

# 化学の基本概念の理解と活用を繋ぐ因子の検討 —化学の授業内容の振り返りとディープ・アクティブラーニングの観点から—

船山 智代\*

Understanding Basic Concepts in Chemistry and Factors that Facilitate the Use of Those Concepts:  
Based on Review of Material Taught in Chemistry Class and the Perspective of Deep Active Learning

Tomoyo FUNAYAMA

**要旨** 化学を基盤として学生に卒業研究の指導を行うなかで、わたしは、学生には研究テーマに自主的に取り組む能力が育まれている者とそうでない者がいると感じ、この顕著な違いが何に依るのか考察した。自主的に取り組むことが出来る学生とは、化学の基本概念を深く理解し、概念を自分のものにして知識に変え、活用出来る学生と言える。そこで本稿は、化学の基本概念の理解と活用を繋ぐ因子が何であるか、はじめに自身が本学で実施して来た化学の講義と実験の授業内容の振り返りに基づき検討し、次に学生間の化学の基本概念の理解の「深さ」が異なる要因について、学習の内的活動、外的活動の能動性を共に重視するディープ・アクティブラーニングの観点から考察した。授業内容の振り返りからは、授業はアクティブラーニングの特徴を持ち、内化（知識の習得）と外化（習得した知識を課題の解決に適用することによる知識の再構築）を含んでいると言えた。ディープ・アクティブラーニングの観点からは、学生間の化学の基本概念の理解の「深さ」の違いは、学習の内的活動における能動性の違いであり、「内的活動の高さ」が概念の活用に必要な因子になっていると考えられた。また、概念の深い理解には、内化だけでなく、外化、つまり化学の基本概念である原理を理解して知識とし、習得した知識（原理）を道具として使いこなすことが必要とされることから、化学の基本概念の理解と活用を繋ぐもう1つの因子として「化学の原理の知識化」が考えられた。今後の課題として、学生の学習における内的活動の能動性を高める因子を見出すとともに、原理を知識化する要因について検討し、授業改善に生かしたい。

**キーワード：**化学の基本概念、原理、学習の能動性、ディープ・アクティブラーニング

## はじめに

化学は、どのような特性を持つ科学と言えるか、はじめに学術と社会における化学の位置づけの現状について、日本学術会議化学委員会の報告<sup>1)</sup>を引用し次に示した。報告には、「化学は、原子や分子に視点を置いた『物質』を基盤とする科学であり、『物質（もの）を創る』、『物質を分析す

る』、『物質の変化を知る』、『物質の物性を観測する』、および『物質の機能を生かす』ことを中心とし、『創造する』唯一の基盤科学として独自に学術資産を構築するとともに、物質を組み合わせた『材料』の創成を通じて、さまざまな技術の基本となって社会に貢献している。化学はまた、物理学、生物学、医学、工学などと学際領域を共有しており、様々な分野の発展を先導している。」とあった。この様に、化学は物質を基盤とする科

\* ふなやま ともよ 文教大学教育学部学校教育課程理科専修

学であることから、対象とする領域は広大であるが、一方、原理は化学量論および量子論に基づいて簡潔に表すことが出来、原子・分子の性質や化学反応について体系化して説明することが出来る。

わたしは、このような特性を持つ化学を基盤に卒業研究の指導を行うなかで、学生には研究テーマに自主的に取り組む能力が育まれている者とそうでない者がいると感じ、この顕著な違いが何に依るのか考察した。わたしは学生との対話、卒業研究への取り組み、提出物の内容等から、学生は大きく2つのタイプ（タイプ1, 2とする）に分かれると考えた。その特徴として、タイプ1は、化学の基本概念について深く理解し、概念を自分のものにして知識に変えて活用出来る学生、タイプ2は、概念についての知識はあるが、知識を活用することに困難を生じる学生である。両者の比較から、わたしは化学の基本概念を活用するには、概念の理解の深さが必要であり、概念を深く理解することで生きた知識として活用出来るのではないかと推察した。そこで本稿では、化学の基本概念の理解と活用を繋ぐ因子が何であるか2つの観点から考察した。はじめに自身が担当した化学の講義と実験の授業内容を振り返り、講義と実験の内容の対応について検討し、次に学生間の化学の基本概念の理解の深さの違いについて、松下の編著<sup>2)</sup>にある能動的学習に深さの次元を持たせたディープ・アクティブラーニングの観点を参考に検討し、基本概念の理解と活用を繋ぐ因子について考察しまとめた。

## 1. 本学の教育学部の理科専修の学生が履修する化学の授業科目について

理科専修の学生が学ぶ専門教育科目の中等教育科目のうち、化学分野に関する必修科目は、「化学概論Ⅰ（無機化学、分析化学、物理化学）」、「教科教育法『理科Ⅰ』（基礎化学、安全教育を含む）」、「化学実験Ⅰ（無機化学）」、「化学実験Ⅱ（分析化学、有機化学）」の計4科目であり、選

択必修科目は「化学概論Ⅱ（有機化学）」、「化学A（物理化学：量子化学）」、「化学B（物理化学：熱化学、反応速度論）」、「化学実験Ⅲ（物理化学、生命化学、環境化学）」の計4科目である。これらに、共通教養科目の選択必修科目の「化学（一般化学）」を加えると計9科目となる。文中（ ）内は該当する化学分野の名称である。これらに加え、4年生次に学部共通科目の必修科目の「卒業研究」で化学研究室を選択した学生は、化学分野に関するテーマに取り組む。表1に本学理科専修において開設している化学の授業科目名、該当分野、開設年次、授業形態についてまとめた。

年次 分野	1年	2年	3年		4年
	講義	講義	講義	実験	演習
無機化学	化学概論Ⅰ(必)			化学実験Ⅰ(必)	卒業研究(必)
分析化学	化学概論Ⅰ(必)			化学実験Ⅱ(必), 化学実験Ⅲ	
有機化学		化学概論Ⅱ		化学実験Ⅱ(必)	
物理化学	化学概論Ⅰ(必)	化学A	化学B	化学実験Ⅲ	
生命化学				化学実験Ⅲ	
環境化学				化学実験Ⅲ	
教科教育法	「理科」Ⅰ(必)			化学実験Ⅰ・Ⅱ(必), 化学実験Ⅲ	
一般化学(共通教養)	化学				

表1 理科専修で開設している化学の授業科目一覧  
\* (必)は必修科目、未記載のものは選択必修科目

## 2. 化学の授業内容の振り返り

2章の1節から4節では、筆者が担当して来た講義と実験の授業内容を振り返り、年次毎にまとめ、講義で説明する概念と実験の内容が対応しているか検討した。5節では、化学の授業内容の振り返りを踏まえ、化学の基本概念の理解と活用を繋ぐ因子について検討した。担当の講義科目は1年次の「化学概論Ⅰ」と2年次の「化学A」、実験科目は3年次の「化学実験Ⅰ・Ⅱ」と「化学実験Ⅲ」、および演習科目の4年次の「卒業研究」である。

## 2.1. 1年次の授業内容について

「化学概論Ⅰ」の授業形態は講義と演習であった。春学期に実施し、初回の授業の冒頭で化学の体系や特徴について解説すると共に、本学教育学部で開設している化学の授業内容の体系内での位置づけ、講義と実験の授業内容の対応について説明した。授業内容は、化学の基幹分野に位置する無機化学、分析化学、物理化学の基礎で構成し、化学が物質の性質・構造・反応の間の規則性を整理した知識体系に基づくことを解説した。教科書は「分析化学の基礎」<sup>3)</sup>を用い、溶液反応を中心に引き上げ、分析化学の基本的な概念・定義および化学量論的法則の理解に重点を置き、社会で生かすことができる化学の知識基盤を作ることを目的とした。到達目標は、物質が関わる化学反応について、基本的な概念や定義、化学量論的法則に基づいて説明が出来ることとした。成績評価は、電荷中和の原則に基づいた酸塩基のpHの式の導出、理論的滴定曲線の作成等、基本概念に基づいた知識の活用、化学量論に基づいた説明が出来るか評価した。授業外学習としては演習問題を課した。平成28年度は新たに、化学に対する興味・関心を高め、内容理解の基盤づくりをねらいとした自主学習を課し、科学技術の基盤となる概念及び原理の理解と文献検索の方法の習得を図った。具体的には、日本科学未来館へ行き、興味を持った展示の内容と展示に関わる科学技術の原理について科学雑誌（日経サイエンス、ニュートン）のデータベースを検索して調べ、その内容をレポートにまとめることとした。データベースの使用方法は、図書館司書の資格を持つ職員の協力を得て、文献検索ガイダンスの授業として説明して頂いた。この試みは、大阪大学の佐藤らが実施した化学への興味を深めるアクティブラーニング授業「化学発展セミナー」<sup>4)</sup>に類似していた。なお、学生らが授業外学習にどの程度の時間を費やしたか、文教大学教育研究推進センターが行っている「授業改善のためのアンケート」（以下、アンケートとする）のQ.5に、授業外での学修時間について、授業1回あたりの授業外の学習時間を、

0時間から30分間隔で最高2時間以上として設定した設問があったので、筆者のアンケート集計結果を引用し次に示した。2時間以上と答えた学生は、平成28年度春学期は27.6%、平成27年度春学期は30.3%、1時間ならびに1時間30分程度とした学生は併せて平成28年度は62.1%、平成27年度は24.2%だった（アンケートへの受講生の回答率（以下、回答率とする）は両学期ともに94.0%）。平成28年度の授業外学習時間が平成27年度に比べて相対的に増加した理由は、自主学習の課題に依ると考えられた。

## 2.2. 2年次の授業内容について

「化学A」の授業形態は講義と演習であった。授業内容は、量子化学の基礎理論について説明した。量子化学は化学現象の原子・分子レベルでの理解に繋がる重要な概念である。教科書は「物理化学Ⅰ」<sup>5)</sup>を用い、原子・分子の電子状態の量子論的な理解に必要な概念や理論の習得を目的とした。到達目標は、原子・分子の電子状態、化学結合の生成について量子論に基づいて説明出来ることとした。成績評価は、水素型原子のシュレディンガー方程式の構成、電子遷移とエネルギーの関連、ポテンシャルエネルギー曲線と化学結合の生成等について問い評価した。授業外学習としては演習問題を課した。平成27年度のアンケート集計結果では、授業1回あたりの授業外学習時間を2時間以上と答えた学生は23.1%、1時間ならびに1時間30分程度とした学生は併せて53.9%だった（回答率77.8%）（平成28年度は学期途中の為集計なし）。課題と試験の結果から、学生が量子論の概念に馴染むには、量子論に基づいた視覚化教材の導入が望ましく、それは実験結果を分子レベルで解釈する際にも役立つと考えられた。よって現在、平成28年度学長調整金による教育改善支援を受けて導入した分子軌道計算ソフトGaussian® 09W, Rev:E.01<sup>6)</sup>、および図表示ソフトGaussView® W, Rev:5.0.9<sup>7)</sup>を使用して分子の



電子状態の視覚化プログラムを作成している。

### 2.3. 3年次の授業内容について

「化学実験Ⅰ・Ⅱ」の授業形態は、学期の初回に行うオリエンテーション、授業毎に行う実験の原理と方法に関する講義、個人実験もしくは2人1組の共同実験および、演習であった。学生主体の実験は理科の実験として一般的である。実験は、講義で学んだ化学の基本概念・原理等を身につけた知識とし理解を深めること、基礎の化学実験の手法の習得、コンピュータを活用したデータ解析の実践を主たる目的とした。到達目標は、自然科学の基本的な問題解決の方法を身につけること、実験結果を原理に基づいて考察してレポートにまとめることを通して、論理構成能力を身につけることである。成績評価は、実験ノートに予習と結果が記録されていること、レポートに実験結果が簡潔にまとめられていること、結果を論拠として原理に基づき論理立てて考察出来ていること等を評価した。また、学期末に筆記試験を行い、レポートの内容と比較し、講義と実験の内容を結びつけて理解しているか確認した。授業外学習は、実験の予習と復習（レポート作成、教員のレポート添削に基づいた内容の修正）を課した。教科書は、前任の大橋ゆか子名誉教授が作成したテキストを筆者が一部改変し、テーマを追加した文教大学教育学部化学研究室編集の「化学実験Ⅰ・Ⅱ」のテキストと「化学実験第3版」<sup>8)</sup>を併用した。実験のテーマは、講義（化学概論Ⅰ・Ⅱ、化学A、教科教育法「理科」Ⅰ）の内容にはほぼ対応した（表1参照）。「化学実験Ⅰ」は陽イオン系統分析法に基づいた無機化合物の定性分析実験、「化学実験Ⅱ」は分析化学実験（コンピュータの活用を含む）と有機化学実験で構成し、実験を安全に行うための注意事項、実験廃液の分別や廃棄の方法についても説明し実践した。分析化学実験は、滴定を用いた溶液中の化学種の濃度の測定と算出、実験誤差の計算を行った。滴定の原理は「化学概論Ⅰ」で説明し演習も行ったが、レポー

トは間違いが多かった。誤差の計算は講義で説明しておく方が望ましいと思われた。講義と実験の内容は対応していたが、数値計算を伴う概念の理解に弱さがあり、演習に不足を感じた。有機化学実験は、固体（アセトアニリド）と液体（酢酸エチル）の合成・精製・同定を行った。同定には赤外吸収スペクトル法を用いたが、学生は分子の振動モードをイメージし難い様子であった。振動モードを視覚化して示すと良いと思われた。アンケート集計より、授業1回あたりの授業外学習時間を2時間以上と答えた学生の割合は、平成28年度春学期は92.9%、平成27年度春学期は88.9%だった（回答率は両学期とも77.0%）。講義科目と比較し、授業外学習に毎回2時間以上取り組んだ学生の割合が高いことから、学生が授業の予習、復習に時間をかけている様子が推察された。教員によるレポートの添削と学生のレポート修正のやり取りは、授業時間の制約等で説明が不足した内容、学生が理解し難い内容を把握し補う役割と、学生の論理構成能力の向上を目的に行っており、学期の後半には受講生の7割程度は根拠に基づいたレポート作成を行うことが出来るようになる為、授業外学習は本授業の到達目標の達成に必要と考えられた。

「化学実験Ⅲ」の授業形態は「化学実験Ⅰ・Ⅱ」と同様であるが、受講生全員による共同実験が1テーマ入っている。テキストは「化学実験Ⅰ・Ⅱ」と同様に化学研究室編集の「化学実験Ⅲ」と「化学実験第3版」<sup>8)</sup>を併用した。実験テーマには、直接対応する講義のない生命化学と環境化学の内容も加えてあるが（表1参照）、配布資料を基に学生らは取り組んでいた。物理化学実験は、いずれのテーマもコンピュータ解析を含み、吸収スペクトル測定、滴定による溶液中の化学種の平衡定数（酸塩基平衡、吸着平衡）の決定、物質（過酸化水素）の分解反応で生成した気体（酸素）の体積の計測による反応速度定数の決定を行った。生命化学実験は、文教大学教育学部紀要第47集<sup>9)</sup>に報告した、卵白タンパク質の分離・

同定と生体関連化合物の定性分析を行った。環境化学実験は、大気中の $\text{NO}_2$ の測定、コンピュータを用いた大気環境計測データの計時変化の解析と大気汚染物質間の関連の解析であった。到達目標は、分子レベルでの物質の理解、化学反応式やモデル式（理論式）に基づいた化学現象の理解である。なお量子論に基づいた分子の電子状態と構造の理解を目的に、「化学A」で用いるソフトと同じGaussian<sup>®</sup> 09W, Rev:E01<sup>6)</sup>とGaussView<sup>®</sup> W, Rev:5.0.9<sup>7)</sup>を使用し、分子の振動解析計算と電子密度計算を今年度試験的に授業に導入した。分子の視覚化は学生に好評だった。その内容は稿を改めて報告する。

#### 2.4. 4年次の授業内容について

化学研究室における「卒業研究」は、学生が主体となり、学生と教員で互いに意見をやり取りしながらテーマを設定した。「用いる分子や概念は既存のものであること」、「定量化を含むこと」を条件とした。既存のものとした理由は、本学の教育学部の学生が、3年次までに履修出来る化学の専門科目数は1章に示した最大9科目で、分野も限られており、新規の概念を創出する知識基盤が十分でないことに依った。その為、化学量論および量子論に基づいた既存の概念とその拡張により、科学的・論理的思考力の向上を目指した。学生が物質（素材）を選択する過程は、文教大学教育学部紀要第49集<sup>10)</sup>に報告した。成績評価は、学生が自主性を持って研究に取り組んだか、定量化を行ったか、学生が考えたオリジナルな内容を含むか、および設定したテーマの到達度等に基づき総合的に判断した。卒業研究論文の内容と到達度には学生間に顕著な違いがあった。

#### 2.5. 化学の授業内容の振り返りに基づいた化学の基本概念の理解と活用を繋ぐ因子の検討

2章では、筆者が担当した化学の授業内容を振り返り、講義と実験の内容の対応について、基本概念の理解と活用の観点から検討した。「化学実

験Ⅰ・Ⅱ」の内容は講義とほぼ対応していたが、講義・演習でも取り上げた滴定の内容に間違いが多く、学生は数値計算を含む概念の理解が難しい様子だった。「化学実験Ⅲ」も同様に、数式が概念の理解に必要な内容、例えば平衡定数の決定が苦手な様子だった。卒業研究は、1年次から3年次までの学びが基盤となるが、本稿の序論で述べた様に学生間にはその取り組みと成果に顕著な違いがあった。卒業研究を通して科学的・論理的思考力が非常に伸びた学生は、基礎力と理解力が高い傾向があった。まとめると、講義・演習と実験の内容の対応が概念の理解に直接的に繋がる訳ではなかった。演習内容の工夫や視覚化教材の使用等が必要と考えられた。講義と実験の内容の対応からは、基本概念の理解と活用を直接に繋ぐ因子は見出せなかった。因子の検討は、学生間における基本概念の理解の深さの違いの観点からも行う必要があると考えられた。

#### 3. ディープ・アクティブラーニングの観点から考察した化学の授業内容について

3章は視点を変えて学生の学修への取り組みに着目した。まずはじめに近年大学教育においても取り上げられているアクティブラーニングの観点から化学の授業内容について考察した。

アクティブラーニングという用語は、平成24年8月28日、中央教育審議会が「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて一生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ」（答申）<sup>11)</sup>において、課題解決型の能動的学習としてアクティブラーニングが取り上げられてから一気に日本国内で広まったとされる。アクティブラーニングという用語は、包括的な概念であることから、関連する書籍の内容は、実践書、解説書と様々である。化学教育においても、大学における実践報告<sup>4), 12)</sup>、高等学校理科における実践報告<sup>13)</sup>があり、化学教育フォーラムでも取り上げられた<sup>12), 14), 15)</sup>が、化学分野に特化した成書はまだなかった為、本報告では、松下の編著の

「ディープ・アクティブラーニング：大学授業を深化させるために」<sup>2)</sup>を主要な参考・引用文献として取り上げた。選択理由として、引用した内容と編著者の意見の区別が明瞭であること、方法論に陥っていないこと、学生の学習の「深さ」に着目して論じていることが挙げられた。その為、学生の化学の基本概念の理解の深さを決める要因について検討している本研究の参考文献として適していると考えた。松下は編著<sup>2)</sup>において、アクティブラーニングの包括的な定義としてBonwellとEisonの定義「学生にある物事を行わせ、行っている物事について考えさせること」を採用した。そしてアクティブラーニングの一般的特徴としてBonewellとEisonの挙げたa)～e)の特徴に、溝上の定義<sup>16)</sup>であるf)を加え、次に示した6つ、a)学生は、授業を聴く以上の関わりをしていること、b)情報の伝達より学生のスキルの育成に重きが置かれていること、c)学生は高次の思考(分析、総合、評価)に関わっていること、d)学生は活動(例：読む、議論する、書く)に参与していること、e)学生が自分自身の態度や価値観を探究することに重きが置かれていること、f)認知プロセスの外化を伴うこと、をあげた。松下はその上で、大学での学習はアクティブであるだけでなく、ディープでもあるべきと論じていた。そして、Engeströmが学習活動のプロセスを6つの学習ステップ「動機づけ－方向づけ－内化－外化－批評－コントロール」からなる「学習サイクル」として描き出したことを手がかりに、ディープ・アクティブラーニングでは、内化(コンフリクトの解決のために必要な知識を習得する)と外化(コンフリクトの解決のために習得した知識を実際に適用してコンフリクトの解決を試みる)の組み合わせが課題となるとした。コンフリクトは、学習者がこれまでの知識や経験では対処出来ない事態に直面することで生じる。いったん内化された知識は、外化の活動を通じて再構築され、より深い知識となっていく(内化が深まる)。外化の段階では知識は道具になり、道具として用い

られる。ディープ・アクティブラーニングは内化と外化を繰り返すなかで理解が深化するという見方をとっている。

本稿はこれらの考え方を参考に、化学の授業についてまずアクティブラーニングの観点から考察した。はじめに講義科目と実験科目の授業の各々について、アクティブラーニングの特徴を持つか検討した。講義科目は講義に演習と授業外学習を含むことからa), d), f)の特徴に、実験科目は実験、テーマに関する講義に授業外学習を含むことからa), b), c), d), f)の特徴に該当すると考えられ、共にアクティブラーニングの特徴を持つと言えた。更に内化と外化を繰り返すことで理解を深めるディープ・アクティブラーニングの観点から、講義科目と実験科目について考察した。講義科目において、学生は設定された課題(大テーマ)を解決するために必要な知識を、講義を通して習得し(内化)、課題の解決の為に習得した知識を道具として、課題演習に取り組む際に活用する(外化)。講義と演習の繰り返しにより、課題の理解は深まり、深い知識となる。「化学実験Ⅰ・Ⅱ、およびⅢ」においては、学生は半期間に3分野のテーマに取り組む。課題を解決するために必要な知識は講義と授業外学習の予習を通じて習得し(内化)、課題(3分野の各テーマ)の解決の為に習得した知識を道具として、実験と結果レポートの作成の際に活用する(外化)。なお、実験で得た結果をレポートにまとめることは自然科学の基本的な問題解決の方法(知識)の修得(内化)にも該当すると考えられた。実験科目は、「講義」、「実験」、「実験レポートの作成と修正」が1つの組みとなり繰り返し行われる。つまり、「内化」と「外化」が繰り返される。学生は皆等しくこれらの学習に取り組んでいるが、それにもかかわらず化学の基本概念の理解の深さに顕著な違いが生じる理由は何故なのか、次に学習の「深さ」の観点から考えることにした。



#### 4. ディープ・アクティブラーニングの観点による化学の基本概念の理解と活用を繋ぐ因子の検討

松下は、ディープ・アクティブラーニングの理論的基盤として、先行研究を基に学生の学習をめぐる「深さ」の系譜として「深い学習」、「深い理解」、「深い関与」という互いに異なるが関連しあうとされる3つの概念を挙げていた。それによると学習へのアプローチは、「深いアプローチ」と「浅いアプローチ」に分かれるとされた。なお、研究の進展により、深いアプローチはその内容によりタイプ別されることがわかったこと、高い学習成果に結びつくアプローチとして深いアプローチの他に「戦略的アプローチ」があることが紹介されていた。「理解」に関しては、Wigginsらの考える理解概念である解釈や応用のようなより高次の段階も含み、概念的知識だけでなく手続的知識やメタ認知的知識も含む包括的な知の働きもディープ・アクティブラーニングの理論的基盤になりうるとしていた。「関与」については、関与を連続体として捉えることで、非関与から浅い関与、深い関与まで深さの軸があると紹介していた。これらの先行研究を踏まえ、松下はアクティブラーニングにおける能動性を「内的活動(mind)における能動性」と「外的活動における能動性」に概念的に区別し二次元で捉えて描いた(図2)。そして、ディープ・アクティブラーニングとは、外的活動における能動性だけでなく内的活動における能動性も重視した学習(図2におけるA)とした。

		内的活動	
		低	高
外的活動	低	D	B
	高	C	A

図2 松下による学習の能動性<sup>17)</sup>

本研究は、筆者の化学の授業についてディープ・アクティブラーニングの観点から考察する最初の段階にある為、学習へのアプローチの考え方は出来るだけ単純化して考えることとし、深いアプローチは意味を追及すること、浅いアプローチは再生産することを採用し、学習の能動性(図2)と併せて考察した。なお、本稿で用いた学生の化学の基本概念の理解度を指して用いた「深い」の言葉の意味は、学生自身が化学の基本概念を活用して実験系を組み立て、結果を出し、考察を行うことが出来た状態を指して理解が「深い」とした。学生自身で実験系を組み立てられない場合は、概念を活用出来ていないことに等しいとして理解が浅いとした。

化学の基本概念の理解が深い学生(本稿のタイプ1に相当)は、学習において深いアプローチ、つまり意味を追及しており、それにより概念を自身で理解し、自身の持つ知識や経験に関連付けて理解を深めることが出来ており、内的活動も外的活動も高く、活発な学習を行っている学生(図2におけるA)と考えられた。従って基本概念の理解の深い学生は、ディープ・アクティブラーニングが成立した学生と言えた。一方、理解が浅い学生(本稿のタイプ2に相当)は、学習において浅いアプローチ、つまり再生産すること、授業の課題に対しこなす意識で取り組んでおり、概念を自身で理解し、自身の持つ知識や経験に関連付けることなく、知識の断片としてとらえていることから、理解を深めることが出来ず、外的活動は高く活発でも内的活動は低い不活発な学生(図2におけるC)と考えられた。両者(タイプ1と2)の比較から、「内的活動の高さ」が概念の理解の深さを決め、概念の活用に必要な因子になっていると考えられた。また、理解が深い学生が存在したことで、ディープ・アクティブラーニングは実践出来たと考えられ、化学の授業において内化と外化は繰り返しはたらいっていたと言えた。このことから、理解が浅い学生は、内化と外化の組み合わせがうまく行っておらず、外化の活動を通じた知

識の再構築がうまくなされていない可能性が示唆された。つまり、化学の基本概念を理解し、身につけた知識として修得していない為、道具として使いこなせていないことになる。化学の基本概念とは、化学の基礎となる原理、基本法則を指す。実際に、学生の実験ノート、およびレポートにおいて原理が正しく書けておらず、学生に再考を促す指摘をしたことは多かった。以上より、化学の基本概念と活用を繋ぐもう1つの因子として、「化学の原理の知識化」があると考えられた。

## 5. まとめ

本稿は、化学の基本概念の理解と活用を繋ぐ因子について、化学の授業内容の振り返りとディープ・アクティブラーニングの観点から考察した。授業内容の振り返りから、授業における問題点、学生の概念の理解を助け深める為に有効な手立ては見出せたが、概念の理解と活用を繋ぐ因子は抽出出来なかった。ディープ・アクティブラーニングの観点からは、学習の能動性の概念を二次元で捉えた考察により、概念の理解と活用を繋ぐ因子として「内的活動 (mind) における能動性の高さ」と「化学の原理の知識化」が考えられた。

今後の課題として、学生の学習において内的活動を高める因子を見出すとともに、原理を身につけた知識として修得させる (知識化する) 要因について検討し、授業改善に生かしたい。

## 参考・引用文献

- 1) 日本学術会議化学委員会. “日本の展望－学術からの提言2010 化学分野の展望 (報告)”. 日本学術会議. 2010-04-05. i~V, p.1-4.
- 2) 松下佳代編著. ディープ・アクティブラーニング: 大学授業を深化させるために. 勁草書房. 2015, 274p., ISBN978-4-326-25101-8.
- 3) 木村 優, 中島理一郎. 分析化学の基礎. 裳華房. 1996, 290p., ISBN978-4-7853-3051-4.
- 4) 佐藤尚弘, 和泉雅之 ほか2名. “アクティブラーニング授業「化学発展セミナー」の紹

- 介”. 大阪大学高等教育研究. 2013, 2, p.69-74.
- 5) 池上雄作, 岩泉正基, 手老省三共著. 化学教科書シリーズ第2版 “物理化学 I 物質の構造”. 丸善. 2001, 178p., ISBN978-4-621-04756-9.
- 6) Gaussian® 09W, Revision E.01 Version:64-bit, M. J. Frisch et al., Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009.
- 7) GaussView® W, Revision 5.0.9, Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009.
- 8) 東京大学教養学部化学教室化学教育研究会 編. “化学実験 第3版”. 東京大学出版会. 2007, 195p., ISBN978-4-13-062011-6.
- 9) 船山智代, 松岡多恵子. 文教大学教育学部紀要. 2013, 47, p.179-190.
- 10) 船山智代. 文教大学教育学部紀要. 2015, 49, p. 231-240.
- 11) 中央教育審議会. “新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて－生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ－(答申)”. 中央教育審議会. 2012-08-24. p.3-11.
- 12) 杉森公一. 化学と教育. 2016, 64 (7), p.328-331.
- 13) 林美帆. 平成27年度研究紀要・研究集録 I 奈良県立教育研究所長期研修員の部2. 2016, 23, p.1-19.
- 14) 莊司隆一. 化学と教育. 2016, 64 (7), p.316-317.
- 15) 野内頼一. 化学と教育. 2016, 64 (7), p.318-319.
- 16) 溝上慎一. “第1章 アクティブラーニング論から見たディープ・アクティブラーニング”. 前掲2), p.31-51.
- 17) 松下佳代. “序論 ディープ・アクティブラーニングへの誘い”. 前掲2), p.19.