

化学分野における中小企業技術者再教育講座のニーズと実施事例

城石 英伸^{1*}, 庄司 良¹, 三谷 知世¹, 佐々木 桂一², 大塚 友彦³

東京工業高等専門学校 物質工学科¹, 産業技術センター², 電子工学科³

[*h-shiroishi@tokyo-ct.ac.jp](mailto:h-shiroishi@tokyo-ct.ac.jp)

A Case Study on the Need for Chemistry Retraining for Engineers with Small and Medium-Sized Enterprises

Hidenobu Shiroishi^{*}, Ryo Shoji, Tomoyo Mitani, Keiichi Sasaki, and Tomohiko Ohtsuka

¹Departments of Chemical Science and Engineering, ²Industrial Science and Technology Center, ³Department of Electronic Engineering, Tokyo National College of Technology (Kunugida 1220-2, Tokyo 193-0997, Japan)

(Received October 6, 2009; Accepted October 20, 2009)

The need for remedial chemistry education for engineers in small and medium-sized enterprises located in Hachioji City was investigated, and high demands for the lectures on instrumental analyses, remedial senior high school chemistry, and Excel macro language course have been found so far. Practical lectures and workshops on remedial senior high school chemistry and instrumental analysis were, therefore, given for three days as "Techno cross chair for engineers in the small and medium-sized enterprises" sponsored by Hachioji city. The lectures with three or four practices were held for 3 days, and some small groups within three persons were formed and taught by professionals and teaching assistants in terms of the chemical knowledge. A questionnaire was given to participants to determine the effectiveness of the seminar. Sixty percent of the engineers indicated that their knowledge of chemistry increased as a result of their participation, and 70 percent said they enjoyed the workshops.

Keywords: Retraining on Chemistry, Young or middle-aged Engineers in chemical industries, Questionnaire analysis

1. はじめに

日本の多数の中小製造業は、中国・インドをはじめとする BRICS 新興国の興隆や円高ドル安の影響を受け続けてきた。さらに 2008 年のリーマンショックに端を発する世界経済の停滞によって、多大な影響を受け、倒産の憂き目にあったところも数多い。日本で中小製造業がこうした環境の中で生き残っていくためには、従来の下請け業務だけではなく、常に新しいオンリーワンの技術・製品を開発しつづける志と、それを実現する技術系社員の実力が重要である。

特に、21 世紀において新しい製品・技術を生み出すためには、複数の領域の知識を融合する必要がある。しかしながら大学院を頂点とする日本の従来の教育制度では、他の専門分野の基礎知識を習得できる機会はほとんどないのが現状である。このような事態を打開するために、平成 4 年 3 月から文部科学省は社会人のためのリフレッシュ教育を推進してきた[1]。この方針に対しては経済会からも期待の声が寄せられた[2]。技科大や高専においては、社会人技術者向け NMR 講座[3]や分析計測セミナー[4]、機械・電気・化学・情報系のセミナー[5]などが実施さ

表 1 地域企業 30 社に提示した講座名・内容と希望会社数

講座名および内容	希望数
1. 機器分析入門 ~ これを知るにはこの装置を使い!!編 (ICP, UV/VIS, 蛍光, IR, NMR, XPS, XRF, XRD, 表面積, 電気化学測定装置, SEM, EDS, ラマン, TEM, ガスクロ, 液クロ, TG, DSC, TOC などなど) 公的試験場に依頼するとこのぐらいの価格!? 神奈川県産業技術センターと本校の場合編	11
2. 電気化学入門 電位と電圧の違いから 基本的な測定法 電池評価法 ~ 燃料電池を中心に	1
3. 新規参入のための燃料電池解析入門 燃料電池の模型を組み立ててみる 電流-電位曲線の解析法 電解質分析法 触媒分析法	2
4. もう一度初歩から勉強する理工系のための Excel マクロ超入門 プログラミングの初歩からオブジェクトまで Excel で自動計測 Word や Powerpoint をマクロで操る フリーの数式処理ソフト Maxima, 統計解析ソフト R の紹介	5
5. 化学者のための初歩からの Excel マクロ活用法 プログラミングの初歩から Excel を超便利にする 10 個の裏技を作る Excel で自動計測 Word や Powerpoint をマクロで操る フリーの数式処理ソフト Maxima, 統計解析ソフト R の紹介	2
6. 高校化学再入門 モルから始める高校化学再入門	7

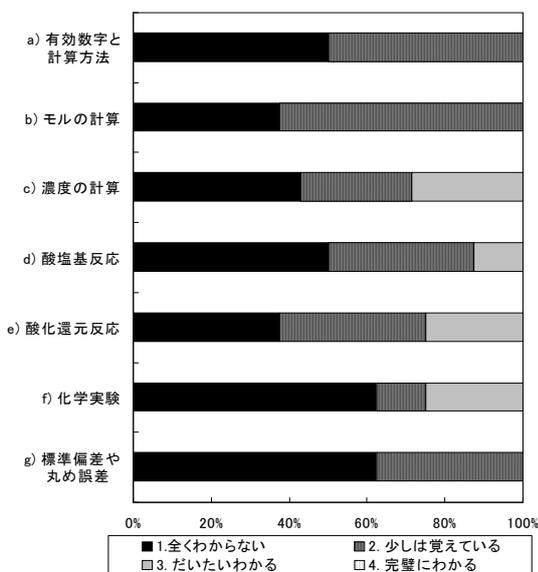


Fig. 1 講座受講前の受講者の自己認識られてきた。

東京工業高等専門学校 (以下東京高専) では、2008

表 2 本年度実施した内容

講座名	機器分析入門 ~ これを知るにはこの装置を使い!!編 (初日はモルから始める高校化学再入門)
講座時間	6.5 時間×3 日 = 19.5 時間
到達目標	分析に必要な高校化学の初歩の知識を習得する。また、どのような分析をするためには、どんな機器を使用したら良いかを学習し、実際に複数の機器を実習する。県立試験場や本校に依頼する場合の方法や分析結果の見方を学習する。
第 1 日	モルから始める高校化学再入門 物質とは? 原子の構造, 元素の周期表 濃度計算 [実習 1] 振動反応 酸塩基, 酸化還元反応 [実習 2] ビタミン C の定量 [実習 3] アルカリ形燃料電池の作製 教員 1 名, TA(5 年生)2 名で対応
第 2 日	機器分析入門 ~これを知るにはこの装置を使い!!(1) Overview, 溶液の分析をするためには? 環境試料の濃度を計量するためには? [実習 1] ICP による Cu の定量 [実習 2] モリブデン青吸光度法を用いたリン濃度の定量 [実習 3] TOC 分析装置を用いた全有機炭素量の測定 教員 1 名, TA(専攻科, 5 年生)2 名で対応
第 3 日	機器分析入門 ~これを知るにはこの装置を使い!!(2) 電気化学測定入門 表面を観察・分析するには? 表面積を分析するには? 固体の分析するには? [実習 1] XPS 測定 [実習 2] X 線回折測定 [実習 3] 電気化学測定 [実習 4] 表面積測定 教員 1 名, TA(5 年生)4 名で対応

年に八王子市内の企業を対象にアンケート調査を行い、市内企業の半数以上が、専門的・技術的な実務担当者が通常勤務しながら通学でき、短時間で単位取得が可能な講座を求めていることが判明した。しかしながら、このような技術者は学問的なバックグラウンドが異なり、実務者レベルでは、講座の内容やレベルをどのように設定すればよいのかという往々にして悩ましい問題に直面する。

本研究では、特に化学系の講座について、中小製造業の化学系講座に対するニーズを調査した。また八王子市委託事業「テクノクロス講座」として本年度実施した内容と、受講者へのアンケート結果について報告する。

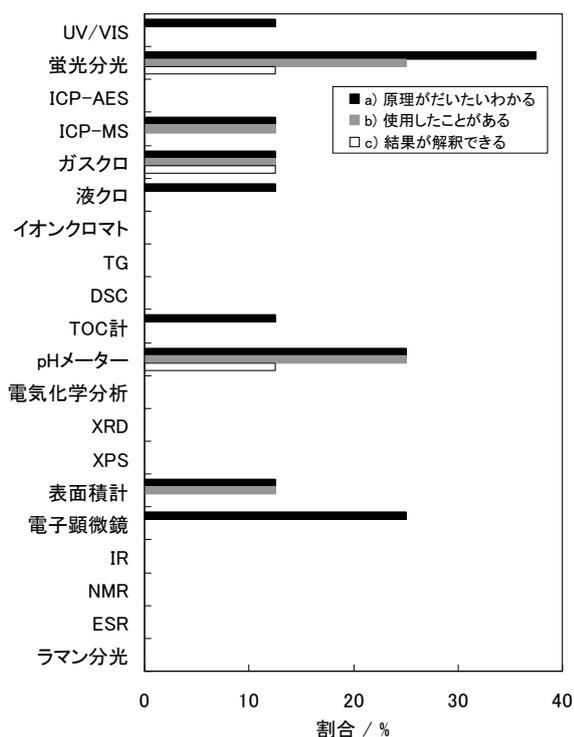


Fig. 2 講座受講前の受講者の機器に関する経験

2. 化学系講座に関する地域企業のニーズ

まず、化学系講座がどれだけのニーズがあるのかを把握するために、化学系講座が開かれたときに参加するかどうかについて、東京高専周辺地域の企業30社に問い合わせたところ、参加するというところはほとんどなかった。おそらく、化学系といっても範囲が広いため、どのような講座なのかイメージがつかめなかったのではないかと考えた。そこで、次に表1に示すような具体的な講座名とその内容を提示して参加希望を再度調査した。その結果、機器分析入門および高校化学再入門に対するニーズが高いことが明らかとなった。また、Excelマクロ入門も、合計7社と高いニーズがあることが示された。このことから企業の社員教育のニーズを認識させるには、具体的なテーマを設定・提示することが求められることが明らかとなった。

3. 本年度の実施内容とその評価

上述の結果を踏まえ、この2つを組合せて八王子市の委託事業「テクノクロス講座」として表2のような内容で実施することとした。

はじめに受講者のレベルを確認するために、a) 有

効数字とその計算方法, b) モル計算, c) 濃度計算, d) 酸塩基反応, e) 酸化還元反応, f) 化学実験(溶液調製や滴定), g) 標準偏差や丸め誤差の各項目について受講者自身の実力をどのように認識しているのかを調査した(Fig. 1)。その結果、「だいたいわかる」と解答した割合が最も多いものでも2割強と、化学の基礎的内容のニーズが高いことが明らかとなった。

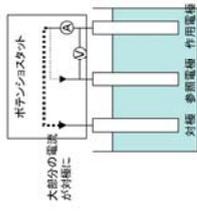
また、a) 測定原理がわかる機器, b) 使用した事のある機器, c) 結果が解釈できる機器, についての集計結果を Fig. 2 に示す。測定原理については受講者1~2割が、UV/Vis, 蛍光分光, ICP-MS, ガスクロ, 液クロ, TOC計, pHメーター, 表面積計, 電子顕微鏡について理解しているとの回答を得たが、使用経験についての回答では、その割合は大きく低下し、結果が解釈できるかとの問いには、ほとんどの受講者ができないと回答した。これより、東京高専にある設備は旧式のものも数多いが、これらの設備を使っても、技術者再教育に対して十分貢献できることが明らかとなった。今回の講座では、受講者のレベルを鑑み、Fig. 3のような書き込み式テキスト(計92ページ)を作成した。また、社会人だからといって遠慮することなく、一人につき数十回程度指名して解答させるなど双方向の講義になるように努めた。また、3日間の講座であったが、1日につき3~4種類の実習を盛り込み、座学と実習を連動させるように心がけた。例えば、濃度の計算を学習するときに、次の振動反応の必要な試薬量を求める練習問題を設定しておき、計算した結果を使って、実習を行ったり、酸化還元の座学を行ったあとに、その知識を使ったビタミンCの定量や、アルカリ燃料電池の製作実習を行ったことなどである。

機器分析実習においては、各装置の数が1台ずつしかないため、全員で実験することは時間的に困難である。そこで、受講者を3人ずつグループにわけ、各実習テーマをローテーションするようにした。3日目については装置間の距離が特に離れているため、TA(物質工学科5年生)を機器一台につき一人ずつ配置し、教員は機器の設置場所を順次巡回することにより、トラブルに対応できるようにした。TAの説明は、最初はぎこちなかったが、3回目ともなると板についてきており、TA学生にとってもコミュニケーション能力やティーチング能力を養う良い機会

2009 年度東京高専テクノクロス
3 日目担当: 城石 英伸(物質工学科)
1.4.5 電極を 3 本使う測定

電気化学の測定では、基準電極に対してどれだけ電位を正しく定め
るかが重要となる。

電流が流れると、基準電極といえども電位は必ずずれる。電位を一
定に保つには、基準電極に(小さな)電流しか流さないようにする。
電極を 3 本使う測定では、作用極(反応を測定したい電極)と参照極に
加えて(対極)を使う。この対極に大部分の電流を流し、参照極に
はほとんど流れないようにして測定が行われる。そのためには(ポテ
ンシostat)(Potentiostat)という装置を用いる。



図

1.4.6 電気化学測定装置の構成

図に測定に用いる電気化学装置の
構成を示す。電流-電位測定には定電
位法と定電流法があり、定電位法の場
合はポテンシostatを、定電流の場
合は(ガルバノスタット)を用いる。
最近は一対で両方できる装置も市販さ
れている。また、近年はファンクショ
ンジェネレータとポテンシostatが一台
にまとまって、コンピュータで制御でき
るものが主流となりつつある。

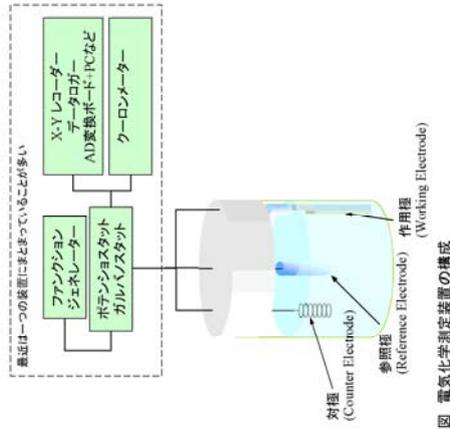


図 電気化学測定装置の構成

1.5 電気化学の測定手法

1.5.1 リニアスイープボルタメトリー

ポテンシャルステップ法では、電位がある電位から別の電位に急にすらししたが、リニアスイープボルタ
メトリー(LSV)やサイクリックボルタメトリー(CV)では、連続的に一定速度で電位をすらししていく(図参照)。
すらすら速度のことを(走査速度)または掃引速度といい、単位は mVs^{-1} または Vs^{-1} で表す。時折
 Vmin^{-1} なども使われる。

このようにして測定した電流電位曲線を、片道の場合はリニアスイープボルタグラム(Linear Sweep
Voltammogram, LSV)、往復する場合をサイクリックボルタグラム(Cyclic Voltammogram, CV)という。

2009 年度東京高専テクノクロス
3 日目担当: 城石 英伸(物質工学科)
1.5.1.1 サイクリックボルタメトリー (Cyclic voltammetry)

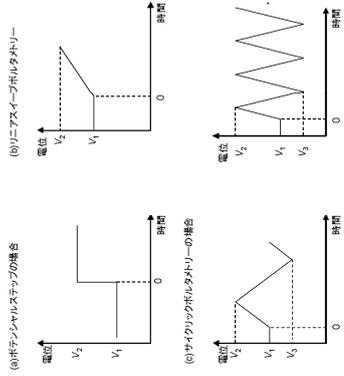


図 (a)ポテンシャルステップ法とサイクリックボルタメトリーの電位と時間の関係
電位を一定速度で往復掃引させるサイクリックボルタメトリーは、式量電位の決定や、物質の安定性
評価、ポテンシャルステップ法と同様に拡散係数や濃度の算出に使うことができる。

1.5.1.2 可逆で速い一電子授受反応

フェロセンの CV を下図に示す。フェロセンは、可逆で速い一電子授受反応をする物質であり、走査速
度 v をあげてもピーク電位はシフトしない。

また、アノードピーク電流値は、次式で示すように、走査速度の平方根に比例して大きくなる。

$$I_{pa} = 0.4463nFAc(nF/RT)^{1/2}v^{1/2}D^{1/2}$$

図 6.8 ではフェロセンのアノードピークと走査速度の平方根に対してプロットしたものであり、この式か
ら、濃度や拡散係数を算出することができる。

また、アノードピーク電位とカソードピーク電位の中間電位を半波電位(または式量電位) $E_{1/2}$ といひ、
還元体と酸化体の拡散係数が等しければ、 $E_{1/2} \approx E^{\circ}$ となる。

酸化ピークと還元ピークの電位差 ΔE_p をピークセパレーションといひ、反応電子数と次の関係にある。
 $\Delta E_p = 59/n$ (at 25°C)

Fig. 3 講座で使用したテキストの一部

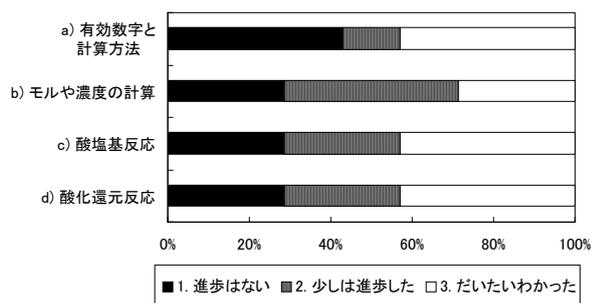


Fig. 4 受講後の学習結果の自己判断

になったようだ。

3 日間のすべての課程を修了したあとで、受講者に a) 有効数字とその計算方法, b) モルや濃度の計算, c) 酸塩基反応, d) 酸化還元反応の各項目に関して、どの程度学習できたか質問した(Fig. 4)。その結果、有効数字が 6 割、それ以外の項目については 7 割の受講者が進歩したと解答した。

各実習内容について、(a)どの程度興味深かったのかおよび(b)どの程度勉強になったのかについて調査した結果を Fig. 5 に示す。すべての実習項目について興味深かったと回答した割合が 7 割を越えた。また、勉強になったと回答した割合も同様に 7 割を越えたことから、企業技術者の資質の向上に一定の役割を果たせたのではないかと考えている。

また、今回の講座について、受講者から次のような意見・感想を得た。

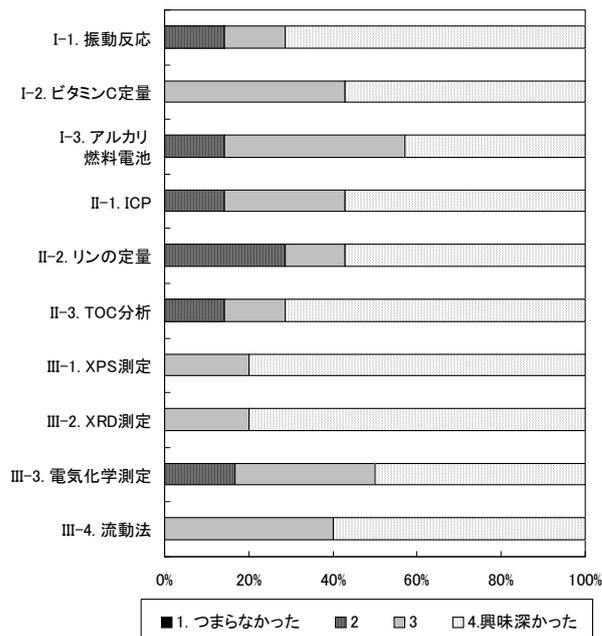
「講師・TA の方々共に丁寧で、一つ一つの問いに教えてくれました。モル濃度など高校化学の復習や実験の一つ一つがとても為になりました。もし、次回があるとしたら、表面積のことや GC, LC-MS, 成分の定性・定量についての講習があれば良いなと思いました。」

「3 日間じゃ少ないと感じました。一応機器説明、高校の基礎知識を教えてもらったのですが、ゆっくりと教えてもらいたかったです。」

「もっと時間的な余裕がほしかったです。ゆっくりと基礎を学びたかったです。実習は興味深く楽しく学びました。」

「座学のほうはかけ足気味で、少し大変だったけど、講師の人や TA の人たちのおかげで、一応わかるようになった。機器も全然見た事も聞いたこともない機器を触ることができて良かったと思う。」

(a) どの程度興味深かったか



(b) どの程度勉強になったか

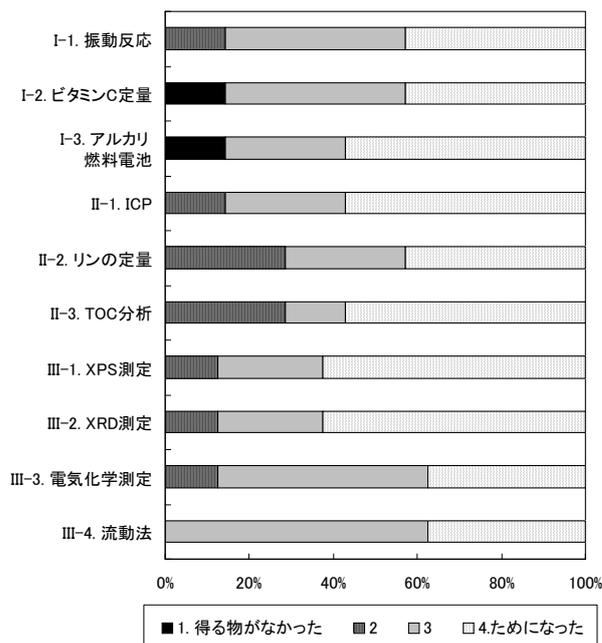


Fig. 5 各実習に対する受講者の認識

「講習、実習を理解するには時間が足りないように感じられたので、もう少し日数を増やしてほしい。」
 「企業の研究員のため、実務でどのように応用可能か、という点でお話が聞けるとさらに良かったと思います。専門性の高い内容に限らず、教員の方や TA の方とお話しできる貴重な機会で、大変ありがたか

ったです。期待以上に内容の充実した講義と実習でしたので、次回も是非ご案内いただきたいと思えます。TAの方々も誠実に対応していただけて、好感を持ちました。」

以上のことから、今回実施した講座は受講者自身概ね意義を認めるものとなり、一定の成功をおさめたが、化学の基礎から機器分析の応用までを網羅するのに、3日間という期間は短すぎると考えられた。この辺りは、企業側並びに教育機関側双方の負担との兼ね合いでもある。

一方、講師側としては、1講座あたり30万円の予算を配分していただけたことは大変ありがたかったが、こちらからの持ち出しも多く、受講者の教育効果をさらに高めるためには、さらにもう一段の予算措置を行っていただきたいというのが正直な感想である。また、受講者の実力差が大きいので、実施規模としては適正であったと考えている。反省点としては、今回初めてと言うこともあり、基礎から応用まで内容が多岐にわたりすぎた感が否めないため、今後はターゲットを絞り込んだ講座を開設し、受講者のニーズをさらに満たすようにしていきたい。また、このような講座が実施されるということを知らない教職員も数多く、教室の開閉から張り紙にいたるまで担当教員が奮闘せざるを得なかった。また、テキストの準備・印刷およびTAへの指導など、講師の業務は担当教員に対して相当な負担であったが、他の業務の軽減などの措置は一切なく、学内の協力体制が十分であったとは言い難い。実施時期についても、夏期休業終了直前であったり、学会の時期と重なることから、卒業研究の指導が手薄になることは否めず、実施時期の検討が必要であると考えている。

今後、企業側からの具体的な要望に沿った内容の講座を、適切な時期と規模で、より時間をかけて内容を深く実施することにより、更に実りある社会人再教育講座を設計することが可能であると期待している。いずれにせよ、高等教育機関として与えられた周辺企業との連携方法の一環として、今回実施したような講座提供の試みは、本校でできる分析や所有する機器の紹介、ひいては人的資源の紹介まですることができ、今後の産学連携の礎ともなると考えられる。

4. 結論

中小企業30者に対してのニーズを調査し、要望の多かった機器分析、高校化学再入門を3日間に集約して実施した。実施に当たり、書き込み式テキストを準備し、座学と実習を組み合わせることで、効率的な学習ができるように工夫した。学生をTAとして配置することにより、少人数の教員で講座が円滑に実施できた。

謝辞

この事業は、八王子市の援助を受けて実施した。関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 西阪 昇, 工業教育, 41 (1993) 4.
- [2] 山本 卓真, 工業教育, 41 (1993) 11.
- [3] 山崎 政城, 工業教育, 42 (1994) 5.
- [4] 後藤 圭司, 工業教育, 41 (1993) 27.
- [5] 武平 信夫, 工業教育, 41 (1993) 30.