

アーギュメントを利用した オーセンティックな学びにつながる理科授業 (2)

永友周作¹・弓削聖一²・黒木貴光¹・兼重幸弘¹・中嶋康尋²
瀬戸口和昭²・宇都宮慎一郎²・矢野義人²・野添 生³・中山 迅⁴

Science Class that Leads to Authentic Learning by Utilizing Argument II

Shusaku NAGATOMO¹, Seiichi YUGE², Takamitsu KUROKI¹,
Yukihiro KANESHIGE¹, Yasuhiro NAKASHIMA², Kazuaki SETOGUCHI²,
Shinnichiro UTSUNOMIYA², Yoshihito YANO²,
Susumu NOZOE³, Hayashi NAKAYAMA⁴

I. はじめに

宮崎大学教育学部と附属小学校及び中学校理科部の共同研究では、新学習指導要領で重視される資質・能力の中で、情報や情報手段を主体的に選択して活用するために必要な情報活用能力、物事を多角的・多面的に吟味し見定めていく力—いわゆる批判的思考力（楠見・道田編，2015）—が、特に重要であると考えた。そこで、2016年度から児童生徒の批判的思考力を高める理科学習指導のあり方を模索しながら、学習指導方法の改善及びその評価方法の構築を行ってきた。2018年度からは、「文脈（コンテキスト）」や「アクティブ・ラーニング」の視点を取り入れた研究を基盤としながら、アーギュメントを利用した日常的な文脈と科学をつなぐ理科授業のあり方を探っていった。特に、小学校では説明活動の充実を図るために、発達の段階に応じたアーギュメント構成能力の系統的な整理を行い、また、中学校ではこれまでの学習内容と日常生活とのつながりを理解することで、理科の有用性を実感できるようにするためにパフォーマンス課題を行ったが、理科で身に付けた知識・技能を根拠に説明することや評価方法に課題が残った。そのため、昨年度より根拠を明確にして主張できる力の育成と児童生徒が理科の有用性を実感できるようにするために、発達の段階に応じたアーギュメント構成能力の育成と学習指導方法及び評価方法についての研究、及び、アーギュメントを利用した日常的な文脈と科学をつなぐ理科授業の実践を継続的に進めた。その中で、ワークシート「ひなたシート」を工夫することにより、「知識・技能」「思考力・表現力・判断力」「主体的に学習に取り組む態度」の3観点の評価するためのエビデンスとして利用することができた。また、振り返りの欄の記述から、学習の前後で、自分の考えなどが変容していることを実感している生徒が多数いることが分かった。

そこで、本年度も、発達の段階に応じたアーギュメント構成能力の育成と、児童生徒が理科を学ぶことの有用性を実感する学習指導方法の構築と改善を進め、アーギュメントを利用した

¹ 宮崎大学教育学部附属小学校

² 宮崎大学教育学部附属中学校

³ 宮崎大学教育学部

⁴ 宮崎大学大学院教育学研究科

オーセンティックな学びにつながる理科授業について研究を行った。

本論文では、2022年度に実施した小学校第5学年「ふりこのきまり」と小学校4年生「とじこめた空気や水」、中学校第2学年「さまざまな化学変化」の授業を事例として、日常的な文脈と科学をつなぐためにアーギュメントを導入した授業実践について報告する。

II. 宮崎大学教育学部附属小学校の実践事例

1. 発達の段階に応じた系統的なアーギュメント構成能力の育成

日常と関連づけた文脈のある授業を積み重ねていくことは、子どもの学習内容の理解をより深いものにするだけでなく、理科のおもしろさや有用性を実感することになると考える。

これまでも日常における自然事象と、理科の学習内容とを関連させて授業を展開してきた。具体的には、単元導入における「日常における自然事象の提示や体験による様々な疑問や気付きを基にした学習問題の設定」や、1単位時間や単元の終末における「1単位時間や単元を通して学習した自然事象の規則性や性質を基にした説明活動」である。

しかし、これまでの実践では、小学校での発達の段階におけるアーギュメント構成能力の系統的な整理がなされていないという課題があった。そこで、3カ年をかけて小学校第3学年、第5学年におけるアーギュメントを利用した授業実践を積み重ね、系統的な整理を行ってきた。また、当初はアーギュメント枠を提示して、自分の考えを表現していたが、アーギュメント枠を提示しなくとも自分の考えを表現できることをめざして「説明活動」を取り入れてきた。

本年度は、これまでの実践を基にして、アーギュメント構成能力を育成するために、「学習で身に付けた知識・技能を生かした説明活動」（以下：科学的な説明）を行わせる授業実践を積み重ねた。

2. 小学校第5学年「ふりこのきまり」における実践例

本単元では、「振り子が1往復する時間が変わる要因」を学習する。本実践では、単元導入において、見た目は同じなのに、違う周期で動く振り子のおもちゃの提示（図1）から、「振り子が同じように動くことはあるのだろうか。」という疑問を基に学習問題を設定し、追究活動を行った。複数の振り子を同時に動かして追究すること（図2・3）で、「振り子の長さ」「おもりの重さ」「振れ幅」が関係しているのではないかという考察が生まれた。その後、「振り子の動きに違いが出るのは何が関係しているのだろうか。」という単元を貫く学習問題を設定し、「振り子の長さ」「おもりの重さ」「振れ幅」について、条件を制御しながら単元をとおして追究活動を行った。



図1 事象提示



図2 追究活動の様子



図3 追究活動の様子

本実践では、「振り子の長さ」「おもりの重さ」「振れ幅」について条件を制御しながら行った実験の結果をアーギュメントにおける「事実（証拠）」とし、単元の終末において、「振り子の規則性（図4）」についての科学的な説明を取り入れた。この規則性についての説明を、アーギュメントにおける「理由付け（根拠）」として捉え、理科の学びと日常生活を結び付けるために、「日常生活で見られる振り子についての説明（図5・6）」についての科学的な説明を取り入れた。

振り子の動きに違いが出るのは、振り子の長さだけが関係している。つまり、おもりの長さや振れ幅は関係していない。

図4 規則性の説明

メトロノーム
方法：おもりを下の方にずらす。
理由：逆振り子になっていて、おもりの位置でメトロノームの中の作用点からの長さが変わるから。ふりこは、糸の長さが短いほど1周期にかかる時間は短くなるからそれを応用している。

●のところを下にするほど一周期にかかる時間は短くなる

作用点

図5 日常の事象の説明

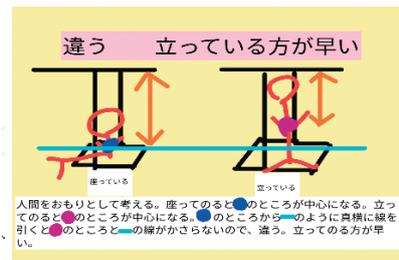


図6 日常の事象の説明

振り子の規則性についての説明を根拠とすることで、メトロノームやブランコの事象についての自分の考えを、根拠を基にして、「主張」する姿が見られた。

3. 小学校第4学年「とじこめた空気や水」における実践例

本単元では、「閉じ込めた空気は押し縮められるが、水は押し縮められないこと」を学習する。本実践では、毎時間の終末に科学的な説明の場を位置付けた。

本時では、「空気鉄砲のなかの空気を水に変えると、前玉が飛ばない」事象を提示し、空気のとときは勢いよく飛んだのに、どうして水だと飛ばないのかと問いかけた。

その後、「水は押し縮めることができるのだろうか。」という学習問題の解決を図るために、閉じ込めた空気で行った実験を基にして、自ら考えた方法で追究（図7・8）を行い、「水は、押し縮めることができない」と結論付けを行った。終末では、実験をとおして身に付けた知識・技能を使って、玉が飛ばなかった理由についての「科学的な説明（図9）」を行わせた。



図7 実験の様子



図8 実験の様子

水鉄砲が飛ばなかったのは、押し縮められる力がはたらかなかったから。

図9 飛ばなかった理由

また、5年生の実践と同様に、単元終末において、毎時間の実験の結果をアーギュメントにおける「事実（証拠）」、身に付けた知識をアーギュメントにおける「理由付け（根拠）」として捉え、理科の学びと日常生活を結び付けるために、「日常生活で見られる閉じ込めた空気や水の性質」についての科学的な説明を取り入れた。

本実践では、毎時間の事象提示についての「科学的な説明」を行う場と単元終末において日常の事象についての「科学的な説明」を行う場を設定したことで、アーギュメント構成能力としては、「主張」を明確にしたうえで、「主張」と「事実（証拠）」、「理由付け（根拠）」を関係

付けて表現することが、4年生の段階でできるようになってきたと考える。

4. 考察

以上の実践より、1単位時間や単元の終末において「科学的な説明」を行う場を設定することは、実験や観察から分かったことを「事実（証拠）」として捉え、身に付けた知識・技能を「理由付け（根拠）」として、事象に対する自分の考えを「主張」するために有効であることが分かった。

また、規則性についての「科学的な説明」だけでなく、日常の事象についての「科学的な説明」を取り入れることで、理科を学ぶおもしろさや有用性にもつながったと考えられる。

Ⅲ. 宮崎大学教育学部附属中学校の実践事例

1. アーギュメント構成能力の育成を図る授業構成と手立て

アーギュメントの枠組みを、科学的原理を用いて主張と証拠を結びつける構造にすることが、証拠の適切さ・主張の正しさ・理由付けの正しさを批判的に吟味する上で有効であり、生徒に指導する上でも適切な手立てとして考えられた。そのため、これまでの研究と同様に、アーギュメントを行う際の論証の構造を、トゥールミンのアーギュメントモデルを基にして、主張と証拠を理由付けで結びつける形にした（坂本・山口・西垣，2011）。しかしながら、自分の考えを主張・証拠・理由付けに正しく分けて記述することができる生徒は少なく、特に理由付けにおいては論理的でなかったり、科学的原理を示しながらの記述ではなかったりした。そこで昨年度は、より妥当性の高い考えを記述することができるように、ワークシート「ひなたシート」に自分の考えを記述した後に、グループでアーギュメントし、その内容をワークシートに加筆修正していくようにした。また、単元全体の学びを振り返ることを通して、獲得された知識や自分の考えの変容を実感できるようにするために、ワークシート内に振り返りの欄を設定した。さらに、これまでは「単元を貫く課題」について、アーギュメントさせることが多かったものを、今年度はほぼすべての授業の中に取り入れ、アーギュメントの定着に取り組んでいった。そして、特に、「単元を貫く課題」については、論証のチェックポイント（表1）をもとに議論させ、妥当性の高い意見へと仕上げさせていった。また、アーギュメントした内容を「主張」と「証拠」を混同せずに分けて書くことで、「証拠」や「理由付け」へ反証しやすくなるとともに、相手グループやグループ内の他の生徒もそれを受けて再検討することができ、アーギュメントの充実を図ることができたと考えられる。

表1 論証のチェックポイント

①	課題に対応した主張になっているか。
②	証拠から主張へ、意見は飛躍しているか。
③	理由付けは、意見の飛躍を補うのに十分か。
④	証拠は信頼できるか。
⑤	理由付けは信頼できるか。

2. オーセンティックな学びを意識した課題設定

昨年度に引き続き、パフォーマンス課題を設定する際の4つの視点（表2）を十分に満たし、理科の有用性を実感させる課題設定をSDGsの目標と関連した真正性、切実性の高いパフォーマンス課題を、「オーセンティックな学びを意識した課題」として設定し、研究を進めた。

表2 パフォーマンス課題を設定する際の視点

真正性	リアルな課題になっているか。現実世界で試されるような力に対応しているか。
妥当性	測りたい学力に対応しているか。
レリバンス	学習者の身に迫り、やる気を起こさせるような切実な課題になっているか。
レディネス	学習者が少し背伸びすれば手に届く程度の課題になっているか。

表3 オーセンティックな学びを意識した課題の例

1年生「身のまわりの物質」

中単元名	オーセンティックな学びを意識した課題	SDGsの目標
いろいろな物質とその性質	あなたは、幼いころに庭に埋めた箱をほり出したところ、中に銀色のメダルを見つけました。このメダルの材料が銀か鉄かプラスチックだったことは覚えていますが、どれかはわかりません。このメダルが本物の銀かどうかを確かめるには、どのような方法が考えられますか。	 

2年生「化学変化と原子・分子」

中単元名	オーセンティックな学びを意識した課題	SDGsの目標
さまざまな化学変化	日本の製鉄所で広くおこなわれている製鉄方法は、鉄鉱石やコークス（石炭）を「高炉」とよばれる炉に投入し、炉の中で鉄鉱石から鉄だけを取り出します。この方法では鉄鉱石を鉄にかえる際、地球温暖化につながるCO ₂ がどうしても発生してしまい、地球温暖化につながります。私たちの生活にとって欠かせない鉄をCO ₂ を排出せずに、つくるためにはどうすればよいと思いますか。	 

2年生「生物の体のつくりとはたらき」

中単元名	オーセンティックな学びを意識した課題	SDGsの目標
動物の体のつくりと働き	私たちは、毎日食べ物を食べて生活しています。知っての通り、食べないと、どんどん痩せて、ついには、死んでしまうかもしれません。食べることで、元気に活動ができます。では、食べると体の中で、どのようなことが起こっているのだろうか。具体的に説明しましょう。	 

3. 中学校第2学年「さまざまな化学変化」における実践例

この単元では、製鉄の過程で、CO₂が排出されること、その問題をどのように解決すればよいかを、SDGsの「12 つくる責任 つかう責任」「13 気候変動に具体的な対策を」と関連付けて考えさせ、酸化・還元反応を子どもたちにとって真正性、切実性の高い課題として

設定した。本実践では、酸化銅の水素による還元を行い、その反応を分子のモデルで考えさせ、二酸化炭素が発生しない反応であることを確認させた。そして、課題について、個人で論述させ、グループや全体に主張させていき、最後に、製鉄の水素還元法に関する新聞記事を紹介し、実際に水素による製鉄が行われていることを知らせた。このように、理科で学習したことが、日常生活や科学技術、環境問題等と深い関わりがあることに気付かせて、物質や化学変化に対する興味・関心を高めるとともに、科学的に探究する方法を用いて、学習内容を持続可能な社会の発展にどのように活かしていくか深く思考できる態度を育成していった。学習後の考えでは、自分たちが学んでいる理科の内容が、日常生活や科学技術、環境問題等と深い関わりがあることに気付き、記述することができた生徒は多かった。

表4 生徒が書いたワークシート

【学習前の考え】

<p>【主張】 コークス（石炭）を使わず、製鉄する方法は・・・</p> <p>有機物に含まれていない気体の水素を使う</p> <p>【根拠】 その方法で製鉄できる科学的な原理は・・・</p> <p>水素は酸素と結びつきやすいのではないが、酸素と水素は結びつくと水が発生し二酸化炭素は発生しない。</p>	<p>【主張】 コークス（石炭）を使わず、製鉄する方法は・・・</p> <p>気体の純粋な水素を使って鉄を還元する</p> <p>【根拠】 その方法で製鉄できる科学的な原理は・・・</p> <ul style="list-style-type: none"> 酸化銅と水素では水素の方が酸素と結びつきやすかったので水素は鉄より結びつきやすいと考えられる 水素は酸素と結びつくと水になるので二酸化炭素を排出しない $FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$	<p>【主張】 コークス（石炭）を使わず、製鉄する方法は・・・</p> <p>水素単体と結びつかせると良いのではないかと。</p> <p>【根拠】 その方法で製鉄できる科学的な原理は・・・</p> <p>エタノールを使って酸化銅を還元した際に二酸化炭素とともに水が発生したことから水素と酸素が結びついたと思ったから。</p>
---	--	--

【学習後の考え】

<p>【主張】 コークス（石炭）を使わず、製鉄する方法は・・・</p> <p>水素のみで酸化鉄を還元すればよい</p> <p>【根拠】 その方法で製鉄できる科学的な原理は・・・</p> <p>酸化銅を水素と反応させると酸化銅が還元され、銅になり、水素が酸化され、水になったから。</p> <p>このことから、水素でも還元を行うことができるとわかる。水素は酸素を含んでいないので、還元することによって二酸化炭素が出ることもなく、地球にやさしい製鉄ができる。</p>	<p>【主張】 コークス（石炭）を使わず、製鉄する方法は・・・</p> <p>水素と結びつける</p> <p>【根拠】 その方法で製鉄できる科学的な原理は・・・</p> <ul style="list-style-type: none"> 水素と結びつける（同じ意見） 加熱すると、還元される。 <p>酸化銅と水素を結びつくと、試験管が白く濁り、酸化銅が赤くなったから。</p>	<p>【主張】 コークス（石炭）を使わず、製鉄する方法は・・・</p> <p>水素を使う</p> <p>【根拠】 その方法で製鉄できる科学的な原理は・・・</p> <p>この実験で酸素と結びついた酸化銅を水素の中に入れても、酸化銅が還元されて銅になって、試験管の中には水ができた。</p>
---	---	--

【授業後の振り返り】

<p>○ この課題において、日常生活や自然環境など（SDGs）について考えたことを書いてください。</p> <p>まず、無知は恥ずかしいなと思いました。製鉄による地球温暖化の促進に対する解決策があることを知らなかったため、化学の進歩が改めてわかりました。しかも、その仕組みが私たち中学生の学びで説明できることが自分が成長した感に繋がりました。</p> <p>製鉄に対する解決策が出たからといって、油断しないように自分にできることをしたいと思います。</p> <p>例えば、私はよくアメビンを飲むのですがお風呂にビンを置いたままにしてしまったりアメビンを倒して捨ててしまうことが多いので、大切に使うと思います。</p> <p>小さい鉄製品から気をつけよう。</p> <p>友達の良い例 ホッチキスを大切に使う、鉄製の製品を大切に使う。</p>	<p>○ この課題において、日常生活や自然環境など（SDGs）について考えたことを書いてください。</p> <p>私は今まで自分が使っているものの製造方法などを知らずに、考えずに使ってきたので、製鉄という一見環境問題には関係のないなそうなることも、二酸化炭素排出などの問題を抱えていることを知ってびっくりしました。このような環境問題のことを知って、調べて、自分が使っているものに責任を持って大事に使いたいと思いました。</p>	<p>○ この課題において、日常生活や自然環境など（SDGs）について考えたことを書いてください。</p> <p>今、地球温暖化が深刻になっているので二酸化炭素を出さないようにすることはとても大切だと思います。クリップやヘアピンなど鉄が使われているものを使うときは特に長く使うように意識したいと思います。</p>
---	---	--

4. 考察

以上の実践より、オーセンティックな学びを意識した課題を設定することにより、生徒が主体的に学習へ取り組むとともにその有用性を実感していることが、学習後の振り返りから多数確認することができた。また、探究における思考の場面において個人から集団、集団から個人へとアーギュメントさせていくことにより、級友の意見を参考にしながら、粘り強く、自らの考えを調整した過程も記述するようになっていき、より妥当性の高い理由付けを練り上げられ

るようになっていった。

しかし、単元の内容によっては、SDGsの目標と関連させた課題の設定が難しい部分もあり、4つの視点（表2）を十分に満たす内容の検証が難しかった。また、学習内容を持続可能な社会の発展に自分自身がどのように活かしていくかまで、深く思考できた生徒は少なかった。

IV. おわりに

本年度は、これまでの研究を基盤としながら、「発達の段階に応じたアーギュメント構成能力の育成」と「児童生徒が理科を学ぶことの有用性を実感する学習指導方法の構築と改善」の2点について研究を進めることにより、成果と課題をそれぞれ明確にすることができた。

小学校では、発達の段階に応じた「科学的な説明」を行わせる授業実践とともに、児童に身に付けさせたいアーギュメント構成能力の系統的な整理の積み上げをさらに行いたい。

中学校では、オーセンティックな学びにつながる課題を設定することにより、生徒の主體的な学びの姿から有用性を実感できた。授業実践で明らかになった諸課題の解決を図りたいと考える。

附記

本研究の一部は、科研費(19K14344, 20H01747, 22K03006)の助成を受けた。

文献

- 楠見 孝・道田 泰司（2015）：批判的思考—21世紀を生きぬくりテラシーの基盤，新曜社。
- 文部科学省（2018）：中学校学習指導要領解説 理科編 平成29年7月—平成29年告示，学校図書。
- 鳴川哲也・山中謙司・寺本貴啓・辻健（2019）：イラスト図解ですっきりわかる理科，東洋館出版社。
- 鳴川哲也・山中謙司・寺本貴啓・辻健（2022）：イラスト図解ですっきりわかる理科授業づくり編，東洋館出版社。
- 坂本美紀・山口悦司・西垣順子（2011）：アーギュメント・スキルを育成する理科授業と評価枠組みの開発，博報堂教育財団 第6回児童教育実践についての研究助成事業。 https://www.hakuhodofoundation.or.jp/subsidy/recipient/pdf/kenkyu_05_prize.pdf
- 吉金佳能（2022）：ICTで変わる理科授業，明治図書出版株式会社。