

# 科学教育事業への参加が理工系学生の 学習意識に及ぼす影響に関する調査

大橋 淳史<sup>1)</sup>, 隅田 学<sup>1)</sup>, 中原 真也<sup>2)</sup>, 林 秀則<sup>3)</sup>

1) 愛媛大学教育学部

2) 愛媛大学工学部

3) 愛媛大学先端研究・学術推進機構プロテオサイエンスセンター

## Investigation of promoted will to study for the science and engineering students in the teaching project of science

Atsushi OHASHI<sup>1)</sup>, Manabu SUMIDA<sup>1)</sup>, Masaya NAKAHARA<sup>2)</sup>, Hidenori HAYASHI<sup>3)</sup>

1) Faculty of Education, Ehime University

2) Faculty of Engineering, Ehime University

3) Proteo-Science Center, Institute for the Promotion of Science and Technology, Ehime University

### 1. はじめに

科学技術研究において、もっとも重要とされるのは、これまでとは異なった新たな知見を得ることである。たとえば、ノーベル賞が与えられるのは、その分野でもっとも活躍した者ではなく、初めて扉を開いた者である。そのため、理工系学部における学習の最終目標は、既存の知識を知り、その知識を援用する思考力を駆使して、新たな知見を生み出すことにある。しかしながら、学習内容を正誤で判断する教育を受けてきた学生は、知識を覚えることを目標の達成だと考える傾向が強く、正誤問題には強いが考察や記述を苦手とする。この傾向は、すでに中学校段階で現れており、全国学力・学習状況調査（国立教育政策研究所、2015）における理科の分析から、生徒が考察や記述を苦手とすること、また、OECD生徒の学習到達度調査（文部科学省、2009）から日本人は考察や記述に無答率が高いことが明らかになっている。これらの原因は、生徒や学生が知識の正誤にしか興味を持たず、思考力を養う訓練を積んでいないことに起因するのだろう。

そこで本研究では、表層的な正誤では対応できない状況を設定し、思考力の必要性を理解させることで理工系学生の学習意識の変容を促すことを計画した。そして、教える経験を通じた学習の必要性の理解（Fosnot, 2005）に注目し、理工系学生が志望する科学技術分野との親和性の高い方法として、学力差の大きな中学生を対象にした実験講座の指導を補助する手法を採用した。他人に教えるためには、対象の学習到達段階にあわせた言語選択が重要になる。理

工系学生が普段用いている科学技術用語が伝わらない対象を設定することで、用語ではなく、その概念を対象に伝えなければならない。学生は科学教育事業において、実験結果の不確実性を生徒に指導補助する経験を通して、正誤を判定するのではなく、なぜそうなるのかを思考する必要性に気づき、学習意欲を向上させることが期待される。

### 2. 取組概略

学生が指導する実験として、著者らが協力している松山市教育委員会・松山市中学校理科主任会の主催する理科好きの中学生への理科体験授業「おもしろ理科教室（1）」および著者らが実施している国立研究開発法人科学技術振興機構次世代科学者育成プログラム事業「科学イノベーション挑戦講座（2）」を利用した（表1）。学生が教える対象は、中学校第1学年から第3学年である。中学校段階は、もっとも学習内容の変容が大きくなる時期であり、観察を主体とした初等教育から、原理や法則に裏打ちされた科学理論を学んでいく段階である。第1学年と第3学年の学力差は非常に大きく、対象にあわせた概念の平易化や言語選択が極めて重要となる。たとえば、化学では第1学年は物質を粒子としてしか捉えていないが、第3学年は原子が原子核と電子に細分化できることを学習している。また、公立中学校は受験による学力の均質化が起こらないため、内容への理解度の個人差が極めて大きく、画一的な指導が通じない。そのため、学生は、個人に応じた概念の平易化をしなければならず、現象をさまざまな角度から捉える必

要が出てくるため、教える経験を積む対象として相応しい。

表1 評価分析した実施内容

	事業	タイトル
1	(1)	愛媛の岩石について学ぼう
2		ハイブリッドロケットを組み立てよう
3	(2)	化学反応を制御しよう!
4		遺伝子の分析に挑戦しよう!
5		都市金属鉱山を発掘しよう!
6		コンピューターケミストリーに挑戦しよう!
7		光合成の秘密を解明しよう!
8		中学生に成果を発表しよう!
9		光で色が変わる結晶の秘密を解明しよう!
10		高校生と一緒に発表しよう!

### 3. 評価分析

測定対象になったのは、本学スーパーサイエンス特別コース（以下、SSCとする）1回生7名、教育学部生（教育学研究科1回生1名、理科教育専修2回生4名、4回生6名）、理学部生（化学科3回生1名、4回生1名）、工学部生12名（大学院生7名、4回生5名）、以上32名である。学生の任意による参加形式をとっていること、実施が休日であることから、各実施における学生には入れ替わりがある。

表2 評価項目

	回答法	設問
1	記述	本日の活動内容を以下の枠に収まるように要約して下さい。
2	選択肢	本日の活動内容を自分がどの程度理解できたか、答えてください。
3	記述	今回の活動に参加して新しくわかったこと。
4	記述	今回の活動内容についてわかりづかったこと。
5	選択肢	参加生徒からの質問への対応や学習支援について答えてください。
6	記述	自分が特にうまく答えられたと思う質問とその回答。
7	記述	自分が答えるのに困った質問とその時の対応。
8	記述	参加生徒の発言や記述等で特にすごいと思ったもの。
9	選択肢	本日のアシスタントを通してどの程度自分に自信を持ちましたか、答えて下さい。
10	記述	今回のアシスタント活動を経験してさらに勉強してみたい・勉強する必要があると思ったこと。

学生が指導補助を担当する実験講座の実施後にアンケート調査で実施内容への自己評価を行い、その評価分析を行った。評価項目は、表2の10項目である。記述は設問に

対する自由記述、選択肢は5段階評価（1：全く理解できなかった、2：あまり理解できなかった、3：どうにか理解できた、4：ほぼ理解できた、5：全て理解できた）とした。

#### 3.1. おもしろ理科教室

おもしろ理科教室は、松山市教育委員会が主催する松山市内公立中学校の理科好きな中学生向けの理科体験授業である。松山市中学校理科教員の研修を兼ねる事業であり、各回に中学校教員が5名程度参加している。実施対象は、主として中学校1～2年生であり、50名弱を各中学校で選抜している。年9回実施され、3時間/回で土曜日に開講される。授業者は中学校教員や大学教員が行う。本研究に参加した学生は第1回（後述の科学イノベーション挑戦講座第1回と同時開講）、第3回と第9回に参加した。本報告では第3回（実施1）と第9回（実施2）を評価した。

#### 実施1：愛媛の岩石について学ぼう

授業者：中学校退職教員

内容：愛媛県は4つの地層体によって構成されるきわめて特殊な地形をしいている。そのため、愛媛県ではさまざまな変わった岩石が露出している。それらの岩石を、顕微鏡を使って分類し、岩石の構成から愛媛県の不思議を考える。

参加生徒：48名

参加学生：SSC、理学部、教育学部計13名

#### アンケートの評価分析

実施後に学生にアンケートを行った結果のうち、選択評価である設問2、5、9について、選択肢をそのまま点数として平均値を算出し、5点満点を100点満点に換算した（表3）。学生の自己評価では、SSC学生は理解、支援、自信のいずれもが高い傾向を示した。一方で、教育学部生は、理解が高い傾向を示したものの、支援と自信はそれほど高くない傾向を示した。学生の記述分析から、学生は岩石についての知識を得たことに満足する一方、岩石の分類の知識が薄く、生徒からの分類に関する質問に答えることができなかつたと記述した。とくに教育学部生で設問5の評価が低いのは、岩石の分類ができずに苦労したためであった。教える経験を通して、学生は自らの知識不足に気づき、設問10で地学、地質学、鉱物学を学ぶ必要性を挙げた。

表3 測定結果（100点満点）

	設問2	設問5	設問9
	理解	支援	自信
全体 (N=13)	77	65	66
SSC (N= 5)	80	76	72
教育学部 (N= 8)	75	58	63

## 実施2：ハイブリッドロケットを組み立てよう

実施者：工学部 中原真也教授

内容：使用したハイブリッドロケットは、実用ハイブリッドロケット同様の、2種類の推進剤を使った本格的なロケットであるにも関わらず、ペットボトルなどの身近な物を使っていることが特徴である。実施では生徒が自身で組み立てたロケットを金属製のガイドの中で打ち上げた。

参加生徒：20名

参加学生：工学部12名（大学院生7名，4回生5名）

### アンケートの評価分析

実施後に学生にアンケート調査を行った結果のうち、表3と同様に平均値を算出した（表4）。

表4 測定結果

	設問2	設問5	設問9
	理解	支援	自信
工学部 (N=12)	89	80	72

工学部生は得意分野について教えたこと、大学院生が多いことから、設問2および設問5は高い傾向を示した。一方で、設問9、教える自信の評価は高くない傾向を示した。

学生の記述分析から、とくに打ち上げに失敗した場合の原因をどう考えるべきかという質問に苦労したことが示された。工学部生は、自らの知識と経験に自信を持っているが、科学技術用語を使えない対象に自らの知識や経験を教える立場になったときに、概念を平易化することに苦労していることが示唆される。これは理論と現実の間にある不確実性の問題である。学校教育では正解が求められるため、生徒や中学校教員は「失敗の原因（正解）は何ですか」と質問する。一方、学生は、科学技術は何事も理論通りに進まないことを経験として良く知っている。失敗の原因は無数に存在するため、ひとつひとつの作業について確実かどうかを自分で検証してほしいと考えている。しかしながら、工学部生の指導に対して、生徒や中学校教員は「答えを知っているんだから教えてほしい」と要望する。不確実性の問題に直面した工学部生は、答えを求める対象者に、より有効な助言を出す必要性を感じ、今後勉強すべきこと（設問10）に、ロケットの仕組みや部品への理解の深化を挙げた。これらの結果から、1回の実施であっても、実験結果の不確実性を生徒に指導補助する経験を通して、正誤を判定するのではなく、なぜそうなるのかを思考する必要性に気づき、学習意欲を向上させる可能性が示された。

## 3.2. 科学イノベーション挑戦講座

科学イノベーション挑戦講座は国立研究開発法人科学技術振興機構次世代科学者育成プログラム事業として本学が

平成25年度より受託している事業である。日本のトップ層を目指す理工系人材育成事業として、愛媛県下の中学生を対象にして、年間22回開講された。主として土曜日に3時間/回で実施された。本研究の対象となった工学部生を除くTA学生は22回の実施に継続的に参加した。本報告では、このうち海外研修、学外研究所見学、学外での学会発表、講演聴講を除く8回を評価した。

## 実施3：化学反応を制御しよう！

実施者：教育学部 大橋淳史准教授

内容：酵母菌の呼吸と発酵、ニホンコウジカビの発酵、コウジカビ由来のアミラーゼによるデンプンの分解の3つの実験から、菌類の活動の制御を探究した。

参加生徒：21名

参加学生：SSC，教育学部計11名

## 実施4：遺伝子の分析に挑戦しよう！

実施者：プロテオサイエンスセンター 林秀則教授

内容：大腸菌のDNAを電気泳動によって分析し、生物の設計図である遺伝子について理解を深める実験を行った。

参加生徒：22名

参加学生：SSC，教育学部計7名

## 実施5：都市金属鉱山を発掘しよう！

実施者：田中貴金属工業株式会社湘南工場

奥田工場長，鯖江マネージャー

内容：PCパーツやスマートフォンなどを対象に貴金属回収について講演と模擬実験を実施していただいた。

参加生徒：12名

参加学生：SSC，理学部，教育学部計6名

## 実施6：コンピューターケミストリーに挑戦しよう！

実施者：教育学部 大橋淳史准教授

内容：コンピューターの分子軌道計算法から予測される化合物の分析結果と赤外吸光度計で測定した実測の分析結果を比較して、分析した化合物を同定した。

参加生徒：11名

参加学生：SSC，理学部，教育学部計7名

## 実施7：光合成の秘密を解明しよう！

実施者：教育学部 大橋淳史准教授

内容：カラムクロマトグラフィーを使って、クロレラ（緑藻類）とスピルリナ（藍藻類）の緑色の色素クロロフィルを単離し、クロロフィルの中心に配位している金属マグネシウムを金属銅や金属亜鉛に交換し、それらを分光学的に分析した。

参加生徒：6名

参加学生：SSC，教育学部計7名

## 実施8：中学生に成果を発表しよう！

実施者：松山市教育委員会

内容：科学イノベーション挑戦講座での成果を報告し、

かれらの行ってきた共同研究から「水あめづくり」の実験を中学生25人に体験させた。

参加生徒：30名

参加学生：SSC, 教育学部計5名

**実施9：光で色が変わる結晶の秘密を解明しよう！**

実施者：教育学部 大橋淳史准教授

内容：現在も活発な研究が続くホトクロミズムを有する分子を合成し、その構造を分析する方法を検討した。

参加生徒：5名

参加学生：SSC, 教育学部計4名

**実施10：高校生と一緒に発表しよう！**

実施者：愛媛県教育委員会

内容：国立研究開発法人科学技術振興機構採択事業「中高生の科学研究推進プログラム」の成果報告会で、県内13校の高校生とともに成果発表を行った。

参加生徒：5名

参加学生：SSC, 理学部, 教育学部計11名

表3と同様に処理した設問2, 5, 9の平均値の推移を以下に示す(図1)。科学イノベーション挑戦講座では、毎回の実施内容が大きく異なるために、内容による上下が大きく出る傾向がある。そこで、直線近似によって、傾向を測定した。

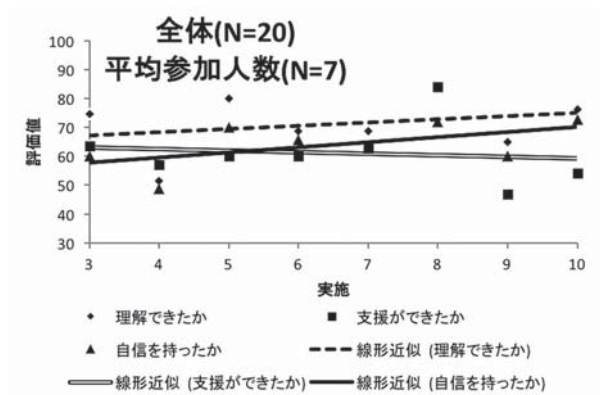


図1 参加学生全員の推移

内容によって、理解度は高低する傾向が示された。これは実施内容が異なることによる学生の得手不得手に加えて、学生が入れ替わっていることが影響している可能性がある。各回の学生の入替わりがあること、参加学生が少ないことから、限界はあるが、学生の入替わりが有りながらも、回数を重ねることで、変化が現れている。学生一般的な傾向としては、継続的な教える経験を通して、実験結果の不確実性を伝達する難しさに気づき支援が若干低下(図1二重線)する一方で、不確実性を伴う結果を指導補助することで、自らがなぜそうなるのかを考える習慣が身につくにつれ、自信が向上(図1実線)したようだ。

学生の記述分析に、実施10の研究成果発表への支援に関

して「モルとは何か」を説明するのに窮したという記述があった。モルは高等学校化学基礎で学習する概念であり、すべての学生が既習の概念であるが、教える対象である中学生は未習の概念である。いままで、当たり前だと考えていた概念について、未習の生徒に対することで、正誤ではない理解とは何かに気づいたことが示唆された。高度な概念を平易化する過程では、正確さが犠牲になるが、わかりやすく正確性を保つにはどうすればよいかという課題に到達し、学習の必要性を挙げている。そして、正誤を判定するのではなく、なぜそうなるのかを思考する必要性に気がついたことが、支援の評価を下げたようだ。

**3.3. 全実施の評価**

全実施について、学生の評価の平均値を学部ごとに示す(図2)。

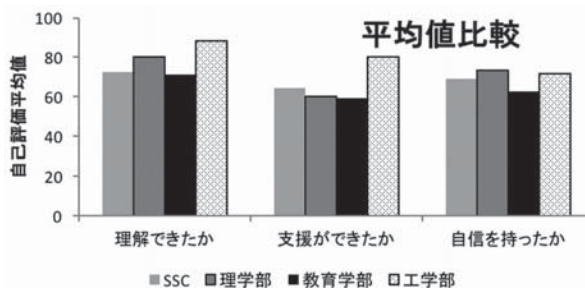


図2 学生の評価比較

得意な内容を指導した工学部生と幅広い内容を指導したSSC, 理学部, 教育学部生を比較すると、工学部生は理解できたか、支援ができたかの項目で、他学部と比較して高い傾向を示した。一方で、指導を通して自信を持ったかという項目では、工学部生は他学部と大きな違いはない。工学部生は1回だけの参加であるため、単純な比較はできないが、不得意な分野も指導した他学部の学生が、得意な分野のみ指導した工学部生と同程度の評価をしている。学生は、継続的な参加を続けることで、実験結果の不確実性を生徒に指導補助する経験を通して、本研究の目的とする正誤を判定するのではなく、なぜそうなるのかを思考する習慣が身に付き自信が向上した可能性が示された。

**4. まとめ**

科学教育事業への参加を通した理工系学生の学びへの意欲を調査分析した。測定の限界はあるが、学生の入替わりが有りながらも、複数回の科学教育事業に参加して指導補助を行う経験を通じて、学生は自らへの自信を高めたことが示唆された。また、いずれの学生も事後アンケート設問10「今回のアシスタント活動を経験してさらに勉強してみたい・勉強する必要があると思ったこと」に学習不足と理解の向上のための課題を挙げた。本研究で、学生が知識

の伝達を行う対象は、学力差がとくに大きい中学校第1～3学年である。そのため、学生が得意としている学術用語は通じず、学生は学術用語が定義する概念を平易化しなければならない。概念の変換では、かならず不確実性が伴う。また、実験結果も同様に不確実性を含んでいる。正誤に慣れて、正解を得ようとする中学生に対して、正解ではなく、目の前の現象をどう理解するべきかを指導する経験が、なぜそうなるのかという疑問に繋がり、学習意欲を向上させたようだ。

学生の記述内容は、得意分野を教える場合に増加する傾向が認められた。たとえば、工学部生は研究分野に関する内容、教育学部は発表における指導助言などの教育分野で評価が高く、記述が増加する傾向を示した。そのため、教える体験を通じた学習においては、学生の得意分野を扱うことが効率的である。一方で、得意分野のみを伸ばす学習方法は、歪な学力構成を助長する可能性がある。科学イノベーション挑戦講座では学生が得意としていない分野の内容も多く、自己評価は上下があったが、教える経験による自信は全体として増加傾向を示した(図1実線)。学生にとって必ずしも得意ではない分野を教える経験は、その分野のおもしろさに気づき、また得意分野でなくても教えられるという自信が、全体への理解を深め、理論と現実の間の不確実性への理解の促進が期待される。

以上、科学教育事業への参加を通じた理工系学生の学びへの意欲の向上の可能性を示唆した。本手法は、さまざまな形の地域貢献で地域の子どもたちに得意分野を指導する機会が多い、理工系学生の学習方法のひとつとして期待される。本研究は本学における予備的試行であり、今後、本手法を学生の学習指導に繋げるためには、自己評価以外の評価を開発し、クロスチェックを行うことで、評価精度を上げることが期待される。

## 謝辞

本調査にあたり、実施にご協力いただいた松山市教育委員会および松山市中学校理科主任会おもしろ理科実行委員会、それらに参加した生徒に深く感謝します。また、実施の場を提供していただいた、国立研究開発法人科学技術振興機構次世代科学者育成プログラムに感謝いたします。本調査は、愛媛大学教育学部長経費の支援を受けました。

## 引用文献

- C.T.Fosnot (2005) "Constructivism-Theory, Perspectives, and Practice" Teachers College Press.
- 国立教育政策研究所 (2015) 『平成27年度全国学力・学習状況調査報告書・調査結果資料』
- 文部科学省 (2009) 『PISA調査(読解力)の結果分析』  
Retrieved  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/gakuryoku/siryu/05122201/010.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku/siryu/05122201/010.htm) (2016, 7/10, 現在)

- 内閣府 (2007) 『低年齢少年の生活と意識に関する調査報告書』  
Retrieved  
<http://www8.cao.go.jp/youth/kenkyu/teinenrei2/zenbun/>  
(2016, 7/10, 現在)
- 日本青少年研究所 (2005) 『高校生の学習意識と日常生活調査報告書 日本・アメリカ・中国の3ヶ国の比較』  
Retrieved  
<http://www1.odn.ne.jp/youth-study/research/> (2016, 7/10, 現在)