

LTD 話し合い学習法を基軸に据えた教養化学の授業展開

— 学習成果の講義型授業との比較 —

大和田 秀 一¹⁾・小 糸 健太郎²⁾・上 野 岳 史³⁾

Development of Liberal Arts Chemistry Class Based on Learning Through Discussion Method:
Comparison of Learning Outcomes with Lecture-style Class

Shuichi OHWADA¹⁾, Kentaro KOITO²⁾ and Takeshi UENO³⁾
(Accepted 15 July 2019)

はじめに

近年、幼稚園、小、中、高等学校において知識の理解の質を高め資質・能力を育む「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善が求められている(文部科学省 2017, 2018)。そのような中、大学教育においても、学生が主体性をもって様々な人と協力して問題を解決していく場面を創出するような授業改善が求められている。その手法の一つとしてアクティブラーニングの導入がある。授業のアクティブラーニング化を推し進めるに当たり、そのアプローチの一つとして協同学習が知られている(溝上 2014)。

協同教育とは、協同の原理に基づく教育活動のことであり、日本協同教育学会では「学びの営みに参加する人たちが相互の信頼関係を背景に、互いの学びを支え合い、共に高まることを目的とした学習活動を生起・促進させる働きかけ」と定義されている(日本協同教育学会 HP)。この理念のもとで学び、これを身に付けた者は、民主共生社会の良き担い手となることが期待される。

この理念に基づく協同学習は、知識や理解は社会的な営みによって構成されるという学習観(社会的構成主義(Miyake 1986))に基づいて実践されるので、必然的に対話や話し合いを通じた学習活動が多くなる。しかしながら、単純にグループ活動をすれ

ば、それが即、協同学習になるわけではない。たとえば、ケーガンは、①肯定的相互依存、②個人の責任の明確化、③平等性の確保、④同時性への配慮の4条件が満たされて、初めて協同学習と呼べるとしている(Kagan, S. & Kagan, M., 2009)。

この条件を満たす協同学習の手法は、ラウンドロビン(安永 2012)、ジグソー学習法(Aronson, E., et al. 1978)等多岐にわたるが、LTD 話し合い学習法(Learning Through Discussion 以下「LTD」と略称する)もその一つである。これは1960年代にアメリカの社会心理学者ウィリアム・ヒルによって考案され、1990年代にレイボラによって広く紹介された学習法である(Rabow et al., 1994)。この学習法は、過程プランに基づいた予習(個人思考)と話し合い(集団思考)で学習課題を読み解いていくものである。表1、表2に予習と話し合いの過程プランを示すが(安永 2006, 安永・須藤 2014)、双方ともに活動内容が8ステップで明確に規定されている。step 1 から step 4 では学習課題を、客観的に読解することが求められており、著者が読者に伝えたいことは何かを絞り込んでいく収束的な学習を行う。そして、step 5, step 6 では学習課題そのものにとどまらず、学んだことを自分自身の知識や行動など、人生で経験してきたこと全ての枠組みの中に位置づけることをする。いうならば拡散的な学習を意識的に行う。そして、step 2 から step 7 までが予習と話し

1) 酪農学園大学農食環境学群循環農学類化学研究室

Chemistry, Department of Sustainable Agriculture, College of Agriculture, Food and Environmental Science, Rakuno Gakuen University

2) 酪農学園大学農食環境学群循環農学類国際経済学研究室

International Economics, Department of Sustainable Agriculture, College of Agriculture, Food and Environmental Science, Rakuno Gakuen University

3) 酪農学園大学農食環境学群食と健康学類数学研究室

Mathematics, Department of Food Science and Human Wellness, College of Agriculture, Food and Environmental Science, Rakuno Gakuen University

Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

表1 LTD話し合い学習法の過程プラン(予習)

段階	ステップ	予習内容(ノート作成)	
理解	Step.1	課題を読む	全体像の把握
	Step.2	語彙の理解	ことば調べ
	Step.3	主張の理解	主張のまとめ
	Step.4	話題の理解	話題のまとめ
関連付け	Step.5	知識の統合	他の知識との関連付け
	Step.6	知識の適用	自己との関連付け
評価準備	Step.7	課題の評価	学習課題の評価
	Step.8	リハーサル	ミーティングの準備

表2 LTD話し合い学習法の過程プラン(話し合い)

段階	ステップ	話し合いの内容	配分時間
理解	Step.1	導入	雰囲気づくり
	Step.2	語彙の理解	ことばの定義と説明
	Step.3	主張の理解	全体的な主張の討論
	Step.4	話題の理解	話題の選定と討論
関連付け	Step.5	知識の統合	他の知識との関連付け
	Step.6	知識の適用	自己との関連付け
評価準備	Step.7	課題の評価	学習課題の評価
	Step.8	活動の評価	学習活動の評価

合いで共通していることは、予習は学習課題の内容把握にとどまらず話し合いの準備であることを示している。また、話し合いでは全体が60分になるように各stepの時間配分も定められている。

この学習法は学習課題の分野や、領域に制限されることなく適用可能であるといわれているが(安永2006)、自然科学、工学、農学等のいわゆる理系分野における有効性の検証はほとんど報告されていない。本研究の目的は、LTDを基軸に据えた大学教養化学の授業を実践し、その認知面における効果(授業内容の理解度への効果)を検証することである。

方 法

1) 授業の概要

2014年度前期開講のR大学A学類1年生のクラスで実践した。同学年130人中、履修者は35人で履修率は27%であった。履修登録なしで受講した者1名と、他学類他学年からの受講者が3名おり、全受講者は39名(試験受験者38名)であった。このクラスの受講者の多くは、ある程度以上の基礎学力を持つものの、化学の基本的な素養の有無については二極化している。しかし、生命科学系の専門を志す学生として、化学への興味・関心や学ぶ動機を所持している。受講者のこのような特質と履修率は、2014年度以前から一貫したものである(10年間以上)。

表3に授業各回の学習内容と活動をまとめた。

LTDの学習課題は、授業担当者(著者の一人)が自作した文章中心の課題(図表を含む)で、分量はA4判2~7ページ程度であり、前時授業時に配布した。また、進度や状況に応じて講義やジグソー法による活動も取り入れた。また、LTDを行う際にはLTD記録シート(安永2006を参考に作成)を配布し、話し合い前の準備・期待・心構え、話し合い後の満足感・到達感等を受講者に自己採点(100点満点)させるとともに、話し合いを通しての気づきを自由に記述させた。

2) 理解度の測定

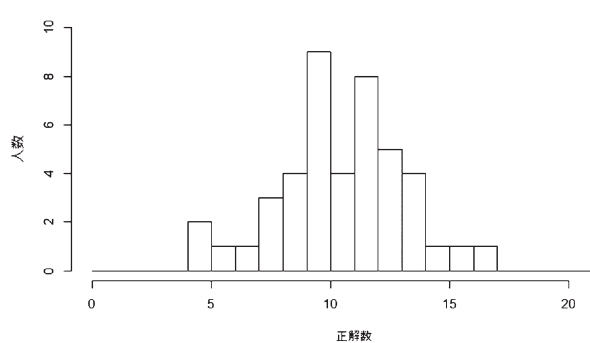
試験で出題した設問のうち21問は講義型の授業のみを行っていた2013年度の試験設問と同一もしくは同一と見なせるものであった(一部を表4に示す)。この21問について、正解数と設問ごとの正解率で理解度を測定した。その際、各設問の解答を正解、無解答を除く非正解、無解答の3つに分類した。なお、本研究では設問に対して正確な記述ないし説明で答えている解答のみ正解とした。この分類に基づく比較を、講義型の授業展開(2013年度)とLTDを基軸とした授業展開(2014年度)との間で行い、授業展開の変更による理解度の変動を検討した。なお、前年度と同一の設問を出題しても、長年にわたり解答状況が向上しなかったことを授業担当者は経験している。

表3 授業各回の学習内容と活動

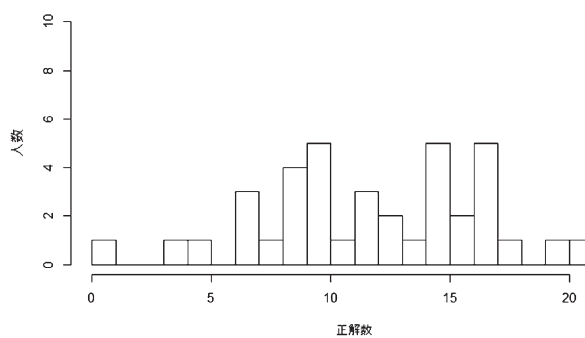
	学習内容	活動
1	ガイダンス	予習と話し合いのシミュレーション
2	第1講「分子の熱運動・物質の状態変化」	自己紹介 LTD 話し合い
3	第1講(続き)	LTD 話し合い
4	第1講(続き2) 第2講「元素と原子」	講義
5	第3講「物質とモル濃度」	LTD 話し合い
6	第4講「化学結合」	LTD 話し合い 次回の準備
7	第4講(続き)	ジグソーで問題演習 講義
8	第4講の2「周期律」	講義
9	第5講「原子軌道」	LTD 話し合い 次回の準備
10	第5講の2「多電子原子の電子配置」	ジグソーで教え合い
11	第6講「混成軌道と分子の立体構造」	講義 次回の準備
12	第6講(続き)	ジグソーで問題演習 クラスで共有
13	第7講「分子の極性」	講義
14	第8講「ギブズ自由エネルギーと化学平衡」	LTD 話し合い クラスで主張を共有
15	総括と試験	

表4 理解度の測定に用いた試験設問の例

	2013 年度	2014 年度
dg の意味	エントロピー S の熱力学的な定義は $dS=dq/T$ である。この式で dq は何を表しているか。	
ΔS 増大の説明	<p>温度の異なる二つの熱浴 ($T_2 > T_1$) を金属で繋いだモデル(右図)を基に、孤立系では決して $\Delta S < 0$ とならないことを説明せよ。</p>	
分子の熱運動	温度一定で気体の圧力を半分にすると、気体の体積と分子の運動はどのように変わるか。	温度一定で気体の圧力を2倍にすると、気体の体積と分子の運動はどのように変わるか。
ΔG の計算	酢酸の水素イオン解離の ΔG° を求めよ。	硝酸の水素イオン解離の ΔG° を求めよ。
ボイルシャルルの法則の計算	温度 300[K], 圧力 101[kPa] で 30[l] のヘリウムを、圧力一定のまま温度を変えたところ、体積が 25[l] になった。ヘリウムの温度は何 K になったか。	温度 273[K], 圧力 101[kPa] で体積 22.4[l] の気体は、390[K], 202[kPa] では、何 l になるか。
元素の意味	次の各文章中の下線が引かれた片仮名を正しい漢字に直し、その語の意味を説明せよ。 「水は、水素と酸素からできている。」この文章で酸素は <u>ゲンソ</u> の意味で用いられている。	
状態変化と熱の移動	水が蒸発する時、その周囲との間で、どのような熱の移動が起こるか説明せよ。	水蒸気が凝縮する時、その周囲との間で、どのような熱の移動が起こるか説明せよ。
ジクロロエチレンの極性	<p>ジクロロエチレンは、エチレン $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ の H 原子二つを Cl 原子で置換したものである。次の問いに答えよ。 (間にエチレンの化学結合を図示させる小間を挟む) ジクロロエチレンには三種類の異性体がある。これらの構造式を描き、双極子モーメントの向きと相対的な大きさを図示せよ。</p>	<p>(直前に「解答用紙にエチレン $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ の軌道の図がある。空欄に適切な記号を記入せよ。」という小間がある) ジクロロエチレンはエチレンの H 原子二つを Cl 原子で置換したものである。三種類の異性体の構造式を描き、双極子モーメントの向きと相対的な大きさを図示せよ。</p>

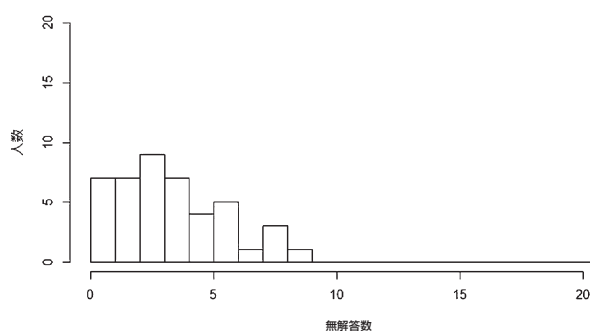


(a) 2013 年度

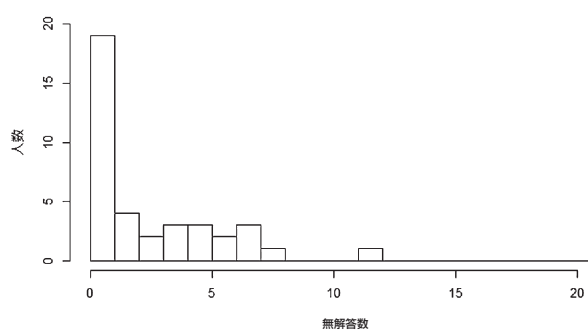


(b) 2014 年度

図1 正解数の度数分布



(a) 2013 年度



(b) 2014 年度

図2 無解答数の度数分布

結 果

1) 正解数

講義型の授業（2013年度）とLTDを基軸に据えた授業（2014年度）の試験について、同一内容の設問（あるいは同一内容と見なせる設問）21問について、解答を正解、無解答を除く非正解、無解答の3つに分類し、受講者ごとにその分類にあてはまる解答の個数を求めた。図1は2013年度と2014年度の正解数のヒストグラムである。2013年度の分布は中央付近に集まっているが、2014年度では両側に分布が広がっている。特に正解数15以上の受講者が増加しているようにも見える。図2は2013年度と2014年度の無解答数のヒストグラムである。2013年度に比して2014年度では、無解答数0~1の受講者が大きく増加していることがわかる。受講者全体かつ21問全体（2013年度：924解答，2014年度：798解答）で正解率・無解答を除く非正解率・無解答率を、 2×3 のFisherの正確確率検定で検討したところ、有意水準1%で有意差が確認された（表5）。

2) 各設問の正解率

講義型の授業（2013年度）とLTDを基軸に据えた授業（2014年度）の試験について、同一内容の設問（あるいは同一内容と見なせる設問）21問について、解答を正解、無解答を除く非正解、無解答の3つに分類し、その構成比に両年度間で相違が見られるかを、設問ごとにFisherの正確確率検定で検討した。その結果を表6と表7に示す。解答状況の向上は、正解率の増加、無解答を除く非正解率の減少、無解答率の減少のいずれか、あるいはそれらの組合せで判定される。また、解答状況の悪化は、正解率の減少、無解答を除く非正解率の増加、無解答率の増加のいずれか、あるいはそれらの組合せで判定される。

表6は2014年度においてLTDまたはジグソー学習法で学んだ内容に関する設問について分析した結果であるが、「dqの意味」「 ΔS 増大の説明」に有意水準1%で解答状況の向上、「分子の熱運動」に有意水準5%で解答状況の向上、「 ΔG の計算」に有意水準10%で解答状況の向上が見られた。一方で「ボイルシャルルの法則の計算」に有意水準5%で解答状況の悪化が見られた。

表5 2013年度と2014年度の試験に共通する21設問全体の正解率・無解答を除く非正解率・無解答率

	正解率	非正解率 (無解答を除く)	無解答率
2013年度	52.2%	30.4%	17.4%
2014年度	58.0%	29.3%	12.7%

注1：調査人数は、2013年度44名、2014年度38名で、21問全ての集計である。したがって、サンプルサイズは、2013年度924、2014年度798である。

注2：Fischerの正確確率検定を用いて、年度（2013年度、2014年度）と各カテゴリ（正解、無解答を除く非正解、無解答）の2×3の分割表について検定を行った。検定の結果は、有意水準1%で有意であった。

表6 試験設問ごとの正解率・無解答を除く非正解率・無解答率の変化（LTD、ジグソー法で学んだ内容に関わる設問）

設問	2014年度の割合（%）-2013年度の割合（%）			Fischerの 正確確率検定
	正解率の 変化	無解答を除く 非正解率の変化	無解答率の 変化	
ΔG の計算	19.4%	-24.9%	5.5%	*
dq の意味	54.4%	-24.8%	-29.7%	***
ΔS 増大の説明	17.6%	28.1%	-45.7%	***
分子の熱運動	23.1%	-18.5%	-4.5%	**
電子式（二酸化炭素）	-10.4%	10.4%	0.0%	
電子配置（原子）	-8.5%	5.9%	2.6%	
電子配置（イオン）	-3.7%	1.1%	2.6%	
原子軌道の形状	14.6%	-4.4%	-10.2%	
ΔH の符号	-8.9%	-3.1%	12.0%	
平衡定数 K の計算	5.4%	11.8%	-17.2%	
K の値と平衡組成	19.7%	-2.0%	-17.7%	
ボイルの法則	8.4%	-8.7%	0.4%	
ボイルシャルルの法則の計算	-20.2%	21.8%	-1.6%	**

注1：サンプルサイズは、2013年度n=44、2014年度n=38である。

注2：Fischerの正確確率検定は、年度（2013年度、2014年度）と各カテゴリ（正解、無解答を除く非正解、無解答）の2×3の分割表について検定を行った。

注3：検定の結果は、*：10%、**：5%、***：1%の有意水準で有意であることを示す。

表7 試験設問ごとの正解率・無解答を除く非正解率・無解答率の変化（講義で学んだ内容に関わる設問）

設問	2014年度の割合（%）-2013年度の割合（%）			Fischerの 正確確率検定
	正解率の 変化	無解答を除く 非正解率の変化	無解答率の 変化	
元素の意味	25.0%	-14.4%	-10.6%	**
状態変化と熱の移動	17.3%	-24.0%	6.7%	*
アルカリ金属	2.8%	-0.5%	-2.3%	
非金属性の大きい元素	-7.4%	6.7%	0.7%	
漢字書き取り（元素）	3.1%	-6.1%	3.0%	
漢字書き取り（単体）	-5.6%	2.6%	3.0%	
単体の意味	5.7%	0.4%	-6.1%	
ジクロロエチレンの極性	-28.8%	19.9%	9.0%	***

注1：サンプルサイズは、2013年度n=44、2014年度n=38である。

注2：Fischerの正確確率検定は、年度（2013年度、2014年度）と各カテゴリ（正解、無解答を除く非正解、無解答）の2×3の分割表について検定を行った。

注3：検定の結果は、*：10%、**：5%、***：1%の有意水準で有意であることを示す。

表7は2014年度においても2013年度以前と同様に、教員による講義で学んだ内容に関する設問につ

いて分析した結果であるが、「元素の意味」に有意水準5%で解答状況の向上、「状態変化と熱の移動」に

有意水準 10% で解答状況の向上が見られた。一方で「ジクロロエチレンの極性」に有意水準 1% で解答状況の悪化見られた。

考 察

講義型の授業（2013 年度）と LTD を基軸に据えた授業（2014 年度）の試験について、同一内容の設問（あるいは同一内容と見なせる設問）21 問について、解答を正解、無解答を除く非正解、無解答の 3 つに分類し、解答全体における構成比の変化を検討したところ有意差が認められ、LTD の導入により授業内容の全体的な理解度が向上したことが示唆された。特に無解答数が少ない受講者の増加が特徴的であった。

講義型の授業（2013 年度）と LTD を基軸に据えた授業（2014 年度）の試験で同一内容の設問（あるいは同一内容と見なせる設問）21 問について、個々の正解率、無解答を除く非正解率、無解答率の変化を分析したところ、LTD やジグソー学習法で学んだ内容に関わる設問については、「dq の意味」「 ΔS 増大の説明」「分子の熱運動」「 ΔG の計算」で解答状況の向上が見られた。この中でも、粒子概念に関わる設問（分子の熱運動）の正解率の増加と無解答を除く非正解率の減少、意味理解を問う設問（dq の意味）の正解率の増加、理由の説明を求める設問（ ΔS 増大の説明）の無解答率の減少が目される。これは、LTD によって重要な概念（粒子概念）の理解が促進され、思考過程を表現する能力が涵養されたものと推察される。一方、「ボイルシャルルの法則の計算」では正解率の減少と無解答を除く非正解率の増加がみられたが、これは「 ΔS 増大の説明」等の説明を求める問題に無解答で対応した者が減少し、試験時に計算問題に取り組む時間が相対的に減少したため、計算ミスが増加したためと推察される。

2014 年度においても講義型の授業で学んだ内容に関わる設問については、当初、解答状況に変化が現われることは予想していなかった。「ジクロロエチレンの極性」では正解率の減少と無解答を除く非正解率の増加が見られた。この設問については、例年正解率が極めて低いため、2013 年度は特に取り上げて作図上の注意を喚起したが、2014 年度はこの注意喚起を行わなかった。この注意喚起の有無が反映されたものと考えられる。その一方、「元素の意味」「状態変化と熱の移動」に解答状況の向上が見られた。「元素の意味」は用語の意味説明を求める設問であり、元素については講義で学んだものの、他の学習課題で取り組んだ LTD によって思考過程を表

現する能力が涵養されたことが、解答状況の向上につながった可能性がある。「状態変化と熱の移動」は粒子概念の理解に関わる設問であり、この設問に直接関わる部分については講義で学んだものの、隣接領域を LTD で学んだことによって概念理解が促進されたことが、解答状況の向上につながった可能性がある。当初の予想に反し、LTD を繰り返し行うことは、講義型の授業で扱われる内容の理解向上にまで効果を及ぼすことを期待させる結果が得られた。

ま と め

大学教養化学の授業において、講義型の授業と LTD を基軸に据えた授業で、同一あるいは同一と見なせる試験設問 21 問について、正解数、無解答を除く非正解数、無解答数を検討した。さらに個々の設問の正解率、無解答を除く非正解率、無解答率を分析したところ、LTD 話し合い学習法は化学の重要概念の理解を促し、思考過程を表現する力を涵養することが確認された。この効果は直接 LTD で学ぶ学習内容のみならず、講義で学ぶ学習内容にまで波及し得る可能性があることも示唆された。

今後は、LTD 話し合い学習法をより有効に展開させる授業設計、学習者に認知の向上をもたらす仕組み、認知と共に協同認識、主体性等の態度・情意面での伸長がもたらされるか否かを、化学を含む理系科目で引き続き検討する必要がある。

引用文献

- Aronson, E., Blaney, N., Stephan, C., Sikes, J., Snapp, M. 1978 *The Jigsaw Classroom*, Sage Publications, Inc., London
- Kagan, S. & Kagan, M., 2009 *Kagan Cooperative Learning*. Kagan Publishing, San Clemente
- Miyake, N., 1986 Constructive interaction and the iterative process of understanding. *Cognitive Science*, 10, pp. 151-177.
- 溝上慎一 2014 アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換 東信堂
- 文部科学省 2017 幼稚園教育要領解説
- 文部科学省 2017 小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 総則編
- 文部科学省 2017 中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 総則編
- 文部科学省 2018 高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説 総則編
- 日本協同教育学会 HP ごあいさつ <https://jasce>.

jp/1011aisatu.php, 2019年6月5日閲覧.

- Rabow, J., Charness, M. A., Kipperman, J., & Radcliffe-Vasil, S., 1994 *William F. Hill's Learning Through Discussion*. Sage, California., 丸野俊一・安永 悟 (共訳) 1996 討論で学習を深めるには—LTD 話し合い学習法—. ナカニシヤ出版
- 安永 悟 2006 実践・LTD 話し合い学習法 ナカニシヤ出版.
- 安永 悟 2012 活動性を高める授業づくり—協同学習のすすめ 医学書院
- 安永 悟・須藤 文 2014 LTD 話し合い学習法 ナカニシヤ出版.

要 約

協同学習の技法の1つであるLTD話し合い学習法を基軸として大学教養化学の授業を実践した。受講者の理解度を従前の講義型授業における試験設問と共通する設問を用いて分析したところ、①全体的な解答状況の向上、②概念理解を問う設問・説明を求める設問での正解率の向上ないし無解答率の低下が確認された。大学教養化学を学ぶにあたり、LTD話し合い学習法は粒子概念等の重要な概念の理解を促し、思考過程を表現する力を涵養するのに有用であることが確認された。

Abstract

The university's liberal arts chemistry class was practiced mainly using the learning through discussion method (LTD), a cooperative learning technique. Understanding of course content was evaluated through exam questions common to previous lecture classes. Results showed an improvement in the overall understanding of course content, and the increase in the correct answering rates as well as the decrease in non-answer rates were significant in topics concerning conceptual understanding and those requiring explanations. It was confirmed that LTD can be a useful tool for promoting the understanding of important concepts such as that of a particle and for cultivating the ability to explain thinking processes involved in learning in liberal arts chemistry class.

