



# 宮崎大学学術情報リポジトリ

## University of Miyazaki Academic Repository

未来を生きる探究能力と科学☒を備えた市民を育成する  
科学教育カリキュラム

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Nakayama, Hayashi メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10458/5596">http://hdl.handle.net/10458/5596</a>

# 未来を生きる探究能力と科学力を 備えた市民を育成する科学教育カリキュラム

2015年 7月

中山 迅 (宮崎大学・大学院教育学研究科)  
猿田 祐嗣 (國學院大學・人間開発学部)  
鈴木 誠 (北海道大学・高等教育推進機構)  
隅田 学 (愛媛大学・教育学部)  
内ノ倉 真吾 (鹿児島大学・教育学部)  
稲田 結美 (上越教育大学・大学院学校教育研究科)  
三好 美織 (広島大学・大学院教育学研究科)  
大貫 麻美 (帝京平成大学・現代ライフ学部)  
三宅 志穂 (神戸女学院大学・人間科学部)  
小野瀬 倫也 (国土館大学・文学部)  
鈴木 宏昭 (山形大学・地域教育文化学部)

この小冊子は、日本学術振興会の科学研究費 基盤研究(B)(一般)「未来を生きる探究能力と科学力を備えた市民を育成する科学教育カリキュラムの開発」(平成 24 年度～平成 26 年度, 課題番号: 24300271 研究代表者: 中山 迅) の助成を受けて作成されたものです。

問合せ先: e04502u@cc.miyazaki-u.ac.jp (宮崎大学 中山 迅)

## 目次

はじめに	1
「21 世紀型探究・発見学習」による理科授業の開発 －「プロセスとしての科学」から「ツールとしての科学」へ－ 隅田 学 (愛媛大学 教育学部)	2
理科教育における科学的探究能力の育成 －“Nature of Science”の視点から－ 鈴木 宏昭 (山形大学 地域教育文化学部)	4
科学的な探究の能力の育成を鑑みた幼少期からの生物教育を目指して 大貫 麻美 (帝京平成大学)	6
日本の小・中学校理科における問題解決・探究活動を駆動する「問い」 －教科書に書かれている「問い」の場面と種類－ 中山 迅 (宮崎大学)・猿田祐嗣(國學院大學)	8
理科における言語に関する能力の育成－フランスの事例分析－ 三好美織(広島大学)	10
フィンランドの大学入学資格試験に見る「探究」 鈴木 誠 (北海道大学)	12
資質・能力の観点からの理科カリキュラム開発の一動向 －日本とアメリカの先導的な事例に着目して－ 内ノ倉 真吾 (鹿児島大学)	16
モデルに関連する能力の育成－学習内容と能力の実態から－ 稲田 結美 (上越教育大学)・齋藤 恵 (上越教育大学大学院学校教育研究科)	18
学習科学の知見を生かした理科授業構築の視点 －ICT 機器の利活用を例に－ 小野瀬 倫也 (国士舘大学 文学部)	22
理科と日常・社会とのつながりに理科教育研究者・実践者はどの程度関心をもってきたのか 三宅 志穂 (神戸女学院大学)	24
ノーベル科学賞から見た 21 世紀型科学研究スタイル －ノーベル物理学賞 1901 年から 2014 年の変遷－ 風呂 圭祐(愛媛大学 大学院)・橋本 愛(愛媛大学 大学院)・隅田 学 (愛媛大学 教育学部)	26

## はじめに

この小冊子は、次の時代の理科教育カリキュラムの検討材料を提供しようとして作成したものです。メンバーは、日本理科教育学会の2011～2014年度の教育課程委員会の委員であった若手の研究者とそれを支える「自称若手」のサポーターから成っています。

世の中は、予想を超える速度で変化しており、次の教育課程を、知識と経験が豊富な者の智慧だけに頼って創造することは不可能です。知識と経験の蓄積に加えて、本質をとらえた分析に基づく洞察が求められます。それは、次の時代を生きる若者が、自ら考え、創造に挑戦することに委ねられていると言っても過言ではありません。

私たちの研究プロジェクトでは、主に「言語」「科学的探究」「学習科学」「科学的リテラシー」といったキーワードを手がかりにして、理科の教育課程について3年間にわたって検討してきました。この報告書は、そのような研究の成果を、各自があらためて自分自身の視点で整理し、コンパクトに表現したものです。

それぞれの報告が示唆する視点が、これからの理科教育課程を想像する貴重な手がかりとなると同時に、今後の研究への指針となることを願っています。

この小冊子が、何かのご参考になれば幸いです

2015年7月  
中山 迅

# 「21世紀型探究・発見学習」による理科授業の開発 －「プロセスとしての科学」から「ツールとしての科学」へ－

隅田 学 (愛媛大学 教育学部)

## 1. 20世紀型探究・発見学習の特徴と問題点

科学は探究のプロセスとして教えられるべきであるという理科教育における探究学習は、20世紀半ばに米国で展開された理科カリキュラム改革運動に大きく影響を受けた。その頃より、探究学習と発見学習については、厳密な概念規定を探ることが難しいことが述べられているため、ここではその区別には言及しないことにしておく。

川原(1986)は、Victorの論文を参考に、急速に拡大する当時の探究的教授・学習の特徴について次の7つに整理している。

### (20世紀型) 探究的教授・学習の特徴・前提 (川原, 1986)

- ① 探究授業は注意深く計画される。
- ② 探究授業は一般的なパターンに従う。
- ③ 探究学習は高度にプロセス志向である。
- ④ 教授・学習は疑問中心である。
- ⑤ 教師は学習の指導者である。
- ⑥ 子どもは前もって答えを知らない。
- ⑦ 時間は最も重要なものではない。

20世紀型の探究学習には、子どもが授業の中心として参加する点、口頭による教授や演示実験といった教師から子どもへの一方的な理科授業から子どもを解放した点、子ども自身が学習活動を通して自分の能力感の向上を実感できる点、理解と態度、興味を統合的に促進できる点など、従来の理科授業を大きく転換させるような利点が含まれていたのは事実であり、現在にも引き継がれている。

一方で、既に30年前に川原が指摘していたような探究学習に関わる問題点が解決されていない。例えば、理科におけるすべての事柄が探究学習のみによって学習されるわけではない点、時間がかかるため本来の探究学習の意図とは異なるように子どもを導く場合が少なくない点などが挙げられる。探究学習では、子ども中心的な側面が過度に強調されることもあるが、Samarapungavan(2008)によって、探究のプロセスそのものの学びであっても、教師による介入なくしては十分な成果が得られないことも実証的に示されている。

## 2. 「21世紀型探究・発見学習」による理科授業の開発へ向けて－授業論から変革する－

小川(2002)は、西洋圏・非西洋圏における探究学習に関わる広いレビューを行い、20世紀後半の探究学習を学習論として議論可能な共通観点は「科学の方法としての探究のプロセスの重視」であると整理した。Abad-El-Khalickら(2004)は、世界的な文脈で「探究」について再検討を行う中で、7つの二項対立の問題点を挙げており、例えば、「問いを自分で立てて解決するのか vs. 説明・モデルを提示して説明を修正するのか」「知識の正当化や検証の過程としての科学 vs. 発見や知識主張の生成過程としての科学」が含まれている。

20世紀の探究学習に関するレビュー研究が明らかにした問題点は、主に「学習論」や「カリキュラム論」から議論されているが、「授業論」から考えることにより、新しい解決策を提案し、大きく前進可能な

ものであると思われる。例えば、Abad-El-Khalick らが挙げた二項対立は、授業1単元全体を考える場合は、むしろ相補的なものとして包含して議論可能となる。「授業論」から、21世紀型の探究・発見学習として革新的な進歩が期待できる。

### 3. 「21世紀型探究・発見学習」による理科授業－「科学」を使いながら学ぶ－

20世紀型の探究・発見学習は、授業時間内に、全ての子どもが「同じプロセス」で「一つの科学的な答え」に向かうものであった。21世紀は、新しい知識・情報・技術が社会のあらゆる領域での活動の基盤として飛躍的に重要性を増す「知識基盤社会」の時代であり、科学はまさにその牽引者である。21世紀型の探究・発見学習は、探究の基盤となるリテラシーとしての科学知識・技能の「共有化」と、その意図的・実践的な「個性化」が鍵となる。理科授業において、「ツールとしての科学」を「使いながら学ぶ」ことを提案したい。

下図は、小学5年「ものの溶け方」単元の我々の実践例で、単元の終盤に行った、探究の「個性化」場面のワークシート（一部抜粋）である。「科学のきまり（科学概念）」や「科学のたとえ（科学的な思考様式）」をうまく働かせてオリジナルな実験を具体的に計画できている。単元全体を通して、自分で（教師や友人とも一緒に）何度も「科学」を使って確認しながら、より正しく、より実り豊かに使えるようになっていく、そのプロセスを通じて科学理解が深化・拡充する理科授業が、21世紀に求められる探究的な理科授業であろう。

溶けるについて研究：上級「オリジナルな実験を考えよう！」

上級では「溶ける」について、自分で問いや方法を考えて調べます。初級や中級の研究結果を参考にしながら、これまでに学んだこと・日常生活で経験したこと・不思議に思ったことをよく考えて、【オリジナリティのある研究】を考えよう。ただし、内容は「溶ける」に関するもので、80分以内に行える研究を考えよう。

これまでの理科の授業で明らかにしてきた「溶ける」に関する科学的問い

初級①：食塩が水に溶ける量には限度があるのだろうか？  
 中級②：砂糖・食塩・ミョウバンの中でどれが一番よく溶けるのか？  
 中級③：水の量を増やすと溶けるものの量は変わるのか？

自分で考えた科学的問い(砂糖)

1回目と2回目のとける時間は5分違うのか？

その科学的問いを考えたい理由

今までは、限度やよく溶けるのはとれかを説明するだけだから、時間が気になりました。だから調べてみました。

自分が考えた問いの「ユニークなところ」や「新しい発見ができそうなおもしろいところ」

時間を使うとこ

実験に必要な準備物を考えよう。

例) ①100 mL ビーカー：2個、②薬包紙：1枚、③電子てんびん：1台

準備物

ビーカー・・・1個	薬包紙・・・1個	温度・・・14度
薬包紙・・・1個	ガラスばら・・・1本	溶けもの・・・砂糖
電子てんびん・・・1台	砂糖・・・	水の量・・・50 mL
ストップウォッチ・・・1個	水	使用するもの・・・
	メスシリンダー・・・1個	

【実験方法】

- ① 電子てんびんで5gの砂糖を計る。
- ② 50 mLの水に入れる。
- ③ ストップウォッチで何秒かほかる。
- ④ ませる
- ⑤
- ⑥ くり返し
- ⑦
- ⑧

【予想】『科学のきまり』や『科学のたとえ』を使って考えながら、自分の予想を絵や言葉で説明しよう。

絵

言葉

もし目に見えるくらい大きな粒だったら、1回目は1分で水と砂糖が溶けなくなるけど、2回目は1分で水と砂糖が溶けるのがおもしろい。

図 「ツールとしての科学」を個性豊かに使用しながらオリジナルな実験を考える子ども

#### 引用・参考文献

Abad-El-Khalick, F. et al., *Science Education*, 88(3), 397-419, 2004.

川原寄人, 学校理科研究会編, 現代理科教育学講座 5 巻方法編 (上), 37-62, 明治図書, 1986.

小川正賢, 日本理科教育学会編, 理科教育学講座 5 理科の学習論 (下), 1-32, 東洋館出版社, 2002.

Samarapungavan, A., et al., *Science Education*, 92(5), 868-908, 2008.

# 理科教育における科学的探究能力の育成

## －“Nature of Science”の視点から－

鈴木 宏昭 (山形大学 地域教育文化学部)

### 1. はじめに

日本の理科教育では、各学校段階の学習指導要領によって示されているように、小学校から高等学校に至るまで一貫して観察や実験が強調されている。小学校、中学校理科では、各学年の目標に習得すべき科学的探究能力として問題解決の能力が設定されている。本稿は、日本の理科教育における科学的探究能力に関する研究動向と生徒の科学的探究能力に関する認識を整理した上で、これからの科学的探究能力育成に関して“Nature of Science”（以後、NOS と略記）の視点から展望する。

### 2. 日本の理科教育における科学的探究能力に関する研究動向

近年日本における科学的探究能力の研究動向を明らかにするため、理科教育学会学会誌『理科教育学研究』41 巻 1 号（2000 年）から 52 巻 3 号（2011 年）に掲載された約 370 編の論文を以下のカテゴリーに基づき抽出・分類した。なお、この分類カテゴリーはこれまでの先行研究に基づき発表者作成したものである。

表 1. 科学的探究能力に関する研究の分類結果

分類カテゴリー	論文数（編）
科学的探究能力育成の意義，目的・目標論	4
科学的探究能力育成のための学習指導	5
科学的探究能力と認知活動の関連	6
科学的探究能力の実態調査，評価	3

調査の結果、学会誌の掲載論文の調査からであるものの、これまで日本の理科教育において伝統的に強調されて科学的探究能力に関する研究では、科学的探究能力育成のための学習指導に関する研究や実験活動と児童・生徒の認知との関連性に関する研究が数多く行われてきた。しかしその一方で、米国の理科教育に関する研究動向との比較では、諸外国の科学的探究能力に関する研究で行われているような「科学的探究能力についての理解」（科学的探究能力とは何かを理解すること）に関する研究、つまり、NOS に関する研究や、それぞれの科学的探究や科学的探究全体を把握するための研究、また、「科学的探究能力の評価」に関する研究が比較的理科教育学会の論文として掲載されていなかったことが明らかになった。また、欧米の理科教育学では、「仮説設定」や「推論」のような個別の科学的探究能力に関する研究はあまり行われておらず、観察や実験の成否を問うような研究が行われていた。今後、日本の理科教育において、これまでの研究成果を踏まえつつ、総合的に科学的探究能力に関する研究を進めていく必要がある。

### 3. 日本の生徒の科学的探究能力に関する認識の特徴

日本の中学生（2年生 100名）を対象に科学的探究能力についての理解を解明するという目的のもと質問紙調査を実施した。実施時期は、2009年5月である。具体的な調査項目は、NOSの内容として取り上げることの多い「観察と推論の相違」を考慮して、科学的探究能力の「観察」と「推論」を中心とした。

#### （1）科学的探究能力についての認識

日本の生徒の約3割は、「観察」を「ただ単に対象物を見ることと考えている」と考えていた。米国の理科教科書で説明されているような「観察」(observation)を「ただ見るだけでなく五感を用いて対象物の性質や特徴に関する情報を集めること」と捉えている生徒の割合はわずか6%であった。生徒達は、「観察」という活動を目で見ることに限定している傾向にあった。

「推論」については、「これまで考えたこともない」というような回答が多数であった。

#### （2）科学的探究能力の認識の形成場面

日本の中学生は、どのような人から、また、どのような場面で「観察」についての考え方を教授されたのかを調査した。その結果、「学校の先生から聞いて知った」と回答した生徒が8割であり圧倒的に多かった。また、理科授業の中で聞いた、考えたというような回答も非常に多かった。そのような回答以外では、「そんなに深く考えたことがなかった」や「今自分で考えた」というような、今回の質問紙調査によって改めて考えたという回答が目立った。

#### （3）観察や実験の意義に関する認識

理科授業における観察や実験の意義に関する回答では、空欄や「わからない」等の回答が多く、その割合は、約4割に達した。その他の回答では、「くわしく知るため」や「みのまわりのものを良く知るため」という回答も多かった。その他、「理科だから」というように、理科という教科に対するイメージと関連させた回答もみられた。

### 4. おわりに

これまでの理科教育では、科学的探究能力の習得においてその能力を活用して適切な観察や実験の結果が得られているかどうか問題にされてきたきらいがある。米国では、科学的探究能力の習得の際、適切な「科学的探究能力についての理解」も合わせて求められる。今後、日本の理科教育においても、科学的探究能力によって適切な観察や実験の結果が得られるかどうかだけでなく、児童や生徒の「科学的探究能力についての理解」やNOSの理解をも理科教育の目標に含めていくことを検討すべきではなかろうか。

### 註

本稿は、下記の研究結果をもとに加筆・修正したものである。

鈴木宏昭（2011）「中学生の“Nature of Science”に関する認識の特徴－探究スキルに関する認識に着目して－」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』第9号，75.

鈴木宏昭（2012）「日本の理科教育学における探究スキルに関する研究動向」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』第10号，131.



# 科学的な探究の能力の育成を鑑みた幼少期からの生物教育を目指して

大貫 麻美 (帝京平成大学)

はじめに 幼少期からの一貫した理科教育の重要性が広く認知され、各国でスタンダード等の整理がなされつつある。本稿では、まず「生命の連続性」概念系の構築過程を例示として、日本の生物教育の特徴を考察する。次に、幼少期の学びを支援する教員養成についての課題をまとめる。

## 1. 日米比較から見た日本の理科教育における「生命の連続性」概念系の構築過程の特徴

### (1) 「生命の連続性」概念系の構築過程

平成 20 年・21 年改訂の学習指導要領解説において理科は、学習過程の構造化が図られ、小学校「理科」から高等学校「生物基礎」に至る学習の流れが 4 つの柱に分けて示された。「生命」の柱は、さらに 4 つに細分化されている。その中の「生命の連続性」概念系について、より詳細な構造を明らかにするため、Science Literacy Maps<sup>1)</sup> (以下「米国の Map」) を参照しながら Map (以下「日本の Map」) を作成した (図 1)。

日本の Map 作成に当たり概念系の構成要素を、米国の Map にある「遺伝のメカニズム」「生殖」「細胞と発生」に大別した。

なお、作成過程で、生命尊重の概念等を含む日本独自の内容が見られたことから、これらを独立した構成要素「個体の生死」に位置づけることとした。

また、理科に先立って行われる

生活科の学習指導要領及び幼稚園教育要領で「生命の連続性」概念系に関連する内容を抽出した。その結果、先に述べた「個体の生死」に関する内容が複数あることが分かった。理科における科学的な探究の能力の育成に先立ち、生命尊重等の生命倫理や、生物と季節との関係等に関する概念構築が促されているところに日本の生物教育における一つの特徴があると言えよう。

### (2) 科学的な探究に関与する横断的概念の構築過程 (日米の生物教育の比較から)

米国で 2013 年に公開された Next Generation Science Standards (NGSS)<sup>2)</sup> には、学問領域の Core Idea だけではなく practice や、学問領域を超えて形成される横断的概念、工学的な内容や他教科とのつながり等も明示されている。NGSS では横断的概念を 7 つの要素に分けて説明

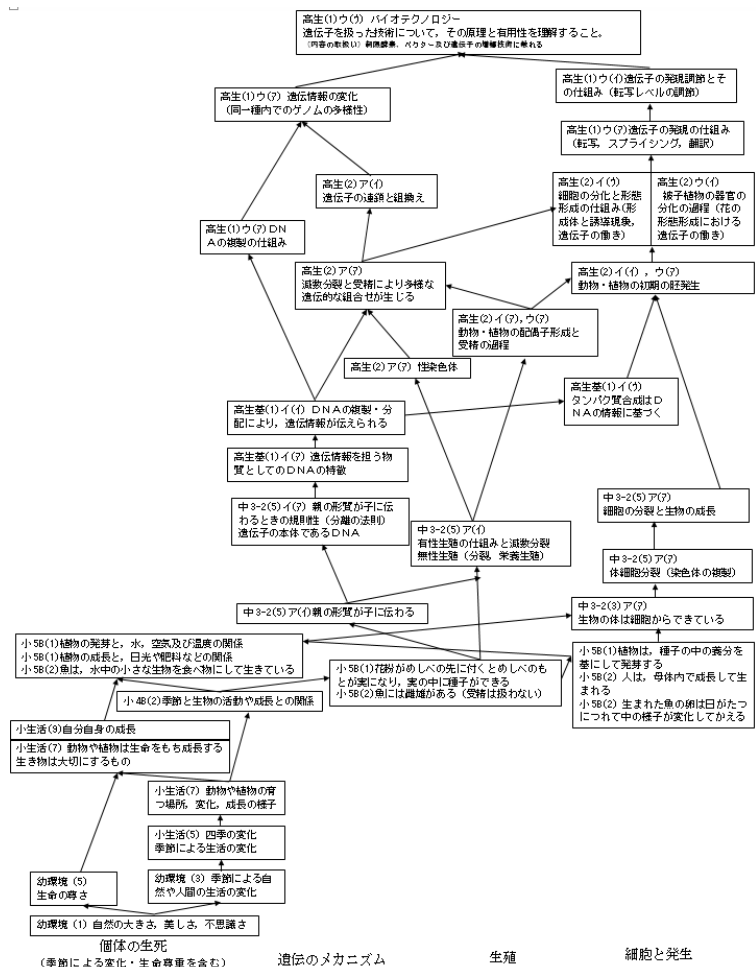


図 1. 日本における「生命の連続性」概念系の構築過程を示す Map

している。生物領域における学習では、kindergarten から「パターン」に関する内容が示され、その後「構造と機能」や「因果関係」が扱われる。3 年次にはこれらに加え「スケール・割合・量」や「システムとシステムモデル」等、多くの横断的概念が示されており、5 年次から「エネルギー」が扱われ始める。「安定性と変化」は、第 5 学年までに明記されていない内容であるが、第 1・2 学年で扱われる「構造と機能」の学習過程に、素地となる概念構築が包含されている。

日本の学習指導要領では、理科は小学校第 3 学年から始まり、その 3 年次から学年ごとに、比較、関係づけ、条件制御、推論というキーワードが目標に示されている。日米の生物教育を比較すると、扱う学年は異なるが、多様な生物を比較し、そこにパターンを見いだす概念構築から始まり、構造や機能について知ることや因果関係に関する概念の構築に発展するところに共通点がある。一方、日本では学年ごとに視点が異なるが、NGSS では幼少期から学年を超えて多様な横断的概念の深化・拡大が段階的に図られている。また、米国では「エネルギー」を横断的概念としているが、日本では物理領域の柱として示されている点も大きな違いと言える。

## 2. 幼少期の学びを支える教員の養成における課題

幼稚園教諭や小学校教諭をめざす非理系の教職志望者に特徴的な傾向として、科学技術についてのニュースに興味・関心があると言い切れず、機会があれば科学者や技術者の話を聞いてみたいと思う意欲が低いことなどがある<sup>3)4)</sup>。これは即ち、学生自身の科学的な素養や探究能力の向上の機会を自己研鑽に委ねることが難しいことを示している。しかしながら、現行法では小学校教諭一種免許状の取得に際して、理科の指導法 2 単位が必須であるものの、教科に関する科目は必須とされていない。さらに、小学校教諭二種免許状の取得に際しては、理科の指導法も必須ではない。幼稚園教諭一種免許状の取得に際して、教科に関する科目の選択肢に理科は入っていない。

「生命の連続性」概念系には、幼少期の情意的側面をも含む概念構築から、科学・技術の進展に伴い変化しつづける最先端領域に至るまで多様な内容がある。これらの学びの根幹を支える教職志望者の科学的な素養が高等学校までの学習に依拠するところが多く、科学的な探究能力の向上に資する学習支援の在り方を学ぶ機会が少ないという点は大いに懸念されるところである。

### 引用文献

- 1) Science Literacy Maps, <http://strandmaps.dls.ucar.edu/> (2015.3.26 確認)
- 2) NGSS Lead States: *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.
- 3) 大貫麻美・高山真記子：非理系学生に保持されている科学概念に関する基礎研究，日本教科教育学会誌 32(3)，51-60，2009.
- 4) 大貫・中城満・三宅志穂：教職志望学生が保持する科学概念に関する基礎的研究，帝京平成大学児童学科研究論集，No. 5（印刷中），2015.

備考：本稿の一部は、以下の口頭発表における内容に質疑・応答をふまえた加筆をしたものである。

- ・大貫・高山：「生命の連続性」概念の構築に関する基礎的研究（1），日本理科教育学会全国大会，2013.
- ・大貫：「生命の連続性」概念の構築に関する基礎的研究（2），日本理科教育学会関東支部大会，2013.
- ・大貫：米国 NGSS に見る「生物」領域に関する概念構築過程（1），日本理科教育学会関東支部大会，2014.
- ・大貫：米国 NGSS に見る「生物」領域に関する概念構築過程（2），日本生物教育学会全国大会，2015.
- ・大貫：教員養成における理科教育の在り方，日本教師教育学会課題研究Ⅲ教師教育の高度化第 4 回例会，2012.
- ・大貫：小学校教諭志望の文系学生を対象とした理科教育，日本教師教育学会研究大会，2014.

# 日本の小・中学校理科における問題解決・探究活動を駆動する「問い」 －教科書に書かれている「問い」の場面と種類－

中山 迅 (宮崎大学)

猿田祐嗣(國學院大學)

## 1. はじめに

日本の学習指導要領では、小学校理科では「問題解決」、中学校理科では「探究」の活動を行うことを前提とし、それらによって問題解決や探究を行う能力を育成することを目標としている。問題解決や探究は、「問い」を設定して、それについての答えを出す活動であるから、授業で立てられる「問い」の中に、日本の小中学校理科の問題解決・探究活動の特徴や問題点が隠されていると考えられる。そこで、実際の授業のひな形と見なすことのできる「教科書」に注目し、教科書では、どのような「問い」が、どのような場面で立てられているのかを明らかにすることにした。本報告は、これに取り組んだ2つの論文(中山ら；2014, 2015)の内容に基づく報告である。

## 2. 方法

現在、日本全国で使用されている主要な5社の小中学校理科の教科書の記述から、「問い」と見なすことのできる部分を抜粋してデータ化した。そして、問いの「種類」と「場面」の2つの観点でカテゴリー化を行い、問いの種類と場面でクロス集計を行って、小・中学校の特徴を比較した。

## 3. 結果

小学校と中学校の問いの集計結果を図1及び図2に示す。

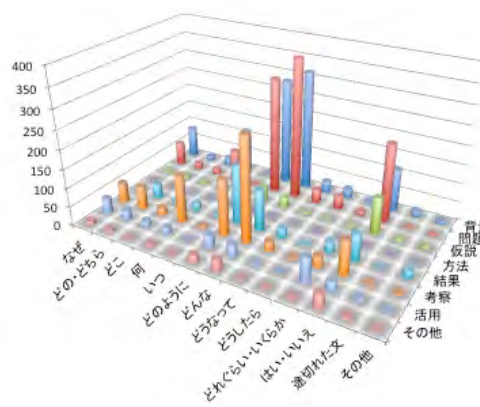
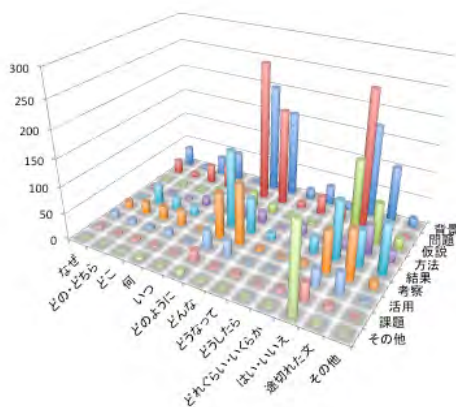


図1 小学校理科教科書の問いの種類と場面の集計 (3,780件)

図2. 中学校理科教科書の問いの種類と場面の集計(4,177件)

問いの種類に注目すると、いずれの学校種でも、「どなた」「どのよう」の件数が多い。「はい・いいえ」の問いも、両方の学校種で多いが、小学校では際だって多いのに対して中学校では小学校ほど多くない。これらに続いて、小学校では「途切れた文」が多いが中学校ではほとんどない。中学校では「何」もある程度の件数が認められるが、小学校では目立たない。

「場面」に注目すると、小・中学校ともに「背景」・「問題」に多くの問いが集中している。そして、これらについて「結果」と「考察」の場面でも多い。中学校では「方法」場面の問いがほとんどないが、小学校では「方法」場面でも、ある程度の問いの件数は認められる。

表1は、小学校の「方法」場面の問いの件数を学年と内容領域でクロス集計したものである。これによると、方法場面の問いは、第3学年の「エネルギー」領域と、第5学年の各領域に集中している。

表1 方法場面の問いの学年と領域の集計

学年／領域	エネルギー	粒子	生命	地球	総計
3	18	3	3	2	26
4	1	10	7	8	26
5	21	14	28	28	91
6	6	6	14	3	29
総計	46	33	52	41	172

#### 4. 考察

中山ら(2014, 2015)では、上記のような結果から、「背景」・「問題」場面で問われたのと同様の問いが、「結果」と「考察」においても繰り返し問われ、問題解決や探究の進行とともに補完される傾向が指摘されている。日本の理科の問題解決・探究活動では、最初に立てた問いについて、観察や実験の結果を踏まえて、さらに具体的に繰り返して認識を深めようとする考え方があることが伺える。これは、現象の背後ある仕組みや規則性よりも、むしろ現象をそのままに、一層詳しくとらえようとする日本的な認識の表れと見る見方もありそうである。

中山ら(2014, 2015)は、「方法」場面の問いが少ないことについても注目している。特に中学校の教科書において「方法」の場面での問いが少ないことは、観察・実験の方法を一方向的に生徒に指示し、生徒自身に考える機会を少なくして可能性を示唆する。小学校における方法の問いに関する表1の結果を解釈すると、学習指導要領の第5学年の目標に観察・実験の「条件」に注目して調べることが掲げられているため、第5学年の「方法」場面には多くの問いが設定されたと考えられる。しかし、第6学年になったときにこれが少なくなっていることは、児童が観察・実験の方法を自ら考える力を高めていくことを困難にしそうである。中学校でさらに減少すると、ますます生徒の探究方法を考える力が育ちにくくなるであろう。

#### 5. おわりに

方法場面の問いが、小学校の第5学年に集中して、その後中学校の卒業まで少ないことは、生徒自身が探究の方法を見いだす力の向上という観点からは課題が残った。理科教科書の「問い」には、理科の教育課程を検討するための多くのヒントが隠されている。

#### 引用・参考文献

- 中山 迅・猿田祐嗣・森 智裕・渡邊俊和(2014)「科学的探究の教育における望ましい「問い」のあり方—日本の中学校理科教科書における「問い」の出現場面と種類」『理科教育学研究』第55巻, 第1号, 47-57.
- 中山 迅・猿田祐嗣(2015)「小学校理科教科書における「問い」の現状と理科授業への示唆」『理科教育学研究』第56巻, 第1号, 47-58.

# 理科における言語に関する能力の育成－フランスの事例分析－

三好美織(広島大学)

## 1. はじめに

フランスの義務教育段階では、全ての児童・生徒に、教科の学習を通して「知識とコンピテンスの共通基礎 (socle commun de connaissances, de compétences) : 以下、共通基礎」を獲得させることが目指されている。共通基礎を構成するコンピテンスとして、フランス語の習得や現代外国語の実践が挙げられているように、フランスの学校教育において、言語の習得は、知識にアクセスするための基盤であり、将来を築き、市民生活を送る上で欠くことができないものとして捉えられている。このような背景を踏まえ、小学校からリセまでの科学教育における言語に関する能力の育成の実態について、文献分析及び実施調査をもとに検討を行う。

## 2. 小学校の科学教育と“La main à la pâte”の取り組み

小学校の科学教育では、科学の様々な領域の知識を習得し、それを多様な文脈で活用できるようになることが期待されている。そのため、授業では、正確な科学の語彙を用いて書き言葉や話し言葉で適切に表現する活動を取り入れ、探究の手続きを実践することが求められている。教科書では、読むこと（文字情報だけでなく写真や図を含む）、話すこと・聞くこと、書くことの活動を、問題解決の流れに沿って取り入れた展開が提示されていた。

小学校の科学教育において言語能力の育成に注目が集まる背景には、共通基礎の導入に加え、言語能力の獲得の困難さに対する認識の高まりにより、科学教育においても取り組みが必要と考えられていること、社会構成主義的な考え方の発展に伴い、知識を構成する上で言語活動が本質であり、実物の観察や実物を用いた活動などと多様な記述の間の往還により、言語能力を高めると同時に、思考を練り上げていくことが期待されていること、などがある。

ところで、今日のフランスの小学校における科学教育の改善に資する取り組みを展開しているのは、“La main à la pâte”プロジェクト（以下、Lamap）である。小学校の教育プログラムにも、その精神が取り込まれている。Lamap の考え方を背景とした科学の授業では、探究的な学習活動を展開する中で児童が観察カードや実験ノートに記述していくことが重視されており、観察から、児童にとって、自身や他者とのコミュニケーションの手段、記憶の補助、リフレクションや情報処理のツールとなっている様子が窺えた。

## 3. コレージュにおける「科学・テクノロジー統合教育（EIST）」の取り組み

コレージュでは、2006年より、既存の教科「物理・化学」「生命・地球科学」「テクノロジー」を統合した、「科学・テクノロジー統合教育（EIST）」が試行されてきた。これは小学校のLamapを受け継ぐものである。EISTでは、年間計画、学習内容と指導方法、使用する語彙などについて、各教科の教師からなる教育グループで協議を行い、年間を通して一人の教師がクラス（最大20人）を担当し、授業を実施する。学習活動では「探究の手続き（démarche d'investigation）」が重視されている。そのプロセスは、①問題提起、②仮説の設定、③探究

活動（観察、実験、資料分析、モデル化など）、④結果、⑤解釈、⑥結論、が想定されている。

授業観察から、EISTの授業の特色として、文脈の中で学習活動が展開されていること、生徒自身による探究活動が重視されていること、予想や実験のプロセス、結果を言葉や図、表で記述する活動を取り入れていること、などが見受けられた。各教科の統合により、科学やテクノロジーに対する興味・関心の喚起、生徒を主体とする探究活動実施のための時間確保、共通基礎のコンピテンスの獲得、学習事項を関連させた理解、などが可能となっていると考えられる。

ところで、既存教科のある教科書では、練習問題において、章ごとに1問程度、英語で記述された設問が掲載されていた。問いを読んで理解し、簡便な言葉で答えるなど、科学の学習活動の中でも現代外国語習得に向けた取り組みが行われているものと推察される。

#### 4. リセにおける科学教育とバカロレア試験

リセの学習プログラムにおいて、学習内容は、物理学や化学、生物学や地球科学といった科学の学問領域を背景としつつも、テーマに基づく構成となっている。例えば、生徒が共通に学ぶ、第1学年の「物理・化学」では、大単元のテーマとして、健康、スポーツの実践、宇宙、「生命・地球科学」では、宇宙の中の地球及び生命と生物の進化、現代の地球的課題、人体と健康、が設定されている。テーマによる学習内容の提示の背景には、コンピテンスの育成が目指されていることが挙げられる。例えば「物理・化学」の教育プログラムには、リセの終わりに習得していることが期待される科学的コンピテンスが示されている。その内実は、情報の取得と分析、仮説の設定、観察・実験の実施、結果の検討、コミュニケーション、活動に対する主体性、などである。このような科学的コンピテンスは、バカロレア試験の実技試験によって評価される。授業では、これらの科学的コンピテンスの育成を意識しながら学習活動を展開している様子が観察された。一方、バカロレア試験の筆記問題では、例えば状況問題 (situation-problème) が用いられており、提示された資料から情報を読み取り、習得している知識等を活用して思考し、問いに答えることが求められている。

#### 5. おわりに

フランスの科学教育では、共通基礎や科学的コンピテンスの中で、習得すべき言語に関する能力の内実が明示されている。これを指針としながら、小学校からリセまで、記述する活動を中心に、体験したり思考したりしたことを言葉で適切に表現させる活動を組み込んだ、探究の手続きを実践する学習活動を繰り返し実施する中で、言語に関する能力が育まれていると考えられる。このような能力は、状況問題や複合的な課題 (tâche complexe) を用いて評価されている。

#### 引用・参考文献

<http://eduscol.education.fr/>

<http://www.fondation-lamap.org/>

三好 美織 (2013) 「フランスの初等科学教育における "La main a la pate" の特色 : 言語に関する能力の育成に焦点を当てて」『日本理科教育学会全国大会要項』 (63), 398.

# フィンランドの大学入学資格試験に見る「探究」

鈴木 誠

(北海道大学高等教育推進機構/大学院理学院自然史科学専攻)

## 1. はじめに

「探究」は、日本の理科教育でも最も重要視されている新しく古いテーマである。しかし、その要素である実験計画や仮説設定については重要とされているものの、その能力や態度の育成については、指導が難しいものの一つとされている。

フィンランドの大学入学資格試験 (Matriculation Examination) は、日本の大学入試センター試験と類似するが出題形態や実施時間が大きく異なる。しかし、そこには論述を使った「探究」の要素を測定する出題が多くなされている。入試問題の質は教育現場の学習内容を強く誘導する。そこで3年間計6回の「生物」の試験問題を分析し、どの程度の探究能力を高校生に求めているのかを調べた。

## 2. National Core Curriculumと「探究」

National Board of Education (国家教育委員会) が示す National Core Curriculum for Upper Secondary Education:2003 (日本の学習指導要領と同義) の高等学校「生物」は、1. 有機的な世界(進化を含む)、2.細胞と遺伝、3.環境的生態、4.人体、5.生物工学の5科目からなり、1.と2.が必修で後は選択科目であることが示されている。

この National Core Curriculum には、全体を通しての教科の理念と、「簡単な生物実験の計画や実行、その結果の解釈方法を学ぶ」といった生物教育に対する 10 の教育目標が掲げられている。また、前述の 5 科目それぞれに到達目標が 6～8 設定され、「生態系の多様性と種」「DNA の構造と機能」「フィンランドの自然の脆弱性」「幹細胞の意味と組織分化」など目標を達成するためのコアとなる学習内容が科目ごとに 2～4 記載されている。しかし、それらの総記述量はわずか 6 頁に過ぎない。

表 1 は、選択となる 3.環境的生態の目的の部分で、6 段目に実験計画や研究計画の遂行といった科学の探究能力の育成に関することが書かれているが、この記載は日本の初等前期中等教育に相当する基礎教育の National Core Curriculum あらゆるところで登場する。教師はそれぞれの裁量で探究能力の育成を目指し、大学入学資格試験では、これらのコンピテンスの到達度を測定するものとして位置づけられている。

### 表 1 National Core Curriculum for Upper Secondary Education(2003)より

#### 3. Environmental ecology (BI3)

##### OBJECTIVES

The objectives of the course are for students to

- command the basics of ecology and understand the effects of human activity on organic nature;
- understand the significance of biodiversity to the future of humanity;
- perceive the reasons for and the consequences of environmental problems in ecosystems;
- acquaint themselves with Finnish ecosystems and their special characteristics and also familiarise themselves with human-modified ecosystems;

- be familiar with and be able to assess methods used to monitor the state of the environment and solve emerging problems;
- know how to plan and implement a small-scale research project on the state of the environment and present the results;
- develop their environmental literacy, understand their responsibility for the state of the environment and know how to act in accordance with the principles of sustainable development.

### 3. フィンランドの大学入学資格試験

フィンランドの高等学校は単位制である。大学への進学を目指す受験生は、高等学校の卒業認定試験も兼ねる大学入学資格試験を受験する。資格を取得した後、各大学の個別試験に向かう。大学入学資格試験は、秋（9月）と春（3月）の2回、フィンランドの高等学校を会場にしながら実施される。受験生は約3万5千名で、連続する3回の実施期間内に、必要な科目を合格することが義務づけられている。必修試験に不合格な受験生は、以後春秋連続する3回の試験期間の中で、2回受験することができる。この期間に合格が出来ない場合は再受験となるが、故意に受験しない生徒も存在する。評価は7段階のカテゴリー分けで、試験時間は一日一科目6時間である。

試験の最大の特徴は、科学的な知識や事実を元に自分の考えを客観的に述べるといった、受験生の思考力を問う論述式がほとんどであることである。その出現率は95%以上に上る。この論述式には、定量的なデータやグラフを元に論ずるものや、相反する生物理論に対して自身の考えを述べるなど、多様な出題形式となっている。穴埋めに近い出題は、3年間計6回の出題で9問、出現率は1%強と極めて少なく、それも記述や論述と合わさったものがほとんどである。初等中等教育全体で「自分で考え意見する」という学習スタイルを基本にしているからである。単純に知識を問うものは6回の出題中でわずか1問に過ぎない。

### 4. 大学入学資格試験にみられる「探究」の要素

入試の詳細は別紙に譲るが、問題は基本的には10問で構成され、その中から最大で8問を選択解答できる方式で行われる。またジョーカー・クエッションという難易度の高い問題が11番、12番に2題出題され、ボーナスポイントが与えられる。次ページに、2011年秋に出題された問題を示す。

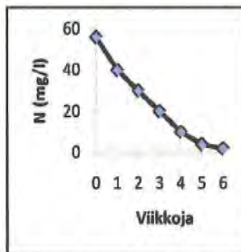
「探究」には、PISAをはじめ様々な定義が存在する。古典的ではあるが分析的なものの一つとして全米科学振興会（American Association for the Advancement of Science）のプロセススキル（AAAS 1963）がある。それを見ると、8つの基本的なプロセススキル（①観察する、②空間・時間の関係を用いる、③分類する、④数を用いる、⑤測定する、⑥伝達する、⑦予測する、⑧推論する）と5つの総合的なプロセス（⑨条件を制御する、⑩データを解釈する、⑪仮説を作る、⑫操作的に定義する、⑬実験する）が存在する。そこでこの枠組みを用いて下記の問題を分析した。そこには、②空間・時間の関係を用いる、④数を用いる、⑤測定する、⑦予測する、⑧推論するといった探究能力の基本的なプロセススキルと、⑩データを解釈するといった総合的なプロセスを高校生に求めていることがわかる。後述するが、グラフやデータの読み取り、そこからロジックの組み立てなど「探究」の要素を測定する出題が多く、ジョーカー・クエッションでは批判的思考力を求めるものもある。



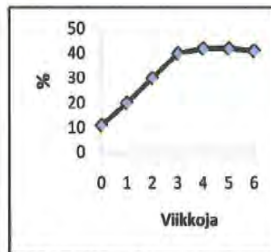
8. Pikkulimaska (*Lemna minor*) on makean veden irtokelluja, joka suosii rehevöityneitä elinympäristöjä (kuva A, lammikko Lounais-Suomessa). Tehokas ravinteiden otto juurimaisten rihmojen (kuva B) avulla sekä tehokas yhteyttäminen kolmen lehden avulla (kuva C) takaavat runsaan biomassan, etenkin valkuaisaineiden, tuotannon. Kotiakvaariossa pikkulimaska estää tehokkaasti levien kasvua.
- Miten kuvaajat (1–4) osoittavat pikkulimaskalle ominaisen nopean kasvun ja valkuaisainetuotannon? (2 p.)
  - Miksi pikkulimaska estää akvaariossa levien kasvua? (2 p.)
  - Miksi pikkulimaskaa voidaan käyttää rehevöityneiden vesistöjen tehokkaana biopuhdistajana? (2 p.)



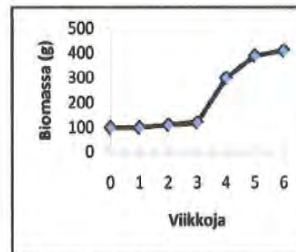
Kuvat (A-C): Jorma Paranko



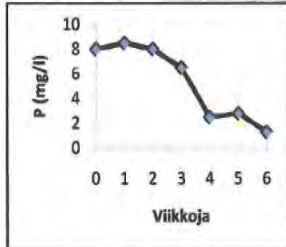
1. Typen (N) määrä vedessä (mg/l)



2. Pikkulimaskan suhteellinen valkuaisainepitoisuus prosentteina (%)



3. Pikkulimaskan biomassa (g)



4. Fosforin (P) määrä vedessä (mg/l)

Kuvaajat 1–4 mukaeltu lähteestä: FAO:n (Food and Agriculture Organization of the United Nations) julkaisu: *Duckweed: A tiny aquatic plant with enormous potential for agriculture and environment* (Leng, R.A. (toim.), 1999).

問：8 コウキクサ (*Lemna minor*) は、富栄養化した環境を好む浮遊性の淡水草である（写真A、南西フィンランドの池）。根のような菌糸（写真B）による栄養吸収および3枚の葉による光合成（写真C）を効果的に行い、生物量（バイオマス）特にタンパク質を大量に生成する。家庭用アクアリウムではコウキクサによって藻の生長が抑えられる。

- コウキクサの速やかに生長してタンパク質を生成するという特徴は、グラフ（1～4）からどのようにわかるか？
- アクアリウムの藻の生長は、なぜコウキクサによって抑えられるか？
- 富栄養化した河川を効率よく生物学的に浄化させるために、なぜコウキクサが利用できるか？

注）グラフの軸は、それぞれ1が水中の窒素（N）量（mg/l）、N(mg/l)、時間(週)、2がコウキクサのタンパク質相対割合（%）、%、時間(週)、3がコウキクサの生物量（g）、生物量（g）、時間(週)4が水中のリン（P）量(mg/l)、P(mg/l)、時間(週)を示す。

表2は,3年間の出題内容からプロセススキルを問うものを調べたものである。ジョーカー・クエッションを含めた72問中17問,出現率は約24 %と高い。また日本では重要視されながらも見られない実験計画に関する出題が3問見られる。これらのことは,National Core Curriculumに掲げられてきた「探究」の能力を,大学入学資格試験で重視し測定していることを示すものである。

**表2 大学入学資格試験3年間の「探究」に関する出題内容**

	2010.10.1	2011.3.16	2011.9.19	2012.3.21	2012.9.26	2013.3.13
1						
2	データ解釈・予測					
3	実験計画					予測・推論
4			データ解釈・予測	データ解釈・予測		
5	データ解釈・推論			予測・推論	予測・推論	
6		実験計画		データ解釈		推論
7					予測・推論	
8			データ解釈・予測			
9				予測・推論		
10	予測・推論					実験計画
11						
12						予測・推論

## 5. おわりに

フィンランドでは限られた出題の中で,「探究」に関する要素を測定しようという試みがなされている。単元が終わると様々なテーマから好きな実験を選び出し,教師とディスカッションを重ねながら実験計画を自ら立ていく。認められれば実験開始となり,班ごとに実験テーマが違ふことは日常茶飯事である。それは起業家精神の育成,自己実現を重視するというこの国の教育理念と一致する。

フィンランドは,2016年9月から新しい教育課程が始まる。そこには「生徒が授業を計画する」「実例に基づいた教育を進める」「教科の内容を削減し領域横断的な内容を増やす」等の文字が躍っている。また2016年から始まるICT化は,問題の質を大きく変えることになるだろう。今後「探究」の指導がどうなるのか興味は尽きない。

## 引用・参考文献

Finnish National Board of Education (2003).*National core curriculum for Upper Secondary Education*,137-138.

Matriculation Examination Board

(2010,2011,2012,2013,2014) .*Ylioppilastutkinto-Lautakunta.Biologian Koe*,.

(<http://oppiminen.yle.fi/sites/oppiminen.yle.fi/files/yo-kokeet/biologia>)

Commission on Science Education of American Association for the Advancement of

Science(eds.):*"Science-a process a approach commentary for teachers"*,pp.122-131.AAAS/XEROX Corporation,1963.

鈴木 誠 (2015) . 「フィンランドの大学入学資格試験「生物」における基礎的分析」『大学入試研究ジャーナル』 No.24.pp161-168.

鈴木 誠 (2010) . 「フィンランドの大学入学資格試験」『化学と教育』 ,58 (10) ,463-467.

# 資質・能力の観点からの理科カリキュラム開発の一動向 -日本とアメリカの先導的な事例に着目して-

内ノ倉 真吾 (鹿児島大学)

## 1. はじめに

現在、次期学習指導要領の改訂に向けた動きが顕在化・活発化してきている状況がある。特に、カリキュラム改革の動きとして、「資質・能力」の観点から学習指導要領の構造化が指向されている点が注目される。本稿では、資質・能力の観点からの理科カリキュラム開発の一動向として、日本とアメリカの先導的な事例を検討することにした。

## 2. アメリカの P21 による 21 世紀スキル

### 2.1 P21 による 21 世紀スキルの概要

アメリカでは、多種多様な団体・機関によって、これから必要とされる能力という意味での「21 世紀スキル (21st Century Skills)」がそれぞれ提唱されている。代表的なものとして、「21 世紀スキルのためのパートナーシップ (P21)」が提唱するスキル群がある。そこでは、核となる教科と 21 世紀のテーマを中心にし、生活・キャリアスキル、学習・イノベーションスキル、情報・メディア・テクノロジースキルが提案されている。

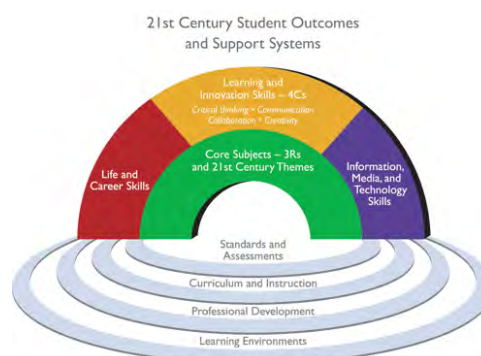


図 1. 21 世紀スキルと学習環境

### 2.2 科学スタンダードと 21 世紀スキルの関連付け

アメリカの K-12 学年段階の新しい科学スタンダードである「次世代科学スタンダード (Next Generation Science Standards; NGSS)」の枠組みを提供する「K-12 科学教育フレームワーク (A Framework for K-12 Science Education)」とは、21 世紀スキルとの関連性が検討されている。そこでは、科学スタンダードと 21 世紀スキルに強い重なりがある領域、教科に固有の能力領域、21 世紀スキル特有の能力領域の 3 つに区別して関連付けられている (図 2)。しかしながら、科学スタンダード (NGSS) それ自体は、学習成果や能力 (コンピテンシー) を重視した内容構成になっているが、21 世紀スキルを十分取り入れたものにはなっていない。

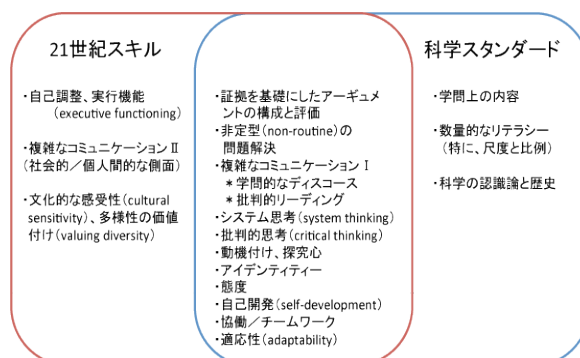


図 2. 21 世紀スキルと科学スタンダード

### 3. 国立教育政策研究所による 21 世紀型能力

国立教育政策研究所では、教育課程の編成に関する国内外の調査に基づいて、「21 世紀型能力」を提案している（図 3）。そこでは、基礎力、思考力、実践力の 3 つが設定され、それらがより高次的・包括的な能力へと包含される構造が想定されている。そして、この 21 世紀型能力が「生きる力」を形成するものと考えられている。

育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会では、この 21 世紀型能力を基礎にし、育成すべき資質・能力の範囲、目標、内容、評価などが議論されてきた。ただし、報告書では、各教科の内容構成はもとより、次期学習指導要領の明確な構造を示すには至っていない。

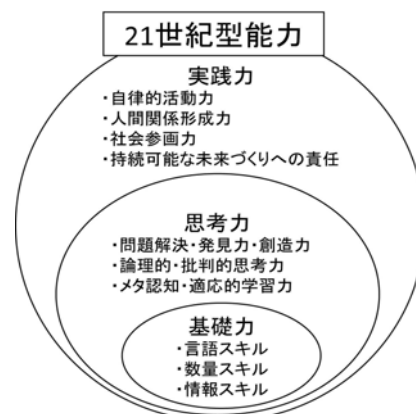


図 3. 21 世紀型能力

### 4. おわりに

現在国内外では、汎用的なスキルの育成に資するカリキュラム開発が指向されている。そのようなカリキュラム開発にあたっては、汎用的なスキルの具体的な内容を設定して、従来の教科を中心としたカリキュラムとの関連付けを図ろうとする傾向が見られた。

その一方で、現段階では、教科のカリキュラムと比べて、汎用的なスキルのカリキュラムとして構造化されていない、また、カリキュラム化が行われている場合であっても、授業実践の方法論や評価方法が構築されていないなど、まだまだ検討すべき課題も多い。

### 引用・参考文献

国立教育政策研究所（2013）『社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原則』。

育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会（2014）『育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会－論点整理－』。

National Research Council (2012). A Framework for K-12 Science Education; Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas: The National Academies Press.

National Research Council (2012). Education For Life and Work; Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century: The National Academies Press.

NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards*: The National Academies Press.

The Partnership for 21st Century Skills (2014) .Framework for 21st Century Learning, Retrieved from <http://www.p21.org/>

# モデルに関連する能力の育成—学習内容と能力の実態から—

稲田 結美（上越教育大学）・齋藤 恵（上越教育大学大学院学校教育研究科）

## 1. 理科におけるモデルに関連する能力

理科学習におけるモデルの使用は、学習者の内容理解を促すだけでなく、科学的な探究能力の育成にもつながる。学習者の資質・能力の育成を目指す時流において、学習者自身がモデルを使用したり開発したりするいわゆる「モデリング能力」の育成が求められている。また、モデルに関するメタ知識（モデルの意義、役割など）を習得し、活用する「メタモデリング能力」の育成にも関心が高まりつつある（雲財・松浦，2013；古屋，2013）。

一方、アメリカの次世代科学教育スタンダードでは、モデルの開発と使用に関して、学習者の到達すべき能力が学年進行に伴って規定されている（NGSS Lead States, 2013）。日本においてモデルに関連する能力の育成を検討するにあたり、アメリカの科学教育から示唆を得られるのではないだろうか。そこで、本稿ではアメリカの科学教科書におけるモデルの取扱いを調査する。また、モデルに関連する能力の評価方法を検討する前段階として、大学生のモデルに関連する能力の実態を明らかにする。

## 2. アメリカの科学教科書におけるモデルに関する記述

### 2. 1 分析対象とした科学教科書

アメリカの Pearson 社（Cooney, T. et al., 2010）および Macmillan/McGraw-Hill 社（Daniel, L. H. et al., 2005）の初等科学教科書、McGraw-Hill 社（Biggs, A. et al., 2008）の前期中等科学教科書を対象に、モデルに関する記載を分析した（図 1）。Pearson 社は第 1～6 学年まで各学年 500 頁前後、Macmillan/McGraw-Hill 社は第 1～6 学年まで各学年 200 頁程度、McGraw-Hill 社は 1 冊のみで約 800 頁で構成されている。



図 1 分析したアメリカ科学教科書の表紙

### 2. 2 初等科学教科書におけるモデルの取扱い

まず、Pearson 社の教科書では、Science Process Skills（サイエンスプロセススキルズ）という頁が目次の後に設けられ、Observe や Infer, Predict, Interpret Data などのスキルと同列に、Make and Use Models というスキルについて簡潔に解説されている。

日本の理科教科書に見られる観察、実験に相当する“Lab zone”というコーナーが、Life Science, Earth Science, Physical Science, Space and Technology の各分野の内容に設けられ、このページには育成すべきプロセススキルが明示されている。第6学年までの全222個のLab zoneのうち、モデルに関するプロセススキルが示されているのは38個で、「観察」、「推論」のスキルに次いで多くなっている。プロセススキルの欄に明示されていないものの、モデルが登場するLab zoneも多数あり、合わせると78個のLab zoneにおいて、モデルが使用されている。一例として、第2学年の「虫と蛇はどのように似ていて、どのように異なるのだろうか」という課題のLab zoneでは、コットン、針金、 pasta等を用いて、虫と蛇のモデルを作り、この二つのモデルを触りながら両者の類似点・相違点を考えさせ、セキツイ動物と無セキツイ動物の違いを実感させている。

次に、Macmillan/McGraw-Hill社の教科書においても、Process Skills（プロセススキルズ）という項目があり、Make Models and Draw Conclusionsというスキルがどのようなものであるかが解説されている。この後に続くLife Science, Earth Science, Physical Scienceの内容の部分には、日本の実験活動に類似したExplore ActivityとQuick labという2種類のコーナーが設けられている。全学年、全分野のExplore Activityは253個あり、そのうち、モデルを使用するExplore Activityは51個あった。さらに、プロセススキルズの育成を目的としたInquiry Skill Buildersというコーナーもあり、ここでもMake a Modelのスキルが取り上げられている。

### 2. 3 前期中等科学教科書におけるモデルの取扱い

McGraw-Hill社の教科書における実験活動には、Launch Lab, Mini Lab, Mini Lab (Try at Home), Labの4種類がある。日本の理科教科書における実験に最も類似している“Lab”というコーナーに着目すると、全44個のLabのうちモデルを使用するLabが7個見られた。また、この教科書の冒頭には、The Nature of Science（科学の性質）やMeasurement（測定）といった章を含んだ科学をメタ的に学習する単元があり、ここに「科学におけるモデル」という節が設けられている。この節では、「なぜモデルが必要なのか」、「モデルの種類」、「モデルを作ること」、「モデルを使うこと」、「モデルの限界」が具体的な事例を示しながら解説されている。例えば、モデルが必要な理由については、「モデルは、見たり理解したりすることが難しいものを可視化すること、または心に描くことに役立つ」と記載されていたり、「モデルを用いてコミュニケーションをとること」、「予想を検証するためにモデルを用いること」、「モデルは時間や費用を節減し、生命を守ることも可能であること」といったモデルの意義についても解説されている。

### 2. 4 アメリカの科学教科書におけるモデルに関する記述の特徴

アメリカの初等および前期中等科学教科書におけるモデルに関する記述について、日本の小・中学校理科教科書におけるモデルに関する記述と比較すると、次の5点を指摘できる。第一に、全ての実験活動のうち、モデルを用いる実験の割合が、アメリカの教科書の方が日本よりも大きい。第二に、内容の分野別に見ると、日米ともにモデルを使用する実験の多くが、地学分野に記載されているが、アメリカの教科書には生物分野のモデル実験も少なからず存在しており、日本と異なっている。第三に、日本の理科教科書におけるモ

デルは、対象とする事物・現象を比較的忠実に再現しているのに対し、アメリカの教科書では、対象とする事象の限定された点にのみ焦点が当てられており、必ずしもモデルの外見や性質が対象とする事象と似ているとは限らない。第四に、モデルを用いた実験において、日本の教科書ではフラスコや注射器といった理科室で見られる道具を頻繁に用いて作製するのにに対し、アメリカの教科書では歯ブラシや Pasta など日常生活でよく目にする道具を用いることが多くなっている。第五に、アメリカの教科書には、「モデルとは何か」、「なぜモデルを用いるのか」といった科学におけるモデルについてメタ的な理解を促す解説があったり、「モデルを作ること」に限定したスキル育成のための実験が提示されていたりするが、日本の教科書にはこのような記載は見られない。

### 3. モデルに関連する大学生の能力の実態

#### 3. 1 中学校理科「霧の発生」のモデル実験に対する大学生の認識

モデルに関連する大学生の能力の実態を明らかにするために、2014年1月に教員養成課程の大学生および大学院生（計29名）を対象に、中学校2年生の学習内容である「霧の発生」のモデル実験を観察後に、①実際の霧の発生とモデル実験との対応関係、②モデル実験の結果から考えられる霧の発生の仕組み、③実際の霧の発生の観察とモデル実験との類似点と相違点を尋ねる質問紙調査を実施した。モデル実験は、二つのビーカー（200mL）を用意し、片方にはぬるま湯を約50mL入れ、もう片方には何も入れずに、両方のビーカーに線香の煙を入れ、上に保冷剤をのせて、3分間観察するというものである。

質問紙調査の①では、半数以上の学生が、線香の煙や保冷剤などが実際の何と対応しているかについて言及したが、正しく説明できた学生はその一部にとどまった。特に、対照実験の「空のビーカー」が、何を示しているかをほとんどの学生が言及していなかった。②では、大多数の学生が空気や水蒸気が冷えることによって霧が発生することを指摘しつつも、水蒸気が「露点に達する」ことで水滴になることを説明できた学生は少数であった。つまり、冷えることで、なぜ霧ができるのかを説明できておらず、モデル実験で観察できた現象のみを記述する学生が目立っていた。③では、学生の半数以上に共通して挙げられた類似点・相違点は見られず、モデル実験の役割についての言及は少数であった。これらの結果から、モデル実験を観察しただけでは、実際の現象とモデル実験との対応関係を正確に把握できない学生や、モデル実験で観察した現象が起こる要因を、既習事項と結びつけて説明することができない学生が少なくないことが明らかとなった。また、モデル実験を行っただけでは、モデルの役割や限界を考えさせるのは難しいことも示唆された。

#### 3. 2 小学校理科のモデル実験・モデル図に対する大学生の認識

次に、小学校理科教科書に掲載されているモデル実験やモデル図に対する大学生の認識を調査した。2014年5月に教員養成課程の大学生および大学院生（計230人）を対象に、①理科におけるモデルの役割や意義の認識、②自然現象とモデル実験との対応関係およびモデルの限界の認識、③モデル図に関する知識・理解、④モデルを活用した指導の自信を尋ねる質問紙調査を実施した。②、③、④については、小学校理科教科書に記載されている「太陽の一日の動き」、「月の満ち欠け」、「流れる水のはたらき」の三つのモデル実験と、「押し縮められた空気の様子」、「水に溶けた食塩の様子」の二つのモデル図を提示した。

質問紙調査の①に関しては、9割の学生が実験室で再現することが困難な現象を可能にするのがモデルであると認識しているものの、モデルの役割・意義として科学的な思考力や表現力といった能力の育成を指摘する学生はほとんどいなかった。つまり、モデルの意義の一面しか捉えていないといえる。②では、ほとんどの学生が自然現象とモデル実験との単純な対応関係を理解しており、モデルの限界についても一面的ではあるものの把握できていた。③では、学生が描いたモデル図には科学概念と一致していない部分が多く見られただけでなく、図として表現する際の視点が学生によって大きく異なっていた。そして、目に見えない現象を表すことを不得手とし、モデル図を知らないまたは描くことに慣れていない学生が多かった。④では、5種類のモデル実験・モデル図のうち、約半数の学生が月の満ち欠けを調べるためのモデル実験の指導に最も自信がないと答えた。これは、モデルを理解したり、モデルを用いて自然現象を説明したりすることに、学生自身が困難を抱えていることに起因している。加えて、「流れる水のはたらき」以外のモデル実験・モデル図を経験したことがない学生が半数を超えており、過去の理科学習においてモデルを活用した経験が豊富ではない実態が明らかとなった。これらの結果から教員を目指す学生であっても、理科におけるモデルに関連する能力は十分に備わっていないことが示唆された。

#### 4. モデルに関連する能力の育成に向けて

以上のように、アメリカの科学教科書では、モデルに関する記述が豊富で、学習者が自身でモデルを作ったり、モデルを使用して考えたりする機会が十分に提供されている。しかも、モデルとは何かについても説明されており、モデリング能力だけでなく、メタモデリング能力の育成が図られていることが読み取れる。日本においても、アメリカの教科書を参考に、モデルを使用する観察、実験の増加や、新たな学習内容の追加など、モデルに関する学習内容の選択と配列に関する検討が求められるだろう。

さらに、大学生に対する調査から、理科におけるモデルの特性の一面しか捉えていないことや、モデルを活用した経験の不十分さ、モデル実験の結果と関連づけて自然現象の仕組みを説明できないことなどの問題点が明らかとなった。これを踏まえ、今後は小・中学生を対象に、モデルに関連する能力を評価し、育成する方法を具体化しなければならない。

**附記** 本稿は、齋藤恵・内ノ倉真吾・小野瀬倫也・稲田結美（2014）「アメリカの小学校理科教科書における実験活動の特徴—モデルの取り扱いに着目して—」『日本科学教育学会研究会研究報告』Vol.28, No.3, 13-18 と、稲田結美・内ノ倉真吾・小野瀬倫也・齋藤恵（2014）「モデルに関連する能力の育成から考える理科カリキュラム—「霧の発生」のモデル実験に対する大学生の認識調査—」『日本理科教育学会第64回全国大会愛媛大会論集』, 85 と、齋藤恵・稲田結美（2014）「教員養成課程学生のモデルに関連する能力の実態」『日本理科教育学会北陸支部大会（2014）研究発表要旨集』, 17 をまとめたものである。詳細については、これらを参照してほしい。

#### 引用・参考文献

- Biggs, A. et al. (2008) *Glencoe Science Level Red*, McGraw-Hill.  
Cooney, T. et al. (2010) *Scott Foresman Science The Diamond Edition*, Pearson.  
Daniel, L. H. et al. (2005) *Macmillan/McGraw-Hill Science Teacher's Edition*, Macmillan McGraw-Hill.  
古屋光一（2013）「モデリング・メタモデリングを取り入れた授業は有効か？—中学1年生の凸レンズ学習の授業を通して—」『日本理科教育学会第63回全国大会北海道大会論文集』, 317.  
NGSS Lead States (2013) *Next Generation Science Standards Volume 2*, 52-53, The National Academies Press.  
雲財寛・松浦拓也（2013）「科学的推論に関する基礎的研究—モデルベース推論を中心として—」, 『日本理科教育学会第63回全国大会北海道大会論文集』, 256.



# 学習科学の知見を生かした理科授業構築の視点

## －ICT 機器の利活用を例に－

小野瀬 倫也 (国士舘大学 文学部)

### 1. はじめに

平成 24 年度全国学力・学習状況調査における理科の結果では、観察・実験の目的から計画の立案や検討・実施、そして実施後の考察から結論の導出といった一連の過程において子どもの「考える力」に課題が見られた。こうした課題を子どもがクリアするには、「科学的な言葉や概念がどのように導き出されたのか」また「眼前の自然事象やデータから何が推論できるのか」といった問題を解決する活動を通して「考える力」は獲得されるのである。教師の支援においては、子どもが科学概念を構築する過程、即ち学習論を踏まえた支援を行う事で、より確かな(活用できる)力を身に付けさせることができる。

### 2. 学習論と理科授業

#### 2.1 子どもの学習モデル

図 1 は、構成主義的な子どもの学習観をもとにした子どもの学習モデルであり、一つの学習場面を表している。即ち、子どもが科学的な考え（イメージ、概念などの表象）を外化して、話し合い等の社会文化的な活動を通して精緻化し、精緻化された考えを個々の子どもが内化するという一連の過程をモデルで表したものである。

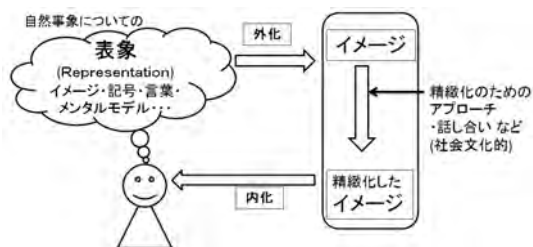


図1 子どもの学習モデル

授業をデザインするとき、子どものこうした学習過程をベースに、学習計画を立てることが重要である。具体的には、単元全体の流れから教材・教具の利活用が子どもの学習に有効に機能しなくてはならない。次項において、こうした考えに基づき ICT 機器の利活用を含めた実践事例について報告する。

#### 2.2 学習モデルを基にした ICT の利活用

授業への ICT 機器の導入が進み「ICT 活用は児童生徒の関心意欲や知識理解を高めること」などが報告されている。「ICT 能力育成」は優先的教育課題に掲げられている一方で、機器の導入と使用においては試行錯誤の状態が続いている。

図 2 は、図 1 の子どもの学習モデルをベースに ICT 機器をどのような場面で組み入れるかを示した例である。①の場面は、子どもが外化するイメ

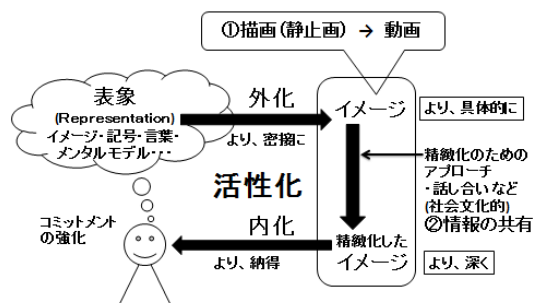


図2 学習モデルとICT利活用の利活用

ージの表現方法を、これまで行われていた紙ベースの描画から動画で表現させることにすると  
 いった授業デザインである。②は、個人の考えを話し合い等を通じて精緻化していく場面で、  
 リアルタイムに情報を共有させるといった授業デザインである。

### 3. 授業実践

#### 3.1 表現ツールとしての使用事例

これまででは子どもの考えを描画を使って表現させていた  
 授業を、コンピュータを使って動画で表現させる（図3）  
 ことが考えられる。授業のねらいを以下のようにする。

- ・ 描画(静止画)が動画になることによって、子ども  
 の抱く表象と表現が密接になる。
- ・ その上で表象の外化・精緻化や共有が行われる。
- ・ 話し合い等による精緻化の深化やコミットメントの強化  
 につながる。

図4は動画作成の前段階で子どもが作成した絵コンテ  
 である。場面の表現、説明の記述の後、順序の入れ替えが  
 行われた(絵コンテ左①～⑤)ことが分かる。こうしたイメ  
 ージや考えをクラスで共有するには、描画よりも動画が適  
 している。

#### 3.2 情報を共有化するための使用事例

図5は、タブレット型情報端末を使い即時的に実験結果  
 を共有して考察している様子である。授業のねらいを以下  
 のようである。

- ・ 考察を進める際の情報量の増加
- ・ 実験内容でのミスに気づき、「やり直す」時間の確保
- ・ 情報共有の時間を節約

### 4. おわりに

前項に挙げた事例のように、教師は選択する教材や教具  
 が、子どもの学習過程にどのように位置付き、機能するの  
 か、デザインし、モニターしながら授業を進める必要がある。

### 引用・参考文献

小野瀬倫也(2012)「子どもの学習論に根ざした理科授業構築の視点」『理科の教育』日本理科教育  
 学会,Vol.61,No.724, 721-724  
 小野瀬倫也・村澤千晴(2014)「理科授業における効果的な ICT 利活用の視点と実践」『初等教育論  
 集』国士舘大学,第15号, 1-14

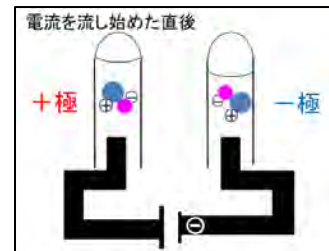


図3 子ども作成の動画の一部

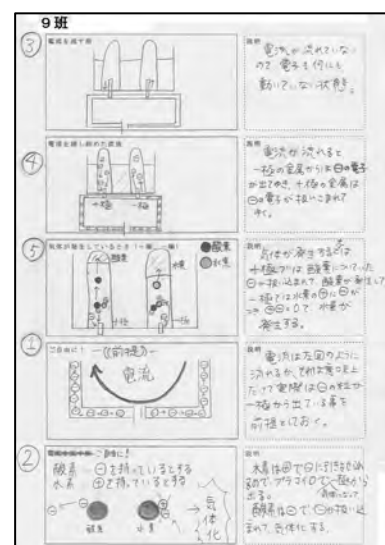


図4 動画作成に向けた絵コンテ



図5 情報(実験結果)の共有

# 理科と日常・社会とのつながりに理科教育研究者・実践者は どの程度関心をもってきたのか

三宅 志穂 (神戸女学院大学)

## 教育理念としての理科と日常・社会とのつながり

この四半世紀、理科に日常・社会とのつながりをもたせる指導計画が学校に求められてきた。例えば、小学校学習指導要領（理科）の平成元年版「指導計画の作成と各学年にわたる内容の取扱い」においては「個々の児童が主体的に問題解決活動を進めるとともに、学習の成果と日常生活との関連をはかることができるようにすること<sup>1</sup>」とある。中学校学習指導要領（理科）では平成10年版に「観察、実験、野外観察を重視するとともに、地域の環境や学校の実態を生かし、自然を科学的に調べる能力の育成及び基本的な概念の形成が段階的に無理なく行えるようにすること<sup>2</sup>」と記載されている。さらに近年では、UNESCOの主導のもと、ESD(持続可能な社会のための教育)<sup>3</sup>という教育理念が掲げられ、社会と科学とのつながりを意識する教育の展開が期待された<sup>4</sup>。このように、理科の展開に日常・社会とのつながりをもたせることが教育理念として取り入れられ、将来社会を担う市民育成のキーとなっている。こうした社会背景がある中、理科と日常・社会とのつながりはどの程度、研究者や実践者の関心事になったのであろうか。本稿では、理科と日常・社会に関わる記事・論文について10年間ほどの研究動向を調べた結果について報告する。

## 『理科教育学研究』と『理科の教育』における記事・論文件数の比較

### 1) 調査の方法

日本理科教育学会の発行する『理科教育学研究』と『理科の教育』に掲載された記事・論文で、日常・社会に関連するものを抽出した。

理科の教育<sup>5</sup>：2000年1月号～2011年12月号の144冊に掲載された2900本の記事。

理科教育学研究<sup>6</sup>：2000年度～2011年度の36冊に掲載された315本の論文。

日常・社会に関連する側面を3つ（日常生活、地域社会、自然環境）設定した。上記の記事、論文タイトルを参照し、これら3側面に該当するものを抽出することにした。例えば、次のような用語を含むタイトルをカテゴライズしている。

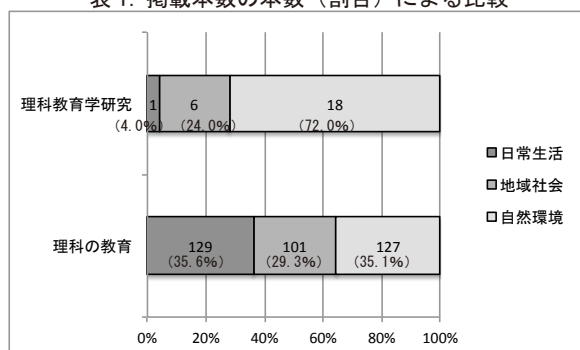
日常生活：キャリア、健康、エネルギー、食育、防災、市民、持続可能な社会

地域社会：地域の人材、連携、博物館、コミュニティ

自然環境：野外学習、野外体験、自然

## 2) 結果

表 1. 掲載本数の本数（割合）による比較



3つの側面に即して、記事。論文を抽出すると合計 382 本になり、カテゴライズの結果は表 1 のようになった。『理科の教育』では、各側面に関連する記事がほぼ同数に扱われている。『理科教育学研究』では、自然環境に関連する論文が圧倒的に多くなっている一方、日常生活に関連するものはほとんど掲載されていない。地域社会に

関連する論文は 4 分の 1 程度あり、『理科の教育』で扱われる割合とさほど変わらない。

## 3) 示唆

自然環境や地域社会に関連する事項は、理科教育研究者や実践者の興味・関心を集めやすく、研究成果として公表されている一方、日常生活に関連する事項は興味・関心を集めにくく、成果がほとんどない実情が示唆される（図 1）。学習指導要領の中で、日常・社会とのつながりを視



図 1. 研究者・実践者による「理科と日常・社会」に対する関心の割合イメージ

野に入れるという指導計画が示されて久しいが、未だ十分な普及には至っていない現状が読み取れた。時代の求めるリテラシーを教科に柔軟に反映して、そのやり方や効果を検証するという研究もさらに加速させていく必要があるだろう。

## 引用文献および註記

- 1) 文部科学省（1989）小学校学習指導要領理科（平成元年 3 月版）、[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/old-cs/1322330.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/old-cs/1322330.htm)
- 2) 文部科学省（1998）中学校学習指導要領理科（平成 10 年 3 月版）、[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/cs/1320073.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/cs/1320073.htm)
- 3) United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2005) UN Decade of Education for Sustainable Development 2005–2014.
- 4) Fensham, P.J. (2008) Science Education Policy-Making Eleven Emerging Issues, UNESCO.
- 5) 学習指導要領や理科教育に反映したいテーマを毎号設定し、学会機関において著者をあらかじめ選出している。
- 6) 研究者や実践者（教師）の取り組んだ研究成果が掲載される学術誌である。

**備考：本稿の一部は、以下の発表における内容に加筆をしたものである。**

三宅志穂(2012)理科教育学会誌に見る地域社会・環境の活用、日本理科教育学会全国大会要項（62）、64.

Miyake, S. & Nakayama, H. (2013) Recent Trends on Collaboration between Schools and Local Societies in Japanese School Science Education, Conference Programme and Abstracts of the 44<sup>th</sup> Annual ASERA (Australasian Science Education Research Association) Conference, 74.

# ノーベル科学賞から見た 21 世紀型科学研究スタイル －ノーベル物理学賞 1901 年から 2014 年の変遷－

風呂 圭祐(愛媛大学 大学院)・橋本 愛(愛媛大学 大学院)・隅田 学 (愛媛大学 教育学部)

## 1. はじめに

2014 年、赤崎勇と天野浩、中村修二（国籍は米国合衆国）の 3 名の日本人研究者が、青色発光ダイオードの発明に関わりノーベル物理学賞を受賞した。スウェーデンのアルフレッド・ノーベルが 1896 年に亡くなった後、遺言で創設されたノーベル賞は、1900 年にノーベル財団が設立し、1901 年に第 1 回目のノーベル賞が授与された。ノーベルの遺言では、「その前の年に人類にもっとも貢献した者に」授与されると書かれている。

このノーベル賞が世界で最も名誉ある賞の 1 つとなっている理由には、その賞金の大きさはもとより、まずノーベル賞が初めての国際的な賞であったことがある。ノーベルは「賞の選考にあたっては、候補者の国籍は一切考慮せず、スカンジナビア人であるか否かにかかわらず、最もその賞にふさわしい人物に授賞すべきことを、特に記して希望しておく」と遺言にしたためていた（ラーショーン, 2002）。ノーベル賞がその創設当初から、広く業績が認められていた研究者に授賞されたことで、特に科学分野の賞は高い評価を受けており、その推薦制度と徹底した選考の手引きも信用を高めた。2014 年までにノーベル自然科学 3 賞では、物理学賞が 108 回、化学賞が 106 回、生理・医学賞が 105 回授与されている。

本稿では、Sumida & Ohashi (2015)のノーベル化学賞受賞者の分析手法を参考に、1901 年から 2014 年までのノーベル物理学賞受賞者を対象に、受賞時の所属国や授賞形態、専門分野、受賞年齢の変遷を分析することから、21 世紀型科学研究のスタイルを考えてみる。

## 2. ノーベル物理学賞から見た科学研究スタイルの変遷

### 2.1 1901 年から 2014 年におけるノーベル物理学賞受賞者の所属国の変遷

1901 年から 2014 年におけるノーベル物理学賞受賞者数を、各受賞者が受賞時に所属していた研究機関の国別に集計し、「20 世紀前半」「20 世紀後半」「21 世紀」のおよそ半世紀ごとの 3 つのグループに整理して図 1 に示す。

全体的に見ると、受賞者の所属機関のある国は、ヨーロッパ圏及び米国に集中しており、アフリカや南アメリカでは受賞者がいないこと、そして近年では、アジア・オセアニア圏の受賞者が増えていることが分かる。

20 世紀前半、受賞者の所属する研究機関の国の数はヨーロッパ圏と米国に多かった。特に、20 世紀前半における 55 名のノーベル物理学賞受賞者の中で、実に 44 名がヨーロッパの研究機関に所属していた。アジアでは、日本の研究機関から 1 名が受賞したのみであった。

20 世紀後半は、110 名が受賞し、特に米国の研究機関から 65 名、イギリスとスイスとロシアの研究機関からそれぞれ 8 名が受賞した。20 世紀後半では、米国とイギリスとスイス、ロシアのような特定国の研究機関が拠点化していったように見える。

21世紀に入ってから、米国の研究機関からノーベル物理学賞受賞者が輩出される割合は高く、全受賞者37名中、21名の受賞者が米国の研究機関に所属しているが、ヨーロッパの研究機関からの受賞者数が減少し、アジア・オセアニア圏からは8名（オーストラリアから2名、中国から1名、日本から5名）の受賞者が出ており、分散化が進んでいるように見える。

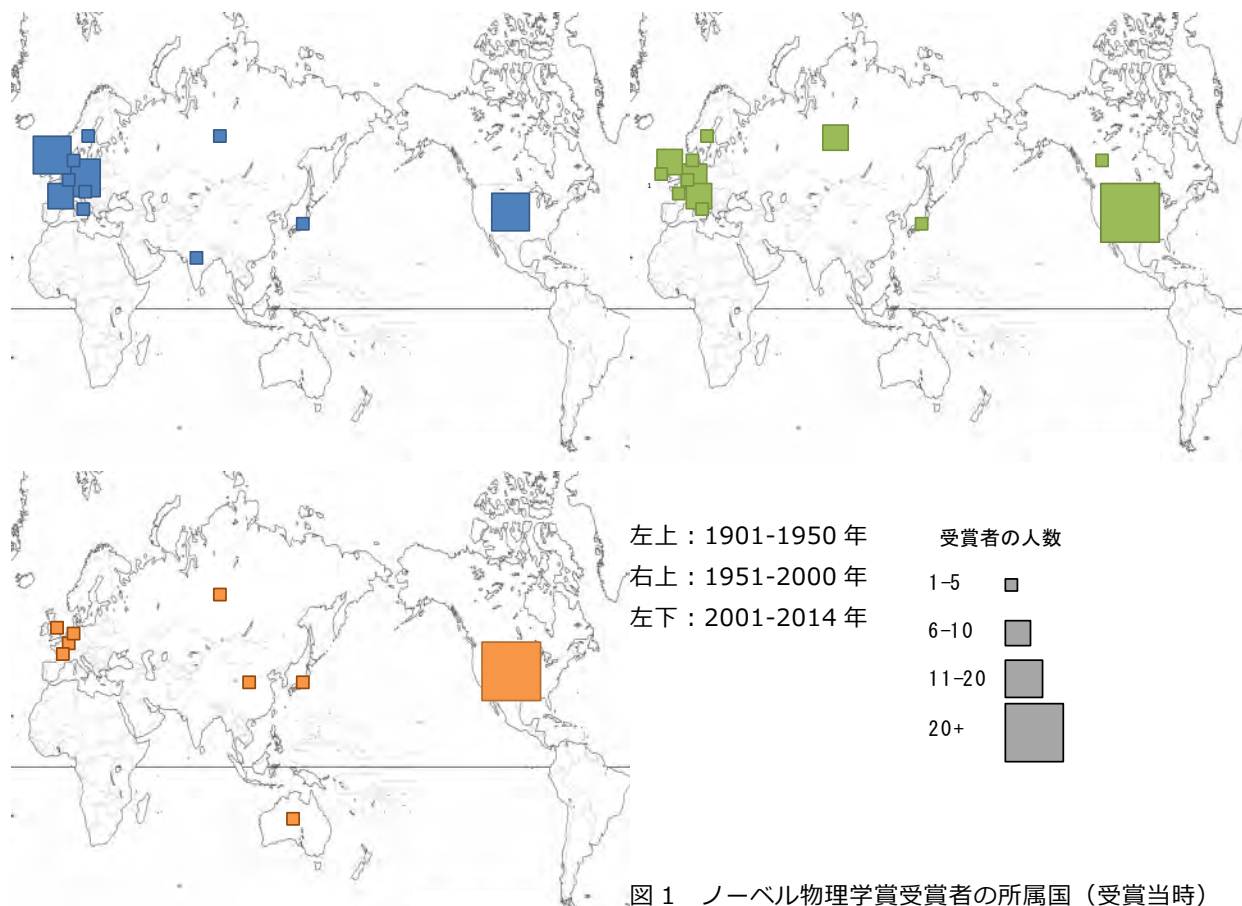


図1 ノーベル物理学賞受賞者の所属国（受賞当時）

## 2.2 個人受賞と共同受賞の割合の変遷

ノーベル物理学賞受賞者を個人受賞か共同受賞かで分類し、さらに共同受賞の場合、それらの共同受賞者の所属機関が同じ国の場合と、異なる場合に分類し、その割合を求めた(表1)。

表1. ノーベル物理学賞における共同受賞と個人受賞の割合 (%)

	1901-1950 (N=42)	1951-2000 (N=50)	2001-2014 (N=14)
個人受賞	83.3	24.0	0.0
共同受賞	同じ国から	9.5	38.0
	異なる国から	11.9	38.0

20世紀前半では、個人受賞が8割以上を占めていた。しかし、20世紀後半になると、逆に共同受賞が8割近くを占めるようになり、個人受賞は25%を下回っている。その共同受賞について、異国/同国の研究機関に所属する研究者による共同受賞の割合は同じ(38%)であっ

た。21世紀に入ってこれまでの14年間、全て共同受賞である。その共同受賞の中でも、異国の研究機関に所属する研究者による共同受賞が全受賞者の7割を超えており、21世紀の物理学研究は、共通テーマに国境を越えて取り組む研究が盛んに行われていることが伺われる。

### 2.3 ノーベル物理学賞受賞者の専門分野の変遷

1901年から2014年までにノーベル物理学賞を受賞した科学者が自分の研究分野として発表しているものを分類し、割合が高いものから整理したものが表2である。

表2. ノーベル物理学賞受賞者の専門分野 (%)

1901-1950 (N=63)	1951-2000 (N=71)	2001-2014 (N=22)
原子物理学 (17.5)	物性物理学 (16.9)	原子物理学 (13.6)
電磁気学 (12.7)	素粒子物理学 (15.5)	物性物理学 (13.6)
量子力学 (9.5)	装置開発 (11.3)	素粒子物理学 (13.6)
核物理学 (7.9)	宇宙物理学 (7.0)	宇宙物理学 (9.1)
	核物理学 (7.0)	装置開発 (9.1)
	光学 (7.0)	半導体技術 (9.1)

20世紀前半の受賞者は、原子物理学 (Atomic physics)、電磁気学 (Electromagnetism)、量子力学 (Quantum mechanics)、核物理学 (Nuclear physics) を専門分野とする研究者が全体の約1/2を占めていた。20世紀後半になると、ノーベル物理学賞受賞者の専門分野は大きく変化し、物性物理学 (Condensed matter physics)、素粒子物理学 (Particle physics)、装置開発 (Instrumentation)、宇宙物理学 (Astrophysics)、光学 (Optical physics) のような20世紀前半とは異なる専門分野が上位となっている。

21世紀前半では、20世紀後半の受賞者において上位を占める専門分野、物性物理学、素粒子物理学、装置開発、宇宙物理学が引き続き上位を占めている。原子物理学分野は、半世紀を経て21世紀になって再び上位になっている。半導体技術 (Semiconductor technology) (9.1%) は21世紀になり上位となった専門分野である。

### 2.4 ノーベル物理学賞受賞者の受賞年齢の変遷

ノーベル物理学賞受賞者を、上述の分析と同様に、20世紀前半、20世紀後半、21世紀に分け、受賞時の年齢のヒストグラムを作成した (図2)。年齢の算出については、月齢を無視して出生年と受賞年から計算した。図中のグレーで示した年齢層は、それぞれのグループにおけるノーベル物理学賞受賞者の平均年齢層を示す。

20世紀前半にノーベル物理学賞を受賞した科学者の平均年齢は47歳であった。最も若い受賞者はウィリアム・ローレンス・ブラッグで25歳の時に受賞し、最も年長の受賞者はヨハネス・ディーデリク・ファン・デル・ワールスで73歳の時に受賞した。20世紀前半は30~34歳と50~54歳の年齢層の受賞者が多いように見える。

20世紀後半にノーベル物理学賞を受賞した科学者の平均年齢は57歳であった。最も若い受賞者は李政道で31歳の時に受賞し、最も年長の受賞者はピョートル・カピッツァで84歳の時に受賞した。20世紀後半は、特に45~49歳の年齢層の受賞者が多い。

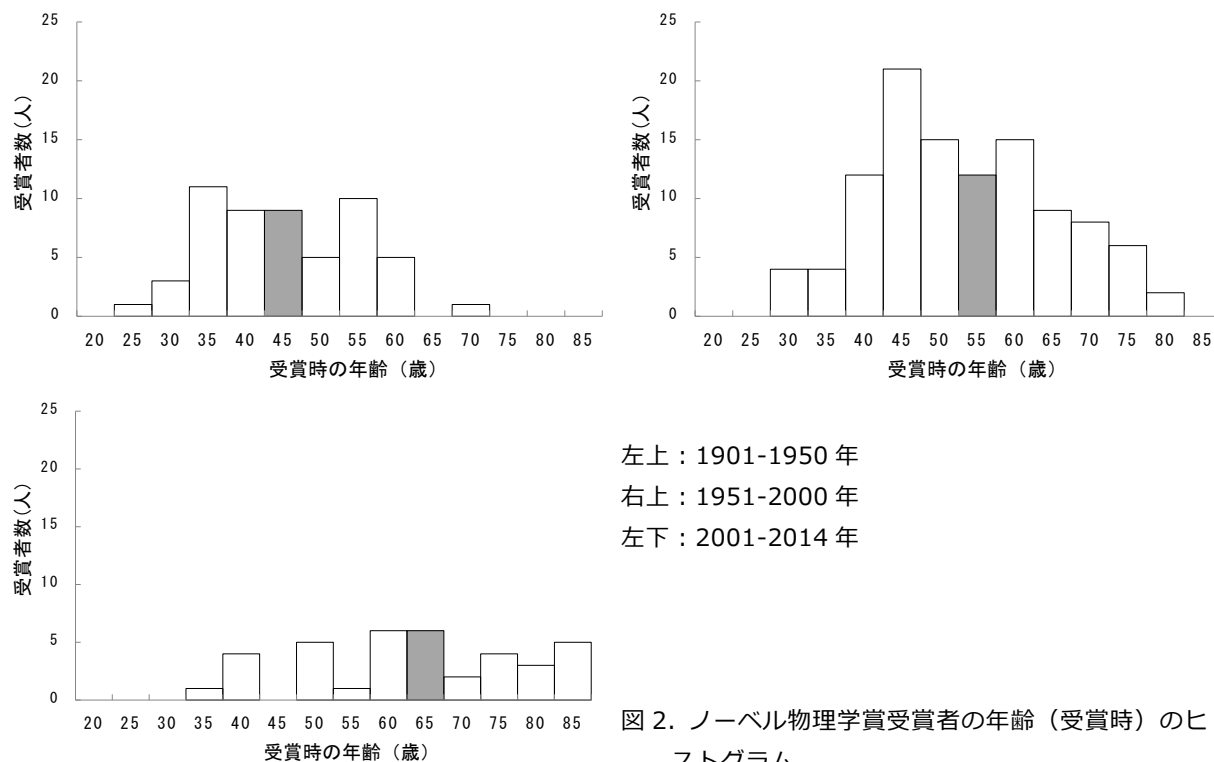


図 2. ノーベル物理学賞受賞者の年齢 (受賞時) のヒストグラム

21 世紀前半にノーベル物理学賞を受賞した科学者の平均年齢は 66 歳であり、最も若い受賞者はコンスタンチン・ノボセロフで 36 歳の時に受賞し、最も年長の受賞者はレイモンド・デイビス・ジュニアで 88 歳の時に受賞した。21 世紀においては、特に多くの受賞者が含まれる年齢層はないが、20 世紀前半、20 世紀後半と比べて、全体として受賞者の年齢が上がっているように見える。

### 3. おわりに

人類に顕著な貢献をした世界の科学者に対して 100 年以上にわたって授賞をしてきたノーベル物理学賞に関わる受賞時の所属国や授賞形態、専門分野、授賞年齢の変遷から、21 世紀型の科学研究スタイルとして以下の 3 点を挙げたい。

- ① 国際性 ② 学際性 ③ 協同性

孤高の天才が人知れず取り組む研究像や西洋中心主義的な拠点研究像は、21 世紀の科学研究スタイルから大きく乖離している。一方で、これまで 199 名のノーベル物理学賞受賞がいる中で、女性受賞者が僅か 2 名に限られているのも事実である。多様な文化や価値観の人々と共に、個性豊かに自分たちの知識や発見、技能を高め拡げて社会に貢献し、長期的に文化資本を累積していく観点から新しい理科教育課程の在り方を検討する必要がある。

### 引用・参考文献

- U. ラーショーン編 (2002). ノーベル賞の百年. ユニバーサル・アカデミー・プレス.
- Sumida, M., & Ohashi, A. (2015). Chemistry Education for Gifted Learners. In Javier, G. & Elena, S. (Eds.) *Chemistry Education: Best Practices, Opportunities and Trends*, pp. 469-487, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.



