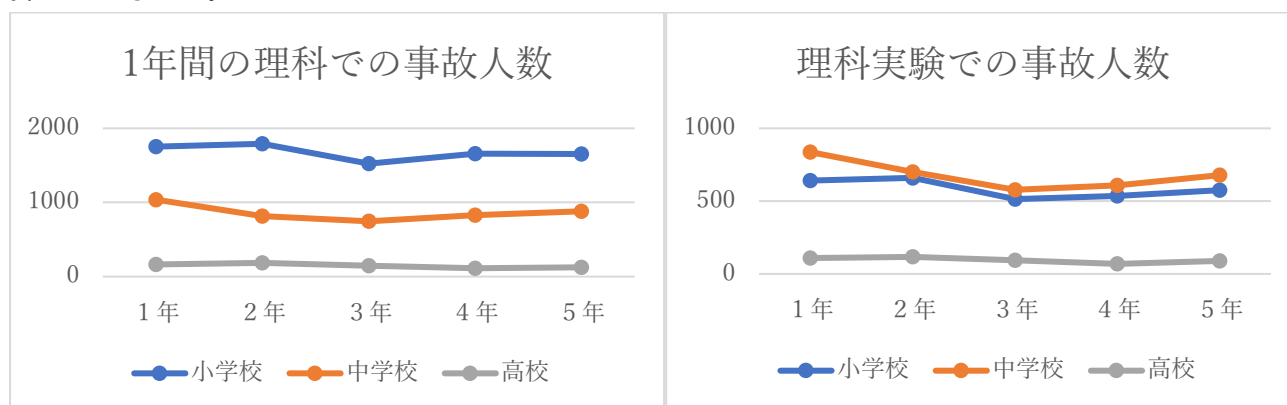


平成 29 年度中学校学習指導要領解説（理科編）・平成 30 年度高等学校学習指導要領解説（理科編）自然と人間生活とのかかわり及び、科学技術と人間生活との関わりについての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する技術を身に着けるようにする。という記述中学校高校両方にあり、理科の授業において、実験を行い、その技術を身に着けることが求められている。しかし、実験をするうえで、事故はつきものである。私はこのような事故の減少のためにまず、事故はどの程度起きているのかについて調査していく。

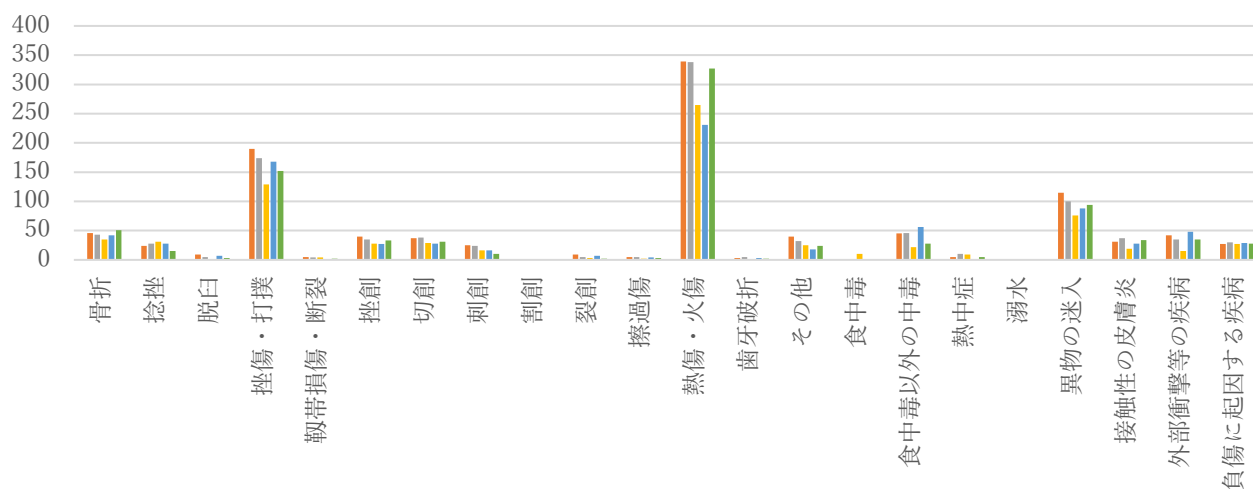
日本スポーツ振興センターによると令和 1 年度から 5 年度までの理科での事故人数は平均で小学校で 1600 人中学校で 850 人高校で 150 人となっている。この中でも理科室で起こった事故の平均は小学校で 600 人中学校で 650 人高校で 100 人となっている。小学校は校庭など理科室以外での事故が多く、中学校や高校では逆に 7～8 割の事故が起きている。令和 5 年度の小学生の人数は 600 万人中学生は 300 万人高校生は 290 万人となっており、理科室での事故の人数は小学校は 1 万人に 1 人、中学校は 5000 人に 1 人高校生は 3 万人に 1 人となっている。中学校や高校では理科室等で行う実験の割合が増えていくため、割合が多くなっているものだと考える。また、高校の事故が起きた人数が少ないのは文系と理系に分かれるため文系は授業数が減る事、精神的に安定してくるため先生の言うことをきちんと聞いて安全に実験をしている事、高校では実験をあまり行わないなど多くの可能性があると考えられる。1 日当たりの理科室での事故人数は小学校中学校高校合わせて 6.5 人となっている（学校に行く日数を 200 日であると仮定する）

今後は事故が起こった原因や、事故による怪我の種類の調査に加え、実際に教科書に記載されている実験を行い、どのような場面で事故が起こるのかを検討を行う。また、指導要領や教科書改訂による、事故件数の変化と相関を調査し、活用できる部分があれば応用するなど理科実験における事故の減少に努めていきたい。

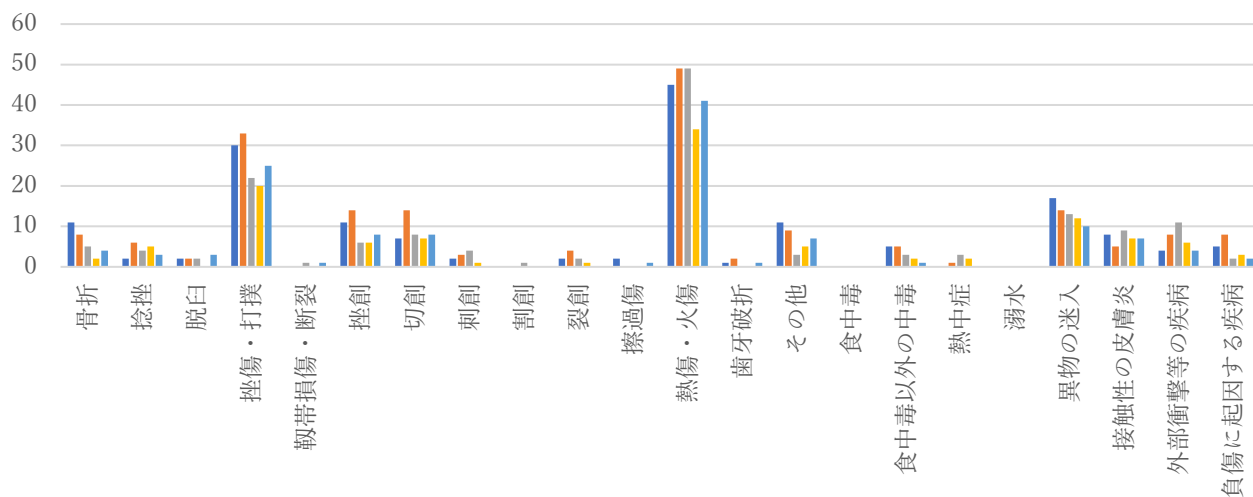


以下は日本スポーツ振興センターにおける実験事故の種類を中学校と高校に分け、5 年分をまとめたものである。以下に示した通り、中学校高校において火傷による事故が一番多く次点で捻挫その次に異物の迷入や皮膚炎切り傷となっている。今回は自分の進路先でもある化学分野に絞って理科実験における実験の原因と対策について考えていく。化学においては火傷・接触性の皮膚炎・食中毒以外の中毒などが化学における実験の事故の主な例であると考え。今後は以上の化学におけるおもな実験事故の中身について考えていきたい。

中学校理科における実験事故の種類



高校理科における実験事故の種類



ガスバーナーの等の使用による実験事故

【アルコールランプとガスバーナーによるやけど】

アルコールランプやガスバーナーの事故例として、

・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、衣服に引火し火傷した。

試験管に酸化銅と炭素を入れ、ガスバーナーで加熱、化学反応を起こす実験をしていた。一度火を止め、様子を観察していたが、冷めたのを確認せず試験管を右手で握ったため、右の手のひらに火傷を負った。などがあげられる。

アルコールランプやガスバーナーの転倒や、アルコールランプに入れるアルコールを入れる量に対する対策として代替品のガスコンロの使用をすることだ。実際にアルコールランプの使用頻度は減ってきており、ガスコンロへの転向が進んでいる地域もある。ガスコンロを使うことのメリットは火が自分の近

くに来ないため、危険性が低くなるという点、底が広く倒れづらいという点。そして一番の利点は操作がつまみをひねるだけの為安全性が高い点にある。デメリットは使用後は熱い部分が多い点と、そしてガス漏れが起こる点。そして一度ガスコンロの上に置いたものを動かしにくいという点である。以下は化学実験による事故と教師教育の論文に書かれているガスバーナーに対する恐怖心に対するアンケートと怖くないと答えた人、怖いと答えた人の理由を表にしたものだ。

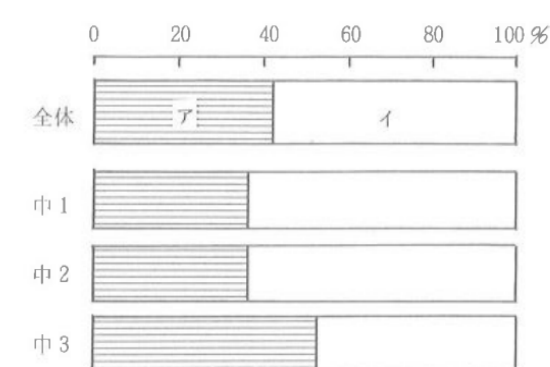


図 11. ガスバーナーに対する恐怖心

ア. こわい イ. こわくない

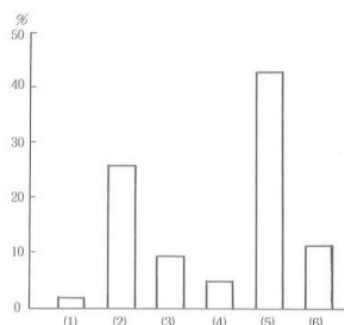


図 12. ガスバーナーの操作が「こわい」と答えた生徒の理由

- (1) 有毒なガスで死ぬ
- (2) 爆発して、火をつける人がケガをする
- (3) 爆発して、教室がふっとぶ
- (4) シューという音がする
- (5) 急に炎が大きくなったり、消えたりする
- (6) その他

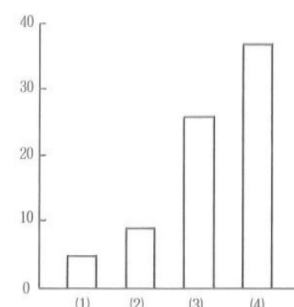


図 13. ガスバーナーの操作が「こわくない」理由

- (1) 死ぬことはない
- (2) 爆発はポツといって消える程度
- (3) 事故を見たことがない
- (4) 慣れた

中学高校になると細かい火加減の調整のためにガスバーナーを使用しなければならなくなってくる。その際にガスバーナーを怖いと思っている人が4割ほどおり、火が大きくなること、爆発するかもといった心配が理由である。逆に怖くないと答えた人は、慣れた、実際に事故をしたことがないことがあげられる。操作の際に怖いと思っている人は操作方法も完全に理解できている人は少なく、このような怖い意識から苦手意識となり、実際に操作した際に炎が燃え上がりすぎたなどの危険や、誤操作などが事故につながってくると考える。そのため、実験ではガスコンロを用いて行い火に対する抵抗感などを減らした上で、徐々にアルコールランプやガスバーナーを使用することでガスバーナーを使うことの抵抗感に加え事故も減らせると考える。

また他の事故例として、教諭がフラスコの中で塩酸と亜鉛の混合を実演した際にフラスコが破裂し破片が飛散し、実験台近くにいた生徒9名が目に入破片が入ったり、顔に擦り傷などで軽傷を負った。今回は水素の発生口の近くで火をつけてしまい、水素が火に反応し爆発が起こってしまった。このように教師側のミスが生徒にトラウマを植え付けガスバーナーを使えなくなるなどのケースもあり、特に気を付ける必要がある。

熱したものに触れて火傷をしたなどの事故は布の手袋を着用し、熱い場合も熱くない場合でも大丈夫なようにしておくことで事故は減らせると考える。物に対する引火に関しては机の上のものを最小限にすることはもちろんのことながら髪の毛の長い人はゴムを付ける、長袖はまくるなど火に近づいてしまう部分や自分の意識外で動いてしまうものはまとめておくことが大事であると考え。そして、引火した際にすぐに対処するために濡れた雑巾を置いておくなど迅速な対応が必要である。

薬品による事故

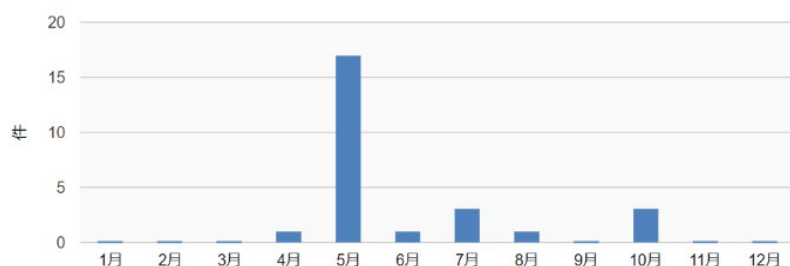
薬品による事故はにおいを嗅いで気分が悪くなるなどの中毒系の事故と皮膚に薬品が触れることによるやけどなどの事故の大きく2種類に分けて考えていく。

【中毒(においを嗅いだ際に気分が悪くなる)】

・鉄と硫黄を混ぜ合わせて加熱し硫化鉄を作る。次に硫化鉄を一部取り出し試験管に入れ、薄めた塩酸をかけると硫化水素が発生する。授業後に「気持ち悪い」と訴える生徒が相次ぎ、10人が救急搬送された。
・硫化水素が発生させる理科の実験を行った生徒が体調不良を訴え、20人余りが病院に搬送された。などがあげられる。薬品の中で特に人数が多く、頻繁に起こっているのが中学校2年で行われる硫化水素の実験である。

その他にもこのような中毒には塩素ガス(塩素系漂白剤に薄めた塩酸を混ぜた際に塩素が発生した)などがある。

対策として、ガスなどの気分が悪くなるものについては換気をすることはもちろんのことながら、濃度を薄くしておくことが一番大事だと考える。塩素やアンモニアに関しては性質の確認のために必要であるが、塩素に関する実験事故を調べていったところ、実験中では塩素系洗浄剤を用い塩素が発生させるなどの実験は濃度の調整が難しく気分が悪くなる生徒が多く、事故が起きていた。また、それ以外では電気分解などで塩素が発生させた後などに片づけをする際に塩素に対する危険意識が低くなることによって事故が起きてしまうのではないかと考える。以下は日本中毒情報センターによる1年間における硫化水素の事故の報告件数である。



硫化水素の実験は中学校2年生でいろいろな化学変化によって硫化鉄に塩化水素を加える際に発生する。教科書の初めの方にあり、5月ごろに実験が行われる。

また、以下は小中学校における調査(日本理科振興協会)による中学校の教員が実験で留意している実験の種類である。

43%	鉄と硫黄の化学変化
24%	ガスバーナーの操作
11%	水素の発生実験 水の電気分解
6%	マグネシウムの実験
4%	電流と電圧の実験

このように実験の中でも教員の実験事故に対する意識はより高いものであると考えられる。また、気分が悪くなる原因のほとんどを占める硫化水素については日本中毒情報センターの報告でも教師による濃度や量を多くしてしまったなどの教師側のミスと生徒が直接嗅いでしまったことの主に2つが原因であり、教師側のミスをのぞけば手順や指導に誤りはないという。

教師側のミスの中でも特に学校が変わって1年目の事故が多いように感じた。前の学校ではこの試薬は希釈された状態で置いてあったが、今の学校では希釈されていない状態だったなどによる慣れが原因となるものもあった。

気分が悪くなる原因のほとんどが濃度や量が従来よりも濃くなってしまったことが原因である。しかし、中には濃度も濃いものではなく指導もきちんと行った上で気分が悪くなった生徒もいた。硫化水素は特に危険度が高いため、濃度や量に関してもにおいの嗅ぎ方もよりシビアに考え生徒にも伝えておくことを念頭に置く必要がある。

【薬品等によるやけど】

強酸や強塩基によるやけど(硝酸・塩酸・硫酸)(水酸化ナトリウム・水酸化カルシウム)

その他芳香族(フェノールやクレゾールなどベンゼンに直接 OH がくっついているもの)

その他酸化エチレンやトルエンやフッ化水素酸など

事故例

- ・中和滴定の実験で、ビュレットに水酸化ナトリウム水溶液を注ぐとき、誤って液をこぼし、顔にかかった。
- ・試薬瓶の横に濃硫酸が付いていたのに気付かず、手でつかんだため、手に薬傷を負った。
- ・フッ化水素酸を用いて、ガラスに文字を書き、その腐食を調べる実験をしていたとき、誤ってフッ化水素酸が手に付いた。

このほかにも熱した際の突沸により手に薬品が付いたことやかき混ぜた時に手に付着したなどが原因として挙げられる。このような薬品による事故の対策としては、ゴム手袋などを着用することやきちんと保護メガネの着用をすることが大事である。中には実験中保護メガネの着用をしていなかったなどの実験中の義務を無視したことが原因となっているものもある。また、保護メガネだけでなく、顔に飛び散ってしまう可能性のあるものはフェイスシールドを利用する。においを嗅いだりする際はフェイスシールドではにおいの確認をしにくいいため保護メガネを着用するなどの実験の中身によってつけるものを変えることで対策ができると考える。

実験器具による事故

【実験器具による事故】

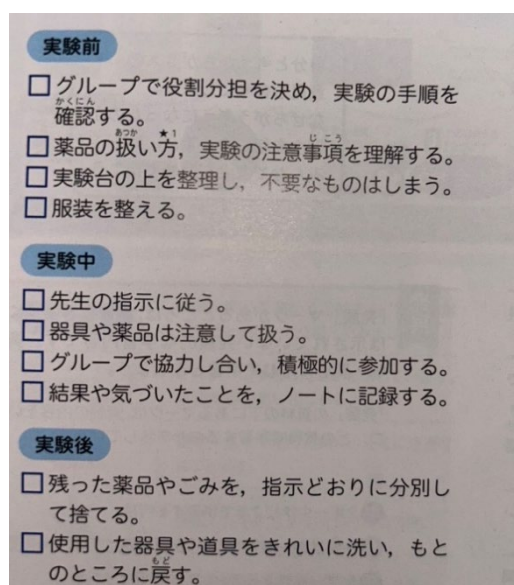
- ・試薬棚の水酸化ナトリウム溶液の試薬瓶を取るときに、ゴム栓を持って取ったため、試薬瓶が落ちて割れ溶液が目に入った。
- ・後片付けの際、使い終わったガラスの棒を洗おうとして右手で握ったところ割れてしまい、右手掌の人差し指の付け根部分を深く切ってしまった。

などがあげられる。実験器具に関しては実験器具の使い方を教師側が理解しておく必要がある。また、熱したビーカーに水を入れると割れるなどのそれぞれの実験器具の性質を理解しておく必要もある。実験中や実験前、実験後もそれぞれ実験道具の使い方を生徒に伝えなければならない。

これ以外であると片付けの場面での事故が多くみられた。実験中は生徒も先生も注意を向けているが、片付け中は特に生徒は気が緩んでしまう場面であると思う。

今回ガラス管とブラシの実際の正しい掃除のマニュアルを調べたが、中学校高校においても掃除のマニュアルについて多く教わることはなかった。実験をするうえで生徒に実験器具の掃除まで行わせる際には実験器具を水で流すなどの曖昧な指示だけでなく、どのようにして洗うのかの実例を見せることが大事であると考え。今回の掃除中の事故においても実験器具を直接触るのではなく、タオルや雑巾など

1枚布を添えることで事故がなかったまたはもっと軽症で済んだと考えられる。また、佐賀大学教育学部・学校教育研究科が書いている実験実習における安全の手引きでは、実験終了後に関する記述に関しては・実験終了後は、薬品類・機器類を元の位置に戻すこと。九州工業大学工学院工学部・工学部が書いている実験・実習における安全の手引きに関しての記述では使用した薬品や装置の後始末を忘れずに廃棄物は決まった処理方法で行う。最後に退室する人は電気やガスなどの取り締まりを行う。と書かれている。実験終了後の片付けについては実験終了後に元に戻すことが重要視されており、その際に片付けている途中、例えば実験道具を洗っている最中などに関する記載がある場合は少ない。



また、大日本図書の教科書でも実験後の実験道具の注意に関して、実験後は道具などを綺麗に洗うのみ書かれており、実験道具の取り扱いなどは使用の方法しか記載はない。このように教科書に書かれていないことも多くあり、教員側で伝える必要がある。

左図は大日本図書における理科の世界に記載されている実験上の注意点をまとめた画像の一部である。

手間であることは十分承知であるが、事故を減らすため実験器具の取り付け方取り外し方洗い方などをきちんと伝えることをしていく必要があると考える。

教科書に関する事故

高校化学の教科書(啓林館出版)におけるエステル合成実験において教科書通りの実験を行うだけでは、事故が起こってしまう可能性がある事例が確認できた。

この教科書で扱われる準備物は、①氷酢酸 ②濃硫酸 ③水酸化ナトリウム ④炭酸水素ナトリウム ⑤ピペット ⑥沸騰石 ⑦ゴム栓 ⑧ガラス管 ⑨ビーカー ⑩スタンド ⑪温度計 である。

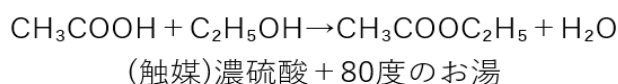
操作方法は以下の通りである。

1. 試験管に氷酢酸とエタノールを2mlずつ取り入れて振りまぜ濃硫酸を入れる。
2. 沸騰石を入れ、80度の湯で5分間加熱する。
3. 試験管を冷却して試験管の半分まで炭酸水素ナトリウムを少しずつ加えかき混ぜる。
4. 試験管の上層の液体を別の試験管に移し、においを嗅ぐ。この液体をさらに別の試験管に少量取り。

水酸化ナトリウム水溶液を加え加熱する。冷却後、においを嗅ぐ。

このような手順で行ったとき、2の手順において突沸が発生してしまうといった事例が発生した。この事例は20回同じ手順で行ったところ2回の突沸が起きたことが確認された。

今回の実験でいうと本来であれば、80度のお湯に湯煎するときに温度が上がり突沸が起こらないようにするために沸騰石を入れたという手順であるが、エタノールと氷酢酸を最初に入れ、濃硫酸を入れた後沸騰石を入れた段階で突沸のような現象が見られた。以下はその時の反応である。



沸騰石は過熱の状態にある水溶液に事前に沸騰石を入れ、その沸騰石の中の小さな気泡を加えることでよりスムーズにエネルギーの放出が行われ一気に沸騰せず突沸を防いでいる。しかし、沸騰石を沸騰中に入れることで沸騰石の中の空気が刺激となり、沸騰が一気に行われ突沸が起こってしまうのではないかと考える。そのほかにも、沸騰石に空いているはずの空気を出すための穴がふさがっており、沸騰石本来の効果がなかったため突沸が起こったなどの原因が考えられる。以下は沸騰と沸騰石の研究による何度と同じ沸騰石を使った場合突沸が起こったか起こっていないかを実験した結果である。

使用数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×	○	○	×	○	○
B	×	×	×	○	×	×	○	×	×	×	×	○	○	×	×
C	×	×	×	○	×	×	○	×	×	×	×	○	○	×	×
使用数	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B	○	○	○	×	×	○	×	○	○	○	○	○	×	○	○
C	×	×	×	○	×	×	×	○	×	○	×	○	○	×	○

以上の結果から沸騰石の不備によって突沸が起こることがわかっているが、今回の実験においては沸騰石を入れる手順を省いた結果 25 回沸騰石を入れずに実験を行ったがいずれも突沸は起こらなかったため、沸騰石としての性質が失われたものであるとは考えられなかった。そのため、今回の実験において沸騰石を入れたのにもかかわらず、突沸が起こってしまった原因としては、沸騰石を溶液が沸騰中に入れてしまうと突沸が起こってしまう可能性があるという点にあると考える。濃硫酸と水によって希硫酸が生じるが、その時に熱が生まれる。これによって溶液の温度が上がり、突沸が起こる直前の状態である過熱の状態に似たような状況となり、沸騰石を入れると突沸が起こってしまうといった現象に当てはまっていたのではないかと考える。

いずれにおいても確率的には低いとはいえ教科書に載っている方法で実験を行った上での事故であることには変わりがない。教科書の実験手順が確実に正しく危険性が限りなく薄いと断言できるものではないと私は考える。このようなことが起こらないためには事前に実験をしておくことはもちろんのことながら、使う実験道具の正しい知識・薬品同士の反応を頭に入れておくことが一番重要であると考え。このように誰もがおこしてしまうようなミスや事故ではなく、事前に防ぐことができたような事故は事前に防いでいきたい。

参考文献

平成 29 年中学校学習指導要領解説 理科編 文部科学省

平成 30 年高等学校学習指導要領解説 理科編 文部科学省

「学校の管理下の災害」令和 1 年度, 2 年度, 3 年度, 4 年度, 5 年度 日本スポーツ振興センター
化学からアルコールランプが消える 日本化学未来館

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

化学実験による事故と教師教育 五島文韶 八神武夫 福富敬雄 青木茂 本田正司

硫化水素を発生させる理科の実験中の事故 日本中毒情報センター

小中学校への調査 日本理科教育振興協会から 山口晃弘

理科の世界 1 年, 2 年, 3 年 大日本図書

実験実習における安全の手引き(2024) 佐賀大学教育学部・学校教育研究科

実験・実習における安全の手引き(2023) 九州工業大学工学院工学府・工学部

化学実験の安全方針 改訂 2 版 日本化学会

高等学校 化学 啓林館

沸騰と沸騰石の研究 平成 20 年 静岡県立科学技術高等学校