

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：17501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350258

研究課題名(和文)理科分野での実験授業力を育成する教員養成カリキュラムの開発

研究課題名(英文) Development the lesson program of fostering the ability to carry out the classwork to conduct experiments in science subject

研究代表者

山下 茂 (YAMASHITA, Shigeru)

大分大学・教育学部・教授

研究者番号：00166670

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：小学校教員養成課程の理科教育の分野で、教科書の観察・実験を体験し、「実験を行う授業」を積極的に実施できる力、工夫できる力を育成する授業プログラムの開発を行った。この授業での特徴は、学校の教員と連携したこと、小学校理科の評価の観点を取り入れたこと、そしてICTの利用ではクラウドを用いたことである。このICTの使用では、実験の記録・整理、まとめの作成で積極的に使用したことである。これは、先生になったとき学校でも利用できるスキルを養うことを目指している。

研究成果の概要(英文)： In the field of science subject in elementary school teacher training course, we developed the lesson program that cultivate the ability to proactively implement and the ability to devise "the classwork to conduct experiments", with experience the observations and experiments of school textbook.

The characteristics of this lesson are that we adopted the point of view of collaboration with school teachers, evaluation of elementary school science and using ICT with the cloud system. In using this ICT, we actively used it for recording, organizing and creating a summary experiments. This aim is to cultivate skills that can be used at school when the student becoming a teacher.

研究分野：科学教育, 教育工学

キーワード：実験授業力 協調学習 ポートフォリオ 学校現場との連携 ICTの活用 クラウドシステム

1. 研究開始当初の背景

現在、学習指導要領改訂などにおいて、子供たちの科学的学力・素養を確実に身に付けさせ、伸ばす教育の充実などを教育内容の柱として進められている。背景の一つに子供たちの理科離れの流れがあった。これらへの対応として学校の授業での充実が叫ばれ、授業を行う教員において、新たな学びを展開できる実践的指導力（基礎的・基本的な知識・技能の習得に加えて思考力・判断力・表現力等を育成するため、知識・技能を活用する学習活動や課題探究型の学習、協働的学びなどをデザインできる指導力）を有することが教師力に求められており⁽¹⁾、理科教育においては重要な観点である。しかし、教員の実態調査等で、小学校において「理科」の教科に対する苦手意識を持つ教員の割合は一向に減らない傾向である⁽²⁾。「観察・実験（以後「実験」と表記）についての知識・技能」をもっと大学で学んでおいたほうがよかったと思っているのは小学校教員の90%以上、若い教員は95%以上となっており、不安を抱えている⁽²⁾。この様に養成段階での学習経験が乏しいことも、現場に行ってから不安の一つと考えられる。また、教員養成の調査においても、理科実験の知識・素養をみにつける学生実験の授業に関して、「授業時間が足りない」、「学生の理科知識が低く、また実験体験の不足し、学生の理科の基礎的知識が身につけていない」⁽³⁾となっており、学部学生の「理科」に対する意識も不得意感が強く表れている。この背景には教員養成学部が文系学部の位置づけのため、高校での学習履歴が最小限の範囲であり⁽³⁾、基礎学力の不足がある。これらへの対応が急務である。

理科の学習効果を向上するには、中核的理科教員（コア・サイエンス・ティーチャー）養成の意義は重要といえるが、多くの小学校学校現場の教員に少しでも実験の授業に臨む際の自信を持たせるような取り組みが必要であり、その柱の一つとして養成段階での学習履歴を充実させることがある。そのためにカリキュラムのあり方が重要と考える。

この課題も取り組みが行われていて、森本⁽⁴⁾は「小学校教科専門理科」で7,8つの各単元教材を題材に実験を交えた問題解決の体験を行わせている。また、向たち⁽⁵⁾も、理科観察実験体験プログラムで、13教材を網羅的に体験させており、それぞれ各回での単元課題をレポート等で学習させている。教科書の実験を体験して教科専門の関連を学習させていて、一定の成果を上げている。しかし、我々は、もう一歩捉え方を進め、教科書の実験のある授業を中心に、そこで行われる実験を深く考察・活動しながら、児童の目線で実験を行いながら、科学的な基本知識を確認し、作業の体験から科学的方法論を再確認し、また、教員の目線で作業時間や活動での児童の動作なども考えながら指導案を作らせることの必要性を感じている。

そこで、授業で「実験をする授業」を積極的に実施できる力、工夫できる力の育成と、ICTを積極的に使い、学習目標への到達を支援する使い方などを体験し、学校現場でも使用できるスキルも育成する実験指導力育成授業科目を開発することを目指した。

2. 研究の目的

今回の目的は、小学校教員養成において、理科の目標である「見通しをもって実験などを行い」、「自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う」⁽⁶⁾を育む授業に取り組める能力、特に実験授業力を持った教員志望学生の養成カリキュラムの改善である。多くの小学校教員養成の学生は、教科専門として小学校理科に用意された教科を一科目受講している場合が多い。多くが講義形式の科目で、理科4分野の一部ずつしか学習しない。すなわち、教科専門としての物理、化学、生物、地学の教科内容について、基礎的な講義も履修されない。また、大事な観点である小学校理科で行う実験の経験は、ほとんどないと言える。そこで、少ない時間の中で、教科専門と教科教育の力を橋渡しした、少しでも教育の現場で必要な科学的素養を身につけさせる授業を検討し、実践してみることである。これらを踏まえ、以下4つの点を柱として開発する。

(1) 実験授業力を育成する科目の設置

理科の目標に掲げられた観点を育む授業を行うには、教員自身がその経験を持っていないと、児童に的確な指導が難しいといえる。この経験は、現在の学校現場では自己研鑽等が難しく、養成段階での学習履歴が必要である。ここで、科学に対する考え方や方法論を身につけてもらおう。そこで、小学校理科で扱う実験テーマを学習対象として「実験を行う授業」を組み立てる力を育成する科目「理科実験授業演習（仮称）」の開発をする。

(2) 学習支援システムの構築・整備

教育現場ではICTの活用が叫ばれている。理科は、教科の特性を考えてもICT活用の効果が期待でき、学習を支援する、学習成果をまとめる、高めることが可能となる。協調学習の場面では有効性が示されており、そのため有用な電子ノートやシステムはこれまでのいろいろ研究⁽⁷⁾されてきた。学校教育用グループウェアでは「スタディノート」⁽⁸⁾などが有名で、高機能なシステムであり、学習活動から各児童の学習状況が把握できる仕組みを持っている。協調学習の授業での効果が実証されているが、有償のシステムであり、学校現場で利用できるICT環境ではシステムの運用管理などはなかなかハードルが高い。このような市販システムなどの導入がなくても、学校現場での教員にとっては、活用するスキルを身につけることは必須と言ってよい。そこでこの授業では、ICTの活用を通して、実

験の記録・蓄積，データの整理，レポート等の作成，そしてこれらをグループで共同作業し議論しあって学習成果を出す学習方法を用いる。このためのシステムの検討を行う。LMS とポートフォリオシステムの連携と，クラウドの機能を活用したどこにいても利用できるシステムなどを比較し，使いやすい学習支援機能を備えることと，ICT 活用のスキルを育成できる点を考えて創り上げていくことにする。特に，学生が教員になった際，学校現場での一般的な ICT 環境の下でも授業を行うことを想定して，ICT 利用の授業展開が行えるようなスキルを学ぶためのシステムを用意する。どの学校現場でも，ローコストで授業の ICT 化を取り込み，教員の指導の下に学習活動を支援できるシステムを目指す。

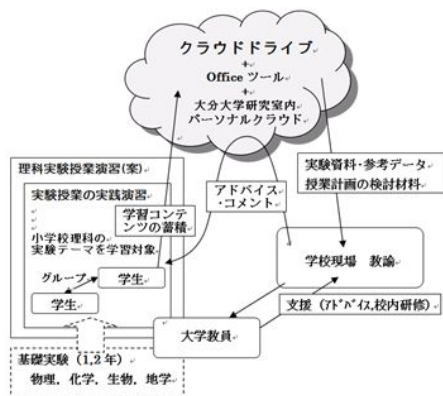


図1 授業づくりの構成

(3) 学校現場の教員と授業作りを連携

学校現場の教員との連携をこのプログラムに取り込むことである。ある地域の学校を中心にして，教員の方々とインターネットを介して交流し，実験を行う授業で教材の用意・準備，予備実験等での現場が抱える課題を把握する。これらを新しい科目の授業作りで反映させる。また，これらの交流から，なかなか作りこみが難しい地域教材の利用等でも新たな教材の検討を行う。これらは，受講した学生がこの新しい授業で行った授業成果や卒業研究が，学校の教員にとって授業案作りの参考として役立てられるようにしていく。

(4) 学生の実験授業力を評価する観点

この評価については，現在大学の授業でも取り込まれている授業の学習成果を形成的な評価で達成度を観ていくことを行う。学校現場では理科の目標を観点別に評価する取り組みがなされてきている。これらの評価するスキルの育成を，学生自らが実験を行って自己評価等を通して経験し，評価の観点の規準，基準の仕組みを学ぶことも取り組むことにした。この対応として，この授業で身に着けるコンピテンシーを，小学校理科で示しているような観点で設定し，評価法としてルーブリックの作成を目指すことにした。

3. 研究の方法

各目的に対して次のような方策を実施した。

(1) 「理科実験授業演習（仮称）」の開設

小学校教員希望者に開設し，実践を行う。小学校教科書の中から，2つの単元を選び，そこで行われる実験について，5回分の時間を充てる。見る観点を整理し，制御できる条件等を整理したりして，単元目標を理解させていく。児童が疑問に思うようなことも実験して確かめることとする。この授業を準備するにあたり，次のような取り組みを行っていた。児童が使う実験器具と同じものをできるだけ用意する。実験機材が不足する際に学校現場でも利用できる，安価で，使用目的に耐えうる実験機器の開発・作成を行う。

いくつかの単元で，少し細かい課題についても予備実験を行っておく。この授業の学習において，実験の記録活動では ICT を積極的に使用し，授業案を作る際には，デジタル教科書も参考として使ってみる。これらをもとにして授業の活動では，グループを作り，議論や検討を行いながら実験の準備，実習，検討，まとめの作業を行う。

(2) 授業における実験作業で学習支援となる ICT システムの開発

学校現場でも用いられ始めたタブレット PC を学習の中心的なツールとして使い，記録する機能，まとめる機能，協同学習する機能等を有する「e実験ノート」と呼べるようなシステムを開発する。従来の授業支援システム（LMS）とポートフォリオシステムの連携を検討したが，クラウドシステムを有効に活用する使い方のほうが，運用では優位と考えこちらの方式を進めた。この方法の使い方は，PC の軽量，薄型化，（マルチ）タッチ入力の技術が進み，実験中でも非常に利用しやすく，最小限の基本的なアプリでもかなり高機能でそして使い易いインターフェイスで利用できることと，このシステムの運用においてサーバー，ネットワークのメンテナンス，セキュリティ対策を考えると不要となり面倒な負担なく利用できる。これにより，受講している学生や連携している学校の教員の方々に對して，安心して学外からの利用がしやすくなった。その有用性（ICT 活用力と授業に活用するスキルなど）などはアンケート等で検証する。



図2 利用者のネットワーク環境

(3) 学校教員との実験授業作りの連携
 学校の教員の方と交流するには、メールが一番手軽であるが、Web システムの掲示板やフォーラムを用いる手法もある。これらもシステムの検討の中で決めていくことにする。ICTの活用も含めて、ネットワークを通して、学校現場の理科授業への支援の1つの形として、研修とかでなく、困っている課題と一緒に取り組んでいく形を目指した。この連携の手法としては、今回のシステムで授業経過、データ、成果を、学校現場の教員の方に授業準備の参考資料として、インターネットを通して閲覧、活用できるよう目指した。

(4) 学習成果評価観点の整理
 小学校教科書を用いた学習を行うので、その評価観点を基にすることは、同じ実験を経験する学生にとっても有効な体験として考えられる。また、カリキュラムを受講した学生の学習の定着度や、ICT 活用力や実験スキルへの到達度などを見るにも、評価観点を整備し、ループリックやアンケートを用いて検討を行うことにした。ここでは、「小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校等における児童生徒の学習評価及び指導要録の改善等について(通知)」⁽⁹⁾(文部科学省)、「評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料(小学校 理科)」⁽¹⁰⁾(国立教育政策研究所)を参考に検討を行った。また、卒業生にアンケートによる追跡調査を行い、授業の有効性を確かめるために、今回の授業受講者と非受講者の実態調査を行っていくことを検討した。

4. 研究成果

(1) 理科実験の授業カリキュラム「理科実験授業演習(仮称)」の実践

今回受講する学生のカリキュラムの構成上から、名称を「理科教育学実習」として実施した。現在、学部改組の進行中であり、それらを考慮して対応した。シラバスとして下記の構成を目的として実施する予定であったが、受講対象者の時間割を考え、印の学習対象を選んで、1 単位(8 時間)の科目設定にして、集中講義の形で実践した。

講義題目	
理科実験授業演習(仮称)集中講義形式	
講義内容	
思考・判断力・表現力等を育成する教科でもある理科では、「見通しをもって観察、実験などを行い、自然の事物・現象についての実感を持った理解を図り科学的な見方や考え方を養う」授業を目指している。この科目では、このような力を育てる授業に取り組めるスキル 特に実験を伴う授業での授業力を養う。	
講義目標	
・小学校理科で扱う実験テーマを学習対象として、「実験を行う授業」を組み立てることができる	
・実験・観察を計画、実施し、器具や機器な	

どを目的に応じて工夫することができる ・実験・観察データを整理し、単元の目標としている科学的理解を導き出すことができる
講義内容
1 日目
1 回目 導入 ・小学校理科の観察・実験の意義、 ・科学実験のフォーマット、取り組み方 2 回目 実験技術・ICT 活用講義 ・観察・実験道具の扱い、 ・データ・記録の取り扱い 3 回目 ICT 活用実習 ・タブレット、クラウドの使い方、 ・ICT の実験中・後の利用の仕方 4 回目 実施単元の検討及び実験テーマ AB の選択
2 日目
5, 6, 7, 8, 9 回目 実験テーマ A ・実験・観察の組み立て ・実習 ・レポート作り、授業案作り
3 日目
10, 11, 12, 13, 14 回目 実験テーマ B ・実験・観察の組み立て ・実習 ・レポート作り、授業案作り
4 日目
15 回目 最終発表 ・指導案の発表&検討会

表1 授業計画

教科書での実験を行う授業を作る体験を行わせ、特に実験を子どもの目線と教員の目線で考えながら取り組むことでは、今年度、実際の授業で集中講義の形でカリキュラムに組んで実施できた。この授業における目標の1つでもある授業案作成は、学生が実践した実験を基に作り成果が得られた。

この授業実践を実施するまでには、いくつかの単元で予備実験を行いろいろな角度から課題を試す実験を行った。これには、授業とは別の課外サークル的に有志を募り、時間をかけて多様な実験を積み重ねてきた。このメンバーは教育実習の経験もあり、児童の目線での検討には有意義な提案や課題をしてもらっている。これらの教材研究は、今回の新しい授業実践への準備には大きく貢献できた。今後受講していくことが予想される学生たちにとって、授業中に調べ学習や検討する際の有用な材料として蓄積できた。

(2) 学習支援のための ICT システムを開発

今回 ICT 環境を整備する方針として、どこからでも活用することから Web ベースを基本とした。その定番としてはサーバー・クライアント型の LMS を中心としたシステムがある。「Canvas」という LMS とポートフォリオの組み合わせで運用を始めた。しかし、サーバーの維持管理、インターネットとの接続における運用面での安全対策等の運用の負担をきちんと対応しないといけない。それに対してクラウド型のシステムが急速に普及し

始め、非常に簡便に利用できるフリーのグループ共有型のシステムが企業から提供され、ほとんど運用の負荷を考えなくて利用できる点で、早い時期にシステムの運用方針を変更した。さらに、このシステムでは、タブレット PC などでの操作性、コンテンツの共有と編集機能などのユーザー・インターフェイスが使いやすく学習支援では優れているといえる。また、どの形態の端末でもアクセス、コンテンツの活用ができるようになった。PC の基本 OS に組み込まれているクラウドがフリーで提供されており、PC にインストールされる基本的な Office アプリとツールを組み合わせることで ICT の利用環境を簡単に構築できた。タブレット PC では、メモ機能(テキスト・手書き)、スケッチ機能、カメラ機能、Office ソフト(ワープロ、表計算ソフト)、ブラウザ、画面クリップアプリ(例: Snipping Tool) が用意されることが必要である。



図3 学習支援ツール

これら多くの機能備えたネットワーク型ノートアプリ(例: OneNote)がフリーで使え、非常にローコストで授業用 PC が準備できた。それぞれの PC では、ユーザーが閉じた環境で利用できるが、ノートアプリがネットワーク型なので、常にこれで共有・共同作業ができる。授業用の運用クラウドシステムには、各ユーザーを招待することで共同作業の権利を与えている。このような ICT 環境は、学校現場でも簡単に利用できる。特に、実験の授業で必須である記録では、このような ICT 技術を活用することは、利用スキルの向上と記録する態度を養うには有用である

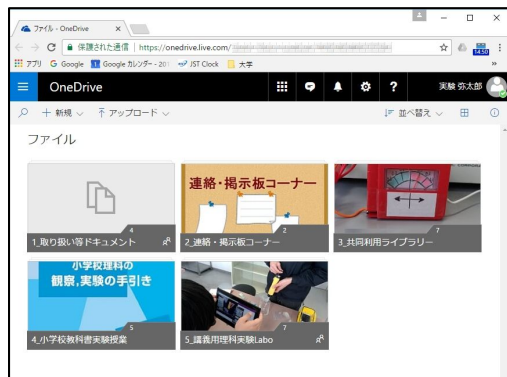


図4 ブラウザでの利用場面
グループでデータを共有し、主体的に課題

に取り組んで、議論しあって学習成果を出していくアクティブ・ラーニングの方法として、クラウドシステム(OneDrive)と多機能の電子ノートアプリ(OneNote)を利用できることが分かった。これらはポートフォリオとして活用されている。中心として用いた機材は、2in1 タイプ(キーボード付きタブレット)PC を用い、作業中や授業後のまとめ等でテキスト入力を補助できるようにした。

(3) 学校教員との実験授業作りの連携

このプログラムの1つの柱でもある学校現場の教員との連携においては、臼杵地区の小学校と連携を試みた。この連携の手法として、学校からの発信を、インターネットを利用して実施することを目指したが、なかなか現場では ICT スキルに不安な先生方が圧倒的に多く、負担をおかけしてしまうので、学校へ訪問調査に赴き教員の方から聞き取り調査を行い、実験を行う授業で教材の用意・準備、予備実験等での現場が抱える課題を把握した。その中の1件「ものの溶け方」で実施でき、かなり細かな条件等を設定した予備実験などを行い、結果を資料としてクラウドにアップし、参考にいただいた。また、これらの調査では、地域教材がどのように利用されているかも調査した。地域での農業体験、漁村体験等の体験学習等では実績が積み上げられていた。しかし、なかなか地域素材を教材にする理科授業の取り組みは難しいようであった。その中で、調査で耳にした大分特産「かぼす」の元祖木は、調べてみると興味深いテーマであり、特産の農産物を理科教材、環境教育教材としてあつかった授業を提案でき⁽¹⁾、このプログラムの1つの実験テーマとして取り入れることができた。

(4) 学習と到達度の評価の観点について

この新科目では小学校教科書を用いた学習を行うので、小学校における児童の学習評価について、文科省が示している「各教科等・各学年等の評価の観点等及びその趣旨」⁽⁹⁾を基にした。ここでは、「科学的な思考・表現」・「観察・実験の技能」・「自然事象への関心・意欲・態度」・「自然事象についての知識・理解」の領域に、理科の学習におけるコンピテンシーとも言える学習目標を掲げている。その評価観点をこの科目に用いてみることは、同じ実験を経験する学生にとっても有効な体験として考えられる。そこで、次のように3つの観点に大学生版をまとめた。

○ 科学的な思考をもとに実験の現象について説明できる: 教科書の実験でおきる自然事象から、比較、関係付け、起きる条件等に気づき、推論したりして多面的に調べることができ、得られた結果を考察し表現して実験の現象について説明できる

○ 実験・観察を計画、実施し、器具や機器な

どを目的に応じて工夫して扱うことができる：実験を計画し、器具や機器などを的確に扱い、また、簡単な器具や材料を作ったりして用意できる。実験の探求に適した方法を工夫し、装置や道具を用いて実験を実施することができ、それらの過程や結果を的確に記録できる。実験で起きる事象を比較しながら条件（変化と関係する要因）に着目し、量的変化や時間的変化について推論を行い、規則性や相互関係について表現することができる

○ 実験・観察（過程や結果）の表現が的確に表現できる：実験・観察を実施した条件、手段・方法、実験中に現れる事象・データなど、過程や結果をみやすく的確に記録できる。この蓄積した記録を基に、その単元でもとめる特性やきまりを導き出せ、レポートにまとめることができ、また指導案作りに活かせる。この際に、グループで科学的な議論等が行え、扱った事象の生活との関連、生活に活かせる検討など行うことができる。

これらの観点を基にアンケートを作り、受講した学生に実施し、ループリックの基準を作った。またアンケートについては、卒業生にはできなかった。多くの新任が理科の科目の授業を持つことがなかった。

理科の各学習分野の基礎をほとんど学んでいない学生に、理科を教えるために必要な科学的探究をする態度や能力を育む目標について、大方の成果は得られ、研究目的はほぼ達成できた。

<引用文献>

文部科学省中央教育審議会「教職生活の全体を通じた教員の資質能力の総合的な向上方策について（答申）」、2012.8

科学技術振興機構理科教育支援センター、「平成22年度 小学校理科教育実態調査報告書」、2012.6

科学技術振興機構理科教育支援センター、「理科を教える小学校教員の養成に関する調査」報告書、2011.3

森本弘一「教員養成系大学における小学校理科の授業」、奈良教育大学紀要人文・社会科学、59(1)、2010、pp.151-157

向平和、隅田学、中本剛、大橋淳史、熊谷隆至、日詰雅博、中村依子、佐野栄、「理科観察・実験の指導力育成に向けた取り組み」、大学教育実践ジャーナル 第14号 2016、pp.43-46

文部科学省「小学校学習指導要領解説理科編」、2008.6、pp.4

平中宏典、野崎修司、持地隆一、水澤玲子、「小学校教員養成における模擬授業とLMS活用を組み合わせた理科カリキュラムの開発」、福島大学総合教育研究センター紀要(22)、2017、pp.1-10

余田義彦、「学校教育用グループウェア

「スタディノート」における学校間協調学習の支援機能」、日本教育工学会第15回大会論文集、1999、<http://study.tsukuba-g.ac.jp/eco/paper/1/ET99.pdf>

文部科学省、「小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校等における児童生徒の学習評価及び指導要録の改善等について（通知）別紙5.各教科等・各学年等の評価の観点等及びその趣旨」、2010.5

国立教育政策研究所教育課程研究センター、「評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料（小学校理科）」、2011.11、教育出版、pp.1-114

鶴崎志保、高濱秀樹、「小学校理科・生活科で活用できる生物・自然観察教材の開発」、大分大学教育福祉健康科学部理科卒業論文、2017.2 平成29年2月、pp.1-60

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

山下 茂 (YAMASHITA Shigeru)

大分大学・教育学部・特任教授

研究者番号：00166670

(2)研究分担者

高濱 秀樹 (TAKAHAMA Hideki)

大分大学・教育学部・教授

研究者番号：10113010

三次 徳二 (MITSUGI Tokuji)

大分大学・教育学部・教授

研究者番号：10298127

藤井 弘也 (FUJII Hironari)

大分大学・教育学部・教授

研究者番号：70218981

大上 和敏 (OHUE Kazutoshi)

大分大学・教育学部・准教授

研究者番号：20583876

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

なし