

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所 教授 大島義人

研究要旨:

昨年度までに行った実験研究における化学物質の扱いと安全意識との関係性に関する解析を拡張すべく、学系の学部・大学院生で所属や学年のある 3 つの標本集団を対象として、構造式から判断される危険有害性評価について検討した。対象とした標本集団を学年の順に並べて比較した場合、学年が上がるにつれて、危険有害性を構造と結び付けて想起する能力が高まり、また総合的な危険性をより幅広い危険有害性と結びつけて考えるようになる傾向を確認した。化学物質の構造と危険有害性との関係に関する体系的な学習が、化学物質の有害危険性に関する知識の獲得や感性の醸成に有効であるとともに、OJT (On-the-Job Training) 的実践教育によって様々な知識を化学物質の危険有害性の予測に結びつけるための教育上の方法論を整備することが、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として重要であることを示した。

研究協力者

なし

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。

本研究課題ではこれまでに、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ついて検討を行ってきた。大学では、化学物質が関連する事故が頻繁に発生しており、実験研究現場における化学物質の安全な扱いについては、大学の安全を考える上で重要な課題の一つとなっている。大学では、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、研究の新規性や先端性を反映して、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は、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。

このような背景を踏まえ、昨年度は、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、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。具体的には、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。その結果、構造式から判断される総合的な

危険性については、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、個々の研究経験は違っていても、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。

本年度は、この手法を化学系の大学・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行った結果を報告する。

検討方法

(1) アンケート内容と解析方法

質問に用いた化合物は、昨年度実施したアンケートで用いた質問のうち、実験で取り扱うことがないと考えられる架空の物質を含む 12 物質である。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険性を、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「総合的な危険性」として、同様に 5 段階で評価させた。

得られた回答について、探索的因子分析 (EFA) を行い、「総合的な危険性」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關分析（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。

（2）アンケートの実施対象

対象は、化学系の大学1年生21名（標本）、大学3年生150名（標本）、修士課程に在籍する30名（標本）の合計201名である。また、専門分野の影響について検討するため、例として錯体化学に関する勉強会に参加する修士課程の学生58名（標本）についても同じアンケートを実施した。

解析結果

（1）危険有害性評価のばらつきについて

各標本の毒性、刺激性、引火性に関する回答のばらつきは、化学物質の構造から想起される危険有害性に関する評価軸が、各母集団でどの程度揃っているのかを表す一つの指標であると考えられる。例えば、昨年度に実施した化学の専門家に対する調査では、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かつたことから、危険有害性に関する比較的揃っていることが確認されている。今回の調査対象である学生に対するアンケート回答の標準偏差では、毒性や引火性において、標本の回答の分散が大きく、標本内での化合物に対する評価にバラツキがあることが示された。一方、標本、は相対的に分散が小さく、バラツキが少なく、評価が比較的揃っている傾向を示した。刺激性については、

どの標本において同程度の分散であった。

（2）探索的因子分析による評価軸の抽出

探索的因子分析（EFA）により各危険有害性の評価軸を抽出した。スクリープロットを用いて評価軸の数を決定し、評価軸を抽出した。すでに述べた通り、これらの化合物は、架空の物質を含む12物質であって、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、これらの化合物群に対してEFAを行うことにより、その母集団の特徴として、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測ることができると期待される。

まず、標本の回答結果について、毒性においては2つの評価軸が抽出されたが、その第一因子は、様々な物質がグループ化され、特定の官能基や構造に着目したのでなく、総合して判断されたと考えられる評価軸であった。第二因子からは、フッ素（F）が特別な元素として捉えられていることが示された。

刺激性においても2つの評価軸が抽出され、第一因子は毒性と同様、特定の官能基や構造によるものではない評価軸として抽出された。第二因子からは、酸性や酸化還元能を有する官能基が想起させる可能性が示唆された。

引火性においては、3つの評価軸が抽出され、第一因子にはチオール基や芳香環といった不燃性、第二因子には酸素原子、第三因子には炭素数が、それぞれ評価軸として抽出された。

標本では、毒性において3つの評価軸が抽出され、特に第二因子に硫黄（S）が、第三因子にはシアノ基が評価軸となっていることから、標本に比べて個別

の構造に着目して判断された結果となつた。刺激性においては 2 つの評価軸が抽出され、第一因子には主な構成元素が炭素 (C)、水素 (H)、酸素 (O) であること、第二因子はチオール基やスルホン酸基といった酸性を評価軸としていることが示唆された。引火性においては 2 つの評価軸が抽出された。第一因子には分子量、第二因子には構造に酸素を持つことが評価軸となっていることが示された。このように標本 の評価軸は、標本 の評価軸よりも、構造上の特性を考慮して判断された評価軸であるといえる。

標本 の回答結果に関しても、毒性について 2 つ、刺激性について 3 つ、引火性について 2 つの評価軸が抽出された。標本 においても、標本 と同様に構造上の特性を考慮して判断された評価軸が多い傾向にあったが、標本 で抽出された評価軸との具体的な類似性は見いだせなかつた。

一方、標本 の回答結果では、毒性、刺激性について、官能基に基づく各 2 つの評価軸が明確に抽出され、引火性についても、分子の複雑さと分子量といった構造上の特性と結びつく 2 つの評価軸で判断されていることが示された。

(3) 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が潜在的にどの危険有害性を考慮して判断されているかを検討するために、総合的な危なさの評価軸と今回検討した 3 つの各危険有害性の評価軸との関係を解析した。具体的には、各標本の総合的な危なさの評価軸を EFA によってそれぞれ抽出し、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つた。

標本 の相関分析の結果、総合的な危なさに対する毒性の相関係数は、.81 ~ .85 といった高い相関を示した。また、刺激性においても .73 という値をはじめ、.50 以上の中程度の相関を示している。一方で、引火性についてはほとんど相関が見られなかつた。標本 の相関分析では、標本 ほど高い相関係数を示していないが、評価軸の数は総合的な危なさと毒性が一つずつ多くなつてあり、相関関係が複雑に絡み合う結果となつた。一方で同じように引火性についてはほとんど相関が見られなかつた。標本 については、総合的な危なさと各危険有害性の相関関係に標本 のような複雑さはなく、毒性で .82、刺激性で .68 と比較的高い相関係数が得られており、評価軸が整理されているようにも捉えられる。また、標本 、

の双方で相関係数が低い結果であった引火性に対しては、高い相関を示しており、総合的な危なさには毒性と刺激性だけでなく、引火性も考慮していることが示された。

標本 については、二つの総合的な危険性と毒性、刺激性に強い相関を示すものの、引火性には非常に弱い相関しか見られなかつた。

(4) 危険有害性の評価軸醸成過程に関する考察

標本 ~ の EFA の結果を比較すると、各標本で、毒性、刺激性、引火性を構成する化合物に明確な類似性は観察されなかつた。個別の危険有害性の観点で整理すると、毒性においては、標本 で毒性を構造の個別性で判断していないのに対

し、標本 および は具体的な構造に着眼している傾向が示された。刺激性においては、共通して酸性という化学物質の特徴を刺激性と結びつけて評価されていることが示された。引火性においては、酸素原子などの個別の構造を評価する一方で、炭素数や分子量など全体の構造から判断されることが示された。また、CA の結果では、標本 、 においては、毒性、刺激性を中心に考えるが、標本 は引火性についても留意しているという結果となった。これらの結果を学年という切り口で比較した場合、学年が低い段階では構造における個別の特徴から判断する評価軸が少ない一方、学年が上がるにつれて、構造から判断される物性と危険有害性を結び付けて判断する傾向が示された。また総合的な危なさにおいて毒性、刺激性だけではなく引火性についても留意することが示唆された。

昨年度報告した化学の専門家の結果では、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するものであった。また、研究分野や経験が様々である専門家であっても、化合物の構造式から判断する危険有害性の評価軸は共通のものとして現れていることから、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可能性を明らかにした。今回の結果は、学年の進行とともに、比較的広い範囲の危険有害性を総合的に判断する傾向が強まることを示しており、学生の実験研究に関する経験を通して、評価軸は化学の専門家へと近づいていく傾向が示唆された。

一方で、同じ専門分野の修士学生を対象としている では、構造式から想起される有害危険性についての知識や感性はある程度習熟しているものの、化学物質の総合的な危険性という点については、毒性や刺激性が非常に強く相関する一方で、引火性には相関が見られなかった。この結果は、対象が錯体化学という専門分野でよく扱われる物質や作業が背景的に関係しており、母集団の化学物質への扱い方が危険性に関する感性に影響していると考えられる。

まとめ

化学系の大学・大学院生を対象に、化合物の構造式を提示し、その構造式から判断される危険有害性を 5 段階で評価する形式のアンケートを実施した。探索的因子分析を用いて、危険有害性の評価軸をそれぞれ抽出した。また相関分析により、総合的な危なさがどの危険有害性を潜在的に考慮して判断しているのかを検討した。

その結果、学年の低い段階では構造における個別の特徴から判断する評価軸が少ない一方、学年が上がるにつれて構造から判断される物性と危険有害性を結び付けて判断する傾向が示された。また総合的な危なさにおいて毒性、刺激性だけではなく引火性についても留意するようになる傾向が見られた。このように、学年が上がることによって、化学物質の構造の特徴から危険有害性を想起する能力が高まる傾向や、総合的な危なさをより幅広い危険有害性と結びつけて考えるようになる傾向は、化学物質の有害危険性に精通する専門家の評価軸に近づいてい

く可能性を示唆するものと考えられる。

一方、専門分野の影響について検討するための例として、錯体化学を専門とする修士課程学生についても同じアンケートを実施したところ、構造式から想起される有害危険性についての知識や感性はある程度習熟しているものの、化学物質の総合的な危険性という点については、専門分野でよく扱われる物質や作業といった母集団の化学物質への扱い方が危険性に関する感性に影響している可能性が示唆された。

化学系の学生の場合、学年の進行に伴って、講義などを通じて化学物質の構造と物性の関係を学ぶ機会が増えるのが通常であるが、化学物質の有害危険性に特化した講義はほとんど行われていない。逆に、大学で行われる安全講習では、個々の物質の有害危険性についての注意喚起が主たる目的であり、化学物質の構造と有害危険性とを関連づけて体系的に解説する内容の講習は非常に希であるのが現状である。このようなギャップを解消し、物質の構造と有害危険性との関係について体系的に学習させることができれば、化学物質の有害危険性に関する知識の獲得や感性の醸成に有効ではないかと考えられる。また、実験の経験が有害危険性に関する感性の醸成に影響を与える可能性を示唆する本研究の結果に鑑み、OJT (On-the-Job Training) 的実践教育によって、様々な知識を化学物質の危険有害性の予測に結びつけるための教育上の方法論を整備することが、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として、重要な課題ではないかと考えられる。

研究発表

【論文】

- Yukiko Nezu, Rumiko Hayashi, Yoshito Oshima, "Case study of experimental behavior analysis in an academic chemical laboratory using fixed-point observation via web cameras", *Journal of Environment and Safety*, 5(2), 99-105, 2014.
- Ai Shuhara, Yoshito Oshima, "Comparative Statistical Analysis of the Safety Management Approach and Academic Field Impact on Experimenter Awareness and Behavior", *Journal of Environment and Safety*, 2015 (in press).

【口頭発表（国際学会・シンポジウム）】

- Yoshiko Tsuji, Toshio Mogi, Tomohiro Tobino, Yoshito Oshima, "Toward the Comprehensive, Effective and Concrete Program for Environment and Safety", 1st Asian Conference on Safety Education in Laboratory (ACSEL2014), Tokyo, 2014 (Nov.28-29).
- Kiichi Obuchi, Yoshito Oshima, "Profile Analysis on Experimenters' Behaviors in Titration Operation by Mathematical Method", 1st Asian Conference on Safety Education in Laboratory (ACSEL2014), Tokyo, 2014 (Nov.28-29).
- Yukiko Nezu, Rumiko Hayashi, Yoshito Oshima, "Direct Observation of Experimental Behavior and Treatment of Chemical Substances in Academic Chemical Laboratory", 1st Asian Conference on Safety Education in

Laboratory (ACSEL2014), Tokyo, 2014 (Nov.28-29).

・ Yuki Nabeshima, Yukiko Nezu, Hitoshi Yamamoto, Yoshito Oshima, "Analysis on the Influence of Laboratory Design and Operations on Airflow in Experimental Laboratory", 1st Asian Conference on Safety Education in Laboratory (ACSEL2014), Tokyo, 2014 (Nov.28-29).

・ Ai Shuhara, Yoshito Oshima, "Survey on Actual Status of Usage of Fume Hood in Experimental Laboratories", 1st Asian Conference on Safety Education in Laboratory (ACSEL2014), Tokyo, 2014 (Nov.28-29).

・ Ai Shuhara, Michiko Ito, Yoko Ishiguro, Takeshi Iimoto, Yoshito Oshima, "Development of Supporting Framework for Motivated High School Students' Research Activity on Environment Safety and Risk", 1st Asian Conference on Safety Education in Laboratory (ACSEL2014), Tokyo, 2014 (Nov.28-29).

析", 第4回 REHSE 研究発表会, 東京, 口頭発表 (2015).

・ 辻佳子, 茂木俊夫, 藤井武則, 大島義人, "思考力・実践力習得のための環境安全教育教材創成", 第4回 REHSE 研究発表会, 東京, 口頭発表 (2015)

【口頭発表（国内学会等）】

・ 主原愛, 大島義人, "ヒュームフード天板表面の評価手法に関する検討", 第4回 REHSE 研究発表会, 東京, 口頭発表 (2015).

・ 根津友紀子, 林瑠美子, 大島義人, "大学実験室における実験台の使われ方解析", 第4回 REHSE 研究発表会, 東京, 口頭発表 (2015).

・ 鍋島優輝, 根津友紀子, 山本仁, 大島義人, "大学実験室内気流の可視化および室内レイアウトが気流に及ぼす影響の解

