

Next Generation Science Standards における

Argumentation の内容とその配列

- 初等・中等教育段階に着目して -

泉直志*

Components and Arrangement of Argumentation

in the Next Generation Science Standards :

Focused on elementary and secondary education

IZUMI Naoshi*

キーワード：アーギュメンテーション，科学教育、次世代科学スタンダード

Key Words: Argumentation, Science Education, NGSS

I. はじめに

科学的営為として、観察・実験と同様にアーギュメント／アーギュメンテーション¹⁾も重要な活動として認識されている²⁾。

科学におけるアーギュメントの重要性と同様に、科学教育（理科教育）におけるアーギュメントの重要性についても指摘されているものの、実際の授業実践の中でアーギュメントを生じさせることは教師／生徒ともに困難が伴い、その実現は難しい。このような中、理科授業の中へアーギュメントを生じさせようと様々な研究がなされてきた。例えば、Osborne ら³⁾、Simon ら⁴⁾、Cross ら⁵⁾、Nussbaum ら⁶⁾のように授業実践に直接的に介入しようとするものや、Osborne ら⁷⁾によって進められた Ideas, Evidence and Argument in Science (IDEAS) プロジェクトのように、理科の授業を行う教師に対するものなどがある。

しかしながら、生徒がアーギュメントを行えるようになるには、彼らの発達段階に応じたアーギュメントの系統的な指導もまた必要であると考えられるものの、上述したような研究からは、その段階的な指導については明らかにすることができない。

一方、現在、米国では、*A Framework for K-12 Science Education*⁸⁾（以下、フレームワークと表記する）や *Next Generation Science Standards*⁹⁾（以下、NGSS と表記する）によって、学習内容とその学年段階終了までに生徒に修得してほしいアーギュメントの能力について系統づけられている。

そこで、NGSS に関する国内の研究状況を俯瞰すると¹⁰⁾、国内学会において、NGSS の基本的な内容構成が報告されていたり¹¹⁾、科学の方法に着目した分析がなされたり¹²⁾しているが、科学・工学の「実践」(practices : 以下、practices を意味する際には「」を付して、「実践」と表記する)に同定さ

*鳥取大学地域学部地域教育学科

れているアーギュメントの系統性に着目したものではない。また、報告書レベルでは、国立教育政策研究所により『教育課程の編成に関する基礎的研究 報告書7: 資質や能力の包括的育成に向けた教育課程の基準の原理』¹³⁾において、NGSS について触れられているものの、NGSS 全体の概要を報告したものとなっており、これもまたアーギュメントの系統性という観点で報告されたものではない。

今後、日本の理科授業の中へアーギュメントを取り入れた実践を行っていくためには、学年進行に伴う系統性を明らかにすることに加え、これまで行われてきている理科授業とアーギュメントを取り入れた理科授業とにおいて教授アプローチの強調点は変化するのだろうか、どのような学習内容においてアーギュメントが取り入れられるのかといった点を明らかにすることもまた求められるだろう。

以上を踏まえ、本稿では、今後日本でアーギュメントを取り入れた理科授業を実践するときの指針とすべく、米国の科学教育のなかでアーギュメントが取り入れられた背景を明らかにし、また、学年や内容に応じてアーギュメントがどのように配列されているのかを明らかにすることを目的とする。

II. 研究の方法

まず、フレームワーク、NGSS、また、これらに関連する文献から科学教育にアーギュメントが取り入れられた背景について明らかにする。

次に、フレームワーク、NGSS におけるアーギュメントの記述を各学年段階と学習内容を視点とし、アーギュメントがどのように配列されているのか分析を加える。

III. 米国科学教育におけるアーギュメントの位置

1. フレームワークの構成

NGSS におけるアーギュメントの内容とその配列について整理する前に、NGSS の枠組みとなるフレームワークの構成について触れておきたい。詳しくは、拙稿「初等教育段階における米国新フレームワークの科学的実践の取り扱い」¹⁴⁾において既に報告しているため、ここでは概要のみ触れることにする。

フレームワークは次元の異なる3領域から構成されている。それらの次元とは、「次元1:『実践』」、「次元2:“横断概念”(Crosscutting Concepts)」、「次元3:“学問的コア・アイディア”(Disciplinary Core Ideas)」である。アーギュメントに関する記述は、これら3領域の1つである、「次元1:『実践』」において記載されている。次元1の「実践」では、科学・工学の「実践」が設定されており、ここでは、科学者が世界に対して、探究しモデルや理論を作り上げているときの主要な「実践」が述べられている¹⁵⁾。したがって、アーギュメントは、科学者が探究を行い、科学のモデルや理論を作り上げたり、または、修正したりする際に必要とされる活動であると認識されているのである。

2. フレームワーク/NGSS における「実践」の重視

前節では、フレームワークが「実践」、「横断概念」、「学問的コア・アイディア」からなる3次元で構成されていることを述べた。ここでは、アーギュメントが設定されている「実践」の次元がどのような意図で設定されたのかについて論じていきたい。

昨今、米国で生じている教育改革運動において2012年にはフレームワークが、2013年にはNGSSがそれぞれ刊行された。このフレームワークやNGSSでは、それまで *National Science Education Standards*¹⁶⁾ (以下、全米科学教育スタンダードと表記する)の中で用いられていた「探究 (inquiry)」という用語にかわり「実践」が強調されている。前節で述べたとおり、「アーギュメント」は、この

「実践」の中に設定されている。アーギュメントの位置づけを探るため、なぜ「探究」という用語に代わり「実践」なる用語が強調されるようになったのか、また、「探究」が米国科学教育でどのように扱われてきたのかを示すことで、米国の科学教育におけるアーギュメントの位置づけを明らかにすることができるのではないだろうか。この点について Bybee による整理を要約して下に示す¹⁷⁾。

彼はまず、1960年代の改革運動 (reform movement) で、科学の方法 (methods of science) の記述から科学のプロセス (processes of science) の学習へと強調点の転換があったことを指摘する。これ以降、1990年代まで科学教授のアプローチとして科学的探究に関心が向けられることになる。そして次に、1990年代に入ると、*Benchmarks for Science Literacy*¹⁸⁾や全米科学教育スタンダード¹⁹⁾が相次いで刊行され、探究はそれらの根底をなすものとして位置づけられた。このような流れは結果的に活動や科学概念の学習のための教授ストラテジーを強調した一方で、期待されたほど探究は広く行われなかったという。その後、しばらくしてフレームワークに大きな影響を与えた2つの文献が出版されることになる。これらは、全米科学教育スタンダードが刊行されてからの研究の成果がまとめられたもので、“*Taking Science to School*”²⁰⁾と“*Ready, Set, Science!*”²¹⁾である。*Taking Science to School*によっては科学に堪能な生徒が行う行為について記されており、一方の *Ready, Set, Science!*では、「探究」という用語の代わりに「科学の『実践』」という用語が用いられている。その理由として、何かを行うことと学習とを分けることができないように、科学の「実践」にも、何かを行うことと何かを学ぶことが含まれているため「実践」という用語を用いたと説明されている。

さらに続けて Bybee は「科学的探究は科学的『実践』の一つの形態であり、フレームワークで示された観点は探究を置き換えるものではなく、科学の教授学習を拡張し豊にしたものである」とまとめている。このことは、全米科学教育スタンダードにおける「探究」に関する説明の中に、フレームワークや NGSS における「実践」に発展的に引き継がれていると考えられる箇所が存在することからも確認することができる。下は全米科学教育スタンダードからの引用である²²⁾。

科学的探究は、科学者が自然界を研究し、彼らの仕事から得られた証拠を基にした解釈を提案する過程で用いられる多様な方法について言及したものである。探究は、生徒が、科学者が自然界を研究する方法について理解するのと同様に、科学的アイディアに関する知識や理解を深めるような生徒の活動のこともについても表すものである。

探究は、観察を行う；疑問を提示する；何が既に明らかになっているのかを文献や他の情報を調査する；調査・探索 (investigations) を計画する；実験的証拠という点から何が既に明らかなのかをレビューする；データを収集し、分析し、解釈するために道具を用いる；答えや説明、予測を提示する；結果をコミュニケーションする、といった多方面にわたる活動である。探究は仮定を確認し、クリティカル・シンキングとロジカル・シンキングを用い、そして、他の説明を考慮することを必要としている。

このように、全米科学教育スタンダードにおける「探究」には、生徒が探究活動を行うことによって、科学の知識やアイディアを理解するために観察や実験を行うことだけではなく、科学者が証拠を基にして自然界の説明を構成する方法や、科学者が自然界を研究する方法をも理解することが期待されていた。上の引用と後述するフレームワーク/NGSS における「実践」の内容とを比較するとその類似性を見ることができる。したがって「実践」というこれまでとは全く異なる概念によって「探究」が置き換えられたと捉えるのではなく、「探究」によって意味される内容を内包したより広範な概念と

して「実践」を用いたとする解釈は、妥当なものと考えられる。

さらには、フレームワークに影響を与えたとされる文献の一つである *Ready, Set, Science!*からは、「為すことと学ぶことは不可分である」から「実践」を用いるという主張の他に、これまで用いられてきた探究という用語の意味の多様性を反映させるとともに、学習者を科学の行われる広範な文脈に置くことで、科学のより全体的な理解へと導くことが期待されていることを読み取ることができる。

「探究」という用語は、近年、その概念が、カリキュラムやフレームワーク、テキストブックや個人々の授業の中で様々な意味に用いられてきた。この多様性を表し、そして、効果的な科学の教授学習の議論を深めるために、・・・(中略)・・・探究という限定的「実践」ではなく、科学的「実践」を強調することを選んだ。・・・(中略)・・・「実践」に焦点化することは、探究がいつ、なぜ効果的なのかを明らかにする幅広い文脈のなかに探究を置くものである²³⁾。

実際のところ、フレームワーク中では「実践」に関して、科学の理論や知識の構成的側面や、そこに科学者という人間の営みが含まれること、さらには、こうした文脈に生徒を関わらせることが重要であることについて、多くの箇所でも述べられており²⁴⁾、「探究」を含むより広い科学の「実践」に学習者を置こうとしていることがわかる。

3. 科学者・エンジニアの活動領域と「評価」への着目

さて、上述したように NGSS では、「実践」に強調点が置かれているが、「実践」にはどのような活動が含まれるのであろうか。この点についてフレームワークでは図1に示す活動によって、科学者・エンジニアの「実践」が表現されている。図1は大きく3つの活動領域に分けられ、それらの活動とは、「調査・探索」「評価」「説明と解決策の開発」である。まず、図1の左側にある「現実世界」から「データ収集／解決策のテスト」を含む活動領域では、主に実証的探究 (empirical inquiry)²⁵⁾が行われている。次に、図1の右側にある「理論とモデル」から「仮説の考案／解決策の提案」を含む活動領域では、説明やモデルを練り上げたり、既にある理論やモデルに対して得られた証拠を用いることでそれらを拡張したり、より包括的な説明体系へと発展させる活動が行われている。そして最後に、図1の中央にある「調査・探索」と「解釈や解決策の開発」に挟まれた領域が「評価」を行う活動領域である。この「評価」という活動は、科学者やエンジニアが彼らの仕事の全ての段階において何度も行う反復過程である。

フレームワーク及び NGSS においては、図1に従い、科学・工学の「実践」が次の通り設定されている。

- 1) (科学に関しては) 疑問を發し (工学に関しては) 問題を明確にすること
- 2) モデルを作成し用いること
- 3) 調査・探索を計画し実行すること
- 4) データを分析し解釈すること
- 5) 数学的思考及びコンピューショナル・シンキング (computational thinking) を用いること
- 6) (科学に対しては) 説明を構成し (工学に対しては) 解決案をデザインすること

- 7) 証拠からのアーギュメントを行うこと
- 8) 情報を得ること、評価すること、伝達すること

ここで注目したいことは、疑問を見つけ調査を行い仮説を見つけ出す、という一連の過程だけではなく、アーギュメントを行ったり、情報を評価し入りするという活動が設定されている点である。この点に関して、次のように説明がなされており、フレームワークにおいて特に「評価」に関する活動が強調されていることがわかる。

科学教育の文脈においてあまりにも強調されてこなかったモデリングや説明の検討、批評や評価（アーギュメンテーション）は重要な「実践」である。特に我々は、批評が、一般的に新しい知識を構築するのにも、ある特定の科学の学習にとっても必須の要素であることを強調する。伝統的に、K-12 までの科学教育は科学における批評の役割にほとんど注意を払ってこなかった。しかしながら、科学の全てのアイディアは対立する代替的説明を評価したり、証拠と比較されたりしているので、説明の受容可能性というものは究極的にはどのデータが信頼できて妥当なのか、という評価と、どの説明が最も納得のいくものなのか、に対する決定によるものである。したがって、なぜ誤った解答が間違いなのかを知ることは、正しい解答がなぜ正しいのかに対するより深く強固な理解を確保する助けとなる。説明について証拠に基づくアーギュメンテーションに携わることは、推論や、ある説明のための実験的証拠に対する生徒の理解を支持し、科学が証拠に基づいた知識体系であることを証明する²⁶⁾。

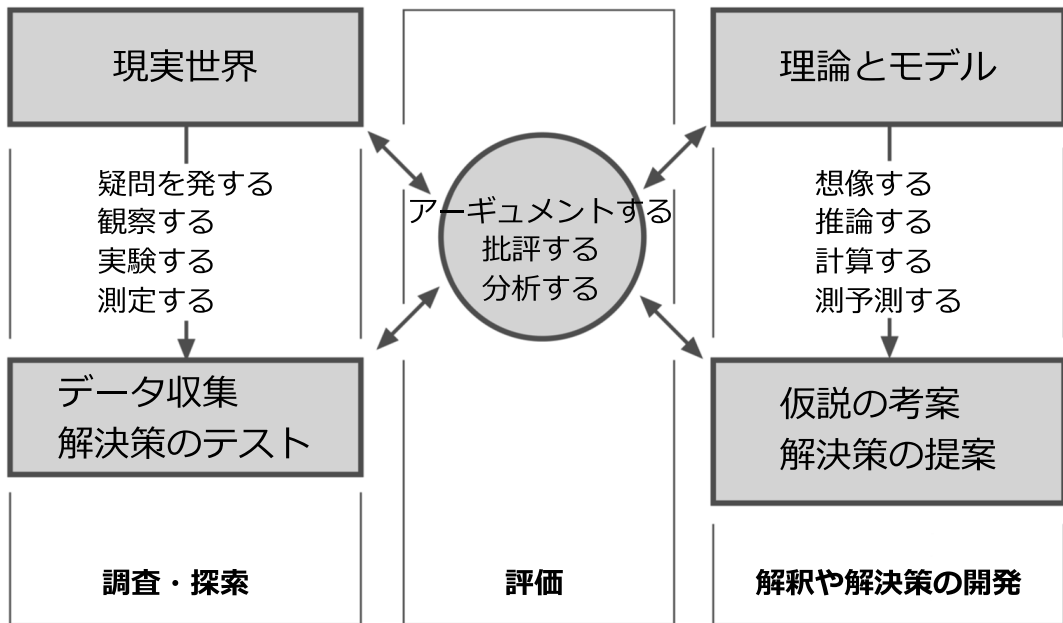


図 1 科学者とエンジニアの 3 つの活動領域

(National Research Council: *A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, Washington, DC: The National Academies Press, 2012, p.45 より筆者訳。)

アーギュメントはこのように「評価」の場面に位置づけられており、「実践」、特に「評価」へ着目することで、科学/科学教育にとって重要ではあるが、これまで強調されてこなかった科学の側面を理科授業の中へ実現させることが意図されている。

IV. NGSS におけるアーギュメントの内容構成と配列

1. NGSS における学年帯の進行におけるアーギュメントの深化

NGSS では、「実践」ごとに、生徒が到達することを期待する能力が学年帯 (grade band) 毎に記載されている。すなわち、それぞれの学年帯の終了までに生徒に修得してほしい「実践」の能力が述べられている。概要のみまとめると表 1 になる。

表 1 から、学習者のそれまでの経験や知識を基に、徐々に複雑なアーギュメントの能力が期待されていくことがわかる。例えば、K-2 の「比較する」段階から始まり、3-5 では「証拠を用いて批評する」段階へ、そして 6-8 では「もっともらしいアーギュメントを構成する」段階へ、さらに 9-12 では「適切で十分な証拠、科学的推論を用いる」段階へとアーギュメントの技能が展開していくことが期待されている。

表 1 に示されたそれぞれの学年帯ごとに期待される「実践」には、より小さな「実践」の能力（以降、下位目標と記す）が内包されており、これを付録 1 に記載する。付録 1 の下位目標に使われてい

表 1 各学年帯ごとに生徒に期待される practice の能力
(Engaging in Argument from Evidence に関して)

学年帯	生徒に期待される practices の能力
Grades K-2	K-2 における証拠からのアーギュメントへの関与では、これまでの経験を活かす。さらに、自然界/デザイン界についての <u>アイディア/表現を比較する</u> 段階へと発展する。
Grades 3-5	3-5 における証拠からのアーギュメントへの関与では、K-2 までの経験を活かす。さらに、自然界/デザイン界について関連する証拠を引用することにより仲間によって <u>提示された科学的説明、または、解決策を批評する</u> 段階へと発展する。
Grades 6-8 (Middle School)	6-8 における証拠からのアーギュメントへの関与では、K-5 までの経験を活かす。さらに、自然界/デザイン界に対する説明、または、解決策に対する <u>主張をサポートしたり、あるいは退けたりする</u> ようなもっともらしいアーギュメントを構成する段階へと発展する。
Grades 9-12 (High School)	9-12 における証拠からのアーギュメントへの関与では、K-8 までの経験を活かす。さらに、自然界/デザイン界について <u>主張や説明を擁護したり批評したりするために適切で十分な証拠、科学的推論を用いる</u> 段階へと発展する。アーギュメントはひょっとすると科学における近年の科学的/歴史的エピソードに由来するかもしれない。

(National Research Council. *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press, 2013, pp.76-77 より一部抜粋。下線は筆者。)

る動詞に着目すると、ある程度のまとまりをもって内容を整理できる。すなわち、付録1の2行目では、同定、区別、分析、比較、洗練、批評、評価がキーワードとなり、3行目では、耳を傾ける、批評の提示と受け入れ、4行目では、アーギュメントの構成、サポート、利用、提示、5行目では、主張する、アーギュメントを行う、競合するデザインソリューションを評価する、主張を行い擁護する、がそれぞれキーワードになっている。本稿では便宜的に、2行目の内容を「比較／区別」、3行目を「傾聴／批評の授受」、4行目を「アーギュメントの構成／利用／提示」、5行目を「主張／競合するデザインソリューションの評価」とラベリングすることにする。

2. コア・アイディアとの関わりにおけるアーギュメントの深化

「実践」 「証拠からのアーギュメントを行うこと」 の下位目標と、各学年（各学年帯）、コア・アイディアとの関連をみるために表2を作成した。表2は、コア・アイディアを表の縦に配列し、表の横に学年と「実践」 「アーギュメントを行うこと」 の下位目標を配列したものである。また、表中に記載のある下位目標 I, II, III, IVは、先に便宜的にラベリングした内容を表している。すなわち、Iは「比較／区別」、IIは「傾聴／批評の授受」、IIIは「アーギュメントの構成／利用／提示」、IVは「主張／競合するデザインソリューションの評価」を意味する。また、表中の数字は、対応するセルの学年、下位目標、コア・アイディアの中で設定されている「実践」 「証拠からのアーギュメントを行うこと」 の設定回数（出現回数）である²⁷⁾。日本の理科授業の中にアーギュメントを取り入れようとする際に参考となる点として、表2より、次の2点を見いだすことができる。それらは、(1) どのコア・アイディアにも「証拠からのアーギュメントを行うこと」 の下位目標が含まれているが、とりわけ Life

表2 Practices「アーギュメントを行うこと」の下位目標とコア・アイディア、各学年との関係

コア・アイディア	Grade: K				Grade: 1				Grade: 2				Grade: 3				Grade: 4				Grade: 5				Grade: 6-8				Grade: 9-12							
	下位目標				下位目標				下位目標				下位目標				下位目標				下位目標				下位目標											
Physical Sciences																																				
PS1 Matter and its interactions											1																									1
PS2 Motion and stability: Forces and interactions																								1												2
PS3 Energy																																				1
PS4 Waves and their applications in technologies for information transfer																																			1	1
Life Sciences																																				
LS1 From molecules to organisms: Structures and processes																1								1												2
LS2 Ecosystems: Interactions, energy, and dynamics												1																1			1	2				5
LS3 Heredity: Inheritance and variation of traits																1																				1
LS4 Biological evolution: Unity and diversity																1				1																3
Earth and Space Sciences																																				
ESS1 Earth's place in the universe																								1												2
ESS2 Earth's systems								1																												2
ESS3 Earth and human activity																																				1
Engineering, Technology, and Applications of Science																																				
ETS1 Engineering design																																				1
ETS2 Links among engineering, technology, science, and society																																				0
各学年の下位目標に設定されているアーギュメントの回数	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	6	2	5	0	1	2	26			
各学年ごとに設定されているアーギュメントの回数	1				0				1				4				1				3				8				8							

下位目標 I の設定回数	5
下位目標 II の設定回数	0
下位目標 III の設定回数	15
下位目標 IV の設定回数	6

下位目標 I	: 比較・区別
下位目標 II	: 傾聴・批評の授受
下位目標 III	: アーギュメントの構成・利用・提示
下位目標 IV	: 主張・デザインソリューションの評価

各コア・アイディアに設定されているアーギュメントの回数

Sciences に多く設定されていること、さらに、(2) 下位目標 I からIVの設定回数には偏りがあること、である。

まず最初に、『実践』『証拠からのアーギュメントを行うこと』の下位目標は Life Sciences に多く設定されている」点について述べていくことにする。表 2 より、NGSS には、「実践」「証拠からのアーギュメントを行うこと」が計 26 箇所設定されている。このうち、Physical Science では 5 箇所、Life Sciences では 13 箇所、Earth and Space Sciences では 7 箇所、そして、Engineering, Technology, and Applications of Science では 1 箇所設定されており、Life Sciences にアーギュメントがとりわけ多く設定されていることがわかる。NGSS で設定されている「証拠からのアーギュメントを行うこと」の半数が Life Science を想定したものであることがわかる。さらに表 2 からは Life Science の中でも「LS2 Ecosystems: Interactions, energy and dynamics」及び「LS1 From molecules to organisms: Structures and processes」にとりわけアーギュメントの「実践」が多く設定されている。

第二に、「下位目標 I からIVの設定回数には偏りがあること」については、「実践」「証拠からのアーギュメントを行うこと」の下位目標は、コア・アイデアとの関わりのなかで多く設定されているものもあれば、まったく設定されていないものもある。例えば、表 2 の下部に記載した「下位目標〇の設定回数」欄（〇には I ～IVが入る）を見てほしい。これは各下位目標が K-12 を通して設定されていた頻度を示したものであるが、下位目標Ⅲの「アーギュメントの構成／利用／提示」が最も多く設定されており、逆に下位目標Ⅱの「傾聴／批評の授受」については全く設定されていない。このことは、コア・アイデアとの関係で見たときに、「アーギュメントの構成／利用／提示」が最も取り入れやすく、逆に「傾聴／批評の授受」が活動として設定しにくいかもしれない。

V. おわりに

本稿では、日本でアーギュメントを取り入れた理科授業を実践するときの指針とすべく、科学教育のなかでアーギュメントが取り入れられた背景を明らかにし、また学年や内容に応じてアーギュメントがどのように配列されているのかを明らかにするため、フレームワーク、NGSS を分析の対象として分析を進めてきた。その結果、以下の 6 点を指摘することができる。第一、第二が背景に該当する結果、第三から第六がアーギュメントの配列に関する結果である。

第一に、フレームワーク、NGSS では、これまで強調されてきた「探究」から「実践」へと強調点が変化した。この変化は、科学の学習に関する研究の蓄積に加え、科学の「実践」へのより全体的な参加を通じた学びを行うことによる科学の理解が目指されている。

第二に、科学及び科学学習において重要とされている批評や評価について、これまでの科学教育ではほとんど強調されてこなかったが、「実践」を設定することでこうした活動に着目することが可能となり、なぜ正しいと考えられているのかだけでなく、なぜ誤りなのかについても生徒が理解することができ、生徒の科学に対するより深い理解を目指している。

第三に、アーギュメントの各学年段階において修得してほしい能力をみると、意見と証拠を比較し区別したりする「比較」の段階から「証拠を用いて批評」する段階、主張を支持したり、あるいは主張を退けたりする「もっともらしいアーギュメントを構成」する段階、そして、こうした主張や説明に対して擁護したり批評を加えたりするために「適切で十分な証拠や科学的推論を用いる」段階へと徐々に深化していく。

第四に、アーギュメントの下位目標を整理すると、「比較／区別」、「傾聴／批評の授受」、「アーギュメントの構成／利用／提示」という側面を持つ。

第五に、コア・アイディアで設定されている学習内容のうち、とりわけ Life Science において多くアーギュメントの活動が設定されている。

第六に、アーギュメントの下位目標は、各学年段階、学習内容に均一に設定されているわけではなく、「アーギュメントの構成／利用／提示」については多くの学年段階・内容で設定されているものの、「傾聴／批評の授受」については、全く設定されていなかった。

註・引用文献

- 1) 本稿では、Argumentation, Argument, アーギュメンテーション, アーギュメント, と 4 種類の用語を用いている。Argumentation 及び Argument, アーギュメンテーションについては、引用元の表記にしたがい、それ以外の箇所についてはアーギュメントと記した。
- 2) Newton, P., Driver, R., & Osborne, J., The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576, 1999.
- 3) Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S., Enhancing the Quality of Argumentation in School Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020, 2004
- 4) Simon, S., & Maloney, J., Activities for promoting small-group discussion and argumentation. *School Science Review*, 88(324), 49-57. 2007.
- 5) Cross, D., Taasoobshirazi, G., Hendricks, S., & Hickey, D., Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities, *International Journal of Science Education*, 30(6), 837-861, 2008.
- 6) Nussbaum, E. M., Sinatra, G., & Poliquin, A., Role of Epistemic Beliefs and Scientific Argumentation in Science Learning, *International Journal of Science Education*, 30(15), 1977-1999, 2008.
- 7) Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S., *Ideas, evidence and argumentation in science (IDEAS) project*. London: Nuffield Foundation, 2004
- 8) National Research Council, *A Framework for K-12 Science Education*, Washington, DC: The National Academies Press, 2012.
- 9) National Research Council, *Next Generation Science Standards (Vol. 2)*, Washington, DC: The National Academies Press, 2013.
- 10) 国立情報学研究所学術情報ナビゲータ CiNii を用いて、フリーワード検索欄に「Next Generation Science Standards」(フレーズ検索)、「NGSS」,「次世代科学スタンダード」を検索語として検索を行った(2014年8月7日)。
- 11) 内ノ倉真吾, 出口憲, 伊藤伸也, 熊野善介, 長洲南海男「米国の STEM 教育の最新の動向(2): “Next Generation Science Standards” の基本的な内容構成に着目して」, 日本理科教育学会全国大会要項(63), 373, 2013。
- 12) 熊野善介, 五島政一「NGSS(次世代科学スタンダード)までに示される科学の方法に関する変遷と日本の理科学習にみられる科学の方法に関する比較研究」, 日本理科教育学会全国大会要項, (63), 276, 2013。
- 13) 国立教育政策研究所『教育課程の編成に関する基礎的研究 報告書7: 資質や能力の包括的育成に向けた教育課程の基準の原理』, Retrieved from http://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/h25/2_1_allb.pdf, 2014.
- 14) 泉直志「初等教育段階における米国新フレームワークの科学的実践の取り扱い」, 日本科学教育学会研究会研究報告, 27(3), 1-6, 2013。
- 15) National Research Council, *op.cit.*, p.30, 2012.
- 16) National Research Council, *National Science Education Standards*, Washington, DC: The National Academies Press, 1996.
- 17) Bybee, R. W., Scientific and Engineering Practices in K-12 Classrooms: Understanding "A Framework for K-12 Science Education", *Science and Children*, (49), 10-16, 2011.
- 18) American Association for the Advancement of Science, *Benchmarks for science literacy*, 1993.
- 19) National Research Council, *op.cit.*, 1996.
- 20) Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Eds.), *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*, Washington, DC: National Academies Press 2007.
- 21) Michaels, S., Shouse, A. W., & Schweingruber, H. A., *Ready, Set, Science!: Putting Research to Work in K-8 Science Classrooms*, Washington, DC: National Academies Press, 2007.
- 22) National Research Council, *op.cit.*, p.23, 1996.
- 23) Michaels, S., Shouse, A. W., & Schweingruber, H. A., *op.cit.*, 2007.

24) 例えば、次のような言明である。

「科学の『実践』に従事することは科学の知識がどのように発展してきたのかを生徒に理解させる助けとなる。すなわち、このような直接的な関わりが、探究やモデル、世界を説明するために用いられるアプローチに対して幅広い理解を生徒に与えるのである。…(中略)…さらに、『実践』への参加は生徒の知識をより意味のあるものにし、また、生徒の知識を彼らの世界観のより深い部分に埋め込むのである」(National Research Council, 2012 : 42-43)。

「科学的労働による精密な成果物 - 科学の事実 - に焦点化されたどのような教育も、こうした事実がどのようにして確立されてきたのかという理解無くしては、あるいは、世界における科学の重要な応用を無視したものは、科学を誤って伝えてしまっているし、また、工学の重要性について過小評価することになる」(National Research Council, 2012 : 43)。

「科学を一連の『実践』(a set of practices)として理解することは、理論の深化や推論、検証というものが、個人や組織のネットワークや、談話(talking)や記述の専門的方法、システムや現象を表現するモデルの開発、予測的推論、適切な器具使用を組み立て、実験や観察による仮説の検証を含む活動の大アンサンブルの構成要素であることを示している」(National Research Council, 2012 : 43)。

「スタンダード及びフレームワークに整理された期待されるパフォーマンスは、科学・工学のアイデアが発展し洗練されてきたような探究とディスコースの『実践』を行うこと無くしては、生徒が十分に科学・工学のアイデアを理解することができないことを考慮しなければならない」(National Research Council, 2012 : 218)。

25) National Research Council, *op.cit.*, 2012.

26) *ibid.*, p.44.

27) Next Generation Science Standards: For States, By States, <http://www.nextgenscience.org/search-performance-expectations> より作成。

(2017年1月27日受付, 2017年2月1日受理)

付録 1

科学・工学的 practices	K-2における practices の要約	第3学年から第5学年における practices の要約	第6学年から第8学年における practices の要約	第9学年から第12学年における practices の要約
<p>証拠からのアーギュメントへの関与</p> <p>アーギュメントは証拠に基づいた結論や解決策に到達する過程である。</p> <p>科学と工学において、証拠に基づく推論やアーギュメントは自然現象に対する最も良い説明を発見したり、デザイン上の問題に対する最も良い解決策を特定したりするために必要不可欠である。</p> <p>科学者と技術者は、競合するアイデアや利点に基づいた方法に耳を傾けたり、比較したり、評価したりするためにアーギュメンテーションを用いる。</p> <p>科学者と技術者は、主張を評価するために、測定や、データ・モデルの構築、証拠の利用に関して、現象を調査・探索したり、デザイン・ソリューションを吟味したり、疑問の解決をしたりする際に、アーギュメンテーションに従事する。</p>	<p>K-2 における証拠からのアーギュメントへの関与では、これまでの経験を活かす。さらに、自然界/デザイン界についてのアイデア/表現を比較する段階へと発展する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 証拠によってサポートされるアーギュメントを同定する。 収集された証拠全てを説明する説明と、そうではない説明とを区別する。 科学的疑問に関連した証拠もあればそうではない証拠もある理由を分析する。 その人自身の説明において意見と証拠とを区別する。 	<p>3-5 における証拠からのアーギュメントへの関与では、K-2 までの経験を活かす。さらに、自然界/デザイン界について関連する証拠を引用することにより仲間によって提示された科学的説明、または、解決策を批評する段階へと発展する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 示された証拠の評価をもとにアーギュメントを比較し、より良いものにする。 諸事象と、調査による発見に基づいた筋の通った意見、説明による推測とを区別すること。 	<p>6-8 における証拠からのアーギュメントへの関与では、K-5 までの経験を活かす。さらに、自然界/デザイン界に対する説明、または、解決策に対する主張をサポートしたり、あるいは退けたりするようなもつともらしいアーギュメントを構成する段階へと発展する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 同じトピックに関して2つ以上のアーギュメントを比較・批評し、それらの証拠と/または事実の解釈についての強調点が類似しているのか、異なっているのかを分析する。 	<p>9-12 における証拠に基づくアーギュメントへの従事では、K-8 までの経験を活かす。さらに、自然界/デザイン界について主張や説明を擁護したり批評したりするために適切に十分な証拠、科学的推論を用いる段階へと発展する。アーギュメントはひよっとすると科学における近年の科学的/歴史的エピソードに由来するかもしれない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 現在のところ受け入れられている説明、新しい証拠、限界 (例えば、トレードオフ)、制限、倫理的問題を考慮した、競合するアーギュメントまたは、デザイン・ソリューションを比較し評価する。 アーギュメントの利点を決定するために現在受け入れられている説明または、解決策の背景にある主張、証拠、そして/または推論を評価する。
<ul style="list-style-type: none"> 主張をサポートするために証拠を用いてアーギュメントを構成する。 	<ul style="list-style-type: none"> 証拠、データ、そして/あるいは、モデルを用いてアーギュメントを構成したり/またはサポートしたりする。 原因と結果について主張を評価するためにデータを用いる。 	<ul style="list-style-type: none"> 現象やある問題の解決策に対する説明やモデルをサポートしたり誤りを証明したりする実験に基づいた証拠と科学的推論によってサポートされた口頭のアーギュメント、また、記述されたアーギュメントを構成し、利用し、提示する。 	<ul style="list-style-type: none"> 現象やある問題の解決策に対する説明やモデルをサポートしたり誤りを証明したりする実験に基づいた証拠と科学的推論によってサポートされた口頭のアーギュメント、また、記述されたアーギュメントを構成し、利用し、提示する。 	<ul style="list-style-type: none"> データや証拠に基づいて口頭の、そして記述されたアーギュメント、または相反するアーギュメント (counter-argument) を構成し、利用し、提示する。
<ul style="list-style-type: none"> 関連した証拠によってサポートされる対象、手だて (tool)、解決策の有効性について主張する。 	<ul style="list-style-type: none"> ある問題の解決策のメリットについて主張する。そしてそれは、その問題の規準と制約が、そのメリットにどのように合致するのかわりに関連のある証拠を引用することによって行われる。 	<ul style="list-style-type: none"> 規準や制約に合致するかどうかに関連した実験に基づく証拠をもとにして、公にされた装置の性能 (advertised performance of a device) や、過程、システムをサポートしたり退けたりする口頭、または、記述されたアーギュメントを行う。 共同で開発し合意に達したデザインの規準を基にした競合するデザイン・ソリューションを評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> 規準や制約に合致するかどうかに関連した実験に基づく証拠をもとにして、公にされた装置の性能 (advertised performance of a device) や、過程、システムをサポートしたり退けたりする口頭、または、記述されたアーギュメントを行う。 共同で開発し合意に達したデザインの規準を基にした競合するデザイン・ソリューションを評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> 自然界についての証拠を基にした主張、または、科学的知識や生徒の生み出した証拠を反映したデザイン・ソリューションの有効性に基づいた主張を行い擁護する。 科学的なアイデアや原理、実験に基づいた証拠、そして/または、関連した要因 (例えば、経済事柄、社会的事柄、環境的事柄、倫理的事柄) を考慮した論理的アーギュメントに基づいて現実世界の問題のために、競合するデザイン・ソリューションを評価する。