

化学工学系カリキュラムの現状と課題

—学部教育の明日を考える—

近 藤 和 生

はじめに

平成16年度における高等教育委員会の活動の一環として、全国大学の化学工学系カリキュラムの現状を調査し、各大学で設置されている科目を内容別に整理し、大学間のカリキュラムの傾向を把握することにした。JABEEについての関心が高まってきている時期でもあり、また企業サイトからは最近の新入社員が能力不足との声も聞こえてきている。そこで大学教育の現状の問題点を抽出し、これを解決して、かつこれから将来的に化学工学を担っていく学生を社会に輩出するためには、学部で何を学ばせ、そのためにはどのようなカリキュラムが望ましいか、などについて検討を重ねた。

以下にその結果をまとめて報告させていただく。

1. カリキュラムの現状

カリキュラムの現状調査にあたり、シラバスの提供にご協力いただいた大学は、東北大学、東京大学、東京農工大学、静岡大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、神戸大学、岡山大学、愛媛大学、九州大学、早稲田大学、日本大学、同志社大学、関西大学、福岡大学である。ここに記して謝意を表する。

各大学に共通して特徴的なことは、一つにはJABEEに関連した新科目（例えば、創造性あるいはデザイン能力を養う科目、コミュニケーション能力を培う科目、知的財産権関連科目、技術者倫理など）の設置、二つにはバイオ、環境など学際

関連科目の設置が挙げられる。これらはいずれも従来どおりの限られた全授業時間内に設置されているものであり、当然従来の化学工学の基礎科目（主として単位操作）へしわ寄せが及んでいる。このような傾向は企業が望んでいる優秀な化学技術者を輩出することには決して繋がるものではない。

図1に化学工学系カリキュラムの現状調査をした結果を学年次ごとにTree構造図としてまとめた。①関連専門科目、②大学間に共通している化学工学専門科目、③大学間でその実施に多少ばらつきがある化学工学専門科目、④実施されているが、大学間でその内容に多少ばらつきがある化学工学専門科目、⑤専門基礎科目に分類した。この図は低学年で行われるいわゆる教養科目を除いた平均的なカリキュラム整理図として捉えていただきたい。

1年次では主として専門基礎科目が設置されている。物理学、力学、熱力学、有機化学、物理化学、およびこれらに関連した実験科目である。数学関連では、線形代数学、解析学、微分・積分学、化学数学基礎などの科目が設置されている。数学、物理の科目では高卒の学力低下に合わせて補習的な授業も行われている大学もある。最も特徴的なこととして、基礎情報処理、およびそれに関連した演習科目などの情報処理関連科目は多くの大学で教えられている。コンピューターの利用が汎用化してきた時代に対応した必然的な傾向ともいえる。しかし、コンピューターソフトの中味について理解させるような授業形態には必ずしもなっていないのが現状のようであり、情報関連科目の授業の難しさが窺える。これらを眺めると、低学年から専門課程への関心を誘導した「くさび形」授業形態が定着した感がある。

2年次では、内容度のより高い物理化学、無機化学、有機化学、分析化学の専門基礎科目に加えていわゆる化学工学専門科目を学ぶようになる。学生にとってみれば単位操作の基礎をここで初めて触れることになる。

3年次になると主として化学工学専門科目を学ぶようになる。上述したように化学工学科目の内容は希薄になってきてはいるが、反応工学、移動現象の二つの基本科目は各



Present Status of Chemical Engineering Curriculum and Future of Faculty Education
Kazuo KONDO (正会員)

1974年 九州大学大学院工学研究科合成化学専攻博士課程単位修得満期退学

現在 同志社大学工学部物質化学工学科教授

連絡先; 〒610-0321 京田辺市多々羅都谷1-3

E-mail kkondo@mail.doshisha.ac.jp

2005年3月22日受理

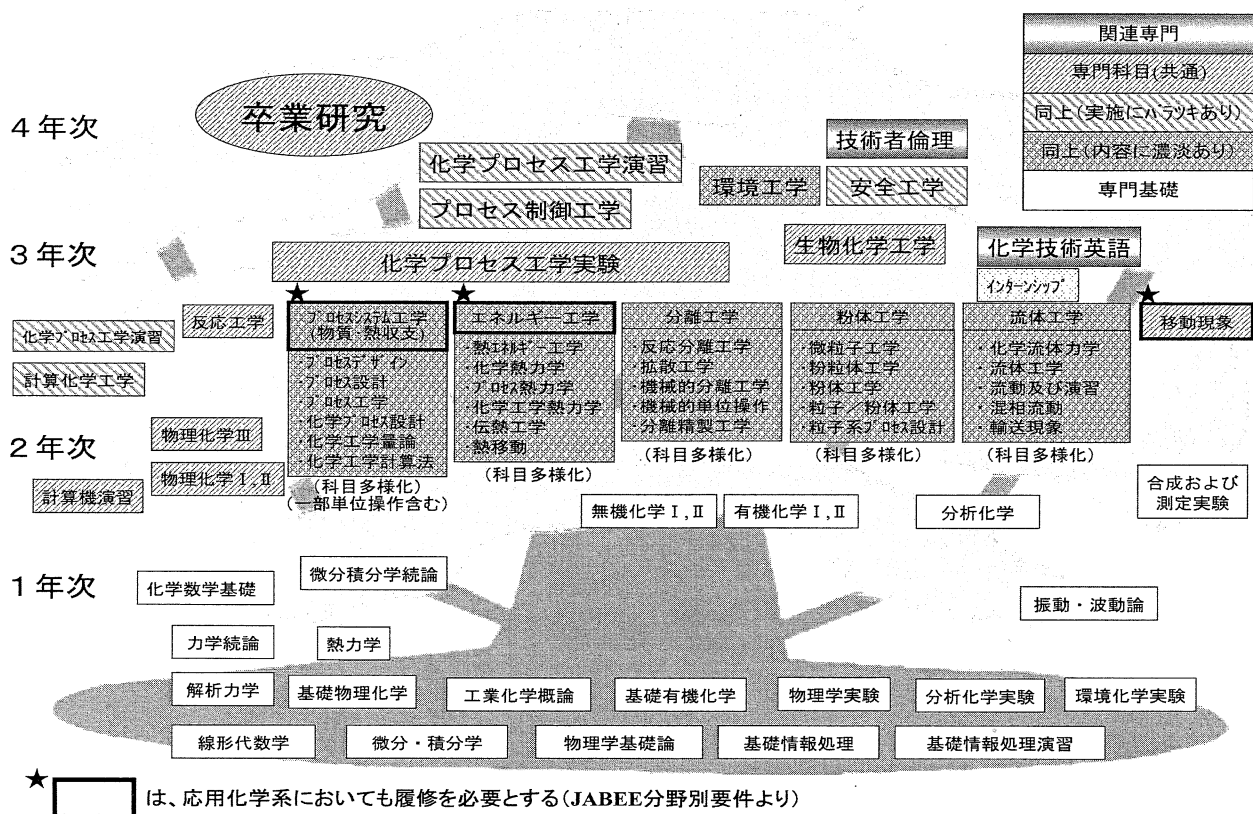


図 1 化学工学系カリキュラム調査

大学でその科目名で共通して教えられており、また、単位操作の中の流動、伝熱、拡散操作、蒸留、抽出、吸収などはプロセスシステム工学、エネルギー工学、分離工学、粉体工学、および流体工学に大別された枠内に分散して収められている感がある。物質・熱収支を含めた化学工学量論、化学工学計算法、プロセス設計、プロセス工学などの科目がプロセスシステム工学の大枠に分類されよう。熱エネルギー工学、化学熱力学、化学工学熱力学、伝熱工学、熱移動などはエネルギー工学に収められる。機械的単位操作、拡散工学、機械的分離工学に加えて、反応を分離の場に応用する反応分離工学、および親和性の差を利用して物質を分離しようとする分離精製工学など比較的新しく設置された科目はまとめて分離工学という枠内に分類される。また従来からの粉体工学、粒子・粉体工学に加えて最近では微粒子工学、粉粒体工学などの科目が設置されており、これらはまとめて粉体工学のカテゴリーに入る。そして流体工学、流動、輸送現象などは流体工学としてまとめられる。このようにして見ると、単位操作はその内容が希薄になったことは否めないが、普遍的に教えられていることは事実である。ただ科目名が多様化しているので実際以上に単位操作をあまり教えていないという印象を持たれているのかもしれない。

3年後半になるとインターンシップ、工場実習が登場し始めるがまだ全ての大学に定着してはいないようである。

特に以前、工場実習は半ば必須的に行われていたが、いくつかの理由により今はほとんど実施されていないようである。これらは学生が企業を知る上で是非とも必要な科目と思えるが、実施するとなると今後大学と企業との間で、改めてその必要性についての共通認識を固めておく必要があるだろう。

3年次後半～4年次になると新領域の科目およびJABEE関連科目が登場してくる。バイオ関連科目では生物化学工学という科目名が共通のようであり、反応工学から分化した科目と捉えることができる。ただし、酵素反応あるいは培養工学の領域は教えているが、遺伝子組み換えの内容までには至っていないようである。環境に関しては科目名にはばらつきがある(環境工学が主流)ものの今では各大学で不可欠の科目になりつつあり、JABEEをはっきりと意識している表れであろう。他のJABEE関連科目では、技術者倫理、安全工学といった科目が主となっている。これらの科目は専任教員で教えることには限界があり、企業経験のある教員または企業からの非常勤講師に依存するところが大きい。化学技術英語は顕在化しているが、大学でその実施内容は異なるようである。これは教育の大綱化で余儀なくされた旧教養課程との一体化に起因しているのであろう。

さて、JABEEに再度目を向けてみよう。日本技術者教育認定基準の基準1には、学習・教育目標を設定する際に具体化されなければならない8つの必須項目がある。この

中では、a) 地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養、b) 技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、および技術者が社会に対して負っている責任に関する理解(技術者倫理)、ならびにe) 種々の科学、技術および情報を利用して社会の要求を解決するためのデザイン能力、の3項目が最も重要、というよりもこれからの課題と考えられる。というのはこれらの素養を培うのに相当する単独の科目に定番科目がないのが実状だからである。表現はよくないが、現状はいろいろな科目からの寄せ集めでこれらの基準をまかなっているようである。このことは現在のJABEE審査の際、審査のポイントがそのように換算されていることにも繋がる。

2. 問題点の整理とこれからの課題

以上より、現状のカリキュラムの問題点を整理すると次のようになる。

- 1) 化学工学量論(物質、熱収支)関係の科目は存在しているが内容が希薄になっている。
- 2) 単位操作関連の科目も科目名が分散化して、かつ内容も多少希薄化しているように思われる。さらに、単位操作を教える若手教員が少なくなりつつあることも希薄化の背後にある課題であろう。
- 3) 上述した2項目の原因の一つにはバイオ、環境、微粒子などに関わる学際領域分野の科目が増加していることが挙げられる。
- 4) JABEE関連の科目も増加しつつあるが、単独で認定基準を満足させることのできる特化科目が少ない。
- 5) コンピューター関連科目およびコンピューターを使用する科目においてコンピューターに依存するあまり、中味がブラックボックス化され、学生が計算の道筋を十分に理解できていないことも考えられる。
- 6) JABEEが謳う技術者の資質を涵養する上で大きな比重をもつ卒論研究も、科目の一つとして取り扱う上では、教育目標の達成を裏付けるべく、シラバスを充実させる必要がある。
- 7) JABEEの分野別要件では、応用化学コースにおいても、図1の★印の科目は必須となっており、希薄化の影響は応用化学コースにも及ぶこととなる。

以上の問題点を解決し、より良い化学工学教育を施していくためには今後どのような課題を掲げ、かつそれに向かって対応して行けるかについて考えてみよう。ところで、本年の化学工学誌2号に掲載された、座談会速報「若手技術者が振り返る大学教育」に、入社後数年経過した企業技術者がかつて受けた大学教育についての現在の感想を述べ

ているが、それを総合すると大まかに次の6点になるうかと思われる。

①授業が理論中心で演習、実験が少なかった。学生が興味を覚える授業が望ましい。②コンピューターに関して、計算の内容を理解させるような配慮が欲しい。例えば、手計算とシミュレーターを併用して理解させることも重要である。③機械、電気の知識などを含めた幅広い工学科目を学ぶことも必要である。④語学については会話力、読解力とも必要なので、旧教養課程と専門課程を一体化した教育が望ましい。⑤インターンシップは学生の教育に必要である。⑥卒業論文が真に価値あるものとなるように一層充実した教育をすることが必要である。

この若手技術者が振り返った大学教育の感想と現状のカリキュラムの問題点とは大筋において一致しているように思われる。そこで今後の課題として、

- 1) 化学工学の基礎科目である単位操作、物質・熱収支、化学工学量論は、もちろん単独の科目で授業することが望ましいが、現状として全体の講義時間が限られている以上無理がある。各講義の中でできるだけ演習を取り入れるように授業内容の工夫をしていく必要があろう。演習による知識の定着と応用能力の涵養、これは若手技術者の言う問題点の①の解決にも繋がる。なお高等教育委員会では、化学工学の基礎をより学生に理解してもらうためにはこれまでにない新しいタイプの「化学工学教科書」があってもよいのではないか、との議論もなされている。このことに関しては後述する。
- 2) バイオ、環境、微粒子などに関わる学際領域分野の科目が増加しており、そのため化学工学基礎科目にしわ寄せが及んでいることも事実である。この歪みを解消するために、これら学際領域分野の授業を大学院で行うことも一つの考え方である。大学の目玉としてこれらの講義を専門レベルで行うことには大いに意義がある。
- 3) JABEEに関しては、いまいくつかの大学でJABEE認定のためのカリキュラム改定を行っているところが多い。JABEE関連の科目を新たに設置することは上述したように当然他の科目にしわ寄せがくることを意味する。必然的に既存の科目をJABEE用に供出することになり、先にも述べたように審査の際、ポイント制の評価をさらに助長することにもなりかねない。難しい課題であり、JABEE審査制度と併せ、これから考えていかねばならない重要な点である。現在、大学院教育の認定制度について検討されていると聞いている。認定制度は別々であっても、教育内容を一体化して考えていくのも合理的な道であろう。

- 4) コンピューター関連科目においてコンピューターに依存するあまり、中味がブラックボックス化され、学生が計算の道筋を十分に理解できていないことも推察される。このことは、若手技術者の指摘②そのものである。中味を理解しようとしなないのは、何もコンピューター関連科目に限ったことではない。演習科目にしても学生は問題の解答法を会得しようとする傾向にある。遡れば大学受験時にそのような勉強を経験してきているのである。大学1年次の教育が如何に大切かということになる。
- 5) 若手技術者から指摘されているインターンシップの必要性については、企業の実態を学生が把握することにおいては大きい意義がある。問題は実行できるかどうかである。効果をあげるには短期間ではだめで少なくとも3～4週間が必要と聞いている。この時間をいつ確保するかが問題である。

夏期休暇期間中とか、卒業前の3月とか、あるいは次項で述べることに関わってくるが、卒業論文に携わる期間を短縮してこれに当てるとか、いくつか考えられるが、最後は企業と大学間の共通認識、信頼関係が最も重要となろう。

- 6) さて学部4年間の中でも大きなウェートを占める卒業論文について考えてみよう。卒論も科目の一つとして取り扱う上では、前述の如くシラバスを充実させる必要がある。これはJABEE教育の立場からすると当然のことである。一方において、化学工学基礎科目が希薄化している、演習科目が重要である、技術者倫理科目も必要である、となってくると極論であるが卒論を現在の1/2期間とし、授業時間を増やし、一層充実した学習指導をすることも一考の余地がある。

3. 新しい「化学工学教科書」作りに向けて

先の座談会「若手技術者が振り返る大学教育」において、企業技術者が「かつて受けた授業が理論中心で演習が少なく、興味を覚えにくかった」との内容のことを述べている。これにも関連して前章の1) で述べたように、高等教育委員会では新しいタイプの「化学工学教科書」作りについて議論されている。その要点をまとめると次のようになる。

3.1 目的と意義

従来型の教科書（いわゆる単位操作の列挙）では学生は容易には理解できないので、実プロセスを通してそのプロセスの中で単位操作（特に化学工学量論、物質および熱収支）がどのように係わっているか、を学生に理解させるような教科書にする。

3.2 対象

化学工学を専攻する学生については、入門書として低学年を対象とし、化学工学専攻以外の応用化学関連の学生については、2～3年生を対象とする。1年間で履修を終える内容にする。

3.3 構成

化学工学の最先端のプロセス（バイオ、環境、材料など）を具体的に取り上げる。その中で原料から製品の完成に至るまでのプロセスに単位操作の基礎を絡めて説明していく。1プロセスを1章として纏め、1プロセスごとに1つの単位操作を説明するようにする。したがって、単位操作だけのプロセスが必要になる。例題、演習も多く取り入れる。

以上が委員会で大筋合意された内容である。留意点として、学生が化学工学に興味を抱くような教科書を目指す、単なる読み物にならないよう、徐々に化学工学がわかるようなものにする。最先端のプロセスとして、例えばアンモニア合成、自動車の排ガス処理、ビール製造、海水の淡水化など、身近な化学工学を取り上げる、などの意見も出されている。

この教科書作りは平成17年度以降の高等教育委員会では具体化されていく予定となっている。

おわりに

限られた時間の中で学ぶべき事柄が多様化し、少子化・高進学率からくる学力低下傾向にある学生を「世界に通用する化学技術者として育成する」ために、いま学部教育で必要なことは各大学の特色を生かした教育の下で、基礎教育の充実とその達成度を上げる教員の工夫が必要である。また企業側にもそのサポートをお願いできる教育体制を確立することがこれからの課題となろう。国づくりを担う若き技術者の育成に、産業界の関心と関与は欠かせない、と考える。また学生が落ち着いた雰囲気の中で勉学に勤しむことができ、教員がそのような状況のもとで教育に専念できるためには、企業側の求人活動もいま以上に慎重であっていただきたい。教育をよい方向にもっていく最も簡単で、実行可能な最良の方法の一つと考える。

（平成15、16年度高等教育委員会 委員長）

●謝辞

本稿をまとめるにあたり、的確なご助言とご支援を頂いた、センター長・伊藤俊明氏、東京農工大学の国眼孝雄教授、ならびに各大学のシラバスの整理にご協力頂いた、桜井誠講師に御礼申し上げます。