

# 理科教育における“Nature of Scientific Inquiry”に関する研究

## —認識調査による実態把握を中心として—

大鹿研究室 岩田 晋太郎

### 【要約】

本研究は、NOSIの内容を導入した理科カリキュラムや指導法の開発に必要な基本的知見を得ることを目的とする。まず、NOSIの内容、取り扱いに言及している文献を分析し、米国を中心とした近年のNOSIを取り巻く諸相を明らかにした。次に、NOSIの内容を導入している科学授業指導書 *Argument-Driven Inquiry* を分析し、そのNOSIの内容及び教授展開を解明し、「明示的・内省的アプローチ」の有効性など、教授に関する示唆を得た。最後に、我が国の高校生・大学生を対象としたNOSIに関するアンケート調査及び高校生を対象としたインタビュー調査を行い、科学的探究の手順に関して正しい認識を有している生徒の割合が少ないことを明らかにするとともに、高校生が有する「科学的な問い」、「仮説」、「科学的データ及び科学的証拠」に関する認識をより詳細に明らかにした。

### 序

科学をメタ的に捉える学習内容はNOS (Nature of Science) と呼ばれ、その理解は科学的リテラシー獲得に資すると考えられている。その中でも、とりわけ「科学的知識」に焦点化した内容がNOSK (Nature of Scientific Knowledge), 「科学的探究」に焦点化した内容がNOSI (Nature of Scientific Inquiry) と呼称され、後者については近年、研究対象や教育内容として取り上げられ始めている。

ところで我が国に目を転じれば、理科教育の目標として「科学的に探究する能力と態度を育てる」ことが標榜され、探究活動の充実がこれまで求められてきた。平成29年告示学習指導要領においても、科学的に探究する活動をより一層重視することが強調されている<sup>1)</sup>。しかしながら、理科授業では、科学的知識の獲得、及び科学的探究能力の育成を目指し、教授法として探究活動が用いられる一方で、科学的探究についての理解は未だ等閑に付されている現状にある<sup>2)</sup>。

引き続き科学的リテラシーの獲得が世界的な科学教育の目標であることを展望すれば、NOSを導入したカリキュラム編成や理科の指導法への示唆を求める試みは有意義であると考えられる。しかし、NOSIに関する国内の先行研究では次の課題がある。

第一に、NOSIを取り巻く諸相が、必ずしも明らかにされていないという点である。例えば、

鈴木はNSES (*National Science Education Standards*) に導入されているNOSの内容を分析しているが、その報告はNOSKの内容に関するものに限られている<sup>3)</sup>。また、NOSIの内容をスタンダードに導入している米国において、その内容がどのように教授されているかを調査した研究は管見の限り見られない。

第二に、NOSIに関する我が国の高校生の理解の実態が十分に解明されているとはいえないという点である。福田・中村は、Lederman et al.がNOSIの理解を評価するために開発したVASIアンケートを用いて、高校生を対象とした調査を行っている<sup>4)</sup>。しかし、VASIアンケートは設問、及び自由記述を主にした回答形式に起因し、内容によっては生徒の理解を十分に抽出することができない側面が存在することが指摘されている<sup>5)</sup>。

そこで本研究では、NOSIの内容を導入した理科カリキュラムや指導法の開発に必要な基本的知見を得ることを目的とし、以下の下位目標三点を設定した。一点目は、理科教育におけるNOSIの背景及び内容を解明すること。二点目は、米国の科学授業指導書におけるNOSIの内容の教授展開を解明すること。三点目は、VASIアンケートにおける課題を基に、高校生のNOSIの理解の実態を解明することである。

### 1. 理論的フレームワーク

まず、下位目標1に対し、NOSIの内容や扱いに言及している文献を蒐集し、調査した。

### (1) NSES への NOSI の内容の導入背景

1980 年代より展開された米国科学教育改革の潮流の中で、STS 教育運動と結び付き、NOS の内容を科学教育に導入すべきであるという主張が巻き起こった。その結果、1994 年に出版された NSES において、その内容スタンダードを横断する形で NOS の内容が導入されるに至った。NSES では、単なる「プロセスとしての科学」を超克する一つの手立てとして、「探究としての科学」スタンダードに、「プロセス・スキル」に相当する「科学的探究を行うための能力」のみならず、NOSI に相当する内容である「科学的探究についての理解」を導入する形を取ったのである<sup>6)</sup>。

### (2) Schwartz et al.による NOSI の内容

Schwartz et al.は、NSES において、NOS に係る内容が「科学の歴史と本質」、及び先述した「探究としての科学」スタンダードに分割されていることを援用し、NOS を NOSK 及び NOSI という区分を以って、それぞれの内容を焦点化することを提案した<sup>7)</sup>。そして、NOSI を「科学的知識が構築され、正当化されるまでのプロセスの性質と理論的根拠の視点」<sup>8)</sup>と定義した。NOS は、認識論的知識であるという特性上、「合意した見方 (consensus view)」によってその内容が同定される。Schwartz et al.も同様に、*Benchmarks for Science Literacy*、NSES、及び Schwab を始めとする科学教育者による科学的探究をメタ的に説明した記述を精査し、以下 7 つの NOSI の内容を措定した<sup>9)</sup>。

- ① 科学的な問いが investigation の指針となる
- ② 科学的 investigation の多様な方法
- ③ 科学的探究の多様な目的
- ④ 科学的知識の正当性
- ⑤ 変則的なデータの認識と取り扱い
- ⑥ データと証拠の区別
- ⑦ 実践のコミュニティ

### (3) NGSS における NOSI の内容

NGSS (*Next Generation Science Standards*) は、NSES の改訂版に当たり、質の高い科学教育を提供するために必要となる 3 つの次元として「科学と工学の実践 (SEPs; Science and Engineering Practices)」、*「領域横断概念 (CCs; Crosscutting Concepts)」、**「領域コア概念 (DCIs;*

*Disciplinary Core Ideas)*」を掲げ、NOS の内容をそうした 3 次元の中心に据えるに至った<sup>10)11)</sup>。そこでは、8 つの NOS の内容が導入されたが、その取り扱いが付録に一括して示されたことで「科学の歴史と本質」及び「探究としての科学」といった区分は明示されなくなった。しかしながら、その付録の中で SEPs と関連する NOS の内容として述べられている①科学的探究は多様な方法を用いる、②科学的知識は経験的証拠に基づく、③科学的知識は新たな証拠に従って修正される、④科学的モデル、法則、メカニズム、及び理論は自然現象を説明する、の 4 つが NOSI に相当する内容であると捉えることが可能である。というのも、Bybee が指摘するように、科学的探究が SEPs に内包されていることを踏まえれば<sup>12)</sup>、SEPs と関連する NOS の内容は、科学的探究に焦点を当てているものであると見立てることができるのである。

### (4) Lederman et al.による NOSI の内容

Lederman et al.は、Schwartz et al.が提言した NOSI の内容を踏襲した上で、その後刊行された NGSS、及びその基盤となった *A Framework for K-12 Science Education* を考慮し、以下 8 つの NOSI の内容を措定した<sup>13)</sup>。その上、Lederman et al.は、Schwartz et al.による NOSI の内容から強調点を変更するに至った経緯として、これらの内容と NGSS における SEPs に関連する「期待される学習成果 (PEs; Performance Expectations)」とのつながりにも触れており、NOSI の理解を以ってして、PEs の達成を射程に収めていることは注目に値する。

- I. 科学的 investigation はすべて問いから始まり、必ずしも仮説を検証するわけではない
- II. すべての investigation がたどる単一の手順は存在しない
- III. 探究の手順は問いによって導かれる
- IV. 同じ手続きを実行したすべての科学者が同じ結果に達するわけではない
- V. 探究の手続きは結果に影響を及ぼし得る
- VI. 研究の結論は集めたデータと一致しなければならない
- VII. 科学的データは科学的証拠と同じではない
- VIII. 説明は、集めたデータと既存知識とを組み合わせることによってなされる

以って、米国スタンダード、及び研究者によって言及されている NOSI の取り扱いとその内容を解明した。

## 2. Argument-Driven Inquiry の分析

NOSI, ひいては NOS の内容は、科学的探究に従事するだけ（暗黙的アプローチ）では理解し得ないことが知られている。しかしながら、McComas は、NGSS において取り上げられている教授法が、歴史的アプローチに限られていることを批判している<sup>14)</sup>。それでは、NOSI の内容は如何なる教授法を以って教授されるべきなのであるか。

### (1) 分析対象

下位目標 2 に対し、NGSS に準拠した中等教育段階の科学授業指導書であり、様々な探究活動に対し、扱うべき NOSK 及び NOSI の内容を明示しており、尚且つその使用が NOSI の理解に寄与することが示唆されている<sup>15)</sup>ADI (*Argument-Driven Inquiry*) を分析対象として選択した。また、ADI シリーズとして現在刊行されている 6 冊すべてをその対象とした<sup>16)</sup>。

### (2) ADI における NOSI の内容構成

ADI で扱う NOS の内容は、NOS に関する先行研究と NGSS での取り扱いに基づいて選択されている。すべての ADI で共通して扱われている NOSI の内容は、「社会的・文化的な背景」、「科学的 investigation で用いられる多様性」、「科学的想像性と創造性」、「実験の本質と役割」の 4 つ見られた。また、最新版である *Earth and Space Science* のみ「科学的創造性と創造性」に係る内容が NOSK と NOSI に分割されていたり、「科学の限界」に関する内容が追加して NOSI に導入されていたりする違いが見出せた。これは、分野固有の探究の特徴及び NGSS における NOS の取り扱いを反映しているものと考えられる。

他方、NGSS で想定されているようなプログレッションズによる各内容の深まりについて着目したところ、殆ど変化が見られなかった。

### (3) ADI における NOSI の教授展開

ADI における NOSI の教授は、科学的な調査、アーギュメントの構築とその共有の後に位置付けられている第 5 ステージ「明示的・内省的な議論」によって行われる。このステージで生徒は、自らが行なった科学的な調査とアーギュメントを振り返りながら、用いた DCIs, CCs を理解すること

及び、今後の SEPs を改善する方法について考えることを目的とした議論を行う。その後、同様に生徒が行なった活動を題材として NOSK 又は NOSI に関する議論を行う。この議論において教師は、ADI の教師ノートに記載されている生産的な議論を促す質問や焦点を当てるための推奨事項を参照し、生徒に NOS に関する議論を促すことが求められている。こうした「目的の明示」、「科学的実践の対象化」、「学習者同士の議論」を特質として、Abd-El-Khalick et al. が開発した NOS の教授アプローチは「明示的・内省的アプローチ」と呼称され、総じて NOS の理解促進に高い効果を上げている<sup>17)</sup>。以上のことから、ADI は NOSI を NOSK と同様に「明示的・内省的アプローチ」を用いて教授する方法が有効であると想定していると考えられる。

また、ADI はこれらの概念をまとめて教授するのではなく、各探究活動において繰り返し議論を重ねることによって、抽象的で、時には直感に反する概念を生徒が学ぶことがより容易になることを強調している。更に、各探究活動の終わりには議論を行った NOS の内容を含む「Checkout Questions」が配置され、より理解を深めるよう工夫されている。

以って、ADI における NOSI の内容構成、教授展開を明らかにするとともに、我が国における NOSI の内容を導入した理科カリキュラムや指導法の開発にあつては、NOSI の概念をまとめて学ぶのではなく、生徒に、問題解決や科学的探究の実際のプロセスをまさにメタ的に振り返る「明示的・内省的アプローチ」を用いた議論に従事させ、テストなどを利用して繰り返し学習させることが効果的であることを考慮することが重要であるという示唆を得た。

## 3. アンケート調査

それでは、我が国の生徒は如何なる NOSI の認識を有しているのだろうか。

### (1) アンケートの開発

下位目標 3 に対し、VASI アンケートを改良する視点を抽出し、新たなアンケートを開発し、当該アンケートを用いて高校生の NOSI の理解の実態を明らかにする方策を取った。VASI アンケートでは、内容 I 「科学的 investigation はすべて問いから始まり、必ずしも仮説を検証するわけではない」の後半部分について問うている設問が存在

していないため、理解を十分に抽出できていない。そこで、本内容を I a 「科学的 investigation はすべて問いから始まる」及び I b 「科学的 investigation は必ずしも仮説を検証するわけではない」に分割し、9つの内容とした。各々の内容当たり2つの設問を作成し、計18項目とした。回答形式は、二項選択法を用いた。また、調査の対象は、愛知県内の高校2年生198名、及び大学生76名であった。

## (2) 調査結果及び考察

各内容に関する2つの設問に両方正当した生徒の割合を以下に示す。

表 アンケート調査結果

区分	NOSI の内容	両設問とも正答した生徒の割合 (%)	
		高校生	大学生
I a	科学的 investigation はすべて問いから始まる	33.8	28.9
I b	科学的 investigation は必ずしも仮説を検証するわけではない	9.1	23.7
II	すべての investigation がたどる単一の手順は存在しない	27.3	97.4
III	探究の手順は問いによって導かれる	48.5	82.9
IV	同じ手続きを実行したすべての科学者が同じ結果に達するわけではない	67.2	64.5
V	探究の手続きは結果に影響を及ぼし得る	80.8	94.7
VI	研究の結論は集めたデータと一致しなければならない	55.1	46.1
VII	科学的データは科学的証拠と同じではない	13.1	50.0
VIII	説明は、集めたデータと既有知識とを組み合わせることによってなされる	78.3	86.8

### 区分 Ia に関する認識

区分 Ia に関する両設問に正答している生徒の割合は高校生、大学生ともに低い傾向にあり、福田・中村が VASI アンケートを用い、得ている結果<sup>18)</sup>と同様の傾向が得られた。本内容での問いとは、単なる疑問ではなく investigation によって検証可能な科学的な問いの設定を指している。しかしながら、本アンケートでは、回答者が保持している「科学的な問い」の概念の認識を描出することができなかった。

### 区分 Ib に関する認識

VASI アンケートでは生徒の理解を抽出できていなかった区分 Ib に関する両設問に対し、正答している生徒の割合は高校生、大学生ともに最も低かった。その上、約半数の高校生が両設問に誤答

していることから、「科学的な調査は必ず仮説を検証する」というミスコンセプションを有している可能性が示唆された。

### 区分 II に関する認識

区分 II に関する両設問に正答している生徒の割合は高校生と大学生で、大きな差が生じたが、こうした結果の要因として、高校までの理科授業で見られるような教師が定めた手順に従う観察・実験が挙げられる。というのも、同区分は「科学的な調査は決まった手順に従うことによって進められる。」及び「科学者によっては同じ問いに答えるために異なる調査手順を計画することがある。」という2問から構成されているが、高校生の正答率は前者が28.8%、後者が97.0%であったためである。

### 区分 III に関する認識

区分 III に関する両設問に正答している高校生は約半数であり、福田・中村によって同区分を理解していると見做された高校生の割合<sup>19)</sup>と同様の結果となった。

### 区分 IV, V, VI に関する認識

他方、区分 IV, V, VI に関しては正しい認識を有している高校生及び大学生の割合は比較的高かった。

### 区分 VII に関する認識

区分 VII に関する両設問に正答している高校生の割合は低く、福田・中村によって得られた結果と同様の傾向<sup>20)</sup>が得られた。具体的な設問に着目すると、区分 VII は「科学的データは科学的証拠とは異なるものである。」及び「実験や観察で得た数値、文字、音声、映像などはすべて科学的証拠である。」という2問から構成され、高校生の正答率はそれぞれ53.5%、19.7%であった。この結果から、約半数の生徒が科学的データと科学的証拠に何らかの違いがあることは理解しているが、その包含関係まで理解している生徒の割合は低いことが示唆された。

### 区分 VIII に関する認識

福田・中村による VASI アンケートを用いた調査での同区分を理解している高校生の割合は0.9%であったが<sup>21)</sup>、この結果に対し、福田・中村はデータの役割に対する生徒の無理解から生じたのではなく、説明を構成する要素として「データ」及び「既有知識」の両者を自由記述に明記せねばならない VASI アンケートの設問に因るものだと

考察している。実際、今回のアンケートでは、区分Ⅷに関する両設問に正答している生徒の割合は高校生、大学生ともに高く、比較的正しい認識を有している。

これらの結果から、日本の高校生及び大学生は、科学的知識が構築された後に正当化されるまでのプロセスに関しては比較的正しい認識を有しているが、一方で科学的探究の手順に関して正しい認識を有している生徒の割合は少ないことが明らかとなった。

#### 4. インタビュー調査

##### (1) データの収集と手続き

アンケート調査では、その認識の描出に至ることができなかった「科学的な問い」、「科学的データ及び科学的証拠」の概念、及びミスコンセプションの存在が示唆された「仮説」の概念について、如何なる考えを高校生が保持しているかを明らかにするために、インタビュー調査を行った。調査の対象は、愛知県内の高校2年生5名で、アンケートを解いた後にその回答を参照しながら、20分程度のインタビューを行い、上に述べた概念に関する自身の考えを語り得た。

これらのインタビュー内容をトランスクリプト化し、質的データの分析方法である SCAT (Steps for Coding and Theorization)<sup>22)</sup>を用いて分析した。SCATは、マトリクス中にセグメント化したデータを記述し、

- 〈1〉データの中の注目すべき語句
- 〈2〉それを言いかえるためのデータ外の語句
- 〈3〉それを説明するための語句
- 〈4〉そこから浮かび上がるテーマ・構成概念

を付していく4段階のコーディングにより、インタビューデータ全体のストーリーラインを記述する分析方法である<sup>23)</sup>。

##### (2) 調査結果及び考察

分析によって得られた結果を、高校生の保持する「科学的な問い」、「仮説」、「科学的データ及び科学的証拠」に関する認識の3つの視点から示していく。なお、各対象者をS1、S2、S3、S4及びS5と示すとともに、以下で引用するストーリーライン中の下線部は、〈4〉テーマ・構成概念であることを表す。

#### 「科学的な問い」に関する認識

如何なる「科学的な問い」概念を高校生は保持しているのか、その一例として、S4のストーリーラインの一部を示す。

S4は、科学的調査と見做すかどうかの基準として観察を伴う実験の有無を据え、その目的を科学的な問いへの回答にあると捉えている。そうした科学的な問いが、実験結果から誘起される「分からないこと」を基に生じるものであると考えているように、とりわけ科学における実験の役割を重視している。また、科学的な問いが実験を始めとする手順を決定するといったような科学的な調査の指針になるとも考えている。

24)

科学的な問いが科学的調査の基盤・指針となるという見方はすべての対象者で確認された一方で、科学的な問いをどう見做しているかは、S4であれば、「実験の有無」、S1であれば「学校理科の分野である化学、物理、生物、地学」、S3であれば、「物理的なこと」というような科学的調査の対象の認識に左右される。実験を重視するS4は、そうした認識に基づいて、科学的な問いを実験結果から生じるものだと見做しているのである。

#### 「仮説」に関する認識

同様に、S1のストーリーラインの一部を示す。

絶対的の真実としての科学的知識の存在を認め、科学的調査はそうした科学的知識を組み込んだ科学的な問いから始まることで、その自律性が保証されると考えている。さらに、授業で扱われるパラダイムシフトに関する科学史に依る影響を受け、仮説について、絶対的の真実としての科学的知識の卵であるため、この段階では反証可能性を持つと捉えるとともに、科学的調査は自身で立てた仮説の正否を検証することで進められるため、論理的枠組みをもたらす仮説は重要であると感じている一方で、仮説と予想とを同一視している。<sup>25)</sup>

S1に限らず、S3及びS4も、仮説とLawsonの定義する予想<sup>26)</sup>とを同一視しており、小林が指摘する通り<sup>27)</sup>、両者の混同が見られた。一方で、

S2は仮説をif, 予想をbecauseだと捉え、逆転した理解に至っていたり、S5は仮説を絶対的真実と捉えていたり、多様な仮説観が確認された。S1と同様に、S5のストーリーラインに、「数学を科学の一部だと考え、正しいことを前提している仮定を据える学校数学における証明のプロセスに影響され、絶対的真実として仮説を捉えている。」と記述されたように、こうした仮説観の形成には、少なからず学校における授業が関与していることが示唆された。Lederman et al.が指摘するように、学校の授業は科学的探究に関するミスコンセプションを生み出す可能性がある<sup>28)</sup>。よって教師が、仮説に関連する事象を取り扱うに際して、明示的に仮説について説明することがこうした認識を改善する一つの手法になり得よう。

### 「科学的データ及び科学的証拠」に関する認識

アンケート調査で得られた結果と異なり、科学的データの一部分が科学的証拠であるという考えがすべての対象者のストーリーラインに記述された。それにも関わらず、「科学的データと科学的証拠は同じものである」とアンケートに回答している対象者も見られた。即ち、科学的証拠は科学的データ中の答えを支持するものに限るが、その内容は同じものだという観点からこうした回答をしているのだと考えられる。よって、本アンケート調査では、VASIアンケートと同様に科学的データと科学的証拠の包含関係までは描出することができないことが明らかになるとともに、高校生はそうした包含関係については十分な理解に達している可能性が示唆された。

### 結語

本研究では、NOSIを取り巻く諸相の解明及び我が国の高校生・大学生が有するNOSIの認識の実態把握という観点から、NOSIの内容を導入した理科カリキュラムや指導法の開発に必要な基本的知見をいくつか得ることができた。無論、NOSIの導入にあっては、実践という観点を始めとする検討事項が未だ多く残されている。しかしながら、我が国においてNOSIに関する研究は活発に行われているとは言いがたい。本研究で描出されたように、NOSIの理解は、科学的リテラシー獲得の一助になるとともに、Schwabが揶揄するような「結論の修辞術」<sup>29)</sup>の理科授業を脱却し、質の高い科

学的探究を行うために必要な要素である。よって引き続き当該分野に関する研究が求められる。

### 【註及び引用文献】

- 1) 例えば、文部科学省、『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編』, 学校図書, 2018, p.11.
- 2) 福田成徳・中村泰輔, 「高校生が有する Nature of Scientific Inquiry の理解の実態—VASI アンケートを用いた調査から—」, 『日本科学教育学会研究会研究報告』第30巻, 第6号, 2016, p.55.
- 3) 鈴木宏昭, 「米国の理科カリキュラムにおける“Nature of Science”の教授内容」, 『白鷗大学論集』, 第24巻, 第1号, 2009.
- 4) 福田成徳・中村泰輔, 前掲書, 2016, pp.55-60.
- 5) 同上書, p.58.
- 6) National Research Council (NRC), *National Science Education Standards*, National Academy Press, 1996.
- 7) Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Lederman, J. S., “An Instrument To Assess Views Of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire”, *Paper presented at the annual of the National Association for Research in Science Teaching*, March 30-April 2, 2008, p.3.
- 8) *Ibid.*, p.2.
- 9) *Ibid.*, p.4.
- 10) NGSS Lead States, *Next Generation Science Standards: For States, By States Vol. 1*, National Academies Press, 2013.
- 11) NGSS Lead States, *Next Generation Science Standards: For States, By States Vol. 2*, National Academies Press, 2013.
- 12) Bybee, R. W., *Translating the NGSS for Classroom Instruction*, NSTA Press, 2013, p.40.
- 13) Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S., “Meaningful assessment of learners’ understandings about scientific inquiry – The Views About Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire”, *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 2014.
- 14) McComas, W. F., “Nature of Science in the Science Curriculum and in Teacher Education Programs in the United States”, In Matthews, M. R. (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Springer, 2014b, p.2010.
- 15) Metin, D., “The Effect of Argument-Driven Inquiry on Pre-service Science Teachers’ Views About Scientific Inquiry”, *European Science Education Research Association 2017 Conference*, 2017.
- 16) 紙幅の都合上, 代表して1冊のみを示す。Sampson, V., Murphy, A., Lipscomb, K., & Hutner, T. L., *Argument-Driven Inquiry in Earth and Space Science: Lab Investigation for grades 6-10*, Arlington, VA: NSTA Press, 2018.
- 17) Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G., “The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural”, *Science Education*, 82, 1998, pp.417-436.
- 18) 福田成徳・中村泰輔, 前掲書, 2016, pp.58-59.
- 19) 同上書.
- 20) 同上書.
- 21) 同上書.
- 22) 大谷尚, 「4 ステップコーディングによる質的データ分析手法 SCATの提案: 着しやすく小規模データに適用可能な理論化の手続き」, 『名古屋大学大学院教育発達科学研究科(教育科学)』, 54(2), pp.27-44.
- 23) 大谷尚, 「SCAT: Steps for Coding and Theorization: 明示的で着しやすく小規模データに適用可能な質的データ分析手法」, 『感性工学』, 10(3), p.155.
- 24) S4のストーリーラインから引用.
- 25) S1のストーリーラインから引用.
- 26) Lawson, A. E., *Science Teaching and the Development of Thinking*, Wadsworth Publishing Company, 1995, pp.19-22.
- 27) 小林和雄, 「豊かで質の高い仮説設定の指導」, 大高泉編著, 『理科教育基礎論研究』, 協同出版, 2017, pp.304-305.
- 28) Lederman, N. G., Lederman, J. S., & Antink, A., “Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy”, *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 2013, p.144.
- 29) Schwab, J. J., *The Teaching of Science as Enquiry*, In Schwab, J. J., & Brandwein, L. B., *The Teaching of Science*, Harvard University Press, 1962. (佐藤三郎訳, 「探究としての科学の探究」, 『探究としての学習』, 明治図書, 1970, p.27.)