

高等学校で行う魅力的な材料教育

木浪 信之*

1. はじめに

現在、世界の人口は70億人⁽¹⁾に到達しようとしています。日本の人口は1.3億人弱⁽¹⁾ですから、人口比率は1.9%、国土面積においては世界の0.28%⁽²⁾に不足しています。資源も乏しくエネルギー資源をはじめ、工業資源など、そのほとんどを輸入に頼っている国が私たちの日本です。このような状況にもかかわらず、わが国のGDPはアメリカ合衆国に次いで世界第2位⁽³⁾であり、世界のGDPの8%を占めています⁽³⁾。近年、不況とはいえ、日本の人口比率や面積の割合を考えると、わが国は世界的にも繁栄した豊かな国です。このような社会で生活しているため、世界各地で問題になっている紛争や貧困や病気、飢饉のニュースを見ても危機感を抱きにくいのかもかもしれません。ましてや、数十年先の未来の課題などは思いもよらないことでしょう。

ではなぜ、国土がこんなに狭く、資源も乏しい日本が世界のトップ水準の繁栄をしているかといえば、日本の科学技術が極めて発達しているからです。つまり、日本の繁栄は科学技術が支えているということを忘れてはなりません。だから、工業立国とか科学技術立国と言われているのです。ところが、近年になって、理科離れという言葉が耳にするように、理系を志望する生徒が減少傾向にあり、特に工学部志望の高校生の減少が目立ちます。理系の学部を卒業し、社会に出ればすべて研究者や技術者となって、日本の技術発展に関わるわけではありませんが、社会を支える技術力の基盤になることは間違いありません。しかし、このまま理系進学者の減少が進めばその基盤が崩れ、日本の技術力の後退が起これば、これまで築いた繁栄や技術力は過去のものになってしまうかもしれません。冒頭で述べたように、資源や国土の乏しい日本が繁栄するためには世界をリードする技術力が必要不可欠です。この技術力の基礎になるものが理系教育です。近年の学生の理科離れに危機感を感じたとき、何とかしなければいけないと思って始めたのが理系融合型学習でした。

理科は元来面白い教科です。私たちの知的好奇心を刺激し、「なぜ？」という疑問に答えてくれるからです。子供の

頃は誰もが理科が大好きで、自然科学的なことに興味を持ち、実験の授業では時間の過ぎるのも忘れて取り組みました。それなのに、どうして理科離れが進むのでしょうか。理由はいくつか考えられますが、「考える理科」が実践できなくなったからかもしれません。答を急ぐあまり、「考える理科」から「覚える理科」へ学習がシフトしているのでしょうか。答はいつもすぐに得られるわけではありません。それどころか、社会に出ると答のないことばかりで、やってみなければわからないことも多くあります。何か問題に直面したとき、どうすれば期待した答が得られるのか、また、答だけではなく問題の解決方法も、自分で考えなければなりません。考えられる選択肢の中からひとつひとつ検証し、求めるものを探し出す喜びや、とことん考え抜くことの面白さを体験してほしいと思います。こうした経験を学生時代にしておくことは非常に重要なことです。いまの教育環境は答がないと動きの取れない若者をつくってしまっているかもしれません。今回のテーマについて、高校の現状を踏まえながら述べていきたいと思います。

2. 融合型学習と理系進学

高校と大学が連携して教育活動を行う高大連携は、多くの高校が取り組み、実施しています。特に、夏季休業期間を利用して、大学の先生を高校に招いて行う出前授業は活発です。このような中、本校では独立行政法人科学技術振興機構(以下JST)が支援する、サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト事業⁽⁴⁾(以下SPP)に参加することで、高大連携を理系教育の一環として位置づけた学習活動を行っています。本校SPPでは、大学の施設を利用した実験実習と企業研究所で行うキャリア教育を取り入れた実習に加え、本校で開講する理系進学者向けの特別講座の3つを融合し、教科学習に結びつけています。これが鎌倉高校の理系融合型学習です。

融合型の高大連携を行うことで、高校生が大学や企業研究室など、連携研究機関にある最新の施設を利用して実験実習を行う機会を得ることができました。実際に生徒を連れて行

* 神奈川県立鎌倉高等学校教諭(〒248-0026 鎌倉市七里が浜2-21-1)
The Attractive Education on Materials in High School; Kinami Nobuyuki (Kanagawa Prefectural Kamakura High School, Kamakura)
Keywords: cooperation, materials education, engineering course, physical science, voluntary, fusion
2010年4月25日受理

くと大きな衝撃を受けるのが見てわかります。何か新しいことをしてみたいという気持ちが湧いてくるのでしょうか。それに対して、一斉に同じ作業を進める授業では、時間の都合で試料や機器があらかじめセットされていることが多く、手順を記したプリントの通りの実験なので生徒の知的好奇心を駆り立てることは困難です。実験は複雑で難しいことを行うことが重要ではありません。数百年前のファラデーと同じ実験をしてワクワクする気持ちになったり、望遠鏡を使ってケプラーと同じ天体を見て、ケプラーはどんなことを考えたのだろう、などと思い巡らせることが高校生にとって重要なことだと思います。こうした、科学者や研究者に憧れる想いを体験できる実験実習は生徒の理科に対する関心を非常に高め、顕著な教育効果をもたらしました。体験的な学習プランを導入することで、自然科学の原理を考えるよう心がけています。事前学習では実験の目的を理解させて結果を予測し、事後学習では得られた結果を検証することで「考える理科」を実践したのです。このような姿勢が自分自身に潜んでいた専門性を生徒自ら発見することにつながっていくのです。

理系志望の高校生が自分の専攻する学科をどのように決定していくのかご存知でしょうか。現在の「情報過多」の時代であっても、高校時代に自分の専門性を見つけることは簡単なことではありません。それは、大学の理系学部には、理学部、工学部、理工学部があり、さらに、数学、物理、化学、機械、電気、建築、材料系など、多くの専門学科が設置されているので、ごく一部の学科を除いて、大学の専門学科ではどのようなことを学ぶのか、よくわからないからです。生徒はロボットや自動車に興味があるから機械工学科、コンピュータが好きだから情報工学科、建築物なら建築科…というように、目に見えるモノから自分の興味のある専門分野を関連付け、理系進学を選択をしているように見受けられます。高校の先生の中にも、同様の進路指導を行っている方も少なくありません。このような進路選択をしている生徒が多くを占めているとすれば、金属学科をはじめとする材料系学科を志望する学生が増えたり、人気の学科になることは期待できないでしょう。なぜなら、材料はモノとして見られることはなく、モノの素材でしかないからです。ニュースや新聞報道などで新素材の開発など、材料について取り上げられると、一時的に材料系の人気が高まるかもしれませんが、そのようなこと自体多くありません。いまの時代、自動車やコンピュータ、高性能モニタなどのように、製品としてカタチになったモノは脚光を浴びるのですが、その土台を支えていてもカタチにならない材料科学が注目されることがないのです。また、時代の要求によって、主役となってきた電気系や機械系、建築系、化学系と肩を並べることもありませんでした。こうして、材料系は特に注目されることもなく、世間一般にはあまり知られることのない分野となっていました。

ところが、材料科学に関する研究は理系技術に関するすべての分野と深く関わり、いまや材料開発を無くして新製品や新技術の発展はないのです。つまり、科学技術立国であり続ける日本の未来を左右するカードは材料系が握っています。

材料科学こそが科学技術のイニシアチブを持っていることを現在の高校生は知るべきがないのです。

高校生の進路決定の要素はいま述べたような状況です。モノから専門分野を見つけても、そこは多岐に渡る分野があるため、自分の思った通りに進むことができずに、やがて工学に興味をなくしてしまうのではないかと危惧しています。このように、高校生は工学の専門分野の情報を十分に得ることなく学部学科選びをすることに加えて、自分に潜んでいる専門性を確認できないまま工学に進むことで、挫折してしまうという状況も工学離れを加速しているのではないかと思うのです。つまり、高校生は情報過多の社会にあって、「情報不足」になっているのです。

また、普通高校の教育課程で学習する教科には工学部以外の学部に関する内容はありますが、工学に関わる内容はありません。希望した学科に進学しても、大学ではじめて受講する工学の専門科目に戸惑うこともあるでしょう。だからこそ、工学部志望の生徒にとって、融合型学習を取り入れた高大連携は、専門分野の情報を得ることのできる貴重なチャンスなのです。

そこで、本校では、大学の先生の出前授業を受けたり、企業の見学を行うだけにとどまらず、細分化されている理系専門分野の実験実習や企業研究を体験させることに重きを置くことで、漠然としていた理系の進路や研究内容を生徒が肌で感じ取れるようにしました。具体的な体験重視の融合型学習活動によって、生徒は潜在的に持っていた自分の専門性を発見することになりました。自分の進路を意識した生徒はその実現に向けて主体的に努力し、本校 SPP 参加者25名のうち21名が国立大学、4名が有名私立大学という希望の大学の理系学部へ進学するというかたちになって現れたのです。

3. 進路のチャンネルと自発的な疑問

自分では明確に意識していなくても、潜在的に好きなことや興味のあることを体験すると、直ちに好感を持った反応をすることは誰にでもあることでしょう。進路選択についても同様で、体験によって生徒が進む方向性を見出すこと、つまり、自分はこのように向いているんだ、このような勉強をしたい、というように感じることは少なくありません。私はこのような体験を「進路のチャンネル」を合わせると呼んでいます。

進路のチャンネルが合った生徒たちにとって、高校の勉強は問題を解くだけの作業的なものではなくなります。同時に、学習内容を単に語呂で覚えるゲーム的なものでもありません。自分の未来につながる学習の基礎として、意識を持って行うようになります。このように、高校時代に進路のチャンネルを合わせる機会があるかどうかは、自分の人生行路を進むうえで重要なことなのです。カタチになったモノから専門分野を見るのではなく、実験実習を通してモノを眺めることで、自分に潜んでいた専門性を発見し、人生設計をすることができるようになります。何より、それを自分で納得して

進むことができることが最大の収穫です。

高校3年生になると、いよいよ進学先を決めなければなりません。仲間と情報を交換したり、自分で調べたりすることで、物理系や機械系、建築系などさまざまな専門分野に進路を決定します。進路を決めて、オープンキャンパスや体験授業に参加してみたらどうもじっくり来ない、進路に迷いが生じて学習意欲もなくなり、勉強が手につかない、このようなことは決して稀な例ではありません。

生徒の学習意欲を引き出す最も効果的な方法は、良質な「自発的な疑問」を生み出させることです。自発的な疑問というのは妙な日本語ですが、人に言われて疑問を持つのではなく、自分自身の中からこみ上げてくる知的好奇心を駆り立てる疑問のことです。放電管を黒い紙で覆っていたのに、蛍光板が発光するのを見て不思議に思ったことが放射線の発見につながったことや、りんごが木から落ちるのを見て万有引力を発見したように、自発的な疑問は自分自身で行う観察や実験という体験によって生まれてきます。当たり前とか、そういうものだと思って終わりにするのではなく、「なぜだろう」と疑問に気づくことが重要です。この疑問が良質であればあるほど、その謎解きはすばらしい結果をもたらします。そのとき、私たち教員は生徒の心に浮かんだ自発的な疑問の答を簡単に言うてはいけません。生徒がその答に自分でたどり着くように導くことが重要です。答を言うてしまえば、それで考えることを終えてしまうからです。良質の疑問は、ひとつの疑問を克服すると、さらに厄介な疑問が新たに生じてくるものです。良質の疑問とはそういうものです。謎は深まるばかりですが、ひとつひとつ辛抱強く向き合っていけば、やがて、断片的だった知識は線となり、面となつてつながっていくことでしょう。疑問に向き合う姿勢を育てていくことこそ理系教育の重要な使命です。「なぜだろう」という疑問は知的好奇心を刺激し、真理を知りたい気持ちが自分で調べる行動を起こします。これが「考える理科」の始まりなのです。理系に興味がある生徒にとって研究室や実験室の体験は自発的な疑問の創出の場です。当たり前と思っていることを当たり前と思わせることなく、疑問の迷宮に迷い込ませたいものです。

実験は予想された結果が得られたら良いとされるものではありません。それどころか、歴史的な発見の中には意外な結果からもたらされたものも少なくありません。

高大連携で行える実験は、高校にはない設備で実験ができます。せっかくなので、少し背伸びをしていろいろな実験をすることによって、生徒は自分の隠れた専門性を発見するかもしれません。やがて、素粒子を勉強したいから物理学科に行く、材料物性を勉強したいから材料工学科に行く・・・というように、生徒が次々と言い出したら、教師冥利に尽きるというものです。

4. 材料教育の魅力

繰り返しになりますが、高校生の中には身の回りのモノか

ら専門分野を眺め、進路を決定していく生徒が少なくありません。これでは、材料系に目を向けることなくその時期が過ぎてしまいます。また、高校の教科書には材料に関する内容もわずかであり、学ぶ機会や話題になることも多くはありません。たとえ話題になったとしても、破断や応力ひずみなど聞き慣れない言葉のため取っ付き難く、材料系を避けられてしまっているかもしれません。しかし、実験実習の工夫で、生徒の興味関心を引き出すことができた事例を紹介します。アルミ管の中にネオジム磁石を落下させると、磁石は磁極を上下方向にしてゆっくりと落下するので、円盤型の磁石の場合、ゆらゆら揺れながら落下するのが観察できます。簡単な電磁誘導の実験ですが、通常の理科実験ではネタはこれだけなので、この現象に驚いて終わってしまいます。材料教育の面白さはここからです。アルミ管を銅管に替えたなら落下に関して何か違いがあるでしょうか。真鍮管ではどうでしょうか。さらに、ネオジム磁石をガスバーナーでしばらく熱した前後では変化があるでしょうか。すぐに実験したい気持ちをこらえて、生徒に質問します。生徒は理科の授業で勉強した知識を総動員して、結果を予測し、自分の仮説を立てて答えます。時間をかけて生徒間で議論することもよい方法で、自分の意見や考えを論理的に説明する習慣が身につきます。ひと通り意見交換したあとで、確かめるために実験すれば、自分の仮説を実証するよい機会にもなります。銅やアルミニウム、真鍮という素材の違いによって、現象は変化するのか、しないのか。そして、それはなぜなのか。同様に、磁石を加熱した前後では変化があるのか、ないのか。その理由は何なのか。電磁誘導の実験ですが、視点を変えれば、こんな簡単な実験でも材料に対する興味を次々と引き出すことができます。特に、真鍮を例にして合金の説明をしたり、磁石から磁性を関連付ける良いきっかけです。また、管の中の落下時間を正確に測定しようとするれば、測定方法も工夫しなければなりません。このように、体験は自発的な疑問を生み、自ら真理を知ろうという気持ちが実験装置の工夫につながり、生徒の興味関心を引き出す重要な機会となります。ちょっとしたきっかけが、生徒の中に眠っていた専門性を呼び起こすので

金属材料が持つ性質、つまり、電気抵抗や融点、密度、延性、粘性などはその金属に固有のもので、私たちはその性質から金箔や鉄骨などに利用しています。この金属固有の性質を知りうまく加工することで、素材の持つ能力を最大限利用することができます。しかし、金属の性質をすべて知り尽くしているわけではなく、加工についても課題が残されています。鉄は私たちの生活に非常になじみのある金属です。その性質は硬く、錆びやすく、酸に侵されます。しかし、きわめて純度の高い鉄は大気中ではほとんど錆びず、条件によっては塑性変形するほど柔らかいということが、最近の研究でわかってきました⁽⁵⁾。ということは、私たちが認識していた鉄の性質は、鉄合金の性質なのでしょうか。つまり、完全といえる純粋な物質をつくり出すこと自体が非常に困難なため、純粋な鉄の性質を知ることができなかったのです。精製技術

や方法の開発によって新しい事実がわかってきました。合金についてもまだまだ研究すべきテーマが残されているのです。

今年の本校 SPP⁽⁴⁾ではこの材料物性に取り組みます。数種類の金属材料が錆びることによってその電気的性質や力学的性質がどのように変化するのか、数ヶ月の腐食試験を実施して調べます。錆は私たちの生活において避けて通ることができません。実験試料がどのように変化するのか、予想したり、感覚的に答えることは簡単ですが、正確に答えることができるのは、材料科学を学び、地道に電気抵抗の測定や破断試験を繰り返し行ってきた人だけです。

高校の授業で実験実習を行っている生徒たちの変化に気がつくきました。現在の高校生にとって、実験実習は成績に直結するため、実験結果やレポート、締切日が気になってしまい、自分の適性や興味関心を引き出すものではなくてしまいました。私がかつて経験したように、授業が終わってもやり足りない思いや、実験し続けたい気持ちはどこに行ってしまったのでしょうか。それは、どこに行くこともなく、生徒の心にあり続けています。評価を急ぐ教員の心から消えてしまっただけなのです。子供は本来理科が大好きで、不思議なことは飽かずに見ています。理科離れを子供のせいにしてはならないのです。学校教育を考え直さなければならない時だと思えます。

小さな子供に自転車の乗り方を教えるときに、お父さんが、よろよろ走る子供の自転車の横を一緒に走って付いていく姿をよく見ます。少しすると、子供は自分でこつを理解してハンドルを自由に操るようになります。理系教育も同じです。学生と一緒に付き合う先生がいて、学生が自分で進めるようになるまで並走して行くことが重要です。手取り足取りしていく必要はありません。

5. 理系系人(りかけいびと)の誇りと責任

私たち高校教員の最も重要な仕事は、教育を通した人材育成です。30年後の未来に活躍する人材を育成しなければなりません。未来の人材育成には、公立高校もなければ私立高校もないのです。どこの高校を卒業しようと、研究者や技術者になれば、大学や企業研究室で同じチームを組んで、同じ目標に向かって研究を進めることになるからです。実際、本校 SPP 連携機関⁽⁴⁾には高校も違えば大学も違う、国籍さえ違う人たちが同じ研究室に集まり、世界をリードする研究に取り組み、未来に向けた新技術を発表しています。教育を通した人材育成は生徒と関わる3年間だけを考えるのではなく、彼らが社会で活躍する長い年月を考えて進めることがすべての教員に求められています。それは、高校だけではな

く、中学校も小学校も同じです。

近年の理科離れを危惧した世相を感じ取ったからでしょうか、理科実験や科学番組がテレビで放映されることが以前より多くなったように感じます。メディアを利用したアピールとしては有効ですが、理科実験はパフォーマンスではないので、理科離れの問題解決にはなりません。見て面白いもの、驚くもの、派手なものだけを取り上げているのでは、それだけで終わってしまいます。理科離れを食い止め、理系教育を発展させるには、答ばかりを追求するのではなく、考える重要性を再認識しなければならないのです。

いまの高校生が社会の中樞になって活躍するころには、多くのエネルギー資源や鉱物資源は枯渇寸前かもしれません⁽⁶⁾。さらに、食糧問題やゴミ、温暖化問題をはじめとする環境問題など、解決しなければならないことが山積していることでしょう。これらの問題を解決するには理系の力が必要不可欠であり、現在その解決方法が模索されているところで、この地球規模の問題を解決しなければ人類はもとより、すべての生物の生活を脅かすことに発展してしまいます。この難問を解決するのは、材料系を中心にした理系研究者や技術者たちなのです。未来に向けて問題解決し、新しいものを創造する姿勢を持ち続けることが、理系系人(りかけいびと)の誇りと責任なのです。

文 献

- (1) 総務省統計局「国勢調査」2008年。
- (2) 外務省「キッズ外務省」。http://www.mofa.go.jp/mofaj/world/ 2010年4月アクセス。
- (3) 総務省統計局「世界の国内総生産」2008年。
- (4) 講座型学習活動(2007年~2010年)：本校の連携研究機関は東京工業大学、横浜国立大学、神奈川工科大学、京都大学、神奈川大学、湘南工科大学、NTT(横須賀、厚木研究所)、パイオニア、島津製作所(京都研究所)。
- (5) 安彦兼次：超高純度鉄の作製，167(2)，(1997)，347-356。
- (6) 独立行政法人 物質・材料研究機構：「2050年までに世界的な資源制約の壁」筑波研究学園都市記者会資料、文部科学記者会資料2007年2月15日、1~4。



木浪信之

★★
1983年 電力会社勤務を経て神奈川県教育委員会職員
(教諭)
2005年4月より現任校
専門分野：固体物性
◎教育用コンテンツデジタル化研究事業(神奈川県、
パイオニア共同研究)
科学技術・理系教育のためのデジタル教材活用共同研究(独立行政法人科学技術振興機構、神奈川県、パイオニア、NTT共同研究)
学校に來られない子供のオンライン学習システム
研究開発(神奈川県、パイオニア、NTT共同研究)
理系融合型学習の開発(神奈川県立鎌倉高等学校)
★★