

# アニメーションを用いた小学校理科「水の循環」の教材開発

—子どもの興味をひきつける地域素材を用いて—

Development of Animated Teaching Materials for Elementary School Science Classes  
on the "Water Cycle": Using Regional Materials to Stimulate Children's Interest

西田 裕明\*<sup>1</sup>

## 要 旨

本研究は、小学校第 6 学年理科の「生物と環境」の単元にある題材「水の循環と食物連鎖」を取り上げ、ESD と TEACCH の視点から ICT 機器を活用した教材を考案し、障害のあるなしに関わらず、全ての児童の理解が深まるような教材を開発することを目的とした。教材開発にあたって、目には見えない粒子をキャラクターで表し、アニメーションの動きで水の循環や食物連鎖を表現した。また、子どもの興味をひきつける地域素材（地域の特産品や地域をモデルとした循環図など）を活用する工夫を取り入れた。この教材は、子どもの興味をひきつけるだけでなく、「地域認識」を深め、「郷土愛」を育み、目に見えない粒子の移動の理解につながると考えられる。

Keywords : 水の循環, アニメーション, ASD, 視覚支援, 地域素材

water cycle, animation, autism spectrum disorder, visual assistance, regional material

## 1. はじめに

### 1.1 題材選定の理由

平成 29 年告示の小学校学習指導要領の総則では、これからの学校教育や教育課程の役割として、急速な社会の変化の中で、一人一人の児童が自分のよさや可能性を認識できる自己肯定感を育むなど、「持続可能な社会の創り手」の育成が必要であるとしている。千田・小倉（2022）は、持続可能な社会の実現が国際的な目標となる中で、学校教育が持続可能な社会の創り手を目指すためには「持続可能な開発のための教育（Education for Sustainable Development : 以下、ESD とする）」や「持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals : 以下、SDGs とする）」の視点が重要であると述べている。ESD とは、気候変動や生物多様性の喪失、資源の枯渇、貧困の拡大等人類の開発活動に起因する様々な問題を自らの問題として主体的に捉え、人類が将来の世代にわたり恵み豊かな生活を確保できるよう、身近なところから取り組む（think globally, act locally）ことで、問題の解決につながる新たな価値観や行動等の変容をもたらす、持続可能な社会を実現していくことを目指して行う学習・教育活動のことである。ESD は、全ての学校において、積極的な推進が求められている。文部科学省国際統括官付日本ユネスコ国内委員会が作成した「持続可能な開発のための教育（ESD）

---

\*<sup>1</sup> 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

推進の手引」では、単元目標との関連だけでなく、各単元計画との関連についても述べられ、一連の問題解決のまとまりを意識して単元計画を作成することの重要性が述べられている。

平成 29 年告示の小学校学習指導要領理科編では、第 6 学年「生物と環境」の単元で、生物と環境について、「動物や植物の生活を観察したり資料を活用したりする中で、生物と環境との関わりに着目して、それらを多面的に調べる活動を通して、次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること」とある。生物と環境との関わりとは、(ア) 生物は、水及び空気を通して周囲の環境と関わって生きていること、(イ) 生物の間には、食う、食われる、という関係があること、(ウ) 人は、環境と関わり、工夫して生活していること、と記されている。「生物と環境」の単元では、人類の活動に由来する環境の変化に伴い発生した事柄を学習し、「生物と持続可能な環境との関わり」についての理解を図るものであるといえ、ESD の実践にふさわしい単元であるといえる。また、この単元中の題材「水の循環と食物連鎖」では、人も含め、地球上の全ての生物が、水や空気などの自然環境と関わり合いながら生きていることを理解し、生命を尊重する態度、主体的に問題解決をしようとする態度を育成することが求められる。

## 1.2 選定した題材を教えることの難しさ

この題材では、「水が蒸発し、雲となり、雨や雪となって大地に降り注ぐ」といった目に見えない粒子の現象を理解することや、生き物どうしは「食べる」「食べられる」という食物連鎖の関係でつながっていることへの理解が求められる。しかし、吉川・石川・加藤・竹村 (2018) は、子どもたちが目に見えない小さな世界の出来事を想像することは非常に難しいと指摘している。小学 6 年理科の教科書「水の循環」を見ると、「生き物と環境のかかわり」として 1 枚の図が示され、その図を見ながら、「水の循環」や生き物の「食物連鎖」の様子を関連付けて理解する力が求められる。平面図上での説明だけでは目に見えない小さな粒子の移動をイメージすることは簡単ではない。また、「水の循環」や「食物連鎖」という時間的空間的にも大きい科学現象や生き物の関係性を観察すること事態に難しさがある。さらに、そのような目に見えない現象を想像することが難しい発達障害の子どもが通常学級の中にも分かっている (上手, 2013)。

令和 4 年 12 月 13 日に文部科学省初等中等教育局特別支援教育課が公表した「通常の学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について」によると、通常学級に在籍する小中学生の 8.8%に、学習面や行動面で著しい困難を示す発達障害の可能性があると明らかになった。調査は 2002 年より 10 年ごとに実施され、今回で 3 回目となるが、2012 年実施の同調査では小中学校で発達障害の可能性があると見られる児童生徒は 6.5%という結果であったため、この 10 年で 2.3%上昇したことになる。発達障害とは、発達障害者支援法において「自閉症、アスペルガー症候群その他の広汎性発達障害、学習障害、注意欠陥多動性障害その他これに類する脳機能の障害であってその症状が通常低年齢において発現するものとして政令で定めるもの」と定義されている。今回の調査では、発達障害の可能性があるとされた小中学生のうち、通級で指導を受けている小中学生は 10.6%、高校

生は 5.6%にとどまり、支援が行き届いていない現状がうかがえる結果となった。そのため、発達障害の可能性のある児童生徒は、通常の学級を含め、全ての学校・学級に在籍していると認識し、こうした幼児児童生徒への指導・支援のために、特別支援教育をさらに充実させる必要があるといえる。具体的には、一人ひとりの実態に応じた支援や、各障害種に応じた支援方法や合理的配慮の実施などである。中でも、目に見えない現象を想像することが特に難しい自閉スペクトラム症（autism spectrum disorder：以下、ASD とする）の子どもへの対応や支援が求められている。

### 1.3 ASD の特性に応じた支援方法

ASD は、①社会的コミュニケーション及び対人相互性反応の障害、②興味の限局と常同的・反復的行動の 2 つを主徴とし、乳幼児期に発現する精神発達の障害である（American Psychiatric Association, 2013）。その障害特性から、状況の認識が苦手であったり、周囲からの情報を適切に捉えることが苦手であったり、事象を全体的に捉えたり、文脈を理解したりすることの困難さなどがある。そのため、目に見えない現象を想像することが特に難しい。DSM-IV（Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 4th Edition）では、広汎性発達障害という上位概念のもとに、自閉症、アスペルガー障害、特定不能の広汎性発達障害などの下位分類が存在したが、DSM-5（Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder, 5th Edition）では、広汎性発達障害の下位分類はなくなり、症状の軽い状態から重度の状態までを連続的にとらえる ASD という概念で統一された（片桐, 2014；傳田, 2017）。ASD 児者は、視覚情報処理が聴覚情報処理（主に音声言語）より優れていることが多いことから（門, 2010）、視覚刺激を用いた支援が学校や支援施設などで広く普及している（松下, 2018）。視覚刺激とは、文字やシンボル記号、絵カード、イラスト、写真カード、動画、実物、手本などである。それらの視覚刺激を用いて、ASD 児に指導を行うことで、色・形・位置の分類などの弁別課題から、適切な遊びスキルの獲得、会話の持続や返答・相手への質問などのコミュニケーションスキル、長い行動連鎖を含む生活スキルなど、様々な行動が獲得・改善されたと報告されている（榎本, 2013）。

上記のような視覚刺激を用いた支援は、「視覚支援」とも呼ばれ、通常の学級の児童生徒に対しても、有効な支援方法である。文部科学省が 2019 年度より開始した、全国の児童・生徒 1 人に 1 台のコンピューターと高速ネットワークを整備する「GIGA スクール構想」の実施に伴い、1 人 1 台の情報端末や無線 LAN だけでなく、電子黒板やプロジェクターなどの視覚支援機器の充実が図られるようになってきている。それらの視覚支援機器を活用し、視覚支援を行い、目に見えない粒子の現象の理解を深める教材を開発する必要があるといえる。

### 1.4 研究の目的

本研究では、「生物と環境」の中の題材「水の循環と食物連鎖」を取り上げ、ICT 機器を活用した教材を考案し、障害のあるなしに関わらず、全ての児童の理解が深まるような教材を開発することを目的とする。

## 2. 教材

### 2.1 見えない粒子の移動を理解する学習法①擬人化体験学習

上記に示した、見えない「粒子」の存在を認識し、理解を深めるために、吉川・石川・加藤・竹村（2018）は、自分が「粒子」を演じ、擬人化による体感学習（擬人化体感学習）の実践を行っている。擬人化体感学習とは、理科で学ぶ様々な自然現象の根本である目に見えない小さな物や「粒子」の動きを自分たちが演じてみんなで現象を模擬再現することで、見えない小さな粒子の世界をイメージし理解につなげるという学習方法である。例えば、「水の循環」では、一人一人が、水の粒子となって動くことを基本に、蒸発し、水蒸気となって舞い上がり、上空で冷されて水となって雲を作り、その後、水が集まって雨として落ちてくる。この時、地面と上空を設定し、水蒸気が上がって、雨として水が落ちてくることを演じるといったものである。擬人化という手法は、自分が小さな粒子の役割となって動くことで、全体の動きとして現れる活動は、体感によって実感につなげられると期待されているが、授業中にクラス全員が移動することが求められるため、現実場面での活用の難しさや、見えない粒子の概念を持つことは難しいとも指摘されている。

### 2.2 見えない粒子の移動を理解する学習法②アニメーションを用いた学習教材

そこで著者は、アニメーションを用いた「水の循環」の教材を開発した。著者は特別支援学校で17年間の勤務経験があり、聴覚特別支援学校では中学生に理科を、高校生に生物、化学、物理を教えてきた。その中で、目に見えない粒子の移動をアニメーションで表現する手法を用い、一定の学習効果を上げてきた。例えば、高校の生物で学習する「浸透圧」の単元である。浸透圧とは、2つの濃度が違う水が隣り合わせのときに、濃度を一定に保とうとして水分が移動する力のことで、生物の細胞の働きの中で重要な役割を果たすものである。その細胞と細胞の間の物質（目に見えない粒子）の移動をMicrosoft社Windows OfficeのアプリケーションであるPowerPointを用いてアニメーションで提示することで、浸透圧の理解につなげた。また、断層や地震の仕組みをアニメーションで表示し、更に生徒がより注視できるように、授業に参加している生徒（セルフモデル）が登場するアニメーション教材などを作成し、生徒の動機づけを高め、学習内容の理解につなげる取り組みも実践してきた。著者は、この対象児がモデルとして登場するアニメーション動画を本人に視聴させ、それを手がかりに行動形成を図るモデリング技法をアニメーションセルフモデリング（animation self-modeling：以下、ASMとする）と命名し、知的能力障害を伴うASD児童生徒に対して掃除スキルや電話の応対スキルの指導を行った。結果、モデルの手本を即時観察するよりも、ASMを視聴する方がスキルの獲得と般化に効果が見られた（西田・山本・井澤, 2020；西田・山本・井澤, 2021）。これらの研究では、ASMの特徴である「アニメーションによるコマ送りの動き、セルフモデルの登場、背景の削除」などの複合的な効果により、映像に注視し、映像で提示された行動の観察学習が促進されたと考えられる。また、セルフモデルは動機づけを高めたとされるが、対象児童にとって興味関心のあるヒーローを登場させ、課題への参

加率を安定させた先行研究（高橋・大竹, 2017）もあり，興味をひきつける人や物，ことなどをアニメーションに取り入れることが重要な要素であるといえる。

### 2.3 見えない粒子の移動を理解する学習法③地域素材を用いた学習

子どもの興味をひきつけるために地域素材を用いた学習の実践例が知られている。内藤（2013）は，教師側が地域で生活してきた人々の知恵や工夫について視点を当て，教材を発掘・開発しながら教材研究をすることの重要性を指摘し，地域の扇状地を地域素材として活用し，扇状地の治水・利水，農業の関連について理解を深める実践を行った。その成果として，フルーツ栽培に扇状地の水が利用されていることから，「徳島堰や御勅使川の堤防を昔の人の知恵や工夫を知るために残しておきたい」などの意見が出され，地域を大切にしていこうとする子どもたちの意識の変化を報告している。また，高橋ら（2007）は，地域素材である「雪」を活用するために，教員や児童生徒に雪に関する様々な情報を提供する Web ページ「北海道雪たんけん館」を開発・制作し，子どもたちに親しみやすいように紹介キャラクターを設定し，Flash によるアニメーションなど視覚に訴え，理解が容易に進むように心がけたことを報告している。

この地域素材を活用する学習法は，地域をとらえ直すことで「身近な地域認識」をさらに深め，「郷土愛」を育むだけでなく，身近な地域の素材を教材として用いることで子どもたちの動機づけを高めるのに有効であると示唆される。そこで，2-2 に示したアニメーションを用いた「水の循環」の教材について，地域素材を取り入れることとした。

## 3. アニメーションと地域素材を用いた学習教材

### 3.1 題材

教科名 : 理科 6 年生

単元名 : 生物と環境

題材名 : 水の循環と食物連鎖

地域 : 兵庫県赤穂市

地域素材 : 特産の牡蠣（さこしのカキちゃん），ミネラくん，赤穂市モデルの循環図

アニメーションと地域素材を取り入れた教材は，次のようなものである。具体的には，森の落ち葉などが分解されてできる栄養分を「ミネラくん」と命名し，水の循環とともに「ミネラくん」が，山から川へ，川から海に流れたり，山から地下へ，地下から地下水へ，地下水から海に流れたりするアニメーション教材を製作した（図 1 を参照）。栄養分は目には見えない小さな粒子「窒素やリン」であるが，それを「ミネラくん」という人に似たキャラクターで表し，「見える化（可視化）」することで，水の循環を「ミネラくん」の動きを通して理解を深めることにつながると考えた。そして，「そのミネラくんを植物プランクトンが食べ，その植物プランクトンを動物プランクトンや牡蠣が食べ，その動物プランクトンを小さな魚が食べ，小さな魚を大きな魚が食べる。」といった食物連鎖もミネラくんが関係していることを示す図 2 も作成した。

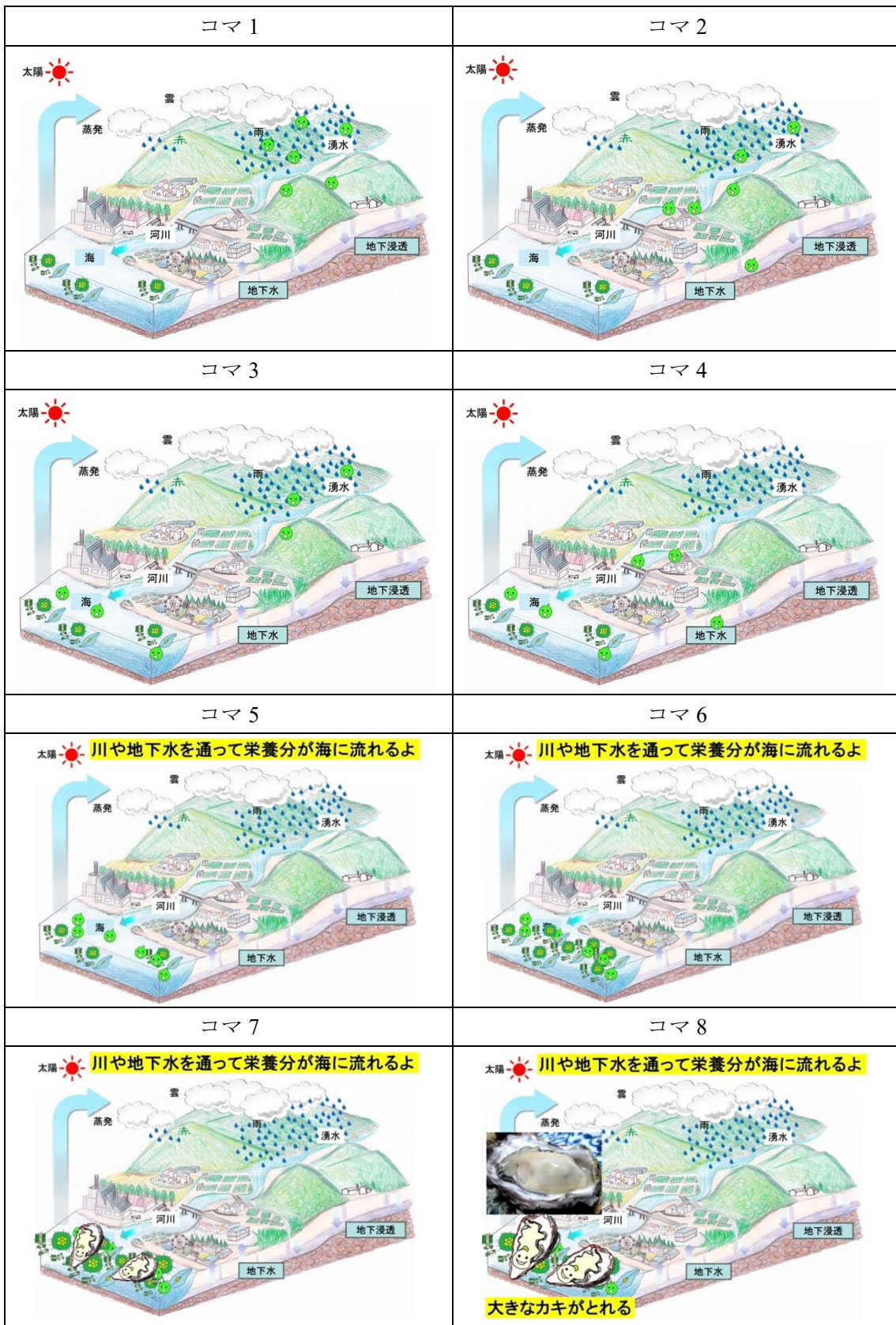


図 1 擬人化アニメーションを取り入れた水の循環

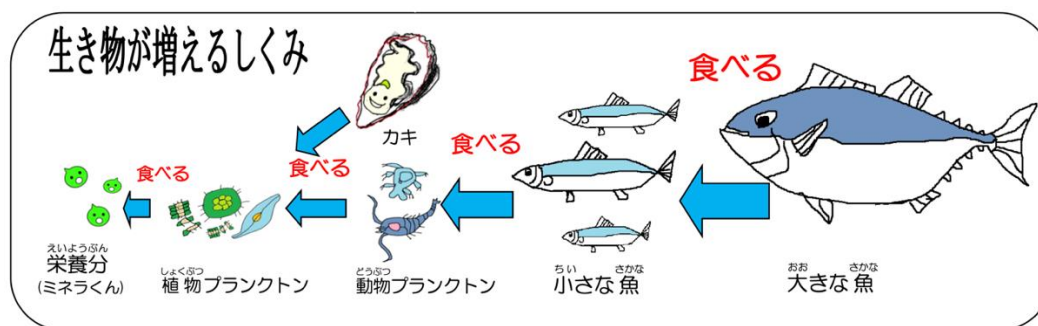


図2 生き物が増えるしくみ（食物連鎖）

### 3.2 題材における工夫

作成した教材は、具体的な地域（兵庫県赤穂市）を想定し、その地域の小学生の興味関心をひきつける工夫を取り入れた。赤穂市は、江戸時代から塩作りが盛んな町で、塩作りの歴史や地域の自然について学ぶことができる海洋科学館があり、市内の小学生は校外学習などを通じて、必ずその科学館を利用している。そのため、塩作り体験を経験するなど、塩などのミネラルについて学ぶ機会がある。キャラクターを「ミネラくん」と命名した理由は、赤穂市の子どもたちにとってなじみ深く、親和性が高いものにするためである。また、赤穂市の坂越地区では、牡蠣の養殖が盛んに行われている。赤穂市坂越の特産の牡蠣を、坂越湾と生島を型取って作成した「さこしのカキちゃん」として登場させたり、赤穂市をモデルにした「水の循環図」を使用したりすることで、食物連鎖を地元のこととして捉え、考えるきっかけとした。

アニメーションと地域素材を取り入れた学習教材は、授業の中で電子黒板などを用いて児童に提示することを想定した。このような視覚支援は、ASDの当事者とその家族を対象とした生涯支援プログラム、TEACCH 自閉症プログラムの中でも活用され（Mesibov, Shea & Schopler, 2007）、ASDの子どもに対しても有効性が期待できると考える。

### 4. 今後の展望

今回開発したアニメーションと地域素材を取り入れた学習教材の活用は、ESDと特別支援教育の視点を取り入れ、目には見えない粒子を「見える化（可視化）」することにより、通常学級の児童だけでなく、ASDの子どもがいても共に学ぶことができると考えられる。このような教材開発は、子どもの興味をひきつけるだけでなく、「地域認識」をさらに深め、「郷土愛」を育み、目には見えない粒子の移動の理解につながる可能性が示唆される。

## 文 献

American Psychiatric Association (2013) Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5). American Psychiatric Association, Arlington.

傅田健三 (2017) 自閉スペクトラム症 (ASD) の特性理解. 心身医学, 57, 19-26.

- 榎本拓哉 (2013) ビデオモデリングおよびフィードバックを用いた自閉症スペクトラム障害児への行動支援. 明星大学院 人文学研究科心理専攻 博士論文 (未刊行)
- 門眞一郎 (2010) 自閉症スペクトラムに見られる「視覚優位」. 精神科治療学, 25, 1619-1626.
- 片桐正敏 (2014) 自閉症スペクトラム障害の知覚・認知特性と代償能力. 特殊教育学研究, 52, 97-106.
- 上手由香 (2013) 思春期における発達障害への理解と支援. 安田女子大学紀要, 41, 93-101.
- 松下浩之 (2018) 知的障害や自閉スペクトラム障害のある人に対する視覚刺激を用いた支援の効果—教材作成における課題と活用可能性—. 山梨障害児教育学研究紀要, 12, 117-129.
- 文部科学省国際統括官付日本ユネスコ国内委員会 (2016) 持続可能な開発のための教育 (ESD) 推進の手引. 平成 28 年 3 月初版 (令和 3 年 5 月改訂) .
- Mesibov, Gary. B., Shea, Victoria., & Schopler, Eric. 服巻智子・服巻繁 (訳) (2007) TEACCH とは何か—自閉症スペクトラム障害の人へのトータル・アプローチ—. エンパワメント研究所, 54-57.
- 文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説総則編, 平成 29 年 7 月.
- 文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説理科編, 平成 29 年 7 月.
- 文部科学省 (2022) 通常の学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について. 文部科学省初等中等教育局特別支援教育課, 令和 4 年 12 月.
- 内藤大輔 (2013) 地域素材を活用した「生きる力」を育むための授業実践: 山梨県御勅使川扇状地を例に (実践報告). 学芸地理, 67, 113-127.
- 西田裕明・山本真也・井澤信三 (2020) 知的能力障害を併せ持つ自閉スペクトラム症の生徒の掃除スキルにおける行動連鎖の獲得と般化についての検討—アニメーションセルフモデリングを用いて—. 特殊教育学研究, 58(3), 187-199.
- 西田裕明・山本真也・井澤信三 (2021) 知的能力障害を伴う ASD の児童生徒へのアニメーションセルフモデリングを用いた電話の応対スキルの指導研究—コミュニケーションを伴うスキルの獲得と般化の検討—. 行動分析学研究, 36(1), 1-15.
- 千田将貴・小倉康 (2022) 小学校理科に SDGs を関連づける理論と実践に関する研究. 日本科学教育学会研究会研究報告, 36(4), 1-6.
- 高橋庸哉・佐藤裕三・割石隆浩・朝倉一民・佐野浩志・神林裕子・小笠原啓之・新保元康・細川健裕・土門啓二・伊藤健太郎・松田聡・渡辺由佳・太田真・北海道雪プロジェクト (2015) 『雪』を教室へ—地域素材を活かす北海道雪プロジェクト 15 年の活動 (その 1) . 日本科学教育学会年会論文集, 39, 254-255.
- 吉川直志・石川愛・加藤沙綾夏・竹村美香 (2018) 見えない粒子の世界をみんなで演じて理解する方法の提案. 日本科学教育学会研究会研究報告, 28(8), 5-8.

(2023 年 9 月 16 日 受理)