

○戦略目標「超生体組織創出への挑戦」の下の研究領域

異分野融合による超生体組織の創製と新機能の創出

研究総括：秋吉 一成（京都大学 大学院医学研究科 名誉教授・特任教授）

研究領域の概要

本研究領域では、生体が持つ本来の機能を増強あるいは減弱した組織、また新規機能の付加などにより特定の機能に特化または適合させた組織を超生体組織と捉え、様々な生体物質や人工物質の組み合わせによって、その創製に挑戦します。

具体的には、生体と同等の機能や形態、あるいは極性を有する高機能・高品質な組織を構築するとともに、細胞集団の構成、組織化をデザイン、制御することで特定の機能を発揮するような動的な材料システムの創出にも併せて取り組みます。このビジョンの実現には、ものづくり研究が現象理解や原理解明と相互に循環することが重要であり、分野の枠を超えた新しい発想や概念、技術を取り込むことが必要不可欠です。このため、本研究領域では、幅広い分野への実用化を見据えた展開と、出口にとらわれない自由な発想に基づく基礎研究、双方の視点を持つ研究開発を、分野融合と研究者の繋がりにより促進します。また、細胞間コミュニケーション等の生体組織制御機構および材料・デバイスと細胞集団の複合的動態への理解とモデル化、並びに、これら取り組みに資する新たな要素技術の開発も推進します。

本領域で創出される革新的な技術や新たな知見は、バイオ・ライフサイエンス・材料・医療分野等にイノベーションをもたらすことが期待されます。

募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針

1. 背景

近年、生体物質の特徴である適応性や高次機能と、人工物質が有する安定性や設計・制御の容易さ等の、双方の優位性を兼ね備えた技術の開発が注目されています。他方、実用化の観点からは、国際的な優位性を確保していくために我が国発の全く新しい技術を創出していくことも期待されています。そのような中、我が国が強みを有する分野の一つとして、iPS細胞、幹細胞分野があり、それに関連する研究として、オルガノイドをはじめとした生体に近い組織の構築が試みられていますが、現状では発展途上の段階にあると言えます。一方で、近年の AI 等を導入した計測、解析制御技術、バイオ DX 研究の急速な進歩と遺伝子編集技術や合成生物学の進展により、生命現象の理解・予測・制御に関わる生命科学の技術革新が進んでいます。そのために、分子～細胞～組織レベルにわたる生命現象の複合的、階層的理解が可能となりつつあります。さらに、バイオアダプティブ材料設計、自己組織化や様々な工学技術 (MEMS、3D ファブリケーションなど)、数理・情報等の技術も高度化していることから、より高機能で高品質な組織を創出するための基盤が整いつつあると考えられます。

以上の背景を基に、本研究領域では、生体が持つ本来の機能を増強あるいは減弱した組織、また新規機能の付加などにより特定の機能に特化または適合させた組織を超生体組織として捉え、様々な科学技術と融合させることで、その創製に挑戦し、我が国発の技術革新によって世界を牽引する研究分野を創出していきたいと考えています。このような取り組みにより、バイオ・ライフサイエンス・材料・医療分野等にイノベーションをもたらすことで、環境浄化、資源循環、食糧問題、健康医療問題等の社会課題を解決し「持続可能な社会への移行」の実現に貢献することが期待されます。

2. 募集・選考の方針

本研究領域では、例えば、生命科学、医学、医工学、バイオマテリアル工学、薬学、生物工学、物質・材料科学、高分子科学、数理科学、情報科学、物理学、化学、植物学、農学等の様々な科学技術の融合により、人工物質にはない、また生体物質だけでは実現できない性質・機能・仕組みを有する生体を超越する新たな組織、すなわち超生体組織の創出に挑戦し、バイオ・ライフサイエンス・材料・医療分野等におけるイノベーションの創出を目指します。そのために具体的には、本研究領域では、以下の①～③の3つの『柱』を据えて研究開発を推進します。

① 生体機能を調整・操作した新しい組織の創製

生体が持つ本来の機能を増強あるいは減弱した組織、または新規機能の付加などにより特定の機能に特化または適合させた組織の創製に取り組むことを想定しています。例えば、免疫、発生・再生、神経、代謝、内分泌系等の生体機能を調節、制御しているシステム、生

体組織の感覚機能（視覚、聴覚、触覚等）など、様々な生体組織や生体機能にインスパイアードされた革新的な組織の創製と新機能の創出が期待されます。内在の遺伝子機能を調整・操作するバイオテクノロジー、合成生物学的手法や人工細胞組織化等により、生体が本来保有している隠れた潜在能力を引き出し活用することも含むと考えられます。

② 生体と同等な機能組織の創出

材料・デバイス技術を開発、活用することで、幹細胞や iPS 細胞の分化、組織化制御とその機能を制御し得る技術を創出し、これまで困難であった様々な生体組織（上皮組織、結合組織、筋組織、脳神経組織、骨組織など）と同等の形態や機能を有する組織を創出することを想定しています。細胞の分化、組織化を制御する方法として、例えば、材料・デバイス技術による形態制御や細胞外情報（物理的（力学的、電気的など）や化学的情報と生物学的情報）の階層的時空間応答制御が考えられます。革新的なオルガノイド、臓器モデルの創製と利用が期待されます。

③ 細胞集団の高次機能や適応性を活用した新しい動的な材料システムの設計・構築

細胞集団の構成、組織化をデザイン、制御することで特定の機能を発揮するような動的な材料システムの創出とその利用に取り組むことを想定しています。細胞集団として、微生物、細菌等の単細胞生物から多細胞生物（動物、植物、藻類、菌類）まで、また、均一の細胞種に限らず、複合的な細胞集団までを対象に含みます。人工物と生細胞の利点を兼ね備えた動的な材料システムは、例えば、環境に応じた機能発現制御や自己修復・自己増殖によって、物質の製造と循環、エネルギー変換等の最適化を図るシステム、また、ヘルスケアデバイス・センサー、環境浄化システムへの応用などが期待されます。

これらの研究の過程または結果として、自然界には存在しない新しいものが創出されることや、人体を含む生体機能の拡張・改変につながる可能性があるため、ELSI/RRI の観点から、適切な情報発信等への取り組みにも配慮することが期待されます。

これらのものづくり研究を支える基盤として、以下の④、⑤の2つの『要素』が必要不可欠であり、これらの双方が循環し、シナジー効果を発揮することで、新たな現象・原理の解明や革新的な技術の創出につながると考え、両者を併せて推進していきます。

④ 生体組織制御機構、材料・デバイスと細胞集団との相互作用、界面科学等の基盤的な理解・モデル化

⑤ 組織の創出、計測評価、機能制御等に活用できる要素技術の開発

本研究領域への提案に際しては、3つの『柱』と2つの『要素』のうち、それぞれ少なくとも1つずつ取り込んだ形で分野融合的な研究チームを構成していただくことを求めます。3つの『柱』については留意いただきたいポイントを示しましたが、必ずしも提案内容を限定するというものではありません。また、研究領域内の他チームにもその知見や技術を展開

し、フィードバックを受けることで、チーム間の交流や共同研究に積極的に取り組んでいただきたいと考えています。

3. 研究期間と研究費

研究期間は5年半以内とします。

当初研究費（直接経費）は提案内容の実現に必要な額を申請することとし、1課題あたり総額3億円（直接経費）を上限とします。研究総括による精査の結果、採択に際しては研究費の調整を行う場合がありますので、予めご了承ください。

研究期間中は研究費の見直しを随時行いますので、研究進捗に応じた年度ごとの増減や研究加速のための支援を行う場合があります。また、研究開始4年度目に中間評価を実施します。評価結果により、研究費の見直し、研究チームの再編を指示することがあります。

4. 提案にあたっての留意事項

- (1) 上記の3つの『柱』のうち、いずれに取り組むのか明示してください。また、実施するにあたって、ボトルネックとなっている技術課題を明確にし、既存技術に対する優位性及び、解決に至るマイルストーン、その実現可能性に関する予備検討結果、バックアッププラン等を、具体的かつ定量的に記載し、技術開発の実現可能性の説得力を高めていただきたいと思います。
- (2) 提案に含まれる『要素』（2つのうち少なくとも1つ）について、各専門分野における新規性或科学技術上のインパクトについて明らかにし、また、その技術や知見が応用、実装された際の適用対象や期待される波及効果についても記載してください。