

大学生の理科力の評価

—2009年3月告示の高等学校学習指導要領の前後比較—

うね こうじ¹・みぞうえりょうた²・うね さつき³
畦 浩二¹・溝上諒太²・畦 五月³

Assessing the Science Abilities of Japanese University Students: Before and After March 2009 Curriculum Guidelines for Upper Secondary Schools

Kouji U_{NE}, Ryota M_{IZOUE} and Satsuki U_{NE}

Abstract

In this study, the authors assessed the science abilities of Japanese university students, with a focus on their understanding of basic scientific and technological concepts. We also assessed their scientific thinking abilities. We attempted to measure differences in performance between university students who attended upper secondary school under the March 1999 science curriculum guidelines, and those who attended under the March 2009 guidelines. Using questionnaires to gauge students' understanding of scientific and technological concepts, we found that students who studied under the 2009 guidelines outperformed those who studied under the older model. This may have been the result of an increase in diverse learning content in lower secondary school under the 2008 guidelines. Students also participated in a physics unit. When tested, students who studied under the 1999 guidelines demonstrated superior scientific thinking ability. The 2009 students demonstrated inferior performance in the physics unit regardless of the combination of physics classes they attended during upper secondary school. This is likely due to insufficient understanding of the physics content provided in upper secondary school under the 2009 curriculum. This study is relevant in determining which curriculum components encourage solid foundations in science, and which best prepare students for university-level science courses.

1 前大阪教育大学
2 伊藤園（株）
3 香川大学教育学部

I はじめに

子どもたちの学力を多角的・多面的に捉える指標の一つに、2000年からOECDが実施しているPISA調査がある。PISA調査では義務教育終了段階において、将来生活していく上で必要とされる知識や技能が、どの程度身についているかを調査している。日本では、15歳児に関する国際的な規定に基づいて、全国の全日制高等学校（後に中等教育学校後期や高等専門学校を追加）に在籍する1年生が調査対象者となっている（国立教育政策研究所，2002）〔1〕。科学的リテラシーが中心分野におかれたのは、PISA2006調査とPISA2015調査である。PISA2006調査の結果は日本の子どもたちの科学的リテラシーの平均得点が過去最低を記録し（国立教育政策研究所，2007）〔2〕、このことが教育界に所謂「PISAショック」を巻き起こし、2003（平成15）年12月に学習指導要領の一部改正がなされた。さらに、小・中・高等学校を通じた学習内容の構造化が図られると同時に、問題解決や科学的な探究の過程が一層重視された。そして、PISA2015調査の科学的リテラシーの平均得点はPISA2006年調査よりも高くなり、国際的に上位となっている（国立教育政策研究所，2016）〔3〕。このことは、2008（平成20）年改訂の学習指導要領の成果とされる（文部科学省，2017）〔4〕。

学習指導要領の改訂に伴う大学生の理科学力の変化を調べた研究に、伊東ほか（2007）〔5〕がある。この研究では、大学生の天文分野の知識・理解が1976年から2006年の約30年間で大幅に低下しており、その原因は学習内容の度重なる精選化にあると述べられている。それでは、確かな学力を確立するために必要な学習内容や時間数を確保したとされる今回の改訂に伴い、大学生の理科学力はどのように変化するのだろうか。

そこで、本研究では大学生の理科学力を高等学校在学時に1999（平成11）年3月告示の学習指導要領（旧学習指導要領と略記）〔6〕のもとで理科を学んだ大学生（旧課程履修者と呼称）と、2009（平成21）年3月告示の学習指導要領（新学習指導要領と略記）〔7〕のもとで理科を学んだ大学生（新課程履修者と呼称）を比較し、その違いを中学校の学習内容や高等学校の履修科目との関係で分析・考察することを目的とした。

II 方法

1. 対象者

調査に先立ち、受講生に研究の目的・内容を説明したうえで、研究への参加・不参加は成績に一切関係しないこと、および調査結果から個人が特定されないことや調査用紙の保管は鍵のかかるロッカー内に適切に保存することを伝えた。

(1) 調査年度と対象者数

調査は、大阪府下にある教員養成系大学で開講されている教職関連科目の受講生（合計601人）を対象に行った（表1）。旧課程履修者は2010年度と2012年度開講の初等理科教育法（小免許用）、中等理科教育法Ⅰ（中・高校免許用）、理科教育法Ⅱ（中・高校免許用）の受講生が該当した。一方、

大学生の理科力の評価—2009年3月告示の高等学校学習指導要領の前後比較—

新課程履修者は2016年度と2017年度開講の教職入門（小・中・高校免許用）、初等理科教育法（小免許用）、中等理科教育法Ⅰ（中・高校免許用）の受講生が該当した。ただし、そのうち4人は高等学校在学時に理科を旧課程のもとで学んでいた。そのため、旧課程履修者は256人、新課程履修者が345人となった。

(2) 大学での専攻コース

旧課程履修者（256人）と新課程履修者（345人）の大学での専攻コース別人数を表2と表3に

表1 調査年度と対象者数

授業科目	調査年度				合計（人）
	2010年度	2012年度	2016年度	2017年度	
教職入門	－	－	55	55	110
初等理科教育法	32	59	123	69	283
中等理科教育法Ⅰ	0	63	47	0	110
理科教育法Ⅱ	98	－	－	－	98
合計（人）	130	122	225	124	601

注) 表中の「－」は、該当科目が当該年度に開講されていないことを示す。

表2 旧課程履修者の専攻コース別人数

教育学部	専攻・コース	学生数
教員養成課程	英語・小	11
	英語・中	3
	数学・小	1
	国語・小	1
	国語・中	3
	社会・小	1
	家政・中	3
	保体・中	3
	特別支援	39
	教育科学	30
	理科・小	84
	理科・中	34
教養学科	自然システム	17
	物質科学	26
合計（人）		256

表3 新課程履修者の専攻コース別人数

教育学部	専攻・コース	学生数
教員養成課程	英語・小	14
	国語・中	1
	社会・中	1
	音楽・小	15
	音楽・中	2
	家政・小	14
	家政・中	7
	保体・小	24
	保体・中	3
	美術・書道・中	1
	幼稚園	13
	特別支援	47
	教育科学	46
	理科・小	100
	理科・中	57
	合計（人）	

示す。旧課程履修者のうち初等理科教育法を受講した対象者の多くは、大学で理科を専科としない特別支援（39人）、教育学科（30人）、英語小（11人）を専攻コースとした。一方、中等理科教育法Ⅰと理科教育法Ⅱを受講した対象者は、大学で理科を専科とする理科小（84人）、理科中（34人）、物質科学（26人）、自然システム（17人）を専攻コースとした。

対して、新課程履修者のうち初等理科教育法を受講した対象者は、理科を専科としない特別支援（47人）、教育科学（46人）、保健体育小（24人）の順で続いた。一方、教職入門や中等理科教育法Ⅰを受講した対象者は、理科を専科とする理科小（100人）、理科中（57人）を専攻コースとした。なお、本学では2016年度に学部が改組され専攻コース名が変更されたが、それらは表3において便宜的に旧課程の専攻コースに含めた。

(3) 高等学校時の履修科目

対象者が高等学校で履修した理科の科目を教育課程別に図1に示す。

旧課程履修者が最も多く履修した科目は、「Ⅰを付した科目」では「化学Ⅰ」であり、次いで「生物Ⅰ」、「物理Ⅰ」、「地学Ⅰ」の順であった。また、「Ⅱを付した科目」では、「化学Ⅱ」、「物理Ⅱ」、「生物Ⅱ」、「地学Ⅱ」の順であった。

対して、新課程履修者が最も多く履修した「基礎を付した科目」は、「化学基礎」であり、次いで「生物基礎」、「物理基礎」、「地学基礎」の順であった。また「基礎を付さない科目」では「化学」、「物理」、「生物」、「地学」の順であった。

新課程履修者と旧課程履修者に共通して、地学関連科目の履修者が他の科目に比べて少ないのは、大学で地学を専門に学んだ教員が高等学校に少ないため、開講されていないことに因ると推察される。

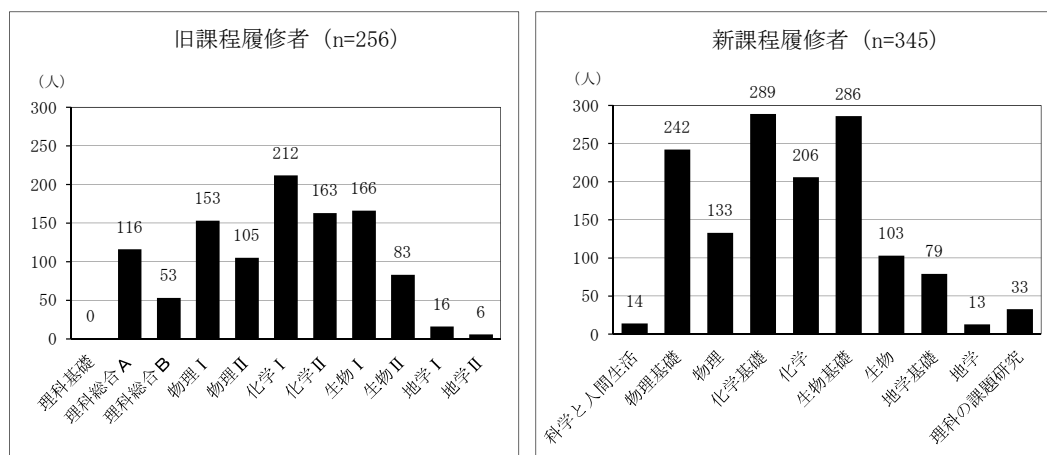


図1 旧課程履修者（左）と新課程履修者（右）の高等学校時の履修科目

2 理科力の定義

本研究では、対象者の理科学力を哇（2012）[8]が定義した「理科力」に従い、科学基礎的概念理解度（資料1）と科学的思考力（資料2～4）の側面から捉えた。

(1) 科学基礎的概念理解度

対象者の科学基礎的概念理解度は、岡本（2007）[9]の「科学技術に関する意識調査」に掲載されている科学の基礎的な概念に関する理解度の関連質問13項目を使用した（資料1）。これらの質問項目は、「新聞や雑誌を読むのに十分な科学的な語彙や科学的概念の理解能力、対立する論点の本質を理解すること」と定義される市民科学的リテラシーを構成する3次元の構成要素の一つ「科学構成概念の理解」が考慮されている（岡本，2007）[10]。また、13項目中11問は2001年に実施された、日本や米国、英国など17カ国を対象者に実施された一般市民の科学的リテラシーの国際比較調査の質問項目となっている（岡本，2007）[11]。

(2) 科学的思考力

対象者の科学的思考力は、平成17年度に実施された高等学校教育課程実施状況調査（国立教育政策研究所，2007）[12]に出題された3問を使用した（資料2～4）。これらの問題は、生徒の通過率が設定通過率を大幅に（20%程度）下回っているため、生徒の学習内容の理解に課題があると指摘されている（国立教育政策研究所，2007）[13]。具体的には、生物領域が一遺伝子雑種に関する問題（資料2）、化学領域が塩酸の電気分解に関する問題（資料3）、物理領域が力学的エネルギー保存の法則に関する問題（資料4）となっている。科学的思考力についての評価項目は、文部省（1993）[14]が要素的に例示している10項目を適用した。その結果、物理領域は「原理・法則を適用する」、化学領域は「筋道を通して推論する」、また生物領域は「数量的に把握する」を評価している。

旧課程履修者は各評価問題の内容を「物理Ⅰ」、「化学Ⅰ」、「生物Ⅰ」で学習するのに対し、新課程履修者は「物理基礎」、「化学基礎」、「中学校理科（第3学年）」で学習する。なお、地学領域は旧課程履修者の履修者数が述べ16人と少なかったため、今回の調査から除外した。

3 分析方法

分析は、科学基礎的概念理解度の13項目と科学的思考力の3題について、対象者の回答をクロス集計し、新旧教育課程間で正答率の母比率の差の検定（両側検定）を行った。また、同様に高等学校時の履修科目別でも正答率の母比率の差の検定（両側検定）を行った。その際、IBM SPSS Statistics Ver.24（Windows版）を使用した。

Ⅲ 結果

1 科学基礎的概念理解度

(1) 回答比較

科学基礎的概念理解度を問う13質問項目について、正答率が高い問いの順に旧課程履修者と新課程履修者で示したのが表4である。

科学基礎的概念理解度の13項目のうち、正答率の高い上位5問は旧課程履修者と新課程履修者で共通した。最も正答率の高い質問項目は「大陸移動説」であり、対象者のほぼ全員が正答した。対して、最も正答率の低い質問項目は、旧課程履修者が「抗生物質のウイルス殺傷効果」(41%)に対し、新課程履修者は「性別決定と父親遺伝子」(28%)であった。一方、最も誤答率の高い質問項目は旧課程履修者と新課程履修者で共通しており、それは「性別決定と父親遺伝子」であった。特に新課程履修者の誤答率が高く、5割近く(48%)に達した。また、不明率(「分からない」と回答した割合)が最も高い質問項目も両者で共通しており、それは「レーザーと音波の関係」

表4 科学基礎的概念理解度の新旧履修者間比較

旧課程履修者 (n=256)				新課程履修者 (n=345)			
質問項目 ¹⁾	正答率 (%)	誤答率 (%)	不明率 (%) ²⁾	質問項目 ¹⁾	正答率 (%)	誤答率 (%)	不明率 (%) ²⁾
9大陸移動説	97	1	2	9大陸移動説	96	1	3
1地球中心部は高温	91	4	5	1地球中心部は高温	94	3	2
2放射能は人工的か	89	3	8	2放射能は人工的か	92	2	6
8ビッグバン説	88	2	10	8ビッグバン説	88	1	11
10人類の進化論	83	7	10	10人類の進化論	88	8	5
11喫煙と肺がんの関係	82	10	8	13放射能汚染牛乳煮沸効果	84	3	12
13放射能汚染牛乳煮沸効果	76	1	23	11喫煙と肺がんの関係	83	10	7
12人類と恐竜の同時代性	73	10	17	12人類と恐竜の同時代性	76	12	12
6電子と原子の大小	71	18	11	6電子と原子の大小	71	19	10
3酸素供給源は植物	59	29	12	3酸素供給源は植物	68	21	11
4性別決定と父親遺伝子	46	35	19	7抗生物質ウイルス殺傷効果	54	24	22
5レーザーと音波の関係	43	9	48	5レーザーと音波の関係	37	20	43
7抗生物質ウイルス殺傷効果	41	28	31	4性別決定と父親遺伝子	28	48	24

注1) 質問項目の説明は簡略に表記している。

注2) 不明率は「分からない」と回答した対象者の割合である。

であった。対象者の4割以上が「分からない」と回答した。

一方、正答率が6割に満たない質問項目数は旧課程履修者で4問あった。そのうち新課程履修者は「酸素供給源は植物」の正答率が上昇したため、正答率が6割に満たない質問項目数は3問へと減少した。

(2) 正答率比較

旧課程履修者と新課程履修者の正答率を母比率の差で検定（両側検定）した結果を表5に示す。

科学基礎的概念理解度の13項目のうち、有意差がみられた項目は4項目あった。そのうち、新課程履修者の正答率が旧課程履修者に対して有意に高い質問項目は3問あった。それらは、「酸素供給源は植物」($p<0.05$)、「抗生物質のウイルス殺傷効果」($p<0.01$)、「放射能汚染牛乳煮沸効果」($p<0.01$)であった。

対して、旧課程履修者の正答率が新課程履修者に対して有意に高い質問項目は1問であり、それは「性別決定と父親遺伝子」($p<0.01$)であった。

表5 科学基礎的概念理解度の正答率比較

質問項目	旧課程履修者 (n=256)	新課程履修者 (n=345)	検定結果 p 値	
	正答率 (%)	正答率 (%)		
1 地球中心部は高温	91	94	0.128	
2 放射能は人工的か	89	92	0.127	
3 酸素供給源は植物	59	68	0.013	*
4 性別決定と父親遺伝子	46	28	0.000	**
5 レーザーと音波の関係	43	37	0.115	
6 電子と原子の大小	71	71	0.838	
7 抗生物質ウイルス殺傷効果	41	54	0.002	**
8 ビックバン説	88	88	0.980	
9 大陸移動説	97	96	0.558	
10 人類の進化論	83	88	0.122	
11 喫煙と肺がんの関係	82	83	0.759	
12 人類と恐竜の同時代性	73	76	0.484	
13 放射能汚染牛乳煮沸効果	76	84	0.007	**

(* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$)

2 科学的思考力

科学的思考力については、表6に示した高等学校時の履修科目の組合せに基づき、対象者を履修グループ①～⑥に分けて比較した。

表6 高等学校時の理科関連科目の履修者数

科目	旧課程履修者 (n=256)		新課程履修者 (n=345)	
	履修グループ	履修者 (人)	履修グループ	履修者 (人)
生物	①生物Ⅰのみ	84	①生物基礎のみ	214
	②生物Ⅰ＋生物Ⅱ	83	②生物基礎＋生物	103
化学	③化学Ⅰのみ	49	③化学基礎のみ	117
	④化学Ⅰ＋化学Ⅱ	163	④化学基礎＋化学	206
物理	⑤物理Ⅰのみ	48	⑤物理基礎のみ	133
	⑥物理Ⅰ＋物理Ⅱ	105	⑥物理基礎＋物理	134

(1) 生物領域の正答率比較

生物領域の問題は、キロシヨウジョウバエの体色の遺伝に関して、実験結果を処理し分離比を求めることを問うており、「数量的に把握する」を評価している。旧課程で生物を「生物Ⅰ」のみ履修した対象者と新課程で生物を「生物基礎」のみ履修した対象者の正答率に有意差はみられなかった。また、旧課程で「生物Ⅰ」と「生物Ⅱ」をともに履修した対象者と新課程で「生物基礎」と「生物」をともに履修した対象者の正答率にも有意差はみられなかった。

(2) 化学領域の正答率比較

化学領域の問題は、塩酸の電気分解で陽極と陰極に発生する物質を答えることを問うており、「筋道を通して推論する」を評価している。旧課程で化学を「化学Ⅰ」のみ履修した対象者と新課程で化学を「化学基礎」のみ履修した対象者の正答率に有意差はみられなかった。対して、新課程で「化学基礎」と「化学」をともに履修した対象者の正答率は、旧課程で「化学Ⅰ」と「化学Ⅱ」をともに履修した対象者の正答率に対して有意に高かった ($p<0.05$) (表7)。

表7 化学領域の履修グループにおける正答率比較

対象者	旧課程履修者	新課程履修者	検定結果	
履修グループ	④化学Ⅰ＋化学Ⅱ	④化学基礎＋化学	p 値	
正答率 (%)	64	76	0.018	*

(* : $p<0.05$)

(3) 物理領域の正答率比較

物理領域の問題は、力学的エネルギー保存の法則を適用して考えることを問うており、「原理・法則を適用する」を評価している。旧課程で物理を「物理Ⅰ」のみ履修した対象者の正答率は、新課程で物理を「物理基礎」のみ履修した対象者の正答率に対して有意に高かった ($p<0.05$) (表8)。同様に、旧課程で「物理Ⅰ」と「物理Ⅱ」をともに履修した対象者の正答率も、新課程で「物理基礎」と「物理」をともに履修した対象者の正答率に対して有意に高かった ($p<0.05$) (表9)。

表8 物理領域の履修グループにおける正答率比較：その1

対象者	旧課程履修者	新課程履修者	検定結果 p 値	
履修グループ	⑤物理Ⅰのみ	⑤物理基礎のみ		
正答率 (%)	27	12	0.015	*

(* : $p < 0.05$)

表9 物理領域の履修グループにおける正答率比較：その2

対象者	旧課程履修者	新課程履修者	検定結果 p 値	
履修グループ	⑥物理Ⅰ + 物理Ⅱ	⑥物理基礎 + 物理		
正答率 (%)	82	70	0.036	*

(* : $p < 0.05$)

IV 考察

1 科学基礎的概念理解度

科学基礎的概念理解度の質問項目は、科学の基礎的な概念にかかわる理解度を調査する目的で作成されている。そこで、13質問項目と中学校の学習内容の取り扱いの関係を社会科と保健体育科も含めて表10に示した。なお、表中の旧学習指導要領は1998年（平成10年）版 [15]，また新学習指導要領が2008（平成20年）版 [16] である。

新課程履修者の方が旧課程履修者よりも有意に高い正答率を示した「抗生物質のウイルス殺傷効果」は、バクテリアなどの微生物が産生する抗生物質がウイルスに対して効能があるかどうかを訊ねている。中学校理科においてバクテリアは第3学年の生態系における分解者や発酵食品に関わる生物として学ぶが、ウイルスはまったく学習しない。その一方で、保健体育科第3学年において「(4) 健康な生活と疾病の予防 オ保健・医療機関や医薬品の有効利用」が新規に設定されている（文部科学省，2008）[17]。新課程履修者の正答率が有意に向上した理由の一つに、この学習内容の存在が指摘できる。また、「放射能汚染牛乳煮沸効果」は放射能を煮沸するとその性質が失われるかどうかを尋ねている。放射能については、中学校理科第3学年の（内容の取扱い）において、「イ アの（イ）については、放射線の性質と利用についても触れること。」とある（文部科学省，2008）[18]。さらに、2011（平成23）年3月に発生した福島第一原発事故による大量の放射性物質の飛散が大きな社会問題となった。これらのことが、新課程履修者の正答率が有意に高くなった理由と推察される。上記2問に対して、「酸素供給源は植物」の正答率が新課程履修者で有意に高くなった理由は、中学校時の学習内容が新旧課程間で変化していないため、他の要因の関与が示唆される。

対して、旧課程履修者の方が新課程履修者よりも有意に高い正答率を示した「性別決定と父親遺伝子」については、中学校理科第3学年において「イ 遺伝の規則性と遺伝子 (ア) 遺伝の規則性と遺伝子」[19] が新規に設定された。しかし、（内容の取扱い）において、「ウ イの（ア）については、分離の法則を扱うこと。（中略）遺伝子の本体がDNMAであることにも触れること。」

表10 科学基礎的概念理解度の質問項目と中学校の新旧学習指導要領での取り扱い

質問項目	旧学習指導要領 (1998年告示)			新学習指導要領 (2008年告示)		
	理科	社会科	保健 体育科	理科	社会科	保健 体育科
1 地球中心部は高温	○			○		
2 放射能は人工的か				○		
3 酸素供給源は植物	○			○		
4 性別決定と父親遺伝子				△ ¹		
5 レーザーと音波の関係	○			○		
6 電子と原子の大小				○		
7 抗生物質ウイルス殺傷効果						○
8 ビックバン説						
9 大陸移動説	△ ²			△ ²		
10 人類の進化論		○		○	○	
11 喫煙と肺がんの関係			○			○
12 人類と恐竜の同時代性	○			○		
13 放射能汚染牛乳煮沸効果				○		

注1) △¹：中学校では染色体や遺伝子、DNAについて学習し、性染色体や性決定遺伝子については高等学校「生物」で学習する。

注2) △²：中学校ではプレート運動について学習し、大陸移動説やプレートテクトニクスについては高等学校「地学I」や「地学基礎」で学習する。

とされており、性を決定する遺伝子について教えることは求められていない。「ウ イの (ア) については、分離の法則を扱うこと。(中略) 遺伝子の本体がDNAであることにも触れること。」と書かれているものの、性染色体や性を決定するSRY遺伝子がY染色体上にあることを教えることは求められていない。そのため、新課程履修者の誤答率が表4で示したように48%と高くなり、対象者が誤認識を抱いていると思われる。

外国を例にみると、イギリスの多くの公立中学校で採用されている理科教科書「Twenty First Century Science: GCSE Science Higher」(2011) [20] では、このSRY 遺伝子が文章と図で次のように解説されている。「(中略) 約6週間で男性胚の精巣が発達するのはY染色体上にあるSRY遺伝子による。SRY遺伝子はY染色体上にある性決定因子である。」と文章で説明されている。同時に、図ではこの遺伝子がY染色体の短腕部に座していることが示されている(図2)。

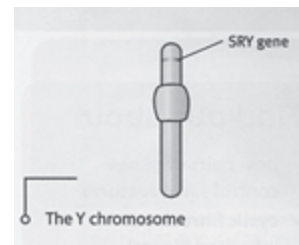


図2 SRY遺伝子

日本の中学校の遺伝教育において、染色体や遺伝子の取り扱いについては未だ課題があると言える。

2 科学的思考力

(1) 生物領域

対象者の高等学校時の履修科目の組合せ（履修グループ①, ②）に関わらず、旧課程履修者と新課程履修者の正答率に有意差はみられなかった。このことから、新課程履修者の科学的思考力「数量的に把握する」に変化はないと推察された。

(2) 化学領域

化学領域の結果は、対象者の高等学校時の履修科目の組合せ（履修グループ③, ④）で異なった。すなわち、化学を「化学Ⅰ」のみで履修した旧課程履修者の正答率と化学を「化学基礎」のみで履修した新課程履修者の正答率に有意差はみられなかった。しかしながら、化学を「化学基礎」と「化学」の組合せで履修した新課程履修者の正答率は、化学を「化学Ⅰ」と「化学Ⅱ」の組合せで履修した旧課程履修者の正答率よりも有意に高かった ($p < 0.05$)。このことから、新課程履修者のうち特に理科を専科とする対象者の科学的思考力「筋道を通して推論する」が向上していると推察された。

(3) 物理領域

対象者の高等学校時の履修科目の組合せに（履修グループ⑤, ⑥）関わらず、旧課程履修者の正答率は新課程履修者より有意に高かった ($p < 0.05$)。このことから、新課程履修者の科学的思考力「原理・法則を適用する」は低下していることが示唆された。その原因は、「物理基礎」の学習内容の未定着化が進んでいると推察される。

まとめ

日本の大学生の理科力を中学校の学習内容や高等学校の履修科目との関係で分析・考察した結果、以下の2点が課題として指摘できる。その1つが中学校における遺伝教育の再構成の必要性である。大村（2020）[21]は、日本の中学校の遺伝教育の特徴を日本で幅広く採択されている教科書「未来へひろがるサイエンス3」（啓林館、2017）」と国際バカロレアMYP教科書「Sciences for the IB MYP 2」（Hodder Education, 2016）との比較から、以下の3点をあげている。それらは、「記述内容が易しすぎること」、「遺伝の理解に必須と言えるDNA、遺伝子、染色体等の扱いが極めて浅く少ないこと」そして、「『ヒト』の扱いが極めて貧弱であること」である。それ故、「生徒が遺伝現象を自分事として捉えにくく、遺伝現象を正しく理解することを損ねている」と指摘している。この原因は、日本の中学校における遺伝教育の歴史を学習指導要領の側面から振り返ると、その混迷さと一貫性のなさに起因していることがわかる。まず、遺伝の基本となる「メンデルの法則」は、昭和33年版から平成29年版の学習指導要領のうち、昭和44年版、昭和52年版、平成10年版にはその記載が無く、再度取り扱われるようになったのは直近の2回の改訂版である。また、遺伝の学習に欠くことができない「遺伝子」は、昭和52年版の学習指導要領からその姿を一度消した後、再度登場したのが平成元年版である。また、遺伝の規則性を理解するうえで欠か

せない「減数分裂」は平成10年版が、また遺伝子の本体である「DNA」は平成20年版がそれぞれ初出である。さらに、最も新しい平成29年版においても、国際バカロレアMYP教科書で取り扱われる「相同染色体」、「性染色体」、「伴性遺伝」、「遺伝性疾患」、「DNAの分子構造」、「遺伝子の複製・転写・翻訳」「DNA解析」などについては取り扱われない。従って、これからの日本の中学校における遺伝の学習内容は、メンデルがエンドウマメの交雑実験から導いた遺伝の規則性を基盤としながらも、科学の急速な進展に伴って明らかとなった内容も取り入れ、さらに生徒が遺伝現象を自分事として捉えやすい、ヒトの遺伝も含める必要がある。その際、ヒトの病気には、遺伝子や染色体の突然変異に起因するものが数多くあることも踏まえて、社会生活で直接的に活かせる遺伝学的リテラシーの育成を目指す内容とする必要がある。

二つめが、高等学校の物理領域において、生徒がその学習内容を十分に理解できていない実態である。2009年3月に告示された高等学校理科の必修科目は、「科学と人間生活」と「物理基礎」「化学基礎」「生物基礎」「地学基礎」（基礎を付した科目）1科目を含む2科目又は基礎を付した3科目とされた。その際、「物理基礎」は中学校との接続を考慮して「エネルギー」と関連付けて物理的な事象・事象を理解させることを重視した内容で構成されている。清原（2009）[22]は、新高等学校学習指導要領理科のねらいを「物理、化学、生物、地学のうち3領域以上の科目を確実に履修すること」や「科学の基礎的な素養が身に付けられるようにすること」と述べている。本調査においても、各領域の履修者が大幅に増加したことが見てとれた（表6）。しかしながら、物理領域の問題において「物理基礎」を学んだ新課程履修者の正答率が、「物理Ⅰ」を学んだ旧課程履修者のそれを有意に下回った（表8、表9）。この原因として、生徒はすでに中学校段階で「エネルギー」に関する学習内容を十分に理解できていない可能性と高等学校では「エネルギー」概念やそれに関連する原理・法則が抽象化されて与えられるため、生徒が学習内容を理解し損ねている可能性がある。現時点ではどちらの可能性も否定できないが、いずれにせよ「エネルギー」概念は身の回りの自然現象を科学的に理解するうえで中心となる概念である。したがって、「エネルギー」に関わる概念や原理・法則を単に暗記するだけでなく、それらを理解したうえで活用する力を生徒に身に付けさせる指導が必要となる。そのためには、遠山（2018）[23]が指摘するように、「概念や原理・法則を新しい事象の解釈に応用したりする活動を行う」ことが中学校と高等学校でともに重要となる。

上述したような日本の大学生の理科力の現状を踏まえて、大学において特に理科を専門に学ぶ学生に対しての事前教育や補習授業などを弾力的に教育課程に取り組み必要があると考える。

引用文献

- [1] 国立教育政策研究所（編）（2002）『生きるための知識と技能 OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2000年調査国際結果報告書』ぎょうせい、p.4.
- [2] 国立教育政策研究所（編）（2007）『生きるための知識と技能 OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2006年調査国際結果報告書』ぎょうせい、p.50.

大学生の理科力の評価—2009年3月告示の高等学校学習指導要領の前後比較—

- [3] 国立教育政策研究所（編）（2016）『生きるための知識と技能 OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2015年調査国際結果報告書』ぎょうせい, p.93.
- [4] 文部科学省（2017）『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編』p.6.
- [5] 伊東昭彦・千田恵・田原博人（2007）『大学生の天文分野に関する知識の変化—1976年と2006年の調査結果の比較—』宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要, 第30号, pp.473-482.
- [6] 文部省（1999）『高等学校学習指導要領』pp.388.
- [7] 文部科学省（2009）『高等学校学習指導要領』pp.447.
- [8] 畦浩二（2012）『教員養成大学学生の理科力の分析と対策—高等学校時の理科選択科目と関連して—』大阪教育大学教科教育学論集, 第11号, pp.25-33.
- [9] 岡本信司（2007）『一般市民の科学的リテラシーに関する分析と考察』研究 技術 計画, 第22巻3/4号, p.185.
- [10] [9] に同載, p.174.
- [11] [9] に同載, p.177.
- [12] 国立教育政策研究所（2007）『平成17年度教育課程実施状況調査（高等学校）結果概要・集計表 理科』p.63, p.89, p.113.
- [13] [12] に同載, p.5.
- [14] 文部省（1993）『理科における学習指導と評価の工夫・改善：中学校理科指導資料』p.32.
- [15] 文部省（1998）『中学校学習指導要領』pp.104.
- [16] 文部科学省（2008）『中学校学習指導要領』pp.237.
- [17] [16] に同載, p.96.
- [18] [16] に同載, p.64.
- [19] [16] に同載, p.71.
- [20] Fullick, A. (2011) 『Twenty First Century Science: GCSE Science Higher』OXFORD UNIVERSITY PRESS, USA, p.23.
- [21] 大村侑香（2020）『日本の中学校における遺伝教育の特徴と課題—日本理科教科書と国際バカロレアMYP教科書の比較』大阪教育大学令和元年度卒業論文, pp.53.（本論文は令和元年度日本理科教育学会近畿支部大会（和歌山大会）で発表済みである）
- [22] 清原洋一（2009）『高等学校理科の改訂—総論—』理科の教育, 58巻, p.5, p.6.
- [23] 遠山一郎（2018）『高等学校理科「物理基礎」「物理」の改善事項』理科の教育, 67巻, p.19.

参考文献

- 塚田捷, 他61名（2017）「未来へひろがるサイエンス3」, 啓林館.
- Paul Morris, Patricia Deo（2016）「Sciences for the IB MYP 2」, Hodder Education.

資料1 科学基礎的概念理解度の質問項目

問1～13の13項目について、以下の判断で解答欄に答えてください。 正しい：○ 正しくない：× 分からない：？ なお、調査結果は研究のみに使用し、成績には一切関係しません。また、個人が特定されることもありません。この事は次の3領域の問題についても同様です。		
問	質問項目	回答欄
1	地球の中心部は非常に高温である*	
2	すべての放射能は人工的につくられたものである*	
3	我々が呼吸に使っている酸素は植物によってつくられたものである*	
4	赤ちゃんが男の子になるか女の子になるかは、父親の遺伝子によって決まる*	
5	レーザーは音波を集中的に集めることによって得られる*	
6	電子の大きさは原子より小さい*	
7	抗生物質は細菌もウイルスも殺す*	
8	宇宙は巨大な爆発によって始まった	
9	大陸は何万年もかけて移動しており、これからも移動するだろう*	
10	現在の人類は原始的な動物種から進化したものである*	
11	喫煙は肺がんをもたらす	
12	ごく初期の人類は恐竜と同じ時代に生きていた*	
13	放射能に汚染された牛乳は煮沸すれば安全である*	

注)「*」は17ヵ国国際比較に使用された質問項目を示す。

資料2 科学的思考力の調査問題：生物領域

キイロショウジョウバエには、体色が黄褐色の系統（以下、黄）と黒褐色の系統（以下、黒）がある。この2つの系統について以下の実験を行った。実験に関する文章を読んで、次の(1)～(4)に答えなさい。答えは、解答用紙の解答欄に書きなさい。

【実験】黒の雌数匹と黄の雄数匹を交配すると、雑種第一代（F₁）はすべて黄のハエが羽化した。次に、F₁の雌雄を数羽ずつ飼育びんに入れて交配させたら、雑種第二代（F₂）は表1のような結果になった。



びん番号	黄	黒	びん番号	黄	黒
1	132匹	65匹	6	188匹	82匹
2	174匹	35匹	7	164匹	45匹
3	198匹	78匹	8	209匹	73匹
4	158匹	55匹	9	176匹	55匹
5	172匹	68匹	10	145匹	74匹
			合計	1766匹	630匹

(1) 実験結果からF₂の黄色：黒色の分離比を簡単な整数比で答えなさい。

表1 F₂の結果

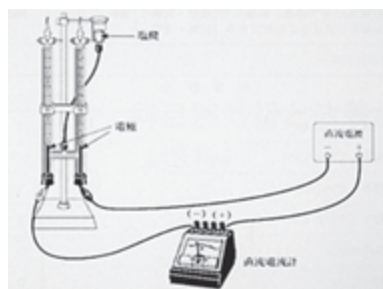
(通過率：53.9%，設定通過率：70%，前回の通過率：68.7%)

資料3 科学的思考力の調査問題：化学領域

下記の問において、正しい番号に○をつけなさい。
 下図のような装置で、黒鉛を電極として1mol/lの塩酸の電気分解を行った。

この場合、陽極（+極）と陰極（-極）にはどのような気体が発生すると考えられるか。正しい組み合わせを次の①～④のうちから一つ選びなさい。

- | | |
|-----------|-------|
| ①陽極：酸素 | 陰極：水素 |
| ②陽極：塩素 | 陰極：水素 |
| ③陽極：二酸化炭素 | 陰極：酸素 |
| ④陽極：水素 | 陰極：塩素 |



(通過率：37.4%，設定通過率：55%，前回の通過率：48.3%)

資料4 科学的思考力の調査問題：物理領域

下記の問において、正しい番号に○をつけなさい。

力学的エネルギー保存の法則を調べるため、天井から糸をたらしおもりをつるし、次の様な実験をした。次の各問に答えなさい。答えは、解答用紙の解答欄に書きなさい。ただし、おもりを小物体とみなす。

(2) おもりを図2のようにある高さまで持ち上げ、静かに手を離し、最下点を通過する瞬間の速さを測定した。手を離すときの高さを2倍にすると、最下点での速さはおよそ何倍になるか。次の①～④のうちから最も近いものを一つ選び、記号で答えなさい。

- ①0.5倍
- ②1.4倍
- ③2倍
- ④4倍

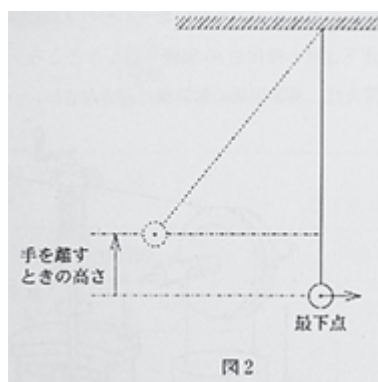


図2

(通過率：35.5%，設定通過率：60%，前回の通過率：-)