

「教育臨床総合研究18 2019研究」

探究の過程において引き出す子どもの学習活動に関する検討

Consideration about Childrens' Activities through a Process of Inquiry

栢野彰秀*

Akihide KAYANO

大山朋江**

Tomoe OHYAMA

野崎朝之**

Tomoyuki NOZAKI

園山裕之**

Hiroyuki SONOYAMA

要旨

本稿では、まず第一にPISA2015年調査において洗練され拡張された定義、特に科学的リテラシー及び科学的能力と科学的知識について、2006年調査のそれらと比較検討を加えた。次いで、筆者らの前報において明らかにされた、教育課程改善の3つの枠組みと「探究の過程」と理科における資質・能力とPISAにおける「科学的知識」、「科学的能力」との関連に関する包含関係を表した表について、PISA2015年調査において記述された科学的能力と科学的知識で書きかえた表を得ることができた。それに基づいて、探究の過程のどの段階では、どの学年段階でどのような子どもの学習活動を引き出せばよいのかについての知見を得ることができた。

これらをもとに、島根大学教育学部附属学校園が義務教育学校に移行した後でも、附属中学校でこれまで行われていた探究の過程を経る理科授業を前期課程・後期課程においても行えばよいことが導出された。

〔キーワード〕 探究 PISA NGSS 理科における資質・能力

I. はじめに

筆者らの前報（栢野、野崎、大山、園山、福島：「本時のねらいが明確で子どもが主体の授業に関する基礎的考察－中学校理科の場合－」、『島根大学教育臨床総合研究』、Vol.17, pp.153-167, 2018.）（以下、前報1と略）では、主に次の2点を明らかにした¹⁾。

- ① 2015年度から島根大学教育学部附属中学校理科部（以下、附中理科部と略）が実践する「探究の流れ」に基づく理科授業は、2017年に告示された『中学校学習指導要領理科編』（以下、『2017理科編』と略）に記載された「探究の過程」に基づく理科授業と同様な意味内容を示す。

* 島根大学学術研究院教育学系

** 島根大学教育学部附属中学校

- ② PISA2006年調査に記載された3つの科学的能力は、『2017理科編』に記載された理科における資質・能力の例とよく合致する。加えて、3つの科学的能力が「探究の過程」のどの段階で発揮され、かつ獲得される能力であるか。

本稿第一著者の前報（栢野：「わが国の学習指導要領（理科）に記載された“探究の過程”と米国『次世代科学スタンダード』（2013）に記載された“Practices”の比較検討」、『島根大学教育学部紀要』，Vol.52, pp.9-20, 2018.）（以下、前報2と略）では、主に次の2点を明らかにした²⁾。

- ① STEM教育の影響を受けて編集された米国『次世代科学スタンダード』（以下、NGSSと略）に記載された8つのPractices（以下、プラクティスと略）は、『2017理科編』に記載された「探究の過程」と概ね同様な順次性と内容を有する。
- ② NGSSに記載された8つのプラクティスは、「探究の過程」における「課題の探究」段階の「結果の処理」に相当する部分から「課題の解決」段階における「考察・推論」に相当する部分に至る流れが一体化されている。加えて、「考察・推論」に相当する部分が重要視されている。

前報1で対象となったPISA調査は2006年以降も3年ごとに実施され、2015年調査では再び科学的リテラシーが調査の中心分野となった。2015年調査は、これまでの調査における定義が洗練され拡張された科学的リテラシーに基づいて実施された³⁾。

上述したことから本稿では、次の3点に検討を加えることを目的とした。

- ① PISA2015年調査において洗練され拡張された定義、特に科学的リテラシー及び科学的能力と科学的知識について、2006年調査のそれらと比較検討を加える。
- ② 前報1において明らかにした、教育課程改善の3つの枠組みと「探究の過程」と理科における資質・能力とPISAにおける「科学的知識」、「科学的能力」との関連に関する包含関係を表した表について、PISA2015年調査において記述された科学的能力と科学的知識で書きかえる。
- ③ ②で書きかえた表と前報2における結果に比較・検討を加え、探究の過程のどの段階では、どの学年段階でどのような子どもの学習活動を引き出せばよいのかについての知見を得る。

上述した③の知見が得られることによって、来年度から義務教育学校に移行する島根大学教育学部附属義務教育学校の前期課程及び後期課程における理科授業の学年段階の区分、及びそれらの学年段階における探究による理科授業への何らかの示唆が得られることが期待される。

II. PISA2006年調査と2015年調査の比較

PISA調査（Programme for Student Assessment）は、実生活における課題を解決するために知識や技能を用いる能力（リテラシー）が、義務教育終了段階（15歳）の生徒にどの程度備わっているかをみる「生徒の学習到達度調査」である。経済協力開発機構（OECD）が2000年から3年ごとに実施している。読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの3つの分野が調査対象となる。科学的リテラシーの調査は、2012年にわが国の全国学力・学習状況調査に教科「理科」が追加された際に大きな影響を与えた⁴⁾。科学的リテラシーは3つの科学的能力に重点を置いて評価される。

1. PISAによる科学的リテラシー

(1) 2006年調査及び2015年調査における科学的リテラシー

表1には、科学的リテラシーの2006年調査及び2015年調査における定義が示されている^{5,6)}。

表1 2006年調査及び2015年調査における科学的リテラシーの定義

2006年調査	2015年調査
<p>「科学的リテラシー」は個人々の次の能力に注目する。</p> <p>a. <u>疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とその活用。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探究の一形態として理解すること。 科学とテクノロジーが我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形作っているかを認識すること。 思慮深い一市民として、科学的な考え方をもち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わること。 	<p>科学的リテラシーとは、<u>思慮深い市民として、科学的な考えを持ち、科学に関連する諸問題に</u>関与する能力である。科学的リテラシーを身につけた人は、<u>科学やテクノロジーに関する筋の通った議論に自ら進んで携わり、それには以下の能力（コンピテンシー）を必要とする。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <u>現象を科学的に説明する</u> <u>自然やテクノロジーの領域にわたり、現象についての説明を認識し、提案し、評価する。</u> <u>科学的探究を評価して計画する</u> <u>科学的な調査を説明し、評価し、科学的に問いに取り組む方法を提案する。</u> <u>データと証拠を科学的に解釈する</u> <u>様々な表現の中で、データ、主張、論（アーギュメント）を分析し、評価し、適切な科学的結論を導き出す。</u>

注 下線、太字、斜体字等は筆者が施した。

表1を見ると以下の諸点が分かる。

- 2006年調査では「科学的リテラシーは～である。」のような定義はなされていなかったが、2015年調査では定義された。2015年調査では、2006年調査において表1に下線が施された表現が用いられて、2015年調査における下線が施された部分のような表現がなされた。
- 2006年調査では注目する3つの科学的能力が列挙されただけであったが、2015年調査ではそれらの説明も記述された。3つの科学的能力とその説明については、表1中に一点鎖線の下線、二重波線の下線、二重線の下線が付されている。説明については太字で表されている。
- 2006年調査において、科学そのものの理解（表1中で斜体文字で表された部分）に関する記述と科学・技術と社会の関係に関する認識（表1中で点線の下線で表された部分）について記述された文章は、2015年調査では科学的リテラシーを身につけた人の姿として記述された。
- 2006年調査において、ゴシック体で表された科学の知識とその活用については、2015年調査では見られなくなった。

これらのことから、2015年調査では科学的リテラシーが明確に定義されるとともに、その

獲得のために必要な3つの科学的能力（コンピテンシー）の意味内容も同時に明確に記述されたことが分かる。

2. PISAによる3つの科学的能力

表2には、2006年調査及び2015年調査における3つの科学的能力とその説明が示されている^{7, 8)}。

表2 2006年調査及び2015年調査における科学的能力とその説明

	2006年調査		2015年調査
科学的能力	説明	科学的能力	説明
科学的な疑問を認識する能力	「科学的な疑問を認識する能力」には、与えられた状況において科学的に調査可能な疑問を認識すること、及び与えられたテーマに関する科学的な情報を検索するためのキーワードを特定すること、さらに科学的な調査について、その重要な特徴を認識することが含まれる。	現象を科学的に説明する能力	自然やテクノロジーの領域にわたり、現象についての説明を認識し、提案し、評価する。 そのために、次の能力を発揮する。適切な科学的知識を想起し、適用する。説明的モデルと表現を特定し、利用し、産み出す。適切な予測をして、その正当性を証明する。説明的仮説を提示する。科学的知識が社会に対して持つ潜在的な含意を説明する。
現象を科学的に説明する能力	「現象を科学的に説明する能力」には、与えられた状況において科学的知識を適用すること、現象を科学的に記述したり解釈したりして、変化を予測したりすることが含まれるとともに、適切な記述、説明、予測を認識することが含まれる。	科学的探究を評価して計画する能力	科学的な調査を説明し、評価し、科学的に問いに取り組む方法を提案する。 そのために次の能力を発揮する。与えられた科学的探究で探究される問いを特定する。科学的に調査できる問いを区別する。与えられた問いを科学的に探究する方法を提案する。データの信頼性や説明の客観性及び一般化可能性を確保するために、科学者が用いる方法を説明し、評価する。
科学的証拠を用いる能力	「科学的証拠を用いる能力」には、科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達すること、結論の背景にある仮定や証拠、推論を特定することが含まれる。さらに、科学やテクノロジーの発展の社会的意味について考えることが挙げられる。	データと証拠を科学的に解釈する能力	様々な表現における科学的なデータ、主張、論(アーギュメント)を分析及び評価し、適切な科学的結論を導き出す(アーギュメントとは、事実と理由付けを提示しながら、自らの主張を相手に伝える過程を指す)。 そのために、次の能力を発揮する。ある表現から別の表現へデータを変換する。データを分析及び解釈し、適切な結論を導き出す。科学関連のテキストにおける仮定、証拠、推論を見極める。科学的な証拠及び理論に基づくアーギュメントと、その他の熟考に基づくアーギュメントを区別する。様々なソース(例えば、新聞、インターネット、定期刊行物)からの科学的アーギュメントおよび証拠を評価する。

注 下線、太字、斜体字等は筆者が施した。

表2を見ると、次の2点がまず第一に分かる。

- ① 2006年調査では「科学的能力は～である。」のような明確な定義はなされていなかったが、2015年調査では明確に定義された。表2中では太字で表されている。
- ② 2006年調査では、3つの科学的能力は「科学的な疑問を認識する能力」、「現象を科学的に説明する能力」、「科学的証拠を用いる能力」と表記されていた。2015年調査では、「現象を科学的に説明する能力」、「科学的探究を評価して計画する能力」、「データと証拠を科学的に解釈する能力」と表記された。

ここで上記②について検討を加える。すなわち2015年調査においてそれぞれ「現象を科学的に説明する能力」、「科学的探究を評価して計画する能力」、「データと証拠を科学的に解釈する能力」と表記された科学的能力は、2006年調査における「科学的な疑問を認識する能力」、「現象を科学的に説明する能力」、「科学的証拠を用いる能力」のどれと意味内容が合致するかについて、比較検討を加える。

まず第一に、2006年調査においても2015年調査においても「現象を科学的に説明する能力」と記述された能力の説明に比較検討を加える。表2中に波線の下線が施された部分と下線が施された部分の意味内容が同様と捉えられる。加えて、2015年調査では斜体文字で表された説明が付加されている。これらのことから、2015年調査における「現象を科学的に説明する能力」は、2006年調査の説明に「科学的知識が社会に対して持つ潜在的な含意を説明する。」という説明が加えられてその定義が拡大されて記述されたといえる。

第二に、2006年調査において「科学的な疑問を認識する能力」表記された能力の意味内容は、2015年調査でいうどの能力と合致するのか比較検討を加えた。表2中で、一点鎖線の下線と二点鎖線の下線が付された意味内容が同様と捉えられる。このことから、2006年調査における「科学的な疑問を認識する能力」は、2015年調査では「科学的探究を評価して計画する能力」と同等な意味内容を持つといえる。ここで筆者らは、2015年調査における「科学的探究」あるいは「探究」と「問い」という言葉に着目した。2006年調査では「科学的な疑問を認識する能力」と記述されていたが、2015年調査では「科学的探究を評価して計画する能力」と記述された。「疑問を認識」することが科学的探究の入口になることはすぐに分かるが、2015年調査ではあえて「科学的探究」という言葉が用いられるとともに、「疑問」を「問い」という言葉に書きかえている。この点からは、2015年調査では科学的に探究する能力がより重要視されたことが分かる。

第三に、2006年調査において「科学的証拠を用いる能力」と表記された能力の意味内容は、2015年調査でいうどの能力と合致するのか比較検討を加えた。表2中で、点線の下線と点線の太下線が付された意味内容が同様と捉えられる。このことから、2006年調査における「科学的証拠を用いる能力」は、2015年調査では「データと証拠を科学的に解釈する能力」と同等な意味内容を持つといえる。ここで筆者らは、2015年調査における「論（アーギュメント）」という言葉に着目した。2006年調査では、「科学的証拠を解釈し、結論を導く」、「伝達する」、「仮定や証拠、推論を特定する」のように科学的探究の過程が記述されていただけであった。2015年調査では、「科学的な証拠及び理論に基づくアーギュメントと、その他の熟考に基づくアーギュメントを区別する。」という記述が追加されている。この点からは、2015年調査では科学

2006年調査において「科学の知識」と記述されていた言葉は、2015年調査では「内容に関する知識」と表記された。表3中に下線が施された部分が同一な表現である。

2006年調査において「科学についての知識」は、「科学的探究」と「科学的説明」の2つのカテゴリに分類されていた。「科学的探究」は、2015年調査では「手続きに関する知識」と書き改められた。表3では、波線の下線が施されている。「科学的説明」は、2015年調査では「認識に関する」と書き改められた。表3では、二重下線が施されている。

Ⅲ. 教育課程改善の3つの枠組みと「探究の流れ」, 「探究の過程」と理科における資質・能力とPISAにおける「科学的知識」, 「科学的能力」との対応一覧表の改訂

第Ⅱ章において論じたことをもとに、前報1において示した「教育課程改善の3つの枠組みと「探究の流れ」, 「探究の過程」と理科における資質・能力とPISAにおける「科学的知識」, 「科学的能力」との関連一覧表」を2015年調査に基づく「科学的知識」, 「科学的能力」によって改訂を加えると、次の図1のようになる。

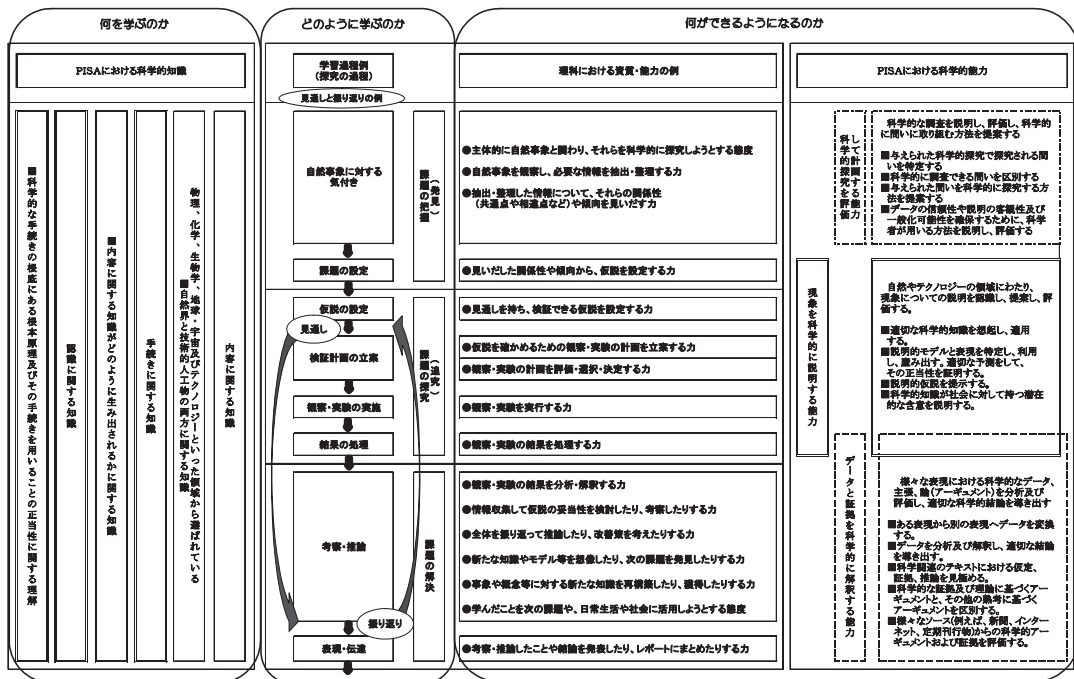


図1 『中学校学習指導要領解説理科編』(2017)に示された重視すべき学習過程のイメージと2015年PISA調査による「科学的知識」及び「科学的能力」の対応

Ⅳ. 探究の過程の各段階における子どもの具体的な学習活動についての検討

第Ⅲ章では図1を示して、平成29年に告示された中学校学習指導要領に示された探究の過程とPISA2015年調査に基づく「科学的知識」, 「科学的能力」との関連について論じた。しかし、図1を見ると分かるように、どの学年段階でどのような子どもの学習活動を引き出せば、理科における資質・能力やPISA2015年調査における3つの科学的能力が育成されたり発揮されるかについては不明である。そこで本章では、前報2における①と②の研究成果を用いて、探究の過程のどの段階(課題の把握, 課題の探究, 課題の解決)では、どの学年段階でどのよう

な子どもの学習活動を引き出せばよいのか、NGSSの8つのプラクティスの記載事項に検討を加えて知見を得たい。

具体的には次のような方針で検討を加えた。

NGSSの8つのプラクティスの構成要素は、それぞれK-2（幼稚園～小学校第2学年）、3-5（小学校第3～5学年）、6-8（小学校第6学年～中学校第2学年）、9-12（中学校第3学年～高等学校第3学年）という4つの学年段階が一つのまとまりとして記載されている²⁾。前報2の資料1には、各学年段階ごとのまとまりに記載されたプラクティスのそれぞれの文章記述について、平成29年に告示された中学校学習指導要領に示された探究の過程における理科における資質・能力のどれに相当するか①～⑯の番号とともに下線が付されて示されている。なお、①～④は「課題の把握」の段階であり、⑤～⑨は「課題の探究」、⑩～⑯は「課題の解決」の段階である。

前報2の資料1に①～⑯の番号とともに下線が付された全ての文章記述を、探究の過程の3つの段階「課題の把握」、「課題の探究」、「課題の解決」にそれぞれ分類した。その後、探究の各段階ごとに分類された主な文章記述をさらにK-5（幼稚園～小学校第5学年）、6-8（小学校第6学年～中学校第2学年）、9-12（中学校第3学年～高等学校第3学年）の3つの学年段階に整理し、分類した。なお、NGSSにおいて学年段階はK-2、3-5と細分されて区分されているが、筆者らはこれらをあえてK-5の学年段階にまとめた。NGSSの学年段階の区分に基づいて3-5学年段階以降だけに検討を加えたならば、理科学習の始まりの時期での探究の3つの段階で獲得が求められる理科における資質・能力をつけるための具体的な子どもの活動を明らかにすることが難しいと考えたからである。分類の結果は表4、5、6に示されている。

（1）「課題の把握」段階についての検討

表4には、「課題の把握」段階における学年段階ごとの子どもの具体的な活動が示されている。

表4より、「課題の把握」段階における学年段階ごとの子どもの具体的な活動は、次のようにまとめられる。なお、表4に施した下線と下のまとめに付した下線は合致する。

K-5 学年段階：自然の事象の観察をしたり学年相当のテキストを読んだりして、自然の事象の関連や類似点・相違点、原因と結果を見つけ出して、課題を言葉で書く。

6-8 学年段階：K-5 学年段階に加えて、自然の事象の注意深い観察を行い、自然の事象の因果関係や相関関係、線型・非線型の関係、時間的・空間的関係を見つけ出し、独立変数と従属変数を考慮しながら、課題を見つけ出す。

9-12 学年段階：K-5 及び 6-8 学年段階に加えて、将来変数になる可能性のある事象から独立変数を見つけ出し、従属変数とそれをどのように感知するかも考慮しながら仮説を設定する。

表4 「課題の把握」段階における学年段階ごとの子どもの具体的な活動

学年段階	子どもの具体的な活動	
幼稚園 ～ 小5	<ul style="list-style-type: none"> ・自然の事象の観察をする ・情報をもとに問題を設定する ・観察した事象の関連性を説明する ・類似点と相違点を見つけ出す ・独立変数(原因)と従属変数(結果)を見いだす 	<ul style="list-style-type: none"> ・学年相当のテキストを読む ・自然事象を関連付けながら観察実験可能な問題を見つけ出す ・既存の知識を用いて課題を言葉やモデルで書く
小6 ～ 中2	<ul style="list-style-type: none"> ・自然の事象の注意深い観察を行う ・データの線形非線形関係や時間的空間的関連を見つけ出す ・独立変数と従属変数との関係やモデルの関連を課題として捉える ・得られた情報をもとに前提と証拠を明らかにして問題を見つけ出す 	<ul style="list-style-type: none"> ・データの因果関係と相関関係を区別する ・類似点と相違点のどちらを強調しているのか分析する ・変数の質的量的関連性を含んで現象を予想する
中3 ～ 高3	<ul style="list-style-type: none"> ・独立変数が操作される時、従属変数に何が起こるかについて見つけ出す ・混乱する可能性がある変数または影響を見つけ出す ・独立変数が操作される時、従属変数に何が起こるかについての仮説を作る 	

注 下線は筆者が施した。

(2) 「課題の探究」段階についての検討

表5には、「課題の探究」段階における学年段階ごとの子どもの具体的な活動が示されている。

表5より、「課題の探究」段階における学年段階ごとの子どもの具体的な活動は、次のようにまとめられる。なお、表5に施した下線と下のまとめに付した下線は合致する。

K-5 学年段階：観察方法や実験方法を考えて観察・実験を行い、実験結果を表やグラフに書き表す。

6-8 学年段階：K-5 学年段階に加えて、変数の質的・量的関連を含んで観察・実験の計画を個人または班で立てる。その時に、証拠となるデータを集めるために何の道具とどのような観察・測定が必要か、加えてどのくらいの量のデータが必要か、について観察・実験等の制約条件と精度と正確さも含んで計画する。適切かつ十分な観察・実験を行う。実験結果をもとにグラフを作ったり、数学の考え方を使ったり、コンピューターを使ったりして結果の処理を行う。

9-12 学年段階：K-5 及び 6-8 学年段階に加えて、仮説やモデルのメリットと限界を考慮しながら観察・実験計画を個人や班で洗練する。適切な器具を集めて観察・実験を行う。実験結果を数式(単位変換を含む)やコンピュータプログラムやアルゴリズムを使ってまとめる。

表5 「課題の探究」段階における学年段階ごとの子どもの具体的な活動

学年段階	子どもの具体的な活動
幼稚園 ～ 小5	<ul style="list-style-type: none"> ・観察方法や測定方法を評価する ・作ったモデルの限界も考える ・抽象的な表現や解決法（例、原因と結果の関連）を提案する ・データ収集のための適切な方法や道具を評価する ・情報（観察、気付き、考え）を記録する ・異なるものの質的特徴を記述する ・パターンや自然世界と計画された世界の関連の記述をする ・単純なグラフを使ってデータを示す ・簡単なデータセットを組織化する ・数と計算を使用して自然世界と計画された世界の様式を記述する ・明確なイメージ（例えば図）がどのように科学的・工学的考えを支持するかを記述する ・自然界や計画された世界の形式を表すモデルを作る ・2つのモデルを確かめる ・データを表にして、多様なグラフに表す
小6 ～ 中2	<ul style="list-style-type: none"> ・モデルを作って利用する ・モデルや描写を用いて説明を構築する ・変数の質的または量的関連性を含んだ現象を予想する ・科学的な理論と法則から仮定した、証拠に基づいた科学的な説明を構築する ・証拠となるデータを集めるために何の道具とどのような測定が必要か、加えて主張を支持するためにどのくらいの量のデータが必要か、について計画する ・観察・実験等の制約条件も含んで、解決方法の限界を見積もる ・調査の到達点に対応する証拠となるデータを得る実験を計画を評価して、改定する ・データ収集のための多様な方法の正確さを評価する ・計画した解決法と科学的な結論を記述する ・結論に至る適切かつ十分な実験による証拠を得る ・データをもとにグラフを作る ・統計的な考え方（平均値、中央値、最頻値、ばらつき）を使う ・数学的概念と過程（例えば、比、割合、百分率、基本的操作、簡単な代数学）を使う ・調査計画を個人または共同で立てる ・モデルの限界を評価する ・解決計画をテストする ・コンピュータを使う
中3 ～ 高3	<ul style="list-style-type: none"> ・作ったモデルを確かめるテストを設計する ・調査計画を洗練する ・現象や計画した装置、過程またはシステムの計算モデルまたはシミュレーションをつくり、改定する ・調査計画やテスト計画を個人または共同で立て、実行する ・科学的・工学的問題を実験し表現する ・適切な器具を選んでデータを集め、記録し、分析する ・数式やコンピュータープログラムやアルゴリズムを使う ・多様なタイプのデータセット（例えば、自然発生データ、保管データ）を比較対照する ・調査計画を個人または共同で立てる ・モデルの限界を評価する ・単位変換を適用する

注 下線は筆者が施した。

(3) 「課題の解決」段階についての検討

表6には、「課題の探究」段階における学年段階ごとの子どもの具体的な活動が示されている。

中3 ～ 高3	<ul style="list-style-type: none"> ・解決法の原則と制約を切り分ける ・妥当性と信頼性を評価し、そして統合する ・道具や科学技術やモデルを用いてデータを分析する ・独立変数と従属変数の間の関連とみなす質的、量的主張をつくる ・多様なタイプのデータセット（例えば、自然発生データ、保管データ）を比較対照する ・データ分析の限界（例えば、測定誤差、試料の選択）を考慮する ・議論の長所を決定する現在認められた説明の後ろにある主張、証拠、論拠を評価する ・可能性のある予期しない影響を考慮して、現象の説明や計画された解決法を適用するために、科学的考え、法則、証拠を適用する ・自然界を記述する理論と法則から仮定する証拠、に基づいた説明を構築して改定する ・関連した要因に関する論理的な議論に基づいて競合する現実世界の問題の計画された解決法を評価する ・科学的な知識、子どもが産み出した証拠、優先する理念、妥協点に基づいた、複雑な実際の世界の問題の解決法を計画し、評価し、改定する ・思慮深く反応する科学的な議論についての批判を受け取る ・データと証拠に基づいた口頭の議論と書かれた議論またはそれに対する議論を構築し、使い、表す ・おのこの情報源の有用性と証拠を評価する ・多様にフォーマット（例えば、口頭で、図で、テキストで、数学的）された科学的・技術的情報またはアイデア（例えば、事象・過程（または、事象または過程）の進展、そして提案された過程またはシステムの計画とできればについての情報伝達を行う
---------------	---

注 下線は筆者が施した。

表6より、「課題の解決」段階における学年段階ごとの子どもの具体的な活動は、次のようにまとめられる。なお、表6に施した下線と下のまとめに付した下線は合致する。

K-5 学年段階：データや証拠、モデルを使って処理した観察・実験結果に分析解釈を加える、特にデータについては質的・量的データが得られていることに気をつける。どのようなパターンか、原因（独立変数）と結果（従属変数）は何か、等に留意しながら分析解釈を加え、事実と推測、意見と証拠を区別しながらまとめる。表、図、図表を含む文字として書かれた情報を結びつけながら、かつ提案された手順、説明またはモデルについての仲間からの批判も受け取りながら、基準と制約を考慮しながら証拠の評価に基づく議論を比較し洗練していく。表、図、図表のような多様な形を含む科学的・工学的情報を口頭・文章で他の人に情報伝達する。

6-8 学年段階：K-5 学年段階に加えて、大きなデータに分析解釈を加える。類似点と相違点、因果関係と相関関係等を考えるのだけではなく、線形・非線形関係や時間的・空間的関連、データ分析の限界、データの精度と正確さも含めて分析検討を加える必要がある。現実の世界の現象、例または出来事についての説明、順序、モデル、問題についての仲間からの批判を受け取りながら、経験的な証拠と科学的な理由付けで支持または反論する口頭の議論と書面による議論を構築し、使い、表していく。記述されたまたは口頭による科学的・技術的情報を情報伝達する。

9-12 学年段階：K-5 及び 6-8 学年段階に加えて、多様なタイプのデータセットに分析解釈を加える。より妥当性と信頼性を評価しながらより科学的な分析解釈を加える。思慮深く科学的な議論についての仲間からの批判を受け取りながら、科学的な知識、子どもが産み出し

た証拠、優先する理念、妥協点に基づいた、複雑な実際の世界の問題の解決法を計画し、評価し、改定していく。多様にフォーマット（例えば、口頭で、図で、テキストで、数学的に）された科学的・技術的情報またはアイデア（例えば、事象や過程）の進展、そして提案された過程またはシステムの計画とできばえについての情報伝達を行う。

V. おわりに

本稿第Ⅱ、Ⅲ章において、PISA2015年調査において洗練され拡張された定義、特に科学的リテラシー及び科学的能力と科学的知識について、2006年調査のそれらと比較検討を加えた。さらに前報1において明らかにした、教育課程改善の3つの枠組みと「探究の過程」と理科における資質・能力とPISAにおける「科学的知識」、「科学的能力」との関連に関する包含関係を表した表を、PISA2015年調査において記述された科学的能力及び科学的知識で書きかえた表も得ることができた。それに基づいて第Ⅳ章では、Ⅲ章において書きかえた表と前報2における結果に比較・検討を加え、探究の過程のどの段階では、どの学年段階でどのような子どもの学習活動を引き出せばよいのかについての知見を得ることができた。

第Ⅳ章で得られた知見をもとに、島根大学教育学部附属義務教育学校では今後どのような理科授業を行えばよいかについて、次のようにまとめられる。

表7 島根大学教育学部附属義務教育学校において期待される理科授業

探究の過程	前期課程第5学年まで	前期課程第6学年以降
課題の把握	・自然の事象に出会わせた後、各学年の学年目標を念頭に置いた授業。	・自然の事象に出会わせた後、特に、出会った自然の事象の因果関係や相関関係について考慮しながら、独立変数と従属変数を子どもが的確に捉えられるような授業
課題の探究	・観察方法や実験方法を考えて観察・実験を行い、子どもが実験結果を表やグラフに書き表すような授業。	・仮説に基づいて自分達が可能にできる観察・実験計画を立案し、実行し、子どもが観察・実験結果に数学的な処理を加え、結果を整理して表やグラフに書き表すような授業。
課題の解決	・処理された観察・実験の結果に分析解釈を加え、自然の事物現象のパターン（主に独立変数と従属変数の関連）を個人や班で見つけ出すような授業。 ・解決した課題やその過程を線型・非線型テキストを用いてクラスの他の人に情報伝達するような授業。	・処理された観察・実験の結果について、線形・非線形関係や時間的・空間的關係、データの精度と正確さとその限界も含めて分析検討を加え、より科学的な自然の事物現象のパターンを個人や班で見つけ出すような授業。 ・解決した課題やその過程をそれらのできばえまでを含めてクラスの他の人に情報伝達するような授業。

表7を見ると分かるように、附属学校園が義務教育学校に移行しても、附属中学でこれまで行われていた探究の過程を経る理科授業をすればよいことが導出される。なお、附中理科部がこれまでに常日頃行っていた理科授業は、附中理科部：『実践事例集～平成27年度の取り組み

～』、2016.、附中理科部：『理科実践事例集～平成28年度の取り組み～』、2017.、附中理科部：『理科実践事例集～平成29年度の取り組み～』、2018.に報告されている。

今後は、これまで附中理科部が常日頃行っていた理科授業を、小学校の授業、特に前期課程第3学年～第5学年の学年段階にどのように適用・応用するか。前期課程から後期課程への移行期間となる前期課程第6学年の理科授業をどのように行うべきか。これら2点についての検討を加えるべき課題が残された。

附記

本研究の一部は、平成30年度戦略的機能強化推進経費（プロジェクト名称「附属学校園理科部と自然環境教育講座との協働による教員養成及び教員研修の高度化についての取り組み」、研究代表者：栢野彰秀）の資金援助で行われている。

参考文献

- 1) 栢野彰秀, 野崎朝之, 大山朋江, 園山裕之, 福島章洋:「本時のねらいが明確で子どもが主体の授業に関する基礎的考察－中学校理科の場合－」, 『島根大学教育臨床総合研究』, Vol.17, pp.153-167, 2018.
- 2) 栢野彰秀:「わが国の学習指導要領（理科）に記載された“探究の過程”と米国『次世代科学スタンダード』（2013）に記載された“Practices”の比較検討」, 『島根大学教育学部紀要』, Vol.52, pp.9-20, 2018.
- 3) 国立教育政策研究所編:『生きるための知識と技能6 OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2015年調査評価国際結果報告書』, p.7, 2016, ぎょうせい.
- 4) 文部科学省国立教育政策研究所:『平成24年度全国学力・学習状況調査【小学校】解説資料』, p.1, 2012.
- 5) 国立教育政策研究所監訳:『生きるための知識と技能3 OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2006年調査国際結果報告書』, p.15, 2007, ぎょうせい.
- 6) 前掲書3), p.70, 2016, ぎょうせい.
- 7) 前掲書5), p.34f, 2007, ぎょうせい.
- 8) 前掲書3), pp.70-73, 2016, ぎょうせい.
- 9) 前掲書5), p.35, 2007, ぎょうせい.
- 10) 前掲書3), p.72, 2016, ぎょうせい.
- 11) 前掲書3), p.72, 2016, ぎょうせい.