

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 30 日現在

機関番号：32678

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25780490

研究課題名(和文) 高校化学教育における授業プログラム「炭素化合物の化学」の開発

研究課題名(英文) Development of Teaching Programs the chemistry of carbon compounds in High School Chemistry Curriculum

研究代表者

渡邊 大輔(WATANABE, DAISUKE)

東京都市大学・共通教育部・助教

研究者番号：90636193

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円

研究成果の概要(和文)：現代化学の発展に不可欠の役割を果たした有機電子論の歴史的・認識論的価値を評価する立場から、高校化学教育カリキュラムにおける授業プログラム「炭素化合物の化学」の開発を目的とした。その実現のためには、複雑な炭素化合物であっても、反応の規則性から反応中心を特定し、反応を予測できるかどうかという課題を解決する必要がある。そこで妥当な授業プログラムを構成するために、現代化学・技術史学・認識論的研究成果の検討を深め、カリキュラム編成・教育内容・教材構成・モデル導入の論理的条件について理論的・実践的に検討を行った。その上で、授業プログラム「炭素化合物の化学 第一部：原油の分離術」を作成した。

研究成果の概要(英文)：From the perspective of historical and epistemological evaluation of organic compounds, electron theory has played a vital role in the development of modern chemistry. The aim of this study was to develop a teaching program named "Chemistry of carbon compounds" in the high-school chemistry curriculum. To realize complex carbon compounds and identify a reaction center on the basis of the regularity of reaction, it is necessary to solve the problem of how to predict the reaction. Therefore, to gain in-depth of modern chemistry, the history of technology, and epistemological research results, we have developed a reasonable teaching program that includes theoretical and practical courses; the logical conditions of the curriculum, educational content, structure of teaching material, and model introduction have been designed relevantly. In addition, we have created a teaching program named "chemistry of carbon compounds".

研究分野：教育学

キーワード：授業プログラム 炭素化合物の化学 高校化学教育カリキュラム 教育内容 教材構成 モデル 教授学 教育方法学

1. 研究開始当初の背景

授業における生徒の科学的認識は「生徒が教材に働きかけて教育内容を反映する過程」と「教師と生徒」および「生徒どうし」の対話による相互作用の過程」の統一として進行する。その実現には現代科学の基礎的・基本的な概念・法則の体系として教育内容の構造を形成し、教材と教授過程を統合的に加工した「授業プログラム」を開発することが必要不可欠である(図1)。

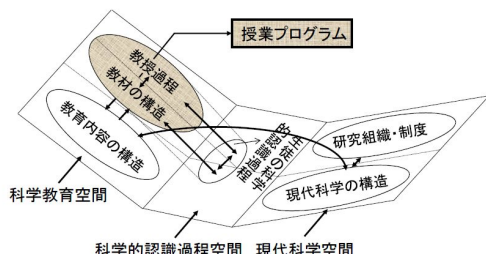


図1: 認識過程としての教授過程の基本構造 (高村(1987)を一部改編)

科学教育研究ではこうした意義が論じられてきており、学習者のニーズに応える科学教育の内容・方法が具体的に蓄積されつつある。しかし、物質の微視的運動形態を扱う化学教育の場合には、実験そのものを教育内容と見做す場合も多く、それと現代化学、生徒の認識活動との関係は自明でない。

妥当な授業プログラムを構成するためには、依拠する現代化学の構造をどう捉え、そこからどういう内容を明示的に指導し、それをどういった教材によって生徒の認識活動を組織するのが有効なのかを体系的・実証的に考察することが課題となる。

化学という学問は「物質における電子の科学である」といわれ、あらゆる化学の領域において「電子のふるまい」をさぐることが重要である。それは化学が「諸原子が核外電子を媒介とする相互作用をすることによって起こる諸原子の結合と分離を研究する自然科学の一部門」という特質による。

したがって、複雑な炭素化合物であっても「電子のふるまい」を意識して反応を捉えさせることは、高校化学教育の重要な到達目標であるといえる。一部の進学校では既習の内容の「発展」として有機電子論を採り入れる実践もあるが、既存のカリキュラムにさらに電子論を「付け足す」のではなく、電子論から既存の教育内容・教材を再検討・再構成することを通じて、高校化学教育におけるカリキュラムと授業プログラムの構造を明らかにする必要があると考えた。

2. 研究の目的

これまで「自然科学とは何か」「その発見が人間にとってどんな意味をもつのか」という学習者の要求を念頭におき、現代化学と化学史研究の成果から高校化学教育における

「炭素化合物の化学」の教育内容構成を行ってきた。この中で、現代化学の発展に不可欠の役割を果たした有機電子論の歴史的・認識論的価値を重視する立場から、 S_N2 (二分子求電子置換)反応を軸とした官能基の教育内容の系統化を試みた。 S_N2 反応は大部分の炭素化合物に起こる反応であり、さらに別のタイプの反応($E2$:二分子脱離)を理解する上でも役に立つ。そこで S_N2 反応を有機化学反応の典型とみなし、反応のタイプによって官能基を系統的に整理することができる根拠を明らかにした。さらに、有機電子論の創設者であるRobinsonの認識過程の分析から、授業における生徒の科学的認識過程に有効と考えられる論理構造を抽出し、教育内容の順序構造を仮説的に設定した(図2)。

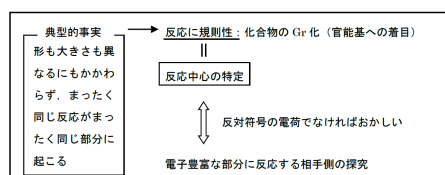


図2: 有機電子論の指導における教育内容の順序構造

本研究では、こうした教育内容研究レベルでの知見を活かしつつ、「学習者の発見の過程」あるいは「問題—予想—討論—実験の系列」として教材を構成し、授業プログラムの開発を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

現代化学の基礎的・基本的な概念・法則を、学習者の認識形成過程に関する仮説に従って教育内容・教材として具体化し、高校での授業実践を通じて冒頭の目的達成を図ることを企図した。ただし、この授業実践のためには、関連する現代化学の研究成果と先行研究を対象にした綿密な基礎研究が必要であったため、本研究では以下の(1)~(4)の基礎研究に限定した。

- (1) 教育内容構成に有効な現代化学・技術学・認識論の研究成果の検討
- (2) 教育用分子モデルの先行研究および授業実践事例の検討
- (3) 科学的認識の形成過程におけるモデルの意義と役割についての理論的・実践的検討
- (4) 授業プログラムの作成

4. 研究成果

(1) カリキュラム編成の理論的検討の一環として、現代化学・技術史学・認識論的考察を深め、「炭素化合物の化学」の指導体系(第一部:原油の分離術/第二部:化学反応の原理)を構想する根拠を示した。

(2) 授業プログラム「炭素化合物の化学」を具体化すべく第一部に関連する技術史研究の成果を検討し、生徒に提示する物質群と反応の選択を行った(図3)。その上で、第一部における教育内容(何を・どんな順序で・どんな表現で教えるか)を構成した(図4)。

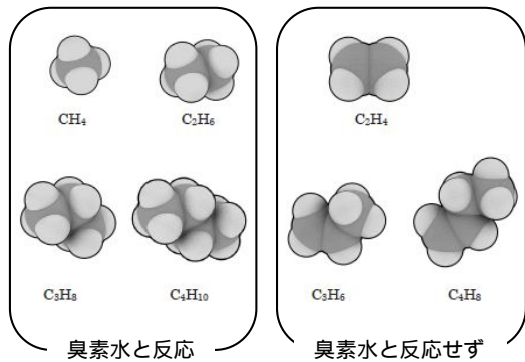


図3：熱分解精製物にたいする臭素水との反応の有無

関連目標	具体的内容	事実
天然には存在しない新しい性質をもつ炭素化合物をつくり出す	(1) 原油はそのままでは材料として役に立たない	ア) 火を定付たくらいでは原油は燃えない イ) 原油を加熱してから火をつけると燃える。このとき臭気と黒煙がでる ウ) 原油を灯火に利用すると、火事を起こしやすかった
	(2) 沸点の違いを利用して役立つ物質と役立つ物質に分離することができる	ア) 原油は沸点の違いを利用して、揮発油と灯油と重質油に分けることができる イ) 炭化水素の鎖が長くなるほど、沸点は高くなる ウ) 揮発油の低沸点な揮発性を利用してのがガソリンエンジンである。自動車によって揮発油は役立つ物質へと価値が変わり、やがて消費量は増大して
	(3) 蒸留後に残る重質油の長い分子を熱分解によって揮発油と同じ飽和炭化水素と反応性の高い不飽和炭化水素に変化させることができる	ア) 蒸留では原油から最大18%の揮発油しか得ることができなかった。原油から揮発油の収率をいかにして高めるかが重要な課題だった。 イ) 蒸留後に残る重質油(軽油・重油)の長い分子を熱分解することによって揮発油と同程度の揮発性をもつ短い分子ができる ウ) 熱分解では揮発油だけでなく大量の副生成物が発生しており、このガスを有効利用するのかがという課題がうまれる エ) ガスはC1~C4の炭化水素であり、反応する分子と反応しない分子が オ) 反応する分子には二重結合がある。二重結合をもつ炭化水素を不飽和炭化水素、単結合だけの炭化水素を飽和炭化水素という

図4：教育内容の骨子とその論理的構造

(3) モデルの認識論的機能に関するシトッフ(1962)の議論について、「鎖：理論—概念的モデル—物質的モデル—実験—現実」の特徴を明らかにし、化学教授におけるモデル導入の論理的条件を考察した(図5)。

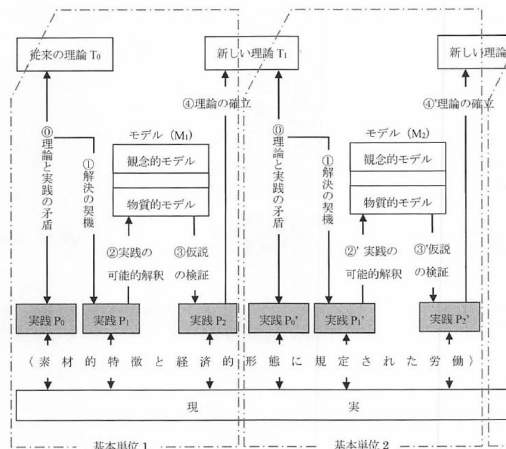


図5：科学的認識の形成過程におけるシトッフ(1962)の鎖の構造と化学教授におけるモデル・問題群構成の論理的条件

(4) 以上の検討をふまえ、教材・教授過程のレベル(問題—予想—討論—実験の系列)で授業プログラム「炭素化合物の化学—第一部：原油の分離術—」を作成した(図6)。

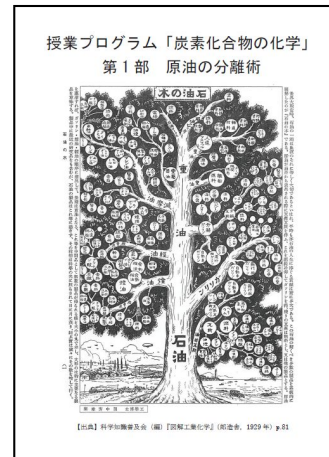


図6：具体化した授業プログラム「炭素化合物の化学 第一部：原油の分離術」

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)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

(1) 渡邊 大輔, シトッフの「モデルの認識論的機能」の特徴と化学教授におけるモデル導入の条件, 東京都市大学共通教育部紀要, 査読無, 8巻, 2015年, 105~114頁

(2) 渡邊 大輔, 高校化学教育における炭化水素と官能基の区別に関する教育内容について, 教授学習心理学研究, 査読有, 10巻2号, 2014年, 43-57.

(3) 渡邊 大輔, 炭素化合物の化学の教育内容・教材構成—第一部：原油の分離術—, 東京都市大学共通教育部紀要, 査読無, 7巻, 2014年, 71~90頁

〔学会発表〕(計 5 件)

(1) 渡邊 大輔 (2014a) モデルの認識論的機能の考察と教育におけるモデルの評価体系の構築, 日本教育方法学会, 2014年10月12日, 広島大学(広島県)

(2) 渡邊 大輔 (2014b) 化学教育の内容構成をめぐる諸問題—田中実と高橋金三郎の化学論をどう読むか—, 極地方式研究会, 2014年8月10日, 休暇村裏磐梯(福島県)

(3) 渡邊 大輔 (2014c) 「原子の大きさ」に着目した化学変化のモデル, 日本教授学習心理学会, 2014年7月5日, 仙台白百合女子大学(宮城県)

(4) 渡邊 大輔 (2013a) 教育用分子モデルの評価体系を構築するための予備的考察, 事実認識論研究会, 2013年8月12日, さいたま教育文化研究所 (埼玉県)

(5) 渡邊 大輔 (2013b) モデルの認識論的機能について, 極地方式研究会, 2014年8月9日, 仙流荘 (長野県)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 大輔 (WATANABE, Daisuke)

東京都市大学・共通教育部・助教

研究者番号: 90636193