

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 (3)

永友周作¹, 弓削聖一², 瀬戸口和昭², 宇都宮慎一郎², 中村大輝³, 野添 生⁴

Science Class that Leads to Authentic Learning by Utilizing Argument III

Shusaku NAGATOMO¹, Seiichi YUGE², Kazuaki SETOGUCHI²,
Shinichiro UTSUNOMIYA², Daiki NAKAMURA³, Susumu NOZOE⁴

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，2015）— が、特に重要であると考えた。そこで、2016年度から批判的思考力に焦点をあてて授業を構築、実践し、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。2021年度からは、小学校では説明活動の充実を図るために、発達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てきた。2022年度は、発達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、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、小学校では、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、中学校では、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

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

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。

そこで、2023年度も、発達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、2023年度に実施した小学校第6学年「植物のつくりとはたらき」「大地のつくりと変化」、中学校第3学年「エネルギーとエネルギー資源」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. 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

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。

これまでに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。これまでの実践では、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」を行わせる授業実践を積み重ねた。

今年度は、アーギュメントを利用した「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」をめざし、「問題解決に必要な追究方法を自ら考えるための手立ての在り方」について授業実践を行った。

2. 小学校第6学年「植物のつくりとはたらき」における実践例

本実践では、既習事項である、ヒトは食べることで養分を取り入れることや植物の種子にはでんぷんが含まれていたことを想起するなかで、成長した後の植物の養分の取り方についての疑問が生まれた。そこで、「植物の葉には、でんぷんがふくまれているのだろうか。」と学習問題を設定し、葉にでんぷんがあるかを調べる方法（図1）をこれまでの既習事項を基に考えさせ、追究活動（図2・3）を行った。



図1 最初に考えた追究方法



図2 追究活動の様子



図3 追究活動の様子

ヨウ素液の反応がない植物があることに気付いている子どもがいたが、全体の話し合いの場で確認することができなかった。そこで、結果（図4）のずれの原因について話し合いを行ったことで、「日光」が関係あるか、追究する必要性に気付く姿が見られた。学習問題に関する最初

に考えた追究方法 (図1) については、「ヨウ素液を使う」とだけ記述している子どもがほとんどであった。日光が関係あるか見直した追究方法では、日光の条件制御を踏まえて追究方法 (図5) を考える姿が見られた。

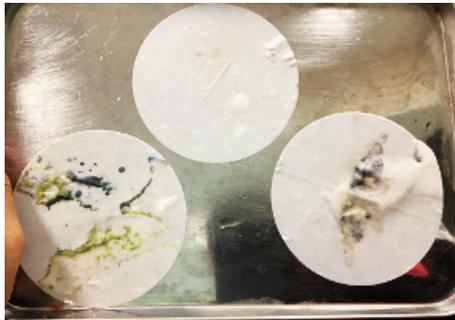


図4 追究活動の結果



図5 見直した追究方法

結果 (事実) を根拠として追究方法を見直すことで、条件制御を踏まえた方法を考えることができたと考える

3. 小学校第6学年「大地のつくりと変化」における実践例

本実践では、「地層はどのようにできるか」について、火山についての知識や5年生の学習内容から「火山灰でできる」「水で流されて積もる」と予想したりする姿が見られた。予想を確かめるために、本時では、「流れる水のはたらきで地層ができるのか。」について個人で追究方法を考えた後、班でどの方法なら「流れる水のはたらきで地層ができるのか。」を確かめられるかを検討し、決定した方法 (図6) で、追究活動 (図7) を行った。

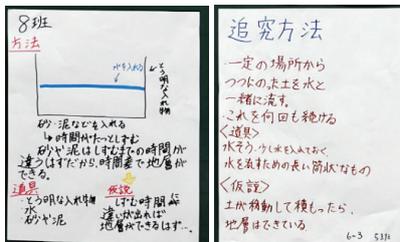


図6 班で考えた追究方法



図7 追究活動の様子

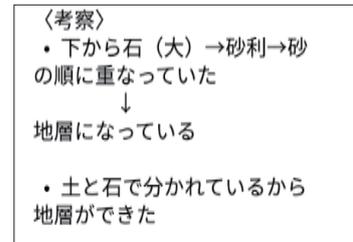


図8 追究結果の考察

「流れる水のはたらきで地層ができる」と予想し実験に取り組んでいるため、地層を再現しようと最初に考えた追究方法以外にも試し、試行錯誤する姿が見られた。地層を再現したいと追究活動に主体的に取り組む姿が多く見られたため、問題解決に必要な追究方法を考える手立ては、子どもが追究方法を再検討するうえで有効だったと考える。また、追究活動をとおして、新しい見方が増えたことで、粒の大きさに着目して説明する姿 (図8) が見られた。より具体的に説明することができるようになったことから、より妥当な考えへと高まっている姿であると考え。単元の終末では、地面の下の様子について、学習したことを付け加えて説明する姿が見られた。また、日常生活とのつながりの視点で学習を振り返ることで、地層や化石を探すときに、今回の学びを生かしたいと考える姿が見られた。

4. 考察

以上の実践より、学習問題毎に子どもに追究方法を考えさせたことで、既習事項や生活経験を根拠として、器具や手順も子どもが自ら考えることができるようになってきた。また、自ら考えることで、主体的に問題解決に取り組む姿が見られたことから、児童が理科を学ぶことの有用性を実感する学習方法として有効であったと考える。

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

これまでの研究と同様に、今年度も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、実践してきた。その中で、アーギュメントを行う際の論証の構造を、ツ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)。これまでの課題として、自分の考えを主張・証拠・理由付けに正しく分けて記述できなかつたり、理由付けにおいては論理的でなかつたり、科学的原理を示しながらの記述ではなかつたりといった点が挙げられた。そこで一昨年度は、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。そして、昨年度は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ていった。そして、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、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。

今年度は、以上のようなことを踏まえたうえで、「単元を貫く課題」において、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)に重点を置き、実践していった。これにより、自分自身の課題として捉えさせ、その解決のための方法を考えさせたり、観察、実験の結果から考察したりする内容が、より主体的となり、アーギュメントの内容もより充実したものになると考えた。

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

これまで同様、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。本年度は特に課題を生徒が今後対面する可能性があり、その課題を解決していきたいと思えるように設定していった。

表2 パフォーマンス課題を設定する際の視点

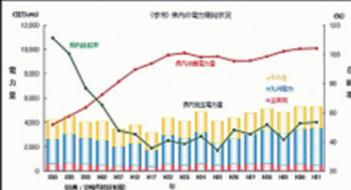
真正性	リアルな課題になっているか。現実世界で試されるような力に対応しているか。
妥当性	測りたい学力に対応しているか。
レリバンス	学習者の身に迫り、やる気を起こさせるような切実な課題になっているか。
レディネス	学習者が少し背伸びすれば手に届く程度の課題になっているか。

3. 中学校第3学年「エネルギー資源とその利用」における実践例

運動とエネルギーの第5章「エネルギー資源とその利用」の内容において、下図のような課題を設定した。レリバンスの要素を十分に組み込むために、宮崎のエネルギー供給量に目を向けさせ、自分自身の生活への影響を感じさせた。さらには、自分自身を「発電会社の社員」及び「住民」としての立場で課題を考えさせていった。そして、その内容を発電所建設の住民説明会として授業を行っていった。説明する側が「発電所社員」、それを聞く側が「住民」として、役割を与え、内容について質疑応答をする形でアーギュメントさせていった。発表した内容については、発表前の考えに追記した形で発表後の考えを書かせていった。

エネルギー資源とその利用

「宮崎に新しく発電所を建設するとしたら？」



7 持続可能なエネルギー

11 気候変動に脅かされるコミュニティの強さ

12 つくる責任、つかう責任

13 気候変動に脅かされる生態系

14 海の豊かさを守ろう

15 陸の豊かさも守ろう

あなたは電力会社の社員です。上のグラフのように、宮崎県は他県から電気を供給してもらっている状況を知り、宮崎に新しく発電所の建設が必要だと考えました。しかし、建設するためには住民への説明が必要です。SDGsや、宮崎の環境を無視して発電所の建設をしても住民からの反対は目に見えています。では、SDGsの視点を踏まえ、宮崎の環境にあった何発電所を住民にどのように提案すればよいだろうか。

レリバンス

真正性

妥当性

図9 オーセンティックな学びを意識した課題の例

【発表前の考え】

【主張】
バイオマス発電

【理由付け】

理由の前提	論拠の整理	SDGsの観点
バイオマス燃料は再生可能な資源である。	バイオマス燃料は、農産物の廃棄物や木材の残材などから生産される。これらは自然に分解され、再び土壌に還元されるため、持続可能な資源である。	SDG7（エネルギー）：再生可能エネルギーの普及による持続可能なエネルギーの確保。
バイオマス燃料はCO2を吸収する。	バイオマス燃料の燃焼時に発生するCO2は、原料の成長過程で吸収したCO2とほぼ等しいため、実質的にCO2を吸収している。	SDG13（気候変動）：温室効果ガスの削減による気候変動の緩和。

【データ】
バイオマス発電とはバイオマス燃料を利用した発電のことで、バイオマス燃料を直接燃焼したり、発酵させることで発生するメタンガスなどを燃焼したりすることでエネルギーを取り出し、発電する。

【発表後の考え】

【主張】
バイオマス発電

【理由付け】

理由の前提	論拠の整理	SDGsの観点
バイオマス燃料は再生可能な資源である。	バイオマス燃料は、農産物の廃棄物や木材の残材などから生産される。これらは自然に分解され、再び土壌に還元されるため、持続可能な資源である。	SDG7（エネルギー）：再生可能エネルギーの普及による持続可能なエネルギーの確保。
バイオマス燃料はCO2を吸収する。	バイオマス燃料の燃焼時に発生するCO2は、原料の成長過程で吸収したCO2とほぼ等しいため、実質的にCO2を吸収している。	SDG13（気候変動）：温室効果ガスの削減による気候変動の緩和。

【データ】
バイオマス発電とはバイオマス燃料を利用した発電のことで、バイオマス燃料を直接燃焼したり、発酵させることで発生するメタンガスなどを燃焼したりすることでエネルギーを取り出し、発電する。
バイオマス発電の時に出る二酸化炭素を吸収する機械を利用する
また、騒音対策として壁を作る。

【主張】
海洋エネルギーを使った発電

【理由付け】

理由の前提	論拠の整理	SDGsの観点
海洋エネルギーは再生可能な資源である。	海洋エネルギーは、波力、潮流、洋上風力などから生産される。これらは自然に再生されるため、持続可能な資源である。	SDG7（エネルギー）：再生可能エネルギーの普及による持続可能なエネルギーの確保。
海洋エネルギーはCO2を排出しない。	海洋エネルギーの発電過程でCO2を排出しないため、温室効果ガスの削減に貢献する。	SDG13（気候変動）：温室効果ガスの削減による気候変動の緩和。

【データ】
海洋エネルギーの利用例
海洋温度差発電 海の表層と深層の温度差を利用して発電します。
波力発電 海の運動エネルギーを利用して発電します。
潮流発電 海水の流れである潮流や海流の力を利用して発電します。
洋上風力発電 海上に吹く風の力を利用して発電します。
潮力発電 海の干満の差で得られる位置エネルギーを利用して発電します。一種の水力発電です。

【主張】
海洋エネルギーを使った発電(潮流発電)

【理由付け】

理由の前提	論拠の整理	SDGsの観点
海洋エネルギーは再生可能な資源である。	海洋エネルギーは、波力、潮流、洋上風力などから生産される。これらは自然に再生されるため、持続可能な資源である。	SDG7（エネルギー）：再生可能エネルギーの普及による持続可能なエネルギーの確保。
海洋エネルギーはCO2を排出しない。	海洋エネルギーの発電過程でCO2を排出しないため、温室効果ガスの削減に貢献する。	SDG13（気候変動）：温室効果ガスの削減による気候変動の緩和。

【データ】
潮流発電 海水の流れである潮流や海流の力を利用して発電。
再生可能エネルギーで二酸化炭素を排出しない。
宮崎は海洋線が直線的で、潮の流れが一定である。

宮崎の環境を踏まえると、潮の流れから海洋エネルギーの中でも潮流発電が有効だ。再生可能エネルギーで持続可能性が高くSDGsの面でも適している。海洋の生態系が考慮されるが、人工魚礁の代用となることやモニタリングなどでカバーできる。設備面でもコーディングの工夫などで対処できる。発電効率も40%と比較的高いため潮流発電は宮崎の発電方法として適していると思う。

【主張】
太陽光発電

【理由付け】

理由の前提	論拠の整理	SDGsの観点
太陽光は再生可能な資源である。	太陽光は自然に再生されるため、持続可能な資源である。	SDG7（エネルギー）：再生可能エネルギーの普及による持続可能なエネルギーの確保。
太陽光発電はCO2を排出しない。	太陽光発電の発電過程でCO2を排出しないため、温室効果ガスの削減に貢献する。	SDG13（気候変動）：温室効果ガスの削減による気候変動の緩和。

【データ】
前に見せられた資料で、太陽光発電で発電された電気を使って生活しているところがあり、余った電力は蓄電池に送られることで、その地域の電気をまかないあっているところがあったから。
宮崎は日照時間が他の県と比べて長い方であるため、太陽光発電の発電量を増やすことができる。また、過疎地域に太陽光発電の設置を協力してもらうことで、発電量を吸収電力などに売って利益を過疎地域の運営に使うことで、町おこし・村おこしの費用にもなる。また、太陽光発電は二酸化炭素をほとんど出さないため、地球温暖化にも貢献する。

【主張】
太陽光発電

【理由付け】

理由の前提	論拠の整理	SDGsの観点
太陽光は再生可能な資源である。	太陽光は自然に再生されるため、持続可能な資源である。	SDG7（エネルギー）：再生可能エネルギーの普及による持続可能なエネルギーの確保。
太陽光発電はCO2を排出しない。	太陽光発電の発電過程でCO2を排出しないため、温室効果ガスの削減に貢献する。	SDG13（気候変動）：温室効果ガスの削減による気候変動の緩和。

【データ】
前に見せられた資料で、太陽光発電で発電された電気を使って生活しているところがあり、余った電力は蓄電池に送られることで、その地域の電気をまかないあっているところがあったから。
宮崎は日照時間が他の県と比べて長い方であるため、太陽光発電の発電量を増やすことができる。また、過疎地域に太陽光発電の設置を協力してもらうことで、発電量を吸収電力などに売って利益を過疎地域の運営に使うことで、町おこし・村おこしの費用にもなる。また、太陽光発電は二酸化炭素をほとんど出さないため、地球温暖化にも貢献する。
火力発電は石炭などの資源を必要とするため、輸入に依存している日本に自給していないが、太陽光ならどこにでもあり、（ただし夜はない）再生可能エネルギーであるため、輸入に依存するリスクを大幅に削減することができる。また、宮崎は日照時間が長いので、他の県と比べてより多く発電できることがある。過疎地域であるため、集約を有効的に使うことができる。

図 10 生徒が書いたワークシート

- ※ 枠：発表後に追記された部分
- ※ 発表後には、アーギュメントした結果、内容についてより自分の考えを深めた記述があり、また、質疑応答から理由付けをより妥当性の高い記述がみられた。

【単元の振り返り】

◎ この単元を学ぶ前と後で、あなたの考えはどのように変わりましたか？
(SDGsの視点をもとに、今の自分ができるエネルギーの有効利用についても考える。)

再生可能エネルギーを利用すること＝SDGs達成と考えていた。しかし、建設する過程や発電量の問題があることで100%利用することは現段階では難しいことを知った。宮崎に限らず、日本は石油資源に依存している傾向にある。地球温暖化対策のためにも再生可能エネルギーを進めていくことは必要だと思う。私が提案した海洋発電はまだ研究段階だが、将来的に海洋エネルギーを利用する発電が造られれば持続可能性が高まるだろう。また他の班の意見や自分の班の意見を踏まえることの発電方法にもデメリットはありそのデメリットを補うためにも多様な発電方法を構築していく必要があるのだと思った。エネルギー発電の方法や過程を知ると私たちはエネルギーを無駄にしていることに気づいた。SDGsのためには個人の意識改革も重要になる。今後も胸に留めていきたい。

◎ この単元を学ぶ前と後で、あなたの考えはどのように変わりましたか？
(SDGsの視点をもとに、今の自分ができるエネルギーの有効利用についても考える。)

さまざまな発電所の学習をしてきたが今までの学習では二酸化炭素の排出や持続性だけに捉えられていたが発電所の変化効率の違いや新しい技術についても知ることができた。今の所完璧な発電方法がない為普及できずにいると思うがしっかりと今回見つけた観点を生かして目を向けていきたいと思った。太陽光発電は陸上だけでなく水上でも行えてかつ効率よく発電する方法になることを知り太陽光の視点が広がった。また変換効率の良いLEDが家で実際に使われているか確認しようと思った。

◎ この単元を学ぶ前と後で、あなたの考えはどのように変わりましたか？
(SDGsの視点をもとに、今の自分ができるエネルギーの有効利用についても考える。)

はじめは変換効率を考えずに、二酸化炭素の排出のみ考えていました。でもこの単元を通して、環境問題を解決するのは大切だけど、エネルギーを供給するのも大切だからその両立は大変だなと思いました。また、住み続けられる街づくりにも当てはまるように私たちがエネルギーの使い方にも気をつけて生活しないとなと思いました。

◎ この単元を学ぶ前と後で、あなたの考えはどのように変わりましたか？
(SDGsの視点をもとに、今の自分ができるエネルギーの有効利用についても考える。)

発表する前は火力発電が一番発電効率が良い発電方法だと思っていたが、発表を通して他の発電方法のメリットやデメリットを対策する点から一つの発電方法だけで発電するのではなく、様々な発電を組み合わせる使うことが大切ではないかと思いました。外国の輸入に頼って日本のエネルギーを賄っていたが、技術の進歩により日本だけでエネルギーを賄えることに驚きがありました。自分で使うエネルギーの量を少しでも減らすために冷房や暖房など、極力使わないようにしていきたいなと思った。

【住民説明会でのアーギュメントのようす】



図 11 授業時の様子

4. 考察

昨年度の研究により、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で、生徒が主体的に学習へ取り組むことの有用性は確認できた。その内容をより充実させるために、レリバンスの要素に視点を置いて本年度は取り組んでいった。その結果、発表のためのプレゼン作成、実験計画の作成などより主体的に取り組む、その後の考察における記述がより妥当性をもったものへと変化した。また、話し合いの場面でも、お互いに質問や意見交換を活発に行う様子が見られた。さらには、単元の振り返りにおいても、学習前の自分の考えを振り返り、学習したことで自分の考えがどのように変化したかを具体的に記入している生徒が多かった。その中にはSDGsの視点を踏まえて今後の自分の行動について具体的な取り組みを記入している生徒もいた。レリバンスの要素を高めることで課題を自分事と捉え、解決するために自分だけの考えだけでなく、他の意見を参考にし、より深い学びへつながっていったのではないかと考える。

IV. おわりに

本研究では、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について研究を行った。小学校では理科を学ぶことの有用性を実感できるように、問題解決に必要な追究方法を自ら考える場面などでアーギュメントを取り入れて授業を行った。中学校では生徒が具体的で切実性の高い文脈の課題を設定し、その仮説や考察の場面でアーギュメントを取り入れて授業を行った。既習事項や生活経験を根拠として、実験計画を自ら考える様子や各グループの考えを発表のための資料を工夫しながらプレゼン作成する様子など、児童生徒が主体的に問題解決に取り組む姿が見られ、アーギュメントを利用して授業を行うことの有用性が示された。

附記

本研究の一部は、科研費(19K14344, 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.
- 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
- 塚田昭一・館英樹・辻健・日本初等理科研究会(2023):理科でつくるウェルビーイング,東洋館出版社
- 宮崎県(n.d.)県内の電力需給状況 <https://www.pref.miyazaki.lg.jp/kigyokyoku/business/electric/graph.html>