

大学工学部の自然科学系科目における
素朴概念の調査と分析

小林 和也・後藤 志緒莉・長尾 明美

[研究論文] 大学工学部の自然科学系科目における 素朴概念の調査と分析

小林和也¹・後藤志緒莉²・長尾明美³

1 日本工業大学 基幹工学部

2 早稲田大学 教育学部

3 神奈川工科大学 教育開発センター

Investigation and Analysis of the Naive Concepts in Natural Science Courses in the Department of Engineering,

Kazuya U. KOBAYASHI¹, Shiori GOTO², Akemi NAGAO³

Abstract

From a pedagogical point of view, “naive concept” is generally conceived as a misconception formed by erroneous understandings about scientific matters long accumulated from the early stages of education. Critical lacks in logical consistency are typically observed in students with naive concept, thus adversely hindering their acquisition of university-level expertise such as advanced engineering and applied science. This situation needs to be therefore ameliorated at the earliest stages of their careers. We here illustrate a practical case report as to naive concept in the Department of Applied Chemistry, Kanagawa Institute of Technology (KIT), Kanagawa, Japan, paving the way for future educational developments.

Keywords: Naive Concept, Science and Engineering Education, Natural Science Course

1. はじめに

本研究の目的は、大学生の化学に関する素朴概念の保有状況を、アンケート調査を通して明らかにすることである。

筆者らはこれまで、中学校から高等専門学校への進学時において課題とされてきた、中学校段階の学習内容との円滑な接続を実現するために、高等専門学校における授業やカリキュラムの改善等の検討を進めてきた[1-2]。特に高等専門学校は工業系学校であるため、中学校段階における「理科」に関する基礎知識は、その後の学習を進める上で重要である。そこで、高等専門学校における学生の中学校段階の「理科」に関する基礎知識の修得状況を明らかにするために、小林らは2021年度に都立の高等専門学校（以下、都立高専）に入学した第1学年（4クラス）に対して、独自に開発したアンケート調査を一斉に実施した[1]。調査項目は中学校課程における理科（化学分野）の学習内容をベースとし、高専の化学やその周辺分野において重要であると考えられる「物質の構成」、「気体の性質」、「化学反応」、「溶液の性質」などの問題を提示した。調査問題は、長洲と武田[3]や堀[4]らの提案と、高専のカリキュラムを踏まえて筆者らが作成した。調査の結果から、これまでの義務教育課程において既に学習をしている（あるいは修得を前提としている）はずの基礎知識であるにもかかわらず、正しく修得できていない学生が一定数いることがわかった[1]。

基礎知識の修得状況の差が生まれる背景には、学習者を

取り巻く様々な状況が関係していると考えられる。基礎知識が正しく修得できていない一因として学習者の勉強不足が挙げられるが、一方で、科学的に誤った認識の蓄積による場合があることもこれまでに報告されている[3]。このような科学的に誤った認識は「素朴概念」と呼ばれている。科学的な概念に基づく解釈や理解とは異なる学習者の認識は、研究者の立場の違いにより、素朴理論、ミスコンセプション等、様々な名称で呼ばれているが[5]、本研究では、科学的な整合性が取れていない誤った認識を指す「素朴概念 (Naive Concept)」という呼称を用いることとする。素朴概念は、科学的な整合性が取れていない誤った知識であるため、科学系基礎科目の知識修得を阻害するだけでなく、今後の高度な専門科目を学ぶ上での支障にもなりえる。このようなことから、素朴概念はできるだけ早い段階で修正・解消すべきであることがこれまでも様々な研究から提言されている[6-7]。また、素朴概念の保有の原因については、山岡らによって、実体験による理解や直感的理解、漫画・映画等に基づく理解などが関係していることが指摘されている[8]。

筆者らはこれまでに高等専門学校の学生を対象として素朴概念の保有状況を調査してきた[1,2,9]。しかしながら、これらの調査は主に中学校卒業段階の学生を対象としていることから、アンケート調査を通して明らかになった学生の素朴概念の保有の実態が調査を実施した学校特有のものであるか、あるいは、中学校卒業後の高等学校および大学教養課程での学習を経た学生にも共通のものである

のかについては明らかにされていない。

そこで、本研究では、本学工学部応用化学科に所属する学生を対象に、理科に関する基礎知識の修得状況を調査するためのアンケート調査を実施し、小林ら[1]で明らかとなった都立高専の結果と比較しながら、大学生の化学に関する素朴概念の保有状況を明らかにすることを旨とする。学生が保有する素朴概念の修正を促すための授業や手立てを開発することが本研究の最終的な到達点であるが、今回は、それらの提案に必要な着眼点の獲得を目的として、学生の素朴概念の保有状況を明らかにしたい。

本研究で得た成果は、本学工学部応用化学科における授業やカリキュラムの開発に資するとともに、広く中等教育及び高等教育における物理化学系科目の授業やカリキュラムを考えるうえでも重要な意味をもつだろう。

2. アンケート実施の概要

2.1. 調査対象

調査は2022年4月時点において、本学工学部応用化学科に在籍している学生77名（1年生18名、2年生38名、3年生21名）を対象に、選択科目として開講されている「溶液の性質の熱力学」の講義内にて実施した。アンケート実施時には、今回の調査目的や内容に関してあらかじめ丁寧に説明し、調査結果は研究のみに使用し、学業成績には一切入らないことを強調するとともに、周囲とは相談せずに、現在の実力にて解答するように依頼した。なお、アンケートは教員が問題文を読み上げ、進捗に差が出ないよ

うに1問ずつ指示しながら進めた。

2.2. 調査内容

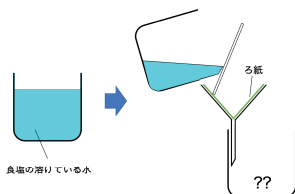
今回実施した調査問題の詳細を図1に示す。調査アンケートの内容は中学校課程における化学分野の学習内容をベースとしており、化学やその周辺分野において、今後の学習を進めていく上で非常に重要な基礎概念として考えられる「物質の構成」、「気体の性質」、「溶液の性質」について出題した。特に本研究では、小林ら[1]の調査結果を背景に、都立高専で実施した調査において正答率が著しく低い問題を中心に提示している。なお、これまでに都立高専において行われた調査の概要および詳細については、小林らの論文[1]を参照されたい。

調査問題は、全て5つの選択肢の中から適切な解答を1つ選択する方式を採用している。さらに、それぞれの問題に自由記述欄を設け、選択肢を選んだ根拠になる知識・理論等を詳細に記入するように指示した。

なお、先述したように、アンケート内容は中学校課程における基礎知識を背景とした調査であり、本来の想定は中学校卒業生である。したがって、小学校から中学校で学習する内容に留まっているため、より高次の学問をすでに学習している学生にとっては、本来、選択肢の判断根拠にもなり得る事前定義（科学的仮定等）が曖昧になっている場合が想定される。このような事前定義の有無による影響をできるだけ排除するために、問題に取り組む際に不明箇所がある場合には、自由記述欄にその旨を記入してもらい、集計時に教員側にて内容を判断し、適切に正誤を修正するように留意した。

問1 水に食塩を溶かしました。次に濾紙を用いて、この食塩水を濾過しました。ビーカーには何がたまるでしょうか？ 以下より正しいものを1つ選びなさい。

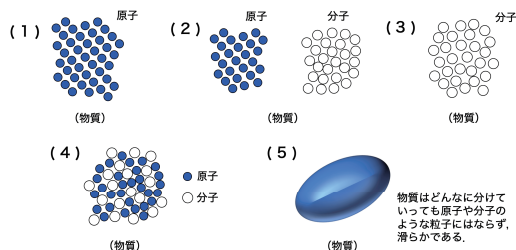
- (1) 食塩だけがたまる。
- (2) 水だけがたまる。
- (3) もともと食塩水だけがたまる。
- (4) 前よりも濃い食塩水がたまる。
- (5) 前よりも薄い食塩水がたまる。



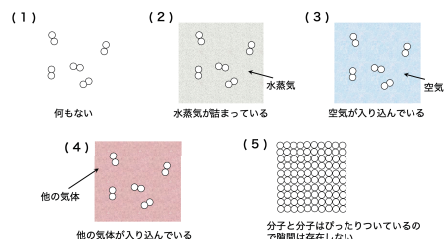
問2 水は分子からできていて、では、水の温度が上昇すると水は膨張するという事実をどのように説明すれば良いか、以下(1)～(5)から正しいと思うものを選びなさい。

- (1) 水の分子そのものが大きくなるため膨張する。
- (2) 水の分子の大きさは変わらないが、数が次第に増えるために膨張する。
- (3) 水の分子と分子の間に空気が入ってくるため膨張する。
- (4) 水の分子が大きくなり、さらに数も次第に増していくために膨張する。
- (5) 水の分子の数は変わらず、分子が活発になっていくため膨張する。

問3 物質をどこまでも小さく分けていくとどうなるか？ 次の(1)～(5)の中から正しいものを1つ選びなさい。



問4 気体では分子と分子の間はどうなっていると思うか？ 正しいものを1つ選びなさい。



問5 うすい塩酸の中に亜鉛を1g入れ水素を発生させた。発生が終わった時、亜鉛は全部とけて肉眼では見えなくなった。このことについて、以下より正しいものを1つ選びなさい。

- (1) 亜鉛は見えなくなったが、質量1g分の亜鉛は溶けて溶液中にある。
- (2) 亜鉛は溶液中に溶けたため重さはなくなってしまった。
- (3) 亜鉛は見えなくなったことから、水素と一緒に小さな粒になって出ていった。
- (4) 亜鉛は全部水素に変化した。
- (5) 亜鉛は全てとけて他の金属に変化した。

問6 同じ量の食塩水と水がビーカーの中で仕切板を介して入っています。この状態では食塩水と水が混ざらないようになっています。いま、この仕切板を外して十分な時間放置しました。食塩水と水はどのようになっているでしょうか？ 以下より正しいものを1つ選びなさい。

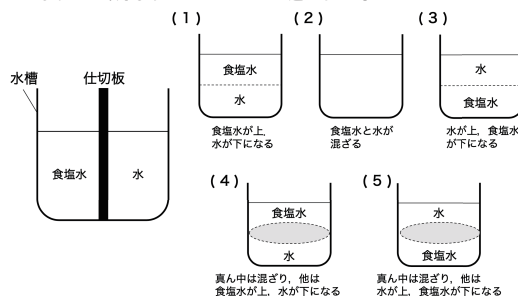


図1：今回実施したアンケート調査問題

3. 調査結果および考察

3.1. 実施アンケートの正答率

初めに、今回実施したアンケートの各問題に対する正答率を図2に示す。なお、図2では参考として、先行研究[1]で調査した都立高専の結果についても併記する。

それぞれの問題において、正答率に大きなばらつきがある結果となった。特徴的な点として、学年間では正答率に大きな差が見られないが、どの学年においても正答率の傾向が類似していることが指摘できる。さらに、これらの結果は小林らの先行研究[1]にて調査された結果とも傾向が類似していることがわかった。これらの正答率の低い問題は、都立高専における調査によって、素朴概念の影響が非常に強いことが明らかになっている[1]。これらの結果は、本学学生と都立高専の学生とが共通した素朴概念を保有している可能性があることを示しているとともに、先行研究の都立高専初年次（中学校卒業程度）に対して行われた調査・分析にて指摘した素朴概念が、高等学校および大学における教育を経ても修正されていない可能性があるということを示していると考えられる。

そこで、素朴概念の保有状況をより詳細に調べるために、今回のアンケート調査の各問題に関する解答状況および自由記述欄を分析し、素朴概念の影響が内在しているかについて詳細に調査した。

3.2. 各問題の解答状況および分析

前節にてアンケートの実施結果について正答率の観点から述べた。本節では各設問の解答状況について詳細に検討する。ここでは、図2より正答率が都立高専における結果と同様に著しく低い問1、問4、問6を取り扱うことにする。

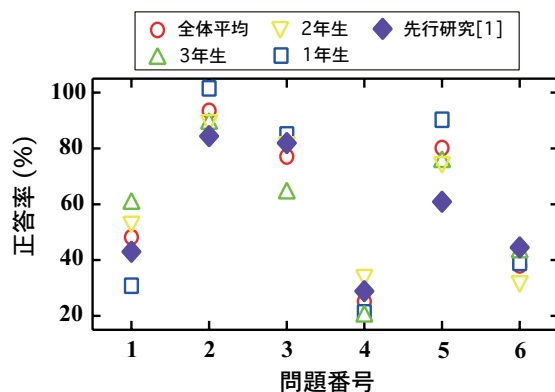


図2：各学年および先行研究における正答率の比較

問1は食塩を溶かした溶液の均一性や質量保存といった性質と粒子サイズの認識に関する調査で、「食塩水をろ紙を用いてろ過した場合、ろ過後の食塩水はどのようなか？」という問題である。一般的に食塩は水中で電離することにより水和しており、 Na^+ や Cl^- といったイオンは水と分子レベルで均一に混合している。すなわち、ろ紙のメッシュサイズではそれらのイオンや分子をろ過することはできない。したがって、ろ過前後で溶液の濃度は変化しないことを示している、選択肢3を正解としている。

図2より本問題の解答状況をみると、全体の正答率は48%と低く、都立高専における正答率43%とあまり差は見られなかった。図3に各学年における選択状況の詳細を示す。3年生では52%、2年生では57%、1年生では33%が正解の選択肢を選んでいますが、食塩が完全にろ過される（選択肢2）や食塩の一部がろ過される（選択肢5）を選

ぶ学生が学年問わず一定数おり、学年にかかわらず素朴概念を保有している学生がいることが明らかとなった。

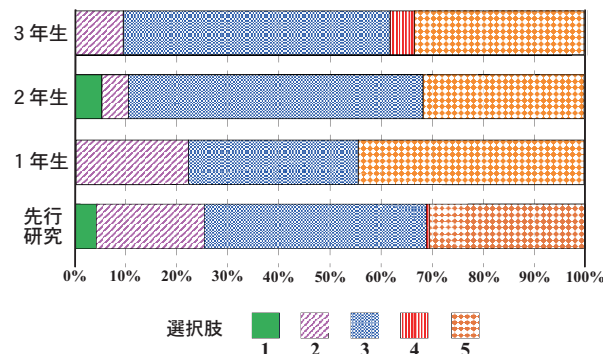


図3：問1に関する各学年における解答状況

先行研究における調査では、「ろ紙は小さな粒子しか通さないため、大きな粒子である食塩は通れない」や「食塩は見えないくらいに小さくなって水に混じっているだけで、ろ紙にはいくつかは溜まってしまう」などの溶液の性質（特に粒子のサイズ認識）に関する素朴概念が伴った誤解が非常に多いことを報告している[1]。そこで、本調査においても、解答の根拠となる考えを記した自由記述欄の内容について精査する。正解および不正解選択肢を選んだ学生の自由記述欄の内容（典型的なものを一部抜粋）を表1に示す。ここでは誌面の都合上、全てを紹介することはできないが、自由記述欄に記入された内容より、多くの学生間で重複している内容を抜粋して示している。

表1：問1に関する記述欄の内容（一部抜粋）

選択肢	記述内容
2	ろ紙の穴の大きさが Na^+ と Cl^- よりも小さいと仮定すると水だけが通る
2	ろ紙でろ過することにより食塩がろ紙にたまり、ろ液の水がビーカーにたまる
2	ろ紙を通過できない食塩と通過できる水とで分けられるため
2	ろ紙にある小さな複数の穴は、食塩分子より小さく、水分子より大きいから
2	ろ過をして塩だけがろ紙にたまるから
3	水に食塩が溶けているということは水中で電離して Na^+ と Cl^- になっているため、ろ過によってこされることはない
3	食塩は水に完全に溶けているため、沈殿物のなどは無いことから、ろ過をしてももとと同じ食塩水がそのままたまる
3	食塩はすでに溶けて Na^+ や Cl^- イオンになっているので、固形物を取り除くろ紙ではろ過できない
3	ろ過は混合物やコロイドを取り除くものであり、食塩水のような分子レベルで溶けているものはろ紙の穴から抜けてしまうためもとと同じ濃度の食塩水がたまる
3	水に溶けた物質は、ろ過しても残ることはない
5	ろ紙を通過しない食塩も存在するが、すべて通過するとは言えないから
5	液体は下に行き、溶け残りなどの固体がろ紙に残るため
5	ろ過によって、一部の食塩がろ紙に残り、濃度が低くなる

5	ろ過の操作で完全に食塩が取り除かれることはないから
5	ろ紙に食塩がのこると思う。でも完全にろ過はできないと思ったから

※ ここで、上記の解答内容については、表記を修正せず、原文を尊重して引用した。

正解の選択肢 3 を選択した学生の記述を見ると、適切に基礎概念が定着していることが伺える。選択肢 2 を選択している学生では、ろ紙のメッシュサイズが分子レベルまで細いと考えている学生や、一時的に溶け残っている状態をイメージして、それがろ過されると考えている学生が一定数いることが伺える。選択肢 5 においても、溶け残っている食塩がろ紙にたまるといった解答が多い。このように、ろ紙のメッシュサイズや溶液の性質（溶液の均一性や粒子のサイズ認識）に関する素朴概念が伴った誤解が多いことが明らかになった。

問 4 は気体の粒子モデルに関する調査で、「気体の分子と分子の間がどのようになっているか？」という基礎概念を調査した問題である。正解は選択肢 1 の粒子間は何もない（真空である）としている。授業において粒子モデルを示す場合には、教師は「真空」であることを前提に説明していると考えられるが、そのことを学習者に明示するかどうかは、義務教育段階では教師の裁量に委ねられている。一方で、真空という概念は、より学問を進めていく場合、例えば気体の分子運動論の学習などにおいても基礎となるため、今回の調査問題として採用した。図 2 より本問題の解答状況をみると、全体の正答率は 26%と低く、都立高専における正答率 29%とあまり差は見られなかった。図 4 に各学年における選択状況の詳細を示す。3 年生では 33%、2 年生では 21%、1 年生では 22%が正解の選択肢を選んでいく。一方で、7 割以上の学生が気体粒子の周りに空気が入り込んでいる（選択肢 3）やその他の気体が入り込んでいる（選択肢 4）といった解答を選択していることから、学年にかかわらず素朴概念を保有している学生がいることが明らかとなった。

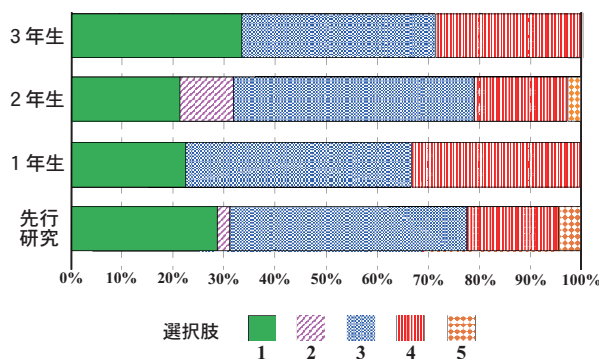


図 4：問 4 に関する各学年における解答状況

先行研究における調査では、「他の気体がないと周囲に隙間ができてしまう」や「分子同士の間が広がるとそこに空気が入り込む」など、粒子間に空気や他の気体が存在することを前提とする素朴概念を有している解答が非常に多いことが明らかになっている。先ほどと同様に、本調査においても、自由記述欄の内容について精査する。正解および不正解選択肢を選んだ学生の自由記述欄の内容（典型的なものを一部抜粋）を表 2 に示す。

表 2：問 4 に関する記述欄の内容（一部抜粋）

選択肢	記述内容
1	真空状態を考えると(1)のみだと考えた
1	気体において分子は活発な運動を行っていて、分子と分子の間には混合物ではなく純粋な気体である場合、その分子以外に何もない
1	気体の分子と分子の間にはなにもなく真空になっている
1	分子そのものが小さいので、分子間のすき間には何も入らないと思ったから。隙間が存在しないと分子が動き回らず気体ではなくなってしまうから
1	分子間に距離があるだけだから
3	分子と分子の間は隙間が空いており、そこにはその分子以外の空気が入り込んでいると考えた
3	問題の前提が地球上であったとき、大気は空気で満ちているので、分子の間には絶えず空気が入り込む
3	運動が活発になるので分子と分子の間にすきまができるのでその間に空気などが入る
3	気体は空気中にあることから気体の分子と分子の間には空気が存在する
3	空気は基本どこにでもあるので
4	気体の間には何もないことはないから
4	気体中では分子と分子がはなれていて、その間に空気中の他の物質が入り込んでしまうから
4	空気は酸素などの分子と一緒に混合されているため
4	気体の分子と分子の間には他の気体が入り込んでいる。気体は空気中では色々な気体と混ざり合っているため
4	分子の周りに他の気体がたくさん入り込んでいる(空気)

※ ここで、上記の解答内容については、表記を修正せず、原文を尊重して引用した。

正解の選択肢 1 を選択した学生では、粒子間に隙間があり、それが真空状態であることを正しく理解できていることが伺える。一方で、選択肢 3 や選択肢 4 を選択した学生の解答からは、都立高専での調査結果と同様に、粒子間に空気や他の気体が存在することを前提とした素朴概念を保有していることが読み取れる。

問 6 は問 1 と関連した溶解と拡散に関する問題であり、「容器内に仕切りを用意し、片方に食塩水、もう片方に水を入れ、仕切りを外して十分な時間が経過した時のビーカー内部の溶液の濃度分布はどのようになるか」という内容である。食塩水と水は仕切り板を外した瞬間から拡散による混合が始まり、十分な時間が経過した後は一様状態になることから、選択肢 2 を正解としている。図 2 より本問題の解答状況をみると、全体の正答率は 38%と低く、都立高専における正答率 43%とあまり差は見られなかった。図 3 に各学年における選択状況の詳細を示す。3 年生では 33%、2 年生では 42%、1 年生では 39%が正解の選択肢を選んでいるが、水が上、食塩水が下になる（選択肢 3）や真ん中が混ざり、他は水が上、食塩水が下になる（選択肢 5）を選ぶ学生が学年問わず一定数いることがわかった。

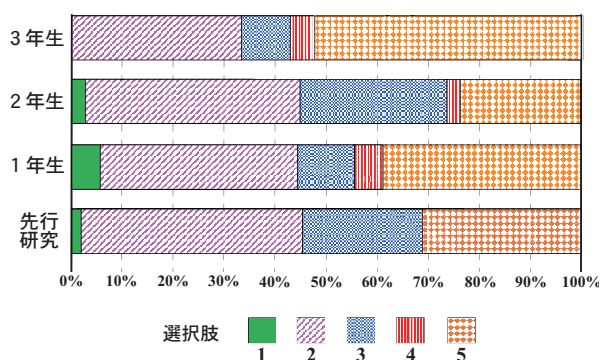


図5：問6に関する各学年における解答状況

先行研究における調査では、「重力下において、密度の高い食塩水の上に水が重なっている状態になる」や「食塩水の上に水が重なり、その境界面付近が混ざり合う」など、食塩水の様性や仕切り板を取り除いた後の拡散による混合において素朴概念を有している解答が非常に多いことが明らかになっている。本調査の自由記述欄の内容について、正解および不正解選択肢を選んだ学生の自由記述欄の内容（典型的なものを一部抜粋）を表3に示す。

表3：問6に関する記述欄の内容（一部抜粋）

選択肢	記述内容
2	元の食塩水が水と混ざり、うすい食塩水となる
2	食塩水に水をくわえたら混ざりあうので、はっきりと2層にわかれるのではなく、混ざりあい、食塩水の濃度が変化すると考えた
2	食塩水は塩の分子と水の分子が混ざっている状態のため、水を混ぜても食塩水のままであり、濃度が下がるだけである
2	時間がたつにつれて食塩水と水が混ざっていくから
2	油は疎水性があるため水に溶けず水と油で分離するが、食塩水に疎水性はないため水と混ざって濃度の低い食塩水となる
3	重いものが下にいくため
3	水よりも食塩水の方が沈殿がしやすいと考え、食塩水が下に行くと考えた。
3	食塩水の方が密度が高いため底の方に溜まる
3	食塩水の方が密度が高く水の下に沈もうとするため、これは静置した場合においてであるためかき混ぜると答えは(2)になる
3	食塩が含まれる分、水より重くなると考えるため
5	かきまぜていないので食塩水の方が下にあると思う
5	水より食塩が入っているため食塩水の方が重い、仕切り板をはずした後、混合させていないが、真ん中は混合した部分が多少残ると考える
5	人の手をくわえないかぎり混ざらないので、比重の重い食塩水が下になって境界はまざらないが、一部混ざりかけるため(5)となる
5	仕切り板をはずした直後は、(2)のような状態になるが、放置すると比重が大きいと思われる食塩が沈降する

5 比重が水の方が軽いので上に行くが、水と油のようにくっきりわかれないうので少しは混ざるから

※ ここで、上記の解答内容については、表記を修正せず、原文を尊重して引用した。

正解の選択肢2を選択した学生では、仕切り板を外した瞬間から混合が始まり、より食塩濃度が低い様な溶液になることを理解できることが伺える。選択肢3では溶液の密度の違いに着目し、より密度の高い食塩水の上に水が重なり、その状態が維持されていると考えている。選択肢5を選択した学生では、選択肢3と同様に密度の違いに着目し、さらにその境界面のみが混合する（全体としては混合しない）と考えていることが伺える。

特に選択肢3と5を選んでいる学生の中には、人為的に攪拌しない限り溶液の濃度は一様状態にはならないと考えている学生も一定数おり、拡散による均質混合に関する素朴概念が確認された。

一方で、仕切り板を外した瞬間においては、一時的に密度の高い食塩水の上に水が重なる状態になる。このことから、より詳細な素朴概念の所在を明らかにするためには、例えば問題文にある「十分な時間放置」という表現に関して、さらに精査をする必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究では、アンケート調査の結果の分析を通じて、本学工学部応用化学科に在籍している学生の化学に関する基礎概念の定着状況と素朴概念の保有状況を明らかにした。本研究を通じて明らかになった素朴概念と学生の保有の状況は、次のとおりである。

表4：本研究で指摘した素朴概念

(問題番号)内容	素朴概念の詳細
(問1) 溶液の均一性や質量保存、粒子サイズの認識	ろ紙のメッシュサイズや溶液の性質（溶液の均一性や粒子のサイズ認識）に関する素朴概念が伴った誤解が多いことが明らかになった。
(問4) 気体の粒子モデル	粒子間に空気や他の気体が存在することを前提とする素朴概念を有している解答が非常に多いことが明らかになった。
(問6) 溶解と拡散	拡散による均質混合に関する素朴概念が確認された。

なお、上記に示した素朴概念は、筆者らが過去に調査を実施した都立高専の学生にも共通して見られるものである。すなわち、上記に示した素朴概念は、中学校課程での学習を経た高等専門学校の学生だけでなく、高等学校及び大学教養課程での学習を経た学生にも共通して存在している可能性があるということができるだろう。

今後の課題は、以下の3点である。

- ① 今回の研究では、アンケート調査の分析を通じて、学生の素朴概念の保有状況を明らかにすることに留まっており、素朴概念の修正に向けた授業や手立てを開発する段階には至らなかった。この点に関する検討を行うには、学生の素朴概念の保有の要因を詳細に調査するとともに、中学校・高等学校・大学における学習内容の検討も必要である。
- ② 本研究は、先行研究で行った都立高専の結果との共通

性を中心に考察したが、大学生という点に着目した考察は行うことができなかった。学生の解答状況や素朴概念の保有の状況には、調査対象とする学生の学習の経歴や学校種の違いも少なからず影響していると考えられる。この点を明らかにするには、アンケートの自由記述の内容をより詳細に分析することが必要である。

- ③ 問6に関する分析でも指摘したように、問題文の表現を精査することにより、解答状況に変化が見られる可能性も考えられる。問題文の表現を変えた場合の結果との比較も必要である。

今後は、上記の課題に関する調査・検討を継続的に実施し、素朴概念の修正を促すための授業や手立ての開発を目指したいと考えている。

参考文献

- [1] 小林 和也, 後藤 志緒莉, 池田 宏. 工業系学校初年次における科学的概念の修得状況に関する調査と分析. 工学教育, 71(2), pp.77-82 (2023).
- [2] 小林 和也, 後藤 志緒莉, 池田 宏. 工業系学校初年次における反転学習の導入と分析. 工学教育, 71(2), pp.83-88 (2023).
- [3] 長洲 南海男, 武田 一美. 中学校理科のつまずきとその指導[第1分野]. 東京書籍(1981).
- [4] 堀 哲夫. 問題解決能力を育てる理科授業のストラテジー:素朴概念をふまえて. 明治図書出版(1998).
- [5] 中山 迅, 猿田 祐嗣. 慣性についての高校生の素朴概念に関する教師の認知. 科学教育研究, 19(2), pp.103-110(1998).
- [6] 進藤 聡彦, 麻柄 啓一, 伏見 陽児. 誤概念の修正に有効な反証事例の使用方略-「融合法」の効果-. 教育心理学研究, 54, pp.162-173 (2006).
- [7] 湯澤 正通. 科学的概念への変化 -概念変化の要因と研究の課題-. 心理学評論, 54(3), pp.206-217 (2011).
- [8] 山岡 武邦, 沖野 信一, 松本 伸示. 国立理系大学生における素朴概念の形成とその克服. 理科教育学研究, 63(1) pp.179-188 (2022).
- [9] 小林 和也, 池田 宏, 小林 美学. 工業系学校における科学的基礎力に関する調査と分析. 工学教育研究講演会講演論文集 (第71回年次大会), pp.272-273 (2023).

研究推進機構

機 構 長 脇田 敏裕

機構企画室長 井藤 晴久

神奈川工科大学研究報告

B-48 理工学編 通巻 48 号

令和 6 年 3 月 1 日 発行

編集兼発行者 神 奈 川 工 科 大 学

〒 243-0292 神奈川県厚木市下荻野1030

電 話 046-241-6221

印 刷 者 株式会社スクールパートナーズ

当該研究報告に掲載された論文の著作権は本学に帰属する。