

個別研究支援を基盤とした  
科学技術人材育成法の検証と考察

2014年7月

尾嶋 好美

個別研究支援を基盤とした  
科学技術人材育成法の検証と考察

筑波大学大学院  
生命環境科学研究科

博士（学術）学位論文

尾嶋 好美

## 目次

第1章 緒言	
1.1 本研究の背景	1
1.1.1 科学技術人材の世界的な移動	1
1.1.2 日本における科学技術人材の現状	2
1.1.3 科学技術人材育成の世界的潮流	3
1.1.4 日本の科学技術人材育成の流れ	5
1.2 本研究の目的	7
第2章 未来の科学者養成講座実施機関の取組の検証	15
2.1 未来の科学者養成講座実施機関の取組概要	16
2.2 未来の科学者養成講座の育成プログラム内容の検証	16
2.2.1 慶應義塾大学の事例	17
2.2.2 東北大学の事例	19
2.2.3 京都大学の事例	21
2.2.4 岡山大学の事例	23
2.3 全国受講生研究発表会における受講生の表彰の分析	24
第3章 筑波大学BSリーグの開発	28
3.1 BSリーグ生の選抜	28
3.2 BSリーグの育成プログラム	29
3.3 コンテストにおける評価基準	31
第4章 BSリーグの育成プログラムの実施結果および成果	37
4.1 個別メーリングリストでかわされたメール内容	37
4.2 メーリングリストでのメール数および内容と昇格の結果	39
4.3 BS2への昇格者と非昇格者のメール数の違い	42
4.4 BS2への昇格者と非昇格者のメールの内容の違い	42
4.5 BSリーグの実習	44
4.5.1 実習の内容	44
4.5.2 受講生の感想文から見る実習の効果	45

4.6	BS リーグの育成成果	46
4.7	BS リーグ生の感想文から見る BS リーグの効果	47
4.8	ISEF 日本代表となった 3 名の成長過程	48
4.9	筑波大学 BS リーグをモデルとした個別研究支援の拡がり	54
第 5 章	国際学生科学技術フェア (ISEF) の分析	63
5.1	ISEF とはなにか	63
5.2	ISEF2012 の分析	64
5.2.1	ISEF2012 の出場者数	64
5.2.2	ISEF2012 の審査	64
5.2.3	ISEF2012 で入賞した研究	66
5.2.4	ISEF2012 の受賞結果の分析	67
5.3	ISEF2012 と ISEF2013, 2014 の違い	69
5.4	ISEF2004 から ISEF2014 の日本チームの入賞結果	70
第 6 章	高校生の研究内容および研究環境の検証	79
6.1	日本の高校生の研究内容および研究環境	79
6.1.1	日本の高校生の研究内容	79
6.1.2	日本の高校生の研究環境	79
6.2	米国の高校生の研究内容および研究環境の検証	80
6.2.1	米国の高校生の研究内容	80
6.2.2	米国の高校生の研究環境	81
6.3	中国の高校生の研究環境	82
6.4	韓国の高校生の研究環境	83
第 7 章	米国の科学技術人材教育	85
7.1	米国の STEM 教育	85
7.2	ジョージア州での Gifted 教育	86
7.3	トップ層を対象とした教育	87
第 8 章	総括	88
8.1	未来の科学者養成講座の施行からの次世代科学技術人材育成方法の提案	89

8.1.1	科学者自身が指導者となる意義	89
8.1.2	卓越した児童・生徒の孤立感の解消について	91
8.2	次世代科学技術者育成に当たっての日本の科学教育の課題	91
8.2.1	高校教員の指導能力と研究に対する考え方	92
8.2.2	日米の高校生の研究テーマの設定の違い	93
8.2.3	大学教員の負担	94
8.2.4	Gifted の生徒への対応	95
8.2.5	高校生が大学の研究室で研究するための整備	96
8.2.6	大学入学試験の変更に伴う課題	97
8.2.7	生命産業科学分野の人材育成の課題	99
8.3	科学技術人材育成における個別研究支援の有効性	100
	要約	103
	論文目録	105
	謝辞	106
	和文引用・参考文献	107
	英文引用・参考文献	109
	和文引用・参考 URL	110
	英文引用・参考 URL	113
	付録資料	115

# 第1章 緒言

## 1.1 本研究の背景

21世紀に入り、人・モノ・金・情報等の流動化が、かつてないスピードで進んでいる。それに伴い、エネルギー・環境問題や感染症の拡大など、地球規模で解決しなければならない課題が増加している。また、交通手段の発達により物流の移動が容易となったため、製造業においては、工場設置費用や操業コストの低い地域への移転が進んでいる。そして、情報通信技術の発達により、大量のデータのやり取りが可能となったことから、定型的な事務処理等についても、人件費の安い国への業務移転が行われている。

このような状況において、国としての持続的な発展・維持を考えた場合、新しい産業を興す力を持つ科学技術人材の育成が、各国において非常に重要になっている。平成26年度の科学技術白書では、「人口減少・少子高齢化が急速に進む中で、我が国が成長を続け、新たな価値を生み出していくためには、科学技術イノベーションを担う多様な人材の育成・確保が重要である。」と述べられており、「科学技術人材の裾野拡大を図るとともに、優れた研究人材の育成を推進するため、初等中等教育、高等教育、さらには博士号取得以降の各段階における人材育成を体系的に進める」とされている（文部科学省、2014）。

### 1.1.1 科学技術人材の世界的な移動

交通手段の発達に伴い、科学技術人材の国際的な移動も活発になっている。情報通信技術が発達し、電子メール等により距離や時間に妨げられることなく情報のやり取りはできるようになったが、物理的に近い場所において、直接コミュニケーションをとった方が、緊密な関係を結びやすい。国外の研究機関等への科学技術人材の移動は知識の創造・普及に大きく影響し、多国間のネットワークの構築に寄与するとされている（OECD 2013）。

近年、博士号保持者の国外への移動は増加しており、それに伴い、国際的な学術共同研究は増加している。OECDが発表した Science, Technology and

Industry Scoreboard 2013によると、執筆者が2つ以上の国にまたがる国際共著論文の数および執筆者の所属する国は、1998年と比べて2011年には論文数および国の数ともに劇的に増加している(OECD, 2013. 図1-1, 1-2). しかしながら、日本は、国際的な研究ネットワークの構築に遅れ、グローバル化の流れから出遅れていることが示唆される(文部科学省, 2014)という状況である.

### 1.1.2 日本における科学技術人材の現状

国連開発計画はHuman Development Indicatorsの一つとして「Innovation and technology」の国別ランキングを発表している(United Nations Development Programme, 2013). これは研究開発費のGDPに対する割合、研究者の数、理工系大学出身者の割合といった研究開発項目と、特許数、ライセンス集中といったイノベーション項目、そして電化率、PC所有率、インターネットユーザー数といった技術普及項目から計算された186カ国のランキングである.

Very High Human Developmentのカテゴリーの中には、ノルウェー、オーストラリア、米国、オランダ、ドイツ等47カ国・地域が含まれており、日本も10位となっている. 中国は101位で、ヨルダン、パラグアイ、エジプト等とともにMedium Human Developmentに含まれている.

一方、平成26年版科学技術白書では、日本の大学・公的研究機関等の研究者のうち、海外勤務経験を有する研究者は全体の8.9%に過ぎず、国際的な研究ネットワークの中核から外れつつあることに対する危機感が表明されている(文部科学省, 2014).

またトップ層の研究者数を国別で表す一つの指標として、全米科学アカデミー、イギリス王立協会、フランス科学アカデミーおよび米国医学研究所の外国人会員のシェアを2002年と2008年で比較した場合、日本のみがいずれの科学アカデミーにおいてもシェアを減らしている(文部科学省科学技術政策研究所, 2009). 全米科学アカデミーに限って見れば、2002年には9.7% (28名)、2008年は9.5% (32名)であったが、2014年は7.2% (31名)に減少している. 一方、中国は2002年には1.0% (3名)、2008年は2.4% (8名) 2014年は4.4% (19名)

と増加している。

日本は現時点においては、科学技術を牽引している国の一つであると言えるが、今後もそうあり続けるためには、科学技術人材の育成が不可欠である。平成 23 年に閣議決定された第 4 期科学技術基本計画において「科学技術は、我が国の豊かさや人々の安全な暮らしの実現、経済をはじめとする国力の基盤の構築に資するとともに、知のフロンティアを切り拓き、我々人類の直面する課題の克服に貢献するための手段となるものである。」と述べられており、次世代の科学技術人材の育成に力を入れるとされている（文部科学省，2011）。

### 1.1.3 科学技術人材育成の世界的潮流

世界的にみても 21 世紀に入ってから、次世代の科学技術人材の育成に大きな変化がみられる。

米国では 21 世紀の国力を維持・増強する施策として、初等中等教育段階での STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育にも力を入れており、2015 年度大統領予算教書の STEM 教育関連予算は 29 億ドルとなっている。今後 10 年間で STEM 卒業生を 100 万人に増加させることを大統領目標としており、STEM 教師の増強なども謳っている (White House Office of Science and Technology Policy, 2014)。

EU においては研究人材と科学技術専門職を増加させるための具体的な取組みと対策を明らかにすることを目的とした専門家グループが欧州委員会の中に設置され、2004 年に報告書として「EU はより多くの科学者を必要としている」が公表された (Science and Society, 2004)。同報告書の中で科学・技術・工学のための人材資源の増加を支援するためには、①科学技術社会に参画するための知識・態度の養成と②科学系キャリアとの結びつけが、学校の科学教育に求められるとしている (堀田, 2011)。その後、EU では Web 上で参加できる EU 科学教育コミュニティの開発がおこなわれ、European Schoolnet が立ちあがっている。ここでは「教員向け」として、248,000 以上もの教材の提供が行われている (European Schoolnet, 2014)。



韓国では英才の早期発見や能力と素質に合った教育の提供、国家・社会の発展を目的に、2001年に「英才教育振興法」が制定された。韓国の英才教育振興法では、「英才」を「卓越した才能を持ち、その潜在的な可能性を伸ばすための特別な教育を必要としている人」と定義して、①全体的な知性、②特定の学術分野の適性、③創造的思考能力、④芸術的才能、⑤身体能力、⑥その他の特別な才能をその対象としている。才能児と認定された高校生は「英才学校」に進学し、大学院レベルの教育を受ける（国立教育政策研究所、2013a）。

初等中等教育段階の児童・生徒を対象とした科学技術人材育成の手段の一つとして、多くの国で行われているのは、自主研究を行っている児童・生徒がそれぞれの研究成果を発表する「科学技術コンテスト」と、国際科学技術オリンピック代表者選考を兼ねた「科学技術オリンピック」である。

コンテストで高い評価を受けて表彰されることは、科学研究を行っている児童・生徒にとって大きな励みとなる。初等中等教育段階においては、スポーツができる児童・生徒は、地域のスポーツ大会等の成績により表彰されることが多く、自己肯定感を持ちやすい。また、スポーツ大会等は、スポーツを行う児童・生徒たちの目標設定としても機能している。科学研究を行っている児童・生徒にとっても科学コンテストは目標設定にしやすいと同時に、表彰されることにより、自己肯定感を生みやすいと考えられる。米国においては科学技術コンテストの上位入賞者はホワイトハウスに招かれ、大統領から祝福される。このことは、米国の高校生にとって、優れた科学研究を行うモチベーションの一つになっていると考えられる。

そして、国際科学技術オリンピックは、自国の代表として臨むことになるため、高い自己肯定感を持つことができると考えられる。また、米国、韓国、台湾、中国そして日本においても、国際科学技術オリンピックで優秀な成績を収めた生徒には生徒については、大学入学において特別枠が用意されており、参加する生徒たちの大きなモチベーションになっている。

科学技術コンテストおよび科学技術オリンピックいずれにおいても、参加者は科学技術への関心が高く、知識やスキルと言う点において優れた児童・生徒

たちである。このような児童・生徒にとって、科学技術コンテストおよび科学技術オリンピックは、通常の学校生活においては出会うことのできない「仲間」と出会う場になる。同時に、自分自身の研究や学びを振り返り、科学技術人材としてのキャリアを考える場ともなっている。

米国では半世紀以上前から高校生を対象にした科学技術フェアが開催されてきた。1997年からはインテル社が冠スポンサーとなり、Intel International Science and Technology Fair（以下、ISEFと略記）として世界中から自主研究を行う高校生が集まり、成果を競うと同時に、様々な国の生徒たちが交流を深める場となっている。IT企業であるGoogle社も13歳から18歳までを対象としたオンラインでの科学コンテストを2011年からスタートさせた。「学生たちが科学研究を通じて世界を変えることを奨励する」として始まったこのコンテストは最終選考に通った15組が、Google本社（米国カリフォルニア州マウンテンビュー）で開かれるファイナリストイベントに招待され、著名な科学者、技術革新者、ノーベル賞受賞者たちの前で、各自のプロジェクトについて発表を行っている（Google Science Fair, 2015）。

#### 1.1.4 日本の科学技術人材育成の流れ

世界各国で科学技術人材の育成において動きがある中で、日本の教育行政にも大きな変化がある。平成9年に中央教育審議会から出された第二次答申「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について」の中では、「従来の我が国において、形式的な平等を求めるあまり、一人一人の能力・適性に応じた教育に必ずしも十分配慮がなされなかったという点については、改めなければならないと考える。今後は、これまでの教育において支配的であった、あらゆることについて「全員一斉かつ平等に」という発想を「それぞれの個性や能力に応じた内容、方法、仕組みを」という考え方に転換し、取組を進めていく必要がある。」と述べられている（文部科学省, 1997）。実際に、平成14年度からは、将来の国際的な科学技術関係人材を育成するため、先進的な理数教育を実施する高等学校等を「スーパーサイエンスハイスクール」として指定する取り組みが始ま

った（文部科学省，2002）．また平成16年度からは理数系教科に秀でた生徒の知的な好奇心・探究心に応じた学習機会を提供し，将来国際的に通用する研究者・技術者の育成に資するとともに，身近な生徒の国際コンテストへの参加を通じて，学校，地域における理科・数学をはじめとした科学技術学習の充実に向けた社会的雰囲気醸成を図ることを目的とした「国際科学技術コンテスト支援事業」が始まった（JST，2014）．

しかしながら，スーパーサイエンスハイスクールは高校を対象に募集を行い，高校を支援するものであり，国際科学技術コンテストは，国内での予選を行う団体に対する支援であり，理数に秀でた個人を支援するものではなかった．

独立行政法人科学技術振興機構（以下，JSTと略記）は平成21年1月より才能教育分科会を設置して検討を行い，平成22年3月に才能教育分科会報告書「科学技術イノベーションを支える卓越した才能を見出し，開花させるために」（JST，2010）を公表した．この報告書の中で，「理科を教える教員は理科の自由研究や課題研究など科学研究に関する指導技術が十分でない状況である．『自由研究の指導技術が十分である』に対して肯定的な回答をした教員の割合は，小学校学級担任で18%，中学校理科教員で30%に止まっている．また，高等学校普通科においても，『課題研究（または，探究的な活動）についての指導技術が十分であるか』に肯定的な回答をした教員の割合は，総合的な理科を担当する教員では41%である．」と述べられている．また「生徒が科学技術の研究や開発に携わる専門家から，その実際について教えてもらったり，自らが科学技術の研究や開発を体験したりすることが必要であるが，学校独自にそうした体験機会を提供することは困難であり，大学や研究機関などの科学技術の専門家との連携が必要である．」と言及している．

文部科学省では各界の第一線で活躍する有識者や教員などを交えながら，科学技術理解増進政策のあり方について，様々な具体的提案を議論する「科学技術理解増進政策に関する懇談会」を設置し，平成17年に「人々とともにある科学技術を目指して－3つのビジョンと7つのメッセージ」を発表した（文部科学省，2005）．ここには「将来の科学技術をリードしうる人材層を厚く育てい

くためには、「出る杭を打つ」文化から「長所を伸ばす」文化へと転換し、伸びる能力を伸ばして、中堅層を厚く、ピークを高くしていくことが必要である。」と明記されている。「イノベーション 25」(内閣府, 2007)の中でも「卓越した意欲・能力を有する児童・生徒を対象に高度で発展的な学習機会を提供する大学等の支援」が謳われている。

このような流れの中で、卓越した児童生徒の能力をさらに伸ばし、質の高い科学者の卵を育成するために、大学において、初等・中等教育課程にある児童・生徒の支援を行う「未来の科学者養成講座」事業が平成 20 年度より始まった。

「国の予算を投じた理系トップ人材育成事業であり、科学技術創造立国としての日本の国際的地位の向上に資する人材の輩出を第一義的な目的とする (JST, 2014)」事業が始まったことは、日本の教育行政の中で、大きなターニングポイントであると考えられる。

## 1.2 本研究の目的

これまで述べてきたように、わが国においても科学技術人材の育成は喫緊の課題である。しかしながら、科学技術人材の育成を目的とした初等・中等教育段階の児童・生徒に対する個別支援は、公的にはなされてこなかった。

次世代を担う科学技術人材の育成に当たっては、初等中等教育段階から、高度な課題研究・自主的な学びを行い、理数の才能を伸ばしていくことが重要であるにも関わらず、日本の初等中等教育の教員は、自由研究の指導技術に自信を持つ割合が低く、理数に才能ある児童・生徒の高度な研究・学習支援を行うことが難しい。そのため、科学技術人材の育成に当たっては、初等中等教育段階の理数に秀でた児童・生徒の教育に、高等教育機関である大学が主体的に関わることを求められる。これまで高等教育段階の学生に対する教育を行ってきた大学が、初等・中等教育段階の児童・生徒の指導・支援を行うにあたっては、科学技術人材育成プログラムの開発、実施、検証を行い、体系的な教育プログラムとすることが必要となる。

本研究は、日本において有効な科学技術人材育成法を明らかにすることを目

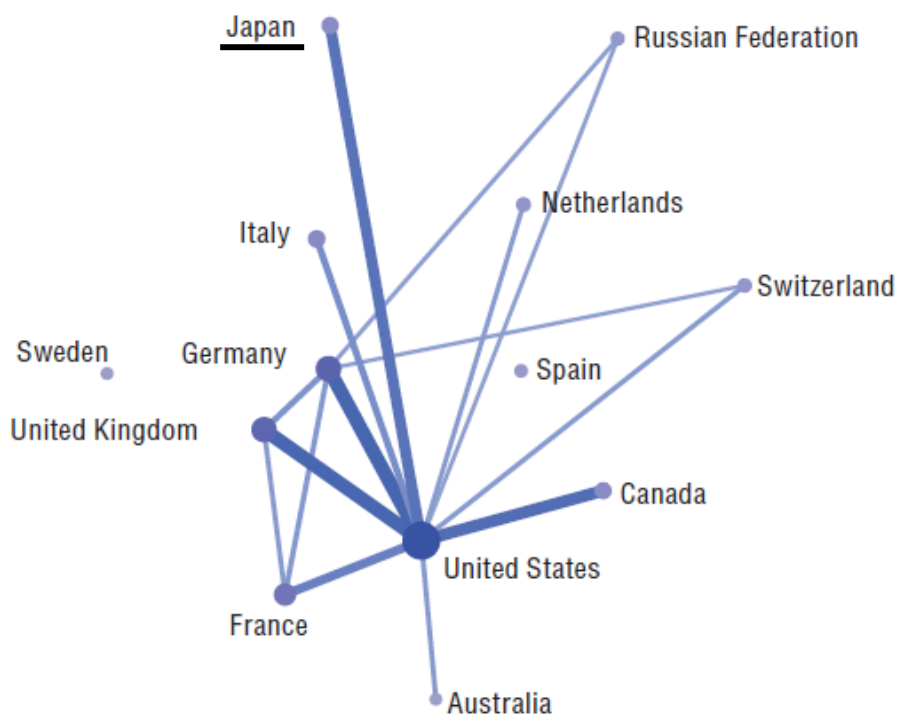
的とする（図 1-3）．第 2 章では，17 の大学において，開発・実施された「未来の科学者養成講座」の検証を行い，第 3 章と第 4 章では筑波大学での事例の検証を行う．この検証により，科学技術人材育成法として，対象とする受講生および実施プログラムの違いにより，どのような成果の違いが出るのかが明らかになる．

また，第 5 章，第 6 章および第 7 章では主に米国を中心とした諸外国の科学技術人材育成との比較を行うことで，日本の科学技術人材育成法の課題を明らかにする．

これらの結果に基づき，本研究で明らかになった日本における有効な科学技術人材育成法について第 8 章において述べる．

### 54a. International collaboration networks in science, 1998

*Whole counts of internationally co-authored documents*



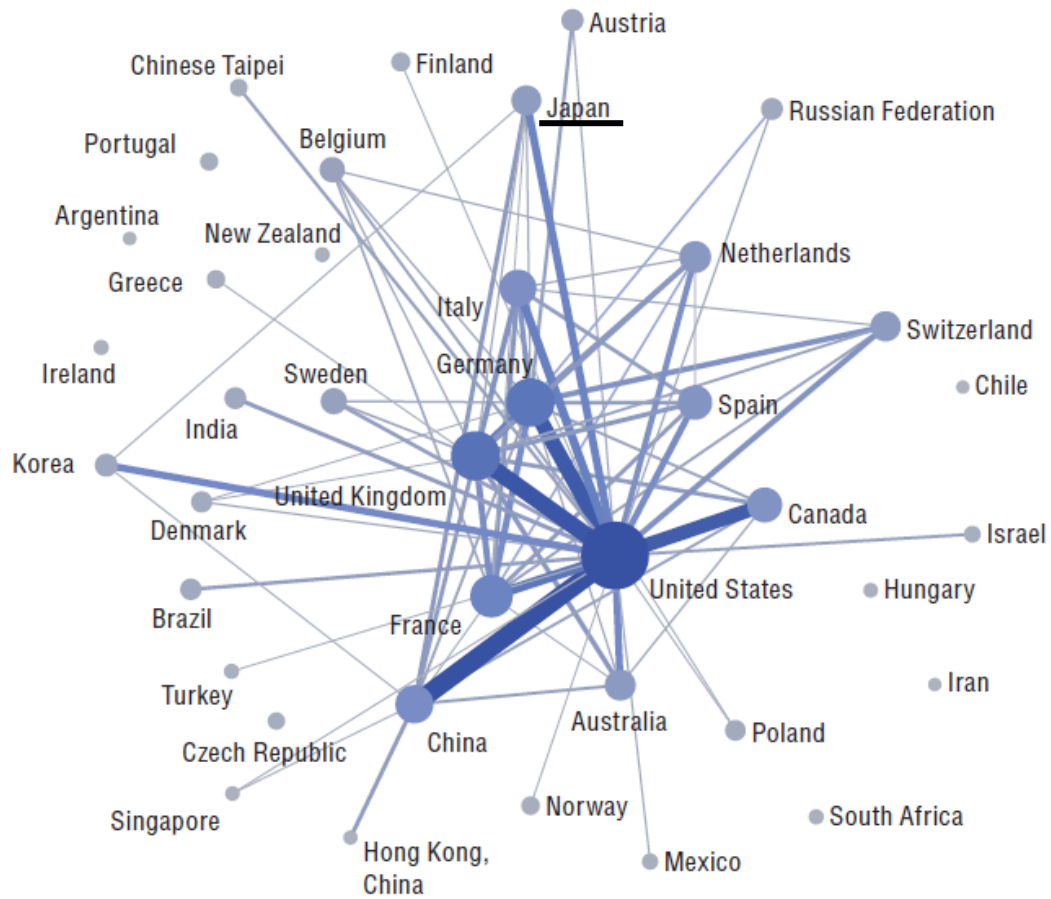
OECD calculations based on Scopus Custom Data, Elsevier, version 5.2012, June 2013.

图 1-1 国际共同执笔论文数 1998 年

OECD が発表した Science, Technology and Industry Scoreboard 2013 の中で, 21 世紀に入って執筆者が 2 つ以上の国にまたがる国際共著論文の数および執筆者の所属する国が増加していることが述べられている. 図 1-1 に示したのは年間で 10,000 以上の共同執筆論文がある国を, 線で結んだものである. 線の太さは, 論文数に比例している. 1998 年には線が引かれた国は 13 カ国に過ぎなかった.

### 54b. International collaboration networks in science, 2011

Whole counts of internationally co-authored documents



OECD calculations based on Scopus Custom Data, Elsevier, version 5.2012, June 2013.

图 1-2 國際共同執筆論文数 2011 年



OECD が発表した Science, Technology and Industry Scoreboard 2013 の中で、21 世紀に入って執筆者が 2 つ以上の国にまたがる国際共著論文の数および執筆者の所属する国が増加していることが述べられている。図 1-2 に示したのは年間で 10,000 以上の共同執筆論文がある国を、線で結んだものである。線の太さは、論文数に比例している。

2011 年には線が結ばれた国が 39 カ国となっている。とりわけ、中国の共同執筆論文の数の増加は目覚ましい。中国の研究者と他国の研究者との共同執筆論文数は 1998 年には約 9,000 に過ぎなかったが、2011 年には約 74,000 となっている。中国と米国間に限って見ても、1998 年には約 2,000 だったものが、2011 年には約 22,000 となっている。

日本は 1998 年には、米国との共同執筆が主であったが、2011 年には、中国、韓国等の国との共同執筆も増えている。

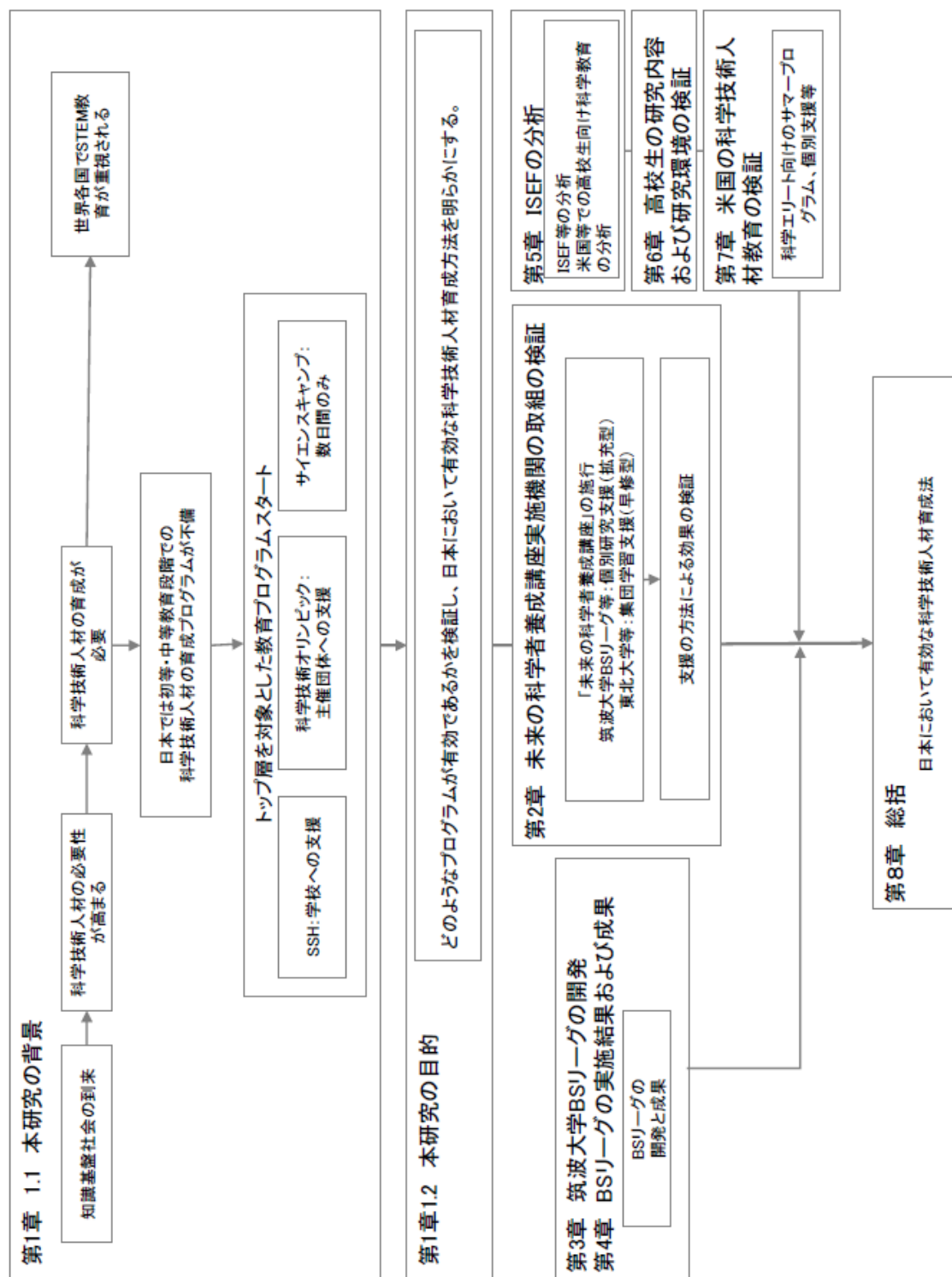


図 1-3 本論文の構成

本研究は、日本において有効な科学技術人材育成法を明らかにすることを目的とする。第2章では、17の大学において、開発・実施された「未来の科学者養成講座」の検証を行い、第3章と第4章では筑波大学での事例の検証を行う。この検証により、科学技術人材育成法として、対象とする受講生および実施プログラムの違いにより、どのような成果の違いが出るのかが明らかになる。

また、第5章、第6章および第7章では主に米国を中心とした諸外国の科学技術人材育成との比較を行うことで、日本の科学技術人材育成法の課題を明らかにする。

これらの結果に基づき、本研究で明らかになった日本における有効な科学技術人材育成法について第8章において述べる。

## 第2章 未来の科学者養成講座実施機関の取組の検証

2025年までを視野に入れた成長に貢献するイノベーションの創造のための長期的戦略指針として内閣府がまとめた「イノベーション25」(内閣府, 2009)では、「イノベーションの源泉は頭脳であり、優れた頭脳こそ21世紀の最大の資源であるとの認識の下、世界はいわば頭脳獲得競争の時代に入っている」とし、そのために「理数への興味・関心が高い児童・生徒・学生に、高度で先進的な理数学習の機会、「異」とのふれあいより国際感覚・職業観を育む機会を充実し、将来、科学技術の舞台で主役となりうる卓越した人材を育成」する必要性が述べられている。これ以前の平成14年度から理数人材育成の取組みとして、スーパーサイエンスハイスクール(以下、SSHと略記)事業が始まっているが、SSHはあくまでも学校内の取組みを支援するもの(文部科学省, 2002)であり、所属学校を超えて理数人材育成を行うという取組みはなかった。

次世代の科学技術を支える人材の育成として、大学および高等専門学校が理科、数学に関して卓越した意欲・能力を有する児童生徒に向けた高度で発展的な学習環境を継続的に提供する取組みを支援するためにJSTが平成20年度から始めたのが、「未来の科学者養成講座」である。

未来の科学者養成講座は、3年継続の事業として、大学(短期大学及び大学院大学を含む)または高等専門学校を対象に公募が行われた。実施にあたっては、以下の観点をすべて含むことが求められた。

- ① 理数分野に関して卓越した意欲・能力を有する児童生徒の発掘・募集と選抜方法の開発・実施
- ② 対象となる児童生徒の意欲・能力をさらに伸ばす体系的教育プログラムの開発及びその継続的な取組みの実施
- ③ 理系の職業や進路の魅力を受講生である児童・生徒、ならびにその保護者、進路指導担当教員等に伝える取組みの実施
- ④ 取組に参加した児童生徒の意欲・能力の向上についての適切な評価手法の開発・実施

書類審査とヒアリングにより、平成 20 年度から平成 23 年度までに 17 大学 18 機関が採択された（表 2-1）。

## 2.1 未来の科学者養成講座実施機関の取組概要

未来の科学者養成講座の採択機関と JST との実施協定の期間は 3 年間である。この 3 年間に、実施機関はそれぞれの事業目標を定め、科学技術人材育成プログラムを開発・実施した。

才能育成のプログラムのタイプは、通常の学校カリキュラムよりも体系的で深化した幅広い内容の学習の機会を与える「拡充（エンリッチメント）」型と、既存の教育プログラムを通常よりも早く、あるいは早期に履修させる教育的対応を行う「早修（アクセラレーション）」型の二つに大きく分けられる（岩永，2010）。拡充型はさまざまな教育的経験を通して、理解の深化・拡充を図る内容であり、学習内容は学年相当のものであるが、通常のカリキュラムを越えてより深く広い内容のものを学習する。一方、早修型は通常の年齢で行われるカリキュラムよりも進んだ内容の学習を行うものであり、飛び級・飛び入学等、上位学年の科目の早期履修・単位修得等がこれにあたる（野添，2007）。

未来の科学者養成講座のプログラムのうち、筑波大学や慶應義塾大学のように受講生一人一人のテーマにあったサポートを行う個別研究支援のプログラムは拡充型、京都大学や岡山大学のように高校生に対して大学生レベルの実習・講義を行うプログラムは早修型といえる。

JST では未来の科学者養成講座の実施機関の受講生代表の研究発表および審査を行う全国受講生研究発表会を平成 22 年度から毎年開催している。全国の受講生代表および講座関係者が集まることで、ネットワークの構築が図られており、実際に参加した受講生たちの交流も活発である。実施機関にとっては受講生の育成効果を客観的に判断できる場ともなっている。

## 2.2 未来の科学者養成講座の育成プログラム内容の検証

拡充型のプログラムは、個人に合わせた支援をしていく必要があるため、個

別研究支援を行う筑波大学や慶應義塾大学では受講生数が20-30名程度であった。一方、最先端の研究に関する講義を聴かせ、大学生が行う実験を行わせる早修型のプログラムでは、京都大学では40名程度、東北大学では100名程度と拡充型のプログラム実施機関に比べて受講生数が多い傾向が見られた。ただし、拡充型のプログラムを実施している機関でも、受講生を二次選抜し、選抜者に対しては個別研究支援も行っている機関（東北大学、新潟大学等）もある。未来の科学者養成講座の受講生のうち、個人の研究テーマを持ち継続的に研究活動を行っている受講生は全体の23%程度であった（JST, 2014）。

実施機関のうち、未来の科学者養成講座に採択されたあと、2014年度まで継続的に育成プログラムを行っているのは、筑波大学、慶應義塾大学、東北大学、京都大学、岡山大学である。筑波大学については次章で述べることとし、4つの実施機関のプログラムについて、各大学が作成した未来の科学者養成講座採択機関最終報告書をもとに個別に検証を行う。

### 2.2.1 慶應義塾大学の事例

慶應義塾大学では、「はばたけ、世界を先導する医学者へ」として、医学研究で日本のみならず世界を先導することができる人材の育成を目的とし、海外での病院研修などを取り入れたプログラムを実施した。

#### 【受講生の選抜方法】

全国の小中高校生を対象とし、小中学生コースと高校生コースに分けて選抜を行った。小中学生コースは予備活動・レポートにより、高校生コースは面接により選抜を行った。いずれの受講生も資質だけでなく、医学・医療に携わることに対する高い意欲を有することを対面で確認した。

小中学生コースは実験の様子や意見の発表具合、課題レポートにより、第二次選抜を行った。高校生コースは、個人研究実施時および中間発表会、修了時報告会の際に評価を行った（付録資料2, 3）。

### 【育成プログラム】

講義内容および実験手技実習は小学生から高校生まで、大学生と同じレベルで行ってきた。世界最先端の医学研究，医療技術に触れることができる研究室見学や病院見学を実施した。また，そこにいる最も勢いのある若手研究者との交流も図ってきた。

高校生コースの個人研究では1年間にわたって研究を行うが，目標は，学会発表および英語での論文発表とし，高い目標を掲げてそれに向かって努力する姿勢を身に付けさせた。小中学生コースおよび高校生コース共に，世界的な研究者の講演や研究紹介，更には実際の視察を通じて，常時活躍の場を世界に求める人材育成に努めた（付録資料4）。

### 【受講生の成果】

受講生が指導教員と一緒に「高校生による高校生のための原子力放射線教育」を，アイソトープ・放射線研究発表会等で発表している。また，受講生が筆頭著者として，下記のような論文を投稿したとしている。

- Yaguchi S, Inoue H: Development of novel ion-exchange resin specifically binding to advanced glycation end-products (AGEs), Int J Artific Organs, submission.
- Hadano J, Ando S, Hishinuma C, Inoue H: Viscosity of Enteral Nutrient and Effect of Enzymes for Stomach Emptying, Gerontology, submission.
- Kuniyoshi M, Takagi K, Inoue H: Ion transport through the high ion-exchange capacity anion-exchange paper membrane. Desalination, submission.

しかしながら，これらの論文の掲載について，2014年度末時点でJSTでは確認を得られていない。また平成27年4月17日時点において，PubMedでも確認が出来なかった。

### 【慶應義塾大学のプログラムに対する考察】

慶應義塾大学のプログラムには、慶應義塾大学附属高校の受講生が多いという特徴が見られる。大学と附属高校が隣り合っているという立地条件もあり、論文を書くような研究をしている高校生は、ほぼ毎日大学の研究室で研究を行ったとのことである。

未来の科学者養成講座全国受講生研究発表会での発表は、「The Effect of Xanthine Oxidase Inhibitor on Ultraviolet-Induced Oxidative Stress」「ハダカデバネズミ iPS 細胞の機能解析」「Rat 肝臓由来 Xanthine Oxidase の精製と阻害成分のスクリーニング」等、高校生が自分ひとりでは出来ず、大学の研究室で指導を受けながら行う内容であった。発表内容を聞く限り、研究は高度であるのは事実だが、本人たちがどこまで理解して自主的にやっているのかは疑問であった。全国受講生研究発表会ではOB・OGによる受講生向けのパネルディスカッションがあるが、そこに登壇した慶應義塾大学の修了生たちはプレゼンテーションのスキルや研究に対する熱意等に大きな開きがあった。講座への所属意識はそれほど高くなく、むしろ自分たちが研究を行っていた研究室の影響を強く受けているように感じられた。一方、研究室に高校生を受け入れて、毎日実験させると言うのは、日本の大学では珍しく、慶應義塾大学の研究室の開放性は、特筆すべきものだと考える。

#### 2.2.2 東北大学の事例

東北大学では「経験・体験を通して「科学を見る眼」をもつ「科学者の卵」養成プログラム」（以下、東北大学科学者の卵と略記）として、高校1、2年生を対象に、100名の募集を行った。

##### 【受講生の選抜方法】

月に1、2回東北大学に来学し、講義を受講・研究できる高校1、2年生を対象として、募集を行った。

第一次選抜：



これまでの科学における実績，取り組んできた姿勢，このプログラムで何をやりたいのかと言う目的意識を記載した「自己推薦書」を複数の大学教員により評価し，100名を選抜

第二次選抜：

数学，物理，化学，生物，地学の分野の研究者の講義を，全部で9回行い，講義終了後に30分間でレポートを作成させた．このレポートにより30名程度を「発展コース」受講生とした．

### 【育成プログラム】

基礎コース（100名）→発展コース（30名）→エクステンドコースと段階的に選抜されていく．ただし，基礎コースは通年で続き，発展コースに進めなかった生徒も，基礎コースに在籍したまま，プログラムに参加が可能である．

基礎コースでは，各月2回，2時間程度の講義を行い，講義終了後にレポートを作成させる．レポートはコメントをつけて，次の回で受講生に返却した．講義のほか，東北大学内の見学もさせることで，大学における科学活動の概要や可能性を提示し，親しみや興味関心を持たせた．

発展コースに選抜された受講生については，数学，物理，化学，地学，生物の中から分野を選択させ，3-5名のグループ制で，研究室に配属し，月に1-2回，実験室での体験・経験・実験を行った．大学の訪問時以外には，研究についてe-mailで議論を行った．年度末には，研究室で行ってきた内容や異なる領域での研究を統合するようなプレゼンテーションを行い，全受講生，その進路指導教諭，保護者なども参加し，理解と議論を深めた．

発展コースの受講生の評価は，課題に取り組む姿勢，課題に対する理解力，グループ実習に対する適応力，集中力，演習結果をまとめる力の5項目について各3点で評価した．

発展コースでの評価が高かった受講生を「エクステンドコース」に選抜し，研究室において，実験の立案，実施，結果の考察などを教員，大学院生と行う個別研究支援とした．

### 【受講生の成果】

エクステンドコースに進んだ3名による研究が Journal of Materials Science のオンライン版に掲載された。この3名は銀過酸化物  $\text{Ag}_2\text{O}_3$  の研究を行う中で、この化合物の持つ高い抗菌活性に気づいた。そこで、エクステンドコースで配属された東北大学の研究室において研究を続け、論文執筆に至った。

### 【東北大学のプログラムに対する考察】

未来の科学者養成講座全国受講生研究発表会においては東北大学の受講生の受賞は多くない。発表内容は「ナノ粒子を作る・見る・実感する -SiGe と ZnO-」「ヒトデを用いて、卵成熟と受精の仕組みを知ろう!」「君が天文学者になる4日間 in 仙台」「イトマキヒトデを用いて卵母細胞の成熟と受精の仕組みを探る」等、自主研究と言うよりも、大学の研究室内でやったことをまとめる内容にとどまっていることが、要因であると考えられる。一方、受講生の論文が掲載されていることから、大学教員のサポートは非常にしっかりしていると考えられる。

実施担当教員に「10年後に、私たちがこの東北大学の科学者の卵のシステムが正しかったことを、証明します」というメールが来たということからは、受講生の講座への帰属意識が高いことがわかる。

東北大学のプログラムは、共通講義が多く、OB会も積極的に講座の運営に関わっていることから、帰属意識が高くなると思われる。「科学者の基礎を固める」ことを重視していることから、多くの受講生にとっては、高校時代に成果を上げると言うよりも、大学進学以降に東北大学科学者の卵で学んだことがいかされていくのだと考える。

### 2.2.3 京都大学の事例

京都大学では、「最先端科学の体験型学習講座 (ELCAS)」(以下、京都大学 ELCAS と略記)として、ディスカッション能力やコミュニケーション能力の向上等、将来の科学者として大成するための基礎固めを重視したプログラムを実施した。

### 【受講生の選抜方法】

高校1,2年生を対象とし、理科系科目での理解、社会の中での基礎科学が果たす役割の理解度、国語運用能力、図やイラストによる抽象化能力、観察・実験能力など多方面を考慮した選抜を行うため、次の三段階の選抜を行った。

第一次選抜：公開講演会（付録資料5）を聞いて内容をまとめ、感想文を書く。

第二次選抜：数学の試験

最終選抜：面接試験

第二次選抜で行う数学の試験は、他の実施機関では見られない京都大学の特徴である。数学試験を課す理由について、「未来の科学者養成講座実施機関連絡協議会」において実施担当者が「京都大学の大学入学試験において、もっとも入学者の資質とリンクしているのは数学の点数である。そのため本事業でも応募者に対して数学の試験を課した。」と述べている。

### 【育成プログラム】

選抜された生徒は、それぞれの興味にあわせ、数学、物理学、生物学、化学、天文学、宇宙地球の6つの分野にグループ分けされ、第1および第3土曜日に体験学習コースを受講した。

体験学習コースは第1土曜日は2時間、第3土曜日は4時間にわたって、京都大学内の研究室で行われた。各分野とも、2-3名の大学院生がアシスタントとしてつき、受講生の実験等のサポートを行った。また夏には、京都大学の施設を利用した一泊二日で行われた（付録資料6）。

### 【受講生の成果】

京都大学のプログラムは、講座を通して高校生が持っている知的好奇心を刺激し、大学での研究へのモチベーションにつなげることを目指している（京都大学最終報告書、2011）。

そのため、高校生の時に、科学コンテストへの応募やその結果、学術論文への投稿については、最終報告書等に記載がない。

### 【京都大学のプログラムに対する考察】

優秀な生徒に対して、大学レベルの講義・実験を行う早修型のプログラムである。第1回受講生研究発表会には参加したが、その後、第2回から第4回までは参加していない。発表は「宇宙線の寿命測定」「カシオペア座の3星の分光観測」「ELCAS 化学分野の総括」であり、「宇宙線の寿命測定」として京都大学での実験内容を発表した生徒が優秀賞を受賞した。この生徒は、放射性鉱物に強い興味を持っており、一次宇宙線について、熱意あふれる発表を行った。自主研究ではなかったものの、自分自身の興味と実験内容がマッチしていたことから、自主的かつレベルの高い研究となったと考えられる。一方、実験対象についてそれほど強い興味を持っていなかった場合は、大学で行った研究のまとめになってしまう。京都大学 ELCAS の事例からは、生徒の興味にあった研究を行わせることの重要性が示唆される。

#### 2.2.4 岡山大学の事例

岡山大学では「科学先取り岡山コース」として、小中学生を対象とした「高校先取りコース」および高校生を対象とした「大学先取りコース」を行った。

### 【受講生の選抜方法】

対象は中国・四国地域の小学生から高校生までを対象として募集を行った。募集人数は40名であり、高校生の選抜は、自己推薦書と面接で行った。小学生・中学生の参加者は岡山大学が岡山県教育委員会等と共同で行っている理数に秀でた小中学生を対象としたコンテスト「理数に挑戦」の成績優秀者とした。

受講生のうち、意欲がある生徒については「発展コース」生として自主的な研究テーマでの研究を支援することとし、応募書類と面接により20名程度を選抜した。

### 【育成プログラム】

高校先取り・大学先取りコースともに、数学や英語なども含む基礎学力に重点を置いたプログラムとし、実験や観察などの実体験を通して自ら学ぶ力を伸ばすことを目標とした。月に2回程度、受講生を対象とした大学で講義と実験を行った。また体験プログラムとしてSpring-8やスーパーカミオカンデ等の施設見学も行った。

### 【受講生の成果】

日本学生科学賞の奨励賞受賞、物理チャレンジ2009の実験優秀賞受賞、日本物理学会 Jr. セッションのポスター発表等があげられている。全国受講生研究発表会では中学1年生が高校1年生一緒に「A ROAD TO QUANTUM MECHANICS」と題して、英語で量子力学に関する学習成果を発表、「学習発表部門」として優秀賞を受賞した。

### 【岡山大学のプログラムに関する考察】

「科学先取りコース」という名前の通り、早修型のプログラムである。そのほか岡山大学の受講生の発表では「電子レンジを用いた高温超伝導体合成の試み」「振動磁場中での磁石集団の運動」「水の対流 ー温度と流速の関係ー」等、いずれもグループで発表であった。全国受講生研究発表会で優秀賞を受賞した中学生は、非常に優秀であるという印象を受けた。通常の学校生活で学ぶ内容では、彼には物足りないことが容易に想像できた。このような生徒にとって、早修型のプログラムに参加することは、存分に力を発揮することにつながり、資質を高めていくと考えられる。一方で、「科学が好き」という気持ちはあるが、能力がそこまで高くない場合、高度な内容を理解することができず、自信を失うことにつながる恐れがあるのではないかと危惧する。

## 2.3 全国受講生研究発表会における受講生の表彰の分析

全国受講生研究発表会発表は、「未来の科学者に求められる科学的探究能力

の獲得度合い」及び「研究の専門的達成水準（研究の学問的寄与）」の観点から、未来の科学者養成講座推進委員会委員と実施機関で指名された大学教員による審査された（JST, 2013）。審査カテゴリーは「目的」「方法・プロセス」「成果」「発表」「総合」の5つで、各5点、総合25点で複数の大学教員によって審査が行われた（付録資料7）。

これまで4回にわたって行われた全国受講生研究発表会での表彰数を最優秀賞3ポイント、優秀賞2ポイント、奨励賞1ポイントとして計算し、大学ごとに比較したところ、上位は筑波大学、慶應義塾大学、東京大学、静岡大学（工）といずれも個別研究支援型の実施機関となった（図2-1）。

個別研究支援型の実施機関の受講生は、自分で設定した研究テーマについての研究を行っている。このため、全国受講生研究発表会の審査基準のうち、目的、将来への目標については、個別研究支援型の受講生よりも、明確に意識していると考えられる。筑波大学や東京大学の受講生が、日本学生科学賞や高校生科学技術チャレンジといった国内の科学コンテストで高い評価を得たことは、研究の目的意識が明確であることが、一因であろう。

表 2-1 未来の科学者養成講座実施機関一覧

採択年度	採択機関
平成 20 年度 (5 大学)	筑波大学, 千葉大学, 埼玉大学, 京都大学, 岡山大学
平成 21 年度 (9 大学)	北海道大学, 東北大学, 早稲田大学, 慶應義塾大学, 東京大学, 福井大学, 広島市立大学, 愛媛大学, 九州大学
平成 22 年度 (2 大学)	静岡大学(理), 長崎大学
平成 23 年度 (2 大学)	新潟大学, 静岡大学(工)

平成 20 年度から始まった未来の科学者養成講座では、4 年間で 17 大学 18 機関が採択された。未来の科学者養成講座は、JST が 3 年間継続の事業として、大学（短期大学及び大学院大学を含む）または高等専門学校を対象に公募を行った。実施にあたっては、以下の観点をすべて含むことが求められた。

- ① 理数分野に関して卓越した意欲・能力を有する児童生徒の発掘・募集と選抜方法の開発・実施
- ② 対象となる児童生徒の意欲・能力をさらに伸ばす体系的教育プログラムの開発及びその継続的な取り組みの実施
- ③ 理系の職業や進路の魅力を受講生である児童・生徒、ならびにその保護者、進路指導担当教員等に伝える取り組みの実施
- ④ 取組に参加した児童生徒の意欲・能力の向上についての適切な評価手法の開発・実施

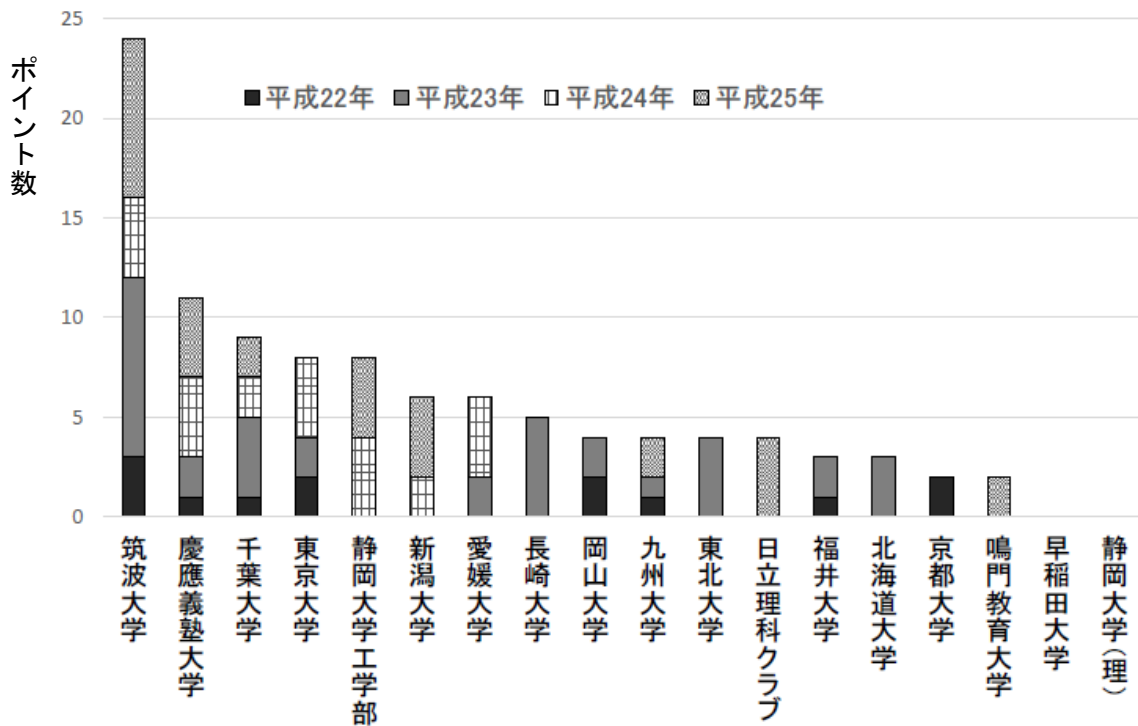


図 2-1 JST 全国受講生研究発表会表彰実施機関別ポイント数

JST が未来の科学者養成講座・次世代科学者育成プログラム実施機関を集めて行った第 1 回から第 4 回までの全国受講生研究発表会での表彰者を最優秀賞 3，優秀賞 2，奨励賞 1 ポイントとして大学ごとに集計した。

受講生自身が設定したテーマにあわせて個別研究支援を行っている筑波大学のポイントが最も高く、慶應義塾大学、千葉大学、東京大学、静岡大学工学部と個別研究支援を行っている実施機関が続く。



### 第3章 筑波大学 BS リーグの開発

筑波大学は平成 20 年度に未来の科学者養成講座第 1 期採択校となり、「BS リーグ (Biological Science League) めざそう未来の生物学者！」(以下、BS リーグと略記)を始めた。その後平成 22 年度からは支援する研究分野を生物学のみから、物理、化学、地球科学に広げ「めざそう未来の科学者 SS リーグ (Super Science League)」(以下、SS リーグと略記)と名称を変えた。SS リーグは平成 24 年度、25 年度に「未来の科学者養成講座」の後継事業である「次世代科学者育成プログラム」に採択された。また平成 26 年度には、「大学が将来グローバルに活躍しうる傑出した科学技術人材を育成することを目的として、地域で卓越した意欲・能力を有する高校生等を募集・選抜し、国際的な活動を含む高度で体系的な、理数教育プログラムの開発・実施」するとして JST が公募したグローバルサイエンスキャンパス(JST, 2015)に採択され「未来を創る科学技術人材育成プログラム筑波大学 GFEST」(以下、筑波大学 GFEST と略記)を実施している。

未来の科学者養成講座に採択された後、筑波大学では、生物学類の教員 6 名からなるコアメンバー会議で、受講生の選抜方法を決定した。その後、本論文執筆者がサイエンスコミュニケーターとしてコアメンバーに加わり、コアメンバー会議でプログラムの実施方法、受講生の評価方法等を決定していった。

#### 3.1 BS リーグ生の選抜

筑波大学では科学者としての資質を持った受講生を見極めるためには 1 回の選抜では難しいと考え BS3, BS2, BS1 と人数を絞っていく 3 段階の選抜を行うこととした。また BS3, BS2, BS1 に所属する児童・生徒を、BS3 生、BS2 生、BS1 生と呼ぶこととした。

BS3 生となる新規受講生の募集においては、対象を小学校 5 年生から高校 2 年生までの生物に関する自主研究をしている児童・生徒とした。筑波大学では小・中・高校生を対象に自然や科学への関心と芽を育てることを目的としたコンク

ール「科学の芽」賞を開催している。「科学の芽」賞小学生部門への参加者は第1回(平成18年度)には281件だったが、第6回(平成23年度)には608件と年々増えている(筑波大学, 2015)。「科学の芽」賞の受賞者の研究内容から、「小学校高学年においては、科学者としての芽が出始める」と判断し、BSリーグでは新規募集対象を小学校5年生から高校2年生までの生物に関する自主研究をしている児童・生徒とした。

応募にあたっては、応募者自身がおこなった自主研究について、取組内容や研究成果がわかる資料として、市町村の科学コンクール等に出展した際の掲示資料、展示物等を提出させた。書類審査により選抜された児童・生徒約20名をBS3生とし、支援を行った。

その後、「つくば科学研究コンテスト」におけるポスター発表の評価により、約10名をBS2生に昇格させた。BS2生に昇格した生徒はさらに一年間の個別研究の支援を行い、次年度のつくば科学研究コンテストにおける口頭発表の評価により、数名をBS1に昇格させた。BS1生となった児童・生徒については高校卒業まで継続的に個別研究の支援をを行い、昇格できなかった場合には次年度の再挑戦を勧めることとした。

### 3.2 BSリーグの育成プログラム

BSリーグでは、「リーグ生がそれぞれ、家庭や学校で行う個別研究の支援」と「大学のセンター等における実習による受講生全体への研究支援」を科学教育プログラムの二本の柱とした(表3-1)。

#### (1) メーリングリストによる個別研究の支援

BSリーグでは受講生に対して、チューター教員1名とティーチングアシスタント(以下、TAと略記)1名を専属で配属し、個別に研究支援を行うこととした。

筑波大学生命環境学群生物学類に所属する教員約60名の中から、BSリーグ生1人1人に対し、それぞれの研究テーマに即した教員1名を専属のチューター教員とした。BSリーグコアメンバとなっている教員もチューター教員を兼ねた。

また生物学を専攻する筑波大学の大学院生 1 名を TA とした。これにより生徒 1 名に対し教員 1 名と大学院生 1 名による研究支援体制とした。

受講生の中には、沖縄県、山口県等、筑波大学から遠い地域に住む児童・生徒もいた。そのため、メールで研究アドバイスをを行うこととした。しかしながら、メールでのやり取りでは 1 対 1 のやり取りとなってしまう情報共有が難しく、履歴も管理しにくいという欠点がある。そのため BS リーグでは、メーリングリストとして yahoo グループ機能を利用した。BS リーグ生それぞれの yahoo グループを作成し、グループメンバーとして BS リーグ生、チューター教員、TA、サイエンスコミュニケーターを加えた。これにより、BS リーグ生がグループ宛にメールを送ると、チューター教員、TA そしてサイエンスコミュニケーターがメールを受け取ることとなり、全員が同じ情報を共有することができた。

TA はメーリングリストによるやり取りをもとに、生徒の科学的好奇心や課題設定力、問題解決力、研究を楽しんでいるかどうかについて、「TA 月次報告書」（付録資料 8）に記載し、毎月、チューター教員とサイエンスコミュニケーターに報告した。

サイエンスコミュニケーターは個々のメーリングリストを通して、BS リーグ生全員の研究進捗状況を把握すると共に、教員や TA とのコミュニケーションがうまくとれているかを注視し、問題が生じた場合には教員や TA にアドバイスをを行った。また、1 年間のメーリングリストのやり取りから、受講生とチューター教員・TA との関係があまりうまくいっていないと判断した場合には、コアメンバー会議に諮り、チューター教員・TA を変更した。

また、サイエンスコミュニケーターには、受講生から TA やチューター教員に対する不満が寄せられることがあった。この場合には、TA とサイエンスコミュニケーターが個別面談を行うことで、早急に対処した。反対に、受講生が頻繁に大学に来たがる場合や、受講生の親がメーリングリストを使って受講生の代わりに TA に質問をしてくるといったように TA にとって負担が大きい場合には、サイエンスコミュニケーターから受講生やその保護者に注意を促した。

## (2) 実習による受講生全体への研究支援

BS リーグでは大学施設を使った合宿形式の実習を行った。筑波大学生命環境科学研究科菅平高原実験センターと下田臨海実験センターにおける実習は立地を生かしたフィールド実習プログラムとした。筑波キャンパスにおける実習では大学レベルの分子生物学実験を行うとともに、つくば市内の研究所見学をし、研究者との質疑応答も行った。

### 3.3 コンテストにおける評価基準

BS3 生、BS2 生には年度末に開催される「つくば生物研究コンテスト」への参加を義務付けた。BS3 生はポスター形式で、BS2 生は口頭形式で個別研究の成果を発表した。

つくば生物研究コンテストの評価項目については、サイエンスコミュニケーターが作った原案をもとにコアメンバー会議で協議した。BS リーグには小学校5年生から高校生まだが所属していた。年齢によって知識量や実験スキルに差があるのは当然であるため、研究内容そのものよりも、科学的思考力や科学的な考え方ができているかどうかなど「科学者としての資質」を重視するようにした。また自ら科学者であると同時に多くの大学生・大学院生を指導し、科学者になるための資質を知る教員たちから見た「熱意」や「期待度」を点数化することとした。評価項目は「研究テーマが自分のものになっているか？実験・観察を科学的に組み立てることができているか？」「自分が行っている実験・観察の意味を理解しているか？」「この先どのように実験・観察をしていけばよいかわかっているか？」「研究に対する熱意」「今後の期待度」（表 3-2）の 6 項目とし、それぞれ 5 点の 30 点満点で評価した。事前に評価基準を伝えた場合、保護者や TA がそれに合わせた指導を行ってしまう可能性があったため、評価基準は BS リーグ生には伝えなかった。審査は BS3 から BS2 への昇格審査では 3 名以上の大学教員で、BS2 から BS1 への昇格審査は 5 名以上の大学教員により行った。

表 3-1 BS リーグカリキュラム一覧

	実施時期, 対象, 内容	ねらい, 育てる力
個別プロジェクト 研究	<b>時期</b> : 通年 <b>対象</b> : 全受講生 <b>内容</b> : 各々の興味・関心に沿った研究内容をチューター教員と TA の指導の下で行う	科学者は自らの発想に基づくオリジナルな研究内容に取り組み, 入念な計画のもとに研究を実行し, 成果を発表していかなくてはならない. 本教育プログラムによりチューター教員と TA の支援のもとで研究活動の一連のプロセスを体験させることで, 主体性や科学的思考力, 行動力を養うことをめざす.
ジェネラル フィールド実習 (臨海実習)	<b>時期</b> : 4 月初旬 <b>対象</b> : BS3 生 <b>内容</b> : 海棲プランクトンの観察や磯での動物採集, スケッチ等	生物の研究を行うには, 観察力が必須である. 磯での採集により, フィールド観察を行った後, 実験室で実体顕微鏡, 光学顕微鏡にて観察をし, スケッチを行うことで生物に対する基礎的な観察法を学び, 観察結果を表現する力を育てる.
ジェネラル フィールド実習 (高原実習)	<b>時期</b> : 8 月中旬 <b>対象</b> : BS3 生 <b>内容</b> : 昆虫類の採集と観察及び標本作製, バードウォッチング, キノコの観察等	国際生物学オリンピックの採点を通して, 日本人学生は生き物を観る力, 解剖する力が弱いと感じた. そのためフィールドで生物を実際に観察することにより, 生物, 自然に対する理解を深め, 採集した生物の標本を作成することで, 観察力を高めると同時に実際の生き物を扱うスキルの向上をはかる.
アドバンスト フィールド実習 (臨海実習)	<b>時期</b> : 7 月下旬 <b>対象</b> : BS2 生 <b>内容</b> : 甲殻類の分類や形態観察, 海藻の	臨海実験センターの設備を活かした高度な内容の臨海実習を行うことにより, 観察力や実験スキルを養成する. これにより主体的に発想し, 筋道だった考えのもの

	色素分析, ドレヅジによる底生生物の採集・観察	とに研究を実行する力を育てる. またグループワークとして形態による分類を行うことで, 分類学の基礎を学ぶと同時にコミュニケーション能力を高める.
アドバンスト フィールド実習 (高原実習)	<b>時期</b> : 8月中旬 <b>対象</b> : BS2 生 <b>内容</b> : 電子顕微鏡の操作や組織切片の作成, 遺伝子組換え実験等	高原実験センターの設備を活かし, フィールドで採集した生物を組織切片作成後, 走査型電子顕微鏡にて観察するという発展的な内容の実験を行い, 各種分析技術を習得する. また遺伝子組み換えの実験と講義を行うことで, 分子生物学の基礎を身につけ, 最先端の生物学研究の理解を深める.
ジェネラル 分子生物学実習	<b>時期</b> : 3月下旬 <b>対象</b> : BS3 生 <b>内容</b> : DNA フィンガープリンティング	分子生物学の研究対象であるDNAの性質について, アガロースゲル電気泳動を利用したDNAフィンガープリント法により学ばせる. またマイクロピペットなど分子生物学研究で用いる基本的な実験器具の使用法を習得させる.
アドバンスト 分子生物学実習	<b>時期</b> : 3月下旬 <b>対象</b> : BS2 生 <b>内容</b> : 化学物質に対する線虫の走性実験	生物学における代表的なモデル生物である線虫の取り扱い法を学び, 化学物質に対する走性パターンの観察を通じて匂い物質と線虫の行動との関係を調べることで, 動物の有する高度な能力を解明する先端的な研究手法を理解する.
ジェネラル サイエンスツアー	<b>時期</b> : 3月下旬 <b>対象</b> : BS3 生 <b>内容</b> : 筑波大学内の研究室を訪問	実際の研究現場を見学することにより, 研究者の日常を肌で感じてもらい, 研究者という職業に対する理解を深める. また大学生・大学院生がどのような研究を

		しているのかを知ること、自分たちの将来を具体的にイメージできるようにする。
アドバンストサイエンスツアー	<b>時期</b> ：3月下旬 <b>対象</b> ：BS2生 <b>内容</b> ：つくば市内の研究機関（国立環境研究所など）の研究室を見学	筑波大学外の研究施設を見学することで、生物学がカバーする範囲の広さを実感してもらうとともに、最先端の研究設備に触れる機会を与える。大学以外の研究機関での研究者と触れ合うことで、研究者としての生き方には多くの選択肢があることを知ってもらう。
学術集会（学会や研究集会）での成果発表	<b>時期</b> ：集会に合わせて <b>対象</b> ：BS1生 <b>内容</b> ：研究集会で研究成果を発表する	<p>プロの研究者が集う場を舞台にして受講生自身の研究成果を発表させることで、研究について議論する場を提供するとともに、受講生が研究者と交流する機会を与える。</p> <p>研究をまとめる力、コミュニケーション能力の育成も兼ねる。</p>
論文の出版	<b>時期</b> ：3月下旬 <b>対象</b> ：BS1生 <b>内容</b> ：これまでの研究成果を論文として出版する	個別研究の成果を論文にまとめ、筑波大学生物学類が発行する学術雑誌「つくば生物ジャーナル」に投稿する。これにより、科学者にとって必須である成果を論文としてまとめる力を養うとともに、査読を含む論文出版までの一連のプロセスを体験させる。

BS リーグでは、リーグ生それぞれの研究テーマに合わせて支援する「個別プロジェクト研究」と、受講生全体を対象に行う実習・サイエンスツアーを行うこととした。また、3回の選抜を得たBS1生には自分の研究を論文としてまとめさせ、つくば生物ジャーナルに投稿することで、研究の一連のプロセスを体験させた。

表 3-2 BS リーグ審査基準

評価項目	設定理由
研究テーマが自分のものになっているか？	主体的に研究活動を行っているかを評価するため。 研究テーマについて研究のきっかけは保護者や教員からの助言であったとしても、それを自分のものとし、自らの考えに基づいて実験・観察しているかどうかを重視し、評価する。
実験・観察を科学的に組み立てることができているか？	科学的思考力および自分で研究を企画する能力を評価するため。
自分が行っている実験・観察の意味を理解しているか？	実験遂行能力および考察力を評価するため。
この先どのように実験・観察をしていけばよいかわかっているか？	問題解決能力と情報収集・解析能力を評価するため。
研究に対する熱意	研究活動を発展・継続していくためには熱意が必須であるため。
今後の期待度	次世代の科学者となる資質・ポテンシャルがあるかを判断するため。

審査基準については、「未来の生物学者」を選抜するという目的から、年齢によって異なる知識量や実験スキルに依存する研究内容そのものよりも、科学的思考力や科学的な考え方ができているかどうかなど「科学者としての資質」を重視した。6項目それぞれを5点満点で採点し、30点満点で評価した。



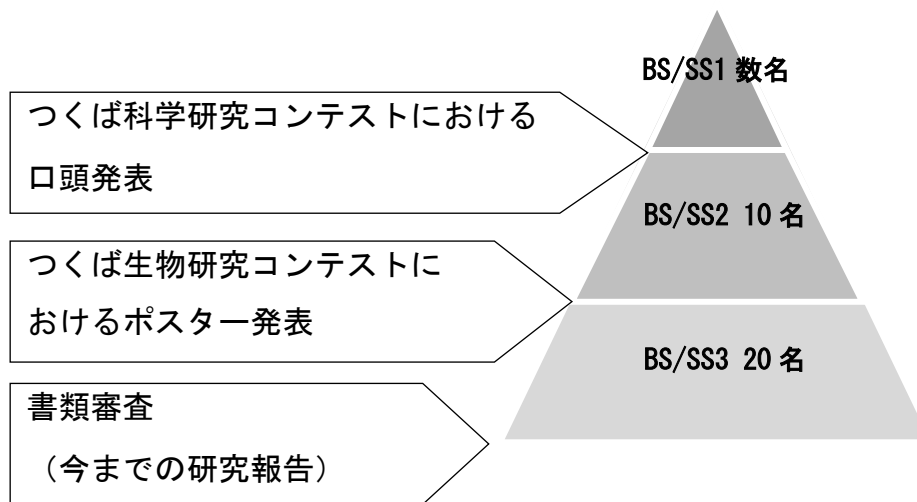


図 3-1 昇格審査によるリーグ制

BS リーグでは、書類審査により応募者のうち約 20 名を BS3 生に選抜した。BS3 生には年度末のつくば生物研究コンテストでポスター発表を課し、審査結果をもとに昇格審査により約半数を BS2 生とした。BS2 生にはつくば生物研究コンテストで口頭発表を課し、審査結果をもとに昇格審査により数名を BS1 生とした。

審査は BS3 から BS2 への昇格審査では 3 名以上の大学教員で、BS2 から BS1 への昇格審査は 5 名以上の大学教員により行った。

## 第4章 BSリーグの実施結果

BSリーグでは延べ57名を新規受講生として受け入れてきた。第1期は18名、第2期は21名、第3期は18名である。BS1生になった生徒については、高校卒業まで支援を行うとしていたことから、平成23年度以降はSSリーグ生として継続して支援を行った。

第1期生は18名のうち、9名がBS2に昇格し、そのうち4名がBS1に昇格した。第2期生は21名のうち、12名がBS2に昇格し、そのうち5名がBS1に昇格した。第3期生は18名のうち9名がBS2に昇格し、2名がSS1に昇格した（表4-1）。

実施前は、小学生と中学生を同じ審査基準で審査するため、昇格には小学生が不利なのではないかという疑問もあったが、BS3からBS2の昇格審査を受けた小学生16名のうち11名が昇格、中学生41名のうち21名が昇格している。割合からすると小学生の方が多く昇格している。これは審査基準が、研究内容よりもむしろ、本人の熱意や主体性に重点を置いたものであったからだと考えられる。

BSリーグでは、前述の通りメーリングリストでの個別支援と実習による受講生全体への研究支援の二つを重視した。この章では、メーリングリストの分析と実習の効果についての検証を行う。

### 4.1 個別メーリングリストでかわされたメール内容

BSリーグ第1期生、第2期生、第3期生が、BS3生およびBS2生の間に交わしたメール数は合計で9,887通であった。本論文執筆者はサイエンスコミュニケーターとしてすべてのメールに眼を通してしている。

チューター教員やTAは、本人の自主性を尊重し、メールのやりとりにおいて、「教える」ということは極力避けるようにしていた。教員とTAは生徒が具体的にアドバイスを求めてきたときには、生徒にわかりやすく説明を行い、科学的思考力を育んだ。具体的なメーリングリストの中身は下記のようなものである

(尾嶋ら, 2012).

**【第1期 BS3 生と担当 TA とのメール例】**

Q. コンテストの要旨がとりあえず完成したのですが、結果と考察が書けません。どうしたらいいのでしょうか？ (中2男子)

A. 要旨見ました。読んでみて思ったのは、なぜ垂直分布を研究するのかという動機がまだ良くわからなかったということです。次に、研究においては、結果と考察がとても大事なミソです。まずはここをがんばって書いて一通り完成してみましよう。

結果ですが、データを見て分かったことを書いてください。ですから、データを読めることができればすぐにできると思います。

考察のメインは、どうしてこのような結果になったのか、いろいろな側面から考えて分析を行います。

〇〇君の研究の場合、標高と△△の種類の間にはどのような関係が導き出せるか。その要因には何が考えられるか、などではないでしょうか。以前に〇〇君は、様々な標高の採集地によって採れる種類数、個体数が変わってきたことについて、理由が全く分からないと言っていました。この点を考えることがとても大事なのです。いろいろな要因を考えて、この点を考えて見ましよう。要旨提出までわずかだけれど、がんばろう。(TA 修士課程2年)

**【チューター教員とのメール例】**

Q. ポスターの件ですが、そもそもポスターとはどのような点に注意して作成すればよいのでしょうか？ (高1男子)

A. 〇〇さん、自分のポスターを貼って、その前に立ってください。そして、聴衆となってください、生物には興味はあっても、特に〇〇に思い入れもないし、また、知識もたいしてない聴衆に、です。

あなたはそのポスターを見て、何が伝わってきますか？ 君が、その研究に対して抱いている興味とか興奮、その何パーセントが、ポスターの前にいる、聴衆である君に伝わってきましたか？（チューター教員）

このように、受講生の疑問に対して、チューター教員やTAがアドバイスを行うことで、受講生の研究が深まり、研究発表のスキルも上達した。

一方で、メーリングリストでは、なかなかコミュニケーションがうまくいかない場合もあった。その際には、チューター教員やTAが研究室に受講生を呼び、直接話をするようにした。

#### 4.2 メーリングリストでのメール数および内容と昇格の結果

第1期から第3期まで57個のメーリングリストでのメール数とメール内容と昇格結果を見ていく。

##### 【第1期生】

18名の受講生が選抜されが、1名は、メーリングリストを作る前に、本人の都合でBSリーグを辞めた。もう1名はメーリングリストを作成し、数回メールのやり取りがあった段階で、勉学に専念したいということで、BSリーグを辞めた。第1期生のBS3生時のメール数平均は、91.3通。BS2に昇格した生徒のメール数平均は101.6通、昇格しなかった生徒のメール数平均は78.0通であった。

昇格審査の際に、審査員による評価が高かった受講生2名を金賞として表彰した。ポスター発表した受講生のうち1名は、審査した教員からは「中学生らしい研究で非常に良い」とされたが、チューター教員、実習担当教員、およびサイエンスコミュニケーターの評価は「研究に対する熱意と科学的思考力に欠ける」という点で一致しており、昇格は見送られた。このことから、昇格・非昇格のボーダーラインにいる受講生に関しては、当日のポスター発表のみをみる審査員と、長期間にわたって支援をしてきたチューター教員との評価に違いが生じることがわかった。

審査員は、受講生の研究の成果とプレゼンテーションのスキルを評価することは可能であるが、その受講生が発表している研究について1年間どのような試行錯誤をしたかといった究過程は判断することができない。一方、チューター教員は自分が見続けた受講生については、客観的に判断することが難しい。そしてサイエンスコミュニケーターは全体の受講生の中での個々の受講生の熱意等を判断できるが、科学的思考力については判断することは難しい。

このため、当日審査員、チューター教員、そしてサイエンスコミュニケーターそれぞれの強みをいかした多面的な評価が必要であると考え、以降の昇格審査では、3つの視点からの多面的評価とした。

BS2生に昇格した受講生は、その後1年間研究を続け、「つくば科学研究コンテスト」において口頭発表を行った。口頭発表の審査を行うのは、コアメンバーの教員とした。

BS2への昇格審査の際に金賞を受賞した受講生のうちの1名は、BS3生時には実験数が非常に多く、新しい知見が得られたものの、BS2生時には、実験数は減り、研究内容にも深化が見られなかった。メール数が多いのは、一つのメールの文章が短く、実験結果をまとめて報告するというよりは、一部を報告し、それについてTAが質問をしたところ、次にまた短いメールが来るといいうり取りが多かったからである。BS1への昇格審査時には昇格非昇格のライン上に並んだが、「一年目からの成長が見られない。一年目と比べてやる気がなくなっている。」というチューター教員の意見により、昇格を見送った。

## 【第2期生】

第2期生として21名が選抜され、そのうち11名がBS2に昇格し、そのうち5名がBS1に昇格した(表4-3)。

第2期生のBS3生時のメール数平均は、113.1通。BS2に昇格した生徒のメール数平均は129.1通、昇格しなかった生徒のメール数平均は95.5通であった。

BS3からBS2への昇格審査の際に、審査員による評価が高かった受講生は3名いた。そのうち1名は、平成21年度JST「未来の科学者養成講座全国受講生発

表会」で口頭発表を行った中で唯一の小学生だった。この受講生は、受講生同士の投票による受講生大賞を得るとともに、審査員奨励賞を受賞した。他大学の教員からの彼への評価は非常に高く、JST が参加教員に課したアンケートにおいて、「今回の発表で一番素晴らしかったのは筑波大学所属の小学生である」と書かれているものが複数あった。

一方、メール数は多かったものの昇格しなかった受講生は、「本人よりもむしろ、保護者の方が熱心なのではないか？」と思う内容が多かった。

BS2 昇格にあたり、BS3 時のチューター教員および TA から適切な支援を受けていないとサイエンスコミュニケーターが判断し、コアメンバー会議に諮り、チューター教員と TA を変更した生徒が 1 名いた。

BS3、BS2 のいずれにおいてもメール数は多かったが BS1 に昇格しなかった受講生は、BS3 と BS2 の研究内容がほとんど変わらず「研究が深化していない」とされた。

### 【第 3 期生】

第 3 期生は 17 名が選抜され、そのうち 9 名が BS2 に昇格した。9 名のうち 2 名は、BS2 生時に BS リーグを辞退し、その後、2 名が BS1 に昇格した。第 3 期生の BS3 生時のメール数平均は、121.7 通。BS2 に昇格した生徒のメール数平均は 156.3 通、昇格しなかった生徒のメール数平均は 82.3 通であった。

メール数は多かったが昇格しなかった受講生のうち 1 名は、研究への熱意は非常にあったが、研究内容がすでにわかっていることの追試にすぎず、研究分野に対する理解が浅いということで、昇格しなかった。なお、この生徒はもう一度やり直したいということで、次年度、SS3 生として選抜されている。その後、BS2 に昇格したものの、大学受験に専念したいということで、BS リーグを離れた。

BS3 生のときから、教員の評価が高かった受講生は、SS1 生 2 年目の平成 25 年度の高校生科学技術チャレンジ 2013 にて最優秀賞である文部科学大臣賞を受賞し、日本代表として ISEF2014 に派遣された。

#### 4.3 BS2 への昇格者と非昇格者のメール数の違い

BS3 から BS2 に昇格した受講生と昇格しなかった受講生には、メール数に有意に差が見られた。

第1期から第3期まで、BS3 生時に昇格審査を受けた受講生は 54 名であった。このうち BS2 に昇格した受講生は 29 名、昇格できなかった受講生は 25 名であった。54 のメーリングリストのメール数の平均は 109.3 通、BS2 に昇格した受講生では 128.1 通、昇格しなかった受講生では 85.9 通であった。

昇格した受講生と、昇格しなかった受講生の平均メール数は有意に差 ( $t=2.88$   $p<0.05$ ) が認められ「メールが多い」ことと「昇格する」ことに相関がみられた。

「メールを出す」のは、受講生本人が主体的に研究を行い、疑問が生じた時であり、それに対して専門的な知識を持つチューター教員や TA がアドバイスを行うことで研究が深化していく。メールをしないということは、「研究をしていない」「研究をしても、ただやっているだけで疑問が生じない」ということであり、主体的に研究しているとは言えない。このことが、メール数と昇格に相関がある理由だと執筆者は考えている。

160 通以上とメール数が多いのにも関わらず昇格しなかった 2 名は、チューター教員の意見を聞かず、実験設定が甘いまま実験を進めていた受講生（メール数 188）とやる気はあったが、科学的思考力に欠けるという受講生（メール数 242）であった。

#### 4.4 BS2 への昇格者と非昇格者のメールの内容の違い

メーリングリストでは、①メール数が多く、実験、観察を行った結果、疑問を持ち、自分で考えたことを教員や TA に積極的に報告・相談する受講生、②メール数は多いが、単に実験の結果を報告するだけの受講生、③メールをほとんどしないが、熱心に研究をしているのが判る受講生、④メールがほとんどなく何をしているのかがわからない受講生に分かれた。

メールの回数は少なくとも、自分で熱心に研究を行っていることが明らかな受講生については、TAは不安を覚えなかったが、どのような実験を行っているのかわからないような受講生に関しては、TAからの月次報告書に「何をやっているのか様子が分からない」と書いていることが多かった。

BS3からBS2への昇格審査において、評価が高かったのは、①のメールによるやりとりが積極的に行われている生徒であった。また、③のメール数は少なくとも、自分で考えた結果に基づき、アドバイスを求める受講生も、評価が高かった。一方、評価が低かったのは、④のメールをほとんどせず、TAが不安を感じていた受講生であった。

#### 【高評価者メール例】

現在の僕の実験経過をお知らせします。結果から考察すると以下の事が考えられると思います。

1. 青色光は孵化後の仔魚に対してではなく、受精卵の段階で何らかの悪影響を与えている。
2. 白色光にも青色光が含まれているので、そのことにより白色光照射群も生存率が低い。
3. 恒暗群は遮光状態なので、自然光に含まれる青色光の影響を受けないために生存率が良い。

今の段階ではその青色光の悪影響がどのようなものなのかはわかりませんが、例えば

1. 細胞分裂の際の光の明暗を感じる器官の形成を妨げている
2. 神経の形成を送らせている
3. それこそ摂餌に関するホルモンを分泌する臓器の形成などに障害を与えているとか・・・

消化酵素の実験ですが、現在生きている仔魚のほとんどは、まださいのうが吸収しきれていなくて、餌は食べない状態です。



仔魚の成長の様子や栄養分の減り具合などは、照射した光の種類の違いによる差はないように思えますが・・・ 餌を食べていなくても酵素活性の実験は可能ですか？ また、青色光と白色光照射群の仔魚は既に全死なので、実験は不可能です。ただ、その死んだ仔魚についてはビンの中でアルコール漬けにして数匹をとってあります。それをサンプルとして実験はできますか？可能だとしてもアルコールの影響なども気になりますが・・・（高1男子）

一方、非昇格者の受講生のメールは、結果のみを記載し、考察や疑問点は書かれていないことが多かった。

#### 【低評価者メール例】

こんにちは、〇〇です。昨日（12/26）△△調査をしました。昨日は、いつも見られる所ではなくて、いつも見られる場所の 1.5km くらい下の所で見ることが出来ました。その△△は、□□で行動していました。今回は、10 分間くらい△△の行動を見ることが出来ました。（中3男子）

### 4.5 BS リーグの実習

BS リーグでは春、夏、冬の長期休み中に合宿型の実習を行った。春と夏はフィールド実習、冬は筑波大学での実験実習とした（表 4-5）。

#### 4.5.1 実習の内容

筑波大学生物学類は 2009 年に国際生物学オリンピックを開催し、2008 年から偶数年に日本生物学オリンピックを実施している。この中で、日本の生徒は実際の生物を取り扱うスキルと、観察する力が弱いことが大学教員より指摘されていた。このため BS3 生を対象としたフィールド実習では生きた動物や植物を BS リーグ生自身の目でじっくり観察、スケッチさせることを通じて、生物学の基本である「観察力」を養うことを目標とした。BS2 生を対象としたフィールド実習では動植物の観察のような記載的内容に留まらず、実験・解析的な内容も

実習にとりいれることで生物研究に必要な基本的な実験スキルを身につけさせるとともに、主体的に発想し、筋道だった考えのもとに研究を実行する力を育成することを目標とした。また、夏の実習においては、事前に発表要旨を提出させ、実習中に中間発表会を行った。実習担当教員とTAは、8月の時点における各リーグ生の個別研究の進捗状況を評価するとともに、実習時の態度や中間発表時の質疑応答の様子なども評価した。

冬に行われた筑波大学筑波キャンパスにおける分子生物学実習では、大学の実験室で、DNAフィンガープリント法による遺伝子解析の方法を学ばせると共に、マイクロピペットなど基本的な実験器具の使用法を習得させた。

実習の実施前は実習の目的は「大学の施設を使って、高度な実験を行うことで、受講生の研究スキルを高める」というものであったが、実施後、実習の最も大きな効果は、受講生同士の横のつながりを作ることだということがアンケートや感想文等から明らかになった。

BS生のように、個人研究を行っている児童・生徒は、「学校では研究の話はできない」という意見からもわかるように、身近に仲間を見つけることが困難である。同じように研究を頑張っている仲間と寝食を共にし、自分たちの研究について語り合う場があることは、受講生の孤立感の解消とともに、研究へのモチベーションを向上させた。

また、小学生から高校生ままで幅広い年齢層の児童・生徒たちが集まることに、当初は「同じレベルの実験をさせて大丈夫か？話はあるのか？」といった危惧もあったが、「研究をしている」という共通点があるため、予想以上に活発な交流が行われた。

#### 4.5.2 受講生の感想文から見る実習の効果

受講生自身は実習についてどのように思っているのか？実習感想文からいくつか抜き出す。

実験の体験だけでなく、体験を共にする人たちとの交流も合ってすごく楽し

かったです。待ち時間や宿舎での会話、勉強など、地域学年が違う人たちとこのように交流でき非常によかったです。同じ興味を持ったもの同士、普段学校では話せなかったこともみんな耳を傾けてくれました。(高1男子)

実習で嬉しかったのは、研究について話せる仲間がいたことです。家や学校の身近な人たちには好きな植物について話を出来る人はいません。実習では〇さんと大好きな植物の話をたくさんすることができました。とても夢中になり楽しい時間でした。(中1男子)

#### 4.6 BS リーグの育成成果

3年間にわたって施行されたBSリーグでは延べ57名の児童・生徒が選抜された。BS2に昇格したのは延べ30名、BS1・SS1に昇格したのは延べ11名である(表4-1)。BSリーグ生は、小学生・中学生・高校生であるが、日本動物学会、日本蟻類学会などでも発表を行っている。BS1リーグに所属する生徒は、オンラインジャーナル「つくば生物ジャーナル」にそれぞれの研究論文を発表した(つくば生物ジャーナル, 2011)。

BSリーグ生は全国レベル・および県レベルの科学コンテストで数多く入賞した。またほとんどの受講生は市町村レベルの科学コンテストでの入賞を果たしている(表4-1)。

平成22年度の「未来の科学者養成講座全国受講生研究発表会」において、BSリーグからは3名発表し、優秀賞と奨励賞を受賞した。平成23年度は4名が発表し、1名が最優秀賞を、残りの3名も優秀賞を受賞した。最優秀賞が選ばれたのは平成23年度のみである。平成24年度は4名が発表し、全員が優秀賞を受賞した。また発表会後のアンケート結果を見ても、他大学の教員からのBSリーグ生への評価は非常に高かった。

#### 【他大学の教員からのコメント】

「自分の興味、知りたいことに向けて長期間にわたって、自分なりに試行錯誤

しながら調査方法や研究をつづけているのはすばらしい。現時点での成果と今後に向けての課題・夢も明確で今後も続けていってほしい。プレゼンもとても楽しそうに行われ、大変わかりやすくてよかったです。」

「背景を良く理解し、強い目的意識に感心する。調査期間・回数も多くねばり強く取り組んでおり、とても中学生の研究とは思えない。自身の研究の問題点も良く理解しており今後の課題も明確である。これからも調査を継続し、さらなる発展を期待している。」

#### 4.7 BS リーグ生の感想文から見る BS リーグの効果

受講生自身は BS リーグについてどのように思っているのか？BS1 生からは次のような声が寄せられた（筑波大学 SS リーグ，2015）。

##### 【受講生の感想】

BS リーグでは「問題発見・解決型」が基本となっている。自分自身で疑問を見つけ、それを解明するための方法を考え実行する。地道な研究作業の過程では辛い時期や思うように進まない苦しい時期もあった。何度も繰り返される教授方との熱いディスカッションの中から自分で答えを探す。このような環境で研究を進めてきたことで、解決方法を見出す力、洞察力、そして忍耐力を高めることが出来たと感じている。

また、常にレベルアップを求めると指導の下発表までに資料を何度も書き直し、自らの考えを伝え、表現の難しさも学んだ。そして、BS リーグの他、動物学会等数々の発表する場を与えて頂いたことは幅広い年齢層の科学者達と交流する機会となった。それは、多くの謎を秘めた生物学に対する興味、研究に対する更なる意欲が自然に沸き上がってくる事を実感する楽しく貴重な経験であったと思う。（高1女子）

僕が BS リーグ生になってからあっという間に 2 年半が経ちました。時には大学施設へ泊まり込み、通常の高校生活では得られない高度な実験を学んだり、

夜明けまで自分達の研究について議論しあったりして、たくさんの「仲間」にも出会うことができました。それは僕にとって貴重な時間であり、僕を大きく育ててくれたと思います。以前僕は、それはいい！と思ったらすぐに行動に移し、それが失敗への直接の原因にもなっていました。

でも今はまず物事の全体像をきちんと見て、深く考えてから行動をとることができるようになりました。実験を行う上での考え方が僕の行動にも大きく反映された結果だと思っています。一人一研究という、BS リーグのシステムのおかげです。

またリーグ内のいろいろな行事を通して、興味ある生物についてさらに深く知ることもでき、大学の先生に直接指導を受ける事もできたので、僕にとってはいい思い出しかありません。BS リーグに参加して本当によかったと思います。これからも頑張っていきたいと思っています。(高1 男子)

僕は過去3年間にわたりBS リーグに参加してきました。この経験から得たものは、生物研究のための実験技術と論理的思考能力、そして興味を同じくする友人との絆です。筑波大学の先生と大学院生のチューターの方にご指導を頂きながら、3年間を通じてアリの研究を続けてきました。

学校の試験のように与えられた問題を教えられたとおりに解く「受け身の学習」ではなく、テーマを決め、仮説をたて、実験を行い、考察をまとめるという一連の過程に主体的に取り組める点が個人研究の最大の魅力です。自分の興味をとことん追求する楽しさ、筋道を立てて研究を進める面白さを知りました。各年度数回行われた合宿形式の実習はとても楽しかったです。大学の設備を使用させて頂き、分子生物学などの高校ではできない分野の実験が自分の興味の幅を広げてくれました。また、合宿の宿泊施設で友人たちと朝まで生物談義を語り明かしたことは忘れられない思い出です。(高1 男子)

#### 4.8 ISEF 日本代表となった3名の成長過程

BS リーグ生のうち、3名が国際学生科学技術フェア(International Science

and Engineering Fair 以下 ISEF と略記) の日本代表となった。

中学 2 年生の時に第 1 期 BS3 生となり, BS2, BS1 と昇格し, 平成 22 年度からは SS1 生として研究支援を継続している受講生 A と受講生 B を含む 3 名に対し, JSEC2011 への応募を促した。その結果, 受講生 A が「土壌生物相に関する研究」で文部科学大臣賞, 受講生 B が「トゲアリの一時的社会寄生」で科学技術振興機構賞を受賞し, 2012 年 5 月にピッツバーグで開催された ISEF2012 に派遣された。

中学 2 年生の時に第 3 期 BS3 生となり, SS2, SS1 と昇格した受講生 C は, 「ダンゴムシの左右交互に曲がる行動がどのように起こるか」で JSEC2013 の文部科学大臣賞を受賞し, 2014 年 5 月にロスアンジェルスで開催された ISEF2014 に派遣された。

JSEC には BS3, BS2 生も応募したが, 最終審査に残ったのは BS1 生のみであった。このことは, BS リーグの昇格審査が研究に秀でた児童・生徒の選抜に適切だったことを示唆している。

以下, ISEF に派遣された 3 名の BS リーグでの成長について述べる。

#### 1) 受講生 A

##### 【応募以前の研究状況】

小さいころから琴を習っており, 「音ってどうして変わるのだろう?」といった素朴な疑問から 1 年 4 カ月かけて音についての研究を行っていた。BS リーグ応募時の資料は茨城県児童生徒科学研究作品展県知事賞を得た「音の研究～見えない音をあらわそう～」であり, もともと生物の研究をしていたわけではなかった。しかし, 生物が好きだということ, 研究に対する熱意はあることから, BS リーグ生に選抜した。応募資料では「塩の粒は  $0.5 \text{ cm}^3$  の中に 7,487 粒であることを 5 時間かけて調べた」などの記載があり, 根気強さがうかがえた。

##### 【SS リーグでの様子】

昆虫に関する研究をしたいということで, 昆虫系統分類学の教員がチューター教員となった。チューター教員との話し合いにおいて, 「 $-20^\circ\text{C}$  にもなる菅平

高原で昆虫はどうやって越冬しているのか？」ということに興味を抱き、「ワラ卷きからみた昆虫の越冬」として研究を始めた。真冬の菅平高原でのサンプリング、毎晩長時間にわたる同定作業などから、彼女の研究に対する熱意と根気強さがうかがえる。

土壌動物の中でも彼女が「かわいい」と言い続けたのがダニである。女子中学・高校生の中で、「ダニがかわいい」という生徒は珍しいことであり、実際に周囲には理解されにくかったようだ。しかしながら受講生 A の TA は筑波大学菅平高原実験センターにて土壌動物を研究している女子大学院生だったため、泊りがけでのフィールド実習やサンプリングの際に、土壌動物への愛着を語り合っていた。このことも、受講生 A の土壌動物研究を推し進めたと、執筆者は考えている。2010 年 9 月に行われた「第 1 回未来の科学者養成講座全国受講生発表会」において、受講生 A は口頭発表を行い優秀賞を受賞した。

#### 【研究成果】

受講生 A は BS リーグ生になって研究テーマを決めて以来、鹿嶋（暖温帯）と菅平（冷温帯）を研究フィールドとし、多くのサンプリングを行った。約 26,000 個体にも及ぶ土壌動物の同定を単独で行った結果、ササラダニ亜目が気候帯や季節の異なるどのフィールドにおいても、最も種数・個体数ともに優占していることを明らかにした。

土壌の表面にある落ち葉などは、分解がほとんど進んでいない。土壌が深くなるに従い、落ち葉の分解が進み、細かくなると同時に微生物の数は増える。ササラダニには、落ち葉などを食べる「リター食」のものと、おもに微生物を食べる「微生物食」のものがあり、リター食のササラダニと微生物食のササラダニでは鋏角（口器）の形がちがう。受講生 A は、体長 1 mm ほどのササラダニを、鋏角の形によりリター食のものと微生物食のものに分類し、季節・気温や土壌の深さなどとササラダニ相の関係を明らかにした。

## 2) 受講生 B

#### 【応募以前の研究状況】

受講生 B は BS リーグの応募時にすでにトゲアリについての研究を始めていた。応募時の資料は、家の近くの雑木林で偶然トゲアリの巣を発見したことに伴い、「文献に出ているトゲアリの寄生行動を自分の目で観察したい」ということで始めた詳細な観察記録であった。彼は幼少時から読書が好きということもあり、語彙力、文章力は BS リーグ生の中でもずば抜けており、的確な言葉で観察した事実を書く能力は、応募時点で秀でていた。

#### 【BS リーグでの様子】

トゲアリの社会的寄生に関する研究を行いたいということだったので、動物行動学について研究を行っている教員がチューター教員となった。応募以前から自宅近くの雑木林をフィールドとしており、BS リーグ在籍中も数多くのフィールド調査を行った。

TA の大学院修了という事情により、受講生 B は、BS3 生、BS2 生、BS1 生でそれぞれ TA が異なった。BS1 生からの TA はハサミムシの発生に関する研究をしており、アリに関する理解も深かったため、受講生 B と非常に相性がよく、研究についてだけではなく大学院生活のことについてのメールも交わされた。

2011 年 9 月に開かれた「第 2 回未来の科学者養成講座全国受講生発表会」において、受講生 B は口頭発表を行った。全国受講生発表会においては、数学や物理、化学といった分野の研究をしている生徒も多いので、プレゼンテーションの際には、いかにトゲアリの魅力を伝えるかに重きをおき、動画や写真を効果的に使用した。結果、受講者同士の投票による「受講生大賞」には二位以下を大きく引き離れた得票数で選ばれ、審査員による「最優秀賞」にも選ばれた。このことは彼にプレゼンテーションに対する自信をもたらした。

#### 【研究成果】

トゲアリは生息数が少なく、発見すること自体が研究の第一関門である。受講生 B は 4 年間かけて自分の研究フィールドである雑木林の中に 7 つのトゲアリのコロニーを発見した。そして、これまで飼育方法が確立していなかったトゲアリの短期飼育法を考案し、数か月間の飼育と観察を可能にした。これにより、トゲアリの女王がクロオオアリの巣に侵入し、クロオオアリの女王を殺し



て巣を乗っ取るまでの過程が、観察可能となった。

クロオオアリは、体表のワックス(炭化水素)によって敵と味方を見分け、敵を攻撃する。この攻撃を回避するため、トゲアリの女王は巣に侵入した際に、クロオオアリの働きアリに馬乗りになり、体表のワックスをぬぐい取り、自分の体に塗布する。クロオオアリの働きアリになりすますことに成功したトゲアリの女王は、巣の奥に侵入し、クロオオアリの女王を殺し、自分の卵をクロオオアリの働きアリに世話させる。受講生 B は、どのように巣の乗っ取りが行われているのかを観察するとともに、体表のワックスの違いも含めて、「トゲアリの社会的一次寄生」の過程を初めて明らかにした。

### 3) 受講生 C

#### 【応募以前の研究状況】

小学校 1 年生の時から、ダンゴムシの研究を続けてきた。当初は、ダンゴムシの好きな食べ物は何かという素朴な疑問からはじまった研究であったが、次第に、ダンゴムシなどの等脚目に見られる左右交互に曲がる習性（交替性転向反応）についてのメカニズムの解明を目指すようになった。

#### 【SS リーグでの様子】

ダンゴムシの交代性転向反応について知りたいということで、BS3 生時には、動物生理学を担当していた筑波大学生物学類の元教授がチューター教員となり、TA には、動物細胞の作用機構解析の研究を行っていた大学院生になった。この際に、行動を統計的に解析することの大切さを学んだ。

その後 BS2 に昇格してからは、応用動物昆虫研究室の教員と大学院生がチューター教員と TA となり、サポートを続けた。この TA は、ガのフェロモンの研究をしていること、および、学類生の頃から研究発表を数多くしていることから、受講生 C に対して的確なアドバイスを送ることができた。受講生 C は筑波大学から離れた地域に住んでいたため、普段なかなか大学には来られなかったが、実習には毎回参加し、他の受講生との交流を楽しんでいた。

受講生 C は一つの実験の結果から疑問に思ったことを次の実験で検証してい

くという「研究のサイクル」が、非常にうまくいっていた。これは、一つ一つの実験を丁寧に根気強く行っていること、および、鋭い観察眼を持っていることに起因すると思われる。

2012年9月に行われた「第3回未来の科学者養成講座全国受講生発表会」において、受講生Cは「総合分野の部」でポスター発表をし、優秀賞を受賞した。

#### 【研究成果】

BS3生時には、ダンゴムシの交替性転向反応の要因として、「触角の刺激」「磁界の変化」「光の向きの変化・偏光の変化」「足にかかる負荷」を仮定し、実験を行い、外部の刺激（光，磁界）は要因ではないことを突き止めた。またダンゴムシの動きをプログラム化して、ロボットを製作した。

高校2年時には、「転向反応が障害物と接触する触角の方向性によって最終的に決定されている」という仮説を触角の切除等によって検証し、最終的に「障害物に当たった触角と反対向きに曲がる」という結論を導き出した。

受講生A，BおよびCは、現在、筑波大学生物学類の学生として、それぞれの研究を続けている。3人とも「BSリーグがなかったら、自分たちは研究を続けていくことが難しかった。ISEFという大きな舞台に立てたのも、チューター教員やTA，そしてサイエンスコミュニケーターの皆さんのサポートがあったからだ」と述べている。

筑波大学は平成20年度に採択されて以来、筑波大学BSリーグ・SSリーグ・GFESTとして継続的に理数に秀でた初等中等教育段階の児童生徒の支援を行っている。継続的に行うことで、受講生同士の横のつながりのほか縦のつながりもできている。

第1期BSリーグ生がISEF2012に出場したのを期に、受講生たちにとって、ISEFは「目指すべき舞台」となった。ISEF2014に出場した受講生が入賞したことから、ISEF2015に派遣されることになった筑波大学GFEST受講生2名は入賞を目指し、そのほかの受講生は次年度のISEFを目指し始めている。ISEFに出場した受講生たちは後輩たちをサポートし、後輩たちは先輩を目指して研究を進

めるというつながりが出来たため、今後も筑波大学の受講生は ISEF 等の科学技術コンテストで活躍していくと考えられる。

#### 4.9 筑波大学 BS リーグをモデルとした個別研究支援の拡がり

日本科学協会は平成 25 年度から、将来の科学者を目指す高校生たちが自らすすめようとしている研究テーマに専門家から直接、教え（主にメールによる指導）を受けられるサイエンスメンター制度を始めた（日本科学協会，2015）。この制度をスタートさせる前に、日本科学協会の担当者は筑波大学 BS リーグの実習を見学するとともに、運営方法のヒアリングを行った。これは、専門家による高校生の個別研究支援のあり方として、筑波大学 BS リーグの成果が認められた証左である。

生徒が家庭もしくは所属学校で行っている研究を専門家がメールで支援するという個別研究支援方法は、大学を退職した専門家でも可能であることから、次世代の科学者の育成に関心の高い専門家の協力を得やすいと考える。

しかしながら、一方で、筑波大学 BS リーグが高い成果をあげている理由の一つはチューター教員と TA の 2 名による支援体制にあることも事実である。筑波大学 BS リーグでは、専門的なアドバイスはチューター教員が行い、実験上のアドバイスや研究の励ましなどは TA が行っていることが多かった。高校生にとって、大学教員よりも、大学院生の方が身近で相談しやすい。ISEF に出場した 3 名はいずれも TA と非常に良い関係を築いていた。退職した大学教員と、高校生では年齢が離れていることもあり、共通の話題が見つげにくい可能性がある。その点、大学院生は大学受験のアドバイスなどもしやすいため、緊密な関係を築きやすいと考える。

未来の科学者養成講座の実施機関では、多くが大学院生・大学生を TA として活用していた。筑波大学 BS リーグでは「受講生の支援を行うことは、自らのコミュニケーションスキルの向上に役立つ」という TA が多かった。

意欲の高い TA の存在なしには、スムーズな個別研究支援は行えず、逆に TA のみでは専門的なアドバイスは難しいため、チューター教員と TA による支援体

制が必要であると考える.

表 4-1 BS リーグ受講生学年別人数

	BS3		BS2		BS/SS1
第 1 期生	中 2 9 名	→	中 3 5 名	→	高 1 4 名
	中 1 6 名	→	中 2 1 名		
	小 6 2 名	→	中 1 2 名		
	小 5 1 名	→	小 6 1 名		
第 2 期生	中 3 4 名	→	高 1 2 名	→	高 2 1 名
	中 2 1 名	→	中 3 1 名	→	高 1 1 名
	中 1 7 名	→	中 2 5 名	→	中 3 1 名
	小 6 6 名	→	中 1 2 名	→	中 2 1 名
	小 5 3 名	→	小 6 2 名	→	中 1 1 名
第 3 期生	中 3 7 名	→	高 1 3 名		
	中 2 5 名	→	中 3 2 名	→	高 1 1 名
	中 1 2 名	→	中 2 2 名	→	中 3 1 名
	小 6 1 名	→	中 1 1 名		
	小 5 3 名	→	小 6 1 名		

平成 20 年度においては小学校 5 年生から中学校 2 年生までを募集した。平成 21 年度 22 年度は小学校 5 年生から中学校 3 年生までを募集した。

第 1 期生は BS3 生 18 名のうち、9 名が BS2 生となり、そのうちの 4 名が BS1 生となった。BS1 生については高校卒業まで継続的にサポートすることとしているため、この 4 名については平成 24 年度まで BS1 に所属することとなる。

第 2 期生は BS3 生 21 名のうち、12 名が BS2 生となり、そのうちの 2 名が BS1 生となった。

第 3 期生は BS3 生 18 名のうち、9 名が BS2 生となり、そのうちの 2 名が SS1 生となった。

表 4-2 第 1 期生のメール数と昇格結果

No	BS3 時 学年	BS3 時 メール数	BS3→BS2	BS2 時 メール 数	BS2→BS1
1	中 2	152	昇格	116	昇格
2	中 2	86	昇格	138	昇格
3	中 2	93	昇格	148	昇格
4	中 2	74	昇格	109	昇格
5	小 5	134	昇格	146	非昇格
6	小 6	23	昇格	102	非昇格
7	小 6	145	昇格	141	非昇格
8	中 1	92	昇格	129	非昇格
9	中 2	115	昇格	453	非昇格
10	中 1	86	非昇格		
11	中 1	106	非昇格		
12	中 1	188	非昇格		
13	中 1	51	非昇格		
14	中 1	41	非昇格		
15	中 2	35	非昇格		
16	中 2	39	非昇格		
17	中 2	-	途中辞退		
18	中 2	-	途中辞退		

第 1 期生には 18 名が選抜された。うち 2 名が途中で BS リーグを辞めた。16 名のうち 9 名が昇格審査により、BS2 生に昇格し、9 名のうち 4 名が BS1 まで昇格した。第 1 期生の BS3 生時のメール数平均は、91.3 通、BS2 に昇格した生徒のメール数平均は 101.6 通、昇格しなかった生徒のメール数平均は 78.0 通であった。BS2 から BS1 に昇格した受講生は、一つのメールで研究結果の報告がすむことが多かったが、非昇格となった受講生 9 は研究結果をまとめて伝えることができず、TA とのメールのやり取りが多くなった。

表 4-3 第 2 期生のメール数と昇格結果

No	BS3 時 学年	BS3 時 メール数	BS3→BS2	BS2 時 メール数	BS2→BS1
1	中 1	112	昇格	125	昇格
2	小 5	78	昇格	239	昇格
3	小 6	109	昇格	120	昇格
4	中 2	101	昇格	72	昇格
5	中 3	114	昇格	97	昇格
6	中 1	160	昇格	92	非昇格
7	中 1	123	昇格	96	非昇格
8	中 1	137	昇格	99	非昇格
9	中 1	244	昇格	228	非昇格
10	小 5	103	昇格	177	非昇格
11	小 6	139	昇格・辞退	-	
12	小 6	101	非昇格		
13	中 1	91	非昇格		
14	中 1	58	非昇格		
15	中 3	74	非昇格		
16	中 3	51	非昇格		
17	中 3	45	非昇格		
18	小 5	159	非昇格		
19	小 6	81	非昇格		
20	小 6	164	非昇格		
21	小 6	131	非昇格		

第 2 期生として 21 名が選抜され、そのうち 12 名が BS2 に昇格した。12 名のうち 5 名が BS1 に昇格した。第 2 期生の BS3 生時のメール数平均は、113.1 通。BS2 に昇格した生徒のメール数平均は 129.1 通、昇格しなかった生徒のメール数平均は 95.5 通であった。BS2 生となった 11 名のうち 5 名が BS1 に昇格した。メール数が多かったが BS1 に昇格しなかった受講生 9 は BS2 での研究が BS3 から深化していなかった。

表 4-4 第 3 期生の BS2 生時のメール数と BS1 への昇格結果

No	BS3 時 学年	BS3 時 メール数	BS3→BS2	BS2 時 メール数	BS2→SS1
1	中 2	81	昇格	84	昇格
2	中 1	223	昇格	199	昇格
3	中 1	211	昇格	165	BS2 のまま
4	中 2	269	昇格	82	非昇格
5	中 3	240	昇格	150	非昇格
6	中 3	70	昇格	92	昇格・辞退
7	中 3	92	昇格	87	途中辞退
8	小 5	121	昇格	114	非昇格
9	小 6	100	昇格	71	非昇格
10	中 2	86	非昇格		
11	中 2	124	非昇格		
12	中 3	133	非昇格		
13	中 3	19	非昇格		
14	中 3	146	非昇格		
15	中 3	31	非昇格		
16	小 5	69	非昇格		
17	小 5	54	非昇格		

第 3 期生として 17 名が選抜され、そのうち 9 名が BS2 に昇格した。9 名のうち 2 名は、BS2 生時に BS リーグを辞退し、2 名が BS1 に昇格した。第 3 期生の BS3 生時のメール数平均は、121 通。BS2 に昇格した生徒のメール数平均は 129 通、昇格しなかった生徒のメール数平均は 156 通であった。その後、3 名が SS1 に昇格したが、受講生 6 は継続を辞退した。そのため、第 3 期生のうち SS1 生となったのは 2 名である。



表 4-5 BS リーグの実習一覧

フィールド実習 (アドバンスト)	筑波大学 菅平高原実験センター	2008年12月25日-27日
サイエンスツアー (共通)	筑波大学	2009年3月26日
フィールド実習 (ジェネラル)	筑波大学 下田臨海実験センター	2009年4月1日-4日
フィールド実習 (アドバンスト)	筑波大学 下田臨海実験センター	2009年7月27日-30日
フィールド実習 (ジェネラル)	筑波大学 菅平高原実験センター	2009年8月16日-19日
分子生物学実習 (共通)	筑波大学	2009年12月26日-27日
サイエンスツアー (共通)	筑波大学	2010年3月25日
フィールド実習 (ジェネラル)	筑波大学 下田臨海実験センター	2010年4月1日-3日
フィールド実習 (アドバンスト)	筑波大学 下田臨海実験センター	2010年7月28-30日
フィールド実習 (ジェネラル)	筑波大学 菅平高原実験センター	2010年8月16日-19日

BS リーグでは3年間の間に10回の合宿型実習を行った。初年度(2008年)は8月に新規受講生の募集・選抜を行ったため、夏の実習が出来ず、冬にフィールド実習を行った。2年目(2009年度)は春と夏フィールド実習として筑波大学菅平高原実験センター・下田臨海実験センターで開催し、冬は筑波キャンパスにおいて分子生物学実習を行った。また張るにはつくば市内の研究機関へのサイエンスツアーを行った。3年目(2010年度)は夏にフィールド実習を行い、春に筑波キャンパスにおいて分子生物学実習をする予定であったが、東日本大震災により筑波大学内への立入が制限されたため、中止となった。

表 4-6 平成 23 年度 BS リーグ生の受賞結果

高校生科学技術チャレンジ 文部科学大臣賞	BS1 生
高校生科学技術チャレンジ 科学技術振興機構賞	BS1 生
長野県学生科学賞 県知事賞	BS1 生
千葉県児童生徒・教職員科学作品展 入選	BS2 生
富山県科学展覧会 教育会長賞&創意工夫賞	BS2 生
茨城県科学研究作品展 佳作	BS2 生
茨城県科学賞 教育研究会長賞	BS2 生
日本学生科学賞神奈川県作品展 県教育長賞	BS2 生
神戸市理科展 金賞&青少年科学館賞	BS2 生
岩国市科学展 特選	BS3 生
龍ヶ崎市展 教育長賞	BS3 生
茨城県南展 金賞	BS3 生
船橋市児童生徒科学論文作品展 市長賞	BS3 生
朝永振一郎記念「科学の芽」賞	BS3 生
神戸市理科展 金賞&青少年科学館賞	BS3 生

平成 23 年度の BS リーグ生の各種科学コンテストでの受賞結果うち、市町村レベルのコンテストについてはトップ入賞者を、県レベル及び全国レベルのコンテストでは入賞者を記載した。BS2 生時に富山県科学展覧会で教育会長賞を受賞した生徒は、平成 25 年度の高校生科学技術チャレンジで文部科学大臣賞を受賞した。

高校生科学技術チャレンジには、BS3 生、BS2 生も応募はしたが、最終選考まで残ったのは BS1 生のみであった。

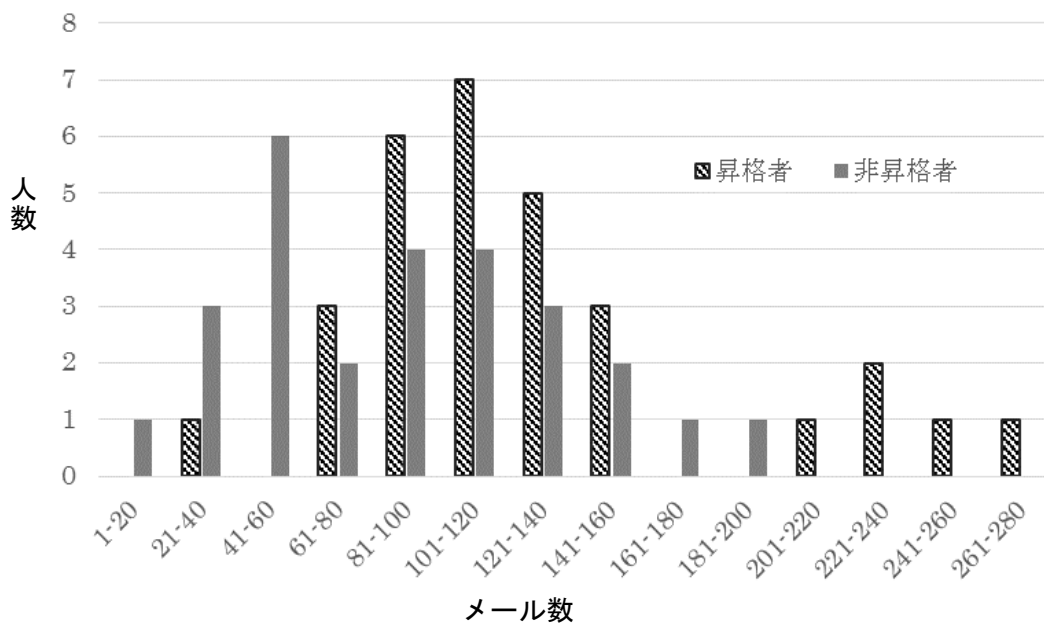


図 4-1 昇格者と非昇格者の BS3 生時のメール数一覧

第 1 期生から第 3 期生までのメール数を昇格者と非昇格者に分けて比較したところ、昇格者と非昇格者の平均メール数には有意に差が見られた ( $t=2.88$ ,  $p<0.05$ )

第 1 期から第 3 期まで、BS3 生時に昇格審査を受けた受講生は 54 名であった。このうち BS2 に昇格した受講生は 29 名、昇格できなかった受講生は 25 名であった。54 のメーリングリストのメール数の平均は 109.3 通、BS2 に昇格した受講生では 128.1 通、昇格しなかった受講生では 85.9 通であった。

## 第5章 国際学生科学技術フェア(ISEF)の分析

科学研究をしている高校生にとって、科学コンテストは自分の研究を発表する晴れの舞台である。スポーツや音楽の世界では、競技会・コンクールが大きな目標に向かうための一里塚となっているのと同じように、科学研究をしている生徒にとっては、科学コンテストでの入賞が目標となると同時に、科学コンテストへの応募自体が自分の研究を振り返り、新たな研究につなげる機会となっている。

日本において、自主研究を行っている高校生が目指す全国的な科学コンテストは、読売新聞社が主催する「日本学生科学賞」と朝日新聞社・テレビ朝日が主催する「高校生科学技術チャレンジ」の二つである。日本学生科学賞および高校生科学技術チャレンジいずれも、最終審査会で優秀な成績をおさめた生徒は米国で行われる ISEF に派遣されることとなっている。ISEF に日本代表として派遣された生徒は、筑波大学をはじめとする複数の大学の特別枠入試を受験することが可能となる。また ISEF 派遣者は地元のメディア等でも取り上げられることが多く、科学研究を行っている高校生にとって ISEF 出場は憧れとなっている。

### 5.1 ISEF とはなにか

ISEF は米国の非営利法人 Society for Science & the Public により 1950 年に始まった高校生のための世界最大規模の科学コンテストである (インテル, 2012)。約 70 の国・地域から 1,500 名以上の自主研究を行っている個人もしくは 3 人までのチームが参加し、研究成果を競う。審査員には多くのノーベル賞受賞者が名を連ねる。2019 年まではインテル社が冠スポンサーであり、その他 Google 社、アジレントテクノロジー社など約 70 の企業や団体がサポートしている。賞金総額は 400 万ドル以上であり、最優秀賞の賞金は 75,000 ドルである。

日本からは ISEF2002 までは日本学生科学賞で上位入賞した 3 組のみが出場していたが、ISEF2003 からは、JSEC の上位入賞者も派遣されるようになったため

発表者数が増えている。また ISEF2014 からは、日本学生科学賞、JSEC とともに各 8 組までの出場が認められるようになったため ISEF2014 には日本学生科学賞から 6 組、JSEC から 8 組が出場した。

## 5.2 ISEF2012 の分析

### 5.2.1 ISEF2012 の出場者数

ISEF2012 には 68 カ国・地域から 1,549 名の発表者が参加し、1,249 件の発表があった (Society for Science & the Public, 2012c)。発表分野は 17 あり (表 5-1)、発表者は事前に一つの分野に登録する。平均すると 1 分野あたり 73 件の発表となるが、分野によって発表数は大きく異なり、最も多い Electrical and Mechanical 分野では 115 件であり、最も少ない Earth Sciece 分野では 22 件であった。

### 5.2.2 ISEF2012 の審査

ISEF にはグランドアワードとスペシャルアワードの二つの表彰がある。グランドアワードは分野ごとの審査で、全体の約 30%の発表が入賞する (表 5-2)。スペシャルアワードはスポンサーごとの審査であり、審査員もスポンサーごとに異なるため、ここでは主にグランドアワードについて扱う。

グランドアワードの審査員数は約 1,500 名で、各審査員は 10-14 件の発表の審査を行う。審査員は、「大卒以上かつ少なくとも 6 年以上の職歴がある科学・科学教育関係の専門家」という要件を満たす必要があり、公正さを保つため、小学校、中学校、高校の教員は審査員にはなれない。ISEF の審査員になることは、次世代の科学者の育成に携わることとして社会的意義が高く、名誉なことでもありと考えられており、ボランティアであるにもかかわらず多くのノーベル賞受賞者をはじめ、大学教授、企業の研究者等が参加している。

発表者は各自のブースにポスターを設置し、まわってくる審査員に 15 分間でプレゼンテーションをする。発表者のところには 6-10 名の審査員が訪れることになっている (Society for Science & the Public, 2012b)。審査日当日にそ

それぞれの発表者のブースに15分単位のスケジュール表がおかれており、そのスケジュール表にしたがって審査が行われる。審査員は審査前日に、自分が審査する全てのブースに行って、ポスターを詳細に見ることが義務付けられている。当日は、発表者の説明を聞かずに、いきなり質疑応答に入ることもある。

審査は、Creative Ability, Scientific Thought / Engineering Goals, Thoroughness, Skill, Clarityの5項目からなり(表5-3)、Judging Guideに基づいて行われる(Judging Guide ISEF2012, 付録資料8)。Judging Guideには、「科学や技術に関する基礎的な質問をし、発表者が自分の行った研究をどれくらい理解しているかを確認する」「問題を解決する方法、実験装置の使用、データの解釈、問題解決のアプローチ方法等で、創造力やオリジナリティは確認できたか？」等、審査中にチェックすべき点が詳細に記載されている。

ISEFを開催するSociety for Science & the Publicは「私たちのビジョン：科学についての情報発信および教育を行うことで、人類の進歩に非常に重要な役割を果たす科学を理解し、正しく評価することを促すとともに、科学に携わる人たちを鼓舞する」としている(Society for Science & the Public, 2012c)。またISEFの冠スポンサーであるインテルはISEFについて「ISEFは科学的な疑問を解決することに挑戦する生徒を激励し、解決するために必要なスキルを発達させていく場です」としている(Society for Science & the Public, 2012c)。このような大会開催者及び冠スポンサーの意向は、社会における問題を解決し、人類の進歩に貢献する研究をISEFで高く評価される方向に導いていると考えられる(尾嶋ら, 2013)。

ISEF2012において日本チームから発表した6組の中で唯一、スペシャルアワードで米国物理学教員協会/物理学協会から佳作を受賞した広島国泰寺高校の3名の「水面下からの水噴流による水流に関する研究」は、「この技術を使えばメキシコ湾に流出した原油を1年で回収することが可能となる」ということをアピールしたものであった。審査員は彼らに「特許は取ったのか?」「消防車を使って、実験をする計画はあるか?」といったことを質問したという。日本チーム参加者の一人はISEFで審査員に「あなたの研究の社会的意義は何か?」「ビ

ビジネスとして成立するのか、実用化のめどは立っているのか？研究結果の応用に関して、具体的なプランを聞かせてほしい。」ということ質問されて戸惑ったと言っている。実際に ISEF2012 の発表のうちの約 25%は発表する研究で特許を取得もしくは申請中であった (Intel Corporation, 2012)。

また、ISEF では発表できるデータは、「直近の 12 か月のデータのみ」とされており、それ以前のデータがポスターに盛り込まれていると、ポスターからの削除を求められる。継続研究である場合はその旨を明らかにし、過去に行った研究内容と今回発表する研究内容を明確に区別し、事前に Continuation Projects Form (7) という書類を提出する必要がある。ISEF2012 では、1 年以上にわたって研究している継続研究は全体の 20%に過ぎなかった (Society for Science & the Public, 2012d)。

### 5.2.3 ISEF2012 で入賞した研究

ISEF のグランドアワードでは分野毎に 1 等から 4 等までが表彰される。分野によって、発表者数に偏りがあるため、受賞者数は分野によって異なるが、約 30%の発表が入賞する (表 5-2)。各分野で 1 等になった発表のうち、最も優れたものがその分野の Best 賞となる。

どのような研究が ISEF で高評価を得たのかを調べるため、基礎研究と実用研究が混在すると考えられる Animal Science 分野および Behavioral and Social Sciences 分野の発表要旨を分析した。

発表要旨の「目的」もしくは「考察」に「何かの役にたつ」「工業・商業的にこのようなことが可能になる」といった社会への還元について書かれているものを「実用につながる研究」とし、それ以外のものを「基礎的な研究」として分類した (表 5-4)。その結果、ISEF2012 においては、研究をどのように社会に還元していくかということを明確にした「実用につながる研究」の方が「基礎的な研究」よりも発表数に対する受賞数の割合が有意に高かった。

Animal Science 分野で Best 賞を受賞したのは、ライム病の原因となるスピロヘータが血液脳関門を通過できるようになる現象を分子生物学的に研究した 16

歳の女子高校生であった。Behavioral and Social Sciences 分野で Best 賞を受賞したのは、保護者の関わり方と高校生がオンラインもしくはオフラインで危険な行為をするリスクとの関係を 133 人の高校生に対して 74 項目の調査をすることによって明らかにした 17 歳の男子高校生であった。この分野では自閉症や ADHD についての研究が 7 件、脳障害についての研究が 8 件あった。75 の研究発表のうち、72 がヒトに関する研究であった。

ISEF2012 の全発表中での最優秀賞のゴードン・ムーア賞受賞者は「膵臓がん検出のための新しい紙状センサーの研究」を発表したメリーランド州の 15 歳の男子高校生であった。彼は、身近な人を膵臓がんで亡くしたことをきっかけとし、高校の授業で使ったリトマス試験紙からヒントを得て、「膵臓がん検出紙」を開発した。この検出紙は従来の膵臓がん検査と比べて、非常に簡便、安価かつ正確であるということで、特許申請中であるとのことであった。この生徒はスペシャルアワードとグランドアワード合わせて 100,500 ドルの賞金を得た。

以上のように、ISEF で入賞した研究は、研究をどのように社会に還元していくかということを確認にした「実用につながる研究」が高い評価を受ける傾向があり、かつ、高度な設備と専門性があり、通常の高校にある実験器材では遂行できない研究が目立った。「実用につながる研究」という研究内容、そして高度な設備を使つての研究は、いずれも日本の科学コンテストでは見ることが少ない。

#### 5.2.4 ISEF2012 の国別受賞結果の分析

ISEF2012 では、グランドアワードで 42 の国・地域の生徒が表彰されていたが、日本チームからは 6 件の発表があったが、いずれも入賞はできなかった。英語を母国語としない国の中では、カザフスタンの生徒が Best 賞を受賞した。中国は、1 等が 2 件、2 等が 4 件、3 等が 4 件、4 等が 4 件の計 24 件が受賞した (Society for Science & the Public, 2012e)。

発表件数が 10 件以上の国は、アメリカ (879 件)、カナダ (24 件)、中国 (23 件)、ブラジル (21 件)、サウジアラビア (18 件)、ロシア (17 件)、トルコ (10



件)であった(表 5-5). このうち入賞者の発表者数に対する割合がアメリカ(30%)より高かったのは、中国(61%), カナダ(58%) およびブラジル(35%)であり、サウジアラビア(22%), トルコ(20%), ロシア(18%)はアメリカより低かった.

次に国による受賞結果の違いを比較するために、賞金総額を発表件数で除して国別で比較したところ、インドは1,583ドル(発表件数6件, 賞金総額9,500ドル), カナダ1,521ドル(発表件数24件, 賞金総額36,500ドル) 中国は783ドル(発表件数23件, 賞金総額18,000ドル), タイは600ドル(発表件数5件, 賞金総額3,000ドル)であり, 米国の398ドル(発表件数879件, 賞金総額349,500ドル)を大きく上回った(表 5-5). これらの国では, ISEFに派遣する生徒の研究レベルが非常に高いと考えられる.

Best 賞を受賞した発表を国別に見ると, アメリカが12件, カナダが3件, カザフスタンとインドがそれぞれ1件であった. Best 賞受賞者の中から選ばれるトップ3賞にはアメリカから2件(Medicine and Health 分野, Physics and Astronomy 分野), カナダから1件(Computer Science 分野)が選ばれた. カザフスタンはElectrical and Mechanical 分野, インドはChemistry 分野でのBest 賞受賞であった.

インドはChemistry 分野以外に, Computer Science, Energy and Transportation, Microbiology, Mathematical Sciences 分野の発表があった. Mathematical Sciences 分野の発表内容は素数の周期についてであったが, そのほかの分野の発表は, 実用化を目指したものであった.

カザフスタンの発表は, Electrical and Mechanical 分野と Earth & Planetary Sciences 分野および Mathematical Sciences 分野であった. 内容は, 「空気中の電子核について」と「CHOMP ゲームに勝つための戦略を数学的に解析」という基礎科学的なもの, 「マグナス効果を利用した風力発電」といった実用的なものであった. Best 賞を受賞したのは風力発電の研究である.

中国の発表は Animal Science, Electrical and Mechanical 分野がそれぞれ3件, Biochemistry, Chemistry, Computer Science, Materials and Bioengineering, Environmental Sciences, Physics and Astronomy,

PlantScience 分野がそれぞれ 2 件, Medicine and Health Sciences, Microbiology, Behavioral and Social Sciences 分野がそれぞれ 1 件であった。日本からはこれまで Medicine and Health Sciences 分野での発表はないが, 中国ではこの分野において 3 等を受賞している。また中国からの発表者は BS リーグ生が発表した Animal Science 分野では 1 等を, Behavioral and Social Sciences 分野では 4 等を受賞している。Animal Science 分野の発表は, 農薬によるミツバチへの被害を防ぐためのものであり, Behavioral and Social Sciences 分野の発表は, テトリスにより脳が活発になるかどうかについて fMRI を用いて調べたものであった。fMRI を使って脳波を調べる研究を高校生が行うことは, 日本では考えにくい。中国の高校生が行う内容は日本よりもアメリカの高校生とよく似ていることがわかる。

### 5.3 ISEF2012 と ISEF2013, 2014 の違い

ISEF2013 では, 審査基準が大きく変更された。従来は一つであった「科学プロジェクト」「技術プロジェクト」の審査基準が別々のものとなり, 審査基準項目にも大きな変更があった (Society for Science & the Public, 2013 表 5-3)。

評価項目は科学プロジェクトと技術プロジェクトで違いはないが, Execution において, 科学プロジェクトでは Data Collection, Analysis and Interpretation (データ収集と分析, 解析) を, 技術プロジェクトでは Construction and Testing (製作とテスト) を評価されることとなった。また Judging Criteria にはインタビュー項目として「社会に対するインパクトを認識しているか?」と明記されるようになった。

審査員が, インタビューの前に審査対象となるポスターを評価することも昨年度までとは大きく異なる。このため, 参加者にはポスターを分かりやすくかつ十分な情報を記載すること, かつインタビュー時には審査員がすでに内容を熟知していることを前提に, 深い議論を進めることが推奨されている。

Presentation の項目では, 単にポスターの見栄えや答え方を見るのではなく,

発表者の基礎的な科学知識や、発表されている研究結果で言えるのはどこまでなのかを確認することが求められている。また、この項目の注意点として「直近の一年間での成果のみ」に焦点を絞って審査を行うことが記載されている。

#### 5.4 ISEF2003 から ISEF2014 の日本チームの入賞結果

10 回の ISEF (ISEF2004-ISEF2014) で、日本からは 63 件の発表があった。そのうち Best 賞は 1 件、1 等は 2 件 (うち 1 件は Best 賞受賞者)、2 等は 4 件、3 等は 5 件、4 等は 7 件、特別賞である Intel Foundation Achievement Award は 1 件であった (表 5-6)。受賞件数は 17 件、発表者数に対する割合は 27% で、ISEF2012 のアメリカの 30% よりも低い。発表数あたりの賞金額は 424 ドルとなり、ISEF2012 での米国の 398 ドルを若干上回る。

ISEF2013 においては Earth & Planetary Sciences (地球惑星科学) 分野で、古環境の指標として微小化石が有効であることを明らかにした千葉県の高校生が日本代表として初めて Best 賞を受賞した。この生徒は自身の姉も ISEF2011 の同部門において「有孔虫による堆積古環境の推定」で 3 等を受賞していることから、ISEF の審査等について、多くの情報を持っていたと考えられる。また ISEF 派遣決定後は名古屋大学の教員にプレゼンテーション等の指導を受けたという。

ISEF2014 からは、日本から派遣される件数が、14 件に増加し、筑波大学 SS リーグ所属の生徒が Animal Science 分野で優等賞 2 等を、東北大学科学者の卵に所属の生徒が Energy and Transportation 分野で同じく優等賞 2 等を受賞した。

ISEF2014 で 2 等を受賞した発表が 2 つとも未来の科学者養成講座の受講生であったことは、未来の科学者養成講座の有効性を示すものと考えられる。

表 5-1 ISEF2012 分野別発表件数

分野名	米国	米国以外	合計
Animal Sciences	45	22	67
Behavioral and Social Sciences	55	24	79
Biochemistry	36	14	50
Cellular and Molecular Biology	56	4	60
Chemistry	37	33	70
Computer Science	55	29	84
Earth Science	14	8	22
Electrical and Mechanical	67	47	114
Environmental Management	50	23	73
Materials and Bioengineering	43	29	72
Energy and Transportation	69	15	84
Environmental Sciences	58	19	77
Mathematics	35	22	57
Medicine and Health	90	23	113
Microbiology	61	14	75
Physics and Astronomy	60	22	82
Plant Sciences	45	25	70
合計	876	373	1,249

ISEF2012 では発表カテゴリーとして 17 分野があげられていた。発表者は事前に自らの研究にふさわしい分野を選び、登録する。1249 件の発表中、247 件が 2-3 人のチーム研究であった。発表分野は 17 あり、発表者は事前に一つの分野に登録する。平均すると 1 分野あたり 73 件の発表となるが、分野によって発表数は大きく異なり、最も多い Electrical and Mechanical 分野では 115 件であり、最も少ない Earth Science 分野では 22 件であった。

表 5-2 ISEF2012 グランドアワード件数および賞金額

	分野ごとの入賞数	賞金額(\$)
Best 賞	1 件	5,000
1 等	1-3 件	3,000
2 等	発表件数の 6-8%	1,500
3 等	発表件数の 9-10%	1,000
4 等	発表件数の 10-12%	500

ISEF のグランドアワードでは分野毎に 1 等から 4 等までが表彰される。分野によって、発表者数に偏りがあるため、受賞者数は分野によって異なる。各分野で 1 等になった発表のうち、最も優れたものがその分野の Best 賞となる。

表 5-3 ISEF2012 の審査基準

審査基準	配点
Creative Ability	30 点
Scientific Thought/Engineering Goals* *技術に関するプロジェクトは, Engineering Goals について審査	30 点
Thoroughness	15 点
Skill	15 点
Clarity	10 点

ISEF2012 の審査は、上記項目の合計 100 点満点で行われた。発表者のブースに審査員が訪れ 15 分間の審査を行う。審査員は 10-14 のブースを審査する。発表者のところには 6-10 名の審査員が訪れる。審査日当日には、それぞれの発表者のブースに 15 分単位のスケジュール表がおかれており、そのスケジュール表にしたがって審査が行われる。

表 5-4 Animal Science 分野 (AS) および Behavioral and Social Sciences 分野 (BE) の  
研究内容とグランドアワード入賞者数の分析

		AS 分野		BE 分野	
		発表数	入賞比率	発表数	入賞比率
実用	入賞	10	50%	12	50%
	入賞せず	10		12	
基礎	入賞	9	20%	11	22%
	入賞せず	36		40	
要旨数合計*		65		75	

\* 要旨集に発表要旨を掲載していない発表もあり，表5-1の発表数とは一致しない

Animal Science 分野 Behavioral and Social Sciences 分野の発表要旨を分析した。発表要旨の「目的」もしくは「考察」に「何かの役にたつ」「工業・商業的にこのようなことが可能になる」といった社会への還元について書かれているものを「実用につながる研究」とし，それ以外のものを「基礎的な研究」として分類した。その結果，動物科学分野と社会科学分野共に，実用につながる研究では50%の発表が入賞したのに対し，基礎的な研究では20%程度の発表が入賞したに過ぎなかった。

表 5-5 ISEF2012 における各国の受賞結果の比較

	Best	1st	2nd	3rd	4th	全発表数	入賞割合	賞金総額	賞金総額/発表件数
カザフスタン	1	1				2	50%	8,000	4,000
ベトナム		1				1	100%	3,000	3,000
インド	1	1		1	1	6	50%	9,500	1,583
カナダ	3	4	2	5	3	24	58%	36,500	1,521
ベルギー		1		1		3	67%	4,000	1,333
香港			2	1		3	100%	4,000	1,333
オーストラリア			1	1		2	100%	2,500	1,250
オーストリア				1		1	100%	1,000	1,000
シンガポール			1	1		3	67%	2,500	833
スウェーデン			1	1		3	67%	2,500	833
中国		2	4	4	4	23	61%	18,000	783
アイルランド			1			2	50%	1,500	750
タイ			2			5	40%	3,000	600
ドイツ			3			8	38%	4,500	563
グアム					1	1	100%	500	500
ハンガリー					1	1	100%	500	500
北アイルランド					1	1	100%	500	500
ポーランド				1	1	3	67%	1,500	500
スペイン				1		2	50%	1,000	500
南アフリカ			1	2		9	33%	3,500	389
アメリカ	12	25	54	79	109	879	30%	349,500	398
台湾			2			8	25%	3,000	375
インドネシア				1		3	33%	1,000	333
ウルグアイ				1		3	33%	1,000	333
ベルラーシ					1	2	50%	500	250
チリ					1	2	50%	500	250
コスタリカ			1			6	17%	1,500	250
マレーシア				1		5	20%	1,000	200
スロバキア				1		5	20%	1,000	200



パキスタン					1	3	33%	500	167
サウジアラビア				2	2	18	22%	3,000	167
トルコ				1	1	10	20%	1,500	150
ブラジル				1	4	21	24%	3,000	143
フィリピン					1	4	25%	500	125
ロシア				1	2	17	18%	2,000	118
ヨルダン				1		9	11%	1,000	111
韓国				1		9	11%	1,000	111
レバノン					1	5	20%	500	100
アルゼンチン					1	6	17%	500	83
チェコ					1	6	17%	500	83
パレスチナ					1	6	17%	500	83
ウクライナ					1	6	17%	500	83
日本						6	0%	0	0

ISEF2012では、グランドアワードで42の国・地域の生徒が表彰された。日本チームからは6件の発表があったが、いずれも入賞はできなかった。各国の受賞結果を比較するため、それぞれの国の発表者が得た賞金の総額を発表者数で除したところ、インド、カナダ、中国等は、米国の398ドルを大きく上回った。これらの国では、ISEFに派遣する生徒の研究レベルが非常に高いと考えられる。

表 5-6 ISEF2004-2014 における日本チームの成績

	Best 賞	1 等	2 等	3 等	4 等	賞金総額 (US\$)	発表数	賞金総額 /発表数
2014			2			3,000	14	214
2013	1	1				8,000	6	1,333
2012						0	6	0
2011				1	1	1,500	6	250
2010				1	2	2,000	6	333
2009	新型インフルエンザ問題のため参加せず							
2008			2		1	3,500	6	583
2007					1	500	4	125
2006		1				3,000	5	600
2005				2	1	7,500*	5	1,500
2004				1		1,000	5	200

\*2005 年は Intel Foundation Achievement Award (賞金 5,000 ドル) 受賞者がいた。  
この賞は 2006 年以降、廃止された。

ISEF2004 から 2014 まで日本が参加した 10 回の ISEF での受賞結果を示す。ISEF2009 開催時には、新型インフルエンザが大きな問題となっており、日本からの参加はとりやめとなった。ISEF2013 では、Earth Science 分野で日本からの参加者が Best 賞を初受賞した。

ISEF2003 までは日本学生科学賞からの派遣者 3 組だけであったが、ISEF2004 からは高校生科学技術チャレンジからの派遣者も加わったため発表数が増えている。また ISEF2014 からは、日本からの派遣枠が広がったため、発表数が増えている。

10 回の合計では発表件数は 63 件、入賞数は 17 件であり、入賞割合は 26%である。賞金総額は 30,000 ドルであり、賞金総額を発表件数で除すと 476 ドルとなる。

表 5-7 ISEF2013 の審査基準

審査基準	配点
Research Question	10 点
Design and Methodology	15 点
Execution 科学に関するプロジェクト： Data Collection, Analysis and Interpretation 技術に関するプロジェクト： Construction and Testing	20 点
Creativity	20 点
Presentation ポスター10 点，インタビュー25 点	35 点

ISEF2013 の審査基準は ISEF2012 時と比べて大きく変更された。審査項目が 5 つであることは変わらないが、項目はすべて変わった。Presentation は、ISEF2012 までは、それぞれの審査項目をを判断する要因にすぎなかったが、ISEF2013 以降は評価の対象となった。

審査員が、インタビューの前に審査対象となるポスターを評価することも昨年度までとは大きく異なる。このため、参加者にはポスターを分かりやすくかつ十分な情報を記載すること、かつインタビュー時には審査員がすでに内容を熟知していることを前提に、深い議論を進めることが推奨されている。

Presentation の項目では、単にポスターの見栄えや答え方を見るのではなく、発表者の基礎的な科学知識や、発表されている研究結果で言えるのはどこまでなのかを確認することが求められている。また、この項目の注意点として「直近の一年間での成果のみ」に焦点を絞って審査を行うことが記載されている。

## 第6章 高校生の研究内容および研究環境

### 6.1 日本の高校生の研究内容および研究環境

日本の高校生の研究は、ほとんどが所属学校で行われている。筑波大学では2012年から「つくば科学研究コンテスト兼茨城県高校生科学研究発表会」を開催している。つくば科学研究コンテストはBS・SSコースの昇格審査であり、一般の高校生は茨城県高校生科学研究発表会に参加している。茨城県高校生科学研究発表会での発表件数は毎年130組程度であるが、ほぼすべてが所属学校での研究である。

#### 6.1.1 日本の高校生の研究内容

2004-2014年の間に日本からISEFに派遣された研究は63件である。63件中8件がAnimalScience分野、2件がBehavioral and Social Sciences分野、3件が旧Biology分野であった。この13件の中では2件のみが、発表要旨の「目的」もしくは「考察」に「何かの役にたつ」「工業・商業的にこのようなことが可能になる」といった社会への還元について書かれている「実用につながる研究」であり、残りは全て基礎科学的な内容であった。

2012年3月に行われた「第1回つくば科学研究コンテスト兼茨城県高校生科学研究発表会」には茨城県を中心とした129件の高校生の発表があり、そのうち生物分野は56件であった。生物分野の発表のうち「実用につながる研究」は8件(14%)のみであった(第1回つくば科学研究コンテスト発表要旨集, 2012)。

日本の高校生の場合、研究者から見れば、すでに結果がわかっている研究をしていることも多く、ISEFに参加し高い評価を受けている高校生のように「新規性が高く、科学的にも価値が高い」研究を行っている高校生はごくまれである。

#### 6.1.2 日本の高校生の研究環境

日本の高校生は、所属学校で研究することがほとんどであり、大学や研究機

関において、自主研究を行うことは非常にまれなケースである。

SSHは、生徒一人一人が個別研究を行うカリキュラムとすることが多い。この場合、数十名の個人研究を数名の高校教員が指導することになり、決め細やかな研究指導は難しい。「つくば科学研究コンテスト兼茨城県高校生科学研究発表会」においても、発表件数が多いのはSSH校である。しかしながら、研究内容は、教科書に載っている実験をするだけのものや、明確な研究目的がないままに行われているものが多く見られる。

## 6.2 米国の高校生の研究内容および研究環境

ISEF2012には米国内の315のAffiliated Fairsから選ばれた876件が出場している。Affiliated Fairは地域ごとに行われる。ISEFおよびAffiliated Fairの参加要件は、個人または3名以下のチーム研究であり、チーム研究の場合、各メンバーがそれぞれ何を担当したかを明確にする必要がある。

参加者の多くは、大学等の高等教育機関で行われるScience Trainig Programに参加する。Science Trainig Programは米国全体で300以上あり、生徒はそこで、研究手法や、研究に必要な科学知識を身につけることができる。

### 6.2.1 米国の高校生の研究内容

ISEF2012において、米国からの発表件数は1,249件中876件と70%を占める(表5-1)。17分野のうち、米国からの発表件数の割合が高い分野は、Cellular and Molecular Biology (93%), Energy and Transportation (82%), Microbiology (81%), Medicine and Health (8%)であった。反対に米国からの発表件数の割合が低いのはChemistry (53%), Electrical and Mechanical (59%), Materials and Bioengineering (60%)であった。全分野中、最も発表件数が少ないのはEarth Sciece分野で個人発表17件、チーム発表3件の計20件であった。

Earth Sciece分野の発表件数はISEF2012では22件、ISEF2014では19件であり、毎年、他の分野と比べて極端に発表件数が少ない。このうち、米国チームのものはISEF2012では15件、ISEF2013では17件、ISEF2014では11件であ

り、米国においては、地学系の研究を行う生徒が少ないことが示唆される。

ISEF を主催している Society for Science は Intel Science Talent Search (以下、Intel STS と略記) という個人研究を行っている高校 3 年生を対象としたコンテストも開催している。Intel STS は、全米の高校 3 年生 300 名の中から予選を通過して選ばれた 40 名がファイナリストとなり、ワシントン DC で最終審査が行われる。大学の奨学金も含めた賞金総額は 63 万ドルに及ぶ。ファイナリストはホワイトハウスにて、大統領との歓談を行う。科学研究を行う米国の高校生にとっては、ISEF よりも Intel STS の出場の方が価値が高い。

Intel STS2014 のファイナリストのうち上位 5 名の研究テーマは

「Computer-aided Discovery of Novel Influenza Endonuclease Inhibitors to Combat Flu Pandemic」 「Strongly Coupled Electromechanical Modeling of the Heart in Moving Domains Using the Phase-Field Method」 「Advancing Precision Medicine: MicroRNA Prognostic Signatures and Prediction Models for Distant Metastasis Free Survival in Breast Cancer」 等、いずれも高度な内容で、実用性および社会的インパクトが高い研究であった。

### 6.2.2 米国の高校生の研究環境

米国では、サイエンスフェアでの入賞が、大学入学資格や奨学金取得に直接つながる。ISEF の中でも「入学した場合の奨学金」を賞金として Special Award とする大学があった。そのこともあり、米国の高校生には個人で研究することのモチベーションが高いと考えられる。

前述の通り Cellular and Molecular Biology, Microbiology, Medicine and Health の分野で米国の発表件数の割合が高いことから、米国の高校生は設備の整った施設で行う研究をすることが多いことが示唆される。

実際に、ISEF に出場する生徒の多くは、大学の研究室に通い、大学の設備を使って研究している。ISEF2012 では、がん治療法、インターネット関連技術、藻類からの石油生成技術といった実用的かつ大学院レベルの研究を行っている米国の高校生が多数みられた。ISEF では、専門家の指導を受けたり、専門的な

施設を使った場合には Regulated Research Institutional/Industrial Setting Form (1C) を予め記入し、展示ブースの前に掲示するという決まりがある。

ISEF2012 終了後に公表された Scientific Review Committee Report によると、ISEF2012 において Regulated Research Institution で行われた研究は 628 件で全発表のうち 50.3%を占めている (Society for Science & the Public, 2012d)。

ISEF2012 で最優秀賞を受賞した生徒も、高校の授業終了後、ジョーンズ・ホプキンス大学の膵臓がん研究者の下で研究を行っていた。

NPO 法人日本サイエンスサービスが ISEF2006 において、研究環境等についてのアンケートを行った (村本ら, 2006)。ISEF2006 は 47 の国・地域から、1,482 名の参加者があり、このうち 532 件の発表者から回答を得ている。87%は米国の発表者からの回答であった。「どこで研究を行ったか？」については、「高校」が 36.4%、「大学や研究所」が 35.9%であった。また、「メンターは誰だったか？」については「学校の先生」が 34.5%、「大学・研究所の教授」が 31.2%、「大学・研究所の研究者」が 15.3%であった。このことから、米国の高校生は専門家の指導をその専門家の研究室において受けていることが多いことがわかる。

また ISEF をはじめとする科学コンテストにおいて、入賞するためのガイドブックとして ISEF2012 の会場で販売されていた「Success with Science: The Winners' Guide to High School Research」では、「メンターとなる研究者の見つけ方とその研究室での研究の仕方」に一章が割かれている (Shiv Gaglani, 2011)。この本では「自分の研究テーマが決まったら、その分野の研究者にメールを書くこと」が推奨され、メールの見本も例示されている。研究者が受け入れた場合には研究室で研究をすることになるが、その際の「研究室内での振舞い方およびメンターとなった研究者へのアピールの仕方」についても詳細に記載されている。

### 6.3 中国の高校生の研究環境

中国では北京市教育委員会、北京市教育科学研究院の主導で「飛翔プロジェクト」が 2009 年に始まった。科学分野に優れた高校生を毎年 160 人程度選び、

彼らを定期的に大学，研究所にある国家重点実験室または有名な研究室に送り込み，科学者の近くで本格的な研究を経験させることにより，早い時期から生徒らのイノベーション意識，研究能力，社会的責任感を育成しているとのことである．各生徒に対して在籍高校の教員，拠点高校の教員，大学・研究所の有名研究者から成る「三人指導体制」が取られている．また才能教育の一環として，飛び級制度も体系的に行われている（趙，2012）．

ISEF2012 には，飛び級制度を取り入れて，科学教育にも力を入れている中高一貫校の北京第 8 中学校，中国人民大学附属中学校の生徒をはじめとする 23 組が発表し，1 等を 2 組，2 等を 4 組，3 等を 4 組，4 等を 4 組が受賞している．また ISEF2011 では成都国際学校の生徒が Computer Science 分野で Best 賞を受賞している．

ISEF2014 では Grand Award の特別賞に Intel Foundation Cultural and Scientific Visit to China Award が新設され，Best 賞を受賞した 4 名が中国で最大の科学コンテスト the China Adolescent Science and Technology Innovation Contest に招待された．本論文執筆者は ISEF2014 に参加したが，Computer Science と Chemistry の Best 賞が中国の高校生であったこともあり，中国の科学教育にかける意気込みと，科学技術分野での存在感の大きさを強く感じた．

#### 6.4 韓国の高校生の研究環境

韓国では 2002 年に「英才教育振興法」が施行され，政府主導の形で才能教育が進められている（北村ら，2005）．韓国科学英才高校をはじめとする 6 校が科学英才学校に指定されている．英才学校は，「英才教育振興法」により教育科学技術部長官が指定する学校として，学則により無学年制運営が可能で，教員任用等でも比較的自律的な運営が可能である（JST，2012）．英才学校の学生は，科学的な創造力で評価し選抜されており，中学 1，2 年生も受験可能（合格者は飛び級で進学）となっている．また，入学者は授業料免除，一部専門教科の単位は大学でも認定等の特典がある（JST，2013）．



ISEF2012 には韓国科学英才高校, 大田科学高等学校等の科学英才高校の生徒をはじめとする 9 件が出場し, 1 件が 3 等を受賞している.

ISEF2014 には Computer Science 分野 4 件, Electrical and Mechanical および Physics and Astronomy 分野で各 3 件, Materials and Bioengineering, Environmental Management 分野で各 2 件, Microbiology, Cellular and Molecular Biology, Energy and Transportation, Environmental Sciences 分野で各 1 件の合計 18 件の発表があった. このうち Electrical and Mechanical 分野で 3 等と 4 等を受賞している. ISEF2014 での結果はいいとはいえないが, ISEF2011 には韓国科学英才高校の生徒が環境科学分野で Best 賞を受賞している.

## 第7章 米国での科学技術人材教育

米国では21世紀の国力を維持・増強する施策として、STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育にも力を入れている。2015年度大統領予算教書のSTEM教育関連予算は、29億ドルとなっている。今後10年間でSTEM卒業生を100万人に増加させることを大統領目標としており、STEM教師の増強なども謳っている(White House Office, 2014)。

### 7.1 米国のSTEM教育

2013年5月に米国の国家科学技術会議(NSTC)はSTEM教育に関する5カ年計画を発表し、下記の目標があげられている(White House Office, 2013)。

- ・ STEM教育の改善:2020年までに優れたK-12 STEM教師を10万人増員し、既存のSTEM教員人口をサポートする
- ・ STEM学習の支援:高校卒業前にSTEM教育を経験している青年が50%増加するような支援を行う
- ・ 学部生のSTEM経験を増加させる:今後10年間にわたりSTEMの学位を取得する卒業生を100万人増加させる
- ・ STEM分野におけるマイノリティの待遇向上:今後10年間にわたり、マイノリティがSTEM分野で学士号を取得できるよう支援し、女性の参加を促す
- ・ 卒業後のSTEM職業訓練:学部でSTEMを学んだ学生に対し、就職に必要なとなる特殊技術や知識、研究手法など職業訓練の機会を提供する

米国では財団や民間企業等によるSTEM学生を増やす試みも始まった。マイノリティなどの学位取得をサポートするPosse財団が中心となり、5年間の間に、低所得層、および中所得層を中心に500人の学生を選抜し、STEM教育を行い、米国のトップ大学10校に進学させるプロジェクトには7,000万ドルが集まった(Posse Foundation, 2014)。

## 7.2 ジョージア州での Gifted 教育

米国では、多くの州で才能児教育(Gifted Education)がおこなわれている。連邦教育局では「Gifted は高水準の知的能力と創造性、および極めて高い学習意欲をしめす。Gifted は教育的および精神的・社会的に特徴があるため、それぞれの子どものニーズに合わせた教育が必要である」としている (U. S. Department of State, 2015) 。 Gifted には「課業に集中できなかつたり、話題から外れてしまうことがある。興味のあること以外のことをやりたがらない。」といった集団生活になじまない行動をする場合も多く、通常の学校生活ではドロップアウトしてしまうことも多い。そのため、Gifted には身体障害児等と同じように特別支援が必要ということで、40 の州では才能児教育を行うことが義務付けられている (Davidson Institute, 2014) 。 そのうち、ジョージア州、ミズーリ州、オクラホマ州、アイオワ州では才能児教育の資金をすべて州が捻出している。

特に才能児教育に熱心であるジョージア州では才能児を「高水準の知的能力と創造性、および極めて高い学習意欲をしめす。また特定の学習分野に優れており、特別の教授や補足的な学習がなければ、その能力に見合った学習水準への到達ができない子ども」とし、学習内容、教授法、学習目標を才能児に適合させたカリキュラム (Differentiated Curriculum) で教育を行っている (小倉, 2008) 。

ジョージア州では、2012-2013 年に 367 百万ドルを才能児教育にねん出している。ジョージア州では州の規定テストによって見出された才能児は、強制的に才能児教育を受けることになる。才能児教育を担当する教員は才能教育の資格認定者である必要があり、クラスの最大人数も K - Grade 5 では 17 名、Grade 6 - 12 では 21 名である (Georgia Department of Education, 2015) 。

高校生には難易度の高い教科の内容を少人数で学習するプログラムが用意されている。通常よりも難易度の高い科目 (Honored Courses) の提供や、AP (アドバンスド・プレースメント) や IB (国際バカロレア) のコースがあり、

大学への飛び入学も認められている。

### 7.3 トップ層を対象とした教育

米国の大学では、人材育成とアウトリーチ活動の一つとして、優秀な高校生を選抜し、夏休みに大学内で研究されるという試みが数多く行われている。

The Center for Excellence in Education では、世界各国から 80 名の高校生を選抜し、マサチューセッツ工科大学において、研究者の指導の下、6 週間の研究をさせている (The Center for Excellence in Education, 2015)。The University of Texas Southwestern Medical Center では、テキサス州ダラスエリアの高校生を約 10 名選抜し、8 週間にわたり大学内で研究を行わせている (The University of Texas Southwestern Medical Center, 2015)。

## 第8章 総括

OECDの国際学力調査PISAの結果からは、日本の中高生は理科の知識はあっても、学習意欲が低く、学習している内容が社会で役立つという意識も低いと言う特徴が見られた(国立教育政策研究所, 2013b)。知識基盤社会である21世紀においては、知識があることも必要であるが、それ以上に自ら問題を発見し、知識とスキルを用いて、その解決に向かっていく能力が必要である。このような能力は、自然には身につかない。このため、高等学校学習指導要領(文部科学省, 2009)の中で理科の科目の中に「理科課題研究」が設置され、SSH校での課題研究が推進されていると考えられる。しかし、課題研究には、教科書がなく、高校の理科教員には指導がしにくい。米国等では、高等教育機関に所属する科学者が、高校生の課題研究の指導者となっている例が多いのは前述の通りである。

平成23年8月19日に閣議決定された第4期科学技術基本計画は、「科学技術イノベーションの推進を担う多様な人材を、中長期的な視点から、戦略的に育成、支援していく必要がある。」(文部科学省, 2011)として、日本における科学技術人材育成の強化を謳っており、文部科学省は、平成26年度の概算要求において「世界で勝てる人材力の強化と研究開発インフラの整備・活用」を目的とし、「科学技術イノベーション人材の育成・活躍推進」のための予算請求を行った(文部科学省, 2014)。その結果、大学において次世代の科学技術人材として高校生を育成していく「グローバルサイエンスキャンパス」が4年継続のプログラムとして立ち上がった。グローバルサイエンスキャンパスは、年間予算が7,500万円・受講生数150名のプランSが2件、年間予算4,000万円・受講生数70名のプランAが6件採択された(JST, 2014)。この予算額は、未来の科学者養成講座の年間予算約1千万円、次世代科学者育成プログラムの年間予算400万円と比べて格段に大きく、日本において、次世代の科学技術人材の育成は、ますます重要かつ喫緊の課題となっていることがわかる。

日本において、大学が主体となり、科学技術人材の育成を目的として、高校

生の研究・学習を支援する取り組みは、「未来の科学者養成講座」が初めてであり、各実施機関での施行は今後の日本の科学教育に示唆を与えることになった。

## 8.1 未来の科学者養成講座の施行からの次世代科学技術人材育成方法の提案

未来の科学者養成講座の第1期採択は平成20年度であり、受講生は大学生になり始めたところである。そのため、現時点では本当に国力を支えるような科学技術人材の育成に有効であったかどうかは、不明である。しかしながら、未来の科学者養成講座からは、国内外の科学コンテストで受賞する生徒や、国際論文を投稿する生徒が輩出された。ISEF2014においてグランドアワード2等受賞者2名がいずれも未来の科学者養成講座出身者だったことは、この事業の有効性を示していると考えられる。

### 8.1.1 科学者自身が指導者となる意義

未来の科学者養成講座の実施機関はいずれも、受講生に対し、大学レベルの実習・講義等を行っている。JSTによるアンケートでは未来の科学者養成講座に参加した受講生の92.7%が「講座に参加したことで理科・数学に対する学習意欲・能力が高まったと思う」と回答している(JST, 2014)。講座受講のメリットとしては、受講生の95.6%が「学校では出来ないようなレベルの高い実験や実習ができたこと」、88.2%が「大学教員や院生から個別に指導を受けたり、いろいろ教えてもらったこと」をあげている。

理系トップ層の児童・生徒は、通常の学校での教育では、飽き足らず、より高いレベルの学びを欲していることがわかる。しかしながら、理数に秀でた児童・生徒たちを、初等中等教育課程の教員が適切に指導していくことは、専門性および実験・研究指導経験と言う点から、困難であると言わざるを得ない。専門性が高く、実験・研究指導に慣れている大学教員が関わることで、児童・生徒が高い成果を出すと言うことは、第4章で述べたとおりである。

また、児童・生徒にとって、科学者としてイメージしやすいのは「大学で研

究をしている人」であり、科学者を目指す小中学生にとって、「大学教員」と自分の研究についての語り合うことができるということは、「憧れの人と話す」ということになり、研究へのモチベーションを高める効果もあると考えられる。

実際に、研究を楽しんでいる科学者の姿を実際に見ることで、「将来自分もあんなふうになりたい。科学者になりたい。」ということで研究意欲が高まったという未来の科学者養成講座の受講生は多い。例えば、筑波大学BSリーグの受講生は下記のように述べている。

### 【実習感想文】

筑波大学菅平高原実験センターでのフィールド実習でよかったことは、憧れるような先生に出会えたことです。今回△△の実習で教えてくださった〇〇先生は、私たちまでが△△を好きになってしまいそうなくらい△△を愛おしそうに、楽しそうに話してくださいました。私はそんな〇〇先生の姿を見て、「あんなふうな研究者になりたい」と思いました。私にとって、〇〇先生との出会いは本当に大きなものだったと思います。(高2女子)

これらのことから、次世代の科学者の指導については、科学者である大学教員の関与が非常に有効であることがわかる。

米国では科学教育の再構築を図る NPO 団体 Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) が 2008 年に「Scientists in Science Education」という小冊子を発行している (BSCS, 2008)。この小冊子では、科学者が、学校に赴いて講義を行う等の科学教育を行う場合の注意点や現在の米国の科学カリキュラム等が紹介されている。また National Institutes of Health では、主にポストドクを対象にして、「科学者が科学教育を行うためのワークショップ」を開催している。ISEF に出場する高校生が多くが、科学者のもとで研究をしていることから明らかなように、米国では、科学者が積極的に初等中等教育に関わっている。また、それが科学者自身の評価にもつながっている。

日本においても科学者のアウトリーチ活動が推進されている。文部科学省の

科学技術振興調整費「重要課題解決型研究等の推進」では、新規採択課題の直接経費のおおむね3%をアウトリーチ活動に充当する制度を導入し、研究実施者に対して、社会・国民に分かりやすくその研究の科学的・政策的意義について説明し、理解を求めるよう努めることを義務づけている。アウトリーチ活動として高校生の研究を支援していく仕組みを整えば、日本でも多くの科学者が科学教育に関わるようになり、高校生の研究も深化すると考えられる。

#### 8.1.2 卓越した児童・生徒の孤立感の解消について

未来の科学者養成講座の受講生のように卓越した児童・生徒は、通常の学校生活では同じレベルで語り合える仲間を見つけることが困難である。そのため、各実施機関で行われる実習や、JSTが主催した全国受講生研究発表会は、同じ志を持った子どもたちが相互に刺激し合い、話題を共有することができるコミュニティを形成する場としての効果が非常に高かった。「普段、話せないことを話し合える仲間との出会いが嬉しかった」という感想は、筑波大学の受講生以外でも多くの機関の受講生が受講の感想に共通して書いている。卓越しているゆえに周囲から浮きこぼれてしまいがちな彼ら・彼女らが、同じレベルで語り合える仲間たちと、寝食をともにし、長時間語り合うことで、個人レベルの横のつながりが生まれた。このことは、その後の研究のモチベーションの維持につながった。

次世代の科学技術人材の育成を考えた場合には、通常の学校生活においては科学や研究について語る機会を持ちにくい彼ら・彼女らが思う存分語り合い、横のつながりを作ることのできる場の提供が必須であり、実習のように長時間一緒に過ごす場の提供は非常に大切だと言える。

#### 8.2 次世代科学技術者育成に当たっての日本の科学教育の課題

筑波大学BSリーグ、SSリーグの運営と、ISEF2012およびISEF2014への参加を通して、日本において次世代を支える科学技術者となるトップ人材を育成するためには、多くの課題があることがわかった。



### 8.2.1 高校教員の指導能力と研究に対する考え方

第6章で述べたように、日本の高校生は、高校の理科室の機材・試薬等を用いて研究を行い、指導者も高校教員であることがほとんどである。国立教育政策研究所によると、日本の高校理科教員のうち、大学院を修了している割合は4割に満たない（国立教育政策研究所，2008）。

日本の高校教員の質については、日本学術会議においても問題視しており、平成19年に「これからの教師の科学的教養と教員養成のあり方について」の要望書で、「現在、先進諸国において、教員養成は大学院レベルで行われている。例えば、学力世界一と評価されるフィンランドの教師はすべて修士号の取得者である。米国においては、最初の赴任時には学部教育レベルの教師が多い。しかし、5-7年後のテニユア取得時に教育修士号の取得が要求されており、半数以上の教師が修士号取得者である（中略）。それに対して、日本では高校教師の修士号取得者は11.1%に過ぎない。」と危機感を表明している（日本学術会議，2007）。

筑波大学で開催されている「つくば科学研究コンテスト兼茨城県高校生科学研究発表会」での高校生の発表には、教科書に掲載されている実験を行っただけのものや、対照実験のないものなどが散見される。このことは、指導者である高校教員が「研究」を理解していないことに起因すると考えられる。

高校教員の研究指導能力の向上は、科学技術人材の育成において、非常に重要であるといえる。大学院を修了せずに生徒の研究を適切に指導できる理科教員は稀である。また、自ら主体的に研究を行い、修士または博士論文としてまとめる経験をしている大学院修了者でなければ、真の研究指導はできないと考える。少なくともSSH校など自主研究に力を入れている高校においては、博士課程を修了し、自信を持って研究指導を行える理科教員の配置が必須であろう。

米国の高校生は、「高校生でも世界を揺るがす研究を行うことができる」と信じ、困難な課題に挑戦している。一方で、日本の高校生で「自らの研究で世界を変える」と信じて研究を行っている例は少ないと考えられる。ISEF2012で最

優秀賞を受賞したのは、膵臓がんの早期発見の研究を行った15歳の生徒であった。日本において、15歳の生徒が「膵臓がんの研究をしたい」といった場合に、高校教員が、研究を支援することは考えにくい。高校生が「自分たちでも素晴らしい研究を行うことができる」という意識を持つためには、まずは高校教員自らが研究スキルと高い志を有し、生徒と研究の醍醐味を共有できる必要がある。

### 8.2.2 日米の高校生の研究テーマの設定の違い

ISEFで最優秀賞を受賞したのは2010年「光線力学的療法(PDT)のための量子ドット感光剤の開発」、2011年「コンプトン散乱の二次放射線を用いた擬似癌細胞の治療」、2012年「膵臓がん検出のための新しい紙状センサーの研究」、2013年「人工知能の低価格自動走行車開発への利用」、2014年度「腫瘍抑制遺伝子に生じる変異の性質の特定」といずれも非常に高度かつ実用的な研究であった。

一方JSECの文部科学大臣賞は、2009年度は「 $\Sigma K^m$ の自作公式」、2010年度は「折り紙を用いた多面体の切断・分割と空間の充填」、2011年度はSSリーグ生の「土壌動物相に関する研究」であり、2013年度もSSリーグ生の「ダンゴムの左右交互に曲がる行動がどのように起こるか」といずれも基礎科学的な内容であった。

日本では、自分が興味を持った現象について実験を行い、疑問を解決していく基礎科学的な研究が多く、研究の社会的意義や、研究結果の応用についてまで考えている研究は少ない。また「自分の研究の意義」を自分の言葉で語る力も不足している。つくば科学研究コンテストおよびJSECに参加している高校生には、「なぜその研究を始めたのか?」という問いに対して、「先輩がやっていた研究を引き継いでいる」「研究テーマは教員に与えられた」という生徒が多い。

ISEFにおいて入賞している生徒たちは、自らが見つけた疑問や解決したい事柄について、主体的に取り組んでいる。評価項目の中でもCreative Ability(創造性)は100点中30点を占め、重視されていることがわかる。ISEFでは

審査員が「あなたがこの研究に取り組んだきっかけは何か？」ということを確認する。この質問について「先輩がやっていたから」と答えるようでは、「オリジナリティに欠ける」と判断され、評価は低いであろう。科学技術人材には、自ら疑問を見つける主体性が必須である。日本で科学研究を行っている児童・生徒についても、「どうして自分はこの研究を行っているのか？」「何をどう解決したいと思ったのか？」と言った点について、明確に答えることができる力の育成が必須である。先輩がやっていたことを引き継いで研究しているのであっても、何が面白くて、どんなことを解明したいと思っているのかを自分自身の言葉で答えられなければならない。

### 8.2.3 大学教員の負担

大学で理数に秀でた生徒を支援する方法としては、「個別研究支援型」と「グループ研究支援型」があった。

個別研究支援型は、受講生の研究テーマ及び研究レベルにあった指導が必要であり、実施機関の大学教員にとっての負担が大きい。筑波大学 BS リーグの場合、受講生一人一人にチューター教員が配属され、受講生独自の研究について継続的に指導を行った。その結果、未来の科学者養成講座の中でも、全国受講生研究発表会での受講生の成果は最も高かった。しかし、未来の科学者養成講座実施機関連携協議会等で他機関から「なぜそのように教員が協力的なのか？」と言う質問が相次いだことからわかるように、多くの教員が継続的に関わることになる筑波大学の方法は、大学としては取り組みにくいものであると考えられる。東京大学、静岡大学（工）が筑波大学と同じように、受講生の独自テーマの研究を支援しているが、東京大学は約 15 名、静岡大学（工）は約 10 名であり、人数に限られる。

また、大学が主体的に高校生を支援するには、昨今の大学の状況も勘案する必要がある。平成 26 年に日本学術振興会は、日本の高等教育の国際競争力の向上及びグローバル人材の育成を図るため、国際化を徹底化して進める大学をスーパーグローバル大学として採択した（日本学術振興会 2014）。

スーパーグローバル大学はタイプ A とタイプ B に分かれており、タイプ A (トップ型) には世界レベルの教育研究を行うトップ大学として 13 大学が、タイプ B (グローバル化牽引型) には日本のグローバル化を牽引する大学として 24 大学が採択された。タイプ A に採択された大学は今後、研究型の大学として、研究に力を入れていく必要がある。一方、タイプ A 採択大学のうち、8 大学 (北海道大学, 東北大学, 筑波大学, 慶應義塾大学, 京都大学, 大阪大学, 広島大学, 九州大学) は卓越した意欲・能力を有する高校生を支援し、傑出した科学技術人材に育成することを目的としたグローバルサイエンスキャンパスにも採択されている。これらの大学の教員は、研究、大学生の教育、大学院生の指導に加えて、高校生の支援も行うことになる。

これまで 150 名以上の高校生と接してきた本論文執筆者は、卓越した高校生は、優れた研究成果を持っている大学教員に対して憧れをもち、指導を受けることで、研究意欲を高めていると考えている。その点では意欲および能力の高い高校生に対してはスーパーグローバル大学タイプ A 採択大学での個別研究支援が有効である。一方で、意欲や能力がそれほど高くない高校生の場合には、まずは高校教員が指導を行い、研究能力を高め、その後、大学教員の支援を受けるといったことが必要だと考える。

大学教員の本務は、学生の教育と自身の研究活動であり、高校生の育成については、社会貢献活動としての意味合いが強い。このため一部の教員に負担が大きくなる。大学教員の高校生の育成への寄与を正當に評価する仕組みを整えない限り、未来の科学者養成講座のように大学が主体となって高校生を育成する事業を拡げていくことは難しい。

#### 8.2.4 Gifted の生徒への対応

米国では「課業に集中できなかつたり、話題から外れてしまうことがある。興味のあること以外のことをやりたがらない」という特徴のある Gifted の生徒専用のプログラムがあり専門の教員もいるが、日本では Gifted 教育の専門家は非常に少ない。

書類審査で受け入れる筑波大学のような実施機関においては、特定分野において優れているが、他者とのコミュニケーションをとることが難しく、米国ではおそらく Gifted とし特別支援を受けるであろう受講生が時折見られる。このような生徒は、グループワークができない、興味がない講座の場合は、勝手に他のことをする等の行動が見られ、講座運営に困難が生じた。

「未来の科学者養成講座」では、高度で独創的な科学的探究能力を持ち、科学コミュニティ（ネットワーク）を形成・参画する力を育成するプログラムの開発・実施が望まれた。一方、Gifted の児童・生徒は、コミュニケーションをとることが難しいため、コミュニティを形成する力というよりも、能力を生かして社会と関わっていく力の育成が重要だと考える。Gifted の児童・生徒は日本でも一定数おり、学校教育の中では、本人も周りも大きなストレスを抱えていることが推測される。東京大学では、平成 26 年度から「異才発掘プロジェクト ROCKET」として、突出した能力はあるが、現状の教育環境に馴染めず、不登校傾向にある小・中学校生を選抜し、継続的な学習保障及び生活のサポートを提供することで、将来の日本をリードする人材を養成するプロジェクトが始まった（東京大学、2014）。このプロジェクトへの応募者は 600 名を超えたことから、日本においても、Gifted 教育のニーズは高いことがわかる。

未来の科学者養成講座やグローバルサイエンスキャンパスは才能児を育成するためのプログラムではあるが、Gifted の児童・生徒への支援を行うことは、目的の違いからも困難である。Gifted 教育としては、未来の科学者養成講座やグローバルサイエンスキャンパスとは別の支援策が考えられるべきである。

#### 8.2.5 高校生が大学の研究室で研究するための整備

日本においては、大学をはじめとする研究機関で高校生が研究を行うことは非常に稀である。筑波大学 BS リーグに所属し、ISEF に参加した生徒も、研究自体は家庭もしくは所属校で行っていた。

米国では一カ月以上の長期にわたって大学の研究室で高校生が個別研究を行うサマープログラムが数多く存在する。一方、日本では、JST が高校生を対

象に行うサイエンスキャンプ（JST, 2015）を開催しており、大学や研究施設などで実習を受講することはできるが、個別研究ではなく、あらかじめ用意されていた実験を行うのみである。

日本の大学では、大学の設備と消耗品を使って研究をすることは通常、卒業研究の段階で初めて行うことである。しかし近年、高校のうちから研究になじんできた学生が、推薦入試やAO入試等で大学に入学したとたん、研究から遠ざけられてしまう事で意欲が失われてしまう事が問題となってきた。そのため、入学当初から研究室に配属されて研究を行うプロジェクトが始まった（文部科学省, 2010）ところである。大学に所属している1-3年次生ですら研究室に入って研究するのが難しい状況である日本において、高校生が大学の研究室にて個別研究をするという例はまれである。

このような中で、未来の科学者養成講座の受講生が、大学の研究室において研究し、学術論文を投稿する成果を上げたということは、トップ層の高校生の教育のあり方を問い直す意義があったと考えられる。

ISEF では高い研究意欲を持った高校生が、専門機関で研究を行っている例が多くみられた。例えば前述の ISEF2012 で最優秀賞を受賞した米国の高校生は、身近な人を膵臓がんで亡くしたことをきっかけに、膵臓がんの早期発見を行うことを目的としてジョーンズ・ホプキンス大学で研究を行っていた。このように目的が明確で、研究意欲を高い場合には、自ら主体的に高度な研究を遂行することが可能になると考えられる。

日本でも、非常に高い意欲と十分な知識スキルを持っている生徒が高度で専門的な研究を行いたい場合には、研究機関での研究を行えるように支援する仕組みは必要であろう。そのためには、今後、研究費用の負担、問題が起こった場合の責任体制等、正式な研究室のメンバーではない高校生を受け入れる場合の制度作りを進めていく必要がある。

#### 8.2.6 大学入学試験の変更に伴う課題

現在、日本では大学入学試験が大きく変わろうとしている。日本では、これ

まで個別研究の成果は限られた大学の A0 入試、推薦入試でのみ評価されてきた。東京大学や京都大学では、A0 入試や推薦入試がなく、学力試験のみであったことから、トップ層の生徒達は、研究よりも受験勉強を重視してきた。平成 28 年度入試からは、東京大学でも推薦入試が始まる。理学部の推薦要件としては「自然科学に強い関心を持ち、自然科学の一つもしくは複数の分野において、卓越した能力を有することを示す明らかな実績があること。（実績の例：科学オリンピック（数学、物理、化学、生物学、地学、情報）、高校生科学技術チャレンジ、日本学生科学賞など、国内外で開催された各種コンテストの上位入賞者、商品レベルのソフトウェア開発経験者など）」とされており（東京大学、2015）、ISEF 出場者は推薦要件に当てはまることになる。このように科学コンテストでの実績が大学入学につながることになれば、高校生が個別研究を行うモチベーションは高まるであろう。

しかしながら、未来の科学者養成講座やグローバルサイエンスキャンパスの受講生のように大学主体の科学技術人材育成プログラムを受講し大学教員の支援を受けている高校生と、全く支援を受けず自分一人で行っている高校生では研究内容の深さに差が生じる。この差異については、今後、問題が生じる可能性がある。

未来の科学者養成講座の実施機関には「将来科学者として活躍できるような人間になりたい」といった志や、「高度な実験・実習や研究を実際にやってみて、自分が科学に向いているかどうかを確かめたい」といった進路選択上の切実な問題意識を持って応募してくるのではなく、当の大学に入学したいがための手段として応募してくるようなケースもあったと言う。今後、「大学入学への手段として個別研究を行う」高校生が増えてくる可能性は否めない。

また、大学入試運営業務にも問題が生じうる。筑波大学では、BS リーグの受講生が AC 入試や推薦入試を受験し、入学している。AC 入試や推薦入試では面接試験が行われるが、個別支援を行っていたチューター教員が面接を行うことは公正さを欠くことになるため不可能である。このため、面接を担当できる教員数が不足することになり、入試業務に支障が生じ始めている。

科学技術人材の育成と言う点では大学主体の育成プログラムは非常に有効であるが、大学入学試験の公正さと言う観点においては、議論が必要であろう。

#### 8.2.7 生命産業科学分野の人材育成の課題

ISEF2012 では Cellular and Molecular Biology の発表件数は 56 件、Microbiology は 61 件、Medicine and Health は 90 件におよんだ。しかし、日本の高校生の科学コンテストにおいて、これらの分野の発表は、ほとんどない。

ISEF2014 の最優秀賞は Medicine and Health 分野のがん遺伝子の研究「Characteristics of Deleterious Mutations in Tumor Suppressor Genes」であった。この分野の First Award には「Early Cancer Diagnosis and Treatment through the Detection of Circulating Tumor Cells Using Drop-based Microfluidics」「Towards a Combination Antiviral Therapy for Flu: An Interdisciplinary Drug Discovery Effort」の 2 件も選ばれている。いずれも医療に直結した研究内容である。

米国では The American Society for Cell Biology (ASCB) が初等中等および高等教育段階での Life Sciences Education についての学術誌「CBE-Life Sciences Education」を発行している。児童・生徒・学生に対し、ライフサイエンス・細胞生物学・発生生物学・神経科学・生化学・分子生物学・遺伝学・ゲノム学・バイオインフォマティクス・プロテオミクスをどのように学ばせるかということを論じることが、この雑誌の目的とされる(ASCB, 2015)。このように、学会が、その分野の研究者を育てていくための手段として、科学教育雑誌を発行している例は日本にはない。

日本では、高校教育までの段階では、基礎科学を学ぶことに重点が置かれている。一方で、米国では、高校生の段階で健康や医療、環境問題など生活に直接関わることを学び、研究している。1953 年の DNA 二重らせんの発見以降、分子生物学分野をはじめとしたライフサイエンス分野の研究の進展は目覚ましい。それに伴い医療や食料生産などにおいて、私たちの実生活で必要とされる科学知識も増えている。遺伝子についての知識がない場合に、遺伝子治療の是非の



判断はできないであろう。基礎科学が重要であるのはもちろんであるが、実生活と結びついた科学教育を行う必要性もあるのではないか？

生命産業科学分野の研究を担う人材の育成は、大学に入ってから教育でも間に合う。しかし、生命産業科学分野の知識や考え方については、研究を担う人材のみならず、21世紀を生きるすべての人にとって必要である。初等中等教育段階から、生命産業科学分野の教育を行うことは、日本にとっても必要であり、そのための動きが待たれる。

### 8.3 科学技術人材育成における個別研究支援の有効性

科学技術創造立国としての日本の国際的地位の向上に資する人材の輩出を第一義的な目的（JST, 2014）として始められた未来の科学者養成講座は、Intel ISEF2014では筑波大学BSリーグ受講生がAnimal Science分野グランドアワード2等、東北大学科学者の卵の受講生がEnergy and Transportation分野グランドアワード2等を受賞する等、効果が現れてきている。

本論文執筆者はこれまで7年間にわたって、筑波大学BSリーグとその後継プログラムである筑波大学SSリーグおよび筑波大学GFESTの運営を中心的に行い、延べ150名以上の理数に秀でた児童・生徒たちと関わってきた。

同時に、ISEF2012, ISEF2014に引率者として参加することで、世界トップ層の生徒たちの研究内容を知り、つくば科学研究コンテストの運営において延べ600件以上の高校生の研究発表要旨に目を通すことで、日本の高校生の研究内容を見てきた。

多くの児童・生徒と接してきた今、やはり日本の科学教育には問題があると言わざるを得ない。毎年、科学に興味がある複数の生徒たちから、「学校では研究の話は出来ない。面白さをわかってもらえない」「学校の先生には、研究の内容を理解してもらえず、支援を受けることができなかった」という話を聞く。「だから、BSリーグがあって本当によかった。」「専門的なアドバイスを受けることができ、研究がよりいっそう楽しくなった。」という言葉を書くのは嬉しいが、一方で、面白さをわかってもらえないまま孤立し、研究のアドバイスをうけら

れないまま研究意欲・科学への関心を失っていく児童・生徒たちが数多くいる  
と言う事実を考えが至る。

未来の科学者養成講座の実施機関はいずれも、受講生が集まる機会を設けて  
いたため、理数に秀でた児童・生徒たちの孤立感の解消と言う点においては、  
どの実施機関でも大きな違いはない。

一方で、個別研究支援を行っていた実施機関と集団支援のみの実施機関では、  
全国受講生研究発表会での受賞結果および受講生の科学技術コンテストの実績  
に差が見られた。このことは、少なくとも受講時においては、科学技術コンテ  
スト等で評価される独創性や、課題解決能力、コミュニケーション能力等につ  
いて個別研究支援を行っている実施機関の受講生の方が高いことを示唆してい  
る。自らが疑問に思ったことについて、解決するための実験方法を考え、実施  
し、考察し、発表をするといった一連の自主研究を行うことは、科学技術人材  
として必要な課題設定能力、論理的思考力、コミュニケーション能力を身につ  
けることにつながる。しかし、初等中等教育段階の児童・生徒たちが自主研究  
を行う際に、実験方法が適切であるかということや、考察の仕方が正しいかとい  
うことについては、自分たちでは判断することが難しく、適切なアドバイス  
が必要になると考える。それには、受講生一人一人に合わせた専門家による個  
別研究支援が必要であろう。

ISEF2009 に出場したアメリカ人高校生 6 名を追ったルポタージュ「理系の子」  
(ダットン・ジュディ, 2012) には、高校生の研究を熱心にサポートする大学教  
職員、研究者が書かれている。ISEF2012 で最優秀賞を受賞した生徒は、研究者  
の指導の下、実験を続けた。児童・生徒の研究を専門家が個別に支援すること  
は、アメリカではごく普通に行われている。筑波大学 BS リーグ、東北大学科学  
者の卵で個別研究支援を受けていた生徒が ISEF2014 において、2 等を受賞した  
ことから、日本の高校生が適切に指導を受けることにより高いレベルの自主  
研究を行うことができることがわかる。

これからの日本の国力を支えるための人材育成として、初等中等教育段階の  
児童・生徒への科学教育は非常に重要であり、そのための手段として高等教育

機関である大学における個別研究支援は有効である。

科学に興味のある児童・生徒たちが存分に好きな科学を語らい、適切に専門的なサポートを受けられる仕組みとして、大学における個別研究支援をさらに充実させることで、彼ら・彼女らの科学の才能の伸長を支援して行きたい。

## 要約

### 背景・目的

21世紀に入り，世界各国において，国力の発展・維持を図るために，新しい産業を興す力を持つ科学技術人材の育成が非常に重要になっている．本研究は，大学による初等・中等教育段階の児童・生徒の育成プログラムについての分析とその効果の検証，および国際学生科学技術フェアの分析や米国での科学技術人材教育等を検証することにより，日本において有効な次世代の科学技術人材の育成法を明らかにすることを目的とする．

### 【大学により行われた育成方法の検証】

独立行政法人科学技術振興機構は，卓越した児童・生徒の能力をさらに伸ばし，質の高い科学者の卵を育成するために，大学において，初等・中等教育課程にある児童・生徒の支援を行う「未来の科学者養成講座」事業を，平成20年度より始めた．4年間に17大学18機関が採択され，それぞれの実施機関で初等中等教育段階の児童・生徒を対象にしたプログラムが開発・実施された．未来の科学者養成講座は，通常の学校生活では出会うことの難しい「科学に関する話を熱く語り合える仲間」と出会い，初等中等教育段階の教員からは得ることのできない質の高い専門的な指導を受けることができた．このことは，受講生の科学への関心や研究・学習への意欲を高めた．一方で，大学教員の負担は大きく，評価制度等の整備が必要であることもわかった．

筑波大学BSリーグでは，受講生それぞれの研究テーマに合わせて大学教員および大学院生を配置し，個別研究支援を行うことにより，国内外の科学技術コンテストの受賞者を輩出する高い成果をあげた．

### 【国際学生科学技術フェアおよび米国の科学技術人材教育の分析】

世界各国の高校生が集まり，1,500件以上の発表が行われるISEF2012（国際学生科学技術フェア，International Science and Engineering Fair）の参加者

について、発表内容、受賞結果等を分析した。米国の高校生は、大学等の研究機関において、大学教員等の専門家の指導の下、長期にわたって研究をしているケースが多かった。一方、日本の高校生の研究は主に所属高校において高校教員の指導の下で行われており、研究環境が大きく異なっていた。また米国の高校生の研究内容は実用的で、社会と関連したものが多く、この点でも日本の高校生とは異なっていた。

ISEF2014には未来の科学者養成講座の受講生として東北大学、筑波大学でそれぞれ個別研究支援を受けていた受講生2名が優等賞2等を受賞した。

## 結論

本研究により、個別研究支援を行うことで、優れた自主研究を行う高校生の育成が可能になることが明らかになった。

科学に対して高い関心のあり、理数に秀でた児童・生徒が資質を伸ばしていくためには、仲間と相互に啓発しあい孤立感を解消する場、および研究者である大学教員からの直接の支援が必要であると同時に有効であった。

日本においては、児童・生徒への研究支援は主に所属学校の教員により行われ、研究も所属学校で行われることがほとんどであるが、米国等では、専門家の指導の下、研究機関において個別に研究支援を受け、高度な研究を行う高校生が多かった。世界各国の高校生が研究成果を競うISEFの分析からは、日本と米国等の高校生との研究内容の違いも明らかになった。また日本において、大学が初等中等教育の児童・生徒の支援を行うには、大学教員の評価制度を含めて検討すべき課題が多いことも明らかになった。

一方、日本においても、初等中等教育段階の児童・生徒に対して、個別研究支援を行うことで、優れた自主研究を行う生徒の育成は可能であることはわかったが、彼らが科学技術人材になるかどうかについては、更なる検証が必要である。

## 論文目録

尾嶋好美・土岐田昌和・町田龍一郎・佐藤忍・小野道之 自由研究支援を通じた未来の科学者の育成：筑波大学「未来の科学者養成講座」BSリーグの取り組みについて，科学教育研究 36(2)，142-152，2012-06-10

尾嶋好美・町田龍一郎・佐藤忍・小野道之 次世代の科学技術人材の育成方法について：高校生対象の科学研究コンテストおよび研究環境の日米の比較から，科学教育研究 37(4)，295-306，2013-12-10

尾嶋好美・渡辺政隆 参加者と実施者双方向の学びを促すサイエンスコミュニケーション：筑波大学キッズ・ユニバーシティの試み，サイエンスコミュニケーション 1 (1)，76-83，2012-10-31

## 謝辞

本研究を取りまとめるまで長期にわたり、細やかな心配りのもと懇親なるご指導、ご校閲くださった筑波大学生命環境系小野道之准教授と佐藤忍教授に厚く御礼申し上げます。

本論文をご校閲くださり、ご指導いただきました筑波大学生命環境系渡邊和男教授、中村幸治教授に御礼申し上げます。

筑波大学BSリーグ・SSリーグに参加した児童・生徒と、それをサポートするチューター教員およびティーチングアシスタントの真摯な研究および研究支援活動なくして次世代科学技術人材の育成法を開発することはできませんでした。関係する皆様に深く感謝いたします。

筑波大学BSリーグは、平成20年度から平成22年度までJST「未来の科学者養成講座」受託事業として、SSリーグは平成24年度および平成25年度のJST「次世代科学者育成プログラム」受託事業として行われました。御礼申し上げます。

最後に、側面から研究活動を支援してくれた二人の子どもたちと夫、そして両親に感謝いたします。

## 和文引用・参考文献

- ダットン ジュディ，理系の子—高校生科学オリンピックの青春，文藝春秋，2012.
- 石川浩之：韓国の英才教育院における才能教育の現況と実態，京都大学大学院教育学研究科紀要，53：445-459，2007.
- 堀田のぞみ：科学技術政策と理科教育—初等中等段階からの科学技術人材育成に関する欧米の取組み—，国立国会図書館科学技術に関する調査プロジェクト調査報告書，2011.
- 岩永雅也・松村暢隆：才能と教育—個性と才能の新たな地平へ—，放送大学大学院教材，2010.
- JST：理科教育支援検討タスクフォース才能育成分科会，科学技術イノベーションを支える卓越した才能を見出し，開花させるために～社会が協力して子どもたちの理数系の才能を育てる一貫したシステムの構築を～，2010.
- JST：未来の科学者養成講座平成20年度採択機関京都大学最終報告書，2011.
- JST：未来の科学者養成講座平成20年度採択機関岡山大学最終報告書，2011.
- JST：未来の科学者養成講座平成20年度採択機関筑波大学最終報告書，2011.
- JST：未来の科学者養成講座平成21年度採択機関東北大学最終報告書，2012.
- JST：未来の科学者養成講座平成21年度採択機関慶應義塾大学最終報告書，2012.
- JST：次世代科学者育成プログラム推進委員会．理系トップ人材育成事業の拡充に向けて，2013.
- 北村勝朗・倉元直樹：韓国における理数科の才能教育，教育情報学研究，第3号，135-144，2005.
- 松田良一：世界の科学教育，明石書店，2006.
- 文部科学省：第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定），2011.
- 文部科学省：平成24年版科学技術白書，2012.



- 文部科学省：平成26年版科学技術白書，2014.
- 内閣府：長期戦略指針「イノベーション25」，2009.
- 野添絹子：中国の才能教育の現状と課題：アメリカとの比較，東洋文化研究 9，63-91，2007-03.
- 小倉康：「科学的リテラシーと科学的探究能力」，平成17年度科学研究費補助金特定領域研究（課題番号17011073）『「科学的探究能力の育成を軸としたカリキュラムにおける評価法開発」研究報告書』，2006.
- 尾嶋好美，土岐田昌和，町田龍一郎，佐藤忍，小野道之：自主研究支援を通じた未来の科学者の育成，科学教育研究，Vol136 no.2 142-152，2012.
- 尾嶋好美，町田龍一郎，佐藤忍，小野道之：次世代の科学技術人材の育成方法について：高校生対象の科学研究コンテストおよび研究環境の日米の比較から，科学教育研究，Vol137 no.4 295-306，2013.
- つくば科学研究発表会兼茨城県高校生科学研究発表会発表要旨，2012.
- つくば生物ジャーナル特集SSリーグ研究報告：Vol 10 No6，2011.

## 英文引用 · 参考文献

- Debra A. Felix, Mark D. Hertle, Jill G. Conley, Lori B. Washington, and Peter J. Bruns: Assessing precollege Science Education Outreach Initiatives: A Funder's Perspective, *Cell Biology Education* Vol. 3, 189-195, 2004.
- Mark A. Templin, Rodney L. Doran, Joseph F. Engemann : A Locally Based Science Mentorship Program For High Achieving Students: Unearthing Issues That Influence Affective Outcome School Science and Mathematics, 99(4), 205-213, 1999.
- OECD: Science, Technology and Industrie Scoreboard 2013, DOI:10.1787/sti\_scoreboard-2013-en, 2013.
- Shiv Gaglani: Success with Science: The Winners' Guide to High School Research, Research Corporation for Science Advancement, 2011.
- Sumida Manabu: Emerging Trends in Japan in Education of the Gifted: A Focus on Science Education, *Journal for the Education of the Gifted* vol36 no.3 277-289, 2013.
- United Nations Development programme: 2013 Human Development Report, 2013.

## 和文引用URL

- 趙晋平：中国における科学技術イノベーション人材の早期育成－才能教育の現状，JSTサイエンスポータル，[http://scienceportal.jst.go.jp/reports/launchout/20120321\\_01.html](http://scienceportal.jst.go.jp/reports/launchout/20120321_01.html)，2012.
- 遠竹智寿子：国際科学チャレンジ『Intel ISEF 2010』取材レポート，[http://news.mynavi.jp/articles/2010/09/06/intel\\_isef\\_04/index.html](http://news.mynavi.jp/articles/2010/09/06/intel_isef_04/index.html)，2010.
- Google：Google Science Fair：<https://www.google-sciencefair.com/ja/competition>，2015.
- インテル：Intel ISEFパンフレット，<http://www.intel.co.jp/content/dam/www/public/ijkk/jp/ja/documents/education/ISEF/ISEF2012-leaf.pdf>，2012.
- JST理科教育支援検討タスクフォース才能教育分科会：科学技術イノベーションを支える卓越した才能を見出し，開花させるために，[http://www.jst.go.jp/cpse/risushien/highschool/cpse\\_report\\_008.pdf](http://www.jst.go.jp/cpse/risushien/highschool/cpse_report_008.pdf)，2010.
- JST：サイエンスキャンプ，<http://www.jst.go.jp/cpse/sciencecamp/index.html>，2015.
- JST：科学技術・イノベーション動向報告韓国編～2013年度版～，<http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2013/OR/CRDS-FY2013-OR-03.pdf>，2013.
- 国立教育政策研究所：第3期科学技術基本計画のフォローアップ「理数教育部分」に係る調査研究，[http://www.nier.go.jp/seika\\_kaihatsu/risu\\_1\\_2syou.pdf](http://www.nier.go.jp/seika_kaihatsu/risu_1_2syou.pdf)，2008.
- 国立教育政策研究所：IEA国際数学・理科教育動向調査の2011年調査，[http://www.nier.go.jp/timss/2011/T11\\_gaiyou.pdf](http://www.nier.go.jp/timss/2011/T11_gaiyou.pdf)，2011.
- 国立教育政策研究所：OECD生徒の学習到達度調査，[http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2012\\_result\\_outline.pdf](http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2012_result_outline.pdf)，2013b.
- 国立教育政策研究所：未来の学校づくりに関する調査研究，[http://www.nier.go.jp/05\\_kenkyu\\_seika/pdf\\_seika/h24/5\\_3\\_all.pdf](http://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/h24/5_3_all.pdf)，2013a.

高校生科学技術チャレンジ：<http://www.asahi.com/shimbun/jsec/>, 2015.

京都大学ELCAS：<http://elcas.kyoto-u.ac.jp/wordpress/>, 2015.

文部科学省：理数学生応援プロジェクト[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/jinza\\_i/koubo/06122815.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/jinza_i/koubo/06122815.htm), 2010.

文部科学省：21世紀を展望した我が国の教育の在り方について（中央教育審議会第二次答申），[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chuuou/toushin/970606.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chuuou/toushin/970606.htm), 1997.

文部科学省：平成 26 年度科学技術関係概算要求の概要，[http://www.mext.go.jp/component/b\\_menu/other/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2013/09/06/1339148\\_01.pdf](http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/__icsFiles/afieldfile/2013/09/06/1339148_01.pdf), 2013.

文部科学省：人々とともにある科学技術を目指して，[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/gijyutu/006/houkoku/05072701/002.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/006/houkoku/05072701/002.pdf), 2005.

文部科学省：高等学校学習指導要領，[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2011/03/30/1304427\\_002.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2011/03/30/1304427_002.pdf), 2009.

文部科学省：スーパーサイエンスハイスクール実施要項，[https://ssh.jst.go.jp/ssh/public/pdf/ssh\\_gaiyou.pdf](https://ssh.jst.go.jp/ssh/public/pdf/ssh_gaiyou.pdf), 2002.

村本哲哉・柴田恭幸・風間大輔（NPO法人日本サイエンスサービス）：メンターの世界での現状，<http://kenkyu.info/mentor/7.html>, 2006.

NEDO：海外レポートNO.1083，<http://www.nedo.go.jp/content/100479933.pdf>, 2012.

日本学術会議：これからの教師の科学的教養と教員養成の在り方について，<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-y1.pdf>, 2007.

日本学術振興会：平成25年度科学研究費助成事業公募要領，[http://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/03\\_keikaku/data/h25/download/j/00fullpage.pdf](http://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/03_keikaku/data/h25/download/j/00fullpage.pdf), 2012.

日本学術振興会：スーパーグローバル大学創成支援，<http://www.jsps.go.jp/j-sgu/>, 2014

- 日本科学協会：サイエンスメンター制度，<http://www.jss.or.jp/ikusei/mentor/>，2015.
- 小倉康：「理科教育推進のための重要施策」，教育ルネサンス 090701 提案要旨，[http://rika.netj.or.jp/report/report\\_pdf/report\\_dis03t\\_j\\_070709.pdf](http://rika.netj.or.jp/report/report_pdf/report_dis03t_j_070709.pdf)，2009.
- 高橋正征：高校生の科学自由研究，日本と世界，[http://kenkyu.info/mentor/4\\_takahashi.html](http://kenkyu.info/mentor/4_takahashi.html)，2006.
- 東京大学：異才発掘プロジェクト(ROCKET: Room Of Children with Kokorozashi and Extraordinary Talents)，<http://rocket.tokyo/>，2015.
- 東京大学：平成28年度推薦入試学生募集要項（予告）等の公表について，[http://www.u-tokyo.ac.jp/stu03/e01\\_25.html](http://www.u-tokyo.ac.jp/stu03/e01_25.html)，2015.
- 筑波大学：科学の芽賞，<http://www.tsukuba.ac.jp/community/kagakunome/>，2015.
- 筑波大学：先導的研究者体験プログラム，[http://www.esys.tsukuba.ac.jp/AC/RS/index\\_pc.php](http://www.esys.tsukuba.ac.jp/AC/RS/index_pc.php)，2013.
- 筑波大学：SSリーグ，<http://mirai.biol.tsukuba.ac.jp/>，2015.

(最終アクセス日はいずれも2015年6月2日)

## 英文引用URL

- ASCB: Life Science Education, <http://www.lifescied.org/>, 2015.
- BSCS: Scientists in Science Education, [http://www.ashg.org/education/pdf/Scientist\\_in\\_Science\\_Education\\_BSCS.pdf](http://www.ashg.org/education/pdf/Scientist_in_Science_Education_BSCS.pdf), 2008.
- Davidson Institute: <http://www.davidsongifted.org/>, 2015.
- European Schoolnet: <http://www.eun.org/>, 2015.
- Georgia Department of Education: <https://www.gadoe.org/Curriculum-Instruction-and-Assessment/Curriculum-and-Instruction/Pages/Gifted-Education.aspx>, 2015.
- Intel Corporation: Intel ISEF2012, <http://blogs.intel.com/csr/2012/05/intelisef2012/>, 2012.
- Posse Foundation, <https://www.possefoundation.org/>, 2015
- Science and Society: Europe needs more scientists!, [http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference\\_review\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference_review_en.pdf), 2004.
- Society for Science & the Public : Innovation and Entrepreneurship Highlighted at Intel ISEF 2012, <http://societyforscience.typepad.com/SSp/2012/05/innovation-and-entrepreneurship-highlighted-at-intel-isef-2012-.html>, 2012a.
- Society for Science & the Public : Intel ISEF Judging Guidelines 2013, <http://www.societyforscience.org/document.doc?id=456>, 2013.
- Society for Science & the Public : Intel International Science and Engineering Fair 2012 Judging Guide, <https://member.societyforscience.org/document.doc?id=31>, 2012b.
- Society for Science & the Public : Intel International Science and Engineering Fair 2012 Program, <https://member.societyforscience.org/document.doc?id=409>, 2012c.

Society for Science & the Public : Scientific Review Committee Report, <https://member.societyforscience.org/document.doc?id=210>, 2012d.

Society for Science & the Public : Winner Announcement Intel ISEF 2011 Grand Awards Ceremony, <https://member.societyforscience.org/document.doc?id=308>, 2011.

Society for Science & the Public : Winner Announcement Intel ISEF 2012 Grand Awards Ceremony, <https://member.societyforscience.org/document.doc?id=386>, 2012e.

The Center for Excellence in Education: <http://www.cee.org/research-science-institute>, 2015.

The University of Texas Southwestern Medical Center, Summer Research Program, <http://www.utsouthwestern.edu/sites/stars/>, 2015.

U.S. Department of State: Gifted Education: <http://www.state.gov/m/dghr/flo/c21956.htm>, 2015.

White House Office of Science and Technology Policy: <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/Fy%202015%20STEM%20ed.pdf>, 2014.

White House Office: A Report from the Committee on STEM Education, [https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem\\_stratplan\\_2013.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf), 2013.

National Science and Technology Council, [https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem\\_stratplan\\_2013.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf), 2013.

(最終アクセス日はいずれも2015年6月2日)

## 付録資料

1. 未来の科学者養成講座実施機関の取組概要
2. 慶應義塾大学「はばたけ，世界を先導する医学者へ」受講生評価項目
3. 慶應義塾大学「はばたけ，世界を先導する医学者へ」受講生評価の実施方法
4. 慶應義塾大学「はばたけ，世界を先導する医学者へ」実施プログラム内容
5. 京都大学ELCAS第一次選抜・公開講演会の内容
6. 京都大学ELCAS各研究室での体験学習の内容
7. 全国受講生研究発表会の発表審査項目（平成23年度）
8. BSリーグTA月次報告書
9. ISEF2012 Judging Guide - Grand Awards Judges -



付録資料1

未来の科学者養成講座実施機関の取組概要

採 択 年 度	実 施 機 関	事業計画名	対象学年／地域／ 募集人数／分野	事業目標（育てたい人材像）
平 成 二 十 年 度	筑 波 大 学	BS リーグの立 ち上げ～『目指 そう未来の生物 学者』～	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小5生から中3生</li> <li>・全国公募</li> <li>・18人</li> <li>・生物</li> </ul>	次世代を担うべき卓越したポ テンシャルをもつ“出る杭”が 諸般の事情で伸び悩むことな く、健全かつ大きく成長するこ とを目指して、継続的に彼らを 支援、育成していく。具体的 には、自らの力で生物・生物科学 に関する疑問を見つけ、研究課 題を提案することができ、自ら 考えたアイデア・手法によって その問題を解き明かす能力を 有する独創的な研究者を育成 することを目指す。
	千 葉 大 学	高等教育への連 続性を持つ科学 体得プログラム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小学生から高校生</li> <li>・主に県内</li> <li>・87名</li> <li>・生命科学，物理・ 化学，数学・工学</li> </ul>	科学に興味を持ち好奇心にあ ふれ自主性がある児童生徒で、 持続力を持って課題に取り組 める者である。さらに、これら の力をもとに自ら関心ある課 題を探求するための研究を企 画、立案できる素養を持つ者 である。

	埼玉大学	科学者の芽育成プログラム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小5生～高校生</li> <li>・地域限定なし</li> <li>・108人（ステップ1）</li> <li>・理数系全分野</li> </ul>	科学に関する好奇心を涵養し、目的意識を早期に目覚めさせ、学習意欲・能力を成長させ、本人がその潜在的な力として持っている発見能力や可能性に気づく着想力、思考力を伸ばす手法により、自然科学への興味と関心を持ち、探究心・着想力・思考力が豊かで、科学知識を学ぶ意欲があり、大学等に進んで理工系を専攻し、将来は「科学者」を職業として選べるような、科学の世界への夢と希望をもつ児童・生徒を育成する。
	京都大学	最先端科学の体験型学習講座（ELCAS）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高1・2年生</li> <li>・関西および東海の一部</li> <li>・41人</li> <li>・数学、物理、化学、生物、天文</li> </ul>	生徒の優れた素質をさらに伸ばすこと。
	岡山大学	科学先取り岡山コース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小学生～高校生</li> <li>・岡山県&amp;近隣県</li> <li>・35人</li> <li>・物理、化学、生物などの基礎科学や関連する応用分野</li> </ul>	科学・技術の基礎に対する深い知識と論理的思考を養い、それらに基づいて問題を解決してゆく能力を育成し、あわせて国際的コミュニケーション能力を育てる。
平	北	北海道から世界	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高1生</li> </ul>	生徒が将来、幅広く豊かな視

成 二 十 一 年 度	海 道 大 学	と未来へ発信する環境科学 – 分子からワールドまで–	<ul style="list-style-type: none"> <li>・北海道内</li> <li>・15人</li> <li>・自然科学一般（特に化学，生物学，物理学，地学）</li> </ul>	野・知識と自然への鋭い感性をもつグローバルな“未来の科学者”に育つことを目指す。プログラムへの参加生徒が「環境科学」というテーマを様々な視点・アプローチから追求・探求するだけでなく、結果をまとめて発表することや情報の交換・共有することの重要性を認識し、独創性と協調性を併せ持った研究者になるよう養成する。
	東 北 大 学	経験・体験を通して「科学を見る眼」をもつ「科学者の卵」養成プログラム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高1・2生</li> <li>・全国対象（東北大に通年で来学可能なこと）</li> <li>・100人</li> <li>・自然科学一般</li> </ul>	実体験，経験をすることの重要性を大学との交流により学習させ，問題発見，解決できる「科学の眼」をもった，国際性のある研究者の卵である高校生であり，その養成を目標とする。
	早 稲 田 大 学	「出る杭」人材を育てる早稲田プログラム–めざせ！未来の科学者–	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中2～高2生</li> <li>・関東近県</li> <li>・63人</li> <li>・宇宙・物理，化学，医薬，自動車・エネルギー変換，ロボット・IT，計測・制御，生物・地球環境，数学</li> </ul>	早稲田大学が蓄積してきた自然科学教育に関する知見を活かし，また，海外の優れた大学，研究機関での実践型教育プログラムを通して，世界に目を向けた，国際的に通用する「出る杭」人材を育てる。
	慶 應	はばたけ，世界を先導する医学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小5～高3生</li> <li>・地域の限定無し</li> </ul>	医学研究で本邦さらには世界を先導することができる人材

義塾大学	者へ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 30 人</li> <li>・ 医学・医療学・生物学</li> </ul>	の育成を目的とする。
東京大学	最先端研究を取り入れたジュニア科学者育成プログラム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 中～高校生</li> <li>・ 関東近郊</li> <li>・ 30 人</li> <li>・ 最先端工学研究（理科・数学の融合領域）</li> </ul>	研究者に必要な「俯瞰する能力」「問題把握・解決能力」「コミュニケーション能力」の 3 つの能力を育み、理数各科目の理解を増進するとともに、新たな視点から理数科目を総合的に理解する力を養うことを目的とし、実際に手を動かして実験するといった経験から「ものづくり」の喜びを知り、日本の将来を担う新しい科学技術としての「ものづくり」をできる人材を養成する。
福井大学	フューチャーサイエンティスト育成プログラム：学び担えよ先端的生命医科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高 1・2 生</li> <li>・ 福井県と近隣県</li> <li>・ 32 人</li> <li>・ 生命科学，生命医科学</li> </ul>	「生命科学や生命医科学」の分野で、科学的興味と科学を遂行するための基礎的能力を培う。そして、生命医科学・生命科学分野の研究者、医学者等を目指す高い興味をもった生徒、それらの職種を将来専攻する生徒を育成する。
広島市立	ひろしまコンピュータサイエンス塾～情報科学ってスゴイ！！	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 小 3 以上の小学生</li> <li>・ 中四国地域</li> <li>・ 20 人</li> <li>・ 情報科学，理科，</li> </ul>	潜在的に高度で卓越した意欲・能力を有していながら、その力を十分に発揮できる環境が周囲に存在しないような児

	大 学	～	算数（数学），工 学	<p>童を発掘し，</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 早い段階から才能を昇華させ，長期的かつ継続的に興味・関心を抱き続ける人材</li> <li>2. 主体的に行動し，科学的思考をベースに課題解決することができる人材を育成する。</li> </ol>
	愛 媛 大 学	生命科学を機軸 とした発展型科 学者養成プログ ラム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 中3～高1生</li> <li>・ 四国4県と広島県</li> <li>・ 19人</li> <li>・ 生命科学および関連する物理，化学，医学，環境，食品分野</li> </ul>	<p>生命現象を原子，分子のレベルで理解することができ，より広い観点から生命の本質を探究できる生命学者，あるいは生命現象に強い興味と正しい認識を持つ化学者，物理学者など，学際性と柔軟な発想を持った未来の科学者の養成を目的とする</p>
	九 州 大 学	エクセレント・ スチューデント・ イン・サイエンス 育成プロジェクト (ESSP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高校及び高専の1・2年生</li> <li>・ 全国（ただし九州大キャンパスに月2回通えること）</li> <li>・ 21人</li> <li>・ 数学・物理・化学・生物</li> </ul>	<p>高校生が理数系科目のより高度な視点からの考え方を身につけるとともに，自ら考える力を涵養することを目的とする。また，自分で取り組んだ課題を発表する機会を与え，ディスカッション能力やプレゼンテーション能力を向上させる。</p>
平 成 二 十	静 岡 大 学	地域で育む未来 の科学者—静岡 サイエンススク ール—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 小学生～高校生</li> <li>・ 静岡県，近隣県</li> <li>・ 70人</li> <li>・ 自然科学全般</li> </ul>	<p>卓越した意欲と才能を有する中学時に先端的な科学プログラムを経験させることで，その才能を開発し科学者への動機</p>

二 年 度	・ 理 学 部			を高め、将来への筋道をつけさせる。また、高校時には先端科学に触れる機会を提供することで、自然科学研究への道標を示し、有能な科学者を継続して育てていくことを目標とする。
	長 崎 大 学	Science for All から始まるノー ベル賞を夢見る 児童・生徒育成 プログラム	・小5～高校生（能 力次第で小5未満 も可） ・長崎県内 ・60人 ・理科・算数・数学・ 情報・ロボット	理科や数学に関して特異的な 能力を持つ児童・生徒を発見 し、能力をさらに開発してその 分野において日本及び世界を リードする科学者に育てるこ とを目的とする。見出した能力 を、個人的教育により、大学の 人的・物理的資源を活用し、個 人研究ができるまで伸ばす。
平 成 二 十 三 年 度	新 潟 大 学	未来の科学者を 育成する新潟プ ログラム	・小5生～高校生 ・新潟県および県外 近隣地区 ・70人 ・自然科学一般	児童・生徒が小学校高学年から 大学入学まで の間で成長する 過程で、先端的な理数分野に ついての興味を保ちつつ、学習 意欲・能力の 継続的発展がで きるよう支援し、幅広い科学 の目と課題設定・探求能力をも った未来の科 学者を育成する ことを目的とする。
	静 岡 大 学 ・	浜松ダヴィンチ キッズプロジェ クト	・主に小5～中2生 ・浜松市及び近隣在 住で、月に1,2 回静岡大学浜松 キャンパスへ来	(1) コア研究プログラム(自ら の研究を推進)、(2) 多様性体 験プログラム(地域の自 然・産 業フィールドワーク)、(3) 基 本概念 習得プログラム(実験

	工 学 部		<p>学可能なこと.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 10 名程度</li> <li>・ 自然科学全般</li> </ul>	<p>を通じた数学・理科の 体得) の 3 つのプログラムを複数年にわたって実施することにより, レオナルド・ダ・ヴィンチのような, 自ら考え・手を動かし・新たなものを創成できる未来の理系リーダー を養成することを旨とする。同時に, 研究発表 や理科イベントを通じて, 自分の言葉で考え を伝える力も養うことも旨とする。</p>
--	-------------	--	---	--

付録資料 2

慶應義塾大学「はばたけ、世界を先導する医学者へ」受講生評価項目

評価項目	
意欲	長い期間を要する講座（活動）であるので、高い意欲がなければ持続せず、また、提供された高度な情報を消化できない。また、世界を先導する医学者には極めて稀な意欲が必要である。
知識	意欲だけではブレークスルーは遂げられず、現状の科学技術を理解する知識が不可欠である。
理解度	特に、小中学生グループでは、新しい知識が多いため、これを理解する能力が必要である。
ディベート能力	世界と伍していくためには、（科学的）データに基づいた討論能力を必要とする。
持続力	困難な課題が続くときに、それに向かっていく持続力は重要である。
順応性	新たな環境で、新たなメンバーと課題に取り組む場合、いち早い順応性が求められる
プレゼンテーション能力	研究成果を適正に発表するための最低限の能力を身に着ける必要がある。
学会発表	高校生コースの目標であり、自らの研究を外部評価して頂く貴重な機会である。
論文発表	高校生コースの目標であり、自らの研究を外部評価して頂く貴重な機会である。



付録資料 3

慶應義塾大学「はばたけ、世界を先導する医学者へ」受講生評価の実施方法

評価項目	実施内容（対象，具体的タイミング，方法，評価者）	評価のポイント&考え方
受講スタート時評価	対象：全員 タイミング：選抜時（小中学生は1次選抜時） 方法：レポートおよび論文評価 評価者：講座関係大学教員	高い意欲を有するか。文章力を有するか。
日常的評価	対象：高校生コース タイミング：個人研究実施時 方法：対面式評価 評価者：個人研究指導の教員・大学院生	目的を持って実験を行っているか。自発的な目標設定がなされているか。研究の全体像が掴めているか。参考文献は熟読しているか。
中間評価	対象：全員 タイミング：冬の活動時 方法：コメント評価 評価者：外部および内部評価委員会	活動内容は適切か。活動内容を理解しているか。意見を述べているか。質問しているか。など
修了時評価	対象：全員 タイミング：夏の報告会 方法：コメント評価（高校生コースは評点） 評価者：外部および内部評価委員会	活動内容は適切か。活動内容を理解しているか。高校生コースは個人研究の発表において研究成果およびプレゼンテーション力について評価

付録資料 4

慶應義塾大学「はばたけ、世界を先導する医学者へ」実施プログラム内容

開発要素		
小中学生コース・予備教室（医学・医療教室）	<p>実施時期：毎年7,8月 （主会場：横浜市・福岡市）</p> <p>対象：小中学生（小5以上）</p> <p>内容：医学・医療の基礎講義と実習水準：高校1年生レベル</p>	<p>本教室は、できるだけ多くの小中学生に医学・医療の現在を知り、体験して頂くことを目的とした。一方で、一次選抜の重要な要素となるため、受講者の観察・評価も同時に行った。本教室を通じて、医学・医療だけでなく、科学全般に関心が広がることを期待して活動を実施した。</p>
高校生コース・キックオフミーティングおよび前年度高校生コース研究報告会	<p>実施時期：毎年8月（横浜・東京）</p> <p>対象：高校生</p> <p>内容：医学基礎知識と実験手技習得</p> <p>水準：大学1年生レベル</p>	<p>選抜された高校生を対象に、今後、個人研究を実施する上で、最低限必要な知識と実験手技を習得することを目的とした。わずか2日間であるが、実験の基本技術を身に着ける高校生が大半であり、今後他の分野の研究にも応用可能である。</p>
高校生コース・個人研究	<p>実施時期：毎年8月から1年間</p> <p>対象：高校生</p> <p>内容：高度な研究の実施</p> <p>水準：大学院生レベル</p>	<p>実際の研究を通して、研究の難しさ、楽しさを知る。また、そのような研究成果が、世界の科学・技術の中でどのような寄与ができるのか、学会発表や論文発表を通じて体験することを目的とする。</p>
米国大学視察	<p>実施時期：平成23年8月</p> <p>対象：中高校生</p> <p>内容：大学での発表・討論・病院視察</p>	<p>受講生選抜者が米国の大学・研究・病院等に触れることによって目的意識や意欲の飛躍的な発展を望む。また、その経験を他の受講生に伝えることによってより大きな影響を生み出す。</p>

<p>高校への医療関係者派遣</p>	<p>実施時期:平成23年7月および24年3月 対象:高校生 内容:最先端医学を高校に伝える</p>	<p>通常の講義や講演では聞くことができない世界的な先端医療人を高校へ派遣し、その意義や経験を伝える。加えて、本未来の科学者養成講座の内容についても紹介する。</p>
<p>ノーベル賞受賞者講演会</p>	<p>実施時期:平成23年3月および平成24年3月 対象:選抜された小中高校生 内容:講演および交流</p>	<p>世界最先端の医学研究・医療技術に触れる。また、ノーベル賞受賞者のPeter Agre先生および小柴昌俊先生、更には再生医学の世界的権威・岡野教授等の講演を通じて、研究の心構えなども会得する。</p>
<p>ディベート大会</p>	<p>実施時期:平成22年12月および平成23年5月 対象:選抜された小中高校生 内容:原子力・放射線に関するディベート大会</p>	<p>プレゼン能力と共に、討論能力を養うために、原子力・放射線の利用に関するディベート大会を、小中学生グループ・高校生グループに分かれて実施した。特に、福島第一原発事故以後の大会は活発な討論となった。</p>

付録資料 5

京都大学 ELCAS 第一次選抜・公開講演会の内容

<p>2008 年 7 月 20 日</p>	<p>生物 「ヒトを分子から理解するために」 数学 「素数の不思議」 物理 「素粒子と原子核の世界」 天文 「爆発だらけの宇宙」</p>
<p>2009 年 7 月 18 日・19 日</p>	<p>生物 「爬虫類の進化」 数学 「素数の不思議」 物理 「レーザー光で冷やされた原子・気体の世界」 天文 「ガリレオから 400 年」 化学 「化学を支配する物理法則」</p>
<p>2010 年 8 月 8 日</p>	<p>数学 「生成関数の世界」 物理 「超高温・高密度の世界～‘素粒子’は溶けるか？」 化学 「金属と水素の関係」 生物 「植物は雄だって強い雄が好き」 天文 「ブラックホールの常識・非常識」</p>

付録資料 6

京都大学 ELCAS 各研究室での体験学習の内容

<p>数学</p>	<p>「Proofs from THE BOOK」をみんなで読む。毎回発表者を決めて大学のゼミのように訳しながら解釈を行う。「答えを導くツール」ではなく、夢やロマンを追いかける数学、と言うものを実感させる。</p>
<p>物理学</p>	<p>物質の普遍と創発現象を解明する実験を行う。具体的には、放射線が通ったあとに霧の線が見える「霧箱」やガイガーカウンタ自作させ、目に見えない放射線を観測する。また、「ダークマター実験棟」などで、京都大学理学部ならではの特徴的な装置を使った実験も行う。</p>
<p>生物学</p>	<p>大学の研究室で行っているのと同じように、植物の DNA 抽出、塩基配列の決定、さらにデータベースと照合しての同定といった遺伝子実験を行う。またゲノムプロジェクトの成果に沿ったコンピューター実習も行う。</p>
<p>化学</p>	<p>シリコンの単結晶など、普段見ることがないものを見るだけでなくダイヤモンドカッターで切ってみる。これにより、原子の構造を実感させる。三次元の結晶構造から、面を取り出すとどういう原子配置になっているのか、物質の表面で共有結合が切れた状態はどうなのかなどを実像として見せる。</p>
<p>宇宙地球</p>	<p>京都大学附属の花山天文台にて、太陽専用のシーロスタット望遠鏡を用いて分光観測を行い、スペクトル画像の処理を行い、ドップラー効果による波長のずれの修正などを行い太陽の自転速度を求める。このほか気象学の基礎的な内容を学んだ後、地球からの熱放出について等の実習を行い、地球温暖化についても学ぶ。</p>

付録資料 7

全国受講生研究発表会の発表審査項目（平成 23 年度）

カテゴリー		評価項目
目的	研究テーマ設定の着眼点，独創性，位置づけの理解など	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 研究テーマについての目的意識や仮設が明快である</li> <li>・ 研究テーマについて自分なりのユニークな視点が含まれている</li> <li>・ 研究テーマに関する先行研究や関連分野について得よく調べ，テーマの位置づけた背景を理解している.</li> <li>・ 高度な課題解決を目指しており挑戦的である</li> </ul>
方法・プロセス	創意工夫，継続性（粘り強さ），科学的探究力の発揮など	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実験観察や調査等の方法が緻密であり，かつ自分なりの創意工夫が見られる</li> <li>・ 研究の進め方が計画的で自立的である</li> <li>・ 研究途上の課題や困難点に粘り強く，かつ柔軟に対処している</li> <li>・ 幅広い知識を有し，多角的複眼的な思考力を発揮している</li> <li>・ 研究に求められる基礎的事項を自ら進んで習得している</li> </ul>
成果	成果の水準と課題認識，将来への目標意識，今後の展望など	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 研究の成果・水準に対する自己評価が適切である</li> <li>・ 独自の発見・発明や独自の研究方法の開発など，学問分野への貢献が認められる</li> <li>・ 現時点での課題認識が明快である</li> <li>・ 今後の課題解決に関する方法・手段に</li> </ul>

		<p>ついても自分の考えを持っている</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 活動を通して身についた力や自分の強みなどの自己評価が適切である</li> <li>・ 将来へのしっかりとした目標意識を持っている</li> </ul>
発表	プレゼンの明快性, わかりやすさなど	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 研究の各プロセスにおける自分自身のかかわり, 寄与が明確でわかりやすい</li> <li>・ 発表内容・方法がよく工夫されている</li> <li>・ 論理展開に優れ説得力がある</li> <li>・ 質問に対する対応が適切である</li> </ul>
総合		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 科学・技術の研究・学習への熱意が感じられる</li> <li>・ 科学に楽しんで取り組むことができている</li> <li>・ 将来への成長, 大きな活躍が期待できる</li> </ul>

カテゴリー各5点, 総合25点で評価

BSリーグTA月次報告書

BS リーグティーチングアシスタント 月次報告書

年 月 日

BS リーグ生徒名	
TA 学籍番号	
TA 氏名	(印)
報告期間	年 月

【研究支援内容】

【生徒評価】

- ・ 生徒の科学的好奇心を感じさせる点はありましたか？
  
- ・ 生徒の課題設定力&問題解決力を感じさせる点はありましたか？
  
- ・ 生徒は研究を楽しんでいますか？

【問題点等. 気づいたことを書いてください】



### **Grand Awards Judges**

Grand Awards judges are assigned to one of the 17 Intel ISEF categories and will interview individual and team projects and ultimately select the Grand Award winners in their respective categories. In order to effectively carry out their judging duties, Grand Awards judges are strongly encouraged to preview finalists' projects within their assigned category on Tuesday afternoon and evening. New Intel ISEF judges may find it helpful to preview projects with an experienced judge. On Wednesday, each Grand Awards judge typically conducts ten to fourteen 15-minute interviews scheduled during the seventeen interview periods spread across two judging sessions.

### **Judging Guidelines**

#### **Suggested Evaluation Criteria for Judging**

While judges have the latitude to determine how to establish their own score using a 100-point scale, the following is suggested as a guideline for point distribution. Points are assigned to creative ability, scientific thought or engineering goals (II a. and b. respectively), thoroughness, skill, and clarity. Following is a list of suggested questions for each set of criteria that can assist you in interviewing the finalists and aid in your evaluation of the finalists' projects.

#### **I. Creative Ability (30 points)**

- 1) Does the project show creative ability and originality in the
  - a. questions asked?
  - b. approach to solving the problem?
  - c. analysis of the data?
  - d. interpretation of the data?
  - e. use of equipment?
  - f. construction or design of new equipment?
- 2) Creative research supports an investigation and helps to answer a question in an original way.
- 3) A creative contribution promotes an efficient and reliable method for solving a problem. When evaluating projects, it is important to distinguish between gadgeteering and ingenuity.

II a. Scientific Thought (30 points)

(If an engineering project, please see IIb. Engineering Goals.)

- 1) Is the problem stated clearly and unambiguously?
- 2) Was the problem sufficiently limited to allow plausible attack? Good scientists can identify important problems capable of solutions.
- 3) Was there a procedural plan for obtaining a solution?
- 4) Are the variables clearly recognized and defined?
- 5) If controls were necessary, did the finalist recognize their need and were they used correctly?
- 6) Are there adequate data to support the conclusions?
- 7) Does the finalist/team recognize the data's limitations?
- 8) Does the finalist/team understand the project's ties to related research?
- 9) Does the finalist/team have an idea of what further research is warranted?
- 10) Did the finalist/team cite scientific literature, or only popular literature (e.g, local newspapers, magazines)?

II b. Engineering Goals(30 points)

- 1) Does the project have a clear objective?
- 2) Is the objective relevant to the potential user's needs?
- 3) Is the solution: workable? acceptable to the potential user? economically feasible?
- 4) Could the solution be utilized successfully in design or construction of an end product?
- 5) Is the solution a significant improvement over previous alternatives or applications?
- 6) Has the solution been tested for performance under the conditions of use?

III. Thoroughness (15 points)

- 1) Was the purpose carried out to completion within the scope of the original intent?
- 2) How completely was the problem covered within this year's project?
- 3) Are the conclusions based on a single experiment or multiple trials
- 4) How complete are the project notes?
- 5) Is the finalist/team aware of other approaches or theories?
- 6) How much time did the finalist or team spend on the project?
- 7) Is the finalist/team familiar with scientific literature in the studied field?

IV. Skill (15 points)

- 1) Does the finalist/team have the required laboratory, computational, observational, and design skills to obtain the supporting data?

- 2) Where was the project performed (i.e., home, school laboratory, university laboratory)? Did the student or team receive assistance from parents, teachers, scientists, or engineers?
- 3) Was the project completed under adult supervision, or did the finalist/team work largely alone?
- 4) Where did the equipment come from? Was it built independently by the finalist or team? Was it obtained on loan? Was it part of a laboratory where the finalist/team worked?

V. Clarity (10 points)

- 1) How clearly does the finalist or team discuss his/her/their project and explain the purpose, procedure, and conclusions? Watch out for memorized speeches that reflect little understanding of the principles involved in the project.
- 2) Does the written material reflect the finalist's or team's understanding of the research?
- 3) Are the important phases of the project presented in an orderly manner?
- 4) How clearly are the data presented?
- 5) How clearly are the results presented?
- 6) How well does the physical display explain the project?
- 7) Was the presentation done in a forthright manner?
- 8) Did the finalist/team perform all the project work, or did someone help?

POTENTIAL MAXIMUM SCORE CHART Points

Creative Ability 30

Scientific Thought / Engineering Goals 30

Thoroughness 15

Skill 15

Clarity 10

Total Possible Score 100

When submitting the score, you must enter only the cumulative score on the scan card.

The maximum score a Project can obtain is 100.