

## SSH の科学的探究活動における NOS の理解

十文字秀行\*・宮本直樹\*\*

(2022年10月21日受理)

### Understanding NOS in SSH Scientific Research Activities

Hideyuki JUMONJI and Naoki MIYAMOTO

キーワード：科学の本質 (NOS)，科学的探究，SSH

本研究では、SSH校の生徒の Nature of Science(以下、NOS)の理解度について把握し、今後の科学的探究活動の指導の指針を得ることを目的とした。Yalaki *et al.* (2019) の開発した ScienTest に依拠し、NOS の7つの特徴について測定するテストを開発し、本校中学3年生から高校3年生に実施した。

その結果、SSHの活動が、NOSの特徴「観察と推論」の理解を促した可能性が示された。「モデルの限界」については理解度が低く、課題が明らかとなった。また、「実証性」について、中学3年生より高校3年生の理解度が高く、SSHの効果が示された。すべてのNOSの特徴について、生徒の理解度は低く、今後の指導でNOSの特徴を明示的に指導するように改善する必要性が明らかとなった。

### はじめに

科学教育において、NOS と科学的探究について理解を促進することの重要性が唱えられてきた。Lederman *et al.* (2014)は、科学教育における主要な改革の取り組みの中で、生徒のNOSと科学的探究に関する概念を強化することの重要性については、強い合意が得られていると述べている。さらにNOS や科学的探究の機能的な理解は、明示的な振り返りアプローチによって最も促進されると述べ、活動の最後に、NOS と科学的探究の側面を生徒に明示的に指摘する時間を取ることを推奨している。Sandoval (2005)は探究の認識論的枠組みを理解することで、生徒がよりよい探究を行うことができると主張し、その根拠として、いくつかの研究を例に挙げている。

ところで、スーパーサイエンスハイスクール(以下、SSH)は、カリキュラムの中核として科学的探究活動を位置付けている。全国のSSH校の中には、NOSに注目し、カリキュラムに取り入れている高等学校があ

---

\*清真学園高等学校・中学校 \*\*茨城大学大学院教育学研究科

る。大分県立大分舞鶴高等学校では、STEM 教育の科学的探究活動に NOS の視点を導入している(小林・池, 2021)。同校は、科学的探究活動の指導にあたり、その活動と関連する NOS の特徴を示している。具体的には、同校の SSH 開発教材「舞 STEAMs」unit1 の「筒の長さや矢の飛行距離の関係」の指導案には、活動内容と NOS の特長である理論負荷性、実証性、社会性が関連していることが記載されており、指導者間での共有がなされている。第一著者の所属する清真学園高等学校・中学校の科学的探究活動への NOS の導入は未だなされておらず、勿論、NOS の明示的な指導は行なっていない。しかしながら、生徒が科学的探究活動を遂行する中で、NOS の理解が進んでいるのではないかと推測できる。

## 研究の目的と方法

本研究では、今後の科学的探究活動の指導改善のために、SSH 校の生徒の NOS 理解の現状を把握することを目的とする。

まず、後述する Yalaki *et al.* (2019) の開発した ScienTest を翻訳・改変し、NOS の理解度を測定する調査問題を作成する。次に、2022 年 7 月初旬、茨城県内の清真学園高等学校と附属中学校の生徒を対象に、作成した調査問題を実施する。問題は Classi のアンケート機能を使用して行う。最後に、生徒の回答を得点化し、学年や NOS 特徴に着目して分析を行う。

## NOS の特長

NOS の内容について鈴木(2017)は、『科学とは何か』という問いに対する応答に基づくものであり、これまで『科学とは何か』について研究されてきた科学哲学をはじめとする科学論の成果の一部であると説明している。McComas *et al.*(2002)は、「科学の本質とは、科学史、社会学、科学哲学を含む様々な科学社会研究の側面と、心理学などの認知科学の研究を融合させた肥沃なハイブリッド分野であり、科学とは何か、科学はいかに機能するか、科学者が社会集団としていかに活動するか、社会自体が科学の試みをいかに指示し反応するかを豊かに描写するものである」と説明している。Lederman *et al.* (2014)は「科学的知識が生み出される方法、すなわち科学的探究から本質的に導き出される科学的知識の特徴を指す」と説明している。

一方、NOS の具体的内容としては多くの特徴が挙げられ、一貫してはいないが、例えば Yalaki *et al.* (2019)は、Lederman *et al.*(2007)の内容を引用し、NOS について次の 7 つの特徴をあげ、内容を説明している(表 1)。

## NOS 調査問題の開発

NOS 理解度の評価法は様々なものが開発されている(中村ら, 2021)が、今回の研究では多人数の中高生を対象としていることから、比較的簡便に使用できる、多肢選択式の ScienTest(Yalaki *et al.*, 2019)を

表 1 NOS の特徴とその内容

NOS の特徴	内容
実証性	科学的知識は証拠に基づいている。科学は自然界の直接または間接的な観察に基づいている。科学は経験的証拠に基づくだけでなく、証拠に関連する論理的推論にも基づいている。科学的知識は実験データによって裏付けられるが、決して証明されるものではない。
暫定性	科学的知識は永続的であるが、同時に暫定的でもある。科学的知識は安定しているが、決して確実でもなければ、明白に正しいわけでもない。科学的知識は進化的、革命的なプロセスを通じて変化する。科学的知識は、新しいデータや既存のデータの再評価によって変化する可能性がある。
創造性	科学的な知識には、創造力と想像力が必要である。科学者は、科学的な仕事のあらゆる段階で創造力と想像力を駆使している。創造力と想像力は、科学者と他の人を区別する重要な要素である。
観察と推論	観察と推論を混同してはならない。観察とは、感覚（あるいは感覚の延長線上）に「直接」アクセス可能な自然現象に関する記述である。これに対して、推論とは感覚に「直接」アクセスできない現象についての記述である。
主観性	科学的知識には主観が含まれる。科学者の予備知識、経験、価値観、信念、教育、期待は、彼らの研究および彼らが到達する結論に影響を与える。科学の分野が成熟するにつれて、科学者間の意見の相違のレベルや量は減少していくかもしれない。
理論と法則	理論と法則は異なる種類の知識であり、一方が他方に発展したり変換されたりすることはない。法則とは、観察可能な現象間の関係についての記述または説明である。これに対し、理論は観察可能な現象に対する推測された説明である。

参考にして質問紙を開発した。ScienTest は、NOS の測定法として先に開発された VNOS-D(Lederman & Khishfe, 2002)をもとに開発された。Yalaki *et al.*(2019)は VNOS-D を中学生に対する大規模な調査に使用するには、いくつかの困難があると考えた。VNOS-D はインタビューを伴うオープンエンド方式の測定法で、回答を文章で記述する必要がある。回答の記述内容は、採点ルーブリックを利用して 3 段階の理解度レベルに分類されるが、採点者は正確な判断をするために研修を受けることを推奨されている。大人数にインタビューを行うこと、生徒が解答を文章で答えること、さらに様々な採点者が同じ基準で採点することは難しい。このような困難を解決する目的で、選択式で回答する方式の ScienTest は開発された。

この ScienTest は NOS の 6 つの特徴、「実証性」「暫定性」「創造性」「観察と推論」「主観性」「科学的モデルの限界」についての問いから構成されているが、本研究では、NOS の主要な特徴の 1 つであるため「理論と法則の違い」についての問いを加え、7 つの特徴について各 4 問、計 28 問を作成した。問いは 7 つの特徴について、ScienTest では特徴により、問いの数にばらつきがあるため、問いの追加・削除を行い、1 つの特徴につき各 1 点の 4 問とした。新しく加えた問いは、NOS 理解度の測定法として使用されている中から、多肢選択式の VOSTS(Aikenhead & Ryan, 1992)と VOSE(Chen, 2006)、SUSSI(Liang *et al.*, 2006)の質問を参考にして作成した。また、ScienTest は 3 つの文から正しいと思うものを選択する形式だが、生徒は内容を理解していない選択肢を選ぶ可能性がある。そこで、これを防ぐ対策として VOSTS を参考に「どの選択肢も正しいと思わない」「わからない」の 2 つの選択肢を加えた。開発したテストは資料に示す。

## 結果及び考察

中学3年生から高校3年生までの659名にアンケートを配布し、各学年100名以上、計523名の回答を得た(回収率79.4%)。中学1・2年生に対しても実施したが、関しては、入学後の期間が短く、科学的探究活動の経験が少ないため分析対象から除外した。また、データについて正規性の検定を行い、正規分布ではないデータについてはノンパラメトリックな検定を行った。

第一に、学年ごとにNOSの7つの特徴の得点に差があるかについて、統計学的に分析を行った。統計手法として、クラスカル・ウォリス検定を使用し、各データ間についてScheffe法で多重比較を行った。効果量については、水本・竹内(2011)を参考に、Wilcoxonの符号付き順位検定により算出した各データ間のZ値をもとに、効果量rを計算した。Nはデータ数である。結果を表2に示す。

表2 学年ごとのNOSの特徴間比較

中学3年生									高校1年生								
特徴1	特徴2	平均1	平均2	P値	Z値	N	r	効果量	特徴1	特徴2	平均1	平均2	P値	Z値	N	r	効果量
1実証性	2暫定性	1.55	1.71	0.87	1.71	266	0.10	小	1実証性	2暫定性	1.68	1.86	0.92	1.66	322	0.09	—
1実証性	3創造性	1.55	1.75	0.67	1.95	266	0.12	小	1実証性	3創造性	1.86	2.07	0.08	3.71	322	0.21	小
1実証性	4観察と推論	1.55	2.04	0.01 **	4.10	266	0.25	小	1実証性	4観察と推論	2.86	2.22	0.00 **	4.79	322	0.27	小
1実証性	5主観性	1.55	1.74	0.70	1.66	266	0.10	小	1実証性	5主観性	3.86	2.09	0.10	3.76	322	0.21	小
1実証性	6モデルの限界	1.55	1.71	0.96	1.38	266	0.08	—	1実証性	6モデルの限界	4.86	1.76	1.00	0.46	322	0.03	—
1実証性	7理論と法則	1.55	1.92	0.18	3.10	266	0.19	小	1実証性	7理論と法則	5.86	2.04	0.35	3.22	322	0.18	小
2暫定性	3創造性	1.71	1.75	1.00	0.22	266	0.01	—	2暫定性	3創造性	1.86	2.07	0.70	1.90	322	0.11	小
2暫定性	4観察と推論	1.71	2.04	0.36	2.90	266	0.18	小	2暫定性	4観察と推論	1.86	2.22	0.09	3.56	322	0.20	小
2暫定性	5主観性	1.71	1.74	1.00	0.00	266	0.00	—	2暫定性	5主観性	1.86	2.09	0.76	2.08	322	0.12	小
2暫定性	6モデルの限界	1.71	1.71	1.00	0.00	266	0.00	—	2暫定性	6モデルの限界	1.86	1.76	0.99	-0.96	322	-0.05	—
2暫定性	7理論と法則	1.71	1.92	0.92	-1.46	266	-0.09	—	2暫定性	7理論と法則	1.86	2.04	0.97	1.60	322	0.09	—
3創造性	4観察と推論	1.75	2.04	0.61	2.15	266	0.13	小	3創造性	4観察と推論	2.07	2.22	0.94	1.48	322	0.08	—
3創造性	5主観性	1.75	1.74	1.00	-0.14	266	-0.01	—	3創造性	5主観性	2.07	2.09	1.00	0.00	322	0.00	—
3創造性	6モデルの限界	1.75	1.71	1.00	0.27	266	0.02	—	3創造性	6モデルの限界	2.07	1.76	0.19	-2.84	322	-0.16	小
3創造性	7理論と法則	1.75	1.92	0.99	1.53	266	0.09	—	3創造性	7理論と法則	2.07	2.04	1.00	-0.20	322	-0.01	—
4観察と推論	5主観性	2.04	1.74	0.58	-2.40	266	-0.15	小	4観察と推論	5主観性	2.22	2.09	0.91	-1.16	322	-0.06	—
4観察と推論	6モデルの限界	2.04	1.71	0.21	-2.58	266	-0.16	小	4観察と推論	6モデルの限界	2.22	1.76	0.01 **	-4.55	322	-0.25	小
4観察と推論	7理論と法則	2.04	1.92	0.97	-1.00	266	-0.06	—	4観察と推論	7理論と法則	2.22	2.04	0.61	-1.53	322	-0.08	—
5主観性	6モデルの限界	1.74	1.71	1.00	-0.13	266	-0.01	—	5主観性	6モデルの限界	2.09	1.76	0.24	-2.92	322	-0.16	小
5主観性	7理論と法則	1.74	1.92	0.98	1.54	266	0.09	—	5主観性	7理論と法則	2.09	2.04	1.00	-0.36	322	-0.02	—
6モデルの限界	7理論と法則	1.71	1.92	0.80	-1.88	266	-0.12	小	6モデルの限界	7理論と法則	1.76	2.04	0.58	2.45	322	0.14	小

高校2年生									高校3年生								
特徴1	特徴2	平均1	平均2	P値	Z値	N	r	効果量	特徴1	特徴2	平均1	平均2	P値	Z値	N	r	効果量
1実証性	2暫定性	2.03	2.06	1.00	0.27	242	0.02	—	1実証性	2暫定性	2.34	2.06	0.67	-2.25	216	-0.15	小
1実証性	3創造性	3.03	2.23	0.95	1.77	242	0.11	小	1実証性	3創造性	2.34	2.42	0.99	0.74	216	0.05	—
1実証性	4観察と推論	4.03	2.24	0.90	1.49	242	0.10	—	1実証性	4観察と推論	2.34	2.49	0.77	1.12	216	0.08	—
1実証性	5主観性	5.03	1.90	1.00	-0.94	242	-0.06	—	1実証性	5主観性	2.34	2.20	1.00	-1.29	216	-0.09	—
1実証性	6モデルの限界	6.03	1.74	0.50	-2.04	242	-0.13	小	1実証性	6モデルの限界	2.34	1.81	0.04 *	-3.85	216	-0.26	小
1実証性	7理論と法則	7.03	2.07	1.00	0.21	242	0.01	—	1実証性	7理論と法則	2.34	2.09	0.88	-2.19	216	-0.15	小
2暫定性	3創造性	2.06	2.23	0.91	1.29	242	0.08	—	2暫定性	3創造性	2.06	2.42	0.19	2.60	216	0.18	小
2暫定性	4観察と推論	2.06	2.24	0.84	1.43	242	0.09	—	2暫定性	4観察と推論	2.06	2.49	0.02 *	3.23	216	0.22	小
2暫定性	5主観性	2.06	1.90	1.00	-1.35	242	-0.09	—	2暫定性	5主観性	2.06	2.20	0.95	1.14	216	0.08	—
2暫定性	6モデルの限界	2.06	1.74	0.61	-2.32	242	-0.15	小	2暫定性	6モデルの限界	2.06	1.81	0.85	-2.01	216	-0.14	小
2暫定性	7理論と法則	2.06	2.07	1.00	0.05	242	0.00	—	2暫定性	7理論と法則	2.06	2.09	1.00	-0.08	216	-0.01	—
3創造性	4観察と推論	2.23	2.24	1.00	-0.02	242	0.00	—	3創造性	4観察と推論	2.42	2.49	0.99	0.83	216	0.06	—
3創造性	5主観性	2.23	1.90	0.70	-2.77	242	-0.18	小	3創造性	5主観性	2.42	2.20	0.83	-1.58	216	-0.11	小
3創造性	6モデルの限界	2.23	1.74	0.05 *	-3.26	242	-0.21	小	3創造性	6モデルの限界	2.42	1.81	0.00 **	-3.84	216	-0.26	小
3創造性	7理論と法則	2.23	2.07	0.98	-1.25	242	-0.08	—	3創造性	7理論と法則	2.42	2.09	0.40	-2.27	216	-0.15	小
4観察と推論	5主観性	2.24	1.90	0.57	-2.42	242	-0.16	小	4観察と推論	5主観性	2.49	2.20	0.37	-2.52	216	-0.17	小
4観察と推論	6モデルの限界	2.24	1.74	0.03 *	-3.82	242	-0.25	小	4観察と推論	6モデルの限界	2.49	1.81	0.00 **	-4.40	216	-0.30	中
4観察と推論	7理論と法則	2.24	2.07	0.95	-1.19	242	-0.08	—	4観察と推論	7理論と法則	2.49	2.09	0.08	-2.98	216	-0.20	小
5主観性	6モデルの限界	1.90	1.74	0.86	-1.32	242	-0.08	—	5主観性	6モデルの限界	2.20	1.81	0.21	-2.98	216	-0.20	小
5主観性	7理論と法則	1.90	2.07	0.99	1.29	242	0.08	—	5主観性	7理論と法則	2.20	2.09	1.00	-1.04	216	-0.07	—
6モデルの限界	7理論と法則	1.74	2.07	0.38	2.47	242	0.16	小	6モデルの限界	7理論と法則	1.81	2.09	0.62	-2.09	216	-0.14	小

全体									
特徴1	特徴2	平均1	平均2	P値	Z値	N	r	効果量	
1実証性	2暫定性	1.87	1.91	0.99	1.02	1298	0.03	—	
1実証性	3創造性	1.87	2.10	0.15	4.32	1298	0.12	小	
1実証性	4観察と推論	1.87	2.23	0.01 **	5.59	1298	0.16	小	
1実証性	5主観性	1.87	1.98	0.90	2.23	1298	0.06	—	
1実証性	6モデルの限界	1.87	1.75	0.60	2.61	1298	0.07	—	
1実証性	7理論と法則	1.87	2.03	0.76	2.39	1298	0.07	—	
2暫定性	3創造性	1.91	2.10	0.63	2.80	1298	0.08	—	
2暫定性	4観察と推論	1.91	2.23	0.10	5.00	1298	0.14	小	
2暫定性	5主観性	1.91	1.98	1.00	1.04	1298	0.03	—	
2暫定性	6モデルの限界	1.91	1.75	0.14	3.61	1298	0.10	小	
2暫定性	7理論と法則	1.91	2.03	0.99	1.18	1298	0.03	—	
3創造性	4観察と推論	2.10	2.23	0.97	1.84	1298	0.05	—	
3創造性	5主観性	2.10	1.98	0.87	1.85	1298	0.05	—	
3創造性	6モデルの限界	2.10	1.75	0.00 **	6.19	1298	0.17	小	
3創造性	7理論と法則	2.10	2.03	0.96	1.41	1298	0.04	—	
4観察と推論	5主観性	2.23	1.98	0.27	3.60	1298	0.10	—	
4観察と推論	6モデルの限界	2.23	1.75	0.00 **	8.21	1298	0.23	小	
4観察と推論	7理論と法則	2.23	2.03	0.45	3.14	1298	0.09	—	
5主観性	6モデルの限界	1.98	1.75	0.04 *	4.69	1298	0.13	小	
5主観性	7理論と法則	1.98	2.03	1.00	0.33	1298	0.01	—	
6モデルの限界	7理論と法則	1.75	2.03	0.01 *	5.22	1298	0.14	小	

\*: P<0.05 \*\*: P<0.01

ほぼすべての学年において NOS 特徴間に差は見られなかった。科学的探究活動の最終学年にあたる高校3年生において、「4 観察と推論」と「6 モデルの限界」の間の P 値が 0.001 より小さく、効果量 r は 0.30 と中程度であり、「4 観察と推論」の点数が、「6 モデルの限界」より有意に高かった。そこで、高校3年生の各特徴の平均点と標準偏差を図1に示す。

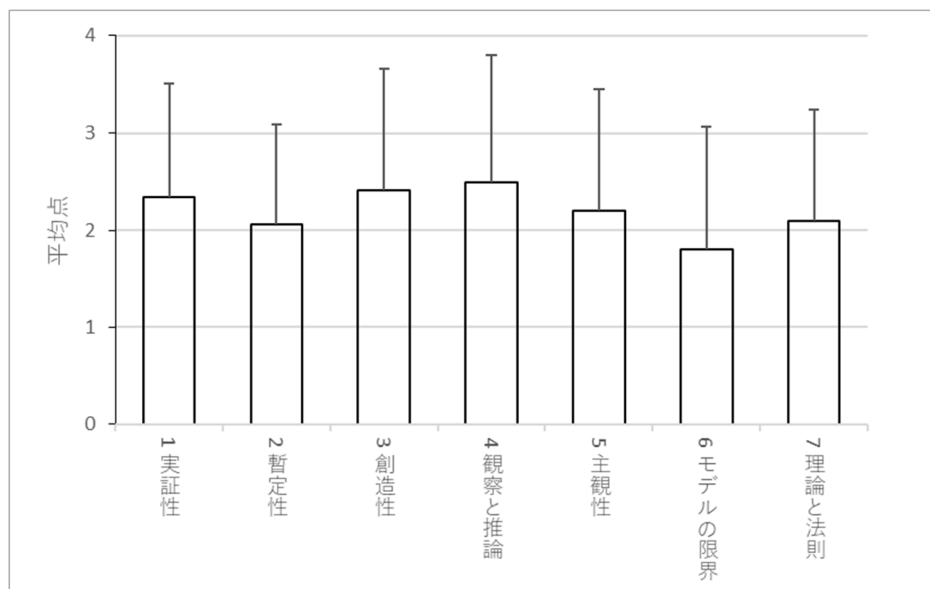


図1 高校3年生における NOS 調査問題の平均点と標準偏差

「4 観察と推論」の問いは、実際に観察したことと、推論によるものを区別について理解しているかを確認する内容であり、「6 モデルの限界」の問いは、モデルは説明のために抽出した要素から成り、現実のものではないことを理解しているかを確認する内容である。「4 観察と推論」より「6 モデルの限界」についての点数が有意に低いことから、生徒のモデルについての誤認識が懸念される。「6 モデルの限界」に関する誤答で多い選択肢は、「非常に複雑なシステムのモデルは現実を反映していない可能性があ

りますが、単純なもののモデルは反映し特徴す「細部に十分な注意を払えば、モデルは現実と完全に一致します」であり、モデルが現実と一致するものだと誤解していることがわかる。原因として、科学的探究活動の内容が不十分であることが考えられる。つまり、科学的探究活動が進んでいくと、得られたデータから変数間の関係を数式化するようなモデル構築を行い、さらにそのモデルの予測がどの程度データと合致するか確認し、現実に合わせて修正していく活動が行われる。その過程で、モデルは現実そのものではなく、説明のために現象の一部分を抽出したものであること、そのため現実とはずれが生じることを認識しなくてはならない。しかし、本校の科学的探究活動において、その認識に至っていないことが、モデルへの理解度が低い結果をもたらしている可能性がある。改善策として、科学的探究活動の内容に、データからのモデル作成やその確認を含むようにすることが考えられる。もう一つの原因として、理科の授業におけるモデルの扱い方が影響していることがあげられる。教科書で紹介されるモデルは、長年のテストを経てある程度現実を反映することが確認されているものであり、テストでは、そのモデルが現実と一致していることが前提で出題がなされる。このような知識習得型の学び中心の指導は、生徒にモデルは現実と同じものだという認識を持たせている可能性がある。改善策としては、理科の授業でモデルとは現実そのものではないことを明示的に扱うことや、実験時に科学的探究的な内容としてモデルの作成やそれを使用した予測などの内容を取り入れることが挙げられる。

一方「4 観察と推論」では比較的高い点数であった。この問いは実際に感覚でとらえられた現象と、そうではないものを区別できるかを問う内容であり、科学的探究活動で行う観察・測定の実験が、理解を促した可能性がある。

第二にNOSの特徴ごとに、各学年の点数に差があるかについて分析した。統計手法として、クラスカル・ウォリス検定を使用し、各データ間についてScheffe法で多重比較を行った。効果量については、水本・竹内(2011)を参考に、マン=ホイットニーのU検定により算出した各データ間のZ値をもとに、効果量rを計算した。Nはデータ数である。結果を表3に示す。

表3 NOSの特徴ごとの学年間比較

1 実証性										2 暫定性									
学年1	学年2	平均1	平均2	P値	Z値	N	r	効果量		学年1	学年2	平均1	平均2	P値	Z値	N	r	効果量	
中3	高1	1.5	1.7	0.86	0.93	294	0.05	—		中3	高1	1.7	1.9	0.77	1.07	294	0.06	—	
中3	高2	1.5	2.0	0.02 *	3.21	254	0.20	小		中3	高2	1.7	2.1	0.08	2.62	254	0.16	小	
中3	高3	1.5	2.3	0.00 **	5.10	241	0.33	中		中3	高3	1.7	2.1	0.13	2.36	241	0.15	小	
高1	高2	1.7	2.0	0.11	2.51	282	0.15	小		高1	高2	1.9	2.1	0.40	1.75	282	0.10	小	
高1	高3	1.7	2.3	0.00 **	4.61	269	0.28	小		高1	高3	1.9	2.1	0.52	1.49	269	0.09	—	
高2	高3	2.0	2.3	0.22	2.19	229	0.14	小		高2	高3	2.1	2.1	1.00	0.12	229	0.01	—	
3 創造性										4 観察と推論									
学年1	学年2			P値	Z値	N	r	効果量		学年1	学年2			P値	Z値	N	r	効果量	
中3	高1	1.8	2.1	0.22	2.09	294	0.12	小		中3	高1	2.0	2.2	0.76	1.09	294	0.06	—	
中3	高2	1.8	2.2	0.03 *	1.08	254	0.07	—		中3	高2	2.0	2.2	0.74	1.14	254	0.07	—	
中3	高3	1.8	2.4	0.00 **	2.25	241	0.15	小		中3	高3	2.0	2.5	0.09	2.52	241	0.16	小	
高1	高2	2.1	2.2	0.76	1.08	282	0.06	—		高1	高2	2.2	2.2	1.00	0.10	282	0.01	—	
高1	高3	2.1	2.4	0.16	2.25	269	0.14	小		高1	高3	2.2	2.5	0.45	1.64	269	0.10	—	
高2	高3	2.2	2.4	0.73	1.20	229	0.08	—		高2	高3	2.2	2.5	0.56	1.46	229	0.10	—	

5 主観性								
学年1	学年2	平均1	平均2	P値	Z値	N	r	効果量
中3	高1	1.7	2.1	0.14	2.30	294	0.13	小
中3	高2	1.7	1.9	0.77	1.08	254	0.07	—
中3	高3	1.7	2.2	0.05 *	2.85	241	0.18	小
高1	高2	2.1	1.9	0.72	1.14	282	0.07	—
高1	高3	2.1	2.2	0.90	0.73	269	0.04	—
高2	高3	1.9	2.2	0.38	1.79	229	0.12	小

6 モデルの限界								
学年1	学年2	平均1	平均2	P値	Z値	N	r	効果量
中3	高1	1.7	1.8	0.99	0.31	294	0.02	—
中3	高2	1.7	1.7	1.00	0.10	254	0.01	—
中3	高3	1.7	1.8	0.96	0.55	241	0.04	—
高1	高2	1.8	1.7	1.00	0.24	282	0.01	—
高1	高3	1.8	1.8	0.99	0.28	269	0.02	—
高2	高3	1.7	1.8	0.98	0.45	229	0.03	—

7 理論と法則								
学年1	学年2	平均1	平均2	P値	Z値	N	r	効果量
中3	高1	1.9	2.0	0.97	0.79	294	0.05	—
中3	高2	1.9	2.1	0.94	0.90	254	0.06	—
中3	高3	1.9	2.1	0.86	1.22	241	0.08	—
高1	高2	2.0	2.1	1.00	0.20	282	0.01	—
高1	高3	2.0	2.1	0.99	0.34	269	0.02	—
高2	高3	2.1	2.1	1.00	0.20	229	0.01	—

全体								
学年1	学年2	平均1	平均2	P値	Z値	N	r	効果量
中3	高1	12.4	13.7	0.40	1.71	294	0.10	—
中3	高2	12.4	14.3	0.22	1.71	254	0.11	小
中3	高3	12.4	15.4	0.01 **	3.44	241	0.22	小
高1	高2	13.7	14.3	0.96	0.53	282	0.03	—
高1	高3	13.7	15.4	0.25	3.44	269	0.21	小
高2	高3	14.3	15.4	0.57	1.45	229	0.10	—

\*: P<0.05 \*\*: P<0.01

ほぼすべてのNOS特徴で学年間に差は見られなかったが、「1 実証性」において、中3と高3間で、P値が0.001より小さく、効果量は0.33と中程度であり、中学3年生より高校3年生の点数が有意に高かった。特徴1について各学年の平均点と標準偏差を図2に示す。

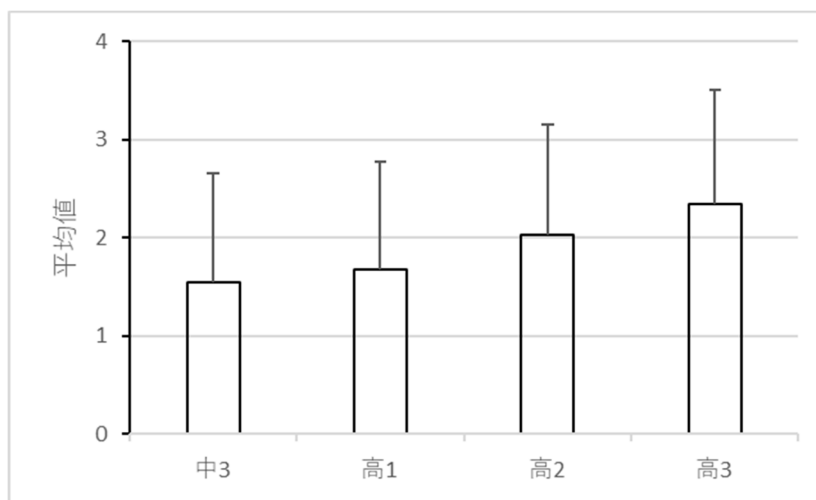


図2 「実証性」における各学年の平均点と標準偏差

「1 実証性」に関する問いは、科学は自然界の観察や実験から得られる経験的な証拠をもとにしていることについて確認する内容である。また、経験的な証拠に基づくことから、100%正確な情報は得られないことも理解している必要がある。選択肢からは、一見、科学に似ているが経験的証拠に基づかないもの、100%正しい情報が得られるという内容を除外する必要がある。中学3年生の誤答として多いものは、「科学は、開発された新しい技術と発明です」、「科学は、多くの研究の結果として、私たちが真実と事実に到達することを可能にします」であり、科学と技術の区別ができていないこと、科学的な推論が真実であるという誤解を示している。

中学3年生と高校3年生で違いが見られたことは、高校のSSHのカリキュラムで取り入れている科学的探究活動が、暗黙的にこの特徴の理解向上につながった可能性を示している。科学的探究活動では、自然現象を観察し、データをとり、そこから変数間の関係性を推論する活動を行う。「1 実証性」で問われる、科学は自然現象の観察に基づき、データによる証拠を必要とする、という内容についての理解が、科学的探究活動により促進された可能性がある。ただし、各学年のNOS理解度が、入学当初どの程度であったかについてのデータは無いため、学年間の差異については、今後の継続的な調査が必要である。

第三に、全体の得点率を見ると、中学3年生、高校1年生は4割、高校2年生、高校3年生で5割であった。昨年ほぼ同じ内容のScienTestを使用した授業後調査では、正解率は8割を超えていた(十文字・宮本、2022)。昨年の調査の時期が、NOSを取り上げた授業の直後であったこと、対象人数が28人であったことなど、条件が違いため単純な比較はできないが、5割という正解率は、NOSの理解度が低いことを示している。科学的探究活動が暗黙的にNOS理解を促す効果を持つ可能性はあるが、その効果は限定的であり、今後は明示的な指導によりNOSの理解度を上げることが必要である。科学的探究活動や理科の授業の内容がNOSのどのような特徴と関連しているかを伝える、振り返り学習でNOSの特徴について示すことが対策として考えられる。

## おわりに

本研究の目的は、今後の科学的探究活動の指導改善のために、SSH校の生徒のNOS理解の現状を把握することであった。

結果として、第一に高校3年生において、「4 観察と推論」が「6 モデルの限界」と比較して、有意に高い得点であった。「4 観察と推論」について、科学的探究活動の経験により、理解が促された可能性がある。「6 モデルの限界」の誤答の傾向より、生徒が科学的モデルを現実と同じものであると誤解していることがわかった。第二に、「1 実証性」において、中学3年生より高校3年生の得点が有意に高かった。SSHの科学的探究活動で、観察やデータを基にした推論を行った経験が理解を促した可能性がある。第三に、全体の傾向を見ると、正答率が低く、NOSの理解度が低いことがわかった。以上の結果より、本校におけるNOSの理解について課題が明らかになった。

今後の課題として、すべてのNOSの特長について理解度を上げるための指導法を工夫することが挙げられる。Bell(2009)は、NOSの効果的な指導法を三つあげている。一つ目は、明示的な指導を行うことであり、先述したLederman *et al.*(2014)の見解とも合致している。授業の中や振り返りで、NOSについての議論や考察を取り入れることが考えられる。二つ目は、NOSの特長を文脈化することである。探究活動、社会科学的な問題、科学の歴史上のエピソードなどを、科学の本質の概念を紹介し、文脈化し使用することが考えられる。三つ目は、NOSとプロセススキルの指導を結びつけることである。例えば、NOSの「実証性」や「暫定性」をプロセススキルの「観察」と結びつけることで、生徒はNOSを学びながら科学に必要なスキルを学ぶことができる。これらの改善策により、今後NOSの理解度を向上する効果を期待できる。



## 付記

本論文は、日本理科教育学会第72回全国大会(旭川大会)の発表資料を大幅に加筆、修正したものである。

## 引用文献

- Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. 1992. "The Development of a New Instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS)", *Science Education*, 76(5), 477-491.
- Bell, R. L. 2009. "Teaching the Nature of Science: Three Critical Questions". *Best Practices in Science Education*, 22, 1-6.
- Chen, S. 2006. "Views on Science and Education (VOSE) Questionnaire". In *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(2), 1-19.
- 小林優子・池恩燮. 2021.「STEAM 教育カリキュラムにおける NOS の導入とその評価 一大分県立大分舞鶴高等学校での実践事例」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』19号, 78.
- Lederman, N. G., Antink, A., & Bartos, S. 2014. "Nature of Science, Scientific Inquiry, and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry", *Science & Education*, 23(2), 285-302.
- Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M., & Ebenezer, J. 2006. "Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI): Revision and Further Validation of an Assessment Instrument". In *Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST)*, San Francisco, CA (April), 122, 1-38.
- McComas, W. F., Clough, M. P. & Almazroa, H. 2002. "The Role and Character of The Nature of Science in Science Education", In McComas, W. F(ed), *The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies*, 3-39, Kluwer Academic Publishers, New York.
- [https://www.academia.edu/13895420/The\\_Role\\_and\\_Character\\_of\\_the\\_Nature\\_of\\_Science\\_in\\_Science\\_Education](https://www.academia.edu/13895420/The_Role_and_Character_of_the_Nature_of_Science_in_Science_Education)
- 中村大輝・藤原聖輝・川崎弘作・小林和雄・小林優子・三浦広大・雲財寛. 2021.「科学の本質の理解の評価方法とその特徴に関するレビュー」『日本科学教育学会第45回年会論文集』, 425-428.
- Sandoval, W. A. 2005. "Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning through Inquiry". *Science Education*, 89(4), 634-656.
- 鈴木宏昭. 2017.「理科教育における科学の性質(Nature of Science)」大高泉編『理科教育基礎論研究』, 81-94, (協同出版).
- Yalaki, Y., Doğan, N., Serhat, İ. R. E. Z., Doğan, N., Çakmakçı, G., & Kara, B. E. 2019. "Measuring Nature of Science Views of Middle School Students", *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6(3), 461-475.

資料

ScienTest

○実証性

1-科学に関する以下の記述の中から正しいものにチェックを入れてください。

- a) 科学は、理科の授業で得られる知識のことです。
- b) 科学は、開発された新しい技術と発明です。
- c) 科学は、100%正確な情報を生み出すことはありませんが、有効で信頼できる情報を生み出します。
- d) 上の a) ~c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

8-次の文のうち、科学研究に言及しているものはどれだと思いますか。

- a) 星がどのように形成されるかについての、データをもとにしたコンピューターモデルの作成
- b) 液晶テレビを組み立てる工場の設計
- c) インフルエンザがどのように広がるかを調べるために、インターネットで調査を行う
- d) 上の a) ~c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

15-科学に関する次の説明のうち、正しいと思うものはどれですか。

- a) 科学は正しい情報にアクセスする唯一の方法です。
- b) 科学は、多くの研究の結果として、私たちが真実と事実に到達することを可能にします。
- c) 科学は、実験、観察、およびそれらに基づく論理的推論に基づいています。
- d) 上の a) ~c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

22-実験と観察に基づく科学分野は、次のうちどれだと思いますか。

- a) 数学 (数、形、幾何学、関数などを調べます)。
- b) 生物学 (生物、その特性、変化、生息地、相互関係を調べます)。
- c) 歴史 (過去または現在の出来事、人々、制度およびそれらの関係を調べます)。
- d) 上の a) ~c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

○暫定性

2-科学的知識に関する次の記述のうち、正しいと思うものはどれですか。

- a) 科学的知識は客観的であり、人によって違いはありません。
- b) 科学情報 (理論、法則、仮説など) は、新しい研究やデータによって変わる可能性があります。
- c) 科学的情報を入手する方法は1つしかなく、それが科学的方法です。
- d) 上の a) ~c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

9-理科の授業で学んだ情報について、次のうちどれに同意しますか。

- a) 理科の教科書の情報は、長年の科学的知識を表しており、その後はあまり変わりません。
- b) タブレットコンピューターやスマートフォンなどの新しい発明の存在は、私たちが本で読む情報がいつか変わることを示しています。
- c) 科学技術書の情報は信頼できる有効な情報ですが、これは将来変更されないという意味ではありません。
- d) 上の a) ~c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

16-次の文のうち、科学的知識について正しい文はどれだと思いますか。

- a) 科学的知識は、研究によって証明された後、確実になります。
- b) 科学的知識を他の知識と区別する特徴は、それをテストできることです。
- c) すべての科学情報は時間の経過とともに検証され、法則になります。
- d) 上の a) ~c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

**23-次の文のうち、理科の教科書の情報について正しい説明はどれだと思いますか。**

- a) 理科の教科書に記載された情報は証明されたものであり、証明されていない情報はこれらの本には含まれていません。
- b) 教科書の情報の一部（理論など）は将来変更される可能性があります、一部（法則など）は変更されません。
- c) 科学の教科書のすべての情報は、将来変更される可能性があります。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

**○創造性**

**3-科学者は、研究や実験を行う際に想像力と創造性を利用していると思いますか。**

- a) 科学者が想像力と創造性をどのように使用するかは、彼らが働く分野によって異なります。
- b) 科学は人により変化しないので、科学研究は想像力と創造性の影響を受けません。
- c) 科学者は、科学研究で想像力と創造性を使用するため、異なる結果に達することがあります。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

**10-調査のどの段階（計画、実験の実施、データの分析など）で、データの解釈、結果の報告など）科学者は彼らの創造性と想像力を利用していると思いますか。**

- a) 研究のすべての段階で、さまざまな方法で行うことができ、創造性と想像力は役割を果たすことができます。
- b) 創造性と想像力は、研究を計画するときに役割を果たす可能性があります、それ以外は重要ではありません。
- c) 研究のどの段階でも、彼らは創造性と想像力を利用しているとは思いません。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

**17-科学者は研究や実験で想像力と創造性を利用していると思いますか。**

- a) 一部の科学者は、創造性と想像力により、他の科学者よりも優れた研究結果を得ることができます。
- b) 科学者は、科学的方法を使用する限り、想像力と創造性を使用する必要はありません。
- c) 想像力と創造性は漠然とした概念であるため、科学には何の意味もありません。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

**24-計画、実験、観察、データの分析、データの解釈、結果の報告などの研究のどの段階で、科学者は創造性と想像力を利用していると思いますか。**

- a) 科学者は、研究のあらゆる段階で想像力と創造性を多かれ少なかれ使用します。
- b) 想像力と創造性は、科学ではなく技術の研究に使用されます。このようにして、携帯電話などの製品が登場します。
- c) 科学的方法は明確であり、その応用は想像力と創造性を必要としません。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

**○観察と推論**

**4-すべての物質は原子で構成されていることが知られています。しかし、原子はとても小さいため、非常に強力な電子顕微鏡を使っても、原子の内部構造は見えません。科学者が原子に関して得た情報に関して、あなたは次のどの内容に同意しますか？**

- a) 原子が見えないため、原子の構造について今日作成された図面やモデルは完全に正確ではない可能性があります。
- b) 原子の構造に関する情報は、長期的な研究を通じて得られ、今日完全に完成しています。
- c) 原子の構造は、その内部構造を示すのに十分な強度の顕微鏡が将来構築できる場合のみ理解されます。そうでない場合、原子について何も知ることはできません。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

11-恐竜は長い間地球に住んでいて、6500 万年前に姿を消しました。ティラノサウルスは、最もよく知られている捕食者の恐竜です。このような恐竜が実際に存在し、その外観を科学者は確信できると思いますか。

- a) 見つかった化石と骨片のおかげで、恐竜の存在と外観を確信することができます。
- b) 骨を組み合わせることで、恐竜の体型を予測することはできますが、その本当の姿を確実に知ることはできません。
- c) 恐竜の写真、モデル、映画、ドキュメンタリーが作成されているので、科学者はそれらがどのように見えるかを確信しています。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

18-原子はすべての物質の構成要素ですが、原子の内部構造を見ることはできません。原子に関する科学者の知識について述べた次の文のうち、あなたが同意するものはどれですか。

- a) 原子の絵を描いたり、模型を作ったりできるので、原子の構造が正確にわかります。
- b) 原子は非常に小さいですが、科学者は実験を通じて原子の真の構造を発見しました。
- c) 原子が見えなくても、実験や観測を通じて原子の構造に関する情報を得ることができます。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

25-長い間地球に住んでいた後、恐竜は 6500 万年前に姿を消しました。科学者たちは恐竜は本物だと言います。科学者が恐竜の 実際の外見を、どれだけ確信しているかについて、次の説明のうちどれに同意しますか。

- a) 科学者は、ティラノサウルスのような有名な恐竜や、骨が豊富にある恐竜の外見を確信できます。
- b) 骨と化石の発見に基づいて、そしてまたいくらかの想像力で、彼らは恐竜がどのように見えたかについてコメントすることができるだけです。
- c) 技術の進歩のおかげで、恐竜の実際の外観は、今日ではないにしても、将来確実に決定されるでしょう。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

### ○主観性

5-日本は地震が頻繁に発生する国です。研究の結果、科学者たちは、近い将来、茨城県周辺で地震が発生すると発表しました。しかし、別の科学者たち、はこの地震の時間と強さについて異なる意見を表明しました。科学者は同じ情報を持っているのに、なぜ違う予測が出ると思いますか？

- a) この主題に関する有効な理論がないため、彼らは異なる意見を持っています。
- b) 集まって十分に話し合わないため、違いがあります。
- c) 分野、機会、経験、知識、考え方が異なるため、意見が異なります。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

12-携帯電話などのいくつかの技術開発と癌との関係について説明します。これらの問題に関する研究は相反する結果を生み出しました。一部の研究者は、携帯電話の過度の使用が癌のリスクを高めると報告していますが、別の研究者は電話と癌の関係を見つけませんでした。この矛盾した状況の理由は何だと思いますか。

- a) この種の対立は研究の初めに現れるかもしれませんが、最終的には確実に解決されます。
- b) 科学者が好む方法、彼らの推論と判断は異なる可能性があり、矛盾する結果につながる可能性があります。
- c) 科学は客観的であり、この種の対立は存在すべきではありません。したがって、研究の 1 つは間違っているに違いありません。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

19-多くの地震を引き起こす断層線が日本を通過します。地震に関する研究の結果、科学者はまもなく南海トラフで地震が発生する可能性があることを示唆しています。しかし、この地震の時間と強さについてはさまざまな意見があります。同じ情報を持っているのに、なぜ科学者はこの問題について違う予測をしたと思いますか。

- a) 科学者は創造性と想像力が異なるため、主題については常に異なる意見があります。
- b) 地震研究は比較的新しいので、彼らは異なる意見を持ちます。
- c) 地震計（地震の深刻度を測定する機器）が不足しているため、意見が異なります。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

26-携帯電話の過度の使用が癌を引き起こすかどうか議論されています。一部の研究者は携帯電話の使い過ぎがガンを引き起こす可能性があると言いますが、ガンのリスクと携帯電話の関係を見つけられなかった研究者もいます。この矛盾した状況の理由は何だと思えますか。

- a) 科学者が収集したデータを比較して議論する場合、科学者は常に同じ結論に達し、矛盾を排除します。
- b) 科学者が主題について異なる結論に達するのは正常です。新しい研究は、これらの結果の1つをさらに支持する可能性があります。
- c) 科学者が科学的方法を正しく適用すれば、彼らは同じ結果に到達し、そのような矛盾はありません。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

### ○モデルの限界

6-学校の理科の授業で使用するさまざまなモデルがあります（たとえば、人の内臓、細胞構造を示すモデル、DNA モデルなどのモデル）。科学者は、自然を研究するときにもモデルを使用します。これらのモデルはどの程度現実を反映していると思えますか？

- a) これらのモデルは、科学のトピックを理解するのに役立つツールですが、現実の単純化されたバージョンであり、現実ではありません。
- b) 非常に複雑なシステムのモデルは現実を反映していない可能性があります。単純なもののモデルは反映しています。
- c) これらのモデルが十分に準備されている場合、それらは現実を反映しています。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

13-理科の授業では細胞モデル、DNA モデル、原子モデルなどのモデルが使われます。科学者は、自然を調査する際にさまざまなモデルを使用および作成します。これらのモデルは現実をどの程度反映していると思えますか。

- a) 学校で使用されているモデルは単純かもしれませんが、科学者が作成するモデルは現実を正確に反映しています。
- b) 細部に十分な注意を払えば、モデルは現実と完全に一致します。
- c) モデルは、モデルを作成した人々の仮定、創造性、手段によって制限されており、現実を正確に反映することはできません。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

20-原子や DNA のモデルは実在する物質の構造を示しています。このような科学的モデルは現実のコピーだと言ってよいでしょうか、次の中から正しいものを選びなさい。

- a) 科学的モデルは、説明に必要な部分を省略しており、現実のコピーではありません
- b) 科学者がそうだと言っているのだから、コピーと言ってよいと考えられます
- c) 多くの科学的根拠が、科学的モデルは現実のコピーであることを証明しています
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

27-宇宙や原子のモデルには、いくつかの違うモデルが存在します。科学的モデルの変化について、次の文から正しいものを選びなさい。

- a) 科学的モデルは、知識の状態により変化し、今後も新しいモデルがつくられます
- b) 科学的モデルは、科学的観察に基づいているため、変化することはありません
- c) 科学的モデルは、修正を加えることで完成し、それ以上は変化しません
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

### ○理論と法則

7-アインシュタインの相対性理論や、ダーウィンの自然選択理論は、有名な科学の理論です。次の文で、科学の理論について正しく述べているものはどれですか。

- a) 科学理論は、新しい証拠が得られた場合にくつがえされることがあります
- b) 多くの実験に基づく科学理論は、決して変更されることはありません
- c) 自然界には科学理論が存在し、その理論は厳密な実験だけで発見できます
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

14-フックの法則や質量保存の法則など、教科書で様々な科学の法則を知ることができます。次の文で、科学の法則について正しく述べているものはどれですか。

- a) 法則は、自然界にみられる現象のパターンを示したものです
- b) 法則は、なぜそのような自然現象がおこるのかについて、理由を説明します
- c) 法則は多くの証拠によって支えられており、100%信頼することができます
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

21-科学の理論と法則の関係について説明した次の文で、正しいと思うものはどれですか。

- a) なぜそのような法則が成り立つのかを説明するのが理論です
- b) 科学理論は、それを支持する証拠が集まることで証明されると、法則になります
- c) 科学理論は変更される可能性があります、科学法則は変更される可能性がありません
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。

28-科学者は自然現象を研究し、理論や法則を生み出しています。科学者と理論・法則についての次の文で、正しいものはどれですか。

- a) 法則を発見した科学者が、必ず理論をつくることができるわけではありません。
- b) 理論は科学者ではない人も考えられますが、法則は科学者だけが理解しています
- c) 過去に間違った理論や法則を発表した科学者は、注意力がなく、論理的に考える力が低かったといえます。
- d) 上の a) ～c) のどの選択肢も正しいと思わない。
- e) わからない。