

# 小学校第4学年児童の理科における「仮説設定能力」に影響を及ぼす諸要因の因果モデル

斎藤 紗織\*・山田 貴之\*\*・小林 辰至\*\*\*

(平成29年4月24日受付；平成29年10月31日受理)

## 要 旨

本研究は、小学校第4学年児童の仮説設定に関わる実態を調査し、「仮説設定能力」に影響を及ぼす諸要因の因果モデルを明らかにするとともに、指導方法の検討に向けた示唆を得ることを目的とした。まず、第4学年児童527名を対象として、70項目からなる質問紙調査を実施し、「仮説設定能力」に影響を及ぼす5つの因子として「主体的な探究活動」、「豊かな自然体験」、「国語への好感度」、「算数への好感度」、「自然科学への興味・関心」を同定した。次に、「仮説設定能力」を「変数の同定」と「因果関係の認識」の2つの観点で評価し、その回答を得点化した。そして、これら7つの変数についてパス図を作成し、パス解析を行った。

その結果、仮説設定で重要となる「変数の同定」と「因果関係の認識」に対して、「豊かな自然体験」、「自然科学への興味・関心」、「主体的な探究活動」、「国語への好感度」の4つが間接的に影響を及ぼしていることが明らかとなった。また、「算数への好感度」が「変数の同定」と「因果関係の認識」に直接的影響を及ぼしていることが明らかとなった。

これらの結果を踏まえ、小学校第4学年児童に対して、児童が自らの諸感覚を働かせて自然と関わる体験の中で、自然の事物・現象における従属変数と独立変数の2変数の因果関係に着目させたり、実験で検証可能な仮説を児童自らの言葉で表現できるように指導したりすることは、発達の程度の観点から時宜を得るものと考えられる。

## KEY WORDS

小学校第4学年 4<sup>th</sup> Grade Elementary School Student, 仮説設定能力 Hypothesis Setting Ability, 因果モデル Causal Model

## 1 問題の所在

21世紀を知識基盤社会の時代と捉えた、2008年告示の小学校学習指導要領解説理科編では、問題解決的な学習の出発点として、児童が自然の事物・現象の中から問題を見だし、自らの生活経験や学習経験を基にしながら予想や仮説を設定することが重要な過程であると明記されている（文部科学省、2008）。

仮説設定について、宮本（2014）は独立変数と従属変数の因果関係を踏まえることが重要であるとしている。大寫（2009）、大寫・大高（2013）・大寫（2015）は、独立変数と従属変数を組み合わせることによって、これらの変数の関係を見いださせ検証可能な問いを作らせるといった、変数同定に関する指導方法の必要性を指摘している。Cothron, Giese & Rezba（2000）は、自然の事物・現象の中から独立変数と従属変数を同定し、それらの因果関係に基づいた仮説設定の方略として、“The Four Question Strategy”を提唱している。小林・永益（2006）は、Cothronらの考えに基づいて仮説設定シートを開発するとともに、変数を同定し仮説の設定に至るまでの指導方略を具体的に示している。このように、問題解決の能力を育成する上で、自然の事物・現象の中から独立変数と従属変数の2変数を同定し、それらの因果関係に基づいた仮説を設定することは、実験の中核を形成する重要な科学的探究過程であるといえる。

しかしながら、国立教育政策研究所（2007）「特定の課題に関する調査（理科）結果のポイント」及び国立教育政策研究所（2012）「平成24年度全国学力・学習状況調査【小学校】報告書」において、我が国の小学生は「条件を制御しながら実験を構想することに課題がある」ことを指摘している。そして、「児童自らが見いだした問題から予想や仮説をもち、実験で制御する条件を表に整理するなどして、変える要因と変えない要因とを比較できる実験計画を立てるように指導することが大切である。」という指導改善のポイントを示している。これらの調査結果から、独立変数と従属変数の2変数を同定し、これら因果関係を認識する能力を高めるとともに、検証可能な仮説を設定する能力を育成することは喫緊の課題であると考えられる。

他方、永益・小林（2007）は、高等学校の生物選択の生徒を対象に、仮説設定で重要となる「独立変数の意識化」に対して、「生き物との関わり」、「第三者の関わり」、「生き物に対する興味・関心」、「本への親しみ」が影響を及ぼすとしている。荒井・永益・小林（2008a, b）は、中学校第2学年生徒を対象に、仮説設定で重要となる「変数への気づき」に対して、「知的好奇心」、「自然体験」、「科学的体験」が影響を及ぼすとしている。山田・小林（2014）は、小学校第6学年児童を対象に、仮説設定で重要となる「変数の同定」と「因果関係の認識」に対して、「自然や科学技術への興味・関心」、「豊かな自然体験」、「理科への自信」が影響を及ぼすとしている。これらの先行研究から、小学校第6学年以上の児童生徒が、自然の事物・現象の中から問題を見いだし、検証可能な仮説を設定するためには、「知的好奇心」や「自然体験」などが重要な要因になっていることが明らかにされている。

そこで本研究では、児童生徒の発達段階を踏まえ、小中高等学校を通じた仮説設定の能力に関する構造を明らかにするために、先行研究と比べて未発達の小学校第4学年の中学年児童を対象とし、自然の事物・現象から従属変数と独立変数を同定したり、これら2変数の因果関係を正しく認識したりする能力に着目し、それらに影響を及ぼす諸要因の因果モデルを明らかにできれば、問題解決の能力を育成するための効果的な指導方法を検討する手がかりを得ることができるものと考えられる。

## 2. 研究の目的

小学校第4学年児童の仮説設定に関わる実態を調査し、「仮説設定能力」に影響を及ぼす諸要因の因果モデルを明らかにするとともに、指導方法の検討に向けた示唆を得ることを目的とした。

## 3. 調査の概要

### 3.1 調査の対象及び時期

新潟県、大阪府、東京都の公立小学校13校の第4学年児童527名（男児287名、女児240名）を調査対象に、平成28年2月下旬から3月中旬にかけて質問紙調査を実施した。調査用紙は各校に持参または郵送し、児童が回答した用紙を郵送で回収する方法で行った。その際、調査実施時の配慮事項に関する文書を添付し、質問項目の読み上げ方や調査時間などの諸条件ができる限り統一されるようにした。

なお、分析は回答に不備のあった46名を除く481名（新潟県：男児210名、女児151名；大阪府：男児22名、女児34名；東京都：男児28名、女児36名）について行った。

### 3.2 調査の内容

実験を行う場合、仮説を設定するのが通常である。その際、自然の事物・現象から従属変数と独立変数を同定すること（以下、「変数の同定」と表記）、それら2つの変数の因果関係を認識すること（以下、「因果関係の認識」と表記）が重要となる。そこで、本研究では、「変数の同定」及び「因果関係の認識」の2つの能力を合わせたものを「仮説設定能力」と定義する。

#### 3.2.1 従属変数を同定する能力

「従属変数を同定する能力」を測定するために、荒井・永益・小林（2008a,b）、山田・小林（2014）の研究を参考に「雨がふることで、わたしたちの生活に、どのようなことが起こるでしょう。思いつくことを、できるだけたくさん書きましょう。」という問いを設定した。

#### 3.2.2 独立変数を同定する能力

従属変数に影響を及ぼす「独立変数を同定する能力」を測定するために、荒井・永益・小林（2008a, b）、山田・小林（2014）の研究を参考に、「みんなで、紙ひこうきを遠くまで飛ばす実験を、体育館ですることになりました。少しでも紙ひこうきを遠くに飛ばすためには、どうしたらいいと思いますか。思いつくことを、できるだけたくさん書きましょう。」という問いを設定した。

#### 3.2.3 因果関係を認識する能力

「因果関係の認識」については、古澤・松原・岩間・稲田・谷・小林（2013）の研究を参考に、「マラソンでゴールをしたとき、『こきゅうの回数』や『心ぞうの動き』はどうなるでしょう。『…は…になります。わけは、～です。』

という文でせつめいしましょう。」という問いを設定し、原因と結果の関係について回答を求めた。

### 3.2.4 「仮説設定能力」に影響を及ぼす因子を同定するための質問項目

小学校第4学年児童の「仮説設定能力」に影響を及ぼす要因として、身近な自然体験や自然の事物・現象への興味・関心、日常生活における諸活動などが考えられる。そこで、荒井・永益・小林（2008a,b）、山田・小林（2014）の研究を参考に、小学校第4学年児童の「仮説設定能力」に影響を及ぼすと思われる11のカテゴリー（「他教科に対する好感度や自信」、「身近な自然体験」、「自然科学への興味・関心」、「理科的な教育施設との関わり」、「生き物や自然との関わり」、「本との関わり」、「ものづくり」、「探究的な学習活動」、「観察・実験技能に対する自信」、「理科への興味・関心」、「生活経験」）を設定し、合計70項目からなる質問項目を作成した（表1）。なお、各質問項目については4件法で回答を求めた。

表1 「仮説設定能力」に影響を及ぼす因子を同定するための質問項目

<p><b>1 他教科に対する好感度や自信（15項目）</b></p> <p>1) 算数は好きですか。</p> <p>2) 算数の、計算問題は好きですか。</p> <p>3) 算数の、図形の問題は好きですか。</p> <p>4) 算数の、文章問題は好きですか。</p> <p>5) 算数の、もの大きさをはかる問題は好きですか。</p> <p>6) 国語は好きですか。</p> <p>7) 国語の、お話を作る活動は好きですか。</p> <p>8) 国語の、説明文を読んだり書いたりすることは好きですか。</p> <p>9) 知っていることや分かったことを、友だちに説明することは好きですか。</p> <p>10) 図工の授業での、工作はとくいですか。</p> <p>11) 図工の授業での、絵をかくことはとくいですか。</p> <p>12) 音楽の授業での、音の大きさを考えながら楽器をえんそうすることはとくいですか。</p> <p>13) 体育の、作戦を立てて運動することは好きですか。</p> <p>14) 体育の、マット運動やとび箱運動などで、わざのコツを考えることが好きですか。</p> <p>15) おにごっこはとくいですか。</p> <p><b>2 身近な自然体験（9項目）</b></p> <p>16) 家の人や友だちとハイキングや山登りに出かけたことがありますか。</p> <p>17) 海や川で泳いだことがありますか。</p> <p>18) キャンプをしたことがありますか。</p> <p>19) 田うえや畑仕事の手伝いをしたことがありますか。</p> <p>20) 物を燃やしたことはありますか。</p> <p>21) 葉っぱや花をじっくりと観察したことがありますか。</p> <p>22) 耳をすませて、虫の声や鳥の声を聞いたことがありますか。</p> <p>23) 山や道ばたに生えている植物をとって、食べたことがありますか。</p> <p>24) 山や道ばたに生えている木や草や花のにおいをかいだことがありますか。</p> <p><b>3 自然科学への興味・関心（5項目）</b></p> <p>25) 地震や火山や台風のひがいをふせぐ方法に興味がありますか。</p> <p>26) 宇宙や地球のれきしに興味がありますか。</p> <p>27) 新しい発明やノーベル賞などの話やニュースに興味がありますか。</p> <p>28) 動物や植物についてのテレビ番組を見たことがありますか。</p> <p>29) 電気力で動くおもちゃや道具に興味がありますか。</p> <p><b>4 理科的な教育施設との関わり（3項目）</b></p> <p>30) 家の人や友だちと水族館に行ったことがありますか。</p> <p>31) 家の人や友だちと科学館に行ったことがありますか。</p> <p>32) 家の人や友だちと博物館に行ったことがありますか。</p> <p><b>5 生き物や自然との関わり（5項目）</b></p> <p>33) 動物や生きもの（ペット）を飼ったことがありますか。</p> <p>34) 動物や生きもの（ペット）の死を見たことがありますか。</p> <p>35) 生きものを自分でつかまえたことがありますか。</p> <p>36) 道ばたや山などに生えている草花で遊んだことがありますか。</p> <p>37) 山菜採りやきのこ狩りをしたことがありますか。</p>	<p><b>6 本との関わり（4項目）</b></p> <p>38) 植物や虫の行動や暮らしについて書かれた本を読んだことがありますか。</p> <p>39) 動物を飼う方法が書いてある本を読んだことがありますか。</p> <p>40) 虫や動物が主人公の、マンガを読んだりアニメを見たりしたことがありますか。</p> <p>41) 動物や植物の図かんを見たことがありますか。</p> <p><b>7 ものづくり（3項目）</b></p> <p>42) はりや糸を使って、ぬいぐるみやあみ物を作ったことがありますか。</p> <p>43) プラモデルを組み立てたことがありますか。</p> <p>44) 木や木の実や石を使って、工作をしたことがありますか。</p> <p><b>8 探究的な学習活動（4項目）</b></p> <p>45) 身の回りで「ふしぎだなあ」と思ったことについて、自分で調べたことはありますか。</p> <p>46) 結果を予想してから、観察や実験をしたことがありますか。</p> <p>47) 観察や実験の結果から、分かったことを説明したことがありますか。</p> <p>48) 予想をたしかめる実験を考えたことがありますか。</p> <p><b>9 観察、実験技能に対する自信（10項目）</b></p> <p>49) 豆電球を光らせる回路を正しく作る自信がありますか。</p> <p>50) チョウをよう虫から成虫まで育てることに自信がありますか。</p> <p>51) マッチで火をつけることに自信がありますか。</p> <p>52) 虫めがねの正しい使い方に自信がありますか。</p> <p>53) 方位じんの正しい使い方に自信がありますか。</p> <p>54) 温度計やはかりやじょうぎの目もりを正しく読めますか。</p> <p>55) アルコールランプの正しい使い方に自信がありますか。</p> <p>56) 観察したことを正しく記録することに自信がありますか。</p> <p>57) グラフを正しくかくことに自信がありますか。</p> <p>58) 理科の観察や実験に自信がありますか。</p> <p><b>10 理科への興味・関心（6項目）</b></p> <p>59) 理科は好きですか。</p> <p>60) 理科の、観察や実験は好きですか。</p> <p>61) 理科に関係のあるテレビ番組を見ますか。</p> <p>62) 理科は、おもしろいですか。</p> <p>63) 理科の勉強は「生活に役立つなあ」と思いますか。</p> <p>64) 理科について興味があることを自分で調べたり学習したりしていますか。</p> <p><b>11 生活経験（6項目）</b></p> <p>65) 自分できっぷを買って、乗り物に乗ったことがありますか。</p> <p>66) パソコンやスマホで、わからないことを調べたり、メールを送ったりしたことがありますか。</p> <p>67) おつかいをしたことがありますか。</p> <p>68) 料理をつくる手伝いをしたことがありますか。</p> <p>69) 机の中や本だなを、使いやすいように整理整頓することは好きですか。</p> <p>70) くふうすることはとくいですか。</p>
--	---

## 4. 分析の方法

### 4.1 「変数の同定」の得点化

「従属変数を同定する能力」については、1つの回答につき1点を与えて点数化した。「独立変数を同定する能力」については、類似した回答をカテゴリ化し、1つのカテゴリにつき1点を与えて点数化した。そして、これら2つの合計得点を「変数の同定」の変数とした。

なお、「独立変数を同定する能力」の回答の分析規準として、「紙ひこうきを飛ばすときに、飛ばす角度を変える」といった紙飛行機の飛ばし方や、「厚めの紙で紙ひこうきを作る」といった紙の材質についての条件を制御する記述が見られる場合を正答とした。一方、「自信をもって投げる」といった科学的でない記述や、「いろいろなつくり方をする」といった具体性に欠ける記述が見られる場合を誤答とした。

### 4.2 「因果関係の認識」の得点化

「因果関係の認識」については、文章の記述が因果関係にある回答であれば、1つにつき1点を与えて得点化した。また、文章の記述が原因と結果の両方を担っている場合は、因果関係のある記述にそれぞれ1点を与えた。そして、この得点を「因果関係の認識」の変数とした。図1に、例文を挙げて点数化の方法を示す。例文を区切ると、「呼吸の回数は増えます」、「走る」、「体内の酸素の量が減る」、「酸素を体が補給する」と4つの記述に分けることができる。この4つの記述はそれぞれ次のような関係にあるといえる。

- ①原因：「走る」→結果：「体内の酸素の量が減る」
- ②原因：「体内の酸素の量が減る」→結果：「酸素を体が補給する」
- ③原因：「酸素を体が補給する」→結果：「呼吸の回数は増えます」

このように、例文からは3つの因果関係にある記述を見いだすことができる。よって3点を与えた。

### 4.3 「仮説設定能力」に影響を及ぼす因子を同定するための質問項目の処理

まず、各質問項目（表1）の回答を集計し、70項目それぞれの得点の平均値と標準偏差を求めた。そして、天井効果が見られた38項目（2, 3, 5, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 22, 26, 28, 29, 30, 33, 35, 40, 41, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 70）と、床効果が見られた3項目（18, 23, 37）を削除し、残った29項目について主因子法による因子分析を行った。因子数は、固有値が1以上であることを条件とし、因子の解釈可能性を考慮した結果、5因子解が最適かつ妥当であると判断した。

次に、5因子解を採用し、プロマックス回転を行った。そして、因子負荷が.35に満たない3項目（9, 42, 65）を削除した後、最終的に26項目について再度因子分析（プロマックス回転）を行った。抽出された5つの因子を「主体的な探究活動」、「豊かな自然体験」、「国語への好感度」、「算数への好感度」、「自然科学への興味・関心」と命名した。因子名の検討については、次章で述べる。

### 4.4 「仮説設定能力」に影響を及ぼす5つの因子の得点化

4件法で回答を求めた各質問項目について、1～4点の範囲で点数を与え、因子ごとの合計点数を算出した。そして、これら5つの因子を「仮説設定能力」の説明変数として用いた。

### 4.5 5つの因子と「仮説設定能力」との相関分析、及び仮説の設定

まず、5つの因子（「主体的な探究活動」、「豊かな自然体験」、「国語への好感度」、「算数への好感度」、「自然科学への興味・関心」）と、本研究において「仮説設定能力」と定義した2つの因子（「変数の同定」及び「因果関係の認識」）を合わせた7つの因子間の相関（Pearsonの積率相関係数）を求めた。次に、相関分析の結果に基づき、因果関係の構造について仮説を設定した。

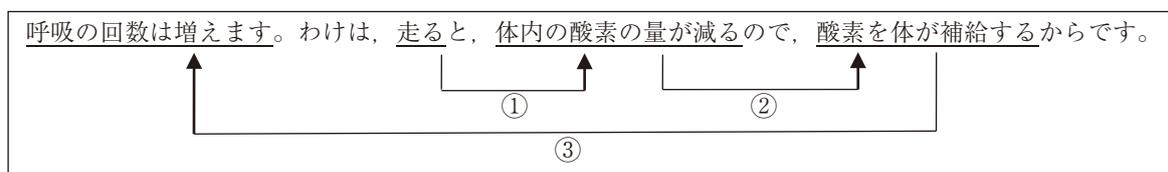


図1 「因果関係の認識」の点数化の方法

#### 4.6 パス図の作成とパス解析

後述する仮説に基づいて、統計解析ソフトSPSS (VER.22.0) 及びAmos22.0を使用してパス解析を行い、因果関係の構造の妥当性や相互に及ぼし合う影響の大きさを分析した。

### 5. 結果とその分析

#### 5.1 「仮説設定能力」を得点化した結果

まず、「変数の同定」(従属変数と独立変数の各指摘数の合計得点)の度数分布を図2に示す。度数分布を見ると、中央値5、最頻値4、最高値13、最低値0、平均値5.0であった。なお、従属変数の指摘数は平均値3.2、最高値10、最低値0、独立変数のそれは平均値1.9、最高値4、最低値0であった。

次に、「因果関係の認識」の度数分布を図3に示す。度数分布を見ると、中央値1、最頻値1、最高値5、最低値0、平均値1.4であった。これら「変数の同定」及び「因果関係の認識」を「仮説設定能力」(目的変数)として用いた。

#### 5.2 因子分析の結果

最終的な26項目に対するプロマックス回転後の因子パターンと因子相関を表2に示す。なお、回転前の5因子で26項目の全分散を説明する割合は41.82%であった。因子分析によって同定した5つの因子が「仮説設定能力」に対してどのような影響を及ぼしているかを検討するために、因子名を検討した(表2)。命名については、因子負荷量の大きい数項目に着目するとともに、因子を構成する項目に共通する特徴を踏まえて実施した。

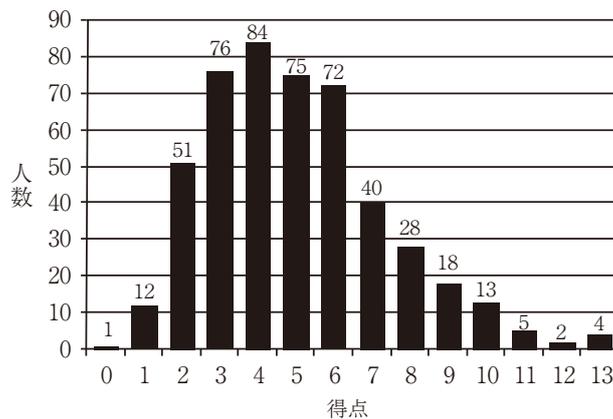


図2 「変数の同定」の得点分布 (N=481)

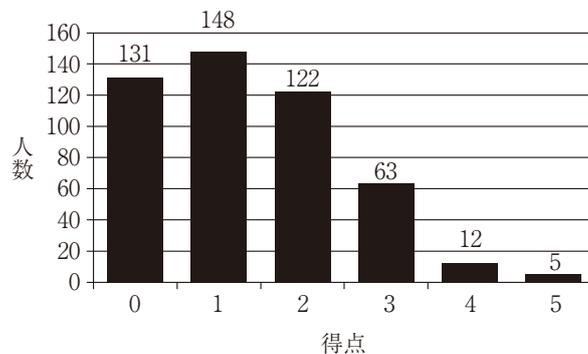


図3 「因果関係の認識」の得点分布 (N=481)

表2 「仮説設定能力」に影響を及ぼす5つの因子を同定した因子分析パターン行列

番号	項目内容	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
<b>因子1「主体的な探究活動」(12項目)</b>						
48	予想をたしかめる実験を考えたことがありますか。	.824	-.214	.066	-.134	.012
64	理科について興味があることを自分で調べたり学習したりしていますか。	.751	-.087	.018	-.045	.078
49	豆電球を光らせる回路を正しく作る自信がありますか。	.667	-.133	-.179	.179	-.013
45	身の回りで「ふしぎだなあ」と思ったことについて、自分で調べたことはありますか。	.596	.077	.026	.035	.015
47	観察や実験の結果から、分かったことを説明したことがありますか。	.533	.105	.126	-.061	.013
21	葉っぱや花をじっくりと観察したことがありますか。	.516	.017	.273	-.047	-.123
25	地震や火山や台風のひがいをふせぐ方法に興味がありますか。	.515	.140	-.009	.047	-.124
50	チョウをよう虫から成虫まで育てることに自信がありますか。	.492	.081	-.066	.073	.018
56	観察したことを正しく記録することに自信がありますか。	.472	.014	.089	.011	.049
38	植物や虫の行動や暮らしについて書かれた本を読んだことがありますか。	.438	.217	.048	.037	-.009
43	プラモデルを組み立てたことがありますか。	.433	.123	-.326	.024	.070
27	新しい発明やノーベル賞などの話やニュースに興味がありますか。	.408	.003	.160	.141	.051
<b>因子2「豊かな自然体験」(8項目)</b>						
19	田うえや畑仕事の手伝いをしたことがありますか。	-.224	.678	.111	.032	.052
20	物を燃やしたことはありますか。	.047	.594	-.253	.024	-.084
34	動物や生きもの(ペット)の死を見たことがありますか。	-.041	.568	-.111	.028	-.047
36	道ばたや山などに生えている草花で遊んだことがありますか。	-.039	.555	.130	.000	-.001
16	家の人や友だちとハイキングや山登りに出かけたことがありますか。	.004	.478	-.017	-.037	.093
24	山や道ばたに生えている木や草や花のにおいをかいだことがありますか。	.248	.432	.081	-.096	-.129
44	木や木の実や石を使って、工作をしたことがありますか。	.209	.411	-.027	.020	.086
39	動物を飼う方法が書いてある本を読んだことがありますか。	.142	.351	.146	-.053	.084
<b>因子3「国語への好感度」(2項目)</b>						
8	国語の、説明文を読んだり書いたりすることは好きですか。	-.003	-.039	.797	.111	.019
6	国語は好きですか。	.047	-.045	.734	-.048	-.026
<b>因子4「算数への好感度」(2項目)</b>						
1	算数は好きですか。	.054	-.016	-.058	.870	-.040
4	算数の、文章問題は好きですか。	.020	.047	.234	.574	.052
<b>因子5「自然科学への興味・関心」(2項目)</b>						
31	家の人や友だちと科学館に行ったことがありますか。	-.032	-.082	.016	.040	.842
32	家の人や友だちと博物館に行ったことがありますか。	.111	.137	-.062	-.089	.571
	因子相関係数	因子2	.638	—	—	—
		因子3	.542	.361	—	—
		因子4	.355	.127	.328	—
		因子5	.465	.394	.259	.117
	$\alpha$ 係数		.661	.740	.743	.818
					.818	.777

因子抽出法：主因子法，回転法：Kaiserの正規化を伴うプロマックス法

因子1は、「48：予想をたしかめる実験を考えたことがありますか。」、「64：理科について興味があることを自分で調べたり学習したりしていますか。」、「49：豆電球を光らせる回路を正しく作る自信がありますか。」、「45：身の回りで『ふしぎだなあ』と思ったことについて、自分で調べたことはありますか。」の項目の因子負荷量が大きく、これらは探究的な学習、及び自然の事物・現象への興味・関心に関する項目であった。そこで、因子1を「主体的な探究活動」と命名した。

因子2は、「19：田うえや畑仕事の手伝いをしたことがありますか。」、「20：物を燃やしたことはありますか。」、「34：動物や生きもの(ペット)の死を見たことがありますか。」、「36：道ばたや山などに生えている草花で遊んだことがありますか。」の項目の因子負荷量が大きく、これらは生き物や自然との関わり、及び身近な自然体験に関する項目であり、自然の事物・現象に興味・関心を抱く前段階の体験として位置付けられる。そこで、因子2を「豊かな自然体験」と命名した。

因子3は、「8：国語の、説明文を読んだり書いたりすることは好きですか。」、「6：国語は好きですか。」の2項目で構成されており、言語を用いて活動することへの好感を示す項目であった。そこで、因子3を「国語への好感度」と命名した。

因子4は、「1：算数は好きですか。」「4：算数の、文章問題は好きですか。」の2項目で構成されており、算数への好感に関する項目であった。そこで、因子4を「算数への好感度」と命名した。

因子5は、「31：家の人や友だちと科学館に行ったことがありますか。」「32：家の人や友だちと博物館に行ったことがありますか。」の2項目で構成されており、理科的な教育施設との関わりを示す項目であった。そこで、因子5を「自然科学への興味・関心」と命名した。

また、各因子の信頼性係数(Cronbach  $\alpha$ )を算出した結果、各因子について十分な内的整合性が得られ、作成した質問項目の妥当性と信頼性が認められた(表2)。

### 5.3 5つの因子と「仮説設定能力」と相関分析、及び仮説の設定

まず、同定された5つの因子のそれぞれについて、質問項目の得点を合計し、因子ごとの得点を求めた。次に、因子ごとの得点と、「変数の同定」及び「因果関係の認識」の得点との相関係数を算出した。相関分析の結果を表3に示す。相関係数を見ると、16の因子間で有意な正の相関が認められた(表3)。その中で、目的変数とする「変数の同定」と「因果関係の認識」( $r = .288, p < .01$ )に正の相関が示された。また、「変数の同定」と5つの因子との相関関係が、「因果関係の認識」のそれらよりも大きいことから、「変数の同定」が諸要因の影響を受けたうえで、「因果関係の認識」に直接的影響を及ぼすと考えた。加えて、5つの因子の中で、「変数の同定」と正の相関が最も強く見られたものは「算数への好感度」( $r = .139, p < .01$ )であり、「因果関係の認識」と正の相関が最も強く見られたものも「算数への好感度」( $r = .130, p < .01$ )であった。このことから、「算数への好感度」は「変数の同定」及び「因果関係の認識」に直接的影響を及ぼすと考えた。

次いで、「主体的な探究活動」と「算数への好感度」( $r = .413, p < .01$ )、「国語への好感度」と「算数への好感度」( $r = .403, p < .01$ )に比較的強い正の相関が示された。このことから、「主体的な探究活動」と「国語への好感度」は「算数への好感度」に直接的影響を及ぼすと考えた。また、「豊かな自然体験」について他の要因との相関を見てみると、「主体的な探究活動」( $r = .728, p < .01$ )及び「自然科学への興味・関心」( $r = .485, p < .01$ )であった。併せて、「主体的な探究活動」と「自然科学への興味・関心」にも比較的強い正の相関が示された( $r = .552, p < .01$ )。このことから、「豊かな自然体験」、「主体的な探究活動」及び「自然科学への興味・関心」の3因子は、相互に影響を及ぼし合いながら1つの構造を構成し、「算数への好感度」に影響を及ぼすとともに、「豊かな自然体験」は本研究において明らかにしようとしている因果モデルの初発の段階に位置する要因であると考えた。

さらに、「主体的な探究活動」と「国語への好感度」( $r = .628, p < .01$ )に比較的強い正の相関が示された。このことから、「主体的な探究活動」は「国語への好感度」に直接的影響を及ぼすと考えた。なお、「自然科学への興味・関心」との相関については、「国語への好感度」( $r = .329, p < .01$ )及び「算数への好感度」( $r = .150, p < .01$ )であり、「豊かな自然体験」との相関については、「国語への好感度」( $r = .435, p < .01$ )及び「算数への好感度」( $r = .165, p < .01$ )であった。

これまでの論考を踏まえ、「変数の同定」及び「因果関係の認識」の2つの観点に基づく「仮説設定能力」と、それに影響を及ぼす5つの因子との関係について、以下に示す6つの仮説を設定した。そして、これらの仮説を基にパス図を描き、因果モデルを検討することとした。

- ① 「豊かな自然体験」は因果モデルの初発の段階に位置する。
- ② 「豊かな自然体験」、「主体的な探究活動」及び「自然科学への興味・関心」の3因子は、相互に影響を及ぼし合いながら1つの構造を構成し、「算数への好感度」に影響を及ぼす。
- ③ 「主体的な探究活動」は「国語への好感度」に直接的影響を及ぼす。
- ④ 「主体的な探究活動」と「国語への好感度」は「算数への好感度」に直接的影響を及ぼす。
- ⑤ 「算数への好感度」は「変数の同定」及び「因果関係の認識」に直接的影響を及ぼす。
- ⑥ 「変数の同定」と5つの因子との相関関係が、「因果関係の認識」のそれらよりも大きいことから、「変数の同定」が諸要因の影響を受けたうえで、「因果関係の認識」に直接的影響を及ぼす。

### 5.4 パス図の作成とパス解析

パス解析によって得られたパス図(本研究の因果モデル)を図4に示す。図4において、矢印は影響を及ぼしている方向、矢印に添えた数字は標準化されたパス係数であり、有意確率とともに示してある。両方向の矢印は共変関係を示し、矢印に添えた数値はPearsonの相関係数を示している。この因果モデルの適合度を検討するための指標を表4に示す。さらに、「仮説設定能力」に影響を及ぼす効果の詳細に見るために、5つの因子の直接効果、間接効果、総合効果を表5に示す。

表3 5つの因子と「変数の同定」及び「因果関係の認識」との相関（Pearsonの積率相関係数）

	主体的な探究活動	豊かな自然体験	国語への好感度	算数への好感度	自然科学への興味・関心	変数の同定	因果関係の認識
主体的な探究活動		.728**	.628**	.413**	.552**	.113**	.026(n.s.)
豊かな自然体験			.435**	.165**	.485**	.123**	.018(n.s.)
国語への好感度				.403**	.329**	.092*	.054(n.s.)
算数への好感度					.150**	.139**	.130**
自然科学への興味・関心						.081(n.s.)	-.033(n.s.)
変数の同定							.288**
因果関係の認識							

\*\* $p < .01$ , \* $p < .05$  (両側検定)

表4の通り、 $\chi^2 = 11.762$ , 自由度 = 11,  $p = .382$ , 適合度指標 (GFI) = .988, 修正適合度指標 (AGFI) = .970, 比較適合度指標 (CFI) = .999, 平均二乗誤差平方根 (RMSEA) = .012であった。これらの各指標値は、全て良好な適合度を示したことから、本因果モデルは支持されたと考えられる。併せて、本因果モデルから、以下の示唆が得られた。なお、( )内はパス係数を示し、影響の強さを表す。

- ①「豊かな自然体験」は、「自然科学への興味・関心」(.49)と「主体的な探究活動」(.60)に正の直接的影響を、「算数への好感度」(-.28)に負の直接的影響を及ぼす因果モデルの初発の段階に位置している。
- ②「主体的な探究活動」は、「自然科学への興味・関心」(.26)と「豊かな自然体験」(.60)から直接的影響を受け、「国語への好感度」(.63)と「算数への好感度」(.47)に直接的影響を及ぼしている。
- ③「算数への好感度」は、「国語への好感度」(.23),「主体的な探究活動」(.47)及び「豊かな自然体験」(-.28)から直接的影響を受け、「変数の同定」(.15)と「因果関係の認識」(.09)に直接的影響を及ぼしている。
- ④「変数の同定」は、「算数への好感度」(.15)から直接的影響を受け、「因果関係の認識」(.28)に直接的影響を及ぼしている。

これらの示唆から、小学校第4学年児童の場合、「豊かな自然体験」が因果モデルの初発の段階に位置し、「自然科学への興味・関心」、「主体的な探究活動」、「国語への好感度」、「算数への好感度」といった他の要因と関わり合っており、「仮説設定能力」に影響を及ぼしていることが明らかとなった。さらに、本因果モデルに関するいくつかの要因について、以下に詳細な分析を加えた。

第一に、「豊かな自然体験」が因果モデルの初発の段階に位置し、「自然科学への興味・関心」、「主体的な探究活動」及び「算数への好感度」といった他の要因を経ながら、「変数の同定」(間接効果.025)と「因果関係の認識」(間接効果.023)に間接的影響を及ぼしている点である。児童が身近な自然を対象とし、自らの諸感覚を働かせ体験を通して自然と関わり合う中で、自然に対する興味・関心を高めたり、主体的に問題を見いだしたりすることを促していくと考えられる。

第二に、「変数の同定」は「算数への好感度」(直接効果.148)から直接的影響を、「因果関係の認識」もまた「算数への好感度」(直接効果.094)から直接的影響を受けている点である。「仮説設定能力」に深く関わる算数の能力は、2つの数量関係について扱う「関数」と考えられる。算数に好感を抱く児童は、自然の事物・現象の中から伴って変化するいくつかの変数を同定するとともに、これらの変数の因果関係を認識する能力が高められていくと考えられる。

第三に、「主体的な探究活動」は、「豊かな自然体験」と「自然科学への興味・関心」から直接的影響を受け、「国語への好感度」と「算数への好感度」を経ながら、「変数の同定」(間接効果.091)及び「因果関係の認識」(間接効果.083)に間接的影響を及ぼしている点である。身近な自然に親しんだり、自然の事物・現象に対する興味・関心をもっていたりする児童は、主体的に探究する能力や態度の育成が促進され、見通しをもった観察、実験により得られた結果を記録、説明・討論したり、根拠を明らかにし筋道立てて考えたりする学習への好感度を高める傾向にあると考えられる。加えて、言語を用いて思考したり説明したりする活動への好感度が高い児童は、「変数の同定」及び「因果関係の認識」に関する能力が高い傾向にあるといえる。このことから、児童は自らの体験から得た自然の事物・現象について思考したり説明したりする言語活動を通して、変数間の順序性(時間的先行性)や整合性を見いだしたり、変数を意識的に想起したりして、複数の変数を因果関係で捉えることができるようになっていくと考えられる。

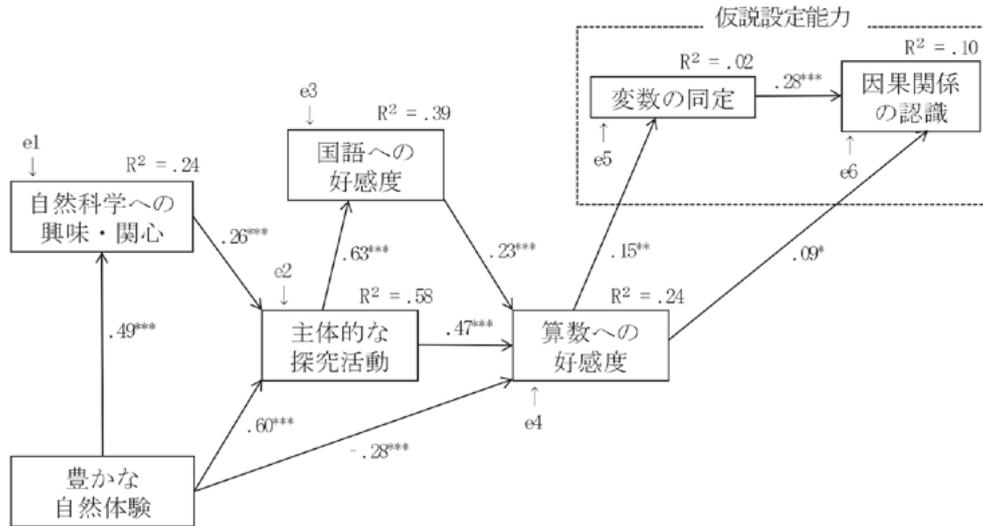


図4 「仮説設定能力」に影響を及ぼす要因の構造

矢印はパス（数値は標準化したパス係数）、R<sup>2</sup>は重相関係数の平方、e1~6は誤差変数を示す。  
 \*\*\* $p < .001$ , \*\* $p < .01$ , \* $p < .05$

表4 モデルの適合度指標（N=481）

χ <sup>2</sup> 検定			GFI	AGFI	CFI	RMSEA
χ <sup>2</sup> 値	自由度	p値				
11.762	11	.382	.988	.970	.999	.012

表5 「仮説設定能力」に影響を及ぼす5つの因子の直接効果、間接効果、総合効果

	変数の同定			因果関係の認識		
	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果
主体的な探究活動	—	.091	.091	—	.083	.083
豊かな自然体験	—	.025	.025	—	.023	.023
国語への好感度	—	.034	.034	—	.031	.031
算数への好感度	.148	—	.148	.094	.042	.135
自然科学への興味・関心	—	.024	.024	—	.022	.022

## 6. 考察

本研究の目的は、小学校第4学年児童の仮説設定に関わる実態を調査し、「仮説設定能力」に影響を及ぼす諸要因の因果モデルを明らかにするとともに、指導方法の検討に向けた示唆を得ることであった。

「子どもの発達段階ごとの特徴と重視すべき課題」（文部科学省，2009）によると、「小学校高学年の時期には、物事のある程度対象化して認識することができるようになる。対象との間に距離をおいた分析ができるようになる。」としている。中学校第2学年の生徒を対象とした荒井・永益・小林（2008a, b）では、「自然や科学技術への興味・関心」が「身近な自然に関わる体験」を経て「変数への気づき」に影響を及ぼすことを明らかにしている。小学校第6学年の高学年児童を対象とした山田・小林（2014）では、「自然や科学技術への興味・関心」と「豊かな自然体験」は共変動の関係にあり、それらが他の要因を経て「変数の同定」に影響を及ぼすことを明らかにしている。小学校第4学年の中学年児童を対象とした本研究では、「豊かな自然体験」が「自然科学への興味・関心」を経て「変数の同定」及び「因果関係の認識」に影響を及ぼしていることが示された。これら3つの研究から得られた知見を踏まえると、小学校中学年では、具体的な活動や体験を通して思考するという特徴が示唆される一方、小学校高学年、中

学生と発達段階が上がるにつれ、体験を通して自然の事物・現象について調べることより、自然に対する興味・関心を高め、そこから主体的に問題を見いだす抽象的な思考過程を重視する必要があるといえる。

中学生や小学校高学年児童に比べて未発達の小学校中学年児童の場合、身近な自然に親しんだり、自らの諸感覚を働かせながら自然に関わったりする体験が豊富であるほど、自然の事物・現象への興味・関心や知的好奇心が強く誘発されると考えられる。こうした体験から得られた知識や経験の積み重ねが、科学的な思考力、判断力や表現力の育成につながると推察される。そして、このような一連の経験が、「国語への好感度」や「算数への好感度」に直接的影響を及ぼすとともに、自然の事物・現象から従属変数と独立変数を同定する能力、及びそれら2変数の因果関係を認識する能力、すなわち「仮説設定能力」に影響を及ぼすものと考えられる。

これらの結果は、科学的に探究する能力や態度の育成を重視している理科の学習において、自然体験や科学的な体験がその基盤となっていることを裏付けるものであろう。この知見から得られる指導方法の手がかりとしては、児童によって異なる自然体験や科学的な体験の内容や程度の差を小さくして実験に臨めるようにすることである。例えば、問題を見いださせる場面において、変化する従属変数に影響を及ぼす独立変数の存在に気付かせたり、独立変数を変化させると従属変数がどのように変化するかに着目させたりできる体験や事象提示を位置付けることで、自然の事物・現象の中の関連性、規則性、及び原因と結果の因果関係といった、理科における見方・考え方に基づく仮説の設定を促すことなどが考えられる。

以上のことから、小学校第4学年という発達段階は、児童が自らの諸感覚を働かせて自然と関わる体験の中で、自然の事物・現象から独立変数と従属変数を同定したり、2変数の因果関係を認識したりするとともに、問題を解決するために仮説を設定する力を育成する上で重要な時期であると考えられる。

## 7. まとめ

本研究では、小学校第4学年児童を対象とした質問紙調査の結果に基づいて、理科における「仮説設定能力」に影響を及ぼす諸要因の因果モデルについて検討した。

その結果、仮説設定で重要となる「変数の同定」と「因果関係の認識」に対して、「豊かな自然体験」、「自然科学への興味・関心」、「主体的な探究活動」、「国語への好感度」の4つが間接的に影響を及ぼしていることが明らかとなった。また、「算数への好感度」が「変数の同定」と「因果関係の認識」に直接的影響を及ぼしていることが明らかとなった。

これらの結果を踏まえ、小学校第4学年児童に対して、児童が自らの諸感覚を働かせて自然と関わる体験の中で、自然の事物・現象における従属変数と独立変数の2変数の因果関係に着目させたり、実験で検証可能な仮説を児童自らの言葉で表現できるように指導したりすることは、発達の程度の観点から時宜を得るものと考えられる。

## 8. 今後の課題

今後の課題として、以下の4点について検討を加える予定である。

第一に、本研究で得られた示唆に基づく指導を行うことで、小学校第4学年児童の理科における「仮説設定能力」が育成されるか否かを検証する必要がある。

第二に、本研究で同定された「国語への好感度」や「算数への好感度」といった、理科とは異なる教科への好感度が「仮説設定能力」に影響を及ぼすことが示された。理科以外の教科から受ける影響を明らかにすることを目的とした、より大規模な質問紙調査による追試を行うことで、本研究で導出された結果の妥当性を検討する必要がある。

第三に、本研究の因果モデルでは影響が認められなかった「ものづくり」は、科学的な体験の1つとして重要な要因であると考えられることから、「仮説設定能力」との関連について、さらに詳細な分析を加える必要がある。

第四に、本研究で調査の対象とした第4学年児童（新潟県、大阪府、東京都の公立小学校13校527名）について、居住地域（都市部と郡部）や性別に着目して再分析することで、本研究で導出された因果モデルの妥当性を吟味する必要がある。

## 註

本研究では、質問紙調査を実施する上で、以下の3点を厳格に遵守した。

- ・回答の有無や内容によって、個人に不利益（理科の成績や評価の低下）が生じないこと
- ・回答内容を学術的な目的以外に使用したり、個別の結果を漏洩したりしないこと
- ・自由回答につき、回答をもって同意とみなすこと

## 謝辞

本研究を行うにあたり、調査に協力していただきました児童の皆さんに心よりお礼申し上げます。また、学年末の多忙な時期にも関わらず、研究の目的を理解し、調査実施を快諾してくださった各校の先生方に深く感謝申し上げます。

## 引用文献

- (1) 荒井妙子・永益泰彦・小林辰至 (2008a) 「中学生の自然事象に関わる変数への気づきに影響を及ぼす要因の検討」『理科教育学研究』第49巻, 第1号, pp. 1-8.
- (2) 荒井妙子・永益泰彦・小林辰至 (2008b) 「自然事象から変数を同定する能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル」『理科教育学研究』第49巻, 第2号, pp.11-18.
- (3) Cothron J.H., Giese, R.N. & Rezba, R.J. (2000). Science Experiments and Projects for Students, Kendall/Hunt Publishing Company, pp.21-35.
- (4) 古澤陽介・松原静郎・岩間淳子・稲田結美・谷友和・小林辰至 (2013) 「『動物の体のつくりと働き』に関する総合的な理解に影響を及ぼす諸要因の因果モデルー直接経験的及び間接経験的な観察・実験を起点としてー」『理科教育学研究』第54巻, 第1号, pp.71-81.
- (5) 小林辰至・永益泰彦 (2006) 「社会的ニーズとしての科学的素養のある小学校教員養成のための課題と展望ー小学校教員指導学生の子どもの頃の理科学習に関する実態に基づく仮説設定のための指導法の開発と評価ー」『科学教育研究』第30巻, 第3号, pp.185-193.
- (6) 国立教育政策研究所 (2007) 「特定の課題に関する調査（理科）結果のポイント」 pp.1-6. Retrieved from [http://www.nier.go.jp/kaihatsu/tokutei\\_rika/0600204000007001.pdf](http://www.nier.go.jp/kaihatsu/tokutei_rika/0600204000007001.pdf) 【最終アクセス：2014年12月19日】
- (7) 国立教育政策研究所 (2012) 「平成24年度全国学力・学習状況調査【小学校】報告書」 pp.18-19. Retrieved from [http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/03shou\\_houkokusho.htm](http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/03shou_houkokusho.htm) 【最終アクセス：2014年12月19日】
- (8) 宮本直樹 (2014) 「中学校理科における仮説設定とデータ解釈との関連ー因果関係を踏まえた仮説の共有化、洗練化に着目してー」『理科教育学研究』第55巻, 第3号, pp.341-350.
- (9) 文部科学省 (2008) 「小学校学習指導要領解説理科編」8, 大日本図書.
- (10) 文部科学省 (2009) 「子どもの発達段階ごとの特徴と重視すべき課題」, Retrieved from [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shotou/053/gaiyou/attach/1286156.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/053/gaiyou/attach/1286156.htm) 【最終アクセス：2014年8月20日】
- (11) 永益泰彦・小林辰至 (2007) 「高校生の仮説設定能力にかかわる要因の構造ー生物I選択者における質問紙調査の分析からー」『理科教育学研究』第48巻, 第3号, pp.63-70.
- (12) 大鷲竜午 (2009) 「理科における実験活動の指導法に関する研究ー変数の制御を中心にー」『筑波大学人間総合科学研究科学校教育専攻学校教育学研究紀要』第2号, pp.195-200.
- (13) 大鷲竜午・大高泉 (2013) 「実験活動における認知的プロセスとしての変数同定の指導」『日本理科教育学会第63回全国大会発表論文集』第11号, p.149.
- (14) 大鷲竜午 (2015) 「英国の科学的探究能力育成教材における変数同定の指導方法の特質ー認知的活動の促進という観点からの分析ー」『理科教育学研究』第55巻, 第4号, pp.405-414.
- (15) 山田貴之・小林辰至 (2014) 「小学生の理科における仮説設定能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデルー第6学年の児童を対象とした質問紙調査の結果に基づいてー」『理科教育学研究』第55巻, 第3号, pp.351-361.

# A Causal Model of Factors Affecting the Hypothesis Setting Ability in Science of 4<sup>th</sup> Grade Elementary School Students

Saori SAITO\* · Takayuki YAMADA\*\* · Tatsushi KOBAYASHI\*\*\*

## ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate what is going on in the hypothesis setting ability in science of 4<sup>th</sup> grade elementary school students and construct a causal model of factors affecting their hypothesis setting ability in order to improve teaching methods for them. We conducted a questionnaire survey (70 items) of 527 4<sup>th</sup> grade elementary school students, and identified the following five factors affecting their hypothesis setting ability: “proactive research activity”, “rich in natural experiences”, “favor of Japanese language”, “favor of arithmetic”, and “interested in natural science”. Next, we evaluated the hypothesis setting ability from “the identification of variables” and “the recognition of causal relationship”, and then constructed a path diagram on these seven variables and conducted path analysis.

The results showed that “rich in natural experience”, “interested in natural science”, “proactive research activity”, and “favor of Japanese language” indirectly affected “the identification of variables” and “the recognition of causal relationship”. They also showed that “favor of arithmetic” directly affected them.

From the perspective of the developmental stage of 4<sup>th</sup> grade elementary school students, it is appropriate to make them focus on the causal relationship between independent and dependent variables on things and phenomena of nature and express hypotheses which can be verified by experiments by using their own words through the experience of relating to nature.