

学校理科教育現場における事故事例とその対策 (6)

長島 宏希／加部 義夫

はじめに

前回までに学校理科教育の実験学習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)}。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)～13)}、出版社に依る安全指針などが定期的に発行されている^{14)～16)}。しかし、時代の変遷と伴に、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

1.12 放射性物質物、放射線発生装置による被ばくと危険物の封じ込み

事故例 X線発生装置による手指の放射線被ばく

- 1 弱いX線と思い、手のひらや指を被ばくしたら、手のひらに斑点がでてきた¹⁷⁾。
- 2 高校三年生の物理実験中に生徒の指にX線を照射する実験を行っていた。照射を受けた生徒のうち16人の指が変色するなどした。うち男子生徒のひとりには被ばくによる腫れや痛みなども訴え、病院で全治1か月の「急性放射性皮膚炎」と診断された¹¹⁾。

周期表の同じ位置に入る元素で質量数の異なるものをアイストープ(同位体, 同位元素)という。質量数から原子核を区別したいときには核種という用語が用いられる。そのうち不安定なアイストープは α 線(He原子核の流れ)、 β 線(電子の流れ)などを放出しつつ

他の原子核に壊変する。それぞれの壊変を α 壊変, β 壊変と呼ぶ。この壊変に伴い γ 線(電磁波)も放出される。このように壊変するアイソトープを放射性同位元素 (radio-isotope: RI) または放射性核種 (radioactive nuclide) という。自然界の放射性同位体 (RI) には ^{238}U (ウラン鉱石), ^{40}K (KC ℓ として存在, 0.01%), ^{238}Th (モナズ石) などが地殻に存在する。ニュートリノなど宇宙から降り注がれる宇宙線も放射線に含まれる。原子炉や加速器で創られる人工放射性元素もある。高校にて学習する物理や生物の実験で蛍光版, 霧箱を工夫して放射線の低い自然放射線の観測が行われている。

高校で放射能の高いRIを扱うことはまずない。上記の事故例はいずれも教育用X線発生装置での事故例である。

一方, 大学でのRI利用は広い分野にわたっており, 利用方法も多様である。試料に放射線を照射して殺菌, 滅菌等を行う照射利用などにも利用されている。RIを装備して用いられる分析機器 (メスバウアー分光装置など), 非破壊検査などもあり, 使用する線源の放射能は高く, 保管容器に線源を挿入する操作時にトラブルが少なくない。掛かるトラブルで被ばくする事故が多いので注意を要する¹⁸⁾。

しかし, いずれも通常の扱いにおいては放射能汚染のおそれがない密閉RIで扱い, 外部被ばくに対する防護を考慮すれば済む。これに対してRIで標識化した化学反応機構の解明, 遺伝子解説, 生体中の動態分析を調べるオートラジオグラフィーなどの研究実験は非密封RIの取り扱いに該当する。非密封RIの取扱い時は外部被ばくの他に内部被ばくに対する防護が必要になることを失念してはならない¹⁸⁾。

図1 X線関連の器具, 実験装置



a) シンチレーション式サーベイメーター



b) 研究用単結晶X線回折装置
(インターロックシステム)



c) 研究用単結晶X線解析装置
(ゴニオメーター)

現在, 大学における研究実験では非密封RIの利用は少なくなりつつある。大学の放射能が高い線源を扱う密閉RIの取扱いでは放射線防護の三原則¹⁹⁾を堅持すべきである。

①線源からの距離を長く保つ。②取扱 (滞在) 時間を短くする。③線源と取扱者との間に遮蔽物を設置する (α 線: コピー用紙, β 線: プラスチック板, γ 線: コンクリート)。

いかなる場合であっても放射線防護の三原則を疎かにしてはならない¹⁸⁾。わが国ではRIや放射線を取扱う場合には種々の法令による規制が設定されている。利用方法、線源の形状・数量などの違いにより適用される法令も異なる。大学における研究ではRI・放射線を利用する場合は、「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（放射線障害防止法）」により規制される。放射線障害の防止および公共の安全を確保することを目的としている。許可された管理区域にて、許可された各種および数量の範囲以内で取り扱うことを決められている¹⁸⁾。なお、管理区域は明確に掛かる区域であることを示す必要がある。具体的には入口に標識（図2a）を示す必要がある。併せて遺伝子組換え実験施設の標識（図2b）も示す。管理区域ではRIが外部に持ち出されないように、入退室が厳格に管理される。実験者と補助者（主に電気機器のON-OFFを担当）のペアで作業に取り組む。確認実験の励行が求められる。さらに個人のサーベイメータ（簡易放射線数量計 図1a）の携行、ゴム手袋の着用、保護スリッパの利用などが義務付けられている。

図2 放射線 および バイオハザード（遺伝子組換え）を示す標識



a) 管理区域マーク²⁰⁾

文字は黒色、中心円と三つ葉は赤紫色



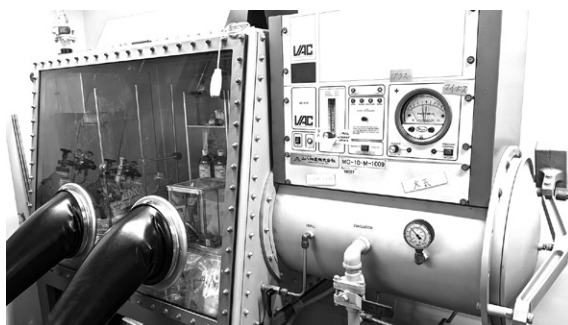
b) バイオハザード²¹⁾

曲線図形、外枠はともに黒色

実験は「放射線取扱主任者」資格保有者が管理下にて行う。モニターでRIによる汚染が確認されたときは主任者に報告をし、直ちに除染を行う。サーベイメーターでRIが検出されなくなるまで、エタノールなどを含ませたペーパータオルで拭き取る。ポリエチレン、汙紙などを袋に回収し、他のRI廃棄物と一緒に処理する。

管理区域中での実験で活躍するのがグローボックス（図3）である。グローボックスは外気と遮断された状況下で作業が可能となるように、内部に手だけが入れられるよう設計された密閉空間である。ボックスの横にゴム手袋（ブチルゴム製グローブ）が直結してあるため、外気を遮断した作業が可能となる放射性物質のみならず細菌類に感染された物体などを扱い場合に役立つ。さらに、不活性気体（アルゴン、窒素など）の下で不安定な物質を扱う場面でも活躍するのがグローボックスである。高校などではポリエチレン製簡易グローボックス（図3b）が便利である。湿気を嫌う物質を扱う場合、この簡易型グローボックスがあると操作が容易となると共に短時間にて操作を終了することが出来る。

図3 グローボックス



a) グローボックス



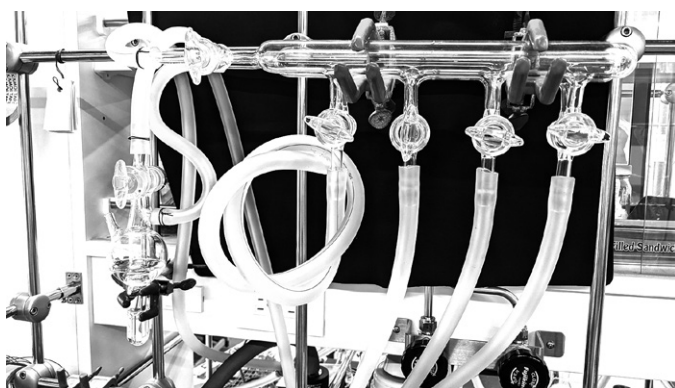
b) 簡易グローボックス



c) 簡易グローボックス 操作

P4レベルの遺伝子組換え実験にはグローボックスは欠かせない存在である。更に発火性や禁水性の不安定物質を扱う化学などの実験でもグローボックスは役立ち、操作の安全を確保できる。マニホールド（図4a）、シュレンク管（図4b）を用いた発火性や禁水性の物質を扱う操作を習得するには時間を要するものであるが、グローボックスを用いると安全に操作が出来ると共に簡便に実験操作を終了することができる。

図4 マニホールド と シュレンク管



a) マニホールド



b) シュレンク管

放射線障害防止法上の「放射線」の定義は電磁波または粒子線のうち、直接または間接に空気を電離する能力をもつものであって、次にあげるものである。

- ① α 線, 重陽子線, 陽子線その他の重荷電粒子線及び β 線
- ② 中性子線
- ③ γ 線及び特性X線 (軌道電子捕獲に伴って発生する特性X線に限る。)
- ④ 1 MeV以上のエネルギーを有する電子線およびX線

ここで、電子線およびX線では1 MeV以上のエネルギーを有する加速装置等がこの法令規制の対象になっている²²⁾。大学で運用されているX線回折装置 (図1b) や診察用X線撮影等にて使用されるX線撮影装置 (通常100keV以下) は法規制の対象外であるが、実際の危険度は法規制の装置と大差ないことから、掛かる装置の取扱いは注意を要する¹⁹⁾。

高速に加速された電子が金属に衝突すると衝突箇所からX線が発生する現象がある。掛かる現象を利用している「X線管球」が組み込まれているのが胸部X線撮影装置、研究用X線装置などである。

事故例で用いられている教育用X線発生装置は植物や魚類などの透視観察実験に使われるほか、結晶の解析実験などにも使用されている。教育用X線装置でなくとも高速電子が金属に衝突する装置、例えばクルックス管、誘導コイルの放電などでも微量であるが放射線障害を起こし易いと言われている。注意をすべきである。身体組織の中でも水晶体 (眼球)、消化器官、造血器官、生殖器官などが影響を受けやすいと言われている。

大学で利用されているX線回折装置も、教育用X線装置もいずれもX線の被ばくを防ぐためにX線が発生している場合は扉や蓋が施錠される (インターロックシステム) 構造になっている。事故例ではこの構造 (システム) が壊損し、「人体には照射してはならない」と注意書きも紛失していたために起きている様である。人体に照射するのは診療放射線技師の国家資格無いと違法行為になる¹⁷⁾。

胸のX線 間接撮影 (一回) が0.05 ~ 0.1mSv,

胃のX線 透視撮影 (一回) が3 ~ 4 mSv,

自然放射線 (年間平均) が12.4mSv,

緊急時における被ばく線量限界が100mSv, これ以上の被ばくであると身体症状が現れる。被ばくした人のうち半数が2か月以内に死亡する線量 (半数死線量 LD_{50}) は約4グレイ [Gy] である。この半致死線量である約4グレイの被ばくを受けても体温は約0.001℃しか上昇せず、致死量の放射線を被ばくしても五感に感じない理由である。それだけに被ばく量を知らないまま過ごすことは大変危険であると言える。しかし、現代は簡単なサーベイメータ (図1a) という検査器で致死量の一万分の一、0.1マイクロシーベルト [μ Sv] 以下の非常に低いレベルの放射線被ばくでも容易に検出することが可能となり、防護が出来る¹⁹⁾。大学などでX線回折装置を利用するにはX線作業主任者免許を受けた者が必要であるが、インターロックシステム採用装置の場合はX線作業主任者の選任は必要とされない。しかし、学生、教員の定期的な教育訓練と個人用サーベイメータの携行は欠かせない。

1.13 観察機器による傷害

事故例 1 顕微鏡実習による傷害¹⁰⁾

- 1 二枚貝の解剖で、貝殻を開くときに力を入れ過ぎてメスが走りすぎての指を切った。
- 2 フナの解剖でメスの先で指を切った。フナが小さかったためとメスの使用方法に不慣れだったための事故だった。
- 3 植物の茎を薄く切るとき、両刃のカミソリで指を切った。
- 4 魚の解剖実習中、解剖バサミで手を刺した。
- 5 直射日光のもとで顕微鏡を用いていたため、レンズを通して収束された強い光線により目に傷害を負った。

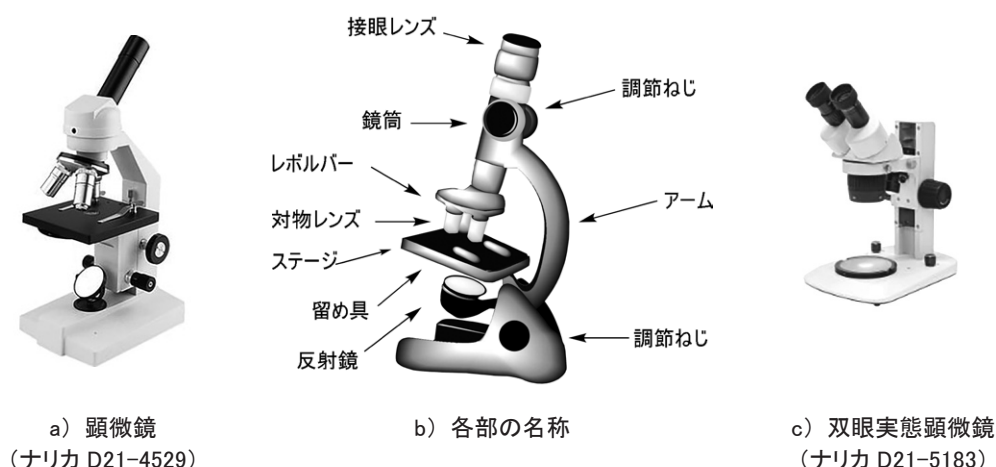
抵抗はあるかもしれないが小中では「走るな」などの子供染みた注意喚起から始めるべきである。顕微鏡観察（図5a）では眼球を接眼レンズに近づける姿勢となる。悪ふざけをすると即座に眼球にダメージを受け、取返しが出来ない状況に至ることをそれなりの期間を確保して児童、生徒には伝えるべきである。走るなどの急な動きは厳禁と機会がある度に言い聞かせることを怠らない様に心して実習指導に臨んで欲しい。

顕微鏡を利用する場合は直射日光の当たらない水平な場所で、出来るだけ明るさを確保できる場所を選び顕微鏡を備える。接眼レンズをのぞきつつ、視野が一様に最も明るくなる状態になるように、反射鏡を動かし調光する。この操作の際、絞りは全開にしておく。天候により自然光の光量は変動するため人工光源を用いることを勧める。光源が顕微鏡に内蔵されていれば理想的である。事故例にあるように決して屋外や窓際で直射日光を利用して顕微鏡観察は行ってはいけない。筒鏡を上げ又はステージを下げ、観察対象物が視野の中央に位置するように対物レンズの真下にプレパラート（図6a）を載せる。載せたならば必ずクリップ（留め具）にて移動しないようにステージに固定する。なお、プレパラート作成は気泡の除去や水分量に注意を払って行うことが肝要である¹⁰⁾。

顕微鏡での観察は低倍率の対物レンズから始める。ステージの横からプレパラートを確認しつつ調節ネジを回し、プレパラートに対物レンズを近づける。接眼レンズから覗き、観測をしつつ調節ネジをゆっくりと回し、プレパラートを対物レンズから遠ざけることによりピントを合わせる。ピント合わせを確認した後に、観測対象部分が視野の中央に来るようにプレパラートを移動させる。

なお、生物顕微鏡の見え方には特徴がある。プリズム式顕微鏡では「上下左右が逆に見えること。」、ミラー式顕微鏡では「左右だけが逆に見えること。」を今一度、学生、生徒に的確に伝え、認識を確実なものにさせたい¹⁰⁾。「ステージ上下式」の顕微鏡は中間にプリズムが入っているので上下のみが反転し、左右だけが反転して見える。また、双眼実体顕微鏡（図5c）は上下左右がさかさまにならず、しかも立体的に見える。通常の顕微鏡と異なりより自然な状態で観察できる。

図5 顕微鏡



顕微鏡観察学習を展開する前に顕微鏡や刃物に関する注意項目を児童・生徒・学生にしっかりと伝えることをしたい。顕微鏡が光学機器であり振動や衝撃に弱いことを理解させたい。生徒、学生に顕微鏡を運ばせる際は利き手でアーム部分を、もう一方の手で鏡台底部を持ち、しっかりと支えた状態を確認してから運搬するように声掛けをして欲しい。

顕微鏡観察のプレパレートはスライドガラス、カバーガラス (図6b) の組合せで作成するのが原則である。プレパレートの基礎的な作り手順は①スライドガラスに観察対象物を載せる。②水を一滴たらす。③カバーガラスの一边をスライドガラス上の水滴に触れさせた状態からゆっくりと静かに観察対象物をカバーする。④カバーすることではみ出した水を汚紙にて吸い取る。という手順で進める¹⁰⁾。

プレパレート製作作業は単純ではあるがその作業においていくつか配慮すべきことがある。安価なスライドガラスの多くが切り放しであり、縁部分で手指を切る場合がある。出来れば縁を処理したスライドガラスにて学習させたい。近年は樹脂製のスライドガラスも入手し易くなり、顕微鏡実習内容、実習環境などを鑑み採用を検討しても良いであろう。微生物であるミジンコなどを生きたままの観察する場合はホールスライドガラスが便利である。

図6 a) プレパレート

b) カバーガラス (左) スライドガラス (右)



カバーガラスはとても薄くもろいので容易に割れ、危険な状態になる。学習者が小学生であれば手指に突き刺さるケガが必ず生じると覚悟しておくべきであろう。覚悟は決して大げさではない。言うまでも無くカバーガラスの洗浄は児童にはさせるべきではない。高

校生であれば任しても良い場合もあるであろう。洗浄させる場合は弱い水流の中で親指と人差し指の腹で優しくこするように指導する。近年は超音波洗浄機と洗浄液を用いて洗浄する学校も少なくない。洗浄後、純水にてゆすぐ。乾燥はペーパータオルなどの上に置き自然乾燥させる。樹脂製のカバーガラスも商品化されている。

破損したスライドガラス、カバーガラスは即座に処分し、児童、生徒の手の届かないようにする。出来ることなれば危険な器具（メス、カバーガラスなど）は準備段階、配布段階、回収段階ごとにその数の確認をしたい。各段階で数量確認をしているという様子を見せて、児童、生徒に危険性を意識させることが出来るので実践して欲しい。

観察対象物である試料はスライスし、薄い状態にする必要がある。発泡スチロールなどを治具として試料（植物など）のスライスを作る。スライスは両刃カミソリ（図7a）を用いるのが通常である。近年は一般家庭で両刃のカミソリを使うことがまれとなり、両刃のカミソリの危険性を把握できていない児童、生徒が増えてきている。地域差で児童、生徒の知識差が大きく異なるのが現状と思われる。ケガにて実験、実習が問題化してしまっは理科教育以前のことになってしまう。児童、生徒を見定めて指導を進めたい。なお、カミソリは二つ折りをしたモノ（図7b）を配布して実習を進めると危険性は大きく低下する。試料保持者と刃物操作者は同一人物であることを約束したい。すなわち二人で協同してのスライス操作をしてはならない。互いの意思疎通が上手くできず怪我をしてしまうことが多いことを伝えたい。「マイクローム」を用いると比較的容易にスライス試料を作れる。教材として市販されている「マイクローム」が手元にない場合は二つ折りしたカミソリの刃二枚にて簡易的に「マイクローム」の代替が可能である。必要に応じて二枚の間に薄めのケント紙を挟むことでスライス幅を増減できる²³⁾。植物などの観測の多くはこの簡易的な「マイクローム」で十分に対応が可能である。回収したカミソリは丁寧な洗浄をした後、即座に乾燥させる。除湿した環境下で保管し、防錆に努めることを欠かしてはならない。まれに実習するのであるのならば「使い捨て」も考えても良いであろう。

精密ピンセット（図7c）はスライスした試料を扱うとき便利であるが、この器具も手や指を突き刺す危険性がある。掛かる危険性は配布前に児童・生徒に伝えておくことを忘れてはならない。回収、洗浄後の精密ピンセットは小さなコルク栓に突き刺した状態（図7d）にて保管したい。実習準備の際に教員がケガしてしまう事故も少なくない。

試料作製には解剖バサミ（図7e）なども役に立つ。解剖バサミは必ずひとりで扱わせる。解剖バサミのリングには親指と薬指を差し入れ動かすのが本来の扱い方である。人差し指と中指は解剖バサミの下部を支えとして用いる。

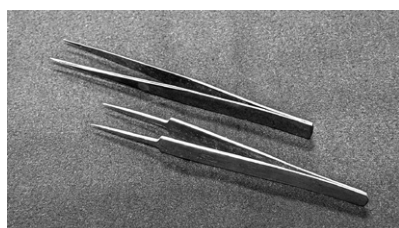
図7 各種観察用道具 (1)



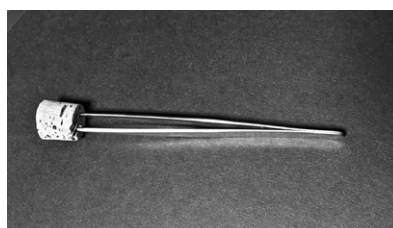
a) 両刃カミソリ



b) 配布するカミソリの刃



c) 精密ピンセット



d) 精密ピンセットの保管



e) 解剖バサミ



f) 解剖用メス

事故例 2 解剖実験における手指切傷⁹⁾

- 1 刃切れが悪いため思わず力を入れ過ぎて予定外に切り進んでしまう。
- 2 ハサミの持ち方が悪いため刃先が安定せずに、思わぬ箇所を切ってしまう。
- 3 机上に散乱した刃物の刃先で切ってしまう。
- 4 他者から渡してもらった刃物で切ってしまう。
- 5 目視出来ない部分（内臓の裏側など）に刃を入れて指などを切ってしまう。
- 6 他者に対象物を押さえてもらい、相手の手指を切ってしまう。
- 7 ハサミを深くくわえ込み、思い切り切り込んで、支えていた指を切ってしまう。
- 8 滑り易い試料（眼球など）の切断の際に刃先が滑って支えていた指を切ってしまう。

解剖実習で行う試料切断操作ではメス（図7f）などを必ず扱う。メスなどの解剖器具を扱う際、大切なことは基本を厳守することである。基本的なこととは①用具の保守②机上の配置である。実習者が右利きであるのなら切断試料の右側に用具を整頓された状態で並べる。ステンレス皿に置いた用具は滑り易いので指で追う際に手指を切ることが多い。ゴム製のシートを敷くなどの滑り防止対策をしておくことを勧める。大学などではメスの刃先交換を行うこともある。交換は危険を伴うので必ずメス刃把持専用の鉗子を用いて行いたい。ヤットコ、ペンチなどで代用も可能ではあるが勧めたくない。解剖用メスは常に刃を研いておくことを忘れてはならない。解剖バサミは可動部分を丁寧に清掃する必要がある。「メスやハサミは解剖学に携わる者の魂」という思いを抱いて扱って欲しい用具である。

動物などの解剖の際は「病原菌、寄生虫、吸血動物などが解剖対象の生命体は必ず潜ん

でいることを前提に解剖に臨むべき」という心掛け忘れてはならない。解剖実習した後に食事、喫煙などをしたために細菌性食中毒、ウイルス性肝炎に罹った事例もある²⁴⁾。

掛かるリスク回避に最も有効なのは手袋（グローブ）の着用である。着用は実習者に安心感を与え実習に集中をさせることも可能となる。実習中に手袋の破損（破れ、ホールなど）を確認した際は直ちに操作を止め、即座に洗浄を行い適切なる対処を執る。新品の手袋を着用して実習を進めるよう指導する。実習が終了した際は試料の適切処分が完了したことを確認した後に手袋を外す。外す直前に今一度流水にて洗浄を行い、リスク回避を心掛ける。基本的な手袋（グローブ）の外す手順は①片方の手指でもう一方の袖口部分をつまむ。②表裏が逆になるようにゆっくりと引き外す。③袖口の部分をつまんだその手で外した手袋をつかみ丸め込む。④手袋が外れた手でもう一方の袖口部分をつまむ。⑤表裏が逆になるようにゆっくりと引きつつ、先に外した手袋を後から外す手袋にて包帯するよう外す²⁵⁾。

実習に参加している生徒、学生には必ず「外す行為は必ずゆっくりとおこなうこと。」と声掛けをしたい。外す際に生じる飛沫などによる汚染を最小限に出来る。試料として多用されるニワトリの腸管、卵管にはサルモネラ菌が存在する。特に腸管の切断は内容物による汚染の危険性が高いので注意を要する⁹⁾。

事故例 3 望遠鏡による目の傷害⁷⁾

- 1 太陽の観測中にサングラスが破損し、眼を痛めた。
- 2 太陽観察（日食、太陽高度など）の際、太陽を直視したことにより目のかすみ、暗点、視力低下が生じた（日食性網膜炎）。

中・高での天体観測の中でも特に危険が伴うのは太陽観測である。事前に「太陽を直接見ると失明につながる。」旨を丁寧に指導しておくことを欠かしてはならない。手近にある有色下敷き、サングラス、色付きセロハン膜などは紫外線、赤外線が透過してしまい、危険なので太陽の観察に利用してはならない。太陽観察用に作られた遮光板（JIS規格8141遮光度番号13以上）を必ず利用すべきである^{7), 26)}。なお、太陽観測は一回、一分以内とし指導者が声掛けをする体制で行いたい。連続しての太陽観測は事故を誘発するので厳禁である²⁷⁾。

太陽観測後に視力、眼球（網膜）に異常を覚えた場合の多くが太陽網膜炎（日食性網膜炎）と思われる。異常を認識したならば即座に濡れたタオルを用いて眼球とその周辺を冷やし、専門医に出向き診察を受けさせるべきである。

天体望遠鏡（図8a）を利用した観測では観測するまさにその時だけ指導者がレンズキャップを取り外せば事故を無くすことが出来る。小・中における太陽観察においてはこの方法が最も安心であろう。太陽観測は投影板にて行う。投影板などの光が集まる付近は高温になることにも配慮が必要である⁷⁾。

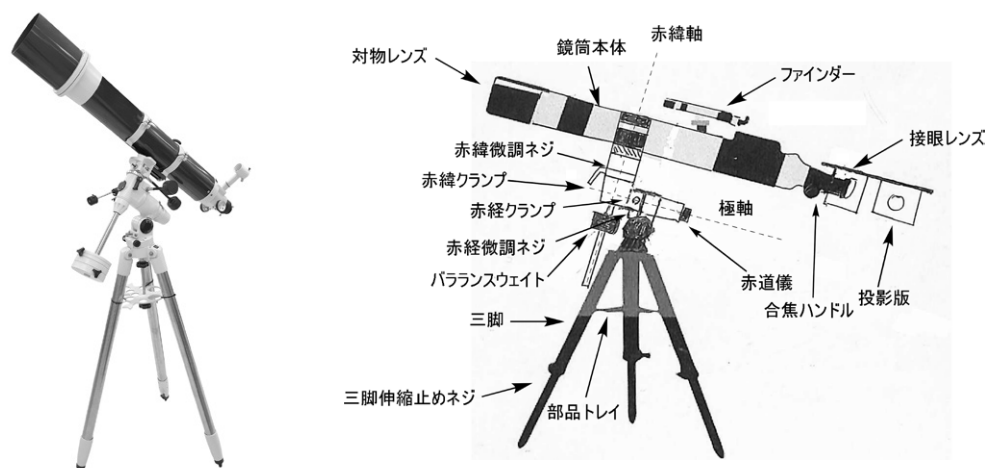
赤道儀天体望遠鏡（図8b）の取扱いでまず、気を付けるべきことは据え付け方法である。水平な場所であること、三脚を十分に広げ据え付けていることである。観測地の緯度を確

認し、赤道儀の高度指標を緯度の値に合わせるように高度調整ネジを調節する。次に方位磁石を用いて曲軸がほぼ北に向くように設置する。曲軸望遠鏡の視野内に北極星と捉え調整すれば精度高い設置が出来る。バランスウェイトの位置を調整することで鏡筒との釣合いを図る。

望遠鏡本体である鏡筒のみならず、赤道儀なども精密機械であるので一つひとつの扱い、操作は丁寧に、しっかりと行うことが肝要である。

図8 a) 赤道儀の天体望遠鏡

b) 各部の名称



太陽以外の天体観測は日の入り後に行うことが多く、明るくない環境であることが事故などにつながる。「観測機器を踏みつけてしまう」、「電源コードを引っ掛けてしまう」などの不測の場面に遭遇し易い。事前にこの危険性について注意をする多くの児童、生徒は「判り切っている」という思いがあるがゆえに真剣に聞こうとしないのが常である。その思いを払拭させ、心に染み入る声掛けを児童、生徒にして欲しい。場合によっては機器の破損や大きなケガにより二度と夜間観測が出来なくなってしまうこともある。科学に対する興味、関心の育成に反することになりかねないので心しておきたい。

対策としては時間的余裕を通常以上に大きく設け、明るいうちに観測会場を児童、生徒に把握させておきたい。可能であるのならば明るい時間帯に事前学習として観測会場の案内をしつつ、当日の観測シュミレーションをして欲しい。天文台のドーム内であれば足元照明を設ける工夫もして欲しい。冬季は寒さにて動きが鈍る恐れがあるのでカイロなどの防寒対策を十分にさせることも大切である。なお、重ね着は動き難くなるので推奨しがたい。寒さは下から襲ってくる。冬季の屋外は予想以上に寒いので履物、ズボンなどの防寒は必要以上と思えるぐらい準備をさせて欲しい。

観測地の環境にもよるが個別行動は厳禁とすべきである。夜間は視覚での確認が困難であり見失った対象物を発見するには手間取ることが多い。音声にて位置確認が出来れば短時間で発見に至るが、必ずしも音声に頼れるとは限らない。児童、生徒の帰宅に関しても同様の配慮が必要である。自然環境に加え、社会環境にも配慮した対応が必要となる。

教科指導以外にも配慮が必要となることを忘れてはならない⁹⁾。

夜間、地方の観測は通常の授業とは別扱いになるので学校長の許諾を採り、保護者に学習内容の概要を周知すると共に参加承諾書の提出をお願いしておくべきである。

事故例 4 岩石採掘での眼、手指の損傷⁹⁾

- 1 河川でハンマーとドライバーで化石発掘中、砕こうとした石が固く、ドライバーの先が砕け散って鉄片が左眼に入った。
- 2 ハンマーをタガネ替りにして、隣人が別のハンマーで上からたたいたときに、ハンマー自体が破損し、その破片が飛び散り右眼を負傷した。
- 3 地層の調査でハンマーを振るおうとしたところ、後ろにいた児童に当たった。ハンマーで固い石を細かく砕いていたため、破片が飛び散り眼球を傷が付いた。知らないうちに手指に切り傷を負っていた。
- 4 タガネで石を割ろうとして、ハンマーを自分の手で叩いてしまった。
- 5 ハンマーがむき出しのまま、混んでいる電車に乗り、乗客を負傷させた⁷⁾。

地質調査に用いるハンマーは調査目的、使用者に応じて多様なモノがある。多くの方が600～900g程度のハンマーが使い易いと感じるようである。金工用などのハンマーは欠けて鉄片が飛ぶ危険性があるので地質調査には転用してはならない。ハンマーの先端はとがっているので移動の際は必ずケースに収める。調査現場ではハンマー頭部を握り、持ち歩くのが基本である(図9a)。岩石を割る場合は先ずゴーグルを着用する。次に素手の利き手でハンマーを持ち、作業手袋をしたもう片方の手で岩石を保持する。かたい岩石を割るときはハンマーの平らな方を用いる。必要に応じてタガネを用いる(図9c)。ハンマーのとがっている方を使う行為、「合わせハンマー」はハンマー自体の破損を招くので絶対に行ってはならない²⁸⁾。

可能な限り地質調査現場での岩石破碎作業は避けたい。医療機関が無い採取現場でのケガなどの発生を回避するためである。採取岩石は持ち帰り、学校などで破碎などをしたい。

図9 各種観察用道具 (2)



a) ハンマーの保持方法



b) タガネ



c) タガネの使い方

夜間の天体観測と同様に学校を離れての岩石採取授業は通常の授業とは別扱いになるので学校長の許諾を採り、保護者に学習内容の概要を周知すると共に参加承諾書の提出をお願いしておくべきである。

事故例 5 岩石切断、研磨に伴う眼、手指の損傷⁷⁾

- 1 岩石切断中に破片が飛び、周囲で見ていた生徒に当たり負傷した。
- 2 スライドガラスに岩石を接着しようとして、加熱されたバルサムで火傷をした。
- 3 放置されたカバーガラスの上に手をついたため、硝子が破損し切り傷を負った。

採取した岩石を屋内で割る場合、対象物である岩石を紙や布で包み、その状態で叩き割る作業をすることにより破片の飛翔を防ぐことが出来る。飛散する破片を無くすことは困難であると共にその飛翔方向は判断できない。飛散防止策を講じてもゴーグル、フェイスガードなどの着用を欠かしてはならない。ダイヤモンドカッターにて切断する場合も同様の危険性がある。出来ることなれば少人数のグループ編成をし、グループ毎に作業室に入室させ、生徒が密集しない環境下で作業に取り組ませたい。

モーターや駆動ベルトを組込んだ電動機器を稼働させる場合は作業の服装に注意をした。衣服の裾を巻き込む危険性がある。指、手、頭髮も同様に巻き込まれることが有る。岩石の切断や研磨は経験が大切である。研磨板への押さえ付け具合や油粘土での固定方法などの習得には時間が掛かる。

地学の岩石実習においては硝子器具（スライドガラスなど）の破損に因る負傷、岩石固定の際に用いるガスバーナー、接着剤などでの火傷、有機溶媒への引火などの危険が多数ある。これらの多様な危険を回避する手段として一番先になすべきことは整理整頓である。スペースにゆとりを確保することが大切である。

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いくことにした。今回は理科実験では特に注意を払われている放射線・X線、観察、岩石採取などなどを取り上げた。実験室のみならず学校外での事故リスク回避について触れてみた。6回に亘って理科教育にて実施する実験、実習に関する事故を検証してきた。本論述を機会に安全を確保し得る的確な実験指導手法を確立する気流が創生されることを願うところである。

【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54 p47-61.
- 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 p7-60.
- 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) =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月発行 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, 工作等における事故事例における考察」－30年間の505事例－2000年3月 科学技術振興事業団 科学技術理解増進室
- 9) 石島秋彦, 佐巻建男, 西潟千明, 山本明利, 「無事88:サイエンス・レンジャーによる科学の実験」2000年3月. 科学技術振興事業団 科学技術理解増進室
- 10) 中学校・高等学校理科指導資料「観察, 実験における安全の手引」岡山県教育センター 平成19年3月
- 11) 「安全な理科実験・観察ハンドブック」～これで安心! 実験・観察の安全テクニック～佐賀県教育センター
https://www.saga-ed.jp/kenkyu/kenkyu_chousa/h19/h19anzennarika/indexrika.htm
(閲覧確認20231103)
- 12) 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.
- 13) 池田惇子 「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/reader/51375108> (閲覧確認20231103)
- 14) 日本化学会「化学実験の安全指針」(第4版) 丸善1999 214p. ISBN-13: 9784621045763.
- 15) 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.
- 16) 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.
- 17) 前越久「高校生のX線被ばく事故を知って」健康文化 34号 p1-4 2002年
<https://kenkobunka.com/kenbun/kb34/maeko34.pdf> (20231219確認)
- 18) 田村昌三 化学実験における事故例と安全 オーム社 2013年4月 ISBN-13: 978-4274213755
- 19) 環境省 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 第四章 防護の考え方 4.1 防護の原則
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h30kisoshiryo/h30kiso-04-01-07.html> (20231219確認)

-
- 20) 放射性同位元素等規制法 施行規則 14条の7 第一項第九号別表 1
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=335M50000002056> (20231219 確認)
- 21) 厚生労働省告示第203号 平成19年5月31日
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kekkaku-kansenshou17/pdf/03-58.pdf>
(20231219 確認)
- 22) 原子力基本法 第三条第五号 放射線障害防止法 第二条 核燃料物質, 核原料物質,
原子炉及び放射線の定義に関する政令 第四条第四号
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=332CO0000000325> (20231219 確認)
- 23) 岩手県教育発表会資料「中学校理科の観察・実験資料集」平成26年度(第58回) 生
9 岩手県立総合教育センター
https://www1.iwate-ed.jp/04kenkyu/01kyouka/104rika/h26_0404_2.pdf (20231219 確
認)
- 24) <https://www.hokeniryo.metro.tokyo.lg.jp/shokuhin/hyouka/files/040219shiryo8.pdf>
(20240108 確認)
- 25) <https://med.saraya.com/kansen/ppe/chakudatsu/tebukuro.html> (20240108 確認)
- 26) 天文教育 2012 年 3 月号 (Vol.24 No.2) p11-14.
https://tenkyo.net/kaiho/pdf/2012_03/2012-03-03.pdf (20231220 確認)
- 27) 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 p14
http://www.netin.niigata.niigata.jp/science_contents/text_etc/handbook.pdf
(20231219 確認)
- 28) 野外調査安全手帳 p15 初版2016年4月1日 京都大学理学部地球惑星科学系 野
外調査安全手帳ワーキンググループ
https://www.eps.sci.kyoto-u.ac.jp/division/book/anken_techo_20160203.pdf
(20231219 確認)