

論文

一貫教育の優位性を生かした理数教育モデルの研究 — 高大連携と国際化をさらにすすめる「国際的科学教育拠点」をめざして

上芝 生裕 (立命館中学校・
高等学校事務室)
伊藤 昇 (大学行政研究・研修
センター専任研究員)
東 美江 (一貫教育部次長)
戸田 昌基 (立命館中学校・
高等学校事務長)

I. 研究の背景

1. 日本の科学技術政策と理数離れの現状
2. 立命館高等学校のスーパーサイエンスハイスクール事業の概要
3. 研究の背景のまとめ

II. 研究の目的

III. 研究の方法

IV. 調査・分析

1. 国内外他校と専門機関の調査
2. SSH 事業の主な取り組み内容と問題点の、他校調査との比較とその政策への反映
3. サイエンスフェアにおける国際交流の実効性

— 生徒アンケート調査の分析

4. SSH 卒業生に対するアンケート調査
5. 調査・分析のまとめ— 政策への検討項目の整理と政策検討の方向

V. 政策立案

1. 現行のプログラムと新規プログラムの概要
2. 一貫教育の優位性を生かした高大連携・接続プログラム
3. サイエンスフェアを中心とした国際化推進モデル

VI. 研究のまとめ

VII. 残された研究課題

I. 研究の背景

1. 日本の科学技術政策と理数離れの現状

昨今の若者の理数離れを受け、我が国では「第3期科学技術基本計画」(2006年3月28日閣議決定)において、「理数好きな子どもの裾野の拡大」「理数が得意なこどもの個性・能力の伸長」を挙げ、また経済界においても、「競争力人材の育成と確保に向けて」(2009年4月14日、日本経済団体連合会)で「わが国産業の競争力を高めていくためには、理工系学問の魅力向上を図り、高度な技術開発などを担う優秀な技術人材の育成を図っていかねばならない」としている。文部科学省も「科学技術関係人材総合プラン」(2009年度文部科学省概算要求)として、重点施策をまとめ、科学技術創造立国の実現に向けて、科学技術の基盤となる人材の育成・確保を重要な課題として取り組んでいる。また、文部科学省は理数教育を重視する高等学校を支援するため、2002年度よりスーパーサイエンスハイスクール事業を実施しており、現

政府の政権公約においても事業は拡充される予定である。

一部私立大学の理工系学部においては、高校時代の理数系の学力問題が切実な課題となっている。高校生の理数離れは、国立大学においても理工系学部の志願者が減少していることに現れている。附属校は、立命館大学における理工系学部の中核を担う生徒を輩出することが大きな役割でもある。立命館高等学校の生徒は、その9割が立命館大学に進学する。理数系については、高校2年生次では40～50%程度が理系を選択しているが、高校3年生次には30～40%であり、他大学への進学者がいるものの、立命館大学進学者は20%台になる(表1)。これは、若者の理数離れとともに、西日本最大規模の理工系学部定員を有している立命館大学においては見過ごすことのできない重大な問題となっている。高校3年生次の理系選択の割合を50%に引き上げることを目標として、1999年度のカリキュラム改革議論以降、数学的な解析力や科学的なものの見方を基本とする学力の向上を図る教育の方向性を目指してきた。スーパーサイエン

表1 立命館高等学校における理系生徒の状況

20%台にまで落ち込む

	2004年度卒業生		2005年度卒業生		2006年度卒業生		2007年度卒業生		2008年度卒業生		2009年度3年生	
高校1年生次生徒数	350		351		347		348		345		344	
	選択者数	割合										
高校2年生次理系生徒	135	38.6%	165	47.0%	150	43.2%	139	39.9%	140	40.6%	130	37.8%
高校3年生次理系生徒	103	29.4%	140	39.9%	106	30.5%	119	34.2%	104	30.1%	110	32.0%
立命館大学 理工系学部進学者	74	21.1%	96	27.4%	72	20.7%	85	24.4%	77	22.3%	84	24.4%
(内訳) 理工学部	55		68		51		36		36		34	
情報理工学部	19		28		21		9		12		18	
生命科学部							31		21		24	
薬学部							9		8		8	

スハイスクール事業は、この取り組みを具体化するものであった。

2. 立命館高等学校のスーパーサイエンスハイスクール事業の概要

(1) スーパーサイエンスハイスクール事業

文部科学省指定「スーパーサイエンスハイスクール(以下、SSH)」(図1)は、「第3期科学技術基本計画」の実現のため、先進的な理数教育を実践することにより、将来の国際的な科学技術系人材の育成を推進し、理数教育を重視する高等学校を支援するため、2002年度より実施されている。

SSH事業は、第1段階では指定校が先進的な理数教育を実践し、第2段階で指定校を拠点として地域全体の理数教育の質の向上を図り、最終的には全国の理数教育の

質の向上を狙いとしている。実施初年度においては公立20校、国立3校、私立は3校(立命館高等学校の他に、早稲田大学本庄高等学院、西大和学園高等学校)であったが、2009年度は全国で106校(国立7校、公立83校、私立16校)が指定を受けている(表2)。

立命館高等学校は、SSH事業初年度の2002年度よりSSH指定を受け、テーマとして「高大連携」と「科学教育の国際化」を掲げて、世界を舞台に活躍できる人材の育成につながる教育プログラムの開発を課題として、理数教育の充実に向けた教育を展開してきた。そのなかでも特にシンボリックな研究テーマとして「生命」「ロボット」「環境」を設定し、国際交流を通してその成果を発表してきた。現在は2期目の最終年度を迎えている。来年度からの第3期指定を目標とし、さらなる理数教育の発展に向けた計画が必要である。そのほかに、立命館守山

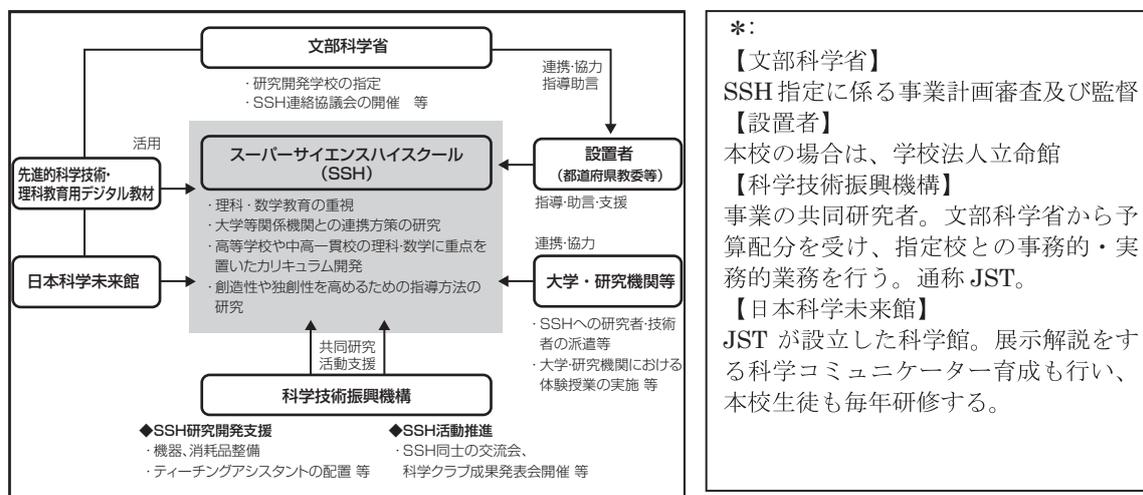


図1 SSHイメージ (出典：科学技術振興機構 Web ページ)

表2 スーパーサイエンスハイスクール指定校数

	第1期指定			第2期指定（2009年度計106校）				
	2002年度	2003年度	2004年度	2005年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度
公立	20	24	18	16	24	25	11	7
国立	3	1	0	3	1	2	0	1
私立	3	1	2	3	6	4	2	1
合計	26	26	20	22	31	31	13	9

表3 立命館高等学校におけるSSCおよびMSCの生徒数（2009年5月1日現在）

	スーパーサイエンスコース	メディカルサイエンスコース
高等学校1年	32名（男子19名、女子13名）	19名（男子5名、女子14名）
高等学校2年	29名（男子19名、女子10名）	20名（男子10名、女子10名）
高等学校3年	26名（男子19名、女子7名）	
合計	87名（男子57名、女子30名）	39名（男子15名、女子24名）

高等学校が2006年度よりSSH指定を受けるなど、立命館学園は立命館の提携校の一部を含め積極的に理数教育をすすめている。なお、京都においては、立命館高等学校の他に堀川高等学校（市立）^{注1)}、洛北高等学校・附属中学校（府立）、京都教育大学附属高等学校（国立）が指定されている。

（2）SSH事業対象生徒の概要

SSH事業は全校生徒（2009年度1,011名）を対象として理科および数学教育の充実を目指す。特にスーパーサイエンスコース（SSC）の生徒およびメディカルサイエンスコース（MSC）の生徒（2009年度計126名）を中心として取り組んでいる（表3）。SSCの生徒は、

学校所在地の深草キャンパスの他に、立命館大学びわこ・くさつキャンパス（以下、BKC）内の立命館高等学校専用施設にて、1・2年生は週2日、3年生は週3日の授業を受けている。

（3）SSH事業の現状—主な取り組みの内容と到達点・問題点など

SSH事業にかかわる現状を以下の表（表4～8）に一覧でまとめた。それは、SSH事業の主な取り組みとその到達点と問題点、理数教育にかかわる各種コンテストと受賞状況、本学主催のサイエンスフェアの参加状況、International Students Science Fairの開催状況、そして立命館高等学校の海外協定校（サイエンス教育関連）の

表4 SSH事業の主な取り組みの内容と到達点・問題点（本校SSH研究開発実施報告書よりまとめ）

■先進的な理数教育プログラム	
①課題研究	
内容	スーパーサイエンスコースの生徒は、各自がテーマを定めて課題研究に取り組んでいる。
到達点	問題発見・問題解決の能力を向上させる機会となり、また自らの興味関心のある事象を研究するため、モチベーションの向上にもつながっている。毎年様々なコンテストに応募しており、一定の成果を挙げている（表5）。
問題点	課題研究は、高校生の目線で見つけた課題に対して、自分達で工夫したアイデアで課題解決することを重視し、研究のレベルはその次とすることが日本では多い。しかし、特に海外のコンテストでは研究のレベルのみが審査対象となるケースが多い。そのため、基本的な考え方を大切にしつつ、特に優秀な生徒に対しては質の高い研究ができる環境が必要である。質の高い研究には、大学との連携や協力という学園の一貫教育が効果的であり、生徒にも強い学習意欲を引き起こすようなプログラム開発が望まれている。
②スーパーサイエンスワークショップ	
内容	ワークショップは最先端科学技術分野、現代的テーマなど課題研究を進めるための基盤を形成する目的で実施している。
到達点	スーパーカミオカンデ、核融合科学研究所、日本科学未来館、屋久島、高輝度光科学研究センターなどの国内の研究施設を中心に実験・実習を行い、学習したことをプレゼンテーションしている。系統的に科学分野に対する興味・関心付けを行い、将来に向けた進路・研究意識を高める取り組みとなっている。
問題点	ワークショップの対象はSSC生徒のみにとどまっている。日常の授業とリンクできていない。また対象生徒を広められていないことが問題である。

③数学セミナー	
内容	高度な数学を学びたいという生徒の声から生まれた企画で、授業で扱えない難問（数学オリンピック問題、算額問題 ^{注2)} など）にグループで夜を徹して取り組み、翌日解法をプレゼンテーションする合宿形式の企画である。年3回程度実施している。
到達点	生徒たちは意欲的に取り組んでおり、SSCの生徒を中心に30～50名の参加がある。生徒はテスト勉強とは違った視点で取り組むため数学への考え方が変わってきた。
問題点	BKCの宿泊施設（エポック立命21）での実施により金銭的な負担が軽減されるが、時期によっては確保が困難である。また、開講期間中は土曜授業との兼ね合いもあり、スケジュールの調整も困難である。その他、SSC以外の生徒の参加が少ないことが課題である。
④ Rits Science Academy	
内容	日本の宇宙飛行士全員の英語指導をされている講師による「英語によるプレゼンテーション法」の講義の後、海外の研究者による科学分野の講義を英語で受講してチームで議論したものを英語でプレゼンテーションする取り組み。附属校・提携校に本校のSSH事業の成果普及をめざした取り組みである。
到達点	生徒は理系・文系を問わず参加（深草29名、宇治8名、慶祥1名、守山16名、育英西10名）し、満足度の高い取り組みとなった。理系に興味を持つ機会となり理系誘導にもつながっている。
問題点	附属校・提携校については物理的な距離や予算の問題があり、参加人数が限られてしまう。また、英語での科学講義は、英語・理数について高いレベルが問われる。
■高大連携	
⑤最先端科学研究入門	
内容	「最先端科学研究入門」と題して、立命館大学との連携科目として大学教員との連携で、最先端科学研究の一端を感じることができる科目として実施している。
到達点	内容的にも形状モデリング（CG実習）や環境（泥による水の浄化実験）など高校生に合った興味関心を引き付けるもので、実習を伴うなど生徒が積極的に取り組めるような工夫があり、また必要に応じてTAが助言するなど一層の理解につながり、満足度の高い取り組みとなっている。
問題点	協力いただいている大学教員については、形式的には学部を通じて依頼しているものの、これまでの繋がりに頼らざるを得ないため、負担感があることも確かである。学部として体制が取れる工夫が必要である。
⑥特別講義	
内容	物理や数学などについて、学内外の講師を迎え、高校での学習内容が講師の研究分野など将来的にどのように役立ち、あるいは意義があったのかを感じさせるような内容で講義を行っている。
到達点	数年にわたる講師陣の開拓により、学校と他大学・研究所とのネットワークが広がってきた。また、一線で活躍されている講師陣から基礎の重要性が説かれ、生徒の興味と学習意欲の向上につながっている。
問題点	講師のスケジュール調整が困難で、年間スケジュールに組み込みにくい状況である。休暇中や試験休みなどで授業スケジュールに余裕がある時に実施するにとどまっている。プログラム化や理工系学部との連携が課題である。
⑦大学講義受講	
内容	高等学校3年生においては、科目等履修生として大学講義を受講、単位取得させており、ここで得た単位については、学部ごとに認定科目の制約はあるが、立命館大学進学後に単位認定している。
到達点	高等学校3年生については、週2コマまでの大学講義を受講している。生徒はその成績に関わらず、大学での学びに対する期待や心構えにつながる良い経験となり、高い評価が得られている。
問題点	高等学校における要卒単位とならないため、良好な成績の生徒はごくわずかな状況である。生徒の意識の中では大学進学・高校卒業に必要な学習が優先すること、また学校行事によって十分な出席ができないことが考えられる。また、7月、8月は海外の短期研修と前期試験が重なるなどスケジュール的な問題も発生している。
■サイエンスフェアと海外交流プログラム	
⑧「Rits Super Science Fair」ならびに「International Students Science Fair」^{注3)}	
内容	高校生による科学分野の研究発表・交流を目的としたフェアが多くの国の科学高校を中心に開催されている。立命館高等学校でも2002年の「Rits Super Science Fair」の開催を契機として、年を追うごとに参加数が増えてきた（表6）。このいずれもが各国のトップレベルの科学高校 ^{注4)} である。また、2008年には世界の科学高校のネットワークにより各国で持ち回り開催されている「International Students Science Fair」（P6表7）を日本で初開催するなど、国際的ネットワークが広がっている。
到達点	国際的な研究発表・交流企画を実施するなどし、サイエンスフェアでの文部科学省からの来賓挨拶・見学依頼を受けた。その後、文部科学省作成のSSHイメージ資料に、これらの取り組みをモデルとして『発展的な連携活動機会の設定→「異」との交流（海外の理数学習重点校との国際交流）』と記載され、SSH事業重点校のモデルになるなど、注目される大きな成果をあげてきた。
問題点	海外からの生徒・教員については空港到着以降、国内滞在中の全ての費用をホスト校が負担することになっており、規模が大きくなる（参加者が増える）ほど、資金を要することとなるため資金確保の問題が大きい。その他、フェア中のプログラムについては、前述の最先端科学研究入門と同様に理工系学部の協力が必要である。また、平常授業と並行しての開催であるため、全校規模の取り組みにならず、教員の負担も大きい。

⑨海外協定校との交流プログラム	
内容	海外校との交流は年を追うごとに盛んになっており、様々な学校と短期交換留学プログラムを行っている（表8）。本校生徒が海外に出ることにより受ける影響は当然のこと、海外から優秀な生徒が来日することによっても、本校生徒に与える影響も大きい。
到達点	2009年度には、海外の科学高校6校に派遣、2校の受入を行っており、年間を通じて1週間～3週間の短期交流プログラムを数名から15名程度の規模で行っている。また、本校との海外交流を経験した海外科学高校の生徒が立命館アジア太平洋大学に入学するなど、学園として意義も大きい。
問題点	海外から受け入れる生徒のプログラムについては、海外校の教育レベルも高く、本校で実施する際にはプログラムの質が問われている。高校単独では実施できないことが問題である。大学の諸施設を使った講座や大学教員による特別講義などで立命館をアピールする機会となる。
■授業における特徴的な取り組み	
⑩学校設定科目「生命」とテキストの開発	
内容	現代社会において生命科学の素養は必須のものとなってきており、2003年度より遺伝子を中心とした生命科学の基礎を学ぶ「生命」を学校独自の科目として全員必修で学ばせている。現在の指導要領の「生物Ⅰ」で学べる知識が貧弱なため、「いのち」に焦点をあてた独自テキスト（B5版約350ページ）を使用している。
到達点	生徒は理系、文系問わず生命科学への興味が高まっている。プレゼンテーション・調査・探求を行っており、9割が生命現象や関連する社会問題に興味関心を高めることにつながっている。また、担当教員による学会発表や新聞掲載などにより、生命科学教育分野において注目を集めている。
問題点	複数の教員による担当であり、近年は常勤講師による担当もあるため、年度ごとの担当者入れ替わり（退職）があり、取り組みと教訓の組織的蓄積に問題がある。
⑪海外の数学教科書による授業	
内容	SSC1年生については、海外で多く使用されている Larson/Hostetler 著「PRECALCULUS」という数学の教科書を使用している。これは、海外の教科書には、数学は全ての科学の基礎であり、実生活に密着した例示が非常に多く、概念を体感的に把握できるためである。また、数学を英語で学習することによって科学英語の基礎を養われるためである。
到達点	交流のある海外の科学高校でも使用されており、国際的にスタンダードな数学の力をつけることができている。多くの生徒が好意的に受け止めている。
問題点	英語で記述されているため、より丁寧な指導が求められる。また、日本の教科書の内容と配列が異なるため、進度や流れを意識する必要があり、補助教材を用いる必要がある。

表5 コンテストにおける成果

コンテスト名	課題研究テーマ	成果
2004年度		
SSH 生徒研究発表会 ^{注5)}	自作実験器具を使った温室効果の検証	JST 理事長賞
日本物理学会 Jr. セッション ^{注6)}	水によってタイル間に生じる力	大賞
日本学生科学賞 ^{注7)}	砂糖の状態変化 ～キャラメル の正体～	京都府代表
日本学生科学賞	大阪層群 Ma3 海成粘土層中の生痕化石について	京都府代表
日本学生科学賞		京都府学校賞
2005年度		
日本学生科学賞	ダンゴムシ交替性転向反応に関する研究	全国審査2等
日本学生科学賞	列車内の気圧の変化 ～「耳ツン」の科学～	全国審査3等
日本物理学会 Jr. セッション	音で速さを測る	優秀賞
日本学生科学賞		京都府学校賞
内閣総理大臣オーストラリア奨学生 ^{注8)}		ブックアワード
2006年度		
JSEC ^{注9)}	粘菌の情報工学への応用	アジレント・テクノロジー賞
Intel ISEF ^{注10)}	～真の知能を持つロボットを目指して～	グランドアワード4等
日本学生科学賞	ガラス中の金属イオンの挙動に関する研究	京都府代表
2007年度		
SSH 生徒研究発表会	長周期擬似乱数列の実用化を目指して	ポスター賞
JSEC		朝日新聞社賞
地学団体研究会	京都府亀岡市湯ノ花における重青石仮晶の産状について	学術発表ポスター賞
2008年度		
工学院大学全国高等学校理科・科学クラブ論文コンテスト	ゾウリムシの電気走性における pH の変化について	佳作
京都府私立中学高等学校理科研究発表会	銀鏡反応について	優秀賞（京都新聞社賞）
日本学生科学賞	クローンミミズの実態に迫る	京都府予選読売賞
日本学生科学賞	光を探る ～ものの色とは何か～	京都府予選読売賞
JAXA 衛星設計コンテスト		ジュニア部門奨励賞

表6 立命館高等学校主催のサイエンスフェアにおける参加状況

	RSSF 2003	RSSF 2004	RSSF 2005	RSSF 2006	RSSF 2007	ISSF 2008	RSSF 2009
海外参加国数	1	2	7	9	10	16	14
海外参加校数	1	2	9	12	15	32	25
国内参加校数	1	2	5	5	6	7	9
海外参加生徒数	8	10	33	65	99	192	108
国内参加生徒数	9	13	26	24	43	35	87
参加生徒数合計	17	23	59	89	142	227	195

* RSSF は「Rits Super Science Fair」、ISSF は「International Students Science Fair」の略。ISSF2008 は RSSF2008 を併催。国内参加校・生徒数に立命館高校は含まず。

表7 International Students Science Fair の開催状況

		開催国	ホスト校
第1回	ISSF2005	タイ	Mahidol Wittayanusorn School
第2回	ISSF2006	韓国	Korea Science Academy（当時名称）
第3回	ISSF2007	インド	City Montessori School
第4回	ISSF2008	日本	立命館高等学校
第5回	ISSF2009	シンガポール	National Junior College
第6回	ISSF2010	オーストラリア	Australian Science and Mathematics School
第7回	ISSF2011	タイ	Mahidol Wittayanusorn School
第8回	ISSF2012	カナダ	Manitoba 州（教育省）

表8 立命館高等学校の海外協定締結校（サイエンス教育関連）

国名	学校名	受入・派遣の実績
オーストラリア	Australian Science and Mathematics School	2003-2008 受入 / 2004,2006-2009 派遣
タイ	Mahidol Wittayanusorn School	2005-2009 受入 / 2005-2009 派遣
韓国	Korea Science Academy of KAIST	2005-2008 受入 / 2006-2009 派遣
中国	北京大学附属中学	2008 受入 / 2008 派遣
中国	北京航空航天大学附属中学	2005-2006,2008 受入
シンガポール	NUS High School of Math and Science	2005,2007-2008 受入 / 2008-2009 派遣
イギリス	Camborne Science and Community College	2005-2009 受入 / 2007-2009 派遣

一覧と受入・派遣の状況である。とくに本稿で改めて整理していないが、表4の問題点が本研究にとっては重要である。

（4）SSH 事業の予算規模・課題

独立行政法人科学技術振興機構から各 SSH 校に配分される事業予算枠は、2009 年度実績で通常枠 1 校 800 万円である。その他、重点枠として中核的拠点校に 200 万円から 600 万円までの範囲で重点予算枠が配分される。立命館高等学校においては、今年度は通常枠のみの配分となっており、この予算枠を各種企画等に配分している。海外におけるサイエンスフェア・ワークショップ

などの企画には、予算枠の 30% を上限とする制限があり、枠一杯の 240 万円を使用している。その他、実験機器や消耗品、サイエンスフェアなどに配分しているが、国内外で実施するワークショップやフェアへの参加経費は、一部補助にとどまり、生徒保護者に 1～18 万円を課し、事業を開発すればするほどその負担が大きくなるという構造になっている。

また、立命館高等学校にて開催する RSSF については、規模の拡大とともに、海外参加生徒・教員の国内滞在費（食費、宿泊費、交通費）の負担が大きくなっている。立命館中学校・高等学校教育後援会^{注11}からの支援を受けつつも、学校負担額の増大が課題である。

表9 独立行政法人科学技術振興機構による科学技術に関する学習支援事業

理数系教員（コア・サイエンス・ティーチャー）養成拠点構築事業	理科支援員等配置事業
サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト（SPP）	女子中高生の理系進路選択支援事業
スーパーサイエンスハイスクール（SSH）支援事業	国際科学技術コンテスト支援事業
未来の科学者養成講座	理数系教員指導力向上研修事業

科学教育をより展開していくためには、SSH事業の補助金だけでは限界がある。科学技術に関する学習の支援策として、独立行政法人科学技術振興機構などが多数の支援事業を用意している（表9）。しかし、これらには大学が主体となることが必須である支援事業が多く、高等学校のみで申請・獲得できる事業ではない。大学との連携が必要である。

3. 研究の背景のまとめ

立命館中学校・高等学校においては、SSHの取り組みを軸に理数教育のプログラムに重点的に取り組んできた。「高大連携」については、BKCの専用施設の活用や大学教員による講義などを展開してきた。「国際化」においては「Rits Super Science Fair」を7年にわたって開催し、海外からの生徒を招いて科学分野の研究発表・交流を行うなど日本でも高い到達点にある。しかし、それらを通じて、「SSH事業の主な取り組みの内容と到達点・問題点」（表4）に整理したように、次のような主な課題・問題点が見えてきた。

（1）最先端科学教育を実施している海外高校の到達水準の高さ（表4の①～⑥と表5に関連）

課題研究においては、日本と海外では評価の視点が大きく異なる。日本国内では高校生らしいテーマや視点が評価されるのに比べて、海外では研究のレベルの高さが評価につながる。そのことから、海外の高校では、大学の教員に生徒の研究指導を仰ぎ、一緒に研究するなど、徹底して“本物”を目指させるような教育内容を創造しており、生徒にとっては極めて刺激的なものとなっている。理数の学力レベルを本物とするためには、大学教員や大学院生の組織的・制度的な支援が必要である。こうした海外高校の取り組みに伍して、生徒に刺激を与え、動機付けのために、また、理数教育での到達状況を検証する指標として、国内外の理数系コンテストに参加させ、そこで自らの到達状況を検証し、そのトップを目指す本物の研究を体験させる必要がある。日本を代表する

コンテストである、日本学生科学賞とJSEC^{註9)}をはじめ、科学オリンピック、学会のJr.セッションにおいて高い成績を得ることが課題である。

（2）英語によるコミュニケーションの壁（表4の④・⑧・⑨・⑩に関連）

国際社会で通用する、科学分野における質の高い人材育成をおこなうためには、早い段階で国際的な舞台でもまれていく経験が重要である。そのためにも、言語の壁、日本のコミュニケーション・表現方法の壁などを突破していく日常の学習が重要である。教育プログラムの違いもあり、国際的水準とりわけアジア諸国の英語教育到達水準には到底及んでいない。

これらはSSH事業が「国際化」と「高大連携」を目指すものであるため、高いレベルの理数系教育とともに、実践的な英語教育が必要である。この二つの課題を克服するためには、一貫教育の優位性を生かしたプログラムの開発が求められる。

（3）SSH卒業生の大学進学後の学びの環境整備（表4の⑦に関連）

また、大学進学後のカリキュラムについては、立命館大学推薦入学試験（学内）による学内進学者であっても、当然一般の学生と同じ履修スタイルとなる。低回生においては、理数系学生としての基礎的な能力や研究力の涵養が必要なことは当然であり、重要であることは自明の理であるが、高校で充実した研究活動を経験して進学した生徒にとっては、研究を持続あるいは発展させる環境が3回生からしか与えられないため、テーマへの好奇心や研究のモチベーションの維持に否定的な影響が出ている。

（4）大学と連携した補助金などの資金獲得

SSH事業補助だけでは、資金面において限界がある。一貫教育の優位性を活かし、SSH事業をより充実したものにするためにも、大学と連携しながら、科学技術に関

する学習支援事業を活用した資金の獲得が必要である。

SSHにおける国際化の課題とSSH生徒の大学進学後における立命館大学の課題は、どちらも一貫教育のあり方につながる問題である。現在の到達点をもたらす課題・問題を克服し、さらに高めるための理数教育モデルを構築することで、「国際的科学教育拠点」の構築につながる。

II. 研究の目的

本研究の目的は、立命館高等学校がこれまで培ってきた国際的ネットワークならびに高大連携などの経験から、第3期SSH事業の継続指定を受けるためのテーマとして、一貫教育の優位性を生かした日本を代表する「国際的科学教育拠点」を構築するための政策の開発である。これは、今ある問題の解決のみではなく、一定の水準に到達している、あるいは全国でも有数のモデル的な到達を示しているものを、もう一段階上に上げることを目指しているものである。

研究の背景で述べたとおり、立命館高等学校はスーパーサイエンスハイスクール指定以降、「高大連携」と「国際化」をキーワードに取り組んできた。取り組みの開発・実施を第一段階、国内・海外とのネットワーク構築を第二段階とすると、第三段階としてはこれまでの到達点を研究し、世界に通用する教育プログラムを開発することである。現在、日本のSSH事業の段階は、地域の学校に事業の成果を普及する「中核的拠点」を育成する^{注12)}、いわば第二段階にある。本研究では、第三段階として、日本を代表する国際的通用性のある理数教育モデルを開発することにより「国際的科学教育拠点」を構築したいと考える。

そこで「国際的科学教育拠点」の理数教育モデルとして以下を開発する。

①一貫教育の優位性を生かした高大連携・接続プログラム

②サイエンスフェアを中心とした国際化推進モデル

なお、この研究目的の意義は、SSHを軸にした立命館高校全体の理数学力の向上により、理数の素養を持った社系人材の育成、国際交流の経験により世界を視野に入れた進路としての立命館アジア太平洋大学への進学、さらには立命館高等学校の取り組みの普及・参画により他の附属校、提携校への影響などの展望を持ち、先進的

な取り組みをさらに高めることにある。

III. 研究の方法

調査、研究は以下の3点を中心にすすめる。

1. 国内SSH校および海外の学校において実践されている先進的な理数教育の取り組みと実態についてヒアリング調査を行う。あわせて専門機関の文献についても調査を行う。
2. サイエンスフェアに参加した生徒へアンケート調査を行い、その効果や課題を整理する。
3. スーパーサイエンスコース卒業生の大学進学後の学習・進路状況ならびに、大学生活での問題点、高校での学習が役立っているかなどSSCの優位性も含めてアンケート調査する。

IV. 調査・分析

1. 国内外他校と専門機関の調査

日本の二高校と海外の一高校の理科教育と専門機関の調査のポイントを本節で報告し、それぞれの学校の個々の取り組みは次節にまとめる。

(1) 早稲田大学本庄高等学院

調査日時：2009年6月15日(月)

調査方法：ヒアリング調査

概要報告：

早稲田大学本庄高等学院(以下、早稲田本庄)のキャンパス内には、早稲田リサーチパークという大学の研究施設があり、個別に訪問して指導を受け、大学が行っているプロジェクトに一部参加するなどしている。また大学キャンパスにおいていくつかの研究室から実験指導を受けており、実験機器の使用法、体験などを行っている。早稲田本庄は、早稲田大学から物理的に離れているため、実際に大学に行くのが難しい生徒は、テレビ会議システムを使って配信されるものを受講することもできる。文系・理系問わずいくつかの講座が高校生に解放されている。

早稲田本庄の教員は、その約3分の1が、専門科目や教職科目の講義のために大学に行って授業をしている。そのため高校と大学の距離感はかなり近いようである。大学教員からは、研究現場を知るという意味で、大学院生と接する機会が必要であり、大学院生の活用が有効

との意見がある。これは大学院生にとっても勉強になるし、お互いの刺激にもなる。また、教員の負担軽減の観点からも、大学院生（留学生である院生も含む）の高校での活用は、身近な存在として大学院を意識することにもつながり、将来の大学院進学を意識付けともなる。

学院長は早稲田大学の大学院国際情報通信研究科の教授であり、音響学が専門ということで、学院長が身近な研究者として研究分野を生徒に直接語りかけ、実験するなどされている。高校生だからといって“サイエンスショー”的なものを見せるのではなく、本物を見せ、大学との連携においても「金の卵」である高校生を預けるという意識で、高校生の発想も大切にしたい実りある本物志向の取り組みを実践している。

（2）玉川学園高等部

調査日時：2009年6月16日（火）

調査方法：ヒアリング調査

概要報告：

玉川学園は、幼稚部から高等部、大学、大学院を持つ総勢約1万人規模の総合学園であり、すべての施設が一つの敷地内にある。2008年度からSSH校に指定され、小中高において「K-12」と呼ばれる独自のシステムでの一貫教育を展開している。高校については高学年と呼ばれ、10年生から12年生が属している。

高大連携としては、放課後、土日、長期休暇に大学レベルの教育を体験する機会として実験プログラムが開催されている。また、グローバルCOEに採択されている玉川大学脳科学研究所と連携し、教授およびポスドクによる講義が行われている。他にも、選抜者による大学の研究室受け入れが行われている。

また、玉川学園は国際バカロレア（International Baccalaureate）^{注13}に認定されている。国際バカロレア認定の教育システムは、世界基準であり、玉川学園におけるSSH事業にも一部取り入れられている。

（3）Camborne Science and Community College（イギリス）

調査日時：2009年7月15日（水）～16日（木）

調査方法：ヒアリング調査

概要報告：

Camborne Science and Community College（以下、CSCC）は立命館高等学校との協定を7月下旬に結ぶこ

とやこれまでも教員の相互派遣などを行ってきたことから、ヒアリング調査を行った。CSCCはイギリスの公立高校で地元の生徒を教育している。イギリスではスペシャリストスクールに対して補助を行う制度があり、CSCCも科学教育のスペシャリストスクールとして認定されている。

イギリスでは11年生（15-16才）までの期間が義務教育である。義務教育の終了にあたってGCSE（General Certificate of Secondary Education）とよばれる全国統一の修了試験を受けなければならない。この試験のために、ナショナルカリキュラムに基づき教育が行われている。イギリスの教育環境で特徴的なのは、その機器の環境である。すべての教室にパソコンと電子情報ボードが設置されており、GCSEの試験会社が提供している教材のパワーポイントや動画を提示するなど授業で活用されている。この教材は、詳細な指導書が付いており、指導内容・時間が台本形式で用意され、それに沿って教材の動画を見せたり、実験の手順を説明できるなど、大変便利な教材である。見学した理科の授業では、中学生がパワーポイントのプレゼンテーションを作成し、その発表内容だけでなく、生徒同士でパワーポイントの技術的な指摘をおこなっていた。また、スペシャリストと呼ばれる要員が配置され、実験での助手や生徒へのアドバイスなどに対応している。

今回の調査は、立命館高等学校生徒の海外科学研究ワークショップに同行する形でおこなったため、校外研修にも参加した。海外生徒の受け入れプログラムには、資金提供を受けられるスポンサーを持っているため、我々の研修に対しても、研究施設訪問やレクチャー、移動費まですべて相手方が負担した。

（4）理科教育支援センター海外におけるメンターシッププログラムについて

調査方法：文献調査

対象文献：

独立行政法人科学技術振興機構 理科教育支援センター
理科教育支援検討タスクフォース才能教育分科会

①第5回資料3「理科教育における才能教育に関わる現状」

②「中間まとめ」

理科教育支援検討タスクフォース才能教育分科会の中間まとめでは、「高い才能を有する生徒には、その才能

に合った高い水準の指導が必要であり、専門的な指導を受けることが、将来の科学者・技術者へと成長するために、またとない貴重な経験となる」としている。そのなかで、専門的な個別指導や進路への指針を与える存在として、メンターを挙げている。「メンターシップは諸外国では、生徒の卓越した才能をより伸ばすための存在として重視されている。」とし、ISEF 出場者へのアンケート結果でも、約 60% がメンターの指導の下に研究を進めてきたと回答があり、メンター制度の役割について「大学や研究機関等の専門家がメンターとして、研究におけるテーマ設定から、実験計画の立案、実施、結果の考察、科学論文のまとめまで、各研究段階で必要性に応じた専門的なアドバイスを生徒に与えることで、高い水準の科学研究へと導く役割を担っている」ことから、海外で実施されているメンターシップ制度については、日本でも課題研究などにおける専門的な学習支援の機会として有効であると考えられる。

2. SSH 事業の主な取り組み内容と問題点の、他校調査との比較とその政策への反映

立命館中学校・高等学校の取り組みと問題点および他校調査の結果から代表的な取り組みについて、他校の取り組みを、立案する二つの政策への反映を整理した（表 10）。「済」は既の実施しているもの、「○」は政策に取り入れるもの、「×」は体制や経費などの条件により政策に反映しないと判断したもの、「-」は該当しないものである。（政策の付番は研究目的におけるもの）

3. サイエンスフェアにおける国際交流の実効性—生徒アンケート調査の分析

2008 年度に実施した International Students Science Fair ならびに 2009 年度に実施した Rits Super Science Fair に参加した立命館高等学校生徒にサイエンスフェアの取り組みでどういった能力が向上したかについてアン

表 10 SSH 事業の主な取り組み内容と問題点の、他校調査との比較とその政策への反映

項目	問題点	調査結果・他校の取り組み	
		政策①	政策②
		調査結果・他校の取り組み ㊦ 早稲田大学本庄高等学院 ㊧ 玉川学園高等部 ㊨ Camborne Science and Community College	
課題研究	特に優秀な生徒に対しては質の高い研究ができる環境が必要である。質の高い研究には、大学との連携や協力という学園の一貫教育が効果的であり、生徒にも強い学習意欲を引き起こす。このようなプログラム開発が望まれている。	㊦ SS クラブにてチーム編成し研究している。先輩の研究を継続するなど深まっている。研究レベルが上がると教員と設備の能力に限界があり、個別の大学の研究室と連携プログラムを立ち上げている。	○ ×
スーパーサイエンスワークショップ	ワークショップの対象は SSC 生徒のみにとどまっている。日常の授業とリンクできていない。また対象生徒を広められていないことが問題である。	㊦ 科学的な素養と視点を身につけるため、外部専門家、企業、研究施設と連携した研修を実施。単発プログラムであるため、深い理解にはならないが、日常生活に関連した問題意識をもつきっかけとなっている。当初は声掛けで参加者を集めていたが、リピーター、口コミなどにより参加が広まっている。特に女子に理科に興味をもってもらうための企画もおこなっている。 ㊧ 外部研究所、機関との連携による実験・演習プログラムを実施。事前学習の不足により、やや盛り沢山すぎる内容となった。希望者参加であり、参加者が集まらないことがある。将来の目標が定まっていないため、動機が不十分であったり、講座の魅力が伝わっていないと考えられる。	○ -
特別講義	休暇中や試験休みなどで授業スケジュールに余裕がある時に実施するにとどまっている。プログラム化や理工系学部との連携が課題である。	㊦ 回数は少ないが土曜日や夏休みに大学教員から実験・研究室体験とあわせて行っている。 ㊧ 希望者を中心に放課後、土日、長期休暇を利用して講義、実験プログラムを実施している。大学レベルの教育を体験する機会となっている。	○ ○

大学講義受講	高等学校における要卒単位とならないため、生徒の意識の中では大学進学・高校卒業に必要な学習が優先すること、また学校行事によって十分な出席ができないことが考えられる	<p>㊦ 高校生開放科目があり、大学キャンパスもしくはTV配信にて受講している。</p> <p>㊧ SSH指定を契機に、高大カリキュラム接続のプログラム縮結がされた。それにより、11.5年生（高校3年生後期セメスター）から大学での授業を受ける仕組みとなっている。ここでの単位は、大学・高校共に約15単位程度が認定される。講義は、大学の講義だけでなく、大学の講義を受けるにあたってノートのとり方から学習の仕方までの基礎的なスキルを身につけるものも考えられている。</p>	○	○
「Rits Super Science Fair」ならびに「International Students Science Fair」	海外からの生徒・教員については空港到着以降、国内滞在中の全ての費用をホスト校が負担することになっており、規模が大きくなる（参加者が増える）ほど、資金を要することとなるため資金問題が大きい。その他、フェア中のプログラムについては、前述の最先端科学研究入門と同様に理工系学部の協力が必要である。また、平常授業と並行しての開催であるため、全校規模の取り組みになっておらず、教員の負担も大きい。	<p>㊦ 早稲田本庄は、立命館のフェアに参加している。成果発表と評価の場として、また論文・プレゼンテーション教育としても重要である。</p> <p>㊧ 立命館のフェアに参加している。共同研究プロジェクトや海外フェアへの派遣が活発である。</p>	済	○
海外協定校との交流プログラム	海外から受け入れる生徒のプログラムについては、海外校の教育レベルも高く、本校のプログラム質が問われる。立命館大学の諸施設を使った講座や大学教員による特別講義などで立命館としての質をアピールする機会ともなっている。	<p>㊦ シンガポールの協定校 National Junior College とTV会議や共同研究により科学を核とした国際交流をおこなっている。</p> <p>㊧ アメリカの協定校 Roxbury Latin 高校に生徒を派遣し、タンパク質やDNAなどバイオテクノロジー関連のプログラムに参加した。</p> <p>㊧ 本校同様に海外の科学数学高校と交流プログラムを実施している。</p>	○	○
英語授業	本校では、サイエンスイングリッシュを開講。フェアでのプレゼンテーションなどに対応できる力を養う。	㊦ 「英語学術発表基礎」を高3選択科目で開講。プレゼンテーションを通じて科学英語になじむことを目的としている。ただし、科学教育と英語の関係には課題がある。	×	○
大学と高校のギャップを埋める取り組み		㊦ 物理と数学について放課後に開講し、総合的な理解につながっている。	○	×
理科講義		<p>㊧ IB指定校であるため、物理と化学についてIBのカリキュラムを取り入れている。IBカリキュラムでは「理科」ではなく「実験科学」と呼ばれ。実験課題に対する評価方法が日本とは大きく異なり、知識の応用が必要であるなど、教育効果が期待できる。</p> <p>㊧ ICT環境が整えられており、授業・実験の理解につながる教材が使用されていた。</p>	○	×

ケート調査をおこなった。

2008年度は対象生徒81名中、74名から回答があった（回収率91.3%）。2009年度は対象生徒86名中、78名から回答があった（回収率90.7%）。

図2に示される通り、全体的に大変高い数字を示している。英語力については、フェア開催中は発表、質疑応

答、議論なども英語で行われるため、短期的であるが英語漬けとなることから、リスニング・スピーキング・コミュニケーションの力が向上したと、7割以上の生徒が回答しており、大きな効果のあることがわかる。リーディング力、ライティング力については、ポスター発表のための英語指導を行っているものの、向上にはつなが

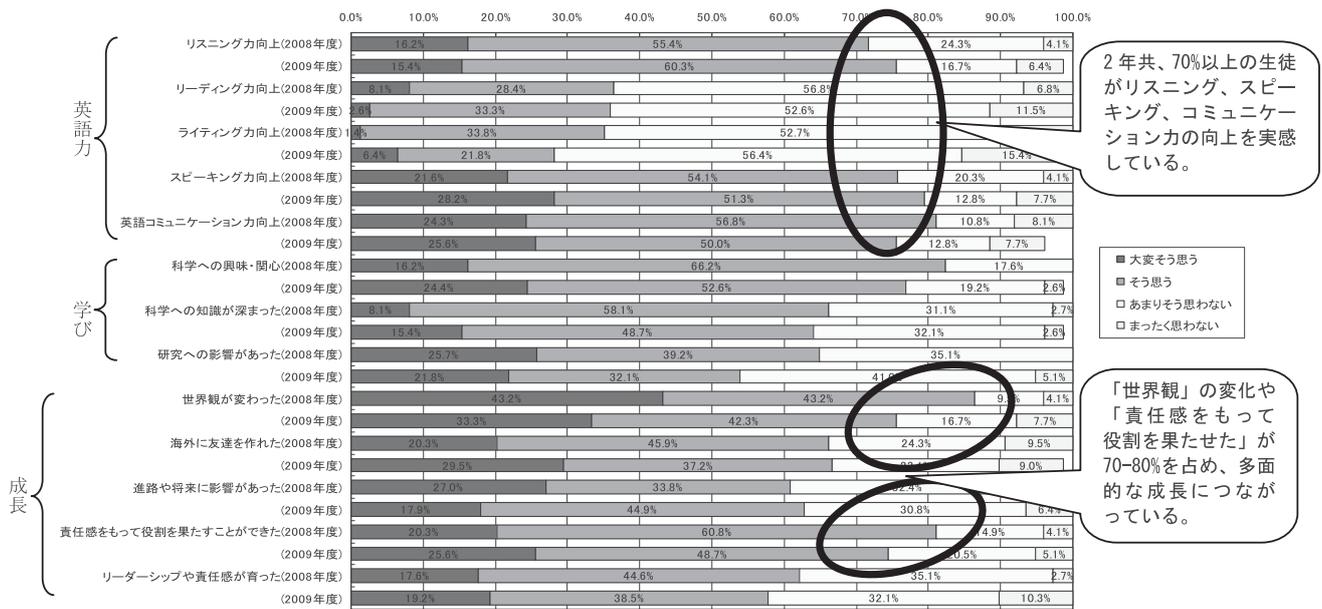


図2 サイエンスフェアにおける国際交流の実効性 (2008年度 n=74、2009年度 n=78)

ていない。その他、「科学への興味・関心」、「世界観が変わった」、「責任感をもって役割を果たすことができた」と同じく7割以上が回答し、生徒の成長に寄与していることがうかがえる。

こうしたサイエンスフェアの取り組みは、生徒も実行委員会を組織して、運営・海外生徒のパディ・司会など主体的に関わるため、英語力だけではなく生徒の多面的な成長につながっている。約1週間という短期間では、英語力の向上には限りがあるが、このモチベーションを英語学習につなげることが必要である。

4. SSH卒業生に対するアンケート調査

スーパーサイエンスコース卒業生は2008年度に1期生24名が大学を卒業した。そのうち15名の卒業生がそのまま大学院に進学している。高校卒業後の大学での学びにおける問題点、高校での学習との関連や比較について、立命館高等学校スーパーサイエンスコース(旧称スーパーサイエンスプログラムを含む)全卒業生(2004年度～2008年度卒業)計116名にアンケート調査をおこなった。回答者45名、回答率38.8%であった。

(1) 将来の進路

将来の進路は図3の通り、修士課程(博士前期課程)まで進学したい層(39%)と博士課程(後期課程)まで進学したい層(13%)を合わせると52%が進学を希望

している。SSH1期生の実績としては62.5%が修士課程に進学していることから、まだ決めていない層も含めると一定数の修士課程への進学が期待できる。

(2) 将来の職業希望

将来、どのような職業に就きたいか(図4)については、企業の研究者・技術者、その他理系の職業、研究者といずれも理系の職業を希望している。理数系人材の育成という面では、一定の成果が出ていることがわかる。また、理数系教員の志望が5%存在することから、教員志望の学生・院生を高等学校の授業で活用することも期待できる。

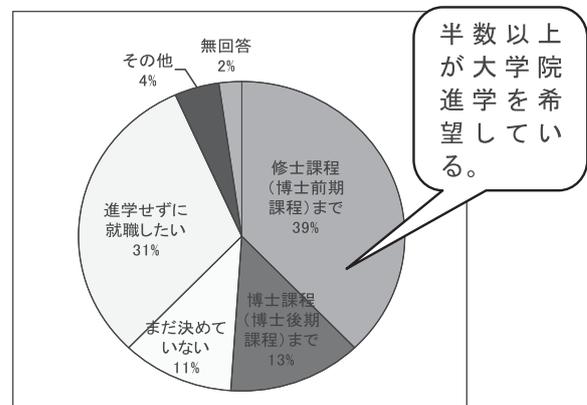


図3 将来の進路 (n=45)

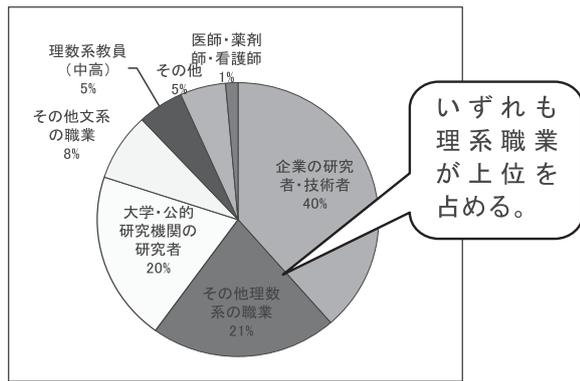


図4 将来の職業希望 (n=45)

(3) 理数に対する興味、姿勢、能力

SSHに参加したことで、具体的に理数に対する興味、姿勢、能力がどのくらい向上したかについて調査したところ、いずれも高い数値が得られた(図5)。なかでも「成果を発表し、伝える能力」は90%を超えており、サイエンスフェアやスーパーサイエンスワークショップなどにおいて、プレゼンテーションの取り組みを重視した結果を如実に反映したものとなっている。それ以外の項目についても、「大いに増した」と「増した」の回答の合計は70%前後が多く、SSHは教育効果が高く、生徒の能力向上につながっていることがわかる。また、直接に理科や数学に関わる「観測や観察への興味」、「理科・数学の理論・原理への興味」、「理科実験への興味」の回

答も同じく70%前後であり、理数教育としてもその効果があることがわかる。しかし、「独自なものを創り出そうとする姿勢(独創性)」については50%程度であり、独創性を育む取り組みが他に比べて低い結果となった。

また、2008年度に三菱総合研究所(JST委託調査)が全国のSSH卒業生の一部(回答者1,140名)に対して実施した同様の意識調査においては、「成果を発表し伝える能力」は71%、「独創性」は、52.9%、「国際性」においては27.1%と最下位であった。「国際性」の向上度については立命館中学校・高等学校卒業生と明らかに異なる結果となっていることがわかる。

(4) SSHプログラムの自身の成長と自己評価

SSHの取り組みの内、自身の成長に効果があった取り組みを順位付けて調査した(図6)。45名中34名の卒業生が、サイエンスフェアを上位に挙げており、海外生徒との交流により研究や学習の意欲が大いに増したと回答するなど、成長への効果が大きいことが明らかになった。スーパーサイエンスワークショップは、国内有数の研究施設での学習・発表やインタープリター体験、自然体験など、多くの学びが詰まっている取り組みであり、短期間の宿泊研修でありながらも成長を実感できていることがわかる。課題研究についても、自らの興味・関心からの研究の中で、個別、大学教員に指導を仰ぎ、成果を発表する取り組みであり、長期的な努力のなかで生徒

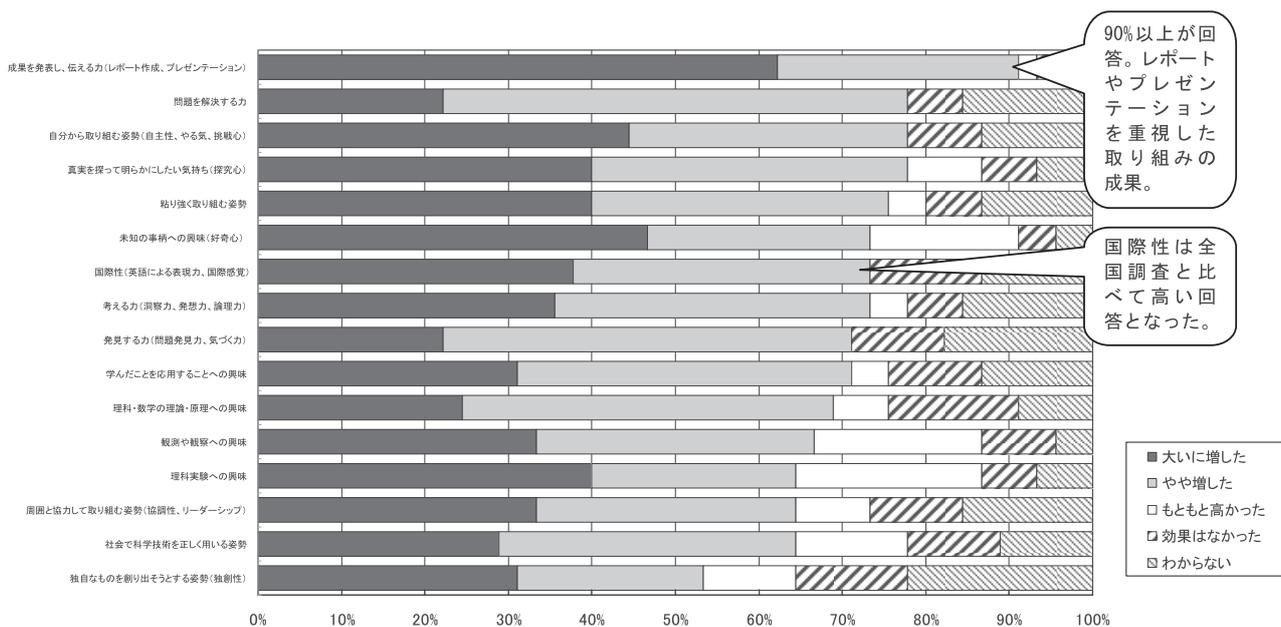


図5 理数に対する興味、姿勢、能力 (n=45)

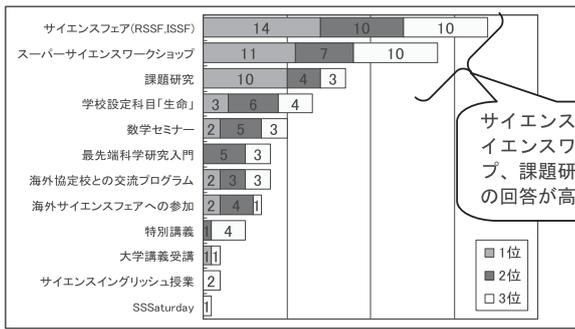


図6 成長への実効性 (n=45, 単位:人)

は成長を実感している。以上の3つの取り組みは、いずれも生徒自らの主体的な学習や対象への働きかけが必要となるものである。学習効果を上げるためにはこの点に配慮する必要がある。

(5) 高校と大学の連携・接続により期待するプログラム

高校と大学の連携・接続により期待するプログラムについて調査したところ、図7のような結果が得られた。これに記述回答を加味して、高大連携・接続に期待するプログラムは次のように説明できる。

第1に、低回生からの研究室配属は、本配属でなくても体験できる機会や、出入りできる環境を求めていることから、研究室との日常的なつながりが期待されている。また、40%が基礎的な研究力を養うための指導に回答するなど、基礎的な研究力を学び、それを担保した上で自らの興味・関心のある研究を継続するために、低回生からの研究室配属を希望していることがわかる。これについては大学生と高校生の共同研究は、年齢の近い

もの同士での取り組みでありお互いの成長や刺激になる、という意見も見られた。第2に、高校時代の受講科目の単位認定については40%が回答し、大学入学時点で単位認定されていることにより、少しでも多くの科目を取ることができるなどといった、積極的な意見が目立った。

これらの結果から、スーパーサイエンスコースの卒業生は、大学でよりよく学ぶためには、SSHのプログラムやシステムとして、低回生からの研究室配属、大学院生や学生との共同研究や指導・援助、高校時代の単位認定の要望が強い。さらに、専門英語学習、理数科目の学習強化と、基礎的な研究力養成を、充実あるいは強化すべきと考えていることがうかがえる。

5. 調査・分析のまとめ—政策への検討項目の整理と政策検討の方向

これまでの調査と研究から、政策に取り込むことを検討する項目を研究目的の二つの政策立案すなわち高大連携・接続プログラムとサイエンスフェアを中心とする国際化推進モデルにかかわって整理すると次のようになる(表11)。これらの検討項目を、立命館中学校・高等学校そして立命館大学の条件、体制などと関連させて検討し、変更あるいは取捨選択して政策を設計する。政策は、SSHを「もう一段上に上げることを目指す」ために、現行プログラムの強化と新しいプログラムの開発とする。そのポイントとしては、アンケート結果から「本物の研究」、「海外を含む生徒間の交流の推進」、「生徒の研究へのモチベーションの維持・強化」、大学での「受け皿」

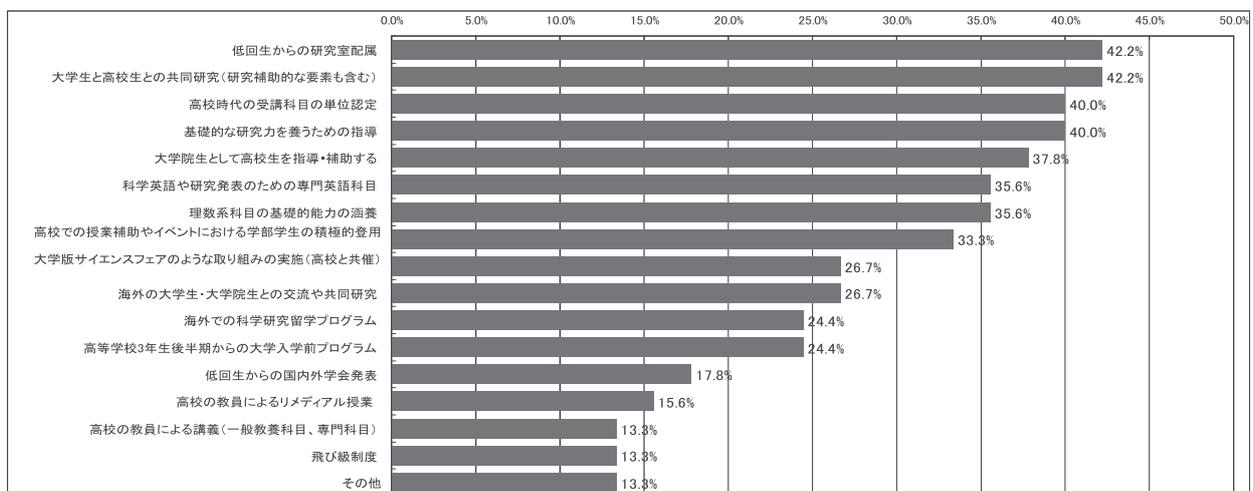


図7 高校と大学の連携により期待するプログラム (n=45)

表 11 政策に取り込むことを検討する項目

<p>①高大連携・接続プログラムの強化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・課題研究における個別の研究室との連携プログラム ・スーパーサイエンスワークショップにおける外部講師・機関との連携による実験・演習などのプログラム ・特別講義による実験・研究室体験 ・大学と高校とのギャップを埋める取り組みの開発 ・理科講義の工夫や理数科目の学習強化 ・大学院生や学生との共同研究や指導・援助 ・高校時代の単位認定 ・低回生からの研究室配属 ・理数系の専門英語学習 ・基礎的な研究力養成 ・科学技術に関する学習支援事業の申請
<p>②サイエンスフェアを中心とした国際化推進モデル</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本物志向の体験型講義プログラムの実施 ・海外協定校との交流プログラムの活用 ・サイエンスフェアの、リーディング、ライティングを除く英語力、科学への興味・関心の強まりと知識の深まり、世界観の広がり・深まりとリーダーシップや責任感の醸成などの教育効果の一層発揮できる仕組みなどの開発
<p>③共通する事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・資金確保（第三期 SSH の指定、科学技術に関する学習支援事業の獲得） ・生徒の学習効果を高める、主体的に学習する、あるいは理数教育の対象にかかわって学習するという仕組みの開発 ・サイエンスフェア、サイエンスワークショップ、課題研究が自己の成長に大きく役立った ・実施体制の確立（必要に応じて学部には依頼している現状から、常設の協議機関と体制の確立）

作り、高大連携と高大接続の「区分け」などである。

スーパーサイエンスコース卒業生の調査では、SSH は、一般的な学習姿勢を強め、学習能力を向上させるとともに、理数科目の学習能力や理論への興味などを高めている（図5）。そして、SSH のプログラムで自らが成長したと実感したのは、サイエンスフェア、スーパーサイエンスワークショップと課題研究の3つであった（図6）。そこで、これら3つのプログラムはその学習効果を一層高めるための工夫やプログラムを開発する。

そして、SSH 受講生が大学進学後も高校で学んだことをさらに高め、大学においても引き続き研究を発展させることのできるサポートプログラムを開発する。

V. 政策立案

1. 現行のプログラムと新規プログラムの概要

政策を提起するにあたり、現行プログラムと提起する新規プログラムは表12の通りである。この両プログラムを合わせて「国際的科学教育拠点」の理数教育モデルとする。特にスーパーサイエンスサポートプログラムは

生徒に本物の研究力量をつけるための基盤となるプログラムである。

2. 一貫教育の優位性を生かした高大連携・接続プログラム

高大連携・接続プログラムは、次のように高大連携プログラムと接続プログラムに分けて一貫教育ならではのものとして開発する。

(1) サイエンスメンターシッププログラム（高大連携プログラム）

ねらい：SSH 事業の取り組みの1つである課題研究においては、個々の生徒のテーマに応じて指導が必要である。従来は、形式的に理系学部には依頼し、協力を得られる教員による限定的な連携であった。高大連携によって、テーマに合致した、多様な角度からの個別指導を可能とするために「サイエンスメンターシッププログラム」を実施する。

メンター：立命館大学・他大学教員、学外連携研究機関の研究員などの専門家

表 12 現行のプログラムと提起する新規プログラムの概要

	高校1年	高校2年	高校3年	大学1回生
現行プログラム	開講期間 (授業)	課題研究 サイエンスフェア スーパーサイエンスワークショップ 数学セミナー 数学(海外テキスト)		k.SSH 運営指導委員会の充実強化 *主な(新規)議題 ・理数学生応援プロジェクト申請 ・大学教員応援・指導体制強化 ・メンタープログラムの開発 ・大学院生・学生応援・支援体制 ・新規プログラムの協議など
	夏休み	Rits Science Academy 最先端科学研究入門 学校設定科目「生命」		
	春休み	海外協定校プログラム SSH 生徒研究発表会	大学講義受講 海外科学研究ワークショップ ブリッジ講座	
新規プログラム	開講期間 (授業)	a. 課題研究(メンターシッププログラム) b. 大学院生・学生との共同研究 c. サイエンスフェア、スーパーサイエンスワークショップ事前・事後プログラム		(単位認定) h. 理数学生応援プロジェクト *SSH生徒の大学の「受け皿」 研究室体験・配属 特別講義・集中講義 国内外先端研究施設等視察 国内外学会発表など スーパーサイエンスサポートプログラム (網掛け部)
	夏休み	(二・三学期) d. 理数科目の学習強化 e. 基礎研究力養成 f. 専門英語学習 g. 単位認定科目受講		
	春休み	i. 課題研究(研究室体験プログラム) j. 短期科学交流プログラムと事前・事後学習 d. 理数科目の学習強化 e. 基礎研究力養成 f. 専門英語学習 g. 単位認定科目受講		
①高大連携・接続プログラムの強化(主に連携 a~c, i, 主に接続 d~h) 高いレベルの理数教育を推進するために、課題研究においては、日常的に専門的な見地からの指導・援助を得るため、メンターシッププログラムを立ち上げて成果につなげる。また、大学院生・学生との共同研究をすすめ、相互のアイデアの活用や意見交換により研究の充実を図る。サイエンスフェア、スーパーサイエンスワークショップの事前・事後プログラムにより、一層の学習効果をあげるものとする。 アドバンス的な学習強化策として高校3年次の2・3学期において、大学進学に向けた学習プログラムを開発する。基礎的な研究力の養成・高大のギャップを埋める取り組みは、SSH 卒業生のアンケート回答において要請の高いものであった。大学での理数分野の学びをより充実したものとするため、理数科目の学習強化、基礎研究力要請、専門英語学習、単位認定科目の受講を行う。 SSH 生徒の大学入学後の受け皿として、理数学習支援事業である「理数学生応援プロジェクト」を活用し、低回生での研究室体験・配属、国内外の先端研究施設・工場等視察や学会参加・発表などのプログラムを開発する。				
②サイエンスフェアを中心とした国際化推進モデル(c, j) サイエンスフェアの取り組みは、プレゼンテーション能力、英語力の向上、科学への興味関心の増大など多面的な効果が見られ、生徒自身の成長につながっている。これを強化するため、サイエンスフェア期間中だけでなくとどまらず、日常的な海外校との交流・連携プログラムを実施する。 サイエンスフェア企画の高度化のためには、世界有数の科学数学高校の求める高いレベルの取り組みが必要である。これは同時に、大学レベルの施設・研究をアピールする機会ともなる。立命館大学としての位置づけを明確にした推進体制が求められる。 サイエンスフェアの拡大によるネットワーク活用のため、SSH 事業指定校に求められている地域全体の理数教育の質の向上を図る拠点としての取り組みとして、本校生徒と他校生徒を含めた、短期科学交流プログラムを実施する。				
③共通する事項(k) SSH 事業運営に関する協議体制の強化として、現在開催している SSH 運営指導委員会を充実・強化し、高大連携・接続プログラム協議を行う。ここでは、科学教育の充実に伴い必要となる資金を獲得するためにも、理数学習応援プロジェクト申請に取り組む。				

内 容：このプログラムでは、高等学校が委嘱するメンターが研究テーマに応じて実験や考察、論文作成の支援などを行う。BKC への登校日や長期休暇を活用して定期的に指導を受けられることとする。具体的な指導内容としては、課題研究の内容に関する方向性、実験、考察に関する助言・指導・相談をはじめ、海外フェアや国内の発表会など、研究発表の機会ごとに論文作成指

導やポスターおよび口頭発表の事前指導・助言を行う。メンターの負担軽減のため、メンター補助として、教員志望の大学生・大学院生を優先して活用する。また、大学生・院生との共同研究により、高校生から見た近い世代の研究者の卵である大学生・院生と相互のアイデアや意見交換による、教育効果が期待できる。

（2）スーパーサイエンスサポートプログラム（高大接続プログラム）

ねらい：SSH校からの進学者のように高校時代からの理数への学習意欲・能力を伸ばすことを目的として「スーパーサイエンスサポートプログラム」を実施する。このプログラムは、①高校3年生時から大学進学に向けた高大接続プログラムと、②理系学部の支援を得て、「理数学生応援プロジェクト」^{注14)} 事業に応募し、大学進学後の継続学習支援プロジェクト、の2本だてとする。

担当：立命館中高および立命館大学の教員

内容：①立命館高等学校スーパーサイエンスコース生徒・学内進学者向けに、一貫教育ならではの接続プログラムとして、高校3年生の2、3学期を利用して、大学進学に向けた、理数科目の学習強化、基礎的な研究力の養成、専門英語の学習などを先行して実施し、単位認定する。
②文部科学省が実施している「理数学生応援プロジェクト」事業の活用を行う。この補助事業により、上限1,600万円の予算を活用して、高校時代の研究継続を目的として、低回生からの研究室体験・配属、国内外先端研究施設などの視察研修、国内外の学会参加・発表の機会を与える。

3. サイエンスフェアを中心とした国際化推進モデル

生徒間の交流を高め、SSHの生徒の動機づけの強化と、国内校の国際化推進にも寄与するモデルを開発する。

（1）日本における「国際的科学教育拠点」としてのスーパーサイエンスフェア開催

ねらい：サイエンスフェアのような発表の機会は、世界の科学数学高校が求めており、国際的なサイエンスフェアを実施している学校は日本では立命館高等学校以外にはない現状があるため、これまでのサイエンスフェアをより発展させ、「国際的科学教育拠点」として確固たる位置を確保する。また、サイエンスフェアに参加した生徒は、研究発表・共同研究による討論で英語の重要性を肌で感じ、世界に通用する英語力と理数学力の差を実感しており、国際感覚の涵養や語学学習へのモチベーションを一層高めるものと

する。

担当：立命館中高および立命館大学の教員

内容：サイエンスフェアの参加国を南米およびアフリカ大陸を含めて、世界5大陸からの参加とする。それにより、各国独自の状況・視点からの研究発表が可能となり、これまで以上に世界観の醸成が期待できる。企画内容としては、開催期間中だけにとどまらず、海外校との定期的な課題研究中間報告や事前講義などにインターネットを活用したビデオカンファレンスやWebページによる情報発信・交換を実施することにより、日常的に海外との交流を意識させる取り組みとし、モチベーションの強化をはかる。また、これまでにもR-GIRO（立命館グローバルイノベーション研究機構）や理系学部の協力により、体験型の講義プログラムを実施してきた。さらに、テーマを最新のものにし、楽しみながらもサイエンスの奥深さや最先端の研究に触れることができるものとし、モチベーションを高めるものとする。大学にとっては、世界有数の科学数学高校の生徒に対して立命館の理系学部の研究アピールを行える機会とする。

（2）国際的ネットワークを生かした短期海外派遣プログラム

ねらい：SSH事業は、指定校を拠点として地域全体の理数教育の質の向上を図ることが求められる。立命館高等学校の国際的な科学数学高校とのネットワークを日本国内の他の学校が享受できるよう、拠点校にふさわしい取り組みを行うことを目的とする。

担当：立命館中高および立命館大学の教員

内容：立命館高等学校が築いてきた国際的ネットワークを生かし、国内の有名な研究発表会などで優秀な発表を行った高校生に本校のサイエンスフェアでの発表の機会と、短期海外派遣プログラムへの参加の機会を与える。海外派遣プログラムの事前・事後講義を大学と連携して実施し、他校の優秀な生徒が立命館の高度な教育研究水準を肌で感じるにより、大学入学政策につながることも期待できる。

3. SSH 運営指導委員会の充実・強化

これまでの政策を実現するためには、SSH 事業をより“公式”なものとして運営できるように協議体制を強化する必要がある。

ねらい：現在開催している SSH 運営指導委員会を充実・強化させることにより、より具体的に政策の実現に向けた協議を行えるようにする。

担当：立命館高等学校 SSH 運営指導委員、一貫教育部、SSH 推進機構

内容：サイエンスメンターシッププログラム、高大接続プログラムの推進と理数学生応援プロジェクトの申請などの新規プログラムと既存プログラムの充実・強化について協議する。

VI. 研究のまとめ

本政策立案は、立命館高等学校が日本における「国際的科学教育拠点」となるべく、総合学園としての立命館の一貫教育の優位性を生かした高大の連携と接続および科学教育の国際化を進展させる理数教育プログラムである。本政策が実現することにより、高校生の課題研究やサイエンスフェア、海外校との協定プログラムなどにおいて安定した体制が構築できるとともに、生徒が高いレベルの助言・指導を受けることが期待できる。本校の「国際的科学教育拠点」化は、多くの SSH 校において国際化が進んでいない現状において、国内外に立命館学園の理数教育の国際化の高い到達点を示すことにつながる。

日本国内における科学技術政策への期待は大変大きく、今後も SSH の拡充が予定されるなど、理数系人材の裾野の拡大に向けた国の政策は多岐に渡る。そこで、「理数学生応援プロジェクト」を申請し、提起しているメニューを整備して高大接続を具体化することで、立命館大学が SSH 卒業生の受け皿を用意する意義は大きい。

VII. 残された当面の研究課題

残された当面の研究課題は次の2点である。

①理工系学部および事務局との調整

各プログラムの実施体制および「理数学生応援プロジェクト」事業などの事務体制の強化が必要となる。

②立命館高等学校全体および学園全体の理数教育の課題 学校全体への理数教育の普及と高度化に向けた全校へ

の提言が必要である。また、学園の附属校・提携校の理数教育充実・強化を視野に入れた検討も必要である。

【注】

- 1) 京都市立堀川高等学校は、SSH の中心として専門学科「探求科」を設置している。京都全域から生徒募集し、高い偏差値を誇る。京都大学合格者の急伸は「堀川の奇跡」と呼ばれている。
- 2) 算額問題は、江戸時代に数学の問題の難問を額に入れて神社に奉納したものが由来で、それらの問題の解法を数学者や数学愛好家が奉納するなどした日本独特の文化。円や図形など幾何に関する問題が多い。当時は数学雑誌などが無くこのような発表形態になったと考えられている。
- 3) フェアは高校生による科学分野の研究発表・共同研究・交流を目的とした取り組みである。「Rits Super Science Fair」は立命館高等学校が主催して開催するもので2002年より開催している。「International Students Science Fair」は、科学高校のネットワークによって開催されるフェアで、2005年より各国で順次開催されている。2008年度に立命館高等学校がホスト校として日本で初開催した。
- 4) 代表的なトップレベルの参加校（科学高校）は、Korea Science Academy of KAIST（韓国）、Illinois Mathematics and Science Academy（アメリカ）、Moscow Chemical Leceum（ロシア）などが挙げられる。
- 5) SSH 生徒研究発表会は全 SSH 校が参加する発表会。毎年夏に開催され、3年目指定校生徒の口頭発表と希望する学校によるポスターセッションが行われる。
- 6) 日本物理学会 Jr. セッションは日本物理学会が開催するもので、高等学校などの生徒から日ごろの活動や研究成果に関するレポートを募集・選抜し発表の場が提供される。
- 7) 日本学生科学賞は日本で最も歴史と権威がある科学自由研究コンテスト。各都道府県3点の地方審査後、中央審査、最終審査と進む。受賞者を対象に特別選抜入試を実施する大学もある。
- 8) 内閣総理大臣オーストラリア奨学生は文部科学省が実施するオーストラリア短期科学留学プログラム。全国で10人が派遣される。
- 9) JSEC は Japan Science & Engineering Challenge の略。科学技術をテーマとした自由研究コンテストでグランドアワード受賞者が ISEF に派遣される。受賞者を対象に特別選抜入試を実施する大学もある。
- 10) Intel ISEF は Intel International Science and Engineering Fair の略。世界中40ヶ国以上から集まる1500人以上の高校生が参加する世界最大の科学コンテスト。テーマは15分野にわかれている。日本からの参加は、日本学生科学賞もしくは JSEC で受賞した中から、個人2名と団体1組が派遣される。
- 11) 立命館中学校・高等学校教育後援会は、立命館中高の教育

諸事業を支援し、生徒の豊かな成長と教育活動の発展に資することを目的として、2006年に発足した。特色教育・国際活動支援事業を重点に、奨学金支援、スポーツ・文化振興などの事業の支援を行っている。国際活動支援の一人当たりの上限額は30,000円。

- 12) 文部科学省は2009年度より「SSHの取り組みによる成果を地域の他の学校に普及し、SSH以外の学校の生徒も含め、優れた理数教育を提供する取り組み」（応募要領より）として中核的拠点育成プログラムを実施している。2009年度は堀川高等学校、広島国泰寺高等学校、長崎西高等学校など公立7校が指定を受けている。
- 13) 国際バカロレア（International Baccalaureate）は国際バカロレア機構の定める教育課程を実践するもので、修了することにより国際基準の大学入学資格が得られる。立命館学園では立命館宇治高等学校が認定校となっている。
- 14) 理系学部をおく大学において、理数に関して強い学習意欲を持つ学生の意欲・能力をさらに伸ばすことに重点を置いた取り組みを行うことにより、将来有為な科学技術人材を育成するための施策であり、全国のSSH校卒業生の継続した学習環境を維持することを意識したものである。事業補助金の上限は1,600万円。

【参考資料・文献】

- 1) 日本経済団体連合会『競争力人材の育成と確保に向けて』2009年
- 2) 文部科学省『科学技術関係人材総合プラン2009 概算要求版』2008年
- 3) 教育再生懇談会『これまでの審議のまとめ－第四次報告－』2009年
- 4) 内閣府『第3期科学技術基本計画』2006年
- 5) 総合科学技術会議『科学技術基本計画（平成13年度～17年度）に基づく科学技術政策の進捗状況』2004年
- 6) 立命館高等学校『平成14年度指定スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書』2003年～2005年
- 7) 立命館高等学校『平成17年度指定スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書』2006年～2009年
- 8) 文部科学省『理数学生応援プロジェクト』公募要領 2009年
- 9) (独)科学技術振興機構『理科教育支援検討タスクフォース 才能教育分科会 中間まとめ』2009年
- 10) (独)科学技術振興機構 理科教育支援検討タスクフォース 才能教育分科会第5回資料3、2009年
- 11) (株)三菱総合研究所（JST委託調査）『平成20年度スーパーサイエンスハイスクール意識調査報告書』2009年

Research on a science and mathematics education model utilizing the outstanding features of integrated education: Aiming to be an international center of scientific education promoting further high school-university collaboration and internationalization

UESHIBA, Ikuhiro (Administrative Staff, Ritsumeikan Junior & Senior High School)

ITO, Noboru (Senior Researcher, Research Center for Higher Education Administration)

HIGASHI, Yoshie (Deputy Managing Director, Division of Integrated Primary and Secondary Education)

TODA, Masaki (Administrative Manager, Ritsumeikan Junior & Senior High School)

Keywords

Super Science High School, high school-university collaboration, integrated education, science and mathematics education, mentorship, Science Fair

Summary

Ritsumeikan Senior High School, which has been designated a Super Science High School by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), is working to improve science and mathematics education on the themes of high school-university collaboration and internationalization of science education, with the aim of training personnel capable of succeeding on the international stage. The school has already achieved a measure of success with activities such as themed research, in which students study subjects in which they are interested, and the Rits Super Science Fair, at which high school students from around the world present their research in scientific fields and network with each other. This paper proposes that with the aim of raising its sights on an even higher mark from a global viewpoint, Ritsumeikan Senior High School as an international center of scientific education should offer a model of scientific and mathematical education in terms of a program of high school-university collaboration and connections that utilizes the outstanding features of integrated education, as well as a model for promoting internationalization based on the Science Fair. In addition to a Science Mentorship Program making use of high school-university collaboration and a Super Science Support Program involving high school-university connections Ritsumeikan Senior High School should also develop the Super Science Fair, establish a short-term overseas placement program by utilizing international networks, and improve and strengthen the Super Science High School **Steering Committee**.