

論文

効果的な工業英語教育実践のための総合的視点と具体的方策

An Integrated Course System for Teaching English for Science and Technology

竹 蓋 順 子

Junko TAKEFUTA

竹 蓋 幸 生

Yukio TAKEFUTA

本論文の目的は工業英語教育の問題点を総合的に観察し、その結果と、望まれる教材や学生の能力レベルの客観的な分析に基づいて、期待されるレベルへの指導を可能にする具体的な英語教育システムを提案すること、そして、それによる指導での成功の可能性を考察することにある。求められているのは、時間的に厳しく制限された教育機会のなかでの英語教育の改善である。さらに、入学してくる大学生の英語力レベルは極めて低いにもかかわらず、望まれる英語力が極めて高い。こうした現状を直視し、本研究では、2層からなる全く新しい指導システムの理論を独自に構築し、数多くの実験により各システムの使用効果を検証した。その上で、望まれている工業英語教育を成功させられる可能性は決して低くないことを示す。

キーワード： 英語総合力養成，語彙指導，工業英語教育，指導システム

The purpose of the present study was to develop a curriculum with which can teach English for Science and Technology (EST) in college classes. In this paper we proposed an integrated syllabus, through which we expect to Succeed in teaching EST to the proficiency level that the students need to reach in four years. The course structure consists of two types of core systems and a supra-system. The first type of core systems is for improving overall English proficiency, and the other is for teaching vocabulary; both achieve greater efficiency than was possible before.

Keywords: integrated curriculum, improved teaching methodology, teaching English for science and technology

1. 問題点の観察

現代の国際化社会の中で科学技術立国を目指す我が国の工学系科学者や技術者が、実質的な国際語である英語によるコミュニケーション能力を必要としていることは疑う余地のない事実である。しかしながら、大学での英語教育がその要望に応えているとは言い難い。その辺りの問題点について学術誌等を詳細に調査すると、以下のような事実が明らかになる。

1.1 認識されていない事実

学生、教官等の大学コミュニティや企業等の外部社会が英語教師に要求する極めて高い

英語運用能力の到達レベルに対して、大学に入学してくる学生のレベルは想像以上に低いという事実は十分に認識されていない。コミュニケーション能力の養成と簡単に言われるが、母語でのその能力の習得には、音声言語データの入力（聞き取り）だけを見ても、6歳までに17,520時間（Morley,1990）¹⁾、成人するまでには約5万時間を費やしているのである。一方、外国語としての英語教育に費やされる授業時間数は、大学までの教育を含めても実質1,000～1,500時間程度でしかない。

また、成人の言語活動において、実用になる語彙が少なくとも7,000～8,000語必要であると分析されている中で、高校までで指導される語彙数は2,400語にすぎないことも一般に認識されてはいない。さらに、教科書の語彙を調査した研究によれば、その限られた語彙が特に科学用語に弱いということも報告されている（中條他,1993;1994）²⁾³⁾。こうした点も大学での工業英語教育を困難にする一因であると思われる。

1.2 指導法の問題

日野（1997）⁴⁾は、「文法や構文を説明しなければ文章の意味がわからない学生がいるようでは、到底目的を達成することができません」と述べて、実務経験者が指導しても工業英語教育が思うように進められない実情を報告している。しかし、そうした学習者の現在のレベルを現実として受け止めた上でなければ今日の工業英語教育の改善は望めないのも事実である。不足する語彙の補充も含め、極めて低い英語力レベルである現状の学生を外部社会や大学コミュニティの望むレベルにまで伸張させようとするれば、「教材の精選」、「革命的とも言うべき指導法の構築」が不可欠なのであるが、これらを目標とした具体的な研究はこれまで皆無に近い。こうした状況下で、専門分野の教材と伝統的な訳読方式の指導法を組合せても、あるいは、特定の資格試験対策の指導を繰り返しても、「工業英語を使う実用のコミュニケーション能力」の養成を期待することは無理である。また、インターネットの普及に伴い、WWWや電子メール等を活用した教育が盛んに行われてきているが、素材の入手のみでは外国語教育は可能にはならない。

本研究では、以上のような背景的情報を事実として認識した上で、工業英語教育の抜本的な改善を目指す指導システムを開発し、その期待される効果についての推定を行う。

2. 目標の設定

2.1 目標とする教育内容

工業英語教育の現状を具体的に改善することを目的とする教育の内容は、まず、工業英語よりもさらに範囲を狭くする必要がある。たとえば、学習者が興味を持つ分野の「学会単位（電子電気学会、建築学会、音響学会等）の専門分野別の教材」を使用し、それらがある程度理解でき、また自らも発信できる英語力の養成を目標とすべきであろう。

2.2 目標とする到達レベル

目標とする総合的な到達レベルは、学部卒業時までにはTOEFL 550点、TOEIC 730点、工業英語検定1級または2級などが考えられる。さらに、英語圏の大学の「当該専門分野で使用される教科書、学術論文等の語彙の95%以上が理解でき、コミュニケーションの中で使用できる能力」ということを具体的な目標として設定する。これは、実用のコミュニ

ケーションではテキスト全体の 5%以下の未知語ならば前後関係や常識で推測することが可能 (Laufer,1992)⁵⁾と考えられるからである。

次に目標を達成するための教育システムの開発であるが,TOEIC 運営委員会が 300 点以下と推定する大学入学時の英語力から,730 点という極めて高い目標レベルまで一足飛びに到達させることは不可能である。そこで本研究では,中核,外郭の二層から成る指導システムにより,大幅な英語力の伸長を可能にする体系的なシステムを構築することとした。

この中核システムを開発する際には,限定された時間数の中で行われる指導で大きな効果を上げることが期待されていることを念頭に,「効率の高い」教育システムとすることを第一の目的とした。それに対して,外郭システムでは,大幅な能力の向上が求められていることへの対応策として,「学習結果の定着,語彙力の増強,応用力の向上」を目的とし,最終的には「実用となる英語運用能力レベルに到達させる」ことを目的として設定した。

3. 教育システムの開発

3.1 教材

外国語教育のための教材選定にあたっては,「素材の内容の知識」と「指導法の知識」,それに「言語構造の知識」がいずれも不可欠である。したがって,工業英語教育用の素材は英語教師と実務経験者が緊密な連携を組んで選定すべきである。本研究では,著者の一人が英語教育とシステム科学を専門としており,米国の大学で音響音声学を講じた経験を有する。そこで,その分野の学生に指導することを仮定し,彼らの興味やニーズに合致するように以下の素材を選定した。

- 1) *Fundamental of Physics* (Orear,1961: 大学新入生補習用または大学 1,2 年生用教科書,以下 F P と略す)
- 2) *The Foundations of Acoustics* (Skudrzyk,1971: 大学専門課程学生用教科書,以下 F A と略す)
- 3) *The Journal of the Acoustical Society of America* (Supplement No.1, 1978: 学会の研究発表要綱集,以下 JASA と略す)

素材は指導に際して細分化し,それを使った学習作業としてのタスクを作成して教材化する必要がある。タスクはそれ自体が「漸進的に難易度が高く」なるだけでなく,先行するタスクの実践が必ず次のタスクの実践を容易にするような「相互に有機的な関係を持つ」ように作成する。これらは,学習者を飽きさせたり,絶望させたりさせないための配慮である。

3.2 中核システム

中核システムには,それぞれ指導対象となる学習者の能力レベルに合わせて教材化された約 20 編の素材が組み込まれている。素材は平均 200 語の音声または文字の英文テキストである。この中核システム 1 セットの学習には正味約 20 時間を要し,TOEIC の得点に換算して約 100 点分の英語力向上が達成されることが検証されている。

中核システムでは分散学習の考え方に従い,次の A から C についての原則が定義されて

いる：<A>教材を3ラウンドに渡って提示する方法，各ラウンドのタスク実践による学習目標，<C>各種の情報の内容とその提示のタイミングである。

<A>について，教材を3ラウンドに分けて断続的に提示するという事は，1ユニットを構成する3レッスンの教材で，一通り第1ラウンドの学習をさせ，その終了後に同じ教材で再びこの順に第2ラウンドの学習をさせる，そして，さらに同じ教材で第3ラウンドの学習をさせることを示している。

に記した，ラウンド毎の目標とは，ラウンド1:全体像の大まかな理解，ラウンド2:詳細な内容の表面的な理解，ラウンド3:コミュニケーションの目的達成と定義されている。各目標を達成させるためにタスクが3～4種ずつ課され，各タスクには原則として3種ずつのヒントが与えられる。これにより，学習者が積極的に学習に取り組み，主体的にタスクを達成することを援助する。

また，学習中に提示される情報(<C>)としては，各ラウンドで提示されるヒントの他に，「事前情報，参考情報，補助情報，発展情報」の4種が用意されている。それぞれの情報を与えるタイミングは，原則として「授業の開始時」，「第1ラウンド」，「第2ラウンド」そして「第3ラウンドの終了後」である。各情報の内容の定義に関しては，竹蓋(1997)⁶⁾を参照して頂きたい。

3.3 外郭システム

上記の中核システムは，TOEICの得点に換算して約100点という「狭い幅の英語力養成用」で，学習者の能力レベルに適したタスクの実践により基礎的な事項を指導することを目的としている。これに対して外郭システムは，複数の中核システムの組み合わせによりTOEICの得点で約500点に相当する「広い幅の英語力養成」を主な目的とするシステムである。論理的には，中核システムで使用する教材を難易度の低いものから5セット積み上げていくと，500点の上昇を期待できることになるが，問題はそれほど単純ではない。人間は覚えたことも「忘れる」ため繰り返し学習をさせる必要があるし，使用教材の理解に止まらず，十分な「応用力，実用力」を育成する必要もある。さらに養成するコミュニケーション能力を一つの技能だけに止まらず「四技能(聞く，読む，話す，書く)に拡張する」必要もあるからである。

このように考えると，TOEIC 500点相当の英語力養成を目指す構想は，難易度の異なる中核システムを縦に5セット並べたものと同様の5セットを並列にいくつか並べ学習させる必要があることが予測できる。その並列に並べる列数の決定には，学習者の「語彙力の現状」と，実用の英語力として「望まれる語彙力」との差に関するデータが有効に使える。本論文の冒頭(1.1)でも述べたように，中学，高校の教科書から学べる語彙は約2,400語である。仮に大学の入学試験に備えて1,000語を補充学習してくるとしても大学生の語彙力は3,400語にしかならない。これに対し，実用の英語力として最低限必要とされる語数は約7,000語と推定されているので，この差を埋めることを考えなくてはならない。つまり，実用コミュニケーション能力を養成するには，効果的に3,600語の語彙を学習できるシステムの構築が必要となる。

一方，16～20編の素材で構成されているひとつの中核システムで，無理なく学べる新語の上限は約180語程度であることが明らかになっている。さらに，学習した語彙の20%が

忘却されると仮定すると 144 語程度しか習得できないことになる。これらのデータから 3,600 語の新語を学習させるには 25 セットのの中核システムが必要であることが判明する。つまり、縦に並んだレベルの異なる 5 行の中核システムを、内容にバラエティをつけて横にも 5 列並べる構想である。

このように中核システムを横に 5 列並べることで、語彙の習得のみでなく、ほぼ同レベルであるが内容の異なる教材で繰り返し学習することにより学習の「定着」をはかり、かつ、「応用力、実用力」の養成に不可欠な文法力等の拡充をも目指す。応用力の向上は一つの技能の向上だけでなく、それを「聞く、話す、読む、書く」の四技能に広げさせるものでもある。このシステムは、基礎的なコミュニケーション能力の域を抜け出て、本研究での目的である工業英語の指導へと拡張させていくにあたり不可欠な構造であると言える。

4. システムの検証

4.1 中核システム

千葉大学で開発された中核システムの第一段階のものは「聞き取り」指導用のものが多い。したがって、その教材用素材には自然性を求めたため、独自に英語圏で録音、録画した音声、映像素材に加えて英語圏のテレビから録音、録画されたものも多く使用した。素材は、ほぼ 5 つのレベルに分類でき、TOEIC の得点に換算すると 230 点、330 点、430 点、530 点、630 点前後の学生が使用できるものを収集した。また、トピックやジャンルは、日常会話、インタビュー、講義、講演、解説、ニュース、コマーシャル、テレビドラマ、映画、電話メッセージなど、広範囲に及ぶ。

これらの教材で学習した結果は、客観的な外部テストとして企業等で関心が高く、総合的なコミュニケーション能力が評価できると言われる TOEIC を採用して評価した。その結果、上記 5 種のレベルのコースウェアで学習した 5 群、延べ 28 名の学習者は、教材の選択が適切であった場合、いずれも 1 セット約 20 時間の学習で、平均 277 点、326 点、428 点、518 点、631 点から、それぞれ 379 点、435 点、532 点、620 点、731 点に達し、目標とした約 100 点の得点上昇の得られることが確認された。

中核システムの各セットで TOEIC 100 点の上昇という開発当時の目標が達成できたが、それよりも更に大きな収穫は、他の教育機関では平均 223 時間費やされると言われるその上昇を、10 分の 1 以下である約 20 時間で達成できた。つまり「効率の高い」中核システムが開発できたと結論した。

4.2 外郭システム

外郭システムでは、各中核システムでの 20 時間ずつの学習を 25 セット、計 500 時間の学習を想定し、5 段階の学習で、語彙を大学入学時の 3,400 語から順に、4,120 語、4,840 語、5,560 語、6,280 語、7,000 語と、1 段（5 セットの中核システム）毎に平均 720 語ずつ増やしていく計画となっている。3 ラウンド・システムで指導するとしても、学習の効果と効率を考慮すると、1 編に出現する新語は 10 語前後にする必要があるので、「中核システム」1 セット（16～20 編）では平均 180 語（内、約 20% 忘却）の新語を学習することを想定しているからである。

「外郭システム」を構成する 25 セットの中核システムを学習することにより、誰でもが

500 点の連続的な上昇を得られるということはまだ検証されていない。しかしながら、千葉大学外国語センターでは 13 セットの中核システムによる指導が実験的に行われており、そのうち 8 セットの中核システムと 2 セットの語彙指導システムを 2 年 3 か月（正味 360 時間）にわたり自主的な学習という形で使用した学生がいる。この学生は、自習をスタートする前に 480 点であった TOEIC の得点を 430 点上昇させ、910 点に到達している。この結果は「外郭システム」の効果検証実験の一部として受け入れることができるであろう。つまり、8 セットの中核システムと 2 セットの語彙指導システムの学習（正味 360 時間）で 430 点の上昇が得られたということは、「25 セットの中核システムの学習、4 年間、500 時間の学習で 500 点上昇し、730 点への到達は可能であろう」とする筆者らの「仮説」が検証される可能性が高いことを示している。

次に、それぞれに効果の検証、または推定がなされている中核、外郭の 2 層からなる教育システムを使用した工業英語の指導方法と、期待される効果を検証するために行った研究を解説する。

5. 工業英語の指導

5.1 指導システム

第一に行うべきことは、3.1 で仮定した各教材の、外郭システムへの最適な配置を推定することである。本研究では、この推定の基準として、教材に出現する新語の数を採用した。それは、多くの研究（吉田他,1996）⁷⁾で英語運用能力のレベルの低さは語彙不足に起因していることが指摘されているからである。さらに、工業英語の特徴が「情報を分かりやすく、論理的に、そして簡単に表現する、具体的で一貫性のある書き方」にあることを考えれば専門用語の理解が重要なポイントとなるからである。

まず、3 種の素材（F P, F A, JASA）の難易度を測定し、今日の大学新入生に指導する教材として相応しいレベルの素材であるかどうかを考察するため、各素材から延べ 4,000 語分の英文をサンプルとして抽出し、そこに使われている語彙をコンピュータで分析した。3 種の素材ではそれぞれ 718 語、668 語、1,023 語の異語が使われていたが、それらの語彙と大学入学までに学ばれると推定される 3,400 語の差集合を求めると、269 語、297 語、572 語が未習語として残ることが判明した。各素材を 20 編に分割し、20 レッスンで学ぶとすると、レッスンあたりの新語は 13.4 語、14.9 語、28.6 語となり、Higa(1965)⁸⁾の指摘する、伝統的な指導法でのレッスンあたりの適切な新語数（6～7 語）をはるかに越えてしまう。我々の開発した中核システムを用いても、指導の限度と推定されている 10 語を越えているため、仮定した 3 種の素材はいずれも大学入学直後から指導する教材としては難しすぎることを判明した。

つぎに、仮定した各素材を外郭システムの配列の中で指導するのに最適な位置付けを推定するために、大学入学時の語彙力として推定した語（3,400 語）だけでなく、千葉大学で開発された教育用語彙リスト（S5,000）の語が学習されると仮定した場合を設定してみた。各素材の異語と S5,000 のリストに含まれる語彙の差集合を求めることによりデータを得たものである。その結果、S5,000 のリストを学習した後で未知語として残る語は、3 種の素材（F P, F A, JASA）それぞれに 134 語、171 語、357 語であり、これらを 20 レッスンに分割して指導する場合は 6.7 語、8.55 語、17.9 語となる。これらのデータから、各レッ

スンの新語を 10 語以下に抑えることを基準にした場合における，外郭システムの最適な教材配列を図 1 に示す。

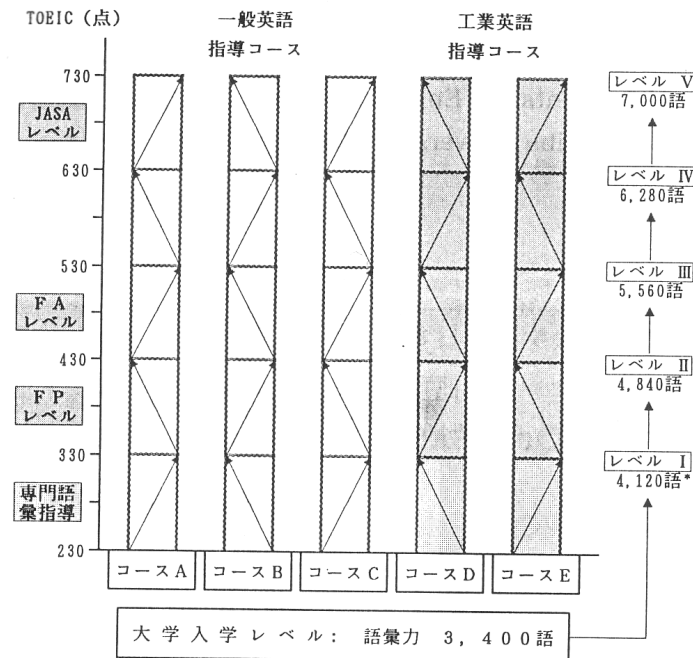


図 1 教材の複数化（レベル ~ ）と複線化（コース A ~ E）構想による外郭システムと，語彙力の増強計画（*1 セットあたり約 180 語の新語が出現する中核システムを一レベルで 5 コース学習すると 900 語学習することになる。そのうちの 80% が定着すると仮定すれば 720 語となる。レベル では大学入学時の語彙力 3,400 語にこれを加え，4,120 語となる）

これまで考察してきたように，この外郭システムに工業英語の教材を組み込むとしても，レベル から導入することは，現状では明らかに無理である。しかし，レベル での工学系の語彙の補充学習分を含め，学習者の語彙数が 4,120 語に増えているレベル の中核システムの一つとして FP 程度の教材を，そして，4,840 語に増えているレベル の中核システムからは F A 程度の教材での指導を開始してレベル へと繋げる。さらに，6,280 語の学習が終わっているレベル の中核システムの一つとして JASA 程度の教材の学習を開始することは可能である。このために効果的に指導できる語彙指導用 C A I システムも千葉大学で開発されている（Takefuta, 1997）⁹⁾。

このようにして，工学系の語彙や内容を序々に増やしていき，その時々で学習者のレベルに相応しい教材を提示することにより，各レッスンで遭遇する新語の数は 10 語前後に抑えることができ，無理のない学習が可能になる。中核システムを構成する教材の英文テキストは，短いものから始め，徐々に長いテキストへと移行していく必要があることは言うまでもない。さらに，中核システムのコース D，レベル ~ を専門用語の指導を含めた「工業英語で書くこと」の指導にあてれば，より専門色の濃い工業英語教育が可能になる

であろう。コース D, E での工業英語の学習をコース A, B, C での一般英語の学習と並行させれば、基礎力のない学生に工業英語は教えられないとする実務経験者の悩みも解消できる。

5.2 到達レベルの推定

本研究で仮定した教材用の素材 (FP, FA, JASA) の難易度レベルを、さらに客観的なデータを使用して比較、推定するため、工業英語検定の素材で使われている語彙を 3 種の教材の素材と同様の方法で分析した。その結果、高校までに指導されない語彙は工業英検 1 級の問題でも 301 語に過ぎないことが判明した。さらに、S5,000 を補充学習したと仮定すれば、未知語は 268 語以下に減少することも判明した。これは、工業英検 1 級のテスト用素材で未知語として残る語の数が、もっともレベルの高い素材と測定された JASA の未知語 (357 語) よりはるかに少なく、英語としての難易度は決して高くないことを示す。このことは、図 1 に示した外郭システムでの指導が実現できれば、大学在学中に工業英検 1 級を取得させることも不可能ではないことを示唆している。

5.3 学習時間の計算

図 1 のシステムで想定している 500 時間という所要時間は、4 年間に 8 単位の学習で十分に確保できる。それは以下のような計算による。まず、2 単位の演習科目は、通常、90 分の授業を年間に 30 回開講するので、延べ 45 時間となる。8 単位分ではこの 4 倍であるから 180 時間となるが、大学での単位計算の際には、通常 1 時間の授業に対して 2 時間の予習、復習をすることが前提とされている。そこで、その分を含めると、540 時間が英語学習のために使えることになる。したがって、仮に大学入学時に TOEIC 230 点程度の極めて低い英語力であったとしても、8 単位の適切な指導により 730 点程度にまで英語の総合力を向上させることができ、しかも工業英語にも堪能な英語力を養成できると言えることになる。

6. まとめ

成功していないと言われる工業英語教育の問題点を総合的に観察し、その教育を成功させるための具体的な教育システムを提案した。システムの目標を、英語圏の大学で使用されている工業英語関連の教科書の理解、TOEIC 730 点、TOEFL 550 点、工業英検 1 ~ 2 級の合格、と明示した上で、システムの構成に不可欠な要素である教材、中核システム、外郭システムの内容を定義した。さらに開発、定義されたシステムの中心部分の機能を実験的、理論的に検証した上で、提案されたシステムの実現により、工業英語の教育が成功する可能性の高いことを示した。

参考文献

- 1) Morley, J., "Trends and Developments in Listening Comprehension: Theory and Practice," Georgetown University Roundtable on Language and Linguistics, 1990, 317-337.
- 2) 中條清美・竹蓋幸生：学習語彙の有効度，言語行動の研究，第 3 号，千葉大学英語学・言語行動研究会，116-122 (1993)。
- 3) 中條清美・竹蓋幸生：現代英語のキーワードプラス 2000，言語行動の研究，第 4 号，

- 千葉大学英語学・言語行動研究会, 25-38 (1994).
- 4) 日野照純: 専門連携コースを教えて, 千葉大学外国語センターNewsletter, 2, 4 (1997).
 - 5) Laufer, Batia: How Much Lexis Is Necessary For Reading Comprehension?, In Arnold, P.J.L., and Bejoint, H.(eds.), Vocabulary and Applied Linguistics, Macmillan, 1992, 129-132.
 - 6) 竹蓋幸生: 英語教育の科学, アルク (1997). 118-127.
 - 7) 吉田国子・渡辺敦子・山戸衣絵: 英字新聞の効果的活用法, 時事英語学研究, 日本時事英語学会, 35, 109-127 (1996).
 - 8) Higa, Masanori: The Psycholinguistic Concept of 'Difficulty' and the Teaching of Foreign Language Vocabulary, Language Learning, 15, 3 & 4, 167-179(1965).
 - 9) Takefuta, Junko, "Development of Courseware for Teaching Vocabulary to Japanese College Students of English," M.A. Thesis Submitted to Chiba University, 1997.

著者紹介

竹蓋 順子

1995 年 青山学院大学文学部英米文学科卒業
1997 年 千葉大学大学院教育学研究科修士課程修了
現 在 千葉大学大学院自然科学研究科博士後期課程在学中

竹蓋 幸生

1964 年 米国オハイオ州立大学大学院修士課程修了, M.A.
1966 年 同大学大学院 博士課程修了, Ph.D.
現 在 千葉大学教育学部教授, 同大学院自然科学研究科教授