

危険性ガスの安全作業について

I はじめに

半導体工業の発展とともに、シラン、アルシンといった危険・有害ガス(高圧特殊ガス)が、大学における研究活動にも用いられることが多くなった。これらのガスのなかには重篤な事故に至る激しい爆発性や死に至るほどの毒性を有するものが少なくない。したがって半導体用ガスを用いるプロセスは、研究室責任者による厳重な監督指導の下に行われ、事故を未然に防ぐために細心の注意を払い、常に

- ① 有害ガスを絶対に漏らさない
- ② 有害ガスを未処理のまま排出しない
- ③ 万一漏れても、絶対に、吸うことのない完全な装置設定を行なう。

ことを鉄則にして実験を進めていく必要がある。また、半導体プロセス関係の実験では、担当者全員が少なくとも以下に示す一般的注意事項を遵守する必要がある。

- ① 半導体用ガスに対する基礎知識をもち、ガスの性質を十分認識した上で実験を行うこと。
- ② これまで報告例のない、新しい半導体用ガスを用いる場合は、必ずその安全性に関する資料を集めてから実験を開始する。
- ③ 事故は、装置の立ち上げの際に起きやすい。ガスを初めて流す前に真空引きによる漏れチェックを徹底して行うこと。特に、加圧となる部分については、慎重に漏れチェックを行う必要がある。
- ④ 一般的には、半導体プロセスでは、バルブ操作がきわめて多く、必ずバルブ操作のためのマニュアルを作成すること。実験に慣れてきても、マニュアルで確認する作業を省略してはならない。
- ⑤ 危険なガスを扱う実験は、二人以上で行うことが望まれる。特に夜遅く、一人で実験を行ってはならない。
- ⑥ 定期的に安全確認の作業を行うこと。特に、定期的に保守が必要な装置(例えば排ガス処理装置)などに関しては、必ず作業記録を残し、忘れることのないようにすること。
- ⑦ これらに対して万全を期した上でなお、万が一の緊急時に備えて定期的に訓練を行い、特に、消火器、ガスマスクなどは、すぐに使えるよう日頃の訓練を怠らないこと。また、担当者間で、常日頃から地震、火災、ガス漏れなどに対する緊急措置を話し合うことが大切である。特に以下の2種類の薬品に関しては、使用頻度が高く、危険性がきわめて高いので十分注意して頂きたい。

1) トリクロロエチレン(トリクレン)

トリクレンを扱っている者の白血球が減少する例があり、蒸気を吸わないよう十分注意する必要がある。

2) HF(フッ酸)

少しでも皮膚につくと、骨まで達するので厳重に注意すること。蒸気に対しても十分な注意が必要。HFを用いる場合は、必ず手袋、保護メガネ、防毒マスク着用のこと。

- ⑧ 吸入による中毒に対しては一刻を争う救命手当が必要があるが、ほとんどの病院では対応できないため、特別な救急医療施設に直送しなければならない。そのため救急医療施設の連絡先をあらかじめ把握しておく必要がある。

II 半導体用危険・有害化学物質

1. 半導体用ガスの一般的知識

半導体プロセスには、発火性のガスや有毒ガスが多く用いられている。これらの危険・有害化学物質を用いて研究を進めていくためには、ガスに対する基礎知識を養うとともに、その扱いに慣れ、安全対策を十分施す必要がある。ここでは、

まずこれらのガスの基礎的な性質、排ガス処理法、救急処置法などを眺める。半導体用に使用される各種ガスの一般的性質をまとめると次表のとおりである。

(1) 燃焼性

シランなどの水素化合物は、容易に加水分解するが、特に注意すべき性質として燃焼性、爆発性があげられる。水素化合物は、何れも可燃性であり、空気中で爆発的に燃焼するので、取り扱いには細心の注意が必要である。クロルシラン類 (SiH_3F , Cl , SiH_2Cl , SiHCl_3)、フロロシラン類 (SiH_3F , SiH_2 , F_2 , SiHF_3) も空気中で容易に発火するし、また静電気によっても発火する。

有機金属化合物(トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、他)は、高温において熱的に不安定であり、また空気や水と激しく反応するため、取り扱いにあたっては十分に注意する必要がある。空気に触れると自然発火し、この時に酸化物の白煙を発生する。この際、発生するガスは非常に有毒なので十分な換気をする。また、漏洩しただけで火災の危険性があるので放置してはいけない。漏洩時に布、紙等で拭き取ると二次火災の恐れがある。

(2) 腐食性

水素化合物は、ゴムグリース及び潤滑油を浸すこと。サラン、ポリエステル、石英ガラス、ナイロン、テフロン、アスベスト、パラフィン等は影響を受けない。金属では、アルミニウムが侵される。 H_2S 、 NH_3 は特に腐食性が強く、水分の存在下でそれぞれ特に、 Cu 、 Al 及びその合金を激しく腐食する。

ハロゲン化合物は、ほとんどすべて容易に加水分解し、塩酸、フッ酸等の腐食性の強い酸を生じる。同時に白煙、刺激臭を伴う。これらの酸は、ほとんどの金属を激しく腐食する。

(3) 毒性

半導体の膜形成、プロセスに用いられるガスの多くは強い毒性があり、極めて微量で人体に重大な影響を及ぼすので、その取り扱いには、細心の注意が必要である。水素化合物は、特に毒性が強く微量の吸入によって頭痛、めまい、吐き気、呼吸困難等の急性症状が表れる。特に AsH_3 等は溶血作用が強く、高濃度の吸入は、即死、低濃度でも数時間で死に至る。また、目、喉等の粘膜を刺激するものも多く、ごく微量の吸入でも繰り返すと同様の慢性症状が表れる。

(4) 排ガス処理法

水素化合物は、加水分解の後、アルカリで中和、酸化吸着剤を用いた吸着等の方法により処理する。シラン類は、燃焼炉を用いた燃焼によっても処理可能である。ハロゲン化合物は加水分解の後アルカリで中和して処理する。焼却炉に投入してはいけない。有機金属化合物は、トキシクリーン等の吸着剤を用いて除去する。いずれの方法によっても、大量のガスを一度に処理することは非常に危険なので、流量制御を行って徐々に処理を行わなければならない。また、種類の異なるガスを同時に用いるときには、危険のないように、その処理系統の構成に十分配慮する必要がある。

(5) 救急処置

毒性の強いガスを吸入した場合は、直ちに新鮮な空気中に連れ出し、酸素吸入する。呼吸停止の場合には、人工呼吸等、適切な処置を行い、安静にしてすぐに専門医を呼ぶこと。皮膚・目・鼻等に付着した場合は、直ちに大量の流水で長時間洗浄する。専門医を呼ぶ場合には、医者が来るまで洗浄を続ける。化学的な中和剤は使用してはいけない場合がほとんどで、軟膏なども塗布してはいけない場合が多いので注意が必要である。有機金属の場合は、特に火傷を伴う可能性が高いので、洗浄と共に十分に冷却する。誤飲した場合は、大量に水を飲ませて希釈する場合、吐かせてよい場合、悪い場合と適切な処置が様々なので、注意が必要である。

各種半導体用ガスの一般的性質

分類	ガス名	外 観	沸 点 (°C)	比 重 (Air=1)	蒸 気 圧 (0 °C)	許容濃度 (ppm)	危 険 性			
							毒性	可燃性	自然性	腐食性
水素化物	AsH ₃	無色でにんにく臭の気体	-62.5	2.695	8.58K	0.05	◎	○		
	B ₂ H ₆	無色で吐き気の気体	-92.8	0.965	28.10K	0.1	◎	○	○	
	PH ₃	無色で腐魚臭の気体	-87.7	1.184	22.43K	0.3	◎	○	○	
	H ₂ S	無色で腐卵臭の気体	-60.7	1.189	10.33K	10	○	○		◎
	H ₂ Se	無色でにんにく臭の気体	-41.4	2.08	5.12K	0.05	◎	○	○	
(シラン類)	SiH ₄	無色で不快臭の気体	-111.5	1.114	24.2K	5	○	◎	◎	
	Si ₂ H ₆	無色で不快臭の気体	-14.5	2.3	1.86K		○	◎	◎	
	GeH ₄	無色で独特の窒息性臭気のある気体	-88.4	2.654	25.11K	0.2	◎	◎	○	
クロル化物	SiCl ₄	無色で窒息臭の発煙性液体	59	5.90 (気体)	100m (5.4°C)	不明	○			○
	CCl ₄	無色で特異な臭いの液体	76.8	5.32 (気体)	33m	5	○			○
	BCl ₃	無色で刺激臭の発煙性液体、無色で干し草様の臭いの気体	12.5	4.03 (気体)	470m	不明	○			○
	HCl	無色で刺激臭の気体	-85	1.268	26.55K	5	○	支		○
	Cl ₂	黄緑色で窒息性の刺激臭の気体	-34.1	2.49	3.8K	1	○	支		◎
フッ化物	SiF ₄	無色で刺激臭の気体	-95.5	3.57	103.5K	0.5*	○			○
	GeF ₄	—								
	CF ₄	無色無臭の気体	-128	3.05	798.9m (-127.3)					
	BF ₃	無色で刺激的な窒息臭の気体	-99.8	2.380	760m (-99.9°C)	1	○			○
	HF	無色で特異な刺激臭の気体または液体	19.5	1.27	360m	(3asF)	○			○
	F ₂	体	-187	1.311		1	○	支		◎
	TMG	黄緑色で塩素様の臭気の気体	55.8		64.5m		○	◎	◎	
有機金属	TEG	無色透明の液体	143		16m (43°C)		○	◎	◎	
	TEAL	無色透明な液体	186		1m(62°C)	(2mg/m ³)	○	◎	◎	
	CH ₄	無色透明な液体	-161.5	0.555	87.4m (-182°C)			○		
その他	NH ₃	無色無臭の気体	-33.4	0.597	4.55K	25	○	○		○
	H ₂	無色で息詰まるような刺激臭の気体 無色無臭の気体	-252.8	0.2695				○		

[備考]蒸気圧:K…kg/cm²、m…mmHg 許容濃度:ACGIHによる値、*…未承知 可燃性:支…支燃性

2. 各種半導体用ガス

半導体用ガスとして頻繁に用いられる危険性の高い化学物質について、その危険性、人体への影響、緊急時の処理法などを詳しく述べると次のとおりである。

1) AsH₃ (ヒ化水素、アルシン)

① 危険性

燃焼性:あり

爆発範囲:0.8 ～ 98 vol%

混触危険物質:Cl₂、強い酸化剤、硝酸

自触媒性:非常に強い

② 緊急措置

漏洩:人を避難させ、緊急換気する。気体は清浄装置を通して排気する。

火災:ドライケミカル消火器、CO₂ 消火器を使用のこ。

取扱:自給式呼吸器、グローブ、手袋等着用、目の保護をする。取り扱い後は手や顔をよく洗うこと。

③ 人体への影響

急性(吸入):ヘモグロビンとの親和力が強く、溶血作用がある。貧血、黄だん、浮腫が現れる。皮膚呼吸でも影響があるので、息を止めたり、ガスマスクをしても完全には防げない。250 ppm…即死。25 ～ 50 ppm…1 時間半で死亡。3 ～ 10 ppm…数時間で中毒症状発現。長時間では致死。0.5ppm…急性中毒発現。めまい、頭痛、喉に刺激、肺浮腫。

慢性:赤血球破壊。尿中にタンパク質。

発ガン性:危険性がある。

④ 救急処置

酸素吸入。速やかに医師の診断を受ける。呼吸停止の場合は人工呼吸すること。

⑤ 排ガス処理法

固体酸化吸収剤(FeCl₃を主剤とする)による吸着反応処理、及びこれと燃焼器との併用をすること。

2) PH₃ (リン化水素、ホスフィン)

① 危険性

爆発範囲:1.32 ～ 9.8 Vol%

自然発火性:微量の P₂H₆を含むため、自然発火性がある。

混合発火物質:AgNO₃、Hg(NO₃)₂、N₂O、HNO₃、HNO₂、Cl₂、NO、NCl₃、Cl₂O、Br₂

混触危険物質:空気、BCl₃、Br₂、Cl₂、Cl₂O、Hg(NO₃)₂、HNO₃、NO、NCl₃、NO₂、N₂O、HNO₂、O₂、(K+NH₃)、AgNO₃、AgNO₃

② 緊急措置

漏洩、飛散:火気厳禁、漏れを止める。蒸気を少なくする為に水散布及び換気すること。

小火災:粉末または CO₂ 消火器

大火災:水散布、霧又は泡。この際、水の汚染に注意すること。

③ 人体への影響

急性(吸入):数分以内に呼吸困難、チアノーゼ、気絶、窒息性けいれん等の徴候が現れ、致死となる。

亜急性(吸入):極度の疲労感、頭胸腹の痛み、長く続く吐き気、下痢、更に吸入すると、肺水腫、運動失調、興奮と眠気

等が起こり、48 時間以内に死ぬこととなる。この段階をのりきったとしても、致命的な肝臓、腎臓障害が引き続いて起こる。呼吸はにんにく臭がある。黄だん、窒素血症、閉尿が起きる。心臓障害もある。2000 ppm…数分で死に至る。300 ppm…1 時間で命が危ない。症候の現れない最大許容濃度…1.4 ～ 2.8 ppm である。

④ 救急処置

できるだけ早く酸素を吸入する。呼吸停止なら人工呼吸。保温・安静。速やかに医師の診断を受けること。

⑤ 排ガス処理法

吸着剤(過マンガン酸カリウムの硫酸水溶液、塩化第二鉄溶液、次亜臭素酸ナトリウム溶液)による除去及び排ガスを洗浄し、大気中に放出すること。

3) B₂H₆ (水素化ホウ素、ジボラン)

① 危険性

燃焼性:可燃性

爆発範囲:0.9 ～ 98.0 vol%

自然発火性:湿った空気中で自然発火する。

混合発火性:熱、炎、空気、HNO₃、O₂

混触危険物質:CO₂、酸化剤、アルミニウム、リチウム

② 緊急装置

漏洩、火災:蒸気を少なくする為に水散布。ガスが燃えており漏れが止められない場合には、燃えるにまかせる。火災が起きたタンクから全方向 800 m は隔離すること。

消火:小火災…粉末又は CO₂ 消火器、大火災…水散布、霧又は泡が有効である。

③ 人体への影響

急性(吸入):粘膜刺激性が強い。頭痛、吐き気、衰弱、ひきつけ、胸の締め付け、咳、呼吸困難、肺水腫、溶血作用。

吸入すると臭覚が鈍くなる。眼…高濃度で刺激がある。皮膚…高濃度で炎症する。

慢性:ぜいぜいした息、乾いた咳、呼吸困難、数年に渡る呼吸こう進、頭痛、疲労、けいれんなどが表れる。

④ 救急処置

吸入:直ちに新鮮な空気中に移動、保温・安静、純粋酸素吸入。呼吸停止の場合は人工呼吸し、すぐに医師を呼ぶこと。

眼:上下のまぶたを持ち上げて 15 分間洗浄。すぐに専門医の手当を受けること。本物質を扱うときにはコンタクトレンズを使用しないこと。

皮膚:大量の水で 15 分間洗浄し、熱による火傷の手当をする。

⑤ 排ガス処理法

液分散型ガス吸収装置を用いて排ガス中の B₂O₃を除きながら燃焼する。

4) H₂Se (セレン化水素)

① 危険性

燃焼性:可燃性。点火すると青い炎をあげて燃える。

爆発性:火災、爆発の危険ある。

混合発火性:空気と爆発性混合物をつくる。

混合危険物質:酸化剤(H₂O₂、HNO₃ 等)、酸、水、炭化水素の塩化物。

② 緊急措置

漏洩、飛散:火気厳禁。漏れを止める。蒸気を少なくするため水散布すること。

小火災:粉末または CO₂ 消火器

大火災:水散布、霧又は泡。漏れガスの止められない場合には燃えるにまかせる。火災の起きたタンクから全方向 800 m に渡って隔離すること。

③ 人体への影響

急性(吸入):0.2 ppm 以下に長く暴露された時は、呼気がにんにく臭、吐き気、めまい、倦怠。肝臓、ひ臓にも有害。溶血作用がある。セレンが解毒されるとセレン化ジメチルが発生…肺炎、喉の痛み。眼・皮膚…粘膜を刺激する。1ppm で眼鼻喉に耐えがたい刺激がある。

④ 救急処置

吸入:直ちに新鮮な空気中に連れ出し、保温・安静。酸素吸入、人工呼吸。肺水腫の徴候がないかよく観察すること。

眼:水で 15 分以上よく洗うこと。

痛みを和らげる方法…1滴のオリーブ油、3〜4滴の 0.1%硫酸エピネフリン、局所麻酔、温冷湿布。できるだけ早く専門医にみせること。

⑤ 排ガス処理法

KOH 等のアルカリ水溶液に吸収させる。猛毒物質であり未吸収ガスが若干でも残っていると危険なので、充分注意が必要である。

5) SiH₄ (シラン、モノシラン)

① 危険性

燃焼範囲:0.8 ～ 98%

爆発範囲:1.37 vol% (1atm)、1.65 vol% (4.84 atm)、1vol% (1atm、O₂ 濃度 0.2 vol%)、0.64% (1atm、O₂ 濃度 0.8 vol%)。希釈剤の点火により下限界が低下するので注意が必要である。シラン5%のとき、爆発圧力は初圧の9倍、最高圧力上昇速度は 2168 atm/s となる。

自然発火性:空気中で自然発火する。

混触危険物質:ハロゲン(爆発)、酸化剤、空気、重金属の塩化物、O₂ (爆発性物質の生成)、NO、NO₂、N₂O

② 緊急措置

漏洩、飛散:大部分の場合は炎で発見できる。配管中で漏れたときは、供給を止め、退避し、残りのシランは燃やしてしまうこと。

小火災:粉末又は CO₂ 消火器

大火災:水散布、霧又は泡が有効である。

③ 人体への影響

急性(吸入):上気道刺激、頭痛、吐き気が起こること以外は、ほとんど知られていない。

眼・皮膚…刺激がある。

慢性:不明

④ 救急処置

直ちに汚染されていない大気中に連れ出し、安静・保温。100%酸素吸入。呼吸停止なら人工呼吸を行い、すぐに医師を呼ぶこと。

⑤ 排ガス処理法

燃焼(1000℃以上)、アルカリ水溶液中への吸収(加水分解)、酸化剤処理すること。

6) GeH₄ (ゲルマン、水素化ゲルマニウム)

① 危険性

燃焼性:可燃性

爆発範囲:0.8 ～ 98%、分解爆発の危険性がある。

自然発火性:空気中で分解反応により自然発火する可能性がある。

混触危険物質:ハロゲン

② 緊急措置

漏洩、飛散:裸火厳禁、禁煙。漏れを止める。蒸気を少なくするために水散布すること。漏れが止められない場合は燃えるにまかせること。

小火災:粉末又はCO₂消火器

大火災:水散布、霧又は泡が有効である。

③ 人体への影響

急性(吸入):アルシン同様、ヘモグロビンとの親和性が強く、溶血作用がある。暴露により溶血現象と腎臓障害が起きると予測されているが、現時点で正確な毒性情報が少ない。

④ 救急処置

処置法は知られていないが、アルシンの救急処置を参考にするとよい。酸素吸入などの一般的な補助法はできる限り早く行うこと。医師の手当を至急受けること。

⑤ 排ガス処理法

燃焼炉で燃焼処分する。シラン類の処理法に準じて行うこと。

7) SiF₄ (四フッ化珪素)

① 危険性

燃焼性:不燃性

化学反応性:加水分解してフッ化物、フッ化水素、フッ化水素酸を生成、加熱分解によってフッ素イオンの蒸気を発生する。

② 緊急措置

漏洩、飛散:漏れを止める。蒸発を少なくするため水散布するが、こぼれた場所にはかけない。なお、漏れた場合は、白煙をだすのですぐに検知できる。

小火災:粉末又はCO₂消火器

大火災:水散布、霧又は泡が有効である。

③ 人体への影響

急性(吸入):50 ppm、30 ～ 60分で死亡。呼吸器の刺激、肺の炎症とうっ血、循環器の衰弱、肺水腫、骨硬化症。眼…刺激。皮膚…痛み、ひどい火傷。

④ 救急処置

吸入:直ちに新鮮な空気中に移すこと。100%酸素吸入(重症の時は加圧)。保温・安静。作用の穏やかな沈痛・鎮静剤(アスピリンなど)を与えてもよい。呼吸停止の時は人工呼吸を行い、医師の手当を至急受けること。

眼…15分間水で洗淨、これを数回繰り返す、氷の湿布、眼科医の手当を至急受けること。

⑤ 排ガス処理法

大量の水、KOH などのアルカリ水溶液により加水分解、中和するか、吸着剤による吸収を行うこと。

8) BCl₃ (塩化ホウ素)

① 危険性

混触危険物質: 水、アニリン、ヘキサフルオロイソプロピリデン、アミノリチウム、二酸化窒素、ホスフィン、グリース、有機物、酸素。

腐食性: 水の存在下で、大部分の金属を腐食する。

② 緊急措置

漏洩、飛散: 洩れを止める。蒸気を少なくするため水散布するが、こぼれた場所にかけない。ガスが拡散するまで区域を隔離する。なお、漏れた場合は白煙をだすのですぐに検知できる。

小火災: 粉末又は CO₂ 消火器

大火災: 水散布、霧又は泡が有効である。

③ 人体への影響

急性(吸入): 上気道の刺激、浮腫、鋭い刺激臭があるのでたやすく感知できる。

眼・皮膚…組織が刺激される。皮膚がひどく侵されると、発熱し、衰弱する。

④ 救急処置

何れの場合もすぐに医師を呼ぶこと。

吸入: 直ちに新鮮な空気中に移送し、呼吸が止まれば人工呼吸、苦しければ酸素吸入を行うこと。保温・安静が必要である。

皮膚: 直ちに流水で洗うこと。化学的中和剤はよくない。重症時は安静・保温が必要である。

鼻: 水で 15 分以上洗淨すること。

眼: 直ちに水で 15 分以上まぶたを持ち上げて洗淨すること。

⑤ 排ガス処理法

大量の水、KOH などのアルカリ水溶液による加水分解、中和、あるいは吸着剤による呼吸を行うこと。

9) Ga(CH₃)₃ (TMG.トリメチルガリウム)

① 一般的性質

分子量: 114.82	融点: -15.8°C
沸点: 55.8°C	密度: 1.151g/ml (15°C)
外観: 無色透明な液体	
蒸気圧: 温度(°C)	蒸気圧 (mmHg)
0.0	64.5
25.0	226.5
55.8	760

② 危険性

空气中で容易に酸化される。多量に漏洩した場合は、自然発火性がある。水とは激しく反応し、メタンガスを発生し Me₂GaOH 又は [Me₂Ga]₂O_x を生成する。AsH₃、PH₃などと安定な錯体を形成する。活性水素を有するアルコール類、酸

類等とは、激しく反応する。

③ 緊急措置

漏洩：発火性が強いので、布・紙等で拭き取ってはならない。また、空気に触れると酸化して有毒のガスを発生するので十分な換気を行うこと。

火災：他に延焼しないように局地化し、他の可燃物を隔離し粉末消火器（ドライケミカル）、乾燥砂などで火勢を制御しながら徐々に燃焼させること。上記以外の水、泡沫消火剤、四塩化炭素等は絶対に使用してはならない。

④ 人体への影響

急性（吸入）：燃焼時に発生する白煙霧を吸入すると気管や肺が侵される。高濃度（15mg/m³）に吸入すると、激しいインフルエンザの様な煙霧熱を引き起こすことがあるが、通常は数日で回復する。皮膚・眼…粘膜の炎症、刺激がある。組織を破壊し、処置が遅れるとひどい火傷が残る。

⑤ 救急処置

皮膚：大量に水で除去すると共に冷却し、皮膚組織を保護。

眼まぶたを開けたまま 15 分間静かに水洗すること。その後の処置は医師の指示に従うこと。

吸入：安静にして医師の指示に従うこと。

⑥ 貯蔵安定性：不活性気体（N₂、Ar 等）中、室温で保存する場合は、安定である。

10) Ga(C₂H₅)₃ (TEG、トリエチルガリウム)

① 一般的性質

分子量:156.91	融点:-82.3℃
沸点:143℃	密度:0.06g/ml
外 観:無色透明な液体	
蒸気圧:温度(℃)	蒸気圧(mmHg)
43	16
47	18
143	760

② 危険性

水と激しく反応し、エタンガスを発生し Et₂GaOH を生成する。その他 TMG に準ずる。

③ 緊急措置、人体への影響、救急処置、貯蔵安定性:TMG に準ずる。

11) Al(C₂H₅)₃、(TEAL、トリエチルアルミニウム)

① 一般的性質

分子量:114.17	融点:-52.5℃
沸点:186℃	密度:0.835g/ml
外 観:無色透明な液体	
蒸気圧:温度(℃)	蒸気圧(mmHg)
62	1.0
98	10.0
136	760

② 危険性

水と激しく反応し、炭化水素ガスを発火する場合がある。その他 TMG に準ずる。

③ 緊急措置、人体への影響、救急処置、貯蔵安定性:TMG に準ずる。

III 容器

半導体用材料ガスが充填されている容器は、内部の圧力が高くなっているため、特にその扱いには十分注意する必要がある。なお、これらの容器を単独で使用することは許されない。かならず密閉可能な防暴型保管庫内に保持して使用し、排ガスも所定の方法に従って処理し無害化したのち排出すること。新規に取扱いをはじめるときには専門の業者と相談し、安全な使用法、設備を確立してから行うこと。(後掲(V)も参照のこと)

1. 容器

半導体製造用ガス充填容器には、大きく分けて2種類ある。一つは、窒素、水素、シランなどのように高圧に充填された容器に圧力調整器をつけてガスを取り出すタイプのものであり、他の一つはトリエチルガリウムなどの有機金属のように、内部が液体になっており、キャリアガスのバブリングなどにより気化させてガスを取り出すタイプである。高圧用容器には、圧力調整器をとりつけるネジが設けられている。一方、有機金属の場合は、水素ガスなどのキャリアガスを流すための継ぎ手が設けられている。

2. 容器用弁 圧力調整器

主に半導体製造用ガス充填容器用弁として使用されているものは、① 圧縮ガス容器用弁と② 液化ガス容器用の2種類である。材質は、黄銅、黄銅-ニッケルメッキ、ステンレス鋼等であるが、ガスの性質により使い分けされている。容器用弁で最も注意すべき点は、接続ネジが右ネジか左ネジかである。可燃性ガスは、左ネジ、その他は右ネジとなっている。

IV 液体窒素

液体窒素は、物理系、化学系、生物系を問わず様々な学科の多くの研究室により利用されている。窒素ガスそのものは無害であるが、液体窒素を扱う場合には、凍傷や酸欠に対する十分な注意が必要である。

液体窒素の取り扱いについて（注意喚起）

1. 概要

窒素ガスは安価で手軽に入手でき、またガスそのものは無害であるため、安易に扱いがちだが、液体窒素を扱う場合には、凍傷や酸欠に対する十分な注意が必要である。

平成30年3月6日には、学生が液体窒素を貯蔵タンクから運搬容器へ入れてる際、溢れた液体窒素が右膝にかかる事故が発生しており、化学実験講習や安全マニュアルにより使用方法を周知しているところではあるが、改めて注意喚起を行う。

2. 液体窒素の使用方法

◎液体窒素貯蔵設備および容器利用方法

液体窒素を貯蔵タンクから別の容器に充填する（液採り）作業は、一つ間違えると液体窒素を浴びて凍傷になる可能性があり、作業に当たっては、細心の注意が必要である。

液体窒素の汲み取り作業を行う際は、安全メガネを着用し、低温用手袋を必ずつけること。軍手等は好ましくない。短パンにサンダル履きなどの脚を露出した服装で汲み取り作業を行わないこと。低温液化ガスに直接、手、指、脚等で触れてはならない。

また、貯蔵タンクは、高圧（0.35～0.95MPa）がかかっているため、不用意な弁の操作は高圧窒素ガスの突出につながり非常に危険である。液体窒素デューワーへの液採り作業の際は、サーベルをデューワーの口に奥まで差し込み、気化した窒素ガスの勢いでサーベルが浮き上がることがないように注意しながら汲み取り弁を徐々に開けていく。フレキホースとデューワー内が十分に冷却されたら汲み取り弁をさらに開けていくが、開けすぎないように

注意する。デュワーが液体窒素で満たされると、サーベルのつば（鏝）の部分にあたった液体窒素が周りに飛び始めるので、すぐに汲み取り弁を閉める。汲み取り後はフレキホースが凍結しているため、サーベルを差し込む筒に戻す時は無理に曲げないように注意すること。

液体窒素デュワーは2重構造になっており、隔壁は、真空中に保持されている。安全弁は、真空を封じ切っている部分なので不用意にキャップを外したりしてはならない。満タン時のデュワーの搬送は、必ずキャップを締めて移動する。キャップをしないと、床面の凸凹で振動した場合、デュワー内の液体窒素が突出し危険である。顔面に液体窒素を浴びて大怪我をした事故例もある。

またデュワーの搬送は可能な限り2人以上で行うこと。エレベーター内にデュワーと人が同乗してはいけない。エレベーターで運搬する時は、「液体窒素運搬中」であることを明示すること。

液体窒素をデュワーからくみ出す際、手押しポンプがよく用いられる。これは、容器内部を昇圧して液体窒素を押し出すような仕組みになっている。くみ出しポンプは、乾燥していることが重要である。水滴がついていると氷結し動作不良を引き起こす。また手押しポンプに過度の圧力を加えると、ホース部分に過剰に圧力がかかり破裂し危険であるため過度な加圧を心がけてはならない。

◎液体窒素使用方法

①保管容器から液体窒素を実験装置に供給するときは、液体窒素が“もれ”ないように工夫が必要である。人体に少量かかる程度では、蒸発が早い影響はないが、ある程度以上一定時間あびると瞬間的に人体組織は凍結してしまう（凍傷）。万一、凍傷になった場合は、温水（ただし決して42℃を超えないこと）であたためた後、適切な処置をとること。もんだりさすったりしないこと。また、指先などが凍結してしまった時は、そのままの状態ですぐに医師の治療を受けること。

②多量に用いる時は、換気に心がける。実験機器からの余剰圧力による排ガスは、必ず換気扇へ排出すること。使用中に気化するガスが、実験室に滞留するような状態で長時間経過すると窒息する危険がある（酸欠）。特に密閉度の高いクリーン・ルーム内などでの使用には注意が必要であり、酸素センサなどの警報装置の設置が望まれる。空気中の酸素濃度が15%以下になると酸欠状態となり意識がなくなるので極めて危険である。酸素濃度が20%～15%の酸素不足の状態では、頭痛やめまいなどの症状が現れる。なお、酸素濃度0%の窒素ガスを吸うと、1回の呼吸で意識不明となる。

万一酸欠状態が発生し、気分が悪くなった者や意識不明に陥った者を発見した場合は部屋の換気を十分行った後、部屋の外へ連れ出し（必要に応じ酸素マスク着用）衣服の首回りをゆるめて酸素吸入を行う必要がある。

③液体窒素中に室温の物体を投入するときは、徐々に入れること。急激に投入すると激しい沸騰が生じ、液体があふれ出て危険である。またトラップやシュラウドに液体窒素を供給する場合、気化に伴い内部の圧力上昇を考慮する必要がある。圧力上昇を無視した供給を行うと機械的に弱い箇所が破裂若しくは脱離し、液体窒素が飛散する可能性があり非常に危険である。

V 設備上の安全対策、作業上の心得

半導体製造用ガスを取り扱う場所においては、設備上の安全対策が必要である。半導体プロセスでは、危険性の高いガスを多用するため、特に安全性を重視した設計が必要である。また、事故は、主にガスボンベを交換したりチャンバを開けた際、発生しやすいのでページなどの操作が必ず必要である。

1. 作業室及び容器置場

発火性のガスや毒性のガスを扱う実験を行う場合は、以下に示す設備上の安全対策が望まれる。

(1)実験室は、耐火構造でガスが滞留しない構造とし、室内の温度を適正に保つこと。

(2)担当者以外の者が常時立ち入る場所等から安全な距離をとり、担当者以外の立ち入りを禁止する構造及び措置をとること。毒性ガスの容器置場は鍵を取り付けること。

- (3) 毒性ガスに対し通風・換気を考慮し、安全を第一とした作業環境とすること。
- (4) 火気厳禁とする。
- (5) 作業性及び緊急時の避難経路を考慮して、できるだけ広い場所で実験を行うこと。必ず万一の避難時の逃げ道を確保する。
- (6) 可燃性ガスの作業室及び容器置場の電気設備は、原則として防爆構造とする。

2. パージによる残留ガスの除去

発火性あるいは毒性の強い半導体ガス容器を装置へ取り付けたり、配管の一部を外したりする際、微量でもガスが残留していると危険である。そこで、危険ガスが残存しないように窒素やアルゴンなどの無害のガスを流す作業が必要となる。それをパージと呼ぶ。実際の作業では、毎回精密なガス分析を行うことはできないので、パージを効果的に行うための基礎知識が必要である。

配管パージの原則は、ガス溜りの部分を作らない様に配管設計の時点から注意することである。以下に、最適パージ回数を決定するための参考式を示すこととする。下記の2式は、あくまでも、系内でのパージガスと成分ガスの混合が瞬間的に行われるという前提に立って導かれた式であるので、適用に当たってはこの面での考慮が必要となる。

1) 連続パージ

連続パージは一定の流量のパージガスを流し、ある容器の系内を置換していく方法である。対象とする反応ガスの初期濃度 (X_0)、時間 t が経過した後の濃度 (X_n)、内容積 (V) パージガス流量 (Q) の間には、次式が成立する。

$$X_n / X_0 = \exp(-Qt / V)$$

2) 回分パージ

回分パージとは、パージガスで系内を所定の圧力まで上げ、ついで内圧を放出するか又は真空引きを行い、再度加圧を行うという様に加圧・放出を繰り返す方法である。

この場合の初期濃度 (X_0)、 n 回パージ後の濃度 (X_n)、初任 (放出後圧力、 P_0)、加圧後圧力 (P)、パージ回数 (n) の間に次式が成立する。

$$X_n / X_0 (P_0 / P)^n$$

連続パージと回分パージを比べた場合、一般的には回分パージの方が効果的である。特に、配管や装置の構造が複雑になるほど回分パージの方が有利である。

3. 排ガス処理及び換気設備

ガスを排気する場合の処理は極めて危険を伴うことが多い。したがって、当該ガスの特性・危険性等を熟知したうえで、ガスを毒性又は発火性のない安全な状態に処理してから廃棄する必要がある。

(1) 排ガスは、安全化処理を行った後、排気ファンを通じて排気口に接続する。安全化の処理の方法としては、化学反応・化学吸着・物理吸着・燃焼・希釈等の方法がある。このうち物理吸着とは、多孔質の固体がある特定の物質を吸着する親和力を利用したものであり、活性炭・シリカゲル・アルミナゲル・モレキュラーシーブなどの吸着剤が市販されている。これらのうち、活性炭による有害ガス除去法が一般的に採用されている。また、 AsH_3 ・ PH_3 ・ H_2S 等の水素化物ガスは、除害能力の高い酸化吸着による処理方法が利用されている。酸化剤には、塩化第二鉄 ($FeCl_3$) を主剤に多孔質粉体を担体に含浸させたものが用いられている。

(2) 可燃性・自然性のガス排気システムに使用される材料は、不燃性材料を使用しなければならない。また、不燃性の排気システムに使用される材料は、耐蝕性材料を使用しなければならない。

(3) 必要と認められる場合には、適当なフードを使用した局所排出装置を使用し、作業者の安全性を確保する。

(4) 漏洩ガスが室内に拡散する場合を考慮し、常時、換気が行えるような設備をする必要がある。

(5) 排気ファンは、作業中などには連続駆動し、万一停止した場合には直ちに知らせる警報器を設置すること。

4. ガスの漏洩検知警報設備

可燃性ガスの漏洩は爆発・火災の原因となり、毒性ガスの漏洩は人の健康・生命に危険をおよぼすこととなる。したがってできるだけ早く漏洩の発生と場所を知る目的で、漏洩検知警報器の設置は不可欠である。しかしながら、これらの漏洩検知警報器の種類も数多く、発売後の日も浅く、評価が定まっていないのが現状であるので、使用ガスの種類や目的により、メーカーとの打ち合わせを行い選定すべきである。

特に毒性の強いガスは、2種類以上の異なった原理に基づく検知器で常時監視することが望ましい。

5. 消火及び保護設備

可燃性ガス毒性ガスの作業室及び容器置場などには、必ず消火器及びガスマスクを常備し、配置場所を明示しておくこと。

(1) 消火器

消火器には炭酸ガス・粉末・液体・泡沫の他に特殊火災(金属火災等)用消火器などがあるが、それぞれに特徴があり、危険物の種類によって選ぶことが望ましい。最適のものを常時近くにおき、耐用年数に注意し、保守管理することが重要である。

(2) ガスマスク

ガスマスクには、次表に示す送気マスクの他に、吸収剤を使うマスクがある。吸収剤を使うマスクは有毒ガスの種類によって吸収剤を変える必要があるので使用するガスに適したものを用意しなければならない。エアラインマスクは、マスク内が陽圧で、マスクでの小さな漏洩に強いが、行動範囲がホースの長さに制限されるという難点がある。ボンベを携帯する空気呼吸器は、行動範囲制限はうけないが、ボンベの容量が限定され、使用時間が短いなどの難点がある。

(3) その他

その他の保護設備として、保護衣類・手袋・安全帽・保護メガネ・担架など各種の備品があり、ガスの使用状況に応じて常備しておかなければならない。また、いつでも誤りなく使用できる訓練を行うことも重要なことである。

ガスマスク

品 名	内 容
エアラインマスク(圧縮空気式マスク)	・圧縮空气管、高圧空気容器、空気圧縮機より圧縮空気を送気する。 ・中間に流量装置及びろ過装置があり、送気量を適当にすると負担がかからない。 ・送気量は 100 ～ 150 l / min が適当である。
空気呼吸器	・吸うだけで吸気される。 ・吸気量がボンベによって限定され、詰め替え作業が伴う。 ・ボンベを背負って歩くので、行動はんいき制限をうけない。

VI 緊急時の一般的処置

危険ガスを取り扱う者は、それぞれのガスの性質、作業環境などをよく理解し、緊急時には臨機応変に適切な処置ができるように、常日頃から心がけておく必要がある。緊急時には、被害を最小限に食い止めるよう努めなければならないが、当事者は自らの命を顧みないような危険な行動を取ってはならない。

1. 火災時の応急処置

火災時の緊急処置に関しては、別項で述べられているので、ここでは、特に半導体プロセスに関連した緊急処置を述べることにする。

(1) 一般的な注意

(a) 火災が発生した場合は、火災の程度、周囲の状況を確認

- ① 発火源
- ② 毒性ガスの流出による中毒
- ③ 容器の破壊
- ④ 可燃性ガスの流出によるガス爆発

などを念頭におき、人身事故を未然に防ぐように臨機応変な処置をとる必要がある。いずれにしても当事者は、自己の退避時間を的確に見極め、安全な行動をとらなければならない。

(b) 火災が発生し消防署の助けを依頼する事態が発生した場合は、消火に携わる消防署員に、毒性ガス及び可燃性ガスの存在と破壊の可能性のある高圧容器の存在を通知すること。

(c) 火災及びその他の原因によって毒物又は劇物が漏洩し、周囲に危害を生ずる恐れのある場合は、速やかに保健所、警察署又は消防機関に届け出る義務がある(法的な義務としては、アルシン・ホスフィン・スチビン・セレン化水素・塩化水素・アンモニア・三塩化ヒ素・五塩化アンチモンが該当するが、ほかのガスの毒性もこれらのガスと同等又はそれ以上なので、標記の手続きをすることが好ましい)。

(2) 周囲が火災の場合の処置

(a) 可能な限り容器を安全な場所まで移動する。

(b) 移動できない場合は、注水して容器を冷やし続ける。

(c) 容器の温度上昇を妨げないと判断した場合は、毒性ガスが流出することを予測し、ガスマスクを着用して周囲の作業員及び被災すると判断される区域の人を風上に退避させること。

(d) さらに容器の破壊、飛散、及び被災容器が可燃性ガスの場合は、ガス爆発を想定して周囲の人を避難させること。

(3) 容器・製造設備が火災の場合の処置

(a) 毒性ガスあるいは可燃性ガスが洩れたと判断して、速やかに風上に待避し、毒性ガスが洩れていることを連呼して、周囲の作業員を退避させること。

(b) ついでガスマスクを着用し、周囲の運搬可能な容器を安全な場所に移動する。搬出できない場合は、できるだけ風上の遠方から注水して、全部の容器を冷やし続けること。

(c) 同時に、火災の状況により消火が可能で、かつ消火により毒性ガス、可燃性ガスが流出しない場合、また流出しても被災の恐れがない場合は、初期消火を行うこと。消火には、状況により、放水、ドライケミカル消火器、泡沫消火器、ハロン消火器などを使用する。

(d) 製造装置の火災においては、可能な限りガス源の弁を閉じること。

(e) 火災が拡大し、ほかの容器や装置の温度上昇があると判断される場合は、ガス爆発を想定して周囲の人を退避させる。

2. 漏洩時の緊急処置

ガスが容器等から漏洩したとき、この処理には危険を伴うことが極めて多い。したがって、万一ガスが漏洩した場合は、災害を最小限に食い止めるために、漏洩ガスの種類と特性、周囲の状況等を考慮して迅速に適切な処置をとる必要がある。

(1)わずかに漏洩した場合

(a) 容器弁の口から漏洩を生じた場合は、風上に位置して容器弁を強く締める。この場合必要に応じて保護具を着用する。容器弁が閉じられてもお洩れているときは、ガスマスクを必ず装着し、アウトレットキャップを取り付けてから、管理者の指示にしたがって漏洩容器を安全な場所に移動すること。

(b) 容器弁の弁口以外の箇所から漏洩を生じた場合は、ガスマスクを必ず装着し、管理責任者の指示にしたがって漏洩容器を安全な場所に移動する。

(c) 設備又は配管系統からの漏洩を生じた場合は、適切な処置をとること。

(2)大量に漏洩した場合

(a) 速やかに風上に待避し、毒性ガスが洩れていることを連呼して、周囲の人を退避させる。

同時に保護具を装着し、管理責任者の指示にしたがって臨機応変な処置をとること。

(b) 漏洩場所付近にはロープを張るなどして、人を近寄らせないようにする。

(c) 漏洩場所付近では一切の火気源を絶つこと。

(d) 毒物又は劇物が漏洩し周囲に危害を生ずる恐れのある場合は、速やかに保健所、警察又は消防機関に届け出る義務がある。

(e) 特に水散布が効果的なガスの場合は、スプリンクラーを作動させる。

機械類の安全運転のために

下記以外にも、「共通施設利用における安全」を参照すること。なお、学部の2年、3年次における学生実験では、ものづくり創造工学センターや各実験室の機械を使用する機会が多いので、前もってテキストを熟読・理解しておくこと。また、実験当日は教員の説明を注意深く聴き、疑問な点は遠慮なく質問すること。

I 機械運転の前の安全対策

(1) 機械の構造、運転についての予習

教職員や先輩の話を聴くことも大事だが、その前に、その機械の使用説明書を熟読すること。実験室にはいろいろな種類の、いろいろな時代の機械・装置があり、一つ一つ操作方法が異なることを心得ておくこと。分解・整備をするときも同じである。

(2) やたらにスイッチを押すな

予習をしていない者が、友人の使っている機械の所にやって来て面白半分にスイッチを入れたため、大災害を起こすことがある。

(3) 休日・深夜の運転

室内に誰もいないとき、危険のある機械を運転してはならない。万一のとき誰も助けてくれない。

(4) 君子危うきに近寄るな

近寄る必要の無い危険な場所には、防護柵や網を設けて、誤って近づくことができないようにせよ。

(5) 飛散防護壁を備える

機械の運転に際して、破片が飛び散る恐れのある場所にはしっかりと防護壁(鋼板・厚い木版・プラスチック板・目の細かい金網等)を置いておくこと。細かい切り屑の飛散には防護眼鏡が有効である。

(6) 障害物の整理

足元の障害物や頭をぶつけそうな障害物があると、それにぶつかって機械に倒れかかることがある。機械の運転するところに何か置き忘れると、運転によってそれがはね飛ばされる。十分注意して点検すること。

(7) 服装の注意

機械の運転部分に引き込まれる恐れのあるバラバラの長髪、長い袖、大き過ぎる手袋等はきちんと処理しておくこと。靴も床に油があると滑りやすい底は避けた方がよい。重量物が落ちたり、つまずいたりしても怪我をしないような JIS 規定の安全靴か爪先のしっかりした革靴が望ましい。

(8) 工具・試験片の取り付け

しっかり取り付けたつもりでも、機械の振動によってゆるみ、飛び出すことがある。十分気をつけて締め付け、途中の点検を忘れないこと。また、取り付ける面の間に屑やごみが挟まっても危険が起こるから、あらかじめきれいにしてから固定すること。特に研削作業における工作物の取付けが不適當な場合、大事故につながる。従って、研削作業での工作物の取付けは指導員の指示に従うこと。

(9) 重量物の固定

高い所に置かれた重量物や、背の高い重量物が何かのはずみで落ちたり倒れたりしないように固定しておくこと。

II 機械の運転開始以後

(1) 声をかけて

二人以上で操作するときでも機械操作は必ず一人で行い、仲間が危険な場所にいないように声をかけてからボタンを押すこと。一人でも声をかけた方が(電車の運転手のように)間違いが少ない。非常停止スイッチの場所を今一度確かめて。

(2) 再び、君子危うきに近寄るな

機械の運転中、運動部分、飛散の恐れのある場所に近寄ったり、手を入れたりしてはならない。監視の必要のあるときは、厚いプラスチック板を通して見ること。

(3) 目と耳をそば立てて

スイッチを入れてから呑気な顔をしておらずに、目と耳と鼻をそば立てていること。異常が見えたり、聞こえたり、臭ったりしたら、直ちにストップ。必ず異変が起きているのだから。

(4) 元スイッチを切る

実験が済んだら、電源の元スイッチも切ること。そうしないと、誰かが誤って機械の起動ボタンを押したとき、何が起こるか考えよ。

(5) 後片付け

使用した工具、その他の物は片付けておくこと。これは、それらが紛失しないためだけでなく、次に機械を使う者に危害を与える恐れがあるからである。また、自動送り等は必ず解除しておくこと。

III ホイスト・クレーンの使用について

(1) ホイスト・クレーン等動力を用いた吊上装置の使用は有資格者(玉掛技能講習を修了し、労働省令で定めるところの特別教育を受けた者)に限る。ただし、0.5 t 以下のホイスト・クレーンまたはチェンブロックによる荷の吊り上げはこの限りではないが管理担当者の許可ならびに使用上の注意を受けること。

(2) ホイスト・クレーン等の吊上装置の真下には立ち入らないこと。ヘルメット着用のこと。安全靴を使用すること。

火災および地震対策

I 火災対策

火災が発生すると人身事故につながる危険性が高く、また建物や設備にも大きな損害を与えるばかりでなく、苦勞して作ったデータ等もダメにしてしまったという残念な例も多くある。火災の原因として、ガス、化学薬品、電気等による火災があるが、ここでは一般的な注意事項について述べるが、詳細は各項目の注意事項を参照すること。

1. 火災の予防

以下の注意を守ること

- (1)「火気厳禁」の表示のある場所では、火気を絶対使用してはならない。
- (2)指定数量を超える危険物を実験室に置かない。
- (3)実験室内は、どこで事故が起こっても全員が廊下に退避できるように装置類の配置を考慮し、常に安全な出口を確保する。
- (4)ゴム管、塩ビ管は、完全な物を使用し、脱落や電気コードとの接触に注意する。
- (5)スイッチ、ヒューズ及び電気コードは、規格品を用い、タコ足にしたり、床にたれ下がる配線をしない。
- (6)火気使用器具は、不燃性の台の上に置き、破損、ガラス器具のキズ等は実験前に必ず点検する。
- (7)熱源の近くに引火性、可燃性の物質を置かないことは勿論、室内は常に整理しておく。
- (8)可燃性の溶剤は、必要な量のみを小出しにして使用する。
- (9)未知の点が多く危険を伴うような実験は、夜間を避けるとともに一人だけでは実験をしない。
- (10)電気炉とか大電力を消費する装置に通電したままで、その現場を無人にしないこと。まさかの火災が起こるかも知れない。普段から消火器、消火栓がある場所及び使用方法について、各自熟知しておくこと。
- (11)喫煙については次の点に留意すること。
 - 1)喫煙はキャンパス内数箇所の喫煙場所においてのみ許可されている。喫煙は灰皿設備のある場所で行う。他の場所、および歩行中や自転車などの運転中は禁煙である。
 - 2)置きタバコはしない。
 - 3)灰皿の中に紙屑等燃えるものは入れない。
 - 4)灰皿の周囲には、紙等燃えやすい物を散乱させない。
 - 5)タバコの吸殻の後始末をするときは、水をかける等して火が完全に消えていることを確認する。
 - 6)喫煙するものは後掲の「本学における禁煙対策」の項を必ず読むこと。

2. 火災の時の対応

- (1)火災の発生状況を確認し、「火事だ」と周囲の人達に知らせる。
- (2)適切な消火器を用いて消火する。消火器の操作を誤らず、適切な消火剤を放出すれば初期の火災は、容易に消える。この場合決してあわてない(消火器については p.102 表参照)。
- (3)状況に応じ、現場の一人は、火災報知機のボタンを押し、次いで電話で消防署に火災の場所と状況を知らせる(緊急時の対応の項目参照)。
- (4)2次災害を防ぐため電源、ガス源は切る。周囲の燃えやすいものは早く取り除く。
- (5)被服に着火したら、手又はありあわせの物でもみ消すか、近くの水をかぶる。更に、廊下等を転げてもみ消すのもよい。

3. 避難

- (1) 火災又はガスの発生が、初期消化の手段では手に負えないと判断された時は、速やかに安全な場所へ避難する。
- (2) 消火器で消火できる火災の限界は、その時の状況によるが、壁の内装材が燃えている程度までであって、天井が燃えはじめると消火は難しいので速やかに避難する。
- (3) 部屋を退出する場合は、ガス源、電源、危険物等の処理を行なった後、内部に人のいないことを確認して、出口の扉を閉める。
- (4) 廊下における避難路の選択は、アナウンス等の情報がない場合、煙の動きを見て風上に逃げる。
- (5) エレベーターは、停電でなくとも、停止させることがあるので使用しない。
- (6) 階段は、煙の通路になり危険が多い。平常から避難経路を考え、建物の構造、非常口等をよく調べておく必要がある。
- (7) 煙が多い場合は、手拭い等を口にあて、低い姿勢で避難する。煙が床まで下がるにはかなりの時間がかかる。
- (8) 非常階段、非常梯子、その他が使用できない緊急の場合は、窓を開き、大声で助けを呼ぶ。
- (9) 屋上は比較的安全な避難場所と考えられる。

消火器の種類と特徴

消火器の種類	成分	特徴	適 応	不適応	消火原理
水消火器	水		一般火災・電気火災 *	油火災	冷却作用
炭酸ガス消火器	二酸化炭素	消火後がきれいで実験室向き射程が短く、風に弱い	油火災・電気火災	一般火災	窒息・冷却作用
粉末消火器 (A B C)	リン酸アンモニウム	消火効果大 放射時間が短い 薬品・器材類に与える影響大	一般火災・油火災* 電気火災		窒息・抑制作用
強化液消火器 (A B C)	炭酸カリウム	射程大 火種が残りやすい火災に効果的	一般火災・油火災* 電気火災*		冷却・抑制*作用
機械泡消火器	界面活性剤	粉末の速攻性と水系の確実性を併せもつ	一般火災・油火災	電気火災	窒息・冷却作用
化学泡消火器	炭酸水素ナトリウム硫酸アルミニウム	垂直面の消火にも有効 消火後の汚れ大	一般火災・油火災	電気火災	窒息・冷却作用
ハロン 1301 消火器	プロモトリフルオロメタン	被災物を汚さない コンピューター火災向き	油火災・電気火災	一般火災	窒息・抑制作用*
金属火災用消火器	食塩・砂		金属火災・立体的な火災		窒息・抑制作用

*霧状に放射する場合

II 地震対策

- (1) 背の高い物体は転倒するので、本棚、スチール欄、ロッカー等はアンカーボルトなどで上部を壁に固定する。
- (2) 平素は動かすのが困難な重量物も、地震の際には平等に加速度をうけて動きだす。重量物にはさまれて負傷する場合もあるので、床にしっかりとアンカーボルトで固定する。また隣り合った机同士は、足を互いにワイヤーなどでつなぎ合わせておく。
- (3) ガスボンベは転倒しないように、太い鎖で壁に固定すること。
- (4) 薬品や危険物は、保管庫等のなるべく低い位置に収納する。また机上やラック内で使用するパソコンや測定器等はすべり落ちないように固定する。
- (5) 地震時には火を出さないよう、ガスコンロ等の火を直ぐ消す。普段から火を使っている間は部屋を無人にしない。
- (6) 普段から整理整頓に心掛け、避難通路となる部分には物を置かない。また避難経路、避難梯子、非常口の位置を確認しておく。
- (7) 地震が発生したら、状況に応じてあわてずに所定の場所に避難すること。避難場所については、日常、学科ごとに話し合い、決めておくこと。
- (8) エレベーターに乗っている場合には、次の階で直ちに降りること(エレベーター内に注意事項を板書してあるので日頃見ておくこと)。
- (9) 多摩地区に震度5強以上の地震が発生した際にそなえて、「地震発生時の初動マニュアル」が用意されているので一読しておくこと。

研究室における安全

I 一般的注意事項

(1) 安全のため、日常利用している建物構造、使用状況を十分に知っておくこと。特に災害時の避難口(非常口)や消火器・消火栓・火災報知器の所在については常日頃、万々に備えて覚えておくこと(各棟別の建物図面に記入してあるので確認しておくこと)。なお、火災報知器関係の設備として、各室内天井に火災の感知器があり、また、各階には防火シャッター、消火栓、非常階段が設置されているが、これらの取り扱いの方法もあわせて、各棟毎に毎年定期的に説明会を開くなどして、周知徹底する様にする。

(2) 各研究室の戸締り、水道、ガス、電気、その他火気、危険物等の始末、管理は、各研究室の管理責任者(指導教員)の責任のもとで行われている。卒業研究生、大学院生および研究生として研究室の一員となったならば、指導教員の指示に従って安全管理のシステムに早く慣れ、規則を遵守すること。各研究室で最後に帰宅する者は安全確認リストに従い、戸締り、水道、ガス栓、電源が閉じていることを確認した上でリストに署名し、出入口、窓等の施錠を確認してから帰ること。研究の遂行のために終夜運転をしている装置がある場合には点検の上、支障なく動いていることを確認すること。

(3) 各階の最終退出者は廊下、トイレ等の消灯、各階非常扉のロックを確認する。なお、非常扉は平常使用せずロックしておく。

II 地震及び火災に対する対策

関東地方には地震が多い。地震動の揺れは、上階では地上の倍以上になって大きくなる場合がある。そこで、最低限度の地震対策を考えておく必要がある。詳細は「火災および地震対策」を参照すること。

III 化学薬品の安全な取り扱い

詳しい事柄は「化学薬品の安全な使い方」の章を参照すること。ここでは基本的な注意事項だけを述べる。

(1) 試薬等を取り扱う場合は、予めその物性及び法規制の有無を確認すること。特に、初めて取り扱う試薬等の場合はよく注意してこれを行い、判断のつかないときは教職員の指示を受ける。

(2) 引火・爆発性物質と着火源、禁水性物質と水、混合危険物どうしはそれぞれ確実に分離し、不用意に影響しあうことがないように対策を講ずる。

(3) 研究室では種々の化学薬品が使われる。中には腐食性や毒性の強いものもあり、また混合すると爆発的に反応したり、発火や有毒ガスを発生することもあるので、使用する薬品の性質を予めよく調べた上で取り扱う必要がある。

(4) 薬品類は、各薬品毎に場所を定めて保管する。

(5) 薬品を使う実験は、必ず白衣、防護用ビニール手袋、必要に応じて防毒マスクを着用し、普段眼鏡をかけていない者は保護眼鏡をかけて、ドラフトチャンバー内で行なう。

(6) 爆発や発火、あるいは急性中毒の恐れのある薬品を扱う時は、一人で実験を行わない。また薬品に限らず、深夜に一人で実験を行ってはならない。

(7) 冷蔵を要する試薬等を貯蔵する場合、これを格納した冷蔵庫が停電により庫内温度が上昇することもあるので、そうした可能性を考慮した処置を施しておくこと。

(8) 薬品を別の容器に小分けした場合、内容物を取り違えぬよう速やかにラベルを貼り付けること。

(9) 薬品の処理、廃棄に当たっては、本学環境管理施設発行の「廃液等の取扱いの手引」をよく読み、その指示に従う。

(10) 使用した器具等はよく洗い、その廃液は定められた容器に廃棄する。

IV ガスによる災害防止

実験室等でガスを取り扱う際には予め次のことを行っておく。なお、「危険性ガスの安全作業について」の項を参照すること。

- (1) ガスを使用する実験を行うに当たっては、事前に使用ガスあるいは発生ガスの性質(特に比重・爆発限界・発火点等)を十分調査し、熟知しておくこと。
- (2) ガス漏洩時に迅速な処置がとれるように、ガスの種類・反応物の内容に適合した消火器・保護具の所在を事前に確認しておく。

1. 可燃性ガス

実験室等で使用する可燃性ガスの取り扱い

- (1) 火気のそばで使用してはならない。万一の火災に備えて、消火器の所在を確認しておく。
- (2) 着火源は常に存在するものと考え、燃焼が起こるようなガスの状態を作らないように注意すること。
- (3) 多量のガスが漏洩した場合は、周囲の者にも知らせ、直ちに避難する。余裕のある場合は、ガスの元栓を閉めて火気を止め、窓等の開放を行う。
- (4) 漏れの検知法として、加圧の場合は石鹼液を用いた泡による方法が簡単である。常圧の場合は、ガスビュレットの減少をチェックすればよい。
- (5) 爆発範囲の大きなガス(例えば、水素:4.00～74.20%、一酸化炭素:12.50～74.20%、硫化水素:4.30～45.50%、アセチレン:2.50～80.00%)の取り扱いには特に注意を要する。

2. 都市ガス・プロパンガスの取り扱い

ガスの特性および機器の機能をよく認識し、次の事項を遵守する。

- (1) ガス器具に表示してある以外のガスを使用しない。
- (2) 不完全燃焼を起こさないように、空気の供給を十分に行い、常に換気を良くする。
- (3) 都市ガスの特性をよく知っておくと共に、何よりもガス漏れに十分注意すること。元栓と燃焼装置とのゴム管による接続は指定のバンドを用いて確実に行い、ゴム管の傷みや劣化に常時気を配ることが必要である。やむを得ずゴム管を床に這わせる場合には、必ず丈夫な保護管をかぶせること。
- (4) 万一、ガスが漏れたときはまず元栓を閉め、窓を開けて通風により換気する。換気扇などは、スイッチを入れた瞬間の火花により爆発を起す恐れがあるから用いないこと。
- (5) ガス使用中は原則としてその場を離れない。
- (6) ガスの元栓を切る際には、他人が使用中でないかどうかの確認を必ず行うこと。他人の使用に気付かずにガスの元栓を締めると、翌日元栓を開けた際にガスが漏れて非常に危険である。

3. 高圧ガス

圧力が高く、漏洩・破損等により、爆発・火災・中毒・怪我等の重大な災害につながる恐れがあるので次の事項を遵守する。

- (1) 高圧ガス容器には容器証明書が添付され、また、容器の肩の部分に刻印が打ってあるので、使用前にその内容を確認する。

- (2) 高圧ガスの取扱いは、十分な知識と経験を持った者が行う。
- (3) 容器を立てて保管する場合は、転倒しないように壁や柱にチェーン等で固定する。倒れた容器のバルブが破損し、容器が 600 m も飛んだ例がある。
- (4) 容器を横にして置く場合には、転がらぬよう確実に固定する。
- (5) 容器を交換した後は、圧力調整器の取り口に漏れがないかを石鹼水等で検査する。また室内の換気は十分に行なう。
- (6) 圧力調整器は、ガスの種類に合ったものを使用する。特に酸素は、油脂と反応して発火することがあるので、専用のものを用いる。
- (7) 毒性ガスが漏れた場合には、速やかに風上に退避し、毒性ガスが漏れていることを連呼して周囲の人を避難させる。その後の処置は教職員の指示に従う。
- (8) 運搬時には、安全靴・手袋等を着用し、バルブ保護用キャップをつけ、ボンベ専用の手押車を用いることが望ましい。手押車を使えない場所またはそれが無い場合には、ボンベを少し傾け、底の縁でころがすように運ぶとよい。このとき滑りやすい床には注意すること。ボンベは引きずったり、階段を滑り落としたり、横にして転がすなどしてはならない。
- (9) 液化ガス・アセチレンは必ず立てたまま使う。

4. 低温液化ガス

- (1) 液体窒素、液体酸素などの低温液化ガスが直接皮膚に触れると凍傷を起こすので注意する。特に眼を保護するため、ゴーグルや面覆い等を使用するとよい。
- (2) 低温液化ガスを口の小さい容器内で急激に気化させると爆発することがある。また液体窒素を狭い空間で大量に気化させると酸欠状態になることもあるので、換気を十分に行う。
- (3) 液体酸素のそばに可燃物を置かない。他所の大学で、液体酸素を運んでいた研究員がつまずいて倒れ、液体酸素を眼前のアスファルト舗装上にこぼした際、ポケットから金属製ボールペンがすべり落ち火花を発生したために、アスファルトが炎上し両眼を失明したというような事故が起こっている。

V 電気傷災害に対する対策

多くの研究室では、高電圧もしくは大電流を使う装置で実験をしている。関連する事故は感電ならびに短絡や漏電事故である。これらは事故の中でも最も危険なものである。安全確認を怠ると、人命をおとすことにもなりかねない。感電に対する安全対策等については「電気を安全に取り扱うために」に詳述してある。この箇所を熟読し、感電防止の知識を知って、事故から身をまもることを学んでほしい。

VI 大型の装置・機械を用いる際の注意

研究室によっては、大型で高度な装置を用いることが多くなる。また、既成の装置を利用するほか、実験目的になった装置を自分で設計製作することが必要なときがある。そのようなときには、自ら旋盤などの工作機械を操作することになる。これらの装置・機械は使用法を誤ると大事故につながるため、操作法、機構などを十分理解しておくことが肝要である。

- (1) 各講座で共通ないしは研究室に設置されている危険を伴う設備、施設を使用する場合には、各々取扱責任者に申出、かつ諸注意を厳守すること。
- (2) 共通の工作室等では、同室の管理担当者に申し出て、所定の規定を守って使用すること。
- (3) 各種の測定装置を組み合わせて実験を行うことが多い。そのような場合には電力線や管、ホースの類が床を乱れて

這いがちになる。これは実験の際に足にひっかかって大変危険である。実験環境を常に整然とし、頭上、足元の安全を確保すること。

(4) 実験は二人以上とする。一人が事故にあったとき、他方の共同実験者が救助することが出来る。

(5) 最近では、測定系が自動化されていることが多いが、機械を信頼し過ぎて任せきりにすることは大変危険である。特に、初期の段階で、機能が十分作動しているかどうか確認しないうちにその場をはなれたり、思いがけない異変にすぐに対応できない程遠くにいつてしまうなどは厳に慎むべきである。

(6) 装置の配置等を考える際には、人間は誤りを犯すもの、装置は故障するものという立場で、たとえ誤操作や部品の故障がおこっても安全が確保されるよう配慮すべきである(foolproof、fail-safe)。

VII 回転機による傷害防止

(1) 真空装置やボール盤には電動機が使われている。このような大きな機械エネルギーを持った回転機を操作する場合には、巻き込まれないよう身なりに注意を要する。裾の長い作業着やネクタイ等は着用しないようにし、また回転部に必要以上に頭を近づけない。他の器具や周辺の物体が巻き込まれても実験者の怪我を招く。実験機器の配置、筆記用具など持物の整頓に配慮が必要である。

(2) 複数人で共同実験を行なう場合、スイッチの投入や機器の起動操作は、各メンバー間で声を出して合図し合い必ず全員の確認をとったうえで行なう。

(3) スwitchの開閉操作は完全に行なう。半開きの状態では振動や触れただけでスイッチが入ってしまう心配がある。

VIII 光線、放射線、強磁場等による傷害防止

(1) レーザー光線、赤外線、紫外線やマイクロ波は眼や皮膚の傷害を引き起こす。レーザー光は眼に入らないように注意する。赤外線は光路が見えないので安全眼鏡を着用すること。アーク放電等に伴う紫外線や強力な光は直視しないこと。直視せざるをえない場合は安全眼鏡を着用のこと。強力なマイクロ波も火傷や眼の傷害をを招くので、十分な遮断を施すこと。

(2) 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律によって放射線源の使用は厳しく規定されている。従って、線源を使用する実験者は「放射線取扱主任者」の監督、指導の下地、放射線実験をすることが義務づけられている。なお、「共通施設利用における安全」の「III. 放射線研究室」を参照のこと。

(3) X線など各種の放射線や核磁気共鳴装置などの強磁場を使用する実験にあたっては、それらが直接目に見えず、しかも身体への悪影響が確実に存在するので、それからの防護は万全を尽くさなければならない。なお、これらを用いる実験に関しては、「共通施設利用における安全」の「I. 共通機器」を参照のこと。

IX 夜間・休日の実験

大学における実験・実習は原則として平日の昼間に行うべきものである。学生実験はもちろんのこと、卒業論文・修士論文等のための研究も昼間に行うことが望ましい。夜間の実験では、疲労や眠気などから実験に必要な集中を欠いてしまうことも多く、実験が失敗して貴重な時間や大切な試料を失うばかりでなく、怪我や事故に繋がり易いということが理由の一つである。また、夜間や休日に一人で実験を行って万一事故が起こった場合、適切な対処がしにくいということも理由の一つである。実験の初心者には指導教員等の実験に精通した人の指導を仰いでから実験を始めることが必要であるため、講義その他の合間を縫って平日の昼間に指導が受けられるように、計画的にスケジュールを組むように心掛けて欲しい。

最近では、大学構内で挙動不審な人物が出没したり、盗難、痴漢行為が発生したりすることも時折報告されている。夜中や休日など人気のないところに向くのは、防犯上からも勧められない。

やむを得ず、夜間や休日に実験をする必要があると判断する場合は、指導教員の指示を仰ぐ。実験を安全に行うためには以下の注意を参考にして欲しい。

- 1) 夜間や休日など、指導者が不在時に実験する場合は、事前に指導者に実験内容を説明し許可を得るようにする。
- 2) 相応しい安全な服装に留意する。木綿の実験衣の着用し、出来るだけ皮膚を露出しないように注意したり、必要に応じて手袋や保護具などを装着したりする。
- 3) 実験スペースの確保と整理、整頓。実験台や器具、装置などは清潔に使用し、事故の原因にならないように十分なスペースを確保してから行う。
- 4) 実験の原理を十分に理解し、必要な操作を知っておくだけでなく、後処理の仕方についてもよく頭に入れておく。未知の反応や経験したことのない試験を行う場合は、予め少量の試料で予備的に実験してみるなどの配慮が欲しい。
- 5) 起こりうる事故を予め出来る限り想定し、それに対する対処を念頭に置いておく。元栓、スイッチ、消化器、安全シャワーの有無や使用法の確認、緊急避難経路の確保、緊急の際の連絡先の掲示、救急箱や応急医療処置を確認するなど万全を期す。
- 6) 実験を一人では行わない。万一事故が起こった場合、非常に危険である。夜間や休日には周囲に人が少ないから特に避けるべきである。

上記の項目は、必ずしも夜間や休日の安全確保に限定したものではないが、周囲の援助や助言が得にくい状況であることを考えると、とりわけ心に留めて置いていただきたい。また、休日や夜間にまたがって実験装置を連続で稼働させる場合も、出火、爆発その他の危険がないか予め十分に検討しておく必要がある。

X その他の注意

- (1) 実験はなるべく昼間に行ない、どうしても実験装置を終夜運転しなければならない場合は、停電や断水に対応するためにも必ず機器のそばに操作者がいなければならない。
- (2) やむを得ず運転中の装置のそばから離れる場合は、周囲の人に装置の監視を頼む。また当該装置の危険性について周囲に周知する。
- (3) 高温を使用する実験では直接炉に触れない。
- (4) 高温部に水が接触すると、急激に気化して水蒸気爆発を起こす。
- (5) ガラス器具は使用前によく点検し、キズのあるものは使用しない。減圧、加圧、加熱する場合は特に注意する。
- (6) 水道の水圧の差は大きく、夜半から早朝にかけて高くなるから終夜水を流している装置では専用のゴムホースまたはビニール管を用いて接続部はバンド又は針金で締め付けておく。床が老朽化しているので、漏水したときに下階の機器に莫大な損害を与えるだけでなく、漏電の原因にもなる。
- (7) 実験室で許されている電気配線は配電盤あるいはテーブルタップから機器への配線であり、勝手に建物に固定してはならない。半恒久的な配線は施設整備課職員のような有資格者に依頼する。
- (8) 使用する電気機器の電圧、許容電流などの特性と使用環境を考慮して適切な規格のコード、テーブルタップ、ソケットなどを選ぶこと。通常の交流 100Vのソケット、テーブルタップ類は 10Aが許容限界電流である。
- (9) ガス漏れ、有害、有毒ガスの発生、自然発火、加熱や、不注意による火災、漏水等には常に注意を怠らぬこと。ガスの

性質(物性の正しい知識)やガスボンベの正しい取り扱い等を熟知しておくこと。

(10) 危険薬品等を扱う研究室は、特にその安全な取り扱い方法、事故発生時の対策を各人がよく心得ておく。

(11) 地震等による薬品棚、ガスボンベ等の転倒防止に留意する。

(12) 有機廃溶媒、写真廃液等の処理については、「廃液等取扱いの手引(東京農工大学環境管理施設)」の記載に従って中和などの処理を行った上で分別貯留区分表に従って収集処理の日まで安全に貯留しておくこと。収集処理の期日はその都度各研究室に書面により通知される。なお、微生物等生体試料を含む廃液は滅菌処理をした後に廃棄すること。

(13) 不注意による怪我や災害発生時の人身事故防止には極力留意する。なお、指導教員は学生が災害保険等に加入していることを確認し、適切に処置する。

(14) 研究室を退出帰宅するときには、各室の電源、ガス栓、水道栓を切ったことを確認すること。危険薬品、ボンベ等の処置も確認し、各室の窓、出入口の戸締りも確認すること。

(15) 緊急時の処置は学科主任、研究室の教員に速やかに連絡を取ること。このために、実験室の壁などの目立つところに緊急連絡網を示す掲示を行う。(P111 参照)

(16) 各講座で共通ないしは研究室に設置されている危険を伴う設備、施設を使用する場合には、各々取扱責任者に申し出、かつ諸注意を厳守すること。

(17) 共通の工作室等では、同室の管理担当者に申し出て、所定の規定を守って使用すること。

事故・災害 緊急連絡先

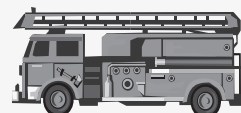
事故・災害時には以下の手順で行動すること！

- ① 周囲に事故等の発生を伝える
- ② 消火・救助・避難等安全を優先して行動
- ③ 状況に応じて火災報知器のボタンを押す
救急車・消防車が必要な場合は119番
- ④ 緊急連絡先(守衛室)へ連絡

1. いつ・どこで・何が起きたか伝える
2. 自分の氏名を伝える



24時間連絡先（緊急）
守衛室（正門） 内線7007
（外線）042-388-7007
（携帯）070-6474-7007



その他の連絡先

建物等	： 会計室	042-388-7004	（内線7004）
学生関係	： 学生支援室	042-388-7011	（内線7011）
教職員	： 総務室	042-388-7003	（内線7003）

住所等：東京農工大学小金井キャンパス 小金井市中町2-24-16

ここは

建物名：

号館

部屋名：

室

関係教職員への連絡も忘れずに！

管理教員等：

連絡先：

共通施設利用における安全

I 共通機器

小金井キャンパスには以下に掲げる機器がある。

共同利用機器名	設置場所	補足説明(後述)
透過型電子顕微鏡	機器分析施設	1
走査型電子顕微鏡	機器分析施設	1
単結晶X線自動解析装置	機器分析施設	2
多目的強力X線回折装置	機器分析施設	2
核磁気共鳴装置(300, 400, 500 MHz)	機器分析施設	3
X線光電子分光装置	機器分析施設	4
薄膜材料結晶性解析 X 線回折装置	機器分析施設	2
固体 NMR 装置	機器分析施設	3
質量分析装置(EI, FAB, ESI, MALDI)	機器分析施設	
原子間力顕微鏡	機器分析施設	
X線マイクロアナライザ	機器分析施設	5
粉末X線解析装置	機器分析施設	5
引張り試験機	4号館	6
各種工作機械	ものづくり創造工学センター	IIものづくり創造工学センターの項目を参照
液体窒素貯蔵タンク	正門守衛所横	7

各機器の利用については、学術研究支援総合センター機器分析施設のウェブサイトを参考に必要な手続きを行うこと(<http://web.tuat.ac.jp/~kiki/instrument/index.html>)。これらの機器のうち、特に安全に注意を要する機器を取り上げ、以下に示す。

1. 電子顕微鏡

本装置は農工大共通の共同利用機器で動作上 120 kV の高圧が使用されているが、通常の使用状態では安全が確保されている。しかし、危険を伴うことがあるので使用者は下記の点を十分注意して頂きたい。

- ① 透過電子顕微鏡の利用にあたっては、エックス線装置使用者登録が必要である。
- ② 利用者は設備管理者による講習を受講の上で使用すること。
- ③ 装置背面や高圧電源部など、通常の観察操作に必要な部分に触れないこと。
- ④ 観察中は機器室内を暗くするので、装置の取扱には十分注意する必要がある。
- ⑤ 装置状況等が通常とは異なる場合、非常の場合は直ちに運転を中止し、担当者に連絡のこと。

2. 単結晶X線自動解析装置、薄膜材料結晶性解析 X 線回折装置

本装置の使用時に特に安全上留意すべき点はX線被爆であるので、この点に関する注意事項を以下に書いておく。本装置には次の5台のX線発生装置が含まれている。

1. 回転対陰極型X線発生装置(リガク ultraX18)
定格出力 18kW(60 kV、300 mA)
2. 多目的強力X線回折装置(リガク SmartLab)
定格出力 9kW(45 kV、200 mA)
3. 封入管式X線発生装置(スペクトリス株式会社 X'Pert-MRD)
定格出力 3kW(60 kV、50 mA)
4. 多機能薄膜材料評価X線回折装置(Bruker AXS D8 Dicover)
定格出力 6kW(50 kV、120 mA)
5. 単結晶 X 線構造解析装置 (リガク XtaLABmini)
定格出力 0.6kW(50kV、12mA)

X線発生装置共に、X線回折装置部分は防X線カバーによりシールドされており、通常の回折実験においてはX線被爆の危険性はない。しかしながら、事故というものは思いもかけないような原因で起こるものであり、これを防ぐためには、日頃からの安全に対する心構えと、X線発生装置及びその稼働機構の熟知が最も重要である。次に具体的に注意すべき事項をあげる。

- ① 装置利用にあたっては、装置管理者に相談し、講習を受講の上、装置の利用を開始する。
- ② 実験者が装置になれていない場合には、熟練者の指導のもとに実験する。
- ③ X線装置の利用にあたっては、エックス線装置使用者登録が必要である。
- ④ 光学系の変更を行う場合には、必ず装置管理者の同意を得た上で、変更方法に関する講習を受講の上で実施する。また、測定終了後は光学系を必ずもとの状態に戻し、調整を行う。
- ⑤ 講習時に配布したマニュアルに従い測定を行う。原則、マニュアルに書かれてない操作を行わない。
- ⑥ X線照射中(測定中)は、原則防 X 線カバーを開けない。止むを得ず防 X 線カバーを開ける場合には、X線の照射窓(シャッター)を必ず閉じる(測定を中断する)。
- ⑦ 防X線カバーを開けると警告ブザーがあるように設定してあるが、この回路の on / off には触れない。
- ⑧ その他、東京農工大学放射線障害予防規則に従う。

3. 核磁気共鳴装置

共同利用可能な核磁気共鳴(NMR)装置(AL-300, ECX-400, ECA-500, ECX-400 固体)は高分解能を得るために超伝導磁石(SCM)が用いられている。現有機器の漏洩磁場は低く抑えられているが、装置を安全に利用するためには、以下の項目について正しい認識と配慮が必要となる。

(1) 大きな磁場に対する配慮

SCMにより発生する磁場は非常に強力で、上下左右に大きく広がっている。この磁場の影響による危険がないように、確実な注意を払わなければならない。

① 静磁場または変化している磁場が医療用電子機器に影響を及ぼすことへの配慮

心臓のペースメーカーのような精密医療用の電子機器は、5 Gauss以上の磁場にさらされると作動しなくなることがある。血管、人工器管、外科用の医療用移植物は強磁場物質を含んでいるので、SCMの近くでは強い力を受ける。さらに磁場発生区域で移植物を持った人が急に動くと渦電流がこれらの移植物に誘導され、その結果、熱を発生するというような重大な損害を招く恐れがある。

② 磁石による大きな吸引力に対する配慮

小さな器具は磁石に引きつけられて発射体になり、人を傷つける恐れがあり、大きな器具(ガスボンベ、電源など)が引きつけられると、身体又は手足がそれと磁石の間に挟まれることがある。この吸引力は、磁石に近いほど大きく、器具の質量が大きいほど大きくなる。このため、ペンチ、ドライバー、ホッチキスの針、スチール製の椅子などを 1.5 m 以内に近付けてはならない。また、圧縮ガスや低温液体を貯蔵、移送するためには、必ず、非磁性のボンベやデュワー瓶を使い、運搬のための道具も非磁性のものを使わなければならない。

③ 機器の大きな磁場による直接的影響への配慮

時計、テープレコーダーおよびカメラのような物品は 10 ガウス以上の磁場に曝されると磁化され修復不能の損傷を受ける。また、クレジットカードや磁気テープに磁気的に書き込まれた情報は乱されてしまう場合がある。変圧器は 50 ガウス以上の磁場で磁気飽和し、働かなくなる。機器の安全機構も動かなくなることがある。機器が安全に稼働する磁気レベルはその機器の種類によって違うので、その機器のメーカーに問い合わせ確認する必要がある。

各種機器が正常に作動するための限界磁場の上限とその例を以下に示す。

1 ガウス……………イメージ増倍管、ガンマカメラ、電子顕微鏡、精密測定機

5 ガウス……………自動車、ブラウン管、心臓ペースメーカー、神経刺激器、生体刺激器

10 ガウス……………電子計算機、X線発生管、時計、クレジットカード

20 ガウス……………磁気記録体

50 ガウス……………マグネット電源、シム電源、RF パワーアンプ

(2) 低温液体(ヘリウム、窒素)の安全な取り扱い

極低温の液体は、デュワー瓶のような断熱した容器に蓄えられていたとしても、それぞれの沸点の温度で存在している。この自然蒸発に伴う容積増加は非常に大きく、ヘリウムや窒素では約 700 倍になる。従って、容器爆発の危険を避けるために低温液体の容器は決して密封してはならない(但し、空気が容器内に逆流しないように逆上弁を装着したものは除く)。低温液体は換気の十分に行われている場所に貯蔵すること。換気が不十分であると、大量の液体をこぼした場合(あるいは締め切った部屋で使用した場合など)には、室内のガス濃度が異常に増加し、酸素欠乏となりやすく、人体に危険な状態となる恐れがある。万一、ガス濃度が異常であるときは、周囲の人々にも注意を促すこと。

① 取り扱い

低温液体を取り扱うときには、凍傷を防ぐために長袖の防護服(セーターのように液体を容易に通しやすいものは避ける)を着用し、乾燥しているサザー製または PVC 製の手袋をはめなければならない。手袋は低温液体が手袋にこぼれた場合に容易に脱ぐことができるように、ゆったりとはめておく。

液体を他の容器に移すとき、または低温液体の容器に常温の物体(パイプなど)を挿入するとき、最初は激しく沸騰し飛び散る。液体を通すパイプはゴム、ビニール製では凍結にともない衝撃で粉砕する恐れがあるので金属製パイプの使用が望ましい。パイプの操作では決して出口を人に向けてはならない。

液体窒素、ヘリウムは液体酸素より低温なので、空気中の酸素がこれらの液体との接触で凝縮され、接触時間が長くなると酸素濃度が非常に高くなる。このため、冷えた表面に可燃物があると、火災の危険があるので、可燃物、火気を近付けないようにする。

② 凍傷

液体又は、蒸発状態の低温ガスに触れると、皮膚は凍傷を起こす。また、十分に保護されていない身体の一部が断熱されていない低温液体用パイプや容器に触れると、皮膚がくっつき、傷つくことがある。

③ 初期手当て

もし低温液体が眼や皮膚についたら、直ちについた場所に大量の冷水またはぬるい水を注ぎ、冷湿布をする。決して湯や熱風を用いてはならない。直ちに医師の助言を受ける。

④ 容器

非磁性物質で作られた各液体の専用容器だけを使用すること。また、空気との接触をなるべく避けるために、容器には逆流防止弁あるいは専用の蓋をする。

(3) 環境の安全確認

① 緊急事故の対応

火災や他の事故発生で、外部から来る緊急対応者に対して、以下の項目を周知徹底させる。

- 室内に極めて強い磁石があること。
- 磁石及び電気設備の消火には、水を使用しないこと。
- 強磁場発生区域内で消火器を使用する場合、非磁性(アルミ、ステンレス)のものを使用。

火事の場合には火災報知器を鳴らし、この区域から緊急要員以外の人々を避難させる。消火作業を行う場合には必ず電気設備消火器(粉末消火器)を使用する。非磁性消火器が準備できない場合の消火作業は磁石より必ず2m以上離れて行う。

※ 注意:水を使用して消火作業をした場合、クライオスタットの排出口が水で凍り、最悪の場合、クライオスタットが爆発してしまう危険が生じる。

② 地震の場合の緊急対応

地震の場合は、SCM がクエンチ(超伝導が破れること)したり、転倒したりする危険が生じるので、直ちに避難口を確保し、安全な場所に待避する。

③ SCM がクエンチした時の対応

クエンチはクライオスタットの真空度が落ちてきた時や、大きな衝撃を与えた時になどに起こる可能性がある。このクエンチの時には、一度に大量の液体ヘリウムが気化し、クライオスタット内の圧力が急激に増大するので、爆発の危険が生じる。直ちに避難口から安全な場所に逃げること。

4. X線光電子分光装置

本装置は、超高真空装置によって、常時、真空状態に保たれており、真空装置の取り扱いを熟知している必要がある。測定においてはX線が使用され、そのための高電圧電源が用いられているので、この点に十分注意する必要がある。使用に当たっては下記の注意事項を順守すること。

《注意事項》

- ① かならず講習を受けて、安全な操作法を十分習得し、使用の許可を得てから使用すること。
- ② 事前に予約をとり、利用者ノートに記入の上、使用すること。
- ③ 使用マニュアルが設置されているので、確認して使用すること。
- ④ 使用前に、電源、水道、ガスボンベの状態をよく確認すること。
- ⑤ 使用前の装置本体の状態をよく確認すること。
- ⑥ 不明な点がある場合には、管理担当者に連絡してよく確かめること。
- ⑦ 装置の利用にあたっては、エックス線装置使用者登録が必要である。

- ⑦ 測定後、装置を停止した際は、最終確認を行うこと。
- ⑧ 停電時には、自動停止装置が作動して止まるので、通電後、復帰の操作をすること。その際管理担当者に連絡すること。
- ⑨ 異常な状態、あるいは非常の際は、直ちに管理担当者まで連絡のこと。

5. X線マイクロアナライザー

(1) X線マイクロアナライザー(日本電子(株) JXA-8900R)

【X線】稼働中には 10 ~ 30kV の電圧が加わり、 $\sim 200 \mu A$ の電流が流れるため、電子銃周辺、また電子線が当たる鏡筒部分及び試料表面から X 線が発生する。しかし、これら X 線は強度が微弱であると共に、電子線系全体が金属容器に入っており、窓剤には鉛ガラスが使われているので、漏洩は事実上無視できる。(実測値としても、サーベイ・メータの検出限界 0.01 mR / hr 以下)

【高電圧】本装置において高電圧(数千~数万ボルト)の加わる部分は:電子銃、X線検出器、フォトマル(以上本体)、加速電圧用電源(電源コンソール)高圧ケーブル(本体~電源コンソール)、アッテネータ、オシロスコープ及び電源、X線検出器及びフォトマル用電源(以上 EBS コンソール)及びケーブル。

フィラメント交換時には、たとえ保護回路が作動することになっていても、使用者自らが加速電圧電源を切ってから電子銃の蓋を開けること。

【真空】本体真空容器の窓ガラスには大気圧が常に負荷として加わっている。誤って物などぶつけると真空が急に破れて装置に重大な影響を与えると共に、ガラスが飛び散って思わぬ怪我をする恐れがある。窓ガラスには衝撃を与えぬよう注意が必要。

【高温】フィラメントが断線して交換する場合、直前まで点灯していた時は、ウェーネットに直接手を触れると火傷を負う恐れがある。十分に冷ましてから行うか、手袋を着用のこと(滑りやすいので要注意)。

(2) 真空蒸着装置(日本電子(株))

【真空】内部が真空の時、ベルジャー全体にかかる大気力はかなり大きな値となる。ベルジャーのガラスに傷などがあり大気圧に耐え切れぬ時、四方から内に引き込まれたガラス破片は互いにぶつかり合った後飛散するので極めて危険。ガラス製ベルジャーには衝撃を与えぬよう注意し、防護ネットをかぶせてから真空に引くこと。

(3) カッター(ビューラー)

【高速回転】カッターの刃は高速回転するので、運転中に手を近づけてはならない。試料の固定が不完全か或いは「送り」が速すぎた場合、破断した刃が試料切断片と共に飛散することがある。試料及び刃の固定は完全に行い、送り速度は余裕を持って設定する。またモータ始動前にプラスチックカバーをセットすること。

(4) X線回折装置((株)リガク RAD-II C)

【X線】X線発生装置は、放射線を絶えず出し続けるラジオアイソトープとは異なり、電源を切ることによりX線を止めることができるので、管理が容易。しかし作動中の装置から生ずる線量率は、密封型小線源によるものと比較して決して弱いとは言えない。例えば、40kV \times 30mA で作動中の Cu 管球から放出される 1 次X線(ダイレクトビーム)の強さは 185 mm 離れた試料位置で $\sim 3.8 \times 10^5$ R / hr に達し、その全量を1秒間浴びたと仮定すると、被曝線量は ~ 100 rem に及ぶことになるので油断は禁物。

シャッターが閉じている時、X線の漏洩は無いものと考えてよい。また、シャッターが開いていても、スリットや試料周辺のプロテクター類が正しくセットされている限り、防X線プラスチックドア外への漏洩は事実上無視できる。

(サーベイメータによる実測値:30kV × 40mA、D.S.1° の時、ドア内試料周辺のプロテクター近傍で最大 0.2mR/hr (SG-9型)、0.16 mR/hr (RAD-II C型)、ドア外ではいずれも検出限界 0.01mR/hr 以下。また、ゴニオメータ調整条件下では、両装置共ドア内プロテクター近傍において検出限界以下)

しかし、X-Ray スイッチを投入する前に

- ① スリット(D.S.についてはスリットカバーも)を正しくセット。
- ② 試料をセットの後、蓋をかぶせる。
- ③ 防X線プラスチックドアを閉める。
- ④ 右側シャッターSW は「閉」(手動)または「中立」(パソコン制御)。
- ⑤ 左側シャッターSW は「閉」を確認。左側シャッターを開けてはならない。

を必ず実行し、防X線ドアを開けるのはゴニオメータ調整時に限ること。

《エックス線作業従事者の健康管理》

X線装置を使用しようとする者(エックス線作業従事者)は「東京農工大学放射線障害予防規則」に基づき、所定の様式により登録の申請を行って、当該使用責任者の許可、及び当該部局の長の承認を得なければならない。作業従事者には6か月毎の健康診断が実施されており、登録者には担当係より連絡がある。

《放射線の最大許容被曝線量》

放射線障害防止法、及び人事院規則(職員の放射線障害の防止)の定めるところでは、3か月につき3rem。ただし、特別な場合として

- ① 皮膚のみの被曝:8rem/3か月。
- ② 手、前ばく、足または足関節のみの被曝:20 rem/3か月。
- ③ 妊娠可能な女性の腹部:1.3 em/3か月。
- ④ 妊娠中の女性の腹部:出産までの期間につき1rem。

言うまでもなく許容線量とは、放射線の利用によって生ずる「利益」と引き換えの「我慢値」であって、白血病や癌などの映発性障害の発生する確率は被曝線量に比例し、しきい値は存在しないと考えられているので、不必要な被曝はすべて避けなければならない。

6. 液体窒素貯蔵施設

液体窒素を利用者に供給するタンク設備である。性能諸元は日本酸素(株)、CE-5S型、容量4482リットル。液体窒素の汲出しと利用に関する安全上の注意と対策は液体酸素などを含めた低温液化ガスの一般的注意と同じであり、以下にそれを記す。

(1)低温液化ガスの一般的注意

- ① 低温液化ガスまたはそのために低温になった部分を取り扱うときは、安全ゴーグルと低温用手袋を必ずつけること。軍手等は好ましくない。また、汲み取り作業時は安全メガネを装着すること。
- ② 短パンにサンダル履きなどの脚を露出した服装で汲み取り作業を行わないこと。低温液化ガスに直接、手、指、脚等で触れてはならない。
- ③ 開放した魔法瓶等の低温液化ガスに、ホース、パイプ類を入れることは危険である。パイプ中を液が吹き上げて眼等にかかる恐れがある。
- ④ 正式な管理なくして容器を密閉状態で放置してはならない。
- ⑤ 液の移充填等に使用する管類は液を閉じ込め易いから特に注意すること。
- ⑥ 液をみだりにこぼしたり、漏れを放置してはならない。低温の液がかかると鉄は折れやすくなり、塗装、コンクリート等も損傷する。
- ⑦ 低温液化ガスの可搬小型容器は魔法瓶のようなもので、衝撃を受けるとこわれ易いから、ぶつけたり、倒したりしないよう注意すること。

- ⑧ デュワーの搬送は可能な限り2人以上で行うこと。エレベーター内にデュワーと人が同乗してはいけない。エレベーターで運搬する時は、「液体窒素運搬中」であることを明示すること。
- ⑨ 低温液化ガスは少量の漏れでも気化すると多量のガスになるから、移充填等はできるだけ通風の良い所で行うこと。
- ⑩ 貯蔵タンクは、高圧(0.35～0.95 MPa)がかかっているため、不用意な弁の操作は高圧窒素ガスの突出につながり非常に危険である。

II ものづくり創造工学センター

(1)作業服

油、切屑などで服が汚れてもよく、服のすそや袖口が機械に巻きこまれたりしないような作業服を必ず着用すること。また、切削加工では切屑が入るため、襟開きの大きな服装は避ける。髪の毛が長い場合は帽子を着用する。

(2)ヘルメットまたは作業帽

重量物の落下、頭部打撲の危険のある作業には必ずヘルメットや作業帽を着用すること。

(3)作業靴

足元の不用意によるけがが多いので、JIS 規定の安全靴やこれに準ずる特につま先の造りの丈夫な作業靴をはくことが望ましい。

(4)手袋

溶接作業時には指定の手袋を使用する。しかし、ボール盤や旋盤等の工作機械の作業には手袋の着用を禁ずる。

(5)保護眼鏡

グラインダーやばり取り作業の場合には防塵眼鏡を使用し、溶接作業では遮光眼鏡を着用する。また、旋盤作業やフライス作業でも切屑などが飛散するので保護眼鏡の着用が望ましいが、眼鏡使用者はその眼鏡を保護眼鏡の代用にすることができる。

(6)工作機械の取扱い上の注意

工作機械はものづくり創造工学センター職員あるいは教職員の説明と指示に従い、常に次のことを忘れずに取り扱わなければならない。

- ① 加工物の取付は、無理をせずガタのないようにしっかりと固定する。(取り付け方法はものづくり創造工学センター職員あるいは教職員の指示に従う)
- ② 機械の各部への注油は運転前に必ず行うこと。
- ③ 機械の運転は、使用法を良く理解して行い、特に非常停止を確実にできるようにすること。
- ④ 適正な加工条件で加工を行う。なお、加工条件についてはものづくり創造工学センター職員あるいは教職員と相談する。
- ⑤ レバーやスイッチ類の操作は確実に行う。また、送りを掛けたまま機械の運転を止めてはいけない。
- ⑥ 大きな振動や異音があった場合にはすみやかに機械を停止し、ものづくり創造工学センター職員あるいは教職員に届け出て指示を仰ぐ。
- ⑦ 機械および工具類の破損はすみやかにものづくり創造工学センター職員あるいは教職員に届け出る。
- ⑧ 作業後には、片付け、工具の整理・返却、及び、機械の手入れと掃除を行い、ものづくり創造工学センター職員あるいは教職員に報告する。

(7)各種工作機械における注意事項

1)旋盤作業

- ① バイトは適正な長さに取り付ける。
- ② バイトが切り込んだ状態で旋盤を止めない。
- ③ 回転中のチャックや工作物に手を近付けない。
- ④ 切屑の除去は、機械を停止し切屑かき棒や手箒を用いて行う。
- ⑤ 荒削り面に不用意に手を触れない。
- ⑥ 手袋は使用しない。

2)ボール盤作業

- ① ドリルの取付けを着実にする。
- ② 工作物はバイスまたはクランプによりテーブルに固定する。
- ③ 加工中に切屑を素手で払わない。
- ④ 穴貫通時には大きなトルクが加わるので、送りを十分に遅くし、注意して作業する。
- ⑤ 手袋は使用しない。

3)フライス盤

- ① ベッド面上に不必要な物を置かない。
- ② フライスカッターやエンドミルの刃部を掴むときは、必ずウェス(ぼろ布)を使用する。
- ③ 切り屑の除去は、機械を停止してから手箒や切屑かき棒で行う。
- ④ 工具回転中は工具に手を近づけない。
- ⑤ 怪我防止のため、切屑の飛散方向に十分に注意する。
- ⑥ 手袋は使用しない。

4)平面研削盤作業

- ① 工作物を取付ける際に砥石にぶつけない。
- ② 工作物の取付けはものづくり創造工学センター職員あるいは教職員の指示に従う。特に背の高い工作物の取付けの場合に加工中に倒れないように注意する。
- ③ 砥石の回転方向の正面に立たない。
- ④ 振動が生じた場合すぐに作業を中止し、ものづくり創造工学センター職員あるいは教職員の指示に従う。
- ⑤ 手袋は使用しない。

5)放電加工機

- ① 放電加工中に電極を触らない。

6)NC 工作機械

- ① 工具やテーブルを移動する際は、X, Y, Z 軸の移動方向(正負方向)を十分確認する。特に工具を工作物から離すときには注意する。
- ② 安全扉を閉めてから加工を行う。
- ③ 作成したプログラムは加工前に十分チェックしてから加工を行う。
- ④ 作業終了後は、コンプレッサー内の空気を排気して大気圧まで下げる。
- ⑤ 使用に際しては、ものづくり創造工学センター職員あるいは教職員と十分打ち合わせを行う。

7)グラインダー作業

- ① 防護用眼鏡を着用し研削粉を防ぐ。
- ② 小さな工作物の場合は、摩擦熱による温度の上昇が比較的大きく、また工作物が砥石車に巻き込まれやすいので、十分に気を付ける。
- ③ 砥石車は衝撃に対して弱いので、取り扱いには注意し衝撃を与えてはいけない。

8)シャーカッター作業

- ① 工作物の押さえが甘いと、跳ね上がりや変形が生じるので、厚さや材質を考えてしっかり固定する。
- ② 指先を刃の下に出さない。
- ③ 切断した板の端面を素手で不用意に触らない。必要があれば手袋をして作業を行う。

9)高速切断機

- ① 回転中は刃に手を近づけない。
- ② 後方に火花が飛ぶので、周囲に十分に注意する。

10) 帯鋸作業

- ① 作業を始める前に空運転を行い、異常のないことを確認する。
- ② 指先の切断事故を避けるため、ガイドを使用する。
- ③ 作業中は鋸歯の大きな振動や異音に絶えず注意する。
- ④ 手袋は使用しない。

11) 溶接作業

- ① 感電、やけどなどを避けるため、服装、靴、保護具などを十分注意して着用する。
- ② 溶接作業の周辺には引火しやすい物は置かない。
- ③ アースされたものや帰線ケーブルと接続された金属上に触れながらの作業は危険であるので行わない。

12) 運搬作業

- ① 台車などによる工作物や材料の運搬は、安全な通路とスペースを確保するため事前に通路の不要物を片付ける。
- ② 荷物ばかりでなく周囲の人間にも十分な注意を払う。
- ③ 重いものは先に積み、軽いものは後から積み、積み過ぎや片積みにならない様に注意する。
- ④ 人力で運搬する場合は、腰を痛める例が多いので、軽い気持や不十分な姿勢のまま重量物を持ち上げたり運んだりしない。
- ⑤ 複数の人で一つの重量物を運ぶ場合は、全員の協調が大切であるから事前に良く打ち合わせて、作業時には皆の呼吸を一致させることが必要である。
- ⑥ 運搬作業は、荷の形状、寸法、重量、数量などについて考慮し、それに適応した運び方をするのが大切である。

13) 揚荷作業

- ① 0.5 t 以下のホイストやチェーンブロックの使用者資格の規定はない。しかし事故も多いので、ものづくり創造工学センター職員あるいは教職員の許可ならびに使用上の注意を受けること。
- ② 荷物の重量が使用する設備の揚重範囲内にあるか確認する。
- ③ 揚重方法について事前に十分検討する。
- ④ 作業中は、責任者の指示に従い、合図などを徹底する。
- ⑤ 上げ降ろしや移動中は、荷物の下やその周辺から離れ又作業員以外の者が不用意に近付かないように注意する。

14) 整理整頓

- ① 電源を落とした後に、作業終了後の片付けを入念に行う。
- ② 工作機械により生じた切屑の掃除は出来るだけ丁寧にする。
- ③ 切屑の混合は発火事故につながる可能性がある。また再利用するので種類別に分ける。
- ④ 自動送りが解除されていることを確認する。
- ⑤ 使用工具などの手入をし、元の場所に戻す。

III 放射線研究室

1. はじめに

RI は放射性同位元素 (Radioisotope)、すなわち原子核の壊変に伴って放射線を放出する不安定な同位元素のことである。RI による汚染や放射線被ばくは人命にも関わる事故にもつながるため、RI の使用については、放射性同位元素等の規制に関する法律によって厳しく規定されている。本学小金井キャンパスでの密封されていない RI (非密封 RI) の使用は共同利用施設である放射線研究室においてのみ許可されている。

本研究室では非密封 RI および密封 RI を取り扱うことができるが、ここでは研究室の概略と RI の使用にあたっての一般的な注意事項について述べる。

2. 放射線研究室について

本学小金井キャンパスでの非密封RIの使用は共同利用施設である放射線研究室においてのみ許可されている。本研究室には放射線管理区域が設けられている。放射線管理区域には、放射線業務従事者または放射線取扱主任者の許可を受けた者以外は立ち入りできない。現在、使用許可を得ている非密封RIは13核種（H-3（気体）を含む）あり、核種ごとに一年間、3ヶ月、一日の最大使用数量が規定されている。また非密封RIの貯蔵能力は核種ごとに定められている。RIを安全に管理・使用するためにRI在庫管理システム、排気設備、排水設備等があり、排気モニタ、水モニタによる放射線のモニタリングも行っている。その他に施設内ではサーベイメータ、ルームガスモニタ等で汚染のチェックや室内の放射線モニタリングを行っている。なお、本研究室外の学内放射性物質装備機器（密封RI）の使用者や学外の放射線施設等において放射線業務を行う者に対しても本学の放射線業務従事者登録を行っている。

3. 放射線研究室におけるRIおよび放射線業務従事者の安全管理

本研究室において想定される放射線障害を起こしうる事故として、器具の破損や実験操作ミス等によりRIを誤って飛散させた事による施設内の汚染、またはRIを体内に取り込む等が考えられ、計画外の無用の被ばくを起こさない事が最も重要である。これらの事故を防ぐために本研究室における放射線およびRIの使用は、東京農工大学工学部放射線障害予防規程で定められた教育訓練および電離放射線健康診断を受け放射線業務従事者として登録された者にのみ許可している。また、実際に放射線研究室の使用を希望する放射線業務従事者には、予め実験計画を作成させ放射線研究室長および放射線取扱主任者の承認を得なければならない。その他、放射線研究室の施設・設備の維持管理のため定期的な点検や必要に応じて随時、修繕等を行っている。

IV 危険物の取り扱いと薬品庫

1. 概要

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庫が、4カ所に設置されている。そして消防法に基づいて、危険物の類別に貯蔵するよう区分されている。

ここで述べる“危険物”とは消防法で定められた発火あるいは引火しやすい物質に限定される。従って、消防法で危険物に指定していない有機溶媒などは、危険物屋内貯蔵所には収納できない。危険物は「危険物の分類」の項で述べたように、取り扱いや消火の方法によって分類される。危険物の貯蔵可能数量は、危険の程度から数量によって制限する方式で指定数量の何倍という形で決められる。実際には、各危険物屋内貯蔵所の入口の看板に表示されているように、その内容は危険物の品名ごとに数量制限を受ける。各貯蔵庫は類別に危険物を貯蔵するので、入口も類別になっていて、その入口の位置が東側、西側というように示してある。類別を間違えないように注意しなければならない。

これらの薬品は、小金井キャンパスにおける実験や研究には必ず必要なものであるが、同時に危険性も伴っているので、その取扱は消防法による規制を受け、特別の注意を必要とする。我々が自動車を運転するために、自動車免許証を必要とするのと同様に、ある数量以上の危険物を取り扱うには危険物取扱主任者免状を所持するか、あるいは危険物取扱主任者免状を持っている人の立会いが必要である。

危険物が原因で発生した火災の発生件数は、消防法の効果が上がっているため、一般の火災と比較して高いわけではない。危険なのは、火災が発生した時の人命などの危険性が、統計的に3倍も高いことにある。初期消火以外は、殆ど消火不能と考えられ、危険物貯蔵庫では、火気の厳禁が大前提である。

以下に述べる危険物の解説をよく読んで、災害を発生させないよう各自が十分に注意して取り扱い、また実験する心が必要である。

2. 危険物の取り扱い

危険物はその危険性のゆえに、実験に必要なもの以外は、実験室に置かないことが安全上の重要な原則である。法的に規制を受けずに実験室に置くことができる危険物の量は、消防法では指定数量までであるが、東京都では火災予防条例でこれを指定数量の 5 分の 1 に制限している。5 分の 1 以上指定数量未満の危険物があると、都条例により掲示の義務と取扱上の規制を受ける。

このような規制を受けないためには必要な物質を、必要な量だけ購入して使いきるのが望ましい。しかし、どうしても危険物を貯蔵しなければならないこともある。そのときには実験室に置かないで、この“薬品庫”―法的には危険物屋内貯蔵所に貯蔵しなければならない。そして必要な分だけ小出して実験室へ運ぶのが面倒でも安全につながる。しかし危険物の出し入れを誰もができるわけではない。次に述べる薬品庫の使い方に従って、危険物の出し入れを行わなければならない。

3. 危険物

危険物の種類と性質については、「危険物の分類」の項と「各種の危険物の特性と品性毎の性質」の項において詳細に解説したので参照のこと。

4. 薬品庫の使い方

危険物と思われる薬品類を薬品庫に貯蔵したい場合は、先ずその薬品が危険物かどうかを表によって調べる。わからないときは遠慮なく危険物取扱者等に聞き、どの類の危険物かを確認する。

危険物の類がわかれば、どの薬品庫のどの部屋に入れることができるかを調べる。ここで注意すべきことは、自分が危険な薬品または物品と思っても、消防法の危険物でなければ、薬品庫に入れることはできないことである。例えば、プロパンガスのボンベ、ハロゲン化物、毒物、塩酸などは入れることはできない。

入れる部屋が決まれば、所属研究室の教職員に申し出て、その薬品庫の薬品庫薬品類の名称と数量を連絡し(薬品庫には、危険物の種類と量の両方から貯蔵の限界がある)、許可が得られれば、危険物に関する法令及び化学的な知識を持ち、

- 1) 自分で危険物取扱者の免状を持つか、あるいは
- 2) 危険物保安監督者に指名されている人、または
- 3) 危険物取扱者の免状を持つ人の立会い

のいずれかによって、危険物を薬品庫に入れる。

薬品類を薬品庫から取り出すときも、所属研究室の教職員に申し出て、入れる時と同様に、選任された危険物保安監督者等の立会いのもとに行う。

危険物の貯蔵、取扱に関しては、物質の性質を熟知して、慎重に取り扱う一般的な注意の他に、消防法や東京都火災予防条例などに規定された危険物関係法令を忠実に守らなければならない。

V ごみの分別と廃棄

1. まえがき

資源の有効利用や地球温暖化の防止は喫緊の課題となっている。地球温暖化の主な原因は二酸化炭素であり、ごみの焼却はその排出源の一つである。従って、不燃ごみに限らず、可燃ごみもできるだけリサイクル活用し、教職員・学生の一人一人がごみの排出量をできるだけ少なくするように心がける必要がある。

2. 可燃ごみについて

小金井キャンパスでは、可燃ゴミ(残飯・生ゴミ・ワリバシ・紙類など)は放射線研究室北側にあるごみ一時保管場所で収集を行っている。なお、紙類は薬品や油がしみこんでいたり撥水コーティングされている物以外は古紙リサイクルを行っている。各建物備えつけの分別かごに収納すること。

3. 不燃ごみについて

プラスチック系の器具やビニール手袋はもちろん、弁当箱や食品容器などを可燃ごみに混ぜて廃棄すると燃焼処理の際にダイオキシンに代表される有害物質を発生させ危険である。また、焼却炉の炉壁を傷める原因ともなることから、不燃ゴミとして処理される。金属部品や金属とプラスチックの混合物である電子部品、電線、セラミックスなども破碎・埋立処理によって最終処分される。これらは、放射線研究室北側にあるごみ一時保管場所で収集されている。

なお、破損したガラス器具を BOX 投入すると収集時に危険である。従って、上述の埋立ごみとは別にして、RI 施設北側にあるごみ一時保管場所まで搬入すること。なお、ピーカー、試薬ビン等実験用ガラス器具や一斗缶、ポリタンクについては、ごみ一時保管場所へ搬入せず、年数回行われる回収時に処分すること。

4. 大型廃棄物(粗大ごみ)について

大型廃棄物の場合は、放射線研究室北側にあるごみ一時保管場所に搬入すること。ごみ一時保管場所の搬入時間は基本的に火曜及び木曜の昼休み 12:00～13:00 であるが、大量搬入など定期搬入時間に不都合な場合は事前に小金井地区会計係(内線 7004)まで連絡すること。定期搬入日が休日などの場合は翌日(翌営業日)に変更になるので注意すること。

なお、「可燃ごみ」や「不燃ごみ」等もごみ一時保管場所に搬入できる。これらの搬入時間も同じく火曜及び木曜の昼休み 12:00～13:00 である。

5. 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「廃棄物処理」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。

廃棄物処理

小金井キャンパスでは、実験研究において、様々な材料や薬品を使用するため、使用後の廃棄物の種類も多い。中には有毒なものや危険なものも多く含まれており、取扱いを誤ると、取扱者自身が危険なばかりでなく、広く環境汚染を引き起こし直接関係ない人にも危害を及ぼす可能性がある。それゆえ、これらの廃棄物の処理については様々な法律等で規制されている。

廃棄物にはいろいろあるが、この項では実験廃液・実験用空薬品ビン、ポリ塩化ビフェニール(PCB)使用物品、アスベスト製品について注意事項を述べる。

① 実験廃液は一般に有毒であり一般の排水のように流して捨ててはならない。実験で使用した廃液は各研究室に用意されている貯留タンクに蓄えなければならない。蓄えられた廃液は廃液処理専門業者に委託して、専門工場において処理される。

廃液には有機系廃液と無機系廃液があり、それぞれの中にも種々の性質を持った廃液があり、それぞれ処理方法が異なる。それゆえ廃液は定められた区分表にしたがって分別貯留し、各責任者が指定日に環境管理施設に搬入することになっている。(この冊子の「実験廃棄物・廃液の取り扱い」を参照すること。)

化学物質は混合すると急激に反応が起こり、爆発を起こす物質が多数ある。せっかく分別貯留されていた廃液を、量が少ないからと他の廃液に混ぜたために爆発を起こした例は数多い。特に注意が必要である。次の表に、混合すると爆発の可能性のある薬品の組合せの代表的な例を示す。

② 薬品ビンについても危険な薬品を残したまま廃棄するのを防ぐため、年数回行われる回収時のみ処分することが認められている。決して一般の不燃ごみと混同して捨ててはならない。

なお、以下の条件にひとつでも当てはまらない場合は、回収時でも受けつけられないので注意すること。

(1) 2回以上洗浄し、乾燥した清浄なガラスビン・プラスチックビン又は、缶に限ること(この洗浄に用いた溶媒、水なども分別貯留が必要なので注意する)

(2) フタを付けないこと

(3) 臭気がしないこと

(4) ビン等のラベルは出来るだけ剥がすこと

(5) 一斗缶は切り開いて潰すこと

(6) 立会担当者が適当と認めたもの

③ ポリ塩化ビフェニール(PCB)使用物品については、『PCB廃棄物特別措置法』により厳格な保管と報告義務が定められている。一般の廃棄物と混同して廃棄すると罰せられるので注意が必要である。PCB使用物品が研究室等から出てきた場合は、速やかに小金井地区会計室会計係(内線 7004)に連絡し、指示に従うこと。

④ アスベスト製品の処理に関しては『廃棄物処理法』により定められており、飛散性アスベストは特別管理産業廃棄物として取り扱われる。アスベスト製品を発見した場合、小金井地区会計室会計係に連絡して指示に従うこと。なお、飛散したアスベストを吸引した場合、重大な健康障害を引き起こす可能性がある。従って、アスベストが飛散する恐れがあるアスベスト製品を発見した場合、決して手を触れず、その旨を速やかに教員に知らせること。

混合すると爆発の危険性のある薬品の組合せ(A+B)

薬品 A	薬品 B	薬品 A	薬品 B
アルカリ金属、粉末にしたアルミニウム又はマグネシウム、その他 (反応)	四塩化炭素・その他の塩化炭化水素、二硫化炭素及びハロゲン	過酸化水素 (急激な分解反応)	銅、クロム、鉄、多くの金属あるいはそれらの塩、アルコール、アセトン、有機物、アニリン、可燃物、引火性液体、ニトロメタン
カリウム、ナトリウム(反応)	四塩化炭素、二酸化炭素、水	アンモニア(無水) (アジ化水銀・銀の生成・激しい発熱反応・生成物の分解)	水銀(例えばマノメーター中の水銀)、塩素、次亜塩素酸カルシウム、ヨウ素、臭素、フッ化水素酸、銀化合物
銅(アセチリドの生成・分解反応)	アセチレン、過酸化水素	三酸化クロム (酸化反応・酸素の発生)	酢酸、ナフタリン、カンファー、グリセリン、テレピン油、アルコール類
銀(アセチリドの生成・分解反応・雷酸銀・アジ化銀の生成)	アセチレン、シュウ酸、酒石酸化、雷酸、アンモニウム化合物	フッ化水素酸(濃) (激しい発熱反応)	アンモニア (含水、あるいは無水)
水銀(アセチリド・雷酸水銀・アジドの生成)	アセチレン、雷酸、アンモニア	硝酸(濃) (酸化反応・発熱)	酢酸、アニリン、クロム酸、シアン酸、硫化水素、引火性液体、引火性ガス
塩素(激しい発熱反応・生成物の分解)	アンモニア、アセチレン、ブタジエン、ブタン、メタン、プロパン、(他の石油ガス)、水素、ナトリウム、カーバイド、テレピン油、ベンゼン、微粉碎した金属	硫酸 (遊離塩素酸、過マンガン酸の生成・その分解と酸化反応)	塩素酸カリウム、過塩素酸カリウム、過マンガン酸カリウム(あるいはナトリウム、リチウムのような軽金属の過マンガン酸塩)
臭素(〃)	塩素と同じ	炭化水素(ブタン、プロパン、ベンゼン、ガソリン、テレピン油など)	フッ素、臭素、三酸化クロム、過酸化ナトリウム(激しい発熱反応・酸化反応と過酸化物の生成)
ヨウ素(〃)	アセチレン、アンモニア(溶液あるいは無水)・水素	アセチレン(激しい発熱反応と生成物の分解・アセチリドの生成)アニリン(酸化反応)	塩素、臭素、銅、フッ素、銀、水銀

エネルギーが大きいため発熱大)	反応性は著しく大である		
二酸化塩素(激しい発熱反応・生成物の分解)	アンモニア、メタン、ホスフィン、硫化水素	シュウ酸(急激な分解)	銀、水銀
塩素酸塩(急激な酸化反応)	アンモニウム塩、酸類、金属粉、硫黄、一般に微粉砕した有機物あるいは可燃性物質	クメンヒドロパーオキシド(急激な分解)	酸類(有機あるいは無機)
過塩素酸(急激な酸化反応)	無水酢酸、ピスマス及びそれらの合金、アルコール、紙、木材	引火性液体(酸化反応・過酸化物生成・急激な反応)	硝酸アンモニウム、三酸化クロム、過酸化水素、硝酸、過酸化ナトリウム、及びハロゲン
過マンガン酸カリウム(急激な酸化反応)	エタノールあるいはメタノール、氷酢酸、無水酢酸、ベンズアルデヒド、二硫化炭素、グリセリン、エチレングリコール、酢酸エチル、酢酸メチル、フルフラール		

注 表中の()内の表示は原因を示す。

本学における禁煙対策

本学は、平成30年7月に改正された健康増進法及び同年6月に制定された東京都受動喫煙防止条例の趣旨に則り、また、学生からの受動喫煙改善要望が増えていることに鑑み、環境に対する配慮を標榜する大学として、分煙対策強化のため、本学施設屋内を全面禁煙としています。

1. 学内分煙化に当たっての実際の措置

- ① 研究室・学生寮を含む建物内は、禁煙である。(したがって、受動喫煙防止措置が講じられていても室内における喫煙は禁止されることになる。)
- ② 建物外にあっても、たばこの煙が建物内に流れ込む場合は禁煙である。
- ③ 学内敷地内においても指定場所以外は禁煙である。したがって、歩行しながらの喫煙も禁止である。

2. キャンパス内の美化及び喫煙のモラルについて

たばこの吸殻の放置など喫煙によりキャンパス内の美化が損なわれていること、また、歩行しながらの喫煙など社会において既に指摘されてきている喫煙のモラルが守られていないことを勸告し、分煙対策の強化と並行して喫煙モラルの健全化を図る。

3. 喫煙ルール

- ① キャンパス内の指定喫煙場所においてだけ喫煙が許容されている。それ以外の場所で喫煙しないこと。
- ② 吸殻や灰は吸殻入れに捨て、周囲に撒き散らさないこと。
- ③ 歩行喫煙、自転車運転中の喫煙は禁止する。
- ④ 空き缶やペットボトルは吸殻入れに捨てないこと。これらをゴミ入れとして使わないこと。
- ⑤ タバコの火は吸殻入れ内で消し、壁面などでは決して火を消さないこと。
- ⑥ 吸殻入れの発煙・発火は火災の原因になる。発煙・発火が見られたときは直ちに水をかけて消火すること。
- ⑦ 上記のルールを守らない者に対しては、ルールを守るよう相互に注意を与えること。
- ⑧ 喫煙場所であっても、周囲の歩行者などに配慮し、いったん火を消す、しばらく喫煙を我慢する、などして、受動喫煙の防止につとめること。

【参考】健康増進法第25条の5(多数の者が利用する施設における受動喫煙の防止)

学校、体育館、病院、劇場観覧場、集会場、展示場、百貨店、事務所、官公庁施設、飲食店その他の多数の者が利用する施設を管理する者は、これらを利用する者について、望まない受動喫煙を防止するために必要な措置を講ずるよう努めなければならない。

付 録

参考資料

1. 各章にわたって参考にしたもの

東京農工大学農学部安全委員会“安全マニュアル”、2001.

東京農工大学動物実験委員会“動物実験指針および動物実験の手引き”、2001.

大阪大学学生生活委員会、“安全のための手引”、1994.

東京工業大学安全管理実施委員会、“安全手帳”(第4版)、1993.

横浜国立大学工学部安全委員会、“実験・実習における安全の手引”(改訂版)、横浜国立大学、1988.

東京農工大学保健管理センター“健康のしおり”、2005.

化学系の参考書

千葉大学工学部、工業化学科・合成化学科編、“防災の手引”、1987.

化学同人編集部、“実験を安全に行うために”(改訂版)、化学同人、1977.

化学同人編集部、“新版 続・実験を安全に行うために”、化学同人、1987.

頼実正弘編「化学系実験の基礎と心得」倍風合

廃液等取扱の手引(東京農工大学環境管理施設)

生物系の参考書

「微生物学実験法」講談社

「微生物実験マニュアル」講談社

「生物学ハンドブック」丸善

「組換え DNA 実験指針」科学技術庁計画局ライフサイエンス企画室編

「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等に関する説明資料(平成17年11月1日版)」文部科学省

2. 東京農工大学の安全管理に関する規程

国立大学法人東京農工大学安全衛生管理規程(平成16年4月7日)

国立大学法人東京農工大学放射線障害予防細則(平成16年4月7日)

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(平成16年4月1日)

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(平成16年4月1日)

国立大学法人東京農工大学自家用電気工作物保安規程(平成16年4月1日)

国立大学法人東京農工大学防火管理要項(平成17年12月)

国立大学法人東京農工大学震災対策要項(平成17年12月)

東京農工大学健康安全規程(昭和50年3月)

東京農工大学放射線障害予防に関する実施細則(昭和60年3月)

東京農工大学放射性有機廃液焼却装置使用要項(昭和58年7月)

東京農工大学廃液等管理規則(昭和 58 年7月)

東京農工大学廃液等取扱要項(昭和 58 年7月)

動物実験委員会規則(平成 10 年2月)

東京農工大学防火管理規則(昭和 56 年4月)

東京農工大学消防用施設等の点検・検査実施要項(昭和 50 年9月)

東京農工大学工学部安全管理及び事故処理に関する申し合せ(昭和 63 年6月)

東京農工大学電気工作物保安規則(昭和 40 年 11 月)