論 説

これからの繊維工学研究*

— より大きな発展のために —

会 員 川 端 季 雄**

1. ま え が き

筆者が繊維工学関係の研究を始めてからまだ10年しか経たず、しかもその約半分の期間を大学院の学生として過ごし、さらに残る期間のうちの一年を、繊維工学とは異なった分野の研究の目的で渡米し、このほど帰国したばかりという繊維工学にはまだまだ未熟の身であるのにもかかわらず、表題のような大きな問題を論じようというのは実はわれながら危なっかしいかぎりなのであるが、研究の分野を少し変えてみて、あらためて繊維工学というものを客観的に眺めることができたこの機会に、とにかく繊維工学に興味を持ってきた一研究者として、また同時に自己反省も兼ねてこれまでのこの分野の研究、あるいはその現状、それにこれからの研究の進め方などについて私見を述べてみようと思う。

2. 学 問 と 技 術

学問研究の世界では、研究内容の広がりや制限したり、研究方法をあらかじめ規制することはもちろんあり得ない。当然のことではあるが、たとえば弾性力学の研究者が必要によって統計力学あるいは高分子物性の研究に打ち込むようになってもなんら不思議ではなく、研究とは本来こんなものであろう。

しかし逆に、なんでもよいから全く任意にその場まかせ式の各種分野の研究を行なうということは普通はあり得ないことで、特に工学分野ではその学問の応用先である工業部門によって、たとえば繊維工学とか航空工学とかいうように具体的な研究の分野があり、普通はこうし

た専門分野と呼ばれるものがそれぞれ独立に存続してきた。

航空工学では空間を航行する物体を製造し、また新用途を開発する、まさしく応用の工学を中心とした研究分野であるし、また同様に繊維工学も繊維や繊維製品の製造と応用を中心とした一連の応用の工学分野ということができる。したがってこれらそれぞれの分野の研究者はこのように限定された枠内に置かれていることになるのは当然である。ただしその枠の中では、はじめにも述べたように研究の方法や進め方はそれぞれ自由で枠のないものでなければならない。一つの具体的な、そして実際的な研究の目標なり立場をつねに忘れずに保ち続けて、それを一つの枠として自己に厳しく課していなければならないのが工学研究の特長といえよう。

そうすると、本来自由奔放であるべき学問の世界が工学分野の中には存在するのだろうか、あるいは基礎工学というものは一体何かというような疑問がつつぎつつぎに起きてくるが、繊維工学という学問分野の性格をはっきりさせるためにも、まずこうした疑問を解いておかなければならないと思う。そしてそのためにはまず工学における学問の姿や、ともすればあいまいにされてきた学問研究と技術研究の区別など、この場ではっきりさせておく必要があると思う。

考えてみると、すべての工学分野に普遍的な基礎工学というものは本来存在していたわけではなさそうである。強いて挙げれば応用数学などが考えられるが、これも各工学分野で少しずつ異なった種類の数学が特長的に発達しているケースが多いところを見ると、やはり枠の中で育っているともいえる。すなわち従来の工学を支える基礎工学、あるいは工学における学問というものは実際的な応用面で分類されたそれぞれの工学分野の中で育ってきたようである。

繊維工学にせよ、あるいは他の分野の工学にせよ、こ

* For the More Development of Textile Technology.

** S. Kawabata, Member. 京都大学工学部高分子化学教室、1964～1965年にカリフォルニア工科大学（米国カリフォルニア州パサデナ）の研究員として勤務し、ロケット固体推進燃料に関する研究に従事し、固体力学の勉強を行なう。

れらそれぞれの一つの分野について、さらに二、三の小分野に分割することはよく行なわれているが、たとえば航空工学を例にとると構造関係と推進工学を含む流体力学関係の部門に分けられよう。しかしさらにこれらのおのおのを分割しようとする、もはや航空工学は姿を消し、他の分野とも共通な弾性力学、材料科学、流体力学あるいは応用数学などといった主として理論的な学問の一部になってしまうのに気づくのである。

すなわち一つの工学分野は何種類かの基礎となる学問によって、しっかり支えられているのが普通である。そしてその学問の進歩とともに発達してきたものであり、また同時にそれら学問の発展に寄与してきたともいえる。

このことはもちろん航空工学に限ったことではなく、工学とは本来このような姿の学問であると思う。すなわち一つの分野という枠の下は共通の学問の広場なのである。

この学問の性格はどのようなものかということについて、元カリフォルニア工科大学教授 H. S. Tsien はその著述「Engineering Cybernetics」の序文において Engineering Science という言葉を使っているのが興味深い。ただし Engineering Cybernetics とは制御と誘導技術の基礎になる学問なのであるが、かれはこれが Engineering Science であって Engineering Practice ではない、つまり科学であって技術の実践ではないということの説明から、この両者の差について「Engineering Science は Engineering Practice において用いられる設計の原理を秩序的、系統的に組み立てることを目的とするもので、かくて異なった工学分野間の類似点を示し出し、かつ基礎的な考えの持つ力を強調するものだ」と述べているが具体的な表現であると思う。

さらに加えてかれは「Engineering Science は理論的解析が主になるもので、またこれには大抵は進んだ数学が使用されるものだ」とこれもまたきわめて具体的にいい切っている。少し極端な表現のようにも聞こえるが、確かに一面の真理をついた言葉である。

このように工学は科学の一領域なのであり、したがって理論を主にして構成されているのがその姿であるとなすことができるようである。

ここでいまひとつ、学者と技術者の区別を明確にしておかなければならない。これはともすれば学問と技術の混同を招いて研究のあり方や態度をあいまいにしてしまう恐れがあるからである。

前述のように工学は学問なのであるからその研究は主として大学や研究所において推進されていなければならないのである。アメリカではこうした研究者を天文学者や数学者と同じく、たとえばロケット科学者というように、学者あるいは科学者と呼んでいるのはこのように学問の研究にたずさわる研究者であるからで、かなりはっきりした区別をしているようである。大学や研究所のスタッフが学者であることが原則であるのはもちろん日本でも変わりのないことである。

しかし実際の工業に関するすべての研究は学者のみで行なわれているのではないことはいうまでもないことであって、実際面での応用を中心とし、実際的な問題の設計に関する研究を基礎理論を用いて行なう研究者達は学者と同様にきわめて重要な研究者である。ここで設計は基礎原理を用いて行なう技術の一つであることを思いおこせばこの研究者達は、さきの学者に対して技術者に属していることもおのずから明らかである。しかしいづれも研究者であることに変わりなく、ただ研究に対する考え方や目的が異なるだけで、どちらがより重要であるというようなものではない。単なる職業の異なりと同じで、技術者が学者へ転換することも自由である。技術者である研究者、いまこれを研究技術者と呼ぼう、はきわめて具体的な設計という目的を持っており、そのための原理の研究よりも設計そのものを行なうための研究者であることをはっきりさせねばならない。

繊維工業の場合を考えると、たとえば紡績工程というような各工程にたずさわる技術者も本質は工程設計技術者であるべきだし（そうでなければその技術者は機械の一部に過ぎない）、また衣服やロープなどといった製品の設計者や生産を計画する技術者も設計技術者の一部である。こうした技術者で、前述した学問的と違って技術的な研究を行なう人達、すなわち研究技術者は、紡績工程を例にとると一般の機械系の技術者としての機械要素やエレクトロニクスという実際的な各種技術の知識が要求されるのはもちろんであるが、これだけでは独創的アイデアや優れた着想は生まれてこないのはやむをえないと思われる。

前述したように実際的な研究は基礎となる学問を用いて行なう研究なのであるから、実際的な技術のほかにもその工学分野の理論を自由に使いこなせることがまず第一に要求される事柄であろう。航空機の機体設計にたずさわる研究技術者が流体力学や弾性力学の理論を自由に使いこなして設計に生かさなければならぬのと同じであ

る。学問はこうにして技術者によって生かされ、学者が思いつかなかったすばらしい応用の着想を研究技術者によって見つけ出されるわけである。

学問と技術、学者と技術者の区別が案外ルーズで、いづれでもない中途的な研究者の多いのが日本の工学の特長であるような感想をアメリカ滞在中に抱いたのであるが、繊維工学も例外ではないと思う。このアメリカ流のはっきりした割り切り方の是非についてはいろいろの考え方もあろうが、前述の中途的なあいまいさは確かに学問を安易に考える原因となり、また案外研究能率が上がらないことの原因ともなるような気がする。

3. 繊維工学という学問分野

学問と技術の問題についてその本質を明らかにするための検討を加えてきたが、ここで繊維工学という学問分野—技術分野ではない—の場合を少し掘り下げて検討してみようと思う。

繊維工学分野とは、はじめにも述べたように繊維や繊維製品の製造と応用を中心とする工業分野の基礎となる理論によって構成された工学である。その分野はかなり広いのであるが、いま繊維または繊維状の形態の材料を加工して繊維製品を作り、それを応用する工業分野を取り出して一つの分野とすると、これは本学会と密接な関係を持つ分野であることがわかる。もちろん最近はこちらに紡糸工程も加えなければならないと思われるが、こうした分野の技術の基礎学問を、すなわち理論を繊維工学と呼んできたものと思う。

そこでこの工学分野はどのような性格のものを検討しようとして、ここでそれを分割しようとするとなかなかむずかしいことに気づく。つまり支える特長的な基礎学問あるいは理論が強く現われてこないのである。

原料、紡績、製織、特殊加工などなどの分割が一応考えられるかもしれないが、これは単に工程の分割にすぎないのであって学問の分野において用いられるべき分割ではないことに注意したい。この分割のいずれか一つを専門にするという学者があるとすれば見当違いというべきであろう。このように考えてくると、繊維工学を代表する特長的な理論、すなわち学問はまだ形成される段階にきていないというのが現状ではないだろうかということに気づいてくる。このことはまた繊維工学がかなり古い歴史を持っている分野であるのにもかかわらず、まだ若い学問分野であるということになるのかもしれない。

しかしこういう状態ではあるが注目してよいことは、

従来多くの研究がこの工学分野でなされ、きわめて徐々にではあるが、繊維工学の本質、あるいは心となる学問の種類はどのようなものかということをはっきりと知る資料がいろいろ生れてきていることである。

繊維製品の製造過程を考えると、繊維という特長的な力学的、物理的性格を持った材料を集め、それぞれの相互配置に変化を与えながら、これらを繊維束や布状の材料へと、その用途に応じた構成を取ってゆくプロセスといえる。そして繊維製品もまた特長的な性質を持つ、需要のきわめて大きい材料なのであるが、こうした繊維製品製造過程や、製造の基本になる製品設計の理論などを含めた全体を通して使われる設計原理がすなわち繊維工学であるべきことは、いままでの議論から自然に明らかになってくる。

それではその学問の内容はどのようなものであろうか。筆者のイメージの一部を簡単に述べると、その学問として、繊維の力学的、物理的、化学的性質といった各種性質が深く導入されたような、そして非線形領域での解析を中心とする粘弾性論を心とし、さらに糸の構造やドラフト理論からわかるように統計的概念や手法が導入された新しい力学がまず浮ぶ。このようにして他に一、二の学問を加えて繊維工学はまとめ上げられていくような気がするのである。

前述したように学問的に繊維工学は若い分野であるが、どうして成長が遅れているのかという点であるが、このような筆者のイメージの一例の中のどの一つをとっても大変困難な問題であり、現在でも他のどの分野を見渡してもこれは尖端的な新しいテーマなのであって、このむずかしさが今日まで若さを保たせてきた原因になっているのかもしれない。ともあれ興味ある新しい学問分野が前面に開けていることが、少なくとも筆者が繊維工学に興味を持ち続けてきた理由の一つとなっていることは事実である。

4. 繊維工学研究のあり方

繊維製品の主要用途は従来から衣服が主であって、この衣服の設計に厳格な数学計算が要求されなかったことが、そして製造工程が比較的単純で非能率を人海戦術で補ってきたことなどが、繊維工学の学問的發展を阻害してきたことは事実である。耳を借す必要はないとしても、今日ですら、むずかしい理屈はたいして役にたたないという考えを持つ研究者、ときには学者の立場の人すらある状態であるが、こうした考えは学問はもちろん技

術の進歩を妨げ、繊維技術を植民地化へと陥しこむ悪循環の出発点となる考であるので強く排除したいと思う。もっとも、簡単にできる内容をいたずらに数式の羅列や消化されない借り物の理論のこねまわしで煩雑化し、人をまどわすような論文への批判であると解すると大いに反省の具としなければならぬのではあるが、

それでは繊維工学を本当の学問に一層近づけて行くために、具体的にどうすればよいのかという問題がつきに浮んでくる。こうした場合にすぐに学問の体系化を、というのは誤りである。繊維工学の本質に対するしっかりした考えを持って、一つ一つの研究問題を深く解析していくことからまず始めなければならない。そして借り物でない理論を作り出して行くことが研究を発展させ、繊維工学を豊かな学問分野に育てる強力な方法であると思う。

学者によって理論が進歩し続け、かつ豊富な技術を身につけた技術者が既存の理論を深く理解して応用を企てるといような理想の状態になれば、技術が模倣や流行に迫られる有様から決別できようし、新しいアイデアや独創的な技術も着実に生まれるべくして生まれるに違いない。

ここで注意すべきことは学問に国境はないことで、一部を除いて世界各国の学問の成果はだれでも勉強できることである。それにもかかわらず国によって技術の独創性に差が現われるのはまず地元学者の不足や研究の低滞がいろいろの悪影響を与えているためであることを反省しなければならないが、同時にまた研究技術者に見られる基礎学問の軽視という傾向、というより不勉強などもその原因であろうと思う。こうしたことが安易な研究を生み、流行におぼれ模倣に走らされる最大の原因となることを反省しなければならない。

学問、技術の進歩は遅いようで早い。繊維工学の世界でも、理論が進歩し、用途に応じた確実な製品設計が行なわれるようになり、同時に高度の自動制御化工場において多種類の製品がプログラムや命令変更に応じて高効率に連続的に生産されるようなときは恐らく遠からず到来すると思う。こういった夢は限らないのであって、繊維工学や繊維工業にはもはや開拓する研究分野がなくなったというようなことを思う研究者があれば、とんでもないことといわねばならない。むしろこれから始まるというべきであろう。

5. 勉強の不足への反省

以上いろいろと問題点を挙げたが、問題の解決には、

研究者の勉強に依存するところ大きいのも事実である。筆者がアメリカの研究者と一緒に仕事をし、またその社会に暮らしてみてもっとも身にしみて感じたことは、すべてにわたる合理的な考え方やその実践ということとともに、実によく勉強するということである。

基礎理論への信頼と投資、それに協力、基礎と応用すなわち学者と技術者の見事な分業と密接な連携という、すでに述べてきた理想的な研究の進め方が安定して行なわれていることは前述の合理性の所産でもあるが、その実践が学者や技術者のまじめな勉強ぶりによって支えられることにより初めて可能であることもあらためて認識したのである。かれらのはげしい勉強ぶりは技術や能力の有無のみが地位を保証し、端的にいえば給料の基準になっているアメリカ社会の厳しい現実を見通してはならないとしても、それだけではない、なにが職業に対する誠実さというか社会に生きていることへの人間的な誠実さというようなものからも確かにきているように思うが、この点についての論議は少し脇道にそれるのでここでは止めようと思う。さらにこうした誠実さはアメリカに限ったことでなく、後述するようにヨーロッパにおいても見られるのである。これが先進国というものの姿なのであろうか。

こうした勉強ぶりを一般的に述べるより、二、三の例を以下に紹介したほうがよいように思う。もちろん世間には勉強家も多いのであり、ここで述べていることは筆者自身の自己反省であると考えていただきたい。

筆者の勤務する研究室へしばしばアメリカ各地の研究者が訪問し、この人達と接触する機会が多かったが、その人達は年齢にまったく無関係に、会っているほとんどの時間を学問的な議論に熱中し、たとえば昼食時にいってすら紙ナプキンの上を図面や数式でいつのまにか埋めつくして黒くしてしまうことが何回となくあった。学生の勉強ぶりはいまさら挙げるまでもない。また筆者の研究補助員をしていた技術員たちもつねにノードに新しい理論の解説を聞いては書き記したり、あるいは自分の技術の範囲を広げようとする積極的な態度など、驚かされたことの一つである。このような例はいくつもがあるが、こうした勉強ぶりはアメリカに限ったことではない。筆者が滞米中に4週間ほどのスケジュールでパリの国際羊毛研究会議という国際学会へ出席したことがある。まずこの途中にイギリスの Leeds 大学を訪ね、その繊維工学科を訪問したが、正直なところ特にかげ離れた高いレベルの学問が進行している感じは受けなかった。しかし

スタッフの学問に打ち込んでいる姿はアメリカでみるそれと共通のものがあつた。たとえばドラフト理論の先輩であり同科のチーフの一人である Grosberg 教授をかれの室を訪ねると、あいさつもそこそこにしてかれはチョークを手には黒板でごく最近の研究成果の説明を始め、これに関する筆者の意見を求められるなど、古めかしい、いかにも英国風の自室で長時間にわたる議論を始められた。若いスタッフとの話のあとでもあり、また久しぶりの汽車旅行ですっかり日本の気分になっていたときで、せいぜい概論的な世間話ぐらいかといふ日本流に考えていた筆者には思いがけないことであつたが、議論の内容もさりながら、それ以上のよい勉強をしたものであつた。

パリではヨーロッパの繊維工学関係の研究者とも多く会つたが、筆者が数年前に研究していたドラフト理論についての 実 に 核 心 を つ い た 深 い 批 評 や 意 見 を 持 っ て お り、小グループで何回も議論したものである。さきの Grosberg 教授もかれの若い研究員と一緒にこの仲間に加わり、このときも一時間ほどかれと、繊維先端密度の数学的表現という一見たわいのないことと日本では思われるような内容について大変な議論をしたものである。自分のやった仕事についてこんなに深い批評や討論を日本では受けたことは一度も経験しなかつたことでありまた他に対してもしたことがない。これは一体どういうことなのか。パリの宿でひとり考えこむとともに反省を行なつたものである。

6. 研究のためのよい環境を

最後にもう一つ論じたい。これからの繊維工学を進展させるためには多くの特に若い研究者の登場と活躍を大いに期待したい。こういうと筆者がいかにも高所に立つ人間にきこえるが、はじめにも述べたように未熟の一研究者であり、同僚の一人としてこれを期待しているわけ

である。

しかしこうした若い研究者の登場や進歩の阻害となる原因をできるだけ除去することもまた重要な事柄であると思う。

この阻害者の第一は、基礎となる学問研究や基礎理論の勉強に対して誤まつた評価をする研究者や指導者である。研究者はともかく、こうした指導者に管理される研究機関では若い研究者は先の希望も学問的情熱も失つてしまふに違いない。こうして良い研究者を失うだけでなく外国における研究や技術の模倣と追随の状態を持続させ、独創ある研究はまず生まれないであらう。

第二には、すでに学問的な研究への情熱を失つてしまつていて、なおかつ学者や研究者として指導的地位にある人である。研究とはこんな安易なものかという失望を希望に燃える若い研究者に抱かせ、この分野への興味を失わせてしまふに違いない。また研究者の間に馴れ合い的な不勉強の習慣を慢性化させる原因にもなる。

このほか、学問的研究においてすら不必要な秘密主義をとる研究所も阻害者の一つで、研究員に迷惑をかけているに違いない。これは自からの鎖国主義によって自からの発展を阻害していることになるからである。

もちろん一方において学会の責任も重く、まず第一に、学会は当然のことながら学問的のふん囲気を尊重し、また良い論文を正しく評価することなど、研究の阻害とならないよう希望すること切である。

この論説を書くにあたり、筆者の恩師である現福井大学長 藤野清久先生との個人的な談話中での先生のご意見からも多くの示唆を得たことを記して、あわせて謝意を表したい。

文 献

H. S. Tsien; "Engineering Cybernetics" McGraw Hill, New York, 1954.

(研究資料 No. 30 内容紹介)

織物の防しわ・折り目つけ

海外資料編集委員会編

最近、内外において問題となっている、織物の防しわ・折り目つけ加工に関する、海外の主な文献を集めてみた。現在は技術的にも開発中であり、進行中のものであるが、この多岐的な問題を発展させて行くための指導標としても、また進行状況を把握するための資料としても、ご一読をおすすめるものである。

内 容

- 高温と機械的圧縮による綿織物の折り目つけ加工
- 耐久プレスと裁断業者に関する問題と対策
- 樹脂ならびに架橋剤を用いた最近の仕上げ
- 綿の防しわ仕上げへのフォルムアルデヒドの新使用方法
- 熱融着仕上げ法
- 綿の防水仕上げとW・W加工としての架橋結合シリコン フィルム
- 乾湿しわ回復におけるエピクロロヒドリン蒸気法

Text. Res. J., (1965-4)
 Text. World, (1965-4)
 Text. Manuf., (1964-7)
 Text. Rec., (1964-8)
 SVF Fachorg. Textilver., (1964-8)
 Text. Res. J., (1965-5)
 Text. Res. J., (1965-5)