

理科教員養成カリキュラムを活用した高大接続プログラムの開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-04-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 西沢, 徹, 浅原, 雅浩 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/00028676

理科教員養成カリキュラムを活用した高大接続プログラムの開発

福井大学教育学部 西 沢 徹
福井大学教育学部 浅 原 雅 浩

福井プレカレッジは、高大接続改革の動向を踏まえ、福井県教育委員会が主催する事業で、高校生が進路選択の判断材料の機会を得る目的で、大学教育カリキュラムの一端を2日間にわたって体験するプログラムである。福井大学教育学部における、理科教員養成に関するカリキュラムをテーマとした講座は、平成29年度に開設して以来、毎年継続して開講している。令和元年度は、「小中学校理科の新しい観察・実験を開発しよう」というテーマで、生命領域と粒子領域における教材研究と授業づくりを実施した。本稿では、これらのプログラムの実践内容を報告すると共に、参加した高校生のアンケートに基づいて、本プログラムの効果と意義について考察した。

キーワード：小学校理科，中学校理科，高大接続，理科教材研究，模擬授業，福井プレカレッジ

I. はじめに

福井プレカレッジ事業は、福井県教育委員会が高校2年生を対象に、高校で育む資質と大学が求める資質の橋渡しや、高校生の興味関心を喚起し、進路目標を明確にする機会の提供などを目的に、平成28年度から実施されている。福井プレカレッジ事業の目的や概要に関しては、既報に詳述されているので参照頂きたい¹⁾。福井大学教育学部の理科教育（理科の初等・中等教員養成）を目的としたテーマでは平成29年度から参画している。平成29年度は理科の4つの領域に対応したエネルギー、粒子、生命、地球のそれぞれの分野で計画し、希望者があった粒子、生命、地球の3領域で教材研究と授業づくりを行った¹⁾。平成30年度は、エネルギーと地球の2領域で計画し、それぞれの分野に申込みがあったものの、受講者の都合で地球領域のみの開講となった。令和元年度は、粒子と生命の2領域で計画し、24名程度を上限に募集を行った。

平成29年度の参画以来、教育学部理科教育のコースでは、初等中等教員の養成を目的とする教育学部のミッションを踏まえ、理科の教員養成に関する大学カリキュラムの一端に触れてもらうことを通じて、教員養成に対する理解を深め、学校の先生という進路選択の一助となるような機会の提供を目的に実施している。今回も、粒子と生命の2つのグループに分かれての実施形態とする一方で、「小中学校理科の新しい観察・実験を開発しよう」と、理科の教員養成に関する共通のテーマを設定し、「理科教員養成に関する専門の授業や実習内容を経験し、実験や観察の操作を含む授業づくりを行うこと」を基本的なフレームとして定めた。本稿では、この令和元年度に実施した福井プレカレッジ理科教育コースの活動について報告する。

II. 理科教育コース全体の概要

平成30年度はプレカレッジ事業全体の定員が120名程度であったが、令和元年度は220名程度と、大幅に定員を増やしての募集が行われた。当初、理科教育コースには18名の応募があったが、最終的な参加者は14名となった。

日程は、2019年8月10日（土）－11日（日）の2日間の連続講座として設定された。昨年度までと比べて、各日とも終了時刻が30分繰り上げられたことから、2日目の日程において、授業リハーサルの時間が前年よりも短くなっている以外は、基本的なスケジュール構成はこれまでと同様である。全体ガイダンスで粒子か生命のどちらかの領域を選択し、以降は2日目の模擬授業実施段階までは各領域のグループでの活動が中心となる。領域の選択は、それぞれの大学担当教員が活動の概要を説明した後、受講生に選択させた。14名の参加であったことから、7名ずつに分かれることが理想であったが、受講生の希望を尊重した結果、生命6名、粒子8名のグループ分けとなった。1日目と2日目の午前中は教材研究と授業づくり、2日目の午後に高校生が先生となる模擬授業を行う。模擬授業は、授業者以外の残りの全参加者が生徒役となり、学習者となる。学習指導案のフォーマットは、平成29年度に使用した様式と基本的に同様であるが¹⁾、授業計画ができあがった時点で、授業づくりのプロセスの振り返りを実施してもらう目的で、「この授業で生徒（受講生）に一番伝えたかったこと」、「授業をつくる上で苦労したこと」、「授業に際して工夫した点」を問う項目を新たに追加した。

大学のカリキュラムを体験することが一つの目的であることから、理科教育コースでは、文京キャンパスの総合研究棟 I 12階化学大実験室、9階生物学大実験室、

多目的演習室等を中心に活動を行った。

Ⅲ. 生命領域（生物分野）の実施内容

Ⅲ-1. 生命領域におけるテーマ設定の背景

平成29年度に実施した福井プレカレッジの生命領域では、「メダカ」という素材をテーマの柱に置き、平成20年公示の学習指導要領改訂に際して契機となった中央教育審議会の答申（平成20年1月17日）に於いて示された「内容の系統性」について、授業づくりを通じて理解することを一つの目的とした²⁾。小学校および中学校の学習に於いてメダカを活用する3つの単元からサブテーマを提示し、参加した高校生に一つのテーマを選んでもらった結果、中学校第3学年で扱う「遺伝」に関する単元に於いて授業づくりを行った²⁾。参加した高校2年生にとっては、中学校3年時に学んだ記憶が新しく、さらに参加者の一部が「生物基礎」で「遺伝子とそのはたらきに」について学んでいたことから、関心が高かった遺伝に関する内容が選択された結果と考えている。一方で、プレカレッジ実施後のアンケート結果からは、小学校の先生への関心も見いだされており、小学校で扱う単元に限定し、初等教員の養成に関するカリキュラムをテーマとしたプレカレッジにも意義が見いだせるものと考えていた²⁾。そこで今回の生命領域では、小学校で扱う内容に限定し、学部専門科目「理科実験観察法」の生命領域で扱っている実験や観察に関する単元内容からテーマを設定した。今回の実施計画では、当初18名の申込みがあったことから、生命と粒子のそれぞれの領域に8～10名ずつ分け、各領域で2チーム（2テーマ）ずつ模擬授業を実施する計画とした。このため、生命領域では、動物チームとして、小学校第5学年「魚のたんじょう」を、植物チームとして、小学校第5学年「種子の発芽と成長」を実施単元として選定した。

メダカを素材として活用した教材開発テーマは、平成29年度の福井プレカレッジ（理科教育・生命）に引き続いて採用した。これは、初等中等教育における生物教材としての価値が高いことに加えて、前回のプレカレッジにおいて生物教材開発を担当した参加高校生からの評判もよかったことによる。前回は、「メダカ」という生物教材の活用をまず前提として定め、初等中等教育における生物教材として活用が見込まれる3つのテーマ「魚のたんじょう（小学校）」、「魚の食べ物および生物と細胞（小中学校）」、「遺伝の規則性と遺伝子（中学校）」の中から一つのテーマを受講生に選択させた。その結果、中学校3年生で学習する「遺伝の規則性と遺伝子」の単元が選択され、この単元で活用するメダカの教材化について授業づくりを実施した。平成29年度の福井プレカレッジの内容の詳細や、生物教材としてのメダカの魅力や利点については、引用文献を参照頂きたい²⁾。前回は中学校の単元で実施したことから、今回は、小学校理科におけるメダカの活用について、特に取り組んでみたい

という実施側の意向から、小学校第5学年「魚のたんじょう」の単元に予め対象を限定した。

今回のプログラムでは、小学校第5学年「種子の発芽と成長」を新たな対象として実施単元に加えた。この単元では、種子の発芽に必要な3つの環境因子（温度、水、空気）に注目し、実験を通じてそれぞれの因子が種子の発芽に及ぼす影響について考察を行う。この過程は、条件制御の力を育む題材として典型的な内容である。一方で、実際の種子発芽の生理的なメカニズムは複雑で、光応答因子や植物ホルモンによる成長調節のしくみなど、複数の要因が関与している。例えば、小学校の学習内容としては、発芽に必要な因子として「光」は採りあげられていないが、実際は光応答が植物のさまざまな成長反応において重要な役割を果たしていることが知られている。生理学的な本質の理解（少なくとも高等学校生物以上の知識）を得るまでは、全体像を捉えることが難しい生命現象の一つである。発芽に必要な環境因子として「光」「肥料」「土壌」などを挙げる子どもたちもあり、学校現場においても扱いが難しい単元の一つである。授業づくりの経験がまだあまりないであろう高校生が対象であることと、実験や観察を伴った授業づくりを行うことを目的の一つとしていることを考慮して、扱うテーマの範囲については大学担当教員の方である程度の方向性を定めて提示することにした。そこで、種子の発芽に関して学習する単元の2つ目のステップである「発芽の養分」について、「子葉のはたらきに注目させること」を前提の条件として与え、複数の出版社から発行されている教科書の記述を分析させながら、教材としての活用法の検討と授業づくりを実施することにした。

今回、授業づくりのテーマとして選定した「魚のたんじょう」と「植物の発芽と成長」の単元は、いずれも小学校第5学年の学習内容で、内容の系統性を示す一つの柱である「生命の連続性」に関わる部分である。中学校第3学年で学習する有性生殖に関する内容の基礎となる部分で、次期学習指導要領（平成29年告示）においても、系統性のフレームの位置付けならびに配当学年もそのまま維持されている。一方、次期学習指導要領では、資質・能力の育成のために働かせる、各教科等の特質に応じた物事を捉える視点や考え方として「見方・考え方」が、全教科・領域を通して整理された。理科における「見方」は、自然を捉える着眼点であり、観察や実験の観点や、分析の視点となる³⁾。理科の各領域で分節化された見方の例として、生命領域では「多様性と共通性の視点」で生命現象を捉えることが、特徴的な視点として整理された⁴⁾。そこで今回のプレカレッジでは、卵黄嚢と子葉の役割（共通性の視点、発生から成長初期の段階における養分の貯蔵・供給器官）について、動物と植物で比較しながら学ぶこと（多様性の視点）を通じて、生命現象の本質的な背景についても、参加した高校生が理解を深め関心を持てるように配慮した。

Ⅲ－2. 生命領域における全体活動

生命と粒子の2つのグループにわかれた後、生命領域ではまず、生命を選択した6人全員を対象に、大学担当教員（西沢）が講師となり、学習指導要領に関する解説を行った。ここでは、おおよそ10年ごとに見直しが行われる点や、小学校においては来年度から新学習指導要領が導入されること、小学校における学年ごとの重点育成目標などについて概説した後、今回の対象となる小学校5年生の2つの単元に関する該当部分の確認を行い、教科書の分析と共に、指導要領の解説も考慮しながら授業づくりを行う点について確認した。また、生命現象の本質への理解を深めてもらうために、「多様性と共通性」の視点から生命現象を捉える意義と、今回のテーマ設定の背景についても解説し、卵黄嚢と子葉のはたらきについて授業づくりを行う目的について共有した。

この後、メダカチームと種子の発芽チームに3名ずつ分かれ、それぞれのチームごとに教材研究と授業づくりを実施した。それぞれのチームには、共通する資料として、それぞれの単元に関する小学校学習指導要領解説、ならびに6社（東京書籍、信教出版、大日本図書、啓林館、教育出版、学校図書）から出版されている小学校理科第5学年の教科書を提供した。生命グループでは学生TA1名（教育学部中等教育コース、生物学専攻、4年生）を配置し、メダカチームの活動を主にTAが、種子発芽チームを担当教員が主に支援しながら活動を行った。

Ⅲ－3. 各チームの実践内容

(1) メダカチーム

実習材料としてのメダカは、生物学実験室で飼育している個体を使用した。メダカ（ニホンメダカ）とは、厳密には遺伝的な差異が認められているミナミメダカとキタノメダカの2種を合わせた総称である。前報にならない、本稿でもこれらの区別をせず“メダカ”の呼称を用いるものとする。また、体表の形質の違いを表す場合には、やはり前報と同様に、黒褐色である野生型を「クロメダカ」、緋色型を「ヒメダカ」とよぶことにする²⁾。メダカは、水温を25℃前後に保ち、日長を14時間以上確保する条件を維持してやれば、年間を通じて産卵する²⁾。実験室で飼育しているペアから受精卵を採取し、採卵日ごとに受精卵をシャーレに入れて発生を継続させ、発生段階の異なる受精卵の系列を事前に準備しておき、このプログラムに供与した。

メダカに関する学習内容の復習と単元検討 1日目の午前中は、実際に親メダカや受精卵の観察を行いながら、メダカの雌雄の形態的特徴や飼育環境、発生段階の異なる受精卵の特徴について、受講生自身が改めて確認することに費やした。特に、発生段階の終盤に達した胚を双眼実体顕微鏡で観察した際には、心臓が鼓動する様子に強く関心を抱いていた様子が印象的である。2年前に実

施した際に参加者に行ったヒアリングでは、「メダカに触れるのは小学校で学習して以来」という回答を得たが、今回の3名も同様に、メダカに直接触れた機会は小学校以来との回答であった。久しくメダカに触れる機会がなく、授業づくりの経験がほとんどない高校生であることを考慮して、共通性の視点のもとで「胚発生の養分」に着目させる授業展開をつくるヒントとして、福井県下の公立学校で採用されている、東京書籍の教師用指導書で示された年間指導計画の中から「たまごの変化」に関する記述に注目させた⁵⁾。この中では「数日ごとにメダカの卵の中の変化を解剖顕微鏡で観察し、記録する。〔観察1〕、「かえった子メダカを観察し、魚の卵の中の変化をまとめる。」「サケの卵の資料を読む。」ことが主な学習活動として示されている。さらに、6社の教科書のメインクエストを比較させ（表1）、「卵黄嚢のはたらき」を考察する展開となるような授業展開を検討するように助言した^{6～11)}。

表1 メダカの受精卵に関する発問の記述の比較

出版社	該当するメインクエストの記述
東京書籍	メダカのたまごは、どのように育つのだろうか。
信教出版	メダカはたまごの中でどのように育って、かえるのだろうか。
大日本図書	たまごはどのように変化して、子メダカになるのだろうか。
啓林館	メダカのたまごは、どのように育っていくのだろうか。
教育出版	受精したメダカのたまごは、どのように育つのだろうか。
学校図書	メダカの受精卵はどのように変化し、育っていくのでしょうか。たまごからかえったばかりの子メダカのはらのふくらみは、どのようなはたらきをしているのでしょうか。

その結果、メダカの産卵行動と受精に関する講義、受精卵の顕微鏡観察、観察に基づいて卵黄嚢のはたらきについて考察する、という授業プランができあがった。メダカグループの受講生が作成した授業プランを図2に示す。1日目の午後は、教科書から使用する資料の選定と、各発生段階にある受精卵の中から目的に応じた発生段階の受精卵を選別する作業を行い、図2に示された授業展開案の骨格ができあがっていた。2日目の午前中は、使用する器具や受精卵の準備と板書計画、数度のリハーサルを重ねた。指導案が完成した段階で、計画した授業について次のように評価している。

〔この授業で生徒（受講生）に一番伝えたかったこと〕

・卵黄のうの働き。

〔授業をつくる上で苦労したこと〕

- ・小学生に伝わるわかりやすい言葉を使うこと。
- ・観察時の時間配分に配慮すること。

[授業に際して工夫した点]

- ・わかりやすいように資料を多めに用意した。

授業の実際 授業は粒子グループの2つの班と生命の植物チームごとに実験台に着席し、3つの受講者グループを対象とする形式で実施した。

理科学習指導案

授業者 (チーム名): ゆてき

題材名 (開発した実験・観察のタイトル): メダカの誕生

対象の校種と学年: 小学校5年生

教科書の単元名: 魚の誕生

目標: 卵黄のうのはたらきについて知る。

展開 (25分)

展開	学習活動	指導上の留意点
3分	・受精や受精卵についての説明 ・1日後～3日後の特徴を説明 ・顕微鏡の使い方を教える	資料見せながら 注意点を伝える
2分	観察 オスメダカとメダカの区別の仕方について話す。	見回る なぜ行儀、声は聞かぬ
3分	卵黄のうの説明 ①袋の中は何が入っているのか A. 養分 ②なぜ養分が入っているのか A. 臓器を成長させて自分で動いたり エサを食べるようになるため ↓ 卵黄のう	〈ヒント〉 2. 3日何も食べないこと 卵黄のうは人間の卵黄と 異なる点と共通性がある 身近な物だから注目してみる と面白い
3分	卵黄のう まとめを言う	

図2 メダカチームの学習指導案

前半の講義パートでは、教科書の拡大コピーを掲示したポスターと、同じ物を縮刷したコピーを教科書代わりに配布し、資料を見ながらの解説が行われた。メダカの雌雄の判別には教育出版の教科書42頁の写真を、産卵行動については大日本図書の42頁の写真を、受精卵の発生段階については学校図書の44～45頁の写真が資料として掲示・配布された。受精卵の発生については、複数の発生段階の写真が一覧となって掲載されており、説明内容が多かったため、映像提示装置を使用して、配布内容と同じ物を拡大投影して解説を行っていた。

メダカの産卵行動は、「おすがめすの周りを泳ぐ。」「体をすりあわせて、おすが精子をかける。」「めすは、うんだたまごを水草につける。」という一連の行動からなっている。一般的には、水温と日長の条件が整うと、メダカの産卵は早朝に行われることから、学校の授業時間内に、リアルタイムで直接産卵行動を観察することは難しい場合も多い。このため、映像教材や連続した写真資料などを活用することが現実的である。産卵行動に関する“一連の流れ”について、順を追った写真で見ることが

できる資料は、今回比較を行った6社の教科書の中では大日本図書と東京書籍の写真資料が最も詳しかった。したがって、一連の産卵行動を説明する際に、最も実際の状態をより具体的に説明できる資料を適切に選択していた。また、受精卵の発生段階の写真は、各社大差ない内容であったが、孵化直後の稚魚が特に大きな写真として掲載されていた学校図書の図が用いられていた。これは、後半のパートで実際に受精卵を観察するため、材料の実態に近い資料を選択したのではないかと考えられる。

後半の観察パートでは、発生途上の受精卵を小型シャーレに入れて各自に配布し、双眼実体顕微鏡で観察を行った。授業者自身が1日目に示した反応と同じく、生徒役の受講生も、心臓の拍動や孵化直後の稚魚に感嘆する様子が印象的であった。双眼実体顕微鏡の扱い、特に両目で覗くことになっていない学生は大学生にも多いが、参加した高校生にも両目での扱いに不慣れな生徒が散見された。前日の授業づくりの際には、双眼実体顕微鏡の使用法に関するトレーニングも実施しておいたことから、各自の両方の目の幅に合わせて顕微鏡の鏡筒の幅を調節することについて、机間巡回による適切な助言指導が徹底されていた。

観察をある程度行った段階で、配付資料に基づいて卵黄囊に着目させ、「①袋の中は何が入っているのか」、「②なぜ養分が入っているのか」を問う展開に入った。ここでは、教師役からこれらの問が発せられたが、観察している生徒役から「お腹の袋」に関する発言が引き出せる一歩手前の状態まで来ており、初めての授業づくりには、観察から発問に結び付ける展開として十分の内容であった。孵化直後の稚魚は、2～3日は何も食べないことをヒントとして挙げ、卵黄囊が、自身で餌を採ることができる段階までに成長するための養分であることを解説して授業を終えた。

模擬授業を終えての、授業者役の高校生の感想をいくつか紹介する(原文のまま)。

- ・模擬授業を終えて、あらかじめ持ち時間を決めていたが早くなってしまったり、遅くなってしまったりしたけど、教えることは練習通りできたし、顕微鏡を使うとき、できているか確認することができた。
- ・計画で苦労した点では、相手が5年生ということを考えて、分かりやすい言葉を選んで説明できた。
- ・小学生にも理解できるような簡単な言葉選びが難しかった。
- ・授業をするのはほんとうに楽しい。
- ・授業をつくるころからははじめてしたので、毎回こんなことを先生はしているなんて大変だと思った。

(2) 種子の発芽チーム

“発芽”という生命現象の様子を、実験や観察を伴いながら学習するためには、実験などの結果がでるまで植物を成長させる必要があり、継続的な観察が必要となる。

このため、2日間という限られた時間内で授業づくりを行うために、採りあげる単元内容の方向性をある程度定めた上で、成長させた実験用試料は事前に担当教員が準備した。種子の発芽に関する単元は、大きく分けて「種子が発芽する条件」、「種子の発芽と養分」、「植物が成長する条件」の3つのパートから構成されている。事前に成長させておいた試料を活用すれば、子葉の役割について考える、観察を伴った授業づくりは2日間で可能である。そこで今回、授業づくりを行う単元内容として「種子が発芽する条件」の中から「子葉の役割について考えること」を設定した。発芽グループの実験材料は担当教員が事前に播種し、プレカレッジの実施日に教材として供与した。小学校の教科書では、粒が大きく観察が容易なインゲンの種子を用いることが多いことから、比較的大粒のインゲン2品種を材料として使用した（「大ひらさや」、株式会社トーホク：「日光つるあり」日光種苗株式会社）。発芽後の子葉の観察用試料として、実施日約10日前の7月30日に、各品種3粒ずつ4個のプラスチック容器に分けて、パーミキュライトに播種した（各品種12粒を播種）。両品種共に、8月1日には播種したすべての種子が発芽し、8月5日頃には本葉の展開が始まった。その後順調に成長を続け、プレカレッジ当日の頃には、子葉の養分が使い果たされ、「子葉の役割について考える試料」つまり、子葉の養分が使い果たされ、子葉が縮んで黄変している状態の観察材料を準備することができた（図3）。



図3 発芽させたインゲンの種子（左図）と成長中の実生（右図）

さらに、「子葉には養分（デンプン）が蓄えられている」ことを、ヨウ素デンプン反応を用いて検出する観察実験もこの単元には設定されている。これは、種子を切断してその断面にヨウ素液（ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液）をかけ、呈色反応を観察する内容である。授業内容の検討結果によっては、この実験が採用される可能性もあったことから、プレカレッジ2日前に、同じ品種の種子を5~6粒ずつ水に浸し、吸水処理した試料も準備した。こうすることで、解剖用メスやカッターナイフで容易に種子を切断することができる、柔らかくふやけた（発芽直前~直後の）種子が準備できる。

種子の発芽に関する学習内容の復習と単元検討 授業内容として、子葉の役割について考えることを設定したが、各教科書のメインエスチョンを読み解くと、教師側から子葉を注目の対象として指示する展開と、種子の

観察に基づいて子葉のはたらきを子どもに気付かせる展開の2つのアプローチがあることが判る（表2）。そこで、メダカチームと同じ6社の教科書の記述を比較させ、どちらのアプローチによる授業をつくるのか検討するように助言した^{6~11)}。

表2 子葉のはたらきに関する発問の記述の比較

出版社	該当するメインエスチョンの記述
東京書籍	子葉は、発芽するときに、何かはたらきをしているのだろうか。
信教出版	種子の中の様子を調べよう。
大日本図書	種子の中には、発芽するために必要な養分がふくまれているのだろうか。
啓林館	発芽に必要な養分は、どこにあったのだろうか。
教育出版	子葉がしぼんでしまうのは、どうしてだろうか。
学校図書	種子の中には、根やくき、葉になる部分があるのでしょうか。

その結果、1日目の午前中は、教科書の単元内容の精査とメインエスチョンの分析を行い、午後から担当教員が準備しておいた試料を用いて、教科書で採りあげられている観察実験の復習を行った。具体的には、発芽直前の種子と、発芽後の、本葉が展開している実生に残った萎れた子葉でそれぞれヨウ素デンプン反応を調べ、デンプンの有無と子葉の役割について考察を行う。2日目の午前中は、板書計画とパワーポイントによる講義資料の作成、実験器具の準備、数度のリハーサルを重ねた上で、午後の模擬授業に臨んだ。

理科学習指導案
 (ありふれた)
 授業者 (チーム名): T. Phascolus vulgaris (フェセオロス・アルカリス)
 題材名 (開発した実験・観察のタイトル): 「子葉のたんぱく質の変化」
 対象の校種と学年: 小学5年生: 頭 (高校生現在)
 教科書の単元名: 植物の発芽と成長
 目標: 種子の中はどうなっているのか?

展開 (25分)		指導上の留意点
展開	学習活動	
	1. 授業目標 (目的): 1. 実験説明 2. 実験・実習「子葉のたんぱく質の変化」 3. 考察: まじり ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺	対象: 小学5年生 5min 3min 7min 10min

図4 発芽チームの学習指導案

発芽チームの学習指導案を図4に示す。指導案が完成した段階で、計画した授業について次のように評価している。

〔この授業で生徒（受講生）に一番伝えたかったこと〕

- ・発芽には子葉が必要であること。
- ・発芽するのに肥料がいらないのは、種子の中の子葉が「でんぷん」を持っているから。

〔授業をつくる上で苦労したこと〕

- ・話し合いで自分たちが伝えたいことを伝えるプロセスで、違った方向に向かってしまったこと。

〔授業に際して工夫した点〕

（未記載）

授業の実際 授業は粒子グループの2つの班と生命の動物チームごとに実験台に着席し、メダカの授業と同様に、3つの受講者グループを対象とする形式で実施した。

授業の前半はパワーポイントを用いた講義で、小学校で学習する発芽に必要な3つの環境因子（水、温度、空気）について復習を行った段階で、「この中に肥料が含まれていないのに、どうして発芽が可能なのか？種子の中に秘密があるのではないか！」という発問がなされ、発芽直後の種子の横断面と成長後の実生を対比させた

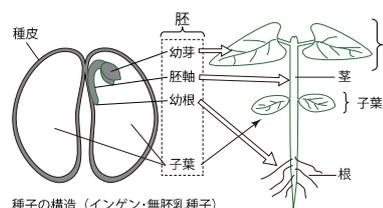


図5 受講生が参考に用いた、種子の構造と発芽の関係を示したイラスト

図を提示し、「発芽に子葉は必要なのか？」という新たな問へと発展させた（図5）。この図は担当教員が作成して今回のテキストに載せた図

を参考に、インターネットからダウンロードした写真を活用して提示資料を作成していた。しかし残念ながら引用URLの記載がなかったことから、ここにパワーポイント資料を図として掲載することは控えた。この辺りの展開は、前日に大学担当者がポイントになる内容として解説を行った「発芽」と「成長」の区別や「植物の胚発生と種子の構造の関係」について、よく理解した上で上手く組み立てられた理想的な展開であり、実際の学校現場でも活用できるレベルの導入場面であった。

授業の前半で子葉のはたらきに関する導入を行ったことから、後半では、授業を担当する自分たちが実際に昨日予備実験で経験した流れを踏襲しながら、発芽前後の子葉でヨウ素デンプン反応の結果を比較し、発芽前後で子葉に含まれているデンプンの量に違いがあることを見出し、この結果から発芽時における子葉の役割について考察を行った。発芽後の萎れた子葉では、発芽直後の大きな子葉に比べてヨウ素デンプン反応による呈色が弱かったことから、デンプンが減少しており、この減少分が発芽の養分として使われており、肥料がなくても発芽

することを解説して、授業は終了した。

模擬授業を終えての、授業者役の高校生の感想をいくつか紹介する（原文のまま）。

- ・メインエスチョンをもとにサブエスチョンをもうけ、話をまとめていくことが難しかったです。どう進めていくと、話がつながるのか考えたところが苦労したところです。時間が少しオーバーしてしまったけれど、実験が成功して良かったです。
- ・リハーサルと本番はどんな場面でもずれができて、「理想」と「現実」のギャップを再び感じました。強いて言えば役割分担の所を忘れてしまったことです。
- ・話し合いの中で、1番伝えたいことは絞れたが、伝える過程で遠回りしてしまい、簡潔に内容を伝えることは難しかったです。ただし、パワーポイントや実験、板書など使えることはフル活用できた。
- ・伝えるにあたって、あきさせないことや、楽しい授業をするのが難しいことだと思った。

Ⅲ-4. 生命領域の指導担当者の総括

前回のプレカレッジとは異なり²⁾、今回は2チームを受け入れる形での実施となったことから、2つの単元をテーマとして設定し、動物チームと植物チームで異なる内容を扱う形式で実施した（図6）。



図6 生命領域の活動の様子 メダカチームの模擬授業（左図）、発芽チームの教材研究（右図）

生の材料を扱う点や成長に必要な時間を経ないと結果が判明しない内容がある点など、生命領域特有の制約から、教材生物と単元内容は担当教員の方である程度限定せざるを得なかった。前回は、「メダカ」という教材生物を第一の前提に据えて単元の選択を行わせる形で実施したが、今回は「生命の連続性」という系統性の一つの柱のもとで、動物と植物という異なる材料から発生と成長に関する単元を選択させる形で実施した。授業者にとっては、メダカの発生か種子の発芽かという、どちらかの選択肢しかなかった訳であるが、授業を受ける生徒側にとっては、異なる材料を扱った単元を経験することになり、多様な機会を提供できた点では、2つのテーマを設定した意義はあったと考えている。一方で、大学担当者が意図した、異なる生体材料から「共通性」の視点で生命現象を捉えることができたかについては、授業後に実施したアンケートの記述からは読み取ることができず、効果については不明である。しかし、それぞれのチー

ムの指導案の分析において、「この授業で生徒（受講生）に一番伝えなかったこと」の項目に、「卵黄のうの働き」と「発芽には子葉が必要であること」が挙げられていた。これらの点は、これまでの学習過程のどこかで学んだことであっても、それぞれが有機的に知識として整理されておらず、無機質で断片的な知識に留まっており、生命現象の本質的な理解に結びついていない内容の一つと考え、担当教員がこの単元を選定する上で考慮した観点である。身近な生物や小学校の時に学んだ内容について、高校生が持つ専門的知識も活用して見直すことで、理解も深まり改めて関心を抱いた様子で、この点は学部専門科目の「理科実験観察法」で実施した際の大学生にも共通する反応であった。生命グループ全体の講義や授業づくりの過程で助言した内容を踏まえ、テーマ設定の背景を理解して授業づくりに臨んでくれた点で、今回の2つの単元を選定した意義は大きかったと考えている。

IV. 粒子領域（化学分野）の実施内容

IV-1. 粒子グループの選択した単元

中学校（理科）教員または小学校教員を目指す高校2年生を対象とすることを考慮し、また、受講者が8名のため4人1組で実験開発を行ってもらえるように2テーマ用意したいと考え、小学校理科における粒子を柱とする領域¹²⁾の中から、「物の温まり方」（4年）と「水溶液の性質と働き」（6年）の2単元を選択した。どちらの単元も身の回りにあるホームセンターやいわゆる100円ショップ等で実験材料の入手や検討が可能である。加えて、前者は、市販の教材が最近多数開発され販売されている単元でもある。それらをどのように組み合わせることで扱いやすい実験としてまとめるか、子どもたちの科学的興味関心を引き出す実験に仕立て上げることができるか、更には、安全かつ期待通りの結果が得られやすい実験となるか等について、身近に感じながら検討が可能な単元だと考えた。「水溶液の性質と働き」の単元については、2年前に実施したプレカレッジでも取り上げた単元¹⁾であり、「物の温まり方」の単元は、今回が初めてである。

IV-2. 粒子グループの参加者とスタッフ

参加者は、高校2年生8名（自己申告より、理系6名、文系2名）、ティーチングアシスタント（以下、TAと略記）2名（本学教育学部4年生）、講師は、本学中等教育コース（化学担当教員）2名である。なお、開始時の粒子グループ希望者は10名であり、生命グループ希望者との人数バランスを取るため、実施テーマの概要説明の後、移動の希望を取り、受講者2名にテーマ移動をお願いした結果、粒子グループは8名（受講者の都合により2日目は7名）となった。

高校生8名を4チームに分けTA1名がそれぞれのチームを担当した。「水溶液の性質と働き」授業開発チーム（以

下、水溶液チームと略記）は、異なる3校の出身者4名（2日目は3名）で構成され、「物の温まり方」授業開発チーム（以下、温まり方チームと略記）は4名とも異なる高校からの参加者がチームとなった。粒子と生命の大きく2領域に分かれた後のチーム編成時に意図的な依頼を行った結果、出身高校が異なるヘテロな研究チーム編成ができあがった。

IV-3. 粒子グループの全体スケジュール

粒子グループのおおよその2日間のプログラムを表3にまとめた。

表3 粒子グループの2日間のスケジュール

第1日目：2019年8月10日(土)	
9:00	①粒子・生命共通ガイダンスとグループ分け
10:00	②チーム分けと選択単元の教科書実験の復習
12:00	昼食
13:00	③ホームセンターとスーパーマーケット等での教材探索
14:40	④予備実験開始
15:55	初日終了・解散
第2日目：2019年8月11日(日)	
9:00	⑤授業準備・学習指導案の作成
12:00	昼食
13:00	⑥模擬授業のリハーサル
13:40	⑦「水溶液の性質と働き」の模擬授業者
14:10	⑦「物のあたたまり方」の模擬授業者
14:40	⑧生命グループの模擬授業2件の生徒役
15:40	⑨2日間の省察・アンケート記入など
15:55	2日目終了・解散

IV-4. 粒子グループの実施概要

ここでは、生命グループとの共通部分を除き、実施概要について説明する。以下の項目立ては、表3の①から⑨に該当する。

②チーム分けと選択単元の教科書実験の復習

今回選択した2分野について、①のガイダンスの際の説明を参考としてもらい、4人グループに分かれてもらった。

初めに、教科書の現状を再確認することを目的として、現在の教科書（今回は、福井県の小学校理科で採択されている教科書^{13,14)}）に示されている実験を体験してもらった。TAのサポートのもと、できる限り、現行の教科書に沿うかたちで追体験してもらった。このとき、一部、市販されている新しい教材の確認も合わせて行うこととした。

水溶液チームは、次の実験1～5を行った。概要は次の通りである。なお、使用する水溶液として、水（蒸留水）、食塩水、石灰水、アンモニア水、希塩酸、炭酸水の6種類を準備した。

実験1：水溶液のちがいを調べる

水溶液のにおいの確認および少量ずつ蒸発皿にとり、蒸発させてみるなどを試みた。

実験2：二酸化炭素が水に溶けるか調べる

プラスチック容器を水で満たした後、水上置換で、二酸化炭素を容器の半分程度まで集め、しっかりとふたをし、容器をよく振った。そして、容器内の液を石灰水に注いだ。

実験3：リトマス紙を使って、水溶液のなかま分けする

表を作って、水溶液ごとに青色と赤色のリトマス紙をはり、水溶液をリトマス紙につけて、それぞれの色の変化を観察した。

実験4：金属に希塩酸や炭酸水を注ぐとどうなるか調べる

アルミニウム箔とスチールウールを入れた試験管を2本ずつ用意し、それぞれに希塩酸と炭酸水を注ぎ、金属や液の様子を観察した(図7)。

実験5：塩酸に金属が溶けた液を蒸発させると融けた金属をとりだすことができるか

希塩酸にアルミニウム箔が溶けた液をピペットで色付き蒸発皿に少量取り、弱火で加熱し、蒸発させ、その様子を観察した。

教科書には、液を蒸発させて析出した固体の性質を調べる実験や、発展として水溶液の液性を比較するための指示薬としてムラサキキャベツの色素抽出液、BTB溶液、および万能pH紙が挙げられており、身の回りの溶液の液性を調べる実験も掲載されているが、時間の都合上割愛した。

温まり方チームは、次の実験1～4を行った。概要は次の通りである。

実験1：金属の温まり方を調べる

金属の棒、金属平板、およびコの字型に切り出した金属板のそれぞれにろうをぬり、金属の一部を熱して、ろうの溶け方を観察した。また、市販のサーモインクペーストの活用についても合わせて検討した。図8に、コの字型に切りとられた銅板に、市販のサーモインクペースト(室温で青、高温ではピンク色になる)を塗布し、クランプで固定した後、理科実験用コンロを用いた加熱の準備の様子を示した。

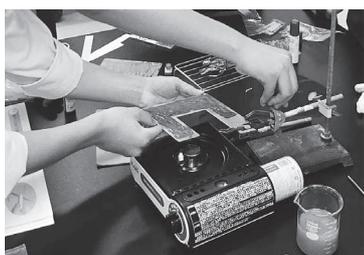


図8 サーモインクペーストによる電熱状況の確認実験



図7 希塩酸にアルミニウム箔が溶ける様子

実験2：水はどのように温まるのか

市販品を水で薄めたサーモインク(約40℃で、青からピンクに液色が変わる)を混ぜた試験管を2本用意し、試験管の底部または、上部など一部を理科実験用(カセット)コンロで温めた。

実験3：温められた水は、どのように移動するのか

200～300mL ビーカーにサーモインクを入れた水を用意し、底部の一部を理科実験用コンロで温め、その時の温められた水の動き方(移動の仕方)を調べた。

実験4：空気のあたたまりかたを調べる

電気ストーブ(教科書では、電熱器)の電熱部分を上部に向け、線香の煙を近づけ、煙の動きを観察した。

教科書には、ビーカーに水とともにおがくずを入れ、ビーカーを加熱した際のおがくずの動きで、温められた水の移動を観察する実験や暖房している部屋の各所の温度を調べる実験、発展として、氷などで冷やされた水や空気の動きを線香の煙で調べる実験も掲載されているが、時間の都合上割愛した。

12時までの短時間と昼食休憩の時間を活用し、「教科書の実験を行った内容から発想して、どのような約25分間の実験を中心とした授業を開発するか、チームで検討しておくように」と伝え、おおよその後片づけの後、昼食休憩の時間とした。12時50分に再度集合し、学外に教材探索兼教材の買い出しに行く旨を伝え、初日午前の部は解散とした。

③ホームセンターとスーパーマーケット等での教材探索

水溶液チームと温まり方チームに分かれ、午前中に行った教科書の実験を参考として、実験で使用可能な材料を探しに行った。教材探索中は、TA2名と大学教員2名が同行し、その都度、高校生からの相談を受けながら、教材候補を購入し、大学に戻った。おおよそ90分の行程で、2店舗を回り、移動時間を除くと正味の探索および購入時間は約60分であった。

新たに購入した物品を、図9に示した。水溶液チームは、炭酸ガス入浴剤、パン粉、ミニトマト、しょうゆ、ふせん、スナップセット、シャーペンの替え芯、OPPテープ、爪楊枝を購入し、温まり方チームは、厚さ0.5mmのアルミ板とステンレス板、φ0.9mmのアルミ・真中・ステンレス製の針金、澱粉糊、絵の具、黒の水性塗料を購入した。

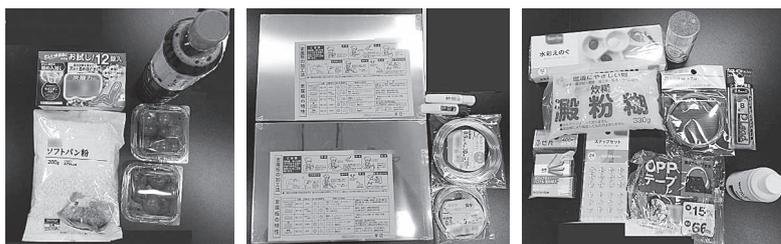


図9 ホームセンター、スーパーマーケットおよび100円ショップでの買い出し教材

④予備実験開始

2チームに分かれ、各々で購入してきた教材と、事前に準備された教材を組合せ、自分たちのアイデアを詰め込んだ教材研究を行った。

水溶液チームは、トマトの絞り汁とパン粉に水を加えて加熱したもの(図10)^{注)}、しょうゆなど、身の周りにある食材にこだわり、これらを使いながら水溶液の液性(酸性・中性・アルカリ性)の特徴を知る教材研究を行った。水溶きパン粉の加熱実験は、インターネット情報¹⁵⁾から、「酸性のパン粉」がある情報を得て、予備実験を行った。しかしながら、酸性にはならなかったため、焦げるところまで加熱してみた。



図10 トマトの絞り汁(左)と加熱水溶きパン粉(右)

温まり方チームは、サーモインクおよびサーモインクペーストの色調変化と金属素材の違いによる熱伝導速度の視覚化に焦点化した教材研究を行った。サーモインクやサーモインクペーストに絵の具などの別の色味を加えるとサーモインクの低温では青紫色、高温ではピンク色という特徴的な色調変化(図11左)を各人オリジナルな色調変化に変えることはできないか(図11右)、実験を繰り返した。また、液体(水)が温められる際の対流の動きを視覚化しやすくするための方法として、香川CST脇坂氏の「サーモインク玉」¹⁶⁾の導入についても検討した。サーモインク玉は、サーモインクを寒天で固めて、5mm角サイズの粒をつくり(図12左)、これを水の入ったビーカーに加え加熱することで、サーモインク玉の温度変化に伴い、色が青から赤に変化しながら動いていく様子(図12右)が観察できる教材である。

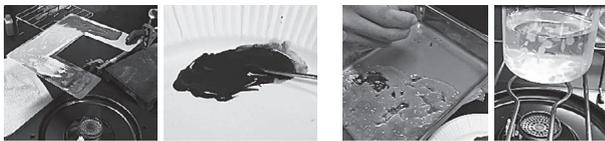


図11 サーモインクペースト

図12 サーモインク玉

このパートに対する高校生の感想をいくつか紹介する。

○水溶液チーム

- ・他校の生徒と積極的に話し合ったりして、コミュニケーション能力をしっかりと身に付けることができました。
- ・模擬授業の面では、スーパーマーケットで買ってきたものをもとに積極的に何度も何度も繰り返し試してみても、自分たちのテーマを決めることはできた…(省略)。
- ・インターネットの情報を疑わず使用してしまい、材料費が無駄になってしまった。

- ・塩酸やアンモニア水の処理が難しく、廃液を増やしてしまった。

○温まり方チーム

- ・自分たちで新しい実験をつくり出し、それを、理科の知識の薄い人々に伝えるのは難しいと思いました。
- ・やろうと思っていた実験がうまくいかなかったり、熱を与えすぎて焦げたり、自分の想像とは違った結果になることがたくさんあったのしかたですけど、大変でした。
- ・とくに、教科書にのっている事からその実験に別のものを使用するといった時に反応があるもの、使うことができないもの考えることが難しかったです。
- ・さらにデンプンのりや黒インクなどといったものにサーモインクを入れて熱しても反応しないなどといった、思うようにうまくいかない事がありました。
- ・しかし、絵の具をサーモインクにまぜることで、反応後の色が変わったり、サーモインクをピンク色にした状態で水を入れると青色になるなどといった、知らなかったことも知ることができました。

このように、短時間ではあるが、自分たちの調査結果や発想に基づいて、予備実験(トライ&エラー)を時間一杯行い、2日目の授業づくりの部の準備を終え、16時前を迎え、帰宅の途についた。

⑤授業準備・学習指導案の作成

2日目は、朝9時過ぎに研究室に到着し次第、昨日の取組の続きと指導案作成に取り組んでもらった。

指導案作成の経験のない部分のOJT的な指導については、TAとしてファシリテートしている学部4年生が担った。

指導案づくりという体験は、高校生にとっては、初めての体験であり、学校教員の教科の専門的力量形成の重要な部分を体験していることは、高校生のアンケートからもよくわかる。

このパートに対する高校生の感想をいくつか紹介する。

○水溶液チーム

- ・自分で独自の授業を作ることは、とても難しいということがわかりました。
- ・授業を準備することが予想以上に大変だったことと、授業内容の構成にかなりの時間かかかってしまうことを学びました(一部改変)。

○温まり方チーム

- ・授業の構成にしても時間があまらないようにしなければいけない事と授業が時間内に終わるようにしなければならぬ事に気を付けながら行いました。
- ・最初、模擬授業をしますと聞いて、正直めんどうくさい自分がいたけれど、時間がたつにつれ大学生と話したりすることによって、日頃、先生方がとても苦勞してど

のような授業にしようかと考えていると実感し、福井大学の教育学部についてとても興味を持つようになりました。

- この2日間のプログラムをとおして、授業づくりの大変さを学びました。日頃から、授業づくりをしている先生は、改めてとてもすごいなと思い、身をもって実感しました。

企画した大学教員としても非常に手応えを感じる場面であった。

試行錯誤の末、時間内ぎりぎりで作成した2チームの指導案をそれぞれ図13と図14に示した。氏名に関する記載については、チーム名およびA~Hさんと表記した。一般に、高等学校の授業時間は、50分間であるが、今回は、実験指導部分に焦点化した学習指導案作成のため、25分間としたがこのこと自体が生徒たちにとってのハードルとなった面もあった。しかしながら、指導教員やTAからの注文やサポート更には、自分たちの計画を実りあるものにしたいという要求から、授業の進め方、時間配分、分担などを決め、生徒役10人分の教材準備も行う必要があり、時間はいくらあっても足りない状況であった。

生徒たちは、指導案が完成した段階で、それぞれの指導案を各チームで次のように評価している。

理科学習指導案

授業者(チーム名): 水溶液チーム(初日4人, 2日目3人)
 題材名(開発した実験・観察のタイトル): 身近にあるものを調べて中性にしよう!
 対象の校種と学年: 小学校6年生
 教科書の単元名: 水溶液の性質と反応
 目標: 身近にあるもの(の食べ物)は酸性・中性・アルカリ性のどれに分類されるかを自分で調べてみよう! どのようになるか、酸性・アルカリ性を中性にする方法を調べよう!

展開(25分)		
展開	学習活動	指導上の留意点
10分 実験の準備	実験道具の説明 実験方法の説明	Aさん Bさん Cさん Dさん
15分 実験	班活動を行う 実験方法を話し合い実験を行う 実験結果を書き込んでもらう。 水溶液方法 ① 0.1%の溶液のpH値(塩酸や酢酸水より低い)を何種類か調べる ② 0.1%の塩酸と0.1%の酢酸水と0.1%の食塩水と0.1%の食酢を何種類か調べる ③ 0.1%の塩酸と0.1%の酢酸水と0.1%の食塩水と0.1%の食酢を何種類か調べる	各班を10分ずつ順次 よく実験を振り返る。 pH値: 0.1%塩酸: 0.1%酢酸: 0.1%食塩水: 0.1%食酢: 0.1%食塩水: 0.1%食酢: 0.1%食塩水: 0.1%食酢
5分 結論	実験結果の確認・解説 ① 塩(一定量の酢酸) = 中性 ② 酸性 + 塩酸 ③ 0.1%の食塩水は中性。 酸性・中性・アルカリ性の分類ができる	分かりやすくほめること ほめる

図13 水溶液チームの学習指導案

○水溶液チーム

この授業で生徒(他の受講生)に一番伝えたかったこと

- ・ 私たちに身の周りのものや食べ物は全て酸性・中性・アルカリ性に分けることができること。
- ・ 塩酸に一定量のアンモニア水、アルカリ性に一定量の塩酸を加えると中性になるということ。

授業をつくる上で苦労したこと

- ・ スーパーで売られているものや食べ物がそれぞれの溶液に入れて何性になるのかを調べるのが大変だった。小学6年生に対しての教え方を考えるのがとても苦労した。

授業に際して工夫した点

- ・ グラフを使ってわかりやすくした点。
- ・ 生徒にわかりやすく説明するようにした点。

○温まり方チーム

この授業で生徒(他の受講生)に一番伝えたかったこと

- ・ 熱の伝わり方と伝わる速さは、物質の種類によって違いがあるということ。
- ・ 寒天の色と水の中の動きを見ることによって対流が観察できると言うこと。

授業をつくる上で苦労したこと

- ・ 実験で代用できる材料が少なすぎたこと。
- ・ 小学4年生でどのような言葉を習ったのかがわからなかったため、難しい言葉をちがうもので代用して説明することに苦労した。

理科学習指導案

授業者(チーム名): 温まり方チーム 4人
 題材名(開発した実験・観察のタイトル): ステンレスとアルミと銅の熱の伝わり方
 対象の校種と学年: 小学4年生
 教科書の単元名: 物のあたりのり
 目標: 熱の伝わり方を観察して小学生に伝える。

展開(25分)		
展開	学習活動	指導上の留意点
10分 準備	・ 熱の伝わり方を観察して ① 金属の熱の伝わり方(器具) ② 銅、アルミ、ステンレスの熱の伝わり方 ③ 対流(寒天)	Eさん ・ 実験内容の説明 注意 ・ 10分以内 ・ 準備を7分 ・ 自分でやる ・ 銅板の扱いに気を付ける
5分 まとめ	実験の ・ 熱したところをすぐに手触りに熱が伝わる。 実験① 銅 → アルミ → ステンレスの順に冷めた。 銅が一番速い 実験② ・ 温められた液体は上にはいり冷たい液体は下にいきまわりますよ。全体が冷めたのだから。	Fさん 実験のまとめを言う Gさん 実験のまとめを言う Hさん 実験①のまとめを言う

図14 温まり方チームの学習指導案

授業に際して工夫した点

- ・小学生が知らない言葉や習っていない言葉はなるべく使わずに、ちがう言葉で説明した。
- ・時間がない場合と、時間が余ってしまった時の場合を考えて授業の指導案を考えた。

⑥模擬授業のリハーサル

この時間も、実際には、教材研究および指導案作成の時間および、模擬授業のための教材作成の時間として、ぎりぎりまでその作業が続いた。

⑦「水溶液の性質と働き」および「ものの温まり方」の模擬授業者

それぞれ4名または3名で協力して、25分間の模擬授業を自分たち以外の受講者10名程を児童・生徒役として、作成した指導案に沿って行った。

このパートに対する高校生の感想をいくつか紹介する。

○水溶液チーム

- ・25分の時間制限以内に自分達が計画していた以上に進まなかったのが、とても残念でしたが、これも1つのよい経験となったと思いました。
- ・本番には、色々と緊張して、忘れたりなど大変でしたが、自分にとってはいい経験になったと思った。
- ・自分たちの思っていたことが、あまり上手くいかなくて苦労した部分もあったが最終的にはまとまった授業内容になったのでよかったと思いました。
- ・生徒たちに実験をしてもらうために必要な準備物をあまり時間を持たず、準備することができず、授業内で困ってしまった。
- ・気を付けてほしいことをうまく相手に伝えられず、実験が失敗してしまうケースがあった。

○温まり方チーム

- ・授業を行ってみて、人に伝えることの難しさを感じました。
- ・自分が分かっていることを、わからない人に難しい言葉をかみくだいてちがう言葉で代用して伝えることは、とても難しいことであるとわかりました。
- ・ある生徒が抱いたある疑問を解決させてあげるには、その説明だけでなく、そこまでの説明、たとえば、「なんで熱い水は上に行くの?」という質問に密度という言葉を使えないので、まず密度という言葉から説明して、さらに質問されると、原子や分子、また、電子や電気陰性度、さらには結合、さいごにはファンデルワールス力まで教えてあげないといけなくなります。「金属はなぜ熱を伝えるの?」でも、同じようなことになります。そんなエジソンのような生徒には、苦労するでしょうか。それともそういう人が教える側からして、楽しいのだろうか。というように、色々な考えがうかびました。
- ・授業をするというより実験メインだったので、授業感はなかったのですが、事前学習なしで、実験をしたので、

生徒からするとイマイチ一体なにをしているのかわからないような授業ではありました。もっと授業っぽくすればよかったのかもしれませんが、でも、結局実験内容や理由をいうことが小学生相手には無理だったので、授業っぽくするのも無理かなと思いました。

IV-5. 粒子領域の指導担当者の総括

今回は、前回¹⁾と異なり、8名の高校生を受け入れたため、2つのテーマを同時に進めかつ、支援する必要があった。同じ単元の中から2つのテーマを選んでもらう方法(図15タイプ1)と今回のように始めから別単元を提示して、それぞれのテーマにTAを配置し、同時並行で行ったもらう方法(図15タイプ2)の2つが考えられた。

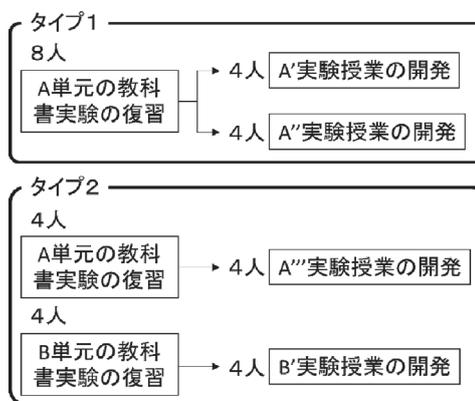


図15 2日間の進め方のタイプ

結果として、タイプ2を選択したが、タイプ1のパターンで実施したとしても、後半の実験と授業の開発を支援者となるTAを分けて実施すれば、それぞれのチームでの探究的な取組となり、かつ、事前準備の手間がある程度省ける利点があると感じた。また、今回のようなタイプ2の場合、もし、講師となる大学教員が1名しかいない場合は、両グループの行いたい内容を十分に把握して、適切な対応がいつでも取れるとは考えられない場合もある。さらに、今回は時間的制約のあるタイムトライアルのような取組である。時間内に、事故無く、効率的な取組を設計したいと企画側は考えるものである。

今回の実施事例では、特に大きな事故に繋がる内容は選択されていなかったため、事故という観点からの問題は生じなかった。

ただし、指導者が一方のチームに対応している間も、もう一方のチームも研究が進んでいく。指導者が関わることなく高校生がインターネット検索した資料をもとに、研究計画を立て、実行する場面も生じた。支援にあたるTAは事故に繋がらなければ、できる限り高校生の考えで研究を進めようと心がけていたため、高校生による資料の読み間違いや高校生の予備知識をもとにした「高校生が期待する結果にはならないであろう実験」

が計画され、その実験を検証することに時間を割く場面(例えば、水溶液チームのパン粉を用いた実験)も展開された。

この時間をロスタイムと見なすのか、貴重な試行錯誤の時間と捉えるのかは、見解の分かれるところであろう。実際、TAを担当した大学生も、「どうなんだろう?」、「意味はあるのだろうか?」、「やりたいのであれば、特に事故に繋がる要素はないので、納得のいくところまで実験してもらおう」等と思索しながら、支援に当たっていた。この点は、高校生の1人が「2日間のプログラムを通して、疲れたけど楽しかったです。ほぼ半日、何かの目的に向かって、ずっと実験とかをすることがなかったのでもって新鮮でした。」とコメントしているところから、TAと高校生の思惑が一致していたと見ることができる。

指導案づくりと模擬授業指導については、本プログラムの斬新な特徴として捉えることのできるパートであると考えている。筆者は、一昨年に本プレカレッジ事業を担当するまでは、化学分野の最先端領域をいかに、高校生に短時間かつ楽しく体験してもらうかに主眼を置いたテーマ設定や実験および研究体験プログラムの構築と実施に鋭意努力していた。この取組は、今後の科学技術系人材育成の一助となると確信していた。一方で、このような取組の先に、小中高の理科教員を目指す人材育成は繋がっていないことも分かってきた。先の見えないこれからの社会において、理系人材を育てていく教員の育成は、これからの社会を左右する重要な取組となると考えている。

今回の取組は、事業タイトルとしては、プレカレッジ(高校生に対する大学での研究生活体験プログラム)であるが、教科指導を中心とした教員の仕事の一部を強調して、高校生に体験してもらうOJT的な教員希望者発掘のためのキャリア教育と見なすことができる。アンケートから、自分たちの高校の先生に対する尊敬の念の発現「授業を毎日している学校の先生は凄いのだなあ」と改めて感じました」「日頃から授業づくりしている先生は、改めてとてもすごいなと思ひ、身をもって体験しました。」や大学進学に対する目標「発想力であったり、コミュニケーション力も必要であり、これからの高校生活で身につけて、大学進学を目指していこうと思います。」「プレカレッジの経験を生かして、残りの1年半の高校生活を送っていきたく思ひました。」「この2日間は、僕にとってとても素晴らしい時間であり、ますます教師という職業に関心を持ったので、これからも勉強に勤んでいきたいです。」などが読み取れ、今後も、理系教員志望者支援プログラムとして継続していきたい。

V. 結果と考察

終了時アンケートの結果 模擬授業がすべて終了したのち、最後の全体振り返りで2日間の省察を行った。その

際に、図16に示すアンケートを実施し、プログラムの受講前後での意識の変化について調査した。これは5段階評価で構成され、受講前が高い関心があった場合を「評価5」、ほとんど関心がなかった場合を「評価1」と回答してもらい、プログラムの受講後に、高い関心が持った場合を「評価5」、ほとんど関心がなかった場合を「評価1」と回答してもらった。その評価の回答者数は、グラフのバー上にある数値で示してある。

福井プレカレッジ2019 理科教育 参加者アンケート

氏名:	学年:	文系	理系	高校:				
今回のプログラムで選択した領域(該当に○): エネルギー 粒子 生命 地球								
高等学校で履修した、履修中あるいは履修予定の理科学目(該当に○、複数選択可): 科学と人間生活								
物理基礎	物理	化学基礎	化学	生物基礎	生物	地学基礎	地学	理科課題研究

次の各質問には、該当の番号(5段階評価)や該当項目に○を付ける、あるいは記述にて回答して下さい。
 【主に受講前の意識について質問します】
 ■「理科」という教科に興味や関心がありますか。
 5(高い関心がある) --- 4 --- 3 --- 2 --- 1(ほとんど関心はない)
 ■「理科」という教科の中では、どの領域に興味や関心がありますか(該当に○、複数選択可)。
 エネルギー 粒子 生命 地球 いずれにも関心がない
 ■教育学部のコースを選んだ理由は、「教育学部」や「教員養成」に興味や関心があったから。
 5(高い関心があった) --- 4 --- 3 --- 2 --- 1(ほとんど関心はなかった)
 ■将来の進路選択の一つとして、学校の先生に関心があった。
 5(高い関心があった) --- 4 --- 3 --- 2 --- 1(ほとんど関心はなかった)
 ※少なからず「関心がある」と回答された方は、学校の先生について、どのような関心がありましたか?
 keywordをいくつか挙げて下さい(例:保育士、幼児教育、生涯学習、小学校の先生、高校理科など...)

.....
 ■現在進学を考えている学部名、または進学先として ■将来なりたい職業を教えてください(複数可)。
 関心がある学部名を教えてください(複数可)。

【主に受講後の意識について質問します】
 ■今回のコースを終えて、「教育学部」で学ぶことへの関心や興味が深まりましたか。
 5(高い関心を持った) --- 4 --- 3 --- 2 --- 1(ほとんど関心は持てなかった)
 ■今回のコースを終えて、「理科」という教科への関心や興味が深まりましたか。
 5(高い関心を持った) --- 4 --- 3 --- 2 --- 1(ほとんど関心は持てなかった)
 ■今回のコースを終えて、「授業づくり」や「教材研究・教材開発」への関心や興味が深まりましたか。
 5(高い関心を持った) --- 4 --- 3 --- 2 --- 1(ほとんど関心は持てなかった)
 ■今回のコースを終えて、「学校の先生」という職業選択への関心や興味が深まりましたか。
 5(高い関心を持った) --- 4 --- 3 --- 2 --- 1(ほとんど関心は持てなかった)
 ※少なからず「関心がある」と回答された方は、どの校種や教科の先生になりたいと思ひましたか。
 (例:幼稚園教諭、小学校の先生、中学校理科など...)

図16 企画の最後に実施したアンケートの様式

質問事項1: 「理科」という教科の中では、どの領域に興味や関心がありますか(複数回答可)。

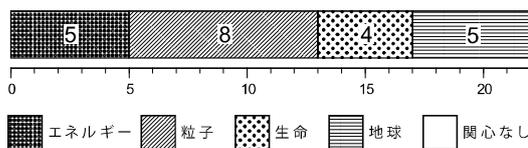


図17 質問事項1の結果

質問事項2:

〔受講前〕「理科」という教科に興味や関心がありますか。
 〔受講後〕今回のコースを終えて、「理科」という教科への関心や興味が深まりましたか。

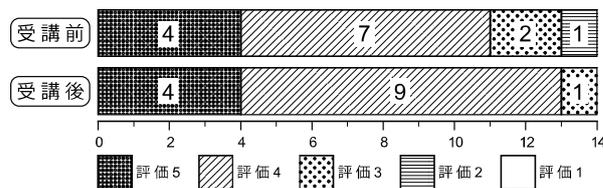


図18 質問事項2の結果

質問事項3：

〔受講前〕教育学部のコースを選んだ理由は、「教育学部」や「教員養成」に興味や関心があったから。

〔受講後〕今回のコースを終えて、「授業づくり」や「教材研究・教材開発」への関心や興味が深まりましたか。

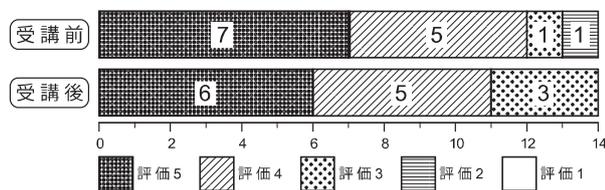


図19 質問事項3の結果

質問事項4：

〔受講前〕将来の進路選択の一つとして、学校の先生に関心があった。

〔受講後〕今回のコースを終えて、「学校の先生」という職業選択への関心や興味が深まりましたか。

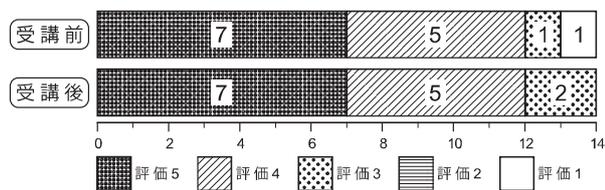


図20 質問事項4の結果

2日間のプログラムで学んだこと（自由記述）：

（抜粋，原文のまま）

- ・授業をたてるときは内容だけではなく時間や言葉選びなど、様々なことを考えてたてるのが大事だと思いました。化学の実験は楽しかったです。
- ・他のグループの授業をうけて、まねしたいところもたくさんあったけど、分かりにくかった部分や説明が足りないと思った部分があったので、私も相手のことを考えて、教えられるようにしたい。
- ・先生の授業でたまに「つまらない」と感じることもあったが、実際に先生の立場になって伝える難しさを知った。また、結果がわかりやすく出る実験は面白く感じた。
- ・先生はスラスラと授業を進めているけれど、それはとても難しいことだと分かりました。人前で話すことは緊張するし、写真や表を使うと人に伝わりやすかったです。
- ・2日間のプログラムで、自分で独自の授業を作ることはとても難しいということが分かりました。今回は理科だったけど、将来、社会の授業内容を作る時に今回のプレカレッジの経験を生かしていきたいと思いました。また、しっかりとコミュニケーション能力を身に付けることができました。
- ・この2日間で、授業をつくる過程や、実際に授業をすることを通して、教師の大変さを知ることができた。しか

し、この作業が教師にとっては「生きがい」になるのだと私は思った。この2日間は僕にとってとても素晴らしい時間であり、ますます教師という職業に関心を持っていたので、これからも勉強に動んでいきたいです。

・先生になるためには何が必要なかがよく分かりました。ごく普通に教科書に書いてあることを伝えるだけではなく、教科書には書いていない自分が経験したことだったり、考えた上で物事を進めていくことなど、何かしら工夫した上で授業を自分たちで作っていくのだと思いました。発想力であったり、コミュニケーション力も必要であり、これからの高校生活で身に付けて、大学進学を目指していこうと思います。

アンケートの分析

今回の理科教育のコースに参加した受講生は、理科に関する関心が極めて高く、受講後にもその水準は維持されていた（図18）。関心がある領域は粒子が8人で最も多く、エネルギーと地球が5人で続いていた（図17）。地球領域に関心があると答えた高校生が比較的多かったが、平成29年度に実施したプレカレッジでは、地球領域への関心が生命とならんで最も高かった一方で、エネルギー領域への関心が最も低かった¹⁾。地球領域への一定割合の関心があるようにも見えるが、年度によって領域への関心の割合は変動が大きい。今回、粒子グループを選択した受講生8名全員が化学基礎を履修（質問では、これからの履修予定も含めて問うている）しており、このうち6名は化学も履修していた。一方、生命を選択した6名は、5名が生物基礎を履修しており、このうちの2名が生物を履修していた。履修している科目に関係する領域を選択する傾向は平成29年度に実施したプレカレッジでも認められた²⁾。高校生の関心に対応したニーズに「理科教育コース」としてある程度応えていくためには、今回実施したように、少なくとも2つ以上の領域でテーマを設定して選択させる実施形態が理想的であろう。

質問事項3の結果は、受講前後でほとんど変化していない（図19）。「教育学部」や「教員養成」に元々関心が高かった高校生が参加しており、その上で具体的な教材研究や授業づくりを経験したことで、教師という職業に対してより実感が深まったと考えられる。この点は、自由記述の中に見られる「授業づくりの難しさ」、「先生の大変さ」、「分かりやすく人に伝えることの難しさ」などの記述からも読み取ることができる。

質問事項4で少なからず「関心がある」と答えた場合には、学校の先生に対する関心の内容や、どの校種や教科の先生になりたいかについて、keywordを挙げてもらう形で尋ねた。その結果、14名中9名が中学校教員を挙げていた。この中には、小中や中高、小中高など、複数の校種にまたがった形で挙げていた高校生が9名含まれている。今回は、生命と粒子の2つの領域共に、授業づくりの単元として小学校の単元を選定した。高校生の関

心を考慮すると、平成29年度に生命領域で実施したような、学校間の接続カリキュラムの開発を目的としたテーマ設定も一定のニーズがあると考えられる。教科では、国語、社会、数学、理科と多様な教科名が挙がっており、小学校教員を単独で挙げていた高校生は2名であった。また、工学部や理学部、応用化学部といった教員養成系以外の進路を挙げた高校生は2名であった。関心がある校種や教科は多様であったが、「教育学部」や「教員養成に関する機関」が実施するテーマということで、教師という進路の一つの選択肢として考えている高校生が多く受講したものと考えられる。前報でも報告したように¹⁾、教員養成系学部の志望者に対する機会の拡大を目指して、より広い分野や領域でのプログラムの開設が望ましいと考える。

教育学部理科教育コースは、平成29年度から、この福井プレカレッジに参画している。この時の受講生の40%が、今春(2019年4月)教育学部に入学しており、このプログラムが高校生の進路選択の判断材料として、一定の機会を提供していると考えられる。これらの入学者が、今後の学部専門教育においてどのような進路を進むのかについても大変興味深く、プレカレッジの効果の観点からも、学生の成長を見守りたい。

VI. 謝辞

福井プレカレッジの全体企画運営については、本学アドミッションセンターの大久保貢教授、中切正人講師、および事務担当の山内詩織氏の協力を得た。また、実施当日、副講師として協力頂いた中田隆二特命教授、教育学部4年生で2日間のティーチングアシスタントを快く引き受けて頂いた荒川直美氏、八木一馬氏、山本絢理氏、最後に、2日間の講座に終始真摯にお付き合い頂いた県内6高等学校の2年生計14名にも併せて感謝申し上げる。

注) インターネット情報¹⁵⁾から、酸性のパン粉がある情報を得て、主体的に予備実験を行ったが、購入したパン粉と参照した特許の関連性まで配慮せずに行った結果である。このことに関連して「インターネットの情報を疑わず使用してしまい、材料費が無駄になってしまった。」という高校生の感想記述(再掲)がある。

引用文献

- 1) 浅原雅浩・清水脩平・西沢徹・山本博文・三好雅也・

- 栗原一嘉, 教員養成系学部における高大接続プログラムの開発とその実践 —高校生による小中学校理科教材研究と模擬授業: 粒子領域を例として—, 福井大学初等教育研究, 第4号, pp.31-42. (2017).
- 2) 西沢徹・多田禎秀・大山利夫, メダカを活用した小中学校理科の授業づくり: 高大接続プログラムの開発とその実践から, 福井大学初等教育研究, 第4号, pp.15-24. (2017).
- 3) 時事通信出版局編, 平成29年3月告示 小学校学習指導要領完全対応 授業が変わる! 新学習指導要領ハンドブック 小学校編, 311pp. (2017).
- 4) 文部科学省, 小学校学習指導要領解説理科編, 東洋館出版社, 168pp. (2018).
- 5) 新しい理科編集委員会・東京書籍株式会社編集部, 新編 新しい理科5 教師用指導書 資料編, 東京書籍, p.7 (2018).
- 6) 毛利衛・黒田玲子・他32名, 新編 新しい理科5年, 東京書籍, pp.27-29, 36-44 (2015).
- 7) 癸生川武次 監修, 新編 楽しい理科5年, 信州教育出版社, pp.27-31, 42-49 (2013).
- 8) 有馬朗人・他42名, 新版 たのしい理科5年, 大日本図書, pp.26-29, 38-48 (2015).
- 9) 石浦章一・鎌田正裕・他54名, わくわく理科5, 啓林館, pp.18-21, 30-37 (2017).
- 10) 養老孟司・角屋重樹・他27名, 未来をひらく 小学理科5, 教育出版, pp.30-34, 42-49 (2017).
- 11) 霜田光一・森本信也・他34名, みんなと学ぶ 小学校理科5年, 学校図書, pp.27-30, 39-46 (2017).
- 12) 文部科学省, 小学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書, 106pp. (2008).
- 13) 毛利衛・黒田玲子・他32名, 新編 新しい理科4年, 東京書籍, 184pp. (2015).
- 14) 毛利衛・黒田玲子・他32名, 新編 新しい理科6年, 東京書籍, 208pp. (2015).
- 15) 花王株式会社, 石塚信輝, 今井秀成, 「加工パン粉とその製造方法及びこれを付着してなる加熱調理用食材, 並びに食品の製造方法」, 特開平09-075024, 1997-3-25.
- 16) 脇坂敦, 「サーモインク玉」, 香川大学・香川県教育委員会, CST教材開発活動報告HP, https://www.ed.kagawa-u.ac.jp/~cst/activity/img/card/wakisaka_2.pdf (最終確認日2019年9月26日).

Development of program for reform of the association between high school and university, using curriculum of science teacher training.

Toru NISHIZAWA and Masahiro ASAHARA

Keywords : primary school science, lower secondary school science, reform of the association between high school and university, study of teaching materials in science, trial teaching, Fukui pre-college