

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560082

研究課題名(和文) 体験型学習・実習・講義の組み合わせによる効果的環境安全教育手法の創成

研究課題名(英文) Construction of a comprehensive, effective and concrete education method for environmental safety

研究代表者

辻 佳子(Tsuji, Yoshiko)

東京大学・環境安全研究センター・准教授

研究者番号：10436529

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：大学等では環境安全分野での、広い視野を持ち、思考力・実践力を身につけた課題解決型人材の育成が期待されている。本研究は、化学物質・高圧ガス・寒剤を取り扱う実験における危険要因の抽出をはかり、実験研究者がリスク管理を自発的に行う教育手法の創成を目的とした。実習コンテンツとして、化学物質取扱いを対象としたヒュームフード実習教材、化学物質の飛散および液体窒素漏えい時の危険性と適切な初対応を考えるための教材を作製した。データに基づく教育教材は、座学で得た知識を、自分自身の問題として実践的な知識にすることに効果的であることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Universities are tasked with producing talented people to the society, who have the knowledge and ethical outlook to practice and promote environmental safety. In this work, we extract risk factors in experimental researches using chemical substances, high pressure gas, and liquid cryogen, and aim to construct a comprehensive, effective and concrete education method, in which researchers can manage risks on their own initiative. We designed on-site education tools of fume hood for chemical users, educational materials to learn risks and initial appropriate treatment in case of dispersion / scattering of chemical substances and the spill of liquid nitrogen and so on. We found that people provided these educational materials based on experimental data could understand from the data the hazards and consider good practices for handling hazardous substance and translate theoretical knowledge into applied knowledge.

研究分野：環境工学・反応工学・材料工学

キーワード：工学教育 環境安全教育 実習 危険有害物質

1. 研究開始当初の背景

技術立国を支える理工学研究推進において、実験研究の環境安全確保が前提であることは誰もが認めることである。大学においても、「自己の安全確保と環境への配慮」はすべての構成員の責務である。研究・教育が安全に遂行されるための管理・教育については、旧国立大学・研究所の法人化に伴い労働安全衛生管理体制が整備されつつあり、構成員に対する安全教育の実施が進んでいる。しかし、実際の研究・教育現場における事故発生件数や傾向など安全状況の実態は、法人化前と比較してほとんど変化がない^[1]。大学では、構成員が学部生、大学院生、研究員、教職員や学外からの研究員と多岐にわたっており、国際化も進み、流動性も高い。

学術研究の専門性、新規性、多様性に鑑み、大学での環境安全教育は、産業界での労働安全衛生管理のための作業手順の標準化とその徹底に主眼を置いている教育（講習）手法とは本質的に異なる、新しい手法が必要である。現段階では、国内外を通し、大学の環境安全を担保する統一的な教育プログラムは存在しない。そこで、研究代表者らは個々の研究者の規則や規制の遵守にとどまらず、研究者自らが環境安全を自分の問題として捉え、自発的に考えるようになるための、合理的かつ実効的で具体的な教育プログラム構築を提案している^[2]。このプログラムでは、あらゆる分野にも適用できるマニュアルを求めるのでは実効性が薄く、各分野に対応可能なフレキシビリティを考慮することが要求される。また、学生に教育したつもりでいることが必ずしも定着していないといった研究・教育現場での問題点を充分考慮した上で、研究者の環境安全に対する素養および感覚を育成しつつ、研究・教育現場の安全向上に役立つ教育プログラムを開発することが重要と考えている。

[1] 平成 22 年度環境安全本部年報。

[2] 辻、環境安全 137, p4-7 (2013)。

2. 研究の目的

大学における環境安全教育では、産業界の生産活動とは性質が大きく異なり、(1)研究教育の新規性・多様性を保証した上での環境安全レベルの向上とコンプライアンス、(2)環境安全に対する知識・倫理感を満たした人材の社会への輩出、が求められる。本研究では、実験研究、特に化学物質を取扱う実験の危険要因の抽出をはかり、実験研究者自らが実験作業の環境リスクおよび作業の危険性を自発的に認識し、適切な作業環境で実験研究活動を遂行することを支援するための、合理的かつ実効的で各専門分野に対応可能なフレキシビリティを考慮した教育手法の創成を目的とする。具体的には、作業中の実験者が自らの置かれるダイナミクスな環境を知り危険を疑似体験する体験学習・実習と講義を組み合わせたプロトタイプを作成し、その

教育効果を評価する。

3. 研究の方法

(1) 化学物質取扱い者向けヒュームフード実習

化学物質を取扱う際には「保護具を着用の上、ヒュームフードでの作業を行うこと」ということは、講習会や講義等でもよく教えられることであり、研究者は頭の中ではよく分かっていることである。しかし、ヒュームフードの正しい取扱い方法を理解している研究者がどれほどいるであろうか？「ヒュームフード使用実習」では、透明 PVC 製のヒュームフードにおいて、スモーク発生装置を利用した気流の可視化を検討する。給気量・排気量・ヒュームフード開口面積などをマニュアル操作で変化させたときの気流の状態変化を、観察により理解出来る実習を作成する（図 1）。

(a)



(b)



図 1. 化学物質取扱い者向けヒュームフード実習教材の(a) イメージ図と(b) 実際の教材

普段は見えない気流を可視化することにより、局所排気装置の使い方を間違えると、実験作業者は化学物質起因の有害な気体にばく露することになるということ、体験的に理解する実習である。また、面風速の測定を行い、作業エリアにおける面風速のマッピングをすることで、気流の数値化を検討する。上記可視化情報との組み合わせにより、法規で定まっている作業環境条件の意味を理解するための実習である。この実験に、ヒュームフードの構造に関する講義などを組み合わせて実施すれば、理解はあっというまに深まると期待される。

(2) 化学物質飛散による被害の評価

本学過去5年間の事故のうち実験に関係する事故435件についてその要因を検討すると、化学物質に起因する事故が40%を占めている。また爆発火災事故に至るものは、特に、化学物質に起因することが多いのが顕著である。危険有害物質である化学物質では、白衣をはじめとした実験時の着衣、床、実験作業台に飛散した際には、それらの耐薬品性や場合によっては引火性が、リスクとして挙げられる。

そこで、薄膜半導体プロセスでよく用いられる薬品について、材質の耐薬品性や引火性を評価し、映像として教育教材にすることを試みた。

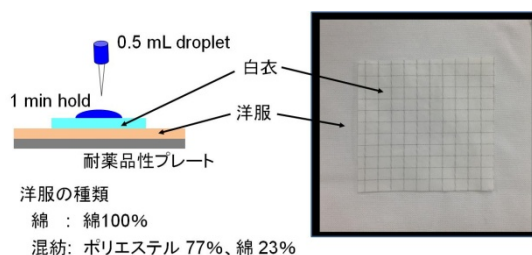


図 2. 洋服と白衣の組み合わせによる耐薬品性評価方法

(3) 液体窒素に関する危険性

液体窒素は気化した場合には膨大な体積（約700倍）となり圧縮ガスと同様に窒息の危険性が高く、極低温であるために凍傷等の事故が起きることは、実験研究者は知識としては誰でも知っている。しかし、実験中に比較的起こりやすい事例として液体窒素を床に漏えいした場合を考えると、その最適な初対応が何であるかを自分にも起こりえる事故として考えられる人が少ないであろう。

そこで、エレベーター程度のサイズの空間における液体窒素漏えい（漏えい体積：1, 3, 10 L）実験を行い、実験者に対する温度および酸素濃度の影響を測定した（図3）。

さらに、液体窒素に関する本学での事故内容を精査すると、約半数が凍傷事故であることがわかった。そこで、適切な保護手袋を実験するための教材として、各保護手袋装着

時の指の温度を手の模型を使って実測することにより教育教材を作製した（図4）。指と手の甲に熱電対を設置し、ロガーにて経時変化を測定した。

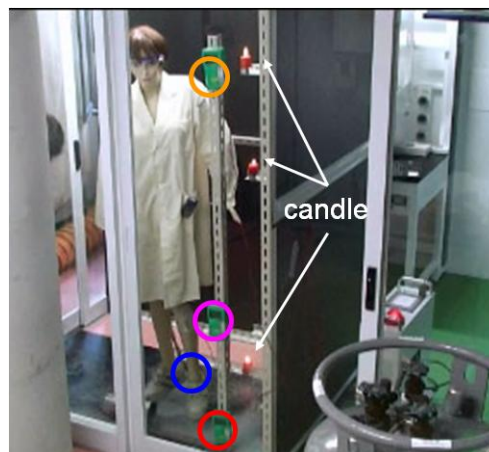


図 3. 液体窒素漏えい時の環境評価方法



図 4. 液体窒素が保護手袋を装着した手にかかった際の温度変化測定手法

4. 研究成果

(1) ヒュームフード実習

本実習教材について、約500人の本学構成員が概要を理解し、また、10人が実際に詳細な実習を行った。ヒュームフードは実験室からは本体しか見えない研究現場が多い中、本教材によって、ファンモーター、排ガス処理装置（湿式スクラバ、乾式スクラバ）の意味を理解するのみならず、研究現場では自らが使っているヒュームフードが屋上等に設置されているどの種類の排ガス処理装置に繋がっているかを確認することの重要性を実習者自らが気づくことが出来た。また、ヒュームフード内に障害物が置かれたときの気流の乱れにも実習者自らが気づくことができ、自主的リスク管理のマインドを育成するための教材として効果があることが確認できた。

(2) 白衣への化学物質飛散

綿100%のTシャツの上に各種白衣を着た際に化学物質が飛散したときの耐薬品性の実験結果の一例を図5に示す。有機溶媒については、目視および光学顕微鏡観察による材質の変化は特に観察されなかった。しかし、酸性溶液が飛散した際には、Tシャツに穴が

空くほどに薬品が浸透していくことが明らかとなった。特に、実験室における半導体プロセスで基板洗浄に頻繁に用いられる H_2SO_4 と H_2O_2 混合液では、白衣が煤を出して燃える場合もあることを示す映像を教材化した。

これらの教材を実際に見た学生をはじめとする研究者は、白衣着用の目的はさまざまであるが、白衣には万能なものが存在するのではなく、自らが着ている白衣の素材の特性を理解しておくことが重要であることを理解するに至った。

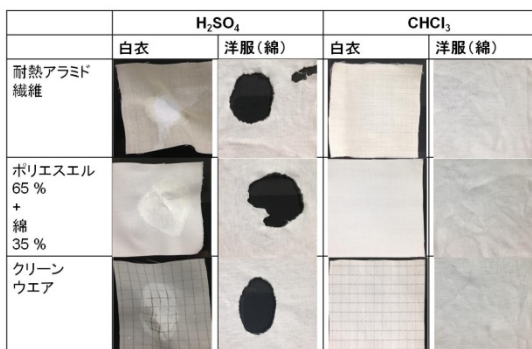


図 5. 各種白衣の耐薬品性評価結果

(3) 液体窒素飛散時の影響評価

液体窒素が手にかかった際、各種保護手袋装着時の手の甲や指の温度経時変化を図 6 に示す。

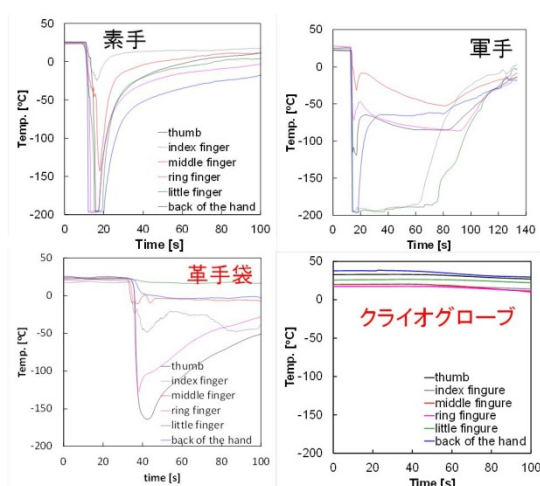


図 6. 各種保護手袋装着時の指・手の甲の温度経時変化

データで示す保護手袋の効果は、一目瞭然で、特に軍手がなぜ非常に危険であるかを示すのに非常に効果的な教材となった。

(4) まとめ

本研究を通じて、データに基づく教育教材は、座学で得た知識を、自分自身の問題として実践的な知識にすることに効果的であることを明らかにした。今後も、座学との組み合わせにより、教育効果の高い教育手法の構築に取り組んでいく。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

[1] Yoshiko Tsuji, Toshio Mogi, Tomohiro Tobino, Yoshito Oshima, “Toward the Comprehensive, Effective and Concrete Program for Environmental Safety Education”, J. Environment and Safety 6, 75 (2015).

DOI: E14PROCO11

[学会発表] (計 6 件)

[1] 辻佳子, 久保田雅則, “大学における環境安全教育プログラム受講管理システムの構築”, REHSE 研究発表会, Mar. 12, 2016, 東京大学 (東京).

[2] Yoshiko Tsuji, “Comprehensive and effective program for environmental safety education in universities”, Pacificchem2015, Dec. 15-20, 2015, (Honolulu, Hawaii, USA).

[3] Yoshiko Tsuji, Kenichi Tonokura, Eumiko Hayashi, “Chemical substances management system at the University of Tokyo”, ACSEL2015, Dec. 1-2, 2015, Universitas Indonesia (Depok, Indonesia).

[4] 辻佳子, 日本化学会, “大学の安全管理と安全教育-東京大学における人材育成型安全教育”, Mar. 25, 2015, 日本大学 (千葉).

[5] 辻佳子, 茂木俊夫, 藤井武則, 大島義人, REHSE 研究発表会, “思考力・実践力習得のための環境安全教育教材創成”, Mar. 14, 2015, 東京大学 (東京).

[6] Yoshiko Tsuji, Toshio Mogi, Tomohiro Tobino, Yoshito Oshima, “Toward the Comprehensive, Effective and Concrete Program for Environmental Safety Education”, ACSEL2014, Nov. 27-28, 2014, The University of Tokyo (Tokyo, Japan).

[図書] (計 1 件)

[1] 辻佳子他, 丸善出版, 化学安全ノート, 2016 (in press).

6. 研究組織

(1)研究代表者

辻佳子 (Tsuji, Yoshiko)

東京大学・環境安全研究センター・准教授

研究者番号: 10436529