

科学的知識の特質についての理解

—理工系学部の大学生を対象とした実態調査—

中山 玄三*

Understanding about the Nature of Scientific Knowledge

— In Case of Science and/or Technology Major Students at University —

by

Genzo NAKAYAMA*

要 旨

本研究では、理工系学部の大学生を対象に、科学的知識の特質についての理解の実態を明らかにすることを目的とした。調査1では、私立S大学理工系学部において、2年次生48名と3年次生34名の合計82名を対象に、2013年度後学期の1月下旬に質問紙調査を実施した。調査2では、国立K大学理工系学部において、3年次生50名を対象に、2014年度前学期の5月下旬に質問紙調査を実施した。調査1と調査2の結果に見られる共通点は、次のように要約できる。理工系学部の大学生は、科学的知識の特質のうち「発展性」と「実証性」については理解できているが、その一方で、「創造性」と「簡潔性」については未理解であると言える。そして、このような科学的知識の特質についての未理解状況は、大学の学年段階の違いや国立・私立の違いにかかわらず、いずれの理工系大学生集団の間でも、ほとんど共通する傾向である。したがって、科学的知識の特質についての未理解状況は、理工系の大学教育によって質的に改善される可能性があるというよりは、むしろ、この種の固定観念や構えが大学以前の科学教育によって定着してしまっているのではないかということが推察される。

Key Words: 科学的知識の特質、創造性、発展性、実証性、簡潔性

1. はじめに

イノベティブ人材に必要な能力とは、どのようなものか。オスロ・マニュアルに基づくイノベーションの定義の詳細（文部科学省科学技術政策研究所，2012）を見ると、プロダクト・イノベーション、プロセス・イノベーション、

組織イノベーション、マーケティング・イノベーションに大別され、「これまでに利用したことのない新しいもの」や「既存のものを大幅に改善したもの」の導入を指す。また、池田（2012）は、行動経済学の立場から、認知科学の知見に基づき、「イノベーションとは、既存のフレームを疑い、新しいフレームを発見すること」すなわち「認知論的転回」と考えることができるという。さらに、上田（2013）によ

*崇城大学非常勤講師・熊本大学教育学部教授

れば、「答えが一通りに決まっている問題を与えられた時間内に効率よく解く能力」あるいは「ある課題をルールやマニュアルに従って、てきぱきと処理する能力」は「マニュアル力」と呼ばれ、この能力だけではイノベーションを生み出すことができない。必要なのは、「マニュアル力」の基礎の上に成り立つ「問題の本質を見極める力・考える力」であり、「それを独自の方法で解決に至るまでやり遂げることができる能力・創造する力」であるという。つまり、いかなるイノベーションにおいても「創造」という認知的能力が必要不可欠とされる。

高等学校までの科学教育においては、マニュアル力すなわち「科学的知識やスキルを学ぶこと (learning of science)」に重点が置かれ、自ら考え、創造する力すなわち「新しい科学的知識を創造すること・科学を实践すること (doing science)」にはほとんど重点が置かれることはなかった。ましてや、科学的知識が時代による影響を受けた科学者によって創造され転換されるなどという「科学的知識の特質を理解すること (learning about science)」には全くと言ってよいほど重点が置かれることはなかった。そのような体系的な教育はこれまでなされてこなかったというのが実際のところではなかろうか。

筆者 (2013・2014) は、「科学教育におけるエクセレンス・卓越性」を「新しい科学知の創造」と捉えることを前提に、創造的なプロセスに関わる認知的能力の側面から「問題解決に必要な思考力と知識の活用力」に焦点を当てた学習コンテンツの開発に取り組んだ。そして、その学習コンテンツの実践化においては、創造的なプロセスに関連する認知的／社会文化的構成要因としてブレインストーミング、メタ認知、足場づくり、一般的な発見を取り入れた協働的な学びを認知・思考と関連づけた学習プログラムの開発・実施・評価・改善に取り組んだ。また、認知と感情は互いに密接に関連し合っていることから、知的探究心が問題解決の支え・原動力として必要不可欠なものとして捉え、問題解決ならびに協働的な学びに対する熱意・意欲を測るための情意の自己評価票を作成し、情意の高まりと学習課題の達成度との間に相関関係

が認められるかどうかを確認した。

「新しい科学知の創造」という点においては、問題解決と協働的な学び・情意との関連に加えて、「科学的知識の特質についての理解」が、創造的なプロセスに関わる態度・構えに影響を与える要因であると考えられる。ここでいう「科学的知識の特質」とは、一般に、科学史、科学哲学、科学社会学、科学人類学などの研究領域で描き出される科学に対する見方・考え方、科学とはどのような性格のものかという科学観 (nature of science) のことを指す (例えば、村上, 1980)。

2. 目的と方法

本研究では、理工系学部の大学生を対象に、「科学的知識の特質についての理解」の実態を明らかにすることを目的とした。

科学的知識の特質についての理解を測定する尺度とその構成項目としては、科学を技術や社会という文脈から捉えたものが散見される。例えば、Rubba & Andersen (1978) が開発した NSKS (Nature of Scientific Knowledge Scale) は、超道徳性、創造性、発展性、簡潔性、テスト可能性、統合性の6尺度で、各尺度は肯定の4項目と否定の4項目に分類され、計48項目から構成されている。角屋 (1998) が開発した変形 NSKS は、科学の暫定性という視点から、創造性、発展性、簡潔性、テスト可能性の4尺度に限定し、各尺度は肯定の3項目と否定の3項目に分類され、計24項目から構成されている。この他、NSKA を研究目的に適合するように修正したものとして、Meichtry (1992) のものが挙げられる。

本研究の実態調査で用いた質問紙を構成する尺度と項目は、Rubba & Andersen (1978) が開発した NSKS と角屋 (1998) が開発した変形 NSKS の中から、次の表1に示したとおり、4尺度×4項目の計16項目を筆者が選び出したものである。なお、各項目の具体的な質問内容については、筆者が文章表現に一部修正を加えた。また、それぞれの質問項目について、「5 = とてもそう思う、4 = そう思う、3 = どちらで

もない、2 = そう思わない、1 = 全くそう思わない」の5段階評定によって回答を求めた。

表1 調査質問紙の構成

尺度	肯定項目番号	否定項目番号	項目数
創造性 (creative)	項目①	項目⑨	4項目
	項目⑫	項目④	
発展性 (developmental)	項目⑬	項目⑤	4項目
	項目⑧	項目⑯	
実証性 (testable)	項目⑮	項目⑦	4項目
	項目⑩	項目②	
簡潔性 (parsimonious)	項目⑪	項目③	4項目
	項目⑥	項目⑭	

調査1では、私立S大学理工系学部において、中学校・高等学校教員免許状（理科）取得のための教職必修科目「理科教育法Ⅰ」を履修する2年次生48名および「理科教育法Ⅱ」を履修する3年次生34名の合計82名を対象に、2013年度後学期の授業終了時の1月下旬に質問紙調査を実施した。調査2では、国立K大学理工系学部において、中学校・高等学校教員免許状（理科・数学他）取得のための教職必修科目「教育課程基礎論」を履修する3年次生50名を対象に、2014年度前学期の授業期間内の5月下旬に質問紙調査を実施した。

3. 結果と考察

調査1と調査2の結果を表2にまとめて示した。表中の数値は、「5 = とてもそう思う、4 = そう思う、3 = どちらでもない、2 = そう思わない、1 = 全くそう思わない」の5段階評定尺度を尺度得点に換算したときの平均値を示す。平均値が3より大きい場合は「肯定」、3より小さい場合は「否定」を意味する。なお、表中で□で囲んだ数値は、肯定項目と否定項目の平均値に有意差($p < 0.05$)が認められ、かつ平均値が3より大きい「肯定」の場合を意味する。調査1と調査2の結果に見られる共通点は、次のように要約できる。

(1) 科学的知識の創造性

「創造性」については、科学的知識の創造に関する1組の対になる肯定項目①と否定項目⑨の平均値の間に有意差が認められ ($p < 0.05$)、肯定項目①に対して否定の反応かつ否定項目⑨に対して肯定の反応が見られる。つまり、「科学的知識は、科学者という人間が創造したものであること」を認めておらず、「科学的知識は、人間の創造の所産というよりも、すでに存在しておりこれを発見していくものである」と捉えている。

科学者の独創性に関するもう1組の対になる肯定項目⑯と否定項目④の平均値の間には有意差が認められず、肯定項目⑯に対してやや否定の反応かつ否定項目④に対して中立の反応が見られる。つまり、「科学的知識は、科学者の独創性を表現していること」についても未理解である。

「創造性」に関する4項目の各平均値は、私立S大2年次生集団と同3年次生集団の間および私立S大3年次生集団と国立K大3年次生集団の間で、いずれも統計上有意な差が認められない。

(2) 科学的知識の発展性と実証性

「発展性」と「実証性」については、4組の対になる肯定項目と否定項目の平均値の間にすべて有意差が認められ ($p < 0.05$)、肯定項目に対して肯定の反応かつ否定項目に対して否定の反応が見られる。つまり、「発展性」という点において、「科学的知識は、絶対的・普遍的な真理で常に変わらないというものではなく、むしろ修正的で絶えず変わる可能性があること」および「科学的知識は、科学者から離れたところで厳密・客観的に決定されるというものではなく、むしろその時代の科学者集団が合意・承認したものであること」を理解できている。また、「実証性」という点において、「科学的知識について、確かな証拠を得るための実験を繰り返し行う必要があること」および「科学的知識は、信頼できる実験によって実際に証明できること」を理解できている。

「発展性」に関する4項目および「実証性」

に関する3項目(⑮を除く)の各平均値は、私立S大2年次生集団と3年次生集団の間および私立S大3年次生集団と国立K大3年次生集団の間で、いずれも統計上有意な差が認められない。ただし、「科学的知識は、信頼できる実験によって、実際に証明できる。」という項目⑮の平均値については、私立S大2年次生集団(平均値3.6)と同3年次生集団(平均値4.1)の間で、統計上有意な差が認められる($p < 0.05$)。

(3) 科学的知識の簡潔性

「簡潔性」については、2組の対になる肯定項目と否定項目の平均値の間にはすべて有意差は認められず、肯定項目に対しても否定項目に

対しても否定の反応が見られる。つまり、「簡潔性」という点において「科学的知識は、できるだけ数を少なくして簡潔に表現されること」および「二つの科学的理論が対立する場合、より簡潔な理論の方が選ばれること」については未理解である。

「簡潔性」に関する3項目(⑭を除く)の各平均値は、私立S大2年次生集団と同大3年次生集団の間および私立S大3年次生集団と国立K大3年次生集団の間で、いずれも統計上有意な差が認められない。ただし、「二つの科学的理論が対立する場合、より複雑な理論の方が選ばれる。」という項目⑭の平均値については、私立S大2年次生集団(平均値2.5)と同3年次生

表2 科学的知識の特質についての理解

尺度	肯定項目	私立S大			国立K大			
		2年生	3年生	3年生	2年生	3年生	3年生	
創造性	項目① 科学的知識は、科学者という人間が、創造したものである。	2.3	2.7	2.6	項目⑨ 科学的知識は、人間によって創造されるものではなく、見つけだされるものである。	3.8	3.7	3.7
	項目⑫ 科学的知識は、科学者の独創性を表現している。	2.8	2.9	2.9	項目④ 科学的知識は、科学者の独創性を表現してはいない。	3.0	3.0	2.9
発展性	項目⑬ 科学的知識は、修正的で、絶えず変わる可能性がある。	4.0	4.0	4.0	項目⑤ 科学的知識は、絶対的・普遍的な真理で、常に変わらない。	2.2	2.2	2.2
	項目⑧ 科学的知識は、その時代の科学者集団が、合意・承認したものである。	3.3	3.5	3.2	項目⑯ 科学的知識は、科学者から離れたところで、厳密・客観的に決定される。	2.8	2.7	2.8
実証性	項目⑮ 科学的知識は、信頼できる実験によって、実際に証明できる。	3.6	4.1	3.7	項目⑦ 科学的知識は、実験によって、実際に証明する必要はない。	1.8	1.5	1.4
	項目⑩ 科学的知識について、確かな証拠を得るための実験を繰り返し行う必要がある。	4.4	4.6	4.4	項目② 科学的知識について、その証拠を得るための実験を繰り返し行う必要はない。	1.7	1.6	1.5
簡潔性	項目⑪ 科学的知識は、できるだけ数を少なくして、簡潔に表現される。	3.1	2.7	3.0	項目③ 科学的知識は、できるだけ数を多くして、複雑に表現される。	2.8	2.8	2.5
	項目⑥ 二つの科学的理論が対立する場合、より簡潔な理論の方が選ばれる。	2.4	2.5	2.2	項目⑭ 二つの科学的理論が対立する場合、より複雑な理論の方が選ばれる。	2.5	2.1	2.2

注) 表中の数値は、「5＝とてもそう思う、4＝そう思う、3＝どちらでもない、2＝そう思わない、1＝全くそう思わない」の5段階評定尺度を尺度得点に換算したときの平均値を示す。

集団（平均値2.1）の間で、統計上有意な差が認められる（ $p < 0.05$ ）。

上記の結果（1）（2）（3）より、今回の調査対象者をもとにした結論として、次の2つの点が指摘できる。理工系学部の大学生は、科学的知識の特質のうち「発展性」と「実証性」については理解できているが、その一方で、「創造性」と「簡潔性」については未理解であると言える【結論1】。そして、このような科学的知識の特質についての未理解状況は、大学の学年段階の違いや国立・私立の違いにかかわらず、いずれの理工系大学生集団の間でも、ほとんど共通する傾向である。したがって、科学的知識の特質についての未理解状況は、理工系の大学教育によって質的に改善される可能性があるというよりは、むしろ、この種の固定観念や構えが大学以前の科学教育によって定着してしまっているのではないかということが推察される【結論2】。

4. おわりに

「新しい科学知の創造」という点において、科学的知識の特質についての理解が、創造的なプロセスに関わる態度・構えに影響を与える要因であると考えられる。本事例研究では、理工系大学生が科学的知識の「創造性」について未理解であること、つまり、「科学的知識は、科学者という人間が創造したものであること」や「科学的知識は、科学者の独創性を表現していること」を認めていないという実態が明らかになった。既知の科学的知識の伝達・教え込みとその機械的暗記・記憶再生、いわゆるマニュアル力に過度に偏重した、長年にわたる大学以前の科学教育によって、この種の固定観念や構えが定着してしまっていることは容易に推察できる。

マニュアル力すなわち「科学的知識やスキルを学ぶこと（learning of science）」だけにとどまることなく、それを土台としつつ、科学的知識の創造性についての未理解状況を「科学を实践すること（doing science）」（Hodson, 1998; 中

山, 2000)を通して打破していくことこそが、「新しい科学知の創造」を志向する科学教育が取り組むべき根源的かつ本質的な課題であることを、筆者はここで強調しておきたい。科学教育の更なる質の向上を目指す上で、科学的知識の適切な理解は重要であり、その実現のために、「科学を实践すること」を核に据えた指導方法や教育課程のあり方に関する議論が必須であろう。

謝 辞

本研究は、国立教育政策研究所教育課程研究センター総括研究官の銀島文女史を研究代表者とする2012-2015年度文部科学省科学研究費補助金(基盤研究A一般・課題番号2424010)による『イノベティブ人材を醸成する「卓越性の科学（science for excellence）」の教育課程の開発に関する実証的研究』の一環して位置づけられるものである（銀島, 2012・2013; 吉岡, 2012・2013）。

参考文献

- (1) 文部科学省科学技術政策研究所 (2012). 「オスロ・マニュアルに基づくイノベーションの定義の詳細」『「イノベーション」に対する日米独比較研究』第1研究グループレポート. 付録1, p. 38.
- (2) 池田信夫 (2012). 「第1章 イノベーションはどこから生まれるのか」『イノベーションとは何か』東洋経済新報社, pp. 11-39.
- (3) 上田正仁 (2013). 「考える力とは何か」『東大物理学者が教える「考える力」の鍛え方 想定外の時代を生き抜くためのヒント』ブックマン社, pp. 14-38.
- (4) 中山玄三 (2013). 「問題解決に必要な思考力と知識の活用力—学習者を対象とした実態調査—」『熊本大学教育実践研究』第30号, pp. 1-14.
- (5) 中山玄三 (2013). 『幼・小・中・高の共通テーマ:「探究する心と力」』熊本大学教員免許状更新講習選択科目講習シラバス・資料集.
- (6) 中山玄三 (2014). 「問題解決に必要な思考力と知識の活用力を育む学習コンテンツ」2013年

- 度科学研究費補助金・基盤研究 A 一般（銀島文研究代表者）研究成果報告書.
- (7) 中山玄三 (2014). 「問題解決に必要な思考力と知識の活用力を育む学習コンテンツの実践化－教師教育の場合－」『熊本大学教育実践研究』第31号, pp. 1-15.
 - (8) 中山玄三 (2014). 「新しい科学知の創造」を志向するカリキュラム編成に関する理論的基盤と基本原理」『熊本大学教育実践研究』第31号, pp. 43-62.
 - (9) 村上陽一郎 (1980). 『動的世界像としての科学』新曜社.
 - (10) 村上陽一郎 (1980). 『科学のダイナミックス－理論転換の新しいモデル－』サイエンス社.
 - (11) Rubba, P. A. & Anderson, H. O. (1978). Development of an Instrument to Assess Secondary School Students' Understanding of the Nature of Scientific Knowledge. *Science Education*, Vol. 62, No. 4, pp. 449-458.
 - (12) 角屋重樹 (1998) 「第3節 1. 科学の暫定性の理解に関する先行研究の概要と本研究の特色」『理科学習指導の革新』東洋館. pp. 36-38.
 - (13) Meichtry, Y. J. (1992). Influencing Student Understanding of the Nature of Science: Data from a Curriculum Development. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, No. 4, pp. 389-407.
 - (14) Hodson, D. (1998). *Teaching and Learning Science*. Open University Press, Buckingham. 中山玄三訳「第12章 実践活動を通して各自の理解を探究し発達させよう」小川正賢監訳 (2000). 『新しい理科教授学習論：子ども一人ひとりの見方・考え方を損なわずに科学を学ばせるには』東洋館. pp. 183-195.
 - (15) 銀島文 (2012). 「卓越性の科学」の教育課程の開発：問題設定を中心に」『日本科学教育学会年会論文集』 Vol. 36, pp. 187-188.
 - (16) 銀島文 (2013). 「卓越性の科学」の教育課程構築に向けて：問題設定と議論」『日本科学教育学会年会論文集』, Vol. 37, pp. 228-229.
 - (17) 吉岡亮衛 (2012). 「卓越性科学教育の教育課程研究(1)－基盤カリキュラム構想」『日本科学教育学会年会論文集』, Vol. 36, pp. 131-132.
 - (18) 吉岡亮衛 (2013). 「卓越性科学教育の教育課程研究(3)－基盤カリキュラム構想(2)」『日本科学教育学会年会論文集』, Vol. 37, pp. 136-137.