

## 分担研究報告書

高等教育機関における効果的な安全教育プログラムのあり方

研究分担者 大島義人



厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業)

分担研究報告書

## 高等教育機関における効果的な安全教育プログラムのあり方

研究分担者 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授 大島義人

### 研究要旨:

安全教育講習で取り上げるべき項目を体系的に整理し、さらに体験的学習の要素や自主的なリスク認識の涵養の観点を加えた安全教育カリキュラムについて検討を行った。また、大学の実験研究における化学物質の扱いについて、実験現場の研究者や学生を対象とするアンケートや実測を行い、安全意識や取り扱い行動との関係性に関するデータを取得した。今後は、各プログラムの内容を精査し、コンテンツの充実を図るとともに、体験的学習の要素や自主的なリスク認識の涵養に関する観点で、プログラムの実施効果を評価・検証する方法論について検討を進める計画である。

研究協力者

なし

## A.背景と目的

科学技術立国を支える理工学研究の推進において、実験研究現場の安全が確保されることが前提となることは論を待たない。大学をはじめとする高等教育機関や研究所の法人化に伴い、各機関において労働安全衛生法に対応するための安全衛生管理体制が整備されつつあるが、実際の実験研究現場における事故発生件数や傾向など、安全状況の実態には法人化前と比較してほとんど変化がないのが現状である。産業界で採用されている安全衛生管理手法が作業手順の標準化とその徹底に主眼を置いているのに対し、新規性や独創性が求められる大学での研究活動においては、研究分野の深化と多様化が進む中で、未知なる現象の解明や最適な方法論の試行錯誤的な探索に価値のある研究も多く、産業界の生産活動とは明らかに性質を異にする。また、安全についての知識や感性が豊かな人材を育成・輩出することが、大学が社会に果たすべき大きな役割の一つであることを考えると、現状の大学の安全教育は決して十分ではなく、影響因子が複雑に絡み合って構成される安全構造の本質的な理解とそれに基づいた新しい安全教育手法の確立が急務となっている。

これらの背景をふまえ、昨年度は、大学における安全教育における参加型コンテンツの有効性について検討を行い、講習中心の教育方法に関する課題と体験型学習やOJT(On-the-Job Training)的実践教育の重要性について、考察するとともに、体験型手法を取り入れた環境安全教育プログラムを、大学の講義や学生実験の形式で試行的に実施した。

本年度は、これらの教育プログラムに

参加した学生等からの意見や達成度を反映させた内容で、同プログラムを引き続き実施した。

また、大学の実験研究において頻繁に用いられる化学物質に注目し、実験現場の研究者や学生を対象とするアンケートや実測を行い、安全意識や取り扱い行動との関係性に関するデータを取得した。大学の実験研究では、多くの研究室で多種多様な化学物質が使われているが、それぞれの危険有害性の種類や大きさは物質によって異なるため、実験者は、自分の実験研究で使用する物質の危険有害性を正しく把握し、それに応じて適切に取扱うことが要求される。また、大学などの実験研究においては、必ずしも汎用的な化学物質だけではなく、危険有害性が十分に明らかになっていない化合物を取り扱う機会もある。これらの背景から、実験現場で化学物質を取り扱う作業者が、化学物質の危険有害性をどのように理解し、認識しているかを知ることが、実験の安全を考える上で、また、実験研究における化学物質の安全な取扱いを教育する上で、重要な知見となると考えられる。

以下に、化学の専門家を対象としたアンケート調査をもとに、化学物質の構造式から想起される危険有害性に関する意識に関する解析を行った結果を報告する。

## B.検討方法

### (1) アンケートの内容

国内の大学、高専、研究所において化学を専門とする教員や研究者、実験安全に関する業務に携わる43名を対象として、提示された化合物の構造式から判断する化合物の危険有害性を5段階で評価する形式のアンケートを実施した。質問に用

いた化合物は、化学実験等で汎用的に使われており、危険有害性についても比較的よく知られていると予想される 17 物質（化合物群 A）と、実験で取り扱ったことがないと考えられる、架空の物質を含む 12 物質（化合物群 B）である。この 12 物質は、炭素数や官能基、結合などを適当に組み合わせて作成した化合物である。

質問紙では、各構造式を提示した上で、その「毒性」、「刺激性」、「引火性」について、5 段階で評価させた。同時に、構造式から判断する漠然とした危なさを、毒性、刺激性、引火性などの個別の危険有害性を区別しない「総合的な危なさ」として、同様に 5 段階で評価させた。

## (2) 解析方法

汎用的な化合物である化合物群 A に対する回答を、GHS を基準とした各物質の危険有害性の参考指標値と比較することにより、回答者が各物質の危険有害性をどの程度正しく認識しているのかについて調べた。

また、化合物群 A および B のそれぞれの回答結果について、探索的因子分析（EFA）を行い、「総合的な危なさ」を含む各危険有害性に関する評価軸を抽出し、グループ化された化合物の共通性を見出すことにより、どのような潜在的な因子から影響を受けて回答されたかを解析した。EFA の計算手法には主因子法を採用し、軸をプロマックス（斜方）回転して、得られたスクリープロットから因子の数（評価軸の数）を決定した。

さらに、「総合的な危なさ」の評価軸と各危険有害性の評価軸を相関分析（CA）することにより、「総合的な危なさ」に対する各危険有害性の寄与の大きさを定量

的に評価した。

なお、統計解析のソフトウェアには、IBM 社製の PASW Statistics 17.0.2 を使用した。

## C. 解析結果

### (1) 化合物群 A の危険有害性評価

化合物群 A の 17 物質について、各危険有害性の回答分布と参考指標値を比較し、回答者が汎用的な化合物についてどの程度正しく評価したかについて考察した。

まず、「毒性」については、参考指標値と最頻回答を比較すると、両者が一致したのは 17 物質中わずかに 3 物質であり、その他の物質は全て危険有害性が高めに見積もられる結果となった。特に、アセトンやクロロホルム、フェノール、クロロベンゼン、トルエンなどにおいては、参考指標値よりもかなり高めに回答する傾向が見られた。そこで、経口による毒性だけではなく、臓器への影響などの慢性毒性に関わる参考指標値も加味し、その中で最も高い値をその物質の毒性の参考指標値として比較したところ、両者のズレが 17 物質中 15 物質で  $\pm 1$  以内に収まる結果となった。このことから、化学の専門家による毒性の評価においては、経口ばく露による急性毒性だけではなく、長期ばく露による慢性的な有害性も加味して判断されている可能性が示唆された。

一方、「刺激性」においては、17 物質中 14 物質で最頻回答値の参考指標値に対する差が  $\pm 1$  以内に収まり、参考指標値と回答傾向がよく一致した。また、「引火性」においては、最頻回答と参考指標値が同じ値を示したものが 17 物質中 12 物質となり、他の危険有害性と比べてもよく一致した。

以上の結果より、今回対象とした専門家においては、化合物群 A のような汎用的な化学物質の危険有害性について、安全管理上問題となるような危険有害性を概ね正しく認識していることが確認された。

### (2) 化合物群 B の危険有害性評価

化合物群 B のアンケート結果では、化合物における回答分布について、目立って二極化することもなく、また極端に大きな標準偏差も見られないことから、今回の調査対象である化学の専門家における化合物群 B の危険有害性評価は比較的揃っていることが確認された。

### (3) 探索的因子分析による評価軸の抽出

化合物群 A および B のそれぞれの回答結果を用いて、EFA により各危険有害性の評価軸を抽出した。

化合物群 A について、各有害危険性のスクリープロットをもとに、「毒性」、「刺激性」、「引火性」の評価軸の数は、それぞれ 3 つ、3 つ、2 つと決定された。それぞれの評価軸に対して大きな因子負荷 ( $\pm 0.35$  以上) を持つ化合物の特徴を比較すると、いくつかの評価軸については構成する化合物群に共通する特徴が見られたものの、化合物の構造や官能基の種類に直接結びつくような共通性は、明確には表れなかった。これは、今回提示したような汎用的な化合物については、回答者に各化合物の危険有害性や物性に関する知識が十分にあるため、危険有害性の評価はこれらの知識に基づいて判断されることになり、結果として化合物の構造式との関係が明確に表れなかったためであると推測される。

次に、化合物群 B の EFA を行った。すでに述べた通り、化合物群 B は、化合物群 A とは違って、回答者にとって個別の化合物の危険有害性に関する知識が全くない、いわば未知の化合物と考えられる物質群である。したがって、化合物群 B に関する回答について EFA を行うことによって、危険有害性にある程度十分な知識を有する専門家が、化学物質の構造式のどこを危険有害性と結びつけて判断するのかを直接測ることができると期待される。

化合物群 B の回答結果に対する EFA により得られたスクリープロットから、各危険有害性における評価軸の数を、「毒性」、「刺激性」は各 3 つ、「引火性」は 2 つと決定した。

「毒性」の各評価軸に因子負荷の高い物質の共通性から、官能基に硫黄が含まれている物質、フッ素やカルボン酸がついた物質、アルデヒド基がついた物質としてグループ化された。このように、未知の化合物の毒性については、化合物内に含まれる官能基や元素から判断している傾向が読み取れる。その際に、炭素の数や骨格などは、毒性を評価する上での判断基準になっていないことは注目される。

同様に、「刺激性」については酸性を判断する物質、酸素 酸素結合を持つ物質などの特徴が抽出され、後者については、反応性の高さを刺激性と結び付けて判断されている可能性が示唆された。また、「引火性」については、芳香環など炭素数が大きい化合物、不燃性を想起させる官能基がついている化合物といった特徴が抽出され、骨格要素である芳香環や炭素数、骨格についている官能基が重要な

判断基準になっていると考えられる。

#### (4) ピアソン積率相関分析による「総合的な危なさ」の要因の抽出

化学物質の構造式から判断される「総合的な危なさ」と、上記の毒性、刺激性、引火性といった具体的な危険有害性との関係について、化合物群 B の結果を用いて検討した。まず、総合的な危なさについての質問で得られた回答に対して、EFA を行い、総合的な危なさの評価軸を抽出した。次に総合的な危なさの評価軸と毒性、刺激性、引火性の各評価軸との相関分析を行った。

総合的な危なさのスクリープロットから、評価軸の数は 2 つとした。さらに、CA によって、この 2 軸と前述の危険有害性との相関を求めた。総合的な危なさの評価軸 1 においては、毒性の評価軸 1、刺激性の評価軸 1、引火性の評価軸 2 に中程度の正の相関がみられる。また総合的な危なさの評価軸 2 は、毒性の評価軸 2、刺激性の評価軸 2、引火性の評価軸 1 と評価軸 2 に中程度の正の相関がみられた。

これらの結果は、化学の専門家が未知の化合物の構造式を見て感じる総合的な危なさは、毒性、刺激性、引火性のいずれかの危険有害性に偏ることなく、複合的に寄与していることを示唆している点で興味深い。また、今回の回答者は、研究分野や経験が様々であり、慣れ親しんでいる化学物質も異なるはずであるが、未知の化合物群 B の各危険有害性に、統計的に有意な共通の評価軸が抽出されたことは、化学の専門家が化合物の構造式から判断する危険有害性の評価軸は、個別の研究経験の内容に依存していないことを意味している。言い換えると、その

ような揃った評価軸を持つプロセスについて、それぞれの熟練者が研究や業務において得た知識が自らの中で整理体系化されることによって、最終的な危険有害性を判断する指標が揃ってくることを意味していると考えられる。このような化学物質の危なさに関する普遍的な評価軸が存在するとすれば、化学物質の安全教育においても、有用な示唆を与えるものになり得ると期待される。

#### D.まとめと今後の予定

化学を専門とする教員や研究者、実験安全に関する業務に携わる教職員を対象に、化合物の構造式を提示し、構造式から判断される物質の危険有害性を 5 段階で評価する形式のアンケートを実施し、統計学的手法を用いて、危険有害性の評価軸について、解析を行った。構造式から判断される総合的な危なさについては、各危険有害性が複合的に寄与して判断されていることが示された。また、化学の専門家においては、個々の研究経歴は違っていても、それぞれの研究において得た知識が自らの中で整理体系化されることによって、最終的に危険有害性を判断する普遍的指標に向かって揃ってくる可能性が示された。

現在、この方法を化学系の大学・大学院生といった学生に拡張し、学生の危険性に関する評価軸がどのように形成され、醸成されていくのかについて、検討を進めている。例えば、同じ集団を定点観測することによる時系列的な分析や、化学に関する講義内容とアンケート結果の相関分析などを行うことによって、化学物質の危険性意識の醸成に繋がる、より実効的な安全教育手法に展開できると期待

される。

## E.研究発表

### 【論文】

・根津友紀子, 林瑠美子, 大島義人, "化学の専門家が構造式から想起する化学物質の危険有害性に関する統計学的解析", 環境と安全, 4(3), 185-194 (2013).

・根津友紀子, 林瑠美子, 大島義人, "Radio Frequency Identification システム及び web カメラを用いた化学実験室における試薬の動態に関するケーススタディ", 環境と安全, in press (2014).

### 【口頭発表 (国際学会・シンポジウム)】

・ Yukiko Nezu, Rumiko Hayashi, Yoshito Oshima, "Study on relationship between handling behavior of chemical substances and laboratory layout in university", 4th Conference on Safety and Health in Research and Education Enhancing Competencies, Singapore, 2013 (Oct.16-17)

・ Yukiko Nezu, Rumiko Hayashi, Yoshito Oshima, "A case study approach for visualizing handling behavior of chemical substances in chemical laboratory", 1st International Conference on Laboratory Safety in Science & Education, Incheon, 2013 (Nov. 25-26).

・ Kiichi Obuchi, Yoshito Oshima, "Profile analysis on experimenters' behaviors in laboratory experiments", 1st International Conference on Laboratory Safety in Science & Education, Incheon, 2013 (Nov. 25-26).

・ Ai Shuhara, Yoshito Oshima, "Statistical Analysis of Questionnaire

Survey of Safety Awareness and Behavior in University Laboratories", 1st International Conference on Laboratory Safety in Science & Education, Incheon, 2013 (Nov. 25-26).

### 【口頭発表 (国内学会等)】

・小淵喜一, 大島義人, "水の秤量作業における作業者の内在的パラメータの抽出手法の開発", 日本認知心理学会 第11回大会, 東京, ポスター (2013).

・根津友紀子, 林瑠美子, 大島義人, "ケーススタディ的アプローチによる実験室での化学物質の取扱い方の解析", 第3回 REHSE 研究発表会, 東京, 口頭発表 (2014).

・主原愛, 岡勝紀, 春原伸次, 大島義人, "実験室におけるヒュームフードの使用実態の解析と合理的な使用についての検討", 第3回 REHSE 研究発表会, 東京, 口頭発表 (2014).

・小淵喜一, 大島義人, "実験作業における行動予測に向けた作業行動のモデル化", 第3回 REHSE 研究発表会, 東京, 口頭発表 (2014).



## 別表：デモ実験付き安全講習会に参加した学生・教職員の感想（自由記載）

### <学部生>

- 化学物質の危険性について改めて再確認することが出来ました。私は化学系の学生なのですが、知識不足で分からないこともありましたので、実験で大きな事故になることが無いように、使用する化学物質についての知識を得ておくことが大切だと感じました。
- 非常に参考になるお話でした。実際に実験をして見せてくれたのも素敵でした。
- 実際の事例や反応を交えての講演であったのでとてもわかりやすい内容でした。化学を専攻しているのにただのエタノールの危険性さえ十分に理解していなかったのが、非常に教訓になりました。
- レーダーチャートはとても興味深く、いろんなものを見て調べてみたいと思いました。エーテルの実験はとても驚きました。良く使う薬品ほど、学生の私には危ないのかもしれないと思いました。実例と一緒に講演してくださったので、とても分かりやすかったです。中学生に安全メガネをかけさせるのは非常に大変です。重要性を教えるのが難しいです。
- これから研究が始まるので、今日の話聞いて意識が高まりました。
- 今日の講演会を通して、化学物質の安全な取扱いが非常によくわかった。具体的な方法も教えて頂けたので有意義だった。
- 来年度から研究室(高分子)に配属されるので危険性について学べたのはとてもよかったです。
- 分かりやすく、今の自分にどれだけ危険な状況が身近にあるかわかった。
- 私達が普段実験に用いている試薬の危険性を改めて知ることが出来たと思います。非常に良い機会になりました。消防法、毒劇法、試薬のラベルに記述してある内容等知らないことが多く、自分が勉強不足であることを感じました。安全に実験を行うために今回の講演で学んだことを活かしていきたいと思います。
- 来年度から研究室に配属される B3 にとってはとてもためになる話だった。こういうのをどんどん続けてほしいと思った。
- もうすぐ4年生になり、卒業研究が始まるので、とてもためになる情報ばかりですごくよかったです。
- 4月から研究室に入るので、とても興味を持って聞くことができました。
- 目の前で実際に実験して、それを見ることができて、危険性についてより考える機会を得られて良かったです。
- 化学物質の危険性について改めて認識した。生命科学を扱う学生に向けた内容の講習を受けた。
- 化学系で学部生が一番事故を起こしやすいことは知っていたが、院生とあんなに異なるというのは非常に驚きでした。来年度からの実験は気をつけて行いたいです。
- 自分の化学物質に対する認識と、その実際の危険性との間にギャップがあることを理解することができた。また、化学物質によって引き起こされる事故は、その化学物質の危険性によるものももちろんだが、それ以上にそれを扱う人物の不備によって引き起こされることが多いということが分かった。

- 実験を交えながらの説明で、非常にわかりやすかった。また、流れるような説明だったので、プレゼンにおける臨み方についても参考になった。
- 新4年生になる前に、このような機会を得ることができ大変良かった。常に危険が身の回りに存在しているということを意識しながら実験をしていきたいと思います。
- 本日の講義で、普段常日頃、私たちが接している化学物質が、いかに危険がよく分かりました。
- 慣れとは非常に怖いと感じました。常に最新の注意を払い今後実験を進めていこうと思います。
- 実際に爆発・引火などの現象を実演して頂き、化学物質の危険性を体感することができ、非常に良い勉強となりました。
- 非常に分かりやすい説明だった。映像や実物を通すことで化学物質の危険な面を改めて実感することができたと思う。
- 化学物質の危険性を実際に実験として見ることで、その危険性を実感することができた。
- 自分で取り扱う化学物質についてレーダーチャートを作ることで、その危険性に気付くというのは非常に良い方法だと感じた。爆発性混合気体やヘキサンの爆発性・引火性については、実験を通してその危険性をよく知ることができた。随所に例を交えての講演だったので、とても興味深く理解しやすかった。できれば、大学1年の時にこの講演を聴いて、高い意識で実験にのぞみたかった。
- 引火実験がとても印象的でした
- とても参考になりました。
- 毎日薬品を扱っているが、様々な事故の例を見て、改めて注意が必要だと感じた。ちょっとした油断が大きな事故につながり、他の人にも迷惑をかけてしまう事になることが分かった。もっと知識をつけて実験を行おうと思った。
- 動画や実験もあって退屈しなかった。
- 普段実験で良く使用しているエタノールの危険性を改めて認識した。自分の使っている試薬の危険性を十分に理解していないままで実験していたことを考えさせられた。非常にためになる講演でした。今回の講演では主にガスや溶媒についての内容でしたので、粉末などの固体に関することも聞いて見たかった、
- 今後も安全に気を付けて研究していきたいと思います。実演などもしていただいでわかりやすかったと思います。
- 危険な薬品等も取り扱っているので、安全を心掛け実験していきたいと思った。
- これから大学院生として新しい実験テーマを与えられ、新しい実験手法、薬品を扱います。その実験がどのくらい危険なものか、薬品の性質などは完全に把握しなければならないと思いました。実験は、常に危険と隣り合わせであることを忘れずに日々気を付けます。
- 来年度から研究室配属され本格的に実験が始まるので、今日の講演会のことを頭に良く入れて安全に研究を進めていこうと思う。

#### <大学院生>

- 普段実験等で使用しているエタノールにも大きな危険性が有ることに驚きました。実験で用いる試薬の危険性の重要性を再確認することが出来ました。
- 自分の危機管理が甘いのではないかと反省する良い機会となった。

- 例や、実験的なすぐ使える内容が豊富で、安全についての講習に対して不謹慎かもしれませんが、楽しく学ぶことが出来ました。実験も楽しかったです。レーダーチャート、これから作りたいです。眼鏡もあんなに種類があると思いませんでした。楽しく実験するために、改めて意識しなおしたいと思います。
- 自分が使っている薬品について、もっと危険性をしっかり知るべきだと反省しました。
- 実際に実験をしていただき、薬品の危険性について改めて認識できました。
- 私も実験でエタノール、アセトン、王水など危険な物質を扱っているので、改めて注意したいと思った。エタノールを空気との爆発性、混合気の実演でその危険性を知り、ためになった。
- 今後実験をするとき、実験を安全に行うために気を付ける。例えば1)知識、技術を学ぶ、2)保護具を使用する 今度、実験を行うために安全講習会に参加する。
- エタノール等の身近なものがどの程度の危険性が有るのか理解していなかった部分が多く、これからの勉強法への改善点が見つかりました。実験法だけでなく、取扱い方も考えます。
- 改めて試薬など取扱いの大切さが分かった。社会人になってもこの講演を心に止め、研究・開発に取り組みたい。

#### <教職員>

- 新年度を目の前にして、新しい学生が研究室に入ってくると、こういった安全教育をまた初めから行う必要を感じます。基礎的な教育は化学系、物理系なら物理系などでまとめて行うことはできないでしょうか？また、教員もどこまで教育されている(している)のかわかっている必要もあると思います。
- デモ実験良かったです
- 非常にわかりやすい話で良かった。今後の参考になった。より多くの人に聞いてもらえれば良いのではないか
- 具体的なお話でとてもためになりました。改めて気を付けたいと思います。
- 有意義でした。新入生ガイダンス時にやって頂けると効果があると思います。
- 実際化学物質を扱う職種ではないが、非常にわかりやすい内容で良かったです。実験等で物質を使う学生等には良い内容だと感じました。
- 実演があつて、動画もあつて、非常に体感しやすく素晴らしい講演だったと思います。こういった講演こそ、院生の必修とされたら良いのではないのでしょうか。
- 化学系だけでなく他学科でも必要な内容と思われる。
- 大変有用でした。学生だけでなく自身においても知識と意識をしっかり持つことが重要だと感じました。
- 非常に参考になりました。ありがとうございます。デモ実験は初めてみました。研究室の学生にも出席をさせましたが、危機感を持ってもらえたと思います。なるべく頻繁にこのような会を行っていただけるとありがたいです。
- とても勉強になった。このような講演会を今後とも続けてほしい。

