

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01981

研究課題名（和文）科学技術リテラシーを有する先導的教員養成システム構築に関する実証的研究

研究課題名（英文）Empirical research for constructing of pioneering teacher training system having science and technology literacy

研究代表者

道法 浩孝（Doho, Hirotaka）

高知大学・教育研究部人文社会科学系教育学部門・教授

研究者番号：90457408

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、科学と技術を一体的・総合的に指導できる教員養成プログラムを構築・実施し、実施結果の評価を通して、プログラムの有用性、有効性を検証することである。構築したプログラムは、中学校理科及び技術科双方の教員免許状取得を義務付け、両教員免許状取得に必要な授業科目に加えて、科学と技術を融合し一体的に扱う授業科目を新たに設定し、内容構成した。構築したプログラムを実施し、その評価を新設した授業科目の実践結果等に基づいて行った結果、科学と技術を融合・一体化した教育の有用性・有効性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

AI、IoT及びビッグデータ等のキーワードで標榜される現代社会の背景を反映し、科学技術を構成する教科の連携・強化を通して、イノベーション創出を図るSTEM・STEAM教育は、欧米での開発・推進を起点とし、我が国でも積極的な導入が図られている。また次期学習指導要領のキーワードであるカリキュラムマネジメントのなかに教科横断的な視点が挙げられ、複数の教科間での連携が指摘されている。これに先駆け本研究では、別個の教科としての位置づけがなされている理科と技術科に対し、科学と技術の一体化に基づき、両者を融合した教員養成プログラムを構築・実施し、実施結果の評価を通して、有用性、有効性の検証を行った。

研究成果の概要（英文）：In this research, we have constructed and practiced a training program for the teacher who has ability for teaching science and technology integrally and comprehensively, and we aim to verify the usefulness and effectiveness of our program evaluating the results of the practice. The program required to take the teacher's license both science and technology, and configured the contents setting up the new subjects which science and technology were combined and integrated in addition to the subjects to take the both licenses. We have practiced our program and the evaluation based on the results of the new subjects and so on. As a result, the usefulness and effectiveness of the education which science and technology were combined were suggested.

研究分野：技術科教育

キーワード：科学教育 科学技術教育 教員養成カリキュラム 科学技術リテラシー カリキュラム開発 教材開発 実験とものづくり

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

科学と技術の発展が著しい勢いで進行する今日、両者の関連性・相補的關係は深化する一方である。技術の進歩は、計測器・実験機器の開発・高性能化を促し、科学における新たな手法及び研究分野の開拓を可能にした。一方、科学の技術への導入により、技能の技術化や機械化が進展し、物質・エネルギーの高度な生産技術の確立及び高度情報通信技術の普及が実現している。

以上のように科学と技術が一体化し、科学技術として社会の基盤を形成している現状に対し、学校教育の場では、両者は理科、技術科とそれぞれ独立した教科、分野として存在している。科学と技術を融合・一体化した教育を実施することにより、自然の法則性を具体的な問題解決に応用する力、単なるものづくりではなく科学的法則に基づいて設計・製作を行う力等の育成が可能になり、学習者の興味・関心、思考力及び問題解決能力等の高揚が図れるものと考えられる。学校教育における科学と技術の独立した教育カリキュラムが、学習者の知的好奇心の高揚、学習を通して習得した知識・技術の有用性の実感を阻害し、理科離れ、科学技術離れの一因となっているのではないかと考える。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、以下の3点にある。

- (1) 科学と技術を一体的・総合的に指導できる教員養成プログラムを構築する。
- (2) 構築したプログラムを実施し、科学技術離れ等現代社会の課題に対応できる教員の養成、さらには実践的指導力の向上すなわち教員の質保証を図る。
- (3) 開発した教員養成プログラムの実施結果の評価を通して、科学と技術を融合・一体化した教育の有用性、有効性を検証する。

### 3. 研究の方法

我々は、科学と技術を一体的・系統的に指導できる教員を養成する教育プログラムの構築を、プログラムの理念及びそれに基づく養成する教師像の明確化、大学4年間を一貫した科学技術教育教員養成カリキュラムの開発、カリキュラムに基づく具体的な授業内容の検討というプロセスを通して展開し、大学教育学部の教員養成課程への位置づけを実現した。

本研究課題では、開発した科学技術教育教員養成プログラムの実施とその評価を並行して展開し、カリキュラムの工夫・改善を図っていくとともに、カリキュラムの有効性の検証を行った。特にプログラムに新設した科学と技術を融合した授業科目である「実験とものづくり」及び「科学技術教育総合演習」に焦点をあて、授業内容の精査と詳細な検討に基づいてカリキュラムを実施するとともに、その実践結果の評価・分析を行った。また、本プログラムに所属する学生を中心に毎年実施している「青少年のための科学の祭典」の実施結果、及び最終年度に課している卒業研究も評価の対象とした。

カリキュラムの評価・分析は、大学4年間を通して学生に対し育成する資質・能力として掲げている『自然科学に対する深い認識と探究力』、『科学を応用して「もの」を創造する力』、『科学を応用して教材・教具を開発する力』、『応用科学としてのものづくり指導力』、『科学と技術の総合的指導力と授業実践力』の5項目に基づいて、科学技術的知識・技術、科学技術教材開発力、科学技術教育実践力等の観点から実施し、科学と技術の一体的指導力を有する教員を養成することの意義及び有効性を検証した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 科学と技術を融合一体化した教員養成プログラム

プログラムは、理科及び技術科両教員免許状取得に必要な授業科目に加えて、科学と技術を融合し総合的に扱う授業科目を、1年次から段階的・系統的に設定している。1年次に設定している授業科目「身近な自然の観察」では、自然観察に関する基礎的な知識・技術を身につけさせるとともに、それを環境教育等と関連づけて教材化する視点を養う。2年次授業科目「実験とものづくり」は、材料加工技術及び電気・電子計測・回路製作技術を、簡単な理科教材・教具の設計・製作を通して身につけさせる。3・4年次に設定している授業科目「科学技術教育総合演習」では、科学と技術の関連性・一体性を追求・考察するとともに、両者を融合した教材・教具の開発及び授業研究を行う。さらに4年次には、企業へのインターンシップを設定し、実践的指導力の定着を図る。

##### (2) 実験とものづくり

ものづくり技術を適用した教材・教具開発力の育成は、本プログラムの特徴的項目であり、授業科目「実験とものづくり」は、その最初のステップに位置づけられている。本授業科目では、材料加工技術及び電気計測・回路製作技術の基礎を、簡単な理科教材・教具の設計・製作を通して習得させる。具体的には、試験管立て、メダカ観察用小型水槽、整流子モータ、音声増幅回路等の設計・製作を行っている。設計・製作題材の一つであるメダカ観察用小型水槽は、プラスチック加工に関する基礎的技術の習得を目的として設定されており、プラスチックの切断・折り曲げ等に加え、漏水のない構造を実現するための精度の高い加工技術についての学習も行うことができた。また整流子モータの設計・製作においては、基本型として例示したモータに対し、受講学生は本体を支える土台の強度を高めるとともに、軸受け部分を着脱式にすることにより回転子の交換を可能にし、コイルを2つ直交して配置し、回転力を高めた。コイルの数や巻数を変更することにより、柔軟な実験条件の設定、性能改善等が可能である。改良したモータの教材化について学生が作成したレポートには、「最初に1つのコイルを用いた簡単なモータを動作させ、電流が磁界の中で受ける力についての観察を行った後、コイルの巻数、電流及び磁石の数を変化させ、定量的な関係についての考察を行い科学的知識を身につける。次にそれに基づいて、回転数・回転力等の向上を図るための最適解を追及する。」と記されていた。科学と技術を融合し一体的に捉えた教材開発の視点を、実験・ものづくりを通して身につけることができたことを示唆するものであると考える。

##### (3) 科学技術教育総合演習

授業科目「科学技術教育総合演習」は、科学と技術が相補的・一体的関係にある具体的な領域として、科学4分野に基づいて「生物学と生物育成学」、「化学と材料加工学」、「物理学と電気工学」、「地学と情報工学」を設定している。そして、科学に基づく技術、技術の成果の科学への利用（科学的探究活動への技術の応用）についての認識（知識・理解・技術）の深化・向上を、実験、実習（設計・製作）を通して図るとともに、それを教材化する力すなわち教材開発力・授業実践力を身に付けさせる授業構成になっている。

物理学と電気工学の関連性を追求する「科学技術教育総合演習」では、まず金属と半導体における導電現象を物性論及び半導体デバイス工学双方の視点から考察させた。次に電子回路製作技術を活用して、PCを用いた電圧-電流特性自動計測装置を製作させ、金属線、固定抵抗器、ダイオード及びLEDの電圧-電流特性を計測させた。そして計測した電圧-電流特性を直接利用して、簡単な電子回路を設計・製作させた。最後に、これまで学習した理論及び製作を行った装置の教材化を図り、中学校における理科と技術科の学習内容を融合した電気に関する学習指導計

画を作成させた。

導電現象についての理論的考察では、科学と技術の関連性・一体性に視点をあてた講義を両分野の教員のコラボレーションを通して展開することにより、これまで物理学、工学それぞれの視点で学生が身に付けてきた知識の融合を図ることができた。自動計測装置の製作では、受講学生は、これまでに習得した回路製作に関する知識・技術を活用し、製作資料を基に回路構成及びデバイスの選択等について思考活動を繰り返す、装置の製作を進めていった。

学習指導計画の作成では、理科及び技術科の内容を再度精査し、製作した計測装置をいかに有効に教材化するかを2人で協働して検討し、図1に例示するような科学と技術を融合した学習指導計画を作成した。

受講学生の授業での状況、製作した装置とそれを用いた実験結果及び作成した学習指導計画より、一定の成果を窺うことができた。

化学と材料加工学の関連性・相補的關係を追究する「科学技術教育総合演習」では、加工材料として金属、木材、プラスチックを取り上げた。授業は、各材料を構成する元素の性質及び原子・分子の構造を、無機化学及び有機化学（高分子化学）の視点から分析を行ったのち、分析結果に基づいて日常生活で利用している材料が有する特性、特性に応じた材料としての使用法、加工法を追究するという順序で展開した。

さらに本授業では、技術の成果の科学への応用、すなわちものづくり技術の実験への適用として、物理学と電気工学の関連性を追求する「科学技術教育総合演習」において製作したPC自動計測装置を用いた化学実験の教材化を課題とした。

加工材料の有する特性を、原子・分子レベルのミクロな視点から、加工法・使用法等のマクロな視点へと考察を深めていく過程で、学生はこれまで科学（化学）、技術（材料加工学）それぞれにおいて身に付けた知識の融合を図ることができた。

図2は、化学実験の教材化例として、水を注ぐと発熱するモーリアンヒートパックの温度変化を、自動計測した結果である。加熱開始後10秒程度で温度が上昇し始め、約60秒で80°C付近まで温度が急上昇する過程を、0.5秒間隔で詳細に観測可能である。上記の他PC自動計測装置を用いた化学実験の教材化例として、ミョウバンの再結晶実験に基づく溶解度曲線の作成がある。ここでは、質量の異なる多数のミョウバンの飽和溶液をつくり、溶液の温度を下降させ再結晶が生じる過程の温度変化を自動計測し、理論曲線に対し高い整合性を有するミョウバンの溶解度曲線を得た。

題材の指導計画	
1. 回路について(回路図) 回路を流れる電流	11.~13. LEDライトの製作
2. 直列回路を流れる電流	14.エネルギー変換
3. 並列回路を流れる電流	15.電気エネルギー
4. 回路に加わる電圧	16.電流がつくる磁界
5. 並列回路に加わる電圧	17.磁界から電流が受ける力とモータ
6. 直列回路に加わる電圧	18.エネルギーの変換と利用
7. 実験用抵抗の製作(はんだづけ)	19.動力伝達
8. 電圧と電流と抵抗	20.発電機のしくみ
9. 抵抗の直列・並列(デジタル計測)	21.発電機の製作
10.導体と不導体・LEDの特性計測 LEDライトの設計(抵抗)	22.発電機の製作・動作確認

図1 科学と技術を融合した学習指導計画

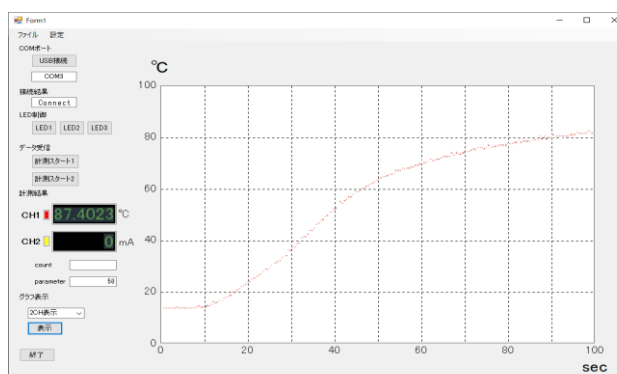


図2 自動計測装置を用いた化学実験の教材化例

#### (4) 青少年のための科学の祭典

学校現場の理科教育において不足している観察・実験等の実体験の場を提供し、青少年の科学に対する興味・関心の高揚を図ることを目的として、「青少年のための科学の祭典」を実施している。本イベントでは、ものづくりを通して科学を体験し学ぶ企画も設定されており、科学と技術を融合した教員養成カリキュラムの円滑な実施の一環として、学生を中心として企画・運営を行っている。

本イベントにおいて、ものづくり体験学習を企画した学生が、子供の興味・関心、難易度等を基に製作させる回路、構造等を検討し、可能な限り多数の子供がものづくり体験を楽しめる製作工程を編成し、プリント基板の製作、アクリル板の切断、部品の配布方法の工夫等を行い、製作指導過程について、ほとんど未経験の子供にいかにも楽しくわかりやすく指導するかを考え、指導のための教具の工夫を行うことを通して準備を行い、イベント当日子供に指導を行う過程から、学生のものづくり指導力の向上に効果があることを見出すことができた。

#### (5) 卒業研究

3・4年次に設定している卒業研究では、本プログラムの多くの学生が科学と技術を融合したテーマで研究を展開している。具体的には、理科教材の開発を材料加工技術、電子回路の設計・製作技術及びコンピュータによる計測・制御技術を活用して展開する研究、理科、技術科に加えて数学の各教科間でデータ・情報・知識の相互活用を容易にする科学技術融合 STEM 型教材の開発を行い、電気回路の設計学習を通じた、3つの教科内容を融合した学習指導計画及び学習展開の検討・提示を行った研究等がある。卒業研究において、科学と技術を融合した教員養成カリキュラムで習得した能力が、効果的に生かされていることを窺うことができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 道法浩孝・蒲生啓司	4. 巻 80
2. 論文標題 科学と技術を融合・一体化した教員養成カリキュラムの構築	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 高知大学教育学部研究報告	6. 最初と最後の頁 69-77
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 村上瑠菜・邊見由美・伊谷行	4. 巻 80
2. 論文標題 教員養成課程の学生を対象とした「昆虫の体のつくり」を理解するための授業実践	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 高知大学教育学部研究報告	6. 最初と最後の頁 113-118
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 邊見由美・塩崎祐斗・山守瑠奈・伊谷行	4. 巻 74
2. 論文標題 日本固有種ウモレマメガニの分布と生息場所、および山口県と高知県からの新記録	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本ベントス学会誌	6. 最初と最後の頁 36-40
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 後藤龍太郎・邊見由美・JoneI Mangente Corral・塩崎祐斗・加藤哲哉・伊谷行	4. 巻 72
2. 論文標題 希少種ユメユムシ（環形動物門：ユムシ綱：ミドリユムシ科）の四国からの初記録	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本ベントス学会誌	6. 最初と最後の頁 79-82
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5179/benthos.72.79	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 難波賢太・中尾友紀・鈴木達也・道法浩孝・草場実	4. 巻 78
2. 論文標題 理科の「ものづくり」活動における動機づけと方略の関係の検討( )-技術・家庭科技術分野との比較を中心として-	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 高知大学教育学部研究報告	6. 最初と最後の頁 pp.181-186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 邊見由美・桐原聡太・古木隆寛・原田哲夫・伊谷行	4. 巻 78
2. 論文標題 教員養成課程における臨海実習 -分類・生態学教材編-	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 高知大学教育学部研究報告	6. 最初と最後の頁 pp.165-172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計41件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 西 直暉・道法 浩孝
2. 発表標題 コンピュータ計測技術を適用した天体シミュレーション教材の開発
3. 学会等名 日本科学教育学会研究報告
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永野玖実・道法浩孝
2. 発表標題 システム構成学習を効果的に展開するためのPC計測・制御教材の評価
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第62回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田優汰・道法浩孝
2. 発表標題 PC計測を核とする科学技術融合STEM型教材の開発
3. 学会等名 令和元年度日本理科教育学会四国支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 道法浩孝・蒲生啓司
2. 発表標題 理科と技術科を融合した教員養成カリキュラムの実践的研究(2)－科学と材料加工学を融合した授業実践－
3. 学会等名 令和元年度日本理科教育学会四国支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永野玖実・道法浩孝
2. 発表標題 PC計測・制御教材の小学校プログラミング教育への導入
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第35回情報分科会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 蒲生啓司・道法浩孝
2. 発表標題 教員養成課程におけるSTEM教育を指向する科学技術教育のカリキュラム研究
3. 学会等名 日本教科教育学会第45回全国大会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 吉本真理・横田康長・蒲生啓司
2. 発表標題 溶解度の理解を促す再結晶の定量的実験
3. 学会等名 日本理科教育学会第69回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 斎藤恵介・原田勇希・草場実
2. 発表標題 理科学習に対する興味と観察・実験に対する興味の分散共有率の検討
3. 学会等名 日本理科教育学会北海道支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桐原聡太・遠見由美・伊谷 行
2. 発表標題 干満を通して見たテッポウエビとツマグロスジハゼの条件的共生の利害関係
3. 学会等名 日本生態学会中四国地区会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永野玖実・道法浩孝
2. 発表標題 多様なシステムを構成可能な計測・制御のプログラミング学習教材の開発
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第61回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永野玖実・西直暉・宮本彩智・岩中悠・道法浩孝
2. 発表標題 科学体験イベントにおけるものづくり体験学習の実践と評価
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第61回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮本彩智・道法浩孝
2. 発表標題 PC計測を適用した音波視覚化教材の開発
3. 学会等名 平成30年度日本理科教育学会四国支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 位置エネルギーから電気へのエネルギー変換定量的計測教材の開発
2. 発表標題 岩中 悠・道法 浩孝
3. 学会等名 平成30年度日本理科教育学会四国支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西直暉・道法浩孝
2. 発表標題 コンピュータ計測技術を適用した天体シミュレーション教材の開発
3. 学会等名 2018年度第5回日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 楠瀬弘哲, 中城 満, 北川 晃, 蒲生啓司
2. 発表標題 地域の科学系人材創出のための理科教員養成と研修システムの開発 - 第3期高知CST養成・育成事業の新展開 -
3. 学会等名 平成30年度日本理科教育学会四国支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 蒲生啓司・道法浩孝
2. 発表標題 理科と技術の相補的連携に基づく科学技術教育のカリキュラム研究
3. 学会等名 日本教科教育学会第43回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西直暉・永野玖実・岩中悠・橋口英典・宮本彩智・入木祐太・坂拓実・高屋聖卓・武内大樹・難波賢太・道法浩孝・國府俊一郎・普喜満生・蒲生啓司・北川晃
2. 発表標題 科学と技術を融合した教員養成カリキュラムにおける授業科目「科学技術教育総合演習」の実践
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第33回四国支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮本彩智・永野玖実・橋口英典・岩中 悠・西 直暉・難波賢太・武内大樹・高屋聖卓・坂拓実・入木祐太・國府俊一郎・普喜満生・北川晃・道法浩孝・蒲生啓司
2. 発表標題 理科と技術科を融合した教員養成カリキュラムの実践的研究(1) 科学技術教育コース「科学技術教育総合演習」の授業実践
3. 学会等名 平成29年度日本理科教育学会四国支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中尾友紀・難波賢太・鈴木達也・道法浩孝・草場実
2. 発表標題 理科学習における「ものづくり」活動の動機づけと方略の関係の検討( ) - 項目作成を中心として-
3. 学会等名 平成29年度日本理科教育学会四国支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 遠見由美・岡田祐也・伊谷行
2. 発表標題 「節足動物のからだのつくり」を理解するためのエビの観察
3. 学会等名 日本生物教育学会第102回全国大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	蒲生 啓司 (Gamoh Keiji)  (90204817)	高知大学・教育研究部総合科学系複合領域科学部門・教授  (16401)	
研究分担者	伊谷 行 (Itani Gyo)  (10403867)	高知大学・教育研究部人文社会科学系教育学部門・教授  (16401)	
研究分担者	草場 実 (Kusaba Minoru)  (00737851)	高知大学・教育研究部人文社会科学系教育学部門・准教授  (16401)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	北川 晃  (Kitagawa Akira)  (90450684)	高知大学・教育研究部人文社会科学系教育学部門・講師     (16401)	