

学校理科教育現場における事故事例とその対策 (4)

長島 宏希／加部 義夫

はじめに

前回までに学校理科教育の化学分野における事故事例について解説し、一般的な安全対策についても見てきた¹⁾。専門誌でも化学分野の事故並びに事故原因に関する記事が昭和時代から特集されている^{2)～6)}。さらには全国や都道府県などの自治体の教育センターからも理科実験教育の事故事例やその対策が公表され^{7)～11)}、出版社に依る安全指針などが定期的に発行されている^{12)～14)}。しかし、時代の変遷とともに、内容が現状に沿わないものになってきており、記載情報を活用し難い状況になりつつある。小・中・高並びに大学初年次などの理科実験にて指導する方々に的確に役立つ事故防止策や安全対策が望まれる。

そこで従来の事故防止策、安全対策に最新情報を加えつつ、現状に合った対策を解説することが本稿の目的である。今回は引き続き具体的な理科教育の事故事例としてその対策などについてひとつずつ見てゆきたい。これまでの専門誌、自治体の対策と報告書、さらには出版社による書籍を取り上げて、必要な項目には適宜詳細な解説を試み、その事故防止対策と共に見ていくことにする。

1. 学校理科教育現場での具体的な事故例

1.6 低温寒剤による凍傷、酸欠、容器破裂

事故例 ドライアイスによる容器破裂事故¹⁵⁾

小学校内にある児童保育所で小学三年生の女児がドライアイスと水にてソーダ水作りをしていた。ペットボトルにドライアイスと水を入れ、蓋をした。その後、数回ボトルを振るとボトルが破裂をし、破片が女児の額に刺さり大けがをした。この実験は雑誌に掲載されていた記事「ドライアイスソーダの作り方」を参考にしたようである。雑誌には「蓋に小さな穴を設けるように」という注意書きがあったが女児は穴を設けずに実験を行ったようである。事故後、雑誌の出版社は①仕込む水の量を容器容積の1/4程度にすること②仕込むドライアイス1個で、大きさは1cm³程度にすることなどの注意を呼びかけた。

小学校ではドライアイスを用いて炭酸飲料を作る学習やドライアイスを用いたペットボトルロケットの実験などが行われている。その際に事故例に類似した事故が数多く報告されている。

ドライアイスは二酸化炭素ガスが凝結した物質であり -78.5°C にて昇華する。固体から液体にならずに直接気体に物理変化する。ドライアイスを扱う場合は乾いた作業手袋を必ず着用すべきである(図1)。安易に素手で扱ってはならない。短時間であっても凍傷になることがあるので注意すべきである。

用いるドライアイスはハンマーなどにて粉碎し、適度な大きさにしてから用いる。冷却したい対象物や冷却容器などの大きさを鑑み、粉碎するドライアイスの総量を決める。冷却速度を高めたい場合は表面積が大きい細かな粒にする必要がある。いずれの場合でも粉碎破片が四方に飛び散るのでドライアイスは乾いたタオルなどの布地で包み、ハンマーなどで粉碎すると扱い易い。形状あるドライアイスを求める場合は平タガネを用いる粉碎やノコギリでの切断などにて成型する。「万力で歪ませる」方法により粉碎破片の数を減らす手法も有用と聞いたことがあるが、お勧めできない。

図1 ドライアイス



液体窒素容器 (コンテナ)



ステンレス製ジュワー瓶



炭酸水を作るのであるならばペットボトルや瓶は密閉しなくても、気体物質は低温ほど良く溶解するので水を冷却することで、十分な濃度の二酸化炭素ガス溶け込ませることができる。決してペットボトルや瓶にドライアイスをし込み、密閉してはいけない。ドライアイスを用いたペットボトルロケット実験では必ず炭酸飲料用のペットボトル(胴回りが変形の無いきれいな円形で、かつ、底部分がいくつかの尖形状から構成されていることが確認できるペットボトル)を用いる。くぼみ、傷などが無いことも必ず確認すべきである。

ドライアイスを用いないロケット, 即ち加圧ロケットも同様の注意を払う。自転車の空気入れなどにて加圧した場合もドライアイスと同じ危険が存在する。炭酸飲料用の円形ペットボトルを選び, 変形, 傷などが無いことを確認する。加圧の際, ボトル口の接続が不適切であったために生じた事故が多数見受けられる。ゴム栓での接続であると過剰な加圧によるゴム栓飛び抜け事故が散見される。ゴム栓での接続は過剰な加圧に対する「安全

弁」的な役割をするが、ゴム栓の飛び抜けに基づく悲惨な事故も生じてしまうことを認識しておきたい。

大学において実施されている学生実験、研究実験においてもドライアイスは多用される寒剤である。アルコールとドライアイスで容易に -78.5°C の低温を作り出すことができる。

それ以外にもドライアイスは発火性金属ナトリウムの処理に利用していたことを研究論集52号にて紹介したが危険な処理操作であることを改めて明記しておきたい¹⁾。

今さら確認をする必要はないと思うがドライアイスは昇華により瞬時にして気体に変化する。即ち、瞬時にして大気を押し退け、人間を窒息に至らしめる環境をドライアイスはつくる。ドライアイスを日頃取り扱うことが少ない方はこの特性を軽視することがあるので注意を要する。ドライアイスの運搬などにも注意が欠かせない。運搬に関する留意事項については液体窒素の箇所にて触れる。

事故例 液体窒素による酸欠、窒息死¹⁶⁾

応用物性の低温実験室で南極大陸にて採取した氷に関する実験を行っていた。低温実験室のフロン冷却機が故障していたため、室内を低温に保つため、実験室に置いてあった液体窒素 18L を魔法瓶に小分けして低温実験室内に振り撒いたところ酸欠になった。教員 1 名、学生 1 名が命を落とした。

液体窒素の低温液化ガスが有する危険性としては①凍傷②容器破裂③窒息④酸素ガスの凝縮（液化）などが考えられる。凍傷対策の基本は素手で低温液体や容器に直接触れないことである。布製手袋などでは低温液化ガスが掛かった場合、布繊維に低温液化ガスが浸みこむことで皮膚を長時間の間、低温にさらすこととなるので危険である。素手でも短時間液体窒素が掛かる程度ならば皮膚に触れた液体が即座に気化をし、液体と皮膚との間に気体の膜が生じ、この膜により直接液体窒素の温度が皮膚に伝わることがないので大きな危険は生じにくい。素肌に液体窒素がかかった場合よりもむしろ衣服にかかった場合の方が危険性は大きい。液体窒素を扱う機会がある学生には先ずはこの知識を叩き込みたい。

さらに、低温液体保持（運搬）容器に関する危険性もある。低温になった容器への接触により皮膚表面の水分が瞬時に凍結する。凍結することにより接触した皮膚が容器に貼りついてしまい、熱が奪われることとなる。低温液体を扱う場合は専用の皮革製手袋を必ず着用することを欠かしてはならない。

低温液化ガスの扱いは基本、断熱容器にて行う。断熱しない場合は一気に気化現象が生じ、体積が一瞬にして800～900倍になり、周囲の大気を押しのける爆発的な現象が生じる。瞬時に低酸素環境が生じることとなり窒息の危険性が生まれる。密閉容器であれば容器破裂の危険があり、さらなる被害の拡大が予想される。

先で述べたとおり二酸化炭素の固体であるドライアイスも同じ危険性を有する。取り扱っているエリアを一瞬にして窒息死を招く環境をつくる。液体窒素を扱う場合の危険性を述べるがドライアイスも同一の扱いをすべきと考えている。

液体窒素などの低温液化ガスを扱う際に酸欠、窒息などの事故を防ぐためには密閉空間

を避け、通気性を確保した環境下で行うべきである。自動車にて低温液化ガスを運ぶ場合は窓を必ず開けるべきである。エレベーターは密閉空間であるので無人の状態では運搬する。第三者の利用が予想される場合は『液体窒素運搬中』、『生命体の乗込み厳禁』などの文字を大きく表記した掲示物を付することを欠かしてはならない。載せ込む階、積み下ろす階の扉に係員を配置すると共に途中階の扉にも気を配るべきである。

低温液化ガスの扱いは専用の運搬容器(コンテナ)やデュワー瓶が利用される(図1)。容器破損という危険性を回避するため近年、容器素材は金属(ステンレスなど)製が主流となりつつある。なお、冷却対象物質の状態確認のために硝子製デュワー瓶は今でも欠かせない存在である。

専用容器に低温液化ガスを仕込み、しばらく利用していると容器のとぼ口などに結氷が見られる。大気が低温物質に接し、大気内の水分が凍結することにより生じる現象である。この凍結により容器破損を招くことがある。低温液化ガスを保存する場合はその容器専用蓋(金属製、被せ蓋)をすることを忘れてならない。蓋をした際、容器が密閉状態になっていないことも確認しておきたい。多様な低温液化ガスの中でも特に注意を払うべき物質は液体酸素である。酸素それ自体は燃焼、爆発はしないが強力な酸化作用を持つ。液体窒素、液体酸素それぞれの沸点は近接しており、各々の沸点は -196°C (N_2)、 -183°C (O_2)である。液体酸素が若干、高い沸点を持っていることから液体窒素により液体酸素が凝縮を起こす。長時間、液体窒素を大気にさらした状態で放置しておくことと容器内に残存する液体があるときには液体酸素との混合物に変わっている。この混合物が昇温されると爆発的に反応するので大変危険である。有機溶媒が入ったガラス容器(トラップ管など)を開放にしたまま液体窒素で冷却、放置することがいかに危険であることが理解できる。トラップ管の放置などは絶対に避けるべき行為なのである。また、断熱機能を持たない金属などの容器に液体窒素を入れると容器外側から液体酸素がしたたり落ちるのが観察されることから容易に酸素が液体窒素で液化されることが理解できる。

1.7 有機溶媒による引火火災、電気機器の火災

事故例 有機溶媒による乾燥庫、冷蔵庫の引火爆発¹⁶⁾

洗浄をしたガラス器具を直ちに使用をするため、水ですすいだガラス器具類表面をアセトンで洗浄(置換)をした後に乾燥機に納めた。乾燥機の状態は既に目的の温度であった。乾燥機に納めた後、しばらくしてから乾燥機内で爆発が起こり、ガラス器具類と乾燥機内部が破損した。

冷蔵庫に保管されていた薬品の中に引火性が高い合成品などがあり、止栓無き容器にて収納されていたために、庫内に引火性溶媒蒸気が充満し、爆発限界内の混合気体が生成し、爆発を起こした。

有機溶媒を扱う際に最も注意をすべきことは①引火による火災②電気機器のスパークとする爆発である。これらを未然に防ぐことは欠かしてはならない。有機溶媒は一般的に揮

発性物質が多く、テトラクロロメタン（四塩化炭素）、トリクロロメタン（クロロホルム）やジクロロメタン（塩化メチレン）などの難燃性物質以外のほとんどが引火性を有する。

引火性とは蒸気が空気と混合気体（燃焼範囲内の濃度）を作る性質のことである。混合気体（燃焼範囲内の濃度）がバーナーの炎などの裸火や、電気機器にて生じるスパークなどを着火源として燃焼し、蒸気の発生源までに炎が走り、発生源が継続的に燃焼する現象を引火と言う。引火性物質である有機溶媒周辺に着火源が存在しなくても、遠方にある着火源から燃え移る危険性がある。可燃性混合気体が生じるようになる液体の最低温度、その温度を引火点という（表1）。また引火点はその有機溶媒の空气中で燃焼（爆発）する飽和蒸気圧の下限値の温度に対応する（図2）。

図2 ベンゼンの飽和蒸気濃度と燃焼爆発範囲，上限，下限と引火点の関係¹⁷⁾

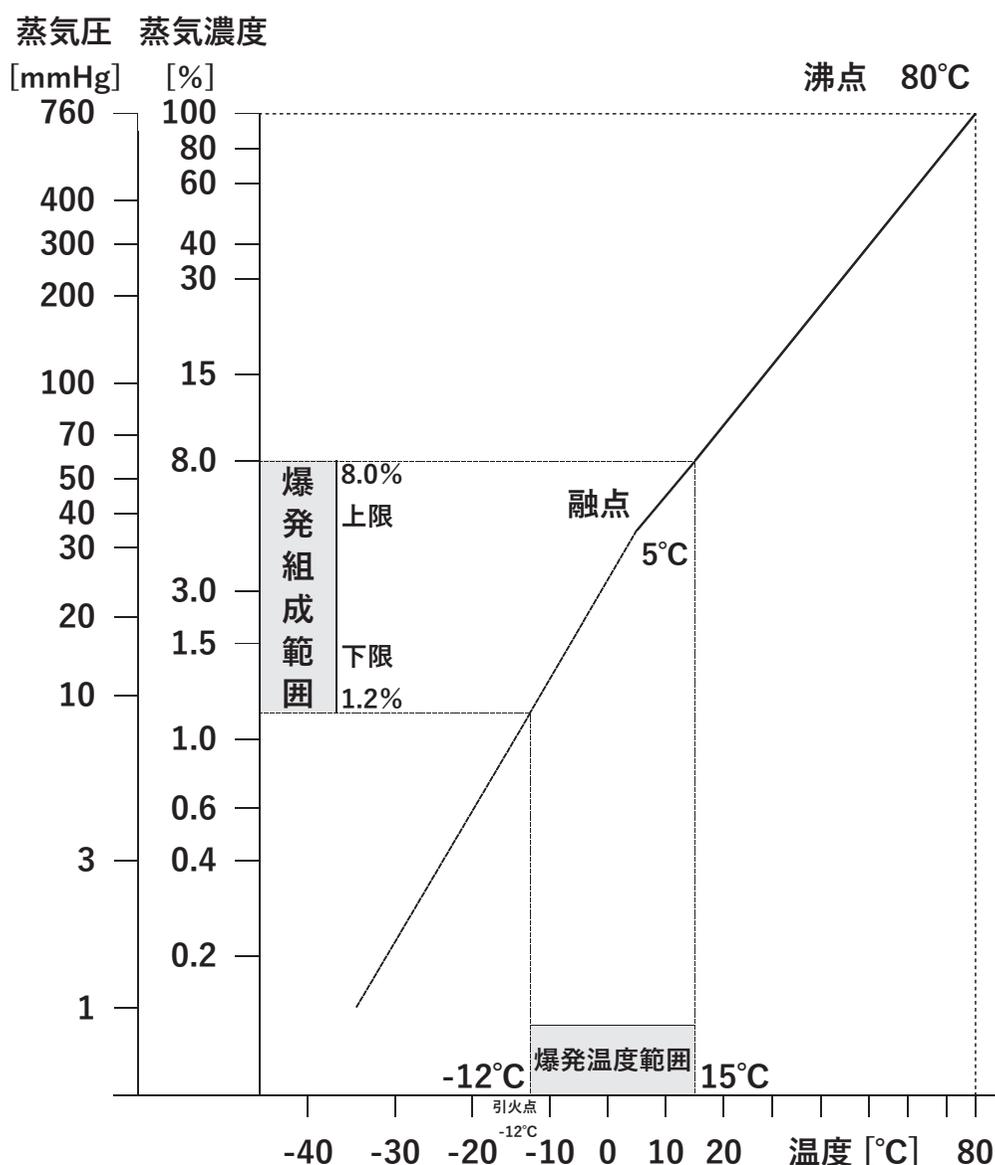


表1 可燃性ガス、有機溶媒の爆発（燃焼）限界と引火点¹⁸⁾

可燃性ガス	発火温度[℃]	爆発(燃焼)限界(Vol%)		引火点[℃]	沸点[℃]	蒸気密度 (対空気)
		下限	上限			
水素ガス	560	4.0	75	(ガス)	-253	0.1
アセチレンガス	305	2.3	100	(ガス)	-84	0.9
アセトン	539	2.5	14.3	-20	56	2.0
ベンゼン	498	1.2	8.6	-11	80	2.7
トルエン	530	1.0	7.8	4	111	3.1
ジエチルエーテル	175	1.7	39.2	-45	35	2.6
エタノール	400	3.1	19	12	78	1.6
酢酸	510	4.0	19.9	39	118	2.1

図2, 表1に明示している爆発限界の上限値（ベンゼン）は各々の引用文献に基づく。

引火点は可燃性液体の危険性を判断するうえでの基準として用いられるが、研究論集52号にて見たように汎用される溶媒はいずれも消防法で規定されているところの第四類引火性液体に属し、火災の恐れのある危険物として扱われる¹⁾。

このことから判るように、有機溶媒を使用するときには先ず(i)火気の使用を禁止し、(ii)実験室の入り口の扉を開放し、換気扇などを用いて常時空気の流れを作り出しておく、(iii)必要以上量の溶媒を実験室に持ち込まないなどの配慮が必要である。火気が使用できなくなるため、加熱の手段としては投げ込み式電熱ヒーター、ホットプレート、アルミブロックなどの電熱式の器具を用いると安全である。むき出しの電熱線が有機溶媒蒸気に触れる可能性がある構造を持つヒートガンなどは引火の危険性があるので用いてはいけない。沸点が低いジエチルエーテルの蒸留の場合は撮影用電球の点灯にて加熱する手法もある。その際アルミ箔などを用いて光を反射、集約させると効率上がる。

近年は目にすることが少なくなったが、実験器具の洗い場に瞬間ガス湯沸かし器が設置されている実験室があった。常時、種火が着いている機種、頻繁にスパークする機種など多種多様である。引火の危険を回避するためガス湯沸かし器の設置は避けたい。別室であっても、廊下を挟んだ向かいの位置の区域であっても、建物内であるのなら蒸気が漂う可能性をゼロのすることが出来ない。同一建屋内に瞬間ガス湯沸かし器は設置すべきでない。電気温水器などの他の給湯設備か、熱源を屋外に設けるなどの検討をすべきである。

洗浄後の器具を即座に乾燥したい場合、器具表面に付着している水分を溶媒成分（アルコール、アセトンなど）に置換し、乾燥させることがある。溶媒成分で置換した器具を乾燥機（図3 左）に直接、収めたところ引火したという事故例を紹介した。乾燥器は庫内底部に電熱線が設置されている構造になっている。かかる電熱線が赤熱していることから庫内は引火しやすい環境になっていることを知っておきたい。置換溶媒のアセトンはアルコールよりも引火し難いと言われているが、他の溶媒が少しでも混入すると安心はできない。

事故例で紹介したように冷蔵庫にも危険がある。冷蔵庫のサーモスタットが機能する瞬間に電氣的スパークが発生し、引火爆発を引き起こすことがある。研究室、実験室ではサーモスタットを覆った防爆仕様冷蔵庫¹⁹⁾に納め、防爆仕様でない冷蔵庫には有機溶媒溶

図3 乾燥機 (左)



防爆冷蔵庫の背面 (右)



液などを入れてはならない。図3に防爆仕様冷蔵庫の背面を示した。電源コードは有機溶媒蒸気がたどり着きにくい上部から配線されている。

引火防止対策が十分に行えない場合には前述の(ii)の対策だけは確保するべきである。実験室を開放し、換気扇などで常時空気の流れを作り出し、溶媒蒸気を希釈し、排気させる環境を作り出すべきである。先に挙げた加熱具も完全に引火を誘発しないわけではない。場合によっては火源になりうるが、適確に換気を常時行っていれば燃焼範囲内の濃度に達することはほとんどない。

実際に火災が発生した場合、小規模の場合は砂や濡れ雑巾などを直接炎に掛ける程度で収まることがある。それ以上激しい火災の場合では消火器を用いる。従って、砂、濡れ雑巾、消火器などの消火用器材は必ず用意されていなければならない。多くの生徒、学生は引火未経験である。小規模の引火実験は効果的である⁴⁾。万全なる注意を払い、ジエチルエーテルなどの有機溶媒を数滴、実験台の机上にたらし、小規模な引火を引起す。引火がどのような現象なのかを実際に生徒、学生に体験させておく。万が一、引火事故に遭遇した場合であっても体験が役立ち、慌てることなく対処し得るようになる。

大学での学生実験、研究実験における有機溶媒の使用量は小・中・高とは比較にならないほど多い。そのため大学では消防法に基づいて危険物倉庫の設置が義務づけられ、主に18L(一斗)缶で保管されている(図4)。危険物倉庫から実験室へはガロン瓶やボンド瓶で小分けにして運搬をしているのが現状である。

その際に研究論集52号にて、解説した「防火区画毎の指定数量」を超過していないことに気を付ける必要がある¹⁾。さらに有機溶媒の運搬中に生じるガラス容器(ガロン瓶)の破損事故を防ぐため市販している専用キャリア(図4)を使用することを勧めたい²⁰⁾。

図4 有機溶媒用の一斗缶



ガロン瓶専用キャリア (一例)



1.8 廃液混合による爆発・有毒ガス発生

事故例 廃液混合による発熱，ガス発生^{13), 21)}

外部委託業者への搬出のために前処理として幾つかの有機廃液を混合したところ、トラックに積載後、発熱をして一斗缶がパンパンに膨らんだ。

一斗缶で有機廃液を長期間保存していた。内部より腐食が進行し、受け器であるバットを敷いていなかったため、廃液が床に漏れた¹³⁾。

酸，アルカリ，有機溶媒などに分別シドラフトに廃液を保管していたが酸廃液に濃硫酸と濃塩酸を混ぜたところ塩酸が脱水され塩化水素ガスが発生し，酸廃液のタンクが白煙をあげ，沸騰した²¹⁾。

化学実験で生じる廃棄物は破損ガラスと廃液に大別される。破損ガラスは専用のゴミ箱を用意して捨てさせるが，ガラスを廃棄する際はケガがつきものなので破損しないように実験操作中に十分注意を払うことが肝要である²²⁾。

廃液は大きく ①有機溶媒 ②重金属系溶媒 ③酸・強塩基 ④重金属以外の無機溶液に区別される。環境保全の立場から①，②は流し台から排水路に流すべきではない。④は水にて十分に希釈した後であるのならば排水路に流すことが許される。③の強酸，強塩基も中和処理した後に排水路に流すことができる場合がある。中和するために酸ならば塩基，塩基ならば酸が必要となるが，中和するために使用する酸，塩基は新規購入物ではなく実験にて回収した酸，塩基を保存して，利用するとよい。酸，塩基の回収容器各々には主な回収成分を書き留めておくこと無用のトラブルを回避できる。①，②は実験室に大きめの肉厚ポリタンク（ポリエチレン）を用意して回収する（図5）。必ずポリエチレン系容器を用いる。間違えてポリエステル系容器を用いることにより生じた事故事例があるので注意をしたい。

有機系の廃液はさらに可燃性のものと難燃性のものに分ける。有機溶媒と重金属の廃液処理は業者に依頼しなければならない。重金属の廃液は処理経費削減を図るために濃縮を試みて容積を削減したい。具体的には広口の容器に移し水分を自然蒸発させるのが安全である。不用意に加熱するのは危険が伴うので避けるべきである。廃液用ポリタンク側面に回収内容を明示すると共に実験室内の壁面などにも明示しておくことは肝要である。容器側面の掲示は廃液により朽ち果て、文字確認ができなくなる場合がある。必ず壁面掲示を欠かしてはならない。回収内容物の掲示により錯誤による危険な混合操作を回避できる。

業者に委託する場合には各都道府県の産業廃棄物指導課に問い合わせることが肝要である。都道府県知事から許可を受けている産業廃棄物処理業者の紹介が受けることができる。不祥事により許可の取消などがあるので業者の確認は毎年行うことを勧める。実験廃棄物の処理を適切に行うことは地球環境を維持することであり、「持続的発展が可能な社会を構築する」ための重要な作業であることを実験に参加した生徒、学生に必ず意識させたい。「環境基本法」は「現在及び将来の国民の健康で文化的な生活の確保に寄与すると共に人類の福祉に貢献する」ことを目的として制定されていることも改めて意識させたい。

排水は実験室の流し台などから排水路に排出する污水を指す。実験室からの排水は基本的に水質汚濁防止法に該当するため、環境基本法に基づいて各種の規制を受ける。

実験室で発生する排水に関しては「水質汚濁防止法」のほかに、「下水法」にて規制されている。さらに、排ガスについては「大気汚染防止法」にて、土壌汚染に関しては「土壌汚染対策法」にて、廃棄物に関しては「廃棄物の処理および清掃に関する法律」にて規制がなされている。また、それぞれの立地地域自治体などが制定している独自条例などもある。的確に把握し、厳守するべきである。各々の教育機関自体が設けている内部規定も忘れてはいけない。

廃液の回収に加え、実験器具などに付着している残渣、汚物も2回目の洗浄液まで必ず回収をしたい。抽出操作にて発生する水層は特に気を付けたい。重金属類、アンモニウムイオン、水溶性の有機化合物などが溶解していることを忘れがちになるので実験開始前に必ず回収することを生徒、学生に伝え、指導をする。油層にも注意を払いたい。ジクロロメタンの様な低沸点溶媒は水流ポンプ（アスピレーター）を用いて溶媒濃縮操作をしてしまうと有毒性が高いにもかかわらず排水路に流出することになり問題である。この様な濃

図5 廃液ポリタンクとバット



図6 ダイアフラムポンプ



縮操作を行う場合は有効なトラップを備えたダイヤフラムポンプ (図6) を使用すべきと考える。

有機系廃棄物を保管する場合は腐食を受けやすい金属製一斗缶 (図4) の利用は避けるべきである。ポリタンクであっても経年劣化したタンクは避け、更新するべきである。腐食、亀裂などからの漏洩に基づく引火火災は少なくなく、危険であることを認識して欲しい。これらのトラブルは実験に関わる者として防ぐべきであろう。

廃液は混合してはならない場合がある。次に混合危険を示す^{2), 3), 23), 24)}。

- ① 過酸化物質, 過マンガン酸カリウムなどの酸化物質 と 有機物質
- ② シアン化物, 硫化物, 次亜塩素酸塩 と 酸
- ③ 塩酸などの揮発性酸, その塩 と 不揮発性の酸
- ④ 濃硫酸, スルホン酸, オキシ酸, ポリリン酸などの酸 と 他の酸
- ⑤ アンモニウム塩, 揮発性アミン と アルカリ

これらは相互に混合してはいけない。たとえ少量であっても危険である。

薬品単体やそれを含む廃液は単独で有れば特段危険性はないが、他の成分と混合することにより発火、爆発などを起こしたり、有毒ガスを発生する恐れがある場合も存在する。一般的には酸化作用のある物質に還元性の成分を混ぜると危険なことが多い³⁾。

①に分類されている過酸化物質 (酸化剤) が有機物 (還元剤) と混合されると急激に反応 (酸化還元反応) が起こり、爆発することを研究論集52号の「塩素酸塩」にて述べた¹⁾。

②に分類されているシアン化物, 硫化物, 次亜塩素酸などは強い酸でシアン化水素, 硫化水素や塩素のような有毒ガスを発生するから、これらを含む廃液に酸性廃液を加えないように気を配る必要がある。事故例にて取り上げた最後の事例は塩化水素ガスが発生する事故であり、③の混合に相当する。

⑤の場合はアンモニウム塩や揮発性アミンはアルカリ性を示し水に溶解するが強アルカリを混合するとアンモニアガスや低沸点のアミンガスが生じる。

これらの混合以外の危険な組み合わせとしてアンモニアとヨウ素との混合がある。この混合では極めて爆発しやすいヨウ化窒素が生じる可能性が高い²⁴⁾。このヨウ化窒素は爆発性物質の中でも最も危険な分類とされている。

さらに銀鏡反応の廃液を塩基性にするとう窒化銀 (雷銀) が生成し、爆発することは研究論集52号にて述べた¹⁾。銀鏡反応の廃液は放置せず、反応を確認し終えたならば速やかに塩酸などを添加し、廃液を酸性側に偏らせて塩化銀として回収するべきである。

特に消防法の危険物 (表2) については、前述した混合危険を避けるため、類ごとに保管を行い、類を異なる危険物は一緒に置かないことが必要である。

表2は貯蔵 (薬品庫など) にも頻りに適用されているばかりでなく危険物を輸送するときの規制でもある。表中の「×」印の組み合わせ箇所は混合すると発火の恐れなどがあるので、保管・輸送においては離しておく必要がある。また、危険物は高压ガスとの混載も禁止されているため、ガスボンベ倉庫に危険物を保管することは禁止されている。

表2 危険物同士による混合の危険性一覧表^{25), 26)}

	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類
第一類		×	×	×	×	○
第二類	×		×	○	○	×
第三類	×	×		○	×	×
第四類	×	○	○		○	×
第五類	×	○	×	○		×
第六類	○	×	×	×	×	

×：混合禁止 ○：混合可

消防法の危険物

火災・爆発を引き起こす危険な固体、液体（性質によっては第一類～第六類に分類）の分類

第一類 酸化性固体 硝酸カリウム、過マンガン酸塩、塩素酸塩、過酸化ナトリウムなどが該当する。

第二類 可燃性固体 赤リン、スチールワイヤー、金属粉体などが該当する。

第三類 自然発火性物質 及び 禁水性物質 カーバイド、水素化リチウム、金属ナトリウムなどが該当する。

第四類 引火性液体 ガソリン、灯油、二硫化炭素、エーテルなどが該当する。

第五類 自己反応性物質 ピクリン酸、硝酸エステル、過酸化物、アジ化ナトリウムなどが該当する。

第六類 酸化性液体 硝酸、過塩素酸塩、過酸化水素水などが該当する。

おわりに

前回に引き続き具体的に事故例について実験操作ごとに見てきた。理科実験では頻繁に行われる冷却操作から取り上げることにした。廃棄、引火などについても触れ、実験室の安全確保に役立つ解説を試みた。次回以降は中毒などについて触れる予定である。

[引用文献]

- 1) 長島宏希 加部義夫 神奈川大学 心理・教育研究論集 第52集 p75-87.
- 2) 「学校における化学実験事故とその対策」化学教育 1965 13巻 NO3 p373-395.
- 3) 「<特集>中・高・大学における化学実験の安全教育」化学教育 1971 19巻 NO1 p7-64.
- 4) 「<特集>安全な化学実験ABC」化学と教育 1993 41巻 NO8 p508-528.
- 5) 「<特集>教育現場における危険物 有害物の取り扱い」化学と教育1996 44巻 NO5 p290-312.
- 6) 「<特集>化学実験での事故防止のために—いくつかの事故例と安全教育—」化学と教

- 育2005 53巻 NO6 p346-349.
- 7) =理科・生活科=「観察，実験事故防止の手引き」(四訂版) 東京都教育委員会 平成7年3月 東京都教育長指導部企画課 (有)山広印刷所印刷
 - 8) 西潟千明「科学実験，科学工作等における事故事例の考察—30年内の505事例—平成12年」2000年 科学技術振興事業団科学技術理解増進室
 - 9)「安全な理科実験・観察ハンドブッケー高等学校—」(平成16年)佐賀県教育センター2004
https://www.saga-ed.jp/kenkyu/kenkyu_chousa/h16/01anzennarika/top4.htm
(閲覧確認20221219)
 - 10) 全国理科教育センター研究協議会編集「安全な理科実験—事故事例とその防止対策」東洋館出版 1967年5月.
 - 11) 池田順子「理科学習指導に関連した事故例とその対策」新潟県立教育研究所 1966年
<https://core.ac.uk/download/51375108.pdf> (閲覧確認20221219)
 - 12) 日本化学会「化学実験の安全指針」(第4版)丸善1999年3月 214p.
ISBN-13 : 9784621045763.
 - 13) 化学同人編集「実験を安全に行うために」(第8版)化学同人 2017年2月 154p.
ISBN-13 : 9784759818338.
 - 14) 化学同人編集「続 実験を安全に行うために—基本操作・基本測定編—」(第4版)化学同人 2017年2月 150p. ISBN-13 : 9784759818345.
 - 15) 小学校理科主任研修資料「安全で使いやすい 理科室運営ハンドブック(小学校編)」新潟市立総合教育センター 発行 p28-35
http://www.netin.niigata.niigata.jp/science_contents/text_etc/handbook.pdf
(閲覧確認20221219)
 - 16) 田村昌三(編集)「化学実験における事故例と安全」オーム社 2013年4月
ISBN-10 : 4274213757 ISBN-13 : 978-4274213755
 - 17) 柳生昭三 引火温度と爆発限界の関係線図(第1集)産業安全研究所安全資料(RIIS-SD-86) p10 労働省産業安全研究所 1986年
<https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/td/SD-86.pdf>
(閲覧確認20221219)
 - 18)「可燃性ガス蒸気の危険特性値及び電気機器の防爆構造に対応する分類」労働安全衛生総合研究所技術指針(JNIOOSH-TR-NO.44 (2012))「ユーザーのための工場防爆設備ガイド」(平成24年11月1日) p231-251
https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/tr/TR_No44.pdf
(閲覧確認20221219)
 - 19) 市販品例
防爆冷凍冷蔵庫
https://www.nihon-freezer.co.jp/products/explosion_proof.html#no01
(閲覧確認20221219)
防爆冷凍・冷蔵庫

http://www.daido-ind.co.jp/explosion-proof/refrigerator_freezer/

(閲覧確認 20221219)

防爆冷凍庫冷蔵庫

<https://www.ebay.com/itm/153943952625>

(閲覧確認 20221224)

20) 市販品例

ガロン瓶専用保護ジャケット「ガロテクト」 富士フイルム 和光純薬株式会社

<https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/category/02166.html> (閲覧確認 20221219)

21) 中森建夫 “化学実験で起こる事故と対処法” 「大学学部学生実験の場合」 (講座: 化学実験での事故防止のために—いくつかの事故例と安全教育4) 化学と教育 2005 53巻 NO 9 p504-p507.

22) 大神田淳子 “実験の後始末” 「器具の洗浄と片付け・試薬の保管・廃棄」 (<特集> 安全な化学実験のABC) 化学と教育1993 41巻 NO 8 p.526-528.

23) 難波桂芳 “混合危険” (学校における化学実験事故防止) 化学教育 1962 10巻 NO 2 p.216-219

24) 黒杭清治 「<特集> 化学実験と防災—高校化学実験の事故例と安全指導—」 化学教育 1979 27巻 NO3 p168-173.

25) 荒井充 「物質安全の基礎」 安全工学 2008 47巻 NO4 p.229-232

26) 危省令第46条 別表第4 (第46条関係)

※危省令とは、「危険物の規制に関する規則(公布: 昭和34年9月29日総理府令第55号)」をいう。