

小・中・高校における実験廃液の扱い方と環境安全教育

*三品佳子

要旨

学校、中学校および高等学校の実験室から出る廃棄物には、一般的なゴミ（家庭廃棄物）の他に、廃薬品、廃液、ろ紙、葉包紙、紙タオルのような実験系廃棄物があり、一般的なゴミと区別して廃棄しなければならないものがある。実験系廃棄物には、産業廃棄物として定められた方法で処理するものがあり、廃棄に際して法的規制に関する知識が必要である。本論文では、教員自身が学校の理科実験で出た廃棄物を適切に処理し、安全な実験室の環境を保つことが出来るように、実験廃液の扱いに必要な法律（廃掃法、環境基本法、水質汚濁防止法、および下水道法）と、それらに裏付けられた処理の仕方を解説する。また、廃液の取扱いを通して、環境に配慮した安全行動をとるための環境安全教育の方法について述べる。

Key words： 理科実験、廃液処理、環境汚染防止、汚濁防止法、環境安全教育

1. はじめに

大量に発生するゴミによる環境破壊と健康被害が懸念される中で、廃棄物¹⁾を出さない循環型社会の形成を目指すゼロエミッションが提唱されて四半世紀が過ぎた。現在、この理念は持続可能な社会の実現に向けて、様々な活動の中に活かされている。小学校、中学校、および高等学校においても、ゴミの少量化、分別・再利用など、環境に配慮した活動が行われている。学校から排出される廃棄物は多種多様で、その後片付けに手間取ることも多い。学校教員から筆者に對

して、理科実験で生ずる廃棄物の廃棄の仕方についてよく問われる。実験室から出る廃棄物を大別すると、生活系廃棄物（通常のゴミ箱に捨てる一般廃棄物）と産業廃棄物の2種があり、その中には廃棄の仕方が法律で定められているものもある。実験を担当する教員にとって、廃棄物の種類や性質を理解すること以外に、廃棄物の扱いに関する法律の知識も必要である。

本稿では、理科実験室で生ずる廃棄物のうち、特に有害物を含む実験廃液の法律に基づく扱い方について解説する。また、毒物や有害物の除害は、人の健康保護と生活環境の保全に必要な不可欠であることから、学

* 宮城教育大学 教科内容学域 理数・生活科学部門（環境安全学）

1) 廃棄物には一般廃棄物と産業廃棄物がある。一般廃棄物は、家庭の日常生活に伴って生じる廃棄物（生活系廃棄物）や事業系から出される一般的な廃棄物を指す。一方、産業廃棄物は、産業活動によって発生する廃棄物で、特に有害物や危険物を含むものを「特別管理産業廃棄物」と言う。学校や大学の実験室から排出される廃棄物（実験系の廃棄物）は、産業廃棄物と特別管理産業廃棄物が多い。例えば、ガラス屑やプラスチック片、ろ紙、葉包紙、紙タオルのような実験で使用した紙類などは産業廃棄物であり、実験廃液のように水質汚濁防止法などで規制されている物質を含むものや、人の健康又は生活に悪影響を及ぼす恐れがあるものは特別管理産業廃棄物に分類される。これらの廃棄物の区分は、廃棄処理業者による除害・安全化処理にとって意味をもつ以外に、排出者（実験者）による廃棄物の分別と保管整理に役立つ。

本稿で記載している「廃液」、「排水」、「下水」は次のような意味で使用している。「廃液」は実験などの活動によって排出される有害物質を含む液体（主に水溶液）を指す。溶液が無機物からなる場合を無機系廃液（高濃度のものを無機系濃厚廃液）、有機物からなる場合を有機系廃液と言う。「廃水」は一般に濃厚でない「汚れた水」として使用する。「排水」は下水に流す水を指す。（排水には生活排水と実験排水がある。生活排水は人の生活活動の中で排出される水、実験排水は実験室などの薬品類を使用する建物からの排水（下水道法等により監視対象となる）である。宮城教育大学では、実験棟（理系実験棟や理系の研究棟）から排出される排水を実験廃水とし、文系棟から排出される排水を生活排水として区別している。「下水」は公共下水管を流れる水（下水処理場に流れる水）を指す。

環境基本法 大気 騒音 水質 土壌 ダイオキシン類の区分ごとに設定

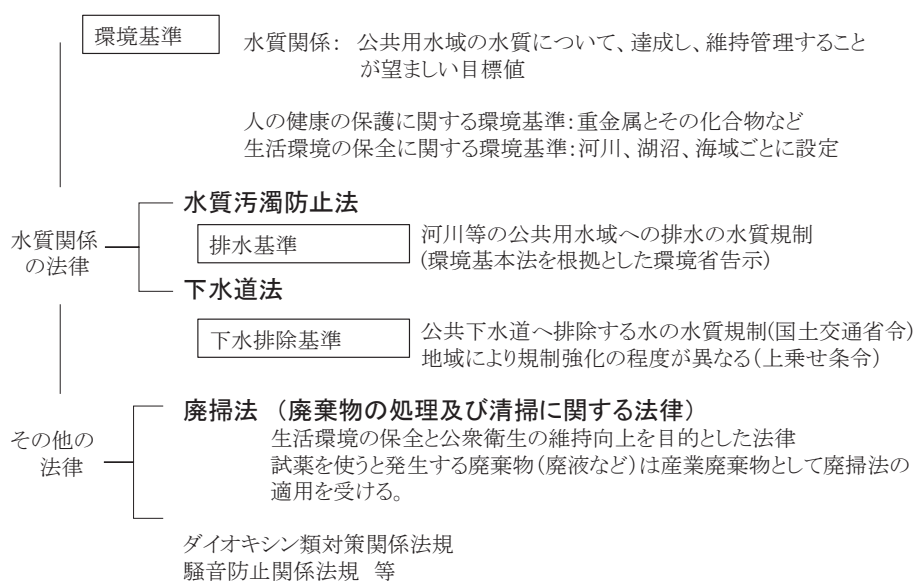


図1 実験系廃棄物の扱いに関する法律

校における実験廃液の取り扱いを通じた環境安全教育²⁾の方法について述べる。

2. 実験廃棄物に関する法律

2-1. 廃掃法

実験系廃棄物の扱いを規定した代表的な法律を図1に示す。その中で、廃掃法³⁾は、排出者が廃棄物をむやみに増やさず、種類ごとに分別し適切に処理するための法律である。この法律の主旨に沿えば、試薬類の扱いは次のようになる。①薬品は種類ごとに区分し保管する。実験室から出される廃棄物は、実験廃液(無機系および有機系)、ガラス屑やプラスチック片などの固形廃棄物、ろ紙、薬包紙、紙タオルのような紙類(チリ紙など生活目的に使う紙類と区別)、医療廃棄物(使用済の注射器など)、使用済動物などがあり、それぞれ分別回収する。②有害物を含む実験廃液は、破損しない専用の回収容器(耐薬品性で頑丈なポリエチレン製の容器など)に保管する。廃棄物の回収容器

には廃棄物内容(種類や量)を記載したレッテルなどを貼り、廃棄処理業者に渡すまでの間、廃棄物庫などの専用の部屋に保管する。③廃液量はできるだけ少なくする。

このように保管された廃棄物は、最終的には廃棄処理業者に渡され、排出者(学校)としての業務を終える。しかし、業務を終えても排出者としての責任が消えた訳ではない。これは廃掃法における「排出者責任」と呼ばれ、処理業者による廃棄処理が完了するまで、排出者も廃棄の責任の一端を負い続けるという立場が付加されている。

学校の理科実験で出されるゴミの分別回収についても、単なる習慣として行動するのではなく、外注後のゴミの行方、処理業者による除害処理と環境負荷、負荷を低減させる法律の仕組みなどについて思いを巡らし、廃棄物処理の意義を理解することも大切である。

2) 環境安全は、環境負荷を低減させることで人の健康と生活環境が安全に維持される立場を指す。活動に対して、行動のリスクを認識し、法律や規則に基づいて最もよい方法がとれるよう知識と技術を身につける教育が環境安全教育である。

3) 廃掃法は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律(昭和45年12月25日法律第137号)であり、廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令(昭和46年9月23日政令第300号)、廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則(昭和46年9月23日厚生省令第35号)がある。

2-2. 環境基本法、水質汚濁防止法、下水道法

(1) 法整備の歴史

日本の水質汚染は、明治、大正、昭和という時代経過の中で経済発展が急速に進んだ都市部を中心に拡大していった。1950年代になると、東京湾岸への工場廃水の流入によって、港湾漁場の汚染が深刻化した。それを受けて、国は汚染水域の漁場の被害対策と漁業資源を保護する目的で、1958年に水質保全法⁴⁾(公共用水域対象)と工場排水規制法を制定し、同年、河川・海洋への多量の汚水の流入を防ぐ目的から、新しい下水道法⁵⁾が制定されている。これらの法律は、被害にあった特定の水域における産業を保護する目的で立案されており、異なる地域で新たな汚染を防ぐものではなかった。

1950年代半ばの経済成長初期においては、工場の生産活動が拡大した一方で、河川や大気の汚染が広がり、人の生活圏を中心に様々な健康被害が認められるようになった。いわゆる公害問題⁶⁾であり、汚染物質による人的被害の多発により深刻な社会問題となっていた。人的被害と汚染源との因果関係も調べられ、それを根拠として被害者と加害者との間で法廷闘争が長期化していった。日本各地で発生した公害問題に対して加害責任の明確化など、公害防止に向けた施策推進の前提となる基本原則を明らかにすべきという国民世論の急速な高まりの中で、1967年(昭和42年)に公害対策基本法⁷⁾が制定された。これによって、広域公共水域における有害物質の排出制限が定められ、工場などからの汚染物の流出は次第に減少したが、公害問題が発覚し対策となる法律が整うまでの間、汚染

が原因で多くの人命が失われ、被害者の生活破壊が進行していった。

1970年代に入り、水環境の汚染防止の法律が見直され、それまで適用されていた水質保全法と工場排水規制法が一体化され、新たに、国内全水域(河川・湖沼・海域)を対象とした水質汚濁防止法が制定された。水質汚濁防止法では、有害物質について厳しい排水基準が設けられ、水域における汚濁防止の強化が図られた。そこには、排出に違反が生じた場合の罰則規定も含まれている。さらに、この法律が制定された当時、連法として自然環境保護法(1972年)も制定されている。これは、1993年に制定される環境基本法の原型となったものである。

また、1970年代は技術開発の時代でもある。例えば、水環境に関しては、水中に溶存する物質の形態や動態を解明する研究や、水中の微量金属を除害処理する技術などが飛躍的に向上した。それらの技術が実験廃液からの有害金属の除害対策に活かされ、環境保護・保全活動の強化に結び付いた。さらにこの時代は、大規模な地球環境の実態解明が進み、自然環境に対する人的負荷の将来予測など、地球環境問題が世界各地で議論されるようになった。日本においても、地球環境保全の重要性の観点から活発な議論が展開され、1993年、人の健康保護と生活環境保全という新しい観点到立ち、それまで施行されていた公害対策基本法と自然環境保全法を改め、新たに環境基本法が制定された。⁷⁾

4) 水質保全法(公共用水域の水質の保全に関する法律(法律第181号))と工場排水規制法(工場排水などの規制に関する法律(法律182号))をまとめて旧水質二法と呼ぶ。これらは1958年に制定された法律である。日本では、古くは明治時代から資源保護の観点から公共用水域の資源保護に関わる個別的法律(漁港などに関するもの)があった。産業活動の活発化に伴い、人の生活圏内の漁場を中心に水の汚染が徐々に進行し、地域から問題が指摘されていた。旧水質二法は、規制対象として問題水域を個々に指定し、加えて産業業種別に保護を前提に規制を定めたため、別の地域で新たな公害(1960年に第二水俣病)が発生するなど、法律としては十分とは言えない規制であった。その後、様々な規制を追加するなどの対策がなされてきたが、1970年のいわゆる公害国会において、全国一律の水質汚濁防止法が制定されるに至り、それまでの旧水質二法は廃止された。

5) 現在の下水道法は、明治時代に制定された旧下水道法を廃止して1953年(昭和33年)に制定されたものを原型とし、下水の設置管理の基本法となっているものである。現在は、公共下水道の構造の規定や、最終処理としての機能を保つ上で必要な下水の水質基準(下水排除基準)などが追加設定され、下水道の水質管理が強化されている。

6) 日本の4大公害病とされている。水俣病、第二水俣病(新潟水俣病)、四日市ぜんそく、イタイイタイ病の発生を受けて、1967年(昭和42年)、公害対策基本法(法律132号)が制定された。日本の公害は、未だ解決しない大きな社会問題であり、被害者を支援する取組が現在も続いている。公害問題について、有識者による情報提供と問題提起、報道などによる論考公表など様々な取組がなされている。公害に関して多くの文献などがある中で、特に水俣病について、河北新報の近年の報道には、人道的な立場の特筆すべきものもある。論考2016、上田紀行(東京工業大学教授)、「水俣病公認確認から60年いまだ続く問題構造」(河北新報2016年5月24日)、姜尚中(政治学者)、思索の旅第8章近代の奈落：水俣病世の中を見る鏡(河北新報2016年11月13日)、弱者放置する差別構造(同報2016年11月20日)、人間無視の歩みを問う(同報2016年12月4日)、腐る帝都裏側からの実証(同報2016年12月11日)

(2) 法律の意義

表1に環境基準、水質汚濁防止法、及び下水道法の水質基準を示す。環境基本法における水質基準は、公共用水域の水質について維持管理することが望ましい水質保全行政上の目標であり、規制を示したものではない。これに対して、水質汚濁防止法における排水基準は、公共用水域における水質を維持するために必要な規制（汚濁負荷量について許容限度を示し、上限を超えてはならないという規制）を示している。それを受けて下水道法⁴⁾では、水質の排除基準を定めている。これらの基準値は全国一律なものであるが、下水から最終的に公共用水域に放流される水の質が悪化し、地域に暮らす人の健康に悪影響を与え、あるいは生活環境を保全することが十分でない場合には、全国一律の基準にかえて、その地域の都道府県が定めるより厳しい排水基準（都道府県の条例で定める「上乘せ基準」）を適用することができる。

日本における水質関係の法律は、歴史的に見れば、その原点が公害問題にあり、公害を繰り返さないという強い立場から、人の健康保護と生活環境の保全に向けて厳しく規制する立場をとっている。日本の被害対策関係の法律の大半が、過失責任を原則とするが、水質汚濁防止法は無過失責任（過失が無くとも賠償責任を負う）を盛り込んでいることが特徴である。図1に示すように、汚濁防止に関わる規制のコンプライアンスを通して、環境基本法では、3つの理念（①健康で恵み豊かな環境の享受と継承、②環境負荷の少ない持続して発展できる社会の構築、③そして地球環境保全の推進）に基づく行動指針が示されている。

大学等の教育研究機関では、排出者責任（排出事業者責任）と特定事業場⁸⁾としての処理報告（例えば、廃液の除害報告や実験排水の分析結果の自治体への報告など）が義務化されている。一般の学校では廃棄物

処理に関する報告の義務（法的縛り）は無いが、学校が実験室という薬品を使用する場を設けていることから、実験室から出る廃棄物の処理や排水については、関連する法律に基づく適切な取扱いを心掛けなければならない。

3. 廃液と排水の扱い

3-1. 宮城教育大学における廃液処理

(1) 無機系実験系廃液の処理

宮城教育大学は、1974年に水質汚濁防止法による規制の対象となり、特定事業場に指定された。それにより、実験廃液の処理と排水の定期監視を行う必要から、学内に廃液処理施設を設置し、また、有害廃棄物処理対策委員会（学内教職員による組織、現在の環境安全部会の前身）を組織し、除害・安全化に向けた水の日常的な監視体制を整備した。廃液処理施設には専門の人員を配置し、廃液と排水の監視、排水の定期分析、仙台市への定期報告などの義務的業務を行っている〔参考文献2〕。

宮城教育大学は、教員養成大学として「捨てることに責任をもつ教師の育成」を目指しており、廃液を排出する教員と学生が、廃液の発生から除害まで責任をもって対処する「完全自営処理体制」を維持している〔参考文献3,4〕。

実験廃液としては、①濃厚な酸とアルカリ、②有害金属（水銀以外）を含む無機系濃厚廃液、③水銀廃液、④シアン廃液、⑤有機系廃液があり、研究室や学生実験室において廃液の種類に応じた色別の専用容器（20リットルの灯油用ポリタンクなど）に貯留している。廃液が一定量溜まった段階で、容器に内容物を記した棄物貯留カード（図3）を貼り、廃液処理施設に搬入する。

7) 公害対策基本法は1967年（昭和42年）に制定された。大気汚染、水質汚染、汚染による人の健康被害、生活環境の破壊などを起こさせないための規制が含まれ、日本の公害対策を総合的に扱った最初の法律である。日本の景観保持などの環境対策と経済発展の調和を考慮しながら、人の健康と生活環境を守る目標値として環境基準をもうけている。水質汚濁防止法（1970年制定）と共に1970年から1980年に至る時代の日本の経済発展を支えた環境保全に関する法律である。この間、世界では地球環境問題が浮上しその解決に向けた取組みとしてThinkGlobal, ActLocalが標語化されるなど、国際的な取組の枠組みもつくられた。そのような中で1993年、公害対策基本法に変わり（廃止され）新たに環境基本法が成立した。

8) 実験系の施設を有する大学は、「特定事業場」として指定され、排水中の有害な規制物質を排水基準以下の濃度にするのが義務づけられている。そのために事業場に除害施設（廃液処理施設など）を設置している。特定事業場は、法律で定められた排水基準（国が定める一律排出基準、自治体が条例で定める上乘せ排水基準や総量規制が設けられている）を遵守し、排水の厳重な管理・監視体制を整え、水質管理責任者制度（条例）に基づく処理施設機能の維持管理、担当者による排水及び下水の水質測定、下水除害基準の達成状況などの自治体への定期報告などが義務化されている。農業、水産又は工業の学科を含む専門教育を行う高等学校や高等専門学校なども特定事業場として指定されるが、それ以外の一般の学校（小・中・高）は特定事業場のような法的な義務はない。

表 1. 水質に関する法律の各種基準（一部抜粋）

基準項目	環境基準 (環境省告示)	一律排水基準 (水質汚濁防止法)	下水排除基準 (下水道法)
カドミウム	0.01mg/L以下	0.1mg/L以下	0.1mg/L以下
全シアン	検出されないこと	1mg/L以下	1mg/L以下
有機リン化合物	—	1mg/L以下	1mg/L以下
鉛	0.01mg/L以下	0.1mg/L以下	0.1mg/L以下
六価クロム	0.05mg/L以下	0.5mg/L以下	0.5mg/L以下
ヒ素	0.01mg/L以下	0.1mg/L以下	0.1mg/L以下
総水銀	0.0005mg/L以下	0.005mg/L以下	0.005mg/L以下
アルキル水銀	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと
PCB	検出されないこと	0.003mg/L以下	0.003mg/L以下
ジクロロメタン	0.02mg/L以下	0.2mg/L以下	0.2mg/L以下
四塩化炭素	0.002mg/L以下	0.02mg/L以下	0.02mg/L以下
ベンゼン	0.01mg/L以下	0.1mg/L以下	0.1mg/L以下
セレン	0.01mg/L以下	0.1mg/L以下	0.1mg/L以下
アンモニア性窒素	10mg/L以下	100mg/L以下	380mg/L以下
ダイオキシン類	1pg-TEQ/L以下	10pg-TEQ/L以下	10pg-TEQ/L以下
フッ素	0.8mg/L以下	8mg/L以下	8mg/L以下(河川) 15mg/L以下(海域)
ホウ素	1mg/L以下	10mg/L以下	10mg/L以下(河川) 230mg/L以下(海域)
総クロム	—	2mg//L以下	2mg//L以下
銅	—	3mg//L以下	3mg//L以下
亜鉛	0.03mg/L以下	2mg//L以下	2mg//L以下
フェノール類	—	5mg/L以下	5mg/L以下
溶解性鉄	—	10mg/L以下	10mg/L以下
溶解性マンガン	—	10mg/L以下	10mg/L以下
ノルマルヘキサン抽出物(鉱油類)	—	5mg/L以下	5mg/L以下
ノルマルヘキサン抽出物(動植物脂肪類)	—	30mg/L以下	30mg/L以下
窒素含有量	—	120mg/L以下 (日平均60mg/L以下)	240mg/L未満
リン含有量	—	16mg/L以下 (日平均8mg/L以下)	32mg/L未満
生物化学的酸素要求量(BOD)	1mg/L以下	160mg/L以下 (日平120mg/L以下)	600mg/L未満
浮遊物質量(SS)	25mg/L以下	200mg/L以下 (日平均150mg/L以下)	600mg/L未満
水素イオン濃度(pH)	6.5～8.5	5.8～8.6	5を超え9未満
溶存酸素量(DO)	7.5mg/L以下	—	—
大腸菌群数	50MPN/100mL	日平均3000個/cm ³	—
ヨウ素消費量	—	—	220mg/L未満
温度	—	—	45℃未満

注)

a) 表中の化合物のうち、一部の有機塩素系化合物、CFC類を除いて記載している。全規制化合物については、各法令について付帯されている別表を参照のこと。

b) 環境基準値については河川類型AA型の場合について記載している。

c) 表中で「検出されないこと」とは、所定の測定方法により測定したとき、その結果が定量限界を下回ることを指す。

d) 表中のアンモニア性窒素の基準値は、法律ごとに測定方法が異なるので注意。

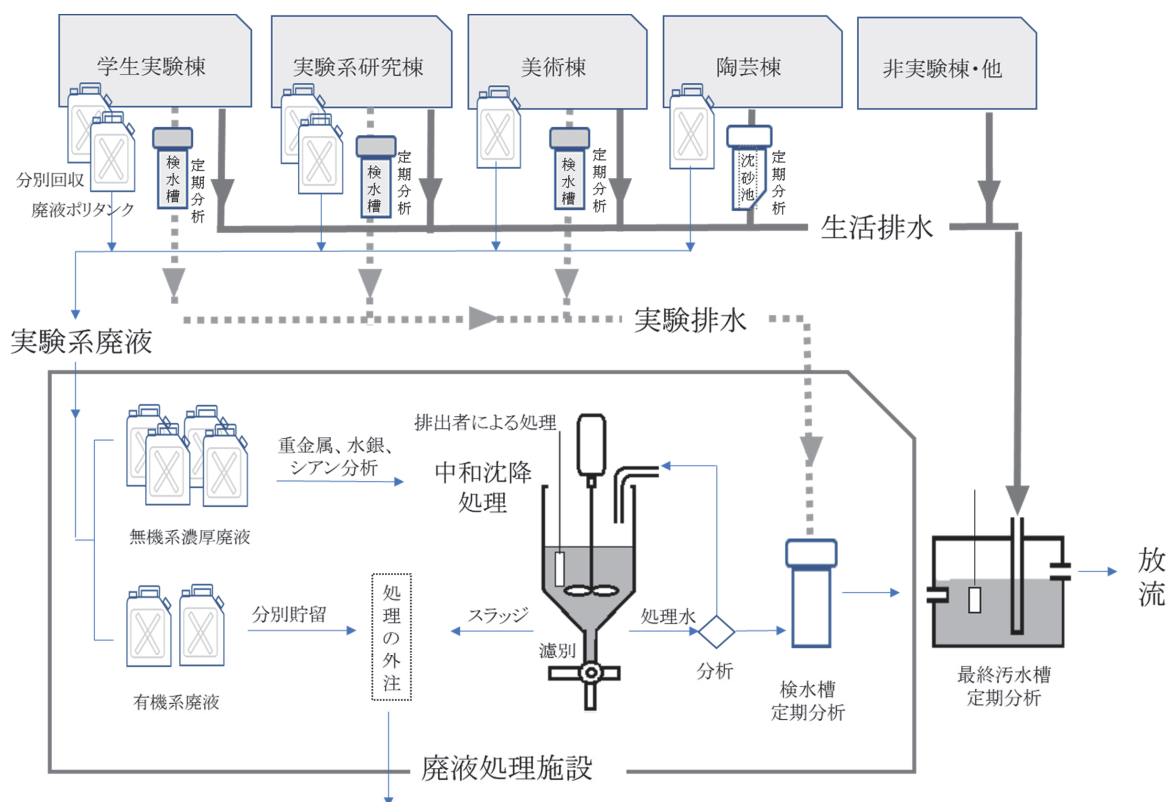


図2 実験室で発生する廃棄物の扱いに関する法律

無機系濃厚廃液（表1の規制金属類を含む濃厚な廃液）の処理を行う場合は、予め筆者がJIS工場排水試験法に基づいて原液分析を行い、含有する規制金属の種類と濃度を特定し、排出者（廃液を持ち込んだ者）と共に除害処理の計画を立てる。その後、排出者が施設内の処理装置を用いて自動処理（中和沈降・凝集処理）を行う。自動処理が終わると規制金属を含む沈殿が反応槽底部に沈積するので、これをろ布で濾別し風乾させてスラッジとして委託業者へ渡す。また、濾別後の上澄み液については、成分分析により有害成分を含まないことを確かめ、液性（pH）を調整したのち放流する。上澄み液が排水基準（排除基準）を満たさない場合は、上澄み液の除害処理を繰り返す。

水銀を含む廃液については、水銀の排出・排除基準が厳しく、他の廃液と区別して水銀専用容器に貯留する。廃液が水銀化合物のみの場合は、処理をすることなく処理業者へ渡す。廃液中に水銀が微量でも混じっている場合には、他の有害物の影響を勘案した上で、水銀吸着材を用いた処理を行い、水銀成分濃度を基準以下に除去し放流する。

シアン廃液については、シアン化ナトリウム、シアン化カリウムなどは次亜塩素酸ナトリウム/アルカリによる酸化分解で除去する。フェロシアンやフェリシアンの廃液は、鉄イオンなどを加え、難水溶性の金属化合物（固体）として除去している [参考文献4]。

(2) 排水の監視

図2に示すように、学生実験棟、実験系の研究棟、及び美術棟（油絵具材に含まれる重金属を扱う）からの排水は実験排水として一般棟（文系棟など）からの生活排水と区別している。実験排水については、実験系の各棟に検水槽をもうけ、月1回の割合で定期分析を行うと共に [参考文献3,4]、実験排水を廃液処理施設に集め、含まれる希薄な酸やアルカリを中和し、次いで微細な固形物を沈降させて上澄み液を放流している。陶芸棟では土壌や釉薬などを使用することが多いため、棟の排水口に沈砂池をもうけており、沈砂池の上澄みの定期検査を行っている。

3-2. 学校における廃液の扱い

小学校、中学校および高等学校の実験室から出る廃棄物の処理は、それぞれの学校に用意されている処理マニュアル（仮称）に沿って行われている。しかし、教員の中には「この場合の廃棄物の処理をどのようにしたらよいか」、「保管の仕方や廃棄の分別はこれでよいか」、「通常のゴミと一緒に捨ててよいものか」、「学校に、古くから中身が不明な廃液があるが、どう扱えばよいか」など、判断に困る場合も多く、よく筆者へ質問が寄せられる。ここでは質問の多い廃液の扱いについて、コンプライアンスの観点から留意点を述べる。

- ①酸やアルカリ（塩酸、酢酸、硫酸、硝酸、リン酸、水酸化ナトリウムなど）は希釈後、中和して流しに捨てる。器具の洗浄などに使った水は、器具の汚れの程度にもよるが、少なくとも1次洗浄水（1回洗浄に用いた水）は廃液と一緒に回収する。
- ②廃液の回収には、耐薬品性に優れた素材の容器を用いる。容器には、廃棄物の内容を示すカードなど（耐薬品性に優れ、腐食せず、文字や情報が長期を経ても消えない素材のもの）を貼り、委託を受けた処理業者が内容を判別しやすいようにする（図3）。
- ③種類の異なる廃液をむやみに混合してはならない。廃液の混合により毒性のある気体が発生したり、危険物が生成する可能性もある。また、廃液の種類によっては、業者による除害処理が手間取り処理費用もかかるなど、様々な弊害が出る可能性もある。
- ④廃液の長期保存（例えば数年を経過）は、あまり好ましくはない。可能であれば、貯留が少量であっても、年一度の割合で処理業者に処理を委託すべきであろう。

以上に述べた①から④の留意事項は、環境安全の立場（教育的立場）からも重要である。例えば、「酸やアルカリは中和して流す」という単純な操作であっても、流れる先の水環境を守る、水中生物浄化に負荷を与えないという意味で、広域的な環境保全に目を向ける考え方に基づくものである。

毒物と劇物については、毒物及び劇物取締法の規制（厚生労働省）に従って処理しなければならない。学校の実験室では、毒物や劇物の試薬単体を直接扱う

廃棄物貯留カード

容器番号	貯留者名
貯留場所	貯留期間
無機系廃液 分類番号	液性pH
含有金属 該当するものに印を付けること (確実 ○ 不確実△ 含まれない×)	
Hg As Fe Cu Zn Mn Cd Pb	
陰イオン等	
CN ⁻ F ⁻ Cl ⁻ NO ₃ ⁻ SO ₄ ²⁻	
有機系廃液 分類番号	
含有化合物名	
含水量 約 %	
酸・アルカリの有無 有 無	
その他	

図3 廃液保管カード（宮城教育大学の場合）

（試薬ビンから直接秤量するなどの操作を行う）場合は、自治体などから学校に通知配布されている毒物・劇物の管理マニュアル（仮称）に従って取り扱うことが必要である。毒物と劇物の回収と保管、および処理委託については、薬品ごとに具体的な廃棄方法が厚労省薬務局長通知で示されているので参考にできる（厚労省薬務局関係 Web ページ参照）。また、毒物や劇物の使用においては、前もって届け出等の義務は無いが、届け出を要しない取扱者（毒物劇物業務上取扱者）として取締法で規制されているので、慎重な扱いが必要である。多くの学校で使用される毒物と劇物は、塩酸、過酸化水素、水酸化ナトリウム、アンモニア水、メタノールなどがあり、自治体が各学校に配布しているマニュアルなどに従って処理もしくは保管することが求められている。

4. 環境安全教育

環境安全教育は、①環境安全についての知識を身につける、②安全な取組みができるよう法律や規則に基づく手法と知識を身につける、③活動に伴うリスクを

認識し環境負荷の低減の方法を学ぶ、という目的に合わせて様々な学び方がある。筆者は、実験廃液の処理（体験的取り組み）に座学を組み合わせ、段階的に環境安全行動のスキルを獲得できるよう学習プログラムをつくり、これを学校教員研修や学部学生への講義などで役立てている。以下、環境安全教育プログラムの内容を示す。

----- 環境安全教育プログラム -----

STEP1: 環境安全教育の基礎（環境安全の考え方、安全配慮、自身の責任、コンプライアンス、危険防止、防災緊急時対応、安全管理の在り方の理解）

内容：

- ①天災と人災、防災学習
（日本と外国との習慣的対応の違い）
- ②学校（学びの場）における安全の必要性とその確保
- ③ヒヤリハット体験（包丁の使い方、マッチの使い方、バーナーの使い方、沸騰石の使い方などの体験学習）、不意な事故・予想と防備（事例学習）
- ④日本の公害（4大公害）環境保護（何を保護し）と環境保全（何をどう保全するか）
- ⑤日本の公害防止に関わる法整備
- ⑥環境基本法と関連法令

STEP2: 環境安全活動のスキルアップ（環境安全に配慮した実験の進め方、廃液の少量化、分別と保管についての実習）

内容：

- ①学校における実験事故と対応
- ②実験における生徒指導上の留意点
- ③安全な生徒実験のポイント、失敗の体験と学習
- ④実験の準備、後始末（環境安全行動の在り方）
- ⑤廃液の発生から廃液処理に至るプロセスとリスク

STEP3: 水質分析を通じた環境負荷の状況把握（実験・測定）

内容 [参考文献8,9,10]

- ①自然と人との関係（自然循環系における人の役割、自然への影響）
- ②自然における汚濁と浄化能力の把握、人の関わり
- ③環境の実態を表す指標と自然の中での指標情報
- ④ゼロエミッションとコンプライアンス

STEP4: 環境負荷と環境安全（意識と解釈）(まとめ)

内容：テーマ「実験系廃液の扱いと環境安全教育」

- 対話（グループ討議）による理解・気づき
- ・環境安全の知識（実験と安全）
 - ・法律や規則の知識と安全手法
 - ・水環境の実体（特性・性質）と水質汚濁
 - ・活動に伴うリスクと負荷低減

5. おわりに

学校の理科実験で生ずる廃棄物には、生活系廃棄物と産業廃棄物など多種多様なものがある。特に、有害物を含む実験廃液は、特別に管理を要する産業廃棄物で、汚染防止に関わる様々な法律に従って取り扱われる。

本稿では、学校教員が実験廃液を法律に基づいてどのように扱うかを解説し、その取り組みを含めて環境安全教育の方法を論じた。学校における理科実験の中で、実験廃液の後処理を課題とし、環境保全と環境安全へ目を向けさせる教育は、持続可能な暮らしの実現に向けたゼロエミッションの取り組みと共通した目標をもっている。本稿で述べた「小・中・高校における実験廃液の扱い」は、教員と生徒が理科実験という限られた学習空間の中で、廃液や排水を排出する責任ある立場にあることを自覚し、環境に配慮した安全行動の必要性を学ぶ上で適した取り組みである。

かつて、日本では、環境汚染で多くの尊い人命を失った。大勢の人の生活を破壊し続けた公害を「過去の出来事」として捉えるのではなく、汚染対策としての法整備にみられるように、安全社会を目指すコンプライアンスの意義をしっかりと学ぶべきである。本稿に述べた環境安全教育プログラムは、このような視点で多くの教科指導の中で活用できる。

参考文献

1. 三品佳子, 佐藤敏郎, 宮城教育大学における実験廃水中の有害物質について, 宮城教育大学紀要, Vol.18, pp. 15-23 (1983).
2. 佐藤敏郎, 三品佳子, 実験室廃液の金属除去における予備処理について, 宮城教育大学紀要, Vol.25, pp.15-21 (1990).
3. 三品佳子, 池山剛, 村松 隆, 丸山雅男, 宮城教育大学実験廃

- 棄物処理施設の起動状況について（第2報）,宮城教育
大学紀要,Vol.30,pp.13-34（1995）.
4. 玉木洋一,三品佳子,本学の実験廃棄物処理施設の稼働状況
と廃液処理について,宮城教育大学紀要,Vol.46,pp.77-89
（2011）.
 5. 三品佳子,三好直哉,村松 隆,ため池水中の溶存態有機物の
分画と同定に関する実験法の開発,宮城教育大学環境教
育研究紀要,Vol.15,pp.49-55（2013）.
 6. 三品佳子,三好直哉,村松 隆,ため池水中の溶存態有機物の
分画と同定に関する実験法の開発（2）,腐植物質の物性
評価に関する簡易実験法,宮城教育大学環境教育研究紀
要,Vol.16,pp.1-6（2014）.
 7. 三品佳子,三好直哉,村松 隆,閉鎖性ため池の有機汚濁バク
クグラウンド評価に関する実験法,宮城教育大学環境教
育研究紀要,Vol.17,pp.63-71（2015）.
 8. 三品佳子,加藤信也,村松 隆,有機汚濁と濁度の相関評価
のための実験法の検討,水の濁りを観測するための簡
易装置づくりとその利用,宮城教育大学環境教育研究
紀,Vol.8,pp.25-28（2016）.
 9. 三品佳子,視認性を重視した環境科学実験教材の開発とその
利用,宮城教育大学紀要,Vol.52,pp.149-153（2018）.
 10. 三品佳子,閉鎖性貯留池の有機汚濁の原因と特性を解明す
る分析法の開発,宮城教育大学紀要,Vol.54,pp.207-214
（2020）.

（令和3年9月30日受理）

Handling of Laboratory Waste Liquid and Environmental Safety Education in Elementary, Junior High and High Schools

MISHINA Yoshiko

Abstract

Wastes generated in school science laboratories consist of solids and liquids that are classified as domestic or industrial wastes. Laboratory waste liquids containing hazardous substances are classified as special controlled industrial wastes and must be handled in accordance with the laws on waste management and water pollution control. This paper describes how to handle laboratory wastewater in school science laboratories in line with the legal regulations and how to use its handling for environmental safety education.

Key words : Science Experiment, Waste Liquid Treatment, Environmental Pollution Prevention, Pollution Control Law, Environmental Safety Education