

学校名 京都教育大学附属京都小中学校

執筆者名 津田 真秀

研究タイトル	小学校高学年における情報活用能力の獲得を目指した現実事象を解明する教科横断的授業の実践		
① 育てるべき資質や能力・・・自分で設定した将来を担う子どもたちを育てるべき資質や能力について、その必要性を踏まえて記述する。	ページ No	1	
主に育成すべき資質/能力のキーワード	情報活用能力, 科学的根拠, 教科横断と問題解決		

研究概要

学習指導要領の改訂に伴い、小・中学校（義務教育）段階ではプログラミング教育の必修化や統計に関する学習内容が充実し、高等学校では「理数科」の新設や探究的な活動が加わった。これらを契機に、各教科の知識を組み合わせる教科横断的に課題解決ができる資質・能力の育成が求められる。

本研究の目的、並びに育てるべき資質・能力は以下の通りである。

- ① 現実事象の解明を目指した算数科と理科による教科横断的な授業を、仮説の設定・観察や実験、調査・得られた結果から仮説の検証といった問題解決のプロセスに則って構築すること
- ② 観察や実験、調査または結果を創出する際には、視覚化が難しい量を数値として表すことを可能とする高性能なデジタル機器や、データの適正な扱いや信憑性の向上を補助するソフトウェアなど、ツールを目的に応じて適切に活用する能力（情報活用能力）の獲得を目指すこと
- ③ ①・②によって導かれたエビデンス（科学的根拠）を基に分析・判断する能力の育成を目指すこと

図1は、現実事象の解明に伴う問題解決図を、統計的探究プロセス（PPDAC サイクル）を基に作成し、情報活用能力を発揮する場面を位置づけたものである。「問題の発見（Problem）」では、学習者の素朴な疑問や既習の事象から問題場面を把握する。「課題の設定（Plan）」では、問題場面から解決の対象となる課題を抽出・設定し、データの収集計画を含めた解決の方略を考案する。「情報収集（Data）」「整理・分析（Analysis）」では、算数科・理科の既習の知識・技能、ツールを駆使し情報活用能力を発揮して結果を創出する。「まとめ・表現（Conclusion）」では、結果に基づき判断した考えを説明する活動を行う。この際、「課題の設定」と照らし合わせた妥当性の検証、「問題の発見」で想起した問題場面との対応を確認し、一連の問題解決のプロセスを通して得られた結果を通して科学的根拠を導く。

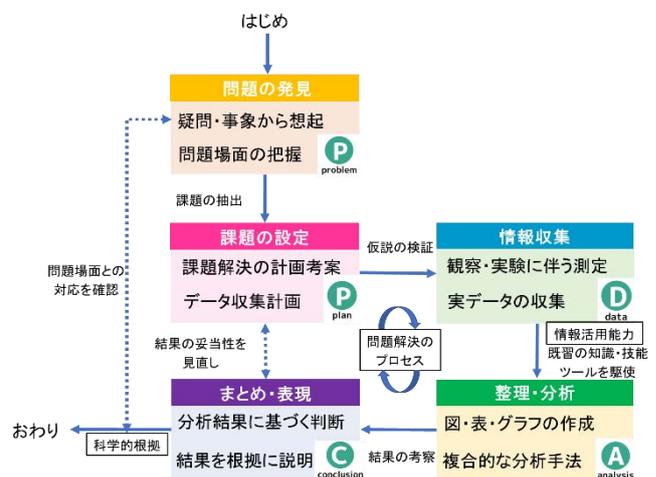


図1 問題解決のプロセスと情報活用能力の位置づけ

本研究のもたらす成果として、現実に介在する社会的課題を様々な教科の知識を駆使して解決を目指すSTEM（Science, Technology, Engineering, Mathematics）教育との密接な関連が期待される。

② 子どもたちの現状 ・・・子どもたちの置かれている環境や状況、学習レベルなどを客観的に把握することによって収集した情報に基づき、子どもたちの現状について記述する。	ページ No	2
---	--------	---

本研究の目的である「各教科の知識を組み合わせることで教科横断的に課題解決ができる資質・能力の育成」の実現に向け、義務教育学校京都教育大学附属京都小中学校の現状を概観し、子どもたちの算数科における認識の特徴と課題を明確化するべく、2020年の一斉休校期間後に調査した習熟度調査の結果を詳説する。

京都教育大学附属京都小中学校の現状

2010年から現在にいたるまで、義務教育学校である京都教育大学附属京都小中学校においては、1年から4年までの初等部段階、5年から7年（中1）までの中等部段階、8年（中2）から9年（中3）までの高等部段階の4-3-2制による9年間を見通したカリキュラム開発や教育研究を継続してきた。

とりわけ、算数・数学科と理科の学習内容に着目すると、それぞれの教科の系統性と学習者の発達段階には密接な関係がある。初等部段階では身近な生活体験やものづくりなど、具体的な事物の提示や操作活動が重視される。中等部段階では徐々に学習内容の抽象度が高まりつつある一方、初等部段階で重視された「具体」から学習内容や思考における「抽象」への移行をスムーズに行うことが困難な場合もある。高等部段階では、「具体」がなくとも抽象的に事物や事象を捉えることが可能であり、科学的に探究する学習内容の扱いが可能となる。

このように4-3-2制による9年間で1つのまとまりと考え教育研究を進めてきた義務教育学校にとって、本研究の対象となる「小学校高学年」は中等部段階にあたり、学習内容や思考の段階は「具体」から「抽象」への移行期と捉えることができる。高等部段階以降の科学的な探究活動を推進していくにあたり、その活動を支える基礎・基本的な知識・技能や「具体」から「抽象」へと橋渡す論理的思考力が充実しつつある小学校高学年での学習活動の経験が重要であると考えた。

子どもたちの現状 — 休校期間中における算数科の習熟度調査より —

新型コロナウイルス感染拡大防止を目的とした小学校の一斉休校の間、オンライン環境の設備の有無に関わらず、学習のほとんどを家庭に委ねる結果となった。京都教育大学附属京都小中学校では、休校期間中に課題の範囲やワークシートを学校HP上にアップするなどして、課題を提供してきた。算数・数学科においては、学年ごとの実態に応じた学習内容を設定し、場合によっては補足を付け足した手厚い解答などを用意していたが、どれも学習者にとって未履修のものばかりであった。学校再開後、提出された課題（問題集やプリントなど）を見ると、抜けや白紙など、課題に最後まで取り組むことができなかった学習者も一定数あったため、課題の達成率に関係なく、新学年の学習を一斉の対面授業で1つずつ学習を進めている状態であった。そこで、津田ら（2020）は、学校での対面授業でフォローすべき課題について検討するべく、休校期間中に**出題した算数科の内容についての習熟度調査を第1～6学年（計187名）に実施**した。調査内容は、休校中に**出題した算数課題**について、各単元の知識・技能・思考を問うものとした。図2は問題の平均正答率を一覧にしたものである。学年ごとの正答率を分析すると、本校の生徒の特徴として以下の点が明らかとなった。

- ・「数と計算」領域の正答率が未履修課題においても高い傾向にあったこと
- ・「量と測定」「図形」領域においては、測定機器を用いる課題に困難性が見られたこと

また、思考を問う問題には、**現実場面との適用やその関係を示す課題**を出題したが、知識・技能の問題と比べ、**理解困難性**が見られた。さらに、公式や言葉などの知識を問う課題や筆算を行う技能の課題は正答率が高い傾向にあるが、**方法は理解していても、その説明を記述する課題は正答率が低くなる傾向**が見られた。



図2 「数と計算」領域 (左) と「その他」の領域 (右) の平均正答率

収集した情報に基づく子どもたちの現状

義務教育学校である本校の特色と算数・数学科の取り組みと、当初は休校後の習熟度の把握を目的としたものであった調査の結果を踏まえ、「各教科の知識を組み合わせる教科横断的に課題解決ができる資質・能力の育成」にあたって、**子どもたちが抱える課題**として以下のものが考えられる。

- ・未履修または未知の課題に対して、一定数の学習者が、既習の学習から解決方法を想起したり、知識・技能を適用させたりすることに対し、**学びの必然性の欠如と意欲に関わる抵抗感**を抱いていること
- ・休校期間後の学習や、刻一刻と社会の情勢が変化する現状での学習において、従来の教科ごとの学習から脱却することが難しく、**教員も学習者も現実場面や実在する事象の解決を目指した教科横断的な学習に対する意識が低いこと**

教科横断的な学習は、各教科の枠組みでは解決が困難である諸課題を打破する一方策として期待される。とりわけ、算数・数学科においては複雑な数の処理や解決方法を検討する必要性がある現実場面の課題の導入が、解が一意に定まる処理が容易な問題の学習からの脱却につながると考えられる。

≪引用・参考文献≫

文部科学省 (2018), 「小中一貫教育の導入状況調査について」

http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/ikkan/1395183.htm (最終検索日: 2021年8月17日現在)

津田真秀・伊藤友輔・高橋正人・保科一生・上田美智穂・藤澤薫里・黒田恭史 (2020), 休校期間中における算数科の習熟度に関する研究 —これからの対面・家庭学習の構築を目指して—, 数学教育学会 2020年度秋季例会予稿集, 査読無: pp.56-58

③ 教育支援の方針 ・・・収集した現在の情報に加え、過去の実践経験や知見（失敗）なども踏まえ、教育支援の方針を記述する	ページ No	4
--	--------	---

教育支援の方針

京都教育大学附属京都小中学校における算数・数学科の9年間を見通したカリキュラム開発による知見と、コロナ禍による学校休校に伴い実施した算数科の習熟度調査をもとに、教育支援の方針を以下のように設定する。

【教材開発】

- ・教科横断的に課題解決を目指す現実事象を題材とした教材を開発するにあたっては、**学習者の意欲を削ぐことのない範囲かつ抵抗を感じさせないもの**でありながら、題材に潜む**算数・数学的な内容は十分応用可能で発展性のある課題**に設定すること

【資質・能力の育成】

- ・現実事象に内在する不確定な要素を含む考察を通して、複合的な分析手法を取り入れた授業実践により、**算数・数学の学習内容の適用可能性を学習者自身が学びの必然性**することができる教育支援を目指すこと
- ・身近な測定機器を事象の解明に使用する意味やその価値を感じることができるよう、**学習者自らがデータを収集・測定・分析・表現に関わる学習活動**を展開すること

これまで行ってきた授業実践

これまで算数・数学教育を中心とした教材開発・教育実践を積み重ねてきた。近年では、学習指導要領の改訂に伴い新設された「データの活用」領域や、高等学校における「理数科」に対応した小学校版探求型学習活動の考案にも着手している。以下では、**理科教員の協力を得て実践した小学校第6学年を対象とした理科との教科横断型学習**について説明する。

【計測機器の使用を前提とした教科横断教育の可能性の検討】

- ・小学校第6学年を対象とした空気電池とテスターを用いた酸素濃度測定実験に関する教育実践

計測機器の使用を前提とした**現実事象を統計的に解明**することを目指す教科横断教育の可能性を模索するため、酸素電池とテスターを用いた気体濃度の測定に関する実践を行った。図3は、前述した科学的手法・技法・根拠の確立を目指した問題解決プロセスを基に授業の構成図を設計したものである。

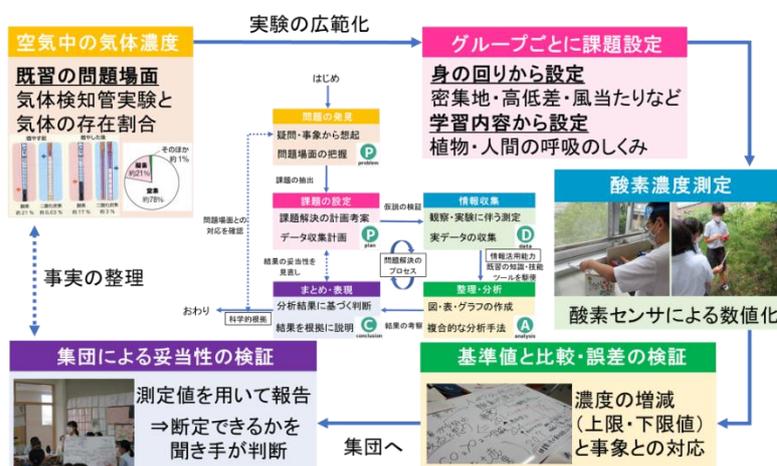


図3 問題解決プロセス「空气中的気体濃度」

なお、その際には数値の処理や表現に計算機やグラフ電卓、PCの表計算ソフトなども活用が可能である。Analysis（分析）では、算数科としての学習内容である「平均」を導入する。場合によっては他の値と乖離した数値は飛び値と判断し、除外する。

Conclusion（結論）では、蓄電量の均一化や試行実験を繰り返すことによる実験精度の向上を再度確認する。均一化により実験の条件がより整理されたこと、試行実験から得られたデータは繰り返しの回数や数値処理の仕方によって信憑性が向上することを理解することが可能となる。

教育実践においては、妥当性の検証を個人の活動で終える段階に留まった。理科実験に適切な機器を導入することによって、現象の確認に留まらず、デジタル化された数値の分析による現象の解明に通常の算数・数学の知識・技能による適切な処理を用いることが可能であると考えられる。

実践経験から得られた知見と課題

筆者らは、過去に行った算数科と理科との教科横断的な教育実践を行い、具体的に学習者の様相や記述を分析することことで、小学校高学年段階においても、科学的根拠に基づく分析・判断力の向上を見とることができた。一方で、学習者の到達度に関しては、記述のレベルの個人差が少なくないこと、機器を用いることに興味・関心が移る傾向にあることが課題として挙げられる。

教育支援の方針の独自性・創造性

これまで行ってきた教育実践と、実践経験から得られた知見と課題を基に、設定した教育支援の方針の独自性・創造性について以下のように考える。

【独自性】

理科の実験をはじめとする現実事象を題材とした課題解決に高性能なデジタル機器とその分析の信憑性を担保する算数・数学科の視点を導入することで、従来の学習では十分に到達できなかったデジタル化された数値に基づく学習者の分析・判断力の育成を可能にする点に独自性があると考えられる。

【創造性】

「データの活用」領域における統計的探究プロセス（PPDAC サイクル）や「理数科」に対応した探求型の学習活動をもとに、新たな現代課題に挑む挑戦的な教材開発に取り組む点に創造性があると考えられる。また、算数・数学科を基盤としたSTEM教育の実現により、それらを教育現場に普及可能な点にも創造性があると考えられる。

≪引用・参考文献≫

津田真秀・平島和雄・辻礼史・黒田恭史（2021），計測機器の使用を前提とした教科横断教育の可能性－空気電池とテスターを用いた気体濃度の実数値測定－，数学教育学会誌 Vol.62 No.1・2，査読有：印刷中

津田真秀・平島和雄・黒田恭史（2021），小学校第6学年を対象としたデジタル蓄電機を用いた点灯実験，日本STEM教育学会拡大研究大会予稿集，査読無：pp.5-8

④ 授業計画と準備状況…教育支援の方針をもとに、「自分がいつ、何をどのように行うのか」具体的な実践や行動に落とし込み、来年度以降の授業計画と準備状況を明確に記述する。	ページ No	7
具体的な工夫のキーワード	算数科・理科の教科横断，身近な現象解明，適切な機器の使用とデータに基づく分析	

「①育てるべき資質・能力」について掲げた「各教科の知識を組み合わせる教科横断的に課題解決ができる資質・能力の育成」について、「②子どもたちの現状」から認識特性や課題の特徴を分析し、それを基に「③教育支援の方針」では、自身のこれまでの教育実践の成果と課題を分析し、教材開発と資質・能力の育成を達成するための具体的な指針を打ち出した。

「④授業計画と準備状況」では、①～③をふりかえり、来年度以降に着手したい具体的な実践について、着想に至った経緯と必要な準備とその状況について説明する。さらに、年間計画から本研究の全体計画を概観し、「自分がいつ、何をどのように行うのか」具体的な実践や行動を明記する。

着想に至った経緯

津田らはこれまでに行ってきた授業実践において、高性能なデジタル機器を用いた測定実験は実施しているが、コロナ禍に伴う一斉休校や早期実施された GIGA スクール構想による端末配備の整備期間であったことから、端末と測定機器を組み合わせた現実事象の解明を目指した取り組みまでは至らなかった。

現在では、1人1台のタブレット端末の配備に加え、酸素電池とテスター、デジタル蓄電機といったデジタル機器が個人・またはグループ実験が可能な台数分を確保できている。小学校第6学年で扱う理科題材に加え、高学年段階にふさわしい STEM 教材開発に着手している。

今後、コンピュータの基本的な操作に加え、データの処理・分析を、機器を用いて適切に行うことができる技能が習得できる段階に入れば、1人1台のタブレット端末と測定機器を同期させることによるリアルタイム表示による科学実験により、限られた範囲での問題場面や簡易な数値の処理に終始しがちな算数科の学習に、現実を介する複雑な要因な数値を加味した問題解決を目指した学習活動を含めることが可能になると考えた

購入・配備済みの機器について

ここでは、教育実践において使用する機器について詳説する。さらに、その具体的な使用方法とこれまで通常の実験で用いられた機器との差異について触れる。図5はこれまでの教育実践の中で使用してきた機器について小学校第6学年の理科における学習内容と実験とを対応させたものである。数多くの単元で使用される「気体検知管」から「酸素電池とテスター」、電気と生活に関わる単元で使用する

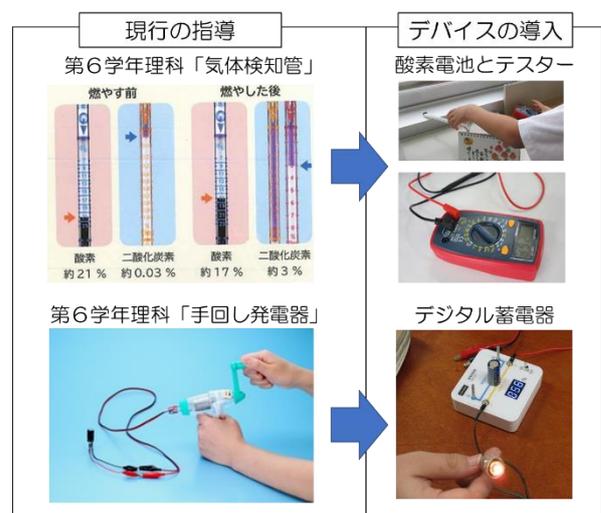


図5 現行の指導と使用するデバイスの対応

「手回し発電機」から「デジタル蓄電機」へとデバイスを移行することによって得られる学習効果や使用方法について下記に示す。

ページ No

8

【酸素電池とテスター】

小学校第6学年においては、「気体の燃焼」「植物と日光・水との関係」「体のつくりとそのはたらき」「生物同士の関わり」などの単元で、学習内容は異なるがどの単元においても「酸素」のはたらきが重要であり、実験でその気体濃度を、気体検知管を用いて測定する実験が行われる。しかし、正確な値を瞬時に出す高精度な気体測定器は台数が限られ（高価なため）、使い捨てで安価な気体検知管は、学級の人数分の確保が難しいことなどの問題点がある。それらを受け、後藤ら（2017）は、理科教材用に開発した繰り返し使うことができる安価な空気電池による酸素センサを用いた試行授業を行い、学習者の実験操作の容易性を明らかにしている。酸素の増減が目に見えることを活かした実践事例は校種を問わず成果があり、現在では商品化（高橋式酸素センサ）され、教育現場に普及しつつある（高橋2017）。

【デジタル蓄電機】

「わたしたちの生活と電気」では、身の回りで活用されている電気に着目し、電気の利用方法や性質を手回し発電機やコンデンサーをはじめとする実験器具を用いて再現し、実証する。学習が進むと、ものによって電気の消費量が違うことに着目し、豆電球とLED電球の点灯を比較する実験に移る。ここでは、両者の条件をそろえるために、手回し発電機を30秒間一定の速度で回してコンデンサーに電力を蓄え、ストップウォッチを用いて点灯時間を計測する。しかし、「手回し発電機を30秒間一定の速度で回してコンデンサーに電力を蓄える」段階で、条件がそろいにくい。

そこで、デジタル蓄電機(ウチダ製)を用いて、蓄電した量をデジタルメーターで確認することができるメリットを生かした教育実践を行い、繰り返し実験する中で得られる数値化された蓄電量や使用電量を数理的に分析する観点と方法の向上を目指した。

今後購入予定の機器について

次に、これまでの教育実践の成果を考察する中で、今後新たに実践していきたい教育内容の実現のために必要となる機器について説明する。図6は、ポケットラボ（物理モデル）という、複数のセンサと充電式バッテリーを内蔵した小型データロガーの使用例を示したものである。Bluetoothでタブレット等と無線接続が可能であり、測定した情報をリアルタイムでグラフ化することができる。また、タブレット端末に付属するカメラと同期し、実験記録を映像として保存したりすることも可能である。ふりこの動きをはじめとする物理実験を、データを基に解析したり、気温・湿度といった自然環境のデータを収集したりと、小学校段階においても活用の幅は広いと考えられる。



図6 データロガーの実践事例

これまでの算数科指導においては、教科書内で現実事象に即した題材は扱われるが、複雑な条件や具体的な数値の扱いを避ける傾向にある。自然現象や物理現象をはじめとする現実事象に対して、そこに

潜む複数の要因をデータロガーが数値化・タブレット端末がグラフ化することにより、算数科の知識・技能・思考を総動員した問題解決学習が可能となると考えた。

ページ No

9

本研究で達成したいこと

本研究では、小学校高学年における算数科・理科との教科横断による現実事象を解明する授業を構築し、その有効性を検証するとともに、学習者の成果物ならびに本研究の成果を発信することを目的としている。

授業実践に際しては、情報活用能力の獲得を目指した問題解決のプロセスに則り、これまでの授業実践の成果と課題から得られた知見を基に行う。題材に関しては、算数・理科の教科間の連携・題材の選定、活動の補助を目的としたデータロガーをはじめとする測定機器の導入により、実在する現象を科学的に考察するものとする。成果物の発信に関しては、認識調査等で実践の有効性を検証した後、学習者の成果物等をコンクール等への出展や構築した授業モデルの公開（学校ホームページ）などから普及を進めていく。

本研究の全体計画

本研究では、上記の目的を達成するために、表1の計画表に沿って研究を進めていく

表1 本研究の全体計画表

年度	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
2022年度	年間計画策定	①計測データ分析実践「データの活用」領域		②各種コンクール出展準備			③計測データ分析実践 理科との教科横断型学習			④成果報告（学会発表・論文投稿）			年度まとめ

①【計測データ分析実践 「データの活用」領域】5～7月

現在、学習者1人につき1台のタブレット端末が配備されていることから、従来の算数・数学科の学習内容に加えて、表計算ソフトの活用をはじめとする「データの活用」領域における実データの処理・分析を伴う学習活動を行うことが可能となった。機器の適切な使用含め、統計的探究プロセスのような一連の学習活動を行うにあたっては、学習サイクルの細分化が必要であると考え。現実事象に介する諸問題に着手する前に、データに基づく分析・判断力の育成を目指した実践を行うことで、問題解決に必要な視点と技能の獲得が見込まれる

②【各種コンクール出展準備】8～10月

本研究における学習者の成果物及び、学習者自らが取り組んだ自主的な課題含め、それらを各種コンクールに出展予定である。具体的には、「データの活用」領域に関わる分野に関しては「京都府グラフ統計コンクール（京都府政策企画部企画統計課情報分析係）」、探究的な課題解決や算数科・理科それぞれの教科に重きを置いた成果物は「塩野直道記念算数・数学の自由研究作品コンクール（一般財団法人理数教育研究所）」「京都サイエンスコンテスト（京都市青少年科学センター）」「自然科学観察コンクール（自然科学観察研究会）」に割り振る。

③【計測データ分析実践 理科との教科横断型学習】10～12月

ページ No	10
--------	----

次に、理科の学習進度に沿った教科横断型学習を実施する。発展的な学習課題が学習者のスムーズな認識の障壁とならないよう、題材は既習のものや体験済みであるものが望ましい。例えば、学習者にとって身近である温度・湿度といった自然環境に即したのものや、第5学年で学習する速さやふりこの動きなどの物理現象などが題材として適当であると考えられる。現実事象の解明に際しては、PCやタブレット端末と接続可能な複数のセンサーが内蔵された教材用データロガーを活用する。

④【成果報告（学会発表・論文投稿）】12～2月

各種実践やその有効性を分析し、得られた研究成果を報告すべく、学会発表や論文の投稿を進める。筆者は、（一社）数学教育学会・（一社）教育システム情報学会・日本教育実践学会・日本STEM教育学会の学会員であり、これまでも継続的に学会発表、論文投稿を行ってきた。研究成果の発信に加え、これら学会に参加することによって情報収集し、研究の更なる発展をねらう。

本研究がもたらす成果

本研究の遂行において、期待される成果について以下のようにまとめる。

- ・現行の指導を元に扱われる教材を皮切りに、GIGAスクール構想により整備された1人1台のタブレットPCに加え、自然・物理現象を科学的に解析することができる機器（測定機器やデータロガーなど）が導入されることにより、小学校段階における高度な科学教育を行うことができること
- ・算数・数学科を中心とした教科横断型授業の構築は、STEM教育に基づく科学教育の一端を担い、蓄積された実践事例は、他の公立学校を含め、授業モデルとして提案ができること

教育実践においては、算数科の内容を理科に応用することがどの程度まで可能であったのか、小学校段階における計測した数値の処理・分析のレベルについても検証したいと考える。

研究協力者について

義務教育学校である京都教育大学附属京都小中学校は、教科の系統性や教科を横断による学習効果を加味した教育実践を、小中学校課程の9年間を見通して設計することができる環境である。小学校高学年段階に限らず幅広い学年の学習者の様相を見とることが可能であることから、教材の取り扱い次第では他学年にまたがる授業実践を行う可能性を見出すことができる。

また、附属学校という特性から、京都教育大学の教員からの専門的な助言を受けることも可能である。

〈引用・参考文献〉

後藤頭一・高橋三男・飯田寛志（2017），小学校理科教具の視点からの学習環境に関する一考察－酸素センサー導入の試行授業における評価分析を通して－，理科教育学研究，Vol.57，No.4，pp.325-336

高橋三男（2017），酸素が見える！新しい理科授業，B&T ブックス日刊工業新聞社