

# 高校化学において学習事項を定着させる実験の

## よりよい導入時機とは

教育学研究科 教育実践創成専攻 教科領域実践開発コース 中等教科教育分野 邊見 千里

### 1. 問題の所在

高校化学には、理論化学、無機化学、有機化学の3つの分野がある。理論化学は公式などが頻出し、生徒は事物・現象に対して、質的・実態的に捉えることができ、思考力を働かせ、論理的に考えることができる。一方で、無機分野や有機化学分野では、まずはある程度の知識を叩き込むことが不可欠である。(2020 白山) つまり、無機化学、有機化学分野では学習事項をある程度暗記することが必要であるということの意味している。実際に一般的にも無機化学分野や有機化学分野の学習事項を暗記するための書籍やインターネットなどの情報が流通している。しかし、学習内容を暗記することが無機化学、有機化学の目的ではなく、文部科学省の学習指導要領解説では、「理科の見方・考え方を働かせ、有機化合物の性質についての観察、実験などを通して、有機化合物、高分子化合物について理解させるとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けさせ、思考力、判断力、表現力等を育成する」ことを主なねらいとしている。

よって、本来の教科の目的を達成させるためには、観察・実験などを通して、見方・考え方を働かせながら、学習事項を質的・量的な関係などの化学的な視点でとらえ、日常生活と関連付けて考察していくことができるように学習事項の定着が必要になると考えられる。

南(2022)は、ある一日開催の実験講座の中で、仮説の設定、実験の計画・立案、考察や推論、表現・伝達をする活動を行った。その中で化学基礎未履修の生徒でも、予め実験の要素を説明・解説

この時、生徒が見方・考え方を働かせて学習が

した後に実験を行ったところ、論理的思考力を高める成果が得られたと報告している。また、沖林(2017)は、授業開始時に関連する内容を扱った動画視聴や、授業内容に関連する課題に取り組む活動を行うことで、特殊的好奇心の高いものほど、原因がわかるまで調べる、あるいは問題を解くためにじっくり考えるという過程を経て、高い授業内容定着度を得たと示している。よって、高校化学の学習をよりよいものにするために、学習スタイルという点において授業改善を試みることを考えた。

### 2. 目的

そこで、本研究では、沖林の研究における、「授業開始時に授業内容に関連する、特殊的好奇心を高くもつ課題に取り組む活動を行ったことで、高い授業内容定着度を得た」という成果を参考に、有機化学のある単元で、実験を先に行った後に単元内容の学習をする場合と、単元内容の学習をした後に単元の中の実験をする場合とで、理科の見方・考え方を働かせているかについて分析し、高校化学における学習事項の定着させる実験のよりよい導入時機を明らかにすることを目指した。

### 3. 研究の方法

#### 3.1 学習指導の方策

沖林の研究を参考に、高校化学有機化学分野における授業の流れで、「単元の実験を行った後に単元学習する(以後、実験前組とする)」クラスと「単元学習した後に実験を行う(以後、実験後組とする)」クラスを設定し、授業を行った。行えているか、どのような変容が見られるかを

見取るため、授業観察と生徒に学習後と実験後に学習感想を記入させた。実験前組については、実験前にある程度の知識（銀鏡反応、フェーリング液、ヨードホルム反応とは何か）について、簡単に説明を行った。また、学習の定着度を測るために一連の学習が終了後、定着度調査用紙を配布し、回答結果を比較、分析した。この際に、丸暗記で答えられる質問はしないことに注意した。

### 3.2 学習指導の設定

有機化学分野の脂肪族炭化水素化合物であるアルコール関連化合物について学習することとした。実験は、①銀鏡反応とフェーリング液の還元の実験、②アルコール（1-ブタノール、2-ブタノール、2-メチル-2-プロパノール）の酸化反応、③ヨードホルム反応の確認（メタノール、エタノール、アセトン）について行うこととした。①では、銀や銅の金属イオンの酸化数の変化（銀： $\text{Ag}^+ (+1) \rightarrow \text{Ag} (0)$ 、銅： $\text{Cu}^{2+} (+2) \rightarrow \text{Cu}^+ (+1)$ ）からアルデヒドが還元性を持つことに注目させた。②では、アルコールの級数や構造式が反応関係することに注目させた。③では、反応する物質の構造式と反応の関係に注目させた。また、実験プリントには、わかったこと、感想を記述する欄を設けた。

### 3.3 学習定着度質問用紙の作成

生徒の学習定着度を測るために質問用紙を作成した。出題内容は以下の14問である。

1. 分子式  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  であるアルコールについて、質問に当てはまる化合物の構造式および名称に関する問題（6問）
2. アルコール化合物の推定に関する問題（物質の推定4問、ヨードホルムに関する問題2問、銀鏡反応に関する記述問題1問）
3. フェーリング液の還元に関する記述問題（1問）

質問内容の概要と実験との関わりの有無について、表1にまとめた。

### 3.4 学習の単元の内容と学習方策

高校化学の有機化合物は、「炭化水素」「官能基をもつ化合物」「芳香族化合物」の小單元からな

表1 学習定着度調査用紙概要と実験との関わりの有無

質問番号	質問の内容	関わりの有無
1 (a) ①	鏡像異性体をもつアルコールの構造式	×
1 (a) ②	鏡像異性体をもつアルコールの名称	×
1 (b) ①	第三級アルコールの構造式	○
1 (b) ②	第三級アルコールの名称	○
1 (c) ①	直鎖状で、酸化されるとアルデヒドを生じるアルコールの構造式	○
1 (c) ②	直鎖状で、酸化されるとアルデヒドを生じるアルコールの名称	○
2 (1) A	アルコールの銀鏡反応	○
2 (1) B	アルコールの脱水反応	×
2 (1) C	ケトンの還元反応	×
2 (1) D	アルコールの脱水反応の生成物	×
2 (2) ①	ヨードホルム反応の名称	○
2 (2) ②	ヨードホルムの分子式	○
2 (3)	銀鏡反応についての説明（記述）	○
3	フェーリング反応についての説明（記述）	○

る。研究では、実験を行うこと、単元の学習前に実験を行うことを考慮し、比較的生徒が既有知識で取り組みやすい実験ができる小単元の「官能基をもつ化合物」を取り扱うこととし、「アルコールの関連化合物」についての学習設定をした。

学習の構成は、「アルコールとエーテル」について、アルコール、エーテルの官能基に注目させた定義や性質、そして、物質の構造式と関連した分類方法や酸化反応などの反応性について学習を行うこととした。続いて、「アルデヒドとケト

ン)「カルボン酸とエステル」について、同様に官能基に注目させた定義や各物質の性質、反応性について学習を行うこととした。そして、実験については、実験前組は学習の最初に、実験後組は学習の最後に実施することとした。

#### 4. 授業実践の概要

2021年9月から10月において、山梨県の公立高等学校第3学年で、実験前組39名、実験後組40名の2クラスを対象に実施した。生徒は学習意欲も高く、ほぼ全員が進学希望である。各クラスは、男女それぞれ19~20名であり、学力差もほとんどない。

#### 5. 結果と分析

全ての授業に行った定着度調査では、実験後組は、実験前組より全体で正答率が3.5ポイント低かった。(図1) 実験前組(N<sub>1</sub>=39)、実験後組(N<sub>2</sub>=38)の全体の正答率の差の3.5ポイントは、母数から考えると、正答が1問差程度であるということである。よって、定着度調査全体では2クラス間ではあまり差が見られなかった。

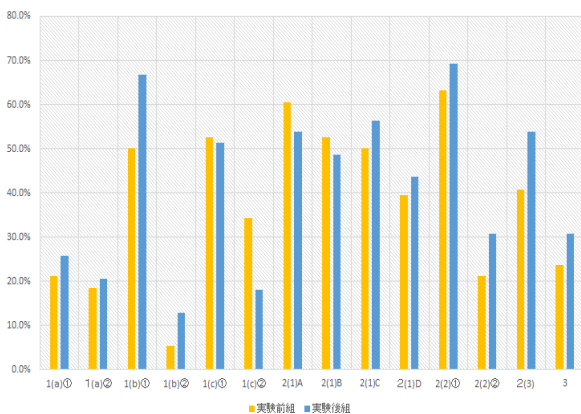


図1 定着度調査正答率クラス比較

実験と関わりのない問題の正答率比較(図2)で見ると、実験と関わりのない問題の正答率の平均は、実験前組が実験後組に比べ2.7ポイント低かったが、あまり差はなかったように読み取れる。しかし、実験と関わる質問の正答率比較(図3)では、正答率の平均は実験前組が4.0ポイント下回った。特に差が大きくみられた問題は、1(1)①の16.3ポイント、2(3)の13.1ポイ

ントも実験前組が下回った。つまり、実験に関わる問題では、問題によっては、実験後組が実験前組に差をつけていたと考えられる。

最終に単元学習した事項と関わる問題、つま

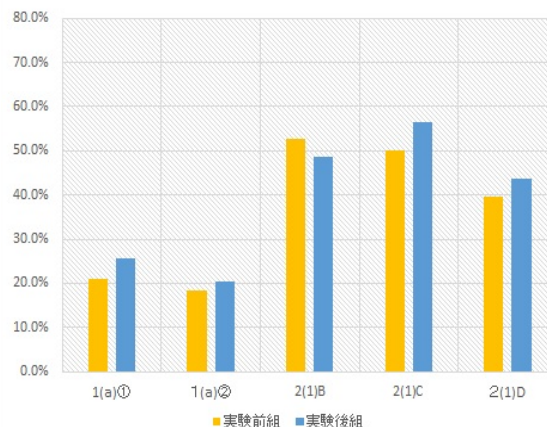


図2 実験と関わりのない質問の正答率比較

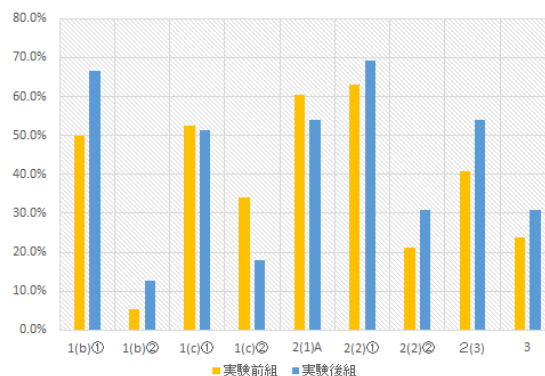


図3 実験と関わる質問の正答率比較

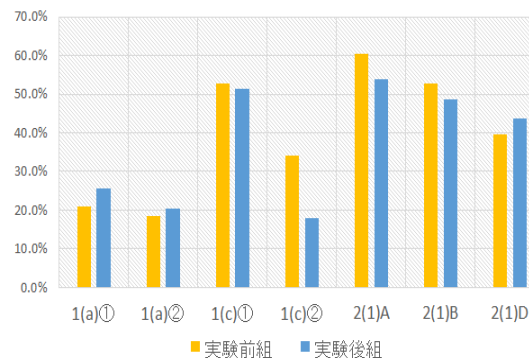


図4 アルデヒドとケトンに関する定着度調査正答率

り、ここではアルデヒドとケトンの学習であるが、アルデヒドとケトンに関する定着度調査正答率(図4)を見てみると、実験前組の方が授業と実験を挟んだ実験後組より、2.4ポイント上回った。定着度調査は、学習後すぐに行っていないものの、最後に学習した事項が記憶に残り、定着度調査に影響したのではないかと考えられる。

## 6. 考察(評価)

### 6.1 実験前組の実験後の感想

実験を単元学習の前に行うことを否定的にみている記述が多くみられた。(表2)

実験を単元学習の前に行うことを否定的に感じている生徒が多数である一方、一部の生徒は、実験を単元学習の前に行うことを肯定的にみている記述をしていた。(表3)

表2 実験前組の実験後の否定的な感想

生徒1	…勉強してから望めばよかったなと思いました。
生徒2	何もわからない状態での実験だったので、どうしてこの結果になるのか、また、この反応であっているかがわからなかった。
生徒3	今回の実験は予習をしっかりしていなくて自分がどんな実験をしているのかをイメージできなかったの、次からは予習できるようにしたい。

### 6.2 実験後組の実験後の感想

実験を単元学習の後に行ったことで、学習内容に対して理解が深まったという記述が多く見られた。(表4)

### 6.3 共起ネットワークを用いた分析

図5は、ユーザーローカルAIテキストマイニングを用いた共起ネットワーク図である。これは、共起キーワード文章中に出現する単語の出現パターンが似たものを線で結んだもので、出現数が多い語ほど大きく、また共起の程度が強いほど太い線で描画される。この図を用いて次のように分析を行った。

表3 実験前組の実験後の肯定的な感想

生徒4	…その後授業でその範囲をやったら、「なるほど」と理解できたり、まだ、やっていない所だから実験の考察をよく考えることができた。
生徒5	…後の学習でなぜこのような現象になったのか詳しく学習し、理解するのが楽しかった。
生徒6	…授業をしていくうちにあの時の反応はこういうことだったのかと理解が深まっていくのが面白かった。

表4 実験後組の実験後の感想

生徒7	実験を通して、授業では納得しづらかったことが、 <u>実際に見ることで印象強く、自分の頭に入りました。</u>
生徒8	教科書で見てこんなものもあるんだと思っていたことが、実際にできて理解が深まった。
生徒9	銀鏡反応やフェーリング反応、ヨードホルム反応についてあまり理解できていなかったが、 <u>この実験を通して、何が起り、何がわかるのかを理解することができた。</u>
生徒10	実験をすると授業でただ習うより、結果がどうなるか印象に残りやすく、ないようをより理解できるなど改めて感じた。

#### 6.3.1 共起ネットワークを用いた感想比較

以下の4通りのケースにおいて、感想比較を行った。

- A) 実験前組の実験後と授業後の感想比較
- B) 実験後組の授業後と実験後の感想比較
- C) 実験前組と実験後組の授業後の感想比較
- D) 実験前組と実験後組の実験後の感想比較

A) では、実験後の感想では、具体的な物質名などの記述がなかった。授業後の感想は、アルデヒド、酸化、具体的な実験と関わる物質名が見られ、実験と関わりをもった記述を関連付けてい



ることがみられた。(図5) B)では、授業後も実験後もどちらも実験と関わりのある用語が出ていて、物質名や用語を関連付けて記述していた。C)では、実験前、実験後組どちらも実験と関わりのある用語を関連付けて記述していた。D)では、実験前組の方は、実験と関わる用語が少なく、形容詞や動詞が多かった。実験後組は、実験と関わる名詞が多くみられた。

実験前組・後組における分析をまとめると、実験前組は、授業後の方が具体的な物質名を記述して、実験と関わりのある用語どうしを関連付けて記述していた。

実験と授業後・実験後における分析をまとめると、授業後は実験前組・実験後組に関わらず、実験と関わりのある用語どうしを関連付けて記述していた。実験後において、実験前組は験に関わる記述が少なく、実験後組は実験に関わる語どうしを関連付けて記述していたため、実験前組の方が見方・考え方を働かせていると推察できる。

### 6.3.2 実験後にわかったことの記述内容

実験前組では、物質の構造式や酸化数の変化に触れている記述はほとんど見られず、具体性に欠ける記述がほとんどであった。(表5)

実験後組では、構造式や酸化数の変化に触れ

表5 実験前組の実験後にわかったことの記述内容

生徒11	第一級、第二級アルコールは酸化するが、三級は酸化しない。
生徒12	第一級アルコールは酸化するとアルデヒドができ、第二級はケトンができ、第二級は酸化されるという性質がわかった。...
生徒13	第一級アルコールは酸化すると、アルデヒドができ、第二級はケトンができ、第三級は酸化されるという性質がわかった。...

ていて、具体的に物質名を用いて記述していることが多くみられた。(表6)

### 6.3.3 実験後のわかったことに見方・考え方が働いている記述の割合

生徒が、実験を通した見方・考え方を働かせているかどうかを見るため、「実験後にわかったこと」の記述の中に、次のような記述があるかどうかを確認した。

- ① 金属イオンの酸化数の変化からアルデヒド

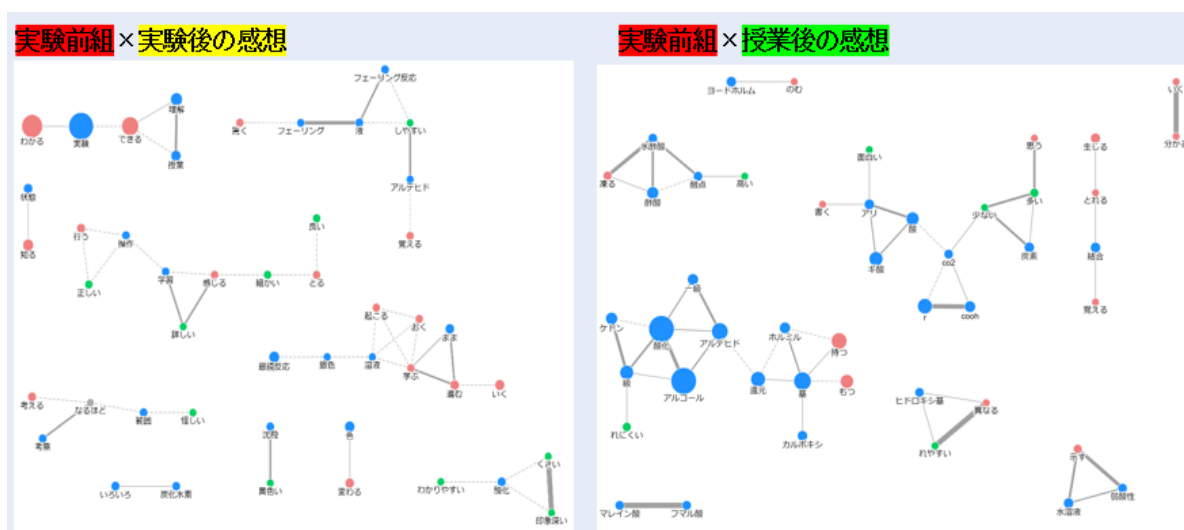


図5 共起ネットワーク (実験前組の実験後、授業後の感想)

表6 実験後組の実験後にわかったことの記述内容

生徒14	第一級アルコールと第二級アルコールは酸化されるが第三級アルコールが酸化されない。・・・
生徒15	・・・第一級アルコールと第二級アルコールは酸化しやすく、第三級アルコールは酸化しにくいこともわかった。ヨードホルム反応は、 $\text{CH}_3\text{CO}-\text{R}$ や $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})-\text{R}$ の構造をもつものに反応する。
生徒16	・・・ $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$ 、 $\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}$ 酸化数が+2 $\rightarrow$ +1、+1 $\rightarrow$ 0減少した。第一級アルコールの1-ブタノールを第2級アルコールの2-ブタノールは酸化したが、第三級アルコールの2-メチル2-プロパノールは酸化せず。

が還元性をもつことに注目した記述

- ② アルコールの級数や構造式が反応と関係することに注目した記述  
 ③ 物質の構造式と反応の関係に注目した記述

①～③の内容の記述の有無で、その生徒の割合を算出したところ、次のようになった。(表7)

実験前組・後組どちらも6割以上が、見方・考え方を働かせながら実験を理解したことがわかった。実験後組の方が、実験に関する知識が豊富な分だけ、実験に関する理解度が高く、見方・考え方についても働かせることができていたと推察できる。

## 7. まとめ(成果と課題)

定着度調査からは実験前組、実験後組の差に大きな差は見られなかった。また、生徒の授業観

表7 見方・考え方が働いている記述をした生徒の割合

	割合
実験前組(N <sub>1</sub> =38)	64.1%
実験後組(N <sub>2</sub> =39)	71.1%

察や学習観察からは、実験後組は見方・考え方を働かせている記述が多かったと分析できた。よって、総合的に結果を分析すると、見方・考え方を働かせながら学習ができていたのは、実験後組であるとわかった。

課題として、定着度調査までの経過時間の差や最新の学習内容の記憶が定着度に少なからず影響したと考えられる。そこで、最終の学習後、ある程度時間を経過させて定着度調査を行う必要があると考える。また、高校化学では、理論分野と有機、無機分野3つの分野がある。今回は有機分野で研究を行ったため、分野ごとに学習定着度が違うことが考えられる。よって、理論分野、無機分野でも同様の研究を行うことが必要であると考える。

## 8. 引用・参考文献

南拓実 「論理的思考力を高める「わくわく!アドバンス実験講座」の取り組み」『化学と教育』第70巻, 第4号, pp.168-169, 2022

文部科学省 高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編 p107

西川一二・雨宮俊彦 「知的好奇心尺度の作成—拡散的好奇心と特殊的好奇心—」『教育心理学研究』第63巻, 第4号, pp.412-425, 2015

沖林洋平 「知的好奇心と授業に対する興味と学習内容の定着の関係」『日本工学会論文誌』Vol.41, Suppl号, pp.133-136, 2017

白山智佳 「作問活動を通じた有機化学分野の知識力・思考力を育てる授業」『化学と教育』第68巻, 第4号, pp.328-331, 2020