高校・大学・社会の連携による 高校生のための フォーオール科学技術教育

FOR ALL Education of Science and Technology for High School Students Basing on
Cooperation with High School, University and Society

川 村 貞 夫^{※1}
Sadao KAWAMURA

飯 田 健 夫^{※1}
Takeo IIDA

小 畠 敏 夫^{※2}
Toshio KOBATAKE

浮 田 恭 子^{※3}
Kyoko UKITA

八 木 良 明^{※2}
Yoshiaki YAGI

森 島 知 子^{※2}
Tomoko MORISHIMA

This paper claims the importance of “FOR ALL Education of science and technology” for high school students. “FOR ALL Education of science and technology” means the following two points : (1) Science and Technology Education for all students including students who will not enter the departments of science and technology in universities. (2) Education for all science and technology fields. Generally it is difficult to realize “FOR ALL Education of science and technology”. In this paper, the authors propose several educational programs to overcome the difficulty.

Keywords : FOR ALL Education, Science and Technology, High School, Cooperation

キーワード：高等教育システム，工学教育，高等学校，カリキュラム，フォーオール科学技術教育

1. 基本的考え方

今後、環境・エネルギー問題など人類が解決すべき多くの課題について、科学技術に寄せられる期待は大きい。課題解決のためには、細分化された科学技術分野のみでは、効果的な解決方法が見出せない場合も多い。それゆえ、幅広い分野での知識・経験や他分野の専門家と協力して仕事を行える能力などが求められる。また、科学技術の専門家集団のみでは解決できず、社会の構成者全体が科学技術に対する理解を深めることから解決の糸口が見いだせる場合も予想される。このような課題を解決するための科学技術教育として、専門家としての教育カリキュラムが始まる大学よりは、むしろ大学前教育が重要な役割を果たすと筆者らは考える。

現在の高等学校での教育カリキュラムでは、受験制度の影響もあり、高校生を早くから文系、理系に「種分け」してしまい、最小のエネルギーと最短の時間で大学入試に合格することを目的化する場合もある。また、科学技術を専門家として担うべき「理系」選択者も、合格し易い科目のみを学習する傾向が強く、幅広く多くの分野の知識や知恵を得る努力が少ないように思われる。

この状況を鑑みて、一人の天才が科学技術にブレークスルーを生み出し、人類に貢献するとの考えで、も

ともと科学技術に興味や関心がある少数精鋭の生徒により高度なレベルで幅広い教育を行う企画も多く見られる。このような取り組みは重要であり、今後もその拡大が期待される。一方で対極として圧倒的に多くの数の生徒に、科学技術教育を行う考え方の意義を、本論文では主張する。このような多くの生徒への科学技術教育を通じて、社会全体の科学技術への理解を深め、結果的にブレークスルーを生み出す科学技術者の育成を目指す考え方である。

立命館守山高等学校は、平成18年度からスーパーサイエンスハイスクールに指定され、多くの生徒を対象とする上記の考え方で、「すべての生徒のための科学技術教育システム」、「すべての科学技術分野のための教育システム」に挑戦している。これらを象徴的に「フォーオール (for all)」と表現している。もちろん、すべての生徒に、すべての科学技術分野を理解させることは、その概要のみでも技術的・時間的にも無理があり、現状の環境では高等学校単独での達成は不可能に近い。そこで、高校と大学と社会（特に、企業・NPOなど）が連携して「フォーオール」を指向し、どのような現実的・具体的・効果的な教育システムが可能かを検討している。

具体的には、まずフォーオールの考え方に基づき、「文系理系を可能な限り分離しない」等の基本的な考え方を整理した。次に、この基本的な考え方から、より具体的な取り組みを行った。その中では、大学教員の講

平成19年10月18日受付

※1 立命館大学

※2 立命館守山高等学校

※3 学校法人立命館

義や大学の理工系全分野の研究室見学などを実施した。これらの具体的な取り組みが、良い成果となっていることは、生徒からのアンケート調査からも確認された。本論文では、以上の取り組み内容を紹介すると同時に、フォーオール教育の今後の展開や課題を整理する。

2. 方針

具体的に以下のような方針を作成している。

2.1 文系・理系不分離の指向

高等学校へ入学後に早い時点で、文系・理系などのクラス分けを行わず、文理の壁を可能な限り無くすこととした。「文系大学進学者への十分な科学技術教育」と「理系大学進学者に十分な人文社会科学教育」を目標とした。文系進学者も科学技術への理解の深さが今後の様々な場面で求められ、科学技術に関する知識が不足するために生徒自身の人生の選択肢が削減されないようにする。一方、理系進学者は、単に科学技術のテクニックのみに精通するのではなく、社会の成り立ち、規範を学び、豊かな感性を持つようなカリキュラムを構成する。

2.2 体験学習と体験の整理・表現の重視

実験や自分で体験することを通じて学習する。また、単なる感動体験に止めず、体験を整理して、その意義の理解と他者へ表現できる力を養うことを重視する。

2.3 創成教育

「知識記憶再現能力」のみを評価するのではなく、体験を通じて生み出される総合的な能力や新しいものを生み出す創造能力などを養成する科目や授業内容を工夫する。従来型の「知識記憶再現能力」の教育手法と評価は、比較的容易であった。しかし、創造力を育てる教育システムの開発とその評価は、常に検討を必要とする。この課題について、大学、企業、NPO、個人ボランティアなどの協力で実現する。

2.4 「工学」の意味・意義の説明

理科学科目は、科学に関する科目が多く、ものづくりの学問としての工学の位置づけを高校生が理解する機会が不足している。そこで、大学の工学系教員との連携によって、工学の意味、意義、面白さなどを解説する。

2.5 科学技術全分野の俯瞰

科学技術は、多岐に渡り、高度に発達してきた。その結果、大学の各学部・学科でどのような研究と教育がなされて、科学技術の各分野がどのように異なり、どのように関連しているかを概観する機会是一般の高校生には、ほとんどない。これは、今後人生設計を行う高校生にとっては、不幸なことであり、限定された情報から人生の選択を行うことになる。そこで、科学技術分野の概観を俯瞰する機会を作る。

2.6 環境エネルギー課題の重要性

環境とエネルギーの課題の重要性を、高校生が自分たちの課題として深く理解するような学習や体験を行う。特に、従来の人工物は、未来の環境・エネルギー

制約条件では、実現困難であることの理解を深める。すなわち、今まで存在していた製品などは、実は未来には製造できない可能性もあり、別の新しい方法での生産を、次の世代の科学技術者が解決しなければならないことの理解を深める。

3. 取り組み例と効果

上記の基本的考え方と方針を踏まえて、実際の正課と課外での取り組みの一部を説明する。

3.1 数学・理科教育

文系理系を問わず理数的素養を重視し、2年次まで文理共通の教育課程とする。数学は数学Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、A、B、Cを文系、理系を問わず全員必修とする。ただし、3年文系数学においては、統計処理や確率、論理的思考力などを重視した独自の内容を準備する。また、理科では化学Ⅰ、地球科学、物理Ⅰ、生物Ⅰを文理問わず必修とし、理系ではさらに化学Ⅱ、物理Ⅱ、生物Ⅱを必修とする。

3.2 「地球科学」(1年生全員)の授業を利用した近隣の「金森川」の水質調査とデータ分析

地域の自然から地球を学ぶ視点で、水質調査のデータを科学的に分析する手法を学習する。地域に「水辺の会」というホタルを守るNPOがあり、このNPOの関係者の協力によって、より高度な取り組みを進める。

3.3 「国語表現Ⅰ」(2年生全員)の授業を利用した「科学ディベート」

1年で学習したディベートの方法を発展させる目的で、科学ディベートを実施する。テーマは理科教員と国語教員が議論したうえで設定し、情報収集から論理的な議論の方法なども習得目標とする。たとえば、生命倫理を題材とする「DNAと生殖技術」等をテーマにすることを検討している。また、評価方法も国語科と理科の担当者が協議して決定する。

3.4 「総合的な学習の時間」(2年生)を利用した「アデプトプロジェクト」

キャンパス周辺のさまざまな分野の達人(アデプト)をリストアップし、取材、講演会、実演等を行って、多様な技術、深い知見などに触れる。たとえば、稲作作りから米の収穫、収穫後の藁から縄の製作方法などを実際に体験しながら関連する事項を学習していく。

3.5 個別プロジェクト例

課外活動として行っている個別プロジェクトのいくつかを以下に紹介する。

(1) ロボット製作

Legoを活用したマインドストームでライントレースのロボットの製作や、「びわこクルーレスソーラーボート大会」に出場するソーラーボートを作成している。立命館大学ロボット技術研究会(学生サークル)などの協力を得て、大学学部生、院生の指導・援助を受けながら取り組みを進めている。

(2) バイオカート

近隣企業からディーゼルエンジンの無償提供を受け、バイオディーゼル燃料（BDF）の作成方法を学んだ。平成19年度は車体の中にエンジンを設置し、エンジンの回転を車輪に伝える方法（チェーン駆動）などの工学的内容をアデプト先生の支援を得ながら学習する。あわせて、バイオディーゼル燃料（BDF）の化学的な学習を総合的に進めている。

(3) 海外の水環境現地学習

平成18年度オーストラリアのタスマニアRosny College（参加人数6名）、平成19年度イギリス湖水地方St.Anne's High school（参加人数4名）で研修を行った。現地での学習内容に関連する約1週間の事前研修を行う。研修成果は帰国後適宜まとめ、他の学生にも解りやすく報告し、淀川琵琶湖水系の水環境問題・湖沼環境保全にかかわるテーマとの関連を全体で議論する。

3.6 1年生全員対象の集中講義と大学研究室見学

文系進学予定者を含む高校1年生全員（250人）を対象に、理工系分野の研究と教育の概要を解説した。1日のスケジュールは下記のとおりである。

9:45～10:45 講演1

「ロボットと人間の運動知能」

理工学部教授 川村 貞夫

10:50～11:20 講演2

「21世紀のライフサイエンスの展開」

理工学部教授 花崎 知則

11:20～12:20 昼食休憩

12:20～ グループごとに研究室へ移動

12:30～15:55 研究室訪問

研究紹介は大学院生および学部学生

*研究室資料を基に自分が見学したい研究室を決め、アンケートに答える。それを基にグループわけ（1グループは15名程度）を行い、全員ができる限り第1希望の研究室を見学できるようにする。

*各メンバーがどの研究室について調査するかを決定し、調査活動を行い、質問事項等を整理する。

*20分見学15分移動を基本に6研究室を訪問する。

過密なスケジュールであるにも関わらず、事後アンケートは以下のようになり、多くの高校生には有意義と理解された。

（教員による講演）

とても有意義23% 有意義65%

あまり有意義でない10% 有意義でない2%

（研究室訪問）

とても有意義40% 有意義53%

あまり有意義でない5% 有意義でない2%

（全体企画）

とても有意義23% 有意義70%

あまり有意義でない5% 有意義でない2%

また、生徒の感想の中には、以下のような感想が散見された。

「今まで理数はあまり得意ではなかったのですが、講師の先生のお話を聞き、大学の研究室を回って、理系が案外おもしろい分野と思いました。（中略）理系への進学も考えてみようかなと思いました。」「どの研究室にもそれぞれのおもしろさがあって、歩くのは疲れたけれど、不思議と飽きが来ず、足がどんどん前に出ました。説明してくれる大学生や教授はみんな感じの良い人で、とても魅力的な話をしてくれました。」「不安でいっぱいだった大学のイメージがいきなり飛びました。」

3.7 2年生全員を対象とする集中講義と理工系全分野の研究室見学

高校2年生全員（230人）を対象に、3日間をかけて理工系分野の講演と研究室見学を行った。内容は主に2部に分けられる。

(1) 第1部 大学教員による講義

講義内容は、研究例の紹介ではなく、以下のような内容とした。

(a) 科学技術知識の必要性：人文社会科学分野においても科学技術の知識がどのように必要かに関して具体例を挙げて紹介。

(b) 科学技術分野と高校科目との関連：大学等の高等教育機関で学習する科学技術内容と高校での各科目との関係を説明。

(c) 理学と工学はどのように異なるか？：理学、工学の意義と目的の違いを、具体例を示して紹介。特に、工学の目的を「人と自然に有益な人工物を作る。」として、高校での科目との関係を説明。

(d) 数学はなぜ勉強するのか？：数学専門家のみならず人文社会科学を含む他の分野に、数学の重要性・必要性を「論理的思考訓練、知識獲得・表現言語」として解説。

(e) これからの課題「皆さんが立ち向かうべき課題」：地球環境の維持と人類の生存のためにどのような取り組みが必要かを説明。その際、幅広い知識の重要性を強調。

(f) 今後の人生の道筋として多様なキャリアモデルの紹介：博士号の学位をとり、研究者になるだけでなく、企業でのマネージャーになるモデル、女性が科学技術分野とりわけ工学分野で活躍するモデル、学部の専門分野と異なる分野で大学院に進学するようなクロス学歴モデル等の紹介。

(2) 第2部 大学院生による研究分野（各学科）・研究課題例の説明と研究室見学

(a) 120名程度の2つのグループに分ける。院生1名が12分間で、各学科の学問の概要と研究例紹介を高校生に理解できる言葉で説明した。パワーポ

図1 2年生全員を対象とする集中講義と理工系全分野の研究室見学のアンケート結果①

図2 アンケート結果②

イント等の発表内容は、事前に担当大学教授1名で精査した。

- (b) 研究室見学は学年の約半数120名の生徒を12名程度の小グループ、11～12グループに分け、見学20分、移動10分で3つの研究室を訪問し、その間、研究室見学をしない残りの生徒は特別課題を実施するという形態をとった。そして、全体の3日間で文系志望を決めている生徒は3つの研究室を、それ以外の生徒は6つの研究室を訪問するプログラムを組んだ。見学グループ分けは「数理解物理&電子システム系」「機械システム&環境都市系」等の大まかな分野グルーピングの中から生徒の希望を取って反映した。

(3) アンケート分析

以下が、事前と事後のアンケート結果である。多様な分野の説明を過密なスケジュールで行っているの、受講生たちからは、「大変な労力が必要であった。」との感想とともに極めて有意義であったとの意見も多かった。アンケートからは、一定の変化を見てとることができる。科学技術が、特別で一般的な高校生から遠い存在ではないことは、強く印象づけられたと思われる。英語に関して、特に多くの時間を割いて、その重要性を強調した訳ではなく、むしろ研究室の活動では日常的に必要であり、英語を利用できればよいこと

図3 アンケート結果③

図4 アンケート結果④

図5 アンケート結果⑤

を説明した。また、現在英語が不得意でも一定の学習をすれば使えるようになることを強調した。

4. フォーオールのための教育手法と今後の展開

4.1 少数体験からフォーオールへ

一般に、本論文で対象とするような体験学習は有意義である場合が多い。しかし、そのような環境を享受できる人数は、時間的、予算的制約等から限定され、すべての生徒に同様に機会が与えられない。この課題を少しでも克服し、少数の生徒の体験から多くの生徒の成長に繋がるシステムを指向している。具体的には、以下の(1)～(4)などがある。

- (1) 個別課題に関して、6つの課外プロジェクトの中から1つ選び、そのプロジェクト内容の理解を深めたうえで、新しい企画、発展課題等のアイデアを課題として2年生全員に与え、その中から活かせるものを広く紹介しながら全体に意識を広げる取り組

みを行っている。

- (2) タスマニアとイギリス湖水地方の海外研修に参加できなかった生徒からも調査したいテーマを聞き取り、そのミッションをもって参加生徒が調査を行う。
- (3) スーパーサイエンスの生徒研究発表会やRits守山Exhibition（学外者も参加可能）などの発表会で全体に組みの成果を発表し共有する取り組みを行っている。
- (4) 個別プロジェクトを強力に推進していく生徒を「Sci-Techクラブメンバー」とし、このメンバーはより高いレベルのものづくりや調査研究、研究課題を設定し、取り組みを行っている。このメンバーが中心に、大学生・大学院生、外部講師等から指導等を受け、その内容を他の生徒と共有するように努力している。

4.2 科目間の連携と協力

フォーオールを指向すれば、結果的に多くの内容を教育しなければならない。この課題を解決のために、科目間での連携、協力がはじまっている。たとえば、国語科と理科の教員が協力して、課題内容等を厳選するなど、科目間で議論を行っている。他にも、英語科と理科との協力等も始まっている。ただし、安易な科目の融合は、本来の内容を阻害するので、各科目としての教えるべき軸を明確にした上で、どのような協力関係を構築できるかを検討している。

4.3 全分野概要理解のための大学院生の役割

科学技術の全分野を可能な限り多くの生徒が見学できるように、大学院生が重要な働きを演じている。大学院生の貢献なくして、高校生全員への科学技術全分野説明、全分野研究室見学は実現困難であった。

大学院生が説明するに際して、教員から以下の注意点を促している。

- ・聴衆は、高校2年生であること。
 - ・彼らの現時点で持っている知識を想像して（自分の高校2年生の時の事を思い出して）説明すること。
 - ・専門用語は利用してよいが、直感的にどのような内容かが理解できるように配慮することが望ましい。
- また、研究内容のパワーポイント等に関しては、所属の先生に許可をもらうこと。

30名を超える大学院生は、この企画の意義等も事前に周知しており、このような事前準備が重要と思われる。

結果的には、大学院生が各分野の概要を解りやすく説明し、自分の就職先の職種などの例も挙げながら研究分野の紹介を行うなど、ある意味では大学教授よりも迫力と説得力のある内容で、高校生に語りかけることができた。また、大学院生にとっても、自らの置かれている分野、研究内容などを俯瞰して、他者（高校生）に説明することは、現在の研究活動を客観的に考える良い機会となった。さらに、学会等の専門家へのプレゼンテーションではなく、一般の聴衆に対して、

自分の研究内容を紹介する意味で、表現能力の向上に繋がったと思われる。院生からも「良い機会を与えてもらった。」との感想が寄せられた。

4.4 社会連携による体験型学習

地元企業やNPO等からの支援が重要な役割となっている。幅広い分野で多様な体験活動を行うことは、一つの高等学校のみでは不可能であり、外部の協力者があって、はじめて成立する。実際の社会を高校生が垣間見て、一部を体験することは極めて良い刺激を与えると考えられる。ただし、単なる体験の連続のみでは、効果的ではなく、フォーオールの目的ともならない。すなわち、一つの体験の中から、どれだけ多くの関連する深い内容を学び取るかが大切である。そのためには、教員側が生徒の一つの体験から幅広く知識の関連を説明し、深い内容を提示できるかが重要となる。ある意味では、アデプト先生（科学技術関連分野の達人）の科学的翻訳者としての役割を演じることが求められる。

5. おわりに

本論文では、フォーオール科学技術教育の重要性と具体的な取り組み例を紹介した。フォーオール科学技術教育は、「すべての生徒のための」、「すべての科学技術分野のための」としているの、一人の生徒が、ひとつの科学技術分野で優れた成果を出す教育システムの対極との印象が強いかもしれない。

しかし、フォーオール科学技術教育を受けた多数の生徒の中から、他の多くの生徒の繋がりや刺激を受けて、一人の生徒がユニークな業績を残すオールフォーワン（all for one）や、幅広い科学技術分野での多くの経験を生かして、特定の科学技術分野で優れた成果を生み出すオールフォーワンが期待される。

本取り組みは、立命館守山高等学校が立命館大学の付属校であり、スーパーサイエンスハイスクールに指定されているために、実現できた部分は大きい。しかし、一般の高等学校と近隣の大学および社会（企業、NPO）が、連携体制をとれば、同様の企画は可能と予想される。今後、多くの高等学校での取り組みに広がることを望みたい。

著者紹介

川村 貞夫

1986年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了、同大学助手。1987年立命館大理工学部機械工学科助教授1996年ロボティクス学科教授2003年～2006年立命館副総長・立命館大学副学長。この間、附属守山高校校長兼務2007年より立命館総長特別補佐。ロボット・人間など多関節構造体の科学などの研究に従事（工学博士）。IEEE、日本工学アカデミー、日本機械学会、日本ロボット学会、計測自動制御学会等の会員

工学教育(J.of JSEE), 56-2(2008)