日刊工業新聞社が主催する「第21回理工系学生科学技術論文コンクール」の受賞論文が決まりました。全国の大学生・大学院生、工業高等専門学校生から寄せられた93編の応募の中から最優秀賞、優秀賞、特別賞に選ばれたのは計6編。「科学技術と日本の将来」という基本テーマに沿い、各自の問題意識をもとに課題を設定し、経験や知見を踏まえて自身の考えを論理展開する力を評価しました。日刊工業新聞社は将来の日本のモノづくりを支える理工系学生の人材育成に寄与したいと考えます。（注）図表の掲載は省略します。詳細は本コンクールのウェブサイトをご覧ください。

第21回理工系学生科学技術論文コンクール

本社主催

最優秀賞・文部科学大臣賞

富山大学
工学部工学科応用化学コース3年
木原（きはら）　真穂（まほ）

大学教育における理系専門科目とアクティブラーニング

1．はじめに

私が入学前に抱いていた大学の授業のイメージはアクティブラーニングであった。大学では高校と違い、学生同士が議論する機会が多くある、のだと思っていたのである。実際、一般教養の授業ではアクティブラーニングをする授業がいくつか存在している。一方、工学部の専門科目では、実験や演習を除き、教員が学生に知識を伝達する講義形式の授業が主である。しかも、実験や演習は3年生で開講されることが多いため、1、2年生では専門科目でアクティブラーニングをする機会がほとんど無く、大学の講義は高校の授業と同じような雰囲気だと感じた。2020年度のコロナ禍で入学した1年生は遠隔授業として受ける条件が加わり、戸惑いもより大きかったのではなかろうかと推測される。イメージギャップから大学を早々と中退した人も少なからずいるとも聞く。

特に理系学部では、知識が無ければ深い議論が全くできないという考えは理解できる。また、大学は学生が自ら主体的に学ぶ場所なのであるから、学生が個人的に行えば良いではないか、という意見もあるだろう。しかし、大学での勉学方法として、考え方を学ぶ授業が存在しても良いのではないだろうか。工夫すれば1、2年生のうちからアクティブラーニングを行う授業を実現することもできるのではないだろうか。

本論文では、こうしたことから、1、2年生の理系専門科目でのアクティブラーニング導入の可能性について具体的に提言する。

2．アクティブラーニングとは

まず、アクティブラーニングの定義を確認する。文部科学省によると、教員による一方的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称。学修者が能動的に学修することによって、認知的、論理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る。発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習等が含まれるが、教室内でのグループディスカッション、ディベート、グループ・ワーク等も有効である。

ここでは、比較的取り組みやすいであろうグループディスカッション、調査学習に焦点を当てる。以下、これらを踏まえて考案した授業を提案する。3．では予習不要で、その場で履修者が一から考える授業を提案する。これは一般教養の授業としては存在しているが、理系専門科目に応用する。4．では、予習に時間を掛けてから授業に臨む授業を提案する。ここでは、大学入学当初の学生に、勉強の仕方の一つの例として教科書やその他書籍を読み込んでみると面白いのだ、ということを紹介することを目的とした。

3．専門科目でのアクティブラーニング例1―グループディスカッションメイン型

授業時間を90分とした時の目安時間を括弧内に記す。

（1）教員により基礎知識に関する講義を行う。（50分）

（2）学籍番号により、学生を4名程度のグループに分ける。（5分）

ここで、学生に自由にグループを作らせると、普段から同じメンバーで固まってしまうと予想されるので、教員側がグループ分けを行う。毎回、授業当日にグループを発表する。また、グループメンバーの氏名、討議内容をメモしてもらうための紙を配布する。

（3）講義内容に関する知識が、世の中でどのように使用されているのかグループで考えてもらう。（5分）

（4）（3）で行き詰まったところで、スマートフォンなどでインターネットを使用して、調べてもらう。また、意見、疑問点等をまとめてもらう。（10分）

（5）各グループから、1つずつ意見、調査結果を発表してもらう。調査結果に対しては、疑問点や感想も発表してもらう。（10分）

挙手制で行い、手を挙げたグループから発表してもらう。挙手制にする利点として、橋本によれば、学生の主体性・自発性・積極性を促す目的があり、主体的学びを本質とするアクティブラーニングでは欠かせない要素だと考えている。最初の挙手さえ上手く引き出せば、大抵次々と手が上がりやすい。全部のグループに順番に発表してもらうと、発言内容の重なりから冗長感を招きやすく時間も浪費しがちである。

（6）教員側から、必要に応じて補足説明を行う。（10分）

講義後にグループごとに記入してもらった紙を回収する。疑問点や意見に対し、教員がコメントをする。次回授業時に全グループ分のものをA4用紙1枚程度にまとめて、全員に配る。そうすることで、授業時に発表できなかったグループでのおもしろい意見も共有することができる。A4用紙1枚程度であれば、忙しい教員側も作成しやすく、学生も読みやすいのではないか。

4．専門科目でのアクティブラーニング例2―調査・事前学習メイン型

（1）事前学習として、次回講義内容分の教科書の範囲を指定し、学生に読んできてもらう。この時、必ず疑問点を1点以上探すようにする。数式の意味、導出、なぜそのような反応がおこるのか、専門用語の詳しい意味等。教科書を読んでわからなかったところでも良い。

（2）講義では、まず3．（2）と同様に、グループに分かれてもらう。（5分）

（3）グループごとで、各自が教科書をどのように読み取ったかを話し合ってもらう。（15分）

ここで、例えば4人グループであれば教科書の指定ページ数を4分割し、それぞれのグループにいる学籍番号が小さい人から順番に発表してもらう。発表順は毎回異なるように設定し（番号の大きい人から、奇数から、偶数から等）学生があらかじめ予測できないようにする。制限時間よりも早く各自の発表が終わったグループは、他の人が発表した範囲について追加で解釈の仕方を考えてもらう。

（4）各自が抱いた疑問点を、グループごとに配布した紙に記入してもらう。グループで出た疑問点の中からどれか一つを選び、グループで答えの解釈を導いてもらう。関連する書籍をいくつか教員側が用意し、自由に見ることができるようにする。学生が、指定教科書以外の書籍を持参しても良い。また、インターネットを使用しても良い。グループ討議の際、教員が各グループを見て回り、行き詰まっているグループにはヒントを出す。（15分）

（5）3．（5）と同様に、挙手したグループから発表してもらう。最初の4グループ程度は、教科書に書かれていることを分割して説明してもらい、その後に発表するグループは、疑問点と話し合った結果を発表してもらう。（25分）

（6）教員側から補足説明を行いつつ、講義を行う。（30分）

5．まとめ

以上1、2年生のうちから専門科目の奥深さを味わい、興味を持てるような授業として提案した。理系専門科目は難しく、途中で挫折してしまったり、自分が学んでいる内容が世の中にどのように使われているのかが分からず、将来が不安になったりすることもあるだろう。

私は1年生の時には教科書を読むことの重要性を理解しておらず、講義の聴講や授業内で配布されたプリントの内容の把握だけという受動的な学び（＝勉強）で済ませていた。2年生後半から教科書を読み始め、理解しやすくなったが、もっと早くから教科書を読んでいれば良かったと後悔した経験から、グループワークと結びつけることに思い至ったのである。

また、同じ学科だが入学から卒業までに一度も話したことがない同級生がいるのはもったいないことだ。グループディスカッションを通して、たくさんの学生と話すきっかけになると良い。語り合うことで様々な気付きもあるし、自分の考えが深まることもある。入学当初には友人も作りやすくなるだろう。今回は対面授業を想定して授業提案をしたが、オンライン授業であっても様々なツールを活用すれば似たような展開も可能だろう。

このような授業を受けることで専門科目に対する興味が増え、多くの学生の学びが「勉強」から主体的な学びに深化することで、日本の科学技術の発展につながることが期待できる。

講評

将来への希望熱く

審査委員長・大江修造氏（東京理科大学元教授）昨年と比べて、応募総数、参加校数ともに増え、特に校数は60校と、過去5年で最多となった。

我が国の研究開発能力の維持を懸念して科学教育を論じたものが増えると同時に、コロナ禍関連を学生の立場から論じたものが目立つ一方で、今回は、AI（人工知能）関連を主題に据える論文は減少した。若者の将来に対する希望が熱く述べてあり頼もしい限りであった。

応募論文はいずれも甲乙つけ難いものであったが、受賞された論文は審査委員の熱心な検討による厳正な審査の結果選ばれた優れたものである。真に「科学技術と日本の将来」を論ずるにふさわしいものである。

日本の科学技術の将来への懸念とその解決策を提案した真摯な論文が目立ったが、独創性・将来性・論理性に優れた論文6編を選出した。

優秀賞

名古屋大学
工学部化学生命工学科3年
北島（きたじま）　光之輔（こうのすけ）

新たな科学技術を生み出すための学部講義の新しい在り方

1．はじめに

「研究ってなにをするのだろう」。

研究室へ配属される学部4年への進学を控えた筆者が最近よく考える疑問である。辞書や文献で研究の定義を調べてみると、「よく調べ心理を極めること」（広辞苑第五版）＊1、「明らかになっていないものを発見すること」＊2、「自然の法則を理解して、人類の発展に役立たせる知的営みである」（坂根）＊3など様々な定義がなされている。数ある研究の定義の中で、筆者の心に一番しっくりときたのは萩野による「一言で言えば、研究は「創造」である。新しいものを作り出すことである」＊4という定義である。大学は研究機関であると巷では言われるが大学では研究、すなわち、まだこの世にないものを作り出す場なのだと腑に落ちた。ではどうすれば新しいものをつくりだすことができるのか。

本稿では新しい科学技術を作り出すということ、また新しい科学技術を作り出すためには、既存の科学技術を学ぶことがいかに重要であるかを述べる。これらを踏まえた上で、既存の科学技術を学ぶ場である学部1年から学部3年における、より効果的な新しい学部講義の在り方を提案する。

2．新たなものを作り出すということ

萩野は研究とは新たなものを作り出すことだと定義した。ではどのようにすれば、新たなものを作り出すことができるのか。何か方法論はあるのか。以下に筆者の経験談と共に新たなものを作り出すということについて述べる。

筆者は自由研究や自分の考えを述べなさいといった類のレポート、すなわち新たなものをつくりだす課題が以前は嫌いな学生であった。何から手をつければいいか全くわからなかったし、自分で考えなさいと言われても何も浮かんでこなかったからである。このような類の問題を考える際、筆者は普通に生活していたとある日突然、頭の中に誰も思い付かないような天才的なアイデアが浮かんでくると思っていたが、ある一冊の本を読んでそうではないことを知った。

ジェームズ・W・ヤングは著書「アイデアの作り方」において以下のように述べている。「アイデアというのは既存の要素の新しい組み合わせ以外の何ものでもない。」この一文は筆者にとってまさに目から鱗であった。

筆者は早速、この考えを用いて、Redbullが主催するBasement「Red Bull」というキャンパスライフをよりよくするための案を1分程度の動画にして提出するというイベントに友人2人と参加し、食堂混雑とハコポス（郵便局に設置されたロッカーで郵便局の営業時間に関わらず郵便物を受けとったり差し出したりすることができるサービス）の二つの要素を関連づけ、キャンパス内の至る所にボックスを設置し、アプリで事前に予約しておくことで食堂に行かずともボックス内に食事が用意される食堂混雑緩和システム「Delix」を提案した。「Delix」はおしくも日本代表には選出されなかったが日本3位という大変光栄な評価をいただいた。（全224チーム中）

3．新しい科学技術を作り出す上での大学講義の立ち位置とその現状

前述したように新たなものは既存の要素の組み合わせであると考えるとすると、新しい科学技術とは既存の科学技術の組み合わせであると考えることができる。確かにこのような視点で科学技術を見てみると、筆者の在籍する学科の研究室でも、無機材料分野と生命分野を組み合わせた生体用セラミックスを研究対象にした研究室や、ITと生命分野を組み合わせた次世代シークエンサを用いてDNAの塩基配列を明らかにすることを目的とした研究室がある。よって新たな科学技術を考えるためには、言うまでもなく一つひとつの既存の科学技術を幅広く学ぶことが大変重要であり、既存の科学技術の場を学ぶ場である学部1年から3年の講義は大変重要な立ち位置を占める。

しかし、現在の大学1年から3年における講義の大半は講義室で教授が100人規模の学生に向かって一方的に講義を行うというものであり、内容の高度さとあいまって少なくない数の学生が講義についていけない現象が生じている。西澤（2006）も「多人数講義で問題となる最大の点は、学生による授業の理解度を教員が把握することである」と述べているように教員側にとっても多人数の学生に対して講義を行う形式は最適でないように思える。

また大学1年から3年における講義では基礎研究の範囲の学習内容が多く学んでいる内容が実社会ではどのように役立っているか生徒は実感しにくい。筆者は、これらの問題点を踏まえ学部1年からの新たな講義の在り方「短期研究室留学」を提案する。

4．新しい学部講義の在り方「短期研究室留学」

筆者が提案する「短期研究室留学」とは学部1年から研究室に所属し、大学院生の実験の見学や簡単な模擬実験を通して既存の科学技術を学ぶと言う制度である。装置の測定方法や測定原理など、一方的に講義を受けるより実際に装置に触れることで早く身につくことは容易に想像できる。筆者も以前、学生実験の一環で色素増感型太陽電池の評価と作成というテーマで実験を行ったが実際に手を動かし色素増感型太陽電池の作成、評価を行うことで講義を聞いただけではよく理解できなかった、エネルギーバンド理論による、金属、半導体、絶縁体の分類、電子エネルギー準位理論などを理解できた。

また、筆者の提案する短期研究室留学ではその名の通り、一つの研究室にとどまるのではなく期間を区切り様々な研究室に在籍して、学習を行う。そうすることで幅広い分野の知識を身につけ、将来、大学院で自身の研究をする際に学部時代に身につけた異なる分野の知識から新たな着想を得ることが期待できる。

5．短期研究室留学の弊害とその補填案

前述した新しい講義の在り方には問題点もある。初年度から研究室で専門性の高い学習を行うことで教養科目の学習時間が減ってしまうことである。現在程度ルーティン化された作業を学生に任せることで学生の経験にもなるし教員側の負担減少にもなる。

6．終わりに

本稿では新たな科学技術を生み出すとはどのようなことか、また新たな科学技術を生み出すためには既存の科学技術を学ぶことが大変重要であることを論じると共に、より効果的に既存の科学技術を学ぶための学部初年度からの新しい学部講義の在り方を提案した。初年度から最前線の研究に触れながら学習を行うことでモチベーションも上がり、将来優秀な人材が増えることを期待したい。本制度が少しでも日本の科学力向上につながることを望む。

ウェブでニュースは
いかがですか？

ニュースイッチ
NEWSWITCH
http://newswitch.jp/

■ ニュースイッチとは？
日刊工業新聞社のニュースをはじめとするコンテンツを、もっと新鮮に、親しみやすくお届けするサイトです。
少し硬い、難しいニュースをわかりやすく、または詳しく。話題のニュースから、小さいけれどちょっと面白いニュースを幅広い読者へ。
そしてニュースを起点に、コミュニティーを少しずつ作っていけたらと考えています。

■ 独自のテーマ
ニュースイッチ編集部が独自に企画・取材した特集記事をはじめ、新聞とは一味違う切り口でニュースをお伝えします。

■ 記者が記事選定・コメントをプラス
日刊工業新聞の記者がテーマごとに気になる記事を紹介、コメント。
記事や取材背景を解説します。

日刊工業新聞社

優秀賞

科学が学生スポーツ選手をコーチする新時代へ向けて

金沢大学
理工学域フロンティア工学類３年
西沢（にしざわ）　友貴（ゆうき）

1．日本における学生スポーツ指導の現状課題

私は学生時代野球部に所属していたが、学生スポーツ指導の在り方に疑問を抱いていた。

「球速をあげるためにはどうしたらよいか？」という問いに対し、「長距離走りこんで足腰を鍛えること」が必要と教わってきた。しかし「足腰を鍛えられる」根拠はどこから来たものなのか。もっと他にも良い方法は多くあるが、ただ昔から行われているという根拠だけで現在も主流の練習として行われているだけなのではないか。この定説に対し、あるプロ野球選手は以前から繰り返し否定しており度々話題になっている。その選手の考え方に肯定的な専門家も多い。プロ選手は高度な科学分析技術を使っており、またこのような進んだ意見を持っているに対し、学生野球は遅れている気がした。

他国ではユニークな教育システムにより学生野球は発展している。アメリカでは認定コーチ制度の下で、初心者とアスリートの指導者が垣根なく受けられる講習会を開いている。その中で指導者は一定水準の知識を得て、またスポーツ心理学を学ぶことで選手個々に合わせた指導ができるようになる。キューバでは選手年齢別に指導者の国家資格が定められ、体系的教育システムを国ぐるみで実施している。それに比べ今の日本の学生スポーツでは、指導者の資格は必須でなく『推奨』、資格を有する指導者であっても専門知識が不十分であることが懸念されている。指導者はそれぞれ多様な手段で独自の指導法を習得するのだが、新しいことに研究熱心な指導者もいる反面、『走り込み』の様に野球の歴史で培われてきた経験のみに由来する指導法を用いる指導者も多い。適切な指導や障害予防を行わないことで、選手生命が短くなる危険もある。また、日本の指導者は権力が絶対的で、干渉し過ぎる傾向がある。選手は自分の考えより指導者の意見を第一に優先する中で、効果や理由の不透明な練習を行うことがある。

スポーツの国際競争の進む中、今学生スポーツ指導は大きな転換の時期に来ている。私は、（主に野球についての例を出すが）上記の現状課題を改善するため、また更なる選手の成長のため、科学に基づき、活用する新たな指導方針を学生スポーツに導入すべきということを提言する。

2．科学根拠に基づくガイドラインの導入の必要性

スポーツ分野の論文は、スポーツメカニクスや科学による解析法、医学に至るまで優れたものが多く発表されている。しかし日本では冒頭で記載したように今までの指導法で十分と考える者や、新しいことを自発的に調べようとしない者もいる。そこで一度有識者が、それらの論文に基づいた、スポーツ種目別での技術指導法や指導上の心構え、タブーなどを細かに記載した公式のガイドラインを作る。一部内容の更新も一年ごとに行う。例えば指導者を完全資格制にして、ガイドラインの知識テストなどを指導者になるための要件に入れることで、最新の研究に基づく、指導に際する重要な内容を義務的に知ってもらう。

現在の様に指導法に統一の決め事がない限り、指導法習得に関してはいわば無法地帯であるため、冒頭に示したように指導者は好きなように情報の取捨選択ができてしまう。そのため新しい情報よりも自分のこれまでの経験を重視することにもなり得る。科学の合理性に基づく指導の知識を、指導者全員が選手指導の共通の指針として持ち、この指針をメインベースに練習内容を改めて考える様になれば、明確な根拠を持つ、適切な練習が多くなり、誤った指導による選手の故障は少なくなる。

野球について言うと選手各年代やステージ（少年―高校、社会人など）において、同じ種目であっても組織が乱立している。それに伴い指導体制も異なり、指導者間でも指導の共通理解がないことも問題となっている。同種目すべての指導者が、同じガイドラインを一つの共通認識として認知しておくことで、選手にとっては所属団体が変わっても指導者間の指導はある程度一貫性を持つため、負担や混乱は少なくなる。

3．「実験プロセス」で行う練習の浸透の必要性

指導者がガイドラインによって適切に学習したとしても、現状に多い「ただやらされる練習」のままであるのも問題である。野球に限らず日本の多くのスポーツで見られる共感の得られない一方的な反復練習の強要は、自己観察能力（自分の動きがどうなっているのか主観的に認知する能力）の育成を阻む。選手は自分の動きをわかっていないため、何か困った時には自分をよく知る指導者に頼りきりになるしかなくなり、そのような指導者依存は能力を最大限発揮するのに必要な『自我』を潰す。適切な指導の下、選手が意図を考えて行う練習が主流になる必要があり、そのために自分の動きを可視化できる科学技術の活用をメインの指導法の一つとして全チームに定着させることを提案する。

資金のない年少団体でも、現在だとスマホで撮り、公式団体が提供する教材などの映像と比較して再挑戦してみる、で十分である。科学技術が練習の助けになるのはもちろんだが、最初に重要なのが、使う科学技術自体でなく、選手が主体となり分析に努めるという練習の取り組み方の浸透である。『（自分の姿という）資料を参考に、観察や分析、理想との比較、そして再度実行。』という手順は理系学生が実験室で行うような『実験プロセス』と似ている。選手からすると、一度自分自身の動きを理解する手順を踏むことで、指導者からの一方通行とならず、指導された意図を明確に理解することができる。指導者の意見も聞きながら、徐々に選手自身も『実験』の積み重ねにより自己観察能力を鍛えていき、自己分析、問題提起による高度な練習が自発的に可能になっていく。自立した選手に育つことができて、選手が指導者に依存しきることもなくなる。

科学技術は進歩し続けるが、「実験プロセス」自体は変わることはない。アスリートの様に高額で最先端の機器を使って分析する際も、このプロセスは必ず必要となることである。例えば時代の変化に伴い、更なる科学技術の発展や、それらが安価になり手に入りやすくなるなど、学生選手にとって新たな解析が可能になった時も、同じプロセスで新しい技術を使い自ら分析することができる。

4．まとめ

科学研究をスポーツ教育の場で実用化するためには、科学者のみ研究をするだけでなく、指導者、選手も科学を理解する一種の科学者でなければならない。だが優れた研究、科学技術が多く存在しているにもかかわらず、一向に学生スポーツは、これらと遠く離れた所に位置している様で、活用しようとする指導者もいるが多くの指導者は歴史と経験に基づく指導を行っている。また立場の弱い学生たちは、たとえ新しい知識を知っていても権威が強い指導者の前では声をあげることができない。その状況が続くなら、まずはスポーツに直接携る者以外の、第三者の声を増やして、適切な教育システムと環境を促してあげることが最優先になるのではないか。車が日常で走るためには法律を法律家が整備しなければならないように、スポーツ界でも最新の研究をスポーツ教育の現場に適応するにはまずは環境整備が必要である。

そのための本稿での提案であり、一度正しい環境が浸透すれば現在課題の解決だけでなく、未来の科学技術の発展に沿った形で考え方や選手のスキルも発展していくようになると考えた。選手が自立してスポーツする時代に来た時、科学技術は選手の技術向上の大きな助けになってくれる。私はそのような時代を期待する第三者の一人として、執筆させていただいた。

特別賞

言語教育のすすめ

順天堂大学
医学部医学科２年
浅野（あさの）　早紀（さき）

1．はじめに

国力の基盤となるのは言うまでもなく人であり、科学技術力においてもこれは例外ではない。すなわち日本の科学技術力は国民一人ひとりの肩にかかっている。科学技術分野の職に就いている人のみならず、国民全員に、である。

科学技術力の推進による国力増大を図るには、国民の科学リテラシーを高めるとともに、基礎科学、応用科学などの諸分野のアカデミックな土壌を培い、産学共に研究開発を強化し、さらにはグローバル社会をも視野に入れた技術力の発信をしていかなければならない。

一部の関連する職種の人材のみならず、予算面をはじめとして国民の協力無くしては、発展が見込めないからである。こうした要求の数々を満たし、豊かな国力の滋養となるのは、徹底した質の高い教育の普及である。人材の育成には、教育が不可欠だからである。

なかでも、自国の言語を深く理解し、ことばの細やかな差異を感じ取り、かつそれらを巧みに運用する能力、国語の力が、すべての基礎を成すと考える。無論、数学教育や理科教育が直接的な科学技術力の貢献につながるに他ならない。しかし、それらの分野に対する深い造詣を得る過程では、高い言語能力を駆使しなければならない。その基礎が不完全なままに獲得した技術力は、いわゆる付け焼刃であり、将来性の薄い、貧弱なものとなってしまうだろう。太い幹ともいうべき確固たる基礎学力を身に付け、育った人材の間から、新規の、創造性豊かな技術が生み出されていくものと考える。

本論文では、日本の科学技術力向上と言語教育について考える。

2．日本の学力

近年、日本人の、日本語に対する意識が薄れているように感じる。国際力向上に向け、外国語への関心が高まる一方で、腰を据えて自国の言語と向き合う時間は減らされているのではないか。

経済協力開発機構（OECD）の実施する、15歳を対象とした国際的な学力調査である生徒の学習到達度調査（PISA）の点数（2018年）を参照すると、日本は数学的リテラシーと科学的リテラシーはそれぞれ1位と2位であるが、読解力では9位と後退していることが分かる。事実に基づく知識のインプットに偏重した日本の教育が長らく推進されてきた一方で、言語に根差し、一つのことを深く思考するタイプの教育が十分に浸透していないといえるのかもしれない。

事実、20年に発表されていたグローバルイノベーションインデックス（GII）において、日本は前年と比較し順位を一つ下げ、16位であった。内訳は、「人材・研究」と「クリエイティブ産出」が24位、大学・大学院の高等教育が99位と、これらの項目が足を引っ張る形となった。15歳の時点での科学的リテラシーや数学的リテラシーがこれほど国際的に高いにもかかわらず、高等教育ではそれが頭打ちになり、さらには国際競争の場で創造性が発揮されていない状況だと言わざるを得ない。

こうした日本の現状を踏まえ、教育において重要視する事項について、今一度見直すべきであろう。児童、生徒、学生と、各発達段階にふさわしい項目について、しっかりと学ぶことが肝要なのであり、その時点において、目の前のペーパーテストの点数で高得点をとることは、元来本質的でないのである。高等教育、さらには生涯学習を通じ、自己研鑽を続けるための基礎学力を養うことこそが、教育の目的といえる。その事始めが、日本語、国語教育であろう。こうした地の能力の育成が、ひいては科学技術力の発展の機動力となる人材の育成にもつながるだろう。テストや統計データの結果として、目に見えて表出する類のものでないのではあろうが、その重要性は認識されている。文部科学省は、すでに「国語教育の在り方」を発表している。

3．「読解力」と学力

読解力は、全ての教科の基礎となる。平成27年度の全国学力調査によれば、教科学力との相関について、小学校では国語A・B、算数B、中学校では国語A・B、数学A・Bに関しては言語活動・読解力領域との相関が最も高かった。また、小学校の算数A、理科及び中学校の理科に関しては、各教科への関心も高かったが、言語活動・読解力領域との相関は、懷疑を示すべきである。日本では、物事への習熟が早いほどもてはやされる傾向が、根強く存在する。入試制度における、偏差値至上主義のような偏った価値観に代表されるように、とある画一化された指標や基準にとらわれ、これに発達段階の早い時点で到達した者が、重宝される社会構造が形作られている。

しかし、これではクリエイティブなアイデアが生まれる余地はない。一つの物事を深く追求しようと思ったところで、その行為が外部評価や学歴の取得に、直接寄与するとは言い難いしくみを、日本が採っているためである。その結果、自ら課題を探り、その問題提起に向かって解決していく力、科学技術力向上につながる力が育つには、あまりに貧弱な土壌が作り上げられてしまった。

国際化を狙った、外国語教育もまたしかりである。インターナショナルスクールや、小学校における英語の導入などにより、日本語教育が軽視される風潮にあるのは由々しき問題である。外国語を学ぶ際には、日本語を用いるに他ならない。それにも拘わらず、その日本語への理解が不足していては、外国語の習得も満足のいくものではなくなるだろう。

科学技術力同様、一定のレベルで頭打ちになってしまうことが予想される。これでは、国際化どころの問題ではなくなる。自国のことも、外国のことも、どの物事への理解も中途半端なまま教育課程を終える可能性も否定できない。

自らの経験に沿いながら言語の素養を身に付けていくには、時間を要する。各発達段階において一貫した言語教育を積み重ねる必要がある。一朝一夕には向上せず、画一的な評価が困難な性格が、知識の早期獲得のそれとは決定的に異なる。しかしながら、直ちに結果が得られる目先のテストの数字に惑わされることなく、根源的な言語教育へいかに注力していけるのか、これからの課題となるだろう。

5．まとめ

これまで、言語教育の重要性について述べてきた。言語教育こそが日本の科学技術力、国力を支えると強く主張したい。深い知性、幅広い教養を兼ね備えた人材を、増やしていかねばならない。そのためには、言語教育という、不確実で明瞭な結果の得られないことに注目せねばならない。我々が、教育という観点から、まだ見ぬ不透明な将来への投資を行えるか否か、日本国民の真のリテラシーが問われる局面を迎えている。

第21回理工系学生科学技術論文コンクール

理工系大学生・大学院生（修士）・高専生のための、
科学技術を論じることで“伝える力を向上させる”論文コンクールです。

テーマ　科学技術と日本の将来

若い世代の構想力なくして、日本の科学技術の将来はありません。「第21回理工系学生科学技術論文コンクール」は、時代を担う全国の理工系学生（大学生・大学院生〔修士〕・高専生）たちによる科学技術の将来像を発信する機会を提供するものです。このたび、93編の応募の中から６編が受賞しました。

最優秀賞 文部科学大臣賞
大学教育における理系専門科目とアクティブラーニング
富山大学　工学部工学科　3年　木原 真穂

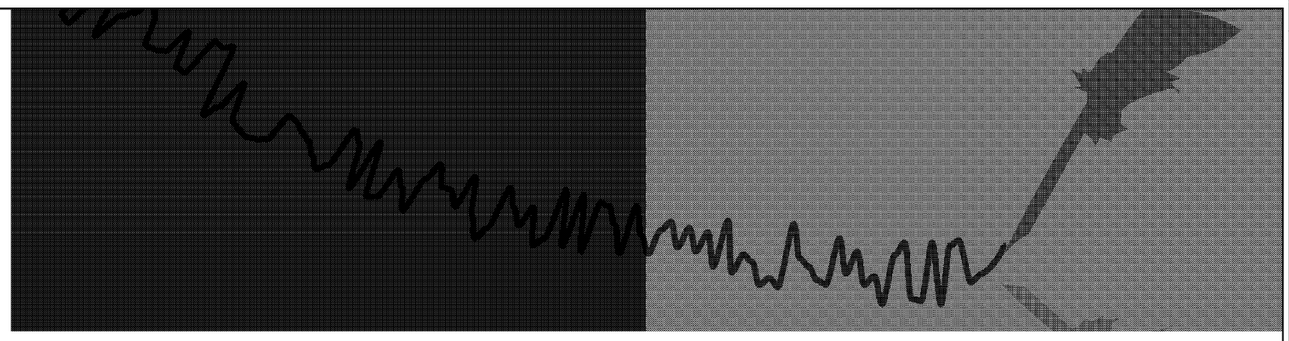
優秀賞
新たな科学技術を生み出すための学部講義の新しい在り方
名古屋大学　工学部　化学生命工学科　3年　北島 光之輔

科学が学生スポーツ選手をコーチする新時代へ向けて
金沢大学　理工学域フロンティア工学類　3年　西沢 友貴

特別賞
言語教育のすすめ
順天堂大学　医学部医学科　2年　浅野 早紀

終身雇用制度の功罪から見た日本のサイエンス
東京大学大学院　農学生命科学研究科 生物材料科学専攻　修士課程　2年　加来 悠人

Experimental Proof Videoの提案
東京工業大学大学院　生命理工学院　ライフエンジニアリングコース　修士課程　2年　杉澤 直斗



協賛（五十音順）
GRACE TECHNOLOGY　KOMATSU
住友化学　TOYOTA　三菱商事

後援
文部科学省　独立行政法人国立高等専門学校機構
モノづくり日本会議

ご協力ありがとうございました

【お問い合わせ先】日刊工業新聞社　総合事業局「科学技術論文コンクール」事務局
〒103-8548 東京都中央区日本橋小網町14-1　E-mail：info@rikokei.jp　公式サイト http://rikokei.jp　理工系学生

終身雇用制度の功罪から見た日本のサイエンス

特別賞

東京大学大学院農学生命科学研究科・生物材料科学専攻　修士課程2年
加来（かく） 悠人（ゆうと）

1. はじめに

終身雇用制度の崩壊が囁かれるようになって久しい。2001年の論文では既に〝End of lifetime employment in Japan〟との記述があり、20年経った今でも頻繁にこの言葉を耳にする。内閣府経済社会総合研究所が「年功賃金と終身雇用の維持が困難になりつつある」との結論を公表するなど、終身雇用制度はネガティブなイメージと共に伝えられることが多い。しかし、当然メリットがあるからこそ今なお存続しており、一方でデメリットがあるからこそ崩壊しつつあるのであろう。今回はその中で科学技術という側面にスポットライトを当て、筆者自身の研究分野にも触れつつ日本のサイエンスにおける終身雇用制度の功罪、そして日本がこれから科学技術立国として再興するための提言を述べる。

2. 終身雇用制度のメリット・デメリット

まずは終身雇用制度の概要をまとめたい。終身雇用制度のメリットは、①社員の生活が安定することによる安心感、②会社への忠誠心の向上、③長期的な社員の育成、④ノウハウの蓄積による生産性の向上、などがある。一方でデメリットは、①クビにならない安心感による社員のモチベーション減少、②女性の労働機会の減少、③解雇しづらいことから採用人数を絞り人手不足に陥りやすいこと、などがある。

終身雇用制度はピラミッド型の人口構成では享受するメリットが多いため、高度経済成長期は多くの企業が採用していたのに対し、近年は少子化によって人口構成が逆ピラミッド型になっており、デメリットの方が上回りつつあることから終身雇用制度の崩壊が噂されるようになった。

3. 科学技術と終身雇用制度

終身雇用制度はデメリットが多いというのが現在の日本における主流な見解のようであるが、科学技術という観点から見ると状況は大きく異なると筆者は考える。このことについて、筆者の研究分野における現状を例に説明したい。

筆者の研究対象はセルロースナノファイバーという木材由来の新規ナノ材料であり、「鉄の5倍の強度で重量は5分の1」という特徴から、次世代のバイオマス材料として注目を集めている。しかしながら、その普及に際してコストが最大の課題となっている。大量生産が始まれば量産効果が発揮されコストダウンが見込まれるが、素材メーカーが「需要が増えれば安く提供できる」と考える一方で、製品メーカーは「コストが下がれば導入したい」と考えており、両者がすれ違っているのが現状である。同様の状況は、新規事業の過渡期において頻繁に発生する。例えば、ユニクロやGUで導入されているRFIDは当初、単価が100円程度かかり採算が合わないとの見方もあった。しかし、ファーストリテイリング社が導入を決断したことで大量生産が進み、単価が10円程度まで低下しコストに見合うものになった。RFIDの事例では大企業の参入により量産効果のジレンマを克服できたが、もし当時の単価が1000円であれば導入が始まらずコストダウンは達成されなかったであろう。その後研究開発が進み、東レがカーボンナノチューブの技術を応用することで1―2円程度までコストダウンを達成した。カーボンナノチューブ自身の開発もまた、量産効果のジレンマに長く苦しんだ事例である。カーボンナノチューブはセルロースナノファイバーと類似した繊維材料であり、工業生産は50年ほど前から行なわれていた。しかし近年まで、その利用は釣り竿やテニスラケットなど限定的であり、量産効果を得られるほどではなかった。各国がコストを理由に研究開発を断念する中で、日本企業は赤字を出しながらも研究を長年続けたことでコストの低減が進んだ。そして、工業生産開始から約40年後に航空機メーカーが導入に踏み切ったことでブレイクスルーが起こり、一気に消費量が増加した。このことが量産効果を生み、更にコストが下がることで利用が拡大するという好循環の波に乗ることができた。そして、粘り強く研究を続けノウハウを蓄積した結果、日本企業は炭素繊維シェアの50%以上を独占することに成功した。

筆者は、この諦めない姿勢こそが科学技術における日本の強みだと考える。日本が粘り強く研究を続けてきた理由として、民族性も一因として考えられるが、日本で長く続く終身雇用制度が一役買っていると筆者は考える。終身雇用制度は前述のように、「クビにできない」というデメリットによって生産性が低下する恐れがある。一方で、クビを切れないことから「金にならない研究」を長年続けられる、あるいは研究者を専門外の分野に異動させることで研究に思わぬ進展が生まれる可能性も秘めている。ジョブ型雇用では、所属する研究部門の赤字が続いて撤退が決まると研究者はクビになりやすいため、ブレイクスルーが生まれにくい。もちろん、終身雇用制度が足枷となりリソースを集中投資できない結果、競合他社に後れを取る可能性も考えられるため、両者のバランスを考える必要は大いにある。しかし、ことさら科学技術に限定した場合、終身雇用制度は一概に否定されるべきではないと筆者は考える。

4. 今後の日本

日本では近年、終身雇用からジョブ型採用への移行が進みつつある。それ自体は悪いことではないし、社会構造の変革からやむを得ない側面もあるだろう。しかし、終身雇用制度を根絶やしにすることは、日本が持つ強みの放棄を意味する。一方で企業も、これまで終身雇用制度によって蓄積してきたノウハウを、ジョブ型採用への移行によってむやみに手放したい訳では無いだろう。それでも雇用制度が変わりつつあるのは、日本経済の停滞に伴って企業の体力が衰えつつあること、そして選択と集中によってその衰えを誤魔化してきた結果だと筆者は考える。選択と集中は政府が推進してきた政策であり、重点分野に手厚い研究支援を行なうものである。重点分野の設定は重要だが、そのことで他分野がしわ寄せを受け、基礎研究などの「金にならない研究」が疎かにされがちである。多くの日本人ノーベル賞受賞者もこのことに警鐘を鳴らしており、研究における取捨選択は終身雇用制度の崩壊と同様に、日本の強みを放棄し研究力を先細りさせているように筆者は感じる。もちろん予算が税金から拠出されている以上、慎重になるのは当然であるが、イノベーションは金にならない研究からこそ生まれる。研究が金のなる木に育つには長い年月を要するため、一刻も早く種を蒔いておく必要がある。

5. 筆者からの提言

これまで日本のサイエンスにおける課題を終身雇用制度という観点から提起してきたが、その解決策について筆者なりの提言を行ないたい。

政府に対する筆者からの要望は、企業が研究を継続する体力を確保できるように、長期的な研究に対してインセンティブ（研究所への助成金や研究費に対する税金控除など）を与えるという一点に尽きる。なぜなら、経営判断に基づいて研究規模や内容を自由に決定する企業に対して研究を推奨するには、企業にとって研究が短期的にも長期的にも投資に値するものである必要があるからである。本提言は企業のみならず、政府にとっても大きな利点がある。政府は博士課程に対する金銭的支援の拡充を進めているが、それはあくまで在籍時における支援でしかない。そのため、このままでは20年前のポスドク1万人計画と同様に、多くの研究者が就職難に陥る。国立研究所の雇用増加に限界がある以上、受け皿を増やすためにも民間企業に対してインセンティブを与えることで研究者の雇用を促すことは、博士課程に対する支援の一環としても非常に効果的だと考えられる。もちろん、本提言だけで日本のサイエンスが大きく変わる可能性は極めて低いことは百も承知である。それでも、研究者の卵である筆者の意見が政府に少しでも届くことを切に願う。

Experimental Proof Videoの提案

特別賞

東京工業大学大学院生命理工学院　生命理工学系　ライフエンジニアリングコース　修士課程2年
杉澤（すぎさわ） 直斗（なおと）

1. はじめに

「既に報告されている実験のはずなのに、なぜか再現が取れない」、「この論文に記載されている実験方法って本当に正しいの？」。理系の研究室に在籍の方、または卒業生の方はよく耳にしたことのある嘆きであろう。

私たちは既知の実験を行うとき、望む実験が達成されたと記載されている論文を読み、その情報を基に実験を行う。それにも関わらず、再現が取れない場合が多々生じる。私のような実験を始めたばかりの初学者であれば、単純に実験技術が足りないために実験の再現が取れていないことが多い。

しかしながら、博士後期課程の学生や先生でさえもそのようなことが起きると、発表された論文の実験方法にそもそも不備があるのではないかと疑ってしまう。2016年に代表的な科学雑誌であるNatureにおいて、1576人の科学者にアンケートを実施し、70%以上の研究者が他の研究者の実験の再現をしようとして失敗し、半数以上が自分の実験を再現しようとして失敗した経験があることが明らかになった。

例えば、学校の試験で「この解答は確実に正しいはず」と思っていたのに間違ってしまうように、人間は完全な生き物ではないため、故意でなければミスが生じてしまうことは仕方ない。

しかし、既知の実験を基に新しい取り組みを始めようとする実験者にとって、この再現が取れないという問題が大きな時間の浪費を招いていることも事実である。私はこの問題に対し、論文を学術誌などに投稿するにあたり、論文の本文とSupporting information（SI）とともに、新たに『Experimental Proof Video（EPV）』を提出することを提案する。

EPVのシステムが今後浸透していけば、科学技術の進歩に大きく貢献することが期待される。

以下にEPVの定義や特長、日本の科学技術の発展にどのように貢献するかを具体的に述べることとする。

2. Experimental Proof Videoの定義

Experimental Proof Video（EPV）は、研究者が新規の研究成果を論文として発表するにあたり、その研究の中で最も重要とされる実験操作の一連の流れを撮影し、その動画を論文とともに査読者に審査してもらい、受諾されたならば論文とともに世に発信する、「実験の証明動画」と定義づける。また、その実験方法を解説するため、実際に研究を行った実験者が動画の中で解説しながら実験を行ったり、字幕をつけながら説明したりするとより好ましいと想定している。

EPVにおいて、動画の内容を研究の中で最も重要とされる実験操作のみに限定したのは、全ての研究内容を動画で撮り続けるにはデータ量が膨大になり過ぎてしまうということと、研究者が動画を撮り続けながら実験を行うのは、実験の効率が低下してしまうためである。

3. Experimental Proof Videoの特長

Experimental Proof Video（EPV）には、大きく二つの特長がある。

一つ目は、論文の閲覧者が獲得できる情報量の多さである。これまでに報告された論文の再現実験を行う場合、論文に記載されている文章や図の内容を読み取り、それと同条件になるように実験を行うのが一般的であろう。一方で、EPVが導入されると、文章や図では伝えきれないような非常に細やかな情報の理解が可能となる。

例えば、既知の化学反応において、論文に「試薬Aと試薬BをC℃でD時間混ぜて目的物Eを合成する」と記載されていた場合、この内容通りに実験を行っているにも関わらず再現が取れない場合がある。

この原因として、使用した反応容器（ナスフラスコなど）の大きさや形状はどのようなものか、どのような撹拌子でどのように撹拌して実験を行ったのか、などの細かい情報の内のどれか、または複数のパラメーターが実験結果に寄与していることが想定される。しかし、それらの考えられるパラメーターを一つずつ検証していくには多大な時間がかかってしまう。このように、文章では伝わりきらない情報が実験の再現を妨げているならば、実験を行った著者自身に実験を実際に行ってもらい、注意しなくてはならないことも含めて解説してもらえれば、それが再現実験の失敗を回避する一番いい方法であると考えられる。従って、EPVの導入によって獲得できる情報量が大幅に増加し、再現実験が失敗してしまう確率を下げることができる。

二つ目は、発表した論文の信頼性の向上である。一般的に大発見などの素晴らしい研究は、これまで不可能とされていたような常識を覆したりすることが多い。すなわち、これまで正しいと思っていた常識を基に考えると、考えにくい事象が起きているともいえる。

そのため、提出された論文の査読者は、この報告されている実験は本当なのかどうか注意深く疑い、審査に膨大な時間がかかってしまう。この時間の消費は、研究者にとっても、論文の査読者にとっても有意義とは言えない。なぜならば、科学業界においては、スポーツ業界のように、プレイヤーとは別に「審判」という職業はなく、論文の査読者（審判）もまた研究者（プレイヤー）であり、自分の実験を進めなくてはならないためである。そのため、査読に膨大な時間を消費した場合、自身の研究の時間を奪うことにもつながってしまう。

そこで、論文の根幹ともいえる実験が、論文を発表した実験者の手で上手くいくことが示されている動画が解説付きで公開されているならば、その研究の信頼性は大きく向上し、審査の時間も短縮できると期待される。従って、論文の査読者は、そもそも実験に不備があるという疑いはなくなり、本質的な内容のみに集中して審査を進めることができるようになる。また、仮に他の実験者が再現を取れなくても、実験結果が間違っているという疑いにつながる可能性は低いと想定される。

以上の二つの特長から、EPVには研究者の実験をより効率化する大きな助けになるとともに、研究結果の信頼性を大きく向上させるポテンシャルをもっていると期待される。また、再現の取れない研究が減少することにも貢献できると考える。

4. 日本科学技術への貢献

代表的な科学雑誌であるScienceやNatureはそれぞれアメリカ、イギリスの雑誌であり、他にも代表的な論文として挙げられるような科学雑誌は海外のものが多い。すなわち、日本からの代表的な科学雑誌を作ることは日本の科学技術を世界に認知させる上で大きな課題であると考える。

しかし、日本の制度における博士課程に対する扱いは非常に悪く、アメリカやイギリスの博士号取得者数と比較して、日本の博士号取得者は少ないことが知られている2）。このことからも、日本の研究は他国と比較して、研究の量では勝負できないことは自明である。つまり、今までと同じような取り組みを続けているようでは、日本の科学技術レベルの低下を止めることは不可能である。そこで、日本国内で先駆的にExperimental Proof Video（EPV）を導入することで、世界から日本の科学雑誌は信頼性が非常に高いと評価されることを期待している。すなわち、研究量は他国に劣るが、日本の研究は間違いなく再現性の取れる信頼できる研究ばかりだと言われることを想定している。

5. 最後に

2020年から世界的に流行している新型コロナウイルス（COVID―19）の影響によって、世界的に仕事や学会などはリモートで行われることが増えてきている。実際に、私の参加予定の学会もリモートに切り替わることになった。このように、これまで「普通」だと考えられていた仕事や学会の様式は大きな変化を迎えている。科学技術の論文雑誌も同様に、紙面で伝える時代からネットで伝える時代が「普通」になった今、新型コロナウイルスの影響で変化を余儀なくされるのではなく、能動的にネットの動画で動く情報も伝える時代に急速に変化することは、日本の科学技術が他国に乗り遅れないために非常に重要であると考えている。

これから日本の科学技術業界に入ってこようとしている科学者の卵たちに、日本の科学技術は今も高品質な研究として世界的に注目されているといわれるように、Experimental Proof Video（EPV）が大きく貢献してくれることを強く願っている。

日刊工業新聞社の教育用映像ソフト
金属加工シリーズ　好評発売中！

■ 旋盤加工の基礎　■ チップの選び方　■ フライス加工の基礎　■ 研削加工の基礎　■ ドリルの選び方　■ 工具研削の基礎

全タイトル共に　上巻 44,000円（税込）（本体価格：40,000円）　下巻 44,000円（税込）（本体価格：40,000円）

ご注文はメール、FAX、Webからどうぞ
日刊工業新聞社　教育事業部　〒103-8548　東京都中央区日本橋小網町14-1
TEL(03)5644-7226（平日10～17時）　FAX(03)5644-7215　e-mail video@media.nikkan.co.jp
日刊工業　教育用映像