

学校理科教育現場における事故事例とその対策 (2)

長島 宏希／加部 義夫

はじめに

前回、学校理科教育現場における事故事例に関する調査とその事故原因について解説し、一般的な安全対策についても見てきた¹⁾。もっとも事故の件数が多い化学教育分野の専門誌には化学実験事故防止の特集号が繰り返し掲載されている^{2)～6)}。更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、その量も多く、内容も今では古くなっておりそれらの資料を利用するにも難しくなっている。小・中・高並びに大学初年次など幅の広い環境で実施する理科実験において実験指導をする教師や教員を志望する学生など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、現状に合った解説をすることが本稿の目的である。

今回は具体的な理科教育の事故事例とその対策などについて一つずつ見てゆきたい。専門誌や商業誌に比べて紙幅に余裕があるので、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

1.1 ガラス管とガラス容器による指手の切傷

利安は化学分野の事故事例を校種別に記述している¹⁵⁾。すなわち「ガラス管の取り扱いについては小・中・高共通して器具の洗浄時」と「ガラス管をゴム栓などに通す時」が非常に多い。洗浄における力の入れすぎ、縁（ふち）の欠け、ひび割れしたガラス器具などの点検・注意が事故を防止するには必要である。

事故例 ゴム栓にガラス管を通す工作時の指手の切傷⁷⁾

ゴム栓にガラス管を通す際にガラス管が破損をし、手などに負傷を負う。

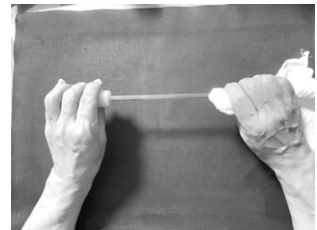
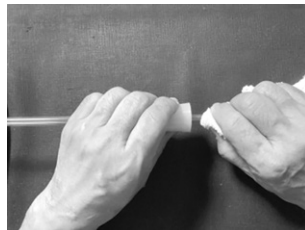
ガラス管をゴム栓に穴を開けて差し込むときは差し込むガラス管の外径よりも多少小さな穴をゴム栓にコルクボーラーで設ける。近年はボール盤など電気工具を用いて穴を設け

る方が主流である。差し込むガラス管の先端である切り口は加熱にて焼き丸めておくことで危険性がなくなる。急ぎの場合はヤスリを切り口に当てこすり、切り口の鋭利さを鈍化させておくことを欠かしてはならない。

ガラス管をゴム栓に差し入れる際はゴム栓に設けた穴を軽く水にて濡らしておくと共に差し入れるガラス管の外側も軽く水に濡らしておくことに心掛ける。差し入れる際はタオルなどの布材でガラス管を掴む。破損のときの切傷を防ぐと同時に手から加える力がより広い面で伝えることが可能となり、効率的な加工が可能となる(図1左)。差し入れ操作を始める前に今一度、力点、作用点となる両手の位置を確認する。両点が近いほどガラス管の破損が防げる。両点が離れていると力の掛かり方にズレが生じ、ガラスの破損を招くことになってしまう(図1右)。

図1 ガラス管の差し込み方 ○(左) ×(右)

差し込む操作の際は単に押し入れるのではなく、差し込むガラス管にゆっくりと回転を加えつつ押し入れる。掛かる動作を心掛けると比較的楽に差し入れることが可能となる。ガラスが水にて濡れすぎていると握る指が滑り易くなり逆効果である。こまめにガラス管外面の水分を乾いたワイパーなどにて拭き取り去る心掛けが必要である。ガラス管を机上に押し付け、ゴム栓を握りしめてゴム栓を押し下げる操作にてガラス管を差し込むことを試みる人をたまに見掛ける。この操作は力を入れ易く、賢い手法の様に思える。しかし、力点と作用点との距離が離れている場合もあり、お勧めできない。



ガラス管、硝子棒などを引き抜く場合も同じような注意を払う必要がある。引き抜く操作に取り組む前に引き抜いた後のゴム栓、そのゴム栓は本当に必要なのかを確認すべきである。長い期間使用したゴム栓は弾力を喪失しており、再使用に不向きな場合が多々ある。弾力不足にて事故を誘発する場合もあり、再使用には危険性を含有している。再使用予定が無いのであればガラス管などを引き抜くのではなく、ゴム栓をカッター等にて切り裂き、ガラス管などを取り出す操作を選択すべきである。尚、ガラスという素材もゴム素材ほどではないが時間と共に劣化する。ガラスについても多様なリスクを鑑みつつ、再利用すべきである。

事故例 ガラス管切断工作時の指手の切傷⁷⁾

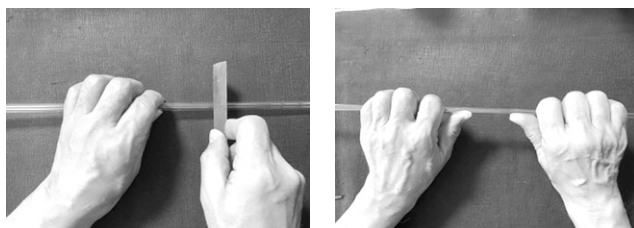
ガラス管加工の際にガラス管を強い力で折り曲げようとしたために折れて、破損破片にて顔を切った。

ガラス管、ガラス棒(小指ほどの太さ以下)の切断について説明をする。まずは傷をつける。雑巾などを敷き、切断したい硝子管を準備する。目立てヤスリ(羽ヤスリ)を切断したい位置に軽く押し当て、ヤスリを移動させることにより傷を付ける。ガラス管に対してヤスリは垂直ではなく多少傾けて(目安60度)押し当てる(図2左)。ヤスリを1cmほど前に移動させることで容易に傷を作ることができる。鋸の様にヤスリを前後に移動さ

せる必要はない。前後に移動させるとヤスリ自体が悪くなるとも言われている。

次に切断操作を行う。ガラス管に付した傷、その傷の裏面を手前にしてガラス管を両手で保持する。両親指(腹)を傷の裏側付近に当て、ガラス管を握る

図2 ガラス管に傷をつけ(左)切断する(右)



(図2右)。切断操作を行う前に椅子から立ち、周辺環境を確認する。引きちぎった手の動き、硝子管先端の動きなどを予想してスペースを確保する。危険が周囲に

及ばないと確認をした後、切断操作を行う。切断操作は「ガラス管を左右に引きちぎる」様なイメージで行う。引きちぎるイメージを抱きつつ引き折る方向に力を込めて切断する。引く方向、折る方向各々の力の入れ具合は7対3の割合と説明する人もいる。あくまでもイメージの値である。このイメージに基づく動作にてきれいなガラス切断面を得ることが可能となる。引く力が不足すると切り口が乱れてしまう。ガラス管が小指の太さ以上である場合は力の入れ具合を工夫してもきれいな切り口を作ることが困難になる。掛かる場合は「焼き玉」を用いた切断が望ましい。

切断面は角が鋭利になっているので危険である。ガラス細工中のケガは鋭利な切断面に起因するものが多い。前述したように切断面は必ず鈍化しておくべきである。ガスバーナーの炎にて焼き丸めておくか、ヤスリを切断面の角に当てこすっておくことが肝要である。

事故例 試験管の洗浄操作時の指手の切傷⁷⁾

試験管洗浄中、ブラシで試験管底を突き破り、破損破片で指を切った。

試験管を洗浄するときは洗浄用ブラシで試験管の底を突き破らないように注意をする。具体的にはゆっくりと試験管にブラシを差し込み、試験管の底に当たるまで優しく押し入れた後に数センチ引き抜いた位置にブラシを移動させる。その状態で試験管の鳥羽口の位置にブラシ軸を横から指で掴み、ブラシを保持する(図3)。

掛かる位置で保持しつつ、ブラシを出し入れする操作であるのならばブラシの先端が試験管の底に突き当たることはない。ブラシの先が試験管の底に突き当たる前にブラシ軸を持った指が試験管の鳥羽口に当たることにより、試験管の底辺部分を突き破る破損を回避できる。尚、試験管底辺部分の洗浄はブラシを底に押し当てた状態でブラシを回転させて行うのが通常である。

図3 試験管とブラシの保持



「試験管洗浄にて底を突き破る様な操作」自体が論外である。底辺部分の破損防止のために人差し指を底辺りに当てる行為は危険そのものであり、絶対に行ってはいけない。

初めて化学実験に触れる機会に的確に器具洗浄に関する作法を教え込むことが肝要と考える。本事例は実験に取り組む以前に行うべき「実験に臨む姿勢」育成が疎かになったことに起因する事故事例であると考ええる。

小・中・高の教員の中には化学実験と縁が薄かった方もいると思うので改めてガラス器具洗浄についていくつか記載をする。実験器具は原則、外側から洗浄する。特に試験管などの透明ガラス製実験器具は必ず外側を先に洗浄する。外側の汚れを取り去り次に内側の洗浄を行う。その内側洗浄中に汚れを確認した場合、その汚れは内側である。汚れ箇所の位置判断を容易化するために外側の洗浄を先に済ませておく。洗浄が充分に行えたか否かはガラス表面に付着している水膜の状態にて確認ができる。水膜が均一にガラス表面を覆っておらず、水膜が切れることにより水滴がガラス表面に生じた場合は洗浄不十分と判断ができる。更なる洗浄を繰り返す必要がある。

1.2 アルコールランプとガスバーナーによる火傷

利安は「アルコールランプは小学校の理科実験の主な熱源であり、ランプの転倒・落下、ランプからランプへの点火の際の引火・火傷がある。」と述べている¹⁵⁾。

事故例 アルコールランプによる火傷⁷⁾

アルコールの量が少なくなったり、口が欠けているアルコールランプに着火したところ、爆発を起こし火の着いた芯やアルコールが飛び散り、火傷を負った。
机上にこぼれたアルコールに気が付かず点火操作を行ったところこぼれていたアルコールにも着火をし、衣服を焼いた。
アルコールが減ってきたので消火をせずしてアルコールを補充したところ爆発をした。

アルコールランプ (図4左) はアルコールが少なくなると、ランプ本体に生じる空間にアルコール蒸気と空気が混在することになる。この混合気体が爆発限界内の混合割合になるとささいな切っ掛けで爆発を起こす。場合によっては芯が飛ぶ、本体が破損などの事故が生じる。アルコールランプはその構造自体に危険性が存在するのである。

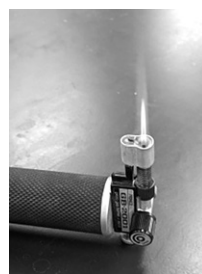
図4 アルコールランプ (左)



金属製アルコールランプ (中)



トーチ (右)



アルコールランプの芯は5mm程度出して使用する (図5左)。芯を出し過ぎないように注意を促す。燃料であるアルコールの量は八分目ぐらいまで注入して使用する (図5中)。前述の様にアルコール量が少ない場合はランプ本体内の空間にアルコール蒸気がたまり、引火、爆発をするおそれがある。口の欠け、ヒビの入りの場合は漏れた蒸気に引火するので使用は避ける。着火するときはマッチ、ライターなどを使う。アルコールランプの炎を用いて他のアルコールランプに直接着火することは絶対にしてはいけない。アルコールが漏れるなどによる火災の危険が伴うからである。アルコール補充は引火の恐れがある

ことから裸火がない環境で行う。実験中に補充する場合は別室に移動をして行う。これに加えてランプ自体が十分に冷えていることを確認する。消火直後に補充をしてはいけない。補充操作は雫などがたれるのを防止するため必ずロートを用いて (図5右)。ランプ外壁に雫がたれた場合は丁寧にふき取り、更に濡れ雑巾で処理する。

図5 アルコールランプ芯出し (左)

点火 (中)

つぎ足し (右)



消火するときは吹き消してはならない。ランプの蓋を横向きで芯先の脇に移動させ、芯を覆いかぶせる様に蓋を90度回転させつつ蓋をする。ランプの転倒、アルコールの漏れなどの事故が生じた場合はまずは児童、生徒の安全確保を図る。次に可燃物の退避を試みる。消火は濡れた布 (雑巾) にて事故現場全体を覆い被せることにより行うことが安全である。小規模事故の場合は燃焼させ切る方法もあるが勧められない。実験室には通常多様な試薬が保管されており事故拡大の可能性が潜んでいることを忘れてはいけない。

アルコールランプが抱え持つこれらの根本的欠点、その解消を図った新規のランプが開発されたことがあった。そのランプはかつて販売されていた金属製アルコールランプ (図4中) である。残念なことに現在は販売がされておらず入手することができない。簡単に金属製アルコールランプについて説明をする。金属製アルコールランプは木綿の芯ではなく加工した銅管を芯に用いている。銅管の内部にガラス繊維を詰め込み、毛細管現象にてアルコールを吸い上げる機構であった。従前のガラス製アルコールランプは本体と芯との接続部分に遊び (隙間) があるが金属製ランプにはその遊びがなく、密着性 (密閉性) が比較的高い構造となっている。かかることから引火する危険がない。更に転倒時の漏れ出しもない。金属製であることから衝撃などによる破損などの危険性もほぼない。

渦巻き形状の芯である銅管に設けられた左右二か所のピンホールから生じた炎は銅管先端の中央部分 (渦巻き形状) を加熱する。ふたつの炎が芯である銅管を加熱し、その熱が銅管を介してランプ本体のアルコールに伝えられる。掛かる効果により本体内部では熱膨張が起こり、アルコールがピンホールから勢よく噴出する。左右二か所のピンホールから生じた炎が左右に広がってしまうという特性がある。ランプの使用者はこの点に関して工夫をする必要があった。この使用時の工夫以上に問題とされた点は一定期間を過ぎると使用出来なくなる個体が出たことである。ピンホールの詰まりを防止するために製造企業はピンホールの保護具 (ゴム) を付属し、ピンホール保護に用いるように説明書を添付し

た。しかし、保護具（ゴム）の重要性を理解せずに雑に用いたために多くのランプが使用不可能となったようである。このような経緯により現在、金属製アルコールランプは販売されていないという話を耳にしたことがある。他にも要因はあったのかもしれないが筆者は把握していない。現在、金属製ランプを所持されている方は大切に使用していただきたいと思う。

小・中・高の実験に用いることが出来る裸火には固形燃料、喫煙用ライター、墓参用ライター、登山用バーナー、工芸用トーチ（図4右）、各種ライターなどがある。どれも経済性の視点から選択するとアルコールランプに勝るものはない。取り扱いの側面からも種々の問題があるが、特に「児童・生徒に着火操作させる。」となるとアルコールランプに勝るものはない。令和のこの時代になってもアルコールランプが一番である。

アルコールランプには①操作手順が簡単②強加熱が出来ないなどの特徴がある。一方、ガスバーナーは①操作手順がやや込み入っている②火力調整が可能などの特徴がある。ガスバーナーには高機能ガス栓のお陰でガス漏れの心配もないという利点がある。更にバーナー調整に慣れさえすれば多様な温度での加熱操作が可能となり、多彩な実験の実施が可能となる。利安は「中学校では実験の熱源がガスバーナーになるので、それによる火傷がある。」と述べている¹⁵⁾。

事故例 マッチの使用による火傷⁷⁾

手に持っていたマッチ箱に着火し、マッチ箱を投げ出したところ、前方に着座していた児童の顔に当たり火傷を負わせてしまった。

実験にて使用するマッチは班番号を両面に付した小箱にて配布する。できることならば必要とする本数だけの軸木を収めておく（図6左）。公立中学校では2, 3本のみという学校もあると聞いている。しかし、必要本数のみの収納であると実験終了する度に補充をする必要が生じる。児童・生徒の状況を鑑み、収めておく本数は臨機に対応することをお勧めする。尚、収める軸木の向きは同じ向きに整えておくことが危険性回避の点から考えれば理想的である。

図6 マッチ箱（左）



軸木と側葉をこする（中）



着火と軸木へ燃焼（右）



着火操作ではマッチの軸木を1本取出したならば、一旦箱を閉じさせる指導を行う。軸木の頭葉とマッチ箱の側葉の各々の位置を確認させる。マッチ箱の側葉面に頭葉（軸木）を当て、着火操作を行う。頭葉（軸木）と側葉とを斜めに接触させた状態のまま当てこする。縦長方向（マッチ箱の頭葉が収まっている箇所から逆側へ）に押し出す様に側葉に当てこすると容易に頭葉が着火をする（図6中）。すり終わったならば軸木を斜め下向きにし、炎が軸木に移行するように仕向ける。頭葉の燃焼後に軸木に炎が移行したのを確認した後、軸木を水平にし、燃焼を安定化させる（図6右）。炎が安定したところでバーナー、ランプなどの着火操作に移行する。燃えさしは金属製缶などに入れて処置をする。燃えさし入れは破損し易いガラス瓶などを避ける。燃焼ガスである二酸化炭素の充満で軸木の炎は充分に消火できる。燃えさし入れの転倒に因る混乱を小規模に抑えるため燃えさし入れには水は入れない。

実験終了後、小箱に付した班番号にて回収終了を確認する。児童・生徒によるマッチ箱の持ち出しなどを防止することが可能となる。

事故例 ガスバーナーによる火傷⁷⁾

点火使用時に空気孔ネジを開きすぎたため炎が吸い込まれ、筒内でガスが燃焼し続けた結果、過熱（赤熱）したバーナーに触れ火傷を負った（バックファイヤー）。着火の際にガス調整ネジを事前に開いたためにマッチの接近と同時に大きな炎が生じ、頭髪を焼いた。
バーナーの適合するガス種を誤認したために不完全燃焼を起こした。

「バックファイヤー」とはガスバーナーの燃焼調整を行う際に空気を入れすぎることによる異常燃焼現象を言う。ガスバーナーの筒形状のノズル先端にて燃焼すべきガスが先端ではなく筒内で燃焼し続けてしまう。場合によっては空気の入れすぎで燃焼が停止をし、ガスが漏れだす場合もある危険な状況となる。バックファイヤーが続くと燃焼音は確認できるが炎が適切な状態とはならない。ガス量を増大させても炎の増強できない。筒内での燃焼が続くと筒のみならずバーナー全体の過熱が進み、赤熱される。この状況でバーナーに素手で触れてしまうと酷い火傷を負うこととなる。バックファイヤーという異常燃焼現象の対処は元栓閉鎖によるガス供給遮断が最良である。

バックファイヤーさえ注意すればガスバーナーは危険性が少ない加熱具である。適合するガス種の確認だけは欠かしてはいけない。着火、燃焼調整、消火などに関する取扱い操作の習得にて多彩な加熱操作が可能となる。従ってアルコールランプとは異なり、幅広い加熱実験にて活用しうるのがガスバーナーである。

実験用ガスバーナーも家庭用ガス器具と同じ手順にて着火する。先ず、末端ガス器具であるバーナーの状態を確認する。具体的にはガス調整ネジ（上部）、空気孔ネジ（下部）が軽く動くこと並びに閉じていること確認する。器具栓（ガスホースとバーナーの間）も閉じていることを確認する。

末端ガス器具各所の確認が済んだところでガスホースをガス栓に接続して準備をする。加熱実験の実施箇所、ガス栓の位置、回避スペースなどを確かめ、ガスホースの長さの適切さを検討する。長さが不足する場合はホースが長いバーナーセットに交換する。過熱な

どの際の回避行動の基本は「ガスホースを引き寄せることによる加熱終了」である。引き寄せることができるホースの取り回し、スペースの確保などが肝要となる。

ガスバーナーへの着火はライターが主流の様である。しかしながらマッチによる着火にこだわっている教育機関も多数ある様に聞いている。「釈迦に説法」となるがマッチによる着火について軽く触れる。

前述（「マッチの使用による火傷」）したように炎の安定が確認されたところでバーナーへの着火操作に移行する。ガスへの着火はバーナーの先端に炎を近接させれば良いのであるが中・高の生徒のみならず大学生でさえもスムーズにできない生徒、学生が意外に多い。マッチの着火前に元栓、器具の各所が閉じられていることを確認する。次に元栓を開放し、次にバーナーの器具栓を開放にする。この段階はガス調整ネジが閉められたままであるのでガス漏れの心配はない。この状態でマッチに着火する。炎が安定したところでマッチの炎をバーナーの先端に近接させる。この際、近接場所はバーナーの先端上部ではなく、バーナー先端の直ぐ「脇」にする。近接したところでガス調整ネジをゆっくりと回転させ、ガスを少量ずつ排出させると着火する（図7）。

図7 ガスバーナーの着火



毎日朝夕、欠かせずに使用をするガス栓であるのならば真っ先にガスが排出されるが、たまに使用する実験室などのガス栓は供給ガス圧の変化、空気の混入などの要因で真っ先に排出される気体がガスではなく空気であることが多い。この空気の排出によりマッチの炎が吹き消えてしまうことが頻繁に生じる。この「吹き消え」に慌てる生徒、学生が少なくない数いる。その「吹き消え」を避けるためにマッチの炎をバーナー先端の「脇」に近接するように指導をしたい。空気が流れ出てもマッチの炎は消えることなく済み、ガスが排出し始めれば即座に着火、燃焼する。生ガスが室内に漂う心配もない。

燃えさし入れはバーナーのすぐ側に準備しておきたい。操作の慣れ度合いにより着火操作に時間を要する場合がある。燃焼したマッチの軸木を即座に入れうる位置関係を操作前に作っておくべきである。中・高ではこの着火の操作を複数の生徒が分担して行う光景を毎日のように目にする。それとなくマッチ担当、バーナー担当、燃えさし担当などに操作を分担して行っている様子は危険な要素が内在する。各々の担当者が他の担当者がどの辺りの操作までを担当するのか、「具体的な動き」の相互理解が十分になされていないことが事故の要因になっている。元栓の確認から燃えさしの投入までの一連の着火操作はひとりの担当に任せる方が事故の発生確率は低いと考える。この点を念頭に置き実験指導を進めるべきであろう。

目的に沿ったバーナーの炎、その作り方などは紙面の関係からここでは触れない。

消火手順は空気孔ネジを閉じて…という記載が多い。しかし、如何なる加熱環境を求めるのか？如何なる温度管理が必要なのか？などを鑑みた消火の手順を構築し、生徒らに指示すべきである。ゆっくりとした温度降下でなくとも良いのであればバーナーを加熱対象の容器から素早く離してしまう手法が良い場合もある。安全確保の側面から思考をすると「加熱具の撤去」は何よりも確実な方法である。ガスホースを引いて火が付いたままのバー

ナーを加熱対象から引き離すことはマナー違反かもしれないが安全の側面からすれば現実的な手法のひとつとして頭の片隅に記憶しておいても良いと考える。

基本的には空気孔ネジ、ガス調整ネジ、器具栓、元栓の順に閉じ（締め）て消火する。しかし、長時間の加熱などによりバーナー自体が高温になっている場合は元栓を閉めることにより、消火させる安全策を選択すべきと考える。これに加え、実験台天板、三脚などが高温になっていることにも注意を促すべきである。

尚、収納・整理はバーナーの温度が降下をした後にすべきである。実験授業が連続している場合、新たに入室してきた児童・生徒らに「実験台上のバーナーが冷え切っていない」旨を入室前（直後）に周知すべきである。火傷は完全治癒が困難な負傷であるので、高温物体の危険回避は確実に行うべきである。

最後にバーナーの保管について述べる。ガスバーナーは金属製であるがために使用終了後に温度の降下とともに金属収縮が進み、ネジ回転がきつくなるのが通常である。使用終了直後はガス調整ネジ、空気孔ネジ共にしっかりと締めるのではなく、軽く締める又は多少開放にしておくことが必要である。しっかりと締めてしまうとネジが回転しなくなり使用不能という状況が生じる。かかる状況の対策としてバーナーの収容箱には専用のパイププライヤーを1、2本収納しておきたいものである。

1.3 酸・塩基などによる薬傷

利安は「小学校では火傷（アルコールランプなど）が多く薬傷は少ない。その薬傷としては水素の爆発、濃塩酸、水酸化ナトリウム、過酸化水素水などがある。中学校になると火傷（ガスバーナー）もあるが薬傷も多くなり、水素の爆発、硫酸、水酸化ナトリウムが主なものである。高等学校になるとガラス器具の取扱い等より、薬傷の比率が多くなる。」と述べている¹⁵⁾。

事故例 硫酸による薬傷¹⁶⁾

濃硫酸を薄めようとして、濃硫酸の中に水を滴下。急激に発熱し液体が飛散した。

濃硫酸を希釈する場合は大きめのビーカーに水を仕込み、ガラス棒で効率良くかき混ぜながら少量ずつ濃硫酸を滴下する手順にて行う。多量の濃硫酸を希釈する場合はビーカーを水槽に沈め、水槽の水にて冷却しつつ行うと理想的である。濃硫酸に水を添加するという逆の操作は危険である。濃硫酸と水との接触では多量の発熱が生じる。かかる発熱にて水が即座に沸騰し、熱水が周囲に飛散する。沸騰による飛散では水のみが飛ぶわけではなく濃硫酸もともに飛び散る。言うまでもなくとてつもなく危険な状態である。少量の濃硫酸が付着している器具を洗浄する場合は一気に多量の水を注ぎ込む操作により危険を低減することが可能となる。注ぎ込んだ直後に蓋などにて覆いを設けると更に危険を削減できる。

不幸にも人体に濃硫酸が付着した場合は直ちに多量の流水での洗浄を行う。塩基性物質などにて中和処理を試みてはいけない。薬傷箇所の悪化が促進させるだけで良いことはない。

脱水作用、吸湿作用などがある濃硫酸と人体に含まれている水分との接触が発熱を引き

起し、火傷や炎症を引き起こす。濃硫酸は衣服なども大きく損傷するので衣服に付着した場合は躊躇することなく脱衣をすべきである。この件は常日頃から生徒に伝えておきたい。発煙硫酸は更に危険である。

濃塩酸も危険な物質であるが、濃硫酸の様な薬傷は起こさない。濃塩酸の場合も人体に付着した場合は即座に多量の流水にて洗浄することが最良の対処である。中和処理などはしてはいけない。濃塩酸の場合は揮発性であることから生じた蒸気である塩化水素に注意を払う必要がある。的確な対処により肺などへの影響を避けることができる。濃塩酸の容器を開ける場合は必ずヒュームフード（ドラフト）にて行うことが肝要である。容器内に充満している蒸気が噴出し、予期せぬ事故が生じることがある。開けようとしている濃塩酸の容器がネジロであるのならば1/4程回転した時点で一旦操作の手を止め、閉じ込められていた蒸気を開放する。揮発性物質や分解性物質については「1/4程の回転で一旦停止」という作法を忘れてはいけない。

濃硝酸についても触れておく。濃硝酸はニトロ化剤であり、人体に付着すると直ちに付着部分がニトロ化されてしまう。黄色薬傷を負ってしまう。濃硝酸は発煙（正しくは「発霧」）性があり、危険性は濃硫酸以上である。濃硝酸の場合も濃塩酸などと同じく人体に付着した場合は即座に多量の流水にて洗浄することが最良の対処である。濃硫酸、濃塩酸と同様に中和処理はしてはいけない。薬傷が悪化するだけである。即座に水にて流し洗っても薬傷箇所の黄色化は避けることはできない。濃硝酸開封の際も「1/4程の回転で一旦停止」という作法を忘れてはならない。発煙硝酸は濃硝酸より危険性が高い試薬である。濃硝酸、発煙硝酸からは強烈なる酸化作用を有する蒸気が生じるので扱い箇所並びにその周辺に気配りが必要となる。事故が生じていない場合でも扱い箇所などを流水にて洗浄することを日頃から心掛けたい。特に腐食に弱い金属製器具などには注意を払いたい。

王水（一硝三塩）も酸化作用を有する蒸気が放つ。細心の注意を要する。出来る限り用時調整で扱いたい試薬溶液ある。

事故例 水酸化ナトリウムによる薬傷¹⁷⁾

水酸化ナトリウム水溶液を試薬ビンから他の容器に注ぎ入れていた。注ぎ入れ終わりビンを縦に起こし直した際にビン内部の水溶液が波を立てたため水溶液の一滴が飛び出し、注ぎ入れる操作をしていた生徒の眼球に飛び込んだ。

生徒の多くは酸性物質の名称を耳にすることが多いが塩基性物質については馴染みが薄い傾向にある。手洗いセッケンが塩基性であることを知っていても塩基性物質を問われた際に物質名称にて即答する生徒は多くない。馴染みが薄いことに比例するように危険性の意識も高いと思えないのが現状である。しかしながら事故の際は酸性物質よりも塩基性物質の方が負傷が酷くなる場合が多い。塩基性物質はタンパク質を分解する特性があり、人体への影響が大きい。濃い水酸化ナトリウム水溶液のみならず、1モル/Lの希釈液でさえも人体を強く腐食する。水分を多く含む粘膜は腐食を受けやすい。粘膜が絡む事故は取り返しが付かない場合が多い。眼球への異物混入は角膜異常、視力低下、失明などをもたらし、人生を激変させてしまう恐れが高い。従って実験におけるゴーグルなどの着用は絶対的である¹⁾。

「流水での30分間洗浄」が眼球に異物が混入した際の基本対処である。流水は優しくゆっくりと流すことが肝要である。溜水ではいけない。洗浄が終了したならば異常を感じられない場合であっても必ず医療機関に出向き、受診する。眼球に不要な刺激を与えない様に軽く目を閉じた状態で移動する。視覚にて周囲を確認してはいけない、即ち眼球を一切動かさずに移動することが重要である。従って移動は周囲の人をお願いをし、医療機関に付き添ってもらう。

事故例 過酸化水素水による薬傷⁷⁾

市販試薬である過酸化水素水（約34%）を希釈することなく、試薬ビンからそのまま酸化マンガン（Ⅳ）に注ぎ入れたために、激しく分解反応が生じると共に反応液が吹き出し人体に付着した。手、顔などに薬傷を負った。

試薬の過酸化水素水は約34%である。薬屋さんなどにて扱っているオキシドールは約3%程度である。主成分が同じであることから気軽に考え、特段の注意を払うことなく扱ってしまうことが多い試薬である。しかし、濃度が10倍以上高いとその特性も大きく変容をする。試薬の過酸化水素水は人体に付着すると皮膚が侵されてしまい、薬傷が白く変化すると共に激しい痛みを感じる。小・中の教育機関での酸素発生実験は殆どが過酸化水素の分解反応を利用する。教科書などに記載されている実験内容は過酸化水素水については多くが約3%の水溶液を用いている。高等学校の化学実験では気体物質の酸素を得る目的以外の実験もあり、必ずしも3%の水溶液ではないので注意をする必要がある。



おわりに

今回から具体的な事故例について小・中・高・大の校種別、あるいは物・化・生・地の分野別に見ていくことにした。まずは小・中・高で発生頻度が高い化学分野の実験事故から取り上げることにした。

マッチやナイフなどの扱いについては日常生活を通して既に身に付いている児童がかつては大半であった。しかし近年では小学校高学年になっても上手く使いこなせない生徒が多い。多少の火傷や切り傷などの経験を通してその危険性と利便性を体で覚えてきたが、現在は「危険性を鑑み自宅内で扱わせない」という家庭が増えてきているようである。

しかし、理科実験で積極的に使っていくべきであろう。そのためには実験に取り掛かる前にマッチやナイフの使い方を生徒の不安がなくなるまで十分に習得練習させることが必要と考える。この習得練習は他の実験器具についても同様に必要と考える。

次回は物理、生物、地学などの分野、そして校種別には大学も含めた事故事例について紹介してゆく。

[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50集 p65-80.
- 2) 竹林保次, 武谷琢美, 中西啓二, 難波桂芳, 西平輝子 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 p7-60.
- 4) 「<特集>安全な化学実験ABC」化学と育 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) 「観察, 実験事故防止の手引き」(四訂版) 東京都教育委員会 1995年3月
- 8) 西潟千明 (2000年)「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—」科学技術振興事業団
- 9) 「安全な理科実験・観察ハンドブッカー高等学校—」(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2021/12/12) .
- 10) 全国理科教育センター研究協議編集 「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
<https://core.ac.uk/download/51375108.pdf> (閲覧2021/12/12) .
- 12) 日本化学会「化学実験の安全指針」(第4版) 丸善1999 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 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 150p. ISBN-13 : 9784759818345.
- 15) 利安義雄「学校における化学実験の安全に関する現状と課題」化学と教育 1996 44巻 NO 5 p290-293.
- 16) 石島秋彦, 佐巻建男, 西潟千明, 山本明利, サイエンスレンジャーによる 科学実験事故88 2000年3月.
- 17) 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.