

1 1 - 1 9 . 化学物質総論

(1) 化学物質の適切な安全衛生管理方法を学ぶ意義

化学物質はそれぞれ特有の性質を持っており、危険有害性がある化学物質に対し誤った扱い方をすると火災、爆発あるいは中毒に繋がる場合がある。社会や家庭においてそのような災害は毎年少なからず発生しており、学校教育現場においても同様である（事件事例の紹介を参照）。

その原因を見ると、危険有害性を知らずに取り扱ったり、手順が決められていなかったり、設備の不具合に由来したりと様々であるが、化学物質に関する知識を持ち、適切に取り扱っていれば、災害を防げたであろうケースも多い。

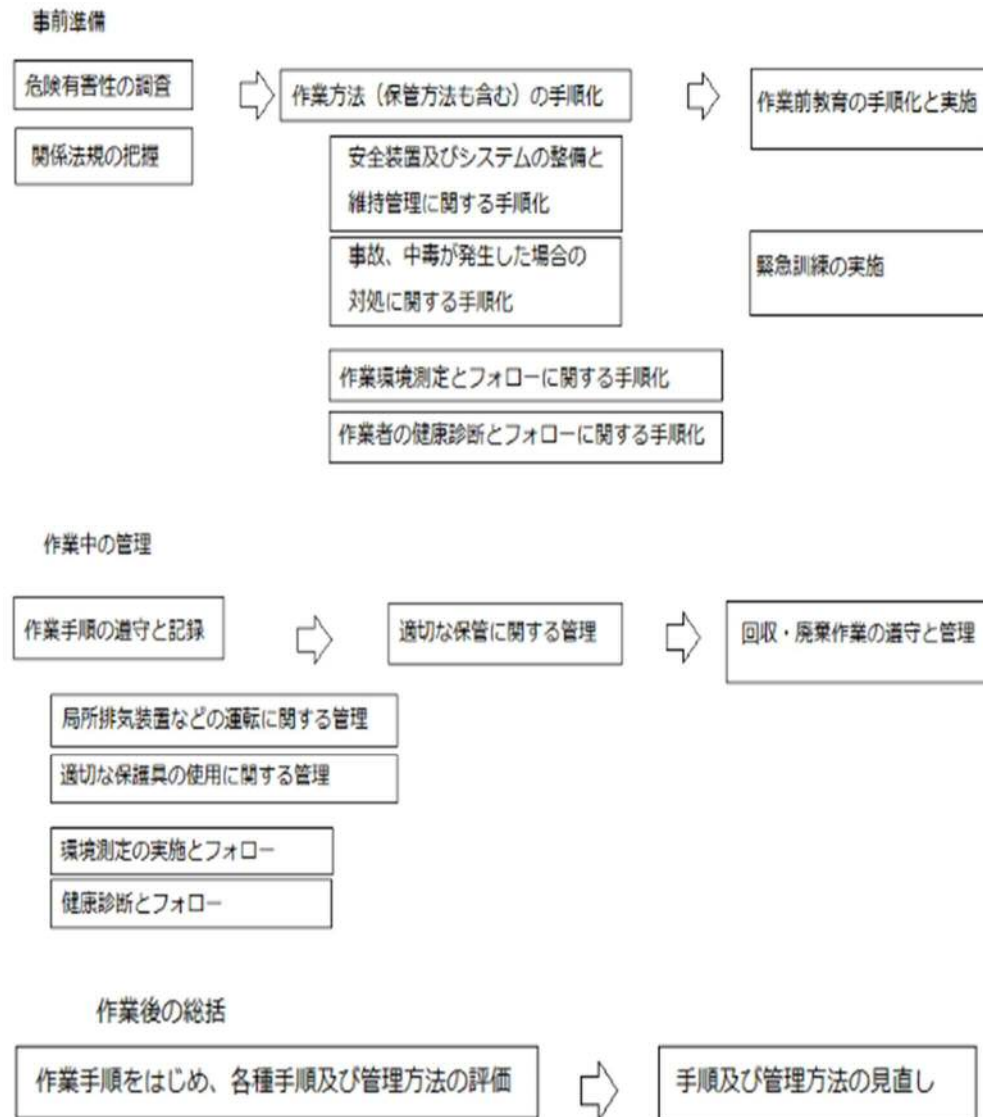
従って、学校教育において、化学物質の特徴や危険有害性の種類と程度を学習し、事故及び疾病を予防する安全衛生管理の基本的な手法を習得することは、学校生活のみならず後々の社会生活においても役立ち、個々人のいのちと健康或いは社会の安全の維持と発展に繋がり、大変有意義なことである。

(2) 安全衛生管理の基本的な手法と流れ

安全衛生管理の基本な手法とその流れは、事前にする対策、作業中にする対策及び作業後にする対策に大別される。列挙すると以下のとおりである。

- ①化学物質の危険性と有害性についての調査
- ②化学物質の取り扱いに関する法律の調査
- ③リスクマネジメントの実施
- ④保管及び作業（廃棄までを含む）の手順化
- ⑤安全装置及びシステムの構築
- ⑥事故、中毒などが発生した場合の対処の手順化と訓練の実施
- ⑦作業環境測定と適正な作業環境管理
- ⑧作業者の健康診断と健康管理
- ⑨作業前教育、繰り返し教育の実施

## 1.1. 危険有害因子と傷病の予防



図の出典をご記入ください

### (3) 化学物質の危険性と有害性についての調査

化学物質にはその物質特有の様々な性質があるが、災害をもたらす性質としては、主として火災、爆発、化学熱傷などを引き起こす危険性とがんや中毒などを引き起こす有害性があげられる。化学物質の取り扱いに当たっては、事前に危険有害性に関する調査をしなければならない。

GHS（「化学品の分類および表示に関する世界調和システム」：Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals）が、2003年7月に国連勧告として採用された。日本においては表示と文書交付制度を改善した労働安全衛生法が改正され、2006年12月1日より施行された。その内容は、化学品の危険性・有害性に関して世界的に統一

## 1.1. 危険有害因子と傷病の予防

された分類基準によって分類し、絵を用いてわかりやすく表示して、ラベルや SDS (Safety Data Sheet : 安全データシート) に反映させ、災害防止及び人の健康や環境の保護に役立てようとするものである。これにより、市場に出回る化学品は、個々の危険・有害性の種類と作用の強さによって分類され、下表のようにラベル表示されることになった。

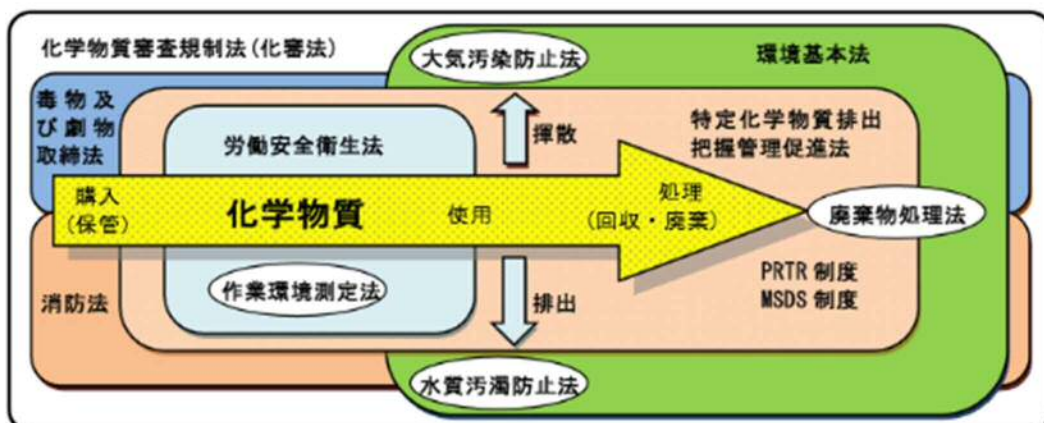
 <p>火薬類 自己反応性化学品 有機過酸化物</p>	 <p>可燃性/引火性ガス 引火性エアゾール、引火性液体 可燃性固体、自己反応性化学品 自然発火性液体、自己発熱性化学品 水反応可燃性化学品、有機過酸化物</p>
 <p>酸化性液体 酸化性固体 支燃性/酸化性ガス</p>	 <p>高压ガス</p>
 <p>金属腐食性 皮膚腐食性 目に対する重篤な損傷性</p>	 <p>急性毒性(高毒性)</p>
 <p>発がん性 呼吸器感作性、吸引性呼吸器有害性 生殖毒性、生殖細胞変異原性 特定標的臓器/全身毒性(単回暴露) 特定標的臓器/全身毒性(反復暴露)</p>	 <p>急性毒性(低毒性) 目刺激性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

### (4) 化学物質の取り扱いに関する法律の調査

化学物質を購入し、保管、使用、回収・廃棄処理するにあたっては、適切な取り扱いに関する様々な法令などがある(次頁図参照)。それらの法令などによって、危険防止、環境保全、労働者の安全と健康の確保などが定められている(次頁表参照)。化学物質を取り扱う準備段階において、これらの法律を把握しておかなければならない。

1.1. 危険有害因子と傷病の予防



〈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

法 規 名(所管官庁)	趣 旨
<ul style="list-style-type: none"> <li>・毒物及び劇物取締法(厚生労働省)</li> <li>・消防法(総務省消防庁)</li> <li>・高圧ガス保安法(経済産業省)</li> </ul> <p>※ 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。</p>	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"> <li>・環境基本法(環境省)</li> <li>・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)</li> <li>・水質汚濁防止法(環境省)</li> <li>・大気汚染防止法(環境省)</li> <li>・廃棄物の処理及び清掃に関する法律(環境省)</li> <li>・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)</li> <li>・循環型社会形成推進基本法(環境省)</li> </ul>	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"> <li>・薬事法(厚生労働省)</li> <li>・火薬類取締法(経済産業省)</li> <li>・食品衛生法(厚生労働省)</li> <li>・農薬取締法(農林水産省)</li> </ul> <p>※ 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。</p>	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"> <li>・労働安全衛生法(厚生労働省)</li> <li>・作業環境測定法(厚生労働省)</li> </ul> <p>※卒業後、これらの化学薬品等を取り扱う業務に就労する。</p>	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
<p>※ 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にしなければならない。</p>	

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

(5) リスクマネジメント

## 1.1. 危険有害因子と傷病の予防

化学物質の取り扱い・使用に際しては、GHS表示や製造者が発行するSDS（化学物質安全データシート）などからその危険性を把握し、それに応じた取り扱い方法を定めなければならない。

危険有害性の高いものには、人体への影響が小さくなるように強固な設備対策（密閉化や遠隔作業、局所排気装置の設置など）を実施し、低いものには柔軟な対応（保護具の着用や局所排気装置・全体換気装置の設置など）を実施するなど、リスク（危険性）に応じた作業環境管理を実施する。

### （6）保管及び作業（廃棄までを含む）の手順化と適正な運用

化学物質の使用に当たっては、購入から使用、使用後の保管方法を決めておく必要がある。使用中や使用後の保管方法が決められておらず、次回使用時に探し出せなかったり、保管中に漏洩して火災に至ったりすることもある。

保管方法を定めるに当たっては、地震や火災あるいは操作ミスなどで容器が破損し、当該の物質と他の物質が混合することも想定し、混合した場合の危険性が小さくなるように配慮しなければならない。消防法による分類はそのような配慮がされているので、少量の購入や使用であっても法に順じた分類をすると安全に管理できる。

表 消防法による分類：総務省消防庁HPより

類別	性質	特 性	代表的な物質
第1類	酸化性固体	そのもの自体は燃焼しないが、他の物質を強く酸化させる性質を有する固体であり、可燃物と混合したとき、熱、衝撃、摩擦によって分解し、極めて激しい燃焼を起こさせる。	塩素酸ナトリウム、硝酸カリウム、硝酸アンモニウム
第2類	可燃性固体	火災によって着火しやすい固体又は比較的低温（40℃未満）で引火しやすい固体であり、出火しやすく、かつ、燃焼が速く消火することが困難である。	赤リン、硫黄、鉄粉、固形アルコール、ラッカーパテ
第3類	自然発火性物質及び禁水性物質	空気にさらされることにより自然に発火し、又は水と接触して発火し若しくは可燃性ガスを発生する。	ナトリウム、アルキルアルミニウム、黄リン
第4類	引火性液体	液体であって引火性を有する。	ガソリン、灯油、軽油、重油、アセトン、メタノール
第5類	自己反応性物質	固体又は液体であって、加熱分解などにより、比較的低い温度で多量の熱を発生し、又は爆発的に反応が進行する。	ニトログリセリン、トリニトロトルエン、ヒドロキシルアミン
第6類	酸化性液体	そのもの自体は燃焼しない液体であるが、混在する他の可燃物の燃焼を促進する性質を有する。	過塩素酸、過酸化水素、硝酸

### （7）安全装置及びシステムの維持管理



化学物質を取り扱う場合、はじめに取るべき対応は、発生源対策である。曝露低減効果の大きいものから挙げると、隔離、密閉化、局所排気、全体換気の順である。

1) 隔離

取り扱う装置を遮蔽、隔離して遠隔操作を行う。毒ガスの合成など極めて毒性の高い化学物質を取り扱う場合にとられる対策で、その化学物質が漏洩しても被害を小さくできる。遠隔操作が確実にされ、或いは非常時の安全装置が正確に動作するようにシステムの維持管理をしなければならない。

2) 密閉化

外部に漏れない密閉された反応器やろ過器の内部でのみ取り扱う。

3) 局所排気

多少の曝露がある場合にその発生源を囲い込み、或いはフードを設けて有害物質を吸引する。

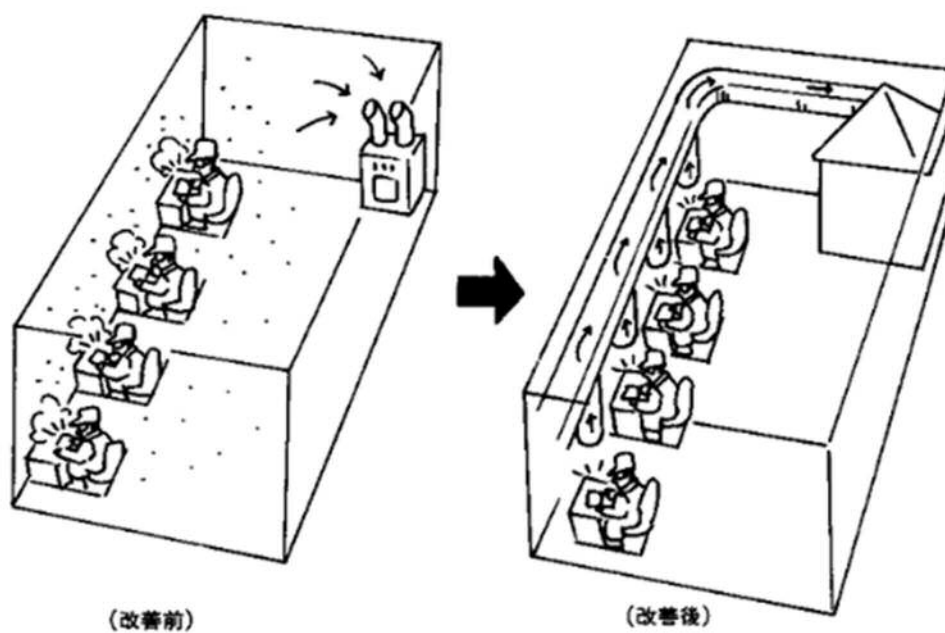


図. 中央災害防止協会 HP より

4) 全体換気

毒性の比較的低い化学物質の低濃度曝露の場合に、部屋の空気を入れ替えるなどの対策を取る。局所排気装置を設けてある工場で更に全体換気をする場合の天井扇や事務室で二酸化炭素濃度の上昇を抑えたり、熱気を排出したりするための換気扇などがある。

(8) 事故・中毒などが発生した場合の対処の手順化と訓練の実施

## 1 1. 危険有害因子と傷病の予防

急激な反応が起きたときの対処方法や有害物質が漏えいした時の対処方法、有害物質による中毒が発生した場合の対処方法など、事故が発生したことを前提に対処方法を手順化する。そして、その手順に従って、必要な訓練を実施する。

### (9) 作業環境測定の実施とフォロー

作業に入ったら、有害物質の曝露濃度を測定し、作業環境管理を行う。管理濃度、許容濃度に基づいた作業環境の区分を定め、よりよい環境管理を目指していく。

### (10) 作業者の健康診断とフォロー

作業者の特殊健康診断を実施し、有害物質の曝露の影響をモニタリングする。結果に基づいて、望ましい作業環境の維持や強化の判断をする。

### (11) 作業前教育と繰り返し教育

作業者には、作業前に取り扱う化学物質の有害性情報や作業手順、緊急時の措置などに関する教育を実施する。また、教育は1度すればよいというものではなく、定期的に繰り返して実施しなければならない。

### (12) 事故事例の紹介 **出典をご記入ください**

- ・大阪大学基礎工学部電子工学科 シランガス爆発事故 死者2名（1991年10月2日）

プラズマCVD装置を用いた実験中、シラン（モノシラン $\text{SiH}_4$ ）ガスが爆発した。一般にシランは、シリコン薄膜を作る際の原料として半導体製造工程で使われている。シランは空気と触れるだけで発火、爆発し、亜酸化窒素（ $\text{N}_2\text{O}$ ）と混合しても爆発する。爆発したガス供給設備には、本来の配管に加えて残留したガスを追い出すパージ配管が設けられていたが、それが逆止弁を介してシラン、亜酸化窒素と並列配管になっていた。事故時はこの逆止弁の不具合で、亜酸化窒素が逆流しガスが混合・爆発したと推定されている。

原因：①爆発性の気体の取り扱い。②設備の不備。混合して爆発する気体の混合を逆止弁で防いでいたが、逆止弁が故障して逆流した場合のことを想定していなかった。

- ・北海道大学工学部応用物理学科 液体窒素酸欠事故 死者2名（1992年8月10日）

低温実験室の準備室で、助手と大学院生の2人が低酸素血症で死亡した。準備室では、液体窒素用の容器3個の内、1個が倒れて空になっていた。南極で採取した氷河期の氷が当

## 1 1 . 危険有害因子と傷病の予防

時の大気組成を調べるための試料として低温実験室に保管されていたが、冷却装置が故障し、氷が溶けてしまうのを防ごうとして発生した事故と推定されている。

原因：①窒素の取り扱い。②液体窒素の取り扱い方法の不備。③冷却装置の故障に対する手順の不備。窒素はその名の通り高濃度で吸入すれば窒息する危険な気体であるが、通常時の液体窒素の取り扱い方法の手順化や冷却装置が故障した時の対応が手順化されていなかった。



【コラム 11-19-1 学校教育現場における化学物質を取り扱う環境】

本章を執筆するにあたり、小中高の理科教員へのヒアリングを行ったが、理科教育への先生方の情熱に感銘を受けた。一方で、学校において化学物質を用いた実験をするのは、益々困難な状況が進んでいるので、指摘しておきたいと考える。

①有害物質を取り扱う設備環境が整っていない。

理科室にある実験台はオープンであり局所排気装置が備わっていないのが殆どである。そのため、有害ガスが発生する化学実験を行えば、学生へのばく露を防ぐことができないし、理科の教員は大変なばく露を受けている。ドラフトチャンバー（囲い込み式）やフレキシブルダクトとフードによるレシーバー式局所排気装置などの整備が必要である。

②不慣れな実験を行うため、事故が発生しやすい。

学生は、普段から化学物質の取り扱いをしているわけではないから、危険有害物質や様々な実験器具の取り扱いをすれば、事故を起こすリスクは当然高くなる。

③保護具の使用が徹底できない。

本来であれば適正な保護具を使用して実験を行うべきであるが、なれない保護手袋を着用し試薬瓶や実験器具を滑らして割ってしまうなど逆に事故が発生しやすい現実がある。ゴーグルや保護メガネなどの着用が進んでいるが、防毒マスクや保護手袋、保護衣の着用まで徹底するには困難が伴う。

④安全に化学実験をするための体制が取られていない。

理科実験においては事前準備と後片付けに大変な手間がかかる。また実験中も学生の安全を守るために複数による指導や監視が必要であるにもかかわらず、人員削減が進んでいる。そのような中で理科教員はなんとか学生に化学物質に触れさせる教育をしようと苦労している。

コラム： 学校教育現場における化学物質を取り扱う環境について

本章を執筆するにあたり、小中高の理科教員へのヒアリングを行ったが、理科教育への先生方の情熱に感銘を受けた。一方で、学校において化学物質を用いた実験をするのは、益々困難な状況が進んでいるので、指摘しておきたいと考える。

①有害物質を取り扱う設備環境が整っていない。

理科室にある実験台はオープンであり局所排気装置が備わっていないのが殆どである。そのため、有害ガスが発生する化学実験を行えば、学生へのばく露を防ぐことができないし、理科の教員は大変なばく露を受けている。ドラフトチャンバー（囲い込み式）やフレキシブルダクトとフードによるレシーバー式局所排気装置などの整備が必要である。

②不慣れた実験を行うため、事故が発生しやすい。

学生は、普段から化学物質の取り扱いをしているわけではないから、危険有害物質や様々な実験器具の取り扱いをすれば、事故を起こすリスクは当然高くなる。

③保護具の使用が徹底できない。

本来であれば適正な保護具を使用して実験を行うべきであるが、なれない保護手袋を着用し試薬瓶や実験器具を滑らして割ってしまうなど逆に事故が発生しやすい現実がある。ゴーグルや保護メガネなどの着用が進んでいるが、防毒マスクや保護手袋、保護衣の着用まで徹底するには困難が伴う。

④安全に化学実験をするための体制が取られていない。

理科実験においては事前準備と後片付けに大変な手間がかかる。また実験中も学生の安全を守るために複数による指導や監視が必要であるにもかかわらず、人員削減が進んでいる。そのような中で理科教員はなんとか学生に化学物質に触れさせる教育をしようと苦勞している。