

2019年度「研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)機能検証フェーズ 実証研究タイプ」事後評価結果

※所属機関は研究開発期間終了時のもの

研究開発課題名	研究代表者氏名	所属機関	課題の総括	事後評価所見
マイクロ波を用いた高性能炭素系非白金触媒合成プロセスの創出	荻野勲	北海道大学	本研究開発では、①マイクロ波(MW)改質による活性サイトあたりの性能向上、②窒素ドーパ量向上、③酸化グラフェン改質方法の改良を通して、酸素還元反応用炭素系触媒の高性能化を目指した。その結果、リサーチグレードの本格的なMW装置を用いて研究コンセプトを実証し、目標としていた触媒の高性能化に成功した。また、本MW改質の手法が、酸化グラフェン以外の代替炭素材料のMW改質にも適用可能であることを実証した。そして、電極作製に関する新たな企業ニーズに繋がる知見が得られた。さらに、本研究開発を通して新規特許出願に繋がる成果も得られた。以上のことから、技術移転を目指した本格的な産学共同の研究開発ステップに向けて大きく前進したと考える。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、酸素還元反応用炭素系触媒の高性能化を目指し、リサーチグレードのマイクロ波(MW)装置を用いて研究コンセプトを実証し、目標とした触媒の高性能化に成功したことは顕著な成果である。技術移転の観点からは、MW改質による触媒活性向上を示して産学共同の基盤となったことに加え、より高性能化に繋がる新たな知見も得られており、技術的課題としてマイクロ波プロセッシング技術との連携が重要であるため、早期に実用化に向けた新たな共同研究体制を構築する事が望まれる。MW改質は、電極触媒性能を非常に短時間で簡単に向上させられる超高効率プロセスであり、これによって貴金属フリーな電極触媒が実用化されれば、SDGsに大きく貢献することが期待される。
光ファイバーと顕微鏡を利用した、蛍光相互相関分光装置の開発	金城政孝	北海道大学	細胞から放出される細胞外小胞(Extracellular Vesicle: EV)の表面タンパク質2種類を認識する抗体にそれぞれ異なる蛍光標識を行い、エクソソームの高感度検出・同定可能な小型の多色蛍光検出装置、蛍光相互相関分光装置(Fluorescence Cross Correlation Spectroscopy, FCCS)の開発を目指した。そのため、全光ファイバー型2色蛍光相互相関分光装置の試作と顕微鏡対物レンズの融合による高感度化を達成した。実際に、2種類の蛍光標識抗体の自己相関カーブの測定を実証し、エクソソーム検出可能であることを示した。今後は様々なバイオマーカー認識抗体を利用することで、市場展開を目指す。	期待以上の成果が得られ、技術移転につながる可能性が大いに高まった。特に、全光ファイバー型2波長蛍光相互相関装置(FCCS)の試作に成功し、さらに全光ファイバーと顕微鏡の融合による、さらなる高感度化を実現し、当初の研究計画目標はすべて達成したことは顕著な成果である。技術移転の観点からは、エクソソームの検出・定量が可能であることを実証し、また、ユーザーが使いやすい解析方法、ソフトウェア開発を行い、上市可能な段階まで開発が進んでおり、事業展開が進むことが期待される。研究成果がテスト販売という機運に繋がっており、本装置がエクソソーム研究者に浸透することが科学の発展と技術進歩の好循環になり、次の技術課題への挑戦はまた新たな好循環に繋がるため、今後は、本研究チームを核とする産学官連携・コンソーシアム形成への展開が期待される。
マイクロ・ナノ基板に誘導される癌組織挙動の分子機序の理解と基板量産化の確立	宮武由美子	北海道大学	開発品の三次元細胞組織培養デバイス「マイクロ・ナノ基板」は、癌細胞へ自発的に運動極性のある微小癌腫瘍組織を構築させ、より患者体内の病態に近い癌組織の挙動を生きたまま体外で簡単に観察できる。本研究開発は、マイクロ・ナノ基板のバイオ製薬産業界への有用性及び事業展開性を実証することを目標とした。開発期間は、ほぼコロナ禍となり、行動制限により研究開発への遅れが生じた。しかしながら、国内大手企業と共同研究契約締結、マイクロ・ナノ基板の製品・販売に向けた量産化ベースの構築段階に入り、新たな知財も創出するなど、想定以上の成果を上げた。	期待以上の成果が得られ、技術移転につながる可能性が大いに高まった。特に、腫瘍ダイナミクスの分子機序の理解とマイクロ・ナノ基板の量産化に最適な基板製作方法の確立を推進し、当初目標を上回る具体的な量産化への道筋をつけることができたことは顕著な成果である。技術移転の観点からは、製造業大手2社との連携が発展し、マイクロ・ナノ基板の量産化への展開の可能性が大いに広がり、実用化への展開が期待される。三次元細胞組織培養デバイス「マイクロ・ナノ基板」は、癌細胞へ自発的に運動極性のある微小癌腫瘍組織を構築させ、新しいがん治療法開発や動物実験の削減に大きく貢献する技術であり、早期の実用化、新たな用途開発の展開、研究現場での有用性にかかるエビデンス蓄積を推進していくことが期待される。
粉体食品の風味や特性を損なうことなく、高効率で連続殺菌を実現する閉回路型高温窒素気流殺菌装置の開発	三浦靖	岩手大学	「閉回路型高温窒素気流殺菌装置」プロトタイプ機が所定の性能(粉体処理量、窒素気流温度、装置全体の設置床面積)をもち、加熱殺菌した粉体が所定の理化学特性(生菌数、水分損失率、色特性、粒子径分布、澱粉糊化特性、油脂の酸化、匂い特性)を示すことを目標にして、ほぼ全てを達成した。量産モデル機では、①粉体供給部の改造、②サイクロン入口部の口径変更、管路とサイクロンの内壁面の表面処理、サイクロン内壁面への付着粉体払い落とし装置の装着、③サイクロン下部出口への冷却装置の装着、④高温配管の断熱処理、⑤サイクロン下部出口への複数の回収経路の設置、⑥循環用サイクロンでの回収粉体を供給口へ戻して循環させ、粉体回収用サイクロンに切替えて粉体を回収する方式の採用が考えられた。	当初期待していた成果までは得られなかったが、技術移転につながる可能性は一定程度高まった。中でも、閉回路型高温窒素気流殺菌装置のプロトタイプ機が所定の性能をもち、米粉について加熱殺菌した粉体が所定の理化学特性を示したことは評価できる。量産モデル機に向けた課題について、技術的検討やデータの積み上げが必要と思われる。今後は、ユーザーとなる食品加工企業のニーズを的確にとらえ、幅広い食品粉体に対応できる量産モデル機を開発することが期待される。
カビ新規菌糸系完全分散株の培養流体解析による産業用酵素の飛躍的増産	阿部敬悦	東北大学	糸状菌を用いた酵素や化成品の発酵生産では、菌糸凝集と培養の高粘度性が生産性制限要因であった。申請者らが開発した菌糸分散型麹菌(AG-GAG Δ株)は制限要因を克服する新技術である。本研究開発では、野生型株、AG-GAG Δ株及びその派生株のジャー培養時の槽内数値流体解析を実施し、AG-GAG Δ株とその派生株の粘度低下が、槽内全域に渡る通気攪拌性と菌体の生残性が改善に寄与し、酵素生産性を野生株比で大幅に増加させることに成功した。さらに改良攪拌翼の導入と菌糸塊制御による剪断耐性の付与により、企業ニーズであるAG-GAG Δ株の生産性を最大化させるスケールアップのための発酵槽設計の準備が出来た。	期待以上の成果が得られ、技術移転につながる可能性が大いに高まった。特に、糸状菌培養における発酵槽内の数値流体解析を実施し、培養液の流体特性に与える影響を定量化・可視化させたことは顕著な成果である。技術移転の観点からは、糸状菌を用いた酵素生産において、その生産性を最大化させるための発酵槽設計の基礎データを提供することができたことに関して、実用化が期待される。今後は、スケールアップ実装による新たな課題を見出し、それを速やかに解決するとともに、国際競争力も高い技術であるので、引き続き移転候補先企業と協力するとともに、早期の社会実装が期待される。
脱調時に優れた再始動性を有する埋込磁石型誘導同期磁気ギヤの開発	中村健二	東北大学	非接触で増減速可能な磁気ギヤは様々な分野で実用化が期待されているが、過負荷によって脱調した際に、その負荷をほぼ完全に取り除かない限り、再始動できない問題があった。これに対して本研究では、磁気ギヤの回転子にかご形導体を付加することで、脱調後に優れた再始動性を有する「誘導同期磁気ギヤ」の開発を目指すとともに、定格の50%以上の負荷で再始動可能、効率98%以上、トルク密度3.1 N・m/kg以上の3つの目標を掲げ、回転子やポールピースの形状・寸法、かご形導体の材質等の最適化を行った結果、すべての目標を達成した。今後は、ニーズ元企業と共同で、製造コストの低減や耐久性試験などを行い、実用化を目指していく。	磁気ギヤの構造、材質等の設計について、期待通りの研究成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、一定負荷からの再起動性、効率、トルク密度での3つの目標を掲げ、試作試験によりすべての目標を達成したことは評価できる。技術移転の観点からは、ニーズ元企業とよく連携し、課題抽出と目標設定、研究の推進について計画的に進められたことで、実用化が望まれる。背景知財に加えて特許群とするための新たな知財も創出された。多方面での応用が想定されるが、最終製品の用途・組込環境等により、保守性、対環境性、軽量化などの要求仕様は異なることから、今後はよりユーザーの声を参考にして事業化を進めていくことを期待する。
可逆性を有するアミノ基検出法を基盤としたペプチド自動合成への展開	今野博行	山形大学	本研究ではカイザー試薬に代わる新規アミノ基検出試薬(NHPI誘導体)の開発と実用化に向けた取り組みを行った。カイザー試薬の弱点の克服に成功していたが、新規試薬にも実用化には克服すべき点が残っていたことから最適化された誘導体を用いて定量化を行い、色彩差計の値(緑赤系列)に反応収率(効率)と色調の変化に強い相関関係があることを突き止めた。さらにNMRによる詳細な反応追跡により反応機構を考察することができた。一方で、本試薬の誘導体がアルヒド選択的な酸化反応を触媒すること、アルキルアミン選択的にラベル化を施せることも併せて発見した。生命科学に大きな価値をもたらすことを示すことができた。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、核となる新規アミノ基検出法として用いた誘導体は、既存の標準的な試薬であるカイザー試薬の弱点を改善することもでき、ペプチド合成の際の検定試薬として有用である。技術移転の観点から見て、ペプチド自動合成装置の核心部分の基本技術は確立しつつある。可逆的な反応を用いたアミノ基検出法を基盤としたペプチド自動合成装置の実用化が望まれる。今後は、医薬品製造機器、または、その要素技術に詳しい企業との新たな共同研究が積極的に進むことが期待される。
ナノインプリント技術を基盤とした機能化偏光サンングラスの開発	穂苅遠平	産業技術総合研究所	本研究の目標は、1年間で偏光度99.0%以上、視感透過率30%以上、反射率5%以下でかつ、波長依存性の少ないグレー色のワイヤグリッド偏光フィルムを実現し、偏光サンングラスを試作することである。課題解決のため、新たな加工方法を利用した偏光フィルムの開発に取り組み、偏光度99%、透過率18%、裏面反射率2.4%のグレー色偏光フィルムを作製することができた。新加工方法によるワイヤグリッド構造においても低い反射率を実証できたことは有意義である。また、作製した偏光フィルムに後処理加工を施すことで透過率28%を得た。これらの結果から新加工方法をより活かせる構造の設計指針を導くことができ、今後さらなる検証を進めることで光学特性のブレークスルーが期待できる。	期待以上の成果が得られ、技術移転につながる可能性が大いに高まった。特に、従来のワイヤグリッド型偏光フィルムの偏光度を損なうことなく欠点である反射率を大きく低減できたことは顕著な成果である。技術移転の観点からは、ナノインプリント技術を使ったワイヤグリッド偏光フィルムの製造技術を確認したことで実用化が期待される。今後は、未達であった透過率向上の目標は立っているため、透過率向上を果たした上で、量産技術の開発にフェーズを進めることが期待される。
持続的な牡蠣養殖のためのプランクトン増殖技術の実証	長坂征治	東洋大学	本課題は、鉄供給材の海洋植物プランクトン増殖に対する効果の検証と、鉄供給材を活用した養殖牡蠣の生産技術の開発を目標としている。実験室内での3ヶ月間の鉄溶出試験から、期間中に鉄供給材1個から約100gの鉄が継続的に溶出することを明らかにし、溶出した鉄が、キレート鉄試薬と同様に藻類生育に利用されることを示した。これら成果をもとにした養殖海域での実証試験では、一時的な海水鉄濃度の上昇が見られたが、これにตอบสนองした植物プランクトンの増加は認められなかった。一方で、夏場には鉄供給材施用区で稚貝生育の30%程度上昇が認められた。今後は、他の栄養素を含めた補完的な資材の開発、環境の違いに対応した技術開発を進め、実用化を目指す。	当初期待していた成果までは得られなかった。その中でも、鉄供給材の効果について、定量的に評価することで、実用化を見据えた開発に必要な基礎的なデータを収集できたことは大いに評価できる。今回だけでは、これまでの定量的データの不足しており、鉄供給材の鉄等の溶出量や、それらによる牡蠣の増体との因果関係が不明瞭なままなことに関して、更に技術的検討やデータの積み上げが必要と思われる。今後の鉄供給材事業としては、今回のように現場の協力を得ながら定量的データの積み上げを続けていき、水産業支援に資する事業へ育成していくために、科学的信頼性(データ)を持った研究開発が継続されていくことが望まれる。
超高速巨大液滴分取装置を用いたモノクローナル抗体高効率獲得法の開発	合田圭介	東京大学	本研究は、モノクローナル抗体の高効率獲得法を構築することを目標として進めてきた。特に、液滴分取装置を、巨大な液滴の操作が可能になるように発展させるとともに、その有用性を実証することを目標とした。この目標のもと研究代表者らは1ナノリットルという巨大な液滴を秒間約2000液滴という高速で分取を可能とした。また、高効率液滴捕獲デバイスの実証実験にも成功し、さらには巨大液滴内において動物細胞の抗体生産量が大きくなることを定量的に確認できた。今後はこれらの要素技術を組み合わせてモノクローナル抗体の高効率獲得へと応用していく。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、抗体を産生する細胞について、液滴中で培養する際の分取方法、適切な液滴サイズ、培養条件、抗体探索方法など達成できたことは評価できる。技術移転の観点からは、抗体産生細胞の集団から目的の抗体を産生する細胞だけを効率的に探索、単離するシステムの基盤としての成果が得られたことに関して、実用化が望まれる。今後は、高齢化に加え感染症流行の懸念が急増した状況で、多様な項目の検査を実現するため、モノクローナル抗体を迅速に探索する本成果が、安心安全な社会を支える技術として期待される。
In vivoでのマルチカラー近赤外蛍光イメージングを可能にする蛍光標識技術の開発	並木繁行	東京大学	本研究では高精細なin vivo蛍光イメージングを可能にする蛍光標識技術とその技術のin vivoイメージングでの有用性の実証を目的とした。生細胞内での蛍光スイッチング機能を有する分子標識技術(DeQODEシステム)を近赤外in vivo蛍光イメージングに最適化した。DeQODEシステムを構成するタグドメイン(De-QODEタグ)と蛍光プローブ(QODEプローブ)の組み合わせを複数開発することによってマルチカラーin vivo蛍光イメージングを可能にした。また、DeQODEシステムをマウス脳に適用した近赤外蛍光イメージングによって、脳内の神経細胞の高精細イメージングが可能であることを示した。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、細胞内での安定的な発現が可能なDe-QODEタグおよびこれに結合するQODEプローブの開発に成功している。またマウスを使った実験では、高い空間解像度が要求される神経細胞イメージングに成功していることは評価できる。技術移転の観点からは、汎用性の高い近赤外線蛍光標識技術に関する要素技術が確立できたことで、今後は、ニーズ元企業の他にも複数の企業から問い合わせに対し様々なニーズを積極的に取り入れ幅広い事業化に向けた用途開発への取り組みが期待される。
超高精細マイクロLEDディスプレイに適したInGaMnO <sub>3</sub> リッジRGB-LED構造の開発	藤岡洋	東京大学	本提案では、マイクロLEDディスプレイを実現するためのキープロセスを開発した。具体的には、一度のエピタキシャル成長工程で多色のLEDを任意の場所に配置する「カスケードLED」製造プロセスを実現するための低温トンネル接合積層プロセスおよび、微細マイクロLEDアレイを実現工するための微細加工技術を開発した。本提案の研究開発によって当初の予定を超える成果を実現した。今後、研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム産学共同(本格型)で本技術を発展させ低価格マイクロLED製造プロセスの開発をさらに加速していく。	期待以上の成果が得られ、技術移転につながる可能性が大いに高まった。特に、超高精細マイクロLEDディスプレイ製造に向けた製造要素技術の全ての目標を十分に達成し内部量子効率50%を超える3μm素子を実現したことは顕著な成果である。技術移転の観点からは、次のステップでの課題も明確になっており、A-STEP産学共同本格型で開発を進めていて、実用化が期待される。今後は、さらに次のステップにあたる支援制度を活用して開発が進むことが期待される。
多元ポリ乳酸によるポリ乳酸の物性および生分解性向上を目指す研究開発	田口精一	東京農業大学	(1)多元ポリ乳酸LAHBのフラスコ生産培養条件を見定め、Mini-Jar2基を用いてパッチ式培養に展開した。細胞内含量57.8%、乳酸分率10%~60%、平均分子量約16万のポリマーを最大約30g/L得られた。フェドパッチ式培養切り替えにより、さらに生産力の強化が期待である。また、(2)回収精製したポリマーサンプルは、単独およびポリ乳酸との各種混合比にて、透明性に優れた完全非晶として成形加工可能であった。さらに、(3)既存生分解性ポリマーを用いて、メタゲノム解析に基づいた菌叢変動の統計解析を実施し、河川水を用いた閉鎖実験や海水にポリマーサンプルを浸漬する評価系を確立した。同時に、LAHB分解菌も随時分離同定されている。以上、当初の設定目標に近い達成度で成果を得た。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、微生物によるポリマー合成、パッチ式培養による大量生産、及び環境中の微生物による生分解を実証できたことは評価できる。技術移転の観点からは、安全な微生物種を用いたタンク内培養により、良質なポリマーが合成できたこと、培養方法の改良により大量生産が実現できたこと、及び環境中の微生物による分解が実証されたことに関して、実用化が望まれる。今後は、世界的な問題である海水中のマイクロプラスチックの解消など、持続可能な社会を実現する素材として、微生物生産による生分解性ポリマーの開発を進める事で、今後の産業への展開が期待される。

2019年度「研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)機能検証フェーズ 実証研究タイプ」事後評価結果

※所属機関は研究開発期間終了時のもの

研究開発課題名	研究代表者氏名	所属機関	課題の総括	事後評価所見
表面改質を施したリチウム過剰系高容量正極材料の実証試験	敷内直明	横浜国立大学	高容量化、長寿命化を目指し、ラポレルからのスケールアップを実施したLi過剰系正極材料について、合成方法等の検討を行うとともに、課題である導電性向上のために炭素材料による表面改質を行った。同材料を用いて電池性能の評価を行った結果、ハーフセルでの初期放電容量の目標値である300mAh/gに対して279mAh/gの容量が得られた。また、サイクル特性については目標値である90%の容量維持率に対して97%を得た。更に、ラミネートセルの実証試験では、重量エネルギー密度の目標値300 Wh/kgに対し261 Wh/kgの試算値が得られ、表面改質を行ったLi過剰系正極材料の実用化の可能性を見出した。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、高容量化、長寿命化を目指し、ラポレルからのスケールアップを実施したLi過剰系正極材料について、①ハーフセルでの初期放電容量、②ラミネートセルの実証試験での重量エネルギー密度の試算値について、目標値に近い値が得られたことは評価できる。技術移転の観点からは、表面改質を行ったLi過剰系正極材料の実用化の可能性を見出されたことは特筆すべきことである。本技術は脱炭素社会への貢献が期待される。
高濃度電解液中における腐食反応分布のナノスケールその場観察技術の確立	福間剛士	金沢大学	本研究開発は、液中でナノスケールの電位分布を計測できるオープンループ電位顕微鏡(OL-EPM)の動作可能電解液濃度の上限を向上させ、幅広い環境中における金属腐食機構解析を実現しようとするものである。本研究では、超小型カンチレバーのOL-EPM計測への応用を実現し、最高電解液濃度を約3倍向上させた。さらに、従来のOL-EPMの原理に改良を加えた新手法を考案、検証し、その実現可能性を示唆する結果を得た。一方、OL-EPMをアルミ合金の粒界腐食反応解析に応用し、その腐食機構に関する新たな知見を得た。これらの成果は、OL-EPMの金属腐食研究における実用性を拡張し、有用性を実証するものである。	概ね期待通りの成果が得られ、広く技術移転につながる可能性は一層高まった。特に、超小型カンチレバーの液中OL-EPM計測への実用化に初めて成功したことは評価できる。技術移転の観点からはすでにニーズ元企業と一部商品化、販売、納入も実現していることから、技術移転先をさらに広げ波及させていくことが期待される。腐食は金属を使うあらゆる産業分野において深刻な問題の一つであり、本技術開発は、腐食の予防・予測技術に改善に大きく貢献するものであり、多様な産業分野への展開が期待される。
高空間分解能を有し反応に影響を与えない高電流密度発電中の燃料電池触媒層温度分布計測装置の開発	犬飼潤治	山梨大学	新規な構造を持つマイクロ温度プローブを作製し、発電中の燃料電池単セルの触媒層温度を複数箇所測定することの可能な、温度測定装置開発を目標とした。温度プローブにおいては直径50 μm、最高使用温度130 °C、耐ヒートショック60 °C s <sup>-1</sup> を実現し、燃料電池発電中5か所、温度分解能0.1 °C、時間分解能50 msの測定可能なプロトタイプを完成させた。一方、既存装置の不具合により、目標の3 A cm <sup>-2</sup> 発電より低い1.5 A cm <sup>-2</sup> 発電における温度測定の性能確認が行われた。今後、本装置の製品化が試みられる予定であり、燃料電池開発現場での利用の後、マイクロ温度プローブは実用燃料電池および生体への応用などに範囲が広がっていくことが期待される。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、新規な構造を持つマイクロ温度プローブを作製し、直径50 μm、最高使用温度130 °C、耐ヒートショック60 °C s <sup>-1</sup> を実現し、燃料電池発電中5か所、温度分解能0.1 °C、時間分解能50 msの測定可能な温度測定装置のプロトタイプを完成させたことは評価できる。本研究成果であるマイクロ温度プローブは実用燃料電池および生体への応用等が期待される。
日本全国の測位衛星受信点の既存インフラを活用した宇宙からの早期津波到来予測	鴨川仁	静岡県立大学	本研究の目的は、日本全国に設置された測位衛星の受信点データから得られる電離圏情報を用いて、津波起源の電離圏変動情報から、津波初期波源を導出し、沿岸への津波到来予測を行うことである。電離圏シミュレーション、最新の津波伝搬シミュレーションも導入し、実観測データとの整合性を確認しつつ、技術開発を行った。開発した技術は観測データを用いて到来津波高の予測ができるようにシステム化された。今後は、リアルタイム測位衛星データを入手することで、リアルタイム津波モニタリングシステムになっていくと予想される。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、電離圏情報を用いて初期津波高を推定し、伝搬計算により到達津波高と到達までの時間推定など達成できたことは評価できる。技術移転の観点からは、企業との共同研究など実用化に向けた取組により、大規模な地震により発生する津波の規模及び到達までの時間を推定できることに関して、実用化が望まれる。今後は、東日本大震災に代表される甚大な自然災害は、我が国の経済基盤に大きな脅威となっている。南海トラフ地震など発生が懸念される災害について、人的被害を低減するために本成果の迅速かつ高精度な津波予測技術の実用化が期待される。
教育・評価のための眼科手術用リアル患者シミュレータの開発	新井史人	東京大学	高齢者の増加に伴い、緑内障患者が増加している。緑内障手術に関する熟練医の育成、緑内障手術器具の開発・評価のため、人工緑内障眼球モデルを備えた眼科手術シミュレータが必要である。ヒトが有する眼内の構造・眼内圧力状態を再現することを目標として、手術訓練・定量評価が可能な緑内障モデルを提案・開発した。低侵襲緑内障手術の1つである繊維柱帯切除術によるシステム評価により、その実用性を実証した。緑内障手術練習や、新規手術デバイスの開発・評価への適用により、熟練医の育成・緑内障手術機器市場の拡大への貢献が期待される。今後、本研究成果を基にした製品化に向け、企業と連携して技術移転を進めていく。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、ヒトが有するシュレム管・繊維柱帯を含む微小流路構造、機械的物性・圧力特性を再現した緑内障モデルを設計・試作し、繊維柱帯切除術などのシステム評価によりその実現可能性を示すことができたことは評価できる。技術移転の観点からは、生体の特性に忠実なバイオニック型と互換性がある緑内障モデルの構想が示され、試作・システム評価によりその有効性が示され早期の実用化が望まれる。今後は製品化に向けて、コスト・製造性、パーツの交換性、操作性の検討を進めることが期待される。
細胞内の硬さ分布を定量観察するための三次元超音波顕微鏡の開発	穂積直裕	豊橋技術科学大学	細胞内の硬さ分布を定量観察するための三次元超音波顕微鏡を開発した。細胞観察に特化した機械精度の高い測定系を試作し、制御解析プログラムを作成した。超音波振動子を500MHz程度までに広がる周波数成分をもつ電気パルスで駆動し、機械走査と連動して集束超音波の送受とデジタル記録を行った。1点について8~64回程度の加算平均をとり、測定精度の向上をはかった。高精細観察用のピエゾ式のステージを用い、0.5 μm以下の平面精度を実現した。1回の三次元走査1分以内を実現した。硬さに関する音響インピーダンスを、細胞厚さ方向に0.2 μm程度の空間分解能で、三次元像として描出可能となった。薬剤投入前後の細胞内構造の変化などを観察し、性能を実証した。	期待以上の成果が得られ、技術移転につながる可能性が大いに高まった。特に、計画した3つの実施項目に対して全て予定どおりに開発が完了し、観察速度に関しては目標の半分の時間を実現できたことは顕著な成果である。技術移転の観点からは、パラメータの調整を通して3D断層画像が構築できるようになり、実用化が期待される。今後は、医学・生物学を専門とするユーザーとの連携による普及活動の継続展開による製品化の加速が期待される。
大腸菌群検出のための人工餌修飾基板の低コスト化および選択性向上	猪股智彦	名古屋工業大学	人工餌(人工シデロフォア)を利用した微生物固定化・検出技術を要素技術とした、HACCPに準拠した製造工程の管理の制度化に即した、高感度かつ高選択性、および低コストでの大腸菌検出技術の開発を行った。微生物の固定化に利用する人工餌およびその修飾基板に関して、人工餌の合成経路や分子構造の設計の見直し、修飾基板作製工程の改良を行った。その結果、従来の大腸菌検出技術に対して、高感度かつ短時間での検出が可能であり、かつ中・小事業者向けの低コストでの運用が可能な大腸菌検出技術の開発に成功した。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、当初の研究開発目標である①人工餌及び人工餌修飾基板の製造コストの削減②大腸菌のみを固定化可能な人工餌及び修飾基板の開発の成果については評価できる。技術移転の観点からは、食品検査市場に投入する際の製造コストの水準に達し、複数の人工餌ではあるものの大腸菌群識別可能な細菌選択性を得ることができ早期の実用化が望まれる。今後はセンサーの最適化や基板作製工程の更なる低コスト化、また1つの人工餌による大腸菌/バチルス菌の選択性向上を進めることが期待される。
触覚センサ付きロボットハンドによる加工食品のハンドリング	大日方五郎	名古屋産業科学研究所	触覚センサ付きのロボットグリッパ/マニピュレータによって、多様な食品の計量と把持を同時に行い、扱う食品を傷めない高速ハンドリングを可能とすることで加工食品製造工程のロボット化に寄与する開発を行った。一部を除き目標としたハンドリング性能を達成し、加工食品製造工程に実際に適用できることを検証し、具体的な適用先との交渉に入れる段階に至った。また、展示会への出展などを通して、加工食品産業以外の製品検査工程などへの適用可能性の見通しを得ることができた。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に4つの研究目標(①力覚と固着率の同時計測と固着率推定精度の向上②力覚の接触面積、温度の同時計測③柔らかいものの計測と同時高速ピック/プレース④紐状、短冊状のもの軽量と同時ピック/プレース)について概ね期待通りの成果を得られたことは評価できる。技術移転の観点からは、食品のハンドリングと重さや温度の同時計測の実現により食品業界などへのロボット活用の展開、実用化が望まれる。今後は触覚センサーの仕様に関連した具体的なニーズ調査や実証実験の実施が期待される。
大型海藻からのマリンポリフェノールと希少糖DEHの生産システムの開発	三宅英雄	三重大学	本研究開発は大型海藻に含まれるマリンポリフェノールの新規抽出法の開発とアルギン酸から希少糖DEHを生産するシステムの開発である。食品用途で使用可能なマリンポリフェノール新規抽出法の開発に成功した。本手法を用いることで大量かつ高い回収率がマリンポリフェノールを抽出することができ、実用化の段階である。固定化酵素技術を取り入れた新規アルギン酸リアーゼによるDEH生産システムを開発した。本手法で作製した固定化酵素を用いると酵素の再利用が可能であり、約80%の収率でアルギン酸からDEHを得ることができる。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特にマリンポリフェノール新規抽出方式の開発及び固定化酵素を用いたDEH生産方式の開発において当初目標値を達成できたことは評価できる。技術移転の観点からは、マリンポリフェノールについては商業生産に対応できる抽出方法を確立し実用化の目処が立った。DEHについては低コストでの生産方式の基礎研究が進み実用化の見通しができた。今後はDEHに関し更なる低コストでの生産方法の開発とともに、動物実験等により生理機能の解析を進めることで創薬や機能性食品としての実用化の推進が期待される。
制御ヒドリドを用いた上質な還元ナノプロセスの実証	比村治彦	京都工芸繊維大学	本研究開発は、制御性の悪いプラズマをナノプロセスに用いるのではなく、プラズマから反応性イオンだけをそのエネルギーを揃えつつ選択的に取り出し、それらの速度分布が緩和する前に、ナノプロセスでの化学反応に用いるという方式への転換を目的として行われた。本研究開発の期間内で、ヒドリドを生産するための装置が製作された。その装置でヒドリドを生成し、エネルギーを揃えるためのビーム引き出しパラメータ値が調べられた。それを基に短小化選別器も設計された。また、原子層堆積膜を生産する試験研究に必要な装置運転モードが実験的に確立された。これらにより、上質な還元ナノプロセスの検証実験準備が整えられた。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、制御ヒドリドビームを偏向・集束させるために必要な電場と磁場の値をシミュレーションで求め、実証実験装置を作成し、計算通りの条件で目標フラックス量を確認したことは評価できる。技術移転の観点からは、ニーズ元企業との共同研究により、制御ヒドリドによる還元ナノプロセスの検証準備が整ったことは大きな進展である。今後は、ヒドリドビーム利用の基盤技術を確認し、さらなる微細化、複雑化加工が進む最先端半導体プロセス技術を目指し、ナノスケールに制御された負イオンビームによる新しいナノプロセスの創生を可能にすることが期待される。
単結晶二オプ酸リチウム軸対称型振動ジャイロスコープ	土屋智由	京都大学	本研究では単結晶二オプ酸リチウムを用いた軸対称型ワイングラスモード振動モードの圧電ジャイロスコープの開発に取り組んだ。従来のディスク型に対して、円筒、半球面振動子を有限要素法による圧電解析で検討し、小型化(直径25.8 mmから9.5mm)と共振周波数の低下(95kHz→16kHz)を同時に実現し、性能向上の指針を得た。研削加工による円筒面形状の作製、プロジェクション露光による円筒内外面への電極形成加工を確立し、試作した振動子で3次ワイングラスモードの共振を確認した。また、ディスク型振動子を用いてジャイロ制御システムの検討を行い、検出の閉ループ制御による感度の向上を確認した。今後はQ値向上の鍵となる振動子の固定、配線など実装方法を検討し、実用化に向け研究開発を進める。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が非常に高まった。特に、難加工材料単結晶二オプ酸リチウムの形状を最適化し、振動子の小型化と低共振周波数の目標を満足し、ジャイロスコープとしての性能向上の指針を得たことは評価できる。技術移転の観点からは、ニーズ元企業との綿密な方針摺り合わせを行い、加工形状や加工方法に関する検討を十分に行ったことに関して、実用化が望まれる。今後は、振動子の固定や配線などの実装方法などものづくりの課題解決を同時検討しながら、理論的な高精度化を追求し革新的なジャイロスコープの実用化を進めることが期待される。
ポリアミン類の簡便識別定量法の開発	橋一典	京都府立大学	生体内ポリアミンであるスペルミジンとスペルミンの簡便な定量法の開発を行っている。これまでスペルミジンとスペルミンの総和を定量できる化合物1の開発に成功している。本研究では、スペルミジンとスペルミンを個別に定量できる化合物の開発を目指した。化合物1をリードとし誘導体を合成し、ポリアミン類との会合定数の差が大きな化合物の創出と、呈色変化から蛍光変化へ応答を変えた化合物の創出を行った。その結果、○蛍光応答性の分子の錯中間体の合成を達成した。○複数の呈色型化合物を用いることで10 <sup>-6</sup> Mレベルでブレンドしたスペルミジンとスペルミンの混合溶液に含まれる個々のアミンの濃度の定量に成功した。	当初期待していた成果までは得られなかったが、技術移転につながる可能性は一定程度高まった。中でも、生体内ポリアミンであるスペルミジンとスペルミンを複数の呈色型化合物を組み合わせることで、両者を混合したモデル溶液中の濃度を個別に定量検出する技術を見いだしたことは評価できる。検出感度に関して挑戦的な目標を設定した結果、達成に至らなかったことに関して、今後も継続した技術的検討やデータの積み上げなどが必要と思われる。多様な生理作用を有するポリアミンの高度な識別方法を創出し、医療技術への応用など大きな社会貢献を期待する。
空間に調和するカスタム対応型の高輝度ファイバー白色光源の実証	樫本孝治	大阪大学	本研究では、新規照明機器に適した白色光源を開発するために、蛍光ファイバーからの多波長発光と増幅、および、スペクトル制御について実験的に検証するとともに、照明器具の実現に向けて重要となるシミュレーションの高精度化、高機能誘電体コーティング、ファイバー接合技術に関して研究を行った。蛍光ファイバーからの多波長発光と増幅の確認とエネルギー抽出効率40%以上を達成した。また、ファイバーから出力される光スペクトルの制御に成功した。さらに、シミュレーションのベンチマークを行い、高精度化した。得られた結果から、白色光源としての有用性が示された。今後は、照明用光源として必要な技術開発と明らかになった課題を克服し、新規照明器具を実現する。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、5つの目標をほぼ達成できていた。また一部不足する点についても、その対応策の現実的な施策が予定されている点が評価できる。技術移転の観点からは、本研究で当初は数々の見えていなかった仮説の実証を達成し、ニーズ企業から高い評価を得たことに関して、実用化の期待が大いに高まった。今後は、実用化に向けて明確になった多くの課題の着実な解決を、企業とともに連携して実施することが期待される。
濃度10%を超えるグラフェン分散液の作製	仁科勇太	岡山大学	黒鉛からグラフェンを直接作製するために、黒鉛を高圧の衝撃処理、キャビテーション処理、せん断処理、超音波処理を実施した。その結果、超音波処理が効果的であることがわかった。条件を最適化することにより、10%以上の濃度のグラフェン分散液を得ることに成功した。得られたグラフェンの分析として、AFMやXRDを測定した。また、グラフェンの配線や電極への応用可能性を示すために、スクリーン印刷等による塗布を実施し、得られたグラフェン配線の電気伝導率を評価した。以上のように、本研究開発期間中に、高濃度グラフェン分散液の作製とその物性を評価することができ、今後の実用化に向けた研究基盤を整えることができた。	期待以上の成果が得られ、技術移転につながる可能性が大いに高まった。特に、10%を超える濃度のグラフェン分散液の作製に成功したことは顕著な成果である。技術移転の観点からは、実験室レベルで100g/hの生産能力があることも確認しており、量産化も期待できる。今後は、グラフェン10kg以上製造できるまでスケールアップすること、全ての黒鉛に対してグラフェン化を十分進行させることが期待される。

2019年度「研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)機能検証フェーズ 実証研究タイプ」事後評価結果

※所属機関は研究開発期間終了時のもの

研究開発課題名	研究代表者氏名	所属機関	課題の総括	事後評価所見
グラフェンを基盤としたエレクトロクロミック材料の開発	灰野岳晴	広島大学	本研究ではトップダウン法で得られるナノグラフェンを用い、そのエッジ部分に存在する含酸素官能基を利用した構造修飾によるエレクトロクロミック(EC)材料の創出を目標としている。EC性能の向上、特に近赤外領域での吸収帯の変化率の向上と駆動電圧の低下を目指して開発を行った結果、窒素含有芳香族炭化水素を有する有機置換基をナノグラフェンのエッジに導入することで近赤外領域での吸収帯の変化率が大きく向上した。さらに懸案であった駆動電圧の低下に成功した。有機溶媒等に対する親和性も向上したため、デバイス作成が容易になると期待される。そのため、目標としたナノグラフェンを基盤としたEC材料の実現に近づく重要な成果をあげた。今後の展開として、今回の研究を基盤とした電氣的応答が速いEC材料の開発を目指す。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、ナノグラフェンに化学修飾を施し構造を変えることで可視領域から近赤外領域までの広い吸収バンドを持つ調光材料に仕上げたことは評価できる。技術移転の観点からは、調光可能な波長領域を広げた炭素材料の合成に成功したことに関して、実用化が望まれる。今後は、今回開発した炭素材料を使ったエレクトロクロミック(EC)調光ガラスは、低消費電力でもあり、太陽光という熱エネルギーを制御出来る省エネ技術として低炭素社会に貢献することが期待される。
センサレスで接触感知するアクチュエータによる“人にやさしい”ロボットアームの実現	佐々木秀和	広島県立総合技術研究所	センサレスで接触感知できるアクチュエータを実現するために逆駆動性に優れた差動型減速機を試作した。この減速機はロボット用途に適した中空軸型とし、衝突や緊急停止による衝撃荷重に対応した高トルク化を図りつつ小型軽量を実現した。次いで、この減速機とニース企業の独自技術であるトルクモニタリング可能なステッピングモータ制御システムとを組み合わせた単軸スカラー型の評価用ロボットを製作した。ロボットアームが障害物と衝突した時、その接触反力を逆伝達性に優れた減速機が効率良くモータ側に伝えることができるため、接触センサを使うことなく接触を感知し緊急停止できるアクチュエータを開発した。	期待以上の成果が得られ、技術移転につながる可能性が大いに高まった。特に、コルヌ歯車を適用した差動型減速機により、ロボットアームが接触感知できることを実証できたことは顕著な成果である。技術移転の観点からは、ニース元企業の製品での実用化(減速機の内製化)が期待される。今後は、減速機の性能向上や量産化、特殊歯車設計ソフトウェア開発、コンプライアンス制御用のモータ制御技術開発等を進めることで、コルヌ歯車が幅広い分野で活用されることが期待される。
微生物代謝を利用した高機能コンクリートの開発	河合慶有	愛媛大学	本研究では、好気性微生物を練り混ぜた防食性能の高い高機能コンクリートの製造技術と実環境下における自己治癒効果の検証を行った。製造技術に関しては、ラウンドロビンテストを実施し、使用材料の相違がフレッシュ性状・圧縮強度に与える影響は小さいことを確認した。実環境における曝露実験では、目標値であった腐食電流密度 $0.4 \mu A/cm^2$ を下回る結果となっており、高機能コンクリートの有用性を示した。なお、非接触による酸素濃度計測技術を用いて、約9か月後までの自律治癒効果の持続性を把握する方法を構築することができている。一方、ひび割れ補修効果および腐食抑制効果については、曝露期間・条件について検討の余地が残る結果となったため、共同研究により長期的な曝露試験を通じて実用化への展開を進める予定である。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、コンクリート中に添加した納豆菌による腐食抑制効果の検証と非接触での評価技術を確立したことは評価できる。技術移転の観点からは、施工性や、基礎物性、ラウンドロビンテストによるばらつきに関する研究の結果、コンクリートの性能を一定の範囲にコントロールできることが確認されたことから、実用化が望まれる。今後は、長期間にわたる耐久試験を行い、本技術の有効性を再確認するとともに自己修復状況の解析により実用化に向け進展することが期待される。
光音響波を利用した完全非接触・非破壊検査法の開発	中畑和之	愛媛大学	ジャパンプローブ(株)は空中を伝搬する超音波プローブを用いて、片側アクセスによる完全非接触非破壊検査法を開発したいというニーズがある。本研究は、理化学研究所が開発した小型レーザー光源によって固体内に光音響波を発生させ、欠陥からの散乱波を超音波プローブを用いて空中で受信し、愛媛大学の開口合成技術によって欠陥の3次元映像化を行うものである。レーザー光源の小型化、光学経路の最適化、開口合成技術の高速化は、当初の数値目標を上回って達成することができた。超音波プローブで光音響波を非接触受信できたことは確認済みであるが、研究期間の制約上、光音響イメージングシステムのプロト機の総合検証が未達成である。引き続き、システムの検証を実施する予定である。	当初期待していた成果までは得られなかったが、技術移転につながる可能性は一定程度高まった。中でも、小型レーザー装置の開発や高速データ処理に関する技術開発により光音響による非破壊検査の可能性を示せたことは評価できる。プロトタイプの装置による光音響測定によるイメージングの実証を行い、実用化に向けた課題抽出やデータの積み上げなどが必要と思われる。今後は、工業製品や社会インフラ構造部材の非破壊検査装置をメーカーとエンドユーザーを加えた共同研究を進めることが望まれる。
既製の内視鏡を用いた広範囲な3次元形状とテクスチャの同時取得システムの開発	川崎洋	九州大学	本研究開発では、「内視鏡にSLAM技術を適用するアルゴリズム」および、「内視鏡において形状復元と同時にテクスチャが取得できるシステム」を開発目標とし、3つの開発を実施した。1つは「カメラとプロジェクタの自己校正手法の開発」であり、深層学習の1つであるU-Netを用いて達成した。2つ目は「複数フレームの計測データの同時位置合わせおよび形状統合」であり、ICPとバンドル調整を交互に実施する手法を提案実装することで実現した。3つ目は「形状復元とテクスチャ取得システムの開発」であり、光ファイバを二重化し、可視光用の白色光源と形状復元用の緑色レーザーを同時に投影するハードウェアを開発し性能を達成した。これら一連の開発内容を特許出願した他、新しい共同研究を開始した。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、開発目標として掲げていた3つの開発項目について、深層学習の適用および光ファイバの二重化を実施するなど、目標を全て達成したことは評価できる。技術移転の観点からは、本研究成果は、工業用の内視鏡開発だけに留まらず、医療分野の内視鏡や顕微鏡などへ展開・波及することに関して、実用化が望まれる。今後は、医療用の内視鏡開発においては、医療機器製造・販売企業との連携が必要なので、早急に対応し応用展開することが期待される。
リンパ浮腫の早期発見を実現する生体組成の光学的非侵襲計測技術の開発	下村義昭	長崎県工業技術センター	リンパ浮腫の早期発見では皮下の体液量とアルブミン濃度の測定が有効となる。本開発では生体による光散乱やヘモグロビン色素等の夾雑物による吸収、さらには測定部位の温度変化の影響を排除した生体組成の高精度な光学的非侵襲計測手法を提案し、理論・実験の両面で測定精度等の実用性を検証した。また、本計測手法をベースとした測定装置の試作では、小型・軽量化に伴う幾つかの課題も抽出されたが、片手で操作が可能な重量約180gでリモコンサイズを実現した。今後は、測定装置の試作で抽出された課題を解決すると共に、本装置を用いたリンパ浮腫の早期診断方法を確立して医療機器としての製品・事業化を目指す。	概ね期待通りの成果が得られ、技術移転につながる可能性が高まった。特に、水分量とアルブミン濃度の測定精度を目標値を大幅に上回る精度で推定できるTFDRSベースの測定アルゴリズムを確立できたことは評価できる。技術移転の観点からは、小型軽量でリーズナブルな計測装置としてニース元企業からも高く期待され、実用化が望まれる。今回新たに見つかった技術的課題については、JSTやAMED、及び他府省の研究資金等の獲得を通して、継続研究されることを期待する。