

No.77

April 25, 1998

Information

講 演

1997年11月17日（月）・第93回談話サロン（東京・弘済会館）

講師・演題

James R. Eifert：「米国工学教育の新しい流れ」

通訳／注釈 札野 順

社団法人

日本工学アカデミー

THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

「米国工学教育の新しい流れ」



James R. Eifert
(ジェームス・R・アイファート)

1943年 米国オハイオ州生まれ
1965年 ノートルダム大学（冶金工学専攻）卒業
1967年 オハイオ州立大学大学院修士課程（冶金工学専攻）修了
1973年 オハイオ州立大学大学院博士課程（冶金工学専攻）修了・Ph. D. 取得
1972年 ローズ・ハルマン工科大学講師（機械工学）
1980年 同大学助教授を経て、教授（機械工学）就任、現在に至る
1981年 同大学学務担当副学長兼教務部長就任、現在に至る
1997年10-12月 金沢工業大学客員副学長

その他、米国の工学教育界で活発な活動が続けている。これまで、歴任した役職には、米国工学教育協会工学部長会執行部委員、同協会全国大会プログラム委員長、プロフェッショナル・エンジニア協会教育諮問委員会メンバー、ファウンデーション・コアリション理事長などがある。現在は、現職のまま、オーリン工科大学設立に向けて、オーリン財団のコンサルタントを務めている。



札野 順
(ふだの じゅん)

1956年 大阪府生まれ
1980年 国際基督教大学教養学部理学科（物理学／科学史専攻）卒業
1982年 同大学大学院教育学研究科博士前期課程（理科教育）修了
1987年 オクラホマ大学大学院修士課程（科学史専攻）修了
1988年 スミソニアン研究所国立アメリカ歴史博物館研究員
1990年 オクラホマ大学大学院博士課程（科学史専攻）修了・Ph.D. 取得
1990年 金沢工業大学工学部助教授（科学技術史）
1992年 同大学企画局国際交流室長 現在に至る
1994年 同大学教授（科学技術史） 現在に至る

研究分野：科学技術史（特に、19世紀後半から20世紀初頭の物理科学の制度史）、大学制度史、科学技術論、工学倫理など。

司 会（堀 幸夫副会長・会員選考委員長） 定刻になりましたので、談話サロンを始めさせていただきます。私は、司会を仰せつかっております堀でございます。

本日は、天候の悪いところを多数ご出席賜りましてまことにありがとうございます。ご案内にもありますとおり、「米国工学教育の新しい流れ」ということで、ローズ・ハルマン工科大学副学長のジェームス・R・アイファート先生にご講演をいただきます。

アイファート先生は、10月1日から本年いっぱい、金沢工業大学に客員副学長としておいでになっていらっしゃる。

ローズ・ハルマン工科大学というのはあまり聞いたことがないという方も多いかと存じますが、アメリカには我々がよく知っている大学のほかに、というか、我々が知っているのは普通、研究大学といいますか、大学院があるような大学でありますけれども、それ以外に、学部重点を置いている大学がたくさんありまして、その中にも非常に

優秀な大学がたくさんあります。このローズ・ハルマン工科大学というのもその一つで、学部に重点を置いた大学の中のトップクラスの大学であります。そういうところの卒業生は、後に、大学院を持った研究大学の大学院に進んでいくというようになっておりまして、アメリカには結構たくさんありますが、その一つというわけです。

アイファート先生はそこの副学長を務めておられますけれども、アメリカの工学教育協会の工学部長評議会というんでしょうか、エンジニアリング・ディーンズ・カウンシル (Engineering Deans' Council) の主要なメンバーであり、また我々もよく聞く「ABET 2000」の中のアプリケーションの問題などについて、アメリカにおいて非常にお詳しい方いらっしゃると思います。そういうことで、今日は特にご講演をお願いしておる次第でございます。

札幌先生には、昨年、ルーゲンビール先生の講演の時にも通訳（注釈）をお願いいたしました。先生は金沢工業大学で技術史とか科学史、あるいは最近ですと工学倫理の問題などをご専門にしておられます。英語に非常にご堪能であって、またアイファート先生とも接触が多いので、アイファート先生のお考えもよくご存じでいらっしゃるということで、本日も、通訳といっても逐語訳ではないかもしれませんが、適宜注釈をつけて理解しやすいようにご説明いただくと、そのようにお願いしてございます。

それでは、早速アイファート先生にご講演をいただきたいと思います。

アイファート　こんばんは。初めまして。金沢工業大学のアイファートです。

[注：以下は、アイファート氏の講演内容を要約しながら、通訳された内容を口述筆記したものである。氏の講演全体については、本冊子に掲載する英語の全文を参照のこと。]

きょうの話のアウトラインといたしましては、まず最初に、過去10年ほどの間にアメリカの工学教育はどのような変革を遂げてきたか、また、いま起こりつつある変革について、私見を述べさせ

OHP 1

Outline

- Changes on the Horizon
- What Is Causing the Changes?
- Who Is Defining the Changes?
- What Changes Have Been Made?
 - Talk
 - Demands for Action
 - Offers of funding
 - Things people are doing

ていただきます。次に、そのような工学教育の変革をもたらした諸要因について議論したいと思います。第三には、どのような人々が工学教育の変革を定義づけているのかについて述べたいと思います。そして、最後に、既に起こっている変革の具体例についてご紹介させていただきます。

〈工学教育に起こりつつある変革〉

OHP 2

Changes on the Horizon

- Changes come over a long time period
- Best result: realize change is a continuous, beneficial process

まず最初に私が指摘したいことは、1990年代は、米国の工学教育にとって重大な変革の時期と考えられるようになるだろうということです。これらの変革は、既に10年ほど前から行われてきました。しかし、完全に実施されるようになるには、まだ10年程度かかるでしょう。これらの改革の最も重要な成果は、工学教育が時代に合わせて変わっていくことが健全であり、そして、その必要があること、また、継続的なプロセスであるべきことを、アメリカの工学教育関係者が理解しはじめたということです。つまり、「工学教育は変わらなければいけない」という共通理解が、工学教育関係者の間で共有されるようになったことが、最近の変革の一番重要な結果であると思います。

What is Causing the Changes?

■ Changing World

- Changes in politics
- Changes in communications
- Changes in access to energy

■ Changing Knowledge Base

- More things to know
- More information about new things

では、どのような要因が工学教育に変革をもたらしてきたのでしょうか。まず、我々を取り巻く世界そのものが変化している点を指摘できるでしょう。この点に関しては、様々な変化をあげることができると思いますが、最も重要なのは、次の三つの分野における変化ではないでしょうか。

まず第一に、政治における変化です。例えばソビエト連邦の崩壊や香港の返還に代表されるような大変革が、最近どんどん起こってまいりました。その結果、数年前には不可能だと思われたことが、政治の世界で可能になりつつあります。

また、いろいろな国際的連携、例えば NAFTA や APEC、あるいは EU や NATO などの国際組織が大きくその姿を変えつつあります。

また、単に政治の組織、国々の同盟のあり方だけが変化しているわけではなく、その変化が産業界の連携の形も変えつつあります。例えば、日本の自動車業界とアメリカの自動車業界は、かつては互いに激しく競い合っていました。しかし、最近では三菱とボーイングが共同で飛行機を開発するというようなことが起こっています。また、私が住んでいるインディアナ州では、新日鐵とインランドスチール社が新しい会社を共同で設立しました。このような現象が起こってくると、数千年前に人間がそれを発明して以来、我々がしがらみと感じてきた国境というものが全く意味がなくなりつつあるのではないかと思います。

二つめの大きな変化は、情報通信における変化です。例えば、現在では、CNN やその他の衛星通信を使った放送局が、世界の様々な情報を瞬時に

世界中に伝えております。70年代や80年代までは、それぞれの国は、情報の面からみると孤立して存在していたといえるでしょう。しかし、いまでは、情報はすぐにほかの国に伝わってしまいますので、もし誰かが嘘をついたり、あるいは誤った情報を伝えることはもうできなくなっています。これはもう不可逆な変革で、この流れというのは止められないと思います。

こういう情報通信における変革が、政治や国々のあり方を変えただけではなく、産業、商業、ファッションや食べ物、人々の感情、その他すべてのものを変えてしまいます。今朝、金沢の自宅でテレビを見てみると、一瞬にして日本中の天気を知ることができました。しかも、どういふ木々がその葉の色を変えているかを見ることができました。いまでは、「熱帯雨林で蝶が羽ばたくとエルニーニョ現象の様子が変わる」という表現に代表されるように、すべての事柄が情報で結びついている。そういう時代になっています。

三つめの大きな変化は、エネルギー源へのアクセスが増大したことです。例を一つ挙げますと、現在では、2億円出せば10メガワット級の発電所を一基、世界中、人間が生存するところならどこへでも「配達」してもらうことができます。そして、石油さえその発電所に供給できれば、そこに産業を起こすことができます。労働に伴う人件費の安い地域、あるいは原材料が容易に入手できる場所、市場に近い地方、どんなところでも、産業を起こすことができます。昔は、しっかりとした石油のパイプラインがなければ発電所を持ち、産業を起こすことはできなかったのですが、いまでは世界中のどこでもできるのです。

世界の化石燃料に限界があることは充分承知しております。私がここで強調したいのは、現在では、世界のいかなる地域でも、エネルギー源にアクセスできる、そういう時代になってきているということです。これはちょうど遠隔地との通信が、いまでは電話線がなくてもできるのと同じで、どこへでもパイプラインなしにエネルギー源を運ぶことができるようになると思います。

ここまで、様々な例を挙げて、世界が大きく変化しているということを強調してまいりました。

では、これらの変化は、我々、工学教育関係者にどのようにかわってくるのでしょうか。

我々は産業界の大物でも政治家でもありません。我々は教員であり、研究者であり、そして、最も重要な点は、教育カリキュラムを開発する責任を担う者であるということです。我々が現在育てている学生諸君が、その力量を問われる世界は、20年前、もしかしたら10年前に我々が考えたものとも全く違う世界であるわけです。したがって、そのような新しい環境の中で活躍できる人材を育成できるようなカリキュラムを開発する責務を我々は担っているのです。

現在のように想像力と独創性を発揮すれば、国と国との境など問題にならないグローバルな環境の中で活躍できるエンジニアを育てなければならないのです。これまでの世代のエンジニアにとって制約であった事柄は、消滅しているか、あるいは本質的に変容しています。こういう新しい世界、どんどん変わりつつある世界の中で、我々が育てたエンジニアは、この刺激の中から形成されるシステムを創造し、管理し、方向付け、そして継続的に再構築していかなければいけないのです。それが21世紀のエンジニアの仕事なのです。そのような成果を産み出すことのできるエンジニアを育てるためには、過去の、すでに「固定されてしまった道具」だけでは不十分です。

工学教育に変革をもたらしている第二の大きな要因は、情報、知識基盤にかかわる変化です。知識基盤の二つの側面が変革を促しています。一つは新しい知識の創造、そして二つめは、新しい知識の普及です。

例えば1963年にデリック・プライスという科学史家が、『リトルサイエンス・ビッグサイエンス』という本の中で、1963年の時点では、それまでに地球上に存在したすべての科学技術者のうちの80%の人が現存していた、という統計的な結果を発表しました。この現存する科学技術者の割合は、現在1997年ではもっと高くなっているはずです。つまり、科学技術者の数は指数関数的に増加しているわけです。こういう専門家たちは、以前の世代よりもはるかに洗練された、生産性の高い「道具」を自由に使うことができるのです。その結果何が

起こるかという、我々の知識が加速度的に増え続け、また、我々ができることがどんどん増えていきます。例えば、スペースシャトルが宇宙空間で何か故障を起こしたら、すぐに緊急救助隊を送ることができる、そんな時代になったのです。

こうして産み出された新しい知識に関する「メッセージ」を我々はお互いに驚くべき割合で送り出していて、しかも、そのペースはどんどん速くなっています。一例として、北米におけるインターネットのユーザーの数を考えてみましょう。1993年1月の段階で、ユーザーの数は130万人にすぎませんでした。それが1995年には480万人になっています。そして1997年1月には、1,600万人。これが1998年の1月には2,500万人になると予想されています。つまり、毎年70%から120%の年間増加率で急増しているわけです。

こうやってインターネットを使っている一人一人が、何か出版をしている、情報をつくりだしていると考えてください。そうすると、それだけの数の出版社が存在することになります。それだけ情報が生まれているわけです。マイクロソフトのビル・ゲイツ氏によると、これは誰でもが出版界に参入できる、そういう状況であるといえるのです。

ここで述べた知識基盤の二つの側面を考慮すると、これから新しいことを学ぼうとする学習者にとっての大問題があることがわかります。つまり、「学ばなければならない新しいこと」は急速なペースで産み出されているわけです。また、「この学ばなければならない新しいこと」を、耳をつんざくような騒音ともいえる膨大な情報の大海の中から、選び出さねばなりません。これは大変難しいことです。

これまで述べました様々な変化、つまり、世界における変化や知識基盤における変化、こういった事柄をすべて考慮してみますと、我々、工学教育を担う者は大問題に直面いたします。つまり、我々が教育する将来のエンジニアは、西暦2050年を越えて仕事を続けていくわけですが、そういう人たちを育てるためには、一体どのような工学の教育プログラムを開発し、実践していけばよいのでしょうか。これは我々にとって大きな問題です。

情報は爆発しておりますし、コミュニケーションはオーバーロードしております。でも、そこには、無限の可能性があるのであります。常に急激な変化が起こっています。なんという無秩序な状態でしょう。しかし、見方を変えると、本当に能力がある人にとっては、これほどすばらしい世界はないわけです。我々工学教育にかかわる者の本質的な使命は、若い人たちがこのすばらしいゲームをプレーできるように、彼等を準備することなのです。ルールもまだわからないような新しいゲーム、そんなゲームをプレーできるように若者達を準備してあげること、これが工学教育にかかわる者の重要な使命なのです。

〈変化を認識し、米国の工学教育システムを変革しているのは誰か〉

OHP 4

Who is Defining the Changes?

■ Everyone!!

- Society, Industry, Faculty, ABET, NSF, etc.

■ What do they agree upon?

- World is changing
- Knowledge/Communications explosion
- Engineering colleges must respond
- Must assess and evaluate programs
- Process is iterative

こういった環境の中で、工学教育を変革させている人たち、変革が必要だと考えている人たちは一体どういう人たちなのでしょう。答えは、工学教育にかかわるすべての人たちであると言えます。変革の必要性を認識しているのは、社会全体であり、産業界であり、工学教育にかかわる教員や行政担当者であります。また、全米科学財団や、アメリカの工学教育の認可組織である ABET はもちろんこれを考えておりますし、私的な財団もそうです。その他もろもろの人たちが、とにかくいま工学教育をここで変えなければいけない。世界の変化に対応して、工学教育も変わらなければいけないということを考えています。もちろん、それぞれのグループが違った考え方を持って、違ったバイヤスを持っているわけで、それぞれが本当にどんなことを考えているかということをお話し

するのは困難ですが、こういう人たちが全体として、少なくともこの OHP 4 に示したような項目に同意しているといえるでしょう。

まず、第一には、すでに先ほどから議論しております点、つまり、世界が変わりつつあるという認識です。

第二のポイントは、知識とコミュニケーションの量が爆発的に増えていることを認識している点です。こういう状況の中では、いままでのようにまとまった知識の体系を単に伝達することが、工学教育によってもたらされる、最も重要な付加価値であるというような考え方は、もうこれから先は成り立たないのです。このことを、工学教育にかかわるすべての人たちが同意していると思います。

第三に、こうやって急激に変化する環境の中で、工学部は、あるいは工学教育プログラムを擁する大学は、その変化に対応して、工学教育のシステムを再構築するという大事業に挑戦していかなければならないという認識です。ただ単に傍観しているだけでは駄目だということです。

第四に、ただ単に工学教育システムを改革するだけではなくて、実施した改革が、本当に自分たちがもともと望んでいた結果を生み出しているかどうかを測定して評価するプロセスが必要であることについても合意しています。

最後に、こういう変革のプロセスは円環的で繰り返されていくものであり、しかもそれがいままでよりもはるかに速いペースで変わっていくということに関して、すべての人たちが合意していると思います。

〈実践された具体的な改革〉

OHP 5

What Changes Have Been Made?

- Talk
- Demands for action
- Changes in what agencies will fund
- Changes in what people are doing

Talk

- National Academy of Engineering
- National Research Council
- National Science Foundation
- American Society for Engineering Education
 - Engineering Deans' Council
 - Corporate Roundtable

それでは、これまでにどのような変革が既になされてきたのでしょうか。

まず最初に起こったことは、いろいろな形での議論です。様々な団体、例えば、米国工学アカデミー、全米科学財団、米国工学教育協会などが、どういう工学教育が今後必要であるかということテーマに報告書を出しています。アメリカの工学教育協会ももちろん新しい時代における工学教育はどうあるべきかということを議論しています。

Demands for Action

- Public
- Regional Accrediting Agencies
- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)
 - Criteria 2000
 - Shift from Inputs to Outputs
 - Shift from Teaching to Learning
 - Demonstrate Competence Not Document Experience

普通は、何でも一番最初にそういう話し合いが行われます。ときには話し合いだけで終わってしまうこともあります。今回の場合はそうではありませんでした。次に、そうやって話し合ったことを実際の行動に移せという要求が、いろいろなところから出てまいりました。

まず第一に、一般大衆からの要求が出てきています。一般大衆の代弁者たちは、ここ数年、様々な種類のプログラムに関してアカウンタビリティ、説明をする責任といいますか、自分たちがやっていることを説明する責任をより強く求めはじめました。そして、やったことをちゃんと測定し

て評価する、こういうことをしっかりとやりなさいという要求がどんどん出てきています。

第二には、教育機関により直接的に関係することですが、大学認可（アクレディテーション）を行う組織からの要請があります。アメリカの大学に関するアクレディテーションには、大学全体を認可する各地域ごとの組織によるものと専門分野ごとの教育課程を個別に認可する組織によるものの2段階がありますが、大学全体を認可するアクレディテーションの機関が、1980年代の後半から、各大学に自らの教育プログラムを測定・評価することを要求しはじめました。そして、1990年代に入って、我々にとって一番関心の高いABET（Accreditation Board for Engineering and Technology）という工学系のプログラム（教育課程）を認可する組織が、大学全体に関する地域の認可組織のやり方に従いまして、新しい認可基準をつくり上げました。これが「クライテリア2000」と呼ばれるものです。

この「クライテリア2000」というのは、過去数年にわたって、工学教育に関係する様々な人々が、会議やワークショップを通して論議を尽くしてきた結果です。クライテリア2000というものは、認可を受けようとする教育プログラムは、単に「こういうことを持つてなければいけません」というリストではありません。クライテリア2000というものは、ABETのアクレディテーションの考え方を根本的に変えるものなのです。

それはどういうものかといいますと、いままでの認可基準では、インプット、つまり、どういうことを教えるかが重要でした。しかし、今度はアウトプット、要するに、その教育プログラムを修了して、学生が一体何ができるようになったのか、どういう能力を持ったのかということを重視するようになりました。かつてのABETのクライテリアというのは、何を教えて、どういう順序で教えてということが非常に細かく決められていました。何を教えるかが中心だったわけです。そうやって細かく決められていたので、そこから違ったことを教えようとするプログラムを持っている大学は、認可を受けられないかもしれないという大きなリスクを背負うことになりました。その結果として、

アメリカ中の工学教育というのは、どこの学校へ行ってもよく似ている、あまりほかのところと違うものになっていったのです。しかも、どういう学生を育てていたかという、1960年代あるいは1970年代の古い時代の産業界で仕事ができるような、そういう人たちを育てていたのです。それは西暦2010年あるいは2020年の世界で活躍できるような人を養成するような教育ではありませんでした。

新しいクライテリア、クライテリア2000というのは、教育の成果を重視する、そういうクライテリアです。ですから、認可を得ようとするそれぞれの大学は、その教育プログラムを修了した段階で、卒業生がどれだけのことが、どういうことができるかということを実証する必要性に迫られています。最近 ABET の専務理事でありますジョージ・ピーターソン博士は、「クライテリア2000によるアクレディテーションは、学生に何を教えたかを基に判断されるものではなく、学生が一体何を学んだかを基礎にするものである」と述べています。

きょうお集まりの先生方もクライテリア2000についてはよくご存じだと思いますのであまり詳しい

OHP 10

Criteria 2000, Continued

- Know contemporary issues
- See global & societal impacts
- Engage in life-long learning

- Basic math/science; general education; design
- Enough, competent faculty
- Adequate, appropriate facilities
- Sufficient \$ and leadership
- Meet specific program criteria

ところまでは入らないようにしたいと思います。クライテリア2000で一体どんなことが要求されているかは、お手元の資料（OHP 8～10）に概要を挙げておりますが、それぞれの教育プログラム、そこに挙げてあることを実施していることを実証しなければならないことになっています。（ご存じのように、ABET のアクレディテーションというのは、各専門、例えば機械工学なら機械工学の教育課程が認可を受けるわけです。工学部全体ではありません。）

まず一つは、各プログラムの教育目標、一体何を教えたいのかということを明確にする必要があります。また、その教育目標そのものを状況に合わせて修正・改善していくためのプロセスを持たなければなりません。そして、その教育目標を外部的に公表しなければなりません。同時に、その目標を達成するために適正なカリキュラムをつくらなければなりません。そして、自分たちがやっていることが本当に正しいのかどうか、それを測定して評価するためのシステムを持たなければなりません。

次に、その教育プログラムで学ぶ学生たちが、設定された教育目標を達成できるようなプロセスをたどっているかどうか、それを評価できるようなシステムをつくりなさいということが言われております。

さらに、一番我々にとっては頭が痛いのですが、そのプログラムを卒業したすべての卒業生、平均ではありません、すべての卒業生が、ここに挙げているようなさまざまな能力を持っていることを実証しなければなりません。詳しいことは時間が

OHP 8

Engineering Criteria 2000

- Educational Objectives:
 - Process to establish and revise objectives
 - Publish objectives
 - Curriculum to achieve objectives
 - Evaluation to improve and demonstrate achievement of objectives
- Advise, monitor and evaluate students to ensure objectives achieved

OHP 9

Criteria 2000, Continued

- Show graduates able to:
 - Identify/solve engr. problems
 - Apply knowledge of math, science, engineering
 - Use modern engineering tools and techniques
 - Design/conduct experiments; analyze data
 - Design system, component, or product
 - Function on teams
 - Communicate effectively
 - Know professional/ethical responsibilities

ありませんので言いませんが、後で、もしご興味があるようでしたらこの点について議論したいと思います。

昔は、例えば教員の数に関しては、5名いればいいとかいうふうな形で、数が決められていたのですが、いまは、自分たちが目標とすることを達成するのに十分な数の教員を持っていなければいけない。その「十分な量」というのが一体どれくらいなのか、これは決められていないわけです。

ここでいろいろな基準が出てきますが、一番大事なポイントは、以前の基準というのが、学生たちが大学でどのような学習経験を持ったかということを書きによって示すこと、これが要求されていたわけですが、今度の新しいクライテリア2000では、卒業生が一体どういうことが出来るか、どういう能力を持っているか、これを実証しなさいということに変わってきています。これが一番大きな変化です。

〈財団などからの助成対象の変化〉

OHP 11

Changes in What Agencies Will Fund

- Programs are funded, not schools
- Major agencies agree on some things:
 - Lasting changes at the core
 - Industry involvement
 - Resource sharing
 - Reduce cost
 - Assist underrepresented groups

こういう教育関連の改革の場合、アメリカでは、自分の大学でお金を出すということができませんので、外部から資金をもらってこななければいけません。例えば NSF とかいろいろな助成を行う財団がありますが、こういうところが、1980年から90年ぐらいいかけて、工学教育を変えるならばお金を出してもいいですよということを言っていました。そういうお金を出してくれるところが同意していたことは、いろいろな形があるのですが、OHP11に挙げているようなことがあるわけです。

第一に、彼等が望んだことは、工学教育の本質そのものを変えるような、そういう工学教育の中核を抜本的に変える新しい試みでした。そういう試みに対してはお金を出しましょうと言ってまいりました。

二つ目は産学協同の促進です。アメリカでは、工学の教育に産業界が口を出すということはあまりなかったのですが、最近、とにかく産学協同でやっていく、そういうような教育プログラムにお金が出るようになってまいりました。

第三に、資源の共有の必要性です。既に自分たちが持っている資源を共有する。大学の中でそれぞれの違った学科、学部が共有するというだけではなくて、違った大学同士が連合を組んで、資源を共有することを推奨しております。

第四に、コストの面から教育の効率を上げることです。教育のためのコストは、過去数十年の間にアメリカではうなぎのぼりに高くなってきていたわけですが、これをできるだけ減らすような方向での教育改革を行うことを要求しています。

最後に、少数派の人たち、例えば女性ですとか、黒人ですとか、もともと工学部にあまり行かなかったような人たち、そういう人たちにもっと工学部に入ってもらえるような改革、これに対してお金を出しましょうというようなことを言いはじめました。

〈改革の具体例〉

いろいろ申し上げてきましたけれども、次に、いま実際どんな改革が起こっているかということについてお話ししたいと思います。

工科系の大学が、変革が必要であるという自らの確信、そして外からの要求に呼応して自分たちを変えてまいりました。その結果はさまざまな形で現れはじめておりますが、きょうは、いくつかの例に絞ってお話したいと思います。一つは、教育改革のための大学連合の試みです。複数の大学が、新しい工学教育のために連合を組織し、改革に着手しましたが、その中から数例をご紹介します。その後で、ある財団によって実行に移されたより劇的で果敢なステップ、つまり全く新しい大学の創設についてお話しいたします。

Changes in What People Are Doing

- Formal Alliances
 - Focused purpose: EAGLE
 - Broad purpose: NSF Coalitions
- Informal Alliances and Exchanges
 - International Symposia on Engineering Education for the 21st Century
- The Franklin W. Olin College of Engineering

いくつかの大学が連携して、工学教育の改革にあたるというのはかなり有効な方法ですので、さまざまな試みがなされつつあります。その中でも、目的が明確で、焦点がしっかり絞られているものとより広範で一般的なものがあります。非常に焦点がはっきりしている連合の好例としては、Engineering Alliance for Global Education (EAGLE) というのがあります。国際教育のための工学部連合とでもいえるのですが、この試みについてご紹介します。そして、もっと一般的

Engineering Alliance for Global Education (EAGLE)

- Formed in 1990 by 17 Colleges
 - Illinois, Wisconsin, Cal-Berkeley, Cornell, North Carolina State, Georgia Tech, Texas, Temple Texas A&M, Rose-Hulman, Michigan, Vanderbilt, Lehigh, New Mexico, Washington, Carnegie-Mellon, and the State University of New York at Buffalo
- Now available to all US engineering colleges through the American Society for Engineering Education

なものとしては、NSF が支援するいくつかの大学連合（コアリション）があります。このコアリション全般についてご紹介し、その中の一つであるファウンデーション・コアリションについて詳しくお話したいと思います。

一番最初の例は、EAGLE と呼ばれる組織ですが、これは1990年にでき上がりました17の大学の連合体です。加盟している大学の名前は OHP13 に書いてありますが、皆さんよくご存じの大学が多いと思います。

このプログラムの目的は、能力のあるエンジニ

アであって、かつ、国際的な視野を持った人材を育成しようとするものです。アメリカ人のエンジニアが国際的な視野がないということがいろいろなところで批判を受けまして、それに反応する形でできたプログラムです。これは現在ではアメリカの工学教育協会を通して、すべての工学部の学生に開かれたプログラムになっております。

もともとこのプログラムを運営していたのはローズ・ハルマン工科大学ですが、ローズ・ハルマン工科大学が過去7年間に、350人以上の学生たちにこの EAGLE の教育を提供してまいりました。

EAGLE Activities

- Rose-Hulman runs program
- >350 US engineers
- 60% of new US engineers with Japan experience
 - >100 worked in Japan for year
 - Many formats and partners
 - Best arrangement with the IJST program at Kanazawa Institute of Technology
 - IEST at KIT is first "mirror image" program

これはどんなプログラムかといいますと、米国の工学系学生が、9週間、日本に来て集中的に日本語と日本文化の学習をするプログラムです。このプログラムに参加するためには少なくとも1年間、大学レベルの日本語を履修していなければなりません。この350人の EAGLE の修了生というのは、実は、この7年間の間、アメリカのすべての工学部卒業生の中で日本での経験を持っている人の60%に当たるのです。しかも、100人ぐらいは、EAGLE の教育が終わった後に日本の企業などで仕事をしながら、実際さらに深く日本について学んできています。

EAGLE は、いろいろな機関とパートナーを組んで仕事をしてきたのですが、一番うまくいったのは金沢工業大学との連携でした。金沢工業大学では、毎夏、Intensive Japanese Program for Science and Technology と呼ばれる科学技術日本語の集中教育プログラムを実施しておりまして、このプログラムと EAGLE が合体することによって、非常にコストエフェクティブで、かつ高い水

準の教育を施すことができるようになりました。
また、金沢工業大学では、このプログラムのミ
ラー・イメージとして、つまり、日本人の工科系
学生に、アメリカでの科学技術英語と文化の学習
を中心とした経験をしてもらうための教育プログ
ラムを開発しています。

EAGLE は国際社会で活躍できるエンジニアをつ
くろうという目的が限定されたプログラムですが、
それとは違った形で、より広範な工学教育の改革
に取り組んでいる大学連合体があります。これは、
全米科学財団が、アメリカの工学教育を変えてい
く上で大学連合体をつくってください、そこに充

OHP 15

NSF Engineering Coalitions

- Require Sustained, Systemic Change
- Eight Funded From 1990
- Each Coalition Received \$15 million for a five-year period
- Each coalition required to match with \$15 million from other sources
- Eligible for additional five-year grant

分なお金を出しましょうという呼びかけの結果で
す。その中で全米科学財団は、ただお金を出すだ
けではなくて、こういうことをやってくださいと
いう基本方針を明確に提示してまいりました。そ
れは、これから先ずっと持続していくような、そ
ういう改革であらねばならないということです。
加えて、すぐに解決可能な問題ではなく、工学教
育の本質にかかわるような、工学教育全体を変え
て、そこから生まれてくるものが全く変わってい
くような、そういう改革を行ってくださいという
ことでした。その結果、1990年に8つの連合体、
コアリションが出来上がりました。それぞれのコ
アリションは、1,500万ドルの助成を5年間にわ
たって受けることができるのですが、その条件と
してそれぞれのコアリションは、この1,500万ドル
をNSF からもらうわけですが、それと同じ額、
1,500万ドルを他の機関、例えば私立の財団とか州
政府から獲得することが要求されました。1995年
の段階で、あと5年間、この助成を継続してもら
えることになりました。

OHP 16

The Coalitions

- The Greenfield/Focus Hope Coalitiion
- The Engineering Academy of Southern New England
- The Southern California Coalition for Education in Manufacturing Engineering (SCCEME)
- The Engineering Coalition of Schools for Excellence in Education and Leadership (ECSEL)

OHP 17

The Coalitions, Continued

- The Synthesis Coalition
- The Gateway Coalition
- The Southeastern University and College Coalition for Engineering Education (SUCCEED)
- The Foundation Coalition

OHP16～17にありますようにコアリションは、
全部で8つあります。アメリカ人の悪い癖といい
ますか、病気なんです、何でも略語で名前をつ
くりたがりです。ですから、それぞれ、SCCEME、
あるいはECSEL というふうになるわけですが、最
初の三つは全部製造業、製造工学に関することを
中心にしています。ECSEL は工学設計を中心にし
たプログラムです。それ以外にも、例えばSUC
CEED というのがあります。いま挙げました8つ
の連合体の中に50の大学がかかわっています。こ
れは、アメリカの中にある工学部は全部で約320で、
その中の50ですから、かなり大きな割合である
ということがわかっていただけたと思います。

OHP 18

The Foundation Coalition

- Four Fundamental Themes
 - Curricular Integration
 - Human Interface Development
 - Technology-Enhanced Learning
 - Assessment & Evaluation

ローズ・ハルマン工科大学はファウンデーション・コアリションのメンバーですので、このコアリションについて少しお話をさせていただきたいと思います。ファウンデーション・コアリションに加盟している大学が持っている4つの基本的なテーマは、カリキュラムの統合、ヒューマン・インターフェースの開発、そして先端技術の教育への活用、それと、教育における測定と評価の重視です。

OHP 19

Curricular Integration

- Integrated First-Year Curriculum in Science, Engineering and Mathematics (IFYCSEM)
 - Developed at Rose-Hulman
 - Adapted for use at all member colleges
 - KIT has experimental version
- Foundation Coalition Sophomore Engineering Curriculum (FCSEC)
 - Developed at Texas A&M

最初にカリキュラムインテグレーション、カリキュラムの統合ということについて話をします。これはローズ・ハルマン工科大学で始まりました。1年生用の数学、理学、工学科目を、これまでのようにバラバラの独立した科目として教えるのではなく、一つの統合された科目として、8人ぐらいの先生方がチームになって教えるのです。数学の先生が数学を教えて、物理の先生は物理を教えるのではなく、工学のための基本的な能力を教員のチームで教えるということが開発されました。これは、いまは加盟している大学すべてで、それぞれの大学の環境に合わせて形を変えて行われています。金沢工業大学でも、これが今年から実験されています。

同じようなことを2年生用のカリキュラムについてもやっています。これはテキサス A&M 大学が中心になっていますが、最終的には4年間のカリキュラム全体を統合されたものにしようというのがファウンデーション・コアリションの目標です。細かいことは後で質疑応答の時間にでも詳しく議論できればと思います。もし皆さんが興味がおありでしたら。

OHP 20

Human Interface Development

- Cooperative Learning
 - Learning is not a competitive sport!
- Active Learning
 - Student responsible for own learning and that of other students
- Team Projects-
 - Excellent way to reinforce behavior
 - Good for faculty too!!

もう一つのテーマは、ヒューマン・インターフェースの開発ですけれども、これはコーペラティブラーニング（協同学習）、つまり、学生同士が競争して学ぶのではなく、チームになって学びましょうというようなことを強調しています。また、学生たちが自分自身の学習だけではなく、自分のチームのほかの学生たちの学習にも責任を持つというようなことを奨励しています。また、アクティブラーニング、能動的な学習ということで、これまでの大学での学習のように学生が単に講義を聞いて受身な形で学ぶのではなく、自らが学びの主体として積極的に活動することを要求しています。そのために、チームでプロジェクトをやる、というような教育方法をとっています。これは、コーペラティブラーニングや、あるいは能動的学習ということをさらに強調し、育成していくためには非常にいい方法であると考えておりますし、また教員に対してもいい影響を与えていると思います。

OHP 21

Technology-Enhanced Education

- New Classroom & Laboratory Facilities
- Use of Computer Software
- Requirement for Laptop Computers Owned by Students

第三のテーマは、先端技術を教育の中に使っていくということですけれども、例えば、それぞれの大学は、これまでとは全く違った新しいタイプの教室、最新鋭の機器を使った教室をつくりつつあります。あるいは、コンピュータを使って数学その他の基礎科学を教えるというようなことをやっ

ています。また、それぞれの大学では、工学部に入ってきた段階ですぐにラップトップのコンピュータを一人一台ずつ持つということを必要条件としております。

OHP 22

Assessment and Evaluation

■ Led to Major National Conferences

最後のテーマは、測定と評価ということですが、ABET のクライテリア2000では、それぞれの大学は、自分たちのやっていることをきっちり測定して評価しろということが強調されています。これをファウンデーション・コアリションの中でも一生懸命やっていこうと思っています。そのために、今年の4月、NSF と ABET がお金を出した、測定と評価のための会議というのがローズ・ハルマン工科大学で行われました。ここには175の大学から400人以上の先生方が集まって、どうやって自分たちがやっていることを測定して評価しようかという議論をいたしました。金沢工大からも8人の教職員の方々が参加されました。同じような会議が今年の9月、ワシントンD.C.でも開かれました。

いま言いましたことをまとめますと、ファウンデーション・コアリションに代表されるような NSF が支援する大学連合体というのが、本質的に工学教育を変えるための努力を行っていると言えます。

先ほどは、アメリカの NSF がお金を出した非常に大きな連合体についての話でしたが、もっとインフォーマルな形で行われている大学の連合体もあります。

金沢工業大学では「新世紀の工学教育」と題された国際シンポジウムを既に4回開催しております。これは、1995年7月に第1回シンポジウムが開催され、同じ年の12月に第2回、第3回目は、ローズ・ハルマンのキャンパスに会場を移して1996年11月に開催されました。今年の夏にもう一度金沢工大のキャンパスで第4回目を行い、5回目は来年夏にロチェスター工科大学で行うことになっ

OHP 23

International Symposia

■ Four held to date; fifth in 1998

■ Participants

- Japan: Kanazawa IT, Tohoku University
- Thailand: Mahidol University
- United States: Rose-Hulman, Rochester IT, Tri-State, Wisconsin, Hawaii, Harvey Mudd and the National Science Foundation

ています。そこではさまざまな大学の関係者が参加しています。日本では、金沢工業大学、そして東北大学の西澤先生にもお話ししていただきましたし、タイからは マヒドン大学、シンガポールからはシンガポール理工学院、アメリカからはローズ・ハルマン工科大学、ロチェスター工科大学、トライスティット大学、ウィスコンシン大学、ハワイ大学、ハービーマッドカレッジなどです。第4回目のシンポジウムでは、全米科学財団の工学教育プログラムの担当者であるスー・ケムニツァー先生にお話しいただきました。

OHP 24

Outcomes of Symposia

■ Parallel developments on the campuses

- EAGLE, IJST, IEST
- Yumekobo at KIT;
- CTR1 at Rose-Hulman
- Integrated Curricula
- New Engineering Design Program at KIT
- Requirement for all students to own laptop computers

■ Many faculty interactions

こういうことを行っていく中で、金沢工業大学とローズ・ハルマン工科大学の間では、いろいろと類似した教育上の発展がみられました。EAGLEについては先ほどお話ししました。その他には、例えば、金沢工業大学には「夢考房」という、学生たちが自分たちのプロジェクトを自由に行える施設がありますが、それと同じような施設を現在ローズ・ハルマン工科大学でも建設中です。あるいは統合化カリキュラム、これはローズ・ハルマン工科大学で始まって、ファウンデーション・コアリションに発展したものですけれども、金沢工

業大学でも今年から実験的に実施されております。工学設計教育、これも両方の大学で重視されて、さまざまな努力がなされています。その他にも、ほとんど時を同じくして、ローズ・ハルマン工科大学と金沢工業大学では、学生一人一人にラップトップ・コンピュータを買わせるようになっていきます。それ以外にもさまざまな形での交流が行われています。

〈フランクリン・W・オーリン工科大学〉

OHP 25

Olin College of Engineering

- The F. W. Olin Foundation
 - Founded in 1938
 - 72 buildings on 57 campuses
 - Net worth \$400 Million
- Olin College will be near Boston next to Babson College
- Opens in 2001; 600 students by 2007
- Curriculum based on NSF Coalitions

工学教育で大きな変革が行われている最後の例ですけれども、これは近々創立されますフランクリン・W・オーリン工科大学についてです。アメリカにフランクリン・W・オーリン財団という財団があります。1938年にオーリンさんという方の遺産をもとにしてできた財団ですが、これまでは、アメリカの非常に優秀な工学部に対して、教育関連の建物全体をひとつままと提供するという寄付プログラムを実施してまいりました。現在までに57の大学に対して72の建物を寄付してきました。ここの財団はいま、4億ドルの基金を持っています。日本円にすると400億円以上だと思いますけれども、最近大きな方針の変更をいたしました。つまり、いままでのように、さまざまな大学に建物を寄付をするのではなく、この基金をつかって、全く新しい大学を創設することを決定したのです。

なぜ、いまこういう話をしているかというと、この新しいオーリンカレッジというのは、きょう私が話したさまざまな改革案やアイデア、すべてをひっくるめた形で、工学教育においていま我々は一体どんなことができるかということを実験す

るような、そういう大学になることが予想されるからです。

どこにできるかといいますと、マサチューセッツ州のボストンのそばにあります町ですが、ボブソン・カレッジという大学が既に存在しております。このボブソン・カレッジというのは、ビジネス、経営学に関する学部教育では非常に有名な大学で、そのキャンパスのすぐ隣にできることになりました。これは、ビジネスというものと工学というものがもともと近い性格を持っているということもあるのですが、特にボブソンと一緒にやることの重要性は、ここが起業家、新しい産業をつくっていく人たちを育てる大学として有名であるということです。

オーリン工科大学は2001年に初めての学生を受け入れる予定です。それで2007年には定常状態といえますか、全学で600人の学生を引き受けるような大学になることが予想されています。設備、およびカリキュラムに関しては、NSFがこれまでサポートしてきた8つの大学連合体が考案した設備、開発した新しい教育カリキュラム、特にファウンデーション・コアリションがつくった新しいカリキュラムをベースにして、全く新しい大学をつくらうという計画です。

OHP 26

Olin College: Major Strategic Tenets

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| ■ Engineering focus | ■ Lifetime relationship |
| ■ Undergraduate | - undergrad support |
| ■ Residential | - life-long learning |
| ■ Very Selective | - career services |
| ■ Low cost to student | - support of grads |
| ■ Close to industry | ■ Access over ownership: partners |
| ■ Assess & evaluate | |

この新しい大学の基本的な考え方、戦略的な基本構想をいくつかご紹介しましょう。まず、基本的には工学部だけの単科大学であり、学部教育を中心とした大学になることです。ですから大部分の学生がキャンパス内に住む、いわゆるレジデンシャルな大学になると思います。入学選考に関しては、非常に厳しい選考基準を持って行うことになると思います。学費については、オーリン財団

としては本当は無料ということを考えていますが、そこまではっきりと文章にしたいくないので、「非常に学費の安い大学になる」としております。その他の特色としては、卒業生に対して非常に親身な指導といいますか、サポートをすることになっております。また、卒業生が一生学び続けられるような環境をつくっていくことも目指しています。御存知のように、アメリカ人は何度も職を変えますので、新卒の場合以外でも、卒業生には就職の世話をするような大学にしたいと考えています。そういうふうに、一生涯を通して学生をケアするような大学にしたいのです。そのかわり、卒業生からは、財政的な、あるいは何か実質的な形で大学への支援・寄附などを期待しています。

OHP 27

Olin College: Educational Outcomes

- ABET Criteria 2000 plus the following
- Understand commercial marketplace
- Professional licensure
- Experience outside native culture
- Understand the nature of systems

またオーリン工科大学の基本思想の特色的な考え方としては、自分たちが作りあげたものを自分だけのものというふうに占有しないで、できるだけほかの人たちと共有するような文化を作り上げたいと望んでいます。加えて、きょうの話の中でも何度も出てきましたが、測定と評価、つまり、自分たちがやっていることが、ちゃんとその目的を果たしているかどうかを測定し評価するシステムを大学の中に確立させたいと考えています。

オーリン工科大学の卒業生は、どんな能力を持つことを期待されているのでしょうか。もちろん先ほどご紹介した ABET のクライテリア 2000 に挙げられている能力、これはすべて持っていなければなりません。でなければ、認可を受けることはできませんから。それらの能力に加えて、産業界のさまざまなニーズをよく理解している、そういう卒業生を育成します。また、アメリカではプロフェッショナル・エンジニアという資格がありますが、このプロフェッショナル・エンジニアに近

づくためのステップを学部時代に、少なくとも最初のステップはとっておく、そういう学生を育てます。さらに、自分の育った文化とは違う文化の中で過ごした経験を、学部時代にちゃんと持っていることを卒業の条件にします。加えて、体系的な思考ができることを要求します。ものごとはすべてシステムであるわけですから、システムの重要性が理解できる、そういう卒業生を輩出することを目指しております。

OHP 28

Olin College: A Special Role

- An important model of the
 - Global
 - Agile
 - Learning-oriented
 - Professional preparation
 - Community

そういう教育目標を掲げ、実践することにより、オーリン財団の関係者は、新大学が非常に国際的な大学となり、しかも、世界のいろいろな変化に敏捷に対応できるような、そういう大学になっていくことを望んでおります。しかもそれは、単にいままでのように知識を教え込むという大学ではなくて、学生が自分で学ぶということを大切にす大学で、研究者ではなく工学のプロフェッショナルを養成する機関となるでしょう。さらには、そのような大学風土を大事にするようなコミュニティを大学内ににつくりあげていきたいと考えています。そうした大学ができ上がることを望んでおりまして、しかもそれを世界中の関係者と共有していきたい。これがオーリン工科大学の基本構想です。

<まとめ>

世界は急速に変化しつつあります。我々はこれまでそれぞれの時代が直面する問題や機会に対処する戦略を考え出すことを、エンジニアに頼ってまいりました。これから先も、新しい挑戦のためにエンジニアの力を必要とするでしょう。我々工学教育を担当する者としては、エンジニアが担うべき役割、これはこれからどんどん変化し広がっ

ていくわけです。その役割を果たすことができる若い科学技術のプロフェッショナルを育てるために必要な教育経験を提供することは、我々の避けることの出来ない義務なのです。

日本の工学アカデミーの会員の皆様も含めて、世界中の多くの人々がその義務を果たすために立ち上がりましたし、これからも努力を続けていかれることを確信しております。きょう、私はそういう人たちがやってきたことをご説明しようと試みました。たくさんのお話をしすぎましたので、一つ一つの事柄については詳しくお話しできませんでしたが、きょう私がお話ししたことが皆様にとって何か興味のあることであって、この後の質疑応答の時間にコメントなり質問なりいただければありがたいと思います。これから先も、今夜皆さんと議論できること、また私が金沢工大に在る間に、またアメリカに帰った後も、日本工学アカデミーの皆様とこういう議論を続けていけることを望んでおります。今夜のイベントにお招きいただきましたことに対し、深く感謝の意を表し、私の話を終わりにさせていただきます。どうもありがとうございました。

司 会 どうもありがとうございました。

いつものとおり食事をいただきまして、その後で質疑応答にしたいと思います。

—休憩—

司 会 大変せわしい食事で恐縮でございますけれども、質疑応答に移らせていただきます。

それでは、ご質問なり、コメントなりお願いいたします。

黒 川 (財富士通研究所) 大変すばらしいお話ですが、例えば「各卒業生が次のような項目ができることを示す」というお話があったと思います。その一番最初に、「アイデンティファイ・アンド・ソルブ・エンジニアリング・プロブレムス」というのがありますが、どうしたらそのエンジニアがそういう能力を持っているということを示せるのでしょうか。私どもの納得いくようなやり方を教えていただきたいと思います。

アイファート ご質問どうもありがとうございました。

工学上の問題を見出し、それが解決できること、

この文章そのものが、実はアメリカの工学教育の歴史の中で重要な意味があるということについて、まずコメント申し上げたいと思います。

それはなぜかといいますと、いままでアメリカの工学教育、特にアクレディテーションの中では、工学部の卒業生が工学の問題ではなくて科学の問題が解けることをわりと重要視してきたように思います。それで、ここで「エンジニアリング・プロブレムス」という言葉が入ってきた背景には、工学の問題というのは科学の問題とは違うんだという主張が込められています。例えばコストの面とか環境の問題とか、その他さまざまな問題を含めた上での問題解決ができるということが工学部の卒業生に要求されている、という主張の表れだだと思います。

それでは、ご質問いただきました、学生がそういう能力を持っているということをどうやって実証するかという点ですが、この点に関してはローズ・ハルマン工科大学を例にしてお話しさせていただきますと思います。きょうの私の話の中に金沢工大の「夢考房」という施設の話をしていただきましたが、これは学生たちが実際に、自分達のプロジェクトを、学生自身で解決していく場所です。それと同じような施設をローズ・ハルマン工科大学の中にも現在建設中です。「産学協同技術研究センター」という施設ですが、ここでは、例えば日立さんとか富士通さんからいただいた実際の工学的問題、これを企業の方、そして学生、それとローズ・ハルマンの教員、という三者がグループになって、与えられた問題を実際に解決するということを目指します。本学の学生たちにこういう場所で工学的問題を解決する経験を持ってもらうわけです。その活動の中で、学生たちに実際に自分がどういう仕事をしたかということを発表させたり、あるいは発表しているところをビデオに撮ったり、その結果を提示することで、実際学生たちが何ができるのかを示す情報を提供することによって、その学生たちが持っている能力を実証したと言えると考えています。

黒 川 だけど、それで本当に立証したことになるのでしょうか。つまり、エンジニアリング・プロブレムというのは、解決できるまでわからない

ものですね、どのくらい難しいか、どのように易しいのか。それで、学生がやったことで判断しろと言われているような気がするんですよ、決して学生が能力を持っていますということを示したことにはならないような気がするんですけども、いかがでしょうか。

アイファート 黒川さんがローズ・ハルマンを視察する ABET のチームの一員でないことを望みますけれども、確かにこれから先50年たったときに、その卒業生が本当に優秀なエンジニアになるかどうかというのは、さきほど述べたようなことでは評価できないと思います。しかし、通常、大学を卒業したエンジニアが解決することを期待されているような仕事を、その学生がすでに大学時代にちゃんと経験しているということは、少なくとも実証できると思います。もちろん、それでその卒業生が夕方になったら常温核融合を見つけるなんていうことは起こらないと思いますけれども、少なくとも企業側の方が期待なさるような能力は、学生時代に身につけようとする努力はしたんだということに関しては実証できると思います。

岡 村（東京電機大学） 私も黒川さんと似たような感じを持っていますが、お話しになったことは大変結構なことで、私も日頃から同じようなことを私の大学でやってきておりますが、ただ問題は、現在の学生に、どうやったらそれが本当にできるのか。アメリカの学生はできるのかもしれないけれども、日本の学生には非常に難しい。レベルが非常に低くなっていて非常に難しいという感じがしております。

現在の教育がいいのではなくて、そういう方向へ変えることは結構だと思うんですが、おっしゃったようなことは、理論としては極めて結構なんですけれども、具体的にどうするのか。

私は過去4年ぐらいアメリカのアカデミーと工学教育に関するいろいろな日米の比較の議論をずっとやっています。アメリカ側のチェアマンはMITの Dresselhaus、女性のほうですが。彼女の話は、実は工学教育について、大学だけではなくて、ケートウー トゥエルブ エデュケーション（K to 12 Education: 幼稚園から中等教育の終わりまでの教育）から始まってやっているわけですが、私が日

本の最近の初等中等教育は非常に駄目なんだと幾ら言っても、私が悪い例をいっぱい言っても、彼女は「いや、アメリカに比べれば日本の初等中等教育ははるかにいい。あなたたちが大学で受けとる学生に比べて、アメリカで我々が受けとる学生は、日本の文部省のような画一教育をやっていないから、大学の教育をするに必要な素養が全然ない。よく我々のことを考えてくれ」という話をしょっちゅうやっています。そういう状態で、我々がいま教育しようとしている日本の大学の入学生よりももっとひどい学生に、いまのような理想的な教育をどうやってするんだらうということが、これは申し上げても答えられないかもしれませんが、これを考えながら伺っていました。

アイファート 確かに現実には直視しないといけないと思います。ただ、私の私見といたしましては、エンジニアになりたいと大学に入ってきた学生全員が、きょう私をご紹介したようなことができる、能力を持つ、というふうに考える必要もないのではないかと思います。実際のところ、アメリカで工学部に入ってくる学生は、最も優秀な学生たちなのですが、工学をやりたいといって大学に入ってきた学生の中で約60%が、学部教育の途中でほかの分野に変わらざるを得ない、つまりドロップアウトしていくのです。それだけ競争が激しいところなのです。工学系のカリキュラムが過酷で、ドロップアウトしていく学生が多いという問題に、我々もいままで非常に悩んでまいりました。できるだけ早い段階で学生の能力を見極めて、工学部に入学した学生が、全員工学部の課程を無事修了できるようにしてあげたいと思うのですが、これがなかなか難しいことです。

ただ、きょうのお二人のご質問をお聞きして思ったのですが、確かにこれは本当に難しい仕事ですが、でも、先ほど申し上げましたように、世界は変わりつつあるので、これを我々はやらざるを得ないのではないのでしょうか。我々がやるべき仕事として目の前にあるのではないかと、こういうふうに考えています。

きょうここでこうしてお話をさせていただいたのは、このような現実の問題があるということを皆さんに知っていただきたいからです。急激に変

化する世界に対応してどうすればいいかということ、私が全部何らかのアイデアを持っているわけではありません。また、皆さんにこういうことをしろと申し上げるつもりもありません。ただ、我々の前にこういう大きな挑戦があって、これに対して、少なくともこういう方向性があり得るのではないかということ提案させていただいたかったのがきょうのお話の趣旨でございます。私自身、これは難しい仕事であるということは重々わかっているつもりです。

もう一つ付け加えたいことは、私が知る限りでは、アメリカの学生と日本の学生を見たところ、恐らく大学の一年に入って来た段階を見ると、事実に関する知識としてはずっと日本の学生のほうが優れているのではないかと思います。ただ、アメリカの学生は、自分たちが工学部を卒業できないかもしれない可能性が50%以上あるんだということをよく知っておりますので、入ってきてから本当に一生懸命がんばります。ですから、それだけ時間と努力を投資するので、大学四年間に、もしかしたら日本の学生さんたちよりもはるかに多くのことを学んでいくのかもしれない。

ただ、私がここで指摘したいことは、大事なことは、知識を学ぶことではなくて、知識を学んでいくプロセスを身につけること、これが工学教育について必要なのではないかと思います。この点を強調しておきたいと思います。

池上 (NTTアドバンステクノロジー㈱) いまの議論で一番難しい点は、日本には工学という言葉があるんですけれども、これは必ずしもエンジニアリングを意味しているわけではない。エンジニアリングというのは、先ほどのお話でプロフェッショナルソサエティでの一つの資格というふうにアメリカではとらえていると思うのですが、日本の場合、工学教育の中にあまりそういう意味はない。これは、例えば医学部を卒業した人に対して我々は、医学の学問を期待しているのではなくて、あくまでも病気をよく治してくれるお医者さんであることを期待するのですけれども、同じようなことが、工学部を出た学生に対しては、工学の問題をきちんとするということを、少なくとも民間の企業は期待しています。これは、大学の先生は

その辺はあまり理解していないような気がします。

そういう点でごらんになって、金沢工業大学でいろいろご苦労されていると思うんですけれども、その違いがあるということはいままで意識したことがあるかどうかお聞きしたいと思います。

アイファート 実は、違いよりも似ているところを感じるんですけれども、アメリカの工学部の先生方というのは、企業で仕事をした経験を持っていない方がほとんどで、ずっと大学で学び、その後、また大学で学び、さらに大学で学び、そして大学で教えている、そういうタイプの人たちがいままで多かったんです。これが恐らくアメリカの産業界が、アメリカの工学教育に対して異議をとってきた一つの理由なのではないかと思います。

例えば、1955年より前のアメリカの工学というのは、もっと実際手を動かし、物をつくるという工学だったと思うのですが、それ以降、科学と工学の境目がだんだんよくわからなくなって、どちらかという科学のほうに向けた教育を受けた先生方が多かったのではないかと思います。

ほかの国々にもそういうところがあるかと思いますが、例えば、ドイツの工学の学位を取るためには、何か実際の仕事をした経験が必要であるということを聞いております。アメリカの工学教育も少しずつ工学的な問題解決能力を重視する方向に向かいつつあるのではないかと思います。先ほどお話ししましたようなローズ・ハルマンでの試みもその一つですし、最初のご質問に答えたこともそういう流れの中にあると思います。

先ほど申しあげましたオーリン工科大学におきましては、非常に優秀な科学者になることのできるような能力を備えた、そういう能力の高い人たちを受け入れ、彼らを純粋科学ではなくて実際に工学の問題を創造的に解決できるような人材に育てる、そういう教育を施したいと考えています。それがオーリン工科大学がいま目指していることです。

だからといって、科学をやらなくていいと言っているわけではなくて、いままであまりにもそういう本来の意味での工学的能力の育成を目標とする工学教育というのがなされてこなかったのではないかと思います。実際的な問題解決能力の育成を

重視するような方向に工学教育の流れを変えていく必要があると、我々はいま感じております。

黒川 いま、1955年前はエンジニアリングだとおっしゃいましたね。1957年というのはスプートニクが上がったときなんですから、スプートニクショックですか。

アイファート そうです。

黒川さんがおっしゃったとおりです。ちょうど寝ている犬にほんとにでかい蹴りを入れたようなものだと思います。そのときに、アメリカの工学教育が科学の方にずっと傾きました。でも、それはそれでよかったのだと思います。ただ、その後四十数年たって、これからもう一度、工学という学問分野を単に学問的研究をやるための工学ではなくて、人間社会が直面している諸問題を解決するという、本当の意味でのエンジニアリングのほうにシフトしていくことがいま必要なのではないかと思っています。

黒川さんのおっしゃることはそのとおりだと思います。

桜井（日本工学アカデミー） いまのお話、まことにごもっともということなんですけれども、特に新しいオーリン工科大学について、いまのお話を実際に実現しようと思うと、産業界でいい仕事をして、本当にいいエンジニアだったという人が先生になると一番いいわけですが、こういうようにライフタイムのリレーションをやっていこうという、やっぱり若い先生が多くないとなかなか長期につながらない。

一方、会社でいい仕事をやり、あるいはいい研究をやっている方で若い方というのは、まだそういうことがやりたいのでなかなか来ない。ただ月給を出すだけでは難しいし、こういう大学の教官の採用というのが大変困難だと思うんですけれども、どういう方法で、若くていい、教育に奉仕しようと、しかも経験もあり能力もあって、学生さんが信頼できる指導者になれるような、こういう先生が得られるのか。その辺のところの構想をお聞かせ願いたいと思います。

アイファート 非常に難しいご質問ですので、私の答えがあちこちいろんなところにいってしまっ

りさせておきたいことは、私とオーリン工科大学の関係です。私はコンサルタントとして大学設立の申請をする仕事をしただけで、私が400億円持っているわけではありません。したがって、私が申し上げることは、オーリン財団や将来のオーリン工科大学が言いたいこととは違うかもしれません。このことをご理解いただいた上で私見を述べさせていただきますが、まず基本的には、オーリン工科大学では、通常のテニユア・システムつまり終身雇用制度とは違うシステムを導入したいと思っています。例えば、任期制システムを持てきたいと思っています。ただ、同時に教員に対して身分の保証を与えないと教員が自由にいろんなことができないと思いますので、その保証を与えるということも考えなければいけないと思います。

企業の人にも来ていただきたいと思いますけれども、その人にしばらく大学で教えていただいて、その人がまた企業に帰っていくというようなシステムとかを考案したいと考えています。いろんな制約条件があるので、いまの段階ですぐ、こうすればいいということは言えませんが、少なくともいままでのアメリカの大学での教員任用システムとは違ったシステムを持ち込んでいきたいと思っています。

ただ、確かにオーリン工科大学で教えるということは非常に難しい仕事であるし、チャレンジングなことであると思います。けれども、思い出していただきたいのは、アメリカの大学では博士号を取るために30過ぎまでずっと勉強している、そういう人たちがたくさんいるのです。博士号を取った後、自分がその道で成功するかどうかかわからないにもかかわらず、そのリスクを承知の上で挑戦している人がたくさんいるのです。ですから、オーリン工科大学というような新しい場が与えられれば、そんな若い人たちが、おもしろそうだからじゃやってみようといって、やって来てくれると思います。オーリン工科大学を作り上げ、そこで教えるというのは、そのような知的な魅力といえますか、やりがいのある仕事だと思います。

いまはまだうまく説明できませんでしたが、もう数年したら、オーリン工科大学の人材リクルートの方法や人事システムについて、詳しくご説明

できるかもしれません。

山 本（東日本旅客鉄道㈱） きょうの本题からちょっと外れるかもしれませんが、将来のアメリカの工学系の卒業生の理想的な姿ということでお話しいただいたのですが、たしか一年あまり前に、同じローズ・ハルマン工科大学のルーゲンピール先生が、工学倫理についてお話しになりました。私は非常に感銘を受けたのですが、きょうお話の卒業生の理想的な姿の中に、ああいう工学倫理的な感覚を身につけるといいうのがあまりなかったような気がするのですが、その辺、どのくらいのウェイトを置いてお考えなのか、お聞きしたいと思います。

アイファート 工学倫理の問題は非常に重要だと思います。きょうは詳しくお話しできませんでしたが、ABETのクライテリア2000の中の、大学を卒業したエンジニアが持たなければいけない能力のリストの中に、はっきりと、プロフェッショナルとしての責任感と倫理観を持たなければいけないということが明記されています。私自身も、倫理的な分析力と判断力をエンジニアが持つということは、いままで以上に重要になってきていると考えています。なぜかといいますと、いま我々人間ができることの枠が非常に広がっているわけです。でも、できるということと、それをやるべきか否かということは全く別のことだと思います。

例を挙げますと、先週金沢工業大学でノーベル賞フォーラムというのがありまして、これで4人のノーベル賞受賞者がお話しをなさったのですが、そのうちの一人の先生は、オゾンホールを一番最初に見つけた方でした。この方のお話の中にもありましたが、例えばフロンは非常に使い勝手のいい、安価で工学的には優れた物質ですが、製品を開発する際に、フロンを使うべきか使わざるべきかという意思決定はエンジニアに任されているわけです。エンジニアは、単に与えられたプロジェクトを完成させればよいだけではなく、自分の意思決定の結果がもたらす結果を考慮し、環境倫理の問題などを熟考の上、倫理的な判断を下すことができればならないのです。別の例を挙げますと、最近、哺乳類のクローン化が話題になって

いますが、クローンを作ることが技術的に可能であるということと、それをやるべきか否かということは全く別問題だと思います。恐らく、科学者の人たちは、こういうことが可能であることを示すことが自分たちの仕事であると考えていると思いますが、エンジニアの仕事というのは、現在人類が持っている技術や知識を駆使して何かの問題を解決することです。そこでは、何かをすべきか否かという判断までも、エンジニアは任されているのです。それが、エンジニアの社会的な責任です。ですから、現代は、工学倫理の問題がこれまで以上に、重要な問題であり、工学教育の中でも益々重要視されるべきであると私は考えています。

司 会 まだご質問がおりかとも思いますけれども、時間がすぎましたのでこのぐらいで終わりにしたいと思います。

それでは、貴重なご講演をしてくださいましたアイファート先生に対して御礼申し上げます。それから活発なご質疑をくださいました皆さんに、また、きょうご出席いただきました方々に心からお礼申し上げたいと思います。

では最後にアイファート先生に拍手でお礼を申し上げます。（拍手）

New Trends in US Engineering Education

Presentation to the Engineering Academy of Japan

November 17, 1997

by

James R. Eifert, Visiting Vice President

Kanazawa Institute of Technology

Changes on the Horizon

The late 1990's promise to be a period of significant change in the engineering education community in the United States. These changes have been on the horizon for nearly a decade, however, and will probably take another ten years to become fully implemented. Perhaps one of the best outcomes of this transition period could be the realization that change is healthy and necessary and should be a continuous process.

What has created this period of significant change?

Several forces combine to make this a period of unprecedented change in engineering education. The forces for change fall into two categories: changes in the nature of our world and changes in the nature of our knowledge base.

The changes in the world are many and familiar to all of us. I will mention three here today that I think are particularly important to US engineering education, perhaps a slightly different set of changes would be more important in Japan. The first change is in the political arena. The dissolution of the Soviet Union, the return of Hong Kong to China, the normalization of relations between the US and Vietnam, the impending adjustments in Latin America when Fidel Castro retires from public life, etc. all create an environment that is significantly different than the world environment of the 1980's. Suddenly things are possible that were impossible a few years ago.

New political and economic alliances are emerging from this changing picture. The North American Free Trade Agreement (NAFTA), the Asian Pacific Economic Community (APEC), The European Community (EC), and membership changes in the North Atlantic Treaty Organization (NATO) are all examples of changing national alliances.

These changing alliances of governments are often paralleled by changing alliances of industries. At one time US and Japanese auto manufacturers only competed with one another; now they have many joint ventures in all parts of the world. The Boeing Airplane Company and Mitsubishi Heavy Industries recently announced the joint development of a new aircraft to be marketed all over the world. Nippon Steel and Inland Steel have combined to construct new state-of-the-art steel production facilities in the US. For commercial purposes, these emerging global corporations and corporate alliances make

national boundaries less important now than they have been since national boundaries were first "invented" thousands of years ago.

A second major change in the nature of the world is the recurring revolution in telecommunications. CNN and other global, satellite-based communications networks have made a significant difference. Some might argue that the differences are not good but I don't think anyone can argue that they haven't made a difference---a permanent difference: we will never go back to the relative isolation of the 70's and 80's. The fact that information can be transferred instantaneously around the globe without the significant possibility of censorship has made a major change in the way the world operates. It is no longer possible to lie or misrepresent reality very long; others know the truth or see reality differently and can almost immediately refute anyone who attempts to misrepresent situations.

This change is pervasive. It not only effects politics and the business of nations; it effects commercial business, the equity and commodities markets, fashion, food, and feelings. We share the meetings of heads of state, the funerals of world citizens, and with my breakfast this morning, I enjoyed live views of the weather and foliage of six Japanese cities in real time. It is truly a time when a butterfly flaps its wings in the rainforest and El Nino shifts.

A third change is the proliferation of access to energy. For 200 Million Yen you can get delivery of a reliable 10 Megawatt generator set that will operate continuously for 30,000 hours in literally any conditions where man can survive. Couple it with a source of fossil fuel and you are in business. In business near the source of raw materials; in business near a supply of inexpensive labor; in business immediately adjacent to your market. In the past, industrial ventures that needed access to such significant supplies of continuous electric power had to be located in stable, established, first-world nations where tremendous capital investments had been made to create such fixed infrastructure.

I understand that there are severe limits on the extent of the world's fossil fuels; what I describe will not change that. My point is not that the "pool of oil" has gotten bigger; my point is that there are more spigots on the pipeline and that the pipeline has become a virtual one without the need for continuity from the source. Just as access to information no longer requires the continuity of the telephone line, access to energy no longer requires the continuity of the power line or the pipe line.

What difference does all of this make to engineering deans and faculty members? We are not industrial tycoons or politicians; we are teachers, researchers and curriculum designers. The reason it makes a difference to us is that we need to prepare our current students for a different working environment than the one we envisioned 20 or even 10 years ago. New engineering graduates will be expected to work productively in this global environment with essentially no boundaries except their own imagination and creativity. Many of the constraints placed upon previous generations of engineers have been removed or significantly modified. The remaining constraints have become amorphous and ephemeral: continuously changing shape, color and substance. Our new graduates must be prepared to create, manage, direct and continually reshape the system that emerges from this foment. We cannot help them to achieve such sophisticated outcomes from their education using only the "fixed tooling" of the past.

The second category of forces for change in engineering education are changes in the knowledge base of mankind. Two aspects of our knowledge base prompt the need for change: the generation of new knowledge and the dissemination of that knowledge.

In 1963, in his book *Little Science. Big Science...and Beyond*, Derek Price claimed that more than 80% of the scientists and engineers who ever lived were alive at that time: that percentage is even higher today. This huge cohort of technical professionals has at its disposal significantly better and more productive "tools" than their predecessors. The result is a significant increase in the things we know and the things we can do. Send a rescue mission to a troubled spacecraft? Sure, no problem!

We are generating "messages" to one another about this new knowledge at an alarming rate and that rate is accelerating at an astounding pace. An example may illustrate my point. The number of North American Internet users in January of 1993 was 1.3 million, by 1994 it had become 2.2 million, by 1995 it had grown to 4.8 million, by 1996 it was at 9.5 million, in 1997 it was 16.1 million and by next January it is estimated to be 25 million. These are annual growth rates ranging from 70 to 120% per year for those years. If you think of each of these "users" as a "publisher" you get sense of the real and potential situation. As Bill Gates of Microsoft describes it, the entry barriers to publishing are very low, essentially non-existent.

Put these two things together and we have a problem for learners. New things that need to be learned are being developed very fast. Those "new things that need to be learned" must be filtered out from a cacophony of background noise that is becoming deafening.

Put all of these things together and you have a significant problem for those charged with designing and operating an educational system to prepare young technical professionals for a practice that may well extend until 2050. Information explosion. Communications overload. Unlimited opportunities. Constant rapid change. What a mess!! Or-- What a wonderful game for those who come prepared to play! That's our central mission: prepare these young people to play. Prepare them to play the new game, however the rules unfold.

Who perceives these environmental changes and who is defining the changes that need to be made in the US engineering education system?

The answer seems to be: nearly everyone. The difficulty of course is that each individual or group sees things from a different perspective or with a different set of biases. The "viewers" include: society in general, industry, engineering faculty members and deans, the National Science Foundation, ABET, and private foundations. Each of these entities is made up of many different people so it is difficult to characterize the views of each organization with great precision. Collectively, however, I think the following perceptions are shared by this group of interested observers.

- First, a realization of the changing world condition as described above. Nearly everyone accepts the emerging reality of a global market for nearly everything, including technical professional services.
- Second, acceptance of the burgeoning knowledge and communications base. There is agreement that the transfer of a body of knowledge as the primary value added by a

technical education is no longer a tenable objective.

- Third, engineering colleges must accept the challenge of responsibility to reshape the engineering education system to prepare students for this future by defining and enabling the new outcomes our students need from their time with us in college.
- Fourth, there is agreement that we must assess and evaluate our programs to ensure that they create the outcomes we intend.
- Fifth, there is agreement that this is an iterative process that will continue forever, probably at a faster and faster pace.

What specific changes have been made to date?

Talk

Talk always seems to come first. Sometimes that is all that comes. Fortunately that is not the case with this situation. Nonetheless, there has been a significant amount of talk that preceded any substantive action. The "talk" included several seminal documents produced by the National Research Council, the National Academy of Engineering, the National Science Foundation, and the Engineering Deans' Council and the Corporate Roundtable of the American Society for Engineering Education.

Demands for Action

After the talk, there were demands for action expressed by public spokespersons and accrediting agencies. Persons who spoke on behalf of the public have been demanding accountability of various sorts for the past few years and have steadily become more and more assertive in their demands for assessment and evaluation of programs of all sorts.

More directly of interest to educational institutions, the regional accrediting agencies in the US began to demand more assessment of programs in their accrediting process beginning in the late 1980's. ABET followed suit in the 1990's with its revised accreditation standards embodied in the new Criteria 2000.

ABET's Criteria 2000 were the result of several years of meetings, conferences and workshops that included input from a wide spectrum of those involved in engineering education. Criteria 2000 is not just a different list of the things that a program must do to be accredited. Criteria 2000 heralds a shift from engineering education programs that were predicated on inputs to programs that are evaluated based upon their outputs. The old criteria were very prescriptive and provided a great amount of detail about what was to be taught and how much was to be taught and in what sequence it should be taught. The focus was on the inputs into the process. Colleges that deviated very far from this prescription put their accreditation at risk. The result was that most US engineering programs were very similar and they were designed to prepare graduates for the industrial world of the 1960's and 1970's not the world of 2010 and 2020.

The new criteria, Criteria 2000, are very outcomes oriented. That is, they ask colleges to demonstrate that graduates possess certain competencies rather than demonstrating that they have been exposed to certain experiences that should lead to those competencies. As George Peterson, the Executive Director of ABET recently said: "Accreditation under Criteria 2000

will be based upon what students learned, not what they were taught."

Criteria 2000 includes eight criteria that must be met by each engineering degree program in order for it to be accredited:

- **Criterion I** requires each college to establish a process to define and revise the objectives of its educational program, publish those objectives, establish a curriculum that leads to achievement of those objectives, and create an assessment and evaluation process to continuously improve and demonstrate achievement of those objectives.
- **Criterion II** requires the establishment of a system to advise students and monitor and evaluate their progress toward achievement of the program's educational objectives.
- **Criterion III** defines a minimum list of competencies that each program graduate must demonstrate.
- **Criterion IV** describes the general distribution of the curriculum between basic mathematics and science, engineering science and engineering design, and general education.
- **Criteria V, VI, and VII** express requirements for sufficiency of faculty, facilities, and funds to operate the defined program.
- **Criterion VIII** requires that the program meet any additional requirements established by the specific member society responsible for that program, e.g. by the American Society for Civil Engineering for programs in Civil Engineering.

Some of the criteria define new requirements, but the most significant change is that we must now demonstrate the competence of our graduates not just document their experience.

Changes in what agencies will fund

University level curricular development and pedagogical research in the US is funded almost exclusively on a specific program basis, i.e. institutions are not funded; specific activities are funded. Granting or funding agencies indicate a general area in which they will accept proposals and the proposals are then reviewed and funded based upon the extent to which the proposed activities forward the goals of the funding agency.

In the late 1980's and the 1990's agencies like the National Science Foundation, the Keck Foundation, the Kresge Foundation, the Lilly Endowment, etc. all expressed their interest in funding the following sorts of programs: programs they felt would lead to new and better outcomes for the graduates of US engineering colleges. The various agencies said they wanted to see programs proposed that would:

- Provide sustained and systemic changes in the engineering education process. The agencies did not want to fund things that were temporary or peripheral; they were interested in funding things that would last for a long time and things that were at the very core of engineering curricula.
- Involve industry. The agencies made it clear that they believed that engineering graduates would be important leaders in the world's industrial future and that the education they received should prepare them for work in this environment. The agencies also expressed a belief that there should be a closer relationship between

industry and academe.

- Share resources across the university and between universities. Agencies indicated a clear preference for programs which brought the various segments of an individual university into closer cooperation and for programs that led to alliances of various sorts among different universities.
- Make engineering education more cost effective. Educational costs in the US have skyrocketed in the past decade, far exceeding the cost increases in most other sectors of the economy, and legislators, parents, and the various other funding sources of education have made strong statements that this cost escalation must stop.
- Provide access and support for underrepresented groups. This is a continuing demand, one that is always a component in Federally-sponsored programs, and one that is often a requirement of other governmental and non-governmental agencies.

Changes in what people are doing?

Engineering colleges have responded in a variety of ways to their own convictions about the need for change and the externally-voiced demands. I will briefly discuss several types of alliances, interactions and exchanges undertaken by various colleges. I will conclude with a description of a more dramatic and bold step taken by one foundation to create an entirely new college of engineering committed to implementation of the best of recent developments in engineering education and the maintenance of an environment to ensure continuing implementation of new curricular and pedagogical innovations.

Alliances

Intercollegiate alliances are one effective way to respond to the external demands and internal convictions discussed above. Some alliances focus on very specific aspects of the new outcomes expected of engineering education, others address a broader range of the new outcomes with more general curricular and pedagogical reform. The Engineering Alliance for Global Education (EAGLE) is an example of the more focused kind of cooperative venture; the Engineering Coalitions funded by the National Science Foundation (NSF) are examples of the more general type of alliance. I will describe the purposes and activities of EAGLE, the NSF-sponsored Engineering Coalitions in general, and the work of one of the NSF coalitions, the Foundation Coalition, in more detail.

EAGLE

The **E**ngineering **A**lliance for **G**lobal **E**ducation (EAGLE) is a consortium of US engineering colleges formed in 1990 to foster the development of technically educated and transculturally aware industrial leaders. The original members of EAGLE are shown on the slide (Figure 2); the program is now available to students at all US engineering colleges through the sponsorship of the American Society for Engineering Education. In particular EAGLE has focused its initial efforts on Japan because of the growing cooperation between US and Japanese industries. Once the EAGLE Japan Program is self-sustaining, we expect to initiate efforts in additional languages and cultures.

Rose-Hulman Institute of Technology has operated EAGLE programs in Japan since 1990. The program has provided a nine-week intensive language course and cultural experience in

Japan for over 350 US engineering graduates. This number accounts for nearly 60% of all new US engineering graduates with significant experience in Japan during the seven-year period. More than 100 of these EAGLE graduates have followed the EAGLE experience with an extensive work experience in Japan of one year or more.

During this period we worked with Japanese industries, industrial organizations, trade associations, prefectures, cities and educational institutions. We explored a number of different program structures to determine the optimum arrangement. The most effective arrangement we have made is with Kanazawa Institute of Technology. By sharing the campus facilities and staff support of the Intensive Japanese for Science and Technology (IJST) program at KIT, the EAGLE program has been able to make its operation more efficient while increasing the quality of the learning experience for the participants. KIT is also the first Japanese college to send Japanese engineering students to the US in a similar program through its Intensive English for Science and Technology (IEST) program.

NSF Engineering Coalitions

The Engineering Coalitions sponsored by the US National Science Foundation (NSF) comprise a set of alliances that deal with a broader range of curricular and pedagogical issues in engineering education. In its call for proposals for the grants, NSF insisted that the proposed activities needed to address **sustained, systemic** change in the engineering education process. "Quick fix" programs or programs that would end when NSF funding ended, were not acceptable. The proposed activities needed to address issues at the core of engineering curricula not just the elective or enhancement portions. The universities had to commit to continue the new programs and continue the process of progressive change after NSF funding ceases.

Beginning in 1990, NSF funded a total of eight such coalitions, directly involving more than 50 of the 320 engineering colleges in the United States. The funding level for each coalition was the same: a total of \$15 million over a five-year period. Each coalition had to commit to match this amount with \$15 million of funds from other sources: institutional funds, funding from industry or private foundations, funding from the states, etc. Beginning in 1995, the coalitions have begun to become eligible for refunding at the same levels for an additional five-year period.

Each coalition has somewhat different characteristics. The Greenfield/Focus Hope Coalition, the Engineering Academy of Southern New England, and the Southern California Coalition for Education in Manufacturing Engineering all focus on manufacturing education as the central theme around which their activities are organized. ECSEL has engineering design as its central theme. The Gateway, Synthesis, SUCCEED, and Foundation Coalitions have the broadest approach to educational reform. I am most familiar with the Foundation Coalition and, therefore, I will provide some additional detail about the purposes and operation of that particular alliance.

The Foundation Coalition programs are based upon four fundamental themes:

- curricular integration,
- the development of more productive working relationships between and among students and faculty members,

-
- the use of appropriate technologies to enhance learning, and
 - extensive assessment, evaluation, and dissemination efforts to ensure that programs are achieving their intended outcomes and to ensure that the programs spread to other campuses.

Examples of programs that address the first theme are the Integrated First Year Curriculum in Science, Engineering, and Mathematics (IFYCSEM) developed at Rose-Hulman and the Foundation Coalition Sophomore Engineering Curriculum (FCSEC) developed at Texas A&M University. Modified versions of each of these pilot curricula are now in place on each of the Foundation Coalition member campuses. KIT is also experimenting with an integrated curriculum for its first year students.

The second theme led to emphases on cooperative learning, active learning, and team project work on each of the Foundation Coalition campuses. Cooperative learning is an approach to learning in which there is a high level of cooperation between students rather than the more competitive atmosphere that has traditionally existed between engineering students. Students are encouraged to take responsibility for the learning of other students as well as for themselves. Active learning is a term used to describe learning in which the student is a continuous active participant; not the passive "sit in the back and sleep through the lecture" approach that has been the dominant mode of US instruction in the past. Team design projects and other team activities are excellent ways to initiate and sustain the active learning and cooperative learning habits we want to instill in our students-----and our faculty.

The third theme has led to the construction of new classroom facilities, the use of computer software in the learning of mathematics and engineering science, and the adoption of policies which require each student to own his or her own laptop computer from the first day on campus. We believe our graduates will work and learn with these computer tools for a lifetime; thus, we believe we should introduce our students to strategies of learning and professional practice based upon these tools.

The fourth theme has stimulated a tremendous interest in assessment and evaluation. In April of 1997, eight faculty and staff members from KIT joined 400 faculty members from more than 175 US engineering colleges for an NSF and ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) sponsored conference at Rose-Hulman to discuss modern strategic approaches to assessment and evaluation. A follow-up program, held in Washington, D.C. in September, 1997 attracted a similar audience.

In summary, the colleges of the Foundation Coalition and the other NSF-sponsored Engineering Coalitions are engaged in a long-term restructuring of their engineering curricula and are prepared to share their experiences with and learn from the experiences of other progressive colleges both in the US and around the world.

Individual Colleges, Informal Alliances, and Bilateral Exchanges

In addition to the large, extensively-funded activities like the NSF Engineering Coalitions there have also been a large number of less formal, less extensive, but not less effective interactions between two colleges or small groups of colleges.

The International Symposia on Engineering Education for the 21st Century provide an excellent example of a small group of colleges joining together to share perceptions, experiences and resources related to curricular and pedagogical innovations. The first two of these symposia were held at KIT in 1995, the third was held at Rose-Hulman in the US in 1996. In 1997, the colleges returned to KIT for the fourth symposium. The fifth will be held in 1998 on the campus of Rochester Institute of Technology in the US. The various symposia have involved speakers and participants from Mahidol University in Thailand, the University of Wisconsin, Tri-State University, The University of Hawaii, Tohoku University, Harvey Mudd College, and the US National Science Foundation as well as from Rose-Hulman, Rochester and Kanazawa Institutes of Technology.

As a result of this extensive faculty and staff interaction, these symposia have led to a number of parallel developments on the campuses of Rose-Hulman and KIT and I'm sure on the other campuses as well. Examples of such parallel developments are (1) the EAGLE, IJST, and IEST programs mentioned earlier, (2) the construction and programs of the Yumekobo at KIT and its analog, the Center for Technological Research with Industry now under construction at Rose-Hulman, (3) the implementation of integrated curricula on both campuses, (4) the development of a new engineering design curriculum at KIT, and (5) the requirement for laptop computers for all students on both campuses. The new "Core Curriculum" approach at KIT is a development I am studying carefully to see if the concept has applications at Rose-Hulman or at Olin College. I am certain that there are many more ideas that have been shared and refined among the nearly 100 faculty or staff members of the two colleges that have visited the other campus.

The Franklin W. Olin College of Engineering

The final example of global change in engineering education I want to discuss with you is the establishment of a new college, the Franklin W. Olin College of Engineering.

The F. W. Olin Foundation is a private foundation in the United States with net assets of approximately \$400 million. The foundation was established in 1938 by Franklin W. Olin a very successful American engineer and industrialist. The Olin Foundation has provided funds for the construction and furnishing of 72 new academic buildings on 57 different, carefully selected, private college campuses. Recently, the directors of the foundation decided that they wanted to establish a college named after Mr. Olin as the final and lasting remembrance of his generosity.

The Olin College is of interest in this talk because its establishment is based upon all of the work of those who have been so actively engaged in curricular and pedagogical reform during the past decade. Olin College will be established near Boston on a campus adjacent to Babson College, which is regularly selected as the best specialty college of business in the US. There will be a special relationship between Babson College and Olin College to stress and benefit from the natural affinity of engineering and business. In particular, the two colleges will emphasize Babson's experience with entrepreneurial ventures.

According to current plans, Olin College will begin admitting students in 2001 and will reach its steady-state enrollment of 600 by 2007. Olin College will implement curricula based upon the work of the Engineering Coalitions, in particular the Foundation Coalition. The

facilities and support infrastructure of the campus will be based upon the best experience of the most progressive colleges from around the world.

Major Strategic Tenets of the Franklin W. Olin College of Engineering

The founders of Olin College have articulated ten major strategic tenets that define the philosophies of operation and strategic approaches that will be followed by the college in carrying out its stated mission. Those major tenets are as follows:

- The college will focus on degree programs in engineering
- The college will focus its efforts on the education of undergraduate students
- The college will be residential in nature with the great preponderance of its students living in residence halls or other facilities governed by the college
- The college will be selective in admissions based upon intellectual ability and achievements
- The college will maintain tuition charges to students at a very low level relative to other private engineering colleges
- The college will establish a lifelong relationship between its students and the college community. This relationship includes the following understandings between the college, its students, and its graduates. The college will strive to:
 - ✧ provide the support necessary for students to successfully complete their undergraduate studies at the college,
 - ✧ provide continuing learning opportunities for its graduates on the college campus or at off campus sites that are deemed feasible, and
 - ✧ provide career services to its graduates on a lifelong basis.
- In return for the college's efforts to provide educational support for a lifetime of professional leadership, graduates of the college will be encouraged to provide continuing financial and in-kind support to the college so that the opportunity afforded to the graduate can be offered to the next generation of students.
- The college will develop and maintain a close relationship between the study and practice of engineering and commercial business and industry.
- An overarching operating principle will be to provide access to resources for members of the college community rather than seek ownership of resources. Whenever practical and appropriate, therefore, the college will establish a partner relationship with other institutions and organizations to share facilities, programs and other resources.
- The college will put in place mechanisms to continuously assess and evaluate all college programs.

Educational Outcomes of Olin College Programs

In addition to the educational outcomes defined by ABET's Criteria 2000, graduates of the Olin College will demonstrate the following competencies:

- a basic understanding of the financial, marketing, and accounting practices necessary to bring a product, process, or technical service to the commercial marketplace;
- that they have taken the necessary first steps to achieve recognition as a Licensed Professional Engineer in at least one State of the United States of America;

-
- that they have had a significant work or study experience in a culture other than their native culture; and
 - a sound understanding of the importance of the interrelationships among the component parts of a system.

In the process of accomplishing the mission of the college the founders of Olin College believe that it will emerge as a global model of the agile, learning-oriented, professional preparation community. The college expects to embrace this role and work with colleagues at other academic institutions, agencies, corporations, etc. to constantly seek and implement the very best practices to support the college's mission.

Summary & Conclusion

The world is changing rapidly. We have looked to engineers in the past to provide strategies to deal with the problems and opportunities that each passing year presents. Engineers will continue to be called upon to meet these challenges and it is incumbent upon colleges of engineering to provide the educational experiences necessary to prepare young technical professionals for their changing and expanding role. Many people around the world, including the members of the Academy, have risen to this challenge in the past and continue to do so. Today I have tried to describe the work of some of those people. I covered a lot of material and, as a result, I have not been able to talk in much detail about anything. I hope that some of the things I have mentioned will be of interest to you and will stimulate some comments and some questions. I look forward to a continuing conversation with you this evening, during the remaining time of my stay at KIT, and after my return to the United States. Thank you for the opportunity to be a part of today's program.

1998年 4 月25日

編集発行

(社)日本工学アカデミー

〒100-0005 東京都千代田区丸の内 1 - 5 - 1

新丸ビル 4 - 007

T E L : (03) 3211-2441

F A X : (03) 3211-2443