

# 「理科実験」における危険防止について

杉 山 巍

理科教育の振興とともに、理科実験の徹底の声は日一日と大きくなって来ているが、これらの実験の中には危険をとまなうものも数多くあることは申すに及ばない。実験による事故をいかにして防止するかという問題は、理科を指導しているものに課せられた最大の問題であるともいえる。ここに、小学校・中学校・高等学校・高専をとおして、実験の事故を防止する一方策とし、危険をとまなうと考えられる実験例を示し、その実験がいかに危険であり、またどの程度に危険をとまなうかということを示す数種の実験例について述べ、あわせて劇毒物・危険物の取扱い及び事故対策について簡単にふれることにする。

## I 理科実験におけるおもな事故の事例

理科教育においては、危険をとまなうと考えられる実験は行なわれないはずであるが、今なお実験による事故はそのあとをたたない。たしかに、実験のなかには危険をとまなうものと、そうでない実験とがあり、これを区別することが事故防止に有効であることは勿論であるが、個々の実験を検討し、また事故の事例にあたってみると、普通に考えると「安全な実験」と思われるものからも多くの事故が発生している。この原因を考えてみると、「正しく行なえば安全である」実験を「方法を誤り」事故が発生した例が多い。また、実験そのものによるばかりでなく、実験者の不注意や考え間違いなどによるものも多い。

これらの事例の中で、9割に相当するものは化学実験によるもので、物理・生物・地学に関係したものは非常に少ない。次頁の表は、文部省にて統計されたものをさらに要約したものである。水素による事故件数は全体の約半数をしめ、その中でも誘導管がつまり発生装置を破損した例などは、予想できがたい事故である。気体の発生の急激な場合におこるものとして平素より気を付けておく必要が大いにある。また、過マンガン酸カリウムの結晶に濃硫酸を加えたり、過酸

化水素水のこいたためにおこる事故や大箱マッチの点火、塩化水素発生時の硫酸のこいたために生ずる発生器の破損などの事故は、案外に多数にのぼっている。

さらに、私の理科教師としてすごしてきた18年間に、いろいろと身をもって体験した数個の例について述べてみると、その中には、実験の基本操作に関するものが多く、基本操作の徹底的指導の必要を痛感する。例えば、ガスバーナーの点火のとき、マッチの火を近づけると、バーナーよりでていたガスの量が多く急に大きな炎ができて髪の毛をこがしたり、濃硫酸を試薬びんより試験管にとるとき、試験管を傾けすぎて濃硫酸が試験管の外側をつたわり手の掌について火傷したり、水ガラスを水に溶かしているとき、早く溶かそうとして加熱し、加熱中に試験管の中をのぞきこんだ瞬間に突沸目に溶液がはいりこんだことなど、平素いろいろと注意を与えていることも「ついうっかり忘れて」実験して事故をおこすことがある。正しいバーナーの点火の方法や試薬のそそぎ方・加熱のし方・おいかぎ方などが実施されれば、決して事故らしきものはおこらなかつたであろうとの後悔が未だ脳裏に焼き付けられている。また、アンモニアの水に可溶性の実験でも、ついうっかり生徒に実験させていると、三角フラスコに捕集して、水槽の中に入れようとしているとか、二酸化マンガンを試験管にとり、これにこい過酸化水素水を加えて内容物がふきだし、手に持ったままでおろしていることなども思わぬ例である。危険を考慮して注意をあたえて実験させる場合にも、正しい方法は知りながらも短時間にその動作ができぬため、あわてて事故をおこすことも多い。然し、実験には危険をとまなうが、理科の学習は実験を忘れることはできない。実験に対する生徒のあこがれ、意欲はまた格別なものである。常に実験には危険をとまなうものと考え、綿密なそして周到な計画と注意のもとに実施すると同時に、基本操作は習慣になるまで習熟させることの必要性を深く感じる。

## 理科実験におけるおもな事故の事例

実験名	方法	事故件数(%)	事故の原因
水素	亜鉛と希硫酸による発生	48 (19.2%)	誘導管から発生器内に引火して爆発 誘導管がつまり発生器を破損
酸素	塩素酸カリウムと二酸化マンガン の加熱 過マンガン酸カリウムと硫酸による発生 過酸化水素水と二酸化マンガンによる発生	20 (8%)	二酸化マンガンに有機物を含んでいた 硫酸が濃いため(40%以上) 過酸化水素水が濃いため発生器を破損
黄リン	ナイフで切る 燃焼させる	20 (8%)	黄リンを手で持ったため発火し火傷, 飛散して火災をおこしそうになる
火薬	黒色火薬の製造 ピクリン酸, ニトログリセリンの加熱 雷汞, カンシャク玉, 花火の燃焼	20 (8%)	硝酸カリウムと塩素酸カリウムとをまちがえた 試験管に入れて加熱し破損 びんにつめて爆発させた
マッチ	塩素酸カリウムと赤リンの混合 マッチの点火	18 (7.2%)	混合量の多量, 塩素酸カリウムとガラス粉とをまち がえた, 大箱マッチの点火
アルコール	アルコールランプの点火 アルコールのびんの引火	16 (6.4%)	内部に引火
硫酸	濃硫酸を水でうすめる	16 (6.4%)	発熱して硫酸を飛散させた 皮膚や着物に付着
ガラス細工 器具	ゴム栓にガラス管をはめる フラスコに栓をする ガラス細工	15 (6%)	ガラス管が折れた フラスコの口の破損 火傷
セッケン	油と水酸化ナトリウム溶液の加熱	12 (4.8%)	突沸
アセチレン	カーバイドに水を加える	9 (3.6%)	誘導管に点火し引火爆発, アセチレンと空気に点火爆発 ガス発生器具の破損, アセチレン化銀の爆発
塩化水素	食塩に硫酸を加え加熱 濃塩酸	5 (2%)	硫酸の濃いための器具破損, 誘導管が水が逆流した, 栓をとり塩酸が噴出した
水酸化ナトリウム	水に溶解する ピペットで溶液を一定量とる	5 (2%)	発熱してピーカーを破損 口の中に溶液を吸い込む
フッ化水素	ガラスの腐食	5 (2%)	指につけ激痛
一酸化炭素	室内で炭火をいこす	4 (1.6%)	吸入し中毒
塩素	塩酸と二酸化マンガンによる発生 アンチモンと塩素の反応	4 (1.6%)	吸入し中毒 器具の破損
消火器	炭酸水素ナトリウムと硫酸による簡易消火器	4 (1.6%)	器具の破損
銀メッキ	硝酸銀にアンモニア水を加える	4 (1.6%)	溶液を数日間放置し衝撃により爆発

【備考】(1) 上記のほか、テルミット、エーテル、ガソリン、石油、二硫化炭素、水銀、硫化水素、カリウム、氷酢酸、硝酸、クロロホルム、過酸化ナトリウムなどによる事故件数はそれぞれ1~2件あり。

(2) 事故件数の欄は、総件数250件で、それに対する各実験の事故件数の百分率を( )の中に示している。

## II 理科教育における危険実験

現在までに事故のおこったいろいろの実験例や教科書に記載されている実験を検討して、次のように分類した。

## (I) 実験器具の取り扱い方

実験器具の取り扱いは、実験の基本であってその操作を知るだけでなく、簡単なものまでもその使用方法に習熟させる必要がある。また、基本操作はその方法を知っているだけでなく、頭で考えなくても無雑作に操作できるまでに指導・習慣づけする必要がある。

① 加熱用器具の使用法 使用されているものには、アルコールランプとガスバーナーがある。これらを点火する場合に用いられるマッチの使用法の指導の必要性を強く感じる。

マッチの使用法は小学校において正しい点火のし方を十分に身につけさせてほしい。そして、小学生だけでなく、中・高校の生徒にも決して大箱を使用させないで、常に小箱を使用させてほしい。さらに、アルコールランプの点火は、必ずマッチの炎をもってゆく習慣が絶対に必要である。よく無雑作にアルコールランプを炎のところをもってゆき点火することが行なわれるが、このとき中のアルコールに引火して、アルコールランプが爆発した例もある。また、ガスバーナーに点火するには、マッチの炎はバーナーの下の方から持ってゆくべきである。このときバーナーの上方に顔や手などをもってゆかないように注意しないと、急にバーナーに点火し思わず髪や手をこがすことがある。これらの例はすべて、正しい基

本的操作を身につけ、その方法が常に無雑作に操作できることの必要性を示すものである。

(b) **装置の組み立て** ガラス管を曲げたり切ったりして、装置を組み立てるが、多くの事故はガラス管をゴム栓にはめるときにおこる。ガラス管を長くもちゴム栓にはめようとして、ガラス管が折れて手の掌にささった例は少なくない。この場合、必ずガラス管を短くもち、回しながらゴム栓・コルク栓にはめこむように注意しなければならない。また、ゴム栓をびんの口にはめる場合に、よく押しこむことをやるが、返ってびんの口がこわれて指などをけがすることが多いので、必ずびんの口を手でもち、ゴム栓を回しながらはめこむよう指導する必要がある。

(c) **その他の基本操作** 試験管に試薬を加えるとか、試験管の振り方、加熱の方法、においのかき方などの操作による事故もまた多い。試験管に試薬を加えるときは、常に試験管を傾けることが必要とばかり考えすぎて、傾けすぎたために試験管の外側を試薬が流れ手につき火傷した例もある。試験管は真直にもちこれに試薬を加えるのが原則であり、加えにくい場合に試験管を傾けるのであることを十分注意しなくてはならない。また、試験管の液体を加熱するには、試験管を試験管ばさみでもち、突沸がおこっても危険のないように試験管の方向をよく考えるとともに、加熱中においてにおいをかいだり、中をのぞきこむことなどは絶対にしないよう習慣づける必要がある。さらに、真空実験や加熱の実験に使用するフラスコは丸底のものを用い、平底のものとか三角フラスコなどは使用しないように心掛けないと容器を破損しけがをすることが多い。噴水実験には、必ず少量ずつ容器の中に水がはいるように細いガラス管をつけ、必ず丸底フラスコを使用することが必要である。また、爆発実験には、必ず円筒を使用し、決して口の細いものや肩のある試薬びん・三角フラスコなどは使わないことも強張るべきである。

#### (2) 有毒・悪臭のある気体を発生する実験

この場合は、多量の気体を発生しないように注意すべきで、そのためには微量で実験を行なうとか、加熱のし方に十分注意を与えるべきである。加熱しすぎると急激に反応速度が増大し、思わぬ多量の気体を発生し、実験室に悪臭・有毒な気体が充満することがよくある。また、においのかき方にも十分注意し、正しい方法でかき習慣を付けることも必要であろう。強くかいだために実験中に気持が悪くなった例もある。塩素・二酸化イオウ・一酸化窒素・二酸化窒素・硫化水素・フッ化水素・ヒ化水素・ホルムアルデヒド・アンモニア・塩化水素・エーテル類などの実験がその例である。

#### (3) 粉末を使用する実験

粉末の薬品を使用して、気体を発生させる実験は特に注意すべきである。この場合、いちどに多量の気体が発生すると、粉末の薬品まで押し上げたり、さらに容器より吹き出したり、ときには突沸することがある。したがって、このときは微量の薬品を使用し、加える他の薬品の濃度もできる限り希薄なものを使用する必要がある。とくに、試験管などを利用して実験する場合、試験管を手にもっていて、驚いて手を放すとか、中の変化を上からのぞきこんでみていて急に内容物が吹き出し、目に薬品がはいるなどといった危険もともなう。これらの例としては、過酸化水素水と二酸化マンガンとによる酸素の発生、銅粉と濃硝酸による二酸化窒素の発生、食塩と濃硫酸による塩化水素の発生、塩酸と二酸化マンガンによる塩素の発生、マグネシウムや亜鉛の粉末と酸による水素の発生などである。これらの実験の危険を防止するためには、試薬の濃度を考えると同時に、できる限り粉末の使用をさけ塊状・粒状・板状のものを使用することが必要である。濃度の例としては、酸素発生のために過酸化水素水は必ず5%以下のものを使用し、塩化水素発生の際の硫酸は濃硫酸の使用をさけ、水で2倍にうすめたものを使用することなどである。

#### (4) 燃焼・爆発の実験

実験の中で、いちばん危険をとまなうものはこれらの実験である。いっばんには、教師実験にまわし、生徒実験はさけるべきであるが、このようなものこそ生徒の興味の中心となるもので、クラブ活動や課外などにこれらの実験を扱うことが多い。したがって、教師の指導の十分に行きとどき兼ねるところもあり、特に詳細にわたる計画と注意が必要である。

このためには、できるだけ具体的な計画を前もって提出させ、内容を検討し、爆発のおこらないように特に火気の取扱いに注意を与えて実施させるべきである。また、実験準備をして教卓に置いていたものを生徒がいちり爆発させた例もあり、実験装置を無雑作にいじらない習慣も必要であろう。これらの実験にぞくするものには、気体としては水素・アセチレン・プロパン・メタン・一酸化炭素などがあり、液体としてはニトログリセリン・エーテル類・アルコール類・ガソリン・二硫化炭素などがあり、固体には金属ナトリウム・ヨウ化窒素・アセチレン化銀・ピクリン酸・綿火薬及び種々の混合火薬類などがある。気体は、火気を近づけないことは勿論であるが、空気との混合物には特に注意を払い、燃焼・爆発実験を行なう場合は、容器にはガラス円筒やポリエチレン製品を使用する。液体も揮発性・引火性の物質が多いので、火気には特別の注意が必要であり、とくにこれらが噴霧状に

## 注意すべき劇毒物と危険物の取扱い

物質名	人体への危険性	発火などの危険性	備考(貯蔵法・消火法など)
アルカリ金属 (Na, K など)	腐食作用・皮膚の火傷	空気中・水中にて自然発火・爆発	石油中に貯蔵・砂をかけて消火
亜鉛粉末	金属蒸気熱病	空気との混合物は爆発性, 湿った空気中で発火	水・酸から遠ざける 注水消火
アルミニウム粉末	—	空気・銅粉との混合物は爆発性, ヨウ素との混合物は水により発火	同上
酸化カルシウム	—	水・湿気により発熱し, 有機物を発火	注水消火
アルカリ (NaOH, KOH など)	皮膚・粘膜などの腐食	同上	びんに入れ, 乾燥したところに貯蔵
無機酸類 (HCl, HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> など)	腐食作用, 皮膚・粘膜・組織などの炎症・破壊	可燃物にふれ発火・爆発	耐酸性容器, 湿気・可燃物をさけて貯蔵
硝酸塩類	Ba 塩は中枢神経, Cu 塩は胃腸, Pb 塩は脳をおかす	有機物・可燃物の酸化, 加熱・打撃・まさつによる爆発	可燃物を近づけない 注水消火
塩素酸塩類	じん臓・中枢神経をおかす	可燃物と接触, アンモニア・炭酸アンモニウムとの混合物は発火・爆発	可燃物・酸・イオウ・木炭などを混合し近づけない。 注水消火
過マンガン酸カリウム (KMnO <sub>4</sub> )	殺菌力	有機物との混合物は加熱・打撃などにより発火・爆発, 硫酸・イオウ・リン・炭素の混合物も爆発	日光・可燃物を近づけない 注水消火
シアン化物	有毒	酸により爆発性で猛毒な HCN を発生	酸とはなして貯蔵
イオウ	燃焼ガス SO <sub>2</sub> は有毒	可燃性, 粉末・蒸気と空気・酸化剤との混合物は発火・爆発	酸化剤をさける 水の噴霧による消火
硫化物 (Na <sub>2</sub> S, Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> など)	燃焼により有毒な SO <sub>2</sub> , 酸により有毒な H <sub>2</sub> S を発生	酸化剤に接して爆発	酸化剤をさける
二硫化炭素	神経系障害, 服用すれば意識喪失, 皮膚をあれさす	引火性(-30°C), 蒸気は衝撃により発火	日光・火花・衝撃からさける 砂, CO <sub>2</sub> による消火
黄リン	猛毒火傷, 燃焼蒸気は有毒	空気中で自然発火, 酸化剤により爆発	水中に貯蔵 湿った土砂による消火
ハロゲン (F <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , Br <sub>2</sub> , I <sub>2</sub> )	腐食性, 皮膚にふれ火傷, 肺の炎症	金属と反応し発火, 濃いアンモニア水・塩化アンモニウム溶液と混合し爆発	冷暗所に貯蔵
一酸化炭素	酸素供給障害	可燃性, 空気との混合物は爆発性大	高圧ガス容器に入れる CO <sub>2</sub> による消火
過酸化水素	50%以上の水溶液による火傷	金属粉・有機物と接すれば発火, 濃い溶液は衝撃により爆発	着色びんに入れ, 日光をさけ冷暗所に貯蔵, 注水消火
アンモニア	窒息性ガス, 濃い水溶液は皮膚・粘膜をおかす	空気・I <sub>2</sub> ・NO・NO <sub>2</sub> などと混合して, 爆発性混合物をつくる	高圧ガス容器に入れる
液体空気 (液体酸素)	凍傷	エーテル, アルコール, 二硫化炭素, アセトン, 石油, 砂糖, ナフタリンなどと混合して爆発	日光・有機物・熱をさける デュワーびんに貯蔵
メタン	—	空気との混合物は爆発, 爆発限界(5.3~14%)	鉄ポンベに貯蔵
アセチレン	毒性	同上, 爆発限界(2.5~80%) 引火点(-17.8°C), 銀・銅溶液と反応し爆発性物質を生ず	溶解アセチレンはボンベ, 気体はホルダーに貯蔵
クロロホルム	麻酔, 肝臓・心臓障害, 火傷	—	冷暗所におく
四塩化炭素	麻酔・頭痛・めまい・呼吸まひ・皮膚炎など	熱によりホスゲンを生ず	換気の良いところにおく
メチルアルコール	頭痛・めまい・腹痛・失明, 皮膚炎	蒸気は爆発, 爆発限界(6.0~36.5%)	CO <sub>2</sub> ・CCl <sub>4</sub> により消火
ホルムアルデヒド (ホルマリン)	結膜炎・気管支炎, はきけ・腹痛・胃炎・致死	引火点(-21°C)	密せんで暖いところにおく ホルマリンも同様にあつかう
アセトン	麻酔・皮膚のあれ	引火性(-17.8°C), 爆発限界(2.6~12.8%)	換気の良いところに貯蔵
エチルエーテル	麻酔・気管支炎・肺炎・皮膚のあれ	引火性(-40°C), 爆発限界(1.9~48%)	日光をさけ, 10%の空間を残し貯蔵
酢酸エチル	麻酔	引火性(-2°C), 爆発限界(2.2~11.5%)	—
ニトログリセリン	頭痛・めまい・まひ・神経痛・かいよう	衝撃により爆発	日光・熱・衝撃をさけ, 多量保管をさける
ベンゼン	貧血・まひ	引火性(-8°C), 爆発限界(1.5~8.0%)	火気を近づけない
フェノール	腐食・めまい・呼吸困難, おう吐・腹痛	—	日光をさける。
ニトロベンゼン	接触・吸入・飲下によりチアノーゼ・頭痛・おう吐・こん睡	引火点(77°C), 爆発限界(1.8~%)	衝撃をさける
四エチル鉛	猛毒・貧血・鉛中毒・神経をおかす・発狂	引火性の液体	密封し, 火気をさける
ガソリン	皮膚のあれ	引火性(-42.8°C), 爆発限界(1.4~7.6%)	火気をさける
シュウ酸	気管支障害, 飲みこむとけいれん・こん睡・致死	—	—
ピクリン酸	有毒・黄色染料	点火・衝撃により爆発	熱・衝撃をさける

(注) 爆発限界: 空気と混合したガスの濃度(体積百分率)範囲を示す。

なるとか、加熱せられて温度が高くなると危険である。固体のアセチレン化銀・ヨウ化窒素・混合火薬などは、衝撃や摩擦にたいして不安定であるので取扱いに十分気をつけ、実験のときは少量づくり、余り長く貯蔵しないことが必要である。また、混合火薬などの例のように、酸化剤と還元剤の混合には、必ず紙の上で静かにまぜ合せ、決して乳鉢の中で乳棒を用いるとか、金属・ガラスなどで強く混ぜ合わすことは絶対さげなければならない。

(5) 毒物の取り扱い<sup>2)</sup>

塩化第二水銀(昇汞)・三二酸化ヒ素(無水亜ヒ酸)・塩素・臭素・ヨウ素・リン・シアン化カリウム・弗化水素などの無機化合物やフェノール(石炭酸)・ニトロベンゼン・ピクリン酸などがその例で、鍵のある場所に貯蔵することを推められている。したがって、可燃性物質といっしょに薬品庫の中に保管することが安全であり、また、ラベルの色を他の薬品と区別し、直ちに判別できるようにしておくべきである。

(6) 劇物の取り扱い<sup>3)</sup>

多くの化学薬品は、この部類に属しているが、その中でも濃い酸・アルカリ・過酸化水素水及び液体空気・液体酸素などは特に注意すべきものである。衣服や手などの皮膚につくと、衣服が焼けたり・皮膚が火傷したりするので、毒物と同じようにラベルの色別けをしておく必要がある。

(7) 放射性物質の取り扱い

未だ余り利用されていない状態であるが、これらの物質を取扱うには特別の部屋を設備し、十分な注意のもとに実験が行なわれなくてはならない。次第にこれらの物質が利用されるようになるだろう。

なお、多量の燃焼物を貯蔵する場合は、火災・燃焼・爆発の危険もともなうので、消防庁では消防法によりその貯蔵する量を規定している。その量が右表より多いときは、別に貯蔵庫を設けるよう規定しているが、普通の学校には直接関係がないけれど参考のためにその一部を表示しておく。

Ⅲ 危険性を示す実験例

危険をともなう実験の例は数多くあるが、これらの実験が「いかに危険であるかを安全に示す方法」はないかと質問されることが多い。生徒にしても、危険であると先生から言われるだけでは、返って実験してみようとする例も多いようである。実際にどの程度に危険であり威力をもっているかを安全に指示する実験が必要であると考え、数個の例を記載してみる。

(1) 水素の爆発

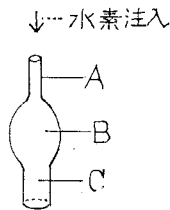
G. S. Newth 氏による水素の爆発実験は、ひじょうに安全

類別	物質名	数量
第1類	塩素酸塩類	50 kg
	過塩素酸塩類	50 "
	過酸化物質 A (B以外のもの)	50 "
	" B (アルカリ金属)	50 "
	硝酸塩類	1,000 "
	過マンガン酸塩類	1,000 "
第2類	黄リン	20 "
	硫化リン	50 "
	赤リン	50 "
	イオウ	100 "
	金属粉 A (Mg, Al)	500 "
	" B (A以外)	1,000 "
第3類	金属カリウム	5 "
	金属ナトリウム	5 "
	カーバイド	300 "
	リン化カルシウム	300 "
	生石灰	500 "
第4類	エーテル	50 l
	二硫化炭素	50 "
	コロジオン	50 "
	アセトン	100 "
	アセトアルデヒド	100 "
	第1石油類(沸点 21°C 未満 ガソリン・ヘンゼンなど)	100 "
	酢酸エステル類	200 "
	ギ酸エステル類	200 "
	メチルエチルケトン	200 "
	アルコール類	200 "
	ピリジン	200 "
	クロルベンゼン	300 "
	第2石油類(沸点 21~70°C 燈油・ 軽油キシロールなど)	500 "
	テレピン油	500 "
	ショウノウ油	500 "
松根油	500 "	
第3石油類(沸点 70°C 以上 重油・タールなど)	2,000 "	
	動植物油類	3,000 "
第5類	硝酸エステル	10 kg
	セルロイド類	150 "
	ニトロ化合物	200 "
第6類	発煙硝酸	80 "
	発煙硫酸	80 "
	クロールスルホン酸	80 "
	無水硫酸(三酸化イオウ)	80 "
	濃硝酸	200 "
	濃硫酸	200 "
	無水クロム酸	200 "

でしかも爆発音も大きく効果的な実験例である。Newth 氏は、びんを図のように切ったものに、水上置換法により水素を捕集し、ガラス管の先に点火するように指示しているが、実際に実験してみると、返って空気中で上部のガラス管より水素を導入して捕集した方が手軽で失敗がない。また、びんの代わりに塩化カルシウム管を使用することが、ソ連において実施

されているが<sup>4)</sup>、これを使用すればいろいろと面白い実験ができる。

塩化カルシウム管を図のように垂直に支え、上部より空気をふくまない水素を入れ、ゴム管をとり去ると同時に、針金



塩化カルシウム管

の先に付けたローソクの火で点火する。4~5秒たつと爆発音をだして水素は燃える。この実験

は何回繰り返しても失敗することがなく、非常に簡単で便利である。さらに、管の上部Aに銅の細い針金を数本入れると、前と同様に点火しても、最早爆発はおこらなくなり、Aの部分は防爆管の役目をしていることが解かる。然し、B、Cなどの太い部分に銅網を入れて同様に実験を行なうと、必ず爆発がおこり防爆管の役目はしない。ここに、防爆管の構造が検討されなくてはならない。

#### (2) ピクリン酸の爆発<sup>5)</sup>

ピクリン酸自身は非常に安定で、加熱すると熔融するのみで、しかも衝撃によっても爆発しにくい。これに雷管を使用し起爆すれば大きな爆音を出して爆発する。このようなピクリン酸の性質を簡単に指示するには、ピクリン酸の粉末 0.1g と一酸化鉛の粉末 0.1g を紙の上で静かに混合し、これを鉄のルツボまたは金属製の容器に入れ、下方より加熱する。数秒間加熱をすると、少し発煙がはじまり間もなく爆発する。このときの爆発音は、相当に大きく生徒には強い印象をあたえる。この実験で使用するピクリン酸の量は 0.1g より多くしないことが安全である。

#### (3) ヨウ化窒素の爆発

よく危険実験用に使われる例であるが、乾燥したヨウ化窒素が爆発性をもっていて、少しの衝撃や風のためにも爆発をおこし非常に不安定である。

ヨウ化窒素をつくる簡単な方法は、ヨウ素を耳かき 1 杯とり、これを濃アンモニア水 10cc に溶解し、1 分間くらい放置したのち、この溶液をろ過する。ろ紙の上のヨウ化窒素を水で 2~3 回洗い、さらに最後にアルコールで洗い、乾いたろ紙の上に取り出し乾燥させる。10 分間くらいたつと既に爆発性のヨウ化窒素がえられるので、余り持ち運びすることはさしひかえるべきである。また、少量のヨウ化窒素の溶液を土間などにまき散らしておくと、20 分くらいして乾燥し、歩くたびに爆音を発することもよく実験される例である。

#### (4) 綿火薬の製造

綿火薬は、それ自身も爆発性があり多量貯蔵することは危険であるが、さらに、これをつくる実験の際に十分な注意を必要とする。濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)に脱脂綿を入れると、急に褐色な煙をだし、その瞬間に綿が黒色になってしまった例がある。これは、脱脂綿が水分をふくんでいたことと、その量が多くて発熱し混酸の温度が高くなったためであろう。

これを示すため、発煙硝酸 1 体積と発煙硫酸 2 体積を混ぜたもの 45cc くらいに、少し水でしめらせた脱脂綿 1g くらいを入れる。このとき、最初はさかんに二酸化窒素の褐色の気体が発生するのがみられるが、脱脂綿の水分の適量なときは急に炭化されて脱脂綿が真黒となる。

#### (5) 粉末を使用した気体の発生実験

粉末の薬品を使用した場合には、加える試薬の濃度や加熱の程度を十分考えなければならない。余り濃いすぎて、気体の発生が急激であり、この気体のために内容物が容器外にふき出したり、誘導管が細いために発生装置をこわしたりする例がある。

この実験例としては、粉末の二酸化マンガンと濃い過酸化水素水、食塩と濃硫酸、マグネシウムの粉末と濃塩酸、銅粉と濃硝酸、二酸化マンガンの粉末と濃塩酸などがある。それぞれの粉末を約 3g 試験管にとり、これを試験管立に立て、それぞれに濃い溶液を約 5cc 加えると、急に反応がおこり試験管外に内容物が吹き出すのがみられる。この場合、試験管を手にもっていると、あわてて手から放して衣服や手などにけがをすることがよく理解される。また、二酸化マンガンと塩酸による塩素の発生の場合のように加熱すると、急に反応が活発になり多量の気体が室内にでてくるので特に注意しなければならないことがわかる。

#### (6) 液体空気・液体酸素<sup>6)</sup>の性質を調べる実験

液体空気や液体酸素は、一見危険であると考えられるが、その取り扱いはいきわめて簡単で安全である。ここには、比較的えられやすい液体酸素について述べる。

(a) 300cc のビーカーに水を約  $\frac{1}{3}$  入れ、液体酸素約 10cc を注ぎ、しばらくその様子を観察する。液体酸素が水中に沈降しはじめたとき、火のついた線香を近づけると燃えだすのがみられる。

(b) 300cc のビーカーに約 100cc の液体酸素をとり、これに草花・ゴム管などを数秒間入れ、これを取り出してみると、草花・ゴム管は硬くなり槌でたたくと小さく粹ける。

(c) 試験管に液体酸素を約  $\frac{1}{5}$  とり、急激な沸騰が止んだ

のち、ゴム栓を試験管の口にかるくはめる。これを試験管立に立てて放置しておく、数秒間にして爆発音をだしてゴム栓はとびだす。

(d) 100cc のビーカーに液体酸素を約 1/4 とり、この中に火のついた木片を入れると、木片はとび回り火花をだして燃える。

(e) 液体酸素中に数秒間ひたしたタバコをピンセットではさみ点火すれば、瞬間にして火花をだして燃える。

(f) 100cc のビーカーに約 1/4 の液体酸素をとり、これに脱脂綿 2~3g をひたし、引き上げて放置し、液をきり蒸発皿に入れる。液体酸素がほとんど全部蒸発した程度になったとき、針金の先に付けたローソクの火で点火すると、脱脂綿は瞬間にして燃える。

なお、液体酸素の比重は1.14で沸点は -182°C であるが、ビーカーに注いでも決してこわれることはない。また、手にかかっても危険はない。これは、液体酸素が表面張力のため球状になり、直接皮膚にふれないからである。然し、液体酸素の中に入れたものを手でにぎったり手でもったりすると凍傷にかかり、また、エーテル・アルコール・二硫化炭素・アセトン・石油・砂糖・ナフタリン・ショウノウなどの混合

物は爆発するので、その取り扱いには十分注意する必要がある。

IV 応急処置

理科実験によっておこる事故は予測できない場合が多く、また事故が発生したとき直ちに専門医に連絡し手当をうけることが不可能な場合も多い。したがって、理科準備室とくに化学準備室には、火傷・切り傷などの薬品や洗滌薬などの救急薬品を常備するとか、専門医の電話番号や連絡方法を十分に知っておく必要がある。次に示したものは、一般に利用される応急処置であり、これによると、酸・アルカリなどの薬品の処置としては、何より先に水洗することであり、その後薬品を中和する方法がとられるべきである。酸の中和剤としては、炭酸水素ナトリウム(重曹)の水溶液が最も効果的であり、アルカリの中和剤としては、食酢がよく利用されている。また、劇毒物を飲んだときの手当は、いろいろな方法があるが、最も効果的だと思われるのは番茶や牛乳を飲ませることである。また、番茶や牛乳などは、いろいろな場合に利用されており、容易に手に入るので準備室に常備されていてもよい。

理科実験の事故防止には、何としても指導者の細かい計画

実 験 室 救 急 心 得

事故の事例	救 急 法	備 考
一般的な救急法	滅菌ガーゼで止血→オキシドールで消毒→マーキュロクロム液 三角巾で傷口より心臓に近い部分をしばり止血 チンク油をぬるか、油浸ガーゼをあてる 水・牛乳・番茶(500~600cc)→嘔吐→解毒剤(タンニン4g, MgO 4g, コップ半杯の温湯)をのます 通風のよいところに運ぶ→人工呼吸・酸素吸入 衣類・履物をぬぐ→患部の水洗(15分)→外傷の手当 眼球の水洗(15分)→酸はNaHCO <sub>3</sub> (3%) →洗う→ガーゼでおおう →アルカリはH <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (2%)	黄リンの場合は直ちに専門医に連絡する
一般的救急法に薬品別救急法をおりこむもの	腐食性の酸・酸無水物 {外用 内用} 水洗→NaHCO <sub>3</sub> (5%)→油浸ガーゼを当てる MgO 10%の水性乳剤・牛乳・卵白水をのます(嘔吐禁物) 腐食性のアルカリ {外用 内用} 水洗→食酢・レモン水→油浸ガーゼを当てる 酢酸(1%)・食酢→牛乳・卵白水をのます(嘔吐禁物) ハロゲン類 {外用 内用} NaHCO <sub>3</sub> を水でぬって湿布する 牛乳・卵白水・Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 溶液をのます 酸化剤類 内用 水・牛乳を多量のます ホルマリン " CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 茶さじ1杯 } → 温い食塩水 <sup>はかす</sup> → 牛乳・卵白水をのます コップ1杯 } シュウ酸 " CaCl <sub>2</sub> (1%)コップ1杯 → 温い食塩水 <sup>はかす</sup> → MgSO <sub>4</sub> (20g)溶液 アルカロイド " KMnO <sub>4</sub> (0.01%)溶液または解毒剤をのます 重金属の化合物 " 食塩水・牛乳・卵白水を多量のませ、嘔吐さす リン含有物 " CuSO <sub>4</sub> (0.2%)200cc をのます(油脂・アルコール分は禁物)	酢酸・硫酸・硝酸塩酸・リン酸・無水酢酸 アルカリ金属・アルカリ土類金属の水酸化物、アンモニア水、生石灰、ソーダ石灰 NaClO, CaCl (ClO) KClO <sub>3</sub> , KMnO <sub>4</sub> など As, Hg, Cu, Pb, Zn, Ba, Ag, Sb, Cd, Sn の化合物

のもとに行なわれる実験でなくてはならず、ここに理科担当教師の絶えざる苦労がある。そして、ありふれた実験からも、事故が発生することを忘れることなく、ともに事故防止の方法を研究してゆきたいと念願する。

#### 参考文献

- 1) 理科教育資料 1. 理科実験における事故防止(化学実験について) 1954, 文部省(明治図書出版株式会社出版)
- 2), 3) 毒物と劇物及びそれらの取扱い 日本薬局法註解: 厚生省発行
- 4) 化学実験教授法 ヴェルホフスキー著 大竹三郎訳: 明治図書出版
- 5) Tested Demonstration in Chemistry, J. Chem. Education.
- 6) 液体酸素は、少し大きい酸素の販売会社ならばもっており、容易に手にはいる。ただし容器が問題で、液化ガス金属製容器でなければ取扱いが困難である。