

教職希望学生の中・高レベルの理科の学力の実態調査

—教職履修の海洋学部生を通して—

小林俊行

1 はじめに

全国学力・学習状況調査（国立教育政策研究所）、教育課程実施状況調査（文部科学省）、TIMSS 調査（IEA）、PISA 調査（OECD）等、生徒は、基礎的・基本的な学習内容を習得するだけでなく、国内外の各種調査にも対応できる資質、能力まで要求されている。昨年度は中学生、本年度は高校生を対象とした教育課程実施状況調査が実施され、調査結果を基に学習指導要領の内容が編成されることになる。また、来年度は、全国学力・学習状況調査として国語、数学と共に理科も実施、さらに PISA2015、TIMSS2015 も実施される。PISA2015 調査では、科学的リテラシーを中心として調査されるだけでなく、新たに Collaborative Problem Solving（協調的問題解決）が追加され、ICT リテラシーの能力と共に協調的問題解決能力も調査されることになっている。ATC21S（Assessment and Teaching of 21st Century Skills）と呼ばれる 21 世紀型能力（思考力を中核とし、それを支える基礎力と使い方を方向付ける実践力の三層構造）という新しい能力概念も導入される

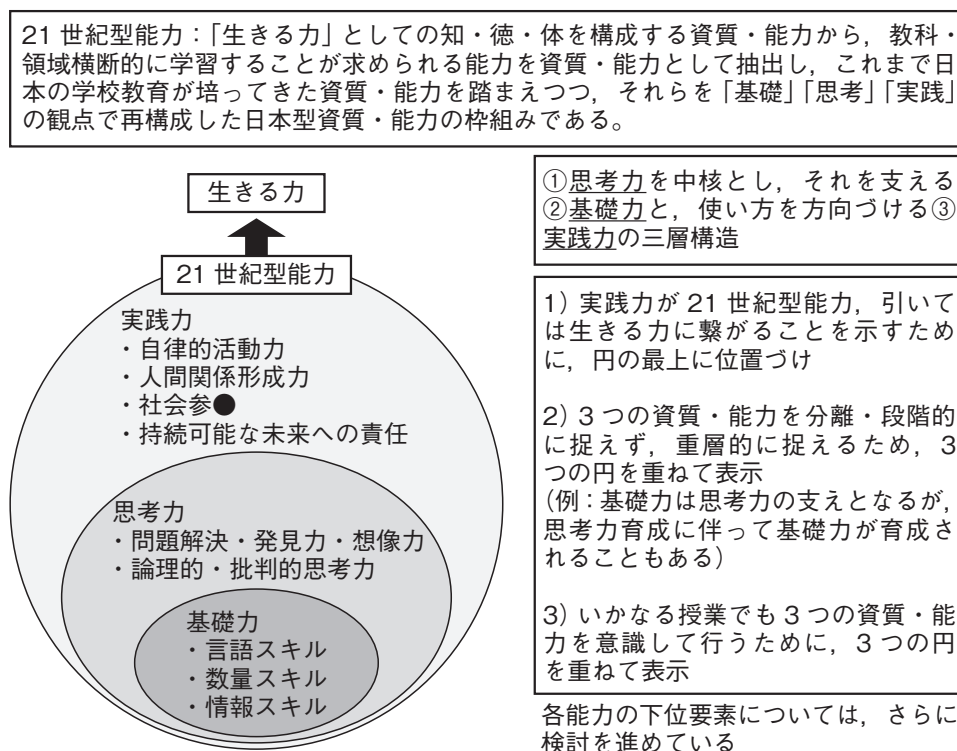


図 1 求められる資質・能力の枠組み試案等 【出典】文部科学省

(図1参照)。

今や教師は、基礎的・基本的な知識や技能を生徒に教えるだけでなく、応用性、発展性のあるジェネリックスキルの涵養もはかっていかなければならない。このような高次なジェネリックスキルを生徒に要求するのであるから、その生徒を指導する教師にジェネリックスキルが要求されるのは自明のことである。そこで、海洋学部で理科の教師を目指している学生を対象として、中・高レベルの理科の学力の実態を調査した。

2 調査方法

(1) 調査対象者

東海大学海洋学部理科教育法Ⅰの受講生のうち、2回の調査問題を両方ともに受けた学生23人。対象学生は、平成10年の学習指導要領に基づきゆとり教育を受けてきた学生達である。

(2) 調査日時

平成26年4月8日(水)と15日(水)の理科教育法Ⅰの授業時間

(3) 調査問題

- ・平成24年度の全国学力・学習状況調査問題と科学的リテラシーを中心として扱ったPISA2006の調査問題のセット
- ・平成15年度の教育課程実施状況調査問題(3年A冊子)と一番新しいTIMSS2011の調査問題のセット

なお、PISA及びTIMSSの調査問題については、公開されている問題を問題のレベルや物理、化学、生物、地学が均一に盛り込まれるよう編集しなおした。

この4種類の問題を、各セット90分を使って問題を解かせた。この4種類の調査問題の結果をすでに公開されている各種調査結果と比較分析することにより、対象学生の理科の学力の実態を導出した。

3 各種調査の枠組み

学力を分析するために、各種調査における評価の枠組みをレビューしておく。

(1) 全国学力・学習状況調査

主として「知識」に関する問題と、主として「活用」に関する問題の2種類で構成されている。主として「知識」に関する問題は、身につけておかなければ後の学年等の学習内容に影響を及ぼす内容や、実生活において不可欠であり常に活用できるようになっていることが望ましい知識・技能などである。また、主として「活用」に関する問題は、知識・技能等を実生活の様々な場面に活用する力や、様々な課題解決のための構想を立て実践し評価・改善する力などに係る内容である。調査の目的は、学習上の課題を把握し、学習指導の改善等につなげることとなっている(国立教育政策研究所, 2012)。

表1 調査問題の枠組み(中学理科)

枠組み	基本方針	評価の観点	主な視点
知識	理科に関する 基礎的・基本的な知識・ 技能	自然事象についての知識・技能	知識
		観察・実験の技能	技能
活用	理科に関する 知識・技能を活用して、 課題を解決するために必 要な思考力・判断力・表 現力等	科学的な思考・表現	適用 分析・解釈 構想 検討・改善

表 2 主な視点 (中学理科)

枠組み	主な視点	説明
知識	知識	自然の事物・現象についての基礎的・基本的な知識と理解
	技能	観察・実験の操作, 観察・実験の計画的な実施, 結果の記録や整理など, 自然の事物・現象を科学的に探究する技能の基礎に関する知識
活用	適用	日常生活や社会の特定の場面における基礎的・基本的な知識・技能の活用
	分析解釈	基礎的・基本的な知識・技能を活用した観察・実験の結果などの分析・解釈
	構想	基礎的・基本的な知識・技能を活用して, 自然の事物・現象の中に問題を見いだしたり, 課題を設定したり, 予想や仮説を立てたり, 観察・実験の条件を考えたりすることで観察・実験を計画すること
	検討改善	予想や仮説の設定, 観察・実験の計画, 観察・実験の考察, 日常生活や社会との関わりを思考するなどの各場面において, 基礎的・基本的な知識・技能を活用し, 観察・実験の結果などの根拠に基づいて, 自らの考えや他者の考えに対して, 多面的, 総合的に思考して, 検討し改善すること

【出典】国立教育政策研究所「平成 24 年度全国学力・学習状況調査解説資料 中学校理科」p.7,2012

調査問題の枠組みと主な視点が表 1, 表 2 である。

出題形式が, 国語, 数学と違って, real-world based approach をとっている。問題 A (基礎編), 問題 B (活用編) と分けるのではなく, 観察・実験など科学的に探究する学習活動や日常生活などにおいて, 課題を解決する場面を利用して出題しているため, 断片的な知識や技能ではなく, 現実世界に即して使える知識や技能, 思考力等, 総合的な問題解決能力を評価することを目的としている。

(2) 教育課程実施状況調査

本調査が学習指導要領作成の基礎データとなるため, 学習指導要領の目標, 内容に即した学習の実現状況を, 分野, 内容, 領域, 評価の観点等が均一になるように出題されている。学習指導要領の内容を網羅するように多岐にわたる問題を 4 つの観点「自然事象への関心・意欲・態度」「科学的な思考・表現」「観察・実験の技能」「自然事象に対する知識・理解」で評価する日本における中心的な学力調査の一つである。4 つの具体的な観点の内容について示したものが, 表 3 である。

ただし, A から C の 3 冊子に分かれており, 問題のレベルは同じようにしながら内容が重複しないようになっている。

表 3 観点別評価規準の観点とその趣旨 (中学理科)

観点	趣旨
自然事象への関心・意欲・態度	自然の事物・現象に進んでかかわり, それらを科学的に探究するとともに, 事象を人間生活とのかかわりでみようとする。
科学的な思考・表現	自然の事物・現象の中に問題を見だし, 目的意識をもって観察, 実験などを行い, 事象や結果を分析して解釈し, 表現している。
観察・実験の技能	観察, 実験を行い, 基本操作を習得するとともに, それらの過程や結果を的確に記録, 整理し, 自然の事物・現象を科学的に探究する技能の基礎を身に付けている。
自然事象についての知識・理解	自然の事物・現象について, 基本的な概念や原理・法則を理解し, 知識を身に付けている。

【出典】国立教育政策研究所「評価基準の作成のための参考資料」p.95,2003

(3) TIMSS2011

世界 63 ヶ国／地域が参加する初等中等教育段階における児童・生徒の教育到達度を国際的な尺度で測定する

もので、今回は第8学年（中学校2年生用）を利用した。物理，化学，生物（生命科学），地学（地球科学）という4つの「内容領域」について，知ること（知識），応用すること（応用），推論すること（推論）という3つの「認知的領域」に関して評価できるようになっている（「TIMSS2011 Assessment Frameworks」, Boston College, p.80, 2009）。この3つの認知的領域の各内容をまとめたものが，表4である。

表4 TIMSS2011における認知的領域の内容

認知的領域	内容
知ること（知識） Knowing	科学的な事実，情報，概念，道具，手続きといった基盤となる知識に関すること
応用すること（応用） Applying	知識や理解している事柄を問題場面に直接応用して，科学的概念や原理に関する情報を解釈したり科学的説明をしたりすること
推論すること（推論） Reasoning	科学的な証拠から結論を導くために科学的概念や原理を適用して推論すること

【出典】IEA 編「TIMSS2011 Assessment Frameworks」p.81-87, 2009

(4) PISA2006

PISA 調査は，変化している世界にうまく適応するために必要な新しい知識と技能が，生涯を通じて継続的に取得されるという生涯学習のダイナミックなモデルに基づいており，生徒が学んだことを用いてできることは何か，すなわち科学的リテラシーについて評価しようとするものである。科学的リテラシーの定義自体が少しずつ変わっているが，PISA2006 で定義されたときの具体的な内容についてまとめたものが表5である。

領域は，物理，化学，生物，地学といった枠組みではなく，自分自身，家庭及び仲間集団に関連する（個人的な）状況，地域社会に関連する（社会的な）状況，世界にまたがる生活に関連する（地球規模の）状況に分け，それぞれの状況において「健康」「天然資源」「環境」「災害」「科学とテクノロジーのフロンティア」という5つの内容について，生徒の興味や関心及び生活への関連性の視点から出題されている。それを，科学的能力（科学

表5 PISA2006における科学的リテラシー

・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 ・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，科学的な考えを持ち，科学が関連する諸問題に，自ら進んで関わること。
--

【出典】Assessing Scientific Reading and Mathematical Literacy - A Framework for PISA2006 -, OECD, p.23, 2006

表6 4つの調査における評価の枠組みの整理

全国学力・学習状況調査における主な視点	教育課程実施状況調査における評価の観点	PISA2006における科学的能力	TIMSS2011における認知的領域
生徒質問紙	関心・意欲・態度	科学への興味・関心	
適用，分析・解釈	科学的な思考・表現	現象を科学的に説明すること	応用すること 推論すること
構想		科学的な疑問を認識すること	知ること 推論すること
検討・改善		科学的証拠を用いること	推論すること
技能	技能	科学的探究の支持	知ること
知識	知識・理解	科学の知識 科学についての知識	知ること

【出典】筆者作成

的な疑問を認識すること、現象を科学的に説明すること、科学的証拠を用いること）、科学的知識（科学の知識、科学についての知識）、科学に対する態度（科学への興味・関心、科学的探究の支持、資源と環境に対する責任）という3つの観点に即して評価している。従来の物理、化学、生物、地学という枠組みにとらわれない完全な real-world based approach をとっている。

以上述べてきた国内外の4つの調査について、評価の枠組みを整理したものが、表6である。表6より各種調査には、共通点も見られるが、それぞれ固有の目的があり、内容も質も異なっているため、調査ごとに分析した方が正しい結論を得られると考えた。調査ごとに得られる結果を総合的に分析することによって、対象学生の多面的な理科の能力を評価する。

4 調査結果と分析

4つの学力調査における対象学生の実態についてまとめてみる。

(1) 全国学力・学習状況調査の結果

表7は、全国学力・学習状況調査における設問別の評価の区分と正答率を全国と比較しながら対象学生の結果をまとめたものである。表7より、学生平均の方が全国平均に比べて高い。また、学生ができていない問題と中学3年生のできない問題はオーバーラップしている。中でも、大問1の(6)「チューリップの開花温度を測定するための条件を制御する実験」、大問2の(2)「友達が示した先生の求める実験を実現させる方法の不適切箇所

表7 問題別正答率と全国との比較（全国学力・学習状況調査）

大問	No	知識		活用				形式			分野				全国平均	学生平均
		知識	技能	適用	分類解釈	構想	検討改善	短答	選択	記述	生物	地学	物理	化学		
1	1	1						1			1				57%	95%
	1	1						1			1					100%
	2			1						1	1				39%	86%
	3	1							1		1				71%	86%
	4			1					1		1				67%	76%
	5				1				1		1				43%	71%
2	6					1		1			1				35%	19%
	1		1					1					1		45%	90%
	2						1			1			1		8%	38%
	3				1			1					1		56%	86%
	3			1				1					1		85%	67%
	4					1			1				1		73%	90%
3	5			1						1			1		60%	86%
	6	1						1					1		12%	19%
	1		1						1			1			87%	86%
	2				1				1			1			32%	43%
	3						1			1		1			11%	14%
	4			1					1			1			50%	86%
4	5	1							1			1			63%	76%
	6		1						1			1			74%	86%
	1		1					1						1	52%	76%
	2				1				1					1	63%	95%
	2				1				1					1		100%
	3	1						1					1		39%	81%
5	4				1					1				1	48%	90%
	5	1							1					1	73%	86%
	5			1					1					1	70%	95%
	6					1			1					1	46%	81%

【出典】全国学力・学習状況調査結果報告を基に筆者が作成

表 8 正答率 75%以下の分野別割合

分野	物理	化学	生物	地学
割合	38%	0%	14%	33%

表 9 正答率 75%以下の観点別割合

観点	知識		活用			
	知識	技能	適用	分析・解釈	構想	検討・改善
割合	14%	0%	16%	16%	33%	100%

を正す問題」および(6)「白熱電球と LED 電球の 1 時間の消費電力量の差を求める計算問題」, 大問 3 の(2)「観測地点の露頭の様子から地層の傾斜を類推する問題」および(3)「地層から過去の火山活動の回数を類推する問題」については正答率が 50%にも満たなかった。

正答率 75%以下の割合を分野, 観点別に集計したものが表 8, 表 9 である。

全国学力・学習状況調査結果から, 調査対象学生は, 物理分野と地学分野を苦手としており(表 8), 観点においては「活用」, 特に「構想」と「検討・改善」に課題が見られる。知識の量ではなく, 事実を分析し, 検討・改善を加え, 新たなものを構想していく力が弱いということが言える。正答率が 75%に満たない比率を未習得率として定義すると, 対象学生の平均未習得率は 25%であった。

(2) 教育課程実施状況調査の結果

表 10 は, 教育課程実施状況調査(H15 年度 3 年 A 冊子)における設問別の評価の観点と正答率を, 全国と比較しながら対象学生の結果をまとめたものである。

この結果から言える極めて重要な問題点は, 全国平均を下回っている問題が 12 問, 32%もあるということである。教職を目指す学生の理科の能力が, 全国の平均的な中学 3 年生より低いものが, 全問題の約 3 分の 1 もあるという, 看過できない問題が浮き彫りになった。その具体をまとめたものが表 11, また, 正答率 75%以下の

表 10 問題別正答率と全国との比較(教育課程実施状況調査)

問題	番号	分野	観点				全体平均	学生平均
			関	思	技	知		
1	(1)	物理				1	74%	100%
	(2)						31.2%	22%
2	(1)					1	87.8%	100%
	(2)					1	81.6%	87%
	(1)					1	73.7%	87%
3	(2)					1	87.4%	96%
	(3)					1	75.9%	91%
4	(1)	化学				1	94.9%	100%
	(2)					1	69.1%	70%
	(3)					1	55.2%	91%
5	(1)					1	95.1%	91%
	(2)					1	49.6%	70%
6	(1)					1	76.3%	91%
	(2)					1	73.6%	52%
7	(1)	総合				1	69.4%	87%
	(2)					1	79.4%	96%
	(3)					1	54%	65%
8	(1)	生物				1	86.9%	91%
	(2)					1	82.3%	87%
	(3)					1	47.7%	78%
	(1)					1	79.9%	96%
	(2)					1	54.9%	48%
	(2)					1	40.3%	43%
	(3)					1	47.2%	87%
10	(1)					1	52.4%	61%
	(2)					1	70.5%	74%
	(1)	地学				1	78.6%	65%
	(2)					1	52.4%	35%
	(3)					1	76.6%	61%
	(4)					1	38.9%	35%
	(1)					1	47.3%	13%
12	(2)					1	48.7%	35%
	(3)					1	40.9%	52%
	(1)					1	68.3%	96%
13	(2)					1	59.4%	26%
	(3)					1	79.2%	70%
14	(1)	総合				1	66.7%	96%
	(2)					1	84.3%	87%

表 11 全国平均を下回る問題

問題	分野	観点	問題の内容
1(2)	物理	思考	2力のつり合う条件を記述する問題
5(1)	化学	知識	エタノールの燃焼におけるエネルギー変換で変換前のエネルギーの名称に関する問題
6(2)	化学	技能	化学電池で電流を取り出せない金属の組合せに関する問題
9(2)	生物	知識	植物の受精における適語補充に関する問題
11(1)	地学	知識	星の動きから方位を類推する問題
11(2)	地学	思考	星の動きを順番に並び替える問題
11(3)	地学	知識	星の移動角度と時間の関係に関する問題
11(4)	地学	思考	緯度と北極星の高度との関係に関する問題
12(1)	地学	知識	太陽が沈む時の角度に関する問題
12(2)	地学	知識	春分、夏至、秋分、冬至の太陽の沈む位置に関する問題
13(2)	地学	知識	太陽の自転に関する問題
13(3)	地学	技能	太陽の黒点観察における注意事項に関する問題

表 12 正答率 75%以下の分野別・観点別割合

分野	物理	化学	生物	地学	観点	関心	思考	技能	知識
割合	14%	43%	44%	90%	割合	0%	50%	75%	38%

表 13 問題別正答率と日本および世界との比較 (TIMSS2011 調査)

問題		内容領域	認知的領域	出題形式	日本	世界	学生
1		生物	応用	選択肢	85%	64%	33%
2		生物	推論	記述	67%	46%	86%
3		化学	応用	選択肢	49%	37%	90%
4		化学	推論	記述	76%	44%	95%
5		地学	推論	記述	43%	18%	67%
6		生物	応用	記述	75%	29%	95%
7		物理	推論	記述	39%	28%	62%
8	(1)	物理	知識	記述	8%	17%	90%
	(2)	物理	知識	記述	13%	24%	81%
	(3)	物理	推論	記述	58%	27%	81%
9	(1)	生物	推論	記述	57%	35%	86%
	(2) ア	生物	推論	記述	41%	21%	86%
	(2) イ	生物	推論	記述	35%	22%	86%
10	(1)	物理	知識	選択肢	64%	41%	67%
	(2)	物理	推論	記述	65%	21%	86%
	(3)	物理	推論	記述	86%	62%	100%
11		生物	推論	記述	14%	14%	33%

【出典】TIMSS2011 調査報告を基に筆者が作成

表 14 正答率 75%以下の分野別・領域別割合

分野	物理	化学	生物	地学	領域	応用	推論	知識
割合	20%	20%	17%	100%	割合	33%	27%	33%

割合を分野、観点別に集計したものが表 12 である。

対象学生は、地学、特に天体に関する知識が欠落しており、そのため天体に関する思考を要する問題も解くことができない状況にある（表 11）。また、観点別に見ると、技能及び思考に関する問題が不得意であることがわかる（表 12）。未習得率は 47%、約半分の問題が理解できていない状況である。

(3) TIMSS2011 調査の結果

表 13 は、TIMSS2011 の公開問題を使って、内容領域が均一になるように編集し直した問題における設問別の評価の観点と正答率を、日本および世界と比較しながらまとめたものである。

また、表 14 は、正答率が 75%以下の割合を内容領域、認知的領域ごとに集計したものである。

表 14 から対象学生は、地学を最も苦手としていることがわかる。正答率 75%以下の割合が、生物は 17%で一番低い（表 14）、言い換えると一番よくできているが、正答率が 33%と 1 番低い 2 つの問題も生物である（表 13）。認知的領域においては、応用、推論、知識の間にあまり差は見られない（表 14）。未習得率は 29%であった。

(4) PISA2006 調査の結果

表 15 は、PISA2006 の公開問題を使って、知識カテゴリーが均一になるように編集し直した問題に対する設問別の評価の観点と正答率をまとめたものである。おおむねできているが、中には平均正答率が 50%にも満たない問題（大問 2 の 3、大問 4 の 2）があった。表 16 は、正答率が 75%以下の問題の具体的な内容をまとめたものである。

表 15 問題別正答率（PISA2006 調査）

問題		問題の種類				能力		知識カテゴリー		提要領域					状況			学生平均	
		論述	選択	複合選択	求答	疑問の認識	科学的な説明	科学的証拠	科学の知識	科学についての知識	健康	天然資源	環境	災害	科学とテクノ	個人的	社会的		地球的
1	1	1					1			1		1					1		91%
	2		1				1			1		1					1		83%
	3	1					1			1		1					1		91%
	4	1					1			1		1					1		91%
	5			1			1			1		1					1		96%
2	1	1					1			1			1			1	1		87%
	2		1					1		1				1		1	1		100%
	3				1			1		1				1		1	1		35%
3	1	1						1		1				1			1		78%
	2		1				1			1				1			1		83%
	3		1				1			1				1			1		96%
4	1		1				1			1				1		1	1		70%
	2		1				1			1				1		1	1		43%
	3			1			1			1				1		1	1		83%
	4		1				1			1				1		1	1		74%
5	1	1					1			1			1			1	1		78%
	2	1					1			1			1			1	1		52%
6	1		1					1		1	1		1			1	1		100%
	2		1					1		1		1				1	1		91%
	3		1				1			1		1				1	1		78%
	4	1					1			1		1				1	1		87%

表 16 正答率 75%以下の問題

問題	能力	知識カテゴリー	問題の内容
2(3)	科学的証拠	科学について	問題文中に記述されているオスのイトヨの行動を解釈し、オスのイトヨの行動パターンを予測する問題
4(1)	科学的な説明	科学	パンが発酵する仕組みに関する問題
4(2)	疑問の認識	科学について	パンの発酵における酵母菌の働きを調べる対照実験の組み合わせを考える問題
5(2)	疑問の認識	科学について	農業用肥料による健康被害の有無を主張する測定データの問題点を指摘する問題

PISA 調査は、知識の量を問うのではなく、文脈に即して結果を解釈したり、予測したりする科学的リテラシーを評価している。4 (1) は単純な知識に関するものであるが、他の 3 問については、与えられた状況の中で最も適切な結果や実験方法、問題点を指摘する問題である。対象学生は、解答が一つではなく多様な考え方をする高次の思考を要する問題が不得手であることがわかる。未習得率は 19% であった。

4 課題と対策

4 つの調査から対象学生について、総括すると次のことが言える。

- ・ 4 つの調査すべてにおいて、中学生と比べればよくできている。
- ・ 未習得率が教育課程実施状況調査で 47%、TIMSS2011 で 29% と、広範囲にわたる内容になるとできていないことから、物理、化学、生物、地学の全分野を万遍なく理解できていないと推測される。特に、地学分野の知識が不十分である。
- ・ PISA 調査、全国学力・学習状況調査の結果から、知識を活用して、結果を予想したり、実験を計画したりするなど、新たなものを生み出す能力が弱い。

この問題を克服するには、身近な自然事象と関連付けながら知識や技能を体系的に学び、獲得した知識や技能を利用して新たなものを生み出す活動を体験させていくことが大切だと考える。今後は、理科教育法の授業において、アクティブ・ラーニングを取り入れ、学生が主体的に学ぶことができるよう工夫するなど、具体的な方策を考案し、問題を克服できるのかを調査していきたい。

引用・参考文献（アルファベット順）

- ・ IEA (2009) : TIMSS2011 Assessment Frameworks, 81-87
- ・ 国立教育政策研究所 : “PISA2006 年調査 評価の枠組み OECD 生徒の学習到達度調査”, 118-174
- ・ 国立教育政策研究所 (2010) : “TIMSS2011 理科教育の国際比較”, 199-246, 明石書店
- ・ 国立教育政策研究所 (2012) : 平成 24 年度全国学力・学習状況調査解説資料 中学校理科
- ・ 国立教育政策研究所 (2011) : 国際数学・理科教育動向調査の 2011 年調査, (TIMSS2011) 国際調査結果報告 (概要)
- ・ 国立教育政策研究所 (2003) : 評価基準作成のための参考資料, 95
- ・ 国立教育政策研究所 (2003) : 平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査ペーパーテスト調査集計結果, 86-87
- ・ 国立教育政策研究所 (2013) : 理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について, 91-140
- ・ 国立教育政策研究所 (2012) : 平成 24 年度全国学力・学習状況調査【中学校】報告書, pp.19
- ・ 国立教育政策研究所 (2012) : 平成 24 年度全国学力・学習状況調査の結果について (概要), p.1,
- ・ OECD (2006) : Assessing Scientific Reading and Mathematical Literacy -A Framework for PISA2006-, 19-44
- ・ OECD (2009) : Take the Test -Sample Questions from OECD's PISA Assessments-, 189-264
- ・ OECD (2013) : PISA2015 Draft Collaborative Problem Solving Framework, 9-14
- ・ OECD (2013) : PISA2015 Draft Science Framework, 13-36