理系学生への日本語教育：化学実験を利用する初期訓練

Japanese Language Education for Science Students : Introductory Training through Chemistry Experiments

高 井 和 彦^{*1}

Kazuhiko TAKAI

This paper describes a course in Japanese language instruction for first year students in the Department of Applied Chemistry, Okayama University. The course is part of a guidance program and consists of (1)technical writing in Japanese for science students, (2)experimental report writing, and (3)project-based learning through chemistry experiments.

Keywords : Technical Writing in Japanese, Project-Based Learning, Chemical Experiment

キーワード：理系の日本語作文技術，創成教育，化学実験

1. はじめに

岡山大学工学部物質応用化学科では，大学に入ってくる日本人学生を対象に日本語で文章を書くことについて指導する授業は，数年前まではおこなわれていなかった。そのことで問題が全くなかったわけではないが，近年さらに日本語能力が低下していることが感じられる。一方で，大学卒業生や大学院修了生の日本語能力に対する社会の要求は，上がりこそすれ下がることはない。このギャップを埋める授業がどうしても必要になってきた。大学への導入の科目であるガイダンス科目の時間の一部を使って，初年次に積極的に日本語教育をする目的で，「化学入門」における日本語コミュニケーションの授業が始まった。

2. 「化学入門」での日本語教育の位置づけ

岡山大学工学部では各学科とも，初年次にガイダンス科目が行なわれている。受講者は1年生全員で65名前後である。物質応用化学科でも，「初めが肝心」という意気込みで力を入れている科目である。シラバス（概要）を表1に示す。1科目2単位の授業としては，内容は多岐にわたっている。(1) 学ぶ動機付けを目的に，将来入る研究室を見学する，(2) 化学の基本である安全について意識する，(3) 実験に必要な基本技術を習得する，(4) 日本語コミュニケーション能力の向上をはかる，(5) 自ら考えて動くことを経験する（デザイン型創成教育）。その中で，短い時間ではあるが，日本語コミュニケーション能力の向上とデザイン型教育の部分がある。昨年から新しく始めたこともあり，まだ来年度に

表1 ガイダンス科目のシラバス

科目区分：ガイダンス科目		授業科目：化学入門		必修科目	
学期：前期前半		単位：2単位		曜日：火曜	時限：4・5時限
対象学生：工学部物質応用化学科1年生			担当教員：押谷 潤ほか		
授業の概要：物質応用化学科でおこなわれている研究について，研究室の見学を通じて紹介する。 また，化学の実験において必要な技術の習得，基本作業を実習形式で学ぶ，習得した基本作業を活かし，あるテーマのもと自らが積極的に考えて実験をデザインし，主体的におこなう時間を設ける．さらに日本語コミュニケーション能力の向上も目指す．					
学習目標：この授業を通じて，化学実験に必要な基本技術を必ず習得してください．					
授業計画： ・各研究室の研究紹介・見学－2回に分けて行う ・化学実験における安全の基本についての解説と注意（片桐助教授） ・化学実験トレーニング（押谷助教授ほか学科助手4名および米田技官） 1．実験器具の洗浄，2．電子天秤の使い方，3．ガラス細工，4．5．ガラス器具の使い方， 6．表とグラフの作り方 ・日本語表現能力トレーニング（高井，実験時は國信助手，米田技官ほかTA数名） 1．理科系の作文技術，2．実験ノートおよび実験レポートの書き方，3．創成型実験の実施					
参考書等：化学実験の安全指針，イラストで見る化学実験の基礎知識					

平成18年10月23日受付

*1 岡山大学大学院自然科学研究科

向けて改善していかなければならない部分もまだ多々あるが、この2年間の取り組みを中心に紹介する。

3. 理系学生への日本語教育の概要

受講している1年生の日本語コミュニケーション能力を見ると、(1) 個人差が大きい、(2) 個人的な連絡(私信)を除いて、比較的大勢に対して、意見などを伝えるために文章を書いた経験がない、(3) 正確な文章を書くことに慣れていない、という状況であった。近年、全般的に学生の読書量が減っているが、とくに、大学受験という目標以外のために文章を読むことが少なかったことが原因の1つだと思われる。

4年生で研究室に配属になる前には、研究の実験ノートを取り、レポートを書けるレベルに達してほしいが、それまでには数年の期間があることから、細かいことは1年の後半から始まる基礎化学実験や応用化学実験などの機会に教えるとして、まず、学生には意識改革、大事さを認識してもらうことを目的に講義を進めている。

講義の内容を箇条書きにして紹介する。

(1) 伝える対象を意識して書く(話す)

コミュニケーションの目的は、誰かに何かを伝えること、すなわち伝達である。伝わらなければ意味がないわけで、伝える相手(対象)をつねに意識して書く(話す)ことは当然である。意識しないで書く文章や話す講演はないと言える。ところが、何か課題が与えられると、ほとんどの学生は対象を考えずに、書いたり話したりする内容を考えようとする。講義では最初に、「誰に」「何のために」「どのような形式(場)で(フォーマル・インフォーマル、公式・プライベート)」「内容は?」「どの程度の文字数が可能か(講演ならば時間がどれくらいあるか・途中で切られる可能性は?)」について意識することが大事である、ということから始めている。

(2) 共通認識を確認する

わかりやすい文章や講演のためには、著者(講演者)と読者(聴衆)との間に共通認識の確認が必要である。(1)の「伝える対象を意識」することは、そのためでもある。対象を誤ると、前提条件が理解してもらえないことや、論理の展開についていけないといったことがおこる。

(古典)落語では、必ずといっていいほど「まくら」がある。演者は聞き手との距離感を客席の反応を見ながら確認し、話の世界に誘っていく。このとき、いくつか大事なポイントがある。昔の話なので単語の意味や時代背景がわかりにくいことがあるときには、きちんと説明していること。それとともに、現在、聞き手が身近に感じている(経験している)ことから話に引き込んでいくことである。これらのことは、文章を書いたり講演したりするときにはとても参考になる。

ある分野の専門家の中でばかり話していると、知ら

ず知らずに隠語(jargon)を使ってしまうことがある。また、論理の飛躍に気づかないといったことがおこる。読み手(聞き手)に近いところから話を持ってくると、読み手がスムーズに話に入りやすい。

(3) 相手に内容を理解してもらい、説得する

レポート(報告書)を書くことは、内容を理解してもらうことにより相手を説得することが目的であり、そのためには、(書いている人と)書いてある内容を信用してもらうことが不可欠である。単純な間違いや正確さを欠いているようであれば、信用を失うことになる。「正しい日本語を使う」ことと、「正確に数字を取り扱う」ことはその土台と言える。「正確に数字を取り扱う」ことの重要性に関しては、学生は平行して受講している物理学実験において教わっている。とくに、有効数字や誤差などについて丁寧に指導されており、化学入門では(4)の「正しい日本語を書く」点に絞って講義をしている。

(4) 正しい日本語を書く

正しい日本語を書くことに焦点を絞り、演習形式でおこなっている。取りあげるトピックは以下のものである。

(4-1) 間違いやすい漢字、助詞・接続詞、誤字脱字など。

(4-2) 段落の重要性-段落は意味のひとかたまり; 段落を上手につなぐこと。

(4-3) 句読点を打つ-意味がとりにくいところをわかりやすいようにするために打つ; 読みにくいところ、適当な息つぎのところで打つ。

演習の問題は、いくつかの日本語に関する本を参考に作成している。参考にした本を文献1)に示す。

(5) 事実と意見の記述の違いを認識する

学生に何も注意を与えずに何かのテーマでレポートを書かせたときによく見られることは、事実と意見とが渾然となっていることである。これは、文科系、理科系を問わず最も困ったことである。

レポートの中では、事実に支持された正しい推論により議論を展開していくわけで、事実と意見があいまいな中では、相手を煙にまくのでない限り、論理的に相手を説得することはできない。ところが、多くの学生にとって、いままで何が「事実」で、何が「意見」であるかを意識して正確に使い分けたことはないようである。

講義では、「事実の記述」には、真(true)の場合と偽(false)の場合があるということを教えている。これは、「事実の記述」では正しいか正しくないかが判断できないといけないことを意味している。

とくに、他人の口や筆を通して知った「伝聞の事実」だけでなく、極端に言えば、本人が直接に見た目で起こった現象は「直接経験の事実」としてそのまま事実と受け取られがちだが、それは観察者の目というフィルターを通して意識するように伝えている。

(6) 引用の仕方を知る

引用に関して2つのことを教えている。第1は、伝

聞の事実の場合には、「情報源（その人）が信用できるか」ということがすべてであり、「情報は情報の発信源とともにあってこそ意味がある」という点である。最近はとくに、インターネットなどから安易に情報を得る学生が増えてきているが、その危うさについて話をしている。第2は、引用の仕方についてである。著作権法第32条についても話すが、むしろ、引用にあたっては、その引用先に敬意を表すこと、そのために、基本的には原文どおり引用すること、引用先をきちんと示すことが必要であると教えている。

(7) 上級編

構成と視覚表現の大事さや、興味をひくためのテクニックを上級編として少し教えるが、そのレベルまでたどり着ける学生は残念ながら多いわけではない。

一定の制約内で文章を書き、読み手に意見を伝える文章の見本の一つに新聞の社説がある。自分が書くつもりで読むという練習を繰り返すと、少しは文章を書くことがうまくなるのではないかと思う。

4. 実験ノートの書き方についての授業

実験のときに様々なことを記録するノートが重要であることを学生は知っているが、残念ながらほとんどの学生はイメージとしてとらえているに過ぎない。実際にとくに指示を出さないで実験をさせると、かなりの学生はメモのような実験ノートを書いている。

理由はいくつか考えられる。なかでも、「科学は様々な仮説と実証により構築された理論を土台として構築されており、その根拠（生データ）である実験ノートの記録は重要である。」ということを、学生が経験してきた高校までの化学の実験では、ほとんど意識しなくてよかったことが大きい。

中学や高校での実験は教科書で書かれている事実を確認すること、実験操作に慣れることなどが主な目的であり、そこに学生自身による「観察による新たな発見」を期待してはいない。その顕著な例は、中学や高校で使っている実験実習書である。「〇〇をXXg加えるとどうなるか、観察しましょう。」という指示が書かれていたりする。極端な場合には、すでに文章が書いてあり、必要な数字や観察した色を書き込む穴埋め式のもののさえある。これでは、サファリパークを、格子が入ったバスから、ガイド付きで観光するようなものではないか。確実に見せたいところを指示していくと、確かに「作業としての見忘れ」はなくなるかもしれないが、本来、実験を通して養うべき自発的な観察力－実験のセンスを磨かないままになってしまいかねない。

こう書いてはいるが、単純にこのような中学や高校の実験実習書を悪いと主張するつもりはない。とくに化学では実験に際して安全は最も大事なことなので、そうせざるを得ない点もある。問題は、実験はそのようなものだという概念が知らず知らずに学生の中に植

えつけられてしまっていることなのである。大学や企業での研究においては、正解がないことも多く、ましてや問題を見つけだすことも研究の重要な目的の一つなのである。観察がどれだけ大事か。そしてその記録がどれだけ大切か。観察したことを記録する作業を通して、何かを生み出す、見つけだす経験をしたことがほとんどない学生にとって、実験ノートの重要性が本当にわかるのは、研究室に入ってからだろうが、それまでに少しでも意識を変えてほしい、目標をその点におき、「実験ノートの書き方」の講義をおこなった。

講義の内容を箇条書きにして紹介する。

(1) 「実験ノートはメモではない」

先に述べたように、何も言わず学生に実験のノートを書かせると、メモのようなノートを書くことが多い。「実験ノートはメモではない」ということを認識させるところから講義は始まる。

メモで何が悪いのかと考えると、第1の理由は、書かれていることが、後日に実験ノートを読む人間に正確に伝わりにくいからである。実際の研究室で、実験ノートが個人的な記録であることはほとんどない。そのため、実験ノートは大学の研究室でも個人が買うのではなく支給され、卒業後も研究室で保存するのが一般的である。研究室で共有の情報であることが基本となる。

例外ではあるが、他人には簡単にはわからせないというノートも確かに存在している。レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿は本人だけがわかればよいので、よく知られているようにアルファベットが鏡に映した形で書かれている。しかし、ダ・ヴィンチの実験観察記録を見ると、非常に丁寧に書かれていることに気づく。実験のすべてを覚えておけるわけでないことを考えると、未来の自分もいわば他人である。あとで自分だけがわかればよいという気持ちで書いたメモでは、結局、自分さえもわからなくなることがおきる。

第2の理由は、メモでは証拠にならないという点である。特許の仕組みが日本とアメリカでは違うが、そのアメリカでは、いつ誰が発見したかが大事になる。そのとき証拠となるのが、研究の実験ノートである。これについては、2005年にノーベル化学賞を受賞したSchrock教授の企業での実験ノートを例として見せている。実験ノートに丁寧に記録があるだけでなく、その一番下の行に同僚のTebbe博士の証人（Witness）としてのサインがあることを見せて説明している。

第3の理由は、書く作業により、より注意深く観察するようになる点である。書くといっても、ことばで書くだけではない。むしろ、描くことのほうが適していることも多い。先のダ・ヴィンチの実験観察記録の中に、どれだけ描写された図があるか、有名な図も多いだけによく知られている。より注意深く観察することの大事さについては、あとのGood Experimentのところでもう少し述べる。

(2) 再現できることの重要性

「仮説と実証」の繰り返しの中では、再現できないと証明にはならない。化学だけでなく広い意味で科学実験を記述するノートとして最も必要なことは、再現するために不可欠な情報が記述されていることであろう。たしかにそれが必要条件である。この点では料理のレシピと同じである。紙に書くという制約の中で、料理のレシピもできるだけ同じ味を再現するために、手順やコツを丁寧に伝えている。では、何が異なるのか。たしかに再現性は重要だが、Good Experimentといわれる実験をするためには、得られた「もの」の収率や性質（レシピでいえばできあがった食べものの味？）という結果を求めただけではないことを講義では強調している。

(3) Good Experiment とは何か

化学実験には「もの」を得るための実験と「情報」を得るための実験がある。前者では、実験の結果、目的の「もの」を純粹に、量を多く得ることができれば目的は達したことになる。しかし、後者では、情報の正確さ、質、量などが問題であり、その評価は、端的に言う「次の実験につながる情報を得たか」ということがポイントだと言える。実験ノートに書かれている観察の記録は考えるための「もと（根拠）」になる一次情報であり、Good Experimentとあとで言えるような質の高い情報をとってることが重要である。このことが最も伝えたいことである。

実験をしたあとで、正確にその実験を思い出すことは至難の技である。また、実験の間では常に適切な対応をとる準備ができている、すなわち臨機応変に対応できないといけない。これらのためには、実験をしているその場で実験ノートを書くこと、その場で考えることが重要になってくる。実験ノートでは、It is better to put in too much data than too little!（ケンタンキー大学の実験ノート書き方より）ということであり、どんどん書き込むことが大切だと話している。

なお、細かい書き方、例えば、公知の事実は現在形で書き、実際におこなった実験や得られた結果は過去形で書くなどの点も一応、教えている。

研究室に入った時点で、多くの場合、担当教員から具体的な指示は出されるにせよ、4年生はひとりの研究者として、自らおこなった責任を負うことになる。実験ノートに記載し忘れていたことにあとで気づいた、では困るのである。

5. 創成型実験の概要

日本語についての授業と、実験ノートの書き方に関する講義のあと、創成型実験をおこなっている。この目的は、考えるための情報が記述されている実験ノートを、その場で書く練習をするためである。実験の内容を表2に示す。

学生は上の課題をもらい、あとは一般的な実験器具

表2 実験の内容

実験	
手順	1. 200mLの三角フラスコに水酸化ナトリウムの2%水溶液を50mL調製する。
	2. そこへ、グルコース1gを室温で加える。
	3. さらに、メチレンブルーの1%エタノール溶液を、約1mL加え、そのまま放置する。
	この溶液は「振り混ぜると色が変わる溶液」である。なぜ、このように反応がおこるのだろうか。

だけを用いてその理由を解明する実験を、班に分かれておこなう。この実験で使える薬品や溶液の量は限られているので、際限なく実験を繰り返せるわけではない。とにかく観察することは大事だが、知りたい情報をできるだけ少ない実験での観察から得てくる、いわば効率も問われる。実験室には教職員数名とTAがいるが、進み具合を横で見ていることが基本で、危ないことをしない限りとくに指示はしない。実験の風景を図1に示す。

実験が始まると最初は比較的静かだが、しばらくたつと班の中でコミュニケーションが生まれる。本来、実験は、「どのように実験したら、ほしい情報が得られるだろうか」と思考するところから始まるわけだが、学生にとって「何かを知りたいために実験方法を自分で考える」という実験を経験した者は非常に少ない。科学実験における重要なサイクルを図2に示す。

このサイクルの中で、観察することの大事さは言うまでもない。研究の面白さは、自分で考えたことを実験により試し、確認できたときに感じる人が多い。

図1 実験の風景

図2 実験におけるサイクルの図

このことを創成型実験により感じてほしい、よく観察し、その場で、きちんとした実験ノートを書くことが非常に重要であることをわかってほしい、これがこの創成型実験の目的である。なお、実験のときに学生が書いた実験ノートについて、その場ではアドバイスするが、人的資源の限界から、あとで1つ1つ点検し指導することまではしていない。

技術的なこと、how toについては、こうすればよりよくなるという形で教えることはできるかもしれないが、研究者となるために本当に養ってほしいのは、観察におけるセンスである。もちろん、センスは本来その人それぞれに持っているもので、大きく変えることは容易ではない。ただ、「センスは磨くことができる」その磨き方は伝えることができるのではないかと。事例を通して、その人にとって今まで使っていなかったセンサーが使えることを気づかせたり、従来持っていたセンサーの感度を上げたり測定可能範囲を広げたりすることができれば、4年生になり研究室で本格的な化学実験をするときになってもギャップが少なくてすむのではと考える。

研究室での発見のたねは目の前の反応容器の中にあり、それを見いだす努力をしている人にもみええるということを研究室に入ってきた4年生には話している。1年生の実験でそのことを話してもなかなか伝わらないが、ふだんから網を張っていない「くも」は何も捕まえることはできず、また、どれだけ細かい網を、適切な位置に張ることができるか、すなわち、どれだけの問題意識をもって目の前の反応を見ているかが発見のポイントなのだというのを、この創成型実験を通して伝えたいと思っている。

ここではスペースの関係で実験内容の詳細は述べないが、よく観察すると、この実験では学生が様々なことに気づくことになる。また、学生が「こういう実験ができないか。」とリクエストしてくると考えられるいくつかの実験の準備は、TAがあらかじめ予想しておこなっている。

この実験のあと、講義では、実験によりわかったことをPC (PowerPoint) を使い、他の班の学生の前で発表することにしている。そのことも理由を明らかにしたいと思うもう1つのDriving Forceになっている。

学生が発表したあと、発表の仕方についても少し講義している。重要なことは、文章を書くときと同じで、相手を常に意識して話すこと、一方的に話すspeakでなく、キャッチボールをするtalkの状態でない、と実際のpresentationでは十分には相手に伝わらない、と話している。

6. おわりに

この講義でも学生のアンケートをとっている。自由記述欄に書かれていた意見を最後に少しあげる。

- ・実験ノートの書き方などはこれからずっと必要なので、しっかり身につけたい。実験もあっておもしろかった！
- ・プレゼンテーションの説明を受けたが、2～3年後に、自分もあんなことができるのかが、少し不安になった。
- ・この講義はこれから実験するのに非常に大切だと思った。
- ・ノートのまとめ方はとても参考になった。
- ・正しい表現力をつけて説得力を身につけたいです。
- ・知らないことばかりでかなり勉強になったと思います。考えながら色々試してみる実験は初めてだったのですが、かなり楽しかったです。
- ・一定の手順を実行するのではなく、自分で考えて実行する実験ができたことがとてもよかったと思います。

学生を見ていると、ある授業で学んだことはその授業の中だけで使い、完結してしまうことが多い。日本語コミュニケーション能力を身につけさせるためには、時間をとっての演習が必要だが、それだけではなく、すべての授業で、機会を活かし、学生の文章力向上を支援すること、また、そのためには教員間で日本語コミュニケーションに関しての認識と要求レベルのある程度の共有が必要だと考える。

謝 辞

本ガイダンス科目は岡山大学大学院自然科学研究科の押谷潤助教授が統括し、その中の創成型実験では國信洋一郎助手、工学部の米田美佳技術職員およびTAを勤めた学生数名の協力のもとに実施された。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 木下是雄：理科系の作文技術，中公新書，永山嘉昭：〈説得できる〉文章・表現200の鉄則，日経BP出版センター，牧野賢治：理系のレトリック入門，化学同人，片山朝雄：朝日新聞の用語の手びき，朝日新聞社

.....

著 者 紹 介

高井 和彦

京都大学大学院工学研究科博士後期課程工業化学専攻中退，工学博士。京都大学工学部助手を経て，1998年より岡山大学工学部教授（現大学院自然科学研究科機能分子化学専攻教授）。昭和63年度日本化学会進歩賞受賞。専門は，有機合成化学，有機金属化学。日本化学会，有機合成化学協会，近畿化学協会，ACSなどに所属

連絡先： ktakai@cc.okayama-u.ac.jp