

大学における学生の科学的な能力育成のための授業実践

—ポートフォリオを用いた化学の学習支援（予稿）—

長崎大学教育学部数理情報講座（化学教室）

星野 由雅

長崎大学教育学部学務係

林 朋美

1. はじめに

最近、「大学生の科学的な能力は、低下傾向にある」と考えている大学教員は少なくない。理系の大学教員が集まって、その原因を探っていくと必ず挙げられるのが基礎・基本的な知識の習得不足である。ある事象について深く考える、粘り強く考え抜くのに、基本的な知識が欠如しては考える手掛かりさえない状態に等しい。これでは、事象について考察することを早々に諦めても仕方がないかもしれない。少し古い資料になるが2000年（平成12年）に（社）日本化学会が全国の国公私立大学の理，工，理工，薬，教育，そして農学部の化学系の学科に対して行った「大学基礎化学教育に関するアンケート調査報告書」¹⁾（290の学科に発送，回収数151，回収率52.1%）から，上記のように苦悩する学生の姿を思い描くことができる。この報告書の中で，「新生は，大学での学習に必要な化学の学力をどの程度身に付けて大学に入学してきていると思いますか？」という設問に対する回答選択肢のうち，「ほとんど身につけていない」を選択したのが全国レベルで21%もある。このことは，大学入学までに十分な化学の学力を得ていない学生がかなりの数いることを示している。この「学力が身に付いていない場合，その内容は以下のどの点にあるのでしょうか？（複数回答可）」という設問に対しては，「必要な科目を高校で履修はしているが，理解が不十分である」が63%，「学習の基礎能力（思考力，計算力，読解力，表現力等）が低下した」が60%，「学習への意欲（知的な好奇心，忍耐力，主体的な態度等）が低下した」が67%となっている。この結果から，学習に必要な“基礎的な能力の低下”により，高等学校での“化学の授業内容の理解が不十分”となり，その結果知らないことが多すぎるために，“忍耐強く思考することが不得手な”高校生像が浮かび上がってくる。実際，このような高校生がそのまま大学へ入学してくる率は，年々高まっていると思われる。学力が低下したと考えられる新入学生の学力向上のために，2000年の時点で約40の学科で補習授業が展開されている¹⁾が，通常の大学の授業の中で，もっと効果的に学生の学力を向上させることはできないものであろうか。

そこで，化学の基本的な事項をしっかりと身につけさせるために，ポートフォ

リオを用いた学習を支援する授業を試みたので、その一部を報告する。ポートフォリオ (portfolio) は、元々「紙ばさみ、書類かばん、かばんに入れた書類」²⁾を意味するもので、その教育面での定義は、高浦³⁾によれば「一人一人の子供の学習過程および成果に関する情報・資料が長期にわたり、目的、計画的に蓄積された集積物である」となる。ポートフォリオを学習の評価に用いたのがポートフォリオ評価で、1980年代以降、イギリスやアメリカにおいて標準化されたテストによる評価への反省から「真正の評価 (Authentic Assessment)」が提唱されるようになり、それを具体的に実践する方法として研究・開発されてきた評価法である。実際、著者 (星野) の子供がドイツ連邦共和国の基礎学校 (Grundschule) に2001~2002年にかけて在籍したが、通学し始める前の打ち合わせ時に担任の教師から分厚いファイルを準備するように指示された。このファイルは、子供の授業時における成果物を全て綴じ込むためのもので学年終了までは常に学校に保管されていた。教師は、学年の最後に子供の評価をレポート形式で示してくれたが、その評価の資料になったのがこのポートフォリオファイルであった。このように、欧米では一般に子供の学校での評価にポートフォリオが用いられているようである。一方、このポートフォリオを用いた学習がポートフォリオ学習で、小田⁴⁾によれば「ポートフォリオを作成することにより、学び方・調べ方のつまずき・発見はもとより、学習内容における疑問が多様な事実や多様な見方と出会いながら理解されていくプロセスを振り返ることができる」とある。本実践では、ポートフォリオを用いて学習過程を学生自身が振り返ることにより、知識の定着と理解度の維持を目指した。尚、ポートフォリオ学習の効果の検証については、今回は中間試験までのデータしか取得できていないため、予備的な報告にとどめる。

2. 授業方法

対象とした授業は、長崎大学教育学部学校教育教員養成課程中学校教育コース理科選修1年次生の必修科目の「化学概論」(受講者19名)である。この講義の中で、ほぼ毎回授業開始冒頭と最後にその日の授業で学習する内容の設問プリント(設問は講義前後とも同一)を配布し、学生に5~10分間で解答させた。このプリントは、講義前後の2枚とも回収し、教員がチェックを行った後、できるだけその日の内に学務係りの窓口を通して学生に返却した。教員側は学生が講義を受講する前の設問への解答状況から、学生の予習の状況および事前知識度を把握することができ、また、講義後の解答状況からは、講義により学習内容をどの程度理解したかを知ることができる。学生側は、その日の講義内容の重要なポイントを事前に知ることができ、効率的に集中して講義を聴講できる。学生には返却したプリントをファイリングしておくことを指示し、次の講義の前にプリントを

見直すことを求めた。また、授業中に行うこれらのプリント以外に授業時間外の学習として中間試験までに3回の課題プリントを課した。さらに、授業の前には必ず教科書の該当箇所を読んでくるように指示した。計13回の講義(中間および期末試験は除く)の内、7回の講義はPowerPointを用いた自作スライドのプレゼンテーションを主体に行い、その後中間試験を行った。中間試験の1週間前に、授業で用いたPowerPointファイルをコンパクトディスク(CD)に焼き付けて受講者全員に配布した。

3. 学生の知識獲得および理解度の評価

学生の知識獲得の状況と理解度は、講義前後のプリントによる正答率の変化により、また、知識の定着状況とその後の理解度は、課題プリントと中間試験の成績により知ることができる。尚、中間試験に際しては、学生自身の知識獲得・定着および理解度をアンケート型式により自己評価してもらった。

まず、講義前後のプリントの設問内容とその知識度・理解度を表1に示す。知識度・理解度は0~5点までの評価とし、得点が高いほど知識度・理解度が高いことを示している。このプリントによる講義前の知識度・理解度は、中間値が2.5であるから、1.56という全体の平均値は高いものとはいえない。これは、学生の講義前の予習が不十分であることを示している。一方、当然のことではあるが講義後の知識度・理解度は、講義前より明らかに向上している。しかし、「量子化」、「配位結合」、「金属結合」、「分子間結合」などいくつかの内容に関しては、理解度はまだ十分とはいえない。特に、「配位結合」、「金属結合」に関しては高等学校で既習している学生がいるにもかかわらず全体の数値が低いことは、これらの本質を学生が理解していないことを示している。実際、これらの明確なイメージ(概念)を抱けるようになるには、量子力学さらには量子化学の素養と理解が欠かせない。従って、初学者の段階ではこれらの事項の理解度が低いことは致し方ないことかもしれない。

表1 プリントの主な設問内容と講義前後の知識度・理解度

授業 回目	設問内容	知識度・理解度	
		講義前	講義後
1	問1 次の用語・人物名・法則名のうち、知っているものの記号を○で囲みなさい。 a. 四元素説 b. 錬金術 c. ボイルの法則 d. 質量保存の法則 e. 定比例の法則 f. シャルルの法則 g. アボガドロの法則 h. ドルトンの原子説 i. 気体反応の法則 j. ラボアジエ k. ファラデー l. アボガドロの分子説	3.06	4.44
	問2 「質量保存の法則」を簡単に説明しなさい。	3.50	4.83
	問3 「定比例の法則」を簡単に説明しなさい。	1.42	4.33
	問4 「気体反応の法則」を簡単に説明しなさい。	0.17	3.25
	問5 気体に関する「アボガドロの法則」を簡単に説明しなさい。	0.50	4.67
2	問1 次の用語・人物名・法則名のうち、知っているものの記号を○で囲みなさい。 a. 原子核 b. 電子殻 (シェル) c. 陽子 d. 中性子 e. 質量数 f. 同位体 g. 重水素 h. イオン i. 原子量 j. 物質質量 k. 光の粒子性 l. 物質粒子の波動性 m. シュレーディンガーの波動方程式 n. 軌道 o. 量子数 p. 電子配置 q. フントの規則 r. パウリの排他原理 s. 基底状態 t. 価電子	3.19	4.12
	問2 原子番号とその原子の陽子の数, 電子の数の関係を簡単に説明しなさい。	4.85	—
	問3 「同位体」を簡単に説明しなさい。	3.85	—
	問4 「量子化」を簡単に説明しなさい。	0	2.92
3	問1 主量子数は, 原子中の電子の何を規定しているか?	0.34	4.68
	問2 原子内の電子の配置の仕方は, 3つの規則にしたがっている。その規則を順に述べてみよ。	0.68	4.47
	問3 放射線 (放射能) には3種類あるが, その名称と何が実体かを述べよ。	1.60	3.47

表1 (つづき)

授業 回目	設問内容	知識度・理解度	
		講義前	講義後
4	問2 次の化学結合を簡単に説明せよ。	2.18	4.63
	1) イオン結合		
	2) 共有結合	2.91	4.27
	3) 配位結合	1.18	2.91
	4) 金属結合	0.36	2.91
5	問1 等核二原子分子と異核二原子分子の例をそれぞれ挙げて、その共有結合の違いを簡単に述べよ。	2.20	3.13
	問2 次の結合を簡単に説明せよ。	0.33	4.53
	1) σ 結合		
	2) π 結合	0	4.53
	問3 炭素原子の3つの混成軌道を挙げ、各混成軌道からなる代表的な化合物を挙げてみよ。	0.13	4.40
6	問1 配位化合物について、例を挙げて簡単に説明せよ。	1.11	3.22
	問2 金属の特徴を1つ挙げ、なぜそのような性質を示すかを簡単に説明せよ。	2.00	3.72
	問3 炭素の同素体を2つ挙げ、その特徴を述べよ。	3.00	4.11
	問4 分子間結合を2つ挙げ、簡単に説明せよ。	0.44	2.11
	平均	1.56	3.88

次に、講義で獲得した知識・理解がどの程度定着しているかを中間試験の結果から検討した。まず、中間試験のいくつかの設問に関連した学生自身による知識・理解度の自己評価の結果を表2に示す。また、中間試験の実際の学生の得点を0～5点に換算したものを表3に示す。

表2における中間値は、3.0であるから、設問1, 3, 4に関して学生は十分な知識を有し、また理解をしていると自己評価している。設問2, 5に関しては他の設問より低い平均値となっており、若干の自信の無さが現れている。これらに対応した中間試験の結果を表3から見てみると、設問3, 4に関しては中間値の2.5をかなり上回っており、学生の自己評価と一致していることがわかる。しかし、設問1では、中間値を下回る2.37であるから、学生自身は理解しているつ

もりでも、実際にはその理解は不十分であったことを示している。一方、学生の自己評価では若干自信の無さが窺えた設問2、5に関しては、明らかに学生の自己評価がまだ甘かったことを示している。特に、“モル”の概念を問うた設問2の平均得点は0.26であり、ほとんどの学生は“モル”の概念が身に付いていないことを示している。このことは、最近の学生は抽象的な概念形成が不得手であることを示している。ポートフォリオ学習が、学生の化学に関する学力向上に寄与したかどうかを表3の結果だけから判別するのは、難しい。特に、概念形成に関してポートフォリオ学習は効果が低かったと言わざるを得ない。ところで、学生自身は、このポートフォリオ学習をどのように捉えているのであろうか？

表2 知識および理解度の学生による自己評価

設 問 文	度数分布 ^{a)}					平均点
	1点	2点	3点	4点	5点	
1. 原子の構造を、自分の言葉で説明することができる。	0	1	1	9	8	4.26
2. “1 モル”を自分の言葉で説明することができる。	0	1	5	9	4	3.84
3. 4つの量子数を挙げ、それぞれ何を規定しているかを説明することができる。	1	0	0	10	8	4.26
4. 放射線の種類と実体を挙げ、その性質を自分の言葉で説明できる。	0	0	5	7	7	4.11
5. σ 結合と π 結合の違いを自分の言葉で説明できる。	2	1	4	5	7	3.74

a) 点数の意味 (1点：そう思わない, 2点：どちらかといえばそう思わない, 3点：どちらともいえない, 4点：どちらかといえばそう思う, 5点：そう思う)

4. 学生のポートフォリオ学習に対する取り組みと評価

教員側がポートフォリオ学習を支援する授業を準備していても、学生の取り組み方が不十分ではその効果は上がらない。そこで、学生がどの程度、このポートフォリオ学習に取り組んだか、また、この学習法をどのように評価しているかを知るために授業評価時にアンケートを実施した。度数分布で表された結果を表4に示す。

表3 中間試験の得点分布

設問文	度数分布						平均点
	0～ 0.99	1～ 1.99	2～ 2.99	3～ 3.99	4～ 4.99	5	
① 原子の構造を含まれる素粒子と共に簡単に説明せよ。	3	6	0	9	0	1	2.37
② “1モル”を自分の言葉で説明せよ。	17	1	0	1	0	0	0.26
③ 原子中の電子の状態を規定している4つの量子数を挙げ、それぞれ何を規定しているかを説明せよ。	0	2	1	5	7	4	3.82
④ 3つの放射線の種類と実体を示せ。また、放射線の特徴を一つ挙げよ。	1	0	3	7	6	2	3.59
⑤ σ 結合と π 結合の違いを軌道の図を用いて説明せよ。	4	4	1	8	0	2	2.41

表4 学生によるポートフォリオ学習への取り組みと評価(1)

設問文	度数分布 ^{a)}					平均点
	1点	2点	3点	4点	5点	
1. 「化学概論」に関する資料は全て、ポートフォリオファイルへ整理している。	1	0	1	4	13	4.47
2. 授業前に、これまでのポートフォリオファイルを見直した。	0	5	7	6	1	3.16
3. ポートフォリオファイルを見直すことで、理解が深まった。	0	1	2	11	5	4.05
4. ポートフォリオファイルは、「化学概論」の受講に役立っている。	0	1	2	3	13	4.47

a) 点数の意味 (1点: そう思わない, 2点: どちらかといえばそう思わない, 3点: どちらともいえない, 4点: どちらかといえばそう思う, 5点: そう思う)

表4の設問1の結果は、平均4.47であり、学生は、授業時に配布されたプリントや資料などをポートフォリオファイルに整理しているようである。また、設問3の結果は、平均4.05であり、ポートフォリオファイルを見直すことが、講義内容に対する理解を深めることになっているようである。一方、設問2の結果は、平均3.16でほぼ中間値となっている。このことは、学生は授業前にあまり前回のポートフォリオファイルの見直しを行っていないことを示している。これは、表1の講義前に行ったプリントの解答状況が良くなかったこととも一致しているといえる。つまり、学生は授業以外の時間に予習・復習を十分行っていないことが窺える。

では、自由記述の設問への回答から、学生のポートフォリオ学習に対する評価を探ってみる。表5に自由記述の設問内容と学生の回答を示す。

表5 学生によるポートフォリオ学習への取り組みと評価(2)

設 問 文
回 答 文 ()内は人数
<p>1. 受講前後でのプリント学習は、どのような効果があったと思いますか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・その講義で学習する内容がわかり、ポイントをおさえて聞くことができた。 ・授業の内容をどれだけ真剣に聞いていたかや、理解できたかがわかる。 ・その日、何を学習したのか、また何についての理解が足りなかったのかが分かった。また、授業で自分がどのくらい進歩できたかが分かるので良いと思いました。(2) ・前にやった問が後にはわかるようになっていて授業の効果が目に見えたので意欲がわいた。 ・受講前の自分の今の知識と、後の理解度が把握できて今後につながる。 ・自分の学習の成果が目に見えて分かった。 ・自分がいかに理解してるか、していないか目にみえてわかった。 ・自分が分からなかった所が明確になった。 ・自分のできない所が明確になったり、自分がどう間違えていたかを見ることができ、自分で学習するときにとっても役に立った。 ・授業内容の重点を整理、確認できた。 ・自分がわかっていなかったことは何なのか、何を学習するのが分かり、授業後のプリントで理解したかどうかを確かめることができたと思う。 ・自分が授業でどれだけ理解できたかを知ることができる。 ・自分の理解していないところがわかり、復習する目安になったと思う。 ・その時の講義の内容理解を深めることができると思う。

表5 (つづき)

設 問 文	回 答 文	() 内は人数
2. ポートフォリオファイルを使った学習についてどう思いますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・ 学習の軌跡がわかりやすかった。復習に役立った (2)。 ・ 復習が行いやすいです。知識不足のところを新たに書き込めるので。 ・ 自分でとるノートとは少し違って、自分が何をどのくらい理解できているのか、また苦手なところはどこで、どのくらい理解が足りないのかがわかるので、良いと思いました。 ・ これまでの学習をきちんと整理できていいと思う (4)。 ・ 学習の記録を残せることができ、良いと思う (2)。 ・ プリントやノートがばらばらにならず、学習した分ずつ順にファイルできるし、いつでも振り返ることができたのでとても良かったと思う。 ・ ちゃんとプリントをファイルしないと意味がないと思うが、自分の学習の過程がわかり、効果的に使えばよいと思う。 	

表5の回答を見ると設問1の「受講前後でのプリント学習は、どのような効果があったと思いますか。」に対する回答では、「自分が分からなかった所が明確になった。」などの回答がほとんどを占めた。このことは、講義前後のプリントを利用した学習は“効果的である”と学生が考えていることを示している。また、設問2の「ポートフォリオファイルを使った学習についてどう思いますか？」に対する回答では、「これまでの学習をきちんと整理でき」「復習が行いやすい」などの回答が大勢を占めた。この結果から、学生は、“ポートフォリオ学習は大学の化学を学ぶ上で有効である”と考えていることを示している。しかし、今回の実践では表4の設問2に対する回答や中間試験の得点状況から、学生がポートフォリオ学習を十分に行ったとは言えない。今後は、学生がより積極的にポートフォリオ学習に取り組むための仕掛けや工夫が必要と考えられる。

本稿は、科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))「教員養成段階における学生の科学的能力向上のための大学授業改善に関する実証的研究」(研究代表者：林朋美、課題番号：16604006)の分担研究の成果の一部である。

参考文献

- 1) 大学化学教育検討小委員会委員(小林啓二, 阿万智治, 伊藤 卓, 岩澤康裕, 大橋ゆか子, 荻野和子, 上方宣政, 鈴木孝治, 中田宗隆, 松本和子, 丸毛一

- 彰) 発行者：大学基礎化学教育に関するアンケート調査報告書，pp.9-34，(社) 日本化学会，2000年。
- 2) 三省堂編集所編：グランドコンサイス英和辞典，p.2028，三省堂，2001年。
 - 3) 高浦勝義著：ポートフォリオ評価入門，pp.16-17，明治図書，2000年。
 - 4) 小田勝己著：「アメリカにおけるポートフォリオの歴史と現状(4)」，指導と評価，第46巻，第12号，p.46，2000年。