

化学薬品の安全な使い方

I 一般的な注意事項

1. 実験の際に

卒業論文、修士および博士課程の研究、共同研究、委託研究など研究活動を行う際には、必ず指導教官の指導を受け、適切に化学薬品(危険物、毒物)を取り扱うこと。

- (1) 実験室を整理整頓する。
- (2) 非常階段、防火扉の前、消火栓の前、廊下、ベランダに物を置かず、退避路を確保する。
- (3) 実験器具・装置、電気配線等が良好な状況にあることを確認する。
- (4) 消火器等の安全設備の位置の確認を行い、使用法を習得する。
- (5) 肌に接する衣類は火が着いたことを考え、合繊や混紡でなく、木綿や羊毛のものを着用する。
- (6) 実験中、一人にならないように気を付けるとともに、持ち場を離れない。
- (7) 保護眼鏡を常用する。必要に応じ、ゴムまたはビニール手袋を用いる。
- (8) 危険な実験を行うときは、周囲の人に知らせる。
- (9) 実験台に必要以上の薬品類を置かない。薬品の性質と取扱方法を熟知する。
- (10) 容器にラベルを明記するとともに、確認のうえ使用する。
- (11) 実験室内では禁煙。火気(湯沸器、バーナー、ストーブなど)に注意し、近くに引火性、易燃性、可燃性のものを置かない。
- (12) ガスボンベは鎖や専用のベルトなどで緩みのないよう固定する。移動の際は必ずキャップをする。ガスラインは、石鹼水やガス漏れ検知器などで漏れをチェックする。
- (13) 有毒ガス(特に無臭のもの、爆発性のもの)の取扱いはドラフト内で行う。防毒マスクを備えておく。
- (14) 冷却水の流量、配管の漏れ、使用後の止水に気を付ける。

2. 事故の対処と薬品類の廃棄(詳細は各項を参照)

- (1) 実験室での実験は単独で行わない。万一、事故が発生した場合、あわてず人を呼んで処置を依頼する。
- (2) 適切な消火器で初期消火につとめる。衣服に火がついた場合は消してもらうか、安全シャワーを使うかまたは直ちに廊下に出て床に転がり消す。
- (3) 眼に薬品等、特にアルカリが入った場合には、直ちに 10 分間以上流水で洗眼する。その後一刻も速く医者への診察を受ける。
- (4) 皮膚に薬品が付いた時及び火傷の場合も、十分に水洗いする。油性の薬を付けてはいけない。
- (5) 使用後の危険、有害薬品は危険のないように処置、保管する。
- (6) いかなる廃溶剤も流しへ捨ててはならない。
- (7) 重金属及びその塩は捨ててはならない。化合物によって処理が異なるので教員の指示の下に適切に処理すること。
- (8) 使用済みの薬品瓶は安全かつ適当な方法で内容物を洗浄後、所定の方法で捨てる。

II 危険物の分類

発火あるいは引火しやすい物質は消防法で危険物として定められ、その取扱い方法が定められている。ここでは、その各類に含まれる物質名、特性、取扱い上の注意の概略を述べる。

危険物の保管貯蔵に際しては、研究室での保管は必要最低限の量とし、その他は危険物屋内貯蔵所に貯蔵しなければならない。危険物の保管・貯蔵に際しては、地震等による転倒やビン容器の破壊が起こらないような措置をとること。また、混合すると危険な組合せがあるので、万一内容物がもれた際、混合しないよう各物質の保管・貯蔵場所にも注意を要する。

危険物の取扱いは危険物取扱者の資格を持つ者のもとで行う。危険物を取り扱う個々の研究グループ(研究室、分野、講座、学科など)では危険物取扱者の資格の取得すること。

消防法は危険物を物質の形態や危険度によって以下の6つに分類している。

第1類(酸化性固体)

塩素酸塩類、過塩素酸塩類、無機過酸化物、亜塩素酸塩類、臭素酸塩類、硝酸塩類、ヨウ素酸塩類、過マンガン酸塩類、重クロム酸塩類、その他政令で定めるもの、前のいずれかを含有するもの

第2類(可燃性固体)

硫化リン、赤リン、イオウ、鉄粉、金属粉、マグネシウム、その他政令で定めるもの、前のいずれかを含有するもの、引火性固体

第3類(自然発火性物質および禁水性物質)

カリウム、ナトリウム、アルキルアルミニウム、アルキルリチウム、黄リン、他のアルカリ金属およびアルカリ土類金属、他の有機金属化合物、金属の水素化物、金属のリン化物、カルシウムまたはアルミニウムの炭化物、その他政令で定めるもの、前のいずれかを含有するもの

第4類(引火性液体)

特殊引火物、第1石油類、アルコール類、第2石油類、第3石油類、第4石油類、動植物油類

第5類(自己反応性物質)

有機過酸化物、硝酸エステル類、ニトロ化合物、ニトロソ化合物、アゾ化合物、ジアゾ化合物、ヒドラジンの誘導体、ヒドロキシルアミン、ヒドロキシルアミン塩類、その他政令で定めるもの、前のいずれかを含有するもの

第6類(酸化性液体)

過塩素酸、過酸化水素、硝酸、その他政令で定めるもの、前のいずれかを含有するもの

III 各種の危険物の特性と品名ごとの性質

1. 第1類の危険物(酸化性固体) 表1

酸化性固体は、他の物質を酸化する性質から、混載を禁じられているものや、同一場所に一緒に貯蔵することを禁じられている物質が多い。第1種、第2種、第3種の酸化性固体に分けられている。

① 共通する性質

・比重は1より大である。

- ・水に溶ける。その際、発熱するものがある。
- ・酸化力が強い。
- ・反応性に富んでおり、加熱・衝撃・摩擦等で分解し、その際に酸素を放出する。
- ・潮解性のあるものがあり、紙や布にしみ込む。

② 共通する貯蔵・取扱い方法

- ・加熱、衝撃、摩擦等を避ける。
- ・潮解性のあるものは、水分・湿気に気をつける。
- ・日光の直射を避け、換気の良い冷所に貯蔵する。
- ・可燃性物質とともに貯蔵したり、混載したりしない。
- ・強酸類と接触させない。
- ・容器の破損による危険物の漏出を避ける。

③ 共通する消火方法

- ・水を用いて酸化剤を分解温度以下に下げ、泡を用いる消火方法をとる。
- ・水によって分解するものには、粉末消火剤、乾燥砂を用いる。

④ 品名ごとの性質

○ 第1種酸化性固体

- ・塩素酸塩類……塩素酸カリウム、塩素酸ナトリウム、塩素酸アンモニウムなど。衝撃・加熱等によって分解し、爆発する。
- ・過塩素酸塩類……過塩素酸カリウム、過塩素酸ナトリウム、過塩素酸アンモニウムなど。危険性は塩素酸塩類と同様。
- ・無機過酸化物……過酸化カリウム、過酸化ナトリウム、過酸化マグネシウム、過酸化バリウムなど。加熱すると分解し、酸素を放出する。また、水と反応して発熱するものが多く、このため他の酸化性固体とは異なり、注水消火ができない。

○ 第2種酸化性固体

- ・硝酸塩類……潮解性があり、水によく溶ける。塩素酸塩類など第1種酸化性固体に比べると、衝撃、加熱に対しては安定性がある。硝酸カリウム、硝酸ナトリウム、硝酸アンモニウムのほか、バリウム、ニッケル、コバルト、マグネシウム、ストロンチウムとの塩も、硝酸塩類に含まれる。
- ・過マンガン酸塩類……硝酸塩類より弱いですが、同様に強酸化剤である。加熱すると酸素を発生し、潮解性がある。注水消火を行う。
- ・重クロム酸塩類……重クロム酸カリウム、重クロム酸ナトリウム、重クロム酸カルシウムなど。潮解性があり、加熱すると分解して酸素を大量に発生する。

表1 第1類の危険物(酸化性固体)

品名	化学式	発火点 (°C)	比重	融点 (°C)	水には
《第1種酸化性固体》					
塩素酸塩類					
塩素酸カリウム	KClO ₃	400	2.32	368	溶
塩素酸ナトリウム	NaClO ₃	>50	2.49	255	溶
塩素酸アンモニウム	NH ₄ ClO ₃	約 100	1.8	380	溶
過塩素酸塩類					
過塩素酸カリウム	KClO ₄	550	2.52	610	溶
過塩素酸ナトリウム	NaClO ₄	480	2.50	480	溶
過塩素酸アンモニウム	NH ₄ ClO ₄	加熱分解	1.95		溶
無機過酸化物					
過酸化カリウム	K ₂ O ₂	<308	2.9	490	分解
過酸化ナトリウム	Na ₂ O ₂	<650	2.81	460	分解
過酸化マグネシウム	MgO ₂	加熱分解			不溶
過酸化バリウム	BaO ₂	800	4.96	450	難溶
亜塩素酸塩類					
亜塩素酸カリウム	KClO ₂		2.4		溶
亜塩素酸ナトリウム	NaClO ₂		2.3		溶
臭素酸塩類					
臭素酸カリウム	KBrO ₃		3.27	350	難溶
臭素酸ナトリウム	NaBrO ₃		3.34	381	
《第2種酸化性固体》					
硝酸塩類					
硝酸カリウム	KNO ₃	400	2.09	339	溶
硝酸ナトリウム	NaNO ₃	380	2.26	308	溶
硝酸アンモニウム	NH ₄ NO ₃	200	1.73	169	溶
よう素酸塩類					
よう素酸カリウム	KIO ₃		3.89	560	難溶
よう素酸ナトリウム	NaIO ₃		4.28		難溶
過マンガン酸塩類					
過マンガン酸カリウム	KMnO ₄	加熱分解	2.7		溶
過マンガン酸ナトリウム	NaMnO ₄	加熱分解	2.47		溶
重クロム酸塩類					
重クロム酸カリウム	K ₂ Cr ₂ O ₇	加熱分解	2.67	396	溶
重クロム酸ナトリウム	Na ₂ Cr ₂ O ₇	加熱分解	2.52	356	溶

《第3種酸化性固体》					
過ヨウ素酸塩類					
過ヨウ素酸ナトリウム	NaIO ₄		3.87	300	溶
クロム等の酸化物					
無水クロム酸	CrO ₃		2.70	196	溶
二酸化鉛	PbO ₂		9.375	360 分解	不溶
亜硝酸塩類					
亜硝酸カリウム	KNO ₂		1.91	297	溶
亜硝酸ナトリウム	NaNO ₂		2.17	270	溶
次亜塩素酸塩類					
次亜塩素酸カルシウム (さらし粉)	Ca(ClO) ₂				溶 溶
ペルオキシほう酸塩類					
ペルオキシほう酸ナトリウム	NaBO ₃ ·4H ₂ O		2.1	63	溶

2. 第2類の危険物(可燃性固体) 表2

可燃性の固体は、一般に着火温度が低く、酸化されやすい。硫化リン、赤リン、イオウ、マグネシウム、アルミニウム粉、亜鉛粉、鉄粉、引火性固体などが、この類に含まれる。

① 共通する性質

- ・比較的低温で着火しやすい。
- ・燃焼した場合には、燃焼速度が速い。
- ・有毒なものがある。
- ・水には溶けない。
- ・比重は小さいが、水より重い。
- ・空気中で徐々に酸化する。その際に発熱し、このために自然発火するものがある。

② 共通する貯蔵・取扱方法

- ・酸化剤との接触を避ける。
- ・空気に触れさせないようにする。
- ・炎、火花、高温体のもとの接近に注意する。
- ・摩擦、衝撃を加えないようにする。
- ・第1類の危険物と混載しない。一緒に取り扱わない。
- ・容器の破損および管理に注意する。
- ・冷所に安全に貯蔵する。
- ・鉄粉や金属粉は、水との接触を避ける。

③ 共通する消火方法

- ・水による消火ができないものがある(金属粉)。
- ・一般的には、大量の注水による冷却消火を行う。

④ 各品名の性質

・赤リン……第3類の危険物である黄リンよりは危険性が少ないが、酸化剤と混ぜたものは燃焼しやすい。引火性物質等とは引き離しておく必要がある。

・硫化リン……三硫化リン、五硫化リン、七硫化リンの3種類がある。加水分解をして H₂S を発生する。この硫化水素ガスは可燃性で、しかも人体に有害で、短い時間で中毒死を起こさせる。P₄S₃ (三硫化リン) は着火温度 100℃。自然発火する。

・イオウ……斜方晶系、単斜晶系、非晶系の3種類があり、加熱する温度で変わり、固体、流動体、ゴム体の3つの形をとる。酸化剤と混合したものは、加熱・衝撃で爆発する。

・金属粉など……アルミニウム粉、マグネシウム粉、亜鉛粉、鉄粉等は粉体のため表面積が広く、危険である。アルミニウム、マグネシウムは水に合うと水素を発生する。これらの粉は粉じん爆発を起こす。

・引火性固体……固形アルコールである。アルコールと同様の危険性を有する。

表2 第2類の危険物(可燃性固体)

品名	化学式	発火点 (°C)	比重	融点 (°C)	水には
硫化リン					
三硫化リン	P ₄ S ₃	100	2.03	173	不溶
五硫化リン	P ₂ S ₅	110	2.09	290	冷水 不溶
七硫化リン	P ₄ S ₇	110	2.19	310	冷水 不溶
赤リン	P	260	2.20	400(昇華)	不溶
イオウ	S	232.2	2.07	113	不溶
鉄粉	Fe		7.86	1540	不溶
引火性固体					
固形アルコール 《第1種可燃性固体》	C ₂ H ₅ OH	引火点 13	0.792	-114	溶
マグネシウム粉	Mg	520	1.74	650	不溶
亜鉛粉	Zn		7.14	419	不溶

3. 第3類の危険物(自然発火性物質および禁水性物質) 表3

黄リンやアルキルアルミニウムのように、空気中に放置しておくで徐々に酸化し、着火温度に達すると自然発火するものや、カリウムやナトリウムのように水と合うと激しく反応して発火し、水を分解して水素ガスを発生するものがある。

これらのほかに金属のリン化物としてリン化石灰、カルシウムまたはアルミニウムの炭化物としてカーバイト(炭化カルシウム)がある。

アルキルアルミニウムは自然発火性を持つ危険物であるが、同様に禁水性物質でもある。黄リンは発火点 50℃前後で、

空気中で酸化されて白煙を生じて燃える。自然発火性物質は空気に触れないよう貯蔵する。

なお、アルカリ土類金属とは、周期率表Ⅱ属 A 亜属元素のうち3番目の Ca(カルシウム、No.20)、Sr(ストロンチウム、No.38)、Ba(バリウム、No.56)、Ra(ラジウム、No.88)の4元素の総称である。アルカリ金属よりも融点は高く、元素の中ではアルカリ金属に次いで電氣的に陽性である。したがって、水酸化物の塩基性はアルカリ金属に次いで強い。原子番号の大きなものほど塩基性が強い。危険性は、アルカリ金属と同じように考える。

① 共通する性質

- ・水と激しく反応して発熱する。
- ・水と反応して、可燃性の気体を発生する。
- ・自然発火するものがある。空気と接触させない。
- ・比重は1より大きい。

② 共通する貯蔵・取扱方法

- ・禁水性物品は水分との接触を避ける。
- ・自然発火性物品は、炎、火花などの接近、空気との接触を避ける。アルゴン等の不活性ガスを封入して貯蔵・運搬する。
- ・小分けにして貯蔵する。
- ・保護液中に保存するときは、保護液から露出しないようにする。

③ 共通する消火方法

- ・現在のところ、有効な消化剤はない。
- ・乾燥砂。有機アルミニウムは膨張ひる石(バーミキュライト)などをかけて空気との接触が減り反応は遅くなるが、消火されるわけではないので、注意が必要である。これに水をかけると爆発する。磷酸塩類を使用していない粉末消火剤を用いる。
- ・禁水性物品には、注水は厳禁。

表3 第3類の危険物(自然発火性物質および禁水性物質)

品名	化学式	発火点(°C)	比重	融点(°C)	水には
カリウム	K		0.86	63.5	激反応
ナトリウム	Na	587	0.97	97.8	激反応
アルキルアルミニウム	(C _n H _{2n+1}) ₃ Al	100°C以下	1.2	-58.5	激反応
アルキルリチウム	CH ₃ (CH ₂) _n Li	100°C以下	0.765		激反応
黄リン	P	30~45	1.82	44	不溶
《第1種自然発火性物質および禁水性物質》					
アルカリ金属、アルカリ土類金属、有機金属化合物					
リチウム	Li		0.53	179	反応
カルシウム	Ca		1.55	848	溶
アルキルマグネシウム	CH ₃ (CH ₂) _n MgX				分解
セシウム	Cs		1.9	28.5	

《第2種自然発火性物質および禁水性物質》 金属の水素化物、リン化物、カルシウム・アルミニウムの炭化物					
水素化カルシウム	CaH ₂		1.7	817	溶
リン化カルシウム	Ca ₃ P ₂	100～150	2.52	1600	反応
炭化カルシウム	CaC ₂		2.22	2300	反応
《第3種自然発火性物質および禁水性物質》 塩素化ケイ素化合物					
トリクロロシラン	SiHCl ₃	93～104	1.34	-134	分解

4. 第4類の危険物(引火性液体) 表4

危険物の代表的なものであり、実際に取り扱われる危険物の90%以上が第4類の危険物である。全部が液体であることに注意を要する。

① 共通する性質

- ・すべて液体である。
- ・水より軽く、水には溶けないものが多い。そのため水面に浮いて広がり、引火する危険性が大きくなる。
- ・蒸気は空気より重い。
- ・電気の不良導体である。
- ・静電気を帯びやすい。
- ・蒸気の燃焼範囲の下限が低く、空気とわずかに混合しても燃焼(爆発)する。
- ・きわめて引火しやすい。
- ・着火温度の低いものがある。

② 共通する貯蔵・取扱方法

- ・火気厳禁
- ・第1類の危険物、第5類の危険物から離す。混載しない。
- ・容器のふたを密閉する。
- ・引火点より低い温度に保つ。
- ・外部へ危険物を漏らさないようにする。また、その蒸気も漏らさないようにする。
- ・通風換気に注意する。
- ・火花を発生する器具を使わない。
- ・容器に満杯にしない(熱膨張して容器が破損し、外部へ危険物が漏れる)。
- ・40℃以下で貯蔵する。
- ・静電気に注意する。
- ・激しい攪拌、速い流速を避ける。
- ・湿度の高いところで扱う。

③ 共通する消火方法

- ・水を使った消火は不可。
- ・窒息効果による消火を行う。

④ 各品名の性質

第4類の危険物は、次の7つに分けられている。

- ・特殊引火物……ジエチルエーテル、二硫化炭素その他1気圧において、発火点が 100℃以下のもの、または引火点が -20℃以下で沸点が 40℃以下のもの。コロジオン、アセトアルデヒド、酸化プロピレンなどがこれに含まれる。

石油類は引火点により、次の4つに分けられる。

- ・第1石油類(引火点 21℃未満)……ガソリン、アセトン、ベンゼン、酢酸エステル、ギ酸エステルなど。
- ・第2石油類(同 21℃以上 70℃未満)……灯油、軽油、クロルベンゼン、キシレンなど。
- ・第3石油類(同 70℃以上 200℃未満)……重油、クレオソート油、ニトロベンゼンなど。
- ・第4石油類(同 200℃以上 250℃未満)……潤滑油、可塑剤など。
- ・アルコール類……1分子を構成する炭素の原子が1個から3個までの飽和1価のアルコール。第4類の危険物中、例外的に水に溶けるので、普通の泡消火薬剤は使用できない。耐アルコール泡として、たん白泡などを用いる。
- ・動植物油類……動物の脂肉等、植物の種子、果肉から抽出したものをいう。動植物油類には、他の第4類の危険物にはない自然発火する性質がある。

第4類の危険物取扱上では、火気厳禁であること、空気中に漏洩させないことの2点が重要である。

空気中に漏洩させないためには密閉容器に入れるが、危険物が温度によって膨張した場合に備えて、容器の中には満杯にせず、97.5%入れるようにする。

また、水に溶けず、水より軽いので、水を消火剤に使用できない。窒息消火のみである。

なお、消防法では、1気圧において、20℃で同容量の純水と緩やかにかき混ぜた場合に、流動がおさまった後も当該混合液が均一な外観を維持する液体を水溶性液体といい、水溶性液体以外の液体を非水溶性液体という。

表4 第4類の危険物(引火性液体)

品名	化学式	引火点 (℃)	発火点 (℃)	比重	水には
特殊引火物					
ジエチルエーテル	C2H5OC2H5	-45	180	71	難溶
二硫化炭素	CS2	-30	90	1.3	不溶
コロジオン	C12H16O6 (NO2)4 C12H17O7(NO2) 3	-18			
アセトアルデヒド	CH3CHO	-38	175	0.783	溶
酸化プロピレン	OCH2CHCH3	-37	465	0.830	溶
第1石油類(非水溶性)					
ガソリン	C5H12～C9H20	<-40	約 300	0.6～0.8	不溶
ペンタン	CH3 (CH2) 3CH3	<-40	308	0.631	不溶

ノルマルヘキサン	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃	-21.7	225	0.661	不溶
イソヘキサン	(CH ₃) ₂ CH(CH ₂) ₂ CH ₃	<-29	260	0.669	不溶
オクタン	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃	-16	232	0.706	不溶
ベンゼン	C ₆ H ₆	-11	538	0.88	不溶
トルエン	C ₆ H ₅ CH ₃	4	480	0.871	不溶
オルトキシレン	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	17	482	0.88	不溶
イソブレン	CH ₂ C(CH ₃)CHCH ₂	-54	220	0.679	不溶
酢酸プロピル	CH ₃ COOC ₃ H ₇	14	450	0.866	不溶
酢酸イソブチル	CH ₃ COOCH ₂ CH(CH ₃) ₂	18	423	0.871	不溶
ギ酸プロピル	HCOOC ₃ H ₇	-3	454.6	0.909	不溶
アクリロニトリル	CH ₂ CHCN	0	481	0.80	溶
酢酸ビニル	CH ₃ COOCHCH ₂	-8	427	0.93	溶
酢酸メチル	CH ₃ COOCH ₃	-10	501	0.925	溶
酢酸エチル	CH ₃ COOC ₂ H ₅	-4	427	0.899	難溶
ギ酸メチル	HCOOCH ₃	-19	449	0.975	溶
ギ酸エチル	HCOOC ₂ H ₅	-20	455	0.922	難溶
メチルエチルケトン	C ₂ H ₅ COCH ₃	-4	516	0.806	溶
第1石油類(水溶性)					
アセトン	CH ₃ COCH ₃	-18	557.8	0.792	溶
ジエチルアミン	(C ₂ H ₅) ₂ NH	-18	350	0.71	溶
トリエチルアミン	(C ₂ H ₅) ₃ N	-7	384	0.73	溶
アセトニトリル	CH ₃ CN	13	525	0.785	溶
ピリジン	CH((CHCH) ₂)N	20	482	0.982	溶
第2石油類(非水溶性)					
灯油		30~60	254	<1	不溶
軽油		50~70	257	<1	不溶
クロルベンゼン	C ₆ H ₅ Cl	30	638	1.11	不溶
アミルエーテル	C ₅ H ₁₁ OC ₅ H ₁₁	57		0.78~0.80	不溶
メタキシレン	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	25	527	0.864	不溶
パラキシレン	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	25	528	0.861	不溶
コールターール(軽油)		<27		<1	不溶
酢酸 n-ブチル	CH ₃ COOC ₄ H ₉	22	421	0.88	難溶
酢酸ヘキシル	CH ₃ COO(CH ₂) ₅ CH ₃	45		0.855	不溶
酢酸セロゾルブ	CH ₃ COOCH ₂ · CH ₂ OC ₂ H ₅	51	380	0.975	難溶
けい酸エチル	(C ₂ H ₅) ₄ SiO ₄	52		0.936	分解
酢酸メチルセロゾルブ	CH ₃ OCH ₂ CH ₂	55	380	1.005	溶

	OCOCH ₃				
n-ブチルアルコール	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ OH	11.1~39	343~477	0.806	溶
イソブチルアルコール	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH	28	427	0.805	溶
sec-ブチルアルコール	CH ₃ CH ₂ CHOHCH ₃	24	414	0.808~ 0.812	溶
n-アミルアルコール	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	38	371	0.817	難溶
ブーゼル油		42		0.814	難溶
スチレン	C ₆ H ₅ CH=CH ₂	32	490	0.907	不溶
ナフサ(コールタール)		30~44	482~510	<1	不溶
テレピン油(αピネン)	C ₁₀ H ₁₆	35	240	<1	不溶
しょうのう油		47		0.87~0.96	不溶
松根油		54~78		0.86~0.87	不溶
第2石油類(水溶性)					
ぎ酸	HCOOH	69	601	1.218	溶
セロゾルブ	C ₂ H ₅ O(CH ₂) ₂ OH	40	238	0.931	溶
氷酢酸	CH ₃ COOH	40	427	1.05	溶
第3石油類(非水溶性)					
重油		60~150	254~263	0.9~1	不溶
クレオソート油		74	336	>1	不溶
スピンドル油		76	247.4	<1	不溶
アニリン	C ₆ H ₅ NH ₂	75	770	1.022	難溶
ニトロベンゼン	C ₆ H ₅ NO ₂	88	482	1.2	不溶
フタル酸ジブチル(オルト)	C ₆ H ₄ (CO ₂ C ₄ H ₉) ₂	157~	403	1.045	不溶
フタル酸ジブチル(メタ)	C ₆ H ₄ (CO ₂ C ₄ H ₉) ₂	161~			不溶
第3石油類(水溶性)					
グリセリン	HOCH ₂ CHOHCH ₂ OH	160	370	1.26	溶
第4石油類					
タービン油		204	371	<1	不溶
変圧器油		200~		0.9	不溶
フタル酸ジオクチル	C ₆ H ₄ [CO ₂ CH ₂ - CH(C ₂ H ₅)C ₄ H ₉] ₂	219	241	0.986	不溶
アルコール類					
メチルアルコール	CH ₃ OH	11	385	0.792	溶
エチルアルコール	C ₂ H ₅ OH	13	423	0.79	溶
n-プロピルアルコール	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	15	371	0.804	溶
イソプロピルアルコール	(CH ₃) ₂ CHOH	12	460	0.789	溶

動植物油類					
やし油		216	320	0.91	不溶
あまに油		222	343	0.93	不溶
ひまし油		230	449	0.96～0.97	不溶
オリーブ油		225	343	0.91	不溶

5. 第5類の危険物(自己反応性物質) 表5

この危険物には火薬や爆薬が含まれ、それと同様の危険性を有する、第1種と第2種の自己反応性物質に分けられている。

① 共通する性質

- ・爆発性がある
- ・加熱、衝撃、摩擦で激しく爆発する。
- ・酸素を含有しているものがある。
- ・容易に着火する。
- ・燃焼速度がきわめて速い。
- ・長期間酸化されると分解し、自然発火する。

② 共通する貯蔵・取扱い方法

- ・加熱、衝撃、摩擦を避ける。
- ・可燃物と一緒にしない。
- ・他の薬品と接触させない。
- ・冷所に貯蔵する。
- ・容器が破損しないように取り扱う。
- ・室温、湿気、通風に気をつける。

③ 共通する消火方法

- ・大量の水で冷却する。
- ・おおむね消火は大変難しい。
- ・窒息消火は不可。

④ 各品名の性質

○ 第1種自己反応性物質

有機過酸化物・・・ケトンパーオキシド、ベンゾイルパーオキシドは、第1類の無機過酸化物と異なり、可燃性で、衝撃等によって爆発する。また、急激に燃焼する性質がある。有機過酸化物は合成化学、特に高分子化学の分野での重合開始剤や触媒として用いられる。

ケトンパーオキシドは $R-CO-R'-O_2$ であり、R にメチル基、R' にエチル基のものをメチルエチルケトンパーオキシド (MEKPO) という。強い酸化力がある一方、40℃以上の温度にすると自然発火する。しかし、常温でもボロ布等に接触していると分解し、発熱の後に発火する。

ベンゾイルパーオキシド(過酸化ベンゾイル)は、白色粒状の結晶である。加熱、衝撃、摩擦によって爆発的に分解し、強力な酸化作用を呈する。この場合、爆発することがある。

・硝酸エステル類・・・ニトロセルロース、硝酸エチルがある。ニトロセルロースは、セルロースに硝酸を作用させたもので、原料のセルロース(繊維素)が異なると、その性質が異なる。また、硝化度によって種々のものが得られる。点火、加熱、衝撃で爆発する。ニトロセルロースは火薬の原料であり、第4類の危険物のうち特殊引火物であるコロジオンの原料でもある。

硝酸エチルは液体であり、引火する危険性が大きい。第1石油類の取扱上の注意と同様の注意が必要である。

・ニトロ化合物・・・ピクリン酸、ニトログリセリン、トリニトロトルエン(TNT)がある。

ピクリン酸はトリニトロフェノールであり、アルコールと混合したものは打撃・摩擦によって激しく爆発する。ニトログリセリン、TNTと同様に、爆薬として用いられる。

・ニトロソ化合物・・・危険物としては、パラジニトロソベンゼン、ニトロソアミン等がある。これらの化合物は、 $-NO$ 基を有するものであり、ニトロ化合物がニトロ基 $-NO_2$ を有するものとは別である。共に有機化合物である。

・アゾ化合物・・・アゾ基 $-N=N-$ が炭化水素のC元素と結合しているものであって、 $RN=NR'$ をいう。R と R' が同じ場合は「アゾー」と称し、R と R' が異なる場合は「アゾー」と称する。

・ジアゾ化合物・・・ジアゾ化合物には2種類のものがある。その1つの鎖式化合物の場合は、C元素に結合したジアゾ基($=N_2$)を有するものである。もう1つは、芳香族化合物の場合で、ベンゼン環のH原子が($-N_2$)で置換されたものである。芳香族第1アミンに亜硝酸を作用させると、ジアゾ化が行われる。

・ヒドロキシルアミン・・・白色の結晶。室温でも不安定で、加熱により分解・爆発する。85%水溶液でも第1種自己反応性物質の性状を有する。

○ 第2種自己反応性物質

・ヒドラジンの誘導体・・・ゼラチン、希アンモニア水、次亜塩素酸ナトリウム溶液を作用させると、 N_2H_4 、 $NaCl$ 、 H_2O ができるが、このときできるヒドラジン N_2H_4 は酸と塩をつくる。硫酸塩、 $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$ は比較的溶解度が小さいヒドラジン塩である。ヒドラジン類は一般に有毒、その誘導体は農薬、触媒に用いられる。

・ヒドロキシルアミン塩類・・・ヒドロキシルアミンと酸との中和反応により生成する。硫酸塩や塩酸塩がある。水溶液は強酸性で金属を腐食する。

・金属のアジ化合物・・・ N_3 を含む金属化合物。金属と N_3 が直接化合している化合物で、金属として Pb 、 Na などがあるが、これは不安定な結合であり、起爆剤に用いられる。

表5 第5類の危険物(自己反応性物質)

品名	化学式	発火点 (°C)	比重	融点 (°C)	水には
《第1種自己反応性物質》					
有機過酸化物					
メチルエチルケトンパーオキサイド	R-CO-R-O2	205	1.13	-20	一部溶
過酸化ベンゾイル	(H6H5CO) 2O2	加熱分解	1.334	103.5	不溶
硝酸エステル類					
ニトロセルロース	[C6H7O2(ONO2)3]n	160~170	1.35~1.40		不溶
硝酸エチル	C2H5ONO2	引火点 10	1.11		不溶
ニトロ化合物					
ピクリン酸	C6H2(OH)(NO2) 3	300	1.77	122.5	溶
トリニトロトルエン(TNT)	C6H2(NO2) 3CH3	230	1.65	81	不溶
ニトロソ化合物					
ニトロソナフトール	C10H7NO2			164	不溶
アゾ化合物					
アゾヒスイソブチロニトリル	C8H12N4		1.64	106	難溶
ジアゾ化合物					
ジアゾニトロフェノール	C6H2N4O5	180	1.63	169	難溶
ヒドロキシルアミン	NH2OH	130	1.20	33	溶
《第2種自己反応性物質》					
ヒドラジンの誘導体					
硫酸ヒドラジン	N2H2-H2SO4		1.37	254(分解)	難溶
ヒドロキシルアミン塩類					
硫酸ヒドロキシルアミン	H2SO4·(NH2OH) 2		1.90	120	溶
塩酸ヒドロキシルアミン	HCl·(NH2OH) 2		1.67	152	溶
金属のアジ化合物					
アジ化鉛	Pb(N3) 2	330	4.71		
アジ化ナトリウム	NaN3		1.85	300(分解)	溶
硝酸グアニジン	HN=C(NH2)2·HNO3		1.44	215	溶

6. 第6類の危険物(酸化性液体) 表6

強い酸化力を有する液体。酸化性液体自体は不燃性だが、可燃物に接触すると、これを燃やす。また、有毒なガスを発生する場合が多い。皮膚や金属を侵すので、取扱いには注意を要する。塩酸、硫酸は含まれないことに要注意。

① 共通する性質

- ・自分自身では燃焼しないが、他のものの燃焼を助ける。
- ・可燃物と混ぜると酸化させる。有毒ガスを発生する。
- ・人体には有害。
- ・水と接触すると発熱する。
- ・金属と激しく化合し、その際に発熱する。

② 共通する貯蔵・取扱い方法

- ・人体には触れさせない。
- ・取扱い時には防護服を着用する。
- ・他の可燃物、金属から離す。
- ・容器は破損しないものを用いる。
- ・ガラス張りの容器等を用いる。
- ・水分、空気中の湿気が入らないようにする。

③ 共通する消火方法

- ・乾燥砂、粉末等を用いる。
- ・水は不可。
- ・霧状の水は使用できる。

④ 各品名の性質

- ・過塩素酸……過塩素酸カリウムと濃硫酸の混合物を真空蒸留して得られる無色の液体。湿った空气中で発煙する。有機化合物との接触により爆発する。
- ・過酸化水素……無色の液体で、二酸化マンガンと接触すると、酸素を発生する。酸化剤として鉄(II)イオンを酸化するのに用いられるほか、還元剤としても用いられる。漂白剤、ロケット燃料などに用いられる。
- ・ハロゲン間化合物……ハロゲン、つまり周期表第VII B族に属するフッ素(F)、塩素(Cl)、臭素(Br)、ヨウ素(I)、アスタチン(At)の5つの元素の間で生成される化合物。

酸化反応は、酸素と化合する反応をいうが、同時に水素を奪う反応も酸化反応となる。ハロゲン間化合物は後者の型の酸化性液体である

表6 第6類の危険物(酸化性液体)

品名	化学式	発火点 (°C)	比重	融点 (°C)	水には
過塩素酸	HClO4		1.76	-112	溶
過酸化水素	H2O2		1.46	-0.89	溶
硝酸	HNO3		1.53	-42	溶
ハロゲン間化合物 五フッ化ヨウ素	IF5	40	3.75	9.6	溶

III 混合すると危険な物質の組合せ

危険物は混合すると発火や爆発を起こす場合があるので、その取扱いや、保管・所蔵には注意を要する。以下は混合すると危険な組合せを示す。

	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	○	×	×	×	×	

備考

1. ×印は、混載することを禁止する印である。
2. ○印は、混載にさしつかえない印である。

IV 危険物屋内貯蔵所

消防法で定められた危険物の保管貯蔵に際しては、研究室での保管は必要最低限の量(各建物やフロアなどに対して定められた最大量があるので、確認すること)とし、その他は危険物屋内貯蔵所に貯蔵しなければならない。

注) 最大量については、環境安全管理センターサイトの安全活動・安全管理 > 消防法・危険物関連の「危険物の貯蔵・保管について」を参照。

小金井キャンパスには「危険物屋内貯蔵所」という消防署から許可を受けた危険物の貯蔵所が4カ所に設置されている。危険物の量が多い場合はこの貯蔵所に保管しなければならない。貯蔵所を利用する場合は、各学科・施設長に申し出て、貯蔵所の使用ルールに従って所定の場所に保管しなければならない(各貯蔵所には定められた危険物およびその最大貯蔵量が定められているので、管理者に確認してから指示に従って使用すること)。また、この貯蔵所への危険物の出入りは危険物取扱者または危険物保安監督者に指名されている者の立ち会いのもとに行う。

各貯蔵所の保管品と貯蔵可能限度量を表7から表10に示した。消防法で危険物に指定されていない物質はこの危険物屋内貯蔵所に保管してはならない。

表7 機械システム工学実験棟北側

類	性質	分類	品名(溶媒名)		指定数量 (litre)	最大貯蔵量(litre)	倍数
第4類	引火性液体	特殊引火物	エーテル		50	160	3.20
		第1石油類	ヘキサン	非水溶性	200	600	3.00
			ヘプタン	〃	〃		
			酢酸エチル	〃	〃		
			石油エーテル	〃	〃		
			ベンゼン	〃	〃		
			トルエン	〃	〃		
			シクロヘキサン	〃	〃		
			アセトン	水溶性	400	360	0.90
			テトラヒドロフラン	〃	〃		
		ジオキサン	〃	〃			
		アルコール類	メタノール		400	250	0.63
			エタノール		〃		
			プロパノール		〃		
		第2石油類	灯油		1,000	100	0.10
			キシレン		〃		
			ジブチルエーテル		〃		
		第3石油類	流動パラフィン	非水溶性	2,000	100	0.05
			エチレングリコール	水溶性	4,000		0.03
		第4石油類	ポリエチレングリコール		6,000	100	0.02
			シリコン油		〃		
			真空ポンプ油		〃		
		動植物油	大豆油		10,000	100	0.01
					倍数合計	7.94	

表8 4号館北側中庭

類	性質	分類	品名(溶媒名)		指定数量 (litre)	最大貯蔵量(litre)	倍数
第4類	引火性液体	特殊引火物	エーテル		50	160	3.2000
		第1石油類	ヘキサン	非水溶性	200	162	0.8100
			酢酸エチル	〃	200	126	0.6300
			ベンゼン	〃	200	72	0.3600
			トルエン	〃	200	72	0.3600
			石油エーテル、ガソリン、ヘプタン、シクロヘキサン、アクリロニトリル	〃	200	405	2.0250
			アセトン	水溶性	400	216	0.5400
			ジオキサン、テトラヒドロフラン、アセトニトリル	〃	400	216	0.5400
		アルコール類	エタノール、メタノール、1-および2-プロパノール		400	300	0.7500
		第2石油類	キシレン、灯油、ジブチルエーテル、ジメチルホルムアミド、酢酸		1,000	94	0.0940
		第3石油類	流動パラフィン、グリセリン、エチレングリコール		2,000	72	0.0360
		第4石油類	シリコン油、真空ポンプ油、ポリエチレングリコール		6,000	90	0.0150
		動植物油	大豆油		10,000	72	0.0072
							倍数合計

表9 10号館北中庭

類	性質	分類	品名(溶媒名)		指定数量 (litre)	最大貯蔵量 (litre)	倍数
1号室 3類 1.35	自然発火性物質及び禁水性物質固体または液体	カリウム	カリウム		10	1	0.1
		ナトリウム	ナトリウム		10	2	0.2
		アルキルアルミニウム	トリメチルアルミニウム		10	2	2
			トリエチルアルミニウム		10	2	0.2
			ジエチルエトキシアルミニウム		10	4	0.4
		有機金属化合物	ナトリウムナフタレン		10	1	0.1
		黄りん	黄りん		20	2	0.1
		金属の水素化物	水素化リチウムアルミニウム		50	2	0.04
カルシウム・アルミニウム炭化物	カルシウムカーバイド		50	0.5	0.01		
2号室 4類 1.44	引火性液体	特殊引火物	ジエチルエーテル		50	18	0.36
		第1石油類	ベンゼン	非水溶性	200	18	0.09
			トルエン		200	18	0.09
			ヘキサン		200	18	0.09
			酢酸エチル		200	18	0.09
			テトロヒドロフラン	水溶性	400	72	0.18
			アセトン		400	72	0.18
		アルコール類	メタノール		400	72	0.18
エタノール			400	72	0.18		
3号室 4類 1.44	引火性液体	特殊引火物	ジエチルエーテル		50	18	0.36
		第1石油類	ベンゼン	非水溶性	200	18	0.09
			トルエン		200	18	0.09
			ヘキサン		200	18	0.09
			酢酸エチル		200	18	0.09
			テトロヒドロフラン	水溶性	400	72	0.18
			アセトン		400	72	0.18
		アルコール類	メタノール		400	72	0.18
エタノール			400	72	0.18		

4号室 4類 5.76	引 火 性 液 体	特殊引火物	ジエチルエーテル		50	72	1.44
		第1石油類	ベンゼン	非水溶性	200	72	0.36
			トルエン		200	90	0.45
			ヘキサン		200	72	0.36
			酢酸エチル		200	90	0.45
			テトロヒドロフラン	水溶性	400	90	0.225
		アセトン	400		450	1.125	
		アルコール類	メタノール		400	270	0.675
			エタノール		400	270	0.675
				倍数合計		9.99	

表 10 1号館屋内

類	性質	分類	品名(溶媒名)		指定数量 (litre)	最大貯蔵量 (litre)	倍数
第 4 類	引 火 性 液 体	特殊引火物	ジエチルエーテル		50	220	4.40
			ペンタン		50	18	0.36
		第1石油類	ヘキサン	非水溶性	200	270	1.35
			ヘプタン	非水溶性	200	20	0.10
			ベンゾール(ベンゼン)	非水溶性	200	40	0.20
			トルオール(トルエン)	非水溶性	200	40	0.20
			酢酸エチル	非水溶性	200	180	0.90
			ガソリン	非水溶性	200	50	0.25
			アセトニトリル	水溶性	200	18	0.09
			テトラヒドロフラン	水溶性	400	40	0.10
			アセトン	水溶性	400	240	0.60
		アルコール類	メタノール		400	180	0.45
			エタノール		400	270	0.675
			n-プロパノール		400	36	0.09
			イソプロパノール		400	36	0.09
		第2石油類	酢酸	非水溶性	1000	18	0.018
			キシレン		1000	18	0.018
			ジメチルホルムアミド		1000	18	0.018
			灯油		1000	18	0.018
		第3石油類	メチルグルタロニトリル	非水溶性	2000	36	0.018
			グリセリン	水溶性	4000	54	0.0135
			エチレングリコール	水溶性	4000	36	0.009
		第4石油類	ポリエチレングリコール		6000	36	0.006
			シリコン油		6000	30	0.005
			真空ポンプ油		6000	30	0.005
		動植物油	大豆油		10000	72	0.0072
							倍数合計

毒物・劇物の取り扱い

毒物及び劇物の管理は、毒物及び劇物取締法(昭和 25 年法律第 303 号)等に従い適正に取り扱うことになっている。しかしながら、近年、毒物混入事件が多発したこともあり、文部科学省関係機関では「毒物及び劇物の適正な管理」をさらに徹底することとなった。

本学における毒物・劇物の管理は平成 16 年 4 月 1 日に制定された「国立大学法人東京農工大学毒物・劇物の取扱いに関する規程」によって行われている。ここでは小金井キャンパスで実施されている要点を示す。

1. 毒物・劇物の取り扱いに関し、小金井キャンパスでは管理責任者及び取扱責任者が置かれている。

管理責任者は工学府長又はBASE長が指名し、毒物・劇物を使用する実験等に携わる者に対し取り扱いの周知、教育訓練を行うとともに、毒物・劇物の管理について指揮監督を行うことになっている。現在、小金井地区環境・安全衛生委員会委員長が担当している。

取扱責任者は毒物・劇物を使用する実験等を指導し、又は行う教員で、「毒劇物使用許可願」(別紙1)を提出し、「毒劇物使用承認兼取扱責任者指定通知」(別紙2)を受けた者のことをいう。取扱責任者は毒物・劇物が盗難にあい、又は紛失すること若しくは飛散し、漏れ、流れ出、しみ出し、又はしみ込み、保健衛生上の危害が生ずる恐れのあるときは、その危害を防止するための必要な措置を講じるとともに管理責任者に届け出なければならない。

2. 毒物・劇物の保管庫は、一般の試薬とは別の堅牢なものを使用し、盗難防止のため施錠してその鍵は取扱責任者が管理すること。なお、冷蔵庫内で毒物・劇物を保管する場合は、冷蔵庫全体に施錠を行うこと。また、保管庫には、毒物については赤地に白色をもって「毒物」の文字、劇物については白地に赤をもって「劇物」の文字を表示する。毒物・劇物を購入した場合も薬品管理システム(IASO)への登録を忘れないこと。

IASO(URL) <https://web.tuat.ac.jp/~kankyou/IASO/IASOindex.htm>

3. 取扱責任者は、使用簿を備え在庫量及び使用量を把握しておくとともに、定期的に保管している毒物・劇物の数量(毒物は使用量と残量、劇物はびんの本数単位で管理)を使用簿と照合して確認すること。なお、IASO においても毒物や劇物の見かけ残量を記録することは可能であるが、使用簿に必要な情報(使用日、使用者、使用目的等)を記録することは困難である。従って、取扱責任者は、使用簿を別途準備すること。それら毒物・劇物が盗難にあったり、紛失したときは直ちにその旨を管理責任者に届け出、その指示に従うことが義務づけられている。また、長期間保管されている毒物・劇物で、将来にわたり使用の見込まれないものについては速やかに廃棄する。

* 毒物・劇物とは

大学で使用する薬品類はきわめて多く、それぞれの薬品に関する法律も「毒物及び劇物取締法」をはじめ「薬事法」、「麻薬及び向精神薬取締法」、「消防法・危険物区分」、「労働安全衛生法」など多岐にわたっている。毒物・劇物とは簡単に「毒物及び劇物取締法」で規定された薬品ということができるが、これらを全て列挙することは無意味なのでここではそれぞれの薬品がどのようなものであるのか見分ける方法を紹介する。

どんな薬品にもラベルが貼ってあり、それぞれの製品に関する法的な適正表示をはじめ、規格値、取扱いの注意事項などが記載されている(図2)。また、最近の製品ラベルにはこれらに加えて、製品を取り扱う上でより安全を期するため、危険性を示したシンボルマークが表示されている(図2)。それぞれのシンボルマークの意味を表 11 に示す。なお、これまで述べてきた毒物・劇物の毒物はドクロマークの「猛毒性」が、劇物は×印の「毒性」が概ね該当する。

毒物・劇物の使用および廃棄にあたっては、これまでに示した表示などを参考にして、安全に取り扱うこと。

労働安全衛生法による表示

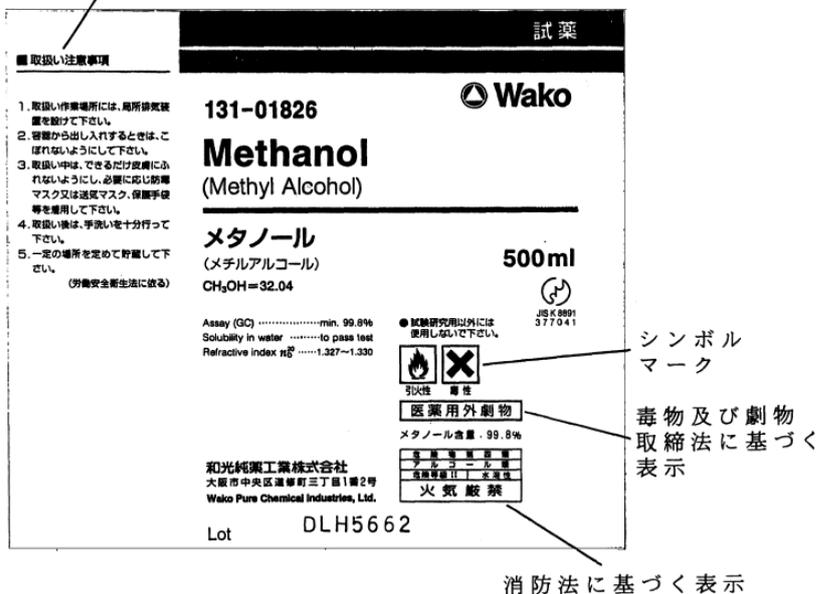


図2 薬品ラベル

表11 薬品ラベルに表示されているシンボルマーク

シンボルマーク (危険内容の表示語を含む)	危険性の内容	国内関連法規による該当品目
 爆発性	衝撃、摩擦、加熱等により爆発する。	①火薬類取締法の第2条第1項に掲げる火薬及び爆薬 ②高压ガス保安法第2条に規定する高压ガス
 極引火性	極めて引火性の強い液体 [引火点が-20℃未満で沸点が 40℃以下又は、発火点が 100℃以下の液体]	①消防法の第4類特殊引火物
 引火性	引火性の液体 [引火点が 70℃未満の液体]	①消防法の第4類第1石油類、アルコール類及び第2石油類

 可燃性	<p>火炎により着火しやすい固体または低温で引火しやすい固体、並びに、引火しやすいガス。</p>	<p>①消防法の第2類可燃性固体 ②労安法施行令別表第1の第5号に規定する可燃性ガス</p>
 自然発火性	<p>空気中において自然に発火する性質がある。</p>	<p>①消防法の第3類自然発火性物質 ②危規則告示別表第6の自然発火性物質の項目の品名欄に掲げるもの(自己発熱性物質及びその他の自然発火性物質を除く)</p>
 禁水性	<p>水と接触して発火し、または可燃性ガスを発生する性質がある。</p>	<p>①消防法の第3類禁水性物質 ②危規則告示別表第6のその他の可燃性物質の項目の品名欄に掲げるもの(その他の可燃性物質を除く)</p>
 酸化性	<p>可燃物との混在により、燃焼または爆発を起こす。</p>	<p>①消防法の第1類酸化性固体および第6類酸化性液体 ②危規則告示別表第7の酸化性物質の項目の品名欄に掲げるもの(その他の酸化性物質を除く)</p>
 自己反応性	<p>加熱や衝撃等により多量に発熱、または爆発的に反応が進行する。</p>	<p>①消防法の第5類自己反応性物質</p>
 猛毒性	<p>飲み込んだり、吸入したり、あるいは皮膚に触れると非常に有害で死に至ることがある。 [参考]LD₅₀:30 mg/kg 以下(ラット、経口)</p>	<p>①毒劇法の毒物 ②毒劇法に該当していない品目で、危規則告示別表第4の品名欄に掲げるもの(その他の毒物を除く)の内、猛毒性(*)のもの</p>
 毒性	<p>飲み込んだり、吸入したり、あるいは皮膚に触れると有害である。 [参考]LD₅₀:30～300 mg/kg 以下(ラット、経口)</p>	<p>①毒劇法の毒物 ②毒劇法に該当していない品目で、危規則告示別表第4の品名欄に掲げるもの(その他の毒物を除く)の内、毒性(*)のもの</p>

	<p>飲み込んだり、吸入したり、あるいは皮膚に触れると有毒の可能性はある。</p> <p>[参考] LD₅₀ : 200 ~ 2000 mg/kg 以下 (ラット、経口)</p>	<p>①毒劇法に該当していない品目で、危規則告示別表第4の品名欄に掲げるもの(その他の毒物を除く)の内、有害性のもの</p> <p>②平成4年2月 10 日付け基発第 51 号通達等により公表した変異原性が認められた既存化学物質等</p> <p>③平成3年6月 25 日付け基発第 414 号の3通達等により公表した変異原性が認められた新規化学物質等</p> <p>④化審法第2条に規定する第2種特定化学物質及び指定化学物質</p>
	<p>皮膚、目、呼吸器官等に痛みなどの刺激を与える可能性がある。</p>	<p>関連法規なし</p>
	<p>皮膚または装置等を腐食する。</p>	<p>①危規則告示別表第3の品名欄に掲げるもの(その他の腐食性物質を除く)</p>

令和 年 月 日

毒劇物使用許可願

小金井地区管理責任者 殿

本研究室におきまして、毒物劇物の使用を許可していただく申請いたします。
使用につきましては以下の注意事項を厳守し、紛失・盗難のないようにいたします。

*注意事項

1. 鍵のかかる専用保管庫に保管し、転倒防止装置及び毒物・劇物の表示を行います。
2. 毒物・劇物の受払い簿を備え付け、購入・使用はもちろん使用していない毒劇物についても定期的に数量の確認を行います。
3. 紛失・盗難のないように管理体制を厳格に行うとともに、盗難・紛失したときは、直ちに管理責任者に報告いたします。
4. 事故や災害等に伴い、毒物・劇物が飛散、漏れ、流れ出、しみ出、又はしみ込み、保健衛生上の危害が生じる恐れがあるときは、その危害を防止するための必要な借置を講じるとともに、直ちに管理責任者に報告いたします。

学科名又は専攻名

申請者

Ⓔ

別紙 2

令和 年 月 日

毒劇物取扱責任者 殿

小金井地区管理責任者

毒劇物使用承認兼取扱責任者指定通知

貴研究室における毒劇物の使用を承認し、下記のように毒劇物取扱責任者を指定するので毒劇物使用許可願の注意事項を厳守し、事故等が起きた場合速やかに報告すること。

学科名又は専攻名

取扱責任者

実験廃棄物・廃液の取り扱い

実験を行うと多かれ少なかれ必ず実験廃棄物および廃液が排出される。その中には有毒物質や危険なものが含まれることが多いので、そのまま放置したり、一般ごみと一緒に捨てたり、下水に流したりすると環境汚染や人に危害を及ぼす原因となる。そのため、実験廃棄物や廃液の取り扱いには、各人が十分注意を払う必要がある。ここでは、実験廃棄物・廃液の取り扱いについて述べる。

1. 実験廃棄物の取り扱い

(1) 注射針等

実験に使用した注射針および注射筒は絶対に一般ごみと一緒に捨ててはならない。一定量たまったら、所定の処理業者に依頼して処分する。

(2) 実験動物

実験動物の処分は、所定の処理業者に依頼する。

(3) (1)及び(2)の処理業者を知りたい方は、会計係(7004)に確認すること。

(4) 試薬ビン

ラベルをはがし、内容物を洗浄後、年数回行われる回収時に処分する。一般の不燃物ごみボックスに入れることはできないので注意すること。(内容物の種類に応じて洗浄液は回収し、実験廃液として次の「廃液の取り扱い」にしたがって処理する。) 試薬そのものの処分は、所定の処理業者に依頼する。

(5) 蛍光灯および乾電池

使用済みの蛍光灯および乾電池は、放射線研究室北側にあるごみ一時保管場所の専用ボックスに分別し、廃棄する。

2. 廃液の取り扱い

本学の廃液等については、各キャンパスにおいてポリタンクによる収集後、学外の廃液処理専門業者に委託して、専門工場にて焼却処分及び水処理されている。そのため、廃液の取り扱いを次のように定めている。

廃液等の取扱い手引

1) 廃液等の処理

廃液等はそれぞれの処理装置に適するように、また貯留保管が安全なように細かな分類に従って分別貯留する必要がある。廃液の分別貯留は、排出者に課せられた最低限の義務であり、処理作業の出発点であることを十分認識して、間違いないよう分別貯留することが大切である。

2) 廃液等の分別貯留

(1) 分別貯留区分

廃液等の区分を(表 12)に示す。廃液等は区分に従って、それぞれ指定された容器に分別貯留しなければならない。

可燃性有機廃液及び無機系廃液の貯留は容器の3分の2まで、その他の廃液及び廃水は容器の4分の3までとし、蓋をして貯留する。

(2)無機系廃水

A 無機水銀系廃水

注)この貯留区分にはいるものは、無機水銀のみとし、有機水銀は、発生源で酸化処理により無機化(クロム酸混液中で二・三日処理)した後貯留する。金属水銀(蛍光灯、殺菌灯、温度計等の破損により発生したもの)は水等を張った中に沈めることにより揮発による消失を防ぎながら、別途貯留すること。(6)参照。研究室での保管には充分気を付けること。

B 重金属系及びクロム系廃水(酸性)

注)重金属系廃水とクロム混酸系廃水は一緒に貯留する。但し多量のクロム混酸廃水及び過マンガン酸廃水はそれぞれ別途貯留する。

重金属とは Cd、Pb、Cr、Cu、Zn、Fe、Mn 及びその他の有毒重金属をいう。10%以上の有機物を含む場合は、水混合有機廃液(Q)として扱う。アンモニア・アミンなど金属と錯化合物を生成する物質やキレート剤等を含む場合も水混合有機廃液(Q)として扱う。(10%未満の場合は、(7)-C参照)

表 12 廃液等の分別貯留区分表

処 理 区分	区分	分別貯留区分	区 分 記号	内 容	容器色分	
共沈及び電解浮上処理	無機系	水銀系	A	水銀塩を含む水溶液	黄	
		重金属・クロム系	B	カドミウム・鉛・クロム・銅・亜鉛・鉄・マンガン等有害金属を含む水溶液・クロム酸廃液・硝酸・硫酸等	緑	
		シアン系	C	シアン化合物を含むアルカリ性(pH>10)水溶液	青	
		ヒ素系	D	ヒ素化合物を含むアルカリ性(pH>10)水溶液	灰	
		シアン錯化合物	E	シアン錯化合物を含むアルカリ性(pH>10)水溶液(難分解性シアン錯化合物を除く)	黒	
		フッ素系	F	カルシウム塩として沈殿可能なフッ素化合物の水溶液・リン酸	紫	
燃焼処理	有機系	可燃性	一般有機廃溶剤	L	炭化水素・エステル・ケトン・アルコール・有機酸(中和する)等	赤
			廃油	M	灯油・重油・機械油・流動パラフィン・グリース・動植物油等	橙
			含窒素系廃溶液	N	ピリジン・アニリン・アセトニトリル・ホルムアミド等	茶
			含硫黄・含リン系廃溶剤	O	スルホラン・ジメチルスルホキシド・ヘキサメチルホスホアミド等	桃

	難燃性	含ハロゲン系廃溶剤	P	クロロホルム等	黄緑
		水混合有機廃液	Q	有機化合物の水溶液、水を含む有機溶剤等	白
		写真廃液	R	現像・停止廃液(定着液を除く)	
		特定有害物質	Z	ベンゼン・塩化メチレン・四塩化炭素等、特定有害物質を含む溶液	青と赤 (2色)
その他		スクラバ廃液	U	中和処理後排水できるものを除く	黄色と黒 (2色)

C シアン系(アルカリ性)

シアン化合物を含むアルカリ性水溶液(pH>10)

D ヒ素系(アルカリ性)

ヒ素化合物を含むアルカリ性水溶液(pH>10)

E シアン錯化合物(アルカリ性)

シアン錯化合物を含むアルカリ性(pH>10)水溶液(難分解性シアン錯化合物を除く)

F フッ素系廃水(アルカリ性)

注)カルシウム塩として沈殿可能なフッ素化合物の水溶液

(3) 可燃性有機廃液

L 一般有機廃溶剤

i)脂肪族炭化水素……………石油エーテル、シクロヘキサンなど

ii)脂肪族含酸素化合物……………アルコール、ケトン、エステルなど

iii)芳香族化合物……………トルエン、キシレンなど

注)ベンゼンは(5)特定有害物質に属する化合物のため別途貯留すること。

iv)有機酸(中和すること)……酢酸、ギ酸など

v)フェノール類……………フェノール、クレゾールなど

注)ジエチルエーテル等の引火点の低いもの、過酸化物及び過酸化物を生じやすい化合物は別途貯留すること。

(6) 参照。

M 廃油

i)灯油、軽油、テレピン油など

ii)重油、真空ポンプ油、潤滑油、グリース、モーター油、流動パラフィンなど

iii)動植物油

注)粘度の高いものは灯油または廃溶剤で希釈すること(50c.p.以下)・固形物(金属の削りかすなど)を含むものは100メッシュの金網を用いて濾過して固形物を除き、貯留すること。

N 含窒素系廃溶剤

i)脂肪族及び芳香族含窒素化合物……………アセトニトリル、アミン、アミド、ピリジン、アニリンなど

注)硝酸エステル、ポリニトロ化合物、有機アジド等爆発性化合物は別途貯留すること。(6)参照。

注)ベンジジンなど健康障害をひきおこすものは除く。含ハロゲン系廃溶剤(P)と混合しないように十分注意すること。

O 含硫黄・含リン系廃溶剤

i)含硫黄系廃溶剤……………メルカプタン、スルホラン、ジメチルスルホキシドなど

ii)含リン系廃溶剤……………ヘキサメチルホスホアミドなど

注) 含ハロゲン系廃溶剤(P)と混合しないように十分注意すること。

(4) 難燃性有機廃液

P 含ハロゲン系廃溶剤

i)脂肪族ハロゲン系化合物……………クロロホルムなど

注) 塩化メチレン、四塩化炭素などは(5)特定有害物質に属する化合物のため別途貯留すること。

ii)芳香族ハロゲン系化合物……………クロロベンゼン、塩化ベンジルなど

注) PCB及び PCB を含むものは別途貯留すること。ジクロロ酢酸、トリフルオロ酢酸は中和し貯留すること。ハロゲン化溶剤と他の有機系溶剤との混合物はこの分類区分で分別貯留すること。

Q 水混合有機廃液

i)有機化合物の水溶液

ii)水を多量に含む有機溶剤

注) 難分解性シアン錯化合物の廃液や有機金属系(キレートなど)廃液(有機水銀を除く)も含む。水と混じり合わない溶剤は分離して、それぞれの区分で貯留すること。

R 写真廃液

i)現像廃液

ii)停止廃液

注) 定着廃液は銀の回収のため別途貯留すること。

(5) 特定有害物質

Z 特定有害物質

以下の特定有害物質を多量に含む有機廃液は上記(3)、(4)とは別に貯留すること。

- | | |
|-------------------|------------------|
| ・トリクロロエチレン | ・シス-1,2-ジクロロエチレン |
| ・テトラクロロエチレン | ・1,1,1-トリクロロエタン |
| ・塩化メチレン (ジクロロメタン) | ・1,1,2-トリクロロエタン |
| ・四塩化炭素 | ・1,3-ジクロロプロペン |
| ・1,2-ジクロロエタン | ・ベンゼン |
| ・1,1-ジクロロエチレン | ・有機リン(農薬) |

(6) スクラバ廃液

U スクラバ廃液

注) 強酸・強アルカリが含まれる場合は、事前にpHを測定して、回収時に知らせること。

(強酸・強アルカリが含まれると、大タンク内で化学反応が起こる可能性がある。)

(7) 除外廃棄物

[表 13] に掲げる毒性、有害性、危険性の大きい物質及びその物質の含有する廃液は、施設における一括処理の対象から除外されており、発生部局において、法令等の規定に従い責任をもって別途処理しなければならない。

表 13 除外廃棄物(別途処理)

特殊有害・有毒物質	金属水銀及びアマルガム、オスmium、ベリリウム、タリウム、セレンとその化合物、ニッケルカルボニル、アルキルアルミニウム、PCB、シマジン、チオベンカルブ、チウラム等
強引火性、発火性、及び爆発性物質	ジエチルエーテル等特殊引火物に相当する強引火性物質や発火性物質及び硝酸エステル、ポリニトロ化合物、有機過酸化物、有機アジト等の爆発性物質
放射性物質	放射性物質及びこれに汚染されたもの

なお、以下の廃棄物は次のとおりに取り扱うこと。

(i) 水銀(無機水銀を除く) 一定量の廃棄物が溜まったら会計係へ連絡のこと。取りまとめのうえ、部局全体として処理を行う。

(ii) PCB 廃棄物が発生した場合は会計係へ連絡のうえ、処理方法についての指示を受けること。

(8) 廃液の分別貯留についての一般的注意

(無機系)

a) 固形物(結晶、沈殿物、ガラス片、金属片、紙屑など)が廃液中に入っていると重金属処理装置の故障の原因になるので、50～60 メッシュの金網あるいはガーゼを4～5枚重ねた程度のもので濾過してから貯留する。

b) 貯留容器に入れる時、下記のは混ぜ合わせないようにする。

(イ) 過酸化物と有機物

(ロ) シアン化合物、硫化物、次亜塩素酸塩と酸

(ハ) 塩酸、フッ酸などの揮発性酸と

不揮発性酸

(ニ) アンモニウム塩、揮発性アミンの塩とアルカリ

c) 重金属類に有機廃溶液が混入している廃液は、原則として重金属含有廃液として扱うが、有機廃溶液が多いと廃水処理上支障があるので、有機廃溶液の濃度が10%以上の場合は、可燃性あるいは難燃性有機廃溶媒の貯留容器に入れる。有機廃溶液の濃度が低い場合は、あらかじめ活性炭を加えて吸着させておき、活性炭を除去した後、重金属の貯蔵容器に入れる。

d) 装置のパイプラインは塩化ビニール製であるので、これをおかす可能性のある水と混らない有機溶剤(クロロホルム、四塩化炭素等)の混入をさけること。

(有機系)

a) 廃液に含まれる固形物(沈殿物、浮遊物)は燃焼処理において、ストレーナーの目詰まり事故の原因になるので、固形物を含む全ての廃液は 80～100 メッシュ(施設に常備のものを使用してもよい。目の開きは 0.147mm)の金網等を用いて濾過してから貯留する。

b) 無機及び有機酸を含む酸性の廃液は装置を腐食させるので炭酸ナトリウムなどを用いて中和処理を行い濾過してから貯留する。

c) 二相に分離した廃液は、分液を行って別々に区分して貯留する。

d) 粘度の高い廃液は灯油あるいは廃溶媒で希釈して 30～50c.p.以下の粘度にする。

その他、廃液等の分別貯留に関しての不明の点があれば会計係などに相談すること。

(9) 廃液の貯留濃度と貯留限界

・廃液及び容器等の1回目までの洗浄液は貯留しなければならない。特に毒性の強い物質、廃水基準値のきびしい物質(表 14 参照)を含む場合は、2回目以上の洗浄液も貯留しなければならない。

・水に溶けない毒性の強い有機系廃液の容器等は、まずアルコールやアセトンなどの溶剤で洗浄してから水洗するようにする。

・アルコール、グリセリン、アセトン、脂肪酸、アミノ酸など生分解性で他に有機物質を含まない稀薄水溶液は下水に放流してもよい。

・塩酸、硫酸、水酸化ナトリウム、水酸化カリウムなどの酸、アルカリで、他に有害物質を含まない希薄な液は各自で pH5.8～8.6 とした後に下水に放流してもよい。

(10) 廃液等の貯留容器及び表示

廃液等の搬入、処理等の上で安全かつ便利なように、つぎに示すような指定のポリエチレン製容器を使用し(暫定的には指定された容器に準ずる耐薬品性で、機械的強度の大きいポリ容器を使用して差支えない)、かつ必要事項を必ず表示する。

a) 容 器

廃液類……………白色のポリエチレン製タンク(容量は 10 又は 20ℓ、中蓋又はパッキング等の完全なもの)

b) 表示(図3参照)

容器には貯留及び搬入に際し、必ず次の表示をする。

i) 表 12 に従った分別貯留区分の表示及び区分を示す色表示。

ii) 学部、学科、研究室名等の表示。

iii) 必要事項を記入した廃液等処理伝票(B)の貼付け

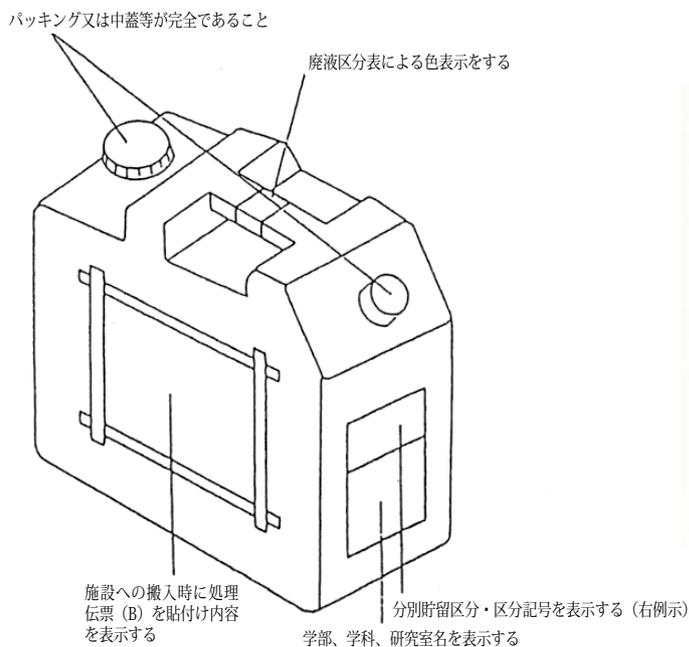


図3 分別貯留容器



注)表示用のテープは各自用意し、必要用紙(伝票)は小金井地区会計室に常備する。

3 施設への搬入及び受け渡し

(1) 搬入

貯留を行った廃液等は、指定された日時・場所に、廃液を入れたポリタンクを持参する。回収の際は廃液等取扱責任者が立ち会うこと。

(2) 受け渡し

- ・スクラバ廃液は、事務担当者に研究室名とタンクの本数を申告すること。
- ・廃液等の区分の不備、内容物の不明、処理不能等が認められる場合は、回収ができない場合があるので注意すること。

表 14 本学の下水排除基準

対象物質又は項目		
有害物質	カドミウム	0.1
	シアン	1
	有機リン	1
	鉛	0.1
	六価クロム	0.5
	ヒ素	0.1
	総水銀	0.005
	アルキル水銀	検出されないこと
	PCB	0.003

対象物質又は項目			
環境項目等	総クロム	2	
	銅	3	
	亜鉛	2	
	フェノール	5	
	鉄	10	
	マンガン	10	
	フッ素	15	
	生物学的酸素要求量 (BOD)	600	
	浮遊物質量 (SS)	600	
	ノルマルヘキサン	鉱油	5
		動植物油	30
	水素イオン濃度 (pH)	5~9	
	温度	45℃未満	
	ヨウ素消費量	220	

生物系実験における安全

生物系実験における注意事項は化学実験における注意事項に準ずるが、それ以外にいくつか生物実験特有のものもある。主要なものを以下記す。

I 基本操作における災害防止のための注意

生物実験においては、強酸化剤や自然発火物質などを使用することはほとんどないが、ヒトを含めて生物に毒性のある物質を用いることがある。あらかじめ、試薬の毒性について「Merck Index」などで調べておくことは大切である。また、放射性同位元素(RI)を用いる実験は、工学府では共同利用施設である放射線研究室でのみ許可されているので、p.121以降に記載の放射線研究室の項を参照すること。

(1) 遠心分離機を使用する上での注意

遠心分離機は、分離しにくい液体と固体、または比重差のある液体相互の分離を迅速に行うのに用いられる。遠心分離の回転数は、1000 rpm のものから数万 rpm のものまでである。遠心分離機のように大きな質量のものを高速回転させる場合の運転の異常は大きな事故につながる。いったん部品が飛散したりすると弾丸のような力で人や器物を損壊させる。

したがって、注意事項として次のようなことをあげる。

運転を始める前に取扱説明書をよく読む。

遠心機本体は、必ずアースをして使用すること。

機械および安全装置の始業運転を行う。

スイングローターの回転前には、必ず運転用ローターを取り外すこと。

ローターに腐食、傷がないかどうか確認する。

バランスを確実に合わせる。

ローターは許容回転数以上では回転しない。

作業中は機械のそばを離れない。

回転している機械に手を触れない。

機械を止めるとき、手で止めない。

運転中異常(異常音など)が発生した場合はすぐに運転を止め、機械の責任者および製造業者に連絡し指示をうける。

運転日誌は必ずつける。

アンバランス運転は絶対にしないこと。

ローターの保守、点検

特に超遠心分離機を使用する場合、保守を怠ると遠心中のローター破壊の原因となるので注意しなければならない。

寿命 ローターを繰り返し使用すると、材料の疲労や摩擦によって、ローターの強度が少しずつ低下する。したがって、寿命が規定されている。一般に使用した回転および回転した時間を積算し、どちらかが説明書に示された数値に達した場合(第一次寿命)、そのローターの最高回転数を10%減じて使用する。さらに定められた数値に達したら(第二次寿命)をそれ以上の使用は禁じられている。第一次寿命のみのローターもあるので(チタン合金のローター)注意する。

アルミローターは十分手入れをしないと腐食する。特にチューブの挿入孔の腐食はローターの破損の原因になるので注意しなければならない。

ローターは100時間使用毎にチェックしなければならない。特にローターのチューブ穴およびローター底のテーパ穴

等は、腐食した場合の強度低下が大きいので、十分にチェックする必要がある。腐食は表面の変色、くぼみ、クラック等で見分けることができる。腐食が認められたらローターは使用しない。

・詳細は機械の説明書を参照する。

(2) UV 照射装置を使用する上での注意

・紫外線 (UV) 照射装置は、主にエチジウムブロマイド (Ethidium bromide) 染色された DNA を検出するのに用いられる。紫外線 (UV) が直接目にはいると、涙がでたり、目がくらみ見えなくなったり、あるいは失明する恐れもある。皮膚も露光によって日焼けしたり、火ぶくれになってしまったりすることもある。必ず防護メガネを着用し、皮膚に直接紫外線が当たらないように注意する。

(3) フリーザー及び超低温槽を使用する上での注意

・低温火傷をする恐れがあるので、試料を出し入れする際には軍手等を着用する。また、半袖の服を着ているときには腕に火傷をしないよう、白衣等を着用して腕を保護すること。

(4) 乾熱滅菌器を使用する上での注意

・耐火性の実験台の上に設置し、近くに引火性の物質を置かないようにする。
・爆発の恐れがあるので密封された容器を入れてはならない。
・引火性及び可燃性の物質の使用は避ける。
・滅菌ガラス器具等の出し入れは、耐熱手袋などを着用して火傷をしないように注意する。
・もし事故で異常に温度が上がった場合には、慌てずにメインスイッチを切り、放置する。決して温度を下げようとして空気開閉蓋を開けてはならない。開けると引火してしまうことがある。
・配線、スイッチなどに対する安全措置をとる。漏電ブレーカーを設置することが望ましい。

(5) クリーベンチを使用する上での注意

・殺菌灯を消してから使用する。
・ガスバーナーを使用する場合は、火炎の強さを適正レベルに調節する。
・引火性物質の取り扱いには避ける。
・有害物質、病原菌などの操作は空気吹き出し式の装置では行わない(循環式装置あるいは安全キャビネットを用いる)。
・風量に注意する。使用量に応じ、HEPA フィルターの交換が必要である。

(6) オートクレーブを使用する上での注意

・耐圧試験圧力、常用圧力および使用最高温度が記されているのでその範囲内で使用する。
・試料は容器の内容積の 1/3 以下とする。
・ふたを閉めるときにはパッキングの点検を丁寧にする。フランジ式の蓋の場合、締めすぎや片締めを避け、対角線上にあるボルトを一对として順次数回に分けて一様に締めていく。
・安全弁の作動に注意し、ときどき点検する。
・圧力が大気圧まで低下し、十分冷却してから耐熱手袋などを装着して試料を取り出す。
・詳細は、機械の説明書を参照する。

(7) 電源を使用する上での注意

タンパク質や DNA の研究をする場合、分離・精製するために電気泳動を日常的に行なう。直流電流であるから、特に手が濡れている場合にはきわめて危険であるので、十分注意して接続コードなどを扱うこと。

II 変異原使用にあたっての注意

微生物などを用いた遺伝実験では、突然変異を誘発するのに MNNG(1-Methyl-3-nitro-1-nitrosoguanidine) や EMS(Ethylmethane sulfonate) などの化学変異原を用いることがある。これらは、DNA に対して作用し、当然のことながら発ガン性がある。また、EB(Ethidium bromide) など DNA を染色する試薬もよく用いられるが、これらも発ガン物質である。従って、これらを使用したり廃棄するに当たっては、教員の指導を受け、十分注意すること。

III 微生物実験における注意

微生物は、あらゆる所に存在しているため、微生物の実験を進める上で、目的とする微生物以外の微生物やカビの混入を避けるよう細心の注意が必要である。微生物の実験といっても一般の化学実験と異なるところはないが、微生物が “生物” であることを忘れてはならない。次に、微生物を取り扱う実験における一般的注意事項を述べる。

(1) 実験室・実験器具を清潔にしておく。

身の周りには、いたる所に微生物が存在しているので、その汚染を防ぐためにも実験室、実験器具は常に清潔にしておく。誤って菌液をこぼした場合は逆性石鹼のような滅菌液で拭う。

(2) 使用したものを捨てる際は滅菌する。

実験に使用した培地や微生物などは、汚染を防ぐためにオートクレーブを用いて滅菌してから捨てる。また、ピペットなどはオートクレーブにより滅菌してから廃棄または洗浄する。

実験室では必ず白衣を着用することは当然であるが、白衣のまま外出、特に食事や休憩室への出入りはしないこと。

(3) 操作は常に無菌的に行う。

微生物の分離や植菌等の操作は常に無菌的に行うことが最も重要な基本操作である。実験に用いる微生物により、無菌箱、クリーンベンチ、安全キャビネットなど取り扱う場所を定め、雑菌やカビの混入を防ぐためにも培養、保存場所にも注意を払うこと。

IV 動物実験についての注意

「動物実験指針および動物実験の手引き」を熟読すること。

動物実験を行うには定められた書類を府中地区事務部総務室（内線 5070）に提出し、承認を得る必要がある。

V 遺伝子組換え実験における注意

遺伝子組換え実験とは、遺伝子組換え生物等の第一種使用等又は第二種使用等による実験をいう。遺伝子組換え実験を実施する際の安全確保の基準として、文部科学省告示による「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」が存在する（平成 16 年 2 月施行）。本学ではこの法律および関連法令に基づき「国立大学法人東京農工大学遺伝子組換え生物安全管理規程」が施行されている（平成 16 年 4 月から）。本学で実施する遺伝子組換え実験はすべて「東京農工大学特定生物安全管理小委員会」に申請し、承認を得る必要がある。下記ホームページに上記法律および関連法令、および申請書の様式と作成方法について掲載されている。これらを熟読すること。

関連法令 https://web.tuat.ac.jp/~kankyou/05/03_specific_organisms.shtml

申請書様式 <https://web.tuat.ac.jp/~kankyou/02/lifescience/form.htm>（学内アクセス限定）

また、「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」のわかりやすい説明資料が、文科省ホームページ内（http://www.biodic.go.jp/bch/download/law/070401law_manual_ver5.pdf）より入手できる。本資料も必ず入手し熟読すること。

また、実際の実験に際しては、上記法令等を十分踏まえた上で、指導教員とよく相談し、無理の無い実験計画の基に、安全に十分配慮して行うこと。

<参考>

遺伝子組換え生物等の使用等の形態には、「第一種使用等」と「第二種使用等」があり、使用等に先立ち、それぞれ必要な措置を実施することが必要である。

(1) 第一種使用等

環境中への拡散を防止しないで行う使用等であり、たとえば、圃場での栽培、飼料としての利用、容器を用いない運搬等が該当する。

(2) 第二種使用等

環境中への拡散を防止しつつ行う使用等であり、たとえば、実験室、培養・発酵設備等を用いる使用等や密閉容器を用いる運搬等が該当する。

大学において行われる使用等は、概ね、第二種使用等に該当し、実験、保管及び運搬のそれぞれに、執るべき拡散防止措置などが定められている。

「遺伝子組換え実験」は、「微生物使用実験」、「大量培養実験」、「動物使用実験」及び「植物等使用実験」の4つの実験に区分される。

遺伝子組換え実験

細胞外核酸加工技術により得られた核酸又はその複製物(組換え核酸)を有する遺伝子組換え生物等の使用等による実験。なお、この使用等の一環として行われる保管及び運搬も含む。

a) 微生物使用実験

遺伝子組換え生物の使用等であって、次の b) から d) に当てはまらない使用等をいう。

b) 大量培養実験

遺伝子組換え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)を用いる使用等をいう。

c) 動物使用実験

組換え動物の使用等である「動物作成実験」と動物に保有されている組換え生物の使用等である「動物接種実験」がある。

d) 植物使用実験

組換え植物の使用等である「植物作成実験」、植物により保有されている組換え生物の使用等である「植物接種実験」と組換えきこ類の使用等である「きこの作成実験」がある。

電気を安全に取り扱うために

I はじめに

大学での実験室や研究室で問題となる電気災害の中で最も重大なのは「感電」である。電気は危険の予測が難しいので、「この程度のこと」と思ったことが取り返しのつかない結果になる。特に高電圧の場合は、印加電圧の大きさに対応した安全距離を超えて接近しないように心がけなければならない。電気の実験に際しては、電気火花や過電流による火災や爆発災害、電動機や発電機などの回転操作に伴う機械的災害も起こり得る。

ここでは、重大な結果をもたらす可能性の大きい感電の概要とその原因ならびに対策について述べる。

II 感電とは

人体が電気に触れてショックを受けることを感電という。感電は、人体が直接に充電部に接触することで発生する場合と、漏電により発生する場合がある。人体は、電気を通し易い電解質で構成された実質部を、やや絶縁性をもった皮膚で包んだものであるから、感電時の電流値を決める人体の電気抵抗はほとんど皮膚の抵抗に依存する。乾燥している皮膚の抵抗は数 $\text{k}\Omega$ ～ $1\text{M}\Omega$ 位であるが、一旦、水や汗で湿った状態になると、その抵抗は数百 Ω 位にまで低下する。つまり、 100V でも 100mA 以上の電流が人体に流れる。この 100mA というのは生命の危険を生じる程度の電流である。では、皮膚が乾燥していればいつも安全かという、そうではない。それが例えば 3000V 以上の高電圧になると話は変わってくる。乾いた皮膚が抵抗 $1\text{M}\Omega$ の絶縁物であったとしても、薄い皮膚に高電圧がかかると、過大な電界が皮膚層に加わる結果、皮膚層は絶縁破壊を起こして導通状態となり、大きな電流が流れるようになる。

人体に対する影響の目安を以下に示す。

- 0 ～ 3 mA: 軽い刺激を受ける。
- 3 ～ 10 mA: 相当の痛みを感じるが、離脱可能。
- 10 ～ 30 mA: 筋肉が硬直し離脱不可能となり、呼吸困難、数分以上で生命に危険がある。
- 30 mA 以上: 呼吸停止、死に至る危険がある。

III 感電の原因

感電事故の原因としては、実験者の不注意等の人為的要因によるものも少なくないが、ここでは電気設備的な面からみた感電の原因について述べる。

(1) 配線材料や装置・器具の不良

差し込みプラグやスイッチなどのネジのゆるみ、締め付け不良の端子など配線材料や器具類の機能的欠陥や機械的不良は感電の原因となる。配線として、下記のコードやケーブルがあり許容電流を確かめる必要がある。

- 1) 並行ビニールコード: 定格電流は 7A (心線 0.75mm)でタコ足配線が要注意である。
- 2) キャブタイヤコード: 移動用電線として使用され、普通 $15\sim 25\text{A}$ である。
- 3) ビニル外装ケーブル(Fケーブル): 屋内配線用で厚み 1.5mm で許容電流 19A である。

(2) 絶縁不良

絶縁性能の不良は電気の安全にとって決定的な欠陥となる。絶縁不良部の存在は、そこに直接人体等が触れれば感電を起こすもととなるし、漏電の原因にもなり、電気火災等の重大な事故の発生にもつながる。絶縁抵抗の低下は絶縁材料の経年変化、吸湿、絶縁材料表面の濡れや汚れなどによって生ずる。

(3) 接地不良

接地とは電気回路・装置のある部分を大地に接続することで、その部分の電位を大地電位(OV)に維持する目的で行われる。接地が不十分であると、思わぬ場所に予想外の高電圧が現れ、感電や漏電の原因となる。また、機器のケースの接地は機器の絶縁不良などに対する安全対策にもなっている。

(4) 漏電

漏電とは、本来流れてはならない部分に電流が漏れて流れる現象で、絶縁性能の低下や接地不良、回路の混触などが原因の抵抗性漏電と、電気回路の線間又は絶縁された導体間の漂遊容量を介して流れる容量性漏電とがある。

漏電が生じていても接地が十分だと漏れ電流は接地線を通して大地へ流れるので、漏電部分に触れても感電につながることは少ない。

(5) 装置・器具類の定格不足

抵抗素子や配線器具の電流・電力容量、コンデンサの耐電圧等の定格に注意して実験しないと、回路の焼損や絶縁破壊を引き起こすこととなり、電気火災、漏電、感電などの事故につながる。

(6) コンデンサの取り扱い不慣れ

高電圧コンデンサでは両端子間を一度短絡して放電させても、端子間を開放のままにしておくことと内部の誘電体から吸収電荷が現れ、再び高電圧になる。したがって、うっかりコンデンサの端子に触れると感電する。

(7) 高電圧

高電圧の加わった導体に接地状態にある人体が触れると、たとえ皮膚が乾燥していてもこれが絶縁破壊を起こして感電する。また、電圧が高いと、人体が近づくだけで火花が発生し、これがアークに移行して感電するのみならず大きな火傷を負うこともある。

(8) 静電気

乾燥した室内で敷物や靴などにより大地から絶縁された人間が歩くと、人体に静電気が帯電し、ドアのノブとかキーホールなどの接地金属等に触れると同様の電撃を受ける。この場合、人体電位が1kV以下の時はほとんど何も感じないが、1.5 kV位になると軽く感じるようになる。1.5 ～2.5 kVではかなり激しいショックを感じる。静電気の電撃で死亡した例はないが、そのショックで転倒して怪我をしたという二次災害の例が多い。また、静電気火花が混合気体の爆発を招く場合もある。

IV 感電を防ぐ対策

まず、装置・器具類自体に十分な事故防止対策を施すとともに、それを扱う実験者に対して、安全意識の高揚、安全のための注意事項の徹底等を目的とした安全教育を実施する必要がある。

以下に、感電の原因と対応させながら、主な感電防止対策について述べる。

(1) 装置・機器の接地は必ず丈夫な接地線を用いること。

(2) 装置・器具の配線の絶縁性、漏電の有無等を定期的にチェックすること。

接地、絶縁性、漏電等のチェックについては、実験者はそれを習慣とするように心掛けること。

(3) 装置・器具類、ヒューズの定格をチェックすること。

(4) 静電気によるショックを緩和するには、金属片(鍵など)を手に持ち、これで接地金属に触れて放電させ、直接指先に火花放電を受けないようにすればよい。また、静電気による障害・災害を防止するために、導電物質を用いて静電気を逃したりする方策もとられている。

(5) 実験中誤って直接充電部に触れるのを防ぐため、実験回路や装置の充電部はできるだけ絶縁テープやカバーなどで覆い、露出させないこと。充電部をカバーすることができない場合は、これに注意標識を付した上、碍子などの絶縁架台でしっかり支持し、実験中人体や他の物体が容易に触れないような場所に配置すること。

(6) 作業のしやすさや、実験中の転倒などの不測の事態を考慮しつつ安全に実験を行うためには、実験回路や装置相互間及び実験者との間に適切な距離を確保しなければならない。

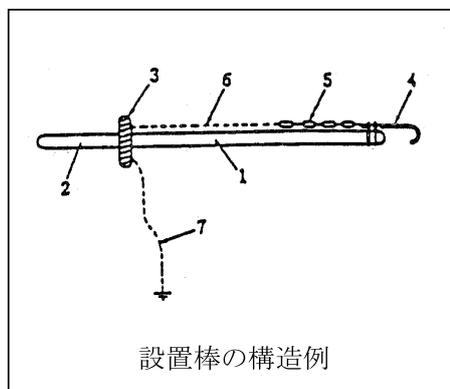
V 高電圧実験における注意

(1) 高電圧を扱う接地、絶縁及び適切な安全距離の確保に留意することが感電防止のポイントである。また、高電圧実験は必ず2名以上で実験チームを組むこと。そのうちの1人が安全確認の要員となり、チーム各員の実験作業状況や周囲状況を把握し、必要に応じて速やかに適切な指示が出せる形態を整えておくこと。実験に先立って室内電源スイッチはどこにあるのか、装置・機器のスイッチはどこについているか、ヒューズや接地線は正しくついているか等を確認することを習慣づけること。もし、高電圧部の端子や導体が露出している時は、必ず接地した金網等でそれを囲って、手や人体が触れないようにすること。場合によっては、警報ランプを設置して、関係者以外の者が実験区域に近づくことを防止する。また、必要に応じて、実験者は絶縁靴や絶縁手袋を着用すること。

(2) 高電圧コンデンサを用いた実験において、実験を中止して高電圧が印加された導体部に近づいたり、触れたりするときは、電源を切った後、まず接地棒(注)の先端を高電圧部の各所に触れて、その電位をゼロに下げた後近づいたり、触れたりすること。その際、一回接地して電荷を逃しても、コンデンサの吸収電荷により再び高電圧が現れるので、少なくとも数回、接地棒で接地をくり返し、その後更に接地棒の先端のフックを高電圧部分にひっかけて、接地状態が常に保たれる状態にしてから作業に入らなければならない。

(注) 接地棒の構造の一例を下図に示す。

1, 2は絶縁物(フェルルール樹脂とか木材)でできた棒で、2が手ににぎる部分(30 cm 程度)である。1は長さ1~2m(電圧の値による)、直径3cm程度が普通である。手ににぎる分の向こう側に導体のつば3(直径10 cm程度)があり、これが接地されている。先端に導体フック4があり、この部分で高電圧部にさわる。フック4と導体のつば3をつなぐところに、100 kΩ位の抵抗10個程度を接続したもの5を入れてあげる。抵抗5を入れないと、コンデンサなどフック4でさわった時に激しいスパークが生じ、非常に大きな音を生ずる。抵抗を入れておくと、スパークが出なくなり、シュツという小さな音だけですむ。つまり、抵抗5はコンデンサの蓄積エネルギーを緩慢に放出させてコンデンサを保護するとともに、安全上の役目を果たすものである。6は太目の導体である。7は編組織と素線の太い導線を組合わせた接地線である。



(3) 故障箇所への接近には電源はおおもとのナイフスイッチや断路器まですべて切る。高電圧部はすべて接地する。次に電圧がゼロになったことをメーターで確認する。それから、接地棒で故障箇所及び故障箇所へ接地する道筋の高電圧部もすべて接地棒で接地する。したがって、接地棒は1本ではなく、複数本用意する必要がある。高電圧部を接地する際、2~3回接地を繰り返してもなお火花または放電音が出る場合は、放電回路の抵抗などの断線が考えられるので、充分注意すること。以上の接地動作を行った後、故障が予想される箇所に接地棒をつけたまま、作業は、慎重に行うこと。

(4) 活線と死線の区別を確認すること。特に数+kV 以上の高電圧実験の際には、数百Vの中電圧活線は危険電圧ではないかのごとく不用意に取り扱われやすいので、十分に注意すること。

(5) 装置・機器及び実験試料との安全距離を十分確認すること。回路電圧と安全距離との関係の例を下表に示す。ただし、これらの値はあくまでも1つの目安であり、個々の装置等の充電部分の形状による電界の不等性や印加電圧波形などによって大きく異なることに注意すべきである。

回路電圧と安全距離

回路電圧 (kV)	安全距離 (cm)	回路電圧 (kV)	安全距離 (cm)
11 ~ 22	70	77 ~ 88	110
33 ~ 44	80	110 ~ 154	200
55 ~ 66	90	187 ~ 275	300

(6) 実験の種類によっては、高電圧ゴム手袋、絶縁架台等の絶縁用保護具を準備すること。しかし、保護具も高湿潤時、雨天時など水に濡れた状況のもとではその機能がほとんど発揮されないことを念頭におかなければならない。

VI 感電時の処置と注意

感電者が離脱不能に陥ったときには、直ちに他人が力を貸して離脱させるか電源を遮断しなければならない。ある規模以上の電気実験は常に複数人で行なう必要性がここにある。離脱救助や電源遮断の作業中に、救助者自身が連鎖感電したり火傷その他の二次罹災を生じないよう十分な注意を払わねばならない。

(1) 感電者の離脱と電源遮断時の注意

自力離脱不能の感電者を速やかに充電部から離脱させる必要がある。しかし早く助けようと焦るあまり、不用意に感電者に触れると、救助者自身も感電者を介して連鎖感電する恐れがある。救助者は絶縁靴を着用したり絶縁台に乗っているなどして大地から絶縁されていなければならない。もし救助者が大地から絶縁されていないときには、感電者に触れる前に電源を遮断し充電部を接地する必要がある。

感電者の離脱や電源遮断・接地というときの処置を安全適切に行なうには、常日頃からまさかの時を念頭に置いた実験設備・機材の配置と動作訓練や心掛けの徹底が不可欠である。

(2) 感電者に対する応急措置

万一事故が生じたときは、まず前項の方法で感電者を充電部から離脱させ電源を遮断・接地する。感電者が失神状態に陥った場合には、呼吸状態と脈拍状態を確認のうえ、直ちに救急医の手配を行なうと共に、人工呼吸と心臓マッサージ等の救護措置を講ずる。人工呼吸と心臓マッサージの両方を同時に行なうには2人必要であるが、救護の効果は大きい。

人工呼吸は、感電者の鼻をつまんだうえで術者が深呼吸し、口うつしに感電者の口内に息を吹込む。以下この動作をゆっくり繰り返す。心臓マッサージは、感電者の胸部を露出させ、術者が感電者にまたがり、その心臓部の上に両手掌を当てがって術者の全体重を加えた後これを放す。以下この動作を繰り返す。

失神状態に陥るほどではなくても、火傷の心配があり、心身への衝撃も大きい。程度によっては医師の診察や心電図検査などを受けねばならない。軽度の場合でも、事後に十分な安静が必要である。

感電に伴い皮膚や内部組織に火傷を負うことが多い。特に内部組織の電気火傷は治療に長時間を要する。火傷の有無をよく調べ、必要ならば速やかに医師の治療を受ける。

感電の二次災害として、衝撃のため転倒や転落して、外傷や打撲傷を負うこともしばしばある。場合によっては止血や骨折等に対する応急措置を講じる。

レーザーの安全について

I はじめに

レーザーの安全性に関する検討は比較的早く、1960年代から主として米国で行われてきた。わが国においては、労働省や厚生省がそれぞれの立場から「レーザー光線による傷害の防止対策について」や「レーザー手術装置について」等の通達を出し、レーザー光の使用上の注意を細かく規定してきた。わが国におけるレーザー安全基準は、種々の経緯を経て、昭和63年11月1日付で「レーザー製品の放射安全基準」(JIS C 6802)として制定された。

II レーザーのクラス分け

レーザーは、特定の物質に人工的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制御された誘導放射の過程により増幅させたもので、約 200 nm から 10 μm までの波長域にあり、単一波長で位相の揃った指向性の強い光線が発生する(下表)。

主なレーザーの種類

種類		波長(μm)	出	力
		連続	パルス	
ガス レーザー	He-Ne	0.63	1~50mW	
	CO2	10.6	10~5000W	~300J
	Ar イオン	0.51	0.5~5W	
	エキシマ	0.48	5~20mW	~2J
固体 レーザー	YAG	0.2~0.4	—	~50J
	ルビー	1.06	10~500W	~20J
	ガラス	0.69	—	~100kJ
液体 レーザー	色紙	1.06	—	
	ローダミン6G	0.5~0.65	0.1~10W	
半導体 レーザー	Ca As 系	0.64~3.1	1~1mW	

このように、レーザー製品の放射波長、波形、出力、構造などは多岐にわたっている。また、最も敏感に作用を受ける眼の場合には、光化学的作用あるいは熱作用を受ける部位が波長によって異なるうえ、可視光あるいは近赤外光(400 ~ 1200 nm)は水晶体の集光作用によって眼底では単位面積当りのレーザー強度は角膜面上の 10⁴倍にも達する。このように、人体に及ぼすレーザーの危険度は条件により強く異なるので、共通の安全基準を設けることはできない。そこで、JIS規格では本質的に安全なクラスから危険なクラスまでの4つのクラス分けを行っている。そのおおまかなクラス内容は以下

の通りであるが、詳細なクラス分けについては JIS 規格を参照のこと。また、眼や皮膚に対して許される最大被爆放出レベル(AEL: Accessible Emission Limits)を規定している。クラス分けはレーザー機器の構造、発振形態などが複雑であり、その判定にあたってはメーカー等の専門家の意見を聴取する必要がある。

- クラス1 人体に傷害を与えない低出力(おおむね $0.39 \mu W$ 以下)のもの。
- クラス2 可視光(波長 400 ~ 700 nm)で、人体の防御反応(まばたき動作秒)により傷害を回避しうる程度の出力以下(おおむね $1mW$ 以下)のもの。
- クラス3A 光学的手段でのビーム内観察は危険で、放出レベルがクラス2の出力の5倍以下(おおむね $5mW$ 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線の暴露により目の傷害を生じる可能性があるが、拡散反射によるレーザー光線に暴露しても目の傷害を生じる可能性のない出力(おおむね $0.5 W$ 以下)のもの。
- クラス4 拡散反射によるレーザー光線の暴露でも目に傷害を与える可能性のある出力(おおむね $0.5 W$ を超える)もの。

III 人体に与える影響

レーザー光線の波長、出力、出力波形などによって異なるが、一般に皮膚よりも眼の方が重症で不可逆的な変化を生じやすい。

(1) 眼の傷害

波長により、角膜、水晶体の吸収の度合いが異なり、下表のように傷害の症状も様々である。

(2) 皮膚の傷害

高出力のレーザー光線に対する過度の暴露を受けると軽度の紅斑から水泡形成、熱凝固、炭化までの変化が起こる。

過度のレーザー光に露光した場合の生体障害

CIE 波長域*	眼	皮膚
紫外C(UV-C) (100~280 nm)	角膜障害	紅疹(日焼け) 皮膚老化の促進 色素の増加
紫外B(UV-B) (280~315 nm)		
紫外A(UV-A) (315~400 nm)	角膜障害、白内障	色素の黒化 光による反応
可視(VISIBLE) (400~780 nm)	網膜損傷	
赤外A(IR-A) (780~1400 nm)	網膜損傷、白内障	
赤外B(IR-B) (1.4~3 μm)	角膜障害、白内障	火傷
赤外C(IR-C) (3 μm ~1mm)		

* CIE(国際照明委員会)によって定義される波長範囲で、生体学的影響を記述する場合に用いられる。

IV 安全予防対策

レーザー装置は安全基準に準じ、クラス分けに応じた安全対策が製造業者においてなされているが、ここでは使用者側における傷害防止対策をまとめる。

(1) 遠隔連動保護コネクタの使用

遠隔連動保護コネクタはクラス3B(ただし、可視域で5mW 以下のクラス3Bを除く)以上のレーザー製品に設けられており、その使用者はこのインターコネクタを非常時遮断用主インタロック、部屋ロック、ドアインタロックまたはその他のインタロックに接続しなければならない。

(2) 鍵による制御

クラス3B(ただし、可視域で5mW 以下のクラス3Bを除く)以上のレーザー製品については、鍵による主制御器を備えることが規定されている。使用者は、この鍵を活用し、レーザー製品を使用しないときは鍵を外しておくことによって、無許可での運転を防止しなければならない。

(3) ビーム遮断器または減衰器

クラス3B以上のレーザー製品使用者は、ビーム遮断器または減衰器は原則的には閉じておべきものであると認識し、不意なレーザー放射や不注意な被爆を防止しなければならない。

(4) 警告標識

クラス3B以上のレーザー製品が設置された場所、部屋入口、または保護囲いに、使用者は適切な警告標識を掲示しなければならない。人体に対するレーザー放射の露光の管理値である最大許容露光量(MPE : Maximun Permissible Exposure)を越えるレーザー放射が放出される可能性のある区域はレーザー管理区域とし、この区域内での安全予防に関してはレーザー安全管理者が責任を負う。

(5) ビーム光線

クラス2以上のレーザー製品から放出されるビームは終端しなくてはならない。終端には適切な反射率と熱特性を持つ拡散反射体または吸収体を用いる。鏡面反射体は決して用いてはならない。レーザービームを開放して用いなければならない場合には、レーザービームの位置は目の高さよりも下方またははるかに上方に位置するように。基本波が赤外光であって光路が目視確認できない場合、全く同じ光路に Ar イオンレーザーなどの目視可能な光を通し、光路全体及び反射・散乱光の行方がわかるように配慮するべきである。

(6) 鏡面反射

クラス3B以上のレーザー製品では瞬間的な通過でも眼に対し危険な場合があるので、ミラー、レンズ、ビームスプリッター等の光学素子は確実にホルダーに取り付けなければならない。レーザービームなしに光学素子を動かすと、照射ビームは思わぬ方向に放出されて危険であり、光学素子の操作はレーザー放射中のみに限定すべきである。

(7) 眼の保護

安全予防対策としてもっとも重要な事項であり、適切な保護めがねの着用によって行われる。レーザー保護めがねの JIS規格はないが、以下に保護めがねを選択するときに考慮すべき項目を記す。

すべての波長領域に対応できる保護めがねはない。Ar レーザーのように複数の波長を同時発振するレーザーや、YAG レーザーのように基本波(1064 nm)とともに第二高周波(532 nm)を放射可能な装置もある。このように、保護めがねの選択に当たって、使用している波長以外の波長についても考慮すべきであり、それぞれの波長における光学濃度を製品の特性グラフ等を参考にして確認する。また、保護めがねの透過性について注意を払わないと、作業性、安全性などに支障をきたすことがある。このような観点から、通常作業用とアライメント用とを使い分けることがより危険防止に役立つ。

保護めがねには、プラスチックまたはガラス基材に吸収剤を添加する吸収タイプと、基材表面に誘導体多層薄膜を設けた反射タイプとがある。プラスチック製の吸収タイプでは表面の傷防止コーティングしたものが好ましい。反射タイプは傷により透過率が大きく変化するうえ、光線の入射角度により性能が変化することに留意する必要がある。

(8)保護着衣

皮膚に対する MPE を明らかに越える放射レベルに暴露される可能性のある場合やクラス4レーザーでは、潜在的に火災の危険性があるので、保護着衣を着用しなくてはならない。