内に馴れと油断が生じヒューマンエラーを起こしやすい。常に使用器具、薬品、溶媒及び反応条件等を精査し、初心を持って冷静に実験に取りかかる。
- ⑪ 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。）
- ⑫ 皮膚を露出しないよう実験着、作業衣をつける。軽快な動作がとれるようする。サンダル、スリッパ履きでの実験は禁止する。
- ⑬ 薬品は、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。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。

(2) 実験時の注意

- ① 実験は、余裕がない予定で進めない。予定どおり進まないと分かったら、あわてて急がずにいったん中断する方がよい。
- ② 実験中は実験室を離れない。どうしても離れる必要があるときは、同室の者に実験内容、行先をはっきり伝えておく。
- ③ 蒸留の際、沸騰石を入れ忘れないようにする。忘れた場合は一度冷やしてから入れる。
- ④ 爆発の危険がある場合、装置を密閉するカバーをかぶせてはいけない。装置と実験者を隔てる衝立状の簡易防護壁がよい。
- ⑤ びんの蓋を開けるとき、栓は人のいない方向に向ける。

- ⑥ 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。
- ⑦ 2種類以上の物質が混合されると、発火、爆発に至るいわゆる混合危険物がある。混合には注意する。
- ⑧ 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。
- ⑨ **水銀やその化合物を流しで取扱うことは厳禁である。**

(3) 後片付け

- ① 後片付けが終わるまでが実験である。
- ② 使用した器具、特にスリ合せ器具は直ちに洗う。
- ③ 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くなる。
- ④ 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、溶液は内容を明示し、保存方法に十分に注意する。
- ⑤ レッテルが落ちないようにする。びんの底にもマジックで薬品名を書くのがよい。

(4) 退出時、終夜実験時の注意

- ① 退出時にガス、電気、水道の元栓を閉める。
- ② 無人運転を行う際には、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（逆流防止弁をつける）、冷却水などで処置が講じることができないものは無人運転禁止である。
- ③ 終夜実験は原則として認めないが、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。
- ④ 必ず実験では2人以上在室する。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。
- ⑤ 夜間、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け、終夜運転届けに教員から許可サンを得た上で決められたところに表示する。

表5-3 適応消火器

| 級 | 種類 | 適応する消火器 |
|---|-----------------|-----------------------------------|
| A | 一般可燃物火災(紙、木材、布) | 泡消火器、水槽付消火器、ケミカルフォグ消火器、ドライケミカル消火器 |
| B | 油火災 (半固体油脂を含む) | ドライケミカル消火器、泡消火器、炭酸ガス消火器、四塩化炭素消火器 |
| C | 電気火災 (変電機、変圧器) | ドライケミカル消火器、四塩化炭素消火器、ケミカルフォグ消火器 |

注) A級 普通可燃物の火災 B級 引火性物質の火災 C級 電気火災

表5-4 消火器と消防器材

| 消火器の名称 | 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。 |
| 粉 末 (A B C) 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。 |
| CB(クロロブロモメタン) 消火器 | クロロブロモメタン | B・C | 液状で窒素圧により放出するので射程があり、6~8m、耐電圧は大きい。熱分解生成物は、有害のため、換気のない部屋での使用は禁物である。 |
| 四塩化炭素消火器 | 四塩化炭素 | B・C | CB消火器と同じ。 |
| 二酸化炭素消火器 | 液化二酸化炭素 | B・C | 射程が小さく、1~2m で、容器の重い欠点があるが、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。 |
| 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 3~8m、取扱いがやや面倒で、重量も大きい。消火後の汚れがある。 |
| 金属火災用消火器 | 乾燥した黒鉛粉末、ソーダ灰、食塩など | 金属粉末 | 必ず完全に乾燥した不燃性の粉末を用いる。立体的火災にも有効である。 |
| 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

- ① 「火事だ」と叫んで周囲に知らせる。
- ② 周囲の可燃物をできるだけ取り除き、火源を絶つ最大の努力を払う。
- ③ ガス源、電源などを離れた元バルブ、元スイッチで閉とする。
- ④ 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。（火元の人はすぐにそこから離れ、大声で救助の人を呼ぶ方が良い。あわてて自分で火を消そうとすると、衣類に火がついたり、器具を破損させるなど二次被害をおこしやすい。）
- ⑤ 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。また、一般的な消火器の種類と特徴を表5-4に示す。

本学には情報機器がある部屋の一部のハロン系消火器を別にすれば、粉末(A B C) 消火器と二酸化炭素消火器を各廊下および部屋に配置している。

- ⑥ 実験着に着火した場合は、慌てず、非常用シャワーまたは廊下のバケツの水を浴びる。（ナイロン、テトロン混紡のものは、万一の着火時に、溶融して皮膚に密着し、大事に至る場合がある。実験時の肌に接する衣類は、木綿または羊毛が望ましい。）
- ⑦ ドラフト内火災は、消火効果と上方への延焼防止から換気を止めて消火が普通である。しかし、有毒ガス、煙の発生を伴う場合など、状況によって換気を続ける。
- ⑧ 可燃性ガスボンベから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。
- ⑨ 可燃性ガスボンベからガスが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。
- ⑩ 有毒ガスの発生を伴う恐れのある場合や煙が多量に発生する場合は、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。
- ⑪ 防毒マスクの使用で過信は禁物である。防毒マスクは、使用にあたり吸気管の種類が適当であることを点検する。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、アクアラングのようなものがよい場合がある。
- ⑫ 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したら、速やかに屋外に避難する。
- ⑬ 屋外に避難した場合、逃げ遅れた者がいないかどうかを確認する。

5. 薬品に対する障害の応急処置

(1) 皮膚に対する処置

- ① 速やかに、大量の清潔な冷水で15分以上洗浄する。
- ② 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、ティッ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、大量の水で一举に洗い流す。
- ③ 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。
- ④ 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

- ① 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。

- ② 洗眼には噴出式の洗眼装置が良いが、装置が無い場合は、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。
- ③ 蛇口につないだゴム管からの、ゆるやかな流水でもよいが、水の勢いが強いと顔に付いている酸などを目に圧入したり、腐食された皮膚表面をはぎとることになるので注意。
- ④ 中和剤は適用しない。洗眼を終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

- ① 患者を迅速に新鮮な空気中に移す。
- ② 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。
- ③ 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の治療が必要。
- ④ 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、本書2章を参照のこと。

(4) 誤飲に対する処置

- ① 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、処置は一刻を争う。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 早急に救急または医師を呼ぶ。保温、安静にしてショックや呼吸麻痺に注意する。

(5) 中毒の処置

- ① 有毒ガスを吸引したときは、直ちに現場から新鮮な空気の外に移し、衣服をゆるめ、安静にさせる。必要があれば人工呼吸を行う。
- ② ホスゲン、亜硝酸ガス、ハロゲンの中毒に対しては、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。しかし後、医師の処置を受ける。
- ③ 薬品などを飲んだときは、前述の誤飲に対する処置を参照すること。

6. 各種薬品に対する処置

日本化学会編「化学防災指針」（丸善）などを参考すること。主要点を以下に示す。

(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 20g、グリセリン 80g）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、希アンモニア水をし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

- ① 新鮮な空気中に搬出し（被害者を歩かせてはならない）、安静と保温に注意する。
- ② 発熱に対しては氷冷する。5%CO₂ 添加の酸素の吸入がよい。
- ③ 重症者は、30分以内に2リットル以上の交換輸血が効果があるので、早急に救急、医師と血液の手配をする。
- ④ 意識回復後は、2~3時間絶対安静とし、数日間は休養が必要である。

(4) シアン化水素、シアン化物

- ① 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取る。
- ② 呼吸停止には100%酸素による人工呼吸を要する。
- ③ 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

- ① 曝露後かなり遅れて、突然に肺水腫を主症状とする症状を発生する。
- ② 呼吸器症状が軽度でも酸素吸入を行う。
- ③ 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 添加の酸素吸入が有効である。目は洗眼を行い眼科医の処置を受ける。

(7) ホスゲン

- ① 重症の肺水腫を起こす。
- ② 汚染衣服を除き、2%重曹水で洗う。
- ③ 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

- ① 治癒困難な第2度または第3度の火傷を生じやすい。

- ② 水中か大量の流水で洗い流す。
- ③ 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、無理にはがさないこと。

(9) 有機溶剤

- ① 危険な急性中毒は、低沸点溶剤によって起こりやすい。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 回復期に狂暴になることがある。
- ⑤ 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

- ① 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。
- ② 人間が正常に活動できる気中酸素濃度は16%以上、10%前後では呼吸困難、恶心、顔面蒼白となり、7%前後では短時間で意識不明、呼吸停止となる。
- ③ 救助者が被害を受けないよう酸素呼吸器を使う。防毒マスクは無効である。

2節 危険薬品

危険薬品は、それ自身の毒性に起因する危険ではなく、その物理的、化学的性質による爆発や火災により、薬火傷、怪我、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、後者の中で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説明する。発火性物質の種別を表5-5に示す。

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、O ₂ 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、過酸化物 |
| 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きい。 | 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。と激しく燃焼し、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、「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」と説明している。これらは酸素供給剤であり、それ自身分解、爆発することもあり危険で、有機過酸化物は、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 | $M^I ClO_3$ $M^{II}(ClO_3)_2$ | NH_4ClO_3 、 $NaClO_3$ 、 $KClO_3$ 、 Ag 、 $Hg(II)$ 、 Pb 、 Ba などの塩素酸塩 | 消防法危険物 第 1 類 |
| 過 塩 素 酸 塩 類 | $M^I ClO_4$ $M^{II}(ClO_4)_2$ | NH_4ClO_4 、 $NaClO_4$ 、 $KClO_4$ および Mg 、 Ba などの過塩素酸塩 | 同 上 |
| 無 機 過 酸 化 物 | MOX または Ox など | Na_2O_2 、 K_2O_2 、 MgO_2 、 CaO_2 、 BaO_2 、過硫酸塩 [$(NH_4)_2S_2O_8$ 、 $Na_2S_2O_8$]、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 | $M^{II}O_3$ | $NaIO_3$ 、 KIO_3 、 $AgIO_3$ など | 同 上 |
| 重 ク ロ ム 酸 塩 類 | $M^I_2Cr_2O_7$ | $(NH_4)_2Cr_2O_7$ 、 $Na_2Cr_2O_7$ 、 $K_2Cr_2O_7$ | 同 上 |

取扱上の注意

- (ア) 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。
- (イ) 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。
- (ウ) 過酸化物は水で O_2 を、希酸で H_2O_2 を生じて発熱し、時には発火する。
- (エ) アルカリ及びアルカリ土類、金属過酸化物は、水と反応するので防湿に特に留意する。
- (オ) 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

(ア) H_2O_2 水溶液でガラスロート上の有機物を洗浄しようとすると、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)

(イ) 過酸化物を蒸留しようとすると爆発する。また、それを含む溶液を加熱すると爆発する。

(ウ) MnO_2 に H_2O_2 水溶液を添加して O_2 を発生させるとき、添加を急速にすると爆発する。

(エ) 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りに過マンガン酸カリウムにすると爆発する。

(オ) $HC1O_4$ 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で表 5-7 に示す。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 | MHx MH_nX_{a-n} | BH_3 、 SiH_4 、 PH_3 、 AsH_3 、 SbH_3 、油性 NaH 、油性 KH 、 BH_nX_{3-n} および SiH_nX_{4-n} | 同上 |
| 有機金属化合物 | R_nMX_{a-n} | $M=Li$ 、 Na 、 K 、(以上 RM型)、 Mg 、 B 、 $A1$ 、 P 、 Zn 、 Se 、 An 、 Sb 、 Bi 、 Ag 、 Ca 、 Ba | 同上 |
| 有機金属水素化物 | R_nMH_{a-n} | $M=B$ 、 Al 、 Si 、 As 、 P など | 同上 |
| 還元金属触媒 | M | Ni (展開ラネニッケルを含む)、 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断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

(ア) 空気に触れると発火するので、初めて使用するときは、経験者に聞くか直接指導を受ける。

(イ) 破損、地震などで空気に触れても自然発火するから、それぞれに十分適合した保存容器、保存方法で貯蔵する。溶剤で希釈しても溶剤が揮発すると発火するので注意が必要である。

(ウ) 黄りんは禁水性ではないので、通常は水を入れたガラスびんに入れ、さらに砂の入った金属性容器に入れ、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、火災に至らない。)

(エ) 容器の移しかえ、容器洗浄などの際、発火しないよう心掛け、黄りんは Ar 、 N_2 などの不活性雰囲気下で、有機金属は不活性溶剤で希釈あるいはアルコールで処理した後に行う。

(オ) 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定に従う。

処理

(ア) 黄りんは室外で 40~50g ずつ燃やす (P_2O_5 は H_3PO_4 となり無害)。このとき、溶融燃焼するので、鉄板上かコンクリート上で行う。砂や土の上で燃やすと溶融小粒となり、不燃のまま残ることがある。(ゴム手袋、ピンセット使用)

(イ) 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。

(ウ) 酸化物が有毒性(As、Se)のときは、実験室で無害化し、本学の規定に従う。

起こりやすい事例

(ア) 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ると乾燥して発火する。

(イ) 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要する。

(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ので表 5-8 に示す。

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_2S_3 、 P_2S_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 タンクステン微粉末、ニッケル微粉末など、 Mg 、 Al 以外の粉末 | 同 上 |

取扱上の注意

(ア) 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。

(イ) 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。)

(ウ) 微粉末イオウは空気中で発熱、発火することがある。

(エ) 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 H_2 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)

(オ) 硫化りん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、爆発するもので、多くは水との反応の際、水素や炭素を発生する。表 5-9 に示す。

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 (シリコンカーバイト)、Ca ₃ P ₂ (リン化石炭)、CaO (生石炭) | 危険物第3類など |
| 水素化物 | 金属水素化物 (Li、Na、K、Cs、Ca、Ba、Zr、Cu、Snなどの) 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 などは 危険物第3類 |

取扱上の注意

(ア) 水と激しく反応し水素や炭化水素を発生するから、水に十分注意する。禁水性物質を取扱っている近くで、不注意に水道を使わない。水が飛び散ると発火、爆発することもある。

(イ) 金属ナトリウムの秤量には十分注意し、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媒中に入れ、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。

(ウ) 金属 Li、Na、K 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。

(エ) 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。

(オ) リン化カルシウムは、水と反応して爆発することがある。

(カ) 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ことがある。

起こりやすい事例

(ア) 石油中に貯えた金属 Na の削り屑を入れ反応が終了したと思い、石油を流して捨てると、小粒の Na により発火する。 (環境保全面からも溶剤を流しに捨ててはいけない。)

(イ) 石油中に貯えられた金属 K 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すと発火する。 (上述の Na より危険である。)

(ウ) 古くなつて表面が酸化または、Na₂CO₃ になった白色の Na に、不注意に水を加えると爆発する。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得る。

(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、指導者の指示に依らねばならない。

(2) 分解爆発性薬品〔消防法第5類など〕

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もので表5-10に示す。

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、ニトロセルローズ（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、ピクリン酸などベンゼン環にニトロ基3ヶ以上（火薬類・消危-5）、ベンゼン環にニトロ基2ヶ（消危-5）、ベンゼン環にニトロ基1ヶ（消危-4）、ニトロパラフィン（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、ジニトロキシエチルニトロアミン（火薬）エチルまたはフェニルニトラミン（消危-4） |
| 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] | 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などの重金属アジド物。アジ化鉛は実用起爆薬。 |
| 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)。 |
|  | 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) |
| O-OH-O-O-R | 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 |
|  | オゾニド (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

(ア) 上記の物質または類似物質を合成、原料、重合開始剤として使う際は、その性質を調べて実験すること。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早く処理すること。

(イ) 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があるから十分注意し、容器、スパートルなども適切なものを用いること。

(ウ) 爆発により付近の燃焼性物質に引火、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。

(エ) 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（強酸化性物質も参照すること）

(ア)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）

(イ)アクリル酸塩化物と 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
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爆発することがある。

(ウ)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する
ため。）

(エ)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）

(オ)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）を放置しておくと乾
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 (H₂) 、一酸化炭素 (CO) 、アンモニアガス (NH₃) 、硫化水素 (H₂S) 、都市ガス、家庭用 LPG (C₃、C₄ 炭化水素混合物)

炭化水素類：メタン (CH₄) 、エタン (C₂H₆) 、プロパン (C₃H₈) 、ブタン (C₄H₁₀) 、エチレン (C₂H₄) 、プロピレン (C₃H₆) 、ブテン (C₄H₈) 、アセチレン (C₂H₂) 、シクロプロパン (C₃H₆) 、ブタジエン (C₄H₆)

アミン類：メチルアミン CH₃NH₂、ジメチルアミン (CH₃)₂NH、トリメチルアミン (CH₃)₃N、エチルアミン C₂H₅NH₂

ハロゲン化アルキル：塩化メチル (CH₃Cl) 、塩化エチル (C₂H₅Cl) 、塩化ビニル (C₂H₃Cl) 、臭化メチル (CH₃Br)

取扱上の注意

(ア) 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。

(イ) 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。

(ウ) 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付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。

(エ) 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

(ア) アセチレンボンベを運搬中、落下したりすると爆発する。（ボンベで運搬時には必ず安全キャップを付けて行うこと。）

(イ) 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ある。（防護壁、防烈衝立の設置が必要）

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きい。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は、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。

引火性物質を貯蔵するときは、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5-1-1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。

表5-1-1 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°Cで液体、または20~40°Cで液体になるもので着火温度 ^{*)} が100°C以下または引火点が-20°C以下で、沸点が40°C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°C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°C(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°C以上のもの(70~200°C:第3石油類、200°C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。

(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、イソペンタシン、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

- (ア) 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。
- (イ) 沸点が低く爆発限度界が広いので、通風を良くして滞留のないようにすること。
- (ウ) 一度引火すると爆発的に広がり消火しにくい。他の引火性物質を遠ざけること。
- (エ) 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

- (ア) 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。
- (イ) 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。
- (ウ) 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)

(2) 一般引火性物質

3種類の一般引火性物質の分類を表5-1-1-1に示す。

表 5-11-1 一般引火性物質の分類

| 分類 | | 物質名 |
|---------------------------------------|---------|--|
| 低度 引火性 物質 引火点 20°C 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、シクロヘンタン、メチルシクロヘンタン、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C ₈ 位までの炭化水素(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、アクリレイン、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、塩化ベンゾイル |
| 中度 引火性 物質 引火点 21~ 70°C | 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 |
| | 炭化水素 | 灯油、軽油、テレピン油、クメン、シメン、デカン、ジシクロペニタジエン、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 |
| | ハロゲン化物 | クロロベンゼン、ブロモベンゼン、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、ブロピレンクロロヒドリン |
| 低度 引火性 物質 引火点 70°C 以下 | 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 |
| | 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、ブロピレングリコール、グリセリン、エチレンシアソヒドリン |
| | 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 |

| | | |
|--|------|-----------------------------|
| | 動植物油 | 大豆油、ゴマ油、ヤシ油、イワシ油、アマニ油、鯨油など |
| | 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 |

取扱上の注意

- (ア) 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。
- (イ) 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、細心の注意を払うこと。
- (ウ) 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。（溶剤中毒の予防も必要）
- (エ) 中度引火性物質は、加湿時に引火しやすく、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

- (ア) 蒸留のとき加熱し、忘れていた沸石を加えたりす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。）
- (イ) 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と、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用される頻度が高く、量も多い。これらは、特殊引火性物質または高度引火性物質であるので、火災予防地方条例でその管理、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

- (ア) 消防法、火災予防地方条例により、各実験室に保管できる量が規制されているので、必要最少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。
- (イ) 蒸発性が大きく、引火点が低く、特殊引火性物質、高度引火性物質であるので、その項の注意事項、事故例をよくみて取扱うこと。
- (ウ) 水質汚濁防止のための地方条例の一般事項の BOD、COD に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。
- (エ) 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。後述する第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、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、 PH_3 、 H_2S 、 HI を発火して酸化する。酸化剤、ニトロ化剤。発生する 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) : 水を激しく反応し、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 63、62、72%) : 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し、加熱すると爆発する。酸化力が強い。一水和物、二水和物、三水和物などがある。

塩化チオニル (SOCl_2) : 水と反応し、塩化イオウ、二酸化イオウ、塩素となる。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

- (ア) 上記物質は、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、爆発、生成ガスの引火、爆発などを起こす。
- (イ) 上記物質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必要がある。
- (ウ) 上記物質による実験、研究室での事故は皮膚、口、目などの薬火傷に至る。これらについては、その対策とともに後述の第3節 酸、アルカリで述べる。

5. 混合危険物

2種以上の物質を混合する場合、拡散、溶解などによる混合熱、また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。このようなものを混合危険物という。例としては、濃硫酸中の水の添加、多量の固体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で分類すると、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化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に示す組合せ例がある。また、消防法による混載危険を表5-13に示すので薬品の保管、輸送、実験廃液の収集、集積時に考慮すること。

表5-12 混合危険物の組合せ (薬品A+薬品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、シウウ酸、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、無水フッ素酸、銀化合物 |
| 水銀(アセチリド・雷酸水銀・アジドの生 | 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、カンフア、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、冰酢酸、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、フルフラル |
| 臭素(激しい発熱反応・生成物の分解) | 塩素と同じ | | |
| 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) | | |
| 硝酸(濃)(酸化反応、発熱) | 酢酸、アニリン、クロム酸、シアノ酸、硫化水素、引火性液体、引火性ガス | | |
| 硫酸(遊離塩素酸、過マン | 塩素酸カリウム、過塩素酸カリウム、過マンガン | | |

| | | | |
|----------------------|---|---|--|
| ガン酸の生成とその分解と酸化反応) | 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) | 炭化水素(ブタン、プロパン、ベンゼン、ガソリン、テレピン油など) | 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) |
| 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 | 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 |
| 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、一般に微粉砕した有機物あるいは可燃性物質 | アニリン(酸化反応) シウ酸(急激な分解) クメンヒドロパーオキシド(急激な分解) | 硝酸、過酸化水素 銀、水銀 酸素(有機あるいは無機) |
| 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 | 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 |

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 | × |
| 第5類危険物(V自己反応性物質) | × | ○ | | | | × |
| 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

- (ア) 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を常に留意すること。
- (イ) 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。
- (ウ) 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。
- (エ) 消防法で禁水性物質としていない PCl_3 、 PCl_5 、 SOCl_2 、 TiCl_4 、 SiCl_4 、 RCOCl 、(Clの代わりに、Br、Iでも同様)は H_2O 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。

(オ) 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類どうしでも十分に注意し、反応または中和などを起こさせないものの同志の混合にとどめること。

(カ) 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。

3節 酸、アルカリ

酸、アルカリは実験、研究でよく使う。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あるが、事故の原因となりやすいものを説明する。

1. 酸

硫酸、塩酸、硝酸、フッ酸は無機強酸、トリクロロ酢酸、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、特殊の作用をもつフッ酸である。

取扱上の注意

(ア) 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、以下硝酸）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。

(イ) 硫酸、塩酸、硝酸、フッ酸、クロロスルホン酸、トリクロ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のこと。

(ウ) 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、吸収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。

(エ) 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。

(オ) 硫酸は希釀時に発熱が大きく、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。)

単独では爆発性、引火性もないが、前述した取扱上の注意ア)、イ)、オ)の性質があるから注意が必要である。種々の金属と反応して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。

こぼれるとコンクリート床や金属を腐食し、有機物の炭化を起きすため、すぐに動かせるものは水洗いし多量の水で希釈し、ゴム手袋を装着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こと。また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、さらに十分に水洗いする。希硫酸の場合も時間がたつと濃縮され布地をおかすため、すぐに中和水洗する。

使用上の注意

- (ア) 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。
- (イ) 薬火傷の原因となるから身体各部に触れないようする。
- (ウ) 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。
- (エ) 無水硫酸（SO₃）、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。
- (オ) 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。

起こりやすい事例

- (ア) 希硫酸をピペットで吸うとき、口中に吸い込みやすい。
- (イ) 希硫酸を作るととき、濃硫酸に水を加え、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、硫酸がこぼれたりしやすい。
- (ウ) 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る火傷になることがある。
- (エ) 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 (HCl 35~38%)

塩酸自体では危険性は少ないが、前述した取扱上の注意ア)の性質、各種金属と反応して水素を発生することに注意が必要である。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。また皮膚や粘膜に付着すると炎症を起こすが硫酸より影響が低い。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く塩酸ガスの許容度は 5ppm である。こぼれたときや衣類に付着したときの化学反応性は、硫酸と多少異なるが処置はほぼ同じである。

取扱上の注意

密栓したびんまたは新しいびんを開けるときは高い内圧により内容物が吹き出しがあるので、顔を離し、びんの口を外方向に向けること。特に夏季は内圧が高くなるので注意すること。また腐食性が大きく、塩化水素ガスマストは有毒である。

(3) 硝酸 HNO_3

硝酸自身は爆発性、燃焼性、引火性、自然発火性といった危険はないが、 H_2SO_4 や HCl と異り酸化性がある。前述した取扱上の注意ア)、エ) 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。

腐食、酸化作用があり、皮膚、粘膜に付着するとピリピリ刺激し、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、これを吸入すると呼吸器をおかす。許容濃度 10ppm である。

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。5ppm のガスを 8 時間続けて吸入すると、5~48 時間経過してから肺水腫の症状が起こることがある。500~1000ppm では 1 回の吸入で短時間で死に至る。

こぼれたときの化学反応性は硫酸、塩酸と多少異なるが、処置はこれらと同じようにまず水で希釈する。この時、有害酸化窒素に注意して吸入しないようする。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。衣類に付着したときは、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% 重炭酸ソーダ水（炭酸ソーダ水溶液で可）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、ニトロセルローズを生成し燃焼する恐れがあるので、すぐ処置すること。

取扱上の注意

- (ア) 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ア)、イ)、オ) 及び塩酸の場合の使用上の注意が必要である。
- (イ) 窒素酸化物ガス発生の可能性のある場所は良く換気する。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、換気を十分に行うこと。
- (ウ) 濃硝酸を誤って手にこぼしたりすると、黄色化しのちに火傷となる。

(4) フッ化水素酸（フッ酸）HF（普通市販品は 40~50%）

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フッ化水素酸を含むものがある。従って実験機器等でこれらにフッ化水素液が使われているかどうかを確かめてから取扱う必要がある。

フッ酸は、金および白金以外のほとんどすべての金属を溶かす。しかし鉛は、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、陶磁気、ガラスなどのケイ酸塩を腐食して揮発性の四フッ化ケイ素を生ずるので注意が必要である。

前述したとおりフッ酸は、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り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、他の酸より傷害の影響が大きく許容限度は 3ppm である。目に入ると、目やまぶたに強烈な痛みを与え、長時間視力障害を起こし失明することもある。呼吸器に入ると気管や肺に激しい炎症、充血を起こし、最悪の場合死に至る。飲み込むと、食道や胃に壞疽（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。

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 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、注意が必要である。衣類に付着したときは、直ちに身体から衣類を離し、多量の水で洗い流し、2%程度の重炭酸ソーダ（炭酸ソーダ水溶液）で中和し、さらに十分に水洗いする。

取扱上の注意

- (ア) 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。
- (イ) 蒸気ミストなどを避けるため、ドラフト中で取扱う。
- (ウ) 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処置が必要である。
- (エ) 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。

2. アルカリ

研究室でよく使い、事故の原因となり得るのは、強アルカリ性の水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）、水酸化カリウム（苛性カリ）及び弱アルカリ性のアンモニア水である。

取扱上の注意

- (ア) 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。
- (イ) 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で許容濃度は 100ppm である。

(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

水溶液は各種金属を激しく腐食し、水素を発生する。身体への浸透性があり、タンパク質を分解し組織を破壊する。特に溶融状態のときは、腐食作用が著しい。水溶液が目に入ると視力低下、最悪の場合失明に至る。飲み込んだ場合は、食道、胃壁に炎症を生じ、胃壁穿孔もあり、最悪の場合死に至る。

床にこぼれたときは、水で洗い流すか、薄めてから希酢酸で中和後、拭きとる。衣類に付着したときは、直ちに多量の水で洗い流し、2%程度の希酢酸で中和後、さらに水洗いする。羊毛や絹などの動物性繊維の方が綿などの植物性繊維より容易におかされるので注意すること。

取扱上の注意

固形の水酸化ナトリウムを溶解する場合は、発熱作用が強く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ことがある。これを避けるために、水に少しずつ攪拌しながら投入し溶解すること。

(2) アンモニア水 NH₃（市販品 通常 25～28%水溶液）

アンモニア水は銅、銅合金、アルミニウム合金に対して腐食性がある。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ない。むしろ注意が必要なのは、発生したアンモニアガスの吸入であり、許容濃度は 100ppm である。

こぼれたときや衣類に付着したときは、多量の水で洗浄すれば良い。

取扱上の注意

密封したびんや新しいびんの栓を取るとき、夏季など室温が高いと容器内の圧力が高くなり、内容物が吹き出すことがある。

顔にアンモニア吹き出しを受けると呼吸困難となる場合があるので開栓時は、顔を栓の上から遠ざけて、びんの口を遠方に向けて開く。

起こりやすい事例

- (ア) アンモニアボンベ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。
- (イ) 個人で手作りした容器にアンモニアガスを充てんし、布で包んで運搬中、溶接部の亀裂が貫通して、アンモニアが噴出して凍傷や呼吸器障害になることがあるので注意が必要である。
- (ウ) 未反応アンモニアを溶解した反応生成物の臭気を吸引すると、卒倒などの恐れがある。

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、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。従って、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に無毒化するよう、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粗さにより、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、管理には十分の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いる。これら法律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 有害物質の区分

| 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1kgにつき30mg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1kgにつき30~300mg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、劇薬及び毒物、劇物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 有害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：鉛油、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、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項以下で述べるが、毒性物質を用いた実験には、共通して次のことに気を付けなければならない。

- ① 実験の前に、使用薬品及び生成する科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。

- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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。
- ⑥ 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の処置を受ける。

(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を厳守する。

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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、実験廃液の取扱いには、いずれも本学の取扱規程を厳守すること。
- ④ 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、「廃液等処理の手引」（第7章参照）に従うこと。
- ⑤ 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。
- ⑥ 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、「廃液等処理の手引」に従うこと。
- ⑦ 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。
- ⑧ 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「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、研究室で取扱うことがあ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、シアノ化水素、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く、急性中毒の事例が多いので以下の注意を厳守すること。

(1) 毒性、公害対策としての注意事項

- ① 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）の防毒マスクを着用して行う。
- ② 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及び適合策の点検を行う。
- ③ 刺激性の大きいガスのときはガス漏れの認知は容易であるが、無刺激性のシアノ化水素、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有効である。
- ④ 急性中毒などがあるから、絶対に1人で実験しないこと。
- ⑤ 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。燃焼させる場合は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。
- ⑥ 「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を参照すること）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。

取扱上の注意

(ア) 塩素などの腐食性ガスボンベでは、元バルブが腐ってしまうことがある。このような時、無理に元バルブを開けようとするとガス放出が止まらなくなり危険である。バルブが開かないボンベは、業者に処理を依頼すること。

(イ) 毒性ガス、有毒蒸気を扱う場合、思わぬガス漏れにより急性中毒にかかることがある。

(ウ) 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く劣化している場合やガス濃度が高く吸収不完全な場合があり得る)

(エ) 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もよおすことがある。

表 5-16 防毒マスク用吸収かんと適応ガス

| ガスの種類 | 吸収かんの色 | 四塩化炭素 | ベンゼン | クロロビクリン | メチルブロマイド | 四アルキル鉛 | 二硫化炭素 | メチルエチルケトン | アクリルニトリル | 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 | シアノ化水素 | 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 | 白/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 | 赤 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | × | ◎ | × | |
| 消防用 | 白/赤 | △ | △ | × | × | × | × | × | × | × | × | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | × | △ | × |

注) ◎○: 適切 △: 避けたほうがよい ×: 使用できない

1.2 水銀、水銀加工物

実験室、研究室で取扱われることがある毒性ガスには次のものがある。

無機化合物

毒物 : 液状(Hg)、固体 $Hg(ClO_4)_2$ 、 HgO 、 $Hg(CN)_2$ 、 $HgCl_2$ 、 Hg_2Br_2 、 $HgBr_2$ 、 HgI_2 、 $Hg(NO_2)_2$ 、 $Hg(NO_3)_2$ 、 $Hg(SCN)_2$ 、 Hg_2SO_4 、 $HgSO_4$

劇物 : Hg_2Cl_2

指定外 : Hg_2I_2 、 HgS

有機水銀化合物

猛毒 : 液状($CH_3)_2Hg$ 、($C_2H_5)_2Hg$ 、その他の低級ジアルキル水銀、固体
 CH_3HgCl 、 C_2H_5HgCl 、($C_6H_5)_2Hg$ 、 $CH_3HgOCOCH_3$ 、 C_6H_5HgCl 、
 $C_6H_5HgOCOCH_3$ 、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種類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が多い。水銀及び水銀化合物は水質汚濁有害物中の永久毒で規制値が小さいから最も留意しなければならない。水銀及びその化合物を含む廃液、温度計、水銀マノメーター、水銀電池、蛍光灯など水銀及びその化合物を含むものの取扱い、処置は、以下の処理対策を厳守する。水銀及び水銀化合物の購入、使用記録簿と残高は定期的に点検すること。

(1) 毒性

水銀蒸気を吸入、水銀を飲み込んだ場合の症状は以下である。

- ① 急性 口内の症状・・・歯、のどの痛み
呼吸器系、循環器系・・・胸の苦しみ
腎臓の障害・・・尿が出なくなる
- ② 慢性 全身の疲労感
口内の症状・・・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

- ① 水銀蒸気は猛毒で許容濃度 0.1 mg/m^3 である。
- ② 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蓋い、密閉する。

表 5-17 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 |

- ③ 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、加熱の際は注意を要する。
- ④ 有機水銀化合物は、さらに猛毒 (許容濃度 0.01 mg/m^3) のものもあり、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。
- ⑤ 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すること。
- ⑥ 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に入れて保管する。
- ⑦ 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ットで吸い集め、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。）

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。）

- ⑧ 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「廃液等処理の手引」に従う。
- ⑨ 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）があるから、それが生成することのないよう注意する。

(3) 公害対策

- ① 金属水銀は、排水鉛管、また他の多くの金属にアマルガムを作り、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。
- ② 水銀温度計には1g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。
- ③ 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込むようとする。
- ④ 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。
- ⑤ 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 (Hg0.025 mg/m³以下) 1ドロに濃硝酸 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。
- ⑥ 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指定場所に搬入すること。
- ⑦ 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。

取扱上の注意

- (ア) 間違って水銀を加熱した板の上に落とすと、水銀蒸気を多量に発生して、それを吸入する恐れがある。この場合、急性中毒で死に至ることがある。
- (イ) 許容濃度以下の水銀蒸気でも、長時間吸入では水銀中毒になることがある。

1.3 シアン化化合物

実験室、研究室で取扱うことがあるシアン化化合物には次のものがあり、いずれも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

- ① HCN 及び 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。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 間違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 回繰返し、直ちに医師の処置を受ける。

(2) 公害対策

- ① 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。
- ② 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無い場合は処理施設に持ち込む。いずれも「廃液等処理の手引」に従うこと。
- ③ 机上や床にこぼれた時は、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

本学で使用頻度の少ない化学物質のなかにも毒性のあるもの、環境保全上十分の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、教員の指示を受ける。

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 |
|---------|--|------|---|
| 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、総体的に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、恶心、嘔吐） 中症：（異常の流涕、瞳孔の縮小、筋の線維の緊縮、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蛋白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、尿閉などがあらわれ、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 0.5 mg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時間以内に恶心、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。恶心、嘔吐、腹痛、流涕、さらに肝臓肥大、腎炎が起り、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 その他の有機有毒・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（C₆H₅CH₃）、メタノール（CH₃OH）、クロロホルム（CHCl₃）、四塩化炭素（CCl₄）などが含まれている。その他に、ヨウ化メチル（CH₃I）、アセトニトリル（CH₃CN）、アクリロニトリル（CH₂=CHCN）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、メスシリンドー、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反応させるから、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。

特に廃棄には留意が必要であり、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。そのときは関係者全員の健康と安全を考え、以下を厳守すること。

- (1) 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。
- (2) アルミニウム化合物のように重度の薬火傷を起こすものがあり、廃棄が必要な場合は、教員の指示に従って物質名明記のうえ貯蔵庫へ搬入すること。
- (3) 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、劇物も、できる限り発生源処理を行うこと。廃棄する場合は、不活性溶剤で下記ウのように希釀し、含有化合物の種類、濃度、量を明記し搬入すること。
- (4) 一般的希釀基準として、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%以下に希釀すること。これを守れば、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。
- (5) 刺激臭刺激臭薬品は程度に応じて希釀してから搬入すること。
- (6) 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、鉱酸などで処理し、塩水溶液として搬入すること。
- (7) 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。

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 | |
| 神経系 | 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 |
| | 石油ベンゼン | | | △ | | △ | 〃 |
| | n-ヘキサン | | | △ | | △ | |
| | シクロヘキサン | | | ○ | | ○ | |
| | ●ベンゼン | △ | △ | ◎ | ○ | ○ | ●白血球、赤血球、血小板減少 ●嗜睡を生ずることがある |
| | ●トルエン | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ●混在するベンゼンにより嗜睡を生ずることがある |
| アルコール | ●メチルアルコール | △ | △ | | ◎ | ○ | ●視神經障害、体内でホルムアルデヒドが生成することにより失明 |
| | エチルアルコール | △ | △ | | ○ | | △ |
| | シクロヘキサンオール | △ | | | | | |
| エーテル | エーテル | △ | △ | | ◎ | ○ | ●嗜睡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 | | | | ○ | | △ |
| | フルフラル | | | | ○ | | |
| 塩素化炭化水素 | 二塩化メチレン | △ | | | ◎ | | ○ |
| | クロロホルム | ◎ | ○ | | ◎ | | △ |
| | (皮) 四塩化炭素 | ◎ | ○ | | ◎ | | △ |
| | 三酸化エチレン | △ | △ | | ◎ | ○ | 抹消神経系 ●多発性精神病 嗜睡の症例あり |
| | (トリクレン) | | | | | | |
| エステル | 酢酸メチル | | | | ○ | ○ | △ 視神經障害、失明の危険もある |
| | 酢酸エチル | | | | ○ | | △ |
| その他 | ピリジン | ○ | ○ | | ○ | ○ | △ 中枢神経性の運動障害 |
| | ●ジメチルホルムアミド | ◎ | △ | | | | ◎ |
| | ジメチルスルホキシド | | | | | ○ | 毒物を溶かした溶液は危険（浸透） |
| | ●(皮) 二硫化炭素 | ○ | ○ | | ◎ | ◎ | △ 精神分裂症様の症状、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、ACGIH許容濃度（1969）の表で、また、(皮)は日本産業衛生協会「許容濃度の勧告（1969）」の表で「経皮的に浸入し、全身的影響を起こしうる物質」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う。

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が、後述するように保管にあたって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情報は下記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)

そのうち実験室で使用される毒物及び劇物を、それぞれ表5-20及び表5-21に示す。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、全ての有毒物が掲げられているわけではない。例えば、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類似化合物は毒性が大きいとして取り扱うべきである。

本学では「法」に準拠して保管、管理をしなければならず、その骨子を以下に示す。

- (1) 毒劇物の購入、使用、廃棄にあたっては、「毒物等使用簿」に日付、使用量、現在量を記入し、定期的に保管量と使用簿記載の量を照合する。
- (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等の専用ロッカーで、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) 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、教員等の指示によること。

また、毒物、劇物でなくと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、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、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の危険物であることが多い。したがって保管に当たっては第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が必要である。また、毒劇物が放射性物質である場合は第8章も参照しなければならない。

表 5-20 法で指定された毒物の内、大学で使われるもの

| | |
|----------------------------------|--------|
| *アリルアルコール | |
| *塩化ホスホリル | |
| *黄リン | |
| *クラーレ | |
| *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 | |
| *ジニトロクロゾール、ジニトロクロゾール塩類 | |
| *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 | |
| *砒素、砒素化合物 | |
| *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ので要注意。特に、パラチオン、メチルパラチオン、シラーダン、メチルジメトン、TEPPなどは特定毒物である。

表 5-21 法で指定された劇物の内、大学で使われるもの

| |
|-------------------------|
| *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
*90%以上ギ酸
*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、ジクロロブチル、1, 2-ジブロモエタン、ジブロモクロロプロパン、1-クロロ-1, 2-ジブロモエタン
*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ロモアニリド、モノフルオロ酢酸パラブロモベンジルアミド
*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
*クロロブレン
*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-ジプロモ-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-メチルチオ酢酸
*プラスチサイジン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に注意。

6章. 生物材料の扱い

1節 微生物

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、生物を工学系でも探し応用することが増加し、本学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てきた。これらの生物材料を扱う場合には、バイオハザードの防止に努めることが必要である。

バイオハザードとは生物災害のことと、微生物を含む生物またはその毒性代謝産物により引き起こされる生物すべてへの危険性、災害をいう。このような災害を防止するために、生物材料を扱う場合には、以下に述べるような注意を遵守することが大切である。

本学では、危険な病原性の微生物を教育研究実験の対象とすることは、皆無といえる。しかし、若干の病原性を持つ微生物を使用したり、気付かないうちに病原性微生物が混入する可能性が 0% であるとは言い切れない。また、たとえ安全な微生物であっても、微生物で周囲をむやみに汚染することは、他の実験の妨げになる。特に危険性の高い微生物を扱う場合には、以下のように細心の注意を払って実験を行う必要がある。また危険性の低い微生物においても、安全度に応じた注意を払う必要がある。

- (1) 微生物を扱うための正しい実験技術を身に付けてから実験を行う。自己流の判断で実験を行うことは危険である。
- (2) 実験を行う際は、白衣など専用の作業衣、予防帽を着用し、専用の履物に履きかえる。これらの着衣、履物のままで、実験室の外に出てはいけない。特に、事務室、図書館、講義室、会議室、食堂など、多数の人々が出入りする公共の場には決して行ってはいけない。
- (3) 作業衣の胸ポケットなどに、微生物試料の入った容器を入れてはいけない。うつむいた際に落ちて容器がこわれ、汚染の原因となることがある。
- (4) 実験の前後には、逆性石ケンや 70% エタノール、殺菌灯などを用いて、実験者の手、実験台、床、実験器具などの消毒、滅菌を励行する。
- (5) 経口感染を防止するために、実験室で飲食、喫煙、化粧、食料の貯蔵を行ってはいけない。
- (6) 手指の爪を噛む、指をなめる、手を口にもっていく、鼻をほじるなどの癖も、経口感染の原因となるので慎むように心掛ける。
- (7) 実験室、実験台の整理整頓に心掛ける。
- (8) 微生物の入った容器は、他の物質が入った容器と容易に区別ができるように、標識をつける。

- (9) 実験に使用した培地、菌体などの汚染物質は、オートクレーブした後ビニール袋などに密封して廃棄する。
- (10) 微生物の菌液を誤飲したり、容器の破損により実験室が汚染されたときは、汚染被害を最小限度に食い止めるための処置を行い、直ちに責任者に連絡を行う。

2節 動物

生命工学や薬学の分野においては、動物そのものが研究材料であることが多く、動物実験を行う場合もある。動物愛護の観点、あるいは、実験者の安全の観点からも、実験に動物を用いることに関しては慎重でなくてはならない。

実験に用いている動物が、はじめから人畜共通の病原体に感染している場合がある。あるいは、動物に対しては病原性がさほど強くなくとも、ヒトに対しては危険度の高い病原体に感染していることもある。したがって、感染動物実験を行わない場合でも、動物実験に関わる場合には、以下のような細心の注意を払う必要がある。

- (1) 実験には、遺伝学的モニタリング、微生物モニタリングが定期的に行われ、実験者の請求によりその成績が提示される。厳重に品質管理された良質の実験動物を購入して使用する。
- (2) 病原体の創傷感染を防ぐために、実験器具による刺傷・創傷、動物による咬傷、ひつ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、食料の貯蔵を行ってはいけない。
- (4) 手指の爪を噛む、指をなめる、手を口にもっていくなどの癖も、経口感染の原因となるので慎むよう心掛ける。
- (5) 動物実験の前後には、必ず手指を洗浄・消毒する。
- (6) 動物の糞尿や唾液中に排出された病原体を含む気体を吸入して感染発症することも多い。飼育動物の使用済み床敷を処理するときには、十分注意する。また、焼却処理まで冷凍庫で保存される動物死体により解氷水が汚染される事故も起きているので、十分に注意する。
- (7) 動物実験室内の整理整頓に心掛ける。
- (8) 動物実験に使用したディスポの注射針やメス、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。
- (9) 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、直ちに責任者に連絡する。

動物実験を行う際には、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、実験動物と動物実験に関する充分な知識を習得するために定期的に

講習会等へ参加しなくてはならない。さらに、実験の計画や安全などについて、各系の動物実験担当者と相談した上で、十分な安全と計画の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、学内の倫理委員会に諮り承認を得る。動物実験はその実施状況について毎年報告を行い学内外に公開しなくてはならない。

財団法人日本動物愛護協会が、身近な動物を保護する運動をすすめている。動物愛護法といわれる「動物の保護及び管理に関する法律」や、実際面での指針となる「実験動物の飼養及び保管に関する基準」がある。人間の代替としてむやみに動物を実験に用いることは避けなければならない。研究上、動物実験を行う上では、

(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)

できる限りその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)

その利用に必要な限度において、その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こと

の、3点に充分に留意することが、法律で義務付けられている。

実験動物の苦痛を軽減するために人道的エンドポイントを設定するが、安楽死に関する手立てとして麻酔を用いる場合、麻酔薬の使用は充分注意しなければならない。また、その管理については法律に則り厳重な管理が必要である。必要に応じて使用する薬品に関する法規定を熟知しておく必要がある。

3節 遺伝子組換え実験

1. 遺伝子組換え実験と規制

組換えDNA技術は、生物の遺伝子の構造や機能等を明らかにする基盤的な生物学的研究はもとより、がんその他の難治疾患の解明、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分野において人類の福祉に大きく貢献するライフサイエンス研究の推進に欠くことのできない重要な実験手段となっている。

しかし、組換えDNA技術は、生物に本来ない新しい性質をもたらせるという側面があり、この技術を利用する遺伝子組換え実験に当たっては、研究管理者や研究者の慎重な対応が求められる。

このような観点を踏まえ、組換えDNA技術を安全に、かつ適切に利川するために研究管理者や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。初期には未知の生物が創造されると危惧されたこと也有ったが、極めて多数の遺伝子の絶妙な組み合わせと調和から成り立

つ生物個体を一部の遺伝子を導入して新たに創造することは不可能であることが遺伝子組換え実験の膨大な積み重ねから明らかになった。また、近縁の微生物間などで遺伝子組換え実験に相当する遺伝子交換が自然界で頻繁に起こり得ることも明らかになった。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方式が確立された。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。この指針は、科学的知見の積み重ねに応じて手続きの合理化等、改訂を重ね、平成 14 年に全面改訂が行われた。

一方、組換えDNA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を含む非組換え生物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、国際的には「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「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 年に施行された。

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）の使用について規制措置（拡散防止措置）による生物の多様性の確保と、カルタヘナ議定書の的確・円滑な実施を実現することを目的としている。対象は遺伝子組換えや科を超える細胞融合で得られた核酸等を有する生物とされるが、別の規制があるヒトは含まれない。自然条件で個体に生育しない動植物培養細胞等は含まないが、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。

カルタヘナ法において拡散防止措置は（1）圃場での栽培や飼料利用、食品工場での利用など、遺伝子組換え生物等の拡散防止処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処置をして使用する第二種使用等に分けられている。大学における実験で第一種使用等が実施される可能性はほとんどないため、ここでは第二種使用等を想定して説明する。

2. 拡散防止措置

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性に応じて組み合わせて実施する。

物理的封じ込めは、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、生物学的封じ込めは、環境中で生残しにくい特定の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。

3. 遺伝子組換え実験の手続き

遺伝子組換え実験の実施にあたっては、実験の内容と拡散防止措置を記載した実験計画書を各学部の安全委員会に事前に提出し、安全性を確認する手続きを経た上で承認を受ける必要がある。このために本学では「福山大学遺伝子組換え実験安全管理規則」並びに「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) 、 (4) 、 (5) の事項を遵守する必要がある。

- (1) 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「遺伝子組換え実験安全委員会」に提出して審査の後、学長の承認を得る。
- (2) 特に指定された種類の実験では文部科学大臣の安全確認が必要であり、この場合には文部科学省指定の様式の拡散防止措置確認申請書を遺伝子組換え実験安全委員会に提出する。安全委員会で審査後、確認申請書が文部科学省に提出され、文部科学大臣の安全確認を得て承認される。
- (3) 実験に従事する者（実験従事者）は、遺伝子組換え実験の教育訓練と健康診断（通常は一般健康診断で代用）を受ける必要がある。
- (4) 実験従事者は、実験責任者の指導等により、自分の実施する実験の内容だけでなく、実験施設や実験操作等について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) 遺伝子組換え生物の保管及び運搬、輸出人においては必要な拡散防止措置をとる必要がある。

4. 物理的封じ込め（拡散防止措置）の実際

遺伝子組換え実験を行う際に遵守しなくてはいけない封じ込めが、具体的にどのようなものであるのか、一般によく行なわれている P1 レベルの微生物使用実験における物理的封じ込めの内容を以下に示す。

(1) 施設等の要件

実験室は、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。

(2) 実験実施における遵守事項

- ① 遺伝子組換え生物は不活化して廃棄し、汚染した設備（実験台を含む）・機器・器具も不活化措置をして再使用・廃棄する
- ② 実験室実験室のドアを閉めておく
- ③ 実験室の窓を閉じておく（昆虫等の侵人を防ぐ）
- ④ エアロゾルの発生を最小限に抑える
- ⑤ 不活化等のため遺伝子組換え生物等を運搬する場合は漏出・拡散しない構造の容器に入れる
- ⑥ 遺伝子組換え生物の付着・感染防止のため手洗い等を行う
- ⑦ 実験内容を知らない者の人室を制限する

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

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

7章. 廃液等処理

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、実験廃水、実験廃液及び雨水の4系統に区分し、特に実験廃水については処理施設を設置し、実験水の排出から処理に至るまでの運用体制および管理を取決めている。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、冷却水などは実験廃水という。また、固体の廃棄物は、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節 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、合併処理浄化槽で処理され自然の川に放流される。

2節 実験排水

実験廃水は、各研究室・実験室に設備された専用の実験廃水流しへ放流する。放流した実験廃水は、専用の管路を通り実験排水処理施設で処理され、生活排水と同様に放流される。従って実験廃水流しと生活排水流しを誤らぬよう注意が必要である。

3節 実験廃液

実験廃液は、学校法人福山大学実験廃液等取扱規程（平成 年月日 規程 第 号：検討中）により、指定の容器に分別貯留する。分類の仕方は、福山大学実験廃液処理等の手引に記載されており、それを以下に示す。

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。従って、これらの薬品を含んだ実験排水をそのまま排出すると、生態系に影響を及ぼし、環境破壊の原因となってしまう。そこで福山大学では、各法令に準拠した方法により実験廃液の取扱いを行っている。

薬品のうち、環境省が定める特別管理産業廃棄物（爆発性、毒性、感染性その他の健康又は生活環境に係る被害を生ずるおそれのある性状を有する廃棄物）は、排出から処理されるまで、特別な管理下での実施が義務づけられている。この特別管理産業廃棄物の判定基準以下の薬品を含む廃液については、福山大学における実験廃液の分類法に従い分別し、委託廃棄物業者に内容物明細書とともに搬出する。

特別管理産業廃棄物の判定基準（廃棄物処理法施行規則第1条の2）

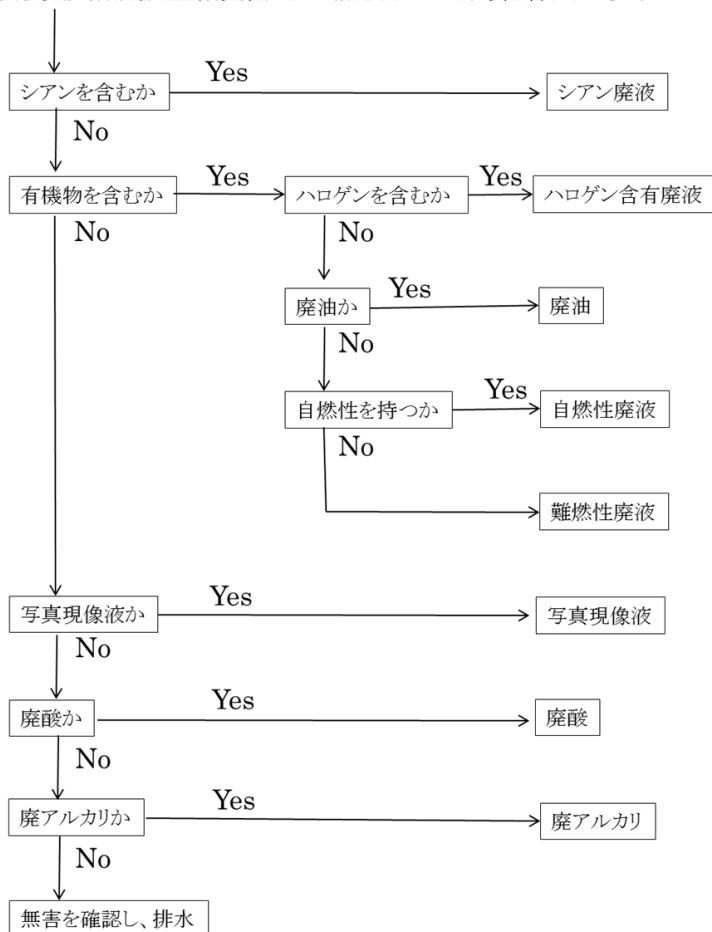
| 第一欄 | 第二欄 |
|-----------------|-----------|
| アルキル水銀化合物 | 検出されないこと |
| 水銀又はその化合物 | 0.05 mg/L |
| カドミウム又はその化合物 | 1 mg/L |
| 鉛又はその化合物 | 1 mg/L |
| 有機燐化合物 | 1 mg/L |
| 六価クロム化合物 | 5 mg/L |
| 砒素又はその化合物 | 1 mg/L |
| シアノ化合物 | 1 mg/L |
| PCB | 0.03 mg/L |
| トリクロロエチレン | 3 mg/L |
| テトラクロロエチレン | 1 mg/L |
| ジクロロメタン | 2 mg/L |
| 四塩化炭素 | 0.2 mg/L |
| 1,2-ジクロロエタン | 0.4 mg/L |
| 1,1-ジクロロエチレン | 2 mg/L |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | 4 mg/L |
| 1,1,1-トリクロロエタン | 30 mg/L |
| 1,1,2-トリクロロエタン | 0.6 mg/L |
| 1,3-ジクロロプロパン | 0.2 mg/L |
| チウラム | 0.6 mg/L |
| シマジン | 0.3 mg/L |
| チオベンカルブ | 2 mg/L |
| ベンゼン | 1 mg/L |
| セレン又はその化合物 | 1 mg/L |
| ダイオキシン類 | 100 pg/L |

第一欄の物質を排出する場合、第二欄の物質の濃度が規定値以下の場合は、収集、運搬及び処理業者に実験廃液として排出できる。

実験廃液の分類法によって分別された各廃液は、指定容器に保存し処理業者に排出する。

実験廃液の分類法

実験廃液(特別管理産業廃棄物として指定されている物質を含まないもの)



内容物明細書

排出番号 F Y -

実験廃液、スラッジ処理委託仕様書

処理検討No.

本仕様書は委託廃棄物一箇毎に作成してください。 平成 年 月 日 提出

| | | | |
|-------|---------------------------------|----------------|---|
| 学校名 等 | 福山大学 薬学部 TEL 0849-36-2111(代) | 排出責任者 所属・氏名 | 印 |
| 廃棄物名称 | 実験廃液 | 排出手続者 | 印 |

荷 姿 ポリタンク 一斗缶 (容積: 18L) × (個数: 1) = (合計量: 18L)

種類大別 A: 塩素系有機廃液 B: 非塩素系有機廃液 C: 無機廃液 (pH=)
D: 有機固体物 E: 無機固体物
F: 特殊及び不明品 ()

| 形 状 | 液 体 | | 固液混合 | | 固 体 | |
|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| | 液 状 | 低粘液 | 高粘液 | 乳状液 | 泥 状 | 粉粒状 |

| | | | | | | | |
|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|-----|
| 特 性 | 引火性 | 自然発火性 | 爆発性 | 有毒性 | 腐食性 | 悪臭刺激性 | 酸化性 |
| 禁水性 | 分解性 | 重合反応性 | 混合危険性 | 感染性 | | | |

| | | | |
|---------------------------------|----|-----------------------|-----------------------|
| 特別管理産業廃棄物 の有・無 (裏面を参照のこと) | 無し | 基準濃度 以下 で含有 (物質名) | 基準濃度 以上 で含有 (物質名) |
| | | 実験廃液として排出 | 特別管理産業廃棄物として排出 |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 成分組成: (廃液に含まれる化合物、成分名を列挙し、その濃度(g/L)又は量(L)を記入) | | | |
| | | | |

| | |
|--------------|---------|
| 廃液取扱い上の注意事項: | 処理分類No. |
| | |

4節 雨水

建物からのルーフドレン及び敷地等から流出する雨水排水は、学内の管路、または排水溝を通り自然の川に放流されるため、大学敷地での汚染は河川汚染となることを認識する必要がある。

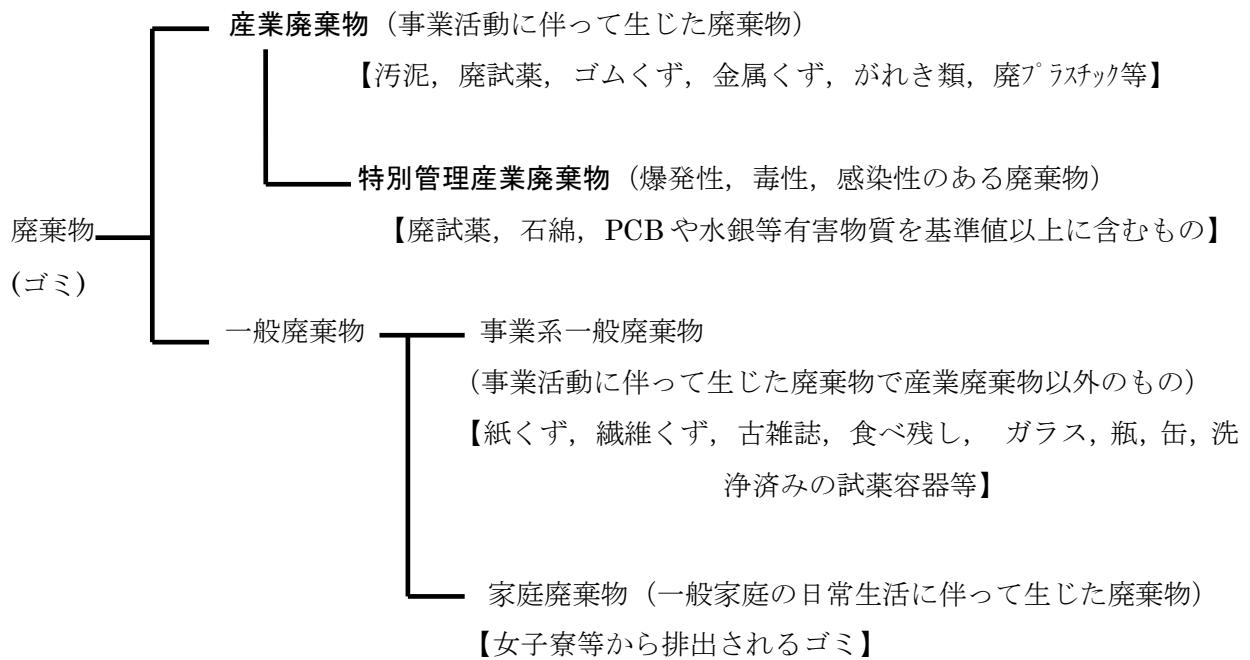
5節 実験、研究による廃棄物

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・固体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として用度課に依頼し、学外業者により別途処理するので、各実験室の所定の容器に適正に保管・管理し、定められた日に排出する。

また、実験室から出る試薬瓶等容器類（洗浄済みのもの）及び使用済み乾電池は、事業系一般廃棄物として、学内の所定場所に排出する。

下記に大学内における廃棄物の分類を示す。

（実験廃液も産業廃棄物に該当するが、大学内では廃棄物と別に分類している）



以上、各建屋、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と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大切である。

8章. 放射線の取扱い

「放射線」とは、電磁波または粒子線のうち、直接又は間接に空気を電離する能力をもつものの(原子力基本法第3条)である(第2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2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ことができないため、十分な放射線安全取扱いの知識がないと被曝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。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JCO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曝するという、不幸な形で示された。また、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震とこれに伴う津波によって損傷した東京電力株式会社 福島第一原子力発電所では国際原子力事象評価尺度(INES)レベル7のシビアアクシデントが発生した。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、災害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。

本学においては、学生実験や安全のための講義などにおいて、放射線に関する実験が行われているが、福山大学RI(ラジオアイソotope)センターにおいて講習を受けることが必要である。

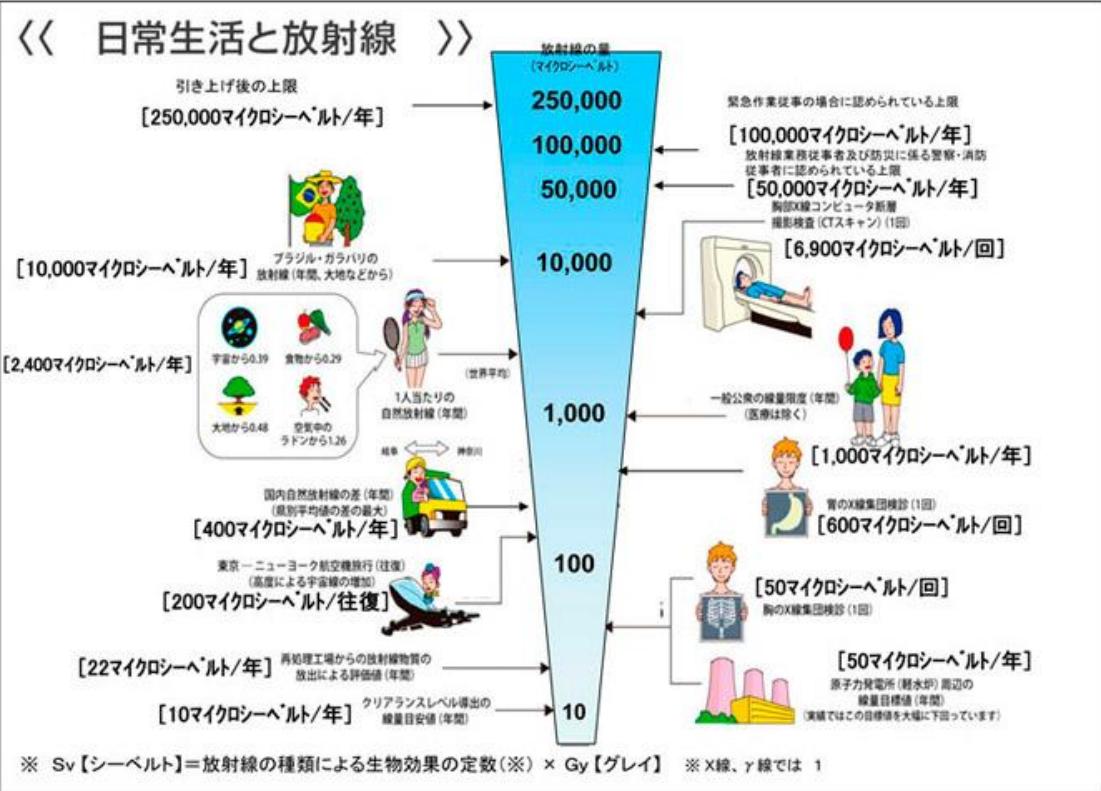
本学において放射線を使用できるのは、「福山大学放射線障害予防規程」(以下、「予防規程」という)に定める放射線業務従事者登録申請を行い、所定の教育訓練と特別健康診断を受けて、放射線安全委員会で承認された者(放射線業務従事者)に限られている。

本学のどこで何を使用できるかについては、福山大学RIセンター発行の「放射線取扱教育訓練テキスト」に記載されている。

1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も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などからの放射線がある。自然放射線による人体の被曝線量(実効線量)は地域により多少異なるが、1年間に約2ミリシーベルト(mSv)である。

このほかに、X線撮影など主に医療行為の際に人工の放射線を受けることがある。これらの値をまとめて日常生活と放射線の関係を図8-1に示す。



資源エネルギー庁「原子力2002」をもとに文部科学省において作成

図8-1 日常生活と放射線の関係

研究の目的で放射線を使用する放射線業務従事者の被曝線量は、放射線障害防止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。

放射線の人体への影響は一般的には障害であり、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、その総体として障害が現れる。したがって、放射線の人体に与える影響は放射線障害と考えてよいことになり、さらに、放射線による障害の一部は、子孫に影響を及ぼすこともある。

本節では、放射線の人体への影響について、被曝線量や被曝の仕方で、その影響にどのような差が生じるかを説明する。

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）。身体的影響は被曝者自身に現れるもので、さらに身体的影響は被曝直後から 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**晚発影響**に分類される。遺伝的影響は被曝した本人ではなく、子や孫に現れるもので、遺伝子に起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。

早期影響：大量の放射線を短時間に被曝した場合に出現する。身体の広範囲に被曝した場合、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。

晚発影響：最も問題になるのは発癌である。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。

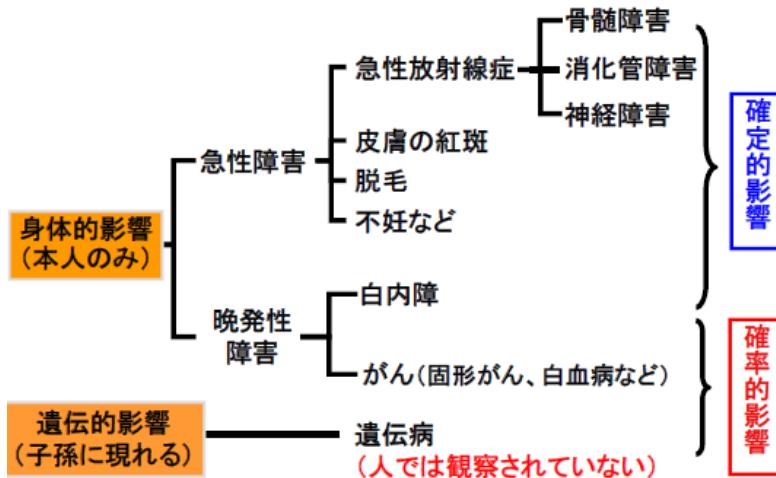


図 8-2 身体的影響と遺伝的影響（放射線医学研究所「放射線の基礎と人体影響」より）

2. 被曝の仕方による分類

(1) 外部被曝と内部被曝

放射線被曝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曝する内部被曝と呼ばれ、体外にある線源からの放射線被曝を外部被曝と呼ぶ。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曝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、注意が必要である。また、内部被曝では、線源が体外に排泄されない限り常時被曝し続けることになり、特に注意する必要がある。これら内部被曝、外部被曝を防護する手段としては、外部被曝では時間、距離、遮蔽を3原則として防護し、内部被曝では吸入、経口摂取、経皮侵入の3つを防護することが重要である。

(2) 部分被曝と全身被曝

部分被曝（局所被曝）とは、身体の一部が被曝することであり、全身被曝とは全身あるいは身体の広い部分が被曝することである。被曝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 被曝した場合には、皮膚紅斑などが生じるが回復する。しかし、10Gy 全身被曝した場合には死亡する。

これは、部分被曝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、全身被曝の場合は受けた線量に応じて放射線感受性（表 8-2 参照）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。

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ものと考えられている。

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 |

● 妊娠中の被曝と胎児への影響

成体において細胞非再生系に属するものでも、発生途上では細胞分裂をしているから、胎児期の組織は高感受性である（表 8-3 参照）。

表 8-3 胎児の放射線影響

| 胎児期の区分 | 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 8 日～8 週 | 奇形 | 0.15 |
| 胎児期 | 受精 8 週～25 週 | 精神発達遅滞 | 0.2～0.4 |
| | 受精 8 週～40 週 | 発育遅延 | 0.5～1.0 |
| 全期間 | | 発癌と遺伝的影響 | |

(3) 急性被曝と慢性被曝

急性被曝とは短時間の被曝であり、慢性被曝とは長時間にわたる被曝である。

人体が一時に大量の放射線を被曝する（急性被曝）とその線量と障害との関係は、図 8-3 のとおりである。同じ線量を照射された場合でも、急性被曝と慢性被曝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るためで、放射線防護の分野において

吸収線量率（放射線が単位時間当たりに組織に与えるエネルギー量:Gy）が毎時0.1Gy以下の低線量率被曝では障害が現れることなく回復するとされている。

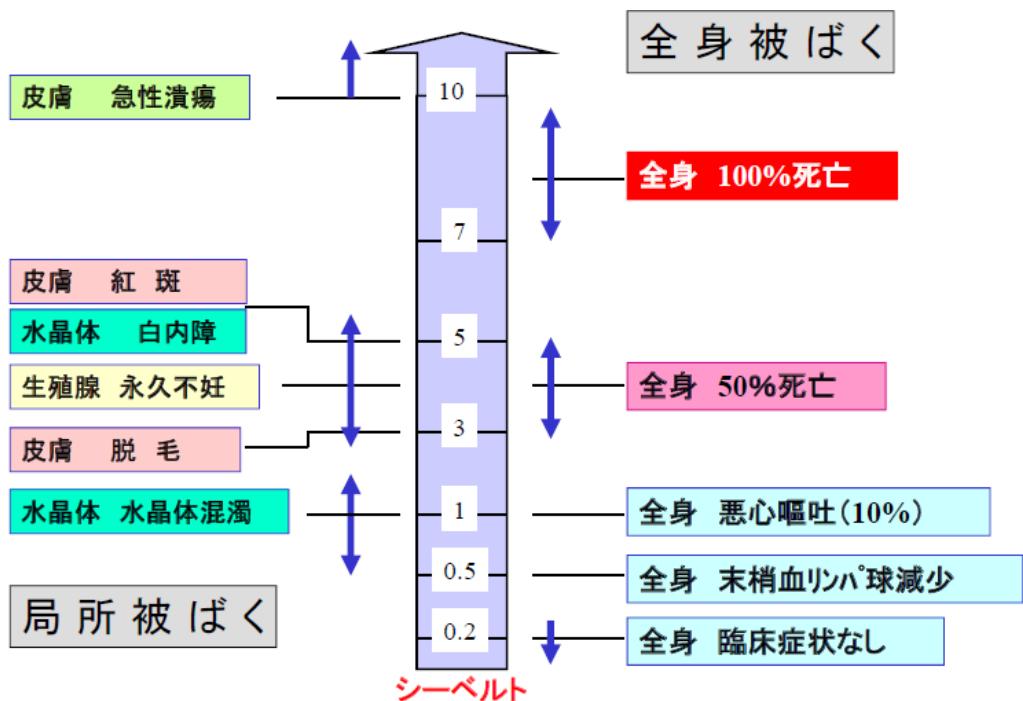


図8-3 被曝線量とそれによる障害の関係

(<https://www.city.kamakura.kanagawa.jp/sougoubousai>)

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曝した線量に関係し、放射線の影響が現れる閑小線量をしきい値といふ。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、非確率的影響(確定的影響または決定論的影響と呼ぶこともある)の2つに区分している(表8-4、図8-4参照)。放射線業務従事者の被曝線量限度は、非確率的影響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8-4 放射線防護の観点からの放射線影響の分類

| 種類 | 放射線防護目標 | しきい線量 | 線量増加による変化 | 例示 |
|---------------|----------------|-------|-----------|-----------------------|
| 確率的影響 | 発生を容認できるレベルに制限 | 存在しない | 発生確率(頻度) | 発癌 遺伝的影響 |
| 非確率的影響(確定的影響) | 発生を防止 | 存在する | 重症度 | 白内障 皮膚の紅斑 脱毛、不妊 |

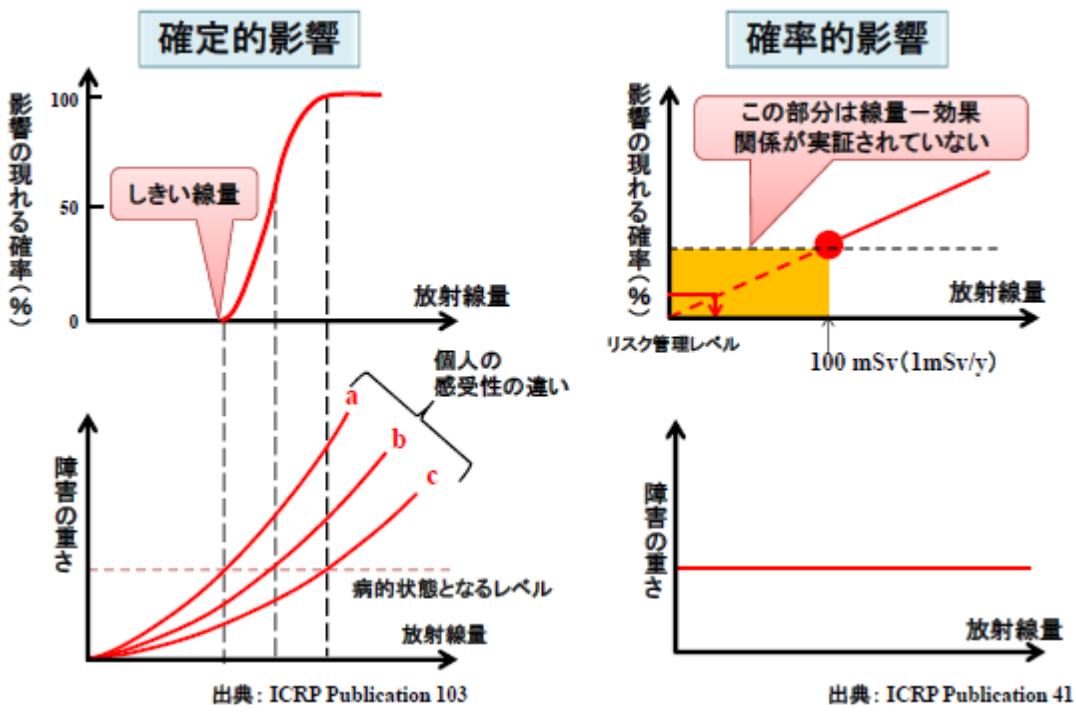


図 8-4 被曝線量と確定的影響（頻度）、確率的影響及び重篤度の関係

（国際放射線防護委員会 ICRP 勧告より）

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であり、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）、ベータ線は低 LET 放射線、中性子線、アルファ線、陽子線、重粒子線は高 LET 放射線とされている。

2節 放射線と RI、放射線発生装置

1. 放射線

法律で規制されている放射線とは、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持つもので、次に掲げるものとされている。

- ✓ 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
- ✓ 中性子線
- ✓ 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。)
- ✓ 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して放射線防護の措置等が必要である。
以下に代表的な放射線と物質との相互作用を簡単に説明する。

(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气中で数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、外部被曝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气中より短く数十 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クーロンカ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方法が適当である。

(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、鉛等を用いる方法が適当である。

(4) 中性子線

中性子は電気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、これまでに述べたアルファ線やベータ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、①弾性散乱、②非弾性散乱、③荷電粒子放出反応、④捕獲反応、⑤原子核分裂などがある。このうち、①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。

上記②③④⑤等の相互作用では、相手の原子核が陽子やガンマ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)

法律で規制されている R I 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であって、放射線を放出する同位元素の数量及び濃度が、その種類ごとに文部科学大臣が定める数量(表 8-5、以下「下限数量」という)及び濃度を超えるものをいう。

(1) 密封されたもの(密封 R I)

放射線を放出する同位元素を密封した物 1 個に含まれている放射線を放出する同位元素の数量及び濃度について、下限数量及び濃度を超えるもの。

(2) 密封されていないもの(非密封 R I)

事業所に存する放射線を放出する同位元素の数量及び容器 1 個に入っている放射線を放出する同位元素の濃度について、下限数量及び濃度を超えるもの。

※放射線を放出する同位元素の種類が 2 種類以上の場合 その種類ごとの数量及び濃度の下限数量及び濃度に対する割合の合計が 1 を超えるもの。

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 | | |
| ³ H | | 1 × 10 ⁹ | 1 × 10 ⁶ |
| ⁷ Be | | 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 |

3. 放射線発生装置

法律で規制されている放射線発生装置は、次に掲げる装置（その表面から 10cm 離れた位置における最大線量当量率が、1 センチメートル線量当量率について 600 ナノシーベルト毎時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) その他文部科学大臣が指定するもの

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、R I が単位時間に崩壊する原子数をさすものであって、その単位はベクレル (Bq) 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“R I”や“放射線”そのものを直接指示するものではない。新聞等で「原子力発電所からの放射能漏れ」といった表現があるが、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、旧単位ではキュリー (Ci) が用いられていた。1Ci=37GBq である。

(2) 線量

物質 1 kg 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收線量といい、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を算出する。単位はシーベルト SV である。

(3) 電子ボルト

法令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1V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。

3節 RI の安全な取扱いと利用手続き

1. 安全な取扱い

RI 及び放射線発生装置を安全に取扱うために、本学では RI センターが放射線取扱者教育訓練用テキストを発行しており、手引書として活用すること。

また、RI 及び放射線発生装置を使用するためには、放射線業務従事者登録、健康診断、教育訓練が必要である。使用においては、線源の厳重な管理と受入れ及び払出し・使用・保管・運搬・廃棄等の記録が義務づけられており、兆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、作業中の空間線量計測などを行なうことが、汚染・被曝の防止において重要である。

2. 利用手続き

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な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安全衛生委員会の審議に基づいて学長が行い、登録後は、毎月被曝線量測定（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 RI センターに提出すること。放射線取扱主任者の許可なく財団法人日本アイソトープ協会等から RI を購入する事はできない。また、RI

を受入れた場合には、R I センターで確認後申込者に通知し、記録簿を受取った後に使用すること。

R I は容器の中身を使い切ったあるいは、放射能がほぼ減衰したと推定できる場合でも、法律上は保有状態であるため廃棄手続きが完了するまで記帳・記録の義務がある。

4. 教育・訓練

R I 及び放射線発生装置を安全に取扱うために、法律で毎年度放射線障害防止のための教育・訓練を受けなければならない。

5. 放射線使用施設内の注意事項

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、次のことに注意が必要である。

- (1) 見学及び修繕等を行う場合は、放射線管理者の許可を得て、放射線業務従事者の案内のもとに行うこと。
- (2) 放射線使用施設内に掲示してある注意事項について、説明を受けた後に見学等を行うこと。
- (3) 管理区域内での飲食、喫煙や化粧をしないこと。
- (4) 不要な物品を持込まないこと。特に携帯電話は個人線量計の誤作動を招く恐れがあるので、電源を切ること。
- (5) 前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。管理区域内での被曝線量を計測するための個人線量計は、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) 管理区域内から持出す物品は表面汚染密度を測定し、汚染のないことを確認すること。
- (7) 退室の前には必ず手足衣服の汚染検査を行い、汚染が見つかったときは適切な除染を行なうこと。

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、ガスフローカウンタが一般的である。

また、汚染箇所のR Iを同定するなどの目的には、Na I(Tl)検出器やGe検出器が用いられる。

7. 放射線の防護

放射線の防護の基本は、以下である。

- ✓ 実験計画を立て、十分な予備実験(コールド実験)をする。
- ✓ 外部被曝を防止する。
- ✓ 内部被曝を防止する。
- ✓ 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。

このうち、外部被曝と内部被曝の防止について以下に説明する。

(1) 外部被曝防止

放射線の外部被曝防止には、遮蔽、距離、時間の3原則がある。

原則1：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、できるだけ被曝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を放出するため、金属板での遮蔽が必要となる。放射線の種類による遮蔽防護の例を図8-5に示す。

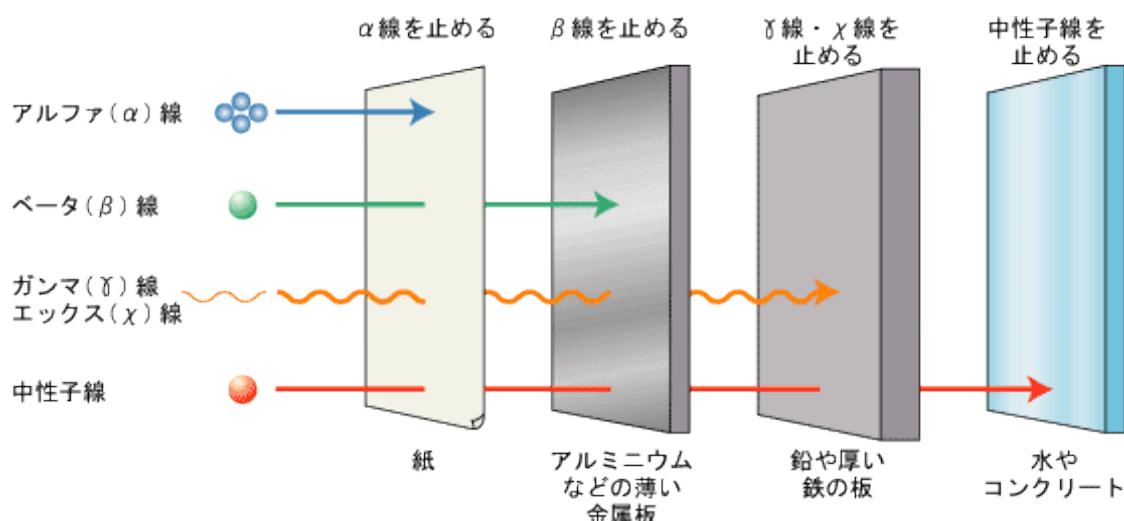


図8-5 放射線の遮蔽防護の例

(<http://knowd2.com/drupal-rotate/files/my-images/2011.4.4.radiation/shield.gif>)

原則2：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、線源からの距離が増すにつれて、急激に減少する。必要な場合はできるだけ柄の長い道具やピンセットなどで距離をとって取扱うことが有効である。

原則3：時間による防護

被曝線量は被曝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、作業時間短縮を図ること。

(2) 内部被曝防止

内部被曝を防ぐには、経口、経気道、経皮膚の3つの経路に注意する。放射比同位元素の化学的、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、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。

9章. エックス線の取扱い（非該当）

10章. 野外実験・教育実習・介護等体験の安全

1節 心構え

本学学生の学外実習での活動範囲は、海洋・海岸・河川・湖沼・平野・山野などのあらゆる地域・環境に及ぶ。また、場合によっては危険地帯での活動も範囲内となる可能性があることも考慮する。そのため、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、実習などで学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。担当教員は基本的には必ず同行をすること。もし教員が同行できない場合には、学生は事前に計画及び連絡方法などについて教員と検討を行い、お互いに内容を合意してから出かけること。

万一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、関係機関へ直ちに連絡すること。

現地では細心の注意を払い、計画実行して成果を得ることに固執せず、安全第一で行動すること。単独行動は慎むこと。

2節 準備

1. 計画と情報収集

計画立案の際には、必ず複数人での行動を考え、移動や活動に無理がないように時間には余裕をもたせる配慮で設定をすること。また事前にできる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ももちろんのこと（地図、天気図の見方を知る必要がある）、天候が良好でも地盤災害や水害などが発生する可能性もあるので、地滑りや河川増水の有無、波浪や潮位の状況などについても情報収集を集め、担当教員の意見も取り込んで総合的に判断をすること。状況が悪いと予測できる場合は無理をせずに計画は延期すること。また、立ち入りが制限されている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に連絡をとり調査実施の許可を得ることも計画の内である。

決定した当日の行程および準備などについては、参加者に対して十分な説明と指導をすること。

2. 緊急連絡手段の確認、応急処置法の訓練

緊急時の連絡方法を複数種類準備してそれらが使えることを事前に確認し、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。

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」をよく読み、必要に応じて事前に練習することが望ましい。また現地から最寄りの消防・救急及び医療機関の位置を把握しておくことも必要である。

3. 服装及び装備

(1) 服装

現地では長袖・長ズボン、手袋、長靴など、ファッショニ性より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の優れたものを着用する。

(2) 装備

- ① 野外での作業は、通常の環境と異なるために不測のトラブルに遭遇する場合が多い。それを最小限に止めるためにも、事前に現地で使用する機器のメンテナンス等を施し、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。
- ② 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。
- ③ 野外での作業はすり傷などの負傷の可能性が高いので、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・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も用意しておくこと。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。
- ④ 安全を確認できる飲料水を確保できない地域へ出かける場合には、十分な量の飲料水を用意する必要がある。携帯食も用意する方が良い場合もある。
- ⑤ 通信手段として携帯電話参加者全員に必携である。携帯電話は長時間使用する可能性もあるので、外部バッテリーパックなども準備すること。また複数の通信手段確保としては、免許不要の特定小電力トランシーバや免許が必要なマチュア無線機あるいは衛生通信用携帯電話なども考慮することが有効である。



安全優先

4. 事前届け出

大学への届け出や関係機関への事前連絡は、担当教員が行う。学生は、どういう書類や届出が必要なのかを担当教員から知らせてもらい、必要な場合には担当教員と共に書類を作成すること。提出が必要な書類の例は以下である。

1. 野外実験・実習等実施計画書
2. 学生の学外指導実施届
3. 出張許可申請書
4. 立ち入り規制区域への立ち入り許可証（関係機関への申請）

5. 傷害（旅行）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必要である。

福山大学では、入学時に学生全員が『学生教育研究災害傷害保険（学研災）』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、現地での傷害及び乗用車などでの移動中の事故傷害を含む。ただし、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。また他人に障害を与えること、第三者財物損壊時に適用する保険『学研災付帯賠償責任保険（学研倍）』にも加入すること。

3節 現地

1. 現地での注意事項

現地では、計画行程の完全実行による成果獲得に固執せずに、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) 身分証明書や立入許可証などの携行
 - ① 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。
 - ② 事前に取得した通行許可証や立入許可証などがある場合は、それも携行する。
- (3) 健康管理
 - ① 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。
 - ② 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はなく、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

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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) 付近の看板

付近に「地すべり危険地帯」「高潮注意」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、調査では考慮しておくこと。

(6) 天候

- ① 最近はゲリラ豪雨など天候が予想を越えて急変する。
- ② 天候が悪化した場合は無理をせずに作業を中止し撤退をすること。
- ③ 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、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。



(7) 危険地帯での調査・作業

- ① 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、工事現場などの調査は極力回避すること。
- ② や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。
- ③ 落石・崩壊・転落の恐れがある危険な場所ではヘルメットを着用し、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、団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な注意が必要である。
- ④ 水中、地中などの特殊状況下での作業は、必ず経験者と共にを行うこと。



(8) 社会性の遵守

- ① 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。
- ② 市街地や人混みでは、他人に迷惑をかけないように注意すること。
- ③ 自然破壊・物的損傷につながるような行動は犯罪であり、厳禁である。

④ 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、やはり厳禁である。

(9) 自然環境の保全

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 鳥獣を捕獲するのに狩猟免許*7)が必要な場合がある他、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。
- ④ 免許状・許可証がある場合は必ず携行すること。
- ⑤ 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. 不測の事態に備えて

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、遭難者が出了場合には『(4) 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と。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

『(4) 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。必要な場合は、近くの病院などへ搬送をする。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。

(2) 遭難

- ① 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。

② 仲間の場合：『(4) 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『(4) …』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

① 自分の場合：むやみに流れに逆わらずに*1)、速やかに陸上へ上ること。濡れた衣類を着用したままにな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しか手段がない。

② 仲間の場合：むやみに近づくことはしないで*2)、ロープや物を投げて事故者を確保するよう試行する。無理であれば『(4) 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、『(4) …』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。

(4) 地盤崩壊・家屋崩壊など

① 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。

② 仲間の場合：むやみに近づくことはしないで、『(4) 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、『(4) …』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。

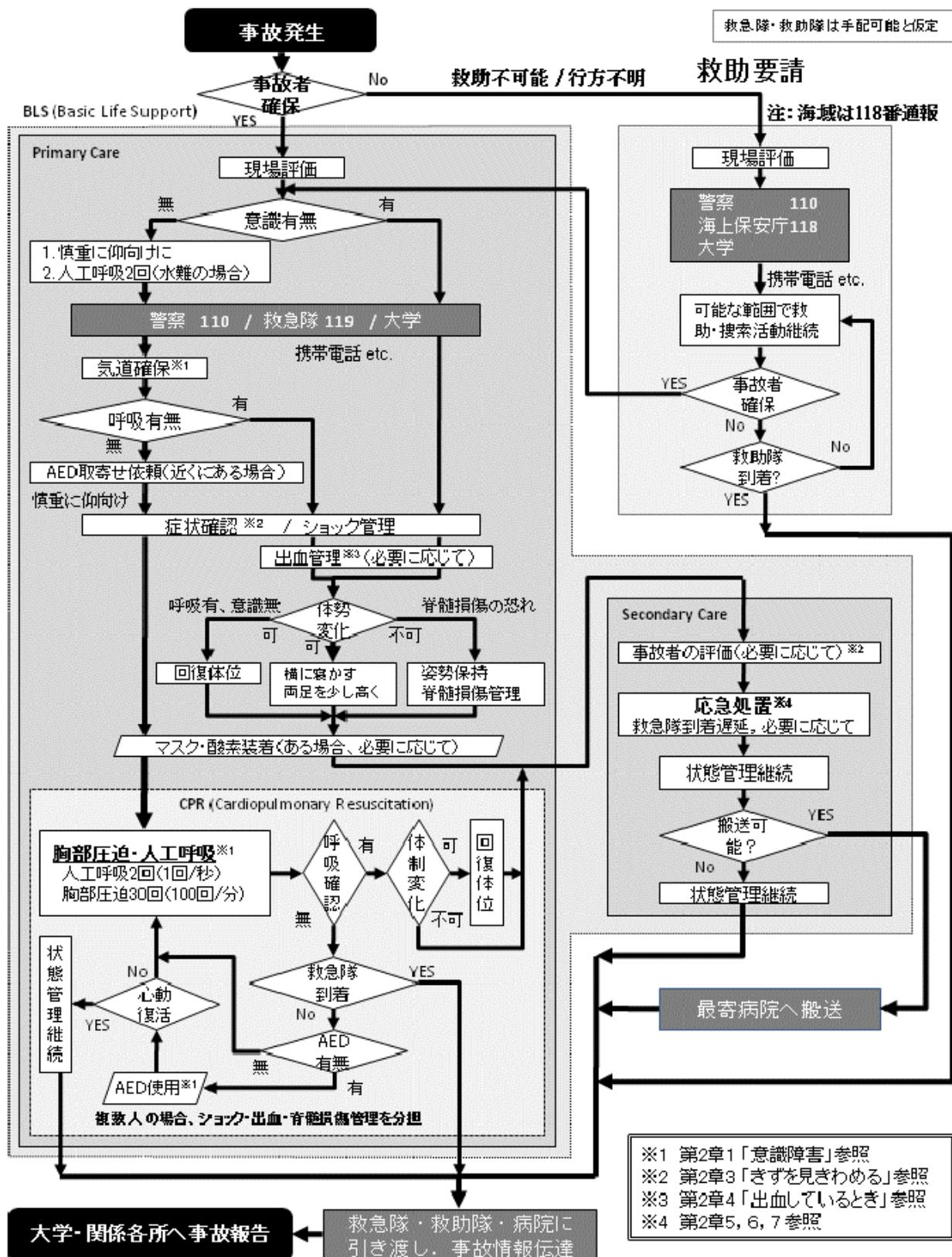
*1) 河川の流速は、通常、歩行速度（時速約4キロメートル）程度であるが、それでも流れに逆らえない速さである。また、海岸付近では、離岸流などの急流（最大で時速8キロメートル程度）が発生する場合がある。

*2) 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。

(5) 地盤崩壊・家屋崩壊など

事故が発生した場合には次ページのフローのとおりに対応をすること。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。



4節 終了後

野外調査から戻り次第、活動が終了した旨を関係者へ報告する。また活動の記録を残し、次回以降の活動の知識として参考になるようにする。

(1) 終了報告

野外活動から戻り次第、活動概要など必要な事項を含めて活動が終了した旨を担当教員や学部責任者へ報告する。

(2) 活動記録

当日の記録、注意点、反省点などを文書にして事前に作成した計画と共に資料として残すことが望ましい。活動内容や注意点などは次回以降の活動において知識として役立つことから、特に反省点や改善点などは良く検討して資料化すること。

11章. 防災（地震、火災）

1節 地震対策

1. 常日頃の心構え

(1) 一般的な心得

① 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管理課に確認すること。固定されていないものは、すべて動き出すと考えてよい。

✓ 金庫類：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。

✓ 吊り下げであるもの：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。

② 避難通路を確保するため、廊下、非常口、非常階段などには物を置いてはならない。また、防火扉にものをはさんで固定したり、扉の前にものを置くことは、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。

③ 火災の発生に平素から注意する。

④ 各部屋において、懐中電灯を常備する。

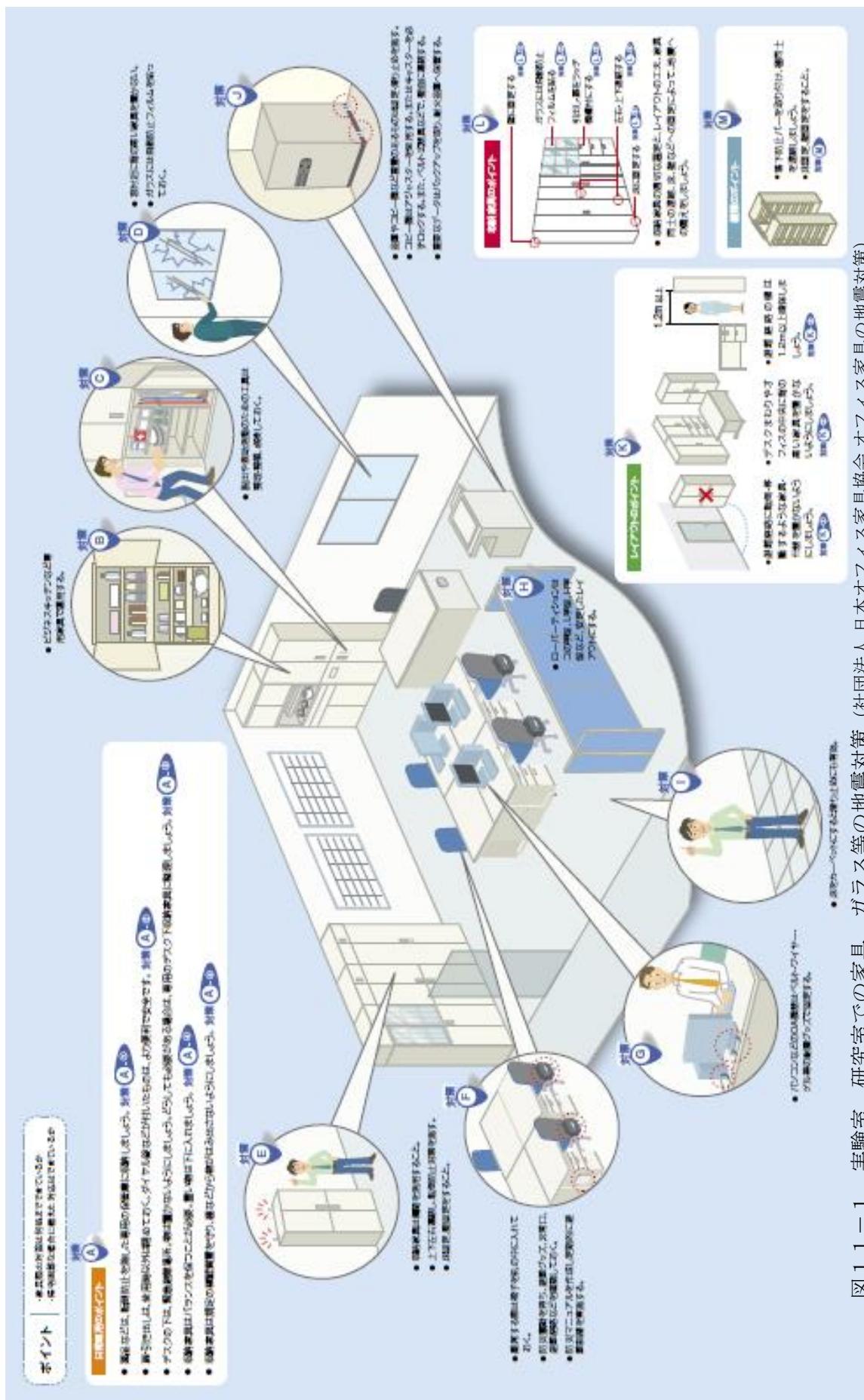
(2) 実験室、研究室で

① コンピュータ及び装置類の地震対策 丈夫の高いもの、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。

② ボンベの安全対策 地震の際、ボンベの転倒によるガスの漏出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。）

③ ロッカー等家具、ガラスの地震対策

図11-1及び図11-2を参考にして適切な対策を講じること。



- コンクリート壁以外の壁固定は床固定と併用することが望ましい

[オフィス家具の床・壁・天井への開発による貢献一覧表]

以下60の一概要はあくまでも日安です。既往工事の実績には専門家にて相談ください。

家具固定力の考え方

卷之三十一

某の子供たちの頃から、本-界の問題は、何時もおもむき合ひ、子供の頃から、本-界の問題は、何時もおもむき合ひ、

卷之三

卷之三

[19] 日本音楽学会「1985年」

KH: 滴定度
KH: 滴定度
W: 未校正浓度 (mg/L)
n: 未校正浓度 (mg/L)
Lc: 未校正浓度 (mg/L)
F: 未校正浓度 (mg/L)
E: 未校正浓度 (mg/L)
S: 未校正浓度 (mg/L)
c: 未校正浓度 (mg/L)

実験室、研究室での家具固定方法評価 (社団法人日本家具協会オフィス家具の地震対策)

四二

(3) 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触による発火が起り、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 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. 地震発生

(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とも、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となしに、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

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、ポンベを閉めるなど、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、そこに留まる方がよい。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るので、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. 地震の後の処置

(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、平成28年3月に発生した熊本大地震のように本震と余震の区別が明確でなく本震が後になる場合もある。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

本学では幸い、これまで震災の経験がないが、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) 部屋内の処置

被災後の各部屋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。

- ① 火災発生の恐れのあるものは、適切に処置が必要である。
- ② 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。
- ③ 転倒などの恐れのあるもの、特に破損したものの処理は適切に行う必要がある。
- ④ 被災した装置や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、設備の点検

建築物の被害について点検を各自近辺のもので行い、異常を認めた場合は、施設課に連絡する。特に破損のために落下や崩壊する恐れがあると判断されるものは大小にかかわらず通報する。また、被災現場の写真を撮り証拠書類として保存する。

建物に付帯した配管、配線なども、できる限り点検し連絡する。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と末端まで供給されないことも考えられる。

2節 地震火災の対策

1. 地震による出火例

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、電気機器、配線等からの出火の割合が多い。また、化学薬品からの出火、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への着火にも十分注意する必要がある。

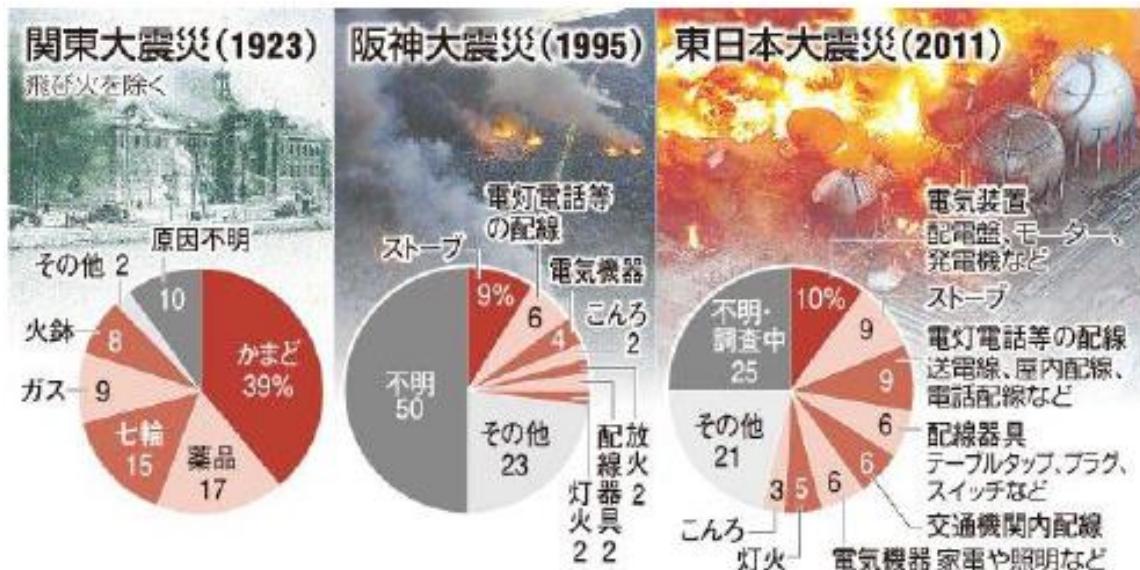


図 11-1 日本の主な地震による出火原因

<http://www.asahi.com/special/saigaishi/jishinkasai>

2. 平常からの地震火災対策

(1) 地震発生を想定した平常時の準備

- ① 消火器と消火法
- ② 情報システムと訓練
- ③ 応急措置用備品
- ④ 漏えい対策（薬品、ガス）
- ⑤ 避難対策

(2) 薬品棚の安全対策

- ① 戸棚が倒れないこと。

- ② 薬品容器が転落しないこと。
- ③ 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) 化学薬品や油脂類の管理

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すること。

- ① 薬品の保管実態の把握
- ② 薬品の危険性評価
- ③ 薬品の適性保管配置
- ④ 油類の適性保管配置

(4) 避難路

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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

- (1) 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。
- (2) 万一の火災発生時には、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。
- (3) 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。
- (4) 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。
- (5) 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。

3節 防火と消火

1. 火災予防

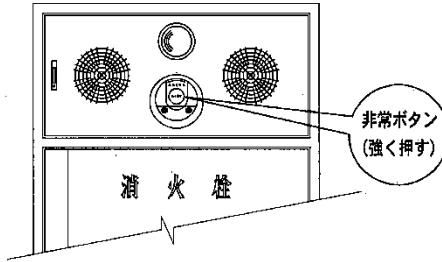
火災は、ひとたび発生すると人身事故及び建物や設備に多大な損害をもたらすこととなるので、平素から十分注意する必要がある。

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。

- (1) 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。
- (2) 火気使用後は、火気を完全に処理し、安全確認をすること。
- (3) 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。
- (4) 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。
- (5) 喫煙は所定の場所で行い、吸いがら、マッチ等は吸いがら入れ以外には捨てないこと。
- (6) 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。
- (7) 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。
- (8) 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. 火災が発生

- (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」と連呼して近くにいる人達に知らせる。
- (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、1号館防災センター（守衛室）（2220、2230）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したときは、速やかに安全な場所に避難する。
- (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、閉まっていても軽く押すか引くかによって開けることができるので、落ちついて行動すること。

4節 防火設備、警報設備

1. 火災報知器

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付けられており、防災センターの受信機により常時監視している。日頃から受信機の位置や表示内容を確認しておくとよい。

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（一部部屋内）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あり、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、ほうきではくように放射する

3. 屋内消火設備

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）

屋内消火設備の使用方法

- 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. 屋外消火設備

本学の1、7号館には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必ず3人以上で使用し、下記を熟知の上操作する。

屋外消火設備の使用方法

- 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. ハロゲン化消火設備

精密電子機器を設置している部屋には、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. 非常用放送設備

建物の収容定員により非常放送設備が設置されている。放送用アンプは、自動火災報知器が設置されている部屋で、それぞれのエリアに放送できるようになっている。

7. 防火扉

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、各学部事務室の制御盤（火災報知用との複合型受信機）と防災センターの受信機に表示灯とブザーで知られるようになっている。

8. エレベータの運転

(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。

12章. 作業環境

1節 作業環境と事故

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を用いて説明する。この図は、ハインリッヒの5つの駒と呼ばれており、以下のようない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ものの不安全の結果起こる。
- (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。

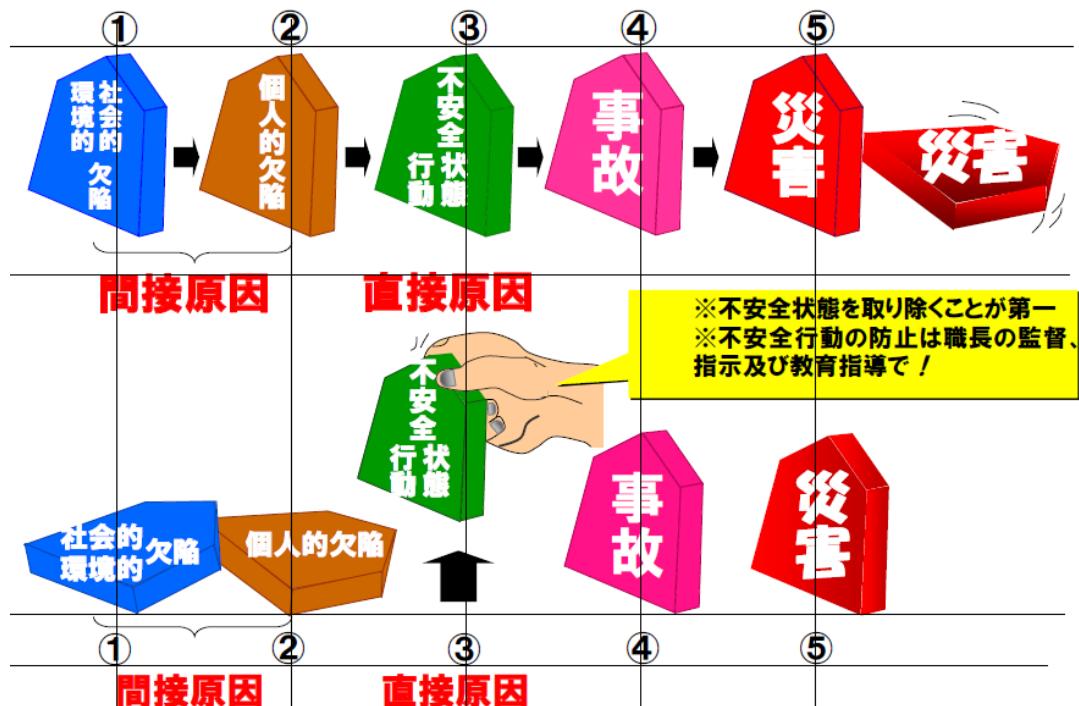


図12-1 ハインリッヒの5つの駒

<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzenproject/member/konan-crane/images/1b.pdf>

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。

一般的には図に示したとおり直接原因である第3の駒を取り除くことを第一優先に考えるが、ここでは第1の駒が倒れないようにする作業環境の適切な設定を、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. 溫熱条件によるもの | 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、電離放射性障害 |
| | 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・蒸気及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） |

2節 溫度、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ったり、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°C～24°C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。

$$\text{不快指数} = 0.81 \times \text{気温} (\text{°C}) + 0.01 \times \text{湿度} \times (0.99 \times \text{気温} (\text{°C}) - 14.3) + 46.3$$

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

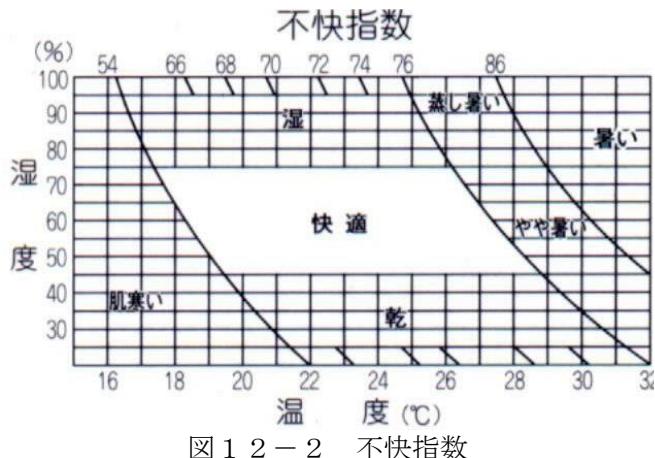


図12-2 不快指数

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、局所排気装置又はブ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。

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 事務所の環境管理（労働安全衛生法 事務所衛生基準規則抜粋）

| 項目 | | | 基準 |
|-------------|-----------|----------|--|
| 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） |
| 空 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°C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°C以内とすること） |
| 氣 環 環境 | 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 | 17°C以上 28°C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 |

4節 採光、照明

作業場の採光、照明は快適性や作業能率に影響を与える。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被害を生じることもあり得る。例えば、努力をしなければ見えない条件下では、視機能に負担を与え間違いが増加し生産性低下をきたす他、眼を作業台に近づけて粉じんやガスを吸い込み、健康被害を起こすことになる。

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種類があるので作業の種類や方法に合わせて選択する必要がある。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（Z9110-1979）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) 光源が動搖しないこと。
- (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 所要照度（JIS Z9110-1979「照度基準」付表2 工場）

| 照度lx | 場所 | 作業 |
|------|-----------------------------------|--|
| 3000 | — | — |
| 2000 | ○制御室などの計器盤及び制御盤 | 精密機械、電子部品の製造、印刷工場での極めて細かい操作業、例えば、○組立a、○検査a、○試験a、○選別a、○設計、○製図 |
| 1500 | — | — |
| 1000 | 設計室、製図室 | 機械工場での選別、検査、印刷工場での植字、校正、化学工場での分析など細かい操作業、例えば、○組立b、○検査b、○試験b、○選別b |
| 750 | — | — |
| 500 | 制御室 | 一般の製造工程などでの普通の操作業、例えば、○組立a、○検査a、○試験a、○選別a、○包装a、○倉庫内の事務 |
| 300 | — | — |
| 200 | 電気室、空調機械室 | 粗な操作業、例えば、○限定された作業、○包装b、○荷造a |
| 150 | — | — |
| 100 | 出入口、廊下、通路 階段、洗面所、便所 作業を伴う倉庫 | ごく粗な操作業、例えば、○限定された作業、○包装a、○荷造b、c |
| 75 | — | — |
| 50 | 屋内非常階段、倉庫 屋外動力設備 | ○荷積み、荷降ろし、荷の移動などの作業 |
| 30 | — | — |
| 20 | 屋外（通路、構内警備用） | — |
| 10 | — | — |

注) ○印の作業の場所は、局部照明によって、この照度を得てもよい。

- (1)表中のaは細かいもの、暗色のもの、対比の弱いもの、特に高価なもの、衛生に關係ある場合、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。
- (2)表中のbは(1)と(3)の中間のものを表す。
- (3)表中のcは粗いもの、明色のもの、対比の強いもの、がんじょうなもの、さほど高価でないものを表す。危険作業のときは、2倍の照度とする。

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が多く、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、伝ば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に示す。

表12-4 騒音レベルとその場の感じ

| 騒音レベル | dB | 音の大きさの目安 |
|---------|-----|--------------------------------|
| 極めてうるさい | 140 | ジェットエンジンの近く |
| | 130 | ※肉体的な苦痛を感じる限界 |
| | 120 | 飛行機のプロペラエンジンの直前・近くの雷鳴 |
| | 110 | ヘリコプターの近く・自動車のクラクションの直前 |
| | 100 | 電車が通る時のガード下・自動車のクラクション |
| | 90 | 大声・犬の鳴き声・大声による独唱・騒々しい工場内 |
| | 80 | 地下鉄の車内（窓を開けたとき）・ピアノの音 ※聴力障害の限界 |
| うるさい | 70 | 掃除機・騒々しい街頭・キータイプの音 |
| | 60 | 普通の会話・チャイム・時速40キロで走る自動車の内部 |
| 普通 | 50 | エアコンの室外機・静かな事務所 |
| | 40 | 静かな住宅地・深夜の市内・図書館 |
| 静か | 30 | ささやき声・深夜の郊外 |
| | 20 | ささやき・木の葉のふれあう音 |

日本建築学会編 / 建築物の遮音性能基準と設計指針を参考に作成

1

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程度の周波数で発生し、手で保持しなければならないチーンソー、さく岩機などの工具を長期間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。振動感覚を図12-3に示す。

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) 振動の伝ば経路の遮断
- (3) 緩衝物の使用
- (4) 共振点の変更

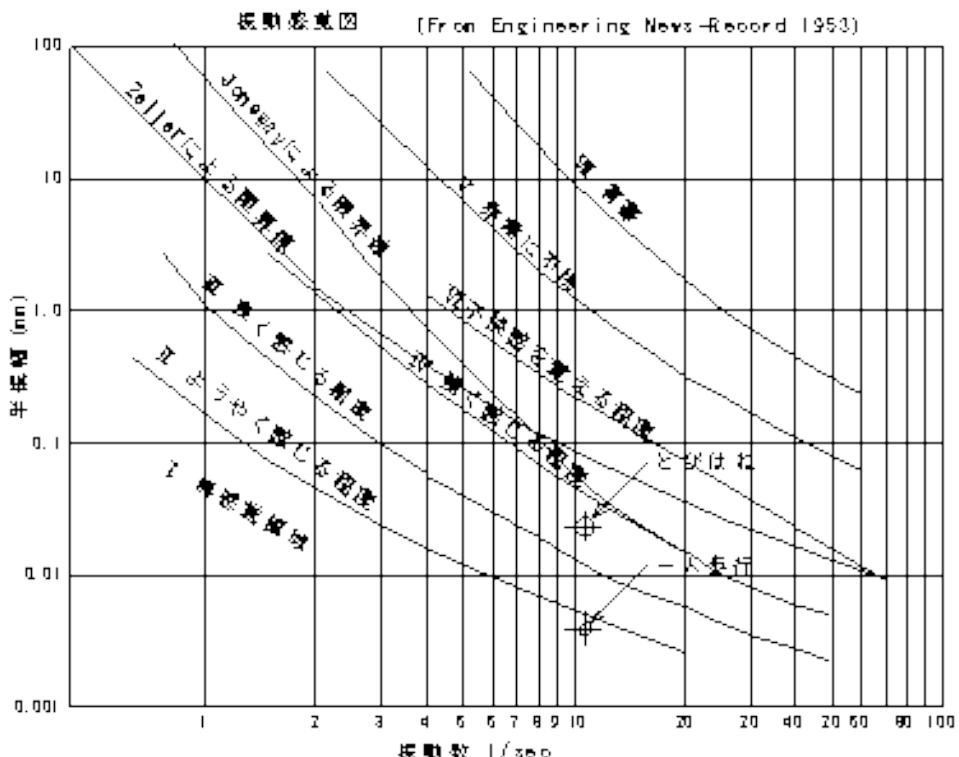


図12-3 振動感覚の5区分域 (合成スラブ工業会 技術資料)

6節 VDT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。

(1) VDT障害—VDT症候群

自覚症状として、眼の疲れ・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、DT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 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。)

<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、首、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VDT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。時間を定めないで、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）はれつきとした病気であるが、最近はVDT症候群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) セルフチェック

下記に示すサイトでセルフチェックしてみることを薦める。

http://www.jniosh.go.jp/results/2007/0621_2/checkpoint_jp/index.html

(4) 参考URL

厚生労働省新しい「VDT作業における労働衛生管理のためのガイドライン」の策定について

<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/04/h0405-4.html>

参天製薬 VDT症候群

<http://www.santen.co.jp/health/vdt.shtml>

13章 体育・スポーツ活動の安全

1節 心構え

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、その結果にもま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では、全員に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る必要がある。

2節 屋内体育施設とトレーニングルーム

本学は屋内体育施設として体育館、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ること。

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、バドミントンコート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、実践空手道部等武道系のクラブ活動が主に行われる。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と言っても良い。

武道系クラブに参加する学生は、相手への配慮の気持ちそしてルールの尊守を肝に銘じて活動に励んでほしい。

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 |

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、ウェイトマシン、フリーウェ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はずである。

しかし機械的に運動負荷をかけたり、ウェ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は 2 名以上が原則である。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は必須である。次に、各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。

ウェイトマシン、フリーウェイト（ダンベル、バーベル）によるトレーニングは、適正なウェ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が、最低でも10回以上続けて持ち上げることのできるウェイトから初めることを奨める。またフリーウェイト（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すること。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ること。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イトの位置：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。

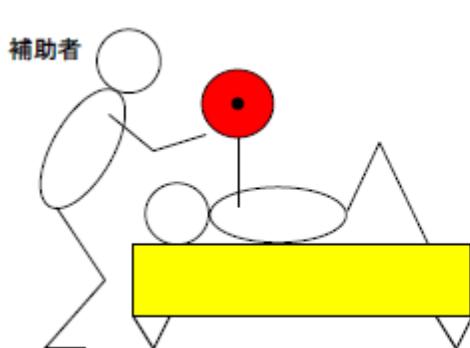


図13-1 補助者の位置（1名の場合）

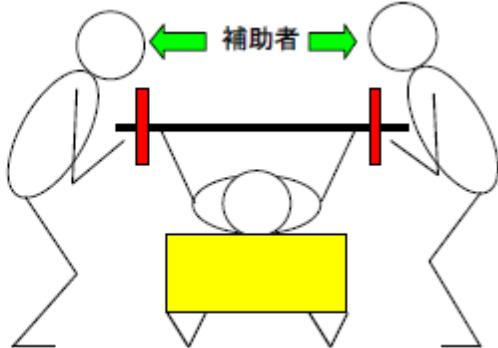


図13-2 補助者の位置（2名の場合）

3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、テニスコート、弓道場、グラウンド（整備中）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。

屋外体育施設の使用の最盛期は6月から10月にかけてとなる。この間、特に7月8月は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13-3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°C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①高温（29°C以上）多湿（90%異常）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。

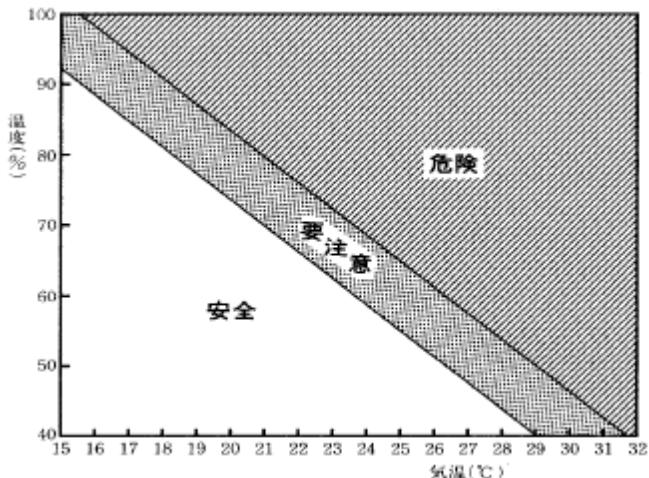


図 13-3 気温・湿度と熱中症の危険性の関係
(野間口英敏著 スポーツ事故と安全対策 ベースボールマガジン社より)

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、保健室（内 6319）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/tabcid/523/Default.aspx>）を参照のこと。

屋外体育施設に特有の問題として、落雷事故がある。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こっている。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もある。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、並びに雷とスポーツ（社団法人静岡市静岡医師会：<http://www.shizuoka.shizuoka.med.or.jp/medical/sports/no17.html>）等を参照のこと。

4節 プール

本学構内には、プールはないが学外のプールを使う活動がある。図13-4に水泳授業中の事故の内容を示す。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。

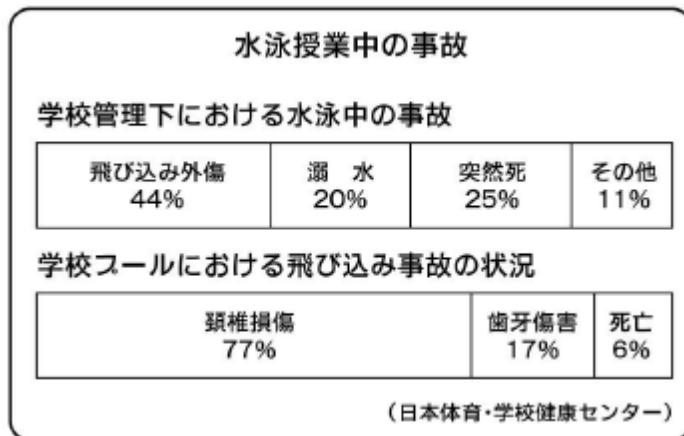


図13-4 水泳授業中の事故
(浜田 建司：危険だからこそ指導しよう。セキュリティスポーツライフ Vol.6.より)

以前、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。プールでは、監視員はいるため基本的には発見が遅れるということはない。しかし、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るべきである。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が報告されている。プールで泳ぐ学生は自身の若さ・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こと。さらに、泳いでいる最中に体調が悪くなったときはすみ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近隣の医療機関や本学の保健管理センター（内6319）に連絡する。

これらも「自己責任」である。自分自身の体調は、自分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奨める。

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。一般学生は飛び込み台を使うか使わな

いかに係わらず、飛び込みは絶対に行わないこと。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飛び込みを行わせること。

最後に、衛生面からの留意点を説明する。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。どこのプールでも、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衛生面で万全を期しているのが普通である。

しかし、多量の髪の毛等が浮遊すると循環装置に影響を与える。そこで水泳時にはスイミングキャップを必ず着用する。また常識ではあるが衛生面も考慮して、水泳の前後にはシャワーの使用を必ず行うこと。

14章 実験等における事故防止

実験・実習の際には、教職員の指示に従い、事故防止に努めること。

他大学の例であるが下表のような事故が実際に起こっており、これらを対岸の火事として関係ないと済ませるのではなく、他山の石として自分たちを改善する参考にすること。

| 番号 | 事故 | 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づくが跳ね、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開めず、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瓶の破裂 | 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はさまれた | 半円柱の金属材料を、帶のこ切断機を用いて切断するため、帶のこ切断機の台にバイスで固定しようとした際に、材料を押させ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。 |
| 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。 |

これらの事故について詳しい情報を次ページから示す。

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。

1. いつ

学生化学実験中（平日 午後 4 時 40 分）

2. どこで

化学実験室

3. どのような事故

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（8 mol/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なっていたところ、溶液がこぼれ、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に落ちた。そのとき、ビーカー内の銅アンモニア溶液が跳ね返り、左目に入った。

4. どのように対処

すぐに大量の水で目を洗浄させ、病院に向かうまでの間、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、職員が病院へ同行し、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った。

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い当該学生は職員とともに大学に戻った。

5. 原因

化学実験では、安全対策として必ず保護メガネ着用を指導している。事故にあった学生だけ実験中に保護メガネを着用していないかったので、再三注意を行った。事故後本人に聞いたところ、事故発生時も保護メガネを着用していないかったとのことで、これが事故の主原因である。当該学生によると寝不足による注意力低下も原因と推定できる。

6. どうすれば防げる

保護メガネさえ着用していれば防げる事故である。

事故例 2 実験機器の爆発

1. いつ

大学院生の研究実験実施中（平日 午前 11 時頃）

2. どこで

研究実験エリア

3. どのような事故

大学院生が、ガラ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目的で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、蛍光管と手鏡を破碎した。約20秒後職員が到着し、大学院生が徒歩で室外に退出したのを観認した。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、電源遮断など後処理を行っている最中、大学院生が貧血で倒れ、実験装置の角に顔面を打ち付けて裂傷と出血を引き起こした。

4. どのように対処

職員が119番と事故担当部署に電話連絡し、病院へ学生を連れて行った。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. 原因

大学院生がアンモニアを可燃性ガスと認識せず、酸素と混合させ放電したため、爆発性混合気が着火・爆発した。

6. どうすれば防げる

- (1) 安全教育を理解度テストと共に実施。
- (2) 危険物、可燃性薬品、ガスおよびその組み合わせを実験室に掲示。
- (3) 新しい薬品・ガスを使った実験では実験計画を教員と相談。
- (4) 万一の圧力上昇時に安全な方向に内圧を逃がすラプチャーディスク設置。アクリル製フランジを破壊しにくい金属製フランジと交換。配管にガス種を記載。配線むき出し部分の感電防止のアクリル製カバー装着。
- (5) ハザード解析により、危険予知と制御策を実験前に検討。
- (6) 実験手順書（装置マニュアル）整備。

事故例3 工作機械による指先の切断

1. いつ

実験用具加工中（平日 午後2時頃）

2. どこで

工作室

3. どのような事故

大学院生が、銅板（厚さ1mm）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。ただし気が動転していて良く覚えていない)

4. どのように対処

本人は近くの研究室に切断された指を持参して助けを求めた。

居合させた学生 2 名がまず、119 番通報。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。指導教員は学科長に連絡し一緒に現場に向かった。その後、保健センターに連絡し、医師と保健師が駆けつけ応急処置。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、午後 6 時半頃手術終了。

5. 原因

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小さなサンプル切断に使用したことと推定。

6. どうすれば防げる

- (1) サンプルに適した工作法を検討し、危険を最小限にする。
- (2) 機械工作機器に対する教育で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」掲示する。
- (4) 工作室での緊急対応のため、工作室は 2 人以上で使用する規則とする。
- (5) 足踏み切断機のサンプルを置くスペースに指先が入らないように改造。

事故例 4 ガスボンベからのガス漏れ

1. いつ

研究実験の後 (平日 午後 1 時頃)

2. どこで

研究実験室

3. どのような事故

実験装置周辺からアンモニア (NH_3) が漏れ、研究室および隣の研究室まで悪臭がこもった。

4. どのように対処

実験装置のガスボンベ元栓を閉め、部屋の窓を開けて換気を行った。

5. 原因

2 日前の実験終了後、 NH_3 ボンベの元栓を閉めなかった (閉めるルールでなかった)。事故後調査で、当該ボンベのレギュレーターは、ボンベ元栓を閉めずに出入口 (2 次側) バルブを閉めると、2 次側圧力が上昇する不良があると判明した。実験終了後 2 次側圧力が徐々に増加し、事故発生日の午後 1 時頃時点で、上昇した圧力がレギュレーター安全弁の設定を越えて安全弁が開放になりガスが漏れた。

6. どうすれば防げる

- (1) 実験手順書を改訂し、ボンベ元栓を必ず閉めることとする。
- (2) 不良レギュレーターは処分し、新品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。このシリンダーキャビネットは内部の排気スイッチ入でガスは屋外に放出される。
- (4) NH₃用レギュレーターは、NH₃対応品使用を義務付ける。腐食等で問題を発生するため、年に1度は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。

事故例 5 配線コードからの発火

- 1. いつ
電気系計装作業中 (平日 午後 6時頃)
- 2. どこで
実験室
- 3. どのような事故
実験台で電気計装作業中、突然実験台の電圧測定器の電源ケーブルから出火した。
- 4. どのように対処
実験室備え付けの粉末消火器を用いて出火物に対して消火活動を行い、1分以内に鎮火した。
- 5. 原因
電圧測定器に接続しているコードを束ねて使用したことにより発熱し、被覆が溶け発火した
- 6. どうすれば防げる
 - (1) 初めて電気・計装作業を行う場合は、教職員の立会のもとで行う。
 - (2) 電源ケーブル接続は、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の距離に見合った適正な長さで束ねない。

事故例 6 実験機の上板による事故

- 1. いつ
実験後処理中 (平日 午前 11時頃)
- 2. どこで
建設大型実験棟
- 3. どのような事故
実験機の上板が重く手で持ち上げられないためクレーンで吊っていた。そのことを忘れ、作業を続けた時に右眉付近をぶつけ切り傷を負った。
- 4. どのように対処

切り傷部分をティッシュで押さえて圧迫止血しながら保健室に向かい応急処置を受けた後、病院で手当てを受けた。

5. 原因

実験作業に慣れたことによる注意散漫が原因。

6. どうすれば防げる

作業をすべて終えるまで集中して安全を心掛けた作業を行う。

事故例 7 ガス充てん中の事故

1. いつ

大学院生の研究実験中 (平日 午後 6 時頃)

2. どこで

実験室

3. どのような事故

試薬作製で容量 5L のガラス瓶に窒素ガスを充填した。ガラス瓶にはガス入口と出口を設けてガラス瓶内に圧力が封入しないようにした。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て左手薬指の手の甲を 2cm 程度切った。

4. どのように対処

すぐにガスボンベ元バルブを閉め、一緒に実験中の学生に後片付け依頼して、すぐに病院へ行き 4 針縫った。

5. 原因

ガス出入口面積が不足してガス圧力が上昇したと推定。

6. どうすれば防げる

ガスボンベ使用時には必ず圧力の確認を行い、ガス出入口を使用するガス量に対して十分に確保する

事故例 8 足を滑らせて転倒

1. いつ

建築工学演習中 (平日 午後 4 時頃)

2. どこで

コンクリート実験室

3. どのような事故

2 年生のテーマに合わせたカヌー作製で、担当教員立会いのもと、4 年生が 2 年生にカヌー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資材置き場に向かった際に足を滑らせて転倒し、仕切りブロックであごを裂傷した。

4. どのように対処

転倒事故を担当教員に報告し、当該2年生一人で保健室に向かい絆創膏処置で戻ってきた。念のため、当日中に病院へ行き化膿止め等処置を受けた。

5. 原因

複雑な作業や注意散漫があったわけではないが、実験室等ではささいなことで転倒し怪我を負うことがあるという例である。

6. どうすれば防げる

足元に十分注意し、急がず足場の良いところを歩く。

事故例9 ガラス製トラップ破損

1. いつ

研究実験中 (平日 午前11時頃)

2. どこで

実験室

3. どのような事故

フラスコの反応混合物から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、溶液残留の二酸化硫黄ガスが排水に混入しないようにした。作業途中でトラップ入り口側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右手小指側から手首へ長さ15cm程度の切り傷を負った。

4. どのように対処

傷口を流水で洗ってから保健室に行き、治療を受けた。傷が浅かったため、消毒と傷面保護の処置で午後からは実験を再開した。

5. 原因

トラップ中の水溶液量が多すぎたことと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たことが原因と推定。

6. どうすれば防げる

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字管とスクリューコックを用いて徐々に開放する。

事故例10 カッターの砥石の破片による切り傷

1. いつ

課題実験中 (平日 午後4時頃)

2. どこで

工作室

3. どのような事故

径 1cm、長さ 1m の鉄の丸棒を長さ 40cm にファインカッターで切断していた。切断し終わる頃に、砥石が破損し破片が飛び散り、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

止血を行いながら保健室に向かった。そこでガーゼにより止血・消毒を行い、その後病院へ向かった。異物の混入がないことをレントゲン撮影で確認して治療を受けた。

5. 原因

鉄の丸棒を固定せず、手を持って切断したため、装置の安全カバーを下ろさなかつた。不適切な使用方法が原因である。

6. どうすれば防げる

- (1) 正しい使用方法と運転中は安全カバー使用を徹底する。
- (2) 必要に応じ保護メガネを着用する。
- (3) 機械器具のメンテナンス、作業室の整理・整頓を励行させる。

事故例 11 ホットプレート加熱による引火

1. いつ

研究実験中 (休日 午後 2 時頃)

2. どこで

実習室

3. どのような事故

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、実験を開始後 5 分間異常がないことを確認して、隣室にて資料整理を行っていた。他の学生がたまたま実験室を訪れ、火炎を発見した。

4. どのように対処

発見者が近くにあった鉄製容器をかぶせたが鎮火せず、室外に設置してあった消火器を用いて鎮火した。

5. 原因

- (1) アセトンが引火する可能性は認識していたが、作業中に問題ないと判断してその場を離れ引火前の過熱状態を検知できなかった。
- (2) 作業手順とリスクについて、教員と十分な確認を行わないまま実行したこと。休日なので教員に連絡しなかった。
- (3) ハードとしてホットプレートに過熱防止装置が備わっていなかった。

6. どうすれば防げる

- (1) 湿式混合で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。
- (2) 作業終了まで、作業者が実験状況を監視する。
- (3) 休日作業では、その前日までに作業手順を作成して教員と相談し、必要な安全対策を確認の上承を受け、作業を実施する。
- (4) 可能なら加熱防止機能の付いたホットプレートを新規購入。

事故例 12 エッチング処理中のガラス薬品瓶の破裂

1. いつ
研究実験中 (平日 深夜 2 時頃)
2. どこで
化学処理室
3. どのような事故
硝酸と塩酸を混ぜたエッチング液でステンレス鋼のエッチング処理を行っていた。別々に作った濃度の異なるエッチング液廃液を一つのガラス瓶に混ぜ、ふたをしたところ、瓶が破裂しドラフトチャンバー前面ガラスが破損した。その際に飛散したガラス片により、左手親指の先にけがをした。
4. どのように対処
隣室の研究室学生に事故発生を知らせ、緊急連絡網に従って事故担当部署への通報を依頼した。事故担当部署の事故現場確認後、救急病院に行き治療を受けた。
5. 原因
濃度の異なるエッチング液使用は初めてで、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危険性を十分に認識していなかった。そのため、反応中にふたをして、ガラス瓶を破裂させた。
6. どうすれば防げる
 - (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。
 - (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、反応が安定するかを事前に十分に確認する。
 - (3) 深夜に作業では、作業手順を作成して教員と相談し、必要な安全対策を確認の上承を受け、作業を実施する。
 - (4) 研究室内の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。

事故例 13 試料と固定バイスに手をはされた

1. いつ

実験試料加工中 (平日 午後 4 時 30 分頃)

2. どこで

工作室

3. どのような事故

直径 175mm、厚さ 55mm の半円柱の金属材料を帶鋸切断機で溶解用るつぼに入る大きさに切断するため、帶鋸切断機の台にバイスにて材料を固定しようとした。その際に、材料を抑えていた左手親指をバイスと材料の間に挟んだ。

4. どのように対処

工作室担当職員に通報し止血をした。通報により保健室職員が来て、消毒とガーゼ及び包帯による応急処置を行った後、病院で治療を受けた。

5. 原因

帶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が、円弧側を下にして置いたため不安定で、材料に手を添えてしまった。

また、当該学生は外国人特別聴講生で同様の機器で作業した経験がなく、修士学生の指導を受けながらの作業であったが、少し目を離した間に事故が起きた。

6. どうすれば防げる

- (1) 安全講習受講の厳格化を図り、機器毎に「初心者講習」を終えた者以外、機器の使用を禁止する。
- (2) 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) 工作室所有機器に対して、ハザード解析を実施し、安全対策を強化する。

事故例 14 濃硫酸による化学熱傷

1. いつ

研究実験中。 (平日 午後 1 時頃)

2. どこで

実験室

3. どのような事故

学部 4 年生が、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

流水で当該部位を洗浄。その後屋外にてホースにシャワーへッドをつけて流水による洗浄を行い、病院処置を受けた。翌日より医師による実験再開が許可された。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. 原因

実験操作を急いだことから、ラップでフタをしたビーカーの上部を持ち上げようとして手を滑らせた。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

- (1) 耐薬品性手袋を必ず着用し、ビーカーは横からしっかりと保持する。
- (2) 実験操作の時には操作に集中し、正確に操作を行う。
- (3) 目への飛散を未然に防ぐため安全眼鏡を着用する。
- (4) 起こりうる危険を反映した手順書になっているが、更に安全を向上させる。

事故例 15 電源を切断し忘れたことによる火災

1. いつ

休日 (午前 10 時 30 分頃)

2. どこで

博士実験室

3. どのような事故

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」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。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、実験が終了した 6 日前から休止状態であったが、ヒーターが通電しており、実験室内の温度が低下して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推定。

4. どのように対処

火災報知器発報により現場に急行した事故担当部署職員が消火器により消火した。

事故担当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。火災発生時は休日で実験関連の学生、教職員は不在であった。

5. 原因

- (1) 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た。
- (2) 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

- (1) 研究室で安全ミーティングを行い、熱源を含めた機器等のリスクを検討した上で、試験装置のマニュアルを新たに作成し管理・運用を徹底する。
- (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確実に切ることを徹底し、操作マニュアル、指示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。

15章. リスクマネジメント、ヒヤリ・ハットについて

事故はなぜ発生するのか？ 事故を未然に防ぐことはできないのか？

誰もが答を知りたい質問である。事故を未然に防止する答の一つが「システム安全」である。本書ではその詳細を示さないが、アメリカ軍と NASA で 1960 年代に発祥したすべての分野の事業遂行にあたって、計画段階から廃棄して終了するまでそれを使うことによる効果、時間と費用の制約を考慮して安全のすべてを最適化するために工学とマネジメントを用いる技法のことである。その根幹を成すのが、ハザード解析、そこから導かれるリスクマネジメントと言って良い。これらは本学工学部で開講している講義「リスクマネジメント」で学ぶことができる。

本書では、13章まで大学での活動を網羅して事故を発生させないための様々な決まり事や事故発生時の処置・対応を説明し、14章で他大学での実験で発生した事故例を学んだ。しかし14章までに示していない事故が本学で発生しなくなったわけではない。本書の14章までに記載がないからといって、何も対策を施さず事故が発生して「想定外」だったと、その事故再発防止策だけを施すのでは本書の意義が完全に達成できたとはならない。

これまで経験したことのない事故すら未然に防止するには、いろいろな経験や専門の人を集めてイマジネーションたくましく行うハザード解析が必須となり、新たな設備を使い始める場合、新しい実験を開始する場合、久しぶりに活動を再開する場合など懸念事項が少しでもある際にはハザード解析を実行することを薦める。その際には安全安心防災教育研究センターに技術的な支援を申し入れていただければ、良い成果を出せるように協力する。

ハザード解析の結果では、その対象について残存するリスクが明確になる。ここまでは最近の社会で良く耳にする「リスクアセスメント」の範囲である。本書では事故防止について設定する目標についていわゆる Plan-Do-Check-Act の PDCA サイクルをハザード解析とリスクアセスメントで回して継続的に改善するリスクマネジメントまで目指している。

とは言え、この目標を達成するために第一歩を踏み出す必要がある。それがヒヤリ・ハットである。大学での日常生活では、皆何かしら危険に遭遇しているであろう。問題はその度合いである。考えごとをしながら歩いてあやうく階段を踏み外しそうになって「ヒヤリ」としたり、歩きスマホをしていて対向者とぶつかりそうになって「ハット」したことなど、挙げ始めたらきりがない。

これらは、このまま「ヒヤリ・ハット」で済めば良いが、実際に小さな事故にあったり、更には大事故につながる可能性がある。それを統計的に示したのが、「1 : 29 : 300」で知られるヒヤリ・ハットの法則、正しくはハインリッヒの法則である。

ハインリッヒの法則は、アメリカの保険会社で技術・調査部副部長であったハーバート・ウィリアム・ハインリッヒが1982年に論文発表した災害防止に関する統計分析結果である。ハインリッヒは5,000件を超える労働災害を調査し、1件の重大事故の背景には29件の軽い「事故・災害」が起きており、更に事故に至っていないが一步間違えば危なかったという「ヒヤリ・ハット」する事例が300件潜んでいるとい法則性を示した。つまり300件の「ヒヤリ・ハット」から対策を施していくば、そこからつながる未経験の事故も防止できるという理論である。

大学での活動で「ヒヤリ・ハット」というと、例えば

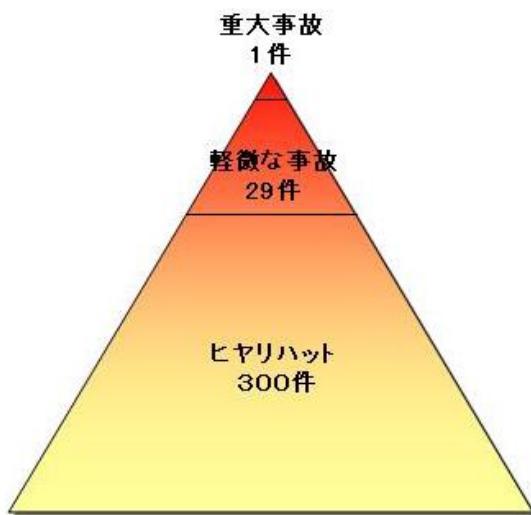
- ・ガスボンベが倒れて、足にあたるところであった。
- ・ロッカーの上にあるダンボールが落ちて頭に当たりそうになった。
- ・構内道路を横断中に曲がり角から出てきた車にひかれそうになった。
- ・書類廃棄作業中に、ひもをライターで焼き切ろうとしたら紙に燃え移りそうになった。

などの「あわや事故になりかねない」事例が実際にある。

多くの大学でこの「ヒヤリ・ハット」情報を学生や教職員から広く集めて、注意喚起、手順書改訂、あるいは設備改善などの打ち手を講じることで事故未然防止に向けた活用を始めている。

福山大学では、未だ「ヒヤリ・ハット」情報の収集を開始していないが、これから「ヒヤリ・ハット収集箱」を学内に設置することや学内HPにヒヤリハット収集ページを設けることなどの検討を開始して、実行に移す計画である。

ハインリッヒの法則 1:29:300



16章. 緊急事態発生時の連絡先

緊急事態発生時は、保険管理センター(6319)もしくは学生課(2218)へ連絡。または下表の◎に連絡。

| | | 連絡箇所 | 内線電話 | 外線電話 (084) |
|--|--|------------|--------------|---------------|
| 火 風 水 盜 | 災 害 等 難 | ◎守衛室 | 2220 | 936-2115 |
| | | ◎経理部長 | 2125 | 936-2112+2122 |
| | | 経理副部長 | 2121 | 936-2112+2121 |
| | | 施設課長 | 2125 | 936-2112+2125 |
| 電 気 ・ ガ ス エ レ ベ ー タ ー の 事 故 | 電 気 ・ ガ ス エ レ ベ ー タ ー の 事 故 | ◎守衛室 | 2220 | 936-2115 |
| | | ◎経理部長 | 2122 | 936-2112+2122 |
| | | 経理副部長 | 2121 | 936-2112+2121 |
| | | 施設課長 | 2125 | 936-2112+2125 |
| | | 施設課 | 2126 | 936-2112+2126 |
| | | 用度課長 | 2124 | 936-2112+2124 |
| | | 用度課 | 2902 | 936-2112+2902 |
| | | " | 2163 | 936-2112+2163 |
| | | ◎学務部長 | 2214 | 936-2112+2214 |
| | | 学務副部長 教務課長 | 2210 | 936-2112+2210 |
| その 他の 事 故 ・ 問 い 合 わ せ | 学生・研究生関係 | 学生課長 | 2215 | 936-2112+2215 |
| | | 学生課 | 2218 | 936-2112+2218 |
| | | " | 2219 | 936-2112+2219 |
| | | " | 2227 | 936-2112+2227 |
| | | 教務課課長補佐 | 2213 | 936-2112+2213 |
| | | 教務課 | 2211 | 936-2112+2211 |
| | | 保健管理センター | 6319 | 936-2112+6319 |
| | | 学生相談室 | 6312 | 936-2112+6312 |
| | | ◎国際交流課長 | 2120 | 936-2112+2120 |
| | | 国際交流課 | 2270 | 936-2112+2270 |
| | | 国際センター | 2238 | 936-2112+2238 |
| | | ◎総務副部長 | 2115 | 936-2112+2115 |
| 教 職 員 関 係 | 教 職 員 関 係 | 庶務課長 | 2118 | 936-2112+2118 |
| | | 庶務課 | 2119 | 936-2112+2119 |
| | | " | 2162 | 936-2112+2162 |
| | | 経理部長 | 2122 | 936-2112+2122 |
| | | 経理副部長 | 2121 | 936-2112+2121 |
| | | 経理課長 | 2123 | 936-2112+2123 |
| | | 経理課 | 2901 | 936-2112+2901 |
| | | 神原病院 | 084-951-1007 | |
| 病 院 | 救急病院 | 西福山病院 | 084-933-2110 | |
| | | 佐藤脳神経外科 | 084-934-9911 | |
| | | 松永脳外科クリニック | 084-933-2184 | |
| | | 福山市民病院 | 084-941-5151 | |
| | | 尾道市民病院 | 0848-47-1155 | |
| | 総合病院 | JA尾道総合病院 | 0848-22-8111 | |

- ・通信先が不在の場合は、同一枠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、学生課長、教務課長、国際交流課長、庶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、守衛室に自宅等の電話番号を問い合わせること。
- ・学外(帰省を含む)で地震、火災、風水害により被害を受けた場合は、至急安否について「他の事故・問い合わせ」へ連絡すること。

付1 時間外実験等の場合の手続き

下記時間で、各研究室、実験室等で活動を行う場合、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 | 17時以降 |
| 土 | 12時30分以降 |
| 日・祝・休 | 出勤する場合 |

2. 居残りを行う場合

- (1) 時間外の学生のみの居残りは原則的に認めない。「施設・設備使用願」(表1)の使用人員欄へ学生名を記入し、使用責任者欄に教員から記名を得て各事務室へ提出し、当該教員が立会する場合に居残りを認める。危険が予想される実験は認めない。
- (2) 土曜日、日曜日、祝日、休日の居残りも認めない。止むを得ない場合、事前に指導教員から十分な指示を受け、前述のとおり「施設・設備使用願」を提出すること。

3. 終夜無人運転を行う場合

- (1) 装置、機械類の無人運転を行う場合は「終夜無人運転中」の用紙(表2)に記人の上、指導教員の承認を得て実施する。危険が予想される無人運転は行わない。
- (2) 「終夜無人運転中」は、当該実験室の人口に貼りだしておく。

4. その他

- (1) 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」欄に記載の者に連絡し、守衛室(内線2220, 2230, 外線直通084-936-2115, 携帯090-8242-3442)に通報する。
- (2) 上記による通報とともに、状況により学内緊急連絡体制及び消防署等へ通報も行う。

表1

| 施設・設備使用願 | | | 提出者 年 月 日 事務長 |
|--|---------------|-----|---------------------|
| 事務局長 | 経理部長 | 用度課 | |
| | | | |
| 福山大学 事務局長 殿 | | | 平成 年 月 日 |
| 顧問 氏名 | | | |
| 団体名 | | | |
| 使用責任者 学部・学科 | | | |
| 氏名 | | | 印 |
| 下記により、学内施設・設備を使用したいので、許可くださるようお願いします。 記 | | | |
| 使用目的 | | | |
| 使用日時 期間 | 平成 年 月 日() : | | |
| 使用場所 | | | |
| 使用物品 物品 | | 個数 | |
| 使用人員 | | | |
| 備考 | | | |

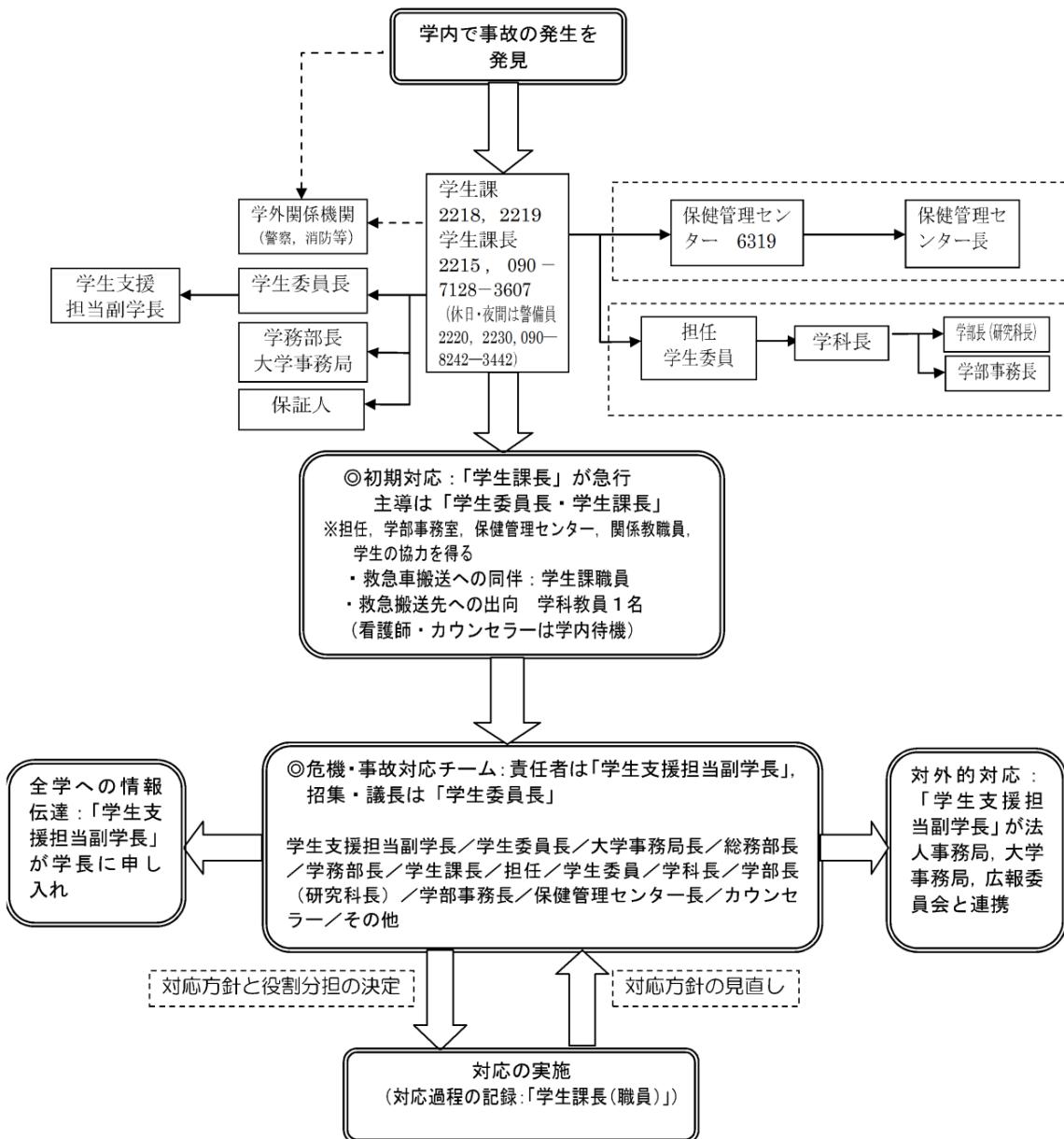
表2

| 終夜無人運転中 | |
|------------|-------------------------|
| 日時 | 平成 年 月 日 時から 月 日 時まで |
| 室名 | 実験室 (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・ | |

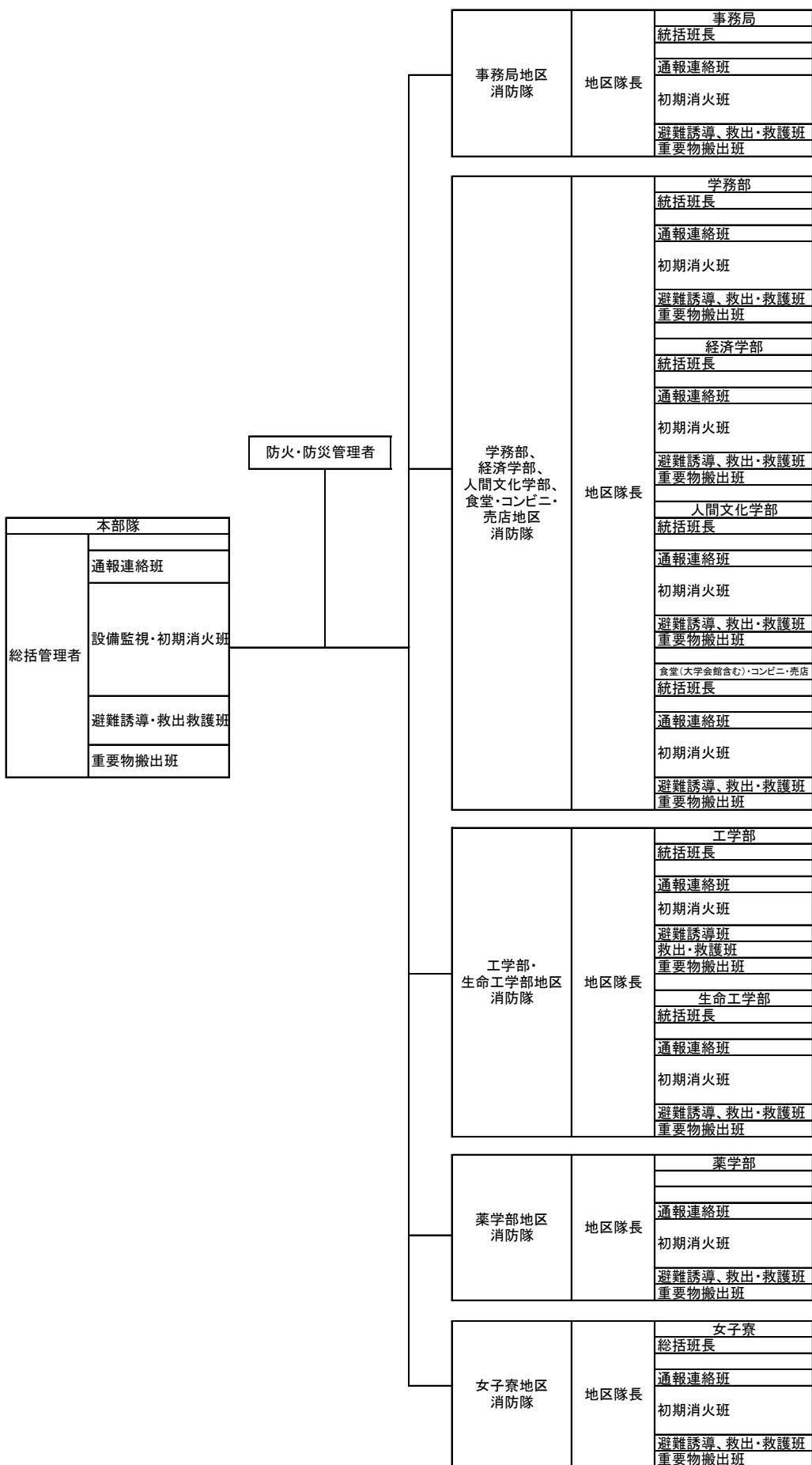
付2 学生の事故等に伴う連絡体制

学生が事故等にあい、それ以後の教育研究活動に影響を及ぼす懸念が残ると認められる場合には、学生への教育的配慮及び学内外への迅速な対応を目的として、以下のルートに従つて、きるだけ速やかに学内連絡を行う。

※実線矢印：連絡や報告（必須）、点線矢印：連絡や報告（必要な場合）



付3 自衛消防隊編成図



寸4 安全衛生管理体制図

