

報 告

物質工学実験における安全衛生向上の試み

星井進介¹・小出 学²・坂井俊彦²

¹ 教育研究技術支援センター (Technical Support Center for Education and Research, Nagaoka National College of Technology)

² 物質工学科 (Department of Materials Engineering, Nagaoka National College of Technology)

IMPROVEMENT OF SAFETY-HEALTH ON EXPERIMENTS IN MATERIALS ENGINEERING

Shinsuke HOSHII¹, Manabu KOIDE² and Toshihiko SAKAI²

要旨

大学及び高専は、平成16年度に独立行政法人化されて労働安全衛生法が適用になったことから、環境安全衛生面への適切な対応が求められている。本報では、環境安全衛生への取り組みについて物質工学実験における種々の試みを述べると共に、大学等の他機関での取り組み状況を報告する。安全衛生向上の取り組みとして、(1)薬品管理、(2)廃液処理、(3)実験内容の見直し、(4)学生実験ウェブ資料作成、(5)安全衛生説明講習の五つの項目について概説した。薬品管理ならびに廃液処理は、本校規程集に定められた規程に基づき適切に処置されている。また、安全衛生向上の観点から学生実験の内容見直しを実施し、学生実験支援用のウェブサイトを作成して、安全衛生に関する説明講習を行い安全な実験実施に係わる情報を提供している。さらに、種々の資料をもとに他機関における薬品管理、廃液処理、事故事例報告の検証を行った。これらの様々な取り組みが実践的な安全衛生向上や実験の安全確保に活かされ、実験等に係わる学生や教職員の安全性確保への寄与が期待される。大学等の機関では事故発生の潜在的危険性が高いことが指摘されており、専門分野に依拠した知識や技術をもとに安全衛生向上に関する試みを進展させることが重要である。

Key Words : *experiments in materials engineering, management of chemical reagent, waste water treatment, safety-health*

1. 緒言

平成16年4月からの独立行政法人化に伴って大学や高専も労働安全衛生法の適用を受けるようになり、従前にも増して安全衛生や環境への配慮といった観点を重視して教育研究や実験等に取り組む必要が生じている。長岡工業高等専門学校(以下、本校と記す)は平成16年の新潟県中越地震による被害を受け、

その後の復興工事を経て、新たに学生実験室等も改修された。実験室等は今日的な実験環境に改善されたが、これら施設面での整備と併せて実験に係わる担当者による安全衛生の向上への取り組みにおいても様々な改善が実施された。労働安全衛生法が適用されたことに伴う対応については、国内最大の化学系学会である日本化学会や大学の研究者からの提言・報告もあり^{1), 2)}、各機関における適切な対応が

求められている。

実験上の安全については、安全教育に関すること^{3,4,5,6)}や実験での事故例^{7,8,9)}等、種々の報告がある。一般に化学系の実験においては、実験担当者は実験内容に関する注意はもとより、他の分野の実験・実習とは異なる安全性という観点からも多くの注意を必要とする。また一方で化学に関する安全知識等は決して一部の専門分野だけに係わるのではなく、環境問題が注目される中で廃液処理や薬品管理等の環境・安全・衛生に関する意識が高まっていることから、化学を専門とする者以外にも化学的知識の必要性が謳われている¹⁰⁾。

本報では化学系実験の重要性に鑑み、物質工学実験における適正な薬品管理や廃液処理の取り組み、実験上の安全等の安全衛生向上への試みを述べると共に、他機関での取り組み事例を挙げて検討・検証した結果を報告する。

2. 安全衛生向上の取り組み事例

本項では、筆者らが実験担当者として係わる物質工学実験(物質工学科3年生無機化学実験ならびに4年生物理化学実験)における安全衛生向上の取り組み及び実験の改善事例として、薬品管理、廃液処理、実験内容の見直し、学生実験ウェブ資料作成、安全衛生説明講習の五つの項目について述べる。

2. 1 薬品管理

学生実験で使用される薬品は、本校規程集の「毒物及び劇物取扱要領」(平成10年6月制定)ののっとり管理されている。当該規程には劇物等の管理として、施錠できる金属製の薬品庫に保管した上で「毒物等使用簿」を作成し、その使用簿に使用量や現在量等を記載するよう定められている。規程に従い、劇物等の薬品は施錠可能な金属製薬品庫に保管している(写真-1)。また、規程には定められてはいないが、劇物以外の一般試薬に関しても学生実験室改修時に設置された施錠可能な保管庫内にプラスチックケースに入れた状態で保管されている(写真-2)。従前より規程に定められていることから劇物等に関しては金属製薬品庫にて管理保管を実施してきたが、管理規程の無い一般試薬の保管状況は、改修前の実験室においては写真-3のような状況であった。一般試薬に関しても、消防法に基づく危険物の指定等、劇物毒物以外の規制があり、施錠できる保管庫に収納して万が一試薬びんが倒れた際にも被害を最小に抑えることができるようプラスチックケースに入れ

る等、安全面に十分配慮した上で管理保管することが適切であろう。

また、薬品管理ならびに安全管理上、不要な薬品や使用量を勘案した上で過剰な薬品を処分する等、



写真-1 劇物等薬品庫



写真-2 一般試薬保管庫(実験室改修後)



写真-3 一般試薬保管庫(実験室改修前)

保管する薬品量の削減を実施した。不要かつ過剰な薬品を削減することにより、安全性の向上と実験環境の改善につながることを期待される。

2. 2 廃液処理

実験等で生じる有害な化学物質を含有する廃液は、「廃水処理管理運営要領」(昭和56年制定)等の規程に基づいて管理されている。廃液は表-1に示した全9種類に分類される。それぞれの廃液種類に分けてポリタンクに貯留して一時貯蔵所で保管した後、貯量に応じて外部の専門業者によって搬出され処理されている。

9種類の廃液の中で排出される量が多いものは、一般無機廃液と一般有機廃液である。表1より各種廃液の1リットルあたりの処分料を見ると、一般無機廃液は約300円、一般有機廃液は約400円である。廃液の排出量は、無機化学実験では一般無機廃液が約40リットル、物理化学実験では一般無機廃液は約100リットル、一般有機廃液は約8リットルであった。使用薬品や廃液のことも勘案した実験内容の改善や、学生の廃液処理に対する意識向上に向けた適切な指導を通して、排出される廃液の減容化をさらに推し進める必要があると思われる。

排出される各種廃液は、写真-4に示したポリタンクに種類別に分別回収される。平成19年度から廃液用ポリタンクにプラスチック製の受け皿を配置し、廃液のこぼれ、あふれによる汚染防止のための安全対策措置を実施した。

2. 3 実験内容の見直し

実験の際に、原料試薬として有害物質を使用するテーマや反応の副生成物として有害な物質が発生するテーマ等については、その内容の見直しを行い、実験テーマの変更や削除といった対策を実施した。3年生で行う無機化学実験の場合は、一つの実験室内において一クラス40名超の学生が同一の実験テーマを行うために、試薬の使用量や有害物質の発生量が多くなり、その影響が大である。これらの観点から、(1)合成反応に伴い NO_2 ガスが発生するテーマ、(2)塩酸と硫酸から HCl ガスが発生するテーマ、(3)製造した鉛を加熱成形する際に鉛蒸気が発生が懸念されるテーマ、の見直しを行い、これらの実験テーマの変更、削除を実施した。

使用する薬品量が少なかったり、発生する有害ガス等の有害物質が少量である場合は、環境面や安全面への影響も少ない。これらの場合は、学生に対して薬品使用時や廃液処理時の管理指導を的確に実施

表-1 廃液種類及び廃液処理費用

廃液種類	廃液処理費用(円/リットル)
一般無機廃液	250～350
一般有機廃液	300～500
ハロゲン系有機廃液	400～500
シアン系廃液	400～500
ヒ素系廃液	400～500
六価クロム系廃液	300～350
無機系水銀廃液	現物内容評価により算定
有機系水銀廃液	現物内容評価により算定
真空ポンプ用廃油	200～300



写真-4 廃液用ポリタンク

したり、実験室内の換気装置の排出機能範囲内にて適切に室外に排出されることから安全な実験環境を保持することが可能である。しかし、発生する有害ガス等の有害物質が多い場合は適切かつ有効な対応が困難になり、当該実験テーマの見直し・改変を余儀なくされる。物質工学実験室内にはドラフト装置(局所排気装置)が3台設置されているが、一クラス40名超が同一テーマの実験を実施している現状では、計算上、学生実験においては約14名の学生が1台のドラフト装置を使用するかたちになり、学生実験実施時には有効にドラフト装置を使用し機能させることは困難な状況である。

これらの現状を勘案した上で、実験の安全面や環境衛生の面から、さらに実験テーマ内容の見直しや改善を図る予定である。また、5年生で行う学生実験においても水銀(毒物)や四塩化炭素(劇物)といった有害試薬を使用する実験テーマの内容見直しを予定している。

2. 4 学生実験ウェブ資料作成

学生実験の支援用にウェブサイトを作成し、補足

資料等を掲載している (<http://www.nagaoka.ac.jp/mb/hoshii.html>からリンク, 図-1)。当該ウェブサイトでは、実験上の安全のための「安全管理マニュアル-実験・実習を安全に行うために-」、実験レポート提出時に用いる「レポート表紙」の原稿、そして学生実験のテキストや口頭による説明では得られにくい、写真を用いた情報を提供することを目的とした実験の補足資料や実験概要を掲載しており、実際に実験を行う際は、実験テキストを熟読した上でこれらの資料等を参照するよう推奨している。また、化学系実験を行う際に必要な化学薬品に関する情報として、「化学物質・化学薬品データベース」や「毒物及び劇物」, 「MSDS (Material Safety Data Sheet, 製品安全データシート)」等に関するウェブサイトのリンクを設定しており、実際に実験で使用する化学薬品の性状を調査するために利用することが可能である。これら毒物劇物やMSDS等に関する情報・知識は、当該学生実験だけでなく卒業研究や特別研究における実験研究活動においても必要なものであり、情報の検索や利用の仕方を学んでおくことは有用なことである。このような手法を用いて化学物質の使用・管理面における高い意識を有する学生を育成し、輩出することは社会的な要請でもあり、実際に実験研究活動を行う学生自身の安全意識を高め、化学物質の安全かつ適正な管理に注意を払うことで実験研究環境における安全性の改善にも寄与できる。

2. 5 安全衛生説明講習

4年生の物理化学実験を実施するにあたって、学生に対して「実験上の安全と注意」に関する説明、講習を行っている。この説明講習は当該学生実験を安全に執り行うためだけでなく、4年生の後期から各研究室に所属して創造実験に取り組むにあたって、必要な安全衛生等に関する知識を習得すること、ならびに安全衛生意識を高めることを目的として行っている。

この説明講習では、薬品管理、廃液処理、安全衛生の3つの項目について資料を配付すると共にパワーポイントのスライドによる説明を行う。一般に学生実験では実験テーマに従って予め決められた薬品を使用するが、卒業研究や専攻科の特別研究では設定するテーマや研究の進展により種々の試薬を使用することが考えられる。新規の試薬を使用する際には、安全に取り扱うために当該試薬の性状を予め調査し、把握することが必須である。その際に必要となるのが2.4節でも述べたMSDS等の薬品に関するデ



図-1 学生実験資料ウェブサイト

ータベースである。これらのデータベースや文献・資料等の調査を学生自らが自立的に行って使用する薬品の性状を把握することで安全に実験研究が実施できるよう説明をしている。また、実験室で発生する事故の原因について述べると共に、事故例をあげて説明し、安全意識を喚起している。実験には一定かつ最低限のリスクが存在しているが、そのような状況下においても安全性に配慮し、事前に十分な準備と計画を講じることで安全に実験に取り組むことができることを説明において述べている。

3. 考察及び他機関の取り組み報告

前章では、本校物質工学実験における安全衛生向上の取り組みと実験の改善事例を概説した。これらの他にも器具の保管・管理や安全設備面においても改修に伴う改善が実施された。改修前、器具の保管は廊下に設置されていた木製棚で保管・管理されていたが(写真-5)、現在は写真-6のように準備室及び実験室において耐震補強がなされた保管庫にて適正な実験器具の保管・管理が行われている。また万が一、実験中に事故が起こり、薬品が着衣に大量に付着する等した場合には、直ちに多量の水で洗い流す

必要がある。その際には緊急シャワー(写真-7)を使用する。これらの安全設備も改修に伴い整備された。

第2章のような本報告での事例と同様に、他機関において実施された様々な取り組みも報告されている。第3章では他機関の事例を概観し、本報告での



写真-5 器具保管庫(改修前)



写真-6 器具保管庫(改修後)



写真-7 緊急シャワー

取り組み事例と併せて検証を行う。

独立行政法人化以降、本校と同様に多くの高専や大学においても安全衛生への積極的な取り組みが進められている。得られた成果は「大学等環境安全協議会」等の各種研究会、各高専・大学から発行される技術報告集・環境報告書等で報告されている。

「大学等環境安全協議会」は、独法化後の高専や大学等における環境・安全マネジメント、安全衛生管理及び環境安全教育に関する管理の方法、技術及び教育に関する研修、ならびに環境保全施設や安全衛生管理組織等の管理運営に関する諸問題について協議し、適切な運営を図ることを目的とする会である¹¹⁾。環境安全の実務上の諸情報ならびに環境安全施設等の管理運営に関する技術研修会を開催したり、各校から寄せられた環境・安全・衛生・廃液等についての問題点や改良点をまとめた安全衛生管理技術の向上のための事例集を発行する等の活動を行っている¹²⁾。また、「機器・分析技術研究会」では平成17年度から安全衛生に関するセッションが設けられ、高専や大学における安全衛生への取り組みに関する発表・報告が行われている¹³⁾。以下、他機関における様々な安全衛生の取り組みの中から薬品管理、廃液処理、事件事例の三つの項目について述べる。

【薬品管理】秋田大学における適切な薬品管理ならびに不要薬品の廃棄処理に関する検討結果が報告されている¹⁴⁾。小柴らは、薬品管理のためにバーコードを用いた薬品登録管理システムの導入・運用を実施した。また、5年間未使用の試薬を不要薬品としてリストアップし、MSDS等の安全性に関するデータに基づいて薬品の物性や危険有害性、廃棄上の注意点を把握した上で不要薬品の分別廃棄処理を行った。薬品管理に関しては、東京大学環境安全研究センターが大学内の化学系実験廃棄物の回収、処理を実施する旨の報道がなされた¹⁵⁾。大学内から化学系実験廃棄物を一掃することを目指して試験的な取り組みを実施し、適切な処理方法や作業者の安全性確保の方法等の見極め、検証を行うものである。若杉は、横浜国立大学において実施した「環境・安全管理のための化学物質ガイドブック」の作成と配付に関する事例を報告している¹⁶⁾。教職員及び学生が化学物質に関する知識を習得し、その知識を大学内における環境安全管理業務に活かすことを目的としてガイドブックが作成された。環境安全に関する管理業務においては化学物質についての種々の知識が必要であり、これらの基礎知識と併せて、労働安全衛生法や化学物質管理に関する法規の解説も含む内容

になっている。また、教職員及び学生に対する環境教育の実施が重要であり、部局や職種を越えた組織横断的な共通認識をもって適切な環境安全管理活動に取り組むことが肝要であると述べている。

【廃液処理】 広島大学の環境安全センターは、旧中央廃液処理施設を発展的に解消して設立されたものである¹⁷⁾。この環境安全センターは、廃液の回収処理に加えて廃棄物管理を含めた環境管理、総合的な環境教育、労働安全衛生法に対応した安全管理業務や安全衛生教育、作業環境測定、環境や安全衛生に関する研究等を行っている。そして、廃液処理における安全で適正な処理方法の検証を行い、従来の廃液回収システムが有していた4つの課題である(1)廃液の分別、(2)廃液の貯留、(3)事務手続き、(4)廃液回収方式の改善に取り組んだ結果、作業担当者の負担と安全衛生リスクが低減したこと、容器からの揮発廃液成分による健康障害リスクが低減したこと等の効果が認められたと報告している¹⁸⁾。

【事事故例】 川泉による名古屋大学工学研究科における専攻別の事故発生数と事故要因の報告⁷⁾では、化学系での事故の発生率は他の分野と比べて2倍以上であることが述べられている。そして、事故防止・軽減のためには、(1)ガラス器具等の器具類を正しく使用すること、(2)薬品類の取扱いに留意すること、(3)軽微な事故が直ちに重大な事故に結びつかないように施設・設備を整備することの3点を挙げている。その他の事故例に関しては、臼井による学生実験に関する事例⁹⁾、田中らによる有機合成実験に関する事例の報告¹⁹⁾がある。

前述の2.5節で示した「安全衛生説明講習」において、物質工学科4年生に対して実験上の安全と注意に関する説明を行うと共に、「実験中に危ないと思ったことや、ケガをしそうになった状況」についてのアンケートを実施している。いわば学生実験における「ヒヤリ・ハット事例」に関する調査といってもよい。そのアンケートの平成17年から19年の3年間分の結果に関する検証を行う。アンケート調査対象学生(124名)のうち、実験中に危ないと思ったことがある、と回答した割合は57%であった。危ないと思った内容は、ガラス器具等の器具類の破損や実験機器に関するものが54%、薬品の取扱いに関するものが43%であった。その他は、実験環境の狭隘さを訴えるもの、換気や空調不足による暑さを訴えるものであった。この割合は、理系大学生を対象とし

た実験事故要因調査の結果(ガラス破損や機器使用ミスによる事故：49%、薬品による負傷：43%)と近いものであった²⁰⁾。

本校において実験等に関連して発生した事故の内容や件数について総括的な報告や検討が行われているかは不明だが、他機関での事故事例の検証等によって十分に安全面に配慮して適切な実験運営に取り組むことが肝要である。一般的に環境安全衛生や実験実施上の安全性向上に関する事項として、以下の三つの項目が挙げられる。

- (1) 安全衛生管理向上と安全教育に係わる実践的かつ継続的な改善の取り組み
- (2) 安全衛生に配慮した環境で物質・化学系実験が実施できる諸設備の整備
- (3) 当該分野に係わる専門知識・技術を有する実験担当スタッフの確保

本報では、上記三つの項目のうち、(1)の項目についての取り組みと改善事例を述べた。(2)及び(3)項に関しては、実際の現場での実験担当者だけではなく、学校全体として組織的に取り組むべき課題であろう。独立行政法人化に伴い、安全衛生面における物質・化学系実験の専門性ならびに特殊性に鑑みた従来以上の適切な対応が求められている。

4. 結言

物質工学実験における安全衛生向上への取り組みを報告すると共に、多くの資料をもとに他機関の事例を述べた。学生実験をとおして安全衛生や薬品の取扱いに関する適正な知識を得ることが、卒業研究や特別研究における実践的な薬品管理や実験実施上の安全確保に活かされ、さらに環境や安全衛生に対して高い意識と配慮を持つ技術者ならびに研究者への素養となることが期待される。安全衛生に関する知識習得と意識向上を目的として、学生実験における教育面での指導と併せて安全衛生や環境面にも対応した取り組みが必要であろう。木下は、大学等の機関では、(1)使用する化学物質の種類が多いこと、(2)使用者の多くが学生であること、(3)使用状況が非定常的かつ多種多様であることから、企業等と比較して事故発生潜在的危険性が高いこと、を指摘している²¹⁾。このような状況下において教育機関での安全衛生や実験上の安全に関しては、実験担当者として専門分野における知識・技術を活かして種々の取り組みを進め、さらに向上・発展させることが必要である。しかし、実験担当者が直接的に関与できる領域は限られており、施設設備や人的整備等の

面では組織全体としての適切な対応が期待される。環境安全衛生に関する問題については社会的な関心も高く、常日頃からの安全かつ適切な対応が肝要であり、今後とも環境面や安全衛生に留意した実験の実施に努めていくことが求められている。

参考文献

- 1) 鬼木裕之進：安衛法の適用にどう対応するか，化学と工業，第57巻，第4号，pp.419-422, 2004.
- 2) 玉浦 裕：化学実験室の環境安全マネジメント，現代化学，11月号，pp.54-57, 2005.
- 3) 小林賢三：大学学生実験現場における有害物質の取扱い，化学と教育，44巻，5号，pp.294-297, 1996.
- 4) 友岡克彦：東京工業大学におけるCOE化学・環境安全教育，化学と教育，53巻，8号，pp.454-457, 2005.
- 5) 中森建夫：化学実験で起こる事故と対処法，化学と教育，53巻，9号，pp.504-507, 2005.
- 6) 片倉勝己，石丸裕士，大西康幸，泉 生一郎：3年生の物質化学工学実験を通じた技術者基礎教育の実践，論文集「高専教育」，第30号，pp.401-406, 2007.
- 7) 川泉文男：「実験マニュアル」依存主義からの脱却，化学と教育，53巻，6号，pp.346-349, 2005.
- 8) 川泉文男：身近に見聞きした事故と“危ない体験”，化学と教育，53巻，7号，pp.394-397, 2005.
- 9) 臼井 瑩：化学系実験中の事故事例集の作成と安全指針の模索，鳥取大学工学部技術部報告，第3集，pp.15-34, 2004.
- 10) 岡野 寛，一森勇人：一般教科としての化学教育のあり方，論文集「高専教育」，第27号，pp.369-373, 2004.
- 11) 大学等環境安全協議会ウェブサイト，
<http://www.daikankyo.esc.u-tokyo.ac.jp/index.html>
- 12) 大環協実務者連絡会企画プロジェクト：大学等における労働安全衛生改善事例集，2007.
- 13) 機器・分析技術研究会ウェブサイト，
<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/tew/kikibunseki/>
- 14) 小柴佑介，鈴木雄二：化学系実験室における不用試薬の廃棄処理の取り組み，平成17年度実験・実習技術研究会報告集，pp.149-150, 2005.
- 15) 日刊工業新聞，2007年12月19日.
- 16) 若杉 圭：環境・安全管理を目的とした化学物質取り扱いマニュアルの作成，平成18年度機器・分析技術研究会報告，pp.31-32, 2006.
- 17) 坂下英樹：環境安全センターの業務について，広島大学技術センター報告集，第1号，平成16年度，pp.118-121, 2004.
- 18) 坂下英樹：新しい廃液回収システム，広島大学技術センター報告集，第2号，平成17年度，pp.75-78, 2005.
- 19) 田中陵二，松本英之：実験室の笑える?笑えない!!事故事例集，講談社，2001.
- 20) 日本化学会編：化学実験の安全指針 改訂2版，丸善，pp.24-27, 1979.
- 21) 木下知己：教育・研究機関の化学物質管理ネットワークについて，大学等環境安全協議会会報，第25号，pp.14-18, 2008.

(2008. 9. 3 受付)