

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 22 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350226

研究課題名(和文) ASEANと日本をつなぐ科学教育実験教材開発

研究課題名(英文) Development of Science education experiment materials to connect ASEAN and Japan

研究代表者

飯塚 正明 (iizuka, masaaki)

千葉大学・教育学部・教授

研究者番号：40396669

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)：本研究ではASEAN-日本共通科学教育実験教材開発を行う事を目的としている。ASEANでの実験ベースでの科学教育の基礎データの収集と解析を進めた。また、実験実習を基盤とするプログラム開発をおこなった。科学・教育文化を通して学習できるように発展するため、新たな個別学習装置「パーソナルデスクラボ(PDL)」の改変や開発を行ってきた。とくに、新たに実験実習教材の開発もおこない、国内の中高生を対象に講座を実施し、教材の有用性についても研究を進めた。

研究成果の概要(英文)：It is intended to perform science education experiment teaching materials development common throughout ASEAN - Japan. We pushed forward collection and the analysis of basics of science education data on the basis of experiments in ASEAN. We performed a modification and development of new individual learning device "personal desk laboratory (PDL)" to develop to learn it through science, education culture. We performed the development of the experiment training teaching materials newly and carried out a lecture for domestic junior and senior high school students and pushed forward a study about the usefulness of the teaching materials.

研究分野：電子工学

キーワード：科学教育実験教材 パーソナルデスクラボ 科学教育

1. 研究開始当初の背景

ASEAN 地域において経済発展に伴い教育ニーズの高まりを見せている。この背景には ASEAN 諸国が第 1 次産業の輸出を脱却し、技術立国による経済発展を目指すようになったことがある。このため地域経済を支える優秀な人材の育成が各国共通の課題となってきた。一方、日本においても少子化の進行の中で科学・技術立国としての経済基盤の維持を考えると、ASEAN 地区の科学・技術人材育成を含めた教育戦略が必須である。

申請者らは平成 24 年度より ASEAN 諸国との年間 160 名に及ぶ院生および学部生の相互派遣・受け入れを開始し、現地の小・中・高校において教員インターンシップを行っている。このためインドネシア、タイ、ベトナム、シンガポール、カンボジアの主要 10 大学と協定を結び、綿密な計画のもと現地活動・人材交流を推進している。この活動を通してアジア圏をつなぐ科学文化理解と、それをベースとした科学教育の展開により次世代の人材交流促進を図ることで相互繁栄を可能にする教育環境構築の必要性を強く感じている。

一方、申請者は教育学部において教員養成に携わる中で学生の実践的 science 教育に力を注いできた。この過程で「パーソナルデスクラボ(PDL)」の開発に携わり、「未来の科学者養成講座」「次世代科学者養成プログラム」など学校外での生徒の才能支援教育活動を展開してきた。また千葉大学では PDL を一般教養教育における science 教育に使用し成果を上げている。PDL は千葉大学で開発された個人実験実習教材(特許取得)である。この教材の使用によりこれまで大型の機器を数名から 10 名以上の学生が取り囲み教員の話や聞くというスタイルで行われていた従来の教育に対し、学生 1 人 1 人が授業テーマごとに用意された小型化された個人用の実験機材を用いて自由な発想のもと実験を行い、学習し、レポート作成を行うことが可能になった。PDL 教材を用いた新たな授業展開により高校において物理を選択していない文系の学生においても物理への興味、関心がかき立てられ知識の定着と理論の理解が進むことが示されている。

また、申請者らが開発に乗り出した早期才能支援教育プログラムでは受講生の国際科学オリンピックでの受賞など既に多くの成果を上げている。H20 年度より申請者らが実施した JST「未来の科学者養成講座」「次世代科学者育成プログラム」は、早期に才能を見出し養成するエリート人材教育に、学校外での地域密着型という特色を付与した才能教育支援プログラムである。この講座で「出る杭人材」を選抜し養成するためのプログラム開発およびその検証を行った。その過程で「学習プログラム「ラボ on the デスク」」および

「個人独立型実験実習装置「パーソナルデスクラボ(PDL)」が開発された。これを中高校生の才能支援教育に用いることで受講生の学習意欲が飛躍的に伸長するという成果も得た。受講生の目覚ましい伸長と成果は、PDL に基づく科学実験教育が優れた「出る杭人材」養成プログラムであることを証明した。現在 ASEAN 主要大学との連携のもと「英語でおこなう科学実験講座の開発」も先行し本申請研究の基礎データが集まっている。(<http://ssc.e.chiba-u.jp/index.html> を参照)

2. 研究の目的

本研究では我々が「アウトリーチ用小規模実験教材開発研究」により確立した方法論を応用し、ASEAN-日本共通 science 教育実験教材開発を行う。千葉大学が先駆ける個別対応可能な science 教育教材パーソナルデスクラボ(特許取得)をもとに、才能育成支援のみならず文化理解・交流を促進する science 実験教材を開発する。さらに将来的には ASEAN - 日本に共通する science 教育プログラムのプラットフォーム開発へとつなげる。

具体的には、ASEAN での実験ベースでの science 教育の基礎データの収集と解析、ASEAN-日本共通実験ベース science 教育教材開発、science 文化を基にした ASEAN - 日本理解促進教育プログラム開発を行う。現在まで綿密な計画のもと ASEAN 諸国主要 10 大学と調整を行ってきた。さらに本研究で science に基づく相互理解のための具体的教育プログラムを開発することで、将来にわたる science 教育・文化交流の基盤を構築する。

3. 研究の方法

本研究では、今までの science 教育教材を単に ASEAN に応用するのではなく、ASEAN-日本共通教育プログラム開発のためのプラットフォームを構築しながら、science 文化を背景とするグローバルに活用可能な science 実験教材を開発する。そのためには、基礎データの収集・解析が必須であり、ASEAN 現地協力研究者との綿密な討議のもと教材開発の最適化を図る。その際に学部生および ASEAN からの留学生を試行対象とすることで、開発した教材を用いた大学教育での人材の交流と育成の実際に関するデータを収集する。さらに開発した学習プログラムは、申請者らが行っている「サイエンススタジオ CHIBA」で実施し、効果を評価判定する。その後開発した教育プログラムの社会的意義を明らかにするために一般市民への公開講座や中・高等学校生での試行により効果を確認するとともに、周知を図る。

平成 26 年度

先端科学・技術に関して日本は独特の方法論およびそれを支える職人文化を持っている。

これは自動車産業におけるトヨタの看板方式や鉄鋼業におけるシームレススチール製造など産業界においても生かされている。これら **科学・技術文化を背景とし日本を ASEAN の次世代人材に浸透する**ことは、漫画などの若者文化を背景として日本を売り込む「クール JAPAN」に対し全く新しい視点であり、今後の相互発展を目的とする理解促進策として画期的なものである。このためには自ら日本の科学・技術文化を掘り下げるとともに、日本の科学教育の長所を的確にとらえエンハンスする必要がある。

PDL 化にあたっては

初等・中等教育への活用のための学習指導要領の理解が必要である

個人型実験装置であるため安価であること、また、安全面の配慮も必要である

使用者のレベルに応じて使用方法を変える、制御を加える等の工夫が必要になる

予習、復習などの学習テキストの開発も必須である

この4点に焦点を当て、開発のためのノウハウを蓄積する。

中・高校生を中心とした体験型研究学習講座「未来の科学者養成講座」において開発した教材を使用した実験講座を実施し、その有効性や問題点をフィードバックし、ASEAN-日本共通という視点から PDL 及びその学習プログラムを改変する。

また、開発実施に当たっては TA の活用による人材教育やサイエンスコミュニケータ育成に努める。

平成 27 年度以降

開発した PDL について学部授業での活用さらには ASEAN からの留学生などでの試行を通し、科学理解の状況、文化理解などの項目により評価し、フィードバックをおこない、改良を加える。

最終的には、ASEAN の高校での試行と評価を目指す。

4. 研究成果

本研究で開発を進めた科学実験教材は、我が国で積極的に研究・開発が進められているテーマである、色素増感太陽電池、電子ペーパー、有機 LED、有機トランジスタを中心に研究開発を進めた。

4.1 色素増感太陽電池の教材について

近年、色素増感太陽電池の実験教材は酸化チタン膜の作製方法が確立し、キット化されているものもある。本研究では、実施先が ASEAN の高校等を想定しているため、キットのままでの実験は困難であると考えられる。色素増感太陽電池の構造は、ガラス基板上に成膜した透明導電電極 (ITO、FTO など) の表面に多

孔質酸化チタン膜を作製し、多孔質チタン膜に増感色素を吸着させる。反応が起きない炭素電極を対向電極としてヨウ素を含む電解液を挟み込み、素子が完成する。

ASEAN の学校で実験を行うには、これらの過程にいくつかの困難な部分がある。酸化チタン膜を作製する際に、ガラス表面の洗浄が重要であり、洗浄が不十分な場合や、手で触ってしまうなどで表面が汚れてしまうと、素子特性が出なくなってしまう。また、酸化チタン膜の作製は、高温処理が必要である。ガスバーナーなどでの処理でも実験は可能であるが、ガラス基板が割れる等の問題がある。そのため、今回の教材では、あらかじめ、多孔質酸化チタン膜を作製しておくこととした。次に、色素についてであるが、研究ではブラックダイが、一般的な教材では、花などに含まれるアントシアニンなどの色素を使うことが多い。特にハイビスカスなどに含まれる色素の特性は、比較的光電変換効率もよい。この実験教材では、色素に重点をおき、他の試料も検討した。ブラックダイは特性は良いが、非常に高価であるため、今回の教材には適していない。どこでも入手可能なものを検討した結果、紅茶、コーヒーなどである。乾燥したハイビスカスに加え、紅茶、コーヒーなどを色素材料として実験講座を検討した。

実際の、実験講座の流れは以下の通りである。

- (1) 多孔質チタン膜付きガラス電極を準備する。
- (2) 感想ハイビスカス、紅茶、コーヒーを水に溶かし、酸化チタン膜付き電極を浸し、色素を吸着させる。
- (3) 炭素コート電極を作製し、ヨウ素系電解液を垂らし、挟み込むことで、素子を作製する。
- (4) 太陽や光に当て、テスタ等で電圧を測定する。電子オルゴール等を使って発電の確認を行う。その際には電圧が必要なため、複数の素子を直列につなぐなど、それぞれの作製した素子を共同で利用する。

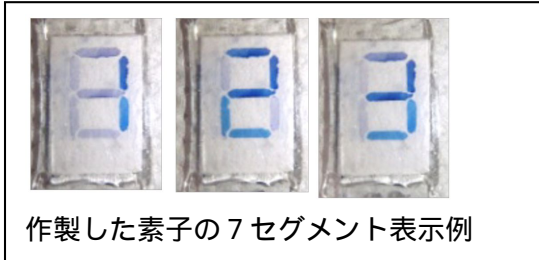
ASEAN での科学実験教材として、複数の学校で、色素増感太陽電池の作製実験教材の授業を実施した。色素増感太陽電池は、おしろいに使われる酸化チタンや飲料に含まれる色素など、普段なじみの材料を使って作製できる点も大きなポイントである。



素子の完成

4.2 電子ペーパーの教材開発について

電子ペーパーの構造には、電気泳動法式、ツイストボール方式、エレクトロクロミック方式がある。作製教材としては、エレクトロクロミック方式が、理科などで学んだ効果も取り入れることが可能で、構造も比較的安易な構造で、教材として適していると考えた。プルシアンブルーを用いた7セグメント表示教材を作製した。



我が国の現在の研究状況はカラー表示のテーマが課題となっている。本研究でも、カラー表示可能な作製実験教材の開発を進めた。7セグメント表示素子を作製したプルシアンブルーの金属イオンを変えたプルシアンブルー金属錯体を用いることで、シアン、マゼンダ、イエローの色素が可能である。プルシアンブルーは透明電極上に電析ができ、酸化還元反応を繰り返しても、電極から脱落することはなく、エレクトロクロミック現象が確認された。プルシアンブルー金属錯体では、電析の必要はなく、溶液の混合でプルシアンブルー金属錯体が形成されてしまう。プルシアンブルー金属錯体を透明電極に塗布し電解質と対向電極で挟み、素子を作製した。しかしながら、この素子では、電圧を印加させると、エレクトロクロミック現象は起こるものの、基板からプルシアンブルー金属錯体が剥離してしまい、反応が継続できない現象が起きてしまった。プルシアンブルー金属錯体の塗布方法を検討し、特性の評価を行った。塗布表面の処理や塗布後の熱処理などをおこなった結果、熱処理を行うと強度は高くなるものの、複数回の酸化還元反応を繰り返すと、色素が基板より脱落してしまう。そこで、色素増感太陽電池に使われる多孔質酸化チタン膜を色素の保持に使えないかと考え、多孔質酸化チタン膜付き基板上で、プルシアンブルー金属錯体の作製を行った。プルシアンブルー金属錯体は2種類の溶液を混合することで作製できるが、一方の溶液に多孔質酸化チタン膜付き電極を浸し、多孔質中に材料を取り込ませる。多孔質に含まれる以外の溶液を除去し、もう一方の溶液につけると、多孔質内にプルシアンブルー金属錯体が形成されることがわかった。この基板で素子を作製したところ、複数回の酸化還元反応を繰り返しても、エレクトロクロミック現象が確認された。ここで、酸化チタン膜の色が色素の色に混ざってしまう。酸化チタンは白色

であるため、色素の色が濁ってしまう。また、酸化チタンも酸化還元反応を起こしてしまう。その結果、色素の酸化還元反応の電圧が大きくなってしまう。また、酸化チタンが反応を起こすと青色になり色素の色に混ざってしまう。そのため、多孔質酸化チタン膜を用いると色素の固定はできたものの、いくつかの問題点もあった。次に、ポーラスアルミナを用いた色素の固定について調査した。これは、アルミをリン酸等の溶液内で陽極酸化を行うと、アルミ表面が酸化しアルミナになると同時に多孔質状に蜂の巣状の穴が開く現象である。穴の大きさは、陽極酸化条件によって制御できることから、穴の径を制御し色素が穴の中に固定できれば、酸化チタンで起きた現象が解消できると考えた。ガラス基板上の透明電極上にアルミ電極を作製する。アルミ膜は厚みが必要なため、スパッタリング装置で1 μm 程度の膜を作製する。リン酸溶液中にカーボン電極とアルミ電極を挿入し、定電圧陽極酸化を行った。酸化が十分に進み、透明電極まで進んだところで、陽極酸化を終了させる。この後、酸化チタン膜の時と同様にプルシアンブルー金属錯体を作製する。多孔質酸化チタン膜に比べ、ポーラスアルミナの穴は小さく、プルシアンブルー金属錯体がポーラス内部に形成することが困難となった。溶液をポーラス内部に導入するため、ポーラス構造の拡大化と低真空状態で溶液浸すなどの実験も行ったが、ポーラス内部に作製されるプルシアンブルー金属錯体の量が少なく、電子ペーパーの素子として、エレクトロクロミックに伴う色の変化を確認できるほどの効果は得られなかった。

4.3 有機トランジスタの教材開発について

有機トランジスタの研究開発は、我が国では非常に積極的に進められている。そのために、有機トランジスタの作製教材の検討を行った。有機トランジスタの作製手法は真空蒸着装置などを利用することが一般的である。最近、塗布法で薄膜作製が可能で、電気的特性も優れた材料が増えてきている。塗布法を用いた有機トランジスタの作製教材が可能であるかを調査した。特に、素子の構造の最適化を中心に研究を進めた。有機トランジスタはMOSFET構造をとるものが多い。MOSFETでは絶縁膜を作製することが重要である。MOSFETはシリコンで作製することが多いが、絶縁膜は、酸化シリコン(SiO_2)を用いることが一般的である。絶縁膜は、シリコン基板に熱処理を施して酸化シリコンを作製するのであるが、今回の教材では酸化シリコン以外の絶縁膜を利用したいと考えた。特に、塗布法で作製が可能であると、特殊な装置が必要がなく作製できる。また、トランジスタの半導体材料を塗布する場合にその結晶性が素子の特性に大きな影響を与えることがわかっている。MOSFETはゲート電

極上に絶縁膜を作り、絶縁膜上に半導体材料を作製する。そのため、絶縁膜の表面が素子の特性に大きな影響を与える。酸化シリコンでは、表面が親水性であり、半導体材料は比較的疎水性の性質を持つため、相性がよくない。そこで、酸化シリコンの表面をシランカップリング処理を行って、素子特性を向上させている。この実験では、絶縁膜を塗布可能な材料で考えているため、シランカップリング処理などは該当しない。しかし、シランカップリング処理と同様な特性を得られると考えられる材料の検討を行った。

本研究では、シリコン樹脂を絶縁膜として利用することを考えた。ポリエチレンやアクリル樹脂等は炭素からなる結合であり、疎水性を示すものも多くあるが、シランカップリング処理表面ほどの特性は期待できない。一方、シリコン樹脂であれば、ケイ素の結合からなるため、シランカップリング処理と同等な表面状態が期待できる。シリコン樹脂は、重合などの手法によっていくつかの種類に分かれる。熱を加えることで重合する熱重合型、紫外線を照射することで重合する紫外線重合型、乾燥をするだけのものがあるが、本研究では、それぞれの材料について、MOSFETの絶縁膜としての絶縁性の調査を行った。乾燥をするだけで作製できるシリコン樹脂について、作製条件等と絶縁性の評価を行った結果、絶縁性が不十分で MOSFET の絶縁膜として利用することは難しいとの結論が出た。紫外線重合型シリコン樹脂は、取り扱い方法が容易で絶縁性は MOSFET の絶縁膜として十分であった。しかしながら、溶媒に対する耐久性が低く、塗布型の半導体材料を塗布する際に絶縁膜が影響を受けてしまう。熱重合型シリコン樹脂は、温度を上げなければならないため、基板などにプラスチック製品が使えない。絶縁性は良好であったため、熱重合型シリコン樹脂を教材の絶縁膜の第1候補として研究を進めた。素子特性を評価するため、高移動度が報告されているペンタセンを半導体材料として用いて、ペンタセン成膜条件と材料の移動度について調査した。基板温度が35 程度の時に比較的高い移動度が観測された。このことは、シリコン樹脂表面の影響であると考えられる。この実験から、室温に近い基板温度で、シランカップリング処理したときの報告に近い移動度が得られることがわかり、教材の実現が可能と考えられる。

4.4 有機 LED の教材開発について

有機 LED は、次世代型ディスプレイデバイスとして積極的に研究され、現在は、携帯端末などのディスプレイとして利用されている。有機 LED を教材とするためには、いくつかの問題がある。発光デバイスのため、一般的に、透明電極が必要となる。有機 LED は片側の電極から正孔を注入し、対向の電極から電子を注入し、発光層で正孔と電子が結合するとき

に発光するため、それぞれの電極から正孔と電子を注入しなければならない。また電極から発光層へ正孔や電子の注入が難しいため、正孔・電子注入層や、正孔・電子輸送層などを挿入する必要がある。透明電極としてはITO 電極などが一般的であるが、この電極は、正孔注入の電極として利用できる。正孔注入層も PEDOT/PSS などは塗布が可能で、比較的容易に作製が可能である。一方で電子注入電極等が大きな問題である。効率を良くするためには、発光層や電子輸送層と電極の間にLiF などの特殊な材料を挟むなどの報告例が多い。また、電極も Al などでも発光は可能であるが、Mg、Ag などの金属やその混合物を利用する場合が多い。これらの金属は酸化性が強く、あらかじめガラス基板などに作製しておき、試料を挟み込む構造をとると、電極表面が酸化してしまい、電極として動作しない。これまで、電極の作製方法について研究を進めてきた。あらかじめ基板上に作製した電極から、酸化層を剥離し、有機 LED 電極を作製する手法などの研究をしてきているが、効果的な方法が見つかっていない。これらの問題点をふまえ、今回の教材で用いた素子は、正孔注入層に PEDOT/PSS を用い、発光層には MEH-PPV を用い、問題の正孔注入電極には、GaIn という金属を用いることで、有機 LED を作製する教材とした。PEDOT/PSS は溶媒にとかしてあり、塗布が可能である。MEH-PPV も溶媒に溶解塗布型 LED 材料として有名な材料である。研究として塗布膜の作製には、スピンコート法などを使うことが一般的であるが、実験講座ではスピンコーターを準備することは難しい。今回は、PEDOT/PSS、MEH-PPV は濃度を調査し、ディップコートで作製できるような、溶液を作製した。電子注入電極であるが、GaIn を用いることで電子注入層がなくても発光が可能である。この金属は、Ga が混入されており、溶解温度が非常に低く室温よりやや高い程度である。また、室温程度の温度でも柔らかく、電極と試料の間に挟み込み、押しつぶすことが可能である。押しつぶすことで、酸化していない金属表面と MEH-PPV が接合し、電子注入が可能となる。有機 LED 作製教材の作製過程は次の通りである。

- (1) 透明電極 (ITO) 付きガラス基板に電子注入層の PEDOT/PSS をディップコートする。PEDOT/PSS は小型の試験管に溶媒に溶かし入れており、試験管に基板を挿入し、引き出せば、基板上にコートされる。次の行程のため、ドライヤーで乾燥させる。
- (2) MEH-PPV も溶媒に溶かし試験管に入れておき、(1)と同様に PEDOT/PSS をコートした基板に、さらにディップコートする。
- (3) 対向電極としては、透明電極付きガラス基板を用いるが、挟み込むときに MEH-PPV と接合がとれる場所を両

面テープで穴を開けておく。両面テープは電極の厚みを確保することと、MEH-PPV 膜を保護する役目がある。電極の位置に GaIn を 1 粒のせ、(2) で作製した基板に、電子注入電極を接合し、やや強めに挟み込み、GaIn と MEH-PPV を接合させる。

- (4) 電極に配線して、電圧を印加し、電圧を上昇させていくと、10V 付近から発光が確認できる。

研究室で実験をしている段階では、ほぼ 100% の素子で発光が確認できた。教材の開発を進めていく上で、初めて取り組む学生に実験を試してもらったところ、発光が確認できないことが判明した。これは、不慣れな学生等では、正孔注入材料や発光材料が、実験の最中に汚染してしまうことなどが考えられる。また、有機 LED では、電極からキャリア注入を行うために電極が汚れてしまうと、動作がしない。この汚染度は色素増感型太陽電池などの電極表面状態の汚染度に比べ非常に厳しい条件である。

実験教材の可能性を探るために、国内の中学生・高校生を対象に作製実験を行った。

その際には、透明電極付きガラス基板を配布前に、逆スパッタ法を使って、電極表面処理を行い、清浄な表面にした。また、PEDOT/PSS は超純水で濃度調整し、MEH-PPV は高純度の THF で濃度調整し、生徒が準備できた時点で TA の学生が、順番にディップコートさせるようにした。さらに、受講生には、実験用手袋をはめさせ、基板等の汚れを防いだ。しかしながら、受講生は、このような実験になれていないこともあり、手袋の取り扱いなどでの基板の汚れなどの問題を解決することが困難であった。その結果、発光した素子は、30% 程度となってしまった。

教材化するに当たっては、さらなる実験プロセスを検討する必要があることがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

- (1) 熱重合形シリコン樹脂を用いたペンタセン FET の特性, 飯塚正明, 岡嶋宰義, 千葉大学教育学部研究紀要 p427-430, (2017)
- (2) エレクトロクロミックディスプレイ作製教材のカラー化についての検討, 飯塚正明, 久高拓馬, 並木文哉, 千葉大学教育学部研究紀要 p385-388, (2016)

[学会発表](計 2 件)

- (1) 高起電力タンデムセルに向けた n 型及び p 型色素増感太陽電池の作製, 茂木 勇樹, 大場 暁海, 趙 博文, 山内 博, 國吉 繁一, 酒井 正俊, 飯塚 正明, 工藤一浩, 第 62 回応用物理学会春季学術講

演会 14a-D15-6, (2015)

- (2) Development of a Novel Method for Creation of Teaching Material Which is Based on Cutting-edge Science
Jun Nomura, Yoshiaki Yamano, Ryugo Oshima, Satoko Baba, Supto Ashardianto, Masaaki Iizuka, Tetsuya Kato, Shuji Shimonagata, Akira Takaki, Horne Beverley, Shuichi Yamashita, Koji Tsuji, Masahide Yamato, Chie Yoneda, Katsuo Sugita, Yoshiya Itakura (Chiba university) The Fourth International Conference of East-Asian Association for Science Education EASE2015, OP-07-05

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)
取得状況(計 0 件)

[その他]

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯塚 正明 (Masaaki Iizuka)
千葉大学・教育学部・教授
研究者番号: 40396669

(2) 研究分担者

加藤 徹也 (Tetsuya Kato)
千葉大学・教育学部・教授
研究者番号: 00224519

(3) 研究分担者

大和 政秀 (Masahide Yamato)
千葉大学・教育学部・准教授
研究者番号: 00571788