

中学生の科学的能力を伸長させる科学者育成プログラムの開発

— 次世代科学者育成プログラムの評価 —

(理科教育講座) 大橋 淳史

(理科教育講座) 隅田 学

Development of a Scientist Development Program to Enhance the Scientific Skills of Junior High School Students

— Evaluation of the Next Generation Scientist Development Program —

Atsushi OHASHI and Manabu SUMIDA

(令和元年9月2日受理)

Abstracts : With support from the Japan Science and Technology Agency's Next Generation Scientist Development Program, we developed an educational program for junior high school students to develop leaders in the next generation of natural science. A total of 54 junior high school students have been educated for 3 years since 2013. These students showed higher motivation than the 1357 general junior high school students. In addition, five evaluation methods were used to evaluate students' abilities from four perspectives. Analysis of the results showed that students could be divided into three groups.

キーワード : Junior high school Students, Science Education

1. はじめに

日本は科学立国とよばれ、OECD 生徒の学習到達度調査(PISA)や国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)などの国際学力調査で科学分野が高得点を記録する一方で、科学に関する好意的態度に課題があり、かつトップ層が薄いことが課題である。

高度に均質化された学校教育は、全国どの地域においても一定の教育水準を保ち、長く日本を支える人材を輩出してきた(三宅、2014)。高い学力水準は国際学力調査にも反映されており、PISA の科学リテラシー分野や TIMSS では長らく上位を保ってい

る。一方、高い学力に反して、科学(理科)に関する非好意的態度、およびトップ層の薄さの解消が課題とされている。2015 年度全国学力・学習状況調査(国立教育政策研究所, 2015)における、同一世代の小学校第6学年と中学校第3学年の教科に関する意欲・関心は、理科のみが学年が進むにしがって意欲・関心が約2割低下しており、中学校段階で理科離れが急速に進むことが示唆されている。この傾向は高等学校でも維持されており、2014年に実施された高校1~3年生を対象にした日本、米国、中国、韓国の4カ国調査でも、設問「将来、科学的なことに関わる

仕事に就きたいか？」では日本がもっとも低く、設問「社会に出たら理科は必要なくなると思うか？」では突出して高い傾向を示した(国立青少年教育振興機構、2014)。理科に関する好意的態度の減少は中学校段階を境にして急速に進行し、科学者を志望する潜在層の減少や、科学および科学技術の競争力の低下を招いているとされる(柘植 2016、長沼 2016)。また、TIMSS や PISA 調査において、科学領域の学力で1位のシンガポールと比較して、日本の生徒のトップ層の割合が低く、その差は最新調査でさらに開く傾向がある。日本の学校教育は多数を対象にした平均学力担保を目的としているため、平均値を大幅に上回るいわゆる才能児を対象とした教育プログラムは、諸外国(三宅 2014、橋本 2012)と比較して整備されているとは言い難い(隅田、2012)。科学におけるイノベーションを起こすトップ層の育成は、日本の国際的競争力向上のための急務であり、突出した才能をもつ生徒の能力を向上させる科学者育成プログラムの開発が望まれている。そのため、科学技術振興機構(JST)により、2008年から次世代の科学技術を支える人材の育成を目的とした人材育成事業(尾嶋、2012)、高等学校生徒を対象にした科学教育プログラムの開発などが活発に実施されるようになった(加納 2012、野村 2012、田村 2012)。

そこで本研究では、中学生を対象にした科学者育成プログラム、JST の次世代科学者育成プログラム事業による生徒の能力を伸ばさせるプログラムの開発と能力伸長評価を行うことを計画した。

2. 次世代科学者育成プログラムの概要

2011年8月19日に閣議決定された第4期科学技術基本計画では、日本が世界最高水準の科学技術を維持するための人材育成を目的として、中等教育段階から理科への関心を高め、優れた素質を持つ生徒の才能を伸ばすことが定められた。次世代科学者育成プログラムは、この科学技術基本計画にしたがって、次代を担うイノベーションを起こす新たな科学者を育成するプログラムである。本学では事業名「科学イノベーションに挑戦する次世代リーダー科学者の養成(以下、本事業とする)」として、2013年度か

ら実施され、3ヵ年で延べ54名の中学生の育成を行った(Sumida&Ohashi、2015)。本事業は、連携している松山市教育委員会、松山市中学校理科主任会の主催する、理科好きな生徒に向けた体験授業「おもしろ理科教室(以下、連携事業とする)」と連携して実施した。連携事業は3時間/回の体験授業を年9回実施している。そこで本事業は、連携事業と同日の午前午後(午前連携事業、午後本事業)計6時間実施し、連携事業が開催されない日程では適宜時間を調整して、年間20回程度の講座を実施した。

3. 募集選抜

3-1. 募集

受講生の募集は、連携事業と本事業、双方の募集要項を松山市教育委員会経由で松山市内全中学校に配布し、中学校理科主任教諭が自校の理科に高い才能をもつ生徒を紹介する形で実施された。受講を希望する生徒は、応募用紙に意欲関心度調査(後述)と理科研究受賞歴を添付して、教育委員会経由で応募した。

3-2. 選抜

本事業は、事業規定により選抜を経ない生徒の参加は認められていない。そこで、応募した生徒について、以下の4つの評価を点数化し、上位者を選抜した(表1)。

表1 選抜のための評価法

	評価基準	評価方法	評価時期
	意欲関心度調査	30項目、4段階	事前
	理科研究受賞歴	受賞の有無	事前
行動	客観評価	4項目、4段階	講座中
評価	自己評価	15項目、4段階	事後

意欲関心度調査は、科学に関する30項目の設問に対して、非常にそう思う(選択肢番号4)からまったくそう思わない(選択肢番号1)の4段階の尺度法で自己評価を行った(表2)。生徒の回答における選択肢番号を点数として集計し、点数の高さを科学への意欲関心度の高さとして評価した。また、理科研究受

賞歴は、研究の進め方およびまとめ方について一定の能力があることを示すため、加点要素とした。

表2 意欲関心度調査項目

設問	内容	設問	内容
1	自然や科学に関する知識が豊富である	16	自然や知識に関する知識をすぐに理解する
2	自然や科学に関する知識が豊富である	17	自分の知識や理解に自信を持っている
3	生物をその生態に応じて飼育栽培する	18	個別の内容を関連づけて理解している
4	身の回りの事物を収集するクセがあり詳細に整理する	19	自然事象の原因と結果を結びつけて理解している
5	自然の事物現象を詳細に観察する	20	体験したことや学んだことを細部まで長い期間覚えている
6	ものづくりを行う時に材料ややり方を自分で工夫や改良する	21	人とは異なる自分の考え方ややり方を、気にせず発言する
7	問題に対してたくさん考えや回答を思いつく	22	指示通りではなく、自分のやり方で活動したり考えようとする
8	他の生徒だと簡単に受け入れる説明に満足しない	23	失敗を気にせず、思い切った活動や考えをする
9	身の回りの事象に規則性や傾向を見出す	24	保護者や教師が戸惑うような変わった質問や考え方を挙げる
10	計算や数値の用	25	人とは異なるユニ

	いた説明に関心がある		ークな事柄に関心を示す
11	説得力あのある理由づけを行う	26	集中しすぎて予定時間に活動が収まらないことがある
12	実験器具や測定機器を上手く操作する	27	友達と役割分担をして協力しながら問題を解決する
13	自分で調べたことや考えを他の人に分かりやすく伝える	28	自分から新しいことに積極的に挑戦する
14	学んだことを自分のことばで表現する	29	簡単な課題より難しい課題に挑戦する方が好きである
15	調べたことや学んだことを別の状況にあてはめてみる	30	他の人の活動や考えのユニークなところを見つけて認める

意欲関心度調査や理科研究受賞歴に加えて、生徒の多様性について検討を行うため、受講を希望する全生徒に参加を認めるプレチャレンジを実施し、プレチャレンジでの行動を、客観評価および自己評価で測定した。

客観評価は、TAの学生がプレチャレンジの実施中に生徒の行動を観察し、本事業で育成したい4つの能力観点別(表3)に、ルーブリック形式(表4-1、4-2)で能力の発現を外形的に評価した。

表3 客観評価の観点

記号	能力観点
A	挑戦的な問いを生成する力
B	多角的で粘り強く検討する力
C	課題に協働的に取り組み理解を深化させる力
D	研究成果や意義を伝播する力

2015年度からは講座を予想、実験、考察の3つの活動に分類し、それぞれの活動が複数回実施される

ように設計して、活動ごとの活性度を測定する形式とした。評価基準を表4に示す。活性レベルを点数として集計して、点数の高さを本事業で育成したい能力の高さとして評価した。

表4-1 客観評価の評価基準

Lv.	観点A	観点B
4	内容の理解度が高く意図的に挑戦的な問いを発する	主体的に多角的な分析・取り組みを行い、必要に応じて主導する
3	内容を理解し、さらに理解を高めるために問いを発する	決まった観点から、丁寧に分析・取組を行っている
2	内容は理解しているが問いを発さない	分析・取組を行っているが、不十分な点があり、多面的でもない
1	内容への理解が乏しく、問いを発さない	取り組みが十分にできていない

表4-1 客観評価の評価基準

Lv.	観点C	観点D
4	協働を主導して理解の深化を促す。	自らの意見や成果を伝え、他者の意見をくみ取ると共に、意見交換を促進し共同体を主導する
3	他者と協働し内容を深化させる。	自らの意見や成果を伝え、他者の意見をくみ取る
2	協働の意志はあるが、深化に乏しい	自らの意見や成果を伝えることはできるが、他者の意見をくみ取ることができない
1	協働が機能しておらず、深化に乏しい	自らの意見や成果を伝えることができない

自己評価は、プレチャレンジ終了後に表5の15項目の設問に回答した。非常にそう思う(選択肢番号4)からまったくそう思わない(選択肢番号1)の4段階の尺度法で実施し、選択肢を点数として集計して、点数の高さを能力の伸長の高さとして評価した。

表5 自己評価設問

設問	内容	設問	内容
1	科学の知識が深まった	9	真実を探って明らかにしたい気持ちが高まった
2	挑戦的な内容だった	10	学んだことを応用することへの興味が高まった
3	夢中になる内容だった	11	学校の勉強に対する意欲が高まった
4	考える力が身についた	12	将来科学・技能の分野で活躍したいという気持ちが高まった
5	発見する力が身についた	13	自分の理系の才能に自身を持つことができた
6	高度な実験技能や方法が身についた	14	大学教員や大学生と話すことで大学での研究や生活に対して具体的なイメージをもつことができた
7	データを分析する力が身についた	15	レベルの高い同世代の仲間とネットワークを作ることができた
8	独自のものを創り出す姿勢が身についた		

以上のデータを集計して、上位者を選抜対象とした。

3-3. 選抜結果比較

2013年度から3カ年の選抜された受講生(n = 54)

と落選($n = 20$)および理科に高い関心をもたない一般公立中学2年生($n = 1357$)との比較を行った。意欲関心度調査について、それぞれの平均値を図1に示す。

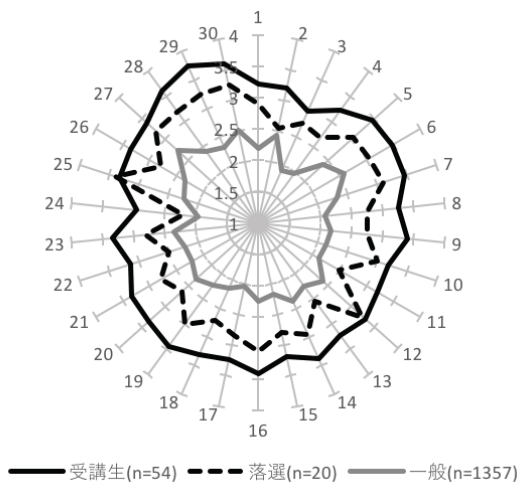


図1 意欲関心度調査結果

受講生と一般生徒では、すべての設問において1%有意差で受講生の評価が高く、理科に関してきわめて高い意欲関心をもつ生徒が参集したことが示された。また、受講生と落選者のt検定(両側)の結果、73%(22項目)の設問の回答において、受講生が有意に高い傾向を示した(5%有意に高い12項目(設問1, 4, 5, 6, 7, 8, 14, 16, 17, 19, 21, 23)、1%有意に高い10項目(2, 9, 11, 13, 18, 20, 22, 24, 26, 29))。受講生と落選者の比較結果、科学者の資質として重要な設問2「自然や科学に関する知識が豊富である」、設問9「身の回りの事象に規則性や傾向を見出す」、設問11「説得力あのある理由づけを行う」において有意に高い生徒が選抜対象となったことが明らかとなった。

プレチャレンジにおける客観評価を受講生と落選生徒で比較した(図2)。図2は、予想、実験、考察の3つの活動、それぞれで測定した値の平均値を示している。本事業で育成したい4つの能力の観点で比較すると、受講生と落選生徒の比較では、挑戦的な問いを生成する能力において5%有意、研究成果や意義を伝播する能力において1%有意に、受講生が高い傾向を示した。落選した生徒は、活動において

主体的活動が低く、とくに他者との情報共有を行わない傾向を持つ。

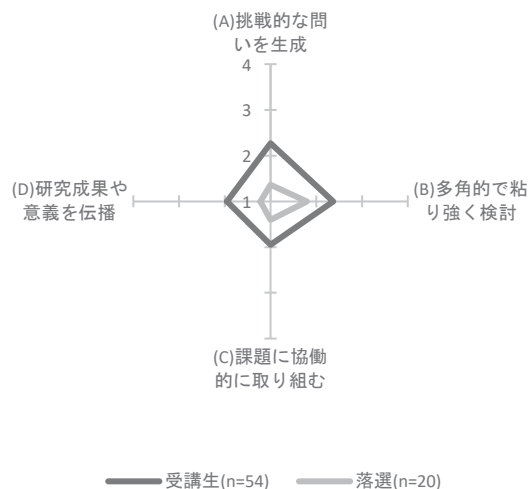


図2 客観評価比較

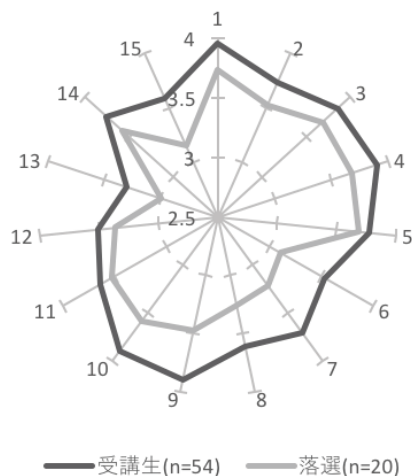


図3 自己評価比較

プレチャレンジにおける自己評価について、受講生と落選生徒のそれぞれの平均値を図3に示す。t検定(両側)の結果、受講生は5項目(6, 7, 9, 10, 15)で5%有意に高い評価を示した。科学者の資質として重要な設問9「真実を探って明らかにしたい気持ちが高まった」および設問10「学んだことを応用することへの興味が高まった」において、高い意欲を持つ生徒が選抜されたことが明らかとなった。また、本事業が重視する他者との協働性を評価した設問15「レベルの高い同世代の仲間とネットワークを作ることができた」が有意に高い生徒が選抜され

ており、生徒の主観的にも協働性を重視する受講生が選抜されたことが示された。

4. 実施内容

4-1. スケジュール概要

本事業では、先端的な科学の知識を体験的に学ぶ実験講座と、受講生が協働して研究を推進する共同研究のふたつの手法を併用し才能育成を行った。

育成プログラムについて、2015年度を例にスケジュールを示す(表6)。5月中旬に募集を開始し、全申込者を対象にしたプレチャレンジを6月中旬に実施し、表1の基準で第1次選抜を行った(2015年度は第1次選抜で応募人数27名から20名が選抜された)。7月から8月までに前期9回(選抜者対象1回、希望者対象4回(学会1回、企業見学3回))を含む)を実施した。前期9回終了後に、各講座における自己評価、客観評価、課題達成評価(表8)などを総合し、9月に第2次選抜を実施した(2015年度は第2次選抜で20名から9名が選抜された)。9月から翌年度3月までに後期9回(選抜対象1回(東京)、希望者2回(学会、愛媛大学国際科学・文化キャンプ))を含む)を実施した。また8月までに受講生と話し合い、9月からは講座に加えて共同研究を推進し、研究報告書による研究遂行評価を加えて評価を行った。

ないタマネギ
ハウス食品
日本理科教育学会
全国大会中高生ポ
スター発表
ウエノフードテク
ノ R&D センター
見学(兵庫県)
無細胞タンパク質
合成による GFP
合成
中高生への科学研
究実践活動推進プ
ログラム(JST 主
8 催)参加
都市鉱山リサイク
ル
田中貴金属工業
東レ炭素繊維複合
材料研究所見学
霧島酒造
メタン発酵施設見
学(宮崎県)

離と金属イオン置
換、分光分析
松山南高等学校
SSH 授業参加
松山市教育委員会
12 「おもしろ理科教
室」成果報告
サリチリデンアニ
リン類の合成と光
応答性の測定
1 中高生への科学研
究実践活動推進プ
ログラム(JST 主
催)発表会参加
教育学部理科教育
2 講座卒業研究発表
会で成果報告
第1回愛媛大学国
3 際科学・文化キャン
プ参加

表6 2015年度スケジュール

月	前期	月	後期
6	DVD 分光器の作 成とLEDの分光		第2次選抜
	第1次選抜	9	全国受講生研究発 表会(東京都)
	イースト菌と麹菌 の生物発酵	10	コンピューターケ ミストリーによる 高分子同定
7	環太平洋科学才能 フォーラム参加 (台湾、選抜)	11	日本化学会中国四 国大会高校生ポ スターセッション参 加(岡山県)
	招待講演「涙の出		クロロフィルの単

共同研究の成果は、9月の全国受講生研究発表会、12月の中学生を対象にした「おもしろ理科教室」、2月の本学部理科教育講座卒業研究発表会において発表した。

4-2. 実験講座

実験講座では、本学および他大学の大学教員と企業が協働して実施する実験講座を通じて、科学理論と科学技術産業との繋がりを学び、科学研究の必要性と将来像の明確化を促した(表7)。

表7 学外研究者や企業との協働

年度	担当者	内容
2013	森田浩介教授	新元素113番

		の発見
2014	高田昌樹教授 今井真介研究主幹 (ハウス食品) 田中貴金属工業	世界結晶年記念講演 涙の出ない タマネギの開発 都市金属鉱山 リサイクル実験
2015	ウエノ フードテクノ 帝人 東レ 霧島酒造	R&Dセンター 見学 松山工場見学 伊予研究所見学 本社工場見学

※企業名敬称略、実施順に記載

4-3. 共同研究

共同研究は、研究者が行う共同研究と同様に、ひとつの研究テーマを複数の受講生同士が役割分担し、協力して推進する科学研究手法である。共同研究を教育手法として導入したのは、科学研究で求められる協働的で開放的な活動を通して、生徒が自由研究という教育的活動によって形成した個別的で閉鎖的な研究観を修正するためである。自由研究は、そもそも算数や理科といった教科的な要望ではなく、教育学などの学校教育目標をもった活動としてはじまったとされる(梅野、2007)。児童中心主義の自由研究は、古代ギリシャに端を発する知的活動である研究とは本質的に異なった活動である。しかしながら、自由研究と研究の用語の混同により、多くの生徒は自由研究による個別的で閉鎖的な正解を追認する活動を「研究」と誤解している。そこで、共同研究を実施することで、協働がより大きな成果を得ることを実感することを目的とした。また、共同研究では、情報を共有するために、自身の成果を共同研究者に教える活動が発生する。共同研究の推進は、ラーニングピラミッド(National Training Laboratories)によるもっとも学習定着率の高い、「教える」活動が促されることが期待される。

共同研究で重要になるのは研究テーマであり、科学研究として成立するためには、研究のレベルは一定以上である必要がある。そのため、テーマの策定には科学に対する深い知識と豊富な経験が必要であ

るため、テーマは事業側で考案した。5~8つのテーマから、生徒と話し合い 3~4 つのテーマに絞り込み、1テーマあたり 2名以上で協力しながら研究をすすめた。事業側は後述の ICT を利用して生徒間の話し合いを促しながら、研究の方向性が発散しないように指導をした。研究テーマは、科学理論と生活の科学との関係を学ぶものを選択し、2014年度は「食品保存料の保存効果の研究」「デンプンの加水分解反応を利用した甘酒造りの研究」を行った。2015年度は「デンプンの加水分解反応の研究」をより産業的に発展させて「おいしい甘酒と水あめづくり」について研究を行った。これらの研究では、受講生は、たとえば用いるデンプンや実験条件を分担するなどの役割分担をしながら研究をすすめた。

4-4. ICT による連絡体制

本事業では、異なる学校の生徒が協働する必要がある。そこで、2014年度からグループウェア(e-ConeXion)を導入して、生徒間での話し合いを促した。グループウェアは、Webブラウザでサーバーにアクセスして利用する。メール、掲示板システム、データの送受信機能などの連絡に必要な機能がすべて実装されている。個人メールアドレスが必要なく、中学生でも安全に利用しやすい点の特徴である。グループウェアの掲示板システムを用いて、共同研究の指導と受講生間の相談を行った。

5. 評価分析

5-1. 評価方法

受講生の能力の伸長を以下の5つの方法で測定した(表8)。研究遂行評価は、共同研究における研究報告資料を尺度法で4段階評価した。また、課題達成評価は、各講座の予習として出題される課題回答を4段階評価した。協働評価は、受講生同士で他の受講生を4段階評価した。

表8 能力伸長評価法

評価法	評価者	方法	実施時期
-----	-----	----	------

自己評価 (表5)	生徒	15項目 4段階	講座終了時
客観評価 (表4-1、4-2)	TA	4項目 4段階	講座中
研究遂行評価	教員	4段階	半期1回
課題達成評価	教員	4段階	講座開始前
協働評価	生徒 間	4段階	講座終了後

5-2. 実験講座と評価の推移

本事業は科学者育成プログラムとして、幅広い実施内容を扱った。そのなかの8講座(表9)を対象に、自己評価および客観評価の推移を評価した(図4)。自己評価は15項目の平均値、客観評価は予想、実験、考察の3つの活動における4観点評価をすべて平均し、4点満点を100点満点に換算して表記した。

表9 評価した実験講座

回	実施日	内容
		プレチャレンジ
1	6月20日	DVD分光器の設計とLED分光
2	7月4日	イースト菌と麹の生物発酵
3	8月8日	大腸菌の遺伝子組み換えと電気泳動によるDNA分析
4	8月25日	田中貴金属工業株式会社による水溶液からの金の分離
5	10月17日	コンピューターケミストリーによる化合物の同定
6	11月17日	クロロフィルの単離と分析
7	12月12日	連携事業での中学生への研究成果発表と実験の指導
8	1月9日	サリチリデンアニリン類の合成と光応答の分析

図4より、自己評価はプレチャレンジである第1回から最終回の第8回まで直線的な上昇を示した。自己評価、つまり生徒の主観では、講座の受講によって生徒の能力は徐々に向上した。一方、客観評価は、自己評価とは異なり、実施内容に合わせて活性度が

上下する傾向を示した。そこで、もっとも活性の高い第6回と、同じ教員が実施した第8回の客観評価について、両方の講座に出席した受講生6名を対象に、予想、実験、考察の活動単位別に活性度を比較した(図5)。

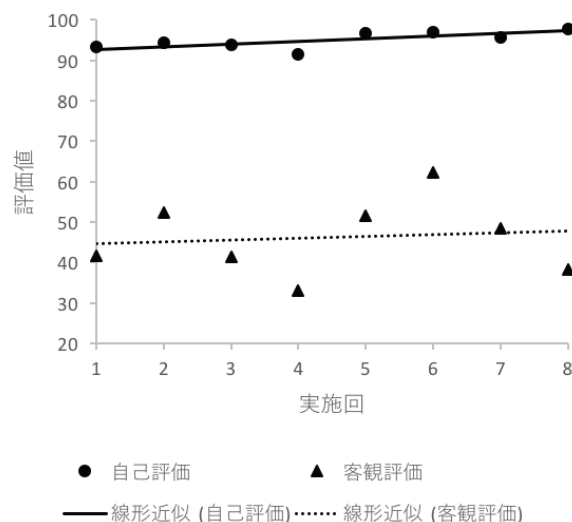


図4 自己評価と客観評価の推移

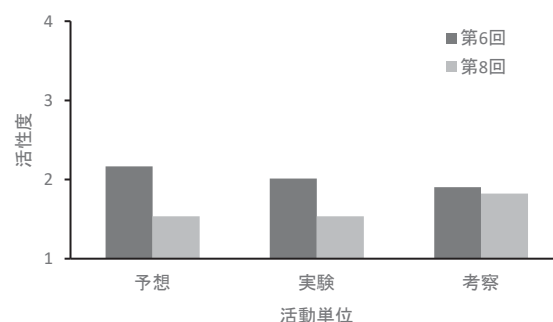


図5 外形評価の活性度の客観評価比較 (n = 6)

ふたつの講座を比較すると、予想>実験>考察の順に活性度の差が小さくなり、客観評価の違いは講座内容への理解もしくは関心度と関係する可能性が示された。第6回は、和光純薬工業が開発したクロロフィル単離キットを用いたカラムクロマトグラフィーによるクロロフィルの単離実験、単離したクロロフィルを塩酸処理して金属イオンを交換(マグネシウムイオンの脱離、銅イオンの導入)する実験、クロロフィル類の紫外可視吸光スペクトル測定による構造同定であった。また、第8回は、淡橙色の結晶に紫

外光を照射すると橙色に変わり、橙色の結晶に可視光を照射すると淡橙色に戻るというホトクロミズムを示すサリチリデンアニリン類を合成した。分子構造が容易に変化し、官能基によって色の変化時間が変わること、固体では観察できる色の変化が液体にすると観察できないことから、結晶中でしか起こらない構造変化であることを観察し、分子構造を検討した。いずれの講座も同一教員が実施しており、内容も同じ化学領域であったこと、いずれも色の変化を扱っていることから、活性度の差は内容が身近に感じられるかどうかと関係があるようだ。

クロロフィルは葉緑素ともよばれ、光合成において中心的な役割を果たしており、小中学校における主要な学習内容に関わる。また、実験ではカラムクロマトグラフィーという学校では扱わない実験操作によって単離を行った。日常的に目にする物質を、受講生にとって新たな手法で扱ったことで、講座への興味関心が高まったことが発話から示された。

一方、ホトクロミズムは、化学的にも珍しい現象であり、それを簡単に観察できる物質を、容易な手法で合成できることに特徴があったが、日常で目にする機会は少ないことから、その希少性はあまり関心を惹かなかつたようだ。また、実験方法が溶質をエタノールに溶解させて混合して攪拌していると、サリチリデンアニリン類が沈殿として得られるという簡単な操作であったことも、受講生には「簡単すぎる」とやや不満だったようだ。

客観評価における活性度の違いは、講座内容への受講生の興味関心度に比例し、日常との関連性の高さ、もしくは理解の容易さが影響するようだ。客観評価も通期による線形近似では徐々に上昇しており、短期的な上下ではなく、長期的な変遷で評価すべきだろう。

5-3. 因子分析による受講生行動傾向

2015年度の通期受講生(9名)は、因子分析により3つの群に分類された。ただし、サンプル数が限られていること等から、以下については関連分析も含めて大まかな傾向の可能性として議論を進める。2015年度通期受講生(9名)の講座終了後の全評価(各項目100点満点評価)を表10に示す。得られた結果を、受

講生の能力評価の因子分析を行った(図6)。

表10 2015年度通期受講生の能力評価

受講生	自己評価	客観評価	課題達成評価	研究遂行評価	協働評価
1	100	48	100	100	100
2	94	63	90	90	100
3	99	41	77	85	97
4	98	55	73	90	88
5	89	38	91	90	80
6	97	37	70	90	83
7	98	37	83	70	79
8	92	63	86	60	100
9	97	46	62	65	60

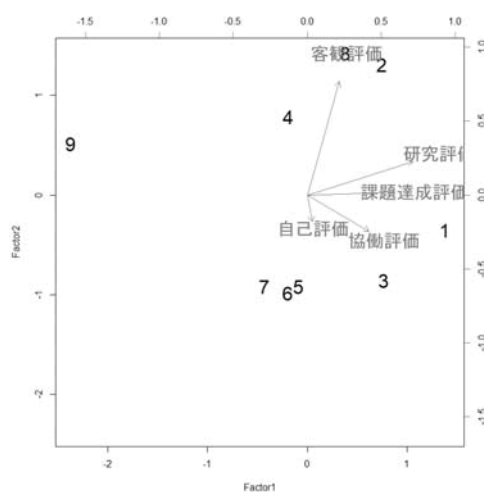


図6 因子分析による受講生行動傾向分類 ($n = 9$)

因子負荷量より、横軸(factor 1)に影響を及ぼす因子は講座外(研究遂行評価、課題達成評価)が主体であり、縦軸(factor 2)に影響を及ぼす因子は講座内での活性度(客観評価)であった。また、累積寄与率は0.565であった。クラスター分析により、これらの受講生は3つの群に分類された(図7)。

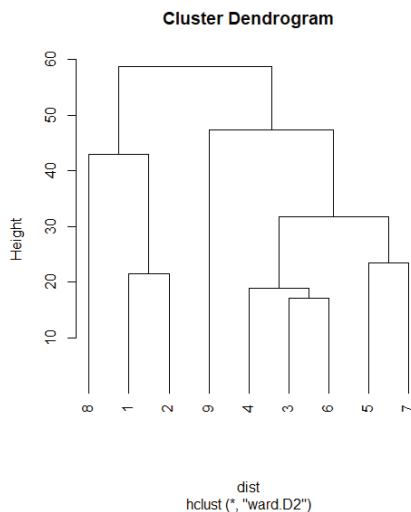


図7 クラスタ分析(最小分散法)による傾向分類

そこで、図6と図7より、受講生の行動傾向を分類した(表11)。

表11 受講生の能力傾向

分類	講座外活動 factor1	講座内活性 Factor2	受講生
発達	0.4~1.4	-0.3~1.4	1,2,8
発展途上	-0.4~0.8	-1~0.7	3,4,5, 6,7
意欲不足	-2.4	0.5	9

発達群は講座外での活動(課題達成評価もしくは研究遂行評価)に意欲が高く、かつ講座内での活性度(客観評価)が良い傾向を持つ。また、該当の3名の受講生の能力傾向には個人差があり、課題に協働的に取り組み理解を進化させる力に優れる受講生1、4つの能力を高い次元でバランス良く発揮する受講生2、挑戦的な問を生成する力に優れる受講生8にわかれた。受講生1は、調整役として優れた力を発揮する一方、主体的な活動にやや乏しく、受講生8は発想力に優れるが、協働的に課題に取り組むことをやや苦手としており、研究が停滞する傾向があった。発展途上群は、一般的な理科好きな中学生の「理科が好き」な気持ちは強いが、意欲を形にしていけるための能力が発展途上である」段階であった。個々の才能の発露の方向性には相違があるものの、共通した傾向として、学習(Input)には熱心だが、他者に伝える行為

(Output)への熱意が低い傾向を持つ。また、意欲不足群は、学習を一過性のイベントと考える傾向があり、講座内では活発だが、理解を深めるための継続的な努力をしない傾向がある。同様の傾向は、第1、2次選抜で対象外とされた生徒や、連携事業に参加する生徒でも多く認められている。かれらの興味関心は、楽しい遊びの時間を享受することであり、「楽しい遊びが許容される教科だから理科が好き」だと考えているようだ。

6 まとめ

2013年度から3カ年、JSTの人材育成事業、次世代科学者育成プログラム「科学イノベーションに挑戦する次世代リーダー科学者の養成」を実施し、計54名の受講生を受け入れ、研究者育成プログラムの開発を行った。希望者から受講生を決定する選抜試験は、講座に参加したときの活動を評価するプレチャレンジによって行った。その結果、事前に聴取した意欲関心度調査、講座中の自己評価・客観評価の3つの評価軸すべてにおいて、選抜者と落選者には有意な差が認められた。また、意欲関心度調査は、松山市内中学校の1357名の結果と比較し、選抜者はすべての質問項目で有意に意欲が高く、理数系に高い意欲を持つ受講生が参集したことを明らかにした。

受講生の評価は、4つの能力(表3)を観点として、5つの評価(表8)で行った。2015年度の通期受講生(9名)を対象に、受講生の能力を評価し、受講生の行動傾向を因子分析で3つに分類した(表11)。因子分析から、講座外の課題達成評価・研究遂行評価と、講座内の客観評価が、それぞれ評価に影響を及ぼす因子であることを明らかにした。また、自己評価の因子負荷量は小さい(factor1 = 0.04, factor2 = -0.22)が、この傾向は受講生が実態と関わりなく自己評価を高く見積もることに関係があるようだ。本結果より、自己評価が、受講生の行動を正しく測定するための手法として限界があることが示された。因子分析とクラスタ分析から、本評価法によって、受講生の多様性を損なわずに能力の評価ができる可能性を示した。たとえば、本教育プログラムが目標とする人材像は発達群に該当するが、該当する受講生3名は、

それぞれ異なった得意能力を持っている。また、もっとも多く存在することが想定される発展途上群を発達群へ導くことが教育プログラム開発の指標となることが改めて示された。

今後は、サンプル数を増やし、本手法の妥当性の検証および、受講生の行動傾向分類の迅速化や成長予測手法の開発が期待される。

倫理的配慮

本調査のうち、国立研究開発法人科学技術振興機構(以下、JSTとする)次世代育成プログラム事業参加者については、データ収集への協力およびその使用について説明し、同意することで、プログラムに無償で参加した。なお、本条件についてはJSTから示されたプログラム実施における必須条件であり、本学が独自に定めたものではない。

一般公立中学校については、本学部教員より、各学校に調査意図と個人情報と結びつかない形での情報の公開を説明した上でアンケートを必要部数送付し、生徒は学校教員より説明を受け、同意した上で任意で回答した。

付記

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構次世代科学者育成プログラム事業の支援を受けて行われた。

謝辞

プログラムに参加した中学生、指導補助として協力した大学生TA、実施において協力いただいた松山市教育委員会、松山市中学校理科主任会の皆様に深く感謝致します。また、実施に協力していただいたウエノフードテクノ株式会社、霧島酒造株式会社、田中貴金属工業株式会社、帝人株式会社、東レ株式会社、ハウス食品株式会社(アイウエオ順、敬称略)の各社に深く感謝致します。

引用文献

- 橋本健夫、劉卿美、「韓国の自然科学に関する才能教育現場からの示唆(科学才能教育-児童生徒の多様なニーズに応じる科学教育の新展開-)」、科学教育研究、36(2)、pp.153-161、2012。
- 加納圭、水町衣里、山水康平、田邊剛志、「高校生を対象とした萌芽的科学技術を活かした卓越性の科学教育プログラム開発」、科学教育研究、36(2)、pp.162-171、2012。
- 国立教育政策研究所、「2015年度全国学力・学習状況調査報告書・調査結果資料」、<http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/>、(閲覧日 2019年8月29日)
- 独立行政法人国立青少年教育振興機構ホームページ、「高校生の科学等に関する意識調査報告書 日本・米国・中国・韓国の比較(平成26年8月)」、http://www.niye.go.jp/kenkyu_houkoku/contents/detail/i/88/、(閲覧日 2019年8月29日)
- 三宅志穂、中山迅、「才能時にふさわしい学力を発揮させる教育プログラムと教材の特色」、理科教育研究、55(1)、pp.121-130、2014。
- 長沼祥太郎、「理科離れの動向に関する一考察」、科学教育研究、39(2)、pp.114-123、2015。
- National Training Laboratories、「Learning Pyramid」
- 野村純、木下龍、杉田克生、鈴木隆司、東崎健一、妹尾裕彦、野崎とも子、野邊厚、林英子、米田千恵、友木屋理美、山下修一、川上喜久子、荒木史代、加藤徹也、野邊厚、中澤潤、飯塚正明、板倉嘉哉、加藤修、「主体的に粘り強く未来を切り開く科学者養成プログラムの成果と課題」、科学教育研究、36(2)、pp.122-130、2012。
- 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)、pp.142-152、2012。
- 柘植綾夫、「持続可能な科学技術・イノベーション創造立国にむけた教育の再生を」、科学教育研究、39(2)、pp.67-76、2016。
- 隅田学、「科学才能教育-児童生徒の多様なニーズに応じる科学教育の新展開-」、科学教育研究、36(2)、pp.97、2012。
- Sumida, M., Ohashi, A.: Chemistry Education for Gifted Learners, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 469-487, 2015。
- 海野桃子、安藤秀俊、「理科の自由研究の系譜と附属小学校における児童の実践」、日本科学教育学会研究報告、22(1)、pp.99-102、2007。

