

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

## 研究進捗状況報告書の概要

### 1 研究プロジェクト

学校法人名	福岡工業大学	大学名	福岡工業大学
研究プロジェクト名	革新的エネルギーデバイスの開発—ナノ複合誘電素材の創成と実装		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

### 2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

【目的】本研究プロジェクトでは、無機ナノシート液晶などのナノ物質を基盤として、無機有機ナノ複合型の新規誘電性柔軟高分子素材を開発し、新素材を実装した革新的なエネルギーデバイス（発電デバイスおよびアクチュエーターデバイス）を開発する事を目的とする。

【意義・特色】新しいナノ素材を基盤とした、軽量・小型・低環境負荷の電力-機械的エネルギー変換デバイス開発に成功すれば、小型医療器具やウェアラブル情報デバイス等に実装可能となり、社会の広い分野での貢献が期待される。ナノマテリアル分野の発展に資する基礎科学的意義や、化学・機械工学・情報工学の分野融合による学術発展の意義も大きい。

【計画の概要】本研究は、①エネルギーデバイス用のナノ複合素材の開発、②未利用エネルギー活用のための新規発電デバイスの開発、③環境と人間に配慮した柔軟なアクチュエーターデバイスの開発、の3つの研究テーマから構成されている。プロジェクト前半では、複合型エラストマー素材のプロトタイプを合成する。また試験用デバイスの設計と試作、およびその評価法を確立する。後半では、様々な誘電性エラストマー素材を合成し、素材の特性とデバイス性能の関連を明らかにしながら、デバイス性能の最適化を行う。

### 3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

テーマ1では高い機械的強度を示すナノシート/アクリルゴム複合素材や、メソポーラスシリカ/アクリルアミドゲル複合素材を合成する事に成功した。未利用資源を複合素材の原料とするため、養殖魚の鱗からコラーゲンを効率よく抽出する方法を開発した。さらには、これらの素材開発過程でナノシートが形成する超構造を把握するための手段として、ディープラーニングを応用した新しい手法による高速スキャン型共焦点レーザー顕微鏡観察法を開発した。

テーマ2では、誘電性エラストマー素材を用いた試験用デバイスの設計と作製を行い、また動作デバイスの発電特性評価システムを構築した。さらに誘電エラストマーを用いる発電デバイスを自励式とするために必要と降圧コンバータを設計した。これらを用いて、発電特性評価試験を行った結果、研究室での最大発電エネルギー密度と発電効率は、米国ハーバード大学の結果と同レベルを実現した。また、高弾性解析モデルを構築し、有限要素解析方法で新規材料ナノシートの間隔や方向などを考慮した解析モデルを構築した。

テーマ3では、複合型高分子ソフトアクチュエータで複雑な変形特性を可能とする加工法の確立や、熱による変形の基礎特性の計測、その結果を用いた簡易的なフィードフォワード制御、及び外界センサを用いたフィードバック制御に成功した。また、モデル化も着手し、基礎的な数式モデルが完成しつつある。形状記憶合金を用いたソフトアクチュエータについても、繰返し学習制御を用いた高精度の位置制御法の確立、モデル化、収束性の数学的証明が完了している。また、これらのソフトアクチュエータを人工筋肉として活用する場合の筋骨格構造体における位置制御手法の解析を行った。

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

**平成 27 年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」  
研究進捗状況報告書**

- 1 学校法人名 福岡工業大学      2 大学名 福岡工業大学
- 3 研究組織名 物質・エネルギーデバイス研究センター
- 4 プロジェクト所在地 福岡県福岡市東区和白東3-30-1
- 5 研究プロジェクト名 革新的エネルギーデバイスの開発ーナノ複合誘電素材の創成と実装
- 6 研究観点 研究拠点を形成する研究

## 7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
宮元展義	工学部生命環境化学科	准教授

- 8 プロジェクト参加研究者数
- 7
- 名

- 9 該当審査区分
- 理工・情報
- 生物・医歯
- 人文・社会

## 10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
宮元展義	工学部生命環境科学科・准教授	ナノシート複合型柔軟高分子素材の合成と構造・物性評価	デバイスに応用可能な高い性能を持つ新素材を提供する
桑原 順子	工学部生命環境科学科・准教授	生体高分子を原料とした複合型柔軟高分子素材の合成	デバイスに応用可能な高い性能を持つ新素材を提供する
朱 世杰	工学部 知能機械工学科・教授	新素材を実装した発電デバイスの性能評価	新素材を実装した発電デバイスの設計と性能評価
大山 和宏	工学部 電気工学科・教授	新素材を実装した発電デバイスの設計と作製	新素材を実装した発電デバイスの設計と作製
木野 仁	工学部 知能機械工学科・教授	新素材を実装したアクチュエータデバイスの設計と作製	新素材を実装したアクチュエータデバイスの設計と作製
藤岡 寛之	情報工学部 システムマネジメント学科・准教授	新素材を実装したアクチュエータデバイスの数理モデル構築	新素材を実装したアクチュエータデバイスの数理モデル構築
加藤 友規	工学部 知能機械工学科・准教授	新素材を実装したアクチュエータデバイスの性能評価	新素材を実装したアクチュエータデバイスの設計と作製
(共同研究機関等)			

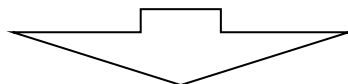
法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクト外での研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
ナノシート複合型柔軟高分子素材の合成と構造・物性評価	工学部生命環境科学科・准教授	宮元展義	デバイスに応用可能な高い性能を持つ新素材を提供する
生体高分子を原料とした複合型柔軟高分子素材の合成	工学部生命環境科学科・准教授	桑原 順子	デバイスに応用可能な高い性能を持つ新素材を提供する

(変更の時期:平成 30 年 4 月 1 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
工学部生命環境科学科・准教授	工学部生命環境化学科・准教授	宮元展義	デバイスに応用可能な高い性能を持つ新素材を提供する
工学部生命環境科学科・准教授	工学部生命環境化学科・教授	桑原 順子	デバイスに応用可能な高い性能を持つ新素材を提供する

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

## 11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

### (1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

【目的】本研究プロジェクトでは、本学で独自に研究を進めてきた無機ナノシート液晶などのナノ物質を基盤として、無機有機ナノ複合型の新規誘電性柔軟高分子素材を開発し、この新素材を実装した革新的なエネルギーデバイス、すなわち発電デバイスおよびアクチュエーターデバイス、を作製する事を目的とする。

【意義・特色】現在、軽量・小型・低環境負荷の電力-機械的エネルギー変換デバイスの開発が急務となっている。小型医療器具やウェアラブル情報デバイス、クリーンエネルギー発電など、医療・IT・環境・エネルギーの分野で、多くの応用が期待されている。このための新型デバイスとして、誘電性エラストマーを柔軟電極で挟み込んだタイプのデバイスが注目されており、従来の機械的な発電機やモーターにくらべて、圧倒的な軽量化、静粛化、小型化が可能である。しかしながら、高エネルギー効率化など課題が山積している。課題の克服には、新規誘電性エラストマー素材の開発が鍵であり、さらに新素材に最適化したデバイスの設計と最適化が必須である。本研究プロジェクトで新しいナノ素材を基盤としたデバイス開発に成功すれば、技術革新となって上記の課題を克服し、広い分野での貢献が期待される。ナノマテリアル分野の発展に資する基礎科学的意義や、化学・機械工学・情報工学の分野融合の意義も大きい。学術的な特色の1つは、新しいナノ物質である無機ナノシートとその構造化技術を駆使する点である。

【計画の概要】本研究は、①エネルギーデバイス用のナノ複合素材の開発、②未利用エネルギー活用のための新規発電デバイスの開発、③環境と人間に配慮した柔軟いアクチュエーターデバイスの開発、の3つの研究テーマから構成されている。

プロジェクト前半では、複合型エラストマー素材のプロトタイプを合成する。同時に、試験用デバイスの設計と試作、およびその評価法を確立する。さらに複合型エラストマー素材を実装したデバイス作製し、性能試験を行う。主な性能指標は、発電デバイスではエネルギー密度、アクチュエータでは応答速度、変位、エネルギー効率とする。

プロジェクト後半では、様々な誘電性エラストマー素材を合成し、素材の特性とデバイス性能の関連を明らかにしながら、デバイス性能の最適化を行う。さらに企業と連携し、コスト、安全性、耐久性も考慮に入れ、具体的な実用化をめざした研究・開発に入る。

### (2) 研究組織

宮元は研究全体を総括すると同時に、ナノシートの合成技術、高分子合成技術、放射光X線を用いた構造解析技術を駆使した新素材合成を担当する。桑原は、生体高分子合成を専門としており、低環境負荷と高性能を両立した複合素材合成を行う。朱と大山は、発電デバイス設計に関しての技術と実績を活かし、新素材を実装した発電デバイスの設計・作製・評価を行う。木野・藤岡・加藤は、アクチュエータとロボットの専門家であり、柔軟い素材の運動や変形の制御、それらを数理モデル化して解析する独自技術を有する。これらの技術を応用して、新素材に基づくアクチュエータデバイスを開発する。これら7名の研究者に加え、これまでに合計37名の大学院生、6名のPD(津田、森直、小杉、大背戸、山本、金子、Song)、および4名のRAがプロジェクトに参加してきた。素材チームで作成した新素材をアクチュエータチームに実装してデバイスを作成するなど、研究チーム間は密に連携してプロジェクトを推進している。

本学の総合研究機構からは事務サイドの支援を受けている。本学のエレクトロニクス研究所には各種の共同利用装置が設置してあり、これらを利用できる体制となっているなど、強い研究支援体制が得られている。千葉科学研究所など、複数の共同研究機関との連携も開始しており、外部研究者を加えた体制で研究を実施している。

### (3) 研究施設・設備等

大学の各研究室やエレクトロニクス研究所に設置済みの設備に加え、福岡工業大学 物質・エネルギーデバイス研究センター(延べ面積 107.5 m<sup>2</sup>)を設置し、本プロジェクト研究を遂行してい

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

る。センターにはおもに以下の設備を整備し、常時、数名以上が在室して研究を行っている。

- ・ X線小角散乱（複合素材構造解析用）（ほぼ毎日稼働）
- ・ 動的粘弾性測定装置（複合型エラストマーの特性評価）（週に2-3回以上稼働）
- ・ 発電評価システム（動作デバイスの発電特性評価）
- ・ 複合型エラストマー駆動用高圧電源
- ・ サーモグラフィー（アクチュエーターデバイスの発熱特性評価用）
- ・ 二軸繰り返し試験機（力学特性評価および発電用変形制御装置）
- ・ 運動解析用装置（アクチュエーターデバイスの動作解析）

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記, 13及び14に対応する成果には下線及び\*を付すこと。

#### <現在までの進捗状況及び達成度>

以下で述べるように、各テーマは進捗状況を述べる。

##### 【テーマ1:エネルギーデバイス用のナノ複合素材の開発】

①完全剥離した粘土鉱物ナノシート存在下での乳化重合により、高分散ナノシートとアクリルゴムが複合化された素材を得る事に成功した<sup>\*1</sup>。この複合素材は、複合化していないアクリルゴムや、従来法（合成済みアクリルゴムラテックスとナノシートの単純混合）で得られた複合体に比べて、著しく高い機械的強度を示した。

②新しい合成手法により、液晶状態のナノシートの超構造を保持したポリイミド/ナノシート複合体<sup>\*32, 150, \*180</sup>、ナノシート/ポリウレタン複合体<sup>\*141</sup>、ダブルネットワーク型ナノシート/ポリマー複合体<sup>\*143</sup>の合成に成功した。

③ナノシートが溶液中で形成する超構造を把握するための手段として、高速スキャン型共焦点レーザー顕微鏡を利用する方法を開発した<sup>\*174, \*109, \*111, \*25</sup>。データの解析には、ディープラーニングを応用した新しい手法を用いている。

④強度に優れる、メソポーラスシリカとアクリルアミドゲルの複合素材合成に成功した<sup>\*142</sup>。破壊歪みが数倍に改善されているにもかかわらず、弾性率は上昇しておらず、エネルギーデバイスへの応用に適していると考えられた。

④未利用資源を複合素材の原料とするため、養殖魚の鱗からコラーゲンを効率よく抽出する方法を開発した<sup>\*, \*183</sup>。

##### 【テーマ2:未利用エネルギー活用のための新規発電デバイスの開発】

①誘電エラストマー型アクチュエーターの逆駆動により電気エネルギーを得る発電デバイスを開発するため、アクリル系やシリコン系などの誘電性エラストマー素材を用いて、試験用デバイスの設計と作製を行った。最適な繊維強化方法や複合エラストマーの定量評価をおこなった。3種類の電極材料（カーボングリス（CG）、カーボンブラック（CB）、金箔（Au））の比較により、電極材料は柔軟性と電極面積が拡大しても、電極となる充填剤が一定以上の比率を保てるものが最適だとわかった。

②発電デバイスの評価法を調べ、評価システムを構築した。材料評価用に、動的粘弾性測定装置、複合型エラストマー駆動用高圧電源、二軸繰り返し試験機（複合型エラストマーの特性評価力学特性評価および発電用変形制御のための装置）を購入し、電子回路やLabVIEW制御プログラムを作成することで、動作デバイスの発電特性評価システムを構築した。二軸繰り返し試験機を用いる変位制御純せん断繰り返し試験装置と二次元等軸繰り返し試験装置を設計し、独自の負荷装置を作製した。また、最適な電力変換システムと発電データ解析方法を開発した。

③発電試験装置を立ち上げ、発電特性評価試験を行った<sup>\*216</sup>。エラストマーシートの上下にカーボン電極を塗布し、変位制御純せん断繰り返し試験と二次元等軸繰り返し試験を実施しながら、発電データを記録し、最適な電子回路のパラメータと力学試験条件を調査した。研究室での最大発電エネルギー密度と発電効率は、米国ハーバード大学の結果と同レベルを実現した。今後、新規複合型エラストマー素材を実装したデバイス作製と試験を行う。

④高弾性解析モデルを構築し、代表的なNeo-Hookeanモデル、Arruda-Boyceモデル、Gentモデルを利用して、有限要素解析方法で新規材料ナノシートの間隔や方向などを考慮して解析モデ

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

ルを構築した<sup>\*215</sup>。解析結果と実験結果を比較しながら、モデルの修正や新しい試験を行った。  
 ⑤誘電エラストマーを用いる発電デバイスを自励式とするために必要となる高圧電源と発電電力を一般的な低電圧負荷に利用できるようにするために必要となる降圧コンバータを検討した<sup>\*217</sup>。高圧電源は圧電素子とコッククロフト・ウォルトン回路の組み合わせとし、降圧コンバータはリンギングチョークコンバータとした。シミュレーションモデルを作成し、誘電エラストマーで想定される電圧での理論検証を実施し、それら基本特性を考察した。

### 【テーマ3: 環境と人間に配慮した柔らかいアクチュエーターデバイスの開発】

本研究では、対象とするソフトアクチュエータを複合型高分子ソフトアクチュエータのみならず、形状記憶合金アクチュエータや空圧ゴムアクチュエータにまで研究対象を広げた。これらのソフトアクチュエータはモデル化や制御手法の確立に共通点も多い。

これまで、複合型高分子ソフトアクチュエータについては複雑な変形特性を可能とする加工法の確立や、熱による変形の基礎特性の計測<sup>\*32, 126</sup>、その結果を用いた簡易的なフィードフォワード制御<sup>\*127</sup>、及び外界センサを用いたフィードバック制御<sup>\*32, 119</sup>に成功している。また、モデル化も着手し、基礎的な数式モデルが完成しつつある。また、形状記憶合金を用いたソフトアクチュエータについても、繰返し学習制御を用いた高精度の位置制御法の確立、モデル化、収束性の数学的証明が完了している。また、これらのソフトアクチュエータを人工筋肉として活用する場合の筋骨格構造体における位置制御手法の解析を行った<sup>\*30, 31, 35, 37, 38, 39,</sup>

120, 123, 129, 133, 134, 135, 228, 231, 232, 234, 244

### ＜特に優れた研究成果＞

桑原は、平成28年から29年にかけて、福岡県内の企業から提供を受けた養殖魚ティラピアの鱗からコラーゲンならびにゼラチンを効率的かつ薬剤を極力使用しない抽出法を検討した。従来法と比べて、使用薬剤を低減化することができ、かつ効率良くコラーゲンを抽出することに成功した。その研究成果について、資源・素材学会九州支部若手研究者および技術者の研究発表会で本研究室の学生が発表したところ高い評価をいただき Presentation Award, Kyushu MMIJ を受賞した<sup>\*183</sup>。また、魚由来のコラーゲンやゼラチンは化粧品素材にもなり得る原料が多く、コラーゲン抽出法に興味を持っていただいた佐賀県唐津市に本社がある一般社団法人ジャパン・コスメティックセンター (Japan Cosmetic Center) との共同研究を開始することになった。

藤岡は、ディープラーニングを用いたアプローチにより、共焦点レーザ顕微鏡で観察されるコロイド溶液中の無機ナノシートの動画像から高精度でナノシートを抽出することに成功した。ディープラーニングを材料科学分野へ導入した研究は他にみられず同分野へ新たな方向性を拓くものといつてよい。最近、情報科学分野では類似研究が数件見られるものの、せいぜい画像上のノイズ除去もしくは対象物体を抽出する程度でとどまっておき、ノイズ除去および物体抽出を考慮し、さらには運動理解までを目指す研究は類をみない。これらの基礎結果に関しては、国際セミナーで Best Presentation Award を受賞した。

これまで、ソフトアクチュエータとしての形状記憶合金の高精度の位置決め手法として、繰返し学習制御を利用した研究では、実験に基づく研究が主であった。我々の研究チームでは、実験だけでなく、数学モデルを構築し、理論的に目標運動への収束性を証明することが出来た。また、ソフトアクチュエータをロボットの人工筋肉として応用する研究の準備として、従来の制御法とは異なり、目標関節角度の釣合張力をフィードフォワード入力することで、位置制御する手法を提案し、その収束性の理論的証明や実験による確認を行った。

### ＜問題点とその克服方法＞

①ティラピア鱗からのコラーゲン抽出は、鱗本来が堅牢であるため抽出効率を100%にすることは困難である。破砕法や紫外線による破壊など試験的に行ったが収率100%には至らなかった。強酸、強アルカリを使用して加水分解すれば断片化されたコラーゲンペプチドやゼラチンをほぼ100%得ることは可能であるが、低分子化するためゲルの弾性、剛性が低下する。ただし、化学的合成法による架橋化または新たな機能性分子を導入することで可能であると考

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

えている。

②無機ナノシートはコロイド液中で運動しているため共焦点レーザ顕微鏡のいわゆる Z スキャンを適用することは難しく、動画像から無機ナノシートの 3 次元回転運動を推定することは困難を極める。変形運動については、画像処理技術の HOG(Histogram Of Gradients)を発展させた手法を開発し、マイクロ・マクロの両側面から変形運動が解明されつつある。これらの基礎結果をもとに、マクロの運動の微分値を計測するといったいわゆるオプティカルフローをベースに上記問題点の克服を行う。

③これまでの研究で、複合型高分子ソフトアクチュエータの基本的な熱特性を計測することは出来た。しかしながら、動的なステップ応用と周波数応答を計測するには、計測方法が確立されていなかった。そこで、これらの応答性を計測する新たな計測システムを確立し、現在、詳細な応答特性の計測を進めている。

### <研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む)>

①ジャパン・コスメティックセンターとの共同研究で九州産の青魚由来のタンパク質成分の抽出手法、ならびにアミノ酸組成、pH 変化による粘弾性測定など研究を進めている。可能であれば、化粧品素材以外の工業的材料の用途での使用方法も検討する。

②他大学のロボティクスの研究グループとは、これまでクラゲや赤血球などいわゆるウェットマテリアル物体の運動モデリングを行ってきており、本研究成果により以前には解明できなかったへ変形運動の理解へと繋げるための話し合いを進めている。また、他大学のディープラーニングの研究グループとも、本研究のディープラーニングに関する基礎結果に基づき、書道フォントの生成に関わる研究など新たな研究をスタートした。

③ソフトアクチュエータを人工筋肉として用いる筋骨格構造ロボットの制御手法の確立に向けて、大きく前進した。また、副次的な効果として実際の人間の動作生成メカニズムの解明に関連していることが明らかとなり、得られた結果は人間工学への応用が期待できる。

### <今後の研究方針>

#### 【テーマ1:エネルギーデバイス用のナノ複合素材の開発】

平成 30 年、31 年は医療用素材にも適応可能な試薬を用いて、適応温度範囲が広く、耐久性の高い特性を持った生体高分子ベースの複合素材を構築する計画である。また、複合素材の特性とデバイス性能の関連を明らかにしながら、デバイス性能の最適化を行う。ナノシート濃度、ナノシート種、高分子種、重合条件、可塑剤添加などをパラメータとして、様々な誘電性エラストマー素材を系統的に合成し、得られた素材の構造とデバイス性能の関連を明らかにする。また、数理的、特に、コンピュータサイエンスの立場から無機ナノシートのコロイド液中での運動完全理解を目指し、回転運動および並進運動の規則性といった種々の性質を明らかにする。

#### 【テーマ2:未利用エネルギー活用のための新規発電デバイスの開発】

人の動きで発電する小型のウェアラブルデバイスや、海の波を用いる大型のデバイスなど、具体的な応用ターゲットを絞り込み、それぞれに最適なデバイスを試作していく。それぞれの目的に最適な動作モード(等軸変形、一軸変形等)を設定し、素材の基礎物性だけでなく、素材の異方性制御も含めて、デバイスを最適化する。

#### 【テーマ3:環境と人間に配慮した柔らかいアクチュエーターデバイスの開発】

今後は複合型高分子ソフトアクチュエータの応答特性の解析やこれまでの加工技術を用いた小型移動ロボットの開発があげられる。また、ソフトアクチュエータを人工筋肉としてロボットに適用する場合の、より人間らしい柔軟な制御手法の確立を目指す。

### <今後期待される研究成果>

(テーマ1) コラーゲン、ゼラチンの低い変性温度の改善、弾性力の向上を目指し、本来、遺伝学的には含まれていない芳香族アミノ酸をゼラチンのアミノ酸側鎖に導入する。 $\pi$ - $\pi$ 相互作用により、ゲルの物性が改善されることを期待している。一方、実用性の高い疎水性モノマーに基づいた複合エラストマーを得るため、ゲルをテンプレートとした新手法開発に着手している。これまでに開発した材料を改良するのに加え、新手法によってさらに物性の向上した複合エラストマーが得られるものと期待している。

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

一方、共焦点顕微鏡による無機ナノシートのコロイド液中での運動理解が完全化されることにより、無機ナノシートの定量的かつ簡易的な評価方法として用いることが可能となる。これを利用すれば、複合素材設計がより効率的に行えるようになるものと期待している。

(テーマ2) 企業と連携し、コスト、安全性、耐久性も考慮に入れ、具体的な実用化を指向した研究・開発フェーズに入る。実験から得られたデータを基に、発電装置を開発する。このような発電装置を量産すると、この装置を各地域に導入することにより、必要に応じた分散型発電が実現し、その地域が活性化されるだけでなく、かなりのCO<sub>2</sub>が削減できる。

(テーマ3) 複合型高分子ソフトアクチュエータの応答特性を明らかにすることで、想定するアプリケーションを限定することが可能となる。そのため目的に応じた形状のアクチュエータを製作することが可能となり、応用の可能性が広がる。

#### <自己評価の実施結果及び対応状況>

これまでに8回のプロジェクト会議を実施しており、研究の進捗報告と自己評価をその都度行っている。この結果は、研究内容の改善に即座に反映されており、また研究費配分のための根拠としている。また、今回の報告書制作にあたって、成果のとりまとめを行った。これらから判断したプロジェクト全体の自己評価としては、状況・経過は概ね順調であると考えている。

#### <外部(第三者)評価の実施結果及び対応状況>

研究成果について、国際学会(88件)や国内学会(114件)で、随時発表してきた。その結果、日本油化学会、日本化学会低次元系光機能材料研究会、資源・素材学会などより優秀講演賞などを受賞し、高い評価を得ることができた。また、学術論文誌の査読意見により高評価を得ており、3年間の間に合計45報の査読付学術論文が掲載された。また、これまでに外部講師を招聘しての「FIT-ME セミナー」を計17回実施した。これらのセミナーの際には、本プロジェクトの研究内容の紹介やディスカッションを行い、外部講師から様々なご意見やご指摘を頂いた。これら外部からの評価や意見は、その後のプロジェクト研究内容の改善に反映されており、また研究費配分のための根拠ともなっている。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- |                     |                       |                   |
|---------------------|-----------------------|-------------------|
| (1) <u>アクチュエーター</u> | (2) <u>発電デバイス</u>     | (3) <u>ナノ複合素材</u> |
| (4) <u>誘電エラストマー</u> | (5) <u>ディープレニング</u>   | (6) <u>ナノシート</u>  |
| (7) <u>未利用資源活用</u>  | (8) <u>未利用エネルギー活用</u> |                   |

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況. 印刷中も含む。)

上記, 11(4)に記載した研究成果に対応するものには\*を付すこと。

#### <雑誌論文>

##### 【テーマ1:エネルギーデバイス用のナノ複合素材の開発】

1. J. Kuwahara, T. Marume, H. Mita, "Screening Evaluation of the Interaction of Linear-Chain or Branched-Chain Peptides with Multilamellar Vesicle, Using Confocal Laser Microscopy", **2017, J. Oleo Sci.**, Vol. 66, pp.647-651.
2. 桑原 順子 "加熱または人工太陽光照射による福岡県産ツルムラサキ由来色素の分解に界面活性剤が与える影響", **2017, Journal of MMIJ**, Vol.133,pp.92-97.
3. \*桑原 順子"魚由来コラーゲンとその線維化機序", **2016, 皮革科学**,Vol. 62, pp.93-96.
4. N. Yamguchi, S. Anraku, E. Paineau, C. R. Safinya, P. Davidson, L. J. Michot, N. Miyamoto "Swelling Inhibition of Liquid Crystalline Colloidal Montmorillonite and Beidellite Clays by DNA", **2018, Sci. Rep.** Vol. 8, pp.



法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

5. Y. Song, N. Iyi, T. Hoshide, T. C. Ozawa, Y. Ebina, R. Ma, S. Yamamoto, N. Miyamoto, T. Sasaki, "Massive hydration-driven swelling of layered perovskite niobate crystals in aqueous solutions of organo-ammonium bases" **2018**, *Dalton Trans.*, Vol. 47, pp. 3022-3028.
6. M. Shintate, T. Inadomi, S. Yamamoto, Y. Kuboyama, Y. Ohsedo, T. Arimura, T. Nakazumi, Y. Hara, N. Miyamoto "Anisotropic self-oscillating reaction in liquid crystalline nanosheets hydrogels", **2018**, *J. Phys. Chem. B*, Vol. 122, pp. 2957–2961.
7. V. Veeramani, R. Madhu, S.-M. Chen, M. Sivakumar, C.-T. Hung, N. Miyamoto, S.-B. Liu "NiCo2O4-decorated porous carbon nanosheets for high-performance supercapacitors", **2017**, *Electrochimica Acta*, Vol. 247, pp. 288-295.
8. M. Sivakumar, M. Sakthivel, S.-M. Chen, V. Veeramani, W.-L. Chen, G. Bharath, R. Madhu, N. Miyamoto "A facile low-temperature synthesis of V2O5 flakes for electrochemical detection of hydrogen peroxide sensor", **2017**, *Ionics*, Vol. 23, pp. 2193-2200.
9. M. Sakthivel, M. Sivakumar, S.-M. Chen, Y.-S. Hou, V. Veeramani, R. Madhu, N. Miyamoto "A Facile Synthesis of Cd(OH)2-rGO Nanocomposites for the Practical Electrochemical Detection of Acetaminophen", **2017**, *Electroanalysis*, Vol. 29, pp. 280-286.
10. Y. Ohsedo, M. Oono, K. Saruhashi, H. Watanabe, N. Miyamoto "Thixotropic stiff hydrogels from a new class of oleoyl-D-glucamine-based low-molecular-weight gelators", **2017**, *RSC Adv.*, Vol. 7, pp. 41686-41692.
11. Y. Ohsedo, M. Oono, K. Saruhashi, H. Watanabe, N. Miyamoto "New composite thixotropic hydrogel composed of a polymer hydrogelator and a nanosheet", **2017**, *Royal Society Open Science*, Vol. 4, pp.
12. N. Miyamoto, R. Kato "無機ナノシートの多彩な機能と応用", **2017**, *科学と工業*, Vol. 91, pp. 85-95.
13. V. Veeramani, M. Sivakumar, S.-M. Chen, R. Madhu, Z.-C. Dai, N. Miyamoto "A facile electrochemical synthesis strategy for Cu2O (cubes, sheets and flowers) microstructured materials for sensitive detection of 4-nitrophenol", **2016**, *Analytical Methods*, Vol. 8, pp. 5906-5910.
14. M. Sivakumar, R. Madhu, S.-M. Chen, V. Veeramani, A. Manikandan, W. H. Hung, N. Miyamoto, Y.-L. Chueh "Low-Temperature Chemical Synthesis of CoWO4 Nanospheres for Sensitive Nonenzymatic Glucose Sensor", **2016**, *J. Phys. Chem. C*, Vol. 120, pp. 17024–17028.
15. M. Mukai, J.-H. Do, N. Miyamoto, T. Arimura "A Belousov–Zhabotinsky Oscillator Driven by a Water-Soluble Metalloporphyrin", **2016**, *Chem. Select*, Vol. 4, pp. 877 – 878.
16. N. Miyamoto, S. Yamamoto "Inorganic Nanosheet Liquid Crystals: Self-Assembled Structures in Dispersions of Two-Dimensional Inorganic Polymers (in Japanese)", **2016**, *Kobunshi Ronbunshu*, Vol. 73, pp. 262-280.
17. V. Malgras, Y. Kamachi, T. Nakato, Y. Yamauchi, N. Miyamoto "Recent Developments in Hybrid Hydrogels Containing Inorganic Nanomaterials", **2016**, *Nanosci. Nanotechnol. Lett.*, Vol. 8, pp. 355-359.
18. R. Madhu, V. Veeramani, S. M. Chen, P. Veerakumar, S. B. Liu, N. Miyamoto "Functional porous carbon-ZnO nanocomposites for high-performance biosensors and energy storage applications", **2016**, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, Vol. 18, pp. 16466-75.
19. R. Madhu, V. Veeramani, S.-M. Chen, P. Veerakumar, S.-B. Liu, N. Miyamoto "Functional porous carbon-ZnO nanocomposites for high-performance biosensors and energy storage applications", **2016**, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, Vol. 18, pp. 16466-16475.
20. Y. Kamachi, B. P. Bastakoti, N. Miyamoto, T. Nakato, Y. Yamauchi "Thermo-Responsive Hydrogels Containing Mesoporous Silica toward Controlled and Sustainable Releases", **2016**, *Mater. Lett.*, Vol. 168, pp. 176-179.
21. R. Guégan, K. Sueyoshi, S. Anraku, S. Yamamoto, N. Miyamoto "Sandwich organization of non-ionic surfactant liquid crystalline phases as induced by large inorganic K4Nb6O17 nanosheets", **2016**, *Chem. Commun.*, Vol. 52, pp. 1594 - 1597.
22. S. Yamamoto, Y. Ohsedo, E. Yamada, K. Sonoda, H. Mita, N. Miyamoto "Cultivation of Cellulose-Producing Bacteria in the Nanosheet Liquid Crystal of Na-fluorohectorite", **2015**, *Clay Sci.*, Vol. 19, pp. 73-77.
23. Y. Song, N. Iyi, T. Hoshide, T. C. Ozawa, Y. Ebina, R. Ma, N. Miyamoto, T. Sasaki "Accordion-like swelling of layered perovskite crystals via massive permeation of aqueous solutions into 2D oxide galleries", **2015**, *Chem. Commun.*, Vol. 51, pp. 17068-71.
24. C. Li, B. Jiang, N. Miyamoto, J. H. Kim, V. Malgras, Y. Yamauchi "Surfactant-Directed Synthesis of Mesoporous Pd Films with Perpendicular Mesochannels as Efficient Electrocatalysts", **2015**, *J. Am. Chem. Soc.*, Vol. 137, pp. 11558–11561.
25. \*T. Kimura, M. Shintate, N. Miyamoto "In situ observation of the evaporation-induced self-assembling process of PS-b-PEO diblock copolymers for the fabrication of titania films by confocal laser scanning microscopy", **2015**, *Chem. Commun.*, Vol. 51, pp. 1230-1233.
26. B. P. Bastakoti, Y. Li, M. Imura, N. Miyamoto, T. Nakato, T. Sasaki, Y. Yamauchi "Polymeric micelle assembly with inorganic nanosheets for construction of mesoporous architectures with crystallized walls", **2015**, *Angew. Chem. Int. Ed.*, Vol. 54, pp. 4222-5.

**【テーマ2:未利用エネルギー活用のための新規発電デバイスの開発】**

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

27. M. Waki, S.A. Chiba, K. Ohyama, S. Zhu, et al., “Development of Wave Generation Module for Small Ships Using Dielectric Elastomer”, **2017**, *Journal of Material Science and Engineering B7* (7-8), pp171-177.
28. S. Chiba, K. Hasegawa, M. Waki, K. Fujita, K. Ohyama, and S. Zhu, “Innovative Elastomer Transducer Driven by Karman Vortices in Water Flow”, **2017**, *Journal of Material Science and Engineering A7* (5-6),pp121-135.
29. M. Waki, S.A. Chiba, Z. Song, S. Zhu and K. Ohyama, “Experimental Investigation on the Power Generation Performance of Dielectric Elastomer Wave Power Generator Mounted on a Square Type Floating Body”, **2017**, *Journal of Material Science and Engineering B7* (9-10), pp179-186.

### 【テーマ3:環境と人間に配慮した柔らかいアクチュエーターデバイスの開発】

30. \*Y. Matsutani , K. Tahara, H. Kino, and H. Ochi “Complementary compound set-point control by combining muscular internal force feedforward control and sensory feedback control including a time delay” ,**2018**, *Advanced Robotics*, published online.
31. \*H. Kino, H. Ochi, Y. Matsutani, K. Tahara “Sensorless Point-to-point Control for a Musculoskeletal Tendon-driven Manipulator - Analysis of a Two-DOF Planar System with Six Tendons –”,**2017**, *Advanced Robotics*, vol. 31, pp. 851-864.
32. \*H. Kino, N. Samrejfuangfoo K. Tsuda, T. Kato, H. Fujioka “Basic Study of Soft Actuator Using Anisotropic Gel Hybridized with Nanosheet Liquid Crystal: Analysis of Heat Characteristics and Length Control” ,**2017**, *Procedia Computer Science*, vol. 105, pp. 62-67.
33. \*H. Kino, Y. Matsutani, S. Katakabe, H. Ochi “Prototype of Tensegrity Robot with Nine Wires for Switching Locomotion and Its Calculation Method of Balancing Internal Force” ,**2017**,*Procedia Computer Science*, Vol.105, pp. 1-6.
34. H. Kino, N. Okubo, T. Ikeda, H. Ochi “Error Evaluation Method of Approximated Inverse Kinematics for Parallel-Wire Driven System: Basic study for three-wire planar system” ,**2016**, *Robotics and Mechatronics*, Vol. 28, pp. 808-818.
35. \*T. Morizono, K. Tahara, H. Kino “A study on effect of biarticular muscles in an antagonistically actuated robot arm through numerical simulations” ,**2017**, *Artificial Life and Robotics*, Vol. 22, pp.74-82.
36. H. Kino, S. Kawamura “Mechanism and Control of Parallel-Wire Driven System”,**2015** *Robotics and Mechatronics*, Vol. 27, No. 6, pp.599 – 607.
37. \*越智裕章, 木野仁, 田原健二, 松谷祐希 ”2リンク6筋を有する筋骨格システムにおけるフィードフォワード位置決めのための筋配置条件” ,**2016**, *日本ロボット学会誌*, Vol. 34, pp.133-142.
38. \*松谷祐希, 田原健二, 木野仁, 越智裕章, 山本元司, ”むだ時間を含む感覚フィードバックと筋内力フィードフォワードの相補的組み合わせによる筋骨格アームの位置制御” , **2016**, *日本ロボット学会誌*, Vol. 34, pp.143-152.
39. \*松谷祐希, 田原健二, 木野仁, 越智裕章, “山本元司:筋骨格システムを対象にした筋内力フィードフォワード位置制御法における強化学習を用いた筋内力決定法” , **2015**, *日本機械学会論文誌*, Vol. 81, pp14-00313.
40. 加藤友規, 西田一矢, 後藤大樹, 三村政司, “エアタービンを用いた空気圧式ボール発射装置の高機能化と性能試験” , **2018** ,*設計工学* (掲載待ち中)
41. Y. OKAMOTO, T. YAZAWA, T. KATO, K. NISHIDA, S. MORIYAMA, Y. MAEDA, T. OTSUBO, “Study on Tool Wear In-process Estimation for Ball End Mill using Rotation Control Air Turbine Spindle” , **2017**, *Key Engineering Materials*, Vol.749, pp.94-100.
42. \*T. KATO, S. Honda, M. CHENG, K. SAKURAGI, M. ONO , “Fabrication of a Miniature Rubber Muscle Actuator Driven by Gas-Liquid Phase Change” , **2016**, *JFPS International Journal of Fluid Power System*, Vol.9, pp.1-9.
43. T. KATO, G. HIGASHIJIMA, T. YAZAWA, T. OTSUBO, K. TANAKA , “Proposal of Disturbance-Compensating and Energy-Saving Control Method of Air Turbine Spindle and Evaluation of Its Energy Consumption” ,**2016**, *Precision Engineering*, Vol.43, pp.439-447.
44. 加藤友規, 本多駿太, 程明昭, 櫻木一樹, 大野学, “気液相変化により駆動されるゴム人工筋アクチュエータの製作” , **2016**, *日本フルードパワーシステム学会論文集*, Vol.47, pp.1-6.

### <図書>

#### 【テーマ1:エネルギーデバイス用のナノ複合素材の開発】

45. N. Miyamoto, S. Yamamoto, ”Chapter 7: Functional Layered Compounds for Nanoarchitectonics” In *Supramolecular Nanoarchitectonics*, K. Ariga,M. Aono, Eds. Elsevier: , pp 173-192,(**2017**)

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

46. N. Miyamoto, Y. Ohseido, T. Nakato, "Chapter 8: Colloidal nanosheets" In *Inorganic Nanosheets and Nanosheet-Based Materials*, T. Nakato, J. Kawamata, S. Takagi, Eds. Springer, pp 201-260, (2017)
47. 中戸晃之, 宮元展義, "13章:無機ナノシート液晶" In *CSJカレントレビュー25「二次元物質の科学」*, 日本化学会, Ed. 化学同人, pp 133-139, (2017).
48. 宮元展義, 山本伸也 "無機ナノシート液晶:二次元無機高分子が自発形成する組織化構造" 高分子論文集, Vol. 73, pp. 262-280, (2016).
49. 桑原 順子, "ペプチド・タンパクを応用した機能性材料", 化粧品素材としてのアミノ酸・ペプチド最前線 (シーエムシー・リサーチ) 第9章担当執筆, pp.108-113 (2015)
- 【テーマ3:環境と人間に配慮した柔らかいアクチュエーターデバイスの開発】**
50. 木野仁 (著), 谷口忠大 (監修), "イラストで学ぶロボット工学", 講談社, (2017)
51. 木野仁, "高校の知識で挑む!本格的なロボット工学 ~ロボット用センサ・アクチュエータ からマニピュレータ制御まで~ (電子書籍 kindle 版)", Amazon kindle 版, (2016)
52. 木野 仁, "これができればノーベル賞", 彩図社, (2015)

## <学会発表>

【国際会議】(計88件)

### 【テーマ1:エネルギーデバイス用のナノ複合素材の開発】

53. N. MIYAMOTO "Liquid crystalline inorganic nanosheets meet with exotic biomatters" *Invited seminar at Columbia University*, Columbia Univ., USA, March 2018
54. N. MIYAMOTO "Liquid crystal phase of Inorganic nanosheet colloid and their applications" *US-Japan Workshop 2018 on Functional Soft-Materials and Nano-Composites*, Colorado Boulder Univ, USA, February 2018
55. N. MIYAMOTO, K. SUEYOSHI, and S. YAMAMOTO "Inorganic nanosheet liquid crystal/polymer composite gel with structural colors" *IUMRS-ICAM2017*, Kyoto Japan, Aug. 2017
56. K. Sueyoshi, S. Yamamoto, and N. Miyamoto "Structural color of the inorganic nanosheet/polymer composite gel" *16th INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE*, Granada, Spain, July 2017
57. Y. Ohseido, M. Oono, K. Saruhashi, H. Watanabe, N. Miyamoto "Mixing Enhancement Effect of molecular gels composed of Hydrogelator with Laponite on thixotropic behavior" *16th INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE*, Granada, Spain, July 2017
58. T. NAKATO, A. TAKAHASHI, S. TERADA, S. YAMAGUCHI, E. MOURI, Y. YAMAUCHI, M. SHINTATE, N. MIYAMOTO "PHASE-SEPARATED STRUCTURES OF LIQUID CRYSTALLINE BINARY COLLOIDAL OXIDE NANOSHEETS" *16th INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE*, Granada, Spain, July 2017
59. R. KATO, N. MIYAMOTO, A. KAKUGO, "LIQUID CRYSTAL PHASES FORMED IN THE MIXTURE OF NANOSHEETS AND MICROTUBULES", *16th INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE*, Granada, Spain, July 2017
60. S. Anraku, Y. Kaneko, H. Asanuma, N. Miyamoto "SYNTHESIS OF SS-DNA MODIFIED HEXANIOBATE NANOSHEETS" *16th INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE*, Granada, Spain, July 2017
61. R. KATO, N. MIYAMOTO "Rheological Properties and Structure of Liquid Crystalline Montmorillonite Colloid" *16th INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE*, Granada, Spain, July 2017
62. L. J. MICHOT, P. DAVIDSON, E. PAINEAU, N. Miyamoto "Interaction between swelling clay minerals and DNA. A structural investigation" *16th INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE*, Granada, Spain, July 2017
63. T. Inadomi, K. Urayama, N. Miyamoto "Anisotropic composite gel of fluorohectorite nanosheet liquid crystal" *16th INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE*, Granada, Spain, July 2017
64. N. Miyamoto "Structural colors of inorganic nanosheet liquid crystals" *France-Japan Workshop 2017 on Nanomaterials and Soft Materials*, Paris, France, July 2017
65. N. Miyamoto "Séminaire, Bayreuth University, Bayreuth, Germany, July 2017
66. N. Miyamoto "Soft inorganic materials: the liquid crystalline colloids of inorganic nanosheets with ultra-high aspect ratio" *Séminaire, Institut de Physique de Renne*, Rennes, France, July 2017
67. N. Miyamoto "Liquid crystalline colloids of inorganic nanosheets" *Séminaires Matière Molle, LPS*, Université Paris Sud, Paris, France July 2017
68. N. Miyamoto, T. Inadomi and K. Urayama "Anisotropic composite gel of poly(N-isopropylacrylamide) hybridized with fluorohectorite nanosheet liquid crystal" *The 11th international gel symposium*, March,

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

- 2017
69. N. Miyamoto "Liquid crystal phase of inorganic nanosheet colloids and their applications" *The 2nd Japan-Taiwan Joint Workshop on Nanospace Materials*, NIMS, Japan, Dec. 2016
  70. S. Yamamoto, N. MIYAMOTO "Structural colors of inorganic nanosheet liquid crystals" 第26回日本MRS年次大会, 東京, December 2016
  71. S. TERADA, S. YAMAGUCHI, M. SHINTATE, E. MOURI, N. MIYAMOTO, T. NAKATO, *IPC2016*, Fukuoka, Japan, Dec. 2016
  72. M. Yanagie, N. Miyamoto, Y. Kaneko "Preparation of a single-structured carboxylate-group-containing cyclotetrasiloxane, formation of its two-dimensional layered aggregate, and application to hybrid hydrogels" *IPC2016*, Fukuoka, Japan, Dec. 2016
  73. N. Miyamoto, T. Inadomi, Y. Wu, K. Urayama "Composite hydrogel of inorganic nanosheet liquid crystal with a polymer and their anisotropic properties" *IPC2016*, Fukuoka, Japan, Dec. 2016
  74. K. Sueyoshi, S. Yamamoto, N. Miyamoto "Structural color of the inorganic nanosheet/polymer composite gel" *IPC2016*, Fukuoka, Japan, Dec. 2016
  75. S. Anraku, Y. Kaneko, N. Miyamoto "Synthesis of ssDNA-grafted inorganic nanosheets" *IPC2016*, Fukuoka, Japan, Dec. 2016
  76. R. Kato, A. Kakugo, N. Miyamoto "Liquid crystal phases of inorganic nanosheet / microtube mixtures and its temperature dependence" *IPC2016*, Fukuoka, Japan, Dec. 2016
  77. N. Hirata, Y. Ohseido, N. Miyamoto "Synthesis of nanosheet LC/Polyimide composites" *IPC2016*, Fukuoka, Japan, Dec. 2016
  78. N. Miyamoto "Liquid crystal phase of inorganic nanosheet colloids and their applications" *RIKEN CEMS Topical Meeting 2016* "Nanoparticles / Nanotubes / Nanosheets", RIKEN, Saitama, Japan, September 2016
  79. N. Miyamoto "Inorganic nanosheet liquid crystals and their applications" *SPIE2016*, San Diego, USA, Aug. 2016
  80. N. Miyamoto "Photothermal responsive gel of nanosheet-polymer composite" *Workshop on smart polymers*, Hulunbuir, China, Aug. 2016
  81. N. Miyamoto "Functional soft materials fabricated with inorganic nanosheets" *Workshop on smart polymers*, Beijing Forestry University, China, Aug. 2016
  82. N. Miyamoto "Liquid crystalline nanosheets and composite gel" *The 1st FIT-ME Symposium*, Fukuoka, Japan, May 2016
  83. S. TERADA, S. YAMAGUCHI, M. SHINTATE, E. MOURI, N. MIYAMOTO and T. NAKATO "Observation of the phase-separated structure of binary nanosheet colloids by using confocal laser scanning microscopy" *The 1st FIT-ME Symposium*, Fukuoka, Japan, May 2016
  84. M. SHINTATE, K. SUEYOSHI, Y. SUZUKI, T. NAKATO and N. MIYAMOTO "Direct Observation of K<sub>4</sub>Nb<sub>6</sub>O<sub>17</sub> Nanosheet Liquid Crystals with Confocal Laser Scanning Microscopy" *The 1st FIT-ME Symposium*, Fukuoka, Japan, May 2016
  85. R. MADHU, N. MIYAMOTO and C. SHEN-MING "Heteroatom-enriched Honeycomb-like Porous Carbons for High Performance Supercapacitor and Trace Level detection of Heavy Metals Sensors" *The 1st FIT-ME Symposium*, Fukuoka, Japan, May 2016
  86. S. ANRAKU, Y. KANEKO, and N. MIYAMOTO "Synthesis of hexaniobate nanosheets modified with single-stranded DNA" *The 1st FIT-ME Symposium*, Fukuoka, Japan, May 2016
  87. M. NISHI, S. YOSHIMURA, and N. MIYAMOTO "Synthesis of nanosheet/polymer composite microgels by using a microfluidic device" *The 1st FIT-ME Symposium*, Fukuoka, Japan, May 2016
  88. T. INADOMI, Y. WU, K. URAYAMA, N. MIYAMOTO "Synthesis and anisotropic properties of pNIPA hydrogel hybridized with organic dye and inorganic nanosheet liquid crystal aligned by electric field" *The 1st FIT-ME Symposium*, Fukuoka, Japan, May 2016
  89. R. KATO, A. KAKUGO, N. MIYAMOTO "Liquid crystal phases formed in the mixture of nanosheets and microtubules" *The 1st FIT-ME Symposium*, Fukuoka, Japan, May 2016
  90. S. YAMAMOTO, N. MIYAMOTO "Liquid crystalline fluorohectorite nanosheet with structural colors" *The 1st FIT-ME Symposium*, Fukuoka, Japan, May 2016
  91. S. YAMAMOTO, Y. EBINA, T. SASAKI, N. MIYAMOTO "Liquid crystal phase and structural colors of layered perovskite nanosheet colloids with controlled layer thickness" *The 1st FIT-ME Symposium*, Fukuoka, Japan, May 2016
  92. \*J. KUWAHARA, T. KAWAZOE, K. TASHITA, S. HIGASHI, H. MITA, "Effect on Twin Alkyl Chains of Surfactants Derived from Amino Acids", *The 1st FIT-ME Symposium* (Oral, FIT), May 2016
  93. R. Guégan, N. Miyamoto "Liquid crystal mixtures made of nanosheets and nonionic surfactants" *EMN Meeting on Liquid Crystal*, Orlando (USA), 招待講演, Feb. 2016
  94. N. Miyamoto "Liquid crystal phase of inorganic nanosheet dispersions and their applications" *2016 Kumamoto Symposium on Two Dimensional Nanomaterials*, Kumamoto Univ., 招待講演, Feb. 2016
  95. N. Miyamoto, T. Inadomi "Anisotropic photothermal response of the poly(N-isopropylacrylamide) gel

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

- hybridized with liquid crystalline clay nanosheets aligned by electric field" *Pacificchem2015*, Honolulu, USA, Dec.2015
96. S. Yamamoto, N. Miyamoto, Y. Ebina, T. Sasaki "Structural colors in the liquid crystalline nanosheet colloids of a layered clay and layered niobates" *Pacificchem2015*, Honolulu, USA, Dec.2015
97. T. Kimura, M. Shintate, N. Miyamoto "Towards in situ observation of the formation process of mesoporous films with surfactant molecules by using confocal laser scanning microscope " *Pacificchem2015*, Honolulu, USA, Dec.2015
98. N. Miyamoto "Inorganic nanosheet liquid crystals: towards novel polymer composites, chemical actuators, electro-optical devices, and color materials" *KOLLOQUIUM DES SFB 840*, Bayreuth Univ., Germany,招待講演, Oct. 2015
99. N. Miyamoto, T. Inadomi "Anomalous deformation of the poly(N-isopropylacrylamide) gel hybridized with nanosheet liquid crystal aligned by alternate electric field" *ILCEC15*, Sicily, Italy, Oct. 2015
100. N. Miyamoto "Recent progress in liquid crystalline colloidal nanosheet systems: applications for chemical actuators and electro-optical devices" *Seminar at Université Paris Sud*, Université Paris Sud (Fracne),招待講演, Sept. 2015
101. S. YAMAMOTO and N. MIYAMOTO "Fluorohectorite Nanosheet Colloid With Structural Color and Liquid Crystal Phase" *ECIS2015*, Bordeaux, Sept. 2015
102. N. Miyamoto, S. Yamamoto, Y. Ebina, T. Sasaki "Liquid crystal phase of the colloidal nanosheets derived from layered perovskites with tunable layer thickness" *ECIS2015*, Bordeaux, Sept. 2015
103. T. Marume, J. Kuwahara, H. Mita, "Specific property of membrane-breakage peptide with liposome", *6th Asian Conference on Colloid and Interface Science* (Poster), Sasebo, 2015
104. T. Kawazoe, J. Kuwahara, H. Mita, R. Iwatani, K. Tashita, "Reasonable CMC Change by Difference of Amino Acid in Head Group", *6th Asian Conference on Colloid and Interface Science* (Poster), Sasebo, 2015
- 【テーマ2:未利用エネルギー活用のための新規発電デバイスの開発】**
105. L. LYU and S. ZHU, "The Electromechanical Behavior of Dielectric Elastomer Actuator Stiffened by Fiber", *The 8th International Conference on Advanced Materials Research*, Fukuoka, Japan, Jan. 20-22, 2018
106. S.Chiba, M.Waki, K.Fujita, Z.Q. Song, K. Ohyama, S.Zhu, "Recent Progress on Soft Transducers for Sensor Networks", *EcoDesign 2017 International Symposium-10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*, Tainan City, Taiwan, November 29-December 1, 2017
107. S. Zhu, "Fatigue degradation in Clay Reinforced Nylon Matrix Nanocomposites by Thermal Exposure", *The 4th China-Japan Joint Symposium on Fatigue of Engineering Materials and Structures*, Shenyang, China, August 25-27, 2017
108. K. ONISHI, S. ZHU, "Electro-mechanical Performance of Strengthened Elastomer Actuator", *The 1st FIT – ME Symposium (2016) Excellent Poster Award*, Fukuoka, Japan, May, 2016
- 【テーマ3:環境と人間に配慮した柔らかいアクチュエーターデバイスの開発】**
109. \*J. Sawangphol, R. Soontornvorn, H. Fujioka, S. Anraku, N. Miyamoto, T. Kato, H. Kino, A. Hidaka and H. Kano, "Toward an Understanding of Nanosheet Object Motion from Noisy Microscopy Images Using Deep-Learning Approach", *submitted to The 5th International Conference on Nanomechanics and Nanocomposites*, Fukuoka, Japan, August 22-25, 2018.
110. H. Kano and H. Fujioka, "B-Spline Trajectory Planning with Curvature Constraint", *to be presented at the 2018 American Control Conference*, Milwaukee, USA, June 27-29, 2018.
111. \*J. Sawangphol, R. Soontornvorn, H. Fujioka, N. Miyamoto, H. Kino and A. Hidaka, "Segmenting Nanosheet Objects from Noisy Microscopy Images Using U-Net", *2018 FIT-KMITL Joint Seminar*, Bangkok, Thailand, March 6, 2018
112. J. Sawangphol, R. Soontornvorn, H. Fujioka, A. Hidaka and H. Kano, "Constructing Hairy Brush Characters Using Convolutional Encoder-Decoder Network", *2018 FIT-KMITL Joint Seminar*, Bangkok, Thailand, March 6, 2018
113. R. Soontornvorn, H. Fujioka, V. Chutchavong and K. Janchitrapongvej, "Modeling ECG waveform using optimal smoothing Bézier-Bernstein curves", *Proceedings of IEEE Region 10 Conference (TENCON2017)*, pp. Penang, Malaysia, Nov. 5-8, 2017.
114. H. Fujioka, W. Zhu, A. Hidaka and H. Kano, "Reconstructing Dynamic Font-based Chinese Characters using Support Vector Machine", *Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pp. 2408-2413, Banfu, AB, Canada, Oct. 5-8, 2017.
115. H. Kano and H. Fujioka, "Velocity and acceleration constrained trajectory planning by smoothing splines", *Proceedings of 2017 IEEE 26th International Symposium on Industrial Electronics*, pp.1167-1172, Edinburg, UK, June 19-21, 2017
116. Y. Okamoto, T. Yazawa, T. Kato, K. Nishida, S. Moriyama, Y. Maeda, T. Otsubo, "STUDY ON SMALL-DIAMETER BALL END MILL MILLING OF AIR TURBINE SPINDLE BY ROTATIONAL

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

- SPEED CONTROL”, *The 10th JFPS International Symposium on Fluid Power 2017*, 2D39 (2017)
117. \*K. HIGASHIJIMA, T. KATO, K. SAKURAGI, T. SATO, M. ONO , “DEVELOPMENT OF MANIPULATOR USING A GAS-LIQUID PHASE-CHANGE ACTUATOR”, *The 10th JFPS International Symposium on Fluid Power 2017*, 2B04 (2017)
118. Y. TSUKIYAMA, T. KATO, K. MATSUO , “EVALUATION OF ENERGY CONSUMPTION OF HYBRID ELECTRIC-PNEUMATIC ULTRA-PRECISION VERTICAL POSITIONING DEVICE”, *The 10th JFPS International Symposium on Fluid Power 2017*, 2D42 (2017)
119. \*H. Kino, N. Samrejfuangfoo, K. Tsuda, T. Kato, H. Fujioka, “Basic Study of Soft Actuator Using Anisotropic Gel Hybridized with Nanosheet Liquid Crystal: Analysis of Heat Characteristics and Length Control”, *Proc IEEE Int. Symposium on Robotics and Intelligent Sensors*, Tokyo December, 2016.
120. \*H. Kino, Y. Matsutani, S. Katakabe, H. Ochi, “Prototype of Tensegrity Robot with Nine Wires for Switching Locomotion and Its Calculation Method of Balancing Internal Force”, *Proc. IEEE Int. Symposium on Robotics and Intelligent Sensors*, Tokyo, December, 2016.
121. R. Soontornvorn, H. Fujioka and T. Shimoto, “A Development of TANZAKU Calligraphy Training System using Augmented Reality and Dynamic Font”, *submitted to TENCON 2016 - 2016 IEEE Region 10 Conference*, Singapore, Nov.22-25, 2016.
122. H. Fujioka and H. Kano, “Data Compression of Digital-Ink using B-spline Approach with Sparse Coding”, *to be presented at 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Budapest, Hungary, Oct.9-12,2016.
123. \*K. Tahara, Y. Matsutani, D. Nakagawa, M. Sato and H. Kino, “Variable combination of feed-forward and feedback manners for set-point control of a musculoskeletal arm considering the maximum exertable muscular force”, *Proc. 42th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Firenze, October,2016.
124. H. Kano and H. Fujioka, “Spline Trajectory Planning for Path with Piecewise Linear Boundaries”, *Proceedings of EUROSIM 2016*, 6 pages, Oulu, Finland, September 12-16 2016
125. \*T. Kato, M. Cheng, K. Sakuragi, H. Kino, K. Tsuda , H. Fujioka, M. Ono, “A review of recent research on miniature soft actuator driven by gas liquid phase change of fluorocarbon”, *1st FIT-ME Symposium, Chemistry and Applications of Inorganic Layered Materials*, p.26, Fukuoka, May, 2016
126. \*H. Kino, K. Tsuda, T. Kato, H. Fujioka, “Soft actuators with nanosheet liquid crystals”, *1st FIT-ME Symposium, Chemistry and Applications of Inorganic Layered Materials*, p.30, Fukuoka, May, 2016
127. \*H. KINO, K. TSUDA, T. KATO, H. FUJIOKA , “Soft actuators with nanosheet liquid crystals”, *The 1st FIT-ME Symposium --Chemistry and Applications of Inorganic Layered Materials --*, p.30 FUKUOKA, May, 2016
128. \*T. KATO, M. CHENG, K. SAKURAGI, H. KINO, K. TSUDA, H. FUJIOKA, M. ONO , “A review of recent research on miniature soft actuator driven by gas liquid phase change of fluorocarbon”, *The 1st FIT-ME Symposium --Chemistry and Applications of Inorganic Layered Materials --*, p.26 , FUKUOKA, May, 2016
129. \*T. Morizono, K. Tahara, H. Kino, “An experimental study on effect of biarticular muscles in an antagonistically actuated robot arm”, *The 21st Int. Symposium on Artificial Life and Robotics*, pp. 475-478, Beppu, January, 2016.
130. T. Kato, K. Higashijima, Y. Tsukiyama, K. Sakuragi, P. Thumwarin , “PRECISE MEASUREMENT AND CONTROL OF THE BLOWN-AIR FLOW RATE FOR A ROBOT PLAYING A WIND INSTRUMENT SUCH AS A RECORDER OR KHLUI -FUNDAMENTAL EXPERIMENT FOR EXPRESSING TREMOLO-“, *Proceedings of The 31st Annual Meeting of The American Society for Precision Engineering (ASPE2016)*, p.226-229 ,Portland ,2016
131. Y. Okamoto, T. Yazawa, T. Kato, K. Nishida, S. Moriyama, Y. Maeda, T. Otsubo , “Study on Tool Wear in-process Estimation for Ball End Mill using Rotation Control Air Turbine Spindle”, *Proceedings of 2016 International Conference on Machining, Materials and Mechanical Technologies (2016 IC3MT)*, No.59, 2016.
132. \*T. Kato, K. Sakuragi, M. Cheng, R. Kakiyama, Y. Matsunaga, M. Ono , “DEVELOPMENT OF MINIATURIZED RUBBER MUSCLE ACTUATOR DRIVEN BY GAS-LIQUID PHASE CHANGE”, *Proceedings of Bath/ASME 2016 Symposium on Fluid Power and Motion Control*, :FPMC2016-1702 ,2016
133. \*H. Ochi, H. Kino, K. Tahara, Y. Matsutani, “Determination Method of Tendon Arrangement using Genetic Algorithm for Feedforward Positioning of Musculoskeletal System”, *The 47th ISCIE Int. Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications*, pp. 161-162, Hawaii, Dec., 2015.
134. \*H. Ochi, H. Kino, K. Tahara, Y. Matsutani “Geometric conditions for feedforward positioning of musculoskeletal tendon-driven structure”, *41st Annual Conf. of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 1109-1114, Yokohama, Nov., 2015.
135. \*T. Morizono, K. Tahara, H. Kino, “Experimental Investigation of Contribution of Biarticular Actuation to Mappings between Sensory and Motor Spaces”, *41st Annual Conf. of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 3573-3578, Yokohama, Nov., 2015.
136. \*K. Sakuragi, M. Cheng, T. KATO , “Recorder-playing robot that uses versatile vibrato to mimic a human player”, *Proceedings of The 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

- (IECON2015.), pp.002584-002588, Yokohama, 2015
137. T. KATO, T. HIRAKAWA, "Proposal of a Novel Pressure Control Method for Air Cylinders Used in Hybrid Electric-Pneumatic Ultra-Precision Vertical Positioning Device", *Proceedings of The Thirtieth Annual Meeting of The American Society for Precision Engineering (ASPE2015)*, pp.522-525, Austin, 2015
138. T. KATO, "A review of HPR and its applications -Control of air turbine spindle and hybrid electro-pneumatic ultra-precision vertical positioning stage", *7th International Conference on Fluid Power and Mechatronics, Proceedings (FPM2015)*, 3-1780, Harbin, China, 2015
139. \*M. CHENG, T. KATO, S. HONDA, K. SAKURAGI, M. ONO "Pressure Control in a Miniature Rubber Muscle Driven By Gas-Liquid Phase-Change", *Proceedings of The 6th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology (ICMDT2015)*, pp.134-135, 2015

【国内学会】(計 114 件)

**【テーマ1:エネルギーデバイス用のナノ複合素材の開発】**

140. 山本伸也, 宮元展義 "構造色を持つナノシート液晶" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
141. \*諸岡 時希, 大背戸豊, 宮元展義 "ナノシート/ポリウレタン複合体の合成" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
142. \*石井 宏樹, 古賀 朋代, 宮元展義 "単分散メソポーラスシリカ微粒子と複合化された高分子ゲルの合成" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
143. \*古川 聡起, 大背戸豊, 宮元展義 "ナノシート液晶を含有したダブルネットワーク高分子の合成" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
144. 葉 雨蒙, 西 諒也, 宮元展義 "マイクロ流路デバイスを用いたナノシート/高分子複合ゲル微粒子の合成" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
145. 西 諒也, 宮元展義 "マイクロ流路を用いたゲル微粒子の合成とゲルオートマトンへの応用" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
146. 加藤 利喜, 宮元展義 "微小管/ナノシート混合系の液晶性" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
147. 川浪 正樹, 井出裕介, 宮元展義 "白金微粒子担持型層状シリケートの合成と触媒特性" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
148. 岩下 亮, 宮元展義 "非水溶媒分散型粘土鉱物ナノシートコロイドの液晶性" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
149. 末吉 恵一朗, 山本伸也, 宮元展義 "構造色をもつナノシート/高分子ゲル複合体" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
150. \*平田 夏樹, 大背戸豊, 宮元展義 "粘土鉱物/ポリイミド複合体の合成" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
151. 安樂 信哉, 宮元展義 "DNA 修飾ナノシートの合成" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
152. 稲富 巧, 浦山健二, 宮元展義 "ナノシート液晶/ゲル複合体" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
153. チャーブッパー アラヤー, 宮元展義 "六ニオブ酸カリウムの剥離制御" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
154. 古賀 朋代, 宮元展義 "DNA ゲート型メソポーラスシリカ/ゲル微粒子複合体の合成" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
155. 梶原 悠哉, 宮元展義, 勝本之晶 "Poly (N-isopropylacrylamide) ミクロゲル-ナノシート混合分散系の粘性挙動について" 平成 29 年度物理化学インターカレッジセミナー 兼 油化学界面科学部会九州地区講演会, 由布院, January 2018
156. N. Miyamoto, S. Anraku, R. Kato, C. R. Safinya, L. J. Michot, E. Paineau, P. Davidson, "Inorganic Soft Materials: nanosheets, gels, and liquid crystals", 第 7 回 次世代の物質科学・ナノサイエンスを探る, 札幌, January 2018
157. 加藤利喜, 角五彰, 敷中洋一, 宮元展義, "モンモリロナイトコロイドの液晶性と粘弾性", 第 7 回 次世代の物質科学・ナノサイエンスを探る, 札幌, January 2018

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

158. 宮元展義, 安樂信哉, 山口直哉, C. R. Safinya, L. J. Michot<sup>3</sup>, Erwan Paineau<sup>4</sup>, Patrick Davidson<sup>4</sup>, "DNA/粘土鉱物ナノシート混合系でのメソスケール構造形成", 高分子基礎研究会 2017, 敦賀, 2017
159. (20) 宮元展義, "無機ナノシートソフトマテリアル: 液晶と構造色とゲル", 信州大学セミナー, 上田, October 2017
160. 宮元展義, 安樂信哉, 山口直哉, C. R. Safinya, L. J. Michot, E. Paineau, P. Davidson, "液晶性を有するDNA/粘土鉱物混合コロイド" 粘土科学討論会, 富山, Sept. 2017
161. 宮元展義, 稲富巧, 浦山健二, "電場により巨視的に配向した無機ナノシート液晶と複合化されたpNIPA ゲル", 高分子学会討論会, 愛媛, Sept. 2017
162. 岩下 亮・加藤 利喜・山本 伸也・宮元展義 "非水溶媒分散型粘土ナノシートコロイド液晶の調製とその構造・粘弾性" 液晶学会討論会, 弘前大学, September 2017
163. \*三橋 向輝, 田口 晃規, 和田 武徳, 桑原 順子, "Fe<sup>3+</sup>を選択的に捕集するゼラチンシートの合成", 資源・素材学会九州支部平成 29 年度若手研究者および技術者の研究発表会 (口頭発表), 福岡, June, 2017
164. 加藤 利喜, 宮元展義 "液晶性モンモリロナイトコロイドの粘弾性特性と構造解析", 日本化学会春季年会, 東京, March, 2017
165. \*三橋 向輝, 桑原 順子, 三田 肇, "ゼラチン-大環状  $\alpha$ -1,4-グルカンの包接挙動に関する研究", 平成 28 年度物理化学インターカレッジセミナー兼日本油化学会界面科学部会九州地区講演会 (ポスター発表), 福岡, November, 2016
166. 末吉恵一朗, 山本伸也, 稲富巧, 新立盛生, 宮元展義 "構造色をもつナノシートコロイドを固定化した複合ゲルの合成", 低次元系光化学第 5 回サマーセミナー, 島根, September 2016
167. 宮元展義, 新立盛生 "レーザー共焦点顕微鏡による無機ナノシートコロイド液晶の構造解析", 第 67 回コロイドおよび界面化学討論会, 旭川, September 2016
168. 山本伸也, 宮元展義 "粘土鉱物コロイドの構造色", 第 60 回粘土科学討論会, 九大, September 2016
169. 加藤利喜, 角五彰, 宮元展義 "無機ナノシートと微小管の混合溶液が形成する液晶相とその温度応答", 第 60 回粘土科学討論会, 九大, September 2016
170. 安樂信哉, 金子芳郎, 宮元展義 "ssDNA をグラフトした無機ナノシートの合成", 第 60 回粘土科学討論会, 九大, September 2016
171. 宮元展義 "液晶性粘土コロイドを利用した新しい粘土/ポリマー複合体の合成", 第 60 回粘土科学討論会, 九大, September 2016
172. 奥村 泰志・立志 真樹・宮元展義・樋口 博紀・菊池 裕嗣 "無機ナノシート水分散液の等方相-液晶相転移臨界濃度近傍における電気光学特性", 第 65 回高分子討論会, 東京, 2016
173. 柳衛真人, 宮元展義, 金子芳郎 "カルボキシレート基を側鎖に有する単一構造環状テトラシロキサンの合成, 二次元層状集合体形成およびハイブリッドヒドロゲルへの応用", 第 65 回高分子討論会, 東京, September 2016
174. \*宮元展義 "共焦点レーザー顕微鏡を用いた液晶性ナノシートコロイドのその場観察", 西日本ナノシート研究会サマーキャンプ 2016, 屋久島, July 2016
175. 末吉恵一朗, 宮元展義 "構造色ナノシートを固定化したゲルの合成", 西日本ナノシート研究会サマーキャンプ 2016, 屋久島, July 2016
176. 川浪 正樹, 宮元展義 "層状シリケート HUS-7 への金属ナノ粒子担持と触媒への応用" 西日本ナノシート研究会サマーキャンプ 2016, 屋久島, July 2016
177. 加藤利喜, 角五彰, 宮元展義 "ナノシートと微小管の混合溶液が形成する液晶相とその温度応答" 西日本ナノシート研究会サマーキャンプ 2016, 屋久島, July 2016
178. 安樂信哉, 宮元展義 "ssDNA 修飾型六ニオブ塩酸ナノシートの合成と分散" 西日本ナノシート研究会サマーキャンプ 2016, 屋久島, July 2016
179. 西 諒也, 宮元展義 "無機ナノシート/ポリマー複合ゲル微粒子のマイクロ流体デバイスによる合成" 西日本ナノシート研究会サマーキャンプ 2016, 屋久島, July 2016
180. \*平田 夏樹, 宮元展義 "ポリイミド/フルオロヘクトライト液晶複合薄膜の合成" 西日本ナノシート研究会サマーキャンプ 2016, 屋久島, July 2016
181. 山本 伸也, 宮元展義 "層状粘土鉱物ナノシート液晶の構造色と構造" 西日本ナノシート研究会サマーキャンプ 2016, 屋久島, July 2016
182. 三橋 向輝, 河添 隆寿, 桑原 順子, 三田 肇, "アミノ酸型界面活性剤溶液の分子間相互作用に関する研究", 第 53 回化学関連支部合同九州大会 (ポスター発表), 北九州, July, 2016
183. \*三橋 向輝, 中澤 歩三男, 三田 肇, 桑原 順子, 三浦 利基, "水産廃棄物由来のコラーゲンおよびゼラチンの抽出法とその特性に関する研究", 平成 28 年度資源・素材学会九州支部若手研究者および



法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

- 技術者の研究発表会 (口頭発表), 福岡, June, 2016
184. Y.SONG, N.IYI, T. HOSHIDE, Y. EBINA, T. OZAWA, R.MA, N.MIYAMOTO, T.SASAKI, "Gigantic hydration swelling of layered perovskite oxide crystals in aqueous solutions containing various organoammonium ions and their exfoliation behaviors" 日本化学会第96 春季年会, 同志社大学 (京田辺市), Mar. 2016
  185. 宮元展義 "無機ナノシート液晶の異方的な構造を活用した新材料合成", 日本化学会第 96 春季年会, 同志社大学 (京田辺市), 招待講演, Mar. 2016
  186. 宮元展義 "無機ナノシート液晶の配向制御と異方性複合ゲルへの応用", 第5回 次世代の物質科学・ナノサイエンスを探る, 北海道ニセコ町, Jan.2016
  187. 加藤利喜、角五彰、宮元展義 "ナノシート液晶/微小管混合系の動的構造形成 ", 知の協奏を目指すソフトおよびナノマテリアル研究会 2016, 北海道ニセコ町, Jan.2016
  188. 宮元展義、山本伸也 "構造色を示すナノシート液晶 ", 知の協奏を目指すソフトおよびナノマテリアル研究会 2016, 北海道ニセコ町, Jan.2016
  189. 吉村昌平、宮元展義 "流動と電場の同時印加によるナノシート液晶の配向制御", 高分子基礎研究会 2015, FIT セミナーハウス (大分県由布市) , January 2016
  190. 喬 昕、宮元展義、呉 行正 "Study on gold nanoparticles-protein interaction by absorbance and fluorescence methods" 高分子基礎研究会, FIT セミナーハウス (大分県由布市) , January 2016
  191. 山本 伸也、宮元展義 "フルオロヘクトライトナノシート液晶の構造色" 高分子基礎研究会, FIT セミナーハウス (大分県由布市) , January 2016
  192. 平田 夏樹、大背戸豊、宮元展義 "有機溶媒分散型ナノシート液晶を利用した無機/ポリイミド複合体の合成" 高分子基礎研究会 , FIT セミナーハウス (大分県由布市) , January 2016
  193. 加藤 利喜、宮元展義、角五彰 "粘土鉱物ナノシート液晶中でのチューブリンの重合・脱重合" 高分子基礎研究会, FIT セミナーハウス (大分県由布市) , January 2016
  194. 吉村昌平、宮元展義 "流動と電場の同時印加によるナノシート液晶の配向制御" 高分子基礎研究会, FIT セミナーハウス (大分県由布市) , January 2016
  195. 大森 康平、宮元展義 "液晶性を有する層状複水酸化物ナノシートコロイドの合成" 高分子基礎研究会, FIT セミナーハウス (大分県由布市) , January 2016
  196. 宮元展義、山口 直哉、加藤 利喜、三田肇、角五彰、數中一洋、Patrick Davidson "剛直な生体高分子と無機ナノシートの混合で発現する液晶相" 高分子基礎研究会, FIT セミナーハウス (大分県由布市), January 2016
  197. 丸目 哲也、桑原 順子、三田 肇, "GALA ペプチドのフラグメントとベシクルとの相互作用", 平成 27 年度物理化学インターカレッジセミナー兼日本油化学会界面科学部会九州地区講演会 (口頭発表) ,福岡, January, 2016
  198. 河添 隆寿、東 慧士、桑原 順子、三田 肇、岩谷 凌介、田下 昂樹, "アミノ酸側鎖のメチレン鎖の違いによる CMC 変化", 平成 27 年度物理化学インターカレッジセミナー兼日本油化学会界面科学部会九州地区講演会 (口頭発表) ,福岡, January, 2016
  199. 宮元展義 "レーザー共焦点顕微鏡および小角 X 線散乱による無機ナノシートコロイド 液晶の構造解析" 信州コロイド&界面科学研究会 ,第 1 回研究討論会, 信州大学招待講演, October 2015
  200. 山本伸也、宮元展義 "フルオロヘクトライトコロイドの液晶性と構造色", 休暇村志賀島 (福岡) , October 2015
  201. 吉村昌平、宮元展義 "せん断と電場の同時印加による高粘性ナノシート液晶の配向制御" 信州コロイド&界面科学研究会,第 1 回研究討論会, 信州大学, October 2015
  202. 大森康平、宮元展義 ,"層状複水酸化物ナノシートコロイドの液晶性と小角 X 線散乱による構造解析", 低次元系光化学第 4 回サマーセミナー, 休暇村志賀島 (福岡) , October 2015
  203. 立志 真樹・奥村 泰志・宮元展義・樋口 博紀・菊池 裕嗣, "無機ナノシート水分散液における電気光学効果の濃度依存性", 第 64 回高分子討論会, 東北大学, September 2015
  204. 山本伸也・宮元展義 "フルオロヘクトライトコロイドの液晶性と構造色", 第 59 回粘土科学討論会, 山口大,, September 2015
  205. 宮元展義 "電場による液晶性粘土鉱物コロイドの配向とその固定化" 第 59 回粘土科学討論会, 山口大,招待講演, September 2015
  206. 吉村昌平・稲富巧・宮元展義 "電場とせん断の同時印加による粘土鉱物ナノシート液晶の配向制御と複合ゲル合成" 第 59 回粘土科学討論会, 山口大, September 2015
  207. 大森康平・宮元展義 "層状複水酸化物ナノシートコロイドの液晶性と小角 X 線散乱による構 解析" 第 59 回粘土科学討論会, 山口大, September 2015

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

208. 河添 隆寿, 東 慧士, 桑原 順子, 三田 肇, 岩谷 凌介, 田下 昂樹, “側鎖メチレン数が異なるアミノ酸系界面活性剤の特性評価”, 第 66 回コロイドおよび界面化学討論会(ポスター発表), 鹿児島大学, September, 2015
209. 丸目 哲也, 桑原 順子, 三田 肇, “膜融合ペプチドがリポソームに与える影響とそのメカニズムについて”, 第 66 回コロイドおよび界面化学討論会(ポスター発表), 鹿児島大学, September, 2015
210. 大森康平・宮元展義 “層状複水酸化ナノシートコロイドの液晶性と小角 X 線散乱による構造解析” 西日本ナノシート研究会サマーキャンプ2015, 長崎県壱岐市, August 2015
211. 山本伸也, 宮元展義 “フルオロヘクトライトコロイドの液晶性と構造色” 西日本ナノシート研究会サマーキャンプ2015, 長崎県壱岐市, August 2015
212. 稲富 巧, 池田 正吾, 宮元展義, 菊池 裕嗣, 奥村 泰志, “電場で配向制御された無機ナノシート液晶/pNIPA/有機色素複合ゲルの合成とその光熱応答”, 西日本ナノシート研究会サマースクール2015, 長崎県壱岐市, August 2015”
213. 吉村昌平・稲富巧・宮元展義 “電場とせん断の同時印加による粘土鉱物ナノシート液晶の配向制御と複合ゲル合成” 西日本ナノシート研究会サマースクール2015, 長崎県壱岐市, August 2015

### 【テーマ2:未利用エネルギー活用のための新規発電デバイスの開発】

214. 李 偉, 朱世杰, “誘電性エラストマーの力学特性および粘弾性”, 一般社団法人 日本機械学会 M&M2017 材料力学カンファレンス, GS0302, 2017.
215. \*呂 龍舟, 朱世杰, “誘電性エラストマーアクチュエーターの電気-力学挙動の有限要素法解析”, 一般社団法人日本機械学会, M&M2017 材料力学カンファレンス, GS0307, 2017.
216. \*シユッタカライサティン, 坂野匠, 大山和宏, 朱世杰, “誘電エラストマー発電機の実用化ための基礎試験”, 平成 29 年電気学会産業応用部門大会, 2-2, p.II-65-II-66, 2017
217. \*坂野匠, シユッタカライサティン, 大山和宏, 朱世杰, 千葉正毅, 和氣美紀夫, “誘電エラストマー発電に利用するリンギングチョークコンバータのシミュレーション”, 平成 29 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会, 03-2P-12, p.454, 2017
218. 大西航助, 朱世杰, “複合型誘電性エラストマーアクチュエーターの開発及び特性評価”, 一般社団法人 日本機械学会 M&M2016 材料力学カンファレンス, GS-32, 2016
219. 李 偉, 朱世杰, “誘電性エラストマーによる発電に関する研究”, 一般社団法人 日本機械学会 M&M2016 材料力学カンファレンス, GS-37, 2016.
220. 大西航助, 朱世杰, “繊維により補強された誘電性エラストマーアクチュエーターの特性評価”, 防食腐食学会, 第 62 回 材料と環境討論会, E-206, 2015
221. 大西航助, 朱世杰, “誘電性エラストマーアクチュエーターの開発に関する研究”, 一般社団法人 日本機械学会 M&M2015 材料力学カンファレンス, GS0704-206, 2015

### 【テーマ3:環境と人間に配慮した柔らかいアクチュエーターデバイスの開発】

222. R. Soontornvorn and H. Fujioka, “Optimal Modeling of ECG Waveform using”
223. R. Soontornvorn and H. Fujioka, “Smoothing Bezier-Bernstein Curves”, 平成 29 年度 (第 70 回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会, 論文集, 2 ページ, 琉球大学, September 27-28, 2017.
224. 築山義信, 加藤友規, 中垣瞬, “電空ハイブリッド超精密鉛直位置決め装置の消費 エネルギー測定”, 2017 年度砥粒加工学会学術講演会 (ABTEC 2017) アブストラクト集, pp.379-381, 2017
225. \*東島権弥, 加藤友規, 櫻木一樹, 佐藤孝洋, 大野学, “気液相変化駆動ゴム人工筋アクチュエーターによるマニピュレータの制御”, 平成 29 年春季フルードパワーシステム講演会, 講演論文, pp.94-96, 2017
226. R. Soontornvorn and H. Fujioka, “A Training System on TANZAKU Calligraphy Skills by Augmented Reality”, 平成 28 年度 (第 69 回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会, 論文集, 2 ページ, 宮崎大学, September 29-30, 2016.
227. 朱 文莉, 藤岡寛之, “ダイナミックフォント法を用いた中国語フォントの再設計法”, 平成 28 年度 (第 69 回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会, 論文集, 2 ページ, 宮崎大学, September 29-30, 2016.
228. \*木野仁, 今井拓郎, 村上浩太郎, 植村充典, “可変剛性機構を有する受動歩行システムのロバスト性の検証”, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, pp. 182-184, 2016.
229. 坂上憲光, 三好晃治, 武村史朗, 木野仁, “パラレルワイヤ駆動システムを用いた水中高速エンドエフェクタの提案”, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, pp.0578-0581, 2016.
230. 木野仁, 大町直輝, 越智裕章, “移動ロボットによるワイヤ協調作業”, 計測自動制御学会システムイ

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

ンテグレーション部門講演会, pp.1563-1566, 2016.

231. \*越智裕章, 木野仁, 田原健二, 松谷祐希, “筋骨格システムの筋内力ポテンシャルに対する筋一骨格間の干渉による筋の形状変形が及ぼす影響”, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, pp.2739-2742, 2016.

232. \*佐藤正昂, 木野仁, 田原健二, “筋骨格アームによる筋内力のつり合いを利用した手先軌道追従制御”, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, pp.2755-2757, 2016.

233. 木野仁, 村上浩太郎, 今井拓郎, “最短時間軸変換法に基づく書字動作の試み”, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, pp.3116-3119, 2016.

234. \*木野仁, 越智裕章, 田原健二, 松谷祐希, “筋骨格構造の持つ特性を利用した位置制御に関する考察”, 第21回ロボティクスシンポジウム, pp.445-450, 2016.

235. 木野仁, 大久保暢浩, 吉武翼, 池田明之, 越智裕章, “パラレルワイヤ駆動システムの逆運動学近似における誤差評価法の検証”, 第21回ロボティクスシンポジウム, pp.203-208, 2016.

236. 木野仁, 和田竜治, 吉武翼, 田原健二, 越智裕章, “アクティブバランスを用いたパラレルワイヤ駆動ロボット”, 第21回ロボティクスシンポジウム, pp.197-202, 2016.

237. 西田一矢, 加藤友規, 石本航大, “静圧空気軸受式エアタービンスピンドルの軸剛性の可変性”, 2016年度精密工学会九州支部北九州地方講演会, 講演論文集, pp.27-28, 2016

238. 築山義信, 加藤友規, 松尾啓汰, “電空ハイブリッド超精密鉛直位置決め装置の内圧制御についての一検討”, 第59回自動制御連合講演会, SaA4-5, 2016

239. 西田一矢, 加藤友規, 後藤大樹, 三村政司, 溝田武人, “エアタービンを用いた空気圧式ボール発射装置の高機能化”, 平成28年秋季フルードパワーシステム講演会, 講演論文集, pp.50-52, 2016

240. \*櫻木一樹, 加藤友規, 程明昭, 柿山稜, 松永悠汰, 大野学, “気液相変化により駆動されるゴム人工筋アクチュエータの小型化”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 2A1-04b5, 2016

241. 西田一矢, 瀬戸壮太, 加藤友規, 溝田武人, 田中完二, 吉田和夫, “空気圧式による硬式野球ボール発射装置の高機能化”, 平成28年春季フルードパワーシステム講演会, 講演論文集, pp.68-70, 2016

242. 石橋良太, 小田隆彦, 越智裕章, 梅田勝矢, 奥田竜次, 田原健二, 木野仁, 児島晃, “弾性体とSMA材料とからなる翼機構の剛性適応による流速変化への対応”, 第16回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2H1-4, 2015.

243. 石橋良太, 小田隆彦, 奥田竜次, 梅田勝矢, 田原健二, 木野仁, 児島晃, “SMAアクチュエータと柔軟材とを用いた剛性適応法の考察”, 第33回日本ロボット学会学術講演会, 3A1-06, 2015.

244. \*越智裕章, 大久保暢浩, 木野仁, “パラレルワイヤ駆動システムを用いた産業用ロボットの研究・開発”, ロボティクス・メカトロニクス講演会2015, 産学連携企画, No. 25, 2015.

245. 木野仁, 今井拓郎, 小澤隆太, 越智裕章, “TST法を用いた人体の慣性パラメータ推定法におけるノイズの誤差解析”, ロボティクス・メカトロニクス講演会2015, 1P1-W02, 2015.

246. \*中川大輔, 松谷祐希, 木野仁, 田原健二, “最大筋力を考慮した筋骨格システムの位置制御”, ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P1-X02, 2015.

247. 丸木諒祐, 矢澤孝哲, 野崎悠輔, 山田玲子, 大坪樹, 加藤友規, “人工歯の加工メカニズムに関する研究”, 2015年度精密工学会九州支部飯塚地方講演会, pp.19-20, 2015

248. 加藤友規, 木宮正貴, 櫻木一樹, 西田一矢, 程明昭, “クルイ(タイの伝統的な縦笛)を自動吹奏するロボットの開発”, 平成27年秋季フルードパワーシステム講演会, 講演論文集, pp.92-94, 2015

249. 西田一矢, 加藤友規, 矢澤孝哲, 大坪樹, 長田尚子, 丸木諒祐, “静圧空気軸受式エアタービンスピンドルの回転数制御と切削加工”, 日本機械学会九州支部長崎講演会, 講演論文集, USB, B-02 (2015)

250. 丸木諒祐, 矢澤孝哲, 野崎悠輔, 大坪樹, 加藤友規, 山田玲子, “歯の全自動加工に関する研究(第1報)ー自動化に向けた基礎データ収集用実験装置の開発ー”, 2015年砥粒加工学会学術講演会, 講演論文集, pp.118-119, 2015

251. 加藤友規, 平川鉄磨, “HPRとNF弁を用いた電空ハイブリッド超精密鉛直位置決めステージの制御”, 平成27年春季フルードパワーシステム講演会, 講演論文集, pp.4-6, 2015

<研究成果の公開状況>(上記以外)

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

#### <既に実施しているもの>

- ・タイ、キングモンクット工科大学主催の Engineering Expo にブースを出展し研究紹介した。
- ・国内外から約60名の参加者を集めて国際会議「The 1st FIT-ME Symposium」を開催した。福岡工大にて開催し、本プロジェクトの研究成果を発表し、また本プロジェクト内容を紹介した(2016年5月)
- ・本プロジェクトのホームページを作成し、公開した (<http://fit-me.fit.ac.jp>)。
- ・以下のプロジェクトメンバーのホームページを随時更新し、研究成果を公開している。
  - ・ <http://www.fit.ac.jp/~miyamoto>
  - ・ <http://www.fit.ac.jp/~fujioka>
  - ・ <http://www.fit.ac.jp/~kino/>
  - ・ <http://www.fit.ac.jp/~zhu/>

#### <これから実施する予定のもの>

国際会議(The 5th International Conference on Nanomechanics and Nanocomposites)を本プロジェクト(福岡工業大学 物質・エネルギーデバイス研究センター)が主催し、福岡工大を会場として開催する。本プロジェクトの研究分担者である朱が chairman、宮元が co-chairman、プロジェクトメンバーの木野、加藤、桑原、大山、藤岡の6名が Local Organizing Committee を務める。特別セッションを設け、本プロジェクトの研究成果を発表する。

## 14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには\*を付してください。

- ・共同研究(日本フレックス工業株式会社、研究代表者)「ワイヤ駆動システムにおけるワイヤの適用性評価に関する研究」、平成14年3月～現在継続中
- ・共同研究「完全養殖サバの体表面ぬめりに含まれる天然物質の評価」一般社団法人ジャパン・コスメティックセンター(Japan Cosmetic Center)
- ・共同研究「Nanosheet を用いた電子 Device への応用に関する研究」LG Japan Lab 株式会社、2017年度～現在継続中
- ・共同研究「圧電素子を用いた自励式誘電エラストマー発電回路の開発」、(有) Wits (代表: 和氣美紀夫)、千葉研究所(代表: 千葉正毅)、平成29年度～現在継続中

## 15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

特になし

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

## 16 施設・装置・設備・研究費の支出状況(実績概要)

(千円)

年度・区分	支出額	内 訳						備考
		法人負担	私学助成	共同研究機関負担	受託研究等	寄付金	その他( )	
平成27年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	62,813	27,938	34,875				
	研究費	22,996	11,498	11,498				
平成28年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	7,868	2,623	5,245				
	研究費	23,361	11,861	11,500				
平成29年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	16,288	8,144	8,144				
総額	施設	0	0	0	0	0	0	0
	装置	0	0	0	0	0	0	0
	設備	70,681	30,561	40,120	0	0	0	0
	研究費	62,645	31,503	31,142	0	0	0	0
総計	133,326	62,064	71,262	0	0	0	0	

## 17 施設・装置・設備の整備状況 (私学助成を受けたものはすべて記載してください。)

《施設》(私学助成を受けていないものも含め、使用している施設をすべて記載してください。)

(千円)

施設の名 称	整備年度	研究施設面積	研究室等数	使用者数	事業経費	補助金額	補助主体
物質・エネルギーデータベース研究センター	H27	107.5m <sup>2</sup>	2	10			

※ 私学助成による補助事業として行った新增築により、整備前と比較して増加した面積

m<sup>2</sup>

法人番号	401009
プロジェクト番号	S1511036L

《装置・設備》(私学助成を受けていないものは、主なもののみを記載してください。)

(千円)

装置・設備の名称	整備年度	型番	台数	稼働時間数	事業経費	補助金額	補助主体
(研究装置)				h			
				h			
				h			
				h			
(研究設備)							
小角X線散乱装置	H27	NANO-Viewer FRS	1	5,500	h	44,992	22,995 私学助成
動的粘弾性測定装置	H27		1	6,000	h	17,820	11,880 私学助成
発電デバイス評価用負荷装置	H28		1	3,000	h	7,868	5,245 私学助成
				h			
(情報処理関係設備)				h			
				h			
				h			
				h			
				h			

## 18 研究費の支出状況

(千円)

年度	平成 27 年度		
小科目	支出額	積算内訳	
		主な用途	金額
教育研究経費支出			
消耗品費	2,971	実験用消耗品	48
光熱水費			
通信運搬費	11	送料	11
印刷製本費	12	印刷	12
旅費交通費	1,735	学会、実験、研究会参加	473
報酬・委託料	396	謝金	126
(その他)	146	修繕費	146
計	5,271		
アルバイト関係支出			
人件費支出 (兼務職員)	3,048	事務補助 研究補助	時給800円～、年間時間数370時間 時給800円～、年間時間数2,287時間
教育研究経費支出			実人数8人
計	3,048		
設備関係支出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	14,677		2,680
図書			
計	14,677		
研究スタッフ関係支出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

## 18 研究費の支出状況

(千円)

年度	平成 28 年度		
小科目	支出額	積算内訳	
		主な用途	金額
教育研究経費支出			
消耗品費	5,229	実験用消耗品	670
光熱水費			
通信運搬費	9	送料	9

		法人番号		401009	
		プロジェクト番号		S1511036L	
印刷製本費	14	印刷	6	学会誌	その他
旅費交通費	2,282	学会、実験、研究会参加	233	米国、東京	その他
報酬・委託料 (その他)	1,295 2,418	謝金 保守料、修繕費	128 1,419	謝礼、英文校正料	その他 保守料、修繕費
計	11,247				
ア ル バ イ ト 関 係 支 出					
人件費支出 (兼務職員)	4,219	事務補助 研究補助 シンポジウム		時給800円～、年間時間数1,494時間 時給800円～、年間時間数2,583時間 時給800円、年間時間数24時間	
教育研究経費支出 計	4,219			実人数14人	
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)					
教育研究用機器備品 図 書	7,895		913	解析サーバ	その他
計	7,895				
研 究 ス タ ッ プ 関 係 支 出					
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター	5,629			学内2人、非常勤2人	H28.4
研究支援推進経費 計	5,629				

## 18 研究費の支出状況

(千円)

年 度	平成 29 年度		積 算 内 訳		
小 科 目	支 出 額	主 な 使 途	金 額	主 な 内 容	
教 育 研 究 経 費 支 出					
消耗品費	3,105	実験用消耗品	95	応研商事コロソロンCOL-C15STEM Cu150P 他一式	
光熱水費					
通信運搬費	32	送料	10	サンプル送料 その他	
印刷製本費	48	印刷	7	名刺印刷代 その他	
旅費交通費	3,300	学会、実験、研究会参加	216	米国、東京 その他	
報酬・委託料 (その他)	1,491 406	謝金 修繕費、賃借料	108 155	謝礼、論文掲載費 その他 ACADEMIC SITE LICENSE RESERCH/940024-50 その他	
計	8,382				
ア ル バ イ ト 関 係 支 出					
人件費支出 (兼務職員)	2,876	事務補助 研究補助		時給800円～、年間時間数1,904時間 時給800円～、年間時間数1,351時間	
教育研究経費支出 計	2,876			実人数8人	
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)					
教育研究用機器備品 図 書	5,031		756	UV/オゾン洗浄改質実験装置 その他	
計	5,031				
研 究 ス タ ッ プ 関 係 支 出					
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター	9,710			学内4人、非常勤2人	
研究支援推進経費 計	9,710			H29.4	