

第3章 工業化学分野

実験・実習には必ず危険が伴う。それは、「不注意であり、安全に対する認識不足であり、機械・器具及び薬品などに対する無知であり、各種機械や機器の操作に対する慣れなどから起こりやすい。」といわれている。

化学工業での安全については、物質安全(material safety)とプロセス安全(process safety)の二つの観点から検討することが重要である。物質安全は、化学物質のもつ潜在的危険性に対しての、危険性物質や有害物質の危険性評価区分、貯蔵、取扱い及び輸送方法などの安全対策である。プロセス安全は、安全な化学プロセスや生産環境に対しての、本質安全設計、プロセス設計、リスク・アセスメント、リスク・マネジメント、ヒューマン・エラー対策及び規制法令などの安全対策である。

安全に関する知識を系統的かつ総合的に習得することは、自らを危険リスクから守り、自らを安全な場に置き、さらに、他者や地域の安全な生活を守り、広くは持続可能な発展をめざした社会の構築を進めることになる。

本章では、工業高校の工業化学分野で安全教育を進めていく上での必要な知識と取扱いについて、化学薬品、ガラス器具、プラント関連機器及び分析機器の領域に分けて記述する。

第1節 化学薬品

1 化学薬品の危険性

化学薬品の中には、発火性、爆発性を有するものや中毒性を有するものなど数多く存在する。今日、産業の場では、人の安全と健康を守るために、化学薬品には法的に厳しい規制が行われている。学校の実習を指導していく上でも、事故防止のために、法的に規制されている薬品については、その性質を十分に承知し、慎重に取り扱っていかなければならない。

また、2003年に、国際連合から「化学品の分類及び表示に関する世界調和システム(Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals)(略してGHS)」について勧告がなされた。GHSとは、世界的に統一されたルールに従って、化学品を危険有害性の種類と程度により分類し、その情報が一目でわかるように、ラベル(表3-1)で表示したり、「化学物質等安全データシート(Material Safety Data Sheet)(略してMSDS)(表3-2)を提供したりするシステムである。国際的な物質の流通が進んでいる現代社会で、日本を含む加盟各国は、世界的な統一基準を踏まえて薬品の分類や表示をより適切に行っていく努力が求められている。

日本ではこのGHS国連勧告を踏まえ、2005年に労働安全衛生法の改正を経て、2006年12月1日から、従来の表示対象物である有害物に加え、危険物を対象として、GHSに対応したラベル表示が義務付けられた。(厚生労働省「労働安全衛生法施行令及び労働安全衛生規則の改正について(化学物質等に係る表示及び文書交付制度の改善関係)」)

MSDSについては、2001年1月に施行された「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(化管法)」に規定され、事業者には作成義務が課せられている。

将来、化学工業分野に就労する生徒は、GHSやMSDSのような国際的なルールに基づく安全教育が大切になってくる。さらに、化学物質の被害を未然に防止するため、その開発から

廃棄までの全ライフサイクルを総合的に管理する「総合安全管理」の観点から、安全教育を進めていかなければならない。

表 3-1 GHSに使用されるラベルの解説(イラストは黒色、菱形の囲みは赤色)

 <p>火薬類 自己反応性化学品 有機過酸化物</p>	 <p>可燃性/引火性ガス 引火性エアゾール、引火性液体 可燃性固体、自己反応性化学品 自然発火性液体、自己発熱性化学品 水反応可燃性化学品、有機過酸化物</p>
 <p>酸化性液体 酸化性固体 支燃性/酸化性ガス</p>	 <p>高圧ガス</p>
 <p>金属腐食性 皮膚腐食性 目に対する重篤な損傷性</p>	 <p>急性毒性(高毒性)</p>
 <p>発がん性 呼吸器感受性、吸引性呼吸器有害性 生殖毒性、生殖細胞変異原性 特定標的臓器/全身毒性(単回暴露) 特定標的臓器/全身毒性(反復暴露)</p>	 <p>急性毒性(低毒性) 目刺激性 皮膚刺激性、皮膚感受性 気道刺激性 麻酔作用</p>
 <p>水生環境有害性</p>	

環境省「化学品の分類および表示に関する世界調和システムについて」(2006年)

表 3-2 製品安全データシート(MSDS)の例

<p>MSDS No. XXXXXXXXXX</p> <p>1. 製品及び会社情報(省略)</p> <p>2. 危険有害性の要約</p> <p>GHS分類： 引火性液体：区分2 皮膚腐食性/刺激性：区分2 目に対する重篤な損傷/眼刺激性：区分2A 急性毒性：経口：区分4 生殖細胞変異原性：区分2 発がん性：区分1A 生殖毒性：区分2 特定標的臓器/全身毒性(単回暴露)：区分1(呼吸器) 特定標的臓器/全身毒性(単回暴露)：区分3(麻酔作用) 特定標的臓器/全身毒性(反復暴露)：区分1(中枢神経系、造血系) 吸引性呼吸器有害性：区分1 水生毒性(急性)：区分2 水生毒性(慢性)：区分2</p> <p>GHSラベル要素：</p>  <p>危険有害性情報：引火性の高い液体及び蒸気 皮膚刺激 強い眼刺激</p>	<p>作成日：2001/XX/XX 改訂日：2011/XX/XX</p> <p style="text-align: right;">危険</p>
---	--

	<p>飲み込むと有害 遺伝性疾患のおそれの疑い 発がんのおそれ 生殖能または胎児への悪影響のおそれの疑い 臓器の障害(呼吸器) 眠気又はめまいのおそれ 長期又は反復暴露による臓器の障害(中枢神経系、造血系) 飲み込み、気道に侵入すると生命に危険のおそれ 水生生物に毒性 長期的影響により水生生物に毒性</p>
注意書き：	<p>蒸気を吸入すると重篤な中毒を起こすおそれがありますから、取扱いには下記の注意事項を守って下さい。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 取扱い作業場所には、局所排気装置を設けて下さい。 2. 容器から出し入れするときは、こぼれないようにして下さい。 3. 取扱い中は、必要に応じ防毒マスク又はホースマスク、保護手袋等を着用して下さい。 4. 取扱い後は、手洗いを十分行って下さい。 5. 一定の所を定めて、換気の良いところに貯蔵して下さい。 6. 液がこぼれた場合には、砂等を散布したのち処理して下さい。 <p>上記で記載がない危険有害性は分類対象外または分類できない。</p>
3. 組成、成分情報(省略)	
4. 応急措置	
吸入した場合：	新鮮な空気のある場所に移し、安静保温に努める。症状が回復しない場合は、直ちに医師の手当を受ける。
皮膚に付着した場合：	多量の水で石鹸を用いて洗う。炎症を生じた時は医師の手当を受ける。
目に入った場合：	直ちに多量の水で15分以上洗い流す。異常があれば医師の手当を受ける。
飲み込んだ場合：	大量の水を飲ませる。吐かせない。直ちに医師の手当を受ける。
応急措置をする者の保護：	救助者はゴム手袋と密閉ゴーグルなどの保護具を着用する。
5. 火災時の措置	
消火剤：	粉末、泡、炭酸ガス、乾燥砂
火災時の特有危険有害性：	消火作業の際には煙を吸い込まないように適切な保護具を着用する。
特有の消火方法：	火元の燃焼源を断ち、消火剤を用いて消火する。移動可能な容器は速やかに安全な場所に移す。移動不可能な場合には周辺水噴霧で冷却する。
消火を行う者の保護：	消火活動は風上から行い、有害なガスの吸入を避ける。状況に応じて呼吸保護具を着用する。
6. 漏出時の措置	
人体に対する注意事項、保護具及び緊急時措置	屋内の場合、処理が終わるまで十分に換気を行う。漏出した場所の周辺に、ロープを張るなどして関係者以外の立ち入りを禁止する。作業の際には適切な保護具を着用し、飛沫等が皮膚に付着したり、粉塵、ガスを吸入したりしないようにする。風上から作業して、風下の人を退避させる。
環境に対する注意事項：	漏出した製品が河川等に排出され、環境への影響を起こさないように注意する。汚染された排水が適切に処理されずに環境へ排出しないように注意する。
回収、中和：	火気厳禁とし、適切な保護具を着用して、おがくず、ウエス等に吸収させて、密閉できる空容器に回収する。
7. 取扱い及び保管上の注意	
取扱い	
技術的対策：	火気厳禁とし、高温物、スパークを避け、強酸化剤との接触を避ける。
注意事項：	容器を転倒させ落下させ衝撃を与え又は引きずる等の粗暴な扱いをしない。 漏れ、溢れ、飛散などしないようにし、みだりに粉塵や蒸気発生させない。 使用後は容器を密閉する。 取扱い後は、手、顔等をよく洗い、うがいをする。 指定された場所以外では飲食、喫煙をしてはならない。 休憩場所では手袋その他汚染した保護具を持ち込んではいけない。 取扱い場所には関係者以外の立ち入りを禁止する
安全取扱注意事項：	吸い込んだり、目、皮膚及び衣類に触れないように、適切な保護具を着用する。 屋内作業場における取扱い場所では、局所排気装置を使用する。
保管	
適切な保管条件：	保管場所で使用する電気機器は防構造とし、機器類はすべて接地する。 容器は遮光し、乾燥した場所に貯蔵し、密閉して、空気との接触を避ける。
技術的対策：	換気の良い場所で容器を密閉し保管する。 火気厳禁 日光から遮断すること。
混触禁止物質：	強酸化性物質
安全な容器包装材料：	ガラス
8. 暴露防止及び保護措置	
設備対策：	屋内作業場での使用の場合は発生源の密閉化、または局所排気装置を設置する。 取扱い場所の近くに安全シャワー、手洗い・洗眼設備を設け、その位置を明瞭に表示する。
管理濃度 作業環境評基準：	1 ppm

許容濃度

OSHA PEL : air TWA 10ppm CL 25ppm PK 50ppm/10分/8時間
ACGIH TLV(s) : TWA 0.5ppm STEL 2.5ppm
日本産業衛生学会 : 過剰発がん生涯リスクレベルと対応する評価値
過剰発がん生涯リスクレベル 10<-3 評価値 1 ppm (平均相対リスクモデル)
過剰発がん生涯リスクレベル 10<-4 評価値 0.1ppm (平均相対リスクモデル)

保護具

呼吸器の保具 : 有機ガス用防毒マスク、空気呼吸器
手の保護具 : 保護手袋
目の保護具 : 保護眼鏡
皮膚及び身体への保護具 : 保護長靴、保護衣
適切な衛生対策 : マスク等の吸着剤の交換は定期または使用の都度行う。
ゴム等を侵すので点検時注意する。

9. 物理的及び化学的性質(省略)

10. 安定性及び反応性(省略)

11. 有害性情報

急性毒性 : 経口 ヒト LDLo: 50mg/kg (RTECS)
吸入 ヒト TCLo: 100ppm (RTECS)
経口 ラット LD50: 930mg/kg (RTECS)
経口 マウス LD50: 4,700mg/kg (RTECS)
吸入 マウス LC50: 9,980ppm (RTECS)
腹腔 マウス LD50: 340mg/kg (RTECS)
ラットに対する経口投与の LD50=810 mg/kg (NICNAS (2001)、IRIS (2002))、
3,000、3,300、4,900 mg/kg (EHC 150 (1993)) に基づいて、計算式を適用した。
算出された LD50 (計算値)=1,620m/kg
皮膚腐食性・刺激性 : 皮膚刺激 ウサギ 15mg/24H 軽度 (RTECS)
NICNAS (2001) のウサギを用いた皮膚一次刺激性試験結果、EHC 150 (1993) の
皮膚累積刺激性試験結果の記述から、皮膚刺激性を有すると考えられ、EU リス
ク警句 Xi; R36/38 を参考にした。
眼に対する重篤な損傷・刺激性 : 目刺激 ウサギ 88mg 中程度 (RTECS)
目刺激 ウサギ 2mg/24H 重度 (RTECS)
EHC 150 (1993)、NICNAS (2001) のウサギを用いた眼刺激性試験結果に関する
記述から、ベンゼンは中等度 (moderate) の眼刺激性を示すと考えられる。
生殖細胞変異原性 : DNA抑制試験: 経口-マウス 20g/kg
EHC 150 (1993)、NTP TR289 (1986) の記述から、経世代変異原性試験で陰性、
生殖細胞 in vivo 変異原性試験なし、体細胞 in vivo 変異原性試験で陽性、生
殖細胞 in vivo 遺伝毒性試験なしである。
発がん性 : NTP (2005) で K、IARC (1987) で 1、ACGIH (2001) で A1、EPA (2000) で A に
分類されている。
NTP : グループ a 発がん性既知
IARC : グループ 1 ヒトに対して発がん性がある
日本産業衛生学会 : 「第 1 群」人間に対して発がん性がある物質
生殖毒性 : NTP (1986)、ATSDR (2005) の記述から、母動物毒性が示される用量で胎児毒性
がみられる。
特定標的臓器・全身毒性、単回暴露 : ヒトでは「皮膚、鼻、口、咽頭への刺激」、「気管炎、喉頭炎、気管支炎、肺
での大量出血」(NICNAS (2001))等の記述、実験動物では「麻酔状態の際に呼吸
障害が観察された」(EHC 150 (1993))等の記載があることから、呼吸器を標的
臓器とし、麻酔作用をもつと考えられた。
特定標的臓器・全身毒性、反復暴露 : ヒトについては「骨髄の形成不全、過形成もしくは正常芽細胞をともなう血球
減少症」、「血液毒性」、「再生不良性貧血による死亡例」(EHC 150 (1993))、
「横断性脊髄炎」(IRIS (2002))、「頻発性頭痛、疲労感、睡眠障害および記憶
障害」、「白血球、赤血球数の減少及び平均赤血球容積の増加」(NICNAS (2001))
等の記述、実験動物では「リンパ球、赤血球数の減少及び循環赤血球と好中球
の形態異常」、「脾臓有核細胞、循環赤血球及びリンパ球数の減少」、「白血
球数減少」、「骨髄細胞充実性の減少、骨髄多能性幹細胞数の減少」(EHC 150
(1993))、「赤血球、白血球、リンパ球、ヘマトクリット減少、及び平均赤血球
容積の増加」(IRIS (2002))等の記述があることから、中枢神経系、造血系が標
的臓器と考えられた。なお、実験動物に対する影響は区分 1 に相当するガダ
ンス値の範囲で見られた。
吸引性呼吸器有害性 : 「この液体を飲み込むと、誤嚥により化学性肺炎を起こす危険がある。」(ICSC
(J) (2003))との記載がある。また炭化水素であり、動粘性率は 0.740 mm²/s
(25°C) (CERI 計算値)である。

12. 環境影響情報(省略)

13. 廃棄上の注意

残余廃棄物 : 焼却法
可燃性溶剤と共に焼却炉の火室へ噴霧して焼却する。
廃棄においては関連法規ならびに地方自治体の条例に従うこと。

なお上記方法による処理が出来ない場合は都道府県知事の可を得た専門の廃棄物処理業者に委託処理する。

汚染容器及び包装：空容器を廃棄する場合、内容物を完全に除去した後に処分する。

14. 輸送上の注意

国連番号： 1114
品名： ベンゼン
国連分類： クラス 3 (引火性液体)
容器等級： PG II
海洋汚染物質：非該当
注意事項： 運搬に際しては容器に漏れのないことを確かめ、転倒、落下、損傷がないよう積み込み、荷くずれの防止を確実にこなう。

15. 適用法令

消防法： 危険物第4類 第1石油類(非水溶性) 危険等級2
毒物及び劇物取締法： 非該当
労働安全衛生法： 法第57条(令第18条)名称等を表示すべき有害物
法第57条の2(令第18条の2)名称等を通知すべき有害物 No. 531
令別表第1の4 引火性の物
作業環境測定基準 作業環境評価基準
特定化学物質等障害予防規則 第2類物質
特定化学物質等障害予防規則(特別管理物質)
化審法： 優先評価化学物質
船舶安全法(危規則)： 引火性液体
航空法： 引火性液体
海洋汚染防止法： 施行令別表第1 有害液物質 Y類物質
化学物質管理促進法(PRTR法)： 特定第1種指定化学物質No. 400 (旧PRTR法では特定第1種 No. 299 H21. 9. 30まで)
大気汚染防止法： 第17条第1項(特定物質)： 令附則第3項(指定物質)： 有害大気汚染物質(優先取組物質)
水質汚濁防止法： 第2条第2項(有害物質)
土壌汚染対策法： 特定有害物質

16. その他の情報(省略)

化学物質は、「有害な化学物質」と「無害な化学物質」に単純に区別することはできない。例えば、人の健康の場合、そのリスクは「化学物質の有害性」と「その物質にどれだけ暴露した」の両方の要素によって決まる。つまり、食塩でもたくさん取りすぎると健康によくないのと同様に、有害性の小さい化学物質でも、大量に暴露されれば悪い影響が起こる可能性がある。逆に、有害性の大きい化学物質でも、暴露される機会がほとんどなければ悪い影響を心配する必要はないということになる。化学物質と上手に付き合っていくためには、こういったリスク評価を行い、その結果をもとに適切な取扱い(リスク管理)をしていくことが重要である。

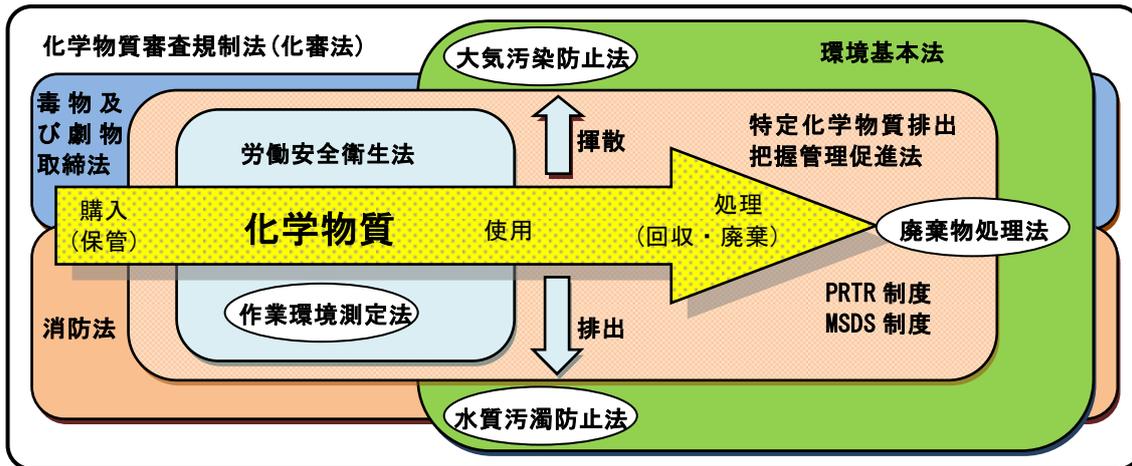
(1) 化学薬品に関する関係法規

危険な薬品は、薬品のもつ性質によって、火災や爆発を引き起こす可能性の大きい「危険性物質」と、人間の健康や動植物の育成などに悪影響を与える「有害物質」に、大きく分けることができる。

危険な薬品についての法規上の分類には、「毒物及び劇物取締法」による医薬用外毒物、医薬用外劇物及び特定毒物、「消防法」による第1類から第6類の危険物、「高圧ガス保安法」に基づく可燃性ガス及び毒性ガス、「薬事法」による毒薬及び劇薬などがある。事故防止を考える上で、それぞれの薬品がどのような特性をもち、どのような法規上の分類に該当するかを知っておくことはきわめて大切なことである。(図3-1、表3-3)

(2) 危険性物質

「労働安全衛生法」の第20条で、「事業者は、爆発性の物、発火性の物、引火性の物等による危険を防止するため、必要な措置を講じなければならない。」と定められている。従って、危険物とは、事業所において製造または取り扱う物質で火災や爆発を起こし、作業者に危害を与えるおそれがある性質の物質といえる。その薬品名およびその化合物は、労働安全



〈参考〉大阪大学大学院工学研究科主催 安全講習会資料(2008年、技術部)から

図3-1 化学物質の購入から処理まで関係する法体系

表3-3 化学薬品の管理に関する主な法規

法規名(所管官庁)	趣旨
<ul style="list-style-type: none"> 毒物及び劇物取締法(厚生労働省) 消防法(総務省消防庁) 高压ガス保安法(経済産業省) ※ 学校で理科実験等に用いる薬品には、これらの法律が適用される。	薬品の生物学的、物理的及び化学的性質に着目し、その危険防止について規定した法律
<ul style="list-style-type: none"> 環境基本法(環境省) 特定化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善の促進に関する法律(環境省・経済産業省) 水質汚濁防止法(環境省) 大気汚染防止法(環境省) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律(環境省) 海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律(国土交通省) 循環型社会形成推進基本法(環境省) 	環境保全に関係し、化学物質の管理、及び危険な薬品や危険な薬品を含む廃棄物の処理について規定した法律
<ul style="list-style-type: none"> 薬事法(厚生労働省) 火薬類取締法(経済産業省) 食品衛生法(厚生労働省) 農薬取締法(農林水産省) ※ 農薬を使用する学校では、農薬取締法の趣旨に沿ってそれらを管理しなければならない。	薬品の用途に着目し、その性質や有効性などを規定した法律
<ul style="list-style-type: none"> 労働安全衛生法(厚生労働省) 作業環境測定法(厚生労働省) ※ 卒業後、これらの化学薬品等を取り扱う業務に就労する。	労働者の安全と健康の確保、快適な作業環境の形成について規定した法律
※ 各種の通達等(関係法規・通達等を参照)については、趣旨を十分把握し、事故の防止に万全を期するようしなければならない。	

参考：北海道教育委員会編「理科薬品等の取り扱いに関する手引き」(第3版)(2011年)など

衛生法施行令別表第1に記載されており、労働安全衛生規則第256条にその取扱いの方法を規制している。

「消防法」では、火災等の災害を引き起こす危険性の高い化学物質を「危険物」と定め、製造、貯蔵及び取扱い等について規制している。消防法における危険物は、常温・常圧において、固体と液体を対象とし、気体については「高圧ガス保安法」に基づいて規制される。また、危険物は表3-4のように第1類から第6類に分類される(参考：消防法第2条、別表第1)。さらに、消防法第10条に、指定数量以上の危険物は、許可を受けた危険物施設以外の場所でこれを貯蔵または取り扱うことができないとしている。

表3-4 消防法における危険物

分類	性質	主な該当物質の例
第1類 (酸化性固体)	強い酸化力をもった物質であり、ほかの物質(特に可燃物)を酸化する。その際に、点火源あるいは熱源があると、その物質を発火あるいは爆発させる。	塩素酸塩、過塩素酸塩、臭素酸塩、亜硝酸塩、過マンガン酸塩、重クロム酸塩、無機過酸化物 など
第2類 (可燃性固体)	比較的低温で着火しやすい物質であり、燃焼速度も速い。水又は酸と反応して可燃性ガス(水素)を発生する危険性がある。また、微粉状の場合には粉塵爆発の危険性がある。	アルミニウム(粉末)、硫黄、マグネシウム、硫化リン、鉄粉、亜鉛(粉末)、赤リン、引火性固体(固形アルコール、ラッカーパテなど) など
第3類 (自然発火性物質及び禁水性物質)	空気との接触により発火する危険性のあるものや、水との接触により発火、あるいは可燃性ガスを発生させる危険性のあるものがある。	ナトリウム、カリウム、アルキルアルミニウム、アルキルリチウム、アルキル亜鉛、トリクロロシラン、炭化カルシウム(カーバイド)、水素化ナトリウム、黄リン など
第4類 (引火性液体)	引火性を有する液体で、ほとんどの有機溶剤はこれに該当する。液表面から発生する蒸気は引火性であり、蒸気比重が大きく、低所に滞留し、遠くに流れるなど、特有の危険性を有する。	特殊引火物：二硫化炭素、ジエチルエーテル、アセトアルデヒド、ペンタン など 第一石油類：ヘキサン、ベンゼン、アセトン、ガソリン など アルコール類：メタノール、エタノール、プロパノール など
第5類 (自己反応性物質)	分子内に酸素を有する可燃物であり、点火源があれば、ほかからの酸素の供給を受けずに燃焼する物質である。摩擦・衝撃によって容易に爆発する。	有機過酸化物(過酸化ベンゾイルなど)、硝酸エステル(ニトログリセリンなど)、ニトロ化合物(ピクリン酸など)、アゾ化合物、ジアゾ化合物、ヒドラジン誘導体、金属アジ化物 など
第6類 (酸化性液体)	液体の酸化性物質で、還元性物質と激しく反応する。可燃物と反応して発火し、燃焼が起きれば激しく燃焼し、爆発的な燃焼に至ることもある。	過酸化水素、硝酸、過塩素酸、発煙硝酸、三フッ化臭素 など

危険物第4類の引火性液体は、化学系学科以外でも多量に取り扱うことがあるので、主な物質名と指定数量を表3-5に示す。

「労働安全衛生法」で扱っている危険物と「消防法」で扱っている危険物の定義は異なることに留意する必要がある。

表3-5 消防法の危険物第4類(引火性液体)の指定数量 単位[リットル]

品名	性質	指定数量	主な危険物
特殊引火物		50	ジエチルエーテル、二硫化炭素、ペンタン、酸化プロピレン、アセトアルデヒド など
第1石油類	非水溶性液体	200	ガソリン、ベンゼン、トルエン、酢酸エチル、メチルエチルケトン など
	水溶性液体	400	アセトン、ピリジン、アセトニトリル、ジエチルアミン など
アルコール類		400	メタノール、エタノール、プロパノール など
第2石油類	非水溶性液体	1,000	灯油、軽油、キシレン など
	水溶性液体	2,000	酢酸、プロピオン酸 など
第3石油類	非水溶性液体	2,000	重油、クレオソート油、アニリン、ニトロベンゼン など
	水溶性液体	4,000	エチレングリコール、グリセリン など
第4石油類		6,000	ギヤー油、シリンダー油、タービン油、マシン油、モータ油 など
動植物油類		10,000	ヤシ油、オリーブ油、綿実油 など

(3) 高圧ガス

アセチレンや水素・プロパンなどのガスは、ボンベに充てんすると貯蔵・輸送・反応などに便利であるため、広く利用されている。しかし、爆発や中毒の危険性があり、災害防止のために「高圧ガス保安法」によって規制を受ける。「高圧ガス」は、法第2条によって、圧縮ガス、圧縮アセチレンガス及び液化ガスに分類される。さらに、政令(高圧ガス保安法施行令第1条)で、液化シアン化水素、液化ブロムメチル及び液化酸化エチレンが含まれる。

高圧ガスの種類とその性質について分類すると、表3-6のようになる。

表3-6 高圧ガスの分類[上付き*は毒性ガスである。]

性質	圧縮ガス	溶解ガス ^{注1)}	液化ガス
可燃性	水素 天然ガス (メタン) 一酸化炭素*	アセチレン	エタン、エチレン、プロパン、ブタン、ブタジエン、液化石油ガス(LPガス)、酸化エチレン*、アンモニア*、モノメチルアミン*、トリメチルアミン*、クロロメタン*、塩化エチル、塩化ビニル、シアン化水素*、硫化水素*、ジメチルエーテル、ブロムメチル* など
支燃性	酸素、空気		塩素*、一酸化二窒素 など
不燃性	窒素、アルゴン、ヘリウム		二酸化炭素、二酸化硫黄*、ホスゲン*、窒素フロン(11、22、12)、六フッ化硫黄 など

注1) 溶解ガスは、アセチレンが爆発・危険性大のため溶剤(アセトン)に溶解させたガスをいう。

(4) 有害物質

有害物質は、法的には「労働安全衛生法」と「毒物及び劇物取締法」により規制されているが、共に、有害性や毒性の定義は明確にしていない。しかし、共通していえることは、生物が有害物質を吸入(吸入侵入)、摂取(経口侵入)及び皮膚に浸透(経皮侵入)して、中毒やア

アレルギー、臓器障害及び発がんなどの急性・慢性の健康被害を発生させ、治癒が困難な性質又は死に至る性質のことをいう。有害物質の代表的なものとして、表3-7に示すようなものがある。

表3-7 化学薬品の有害性

	有害性	化学物質の例
急性毒性	人に急性中毒を起こすおそれのある性質をもつ薬品	シアン化ナトリウム、ヒ素、クロロホルムなど
腐食刺激性	次のいずれかの性質をいう。 ① 人の皮膚に不可逆的な損傷を起こすおそれのある性質をもつ薬品 ② 人の皮膚に発赤、重度の熱傷を起こすおそれのある性質をもつ薬品 ③ 人の目に角膜混濁、虹彩の異常、結膜の発赤または熱傷を起こすおそれのある性質をもつ薬品	① コバルト、ピクリン酸、硝酸銀、ヨウ素、タール、ホルマリン、クロム、タリウム、マンガン、セレン、硫酸、硝酸、酢酸、水酸化ナトリウム など ②③ アルデヒド類、アンモニア、アルカリ性の粉じん、クロム酸、エチレンオキシド、塩化水素、フッ化水素酸、亜硫酸ガス、三酸化硫黄、臭素、塩素、ヨウ素、臭化シアン、塩化シアン、二酸化窒素、ホスゲン、硫酸ジメチル など
特定有害性	次のいずれかの性質をいう。 ① 人にがんを発生させるおそれのある性質をもつ薬品 ② 微生物に、または哺乳類の培養細胞に強い変異(その変異が統計的に有意なものに限る)を発生させる性質をもつ薬品 ③ 人の生殖能力または胎児の発生もしくは成長に影響を及ぼすおそれのある性質をもつ薬品 ④ 人の胎児の身体またはその機能に異常を生じさせるおそれのある性質をもつ薬品 ⑤ 人に感作(アレルギー)を生じさせるおそれのある性質をもつ薬品	① 石綿、塩化ビニル、エチレンオキシド、クロロメチルメチルエーテル、コールタール、クロム酸塩、硫酸ジメチル、ベンゼン など ② アクリロニトリル、キノリン、2-アミノアントラキノン、1,3-ブタジエン など ③ エチレングリコールモノエチルエーテル、酢酸鉛、1,2-ジブromo-3-クロロプロパン など ④ 塩化カドミウム、一酸化炭素 など ⑤ コバルト、無水フタル酸 など

日本化学会編「化学実験のセーフティガイド」化学同人(2006年), p 22

有害物質として規制されている化学物質として、法律では、「労働安全衛生法」第57条で名称等を表示すべき危険物及び有害物がある。また、同法第56条で重度の健康被害のおそれがある製造許可物質、人体に遅発性の健康被害を与え治療が困難であるというような特別の

管理を必要とする物質、及び神経系・造血組織・肝臓などに障害を起こす有機溶剤がある。

さらに、作業者に対して健康被害の予防対策を定めた諸規則が省令で制定され、化学薬品に関しては、「特定化学物質等障害予防規則」、「有機溶剤中毒予防規則」及び「鉛中毒予防規則」などで有害物質が規定されている。

一方、「毒物及び劇物取締法」では、保健衛生上の見地から、その薬品の急性毒性に注目して、薬事法で規制する医薬品及び医薬部外品(育毛剤や発汗防止剤など人体に対する作用の緩和なもの)以外の有害物質を毒物と劇物に分けている。毒物は同法第2条で別表第1に掲げるものとこれらを含む製剤で、劇物は別表第2に掲げるものとこれらを含む製剤と規定している。また、同法第2条に毒物の中でも四アルキル鉛や農薬のように、特に、経皮性の毒性の強いものを特定毒物に指定している。

毒物と劇物の区分する判定基準は、その範囲について薬事・食品衛生審議会が参考として決定しているもの(2007年改訂)を目安とすることができる。

この判定基準値は、有害性物質を実験動物に投与した時、次のようにされている。

毒物：体重1kg当たり経口致死量50mg以下のもの。

劇物：体重1kg当たり経口致死量50mg～300mgのもの。

しかし、厳密な条件ではなく、「毒物及び劇物取締法」で規制する物質をいう。

以上の危険性物質や有害物質に関する法律は、化学薬品のもつ特性のみに着目し、法的に規制を行うことを目的とした法律である。したがって、ある化学薬品が危険性物質であると同時に毒性の強いものであるならば、これらの薬品には、「消防法」、「労働安全衛生法」及び「毒物及び劇物取締法」が同時に適用される。また、化学薬品類は今後も追加されていくので、法規の改正には十分に配慮していく必要がある。

◆有害物質の許容濃度

実習中の有害な気体や蒸気の呼吸は避けにくいところがある。これが臭気や刺激性の少ない気体となると危険性は非常に大きい。このため、どの程度の濃度ならば安全であるか、許容濃度を知って実習指導することが必要である。法的規制は受けないが、作業環境中の有害物質の許容濃度(allowable concentration)を、毎年、日本産業衛生学会が勧告している。単位は、vol ppm または mg/m^3 が用いられる。

許容濃度は、健康な成人男子が毎日8時間(週40時間)労働しても、空気中の有害物質によって健康を害さない最大濃度で表わされる。慢性毒性になるような危険性の高い物質は、濃度が低く押さえられている。急性中毒を起こす物質について、たとえ短時間であっても越えてはならない濃度が決められており、これを天井値(ceiling value)とよんでいる。

(5) 発がん性物質

近年、発がん性物質について広く話題になっているが、化学物質が原因になることもあり、職業がんとして問題になっている。特に、「労働安全衛生法」では、職業がんの予防のために事業者に対し、厳しい法的規制を行っている。学校の実習においても慎重な取扱いが求められる。

表3-8は、日本産業衛生学会が提示する発がん性物質のうち、特に、実習で使用する物質を示したものである。

表3-8 おもな発がん性物質 (2011年6月現在)

第1群	カドミウム(化合物)、クロム(化合物)、ニッケル(化合物)、ヒ素、すず・タール及び鉍物油、石綿、エチレンオキシド、塩化ビニル、2-ナフチルアミン、ベンジジン(その塩)、ベンゼン、硫化ジクロロジエチル(マスタードガス・イペリット) など
第2群A	アクリロニトリル、クレオソート、 α -トルイジン、硫酸ジエチル、硫酸ジメチル、ホルムアルデヒド、PCB(ポリ塩化ビフェニル類) など
第2群B	アセトアルデヒド、クロロホルム、ヒドラジン、四塩化炭素、DDT など

注1)第1群は、人間に対して発ガン性のある物質(26種)

注2)第2群Aは、人間に対しておそらく発ガン性があると考えられる物質(証拠がより十分でない)(27種)

注3)第2群Bは、人間に対しておそらく発ガン性があると考えられる物質(証拠が比較的十分でない)(119種)

2 危険な薬品の安全な取扱いと保管

事故がほとんどないとか、量的に少ないということから、化学薬品類の取扱いが安易になってはならない。薬品量や加熱の度合いなどで実習が進まない場合や、他の者に遅れている場合には実習手順で無理をしやすくなる。このことが、切傷・やけど・器具の破損・薬品の調合ミス・不注意な取扱いなどにつながり、事故を起こす原因となる。大きい事故になると生徒個人が負傷するだけでなく、周囲にも大きな影響を及ぼす。指導者は危険を予測し、二重三重の安全対策を取らなければならない。

(1) 化学薬品の取扱い

実習の際、次のことに留意して、化学薬品を取り扱わなければならない。

① ルールやマナーを守る。

実験台及びその周辺の整理整頓、指導者の指示に従う、飲食禁止、予備実験も含めて単独実験禁止など

② 実習に適した服装を徹底する。

衣服の汚れ、履物、長髪をくくるなど

③ 実習の目的・方法を理解する。

④ 実験装置や器具の安全な取扱い方、正しい配置の仕方を徹底する。

⑤ 保護眼鏡・保護手袋の着用、救急薬品の整備など

⑥ 実験薬品の性質と取扱いを理解する。

MSDSによる薬品の性質の調査、法の遵守など

⑦ 事故の予測と発生時の消火器等対処の方法を事前に理解する。

KYT活動、消火訓練、やけどやけがなどの初期対応など

⑧ グループ実習では、事前に共同で行うための十分な打合わせをする。

⑨ 実習終了後の薬品の処理方法を理解する。

⑩ 健康管理、傷害保険の加入、事故報告など

以上の他に、⑥についての説明を表3-9に詳しく付記する。

表 3-9 薬品の取扱い

性 質	特 徴	取 扱 い 方
発火性 	火との接触によって発火するもの、または空気中における発火点が 40℃未満のもの。	空気に触れないように密封し、他の物質と隔離して貯蔵する。絶対に皮膚に触れないようにする。物質によっては水との接触を避ける。
禁水性 	吸湿または水との接触によって発熱・発火するもの、および有毒ガスを発生するもの。	直接水と触れないようにし、手で扱ってはならない。冷暗所で高い所に保管する。特に容器の破損に気を付ける。
引火性 	可燃性ガスまたは引火点 30℃未満のもの。	炎や火花あるいは熱源を近づけないようにする。加熱、摩擦、衝撃を避ける。貯蔵には温度、湿度に注意し、通風の良い冷所を選び日光を避ける。容器の破損・流出に気を付ける。
可燃性 	引火点 30℃以上 100℃未満のもの。ただし、引火点 100℃以上でも発火点の比較的低いもの。	貯蔵は引火性薬品と同じ。液体は蒸気密度が大きいため低い所に滞留することから気を付ける。
爆発性 	熱や衝撃によって急激な化学変化を起こし分解・爆発するもの。	火気を禁じ、通風のよい冷暗所に保管する。衝撃や摩擦を与えない。
酸化性 	化学的に活性であるため、他の物質と反応しやすい。可燃性物質と混合した場合、発火・爆発する危険性を有する。	加熱・衝撃・摩擦・日光を避け、熱源からも離す。有機物や可燃物、強酸との接触を避ける。内容物の漏出に気を付ける。
強酸性 	無機または有機の強酸類。	酸化性物質との混合により発火・爆発するものが多い。
腐食性 	人体に接触した時、皮膚や粘膜を破壊するおそれがある。強い酸性・アルカリ性を示す。	皮膚に直接触れないようにする。目に入ると失明する。
有毒性 	吸ったり、飲み込んだりした時、急性や慢性の健康被害を発生し、死亡するおそれがある。 皮膚・粘膜から吸収されるものは症状が出るまで時間がかかるため注意を要する。	密封した容器を使い、内容物を明記して施錠した薬品棚に保管し、出納簿に使用の都度、記録する。

(2) 薬品の保管

薬品の保管に関しては、次の一般的な注意事項を守ることが大切である。

- ① 薬品は専用の薬品戸棚または薬品庫に保管する。薬品を保管している場所には薬品保管場所であることを表示しておく。
- ② 薬品戸棚は床又は壁に固定し、直射日光を受けずに、温度変化の少ないところに設置する。
- ③ 地震などによって落下しないように、仕切り板を付けた薬品戸棚に整理整頓して保管する。
- ④ 薬品の危険有害性を、発火性、禁水性、引火性、可燃性、爆発性、酸化性、強酸性、腐食性及び有害性などに分け、区分を明らかにして保管する。
- ⑤ 衝撃で爆発する可能性のある薬品は、なるべく低い所に置く。
- ⑥ 混合すると危険なものは、一緒に置かないようにする。(表3-10)
- ⑦ ラベルの取れたものや、汚れて不明瞭になったものは、直ちに新しいラベルに取り替える。わからない場合は廃棄処置の手続きをする。
- ⑧ 薬品戸棚の付近では火気を使用しない。

表3-10 危険物の混合危険

	第1類	第2類	第3類	第4類	第5類	第6類
	酸化性固体	可燃性固体	自然発火性及び禁水性物質	引火性液体	自己反応性物質	酸化性液体
第1類		×	×	×	×	○
第2類	×		×	○	○	×
第3類	×	×		○	×	×
第4類	×	○	○		○	×
第5類	×	○	×	○		×
第6類	○	×	×	×	×	

×：混合危険あり(混載禁止)

○：混合危険なし(混載可)

この表は、指定数量の1/10以下の危険物については適用しない。

危険物の規制に関する規則(別表第4表から)

混合危険例(爆発、有毒ガス発生)＞

爆発危険	酸素 + 可燃物(特に水素) 有機ハロゲン化物 + アルカリ金属 or アルカリ土類金属 アセトン + 混酸(HNO ₃ +H ₂ SO ₄)
有毒ガス発生	シアン化物 + 酸 →(シアン化水素) 硫化物 + 酸 →(硫化水素) 硝酸塩 + 硫酸 →(亜硫酸ガス)

(3) 毒物・劇物の保管

毒物及び劇物取締法で規制されている化学品の保管については、

- ① 毒物・劇物は、鍵のかかる丈夫な薬品戸棚で、ほかの薬品と区別した専用のものを使

用する。また、保管場所にも赤地に白字の「医薬用外毒物」、白地に赤字の「医薬用外劇物」の表示をする。

医薬用外毒物

医薬用外劇物

- ② 毒物・劇物の容器にも同様の表示をする。特に、容器の移し替えや小分けした際にも忘れずに表示をする。
- ③ 薬品の出し入れに伴う在庫量を記録して、使用日時、使用者及び使用量などを記載した使用記録を残して、管理に十分注意する。

特に、下記の薬品は、法規・通達などにより、鍵のついた金属性薬品戸棚に保管しなければならない。毒物・劇物と同様に薬品の出し入れに伴う在庫量を記録して管理に十分注意する。

危険薬品	塩素酸カリウム、塩素酸ナトリウム
有害物質	シアン化カリウム、シアン化ナトリウム

(4) 高圧ガスボンベ

高圧ガスボンベは気体の種類により、表3-11のような色で塗られている。

表3-11 高圧ガスの容器の色

気体の種類	化学式	容器の色	特 性
酸素	O ₂	黒色	
水素	H ₂	赤色	爆発性が高い
二酸化炭素	CO ₂	緑色	
アンモニア	NH ₃	白色	毒性注意
塩素	Cl ₂	黄色	毒性高い
アセチレン	C ₂ H ₂	茶褐色	爆発性が高い
その他※1		灰色	

※1：ヘリウム、アルゴン、窒素、メタン、プロパン、LPガスなど

容器の運搬等の移動は、保護キャップを付け、ボンベキャリヤで移動する。容器の保管は、次の点に留意する。

- ① ボンベ固定用スタンドを使用し、保護用キャップを付け、2箇所を固定し立てて保管。
- ② 可燃性ガス、毒ガス及び酸素は区別して保管。
- ③ 充填してあるボンベと空のボンベを区別して表示。
- ④ 40℃以下-15℃以上、風通しの良いところに置く。
- ⑤ 直射日光、湿気の多い所から離して置く。

3 環境への影響

実験後の廃液や廃棄物の処理は、人の健康や環境を害することなく、所属機関の規則や諸法規を遵守し、適正に処理する。また、MSDSなどを参考にして、使用した薬品や予想される廃棄物などの環境への影響について十分に検討し、適切に処理することが必要である。また、使用後の空き瓶や空き缶はよく洗浄し、内容物がないようにして、ふたを開けて保管あるいは

廃棄する。廃液・廃棄物をどのように処理・廃棄するかは学校によって処理手順が異なるので、その指示に従う。

一般的な廃液・廃棄物の処理については、次のように対処する。

- ① 実験廃棄物は、危険性あるいは有害性によって処理方法が異なる。
- ② 一時的に保管するものは、使用者、発生した日時、内容物、危険性及び有害性を控えて保管する。
- ③ いろいろな廃棄物を混合すると事故の原因になることがある。内容物については十分検討する。
- ④ 酸性あるいはアルカリ性の廃液は中和する。
- ⑤ 廃液、廃棄物の保管についても法令上の基準を遵守する。
- ⑥ 保管した廃液、廃棄物はできる限りすみやかに、各学校の規則や指示に従って処理、廃棄する。

◆ P R T R (Pollutant Release and Transfer Register : 化学物質排出移動量届出制度)

P R T R制度とは、有害性のある多種多様な化学物質が、どのような発生源から、どれくらい環境中に排出されたか、あるいは廃棄物に含まれて事業所の外に運び出されたかというデータを把握し、集計し、公表する仕組みである。

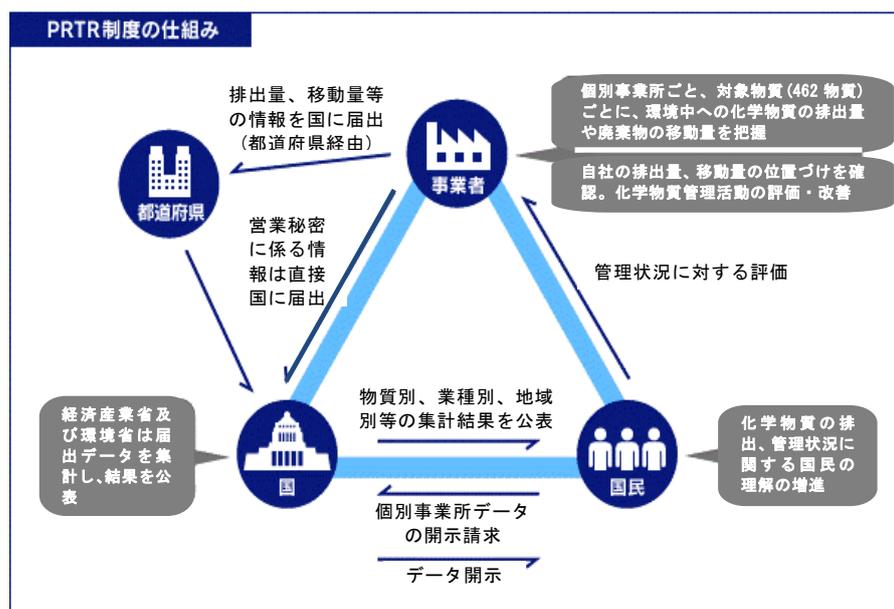
対象としてリストアップされた化学物質を製造したり使用したりしている事業者は、環境中に排出した量と、廃棄物や下水として事業所の外へ移動させた量とを自ら把握し、行政機関に年に1回届け出さなければならない。

行政機関は、そのデータを整理し集計し、また、家庭や農地、自動車などから排出されている対象化学物質の量を推計して、二つのデータを併せて公表する。P R T Rによって、毎年どんな化学物質が、どの発生源から、どれだけ排出されているかを知ることができるようになる。

諸外国でも導入が進んでおり、日本では1999年、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」(化管法)が成立し、2001年より施行された。

大学や高等専門学校は、この事業者の対象になる。工業高校は対象事業者にならないが、薬品管理はこのルールに従って実施して

おくことが望ましい。



(画像：経済産業省製造産業局化学物質管理課 HP より)

4 災害・事故等の対策と対応

大きな地震により、薬品戸棚が転倒したり、薬品戸棚から多量のびんが落ちて破損したりすると、火災その他の事故の原因になる。また、台風や集中豪雨などのとき、薬品庫に浸水すると、容器のラベルが損傷するとともに、水の浮力により容器が転倒したり、移動したりする。さらに、禁水性物質が水と反応したり、薬品の流出が起こったりする場合もある。このように、地震・火事、水害などの災害が起こった緊急時に、危険性物質や有害物質の保管への対策を確実に行っていないと、災害や事故がより大きくなってしまふことがある。

盗難、飛散、漏れ、流出、しみ出し、又は地下にしみ込んだなどの事故が明らかになったときには、直ちにその旨を所轄の警察署または消防機関に届け出るとともに、それらの危害を防止するために、必要な応急の措置を講じなければならない。

その他、強い酸やアルカリを手や衣服に付着させたり、誤飲したりする事故も考えられるので、常に事故に対する応急の処置を研究しておく必要がある。これらの事故対策も含め、学校全体として、危機管理体制を整備しておく必要がある。

第2節 ガラス器具の取扱い

ガラス器具は、強い力をかけたり落としたりすると割れやすく、割れたガラスの破片は鋭く、けがしやすいので注意が必要である。次に使用上の注意点を説明する。

1 ガラス器具

使用前に点検し、傷のある器具の使用は避ける。特に加熱、減圧及び加圧する場合は危険であり、使用しない。

2 急激な温度変化

急激な温度変化はできるだけ避ける。特に肉厚のガラス容器は、急激な温度変化に弱く、割れやすいので注意する。有機溶剤等を入れた容器が割れると、やけどやけが及び爆発や火災の原因となり、大変危険である。

3 ゴム栓等へのガラス管や温度計などの差し込み

実験室での事故で最も多いのは、ゴム栓やコルク栓、又はゴム管へ、ガラス管又は棒状温度計を差し込む際に、折れて手のひらや指に突き刺さる事故である。傷が深く、太い血管や大切な神経を切断してしまうことが多い。差し込むときの注意として、

- ① ゴム栓を一方の手に持ち、ガラス管の先端部分に潤滑剤として水やグリセリンを塗布し、ガラス管をもう一方の手でできるだけ短く持って、ゆっくりと栓又は管をまわしながら差し込む。
- ② この時、両方の手の間隔はできるだけ短くし、ガラス管が折れないよう十分に注意して作業をするほうがより安全である。
- ③ 無理に押し込まなくても挿入できる程度の力でないと危険である。堅いときは穴を開け直すこと。絶対に無理やり押し込んではいけない。
- ④ 取り外す時も注意を怠らないこと。特にガラス管と栓が密着して離れない時はあきらめるか、栓を注意して切り取ってしまうほうが安全である。

4 ガラス細工

ガラス細工は、バーナーでガラス管を高温に加熱して作業する。このため極めて高温のガラスを手で保持することになるので、やけどに対する注意が最も必要である。ガラスが暗赤色に近い(500℃位)時は、高温であることがわかるが、400℃付近では常温のガラスと見分けがつかない。そのため、加熱したガラスの放置冷却の際に高温のガラスをつかんでやけどをすることが多いので、放冷する場所をわかるように区別するなど、特に注意する。

5 ガラス器具による事故対応

ガラス器具による事故として、切り傷とやけどが多い。その対応として、切傷の場合は、

- ① 傷が皮膚の下まで(皮下脂肪組織まで)達していないか。
- ② 出血が多いか。
- ③ 傷内にガラス片などが残っていないか。
- ④ 救護手当に当たっては、血液に触れないようにする。

などに、配慮すること。やけどの場合は、初期対応として、患部をよく水で洗い、15分以上(できれば30分以上)室温程度の流水で冷やす。

第3節 プラント関連機器

化学工場での安全は、作業員の高い安全意識及び知識によって守られている。さらに、化学工場では装置の大規模化にともない、プロセス全体の把握が複雑になっており、事故が起これば多数の死傷者を出す危険性が高くなっており、大きな組織としての安全教育がより重要になっている。

実習室におけるプラント関連機器は化学工場の装置を縮小したものであり、その安全対策として、次の3点についての指導が必要である。

- ① 実習装置の性能や保守点検の方法を理解させる。
- ② 操作に伴う変化を知り、装置の正しい操作方法や安全な作業方法を理解させる。
- ③ 生徒の役割分担や協力体制を築き、組織として安全操作及び危険予知トレーニング(KYT)など安全教育を実施する。

本節では、大阪府立の高等学校に設置されているプラント関連機器について、共通する確認すべき操作上の注意点、各装置において確認すべき点を示す。

1 プラント関連機器に共通する操作上の注意点

プラント関連機器を使用する実習では、防災設備及び避難経路の確認を確実にし、生徒全員が安全意識を高く持ち、教員がリーダーとなり指示を与えることが大切である。また、災害として考えられるものは、やけど、高所作業での墜落、装置の破損による裂傷等があり、あらかじめ災害の対処法を生徒に理解させておく必要がある。

プラント装置を利用した実習では、いろいろな測定、計算及び反応などの知識や技術を学ぶだけでなく、装置の清掃方法からメンテナンスまでも確実に理解させることが実習を安全に行うために重要である。そのためにも、次のことを確実に実行することが大切である。

(1) 使用前

- ① 本体や配管に亀裂や劣化している箇所がないか、床面、壁面及び架台に固定されているか確認する。
- ② バルブまたはコックが何を目的としたものか、札や掲示で確認する。バルブやコックが正常に稼働するか確認する。
- ③ 高温蒸気が発生する装置では、蒸気の吹き出し口が操作をする人の方へ向いていないか、蒸気の配管に断熱材が巻かれているか確認する。

(2) 使用中

- ① 温度計、圧力計及び流量計を計測し、異常がないか確認する。
- ② バルブは頑丈そうに見えるが人の手でもねじ切れることがあるので、閉めるときは最小限の力で行う。全開で使用する場合は、中を通る流体によってバルブが破損するおそれがあるので最後まで開け、4分の1回転程度戻しておく。蒸気配管のバルブ操作はやけどしないよう耐熱手袋を使用する。

(3) 使用后

- ① 清掃するときは、装置が高温でないか確認する。
- ② 滞水による腐食、凍結による破損を防止するため、未使用時にはバルブやコックを開けておく。
- ③ ガスの元栓が閉まっていること、電源が落ちていることを確認する。

2 ボイラー及び圧力装置

プラント関連機器のうち伝熱装置、蒸発装置、蒸留装置及びバイオテクノロジーを扱う実習時にボイラー及び圧力装置を使用する。使用前に次のことを確認する。

- ① ボイラー本体が床面や壁面に固定されている。
- ② 各装置に繋がる配管の接続やバルブの動作確認。
- ③ ボイラー室内に可燃物がない。
- ④ 換気を行う。
- ⑤ 都市ガスを燃料として用いる場合は、ガス漏れ警報器に異常がないかの確認。

労働安全衛生法において、ボイラー技士免許がなくても使用できる簡易ボイラー(第1章機械分野、第6節ボイラーを参照)を利用する場合、性能検査や定期自主検査は行わなくてもよい。しかし、ボイラーで用いられる水道水は、溶存酸素や塩素等の不純物を含んでいるため、配管を腐食させることがある。また、配管や装置内で水蒸気が漏れ、やけどや爆発事故が起こる可能性があるため、使用時に本体、配管及び電気系統に異常がないか点検する。

さらに、ボイラーや圧力装置の危険場所への立入禁止や高温部などの危険箇所を標示し、操作上の注意を明示するのが良い。

小型圧力容器とは、労働安全衛生施行令第1条6により、第1種圧力容器のうち、次に規定されるものをいう。

- ① ゲージ圧力 0.1MPa 以下で使用する容器で、内容積が 0.2m³ 以下のもの又は胴の内径が 500mm 以下で、かつ、その長さが 1,000mm 以下。
- ② その使用する最高のゲージ圧力を MPa で表した数値と内容積を m³ で表した数値との積が 0.02 以下の容器。

表 3-12 ボイラー及び圧力容器安全規則第94条

第94条	事業者は、小型ボイラー又は小型圧力容器について、その使用を開始した後、1年以内ごとに1回、定期に、次の事項について自主検査を行わなければならない。ただし、1年をこえる期間、使用しない小型ボイラー又は小型圧力容器の当該使用しない期間においては、この限りでない。	
	(1)	小型ボイラーにあつては、ボイラー本体、燃焼装置、自動制御装置及び附属品の損傷又は異常の有無
	(2)	小型圧力容器にあつては、本体、ふたの締付けボルト、管及び弁の損傷又は摩耗の有無
2	事業者は、前項ただし書の小型ボイラー又は小型圧力容器については、その使用を再び開始する際に、同項各号に掲げる事項について自主検査を行わなければならない。	
3	事業者は、前2項の自主検査を行なったときは、その結果を記録し、これを3年間保存しなければならない。	

表 3-13 定期自主検査項目の一例

検査項目	点 検 事 項	点 検 と 対 策
本 体 缶体含む	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蓋板、胴、鏡板のさび、漏れ、摩耗、割れ、変形の有無 ・ 蓋締め付け機構の摩耗、さび、ゆるみの有無 ・ 蓋パッキンの漏れ、キズ、割れの有無 ・ 圧力計の示度の狂いと損傷 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全項目を外から見える範囲で詳細に点検する。 ・ 摺動部の注油、ねじ部の締め付けを行う。 ・ 損傷や蒸気漏れが生じた場合は交換する。 ・ 圧力計は使用していないときにゼロを示していることを点検する。
配管及び 性能部品	<ul style="list-style-type: none"> ・ 配管及び継ぎ手部分からの漏れの有無 ・ スチームトラップの作動状態 ・ 排水バルブ、安全弁の作業状態及び漏れの有無 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ネジ部の適切な増締めを行う。 ・ 機能の点検及び調整を行う。 ・ 機能の点検及び漏れがひどい場合は交換する。
電気系統	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電源プラグ及びコードの有無 ・ 各部品の作動状態及び損傷の有無 ・ 配線コードの異常及びゆるみの有無 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 損傷のひどいものは交換 ・ ゆるみが生じている場合は適切な増締めを行う。

表 3-14 定期自主検査整備記録票の例

実施年月日 年 月 日			検査者名				印
検査項目	状 態		異 常		処 置 と 対 策		
	良	否	有	無			
本 体 缶体含む							
配管及び 性能部品							
電気系統							

3 各プラント機器操作上の注意点

(1) 伝熱装置

伝熱装置には、二重管式熱交換器がよく用いられている。ボイラーより発生した水蒸気を利用して熱エネルギーの交換を行う装置である。次の点に注意すること。

- ① すべてのバルブやコックに、水蒸気の供給弁や排水弁及び冷却水の給水弁や排水弁など、何が流れているか示す札や掲示が取り付けられていることを確認する。
- ② コンピュータを接続する場合は、ケーブルの防水、接続及びアースに異常がないか確認する。

(2) 蒸発装置

蒸発装置は、ボイラーから発生した水蒸気の熱エネルギーを利用し、蒸発缶内の物質に含まれる溶媒や水分を蒸発させ、濃縮液を取り出す装置である。次の点に注意すること。

- ① 濃縮液を取り出す場合は、濃縮液の温度を確認し、濃縮液の濃度と性質を理解してから取り出す。
- ② 溶媒を減圧下で蒸発させて溶質の分解や変質を防ぐときに使用する真空ポンプは、温度計や真空計及びモータに異常がないか確認する。
- ③ 蒸発液を取り出すときはコンデンサによって冷却され、液体となっているか温度を確認したのち、取り出す。
- ④ 蒸発缶内部に付着したスケールを取り除くときは、内部の温度及び圧力が下がっていることを確認し行う。

(3) 蒸留装置

蒸留装置には、精留塔やオスマー形平衡蒸留器があり、ボイラーや電熱線から熱エネルギーを得て溶液の分離や濃縮を行う装置である。次の点に注意すること。

- ① 電熱線の断線がないかテスターで確認する。
- ② 冷却水が正常に流れているか確認し、缶出液を取り出すときは室温になってから行う。
- ③ 可燃性液体を使用する場合は、火災に注意する。

(4) 流量測定装置

流量測定装置は、水の体積流量や流速等から乱流・層流を判断し、エネルギー損失等を測定する装置である。マノメータには水銀や四塩化炭素は使用しない。

(5) 反応装置

工業高校で用いられている反応装置として、バイオリアクターやバイオディーゼル燃料(BDF)製造装置があり、アルコールや軽油代替燃料を製造している。次の点に注意すること。

- ① 引火性、可燃性溶液を使用するので換気を行う。
- ② 装置によっては冷却フィンが取り付けられており、フィンは鋭利であるため素手では触らない。
- ③ 高温設定時はやけどに注意する。
- ④ 原料に薬品及び酵素を投入するときは、反応温度を確認しながら行う。
- ⑤ 電源には漏電ブレーカーを設置する。

(6) オートクレーブ

管内に水蒸気を発生させ、高温、高圧によって器具や薬品を滅菌する装置である。バイオテクノロジーの実習で用いられている。次の点に注意すること。

- ① 高温、高圧時に引火または発火する薬品が入っていないことを確認する。
- ② 空炊きしないよう伝熱部分まで水を入れ、装置を閉めたのち、電源を入れる。
- ③ 滅菌後に高温、高圧のまま装置を開けると管内の器具が破損し、飛び出すおそれがあるので、温度及び圧力が確実に下がったことを確認してから装置を開ける。
- ④ 安全な取扱いを促す掲示を作り、装置を開閉するとき見えるようにしておく。
- ⑤ オートクレーブは、労働安全衛生施行令第1条6の規定(P. 3-19の①と②)の値を超える場合、小型圧力容器となるため「ボイラー及び圧力容器安全規則」に基づく1年に

1回の定期自主検査と検査記録表の3年間保存(ボイラー及び圧力容器安全規則第94条)が義務付けられる。

(7) 乾熱滅菌機・定温乾燥機

金属製の器具やガラス器具は乾熱滅菌機を用いる。また、生成物を乾燥、結晶水を分離する場合は定温乾燥機を用いる。

乾熱滅菌器及び定温乾燥機ともに、特に、設定温度で反応が起こってしまう薬品がないか、器具が破損しないかを確認してから使用する。乾熱滅菌器で、ガラス器具類を紙で包んで高温滅菌したのち、乾熱滅菌器の扉を開けると酸素が入り、高温の紙が発火することがあるので注意が必要である。

第4節 分析機器

分析機器の発達により、その操作性が向上し、初心者であっても容易に機器分析が行えるようになってきた。また、機器の安全設計においても、幾重にも対策が施されており、マニュアルとおりの手順で安全に操作することができ、さらに分析機器の破損や故障による危険も防止されている。しかし、機器内部の機構はますますブラックボックス化し、機器の動作原理もわかりにくくなっている。従って、実習を安全に行うために、生徒に操作手順をしっかりと教え、一つ一つの操作を確実に行わせるよう指導することが重要である。

1 高等学校で使用する主な分析機器

電磁波分析の装置として、紫外可視分光分析装置(UV-Vis)、赤外分光分析装置(IR)、原子吸光分析装置(AA)、高周波誘導結合プラズマ発光分析装置(ICP)、蛍光X線分析装置(XRF)、X線回折分析装置(XRD)などがある。また、クロマト分析の装置として、ガスクロマトグラフ分析装置(GC)や高速液体クロマトグラフ分析装置(HPLC)がある。その他、ガスクロマトグラフ質量分析装置(GC-MS)や液体クロマトグラフ質量分析装置(LC-MS)などがある。

企業及び大学や研究機関では、これらのほかにもさまざまな分析装置が使用されているが、ここでは取り扱わないことにする。

機器分析実習を行う上での総合的な留意点を示す。

(1) 分析機器の設置場所

分析機器を設置する場合は、機器の特性に応じ、排気、水回り、火気、電源、温度・湿度、直射日光及び振動にも注意して安定した場所に設置する。また、必ずアースを設ける。

一度設置した場所を変更する場合は、前記要件を満たす場所を考え、可動部を固定して振動等を与えないようにして移動させる。

(2) 測定前

- ① 教員は、前もって次に示すような点において、使用する分析機器の特性を十分に把握しておく。
 - ・測定で利用する電磁波、使用する気体や液体の化学薬品の性質等を理解しておく。
 - ・分析機器を作動させる前に、必ず各スイッチが初期状態に戻っているか確認を行う。
 - ・ガスボンベのガスを用いる場合は、バルブが閉じられていることを確認する。
 - ・万一の異常事態に備えて、電源を切る手順を熟知しておく。
- ② 生徒に、操作方法を徹底して指導する。
- ③ 分析機器の周囲に不必要なものを置かず、整理・整頓に心掛ける。

(3) 測定中

- ① 異常を察知した場合は、マニュアルに沿って電源を切る。また、ディスプレイ上に異常動作を知らせるメッセージが表示された場合は、その指示に従って電源を切るなど適切な操作を行う。
- ② 不具合が発生した場合は、必ずメーカーに相談する。不用意に、機器を分解しない。

(4) 測定後

- ① マニュアルに沿って機器の電源及び元電源を切り、設定を初期値に戻す。ガスボンベを使用した場合はバルブも閉じる。

- ② 汚れた箇所があれば、清浄する。

2 放射線について

工業高校で取り扱う分析機器では、高エネルギーの放射線を利用することはない。さらに、利用する放射線は外部に漏れることのないように、装置内部に遮蔽または密閉されている。従って、このような機器を取り扱う特別な資格は必要としないが、指導者は放射線の基礎的な知識を知っておく必要がある。また、電磁波あるいは放射線を使用する分析機器を取り扱う実習は、生徒にとって、正しい放射線の知識を知るよい機会である。この知識をもとに、「放射線＝危険」でなく、「いかに安全に取り扱うか」という知識と技術をぜひ身に付けさせたい。このことは、将来、従事する職業に対してだけでなく、日常生活を送る上でも重要である。

以下に放射線の概要を示すが、詳細にあたっては、関係法規等を習熟する必要がある。

(1) 放射線

電磁波は、電場と磁場の作用によって発生し、真空中を $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ で進む波動で、波長の違いで電波、赤外線、可視光線、紫外線、X線及びγ線などがある。電磁波のうち、紫外線（遠紫外線）、X線及びγ線などと、粒子線（α線やβ線など）をあわせて放射線とよぶ。電離放射線ともよばれ、物質を通過するとき、原子や分子をイオン化させる能力をもつ。放射線は、化学、工学及び医学などのさまざまな分野で利用されている。

(2) 放射能、放射線の単位

① 放射能 (Bq : ベクレル)

放射線を出す能力をあらわす単位、1秒間に1回の放射性壊変(不安定な原子核が放射線を出して壊れ、別の原子核になること)が1Bqである。

② 吸収線量 (Gy [J/kg] : グレイ)

放射線の量をあらわす単位。電離放射線の照射により物質1kgあたり、1Jのエネルギーの吸収が1Gyである。

③ 線量当量 (Sv : シーベルト)

等価線量ともいう。放射線の量をあらわす単位で、人が放射線を受けたときの影響を示す。線量当量は、吸収線量に放射線の種類による人体への影響を考慮して算出される。

$$\text{線量当量 [Sv]} = \text{吸収線量 [Gy]} \times \text{放射線荷重係数}$$

放射線荷重係数 : 例えば、α線は20、β線、γ線は1

(3) 放射線の人体に対する影響と防護

放射線によるリスクは、外部被ばくと内部被ばくに分けて考える必要がある。体外から放射線を受けることを外部被ばくという。放射線や放射性物質を取り扱う以外に、大地や宇宙からも外部被ばくを受けている。

体内に放射性物質が取り込まれ、体内から放射線を受けることを内部被ばくという。事故などで放射性物質を取り込んでしまった場合だけでなく、日常的に、空気や食物からも放射性物質は体内に取り込まれている。

ア 放射線の人体への影響

私たちは日常でも放射線をあびているが、事故や放射線治療などで、一時的に、多量の放射線をあびることもある。被ばくをすると、必ず放射線障害を発症するわけではないが、被ばく量が多くなるほど発症する確率が高くなる。これを確率的影響といい、一定量の放

放射線を受けたとしても、その影響が必ず現われるのではなく、放射線を受ける量が多くなるほど、その影響が現われる確率が高まることである。

表 3-15 放射線障害の分類(確率的影響)

種 類	症 状		
身体的影響	早期障害	全身	急性放射線障害
		局所	放射線皮膚炎
	晩発障害	全身	ガン、寿命短縮
		局所	白内障、潰瘍
胎児障害	流産、奇形、重度精神遅滞		
遺伝的影響	突然変異、遺伝病		

National Institute of Radiological Science(2004年)より

一方、被ばく線量がある一定の値(しきい値)を超えると、必ず発生する症状があり(逆に、しきい値以下の被ばく線量ではほとんど症状が発生しない)、これを確定的影響という。被ばく線量の増大にともなって、症状の重篤度は高くなる。

表 3-16 全身への放射線被ばくによる急性症状^①(確定的影響)

しきい値	症 状
<250mSv	なし
250mSv	白血球の一時的減少
500mSv	吐き気、嘔吐、全身倦怠、リンパ球減少
1,500mSv	50%に放射線宿酔 ^②
2,000mSv	5%死亡
4,000mSv	30日以内に50%死亡
6,000mSv	2週間以内に90%死亡
7,000mSv	100%死亡

① 部分被ばくの場合は症状が異なる。

② 放射線宿酔：放射線被ばくによる頭痛、めまい、悪心、嘔吐、全身倦怠など車酔いに似た種々の症状。

(国際放射線防護委員会 ICRP 勧告より)

イ 放射線の防護

放射線による人体への影響は、前述したように、確率的影響と確定的影響があるが、この他、同じ被ばく線量であっても、短時間の被ばくほど、また、分裂が活発な細胞に対する被ばくほどその影響は大きくなる。

私たちは、常に放射線にさらされて生活している(【参考1】)。その被害から人体を守るために、放射線を取り扱う施設における放射線業務従事者や一般公衆に対して、線量当量の限度が、法令や規則で定められている(【参考2】)。そして、放射線からの影響をできるだけ少なくするためには、次の3点に留意し、対策を立てることが重要である。

① 距離：放射線源からの距離をできるだけ大きくとる。

- ② 遮蔽：放射線源の間に適当な遮蔽物をおく。
- ③ 時間：被ばく時間をできるだけ短くする。

【参考 1】被ばく線量の例(放射線医学総合研究所の調査)

日本における自然放射線被ばく量(年間)：1.5mSv
 集団検診における胸部X線(1回)：0.05mSv
 全身CTスキャン(1回)：6.9mSv



図 3-2 放射線施設の標識例

【参考 2】自然放射線による被ばくを除く年間許容限度

(電離放射線障害防止規則)

一般公衆：1.0mSv
 放射線従事者：50mSv

(4) 関係法規

わが国の放射線防護に関する技術的基準の考え方は、国際放射線防護委員会(ICRP)の勧告を尊重して検討が進められている。放射線関係の法律は、まず、ICRPの勧告に基づき放射線審議会(文部科学省の諮問機関)で検討される。取り扱う組織や方法により関係官庁が異なる。表 3-17 にその例を示す。

表 3-17 放射線関係法規

法令・規則	関係官庁
原子力基本法 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(障防法)	文部科学省
労働基準法 労働安全衛生法 電離放射線障害防止規則(電離則) 医療法 薬事法	厚生労働省
道路運送車両の保安基準 放射性同位元素等車両運搬規則	国土交通省

3 電磁波を利用した分析装置

(1) 分光分析装置

紫外可視分光分析装置と赤外分光分析装置がある。用途は異なるが、紫外から赤外領域の電磁波(光)を試料に照射して、物質の定性・定量分析を行う。

- ① 紫外可視分光分析装置では、ランプにより電磁波を発生させる(出力 160～500W程度)。ランプは熱を発生するので、交換時等にランプにふれる場合は、十分放冷した後に行う。
- ② 赤外分光分析装置では、レーザーより電磁波を発生させる。出力は、人体に障害を与えない程度(レーザーポインター程度(Class 1 表 3-18参照))であるが、レーザー光を直接目に入れないようにする。

- ③ 試料を機器に装着する場合、セルの破損等により機器が汚損されることに注意する。
ただし、こぼした液では漏電しないように設計されている。

表 3-18 「レーザー製品の安全基準」クラス分け (JIS C 6802)

安全クラス	危険評価	警告ラベル義務	説明ラベル
Class 1	人体に障害を与えない低出力(概ね $0.39\mu\text{W}$ 以下)のもの。	不要	クラス1レーザー製品
Class 2	可視光で、人体の防御反応により作用を回避し得る程度の出力以下(概ね 1mW 以下)のもの。	必要	ビームをのぞきこまないこと。 クラス2レーザー製品
Class 1 M Class 2 M Class 3 R	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(概ね 5mW 以下)のもの。	必要	ビームをのぞきこまないこと。光学機器で直接ビームを見ないこと。 クラス3Aレーザー製品
Class 3 B	直接又は鏡面反射によるレーザー光線の曝露により眼の障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曝露しても眼の障害を生じる可能性のない出力(概ね 0.5W 以下)のもの。	必要	ビームを直接見たり触れたりしないこと。光学機器で直接ビームを見ないこと。 クラス3Bレーザー製品
Class 4	拡散反射によるレーザー光線の曝露でも眼に障害を与える可能性のある出力(概ね 0.5W を超える)のもの。	必要	直接光も散乱光も危険です。見たり触れたりしないこと。 クラス4レーザー製品

(2) 原子吸光分析装置

試料を加熱して原子化させ、そこに測定元素固有の光を照射し、その吸光度を測定することにより定量分析を行う。原子化の方式には、フレイム方式とファーンレス方式(フレイムレス方式)がある。

フレイム法では、燃料ガスとしてアセチレンや水素を助燃ガスとして空気や亜酸化窒素を用い、原子化部(加熱する部分)の温度は約 $2,400\sim 3,000^{\circ}\text{C}$ に達する。ファーンレス法では、電氣的に加熱し、その温度は約 $3,000^{\circ}\text{C}$ である。

ア フレイム方式の場合

- ① 特に炎の上部に手や顔を近づけないよう注意する。
- ② 使用時は、バーナーヘッドが高温になっている(見た目ではわからない)ので、交換する場合は、十分放冷してから行う。
- ③ バーナー部を取り囲む熱反射板も高温となるので、手などを触れないように注意する。

- ④ 高電圧放電によりフレームの着火が行われるので、着火部に、金属棒等を差し込まない。
- ⑤ 炎の光を直接長時間見続けると目の痛みを感じることもあるので注意する。
- ⑥ 炎の立ち消えについては、一般的にソフト及びハード両面から安全機構が備わっている。
- ⑦ ドレン水の漏れを防ぐため、ドレン出口先端は必ず開放しておく。

イ ファーンレス方式の場合

- ① 冷却水流量モニタにより、流量が適当であるかどうかを確認する。まれに、水道管の腐食等によって流量不足になり、過熱する場合がある。
- ② 大量の冷却水漏れを防ぐために、冷却水循環装置を用いるとよい。冷却水は、水道水がよく、純水を用いると配管の腐食を招く場合がある。

ウ ホロカソードランプについて

- ① 破損したガラス片や金属片の処理には十分注意する。
- ② 感電のおそれがあるので、点灯状態でランプを抜いたり、ソケットに金属片を入れたりしない。

(3) 高周波誘導結合プラズマ発光分析装置

原子をアルゴンガスの高温プラズマ(8,000~10,000℃)により励起し、得られる発光スペクトルより定性・定量分析を行う。

- ① プラズマを発生させるために高周波電流を使用するので、総合通信局(総務省)への届出が必要である。
- ② 安全装置は幾重にも備えられ、異常が生じた場合は、炎が消える構造になっている。ただし、プラズマトーチ及びその周りも熱くなっているので、消火後もやけどに注意する。
- ③ 冷却水については、前記「原子吸光分析装置」のイを参照。

(4) X線を利用した分析装置

蛍光X線分析装置とX線回折分析装置がある。試料にX線を照射して、物質の成分や含有率、構造解析を行う。

- ① 試料をセットし、装置を作動させX線が発生した時点で、X線は外部に漏れないように遮蔽される。逆に遮蔽されないとX線が発生しない構造となっている。管理区域は不要である。
- ② X線発生室内に試料をこぼした場合は、必ず専門家(取扱業者)に依頼する。

◆管理区域とは

放射線や放射性物質を取り扱う場所で、放射線取扱業務に従事する人の被ばく管理を適切に実施し、従事者以外の被ばくを防止するために設けられた区域。「電離放射線障害防止規則(労働安全衛生法)」、「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」、「医療法」、「人事院規則」で詳細が定められている。

4 クロマトグラフ分析装置

ガスクロマトグラフ分析装置と高速液体クロマトグラフ分析装置などがある。物質がカラムの固定相を移動する際に、物質と固定相の吸着性の違いを利用して分離・分析する。

(1) ガスクロマトグラフ分析装置

- ① ガスは、検出器により、ヘリウム、窒素、水素を用いる。ガスの取扱いについては、「1 化学薬品の危険性(3) 高圧ガス」及び「2 危険な薬品の安全な取扱い方(4) 高圧ガスボンベ」を参照する。
- ② ガスボンベ交換時は、リークセンサーを用いて接続部のガス漏れをチェックする。
- ③ ヒーターは、過熱すると自動的に遮断されるが、その過程で、検出器に不具合が生じる場合があるので注意する。
- ④ 試料注入口ナット部は高温になるので、試料注入時などに触れないように注意する。
- ⑤ 試料注入時に、マイクロシリンジ中の有機溶媒が蒸発し、ピストンが飛び出す場合がある。試料注入は素早く行い、保護めがねを着用するのが望ましい。
- ⑥ 不必要な有機溶媒は、機器付近に置かない。
- ⑦ 使用する有機溶媒により、作業環境が悪化するので、部屋には換気設備を設ける。
- ⑧ 電子捕獲検出器(ECD)は、放射線源を用いるので次の点に留意する。
 - ・密封線源なので管理区域は不要。
 - ・密封線源の分解は厳禁。
 - ・使用にあたって、使用許可または使用届出が必要(「放射線障害防止法」による)。
 - ・表示付認証機器でないECDは、大阪府人事委員会委員への届出が必用(「電離放射線障害防止規則」による)。
 - ・表示付認証機器のECDは、通常業務における放射線測定は不要。
 - ・表示付認証機器でないECDは、放射線取扱主任者の配置が必要。
 - ・機器の廃棄は、必ず専門廃棄業者または機器納入会社に依頼。

◆放射線源とは

放射線の発生源で、放射性同位元素や放射線発生装置を指す。ECDでは⁶³Niから発生するβ線を利用している。

(2) 高速液体クロマトグラフ分析装置

- ① 液漏れを起こしている場合は、センサが検知して輸液ポンプは自動停止するが、漏れた液は素早く拭き取る。
- ② 溶媒の蒸発により作業環境が悪化するので、換気設備を設けて十分に換気する。揮発性の高い溶媒を使用する場合は、特に注意する。
- ③ 大量の有機溶媒を用いるので、火気厳禁である。
- ④ カラムの破損は次のような場合に起こるので注意を要する。
 - ・不適切な移動相(溶媒)の使用。
 - ・相互に解け合わない移動相(溶媒)に交換する際は、完全に交換できず、緩衝液から塩が析出する場合がある。
 - ・ろ過等の前処理が不十分であるとカラムがつまる場合がある。
- ⑤ 廃液タンクに溜まった有機溶媒は、静電気で引火するおそれがあるので、適宜別の密閉容器に移す。

5 質量分析装置

質量分析装置は、試料をイオン化し、イオン化した試料分子やその分子の断片イオンを電場や磁場により分離し、定性・定量分析を行う。現在、単独で用いられることはほとんどなく、分離・精製機能をもったクロマトグラフ分析装置などと組み合わせて構成されている(ガスクロマトグラフ質量分析装置(GCMS)や高速液体クロマトグラフ質量分析装置(LCMS)など)。したがって、検出器の一部と考えることもできる。取扱いで次の点に注意する。

- ① GC部、LC部についての注意は、装置及び使用試薬とも「4 クロマトグラフ分析装置」と同様である。
- ② GCMSはイオン源も高温となるため、メンテナンスをする場合は十分放冷してから行う。
- ③ MS内部では高電圧が発生している。一般家電同様、漏電やコンセント周りの埃による発火等に注意する。
- ④ 真空ポンプは、連続運転するようにする。運転・停止を繰り返すとポンプに負荷がかかり、故障の原因となる。

参考図書等

- 1 亀井 太著「化学物質取扱いマニュアル」労働調査会(2007)
- 2 日本化学会編「化学実験セーフティガイド」化学同人(2006)
- 3 日本化学会編「化学安全ガイド」丸善株式会社(1998)
- 4 長谷川和俊著「危険物の安全」丸善株式会社(2004)
- 5 東京理化学器械株式会社「高圧蒸気滅菌器(ラボ用オートクレーブ)取扱説明書」
- 6 独立行政法人 科学技術振興機構「Web ラーニングプラザ」
<http://weblearningplaza.jst.go.jp/>
- 7 文部科学省
「放射線対策」 http://www.mext.go.jp/a_menu/ankenkakuho/boushihou/
「カタルヘナ法説明書(文部科学省作成 平成18年10月版)」
http://www.lifescience.mext.go.jp/bioethics/carta_expla.html
- 8 厚生労働省
「化学物質の安全対策サイト」
<http://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/seikatu/kagaku/index.html>
「安全・衛生」
http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/anken/index.html
- 9 経済産業省
「温暖化対策」
http://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/index.html
「化学物質管理」
http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/kagaku/index.html

- 10 環境省
「化学物質の環境中での残留実態」
<http://www.env.go.jp/chemi/kurohon.html>
「環境リスクの低減」
http://www.env.go.jp/chemi/risk_management.html
「リスクコミュニケーションの推進」
<http://www.env.go.jp/chemi/communication/index.html>
「カタルヘナ法」
<http://www.bch.biodic.go.jp/cartagena/index.html>
「都道府県及び政令市の化学物質に関連する取組」
<http://www.env.go.jp/chemi/communication/todoufuken/todouhuken.html>
- 11 公益財団法人 原子力安全技術センター「放射線取扱主任者試験（第1種、第2種）」
<http://www.nustec.or.jp/syunin/syunin01.html>
- 12 公益社団法人 日本化学会「環境・安全インフォメーション」
<http://www.csj.jp/es/index.html>
- 13 公益社団法人 日本保安用品協会
「保安用品とは」 http://www.jsaa.or.jp/html/appliances/hoan_01.html
- 14 一般社団法人 日本化学物質安全・情報センター
「化学物質規制情報」 <http://www.jetoc.or.jp/regulation/#PN02>
- 15 財団法人 消防試験研究センター「危険物取扱者試験」<http://www.shoubo-shiken.or.jp/>
- 16 財団法人 安全衛生技術試験協会「衛生管理者（第一種及び第二種）」
- 17 社団法人 日本作業環境測定協会
「作業環境測定について」 <http://www.jawe.or.jp/sagyoku/kanri/wem.html>
http://www.exam.or.jp/exmn/H_shokai502.htm
- 18 社団法人 産業環境管理協会「公害防止管理者」
<http://www.jemai.or.jp/japanese/qualification/polconman/index.cfm>
- 19 中央労働災害防止協会 <http://www.jisha.or.jp/index.html>
- 20 独立行政法人 労働者健康福祉機構 東京労災病院「産業中毒センター」
http://www.tokyoh.rofuku.go.jp/medical/c_sanchu.html
- 21 一般社団法人 日本試薬協会「MSDS検索」
<http://j-shiyaku.or.jp/home/msds/index.html>