

第2章 実験を安全に行うために

§ 1. 実験時の一般的注意事項および確認事項 ●●●●●●

実験を行う場合は、防災内規に従い、防災に努める。災害は「思いがけず起こる」とよくいわれるが、実験災害では「十分思っていなかったから起こった」ことが多い。「周到な計画・準備に始まり、データを細かく取りそして最後はキッチンと片付けする」ところまでが実験である。その実験を開始するにあたり以下のようなことに心掛けるべきである。

(1) 実験時の一般的注意事項

- ① 実験で扱う物質や装置などの特性を予め調べ、それらの危険性を把握し周到な準備をしておく。
- ② 災害の危険性は、ごく初歩的な科学の知識で十分予測できることが多い。知識を実際の状況と関連させ、様々な可能性を予測し、臨機応変に行動する。
- ③ 災害への対策を常日頃から講じておく。防災のための各種の訓練には、積極的に参加する。
- ④ 防災のための強固な意志をもち、安全確保に手間を惜しまない。
- ⑤ 指導教員の指示に従い、無理せず、あわてない。
- ⑥ 後始末を疎かにすることなく、周囲の人や環境に配慮する。

(2) 実験時の確認事項

① 実験前

- a. 実験ノート：実験・観察・解析・考察等の研究実施過程を記録するノートを準備し、管理・保存する。実験ノートは、実験テーマごとではなく、一人一冊ずつ使用する。実験ノートの記載事項・記載方法の詳細については、「東北大学 大学院農学研究科 研究倫理教育資料集」の「4. データの収集・管理・処理」に記されている。なお、実験ノートの帰属先は農学研究科であり、使用済みの実験ノートは分野内の所定の場所に保管し、卒業・修了、転出の際も必要に応じて自分が記録した実験ノートをコピーすることとし、持ち出しを禁止する。これらノートは貴重な知的財産であるとともに、公正な研究活動を行っていたことの証しともなる。
- b. 実験の目的を設定し無理のないスケジュールを立てる。
- c. 服装：私服を汚さないためにも白衣（作業着）を着用する。白衣は定期的に洗濯する。また目を保護するための「安全メガネ / 保護メガネ」も携帯することが望ましい。サンダル履きは控える。危険な薬品を扱う場合は手袋をする。
- d. 実験場所：個人および共通の実験台（ベンチ）の整理整頓に努める。物置とならないようにする。ドラフト内、動物研究棟、RI 実験施設および圃場などの実験を行う場所は全て整理する。
- e. 実験装置：取り扱い方を十分調べる。分からなければ知っている人に聞く。
- f. 危険な試薬が沢山ある。取り扱いに当たっては十分気をつける。利用頻度の有無にかかわらず、IASO システムにてすべて登録し、利用状況を管理する。
- g. 実験動物：動物、微生物および細胞などを扱う場合は、倫理的問題や病原性などに気をつける。実験動物については、「東北大学における動物実験等に関する規程」に沿って計画を立案し、所定の計画書を提出して承認を得る。
- h. 遺伝子組換え：「東北大学遺伝子組換え実験安全管理規程」に沿って計画を立案し、所定の計画書を提出して承認を得る。

② 実験中

- a. 温度、圧力、電気、水および使用溶液の液量などを確認しながら実験を進める。
- b. 些細なことも含めデータや所要時間などを記録し、事後に役立てる。

③ 実験後

- a. 実験により生じた廃液および廃棄物は東北大学廃棄物取扱規程に沿って排出する。特に廃液はむやみに下水に流さない。基準値を超えることが度々あると、事業場として下水道を利用できなくなる。廃棄物処理については、第3章「廃棄物処理とリサイクル」を参照のこと。
- b. 使用器具の後片付けをきちんとする。長期間放置することの無い様に気をつける。
- c. 実験台、試薬および器具・装置の後始末をする。個人の実験台はともかく、ほとんどのものが研究室の共通品であることを忘れずに。「使いっ放しはみんなの迷惑」である。

(3) 注意事項の具体例 —————

- ① 実験で扱う物質や装置などの特性を予め調べ、それらの危険性を把握し周到な準備をしておく。
 - a. 火気の近くには引火性、易燃性、可燃性の物品を置かない。
 - b. 火気使用器具は、正常に作動することを確認後、不燃性の台の上で、周囲の可燃物から遠く離して使用する。
 - c. 容器のラベルは見間違いのないように明記し、確認してから使用する。
- ② 災害の危険性は、ごく初歩的な科学の知識で十分予測できることが多い。知識を実際の状況と関連させ、様々な可能性を予測する。
 - a. 可燃性溶剤は必要な量だけ小出しにして使用する。実験台上に持ち出す有機溶剤の容器は、小容量（1L以下）のものとし、常に密栓をしておく。またその総量を1.5Lまでとし、それらの容器は滑り止め吸盤等を備えたボトルコンテナに入れておく。これ以上の量の溶剤は、ドラフト、もしくは少量危険物貯蔵取扱所の中で扱う。
 - b. 電気コードをガス管に触れさせない。
 - c. 定格電流以上のヒューズを勝手に使用しない。
 - d. 実験中は、換気扇やドラフト等を作動させ、溶剤蒸気、可燃性ガスの滞留を防止する。
- ③ 災害への対策を常日頃から講じておく。防災のための各種の訓練には、積極的に参加する。
 - a. 実験室内の装置、薬品棚などの配置を考え、どこで事故が発生しても常に安全に室外へ退避できるようにしておく。また、室内は常によく整理しておく。
 - b. 非常階段、防火扉、防火シャッター、消火栓、廊下、ベランダなどには、障害物を置かない。
 - c. 消火器、その他非常用器具の場所と使い方を周知しておく。
 - d. 地震に備えて、薬品棚などの転倒防止や、試薬ビンなどの落下防止に努める。
 - e. 水道蛇口には30 cm以上のゴム管をつけておく。（眼などの洗浄と注水のため）
- ④ 防災のための強固な意志をもち、安全確保に手間を惜しまない。
 - a. 「たぶん、大丈夫だろう」などと、あやふやな気持ちで実験をしない。
 - b. 安全性が確認されるまでは（特に初心者は）、実験方法を勝手に変更してはならない。
 - c. 慣れた実験でも、最後まで気を抜かない。実験中、現場を離れるときは安全性に十分留意する。
 - d. 冷却水等に用いるゴム管には、最適の口径のものを買い、かつヒビ割れ等によって水漏れを

起こす恐れのないものを使用する。

- e. 実験中は保護メガネを常用する。
- f. 静電気の発生とそれによる人体からのスパーク防止, および火災時の人体への被害軽減のため, 肌に接する衣類にはなるべく合成繊維や混紡のものを着用しないで, 木綿や羊毛のものを着る。
- g. 危険な薬品や装置を使用する場合には, 安全対策を講じるとともに, 周囲の人達にも実験内容を周知しておく。

⑤ 指導教員の指示に従い, 無理せず, あわてない。

- a. 体調, 準備を整えてから実験を行う。
- b. 特に夜間, 一人だけで実験をしてはいけない。
- c. 衣服に火がついた場合はあわてず人を呼んで消してもらるか, 直ちに廊下に出て床にころがって消す。
- d. 眼に薬品, とくにアルカリが入った場合には10分以上流水で洗う。
- e. 皮膚に薬品がついた時や火傷の場合も, 病院へ行く前に上と同様にまず十分な水洗いを行う。シンク油など油性の薬をつけてはいけない。病院でその除去に手間取り, かえって結果がよくない場合がある。

⑥ 後始末を疎かにすることなく, 周囲の人や環境に配慮する。

- a. 使用後の危険薬品および有害薬品は危険のないように処置する。実験廃棄物と廃液は, 決められた方法で処理する。
- b. 使用済みの薬品容器は安全かつ適当な方法で内容物を洗い出した後, 決められた方法で廃棄する。
- c. 危険な薬品を用いて実験をした場合, 使用した器具は解毒, 水洗する。使用した計測ばかり, 実験台, ドラフトの後片づけを完全にして, 他人に迷惑がおよばないようにする。

(4) 物品の配置 ————

- ① 実験室での物品の配置は, 人の往来や気流を考慮し, 事故防止, 非常時の避難, 災害の拡大防止, 脱出口の確保を留意して行う。実験室内には, 不要物品や私物を置かない。
- ② サイドテーブルや実験台の上の機器類は, 地震等の際の滑落防止のため, 台や壁面に固定するか, 落下防止ストッパーを設けた上で設置する。
- ③ 実験台上の戸棚は必ず実験台に固定し, 戸棚の扉は常に閉じておく。
- ④ 実験室で用いるガス容器は, 壁面や専用の架台にしっかり固定する。
- ⑤ 実験台やサイドテーブルの足元には, 落下物によって破損し易い物品や, 薬品の容器を置かない。

(5) 実験室での危険 ————

① 薬品による中毒と外傷

薬品には皮膚から吸収されて中毒を起こすもの, 皮膚について火傷を起こすもの, また, 眼に入ると失明させるものなど, 危険なものが多い。その作用も毒性が直ちに現われる急性的なもの, 少量では余り害はないがくり返し触れると吸収蓄積される慢性的なものなどがある。実験室で取り扱う化合物は, すべて有害物質と考えるべきである。薬品による事故を未然に防ぐために, 実験室において次のような注意を厳守する。

- a. 有害化合物を取り扱う場合には, 予めその性質や事故の起こった場合の処置法などを調べておく。

- b. 有害ガスの発生する実験はドラフト内で行う。不測の事態に備えて防毒マスク及びそれぞれのガスに有効な吸収ビンや中和剤を備えておく。
- c. 危険薬品を取り扱う場合には、必要に応じて保護面、保護メガネおよび保護手袋を着用する。
- d. 実験後には必ず手を洗う。手に切り傷のある場合はゴム手袋をして傷口に直接薬品がつかないようにする。

有害な化合物の代表的なものを本章の表 2-4-3 および 2-4-4 に表示したが、これらのうち特に事故の起こり易いガスおよび薬品による危険について次に述べる。

② ガスや蒸気の吸入による危険

- a. 一酸化炭素，シアン化水素，ホスゲン，ホスフィン（リン化水素），アルシン（ヒ化水素）などのガスは、猛毒であり少量で死に至る危険がある。二酸化硫黄，酸化窒素，硫化水素，フッ素化水素，ジアゾメタン，アジ化水素などのガスも窒息，あるいは粘膜障害を起こす。これらのガス（及び以下に述べる有害化合物の蒸気）を使う場合，あるいはその発生が予想されるときは，必ずドラフト内で操作し，同時に周囲の人々への連絡を徹底しておく。また，大量のガスを使う場合には不測の事態に備えて防毒マスクを使用する。
- b. 水銀の蒸気圧はかなり高く，その蒸気は極めて低い濃度で激しい中毒を起こす。とくにけがをしているときには，傷口から吸収されることがある。また，テトラエチル鉛，ジエチル水銀，塩化エチル水銀などの有機金属化合物は，ガス体や液体として体内に浸透し易く，その毒性は激しい。
- c. 多数の有機化合物の蒸気は，肺より血液中に吸収されて毒作用をあらわす。二硫化炭素，ベンゼン，アニリン，ニトロベンゼン，フェノール，アクロレインなどの蒸気の毒性はとくに著しい。
- d. 塩化ベンジルなどハロゲン化ベンジルや，クロロアセトンなど α -ハロゲン置換カルボニル化合物は催涙性が強い。
- e. 四塩化炭素，ジクロロエチレン，クロロホルムなど有機ハロゲン化合物は肝臓傷害を起こす。

③ 薬品の接触による危険

- a. クロロスルホン酸，発煙硝酸，濃硝酸，濃硫酸，混酸（硝酸と硫酸の混液）は皮膚に付着すると，瞬間的に深い傷あとを残す。クロロスルホン酸や濃硫酸に水を注ぐと発熱し突沸するので，これらの酸を分解あるいは希釈するときには必ず水の中にこれらの酸を静かに流し込むようにしなければならない。
- b. 水酸化ナトリウム，液体アンモニア，濃アンモニア水などの強いアルカリ，フッ化水素酸，濃硫酸などの強酸，フェノール，ピクリン酸，ジクロロ酢酸，無水酢酸なども皮膚に対する腐触性が強い。
- c. ジメチル硫酸（発がん性）も皮膚につくと痛みを感じることなく，火傷に似た腐触作用を起こす。極めて少量のジメチル硫酸の蒸気でもあとになって眼にはげしい痛みと傷害を与える。この薬品を用いた場合は必ず手や容器をアンモニア水か炭酸水素ナトリウム水溶液で洗っておく。
- d. 黄リンは皮膚につくと自然発火して，ひどい火傷を起こす。その毒性は非常に強いので直ちに大量の流水で洗い流すとともに過マンガン酸カリ液などで解毒することが必要である。
- e. シアン化合物，アニリンなどの芳香族アミン類，ニトロベンゼン，ニトロフランなどの芳香族ニトロ化合物，フェノール類などは皮膚からの浸透性が強く，体内に入って悪性貧血など強い毒性を示す。例えばイスにこぼしたアニリンの上に坐って中毒を起こした例がある。

f. DCC (ジシクロヘキシルカルボジイミド), ブロモ酢酸エステル, 2,4-ジニトロクロロベンゼンなどのように, 皮膚につくとかぶれを起こす薬品がある。薬品に対する感受性には個人差があるが, いずれにしても薬品に直接触れないよう注意を要する。

④ 失明の危険

角膜など眼球の粘膜は薬品に極めて弱く, アルカリ, 酸, その他の腐蝕性薬品が眼に入って失明した例が非常に多い。このような事故を防ぐために, 実験室では必ず保護メガネを着用する。もし, 誤って眼に薬品が入った場合は, 直ちに 10 分以上水で洗眼したのち, 医師の指図に従う。アンモニアは後日予想外の傷害を与えることがあるので特に注意する必要がある。

⑤ 悪臭物質の無臭化・低臭化

実験でやむを得ず用いる少量のチオール (メルカプタン) 類, スルフィド類, ホスフィン類, ホスファイト類, アクリル酸エステル類, ハロゲン化アルキル類は, その悪臭が周囲に漏れ出したり, 廃液容器から揮散したり, あるいは, 湯沸器の温水によって排水管から再発生したりして, 多大な迷惑を及ぼすことがある。

このような場合, 次の処理によってこれらの物質を無臭性もしくは低臭性物質に変換できる。

- チオール類, スルフィド類, ホスフィン類, ホスファイト類, アクリル酸エステル, アクロレイン等: 過マンガン酸カリウム水溶液もしくは過酸化水素水溶液で酸化処理する。
- ハロゲン化ベンジル類, ハロゲン化アリル, ハロゲン化酢酸エステル類等: ドラフトの中で, 濃アンモニア水で処理し, これらの物質をアンモニウム塩に変換する。
- フェノール類, カルボン酸類: アルカリ水溶液に吸収させる。

[注] 実験廃棄物の分別収集区分表 (表 3-3-2) を参照

⑥ ガラス器具の取り扱い

- ガラスによる負傷の大部分は, ゴム栓にガラス管, ガラス棒, 温度計を差し込んだり, これらを冷却管や蒸留フラスコの側管などに差し込むときに起こる。安全にガラス管をゴム栓に差し込むためには, 適当な大きさに開けた栓の穴に先ず水, アルコール, グリセリンなどを塗る。右手に栓を持ち, 左手に管を持って栓を回しながら少しずつ押し込む (逆のやり方もある)。この際, 右手の親指と左手の親指の間が 2cm 以上離れないように気をつける。長い管は折れやすく, 折れた場合に鋭い折れ口が両手に突き刺さる。タオル等で手を保護して行うとよい。
- 三角フラスコのように平たい部分のあるガラス容器は絶対に減圧してはならない。外圧で破壊する。
- ビーカー, フラスコ, 試験管などに固形物を入れるときは, 落下の衝撃で底を割らないように, 容器を傾けて固形物を滑らせるようにして入れる。
- ガラス細工で可燃性ガスや蒸気の入っていた容器を扱う場合は, あらかじめ空気または窒素で十分置換しなければならない。拡散放出のみでは不十分である。
- アンプルの開封: 爆発事故が起こり易いので注意する。保護メガネを着用する。必要に応じてアンプルをよく冷却し, アンプルを丈夫な布で巻いてからヤスリをかける。ヤスリをかける時には力を入れ過ぎない (アンプルの首を折ったり, つぶしたりして内容物を飛散させ, それによって周囲を汚染したり負傷をまねく)。

§ 2. 学生教育研究災害傷害保険 ●●●●●●

(1) 学生教育研究災害傷害保険とは —————

教育研究活動中の事故の予防については日頃から十分対策しておく必要があるが、それでも不慮の事故などが起こることがある。不幸にして事故に遭遇した時に、被害を受けた学生を救済し補償する制度が学生教育研究災害傷害保険である。

本保険は学生が教育研究活動中に被った災害に対して必要な給付を行い、大学の教育研究活動の充実・発展に寄与することを趣旨として、昭和51年度から始められた災害補償制度である。なお、本保険は公益財団法人日本国際教育支援協会が契約者となり、東京海上日動を幹事会社とする損保会社4社（あいおいニッセイ同和損保・損保ジャパン日本興亜・東京海上日動・三井住友海上）の共同保険契約となっている。（平成28年4月1日現在）

(2) 保険への加入状況の確認 —————

本学の学生は入学時に必ず本保険に加入するように案内されているが、ごくまれに未加入の学生が見受けられる。また休学や卒業に必要な単位の不足などの理由で所定の修業年限が延長される場合は、卒業以前に当初の保険期間が終了するので、新たに追加加入の手続きが必要となる。卒業後、大学院に進学する場合も新たに保険に加入する必要がある。

これらの加入・延長手続きを怠り、保険未加入のまま実験などを行うことは非常に危険である。学生が教育研究活動中に保険未加入のまま事故にあった場合は、本来保険で補償される高額の通院費や入院費を自分で支払うことになり、多大な不利益を被ることになる。いまいちど「加入者のしおり」などを確認し、くれぐれも保険未加入の状態のまま学業・研究を行うことのないように注意する。

自分の加入状況が分からない場合や、新たに加入手続きを行いたい場合は早急に教務係に問い合わせしてほしい。

(3) 保険の対象となる事故（普通保険のみの場合） —————

本保険では、被保険者が在籍する大学の教育研究活動中に生じた急激かつ偶然な外来の事故によって身体に傷害を被った場合に保険金が支払われる。ただし「病気」はこの保険の対象とならない。

「教育研究活動中」の事故とは次の場合をいう。

- ① 正課中：講義，実験・実習，演習または実技による授業を受けている間の傷害事故。（指導教員の指示に基づき研究活動を行っている間の傷害事故も含まれる）
- ② 学校行事中：大学の主催する入学式，オリエンテーション，卒業式など教育活動の一環としての各種学校行事に参加している間の傷害事故。
- ③ キャンパスにいる間：大学（または大学の認定を受けたサークル）が教育活動のために所有，使用，または管理している学校施設内にいる間の傷害事故。（ただし，寄宿舍にいる間，大学が禁じた時間もしくは場所にいる間，または大学が禁じた行為を行っている間を除く）
- ④ 課外活動中：大学の規則に則った所定の手続きにより大学の認めた学内学生団体・サークルの管理下で行う文化・体育活動を行っている間の傷害事故。

(4) 保険の対象となる事故（通学中等傷害危険担保特約の場合）

上記普通保険に加えて「通学中等傷害危険担保特約」を付帯したコースに加入した場合、被保険者の住居と学校施設等との間の通学、学校施設等相互間の移動中に発生した事故によって身体に傷害を被った場合にも保険金が支払われる。本特約の担保範囲は次の通りである。

- ① 通学中：大学の正課，学校行事または課外活動・クラブ活動への参加目的をもって，合理的な経路及び方法により住居と学校施設等との間を往復する間の傷害事故。（大学が禁じた交通手段等を利用した場合を除く）
- ② 学校施設等相互間の移動中：通学中と同じ目的で，学校施設等の相互間を移動している間の傷害事故。

(5) 保険金が支払われない場合

本保険では，次の場合には保険金は支払われないので注意する。故意，闘争行為，自殺行為，犯罪行為，疾病，地震，噴火，津波，暴動，放射線・放射能による傷害，無資格運転・酒酔い運転，施設外での課外活動で危険なスポーツを行っている間（山岳登山や航空機操縦，自動車等による競技など）。なお，飲酒による急性アルコール中毒症など急激・偶然・外来の条件を充足していない事故も対象とならない。

通学中等傷害危険担保特約を付帯した場合でも，通学中に経路を逸脱した場合（授業等への参加とは関係のない目的で合理的な経路を逸脱した場合）や，往復・移動を中断した場合（往復・移動とは関係のない行為を途中で行う場合）には，その間やその後に被った傷害に対しては保険金を支払われない。ただし，逸脱・中断が授業等，学校行事もしくは課外活動（クラブ活動）に必要な物品の購入等を行うためのもの，あるいは日常生活上必要な行為をやむを得ない事由により行うための最小限のものであれば，保険金は支払われる。（例：授業に必要な教科書の購入，ひとり暮らしの学生が食堂に立ち寄り，選挙の投票，病院などで診察を受ける）

(6) 事故が起きたときの手続

本保険で対象となる事故が生じた場合は，速やかに教務係に報告するとともに「事故の通知」（事故通知はがき，FAX，パソコンや携帯端末を使用した「事故通知システム」）のいずれかの方法を行う。治療が終了したら「保険金請求手続」（東京海上日動損害サービス課）を行い，保険会社の手続期間を経て「保険金を受領」する。

手続の詳細は以下の通りである。

- ① 事故の通知：対象となる事故が生じた場合には，速やかに教務係に報告するとともに，事故の日時，場所，状況，傷害の程度を東京海上日動の損害サービス課へ「事故の通知」を行うこと。事故の日から30日以内に通知がされなかった場合には保険金が支払われない場合があるので注意する。（通学中等の事故の場合は，前記事故通知に加え，通学中事故証明書または施設間移動中事故証明書を記入の上，東京海上日動の損害サービス課に提出する。）
- ② 保険金の請求手続：治療の終了後に，教務係から保険金請求書類の用紙を受け取り，各種証明印をとりつけ，証明書に必要事項を記入する。この保険金請求書および医師の診断書（または治療状況申告書）を直接東京海上日動の損害サービス課に送付する。
- ③ 保険金の受領：保険会社手続期間（本人や大学・医師などへの照会や連絡）を経て，保険金が被保険者に口座振込で支払われる。

§3. 危険物質の管理について ●●●●●●

東北大学では、実験で使用する薬品や高圧ガスを含む化学物質等（危険物質）の管理について、国立大学法人東北大学化学物質等管理規程第10条第3項において「化学物質等分野等別管理責任者は化学物質等の保管状況を把握し、関係法令等に基づき、別に定めるところにより適切に管理しなければならない」と定義し、同細則第6条1項において「化学物質等に関する受け払い及び在庫の管理に当たっては、危険物質総合管理システムを用いて適切に行わなければならない」。そのため、東北大学の全構成員（学生を含む）には、東北大学危険物総合管理システムを用いた適切な危険物質の管理が義務付けられている。

IASOシステムによる管理の具体的方法については、実験や研究の指導にあたる担当教職員の指示に従う必要があるが、ここでは、IASOシステムの概要と関連情報の入手法について説明する。

(1) IASOシステムについて ————

東北大学では危険物質総合管理システム（IASOシステム）として、平成18年度に「薬品管理支援システム」、平成20年度には「廃液管理支援システム」、平成22年度には「高圧ガス管理支援システム」を整備し、運用してきた。現在は、平成30年に導入された新システム、すなわち、薬品管理支援システム（IASO R7）、高圧ガス管理支援システム（IASO G3）、廃液管理支援システム（IASO W2）が稼働中で、危険物質の保管場所や使用履歴が学内ネットワーク経由で日々記録されており、使用状況等の確認や各種集計が容易にできるようになっている。

使用者は、これらのシステムに学内ネットワークを通じてアクセスし、予め与えられた GroupID と Password を使ってログインする必要がある。接続には、以下の URL もしくは IP アドレスを使用する（学外からのアクセスは制限されている）。

URL : <http://zhwhg041191.star.net.tohoku.ac.jp/>

IP アドレス : <http://192.168.202.10/>

(2) 危険物質の管理に関する情報入手先 ————

東北大学における危険物質の管理に関しては、専用のウェブサイトが用意されている。閲覧は学内ネットワークからのアクセスに限られるが、IASOシステムの操作マニュアルを含めた関連情報については、以下の URL を参考にすること。

URL : <http://www.bureau.tohoku.ac.jp/anzen/gakunai/iaso.html>

§ 4. 危険薬品（有機溶剤，特定化学物質，劇物・毒物，危険物，PRTR法対象物質）の取扱い ●●●●●●

(1) 薬品に関する一般的注意事項 ————

実験で取り扱う様々な化学物質の多くは、多かれ少なかれ毒性や火災、爆発などの危険性をはらんでいる。従って、化学物質を取り扱う際には、その毒性（急性毒性および発がん性を含む慢性毒性）、可燃性、爆発性等について予め調査しなければならない（Web上で公開されている化学物質安全シートや試薬会社から公開されている情報を活用するとよい）。なお、東北大学では危険物質総合管理システム（通称：IASOシステム）が整備されている。農学研究科・農学部では、すべての薬品（試薬）を「薬品管理支援システム」を用いて登録・管理するルールとなっているので、実験で試薬を使用する際には注意すること。

危険をはらむ化学物質の取扱いには、様々な法規によって規制がかけられているので、取り扱う前に予め調査し、法規を遵守し取り扱うこと。特に危険性の高い物質については、できる限り安全な代替品の利用の可能性を模索すること。また、止むを得ず利用せざるをえない場合でも、必要最小限にとどめる様努力すること。また、取扱いに際し、必ず保護めがねを着用するとともに、必要に応じて保護手袋、防護服、防毒マスクを着用すること。

以下、法規で規制を受けている特に注意が必要な危険薬品の取扱いについて解説するが、法規で規制されていない場合でも、同等の危険性が予測される場合には、同様の注意を払って取り扱うこと。

	最終改正
有機溶剤 …有機溶剤中毒予防規則	H29.3.29
特定化学物質…特定化学物質障害予防規則	H29.4.27
毒物及び劇物…毒物及び劇物取締法	H28.4.1
危険物 …消防法	H24.6.27
指定化学物質…PRTR法	H20.11.21

(2) 有機溶剤の取扱い ————

労働安全衛生法及び労働安全衛生法施行令の規定に基づき定められる有機溶剤中毒予防規則では、45種類の有機溶剤について中毒の発生を防止するために諸規定が定められている。この規則の中で取り上げられている有機溶剤（表2-4-1）は、その物性等を考慮して、3つのグループに分けて適用されている。「第1種有機溶剤等」に区分されている有機溶剤は、単一物質で有害性の程度が比較的高く、しかも蒸気圧が高いものである。それ以外の単一物質である有機溶剤が「第2種有機溶剤等」として区分されている。また、「第3種有機溶剤等」は、多くの炭化水素が混合状態となっている石油系溶剤および植物系溶剤であって、沸点がおおむね200度以下のものとなっている。

表 2-4-1 有機溶剤中毒予防規則により規制を受ける有機溶剤

第1種有機溶剤等	第2種有機溶剤等	第3種有機溶剤
1,2-ジクロロエチレン 二硫化炭素エチレン ①上記に掲げる物のみから成る混合物 ②上記に掲げる物とそれ以外の物との混合物で重量の5%を超えて含有するもの	アセトン イソブチルアルコール イソプロピルアルコール イソペンチルアルコール エチルエーテル エチレングリコールモノエチルエーテル エチレングリコールモノエチルエーテル エチレングリコールモノノルマルブチルエーテル エチレングリコールモノメチルエーテル オルト-ジクロロベンゼン キシレン クレゾール クロロベンゼン 酢酸イソブチル 酢酸イソプロピル 酢酸イソペンチル 酢酸エチル 酢酸ノルマルブチル 酢酸ノルマルプロピル 酢酸ノルマルペンチル 酢酸メチル シクロヘキサノール シクロヘキサノン N,N-ジメチルホルムアミド テトラヒドロフラン 1,1,1-トリクロロエタン トルエン ノルマルヘキサン 1-ブタノール 2-ブタノール メタノール メチルエチルケトン メチルシクロヘキサノール メチルシクロヘキサノン メチルノルマルブチルケトン ①上記に掲げる物のみから成る混合物 ②上記に掲げる物とそれ以外の物との混合物で重量の5%を超えて含有するもの	ガソリン コールターナフサ 石油エーテル 石油ナフサ 石油ベンジン テレピン油 ミネラルスピリット

① 有機溶剤と健康障害

有機溶剤は、多くの研究室で使用されているが、それだけに、不注意による事故が多く発生している。有機溶剤は、揮発性があるので、常温で蒸気となる性質がある。

a. 急性中毒

高い濃度の蒸気を吸入すると、急性中毒にかかる場合がある。急性中毒の特に恐ろしい点は、意識を失って倒れた場合、そのまま蒸気を吸入し続け、救助されなければ死亡する危険性が大きいことである。さらに、倒れる際に、頭を強く打ったり、回りの器具・装置などを転倒させ危険を拡大する可能性もある。また、換気の悪いところで急性中毒が起こり、救助に向った者も急性中毒にかかる2次的災害にも注意が必要である。

有機溶剤で不快な悪臭を放つものは少ないため、臭気に慣れてしまい不用意に取り扱いがちになるが、大量に吸入すれば死に至る危険性は十分にあることを常に念頭に置く必要がある。

b. 慢性中毒

慢性中毒は比較的濃度の低い蒸気を長期間吸入することにより起こる。慢性中毒になると、「疲れやすい」「だるい」「頭が痛い」「めまいがする」などの症状がでる。

急性中毒や慢性中毒で、肝臓、腎臓などに障害が起こることがある。肝臓に障害が起こると、黄疸、発熱、だるい、疲れやすい、食欲がなくなるなどの症状が見られる。また、腎臓障害では、尿にたんぱくが出たり、血尿がでたり、からだがむくむことがある。

貧血を起こす有機溶剤もある。以前は、ベンゼンによる重症の貧血が有名であった。最近では、有機溶剤による重症の貧血は少ないが注意が必要である。

有機溶剤は、皮膚からも吸収される。皮膚につくと、ひりひりと痛んだり、水泡ができたり、ひび割れなどができることがある。そのほか、有機溶剤の蒸気で目・鼻・のどの炎症が起こることがある。

健康障害の危険性の特に高い特定の有機溶剤を扱う場合はそれぞれの項目について、特別健康診断を一般には6ヵ月に1回、定期に行うことになっているので必ず受診すること。

② 発生した有機溶剤の蒸気を取り除くために

発生した有機溶剤の蒸気が実験室の空気中に広がる前に取り除く方法の代表的なものに、局所排気がある。局所排気装置のフードには、囲い式（ドラフトチャンバ）と、外付け式といって発散源のそばに置くだけのものがある。局所排気装置を使用するときには、次の点に注意する必要がある。

- a. ドラフトチャンバの開口部を必要以上に大きく開けたままにしない。
- b. ドラフトチャンバでは、発散源を外に置いて作業しない。
- c. 外付け式フードでは、フードの開口部に近いところで作業する。
- d. 吸引の妨害になる気流がフードに吹き込まないようにする。
- e. 排気する空気と同じ量の新しい空気を供給する。局所排気を効果的に行うには排気と同じ量の新しい空気を外から入れる必要がある。そのための入気口をふさいではならない。作業をする時は必ずドラフトを稼働させる。
- f. ドラフトチャンバの中や、フードと発散源の間に入って作業しない。

第1種と第2種の有機溶剤、および第1種と第2種の特定化学物質を取り扱う場合は必ずドラフトチャンバ内で行うこと。

局所排気装置の性能は法令等で定められており、フード開口面での制御風速が有機溶剤を使用する場合は0.4 m/s以上、特定化学物質を使用する場合は0.5 m/s以上でなくてはならない。その性能を保つためには日ごろから点検と手入れを行うことが大切である。

③ 有機溶剤をからだに入れないために

有機溶剤の蒸気を吸わないためには、実験室の空気中に有機溶剤を発散させないこと、有機溶剤が発散している場所に入らないこと、また、実験の性質上どうしても有機溶剤の蒸気が発散している場所に入らなければならないときには防毒マスクのような有機溶剤に対して有効な呼吸用保護具を使い、できるだけ短時間で操作を済ませること。有機溶剤を発散させないためには、実験環境管理とともに、実験者の一人ひとりが次のようなことに注意して実験をすることが大切である。

- a. 有機溶剤を必要以上に大量に使わない。
- b. 有機溶剤の入っている容器はきちんとふたをする。
- c. こぼした有機溶剤をふき取った場合の有機溶剤がしみ込んだ布切れ、紙等は、周囲に置かず、ふたのできる容器に入れる。

- d. 有機溶剤を扱うときには、必ず風上側で作業する。
- e. 有機溶剤を直接からだに触れさせない。

有機溶剤の蒸気は、空気に比べてはるかに重く、通風のよくないところでは床に近い低いところに高濃度でたまる性質がある。通風のよくないところで不用意にしゃがんだり、低いところに入ることはたいへん危険である。また、有機溶剤を使うときには、必ず保護めがねを着用するとともに、必要に応じて有機溶剤がしみ込まず、有機溶剤に溶けない材料でできた保護手袋や防護服、防毒マスクを着用すること。

④ 使っている有機溶剤についての知識を持つ

有機溶剤による健康障害、特に急性中毒を防ぐためには、作業者の一人ひとりが、自分が使っている有機溶剤がどんなものか、どんな危険性があるのか、もし誤って吸ってしまったらどんな症状が現われるか、万一実験中に気分が悪くなった場合にはどうしたらよいかなどについて、最小限の知識を持つことが大切である。

⑤ 実験環境の状態を知る

実験環境管理を有効に進めるためには、実験室環境の状態がどうなっているのかを常に知っておくことが大切である。法令では、第1種有機溶剤と第2種有機溶剤を扱う屋内作業場について6カ月以内ごとに1回、定期的に空気中の有機溶剤の濃度を測定することが定められている（作業環境測定）。

⑥ 有機溶剤等の貯蔵

有機溶剤等を屋内に貯蔵する場合には、こわれて中のものがこぼれたり、漏れ出したり、しみ出したりしないような丈夫な容器に入れ、また、倒れて中のものがこぼれたり、中で蒸発した有機溶剤の蒸気が出てこないように、しっかりとふたまたは栓をしておかなければならない。

⑦ 表示

実験室等で有機溶剤を使用する場合、関係者以外の者が立ち入ることを禁止し、その旨を見やすい箇所に表示すること。

⑧ その他

有機溶剤のなかには、毒物及び劇物取締法の劇物に指定されているもの、消防法の危険物に指定されているものがある。それらの管理に関してはそれぞれの項目も参照すること。

* 詳しくは大同病院環境測定センターホームページ「有機溶剤を正しく取り扱うために、(<http://www.daidohp.or.jp/kankyo/youkiyouzaibody.htm>)」を参照。

(3) 特定化学物質の取扱い

特定化学物質（第1類、第2類、第3類、計76種（表2-4-2参照））は、ガン、皮膚炎、神経障害など健康障害を引き起こす可能性がある物質であり、その使用は特定化学物質等障害予防規則（http://www.whoirei.mhlw.go.jp/cgi-bin/t_docframe.cgi?MODE=hourei&DMODE=CONTENTS&SMODE=NORMAL&KEYWORD=&EFSNO=745）によって規制される。第1類特定化学物質は特に有害な物質であり、労働安全衛生法第56条で製造の許可が必要と定められている。第2類は慢性障害を発生する物質である。第3類は大量漏洩による急性中毒を発生させる物質であるので、長期にわたる健康障害に関する予防規程については、第1類、第2類に比べて緩やかになっている。特定化学物質を取り扱う場合は、以下のことに注意する。

- ① 局所排気装置等の使用
- a. 第1類および第2類特定化学物質を取り扱うときは、制御風速 0.5 m/s 以上の囲い式フードの局所排気装置（ドラフトチャンバ）を使用しなければならない。
- b. ドラフトチャンバは、年1回定期的に法定の自主点検を行い、その記録を3年間保存しなければならない。
- ② 表示
- a. 実験室等で第1類および第2類特定化学物質を使用する場合、関係者以外の者が立ち入ることを禁止し、その旨を見やすい箇所に表示することが定められている。また、その実験室で喫煙・飲食をすることは禁止されているため、その旨を表示することが定められている。
- b. 特別管理物質（表2-4-2 下線で表示）を取り扱う実験室では、特別管理物質の名称、人体に及ぼす作用、取扱上の注意事項、使用すべき保護具について実験室の見やすい場所に掲示する。

表2-4-2 特定化学物質
アンダーラインは特別管理物質（44種）

第1類物質

1	<u>ジクロロベンジジン及びその塩</u>	7	<u>ベンゾトリクロリド</u>
2	<u>アルファーナフチルアミン及びその塩</u>	8	1 から 6 までに掲げる物をその重量の 1 パーセントを越えて含有し、又は 7 に掲げる物をその重量の 0.5 パーセントを越えて含有する製剤その他の物（合金にあっては、ベリリウムをその重量の 3 パーセントを越えて含有するものに限る。）
3	<u>塩素化ビフェニル（別名 PCB）</u>		
4	<u>オルトトリジン及びその塩</u>		
5	<u>ジアニシジン及びその塩</u>		
6	<u>ベリリウム及びその化合物</u>		

第2類物質

1	<u>アクリルアミド</u>	19の5	<u>1-1-ジメチルヒドラジン</u>
2	<u>アクリロニトリル</u>	20	<u>臭化メチル</u>
3	<u>アルキル水銀化合物（アルキル基がメチル基またはエチル基）</u>	21	<u>重クロム酸及びその塩</u>
3の2	<u>インジウム化合物</u>	22	<u>水銀及びその無機化合物（硫化水銀を除く）</u>
3の3	<u>エチルベンゼン</u>	22の2	<u>スチレン</u>
4	<u>エチレンイミン</u>	22の3	<u>1,1,2,2-テトラクロロエタン（別名四塩化アセチレン）</u>
5	<u>エチレンオキシド</u>	22の4	<u>テトラクロロエチレン</u>
6	<u>塩化ビニル</u>	22の5	<u>トリクロロエチレン</u>
7	<u>塩素</u>	23	<u>トリレンジイソシアネート</u>
8	<u>オーラミン</u>	23の2	<u>ナフタレン</u>
8の2	<u>オルトトルイジン</u>	23の3	<u>ニッケル化合物（24を除き、粉状の物に限る）</u>
9	<u>オルトフタロジニトリル</u>	24	<u>ニッケルカルボニル</u>
10	<u>カドミウム及びその化合物</u>	25	<u>ニトログリコール</u>
11	<u>クロム酸及びその塩</u>	26	<u>パラ-ジメチルアミノアゾベンゼン</u>
11の2	<u>クロロホルム</u>	27	<u>パラ-ニトロクロルベンゼン</u>
12	<u>クロロメチルメチルエーテル</u>	27の2	<u>砒素及びその化合物（アルシン及び砒化ガリウムを除く）</u>
13	<u>五酸化バナジウム</u>	28	<u>弗化水素</u>
13の2	<u>コバルト及びその無機化合物</u>	29	<u>ベータ-プロピオラクトン</u>
14	<u>コールタール</u>	30	<u>ベンゼン</u>
15	<u>酸化プロピレン</u>	31	<u>ペンタクロルフェノール（別名 PCP）及びそのナトリウム塩</u>
15の2	<u>三酸化ニアンチモン</u>	31の2	<u>ホルムアルデヒド</u>
16	<u>シアン化カリウム</u>	32	<u>マゼンダ</u>
17	<u>シアン化水素</u>	33	<u>マンガン及びその化合物（塩基性酸化マンガンを除く）</u>
18	<u>シアン化ナトリウム</u>	33の2	<u>メチルイソブチルケトン</u>
18の2	<u>四塩化炭素</u>	34	<u>沃化メチル</u>
18の3	<u>1,4-ジオキサン</u>	34の2	<u>リフラクトリーセラミックファイバー</u>
18の4	<u>1,2-ジクロロエタン（別名二塩化エチレン）</u>	35	<u>硫化水素</u>
19	<u>3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノジフェニルメタン</u>	36	<u>硫酸ジメチル</u>
19の2	<u>1,2-ジクロロプロパン</u>	37	1 から 59 までに掲げる物を含有する製剤その他の物で厚生労働省令で定めるもの
19の3	<u>ジクロロメタン（別名二塩化メチレン）</u>		
19の4	<u>ジメチル-2,2-ジクロロビニルホスフェイト（別名 DDVP）</u>		

第3類物質

1	<u>アンモニア</u>	6	<u>フェノール</u>
2	<u>一酸化炭素</u>	7	<u>ホスゲン</u>
3	<u>塩化水素</u>	8	<u>硫酸</u>
4	<u>硝酸</u>	9	1 から 8 までに掲げる物を含有する製剤その他の物で、厚生労働省令で定めるもの
5	<u>二酸化硫黄</u>		

③ 作業記録等の保存

- a. 第1類および第2類特定化学物質を使用する実験室は、6ヶ月に1回、作業環境測定を行い、管理区分の評価を行って適切な措置を講じなければならない。またこの記録を、特別管理物質の場合は30年間、その他は3年間保存しなければならない。
- b. 特別管理物質を取り扱う場合は、月1回、作業記録（使用者氏名、作業概要、期間、汚染等の記録）を作成し、これを30年間保存しなければならない。
- c. 常勤研究者のみならず、非常勤職員、受入れ研究員および学生であっても、特定化学物質取扱者は特殊健康診断を受診する必要がある。

④ 保護具など

特定化学物質のガス、蒸気または粉塵を吸収するおそれのある作業をする場合は、呼吸用保護具を使用すること。また、皮膚に障害を与え、若しくは皮膚より吸収されることで障害をおこすおそれのある特定化学物質を使用する場合は保護手袋などを使用すること。

⑤ その他

特定化学物質のなかには、毒物及び劇物取締法の劇物に指定されているもの、消防法の危険物に指定されているものがある。それらの管理に関してはそれぞれの項目も参照すること。

(4) 毒物及び劇物の取扱い ———

毒物・劇物はLD₅₀（体重1kgあたりの半数致死量）を基に「毒物及び劇物取締法（<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25HO303.html>）により指定された化学物質である。毒物28種類、劇物94種類が指定されている。（表2-3-3、表2-3-4参照）

毒劇物の判定基準

	経口 LD ₅₀	経皮 LD ₅₀
毒物	30 mg/kg 以下	100 mg/kg 以下
劇物	30 mg/kg を超え 300 mg/kg 以下	100 mg/kg を超え 1,000 mg/kg 以下

① 保管に関する注意

- a. 毒物及び劇物は、薬品棚に他のものと区別して保管し、薬品棚等は必ず施錠しなければならない。
- b. 毒物及び劇物を保管する薬品棚等には、「医薬用外毒物」、「医薬用外劇物」の表示をしなければならない。
- c. 毒物及び劇物の管理に関しては、東北大学危険物質総合管理システムの薬品管理支援システムおよび廃液管理システムに従い保管・使用し、廃棄処理を行うこと。また、劇物のなかには、特定化学物質に指定されているもの、消防法の危険物に指定されているものがある。それらの管理に関してはそれぞれの項目も参照すること。
- d. 随時、適切に管理されているか、保管状況を点検する。

- e. 研究室責任者は、研究員、学生が毒物の購入を希望する場合は、その必要性を確認しなければならない。
- ② 取扱い上の注意
- a. 使用に際しては、毒物または劇物の発ガン性や毒性の程度などを必ず調べておく。なお、毒物、劇物を購入する際、販売業者から当該毒物または劇物の性状および取扱いに関する情報（情報を提供する毒物劇物営業者の氏名および住所、毒物または劇物の別、名称並びに成分およびその含量、応急措置、火災時の措置、漏出時の措置、取扱いおよび保管上の注意、暴露の防止および保護のための措置、物理的および化学的性質、安定性および反応性、毒性に関する情報、廃棄場の注意、輸送上の注意）がMSDS（化学物質等安全データシート）の形で提供される。
- b. 飲食用の容器を毒物用容器として使用してはならない。
- c. 毒性の強い薬品を扱う時は、必要に応じ、保護衣、保護眼鏡、マスク、保護手袋等を使用する。

表 2-4-3 毒物（毒物及び劇物取締法）

（注）アンダーラインは特定毒物

- 1 エチルパラニトロフェニルチオベンゼンホスホネイト（別名 EPN）
- 2 黄燐
- 3 オクタクロルテトラヒドロメタノフタラン
- 4 オクタメチルピロホスホルアミド（別名シュラーダン）
- 5 クラーレ
- 6 四アルキル鉛
- 7 シアン化水素
- 8 シアン化ナトリウム
- 9 ジエチルパラニトロフェニルチオホスフェイト（別名パラチオン）
- 10 ジニトロクレゾール
- 11 2,4-ジニトロ-6-(1-メチルプロピル)-フェノール
- 12 ジメチルエチルメルカプトエチルチオホスフェイト（別名メチルジメトン）
- 13 ジメチル-(ジエチルアミド-1-クロルクロトニル)-ホスフェイト
- 14 ジメチルパラニトロフェニルチオホスフェイト（別名メチルパラチオン）
- 15 水銀
- 16 セレン
- 17 チオセミカルバジド
- 18 テトラエチルピロホスフェイト（別名 TEPP）
- 19 ニコチン
- 20 ニッケルカルボニル
- 21 砒素
- 22 弗化水素
- 23 ヘキサクロルエポキシオクタヒドロエンドエンドジメタノフタリン（別名エンドリン）
- 24 ヘキサクロルヘキサヒドロメタノベンゾジオキサチエピンオキサイド
- 25 モノフルオール酢酸
- 26 モノフルオール酢酸アミド
- 27 硫化燐
- 28 前各号に掲げる物のほか、前各号に掲げる物を含有する製剤その他の毒性を有する物であって政令で定めるもの



表 2-4-4 劇物（毒物及び劇物取締法）

1 アクリルニトリル	46 ジメチル-4-メチルメルカプト-3-メチルフエニ ルチオホスフェイト
2 アクロレイン	47 ジメチル硫酸
3 アニリン	48 重クロム酸
4 アンモニア	49 蓚酸
5 2-イソプロピル-4-メチルピリミジル-6-ジエチ ルチオホスフェイト（別名ダイアジノン）	50 臭素
6 エチル-N-(ジエチルジチオホスホリールアセチ ル)-N-メチルカルバメート	51 硝酸
7 エチレンクロルヒドリン	52 硝酸タリウム
8 塩化水素	53 水酸化カリウム
9 塩化第一水銀	54 水酸化ナトリウム
10 過酸化水素	55 スルホナール
11 過酸化ナトリウム	56 テトラエチルメチレンビスジチオホスフェイト
12 過酸化尿素	57 トリエタノールアンモニウム-2,4-ジニトロ-6- (1-メチルプロピル)-フェノラート
13 カリウム	58 トリクロル酢酸
14 カリウムナトリウム合金	59 トリクロルヒドロキシエチルジメチルホスホネイト
15 クレゾール	60 トリチオシクロヘプタジエン-3,4,6,7-テトラニトリル
16 クロルエチル	61 トルイジン
17 クロルスルホン酸	62 ナトリウム
18 クロルピクリン	63 ニトロベンゼン
19 クロルメチル	64 二硫化炭素
20 クロロホルム	65 発煙硫酸
21 珪弗化水素酸	66 バラトルイレンジアミン
22 シアン酸ナトリウム	67 バラフェニレンジアミン
23 ジエチル-4-クロルフエニルメルカプトメチルジ チオホスフェイト	68 ピクリン酸 ただし、爆発薬を除く
24 ジエチル-(2,4-ジクロルフエニル)-チオホスフ エイト	69 ヒドロキシルアミン
25 ジエチル-2,5-ジクロルフエニルメルカプトメチ ルジチオホスフェイト	70 フェノール
26 四塩化炭素	71 プラストサイジン S
27 シクロヘキシミド	72 プロムエチル
28 ジクロル酢酸	73 プロム水素
29 ジクロルブチン	74 プロムメチル
30 2,3-ジ-(ジエチルジチオホスホロ)-バラジオキサ ン	75 ヘキサクロルエポキシオクタヒドロエンドエキソ ジメタノナフタリン（別名デイルドリン）
31 2,4-ジニトロ-6-ジクロヘキシルフェノール	76 1,2,3,4,5,6-ヘキサクロルシクロヘキサン（別 名リンデン）
32 2,4-ジニトロ-6-(1-メチルプロピル)-フェニル アセテート	77 ヘキサクロルヘキサヒドロジメタノナフタリン(別 名アルドリン)
33 2,4-ジニトロ-6-メチルプロピルフェノールジ メチルアクリレート	78 ベタナフトール
34 2,2'-ジビリジリウム-1,1'-エチレンジプロミド	79 1,4,5,6,7-ペンタクロル-3a,4,7,7a-テトラヒドロ -4,7-(8,8-ジクロルメタノ)-インデン（別名ヘプ タクロール）
35 1,2-ジプロムエタン（別名 EDB）	80 ペンタクロルフエノール（別名 PCP）
36 ジプロムクロルプロパン（別名 DBCP）	81 ホルムアルデヒド
37 3,5-ジプロム-4-ヒドロキシ-4'-ニトロアゾベンゼン	82 無水クロム酸
38 ジメチルエチルスルフィニルイソプロピルチオ ホスフェイト	83 メタノール
39 ジメチルエチルメルカプトエチルジチオホスフ エイト（別名チオメトン）	84 メチルスルホナール
40 ジメチル-2,2-ジクロルビニルホスフェイト（別 名 DDVP）	85 N-メチル-1-ナフチルカルバメート
41 ジメチルフチオホスホリルフェニル酢酸エチル	86 モノクロル酢酸
42 ジメチルジプロムジクロルエチルホスフェイト	87 沃化水素
43 ジメチルフタリルイミドメチルジチオホスフェイト	88 沃素
44 ジメチルメチルカルバミルエチルチオエチルチオ ホスフェイト	89 硫酸
45 ジメチル-(N-メチルカルバミルメチル)-ジチオ ホスフェイト（別名ジメトエート）	90 硫酸タリウム
	91 燐化亜鉛
	92 ロダン酢酸エチル
	93 ロテノン
	94 前各号に掲げる物のほか、前各号に掲げる物を 含有する製剤その他の劇性を有する物であって 政令で定めるもの

(5) 危険物の取扱い

消防法における危険物とは、消防法第2条第7項に「別表の品名欄に掲げる物品で、同表に定める区分に応じ同表の性質欄に掲げる性状を有するもの」と定義され、その判断は「その物品が法別表に掲げられている品名に該当するかどうか、また、該当する場合は、その物品が法別表に掲げられている性状を有するかどうか、さらに、性状がわからない場合には、その物品が危険物としての性状を有するかどうかの確認をするための政令で定められた試験を行い、その物品が一定以上の性状を示すかどうか」により決定される。

消防法上の危険物は、「液体」又は「固体」で、かつ、次のいずれかの性質を持っているものをいう。
①引火性物質であること。②それ自身が発火又は爆発する性質を持つこと。③燃焼すると消火が困難であること。④他の物質の燃焼を促進すること。⑤水と反応して発火又は可燃性ガスを発生すること。つまり、消防法では火災に対する危険性の高い物品を「危険物」として規制している。その取扱いに当たっては、それぞれの危険物の性質を良く理解し爆発や火災の発生を防ぐため、火気、電気火花、静電気、衝撃、摩擦などに充分注意する必要がある。また、火災などが発生した場合においても適切な処置が必要となる（消火の項目参照）。

表2-4-5のように類別されている各級の品名毎に、指定数量という規制の基準となる数量が設定されている。しかし一般には、消防法以外にも地方自治体の条例等によって細かい規制が行われているのが現状である。仙台市火災予防条例によれば、指定数量の0.2倍以上の危険物は、その保管、使用に関して規制の対象となる。

① 第1類の危険物

第1類の危険物は、法別表の第1類の項の品名に掲げる物品で、酸化性固体の性状を有するものである。

ここで、酸化性固体とは、酸化力の潜在的な危険性を判断するための試験（燃焼試験）において一定の性状を示す固体、又は衝撃に対する感受性を判断するための試験（落球式打撃感度試験）において一定の性状を示す固体をいう。

第1類の危険物は、一般に不燃性物質であるが、他の物質を酸化する酸素を分子構造中に含有しており、加熱、衝撃、摩擦等により分解して酸素を放出するため、周囲の可燃性物質の燃焼を著しく促すことになるため、これらの点について注意が必要である。

（事故例）

- a. 床にこぼれた塩素酸カリを踏んで発火した。
- b. 缶入の無水クロム酸を取り出そうとして金槌でたたいた瞬間に発火した。

② 第2類の危険物

第2類の危険物は、法別表の第2類の項の品名欄に掲げる物品で、可燃性固体の性状を示すものをいう。ここで可燃性固体とは、火災による着火の危険性を判断するための試験（小ガス炎着火試験）において一定の性状を示す固体、又は引火の危険性を判断するための試験（引火点測定試験）において引火性を示す固体をいう。

表 2-4-5 消防法危険物及び指定数量

種別	性質	品名	性質	物質の例	指定数量						
第1類	酸化性固体	1 塩素酸塩類	第1種酸化性固体	過マンガン酸カリウム 過塩素酸ナトリウム 過酸化ストロンチウム 塩素酸ナトリウム	50kg						
		2 過塩素酸塩類									
		3 無機過酸化物	第2種酸化性固体		300kg						
第2類	可燃性固体	4 亜塩素酸塩類	第3種酸化性固体	三塩化イソシアヌル酸 重クロム酸カリウム 硫酸アンモニウム 硫酸ストロンチウム	1000kg						
		5 臭素酸塩類									
		6 硝酸塩類									
		7 ヨウ素酸塩類	第1種可燃性固体		100kg						
		8 過マンガン酸塩類									
		9 重クロム酸塩類									
		10 その他のもので政令で定めるもの									
		11 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの									
		1 硫化リン				第2種可燃性固体		500kg			
		2 赤リン									
		3 硫黄				第1種引火性固体	マグネシウムエチラート 固形アルコール	1000kg			
4 鉄粉											
5 金属粉											
第3類	自然発火性物質及び禁水性物質	6 マグネシウム	第1種自然発火性物質及び禁水性物質	トリエチルボランリチウム (粉状, 30%)	10kg						
		7 その他のもので政令で定めるもの									
		8 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの	第2種自然発火性物質及び禁水性物質	カルシウム, 水素化ナトリウム, ジエチル亜鉛, トリエチルアルミニウム (純度 12%), バリウム, リチウム (塊状), ジエチルアルミニウムクロリド	50kg						
		9 引火性固体									
		10 カリウム				第3種自然発火性物質及び禁水性物質	水素化ホウ素ナトリウム	300kg			
		11 ナトリウム									
		12 アルキルアルミニウム	第1種引火性液体	ジエチルエーテル, 二硫化炭素, アセトアルデヒド, 酸化プロピレン ガソリン, ヘキサン, 酢酸エチル, トルエン アセトン, アセトニトリル, ピリジン, <i>tert</i> -ブタノール メタノール, エタノール, 2-プロパノール, 1-プロパノール	50L 200L 400L 400L						
		13 アルキルリチウム				第2種引火性液体	灯油, 軽油, キシレン, 無水酢酸, 酢酸アミル アクリル酸, 酢酸, ギ酸	1000L 2000L			
		14 黄リン							第3種引火性液体	重油, クレオソート油, アニリン, ニトロベンゼン エチレングリコール, グリセロール, 酪酸	2000L 4000L 6000L
		15 6 アルカリ金属 (カリウム及びナトリウムを除く) 及びアルカリ土類金属				第1種自己反応性物質	アジ化ナトリウム アジ化バリウム ジイソプロピルパーオキシジカーボネート (96%) ベンゾイルパーオキシド	10kg			
		16 7 有機金属化合物 (アルキルアルミニウム及びアルキルリチウムを除く)									
		17 8 金属の水素化物									
18 9 金属のリン化物											
第4類	引火性液体	10 11 その他のもので政令で定めるもの	第1種引火性液体	ギヤー油, シリンダー油, 潤滑油 オリーブ油, 大豆油, ひまし油, やし油	6000L 10000L						
		12 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの									
		1 特殊引火物				第2種引火性液体	アクリル酸, 酢酸, ギ酸	2000L			
		2 第一石油類									
		3 アルコール類				第3種引火性液体	重油, クレオソート油, アニリン, ニトロベンゼン エチレングリコール, グリセロール, 酪酸	2000L 4000L 6000L			
		4 第二石油類									
		5 第三石油類									
第5類	自己反応性物質	6 第四石油類	第1種自己反応性物質	アジ化ナトリウム アジ化バリウム ジイソプロピルパーオキシジカーボネート (96%) ベンゾイルパーオキシド	10kg						
		7 動植物油類									
第6類	酸化性液体	8 有機過酸化物	第1種自己反応性物質	アジ化ナトリウム アジ化バリウム ジイソプロピルパーオキシジカーボネート (96%) ベンゾイルパーオキシド	10kg						
		9 2 硝酸エステル類									
		10 3 ニトロ化合物									
		11 4 ニトロソ化合物									
		12 5 アゾ化合物									
第6類	酸化性液体	13 6 ジアゾ化合物	第2種自己反応性物質	クメンヒドロペルオキシド コハク酸パーオキシド ジクミルパーオキシド ピクリン酸 ベンゾイルパーオキシド (51%)	100kg						
		14 7 ヒドラジンの誘導体									
		15 8 ヒドロキシルアミン									
		16 9 ヒドロキシルアミン塩類									
		17 10 その他のもので政令で定めるもの									
18 11 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	1 過塩素酸	第1種自己反応性物質	過酸化水素 (50%) 五フッ化ヨウ素	300kg						
		2 過酸化水素									
		3 硝酸									
		4 その他のもので政令で定めるもの									
		5 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの									

比較的低温で着火しやすい可燃性物質で、しかも燃焼が速く、有毒のもの、あるいは燃焼のとき有毒ガスを発生するものがあり、使用に当たっては特に火気に注意する必要がある。

(事故例)

- a. 粉末マグネシウムをビーカーに入れて放置したら発火した。

③ 第3類の危険物

第3類の危険物は、法別表の第3類の項の品名欄に掲げる物品で、自然発火性物質及び禁水性物質の性状を有するものである。

ここで、自然発火性物質及び禁水性物質とは、空気中での発火の危険性を判断するための試験

(自然発火性試験)において一定の性状を示すか、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試験(水との反応性試験)において、一定の性状を示す固体又は液体をいう。

第3類の危険物は、空気中において、空気又は水と接触することによって直ちに危険性を生ずるものである。従って、その危険性は、他の危険物と比較して高いものと評価されており、その指定数量も10kgから300kgと、比較的少なく定められている。

第3類の危険物には、黄りんのように自然発火性(空気中での発火の危険性)のみを有している物品、あるいは、リチウムのように禁水性(水と接触して発火し、又は可燃性ガスを発生する危険性)のみを有している物品もあるが、ほとんどの物品は自然発火性及び禁水性の両方の危険性を有している。なお、危険物関係法令では、第3類の危険物のうち自然発火性を有しているもの(アルキルアルミニウム、アルキルリチウム及び黄りんを含む)を自然発火性物品、禁水性を有しているもの(カリウム、ナトリウム、アルキルアルミニウム及びアルキルリチウムを含む)を禁水性物品と称しており、これらに対しては水の混入には特に注意が必要である。また、反応などに用いた場合、過剰の試薬を注意して完全に分解してから注水などの操作を行うこと。

(事故例)

- a. 金属ナトリウムをメタノールで分解した後、水に入れたら、分解が不十分で発火した。
- b. 還元ニッケル触媒の付着した濾紙を捨てたら、乾燥して発火した。

④ 第4類の危険物

第4類の危険物は、法別表の第4類の項の品名欄に掲げる物品で、引火性液体の性状を有するものである。ここで、引火性液体とは、液体であって引火の危険性を判断するための試験(引火点測定試験)において引火性を示すものをいう。

引火性を示すかどうかは、引火点(規定条件で物品を加熱して小さな炎を液面に近づけたとき、物品の蒸気と空気の混合気体に引火する物品の最低の温度)により評価される。引火点が低いものほど引火性が高く、引火点が高いものほど引火性が低いということがいえる。第4類の危険物については、この引火点に応じ、特殊引火物、第一石油類、第二石油類等に品名が区別されている。

- a. 第4類の危険物の蒸気の比重は、1より大きくなっている(空気より重い)。従って、その蒸気は低所に滞留し、また、低所に流れる。このため、当該物品を使用している場所から遠く離れた所にある火源により引火する危険性がある。
- b. 第4類の危険物の多くは、液体の比重が1より小さく、水よりも軽い(水より重いものには、二硫化炭素等があるが、少数である)。また、アルコール類等一部の危険物を除いて、水に溶けにくいものである。このような物品が流出した場合、水の表面に薄く広がり、その液表面積は、格段に大きくなる。このため、火災となった場合には、火面が非常に大きくなり消火が困難となる。
- c. 非水溶性の場合消火する際には、一般に注水は避けなければならない。
- d. 引火点が火花、炎等の火源により燃焼を始める最低の温度であるのに対して、このような火源の存在なしに燃焼を開始する最低の温度を発火点という。第4類の危険物の中には、この発火点の非常に低いものがあり、このような物品は、火源がなくとも加熱されるだけで発火する可能性があるため、温度管理が重要である(例:二硫化炭素 100℃, ジエチルエーテル 180℃, アセトアルデヒド 185℃)。

- e. また、動植物油類等は、発火点が非常に高く、通常の状態では発火することはないが、乾性油などが布等にしみ込んでいる場合等には、発生する熱が蓄積して常温でも発火することがある。従って、こぼした植物油などを拭いた紙や布切れなどをゴミ箱にそのまま捨ててはならない。
- f. 第4類の危険物は、電気の不良導体であるものが多い。このような物品は、静電気が蓄積されやすく、蓄積された静電気が放電するとき発生する火花により引火することがある。従って、このような物品が流れる配管、ホース等は、接地する等発生する静電気を除去する措置を講じる必要がある。

第4類の危険物は特に火災に対する注意が必要である。火災予防のため以下の点に注意を払う必要がある。

- a. 炎、火花、高温体等との接近を避ける。
- b. 加熱を避ける。
- c. みだりに蒸気を発生させないようにする。蒸気が発生するような取り扱いをする場合には、蒸気を排出するか、又は、十分な通風を行う。
- d. 炭化水素のように、静電気が発生するおそれのある物品を取り扱う場合には、静電気が発生しないような条件の下で取り扱い、また、発生した静電気を除去する措置を講じる。

(事故例)

- a. ヘキサンが入ったビン（約2L含有）が実験台上から床に落下し、ビンが割れ、付近の大型ガスストーブから引火した。その熱で他の溶剤類の容器もこわれて引火し、化学実験室を全焼した。放水により階下の実験室等にも被害が及んだ。
- b. エーテルの少し残ったフラスコを洗っていたとき、湯沸かし器の火によって引火した。
- c. アセトンで洗ったフラスコを乾燥器に入れたら爆発した。
- d. トルエンを蒸留中、忘れていた沸石を入れたら、突沸して引火した。

⑤ 第5類の危険物

第5類の危険物は、法別表の第5類の項の品名欄に掲げる物品で、自己反応性物質の性状を示すものをいう。ここで自己反応物質とは、爆発の危険性を判断するための試験（熱分析試験）で一定の性状を示す固体もしくは液体又は、加熱分解の激しさを判断するための試験（圧力容器試験）で一定の性状を示す固体もしくは液体をいう。第5類の危険物は、加熱、衝撃、又は他の薬品との接触により発火し、爆発するものが多く、また、空気中に長時間放置すると分解が進み、やがて自然発火するものがあり、これらの点について取り扱いに注意が必要である。また、これらを取扱う際には、保護メガネ、防護服、保護板などを使用すること。

(事故例)

- a. エーテル抽出液を留去、乾燥器で加熱乾燥したら爆発した。
- b. エーテルを蒸留中、空だきしてしまい爆発した（テトラヒドロフランでも同様な事故例がある）。

⑥ 第6類の危険物

第6類の危険物は、法別表第6類の項の品名欄に掲げる物品で、酸化性液体の性状を示すものをいう。ここで酸化性液体とは、酸化力の潜在的な危険性を判断するための試験（燃焼試験）で一定の性状を示す液体をいう。

強酸化剤で、自らは不燃性であるが、有機物と混ぜるとこれを酸化させ、場合により着火させることがあるためその取扱いには注意が必要である。

(事故例)

- a. 加熱した濃硝酸が実験着にかかって発火した。

⑦ 危険物の保管

a. 一般的注意事項

- 室内に薬品を保管する場合、薬品の性質に応じた保管場所を設置する。
- 保管場所は、棚を避け、戸棚とする（通常は戸を閉めておくこと）。
- 戸棚は不燃材で作られ、かつ、奥行きが深い頑丈なものとする。
- 扉は引き違いのものであること。なお、両開きの場合は、震動によって扉が開くのを防止する止金を設けたものであること。
- 戸棚の棚は、固定され、かつ、収納容器の転倒、落下を防止するためのボトルストッパー等の措置が講じられたものであること。
- 戸棚は、建築物の壁や柱等に固定する。
- 保管場所としては、戸棚だけでなく、不燃材で囲まれた場所でもよい。たとえば、壁に据付けられたストーンテーブルの下に戸を設けて保管場所とする等。
- 保管場所は、室内の気流、火の元、湿気、人の往来等を考慮し、適正な場所に設定する。
- 容器は、密栓して保管する。
- 容器の多段積みを避ける。
- 薬品の容器がガラスの場合、震動等により、互いに触れて破損することのないよう仕切りを設けたコンテナ等に入れるか、容器を破損防止ネットで保護して保管する。
- 大型ビン（3L～）は、ネットで保護するか、ゴムバンドを巻いておく（ビンの衝突破損を防ぐことができる）。
- 容器を保管した戸棚の扉は、必ず閉めておく。火災時でも戸棚の内部に火勢が及ぶのを防止できる。
- 第3類危険物の中で自然発火のおそれのあるものは、保護液を十分満たしておく。
- 火災発生時に、適正な消火を行うために、研究室内の試薬棚の位置と保管されている危険物の種類を把握しておき、緊急時に消防署等へ必要な情報をすぐに提供できるようにしておくこと（特に、注水による消火を避けなければならない禁水化合物（第3類）や非水溶性の可燃性液体（第4類）の保管場所）。
- 爆発や火災を引き起こしたり、災害を拡大させる恐れがあるため、混載が禁止されている危険物同士を同じ棚に保管してはならない（表2-4-6）。

表2-4-6 危険物の混載禁止の組み合わせ

	第1類	第2類	第3類	第4類	第5類	第6類
第1類	—	×	×	×	×	○
第2類	×	—	×	○	○	×
第3類	×	×	—	○	×	×
第4類	×	○	○	—	○	×
第5類	×	○	×	○	—	×
第6類	○	×	×	×	×	—

○：混載可能， ×：混載禁止

b. 危険物の保管に関する注意事項

危険物の保管は次の基準を達成しなければならない。

- 実験室の保管量の総和は、廃棄溶剤を含めて、指定数量の0.2倍未満とする。指定数量の倍数は、各危険物の〔保管量（L または kg）／指定数量（L または kg）〕の総和である（指定数量は表 2-3-5 を参照）。この量の大体の目安は（危険物の種類によっても異なるが）、20L 容器 2 個程度となる。

指定数量の倍数の計算例：仮にエーテル 3L（指定数量 50 L）、エタノール 18 L（指定数量 400L）、酢酸エチル 4L（指定数量 200 L）、アセトン 10 L（指定数量 400L）、酢酸 6L（指定数量 2000 L）を保管しているとすれば、

$$3 / 50 + 18 / 400 + 4 / 200 + 10 / 400 + 6 / 2000 = 0.153$$

より、指定数量の倍数は 0.153 倍となる。

- 指定数量の0.2倍を越える場合には、危険物薬品庫に貯蔵する（危険物薬品庫の利用上の注意事項は「c. 危険物屋内貯蔵所」に記載）。
 - 少量危険物貯蔵取扱所の場合、保管場所・方法等の技術的基準は、上記に同じ。但し、貯蔵危険物として申請した量、および品名（薬品名ではない）を越えて貯蔵することはできない。（少量危険物貯蔵取扱所は、2 研究室（機能形態・生物有機）と廃液保管室で、指定数量の1倍未満の第4類の危険物を貯蔵・取り扱うことができる。）
 - 少量危険物貯蔵取扱所を設けている研究室では、甲種危険物取扱者または乙種危険物取扱者（第4類）が、危険物の取扱いを管理する。貯蔵取扱所内での危険物の取扱いに際しては有資格者の指示に従うこと。
 - 危険物薬品庫並びに少量危険物貯蔵取扱所は常に整理・整頓に努めること。空き缶は、完全に中の溶剤がなくなったことを確認し、定められた処置を施した後、速やかに廃棄すること。
- c. 危険物屋内貯蔵所（危険物薬品庫）

本貯蔵所は、本研究科構内に1ヶ所設置（総合研究棟西側）しており、それぞれ第4類の危険物を保管することができる。この貯蔵所の管理運営は、東北大学大学院農学研究科・農学部危険物薬品等取扱内規及び危険物薬品庫使用基準に定める。また、危険物薬品庫に貯蔵できる薬品およびその数量を表 2-4-7 に示す。

- 搬入危険物は、18L の缶入のものを基本とし、所定の場所に保管する。
- ガラスビン入の危険物は、震動による衝撃破損の恐れのないよう、ネットで保護するか、仕切のあるコンテナか木箱に収納して貯蔵する。
- 搬入する危険物には、研究室名、物品名、所属、搬入年月日を明記する。
- 搬出入の都度、備え付けの受払い簿に所定の量目および総量を記入する。

注：屋内危険物貯蔵所の受払い簿は、危険物の種類〔特殊引火物、第一石油類（非水溶性）、第一石油類（水溶性）、アルコール類、第二石油類、第三石油類 等〕ごとに別になっており、日付、分野、氏名、薬品名、受け入れ量或いは持ち出し量と、保管量（残量）を記入すること。保管量（残量）は、薬品単位ではなく危険物の種類の総量。記載ミスをするると全て狂ってくるので、正しく記載すること。

- 廃棄溶剤を搬入してはならない。
- 危険物薬品庫使用基準別表（表 2-4-7 に同じ）に該当しない危険物、及び許容量を超える量の危険物は搬入してはならない。
- 劇物に指定された危険物は、危険物薬品庫の中の施錠された金網の中に保存しなければならない。

表2-4-7 危険物の種別・品名・薬品名及び最大貯蔵量

類別	品名	種別と物質例	指定数量	貯蔵量	倍数	
第4類	特殊引火物	・ジエチルエーテル	50L	120L	2.4	
	第一石油類	非水溶性液体 ・ガソリン ・ヘキサン ・ベンゼン ・トルエン ・酢酸エチル ・2,2,4-トリメチルペンタン	200L			
				80L	0.4	
				240L	1.2	
				10L	0.05	
				200L	1	
				60L	0.3	
				140L	0.7	
				水溶性液体 ・アセトン	400L	380L
	アルコール類	・エタノール ・メタノール ・プロピルアルコール	400L	800L	2	
				200L	0.5	
				40L	0.1	
	第二石油類	非水溶性液体 ・キシレン ・1-ブタノール	1,000L			
				280L	0.28	
				60L	0.06	
		水溶性液体 ・酢酸	2,000L	60L	0.03	
	第三石油類	水溶性液体 ・グリセリン ・エチレングリコール	4,000L			
20L				0.005		
40L				0.01		
合計				9.98		

(6) その他(化学物質総合提供システム参照 http://www.nite.go.jp/chem/chrip/chrip_search/systemTop) ———
 人体および生態系、環境に影響を及ぼす化学物質は、その他の法律によっても規制されている。

- ・化学物質排出管理促進法 [PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) 法]: 第1種指定化学物質(人や動植物に有害或いはオゾン層破壊の恐れがある物質)の環境(大気・公共用水域・土壌), 下水, また廃液として排出した量の届け出に関する規制。
- ・大気汚染防止法: 大気中に排気する汚染物質に関する規制。
- ・水質汚濁防止法: 公共用水域への排水に関する規制。
- ・化学兵器禁止法: 化学兵器の製造・使用に関する規制。
- ・麻薬及び向精神薬取締法・大麻取締法・覚せい剤取締法・あへん法

§5. 化学物質等リスクアセスメント（CRA）・・・・・・・・

平成26年6月25日に公布された労働安全衛生法の一部を改正する法律により、平成28年6月1日から化学物質等のリスクアセスメントの実施が、対象物質を扱う全ての業種・事業場に対して義務化されました。

本学での化学物質等のリスクアセスメントの具体的な実施方法は事業場に一任されておりますので、農学研究科等事業場では下記の「化学物質等リスクアセスメント等実施の手引き 農学部版」を準備いたしました。

各分野等におかれましては、実施の手引きを参考に化学物質等のリスクアセスメントを確実に実施くださるようお願いいたします（実施の手引き等の資料の更新は随時行います）。

－農学研究科等事業場での取扱い等－

化学物質等のリスクアセスメント等実施の手引き 農学部版第1, 2版（2017年10月10日）P38

※本事業場における化学物質等リスクアセスメントの取扱いを記載しております。

実施記録（研究科配付様式）P44 記入例のみ掲載。詳細は本研究科HPで確認してください。

※将来において健康障害が起きた際の追跡作業にもなっていますので、リスクアセスメントの実施状況を電子データで保管ください。

実施報告書（研究科指定様式）P45 記入例のみ掲載。詳細は本研究科HPで確認してください。

※「東北大学化学物質等管理規程に基づく点検及び教育研修の実施報告」と併せて毎年、4月中旬を目処に提出いただきます。

リスクアセスメント対象物質ラベル（CRAラベル） 詳細は本研究科HPで確認してください。

※構成員がリスクアセスメント対象物質を容易に把握できるように試薬ボトルに本ラベルを貼付することを推奨します。

生協で販売されているRサイズ用と関東化学製のSサイズ用のバーコードラベルシートの規格に合わせたもの2通りを用意しましたので、必要に応じてお使いください。

リスクアセスメント裾切値一覧 詳細は本研究科HPで確認してください。

※各対象物質には裾切値（リスクアセスメント対象外濃度）が定められています。調整した試薬やキット等に対象物質が含まれる場合に参考にして下さい。

※詳細 本研究科HPのURLは下記のとおりです。

URL: <http://www.agri.tohoku.ac.jp/jp/in-house/cra/index.html>

化学物質等のリスクアセスメント等実施の手引き 農学部版

第 1.2 版（2017 年 10 月 10 日）

●化学物質等のリスクアセスメントについて

化学物質等のリスクアセスメントとは、化学物質の持つ危険性や有害性を特定し、それを取り扱う人や周囲にいる人に及び得る危険や健康障害の程度を見積り、リスクの低減策を予め検討することを言います。平成 26 年 6 月 25 日に公布された労働安全衛生法の一部を改正する法律により、平成 28 年 6 月 1 日以降、化学物質等のリスクアセスメントおよびその結果に基づくリスク低減措置（以下リスクアセスメント等）の実施が、対象物質を扱う全ての業種・事業場に対して義務となりました。

実験で使う試薬の殆どが、事故につながる危険性や人体への有害性を持っています。リスクアセスメントは、そのような化合物を使用するうえで、大きな事故や怪我、化学物質が原因で将来起こるかもしれない疾患を防ぐための手段です。

●対象物質

安全データシート（Safety Data Sheet; SDS）の交付義務対象となっている 667 の化学物質、及び対象物質を含有する製剤その他の物（希釈、混合等による化学物質濃度の低い含有物）です。

各対象物質について、リスクアセスメントの対象となる濃度（裾切り値）を別紙一覧にて示します。製剤その他の物を扱う場合には一覧を参照してください。

●役割分担

①実際に試薬を扱う人（学生・教職員）

リスクアセスメント等を主体的に行います。

②実験を指導する人（主に教職員）

特に学生や実験初心者に対しては、作業内容をよく理解している教職員等がリスクアセスメント等について指導を行ってください。

③化学物質等分野等別管理責任者（教職員）

リスクアセスメント等の記録を取りまとめ、研究室内でリスクアセスメント等が適切に行われているか管理してください。

④分野等責任者（教員）

リスクアセスメント等の実施を統括管理したうえで、必要に応じてリスクアセスメント等に関わってください。

⑤農学研究科安全衛生委員会化学物質リスクアセスメント専門部会

リスクアセスメント等に関する疑問・相談を随時受け付けます。連絡先は下記の通りです。

メールアドレス：agr-cra@grp.tohoku.ac.jp

※③④については、状況に応じて役割分担を変更してもかまいません。

●行う時期

対象物質を使用する状況に応じ、必ず行わなければならない場合と、行うよう努力をしなければならない場合があります。

①必ず行わなければならない場合

1. これまでに用いたことが無い対象物質を用いた実験や作業、あるいは対象物質を用いる過去にやったことのない実験や作業を行うとき
研究室の新しい構成員に、研究室で日常的に行われる実験や作業を教える場合も含まれます。同じ実験を複数人が行う場合、共同でリスクアセスメントを行っても構いません。また、当該年度内に研究室内で一度リスクアセスメントを行った実験で下記2～4のいずれにも該当しない場合は、最初に行ったリスクアセスメント情報を共有し、参考にすることが可能です。ただし、対象物質の危険性・有害性とリスク低減措置を必ず把握・確認するようにしてください。
2. 使用経験のある対象物質を使う場合で、実験手法や反応条件が著しく変わるとき
対象物質の使用量・反応温度・気圧等が著しく変わるとリスク変動の要因になります。
例：mg → g → kg, μl → ml → l, 20°C → 100°C など。
3. 対象物質の危険性・有害性に変化が生じたまたは生じる恐れがあるとき
該当物質について新たな危険有害性の情報が提供された場合などを指します。対象化合物のSDS情報に変更があった場合は速やかに通知します。
4. 研究科内で対象化合物が原因の事故や災害が起こったとき
過去のリスクアセスメント等に問題がないか確認のうえ、再度リスクアセスメントを実施してください。

②行うよう努力をしなければならない場合

1. ドラフト等、機械設備の性能や環境が変わったとき
2. 対象外の物質でも危険性や有害性が懸念されるとき
3. 2016年6月1日以前から取り扱っている物質を同様の実験・作業方法で取り扱う場合で、過去にリスクアセスメントを実施したことがないとき
4. 過去のリスクアセスメント等の結果に疑問を感じたとき

●リスクアセスメント等の流れ

リスクアセスメント等は次のような流れで行います。

- | |
|-------------------|
| ステップ1：危険性と有害性の特定 |
| ステップ2：リスクの見積り |
| ステップ3：リスクの低減措置の検討 |
| ステップ4：リスクの低減措置実施 |
| ステップ5：結果の周知 |
| ステップ6：記録の保管・提出 |

●ステップ1：危険性と有害性の特定

該当物質がどのような危険性や有害性を持っているか確認する作業です。

薬品ボトルまたはIASO システムの登録及び持出画面に GHS マーク（後述）がある場合は、リスクアセスメント対象物質か否かを照合してください。対象物質であった場合は SDS を必ず参照して、GHS 区分、暴露限界値、物性値、有害性情報、関係法令などから当該化合物の危険性・有害性を把握してください。IASO の登録及び持出画面から SDS 情報を読み出すことが可能です。

2016年11月より、IASO 上でリスクアセスメント対象物質の判定ができるようになりました。方法は、別紙（IASO による対象物質確認方法）をご確認ください。

《GHS 分類とは》

GHS（Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals）は化学品の危険有害性を世界的に統一された一定の基準に従って分類し、絵表示等を用いて分かりやすく表示し、その結果をラベルや SDS に反映させ、災害防止及び人の健康や環境の保護に役立てようとするものです。（厚労省・職場のあんぜんサイトより）

薬品によっては、ラベルや SDS に下のようなマークが記載されています。各項目は幾つかの区分に分けられており、数字が小さいほど危険有害性が高いことを表します。

試薬ラベルにこれらのマークがあったら、危険性・有害性特定の参考にしましょう。

＜危険有害性の程度に応じた絵表示＞

				
爆発物 自己反応性化学品 （タイプA、B） 有機過酸化物	可燃性／引火ガス エアゾール 引火性液体 可燃性固体 自己反応性化学品 自然発火性液体・固体 自己発熱性化学品 水反応可燃性化学品 有機過酸化物	支燃性／酸化性ガス 酸化性液体・固体	高圧ガス	金属腐食性物質 皮膚腐食性 眼に対する重篤な損傷性
				赤字：区分によらず注意が必要 青字：区分によって注意が必要 下線：保護具の利用推奨
急性毒性（区分1～3）	急性毒性（区分4） 皮膚刺激性 眼刺激性 皮膚感作性 特定標的臓器毒性（区分3） オゾン層への有害性	呼吸器感作性 生殖細胞変異原性 発がん性 生殖毒性 特定標的臓器毒性（区分1～2） 吸引性呼吸器有害性	水生環境有害性	

●ステップ2：リスクの見積り

SDS などの情報をもとに、起こり得るリスク（優先度）を見積もります。

「化学物質等のリスクアセスメント等実施記録」（研究科配布様式：Excel シート）の該当部分に対

象薬品の CAS 番号を入力すると、化合物名、GHS 分類及び区分が自動的に入力されます。これらと、SDS にある情報をもとに、「発生の恐れのある事故・健康被害」及びその「防止対策」を記入してください。GHS 分類及び区分が「分類できない／分類対象外／区分外」となった場合は、関係法令等、SDS にある他の情報を参考にリスクの見積りを行ってください。

次に、仮に災害が起こった際の被害の重篤度（死亡・後遺障害・休業・軽傷）と、災害が発生する可能性（極めて高い・比較的高い・可能性あり・ほとんど無い）をそれぞれ選択入力してください。リスク（優先度）が自動的に算出されます。

●ステップ3：リスクの低減措置の検討

リスクの見積り結果をもとに、低減措置を検討します。

優先度が2以上の場合は、災害の重篤度や発生可能性を軽減できるように、追加のリスク低減措置を検討し、特記事項欄に記入してください。

特化則や有機則などの法令に定められた措置がある場合にはそれを必ず実施する必要があります。法令で定められた措置がない場合は、次の順番を参考に検討してください。

1. 危険有害性のより低い物質への代替、実験・作業条件の変更、対象物質の形状の変更
2. 設備の防爆化や密閉化、安全装置の二重化、局所排気装置の設置など、設備装置の改善
3. 作業手順の改善や立入り禁止など、管理面の工夫
4. 有害性に応じた保護具の利用の徹底（白衣、手袋、安全眼鏡など）

その他、過去のヒヤリハットや事故事例などを参考に、単独での実験・作業禁止、終夜運転禁止、教員不在時禁止など、研究室独自のルールを検討して設けることも可能です。

●ステップ4：リスクの低減措置の実施

検討結果を基に、防止対策や低減措置を実行したうえで実験や作業を行ってください。

リスクや優先度が高い場合で、適切な低減措置の実施に時間がかかる場合は、暫定的な措置を直ちに講じてください。化学物質等分野別管理責任者・分野等責任者は、研究室全体の状況を鑑みながら、必要なリスク低減措置の実施を計画的に進めてください。

●ステップ5：結果の周知

危険性・有害性の特定から低減措置の実施に至るまでの情報を、研究室内で共有してください。

具体的な方法としては、実験を行う場所や全員が見るホワイトボードなどに掲示する、共通のパソコン等にデータを蓄積し随時閲覧可能とする等があります。ゼミ等、研究室の構成員が集まる場で議論する時間を持つことも効果的です。ただし、リスクの見積りの結果、優先度が高い場合は、実験・作業開始前に研究室構成員へ周知してください。

結果を速やかに共有すると、同じ部屋で作業する構成員のばく露被害に対する注意喚起にもなります。毒性の高い物質や、揮発性の高い物質を大量に使用する場合は、可能な限り事前に構成員に周知するようにしてください。

●ステップ6：記録の保管・提出

毎年4月に行う「東北大学化学物質等管理規程に基づく点検及び教育研修の実施報告」に併せて、前年度の化学物質等リスクアセスメント等実施報告書（研究科指定様式：Excelシート）を提出してください。提出された実施報告書は事業場で3年間保存します。

提出にあわせて1年間のリスクアセスメント等の結果をまとめ、節目の安全教育に活用することをお勧めします。また、行ったリスクアセスメント等の実施記録は、各分野での保管をお願いします。構成員の代替わりがあった場合には漏れなく引継ぎを行ってください。

《参考》

○リスクアセスメントの定義

この手引きの「リスクアセスメント」とは、国立大学法人東北大学化学物質等のリスクアセスメント等に関する運用方針に則り、「化学物質及び化学物質を含有する製剤その他の物で、人への危険または健康障害の生じるおそれの程度を見積り、リスクの低減を検討すること」を指しています。

○リスクアセスメント対象物質ラベルについて

リスクアセスメント対象物質であってもGHSマークが表示されていないもの、GHSマークが表示されていてもリスクアセスメント対象物質にはなっていないものが混在しています。構成員全員が対象物質を把握できるように、試薬のIASO登録を行うと同時に、対象物質か否かを別途照合し、対象物質にはラベルを貼付することを推奨します。

《リスクアセスメント対象物質ラベルについて》



- ・ 試薬ボトルの、見やすいところに貼ってください
- ・ 分注した容器にも貼ることをお勧めします

○環境安全推進課の化学物質のアセスメントに関する情報

環境・安全推進センターホームページ内、化学物質のリスクアセスメントの項目から教職員グループウェア内の情報にアクセスできます。（東北大IDとパスワードが必要です）

【URL】

http://www.bureau.tohoku.ac.jp/anzen/env_saf_pro_center/index.html

【掲載情報】

- ＊東北大学化学物質リスクアセスメント実施マニュアル<初版>（2016.5.31）
- ＊東北大学化学物質のリスクアセスメントに関するQ&A（2017.4.14）
- ＊厚労省パンフ 労働災害を防止するためリスクアセスメントを実施しましょう

○関係者の各ステップにおける関わり方について

一例として、次のような体制で行ってください。

	危険性・有害性の特定	リスクの見積り	措置の検討	措置の実施	結果の周知	結果の提出
試薬を扱う人	◎	◎	◎	◎	○	△
実験を指導する人	○	○	◎	○	◎	△
化学物質等分野別管理責任者	○	△	○	○	◎	◎
分野等責任者	△	△	○	○	○	△

◎：必ず関わる ○：必要に応じて関わる △：特別な事情があれば関わる

● Q&A

[厚労省 Q&A より抜粋]

Q. 表示・通知対象物を単に運搬する作業の場合でもリスクアセスメントは必要か。

A. 労働安全衛生法上、運送業者が容器に入った化学物質を単に運搬する作業を行う場合には、「取扱い」には当たりませんので、リスクアセスメントの実施の義務はありません。小分け、サンプリング、容器に入れずに納入（タンクローリーなど）の作業は、取扱い作業に当たります。

Q. ガソリンを使った発電機での作業について、ガソリンのリスクアセスメントは必要か。

A. 市販のガソリンは、「一般消費者の用に供するもの」としてラベル・SDS の義務なく提供されるものであるため、リスクアセスメントの実施義務はありませんが、工事現場等で給油の作業等を行う場合には様々な危険が伴うため、リスクアセスメントの努力義務（労働安全衛生法第 28 条の 2）の対象として危険有害性と作業手順等の見直しに取り組むようにしてください。

Q. リスクアセスメントの実施について、罰則はあるか。

A. 罰則は設けられていませんが、実施すべき要件に該当する場合に実施していなければ法律違反になりますので、行政指導の対象となります。また、事業者の社会的責任を果たす観点からも適切に実施することが必要であると考えられます。

[その他の Q&A]

Q. 試薬がキット化されているものについてはどのように扱えばいいか。

A. 含有される化学物質が判明している場合で、含有値が裾切り値以上の場合はリスクアセスメント実施対象になります。既に濃度が定められた状態で流通している試薬についても同様です。

Q. 灯油・軽油等、試験研究ではなく日常生活上扱うものも対象になるか。

A. 上記厚労省 Q&A に準じます。

化学物質等のリスクアセスメント等実施記録(記入例)

実施日		実験・作業名		分野等名		職位・学年		実施者		
<p>CAS番号を入力してください</p> <p>※CAS番号で自動入力されない場合は入力をお願いします</p>										
<p>②GHS分類等</p> <p>危険性 有害性</p>										
CAS番号	79-06-1	急性毒性(経口): 3 急性毒性(経皮): 3 皮膚腐食性/刺激性: 3 眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性: 2A 皮膚感作性: 1 生殖細胞変異原性: 1B 発がん性: 1B 生体毒性: 1B 特定標的臓器毒性(単回暴露): 1(神経系、精巣) 特定標的臓器毒性(反復暴露): 1(神経系、精巣)	急性毒性(経口): 3 急性毒性(経皮): 3 皮膚腐食性/刺激性: 3 眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性: 2A 皮膚感作性: 1 生殖細胞変異原性: 1B 発がん性: 1B 生体毒性: 1B 特定標的臓器毒性(単回暴露): 1(神経系、精巣) 特定標的臓器毒性(反復暴露): 1(神経系、精巣)	急性毒性(経口): 4 皮膚腐食性/刺激性: 2 眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性: 2B 呼吸器感作性: 1 皮膚感作性: 1 特定標的臓器毒性(単回暴露): 2(中枢神経系) 特定標的臓器毒性(反復暴露): 2(呼吸器系)	急性毒性(経口): 3 急性毒性(経皮): 3 皮膚腐食性/刺激性: 3 眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性: 2A 皮膚感作性: 1 生殖細胞変異原性: 1B 発がん性: 1B 生体毒性: 1B 特定標的臓器毒性(単回暴露): 1(神経系、精巣) 特定標的臓器毒性(反復暴露): 1(神経系、精巣)	③発生のおそれのある事故・健康障害	④③の防止対策とリスク低減措置	⑤リスクの見積もり	⑥特記事項(リスク低減措置等)	
79-06-1	アクリルアミド	急性毒性(経口): 3 急性毒性(経皮): 3 皮膚腐食性/刺激性: 3 眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性: 2A 皮膚感作性: 1 生殖細胞変異原性: 1B 発がん性: 1B 生体毒性: 1B 特定標的臓器毒性(単回暴露): 1(神経系、精巣) 特定標的臓器毒性(反復暴露): 1(神経系、精巣)	急性毒性(経口): 3 急性毒性(経皮): 3 皮膚腐食性/刺激性: 3 眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性: 2A 皮膚感作性: 1 生殖細胞変異原性: 1B 発がん性: 1B 生体毒性: 1B 特定標的臓器毒性(単回暴露): 1(神経系、精巣) 特定標的臓器毒性(反復暴露): 1(神経系、精巣)	急性毒性(経口): 4 皮膚腐食性/刺激性: 2 眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性: 2B 呼吸器感作性: 1 皮膚感作性: 1 特定標的臓器毒性(単回暴露): 2(中枢神経系) 特定標的臓器毒性(反復暴露): 2(呼吸器系)	急性毒性(経口): 3 急性毒性(経皮): 3 皮膚腐食性/刺激性: 3 眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性: 2A 皮膚感作性: 1 生殖細胞変異原性: 1B 発がん性: 1B 生体毒性: 1B 特定標的臓器毒性(単回暴露): 1(神経系、精巣) 特定標的臓器毒性(反復暴露): 1(神経系、精巣)	<ul style="list-style-type: none"> 飲み込むと有毒(経口) 皮膚に接触すると有毒(経皮) 強い眼刺激 アレルギー性皮膚反応を起こすおそれ 遺伝性疾患のおそれ 発がんのおそれ 生殖能又は胎児への悪影響のおそれ 神経系、精巣の障害 	<ul style="list-style-type: none"> 手袋、白衣、安全眼鏡の着用 取扱い後はよく手を洗う 局所排気、全体換気を行う 取扱い時は飲食をしない 	<p>災害の重篤度</p> <p>発生可能性</p> <p>リスク(優先度)</p> <p>ほとんどない 1</p>	<p>リスク(優先度)が2以上の場合は、それを低減できる追加措置を検討して記入してください</p> <p>※可能な範囲での対策に限界がある場合、リスクを無理に1にする必要はありません</p>	
7727-54-0	ペルオキシソニブドリンモニウム	急性毒性(経口): 4 皮膚腐食性/刺激性: 2 眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性: 2B 呼吸器感作性: 1 皮膚感作性: 1 特定標的臓器毒性(単回暴露): 2(中枢神経系) 特定標的臓器毒性(反復暴露): 2(呼吸器系)	急性毒性(経口): 4 皮膚腐食性/刺激性: 2 眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性: 2B 呼吸器感作性: 1 皮膚感作性: 1 特定標的臓器毒性(単回暴露): 2(中枢神経系) 特定標的臓器毒性(反復暴露): 2(呼吸器系)	急性毒性(経口): 4 皮膚腐食性/刺激性: 2 眼に対する重篤な損傷性/眼刺激性: 2B 呼吸器感作性: 1 皮膚感作性: 1 特定標的臓器毒性(単回暴露): 2(中枢神経系) 特定標的臓器毒性(反復暴露): 2(呼吸器系)	<ul style="list-style-type: none"> 火災助長のおそれ(酸化性物質) 飲み込むと有毒(経口) 皮膚刺激、眼刺激 アレルギー性皮膚反応を引き起こすおそれ 中枢神経系の障害のおそれ 呼吸器への刺激のおそれ 長期又は反復吸入ばく露による呼吸器系の障害のおそれ 	<ul style="list-style-type: none"> 着火源、可燃物から遠ざける 可燃物との混合回避のため実験台周辺を整理する 取扱い後はよく手を洗う 使用時に飲食しない 換気の良い場所を使用する 手袋、白衣、保護眼鏡を着用 	<p>災害の重篤度</p> <p>発生可能性</p> <p>可能性あり 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> 代替物質の使用を検討する 防爆型のドラフトを使用する(導入について今後検討) 	<p>リスク(優先度)の判定結果が自動入力されます。リスクが高い場合は、他の対策を検討して④に追記し、再度見積りを行ってください。</p> <p>【判定結果】 4~5=直ちにリスク低減措置を講じる必要がある。措置を講じるまで作業停止する必要がある。 2~3=速やかにリスク低減措置を講じる必要がある。措置を講じるまで使用しないことが望ましい。 1=必要に応じてリスク低減措置を実施する。</p>	

GHS分類やSDSの情報等をもとに記入してください

CAS番号を入力してください

色つきのセルに自動入力ができない場合は手入力をお願いします。
⑤リスクの見積りは別シートのマトリクスを参考にしてください。

実施時に確実に取り組める対策を記入してください

ブルダウンリストからそれぞれ選択してください
[災害の重篤度]
死亡、後遺障害、休業、軽傷
[発生可能性]
極めて高い、比較的高い、可能性あり、ほとんど無い

リスク(優先度)が2以上の場合は、それを低減できる追加措置を検討して記入してください

※可能な範囲での対策に限界がある場合、リスクを無理に1にする必要はありません

実験を安全に行うために

化学物質等リスクアセスメント実施報告書(記入例)

東北大学農学研究科・農学部 研究科長 殿

「化学物質等のリスクアセスメント等実施記録」の「実験・作業名」もしくは個々の試薬名を記入してください。
 ※研究室で記入しやすい方がかまいません
 ※例では「実験・作業名」を記入しています

分野等責任者

⑩

化学物質等分野別責任者

⑩

実施月日	実施内容(主な対象試薬)・試薬等	実施者	学年・職位等	確認者
28.7.28	DNA抽出(クロロホルム、フェノール等)	○○・xx	M1	☆☆
		△△	M2	☆☆
28.8.23	70%エタノールの作成(エタノール)	■ ■ ・◇◇・▽▽	4年生	☆☆

実施者が複数いる場合は学年・職位ごとに記入してください。
 学生実験等、数十人で一度に行った場合は、名簿を別途添付し、「別紙名簿の通り」と記入してください。

実験を指導する立場にある方(教員、研究員、博士課程後期学生等)が、実施記録の内容を確認して、お名前を記入してください。

* なお、現時点で実施報告書の保管義務は3年間とされておりますが、このリスクアセスメントの目的の一つに将来、健康障害が起こった時の追跡作業も入っておりますので、各分野で作成して頂いた「化学物質等リスクアセスメントの記録」は電子データで保管し、研究室の体制が変わってもわかるような形で保管しておいてください。

§ 6. 高圧ボンベの取扱い ●●●●●●●●●●

(1) 高圧ガスボンベ ————

- ① 高圧ガスボンベの肩部には、充填ガス名、容器記号・番号、内容積（記号：V，単位：リットル）、容器重量（弁及びキャップなし，記号：W，単位：kg）、耐圧試験月日、耐圧試験圧力（記号：TP，単位：MPa）、最高充填圧力（記号：FP，単位：MPa）を示した刻印がある。
- ② 高圧ガスボンベには充てんガスに応じた色を外部に塗ることになっている。（表 2-6-1）
- ③ ガス出口は、可燃性ガスでは左ネジ（ただし臭化メチルとアンモニアは右ネジ）、その他は右ネジとなっている。

表 2-6-1 容器の色およびガスの性状

	ガス名	化学式	充てん圧力 (MPa)	容器の色	ガス出口ネジ	備考
圧縮ガス	ヘリウム	He	14.7	灰	左	不活性ガス
	酸素	O ₂	14.7	黒	右	支燃性
	窒素	N ₂	14.7	灰	右	不活性ガス
	水素	H ₂	14.7	赤	左	可燃性
	アルゴン	Ar	14.7	灰	右	不活性ガス
	アセチレン	C ₂ H ₂	1.52	褐	ネジのない継手	可燃性
	メタン	CH ₄	14.7	灰	左	可燃性
液化ガス	二酸化炭素	CO ₂	7.84	緑	右	不活性ガス
	アンモニア	NH ₃	0.72	白	右	可燃性，毒性
	塩素	Cl ₂	0.58	黄	右	支燃性，毒性
	亜硫酸ガス	SO ₂	0.27		右	
	ホスゲン	COCl ₂	0.12	灰	右	毒性
	亜酸化窒素	N ₂ O	4.6		右	
	シアン化水素	HCN	0.06		左	毒性
	クロロメタン	CH ₃ Cl	0.41		左	
	クロロエタン	C ₂ H ₅ Cl	0.11		左	
	プロパン	C ₃ H ₈	0.75	灰	左	可燃性
	ブタン	C ₄ H ₁₀	0.21	灰	左	可燃性

注：充てん圧力は、圧縮ガスでは 35℃，アセチレン及び液化ガスでは 15℃のときを示す。

(2) 高圧ガスボンベの管理・保管 ————

- ① ボンベはレンタルのものも含め、東北大学危険物質総合管理システム（通称：IASO システム）の「高圧ガス管理システム」を用いて管理する。
- ② 可燃性ガス，支燃性ガスおよび毒性ガスはシリンダーキャビネットに，不活性ガスはボンベスタンドに保管する。
- ③ 耐圧検査期限切れのボンベは使用しない。
- ④ 使用済みの空ボンベは，廃棄物とせず，速やかに返却の手続きを行う。

(3) 高圧ガスポンベの取扱い上の主な注意点

- ① 高圧ガスポンベの運搬に当たっては、必ずバルブ保護用キャップを付け、専用の手押車を用いる。
- ② 手押車を使えない所では、高圧ガスポンベをわずかに傾け、底の縁でころがすように運ぶとよい。ポンベは引きずったり、階段を滑り落したり、横にしてころがす等はしてはいけない。
- ③ 高圧ガスポンベはポンベスタンドまたは鎖等で転倒しないように処置すること。鎖を使用する場合は、上下2カ所で固定し、また1本の鎖で複数のポンベを固定しないこと。
- ④ 高圧ガスポンベは、原則として、横倒しにして使用しないこと。
- ⑤ 空の容器であっても、廊下や非常段階など、通路には置かない。
- ⑥ 可燃性ガスのポンベの周囲2メートル以内では、特別の措置を取らない限り、火気を使用してはならない。また、引火性及び発火性の物を置いてはならない。
- ⑦ ポンベの温度を40℃以上にしてはならない。日光の直射などを避ける措置を講ずる。
- ⑧ 腐食性の雰囲気ではポンベを使用しない。
- ⑨ 減圧弁や圧力計等の器具類は、使用するガス専用の物を使用する。
- ⑩ 高圧ガスポンベの元弁の開閉はゆっくりと行い、使用しない時は、元弁を必ず閉めること。元弁を開ける時は、出口側の弁を閉じ、かつ減圧弁が加圧状態になっていないことを確認してから開ける。
- ⑪ ガスをみだりに大気中に放出しない。

(4) 爆発性ガスの取扱い

- ① 可燃性ガス（水素、アセチレン、アンモニア、メタン、プロパンなど）と支燃性ガス（空気、酸素、塩素、など）がある割合で混合すると爆発性ガスになる。混合ガスを使用する時はそれぞれの混合爆発限界を調べておく。
- ② 裸火だけでなく、加熱、静電気火花、衝撃、微粉金属などが発火源となりうるので、気をつける。
- ③ 室内の換気に注意し、万が一ガスが漏れた場合でも爆発限界に入らないように注意する。

(5) 不活性ガスの取扱い

不活性ガス（窒素、二酸化炭素、ヘリウム、アルゴンなど）はそれ自身無害だが、酸欠を起こす可能性があるので注意する。酸素以外のガスが大量に室内に洩れると空気中の酸素濃度が低くなり、呼吸が困難になる。人間にとって許される下限は17%で、7%以下では意識を失う。大量のガスを室内に放出したり、液化ガスを蒸発させたりするときは必ず換気する。万一意識を失ったときは直ちに室外に連れ出し、窒息しないよう体位に注意し、人工呼吸を施しつつ救急車を呼ぶか、医師の来援を求める。なお救出の際の二次災害に注意すること。

§ 7. 常用液化ガスの取扱い ●●●●●●●●●●

常用される液化ガスの物理的諸性質を表 2-7-1 に示す。ここでとくに重要な項は液化ガスの沸点と蒸発潜熱であって、目的とする実験を行う際の液化ガスの選択や、実験する時間の日安を与える。最後の欄は液化ガスの強制排気によって自己冷却を起こさせる際の到達温度の日安を与えるものであり、もちろんその最低到達温度は真空ポンプの排気容量や、外界からクライオスタットの熱リークの大きさによって異なる。液体ヘリウムの場合には 2.2K 以下になると超流動状態に移り、超流動を生じて液体の有効表面積が増大するため、排気容量の大きい（ $\sim 3,000$ L / 分）キニー型ポンプを用いる必要がある。他の液化ガスは小型ロータリポンプで下記に示した温度が比較的容易に達成される（液体酸素の排気にはオイルポンプ等、可燃性のものを用いないこと）。しかし、一般に固体になると熱伝導度が低くなるので、三重点以下で急速に排気するよりは、ゆっくり時間をかけて排気の方が能率がよい。

以下に個々の液化ガス使用時の注意を述べるが、一般的な危険性は次の通りである。

表 2-7-1 常用液化ガスの物理的諸性質

	沸点 K	蒸発熱 kJe^{-1}	気体密度 kJe^{-1}	気体と液体 の体積比	三重点 K	到達下限 K
CO ₂ (固体)	194.7 (昇華)	236.3	1.56	790		
O ₂	90.19	300	1.14	875	54.36	~ 50
N ₂	77.35	161.3	0.81	710	63.15	~ 50
n-H ₂	20.4	31.6	0.07	780	13.96	~ 10
e-H ₂	20.28				13.81	
He	4.22	3.1	0.125	780		~ 1

低温液体に起因する危険性は 2 つあり、1 つは人体に対する影響、もう 1 つは材料に対する影響である。詳しくは東北大学極低温科学センター「低温寒剤の取り扱いと危険防止」(http://www.clts.tohoku.ac.jp/document/teion_text.pdf) を参照。人体に直接低温液体が触れても、普通はすぐに蒸発するため特に障害とはならない。しかし衣類（手袋、靴下）に液体がしみ込んだときは凍傷になる恐れがある。冷えていないガラスデュワーに液体窒素を入れる時は、液体が急に気化して上方に液体窒素を吹き上げるので、液体を吸収する軍手などではなく（むしろ素手がまし）、革製を用いる。凍傷になったときは温湯（37°C くらい）で暖め、医者の手当を受ける。

一般に金属は低温になると脆くなる。とくによく使われる鋼は危険であり、低温に触れる所に使用してはいけない。銅、アルミニウム、ステンレススチール等の金属や、テフロン、ナイロン、ベークライト等の非金属は使用できる。

(1) 固体炭酸（ドライアイス）———

CO₂ は三重点圧が高い（5.1 気圧）ため、大気圧下では液体として存在しえず、固体から直接気体に昇華する。固体炭酸は細かく砕いて種々の液体と混合すれば、 $-60 \sim -80$ °C の低温が容易に得られるので実験室でもよく使われる寒剤である。これにはアセトン、アルコールなどの有機溶剤が用いられるので、引火に対する注意が必要となる。所要量の溶剤に急にドライアイスを入れると、突沸してふきこぼれる。これを避けるには、砕いたドライアイスに溶剤を少量ずつ加えると良い。不用意に湿った手でド

ライアイスに触れると、皮膚に付着して凍傷を起こすことがあるので注意が必要である。

また、有機溶剤とともに寒剤として用いた場合、液層の上下の温度差が大きくなると突沸する。時々かきまわして、温度の均一化を図る必要がある。

(2) 液体窒素

空気を液化、分溜して製造されており、需要の多い酸素ガスの副産物として多量に得られる。近年ではLNGタンカーで運ばれてきた液体ガスを蒸発させる際の潜熱を利用して低コストで製造されている。化学的に極めて不活性なので、真空系のトラップやヘリウム液化機などの予冷用に広く使われる。純粋な液体窒素は空気に触れると急速に酸素をとり込み、組成の変動、ひいては沸点の変化を生じる。酸素量の増加に伴い純粋窒素の77.33Kより純粋酸素の90.16Kまで連続に上昇する。溶存酸素濃度が高い(青みがかかる)液体窒素に可燃性物質等を近づけると、爆発の危険性がある。

- ・酸素の溶存：貯蔵デュワーの出口をバブラーに連結したり、逆流防止弁を設けるなどの工夫をして酸素の溶存を避ける注意が必要である。広口のデュワーを用いた時は、酸素の溶存を避けられないので、デュワー中の内容物が蒸発して少量になったら窒素ガスを吹き付けて蒸発させる。開放容器を冷却すると、液体酸素が凝縮し危険である。
- ・気化：液体窒素は気化すると体積が約700倍になるので、酸欠にならないよう十分換気がされている場所で取扱い、小部屋では使用しない。酸素モニターを用いる。また、低温室のような密閉された場所に液体窒素を保管しない。また液体窒素の容器は高圧になるので取扱いは慎重に行う。容器取り出し口に水分や二酸化炭素が凝縮・凍結しないように注意する。

(事故例)

H 大学工学部窒息死事故 (1992年8月10日)

北海道札幌市のH大学工学部応用物理学科低温実験室(−2〜−1°C)において、停電のため室内の温度を下げようとして液体窒素をばらまき(推定)、そのため液体窒素が気化して室内に充満し、酸欠状態になり呼吸不全のため助手と大学院学生の二名が死亡した。

(3) 液体ヘリウム

入手できる寒剤の中で最も沸点が低く、化学的にも不活性で安全であるが、取扱いには専門の講習を受けることが望ましい。

(4) 液体酸素

液体酸素は、酸化され易い金属(アルミニウムやチタン)や有機化合物が共存すると、僅かな機械的衝撃で爆発的に化学反応を起こす。

(5) 都市ガス

実験室等でも湯沸し器、ブンゼンバーナー、リングバーナー、ガラス細工用バーナーなど、都市ガスを使用することが多い。都市ガスは燃料として、その形態と成分(表2-5-2)が最も着火・燃焼し易い状態で供給されている。引火・爆発の濃度範囲も広く、比重も小さいため、ガス洩れすれば、上方、天井付近に滞留し易く、天井の配管のすき間を通して上方階に拡散する恐れもある。爆発すれば、一瞬にして人的・物的被害をもたらすことになる。加えて一酸化炭素による中毒もあなどれない。不完全燃焼の

場合には、一酸化炭素の量と危険性はさらに増加する。

都市ガスの安全使用の観点から、次の諸点に留意する。

- 帰宅時および不在のときは、ガスの元栓を閉鎖する。
- 使用していないガスコックは閉じておき、さらにゴムキャップをする。
- ガスの誘導にはひび割れ等の無い所定のホースを用い、接続箇所にはホースバンドを締めておく。
- ガス器具の設置場所は、他の可燃性ガスが発生しない換気のよい所とする（酸素を消費し、大量の水分と二酸化炭素を放出する）。閉所では、換気扇（防爆型）とガス検知器を上方に設置する。
- ガス洩れに気付いた時は、先ずガスの元栓を閉鎖し、窓、ドアを開放してガスを拡散させる（電気製品のスイッチを入れたときに火花がスパークして爆発する恐れがある）。
- ガスを使用する場合は、回りを整理・整頓し、引火性溶剤や可燃物が近くに無いことを確認する。
尚、0.1%程度のガス漏れでも検知できるよう臭い物質（仙台市の場合ブタンチオール）が混入されている。

表2-7-2 仙台市ガス成分（平成24年度年間平均組成：仙台市ガス局ホームページより）

13A ガス；比重：0.639，標準熱量：45.0MJ/m³

成分	容量 (%)
窒素	0.10
メタン	90.26
エタン	4.96
プロパン	2.39
イソブタン	0.87
ノルマルブタン	1.40
イソペンタン	0.02
合計	100.00

§ 8. 放射線および放射性同位元素の取扱い ●●●●●●●●●●

放射性同位元素（ラジオアイソトープ：RI）は検出・定量が比較的簡単であり、しかも感度が非常に高いという特徴を有していることから、農学・生物学の実験において多く用いられている。しかし人体に影響を及ぼす**電離放射線**を放出することからその取扱は注意を要する。ここではRIの取り扱いを中心に、1.放射線とRI、2.放射線の人体に与える影響、3.放射線、RIの取扱いに関わる国の法律、および学内における放射線予防組織、4.放射線管理区域と放射線取扱者、5.放射線、RIの取り扱い、6.放射線、RIの防護、7.放射性廃棄物について、8.RIによる汚染の除去について、9.放射線施設における緊急時の対応、10.福島第一原子力発電所事故に伴う放射能汚染区域等における作業について、の各項について説明する。大型加速器施設（サイクロトロン、シンクロトロン放射光（SOR）施設等）に立ち入る場合においても、規制を受ける法律、ならびに放射線取扱者となる手続きについては、RIの使用と同様である。また、エックス線装置を使用する場合においても重複する部分があるため本章を参照すること。

1. 放射線とRI —————

生物学実験において同位体（Isotope）をトレーサーとして利用するのは、ある元素の同位体は全て化学的性質は同一という原理に基づいている。この同位体の中でもその放出する放射線を検出、測定する対象として利用されるものがRI（RadioIsotope）である。RIが放射線を放出して化学的に異なる原子種になる過程を**壊変**と呼ぶ。RIが自発的に壊変して放射線を放出する性質、及び単位時間当たりの壊変数をともに**放射能**と呼ぶ。放射能の単位は**Bq（ベクレル）**で、1秒当たりの**壊変数** [s^{-1}] である。RIは壊変を重ねることによってその放射能を減らす。RIの持つ最初の放射能が半分になる時間を**半減期**と呼ぶ。RIの種類によって数秒から 10^{14} 年までかかるものもある。RIが壊変する際に放出する放射線の種類には、 **α 線**、 **β 線**、 **γ 線**、**X線**、**中性子線**などがある。

加速器は工学、材料科学、生命科学、農学、医学などの幅広い分野に利用されている。例えば、生命科学、農学、医学分野におけるタンパク質の構造解析、機能の解析など工学、材料科学分野におけるイオン注入、材料の改質、新機能材料の創生、評価など、医学分野における診断用RIの製造、新薬の開発、評価、重粒子線治療など。特に近年の生物学分野では、高速電子の磁場制動により発生する高輝度放射光を分析に利用した大規模放射光施設が増えている。加速器は荷電粒子を電場により加速し、粒子に運動エネルギーを与える装置である。荷電粒子は電子、陽電子、陽子、軽イオン、重イオン等がある。

1.1) α 、 β 線、重粒子線

電荷を持った粒子線（**荷電粒子**）で、 α 線はヘリウムの原子核、 β 線は電子である。 β 線には負の電荷を持つ陰電子（ β^- ）と正の電荷を持つ陽電子（ β^+ ）がある。 α 線、 β 線は電荷を持っているため、物質を透過した際にそのエネルギーの全てを物質に付与し物質を直接**電離**、**励起**する。（ α 線、陽子線、重陽子、重イオンなどをまとめて**重荷電粒子**とよぶこともある。）重荷電粒子は物質に対する透過力は小さいが、エネルギーの付与が大きく密であり、細胞に与えるダメージも大きく、DNA分子を直接電離・励起し、塩基、糖やリン酸のラジカルをつくる性質を持つ場合が多い。**内部被ばく**（後述）における α 線等の影響は特に注意する必要がある。 β 線は α 線よりも比較的エネルギーが小さく、物質に対する透過力は α 線よりも高いが、物質を透過する間、単位飛程あたり物質に与える電離エネルギーは α 線などよりも小さい。特に生体におい

ては細胞内の水分子を電離することが多く、細胞に有害な**水ラジカル**（ヒドロキシラジカル，水酸化ラジカル）を生成し、この水ラジカルが間接的に細胞の遺伝子に影響を与える。

α 線，陽子線，ヘリウムイオン，炭素イオンなどの重荷電粒子は，物質に対する透過力は小さいが，入射物質表面から一定の深度で物質に与えるエネルギーのピークを形成する点は似通っており（イオンの大きさが大きくなればなるほど深度は浅くなる），粒子のエネルギーに応じてよく定まった飛程を持つほか，質量が電子に比べて非常に大きいので，飛程の直線性がよく，細胞を直接死滅させる能力が高いため，加速器を用いたがん治療に利用されている。

1.2) γ (X)線

γ 線は原子核から放出される高エネルギーの電磁波である。X線も同様に電磁波であるが， γ 線が原子核の中から放出されるのに対し，X線は原子核の外において（核外における制動や軌道電子の転移により）放出されるという違いがある。 γ (X)線は電磁波であることから紫外線と同じ性質を持つが，そのエネルギーが大きいため物質に対する透過力が大きい。 γ (X)線は，人体の軟組織を透過して人体深部まで達し細胞内物質と反応して電荷を持った電子を二次的に発生させる能力があり，この場合二次的に発生した電子が直接，間接的にDNAに影響を与える。 γ (X)線を取り扱う際には，特に**外部被ばく**に注意を要する。

シンクロトロン放射光分析で利用する光は，**極紫外から軟，硬X線（10eV～100keV）領域**まで幅広い。ちなみにX線の軟，硬の違いはエネルギーの違いによる。

1.3) 中性子線

中性子線は電荷を持たない粒子線で，電荷を持たないことから容易に物質を透過し，物質中の原子の原子核に吸収・捕獲されたり，散乱・反跳されたりして二次的に荷電粒子である陽子線， α 線， β 線や γ 線などを放出する。

α 線， β 線， γ (X)線，中性子線，陽子線の人体に与える影響（損傷）の大きさは，放射線生物学において**生物学的効果比（RBE）**として知られ，その個々のエネルギーにもよるが一般に， β 線， γ (X)線<陽子線< α 線，重粒子線，中性子線（at 1MeVの高速中性子，1MeV以外では中性子< α 線，重粒子線）の順で大きくなる。

2. 放射線の人体に与える影響

放射線が生物に与える作用は細胞のDNAに与える損傷である。この場合損傷の起こり方は①DNAを構成する原子に起きた電離，励起が直接DNAに損傷を引き起こす**直接作用**と，②生体の70%を占める水分子が電離，励起された結果，活性に富んだ**フリーラジカル（水ラジカル）**が形成され，そのフリーラジカルがDNAの損傷を引き起こす**間接作用**の2通りである。 α 線，陽子線，重粒子線は直接作用を起こしやすく， β 線， γ (X)線は間接作用を起こすことが多い。またそれによって人体に現れる影響も，放射線防護の観点から①細胞死に基づく**確定的影響**と，②突然変異に基づく**確率的影響**の2種類に分類されている。

2.1) 確定的影響

確定的影響は人体組織に影響が現れる最低の放射線量（**しきい線量**）を超えて被ばくした場合に発生するもので，しきい線量を超えるまではその症状が現れないとされている。またしきい線量を超えてその組織が受けた線量の大きさによって障害の程度（重症度）が大きくなる。確定的影響は臓器，組織を構成する細胞が細胞死を起こすことに基づく影響であり，被ばくから発症までの期間が比較的短い**急性障害**である。確定的影響には発がんや遺伝的影響を除いた全ての影響が分類される。（皮膚障害，白内障，脱毛，不妊など）

2.2) 確率的影響

確率的影響は遺伝子の突然変異に基づく影響であり、放射線によって細胞のDNAに発生した突然変異をイニシエーションとして障害が生じ、その頻度は被ばく線量の増加とともに確率的に増加する。確率的影響には**発がん**、**遺伝的影響**が分類されている。しきい線量がないと考えられているため、この確率的影響は**低線量被ばく**による影響も対象とする。低線量被ばくにおける生物作用の初期段階が最終的に発がん（および遺伝的影響）を引き起こすかどうかについては、その中間段階での多段階な生物学的修飾要因を明らかにしなければ結論を出すことができないことから、**国際放射線防護委員会（ICRP）**は広島・長崎の原爆被爆者の健康調査や医療従事者などの被ばく調査データから得られる高線量被ばくでの線量反応関係を基に、低線量領域まで直線的に外挿することにより低線量放射線の発がんリスクを推定するという**閾値なし直線仮説による線量限度値**を勧告している。少ない放射線被ばく（確定的影響のしきい線量を下回る）が想定されるRIの取扱いにおいても防護目標を策定することは、この確率的影響の考えに基づいている。また確率的影響は比較的早く発生するとされている白血病でさえ被ばく後3～4年の潜伏期があり、それ以外のがんでは潜伏期が30年以上の場合もある。（**晩発障害**）

2.3) 放射線感受性

放射線が人体組織に与える影響は、それぞれの組織を構成する細胞の動態によって、放射線による感受性が異なることが知られている。細胞集団の分裂、増殖などの動態に対して**ベルゴニー・トリボンドーの法則**と呼ばれる以下の法則が知られている。①**細胞は分裂頻度が高いほど放射線感受性が高い**②**将来長期にわたって分裂する細胞は放射線感受性が高い**③**形態的あるいは機能的に未分化である細胞は放射線感受性が高い**。ベルゴニー・トリボンドーの法則は、組織の放射線感受性を考える上で重要である。

一般に放射線感受性が最も高い組織はリンパ球、精原細胞で、次に高いのは生殖腺、骨髄、小腸、目の水晶体などである。皮膚、肺、腎臓は中程度、逆に放射線に感受性の低い組織は神経、骨、筋肉など。

3. RI, および放射線発生装置等の取扱いに関わる国の法律, および学内における放射線障害予防組織

3.1) RI および放射線発生装置等の取扱いに関わる国の法律

我が国においては、**国際放射線防護委員会（ICRP）**の勧告に則って「**放射性同位元素等の規制に関する法律**」（H30年より放射線障害防止法から法律名が改名、**原子力規制委員会**）が定められている。この法律は**原子力基本法**の精神に則り、RI, 放射線発生装置, またはRIで汚染されたものの使用・保管・廃棄その他取扱を制限することにより、これらによる放射線障害を防止し、公共の安全を確保することを目的とする。実際にはこれに加え、労働安全衛生法関係では**電離放射線障害防止規則（電離則）**、放射性同位元素の輸送に関しては**放射性同位元素車両運搬規則等（国土交通省所管）等**の法律によって規制を受ける。これらの法律による規制事項に基づき、東北大学では「**東北大学放射線障害予防規程**」「**東北大学放射性同位元素等の取扱いに関する基準**」「**東北大学エックス線装置の取扱い等に関する基準**」が定められており、農学研究科・農学部においては「**東北大学大学院農学研究科・農学部放射線障害予防規程**」, 「**東北大学大学院農学研究科・農学部エックス線障害予防内規**」が各々規定されている。放射線取扱者, およびエックス線業務従事者（後述）はこれらの規程を熟読し、内容を理解しておくこと（「東北大学大学院農学研究科・農学部放射線線障害予防規程」については**農学研究科・農学部で年2回開催される新規利用者教育訓練**の受講の際に配布される。）

3.2) 東北大学における放射線障害予防組織

東北大学における放射線取扱に関する安全管理体制は、**東北大学環境・安全委員会**の下部組織である**原子**

科学安全専門委員会が中心となって、RI、放射線発生装置等、及び核燃料物質の使用、管理、並びにこれらによる放射線障害、災害の防止に関する基本方針の策定、審議を行っている。さらに、原子科学安全専門委員会には下部機関として、**特別健康管理専門部会**、**放射線主任者部会**の2専門部会があり、特別健康管理専門部会は、放射線取扱者に対する特別健康診断に関わる内容の措置、審議を行い、放射線取扱主任者部会は、放射線障害防止等の安全管理の実施に関わる審議、調整、指導を担う。また、**東北大学サイクロトロンラジオアイソトープセンター (Cyric)** は、放射線安全取扱に関する年2回の全学講習会の実施、全学の利用登録者の管理、被ばく状況等の把握等とともに、各部局に対して実務的な助言指導等を行う等、全学の放射線管理に関わっている。

全学的組織体制の下、放射線取扱施設を有する各部局においては**放射線障害予防委員会**が組織されており、放射線主任者の選任や、放射線施設の改廃、放射線安全管理に係る事項に関して審議、計画、策定等を行っている。また、**放射線取扱主任者**（管理区域を要するエックス線装置を使用する場合は**エックス線主任者**）が選任されており、放射線障害の防止、ならびに放射線施設の事故時の対応、施設の管理状況の監督、規制当局との対応等を行っている。

4. 放射線管理区域と放射線取扱者

一般公衆を放射線被ばくによる危険から守るために、RI、放射線発生装置等の取扱いにおいて、放射線の量やRIの存在レベルが一定の基準を超える恐れがあり、一般の環境から区画して放射線防護の措置を講じた場所を（**放射線**）**管理区域**と呼ぶ。RI、放射線発生装置等を取扱う事業所は、RI、放射線発生装置等から発生する放射線のエネルギーや量、取扱うRIの種類（核種）、数量（Bq）、取扱時間等について、法で定められた限度値（空間線量率、空気中の放射能濃度、RIによる汚染密度）を上回る場所を管理区域として設定し、国から使用の承認を受けている。従って、RI、放射線発生装置等の取扱は事業所の管理区域内でのみ許されており、管理区域以外の場所において取扱を行うことは法令違反となる。（ただし、エックス線装置の設置使用の場合は、先に述べたように管理区域の設置を必要としない場合がある。）管理区域は、RI施設の場合は一般的に、RIを取り扱う**作業室（実験室）**、RIを貯蔵する**貯蔵室**、RIで汚染された廃棄物（**放射性廃棄物**）を保管する**保管廃棄室**、人または衣服、履物、保護具等人体に着用している物、管理区域外に持ち出す物のRIによる汚染の有無を検査する**汚染検査室**、その他必要に応じて**廃棄作業室**等の部屋を含む。また放射線施設にはRIを含む排水、排気を浄化する**排水・排気設備**がある。また管理区域入口は、生体認証等のセキュリティシステムによる入退管理を行っている場合が多い。

加速器施設においては、加速器室の入り口の**インターロック**、**自動表示**等の安全装置が設置されている。また、遮へいシールド、インターロック時に中から脱出するための安全設備、**放射化物取扱施設**などがあり、**放射線モニタ**も多数（空間線量率モニター（X, γ , 中性子）、ダストモニタ、ビーム用モニタ、表面汚染モニタ等）設置されており、必要に応じてRI施設の一部の室が設置されることもある。

どのような人も管理区域内でRI、放射線発生装置等を取り扱うことが許されているわけではなく、管理区域内で取扱を行う者は、法で定められている所定の教育訓練ならびに健康診断を受講、受診し、放射線、RIの取り扱いの承認を受けなければならない。この手続きを受け、放射線、RI等を取り扱うことのできる者を**放射線取扱者**（管理区域を必要とするエックス線装置の取り扱いに係る者は**エックス線業務従事者**）という。

4.1) 教育訓練

放射線取扱者となる者は、法で定められた項目について、定められた時間数の教育訓練を受講しなければな

らない。項目および時間数は（以下時間数はH30年の法改正による）、①放射線の人体に与える影響（30分以上）②放射性同位元素等又は放射線発生装置の安全取扱い（1時間以上）③放射線障害防止に関する法律、及び放射線障害予防規程（30分以上）。これは法が定めている**法定教育**に該当する。東北大学では所定の**放射線の安全取扱いに関する全学講習会（5月・11月）**がこれに該当する。また、農学研究科のRI実験施設を利用する場合においては全学講習会受講後、**農学研究科・農学部新規利用者講習会（農学研究科において実施、6月・12月）**を併せて受講する必要がある。また、農学研究科のRI実験施設以外の学内、学外施設を利用する場合は、当該施設において実施される放射線障害予防規程に関する教育訓練を受講する必要がある。

また法では、放射線取扱者としての登録を継続する場合、年度ごとに1回、**放射線取扱者再教育**を受講することを定めている。（農学研究科のRI実験施設を継続して利用する場合は、年に1回開催される**農学研究科・農学部放射線有資格者講習会**を受講する。）エックス線装置のみを使用する場合においては、エックス線作業従事者のみならず、すべてのエックス線装置の使用者が、**エックス線の安全取扱いに関する全学講習会（5月・11月）**を受講することが学内で定められている。エックス線装置の取り扱いの場合には、継続教育の受講に関する定めはない。

4.2) 健康診断

放射線取扱者、およびエックス線作業従事者は**電離放射線健康診断（電離検診）**の受診が法で義務付けられている。電離検診は放射線取扱者、およびエックス線作業従事者の取り扱い履歴により、次の4つに分類される。①**管理区域に立ち入る前の健康診断**、②**管理区域に立ち入った後の健康診断**（立ち入った後、継続して放射線取扱者である期間において半年に1回）、③**異常時（臨時）の健康診断**（放射線障害の恐れのある場合）、④**放射線取扱者解除時の健康診断**。特に新規で放射線取扱者、およびエックス線作業従事者となる者については、事前に①を受診する点注意を要する。（東北大学においては年2回実施される**特殊健康診断**を受診する。）

4.3) 放射線取扱者およびエックス線作業従事者の申請

放射線取扱者になる者は、先の教育訓練および健康診断を受けた後、農学研究科RI実験施設窓口において**放射線取扱者手帳申請書**を提出する。（窓口で問い合わせること。）申請に基づいて農学研究科長が放射線取扱者と認める者に対し**放射線取扱者手帳（赤手帳）**が発行される。

※エックス線作業従事者の申請のみの場合においては、エックス線装置の設置に伴い設定された管理区域における従事者に限定される。エックス線作業従事者が、RI施設、加速器施設（放射光施設を含む）における業務を行う場合は、必要な教育訓練を受講し、改めて申請を行う必要がある。

5. 放射線、RIの取り扱い

5.1) 使用計画書の提出

放射線取扱者が、農学研究科RI実験施設においてRIの取扱いを開始する場合は、事前に所定の**使用計画書**を提出しなければならない。使用計画書の記入項目は、使用する核種、数量（Bq）、使用期間、使用目的、防護対策（遮へいの方法）などである。この使用計画書は、取扱いや実験内容が施設の使用許可範囲を超えていないかどうか、安全対策が十分にとられているかを事業所の放射線管理の責任者である放射線取扱主任者、及び研究科長が確認し、承認する。また、他機関の放射線施設を利用する場合は、当該施設窓口において、同様の手続きが必要となる。

5.2) 個人被ばく線量計の着用

管理区域（エックス線装置の設置に伴う管理区域も含む）に入域する際には**個人被ばく線量計**を必ず着用する。個人被ばく線量計には電子線量計，光ルミネッセンス線量計，TLD 線量計などがある。農学研究科では**ガラス線量計（ガラスバッジ）**を使用している。ガラスバッジは，一般に他の線量計と比べて検出限界線量が低く，測定値に対する信頼性が高いことで知られている。一方，専用の装置を使用して読み取りを行うため，瞬時の被ばく線量を知ることができない。通常1か月間の入域期間の**積算被ばく線量**を評価するために使用する線量計を**積算個人線量計**というが，瞬時の被ばく線量を確認する場合は電子線量計を併用する。加速器施設などでは，外部被ばくの危険の観点から，積算個人線量計と直読式の電子線量計を併用して着用することを義務づけている施設もある。ガラスバッジは管理区域に入域する1週間前にRI実験棟窓口で注文し，取り寄せを行う必要がある。（なお，管理区域の設定を必要としないエックス線装置を使用する場合は，個人線量の管理は義務付けられていない。）

5.3) 放射線測定器（サーベイメータ，放射線モニタ）

実験中の被ばくを防止するためには，持ち運び可能な**サーベイメータ**を実験場所に携帯し，作業中，作業空間の線量や汚染の有無をその都度チェックする必要がある。サーベイメータは測定する線種によって異なるものを用いる。 α 線の検出には **α 線用シンチレーションサーベイメータ**（ZnS(Ag)シンチレータ）， β 線の検出には**GMサーベイメータ**（GM管），トリチウムなど低エネルギー β 線には**トリチウムサーベイメータ**（表面障壁型半導体）， γ （X）線には**シンチレーション式サーベイメータ**（NaIシンチレータなど），電離箱式サーベイメータ（電離箱，低エネルギーX線については低エネルギー用電離箱），中性子には**中性子用サーベイメータ**（BF3比例計数管など）。()内は放射線の検出に使用される素子，または原理を表す。各サーベイメータの放射線検出原理については，全学講習会のテキスト等に記されている。

また，加速器施設等においては，施設の設備として作業空間等の放射線量を測定する**放射線モニタ**が設置されており，その場の放射線量を確認することができる。

5.4) 個人被ばく線量限度

法令では，放射線取扱者に対して，先に述べた確定的影響の防護のために3つの組織について等価線量限度が，確率的影響の防護のために実効線量限度が定められている。母体あるいは胎児の保護のため，女性に対しては男性より被ばくの限度が厳しく設定されているものがある。

実効線量限度 ... ① H13年4月1日以降 **5年毎に区分した各期間につき100mSv**，② 4月1日を始期とする **1年間に50mSv**，③ 女子については，①，②の他，4月1日，7月1日，10月1日，1月1日を始期とする各 **3月間につき5mSv**，④ 妊娠中の女子は，①，②の他，本人の申し出等により，**妊娠の事実を知った時から出産までの期間につき内部被ばくについて1mSv**

等価線量限度 ... ① **目の水晶体** 4月1日を始期とする **1年間に150mSv**，② **皮膚** 4月1日を始期とする **1年間に500mSv**，③ **妊娠中の女子腹部表面** 本人の申し出等により，**妊娠の事実を知った時から出産までの期間につき2mSv**

5.5) RIの受入・使用・保管・廃棄の管理と記帳の義務

放射線取扱者は，RIの管理区域への**受入れ，払出し，使用，保管，廃棄，運搬**を行った時は，その都度RIの種類（核種ならびに化合物），数量，年月日，目的，方法，および従事する者の氏名を帳簿に記録しな

なければならない。この記録の意味は、事業所における RI の管理が適切に行われていることの証明となるものであり、あいまいな記載や記録内容と実際との不一致（RI の紛失、盗難、管理されていない RI の存在）がある場合は、事業所の放射線管理責任が問われ、国から罰則を受けることもありうる。

5.6) RI の運搬

RI あるいはそれによって汚染されているものを運搬する場合は、原子力規制委員会および国土交通省の定める法令に従う必要がある。輸送物はその総放射エネルギー (Bq) 等によって **L 型**、**A 型**、**BM 型**、**BU 型** などに分類されている。L 型は危険性が比較的少ない輸送物で、実験で使用するほとんどの RI は L 型として輸送することができる。A 型は L 型に次ぐもので、一定の条件に合った A 型輸送容器に入れて輸送する。

RI の運搬の場合は、①受け入れ先の許可、届出数量 (Bq) の範囲内であるかどうか、②受入先の放射線取扱主任者等の許可が得られているかどうかを確認する必要がある。また払出先と受入先の放射線取扱主任者間で書類の取り交わしが必要となる (**譲渡・譲受書**)。輸送物の運搬は、バスや電車等の公共交通機関に持ち込んで行うことは禁止されている。自家用車やタクシーなど、第3者が同乗しない乗り物では運搬が可能である。RI の運搬に関しては放射線管理担当者に必ず相談し、所定の手続きに則って進めること。

6. 放射線, RI の防護

RI の取り扱いにおいて、多少の放射線による被ばくは避けられないが、被ばくを合理的に限りなく少なくすることは可能である (**ALARA の原則: As Low As Reasonably Achievable**)。また、汚染や廃棄物も発生するが、注意や工夫により少なくすることができる。これらのことは以下の**安全取扱の3原則 (3Cの原則)**を念頭に実行することにより実現できる。

- **Contain** : 限られた空間に閉じ込め、広がらないようにする。
- **Confine** : 効果的に利用し、その量は必要最小限にする。
- **Control** : 適切に管理できる状態でのみ使用する。

6.1) 外部被ばくに対する防護の原則 (距離・時間・遮へい)

外部被ばくによる障害は、体外にある放射線源が原因で生じる。 α 線、低エネルギー β 線は皮膚を透過しないので通常は外部被ばくによる障害を与えることはない。外部被ばくによる障害は、高エネルギー β 線、 γ (X)線、中性子線などに対して考える。外部被ばくの防護は以下の3原則を留意の上、対策を図る。

距離をとる : 放射線による被ばく線量は放射線源からの**距離の二乗に反比例**する。 $(D = K/r^2)$ D は線源から距離 r のところでの線量 (率)、 K は線源についての一定の値) 線源を取扱う際は体と線源との距離をとるために治具を使用するとよい。

時間を少なくする : 被ばく線量は取り扱う時間を少なくすることにより低減することができる。取り扱う時間を少なくするためには、作業にあたり作業計画をあらかじめ立て、操作を練習しておく。

遮へいを行う : 放射線の種類により、適切な**遮へい用具**を用いることで被ばくを減らすことができる。

放射線の線質とその特性による外部被ばく防護の要点は以下の通り。

α 線の遮へい : α 線の体組織での飛程は 0.2 mm 程度なので、ゴム手袋を着用すればよい。

β 線の遮へい : β 線は α 線よりも透過力が高く、一般に密度 D (g/cm^3)、 β 線の飛程 R (g/cm^2)、 β 線のエネルギー (MeV) に対し、 R/D (cm) = $0.5E/D$ で求められる。アクリル板など密度が 1 g/cm^3 の物質では、3 MeV のエネルギーの β 線の飛程は上記式により 1.5 cm となる。従って 1.5cm 厚のアクリル

板で止めることができる。β線源のエネルギーが高く、放射能が大きい場合は入射したβ線がアクリル板の原子核により制動されることにより**制動X線**というX線が発生するので、この場合はアクリル板と併せて鉄や鉛などの原子番号の大きな物質を組み合わせ、遮へいとして用いる必要がある。

γ(X)線の遮へい：γ(X)線の場合はβ線よりもさらに透過力が高く、アクリル板などは透過してしまう。γ(X)線の物質の透過を求める計算式は、γ(X)線の線量率を1/2にする遮へいの厚さを求める**半価層**の計算式を利用する。(半価層 $X_{1/2}$ (cm) = $1.609/\mu = 0.693/\mu$, μ は遮へい物質に固有の値で**線源弱係数**という。) 一般に原子番号の大きな物質(鉄, 鉛など)を遮へいとして使用する。

中性子線の遮へい：中性子線はたいていの場合γ線の発生を伴うので、中性子線とγ線の遮へいを同時に考慮する必要がある。中性子の遮へい材としては、**水素原子を多く含む水, ポリエチレン**などが用いられる。これにより中性子を減速させ熱中性子化した後、カドミウム板などに中性子を吸収させる。

6.2) 内部被ばくに対する防護

生物実験で使用するRIは液体, 気体状の線源が多く**非密封RI**と呼ばれている。(これに対してRIが固着されており散逸して汚染する恐れがないものを**密封RI**と呼ぶ。) **非密封RI**は**呼吸, 経口, 経皮**の3つの経路により誤って体内に取り込まれることで、体内の細胞・組織が被ばくする危険がある。このように、何らかの原因で人体内にRIが取り込まれたときの体内被ばくを**内部被ばく**という。生物実験におけるRIの取扱いにおいては、この内部被ばくに注意することが重要である。外部被ばくの防護と同様に、**内部被ばくにも防護の5原則がある。(3D・2Cの原則)**

- **Dilute (希釈する)** …溶媒や担体の添加によるRI試薬の放射能濃度の希釈など。
- **Disperse (分散する)** …換気, RI試薬の分注保管・利用, 放射性廃液の希釈など。
- **Decontaminate (除去する)** …RI取扱時のフードの使用, 汚染箇所の即時除染など。
- **Contain (閉じ込める)** …容器への収納, アイソレーターの使用など。
- **Concentrate (集中する)** …線源の保管, 保管廃棄場所における管理, RIの濃縮分離など。

内部被ばくにおける被ばくはRIが組織に蓄積している期間中続く。体内にRIを取込まないためには、RIの取扱いにおいて以下のことに注意する。①呼吸による摂取を避けるために、取扱いは換気能力の十分なRIフード, グローブボックスで行うようにする。RIはできるだけ湿式で扱い, 空気中に飛び散らないようにする。②経口による摂取を避けるために、管理区域内では飲食, 喫煙, 化粧などを行わない。実験の際は口で行う操作(ピペットを口で操作するなど)を一切行ってはならない。③経皮による摂取を避けるために、実験の際には必ずゴム手袋を使用する。実験中に汚染した器物でけがをし, 傷口からRIが体内に入る危険があるので、怪我の恐れのある器物の取扱いは特に注意する。RI動物実験においてRIを注射する場合などは、麻酔の効きを確かめてから投与する。

7. 放射性廃棄物について

非密封RIの実験利用等に付随して発生するRIによって汚染された廃棄物を**放射性廃棄物**と呼ぶ。放射性廃棄物の処理および廃棄の基準は、法により厳しく規制されている。放射性廃棄物はその形態により①**気体廃棄物**, ②**液体廃棄物**, ③**固体廃棄物**に分類される。**気体廃棄物**は、実験時の操作によって一時的に発生する気体やエアロゾル以外にも、排気設備により放射線施設から排出される排気も指す。排気は空調設備によってRIを取り除き, 浄化したのち大気中に放出される。**液体廃棄物**はRIの取扱で発生する①**放射性無機液体**と②**放射性有機液体**に分けられる。**放射性無機液体**の廃棄は、**保管廃棄**と**RI排水**に分けられる。放射能レベルの比較的高い廃液は管理区域の保管廃棄室内にある専用容器に保管廃棄する。**RI排水**の場合は、RIで汚染された器具類の洗浄水などを指し、実験室の流しを通じて専用の排水設備に貯水し, 減衰, 希釈を行っ

た後、一般の下水道に放流する。この場合も下水道に放流できる放射能濃度は法令で定められている。**固体廃棄物**は、RIの取扱いによって発生する可燃性、難燃性、不燃性、非圧縮性の放射性廃棄物で、分類ごとに放射性廃棄物専用のドラム缶で保管廃棄室に保管する。放射性廃棄物の取扱いについては農学研究科・農学部新規利用者講習会に手渡される「**農学研究科・農学部放射性同位元素実験施設利用の手引き**」に詳細に記載されているので、実験を行う前に当該冊子を確認しておくこと。

8. RIによる汚染の除去について

非密封RIを取扱う限り、機器、実験台など程度の差はあるが、RIによる汚染からまぬがれることはできない。小さな汚染であっても、その処置が適切でないと実験設備、最悪は管理区域外の周辺環境へ汚染を拡げることとなる。したがって、各々の放射線取扱者が汚染の防護について適切な対策を講じるとともに、RIによる汚染とその除去について知識を持っておく必要がある。汚染が発生したら、汚染源であるRIの半減期、化学的性質を把握し、汚染対象物の種類によって適切な除染方法、除染剤を選択することが必要である。プラスチックやガラス、金属などの非浸透性の表面汚染であるか、布、木、コンクリートなどの浸透性の表面汚染であるかで、除染を行うか物理的剥離を行うか判断する。放射性廃棄物として廃棄できるものについては、除染を断念し廃棄物とする方法もある。除染剤としては、対象物によって水、中性洗剤、キレート形成剤、酸、無機塩、有機溶媒などを使用する。汚染源となるRIの半減期が短い場合は、減衰させ放射能を失わせる方法をとるほうが効果的な場合もある。対象物がガラス、金属、プラスチック、ペンキ塗装表面によって適切な除染剤が知られているため、除染剤の選択についてはテキスト等で確認しておく。物品の表面に付着するRIの単位面積当たりの**放射能濃度 (Bq/cm²)**を**表面汚染密度**と呼ぶ。この表面汚染密度が、**α線を含むRIの場合は4Bq/cm²、それ以外のRIの場合は40Bq/cm²**を超える場合は、その物品を管理区域の外に持ち出すことができない。実際の管理においてはその1/10の値を持ち出し基準とすることを放射線障害予防規程に定める事業所がほとんどである。

また、汚染除去への対処の仕方、身体や衣服を汚染させた場合の対応や除染の方法については農学研究科・農学部新規利用者講習会に手渡される「**農学研究科・農学部放射性同位元素実験施設利用の手引き**」に詳細に記載されているので、実験を行う前に当該冊子で確認しておくこと。

9. 放射線施設における緊急時の対応について

放射線事故の発生によるリスクは、それが放射線取扱者自身への外部被ばく、内部被ばくのリスクのほか、周囲への汚染、被ばくのリスクを拡大させることにより一般公衆へ与える影響が懸念される。その対策は放射線取扱者本人の身を守るほかに、周囲の環境への被害拡大を防止することをあわせて考慮することが重要である。**IAEA (国際原子力機関)**は放射線事故をその特質によって3つに分類している。

①不注意に強い線源に近寄ったり、誤って放射線束に被ばくする場合のような、過大な量の放射線を浴びる**外部被ばく事故**、②放射性物質の洩れ、こぼれ、あるいは火災、爆発によって作業場の表面および空気、人を汚染させることにより、放射性物質を体内に取込む**内部被ばく事故**、③火災、爆発、機械的衝撃等により、公衆の環境に放射性物質が放出される**環境汚染事故**。

また、RI取扱いに係る事故は、RIの紛失、RIの盗難、RIによる被ばく、RIによる汚染、RIの破損、火災、爆発、環境への放出、運搬時における事故のケースに分けられる。

9.1) 紛失・盗難事故の防止

RIの紛失・盗難は、持ち出されたRIが管理区域外の一般の居住区域、公衆、環境に汚染、被ばくの被害を及ぼす恐れがあることから重大な事故である。RIは原則、管理区域内の**貯蔵室**に保管する。これはRIを

含むサンプルも同様である。また RI で汚染された物(放射性廃棄物など)は**保管廃棄室**に保管すること。また、管理帳簿と RI 現物を一連の作業終了後または定期的に照合し、保管数に異常がないことを確認する。

9.2) 汚染・被ばく事故の防止

先にも述べた通り、特に非密封 RI の使用においては**内部被ばくの防止**に注意する。扱う核種について、**放射線の種類・性質**、**半減期**などに関する知識、その化合物の**物理・化学的性質**、および**人体に与える性質**(摂取のし易さ、吸収、沈着などの代謝と対内分布、化学毒性、**生物学的半減期**)を理解しておく。(生物学的半減期とは RI の代謝、排泄機構により放射能が半減する時間のこと。)装置のモックアップ、コールド操作などの事前試験、フード・グローブボックスなどの**閉じ込め**、汚染拡大防止設備で作業を行うよう計画する。また、取扱いにあたっては**作業用パット**の中で RI を取り扱うようにする。防護衣、ゴム手袋、マスクの着用による汚染防止、紙ウェス、ビニール袋は汚染発生を想定して準備する(通常、管理区域内で RI の取扱いを行う際は、施設に備え付けの **RI 実験衣**、**RI スリッパ**を着用する)作業終了後に実験装置・実験台の汚染検査を行う。放射性廃棄物は作業後速やかに保管廃棄室へ移動するなど。

9.3) 火災・地震・爆発に対する事故防止対策

火災、地震、爆発は RI を散逸させ、二次的に放射線事故の恐れを拡大させる。一般に放射線施設は、RI または RI で汚染されているものが集中管理されている**貯蔵室**、**保管廃棄室**は、**主要構造部等が耐火構造**となっておりその開口部扉には**特定防火扉**が設置されている。また、火焰の増勢、RI の飛散を防ぐための空調設備の強制停止、放射線施設独自の自衛消防団の編成、消防署との連携の備えなど、施設側での防災対策が図られる。放射線取扱者においても万一、火災、地震、爆発が発生しても RI の散逸による二次的な被害が抑えられるような日頃の心がけが必要である。

火災発生時の措置：出火の発見者は付近の人に知らせ、本人または依頼された人が管理室員または放射線取扱主任者に通報する。火災が管理区域内であればその旨を明確に伝える。火災現場の状況、火災の程度により可能であれば直ちに初期消火活動を行う(初期消火の効果がない場合は、延焼拡大防止のため管理室員は空調設備の緊急停止、ダンプの閉鎖を行う)。線源ならびに RI で汚染されているものは、作業後随時、貯蔵室で保管するように努める。RI 線源ならびに RI で汚染されているものは可能な限り実験室に置き去りにしない。

地震発生時の措置：重量物(鉛ブロック)や RI 線源の近くは避け、室の扉は開放して避難路を確保する。

① ゆれが収まったら身の安全を確保し、近くの人々の安否を確認する。周囲の状況を素早く点検し、出火の際は可能であれば初期消火、放射性溶液のこぼれがあった場合は汚染拡大の措置をとる。

② けががあれば救援を求め、救急措置を受ける。必要があれば第二波に備えより安全な場所へ退避する。

火災・地震発生時は、**放射線施設を含む一帯は立入制限区域**となる。(周囲の縄張り、放射能標識の掲示で示す。)その後、自衛消防隊によって事故現場の線量当量率、空気汚染の調査、各種応急活動、消防隊への協力(放射線防護に必要な情報提供など)、事後の現場の放射線モニタリング、現場周辺のモニタリング、障害、損害の総括等を行い、国への報告を行う。普及作業の後、安全が確保されるまで管理区域への入域は許可されない。この間は関係者以外の者はみだりに管理区域に立ち入ってはならない。

その他、化学物質、引火性、可燃性の物質の管理、消火器の位置・性質の確認、避難口の確保、電気、ガス、機器の管理等など、共通の火災、地震対策に関しては農学研究科共通のマニュアルに従う。

9.4) 放射線施設における異常発生時の措置

放射線取扱施設における災害等の異常発生時は、通常の実験室における状況に加え、RI の洩れ、こぼれ、

飛散などによる空気汚染の拡大が外部被ばくとともに問題となる。余裕があれば、室の扉を閉じ、他の者を被ばくさせないために立ち入り禁止の表示を行う、倒れた RI 溶液の容器を起こす、こぼれた RI 溶液の上に吸収材を置くなど飛散防止に努める、室外へ持ち出すことが可能であれば持ち出しを行う。**(管理区域内では RI 貯蔵室が最も安全である。)** 室外へ持ちだすことができない場合、RI を安全な場所に集中させる。(RI フード、グローブボックス内部がよい。) 十分余裕がある場合は、室の扉を閉じた後、必要に応じて目張りをして汚染空気の漏出を防ぐ。身体に汚染がある場合の対処法については、農学研究科・農学部新規利用者講習会に手渡される「**農学研究科・農学部放射性同位元素実験施設利用の手引き**」に詳細に記載されている。実験を行う前に当該冊子を確認しておくこと。

9.5) 管理区域外における RI の発見

管理区域内に保管管理していた RI を違法に管理区域外に持ちだし使用していたものがそのまま放置されたり、RI の取扱者が転勤等の移動の際、RI を移動先に持ち込みそのまま保持していた、**核燃料物質 (トリウム, ウラン)** を含む試薬の保管、または廃棄物の保管を研究室で行っており、そのことを忘れていた (国際規制物質として計量管理が定められている) などの理由により、管理区域外の居室、実験室から RI、核燃料物質が発見される事件が全国の事業所で発生している。管理区域外からの RI の発見は、普段目に触れない戸棚の奥や、人の立ち入らない倉庫の奥、最近開けていない薬品棚の中、廃棄されずに放置されている冷蔵庫の中など死角になる場所から多く発見される例が多い。万一、管理区域外において RI を発見した場合は、発見された RI の汚染による放射線障害の危険があることから、以下の手順で周囲の安全を確保し放射線取扱主任者に速やかに連絡し、その指示に従う。

9.6) 国への報告の義務

放射性同位元素の使用事業所は、放射性同位元素の**盗取・所在不明等の「事故」**が生じたとき、警察官または海上保安官に遅滞なく届け出るとともに、法令の規定により**① RI の盗取・所在不明②管理下でない RI 等の発見③線量限度を超え、または超える恐れのある被ばくがあるとき④放射線障害が発生し、または発生する恐れのあるとき**、それぞれその旨を直ちに、またその状況およびそれに対処する処置を**10日以内に原子力規制庁に報告しなければならない。**

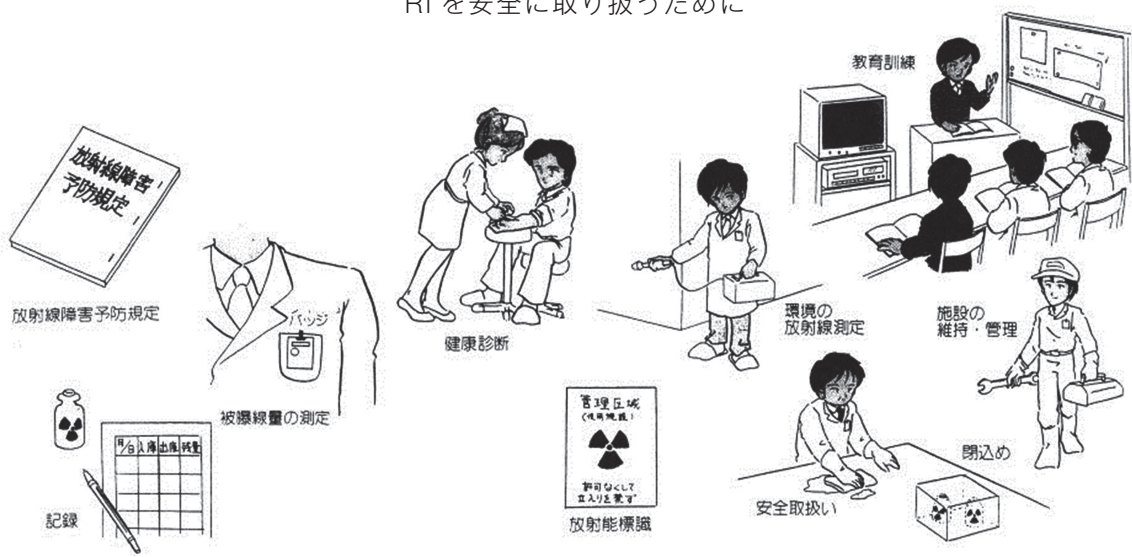
通報の順位：上記①～④の事故が発生した際には、発見者は以下の通報順位で通報を行う。

発見者→分野の RI 責任者→放射線取扱主任者・管理室員→研究科長→本部・Cyric →原子力規制委員会

10. 福島第一原子力発電所事故に伴う放射能汚染区域等における作業について

福島第一原子力発電所事故に伴う放射能汚染区域等において、研究・調査等の理由により放射性物質を取扱う作業については、その管理等を規定する国の法律は明確にはされていない。そこで、東北大学放射線主任者専門部会では、放射線障害防止法 (旧名)、放射性物質汚染対処措置法、除染電離則等の関連法令に準じる規定として、「**福島における活動に関する方針**」(H26年2月)を定め、①取扱作業者の条件として、基本的に放射線赤手帳保有者とする、②従事期間中の個人管理として、電離放射線健康診断を受診する、電子線量計による個人線量の測定・記録を行うこと、③汚染区域から学内に持ち込んだサンプルの取扱いについて、最終的にサンプルの採取場所、提供機関へ返却することを定めている。

RI を安全に取り扱うために



実験を安全に行うために

§9. 動物実験 ●●●●●●

(1) 実験動物 ———

動物実験は、生命現象に関連した研究分野に於いて最も重要な研究手段として、人類の福祉・健康の増進、科学技術の推進に大きな役割を果たしており、その重要性は近年のバイオサイエンス分野の拡大にともなっています。しかし、動物福祉の観点から、動物実験をなるべく他の実験系に置き換えたり、使用する実験動物の数を最小限にし、動物に対するストレスについても配慮が求められてきている。

1876年の英国における「動物虐待防止法」をはじめとして欧米各国で動物保護法が制定されており、国際的にも1974年の「動物実験の規則に関する指針」(国際実験動物委員会)、1983年の「動物の保管および管理に関する法律」(欧州議会)が示された。

わが国においても1973年に「動物の保護及び管理に関する法律」が、1980年には「実験動物の使用及び保管に関する基準」が制定(2002年改定)されているが、1999年にはこれが「動物の愛護および管理に関する法律」として改定され、より動物愛護の精神が強調されるとともに動物飼育管理者の責任が明確にされた。これらの法律に基づいて「犬および猫の使用および保管に関する基準」(1975年、2002年廃止)、「展示動物等の使用および保管に関する基準」(1976年、2004年改定)、「実験動物の使用および保管に関する基準」(1980年、2002年改定)、「産業動物の使用および保管に関する基準」(1987年)等が告示されている。

これらの法律に基づいて、東北大学においても1988年に「東北大学における動物実験に関する指針」(以下、本指針)が制定された。1996年には一部が改定されるとともに「東北大学における動物実験に関する指針の解説」が作成された。2005年に動物の愛護及び管理に関する法律の一部を改正する法律が公布され、動物実験に関する理念である「3R(Replacement 代替法の利用, Reduction 必要最小数の利用, Refinement 苦痛の軽減)」が盛り込まれた。3Rは「適正な動物実験」には生命科学研究で求められる実験操作の科学的普遍性を加えて動物福祉への配慮が求められることを示す国際的な原則である。これに対応して、東北大学に動物実験に関する新しいルール「国立大学法人東北大学動物実験等に関する規程」の制定とその規程を補完する解説書が作成された(2007年)。本規程は、東北大学で行われる哺乳類、鳥類又は爬虫類に属する動物を対象としているが、それ以外の動物を実験等の利用に供する場合においてもこの基準の趣旨に沿って行うよう努めることが望ましい。

2009年4月には国立大学法人東北大学の特定事業組織として、国立大学法人東北大学環境・安全委員会動物実験専門委員会が行う動物実験計画の審査、動物実験に係る法令遵守及び安全管理に関する事項並びに動物実験実施者等に対する教育訓練等の実施に関し支援することにより、本学における動物実験の適法性を確保し、及び動物実験に係る安全管理を推進することを目的として東北大学動物実験センターが設置された。ホームページ(<http://www.clar.med.tohoku.ac.jp/>)にはセンターの活動内容が紹介されており、教育訓練の予定や飼養保管施設・実験室の申請の事前指導、動物実験計画書作成法と動物実験の指導などに対応してくれる。

農学研究科で動物実験を行うにあたっては、国立大学法人東北大学環境・安全委員会動物実験専門委員会による飼養保管施設、実験室および動物実験計画書の審査及び東北大学総長の承認を得た上で行わなければならない。

(2) 動物実験計画立案と動物の導入 ————

① 動物実験を始めるに当たって留意すること

動物実験を始めるに当たって、実験者は実験計画を立て、科学的にはもとより動物福祉の観点に立った十分な検討を行うべきである。また実験動物の専門家に意見を求めたり、必要に応じて動物実験センターの助言を求めることができる。

② 動物実験計画書の作成、提出

「東北大学遺伝子組換え実験・動物実験 web 申請・承認システム」により行う。

特に以下の点に注意すること

- ・動物実験（教育研修）責任者：教授・准教授・講師・助教・助手だけとする。
- ・教育訓練受講の有無：未受講者は予定を記載する。
- ・安全管理上注意を要する実験－拡散防止措置区分（特に遺伝子組換え実験の場合）。
- ・動物実験の実施予定期間：計画書の有効期間は申請年度を含めて最長で3年以内。
- ・動物実験（教育研修）の実施場所、動物の使用保管施設：総長の承認を受けた承認番号及び名称の記載。
- ・使用動物：動物種・系統・使用数・算出根拠を記載。
- ・動物実験の方法：実験内容を、客観的に（定性的または定量的）に記載。
- ・想定される痛みのカテゴリの自己判断：解説書「補遺2 倫理基準による生命科学実験法に関する分類」を参照。
- ・変更にあたっては事前に「動物実験計画・教育研修計画変更申請書（様式3）」を提出しなければならない。

③ 動物の導入

微生物学的品質に関しては、病原体に汚染された動物の導入により周囲の健康な動物に感染症を広げたり、あるいは実験者、飼育技術者等に人獣共通感染症を起こすことがあるので、十分に注意する必要がある。動物研究棟に導入する場合は、管理者の指示に従わなければならない。

(3) 実験動物の飼育管理等 ————

① 動物実験責任者、動物実験実施者、教育研修責任者及び講師は、必ず動物実験センターが主催する教育訓練を受けなければならない。

② 飼養保管施設と実験室

- a. 実験動物を恒常的に飼養し、若しくは保管し、又は動物実験等を行う施設である飼養保管施設と、実験動物に実験操作（原則として48時間以内の一時的保管を含む）を行う実験室を設置し、変更使用とする場合には所定の設置承認申請書を提出し、総長の承認を得なければならない。
- b. 飼育室は温度、湿度、換気、気流、臭気、騒音、照明等について配慮し、適正な飼育スペースを確保しなければならない。

③ 動物の飼育管理

- a. 動物種毎に飼育室を分離することが望ましい。これは種間の闘争に絡む不安抑制、及び感染症の動物種間での伝搬防止のためである。
- b. 飼育技術者、実験者の飼育室における作業行程及び作業動線の確立は、ヒトを介する感染症

の伝搬を防ぐために重要である。特に微生物学的な品質の異なる動物間での飼育管理作業及び実験処置は、特にこのことについて留意しなければならない。

④ 給餌、給水及び床敷

- a. 給餌は動物が飼料を取りやすく、糞尿で汚染されにくい給餌器を用いる。また一度に大量に与えず、汚染、腐敗等に注意する必要がある。
- b. 飼料の購入、貯蔵等には次のことに注意する必要がある。まず購入に当たっては製造元より定期的に発行されている栄養素分析表、製造元より飼育施設までの輸送法及び保存法、製造年月日、保存期間等を確認する。次に施設での適切な貯蔵法を検討し、1回の購入量が多すぎないように注意する。飼料の貯蔵は専用区域で、防虫のため“すのこ”、棚あるいはカート上に積み上げ、床面に接触させないことが重要である。一般に21℃以下の低湿で衛生的な環境下で貯蔵すると、製造日より6ヶ月間は使用できる。
- c. 給水は新鮮で飲料に適した汚染のない水を常に供給するよう、日常作業の中で点検する必要がある。

⑤ 飼育室、飼育設備の衛生管理

- a. 飼育室：清掃は適当な洗剤や消毒剤を用いて行う。床や飼育柵のみならず、飼育柵の上や給水管の上部などを定期的に清掃する。
- b. 床敷交換：ケージに使用する床敷は動物の体表を乾燥させ、清潔に保つために必要な頻度で交換する。
- c. 飼育器具：洗浄は定期的に行い、効果的な消毒を行う。

(4) 実験操作 ————

- ① 動物実験を行うときは、動物の痛みに関する科学的な研究からの認識に加えて倫理的な観点からの苦痛(人道的エンドポイント)を十分に認識し、その軽減に配慮することが大切である。
- ② 麻酔と鎮痛：実験動物に無用な苦痛を与えないよう麻酔薬、鎮痛剤及び精神安定剤を適切に使用すること。2007年よりヒト用のケタミン含有麻酔薬(ケタラル)の他、実験動物用の麻酔薬(動物用ケタラル、ケタミン(フジ)、ノモペイン注等)も「麻薬及び向精神薬取締法」の対象薬となったので、これらの薬を使用する場合は、麻薬研究者の免許を取得し、厳密に管理しなければならない。
- ③ 保定と拘束：適切な保定は動物に与える苦痛を著しく軽減し、実験操作を容易にし、かつ実験者への危害を防止する。保定の良否は経験に左右されるので、熟練した技術者の協力を求めることが望ましい。しかし長時間の拘束は避けるべきであり、必要最小時間とする。また拘束器具を使用する場合は、実験開始前にそれらに慣らしておく。
- ④ 外科手術と術後管理：外科手術は経験の積んだ実験者、またはその直接監督の下で実施すべきである。術後生存させる手術は、十分な無菌操作を行い、術後は訓練を受けたものによる適切な管理をしなければならない。また全ての手術は適切な麻酔を行い、術中の麻酔管理、術後の蘇生に十分な注意を払う必要がある。

(5) 実験動物の処置 ———

- ① 安楽死処置：実験終了あるいは中断した動物は“速やか”にかつ“痛み”のない方法で致死させなければならない。
- ② 動物死体の処理
 - a. 小動物：死亡を確認した死体は，専用冷凍庫の指定された袋に保管する。死体は医学部動物実験施設で焼却。
 - b. 大動物，中動物，家禽：大動物，中動物の死体は解剖室の冷凍室，家禽は専用の冷凍庫に保管し，一定量に達したら処理業者に連絡し処理を依頼する。反跳動物（ウシ，ヒツジ，ヤギ）とそれ以外の動物（豚など）の死体処理方法が異なるので，反跳動物とそれ以外の動物の死体を分けて保管すること。

(6) 安全管理等特に注意を要する実験 ———

① 有害物質を使用する実験について

動物実験に生物学的，化学的及び物理的に有害な物質を使用する場合は，実験を行う当人だけでなく，動物管理者及び飼育技術者，他の実験動物，周りの環境がこれらの有害物質によって汚染されることのないように，特別の施設と安全設備が必要である。さらに大切なのは，作業を安全に行うための管理法と実験者の実験手技の熟練である。

- a. 有害物質とは放射性物質，病原体，組換え DNA，発癌物質，変異原性物質，その他安全性未確認物質を言う。また直接これらの物を扱わなくとも，例えば培養細胞に感染している細菌やウイルス，野生動物の持つ病原菌等にも留意する必要がある。
 - b. 放射性物質，放射線の使用に当たっては，放射線障害予防規程（第2章8. 放射性同位元素の取り扱い）にしたがって実験を行うこと。
 - c. 有害物質を動物に接種しようとする場合には，その影響について，特に動物の福祉の立場からも事前に検討されなければならない。
 - d. 有害物質は研究実施区域内に封じ込めなければならない。このため実験区域の設定，エアロック，陰圧，エアフィルター等の施設設備，陰圧飼育棚，ケージ，安全キャビネット等の飼育設備の整備のみならず，汚染された飼料，糞便，尿，床敷，動物死体を完全に処理できる設備・方法を整備する必要がある。またこの区域には適切な表示を行い，指定された実験者及び飼育技術者・管理者だけが入ることが出来るようにすべきである。
 - e. 実験の手技，飼育や区域の管理の方法については，あらかじめマニュアルを設定し，実験者，飼育技術者はこの方法に習熟する必要がある。
 - f. 病原微生物並びにその感染動物の取扱いについては，次ページ（9）その他の⑤を参照すること。実験に際しては，あらかじめ管理室に相談し管理者の承諾を得ること。
- ② 遺伝子組換え動物について

遺伝子組換え動物を用いる実験には遺伝子の卵，胚，動物個体等への導入とその後の繁殖飼育が基本となる。動物管理および実験に関しては「東北大学遺伝子組換え実験安全管理規程」および関連する法律により安全確保を行う必要がある。詳しくは「第2章10. 遺伝子組換え実験」を参照のこと。

(7) 咬傷への対応 ———

① 応急処置

- a. 大量の水道水、滅菌生理食塩水、弱酸性水等による患部の十分な洗浄。
- b. 血液を絞り出し、スポンジ・ブラシ等による負傷部位深部までの洗浄。
- c. ヨード系消毒薬(イソジン)や消毒用アルコール等による深部までの消毒。
- d. 滅菌ガーゼ、乾綿等による止血後の消毒薬の再塗布。

② 応急処置後の対応

人獣共通感染症に罹患している可能性がある動物が関係する事故等には、応急処置(水洗、消毒、止血等)後速やかに専門医を受診して治療を受ける。

SPF 動物による場合も、応急処置後状況に応じて専門医の治療を受ける。

(8) アナフィラキシーへの対応 ———

① 注意

アレルギー体質の者、過去に動物に咬まれた者、針刺しを起こした者は以下の点を守ること。

- a. 一人で飼育室に入らない。
- b. かかりつけの医師に実験動物を扱うことを相談し、医師の判断を仰ぐこと。必要とされる場合は、即効性の抗アナフィラキシー薬(例:エピペン)を処方してもらう。
- c. 病院が開いている時間(9時半から16時)に作業を終えること。

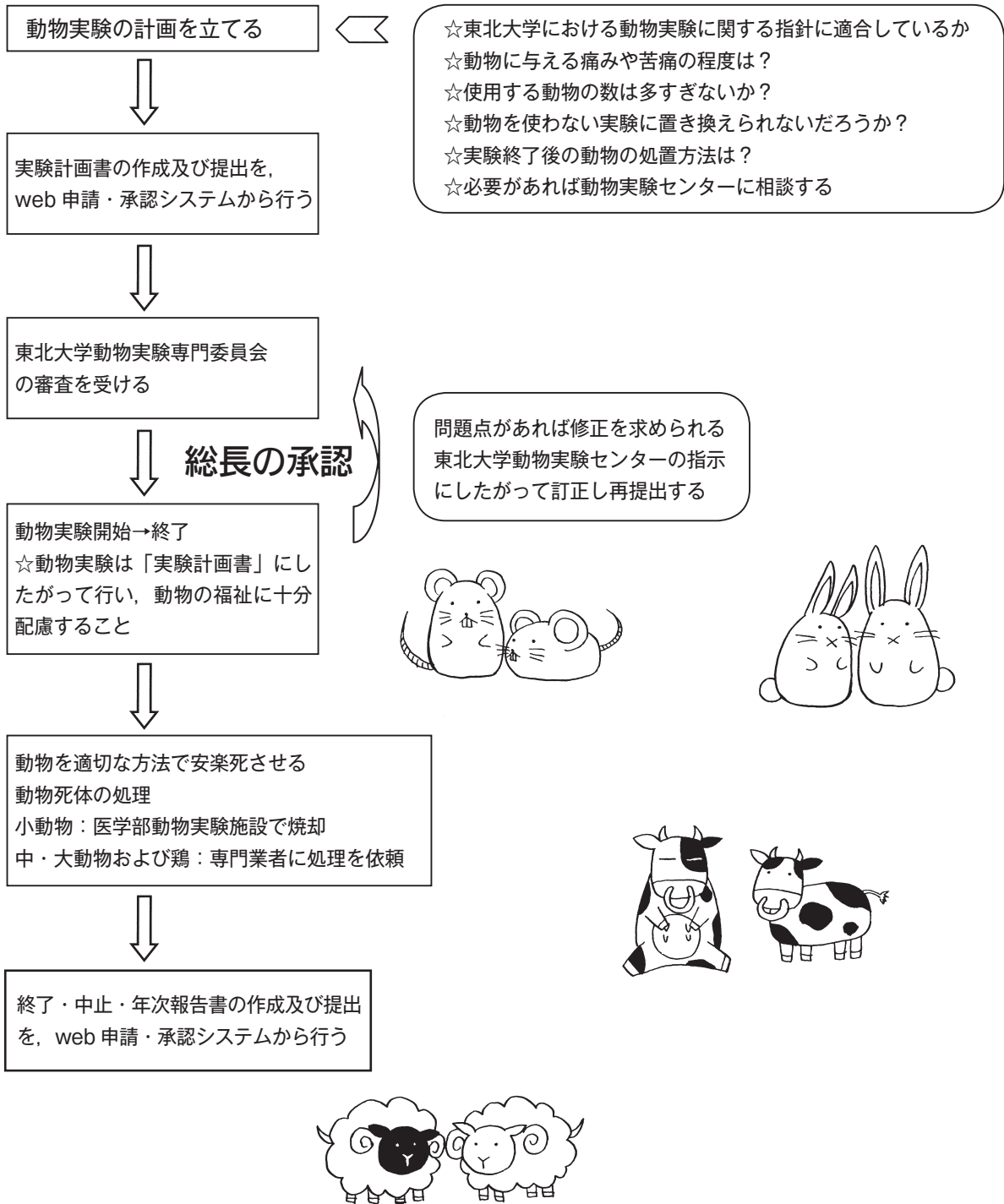
② 発生時

- a. 咬傷や針刺し部位が腫れる、あるいは息苦しいと感じた際は、すぐに飼育室から出て近くの人に声をかける。
- b. エピペンを携帯している者はすぐに注射する。

(9) その他 ———

- ① 動物実験には、消毒の目的で可燃性のアルコールを用いる場合もあるので、火気の取扱いには十分注意する。
- ② 動物実験で使用した注射筒、注射針などは一般廃棄物とはせず医療廃棄物として廃棄する。医療廃棄物用容器が必要な場合は用度係に申し出ること。
- ③ 動物研究棟の利用に当たっては「動物研究棟内規」と「同利用心得」を遵守すること。
- ④ 動物研究棟使用時に火災などの事故が起こった場合、利用者は「第1章 非常時の対応と防災対策」に従って措置を行うこと。また、直ちに施設管理者および管理室に連絡し、管理室職員の指示に従って適切な応急処置をする。
- ⑤ 農学研究科附属動物研究棟には感染実験室がある。動物感染実験を行う際には、第2章11.「病原微生物(等)取扱い実験」の記載事項、及び「東北大学における病原体等取扱動物実験施設の安全設備及び運営基準」(<http://www.clar.med.tohoku.ac.jp/data/kitei/13th/hoi6-13th.pdf>の前半)を確認すること。

動物実験を行うには



実験を安全に行うために

§ 10. 遺伝子組換え実験 ●●●●●●●●●●

(1) はじめに ———

遺伝子組換え実験を行う際には、「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の確保に関する法律（いわゆるカルタヘナ法）」、法に基づく政省令および告示で定めるルールに従う必要がある（図2-9-1）。

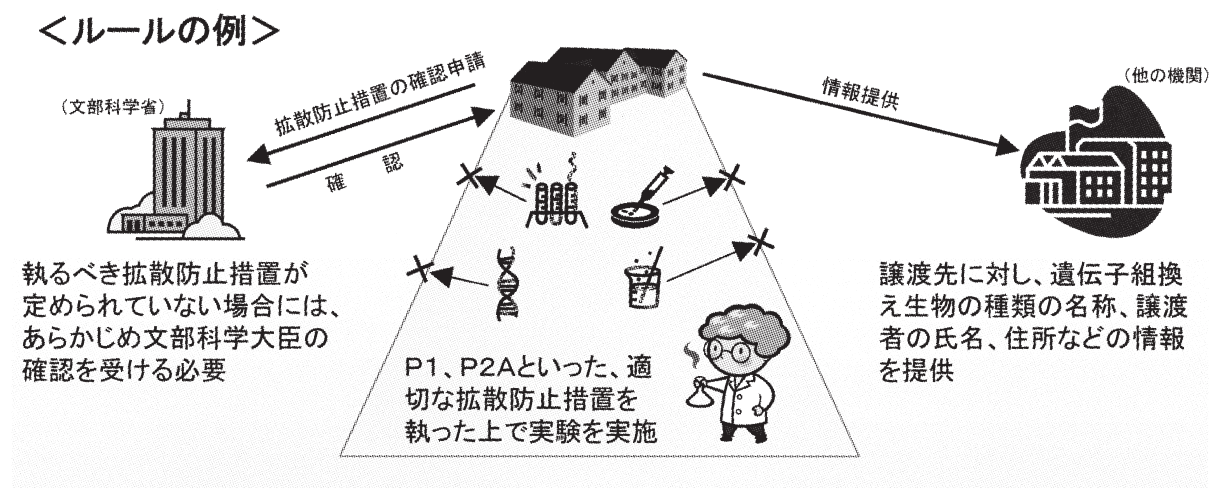


図2-10-1 遺伝子組換え実験のルールの例，文部科学省ライフサイエンスの広場
http://www.lifescience.mext.go.jp/bioethics/data/anzen/rule_01.pdf より転載

カルタヘナ法とは？

1993年，①生物多様性の保全，②生物多様性の構成要素の持続可能な利用及び，③遺伝資源の利用から生じる利益の公正な配分，を目的とした「生物多様性に関する条約」が発効した。2000年，遺伝子組換え生物に関して，生物多様性の保全及び持続可能な利用に対する悪影響の防止について国際的な枠組みを定めた，「生物の多様性に関する条約のバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書」が採択された。日本での法律（いわゆるカルタヘナ法）は平成16年2月施行。

東北大学のルール

東北大学では，東北大学遺伝子組換え実験安全管理規程を定め安全管理を行っている（図2-10-2）。実験実施者は，遺伝子組換え実験を実施する前に**教育訓練**を受講する必要がある。2009年4月から「**東北大学遺伝子実験センター**」が設置され，さらに遺伝子組換え実験の適法性を確保し，遺伝子組換え実験に係る安全管理を推進している。東北大学遺伝子実験センターホームページ（<http://www.cgr.tohoku.ac.jp/>）では関連法規へのリンクや学内様式を提供している。また，実験の実施等に係る各部局からの問合せにも対応してくれる（センターへの問合せ先 cgr@grp.tohoku.ac.jp）。

(2) 実験をはじめる前に ———

＜教員＞実験を開始する前に実験責任者は**遺伝子組換え実験設置申請書**、**遺伝子組換え実験計画申請書**および**第二種使用等拡散防止措置確認申請書**をWEB申請・承認システムにより提出して承認を受ける必要がある。**東北大学ポータルサイト**にログインして、**遺伝子組換え実験・動物実験 Web 申請・承認システム**をクリックして実施者・責任者メニュー＞遺伝子組換え実験＞各種申請＞実験計画書、および実験室を選択して入力する。記載例は、東北大学遺伝子実験センターホームページの「実験申請と各種書式」に掲載されている。実験責任者は、実験従事者に対し、実験開始前に遺伝子組換え生物等の特性や拡散防止措置を熟知させる必要がある。**学生実験**において遺伝子組換え実験を行う際も申請書を提出して承認を受ける必要がある。

＜学生等を含む実験従事者＞学内の**教育訓練**を受講することが義務づけられている。それぞれの実験毎に遺伝子組換え生物等の特性や拡散防止措置を熟知し、安全確保を行う必要がある。4月に農学研究科において開催される講習会、または東北大学遺伝子実験センターにおいて行われる「全学教育訓練」を受講すること。

遺伝子組換え実験を行うには**教育訓練受講****遺伝子組換え実験計画申請書・第二種使用等拡散防止措置確認申請書**

チェックポイント

- (1) 宿主は何か
- (2) 供与核酸は何か
- (3) 執るべき**拡散防止措置**は何か：P1, P2, P1A, P2A, P1P, P2P 等
- (4) 大臣確認の要, 不要

遺伝子組換え実験中は

関係者以外立入禁止、P2レベル実験中、組換え動物等飼育中、組換え植物等栽培中、組換え生物等保管、等の表示

遺伝子組換え生物等を譲渡するには遺伝子組換え生物等の**譲渡等申請書**

送付時添付：遺伝子組換え生物等の譲渡等を行う際の**情報提供内容**

遺伝子組換え実験終了・中止時は

遺伝子組換え実験終了又は中止報告書又は保管申請書

図 2-10-2 遺伝子組換え実験を行う際の注意事項

(3) 拡散防止措置 ———

遺伝子組換え生物等規制法には**第一種使用等**と**第二種使用等**がある。実験室内で行う通常の使用、培養・発酵設備を用いる使用、網室を用いる使用、密閉容器を用いる使用などの場合は第二種使用等に該当し、組換え体が環境中へ拡散することを防止するための措置をとることが義務づけられており、通常は機関承認実験となる。(ただし、大臣確認申請が必要な場合もある)。圃場での栽培、飼料としての利用、食

品工場での利用等は、環境中への遺伝子組換え生物等の拡散を防止しないで行う使用であり、第一種使用等とされ、文部科学大臣の承認を受けることが必要である。ここでは第二種使用等の拡散防止措置について詳しく記載する。

拡散防止措置については、**研究開発等に係る遺伝子組換え生物等の第二種使用等に当たって執るべき拡散防止措置等を定める省令**（平成16年文部科学省・環境省令第1号）に記載されている。この省令についての解説書が、文部科学省 ライフサイエンスの広場 生命倫理安全に対する取り組み 遺伝子組換え実験 (<http://www.lifescience.mext.go.jp/bioethics/anzen.html#kumikae>) に掲載されている。ポジションペーパーやQ&Aも参照されたい。

表2-10-1 第二種使用等に関する省令における使用等の区分

遺伝子組換え実験	（二種省令第2条第1号）
細胞外核酸加工技術により得られた核酸またはその複製物（組換え核酸）を有する遺伝子組換え生物等の使用。自然条件において個体に生育しないもの（動植物培養細胞、動物の組織、切りキャベツなど）は除外。	
微生物使用実験	（二種省令第2条第2号）
組換え微生物の使用等であって、他に当てはまらないもの	
大量培養実験	（二種省令第2条第3号）
組換え微生物の使用等であって、培養設備（容量が20リットルを超えるもの）を用いるもの	
動物使用実験	（二種省令第2条第4号）
動物作成実験	組換え動物の使用等
動物接種実験	動物により保有されている組換え生物の使用等
植物等使用実験	（二種省令第2条第5号）
植物作成実験	組換え植物の使用等
植物接種実験	植物により保有されている組換え生物の使用等
きのこ作成実験	組換えきのこ類の使用等
細胞融合実験	（二種省令第2条第6号）
細胞融合技術により得られた遺伝子組換え生物等の使用等	

以下省令の概要、注意点について記載する。（参考資料：研究開発段階における遺伝子組換え生物等の第二種使用等の手引き http://www.lifescience.mext.go.jp/files/pdf/n815_01r2.pdf）

1) 第二種使用等に関する省令における使用等の区分

二種省令においては、表2-9-1の通り使用等を区分しており、使用等の区分毎に、取るべき拡散防止措置が定められている。

2) 機関実験において執るべき拡散防止措置（二種省令第4条・第5条）

- ① 組換え微生物等の実験（微生物使用実験，大量培養実験，動物接種実験，植物接種実験，きのこ作成実験）の場合

拡散防止措置には物理的方法（Pレベル）と生物学的方法（Bレベル）がある。表2-9-2に示した**実験分類**の名称が**クラス1**，**クラス2**又は**クラス3**である場合に，それぞれ**P1レベル**，**P2レベル**又は**P3レベル**の拡散防止措置とする。さらに，動物等使用実験には**A措置**（AはAnimalの略），植物等使用実験には**P措置**（PはPlantの略）が必要であり，Pレベルの後にA又はPをつけて，**P1A**や**P1P**の様に表記する。

表2-10-2 実験分類の名称

実験分類とは，宿主又は核酸供与体とその性質（病原性，伝搬性）に応じて，4段階にわけたもの。→二種省令第3条（ただし，具体的には二種告示で規定）

実験分類	その性質	具体例
クラス1	微生物，きのこ類及び寄生虫のうち，哺乳綱及び鳥綱に属する動物（ヒトを含む。以下「哺乳動物等」という。）に対する 病原性がない ものであって，文部科学大臣が定めるもの並びに動物（ヒトを含み，寄生虫を除く。）及び植物	大腸菌（実験室株），酵母，マウス
クラス2	微生物，きのこ類及び寄生虫のうち，哺乳動物等に対する 病原性が低い ものであって，文部科学大臣が定めるもの	病原性大腸菌，インフルエンザ，麻疹ウイルス
クラス3	微生物及びきのこ類のうち，哺乳動物等に対する 病原性が高く ，かつ， 伝搬性が低い ものであって，文部科学大臣が定めるもの	結核菌，HIV，SARSコロナウイルス
クラス4	微生物のうち，哺乳動物等に対する 病原性が高く ，かつ， 伝搬性が高い ものであって，文部科学大臣が定めるもの	エボラウイルス，ニパウイルス

文部科学大臣が定める**認定宿主ベクター系のリスト**（表2-10-3；**B1レベル**と**B2レベル**），**実験分類ごとの微生物等のリスト**は文部科学省 ライフサイエンスの広場 研究開発二種告示の別表第1および別表第2に掲載されている（http://www.lifescience.mext.go.jp/files/pdf/n648_02.pdf）。別表第2の区分1,2,3,4に含まれる微生物がそれぞれ実験分類のクラス1，クラス2，クラス3，クラス4に該当する。なお，ウイルスは生物そして宿主として扱われる。

自然条件下での生存能力が低い宿主と宿主依存性が高く他の細胞に移行し難いベクターを組み合わせることで用いることにより，組換え体の環境への伝播，拡散を防止できると認められる宿主-ベクター系，又は遺伝学のおよび生理学的性質並びに自然条件下での生態学的挙動に基づいて人類等に対する生物学的安全性が高いと認められる宿主-ベクター系については，その生物学的封じ込めレベルは**B1レベル**とする。自然条件下での生存能力が特に低い宿主と宿主依存性が特に高いベクターを組み合わせることで用いることにより，組換え体の環境への伝播，拡散を防止できると認められる宿主-ベクター系については，その生物学的封じ込めレベルは**B2レベル**とする。

表 2-10-3 文部科学大臣が定める認定宿主ベクター系（B1 レベル）の例（一部抜粋）

詳細は（http://www.lifescience.mext.go.jp/files/pdf/n648_02.pdf）。参照

名称	宿主およびベクターの組み合わせ
(1) EK1	<i>Escherichia coli</i> K12 株又はこの誘導体を宿主とし、プラスミド又はバクテリオファージの核酸であって、接合等により宿主以外の細菌に伝達されないものをベクターとするもの。
(2) SC1	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> 又はこれと交雑可能な分類学上の種に属する酵母を宿主とし、これらの宿主のプラスミド、ミニクロモソーム又はこれらの誘導体をベクターとするもの。
(5) <i>Rhizobium</i> 属細菌	<i>Rhizobium</i> 属細菌（ <i>R. radiobacter</i> （別名 <i>Agrobacterium tumefaciens</i> ）および <i>R. rhizogenes</i> （別名 <i>Agrobacterium rhizogenes</i> ）に限る。）を宿主とし、これらの宿主のプラスミド又は、RK2 系のプラスミドをベクターとするもの。

以下に拡散防止措置レベルの例を示す。

- a. 原則として、宿主の実験分類と核酸供与体の実験分類の高い方に従って定める（二種省令第5条第1号～第4号イ）

(例)

宿主：分裂酵母 (*Schizosaccharomyces pombe*) [クラス 1, 認定宿主ベクター系]

ベクター：宿主由来プラスミド

供与核酸：異種酵母 [クラス 2] の酵素遺伝子

→ P2 レベル

(例)

宿主：*Rhizobium radiobacter*（別名 *Agrobacterium tumefaciens*）

[クラス 1, 認定宿主ベクター系]

ベクター：宿主由来 Ti プラスミド

供与核酸：植物ウイルス [クラス 1] の外被蛋白質遺伝子

→ P1 レベル

上記組換えリゾビウムをシロイヌナズナの培養細胞に接種して作成した組換えシロイヌナズナの個体

→ P1P レベル

- b. 供与核酸が同定済核酸であり、かつ、哺乳動物等に対する病原性等に関係しないことが科学的知見に照らし推定されているものの使用等は、宿主の実験分類に従って定めることができる（二種省令第5条第1号～第4号ハ）

(例)

宿主：欠損型マウス白血病ウイルス [クラス 2]

供与核酸：HIV [クラス 3] の病原性等に関係しない遺伝子
 感染細胞：AmpliGPE 培養細胞（パッケージング細胞）
 → P2 レベル
 上記組換えウイルスをマウス個体に接種
 → P2A レベル

② 組換え動植物の実験（動物作成実験，植物作成実験）の場合

a. 原則として，宿主の実験分類に従って定める（二種省令第5条第3号・第4号イ）

（例）

宿主：マウス [クラス 1] の胚および個体（胚をマウスの仮腹に入れて作成）

ベクター：（使用しない）

供与核酸：マウス白血病ウイルス [クラス 2] の病原性等に関係しない遺伝子

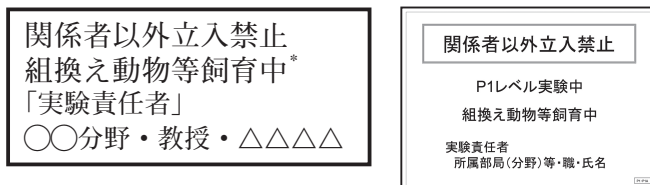
→ P1A レベル

<注意>

Human immunodeficiency virus や Adenovirus などの増殖力等欠損株等は P2 レベルの拡散防止措置でよいが，要件を満たさない場合は大臣確認実験に該当する場合がありますので特に注意が必要である。ポジションペーパー等（http://www.lifescience.mext.go.jp/bioethics/anzen_position.html）を参照すること。

3) 実験実施時において執るべき拡散防止措置の内容

本学では，**実験室の入り口に表示**を義務づけている。表示例は東北大学遺伝子実験センター「実験申請と各種様式」実験室入口表示（見本）参照



*レベル毎の表示方法

P1, 「P1 レベル実験中」

P2, 「P2 レベル実験中」;

P1A, 「組換え動物等飼育中」; P2A 「組換え動物等飼育中 (P2)」;

P1P, 「組換え植物等栽培中」; P2P 「組換え植物等栽培中 (P2)」

a. 微生物使用実験（二種省令別表第2第2号～第3号）

P1 レベルの要点（図 2-10-3）

施設等：通常の生物の実験室等

運搬：遺伝子組換え生物等が漏出しない構造の容器に入れる。

その他：遺伝子組換え生物等の不活化。実験室の扉を閉じておく。実験室の窓等の閉鎖等。エアロゾルの発生を最小限にとどめる。遺伝子組換え生物等の付着・感染防止のための手洗い等。関係者以外の者の入室制限。

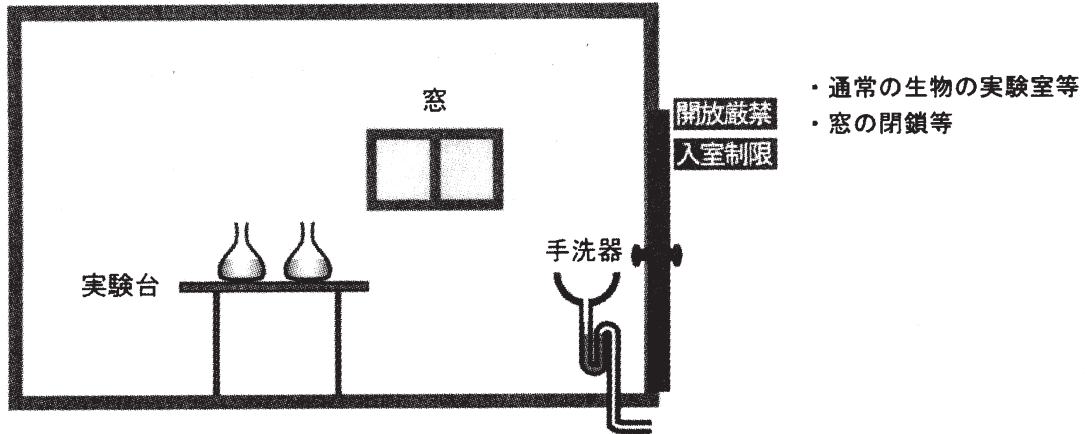


図2-10-3 P1 レベルの実験室の例

P2 レベルの要点 (図 2-10-4)

P1 レベルの措置に加え、以下の措置を講じること。

施設等：エアロゾルが生じやすい実験の場合は、安全キャビネットを設置し、キャビネット内で操作。実験室のある建物内に高圧滅菌器を設置

その他：「P2 レベル実験中」の表示。P1 (A, P) レベルである実験を同時に行う場合、これらの実験の区域を明確に設定するか、P2 (A, P) レベルの拡散防止措置を執る。

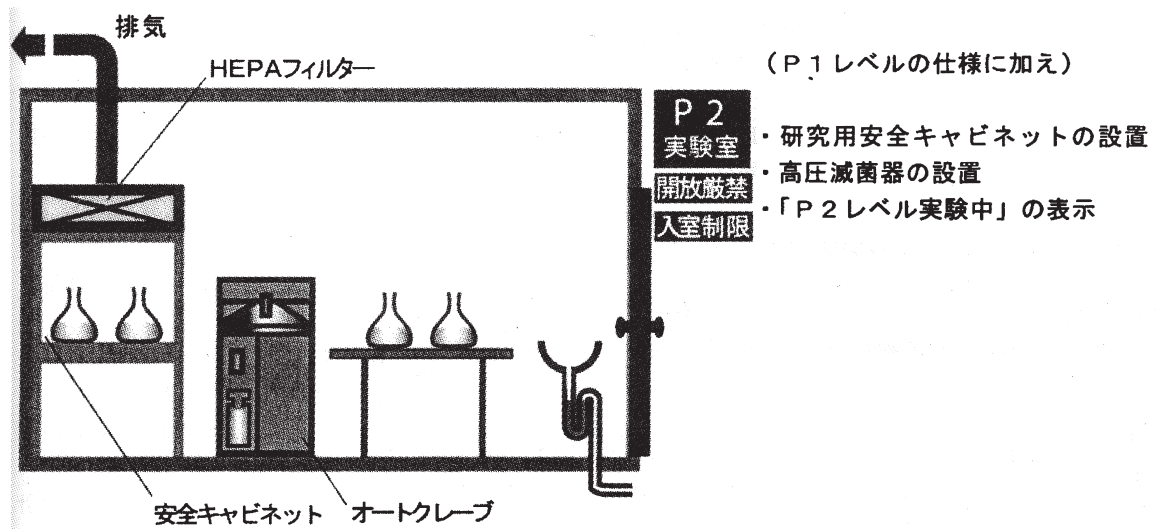


図2-10-4 P2 レベルの実験室の例

b. 動物使用実験（二種省令別表第4第1号～第4号）

P1A～P2A レベルの要点

動物使用実験の場合はP1～P2レベルの拡散防止措置に加え、以下の措置（A措置）が必要。

施設等：通常の動物の飼育室等。逃亡防止の設備（ネズミ返し、アイソレーター、循環式水槽等）。

糞尿等を回収するための設備等

運搬：組換え動物等の逃亡を防止する構造の容器に入れる。

その他：個体識別ができる措置（耳パンチ、別々の飼育容器の使用等）。「組換え動物等飼育中（P2）」の表示。

c. 植物等使用実験（二種省令別表第5第1号～第4号）

P1P～P2P レベルの要点

植物等使用実験の場合はP1～P2レベルの拡散防止措置に加え、以下の措置（P措置）が必要。

施設：通常の植物の栽培室等。排気中に含まれる組換え植物等の花粉等を最小限にとどめる。

その他：「組換え植物等栽培中（P2）」の表示。

特定網室の要点（図2-10-5）

供与核酸が同定済核酸であり、病原性等に関係しない等の要件を満たす組換え植物の使用等は、特定網室の拡散防止措置を執ることができる。（二種省令第5条第3号・第4号ホ）。この場合は機関実験となる。

施設：昆虫の侵入を最小限にとどめる網戸・換気口等。前室の設置。組換え生物等を含む排水が回収できる機器等の設置・床等の設計。

運搬：遺伝子組換え植物等が漏れない構造の容器に入れる。

その他：花粉等を持ち出す昆虫の防除。花粉飛散時期に窓を閉める等、花粉の外部への飛散防止措置（組換え植物等への袋かけにより、花粉の外部への飛散を抑えることが可能）。「組換え植物等栽培中」の表示。遺伝子組換え生物等の不活化。網室の扉を閉じておく。遺伝子組換え生物等の付着・感染防止のための手洗い・アルコールスプレーの使用等。関係者以外の者の立ち入り制限。

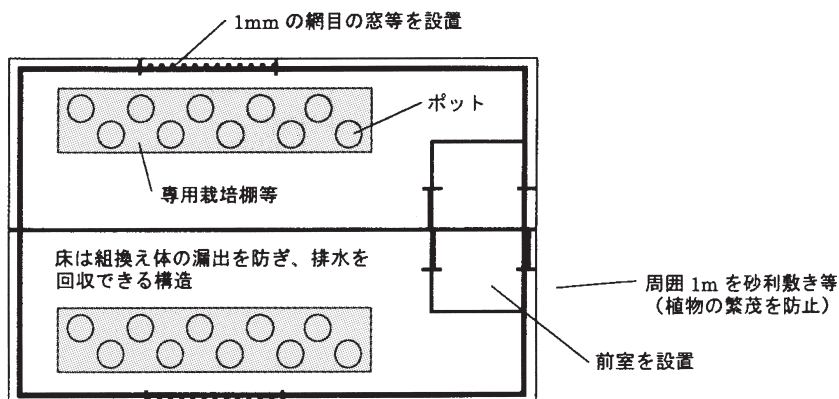


図2-10-5 特定網室の例

4) 保管・運搬時において執るべき拡散防止措置

- a. **保管**（二種省令第6条）：遺伝子組換え生物等が漏出，逃亡その他拡散しない構造の容器に入れる。容器の外側の見やすい箇所に，遺伝子組換え生物等であることを表示する。容器は所定の場所に保管する。容器の保管場所が冷蔵庫等の設備である場合には，設備の見やすい箇所に，遺伝子組換え生物を保管している旨を表示する。表示例：**遺伝子組換え生物等保管中**
- b. **運搬**（二種省令第7条）：遺伝子組換え生物等が漏出，逃亡その他拡散しない構造の容器に入れる。最も外側の容器の見やすい箇所に，「取扱い注意」を要する旨を表示する。
- c. 遺伝子組換え生物等の**譲渡・提供・委託**（以下「譲渡等」と言う。）を行う際は，「**遺伝子組み換え生物等の譲渡等申請書**」および「**遺伝子組換え生物等の譲渡等を行う際の情報提供内容**」をWEB申請・承認システムにより提出して承認を受ける必要がある。[東北大学ポータルサイト](#)にログインして，[遺伝子組換え実験・動物実験 Web 申請・承認システム](#)をクリックして実施者・責任者メニュー＞遺伝子組換え実験＞各種申請＞譲渡・譲受を選択して入力する。記載例は，東北大学遺伝子実験センターホームページの「[実験申請と各種書式](#)」に掲載されている。

<注意>

学内の分野間で組換え DNA を含む大腸菌等を譲渡する場合も手続きが必要。なお，抽出した組換え DNA（プラスミド等）を譲渡する場合は，組み換え生物ではないので手続き無しで譲渡できる。

5) 罰則

違反時には罰則が科される。最も重いもので，1年以内の懲役もしくは100万円以内の罰金，又はこれの併科。

法令違反の例を下記に示す。

法第12条違反の例

- ・実験室の扉を開けたままで遺伝子組換え実験を行っていた。
- ・動物実験室に逃亡防止措置が設置されていなかった。
- ・動物実験室に「遺伝子組換え動物飼育中」の表示がなかった。
- ・法令に基づく，適切な拡散防止措置をとらずに遺伝子組換えマウスの運搬を行っていたためマウスが逃げ出した。
- ・遺伝子組換えウイルスと知らずに流しから廃棄した。
- ・遺伝子組換え生物を不活化せずに流しから廃棄した。
- ・遺伝子組換え生物を不活化せずに一般ゴミとして廃棄した。

(4) 3年時の学生実験等

実験責任者は，[遺伝子組換え実験計画申請書](#)および[第二種使用等拡散防止措置確認申請書](#)をWEB申請・承認システムにより提出して承認を受ける必要がある。[東北大学ポータルサイト](#)にログインして，[遺伝子組換え実験・動物実験 Web 申請・承認システム](#)をクリックして実施者・責任者メニュー＞遺伝子組換え実験＞各種申請＞教育研修計画書を選択して入力する。記載例は，東北大学遺伝子実験センターホームページの「[実験申請と各種書式](#)」に掲載されている。実験をはじめる前にカルタヘナ法，遺伝子

組換え生物等の特性や拡散防止措置などの安全性について学生に教育を行うこと。表 2-10-4 のチェックリストにより、拡散防止措置を徹底すること。(参考資料：http://www.lifescience.mext.go.jp/files/pdf/9_12.pdf)

表 2-10-4 学生実験等において P1 実験を行う際のチェックリスト

拡散防止措置の内容	
①	実験室が、通常の生物の実験室としての構造及び設備を有すること。
②	遺伝子組換え生物等を含む廃棄物（大腸菌などの菌液、廃液を含む。）については、廃棄の前に遺伝子組換え生物等を不活化するための措置を講ずること。 (具体例：オートクレーブ装置を用いた滅菌，70% アルコールによる殺菌)
③	遺伝子組換え生物等が付着した設備，機器及び器具については，廃棄又は再使用（あらかじめ洗浄を行う場合にあつては，当該洗浄。）の前に②と同様に遺伝子組換え生物等を不活化するための措置を講ずること。
④	実験台については，実験を行った日における実験の終了後，及び遺伝子組換え生物等が付着したときは直ちに，遺伝子組換え生物等を不活化するための措置を講ずること。 (具体例：70% アルコールによる拭浄)
⑤	実験室の扉については閉じておくこと（実験室に出入りするときに除く。）。
⑥	実験室の窓等については，昆虫等の侵入を防ぐため，閉じておく等の必要な措置を講ずること。
⑦	すべての操作において，エアロゾルの発生を最小限にとどめること。 (具体例：白金耳を菌のついた状態で焼かないこと（焼く前に70% アルコールに浸すと良い。))
⑧	実験室以外の場所で遺伝子組換え生物等を不活化するための措置を講じようとするときなど，実験の過程において遺伝子組換え生物等を実験室から持ち出すときは，遺伝子組換え生物等の漏出や，拡散が起こらない構造の容器に入れること。
⑨	遺伝子組換え生物等が付着し，又は感染することを防止するため，遺伝子組換え生物等の取扱い後における手洗い等必要な措置を講ずること。 (具体例：実験の前後の手洗い，実験中に髪をさわらない)
⑩	実験の内容を知らない者が，みだりに実験室に立ち入らないための措置を講ずること。 (具体例：「遺伝子組換え実験中につき関係者以外立入禁止」などの表示)

数週間にわたって実験を行う場合，作成した遺伝子組み換え生物を保管する必要がある場合，遺伝子組換え生物が漏出しない容器に入れ，①容器に遺伝子組換え生物である旨の表示をすること，②冷蔵庫等の決められた場所に保管し，見やすい箇所に遺伝子組換え生物である旨の表示をすること（①と②の2カ所の表示）。

(5) ゲノム編集技術を用いた実験

ゲノム編集技術を用いた生物の遺伝子改変，および，ゲノム編集技術を用いて作出された生物の取り扱いに関しては，カルタヘナ法の規制の対象とみなされない場合（個体内で生じる改変が，単純欠失など自然界でも起こり得ると考えられる場合），東北大学では「ゲノム編集技術を用いた実験に関する届出

書」の提出が必要。様式は遺伝子実験センター (<http://www.cgr.tohoku.ac.jp/genome/>) よりダウンロードし、総務係に提出すること。ゲノム編集生物の作成・使用にあたっては、遺伝子組換え生物に準じて扱うことが推奨されている。なお、ゲノム編集技術を用いて作成された生物で、最終的に外来生物の配列がゲノムに組み込まれる場合には、カルタヘナ法の規制対象として、『遺伝子組換え実験計画申請書』を提出し、事前に承認を受けること。

参考資料

「よくわかる！研究者のためのカルタヘナ法解説 遺伝子組換え実験の前に知るべき基本」ルール 吉倉 廣監修
ぎょうせい ISBN4-324-07850-5 C3040

§ 11. 研究用微生物および病原微生物（等）取扱い実験 ●●●●●●

(1) はじめに ————

研究用微生物，特にヒトを含む哺乳動物に対して病原性を有する病原性微生物等〔病原性を有する微生物（細菌，真菌，原生動物，寄生虫，ウイルス）及び生物（細菌，真菌，藻類，植物，動物）が生産する毒素〕を取扱う実験では，非意図的なミスなどによるバイオハザード防止（バイオセーフティー）を目的とした安全管理に加え，意図的な漏出や紛失・盗難，不正流用などの防止（バイオセキュリティ）に対応した安全管理も必要となっている。

(2) バイオセーフティーと実験者の安全確保 ————

研究用微生物取扱い実験の安全のためには，適切な実験環境の整備（ハード）と正しい知識（教育）と経験（訓練）（ソフト）の両面を備えることが重要である。

- ① 適切な実験環境の整備：，微生物をリスクに応じて格付けし，実験設備，並びに実験室外へ漏出させない適切な物理的な対策（物理的封じ込め）を施すことで，微生物による環境の汚染のリスクを減らすことができる。その基準をバイオセーフティレベル (BSL) と呼び，リスク (表 2-11-1) によって病原微生物を評価し，1 から 4 の BSL を使うべきかが定められる。東北大学では「国立大学法人東北大学研究用微生物安全管理規程」を定め，研究用微生物およびそれらを取扱う実験室等を「微生物研究(教育)ユニット」として登録して管理体制を整えている。また，環境・安全管理室のホームページ上に研究用微生物全般の安全取扱い基本マニュアルや東北大学 BSL リストなどを公開しており，具体的な微生物の BSL が確認できる。(http://www.bureau.tohoku.ac.jp/anzen/env_saf_pro_center/contents 06.html)。これらは「国立感染症研究所病原体等安全管理規程改定第 3 版（平成 22 年 6 月；http:// www0.nih.go.jp/niid/Biosafety/kanrikitei3/s からアクセス可能))」に準じている。

表 2-11-1 病原体等のリスク群分類

リスク群 1	「病原体等取扱者」及び「関連者」に対するリスクが無いが，低リスク：ヒトあるいは動物に疾病を起こす見込みのないもの。
リスク群 2	「病原体等取扱者」に対する中程度リスク，「関連者」に対する低リスク：ヒトあるいは動物に感染すると疾病を起こしうるが，病原体等取扱者や関連者に対し，重大な検鏡被害を起こす見込みの無いもの。また，実験室内の曝露が重篤な感染を時に起こすこともあるが，有効な治療法や予防法があり，関連者への伝播のリスクが低いもの。
リスク群 3	「病原体等取扱者」に対する高リスク，「関連者」に対する低リスク：ヒトあるいは動物に感染すると重篤な疾病を起こすが，通常，感染者から関連者への伝播の可能性が低いもの。有効な治療法や予防法があるもの。
リスク群 4	「病原体等取扱者」および「関連者」に対する高リスク：ヒトあるいは動物に感染すると重篤な疾病を起こし，感染者から関連者への伝播が直接または間接に起こりうるもの。有効な治療法や予防法がないもの。

- ② 正しい知識（教育）と経験（訓練）：それぞれのBSLを理解し、適切な実験環境で適切な手技を用いることにより、研究用微生物を取扱う実験者自身だけでなく、微生物取扱者と直接あるいは間接的に感染の可能性がある接触が起こりうる人々（すなわち環境）の安全が確保できる。基本的な手技等は本項の4から6で概要を解説する。これらの手技は遺伝子組換え実験の拡散防止にも共通する。

なお、カルタヘナ法（遺伝子組換え実験参照）の実験分類のクラス1は概ねBSL1に、クラス2はBSL2に相当するが、新たな病原体などは感染症研究所のBSLと同法で定められる各クラスの微生物群で異なる場合がある。遺伝子組換え実験を申請する際には、「文部科学省 ライフサイエンスの広場」で当該微生物のクラス分けに関する最新の情報を必ず確認する一方、カルタヘナ法リストに無いBSL2の微生物でも、取扱いの安全のためにはP2相当の実験環境と手技を適用するべきである。

（3）バイオセキュリティ —————

感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律（感染症法）」は感染症の蔓延を防ぐだけでなく、バイオセキュリティにも対応する側面を持つ。文部科学省及び厚生労働省は、通達「病原性微生物等の適切な管理のために留意すべき事項」で感染症法に基づく特定病原体等の適切な管理体制の確保の徹底を大学及び医療関連機関に求めている。そこでは、①病原性微生物等の取扱いにあたっては、BSL等に応じて適切な設備の設置と運用を実施すること（バイオセーフティー：国立感染症研究所病原体等安全管理規程に準拠）。②病原性微生物等の管理責任者を任命し、その責任の所在を明確化して以下の事項を遵守させること、③安全管理委員会を設置して病原性微生物等の安全管理に関する助言をできる体制を整えること、が挙げられている。本学では「国立大学法人東北大学研究用微生物安全管理規程」で①、②に対応した管理体制を整え、「国立大学法人東北大学環境・安全委員会研究用微生物安全専門委員会」が③の役割を担っている。

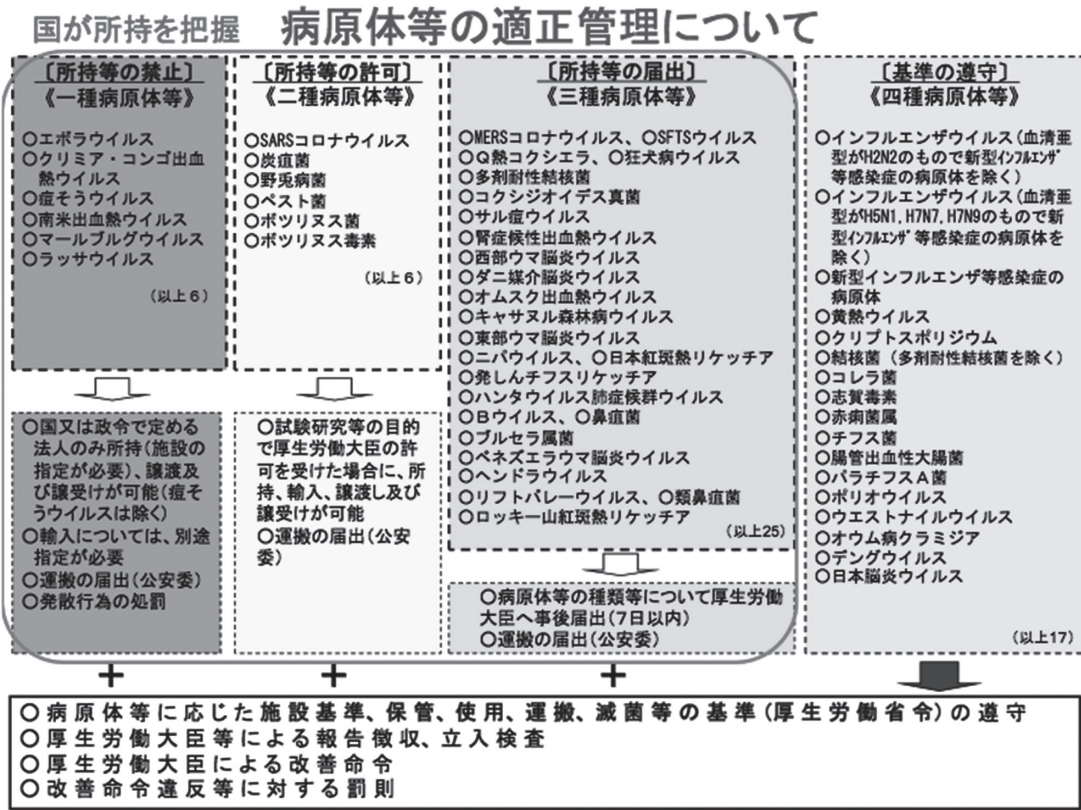
ここでは、感染症法における微生物管理体制の概略を記す。

感染症法では特定病原体等を危険度の高いものから第一種から第四種まで指定し、それぞれの種別により適正な管理と取扱いを定めている。第一種特定病原体等は全てBSL4であり、保持が禁じられている。第二種の保持には厚生労働大臣の許可が、第三種では大臣への届け出が必要となる。第四種は届け出不要だが、事故の際の届け出が義務付けられている。第二種から第四種ではBSL3と2が混在しており、それぞれのBSLに応じた取扱い施設の例示がなされている。それぞれの条件を満たし、かつ以下のように管理された実験室（管理区域）内で取扱う（法第56条の24関係）。

- (1) 保管・管理は定められた基準に従う（法第56条の25関係）。なお、第二種、第三種では管理簿の作成は義務である。
- (2) 病原微生物の譲渡の際には相手先の基準が満たされているかを確認する。また、基準を満たしていなければ受け入れることはできない（相手方に東北大学の管理体制のもとで基準を満たしていることを説明する）。いずれの場合にも管理者の承認手続きが必要になる。
- (3) 紛失、事故、災害、及び武力攻撃事態法に関わる事案などが起こった場合の警察、消防等への通報体制を整備し、求めに応じて情報提供や措置への対応を行う。

詳細は文部科学省ホームページの「感染症法に基づく特定病原体等の管理規制について」(http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kekkaku-kansenshou17/03.html)で解説されている。実験で当該微生物を扱う場合は必ず参照すること。

<下線部注意>最も危険なランクはBSL4だが、感染症法の特定病原体等では第一種となっている。



実験を安全に行うために

図2-11-1 感染症法の概要と特定病原体等 (2015年8月現在)

この他、家畜伝染病予防法(家伝法)での病原体の所持や輸入の制限、外国為替及び外国貿易法(外為法)で武器及び大量破壊兵器の開発等に用いられる恐れの高い「貨物や技術」としての病原微生物や毒素の輸出が規制、植物防疫法での指定された微生物輸入や国内での移動が規制などの病原微生物に関する法律に従わなければならない。これらに魚類の病原菌を含めた微生物有害情報が(独)製品評価技術基盤機構のホームページで参照できる。(http://www.nite.go.jp/nbrc/list/risk/index.html)。

(4) 研究用微生物(BSL1のもの)を取扱う実験

微生物実験だけではなく動植物の細胞培養等を用いる研究においても、研究対象の純粋な集団を作る(純粋培養する)ことは必須の技術である。その際には外部環境からの雑菌の混入(contamination)を避けるとともに、漏出による感染や環境汚染を防止するため、微生物を閉鎖空間(例えば試験管)内に封じ込める手技が要求される。さらに実験後には微生物本体はもとより、実験に使用した器具や実験空間や培養に用いた培地など微生物が接触した全てのものを不活性化処理する必要がある。

この一連の操作の流れを「無菌操作(aseptic technique)」という。

無菌操作は、クリーンベンチや安全キャビネット等の滅菌作業環境で、オートクレーブやフィルター濾過などで滅菌された培地に目的の微生物等を火炎滅菌した植菌耳などで植菌、純粋培養して、実験後に微生物を不活性化する一連の手技からなる。実験に際し、アルコールや逆性石けんなどによる手指の消毒を含め、各操作の原理や意味、適用条件を学生実験等で十分に理解・習熟する必要がある。

BSL1の微生物は正しい無菌操作を行っていれば取扱者に対するリスクは低い。しかしBSL1の微生物であっても、ヒトや動物から分離される微生物は日和見(ひよしみ)感染を起こすものもある。その

様なBSL 1微生物の取扱いにはBSL 2に準じた注意が必要である（病原性微生物の項参照）。

ここでは研究用微生物を取扱う際の一般的な注意事項、および滅菌法の概略を記す。感染源対策および感染経路対策を考慮した実験の心構え、並びに微生物の取扱いの基本となる標準微生物実験手法（GMT）の詳細は「東北大学研究用微生物取扱い基本マニュアル GMT編」に記載されているので、各自ダウンロードし実験開始前に熟読してほしい。

(1) 一般的な注意事項

BSL 1微生物に対しては遺伝子組み換え実験のP1の設備と取扱いが当てはまる。

- a) 実験室の扉や窓は閉めておく。（微生物の漏出防止）
- b) 実験室内（冷蔵、冷凍のスペースを含む）に食品を貯蔵しない（実験試料は除く）
- c) 飲食や化粧など、体内に取り込むような行為は行わない。（キャンパス内は禁煙である）
- d) 防護具や機械式ピペットを適宜活用する（cと同様の理由）。
- e) 白衣などを着用したまま実験室外に出ない（微生物の漏出防止）。
- f) 実験室外に出る際には必ず手洗いをする。
- g) 実験室内に70%エタノールのスプレーや有効塩素濃度100 ppm以上の次亜塩素酸のディスペンサーなどを備え、適宜消毒を行う。
- h) 実験室内は整理整頓に務め、清潔にする。

(2) 滅菌（殺菌・消毒）の実際

「滅菌」とは、微生物を可能な限り死滅させる（無菌に近づける）ことを目的とした処理である。一方、「消毒」は病原菌を減らすが無菌することを目的としない操作であり、一部の微生物は残留する。「殺菌」という言葉はいずれの意味にも用いられるため、注意が必要である。

- a) 紫外線滅菌：主に作業空間の滅菌に使われる。作業時には消灯し、また光源を直視しないこと。炎症や発ガン（遺伝子変異）を起こす可能性がある。クリーンベンチ（一般微生物用）と安全キャビネット（病原微生物対応）の違いを理解して正しく使用する。
- b) 各種フィルターによる濾過滅菌：空気や液体の濾過（非加熱）滅菌に使用される。ふるいのサイズよりも小さいウイルスや細菌などは除去できない。
- c) 化学滅菌：用いる化学薬品により強弱があり、滅菌から消毒まで広く用いられている。
 - * 次亜塩素酸（キッチンハイターなど）：加熱滅菌できない器具や試料などの滅菌に用いる。有効塩素濃度に注意し、頻繁に作り直す。人体に使用してはならない。
 - * 70%エタノールや逆性石けん、市販の消毒薬：ヒトの皮膚の消毒に用いる。
- d) 加熱滅菌
 - * 火炎滅菌：植菌耳などを直火で焼く。エアロゾルが発生する可能性があるため、飛沫感染する病原体等の場合にはカバー付きバーナーなどを用いる。火傷に注意
 - * 感熱滅菌：ガラス・金属などの不燃性器具や薬品をオーブンで加熱する。異常加熱や可燃物の混入による発火に注意。芽胞は滅菌できない。
 - * オートクレーブ：圧力釜による高温水蒸気による滅菌で、プラスチックや液体（培地など）の滅菌も可能。芽胞も滅菌できる。空焚きや蒸気による火傷、圧力弁の作動不良に注意。高圧機器のため、法律で年に1回の自主点検が義務づけられている。

* 煮沸消毒:常圧では100℃以下であり一般的な微生物(の栄養細胞)には効果が見られるが、芽胞は生き残る。

(3) 実験室間の移動:シャーレ, 試験管, プラスコに入れた微生物を離れた実験室に移動しなければならない場合は二重容器とし, 万一の漏出を防止する。

(5) 病原性微生物(BSL2 およびそれに準ずるもの)を取扱う実験 ———

農学研究科においても多くのBSL2の病原性微生物等が研究に用いられている。基本的な注意事項は研究用微生物(BSL1)と同様であるが, P2相当の設備および取扱いが必要となる。用いる微生物の病原性, ヒトや動物での常在の有無, 各種滅菌法に対する感受性などを実験開始前に理解しておく。

なお, 感染症法で指定されている特定病原体等や, 家畜伝染病予防法の法定伝染病及び届出伝染病の原因微生物など, 法律で所持や取扱いが規定されている場合は法律の指示に従わなければならない。

必要な設備

- * 取扱い場所を限定する。(感染症法の第四種特定病原体を取扱う実験室も「管理区域」となる。)
- * 安全キャビネットを設置。オートクレーブの設置もP2と同様。

必要な手技など

- * エアロゾルを発生させる操作は安全キャビネット中で行う。
- * 防護具の活用, 作業中や作業後の消毒, 二重容器での移動など, 取扱いの注意事項を徹底する。
- * 作業中は安全教育を受けていない一般外来者の立ち入りを制限する。

(6) 動物感染実験 ———

動物に病原微生物等(遺伝子組換え体を含む)を感染させる実験を行う際は, 扱う微生物の感染動物実験を行う際のBSL(ABSL)に応じた設備を持ち, 東北大学研究用微生物安全管理規程に基づき東北大学環境・安全委員会動物実験専門委員会で承認され, 設置が許可された飼育室・実験室を使用しなければならない。なお, 取扱う微生物の具体的なABSLについては, 「国立大学法人東北大学における病原微生物のBSL分類等」の付表2を参照のこと。

設備の概要: 「東北大学における病原体等取扱動物実験施設の安全設備及び運営基準」(<http://www.clar.med.tohoku.ac.jp/data/kitei/13th/hoi6-13th.pdf> の前半)に記されている。

農学研究科附属動物研究棟の感染実験室がP2に対応している。感染実験を含む動物実験計画の立案にあたっては, 対象微生物のABSLと実際の運用等について動物実験棟に問い合わせること。

プリオンの感染実験: プリオンは, 滅菌消毒法や, 感染動物における増殖や体内動態がプリオンの種類や感染動物種で異なることなど, ウイルス, 細菌, 真菌, 寄生虫などの通常の病原体とは異なる点が多い。それらを考慮し, プリオンの動物実験については別途「東北大学におけるプリオンの感染動物実験の安全対策」(<http://www.clar.med.tohoku.ac.jp/data/kitei/13th/hoi6-13th.pdf> の後半)を定めている。2016年時点で医学系研究科においてプリオンの取扱いが認められていた実験施設(プリオン実験棟など)及び実験室での実験における取扱いが対象となっている。他研究科で実施する場合も同様の対策を施した上で, 東北大学の諸規程の基づく申請が必要となる。

§ 12. その他 ●●●●●●●●●●

(1) レーザー機器 —————

レーザー (LASER : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) 光線とは、特定の物質に強いエネルギーを与えて励起させ、それが元の状態に戻るときに発生する電磁波を増幅させたものをいい、180nm～1mmの波長域（真空紫外，可視，赤外，ミリ波など）の単一波長で位相のそろった指向性の強いものであり、ビームの拡がり小さく高エネルギー密度で伝搬する。レーザー光が生体に吸収されると、過剰な光エネルギーが目や皮膚などに障害を引き起こす危険性がある。特に、網膜に火傷を引き起こすことによる視力障害は再生不能となる可能性がきわめて高い。また、可燃物に照射された場合には、火災の恐れもある。したがってレーザー機器を設置・使用する場合には安全に対する十分な配慮を必要とする。以下の指針はレーザー機器から外部にレーザー光線が発射される場合を想定しているが、レーザー光線が完全に密閉された機器においても保守点検などで覆いを取り除いた場合は同様の注意が必要である。

① レーザー機器のクラス

平成17年1月20日に、日本工業規格 (JIS 規格) C6802「レーザー製品の安全基準」が改正され、レーザー機器のクラス分けが、従来の5クラス (1, 2, 3A, 3B および 4) から7クラス (1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B および 4) に変更された。(これは国際規格を翻訳したものであり、この規格に準拠していれば、世界共通の安全基準を満たしている) これにともない、厚生労働省が策定した「レーザー光線による障害防止対策要綱」(昭和61年1月27日付け)も改正された(平成17年3月25日付け; <http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei/050325-1.html>)。レーザー機器のクラスは、クラス1 (影響のないもの) からクラス4 (きわめて危険性の高いもの) までに分類されており、障害発生の可能性が高いのは一般にクラス3以上といわれている。ただし、レーザー光は平行光線に近く、眼底に鋭く集光されるので眼球にとってはきわめて危険であることから、クラス1およびクラス2のレーザー機器であってもレーザー光を直接覗き込むことはもちろん、ガラス板などで反射した光線であっても絶対に直視してはならない。レーザーポインタ (クラス2) 使用時は、レーザー光を人やガラスなどの反射しやすいものに向けてはいけない。クラス3R, クラス3B およびクラス4 レーザー機器については、後述の②の事項を遵守すること。

クラス1 : 低出力で人体に障害を与えないもの (およそ $0.39 \mu\text{W}$ 以下)。

クラス2 : 可視光 (波長 400 nm ~ 700 nm) で、人体の防御反応 (まばたきなど) により障害を回避し得る程度の低出力のもの (およそ 1mW 以下)。しかし、眼への長時間照射は障害を引き起こすので、レーザービームを直接覗き込んではいならない。

クラス1M : 光源から 100 mm の距離をおいての裸眼観測は安全とされる。光学的手段 (レンズ系による観察など) によるビーム内観察は危険。

クラス2M : 光源から 100 mm の距離をおいての裸眼観測は、人体の防御反応により安全とされる。光学的手段によるビーム内観察は危険。

クラス3R : 光学的手段によるビーム内観察は危険。放出レベルが、可視光波長ではクラス2の出力の5倍以下 (およそ 5mW 以下) および可視光以外の波長ではクラス1の出力の5倍以下のもの。

クラス3B : 直接または鏡面反射によるレーザー光の暴露は危険である。ビームを直接見たり触れたりしてはならない。可視または不可視レーザーで、0.5W 以下の連続レーザーと 10^5 J/cm^2 以下のパルスレーザー。

クラス4：クラス3Bを超える高出力のもの（およそ0.5Wを超えるもの）。直接光，鏡面反射光に加え，拡散反射光も危険とされる。直接光も散乱光も見たり触れたりしてはならない。

② レーザー機器管理者

クラス3R（400 nm～700 nmの波長域外のレーザー光線を放出する機器に限る），クラス3Bおよびクラス4のレーザー機器には，レーザー機器管理者を選任しなければならない。レーザー機器管理者は，レーザー機器使用者に対してレーザーの人体に対する危険性などについて説明するとともに危険防止対策として以下の対策を講じなければならない。

- a. レーザー機器から発生するレーザー光にさらされる恐れのある区域をレーザー管理区域として設定する。
- b. レーザー機器が設置されている場所の入り口に適切な警告標識を掲示する。
- c. 運転中は運転中表示を行う。クラス4機器を使用する場合は必要に応じて警告表示を行う。
- d. レーザー機器周辺の見やすいところにレーザー機器管理者の氏名，連絡先，レーザー機器の使用環境を掲示すること。
- e. レーザー機器を設置する場合，レーザー光路が目の高さにならないようにするなど目の保護に注意すること。レーザービーム終端には，吸収性・不燃性遮蔽物を置くこと。レーザー調整や光路調整の際は，調整に必要な最少の出力のレーザー光線を用いること。
- f. レーザー業務従事者に安全使用に関する教育を行うこと。特に，作業時には，使用するレーザーの波長に対応した保護眼鏡や皮膚の露出の少ない難燃性の素材の衣服を着用すること，腕時計・指輪など光を反射しそうなものははずすこと，およびレーザーの光路やその延長上に立たないことなどを指導すること。保護眼鏡をしていても，ビームを直接見てはならない。また，レーザー機器の本体と電源部は，高電圧の端子やコンデンサーを含み，感電する危険性があるため，レーザー機器管理者以外の者が本体と電源部を不用意に開けることのないよう指導すること。

表2-12-1 本研究科で使用している主なレーザー機器

装置名	クラス	設置場所	開放／密閉
共焦点レーザー走査顕微鏡	3B	農学系総合研究棟	密閉
DNAシーケンサーなど	3B	農学系総合研究棟，女川	密閉

（2）強磁場発生装置

超伝導コイルの発展により，1T（テスラ）以上の強磁場も容易に得られるようになったが，人はこれを体感することが出来ない。現在のところ磁場の人体への影響は不明な点が多いが，疫学調査や動物実験などから障害発生の可能性が指摘されている。ここでは一般的な注意事項を記載するが，個々の装置の使用に当たっては装置責任者の指導に従い安全に配慮する必要がある。

- ① 装置使用室の入り口には強磁場発生に関する危険表示をし，関係者以外を入室させないこと。また装置周辺の危険区域を白線で囲うなどして関係者の注意を喚起すること。
- ② 強磁場発生装置に磁気を帯びた物体を近づけた場合の強い引力に注意すること。
 - a. 工具類などの使用時にはこれらを飛散させないように注意すること。

- b. 金属製のキャリア等, 動きやすいものを装置に接近させないこと。
 - c. 万が一金属物が装置に吸着した場合, 無理に引き離さず, 装置の発生する磁場を落としてから作業を行うこと。
- ③ 微弱な磁場でも人体や他の装置に影響を与える場合があるので注意すること。
- a. 心臓のペースメーカーは 500 μ T 以上の磁束密度で誤作動することがある。装置使用室入り口では 500 μ T 以下となるよう十分な遮蔽をし, ペースメーカー保有者を入室させないこと。
 - b. 時計, 磁気カード, フロッピーディスク等は 1.0mT 以上の磁束密度で使用不可能になることがある。これらを身につけて作業を行わないこと。
 - c. 急な磁場の変化により磁場内の金属に電流が誘導されることがある。体内に治療等で金属片を保有している者は入室させないこと。
 - d. 前述のように, 磁場の人体への影響は不明な点が多い。体力が衰えている者や妊娠している可能性のある者は作業を控えること。

表 2-12-2 本研究科で使用している強磁場発生装置 (NMR 装置)

設置場所	NMR 機種名	磁場強度
農学系総合研究棟	NMR System 600TT 型 (Varian 社製)	14.1 テスラ
農学系総合研究棟	400-MR (Varian 社製)	9.4 テスラ

(3) 電気

① 実験室の配線

通常実験室には埋め込み型コンセントと実験用配電盤が設けられている。コンセントの定格電流は一般に 15A で, 大容量を必要とする場合は電源盤から直接配線する。

② 電気配線をする場合の注意事項

- a. 適切な電流値の配線用遮断機を使用する。電源盤には通常 30A または 60A の配線用遮断機がついている。配線を行う場合は用度係に連絡し, 作業は専門業者に依頼すること。
- b. たこ足配線はしないこと。差込口が不足している場合はコンセントを増設する。電源の設置や増設を行う場合は用度係に連絡し, 作業は専門業者に依頼すること。
- c. 電熱器等の熱を発生する機器への配線にはゴムコードを使用すること。塩化ビニルコードは熱に弱いので使えない。また, 塩化ビニルコードは移動配線用であり壁や床に固定してはいけない。

③ 接地 (アース)

電気機器のフレームまたはケースを接地することは, 感電事故を防止するために重要である (フレーム接地)。電気機器のフレームまたはケースを接地してあれば電気機器の内部で絶縁不良が生じても漏れ電流が人体を流れていらないので感電の危険性は大幅に低下する。身近な家電製品でも高電圧電源を内蔵している電子レンジや水を使う電気洗濯機などは, 安全のために接地端子を接地して使わなければならない。

分電盤の接地端子はフレーム接地に用いることが出来る。水道管には塩ビ管が使われることが多いので接地がとれない場合が多い。ガス管に接地線を接続すると火災の原因となるので, 絶対に接続してはならない。

④ 感電

感電の程度は, 電源の種類, 通電経路, 電流の大きさと通電時間に大きく影響される。100V に

触れたときに皮膚が湿っていると約 22mA の電流が流れ、自力では離脱できないことがある。電流 (mA) × 通電時間 (秒) が 30 以上になると致命傷を受けることがある。

a. 感電防止法

- ・濡れた手で電気器具に触らない。
- ・破損したプラグ、テーブルタップ、端子類、古くなったコードは取り替える。
- ・水の近くで使用する電気機器は接地を確認してから使用する。
- ・電気機器に漏電電流が流れないように、ごみや油を清掃してから使用する。
- ・水気の多い場所に設置する場合や水を使用する機器に電源を送電する場合は漏電遮断機を設置する。

b. 感電事故の処置

感電事故が発生したときに感電者を救助する時の心構えとして2次感電が起こらないよう注意すること。すなわち、垂れ下がった電線には近寄らないこと、濡れた手で電線や電気機器に触れないこと、速やかにスイッチを切ること。感電者の身体に触れるときには乾いた布や衣服などを手にかたく巻きつけて、感電者の衣服をつかんで引き離すこと。

⑤ 停電に対する注意

電気工作物の保守管理には、一般に年に何度かの停電が避けられないのが現状である。また、東北電力もしくは農学研究科構内での事故等による停電も考えられる。

- a. 定期点検による停電のときに絶縁測定を行う場合は、電気機器の保護のために電源を抜いておくこと。絶縁測定を行わない場合でも再通電時の事故を防ぐためにパーソナルコンピュータやマイコン制御機器の電源を抜いておいたほうがよい。
- b. 空調機、冷凍機等比較的容量の大きいものは、停電したあとの再通電時に負荷が過大で手元スイッチ（ヒューズ、ブレーカー）が切れる場合があるので再確認する必要がある。
- c. 定期点検による停電時に、系統保存、サンプル保存等のための冷凍庫、冷蔵庫などで非常用電源が必要な場合は用度係に申し込む。ただし容量に限りがあるので必要最小限にとどめる。
- d. 事故等による停電に対応できるよう、実験室の入り口に「夜間動作機器リスト」および緊急時の連絡先を掲示しておくこと。
- e. 夜間、突然停電して暗闇となってもわかりやすい場所に非常用懐中電灯を常置しておくことと便利である。

⑥ 静電気

静電気は主として摩擦によって生じ、電流の流れにくい絶縁体では静電気の蓄積により帯電する。本研究科において静電気に起因する最も危険な災害は可燃性物質の燥発・火災事故である。有機溶剤等の可燃性液体が蒸気となって実験室内に充満し、これに何らかの原因で発生した静電気放電によって着火した例が多い。可燃性物質の蒸気が充満しないよう取扱や換気に気をつけるとともに、静電気の帯電についても十分注意する必要がある。

静電気災害防止対策としては、

- a. 接地（アース）による帯電防止（電気機器類の接地）
- b. 作業者の帯電防止（導電性繊維の作業服、静電靴の着用など）
- c. 絶縁物の帯電防止（摩擦が起こらないようにする。導電性塗料などの表面処理、除電気など）
- d. 除電気による帯電防止
- e. 帯電防止剤による帯電防止
- f. 環境の多湿化による帯電防止

などが挙げられる。

(4) 一般機械 —————

一般機械の使用に際しては、正しい使用方法を熟知していることは当然のことながら、使用中に起こりうる事故を防ぐための知識も必要である。機械の使用に際しては、使用説明書をよく読み事故防止の注意事項を遵守すること、熟練者の指導監督のもとで使用すること。また、管理者は定期的に機械の点検管理を行うとともに、利用者が不適切な使用をしないように常に指導することが必要である。

- ① 原動機、ベルト、プーリーの回転物など作業者に危険を及ぼす恐れのある部分は、「覆い」、「囲い」などを設けて巻き込み防止、切断による破損部分の飛散被害を防止すること。
- ② 実験・工作機械の使用時には動力伝達部分、往復運動部分、回転部分などに袖が巻き込まれないよう、袖の縮まった作業衣を着用すること。すその開いた白衣などは着用しないこと。
- ③ スイッチ、クラッチ等の動力遮断装置は機械ごとに設置し、不意の接触や振動により起動する恐れのない形式であること。(たとえば押しボタンの場合、埋頭形式にするなど)
- ④ 切断屑を生じる機械には防塵シールド等の囲いや覆いを設けること。これらが困難な場合には、作業者は防塵めがね等の保護具を使用すること。

(5) 農業機械、荷役用機械、建設機械類 —————

複合生態フィールド教育研究センター(川渡)では、トラクター、田植機、コンバインなどの農業機械のほかに、クレーン、フォークリフトなどの荷役用機械、ブルドーザー、ホイールローダーなどの建設機械も所有している。これらの使用に関して「農作業安全のための指針」が定められているので、これを遵守し、安全に十分注意して使用すること。

① 安全に農作業を行うための基本事項

農作業に従事する者および雇用者は、農作業の安全に関する研修・講習会等への積極的な参加を通じ、安全意識の高揚に努めるとともに、労働基準法、労働安全衛生法、農薬取締法、道路運送車両法、道路交通法等の関係法令を遵守し、安全な農作業に努めること。

② 服装および保護具

農作業に際しては、機械に頭髪や衣類等が巻き込まれないように、袖じまり、裾じまりのよい作業服を着用し、作業に適した作業帽(または安全帽)を着用すること。また、必要に応じて適切な保護具を着用すること。首や腰にタオルをかけるのは、機械に巻き込まれる危険がある。

③ 作業従事者の制限

- a. 作業は熟練者が行うこと。未熟練者が行う場合は、熟練者の指導のもとで行うこと。
- b. 機械操作や化学物質等を取り扱う作業においては、必要な資格を有しているものが作業を行うこと。