

教科書は科学リテラシーの向上に寄与するか —高校生物の教科書が求める認知的能力とは—

岡本 紗知

大阪大学国際教育交流センター

Do High School Biology Textbooks Promote the Retention of Scientific Literacy?: Case Studies from Japan and Canada

Sachi OKAMOTO

Center for International Education and Exchange, Osaka University

Despite its advanced level of scientific research, Japan suffers from a low level of adult scientific literacy compared to many other developed countries. The current situation certainly necessitates a nationwide, robust solution. However, to implement any countermeasures, it is essential to first answer one of the fundamental questions: Does current school education guarantee the acquisition and maintenance of scientific literacy? To provide an answer, the present study examined high school textbooks from both Japan and Canada. Canada was chosen as a counterpart, since Canadian adults reportedly possess outstanding levels of scientific literacy. In this comparative analysis, questions from all of the biology textbooks were examined to reveal the directed level of cognitive processes, key factors considered to play essential roles for becoming scientifically literate. Categorization based on Bloom's Taxonomy clearly demonstrated that Japanese high school textbooks were not equipped with questions that foster higher cognitive processes, contrary to the Canadian textbooks. Overall, the government-approved textbooks currently used throughout Japan appear to be insufficient for guaranteeing the acquisition and maintenance of scientific literacy.

Key words: scientific literacy, science education, cognitive demand, Japanese students

1. はじめに

初めて科学リテラシーという用語を用いたのは、アメリカのハードとマッカーディで、今からちょうど60年前のことである (Hurd, 1958 ; McCurdy, 1958). その後、「科学リテラシーに唯一の定義はない (Fives et al., 2014)」といわれる通り、時代や社会の要請を受けて、その定義は変化し続けてきた (DeBoer, 2000 ; Feinstein, 2011 ; National Research Council [NRC], 1996 ; OECD, 2007 ; Schweingruber et al., 2012). 例えば、アメリカ科学振興協会 (AAAS) による1989年の定義によると、科学リテラシーを備えた人とは、「科学の主要な概念と原理を理解し、自然界に精通してその多様性と統一性の双方を意識し、個人的・社会的目的のために科学的知識と科学的な考え方を用いるような人」

を指す (AAAS, 1989). また1996年には、アメリカ教育統計センターによって、科学リテラシーとは、「個人としての意思決定や市民的・文化的な問題への参与、経済の生産性向上に必要な科学的概念・手法に対する知識と理解」を指すとされた (NRC, 1996). さらに、2015年に実施された国際学習到達度調査 (PISA) では、科学リテラシーは、「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関与する能力」と定義され、より具体的には、科学的リテラシーを身に付けた人は、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、①現象を科学的に説明する、②科学的探求を評価して計画する、③データと根拠を科学的に解釈することのできる能力 (コンピテンシー) を備えるとされた (OECD, 2016a).

このような定義の変遷を見ると、「科学リテラシーに唯一の定義はない」とは言われるものの、科学リテラシーには科学に関する知識のみならず科学的能力（コンピテンシー）が不可欠であることがわかる。実際、科学リテラシーが主要調査分野であった2015年PISAの評価枠組みでは、科学リテラシーは4つのアスペクト（知識、コンピテンシー、態度、コンテクスト）からなるとされた。またPISA自体は、15歳の生徒にふさわしいコンテクストにおいて、生徒の知識、コンピテンシー、態度を調査できるよう作成された。なおPISAでは、「コンピテンシーは、認識する、解釈する、解析する、評価するなどの認知的要求（cognitive demand）を定義するさまざまな用語により表現される」と説明されることから、ここでのコンピテンシーとは認知的要求を満たす能力と捉えることができる（OECD, 2016a）。さらに、生徒のコンピテンシーを評価するにあたり、科学リテラシーが同じく主要調査分野であった2006年の評価枠組みには存在しなかった認知的枠組み（cognitive framework）が2015年、新たに加えられた（OECD, 2016a）。

この2015年のPISAにおいて、科学リテラシーのアスペクトの中の知識・コンピテンシーを問う試験で、日本の生徒は参加72ヶ国・地域のうち、シンガポールに次ぐ2位という好成績を収めた（OECD, 2016b）。なお、日本の生徒はPISAが初めて実施された2000年以降、2位～6位という高い順位を維持しており、この好成績は今回だけに限ったことではない（表1）（OECD, 2001；OECD, 2004；OECD, 2007；OECD, 2010；OCED, 2013a）。

表1 日本－カナダの生徒の科学リテラシーの比較^{*1}

年	順位		参加国/地域数
	日本	カナダ	
2000	2	5	32
2003	2	11	41
2006	6	3	57
2009	5	8	65
2012	4	10	65
2015	2	7	72

*1：15歳の生徒を対象としてOECDにより3年ごとに実施されるPISAから、日本およびカナダの生徒の科学的リテラシーの結果のみを抜粋した。

しかし残念ながら、日本の成人にはこの高い科学リテラシーが見られない。市民科学リテラシーを調査した研究により、日本の成人の科学リテラシーが他の多くのOECD諸国よりも低い現状が明らかにされた。例えば、2012年に実施された成人の科学知識に関する調査では、日本の成人の正答率は56%であり（Kawamoto et al, 2011）、これは2001年の調査結果（54%）より微増したものの、他の国や地域、例えばスウェーデン（79%）、カナダ（72%）、ドイツ（70%）、イギリス（68%）、EU平均（63%）、そしてアメリカ（62%）と比べると依然低い（Kawamoto et al., 2011；Special Eurobarometer, 2005；National Science Board [NSB], 2012）。

なお上述の調査は、科学に関する知識を調べたものである。また成人を対象とした認知的能力の調査は行われたことがない。そのため、PISAによる15歳の生徒の結果と、成人の科学知識に関する結果を直接比較することはできない。しかし、知識と認知的能力を完全に切り離すことも難しい。Millerが、「幹細胞やナノテクノロジーを学んだ成人は一体どのくらいいるだろうか」と問い、学校教育後も学び続けることの必要性を指摘したように（Miller, 2010）、近年の科学技術の進展は著しく、様々な分野で日々新しい知見が得られることから、個人が学び続けることの意義は明白である。ただ、一般市民が科学に関する知見を得ようとする場合、その多くがニュースなどのメディアを通じた情報であり（Fives et al., 2014）、これら媒体を通じた情報には、なんらかの偏りがあることが多い（Jarman and McClune, 2007）。また手法に関する情報が欠如していることもある（Dimopoulos and Koulaidis, 2003；Ryder, 2001）。そのため、このような媒体から必要な情報を引き出し、個人の意思決定につなげるには、批判的な思考力や判断力といった認知的能力が必要になる（Oliveras et al., 2013；Zimmerman et al., 2001）。つまり、知識を得る過程で認知的能力が必要とされるのである。

II. 研究課題および研究デザイン

1. 研究課題

ここまで述べてきた通り、科学リテラシーにはその定義上、科学に関する知識だけでなく認知的能力が含まれる。また特に成人の科学リテラシーを考えた場合、その知識獲得の過程で認知的能力が要求される。これらを踏まえると、科学教育において、認知的能力の習得がいかに重要かは明らかである。そこで本研究では、

学校教育で広く用いられる教科書を研究対象とし、教科書が実際に認知的能力の習得を促すように作成されているかどうかを調べることにした。

2. 研究デザイン

a. 概念枠組み

本研究では、教科書の目指す認知的能力の分析にあたり、ブルームの分類法 (Bloom's Taxonomy) を概念枠組みとして用いた。ブルームの分類法とは、アメリカの教育学者ベジャミン・ブルームの著作「教育目標の分類学：認知領域」(1956) の中で提唱された6段階の認知領域を指す (図1)。ブルームによると、教育過程ではこれら6段階の認知領域 (1 = 知識, 2 = 理解, 3 = 応用, 4 = 解析, 5 = 統合, 6 = 評価) の習得が望まれるとされ、以降この分類は、様々な教育現場において授業評価や学力到達基準を規定する際に用いられてきた。例えばジュンら (2008) は、ブルームの分類法に基づきアメリカの大規模試験 (SAT, GRE, MCAT) を統計学的に分析し、これらの試験が幅広い認知領域を問うことをサイエンス誌に発表して、大規模試験が暗記力に偏りがちだという世間一般の懸念を払拭した (Zheng et al., 2008)。

2015年、PISA の評価枠組みの中にあらたな認知枠組みが導入されたことは先に述べた。PISA では既存の認知枠組みに基づいて独自の枠組みが作成されたが、その際に既存の枠組みのひとつとして取り上げられたのがこのブルームの分類法である。そこで本研究では、ブルームの分類法に基づいて高校教科書の設問の求める認知領域の段階を把握することとした。

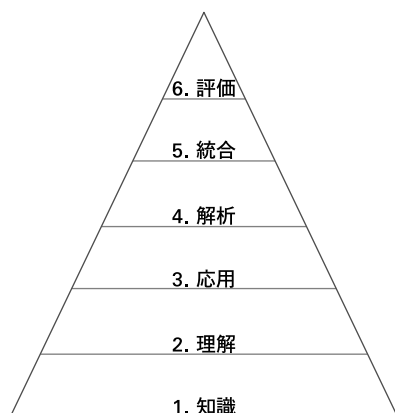


図1 ブルームの分類 (Bloom, 1956)

b. 研究対象の選定とその根拠

研究対象は、高等学校で使用される生物の教科書とする。科目として生物を選択したのは、生物が物理や化学に比べて暗記教科として認識される傾向があることによる。暗記は、ブルームの分類法では第1段階の記憶として分類され、科学リテラシーの要件として重要視される高次認知能力 (判断力, 分析力など) には該当しない。そこで、あえて生物を研究対象にすることで、暗記に偏りがちだと考えられる科目でも幅広い認知的能力の習得が可能かを調べることにした。

次に、学校教育の中でも高等学校に注目する理由だが、これは高等学校における理科教育が、市民科学リテラシーのレベルを維持するにあたり、潜在的な影響力を持つ可能性があるためである。現在、日本ではおよそ97%の生徒が高等学校に入学することから、高等学校が国内の学校教育に大きな影響を及ぼすと示唆される (文部科学省, 2016)。この進学率は大学になると52%まで低下し、さらに理系進学者の割合はその3割弱である (文部科学省, 2016)。これは全人口の1割強に過ぎない。そのため、たとえ大学の理系学部の現状を把握し、なんらかの対処法が得られたとしても、それが一般市民の科学リテラシーに直結するとは考えにくい。一方、高等学校における理科科目はその進学率の高さを考えると、将来的な市民科学リテラシーに多大な影響力を持つ可能性がある。なお、現行のPISAでは15歳の生徒が研究対象だが、これは日本では高等学校1年生にあたる。近年のPISAの結果から、日本の生徒が科学に関する高い知識や認知的能力を持つことが示されていることから、この認知的能力が高等学校以降はどのような変遷をたどるのかは非常に興味深い。そこで、本研究では高等学校における理科教育を研究対象とすることとした。

さらに、教科書を研究対象とする理由だが、これはその使用が日本では義務づけられているため、全国の生徒が主な学習材として用いるという現状による。教科書検定制度により、日本では小学校から高等学校までの学校教育において、文部科学省により適切であると認められた教科図書のみを教科書として使用することができ、またその使用が義務づけられている (学校教育法, 1947)。教科書制度は国ごとに多様であり、国定教科書を使う国もあれば、州など地域ごとに推薦図書が異なる国もある。また各教員の裁量で教科書を選択できる国や、その使用がまったく義務づけられて

いない国もある。これら他国と比較すると、日本では教科書が複数の出版社（教科ごとに異なるが平均すると3～8社程度）により作成されるとはいえ、文部科学省による検定を経ることで、比較的均質な教科書が全国の学校教育で使用されていると考えられる。そこで、その普及率の高さに起因する影響力や、生徒にとっての利便性に基づき、本研究では教科書を研究対象とすることとした。

最後にカナダを調査の比較対象とした理由だが、これはカナダの科学リテラシーのレベルにある。カナダの生徒は日本ほどではないものの、PISAの結果から比較的高い科学に関する知識やコンピテンシーを持つことが示されている（表1）。そして、さらに興味深いことに、カナダでは成人も高い科学リテラシーを持つことが知られる。例えば、先にも述べた成人の科学に関する知識を調査した研究だが、カナダ成人の科学の事実知識に関する質問への正答率は72%であり、日本の56%より高い。また、科学リテラシーを構成するアスペクトとしては、科学に関する知識や認知的能力以外に科学に対する態度が含まれるが、この態度もカナダの成人は高い。例えば、その中の質問のひとつである「過去1年の間に科学技術博物館を少なくとも一度は訪問した」人の割合は、カナダでは32%であったのに対し、日本ではその半値にあたる16%であった。さらに、「新しい科学発見や技術発展に興味がある」と答えたカナダの成人は93%であったのに対し、日本は51%と大きく下回った（Expert Panel, 2013; Kawamoto et al., 2011）。このように、カナダと日本の科学リテラシーのレベルは、生徒から成人への過程でいわば「逆転」することから、なんらかの要因が関与しているのではないかと考えられる。そこで、高等教育の関与の可能性を探るためにも、本研究の比較対象としてカナダを選んだ。

III. 手法

1. 研究対象：教科書と対象箇所

日本およびカナダでは、ともに現在複数の出版社が作成した教科書を利用することができる。そのため、まず本研究の対象として適切な教科書を選択しなければならない。2国間の比較のため、各国で用いられる教科書を3冊ずつ選択し、計6冊の教科書を研究対象とすることとした。

まず日本の場合だが、高校生物の教科書が5社から

出版されている。そこで、東京都におけるシェア上位3位の出版社により作成された教科書（東京書籍、第一学習社、数研出版）を用いることとした（東京都教育庁指導部, 2015; 浅島ら, 2013; 嶋田ら, 2013; 吉里ら, 2013）。一方、カナダでは州ごとに使用される教科書が異なる。そこで、最大人口の居住するオンタリオ州で使用される教科書2冊（Gerald et al., 2011; Fraser et al., 2012）、およびカナダ第3の人口を擁するブリティッシュ・コロンビア州で使用される教科書1冊を選択した（Miller and Levine, 2007）。オンタリオ州では、州の教育省が推薦する教科書が Trillium List にまとめられており、高校生物としては、Nelson Biology 12 (Fraser et al., 2012) もしくは McGraw-Hill Ryerson (Gerald et al., 2011) が選択できる。一方、ブリティッシュ・コロンビア州には同様の州推薦図書リストは存在せず、現在7冊の教科書が州内の高等学校で生物の教科書として利用されており、その中から Prentice Hall (Miller and Levine, 2007) を研究対象に選んだ。

各国の教科書には内容にばらつきが見られる。分野ごとに要求される認知的能力に差がある可能性があるため、全教科書に共通の「代謝」「細胞」「遺伝子」「生化学」「生態と環境」の5分野を研究対象とすることとした。なお、日本の高等学校では、生物が「生物基礎」と「生物」に分かれており、それぞれの履修率は94.3%および28.2%である（文部科学省, 2015）。「生物基礎」の履修者数が「生物」の履修者数を大きく上回るが、「生物基礎」はあくまで基礎的な内容に留まることから、同様の基礎科目がないカナダで用いられる生物の教科書とは難易度が異なる可能性がある。難易度が原因で要求される認知的能力に差が生じる可能性があるため、本研究では、「生物基礎」ではなく「生物」の教科書を研究対象とした。

2. データ分析

ブルームの分類法に基づく分類は、大学の学部生を対象とした生物関連の授業担当教員（生物学関連分野の博士号取得者：協力者）3名に依頼した。各教科書から無作為に選択した同数の設問（表2：各教科書の章末問題から60問ずつ）は、選定源を伏せるためにすべて和訳した後、無作為に並び替え、研究協力者に提供した。なお協力者には本研究の目的は知らされず、各設問をブルームの分類法の6段階（1＝知識、2＝理解、3＝応用、4＝解析、5＝統合、6＝評価）に

分類することが依頼された。分類は3名の協力者がそれぞれ独立して行った。

データ分析は、基本的にジュンらの手法に従った (Zheng et al., 2008)。3名の協力者らによる分類だが、設問の分類段階が3名もしくは2名間で一致したときは、その分類段階を設問の最終的な段階として用いた。3名の分類が一致しない場合は、その設問を以降の分析から除外した (表3)。

表2 各教科書に含まれる設問数

国	教科書	設問数	割合 (%) ^{*1}
日本	数研出版	67	89.6
	第一学習社	60	100.0
	東京書籍	131	45.8
カナダ	McGraw-Hill Ryerson	679	8.8
	Nelson	911	6.6
	Prentice Hall	262	22.9

*1: 各教科書の設問中、分析に用いられた設問の割合を示す。

表3 設問の分類：研究協力者間の分類の一致度

一致の種類	設問数 (%) ^{*2}
3者間の一致	202 (56.1)
2者間の一致	136 (37.8)
3者間の不一致 ^{*1}	22 (6.1)

*1: 3者の分類が不一致だったため、分析からは除外した。

*2: 協力者間の分類が一致した設問数。括弧内の数値は、分析に用いられた設問中の割合を示す。

次に、協力者による分類の一致の信頼性 (評価者間信頼性) を調べるため、コーヘンの重み付きカッパ係数 (κ 係数) を算出した (J. Cohen, 1968)。重み付きカッパ係数を算出したのは、これにより連続的な分類の際に、協力者間の分類の一致度の検討が可能になるためである。そこで、95%信頼区間における2者間の重み付きカッパ係数を線形モデルで算出した (表4)。また協力者による分類から、全設問数に占める6段階それぞれの割合を算出した (図2)。統計分析は、統計解析環境 R を用いた (R development Core Team, 2014)。

表4 統計分析により得られたコーヘンのカッパ係数

	協力者1-2	協力者1-3	協力者2-3
重み付き	0.687	0.682	0.677
カッパ係数 ^{*1}	± 0.041	± 0.041	± 0.040
95%信頼区間	0.607-0.768	0.603-0.763	0.600-0.755

*1: 数値は重み付きカッパ係数±標準偏差で示す。

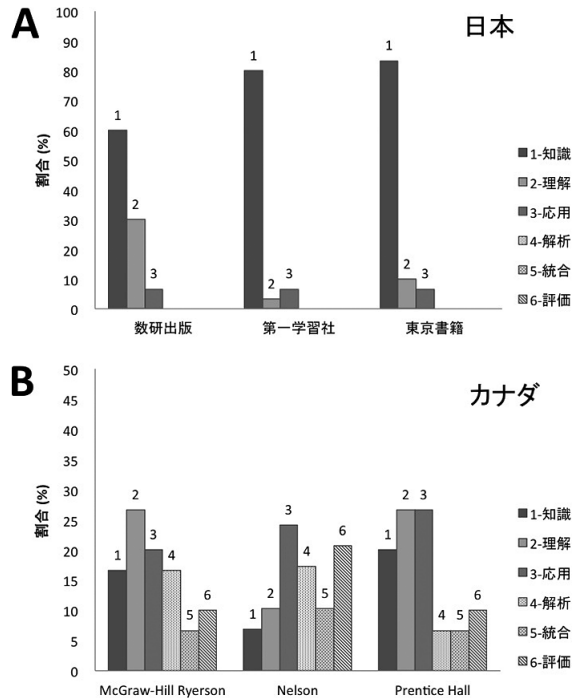


図2 日本とカナダの教科書の認知的能力のレベル

IV. 結果

日本およびカナダの高校生物の教科書が求める認知的能力を特定するため、両国で使用される教科書6冊 (各国3冊) を分析した。教科書に含まれる設問を無作為に60問ずつ抽出し、それぞれの設問が要求する認知的能力をブルームの分類法に基づき6段階に分類した。分類は3名の研究者が独立で実施した。360問の設問のうち、3名の研究者の分類が一致した質問は202問 (56.1%)、2名の研究者の分類が一致した質問は136問 (37.8%) であった。また22問 (6.1%) については3名の研究者の分類が不一致であったため、分析から除外した (表3)。

3名の研究者による分類にあたり、評価者間信頼性

を調べるために重み付きカッパ係数を算出した（表4）。2者間のカッパ係数が0.677～0.687であることから、3名の協力者による分類に十分高い一致があることが示された。

日本およびカナダの教科書の設問の要求する認知的能力として得られた結果を図2に示す。この結果から、日本およびカナダの結果にはそれぞれ独自のパターンがあることがわかる。日本の教科書は、求める認知的能力が第1段階（知識）である設問が全体の60-83%を、第2段階（理解）が3-30%を占めた。また高次認知能力にあたる第4段階以上（解析、統合、評価）の設問はまったく見られなかった。一方、カナダの教科書は第1段階から第6段階までが7-27%の割合で網羅されていた。各段階の設問例を表5に示す。

V. 考察

本研究では、学校の理科教育で広く用いられる教科書が認知的能力の習得を促すよう作成されているかを調べるため、日本およびカナダの高校で広く用いられる生物の教科書を研究対象とし、その教科書に含まれる設問が要求する認知的能力の段階を分析した。その結果、カナダの教科書では、ブルームの分類法により定義される第1～6段階までの幅広い認知的能力が設問の回答に要求されるよう作成されたことが明らか

となった。一方、日本の教科書では、主に第1および第2段階、すなわち知識および理解のみが設問の回答に必要であることから、高次認知能力といわれる第4段階～第6段階（解析、統合、評価）の習得の促進を意図して作成されたようには見受けられなかった。

今回の研究対象として用いた教科書が、平成30年度に改訂される予定であるという点には留意しなければならない。本研究から、日本の高校生物の教科書が高次認知能力を要求する設問を含まないという結果が得られたが、新しい教科書ではこの点が改善される可能性もある。なお、今回の研究対象である日本の高校生物の教科書は、平成21年度に公表された高等学校指導要領に基づき作成されたものである。この指導要領によると、教科書改訂の背景には、「21世紀を生きる子どもたちの教育の充実を図る」という文部科学大臣からの要請があったこと、また「思考力・判断力・表現力等の育成」が基本的な課題のひとつとされたことが明記されている（文部科学省、2009）。この思考力・判断力は明らかに高次認知能力を指すことから、平成21年の時点で、その育成がすでに指導要領に盛り込まれていたことになる。

しかし、本研究の結果、日本の高校生物の教科書は生徒が高次認知能力を習得できるような構成ではない

表5 ブルームの各段階に対応する教科書の設問例

ブルームの段階	設問	教科書(ページ番号)
1	生物がエネルギー源としてよく用いる化合物は次のどれか [1. DNA, 2. H ₂ O, 3. ATP, 4. CO ₂]	Prentice Hall (P. 217)
2	シアノバクテリアが行う光合成の特徴について簡潔に説明せよ	数研出版(P.94)
3	DNAの1コピーは、PCRを15サイクルおよび30サイクル行った後で何コピーになるか	McGraw-Hill Ryerson (P.320)
4	なぜ人は体温を下げるのに汗をかくのか、エントロピーという単語を用いて簡潔に説明せよ	Nelson (P.257)
5	池の水と藻類を用いて、池の生活における光エネルギーの重要性を示す実験を設計せよ。またその際に、制御すべき変数にはどのようなものがあり、またそれをどのように変化させるべきかを説明せよ	Prentice Hall (P.218)
6	1990年代以降の体細胞遺伝子治療の進歩を評価せよ。また遺伝子治療のメリットは、デメリットを覆すかどうかを判断したうえで、自身の意見を正当化せよ	Nelson (P.408)

ことが明らかとなった。では、一体どこに問題があったのだろうか。

ひとつ考えられるのは、教科書の設問が学習到達目標を反映していなかったという点である。本研究では、研究対象を教科書全体ではなく、「教科書に含まれる設問」と限定した。なお、本研究における「設問」は、日本の教科書では章末練習問題に該当する。これらが教科書に含まれるのは、生徒が教科書の内容をどの程度習得したかを確認し、学期末試験等に備えることができるようにするためである。すなわち、設問は学習内容そのものではなく評価方法のひとつだと解釈することができる。ここで重要なのは、効果的な学習には、「学習到達目標」、「評価方法」、そして「授業内容」に一貫性が求められる点である (Biggs, 1996 ; Brown, 2001 ; S. Cohen, 1987)。生徒は様々な動機を抱きながら学習するが、学校での学びにおいて、「よい成績を収める」というのは間違いなく重要な目的の一つだと考えられる。実際、生徒は授業の内容だけでなくその評価方法も同時に学習し、「試験でよい点数を稼ぐことができる」ように、自身を評価方法に適応させる。だからこそ、予めその事実を念頭におき、生徒が「授業内容に加えて評価方法も習得する」ことで、最終的な学習目標に到達できるように評価方法をデザインしなければならない。言い換えると、学習到達目標の設定だけでは十分とは言えず、生徒が最終的なゴールに辿り着くには、その評価方法の熟考が求められるのである。

当然ながら、教科書に含まれる設問は唯一の評価方法ではなく、他の評価方法としては定期試験や大学入試などが考えられる。また、試験勉強対策用の問題集などもこれに含まれる。したがって、本研究から得られた結果は、日本の高校生物という教科全体を考えたときに、その評価方法と学習到達目標が一致していないと結論づけるものではない。そのような全体像の把握には、例えばジュンらが行ったような大規模試験を対象とした研究も必要になると考えられる (Zheng et al., 2008)。

しかし、教科書中の設問の重要性を無視することもできない。先に述べたように、日本では教科書検定制度が導入されており、さらに教科書の使用が義務づけられているため、均質な教科書を全国の生徒が主な学習材として用いるという現状がある。これは世界的に見ても珍しく、このような状況は、全国の生徒が均質な教育を受けられることを保証している点から非常に

好ましい。実際、カナダを含む多くの国では、州や地域ごとの生徒の学力差が問題になっているが、日本ではこのような問題は見られない。だが、均質な教育だからこそ生じる問題も存在する。これは、生物が生存するには遺伝的多様性が不可欠だというアナロジーを考えると理解しやすい。遺伝的多様性が失われた生物は、なんらかの環境的な危機に直面すると、その遺伝情報の均質性ゆえにあらたな環境に適応ができず、その結果、種として生き延びることはできない。これを教育に置き換えてみると、日本の場合、均質性を重視する教育制度を導入した結果、同時にその責任、ここでは教科書作成とその検定プロセスに課せられる責任が、図らずも増大してしまった可能性がある。なお、本研究のから導かれた結果は、あくまで教科書で問われる高次認知能力に関するものであり、決して日本の教科書検定制度に問題があることを示唆するものではないことは申し添えたい。むしろ、均質な教科書の提供を可能にする土台がすでに築かれているからこそ、教科書作成の過程に学習科学の知見がより反映されれば、その速やかな効果が期待できると考える。

日本の高等教育における教科書の重要性を論じるにあたり、教科書検定制度に加え、実際の授業がどの程度教科書に依存しているかも考慮しなければならない。日本・米国・中国・韓国4ヶ国の高校生を対象として、国立青少年教育振興機構により平成29年に実施された「高校生の勉強と生活に関する意識調査報告書」によると、日本には授業が教科書中心に行われると感じる高校生が多いことが明らかとなった。この調査によると、「教科書に従って、その内容を覚える授業」が「ほとんどだ」と答えた日本の高校生は41.7%、「半分以上だ」と答えた高校生は49.5%にのぼり、この2つの選択肢を合わせると9割を超える。これに対し、例えば米国では「ほとんどだ」と答えた高校生は11.0%、「半分以上だ」と答えた高校生は25.9%であり、授業において教科書の占める割合が日本ほど高くない。この結果から、日本の高等学校では、授業中に教科書の果たす役割が非常に大きいことが示唆される。なお、教育の実証の場はあくまで授業であり、その最終的な質は各教員に委ねられる。従って、教員の技量によっては、授業中に生徒が高次認知能力を習得することが可能なケースも十分あり得る。しかし、上記の調査から、多くの高校生が教科書を中心に授業が展開されると感じている点は念頭に置く必要があるだろう。

冒頭で述べた科学リテラシーだが、これまでに、国内の科学リテラシーへの対策として、さまざまな事業やプロジェクトが国内で展開されてきた。例えば、文部科学省により平成14年にスーパーサイエンスハイスクール（SSH）プログラムが導入されてから15年が経過した。その効果だが、平成23年に実施された意識調査では、参加した生徒の60%が「理科・数学の理論・原理への興味が湧いた」と回答し、さらに57%が、「学んだ事を応用することへの興味が湧いた」と回答したことなどから、全体として成功を収めていると見られる（文部科学省，2011）。しかし、SSHとして指定される高等学校は決して多くはない。実際、平成28年度に指定校とされたのは200校であり、これは国内の高等学校数（3,537校，平成28年5月時点）の6%に満たない。そのため、このプログラムは将来的に国内の科学技術を担う人材育成という観点からは非常に期待されるものの、ややエリート育成の傾向があることから、一般市民に直接影響を及ぼすとは考えにくい。むしろ、市民科学リテラシーを考える場合、義務教育と教科書検定制度という日本に特有の制度を活かし、できるかぎり多くの生徒の生涯教育につながるような科学教育を提供するほうが現実的なのではないだろうか。

附記

本研究は、平成28年度 科学研究費助成事業 若手研究（B）（課題番号70769067）の助成を受けた。

引用文献

- American Association for the Advancement of Science [AAAS] (1989): Science for all Americans: A Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology (Vol. 89). *Amer Assn for the Advancement of*.
- 浅島誠ら (2013): 高等学校理科用 文部科学省検定済教科書 生物 東京書籍.
- Biggs, J. (1996): Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher education*, 32, 3, 347–364.
- Bloom, B. S. (1956): *Taxonomy of educational objectives: The classification of education goals by a committee of college and university examiners* (M. David Ed.).
- Brown, G. (2001): *Assessment: A guide for lecturers* (Vol. 3). York: Learning and Teaching Support Network.
- Cohen, J. (1968): Weighted kappa: Nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit. *psychological bulletin*, 70, 4, 213.
- Cohen, S. (1987): Instructional alignment: Searching for a magic bullet. *Educational Researcher*, 16, 8, 16–20.
- DeBoer, G. E. (2000): Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of research in science teaching*, 37, 6, 582–601.
- Dimopoulos, K., & Koulaïdis, V. (2003): Science and technology education for citizenship: The potential role of the press. *Science Education*, 87, 2, 241–256.
- Expert Panel on the State of Canada's Science Culture (2013): Science Culture: Where Canada Stands. *Council of Canadian Academie*.
- Feinstein, N. (2011): Salvaging science literacy. *Science Education*, 95, 1, 168–185.
- Fives, H., Huebner, W., Birnbaum, A. S., & Nicolich, M. (2014): Developing a Measure of Scientific Literacy for Middle School Students. *Science Education*, 98, 4, 549–580.
- Fraser, D., LeDrew, B., Vavitsas, A., White-McMahon, M., & DiGiuseppe, M. (2012): *Nelson Biology 12 University Preparation*. 学校教育法第34条 (1947).
- Gerards, S., Ramlochan, S., Ramlochan, C., Parrington, J., & Mccallum, S. (2011): *McGraw-Hill Ryerson Biology 12—Student Textbook*, McGraw-Hill Education.
- Hurd, P. D. (1958): Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational leadership*, 16, 1, 13–16.
- Jarman, R., & McClune, B. (2007): *Developing Scientific Literacy: Using News Media In The Classroom: Using News Media in the Classroom*. McGraw-Hill Education (UK).
- Kawamoto, S., Nakayama, M., & Saijo, M. (2011): A survey of scientific literacy to provide a foundation for designing science communication in Japan. *Public Understanding of Science*.
- 国立青少年教育振興機構青少年教育研究センター (2017): 高校生の勉強と生活に関する意識調査報告書：日本・米国・中国・韓国の比較.
- McCurdy, R. C. (1958): Toward a population literate in science. *The Science Teacher*, 25, 7, 366–408.
- Miller, Jon D. (2010): “Civic scientific literacy: the role of the media in the electronic era.” *Science and the Media*, 44–63.
- Miller, K. R., & Levine, J. S. (2007): *Biology*. Prentice Hall.
- 文部科学省 (2009): 高等学校学習指導要領解説理科編 実教出版.
- 文部科学省 (2011): SSH 意識調査概要 https://ssh.jst.go.jp/ssh/public/reports/attitude_survey.html (参照日2017.11.25).
- 文部科学省 (2015): 公立高等学校における教育課程の編成・実施状況調査 http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/_icsFiles/afiedfile/2016/03/11/1368209_02.pdf (参照日2017.11.25).
- 文部科学省 (2016): 学校基本調査の概要 財産形成リサーチセンター.
- National Research Council [NRC] (1996): National science education standards. *National Academy Press*.
- National Science Board (2012): Science and engineering indicators

2012. *NS Foundation (Ed.). Arlington, VA: National Science Foundation.*
- Oliveras, B., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2013): The use of newspaper articles as a tool to develop critical thinking in science classes. *International Journal of Science Education*, 35, 6, 885–905.
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2001): Knowledge and skills for life: First results from PISA 2000 *OECD Publishing.*
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2004): Learning for tomorrow's world: First results from PISA 2003. *OECD Publishing.*
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2007): PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World. Volume 1, Analysis. *OECD Publishing.*
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2010): PISA 2009 Results: what students know and can do. Student Performance in Reading, Mathematics and Science. *OECD Publishing.*
- Organisation of Economic Co-operation and Development [OECD] (2013): OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2013 Innovation for Growth.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2016a): *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy.* OECD publishing.
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2016b): PISA 2015: PISA 2015 Results (Volume I) Excellence and Equity in Education. Volume 1, Analysis. OECD Publishing.
- R development Core Team (2014): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Ryder, J. (2001): Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*, 36, 1–44.
- Schweingruber, H., Keller, T., & Quinn, H. (Eds.) (2012): A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. *National Academies Press.*
- 嶋田正和ら (2013) : 文部科学省検定済教科書 高等学校理科用 生物 数研出版.
- Special Eurobarometer (2005): European Science and Technology. 東京都教育庁指導部 (2015) : 都立高等学校及び中等教育学校 (後期課程) 用教科書教科別採択結果.
- 吉里勝利ら (2013) : 文部科学省検定済教科書 高等学校生物 第一学習社.
- Zheng, A. Y., Lawhorn, J. K., Lumley, T., & Freeman, S. (2008): Assessment. Application of Bloom's taxonomy debunks the "MCAT myth". *Science*, 319, 5862, 414–415.
- Zimmerman, C., Bisanz, G. L., Bisanz, J., Klein, J. S., & Klein, P. (2001): Science at the supermarket: A comparison of what appears in the popular press, experts' advice to readers, and what students want to know. *Public Understanding of Science*, 10, 1, 37–58.

(受付日2017年9月21日 ; 受理日2017年12月26日)

[問い合わせ先]

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘1-1
 大阪大学 国際教育交流センター
 岡本 紗知
 e-mail: okamoto@ciece.osaka-u.ac.jp
