

「企業技術者に聞いた化学工学教育」 と 「応用化学系での化学工学教育の現状」

公益社団法人 化学工学会 人材育成センター 高等教育委員会

委員長 塩井 章久(同志社大学理工学部)

はじめに

高等教育委員会(以下、委員会)では、大学、工業高等専門学校などにおける化学工学教育の実態の把握や改善に資する活動をおこなうこととなっている。2013、2014年度の活動として、次の項目1、2に記載の目的で、大学、高専の応用化学系学科での化学工学教育について、および、企業技術者などを対象に化学工学系学科および応用化学系学科の卒業生にどのような教育成果を期待しているかについて調査をおこなった。ここにその結果をまとめ、それぞれの内容について現状の分析をおこないたい。なお、化学工学系学科のカリキュラムについては、既に2003、2004(平成15、16)年度の委員会(委員長:同志社大学 近藤和生教授)において詳しい調査と分析がおこなわれておりその結果が既に報告されている。本稿とあわせて参考にしていただくと有難い(化学工学, 69, 321-324 (2005)「化学工学系カリキュラムの現状と課題」)。

1. 大学、高専の応用化学系学科での化学工学教育について

委員会では、2005、2006(平成17、18)年度委員会(委員長:名古屋大学 入谷英司教授)が中心となり、主として応用化学系学科における化学工学教育向けの「はじめての化学工学(丸善出版、2007年)」を教科書として出版しており、いくつかの大学で利用されている。この教科書は出版から6年を経過しており、教科書の改訂などを検討すべき時期であるとも考えられる。学会におけるこのような教科書の改訂、編纂を検討するにあたって、全国の大学、高専の応用化学系学科における化学工学教育の現状とニーズの把握が必要であると考えアンケート調査をおこなった。対象として全国の91大学、6高専に、図1のようなアンケートを送付し、43大学、3高専から回答を得た。

今回のアンケート調査で得られた主な結果を図2～11にまとめている。結果から、応用化学系学科の約77%(大学)、

100%(高専)が化学工学系科目を必修としていることがわかる(図2, 3)。講義の内容は物質収支と単位操作といった定番科目がほとんどであり(図4, 5)、単位操作の中では蒸留やガス吸収といったもっとも典型的な単位操作が多くなっているが(図6, 7)、粉粒体操作の割合が高専では高くなっているという細かな傾向もわかった(図5)。化学工学教育の必要性については、実に95%(大学)、100%(高専)が「必要性を感じる」と回答しており、化学工学の必要性は広く認識されている(図8, 9)。化学工学教育について困っている点については、大学の約37%が「困っていない」と回答しており、それに次いで「適切な教員の確保が困難」というものであった(図10)。一方、高専では、困った点として約40%が「適切な教科書が見当たらない」と回答している(図11)。データには示していないが、教員については同じ学科の常勤教員が担当しているという回答が90%(大学)と100%(高専)であり、学科内に化学工学系教員が含まれていることが多いと思われる。

今回のアンケート目的の一つに「はじめての化学工学」の改訂があったため、教科書についての設問をおいたが、大学ではそれほど教科書には困っておらず使っている教科書も多種多様であり、アンケートでは、「はじめての化学工学」の他に英語のものなども含めて40種類に及ぶ教科書が挙げられていた。この結果や、高専における対照的な回答を見ると、一般的に出揃っている内容の教科書を新しく改訂、出版するというよりも、特定の層に特化したようなものに需要があるのかもしれない。一方、このような出版物は販売部数の関係で、一般的な流通での出版は難しいであろう。図には示していないが、今回のデータによれば教員の自作プリントも多く利用されているようであり、これはその教育機関の特性に最適化された教材であると考えられる。学会として教科書に類する教材をつくることを考えるならば、内容、レベルといった観点から細かな需要を見極めたものをwebでフリー教材として提供するなどが理想的なのかもしれない。化学工学会では、web教材として1) Web版化学プロセス集成(夢化学委員会・化学工学会75周年記念事業)、

Q1. 貴学、学科の名称、ならびにお答えいただいた方の職掌(学科長、教務委員、講義担当など)についてお答えください。

貴学科での化学工学教育についてお尋ねします。

Q2. 化学工学の講義は全部で何単位開講されているでしょうか？

1. 0単位 2. 1～2単位 3. 3～4単位 4. 5～6単位 5. 7単位以上

開講されている場合、科目名称をお答えください。可能ならばシラバスを添付いただければ有難く存じます。

Q3. 上記科目のうち、卒業に必須の単位数は何単位でしょうか？

1. 0単位 2. 1～2単位 3. 3～4単位 4. 5～6単位 5. 7単位以上

Q4. 講義の内容についてお尋ねします。

1. 物質収支(熱収支) 2. 流動、伝熱、拡散
3. 蒸留、ガス吸収などの単位操作 4. 反応工学
5. プロセス制御、プロセス設計 6. 粉粒体操作(ろ過、集塵など)
7. その他(具体的に記入ください)

「3. 蒸留、ガス吸収などの単位操作」と回答された場合、どのような単位操作を主に講義しているか、ご記入をお願いします。

Q5. 講義担当者についてお尋ねします。

1. 学科の常勤教員 2. 同学部で他学科の常勤教員
3. 同学で他学部の常勤教員 4. 他機関などからの非常勤の教員
5. その他(具体的に記入ください)

「4. 他機関などからの非常勤の教員」と回答された場合、教員をどのように探しているか記入をお願いします。

Q6. 貴学科のカリキュラムは、JABEE(日本技術者教育認定機構)の認証を得ていますか？

1. 得ている
2. 得ていないが、近い将来認証を得たいと考えている
3. 得ていないが、以前は認証を得ていた
4. 得ていないし、当面、認証を得る予定はない

貴学科で化学工学の講義を開講されている場合、利用している教科書についてお尋ねします。

Q7. 教科書を利用している場合、教科書名、出版社名についてお答えください。

Q8. 教科書を利用していない場合、どのような形で講義されているかお答えください。

1. 板書 2. 教員作成のプリントやPowerPointなど
3. その他(具体的に記入ください)

「はじめての化学工学(丸善出版、2007年)」についてお尋ねします。

Q9. この教科書の利用を検討されたことがあるでしょうか？

1. 検討して利用している(内容、レベル、量についてご意見をお書きください)
2. 検討したが利用しなかった(理由をお書きください)
3. 検討し利用したが、利用するのをやめた(理由をお書きください)
4. この教科書について知っていたが検討したことはない(理由をお書きください)
5. この教科書を知らなかった

意見、理由など

(上記設問に関係しない意見、新たに出版を希望する教科書の内容などもご記入ください。)

化学工学教育について一般的にお尋ねします。

Q10. 化学工学教育についてお困りの点がありますでしょうか？

1. 困っていない 2. 適当な教科書が見当たらない 3. 適切な教員の確保が困難
4. 開講コマ数の関係で開講が難しい 5. その他(具体的に記入ください)

Q11. 貴学科の学生への化学工学教育の必要性にお尋ねします。

1. 必要性を感じる 2. 必要性はあまり感じない 3. どちらともいえない
それぞれを選択された理由をお書きください。

図1 応用化学系学科での化学工学教育についてのアンケート内容

および2) **JST ((独) 科学技術振興機構) 向けの化学工学系、安全、環境、技術者養成などの教材**を既にwebに掲載しているが、このような形での教材の充実を進めていくと良いであろう。本調査結果を分析し、委員会では「はじめての化学工学」の改訂については見送ることとした。

2. 企業技術者などへの化学工学教育に関するアンケート調査

委員会では、企業で活躍している方々から、「化学工学

系学科および応用化学系学科の卒業生に、ぜひこのような教育をしておくべきである」といった意見をいただき教育の方向性を検討するため、1)化学工学会人材育成センターの経営ゼミナール参加者、および2)化学工学会維持会員会社に依頼して、**図12**に示す自由記述形式のアンケート調査をおこなった。あわせて、同じアンケートをホームページ上にも掲載し全体として28件の回答を得た。将来の会社の経営を担うことが期待される中間管理職が主である経営ゼミナール参加者、ならびに2)の生産技術系管理者ま

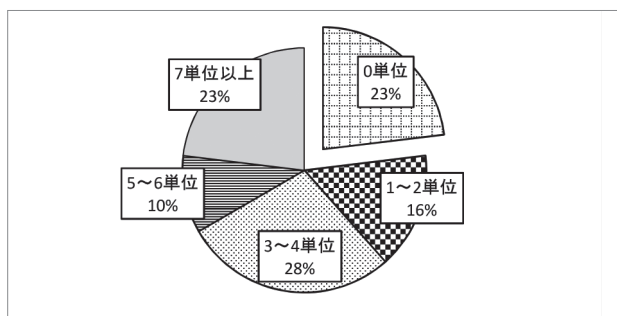


図2 図1Q3：卒業に必要な「化学工学」単位数(大学)

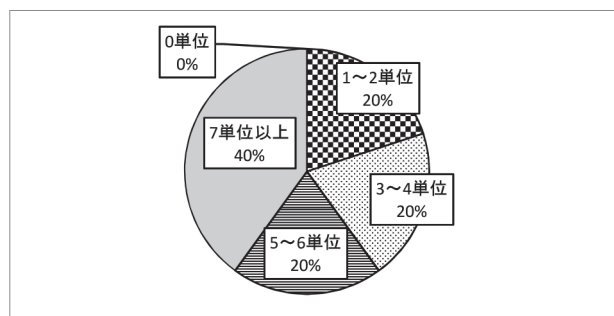


図3 図1Q3：卒業に必要な「化学工学」単位数(高専)

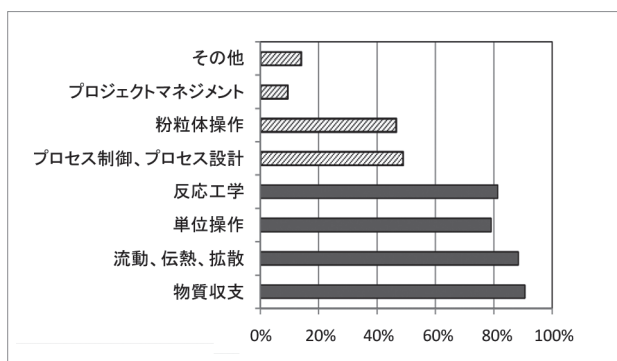


図4 図1Q4：講義内容(大学)/複数回答有

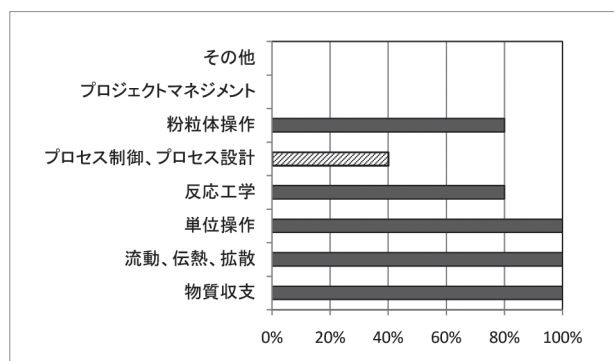


図5 図1Q4：講義内容(高専)/複数回答有

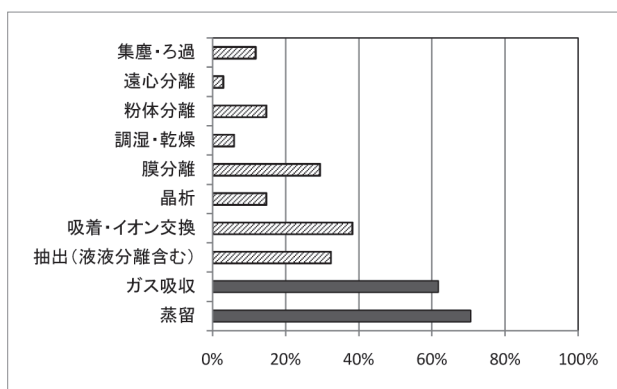


図6 図1Q4：単位操作を選じた方の単位操作の種類(大学)

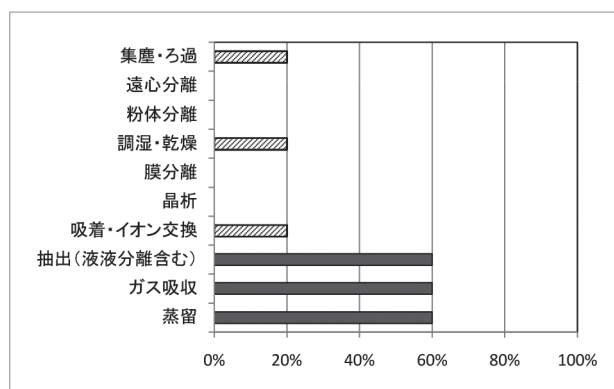


図7 図1Q4：単位操作を選じた方の単位操作の種類(高専)

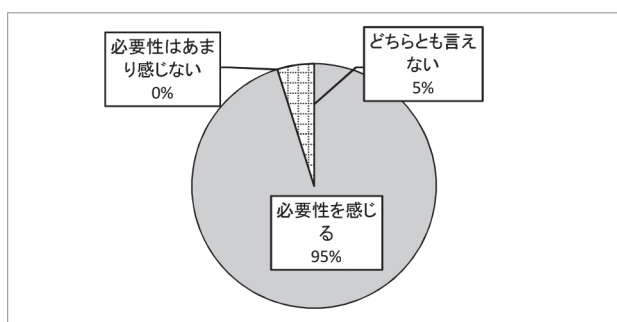


図8 図1Q11：化学工学教育の必要性(大学)

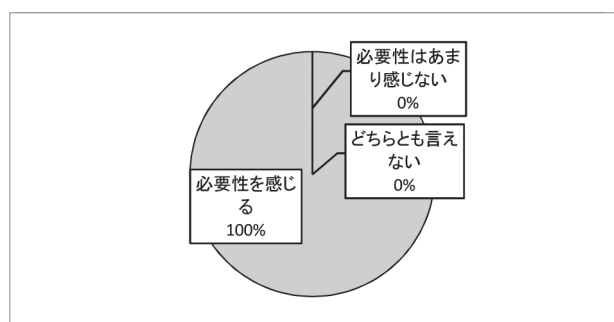


図9 図1Q11：化学工学教育の必要性(高専)

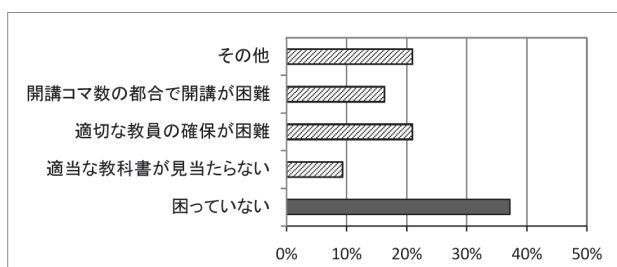


図10 図1Q10：化学工学教育で困っている点(大学)/複数回答有

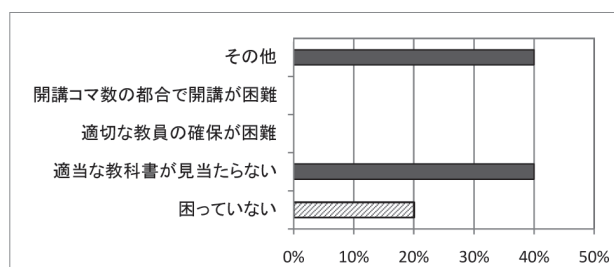


図11 図1Q10：化学工学教育で困っている点(高専)/複数回答有

実社会において重要な立場でご活躍されている皆様から、「化学工学系学科および応用化学系学科の卒業生に、是非このような教育をしておくべき、或いはこのような技能を習得しておくべき、である」といったご意見を頂き、今後の委員会活動に活かして参りたいと考えております。つきましては、誠に恐縮ながら、ご協力のほど何卒よろしくお願い申し上げます。

上記の趣旨をおくみ取り頂き、下記2項に自由記述にてご意見を下さいますよう、お願いいたします。

Q1. 化学工学を専門とする学科の教育についてのご意見

Q2. 応用化学系学科(工学系で化学を専門とする学科)の教育についてのご意見

図12 企業技術者への化学工学教育に関するアンケート内容

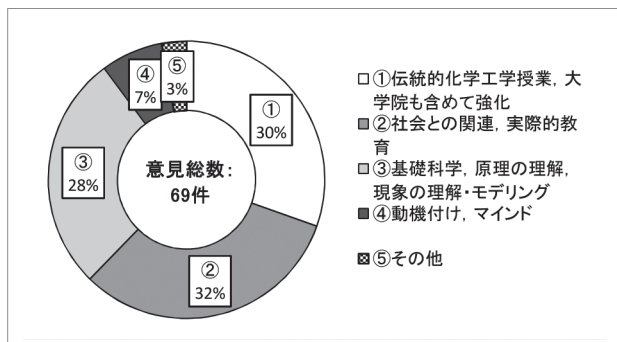


図13 図12Q1：化学工学を専門とする学科の教育に関する意見
<分類割合>

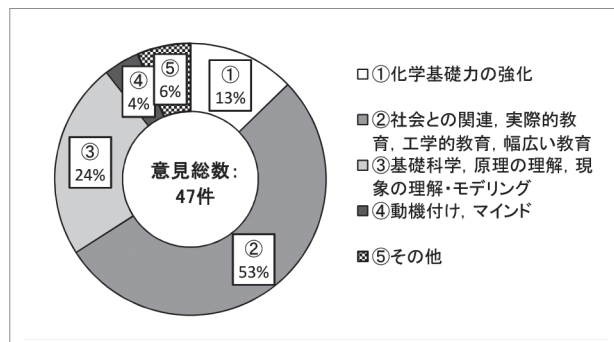


図14 図12Q2：応用化学系学科の教育に関する意見
<分類割合>

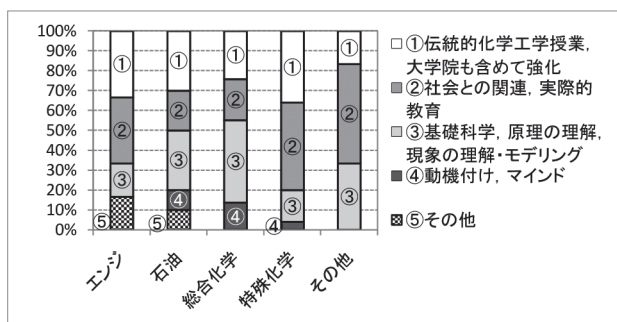


図15 図12Q1：化学工学を専門とする学科の教育に関する意見
<業種別の分類割合>

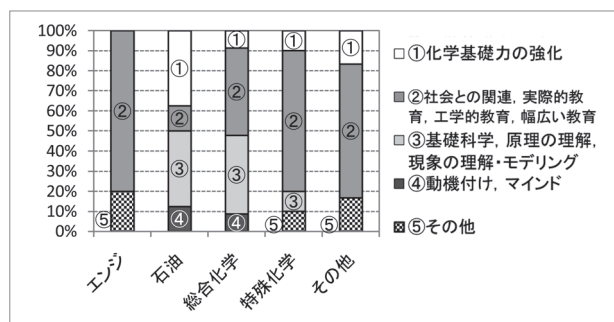


図16 図12Q2：応用化学系学科の教育に関する意見
<業種別の分類割合>

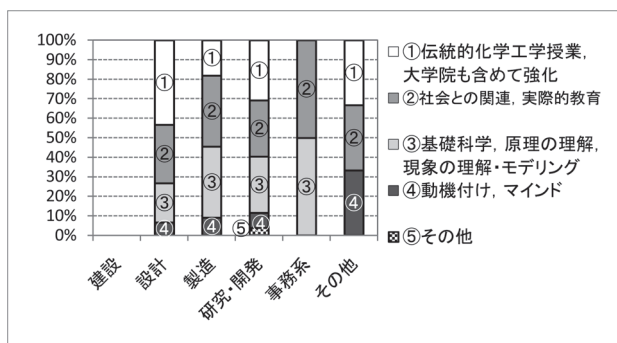


図17 図12Q1：化学工学を専門とする学科の教育に関する意見
<職種別の分類割合>

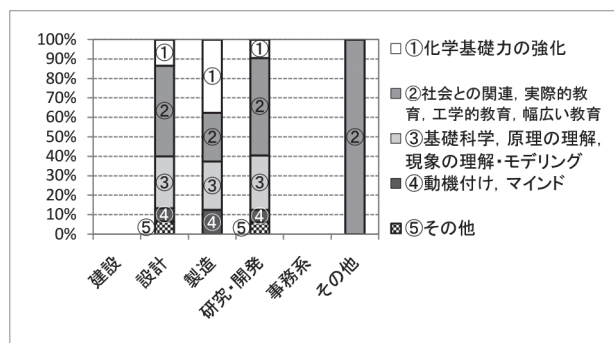


図18 図12Q2：応用化学系学科の教育に関する意見
<職種別の分類割合>

たは研究者から多くの回答が寄せられた。

まず、化学工学系学科についての意見は、大きく、①単位操作などの伝統的化学工学教育の充実、②社会との関連を意識させる実践的教育、③基礎科学や原理の理解・モデリング能力の向上、④学生の動機を高める教育の充実に分類することができた。この結果を図13、15、17に示す。結果から、①～③が、ほぼ1/3ずつと拮抗しており(図13)、これは後述する応用化学系学科への要望とは大きく異なった。

結果の業種や職種による系統的な依存性は認められない。

この中で①と③について、例えば、最近のスマートな実験装置を使い慣れた学生が必ずしも内部の現象を理解していないことへの危惧など現代的な事情を反映したものも見られたが、意見の多くは、自然科学および基礎工学の学力についてのものである。これらは伝統的な教育においてもっとも精力が注がれている部分であるが、このことは、教育機関のカリキュラムそのものに関わる事柄というより

も、学生の資質を見極めつついかに教育効果を上げていくかという教育手法の工夫によって対応すべき課題であると考えられる。問題の克服は難題であり、このための工夫については多様な発想があり得ると思われるが、本質的には教育の方法論と学習時間によって解決されるべき内容であろう。

上記②については、実践的な語学教育への要望などに加えて、「学問が工業化にどのように適用されているか」、「研究成果が、いつごろ実現化され世の中でどれほど役立つか」、「実際のプロセスを体感する」、「安全、環境、目的に応じた実験計画の作成」、「事業性評価(経済性評価)を適切におこなえるような訓練」といった、工学という学問の特質を意識した教育への要望が目立った。例えば、1～3年生で基礎科学や単位操作などの基礎工学を学ぶ際には、与えられた条件で問題を解く能力を養うが、その条件そのものは経済性、安全性、環境調和性、実用性といった外部環境(社会など)とのインターフェースを理解することで導き出されるものであり、このような総合的な視点を教育することが望まれているように見受けられる。このような総合的なものの見方は化学工学の重要な特徴の一つでもある。委員会の議論では、企業がグローバルな競争環境の中、一昔前のようにゆとりを持った社員の教育がおこないにくい事情があり、教育機関に対してより実践的な教育成果を求めているのではないだろうか、との意見が複数のメンバーから出された。基礎学力についての入学生の資質の変化を考えれば、卒業生にこのような高度な教育を実施するためには、3年生までの基礎科学、基礎工学教育を終えた後も、4年生から大学院修士課程までを含めて総合的なカリキュラムによる工学教育をおこなうこと、また、そのような教育を担いえる人、とくに企業での実務経験のある人材と協力した教育体制の充実が必要であろうと考えられる。またアンケートでは、化学工学系研究室に多くみられる学際的な研究内容と伝統的な化学工学との距離感について触れられたのが見られた。多様で先端的な研究をすることへの肯定的な意見と、それらの研究が「工学」教育に与える効果についての疑問の両方が見られた。現状の4年生以上、大学院も含めた教育は、かなりの部分が研究室での研究活動によって支えられている。これは少人数教育による効果など相当の効果を挙げていると思われるが、今回のアンケート調査を見る限り、大学院も含めた高学年生に対して総合的な工学的発想を養うための実践的なカリキュラム型教育を、あわせておこなうことが求められているようである。これは、最近の「大学院教育の実質化」の方向とも合致するのかも知れない。もっとも、高専ではカリキュラム型の教育から研究室教育の教育にもう少し重点をおいても良いとの議論もあった。

上記のような総合的かつ実践的教育をするためには、企業技術者と教員との協力が不可欠になる。しかし、教育機関側から具体的な教育内容についての形が示せなくては、企業技術者の協力を得ることも難しく、逆に企業技術者の要望がわからなくては、教育機関側から具体的なカリキュラムの形を示すことは容易ではない。したがって、企業技術者と教員の双方が意見を交換してカリキュラム、シラバスの具体的な形のプロトタイプを作ってみることが必要なのかもしれない。

一方、図14、16、18には応用化学系学科に対する要望もあわせてまとめているが、ここでは、実用性や社会との関係、工学を意識した教育の充実を望む意見が約53%を占めている。さきほどの応用化学系学科の化学工学教育の現状に関するアンケート結果において、化学工学教育の重要性が十分に認識されていることを考えれば、応用化学系学科は広範な化学の教育に極めて多くの時間が必要であり、そのため工学的な教育のための時間が足りないという根本的な要因があるものと推定できる。実際、応用化学系学科への化学工学教育についてのアンケート(図1)では、工学教育のための時間の不足を困っている点としてあげた回答が約16%あり、さらに図12のアンケート結果でも、応用化学系学科に対して一層の基礎科学(化学を含む)教育の充実を望む回答も37%(図14①+③)含まれており、工学教育が必要とはいえ、そのための時間的余裕がないものと推定できる。工学的な教育もあわせておこなうとするならば、化学工学系学科と同様、大学院までを含めた高学年学生のカリキュラム教育と工学教育のための人材確保が必要となるかもしれない。

まとめ

今回の調査で、委員会における教科書の改訂や出版は、少なくとも応用化学系学科を対象とするならば、需要を具体的に認識しておこなう必要があり、これまでと同じ内容で改訂、出版活動をおこなうことは必ずしも必要ではないとの結論に至った。また、化学工学系学科では、学生の学力向上という当然の課題のほかに、より総合的な工学教育を通じて実践的な教育成果を求められていることが明らかとなった。このためには、大学院も含めた高学年教育のカリキュラム化、ならびに、教育における産学連携が必要となるであろう。そのような教育を検討するための最初の段階として、社会が求めている総合的、実践的な工学教育のカリキュラム、シラバスのプロトタイプを産学協同でつくるような試みが考えられるかもしれない。

最後になりましたが、本稿の内容は2013、2014年度の高等教育委員会メンバーとの議論によって考えられたものです。ここにあらためて御礼申し上げます。