

大学と高校の接点としての化学教育 — Pre・test, Post・test の添削指導を中心として —

A Teaching Method on Basic Chemistry for Freshman : Teaching Method with Pre-test and Post-test

立木次郎[†], 武井庚二^{††}
Jiro Tatsugi, Kouji Takei

Abstract: This report deals with a teaching method on basic chemistry for freshman. This teaching method contains guidance and instruction to how to understand basic chemistry. Pre-test and post-test have been put into practice each time. Each test was returned to students at class in the following weeks.

1. はじめに

この講義の開講までの経過：入学者の基礎学力の向上のため、数年前から補習委員会を設置し全学的に取り組んでいる。応用化学科では入学の数ヶ月前に化学の課題の提出をさせて、高校の復習を課してきた。しかし入試制度の多様化により、化学の科目で受験することなく入学してくる学生も増えてきている。入学を許可した以上、学ぶ意欲が起こるような機会を大学として考えなければならなくなってきた。

この講義の目的：一つには高校化学の総復習、二つには入学して間もない学生に大学と高校との授業形態と授業法の違いを理解させ、それとともに大学生になったというプライドを鼓舞し、さらに、専門教育科目へと繋がり、専門科目の学習を通し、大学生活に少しでも喜びと感動を与えたいとの思いからである。

2. 実施上の留意点

(1) 受講者の能力差が大きいので、講義、Pre・test, Post・test (以後 Pre., Post. と略す) とともに難易度の高いものから低い問題を入れ、基準を中程度に置いた。

(2) 講義資料には各回とも、たくさんの項目 (表 1) があり、いずれも十分に説明するには長時間を要するものであるが、Post. を考慮しながら数項目に絞って解説した。その他の項目は用語の説明とこれから学ぶ専門科目への緒を示すにとどめ、能力にあった学生の自主学習を期待した。化学専門用語にはできるだけ英語も書き添えた。資料の中に Post. 以外に問題を口頭で指示して記入させるスペースをあらかじめ用意した。

(3) 特に、Pre. は化学式 (英名でも)、化学反応式、物質質量、計算の有効数字に留意した問題とした。

(4) 応用化学科では専門科目として基礎化学 I (必修 2 単位)、基礎化学 II (必修 2 単位) の 4 単位を 1 年生の前後期に開講している。本講義名は「化学基礎」で、1 年前期に専門基礎教育科目の 1 つで、選択科目である。

(5) この講義の内容は「物質の構造 I・II、物質の状態 I・

II、物質の変化 I・II、化学反応と熱、速さと平衡、無機物質、有機化合物、高分子化合物、まとめと復習を行い、専門関連科目を理解するための化学的基礎知識の習得である。評価は出席 50%、課題 10%、試験 40% で総合評価する」となっている。

(6) 授業後、毎回 1 時間 30 分のオフィスアワーを行った。

3. 実施の仕方

(1) 授業の教科書は、大学一般化学の教科書の使用を考えたが、適当なものが見当たらなかったため、参考書 [一般化学 長島弘三、富田 功 共著 裳華房 (2001)] の推薦に留めて、資料として推薦参考書などをもとに毎回平均 B4 版 2 枚、全体で 14 枚 (資料の番号 No1~No28) を準備し、配布した (表 1 参照)。

(2) Pre. と Post. の二つからなる確認・定着テストを実施。Pre. とは毎回授業の初め 15 分間に、前回宿題にした課題の中からテストを実施する。その課題は化学 I—その本質の理解—CHARLES COMPTON 著、石森達二郎他訳、東京化学同人 (1984) などを参考にし、高校での復習問題 (B5 版 1 枚) を作成した (表 2 参照)。Post. とは毎回授業の終わり 15 分間に、授業の内容に関連した問題でテストした。その問題は指定参考書の中の問題と基礎化学—基礎演習シリーズ—吉岡甲子郎著 裳華房 (1995) などを参考にし問題 (B5 版 1 枚) を作成した (表 3 参照)。またこれら 3 種のプリント作成には、前述の参考書以外に多くの書物を参考にさせて頂いたが紙面の関係で一つ¹⁾に留める。

(3) 出欠席は授業の初めの Pre. と授業の終わりの Post. の答案用紙の 2 回の提出でそれに替えた。

(4) 添削・評価し、次回返却する。各問の評価は、◎—大変良くできた、○—良くできた、○—普通、また間違いは訂正し、×はつけなかった。

4. 実施結果と考察・反省

(1) Pre.、Post. のやり方の変更をした—第 1 回、第 2 回は授業内で、各 15 分をめぐりにテスト問題を出し、考えさせ、時間を与えて行った。両テストとも各 15 分間ではできなかった。時間がかかりすぎるので、3 回目からは

[†] 愛知工業大学 工学部 応用化学科

^{††} 愛知工業大学 工学部 応用化学科非常勤講師

両テストとも課題として宿題形式に切り替えて、行った。予定の 15 分間に正解の 1 部を黒板に明示、解説し、課題を集めた。また当日、黒板上にまたは口頭で臨機応変に簡単な問題を出し、解答を書かせ提出させることができた。その結果、授業の時間を前 2 回より多く確保できた。(2) pre. (高校の復習) が十分できたか疑問が残る一問題数が多かった。Pre. に全分野の問題を入れ、解答することには当然時間的限界がある。筆者が重要と考えていることを更に絞ることが必要である。もう少し、Pre. に時間を費やしたほうがよかった。

(3) Post. 問題数が多く、難しく、不適切な問題もあった。Post. は 4 回頃から、採点結果のできが悪くなってきた。その理由は問題数が多く、更に難しく過ぎたこと。そのことに気づき、できるだけ問題をしばった方がよいことが分かっていたが、その時点ではなかなか変更ができなかった。それは、問題にあれも入れたい、これも入れたいと欲張りすぎ、その結果、黒板に解答を簡単に明示し、説明するのだがその時間が多くなり、その結果、授業の時間が少なくなり、あせり、学生にも理解と定着に悪影響を与える結果になった。また最後に行ったアンケート調査と感想には「(ア) 毎回の添削には大変感謝している。

(イ) 毎回学習し、調べ、考えて、授業に期待して出席する充実した時間であった。(ウ) しかし Post. は難しかった」との意見がいくつかみられた。このことは前述のように授業時間が少な過ぎたことにより、理解がし難くなったこと。授業と並行する適切な問題でなかったこと。それにもかかわらず、幾つかの難しい問題も毎回 1 割前後は正しい解答を導いていた。しかし、これらは強く反省しなければならぬ点である。

(4) 添削は辛いが喜びである—前述のように第 3 回からは Pre. , Post. の課題を宿題形式にしたが、本来の Pre. , Post. とは厳密には異なるが学生が自分で考え、書き (記述問題が多い)、解答し、提出することは大変意義のあることだと思う。間違ってもよいから自分で考えた答えを書くこと、また自分の答えが正解 (1 部黒板上に明示) とは違っても直さないで、そのまま書いておくように指示 (正解は裏にかかせる)。提出された解答用紙には、一人ずつ違った形の解答 (記述では) が多く、一枚一枚

別の表現で答えられている答案を、赤の万年筆で訂正記入するには、時間も労力もかなり大変である。学生が必死に考え、調べた素晴らしい答案の幾つかは、1 週間位考えてはじめて解答できたであろうものもあった。それらの答案は採点者に疲労感、添削の進まないあせりなどの重い気持ちを吹き飛ばすものであり、また答案の添削を続けていく上で大変な支えでもあった。

(5) 履修者の最終の評価は出席重視になる—第 1 回の出席者数 (履修申告者) は 92 名であったが、最後のテストを受験した学生は 75 名であった。毎回の欠席者は 6~10 名であった。この講義の聴講を止めた理由は選択科目であるや Pre. , Post. が苦痛であるなど考えられる。

最終の評価は毎回の課題提出により、ほとんどの学生は良い成績をあげた。特に欠席が多く、結果として毎回の課題も未提出であった 3 名の学生は再試験で (課題を提出させ)、単位認定を行った。また課題の評価 (出席重視) とテストの得点との相関は高かった。

(6) 大学の一般化学への導入はうまくいったと思う—毎回毎回生き生きとした授業での態度と Pre. , Post. の解答内容、アンケートなどから伺い知ることができる。

この授業の内容の無機物質、有機化合物、高分子化合物は Pre. , Post. で触れるにとどまった。表 1 の項目を見て、専門の物理化学、有機化学、無機化学にわたる項目が見られるが前述のような幅広い能力の受講者に合わせたものであり、それ故、開講している基礎化学、または専門科目に任せたいほうが良いではないかなどの意見は十分拝聴に値する。これらのことはこの授業の目的によりいくつかの学習項目が重複することが最初から考えられたが、むしろ知識の定着に良いと考えた。しかしそれ故、何度も授業内容の精査と重点項目のメリハリの利いた指導が必要である。

(7) 次の 5. の学生の「授業フィードバック」アンケートが今回の授業を冷静に評価している—私自身の反省はアンケート前に行っているが、学生のアンケート結果とよく一致している。学生に対するこのようなアンケートは教員にとっては厳しいものであるが、今後学生を教えるべく上では大変参考になり、大変有益なものであると思う。

5. この講義の学生のアンケートと感想について

アンケートについて：愛知工業大学では「授業フィードバック」アンケートを開講の全科目で前期は 7 月 16 日までに実施された。この結果は学内のホームページに掲載される。I は択一式、II は記述式になっている。I の 15 の共通項目について (II はその講義独自で記述するようになっている—略す)、①そう思う ②どちらかといえばそう思う ③どちらともいえない ④どちらかといえばそうおもはない ⑤そうは思わない、で評価がおこなわれた。そのうち①そう思うと②どちらかといえばそう思うとの和 60% 未満のもの 4 項目あった。それらを今回の講義についてあげ自己の反省としたい。() 内は③どちらとも言えない、を参考に示した。1. テキストや教材は適当でしたか。58% (32) 2. 授業内容のレベルは適当でしたか。48% (43) 3. 授業の速度は適当でしたか。35% (63) 4. 授業内容の量は適当でしたか。34% (60) であった。蛇足ですが、5. あなたはこの授業を熱心に意欲的に受講しましたか。77% (18) と 6. 教員は熱心にこの授業を取り組んだと思いますか。86% (10) でした。

講義についての感想：最終講義 (第 13 回目) 終了後に行う。(応用化学科 1 年 A 原文のまま) (1) Pre・test について—高校の復習のようなかたちで化学を学習できたと思う。主に記述式が多かったので、調べて書くことが多かったです。Post と比べると難易度が低かったので、どちらかという取り組みやすかった課題だと思いました。(2) Post・test について—こちらは“予習”用課題という形で毎回取り組んでいきました。先生から配られるプリントだけでは、全部問題を解くのはかなり難しく、苦勞を強いられました。でも授業で答え合わせをした時、理解度が深まるので、こちらは続けてもらってほしいと思いました。(3) 何か意見があったら—今までの詳しい解説、一人一人に対するプリント課題への採点本当に有難うございました。

6. おわりに

今回の試みが今後の専門教育科目および学生にすこしでも好影響があることを願って止まない。この授業に対する以上述べた幾つかの反省を生かし、今後の化学教育に取り組んでゆきたい。この拙文が何か参考になれば

望外の喜びである。また本論文の抜粋が化教誌²⁾に掲載されている。この授業のカリキュラムへの導入は昨年科内カリキュラム委員会で検討されたものであり、授業計画等は立木が中心に行い、武井が授業を担当した。文責は武井がすべて負う。

表 1. 授業内容 13 回分 (資料 No1~No28)

1 回 (No 1) (No 2) (No 3)	序章 化学(chemistry)とはどんな学問か、また物質(matter)とは何か I章 原子の構造 (the structure of atoms) 1. 原子構成要素の解明 (evidence for sub-atoms) 2. 原子番号(atomic number)の決定 (Moseleyの方法) 3. 同位体(isotope) 4. イオン(ion) 5. 元素の原子量(atomic weight) 6. 分子量(molecular weight) 当量(equivalent) 7. 物質質量 (amount of substance) モル質量 (molar mass) 8. アボガドロ定数 (Avogadro constant) の求め方 9. 元素の周期表 (periodic table)
2 回 (No 4) (No 5)	II章 原子の電子構造(the electronic structures of atoms) 1. 水素原子のスペクトル (hydrogen atom spectrum) と波長 (wave-length) 2. ボーアの水素原子モデルと水素原子の輝線スペクトル(Bohr's atomic model and emission spectrum for hydrogen)
3 回 (No 6) (No 7)	3. 量子数(quantum number)と原子オービタル (atomic orbital) 4. 電子配置(electron configuration)
4 回 (No 8) (No 9)	III章 放射性同位体(radio isotopes) 1. 放射線(radiation) 2. 原子核の壊変(nuclear decay)と半減期 (half life) 3. 放射性同位体と年代測定(radiometric age determination) 4. 原子核の人工変換((artificial transmutation) 5. 原子力(nuclear power) 6. 質量欠損(mass defect)
5 回 (No 10) (No 11) (No 12)	IV章 化学結合(chemical bonds) イオン化エネルギー(ionization energy)同族 (group) の元素 同周期(period)の元素 電子親和力(electron affinity)物質の構造—原子間の結合—1. イオン結合(ionic bond) イオン対の位置エネルギー図 (potential energy diagram of ion pair) 2. 共有結合(covalent bond)
6 回 (No 13) (No 14)	分子オービタル(molecular orbital) σ 結合 (sigma bond) と π 結合 (pi bond) 非局在結合 (delocalized bond) 混成オービタル(hybridized orbital)
7 回 (No 15) (No 16)	分子の形 (molecular shape) と結合(bond) 結合距離 (bond distance) と結合角 (bond angle) 結合角とオービタル 結合エネルギー(bond energy) 3. 配位結合(coordinate bond) 物質の構造—ダイナミックな構造—電気陰性度 (electronegativity) 極性(polarity) 双極子モーメント(dipole moment)
8 回 (No 17) (No 18)	物質の構造—分子間に働く力—4. 分子間力 (intermolecular force) またはファンデルワールス力(van der Waals force) 5. 水素結合 (hydrogen bond) 物質の構造—金属 6. 金属結合(metallic bond) 金属結合と自由電子(free electron)
9 回 (No 19) (No 20)	V章 物質の三態(three states of matter) 融点(melting point)と沸点(boiling point) 1. 気体(gas) 理想気体の状態方程式(ideal gas equation) 気体分子運動論(kinetic theory of gas) ファンデルワールスの状態方程式 (van der Waals equation) 2. 液体 (liquid) 溶液 (solution) 水和(hydration)水和イオン(hydrate ion) 溶解度 (solubility)と分配の法則(partition law) 分配係数(partition coefficient) 希薄溶液の性質(properties of dilute solution) ラウールの法則(Raoult's law) モル分率(mole fraction) 浸透圧(osmotic pressure) 電解質(electrolyte) の希薄水溶液 電離度(degree of electrolytic dissociation) 活量(activity)と活量係数(activity coefficient)
10 回 (No 21) (No 22) (No 23) (No 24)	3. コロイド(colloid) コロイドの性質(properties of colloidal systems) コロイドの分類(classifying colloidal systems) 乳化(emulsification)と表面活性(surface activity) ゼル(sol)・ゲル(gel) 4. 固体(solid) 結晶の構造(structures of crystals) イオン結晶(ionic crystal) 分子結晶(molecular crystal) 共有結合結晶(covalent crystal) 金属結晶(metallic crystal) 非晶質(amorphous) VI章 化学反応(chemical reactions) 1. 反応速度 (reaction rate) 反応速度と濃度(concentration) 速度定数(rate constant) 複合反応(complex reaction)と律速段階(rate-determining step) 連鎖反応(chain reaction) 反応速度と温度(temperature) 活性化エネルギー(activation energy) 反応機構(reaction mechanism) 活性錯体(activated complex) 触媒(catalyst)
11 回 (No 25) (No 26)	2. 化学変化(chemical change) とエネルギー 反応熱(heat of reaction) 発熱反応 (exothermic reaction) 吸熱反応(endothermic reaction) 内部エネルギー (internal energy) 内部エネルギー (internal energy) エンタルピー(enthalpy) 熱化学方程式 (thermochemical equation) ヘスの法則(Hess' law)
12 回 (No 27) (No 28)	熱力学第一法則(first law of thermodynamics) 変化の起こる方向(spontaneity of physical and chemical changes) エントロピー(entropy) ギブズの自由エネルギー (Gibbs free energy) 3. 化学平衡(chemical equilibrium) 可逆反応 (reversible reaction) 種々の平衡状態(equilibrium state) 質量作用の法則 (the law of mass action) 平衡定数 (equilibrium constant) 複合反応と質量作用の法則
13 回	まとめと復習 (review) 具体的内容は略す

表 2. Pre. 13 回分の問題内容

高校での履修範囲であること。予習が必要であること。解答は一通りでなく、自由に発想できること、すなわち記述式が多い。

1 回	アンケート (問題ではないがここで行う) 化学反応式, 物質質量 (mol), 有効数字 (小問 3)
2 回	分子, オクテット則, 分子式, 分子量, 物質質量, アボガドロ数 (小問 7)
3 回	分子の電子式 (小問 6)
4 回	原子の電子配置 (n, l, m, m_z) (小問 7)
5 回	物質の状態, 分子運動論, 物質の三態 (s, l, g) と粒子の結合力 気体の膨張, 物質の化学式, 化学名(英語でも) (小問 6)

6 回	液体 固体の性質 (圧縮に対して、形など) 分子結晶とイオン結晶の基本的な粒子の差異 共有結合性網目構造 (共有結合結晶) の基本単位について X線結晶解析 化学式とその書き方 (小問 6)
7 回	化学反応式 (化学反応の分類は可能か—有用な分類例) (小問 4)
8 回	化学反応式 (有用な分類例) (小問 8)
9 回	沸点 (液体の沸騰する温度に影響を与える二つの因子) 融点 (液体が凍る温度に影響を与える二つの因子) 粒子間にはたらく力 (物質の中の基本粒子) (小問 6)
10 回	水の性質 (水が多く物質を溶かす理由) 溶液 (石油と水とが混じりあわない理由) 溶液 (塩化ナトリウム水溶液、酢酸水溶液の化学種とは) 平衡 (イオン化平衡、溶解平衡について) (小問 6)
11 回	化学反応, 反応物, 生成物, 化学反応式などの各定義, 絶対質量と相対原子質量分子量 例 フッ素, 同位体は 1 つのみ), 結合エネルギー, 発熱反応, 吸熱反応, 電気分解の各定義 (小問 4)
12 回	熱化学 (発熱反応になるか, 吸熱反応になるかを決定する主要因子とは) エネルギー保存則 反応速度 (化学反応速度に影響を与える四つの因子とは) 複合反応 (連鎖反応) (小問 4)
13 回	まとめと復習 (試験にむけて) 具体的内容は略す

表 3. Post. 13 回分の問題内容

今回の授業内容、またそれにまつわる問題の多くは大学の化学への第一歩として必要であり、これから学ぶ者への問題提起としても、課題内容は多岐にわたっている。

1 回	原子番号の決定法 原子の構造 (質量数、陽子の数、中性子の数、電子の数) カニッツァロの方法 (小問 4)
2 回	アボガドロ定数の求め方 ボーア半径の計算 主量子数とオービタルの数 電子配置を s, p, d, ... での表示 (小問 5)
3 回	スピン量子数と電子配置 放射性物質と α 崩壊, β 崩壊 電子配置 (s, p, d, f, ... での表示とエネルギー順位) 水素原子の 電子軌道と放出エネルギーの計算 (小問 4)
4 回	第一イオン化エネルギーと電子ボルト(eV) イオンと殻外電子数 第 n と 第 (n+1) のイオン化エネルギーの差 質量欠損と 1 原子質量単位 (小問 4)
5 回	電気陰性度とイオン結合性 同族元素とその半径 結晶格子 (体心立方格子の原子間距離) 結合軌道と反結合軌道 (He_2) (小問 4)
6 回	BeCl_2 の電子構造と形 中心原子の sp_2 混成軌道 三角錐形構造、正四面体形構造、配位結合しているもの 解離エネルギー と生成熱から結合エネルギーを求める (ヘスの法則利用) 結合距離を求めるメタンの正四面体構造から $\angle \text{H-C-H}$ の $109^\circ 28'$ を導く (小問 4)
7 回	N_2 の電子構造 極性分子と無 (非) 極性分子の分類 メタノール分子に含まれる 各結合の結合距離 メタンの C-H の結合エネルギー (ヘスの法則より) (小問 4)
8 回	水の構造の説明 (混成軌道などを用いて) アンモニア (混成軌道などを用いて) X線解析 (ブラッグの反射条件より面間隔を求める) (小問 4)
9 回	分子の平均運動エネルギーと圧力 ファンデルワールスの状態方程式 (小問 3)
10 回	双極子モーメントとイオン性 (HCl) クロロベンゼンの永久双極子モーメントからジクロロベンゼンの異性体の永久双極 子モーメントの計算 溶液の水の蒸気圧 (ラウールの法則) 親水ゾルの凝析しにくい理由 体心立方格子から面心立方 格子になると密度は何倍に (小問 5)
11 回	化学反応速度と温度 (発熱反応、吸熱反応について) 衝突回数と反応 律速反応と反応次数 活性化エネルギーの計算 (小問 5)
12 回	質量作用の法則を用いた計算 (濃度) 質量作用の法則を用いた計算 (分圧) ギブズ関数の変化と平衡 (小問 4)
13 回	アンケート まとめと復習 (試験にむけて) 具体的内容は略す

テスト	講義内容、Pre.、Post. の全分野から片寄らない問題 大問 6 (さらに 2 つ以上の小問)、穴埋め問題、択一問題、記述 式、計算問題など含む 具体的項目は略す
-----	--

参考文献

(受理 平成15年 3月19日)

- Whitten, Davis, Peck, "General Chemistry with Qualitative Analysis" sixth Ed. Harcourt College (2000).
- 立木次郎、武井庚二, 化学と教育, 50, 863 - 864 (2002).