

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月12日現在

機関番号：12601
 研究種目：挑戦的萌芽研究
 研究期間：2011年度～2012年度
 課題番号：23650500
 研究課題名（和文） 大学の実験室における化学物質使用実態のモデル化と化学物質管理手法の提案
 研究課題名（英文） Approach for new method of chemicals management based on modeling of utilization of chemicals in university laboratory
 研究代表者
 林 瑠美子（HAYASHI RUMIKO）
 東京大学・環境安全本部
 研究者番号：50508421

研究成果の概要（和文）：

本研究では、大学の実験系研究室において実験者は化学物質の危険性や特性をどのようにとらえ、どのように使用しているのかを定量的に表現するため、アンケート調査や、実験室内の化学物質の位置・濃度の計測実験などを行い、その有効性を示した。これらの手法は、研究者がもつ判断軸や化学物質使用実態を定量的に表現するだけでなく、実効的な化学物質管理及び効果的な教育手法を提案するために重要な情報となると考えられる。

研究成果の概要（英文）：

In order to describe quantitatively how the users in university laboratory recognize the chemicals risk and property, and how they treat chemicals, we conducted a questionnaire survey, a measurement of concentration of organic solvents in a laboratory environment, and a data logging of reagent position in laboratory. It was shown that these methods were appropriate not only for quantitative description of laboratory and experimenters' recognition of chemicals to prevent risks in experiments, but also they will be essential information for practical and reasonable management method of chemicals and effective educational method for experimenters in university laboratory.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：化学教育・教育工学

キーワード：科学高等教育、大学実験室管理、化学物質管理、安全教育、リスク評価、作業環境管理、アンケート調査

1. 研究開始当初の背景

大学の実験研究室における化学物質の利用者は、主として初学者を含めた学生であり、安全な実験環境を保つためには管理体制の整備や安全教育が必要となる。国立大学の法人化以降、大学の安全管理体制は見直されつつあり、化学物質管理についても強化の流れにあるものの、大学で扱われる研究分野は非

常に多岐にわたること、常に新規性や先端性が求められるため非常作業が多いことなどから、一律の管理手法や教育内容で大学全体の安全を管理することには矛盾がある。従って、多様な研究現場における化学物質の使用状況の個性に合わせた、合理的な管理手法や教育手法が必要である。たとえば、大学では数多くの化学物質に起因する事故が起き

ているが、法令は必ずしも事故を防ぐに十分なではない一方で、一法人として、大学の実態に即していない過剰な法対応が求められる面も指摘されており、実験内容ごとのリスクに応じた化学物質管理手法が求められる。しかしながら、これまでの手法では、大学のように多様で新規性の高い実験作業に応じたリスクを定量的に評価する手法は確立されていない。

多くの大学では、コンピュータ支援の薬品管理システムを導入している。東京大学では平成 17 年より学内すべての研究室が、同一の薬品管理システムへ試薬の登録を行っているが、システムに登録すれば化学物質取扱リスクが低減するというわけではない。申請者らは、東京大学の化学物質管理を推進する立場にあり、現場に則した適切な指導を行うことの重要性を日頃実感している。現場の化学物質使用実態を定量的に表現し、そのデータを基に合理的な管理・教育を行う手法の確率が望まれる。

2. 研究の目的

本研究では、大学の実験系研究室において化学物質がどのように取り扱われているのかを、実験者の認識、実験作業、実験室の規模などのさまざまな切り口により整理し、化学物質使用実態を定量的かつ実効的なデータとして示すとともに、大学の実験室の状況を再現する「化学物質取扱い実態モデル」を構築することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、研究室の個性に応じた化学物質管理方法を導くための手段として、大学の化学系実験室における実験者の化学物質に対する認識や実験作業の特徴、実験室稼働状況等の定量化について以下の検討を行った。

(1) 大学における化学物質使用実態の平均像の定量化

化学物質の購入量や使用量データ、事故情報を解析し、大学全体の化学物質利用実態の平均像を明らかにするとともに、使用される化学物質の種類分類を行った。

(2) 実験者の化学物質に対する意識・評価軸の定量化

有機化合物の構造式を示し、危険性（「危なさ」、「毒性」、「刺激性」、「引火性」）を 5 段階（5. 非常に強い・高い、4. 強い・高い、3. 中程度、2. 弱い・低い、1. 非常に弱い、低い）で予測してもらった形式のアンケートを行い、実験者が化学物質をどのように捉えて危険性を評価しているかについて

統計的に解析した。

(3) 化学系実験室稼働状況モニタリング

化学系実験室内での実験者の位置情報、化学物質の位置・濃度情報、試薬庫の開閉等の実験室稼働状況をモニタリングする実験を行った。試薬の位置情報や試薬庫開閉情報は RFID タグまたは IC タグを用いて記録した。化学物質の環境中濃度はパッシブサンプラー等を用いて計測した。定点カメラで実験室を撮影し、実験者の動線等を抽出した。これらのデータにより、実験室の稼働状況や試薬使用状況を定量的に表現する方法を検討した。

(4) 作業中の化学物質拡散状況の可視化

典型的な化学物質使用作業を抽出し、それぞれの単位操作の模擬実験を行い、化学物質の拡散状況のリアルタイムモニタリングを行い、作業ごとの暴露実態を定量的に可視化した。

(5) リスク低減へ向けた定量化手法の活用と化学実験室のモデル化の提案

(1)～(4)の結果から、作業者の認識と作業行動、実験室の実態の関係を表現できる「モデル」を構築する手法の検討を行った。

4. 研究成果

(1) 大学における化学物質使用実態の平均像の定量化

ある総合大学において、薬品管理システムの登録内容に基づき、使用量の多い化合物を調査したところ、上位 10 種のすべてが有機溶媒であった。物質ごとに、年間総使用量に対する総保有量を計算したところ、上位 5 種については 0.25–0.37 の値をとり、上位 6–30 位の化合物では 0.32–3.8 まで幅広い値をとった。また、上位 30 種の化合物で、全体の使用量の 84wt% を占めており、これらの試薬の注文から納品までの期間をできるだけ短くすることで試薬保有量が大幅に削減できる可能性がある。このように薬品管理システムの登録データの解析を行うことで、各集団で化学物質の使用・保有状況を数値的に表現することが可能であり、管理や教育に活用できることを示した。

(2) 実験者の化学物質に対する意識・評価軸の定量化

有機化合物の構造式から実験者が感じる各物質の危険性を問うアンケートを行った。アンケートの際に示した化学物質の構造式の例を図 1 に示す。化学系または理系の大学生・大学院生及び教職員を対象とし、対象グループごとに探索的因子分析および相関分

析により解析を行った。

抽出された因子（評価軸）を用いた相関分析を行い、相関関係を可視化したものの一部を図2に示す。因子は集団ごとに異なっており、また、危険性の種別ごとにも異なっていた。次に、相関分析によって漠然と感じる抽象的な「危なさ」と、「引火性」「刺激性」「毒性」といった具体的な項目に関するそれぞれの評価軸間での相関係数を算出した。値を図2中に示す。これらの結果から、初学者ほど化学物質の構造式と危険性の関係の捉え方にばらつきが大きく、学年があがるごとに危なさを判断する評価軸が複雑に形成されていくこと、特に引火性に対する感覚が形成されていくことが読み取れる。一方、指導的立場にある教職員に関しては評価軸の相関が単純であり、構造式から得られる情報の判断基準がある程度固定化し、一般化されて認識されていると考えられる。このように、化学物質の危険性に関する知識の醸成には、構造式との相関が寄与していると考えられる。また、本手法は、集団ごとの化学物質の危険性の捉え方を定量的に評価し可視化するための一手法として期待でき、追跡調査を行うことで判断基準の変化を測定することも可能となると考えられる。本手法は、教育効果測定としての利用だけでなく、安全文化の定量的評価手法としての応用も期待できる。

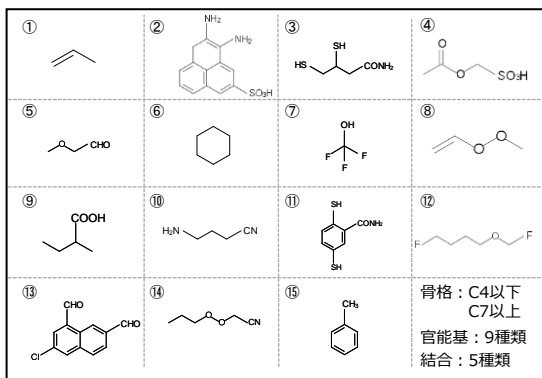


図1 アンケートに用いた15化合物（架空の物質を含む）

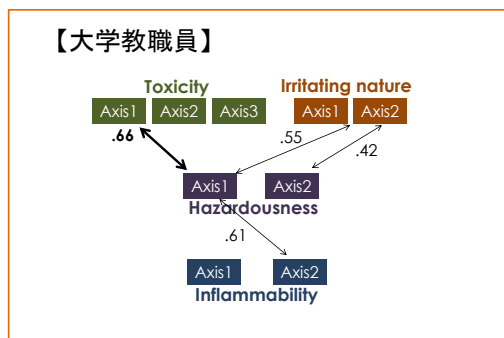
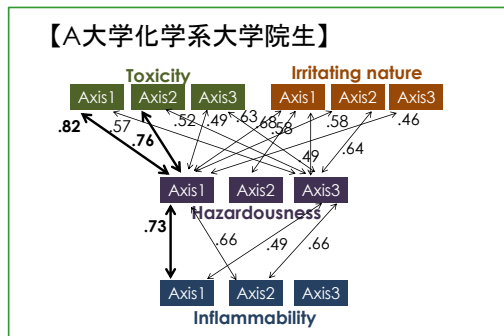
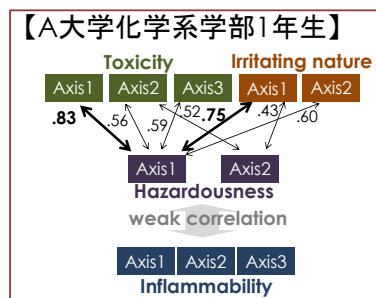


図2 抽出された因子間の相関分析の可視化

(3) 化学系実験室稼働状況モニタリング

実験室という場における化学物質の使用実態を定量的に記述する手法を検討した。本研究では、ビデオカメラやRFIDタグなどを用いた試薬の位置情報などの実験室稼働状況記録と、パッシブサンプラーやガス濃度モニターなどを利用した作業環境中の有機物濃度記録などを組み合わせて実験室内での化学物質の利用状況のモニタリングについての検討を行った。これにより、同室内の他の実験者との関係も含めた化学物質の実験室内での動きを定量的に表現することが可能となった。得られたデータは、実験室の稼働状況の可視化手法としての活用だけでなく、化学物質の効率的な管理や実験中の暴露リスクの低減を実現するための、実験室レイアウトや実験スケジュールの最適化などに活用できると考えられる。

(4) 作業中の化学物質拡散状況の可視化

実験作業中の有機溶剤曝露に関しては、研究者の認識は低く、実験室の設備が整っていないことも多い。曝露量を減らす努力は研究者個人が正しく認識し、努力することが不可欠であるため、曝露実態を可視化し、研究者の認識を高めることが重要である。そこで、実験作業または実験室を模擬し、発生源から拡散する有機物の濃度変化をリアルタイムに測定した。使用量が多い有機溶媒の一つであるアセトンをモデル物質とし、実験室で想定される曝露リスクのある作業を抽出してモデル作業とした。曝露作業パターンとして、①実験台上または床面における漏えい時、②ビーカーへの移し替え作業、③抽出作業、④洗浄作業及び廃液のタンクへの廃棄の4種について、作業環境中の4点程度をリアルタイムにモニタリングした。

一例として、②ビーカーへの移し替え作業についての結果を述べる。換気等による外部要因による気流がない条件下では、アセトン蒸気は実験室の上にとまる傾向があり、その濃度は2000ppmを超える高濃度であった。このような状況のとき、人間の動作等により蒸気が呼吸域に拡散すれば、曝露する機会となり得ると考えられる。

(5) リスク低減へ向けた定量化手法の活用と化学実験室のモデル化の提案

安全な実験室を実現するための要素には、知識、認識、技術、設備、研究室の雰囲気といった様々な因子があり、これらが複雑な関係性を有していると考えられる。たとえば、実験者が複数存在する研究室においては、ひとりひとりの知識と化学物質の危険性に対する認識が、必ずしも正しい行動につながらない場合がある。

(1)から(4)の検討により、これらのうちのいくつかの因子と、その実験室の安全性の指標ともいえる化学物質の拡散状況や位置情報などの実態を、可視化・数値化する手法を提案することができた。そこで、これらの手法を元に、化学系実験室1つ1つの個性・特徴を、実験者の認識と行動の関係も組み込んでモデル化し、これを安全教育や改善提案に応用するための検討を行った。

実験室を記述するためのパラメータとしては、①実験者の特徴（化学物質の危険性に対する知識、化学物質の危険性の認識の仕方、作業・行動の特徴など）、②設備の特徴（広さ、局所排気装置の有無、レイアウトなど）、③実験内容（化学物質使用量、作業内容等）がある。これらの条件から、アウトプットとして、作業員の化学物質へのばく露量や実験室内での薬品の平均的な位置情報などを予測するためには、これらのパラメータ間の関係性として、④認識と行動の関係式が必要

となる。この関係性を明らかにするため、アイカメラや作業員の行動観察とアンケート手法を組み合わせた手法を引き続き検討中である。このモデルは、結果としての現在の実験室の状態に対し、どの因子がどれだけの寄与を持っているかを表すことにより、研究室の個性を定量的に表現するためのツールとして、合理的な改善提案や教育内容の抽出手法として期待できる。

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)

[学会発表] (計6件)

(1) 根津友紀子, 林瑠美子, 大島義人, 実験作業における化学物質のイメージと行動の関係, 第2回 REHSE 研究成果報告会, 松山(愛媛), 2013年1月6日.

(2) 林瑠美子, 遠藤賛, 鯨岡知映美, 中平牧也, 野口徹, 辻佳子, 戸野倉賢一, 大島義人, 新井充, 事故災害に備えた大学内の危険物保有情報の把握方法に関する検討, 第2回 REHSE 研究成果報告会, 松山(愛媛), 2013年1月6日.

(3) Yukiko Nezu, Rumiko Hayashi, Yoshito Oshima, Statistical analysis on student perception of the risk of chemical substances in Japanese universities, *The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) Asia/Pacific 2012 Annual Meeting*, Kumamoto (Japan), 1P-18-3, September 24-27, 2012.

(4) 林瑠美子, 根津友紀子, 戸野倉賢一, 大島義人, 大学の実験室における化学物質使用実態に基づく管理手法の提案, 第1回 REHSE 研究成果報告会, 吹田(大阪), 2012年2月20日.

(5) 根津友紀子, 大島義人, 統計解析による化学物質に対する危険性イメージの可視化手法の提案, 第1回 REHSE 研究成果報告会, 吹田(大阪), 2012年2月20日.

(6) Rumiko Hayashi, Kenichi Tonokura, Analysis and application of chemical stock and release data for accident prevention in university, *Asia Pacific Symposium on Safety 2011*, TP7-7, Jeju (Korea), October 19-21, 2011.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林 瑠美子 (HAYASHI RUMIKO)

東京大学・環境安全本部・助教
研究者番号：50508421

(2) 研究分担者

大島 義人 (OSHIMA YOSHITO)
東京大学大学院・新領域創成科学研究科・
教授
研究者番号：70213709

戸野倉 賢一 (TONOKURA KENICHI)
東京大学大学院・新領域創成科学研究科・
教授
研究者番号：00260034