

名古屋市科学館における高校生電気自動車プロジェクトの実施と成果 —知識から価値へ結びつけるグローバル工学教育—

馬淵 浩一*

1. はじめに—事業の背景と目的—

名古屋市科学館(以下、「当館」とする。)では、2011(平成23)年度から3年間の事業として「高校生電気自動車プロジェクト」(以下、「本事業」とする。)を実施した。本事業は進路決定期にある高校生を対象に、大学や研究機関、企業等の協力を得て鉛蓄電池を製作し、エンジンの電気自動車に搭載して走行実験を試みるものである。

当館では、1964(昭和39)年の開館以来、生涯学習の立場から様々な年代層に科学教育を実施してきた。近年では青少年の理科離れに対応するため、とりわけ小中学生低学年を対象に理科学習の動機づけを目的とした事業を重視してきた。しかしながら、小学校5,6年生、中学生、高校を対象にした国立教育研究所の調査結果によると、小学校5,6年生では理科に関心を示す生徒は少なく、進学後学年が進行するに伴い理科離れが強く顕在化している実態が明示されている。高校生の理科離れに対応する事業の必要性が示されている¹⁾。

高校生を対象とした本事業の立案に際し、以下の2点を骨子とした。第1は工学系人材育成である。資源に乏しいわが国は科学技術の振興とイノベーションで将来を切り開いていかねばならない。とりわけ愛知県を中心とする地域は自動車産業によって支えられており、エネルギーや環境問題に配慮した次世代自動車の研究開発が必須の状況にある。地域の課題としても将来高度な研究開発を担う工学系人材育成は不可欠である。

以上の点に鑑み、本事業では工学に関する理解増進を重視することとした。工学における新しい知見の発見を目指すものではなく、実験や学習による知識集積の後に実用上の価値を見出す過程を高校生に体験させる内容とした。

第2はグローバル人材育成である。英語による海外での研究発表に加え海外進出した日本企業の現地工場見学などを事業に組み込むことにより、グローバルな学術研究を経験するとともに民間企業による生産活動の海外展開を見学する機会を設けた。

高校生に対する高度な理系人材育成事業として、文部科学省が実施するSSH(Super Science High School)プログラムが知られている²⁾。これは指定校の高校理科教員が中心となり計画立案するものであり、理学をテーマとするものが大半で工学研究は極めて少ない。さらに、近年海外研究発表を志向する傾向が高まっており、文部科学省がコアSSHとして参加校を募っている³⁾。

これらの背景に基づき、本事業は、工学をテーマとし知識の集積から価値の創造を意識させるとともにグローバル人材育成の視点を加え、大学工学部進学後に本格的に学ぶ工学への理解増進を企図するものと位置づけた。本論文で3年間の事業の概要と成果について報告する。

2. 事業の実施体制

本事業は、名古屋市科学館と公益財団法人中部科学技術センターが主催、マレーシア日本国際工科院(以下、「MJIT」とする。)、名古屋工業大学次世代自動車工学教育研究センター、中日新聞社が共催して実施した。2011(平成23)年度に公募を実施し、愛知県立旭丘高等学校、名古屋市立菊里高等学校、同陽高等学校、同桜台高等学校の4校合計42名の生徒とともに事業を実施した。2012(平成24)年度には各校より新たに新1年生合計20名を加えた。複数校の学年の異なる生徒が協調し複数年にわたり継続して研究を進める点でも特長的である。

3. 事業の実施方法

本事業は次の3つの教育プログラムで構成されている。1. 高校生が実用的な鉛蓄電池を製作すること、2. エンジンが考案した電気自動車を復元し、自作した鉛蓄電池を搭載して走行実験を行うこと、3. 大学、研究機関、企業などを訪問し、次世代自動車やエネルギー問題への理解増進を図ることである。併せて海外での研究発表も行った。これらは土日曜日および夏季・冬季休暇に実施した。鉛蓄電池の実験については一部、平日の授業後に各学校で担当教員の指導の下、実施した。

4. 事業の実施

4.1. 鉛蓄電池の製作

2011（平成23）年8月、名古屋工業大学にて、酸化還元の基礎的な理解を深めるための実験セミナーを開催した。その後、名古屋市科学館と各校でビーカー内における鉛蓄電池の基礎的な電極反応に関する実験を繰り返し、2012（平成24）年10月までには電気容量が電極の表面積に依存することなどを明らかにした。また、電気化学的に電極を生成するための化成に関する実験を重ねた。2013（平成25）年5~7月、未化成の鉛蓄電池を購入し、電流、硫酸濃度の異なる4種類の化成を行った。4種類の実験結果から化成反応の性能評価を行い、その結果を考慮して一人乗り小型電気自動車を走行させる実用的な鉛蓄電池を製作した。

4.2. 電気自動車の製作

エジソンが1920年頃製作した一人乗り小型電気自動車を復元することとした。2011（平成23）年7月および2012（平成24）年7月に、同車を保存する熊本県のエジソンミュージアムを訪問し、各部を詳細に採寸した。そのデータを基に名古屋工業大学の3D-CADを用いて製作図面を作成した。運転手の体重を含め300kgの電気自動車の走行能力のあるモーターを選定し、ギア比を7として、速度の2乗に比例する空気抵抗を考慮した運動方程式を立て、数値計算を行った。その結果、米モータナジー社製直流モーターME0907に鉛蓄電池4個を直列に接続した場合、円滑に始動することが確認され、また終端時速は50km/時であることが分かった。2011（平成23）年度末にシャシーを製作。2013（平成25）年度にボディの製作に着手し、7月に完成させた。

4.3. 次世代自動車への理解増進

二次電池や電気自動車を研究する大学、公的研究機関、企業などを訪問し、次世代自動車とその動力源に関する研究状況を幅広く理解する機会を設けた。

九州大学山木・岡田研究室では、リチウムイオン電池の原理に関する講義の聴講とボタン電池の組み立て体験などを行うとともに、電子顕微鏡を使った電極の

表面分析を経験した。

また、リチウムイオン電池の発明者である吉野彰、同電池の量産化を成功させた西美緒両氏の講演会をそれぞれ開催した。発明の経緯のみならず講演者の高校時代の進路決定、大学での研究内容などについても話題提供を依頼した。トヨタ車体刈谷工場では同社が開発した一人乗り小型電気自動車COMSの生産ラインの見学と、開発エンジニアとのディスカッションを実施した。

さらに、慶応大学清水研究室を訪問し、最速の電気自動車であるユウレカに試乗することができた。トヨタ東京自動車大学校では直流の高電圧を扱うための安全教育実習を受講した。

その他、三菱電機パワーデバイス製作所での半導体製造ライン見学、ダイドー電子での強力磁石製造ライン見学と、それぞれの開発エンジニアとのディスカッションを行った。

4.4. 研究発表

以上の研究成果に関し、2013（平成25）年に研究発表を3回、公開実験を1回行った。

2013（平成25）年3月、2年間の中間発表としてMJITにてポスター発表を実施し、事業の概要と鉛蓄電池のビーカー内化学反応について7名の生徒が英語で報告した。生徒はすべて2年生である。訪馬の機会に、現地企業ならびに日本企業の工場見学、MJIT教員による特別授業も実施した。

同年8月1日、名古屋市科学館屋外展示スペースにおいて一人乗り小型電気自動車の公開走行実験を行い、およそ30mのトラック3周の走行を成功させた（写真1）。

同年8月22日、3月とは異なる代表生徒6名がMJITを訪れ英語で研究発表を行った。3年生1名と2年生5名の計6名である。発表テーマは、モノづくり都市名古屋の紹介、事業の概要、電気自動車の設計、ビーカー内鉛蓄電池の実験結果、実用的な鉛蓄電池の製作、公開走行実験ビデオプレゼンテーションの6件であった（写真2）。3月同様、現地企業の工場見学会、特別授業も実施した。

さらに、同年10月27日、代表生徒1名が「高校生による科学の祭典」⁴⁾において本事業を報告した（写真3）。

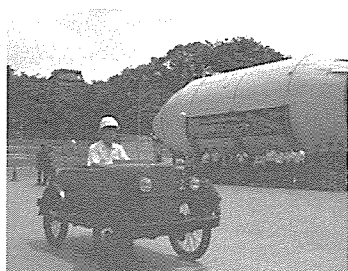


写真1 電気自動車公開走行実験

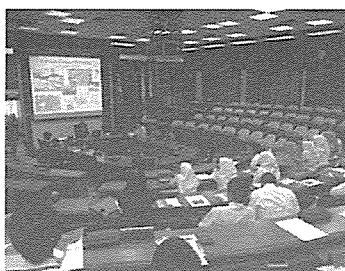


写真2 MJITにて研究発表

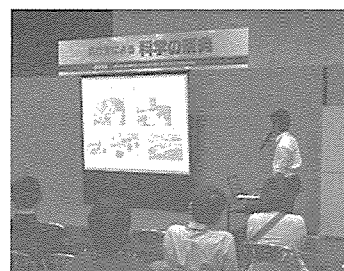


写真3 高校生による科学の祭典にて研究発表

5. 事業の教育的特長

5.1. 知識から価値へ結び付ける教育

3つの教育プログラムの立案に際し、次の2点を考慮した。第1に知識から価値へ結びつける教育、第2にグローバル人材育成に資する教育である。

工学は、科学的知見を基に技術的な課題を克服し、性能向上を図って所期の実用上の目的を可能にする行為である。本論文では、ある実用的な目標が設定され、知識の集積によって技術的課題が克服された時、「価値」が生じたと定義する。この定義に沿う価値創造が理学研究と工学研究の決定的な違いである。本事業の場合、具体的には、鉛蓄電池の基本原則を基にモーターを駆動させ、300kgの自動車を駆動させるに十分な性能の実用的な鉛蓄電池の製造を実現させた段階で、「価値」を得たと考える。

この前提に立ち、知識から価値へ結び付ける教育について以下のように教育プログラムを設計した。

高校生が本事業に取り組む以前に既習得の知識の一つは高校化学における酸化還元である。この単元で二次電池の基礎である鉛蓄電池の電極反応を学習する。この知識の上に本事業で獲得した様々な知識を積み重ねていった。

まず、名古屋工業大学で実験セミナーを開講し様々な酸化還元反応を行った。このセミナーは化学での既習知識の再整理の意味をもたせた。

次いで、ビーカー内での鉛蓄電池の電極反応実験を実施した。電池容量の増大を実現するためには電極表面積の増大が必要であることを学習し、粒子化し表面積を増大させた電極を使用した市販鉛蓄電池製作の意識づけを行った。この実験と並行して、市販の鉛蓄電池の充放電実験を行いビーカー内鉛蓄電池と比較した。ビーカー内実験によって、市販の鉛蓄電池の製作の際に重要な化成、すなわち酸化鉛を出発点とした電気化学的な手法によって正極、負極を形成する反応についても確認した。

その後、未化成の鉛蓄電池を入手し、電流、硫酸濃度を変化させた4種類の化成を試み、蓄電量の時間経過を実測し、最適化成条件を探索した。

マレーシアの鉛蓄電池製作会社GP社の工場見学も実施した。鉛のインゴットから様々な過程を経て最終製品の鉛蓄電池が製造されるすべての工程を見学した。これは酸化還元に始まり獲得した知識すべてを緊密に関係づける役割を果たしたといえる。

高校生のもう一つの既習知識は高校物理である。力学を基にモーターのトルク計算を行い、運動方程式か

ら数値計算によって電気自動車の終端速度を計算した。その結果から必要な電池電圧とモーターの選定を行い、3D-CADによって製作図面を完成させた。

以上のプロセスを踏まえ、化成した鉛蓄電池を搭載し一人乗り小型電気自動車の走行実験に臨んだ。これにより走行可能な小型電気自動車の実用的な価値が生じたことを実感させた。高校理科で既習得の知識を出発点として新しい知識を追加、集積し、工学の要諦である実用的な価値へ結びつける教育プログラムが開発された。その概念を図1に示す。

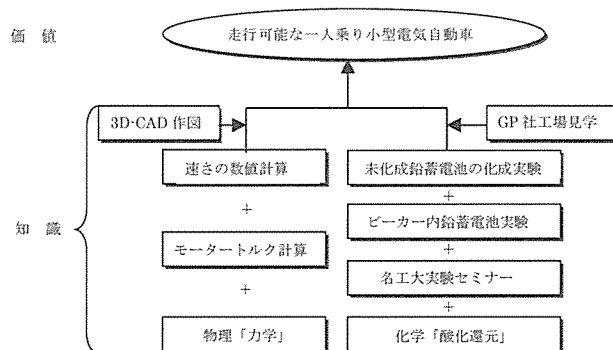


図1 知識から価値へ結びつける教育

5.2. グローバル人材育成に資する教育

内向き志向を克服し、将来、研究や企業における生産活動の分野でグローバルな舞台に挑戦し活躍できるグローバル人材の重要性が求められている。グローバル人材には様々な定義があるが、本事業では、研究者にとっては研究成果を英語で海外発表し、企業人にとっては外国語でコミュニケーションが取れ、事業企画、生産、管理などの業務を遂行できる人材をグローバル人材と定義し⁵⁾、以下の3点を試み導入教育とした。

第1に、MJITにおいて英語によるポスター発表、オーラル発表をそれぞれ実施した。発表に関し特に留意した点は、単に日本語から英語への言語置換による発表、研究の細部の説明に拘泥する発表を否定し、研究の動機づけに十分な説明時間を与えたことである。

次世代自動車の研究開発ならびにそれを包括する資源とエネルギーの問題は日本だけの問題でなくグローバルな課題である。この課題を解決するための世界の研究動向と日本の政策、本事業による研究の位置に関し十分な説明ができるよう準備した。

第2に、マレーシア渡航時にデンソーマレーシア工場の工場見学を実施した。なぜ民間企業は海外生産するのか、日本人技術者に与えられた役割は何かなどについてインタビューする時間を設けた。これによって民間企業のグローバル展開に関する理解増進を企図した。

第3に、MJIT 教員による次の3つの特別授業を実施した。「自動車工学の基礎」、「電気自動車用蓄電池」は本事業と密接な内容をもつものであるが、「イノベーション序論」は、視野を広げた議論である。イギリス産業革命における製鉄技術の革新を16世紀の鉄製大砲製造に端を発するものとして話題提供された。また、チェーンのない自転車をテーマとした討論中心の授業を実施した。これらの特別講義は、海外留学への意識づけとしても有用であった。

6. 評価測定

全ての教育プログラムに帯同した元名古屋市立高等学校校長会長・横山和夫とともに、13の項目で事業評価を実施した。その結果を表1に示す。

本事業の大きな目的は十分に達成する事ができたと判断される。知識から価値へ結びつける教育に関する各事項で高い評価を得た。リチウムイオン電池など多様な二次電池の原理について理解不足の生徒が若干いたためQ6はB評価となったが、それ以外の知識習得は十分になされた。理学と高額の違いも理解された。

グローバル人材育成に資する教育に関しては、英語力の壁が依然として高く、Q11はB判定となった。企業の海外展開に関して十分に理解するためには社会科学の知識が不足しておりQ12もB判定となった。それ以外の項目ではA評価となった。

表1 事業の評価

No.	評価項目	判定
■事業全般		
Q1	この事業に主体的に取り組み、他の生徒と強調しつつリーダーシップを発揮して研究を進めることができたか？	A B C D
Q2	この事業が将来の進路決定に有益なものとなったか？	A B C D
Q3	研究の全体像について理解できたか？	A B C D
Q4	真理探究(理学)とモノづくり(工学)の違いを理解できたか？	A B C D
■知識から価値へ結びつける教育		
Q5	電気自動車の基本的な構造と技術について十分理解できたか？	A B C D
Q6	二次電池とはどういうものか理解できたか？	A B C D
Q7	鉛蓄電池の電極反応を十分理解したか？	A B C D
Q8	鉛蓄電池の製造で特長な「化成」を十分理解したか？	A B C D
Q9	物理で習得した力学の法則と電気自動車の動力伝達の間を関係を理解したか？	A B C D
■グローバル人材育成に資する教育		
Q10	研究発表(英・和)のフォーマットについて理解したか？	A B C D
Q11	研究成果を英語で十分に発表でき、質疑応答にも応えることができたか？	A B C D
Q12	企業はなぜ海外に生産拠点を移すのか十分に理解したか？	A B C D
Q13	工場訪問、ディスカッション、講演会などによって、基礎的な理学・工学の知識を基にそれらが産業の分野でどう応用され、どのようにアジアに展開されているのか理解することができたか？	A B C D

7. おわりに

本事業は、工学の導入教育に位置づけられるものと理解している。優れた工学系人材を育成するためには、大学における教育内容の充実とともに大学入学以前の動機づけと導入教育があることが望ましい。その意味において、本事業が将来の進路決定に有益なものとして評価されたことが喜びである。目的を持った志の高い生徒を工学部に送り出す機会となったことを期待したい。

謝辞

本事業は名古屋市予算を基本経費とし、中部日本高速道路株式会社、トヨタ自動車株式会社など民間企業7社より寄付金をあわせ実施したものである。資金面での支援を快諾していただいた各社、ならびに見学受け入れなどの学習機会提供にご配慮を頂いた企業各社に感謝の意を表す。また、マレーシア日本国際工科院と名古屋工業大学には学術面での支援にお世話になった。特に前者の池田章一郎教授、後者の仁科健教授、川崎晋司教授には深く感謝の意を表したい。

注と参考文献

- 1) 小倉康、「理科好きの裾野を拡げ、トップを伸ばす科学カリキュラムとは」、国立教育政策研究所研究報告書、7-18頁、2007年
- 2) 文部科学省ホームページを参照のこと。
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/24/03/_icsFiles/afeldfile/2012/03/28/1318980_6.pdf
- 3) 上掲2)
- 4) 名古屋市立高等学校を中心とした理科部、科学部による研究発表大会のこと。ポスター発表、実演、オーラル発表などで構成されている。
- 5) 文部科学省のグローバル人材の定義についてはホームページを参照のこと。http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/sekaitenkai/1319596.htm

*名古屋市科学館

The Electric Vehicle Project for High School Students in Nagoya City Science Museum : As the First Step of Global Engineering Education to Create Value from Knowledge

Koichi Mabuchi (Nagoya City Science Museum, Japan)

Abstract

This paper gives an account of “The Electric Vehicle Project”, a science museum activity in cooperation with Nagoya Institute of Technology and major manufacturing companies. The project is intended to encourage Japanese high school students’ interest in science and technology, based on Nagoya, Japan and Asia, the center of the manufacturing industries. The project contains three programs: 1) Students make practical lead acid batteries. 2) Students drive an electric vehicle of their own design, powered by their own batteries. 3) Students take part in factory tours, special lectures in institutes of technology and discussions with engineers to study the next generation of vehicles. As the final program, the test drive of the one-seat electric vehicle powered by the lead acid battery was successful and 6 representative students made academic oral presentations on this project at the Malaysia Japan International Institute of Technology in Aug. 2013. Most of these students intend to major in science or engineering at university. Three programs focus on the global engineering education to create value from knowledge.