

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

**平成 25 年度～平成 29 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」  
研究成果報告書概要**

1 学校法人名 学校法人青山学院      2 大学名 青山学院大学

3 研究組織名 理工学部附置先端技術研究開発センター

4 プロジェクト所在地 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

5 研究プロジェクト名 細胞膜の異質界面における分子理解と新機能創成基盤の形成

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
宮野 雅司	理工学部	教授

8 プロジェクト参加研究者数 12 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
宮野 雅司	理工学部・教授	膜タンパク質の疎水・親水界面における構造と相互作用と機能発現	全体の統括、原子レベルの理解:タンパク質表面と結合分子間異質界面の水を含めた可視化。
阿部 文快	理工学部・教授	細胞膜脂質と膜タンパク質分子間の相互作用解析	細胞膜内での理解:膜タンパク質の細胞内異質界面への運搬制御。
諏訪 牧子	理工学部・教授	細胞表面のビジュアルプロテオミクスを実現する計算解析技術開発	現象解釈と予測:異質界面複合体として生体膜の構造予測。
三井 敏之	理工学部・教授	生きた細胞での膜機能を制御する機構解明	生細胞膜応答:単一細胞の異質界面としての膜刺激による応答と制御。
田代 朋子	理工学部・教授	(2013.4-2015.3)	組織間信号伝達:複数の異質細胞間の異質界面を介した情報物質伝達。
平田 普三	理工学部・教授	(2015.4- )	運動シナプスの異界面を介した情報伝達関連分子と行動異常
長谷川 美貴	理工学部・教授	固液界面における希土類錯体の自己集積と光機能創成	膜プローブの開発評価:膜異質界面で特異発光する分子を創る。
(共同研究機関等)			

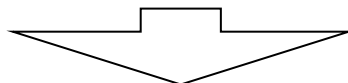
法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

## &lt;研究者の変更状況(研究代表者を含む)&gt;

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
生きた細胞での膜機能を制御する機構解明	理工学部・教授	田代 朋子	複数の異質細胞間の異質界面を介した情報物質伝達

(変更の時期:平成 27 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
国立遺伝学研究所 新分野創造センター 一・准教授	理工学部・教授	平田 普三	運動シナプスの異界面を介した情報伝達関連分子と行動異常

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

## 11 研究の概要(※ 項目全体を10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

膜界面は、様々な異質な分子がダイナミックに相互作用するいわば“渚である”。水、タンパク質、脂質など関与する生体分子は水素結合する親水基と疎水性領域を非等方に持ち、膜が形成する異質界面で不均一な立体位置特異的な相互作用をする。もっと広く見たとき生物は異質界面を通じて特異的認識して様々な現象を引き起こす。実際に同じ基本構造を持ちながら水素結合供与基と受容基の位置の違いだけで水への溶解性など極めて基本的な物性まで、また、分子混み合い効果(クラウディング効果)によるタンパク質構造変化、ナノスペースでの脂質長に依存した膜運動性の変化など、従来の予想を超えた立体構造依存的な特異的認識現象が多く報告されており、これらが *In vitro* よりも多様で桁違いに効率良い生命現象(シグナル伝達や応答そしてそれを支える生体反応など)を生み出す原因になっている。

現時点では、これらの現象理解と理論的予測は極めて困難である。本プロジェクトは、分子-細胞-個体という異なる階層ごとに生命現象の本質である異質界面現象を理解して分子の溶解性、タンパク質、細胞、そして個体の異なる階層での特異認識の違い実用可能な現象の観測、そして予測・制御へつなげ、機能デザインを可能とする研究基盤を形成することを目的とする。(1)脂質の水がある中でのタンパク質の認識機構を可視化して異質界面現象を原子レベルでの解析、(2)モデル真核生物での膜組成変化と膜タンパク質機能の関連性理解、(3)計算による細胞膜表面の実験的基盤を持った超分子モデル作成、(4)細胞・個体レベルでの生体膜への物理・生理的分子の刺激応答現象の理解、(5)人工膜と新規蛍光プローブの作成による膜異質界面環境評価システムの構築からなる。目的達成のため、「もの」と「方法」を提供/交換することで分野の異なる研究者が「異質界面研究分野」の共同研究を実施する有機的に連携する。このような科学分野横断的異質界面環境のもと、新たな若手研究者のプレゼン機会の創設、異分野の研究者の独自研究のプレゼンとディスカッションや On the job training により、広い視野と確実なスキルを身につけ、研究領域の壁や基礎応用の「死の谷」を越えられる若手研究者の養成を新たな一つの柱とする。選定時の留意事項と、CAT中間成果発表会、中間評価(2016.3.開催)をふまえて、より具体的な目的・意義とし、計画に若手育成を具体的に掲げた。

### (2) 研究組織

生体・生命における「異質界面現象」の多様で特異的現象の統合的理解をめざして、(1)宮野雅司が全体の統括をし、助教の齊野廣道とともに原子レベルで細胞膜の「異質界面」の理解を進めた。結晶構造解析を主要な武器にしながら小数の水素結合と疎水相互作用の造り出すタンパク質の高い特異的認識機構を、作用分子を、水を含めた相互作用として理解をする。(2)阿部文快は前助教の上村聡志、現助教の望月貴博とともに、生きた細胞の中の膜の中で膜タンパク質の動態とその制御を酵母という標準的なモデル単細胞真核生物を使って明らかにする。(3)諏訪牧子は助教の池田修己とともに、生体膜系のなかで複合的な膜タンパク質の分布と動態を理解出きるような解析システムを開発して、自然な膜系での膜タンパク質分布と相互作用理解の基盤となす。生きた状態での細胞あるいは細胞の塊、さらには組織の中で膜により隔絶された細胞間の情報の伝達と応答の分子情報論的理解をめざす。(4)A 三井敏之は助教の石田研太郎とともに、ナノポア膜製造制御技術を使って物理的刺激に対する培養細胞の応答を、心筋細胞の拍動の引き込みの物理刺激応答、あるいは異種細胞塊の解明で生じる自己形態形成の物理的基盤をシミュレーションモデル化手法によりその隠された機構を明らかにして、細胞・細胞塊の異質界面での自律的環境適合応答のシステムを調べる。(4)B 田代朋子(平成27年3月まで)は助手の澤野恵理香とともに、個体レベルでの異質界面の意味理解に向けて、幼若マウス脳での両親媒性ホルモンチロキサン(Thyroxine)の運搬と代謝そして行動への影響を脳部位内での分子論的理解を進める。プロジェクトの関連テーマを分担した大学院生(20名程度)が研究教育の一環として担当している。田代朋子の後任となった(4)B 平田普三(平成27年4月から)は、助教の荻野一豊とともに、個体レベルでのリーバスジェネティクスの容易であるゼブラフィッシュの個体の運動・行動の環境適応システムの分子論的理解をす

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

すめ、ヒトの遺伝疾患モデルへと展開する。そして、新たな異質界面を観察できるようなプローブ開発を(5)長谷川美貴が助教の石井あゆみとともに、これまでなかった水溶性さらには膜内で発光するような希土類発光素子の開発と評価をする。広範な分野にまたがるプロジェクトであるので、研究者と現在関わる14名の院生に向けて、毎年、それぞれの立場と視点から「異質界面」理解に向けたミニシンポ・ワークショップなど小研究会議を、各グループが幹事持ち回りで、外部講師複数名を招き、「異質界面」のベクトルを明示するために、毎年企画実施し、それぞれの意識・目標とする「異質界面」の研究具体イメージとして提起し、意見交換する中で全体統合をめざした研究推進をした。実際に共同研究の種を探して研究のベクトルを合わせた結果、長谷川グループによる水溶液強発光プローブ開発成功とそのプローブの細胞、生体での利用可能性の検証を三井、平田グループが実証をめざした具体的共同研究の推進に活かした。

### (3) 研究施設・設備等

等温滴定型カロリーメーター(240h)	冷却超遠心機(340h)
RT-PCRシステム(240h)	迅速タンパク質精製装置(420h)
走査型プローブ顕微鏡 SPM-9700(500h)	コンフォーカル蛍光顕微鏡(400h)
ガスクロマトグラフィーシステム(480h)	紫外可視赤外分光光度計(1200h)
DNAシーケンス装置(2400h)	高度分子分光測定システム(600h)
シンチレーションカウンター(480h)	大型冷却遠心機(700h)

研究施設の面積及び使用者数:1,606 m<sup>2</sup> 51名 \*()は年間の利用時間数

### (4) 研究成果の概要 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び\*を付すこと。

- (1) 生命を細胞膜として外界から隔てていると共に、外界からの物質情報をやり取りする膜で分子レベルでの異質界面での現象を構造生物学的アプローチ、つまり分子の原子構造とその相互作用として理解することで、分子の持つ機能を調整する分子とくに有機小分子によって操作することで、機能創製へと展開する。その膜を構成する脂質以外の主要構成成分である膜タンパク質をそれに作用・制御する分子との分子構造を明らかにすることでその特異性を決め、機能の構造的基盤を分子間相互作用の解析から理解する。
- (2) また、その膜タンパク質の膜での機能の制御機構の一つとして、出芽酵母 *Saccharomyces cerevisiae* の基質輸送体に着目し、膜システムでのローカライゼーションと基質選択性、および環境変化に応答した分解制御機構の解明をめざし研究を行った。基質輸送体はこの界面で、アミノ酸やペプチドなど生存に不可欠な栄養源を取り込んでいる。こうした膜タンパク質を微生物は刻々と変化する環境に合わせ分解し、リモデリングしている。例えば、栄養源の過剰摂取は害毒となるため、基質輸送体は下方制御されるであろう。しかし、膨大な数の膜タンパク質の中から、なぜ特定の輸送体だけ選んで分解できるのか、その選別の仕組みが良くわかっていない。その構造形成と基質選択性、および環境変化に応答した分解制御機構の解明をめざし研究を行った。
- (3) 異質界面を形成する実際の生体膜で脂質と並ぶ構成成分である膜タンパク質個々の立体構造解析は、PDB 登録が 10 万を超えるエントリーとなった可溶性タンパク質に比較すればまだまだであるが、3000 に迫り、構造情報は確実にその厚みを増してきた。しかし、実際の生体膜上での生の膜タンパク質の分布様式など初期的なエコロジカルな記載でさえも未だほとんどなされていない。その結晶構造像と電顕写真像とのギャップを先ず埋め、さらには生体膜上での膜タンパク質の分布を明らかにするため、膜タンパク質 DB の構築に膜タンパク質立体構像(1359 エントリー)に VDW 画像、ASA 画像を生成し、生物種、局在小器官情報、ファミリー情報等を付加して格納し、膜タンパク質立体構造断層画像と電顕画像照合技術を開発して、変数のベクトル間のユークリッド距離や相関係数による照合類似度を使った結果、同一構造型を認識できる閾値は、配列一致度  $\geq 30\%$ かつ構造類似度  $\text{RMSD} \leq 4 \text{ \AA}$  で

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

あった。画像検索システムで、照合作業、類似度が高い順のタンパク質種類候補提示できる自動化パイプラインを構築した。これらは WEB ツールの  $\beta$  バージョンを作成済みで公開準備中である。

- (4) A. ナノポアによる DNA の塩基配列の実用化にむけて、一般的にはポア膜で仕切られる二つの溶液に電位差を与えて、ポア内に電場をつくり、これを DNA の driving force とする。しかし、高い確率で  $\lambda$  DNA などがポアに詰まってしまうが、導体化したポアにパルス電位を与えるだけで、DNA のポア通過が起こり、詰まらない DNA の通過させる方法を発見した。異種細胞同士の細胞膜間相互作用の制御機構の解明のために、シミュレーションは強力なツールとして、細胞間の情報伝達としての分子の物理的情報を定量的に与える。これを、心筋異種細胞接触培養への物理刺激応答とニワトリ異種外胚葉接触培養による皮膚での羽原基の自律的形態形成へ適用した。
- B. 発生初期の脳発達をマウス・ラットのげっ歯目のモデル動物実験で行い、そのままでは膜透過できない疎水性の高い甲状腺ホルモン・サイロキシン (TH:T4 と脱ヨード体 T3) が係わるタンパク質分子を特定した。周産期 TH 欠乏は、身体発育さらに脳発達阻害し、重度の知能障害を引き起こす。妊娠母ラットに、TH 合成阻害剤投与して TH 欠乏状態の仔ラット (hypo 群) を作出して、hypo 群にさらに出生後毎日、T4 を皮下投与した回復群とし、対照群は TH 合成阻害剤非投与の母ラットからの生まれた新生ラットを正常群とした。この結果、2 つの遺伝子が脳の正常発達に必須であることを明らかにした。幼若ラットでは TH 欠乏マウスで脳の正常発達に重要な働きをしていることが明らかとなった 2 つの遺伝子のうち、KCC2\* $\text{K-Cl}$  共輸送体 KCC2 を欠損する動物個体で成体のものをより扱いやすいゼブラフィッシュを用いて世界で初めて作製した。
- (5) 錯体は、特に生命系実験のプロープとして働くためには、有機分子と希土類金属が結合して機能を発現するため、いかなる環境、特に水溶液中で分子構造が安定であることが必須ともいえる。希土類錯体の発光は、その色純度が高いことから生体への応用が期待されているものの実用化が難しい原因として一番は、まさにその水中での化学的分解と水分子による発光の消光があげられる。これらを克服するため、私たちはキレート効果を導入したヘリカルな 6 座の配位子を開発している。

### <優れた成果が上がった点>

- (1) \*炎症部位で白血球遊走機能する細胞膜の異質界面で働く典型的な 7 回膜貫通型受容体 GPCR 口である BLT1 の BIIL260 との複合体結晶構造に成功した(Nature Chem. Biol. 2018 \*8, 理研・順天堂大学・青山学院大学・AMED の共同プレス発表 2018/1/9)。アンタゴニスト BIIL260 の結合様式から、BIIL260 のベンズアミジン部分骨格は、基質結合部位より深い位置にある不活性状態を安定化している水和ナトリウム結合部位を占め、ロドプシントイプ GPCR の不活性状態を固定・安定化させる。実際にベンズアミジンが GPCR の広いリバースアゴニストのスツキアフォードとして機能することを明らかにした(\*8)。

高度好熱菌由来長鎖脂肪酸合成酵素 ttLC-FACS が制御酵素であることを明らかにし、その構造機能解析を基にした変異体は常温でのこの酵素活性が約 20 倍になった (ConBio2017)。

\*多剤耐性  $\beta$ -ラクタマーゼ OXA-58 の結晶構造解析をして、活性部位での水素結合形成が活性と安定性に重要であることを明らかにした(PlosONE 2015 \*1)。

- (2) \*酵母のトリプトファン輸送体 Tat2 の機能と構造形成に重要なアミノ酸残基を同定した (Biochemistry 2013 \*14)。また、基質アミノ酸の過剰投与により Tat2 が急速に分解されることを見だし、基質を輸送している“動態”を Rsp5-Bul1 ユビキチンリガーゼ複合体が認識するモデルを提唱した。\*分岐鎖アミノ酸輸送体 Bap2 では基質特異性が側鎖の特異性ではなく、水-オクタノール分配係数 ( $\log P$  値) に依存することを見いだした(Biochemistry 2013 \*14)。\*ペプチド輸送体 Ptr2 については、機能に重要な 14 個のアミノ酸残基を見だし、N 末端の 3 つのリジン残基が Rsp5 によりユビキチン化されること、基質結合に失陥のある変異型 Ptr2 が急速に分解されることを明らかにした

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

(Eukaryotic Cells 2013 \*15)。

酵母をモデルに深海のような高圧や低温環境への適応に関する遺伝学的解析を行った。これまで機能未知とされてきた遺伝子の一つが小胞体タンパク質をコードしていたため、これを *EHG1* (ER-associated high-pressure growth gene 1)と名付けた。\* *EHG1*の欠損株は栄養源としてトリプトファン、ロイシン、ヒスチジンおよびウラシルの合成能を持たせることで高圧増殖能が回復した(High Pressure Research 2017 \*23)。このことから、Ehg1 が細胞膜上にある複数の栄養源輸送体機能を高圧下で維持していることが示唆された。

(3) \* 継続してアップデートし公開してきた 7 回膜貫通受容体 GPCR の総合的データベースを最近の急速な GPCR の結晶構造の集積と多数の真核生物でのゲノム解析とその機能解析結果を反映した最新バージョンをリリース公表した(Biophys Physiol 2018, \*25)。

(4) A. \* 通過時間を解析的な Smoluchowski drift-diffusion equation を用いて評価したところ、導体表面へのイオン遮蔽の時差が、ポア膜と溶液の二つの面で、数十 msec 程度異なり、そこで発生する電場により、DNA がポアを通過する(J. Phys. Chem. B, 2018, \*32)。この結果は、すべての導体膜を用いるナノポア DNA センサーに適応できる(OSJ-OSA Joint Symposia, Nanophotonics, Biophotonics, 2017)。

\* ニワトリ皮膚組織の異種細胞接触培養による羽の形態形成の一次元的成長の実験データ(Growth & Differentiation, 2016, \*30)を蓄積して、統計として羽の発生場所と、一次元皮膚の長さについて、モデルによるシミュレーションの結果と比較することで、羽の形態形成を促進する activator と、逆に妨げる inhibitor としての働く仮想分子の拡散機構についてよい一致が得られたことから、羽の発生における形態形成機構理解が深まった (APL Bioengineering, 2018, \*33)。

B. \* TH欠乏群と正常群の海馬における TH 欠乏の影響が大きい GABA 作動性シナプスの生後発達過程比較した結果、RT-PCR で新たに GABA 合成の律速酵素グルタミン酸脱炭酸酵素 (GAD) の一つ GAD65 と  $K^+$ ,  $Cl^-$  共輸送体である KCC2 の二つタンパク質をコードする遺伝子が、二週齢の老化促進マウス SAMP8 で一過性に減少した(J. Neurosci. \*34)。KCC2 は、 $Cl^-$ を細胞外に排出し、細胞内  $Cl^-$ 濃度を低下させることで GABA の作用を発育初期の興奮性から抑制性へと変換する重要な因子である。老化促進マウス SAMP8 は生後5ヶ月齢から進行性の学習・記憶障害を、さらに若齢期から顕著な多動、低不安などの行動異常を示す原因は、大脳皮質や海馬で T4 から T3 へ脱ヨウド化活性する II 型脱ヨウド化酵素 DIO2 の半減による局所的甲状腺ホルモンの不足よると結論した(J. Neurosci. \*34)。海馬切片の電気生理実験で、SAMP8 海馬で強いシナプス刺激で誘発される痙攣波が正常に比べて約 4 倍長く持続することが確認された(J. Toxicol. Sci. 2015 \*36)。培養神経細胞に対する甲状腺ホルモンの遺伝子誘導作用以外の新たな non-genomic 作用として、T4 を添加することで脱分極なしで、K5培養条件で CGN 細胞は生存維持した。T4 添加の効果は 100nM からみられ、200nM では細胞死が完全に抑制されて神経突起も維持され Non-genomic 効果と考えた。この T4 の効果は、微小管結合タンパク質タウのリン酸化抑制に伴う微小管の安定化が寄与していた(J. Neurosci. Res. \*71)。

幼若ラットで TH 欠乏マウスで脳の正常発達に重要な働きをしていることが明らかとなった 2 つの遺伝子のうち(J. Neurosci. \*34)、KCC2\* $K^+$ - $Cl^-$  共輸送体 KCC2 を欠損する動物個体で成体のものをより扱いやすいゼブラフィッシュを用いて世界で初めて作製した KCC2 を欠損する動物個体では光刺激や音刺激といった感覚刺激に対しててんかん様の行動異常を示すことを見出し、これを足がかりに KCC2 が「遊走性焦点発作を伴う乳児てんかん」という難治性のてんかんの原因遺伝子であることを明らかにした(Nature Commun. 2015 \*40)。また、KCC2 を欠損することで引き起こされるてんかんに関して、細胞内の  $Cl^-$ 濃度が高まることにより抑制性シナプス伝達が脱分極性に作用しててんかんが発症するという新しいてんかんのモデルを構築した。\* 触覚を受容する一次感覚ニューロンの機能に必要な

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

遺伝子として RNF121 という小胞体膜に局在するユビキチンリガーゼを同定した。さらに、これが電位依存性ナトリウムチャネル Nav1.6 に結合し、ユビキチン化することを明らかにし、RNF121 が Nav1.6 タンパク質の品質管理を行っているという仮説を提唱した(Sci Rep 2015 \*38, PNAS 2015 \*39)。

- (5) そしてついに、\*水溶性かつ強い発光を示す希土類錯体の開発に成功し、生体関連物質あるいは生体内の金属に対する指標として新たな展開を示唆する結果を得られた (New J. Chem., 2017, \*69)。この化合物は、光アンテナとしてピペリジン骨格を有し、これを金属に対してヘリカルに結合させるとともに、水溶性と分子内結合の異なる役割を有するカルボキシル基を 2 個導入したことで実現できた。これは、バルク水の振動に共鳴して希土類の発光が消光することを抑制できるとともに、他の化学種との相互作用に多くの可能性を示唆できる分子が実現したことを意味する。現在は引き続き、同プロジェクトの平田グループと共同で生体内における毒性評価を試みている。

\*界質面錯形成により近赤外光を可視光に変換できる異質界面ナノ粒子希土類化合物の開発に成功した。近赤外の光は生体毒性が低く、今後新しい形の生体センサーとしての可能性が示唆される結果を得られた (Sci. Rep., 2017, \*68)。本研究プロジェクトを通してその成果の一部は論文として世界に広く発信するだけでなく、学生が講演賞をとるなど、若手の客観的な評価を得られるまでになった。

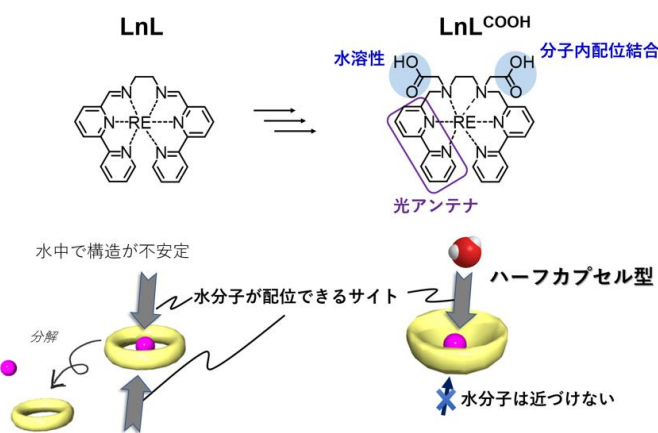


図1 水溶性のヘリカルな希土類錯体の分子設計指針

### <課題となった点>

学生の大学院進学者が予想以上に少なかった。

- (1) ttLC-FACS の酵素活性の結果、OXA-58 複合体結晶構造解析以降の論文出版がまだである。科研費などの競争的資金で同程度の研究継続が可能となる研究費を得ることが出来なかった。
- (2) トリプトファンを酵母に投与したときに Tat2 に生じる構造変化の実体と、Rsp5-Bul1 複合体による認識機構(相互作用)が未だ明らかとなっていない。Tat2 と Bul1 の免疫共沈降が実現せず、現在 Split ubiquitin システムによる相互作用解析に切り換えて実験を行っている。また、Ehg1 がどのようにして栄養源輸送体の機能を高圧下で維持しているのか、動的構造面からの実証が必要となる。
- (3) モデル的な電顕写真に対しては精度の良い技術を開発できたが、実際の細胞の膜表面全体のスキャンまでに至っていない。実際の膜表面電顕写真が限られていることが一因であった。
- (4) てんかん発症のメカニズムの解明を目指し、てんかん発症のモデルの提唱まではできたが、その実証までには至っていない。

### <自己評価の実施結果と対応状況>

今後は大学予算からの研究費、教育活動費および科研費など使える予算で本プロジェクトを継続する。

- (1) \*長期的構造解析課題であった BLT1:BIIL260 複合体解析に成功した(\*8)ことは、特筆してよい。長年にわたって安定 GPCR の発現に努力してきた若手を評価したいが、大学院学生テーマとしては、こうした困難膜タンパク質解析は出来ない。ttLC-FACS の酵素活性の結果は、その基質と中間体の複合体構造変化から予測したものであるが、変異体による機能活性の結果は、アロステリック制御を受けることと、構造変化のエネルギーマリアを除くことで 20 倍もの活性変異体が得られた

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

ことは、予想外の成果である。

- (2) トリプトファンを酵母に投与したときに Tat2 に生じる構造変化の実体と、Rsp5-Bul1 複合体による認識機構(相互作用)が未だ明らかとなっていない。Tat2 と Bul1 の免疫共沈降が実現せず、現在 Split ubiquitin システムによる相互作用解析に切り換えて実験を行っている。また、Ehg1 がどのようにして栄養源輸送体の機能を高圧下で維持しているのか、動的構造面からの実証が必要となる。
- (3) ワークショップの講演者でもあった佐藤主悦先生(産総研)と共同研究をして、より質の高い電顕画像の提供を受けられるようになったので、今後は提供を受けた実際の膜画像電顕データに適用してより実用性の高いシステムへ改良していく。
- (4) \*異質細胞種の接触培養による物理刺激応答や発生の自己形態形成とその数理モデルによる解析は、こうした分野横断的異質界面研究プロジェクトだから進められた(\*33)。
- (5) プロジェクト内での共同研究を長谷川グループと三井グループと積極的に取り組むことができた。現在新しい課題にそれぞれのグループと取り組み始めることができ、次への課題へと結びついた。学生が講演賞を取るなど後進研究教育に一定の成果があった。

#### <外部(第三者)評価の実施結果と対応状況>

”総合的には優れた結果が得られていると言える”と、十数年に係って挑戦してきた BLT1 の BIIL260 との複合体結晶構造に成功 (\*8)、KCC2 遺伝子の変異が”てんかん”の原因遺伝子の一つである (\*34, \*32) ことを明らかにして、水中での発光化合物の開発に成功 (\*69) するなど、インパクトの高い成果も得られたことから、良好な総合評価を得られた。一方で、「細胞膜の異質界面」とは何か、どのようなゴールが見えにくかったという中間報告での評価・要望に対してはあまり回答がでていないところもある。“という厳しい一部の評価があった。”本研究プロジェクトにおいて、共同研究を活発に行おうとする方向性は見えて“いると評価をいただいたように、今後、共同研究をさらに展開することでその出口へ向けた努力を継続展開し続ける。もうひとつの指摘の、”後進の育成“については、前向きな評価を頂けた。現在の日本の科学技術開発政策の体制に対して実証的な厳しい評価が海外も含めて複数でた中で、青山学院大学理工学部のサイズが小さい研究組織だからこそ、その重要性に鑑みて、後進の研究教育に実効性を考慮した工夫をしていきたい。他方、厳しい現状から大学院修了学生の社会での評価の向上と給付型奨学金の劇的な増大、若手の長期係る自由な研究活動が担保されるよりよい研究環境がないと、より困難な挑戦的研究を志す学生の増加は容易でない。

個別的には、酵母トリプトファン輸送体の結果(\*14)は、「興味深い知見」として評価を戴き、ビジュアル・プロテオミクス研究に関しては、“研究展開の端緒が得られた”とは言え、“もう一段方法論の確立が必要”であると指摘されたように、さらに、原理的な突破を含めた検討も併せて進める。

“印象的研究”と評価を戴いたニワトリ皮膚由来の異なる細胞種の細胞塊接触させた培養組織の異質解明に生じた羽原基の自己形態形成とその空間的形成パターンのモデルシミュレーションによる再現とその発生機構の解明は、こうした分野横断的研究プロジェクトならではのであった(\*33)。さらに、“膜の役割や細胞間のコミュニケーションを明らかにすべく研究を展開する”ことを期待された。

KCC2 遺伝子変異とヒトのてんかんの遺伝病の研究成果(\*25, \*40)は、指摘されたようにより幅広くさらに医療分野への展開も視野に入れた検討を進める。

希土類錯体を用いて、膜の評価を最終的目標として、水中で安定・高効率な発光を示す希土類錯体ユニットの開発を目指した結果、カルボキシル基を有する配位子とした希土類錯体が水溶液中で安定に発光すること(\*69)が見出だし、平田教授との共同研究が進んでいることを今後の発展の可能性を評価頂いた。



法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

### <研究期間終了後の展望>

ttLC-FACS の酵素活性の結果、OXA-58 複合体結晶構造解析以降の論文を完成出版する。ttLC-FACS の基質特異性と複雑な機能解析を証明できる異なった複合体あるいは変異体の結晶構造解析を近づく努力を続ける。抗体の複合体結晶構造解析を続ける。

小胞体で発現している機能未知である Ehg1 タンパク質が細胞膜上にある複数の栄養源輸送体機能を高圧下で維持していると示唆されたので、小胞体タンパク質の細胞膜上の基質輸送体の制御機構の詳細を明らかにする。

ビジュアル・プロテオミクスをさらに進めるため、産総研の佐藤主悦先生と共同研究のための新たなグラントを得ていく。

シミュレーションの 3D 化、複雑なシグナル経路の単純化モデルから、具体的な Activator や Inhibitor の候補分子の初期条件と操作を試み、発生によるパターン生成の変化誘導をシミュレーションした結果を活かして人為的な生成場所や密度の制御を試みる。

動物は滝のそばなどうるさい場所で行動を変えるが、この環境適応がグリシン作動性シナプスの機能変化による結果との仮定で立証を進める。

水溶性希土類錯体の生体適合性と応用開発にかかわる研究は共同研究としてさらに進める。

### <研究成果の副次的効果>

本プロジェクトから派生した新たな研究テーマが発足・展開し、多くの大学院生と卒研生らがそれらに取り組んできた。

ロドプシタイプ GPCR のリバースアゴニスト薬剤の新たな設計指針となることを明らかにし、今後の主要な医薬品標的タンパク質ファミリーであるロドプシン型 GPCR をターゲットとした創薬デザインに新たな指針を加えた(\*8)。

安定な耐熱酵素を常温でも高活性な変異体を得るという、これまで行われてきた酵素の安定変異体を得るとは異なったアプローチを提供した(ConBio2017)。

酵母が高圧条件下で増殖するために必要な遺伝子が小胞体タンパク質 Ehg1 をコードしていた(\*23)。

膜タンパク質を一元管理したデータベースを作成したことにより、膜タンパク質構造の全貌を確認することができた。

ヒトの疾患の新しい原因遺伝子を同定することにもつながり、純粋な基礎研究としてはじめて本研究は臨床との橋渡しになりうるトランスレーショナルな発見にも発展した(\*34, \*40)。

生体への安全性が高い赤外光をディテクトする系をナノ粒子の界面錯体形成により実現た、いわゆるアップコンバージョン発光を示す系を発見は(\*68)、希土類の結晶場により分裂した f 軌道の各エネルギー準位が安定であることを利用し、ヘテロな希土類をナノ粒子中心(コア部分)とシェル部分に使い、更に有機分子で被うことで実現した。この成果はプレスリリースされ、国内外のメディアに取り上げ、分野を超えた多くの研究者に広くアピールすることができた(河北新聞、朝日新聞、APF 通信他)。

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) 両親媒性相互作用の異質界面 (2) 非均質多成分システム (3) 膜タンパク質の制御  
 (4) 分野異質界面と多階層の越境 (5) DB と定量化とモデル化 (6) 分子と細胞機能  
 (7) 物理刺激生命応答システムの開発 (8) 新規膜異質界面プローブの開発

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

### 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>
1. Kawakami Y, Hirano S, Kinoshita M, Otsuki A, Suzuki-Yamamoto T, Suzuki M, Kimoto M, Sasabe S, Fukushima M, Kishimoto K, Izumi T, Oga T, Narumiya S, Sugahara M, Miyano M, Yamamoto S, Takahashi Y. Neutralization of leukotriene C<sub>4</sub> and D<sub>4</sub> activity by monoclonal and single-chain antibodies. *Biochim Biophys Acta* **1840**,1625-1633 (2014). 査読あり
  2. Saino, H., Shimizu, T., Hiratake, J., Nakatu, T., Kato, H., Sakata, K., Mizutani, M., Crystal structures of  $\beta$ -primeverosidase in complex with disaccharide amidine inhibitors. *J. Biol. Chem.*, **289**, 16826-16834 (2014). 査読有り
  3. \*Saino, H., Sugiyabu, T., Ueno, G., Yamamoto, M., Ishii, Y., Miyano, M. Crystal Structure of OXA-58 with the Substrate-Binding Cleft in a Closed State: Insights into the Mobility and Stability of the OXA-58 Structure. *PLoS ONE*, **10**, e0145869 (2015) 査読あり
  4. Hori, T., Nakamura, M., Yokimizo, T., Shimizu, T., Miyano, M., The leukotriene B<sub>4</sub> receptor BLT1 is stabilized by transmembrane helix capping mutations. *BB Reports*, **4**, 243-249 (2015). 査読あり
  5. Ago, H., Adachi, H., Umena, Y., Tashiro, T., Kawakami, K., Kamiya, N., Tian, L., Han, G., Kuang, T., Liu, Z., Wang, F., Zou, H., Enami, I., Miyano, M. and Shen, J-R. Novel features of eukaryotic photosystem II revealed by its crystal structure analysis from a red alga, *J. Biol. Chem.* **291**, 5676-5687 (2016). 査読有り
  6. Kawakami, Y., Kinoshita, M., Mori, Y., Okochi, S., Hirano, S., Shinoda, I., Kanzaki, K., Suzuki-Yamamoto, T., Kimoto, M., Sigahara, M., Hori, T., Saino, H., Miyano, M., Yamamoto, S., Takahashi, Y., The Y54(L)W mutation of anti-leukotriene C<sub>4</sub> single-chain antibody increases affinity to leukotriene E<sub>4</sub>, *J. Biochem.*, **161**,79-86 (2017). 査読有り
  7. 宮野雅司 “G-タンパク質共役受容体 世界の科学者が注目する、最先端の研究。” in “SPRING-8のすべて”Pen+ pp. 62-63 Ccc メディアハウス, 2017年1月16日発行。
  8. \*Hori, T., Okuno, T., Hirata, K., Yamashita, K., Kawano, K., Yamamoto, M., Hato, M., Nakamura, N., Shimizu, T., Yokomizo, T., Miyano, M., Yokoyama, S., Na<sup>+</sup>-mimicking ligands stabilize the inactive state of leukotriene B<sub>4</sub> receptor BLT1. *Nature Chem. Biol.*, **14** (3), 262-269, (2018). doi:10.1038/nchembio.2547. 査読有り
- <テーマ2>
9. Kawai, K., Moriya, A., Uemura, S. and Abe, F. Functional implications and ubiquitin-dependent degradation of the peptide transporter Ptr2 in *Saccharomyces cerevisiae*. *Eukaryotic Cell* **13**, 1380-1392 (2014). 査読有り
  10. Uemura, S., Shishido, F., Tani, M., Mochizuki, T., Abe, F. and Inokuchi, J. The loss of hydroxyl groups from the ceramide moiety leads to a reduction in the lateral diffusion of membrane proteins in *Saccharomyces cerevisiae*, *J. Lipid Res.* **55**, 1343-1356 (2014). 査読有り
  11. Usami, Y., Uemura, S., Mochizuki, T., Morita, A., Shishido, F., Inokuchi, J. and Abe, F. Functional mapping and implications of substrate specificity of the yeast high-affinity leucine permease Bap2. *Biochim. Biophys. Acta*, **1838**, 1719-1729 (2014). 査読有り
  12. Tanaka, A., Yamane, Y., Komiya, Y., Yamauchi, K., Sugiyama, T., Echigo, A., Usami, R., Yoshida, Y., Abe, F., Minegishi, H., Takahashi-Ando, N., Development of a highly sensitive yeast bioassay for trichothecene detection. *Mycotoxins* **63**, 161-170 (2013). 査読有り
  13. Abe, F. Dynamic structural changes in microbial membranes in response to high hydrostatic pressure analyzed using time-resolved fluorescence anisotropy measurement. *Biophys. Chem.* **183**, 3-8 (2013). 査読有り
  14. \*Kanda, N., Abe, F., Structural and functional implications of the yeast high-affinity tryptophan permease Tat2. *Biochemistry* **52**, 4296-4307 (2013). 査読有り
  15. \*Suzuki, A., Mochizuki, T., Uemura, S., Hiraki, T. and Abe, F., Pressure-induced endocytic degradation of the yeast low-affinity tryptophan permease Tat1 is mediated by Rsp5 ubiquitin ligase and functionally redundant PPxY-motif proteins. *Eukaryotic Cell* **12**, 990-997 (2013). 査読有り
  16. Abe, F., Usui, K. Effects of high hydrostatic pressure on the dynamic structure of living *Escherichia coli* membrane: a study using high-pressure time-resolved fluorescence anisotropy measurement. *High Pressure Research* **33**, 278-284 (2013). 査読有り
  17. Kitagawa, S., Sugiyama, M., Motoyama, T., and Abe, F., (2013) Soy peptides enhance yeast cell growth

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

- at low temperature. *Biotechnol. Lett.* **35**, 375-382. 査読有り
18. **Mochizuki, T.**, Kimata, Y., **Uemura, S.** and **Abe, F.** Retention of chimeric Tat2-Gap1 permease in the endoplasmic reticulum induces unfolded protein response in *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS Yeast Res.*, **15**: fov044 (2015). 査読あり
  19. Sawada, K., Sato, T., Hamajima, H., Jayakody, L.N., Hirata, M., Yamashiro, M., Tajima, M., Mitsutake, S., Nagao, K., Tsuge, K., **Abe, F.**, Hanada and K., Kitagaki, H. Glucosylceramide contained in Koji mold-cultured cereal confers membrane and flavor modification and stress tolerance to *Saccharomyces cerevisiae* during coculture fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* **81**, 3688-3698 (2015). 査読あり
  20. Nagano, Y., Konishi, M., Nagahama, T., Kubota, T., **Abe, F.**, and Hatada, Y. Retrieval of deeply buried culturable fungi in marine subsurface sediments, Suruga-Bay, Japan. *Fungal Ecol.* **20**, 256-259 (2016). 査読有り
  21. **Uemura, S.**, **Mochizuki, T.**, Hashimoto, T., Masukawa, M., Kurosaka, G., **Abe, F.** Functional analysis of human aromatic amino acid transporter MCT10/TAT1 using the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochim. Biophys. Acta* **1859**, 2076-2085 (2017). 査読有り
  22. Kitamura, K., Kinsui, E. Z., **Abe, F.**, Critical role of the proton-dependent oligopeptide transporter (POT) in the cellular uptake of the peptidyl nucleoside antibiotic, blasticidin S. *Biochim. Biophys. Acta* **1864**, 393-398 (2017). 査読有り
  23. \*Kurosaka, G., **Abe, F.** The YPR153W gene is essential for the pressure tolerance of tryptophan permease Tat2 in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *High Pressure Research*, **38**, 90-98 (2017). 査読有り
- <テーマ3>
24. **Suwa, M.**, Bioinformatics Tools for Predicting GPCR Gene Functions. *Adv. Exp. Med. Biol.* 796, 205-224 (2014). 査読有り
  25. \*Ikeda, M., Sugihara, M. & **Suwa, M.** SEVENS: a database for comprehensive GPCR genes obtained from genomes. *Biophysics and Physicobiology*. **15**, 104-110 (2018). 査読有り
- <テーマ4>
26. Morita S, Takanezawa S, Hiroshima M, **Mitsui T**, Ozaki Y, and Sako Y, Raman and Autofluorescence Spectrum Dynamics along the HRG-induced Differentiation Pathway of MCF-7 Cells, *Biophys. J.* **107**, 2221-2229 (2014). 査読有り
  27. Sugimoto M, Kato Y, **Ishida K**, Hyun C, Li J and **Mitsui T**, DNA Motion Induced by Electrokinetic Flow near an Au Coated Nanopore Surface as Voltage Controlled Gate, *Nanotechnology*, **26**, 065502 (2015). 査読有り
  28. Naomi Yamamoto, Masamitsu Oshima, Chie Tanaka, Miho Ogawa, Kei Nakajima, **Kentaro Ishida**, Keiji Moriyama & Takashi Tsuji, Functional tooth restoration utilising split germs through re-regionalisation of the tooth-forming field, *Scientific Reports* **5**, 18393 (2015). 査読あり
  29. Adachi, K., Tanimura, K., **Mitsui, T.**, Morita, T., Yoshio, I., Ikejima, K., Morioka, K., Cellulolytic activity in the hepatopancreas of *Chionoecetes opilio* and *Chionoecetes japonicus*: enzymatic adaptations to deep sea environment, *Fisheries Science* **82**, 835-841 (2016). 査読有り
  30. \* **Ishida, K.** and **Mitsui, T.**, Generation of bioengineered feather buds on a reconstructed chick skin from dissociated epithelial and mesenchymal cells, *Development, Growth & Differentiation* **58**, 303-314 (2016). 査読有り
  31. Takagi, R., Ishimaru, J., Sugawara, A., Toyoshima, K., **Ishida, K.**, Ogawa, M., Sakakibara, K., Asakawa, K., Kashiwakura, A., Oshima, M., Minamide, R., Sato, A., Yoshitake, T., Takeda, A., Egusa, H. and Tsuji, T., Bioengineering a 3D integumentary organ system from iPS cells using an *in vivo* transplantation model, *Science Advances* **2**, e1500887, (2016). 査読有り
  32. \* Kato, Y., Sakashita, N., **Ishida, K.**, **Mitsui, T.**, Gate-Voltage-Controlled Threading DNA into Transistor Nanopores, *J. Phys. Chem. B* **122**, 827-833 (2018). 査読有り
  33. \* **Ishida K.**, **Mitsui, T.**, Role of the boundary in feather bud formation on one-dimensional bioengineered skin, *APL Bioengineering* **2**, 016107 (2018). 査読有り
  34. \* **Sawano E**, Takahashi M, Negishi **T**, **Tashiro T**: Thyroid hormone-dependent development of the GABAergic pre- and post-synaptic components in the rat hippocampus. *Int. J. Devl. Neuroscience*, (2013) **31**, 751-761. 査読有り
  35. **Sawano E.**, Iwatani K., Tominaga-Yoshino K., Ogura A., **Tashiro T.** Reduction in NPY-positive neurons and dysregulation of excitability in young senescence-accelerated mouse prone 8 (SAMP8) hippocampus precede the onset of cognitive impairment. *J. Neurochem.* **135**, 287-300, (2015). 査読あり

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

- り
36. \*Oyanagi K., **Tashiro T.**, Negishi T. Cell-type-specific and differentiation-status-dependent variations in cytotoxicity of tributyltin in cultured rat cerebral neurons and astrocytes. *J. Toxicol. Sci.*, **40**, 459-468 (2015). 査読あり
  37. Oyanagi K., Negishi T., **Tashiro T.** Action of thyroxine on the survival and neurite maintenance of cerebellar granule neurons in culture. *J. Neurosci. Res.*, **93**, 592-603 (2015). 査読あり
  38. \* Kotani, Y., Morito, D.\*, Yamazaki, S., **Ogino, K.**, Kawakami, K., Takashima, S., **Hirata, H.\*** and Nagata, K.\* Neuromuscular regulation in zebrafish by a large AAA+ ATPase/ubiquitin ligase, mysterin/RNF213. *Sci. Rep.* **5**, 16161 (2015). (\*Corresponding authors) 査読あり
  39. \* **Ogino, K.**, Low, S. E., Yamada, K., Saint-Amant, L., Zhou, W., Muto, A., Asakawa, K., Nakai, J., Kawakami, K. Kuwada, J. Y. and **Hirata, H.\*** RING finger protein 121 facilitates the degradation and membrane localization of voltage-gated sodium channels. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **112**, 2859-2864 (2015). (\*Corresponding author) 査読あり
  40. \* Stödtberg, T.\*, McTague, A.\*, Ruiz, A. J.\*, **Hirata, H.\***, Zhen, J., Long, P., Farabella, I., Meyer, E., Kawahara, A., Vassallo, G., Stivaros, S. M., Bjursell, M. K., Stranneheim, H., Tigerschiöld, S., Persson, B., Bangash, I., Das, K., Hughes, D., Lesko, N., Lundeberg, J., Scott, R. C., Poduri, A., Scheffer, I. E., Smith, H., Gissen, P., Schorge, S., Reith, M. E. A., Topf, M., Kullmann, D. M., Harvey, R. J., Wedell, A. and Kurian, M. A. Mutations in *SLC12A5* in epilepsy of infancy with migrating focal seizures. *Nature Commun.* **6**: 8038 (2015). (\*Co-first authors) 査読あり
  41. **Ogino, H.** and **Hirata, H.** Defects of the glycinergic synaptic in zebrafish. *Front. Mol. Neurosci.* **9**: 50, 1-18 (2016). 査読有り
  42. Boubakri, M., Chaya, T., **Hirata, H.**, Kajimura, N., Kuwahara, R., Ueno, A., Malicki, J., Furukawa, T. and Omori, Y. Loss of ift122, a retrograde intraflagellar transport (IFT) complex component, leads to slow, progressive photoreceptor degeneration due to inefficient opsin transport. *J. Biol. Chem.* **291**, 24465-24474 (2016). 査読有り
  43. Knierim, E., **Hirata, H.**, Wolf, N. I., Morales-Gonzalez, S., Schottmann, G., Tanaka, Y., Rudnick-Schöneborn, S., Orgeur, M., Zerres, K., Vogt, S., van Riesen, A., Gill, E., Seifert, F., Zwirner, A., Kirschner, J., Goebel, H. H., Hübner, C., Stricker, S., Meierhofer, D., Stenzel, W. and Schuelke, M.\* Mutations in subunits of the activating signal cointegrator 1 complex are associated with prenatal spinal muscular atrophy and congenital bone fractures. *Am. J. Hum. Genet.* **98**, 473-489 (2016). 査読有り
  44. Nakahata, Y., Eto, K., Murakoshi, H., Watanabe, M., Kuriu, T., **Hirata, H.**, Moorhouse, A. J., Ishibashi, H. and Nabekura, J. Activation-dependent rapid postsynaptic clustering of glycine receptors in mature spinal cord neurons. *eNeuro.* **4**: 1 ENEURO.0194-16.2017 (2017). 査読有り
- <テーマ5>
45. Myrvete Tafili-Kryeziu, Matthias Weil, Takahiro Muranaka, Azzedine Bousseksou, **Miki Hasegawa**, Jun Akimitsu and Wolfgang Linert, Effect of the counter-anion on the spin-transition properties of a family of Fe(II) tetrazole complexes, [Fe(i4tz)<sub>6</sub>]X<sub>2</sub> (X = ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>, PF<sub>6</sub><sup>-</sup>, SbF<sub>6</sub><sup>-</sup>, BF<sub>4</sub><sup>-</sup>). *Dalton Trans.*, **42**, 15796-15804 (2013). 査読有り
  46. Alexey N. Gusev, **Miki Hasegawa**, Tomohito Shimizu, Tomonori Fukawa, Shoya Sakurai, Galyna A. Nishchymenko, Victor F. Shul'gin, Svetlana B. Meshkova, and Wolfgang Linert, Synthesis, structure and luminescence studies of Eu(III), Tb(III), Sm(III), Dy(III) cationic complexes with acetylacetone and bis(5-(pyridine-2-yl)-1,2,4-triazol-3-yl)propane. *Inorganica Chimica Acta*, **406**, 279-284 (2013). 査読有り
  47. Alexey N. Gusev, Victor F. Shul'gin, Galina Nishimenko **Miki Hasegawa**, and Wolfgang Linert, Photo- and electroluminescent properties europium complexes using bistriazole ligands. *Synthetic Metals*, **164**, 17-21 (2013). 査読有り
  48. Alexey N. Gusev, **Miki Hasegawa**, Galyna A. Nishchymenko, Victor F. Shul'gin, Svetlana B. Meshkova, Pavel Doga, and Wolfgang Linert, Ln(III) complexes of a bis(5-(pyridine-2-yl)-1,2,4-triazol-3-yl)methane ligand: synthesis, structure and fluorescent properties. *Dalton Trans.*, **42**, 6936-6943 (2013). 査読有り
  49. Nakamura R, Shigeta Y, Okuno K, **Hasegawa M**, Fukushima M, S, Kozaki M, Okada K, Nakano M, Substitution effects on optical properties of iminonitroxide- substituted iminonitroxide diradical, *Molecular Physics*, (2014) **113**, A360 DOI:10.1080/00268976.2014.937777. Invited
  50. Gusev AN, **Hasegawa M**, Shul'gin VF, Nishchymenko G, Linert W, Photophysical studies on ternary mixed ligand europium complexes containing pyridyltriazolylmethane and 1,3-diketonate ligands, *Inorg. Chim. Acta*, **414**, 71-77 (2014). 査読有り

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

51. **Hasegawa, M.**, Ohtsu, H., Kodama, D., Kasai, T., Sakurai, S., **Ishii, A.**, Suzuki, K. Luminescence behaviour in acetonitrile and in the solid state of a series of lanthanide complexes with a single helical ligand, *New J. Chem.*, **38**, 1225-1234 (2014). 査読有り
52. Gusev, A.N., Shulgin, S., Linert, W., **Hasegawa, M.**, Aleksandrov, G., Eremenko, I., Adducts of lanthanide acetylacetonates with 5-phenyl-2-(2-pyridyl)-7,8-benzo-6,5-dihydro-1,3,6-triazaindolizine: structure and photoluminescence. *Russian Chemical Bulletin*, **63**, 149 -1497 (2014). 査読有り
53. Pinkowicz, D., Ren, M., Zheng, L-M., Sato, S., **Hasegawa, M.**, Morimoto, M., Irie, M., Breedlove, B. K., Cosquer, G., Katoh, K., Yamashita, M., Control of the Single-Molecule Magnet Behavior of Lanthanide-Diarylethene Photochromic Assemblies by Irradiation with Light., *Chemistry - A European Journal*, **20**, 12502–12513 (2014). 査読有り
54. Kana Tanabe, Daisuke Kodama, **Miki Hasegawa**, Takashi Kato, Aggregation-Induced Emission of a Liquid-Crystalline Quinolinium Salt Molecule in Aqueous Solution, *Chem. Lett.*, **43**, 184-1486 (2014). 査読有り
55. Mitani, M., Ogata, S., Yamane, S., Yoshio, M., **Hasegawa, M.**, Kato, T., Mechanoresponsive liquid crystals exhibiting reversible luminescent color changes at ambient temperature, *J. Mater. Chem. C*, **4**, 2623-3062 (2016). 査読あり
56. Ishii, A., **Hasegawa, M.**, An Interfacial Europium Complex on SiO<sub>2</sub> Nanoparticles: Reduction-Induced Blue Emission System, *Sci. Rep.*, **5**, 11714 (2015). 査読あり
57. Yamanaka, M., Yanai, K., Zama, Y., Tsuchiyagaito, J., Yoshida, M., Ishii, A., **Hasegawa, M.**, Cation-Tuned Stimuli Responsive and Optical Properties of Supramolecular Hydrogels, *Chem. Asian J.*, **10**, 1299-1303 (2015). 査読あり
58. Kryeziu, M. T., Caneschi, A., Fittipaldi, M., Spina, G., Lantieri, M., Weil, **M.**, **Hasegawa, M.**, Linert, W., Synthesis and characterization of a family of Fe(II) tetrazole complexes [Fe(C6mtz)<sub>6</sub>]X<sub>2</sub> (X = BF<sub>4</sub><sup>-</sup>, ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>, PF<sub>6</sub><sup>-</sup>), *J. Coord. Chem.*, **68**, 19, 3457-3471 (2015). 査読あり
59. Sato, S., **Ishii, A.**, Yamada, C., Kim, J., Song, C. H., Fujiwara, A., Takata, M., **Hasegawa, M.**, Luminescence of fusion materials of polymeric chain-structured lanthanide complexes, *Polym. J.*, **47**, 195-200 (2015). 査読あり
60. Wada, H., Ooka, S., Iwasawa, D., **Hasegawa, M.**, Kajiwara, T., Slow magnetic relaxation of lanthanide(III) complexes with a helical ligand, *Magnetochemistry*, **2**, 43 (2016). 査読有り
61. Okamoto, T., Mitsui, C., Annaka, T., Nakamura, K., Nakahara, K., Yamagishi, M., Ueno, T., Tanaka, Y., Yano, M., Iwasawa, D., **Hasegawa, M.**, Sato, H., Yamano, A., Takeya, J., Mitani, M. and Hashizume, D., Alkylated oxygen-bridged V-shaped molecules: Impacts of substitution position and length of alkyl chains on crystal structures and fundamental properties in aggregation forms, *Polym. J.*, **49**, 215-221 (2017). 査読有り
62. Mitsui, C., Kubo, W., Tanaka, Y., Yamagishi, M., Annaka, T., Dosei, H., Yano, M., Nakamura, K., Iwasawa, D., **Hasegawa, M.**, Takehara, T., Suzuki, T., Sato, H., Yamano, A., Takeya, J. and Okamoto, T., Impact of Phenyl Groups on Oxygen-Bridged V-Shaped Organic Semiconductors, *Chem. Lett.*, **46**, 338-341 (2017). 査読有り
63. Nakanishi, Y., Ishii, A., Ohata, C., Soriano, D., Iwaki, R., Nomura, K., **Hasegawa, M.**, Nakamura, T., Katsumoto, S., Roche, S. and Haruyama, J., Large edge magnetism in oxidized few-layer black phosphorus nanomesh, *Nano Research*, **10**, 718-728 (2017). 査読有り
64. **Ishii, A.** and **Hasegawa, M.**, The Ethanol-Induced Interfacial Reduction of a Europium Complex on SiO<sub>2</sub> Nanoparticles, *Chem. Lett.*, **45**, 1265–1267 (2016). 査読有り
65. Katagiri, Y., Nakamura, T., **Ishii, A.**, Ohata, C., **Hasegawa, M.**, Katsumoto, S., Cusati, T., Fortunelli, A., Iannaccone, G., Fiori, G., Roche, S. and Haruyama, J., Gate-Tunable Atomically Thin Lateral MoS<sub>2</sub> Schottky Junction Patterned by Electron Beam, *Nano Lett.*, **16**, 3788–3794 (2016). 査読有り
66. Ogata, S., Ishii, A., Lu, C. L., Kondo, T., Yajima, N. and **Hasegawa, M.**, Polymorphism-based luminescence of lanthanide complexes with a deuterated 1,10-phenanthroline, *J. Photochem. Photobiol. A*, **334**, 55–60 (2017). 査読有り
67. Gusev, A. N., Shul'gin, V. F., Ryush, I. O., **Hasegawa, M.**, Kiskin, M. A., Efimov, N. N., Lyssenko, K. A., Eremenko, I. L. and Linert, W., Copper(II), Nickel(II), and Cobalt(II)/(III) Self-Assembled Polynuclear Complexes of Bis[(pyridin-2-yl)-1,2,4-triazol3-yl]methane, *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2017**, 704-712 (2017). 査読有り
68. \* **Ishii, A.**, **Hasegawa, M.**, Solar-pumping Upconversion of Interfacial Coordination Nanoparticles, *Scientific Reports*, **7**, 41446, (2017). 査読有り

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

69. \*Ogata, S., Shimizu, T., Ishibashi, T., Ishiyone, Y., Hanami, M., Ito, M., **Ishii, A.**, Kawaguchi, S., Sugimoto, K., **Hasegawa, M.**, Water-soluble lanthanide complexes with a helical ligand modified for strong luminescence in a wide pH region, *New Journal of Chemistry*, **41**, 6385-6394, (2017). 査読有り
70. (Cover picture) Takeshita, J., Hasegawa, Y., Yanai, K., Yamamoto, A., **Ishii, A.**, **Hasegawa, M.**, Yamanaka, M., Organic Dye Adsorption by Amphiphilic Tris-Urea Supramolecular Hydrogel, *Chemistry An Asian Journal*, **12**, 2029-2032, (2017). 査読有り
71. Yoshida, T., Izougu, D. C., Iwasawa, D., Ogata, S., **Hasegawa, M.**, Breedlove, B. K., Cosquer, G., Wernsdorfer, W., Yamashita, M., Multiple Magnetic Relaxation Pathways and Dual-Emission Modulated by a Heterometallic Tb-Pt Bonding Environment, *Chemistry A European Journal*, **23**, 1-6, (2017). 査読有り
72. Mitsui, C., Annaka, T., Nakamura, K., Mitani, M., Hashizume, D., Nakahara, K., Yamagishi, M., Ueno, T., Tanaka, Y., Yano, M., Iwasawa, D., **Hasegawa, M.**, Sato, H., Yamano, A., Takeya, J., Okamoto, T., Alkylated oxygen-bridged V-shaped molecules: impacts of the substitution position and length of the alkyl chains on the crystal structures and fundamental properties in aggregated forms, *Polymer Journal*, **49**, 215-221, (2017). 査読有り
73. (解説・総説) 長谷川美貴\*・尾形周平、「光る水溶性希土類元素ブロックの開発」、月刊『化学工業』 68, 864-71 (2017).

## <図書>

### <テーマ1>

1. **宮野雅司** 分担執筆 MAPEG としてのロイコトリエン C<sub>4</sub> 合成酵素 日本の結晶学(II) — その輝かしい発展 日本結晶学会刊 (2014).
2. **宮野雅司** 大学発・技術 PR レポート いのちを支えるタンパク質を活かす TAMA 大学技術工房70 総集編 平成23年～平成27年
3. **宮野雅司** 革新的創薬開発と実用化 SBDD:タンパク質構造解析による薬剤設計のはじまりから現在 化学工業 **66**, 933-940 (2015).

### <テーマ2>

1. **Abe, F.**, Effects of high hydrostatic pressure on microbial cell membranes: Structural and functional perspectives, In: “High Pressure Bioscience -Basic Concepts, Applications and Frontiers”, *Subcellular Biochemistry* (SBM), vol. **72**, 371-381 Springer (2015).
2. **Abe, F.**, Stress responses of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* under high hydrostatic pressure, In: “Stress Biology of Yeasts and Fungi: Application for Industrial Brewing and Fermentation”, Springer, 77-92 (2015).
3. **阿部文快** (2013) 高圧力下における微生物細胞膜の動的構造、高圧力の科学と技術 **23**, 47-52.
4. **阿部文快**、**望月貴博**、鈴木麻葉、**上村聡志** 高圧による酵母トリプトファン輸送体 Tat1 の分解と膜タンパク質の品質管理、高圧バイオサイエンスとバイオテクノロジー、*Proceeding of the Symposium for Japanese Research Group of High Pressure Bioscience and Biotechnology* 印刷中 (2015)
5. **阿部文快** 出芽酵母における非致死圧力への応答と適応 —ゲノムからのアプローチ、*進化する食品高圧加工技術*、エヌ・ティー・エス出版、85-95 (2013).

### <テーマ3>

1. **池田修己** 分担執筆 第1章生命科学、**諏訪牧子** 分担執筆 第4章構造解析 バイオインフォマティクス入門 (日本バイオインフォマティクス学会編) 慶応大学義塾出版 (2015).
2. **諏訪牧子** 膜タンパク質構造予測のバイオインフォマティクス 24章分担執筆 ”膜タンパク質構造研究法、化学同人 (2013).

### <テーマ4>

1. **平田普三** グリシンとグリシン受容体の機能。 *Clinical Neuroscience* 中外医学社 2015年 (Vol. 33) 1月号、p66-70.

### <テーマ5>

1. **石井あゆみ**、**長谷川美貴**「希土類錯体の開発と光機能：界面における錯形成を利用した発光性ナノ粒子の開発」、*化学工業*, **66**, 18-22. (2015).
2. **長谷川美貴**「仕事と私事:ピカソ」、*高分子*, **64**, 951 (2015).
3. **長谷川美貴**「希土類金属錯体発光とその偏光発光発現」、*応用物理*, **84**, 736-739 (2015).
4. **長谷川美貴**、**石井あゆみ**「禁制遷移を光らせる」、*光アライアンス*, **26**, 17-22 (2015)

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

### <学会発表>

<p>&lt;テーマ1&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ago, H., Okimoto, N., Kanaoka, Y., Morimoto, G., Ukita, Y., Saino, H., Taiji, M. and <b>Miyano, M.</b>, Structure basis of Leukotriene C4 Synthase and its isophtalate inhibitors. <i>Acta Cryst</i>, (2014). A70, C800. IUCr2014 Montreal.</li> </ol> <p>&lt;テーマ2&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. <b>Abe, F.</b> Effects of high hydrostatic pressure on microbial cell membranes: Structural and functional perspectives, In: High Pressure Bioscience -Basic Concepts, Applications and Frontiers, <i>Springer Subcellular Biochemistry (SBM)</i>, (2014).</li> </ol> <p>&lt;テーマ4&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. <b>Mitsui T.</b> Direct observation of DNA dynamics near electrically gated nano-scale pores, <i>The 18th SANKEN International Symposium, ISIR</i>, (2014),</li> <li>4. Arai S, Tsuyuki A, Uehara T, Ishida K &amp; <b>Mitsui T.</b>, Influence of mechanical stimulus on embryonic chick heart cell aggregates, 7th International Workshop, Cardiac Mechano-Electric Coupling and Arrhythmias, P14, (2016).</li> <li>5. <b>Hirata, H.</b> Plasticity of glycinergic synapses and related behaviors in zebrafish. The 25th meeting of the International Society for Neurochemistry. Cairns Convention Center. Cairns, Australia. August 24, 2015. (海外学会招待講演)</li> <li>6. <b>Hirata, H</b> and <b>Ogino, K.</b> Phosphorylation of gephyrin regulates plasticity of glycinergic synapse and habituation. The 7th Strategic Conference of Zebrafish Investigators. Asilomar Conference Center. California, USA. January 15, 2017.</li> <li>7. Sakashita, N., Lloyd, K., Kubota, T., Ono, T., Ishida, K., Minato, S., <b>Mitsui, T.</b>, "Direct observation of DNA motion near a nanopore", OSJ - OSA Joint Symposia, Nanophotonics, Biophotonics 10/30-10/31/2017 Tsukuba.</li> </ol> <p>&lt;テーマ5&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. (Plenary lecture) <b>Miki Hasegawa.</b> "New Aspects of Lanthanide Luminescence in Molecular films", <i>The 4<sup>th</sup> International Scientific Conference Applied Natural Science 2013</i>, Hight Tatras, Slovak RP. 2-4 October, 2013.</li> <li>9. (Invited lecture) <b>Miki Hasegawa.</b> "New Aspects of Lanthanide Luminescence in Molecular Thin Films", <i>PERCH-CIC Congress VIII</i>, S3-L10, Pattaya, Thailand, 5-8 May, 2013.</li> <li>10. <b>Hasegawa M.</b> "Color of Luminescence", <i>Japan-Germany, Frontiers of Science</i>, Bremen (Germany), November 2, 2014 (2014).</li> </ol>
---

### <研究成果の公開状況>(上記以外)

<p>シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等</p> <p>&lt;既に実施しているもの&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 異質界面プロジェクトワークショップ 水の異質界面における"こと" 2014年3月15日 青学相模原キャンパス</li> <li>2. 最終成果報告会兼評価審査会 2018年3月13日 青山学院大学相模原キャンパス</li> </ol> <p>&lt;テーマ1&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. <b>宮野雅司</b> タンパク質について知ろう！ 中高生のためのかながわサイエンスフェア 2015年7月11日 横浜そごう9階新都市ホール</li> <li>4. <b>宮野雅司</b> 生命分子の形の科学 —生命科学は分子の「かたち」が大事 学問入門講座 青山学院高等部 2013年5月11日 青山学院大学相模原キャンパス</li> <li>5. <b>宮野雅司</b> TAMA 技術協会技術説明会 タンパク質の結晶構造を使った創薬のための X線結晶構造解析 2015年9月16日 産業サポートスクウェア TAMA 昭島市</li> </ol> <p>&lt;テーマ2&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. <b>阿部文快</b>グループのインターネット公開 <a href="http://www.chem.aoyama.ac.jp/Chem/ChemHP/abeflab/index.html">http://www.chem.aoyama.ac.jp/Chem/ChemHP/abeflab/index.html</a></li> </ol> <p>&lt;テーマ4&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>7. <b>三井</b>グループのインターネット公開</li> </ol>
---

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

<p><a href="http://www.phys.aoyama.ac.jp/~w3-mitsui/">http://www.phys.aoyama.ac.jp/~w3-mitsui/</a></p> <p>8. <u>三井敏之</u>、<u>平田普三</u> (コーディネータ) 異質界面プロモーションポ “生きている生物で機能する異質界面” 2016年9月24日 青山学院大学相模原キャンパス &lt;テーマ5&gt;</p> <p>9. <u>長谷川グループ</u>のインターネット公開 <a href="http://www.chem.aoyama.ac.jp/Chem/ChemHP/inorg2/">http://www.chem.aoyama.ac.jp/Chem/ChemHP/inorg2/</a> &lt;これから実施する予定のもの&gt; なし</p>
---

#### 14 その他の研究成果等

<ol style="list-style-type: none"> <li>宮野雅司 理研 名誉研究員 (2014/1/1)</li> <li>尾形周平(博士前期課程1年): 日本化学会秋季事業第4回 CSJ 化学フェスタ 2014 優秀ポスター発表賞受賞。「親水性のヘリカルなユロピウム錯体のユニットゲ表面における発光スペクトル」尾形周平・宗川ゆかり・緒明佑哉・今井宏明・石井あゆみ・長谷川美貴, 2014年10月13日, 船堀(東京)</li> <li>岩澤大地 (長谷川美貴研究室), Students' Best Poster Award, “Metal - to - Metal Energy Transfer in a Mixed Crystal with Two Lanthanide Complexes”, International Symposium on Lanthanide Coordination Chemistry, 4<sup>th</sup> June, 2016, Kanagawa</li> <li>Hasegawa, M., 招待講演, Phosphor Safari 2017; PS-IWASOM'2017, 2017年7月14日, Gdansk, Poland.</li> <li>Hasegawa, M., 招待講演, International Workshop on Advanced Display Materials and Devices 2017, 2017年7月26日, Nagoya, Japan.</li> <li>Hasegawa, M., 招待講演, the 7th International Symposium on Energy (Energy 7), 2017年8月14日, Manchester, UK.</li> <li>Hasegawa, M., 招待講演, “The Materials' Seminar in Linköping University”, 2017年8月17日, Linköping, Sweden.</li> <li>Hasegawa, M., 招待講演, European Advanced Materials Congress (EAMC- 2017), Stockholm, Sweden.</li> <li>尾形周平・石井あゆみ・長谷川美貴, 「Stabilized lanthanide fluorophore for a wide pH range」、錯体化学会第67回討論会、優秀講演賞、2017年9月29日</li> <li>菅野修平・石井あゆみ・長谷川美貴, 「鎖状成長させたヘリカルな希土類錯体集合体の発光特性」日本化学会秋季事業第7回 CSJ 化学フェスタ、学生ポスター賞、2017年11月13日</li> <li>尾形周平・石井あゆみ・長谷川美貴, 「Water-soluble lanthanide complexes with a helicate <math>\pi</math>-skeleton for strong luminescence in a wide pH region」、日本化学会秋季事業第7回 CSJ 化学フェスタ、学生ポスター賞、2017年11月13日</li> <li>平田 普三 平成29年度 日本学術振興会科研費審査員表彰 2017年9月</li> </ol> <p>新聞報道等</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>“希土類系青色ナノ粒子 低温焼成で実現” 化学工業日報 2015年7月1日</li> </ol> <p>特許申請</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>アゾメチン部位を還元して種々の長さのアルキル基を導入し、ラングミュア-ブロッジェット膜(LB膜)形成を確認した。すなわち、目的とする材料の合成が完了した(特許申請中)</li> </ol>
---



法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

## 15 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項及び対応

### <「選定時」に付された留意事項>

最終的に個々の連携をどのように図るかが課題である。

### <「選定時」に付された留意事項への対応>

研究分野の異質界面:本「異質界面」プロジェクトのようにいろいろな分野でかつ違う研究分野のグループが関わっているプロジェクトを同じベクトル方向性に合わせ、実際の研究実施・進捗の中で互いが有機的どう協調して、協力して全体としてのシナジーを出すためには、3つのアプローチがある。一つは、全く同じ研究対象を別の研究開発アプローチから扱う。これは、しかし、それぞれの分野での科学・技術の進歩進捗が同時に対象とすることは先端研究であればあるほど困難である。2つめには、同じ研究手法を用いる。これは実際におおきなファシリティーにおいて最も普通にみられる。生命科学の分野では、あらゆる物理化学分析測定法、モデル生物に依存した生命科学処置手法を用いるためには、しばしば、ヒトが最後になる。3つめには、このプロジェクトで言えば“水と両親媒性分子環境のインターフェースに注目した「異質界面」の現象の科学・技術”をコンセプトとして設定してそれぞれの独自の視点から研究・技術開発にアプローチして、情報を共有することで、ベクトルを同じ方法に向かせる。違っていること分野が違うことを活かして、毎年ちょうど5グループがそれぞれ順番に毎年、それぞれの研究の方向性・興味によって「異質界面」プロジェクトのもとにシンポジウム、ワークショップを開催することで研究展開の起爆剤としておこない、「異質界面」を具体的な研究対象として紹介して提示する。

研究グループ間の連携:プロジェクトの異質界面性を研究分野の異質界面での理解と実践により、相互の理解ばかりでなく、研究ベクトルを方向付けするために、毎年順番でシンポジウムあるいはワークショップを自分たちの立ち位置から理解と視点で開催する。プロジェクトでの測定機器での共有化する。プロジェクトでの経験知識の共有化によるプロジェクト推進をする。

具体的には、真核生物由来の膜貫通タンパク質の異宿主による大量発現精製は、現在でもおおきな挑戦であり、10年、20年の研究で初めてうまくいった事例もまれでない。阿部グループの真核生物である酵母由来のアミノ酸輸送体など膜タンパク質の調整において、これまで十数年の経験のある宮野グループの哺乳動物特にヒト由来の膜貫通タンパク質の失敗を含めた膨大な大量発現経験と知識を伝えることで実践的に進捗を図る。これから、大量発現・精製に成功して機能解析から構造解析に向けて展開するときはもっと強力で共同研究をすすめる。こうした研究を進めるには、急速に蓄積されつつある生命科学関連情報をデータマイニングとバイオインフォマティクスにより、諏訪グループが支える。こうした分子レベルでの機能理解は、実際の脊椎動物においてどう働いているのかへつなげるモデル動物での研究を押し進められる環境をもつ。長谷川グループによる蛍光プローブは、膜特異的マイクロ環境プローブとして働くことが期待できるので、阿部グループの進めている人工膜組み込み型のチャンネル膜タンパク質の発光ステータスマニターとして使えることをめざす。

若手研究者の育成:こうした多様な異分野プロジェクトを、積極的な若手研究者の発表の場として活かして、少なくとも恒例化している「異質界面」プロジェクトミニシンポを積極的に進め、2018年3月に開催したCAT成果報告会をこのプロジェクトの節目として、若手研究者が分野を超えた他流試合での議論に慣れて、発想を自分の研究分野を超えて研究を発想して、プレゼンする環境を提供した。

### <「中間評価時」に付された留意事項>

なし

### <「中間評価時」に付された留意事項への対応>

なし

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年度・区分	支出額	内 訳						備 考
		法 人 担 負	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 25 年度	施 設	0	0	0	0	0	0	0
	装 置	0	0	0	0	0	0	0
	設 備	30,865	13,833	17,032	0	0	0	0
	研究費	13,200	7,694	5,506	0	0	0	0
平成 26 年度	施 設	0	0	0	0	0	0	0
	装 置	0	0	0	0	0	0	0
	設 備	6,000	2,040	3,960	0	0	0	0
	研究費	15,920	9,121	6,799	0	0	0	0
平成 27 年度	施 設	0	0	0	0	0	0	0
	装 置	40,733	20,367	20,366	0	0	0	0
	設 備	5,000	1,700	3,300	0	0	0	0
	研究費	16,600	8,743	7,857	0	0	0	0
平成 28 年度	施 設	0	0	0	0	0	0	0
	装 置	0	0	0	0	0	0	0
	設 備	0	0	0	0	0	0	0
	研究費	20,000	11,120	8,880	0	0	0	0
平成 29 年度	施 設	0	0	0	0	0	0	0
	装 置	0	0	0	0	0	0	0
	設 備	0	0	0	0	0	0	0
	研究費	20,000	10,901	9,099	0	0	0	0
総 額	施 設	0	0	0	0	0	0	0
	装 置	40,733	20,367	20,366	0	0	0	0
	設 備	41,865	17,573	24,292	0	0	0	0
	研究費	85,720	47,579	38,141	0	0	0	0
総 計	168,318	85,519	82,799	0	0	0	0	



法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

## 18 研究費の支出状況

(千円)

年 度	平成 25 年度 <テーマ1>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,283	実験材料等	1,283
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬・委 託 料	488	謝礼、委託費	488
( そ の 他 )	567	修理費、用品費	567
計	2,338		2,338
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 26 年度 <テーマ1>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	957	実験材料等	957
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	476	成果発表等	476
報 酬・委 託 料	695	委託費	695
( そ の 他 )	752	修理費	752
計	2,880		2,880
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 27 年度 <テーマ1>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,601	実験材料等	1,601
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	42	論文別刷り等	42
旅 費 交 通 費	34	研究打合せ等	34
報 酬・委 託 料	64	委託費	64
( そ の 他 )	802	修理費、出版費	802
計	2,543		2,543
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 28 年度 <テーマ1>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,802	実験材料等	1,802
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	76	研究打合せ、成果発表等	76
報 酬・委 託 料	93	委託費	93
( そ の 他 )	556	修理費、用品費、参加費	556
計	2,527		2,527
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	918		918
図 書	0		0
計	918		918
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 29 年度 <テーマ1>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,330	実験材料等	1,330
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	43	成果発表等	43
報 酬・委 託 料	460	委託費	460
( そ の 他 )	778	点検費、用品費、書籍、参加費	778
計	2,611		2,611
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	747		747
図 書	0		0
計	747		747
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 25 年度 <テーマ2>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,772	実験材料等	1,772
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬・委 託 料	97	委託費	97
( そ の 他 )	131	修理費、用品費	131
計	2,000		2,000
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 26 年度 <テーマ2>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	2,171	実験材料等	2,171
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬・委 託 料	131	委託費	131
( そ の 他 )	64	用品費	64
計	2,366		2,366
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 27 年度 <テーマ2>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	2,255	実験材料等	2,255
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬・委 託 料	96	委託費	96
( そ の 他 )	193	修理費等	193
計	2,544		2,544
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 28 年度 <テーマ2>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,820	実験材料等	1,820
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬・委 託 料	30	委託費	30
( そ の 他 )	75	修理費	75
計	1,925		1,925
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	1,520		1,520
図 書	0		0
計	1,520		1,520
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 29 年度 <テーマ2>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	3,111	実験材料等	3,111
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬・委 託 料	0		0
( そ の 他 )	48	修理費	48
計	3,159		3,159
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	211		211
図 書	0		0
計	211		211
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0



法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 25 年度 <テーマ3>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,087	ライセンス、研究用消耗品	1,087
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬・委 託 料	158	委託費	158
( そ の 他 )	261	用品費、書籍	261
計	1,506		1,506
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	294		294
図 書	0		0
計	294		294
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 26 年度 <テーマ3>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,600	ライセンス、ソフト	1,600
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬・委 託 料	400	委託費	400
( そ の 他 )	0		0
計	2,000		2,000
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 27 年度 <テーマ3>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,485	ライセンス、ソフト	1,485
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	59	成果発表等	59
報 酬・委 託 料	184	委託費	184
( そ の 他 )	69	用品費、書籍	69
計	1,797		1,797
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	503		503
計	503		503
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			
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 28 年度 <テーマ3>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,385	ライセンス、研究用消耗品	1,385
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬・委 託 料	486	委託費	486
( そ の 他 )	129	保守費、書籍	129
計	2,000		2,000
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 29 年度 <テーマ3>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	978	ライセンス、研究用消耗品	978
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	49	成果発表等	49
報 酬・委 託 料	1,924	委託費・謝礼費	1,924
( そ の 他 )	49	書籍	49
計	3,000		3,000
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 25 年度 <テーマ4>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	2,908	実験材料等	2,908
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費			
旅 費 交 通 費			
報 酬・委 託 料	28	委託費	28
( そ の 他 )	88	用品費、購読料	88
計	3,024		3,024
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	1,061		1,061
図 書	0		0
計	1,061		1,061
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 26 年度 <テーマ4>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	2,714	実験材料等	2,714
光 熱 水 費			
通 信 運 搬 費			
印 刷 製 本 費	74	別刷り料	74
旅 費 交 通 費	128	成果発表等	128
報 酬・委 託 料	58	委託費	58
( そ の 他 )	577	参加費、用品費、購読料	577
計	3,551		3,551
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	1,048		1,048
図 書	0		0
計	1,048		1,048
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 27 年度 <テーマ4>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	4,091	実験材料等	4,091
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	169	成果発表等	169
報 酬・委 託 料	169	委託費	169
( そ の 他 )	661	修理費、用品費	661
計	5,090		5,090
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 28 年度 <テーマ4>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	4,937	実験材料等	4,937
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	334	成果発表等	334
報 酬・委 託 料	34	委託費	34
( そ の 他 )	1,035	用品費、参加費、手数料等	1,035
計	6,340		6,340
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	550		550
図 書	0		0
計	550		550
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 29 年度 <テーマ4>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	5,666	実験材料等	5,666
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	546	成果発表等	546
報 酬・委 託 料	302	委託費	302
( そ の 他 )	237	保守費、用品費、参加費、書籍、手数料等	237
計	6,751		6,751
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 25 年度 <テーマ5>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	196	実験材料等	196
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬 ・ 委 託 料	322	委託費	322
( そ の 他 )	0		0
計	518		518
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
設 備 関 係 支 出 ( 1 個 又 は 1 組 の 価 格 が 5 0 0 万 円 未 満 の も の )			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	1,477		1,477
図 書	0		0
計	1,477		1,477
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 26 年度 <テーマ5>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,739	実験材料等	1,739
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬 ・ 委 託 料	0		0
( そ の 他 )	0		0
計	1,739		1,739
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
設 備 関 係 支 出 ( 1 個 又 は 1 組 の 価 格 が 5 0 0 万 円 未 満 の も の )			
教 育 研 究 用 機 器 備 品	756		756
図 書	0		0
計	756		756
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 27 年度 <テーマ5>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	228	実験材料等	228
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	285	成果発表等	285
報 酬・委 託 料	0		0
( そ の 他 )	0		0
計	513		513
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	2,030		2,030
図 書	0		0
計	2,030		2,030
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 28 年度 <テーマ5>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,392	実験材料等	1,392
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	38	別刷り料	38
旅 費 交 通 費	592	成果発表等	592
報 酬・委 託 料	28	委託費	28
( そ の 他 )	790	修理費、参加費、用品費	790
計	2,840		2,840
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	605		605
図 書	0		0
計	605		605
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 29 年度 <テーマ5>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,205	実験材料等	1,205
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	598	成果発表等	598
報 酬・委 託 料	154	英文校正	154
( そ の 他 )	1,413	保全費、参加費、用品、賃借費	1,413
計	3,370		3,370
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 25 年度 <共通>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	0		0
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	65	交通費	65
報 酬・委 託 料	87	謝礼費	87
( そ の 他 )	0		0
計	152		152
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	7	アルバイト	7
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	7		7
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	823		823
図 書	0		0
計	823		823
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0



法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 26 年度 <共通>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	907	部品	907
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	6	交通費	6
報 酬 ・ 委 託 料	67	謝礼費	67
( そ の 他 )	600	修理費	600
計	1,580		1,580
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 27 年度 <共通>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	0		0
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	65	交通費	65
報 酬 ・ 委 託 料	96	謝礼費	96
( そ の 他 )	1,419	修理費、工事費	1,419
計	1,580		1,580
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号	131002
プロジェクト番号	S1311005

年 度	平成 28 年度 <共通>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	0		0
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬・委 託 料	151	謝礼費等	151
( そ の 他 )	0		0
計	151		151
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	624		624
図 書	0		0
計	624		624
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

年 度	平成 29 年度 <共通>		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	0		0
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	0		0
印 刷 製 本 費	0		0
旅 費 交 通 費	0		0
報 酬・委 託 料	151	謝礼費等	151
( そ の 他 )	0		0
計	151		151
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人 件 費 支 出 ( 兼 務 職 員 )	0		0
教 育 研 究 経 費 支 出	0		0
計	0		0
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	0		0
図 書	0		0
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	0		0
ポスト・ドクター	0		0
研究支援推進経費	0		0
計	0		0

法人番号：131002  
プロジェクト番号：S1311005

別紙1

**青山学院大学工学部附置**  
**先端技術研究開発センター 成果報告会 2017**

**プログラム**

**2018年3月13日（火）**

**会場：青山学院大学 相模原キャンパス B棟9階（ビューラウンジ）**  
**主催：青山学院大学**

司会： 化学・生命科学科 長谷川 美貴

9：30～9：35 開会の挨拶 重里 有三（先端技術研究開発センター所長）

9：35～9：40 副学長挨拶 橋本 修（青山学院大学 副学長）

## 第1部

9：40～10：00

■ 2017年度成果報告概要

文部科学省「私立大学研究ブランディング事業」

事業名：「次世代ウェルビーイング

～個別適合をめざした統合的人間計測・モデル化技術の構築～」

報告者：熊谷 敏（研究代表者、経営システム工学科）

10：10～11：10

■ 文部科学省「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」

プロジェクト名：「細胞膜の異質界面における分子理解と新機能創成基盤の形成」

発表者：宮野 雅司（研究代表者、化学・生命科学科）  
阿部 文快（化学・生命科学科）  
諏訪 牧子（化学・生命科学科）  
三井 敏之（物理・数理学科）  
平田 普三（化学・生命科学科）  
長谷川 美貴（化学・生命科学科）

11：10～11：30

■ 外部資金による研究プロジェクト

プロジェクト名：「実働分子マシン」

発表者：阿部 二郎（化学・生命科学科）

11：30～12：30 休憩

## 第2部

司会： 電気電子工学科 黄 晋二

12:30～13:30

■ 文部科学省「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」

プロジェクト名：「炭素材料科学の新展開

ー希少元素フリーで環境に優しい次世代炭素材料の開発ー」

発表者：澤邊 厚仁 (研究代表者、電気電子工学科)

古川 信夫 (物理・数理学科)

黄 晋二 (電気電子工学科)

13:30～13:50

■ 外部資金による研究プロジェクト

プロジェクト名：「エピタキシャルダイヤモンド基板生産技術開発プロジェクト」

発表者：金 聖祐 (アダマンド並木精密宝石株式会社)

14:00～15:30

ポスターセッション [会場：B棟9Fラウンジ]

15:30～16:00

コーヒーブレイク

## 第3部

16:00～16:40 プロジェクト講評

■ 評価委員

評価委員長 加藤 隆史

評価副委員長 鹿田 真一

(外部評価委員)

東京大学大学院工学系研究科 加藤 隆史

関西学院大学理工学部 鹿田 真一

慶應義塾大学理工学部 斎木 敏治

東京大学大学院薬学系研究科 清水 敏之

東京大学生産技術研究所 光田 好孝

大阪大学大学院基礎工学研究科 宮坂 博

(内部評価委員)

物理・数理学科 松川 宏

化学・生命科学科 田邊 一仁

電気電子工学科 渕 真悟

機械創造工学科 小川 武史

経営システム工学科 栗原 陽介

情報テクノロジー学科 佐久田 博司

16:40～16:45

閉会の挨拶

宮野 雅司 (CATプロジェクト委員長)

## 先端技術研究開発センター 成果報告会 2017

日時：2018年3月13日（火）

場所：青山学院大学相模原キャンパス B棟9階（ビューラウンジ）

### （外部評価委員）

東京大学大学院工学系研究科	加藤 隆史	（委員長）
関西学院大学理工学部	鹿田 真一	（副委員長）
慶應義塾大学理工学部	齋木 敏治	
東京大学大学院薬学系研究科	清水 敏之	
東京大学生産技術研究所	光田 好孝	
大阪大学大学院基礎工学研究科	宮坂 博	

### （内部評価委員）

物理・数理学科	松川 宏
化学・生命科学科	田邊 一仁
電気電子工学科	淵 真悟
機械創造工学科	小川 武史
経営システム工学科	栗原 陽介
情報テクノロジー学科	佐久田 博司

青山学院大学理工学部附置先端技術研究開発センター最終成果報告会  
評価報告書

(1) はじめに

青山学院大学理工学部附置先端技術研究開発センター (Center for Advanced Technology) (所長：重里有三教授) においては、現在二つの文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「細胞膜の異質界面における分子理解と新機能創成基盤の形成」(代表：宮野雅司教授) および「炭素材料科学の新展開－希少元素フリーで環境に優しい次世代炭素材料の開発－」(代表：澤邊厚仁教授) が進行している。また、外部資金による研究プロジェクト「実働分子マシン」「エピタキシャルダイヤモンド基板生産技術開発プロジェクト」が推進されている。平成30年3月13日(火)に、先端技術研究開発センター報告会2017相模原キャンパスにおいて開催され、外部評価委員6名(委員長を含む)、および、内部評価委員6名からなる委員会において、評価および講評が行われた。ここに、その評価結果を報告する。

(2) 総合評価

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「細胞膜の異質界面における分子理解と新機能創成基盤の形成」(代表：宮野雅司教授) は、5つのグループにより構成されている。膜タンパク質の結晶化からモデル生物の動態、新規錯体プローブの開発にまたがる独創的な研究が展開されており、「私立大学における先端的な研究基盤の形成強化」「我が国の科学技術の進展に資すること」という支援事業の目的に沿った優れた研究が各グループにおいて進行されたと言える。研究内容は研究対象、研究のアプローチともに興味深いものである。総合的には優れた結果が得られていると言える。「細胞膜の異質界面」とは何か、どのようなゴールが見えにくかったという中間報告での評価・要望に対してはあまり回答がでていないところもある。本研究プロジェクトにおいて、共同研究を活発に行おうとする方向性は見えており、まだ、共同研究の成果は十分に出ていないが、今後の研究の発展が期待される。人材育成に関しては、学会参加支援、研究会などを通じて行われ効果が上がっていると考えられる。

外部資金による「実働分子マシン (代表：阿部二郎教授)」では独創性の高いフォトクロミック分子の開発が順調に進められており、論文発表の内容も素晴らしいものである。今後はこれらの分子の強調による分子マシンへの展開が期待される。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「炭素材料科学の新展開－希少元素フリーで環境に優しい次世代炭素材料の開発－」(代表：澤邊厚仁教授) は8つのグループにより構成されている。ダイヤモンド、グラファイトなどの旧来の同素体からグラフェンのような新規炭素材料にわたる幅広い炭素材料に関する独創的な研究が活発に行われており、この支援事業でも「私立大学における先端的な研究基盤の形成強化」「我が国の科学技術の進展に資すること」という事業目的に沿った優れた研究が各グループにおいて進行したと言える。独自のパターンニングによるストライプを用いた選択成長で方位依存性があることを見つけ、また格子状核発生による転位制御などで、転位密度を一桁半減らすことに成功しており、優れた研究成果が得られている。個々の炭素材料の研究テーマには、産業としての実用化に近いもの、学術的に意義のあるものなどがあり、

バリエーション豊富な炭素材料を幅広く取り扱う意欲的な取り組みであった。昨今、論文の出やすいテーマを次々と追う研究者が多く、研究投資の割に世の中への還元率が下がってきている中、「一所懸命」で進めた本プロジェクトは、他研究機関、研究者の模範にもなるのではないかと思われる。今後、情報交換、共同研究、若手の交流を活発に進め、「学術分野」としての発展を期待する。

外部資金による「エピタキシャルダイヤモンド基板生産技術開発プロジェクト(代表:澤邊厚仁教授)」では、大学で生まれた技術シーズを基に実用化に向けた産学連携研究が進められている。独自のアイデアを用いた技術開発が行われており、真の意味での産業化となることを期待する。

### (3) 個別評価

#### 「細胞膜の異質界面における分子理解と新機能創成基盤の形成」

本研究は、多様な脂質から構成される細胞膜における膜タンパク質の構造と機能の理解と新機能創成基盤の形成を目指した研究プロジェクトである。異質界面とは、さまざまな膜タンパク質競合的・競争的に、特異的水素結合と疎水相互作用により信号伝達や生化学反応を異質的に行う細胞膜上の界面である。これらを分子レベルで理解することにより、新機能創成のための基盤づくりを目指している。平成 25 年の開始プロジェクトである。中心的なプロジェクトである膜タンパク質の構造解析に関する研究をはじめ 5 つのテーマで構成され、5 年間の期間を終了した。外部評価委員 6 名、内部評価委員 6 名による評価を実施したので、以下の報告を行う。

#### 1. たんぱく質における疎水・親水界面における構造と相互作用と機能発現 (宮野 G)

本グループの宮野教授は全体の統括とともに構造生物学的アプローチにより、膜貫通型のたんぱく質の構造決定を基盤技術として、タンパク質の機能と界面の効果を分子レベルから解明している。特に、最近、GPCR の一つであるロイコトリエン B4 受容体 (BLT1) とベンズアミン基を含む化合物との複合体の結晶構造を理化学研究所・順天堂大学との共同研究により明らかにしている。最近、重要な成果が論文発表 (Nature Chemical Biology 誌, 2018 年) されている。これは、将来的には薬の探索につながっていくことが期待される。

#### 2. 細胞膜脂質と膜タンパク質分子間の相互作用解析 (阿部 G)

外界と細胞内を分ける細胞膜に局在する基質輸送体の機能や制御に関する解析を行っている。特に酵母トリプトファン輸送体に関して、興味深い知見を得てきている。今後、この輸送体の細胞による制御の仕組みがより明らかになっていくことが期待される。

#### 3. 細胞表面のビジュアルプロテオミクスを実現する計算解析技術開発 (諏訪 G)

細胞膜表面で重要な生命現象を担い、創薬の重要標的である膜タンパク質の機能を真に理解するために、タンパク質の電顕画像を入力して膜タンパク質の構造・機能データベースをつくり、今後、実際のタンパク質の電顕写真によりどのタンパク質がどのように相互作用しているか調べようとしている。まだ端緒が得られたところであり、方法論の



確立などが必要である。今後、これらを克服していくことにより発展が期待される。

#### 4. 生きた細胞での膜機能を制御する機構解明

4-A. 細胞表面観測の試料台作製とそれによるナノポアを用いた DNA 解析法と物理的・生理的刺激に対する培養細胞の応答機構の研究 (三井敏之)

半導体プロセスによりイオンチャンネルの作製し、それにより、イオンやDNAの通過を観測している。導体化したポアにパルス電位を与えるだけでDNAのポア通過が起きることを見出している。さらに、皮膚細胞における配列再生とそのシミュレーションに関する研究は印象的な研究である。実験およびシミュレーションの組み合わせによる細胞において膜の役割や細胞間のコミュニケーションがより明らかになっていくことが期待される。

#### 4-B. 運動・行動や環境適応における膜タンパク質の機能と動態 (平田G)

KCC2 遺伝子に変異を持つゼブラフィッシュを作製したところ、光刺激や音刺激に対して、てんかん発作様の異常行動を示すことを見出している。また、海外との共同研究において、人のてんかんにおいても、KCC2 がてんかんの新しい原因遺伝子であることを明らかにしている。このように、動物の運動・行動に関与する膜タンパク質の新しい機能が明らかにされた。また、人のてんかんの研究にも発展しており、将来的には、医療分野への新しい展開が期待される。

#### 5. 膜タンパク質の構造特異性を規範とした希土類発光素子開発 (長谷川G)

最終的な目標は、希土類錯体を用いることにより、膜の評価を行うことである。このために水中で安定・高効率な発光を示す希土類錯体ユニットの開発を目指している。カルボキシル基を有する配位子を設計して、これを用いた希土類錯体が、水溶液中で安定に発光することが見出された。なお、本プロジェクトのメンバーである平田教授との共同研究が進んでいる。まだ、報告等にはなっていないが、今後の生体への応用が期待される。

#### まとめ

本プロジェクトは、宮野教授を中心に、膜タンパク質に焦点をあてて、その分子的理解を進め、さらに新機能創成の基盤を形成するという観点からの研究である。興味深い優れた結果も得られてきており、一部の研究は論文として出版されており概ね優れた成果があがっていると考えられる。このプロジェクトにより共同研究等もスタートしているが、この期間内で研究交流が始まった段階と思われ、まだ成果としては形にあまりなっていない。しかし、新しい研究は時間がかかるため、今後も引き続き連携・共同研究を進めていくことが望まれる。また、題目にある「新機能創成基盤の形成」に対して、本プロジェクトにおける意義付けが分かりにくいという意見や、本プロジェクト全体としての連携がどのようなであったかが分かりにくかったという意見があった。

人材育成に関しては、定量的データに接することはできなかったが、シンポジウムの開催・学会の参加費援助等により、学生の育成はある程度進んだと考えられる。学生のポスター発表は活気あるものであった。若手教員も任期制の中で、良い研究成果をあげ

ていると考えられる。

### 「炭素材料科学の新展開」

—希少元素フリーで環境に優しい次世代炭素材料の開発—

本研究は、希少元素を用いた材料から、ありふれた軽元素への転換をベースとした戦略的研究上で様々な日本発材料である炭素系材料の展開であり、かつ長年青山学院大学が取り組んできた「温故知新」の材料であるダイヤモンドの展開に関する連携プロジェクト研究である。さらには電気電子を核に、物理・数学、化学・生命の専門分野を横断した研究者の知恵を集める連携の側面を有する。平成 25 年開始のプロジェクトで、中心テーマであるヘテロエピ成長によるダイヤモンドを始め下記の 8 テーマで構成され、5 年の期間を終了した。

#### 1. 低欠陥・低歪ヘテロエピ成長によるダイヤモンド基板開発 (澤邊 G)

独自のパターンニングによるストライプを用いた選択成長で方位依存性があることを見つけ、また格子状核発生による転位制御などで、転位密度を一桁半減らすことに成功している。その他結晶性、高速合成など複数の優れた成果を挙げている。応物の論文賞はじめ、国際学会などでの学術成果も高いレベルにある。転位の解析と低減への考察をより深めることで、さらなる展開が期待される。本件に関する長い歴史を有する青山学院大ならではの研究で、工具、光学窓、放熱、パワーデバイスウエハ、量子素子、宝石等々多くの応用が迫る中、今後、順次個々応用固有の材料課題を突破してもらえることが期待される。

昨今、論文の出やすいテーマを次々と追う研究者が多く、研究投資の割に世の中への還元率が下がってきている中、「一所懸命」で進めた本プロジェクトは、他研究機関、研究者の模範にもなるのではないかと思われる。

本プロジェクトの重要な役割である、後進の育成に関して、内外のトップ機関のポスドクを複数輩出し、国際会議の多数の報告、応用物理学会論文賞受賞など育成効果は高い。

#### 2. 高い転位温度を持つ超伝導体の創生及び実用化 (下山 G)

Mg は存在量が多く炭素と並んで、今後材料に取り込まねばならない軽元素である。従来の高温超伝導体と異なり、重元素かつレア元素を用いない超伝導体は、まさに本プロジェクトに適した題材である。今回、本プロジェクトの趣旨にも沿う炭素をドーピングした MgB<sub>2</sub>C<sub>2</sub> 超電導で、高い臨界電流密度が得られたのは、大きな成果である。

#### 3. マイクロ波、ミリ波帯における炭素混入電波吸収体・シールド (橋本 G)

炭素混入した電波吸収体およびシールド材を開発するグループである。電波の入射角度依存性に関する研究を実施し、0~71° の広角度で、20 dB 以上の吸収が得られることなどを示した。全体のプロジェクトが平行して走っているため、未だ最新の各種材料評価には至っていないが、順次手掛けることにより、広範囲の材料に関する知見が得られるものと考えられ、今後の展開が期待される。

#### 4. ナノカーボン材料における新奇量子物性（春山 G）

グラフェンなどナノカーボン材料に関して、新奇量子物性減少を材料サイドから探索する基盤研究である。一例として、BiTe を用いたトライアルを実施し、グラフェンにスピン軌道相互作用導入し、二次元トポロジカル絶縁体の可能性を実証するなど成果を得た。本分野は、2016年にノーベル賞対象になるなど新しい分野であるが、炭素系材料の展開として期待できる。

#### 5. 炭素新素材のマイクロ波物性（北野 G）

各種炭素材料の特異な物性に関するマイクロ波応答を用いた解析を行い、材料と上記電波吸収・シールド、共振デバイスなどを結び付ける研究である。例としてフラーレンに Rb, Cs など添加した試料の高周波における電気伝導など計測を実施するなど基盤研究を実施した。これも、全体のプロジェクトが平行して走っているため、未だ最新の各種材料評価には至っていないが、順次手掛けることにより、広範囲の材料に関する知見が得られるものと考えられ、今後の展開が期待される。

#### 6. 半磁性磁気浮上体の運動光制御（阿部 G）

化学・生命のプロジェクトメンバーによる炭素材料への研究展開で、先端技術開発センターの融合テーマの位置付けにあり、ユニークな視点の研究である。光など外部刺激による磁気浮上などを念頭に、グラファイトにフォトクロミック分子修飾し、光反応実験を行った。無機物質と有機物質の融合の位置付けにもあり、今後展開が期待される。

#### 7. 炭素系材料における格子構造による電子状態制御（古川 G）

バラエティに富む炭素系の格子構造由来の電子状態に着目し、電子状態制御を探索し、デバイスへの応用を探るプログラムである。スピン軌道相互作用による電気磁気効果、トポロジカル相転移、電磁波応答・制御など上記3) 4) 5) 8) のテーマと関連する研究である。グラフェン上の He4 ボーズアンサンブルにおけるカイラルモット絶縁体相に関する理論考察などユニークな取り組みがなされている。

#### 8. エピタキシャルグラファイト薄膜の成長とデバイス（黄 G）

グラフェン、グラファイトの成長技術をベースに、センサーや燃料電池などいろいろなデバイスへの展開を研究している。特に発想がユニークであるのが、アンテナへの取り組みである。元々ITOに替わる透明電極としての期待もあったこの材料を、透明アンテナを想定して、高周波アンテナ特性を初めて計測した研究など着眼点の鋭いユニークな研究に発展している。これも電波吸収などと併せて、青山学院大の得意分野としての展開が期待される。

#### まとめ

いずれも見かけだけの連携でなく優れた研究が進みつつあり大きく期待される。全般に関し、今回若干課題もあり、下記の指摘が出された。

年限も数年から5年のレベルで、各テーマは遂行途上であり、各々は極めて高レベルであるが、まだ有機的な繋がりを模索するレベルには、少々未達感がある事。人材育成

で博士以外の学生の状況の把握が出来ず、残念であった事。などが指摘された。これで終わることなく、今後継続して連携研究の加速をすることで、また国内外の他大学・研究機関との連携も強化することで、大きな成果に繋がるものと、確信される。

#### 外部資金による研究プロジェクト「ヘテロエピダイヤモンド基板生産技術開発」

ダイヤモンド応用の基盤となる大型ダイヤモンドを目指した産学連携プロジェクトで、ダイヤモンドでは老舗企業のアダマンド並木精密宝石(株)が中心となって、青学大のヘテロエピ技術の実用化を目指したものである。ダイヤモンドは熱膨張係数が小さく、また高温合成のため、ヘテロエピの基板となる材料と整合が悪く、特に大面積、厚膜にしたときに歪で大きな反りが発生する課題がある。本プロジェクトでは針状のダイヤの上に成長し、コアレスするという極めて大胆な発想による取組みにより、解決したものである。最も懸念される結晶性に関して、(004)面のX線ロックングカーブFWHMが $0.034^\circ$ というのは、およそプロセスから想像される域を超えた優れた数値である。

評価委員からは、利用価値の広い材料で重要な開発であり早期事業化へ高い期待が寄せられた。中間評価でも指摘されたが、ダイヤモンドに限らず、応用事に最適化した材料を開発する必要がある、なるべく早い時期に参入しやすい市場へのトライアルを開始することを提案する。これにより、さらなる改良を施した実用性の高い大面積ダイヤモンドウエハの実現に成功するものと思われる。プロセスのユニークさから、他社で追従不可能な独自の発展を遂げるのではないかと思われる。

なお、用途毎のダイヤモンド材料開発過程で基礎に立ち戻って見直すようなケースも多く想定され、澤邊研などとの連携を、今後とも密にして、進められることを提案する。

#### 外部資金による研究プロジェクト「実働分子マシン」

原子・分子レベルで機械を組み立てる「分子マシン」の実現は、チャレンジングなテーマである。本プロジェクトは、高速フォトクロミック分子を基軸として実働分子マシンをボトムアップ的な手法により創出することを目的としている。成果としては、分子マシンは得られていないが、新しいフォトクロミック分子が作られており優れた研究成果が得られているといえる。たとえば、一分子内に正フォトクロミズムを示すユニットと逆フォトクロミズムを示すユニットを組み込んだバイフォトクロミック分子などが新たに開発されている。この分子に光強度の異なる可視光を照射することで着色状態の色調を変えることに成功している。これらは、新規な一群のフォトクロミック分子であり、世界を先導する成果であり、関連分野に大きなインパクトを与えている。また、優れた論文も多数発表されており、若手の人材も育成されている。今後の方向性としては、分子の自己組織化による分子の動きが増幅された分子マシンなどの構築へ向かっての発展が期待される。