

大学院における課題解決型学習としての技術科教育実践

—— ジュール熱を利用したパン焼きによるエネルギー変換学習での事例 ——

宮本賢治*, 米延仁志*, 谷陽子**

(キーワード: 教育実践, 課題解決型学習, 技術科教育, ジュール熱)

1. はじめに

本学では教員養成系大学の大学院として教育の専門職の力量を形成するために、教育現場において想定される課題を解決する学習(講義名: 教育実践フィールド研究)を実施しており¹⁾、その実践例が報告されている^{2)~4)}。すなわち、教育現場と大学との往還を通じて、経歴の異なる学生が意見交換を行い、今日の教育課題に対する合理的な解決策としての授業を協同で開発し、実践する。

文部科学省の「大学院段階の教員養成の改革と充実等について」⁵⁾において「これからの教員は、課題探究的な活動を自ら体験し、新たな学びを展開できる実践的指導力を修得するとともに、複雑かつ多様な新たな課題に、幅広い視野に立って柔軟に対応できる指導力、同僚と協働して、組織として困難な課題に対応できるマネジメント力、地域との連携等を円滑に行うためのコミュニケーション力等を身につける必要がある。」と明記されている。こうした近年の教員養成に求められる課題に応じて実施した教育プログラムの具体的な事例を紹介することは、同様な取り組みへの参考資料として意義がある。そこで本研究では、学校教育現場から挙げた課題に対して、経歴の異なる大学院生が協力して授業を作成し、実践した。

平成25年度は、鳴門教育大学附属中学校(以下、附属中学校)から技術に対する興味・関心を高め、自ら工夫し創造する教材の開発と学校での教育実践が課題として提示された。これに応える形で、中学校技術科のエネルギー変換に関する技術の授業を作成し、第1学年を対象とした授業を実施したのでこれを報告する。1) 大学院修士課程で初めて教育学を学び教員免許取得を目指す大学院生、2) 既に教員免許は持つが教育実習の経験程度を有する大学院生、3) 経験豊富な現職教員の大学院生という多様なキャリアを持つ8名の大学院生が一致協力し、授業を実施することができた。授業内容は、生徒の興味・関心、実現可能性、教材・教具の安全性等について検討を重ねた結果、“電気パン”を題材としたエネルギー変換、ジュール熱に関する学習とした。

2. 授業実践に向けた準備

2.1 授業の題材の選定

事前に附属中学校教員と鳴門教育大学教員との協議により、中学1年生(40名×4クラス)を対象として1回分の授業時間(50分)で授業実践を行い、授業終了前のまとめでは附属中学校教員が3分程度で日頃の授業との関連について説明することとした。この制約条件の下で、授業の題材を選定するための議論が行われた。授業実践において、社会との接点を念頭にし、さらに以下の2点について留意した。

1. 授業時間内で完結できる授業内容であること。
2. 中学1年生の生徒が有する予備知識や技能に即した授業内容であること。また発展的な内容については生徒が十分に理解できる説明が可能であること。

大学院生各自が題材案を検討して持ち寄り、議論し、その中から授業実践の題材を選定した。提案された題材とその概要を表1に示す。実現可能性、生徒の興味・関心、自分から見た興味・関心、目標の明確さの4項目に

*鳴門教育大学生活・健康系コース(技術・工業・情報)

**鳴門教育大学附属中学校

関する議論を尽くした後、各10点満点で、相互に評価した。大学院生の相互評価の結果を表2に示す。表中のA～Gは大学院生である。パラボラアンテナの原理を提案した大学院生が講義を欠席したため、この題材については数値では評価されなかったが、後日の協議において、パラボラアンテナの原理を授業実践する際に中学校の教室の電波状態が不明である等の理由により、電気パンの順位を覆すには至らなかった。以上を踏まえて、題材として電気パンが決定された。

表1 提案された題材とその概要

提案された題材	概要
電気パン	電気パン作りを通して、電気エネルギーのジュール熱変換を体験する。
色素増感太陽電池の製作	二酸化チタン（歯磨き粉）に紫色の色素（ハイビスカス、紫キャベツ等）、ヨウ素液（電解液）を添加した太陽電池のキットで製作する。
藍染めフィルム太陽電池の製作	色素増感太陽電池における「色素フィルム」に徳島県伝統の藍で染めたフィルムを用いて、電気エネルギーを得る。
パラボラアンテナの原理	パラボラアンテナの原理を知り、宇宙開発や応用技術などを紹介し、課題等について検討する。
ろ過の原理と応用	ろ過についての基本的な知識を知るとともに、災害時に役立つということを理解する。グループごとに、ミッションを与え、ろ過装置を作り、4クラスの成果を貼る。
運動エネルギーを熱エネルギーに変換	運動エネルギーから熱エネルギーへの変換について基本的な知識を知り、実際に実験（弾性ボールと非弾性ボールを同量ずつバケツに入れ、攪拌させて発熱する）を通して理解する。
電波のエネルギー	ループアンテナの製作を行い、電波を受信し、LED等を接続して、実際に見えるものを生徒たちに実感させる。
木材の特徴	石けん水を木材に塗り、反対側から繊維方向に息を吹き込み泡を出すなど実験を通して、木材の特徴を理解する。

表2 大学院生の相互評価の結果

題材	A	B	C	D	E	F	G	合計
電気パン	35	31	34	31	31	34	40	236
色素増感太陽電池の製作	31	28	29	29	31	32	40	220
藍染めフィルム太陽電池の製作	31	28	29	29	31	28	39	215
ろ過の原理と応用	33	28	32	28	31	34	39	225
運動エネルギーを熱エネルギーに変換	31	26	33	28	30	32	39	219
電波のエネルギー	32	32	26	32	30	30	35	217
木材の特徴	29	28	27	28	30	32	38	212

2.2 電気パンについて^{9)~10)}

電気パン焼き器の模式図を図1に示す。上部の折曲げ部分をカットし、直方体の部分だけとした牛乳パックの内側面に2枚のステンレス板を向い合せて配置し、家庭用コンセントから100V、60Hzの交流電圧を印加する。パン生地には水分が含まれるので、電流が流れる。電流が流れると、生地自身の電気抵抗によってジュール熱が発生し、それによってパンが焼ける仕組みとなっている。パンが焼けてくると、水分の蒸発により生地の導電性が失われ、電流は0Aに近づく。

電気パンの実演は、技術や理科の面白い実験としてしばしば教育の現場で実践されている⁹⁾。こうした実践は、工作、理科ないし技術の電気に関連した分野、さらには家庭科の食品を組み合わせた複合的な実験と言える¹⁰⁾。

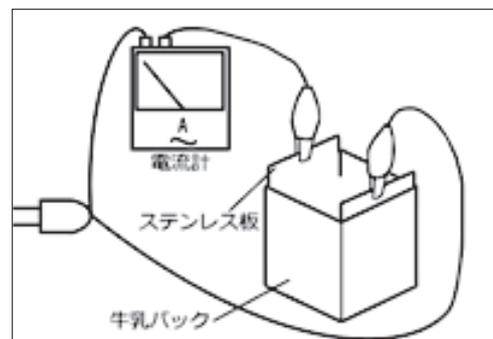


図1 電気パン焼き器

2.3 予備実験

附属中学校での授業実践の前に、大学の電気実験室にて予備実験を行った。食品アレルギーのある生徒がいる場合を想定して、小麦粉だけではなく米粉をパン生地として用いた実験も行った。なお、小麦粉と米粉のいずれもパンケーキの素（M社製品）をパン生地とした。卵は使用せずに、牛乳をパン生地（重量比でパン生地：牛乳＝10：9）に混ぜた。デジタルテスターと温度計を用いて電流とパンの内部温度をそれぞれ測定した。

パン生地が（a）小麦粉、あるいは（b）米粉を用いた場合における温度と電流の時間変化を図2に示す。小麦粉では、他の文献で報告されているように、パンが焼ける間に電流は増減を繰り返し、その時間変化のグラフには3分後と7分後に2つのコブが見られた⁹⁾。

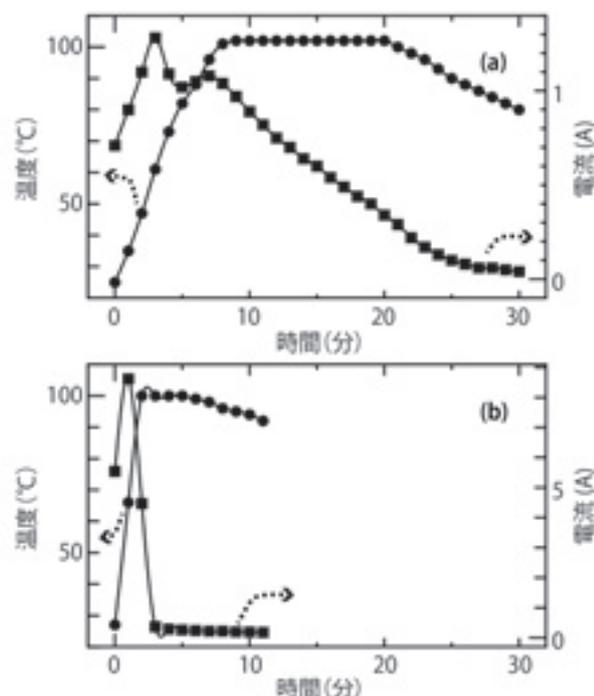


図2 通电中のパン生地内の電流と温度の時間変化
(a) 小麦粉, (b) 米粉

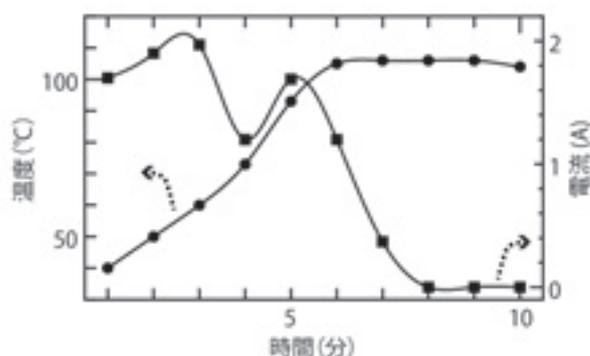


図3 授業実践での電流と温度の時間変化

その後、時間の経過につれてパンが焼けてくると電流は0Aに近づくが、30分以上も要するために、50分の授業内での実験において、座学的内容（原理の説明等）や生徒が現象を観察したことを自分で考察するための時間を十分に確保できないという問題が想定された。そこで、時間を短縮する方法について検討した結果、授業後半の試食に最低限必要な量の完成品を確保することを考慮しながら、パン生地の量を調整することが効果的であることが分かった。

パン生地の量を図2（a）での200gから100gに減らした場合における温度と電流の時間変化を図3に示す。確実に調理が終了する時間を10分に短縮することができ、50分の授業時間内に実験を終了させることが可能になった。

一方、米粉の場合、図2（b）に示すように、電流は1分後に最大値に達した後、急激に減少して3分後にはほぼ0Aとなった。パンの温度については2分後に100℃に達しており、授業時間内に実験が終了することを確認した。しかし、観測された電流の最大値は約9Aで、小麦粉の場合に比べて非常に高い。よって1クラス40人を5人×8班のグループに分かれて一斉に実験を行うと、最大で $9 \times 8 = 72A$ という分電盤の容量を超えた大電流が流れるという問題点が予備実験から明らかになった。なお、今回の授業実践において、食品アレルギーのある生徒がいないことを事前に附属中学校の教員に確認できたため、予備実験結果を踏まえてパン生地には小麦粉を選択した。

3. 授業実践

平成25年7月11日に鳴門教育大学附属中学校で、1年生4クラスを対象として、大学院生8名が2人1組となって授業を行った。各クラスともグループ学習形式（5人×8班）とした。その際に、安全性への配慮から、授業を担当しない大学院生6名と大学教員2名とが、各班の実験アシスタントに就いた。また、食品を扱うため、消毒用アルコール、滅菌手袋、三角巾・エプロン等の衛生管理用品を用意し、家庭科室で授業を行った。

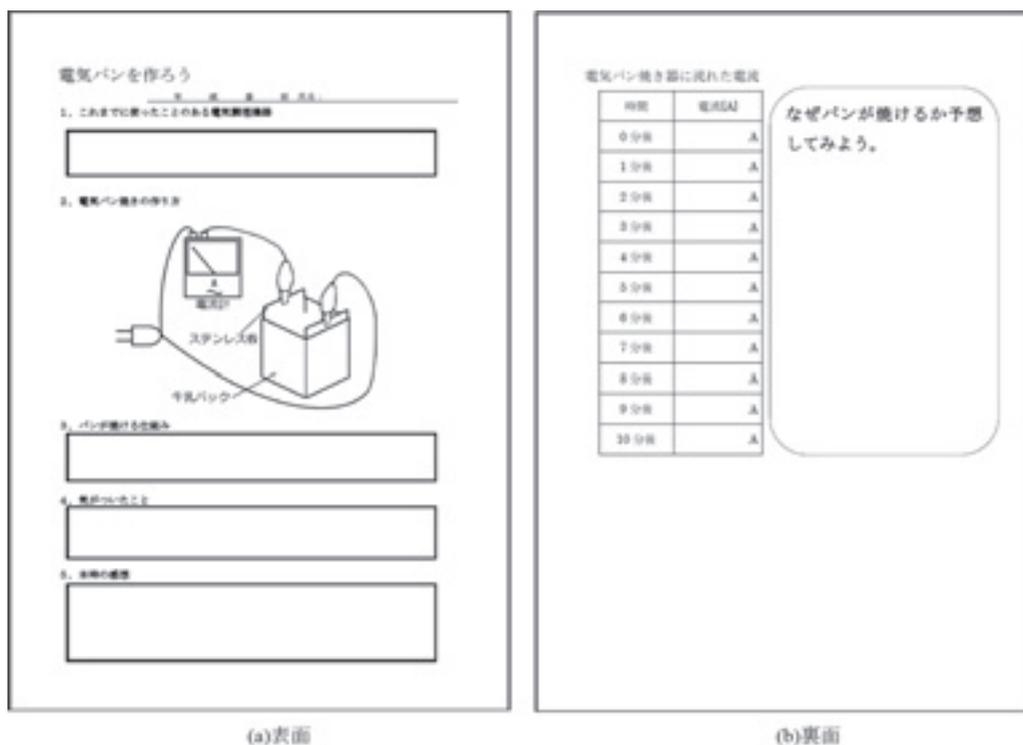


図4 準備したワークシート

3.1 授業の概要

単元・題材は「電気パンを作ろう」とし、次の3つの事項を本時の目標とした。

- 1) ジュール熱によって電気エネルギーが熱エネルギーに変換できることがわかる。
- 2) 安全面に配慮した電気取り扱いができる。
- 3) 中学2年生の理科や技術で本格的に電気に関して学習する前の橋渡しとなる。

授業の展開は以下の通りである。

1. まず、生徒にこれまでの電気調理機器を使った経験を振り返らせて、ワークシートの表面(図4(a))の「1. これまでに使ったことのある電気調理機器」の項目の欄に記入させた。
2. 次に、パン焼き器にパンケーキ生地を入れて、デジタルテスターと配線するなどのパンを焼く準備を行った。この際の教師の支援として、実物を用いて説明すると共に、ワークシートにも配線図を示し、生徒がいつでも参照できるようにした。
3. 開始の合図と共に、各班に配置した実験アシスタントがコンセントにプラグをつないで、パンを焼く。生徒には、パンが焼ける様子を観察させてワークシート表面の「4. 気がついたこと」の項目の欄に記入させると共に、コンセントにプラグを接続した直後(0分後)から10分間、1分おきに読み取った電流値をワークシート裏面(図4(b))の表の「電流(A)」の欄に記録させた。この実習では大電流を取り扱うため、安全性の観点から通電中は導電部分に絶対に触れないように口頭で生徒に注意するだけでなく、生徒がパン焼き器に触れないように、図5に示すような安全シートを用意した。この安全シートの赤枠内に電気パン焼き器を置き、通電中はシートの上に手を出さないよう指導した(図6)。
4. 10分経過した後、コンセントからプラグを抜き、パンが焼ける原理の説明に移った。パンの生地にも抵抗があるため、電流が流れた時にはジュール熱が発生する。ジュール熱によって電気エネルギーが熱エネルギーに変換されて、パンが焼けることを説明した。
5. 出来上がったパンを試食しながら、生徒同士で感想を話し合うことによって理解を深められるようにした。感想は、ワークシート表面の「5. 本時の感想」の項目の欄に記入させた。

上記の授業の展開を踏まえて、各班に準備した実験材料や測定器を表3に示す。また、事前に準備した板書計画(図7)に基づいて、授業実践での板書は図8の通りとした。授業の進行に合わせて、適宜、用意した模造紙を黒板に置くようにした。さらに、大学院で初めて教育学を学び、かつ初めて授業を行う者がいるため、授業者側のシナリオ(図9)を用意した。



図5 安全シート

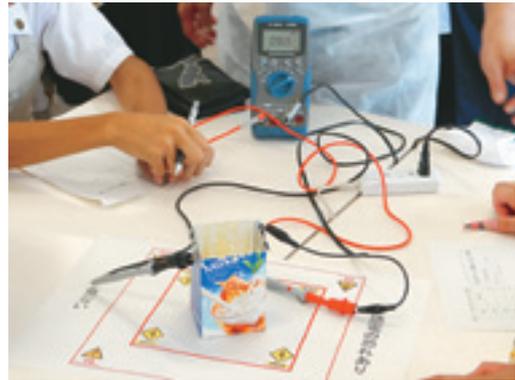


図6 電気パン焼き器を安全シート内に配置している様子

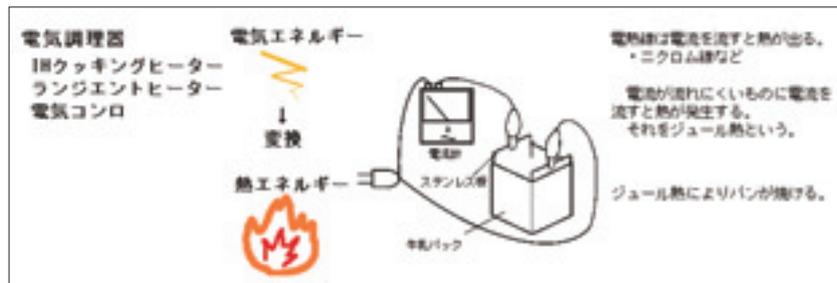


図7 板書計画



図8 授業実践での板書

谷先生からご紹介いただいたように、谷先生に変わって授業をさせていただく「鳥門教育大学大学院生の〇〇」です。よろしくお願いします。

各机には、ヘルプの先生がいます。わからないことや、迷ったりしたときは、気軽に聞いてください。各先生、自己紹介をお願いします。

机の上にある、ワークシートを各自、1枚ずつ取って、年・組・名前を書いてください。

今日の内容ですが、ワークシートにもあるように、みなさんにはパン作りをして貰いたいと思っています。しかし、ただ作るだけでは家庭科の授業になってしまいますので、皆さんにはまず初めに、それを調理する電気調理器について考えて貰いたいと思います。

図9 授業者側のシナリオ（抜粋）

3.2 学習指導案

今回の授業実践に向けた学習指導案は以下の通りである。

3.2.1 題材

電気パンをつくろう。

表3 各班に準備した物品

準備物	数量
牛乳パック (500ml)	1個
ステンレス板 (66mm×103mm×0.1mm)	2枚
電気コード (プラグ・クリップ付)	1本
デジタルマルチメータ	1台
ホットケーキの素	100g
牛乳	90ml
ワークシート	5枚
安全シート	1枚
その他 (チョコ・蜂蜜・紙皿・布等)	1式

表4 授業の展開

時間	生徒の活動	教師の支援	評価
5分	これまでの電気調理機器を使った経験を振り返り、ワークシートに記入する。	電気調理器がどのようなものをイメージしやすいように、いくつか例をあげる。(電気コンロ、ラジエントヒーター、IHクッキングヒーター、ホットプレート)	
10分	パン焼き器をセットする。	パン焼き器のセット方法を実物を用いて説明するとともに、ワークシートにもそれを書いておき、生徒がいつでも参照できるようにしておく。 セット前には手を洗うようにさせる。	安全面に配慮した電気の取り扱いができる。 (技能)
20分	作成したパン焼き器に電流を流し、一分おきに電流値を計測しながらパンを焼く。その後、その原理について考え、ワークシートに記入する。	むき出しの金属板には絶対に触らないように注意させる。 計測の結果から、電流の変化がパンの完成を検出する機能に応用できることに気付けるようにする。	ジュール熱によって電気エネルギーが熱エネルギーに変換できることがわかる。(知識)
10分	出来上がったパンを試食しながら、感想を話し合うことによって理解を深める。	切り分ける前にも手を洗うようにさせる。	
5分	(片付け)		

3.2.2 指導に当たって

生徒達は日常生活の中で様々な電気エネルギーを使った製品に触れている。しかし、それらの製品はしばしばブラックボックス化されており、仕組みが外部から見えないようになっている。そのため、身近に使われている技術や、エネルギー変換に興味を持つ機会は製品に触れる機会に比べて少ない。題材は電気調理器を例として、電気エネルギーから熱エネルギーへの変換を学習する。これまでに電気調理器を使った経験を問いかけ、それらの仕組みの一つであるジュール熱を中心に、電気調理器について解説する。実践的・体験的な学習を通して理解を促すために、牛乳パックと金属板で作った電気パン焼き器でパンを焼き、その様子を観察する。

本時では、生徒が自分の電気調理器を使ってきた生活経験と照らし合わせながら、その仕組みを理解できるように、電気コンロなどの実物の写真を見せながら指導する。加えて、電気パンづくりでは大きな電流を取り扱うので、生徒が電流の大きさと危険性に気づき、電気を安全に取り扱えるように指導したい。

3.2.3 本時の目標

- ・ジュール熱によって電気エネルギーを熱エネルギーに変換できることがわかる。
- ・安全面に配慮して電気機器の取り扱いができる。

3.2.4 板書計画

図7の通りとする。

3.2.5 展開

授業の展開を表4に示す。

3.3 授業実践の様子

授業の様子を図10に示す。それぞれ (a) 全体の様子, (b) 大学院生が2人1組で授業している様子である。なお、今回の授業実践では焼いたパンを生徒が試食しているが、実験後、安易に試食するのは避けるべきであるとの報告がある10)。今回は実習校とのコンセンサスを得たが、生徒の試食用に供するには、分析機器を用いた食品分析を事前に実施するなどの措置が望ましい。

3.4 生徒の授業への感想結果

表5に、代表的な感想を示す。パンが美味しかったという感想だけでなく、実習を通して実生活で使われているエネルギー変換の仕組みに気付くことができた生徒も見られた。実際にパンを焼きながら学習することで生徒はその原理を視覚的に理解することができ、自らの興味・関心につなげることができたと考えられる。



(a) 全体の様子



(b) 大学院生が2人1組で授業している様子

図10 授業実践の様子

表5 生徒の感想 (抜粋)

電気でパンを作れるなんて思ってもなかったの、とてもびっくりした。それに、おいしかった。「ジュール熱」という新しいことも知ることができたので良かった。
電気パンをつくるためには、気を付ける事がたくさんあった。特に、感電しないように気をつけた。また、知らない事ばかりだった。
パンの生地が電気を流すことによって、水から発熱して焼けるのに驚いた。また焼けると、水分が飛んで電流が流れなくなってパンが焼けたのが分かるのでいいと思った。
パンが自分から焼けるなんて、びっくりしました。ジュール熱という言葉を知ったので、この授業は良かったと思います。楽しかったです。
たぶん、一生に一度の体験で、こんな貴重な事ができたのは、本当に良かったです。今回、習ったことを活かせるように、これからできたいです。
いいにおいがして、美味しかった。電気を熱に変えるのを発見した、ジュールさんは、すごい。
ずっと電流が上がっていくと思っていたが、途中から下がって、0になったので、おどろいた。パンは、すごくおいしかった。
今日、電気を学習しました。電気を学習して電気がどれだけ大切なのかとてもよく分かりました。とても良い経験でした。
これまで、電気を通すのは当たり前で、考えたことも無かったけど、その仕組みや新しい言葉も知れて良かったです。とてもおいしかったです。ありがとうございました。
なぜ、電気エネルギーが熱エネルギーに変わるかを詳しく知りたい。また、今度は、ニクロム線でパンを焼いてみたい。そしたら、何が出来るのかも知りたい。
ジュール熱を使いパンを焼きましたが、水分がかなり抜けて、少しかたかったです。

4. まとめ

学校教育現場から挙げた課題に対して、経歴の異なる大学院生が協力して授業を作成し、実践した。その結果は以下の通りにまとめることができる。

- 1) 指導案の計画どおり、安全に授業を実施できた。この指導案は他者が授業実践する際に有用であると考えられる。
- 2) 実験において伝えなければならない内容を明確に説明することができた。
- 3) 実験を通して生徒が現象を観察することで、伝わりやすい教材になることが確認できた。

大学院修士課程で初めて教育学を学ぶ大学院生や、中学技術が専門ではない大学院生も無事に授業を行うことができた。特に、前者は、生徒の前で授業を行うことが初めての経験であり、今後、教員を目指す上で貴重な体験が得られたと思われる。

文部科学省の「大学院段階の教員養成の改革と充実等について」において報告されているように、これからの教員には1) 課題探究的な活動を自ら体験し、新たな学びを展開できる実践的指導力、2) 複雑かつ多様な新たな課題に、幅広い視野に立って柔軟に対応できる指導力、3) 同僚と協働して、組織として困難な課題に対応できるマネジメント力が必要とされる。これらの力量を培う上で、今回行った課題解決型学習としての授業実践は非常に有意義であると考えられる。

参考文献

- 1) 鳴門教育大学企画戦略室編：鳴門教育大学教員養成改革の軌跡－教員養成の更なる高みを目指して－，協同出版，pp.99－104（2013）
- 2) 吉本昇三，安達洋，戸川祐樹，麻生多聞，立岡裕士：教育実践フィールド研究（中学校社会科地理）「GISを利用した地理授業」，鳴門教育大学授業実践研究，第10巻，pp.77－82（2011）
- 3) 山森直人：「教育実践フィールド研究」における英語教育の専門職養成のための研究実践：2008年度中学校英語チームの研究活動における「問い」に関する考察，鳴門教育大学授業実践研究，第10巻，pp.69－76（2011）
- 4) 伊藤陽介，谷陽子，河野貴大，谷口一彦，平星光一郎，Wang Ching-Yu：情報に関する基礎的な知識と技術を学習する授業の開発と評価，日本産業技術教育学会第53回全国大会講演要旨集，p.38（岐阜県岐阜市，2010年8月）
- 5) 文部科学省「教員の資質能力向上に係る当面の改善方策の実施に向けた協力者会議」：「大学院段階の教員養成の改革と充実等について」（報告），平成25年10月15日
- 6) 左巻健男，内村浩：おもしろ実験・ものづくり事典，東京書籍，pp.21－26（1993）
- 7) 滝川洋二：物理がおもしろい，日本評論社，pp.43－50（1995）
- 8) 愛知・岐阜物理サークル編：いきいき物理わくわく実験，新生出版，pp.115（1988）
- 9) 岡田直之：電気パンの電流値変化，物理教育，第57巻，第2号，pp.85－90（2009）
- 10) 松岡守，岩瀬仁志，手嶋由和，早川ひとみ，脇田圭造，尾本保明，川口博之，平山雄一，松村和俊，宮間敬，川口元一：「電気パン」実験に対する電気特性の実験的評価と食品としての安全性，日本産業技術教育学会誌，第43巻，第3号，pp.161－168（2001）

Education practice as a task-oriented study for graduate students in industrial arts

— A case study on learning energy conversion from Joule heated bread baking in junior high school —

MIYAMOTO Kenji*, YONENOBU Hitoshi*, TANI Yoko**

We describe a teaching–practice experience of graduate students for industrial arts education classes given at a junior high school. Naruto University of Education (NUE) has provided a task-oriented study course in which students are responsible for identifying and pursuing educational topics in elementary or secondary schools. In 2013, eight graduate students took part in the program. They have diversified backgrounds other than pedagogy, and are studying for acquiring teacher’s certificates. Prior to teaching a real class, weekly meetings were held for three months to generate and develop a feasible instructional content with teaching materials. The content was determined to be a topic in energy conversion learning from baking bread using Joule’s heat. A teaching plan was drawn up to standardize the educational context for student teachers with different backgrounds. Also, a safety guidance was formulated, taking into account the use of high–electric current. Then, laboratory experiments were repeated to optimize the amount of time required for the hands–on practice in a class. The lectures were successfully given to four classes in the Junior High School of NUE, receiving generally favorable feedbacks from the school students.

*Health and Living Sciences Education, Naruto University of Education

**Junior High School of Naruto University of Education