



● SPECIAL EDITION ●

『理学と工学』

第3回 理学と工学から 異分野までの交流

特集「理学と工学」第1回では、理学と工学の起こりと歴史、その方法論や目的意識の違いなど、理学と工学の特徴について考察した。そして第2回では理学と工学との関係のあるべき姿と、現状における問題点について考えた。

最終回となる今回は、境界領域の研究に重点をおいた東工大長津田キャンパスを中心に、理学と工学、あるいは異なる分野の間の相互作用と協力を、研究の具体的な内容を踏まえて見ていくことにする。

長津田には、理学・工学両面にわたる 研究が行われる環境がある

理学と工学との研究における接点

多くの大学では、理学的な学科と工学的な学科が組織上分かれている。しかし、東工大長津田キャンパスでは研究者が理学・工学両面にわたる研究を自由に行える環境があるようだ。沢岡教授（工材研）のお話はその象徴的な例である。（沢岡教授の専門は、「高温・高圧」である。）

沢岡教授は、ダイヤモンドの焼き物の話をして下さった。ダイヤモンドが最も硬い物質であることはよく知られている。しかし、ダイヤモンドの単結晶は、結晶面にそっては意外に割れやすい。指輪につけるダイヤモンドなどはその性質を利用してカットしているわけである。しかし、ダイヤモンドの小さい粒の粉をたくさん集めて焼き固めれば、結晶がいろいろな方向を向くようになりある方向に割れやすいということはなくなる。沢岡教授の言葉を借りれば「地上最強のタフな焼き物」になる。

「究極の材料を作ろうというのが、工学的なねらいです。」と先生は言う。例えばその焼き物は、岩盤切削用のドリルのビットとして役に立つ。これを使えば、今まで

手の届かなかったような、岩盤の下に横たわる石油資源をも採掘することが可能になる。

また、この究極の材料は理学的な興味とも結びつく。この焼き物をプレス機の先につけて圧力をかけてやると、1 cm²の部屋の中に100万気圧もの圧力を作りだせる。このような装置では水素を金属化することができる。実は理論物理で、金属水素は高温で超電導を示すという計算がある。水素ばかりでなく、いろいろな絶縁物を金属に変えてみたいというのが、物理的な興味の方向である。

「手段の開発、それから技術の開発、そして、それを使ってまた新しい物理を、と行ったり来たり。」

「理学から工学の世界に来たり、時々また工学の世界にもどったり…。要は学問何でも面白くなきゃ話にならないということですね。」

「長津田は、理学サイド・工学サイドいろいろできるという点でいい所だと思います。」と沢岡教授は言う。

また、沢岡教授は、異質の分野の発想を持ち込むことによって研究が促進される、と指摘した。

例えば、ダイヤモンドの焼き物を作るのに、最近、ダ

滴を板の上に付けると、そこに膜ができるというものである。しかし、液滴は変形しながら固まるため、隙き間ができてしまう。そこで密につくように、液体が固体に相変化しつつ固まる時の伝熱機構を調べているそうである。また、逆に穴があくようにして、多孔質を作ることにもできる。そして、プラズマ中に他の反応物質を入れたり、入れる物質を次々変えたと、いろいろな多孔質を作ることができる。

その1つに複合多孔材というものがある。例えば、混合の機能を持った多孔質を作り、その上に触媒の作用をする多孔質を重ね、またその上に、カラムのような分離・吸着の機能を持った多孔質を重ねれば、混合反応・分離の機能を持った複合多孔材ができる。これに上から反応物質を入れると、下から一気に生成物質が出るといった具合である。

しかし、これらの研究についてはまだ着手されたばかりである。

将来はエネルギーシステムを変えたい

最後に、これからの事について尋ねてみると、神沢先生は次のように答えてくれた。

「実はね、蓄熱とかエネルギー貯蔵ということに前からずっと興味があったわけです。熱エネルギーだけでなく、エネルギーを貯えるということに。貯えるというのは、貯金もそうだし、食料もそうだし、いろいろある。貯えるというのは人間の本能だと思っているわけ。ただ、

エンジニアとしていまひとつ面白くないのは、どうも倉庫会社的な雰囲気があって、何か作るという感じじゃないわけです。うまくつなげてやるとかいうような。だけども、私としてはそう思っていないんです。今の目的は単なるつなぐ役目ということになっているんですけれども、逆にその蓄熱技術とかヒートポンプとか熱機器の技術がもっと確立していくと、エネルギーシステム全体を変え

るようにならないか、そう考えているんです。良い例かどうか分かりませんが、銀行というお金を蓄える機関が、経済的な機構に多大な影響を及ぼしている、というのがありますんでね。エネルギーを自由に蓄えることや、いろいろな機器を操ることができれば、最後にはエネルギーシステムが変えられるんじゃないか、こう思っているんです。」

お話を伺ってみると、神沢先生は野球が非常に好きだそうである。中学時代はもちろん野球部で、今でも研究室対抗で試合を行うそうである。また地域のソフトクラブに入って、日曜日にやっているそうで、汗をかいた後で芝生の上で飲むビールの味が…。

それはともかく、お忙しい中、我々の取材を快く承諾して下さい、また大学を出れば大学教授も普通のおじさんですよ云々の話に花を咲かせるなど、本当に気軽にいろいろな事を話して下さいった神沢先生に感謝の意を表して筆をおく。

(畑中)

イヤの粉体に、爆薬の爆発による衝撃波を通して瞬間的に高温高压にする、という方法が考えだされた。このような方法というのは、純粋な理学の研究者からみればあまりに荒っぽく、ちょっと思い付かない発想だろうとい

う。だが、このような衝撃の技術というのは、宇宙工学で、宇宙船への隕石の衝突の実験で従来から使われていた。

研究室にいろいろな専門の人がいると視野が広がる

発想の違いの活用

1人の人が、理学的センス・工学的センスを併せ持つということは、だれにでもできることではない。しかし長津田の総合理工学研究科や各研究所では、制度上、いろいろな専攻の人が集まってくるので、同じような効果が得られる。

相転移を研究している佐藤教授（材料科学専攻）は、

「物理を出た学生がいて、工学部を出た学生がいて、一緒に同じ装置を使って別のテーマを研究しているからお互いに思考方法に幅ができる。こういう見方もできるんだなあ、と。それが非常に大きいメリットです。」と言う。

研究テーマの一つである形状記憶合金が取り上げられるようになったいきさつ自体が象徴的である。佐藤教授は、もともと結晶の変形に関する転移そのものに興味をもっていて、形状が回復するといったことにはあまり関心がなかった。しかし、工学部から来た学生が、これは実用上面白い物質だ、と目を付けたために、盛んに研究され、企業と共同研究を行なっている。企業側が実際に使えるものをつくらうとしていて、先生方は、基礎的なことだけを研究している。

「本当に基礎だけを勉強している人がいて、まわりから見て別の見方をしてる人がいて、はじめてぱっと新しいテーマが生まれてくるというようなことが実際によくある。」とは佐藤教授の言葉である。

電子デバイスが専門の武者教授（電子システム専攻）は、物理から来た学生と電子から来た学生では、発想の仕方が異なると指摘する。

エレクトロニクスの問題を考えるのにも、物理の学生は、第一原理にたちかえって電磁気現象として考えようとするのに対し、電子の学生は、等価回路に置き換えたりして定理から考えようとする、という。しかし、一緒に研究するときには、発想の違いがマイナスに働くことはないそうだ。

「むしろ、一緒に仕事をするほうがいいんですね、発想がつながるから。いろんな発想があるから、非常にユニークな仕事ができるようになるんですね。」と武者教授は語る。

また、理学と工学との間ばかりでなく、同じ分野（例

えば物理）でも、実験屋と理論屋の間には発想の違いがある。大岡山では物理の理論と実験は別々に研究していることが多いが、長津田では、新しい分野の開拓という性格上、理論屋と実験屋が混在するということがある。例えば、印写工学を研究している、基本的には実験屋の清水教授（電子化学専攻）は次のように語った。

「理論屋と実験屋が本当にひとつになってやれると、いい仕事がいっぱいやれる。実は私達のグループも6ヶ月間、アメリカの企業から理論屋さんと呼んでいた。私達がおもしろい現象を見つけると、彼はすぐ、自分の理論ではこのように解釈できる、というようなことを計算する。そういう循環が起こると、研究はものすごく触発される。

違う分野の人が一緒に研究することのメリットとして武者教授はつぎのような例を挙げた。電子デバイスがもともとの専門の武者先生は、現在医学関係の人と共同で研究をしているが、時に、医学の人が電磁気に関する非常にプリミティブな質問、考えたことのないような質問をしてることがあるという。

「同じ専門の人同志だと、話をしても、ハイレベルだが末梢的なところに行ってしまうことが多い。しかし専門外の人とはとても根源的な質問をしてくれる。そういう質問は答えるのがなかなか難しいが、自分がよくわかっていけばうまく答えられるはずだし、それを考えることでべつの視点に気づくこともある。」

これまで挙げた例は、いずれもひとつの研究グループの中にいろいろな素養の人がいる、という話だったが、離れたところにおいても、お互いに触発しあうことは可能である。例えば清水教授は、大岡山の理学部でやはりプラズマを研究している^{はたの}簀野教授（化学科）をしばしば訪れるし、簀野教授も、自分の研究しているプラズマからどんなものができてどんなふうに役に立っているんだろう、という素朴な疑問を持っているという。

半導体でやれば物理，人体でやったからMEとなっただけ

異なる対象に同じ手段

これまで見てきたのは、目標や対象を共有する人が協力しあうという例だったが、対象が異なっても、共通の手段や数学的構造を相手にしている人が協力しあう、という例が、武者教授の研究に多く見られる。

その1つとして、心電図を発展させた、心臓病のより詳細な診断方法がある。

心電図というのは、体の各所に電極をはりつけ、心臓の鼓動に応じて発生する電位を記録し、心臓の状態を把握するというものである。武者教授は医学の研究所と協力して、電極の数をもっと増やしたシステムを作った。128個の電極を体中にマトリックス状にとりつけ、電位の波面が広がっていく様子を立体的に観測しコンピューターで表示する。これによって、従来の単純な心電図より多くの情報から、より正確な診断を下すことが可能になった。

このシステムを作るにあたっては、電子デバイスの研究で使う技術が利用された。武者教授はデバイスの上に生じる電圧のノイズを二次元的にはかる、という技術を以前作られたことがあり、心臓の電位の問題は、これと基本的に同じなのである。

「半導体でやっていけば物理になったし、人体でやったからME (Medical Engineering=医療工学) となっただけ。」というのは武者教授の言葉である。

また、デバイスと人体に共通する問題として1/f ノイズの問題がある。

1/f ノイズというのは、最初はデバイスの分野で60年ほど前に発見されたもので、デバイスの中の電位のゆらぎで、その振動数の逆数に強度が比例するというものである。1/f ノイズの発生原因はまだ解明されず、デバイスの分野における研究目標の1つになっている。

武者教授は、心電図の開発の際に多くの医学研究者と

話をして、生体の中にもいろいろなゆらぎがあるということを知ったという。そして、心電図などを用いて、そのゆらぎを調べてみると、実は、1/f ノイズだった。このような発見は、電子デバイスに関する知識があったからこそできたのではないかと、武者教授は言う。

「デバイスの知識がなくしてただ、心拍がゆらいでるなあ、とか、ニューロンから出るクロックパルスがゆらいでるなあとか言って見ているだけでは、それ以上発展しない。意味が読みとれない。」

生体における1/f ノイズの研究は、デバイスの研究を移植して始まったわけだが、今後、生体における1/f ノイズの意味がわかってくれば、その知識を今度はデバイスの分野に移植できるかもしれない。そのように、双方の分野がお互いの研究を促進しあうといったことが実現するかもしれないのである。

このような分野間の交流をはかろうとする、武者教授の企画による国際会議が1984年に東京で開かれた。それは、レーダーの分野における、クラッターリジェクションという数学的技術が、他の分野に移植できないか、というものである。

レーダーで、帰ってきた電波には、目標ばかりでなく他の不要なものの反射も含まれている。そのノイズをクラッターと呼ぶ。その中から必要なものだけ取り出そうというテクニックがクラッターリジェクションである。

そのような技術というのは、人工衛星から地球の資源を調査するリモートセンシングや、人体の超音波診断のエコーの解析でも必要とされる。

「クラッターリジェクションというのは、ずいぶんいろんな手法が発達してるんで、1つの分野で開発された手法を別の分野の方に流すことができれば、非常に貢献するところが多いのでは、と異分野の人を集めて国際会議をしたんです。」と武者教授は語った。

学生が所属した研究室に閉じこもっていると 考え方が非常に狭くなる

異分野間の交流を進めるには

異分野間の交流は、新しい分野を生みだし、また各分野の研究をも促進する。それでは、異分野間の交流を進めるにはどうしたらよいだろうか。私達はどのような態度をとればよいのだろうか。

この問題に関しても、武者教授が示唆的な発言をして

いる。「MEの研究をするには、医者グループとエンジニアグループの間で共通に理解し合える部分がなくてはいけない。エンジニアリングのわかるお医者さんと医学のわかるエンジニアが組み合わせられなければ、いい仕事はできない。そうでないと、相乗効果がなく、ただ2人でのみでいるだけになってしまう。」これは、いろいろな分

野間についても言えることだろう。専門以外の分野に興味をもつことは大切である。

また、武者教授は次のように言う。

「人間関係のネットワークは研究を進める上でものごとく大事。だから、いろんな知らない研究会で人と会ったとき、研究者も社交が上手にできないと、あまり仕事は発展しない。」

各個人の姿勢ばかりでなく組織や制度の問題もある。長津田キャンパスには、従来の制度では困難だった異分野間の交流を容易にする、というコンセプトがある。お話をうかがった先生方は、少なくともある程度はその意図を実現していて、何かしらメリットがある、と言う。例えば、清水教授は、電子工学の研究者と化学の研究者の集まった「デバイス研究会」の責任者をしている。これは、化学、電子、材料などの人達が有機的に集まってディスカッションするというもので、清水教授も

「非常に触発される有効なものです。」と言う。

大学はこのような「グループ研究」を奨励しているそう。

しかし、うまくいっているところばかりではない。

「長津田も、10年くらいは同じ組織で動いている。境界領域に挑戦しやすい制度になっているはずなのに、最先端の分野が、10年続くなんてことはあるはずないんです。その辺が理想と現実のはざまですね。だから、各人が、現在ある制度をうまく使ってやっていくということでしょう。うまく使った人が、研究で得をできるようになっていますね。」とは清水教授の言葉である。

研究の現場ばかりでなく、教育の場面にもそのような試みがある。

「学生が、所属した研究室にとじこもっていると非常に狭くなる。どうしても研究室の先生の見方に似てきてしまう。他の先生とコンタクトすることで、学生も新しい見方に接することができる。」とは佐藤教授の意見だ。そのために長津田には、研究所に所属している学生が他の先生のところに行って実験をするという「専修実験」という制度があるという。これなども、見守っていくべき試みの1つだろう。

大切なのは、自分の専門にとらわれずに、 広くいろいろな分野を見渡す態度である

全体を通じて

これまで3回にわたって、理学と工学、あるいは異なる分野の間の関わりあいについて見てきた。全体を通して浮き彫りとなったのは、視野を広くもつことの重要性ではないだろうか。

外見的には自分の専門とかけ離れた分野のようであっても自分と似た目標を持った人がいるかもしれない。自分の専門に役立つ手法を持った人がいるかもしれない。対象が違ってても数学的構造の似た問題があるかもしれない。あるいは逆に、自分の研究していることが、ブレークスルーをもたらすような重大な役割を演じられる分野があるかもしれない。そういったこと全ての前提となるのは、自分の専門にとらわれずに広くいろいろな分野を見渡す態度である。

自分が興味あることを研究するのは当然のことだが、自分の専門にとじこもり、それだけに力を注ぐことは、自分の専門の発展にとって常に最善とは限らない。理工学に携わる私達は科学技術すべての進歩を考えて、理工学の区別にこだわらず、他人の研究を自分の研究に生

かし、自分の研究を他人の研究に生かす態度を大切にすべきである。
(金子)

