

新しい技術者教育の方向について

服部 憲治郎^{*1}

On the new tendency of the engineering education

Kenjiro HATTORI^{*1}

(1) 序

生産立国から研究立国、知財立国へと変化する日本社会にあって、これからの技術者教育の望ましい方向を探り、特に本学にとってどうあるべきかを考察した。著者はいくつかの高等教育機関の技術者教育に関して JABEE 審査チームに加わる機会を有すると共に、日本化学会活動のなかで、教育部会委員および化学分野審査委員会委員長を務める中で、考えたことをまとめた。本学の教育を見直す一助になれば幸いである。

(2) 技術者教育をとりまく背景

何よりも日本の経済産業構造は大きく変わりつつあることは誰の眼にも明らかである。製造業のアジア、中国移転、工場や技術の海外流出と製品の安価にして大量の流入は、我々の日常生活面から変えており、IT 変革とあいまって雇用のリストラ、産業構造の大きな変革をもたらしている。要は、従来からの製品をただ生産すれば売れ、収益があり、国内外への貢献と自らの幸せに満足できる技術者の生きがい目標はすでに破産して久しい。そのレベルの貢献は中国の沿海部分が十分に取って代わっている。日本の技術的役割を見失いがちであるし、中長期の目標が確固としていない上に、その方法さえ十分に議論されず、いわば技術者は茫然自失の状態で、製造産業は右往左往する狼狽状態とも見える。ましてや、次の時代に活躍する技術者を育てる技術者教育について確固とした方向を捉えて、それに相応しい教育の工夫、教育の改善が強く要求されている状況と考えられる¹⁾。

日本の未来を占う手法として、先進の社会を見習い十分に吟味して取るべきは取り、捨てるべきは捨てて文化を同化発展させてきた事実がある。長い 2000 有余年の日本の歴史からも教訓的である。いち早く IT 社会を実現し、ナノテクノロジーに現在の技術目標を設定し、産業・経済の活性化に成功したアメリカの例は貴重である。プラグマティズムに徹し、軍事と企業論理が優先するアメリカ社会にはどうしても肌の合わない人が多いが、我々が見習うべきものはまだまだ多い。たとえば研究技術者養成の大学院制度および研究資金の配分方法は、その実績から見て世界に冠たる価値を持っている。海外から客観的にみて羨ましく合理的にあるように写る。中でも、大学の技術者教育の要諦を規定する ABET の仕組みは 70 年の歴史的変遷と試行錯誤を得て素晴らしいものがある²⁾。

技術者教育に拘らず、永らく日本の教育制度は審議会など識者の意見に従い行政的に都合の良いことが優先する、いわゆる画一的、底上げする欧米追随が第一優先課題であった。生産技術に関してこれが有効な方法でありバブルを頂点とする日本の産業経済の発展に尽くしたことは歴史的評価があるかと考えられる。教育方法に関しても既に存在する知識の急速な吸収と応用がなされることが要諦とされてきた。現在の大学に勤める 50 歳以上の教員は、当時の科学技術振興策の一環で拡充する工学部組織の中でそのような考え方で教育され、同じ考え方を現在の学生に意識してまたは無意識に強いていることに問題の出発点があるように思われる。ほとんどの大学カリキュラムは知識構築型であり、それ自体が新しい知識を生むことは余り期待できないし、まして学生にそうした能力が生まれているか

^{*1} 東京工芸大学工学部応用化学科教授
2003 年 9 月 24 日 受理

の検証は何らない。日本の大学学部教育で最もユニークで価値があると思われる卒業研究教育においてすら、不完全な検証のまま卒業させ、大学側の教育責任は回避して、学生の自己責任に帰している。学生はどのような学習が可能で、どのような能力が教育されるのかは未知のまま、ただ学科名や専門領域のキャッチフレーズに引かれ、教育内容とは直接的には無関係な偏差値や卒業生情報、就職情報のみで大学入学を選択している。

18歳人口の減少と大学進学率の向上は、学生の多様化を生み出し、いわゆる教育困難な学生を入学させている。入学前にはどのような教育が行われるのか殆んど想像も出来ず、入ってみたら硬直的な知識詰め込みのみが強要される大学となるならば、どのように設備が優れ、地理的に有利な大学であろうと不適合が多く発生するのも無理からぬ事となる。大学の教育学習内容の目標が公開されていないし、その目標が卒業時に達成されているのか何ら保証がない。高額な授業料の中身を十分に知らされぬまま入学という契約がスポンサーである保護者と成立するのは奇妙な状態と言える。学生を採用する企業側も同じ感であるに違いない。永年の経験とカンで学生を見分け、本当に実社会で役立つ能力を持っているかは大学側からは何ら保証されていない。もし、明確に相応しい能力が証明された学生が企業への就職を望めば、企業が優先的に採用する制度はまだ確立されていない。

しかるに企業や社会の繁栄は、いかにして柔軟な人間を多く有しているかに依存する。すなわち組織が他に先んじて新たな流れを察知し、柔軟にして俊

敏に対応できるか、また組織単位で、あるいは個人単位で継続的に発展できる体制を作ることが出来るかに依存する。これに対応できない組織は、変化に取り残されつつある。グローバル化が進み、IT革新が社会を大きく変えて行く中で、わが国は産業構造、経済、教育が軌を一にしてキャッチアップ型から新規創造型へと大きなパラダイムシフトがなされようとしている。

(3) 新しい技術者教育の目標

前述の様々な問題点に応える新しい技術者教育の目標は存在するであろうか？ 時代の要求する要望に答え、学生が眼を輝かせて自らの学習に喜びを見出し、将来のわが国の経済産業の振興に帰することが出来る教育目標ないしその方法を見出す必要がある。

先進のアメリカでは、今の ABET 技術者教育目標に至るまでに 70 年間の変遷を経ている。さらに、既に 10 年前から outcomes base で教育の内容を考えている。すなわち、いかなる人材を卒業させているか、学習成果の評価を重視している。著者の実見聞したアメリカの ABET による評価の対象になった University of California, Santa Barbara は、最近ノーベル賞受賞者を 3 名も輩出している研究の盛んな名門大学にもかかわらず、工学部教授陣は学部教育にも努力を惜しまず、使命感を持ち熱心である。各教授が一人当たり 20 分間の面談で ABET 審査員にその情熱と工夫を語ることができた。システムとしての学生の学習達成の自己評価制度に熱心に取り



ABET 審査員 Prof. Charles Barron による UCSB 学生 (左)、教員 (右) との面談風景 (著者写す)

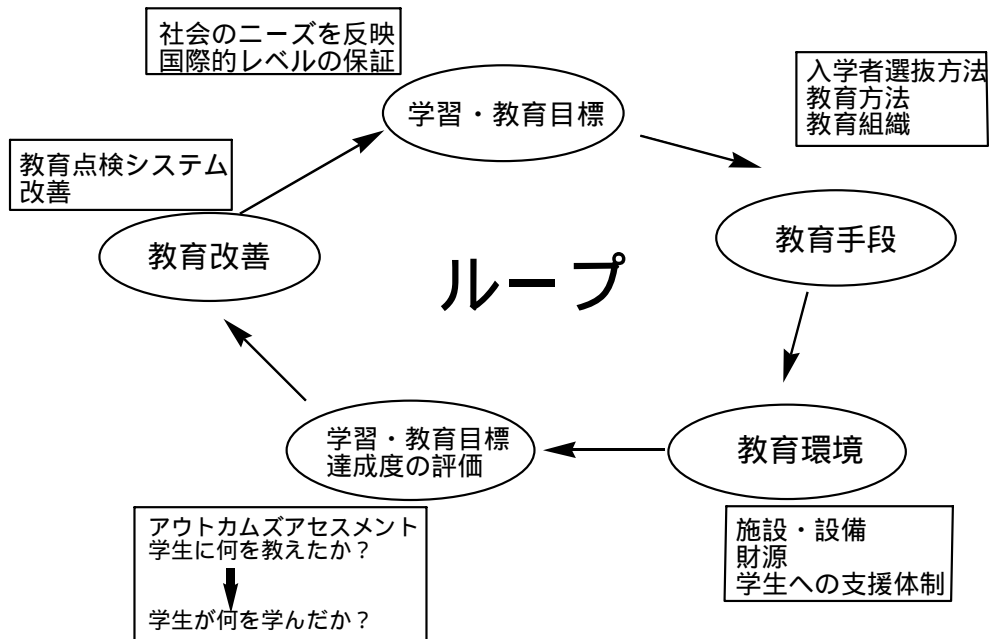


図1 教育改善のループ

組む姿を目の当たりにした。日本の（財団法人）大学基準協会の評価は設置における初期条件が十分であるかどうか、これが満たされていれば良い人材が生まれるとの見方で行っている。これからの教育の方向は結果を重視することが重要である。その検証は学生個人の責ではなく、教育機関の責任である。試験、作品、レポートその他の提示により公開する必要がある。教育機関はその教育目標を社会や学生に明示して学生を集める必要がある。いわば社会的に公開された契約の精神で存在する必要がある。目標遂行のためにシステムを有し継続的に改善する努力が必要である。目標の水準は国際的同等性のあるものでなければならないし、修了する学生自身にも生涯的に学習継続性があり、技術者としてまっとう出来るものでなければならない。

新しい教育目標がカバーすべき方向は3つに大別される³⁾。

1) 基礎から専門にいたる知識とその応用力

技術者として基礎的な数学、物理、化学などの自然科学および情報技術の知識と応用力は必須である。専門への研究・技術者に必要な各専門知識の修得と応用力が必要である。問題設定、発見能力、創

造性についてもその素養を養う必要がある。著者の属する応用化学科でも3年前の時点で試算したところ、カリキュラム構成上、また時間数的にJABEE基準を満たしている。これらは従来の工学部教育で十分にカバーされている目標である。いわばすでに満たされている目標であるので、以下の2つの方向の達成のためには、時間的にむしろ軽減しなければならないかもしれない。

2) 技術者教養

企業の収益市場価値観を超えた地球的視点での多面的価値観に基づく思考力が必要である。国境、宗教、時間を越えた人類の幸福と精神的価値観重視、かつ持続可能な社会を構築する国際人としての教養を養う。技術者としての責任や倫理意識、社会や自然と技術の関係を考えることが必要である。

3) 実務者能力

総合的な知識能力を社会の要求解決のために駆使して構想力、企画力を発揮できる、いわゆるデザイン能力を養うこと。すなわち社会ニーズの取り込み方、問題設定力、プロトタイプの実成、安全性、経済性、環境負荷の評価、品質管理、創造性などを養う必要がある。次にコミュニケーション能力は実

社会で最も大事な能力とされる。論理的な記述、発表、討議、英語力である。さらに生涯にわたる自発的な学習の習慣や批判的思考力も重要である。また、いわゆるマネジメント能力としての仕事遂行力は時間内に計画的にチームワークでリーダーシップを発揮できることが必要である。

これまで、日本の教育体系では、上記1)の技術者教養は一般教養課程で上記3)の実務者能力は企業に入ってから社内教育で行われていた。これらを何らかも4年間で修得する必要があるという難題を大学は突きつけられている。入学者の学力低下が具体的に示され、補修的な入門教育も必要である。教育を重要視する大学のスタッフにとっては大忙しの活動を強いられている。これらの目標が達成され、継続的に発展させるための教育改善ループの実働が必須である⁴⁾。(図1)

(4) 日本技術者教育認定機構(JABEE)の動向⁵⁾

いわゆる機関別第三者評価については大学基準協会が相互評価を実施していたが、中教審答申によ

り今後は継続の評価が義務付けられる。専門分野別第三者評価についてはJABEEが行っているように多様な分野別に行われることが必要である。JABEEは技術士の1次試験免除が明確に結びついており、そのためにも認定が必要である。1999年に組織が発足した後、2000年に認定試行を開始し、2001年から正式認定を開始した。この年に東京農工大、工学院大、名古屋大の3プログラムについて認定が行われたのを皮切りに2002年には9分野23校32プログラム、2003年度には既に70を超えるプログラムが候補に応募している。分野別要件は化学、機械、材料、情報、電気・電子・情報通信、建築学、融合複合・新領域など16分野にわたり91の各学協会の人材育成部門と密接に連携した組織が基準を定めている。例えば化学分野では日本化学会、化学工学会、高分子学会など31学協会が連合した化学関係学協会連合協議会が形成され認定実務にあたっている。これから必要とされる審査員は各学協会で約40名が推薦選出され数度の研修会を得てオブザーバーを経験した後、翌年から審査員として3-4名のチームに加わっている。審査基準は審査時にチームごとに

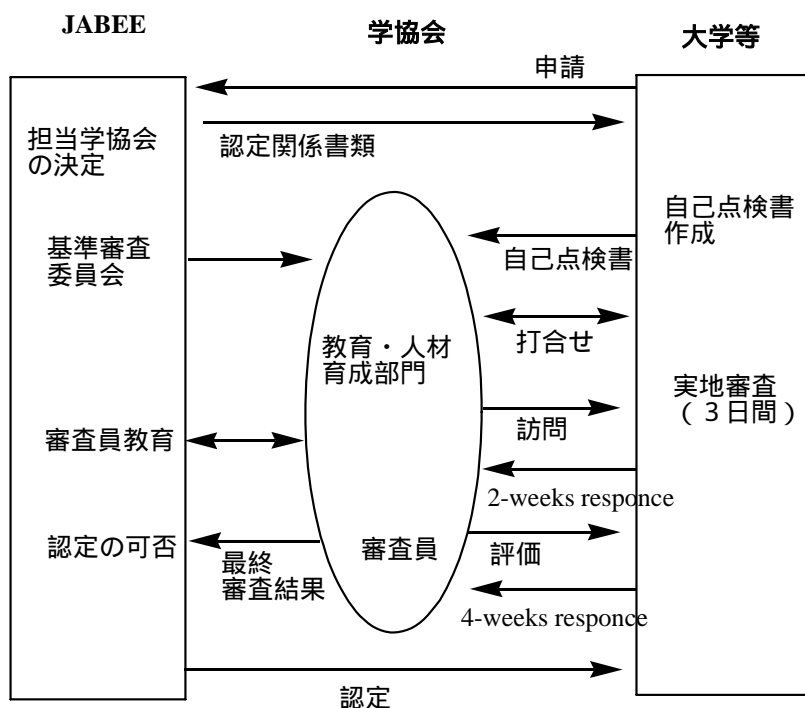


図2 JABEEの審査・認定基準

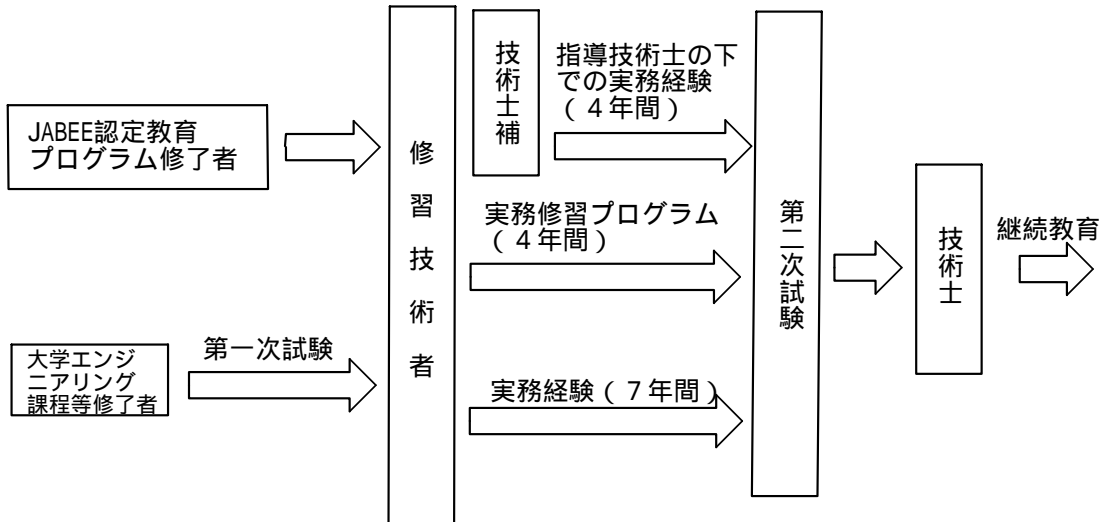


図3 JABEE認定と技術士資格

慎重に協議するのみならず、審査終了後に各分野別審査委員会で慎重に協議されている。実際の認定作業は多段階のステップを経て進められる。(図2) 認定による具体的なメリットは技術士資格への道が開かれていることである。(図3)

JABEE制度については国際的な相互認定は“ワシントンアコード”として、アメリカ、イギリス、アイルランド、カナダ、オーストラリア、ニュージーランド、香港、南アフリカ間で暫定的に認められているが、本年のアコードの調査委員の来日による相互認定作業を得て正式加盟となる。ドイツ、韓国なども加わる予定である。これによって日本の技術者教育の国際同等性を保証して行くことが出来る。

JABEEに関連して今後の進む方向として大学院を対象とする第三者評価へと進むべく大学院教育認定試案が提出されている⁶⁾。東大、京大、東工大などの卒業生はそのまま大学院に進学する現状を踏まえて、その教育認定が必要とされてきた。特に建築分野と化学分野は必要性が高く、周辺の資格・制度を整備しつつ教育のレベルアップを図ることの準備が進んでいる。しかし、大学院修士卒に社会から望まれる資質も学部卒と同様である。その教育目標は学部の教育目標とほぼ同じであると伝え

られており、一見奇妙な感じがする。また化学分野では、大学卒業後の生涯教育のステップとして例えば化学士のような資格を準備することが進んでおり、その周辺の制度の整備の検討が進んでいる⁷⁾。

(5) 本学における技術者教育改善の方向

本学ではいち早くJABEE教育の重要性に着目し、平成13年12月にJABEE講演会を催し、工学院大学の取り組み(木村雄二教授)、東京農工大での教育改善(国眼孝雄教授)、化学分野の分野別要件(西郷和彦教授)について講演の後、意見交換が行われた⁸⁾。その後、本学部は基礎教育センター設置や入試受験者動向に眼を奪われ、かつ工学部改組の激動に揉まれ、技術者教育に関する全体的な視野を失っているかに見える。いずれの学協会でもあるいは大学人の集会でも、教育の改善について熱く語られており、その重要性は計り知れない。入学する学生の実質的な意味は、いかに良質で、社会で役に立つ資質を身につけて卒業でき就職できるかであり、そこに授業料の価値があるかと考えられるし、長期的に見て本学の社会的信用を獲得できるものであると考える。教育の効果こそが、学生、および出資者としての保護者に価値のある物であり、ま

た産業界への人材供給を高めて行けるものである。品質保証付きの学生を間違いなく社会に送り出し、科学技術のさらなる発展に役立てることが教育に携わる大学人の使命であることは論を待たない。大学院に進学する学生もまったく同じ論理で、新時代に必要な資質を持たせておく必要がある。工学部改組に伴うカリキュラム検討において少なくとも「JABEE基準に適合するシステムを盛り込む千載一隅のチャンスと考えられる。

(6) 新科目「応用化学セミナー」からの実践報告⁹⁾

他大学でも実施されている新しい教育の数々の工夫に学び、本学学生に最も必要な部分を選び、昨年度からカリキュラム化し、本年度から単位化された新入生対象の応用化学セミナーの実施状況について報告し、著者の教育方法に対する考え方を具体的に述べたい。

本学のカリキュラムは専門知識の学習に関する限り、他大学と何ら引けを取らないし、学生への要求もかなり高いレベルにあると考えられる。しかし、学生が自主的に主体的に自らの学習に取り組む姿勢や、創意工夫を生かすことを学ぶ機会に関しては、はなはだ疑問である。そこで、従来から著者が試みてきたCAI教育と、新たにミニ卒研のような問題解決型創生学習を組み合わせたとともに、学習・教育のポイントを置いた。本学の比較的恵まれたコンピューター設備を活かし、化学の本質の一つを理解し、スキルについても化学に従事する限り一生役立つソフトウェアの習熟をも目指した。

アメリカのことわざ“Tell me and I will forget”, “Show me and I will remember”, and “Involve me and I will understand”にあるように、実践的教育の有利さは論をまたない。著者がかつて博士研究員として在籍したNorthwestern Universityではビジネススクールのいち早くからのsimulation教育で全米に名を成していた。現在、本学では就職活動の一環として位置づけられているインターンシップも実施の方法によっては重要な教育となり得る。

入学直後の箱根における新入生オリエンテーション行事にこの科目「応化セミナーA」は始まる。約10名ずつが各教員に配置され、さらにその半分

の4人～5人が一つのグループとして活動単位となる。全部で28グループを形成し、グループごとに探索テーマの選定、テーマの調査、発表の分担を行った。当初のWord, Excel, E-mailの習熟に始まり、有機化学演習とタイアップして、ChemOfficeを使いこなした。ChemOfficeは化学の構造式や反応式、3D分子モデル表示が出来ると共に、エネルギー的に最も安定な構造を簡便に求め、表示することの出来る優れたものである。構造式とNMRスペクトルの関係や種々の物性値も求めることが出来る。前期では当初はこちらが指定する教科書のページにある自分の興味ある分子について調べることからスタートし、発展系としてその物質の誘導体、工業的な意味や環境での問題点などを、図書館、インターネット、研究室との関連において調査し、PowerPointにまとめて発表会を715大教室で実行した。時間の関係で一人当たりの発表時間は1-2分であった。しかし学生諸君はこの試みの趣旨を理解し128名が何とかやり遂げた。他人の発表にも留意して聴講し評価する目的で人気投票し、ベストプレゼンテーション賞を決めた。この一連の作業の中に、調査能力、企画能力、チームワーク、マネジメント能力、プレゼンテーション能力など本学の学生に特に必要な能力の涵養を含んでいる。直後のアンケートによると、履修の128名中に否定的な意見は1件のみで、各自が積極的に関与し、それぞれに意味を見出している。後期の「応用化学セミナーB」では、130名の履修者があり、再度同様の手順で発表会に挑むものの、より創成的な意味合いを強め、新しさの発見面で競わせたいと考えている。また、その作品は各グループでHome Pageを作成して公開し自己主張したいものと考えている。後期のスキルは主としてHomePage Builderの習熟にある。また、学科の各教員の先生方の協力を得て、各研究室にある調査事項ないし安全で簡単な実験を含むことが出来て、彼らの創意工夫の場が発揮できれば理想的である。各先生方には少なくとも応用化学の研究のみならず技術者としての課題についてご講義、解説いただく予定である。

この応化セミナーは来年度より「ナノ化学セミナー」として再整備し、充実を図る予定である。まだ不十分であるが、この科目の時間内に学生が自己学習目標(ポートフォリオ)としてExcelでのレポー

トを E-mail 送信することを要求した。その達成度を自己チェックすることにも費やしたいと考えている。アンケート的にまた課題の一種として要求しているが、積極的に彼らの意識向上に役立てていくことが今後の課題である。

また、2 年次、3 年次での継続的な学習も必要であるが、今のところ「有機化学実験」の最後の時間に、テーマの考察部分を実験グループごとに発表させ、教員から評価し議論している。また 3 年次専門科目「生物応用化学」の中で、専門分野に関する英語文献調査とその要約そして関連事項の発表会を行っている。さすがに 3 年次では調査の展開や考察の深さに優れたものが多く、感心させられている。この姿勢は卒業研究や大学院の学習につながれると考えている。

(7) 結語

本学の課題は多いが地道に教育そのものを再検討して改善してゆくことは、本学の特に学部教育の最も重要な使命である。各先生方の個人的な努力を超えて、時代と社会の要求する教育内容を再検討し、実現し、十分に学生をチェックして卒業させることは当然である。その教育内容を事前に社会的にも学生にも公開し、正当な評価をして社会に送り出すと共に、その教育が維持され向上できるシステムを考えることが必要になる。我々が教育に情熱を持ち、教育を通して未来を形作るといった社会的意義を考えるとそれほど困難な事とも思われない。他に誇りうるオリジナルな教育システムが提案されれば素晴らしいと考えられる。機が熟し必要なら近隣の大学と同様に、第三者評価機関の審査に挑んで社会的存在感を主張できるのではないかと考えられる。これは結果的に入試や就職状況の打開に大きな力となりうると考えられる。

謝辞

この報告の遂行の一部について東京工芸大学後援会より教育助成を受けた。関係者に深く感謝します。

引用文献

- 1) たとえば「政策会議報告」化学関係学協会連合協議会 2002.1.22
- 2) 詳細は URL <http://www.abet.org>
- 3) 「日本技術者教育認定基準」基準 1 2002-2003 年度版 日本技術者教育認定機構
- 4) 「化学技術者教育に関する公開討論会」講演要旨集 日本化学会化学技術教育委員会・化学関係学協会連合協議会化学技術者教育部会 2001.9.22
- 5) 詳細は URL <http://www.jabee.org>
- 6) JABEE 資料 大学院外部認定検討委員会報告書 2003/3/27
- 7) 化学関係学協会連合協議会 化学技術者教育部会資料
- 8) 東京工芸大学 JABEE 講演会要旨集 平成 13 年 12 月 19 日
- 9) 2003 工学部履修手引 pp208-209 東京工芸大学工学部