

# 中学校理科において硫化水素による事故を防ぐために —事故報告書から見えてくるもの—

Preventing Hydrogen Sulfide Incidents in Junior High School Science  
: Insights from Accident Reports

佐合 智弘\*, 本山 敬祐\*\*

Tomohiro Sago\*, Keisuke Motoyama\*\*

(令和6年2月6日受理)

## 要 約

毎年のように、中学校第2学年の理科授業において、硫化水素を発生させる実験による救急搬送の報道が見られる。現場教員の危険意識も高い実験であり、実際に多くの報道において「実験手順に問題はなかった」や「換気は適切であった」旨の記述が見られる。適切な実験手順を踏んでなお、体調不良を訴える生徒が発生していることから、再発防止策を改めて検討する必要がある。そこで、今年度発生した硫化水素の理科実験による搬送事例の調査報告書を基に、事故発生の原因について考察することで同様の事故に対する安全対策を検討した。また、各自治体における報告書の記載事項や記述内容から、再発防止に向けて改善していくべき点についても考察した。

### 1. はじめに

近年、5月から6月頃に中学校の理科において硫化水素を発生させる実験により、病院に救急搬送される事故が繰り返し起きている。今年度はここ数年の中でも比較的多くの事故が発生してしまい、筆者が把握しているだけでも7都県9校で計90名が救急搬送されている。

このように事故が相次いでいる実験であるが、具体的には鉄と硫黄を加熱して反応させ硫化鉄とした後、そこに塩酸を滴下して硫化水素を発生させるものである。この一連の実験は教科書に記載されており、『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編』の化学変化の単元において、「例えば、金属が酸素や硫黄と結び付く反応のように、反応前後の物質の色や形状などの違いが明確なものを取り上げる。また、物質同士が結び付いて生成した物質の性質を調べる方法を考えさせる際には、「(2)身の回りの物質」で学習したことを活

用させるようにする。なお、硫黄を用いた実験では有害な気体が発生することもあるので、適切な実験の方法や条件を確認するとともに、理科室内の換気に十分注意する。」<sup>(1)</sup>とされており、硫化水素をはじめとした有害な気体に対する注意まで記述がある。このように、有害な気体をあえて発生させる実験を行う意義は、①金属・硫黄ともに常温常圧で固体の物質であり、反応前後の物質の見た目の変化が明確である、②身の回りでも硫化水素が発生している可能性があり硫化水素特有の臭いや知識を学ぶ、という大きく2点が考えられる。

まず①については、金属と硫黄の反応以外に中学校理科で扱う化学反応に関する実験としては、金属と酸素(固体と気体)の反応や水素と酸素(気体と気体)の反応など、見た目に観察が難しい無色透明の気体が扱われている。学習指導要領解説にあるように「反応前後の物質の色や形状などの

\*岩手大学教育学部, \*\*岩手大学教育学部附属教育実践・学校安全学研究開発センター

違いが明確なもの」として固体同士の反応は優れている一方、単体（一種の元素だけからなる物質）で常温常圧において固体である非金属が限られているため、代替となるより安全な実験を提案することは難しい。

また②については、日本は火山大国であり火山ガスには硫化水素も含まれている。温泉も火山活動によるものであるが、入浴中に硫化水素中毒になった事例<sup>(2)</sup>もある。また、嫌気性細菌によっても硫化水素が発生することがあり、下水道やマンホールの作業時に硫化水素中毒となり死亡事故となってしまった事例<sup>(3)</sup>もある。これらのように身の回りでも有毒な硫化水素を嗅ぐ可能性はあり、理科の授業の中で安全を確保した上で適切に特有の腐卵臭を体験し、硫化水素に関する知識を得ることは、自身の身を守るためにも重要であると考えられる。

以上のように有害な気体を発生させる実験は意義あるものであるが、授業内で安全に実施することができなければ本末転倒である。安全対策としては“薬品の使用量・濃度の管理”と“十分な換気”がよく挙げられるが、少なくとも今年発生した硫化水素事故の報道では実験手順や換気などへの問題は指摘されていなかった。そこで各自治体の事故報告書を調査し、安全対策としてさらに考慮すべき点を検討することとした。

## 2. 方法

今年度発生した硫化水素による搬送事案について、調査開始時点で把握していた5つの自治体に事故の調査報告書に相当する資料の開示を請求し、A～Eの5つの報告書を得た。

## 3. 安全対策として考慮すべき点

自治体によって報告書の記載事項や開示された資料の内容が異なるが、体調不良を訴えた生徒の人数と時刻については全ての報告書に記載があった。5つの事例において体調不良を訴えたのは、“実験の片付けが終わった後（授業終了直後）”から“理科の授業から1.5時間程度経過した後”まで、

時間的に幅があることが分かった。これは各授業で発生させた硫化水素の量が異なることが原因と考えることが一般的だろうが、後述する心理的な要因が影響している可能性もある。

B, C, Eの資料では、理科室内で体調不良となった生徒の座席の図が記載されていた。このうちBとCの事例では搬送された生徒は教室の前方に偏っていることが分かった。これは窓を開けての換気により風の流れから偶然にも前方に硫化水素が滞留したとも考えられるが、実験後の廃液回収を教室前方の教卓付近で行ったことで各班の実験で使用した薬品が集中し、局所的に硫化水素濃度が上がってしまったと考える方が妥当であろう。局所排気装置が無い中学校の理科室において、安全に廃液を回収するために、例えば廃液回収容器にあらかじめ適量の水を入れておき、回収時に未反応の塩酸濃度を下げるといような工夫も考えられる。また廃液を回収した容器から継続して硫化水素が発生してしまう恐れがあるため、授業終了後に開放系で教卓付近に放置することがないように気をつける必要もあるだろう。これは、異なるクラスを対象に2時間連続で同じ実験をする場合などにおいても、前時の廃液などの処理を完了してから2時間目に移行すべきであることを意味する。

一方でEの事例では窓を解放した理科室内の広い範囲で体調不良者が出ていた。Eには理科室の写真が掲載されていたが、換気や採光のための窓は一般的な腰高窓であった（Aも同様）。硫化水素は空気よりも重く、教室下部に溜まりやすいが、腰高窓では実験台より下部の気体が滞留しやすいことが考えられる。上部に設置されている換気扇を回すよりも扇風機やサーキュレーターなどで床面付近の気体の入れ替えを優先的に考慮しながら、教室全体が換気されるような工夫が必要なのかもしれない。

学校内の換気に関しては、「学校環境衛生基準」において、教室などの環境が規定され、換気の基準として「二酸化炭素は、1500 ppm 以下である

ことが望ましい」とされている<sup>(4)</sup>。この濃度測定は検知管法を用いて行われることが示されているが、特に理科室の換気については、実験時に想定される気体発生場所とその発生量をデモンストラーションし、二酸化炭素と同様に硫化水素に対しても確認することが良いのかもしれない。これは硫化水素の許容濃度が5 ppmとされており、二酸化炭素よりも極低濃度の環境を維持する必要があるためである。ここで、許容濃度とは作業員(労働者)が日常的に気体に曝露されても健康上問題がない濃度を指している。理科の実験では短時間の曝露が一般的ではあるが、身体が発達途上である子どもが許容濃度以上の気体に曝露されることは避けるべきだろう。従って、硫化水素が低濃度であっても滞留してしまう理科室内の場所を事前に把握することで、窓の開放の仕方やサーキュレーター等の必要性など、推察によらない具体的な対策を検討することが可能となる。

またDの事例では、3名から体調不良の申し出があったため救急搬送を要請したが、救急隊の到着後にさらに複数名から気分が悪いという申し出があったようである。救急隊到着前から気分が悪かったが言い出せなかった、ということもありうるだろうが、不調の申し出の人数から推察するには、言い出せなかったということだけで済ますことは難しい。つまり、硫化水素の有害性に起因する体調不良だけでなく、“同じ実験をして気分が悪くなった人がある”と分かると自分も気分が悪くなる、というような心理的な要因による部分が混在している可能性が考えられる。これは先述の体調不良を訴えるまでに時間的な遅れが生じているケースにおいても、心理的な要素が混在している可能性を示唆するものである。心因的な体調不良が生じる可能性があることは、2023年11月に発生したイベントで販売されたマフィンによる食中毒でも指摘がある<sup>(5)</sup>。この食中毒では原因となる細菌やウイルスが検出されなかったとのことだが、硫化水素の実験においても同様に、その濃度が十分に低く体調不良の原因とは考えにくい場合

も考えられる。当然のことながら、心理的な要因で気分が悪くなることは仕方がない。しかし、少しでも子どもたちの不安を払拭し、心身ともに安心して学校生活を送ることは重要である。当該実験を行う上で発生する気体(硫化水素)の有害性を伝えることが実験の実施上、また学習上で必要であることは言うまでもないが、一方で、温泉の臭いの成分と同じであることを強調するなど、少しでも不安を取り除く情報を伝えることもあわせて重要であるかもしれない。

#### 4. 報告書の記載内容について

学校内の事故に限らず、一般的に事故の調査報告書は事故の原因を解明し、同様の事故が起きないように再発防止を目的とするべきと考えられる。

この観点で資料を見てみると、原因の解明に言及していたのはAとEの2つだけであった。さらに言及はされていたものの、Aで推察されている原因は第三者から見て科学的に理解に苦しむ内容であり、Eでは原因不明として終わっていた。事後の検証で難しい部分もあると思われるが、もっと的を射た原因調査を行うべきである。

原因の解明に向けた考察が不足している一方、A, B, C, Eの4つの報告書ではかなり詳細な時刻と対応過程が記載されていた。このことから多くの自治体において事故の調査報告書は保護者や外部の人に向けて、一連の対応過程で過失がなかったことを示す資料に過ぎない扱いとなっているように見受けられる。このような報告書で終わってしまうと、再発防止策を考えることができず、今後も同様の事故が繰り返し起きてしまうことになる。

昨年度、当センターではヒヤリハット事例の収集と分析に関する実態の調査を行った<sup>(6)</sup>。その結果、様々な課題が浮き上がったがその1つとして「情報を収集・分析する余裕がないという問題」が示されている。ヒヤリハット報告と事故調査報告において、重要性の高さおよび事例が詳細に分析される必要があるのは言うまでもなく後者であるが、今回の事故調査報告書を見る限り、いずれ

も詳細な分析がなされているとは言い難い。また、同調査においてヒヤリハットとアクシデント（事故）の捉え方が曖昧であることも指摘されているが、今回の事故の調査報告書においてもヒヤリハットと混同しているような点も見受けられた。確かにA～Eのいずれの事例においても、搬送された生徒は軽症で済んでいるため、ヒヤリハットなのではないか、と捉える人もいるかもしれないが、1つの出来事で複数の生徒が搬送されるのは明らかに事故と言える。

今回の報告書の中には、教育委員会が原因不明のまま注意喚起を行ったり、マニュアルを作成したりという記述もあったが、具体的な施策が不明瞭な指示は事故防止に対して意味をなさず、形式的なものに過ぎない。先述した通り、「事故の調査報告書は事故の原因を解明し、同様の事故が起きないように再発防止を目的とするべき」という点に立ち返り、報告書に原因調査の結果がより詳細に記載されることを強く望みたい。

## 5. 学校安全の視点から

本稿における調査では事故の原因を究明し、他校で実践できる再発防止策に資する知見は得られなかった。ただし、上述の通り、生徒による体調不良の訴えが寄せられた時刻や体調不良を訴えた生徒の実験時の座席表をもとに、教員の指導方法以外にもありうる事故の要因が抽出された。本稿が対象とした理科実験に限らず、安全な教育を実施するためには、ある活動において時間軸・空間軸でリスクがどのように分布しうるかを予測し適切に対処することが求められる。

教職員一人一人がリスクに対する感性を高めて個々の実践がより安全になると同時に、学校及びその設置者には、学校において発生した事故に対する分析手法の高度化が求められる。本稿で対象とした搬送事案についてそれぞれ指導方法に問題がなかったとして、それでもなぜ体調不良を訴える生徒が現れたのかを問い原因を究明しなければ、今後も同様の事故が発生するおそれがある。

学校事故への対応については、文部科学省に

よって2016年3月に「学校事故対応に関する指針」がとりまとめられている。ただし、同指針において学校が事故発生後速やかに着手する「基本調査」の主な対象は死亡事故である。なお、死亡事故以外の事故については、事故報告の対象となる事故のうち、被害児童生徒等の保護者の意向も踏まえ、設置者が必要と判断したときとされている<sup>(7)</sup>。したがって、本稿が対象とした理科実験に伴う搬送事案、とりわけ軽度の被害で済んでいるものの発生頻度が高く、かつ、学習指導要領に記載されている点で全ての学校に関係する事故事案は、報道の関心を集めることはあっても原因追究や有効な再発防止策につながる知見を全国で共有するには至っていない。

学校における事故分析の手法を洗練させるにあたり、ヒューマンサービスにおける安全という点で医療安全における取組が参考になる。医療安全の分野では、インシデント・アクシデントを分析し再発防止に役立てる事例分析手法としてRCA（Root Cause Analysis）が活用されている<sup>(8)</sup>。RCAには「出来事流れ図作成」、「なぜ・なぜ」分析、「因果関係図作成、根本原因確定」、「対策立案」という4つのステップを経て再発防止策をフィードバックするための手法である。RCAの特徴について、石川（2012）は次のように述べている。

なぜ起こったのかということ当事者個人の問題だけに終始せず、システムやプロセスに焦点をあてて、事故の発生を再帰的にたどってその背景を検討し、事故の直接原因を究明して改善へと導くものであり、“失敗から学ぶ”ために“何が起こったのか”を明らかにし、“今後のために何ができるか”ということ进行分析するための方法でもある（石川2012：15）。

本稿の対象と関連付ければ、指導者個人の過失の有無を問うのではなく、たとえ指導者に過失がなかったとしてなぜ事故が起きたのかをシステム

を含む多様な視点から分析し、注意喚起に留まらない再発防止策を導き出すのがRCAだといえる。

本稿で得られた資料のうち、事例に関する時系列での詳細な記述はRCAの第一歩にあたる。また、本稿で収集した資料のなかには、生徒への聞き取りが行われた自治体もあった。それはRCAにおける4つのステップを含む14のプロセスのうち、「プロセス7 情報の隙間を埋める②当事者インタビュー」に該当する。しかし、事実の詳細な記述はRCAにおける「出来事流れ図作成」に属するものであり、根本原因を究明する前段階に留まる。学校で発生した事故に対して、根本原因の究明とそれに伴う実効性のある再発防止策の検討に向けて確立された手法を実装することが喫緊の課題であると考えられる。

## 6. まとめ

今年度発生した硫化水素に関する5つの事故報告書を見るだけでも、これまで広く認識されていなかった廃液回収時の注意や心理面に与える影響などを考えることができた。しかし残念ながら、各報告書の記載内容が事故の対応過程に偏っており、推測の域を出ない部分もある。今後、さらに多くの事例の分析を進めることで、中学校理科の硫化水素事故におけるより具体的な再発防止策に迫れる可能性がある。その際、事故報告書の分析数を増やすだけでなく、各報告書において原因調査がより詳細に行われ、各々の事例において再発防止策を検討できる程度の調査がなされていることが望ましい。

## 参考資料および注釈

- (1) 文部科学省(2018)『中学校学習指導要領解説理科編』
- (2) 2014年10月に発生した北海道足寄町の温泉旅館での事故など
- (3) 2023年11月14日に発生した静岡県伊東市の下水道内で作業中の事故など
- (4) 文部科学省(2018)『学校環境衛生管理マニュアル「学校環境衛生基準」の理論と実践(平成30

年度改訂版)』

(5) J-CAST ニュース(2023.12.20)「「腐ったマフィン」問題、保健所は食中毒と断定できず それではなぜ体調不良は起きたのか」

(<https://www.j-cast.com/2023/12/20475277.html?p=all> 参照:2024.1.23)

(6) 岩手大学教育学部附属教育実践・学校安全学研究開発センター(2023)、「学校におけるヒヤリハット事例の収集と分析に関する基礎調査—都道府県・指定都市・中核市・特別区の取組に注目して—」『岩手大学教育学部附属教育実践・学校安全学研究開発センター研究紀要』第3巻、pp.139-152

(7) 2023年12月22日に開催された「学校安全の推進に関する有識者会議(令和5年度)」第3回において、「学校事故対応に関する指針」の改訂版が提示された。改訂版においても主に調査対象となるのは「全ての『登下校中を含めた学校の管理下において発生した死亡事故』と「児童生徒等の保護者の意向も踏まえ、学校の設置者が判断した『治療に要する期間が30日以上を負傷や疾病を伴う場合等重篤な事故』」とされている。そのため、本稿が対象とした理科実験における搬送事案は改訂案においても同指針が示す調査の対象外となるものと想定される。

(8) 石川雅彦(2012)、『RCA 根本原因分析法実践マニュアル—再発防止と医療安全教育への活用(第2版)』医学書院

## 謝辞

本調査にご協力いただきました皆様に御礼申し上げます。