

ROOT フォローアップ —基礎ステージと実践ステージにおける高校生の成長—

Follow-up Study of ROOT Program: Growth of High School Students in Basic Stage and Practical Stage

村中 泰子 (神戸大学 キャンパスライフ支援センター 特命准教授)
米谷 淳 (神戸大学 大学教育推進機構 教授)
谷 篤史 (神戸大学 人間発達環境学研究科 准教授)
伊藤 真之 (神戸大学 人間発達環境学研究科 教授)
蛭名 邦禎¹ (神戸大学 人間発達環境学研究科 名誉教授)

要旨

2017年度より神戸大学は、兵庫県立大学、関西学院大学、甲南大学と ROOT と名付けたグローバルサイエンスキャンパス事業に取り組んでいる。そのプログラムでは強い知的好奇心と探究心を備えた高校生に根源的な問を喚起するユニットをはじめとする「科学力養成プログラム」と科学英語を学ばせる「国際性導入プログラム」を基礎ステージで高校生に提供し、その中から選抜された高校生に実践ステージで大学教員が研究指導を行い、ワシントン大学でポスター発表させる。2017年度 ROOT プログラムに参加した45名の高校生を対象にインタビュー、ルーブリック評価、レジリエンス尺度、質問紙調査を用いて到達度、満足度などを調べた。その結果、基礎ステージで大半の受講生が満足できる水準に到達していること、実践ステージで3つのカテゴリーで有意な上昇をしていることが確かめられた他、プログラムを通して困難を乗り越えながらいろいろな気づきを得ていることが確かめられた。また、二次元レジリエンス要因尺度を用いた調査から受講生の成長を示唆する結果は得られなかったが、自由回答の分析から受講生が自らの成長につながる様々な経験をしたことが確認された。

1. はじめに

神戸大学は、兵庫県立大学、関西学院大学、甲南大学とともに、兵庫県教育委員会等の関係機関とコンソーシアムをつくり²、2017年度よりグローバルサイエンスキャンパス事業（以下、「GSC」と略す。）に取り組んでいる。GSCは国立研究開発法人科学技術振興機構（以下、「JST」と略す。）が2014年度より開始した事業であり、「大学が、将来グロー

¹ 神戸大学人間発達環境学研究科学術研究員

² コンソーシアムは、兵庫県教委以外に、大阪府や神戸市等いくつかの教育委員会のほか、理化学研究所計算科学研究センター、生命機能科学研究センター等の研究機関や産業界も含んでいる。

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・実施等を行うことを支援」(JSTのHP³より引用)するものである(JST, 2015)。教育プログラムは、受講生個々に合わせた才能育成をするものであることが求められ、実施にあたっては、各県の教育委員会等と連携してコンソーシアムを組織し、地域ぐるみで将来グローバルに活躍しうる「科学技術人材」の育成に取り組んでいくことが、JSTが支援するための条件となっている。2014年度より、応募した国内の大学から毎年2~8校が採択されており、2017年度までに17大学が採択されている⁴。

神戸大学が兵庫県立大学、関西学院大学、甲南大学とともに取り組んでいるGSCプログラムは2017年に採択され、その年の夏合宿に参加した高校生の投票によりROOT⁵と名付けられた。これは「根源を問う」という意味である。ROOTに携わるスタッフのうち村中と米谷の2名が「メンタルサポート班」となり、毎回の合宿でグループインタビューやアンケート等を実施し、ケアが必要な生徒を発見・支援するとともに、フォローアップ研究を行っている。それは高校生がROOTを通してどのように成長するかを探ろうとするものである。

本論文はそのフォローアップ研究の中間報告である。まず、2017年度ROOTプログラムの概要を説明する。次に、ループリックによる到達度評価とインタビューの結果をもとに受講生の成長とつまづき、及びそれらの要因について考察する。次に、二次元レジリエンス要因尺度と自由回答形式の質問紙を用いた調査の結果をもとにプログラム中の受講生の変化とその要因について考察する。

2. ROOTプログラム概要

ROOTの正式名称は「根源を問い革新を生む国際的科学技術人材育成挑戦プログラム」である。そのねらいは、「強い知的好奇心と探求心を備えた」高校生に、「根源的な問を喚起するユニットや研究者の指導の下での個別課題研究などの科学力を育む取組と、海外研修を含む国際コミュニケーション力を高める取組から成るプログラムを提供する」(神戸大学, 2017: 1) ことにある。

毎年度兵庫県だけでなく近隣の府県から応募者を募って面接を行い40名程度の基礎ステージ受講生を選抜する。7月から1月上旬までの基礎ステージのプログラムは「科学力養成プログラム」と「国際性導入プログラム」の2つからなる。「科学力養成プログラム」は科学哲学、科学史、数学、物理学、化学等の専門家が高校生の根源に迫る課題設定能力を鍛える「根源的な問」と、物質科学、情報・計算科学、生命科学、人間・環境学の4つ

³ <http://www.jst.go.jp/cpse/gsc/about/index.html>

⁴ <http://www.jst.go.jp/cpse/gsc/about/report.html>

⁵ Research-Oriented On-site Training Program for innovative scientists in the future の略称

の領域を概説する「学問の基礎と方法」という2つのユニットからなる。「国際性導入プログラム」では英語教材により科学英語に触れる。これらは合宿や週末セッションで計画的に実施される。

基礎ステージの受講生は実践ステージでやりたい研究の内容と方法を研究課題提案書にまとめて12月に提出し、1月のサマリーセッションで大学教員の前で発表し、質疑応答をする。その結果をもとに実践ステージに進む者が選抜され、受講生ごとにアドバイザー役の大学教員がつき、個別に研究指導がなされる。中間発表会、最終発表会を経て、彼らは8月にワシントン大学で開催される大学生のSTEM領域の研究発表会⁶で英語によるポスター発表を行う。

2017年度は基礎ステージには45名の高校生が参加し、8名が実践ステージに進み、2018年8月15日にワシントン大学で多くの大学生に混じってポスター発表をし、大学生や教員と英語で討議した⁷。そのうち4名は帰国後に2018年度ROOT夏合宿で帰朝報告を行った。

3. 研究1 ルーブリックによる到達度評価と面接調査によるフォローアップ

3.1 目的

ROOTのプログラムを通して参加した高校生にどのような力が身についたか。また、彼らはプログラムをどのように思ったのか。さらに、どのようなことにつまずいたり悩んだりしたか。これらについてルーブリックによる到達度評価と面接調査をもとに検討する。

3.2 方法

調査対象は2017年度ROOTプログラムに応募し、選抜された高校1年生と2年生、計45名（平均年齢15.9±.71歳）であった。

ルーブリック評価表は谷、蛭名、伊藤がROOT実施委員会のメンバーと話し合いながら作成した。それはROOTプログラムの目標や内容をもとに、「根源に迫る課題設定能力」「高度な科学的探究力」「価値の知的検討能力」「国際コミュニケーション力」と名付けられた4つのカテゴリーごとに5つの水準が設定されたが、ここではそれらを「課題設定能力」「科学的探究力」「価値検討力」「コミュニケーション力」と呼ぶことにする。

各水準は2~3の評価項目からなっており、各水準は5段階評定か、到達している項目を評定者がチェックするようになっていた⁸。2017年度は夏合宿ではルーブリック評定の説明のみを行い、2018年1月のサマリーセッションで受講生にルーブリックによる到達度の

⁶ STEM は science, technology, engineering, and math のことであり、イベントの名称は Summer STEM Research Poster Session である。

⁷ 2017年度に実施されたROOTの詳細な報告は、JSTのHPに公開されているGSCの報告書（神戸大学他、2018）を参照されたい。

⁸ 2018年1月のサマリーセッションで使用したものは補遺に示すように一部が5段階評定であったが、実践ステージで使用したものはすべてチェック方式に変更した。

自己評価を行ってもらい、評価表に名前を書いてもらって回収した。サマリーセッションでは受講生42人(男子20人、女子22人)が回答した。その後、実践ステージに進んだ8名(男子3名、女子5名)の受講生を対象に2018年10月に同様のルーブリックによる到達度評価を行ったが、女子1名が評価表を提出しなかったため分析は7名のデータをもとに行った。

面接調査は2017年8月の夏合宿時と、2018年1月のサマリーセッション時にグループインタビューの形式で実施した。5名を1つの班として、ナイトセッション⁹の最中に班ごとに別室に来てもらい、村中と米谷が聞き手となりインタビューを行った。インタビューは2回とも同じ班編成であり、各班15分程度であった。インタビューでは受講生一人一人に「今の気持ち」やその日のプログラムについて思いつくまま2~3分話してもらった。許可を得た上でICレコーダーにインタビューを録音し、あとで再生して文字起こしした。

ルーブリックによる到達度評価については、2017年1月に開催されたサマリーセッション(合宿)において、受講生42名(男20名、女22名)がルーブリック評価表を用いて一斉に自己評定して名前を書いて提出した。ルーブリック評価表は補遺を参照されたい。

3.3 結果・考察

ルーブリックによる到達水準の評価

各受講生の到達度評定は次の要領で行われた。それぞれの到達水準に達していると判断する基準は5段階評定なら3以上、チェック項目なら6割以上(2項目中2項目、3項目中2項目以上)がチェックされている場合とし、カテゴリーごとに到達水準を判定した。1項目しかチェックされていない場合は0.5水準だけ加算した。また、到達水準1に到達していない場合は到達水準0とした。図1はサマリーセッションに参加した42人が4つのカテゴリーのそれぞれでどの到達水準まで達したかを判定して分布を示したものである。

図1に示すように、どのカテゴリーも7割以上が水準2以上に達しており、「科学的探究力」はとくによく、7割以上が水準4以上であり、到達水準5も1割近くいる。「英語」を除く3つのカテゴリーは水準3以上が5割以上あり、全体的に満足できる水準にまで到達できたと言える。なお、受講生全員の到達水準の平均は、「課題設定能力」「科学的探究力」「価値検討力」「コミュニケーション力」のそれぞれで3.58、3.35、2.83、2.38であり、図1からも順に難易度が高いことがうかがえる。

⁹ 1月のサマリーセッション合宿1日目の夕食後に設けられた約2時間のセッションであり、数名の大学教員が自分自身の研究や分野について受講生に説明した後、受講生が班単位でその大学教員ごとに設けたブースを巡って個別に話しあった他、受講生がペアになって自分の研究について説明しあった。

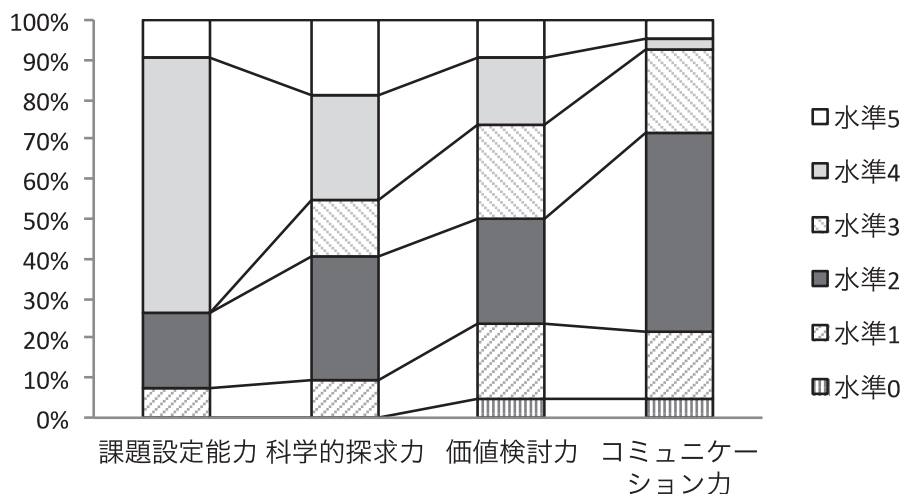


図1 ルーブリックによる到達度評価 (基礎ステージ)

図2は実践ステージに進んだ受講生のうち、10月分を提出しなかった女子1名を除く7名の結果を示す。サマリーセッション時(1月)と10月のルーブリック評価のデータをもとに、対応のある2群のt検定によりそれらの違いが有意か確かめたところ、「科学的探求力」、「価値検討力」、「英語」の3つのカテゴリについて5%水準で有意差がみられた(t値はそれぞれ1.43、1.37、1.03、dfはすべて12)。「課題設定能力」を除く3つのカテゴリで1月から10月までの実践ステージが有意に上昇した。「課題設定能力」は、1月の平均値が3.57と最も高く、10月の平均値が4.21と「価値検討力」(4.36)に次いで高い値であったものの、個人差が他のカテゴリより大きいために差が有意とならなかったため、一種の天井効果が働いたと考える。

10月のルーブリック評価の平均値は、「課題設定能力」と「科学的探求力」が4を上回り、「価値検討力」と「英語」は1月と比べて有意に上昇している。前述したように、基礎ステージの全体平均や到達水準の分布(図2)から、それぞれのカテゴリの難易度に違いがあり、「コミュニケーション力」がもっとも難しいことが示唆されている¹⁰。そのことを考慮すれば、実践ステージ受講生が10月までに到達した水準は十分満足できるものと言えるだろう。これは、実践ステージにおける研究活動や研究発表の準備として行った英語セミナーやプレゼンテーション指導、そしてワシントン大学等での研究発表の経験を通して受講生が様々な能力を高めたことを示唆している。米国でワシントン大学の大勢の学生に混ざってポスター発表をして彼らと討議したことにより、受講生は自信を持ったことだろうし、そうした実践経験と自信がルーブリック評価を上げたものと推察される。

¹⁰ これについては、ROOTプログラムが実現を目指していることと、「国際コミュニケーション力」に設定した項目の間に齟齬があったという見方もある。

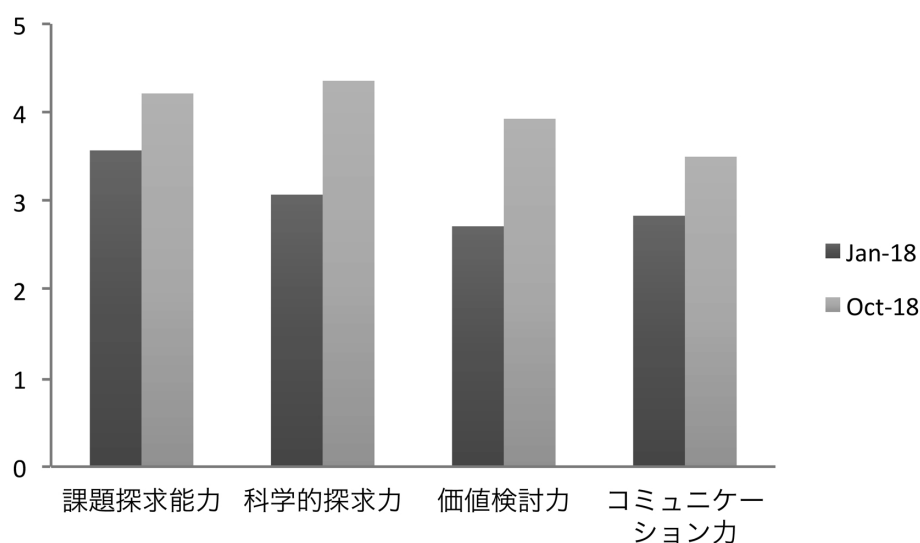


図 2 実践ステージにおける到達水準の変化

なお、10月にルーブリック評定をした7人の実践ステージ受講生の1月における4つのカテゴリーの到達度平均はそれぞれ3.57、3.07、2.71、2.83であり、上述の基礎ステージ受講生全体の平均と比較して「英語」が少し高いものの、他はほとんど違いがない。すなわち、サマリーセッションで選抜された実践ステージの受講生が他の受講生と到達水準にあまり違いがない。これはどう解釈すれば良いだろうか。

サマリーセッションでの選抜は研究能力や学力ではなく、受講生が基礎ステージでの学修を踏まえて作成し提出した研究課題提案書とプレゼンテーションをもとに、研究意欲と研究遂行能力を重視してなされた。このことが結果に反映しているだろうが、二次選抜の重要な観点であった研究意欲、研究遂行能力が受講生自身の自己評価であることを含め、ルーブリック評価では評価が難しいことを反映しているとも考えられる。

インタビュー結果抜粋

受講生へのインタビューは2017年8月の夏合宿時と2018年のサマリーセッション時にグループ形式で行った。米谷が聞き手となり、村中がメモをとりながら話し手の高校生を観察した。

以下に、音声記録を文字に起こしたものと、インタビュー中の観察を踏まえた所見をもとに、受講生の気づき、すなわちROOTのアウトカムと、受講生がプログラムに関して悩んだり困ったりしたことについてまとめる。まず、テーマ別にインタビュー結果を整理し、最後に「気づき」のところにプログラム全体を通しての感想で代表的なものをあげる。

ROOT プログラム、テーマ決定、自分で研究すること

- 大学の先生から直接話を聞くのは、ROOT プログラムに入って初めて。
- 先生たちの話は自分の好きな範囲はわかったが、興味のないものは難しくてわからなかった。
- 興味のない分野の先生も回らなければなかった。けれども、かえって興味ができた。
- いろんな先生から話を聞くことでいろんな観点から一つのことを見られるようになった。
- 大学の先生からチームで研究するプロジェクトについて話を聞いたのは参考になった。
- ここで習ったことを学校の先生に話したら、「いいわねー、私も行きたかったわ」と言われた。
- 研究テーマを何にするか迷った。
- 直前にテーマを変えたので、合宿直前はプレゼンの準備で忙しかった。
- 研究テーマの決定に右往左往して締め切りの 12/25 に決めて、その日のうちに提案書を全部作った。突貫工事だった。
- 掘り下げて調べることができる機会になった。
- 自分でやったことはやっぱり大変だった。日頃しないことなので、自分でテーマを調べてやることは初めてだったんで。何かをしるというわけではなかったなので。でも何かしなければならぬというプレッシャーがあった。どうすればいいのかという気持ちがすごく大きかった。

合宿、ナイトセッション、相互発表、受講生

- みんなで一緒にご飯を食べるのがよかった。
- 夜の 1 対 1 で話すのが楽しい。ちょっといい感じです。
- 今やっている相互発表が印象強い。女子校なので男女が混ざって 1 対 1 で話することはなかったが、今回ここに来て男女がペアになって共修できているのってすごいなって思った。
- 今回の GSC で情報分野に全く興味がなかったのだが、ナイトセッションで感銘を受けて、それで情報の分野に興味を持ち、研究課題を情報分野にした。
- すごい人がいっぱいいるところに来ちゃったな。
- 自分と同じ世代にこんなすごいやつがいっぱいいるんだなあと改めて感じた。

施設見学・大会参加（京コンピューター、計算科学センター、人と自然の博物館、GSC 全国受講生研究発表会）

- 京コンピューターがすごくビックリした。うわースゲーと思った。
- VR を体験できてよかった。
- コンピューターの実習ができたのはとてもよい経験だった。
- 人と自然博物館の収蔵庫に行くツアーがあって、滅多に見られない標本（鳥類、植物、昆虫）や剥製を見ることができ印象に残っている。
- 印象に残っているのは東京（GSC 全国受講生研究発表会）に行ったこと。よその生徒の話を聞いてすごく刺激を受けた。結構すごい研究をしている人がいて。習っていないことを自分で調

べてやっている。自分はまだ調べてやっていくレベルには達していないと思った。

週末セッション（豊岡会場、神戸会場）

- ・ セッションを受けていると、今までそんなに専門的な講義を何時間もうける経験がなかったの
で、貴重な経験ができ、いろんな面で成長できたと思っています。
- ・ 週末セッションで色々な大学から来てくれて直接来てくれて高校とは違って珍しかった。稀有
な経験ができた。
- ・ 週末セッションが学校のいろいろな行事と重なったので行くのが大変だった。西脇から出てく
るのに1時間かかるので、それも大変だった。が、来たらきたで得るものはあって、すごく良
い経験をさせてもらったなと思っています。

面接・プレゼン・テーマ決定

- ・ 面接はきつかった。言い方がきつかったということではなく、自分の実力が足りないことを思
い知らされたのがきつかった。
- ・ プレゼンのときにいろいろ先生から言ってもらえてすごく参考になった。そういう視点があっ
たと気づいた。

英語セッション

- ・ 英語のセッションが全く分からなかった。高校では英会話の授業はあったけど、試験対策みた
いなものだけだった。高度な内容の話が続けるのは太刀打ちできなかった。
- ・ 英語をもっと学んだほうがいいなと思った。

気づき

- ・ おおげさですけど、新しい世界を知ることができたなと思っている。
- ・ 自分の知らない分野にもこんなに面白いものがあるんだっていうことがすごい刺激になったし、
とても良い経験になった。
- ・ 科学とは広い世界なのに深いところではつながっているんだなあ。それが分かって面白いなと
思った。
- ・ 間は大切。気になったらノートに書くようになった。
- ・ 知識って大事だなって思った。もともとの知識がいっぱいないと、その上の知られていないこ
とを知る研究なんてできないなと思った。なので、勉強して、良い大学に入ります。
- ・ 自分の部活ではどれだけみんなに甘えてきたかということを実感した。
- ・ 今回学べたことは挫折っていうか、自分がどれだけ学べていないかということがわかった。・・・
わけもない自信があったが、それが良い意味で壊されたかなーっていう感じ。もうちょっと自
分を改めてみるきっかけができたかなーっていう感じ。

- ・ (学校では生物部でゴキブリの研究をしている。)
「根源を問う」授業を受けて、私の中で腑に落ちた。部活で学会に行っても積極的に質問が出てくるようになった。
- ・ 印象に残っているのは最初のセッション。「自分の身の回りのことに疑問を持ったら楽しいよ」という話を聞いたので、そういう態度で夏休みを過ごしていて、あれこれ気になることがたくさんでてきて、それをもとに実際に自分の研究につなげられたし、その時も先生からいろんな話が聞けて、ほんまに自分の視野が広がって、よい経験ができた。
- ・ これやったら絶対答えが出るという実験は高校でしているんですけど、自分で研究課題を考えて、答えのないものを自分で実験方法や研究計画を考えてやったことがなかったが、こういうことは大学に入ってからやらなきゃいけないんだということがわかった。

考察 基礎ステージで受講生はどんな経験をしたか

インタビューから、ほとんどの受講生が2017年度基礎ステージの受講生がROOTプログラムの趣旨をよく理解し、合宿、週末セッション、見学会等へ参加するだけでなく、家庭や学校で時間を作って文献を検索し、資料を読み、サマリーセッションに向けて研究計画提案書を作成し、それをサマリーセッションで発表して質疑応答を受けるといふ、半年に渡る研究活動に積極的に取り組み、それを遂行したことが確認できた。以下に、インタビューだけでなく応募者への面接や休憩時間等、さまざまな機会における受講生からの意見聴取をもとに基礎ステージをふりかえる。

プログラム参加の動機・意欲・満足度

2017年度ROOTプログラム基礎ステージ受講生の募集は6月21日から7月4日までであり、56名が応募した。彼らは兵庫県内だけでなく奈良県、岡山県、徳島県の高1と高2の生徒であった。選考は書類(志望動機、研究計画、推薦書等)と面接試験をもとに行なった。面接は7月1日から7月9日までの4回実施した。選考にあたっては学力とくに理数系科目や英語の成績よりも参加意欲や課題研究等の経験を重視した。また、8月と1月の合宿に参加できる者だけを選んだ。最終的に高1、高2、計45名を選び出したが、意欲や能力において問題のある者はいなかった。

面接時に確認された主な志望動機は「大学教員により研究指導が受けられるから」「大学の設備や機器を使用できるから」「本格的な研究のし方を学びたいから」であった。実践ステージでワシントン大学に行けることも動機の一つであろうが、それを第一目的にあげた受講生はいなかった。なお、インタビューで「大学入試(AO入試等)に役立つから」参加した者もいることがわかった。

サマリーセッションに参加した1人の男子高校生が「こんな合宿に出てくるより自宅で研究の方がよい」と話したように、全受講生がすべてのプログラムを満足したわけではないが、ほとんどの受講生は基礎ステージのプログラムに満足した。サマリーセッション

で実施したプログラムの満足度調査では、「基礎ステージ全体を通じて、教育プログラムを楽しむことができましたか」という問いに対して 93%がポジティブであり、「どちらともいえない」「あまりそう思わない」がそれぞれ 5%、2%であった(神戸大学他, 2018, p.24)。

ROOT プログラムの評価

ROOT プログラムは大学教員が科学研究に意欲のある優れた高校生に講義や研究指導を通して本格的な科学研究の一端に触れさせるものであり、高校で扱わない分野や大学レベルの内容を講義した。できるだけ幅広い視野をもたせるために、物理学、化学、生物学、地学だけでなく、情報科学、環境科学、生命科学等に関しても講義や対話セッションを設け、まんべんなく学ばせるようにした。これについての受講生の受けとめ方は一様ではなく、「いろいろなことが学べた」「さまざまな視点に気づいた」「知らない分野に興味を持った」といったポジティブなものから、「関心のないものはさっぱりわからなかった」「好きな分野だけで十分」といったネガティブなものまであった。

基礎ステージは、「食わず嫌い」をなくすために、関心のないもの、嫌いなもの、苦手なものも一通り学ばせることにしたので、ある程度の抵抗や反発はやむを得ないだろう。関心があれば大学レベルの内容であっても食いついていくことはできるだろうが、関心のない分野はよほどのきっかけがなければじっくり話を聞く気になれないものであるし、中には嫌いになる者もあるかもしれない。インタビューで確認した範囲では2017年度基礎ステージの受講生にそうした者はいなかった。

受講生が経験した困難と対処

ROOT プログラムのねらいどおり、受講生の多くが根源的な問いを立てること、そのために幅広い視野をもち、自分で調べて自分で考えること、他人に自分の考えをうまく伝えることなど、科学研究の基礎基本の大切さに経験を通して気づき、その難しさを経験した。こうした事項は主体的に研究する上での必須事項であるが、多くの受講生にとっては一から身につけなければならない能力であった。実践ステージに進めば、それらがある程度なければどうにもならない。それだけに、実践ステージをめざして基礎ステージで切磋琢磨する受講生は、基礎ステージの中でそれらの能力を身につけ、伸ばすことが課題となる。6ヶ月で高校での学習活動や課外活動をしながら、それをするのは容易でなかっただろう。この困難な課題を受講生はどのように対処したのだろうか。

インタビューから、大半の受講生が研究計画提案書の作成において、テーマがなかなか決まらず、迷ったり悩んだりしていたことがわかった。研究計画提案書を書くために専門書や学会誌論文を読んだ受講生も何人もいたが、研究テーマ決定が締め切り直前になったり、締め切り直前にテーマ変更をしたりした受講生も何人もいた。「時間切れ」で研究計画すらしっかり立てられない者がいた。

1月のサマリーセッションでのプレゼンテーションと質疑応答という課題は、ほとんどの受講生にとって大きなプレッシャーとなっていたようである。しかしながら、プレゼン終了後に実施したインタビューで、受講生は一様にほっとした表情をし、困難な課題にチャレンジして乗り越えたことへの満足さを口にした。質問にうまく答えられない不甲斐なさを痛感した受講生も一部にはいたが、大学教員の質問や指摘をネガティブに受けとめた者はいなかった。

関心のない分野や知らない分野まで学ばねばならず、幅広い視野で研究テーマを探し出して決定し、文献をもとに研究計画を立てて計画書を書き、大学教員が数人いる前でプレゼンして質問に答える。こうしたことを独力でやらなければならない。ROOTプログラムは高校で学んでいる教科の学習や受験勉強に直結するようなものではなく、基礎ステージだけでは研究成果も出ない。大学に行ってから身につければよいような研究能力を要求する教育プログラムを、たとえ志願したとはいえ、高校生に提供することは果たしてよいのだろうか。意味があるのだろうか。

こうした問いへのひとつの答えが、基礎ステージの受講生に対して実施したインタビューの結果から見いだせるのではなかろうか。研究成果（プロダクト）ではなく研究過程（プロセス）を重視した教育プログラムだからこそ、科学研究に必要な研究マインドを鍛え、伸ばし、試して基礎能力を身につけさせることができたのだろう。また、同じ志をもつ同世代の高校生や大学で研究している専門家・研究者とかかわりあい、切磋琢磨することにより研究マインドの基盤としての人間力が培われたと考える。インタビュー結果からわかるように、研究を進める上での主体性の大切さに気づいた受講生は少なくない。

4. 研究2 二次元レジリエンス要因尺度と質問紙調査によるフォローアップ

4.1 目的

研究2では、二次元レジリエンス要因尺度と質問紙を用いた調査の結果をもとにプログラム中の受講生の変化とその要因について考察する。

4.2 方法

調査対象

研究1と同じく、2017年度 ROOT プログラムに応募し、選抜された高校1年生と2年生、計45名（平均年齢15.9±.71歳）が調査対象となった。

質問紙

平野（2010）が作成した二次元レジリエンス要因尺度（BRS）を用いた。レジリエンスとは、誰もが身につけられる精神的回復力のことであり、BRSは、「楽観性」「統御力」「社交性」「行動力」を因子として持つ資質的レジリエンスと「問題解決志向」「自己理解」「他

者心理の理解」を因子として持つ獲得的レジリエンスからなる5件法（まったくあてはまらない(1)～よくあてはまる(5)）の尺度である。なお、資質的レジリエンスは12項目、獲得的レジリエンスは9項目で構成されている。

手続き

初年度のROOTプログラムは、図3に示すように、全体で行う合宿型のセッションを夏に2回、冬休み時に1回実施した。冬休み時に行われたサマリーセッション以降は、実践ステージに選抜された8名（以下「実践組」と略す。）以外の生徒はプログラムの参加はなく、サマリーセッションで修了となる。

BRS尺度（平野, 2010）による評定をROOTプログラムの初回の夏合宿（2017年7月）および実践ステージ選抜のために生徒が自分で作成した研究計画を発表するサマリーセッション（2018年1月）時に行った。また、「問い」や「ROOTプログラムに関して感じたこと」の調査を自由記述方式で2回目の夏合宿（2017年8月）およびサマリーセッション（2018年1月）時に行った（図3）。

なお、実践組の国内での最終プレゼン時（2018年5月）に、実践組にはプレゼン終了後、その他の生徒には郵送で、BRS尺度による評定および「根源に対する問い」と「ROOTプログラムに関して感じたこと」の調査を自由回答形式で行った。

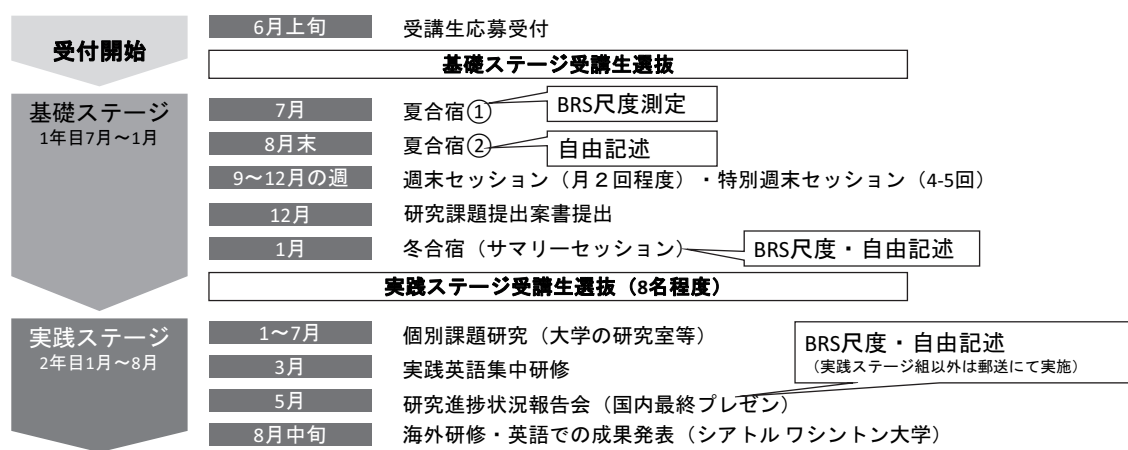


図3 第1期ROOTプログラムのスケジュールと調査のタイミング

4.3 結果

本研究の結果はそれぞれのレジリエンスを構成している項目の合計得点で示した。なお、実践ステージには8名の生徒が参加したが、実践ステージ移行者の特徴を検討する際には、大学でのプログラムへの出席や研究アドバイザーとの接触が著しく少ない1名を除いた計7名を分析対象者とした。

参加高校生の特徴

2017年度 ROOT プログラムに参加した高校生は、資質的レジリエンスおよび獲得的レジリエンスは、 $M_{資質}=41.6 \pm 6.71$ 、 $M_{獲得}=32.5 \pm 4.54$ であった（表1）。平野・梅原（2018）の高校生320名の結果と比較したところ、資質的レジリエンスおよび獲得的レジリエンスが有意に高かった（ $t_{資質(44)}=2.44, p<.05$ 、 $t_{獲得(45)}=3.44, p<.01$ ）。

表1 夏合宿①（初回）およびサマリーセッション時の各レジリエンスの基本統計量

		最小値	最大値	平均値	標準偏差	t 値	自由度	有意確率 (両側)
資源レジリエンス	夏合宿①	28	55	41.6	6.71	1.70	39	0.098†
	サマリー	25	56	40.0	6.96			
獲得レジリエンス	夏合宿①	23	42	32.5	4.54	1.14	39	.263
	サマリー	22	42	31.6	4.94			

† $p < .10$

表2 夏合宿①（初回）およびサマリーセッション時の因子得点別の基本統計量とt検定の結果

		平均値	標準偏差	t 値	自由度	有意確率 (両側)
楽観性	夏合宿①	10.79	2.710	0.000	41	1.000
	サマリー	10.79	2.737			
行動力	夏合宿①	10.63	2.222	2.389	40	0.022*
	サマリー	9.85	2.231			
自己理解	夏合宿①	10.44	1.924	0.703	40	0.486
	サマリー	10.20	2.400			
社交性	夏合宿①	9.66	2.717	0.636	40	0.529
	サマリー	9.54	2.767			
他者心理理解	夏合宿①	11.02	1.774	0.423	41	0.675
	サマリー	10.90	1.973			
統御力	夏合宿①	9.93	1.980	-0.318	41	0.752
	サマリー	10.00	1.938			
問題解決	夏合宿①	10.83	1.815	1.312	40	0.197
	サマリー	10.46	1.989			

* $p < .05$

ROOT プログラム前後での比較

初回の夏合宿①時(2017年7月)とサマリーセッション時(2018年1月)の資質的レジリエンスおよび獲得的レジリエンスを対応のあるt検定で分析した結果、獲得的レジリエンスは統計的に有意な差は認められなかったが($t_{獲得(39)}=1.14, n.s.$)、資質的レジリエンスは10%の有意傾向が認められ($t_{資質(39)}=1.70, p<.10$)、初回夏合宿時と比してサマリーセッション時に資質的レジリエンスが低い傾向にあることがわかった(表1)。また、因子得点別に比較した結果、「行動力」因子が低下していた($t_{行動力(40)}=2.39, p<.05$)(表2)。

実践ステージ移行者の特徴

実践ステージへ移行した生徒(以下実践組と略)とその他の生徒の間には、各ステージにおいて獲得的レジリエンスおよび資質的レジリエンスに統計的に有意な差は認められなかったが、実践組は、その他の生徒と比較して、週末セッション(図3)の参加回数が有意に多かった($t(44)=3.75, p<.01$)。

表3 実践組のサマリーセッションおよび国内最終プレゼン時の基本統計量とt値

		平均値	標準偏差	t 値	自由度	有意確率 (両側)
資源レジリエンス	サマリー	40.6	6.90	-1.145	6	.296
	国内最終	42.9	8.17			
獲得レジリエンス	サマリー	30.1	5.37	-0.685	6	.519
	国内最終	31.3	3.90			
楽観性	サマリー	10.7	2.43	-2.294	6	.062 †
	国内最終	12.3	1.50			
行動力	サマリー	10.7	1.98	0.213	6	.838
	国内最終	10.6	2.44			
自己理解	サマリー	9.6	2.51	-0.969	6	.370
	国内最終	10.4	1.51			
社交性	サマリー	9.1	2.04	-0.281	6	.788
	国内最終	9.4	3.69			
他者心理理解	サマリー	10.3	1.98	-0.203	6	.846
	国内最終	10.4	1.90			
統御力	サマリー	10.0	2.00	-0.834	6	.436
	国内最終	10.6	2.15			
問題解決	サマリー	10.3	1.60	-0.194	6	.853
	国内最終	10.4	1.81			

† $p < .10$

表4 実践組(3名)の自由記述内容(一部抜粋)¹¹

生徒	夏合宿2回目コメント(2017年9月)	サマリーセッションコメント(2018年1月)	国内最終プレゼン後コメント(2018年5月)
実践B	***について研究したいと思っていますが、根源を問うことにつながられるように適宜テーマを変えるつもりです。学校での活動よりも根源を追求できるのが面白いので頑張りたいです。よろしくお願いします。	初めのうちは根源的な問いに関する講義がほとんど理解できず、よくわかりませんでした。自分のしたい研究における根源的な問いを考えて教えていただいたことでわかるようになりました。	実験協力者をお願いして計画的に実験を進めることは思っていたよりも難しいことだとわかった。 (中略) 研究内容について考えるときでも英語を学ぶときでも、及ばないことが多いので、がんばりたい。
実践D	前回の合宿から“なぜだろう”と考えるようにしました。植物採集に行ったとき、発見した植物や周辺環境を観察し、なぜと考えることがあったので、合宿で問いこについて学んだことはいかせたのかなと思います。また、好きなものや興味のある分野はありますが、具体的なテーマは決まっています。	学校の勉強もある中で、論文を読んだりして学校とは全く関係のない勉強をしなければならず、結構しんどいこともありました。しかし、なんとか曖昧ではあるものの、形にすることができて、少しですが達成感がありました。”研究”内容を”考える”ということは普段したことがなかったし、(後略)	まず、研究は難しいと感じました。仮説通りの結果が得られるだろうとかなりポジティブ思考で実験を行っていたので、違った結果になった時に始めて様々なパターンを考えておくことが必要だと実感しました。
実践F	7月の合宿以来、身の回りのいろいろなことに対して疑問を持ち、考えることが多くなりました。また、このプログラムにおいては、今は**に興味があるのでそのことについて何かしら研究してみたいです。	多くの先生の話を知っているうちに、まだまだ自分の知らないことがたくさんあるのだということ、自分が知っていることというのは、少ししかないのだということを実感できました。今後は、積極的にいろいろなことを学びたいと思います。	このプログラムを通じて、自分で研究の計画を立て、それを実行するという大変貴重な体験ができたので、嬉しく思います。

実践組のレジリエンスおよび因子得点の変化

実践組の実践ステージにおける変化を検討するために、サマリーセッション時(2018年

¹¹ 下線は筆者が挿入

1月)と国内最終プレゼン時(2018年5月)の資質的レジリエンス、獲得的レジリエンス、およびレジリエンスの因子得点を対応のあるt検定で分析した結果、資質的レジリエンスおよび獲得的レジリエンスには統計的に有意な変化は見られなかったが、「楽観性」に有意傾向が見られ、サマリーセッション時に比べ国内最終プレゼン時の「楽観性」が高い傾向が見られた($t(6)_{\text{楽観性}} = -2.29, p < .10$)。

実践組の自由記述コメント

実践組の代表的なコメントをした生徒3名の自由記述を表4に記載した。

夏合宿2回目では、日常生活でROOTプログラムの大きな柱といえる「根源」「問い」を意識できたことが述べられており、またサマリーセッション時には、自分の現段階の研究に対する距離感と考えられる発言(「論文を読むのがしんどい」「自分が知っていることは少し」)が見られた。また、国内での最終プレゼンテーションでは、研究を遂行することの大変さについて述べられていた(表4)。

4.4 考察

本研究では、ROOTプログラムに参加した生徒の変化をレジリエンスの変化および自由記述コメントで検討した。

第1期ROOTプログラムに参加した高校生は、一般的な高校生のレジリエンス(平野・梅原, 2018)より高かった。これは、ROOTプログラム自体が自己推薦型の募集方法をとっており、またプログラム参加には書類および面接の審査など、精神的な負荷がかかる条件を乗り越えてきた生徒と考えられ、本研究で用いた指標が一般高校生よりも高いことから精神的回復力が高い生徒であることが示唆される。

基礎ステージ後に資質的レジリエンスが低下傾向、特に「行動力」の因子得点が低下した。これはプログラムの内容がマイナスに作用したと考えるのではなく、プログラムと平行して同時に通常の高校での課題や行事も行う必要があることが影響していると考えられる。初回に調査を行った時点では夏休み開始直後かつROOTプログラムからの課題は課せられていない状態であった。しかし、サマリーセッション時(基礎ステージの最後)までに研究計画書を作成し提出する必要があるがあった。またサマリーセッションでは選考のための個人のプレゼンテーションがあった。これらの経験は多くの参加生徒にとって初めての経験であり、また通常の高校生活の中での負荷(授業、学校行事、部活や定期試験など)に加えて、研究計画やプレゼンテーションの準備をするという負荷が加わり、通常の生活で全てをうまくやりとおす自信が下がった結果と言えよう。

参加生徒の自由記述の結果からも、「結構しんどい」「自分の知らないことがまだまだある」のように研究計画を立てる大変さや、自分自身の現時点の能力を研究計画作成プロセスで改めて自覚したことが推測されるコメントがみられた。

実践ステージに移行した生徒とその他の生徒を比較すると、基礎ステージ内で行われた週末セッションの参加回数が多いことが統計的に有意な差として現れている。週末セッションは最低限の参加回数は定められているが、それ以上の参加は受講生の自由意志に任されている。つまり、プログラムに興味を持ってコミットすることが研究を進める上で一つの大きな指標となりうることが示唆された。

また、実践ステージ中のレジリエンスの変化では、「楽観性」に上昇傾向がみられたが、「行動力」には統計的に有意な変化は見られなかった。実践ステージに選抜された生徒は日常の高校生活に加えて実際の研究をやり遂げたが、高校生活と研究とを両立し自分の時間をマネジメントでき、それらがどうにかやり遂げることができるという自信につながったことが示唆される。

さらに、夏合宿②の自由記述コメントから、「日常生活で“根源”を考える」機会が増えたことや「根源を問う楽しさ」を述べている生徒が多いのが実践組の一つの特徴といえる。ROOTプログラムの柱となる概念を日常生活においても意識でき、プログラムとの汎化がなされたことが示唆される。

少ない事例ではあるが、第一期のROOTプログラムの生徒の変化から、日常の負荷に加えて研究に割く機会をどれだけ自分でマネジメントできるかということや、忙しい環境の中でも興味のあることに対してコミットできるのかということが、研究を行う上での必要な資質の一つと考えられる。また、レジリエンスは年齢が上がるにつれ緩やかに上昇する（平野・梅原, 2018）が実践ステージを経ることで、レジリエンスを構成する一部の要因が上昇する可能性が示唆された。

5. おわりに

ROOTプログラムは2017年7月に45名の高校生を受け入れ、8名が実践ステージで研究を進めて2018年8月にワシントン大学でポスター発表をし、そのうち4名が帰朝報告をした。そこで全員が堂々と英語で研究発表した。出発直前のリハーサルでたよりなさそうに発表していた受講生が複数おり、短期間でしっかりプレゼンできるようになったことに驚かされたし、それぞれが実践ステージで見違えるような成長をとげたことがわかった。このように、実践ステージの成果は直接確認できたが、基礎ステージで高校生がどのような変化をしたかはよくわからなかった。今回調査結果を整理・分析することにより、基礎ステージでも多くの受講生が様々な気づきを得、経験を学びに変えたことを確認した。

謝辞

このプログラムの実施には、神戸大学および共同機関の多くの関係教員の多大なる貢献のもとで進めることができている。特に、多くの教員が大学や専門分野の違いを超えて、高校生への先進的な取り組みに向けて緊密な協力体制を作り上げていることが大きいと思

います。また、連携機関である理化学研究所計算科学研究センター、理化学研究所生命機能科学研究センター、兵庫県立人と自然の博物館、高輝度光科学研究センターのご協力のもとで進めることができます。また、神戸大学や共同機関の事務担当者や神戸大学教育担当理事である藤田誠一先生のご協力も得ています。受講生の獲得に関しては、兵庫県教育委員会や他の教育委員会からも支援を受けています。さらに、JST から研究費だけでなく、事業について様々な指導と助言をいただいております。関係機関や関係者の方々に心から謝意を表します。

参考文献

- 神戸大学 (2017) 「グローバルサイエンスキャンパス企画提案書」
- 平野真理 (2010) 「レジリエンスの資質的要因・獲得的要因の分類の試み:—二次元レジリエンス要因尺度 (BRS) の作成」『パーソナリティ研究』 19(2)、pp.94-106.
- 平野真理・梅原沙衣加 (2018) 「レジリエンスの資質的・獲得的側面の理解にむけた系統的レビュー」『東京家政大学研究紀要』 58(1)、pp. 61-69.
- 科学技術振興機構 (2015) 「グローバルサイエンスキャンパスとは」
<http://www.jst.go.jp/cpse/gsc/about/index.html> (最終アクセス: 2018年12月17日)
- 神戸大学, 兵庫県立大学, 関西学院大学, 甲南大学 (2018) 「根源を問い革新を生む国際的
科学技術人材育成挑戦プログラム」 『ROOT プログラム業務成果報告書 (平成 29
年度) 』http://www.jst.go.jp/cpse/gsc/about/h29_end/h29_end_kobe.pdf (最終アクセス:
2018年12月17日)

本論文の1、2、3、5は米谷が、4は村中が執筆した。ループリック表は谷、蛭名、伊藤が作成した。

補遺

到達度評定に用いたルーブリック評価表 (ROOT2017 基礎ステージ用)

GSC-Hyogo ROOT プログラム ルーブリック
氏名: 2017.09.02-03 # 2

2. 高度な科学的探究力

水準 1		水準 2				
科学的探究力の基礎となる知識や技能のうち初歩的なものを習得している	科学的探究力の基礎となる知識や技能のう ち初歩的なものを習得した段階	科学的探究力の基礎となる知識や技能の一 部を習得した段階				
<input type="checkbox"/> 科学的基礎となる知識や技能を部分的に習得している	<input type="checkbox"/> 科学的基礎となる知識や技能を部分 的に習得している	1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/> 興味のある観察対象について、論理的な説明を説明することができる	<input type="checkbox"/> 興味のある観察対象について、論理的な 説明を説明することができる	興味のある観察対象についての知識や 技能の一部を習得した				
		1	2	3	4	5

GSC-Hyogo ROOT プログラム ルーブリック
氏名: 2017.09.02-03 # 1

1. 根源に迫る課題設定能力

水準 1		水準 2				
現象の観察を通じて、そこにある課題を読み取ろうとする段階	現象をじっくり観察し、そこにある構造を 読み取ろうとする段階	現象をじっくり観察し、そこにある構造を 読み取ろうとする段階				
<input type="checkbox"/> 興味のある観察対象を見つけることができる	<input type="checkbox"/> 観察対象をじっくり観察し、そこにあ る特徴を例示できる	1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/> 観察対象の中に何らかの課題や問いがあることがわかる	<input type="checkbox"/> 観察対象の中に何らかの法則や構造 があることがわかる	1	2	3	4	5

水準 3		水準 4		水準 5	
科学的探究力の基礎となる知識や技能を包括的に習得した段階	科学的探究力の基礎となる知識や技能を包括的に習得した段階	科学的知識と技能を概観と した論理的な議論や推論が できる段階	科学的知識と技能を概観と した論理的な議論や推論が できる段階	科学的知識と技能をもとに した議論を通じて課題探究 を遂行し、深める段階	科学的知識と技能をもとに した議論を通じて課題探究 を遂行し、深める段階
<input type="checkbox"/> 科学的基礎となる知識や技能について専門性を高めた	<input type="checkbox"/> 科学的基礎となる知識や技能について専門性を高 めた	<input type="checkbox"/> 高度な科学的知識や技能 を習得した	<input type="checkbox"/> 高度な科学的知識や技能 を習得した	<input type="checkbox"/> 研究課題の遂行に必要な 科学的知識や技能を習得 した	<input type="checkbox"/> 研究課題の遂行に必要な 科学的知識や技能を習得 した
<input type="checkbox"/> 興味ある観察対象について、科学的な方法論として、演繹と帰納、仮説演繹法、対照実験などの概念が理解できる	<input type="checkbox"/> 興味ある観察対象について、科学的な方法論として、演繹 と帰納、仮説演繹法、対照 実験などの概念が理解で きる	<input type="checkbox"/> 科学的基礎となる知識や技能を活かして論理的な 考察ができる	<input type="checkbox"/> 科学的基礎となる知識や技能を活かして論理的な 考察ができる	<input type="checkbox"/> 研究課題を遂行し、結果 について論理的考察がで きる	<input type="checkbox"/> 研究課題を遂行し、結果 について論理的考察がで きる

水準 3		水準 4		水準 5	
現象を深く精緻に観察し、そこにある構造を読み解く段階	現象を深く精緻に観察し、そこにある構造を読み解く段階	現象の観察から感じる素朴な問いを解し、より深く構造を理解する段階	現象の観察から感じる素朴な問いを解し、より深く構造を理解する段階	現象の深い観察から得た理解を基に根源に迫る課題を新たに設定する段階	現象の深い観察から得た理解を基に根源に迫る課題を新たに設定する段階
<input type="checkbox"/> 観察対象を深く観察し、そこにある課題の構造を示すことができる	<input type="checkbox"/> 観察対象をじっくり観察し、そこにある課題の構造を示すことができる	<input type="checkbox"/> 観察対象をじっくり観察し、そこにある課題の構造を示すことができる	<input type="checkbox"/> 観察対象をじっくり観察し、そこにある課題の構造を示すことができる	<input type="checkbox"/> 観察対象だけに留まらず、物事の基礎に立ち返った本質的な問いを設定できる	<input type="checkbox"/> 観察対象だけに留まらず、物事の基礎に立ち返った本質的な問いを設定できる
<input type="checkbox"/> 観察対象の中に法則や法則を示すことができる (必要に応じて)	<input type="checkbox"/> 観察対象の中に法則や法則を示すことができる (必要に応じて)	<input type="checkbox"/> 観察対象の中に法則や法則を示すことができる	<input type="checkbox"/> 観察対象の中に法則や法則を示すことができる	<input type="checkbox"/> 本質的な問いに基づいた研究課題を設定できる	<input type="checkbox"/> 本質的な問いに基づいた研究課題を設定できる

GSC-Hyogo ROOT プログラム ループリック
氏名: 2017.09.02-03 # 4

4. 国際コミュニケーション力

水準 1						水準 2				
英語で自己紹介ができる段階						英語で簡単な会話ができる段階				
<input type="checkbox"/> 簡単な英文の読解ができる						<input type="checkbox"/> 英文の読解ができる				
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
英語で自己紹介ができる						英語で簡単な会話ができる				
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/> 英語と日本の文化の違いについて、例を挙げで述べることができる										
1	2	3	4	5						

GSC-Hyogo ROOT プログラム ループリック
氏名: 2017.09.02-03 # 3

3. 価値的的的射能力

水準 1					水準 2				
科学技術と社会との関わりについて限られた知識を持っている段階					科学技術と社会の関わりについて知識を得た段階				
<input type="checkbox"/> 科学史について見聞きしたことがある					<input type="checkbox"/> 人間社会の発展の歴史の中で科学史を捉えることができる				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
科学と社会の関係について、例を挙げて述べるができる					科学技術が現代社会に与える影響と実際の現状について述べることができる				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

水準 3		水準 4		水準 5	
科学をする上で必要な英語力を身につけた段階		英語で科学について語り、科学についての文章が書ける段階		英語で研究発表をし、英語で論文を執筆できる段階	
<input type="checkbox"/> 科学論文をなんとか読解できる	<input type="checkbox"/> サイエンスカフェ (英語) などに参加し、内容を理解できる	<input type="checkbox"/> 科学論文を読解できる	<input type="checkbox"/> サイエンスカフェ (英語) などにおいて英語で質問を築することができる	<input type="checkbox"/> 科学論文を執筆できる	<input type="checkbox"/> 研究内容を国際会議などで発表し、内容について議論することができる
<input type="checkbox"/> 英語でのコミュニケーションを自ら実践することができる	<input type="checkbox"/> 国際会議などに参加し、発表内容を理解できる	<input type="checkbox"/> 英語で研究内容を議論することができる			

水準 3		水準 4		水準 5	
科学技術と社会の関わりがどのようにあるべきか議論できる段階		社会における科学の価値を活かすための研究課題を設定できる段階		新たな価値を提案する研究課題を設定できる段階	
<input type="checkbox"/> 科学技術と社会の関わりについて、多面的な視点で述べるができる	<input type="checkbox"/> 今後、社会から必要とされる科学について議論することができる	<input type="checkbox"/> 価値の高い、本質的に重要な研究課題を新たに設定できる	<input type="checkbox"/> 職業的研究者や同輩とともに価値観について議論することができる		
<input type="checkbox"/> 現代社会における科学的価値とは何かを述べることができる	<input type="checkbox"/> そのための研究課題を設定することができる				