

〈研究ノート〉

実験観察中の事故をなくすために —理科指導法：「安全な実験観察」の授業から

鳥海重治

1. はじめに

安全なはずの学校で、理科授業中の事故が起きている。理科教員たちは、事故防止のため授業の前段階から周到な準備を行い、実験観察の授業を行っているのだが、それでも理科授業の中で毎年少なからず事故が起きている。このような事故が偶発的に起きている場合もあるのだろうが、教師がポイントを押さえた準備を行い、実験スキルを身に付けることで理科授業中の事故は大幅に減らすことができる。

今、大学で理科指導法を学んでいる学生たちに、「実験観察中の事故をなくすために」をテーマにして、教員による授業の前段階の周到な準備や実験観察における事故の防止策や事故原因について、授業の中で話しをしている。私自身も20代の頃に、授業中や予備実験中に事故を起こしたことがある。大きな事故にならず、児童・生徒の怪我もなく、ほっと胸をなでおろしたものである。私自身のスキル不足が原因であった。その後、先輩の先生方からの指導や研修を重ね、理科授業中の事故を起こすことはなかった。この経験の積み重ねと様々な研修から得た知識やスキルを「安全な実験観察」として、理科指導法の授業の一部において学生たちに指導している。これまでの授業の内容を整理し、今回小中学校の現在の理科授業の様子などを加味して、まとめてみた。

2. 小学校理科授業におけるさまざまな事故事例

独立行政法人日本スポーツ振興センターでは、義務教育諸学校、高等学校、高等専門学校、幼稚園、幼保連携型認定こども園、高等専修学校、保育所等の管理下における災害に対し、災害共済給付（医療費、障害見舞金又は死亡見舞金の支給）を行っている。この学校事故事例検索データベース¹において「小学校の理科授業中における事故」のキーワードで検索すると、同センターが2005年度～2017年度に給付した事故事例の中から、小学校理科授業におけるいくつかの事例が出てくる。まず理科実験中の典型的な事故の事例を紹介する。

①理科の授業中、運動場で熱気球を飛ばす実験をしていた。黒いビニール袋に針金を通して熱気球を作り、皿に入れた脱脂綿にアルコールを浸し、火をつけ熱気球を飛ばした

後、皿の中の脱脂綿が燃えるのを確認して、新しいアルコールを注ごうとしたところ、アルコールの缶に何らかの火種が引火して爆発し、その熱風を受けて全身に火傷を負った。(小4男子)

②理科の実験中、他の児童が砂糖を溶かした容器が熱くて持ちきれなくなり、手を離れた際、それが右手甲にかかり火傷した。(小5女子)

③理科実験中に、ペットボトルの中のアルコールに引火し、その勢いで炎と共にアルコールが射出し、負傷した。(小6女子)

④理科の実験中、鉄製スタンドに取り付けた試験管を更に火元に近づけようとした際、誤ってアルコールランプを倒してしまい、ランプの芯が外れ、火の付いたアルコールの炎が飛んで、衣服に引火し熱傷した。(小6女子)

⑤理科室でデンプン反応の実験のため、水を入れたビーカーに葉を入れてアルコールランプで熱していた。本児童が割り箸で中に入れている葉を広げようとしたところ、向側にいる友人が自分もやろうとしてビーカーの上で割り箸を左右に振ったため、ビーカーに当たりビーカーが倒れ、お湯が左下肢にかかった。(小6女子)

⑥気体の実験のため、フィルムケースに発泡剤(クエン酸と炭酸水素ナトリウムを混ぜたもの)と水を入れ、跳ぶ様子を観察していた。本児童は、他の児童が置いたフィルムケースの近くを知らずに通りかかった際に発泡し、左眼球に当たった。(小4男子)

⑦理科の授業で、「ものの温まり方」を学習していた。金属棒をアルコールランプで温める実験をしていたとき、アルコールランプをのせていたトレイの端を強く押してしまい、その反動でトレイごとアルコールランプが倒れ、芯の部分が飛び出した。その際、アルコールの火が本児童の髪の毛に燃え移り、顔面とそれを消そうとした両手の指を火傷した。(小4男子)

⑧「植物の生長と日光や水とのかかわり」の実験中、熱湯が入っているビーカーに同じ実験班の他の児童の腕が当たり、ビーカーが倒れ、熱湯が本児童の両大腿部にかかった。(小6女子)

⑨理科室での実験で、ホウ酸水を蒸発させていた。本児童のグループは、蒸発皿の端の一部がまだ蒸発していなかったため、本児童が引き続き蒸発させようとアルコールランプを移動させたり斜めにしたりして蒸発皿をあたためた。そのとき、アルコールランプから引火し、左手を伝って顔面の左部分を火傷した。(小5男子)

ここで紹介した学校事故事例検索データベースで得られる事例は、小学校の理科授業の中で起きている事故のほんの一例に過ぎないのだが、中でも、アルコールやアルコールランプによる事故が多くあるため、アルコールランプの活用について、考えてみたい。

3. アルコールランプの活用について

小学校理科の授業でよく使われているアルコールランプは、小学校4年生以上の教科書で「安全な使い方」や「実験活用事例」が出てくる。2017年12月に千葉県の小学校で次のような事故が起こった。

「理科の実験中にアルコールランプが倒れ、4年生3人が火傷した。男女3人が顔と首に火傷を負い、病院に搬送され全治2～4週間ほどの火傷であった。

事故は理科室で気体の温まり方を調べる実験中に、理科担当の男性教諭（58）がグループに分かれて座っていた児童の実験台を回り、火を付けたアルコールランプを三脚の下に置いた際、誤ってランプを倒した。ランプからアルコールが漏れて、火が付いたとみられる。10歳と9歳の女子児童2人は火が出たランプがあった実験台にいて、顔に火傷を負った。隣の実験台で背中を向けていた男子児童（10）は首を火傷した。女子児童2人はドクターヘリで病院に搬送され、男子児童は救急車で運ばれた。他にけが人はなく、火はすぐに消えた。」（千葉日報オンライン²）

アルコールランプは小学校の理科実験でのフラスコ等の加熱によく用いられているのだが、毎年のように事故の報道がある。軽度の事故は相当数起きているのではないかと推測できる。アルコールランプは加熱用の「火」として大変分かりやすく、使用も簡単である。理科指導法の授業において活用している3社の理科教科書³には、いずれにもアルコールランプの記載があり、4年生5年生で実験に使用されている。このアルコールランプに代わるものがなかったため多くの小学校においてアルコールランプが使われてきたのだが、今アルコールランプの代替品として広まってきているのがこの写真にあるような卓上ガスコンロである。理科指導法の授業においても紹介し、実際に授業で活用している。家庭用のカセットガスコンロに比べ、半分ほどの大きさだが、実験用として安全に加熱実験ができるように配慮されている。アルコールランプによる事故が毎年多く起きている現状から、安全を考慮して、加熱実験には、この理科実験用コンロの活用をすすめたいと思う。



「小学校理科の観察、実験の手引き」（文部科学省）⁴の4年生の実験「金属の温まり方を調べる」において理科実験用コンロの使用事例が紹介されている。各社の教科書でも多くの実験において、実験使用事例が紹介されている。

次からは、私自身が理科の教員経験から得た実験観察で事故を起こさないための工夫を具体的に述べていく。

4. 実験観察で事故を起こさないために気をつけておきたいこと

①実験は原則として立って行うこと

実験中、原則として児童たちは立って実験をするよう指導することが好ましい。どのような実験を行うかによって指導は変わるのだが、事故が起こった時に、逃げる一歩が早いほど、被害を最小に抑えることができる。授業の中で立って実験する時間、座って考察や話し合いの時間と振り分けて展開することで、授業に安全とメリハリができ、児童にとって負担にならない範囲で、立って実験することを徹底すべきである。

②理科室内の流しと児童の動線

理科室には、2種類の流しが備えてあることが多い。実験台に付属している流しは、白色の陶器製であることが多く、理科室の横や後ろにある流しは、ステンレス製やコンクリートに石板が貼られた流しが設置されていることが多い。児童用実験台に付属している流しがステンレス製の場合もあり、その材質により実験台の流しと理科室サイドにある流しを使い分けなければならない。陶器製流しは、酸やアルカリに強いため、実験で使った薬品を大量の水で希釈して流すときにはこの流しを使い、後片付けでピーカーや雑巾などを洗う場合は、ステンレス製の流しを使うというように、2種類の流しを使い分けるのである。ステンレス製の流しに酸・アルカリの廃液を流すと、腐食する原因となる。実験の片付けの時に流しの使い分けによる児童の動線が混乱し、児童たちがぶつかるなどの事故が発生しないよう、児童の動線を十分に配慮した指導をすることが必要である。

どちらの流しであっても、指導と掃除をこまめにしないと紙くずやマッチの燃えカスなどでいっぱいになり、排水管が詰まる原因になってしまうことがあるので常に清掃しておきたい。また、試験管などのガラスの破片がごみに混ざり、清掃中に手指を傷つけてしまうこともあるので十分に気をつけなければならない。陶器製の流しに重いものを落としたりすると流し本体が割れてしまい、流しを丸ごと交換せざるを得なくなる。実験中や清掃時には十分に注意しておきたいことである。

③実験を始めるまでに具体的に分かりやすい指導を徹底すること

実験が始まってからの児童への追加の説明や注意は、なかなか届かない。グループを回ってひとりひとりに注意をするか、児童の活動をすべて止めて、全体に注意を徹底するかどちらかの方法しかない。どちらにしても大切な授業の時間が無駄になってしまう。注意はすべて初めに徹底しておくように心掛けることが安全な実験観察には必要である。

④水を沸騰（加熱）させる場合は、沸騰石を必ず使用すること

試験管を使って水を加熱する場合、沸騰が始まる前に、かなり激しいグツグツという振

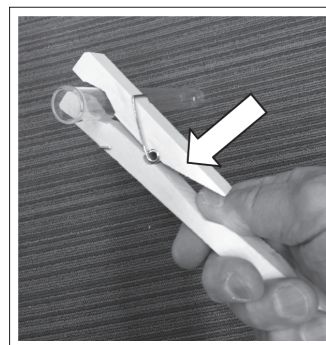
動が伝わってくる。もうすぐ沸騰かと感じることができるのだが、沸騰は突然に起こる。突沸が起こった場合、試験管の細い口から激しい勢いで熱湯が飛び出し、その方向にいた児童がとっさに反応して逃げたとしても火傷の被害が出てしまうことは十分に予想できる。もちろん「人のいない方に試験管の口を向けておきなさい」と、指導はしておくのだが、本当に突然沸騰するのでグツグツという振動から熱湯の噴き出しまでがわずかな時間で起こってしまい、事故につながってしまう。この突沸までの時間をのばしたり、突沸をなくしたりするのが沸騰石で、水の加熱実験では必ず沸騰石を使うように指導しなければならない。また、一度使った沸騰石は再利用しないようにすることは把握しておかねばならない。

⑤軍手の使い方

水の加熱実験において、軍手をはめて実験を行い、沸騰によりあふれ出てきた熱湯が軍手をした手にかかるとう軍手を外すまでの間に手指に激しい火傷をしてしまうことがある。私自身が予備実験中に軍手をしたままの右手に熱湯を浴びてしまい、軍手をしたまま流水で冷却、水中で冷やしながら軍手を取ったのだが、直接手指を冷却するのが遅れたために激しい火傷になってしまった。その後、病院に駆け込み、治療して頂いたが、人差し指と中指の間、中指と薬指の間にそれぞれ大きな水泡ができてしまった（第2度熱傷）。このとき軍手自体が燃えることはなかったのだが火を扱うときには軍手に火が移ることも考えて、特紡軍手（一番多くの商品が出ており、主にポリエステルなどの合繊でできている。価格が安い。）でなく、純綿製の軍手を使用することをすすめる。特紡軍手の場合は、熱で軍手が溶けることもあり、重篤な火傷になってしまう可能性がある。高熱になる場合は純綿軍手を、薬品をさわるなら特紡軍手をすすめる。また、加熱実験において液体の加熱などの場合は、軍手をはめずに、軍手を雑巾の代用品として当て布的に活用することの方が良い。便利な軍手だが、作業内容を考えての使い分けが大切である。

⑥試験管ばさみの使い方

試験管で液体を加熱したりするときに、試験管ばさみを使用するが、試験管ばさみの片方の短い部分（写真中の矢印）に親指を置いたままで加熱中に突沸が起こり驚いて親指に力が入り、試験管が落ちてしまいこぼれた熱湯で火傷をすることが実際に起きている。実験中長い部分だけを持っておくか、試験管ばさみが開かないよう写真のように、短い方はさみの下に、親指を差し込んでおく指導を事前に徹底することが必要である。個人的には、試験管ばさみの安定度から考えると後者の親指を差し込んで持つ方がより良いのではないかと思う。



⑦ガスバーナーの空気調節ねじとガス調節ねじが固着したときの対応

ガスバーナーを使おうと思ったとき、空気の調節ねじとガス調節ねじが固着し、それぞれを個別に動かさないため、ガスの量や空気の量が調節できないということがよくある。原因は加熱中にこぼれた薬品がねじの部分に絡み、ねじが動かなくなっている場合もあるが、ほとんどの場合は消火のときにねじを締め過ぎたことが原因と考えられる。この締め過ぎに関しては、教員が次のようにひとこと注意しておけば、ねじの固着を防止できる。ガスバーナーの火を消すには、(1) 空気調節ねじを閉める。(2) ガス調節ねじを閉める。(3) 元栓、コックを閉める。というように教科書に説明されている。火を消すときにはガスバーナー本体も加熱されていて、ねじの部分も膨張している。この状態でガスバーナーの空気調節ねじとガス調節ねじを閉じていくのだが、なかなか炎が消えてしまわないために、児童・生徒はねじをさらに深く強く締めて火を消そうとする。その後放置されたガスバーナーは、ねじ山が収縮し、ねじがきつくかみ合わされてしまう。次にこのバーナーを使う時に、ねじが固着し、まわらないということになる。ガスバーナーを頻繁に活用する中学校では、よく起こることで、児童・生徒には「空気調節ねじとガス調節ねじを締めることで火を消してしまうのではなく、ねじの回転が軽い力で止まるところまででねじを締めることをやめて、(3)の元栓、コックを閉めることで完全に火を消す。」と教師が事前にひとこと説明しておけば、ふたつのねじが固着してしまうことは、ほとんど起こらない。教師の適切なアドバイスで快適に実験を進めることができる。もしねじが固着した時には、ウォーターレンチと呼ばれるレンチを2本使用してねじを緩めることができる。普通のペンチではガスバーナーのねじが大きいためにはさむことができない、ガスバーナーのトラブルにすぐに対応できるよう、理科室に、ぜひとも置いておきたいツールである。

⑧薬品の保管に飲み物や食べ物の容器を決して使用しない

飲み物や食べ物のペットボトルなどの容器は大変便利な容器で、特にコーラなどの発泡系飲料のペットボトルは、内圧に強く、実験後は処分できるので容器としていろいろと使いたい容器だが、薬品の水溶液などを保管しておくことは絶対にやめるべきである。冷蔵庫などで保管しておく場合、間違っただけで飲んでしまう可能性がある。緑色の発泡飲料用のペットボトルに希釈した過酸化水素水を入れ、冷蔵庫で保管しておいたところ、昼休みに運動をして帰ってきた別の教員が、理科準備室の冷蔵庫にあった発泡飲料の容器に入った過酸化水素水を飲んでしまうという事故が実際に起こった。このような事故が起こらないように、短時間の保管であったとしても、薬品の保管など理科実験において飲み物や食べ物の容器を利用することは避けるべきである。

薬品以外の保管については、飲み物や食べ物の容器が大変役立つ場合がある。海苔の佃煮やジャムの空き瓶は、簡単に割れたりしないよう、丈夫でしっかりしたガラス容器に金

属製のふたがついている。実験台のマッチの燃えカス入れに活用するほかに、昆虫など動植物の標本を入れておくと、昆虫などを直接に触ることができない児童でも抵抗なく手元で観察することができる。アイデア次第で、安全な観察実験に大変役立つこともある。

⑨水素の爆発での事故で注意すること

水素への引火・爆発により飛び散ったフラスコのガラス片によって児童が負傷する事故が毎年起きている。三角フラスコでの爆発実験は危険であることは多くの先生が知っているのだが、水素が発生中の三角フラスコを十分に離れたところに置かないで別容器に入れた水素に火を近づけるのである。どれほど距離を離せば安全であるかなどは、予備実験において把握しておかねばならない。別容器にも配慮するならば、ヤクルトの容器（ポリスチレン製）などは容量が小さく反応しても事故に繋がる可能性は、ガラス容器に比べてきわめて低く、安全である。水素の爆発による実験事故を起こさないために、「水素は、多量に発生させない」、「水素が発生している近くでは火を扱わない」を厳守し、予備実験で十分に安全を確認した後、実験を実施しなければならない。教師の安全意識でほとんどの事故が避けられるはずである。

⑩水溶液の作り方（塩酸などの薬品を水で希釈するときの注意）

塩酸を水で薄めて希塩酸をつくる時に、濃塩酸をビーカーにとり、そこに水を入れることは絶対にやってはいけないことである、発熱し、大変危険である。あたりまえのことであると考えてしまうところに危険が潜んでいる。児童たちも果たして同じようにあたりまえと考えているのだろうか。子どもたちは、日常生活において、ジュースなどの原液に水を入れるというやり方に慣れている。大人もインスタントコーヒーをカップに入れたのち、お湯を注ぐことが普通。薬品の場合とコーヒーの場合を大人は使い分けるが、子どもたちは、理科実験でも同じように考えている可能性がある。つまり濃塩酸を入れたビーカーに水を入れるのである。小学校の理科授業においては、希釈の実験をさせることはほとんど無いのだが、理科実験で水溶液をつくる時には、必ず水の中に薬品を入れなければならないということを児童にもしっかり指導しておくことで万が一の事故を防ぐことになる。

細かいことではあるが、塩酸などの薬品をビーカーに注ぐときなどにおいては、貼ってあるラベルを汚さないように必ずラベルを上にも心掛けてほしい。ラベルを下向けにしていると、塩酸などの薬品が薬瓶の口から容器の下側に伝わり、ラベルを破損してしまい薬品名が分からなくなってしまうこともある。

薬品の危険な面を強調し厳しく注意することで、不注意による事故などは防ぐことはできる。しかし、厳しく注意ばかりしていると、恐怖心が先だって委縮してしまい、逆に実

験で事故を起こしかねない。中学校1年生の理科授業において、異常に塩酸を恐れる生徒が時折見られた。小学校において、塩酸が危険であることを強調した指導を受けていたようである。薬品は扱い方さえ間違わなければ、私たちに大きな利便を与えてくれる。科学は、恐れるものではなく、使いこなすものという認識を教員が持ち、理科を指導していかねばならない。理科指導法の授業の中で、学生たちが正しい認識と理解を持ち、科学を正しく使いこなす人材を育てることができるよう、毎回の授業で徹底していきたいと考えている。

⑪薬品の買いだめはしないこと

理科室（理科準備室）には、たくさんの薬品を備えている。準備と片付けに追われ薬品の購入は年度初めや長期の休みにまとめて注文をするということが多い。薬品の管理という観点からは、最少限の薬品を保管しておき、不足分はその時に購入するようにすべきである。しかしながら、発展的学習などで必要になる薬品もあるため、年間授業を見通して計画的に薬品を購入するようにすべきである。学校内の理科部などの研究組織において十分に検討し、購入保管を行う必要がある。

中学校では使用するが、小学校ではあまり使用しない薬品である過酸化水素水は、まさしく必要な量だけを毎年購入すべき薬品のひとつである。過酸化水素水は酸素と水の状態の方が安定しているので、保管中に分解が進んでしまう。保管中の過酸化水素水を見ると、分解して酸素が容器から出てしまい、容器がへこみ、見るからに過酸化水素水が減少していることが分かる。過酸化水素水は、保管中に分解が進み、購入時の状態を維持できない薬品であり、劇物であり、危険物でもあるため必要な量を必要な時に購入するようにすべきである。このことは、他の多くの薬品についても言えることで、薬品はまとめて購入・保管するのではなく、必要な量を必要な時に毎回購入する方が賢明である。窃盗や紛失の危険性もあるので、薬品全般について多くの量を保管することがないようにすべきである。また、リトマス紙は小学校でよく使用する酸・アルカリの試験紙だが、理科室の中で散らばっていて、いつ購入したものなのか分からなくなっているような状態のリトマス紙がある。高温・多湿・直射日光を避けて保管していたとしても、使用有効期限は概ね製造から3年である（メーカーのホームページより）。薬品もリトマス紙などの指示薬も多量には購入せず、使用する量を購入し、冷暗所に保管しておくことを心掛けることが大切である。色々な薬品と共に冷蔵庫に入れて保管している学校があるようだが、冷蔵庫に保管するのは指示薬だけにして、他の薬品は理科室の薬品庫に保管することを勧めたい。

⑫塩酸や硫酸銅の保管について

塩酸は、一度開封すると、きっちり栓をしていても塩酸ガスが漏れて時間がたつと瓶が白く曇ってしまうことがよくある。この塩酸ガスで他の薬品や薬品庫自身まで傷めてしま

うことがあり、密閉容器に入れて塩酸ガスが漏れないように保管するなどの配慮が必要である。とりあえず塩酸などの劇物を学校で多く保管しないようにすることがなによりも肝心な事である。

硫酸銅の結晶は簡単にできるので小学校でもつくって見せることがよくある結晶なのだが、児童に見せた後で、理科室の教卓（実験台）や児童の手の届くところに置いてあるのをしばしば見たことがある。薬品はすべて理科室から持ち出さないということを、徹底して指導しておくことは当然だが、児童は綺麗なものが大好きで、理科室には児童の好奇心をくすぐる綺麗だけど有毒な物が多くある。薬品や結晶などは、児童の手の届くところに置かず、意識して準備室や薬品庫に保管するようにしなければ、事故に繋がってしまう。理科室の管理者として日常的に意識しておかねばならないことである。

5. おわりに

ここまで示してきた実験観察のスキルにより、実験観察中の事故を未然に防ぐことは、可能であると思われる。しかしながら周到に準備し、実験を行いながらも、さらに想定外の事象から事故が起こることも考えられる。理科は、子どもたちに実験や観察を通してたくさんの知識と考察のプロセスを学ばせる教科である。そのため実験観察を多く取り入れる必要があり、失敗や怪我などの事故を危惧するあまり実験観察に消極的であってはならない。事故が発生し、怪我をしたとしても被害を最小限にとどめることを常に意識し、張り詰めた気持ちで安全且つ楽しい実験観察を児童・生徒とともに行うことが、教師に課せられた使命である。事故を防ぐために、日々の授業準備、予備実験等を十分に行い、教員自らの安全スキルを高め続けることが肝要である。

【注】

- 1 学校事故事例検索データベース
(<https://www.jpnsport.go.jp/anzen/Default.aspx?TabId=822>)
2019年2月24日取得
- 2 千葉日報オンライン (<https://www.chibanippo.co.jp/news/national/459712>)
2019年2月24日取得
- 3 理科指導法の授業において活用している3社の理科教科書(教科書番号順)
 - ①東京書籍「新しい理科4」「新しい理科5」(平成23年発行)
 - ②大日本図書「新版 たのしい理科4」「新版 たのしい理科5」(平成27年発行)
 - ③啓林館「わくわく理科4」「わくわく理科5」(平成27年発行)
- 4 小学校理科の観察, 実験の手引き(文部科学省)
(http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/senseioun/1304649.htm)
2019年2月24日取得

参考資料

宮城県教育研修センター 初等理科研究グループ「小学校・理科主任のための薬品管理法」
(<http://midori.edu-c.pref.miyagi.jp/science/junkaikyouzai/yakuhin/yakuhinkanri.pdf#search=%27%E5%A1%A9%E9%85%B8%E3%81%AE%E4%BF%9D%E7%AE%A1%E3%81%A7%E6%B0%97%E3%82%92%E3%81%A4%E3%81%91%E3%81%9F%E3%81%84%E4%BA%8B%27>)
2019年2月24日取得