

革新的先端研究開発支援事業

「メカノバイオロジー機構の解明による

革新的医療機器及び医療技術の創出」

ユニットタイプ・ソロタイプ（AMED-CREST、PRIME）

研究開発領域 事後評価結果

革新的先端研究開発支援事業  
「メカノバイオロジー機構の解明による革新的医療機器及び医療技術の創出」  
研究開発領域  
領域事後評価委員会

※本報告書内では、評価当時の所属・役職を記載

## －目 次－

I. 概要	・・・ 1
1 研究開発領域の概要	
(1) 研究開発目標	
(2) 概要	
2 評価の概要	・・・ 2
(1) 評価の実施時期	
(2) 評価委員一覧	
(3) 評価項目	
II. 評価結果	・・・ 4

# I. 概要

## 1. 研究開発領域の概要

### (1) 研究開発目標

革新的医療機器及び医療技術の創出につながるメカノバイオロジー機構の解明

### (2) 概要

生体は重力などの物理的刺激に常にさらされ、それらの力に対して生体が常に適応していることは、宇宙飛行による筋肉量、骨密度の大幅な低下や、長期臥床による廃用性萎縮からも明らかである。メカノバイオロジーは、物理的刺激が分子、細胞内小器官、細胞や組織にどのように感知され、その刺激に対する生体応答や制御機構がどのように働くかを解明する研究である。近年、音波による血管新生作用を活用した新規治療法が開発されるなど、物理的刺激を医療に応用することへの将来性が示されている。

本研究開発目標では、我が国が誇る先導的詳細計測・制御技術等を融合し、物理的刺激の受容機構とその調節機構、物理的刺激の受容後に生じる細胞内シグナル伝達機構等の詳細な解明から、目標とする生体応答を惹起する適切な物理的刺激を選択し制御することにより、革新的医療機器及び医療技術を創出し、健康長寿社会を実現する。

## 2. 評価の概要

### (1) 評価の実施時期

研究開発領域終了後に実施。

### (2) 評価委員一覧

佐々木 裕之	九州大学生体防御医学研究所 特別主幹教授・特命教授・名誉教授
高橋 聡	東北大学多元物質科学研究所 教授
◎難波 啓一	大阪大学大学院生命機能研究科 特任教授
坂内 博子	早稲田大学理工学術院 教授
宮島 篤	東京大学定量生命科学研究所 特任教授
※◎委員長	

(敬称略)

### (3) 評価項目

本評価委員会においては、以下の評価項目に基づき総合的に評価が実施された。

#### ア 研究開発領域マネジメントの状況

- ・研究開発課題の選考方針は適切であったか  
(採択された課題の構成、研究者の専門分野・所属等)
- ・研究開発領域のマネジメントは適切であったか  
(研究開発領域の運営方針、研究進捗状況の把握と評価、それに基づく指導、課題間の連携の推進、研究開発費の配分上の工夫、人材育成等)

#### イ 研究開発領域の目標達成に資する成果

- ・科学技術の進歩に資するという視点から見て、研究成果は国際的に高い水準にあるか (論文、学会・会議における発表状況等)
- ・医療の革新に寄与する卓越した成果 (技術的・社会的に大きなインパクトを期待できる成果) が得られたか  
(産業や社会への展開・実装の見通し、知的財産権取得への取組状況等)

#### ウ 総合評価

ア～イを勘案しつつこれらと別に評点を付し、総合評価を行う。

## II. 評価結果

研究開発総括： 曾我部 正博（金沢工業大学人間情報システム研究所・教授）

研究開発副総括：安藤 譲二（獨協医科大学医学部 生体医工学・特任教授）

## 総合評価

本研究開発領域は、研究開発目標である「革新的医療機器及び医療技術の創出につながるメカノバイオロジー機構の解明」に基づき、我が国が誇る先導的詳細計測・制御技術等を融合し、物理的刺激の受容機構とその調節機構、物理的刺激の受容後に生じる細胞内シグナル伝達機構等を詳細に解明し、生体応答を惹起する適切な物理的刺激を選択し制御することにより、革新的な医療機器及び医療技術を創出することを目的とした。

具体的には、①「物理的刺激に対する感知機構・調節機構・応答機構の解明を基にした新規適応疾患におけるシーズの創出」、及び②「バイオナノ界面技術等を活用した、医療応用につながる物理的刺激発生デバイスの開発及び最適化に資する基盤技術の創出」を目指した。

本研究開発領域の開始によって、それまでは医学・理学・工学といった異なる学術分野にまたがり、かつ基礎から応用といった広範囲に分散していた研究人材を集結し、我が国のメカノバイオロジー分野を確立したこと及び研究者コミュニティと研究基盤の醸成に大きく貢献したことは特筆すべき成果である。あわせてメカノバイオロジーに携わる研究者、特に若手の研究者の人口を明らかに拡大し裾野を広げたことは高く評価できる。

また、本研究開発領域の支援が寄与した国際学術誌での論文発表は、その総数のみならず、国際的にも高い水準の学術誌に数多く発表されている。同様に、海外招待講演数や国際特許の数についても十分に高い水準を達成しており高く評価できる。医療革新に寄与する成果も数多く創出されており、それは国内および国際特許出願の数にも反映されている。

まだ数は多くないが、時限的で短いこの研究開発領域期間中に、既に企業導出・治験開始等の新たな治療戦略に資する成果が得られたこと、実用化に向けたAMEDの事業・プログラム等に繋がったことは優れた成果であり、本研究開発領域の良好なマネジメントのもと、本研究開発領域の目標となっていた「革新的医療機器及び医療技術の創出につながるメカノバイオロジー機構の解明」は達成できたものと極めて高く評価できる。あわせて、本研究開発領域から創出されたあるいは派生したシーズが、今後、さらなる高度化と一層の異分野研究者との協業により革新的医療機器及び医療技術を創出し、企業研究者等へ橋渡しされ、最終的に社会実装されることで健康長寿社会の実現が期待される。

本研究開発領域に参画した研究者のプロモーションの成功に積極的に関与し、次世代を担う多くの研究者が輩出されたことも高く評価できる。本研究開発領域期間中に AMED-CREST では研究開発分担研究者を含む12名、PRIME では8名が教授クラスへ昇進し研究室を主宰することになった。人材育成の成功とメカノバイオロジー分野に携わる研究者が大きく増加した功績は、研究開発総括、研究開発副総括および領域アドバイザーの熱意ある助言・指導を含めた数々の運営上の方策が取られたものとしても高く評価できる。

一方で、本研究開発領域は AMED 設立後に革新的先端研究開発支援事業で運営された最初の研究開発領域だったこともあり、領域事務担当の配置や国際会議開催の運営面で今後検討すべき事案が見受けられた。あわせて、本研究開発領域の研究成果の実用化を支援する取り組みも十分であったとは言い難い。今後、AMED に対して研究費の基金化など研究費執行の柔軟な対応や工夫、支援体制の充実化を期待したい。

他方では、基礎研究に携わる研究者にとって、昨今は継続的に研究費を獲得することが容易ではなくなっている。特に、次世代を担う若手の研究者が開拓し、開始した研究開発課題を継続・発展できる支援や共同研究を支える仕組みの早急な整備が切望される。

以上より、本研究開発領域に参画した様々な分野の研究者から多岐にわたる多くの成果が報告され、国内外においてメカノバイオロジー分野の研究がより活性化されること、あわせて、本研究開発領域から創出されたシーズによる革新的な医療機器及び医療技術が社会実装されることを切に期待する。

## 1. 研究開発領域としての研究開発領域マネジメントの状況

### (1) 研究開発課題の選考方針について

本研究開発領域の 3 年間の公募選考では合計 627 件 (AMED-CREST:205 件、PRIME:422 件) の応募から 43 件 (AMED-CREST:13 件、PRIME:30 件) の課題が選択された。選考委員会の主導のもと AMED-CREST ではメカノバイオロジー分野に関連した医学的に重要な対象(血管、心臓、骨格筋、骨など)を中心に高い成果が期待できる提案課題に絞り込み、PRIME ではそれを補完し相乗効果を生み出すと共に将来性のある大胆な提案課題を優先し、AMED-CREST では医学系、PRIME では理学系・工学系(主に分子生物学・分子細胞学・生物物理学等)出身の研究者が研究開発代表者となる課題を採択した。最終的には分子・細胞・個体のバランス、基礎研究から臨床応用のバランスが十分にとれた研究開発領域となった。さらに、採択時のねらいどおり AMED-CREST・PRIME 間での共同研究の開始・発展に繋がり、多くの成果を創出した。

一方で、研究開発総括および研究開発副総括も省みられていたように、当初、本研究開発領域で想定していた“分子力覚”分野のメカニズム解明に挑戦する研究開発課題が少数の応募に留まったことは、公募採択時のプロモーション方法に対する工夫が不十分だったこと、もしくは公募選考後の研究開発実施中に、研究開発領域全体で“分子力覚”分野に取り組むような運用(研究開発分担者等のリクルートや課題設定)も検討できる余地はあったように窺がえる。

本研究開発領域の発足当初掲げられていた学問的な課題の解明を継続できるような研究支援と環境整備に期待したい。

### (2) 領域アドバイザーの構成について

領域アドバイザー選任にあたり広範囲の研究分野から研究者の参画を図り、メカノバイオロジーの専門家、関連の深い生理学者、材料・デバイス関連研究者、そして企業から医療器具、医療測定機器開発研究者、合計 8 名のアドバイザーによって、多様な応募課題の選考、採択後に異なる視点から適切な助言、指導や評価が実施された。本研究開発領域の発足当時は新興分野であるにもかかわらず、優れたアドバイザーを招集し、高い倍率の中、優れた課題を採択できたことは公募選考の方針が適切であり、アドバイザーの人選が適切だったものと評価できる。一方で、領域中間評価において指摘のあった医療応用に向けたアドバイザーの追加がなされなかったことは、本事業の領域運営面の不備事案であった。

### (3) 研究開発領域のマネジメントについて

年度ごとの研究進捗状況の把握、サイトビジット、領域会議、分野別分科会、公開国際シンポジウムの開催といった研究開発総括および研究開発副総括によるマネジメントが本領域の成功に大きく貢献した。結果として、多くの成果が創出し、多くの研究者のプロモーションに成功した。また、若手研究者コミュニティの形成に大きく尽力したことも本領域にとどまらない特筆すべき成果として捉えることができる。中心となる生物物理学会の活性化や科学研究費助成事業への波及効果も認められ、本邦のメカノバイオロジー分野の基盤の醸成に与えた影響は大きい。一方で、本領域の研究開発期間中に領域事務担当が複数人交替したことや、国際会議の企画・運営に十分対応できなかったこと等、AMED 側の事業マネジメントにおける改善が望まれており、今後の検討事案である。

## 2. 研究開発領域としての研究開発目標の達成に資する成果

### (1) 科学技術の進歩に資するという観点から見て、研究成果は国際的に高い水準にあるか

領域の目標達成に向けて広く基礎研究の基盤醸成に留意して研究開発が進められた結果、総計 780 編以上の国際学術誌へ基礎・応用両面での独創性の高い成果が掲載された。国際的に高く評価されている学術誌にも 160 編以上掲載されている。また、国際会議への招待講演は約 200 件行われた。本領域に参画した研究者が情熱や野心を持って研究に取り組んだことの証しであり、研究成果は十分に国際的に高い水準で、本邦の科学技術の進歩に大きく貢献した。

本研究開発領域では具体的に生体内外からのメカニカルストレスを感知・応答する分子機構等（イオンチャネルから糖鎖、センシング分子の実態）の解明に貢献し、細胞・組織の力学応答の生理機能、加齢に伴う運動機能の低下、多岐にわたる疾患（骨粗鬆症・心不全・高血圧・脳動脈瘤・癌転移・筋ジストロフィー等）発症との関連について多くの知見が得られている。その過程で、力学応答を可視化する新規技術も開発され、細胞のメカノセンシング機構を利用した目的の細胞分化状態や配置を制御できる培養技術や、

人工造血組織や人工内耳のプロトタイプ等の開発も行われている。これらの研究成果は本邦の科学技術および医療の進歩に大きく貢献したことならびに、今後、革新的な医療機器及び医療技術のシーズとなることは明確である。応用展開が期待できる成果が無駄にならないような取り組みを期待したい。

**(2) 医療の革新に寄与する卓越した成果（技術的・社会的に大きなインパクトを期待できる成果）が得られたか**

本領域の成果は医療応用に比較的近く、早急に医療応用に進むように思われたが、現時点で、革新的な医療機器及び医療技術といった直接的な成果は少ない。しかしながら医療に役立つ可能性のあるシーズを数多く提案できた意義は大きい。実際に、本研究開発領域の成果として医療応用に向けて国際特許 10 件、国内特許 33 件が出願されており、企業等への導出事案、医師主導治験の実施にも展開している。一方で、創出された成果を AMED 他事業へ橋渡しする試みや企業を巻き込むようなアウトリーチ活動・PR 活動といった工夫は不十分だったように窺われる。研究開発領域期間終了後も、創出されたシーズの育成先となる AMED 事業やプログラム紹介等の働きかけの機会を増やし、医療機器や医療計測装置あるいは医薬の開発に繋がられるような支援や取り組みに期待する。

以上