KOBE UNIVERSITY

STIN
Breakthrough & Innovation

外部評価報告書 2019

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科

は じ め に

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科は 2016 年 4 月に設置され、現在博士課程後期課程の設置完成に向けて、カリキュラムを完遂すべく教職員が一体となって活動している最中でありますが、神戸大学の第三期中期計画にかかる中間評価にあたり設置完成前であるものの外部評価を実施することになりました。

実施にあたっては、科学技術イノベーション研究科における最大の特徴であるアントレプレナーシップ教育に関するカリキュラムと実践の状況、また自然科学系分野（バイオプロダクション、先端膜工学、先端 IT、先端医療学）における研究活動の状況、さらには研究科の附属センターである科学技術イノベーション推進室（教育に関する研究科の活動支援）とオープンイノベーション人材センター（研究に関する研究科の活動のひとつ）も外部評価の対象とし、我が国の学界・産業界を代表する評価委員をお招きしていただいた貴重なご意見を本外部評価報告書にまとめることといたしました。

この報告書を科学技術イノベーション研究科における今後の活動の拠所とし、さらには神戸大学の法人評価に向けた現況調査表（教育、研究）にも反映することで機能強化の展開にも役立てたいと考えています。

本報告書は、2019 年 9 月 13 日に開催された外部評価委員会の際に用いた資料と外部評価委員からの講評をまとめたものです。外部評価委員をお務めいただいた相澤益男先生（国立研究開発法人科学技術振興機構・顧問）、小笠原直毅先生（国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学・名誉教授）、尾野俊二先生（株式会社みなと銀行・特別顧問）、長谷川博和先生（早稲田大学大学院ビジネススクール・教授）、平尾公彦先生（国立研究開発法人理化学研究所・顧問）には、多大な激励と今後の進むべき方向性について貴重なご意見やご教示を賜りました。心よりお礼を申し上げます。

なお、外部評価に当たっては、自己点検・評価書の作成には科学技術イノベーション研究科広報・評価委員会委員、外部評価検討 WG 委員及び各センター長の各位に多大なご協力をいただき、また、資料の作成には多くの科学技術イノベーション研究科教職員の協力をいただいたことに対し心より感謝を申し上げます。この報告書が、神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科の今後のさらなる発展の一助になることを願っております。

令和 2 年 3 月

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科長

近 藤 昭 彦

目　次

外部評価委員会概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

外部評価委員会資料
科学技術イノベーション研究科外部評価書（教育）・・・・・・・・・・・・・・・ 5
科学技術イノベーション研究科外部評価書（研究）・・・・・・・・・・・・・・・ 37
科学技術イノベーション研究科研究業績説明書・・・・・・・・・・・・・・・・・ 77
科学技術イノベーション研究科の概要説明・・・・・・・・・・・・・・・・・・・101

外部評価委員会委員　意見書・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・159

あとがき・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・161

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科外部評価検討WG委員名簿・・・・163

外部評価委員会概要

１．委員会開催日時

日　時：令和元年 9 月 13 日（金）午後 1 時 30 分～午後 5 時

場　所：自然科学総合研究棟 1 号館 2 階 204 会議室

２．委員会出席者

【外部評価委員会委員】

相澤　益男　委員（国立研究開発法人科学技術振興機構・顧問）

小笠原直毅　委員（国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学・名誉教授）

尾野　俊二　委員（株式会社みなと銀行・特別顧問）

長谷川博和　委員（早稲田大学大学院ビジネススクール・教授）

平尾　公彦　委員（国立研究開発法人理化学研究所・顧問）

【科学技術イノベーション研究科】

近藤　昭彦（研究科長）

忽那　憲治（評議員・副研究科長）

永田　　真（広報・評価委員会委員長）

太田　　能（教務・入試委員会委員長）

吉岡　朋久（バイオ・環境講座主任）

天能精一郎（先端 IT 講座主任）

白川　利朗（先端医療学講座主任）

山本　一彦（アントレプレナーシップ講座主任）

吉田　健一（外部評価検討ＷＧ員）

青井　貴之（外部評価検討ＷＧ員）

尾崎　弘之（外部評価検討ＷＧ員）

三宅　秀昭（外部評価検討ＷＧ員）

高松　　肇（事務課長）

３．議 事

（１）研究科長挨拶・外部評価委員会委員紹介

（２）外部評価委員挨拶

（３）科学技術イノベーション研究科出席者紹介

（４）外部評価について

１）科学技術イノベーション研究科における現況の概要説明

２）項目別評価

①教育面について
・科学技術イノベーション研究科
・部局内センター（科学技術イノベーション推進室）
②研究面について
・科学技術イノベーション研究科
・部局内センター（オープンイノベーション人材センター）

３）質疑応答

（５）各委員から講評

（６）研究科長挨拶

４．配付資料

○科学技術イノベーション研究科の概要説明　※当日説明用資料
・研究科の紹介、項目別評価：教育、科学技術イノベーション推進室、
項目別評価：研究、オープンイノベーション人材センター

○外部評価委員会資料　事前配付及び当日配布
・科学技術イノベーション研究科の紹介
・科学技術イノベーション研究科　外部評価書（教育）
・科学技術イノベーション研究科　外部評価書（教育）別添資料　※下記参照
・科学技術イノベーション研究科　外部評価書（研究）
・科学技術イノベーション研究科　外部評価書（研究）別添資料　※下記参照
・科学技術イノベーション研究科　研究業績説明書
・科学技術イノベーション研究科　研究科パンフレット
・科学技術イノベーション研究科　研究紹介パンフレット

○（教育）別添資料
・神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科 博士課程前期課程・2019 年度シラバス
・神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科 博士課程後期課程・2019 年度シラバス
・神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科（科学技術イノベーション推進室）平成 30 年度 年次報告書
・入学試験実施状況等について

○（研究）別添資料
・第 1 回目科学技術イノベーション研究科シンポジウム

・第 2 回目科学技術イノベーション研究科特別シンポジウム
・平成 28 年度科学研究費助成事業
・平成 29 年度科学研究費助成事業
・平成 30 年度科学研究費助成事業
・平成 28 年度大型研究プロジェクト
・平成 29 年度大型研究プロジェクト
・平成 30 年度大型研究プロジェクト
・バイオプロダクション次世代農工連携拠点の事後評価
・先端バイオ工学研究センター
・一般社団法人先端バイオ工学推進機構
・一般社団法人バイオロジクス研究・トレーニングセンター（BCRET）
・Global Biofoundry Alliance
・The 5th Asian Graduate student Symposium on Membrane Engineering
・ゲノム編集研究に関する記事など一覧
・本研究科所属研究者の学術コミュニティにおける主な活動内容：詳細版
・オープンイノベーション人材センター平成 28 年度年次報告書
・オープンイノベーション人材センター平成 29 年度年次報告書
・オープンイノベーション人材センター平成 30 年度年次報告書
・J. Comput. Chem.誌フロントカバー
・株式会社科学技術アントレプレナーシップ

外部評価委員会資料

科学技術イノベーション研究科

外部評価書（教育）

科学技術イノベーション研究科（教育）

１．研究科の設置背景及び教育目的・・・・・・・・・・・・・・・２～３

２．研究科の特色・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４

３．研究科の組織構成　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５～６

４．博士課程前期課程について・・・・・・・・・・・・・・・・・７～11

５．博士課程後期課程について・・・・・・・・・・・・・・・・・12～17

６．科学技術イノベーション推進室（研究科内センター）・・・18～19

７．入学試験実施状況等について・・・・・・・・・・・・・・・・・20

８．修了生に実施したアンケート調査結果・・・・・・・・・・・21～23

９．進路状況について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・24～25

10．就職先へのアンケート調査結果・・・・・・・・・・・・・・・26～27

11．その他特筆すべき活動・・・・・・・・・・・・・・・・・・・28～31

※本資料は、神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科（教育）および科学技術イノベーション推進室（研究科内センター）について外部評価を戴くために準備したものである。

１．研究科の設置背景及び教育目的

（１） 設置の背景

近年、産業界では、産業構造の変化やグローバル競争の激化、社会ニーズの多様化といった環境変化のなか、自前主義を脱却し、大学、公的機関、ベンチャー企業などとの外部連携から技術やアイデアを取り込むことで新しい価値を創り出すオープンイノベーションが重要視されている。また、新成長分野の開拓や新たな雇用とイノベーション創出の担い手としてベンチャー企業への期待が高まっている。しかしながら、わが国においては、最先端の研究成果を実用化に結び付けるイノベーション･エコシステムが構築できておらず、また、社会全体として新しいことに挑戦する企業家精神（アントレプレナーシップ）への受容性が低いことが問題になっている。

例えば、平成 24 年 12 月に科学技術・学術審議会産業連携・地域支援部会産学官連携推進委員会が取りまとめた「産学官連携によるイノベーション・エコシステムの推進について」では、「我が国においては、小規模な産学共同研究が大半である上、その成果を大きな社会的インパクトや新たな市場を創出するイノベーションにつなげるエコシステムが構築できていない」、「新規の大学等発ベンチャーの年間設立数は、平成 16、17 年度の 252 件をピークに平成 23 年度には 69 件と大幅に減少している」ことを指摘した上で、「このままでは革新的イノベーションには到達しにくい状況にあり、このような現状からの打破が必要である」と述べられている。

また、平成 25 年 12 月に経団連から「イノベーション創出に向けた国立大学の改革について」が公表され、その中で、「イノベーションを実現するためには、先端的な基礎研究や自由な発想と、これを支え更には産業化に結び付ける世界レベルの優秀な人材の養成が不可欠である」こと、また、平成 27 年３月公表の「未来創造に資する科学技術イノベーション基本計画への進化を求める」では、「人材には、優れた理工系の知識を有することに加え、社会を分析するための社会科学についても幅広い知識や見識を有することが必要である」ことが指摘されており、イノベーション創出に対する強い期待が国立大学に寄せられている。すなわち、最先端科学技術の研究開発能力とともに、その学術的研究成果の事業化プロセスを自らデザインし、新たな価値を創造できるアントレプレナーシップを兼ね備えた理系人材の養成・輩出が強く求められている。

本研究科は、このような背景から、平成 28 年４月、日本初の文理融合型大学院「科学技術イノベーション研究科」（修士課程）として設置された。さらに、平成 30 年４月には、本学を最先端の研究成果を実用化するイノベーション創出拠点とし、それを担う人材の輩出を目指して、修士課程を博士課程前期課程とし、新たに博士課程後期課程を設置するに至った。

（２）教育目的

本研究科の博士課程前期課程の教育目的は、学際領域における先端科学技術の研究開発能力、研究の知的財産化、生産技術開発、市場開拓など、学術成果の事業化プロセスをデ

ザインするアントレプレナーシップを備えた理系人材を養成することである。

また、博士課程後期課程の教育目的は、アントレプレナーシップを備えた理系人材を養成することにより、ベンチャー企業を立ち上げる「独立企業家」、企業や研究機関などに在籍する「企業内企業家」など、①イノベーションを創出する人材（科学技術アントレプレナー）、②科学技術イノベーションに関する研究教育を実践する人材を輩出することである。

なお、「アントレプレナー」の訳語については、「起業家」は新たに独立して企業を立ち上げる人という対象者を限定した意味を持つことから、既存の企業内などで事業創造に取り組む人も広義のアントレプレナーであるとの議論がアントレプレナーシップに関する研究領域において展開され、現在では「企業家」の訳語を当てるのが一般的になっている。

２.研究科の特色

（１）世界最先端の研究分野の集結（分野融合）

神戸大学におけるミッション再定義において、世界水準の質を持ち、事業化につながると評価されたシーズが生み出され、先端医療産業特区、「京」コンピュータ、SPring-8 など地域的な特色を持つ研究を展開できる分野として、「バイオプロダクション」、「先端膜工学」、「先端 IT」、「先端医療学」の重点４分野の研究者が学内から本研究科に集められている。学生が最先端研究の基礎から応用までを確実に習得できるよう、個々人の研究課題に応じたきめ細やかな指導を行っている。

（２） アントレプレナーシップ教育の導入（文理融合）

本研究科は、学際領域における先端科学技術の研究開発能力とともに、研究の知的財産化、生産技術開発、市場開拓など、学術成果の事業化をデザインできる理系人材の養成を目指している。そのために、起業家支援などのノウハウを持つ実務家教員によるアントレプレナーシップ教育（企業家精神、資質、能力の教育）を導入している。前期課程には、アントレプレナーシップに関する基礎科目、演習科目を配し、後期課程には、より実践的な内容の演習科目を配している。詳しくは、各課程の章で述べる。

（３） パイロットプラントなどの活用（産学共同）

博士課程前期課程では、生産技術開発をデザインできる理系人材の養成のために、企業から実務家教員を招へいし、先進的なパイロットプラントを活用することで、研究成果の事業化において重要な生産プロセスの現場教育を行う。

主なパイロットプラントは、神戸大学統合バイオリファイナリーセンター内のバイオ燃料製造プラント、神戸大学統合研究拠点内の医薬品生産プラント、先端膜工学研究拠点内の先端膜開発プラントである。

バイオプロダクション、先端膜工学、先端医療学の各分野では、バイオ燃料製造プラント、バイオ医薬品製造プラント、多孔膜作製プラントを用いた実習を行う。また先端 IT 分野では、情報通信デバイス・装置のプロトタイプ作成の実習を行う。学生は１班あたり 10 名程度、計４班に分かれ、所属分野に関わらず、上記すべての実習を受講する。これにより、学生は様々な分野の研究が事業化されるステージを一通り経験できる。

博士課程後期課程では、各学生が専門とする科学技術の開発、理論体系の深化、研究開発プロジェクトの実践活用レベルまでのブラッシュアップにより、学生が科学技術ブレークスルーをイノベーション・アイデアへと進化させる目標を課している。また、各学生が開発した科学技術による物質生産、加工、変換処理をスケールアップして、アイデアが社会実装できるか検証している。さらに、コスト算出や生産効率などの実用性を、パイロットプラントなどを使って評価している。

３. 研究科の組織構成

本研究科の教育目的を達成するため、各教員のバックグラウンドや専門分野を配慮した適切な教員組織を構成している。なお、前述した自然科学系の重点４分野（「バイオプロダクション」、「先端膜工学」、「先端 IT」、「先端医療学」）とアントレプレナーシップに関する教育研究を行う「アントレプレナーシップ」分野による５分野を教育研究の柱として置いている。なお、理系分野とアントレプレナーシップ分野のそれぞれに、学生に実践的研究開発能力をつけさせるため、実務家教員を配置している（《図表１》）。

また、平成 30 年６月には、研究成果の社会実装、戦略的企業家精神を持った理系人材の育成・輩出という本研究科のミッションを効果的に実現するため、研究科内センター（教育）として、学術系教員と実務系教員の双方から構成される「科学技術イノベーション推進室」を設置した（《図表１》）。

さらに科学技術イノベーション推進室内に、専門知識（科学技術・産業分野に関するビジネス的な知見、知財、戦略、財務などの実践的な知識）と実務経験（起業、事業開発、コンサルティング、ベンチャー投資・育成など）を持つ、学外の専門家から構成されるアドバイザリーボードを設置している。ボードメンバーから博士課程後期課程の学生に対して、直接研究計画に関してアドバイスすることで、学生が高度な知識を修得し、実践への応用力を醸成することをねらっている。

《図表１》研究科の構成

専攻・センター	講座	教育研究分野（専任教員数）
科学技術イノベーション専攻	バイオ・環境	バイオプロダクション（８）
		先端膜工学（３）
	先端 IT	先端 IT（４）
	先端医療学	先端医療学（４）
	アントレプレナーシップ	アントレプレナーシップ（８）
研究科内センター（教育）	科学技術イノベーション推進室	
研究科内センター（研究）	オープンイノベーション人材センター	

また、各講座の教育研究分野毎の教育研究の目的は、《図表２》のとおりである。

《図表２》講座構成・教育研究分野・教育研究の目的

講　　座	教育研究分野	教育研究の目的
バイオ・環境	バイオプロダクション	食糧と競合しないバイオマスを原料とするバイオ燃料やバイオ化成品の生産技術を開発し、化石資源への依存を脱却して、持続的かつ発展可能な循環型社会の実現を目指す。さらに、新規の機能性食品やバイオ医薬品などに利用できる高付加価値化学品の革新的な生産方法の研究も視野に入れる。これ

バイオ・環境	バイオプロダクション	ら目的の達成のためには、微生物や培養細胞を駆使するバイオテクノロジーが不可欠であり、そこに内包される高度な遺伝子機能の制御、ゲノム編集、ゲノム合成、代謝産物の微量精密分析、計算機シミュレーションなどの先端技術の理論と実際を研究開発する能力を培う。
	先端膜工学	膜を用いた分離・精製・濃縮を水処理やガス分離において行うことで、省エネ・創エネプロセスによる資源循環型社会の実現を目指した研究開発を推進する。膜分離技術の社会実装に向けて、具体的には、①膜の応用分野を広げるための革新的な透過性・分離性・耐久性等を有する高性能膜開発、②膜技術を応用するための高効率膜プロセス開発、③膜市場の開拓に必要な実用的技術開発し、学生は課題に適切に取り組む能力を培う。
先端 IT	先端 IT	HPC（スパコンを利用する高性能計算）と IoT（広域ネットワーク化情報技術）の連携により、情報通信デバイスと IT 応用技術分野で世界最先端の研究開発を推進する。具体的には、①計算科学に基づくシミュレーションによる新物質の設計、②先端 IT 機器の高性能と省エネ・省資源化を両立する高性能電子材料の応用技術と組込み実装技術の開発、③先端 IT 機器を有機的に結合するための新世代ネットワーク技術の創出を目指す。
先端医療学	先端医療学	iPS 細胞など培養細胞の操作技術、コンピュータシミュレーションによる新規薬剤の分子設計、革新的医療開発手法、医療産業特区の活用により、新たな治療法と診断法の研究開発を行う。新規治療法の具体例として、再生医療製品、低分子化合物による分子標的薬、抗体医薬、遺伝子組換えビフィズス菌による経口ワクチン、ウイルスベクターを用いた遺伝子治療薬などが挙げられる。
アントレプレナーシップ	アントレプレナーシップ	研究者や学生が有する先端科学技術の研究テーマやアイデアを、文理融合・分野融合の視点から評価・分析し、研究の知的財産化、生産技術開発、市場開拓などの事業化プロセスをデザインする。

４. 博士課程前期課程について

（１） 入学者選抜方針（アドミッションポリシー）

博士課程前期課程では、学際領域における先端科学の研究能力とともに、研究の知的財産化、生産技術開発、市場開拓までの事業化プロセスをデザインできるアントレプレナーシップを備えた理系人材を養成することを目指している。
この目標を踏まえ、入学者が次の資質を兼ね備えていることを想定している。

- 工学、情報学、農学、理学、医療、薬学のいずれかの分野における基礎的研究能力を有し、研究に強い意欲を持つこと
- 自ら選んだ研究分野における基礎研究や応用研究に止まらず、生産技術開発から事業化までを目指すことに強い興味と意欲を持つこと

（２） 養成する人材像

専門的かつ学際的な観点から研究を行う先端研究開発能力と、科学技術上のブレークスルーをイノベーションにつなげるプロセスをデザインする能力を兼ね備えた、次のような人材を養成する。

- 既存企業やベンチャー企業（スタートアップ）において、科学技術イノベーションの実現を目指す人材
- 科学技術イノベーションの実現に関わる企業・組織（金融機関、商社、コンサルティング会社、マスコミ、行政機関など）で活躍できる人材
- 科学技術イノベーションを実現するアントレプレナー（独立企業家、社内企業家）や、科学技術イノベーションの研究者・教育者を目指す人材

（３） 学位名称

修了学生が将来就職を目指す企業・組織などに、本研究科の理念や教育目的が理解されやすいようにするという観点から、以下の名称の学位を授与している。

和文：修士（科学技術イノベーション）
英文：Master of Science, Technology and Innovation

なお、学問分野において本研究科と共通点を持つ欧米の大学（ユトレヒト大学（オランダ）、トロント大学（カナダ）、カーネギーメロン大学（米国）など）においても、本研究科と類似した学位名称が使用されており、国際的に通用するものである。

（４） 教育課程の特色

博士課程前期課程の教育課程は、教育目的に則り、自然科学系の各専門分野の幅広い知識と学際的視点（分野融合）を養成するとともに、事業化の基本を理解し、事業化プロセスのデザインを経験できるよう編成している。この方針に沿って、《図表３》に示すように、「専門科目（アントレプレナーシップ科目・先端科目）」、「アントレプレナーシップ・プロジェクト科目」、「先端研究開発プロジェクト科目」からなる体系的な教育プログラムと教育体制を提供している。（各科目の詳細は《別添資料１》を参照）

《図表３》博士課程前期課程のカリキュラム構成

教育課程の特色を以下に述べる。

【分野融合・文理融合による教育体制】

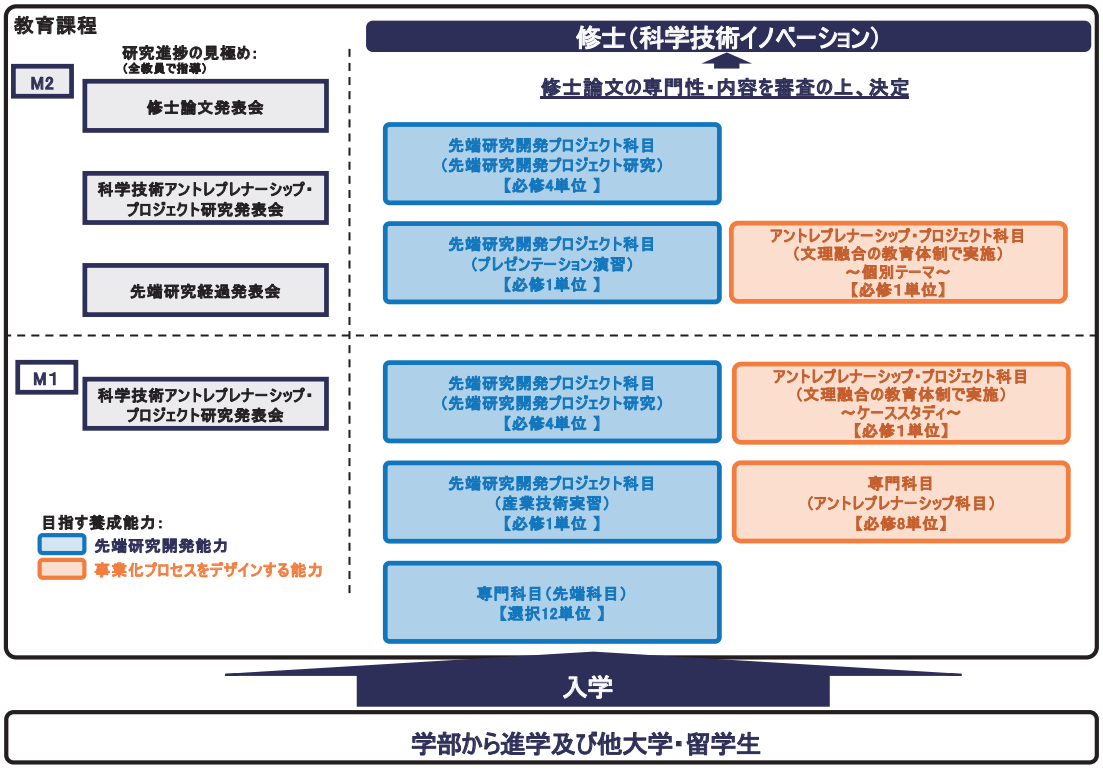
先端研究開発能力とアントレプレナーシップを兼ね備えた理系人材の養成を、分野融合・文理融合の教育体制で行う。３章で述べたように、教員組織の編成にあたって、各教員のバックグラウンドや専門分野を配慮した適切な教員配置を行っている。

【科学技術イノベーションの実現に必要な能力を養成する一貫した教育プログラム】

① 先端研究開発能力を育成する、先端科学の４分野「(バイオプロダクション、先端膜工学、先端 IT、先端医療学)」の専門性を高める特論と他分野学生への導入科目である概論からなる「先端科目（全 16 科目)」と、「先端研究開発プロジェクト科目（全３科目)」
② 事業化プロセスをデザインする能力を育成する「アントレプレナーシップ科目（全８科目)」
③ 文理融合の教育体制で先端研究開発能力と事業化プロセス･デザイン能力を育成する「アントレプレナーシップ・プロジェクト科目（１科目)」

（５） 履修プロセス

博士課程前期課程の履修プロセスを《図表４》に示す。



《図表４》博士課程前期課程の履修プロセス

【履修指導の特徴】

入学時に履修ガイダンスを行い、科目編成に関する考え方、修了のための要件などを説明している。特に、分野融合を促進するため、先端科目の中でも他分野の概論を積極的に履修するよう指導している。

また、１年生を対象として、５月に研究科主催で人材開発企業の支援を受けてキャリアガイダンス「理系の就職活動の進め方講座」を実施している。学生に、社会的・職業的自立を図るために必要な能力と、これら能力を履修プロセスの中でどのように身につけるかを説明し、インターンシップにも明確な目的を持って参加するよう指導を行なっている。

【カリキュラムの特徴】

カリキュラムは、《図表３》に示したように、先端研究開発能力を養う専門科目（先端科目）、先端研究開発プロジェクト科目と、事業化プロセスをデザインする能力を修得させる専門科目（アントレプレナーシップ科目）とアントレプレナーシップ・プロジェクト科目からなる。

先端研究開発能力を育成するために、１年生の前・後期に、専門科目（先端科目）を開講している。特に概論科目は前期に集中して開講しており、早い段階で他分野のことを学べるよう配慮している。また、１年生の後期には、重点４分野にまたがる「産業技術実習」を必修としている。本実習は、本研究科のパイロットプラントなどを活用することで、学際的な視点を身につけることをねらっている。さらに、意図的に異分野の学生からなる班構成（１班あたり 10 名程度、計４班）にすることで、学際的な視点を養えるよう工夫をしている。先端研究開発プロジェクト研究は、１・２年生を通して開講しており、配属された研究室で先端研究に取り組む。さらに、２年生前期には、プレゼンテーション演習を開講し、プレゼンテーションスキルの修得を図っている。

また、事業化プロセスをデザインする能力を育成するために、１年生の前・後期に、専門科目（アントレプレナーシップ科目）を開講し、アントレプレナーとしての基礎知識を座学で修得する。１年生の後期から２年生の前期にかけては、アントレプレナーシップ・プロジェクト研究を開講している。１年生の後期では、実在する科学技術ベンチャー企業をケースとして取り上げ、専門科目（アントレプレナーシップ科目）を通じて学んだ知識と理論を活用し、当該ベンチャー企業を成長させるためのアイデアと、それを具体化するための技術戦略、知財戦略、事業戦略、財務戦略を検討する。理系教員と文系教員の共同指導（文理融合）のもと、専門分野が異なる学生が集まりグループワーク（分野融合）を行い、グループ毎の検討結果をまとめて、ケース対象企業の経営者と教員の前で発表する。

２年生の前期では、１年生のアントレプレナーシップ科目、アントレプレナーシップ・プロジェクト科目で学んだ知識と理論などを活かして、各学生が修士論文テーマに基づいてビジネスプランを作成し、１年目と同様に最終発表会で発表する。

以上のように２年をかけ、学生が実践的な力を修得できるよう図っている。

【学位審査の特徴】

先端研究の進捗確認を行うために２年生の４月に研究経過発表会を実施している。学生は全教員の前で、ショートプレゼンを行った後、ポスター発表を行う。これを通じて、学生は、多様な分野の教員から、先端研究開発とイノベーション・アイデア双方の観点から評価、助言を受ける。また、学生はコメントを質問票にまとめ、指導教員に提出し、以後

の研究の参考としている。

学位論文審査は、自然科学系の専門分野の教授又は准教授が主査、アントレプレナーシップ講座の教授又は准教授を含む研究科の教員３名以上（少なくとも教授１名を含む）によって組織する学位論文審査委員会が行う。最終審査は、修士論文公聴会において、学位論文審査委員会が口頭試問により行う。修士論文には、「科学技術アントレプレナーシップ・プロジェクト研究」で検討した内容を必ず含むこととしており、学際領域における先端科学技術の研究開発能力と、事業化プロセスをデザインする能力を評価する。また、修士論文公聴会の後に、全教員が参加するＦＤ（Faculty Development：教員が授業内容・方法を改善し向上させるための組織的な取組）を開催し、学位論文審査委員会とは別の教員の意見も参考にして、審査を厳格化している。

５. 博士課程後期課程について

（１） 入学者選抜方針（アドミッションポリシー）

博士課程後期課程では、多様な分野でイノベーション・ストラテジーを構築することができる人材の輩出を目指している。この目標を踏まえ、次のいずれかの資質を備えた人を入学者として想定している。

- 工学、情報学、農学、理学、医療、薬学などの専門分野における博士課程前期課程修了相当の研究能力に加えて多様なバックグランドを持つ社会人学生
- 本学や他大学の理科系博士課程前期課程を修了し、工学、情報学、農学、理学、医療、薬学のいずれかの専門分野を持ち、科学技術イノベーション研究に強い意欲を持つ学生

（２） 養成する人材像

科学技術上のブレークスルーから経済的・社会的な価値を生み出すイノベーション・ストラテジーを構築し、自らそれを実践できる下記のような人材を養成する。

- 新たにベンチャー企業を立ち上げることによって科学技術イノベーションを実現する「独立企業家」となる人材
- 既存企業や研究機関などにおいて科学技術イノベーションに取り組む「企業内企業家」となる人材
- 科学技術イノベーションに関する研究者・教育者となる人材

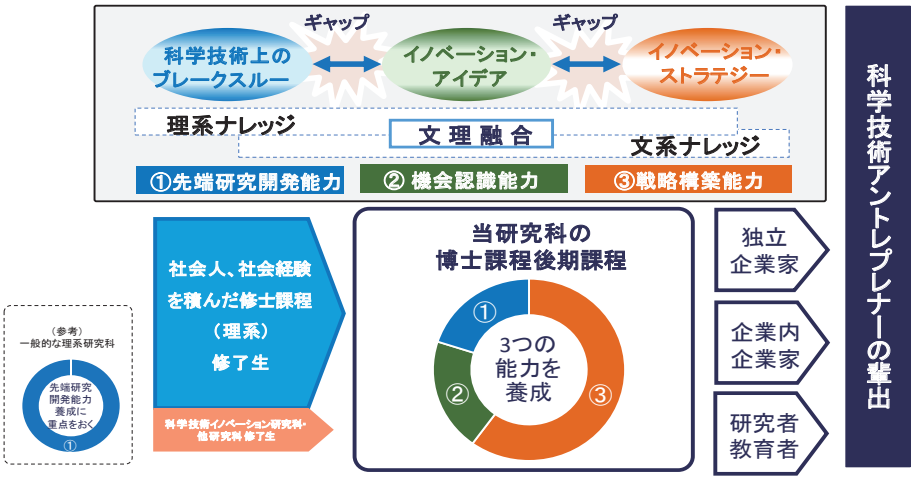
（３） 学位名称

博士課程後期課程では、科学技術上の研究課題を設定して先端研究論文にまとめるだけではなく、「技術戦略」、「知財戦略」、「事業戦略」、「財務戦略」に関する高度な知識を学び、イノベーション・ストラテジー研究成果書をまとめることができるものに以下の名称の学位を授与する。

和文：博士（科学技術イノベーション）
英文：Doctor of Philosophy in Science, Technology and Innovation
なお、学問分野において本研究科と共通点を持つ欧米等の大学（ヴァーサ大学（フィンランド）、ボルトン大学（英国）、マンチェスター大学（英国）、エジンバラ大学（英国）、シンガポール大学（シンガポール）など）においても類似した学位名称が使用されており、本研究科の学位は国際的に通用するものである。

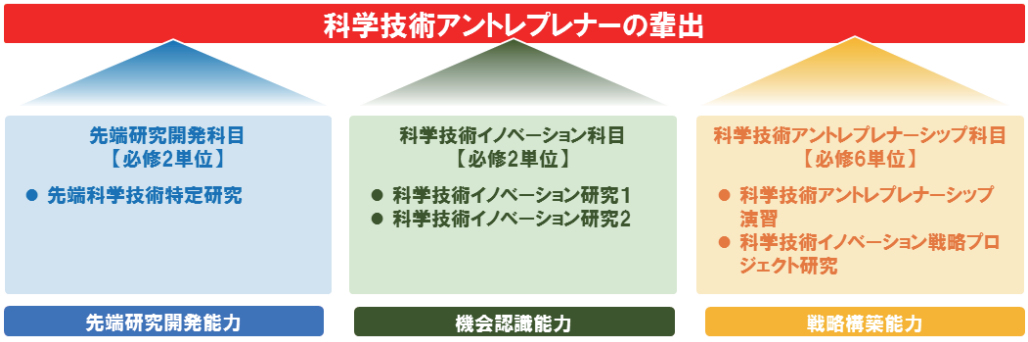
（４） 教育課程の特色

博士課程後期課程の教育目的は、各学生の研究シーズに沿った科学技術上のブレークスルーを実現することと、イノベーション・ストラテジーを構築する能力を身につけさせることである。この教育目的実現のために、①先端科学技術の重点４分野の知識を融合しつつ、独創的な科学技術上のブレークスルーにつなげる専門能力（先端研究開発能力）、②科学技術上のブレークスルーを、経済的・社会的な価値につながる新製品・サービスのコンセプト（イノベーション・アイデア）につながるよう、プロセスをデザインする能力（機会認識能力）、③イノベーション・アイデアを製品やサービスとして具現化し、事業戦略や財務戦略と統合するイノベーション・ストラテジー構築能力（戦略構築能力）を養成する。これらの能力を備えてグローバルに活躍できる科学技術アントレプレナーの輩出を目指す。一般的な理系研究科は、《図表５》に示すように、先端研究開発能力育成に重点を置くのに対し、本研究科は、③のイノベーション・ストラテジー構築能力に重点を置く点に特徴がある。



《図表５》博士課程後期課程の教育課程で育む能力

本研究科では、前述した方針に沿って、《図表６》に示すように、「先端研究開発科目」、「科学技術イノベーション科目」、「科学技術アントレプレナーシップ科目」からなる体系的な教育プログラムを提供している。（各科目の詳細は《別添資料２》を参照。）



《図表６》博士課程後期課程のカリキュラム構成

教育課程の特色を以下に述べる。

【科学技術アントレプレナー養成のための文理融合による教育研究体制】

重点４分野における科学技術上のブレークスルーを達成し、イノベーション・アイデア（新たな製品やサービス）をデザインし、それを実現するためのイノベーション・ストラテジー（研究開発と事業化にむけた戦略）構築ができる科学技術アントレプレナーの育成は、文理融合の教育研究体制で行なわれる。

【科学技術アントレプレナーに必要な能力を養成する一貫した教育プログラム】

① 科学技術上のブレークスルーを達成する能力を育成する「先端科学技術特定研究」
② 科学技術上のブレークスルーをイノベーション･アイデアにまとめる能力を育成する「科学技術イノベーション研究」
③ イノベーション・アイデアを実現する研究開発や、事業化にむけたイノベーション・ストラテジー構築能力を育成する「科学技術アントレプレナーシップ演習」、「科学技術イノベーション戦略プロジェクト研究」

【イノベーション・ストラテジー構築能力の養成】

「科学技術イノベーション戦略プロジェクト研究」では、イノベーション・アイデアを実現するための研究開発を行い、「技術戦略」、「知財戦略」、「事業戦略」、「財務戦略」からなる４つの学習モジュールを学生が選択し、事業化に向けた戦略構築を行う。最終的には、研究開発成果と事業化に向けた戦略を博士論文にまとめる。

【アドバイザリーボードの活用】

学生の研究においては、最新の実践的な情報を必要とすることが多い。そこで、教員の指導を補完する目的で、各種専門知識（当研究科が重点を置く技術・産業分野に関する知見、知財、戦略、財務などの実践的な知識）と実務経験（起業、事業開発、コンサルティング、ベンチャー企業への投資・育成などの経験）をもつ学外の専門家から構成されるアドバイザリーボードを設置している。

【科学技術イノベーション研究を通じた分野融合の促進】

「科学技術イノベーション研究１」では、科学技術上のブレークスルーとイノベーションの定義やその関係性などの基礎知識を学び、自らの専門分野において、どのようなブレークスルーとイノベーションが起こってきたかを調査し、時系列にまとめる。また、技術開発の動向や近い将来のブレークスルーの可能性を技術マップとしてまとめる。この講義では、他の学生の発表を聴講、ディスカッションすることが課せられており、自分の専門分野以外について深く学ぶことを通じて、学際的視点を養っている。

【早期修了制度】

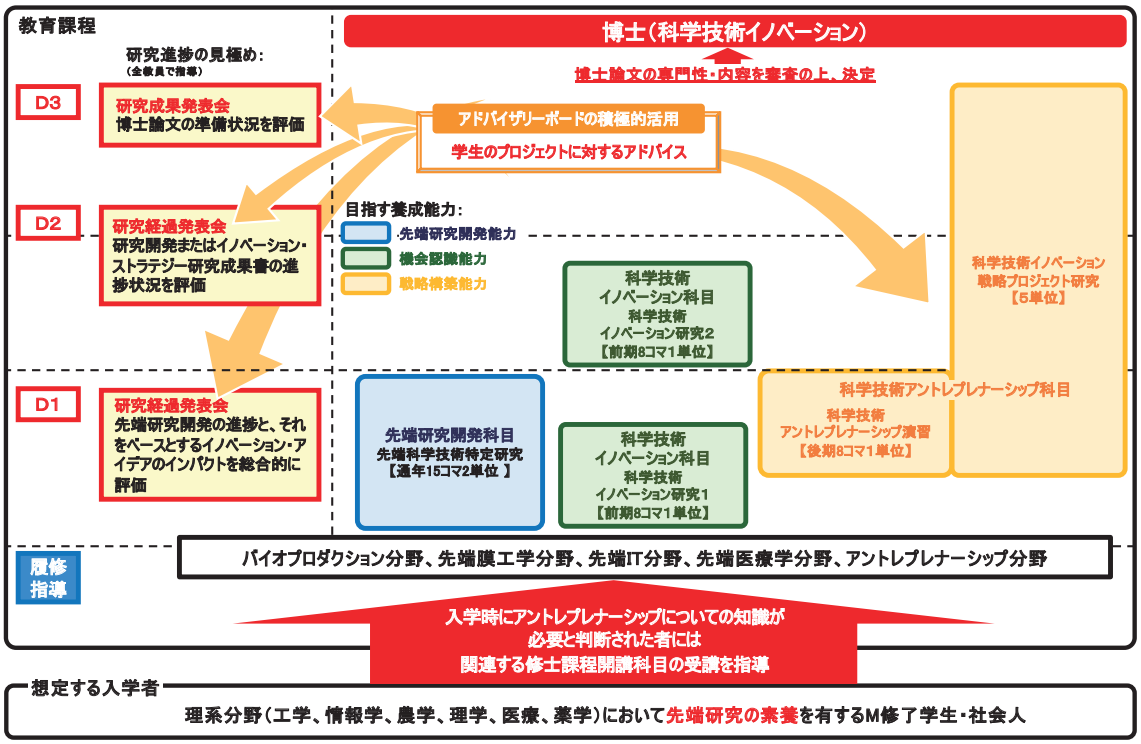
優れた研究成果をあげて、イノベーション・ストラテジーを構築できた学生は、博士論文の審査を受けて、早期修了することが可能である。

（５） 履修プロセス

博士課程後期課程の履修プロセスを《図表７》に示す。

【履修指導の特徴】

社会人学生への指導を念頭に、所属先企業の業務との調整がつきやすいよう、入学前（２月）にガイダンスを行い、在学中に生じた知的財産権の取り扱いについて説明している。また、入学時にもガイダンスを行い、科目編成に関する考え方、修了のための要件などを説明している。さらに、「科学技術イノベーション科目」、「科学技術アントレプレナーシップ科目」で必須となるアントレプレナーシップに関する基礎学力が十分でない学生に対して、博士課程前期課程の専門科目（アントレプレナーシップ科目）を受講するように指導している。



《図表７》博士課程後期課程の履修プロセス

【カリキュラムの特徴】

カリキュラムは、《図表６》に示したように、「先端研究開発科目」、「科学技術イノベーション科目」、「科学技術アントレプレナーシップ科目」からなる。

１年生の前・後期に、「先端科学技術特定研究」を開講して、先端研究開発能力を養う。本科目では、理系教員の指導のもと、各技術分野において解決すべき問題、最先端の情報などを理解し、科学技術上のブレークスルーに不可欠な専門能力を養成する。

１年生の前期には、機会認識能力を養うための「科学技術イノベーション研究１」を開講している。本科目では、自らの専門分野における科学技術上のブレークスルーとイノベーションを調査し、時系列に整理し、技術マッピングを行う。

１年生の後期には、戦術構築能力を養うための「科学技術アントレプレナーシップ演習」を開講している。本科目では、学生の研究テーマに関連したベンチマーク企業の多面的な戦略分析を通じて、各科学技術関連の知財戦略、事業戦略、財務戦略の上級知識を修得する。

２年生の前期に開講される「科学技術イノベーション研究２」では、機会認識能力を養うための「科学技術イノベーション研究１」で作成した技術マップに基づき、「科学技術アントレプレナーシップ演習」で修得したシステム思考・デザイン思考を用いて、どのような科学技術上のブレークスルーがイノベーションにつながる可能性があるのかを考察する。

また、１年生の後期からは、戦術構築能力を養うための「科学技術イノベーション戦略プロジェクト研究」を開講する。本科目では、文系・理系の教員が協力して学生を指導し、

イノベーション・アイデアを具現化するための研究開発を推進する。学生は、「技術戦略」、「知財戦略」、「事業戦略」、「財務戦略」からなる４つの学習モジュールを選択した上でイノベーション・アイデアを分析する。また、アドバイザリーボードへのプレゼンテーションを行うことによって、外部専門家の厳しい評価に耐えられるレベルまでアイデアを昇華させる。

【学位審査の特徴】

学生の研究の進捗確認を行うために、１年生、２年生の３月に研究経過発表会を実施する。学生は全教員の前でプレゼンテーションを行い、これを通じて、学生は、多様な分野の教員から、先端研究開発とイノベーション・アイデア双方の観点から評価、助言を受ける。

学位論文審査は、５名以上の教員（アントレプレナーシップ講座の教授又は准教授３名以上、技術的な専門分野の教授１名以上、その他の学術領域の教授１名以上）を委員として組織された学位論文審査委員会が担当する。理系教員が自分の専門知識から博士論文を評価し、アントレプレナーシップ教員が事業化の視点から評価する。また、口頭試問を含む審査を行うことで、ディプロマポリシーに掲げた、科学技術上のブレークスルーを生み出す能力、実践可能な質の高いイノベーション・ストラテジーを構築できる能力があるかを審査する。

６. 科学技術イノベーション推進室（研究科内センター）

（１） 設置目的及び役割

研究成果の社会実装と戦略的企業家精神を持った理系人材の育成・輩出という本研究科のミッションを果たすため、各技術分野の理系教員と実務系教員によって構成する科学技術イノベーション推進室（以下、「推進室」）を平成 30 年６月、本研究科内に設置した。

推進室は、具体的に次の取組みを行っている。

① 科学技術上の発見、発明を経済的・社会的価値の創造につなげるため、本研究科と産業界などを橋渡しして、具体的な事業化をプロデュースする。
② アントレプレナーシップを兼ね備えた理系人材を社会へ供給するため、博士課程前期課程学生の就職支援を行う。
③ 科学技術アントレプレナーを育成・輩出するために有能な理系バックグラウンドの社会人を博士課程後期課程の学生候補としてリクルートを行う。
④ 博士課程後期課程の学生に対して、実務家の観点から事業化支援を行う。

（２） アドバイザリーボードの活用と成果

推進室内に、弁護士、弁理士、公認会計士・税理士など、高度な専門知識や国家資格を持つ専門家と、複数のベンチャー企業を創業した経験を持つアントレプレナー（現職は、ベンチャー企業やベンチャー支援会社の経営者、ベンチャーキャピタリストなど）により構成されるアドバイザリーボードを設置し、実践的な教育に活用できる体制を取っている。

具体的な活用内容としては、各学生のニーズにあわせて、各アドバイザリーボードメンバーが専門的なアドバイスを行う機会（オフィスアワー）を設けている。

平成 31 年１月の第一回オフィスアワーでは、アドバイザリーボードに学生が研究テーマを発表し、質疑などきめ細かい指導を行った。学生からは「重要な意見や新しいアイデアが得られ、役に立った」といった意見が寄せられた。

また、博士課程後期課程の学生の研究テーマの事業化支援についても、アドバイザリーボードメンバー、教員、本学発ベンチャーを支援する科学技術アントレプレナーシップ社（以下、STE 社）と推進室が連携して進めている。平成 31 年３月、博士課程後期課程の学生が合成バイオ・合成化学関連ベンチャー（株式会社シンアート社）を起業した。同社は、平成 31 年４月に本学との間で共同研究契約を締結した。また、帝人とも共同研究契約を締結した。

さらに令和元年５月に、本学から「発明の名称：ニコチンアミド誘導体を製造するための組換え微生物及び方法、並びにそれに用いられるベクター」に関する特許を受ける権利の一部を譲り受けた。このように、本学で生まれた研究成果の社会実装（本格的な事業展開）に向けた知財ポートフォリオの強化を進めている。

（参考）アドバイザリーボードメンバー

松田 一敬（合同会社 SARR　代表執行社員）
丸 幸弘（株式会社リバネス 代表取締役グループ CEO）
村瀬 祥子（株式会社バイオパレット　代表取締役）
松本 真尚（株式会社 WiL　共同創業者 ジェネラル・パートナー）
多賀谷 実（日本ベンチャーキャピタル株式会社 取締役常務執行役員）
石川 太郎（石川特許商標事務所 所長 弁理士）
高畑 豪太郎（弁護士法人御堂筋法律事務所 パートナー 弁護士）
越本 幸彦（弁護士法人御堂筋法律事務所 パートナー 弁護士）
安原 徹（安原公認会計士事務所 所長 公認会計士）

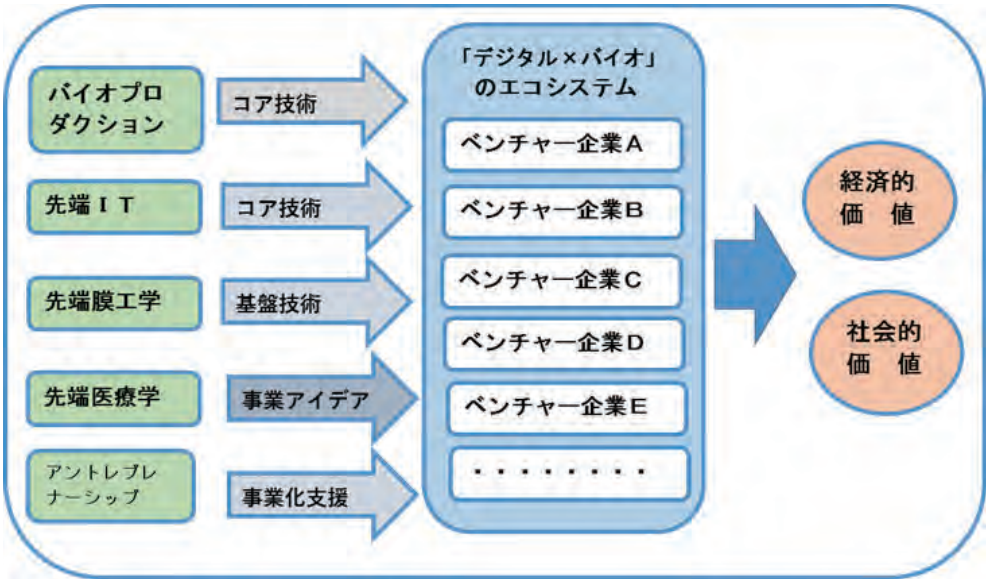
※推進室の平成 30 年度年次報告は、《別添資料３》を参照。

（３）文理融合・分野融合推進活動

本研究科の文理融合、分野融合の象徴として、本研究科発ベンチャー企業による「デジタル×バイオ」のエコシステムの構築を試みてきた（《図表８》）。

例えば、「デジタル×バイオ」のエコシステムの構築をテーマに、次の特別シンポジウムを開催し、多くの企業から 250 名に及ぶ参加をえた。

- シンポジウム名：「合成生物学の衝撃とオープンイノベーション　～バイオエコノミーの時代に、わが国の大企業とベンチャーは戦略的パートナーとなりうるか？～」
- 日時:令和元年７月 23 日(火)、15:00～18:00
- 会場:経団連会館・ダイアモンドルーム（東京）
- 主催:神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科



《図表８》本研究科が形成を目指す「デジタル×バイオ」エコシステム

７. 入学試験実施状況等について

（１） 入学実績

本研究科設置以降の入学試験実施状況は、《別添資料４》のとおり推移しており、博士課程前期課程、博士課程後期課程ともに定員を充足している。

博士課程前期課程では、推薦入試、一般入試、外国人留学生特別入試を実施している。平成 28 年度入学者の内訳は、本学と他大学の比率が３対１であったが、他大学への広報活動の甲斐もあり、平成 31 年度は３対２となっている。また、高等専門学校の専攻科からも数名受け入れており、そのうちの２名は、インターンシップ生として受け入れた学生である。

博士課程後期課程では、一般入試（外国人留学生も出願可）のみを実施している。先端分野の研究開発部門を持つ企業に対して、科学技術イノベーション推進室がリクルート活動を行い、志願者の確保に努めている。社会人学生の割合は、平成 30 年度入学者では 13 人中 12 人、平成 31 年度入学者では 11 人中 7 人と高い割合を示している。

なお、現在、外国人留学生は、博士課程前期課程に６名（研究生３名含む）、博士課程後期課程に１名在籍している。

（２） 入学者確保に向けた工夫

入学者の安定した確保に向け、本研究科は以下のような取り組みを行っている。

博士課程前期課程の募集については、５月と９月に学内入試説明会を実施し、カリキュラムの概要説明と、主に学外の希望者向けに、研究室公開を行っている。

また、博士課程後期課程の募集については、主に企業に所属する社会人向けに大阪と東京で志願者説明会を開催している。ここでは、特に、社会人が受験するかどうかを判断するために重要と考えられる、カリキュラムの概要、知財の取り扱い、学位論文の公表方法などについて説明している。通学においても、博士課程後期課程では、社会人学生に配慮し、月に１回程度の通学で科目履修が可能となるよう授業開講日を設定している。また、就学中の企業秘密の保持、知財の取り扱いを別途定めた入学時覚書を準備することで、企業派遣学生の志願を増やしている。

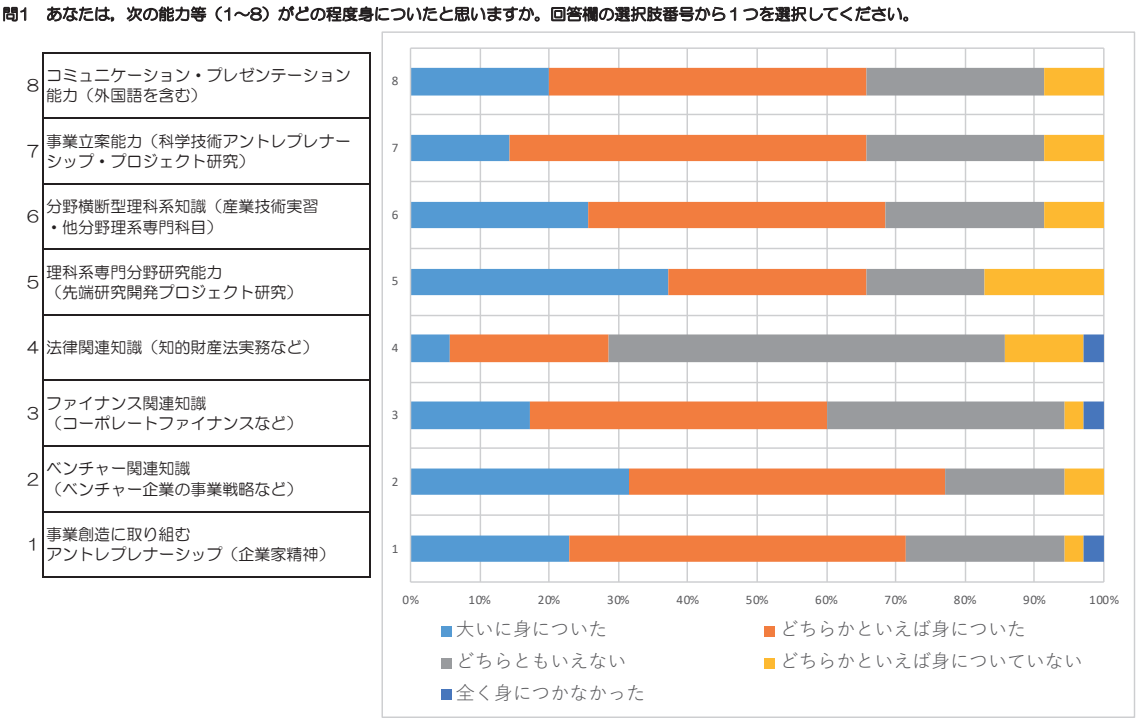
８. 修了生に実施したアンケート調査結果

（１） 修了時アンケート

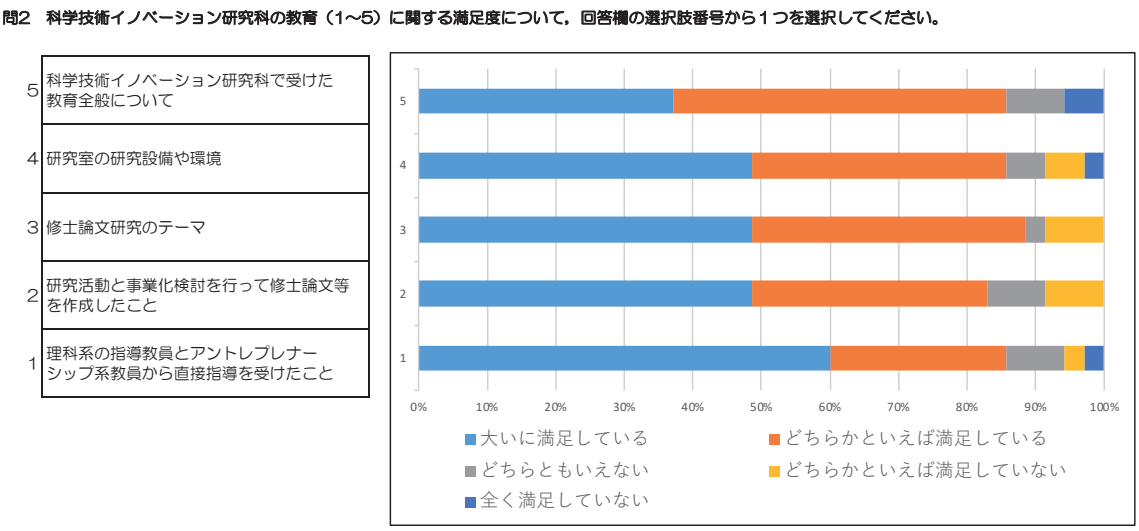
本研究科での教育効果を把握するために、教育を通じて身についた能力や教育に対する満足度についてアンケート調査を行なっている。

博士課程前期課程の修了時にとったアンケート結果を《図表９》と《図表 10》に示す。なお、博士課程後期課程は設置が完了しておらず、まだ修了生がいないため、アンケート調査結果はない。

本研究科のカリキュラムを通じて、アントレプレナーとして必要な能力の修得に関して、60%以上が肯定的な回答になっている（《図表９》）。また、教育についても、高い満足が得られていることがわかる（《図表 10》）。



《図表９》修了時アンケート（身についた能力）



《図表 10》修了時アンケート（教育に対する満足度）

（２） 修了後アンケート

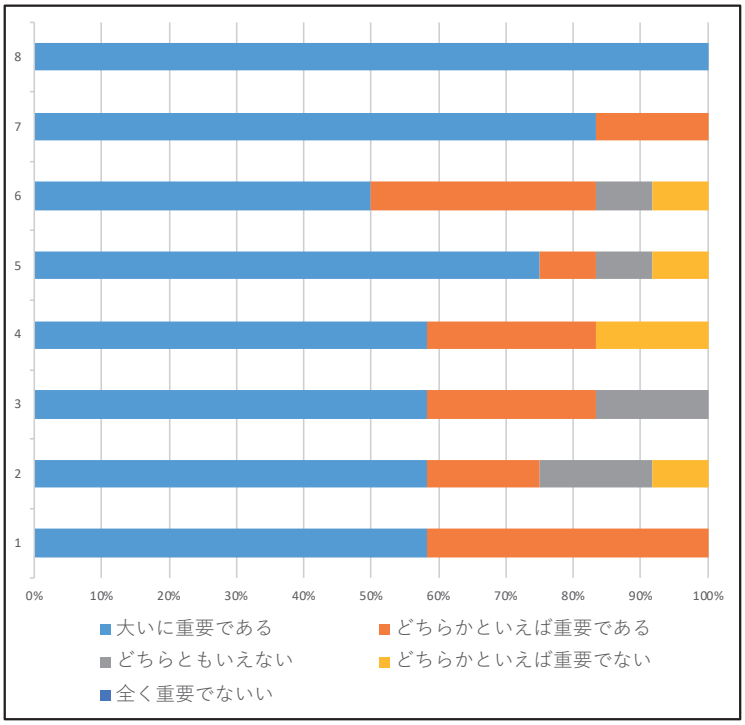
本研究科では、修了生の追跡調査として、博士課程前期課程の修了生 12 名（うち企業に就職した者 11 名、進学した者１名）に対して、本研究科の教育を通じて身についた能力についてどのくらい重要だと感じているか、また、本研究科の教育に対してどの程度満足しているか、さらに、企業の予定等はあるかについてアンケートをとった。なお、博士課程後期課程は設置が完了しておらず修了生はいない。

本研究科の教育によって身につけることが期待される能力のほとんどについては、《図表 11 》から、修了生が重要と感じている割合は８割を超えており、本研究科の教育の重要性を修了後も感じている人が多いことがわかる。

また、本研究科において受けた教育に対しては、《図表 12 》から、研究室の研究設備や環境に関する項目を除き、肯定的な回答が多く、修了後、振り返ってみても本研究科の教育に満足していることがわかる。なお、独立企業家として起業している人または起業予定者が２名、ベンチャー企業に就職しているあるいは転職予定者が２名、企業内企業家として新規事業の立ち上げを担当しているあるいは担当を予定している者が２名おり、本研究科人材育成の成果が表れつつある。

問1　あなたは，科学技術イノベーション研究科で身につけた次の能力等（1～8）について，社会経験に基づいてどの程度重要であると思いますか。

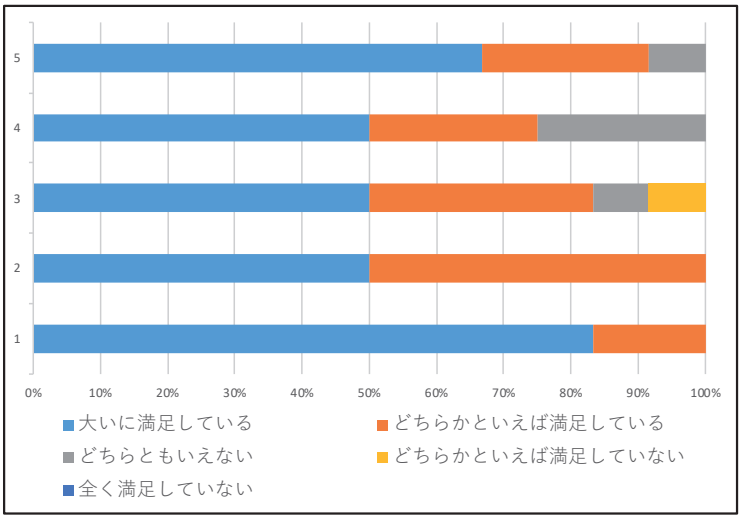
8	コミュニケーション・プレゼンテーション能力（外国語を含む）
7	事業立案能力（科学技術アントレプレナーシップ・プロジェクト研究）
6	分野横断型理科系知識（産業技術実習・他分野理系専門科目）
5	理科系専門分野研究能力（先端研究開発プロジェクト研究）
4	法律関連知識（知的財産法実務など）
3	ファイナンス関連知識（コーポレートファイナンスなど）
2	ベンチャー関連知識（ベンチャー企業の事業戦略など）
1	事業創造に取り組むアントレプレナーシップ（企業家精神）



《図表 11 》修了後アンケート（身についた能力）

問2　これまでの社会経験等に照らして，科学技術イノベーション研究科の教育（1～5）に関する満足度について，回答してください。

5	科学技術イノベーション研究科で受けた教育全般について
4	研究室の研究設備や環境
3	修士論文研究のテーマ
2	研究活動と事業化検討を行って修士論文等を作成したこと
1	理科系の指導教員とアントレプレナーシップ系教員から直接指導を受けたこと



《図表 12 》修了後アンケート（教育に対する満足度）

９. 進路状況について

本研究科修了生の設置以降の進路は、《図表 13 》及び《図表 14 》とおりである。

博士課程前期課程の修了後の進路としては、専門分野に近い大企業だけでなく、ベンチャー企業、シンクタンク系企業も含まれる。また、現在進行中の令和２年３月修了予定者のなかには、大手電機メーカーの知財部門、テレビ局の科学記者としての就職など、学際的な教育の成果が表れている。このように、４章の（２）で示した養成する人材像に則した進路となっている。なお、博士課程前期課程の定員が 40 名であるにもかかわらず、平成 31 年３月修了生においては、そのうちの約１割に相当する４名が本研究科の博士課程後期課程に進学しており、科学技術イノベーションに関する研究者・教育者という本研究科の求める人材像とも合致している。

博士課程後期課程は設置が完了しておらず修了生はいないが、在学中の学生が平成 31 年３月に合成バイオ・合成化学関連ベンチャー（株式会社シンアート社）を起業し、本研究科からの企業家第一号となった。

《図表 13 》平成 30 年３月 修士課程修了者

分　　野	修了者数	進学	就職	就職先業界等
バイオプロダクション	16	2	14	化学(4)、製薬(4)、食品(3)、機械(1)、繊維(1)、検査(1)
先端膜工学	7	0	7	化学(3)、電機(1)、機械(1)、鉄鋼(1)、自動車(1)
先端ＩＴ	11	0	11	電機(5)、情報通信(3)、機械(1)、自動車(1)、コンサルティング(1)
先端医療学	5	0	5	医療(3)、食品(1)、薬品(1)
合計	39	2	37	

・進学者進学先：科学技術イノベーション研究科（1）、本学他研究科（1）

《図表 14 》平成 31 年３月 修士課程修了者

分　　野	修了者数	進学	就職	就職先業界等
バイオプロダクション	15	5	10	化学(3)、 コンサルティング(2)、 情報通信(1)、機械(1)、 自動車(1)、印刷(1)、 海外の大学(1)
先端膜工学	8	0	8	化学(4)、プラント(1) 繊維(2)、住宅関連(1)
先端ＩＴ	12	0	12	電機(6)、情報通信(3)、 機械(2)、商社(1)
先端医療学	4	0	4	医療(2)、電機(1)、情報通信(1)
合計	39	5	34	

・進学者進学先：科学技術イノベーション研究科（4）、他大学大学院（1）

10. 就職先へのアンケート調査結果

本研究科では、教育課程の外部評価の一環として、博士課程前期課程修了生の就職先関係者へのヒアリングを実施している。

バイオプロダクション分野修了生の就職先「大手製薬会社」と先端 IT 分野修了生の就職先「大手半導体メーカー」を訪問し、（１）本学の修了生が全学で定めるディプロマポリシーに記載されている各能力をどの程度身につけているか、（２）貴社（機関）で職員を採用するにあたり、各能力をどの程度重視しているか、また、他に重視する能力が何かについてインタビューを実施した（《図表 15》及び《図表 16》）。その結果、⑤を除く、ほとんどの能力については、肯定的な回答が得られた。また、両社とも、課題を見抜く力・課題を設定する力を重視しており、産業界では本研究科が重要と考えている能力の育成が求められていることがわかった。

《図表 15》ヒアリング結果（大手製薬会社）

DP に掲げる各能力	(1)	(2)
①様々な場面において、状況を適切に把握し主体的に判断する力	2	1
②専門性や価値観を異にする人々と協働して課題解決にあたるチームワーク力	2	1
③他の学問分野の基本的なものの考え方を学び、自らの専門分野との違いを理解する力	1	3
④能動的に学び、新たな発想を生み出す力	1	1
⑤複数の言語で異なる文化の人々と意思を通じ合うことができる力	3	2
⑥文化、思想、価値観の多様性を受容し、地球的課題を理解する力	3	3
⑦幅広い知識とそれを基盤とした専門的能力（学士課程）	1	3
深い学識と高度で卓越した専門的能力（大学院の各教育課程）	2	3

(1)1. 身に付けている 2. どちらかといえば身に付けている 3. どちらともいえない 4. どちらかといえば身に付けていない 5. 身に付けていない	(2)1. 非常に重視する 2. どちらかといえば重視する 3. どちらともいえない 4. どちらかといえば重視しない 5. 重視しない

・①～⑦以外で重視する能力

（回答）
上記①②④に関連するが、チームワーク力としてはリーダーシップがより重要と考える。加えてコミュニケーションおよび課題を見抜く力を重視する。（インタビューにおける回答）

・卒業（修了）生の特徴や具体的な活躍の事例等

（回答）
多くの現場で活躍している。（インタビューにおける回答）

《図表 16》ヒアリング結果（大手半導体メーカー）

DP に掲げる各能力	(1)	(2)
①様々な場面において、状況を適切に把握し主体的に判断する力	2	1
②専門性や価値観を異にする人々と協働して課題解決にあたるチームワーク力	2	1
③他の学問分野の基本的なものの考え方を学び、自らの専門分野との違いを理解する力	2	2
④能動的に学び、新たな発想を生み出す力	2	1
⑤複数の言語で異なる文化の人々と意思を通じ合うことができる力	3	1
⑥文化、思想、価値観の多様性を受容し、地球的課題を理解する力	2	2
⑦幅広い知識とそれを基盤とした専門的能力（学士課程）	2	2
深い学識と高度で卓越した専門的能力（大学院の各教育課程）	2	3

(1)1. 身に付けている 2. どちらかといえば身に付けている 3. どちらともいえない 4. どちらかといえば身に付けていない 5. 身に付けていない	(2)1. 非常に重視する 2. どちらかといえば重視する 3. どちらともいえない 4. どちらかといえば重視しない 5. 重視しない

・①～⑦以外で重視する能力

（回答）
上記①⑤に関連するが、主体的に判断する力（課題設定の力）である。また、複数の言語で異なる文化の人々と意思を通じ合う力は極めて重要。（インタビューにおける回答）

・卒業（修了）生の特徴や具体的な活躍の事例等

（回答）
神戸大学の出身者としてイメージは、どちらかといえば身に着けている(2)印象である、ものおじせずに手を挙げる。（インタビューにおける回答）

11. その他特筆すべき活動

（１） 教育の質向上に向けた取り組み

【Faculty Development（FD）活動】

本研究科の広報・評価委員会において、FD 推進のための企画、実施及び評価について審議するなど、FD を推進するための体制を構築している。例えば、博士課程前期課程科目「科学技術アントレプレナーシップ・プロジェクト研究」の発表会、あるいは博士課程前期課程・後期課程の経過発表会等の後に開催される教授会においては、その実施方法などの見直しについて議論したり、教授会の後、アントレプレナーシップ講座の教員を講師として、「大学発ベンチャーによる事業創造」など、アントレプレナーシップに関するテーマについての勉強会を開催することで、理系教員がアントレプレナーシップについて理解を深める機会を設けている。また、他の教員が実施する講義に参加し、その内容等について議論するピアレビューも実施している.

《図表 17》は、各年度における FD とピアレビューの実施回数と参加者（教員・職員等）をまとめたものである。このように本研究科では、多くの教職員が FD やピアレビューに積極的に関与している。

《図表 17》FD 活動・ピアレビュー実施実績

年度	FD		ピアレビュー	
	実施回数	参加者数	実施回数	参加者数
平成 28 年度	1	27	0	0
平成 29 年度	6	152	2	106
平成 30 年度	5	189	2	58

【教員表彰制度】

広報・評価委員会において審議し、優れた教育成果をあげた教員を選出、優秀教育賞の表彰を行い、教育改善の意欲を高める取り組みを行っている。

（２） 教育の国際性を高める取り組み

神戸大学は、『開放的で国際性に富む固有の文化の下、「真摯・自由・協同」の精神を発揮し、人類社会に貢献するため、 普遍的価値を有する「知」を創造するとともに、人間性豊かな指導的人材を育成する』という使命を掲げている。また、「経済社会の発展を牽引するグローバル人材育成支援」（Go Global Japan Project）などの事業を手掛けており、

国際化を重点テーマに掲げている。

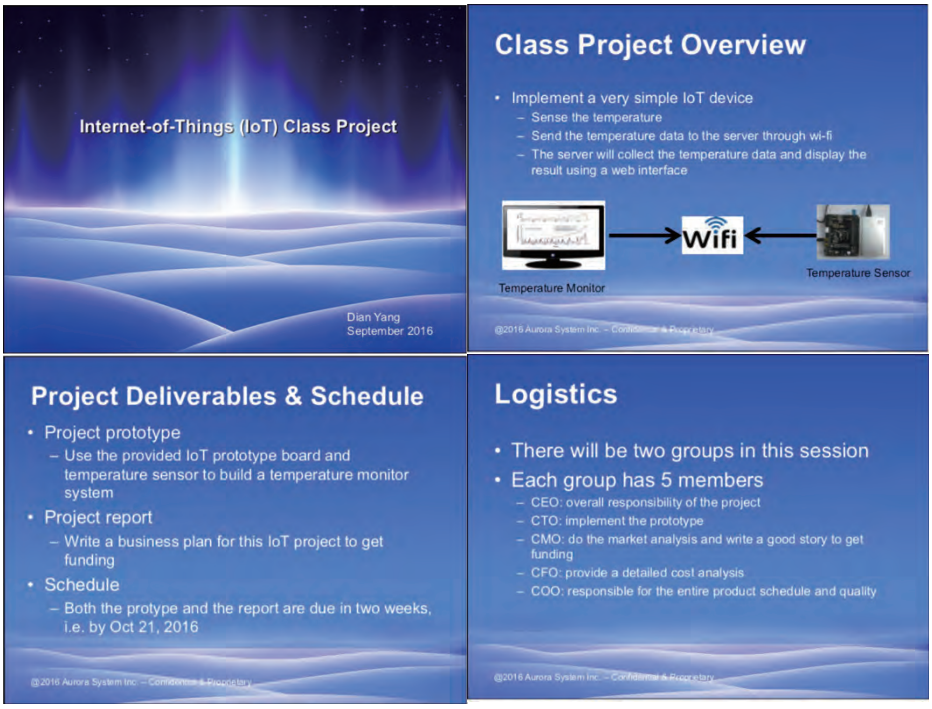
本研究科は、これらの理念に基づいて、学生の国際性を育むために下記のような取り組みを行っている。

【研究科所属学生の海外渡航支援制度】

学生の海外渡航を支援するため、本研究科に所属する学生が海外の大学と行う共同研究の打合せや共同実験の実施などに対し、渡航費の助成を行っている。これにより、学生と海外研究者との交流を促進、学生の国際性を高め、研究力の向上を図っている。

【外国人教員のサポートによる実習の国際化】

博士課程前期課程における「産業技術実習」の先端 IT 分野実習は、スタンフォード大学で学位を取得した客員教授 Dian Yang 博士の協力を得てデザインされている(《図表 18》)。５名からなるグループにより、情報通信デバイス・装置などのプロトタイプとビジネスプランの作成を行う。学生達は単にグループに分かれるだけでなく、模擬企業を作り、CEO、CFO、CPO、CTO、CMO などの役割を分担して、プロジェクトに取り組む。グループでの作業、各班の発表、成果物のチェック、優秀グループの決定、授与式での講評などにおいて、Yang 博士から折に触れて協力を受け、学生は、日本人教員の指導と質が異なる国際性のある実習を経験している。



《図表 18》「産業技術実習」（先端 IT 分野）の課題

【学生国際競技会への参加支援】

本研究科は、学生が国際競技会へ参加する場合の支援も積極的に行っている。例えば、国際的な合成生物学学生競技会である「iGEM2017」へ参加する学生の研究と成果報告（英語による口頭発表を含む）を指導した結果、米国ボストンでの世界大会で銀メダル獲得に至った（《図表 19》）。

《図表 19》iGEM2017 における受賞

（３） 地域連携による教育活動

【市民公開講座の実施】

一般市民に向け、本研究科の５分野（バイオプロダクション、先端膜工学、先端 IT、先端医療学、アントレプレナーシップ）をテーマとする、神戸大学公開講座「科学技術とイノベーション」（2018 年９月 25 日と 10 月２日）を開催した。

【JST『リサーチコンプレックス推進プログラム』における人材育成事業】

JST 事業「健康“生き活き”羅針盤リサーチコンプレックス推進プログラム」（2016 年４月～2020 年３月）において、人材育成事業を行っている。①オープンイノベーション人材、②アントレプレナーシップ人材、③起業入門人材を対象にした３教育プログラムを運営している。これまで３事業あわせて 184 回セミナー・講義を開催、延べ 810 名が受講している（いずれも 2019 年６月末現在）。

この人材育成事業の継続プログラム修了証の取得者は、延べ 218 名におよび、そのなかから、ベンチャー企業設立３社、企業内の新規事業立ち上げ４件、各種受賞５件、研究費獲得３件、研究会設立２件、人材バンク設立１件、メディア掲載１件という活動成果がえられている。

【高大連携のための出張講義】

神戸大学の基本方針に沿って、本研究科は地域の高校との連携を深めている。例えば、兵庫県立長田高等学校では、医療系に興味を持つ生徒を対象とする出張講義を行い、座学のみならず、ワークショップ形式の授業を提供した。また、同校および兵庫県立小野高等学校からの生徒訪問を受け入れ、研究室見学やレクチャー、グループディスカッションを行った。

（４） リカレント教育の推進

神戸本学では、様々な部局においてリカレント教育を実施している。
本研究科も研究科の強みを生かした下記のリカレント教育に力をいれている。

【Membrane Business Academy・Global Water School の開催】

膜工学センターに多数の企業が参加していることを生かし、新規事業創造を目指したMBA（Membrane Business Academy）という名称のワークショップを全８回（４回/年、2017-2018）開催した。ハーバード・ビジネス・スクール（HBS）教授 Clayton M. Christensen の著書「イノベーションのジレンマ（The Innovator's Dilemma）」をテキストとして、理工系の企業人が、日頃学ぶ機会が少ないビジネススクールで教えられているような内容を教授した。
一方、世界のビジネスを含めた水事情を理解するため、国内外より専門家を招聘して、GWS（Global Water School）を全６回開催（2016-2017）した。いずれの活動においても、企業関係者以外に、公共機関、大学などから多くの参加者を得た。

【成膜スクール】

企業入社後５～６年目の社会人を対象に、膜分離・膜工学に関する知識を学ぶワークショップを開催している。講義形式の座学では、膜分離操作のための物質移動論、相分離法による多孔膜の作製や構造制御に関して概説し、また、平膜や中空糸膜の作成、相図の作成、共焦点レーザ顕微鏡による実験などの実習を提供している。本スクールは、2016 年以降毎年開催しており、多くの参加者を得ている。

【一般社団法人バイオロジクス研究・トレーニングセンター（BCRET）】

本研究科も設立に関与している一般社団法人バイオロジクス研究・トレーニングセンター（BCRET）では、日本におけるバイオ医薬品の品質管理などに関わる教育プログラムを開発、人材を育成している。2018 年に、製薬系業界（約 55 社）から、座学プログラム（４種、総８回開催）に約 202 名、実習プログラム（２種、総６回開催）に 58 名が参加した。

科学技術イノベーション研究科

外部評価書（研究）

科学技術イノベーション研究科（研究）

１．研究科の研究目的と特徴 ・・・・・・・・・・・・・・・・・２～３

２．「研究の水準」の分析 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ４～40

Ⅰ　研究活動の状況 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・４～29

・Ⅰ－１　研究の実施体制及び支援・推進体制・・・・・・・・・・４
・Ⅰ－２　研究活動に関する施策／研究活動の質の向上・・・５～６
・Ⅰ－３　論文・著書・特許・学会発表など・・・・・・・・７～10
・Ⅰ－４　研究資金・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11～12
・Ⅰ－５　総合的領域の振興・・・・・・・・・・・・・・・・13～16
・Ⅰ－６　地域連携による研究活動・・・・・・・・・・・・・17～19
・Ⅰ－７　国際的な連携による研究活動・・・・・・・・・・・20～22
・Ⅰ－８　研究成果の発信／研究資料等の共同利用・・・・・23～25
・Ⅰ－９　学術コミュニティへの貢献・・・・・・・・・・・・26～27
・Ⅰ－10　オープンイノベーション人材センター
（研究科内センター）・・・・・・・・・・・・・・・ 28～29

Ⅱ　研究成果の状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 30～40

・Ⅱ－１　研究業績・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・30～37
・Ⅱ－２　その他・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・38～40

※本資料は、神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科（研究）およびオープンイノベーション人材センター（研究科内センター）について外部評価を戴くために準備したものである。

１．研究科の研究目的と特徴

科学技術イノベーション研究科は、平成 28 年度に修士課程、平成 30 年度に博士課程（前期課程・後期課程）が設置され、令和２年度に博士課程の設置が完了する新研究科である。自然科学系４分野（バイオプロダクション、先端膜工学、先端 IT、先端医療学）と社会科学系分野（アントレプレナーシップ）を教育研究の柱とし、分野融合により新たな科学技術や学問領域を生み出し、文理融合により人材育成・研究開発・事業化が効率よく循環するイノベーション・エコシステムを構築、科学技術イノベーション創出を牽引する拠点となることを目指している。以下、本研究科の研究目的、組織構成、研究上の特徴について述べる。

（研究目的）

１．本研究科では研究科規則において、「先端科学技術の基礎研究・応用研究はもとより、技術開発から事業化までを視野に入れたイノベーションの創出を目的とした研究を行う」という研究目的を掲げている。

２．このような研究目的を達成するため、現行の中期目標では、「独創性のある研究の萌芽を貴び、文科系・理科系という枠にとらわれない先端研究を戦略的に強化し、他大学・研究機関とも連携して、新たな学術領域を開拓・展開する。それらをはじめとする世界最高水準の先端研究を強力に推進し、その効果を周辺諸分野にも波及させる循環システムを構築することにより、学術の進展をリードする。」ことを定めている。

（組織構成）

分野融合・文理融合実現のため、本研究科では《図表１》に示す１専攻構成をとっており、専任教員は 27 名である。

また、研究科内センター（研究）として、オープンイノベーション人材センターを設置している。

《図表１》研究科の構成

専攻・センター	講座	教育研究分野（専任教員数）
科学技術イノベーション専攻	バイオ・環境	バイオプロダクション（８）
		先端膜工学（３）
	先端 IT	先端 IT（４）
	先端医療学	先端医療学（４）
	アントレプレナーシップ	アントレプレナーシップ（８）
研究科内センター（教育）	科学技術イノベーション推進室	
研究科内センター（研究）	オープンイノベーション人材センター	

（研究上の特徴）

１．バイオプロダクション分野は、微生物や細胞の機能を利用して、再生可能な木や草などの植物に含まれる糖からバイオ由来の燃料や化学品・医薬品・機能性食品を生産する研究を推進している。バイオプロダクション次世代農工連携拠点を 11 年間にわたり強

力に推進した実績のもと、農工連携を端緒とした分野間融合によるイノベーション研究を展開し、平成 30 年より神戸大学先端バイオ工学研究センター及び一般社団法人先端バイオ工学推進機構を組織して活動している。

２．先端膜工学分野は、膜を用いて水浄化やガス分離を行うことで、省エネ・創エネプロセスによる資源循環型社会の実現を目指している。有機溶剤ろ過技術や正浸透膜技術に関する国の研究プロジェクトを推進し、先端膜工学研究センター及び一般社団法人先端膜工学研究推進機構を設立して活動している。

３．先端 IT 分野は、HPC（スパコンを利用する高性能計算）と IoT（広域ネットワーク化情報技術）の連携により情報通信デバイスと IT 応用技術分野で世界最先端の研究開発を推進している。ポスト「京」次世代スパコン分野やハードウェアセキュリティ分野を開拓し、情報通信技術の革新に向けた国レベルの研究プロジェクトを先導している。

４．先端医療学分野は、iPS 細胞やコンピュータシミュレーション、新規ワクチン製造基盤技術などの革新的医療開発手法と医療産業特区の活用により新規治療法および診断法創出を総合的に推進している。再生医療や創薬支援に関する研究ネットワークに積極的に関与し、臨床展開や知財確保の機会を通して革新的医療の社会実装に向けた取組を加速している。

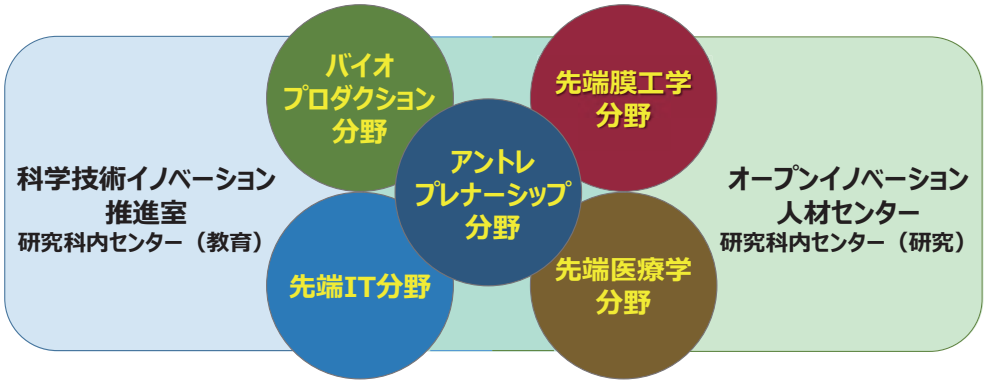
５．アントレプレナーシップ分野は、企業家教育プログラムの開発と実践を推進するとともに、理科系教員と社会系教員の密連携による真の文理融合のもと、研究成果の実用化を実現している。本研究科の新設（平成 28 年４月）以来、バイオ由来の物質創製や DNA 合成・ゲノム編集に関する革新的な研究成果によるスタートアップ企業を４社設立した。国内外の大手企業および神戸大学独自の事業支援組織（株式会社科学技術アントレプレナーシップ）の大規模投資による資金調達にも成功している。また、オープンイノベーション人材センターにおいては、ワークショップなどを通じて企業内イノベーターの教育を行っている。

２.「研究の水準」の分析

Ⅰ　研究活動の状況

Ⅰ－１　研究の実施体制及び支援・推進体制

文理融合による教育研究を行う本研究科の構成を《図表２》に示す。本研究科は、単一専攻である科学技術イノベーション専攻に、自然科学系４分野（バイオプロダクション分野、先端膜工学分野、先端 IT 分野、先端医療学分野）と社会科学系１分野（アントレプレナーシップ分野）を擁している。研究科の専任教員数は 27 名と小規模でありながら、アントレプレナーシップ教育カリキュラムの実践、研究開発プロジェクトの推進、および研究成果の事業化と社会実装を通じて、５つの教育研究分野の融合を目指している。多様な研究・教育活動を推進するために、研究科内センターが企画運営を担い、研究科発のベンチャー企業の設立と成長を支援する「神戸大学スキーム」（後述）を持つことに特徴がある。



《図表２》科学技術イノベーション研究科の構成

Ⅰ－２ 研究活動に関する施策／研究活動の質の向上

科学技術イノベーション研究科の研究開発活動を活性化するための施策を実現している。

・インセンティブ経費

萌芽的な研究分野に対する先行投資および国内外の連携研究基盤の構築を企図し、基盤的研究経費を充実している。(柔軟に活用可能な資金を、平成 28～30 年度の３年間平均で年間約 4,000 万円配分している。)

・科学技術イノベーション研究科学生海外派遣支援制度

学生の海外留学と海外出張を支援する制度を創設した。国際共同研究の打合せや共同実験の実施を対象とし、国際共著論文の増加を狙っている。

・アドバイザリーボードの設置

高度に専門的な国家資格（弁護士、弁理士、公認会計士・税理士、社会保険労務士など）または卓越した実務実績（起業、新規事業開発、ベンチャー投資・育成など）を有するプロフェッショナルで構成する。研究科メンバーとして機密保持の責任のもと、研究開発プロジェクトの社会的意義と事業性を客観的に指摘し、研究課題の方向付けを議論している。

具体的には、四半期に一度（年４回）程度の頻度で開催されるアドバイザリーボード・オフィスアワー（毎回２コマ程度）に原則、毎回出席し、博士課程後期課程の学生に対して専門分野における個別アドバイス等を行う。また、オフィスアワー以外においても、可能な範囲において、学生による訪問もしくはメール等による個別相談を受けて、適切なアドバイスを行う。

・シンポジウムの開催

＊第１回目 科学技術イノベーション研究科
シンポジウム

平成 30 年６月６日、神戸大学百年記念館六甲ホールにおいて、平成 30 年４月の博士課程後期課程設置にあたり、学外より講師をお招きし、「科学技術イノベーションと大学発ベンチャー～神戸大学への提言～」をテーマにシンポジウムを開催した（参加者：約 200 名）《別添資料１》。

＊第２回目 科学技術イノベーション研究科
特別シンポジウム

令和元年７月 23 日、東京・大手町の経団連会館において、「合成生物学の衝撃とオープンイノベーション～バイオエコノミーの時代に、わが国の大企業とベンチャーは戦略的パートナーとなりうるか？～」をテーマに特別シンポジウムを開催した（参加者：約 200 名）。
http://www.stin.kobe-u.ac.jp/info/2019_07_30_01.html《別添資料２》

《図表３》
シンポジウムリーフレット

・株式会社科学技術アントレプレナーシップ（STE 社）

研究科発ベンチャー企業の設立と成長と運営を支援する「神戸大学スキーム」を具体化するため、研究科の教員が中心となって株式会社科学技術アントレプレナーシップ（以降 STE 社）を設立した。詳細は「Ⅱ 研究成果の状況 Ⅱ－２ その他」に記載している。

Ⅰ－３ 論文・著書・特許・学会発表など

本研究科は、専任教員 27 名および特命教員（研究プロジェクト等）22 名による小規模な研究人員構成であるが、自然科学系４分野と社会科学系１分野により研究活動を活発に展開し、学術成果を報告している《図表４》。このうち、本研究科の代表的な論文を《図表５》に示す。

・論文・著書等の研究業績や学会での研究発表等の状況

《図表４》論文等の推移

業績等	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平均
論文等	175 (135)	228 (190)	168 (124)	190 (150)
著書	5	8	21	11
国内学会発表	196	282	296	258
国際学会発表	75	87	87	83
受賞	8	13	10	10

※論文等欄の（　）内の数字は査読付き論文等数を表す。

《図表５》本研究科の代表的な論文

【バイオプロダクション分野】
Christopher J. Vavricka, Takanobu Yoshida, Yuki Kuriya, Shunsuke Takahashi, Teppei Ogawa, Fumie Ono, Kazuko Agari, Hiromasa Kiyota, Jianyong Li, Jun Ishii, Kenji Tsuge, Hiromichi Minami, Michihiro Araki, Tomohisa Hasunuma, Akihiko Kondo. "Mechanism-based tuning of insect 3,4-dihydroxyphenylacetaldehyde synthase for synthetic bioproduction of benzylisoquinoline alkaloids" *Nature Communications*, 10, 2015, May 2019. DOI: 10.1038/s41467-019-09610-2
Satomi Banno, Keiji Nishida, Takayuki Arazoe, Hitoshi Mitsunobu, Akihiko Kondo. "Deaminase-mediated multiplex genome editing in Escherichia coli" *Nature Microbiology*, 3(4), 423-429, Apr. 2018. DOI: 10.1038/s41564-017-0102-6
Megumi Miyano, Kosei Tanaka, Shu Ishikawa, Shinji Takenaka, Andrés Miguel-Arribas, Wilfried J. J. Meijer, Ken-ichi Yoshida. "Rapid conjugative mobilization of a 100 kb segment of Bacillus subtilis chromosomal DNA is mediated by a helper plasmid with no ability for self-transfer" *Microbial Cell Factories*, 17(1), 13, Jan. 2018. DOI: 10.1186/s12934-017-0855-x
Daisuke Sasaki, Kengo Sasaki, Naoko Ikuta, Takahiro Yasuda, Itsuko Fukuda, Akihiko Kondo, Ro Osawa. "Low amounts of dietary fibre increase in vitro production of short-chain fatty acids without changing human colonic microbiota structure" *Scientific Reports*, 8(1), 435, Jan. 2018. DOI: 10.1038/s41598-017-18877-8

Zenpei Shimatani, Sachiko Kashojiya, Mariko Takayama, Rie Terada, Takayuki Arazoe, Hisaki Ishii, Hiroshi Teramura, Tsuyoshi Yamamoto, Hiroki Komatsu, Kenji Miura, Hiroshi Ezura, Keiji Nishida, Tohru Ariizumi, Akihiko Kondo. "Targeted base editing in rice and tomato using a CRISPR-Cas9 cytidine deaminase fusion" *Nature Biotechnology*, 35(5), 441-443, May 2017. DOI: 10.1038/nbt.3833
Shih-Hsin Ho, Akihito Nakanishi, Yuichi Kato, Hiroaki Yamasaki, Jo-Shu Chang, Naomi Misawa, Yuu Hirose, Jun Minagawa, Tomohisa Hasunuma, Akihiko Kondo. "Dynamic metabolic profiling together with transcription analysis reveals salinity-induced starch-to-lipid biosynthesis in alga Chlamydomonas sp. JSC4" *Scientific Reports*, 4, 45471, Apr. 2017. DOI: 10.1038/srep45471
Keiji Nishida, Takayuki Arazoe, Nozomu Yachie, Satomi Banno, Mika Kakimoto, Mayura Tabata, Masao Mochizuki, Aya Miyabe, Michihiro Araki, Kiyotaka Y. Hara, Zenpei Shimatani, Akihiko Kondo. "Targeted nucleotide editing using hybrid prokaryotic and vertebrate adaptive immune systems" *Science*, aaf9729, Sep. 2016. DOI: 10.1126/science.aaf8729
【先端膜工学分野】
Norihiro Togo, Keizo Nakagawa, Takuji Shintani, Tomohisa Yoshioka, Tomoki Takahashi, Eiji Kamio, Hideto Matsuyama. "Osmotically assisted reverse osmosis utilizing hollow fiber membrane module for concentration process" *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 58(16), 6721-6729, Mar. 2019. DOI:10.1021/acs.iecr.9b00630
Hao-Chen Wu, Tomohisa Yoshioka, Keizo Nakagawa, Takuji Shintani, Toshinori Tsuru, Daisuke Saeki, Abdul Rajjak Shaikh, Hideto Matsuyama. "Preparation of Amphotericin B-Ergosterol structures and molecular simulation of water adsorption and diffusion" *Journal of Membrane Science*, 545, 229-239, Jan. 2018. DOI:10.1016/j.memsci.2017.09.032
Hao-Chen Wu, Tomohisa Yoshioka, Keizo Nakagawa, Takuji Shintani, Toshinori Tsuru, Daisuke. Saeki, Yi-Rui Chen, Kuo-Lun Tung, Hideto Matsuyama. "Water transport and ion rejection investigation for application of cyclic peptide nanotubes to forward osmosis process: A simulation study" *Desalination*, 424, 85-94, Dec. 2017. DOI:10.1016/j.desal.2017.09.008
Hao-Chen Wu, Tomohisa Yoshioka, Hiroki. Nagasawa, Masakoto Kanezashi, Toshinori Tsuru, Daisuke Saeki, Hideto Matsuyama. "Preparation of cyclic peptide nanotube structures and molecular simulation of water adsorption and diffusion" *Journal of Membrane Science*, 537, 101-110, Sep. 2017. DOI:10.1016/j.memsci.2017.04.060

Keizo Nakagawa, Hiroharu Yamashita, Daisuke Saeki, Tomohisa Yoshioka, Takuji Shintani, Eiji Kamio, Hannah Theresa Kreissl, Shik Chi Edman Tsang, Shigeru Sugiyama, Hideto Matsuyama. "Niobate nanosheet membranes with enhanced stability for nanofiltration" *Chemical Communications*, 53(56), 7929-7932, Jun. 2017. DOI:10.1039/C7CC03911E
【先端 IT 分野】
Enhua Xu, Motoyuki Uejima, Seiichiro Lenka Ten-no. "Full coupled-cluster reduction for accurate description of strong electron correlation" *Physical Review Letters*, (121), 113001, Sep. 2018. DOI: 10.1103/PhysRevLett.121.113001
Ayumi Yamashita, Takenao Ohkawa, Kenji Oyama, Chikara Ohta, Ryo Nishide, and Takeshi Honda. "Calf Weight Estimation with Stereo Camera Using Three-Dimensional Successive Cylindrical Model" *Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers*, Vol. 6, No. 1, pp. 39-46, Jan. 2018. DOI: 10.12792/JIIAE.6.39
Go Matsukawa, Taisuke Kodama, Yuri Nishizumi, Koichi Kajihara, Chikako Nakanishi, Shintaro Izumi, Hiroshi Kawaguchi, Toshio Goto, Takeo Kato, Masahiko Yoshimoto. "A Low Power, VLSI Object Recognition Processor using Sparse FIND Feature for 60fps HDTV Resolution Video" *IEICE Electronics Express*, 14(15), 1-12, July 2017. (ELEX Best Paper Award 2017) DOI: 10.1587/elex.14.20170668
Makoto Nagata, Daisuke Fujimoto, Noriyuki Miura, Naofumi Homma, Yu-ichi Hayashi, Kazuo Sakiyama. "(Review paper) Protecting Cryptographic Integrated Circuits with Side-Channel Information" *IEICE Electronics Express*, 14(2), 1-13, Feb. 2017. DOI: 10.1587/elex.14.20162005
永田真. "（招待論文）VLSI システムのノイズ問題克服に向けた研究の取組み―エレクトロニクスソサイエティ賞の受賞によせて―" *電子情報通信学会論文誌 C 分冊*, J100-C(2), 82-90, Feb. 2017.
【先端医療学分野】
Daisuke Watanabe, Michiyo Koyanagi-Aoi, Mariko Taniguchi-Ikeda, Yukiko Yoshida, Takeshi Azuma, Takashi Aoi. "The generation of human γδT cell-derived induced pluripotent stem cells from whole peripheral blood mononuclear cell culture" *Stem Cells Translational Medicine*, 7(1), 34-44, Jan. 2018. DOI: 10.1002/sctm.17-0021
Koichi Kitagawa, Reina Gonoi, Maho Tatsumi, Masahide Kadowaki, Takane Katayama, Yoshiko Hashii, Masato Fujisawa, Toshiro Shirakawa. "Preclinical development of a WT1 oral cancer vaccine using a bacterial vector to treat castration-resistant prostate cancer" *Molecular Cancer Therapeutics*, 18(5), 980-990, May. 2019. DOI: 10.1158/1535-7163.MCT-18-1105

Koichi Kitagawa, Tsugumi Oda, Hiroki Saito, Ayame Araki, Reina Gonoi, Katsumi Shigemura, Yoshiko Hashii, Takane Katayama, Masato Fujisawa, Toshiro Shirakawa. "Development of oral cancer vaccine using recombinant Bifidobacterium displaying Wilms' tumor 1 protein" *Cancer Immunology, Immunotherapy*, 66(6), 787-798, Jun. 2017. DOI: 10.1007/s00262-017-1984-0
Ryo Ishida, Michiyo Koyanagi-Aoi, Nobu Oshima, Yoshihiro Kakeji, Takashi Aoi. "The tissue-reconstructing ability of colon CSCs is enhanced by FK506 and suppressed by GSK3 inhibition" *Molecular Cancer Research*, 15(10), 1455-1466, Oct. 2017. DOI: 10.1158/1541-7786.MCR-17-0071
Hiroyuki Ogawa, Michiyo Koyanagi-Aoi, Kyoko Otani, Yoh Zen, Yoshimasa Maniwa, Takashi Aoi. "Interleukin-6 blockade attenuates lung cancer tissue construction integrated by cancer stem cells" *Scientific Reports*, 7(1), 12317, Sep. 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-12017-y
【アントレプレナーシップ分野】
Kenji Kutsuna, Janet Kiholm Smith, Richard L. Smith, Kazuo Yamada. "The Supply-Chain Spillover Effects of IPOs" *Journal of Banking and Finance*, 64, 150-168, 2016. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2015.12.003
Xiaolu Bao, Sofia Johan, Kenji Kutsuna. "Do Political Connections Matter in Accessing Capital Markets? Evidence from China" *Emerging Markets Review*, 29, 24-41, 2016. DOI: 10.1016/j.ememar.2016.08.009
Yawen Jiao, Kenji Kutsuna, Richard L. Smith. "Why Do IPO Issuers Grant Overallotment Options to Underwriters? " *Journal of Corporate Finance*, 44, 34-47, 2017. DOI: 10.1016/j.jcorpfin.2017.02.011

・特許出願件数等

《図表６》特許出願件数等の推移

年度	発明届出	譲渡契約等	出願に至った件数（左記発明届出の内）	
			国内	海外
平成 28 年度	29	3	14	8
平成 29 年度	28	5	18	8
平成 30 年度	14	3	13	0
合計	71	11	45	16

上記のうち 11 件は、事業化による社会実装に向けたライセンス契約や譲渡契約を締結している。

Ⅰ－４ 研究資金

・競争的外部資金の獲得状況

本研究科の各教育研究分野において、競争的な外部資金の獲得に向けた研究計画を継続的に提案し、多くの計画が採択されている。研究開発プロジェクトの受託状況について《図表７及び８》に示すとともに、研究課題名などについては《別添資料３～５》にまとめている。また、研究活動の詳細について、次頁以降の「Ⅰ－５　総合的領域の振興」「Ⅰ－６　地域連携による研究活動」などにおいて説明している。

１．科学研究費助成事業（※以下の URL は別添資料３～５として添付）

科学研究費助成事業は全５分野からバランス良く受託している。通常の大学では、自然科学系と社会科学系の研究者が研究内容に関してコミュニケーションを取ることは稀だが、本研究科では、修士論文やプロジェクトベースド・ラーニングの指導などを通じて、お互いの教育研究について情報交換する機会が多い。そこから、新たな研究アイデアのヒントを得ている。

平成 28 年度分　http://www.stin.kobe-u.ac.jp/activity/grant_fy2016.html
平成 29 年度分　http://www.stin.kobe-u.ac.jp/activity/grant_fy2017.html
平成 30 年度分　http://www.stin.kobe-u.ac.jp/activity/grant_fy2018.html

《図表７》科研費　（単位：千円）

年度	申請	採択件数	件数内訳		金額
			新規	継続	
平成 28 年度	18	21	5	16	54,990
平成 29 年度	51	26	9	17	71,240
平成 30 年度	43	34	18	16	104,040
合計	112	81	32	49	230,270

２．共同研究、受託研究等の状況（※以下の URL は別添資料６～８として添付）

全５分野において、文部科学省、内閣府、JST、NEDO、AMED などから多くの研究を受託して、様々なプロジェクトが進行している。本研究科の特徴である分野融合研究の代表例として、①バイオプロダクション次世代農工連携研究、②先端膜工学研究センター、③バイオロジクス研究・トレーニングセンター（BCRET）、④地域イノベーション・エコシステム形成プログラム、⑤リサーチコンプレックスが挙げられる。各研究の詳細は次頁以降に記載する。

平成 28 年度分　http://www.stin.kobe-u.ac.jp/activity/project_fy2016.html
平成 29 年度分　http://www.stin.kobe-u.ac.jp/activity/project_fy2017.html
平成 30 年度分　http://www.stin.kobe-u.ac.jp/activity/project_fy2018.html

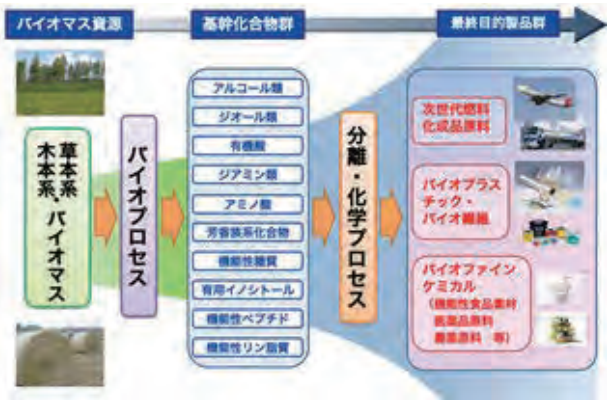
《図表８》共同研究、受託研究、寄附金、その他（補助金、受託事業、助成金）
（単位：千円）

年度	共同研究		受託研究		寄附金		その他		合計	
	件数	金額	件数	金額	件数	金額	件数	金額	件数	金額
H28	34	82,413	23	851,475	11	11,870	9	469,037	77	1,414,795
H29	54	120,633	25	898,808	19	9,984	12	593,935	110	1,623,360
H30	76	157,859	32	811,994	20	19,970	12	568,175	140	1,557,998
合計	164	360,905	80	2,562,277	50	41,824	33	1,631,147	327	4,596,153

Ⅰ－５ 総合的領域の振興

・バイオプロダクション次世代農工連携研究の推進

平成20年度に採択された文部科学省イノベーションシステム整備事業・先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム『バイオプロダクション次世代農工連携拠点』は、再生可能な資源バイオマスから様々なバイオベース製品の生産を行なう「バイオプロダクション技術」の確立を目指している《図表９》。グリーン・イノベーションを実現し、化学製品をバイオベース製品に転換するバイオリファイナリーでは、日本最大規模の産学連携事業である。本拠点形成の成果は総合事後評価「S」を受けた《別添資料９》。



《図表９》バイオプロダクション技術

拠点形成を推進する過程で、元来計画にあった農学と工学の連携のみならず、理学、医学、社会科学との連携が達成された。この文理融合の成果は、本研究科の構想設置の原動力でもある。また、この連携は先端バイオ工学研究センターの平成 30 年新設にもつながった《図表 10》。当研究センターは、先端融合領域の学術的開拓推進を行うとともに、生物資源とバイオ技術を用いて地球規模の課題解決と経済発展の共存を目指す「バイオエコノミー」の創出を目指している。このような目的を持った研究センターは国内唯一といえる《別添資料 10》。http://www.egbrc.kobe-u.ac.jp/about/organization.html

神戸大学先端バイオ工学研究センター
EGBRC Engineering Biology Research Center Kobe University

《図表 10》先端バイオ工学研究センター

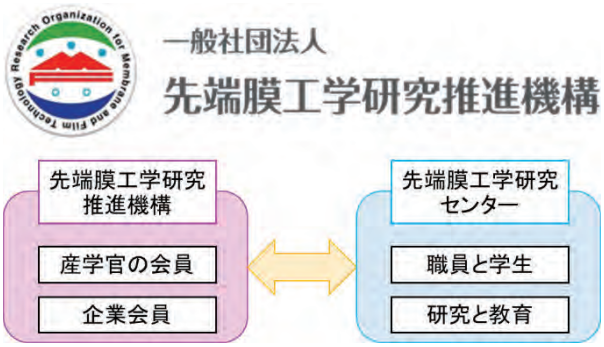
一方、本プログラムの目的は、産学協働で先端的融合領域において大きな社会・経済的インパクトのある成果を創出することである。自ら産学連携を具体化し、この実績は一般社団法人先端バイオ工学推進機構につながった《図表 11》。当法人では、産・官・学の連携下、バイオ技術、デジタル技術、ロボティックス技術を融合する先端バイオ工学の基盤開発を推進している。例えば、高度に機能がデザインされ、発現が制御された細胞の高速育種、それらを利用して、バイオ化成品、バイオファインケミカル、新規材料製造などの研究開発を行っている。また、ヒトの腸内環境を模した in vitro 培養システムを利用して、機能性食品、ニュートラシューティカル、医薬品の研究開発を行っている。さらに、研究開発を生産につなげるために、バイオマス育種を含むサプライチェーンや生産プロセスを開発している。本プログラムは、これらの産学連携を担う人材を育成して、先端バイオ工学の研究と実用化への寄与を目指している《別添資料 11》。
https://www.japan-oeb.jp/index.html

一般社団法人
先端バイオ工学推進機構
Organization for Engineering Biology

《図表 11》
（一社）先端バイオ工学推進機構

・（一社）先端膜工学研究推進機構との連携による研究推進

膜工学に関する先端研究と人材育成の両面で産学連携を推進することを目的として、「先端膜工学研究推進機構」（以下、「膜機構」）が平成 19 年に設立された。現在の会員企業数は、日本の主だった膜メーカーやエンジニアリング会社など 70 社以上にのぼり、平成 25 年４月からは一般社団法人として活動している。



《図表 12》先端膜工学研究推進機構と
先端膜工学研究センターの関係

これら企業と本学の橋渡しを担う学外組織である膜機構と、本研究科教員が所属する先端膜工学研究センター（以下、「膜センター」）が機能的に連携することで、膜工学分野で世界最先端の研究を実施し、企業ニーズを取り込んだ産学連携を行っている《図表 12》。

膜機構における膜工学の基礎および事業化に関する勉強会、成膜スクールなどの教育事業、研究講演会や膜工学サロンの開催、研究技術相談、センター機器利用、共同研究・委託研究の斡旋などの産学連携において、本研究科は重要な役割を担っている。

産学連携活動の一例として、膜工学サロンが挙げられる。膜工学に関するテーマを設定し、教員と企業からの参加者による双方向の勉強会や外部講師による招待講演を行っている。自由なディスカッションや情報交換を通じて、研究すべき課題を発掘・提案することを目的としている《図表 13》。平成 28 年から年２回開催しており、サロンを介した産学、企業間のネットワーク形成が期待される。平成30年３月の春季講演会では、水処理膜、ガス分離膜、ガスバリア膜、塗布膜、有機薄膜、膜材料合成化学、膜バイオプロセス、有機溶剤超ろ過膜の８テーマに関して、講師 11 名の招待講演が行われた。

《図表 13》膜工学サロンで講演する新谷特命教授

また、国際的な研究活動として、膜国際 Workshop（International Workshop on Membrane in Kobe：iWMK）の開催に尽力している《図表 14》。本学膜センターは、アジア、オーストラ

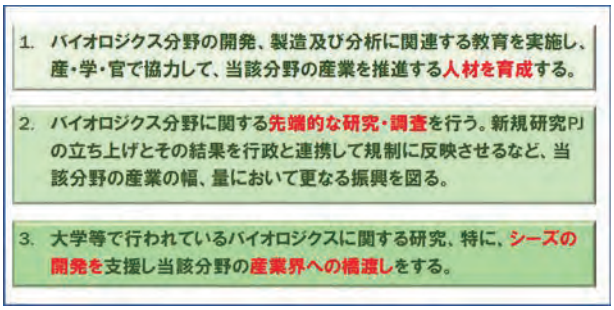
《図表 14》膜国際 Workshop iWMK2018 での集合写真

リア、欧米など計 15 箇所の膜センターと研究協力協定を締結しているが、iWMK を通じて世界的膜研究者との交流がさらに活発になると思われる。海外研究グループとの交換留学による若手人材の育成、研究成果の国際的発信、海外の最先端情報収集が可能となる。このような国際的な活動によって、研究レベルの飛躍的向上や若手人材の競争力強化が期待でき、教育研究効果を高めることができる。

・（一社）バイオロジクス研究・トレーニングセンター（BCRET）の設立

バイオロジクスは、バイオ医薬品、遺伝子治療薬、細胞治療など、細胞を使って作り出される医薬品の総称である。平成 12 年以降、海外ではバイオ医薬品、特に抗体医薬の市場規模が急激に拡大しており、今後数十年、医薬品市場の中核をなすと予想されている。しかし、平成 12 年以降、国内のアカデミア・製薬会社ともに、バイオロジクス開発、生産技術開発が十分ではなかった。これらの課題解決のために、まず人材の育成が急務となっている。

平成 29 年に厚生労働省から発表された「医薬品産業強化総合戦略」にも「国内におけるバイオ医薬品の生産基盤を整備し、研究開発力を強化するため、製薬企業におけるバイオ医薬品の開発・製造全体のシステムに精通した人材の育成を推進するとともに、医薬品医療機器総合機構（PMDA）でバイオ医薬品の GMP 適合性調査に関わる職員の研修体制を整える」との記載が見られ、産・官からバイオ人材の育成の重要性が指摘されている。

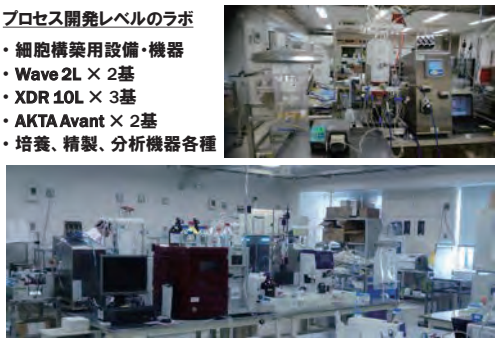


《図表 15》BCRET の主な事業内容

このような状況を受け、AMED の創薬基盤推進研究事業の一環として平成 27 年から３年間、「バイオ医薬品の品質管理等に関わる人材育成プログラムの開発」事業を本学が受託し、産官学から支援を受け、教材作成を行った。作成した教材を活用して、実際にバイオロジクスの開発・製造に関する人材の育成を行う機関として、本学が主体となり、平成 29 年８月に BCRET を神戸大学統合研究拠点内に設立した《図表 15》。神戸市、製薬協、AMED、次世代バイオ医薬品製造技術研究組合など産官学の協力を得ている《別添資料 12》。https://www.bcret.jp/

本センターには、国内・外資の製薬企業、バイオロジクスの受託製造会社、部材・機器製造会社など正会員 18 社、準会員 9 社が参画している。AMED 事業で作成した教材をベースに BCRET 独自に改善を加えながら、平成 30 年度は、製薬企業の研究開発者、分析機器会社・化学会社スタッフなどを対象に、座学 8 回（参加者：のべ約 200 名）と実習 6 回（参加者：のべ約 60 名）の講習を行った《図表 16》。また、PMDA やアジアの査察官へ向けた教育プログラムの提供も準備している。

また、BCRET はバイオロジクスの開発・生産に関する先端的な研究で産学連携を推進することも目的としている。平成 30 年に新設された先端バイオ工学研究センターと機能的に連携することで、社会ニーズに合致した新たな研究課題を創出し、新技術を厚労省や FDA によるガイダンス作成へ反映させることも目指している。BCRET を核としたこれらの活動はいずれも、国内初の革新的な取り組みと言える。



《図表 16》実習に用いる機器の例

Ⅰ－６ 地域連携による研究活動

・地域イノベーション・エコシステム形成プログラムによる研究事業化活動

本プログラムは、神戸市と本学との連携により、日本型イノベーション・エコシステムの形成と地方創生を実現することを目的としている《図表 17》。主な活動内容は、本学の基盤的研究成果であるゲノム編集と合成技術を基としたベンチャー事業化である。平成 29 年３月に各技術を基にしたバイオパレット社とシンプロジェン社が設立されている。

バイオパレット社は、平成 29 年５月に総額約４億円のシードラウンドの資金調達を行い、神戸医療イノベーションセンター（KCMI）に研究施設を整備した。令和元年６月には、米国 Beam Therapeutics Inc.と、塩基編集技術（ゲノム編集技術）に関する独占的クロスライセンス契約を締結し、この分野の知財で非常に強い地位を確保した。

シンプロジェン社は平成 30 年９月に１億円を調達した。また、先端的なバイオ素材を開発している Spiber 社と戦略的パートナーシップを締結した。さらに、令和元年５月に国内ベンチャーキャピタルより 10 億円の資金調達を行い、神戸市のポートアイランドに研究開発と生産を行う拠点を整備中である。また、平成 30 年より神戸拠点シンポジウムを開催し、バイオ分野先端技術の事業化において、国際的に著名な講演者を招いて活発な交流を行っている。

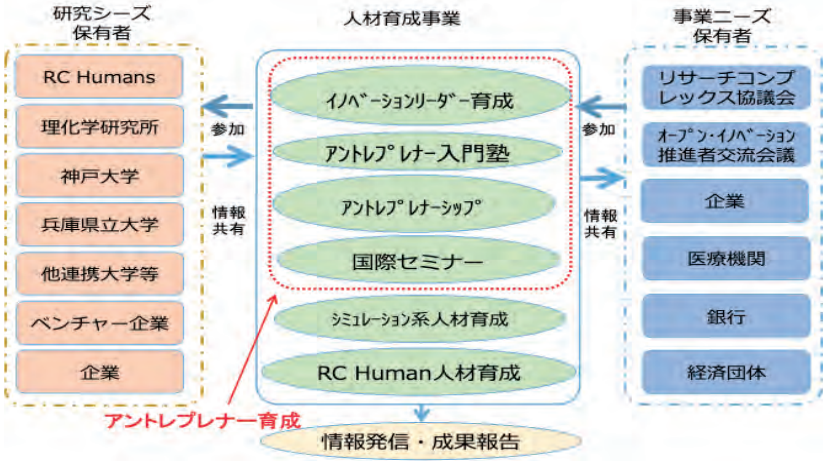
《図表 17》
地域イノベーション・エコシステム形成プログラムによる研究事業化活動

・科学技術振興機構（JST）「リサーチコンプレックス」人材育成事業

科学技術振興機構（JST）事業（平成 28 年４月～令和２年３月）として採択された「健康“生き活き”羅針盤リサーチコンプレックス」（以下、「リサコン」）に、本学は、理化学研究所、兵庫県、神戸市、京都大学、兵庫県立大学、阪急阪神ホールディングスなど 45 組織（当初登録数）とともに参画している。リサコンで得られた健康関連の知見やデータを、さまざまな業界へ波及させ、ビジネスアイデアの創出、起業家の育成システム構築につなげることを目指している《図表 18》。（https://rc.riken.jp）

リサコンは、研究、事業支援、人材育成の３グループで構成されているが、本学は人材育成グループのリーダーとして、①イノベーションリーダー育成、②アントレプレナーシップ教育、③アントレプレナー入門塾の３事業を企画運営している。これまで３事業合計で 184 回のシンポジウム、セミナー、講義を開催し、810 名が受講している（いずれも令和元年６月末現在）。人材育成事業が提供した継続プログラム修了証の取得者は 218 名だが、修了者により、次の活動が行われている。ベンチャー企業設立３社、企業内の新規事業立ち上げ４件、各種受賞５件、研究費獲得３件、研究会設立２件、人材バンク設立１件、メディア掲載１件である《図表 19》。

リサコン事業は令和２年３月に終了するが、本学の人材育成事業は「ポストリサコン」の中心的な事業と位置付けられている。これまでに構築したイノベーション人材育成手法と重層的な人材ネットワークを活用して新たなプログラムを作り、地域における人材輩出環境を継続的に整備することを目指している。



《図表 18》リサコン人材育成事業の全体像

《図表 19》プログラム修了生による成果

項　目	内　　容
プログラム修了	オープンイノベーション 99 名、アントレプレナー77 名、アントレプレナー入門 42 名
ベンチャー設立	・神戸にバイオベンチャー設立(2019 年 1 月)※兵庫県立大 情報計算科学セミナー受講生(2016 年度)
	総額５億円のシリーズ A ラウンドの資金調達に成功(2018 年 5 月)
	ベンチャーを設立(2019 年 2 月)
企業内新規事業立ち上げ	電機メーカー内の眼病予防事業（2019 年 3 月）
	電鉄企業内の町興し事業（2019 年 5 月）
	リサイクル企業内の高齢者ビジネス（2019 年 3 月）
	エネルギー企業内の MICE 事業（2019 年 3 月）
受賞	・事業化支援を受けていた神戸大学の Univase チームが Kobe×BRAVE Acceleration program ピッチ大会で、BRAVE 最優秀賞を受賞(2018 年 3 月)
	京都市ベンチャー企業目利き委員会 第 55 回（第 53 期）目利き委員会で A ランクに認定(2018 年 9 月)
	Google Launchpad Accelerator Tokyo に選出 （2018 年 11 月）
	『未来 2018』メディカル・ヘルスケア部門最優秀賞受賞（2018 年 3 月）
	りそな中小企業振興財団「中小企業優秀新技術・新製品賞」奨励賞・産学連携賞受賞（2019 年３月）
研究費獲得	NEDO 委託事業に採択 「進化型・低消費電□AI エッジ LSI の研究開発」プロジェクトを開始 （2018 年 10 月）
	経済産業省 近畿経済産業局 平成 30 年度 地域中核企業創出・支援事業にトーマツ社から申請の“未病指標としての毛細血管可視化状態評価の利用促進と国内外における市場創出支援事業”に採択(2018 年 5 月)
	大阪府の平成 30 年度成長志向創業者支援事業「Booming!4.0」の支援対象ベンチャー企業に選定（2018 年 7 月）
研究会	高齢化事業研究会(2017 年 3 月)
	大阪万博コンソーシアム立ち上げ　10 社参画（2019 年 4 月）
人材バンク	・地域のニーズにあったヘルスケア人材バンク設立(2019 年 3 月） ※健康事業開発コンシェルジュ事業を担う組織
メディア掲載	日本経済新聞掲載「スタートアップ「あっと」 指先の毛細血管計測 3 秒で、薬局向け販売 」(2018 年 4 月)

Ⅰ－７ 国際的な連携による研究活動

・Global Biofoundry Alliance の締結

世界的に成長が見込まれるバイオエコノミーや持続可能な開発目標（SDGs）の潮流を受けて、様々なバイオ由来製品を生産するバイオファクトリーやバイオリファイナリーが注目されている。持続的かつ循環的な経済プロセスを実現するための、技術基盤や近未来のインフラ整備が重要となっている。

この分野でコアとなる技術戦略として、Design-Build-Test-Learn（DBTL）サイクルがあるが、このサイクルは下記の４パートで成り立っている。

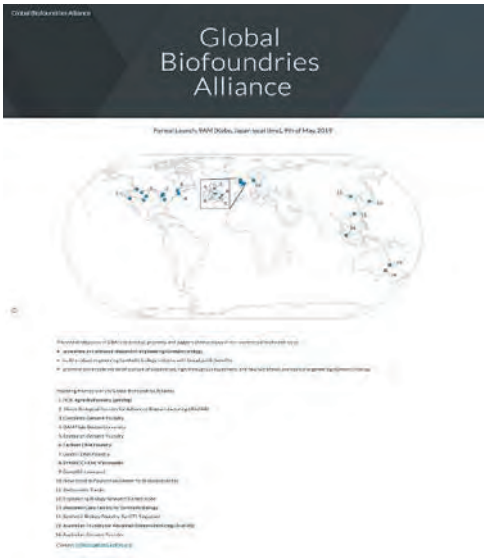
① コンピューター支援による DNA パーツ、回路、制御系、代謝系などの設計（Design: D）
② 設計した遺伝的構成要素のアセンブルによる構築（Build: B）
③ デザインを実装した細胞の試作や細胞構成要素の網羅的なオミクス解析などの評価（Test: T）
④ 得られたデータを活用したモデリングや機械学習（Learn: L）

DBTL サイクルを高速に回して、リプログラムされた細胞を開発するための統合的なインフラがバイオファウンドリーである。実験自動化、ハイスループット技術、細胞エンジニアリングや合成生物学のためのワークフロー、各種ツールなどで構成されるバイオファウンドリーの基盤構築が求められている。

これらの研究成果を活用して産業界に利益をもたらすことが求められている。そこで、合成生物学分野の世界中の主要大学・公的機関が集まり、各国で開発が進められている様々なタイプのバイオファウンドリー基盤を相互利用できるようにする非営利かつグローバルな協力体制を構築した。これが Global Biofoundry Alliance である。
（https://www.biofoundries.org/）

本アライアンスには現時点で下記の 16 拠点が参画している《図表 20》。

① DOE Agile BioFoundry (pending)
② Illinois Biological Foundry for Advanced Biomanufacturing (iBioFAB)
③ Concordia Genome Foundry
④ DAMP lab, Boston University
⑤ Edinburgh Genome Foundry
⑥ Earlham DNA Foundry
⑦ London DNA Foundry
⑧ SYNBIOCHEM, Manchester
⑨ GeneMill, Liverpool
⑩ Novo Nordisk Foundation Center for Biosustainability
⑪ BioFoundry, Tianjin
⑫ Engineering Biology Research Center, Kobe
⑬ Shenzhen Core Facility for Synthetic Biology



《図表 20》
Map of the Global Biofoundry Alliance (GBA)

⑭　Synthetic Biology Foundry, SynCTI, Singapore
⑮　Australian Foundry for Advanced Biomanufacturing (AusFAB)
⑯　Australian Genome Foundry

令和元年５月には、近藤昭彦教授（本研究科・研究科長）、Nathan Hillson 教授（Lawrence Berkeley National Laboratory）、Paul Freemont 教授（Imperial college London）、Matthew Chang 教授（National University of Singapore）をオーガナイザーとして、神戸大学統合研究拠点にて Global BioFoundry Meeting 2019（https://globalbiofoundry.wixsite.com/mysite）を開催した。相互の技術紹介やアライアンスの締結、今後のあり方に関する活発な議論が行われた。また、Global Biofoundry Alliance が締結されたこととその技術や枠組みを紹介する論文が *Nature Communications* [*Nat Commun.* 2019; 10(1): 2040（https://www.nature.com/articles/s41467-019-10079-2）]に掲載された《別添資料 13》。

・Asian Graduate student Symposium on Membrane Engineering

世界的な水資源の枯渇が心配されている中で、水の浄化・再利用の高度化のために膜の機能向上が重要になっている。また、二酸化炭素の排出抑制、水素の生産時のガス分離など、環境問題解決のためのキーテクノロジーとして、膜工学が脚光を浴びている。さらに、有機デバイスとしての薄膜、塗布膜、触媒機能を有するメンブレンリアクターについても、環境・エネルギーの観点から多くの関心が集められている。

このような背景のもと、膜工学分野で世界的に先導的な役割を果たすために、先端膜工学センターが平成 19 年、本学に設立された。本センターのミッションの一つとして、国際競争力を有する膜工学の世界的拠点形成があるが、海外膜センターとの交流、若手研究者の派遣・受け入れ、国際共同研究の推進などを通じて、膜工学を活用したグローバルな環境・エネルギー問題の解決に取り組んでいる。本研究科の先端膜工学分野の教員および学生も、研究科設置当初からセンターの中心的なメンバーとして、活動を支えている。本センターは平成 31 年４月から全学組織化され、「先端膜工学研究センター」に改称した。

先端膜工学研究センターが進める国際的な取り組みとして、平成 25 年４月 18 日、19 日に第１回「Asian Graduate student Symposium on Membrane Engineering」(AGSM) が本学で開催された。AGSM は、日本、台湾、中国、韓国のアジア４ヶ国の研究者と大学院生が、膜に関して意見交換を行うシンポジウムであり、第１回は、中原大学（台湾）、精華大学（中国）、漢陽大学（韓国）、神戸大学の４大学の教員、研究員、大学院生の参加により発足した。

《図表 21》
第５回 AGSM Booklet 表紙

その後、毎年開催国を変えながら続いており、第２回が台北（中原大、平成 26 年)、第３回が北京（精華大、平成 27 年)、第４回がソウル（漢陽大、平成 28 年）だった。平成 29 年の第５回 AGSM は、再び本学において開催され、本研究科の教員がオーガナイザーを務めた《図表 21、図表 22、別添資料 14》。また、この回から新たに浙江大学（中国）が正式メンバーとして加入した。翌年の第６回は第２回以来再び中原大学（台湾）で開催されたが、元中原大学の研究者が移籍した国立台湾大、国立台湾科技大、長庚大からも参加者があった。第７回は浙江大学（中国）で開催された。AGSM は本学発の国際シンポジウムとしてアジア全域に根付いており、アジアの主要な膜研究者が集って、研究について議論し、学生の相互派遣や共同研究のきっかけを生み出す場となっている《図表 23》。

《図表 22》神戸大学で開催された第５回 AGSM（平成 29 年）の様子

《図表 23》第６回 AGSM（台湾、平成 30 年）に合わせて、台湾精華大学（左)、中原大学膜センター（右）を訪問

Ⅰ－８ 研究成果の発信／研究資料等の共同利用

・研究成果の発信

本研究科では、バイオプロダクション、先端膜工学、先端 IT、先端医療学、アントレプレナーシップの５分野にわたって、科学研究費助成事業が 50 件、ImPACT、AMED、JST、NEDO などの大型研究プロジェクトが 29 件、82 社・機関の企業との共同研究が 66 件遂行中である。（平成 30 年度）大型研究プロジェクトのうち、バイオプロダクション分野が 14 件あり、本研究科の中核をなしている。また、既に述べたとおり、分野融合の研究が多数進んでいる。

研究成果は学会において研究者単位で発表されているが、同時に研究科総体として、①マスコミ、②研究科 HP、③セミナー、シンポジウム、④国際会議など通じた成果発信が行われている。

①　マスコミを通じた発信

日本経済新聞などの取材を受け、研究科の動向を随時発信している。プレスで数多く取り上げられたテーマとして、本研究科発ベンチャー企業の動向と、国際的に高い評価を得ているゲノム編集研究がある。これら２テーマの主な報道内容について下記に記載する。その他のテーマも含めた詳細は《別添資料 15》参照。

(A) 本研究科発ベンチャー企業の動向

・平成 29 年８月 17 日　神戸新聞
「神戸大にベンチャー２社誕生　ゲノム編集技術活用」
https://www.kobe-np.co.jp/news/keizai/201708/0010469805.shtml

・平成 30 年８月 21 日　日経バイオテク
「神戸市と神戸大、バイオベンチャー創出に注力：文科省の地域イノベーション・エコシステム形成プログラムに採択」
https://bio.nikkeibp.co.jp/atcl/news/p1/18/08/20/04607/

・平成 30 年 10 月４日　日本経済新聞
「ゲノム編集スタートアップ続々　若き知恵が競う」
https://www.nikkei.com/article/DGXMZO36083950T01C18A0X13000/

・平成 31 年１月 18 日　日刊工業新聞
「少額出資でベンチャー創業、軌道に乗る神戸大 STE と連携」
https://newswitch.jp/p/16122

・令和元年６月 23 日　日本経済新聞
「神戸大発シンプロジェン、来春に研究所設立で実用化加速」
https://www.nikkei.com/article/DGXMZO46325350Z10C19A6FFR000/

(B) ゲノム編集の研究成果

・平成 31 年３月 29 日　日本経済新聞
「解禁・ゲノム編集（4）　いでよ国産技術」
https://www.nikkei.com/article/DGKKZO43061290Y9A320C1EA1000/

・平成 31 年 10 月４日　日本経済新聞
「ゲノム編集スタートアップ続々　若き知恵が競う：バイオ医療 NEXT」
https://www.nikkei.com/article/DGXMZO36083950T01C18A0X13000/

・平成 31 年 10 月 18 日　日本経済新聞
「「医都」神戸 次なる躍進　スタートアップが起爆剤　神戸医療産業都市 20 周年」

・平成 31 年 10 月 31 日　日本経済新聞
「農研機構、ゲノム編集イネを収穫　国産技術も採用」
https://r.nikkei.com/article/DGXMZO37188830R31C18A0L60000?s=0

・令和元年５月４日 NHK E テレ
TV シンポジウム「ニッポン再起動！イノベーションを巻き起こせ」
その他報道多数。《別添資料 15》参照。

②　研究科 HP を通じた発信

本研究科 HP（http://www.stin.kobe-u.ac.jp/）に、教員の研究活動やプロジェクトのうち、学術・社会的インパクトが大きい事例を随時掲載している。主なテーマは、(A) 政府、政府系機関、地方自治体の各種委員就任、(B) プレスリリース、(C) テレビ出演の告知、(D) 雑誌・オンラインメディアへの寄稿、(E) 著書の出版、(F) 新聞・雑誌インタビュー、(G) 研究ニュースに分類される。

③　セミナー、シンポジウムによる発信

本研究科は頻繁にセミナーやシンポジウムを開催し、アカデミア、学生、企業、官公庁、地域市民など様々な対象に情報発信している。開催されたセミナー、シンポジウムは下記の４種類に分類される。

(A) 企業関係者を対象とした教育研究、プロジェクトの成果発表会（年一回ペース）
(B) 企業関係者、学生を対象としたカリキュラム説明会（年数回）
(C) 地域イノベーション・エコシステム、バイオプロダクション次世代農工連携、先端膜工学研究、バイオロジクス研究、リサーチコンプレックス、科学研究費などのテーマに関連した、企業・地域市民向けシンポジウム（多数開催）
(D) 自治体、企業、リサーチコンプレックスなどとの共催シンポジウム（多数開催）

④　国際会議における発信

研究のグローバル化に鑑み、国際的な情報発信を重要視している。本研究科主催の主な国際会議は下記である。

(A) リサーチコンプレックス国際セミナー（平成 28 年６月）場所：神戸大学六甲台キャンパス

(B) Asian Graduate student Symposium on Membrane Engineering (AGSM)（平成 29 年４月）場所：神戸大学六甲台キャンパス

(C) Global Biofoundry Alliance Meeting 2019（令和元年５月）場所：神戸大学統合研究拠点

Ⅰ－９ 学術コミュニティへの貢献

・学術コミュニティへの貢献

本研究科には多様な分野の研究者が所属しているため、学術コミュニティへの貢献も多岐にわたる。参加している学術コミュニティは、政府、国立研究開発法人、独立行政法人、国立研究所、大学共同利用機関、地方自治体、公益社団法人、一般社団法人、海外法人などが主催しているものである。国の学術体系、政策、地方自治体の施策などの作成に、学識経験者として貢献している教員は数多い。主な活動内容を機関別にまとめたのが、《図表 24》（簡易版）である。詳細は《別添資料 16》を参照。なお、学会の理事、委員などの役職は極めて数が多いため、表からは除外している。企業との共同研究も除外している。

《図表 24》本研究科所属研究者の学術コミュニティにおける主な活動内容（簡易版）

法人・機関名	役職名
文部科学省	科学技術・学術審議会専門委員など
経済産業省	産業構造審議会、商務流通情報分科会などの委員
厚生労働省	医薬品・医療機器薬事戦略懇談会構成員など
内閣府	ImPACT 外部専門家、バイオ戦略検討 WG 構成員など
その他	環境省・環境ビジネス検討委員、特許庁・産業構造審議会委員、法務省・司法試験考査委員など
科学技術振興機構	運営会議委員、ImPACT プログラム・アドバイザー、ALCA プログラムオフィサー、地域産学バリュープログラム専門委員など
新エネルギー・産業技術総合開発機構	技術委員など
理化学研究所	レビュー委員、リソース検討委員
日本医療研究開発機構	AMED プログラム・オフィサー、AMED 課題評価委員、CiCLE 委員など
その他	国立循環器病研究センター・治験審査委員会、農業・食品産業技術総合研究機構 SIP 評議委員、国立環境研究所・ナショナルバイオリソースプロジェクト運営委員など
日本学術振興会・科学研究費委員会	特別研究員等審査会専門委員、基盤研究費（S）審査委員、海外学術調査審査委員、奨励研究審査委員など
医薬品医療機器総合機構	専門委員
神戸市および外郭団体	保健、再生可能エネルギー、医療産業都市、ベンチャー育成関連の委員
（公財）沖縄科学技術振興センター	理事、沖縄科学技術イノベーションシステム構築事業審査委員
八尾市	産業振興会議委員
Federation of European Microbiological Societies（FEMS）	FEMS Ambassador
日本赤十字社	懇談会委員

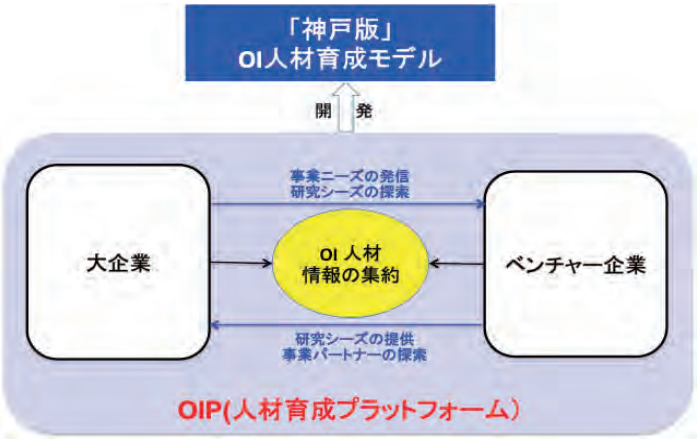
※注 ImPACT：革新的研究開発推進プログラム、ALCA：先端的低炭素化技術開発事業、
AMED：日本医療研究開発機構、CiCLE：医療研究開発革新基盤創成事業、
WG：ワーキンググループ、SIP：戦略的イノベーション創造プログラム

１－10 オープンイノベーション人材センター（研究科内センター）

・オープンイノベーション人材センター（研究科内センター）

オープンイノベーション人材センター（OIP）は当初、JST 事業『リサーチコンプレックス』（リサコン）の人材育成事業の一貫として、本研究科内に設置された学内組織である。リサコンが終了する令和２年４月以降は、企業から人材育成事業を受託して活動を継続する予定である。

OIP の活動目的は、ヘルスケア、IT、素材、機械、サービスなど様々な業種で、事業戦略としてオープンイノベーション（OI）を導入している企業を対象に、人材の育成プロセスや手法を開発し、研修事業を行うことである。また、企業の各階層で OI を推進しているキーマンが、情報交換するプラットフォームの形成も目指している《図表 25》。企業からの参加者は、経営者、研究・企画・事業などの部門責任者などが中心である。



《図表 25》OIP が目指す人材育成プラットフォーム

OIP の活動は、３つのユニット、７つのパートから成り、企業内環境整備の探索およびイノベーション人材育成手法の融合を通じ、「神戸版オープンイノベーション人材育成モデル」を構築している《図表 26》。３つのユニットの活動内容は下記のとおりである。

①企業内で OI が機能するための人材育成プロセスの標準化

企業内で求められる OI のあり方、課題を探索することにより人材育成方法を模索し、彼らの働きが十分に機能するための環境条件を明らかにすること。

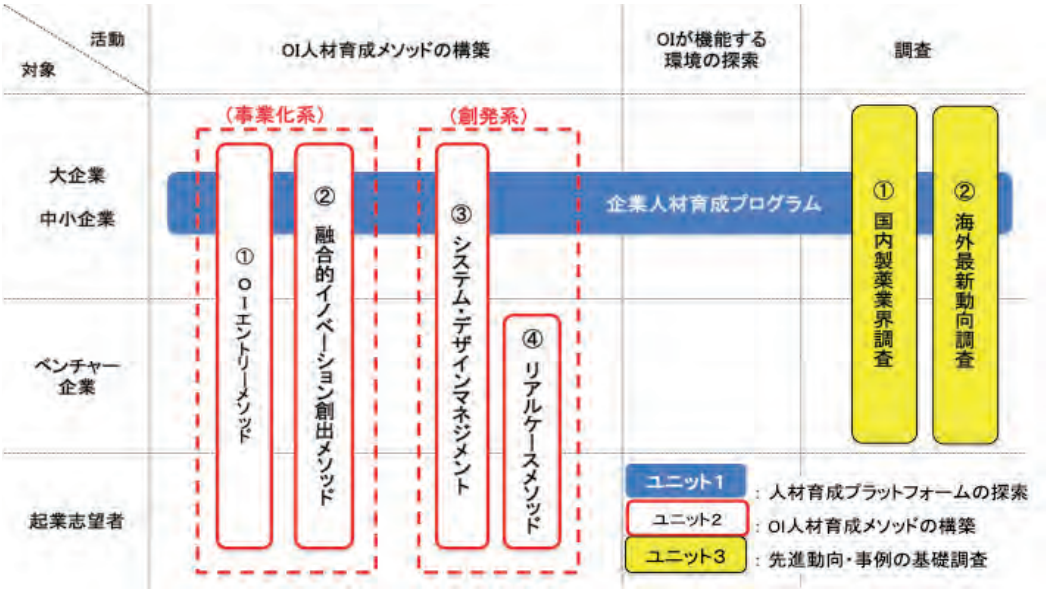
②OI 人材育成メソッドの構築

新たな人材育成手法構築や、既存メソッドの高度化／対象によるカスタマイズを行うことにより、OI 人材開発のプラットフォーム構築を目指すこと。

③先進動向・事例の基礎調査

海外事例や理論および国内先進事例の調査により最新情報を発信するとともに、ユニット１，２の活動の下支えとなること。

これまで500名以上がOIP主催のセッションを受講しており、99名に修了証を授与した。企業内新規事業、研究会、ベンチャー立ち上げの実績が出ている。本センターの人材育成事業は「ポストリサコン」の中心的な事業と位置付けられている。これまでに構築したイノベーション人材育成手法と重層的な人材ネットワークを活用して、地域における人材輩出環境を整備することを目指している《別添資料17-1～3》。



《図表26》 3つのユニットで構成されるOIP

Ⅱ　研究成果の状況

Ⅱ－１　研究業績

研究科（平成 28 年度（設置）～現在）の代表的な研究成果を研究業績説明書（配布資料３－３）に纏めている。各分野における顕著な成果を以下に詳述する。

・切らないゲノム編集技術開発の研究（バイオプロダクション分野）

近年革新的技術として注目されているゲノム編集は難病治療や農作物の改良、石油代替品を生産する有用微生物の改変など、幅広い分野での応用可能性があり、世界的な開発競争が加速している。一方で、既存のゲノム編集技術が DNA を切断するために起きる安全性や信頼性の問題があり、技術の高度化とともに、これらの課題解決が必要とされている。

そこで、本研究は新たな DNA 改変機構を導入した「切らないゲノム編集技術」の開発に取り組み、DNA を切らずに遺伝情報を直接書き換えることができる技術開発に成功した《図表 27》。既存のゲノム編集技術より安全で信頼度も高く、かつ正確で精密な編集を可能とし、研究成果が平成 28 年の Science 誌に採択され、世界的に高い評価を得ている。

《図表 27》切らないゲノム編集技術の開発と応用

ゲノム編集は、幅広い生命科学分野での応用可能な基盤技術であり、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP／内閣府）やスマートセルプロジェクト（NEDO）、地域イノベーション・エコシステム形成プログラム（文部科学省）、産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム（OPERA／JST）などのナショナル・プロジェクトに採択され、各方面の研究にインパクトを与えている。また、研究を基にした事業化を実現するため、本研究科発ベンチャーであるバイオパレット社を創設（平成 29 年２月）し、大規模な資金調達に成功している。さらに、これら一連の業績と将来性に対する評価として、「科学技術への顕著な貢献 2017」（ナイスステップな研究者／文部科学省）を受賞している。

・ゲノム合成技術（バイオプロダクション分野）

遺伝子を部品ととらえ、これらの組み合わせやつなぎを変えることにより、新たな機能を有する遺伝子回路を構築する合成生物学が近年注目されるようになった。この技術は、産業界におけるエネルギー効率の向上や、環境負荷の低減のみならず、遺伝子治療などの医療分野への応用も期待されている。ゲノム合成技術の実現において最も重要なのが、設計された配列を有する長鎖 DNA を正確に合成する技術である。

本学は、独自に開発した枯草菌の遺伝子集積法（OGAB 法）により、従来は合成困難だった 100 kb までの任意の配列を有する長鎖 DNA を合成することに成功した。開発された合成用の装置は、短期間、低コスト、且つハイスループットで長鎖 DNA を生産することができる。また、材料となる DNA の化学合成から長鎖 DNA の大量精製まで、一貫して生産できる体制を神戸大学インキュベーションセンター内に整備した《図表 28》。

《図表 28》長鎖 DNA 合成とハイスループット大量精製

本技術は産業界に様々なインパクトをもたらすと思われる。まず、従来は合成困難だった任意配列の長鎖 DNA の合成が可能となったため、生物のゲノムレベルの長鎖 DNA 合成につながった。本技術を使って様々なゲノムを創り、それらを検証することによって、未だ不明のゲノム構築原理を明らかにすることが期待される。また、有用物質を生物学的に合成するための、多数の遺伝子からなる人工遺伝子回路の構築が可能になった。さらに、遺伝子治療のための新規手法を、従来よりも迅速に開発できると思われる。

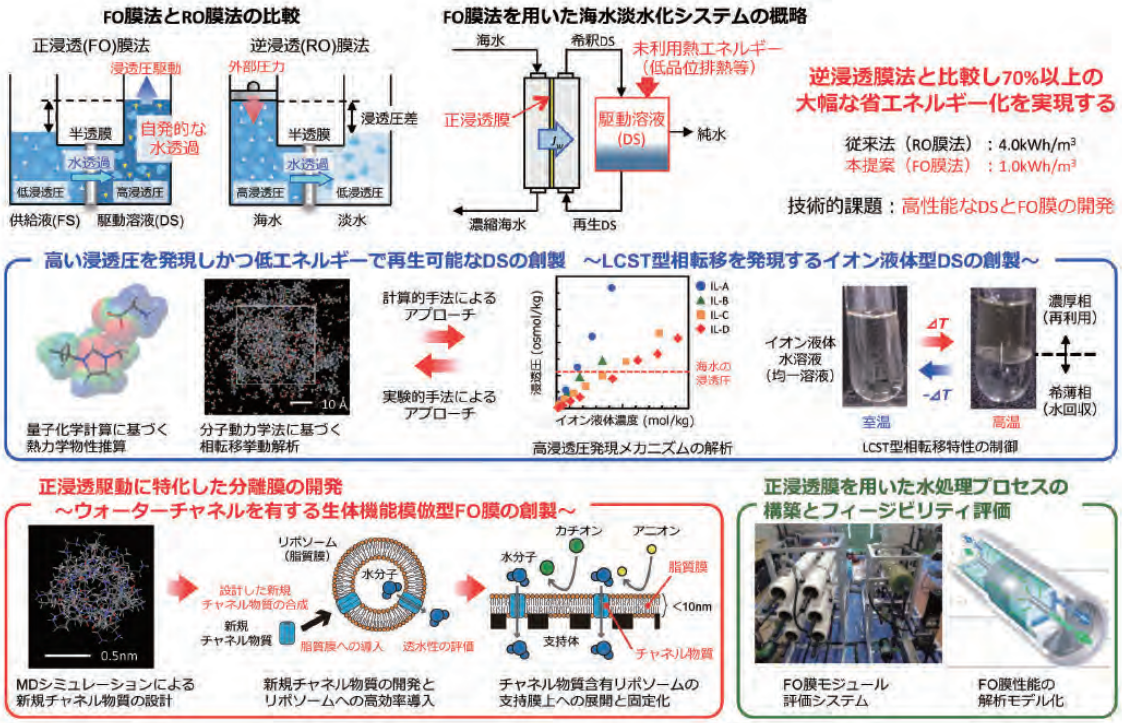
この技術は、本学より、本研究科発ベンチャーである株式会社シンプロジェンに技術移転された。シンプロジェンは、長鎖 DNA の受託合成、有用物質を生産する微生物の高速育種、遺伝子治療用の長鎖 DNA の合成などの事業を展開している。

・分離膜を用いた新規海水淡水化水プロセスの研究（先端膜工学分野）

NEDO 先導研究プログラム、「エネルギー・環境新技術先導研究プログラム」に、本研究科の「平成 28～平成 29 年 正浸透膜法を用いた革新的省エネ型水処理技術の開発」が採択され、分離膜を用いた海水淡水化プロセスの研究を行った《図表 29》。具体的には、逆浸透膜法より大幅な省エネルギーが可能な正浸透膜（Forward Osmosis Membrane, FO 膜）法による革新的水処理プロセスについて検討した。

高い浸透圧を有し、低エネルギーで容易に再生することが可能な駆動溶液（Draw solution, DS）として、温度応答性イオン液体を用いて、低品位排熱や地熱などの未利用熱エネルギーによる水の再生が可能になった。また、正浸透駆動に特化した次世代型の超高性能 FO 膜として、ウォーターチャネルを有する生体機能模倣型 FO 膜を開発した。さらに、システムのフィージビリティ評価を行い、本先導研究での原理検証を行った。

（https://www.nedo.go.jp/content/100867361.pdf）



《図表 29》正浸透膜法を用いた革新的省エネ型水処理技術の開発の概要

分子シミュレーションを用いることにより、ミクロな視点から高い水透過性能を発現する水チャネルの構造を明らかにし、アミノ酸残基から構成される新たな環状ペプチド型水チャネル物質の設計に成功した（H. Wu, T. Yoshioka *et al.*, *J. Membr. Sci.*, 537, 101-110 (2017)）。

さらに、この水チャネルを用いた非平衡水透過シミュレーション手法を開発することで、実質的な水透過性能と塩阻止性を予測することが可能となり、水チャネルの有用性を示すことができた（H. Wu, T. Yoshioka *et al.*, *Desalination.*, 424, 85-94 (2017)）。

本研究成果を受けて、共同研究パートナーである膜メーカーが実施する「省エネ型造水 FO 膜システムの開発」が、NEDO の「インキュベーション研究開発」課題として、平成 30 年度戦略的省エネルギー技術革新プログラムにおいて採択された。
（https://www.nedo.go.jp/content/100878377.pdf）

さらに、NEDO 先導研究プログラム、エネルギー・環境新技術先導研究プログラムに、「平成 30～令和元年　有機溶剤の超ろ過膜法開発による化学品製造プロセス革新」が採択され、水処理に留まらず、有機溶剤処理への膜の応用に関する研究にも着手している。
（https://www.nedo.go.jp/content/100879162.pdf）

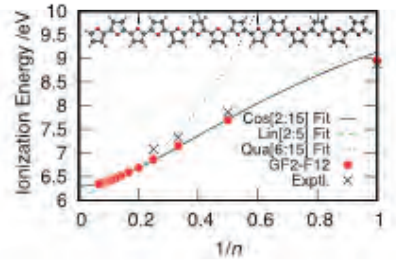
・人工光合成シミュレータにおけるソルバーの開発（先端 IT 分野）

我が国は、2050 年までに 80%の温室ガスの排出削減を目指すという長期的目標を掲げており、化石燃料への依存を減らした水素社会の実現が望まれている。このため国のエネルギー政策でも、太陽光エネルギーを使った水の完全分解による安価な水素製造の研究が、NEDO や人工光合成プロセス技術研究組合（ARPChem）によって進められている。

一方、計算科学の分野においても、重点課題⑤「エネルギーの高効率な創出，変換・貯蔵，利用の新規基盤技術の開発」（実施機関：自然科学研究機構分子科学研究所）では、高効率光エネルギー変換を可能にする人工光合成シミュレータ開発が主要な研究目標となっている（http://post-k-cse.ims.ac.jp ）。

本研究では、太陽光に多く含まれる可視光を有効に使う半導体と、水分解の触媒・界面を取り扱うための人工光合成シミュレータを構成するソルバーの開発において、二つの顕著な成果が得られた。以下にそれらの概要を記載する。

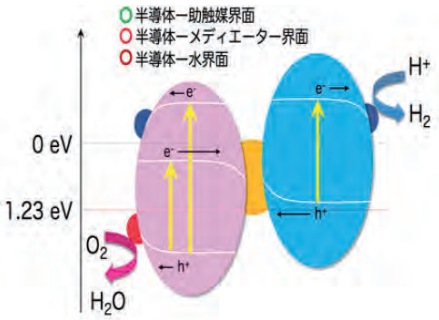
一つめの成果は、高精度 F12 電子状態理論を用いたグリーン関数法の開発である。イオン化エネルギーや電子親和力は、半導体材料の光吸収やキャリア特性の議論に必要な物理量であるが、電子相関に鋭敏で、精度よく計算することが困難である。本研究では、電子間距離を含んだ F12 法を二次グリーン関数と組み合わせることにより、イオン化エネルギーを高速かつ正確に計算することが可能になった《図表30》。この成果は、J. Comput. Chem.誌に発表しフロントカバーに採用され[Y.-y. Ohnishi and S. Ten-no, J. Comput. Chem. 37 2447-2453 (2016)]《別添資料 18》、J. Chem. Phys.誌の Perspective でも紹介されている[A. Grüneis, S. Hirata, Y.-y. Ohnishi, and S. Ten-no, J. Chem. Phys., 146 080901 (2017)]。



《図表 30》

二次グリーン関数 F12 法によるオリゴフランのイオン化エネルギー

二つめの重要な成果は、完全結合クラスター（FCC）展開から選択的にスクリーニングを行う FCCR 法の開発である。マンガンクラスタやコバルト酸化物（CoPi）等の酸素発生系の水分解触媒は強相関であり、正確な理論予測が困難である。本研究では、強相関材料を取り扱うために、交換子の直接展開に基づく任意次数の FCCR 法の開発に成功した《図表 31》。この成果は、Phys. Rev. Lett.誌で発表されている[E. Xu, M. Uejima, and S. L. Ten-no, Phys. Rev. Lett., 121 113001 (2018)]。FCCR 法は量子計算の分野でも量子多体問題を取り扱うための重要な手段として注目を集めている。



《図表 31》

バルクと界面のシミュレーションによる光触媒設計と機構解明

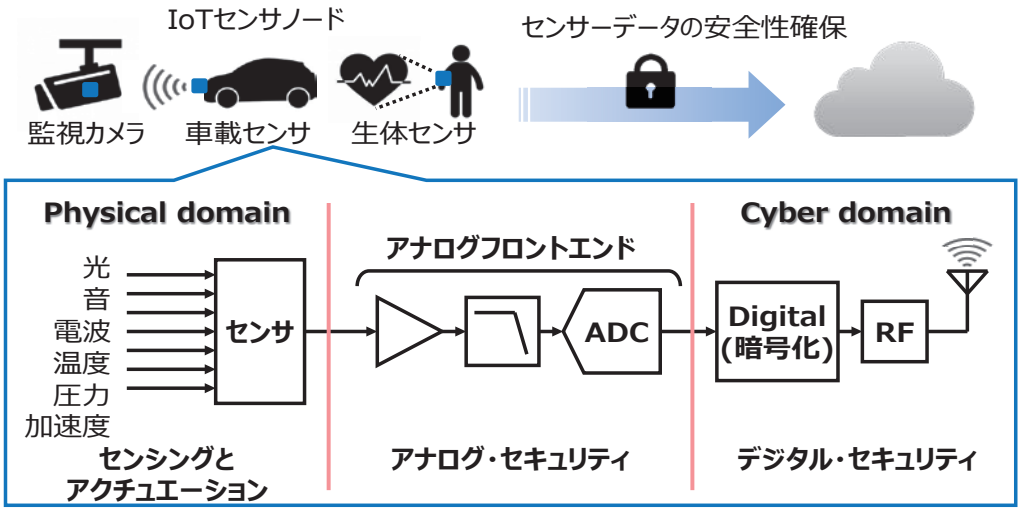
・IC チップレベルのハードウェアセキュリティの研究（先端 IT 分野）

IoT 社会の情報通信を支える、ハードウェアのセキュリティ性能向上が求められている。本研究では、IC チップのハードウェアセキュリティについて、サイドチャネル攻撃を防止・対策する回路システム技術を探求した。

サイドチャネル攻撃とは、IC チップに搭載される暗号回路の放射する電磁界ノイズを、アンテナなどで読み取ったり、レーザーなどの照射で故障注入を引き起こしたりして、本来のデータ経路からは観測されない物理挙動による、秘密情報の窃盗やセンサ情報の改竄のことである。本研究は、このような攻撃性行為を IC チップ内部から検知するセンシング技術や、防御する回路技術の構成法を確立・実証した。

また、暗号エンジンのサイドチャネル情報漏洩をトランジスタ集積回路レベルでシミュレーションする手法を確立し、IC チップの設計段階でサイドチャネル攻撃耐性を評価・獲得することを可能にした。また、物理距離の測定や物体の認識に欠かせないアナログセンサなどにおけるサイドチャネル攻撃の可能性を指摘し、アナログ回路による防御技術を提案した。

このように、デジタル技術を主体とする情報セキュリティ分野において、アナログ技術の活用によるハードウェアセキュリティの確保を探求する技術分野の開拓を進めている《図表 32》。



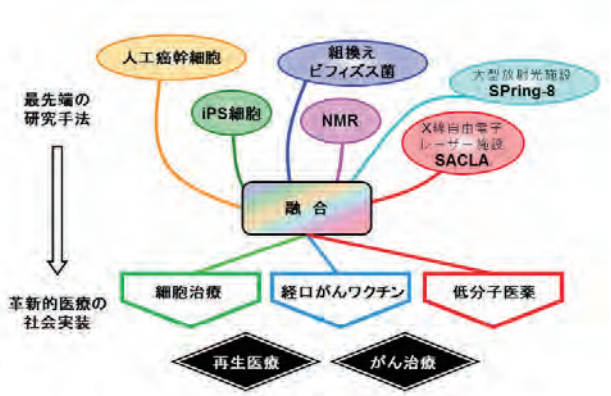
《図表 32》アナログ技術の活用によるハードウェアセキュリティ

本研究を通じて、ハードウェアセキュリティ分野の研究開発の必要性を幅広く訴求し、本研究科は、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP 第一期・第二期／内閣府）や IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト（NEDO）などの国の施策によるプロジェクトを立案・推進している。また、この分野を学術領域として体系化し、産学官の研究者コミュニティを醸成するため、（社）電子情報通信学会・ハードウェアセキュリティ研究専門委員会の新規設立を呼びかけ、多数の研究者の参加を得た。本研究科の永田真教授が初代副委員長（平成 28 年度～平成 29 年度）に就任した。

・先端技術を駆使した革新的医療の社会実装に向けた研究開発（先端医療学分野）

当分野では、様々な先端技術を学際的に融合させ、革新的医療の社会実装へとつなげるための研究開発に取り組んでいる《図表 33》。

例えば、最も重要ながん遺伝子産物の一つである Ras とその支配するシグナル伝達系を標的とした分子標的薬の開発においては、高輝度光科学研究センター（JASRI）および理化学研究所との連携による SPring-8 と、X 線自由電子レーザ施設 SACLA による最新の X 線結晶解析技術を活用し、構造ベース創薬基盤を構築した。ここでは、核磁気共鳴法（NMR）や分子シミュレーションも併用しながら、低分子医薬の創生を進めている。



《図表 33》先端技術を駆使した革新的医療の社会実装に向けた研究開発

また、ビフィズス菌をプラットフォームとした経口がんワクチンの開発にも取り組んでいる。これまでに動物実験などで得られた知見に基づき、現在は国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）の支援を得て、臨床展開に向けた開発を推進している。近年、免疫チェックポイント阻害剤を用いたがん免疫療法が急速に普及しているが、その奏効率は２～３割にとどまる。本経口がんワクチンは奏効率を劇的に改善することが期待され、自宅で服用できる経口剤なので、患者の QOL も高まる。このワクチンが実用化されれば、がん治療のパラダイムシフトを引き起こす可能性がある。

さらに、幹細胞生物学の医学応用に関する研究にも注力している。具体的には、ヒト人工多能性幹（iPS）細胞からの様々な細胞への分化誘導法の開発、疾患特異的 iPS 細胞とそれに由来する分化細胞を用いた病態研究、創薬を行っている。また、当グループの独自技術である人工がん幹細胞を用いたがん幹細胞の分子機構解明と治療開発を行っている。

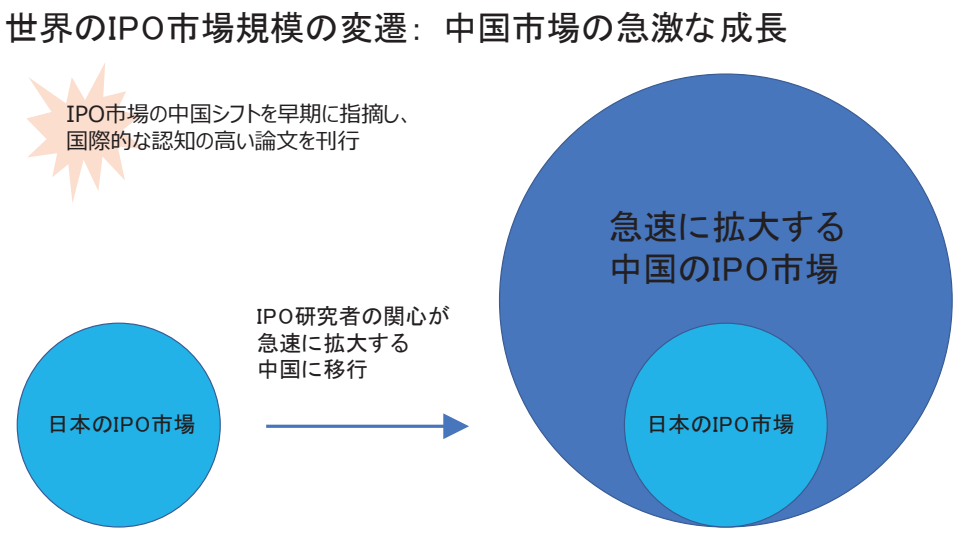
これまでに、ヒト iPS 細胞からの、テストステロン分泌細胞や膀胱上皮組織、色素前駆細胞などへの分化誘導法と、先天性下垂体機能低下症の病態を明らかにした。また、大腸がんおよび肺がんのがん幹細胞標的治療薬として、既存薬であるバルプロ酸と抗 IL-6 受容体抗体の有用性を示した。また、本学付属病院の各診療科と密接に連携し、様々な臓器・疾患領域に関する研究開発を一体的に推進するユニークな体制を整えている。

これら成果をまとめた論文が、国内外の権威ある学会誌に掲載され、受賞するなどの評価を受けている。また、研究成果を社会実装するために、多くの特許出願を行っている。結果的に、AMED 事業などの公的競争的資金獲得や、大手製薬企業などとの共同研究につながっている。

がんの分子標的薬、免疫療法、幹細胞医学はいずれも社会的関心が高い。そこで、市民向け講座での講演、医学展示イベントへの出展、子供向け実験教室の開催、高校生を対象とした出前授業や研究室見学、AMED など公的事業運営の委員など、社会貢献活動にも積極的に取り組んでいる。

・新規株式公開（IPO）市場の利用可能性と価格形成に関する研究（アントレプレナーシップ分野）

本研究は、日本および中国の新規株式公開（IPO）市場を対象に、ベンチャー企業にとっての IPO 市場の利用可能性や価格形成を考察した研究である。研究の背景概況を《図表 34》に示すとともに、代表的な三つの論文について説明する。



《図表 34》中国の市場利用可能性

論文１は、日本市場を対象にして、IPO の実施がサプライチェーンにおける供給企業や販売先企業にどのような影響を与えるかを分析した。未公開企業が公開企業となることで、その企業の取引先企業のパフォーマンスに対してプラスのスピルオーバー効果があることを実証した。

論文２は、中国における IPO 企業の経営陣が持つ政治的なコネクションが、IPO 実施の可能性に対して与える効果を分析した。経営陣と有力政治家との人的なコネクションが、ベンチャー企業の株式公開の可能性を高めていることを実証した。

論文３は、日本の IPO 市場におけるオーバーアロットメントオプションの導入が、IPO 市場の価格形成に与える効果を分析した。アメリカの IPO 市場においてはかなり以前からオーバーアロットメントオプション制度が導入されており、制度導入の効果を実証することが困難である。そこで、日本における市場実験のデータを用いて、同制度の導入効果を分析した。オーバーアロットメントオプション制度の導入は、IPO 市場の価格形成においてプラスの効果を持つことを実証した。

論文１：Kenji Kutsuna, Janet Kiholm Smith, Richard L. Smith, Kazuo Yamada. "The Supply-Chain Spillover Effects of IPOs" Journal of Banking and Finance, 64, 150-168, 2016.
DOI: 10.1016/j.jbankfin.2015.12.003

論文２：Xiaolu Bao, Sofia Johan, Kenji Kutsuna. ″Do Political Connections Matter in Accessing Capital Markets? Evidence from China″ Emerging Markets Review, 29, 24-41, 2016.
DOI：10.1016/j.ememar.2016.08.009

論文３：Yawen Jiao, Kenji Kutsuna, Richard L. Smith. ″Why Do IPO Issuers Grant Overallotment Options to Underwriters?″ Journal of Corporate Finance, 44, 34-47, 2017.
DOI：10.1016/j.jcorpfin.2017.02.011

論文１～３が掲載された学術誌は、いずれもWOS掲載ジャーナルであり、とりわけJournal of Banking and FinanceとJournal of Corporate Financeはファイナンス研究において世界的に高い評価を受けているジャーナルである。Emerging Markets Reviewも、中国などの新興国の金融市場への研究的な関心の高まりから、評価を急速に高めている。

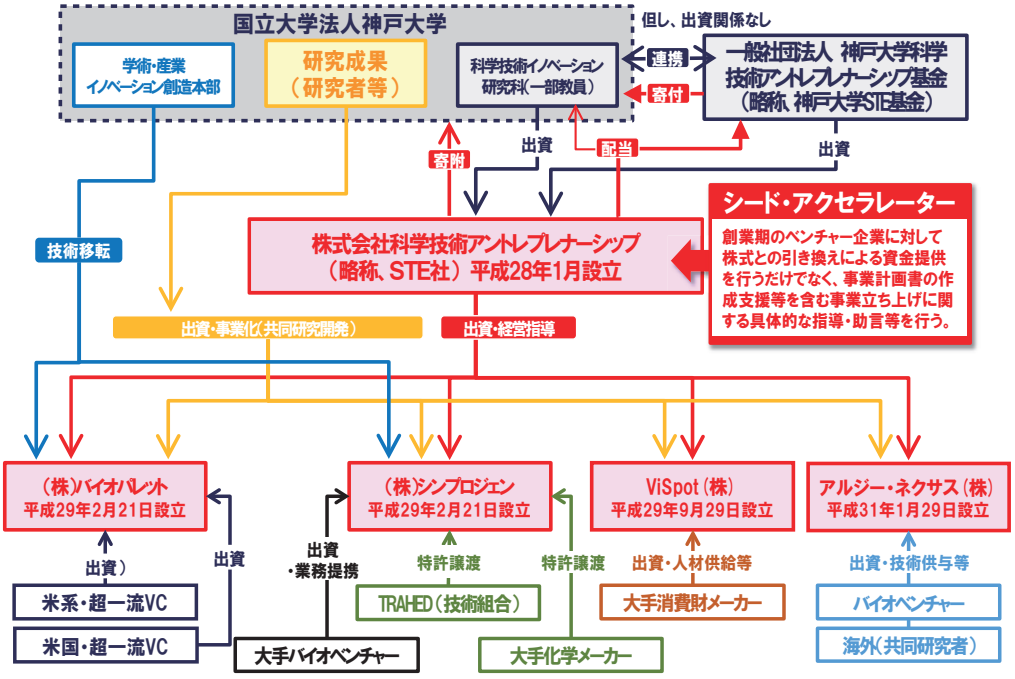
また、これらの論文は、アメリカのUCリバーサイドやカナダのヨーク大学といった海外のトップスクールの研究者との共同研究の成果である。

Ⅱ－２ その他

・神戸大学スキーム（STE 社、STE 基金、神戸大学発ベンチャー）

本研究科の目的は、研究成果を社会的・経済的な価値の創造につなげる能力を、自然科学系の学生に身に付けさせることである。また、理系人材に事業創造マインドとスキルを付けさせることも目的としている。

ただ、教員や学生がベンチャーを起業しようと思っても、大学組織が実務的にサポートすることは難しい。そこで、本学発ベンチャー企業の創業支援を行う株式会社科学技術アントレプレナーシップ（以下、STE 社《別添資料 19》https://www.ste-kobe.co.jp/）と、同社に出資をする基金（一般社団法人神戸大学科学技術アントレプレナーシップ基金。以下、STE 基金）を平成 28 年に設立した。神戸大学発ベンチャーの成長を支援する体制（神戸大学スキーム）を《図表 35》に示す。



《図表 35》神戸大学スキーム

STE 社は、既にある程度事業成果を出しているベンチャー企業に投資する、一般的なベンチャーキャピタル（VC）と異なり、事業化の検討段階から起業家と一緒に創業するシードアクセラレーターである。同社が扱うシーズは神戸大学で生まれたものに特化している。

STE 社の設立時の目標は、５年以内に、神戸大学発ベンチャーを４～５社設立することであったが、創業から３年たった平成 31 年３月末時点で、当研究科教員の研究シーズを基に下記４社のバイオベンチャーを設立した。既に初期の目標を達成している。

① 株式会社バイオパレット（ゲノム編集）
② 株式会社シンプロジェン（DNA 合成）
③ ViSpot 株式会社（ウイルス安全性評価）
④ アルジー・ネクサス株式会社（微細藻関連）

⑤　株式会社シンアート（合成化学・合成生物学関連）

シンアートは、本研究科の博士課程後期課程在籍中の学生（第一期生）が起業したベンチャーで、STE 社の支援を受けている。

STE 社は単にベンチャーを設立しただけでなく、それらベンチャーが下記の事業成果を上げることを手助けした。

① バイオパレットの資金調達（海外の有力 VC から約 5.5 億円）
② 同社と米国の有力ゲノム編集ベンチャーとの独占的クロスライセンス契約の締結
③ シンプロジェンの資金調達（国内最大手 VC から約 10 億円）
④ 同社と大手バイオ企業との戦略的提携（資金調達２億円および事業提携）
⑤ ViSpot と国内大手消費財メーカーとの戦略的提携（ViSpot への人材派遣と約４億円の資金提供）

これらベンチャー企業の事業が成功して企業価値が増加すれば、その一部を配当やキャピタルゲインの形で STE 社が回収し、回収した資金は大学への寄附や STE 基金への配当に充てられる。本学が受け取る寄附、配当、キャピタルゲインは、今後の研究開発や教育のために支弁される予定である。

国からの資金を得た国立大学が、自らベンチャーキャピタルを作り、投資を行う例があるが、本研究科、STE 社、STE 基金の連携による研究成果の事業化（神戸大学スキーム）は、他大学では例を見ない本学独自のものである。

・設立した本研究科発ベンチャー４社の概要

神戸大学スキームに基づいて設立されたベンチャー４社の概要を下記《図表 36》に示す。

《図表 36》神戸大学スキームに基づいて設立されたベンチャー４社の概要

社名	資本金等	事業内容等
（株）バイオパレット 設立：2017年2月	5億4,933万円 （資本準備金含む）	ゲノム編集ベンチャー （米系大手VCを中心に約5.5億円を資金調達、米国の超有力ゲノム編集ベンチャーと独占的クロスライセンス契約締結）
（株）シンプロジェン 設立：2017年2月	11億1,800万円 （資本準備金含む）	DNA合成ベンチャー （大手バイオベンチャーとの戦略的資本・業務提携、シリーズAの資金調達（約10億円）の実現）
ViSpot（株） 設立：2017年9月	4,000万円	ウイルス安全性評価 （大手消費財メーカーとのジョイントベンチャー）
アルジー・ネクサス（株） 設立：2019年1月	400万円	微細藻類関連バイオベンチャー （神戸大学と台湾・成功大學の研究成果を事業化）

＊バイオパレット（ゲノム編集ベンチャー）

平成 29 年２月、神戸大学独自のゲノム編集技術（Target-AID；Base Editor）を事業化するベンチャーとして設立された。ゲノム編集関連知財のライセンスを神戸大学から独占的に受けている。平成 29 年５月と平成 30 年６月に、米国 VC から総額約 5.5 億円の資金調達を成功させた。

同社は、平成 30 年３月に神戸医療イノベーションセンター内に商業用ラボを開設し、令和元年５月には米国の有力ゲノム編集ベンチャー（Beam Theraputics 社、本社：ボストン）と独占的クロスライセンス契約を締結している。

＊シンプロジェン（DNA 合成ベンチャー）

経済産業省や NEDO から支援を得ている神戸大学独自の長鎖 DNA 合成技術（枯草菌を用いた OGAB 法）を基に、平成 29 年２月に設立されたベンチャー。平成 30 年９月にバイオ企業の Spiber 社（本社、山形県鶴岡市）を引き受け先に、戦略的な第三者割当増資（１億円）を実施した。令和元年５月に、国内最大手 VC である JAFCO を引受先に第三者割当増資を行い、約 10 億円を調達した。

同社は、平成 30 年に短鎖 DNA 合成ラインを鶴岡市に新設した。また、長鎖 DNA の自動生産が可能な日本初の商用ラボを、神戸市のポートアイランドに設立する計画である。令和２年春の稼働を目指している。

＊ViSpot（ウイルス安全性評価）

バイオ医薬品研究開発におけるウイルス安全性評価の必要性が高まる中、同社は平成 29 年９月、神戸大学の技術と人材、大手消費財グループ企業の資金と人材を活かしたジョイントベンチャー（国内初のウイルス安全性評価試験受託機関）として設立された。

平成 30 年７月に神戸医療イノベーションセンター内に商用ラボを開設し、本格的なマーケティングとトライアルサービスを開始した。顧客からサービスのクオリティが評価され、平成 31 年に、製薬会社向けのウイルス安全性評価試験の受託事業が始まった。今後は、バイオ医薬品だけでなく、再生医療など幅広い分野への展開を計画している。

＊アルジー・ネクサス（微細藻類関連バイオベンチャー）

平成 31 年１月、神戸大学と台湾の国立成功大学の微細藻類に関する共同研究成果を活用して設立された。当初は、微細藻類を用いた機能性分子の製造や、エビ養殖の事業化を目指しており、他社との資本・業務提携に向けたビジネスプランを策定中である。将来的には、微細藻類を用いた環境浄化や、バイオジェット燃料生産などを目指している。

科学技術イノベーション研究科

研究業績説明書

研究業績説明書（科学技術イノベーション研究科）

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
1	バイオプロダクション	バイオ機能応用およびバイオプロセス工学関連	次世代抗体の高生産宿主開発に関する研究 本研究は、高機能な抗体配列および高生産性を示す微生物宿主細胞を迅速に創出するためのプラットフォームを構築し、二重特異性低分子抗体等の次世代抗体の創出およびその低分子抗体を短期間で高生産するための革新技術の開発を目指した。 ①研究費配分機関名：高機能遺伝子デザイン技術研究組合（TRAHED） ②事業名及び事業概要：AMED 次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業「国際基準に適合した次世代抗体医薬品等の製造技術（平成25年度～平成29年度）」 ③研究課題名：国際基準に適合した次世代抗体医薬等の製造技術のうち高生産宿主構築の効率化基盤技術の開発に係るもの（代表・近藤昭彦） ①研究費配分機関名：高機能遺伝子デザイン技術研究組合（TRAHED）/神戸大学 ②事業名及び事業概要：AMED 次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業「2.バイオ医薬品の高度製造技術の開発（【2-1】高性能な国産細胞株の構築）」（平成30年度～平成32年度） ③研究課題名：高性能な国産細胞株の構築（代表・近藤昭彦） ①研究費配分機関名：高機能遺伝子デザイン技術研究組合（TRAHED）/神戸大学 ②事業名及び事業概要：AMED 次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業「2.バイオ医薬品の高度製造技術の開発（【2-5】先端的バイオ製造技術開発）」（平成30年度～平成32年度） ③研究課題名：バイオ医薬品の多品種・大量製造に適した微生物による高度生産技術の開発（代表・石井純）	次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業（国際基準に適合した次世代抗体医薬品等の製造技術）の事後評価において「優れている」評価を受けている。本評価を受けて、後継の次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業（バイオ医薬品の高度製造技術の開発）においても2課題が採択され、さらなる技術革新を進めている。 【学術的意義】 高機能抗体配列および高生産微生物宿主を迅速に創出するための自動化プラットフォームや宿主改良技術などの革新的な技術基盤を確立することで、新たな低分子抗体配列の開発や世界最高レベルの生産性を達成することに成功している。特に、長鎖DNAを自動合成するための装置開発や多数のタンパク質の自動精製技術、メタノール資化性酵母の高性能化、開発した二重特異性抗体の*in vivo*での評価などの体系的な技術開発により、低分子抗体製造技術の高度化に大きく貢献している。 【社会、経済、文化的意義】 バイオ医薬品開発の台頭により特異性が高く副作用の少ない医療が実現された一方で、医療費高騰による国の財政圧迫が問題となっている。本研究開発により、大量かつ安価に低分子抗体を製造できるプロセスが確立されつつあり、社会に実装されることで極めて大きい経済的意義が期待される。	(1)	伊藤洋一郎，石井純，中村泰之，近藤昭彦，西輝之	新規細胞及びそれを用いた目的タンパク質の製造方法（特願2018-058953）	国立大学法人神戸大学、株式会社カネカ			平成30年3月26日	
					(2)	中村泰之，藍川晋平，伊藤洋一郎，西村勇哉，足達哲也，石井純，近藤昭彦，西輝之，梅津光央，中澤光，杉山在生人	二重特異性抗体　（特願2017-237252）	国立大学法人神戸大学、株式会社カネカ			平成29年12月11日	
					(3)	Nakamura Y, Nishi T, Noguchi R, Ito Y, Watanabe T, Nishiyama T, Aikawa S, Hasunuma T, Ishii J, Okubo Y, Kondo A.	A Stable, Autonomously Replicating Plasmid Vector Containing *Pichia pastoris* Centromeric DNA.	Applied and Environmental Microbiology	84(15)	e02882-17	2018	10.1128/AEM.02882-17

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
2	バイオプロダクション	バイオ機能応用およびバイオプロセス工学関連	バイオプロダクション次世代農工連携に関する研究 本研究は、再生可能なバイオマス資源から次世代燃料・化成品原料、バイオプラスチック・バイオ繊維、及びバイオファインケミカル等の重要なバイオベース製品群を、先端バイオ技術を駆使して作り出すバイオプロダクションを実用化して、グリーン・イノベーションによる持続可能な低炭素社会の実現を目指した。 ①研究費配分機関名：神戸大学 ②事業名及び事業概要：文部科学省　先端融合イノベーション拠点形成プログラム：イノベーションの創出のために特に重要と考えられる先端的な融合領域において、企業とのマッチングにより、新産業の創出等の大きな社会・経済的インパクトのある成果（イノベーション）を創出する拠点の形成を支援することを目的としたプログラム。 ③研究課題名：バイオプロフダクション次世代農工連携拠点	先端融合イノベーション拠点形成プログラムの事後評価において「S」評価を受けている。当初構想に基づいて、大学の総合力と各協働機関の特徴を結集してグローバルにも存在感を示す拠点形成に成功している。さらにプログラム終了後の見通しも継続性・発展性が高いレベルで期待できることから、総じて所期の計画を超えた取組が行われていると高く評価されている。 【学術的意義】 バイオマス資源から、多様な製品群を統合的に生産する「バイオリファイナリー」を実現して持続可能な低炭素社会の実現する上で重要な基盤技術（バイオマスリソース、前処理プロセス、細胞工場、バイオプロセス、分離・化学プロセス、機能性・安全性評価技術）を確立し、先端融合領域としての「バイオプロダクション」領域を体系化することに成功している。特に、ゲノム編集技術、長鎖 DNA 合成技術 などの大学発の革新的なコア技術の開発に成功し、バイオ×デジタル×ロボティックスの 3 分野融合による先端バイオ工学の展開に貢献した。 【社会、経済、文化的意義】 バイオリファイナリーの実現による巨大な新市場の創出、脱石油・CO２排出削減、資源・エネルギー安全保障、農林水産業の活性化いう目標に向けて大きく貢献した。今後の我が国の持続的な発展の基礎として大きなインパクトを持つと考えられる。具体的には、バイオファインケミカルを中心に約20品目の製品の上市に産学連携で成功するとともに、4社のスタートアップを起業し、本格的なバイオエコノミー時代の中核拠点に発展してきている。また、学長、拠点長のリーダーシ ップによる拠点形成および人材育成に関する大学のシステム改革にも貢献した。拠点の当初構想に基づいて「科学技術イノベーション 研究科」を設置したことは、今後のアントレプレナーシップを持った人材育成の推進に大きく貢献すると期待される。	(1)	Nishida, K., Arazoe, T., Yachie, N., Banno, S., Kakimoto, M., Tabata, M., Mochizuki, M., Miyabe, A., Araki, M., Hara, Y. K., Shimatani, Z., Kondo, A.	Targeted nucleotide editing using hybrid prokaryotic and vertebrate adaptive immune systems	Science	aaf9729		2016	10.1126/science.aaf8729
					(2)	Liu, Z., Inokuma, K., Ho, SH., den Haan, R., van Zyl, W.H., Hasunuma, T., Kondo, A.	Improvement of ethanol production from crystalline cellulose via optimizing cellulase ratios in cellulolytic Saccharomyces cerevisiae	Biotechnology and Bioengineering	114巻6号	1201-1207	2017	10.1002/bit.26252
					(3)	Kawaguchi, H., Ogino, C., Kondo, A.	Microbial conversion of biomass into bio-based polymers	Bioresource Technology	245巻	1664-1673	2017	10.1016/j.biortech.2017.06.135

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
3	バイオプロダクション	応用微生物学関連	培養系ヒト大腸細菌叢モデルの研究 本研究は、ヒト腸内フローラに関し課題となっていた*In vitro*評価系の構築について、高度嫌気培養法を用いて達成したものである。構築されたヒト大腸細菌叢モデルは、ヒト腸内のほぼ全菌種を網羅している点で画期的であり、これにより代謝プロファイルを再現できることが明らかとなり、疾患患者モデルを作成することで、その乱れを是正する投与物を迅速に評価することが可能となった。	【学術的意義】 (3)は2019年度の日本生物工学会奨励賞（斎藤賞）を受賞した論文である。この論文は、特に潰瘍性大腸炎患者の腸内細菌叢を再現したという点で評価が高く、2018年度および2016年度日本生物工学会一般講演トピックスとして選定されている。(1),(2)は、被引用回数について、それぞれ10,9回引用されている。国内の学会では、計3回の招待講演（例. 第39回広島大学バイオマスイブニングセミナー「バイオプロセス高効率化のための遺伝学的・代謝学的解析」）を行い、また計3回の特別講演（例. 第2回デザイン生命工学研究会大会「デザイン化ヒト腸内細菌による食品機能性評価」）を行った。 【社会、経済、文化的意義】 (3)で示された疾患患者（冠動脈疾患）についての培養系ヒト大腸細菌叢モデルという技術手法は、テレビ東京ＷＢＳ（ワールドビジネスサテライト）（2019年5月8日）で紹介された。また、当該技術については企業と、計7件の共同型協力研究を行っており、計2件の寄附金を頂いている。	(1)	Takagi R., Sasaki K., Sasaki D., Fukuda I., Tanaka K., Yoshida K., Kondo A., Osawa R.	A single-batch fermentation system to simulate human colonic microbiota for high-throughput evaluation of prebiotics	PloS One	11(8)	e0160533	2016	10.1371/journal.pone.0160533
					(2)	Sasaki D., Sasaki K., Ikuta N., Yasuda T., Fukuda I., Kondo A., Osawa R.	Low amounts of dietary fibre increase *in vitro* production of short-chain fatty acids without changing human colonic microbiota structure	Scientific Reports	8(1)	435	2018	10.1038/s41598-017-18877-8
					(3)	Sasaki K., Inoue J., Sasaki D., Hoshi N., Shirai T., Fukuda I., Azuma T., Kondo A., Osawa R.	Construction of a model culture system of human colonic microbiota to detect decreased Lachnospiraceae abundance and butyrogenesis in the feces of ulcerative colitis patients	Biotechnology Journal	14(5)	e1800555	2019	10.1002/biot.201800555

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
4	バイオプロダクション	ゲノム生物学関連	ゲノム合成の研究 本研究は、枯草菌の遺伝子集積法をコア技術として用いることで、従来は合成困難であった10～100 kbの任意の配列を有する長鎖DNAを、短期間に、低コストで、ハイスループットに生産するために必要な、技術や装置を開発する研究である。 ※研究業績を選定する際の参考とするため、研究テーマが公的研究資金（NEDOやAMEDなど）に関係している場合は下記も記入下さい（２００字の文字数制限外の参考情報とみなします）。大学本部提出時は削除します。 ①研究費配分機関名：NEDO ②事業名及び事業概要：「植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発」 ③研究課題名：研究開発項目③ 高生産性微生物創製に資する情報解析システムの開発 ①研究費配分機関名：文科省 ②事業名及び事業概要：地域イノベーション・エコシステム形成プログラム ③研究課題名：バイオ経済を加速する革新技術：ゲノム編集・合成技術の事業化 ①研究費配分機関名：AMED ②事業名及び事業概要：次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業 ③研究課題名：国際基準に適合した次世代抗体医薬等の製造技術のうち高生産宿主構築の効率化基盤技術の開発に係るもの ①研究費配分機関名：AMED ②事業名及び事業概要：次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業 ③研究課題名：バイオ医薬品の高度製造技術の開発／高性能な国産細胞株の構築	【学術的意義】 従来は合成困難であった任意配列の長鎖DNAの合成が可能となったとこから、生物のゲノムレベルの長鎖DNAを合成することが可能となった。本技術により、ゲノムを様々に創り、それらを検証することにより、未だその構築原理が不明なゲノムの構造を明らかにしたりすることが期待される。また、合成生物学の分野では、生物による有用物質生産のための多数の遺伝子からなる人工遺伝子回路の構築を可能にした。また医療分野では、遺伝子治療のための新規手法を開発するスピードを加速することが期待される。 【社会、経済、文化的意義】 任意の長鎖DNAを合成する技術は、神戸大学発ベンチャー会社の株式会社シンプロジェンに技術移転した。これにより、シンプロジェンは、長鎖DNAの受託合成、長鎖DNAを活用した有用物質を生産する微生物の高速育種、遺伝子治療用の長鎖DNAの合成などの様々な事業を展開している。	(1)	高橋俊介、柘植謙爾、近藤昭彦	（日本）特願2018- 93024、（米国）16/185, 106	神戸大学			平成30年5月14日	
					(2)	柘植謙爾、石井純、近藤昭彦	特願2019-069798	神戸大学			平成31年4月1日	
					(3)	柘植謙爾, 高橋俊介, 近藤昭彦	OGAB法による長鎖DNA合成技術, スマートセルインダストリー -微生物細胞を用いた物質生産の展望-, 第1編 ハイスループット合成・分析・評価技術, 第1章 ハイスループット長鎖DNA合成技術	シーエムシー出版		pp. 19-25	平成30年	

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
5	バイオプロダクション	システムゲノム科学関連	切らないゲノム編集技術開発の研究 本研究は、医療や農林水産またバイオ生産などあらゆる生命科学の分野に革命的な技術革新をもたらしつつあるゲノム編集技術として、従来のDNA切断型のゲノム編集技術の欠点を補い、精密で安全性に優れた、塩基変換法による切らないゲノム編集技術を開発し、遺伝子治療や次世代育種の基盤技術としての応用を実現するものである。 ①研究費配分機関名：神戸大学 ②事業名及び事業概要：NEDO　スマートセルプロジェクト 海外技術に依存しない国産のゲノム編集技術や最新のIT／AI技術を駆使し、植物や微生物から試薬、香料、化粧品、プラスチック等の工業材料を生産する革新的バイオテクノロジーの開発を目指したプログラム ③研究課題名：ゲノム編集の国産技術基盤プラットフォームの確立 ①研究費配分機関名：神戸大学 ②事業名及び事業概要：文部科学省　地域イノベーション・エコシステム形成プログラム 社会的インパクトが大きく地域の成長とともに国富の増大に資する事業化プロジェクトを推進することで、日本型イノベーション・エコシステムの形成と地方創生を実現することを目指したプログラム ③研究課題名：バイオ経済を加速する革新技術：ゲノム編集・合成技術の事業化 ①研究費配分機関名：神戸大学 ②事業名及び事業概要：JST　産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム（OPERA） 産業界との協力の下、大学等が知的資産を総動員し、新たな基幹産業の育成に向けた「技術・システム革新シナリオ」の作成と、それに基づく学問的挑戦性と産業的革新性を併せ持つ非競争領域での研究開発を通して、基礎研究や人材育成における産学パートナーシップを拡大し、我が国のオープンイノベーションを加速することを目指すプログラム ③研究課題名：ゲノム編集による革新的な有用細胞・生物作成技術の創出	【学術的意義】 革命的とされるゲノム編集技術であるが、DNA切断に付随した正確性や安全性の課題があり、応用に向けて限界があった。本研究ではDNA切断に代えて塩基変換反応を利用することに成功し、上記の問題を解決しつつ、かつ一塩基単位の精密な編集を可能にした。遺伝子治療や創薬開発、また次世代育種技術としての有用性が示されており、一連の研究成果はトップジャーナルに掲載され、また多くのメディアにて取り上げられるなど高い評価を得ている。 【社会、経済、文化的意義】 医療や農業さらには環境を含めた先進バイオ産業は次世代の中核的な産業分野と見込まれるが、ゲノム編集技術はその中での基盤的な技術となると期待されている。すでに米国では多数のゲノム編集ベンチャーが誕生しており巨額の資金を集め、各分野での実用化に向けて突き進んでいる。我が国としては、主要な基盤技術知財を押さえられている中で手をこまねいている状況であったが、本研究によって生み出された切らないゲノム編集技術は、知財的に担保された独自性と競争力がある数少ない基盤技術として認められている。実際に各分野での事業化を戦略的かつ機動的に進めるべく神戸大学発のベンチャー企業としてバイオパレット社の設立し、これまでに約5億円の資金調達に成功して事業活動を開始するに至っている。	(1)	Nishida, K., Arazoe, T., Yachie, N., Banno, S., Kakimoto, M., Tabata, M., Mochizuki, M., Miyabe, A., Araki, M., Hara, Y. K., Shimatani, Z., Kondo, A.	Targeted nucleotide editing using hybrid prokaryotic and vertebrate adaptive immune systems	Science	aaf9729		2016	10.1126/science.aaf8729
					(2)	Shimatani Z, Kashojiya S, Takayama M, Terada R, Arazoe T, Ishii H, Teramura H, Yamamoto T, Komatsu H, Miura K, Ezura H, Nishida K, Ariizumi T, Kondo A.	Targeted base editing in rice and tomato using a CRISPR-Cas9 cytidine deaminase fusion.	Nature Biotechnology	May;35(5)	441-443	2017	10.1038/nbt.3833
					(3)	Banno S, Nishida K, Arazoe T, Mitsunobu H, Kondo A.	Deaminase-mediated multiplex genome editing in Escherichia coli.	Nature Microbiology	Apr;3(4)	423-429	2018	10.1038/s41564-017-0102-6

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
6	バイオプロダクション	バイオ機能応用およびバイオプロセス工学関連	バイオ×デジタルによる高機能素材の高効率生産技術に関する研究 本研究は、植物や微生物の細胞が持つ物質生産能力を人工的に最大限引き出した「スマートセル」を構築し、既存の科学技術では生産が難しい有用物質の創製を目指すとともに、従来の生産手法を凌駕する飛躍的な生産効率の向上を目指している。バイオテクノロジーと計算科学を組合わせることで、革新的なスマートセルの設計技術や、スマートセルを用いた特定の有用物質の製造技術に取り組んでいる。 ①研究費配分機関名：約44億円（初年度×5年で算出）、NEDO ②事業名及び事業概要：植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発 ③研究課題名：高機能性微生物創製に資する情報解析システムの開発	【学術的意義】 生物は、その代謝系の中で多くの化学物質を作り出すことができることから、その機能を最大限に活用することで、化学合成プロセスを経ることなく、高機能物質を高効率に製造することができる。近年、バイオテクノロジーの基礎技術であるDNA 配列解析、代謝物解析、ゲノム配列の意味付けと設計、ゲノムの合成・編集等において大きな技術革新が生じ、生物の機能を認識・利用することで新たな材料等を製造できる世界が拓かれつつある。本研究では、非天然化合物を生産可能な代謝経路を提示するバイオインフォマティクス技術、DNAを超高精度に合成するとともにこれを集積して長鎖DNAを得る技術、細胞内代謝物の変換速度を観測できる動的メタボローム解析技術を開発してきた。さらに、こうした要素技術を組合わせ、システマティックに連結することで医薬品原料や汎用化学品等を高効率に生産する微生物の開発に成功してきた。 【社会、経済、文化的意義】 従来の合成生物学に先端的なバイオ技術、情報解析技術、ロボティクスを融合した先端バイオ工学の学術分野の開拓を行うことで、イノベーションの創出を目指す国内唯一の研究センターとして「先端バイオ工学研究センター」の設立につながった。一般社団法人先端バイオ工学推進機構、一般社団法人バイオロジクス研究トレーニングセンターとの連携を密接にとることで、さらなる研究の発展や産業の振興、人材の育成を行っている。また、長鎖DNAを合成するベンチャー企業としてシンプロジェン社の設立につながった。	(1)	Vavricka, CJ., Yoshida, T., Kuriya, Y., Takahashi, S., Ogawa, T., Ono, F., Agari, K., Kiyota, H., Li, J., Ishii, J., Tsuge, K., Minami, H., Araki, M., Hasunuma, T., Kondo, A.	Mechanism-based tuning of insect 3,4-dihydroxyphenylacetaldehyde synthase for synthetic bioproduction of benzylisoquinoline alkaloids	Nature Communications	10	2015	2019	10.1038/s41467-019-09610-2
					(2)	Eguchi, Y., Makanae, K., Hasunuma, T., Ishibashi, Y., Kito, K., Moriya, H.	Estimating the protein burden limit of yeast cells by measuring expression limits of glycolytic proteins	eLife	7	e34595	2018	10.7554/eLife.34595.001
					(3)	Vavricka, CJ., Muto, C., Hasunuma, T., Kimura, Y., Araki, M., Wu, Y., Gao, GF., Ohrui, H., Izumi, M., Kiyota, H.	Synthesis of sulfo-sialic acid analogues: potent neuraminidase inhibitors in regards to anomeric functionality	Scientific Reports	7	8329	2017	10.1038/s41598-017-07836-y

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
7	バイオプロダクション	応用微生物学関連	微細藻類を利用した液体燃料、汎用化学品、機能性化学品の生産技術に関する研究 本研究は、光合成生物である微細藻類（緑藻、藍藻等）を用いて二酸化炭素を有用物質（液体燃料、プラスチック原料、サプリメント等）に変換する技術に関するものである。微細藻類の二酸化炭素固定能力の向上、有用物質生産能力の付与及び向上、代謝メカニズムの解析、遺伝子改変技術の開発、培養プロセスの最適化等に取り組んでいる。 ①研究費配分機関名：68百万円、JST ②事業名及び事業概要：研究成果展開事業／研究成果最適展開支援プログラム（Ａ－ＳＴＥＰ）／ステージⅡ（シーズ育成タイプ） ③研究課題名：微細藻類からのカロテノイド色素の生産技術開発 ①研究費配分機関名：20百万円、内閣府 ②事業名及び事業概要：革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）／セレンディピティの計画的創出による新価値創造 ③研究課題名：動的代謝解析による海洋性緑藻の油脂生合成発動メカニズムの解明と油脂高生産技術開発への応用 ①研究費配分機関名：69百万円、JST ②事業名及び事業概要：戦略的創造研究推進事業／先端的低炭素化技術開発（ALCA） ③研究課題名：転写と時計の改変によるラン藻炭素源供給の量的緩和とコハク酸生産／ラン藻代謝改変株の代謝解析とコハク酸生産プロセスの検討 ①研究費配分機関名：22百万円、JSPS ②事業名及び事業概要：科学研究費助成事業／若手研究（A） ③研究課題名：海洋性ラン藻における人工転写調節システムの開発とイソプレノイド生産への応用	【学術的意義】 ①二酸化炭素固定能力、細胞の増殖速度、細胞密度の向上に関与する遺伝子を見出し、これを過剰発現させることにより藍藻の光合成能力を向上させることに成功した。②藍藻では、遺伝子改変技術の開発と応用を行い、生分解性プラスチックの原料となるコハク酸を高生産することに成功した。コハク酸代謝の反応経路と経路中のボトルネック反応を見出し、遺伝子改変と培養プロセスの最適化と組み合わせることで世界最高値を7倍以上更新することに成功した。③緑藻ではバイオディーゼル燃料の原料となる油脂を高生産する株を探索し、培養プロセスを最適化することで、世界最高レベルの油脂生産性を実現した。さらに、プラズマを用いた独自の変異導入技術を確立し、さらに油脂生産性を向上させることに成功した。また、油脂代謝のメカニズムを詳細に解析することで、油脂生合成の経路を明らかにした。④緑藻で高付加価値の色素化合物を高生産する株を単離し、代謝メカニズムを解析することで色素高生産化に関与する代謝反応の特定に成功した。 【社会、経済、文化的意義】 藻類を利用した有用物質生産技術を提供するベンチャー企業Algae Nexusを設立した。	(1)	Hasunuma, T., Matsuda, M., Kato, Y., Vavricka, CJ., Kondo, A.	Temperature enhanced succinate production concurrent with increased central metabolism turnover in the cyanobacterium Synechocystis sp. PCC 6803	Metabolic Engineering	48	109-120	2018	10.1016/j.ymben.2018.05.013
					(2)	Kato, Y., Fujihara, Y., Vavricka, CJ., Chang, JS., Hasunuma, T., Kondo, A.	Light/dark cycling causes delayed lipid accumulation and increased photoperiod-based biomass yield by altering metabolic flux in oleaginous Chlamydomonas sp.	Biotechnology for Biofuels	12	39	2019	10.1186/s13068-019-1380-4
					(3)	Ho, SH., Nakanishi, A., Kato, Y., Yamasaki, H., Chang, JS., Misawa, N., Hirose, Y., Minagawa, J., Hasunuma, T., Kondo, A.	Dynamic metabolic profiling together with transcription analysis reveals salinity-induced starch-to-lipid biosynthesis in alga Chlamydomonas sp. JSC4	Scientific Reports	4	45471	2017	10.1038/srep45471

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
8	バイオプロダクション	応用微生物学関連	微生物の潜在能力を活用した有用希少物質の生産 本研究により、真正細菌のイノシトール分解系を総合的に解明し、その知見を有用希少イノシトール（例えばアルツハイマー病の治療予防に役立つシロイノシトール）を大量生産することに成功した。 ①研究費配分機関名：JST ②事業名及び事業概要：「先端融合領域イノベーション創出拠点形成」プログラム ③研究課題名：バイオプロダクション次世代農工連携拠点	【学術的意義】 真正細菌のイノシトール分解系の解明により得られた遺伝子機能を選択的に活用することにより、イノシトールの異性体変換を可能とした技術開発は学術的な独創性と優位性を内包する。 【社会、経済、文化的意義】 高度高齢化社会において深刻化する認知症患者のなかでも特に難治性であり、かつ患者数が増加し続けるアルツハイマー病には未だ治療法がない。本研究の成果として大量生産が可能となったシロイノシトールはこの難題を解決できる切り札の一つとして注目されており、自ずから本研究の成果が大きな社会的インパクトを持つ。	(1)	Tanaka K, Natsume A, Ishikawa S, Takenaka S, Yoshida K.	A new-generation of Bacillus subtilis cell factory for further elevated scyllo-inositol production.	Microb Cell Fact.	16(1)	67	2017	10.1186/s12934-017-0682-0
					(2)							
					(3)							

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
9	バイオプロダクション	応用微生物学関連	微生物ゲノムDNAの迅速な接合伝達の開発 本研究では、グラム陽性菌のプラスミド接合伝達を応用して100kbを超える巨大な染色体DNAをある細胞から別の細胞へ僅か15分以内に伝達して組み換える画期的な技術をスペインの研究グループと共同開発した。 ①研究費配分機関名：JSPS ②事業名及び事業概要：二国間協定事業 ③研究課題名：好熱パチルス細胞工場を実現する新規遺伝子操作技術の開発	【学術的意義】 未だ詳細が未解明なグラム陽性菌のプラスミド接合伝達を活用するために、接合時に機能する複製起点とそのために機能する遺伝子をそれぞれ染色体と接合伝達プラスミドに分割して、巨大な染色体DNAだけを迅速に接合伝達することに成功したことは学術的に意義深い。 【社会、経済、文化的意義】 合成ゲノム技術が脚光を浴びる中、巨大なDNAを如何にして連結するかという課題の直接的解決に迫る技術開発であり、合成染色体作成による有用物質生産を支える基盤技術として極めて重要となるため、将来のバイオテクノロジーに大きなインパクトとなる。	(1)	Miyano M, Tanaka K, Ishikawa S, Takenaka S, Miguel-Arribas A, Meijer WJJ, Yoshida K	Rapid conjugative mobilization of a 100 kb segment of Bacillus subtilis chromosomal DNA is mediated by a helper plasmid with no ability for self-transfer	Microb Cell Fact.	17(1)	13	2018	10.1186/s12934-017-0855-x
					(2)							
					(3)							

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
10	先端膜工学	移動現象および単位操作関連	有機溶剤超ろ過膜法の開発に関する研究 本研究では、耐溶剤性新規分離膜の創製、及びそれを用いた化学品製造プロセスの開発を行い、有機溶剤系において直接溶剤－溶剤間の膜分離を可能とする新規超ろ過膜法（Organic solvent Hyper Filtration; OHFと命名）を確立する。これにより蒸留法から膜分離法への転換を実現可能とし、化学品製造プロセスの大幅な省エネルギー化の達成を目的とする。石油化学品、電子部品、食品（植物油）プロセスへの適用性を検証し、将来の国家プロジェクトの立ち上げを目指す。 ①研究費配分機関名：ＮＥＤＯ ②事業名及び事業概要：ＮＥＤＯ先導研究プログラム、エネルギー・環境新技術先導研究プログラム ③研究課題名：有機溶剤の超ろ過膜法開発による化学品製造プロセス革新	【学術的意義】 (1)この発表は，強度や耐薬品性に優れるチタニア、およびジルコニア材料を用いた膜を作製し、キレート剤を配位させることによる分離性能の制御、また各種有機溶剤の透液挙動について議論したものであり、2019年度の日本膜学会第41年会にて学生賞を受賞した。(2)この発表では、有機溶媒中の溶質分離や有機溶媒の液－液分離が可能な耐溶剤性分離膜の開発、また蒸発/蒸留法と比べ大幅な省エネルギー化の可能性について述べたものである。発表資料とプレゼン動画を以下のホームページで公開し、これまでに10件以上の照会があり、複数の共同研究に繋がっている。(3)本研究は、異なる種類の二次元ナノシート材料を利用した積層型分離膜を開発したものであり、有機溶剤ナノろ過膜に実現できることを証明した。JST知財活用支援事業に採択され、PCT国際出願を行った。また本研究に関連して、公益社団法人石油学会から奨励賞が授与されている。	(1)	家迫遼介,吉岡朋久，中川敬三，新谷卓司，神尾英治，松山秀人	有機キレート配位子を鋳型にしたチタニア-ジルコニア複合ナノろ過膜の有機溶剤透過・分画特性評価	日本膜学会第41 年会	－	－	2019.5.9	
					(2)	松山 秀人	有機溶媒系分離を目指した耐有機溶剤「超ろ過」膜の開発	JST 新技術説明会	－	－	2018.8.21	
					(3)	中川 敬三，國松 美里，世良 友宏，新谷 卓司，吉岡 朋久，松山 秀人	複合分離膜	PCT/JP2019/3016	－	－	2019.1.29	

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
11	先端膜工学	移動現象および単位操作関連	正浸透膜法による省エネ型水処理技術のための温度応答性イオン液体および高透水性水チャネル開発に関する研究 本研究では、「正浸透膜法を用いた革新的省エネ型水処理技術の開発」を実施し、逆浸透膜法と比較し大幅な省エネルギー化が達成可能な正浸透膜（Forward Osmosis Membrane, FO膜）法による革新的水処理プロセスについて検討した。高い浸透圧を有しかつ低エネルギーで容易に再生することが可能な駆動溶液（Draw solution, DS）として、温度応答性イオン液体を用いることにより、低品位排熱や地熱などの未利用熱エネルギーにより再生が可能なDSを開発した。また正浸透駆動に特化した次世代型の超高性能FO膜として、ウォーターチャネルを有する生体機能模倣型FO膜を創出した。さらに、システムのフィージビリティ評価を行い、本先導研究での原理検証を行った。 ①研究費配分機関名：ＮＥＤＯ ②事業名及び事業概要：ＮＥＤＯ先導研究プログラム、エネルギー・環境新技術先導研究プログラム ③研究課題名：正浸透膜法を用いた革新的省エネ型水処理技術の開発	【学術的意義】 分子シミュレーションを用いることにより，ミクロな視点から高い水透過性能を発現する水チャネルの構造を明らかとし，アミノ酸残基から構成される新たな環状ペプチド型水チャネル物質の設計に成功した(1)．さらにこの水チャネルを用いた非平衡水透過シミュレーション手法を開発することで，実際的な水透過性能と塩阻止性を予測することが可能となり，このような水チャネルの有用性を示すことができた(2)． これらの成果を受け，日本化学会の第99春季年会(2019.3)では，「社会を支える基盤技術「革新的膜工学の研究最前線」セッションにおいて，「水チャネル膜における水透過の分子シミュレーション」と題して招待講演を行った(3)． 【社会、経済、文化的意義】 本研究成果を受けて，共同で本研究に取り組んでいた膜メーカーが継続して実施する「省エネ型造水FO膜システムの開発」が，NEDOの開発フェーズの取り組みであるである「インキュベーション研究開発」課題として平成30年度戦略的省エネルギー技術革新プログラムにおいて採択され，実用化に向けて研究・開発および実証試験を進めている． https://www.nedo.go.jp/content/100878377.pdf	(1)	Hao-Chen Wu, Tomohisa Yoshioka, Hiroki Nagasawa, Masakoto Kanezashi, Toshinori Tsuru, Daisuke Saeki, Hideto Matsuyama	Preparation of cyclic peptide nanotube structures and molecular simulation of water adsorption and diffusion	Journal of Membrane Science	537	101-110	2017	10.1016/j.memsci.2017.04.060
					(2)	Hao-Chen Wu, Tomohisa Yoshioka, Keizo Nakagawa, Takuji Shintani, Toshinori Tsuru, Daisuke Saeki, Yi-Rui Chen, Kuo-Lun Tung, Hideto Matsuyama	Water transport and ion rejection investigation for application of cyclic peptide nanotubes to forward osmosis process: A simulation study	Desalination	424	85-94	2017	10.1016/j.desal.2017.09.008
					(3)	吉岡 朋久	水チャネル膜における水透過の分子シミュレーション	日本化学会第99春季年会【招待講演】	-	T1.3A1-30	2019.3.18	

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
12	先端IT	情報ネットワーク関連	マルチホップ無線ネットワークのための通信プロトコル・ネットワーク設計技術に関する研究 マルチホップ無線ネットワークは，無線中継機能により低コストで広い通信エリアをカバーすることを可能とする．本研究では，無線チャネル間干渉によるスループット低下を抑えるプロトコル開発，ネットワーク設計技術を開発する． ①研究費配分機関名：日本学術振興会 ②事業名及び事業概要：学術研究助成基金助成金 基盤研究（C） ③研究課題名：無線センサネットワークのための高効率高信頼双方向通信プロトコルの研究開発 ①研究費配分機関名：総務省 ②事業名及び事業概要：総務省・戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）・電波有効利用促進型（先進的電波有効利用型）研究開発 ③研究課題名：Wi-Fiを用いたLDMエッジサーバの災害時利用に関する実証的研究（分担（代表：木下和彦（徳島大学）））	【学術的意義】文献(1)は，理論的には優れていると考えられていたネットワークコーディングの問題点を指摘するとともに，実用に近づけることに寄与するプロトコルを実現したものである．文献(2)は，特定の通信フローのスループットが著しく低下する要因として，隠れ端末問題の非対称性に初めて着目，フロー間のスループット公平性を改善に成功した研究成果である．文献(3)は，充足可能性問題としてインフラストラクチャモード・マルチインタフェース・メッシュネットワークの最適設計を可能とすることを試みたもので，電子情報通信学会・モバイルネットワークとアプリケーション研究会・若手研究奨励賞を受賞したものである．	(1)	Yumi Takaki, Makoto Ando, Keisuke Maesako, Keisuke Fujita, Tomio Kamada, Chikara Ohta, and Hisashi Tamaki	Efficient and reliable packet transfer protocol for wireless multihop bidirectional communications	International Journal of Distributed Sensor Networks	vol.14, no.1	pp.1-15	2018	10.1177/1550147718756034
					(2)	Keisuke Maesako, Yumi Takaki, Tomio Kamada, and Chikara Ohta	Asymmetric Hidden Node Problem Aware Routing Metric for Wireless Mesh Networks	Proc. IEEE Consumer Communications & Networking Conference		pp.186-192	2019	10.1109/CCNC.2019.8651716
					(3)	高橋智輝，前野誉，高木由美，鎌田十三郎，太田能，田村直之	インフラストラクチャモードで動作するマルチWi-Fiインタフェースメッシュネットワークの最適設定法	電子情報通信学会技術研究報告，モバイルネットワークとアプリケーション研究会	vol.118,no.467	pp.183-187	2019	

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
13	先端IT	農業環境工学および農業情報工学関連	和牛の繁殖性改善に関する研究 本プロジェクトでは，生産基盤強化の取り組みとして推進されている放牧牛やバドックで飼育されている牛を対象として，発情検知，ストレス検知，健康状態検知を実現したり，カメラを使った体重計測を実現することで，牛の飼養管理の低コスト化・省力化を図ることをねらっている． ①研究費配分機関名：JST ②事業名及び事業概要：CREST研究領域「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化」 ③研究課題名：放牧牛のインタラクション分析による革新的飼養管理技術の開発（分担，（代表：大川剛直（神戸大学・システム情報学）））	【学術的意義】文献(1)は，ステレオカメラによる３次元計測により，群飼状態にいる子牛の体重推定を実現するもので，the 5th IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2017でBest Paper Awardを受賞している．文献(2)，(3)は，CRESTにおいて取り組まれたものであり，放牧牛やバドックで飼育されている牛を対象として，牛と牛の間に見られる様々なインタラクションに関する情報をもとに，個別の牛から計測される運動情報や生体情報だけでは捉えることができないような発情検知，ストレス検知，健康状態検知を実現することとをねらった研究成果である．	(1)	Ayumi Yamashita, Takenao Ohkawa, Kenji Oyama, Chikara Ohta, Ryo Nishide, and Takeshi Honda	Calf Weight Estimation with Stereo Camera Using Three-Dimensional Successive Cylindrical Model	Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers	vol.6, no.1	39-46	2018	10.12792/JIIAE.6.39
					(2)	Yohei Yamauchi, Ryo Nishide, Yumi Takaki, Chikara Ohta, Kenji Oyama, and Takenao Ohkawa	Cattle Community Extraction Using the Interactions Based on Synchronous Behavior	Proc. The 9th International Symposium on Information and Communication Technology (SoICT 2018)		227-234	2018	10.1145/3287921.3287941
					(3)	Shunta Fukumoto, Ryo Nishide, Yumi Takaki, Chikara Ohta, Kenji Oyama, and Takenao Ohkawa	Quantifying the Approaching Behaviors for Interactions in Detecting Estrus of Breeding Cattle	Proc. The 9th International Symposium on Information and Communication Technology (SoICT 2018)		235-242	2018	10.1145/3287921.3287944

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
14	先端IT	計算機システム関連	画像処理プロセッサ向け低エネルギメモリアーキテクチャに関する研究 深層学習プロセッサに向けたMSB基準ビット反転論理を備えた低エネルギ8TデュアルポートSRAMを提案した。本提案SRAMは、確率的相関性を持つ画像データを処理対象とする低エネルギ画像処理プロセッサに最適であり、データビット再配置と組み合わせることで8TデュアルポートSRAMの動作電力が削減される。 ①研究費配分機関名：日本学術振興会 ②事業名及び事業概要：科学研究費補助金基盤研究(B) ③研究課題名：パイプラインバックプロパゲーションを用いたディープラーニングプロセッサ	従来多数決論理の実装に必要な16.1%の面積オーバヘッドが大幅に改善される。提案MSB基準ビット反転論理は、書き込み/読み出し回路における面積オーバヘッド1.8%のみで構成される。本提案28-nm 64-kb FD-SOI SRAMでは、読み出しにかかる動作エネルギを14.7%削減することが確認された。また、畳み込みニューラルネットワークでのアクティベーション処理を考慮した場合、その削減効果は17.3%まで向上することを確認した。このときのエネルギ消費は312.4fJ/cycleである。この一連の研究でIEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems (ICECS) Best Paper Awardを受賞した。	(1)	H. Mori, T. Nakagawa, Y. Kitahara, Y. Kawamoto, K. Takagi, S. Yoshimoto, S. Izumi, H. Kawaguchi, and M. Yoshimoto	A Low-Energy 8T Dual-Port SRAM for Image Processor with Selective Sourceline Drive Scheme in 28-nm FD-SOI Process Technology	IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems (ICECS)		532-535	2016	10.1109/ICECS.2016.7841256
					(2)	H. Mori, S. Izumi, H. Kawaguchi, and M. Yoshimoto	28-nm FD-SOI Dual-Port SRAM with MSB-Based Inversion Logic for Low-Power Deep Learning	IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems (ICECS)		161-164	2018	10.1109/ICECS.2018.8617885
					(3)	H. Mori, T. Nakagawa, Y. Kitahara, Y. Kawamoto, K. Takagi, S. Yoshimoto, S. Izumi, H. Kawaguchi, and M. Yoshimoto	A 28-nm FD-SOI 8T Dual-Port SRAM for Low-Energy Image Processor with Selective Sourceline Drive Scheme	IEEE Transactions on Circuits and Systems I	66・4	1442-1453	2019	10.1109/TCSI.2018.2885536

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
15	先端IT	計算機システム関連	分散型深層学習ハードウェアに関する研究 アルゴリズム・ハードウェアの協調設計によって、大規模化する分散型深層学習の並列性スケーラビリティ向上に向けた低メモリ帯域幅・低メモリ容量なパイプライン確率勾配降下法を提案した。大規模分散深層学習に向けた低コストかつ高速なパイプライン確率勾配降下アルゴリズム、及びメモリ分散を用いたハードウェアアーキテクチャである。 ①研究費配分機関名：株式会社富士通研究所 ②事業名及び事業概要：共同研究 ③研究課題名：ニューロコンピュータの学習エンジンのアーキテクチャの検討	本提案では、ネットワークを複数の層から成る「レイヤブロック」に分割し、各パイプライン段で分散保持及び並列実行がなされる。ネットワークに対応する重み係数メモリをブロックに対応するワーカに分散され、従来の多重スレッド並列に比べワーカ内部のメモリ容量が削減される。また、従来多重スレッド並列で必要な重み係数更新のための共有I/Oバス及び係数サーバを不要とし、バス上のメモリ転送バンド幅を大幅改善する。この提案の後にMicrosoft ResearchやGoogleも同様の提案をしており、その先駆けとなるものである。またこの研究はIEEE Workshop on Machine Learning and Signal Processing (MLSP) Best Student Paper Awardを受賞した。	(1)	H. Mori, T. Youkawa, S. Izumi, M. Yoshimoto, H. Kawaguchi, and A. Inoue	A Layer-Block-Wise Pipeline for Memory and Bandwidth Reduction in Distributed Deep Learning	IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP)		1-6	2019	10.1109/MLSP.2017.8168127
					(2)							
					(3)							

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
16	先端IT	計算機システム関連	自動運転向け物体検出プロセッサに関する研究 Sparse FIND特徴量を用いた物体検出アルゴリズムとそのハードウェア実装を行った．HOG(Histogram of Oriented Gradient)特徴量は物体の特徴を細かく記述できることから自動運転における歩行者等の物体検出に利用されているが，より細かく物体の特徴を記述できるHOG特徴量の次元を高めたSparse FINDアルゴリズムを提案し、そのハードウェア実装を行った． ①研究費配分機関名：トヨタ自動車株式会社 ②事業名及び事業概要：共同研究 ③研究課題名：2023年向け自動運転用画像認識プロセッサ先行検討	Sparse FINDを低消費電力かつ実時間で実行すべく，同アルゴリズムの演算に特化したアーキテクチャの設計及びハードウェア実装を行った．HDTV解像度動画像を60fpsで処理するためには膨大な演算量とSparse FINDのSVM演算で起こるメモリアクセスの局所性という2つの問題があった．これらの課題を解決するため，演算量の少ないHOGと認識精度の高いSparse FINDを組み合わせた2段階識別アルゴリズムを実装した．これらの提案技術によってHDTV解像度動画像の60fpsでの物体検出が可能となった．40nmプロセスにおいてHOG特徴量抽出プロセッサVLSIの実装を行った．この結果，面積は3.5×3.5mm2，消費電力はTTコーナーにおいて702mWであった．これにより，車載応用に求められる低消費電力でのHDTV対応Sparse FIND特徴量を用いた物体検出アルゴリズムのVLSI実装を実現した．この研究はIEICE Electronics Express (ELEX) Best Paper Awardを受賞した．	(1)	Y. Nishizumi, G. Matsukawa, K. Kajihara, T. Kodama, S. Izumi, H. Kawaguchi, C. Nakanishi, T. Goto, T. Kato, and M. Yoshimoto	FPGA Implementation of Object Recognition Processor for HDTV Resolution Video Using Sparse FIND Feature	IEEE Workshop on Signal Processing Systems (SiPS)		1-6	2017	10.1109/SiPS.2017.8109993
					(2)	G. Matsukawa, T. Kodama, Y. Nishizumi, K. Kajihara, C. Nakanishi, S. Izumi, H. Kawaguchi, T. Goto, T. Kato, and M. Yoshimoto	A low power, VLSI object recognition processor using Sparse FIND Feature for 60fps HDTV resolution video	IEICE Electronics Express (ELEX)	14・15	1-12	2017	10.1587/elex.14.20170668
					(3)							

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
17	先端IT	基礎物理化学関連	完全結合クラスター還元法の研究 バイナリー表現によるクラスター演算子の交換子を露わに展開する事により、疎演算に適した任意次数の完全結合クラスター展開を実現し、更に、射影空間と交換子演算に適切なスクリーニングを行う事により、強相関電子系の性質を正確に予測可能な完全結合クラスター還元法の開発に成功した。 ①研究費配分機関名：神戸大 ②事業名及び事業概要：文部科学省フラッグシップ ポスト「京」重点課題 ③研究課題名：エネルギーの高効率な創出、変換・貯蔵、利用の新規基盤技術の開発	【学術的意義】 本研究は、超伝導や光エネルギー変換物質に特徴的な、強い電子相関を有する物質を高精度に理論計算することを可能にする新技術に関する業績である。強相関電子系の取り扱いは、問題の困難さと応用の広さから学術的な意義が高い。本研究は、審査員から画期的な技術と評され、基礎物理分野で最も重要度の高い研究を対象とされている Physical Review Lettersに発表された。	(1)	E. Xu, M. Uejima, and S. L. Ten-no	Full coupled-cluster reduction for accurate description of strong electron correlation	Phys. Rev. Lett.	121	113001	2018	10.1103/PhysRevLett.121.113001
					(2)							
					(3)							

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
18	先端IT	電子デバイスおよび電子機器関連	自動運転社会の実現に向けた不要電波干渉の対策技術 電気自動車・自動運転車の社会普及に向けて無線電力伝送と無線通信の不要電波干渉が課題となる。本研究では、電子装置の近傍で無線通信帯域の不要電波を計測・記録し、その干渉性について移動通信性能を指標として分析・評価する手法を開発した。加えて、不要電波を吸収・熱散逸する磁性薄膜の形成技術と電子機器への応用技術を開発し、これによる不要電波の低減性能を明らかにした。 ①研究費配分機関名：総務省 ②事業名及び事業概要：電波資源拡大のための研究開発 ③研究課題名：不要電波の広帯域化に対応した電波環境改善技術の研究開発	本研究では、不要電波を700 MHz～6 GHzの広帯域で計測し、さらに着目する周波数範囲について-170dBm/Hzの高感度で絞り込んで記録する手法を開発した。また、移動通信システムシミュレーションに不要電波データを取り込み、LTE方式等による通信回路における不要電波干渉のメカニズムや影響を分析する手法を開発した。これにより、GaNやSiC等の半導体高速スイッチング素子を用いた無線給電向け電源装置において、その基本動作周波数の数十次におよぶ高調波が移動通信に干渉し、無線通信機器の最小受信性能を劣化することを明らかにした。半導体デバイスにおける不要電波の発生と移動通信への干渉に着目した研究成果であり、電磁環境両立性(EMC)特性を横断的に分析する電波障害の新しい評価手段として、学術論文誌等において研究成果を周知するとともに産業界の自主規制協議会等で報告し、幅広い認知を得た。	(1)	山口正洋、田中聡、吉田栄吉、石山和志、永田真、近藤幸一、沖米田恭之、佐藤光晴、宮澤安範、畠山賢介	（招待論文）不要電波の広帯域化に対応した電波環境計測技術と改善技術	電子情報通信学会論文誌B分冊	Vol. J101-B, No. 3	pp. 204-211	Mar. 2018.	10.14923/transcomj.2017PEI0001
					(2)	永田真	（特別講演）IoTデバイスにおける不要電波の評価と対策	VCCI協会技術シンポジウム（2019年1月8日、機械振興会館）			Jan. 2019	
					(3)	永田真	（招待論文）VLSIシステムのノイズ問題克服に向けた研究の取組み―エレクトロニクスソサイエティ賞の受賞によせて―	電子情報通信学会論文誌C分冊	Vol. J100-C, No. 2	pp. 82-90	Feb. 2017.	

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
19	先端IT	電子デバイスおよび電子機器関連	ICチップレベルのハードウェアセキュリティ IoT社会の情報通信を支えるハードウェアのセキュリティ性能が求められている。本研究では、高度な暗号機能を内包する半導体集積回路(IC)チップのセキュリティについて、サイドチャネル攻撃による秘密情報の盗み見を防止する回路システム技術を確立した。ICチップに対する小型アンテナの近接配置やレーザ照射・故障注入等の攻撃性行為を防止あるいは検知・回避する機能を実証した。 ①研究費配分機関名：内閣府/NEDO、NEDO ②事業名及び事業概要：戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)、IoT推進のための横断技術開発プロジェクト ③研究課題名：(a4)IoT向けのセキュリティ確認技術の研究開発、Sensor-to-Cloud Security～ビッグデータを守る革新的IoTセキュリティ基盤技術の研究開発	本研究では、ICチップのハードウェアセキュリティについて、サイドチャネル攻撃を防止・対策する回路システム技術を探求した。ICチップに搭載される暗号回路の放射する電磁界ノイズをアンテナ等で読み取り、あるいはレーザ等を照射して故障注入を引き起こすことにより、本来のデータ経路からは観測されない物理挙動を利用して、秘密情報を盗み見ったり、あるいはセンサ情報を改竄する。このような攻撃性行為をICチップ内部から検知するセンシング技術あるいは防御する回路技術の構成法を確立・実証した。本研究開発を通じて、ハードウェアセキュリティ分野の研究開発の必要性を幅広く訴求し、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP第一期・第二期/内閣府)やIoT推進のための横断技術開発プロジェクト（NEDO）等の国の施策による研究開発プロジェクトを推進、また学術領域としてハードウェアセキュリティ研究専門委員会の設立を牽引した。	(1)	Makoto Nagata, Takuji Miki, Noriyuki Miura	(Invited) On-Chip Physical Attack Protection Circuits for Hardware Security	Proceedins of the IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC 2019)		pp. 1-6	Apr. 2019	
					(2)	Takuji Miki, Noriyuki Miura, Hiroki Sonoda, Kento Mizuta, Makoto Nagata	A Random Interrupt Dithering SAR Technique for Secure ADC Against Reference-Charge Side-Channel Attack	IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs	On line	pp. 1-5	Feb. 2019	10.1109/TCSII.2019.2901534
					(3)	Makoto Nagata, Daisuke Fujimoto, Noriyuki Miura, Naofumi Homma, Yu-ichi Hayashi, Kazuo Sakiyama	(Review paper) Protecting cryptographic integrated circuits with side-channel information	IEICE Electronics Express (ELEX)	Vol. 14, No. 2	pp. 1-13	Feb. 2017	10.1587/elex.14.20162005

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
20	先端医療学	細胞生物学関連	幹細胞生物学の医学応用に関する研究 ヒトiPS細胞からの様々な細胞への分化誘導法の開発や、疾患特異的iPS細胞とそれに由来する分化細胞を用いた病態研究および新規治療薬開発、当グループの独自技術である人工癌幹細胞を用いた癌幹細胞の分子機構解明と治療開発などを行っている。多様な診療科との密接な連携のもとに、様々な臓器・疾患領域に関する研究を一体的に推進している当グループの研究開発体制はユニークなものである。 【青井代表分】 ①研究費配分機関名：AMED ②事業名及び事業概要：幹細胞・再生医学イノベーション創出プログラム ③研究課題名：アセンブラーとしての癌/非癌幹細胞の機能解明とその制御技術の開発 ①研究費配分機関名：日本学術振興会 ②事業名及び事業概要：基盤B ③研究課題名：癌幹細胞の分子機構に立脚した大腸癌の予後因子同定と新規治療法の非臨床POC取得 【青井分担分】 ①研究費配分機関名：AMED ②事業名及び事業概要：疾患特異的iPS細胞の利活用促進・難病研究加速プログラム ③研究課題名：疾患特異的iPS細胞を用いた下垂体疾患モデルの創出を目指した研究 ①研究費配分機関名：AMED ②事業名及び事業概要：難治性疾患等実用化研究事業 ③研究課題名：福山型筋ジストロフィーに対する低分子化合物スクリーニングを用いた分子標的治療法開発 ①研究費配分機関名：日本学術振興会 ②事業名及び事業概要：基盤B ③研究課題名：人工癌幹細胞技術を用いた肺腺癌浸潤部位形成のメカニズムとその制御法の研究 ①研究費配分機関名：AMED ②事業名及び事業概要：難治性疾患等実用化研究事業 ③研究課題名：色素性乾皮症のiPS細胞を用いた病態解明と治療法の開発 ①研究費配分機関名：AMED ②事業名及び事業概要：難治性疾患等実用化研究事業 ③研究課題名： 福山型筋ジストロフィー及び類縁疾患の中枢細胞移動障害の回復を目指した基盤技術開発研究	【学術的意義】 当グループが独自に開発した時術を用いた研究により、大腸癌幹細胞の組織形成能においてはRCAN2-Calcineurin-NFAT経路が重要である可能性を示した。既存薬であるバルプロ酸はこの経路を抑制することで、大腸癌幹細胞標的療法として有用であることが示唆された。また、肺癌幹細胞による組織形成においては、肺癌幹細胞が分泌するIL6が周囲の間葉系幹細胞を筋線維芽細胞へ転換させることが重要であることを示し、既存薬である抗IL6受容体抗体は肺癌幹細胞標的療法として有用であることが示唆された。この成果を報告した論文はScientific Reports誌に2017年に掲載された論文の中でTOP100の閲覧数となった。また、免疫細胞からの新たなヒトiPS細胞作製方法の確立や、ヒトiPS細胞から色素前駆細胞をはじめとする様々な細胞への分化誘導法を確立した。癌幹細胞やiPS細胞にかかる研究成果に基づき、9件の特許出願を行った。また、他分野への波及効果も大きく、幹細胞関連の様々な競争的資金獲得につながった。 【社会、経済、文化的意義】 幹細胞生物学は、再生医療や癌治療の文脈の中で社会的関心も高い。これに応えるべく、青井は、様々な市民向け講座で講演を行っている。加えて、小学生を含む一般市民を対象とした医学系の展示イベントである「HANSHIN健康メッセ」の実行委員と務め、同イベントで生きた状態のiPS細胞を直接顕微鏡で観察してもらう等の展示を行ったほか、子供向け実験教室も開催した。また、兵庫県立長田高校への出前授業の実施や、同校および兵庫県立小野高等学校の生徒の訪問を受け入れ、研究室見学やレクチャー、グループディスカッションを開催することで、次世代の医療関係者の育成にも務めている。さらに、青井が公的機関による様々な事業の運営評価委員やプログラムオフィサーを務めるなどの形の社会貢献活動を行っている。	(1)	Hiroyuki Ogawa, Michiyo Koyanagi-Aoi, Kyoko Otani, Yoh Zen, Yoshimasa Maniwa, Takashi Aoi	Interleukin-6 blockade attenuates lung cancer tissue construction integrated by cancer stem cells	Scientific Reports	7	12317	2017	10.1038/s41598-017-12017-y
					(2)	Ryo Ishida, Michiyo Koyanagi-Aoi, Nobu Oshima, Yoshihiro Kakeji, Takashi Aoi	The Tissue-Reconstructing Ability of Colon CSCs Is Enhanced by FK506 and Suppressed by GSK3 Inhibition.	Molecular Cancer Research	15	1455	2017	10.1158/1541-7786.MCR-17-0071
					(3)	Hosaka C, Kunisada M, Koyanagi-Aoi M, Masaki T, Takemori C, Taniguchi-Ikeda M, Aoi T, Nishigori C.	Induced pluripotent stem cell-derived melanocyte precursor cells undergoing differentiation into melanocytes.	Pigment Cell Melanoma Res.	32(5)	623	2019	10.1111/pcmr.12779

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
21	先端医療学	腫瘍診断および治療学関連	新規経口がんワクチンの開発研究 本研究はビフィズス菌をプラットフォームとした経口がんワクチンの創薬開発という革新的な研究である。現在、AMED支援（下記参照）を得て、臨床開発を進めている。近年、免疫チェックポイント阻害剤を用いたがん免疫療法が急速に普及しているが、その奏効率は2～3割にとどまる。本経口がんワクチンはその奏効率を劇的に改善することが期待され、実用化されればがん治療のパラダイムシフトを引き起こす画期的な研究である。 AMED：橋渡し研究戦略的推進プログラム、シーズB 2017年（終了）、2019～2021年（採択済み）：代表研究者　白川利朗（本研究科）	2019年に本研究成果が掲載されたMolecular Cancer Therapeutics誌はAACR(American Association for Cancer Research)が発行するインパクトファクター、５を超える癌領域の一流紙である。また、本成果は2019年5月にドイツで開催されたヨーロッパ癌免疫療法(CIMT)学会のShort Talk等の国内外の学会で発表され、2017年の第21回腸内細菌学会の最優秀発表賞を受賞している。本研究で開発する新規経口がんワクチンは、癌免疫療法の奏効率を劇的に向上させることが期待される新薬で、自宅で自己服用できる経口剤という利便性も持ち合わせている。現在、AMEDの支援を受けて、創薬ベンチャーである株式会社GLOVACC社とも共同で臨床開発を進めており、武田薬品工業株式会社などからの研究費の支援も受けており、その実用化の可能性は非常に高い。本薬剤が実用化されれば癌治療のパラダイムシフトを引き起こすような画期的な効果期待され、社会的なインパクトも甚大である。	(1)	Kitagawa K, Gonoi R, Tatsumi M, Kadowaki M, Katayama T, Hashii Y, Fujisawa M, Shirakawa T	Preclinical Development of a WT1 Oral Cancer Vaccine Using a Bacterial Vector to Treat Castration-Resistant Prostate Cancer	Mol Cancer Ther	18(5)	980-990	2019	10.1158/1535-7163.MCT-18-1105
					(2)	Shirakawa T, Kitagawa K.	Antitumor effect of oral cancer vaccine with Bifidobacterium delivering WT1 protein to gut immune system is superior to WT1 peptide vaccine	Hum Vaccin Immunother	14(1)	159-162	2018	10.1080/21645515.2017.1382787
					(3)	Kitagawa K, Oda T, Saito H, Araki A, Gonoi R, Shigemura K, Hashii Y, Katayama T, Fujisawa M, Shirakawa T.	Development of oral cancer vaccine using recombinant Bifidobacterium displaying Wilms' tumor 1 protein	Cancer Immunol Immunother	66(6)	787-798	2017	10.1007/s00262-017-1984-0

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
22	アントレプレナーシップ	経営学関連	「企業退職者の非公式ネットワークと出身企業とのシナジーに関する研究」 本研究の目的は、組織の枠を越えて人材育成する「越境学習」が日本企業に受容される素地、受容する企業の業種・特性、人材育成とオープンイノベーションの関係を明らかにすることである。 ① 科学研究費基金 ② 平成28年度挑戦的萌芽研究（課題番号：16K13384） ③ 課題名：企業退職者の非公式ネットワークと出身企業とのシナジーに関する研究	本研究の意義は下記のとおりである。 【学術的意義】 本研究は科学研究費を活用した挑戦的萌芽研究であり、独創性が極めて高いと位置づけられる。越境学習という概念を経営学に組み合わせて、企業組織内の伝統や文化に影響を受けがちな、人材育成や情報収集の方法を変える理論的な根拠を見出す意義がある。 【社会、経済、文化的意義】 企業がイノベーションを目指す際、伝統的な自前主義ではアイデアを生み出す限界が見えている。それを越えるオープンイノベーションが注目されており、その理論的フレームワークを本研究は目指している。経営実務にとって意義が大きい研究と思われる。	(1)	尾崎弘之	新たなる覇者の条件-なぜ日本企業にオープンにノベーションが必要なのか	日経BP		256頁	2018年	
					(2)	尾崎弘之	イノベーションの力で環境ビジネスを作る	あいち環境塾オープン講座「環境の力を考えよう」			2018年	
					(3)	尾崎弘之	沖縄発のオープンイノベーションに何が必要か一変わりつつある大企業の新規事業開発	沖縄科学技術イノベーションシステム構築事業シンポジウム			2019年	

業績番号	分野名	小区分名	研究テーマ及び要旨	「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」など	代表的な研究成果・成果物							
						著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI（付与されている場合）
23	アントレプレナーシップ	金融およびファイナンス関連	本研究は、日本および中国の新規株式公開（IPO）市場を対象に考察した研究である。（1）はIPOがサプライチェーンの供給企業や販売先企業にどのような影響を与えるかを分析した。（2）は中国におけるIPO企業が持つ政治的なコネクションがIPOの実施に対して与える効果を分析した。（3）は日本のIPO市場におけるオーバーアロットメントオプションの導入がIPO市場の価格形成に対して与える効果を分析した。	【学術的意義】(1)(2)(3)が掲載された学術誌は、WOS掲載ジャーナルであり、とりわけJournal of Banking and FinanceとJournal of Corporat Financeはファイナンス研究において高い評価を受けているトップジャーナルの1つである。	(1)	Kenji Kutsuna, Janet Kiholm Smith, Richard L. Smith, Kazuo Yamada	The Supply-Chain Spillover Effects of IPOs.	Journal of Banking and Finance	64	pp. 150-168.	2016	10.1016/j.jbankfin.2015.12.003
					(2)	Xiaolu Bao, Sofia Johan, Kenji Kutsuna	Do Political Connections Matter in Accessing Capital Markets? Evidence from China.	Emerging Markets Review	29	pp. 24-41.	2016	10.1016/j.ememar.2016.08.009
					(3)	Yawen Jiao, Kenji Kutsuna, Richard L. Smith	Why Do IPO Issuers Grant Overallotment Options to Underwriters?	Journal of Corporate Finance	44	pp. 34-47.	2017	10.1016/j.jcorpfin.2017.02.011

科学技術イノベーション研究科の
概要説明

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科
Graduate School of Science, Technology and Innovation, Kobe University

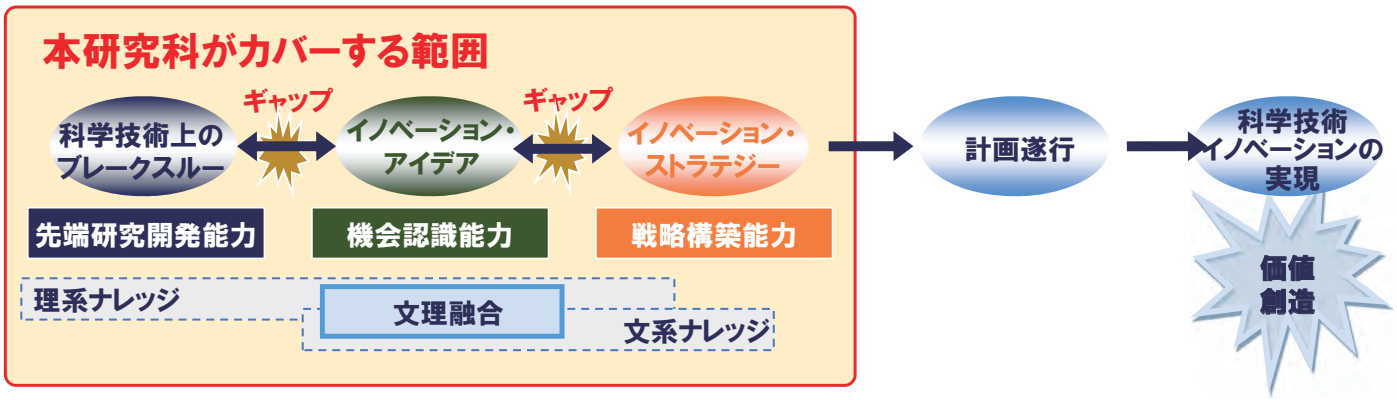
研究科の紹介

本研究科の理念

本研究科の理念

本研究科では、**先端科学技術分野における研究開発能力**のみならず、そこから生み出される学術的研究成果（科学技術上のブレークスルー）を経済的・社会的な価値創造につながる新しい製品やサービスのコンセプト（イノベーション・アイデア）へとデザインする能力（**機会認識能力**）、さらには、そのコンセプトを実現するための事業や財務などの具体的な戦略（イノベーション・ストラテジー）を構築する能力（**戦略構築能力**）までの教育を一貫して推進することで、グローバルに活躍できる**アントレプレナーシップを兼ね備えた理系人材の養成・輩出**を目指します。

科学技術アントレプレナーの活動段階

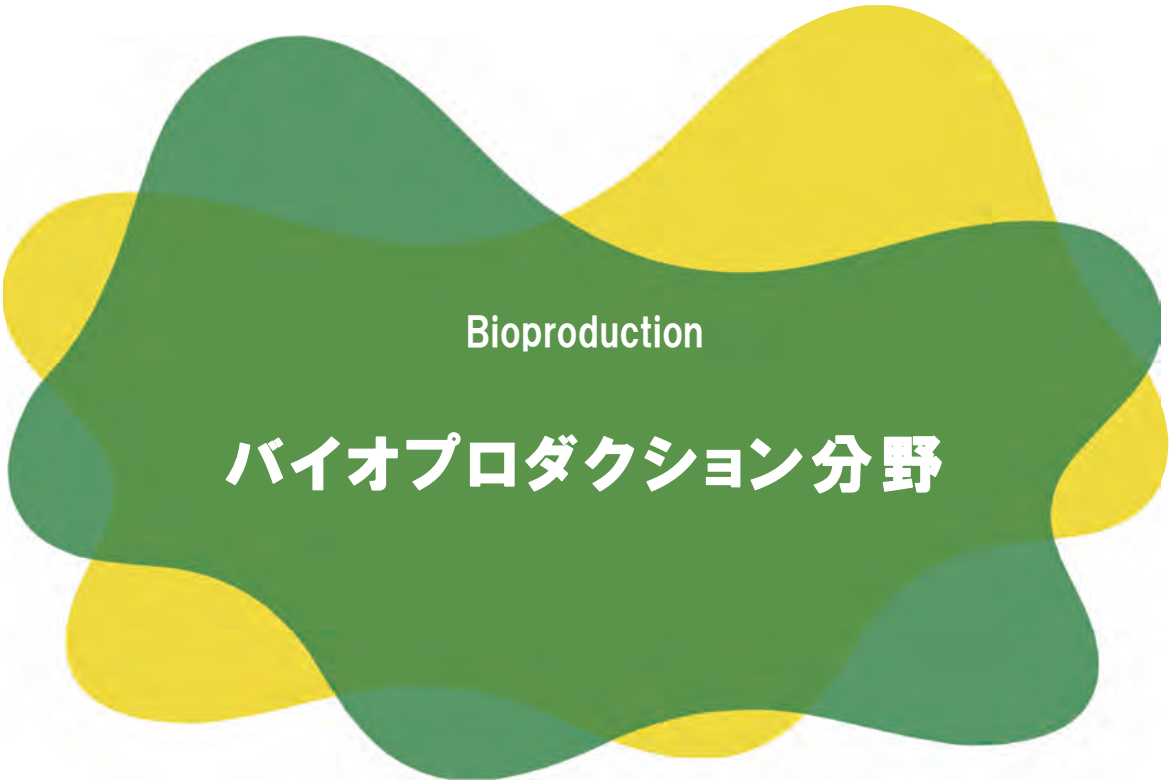


本研究科の理念

本研究科では、**4つの自然科学系分野（バイオプロダクション、先端膜工学、先端IT、先端医療学）と社会科学系分野（アントレプレナーシップ）を教育研究の柱**とし、これらが互いに融合することにより新たな科学技術や学問領域を生み出すとともに、人材育成・研究開発・事業化が効率よく循環するイノベーション・エコシステムを構築することで、本研究科が**科学技術イノベーション創出を牽引する拠点**となることを目指します。

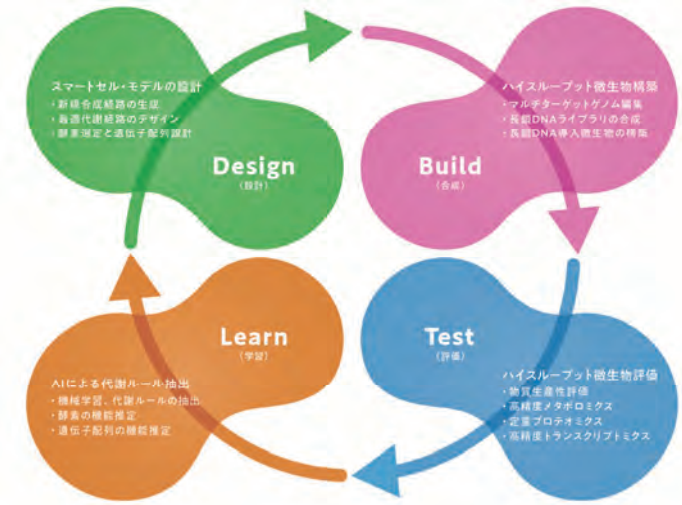
「文理融合」、「分野融合」で、柔軟な思考と企業家精神を養う

各分野の紹介



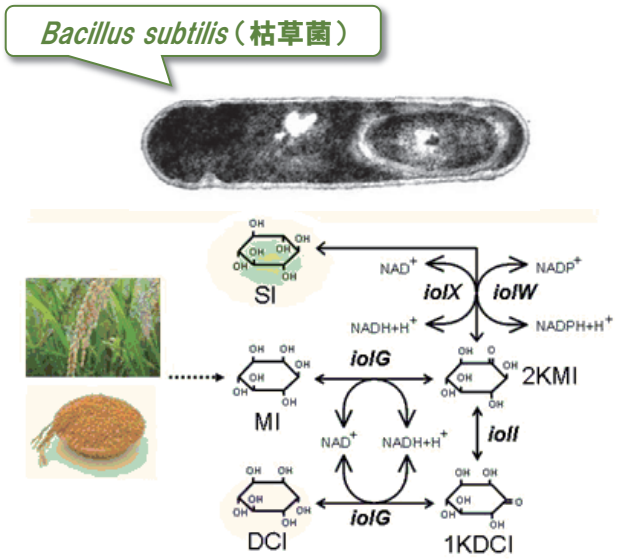
バイオ生産工学研究室

スマートセルインダストリーを実現し、究極のエコ社会を創造する



微生物機能化学研究室

微生物ゲノムの調和を解明し、有用希少物質の生産を実現する

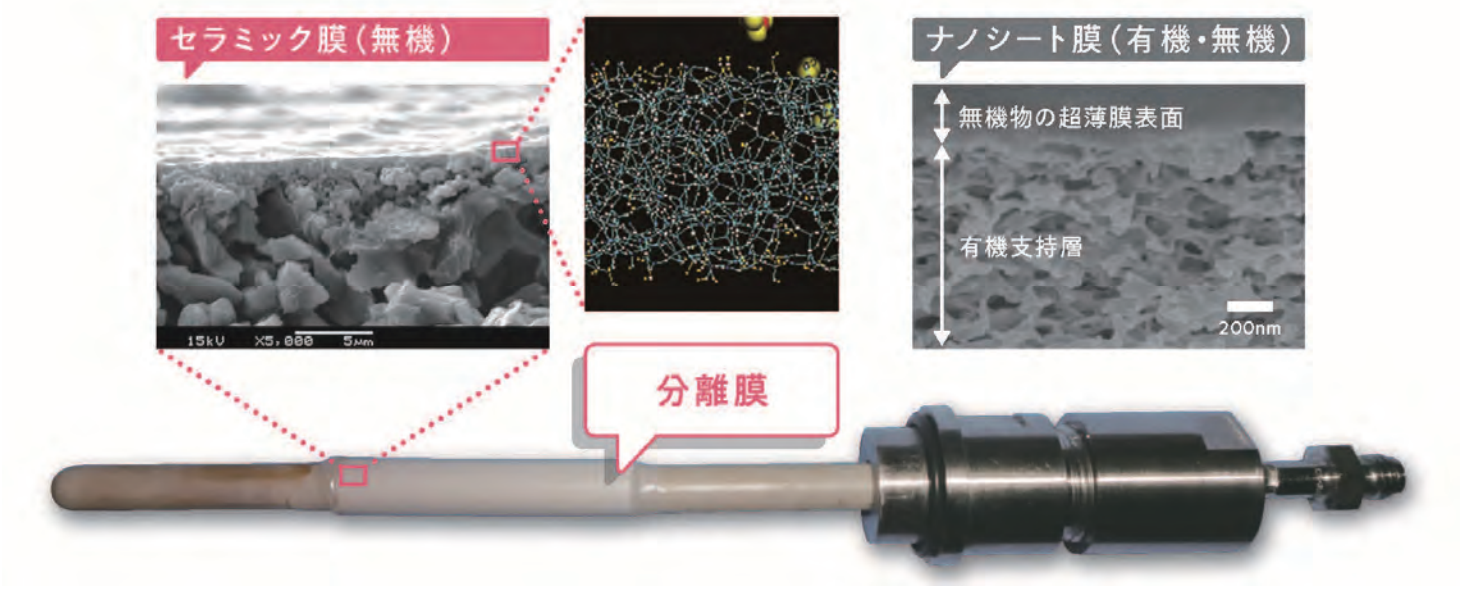


Advanced
Membrane Science and Technology

先端膜工学分野

膜分離プロセス研究室

環境・エネルギー問題解決に貢献する「膜分離法」の応用・実用化を目指す



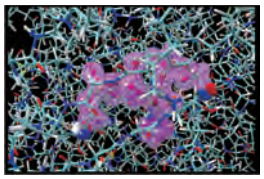
Advanced
Information and Communication Technology

先端IT分野

先端IT分野

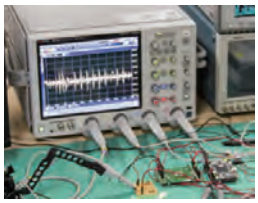
計算分子工学研究室

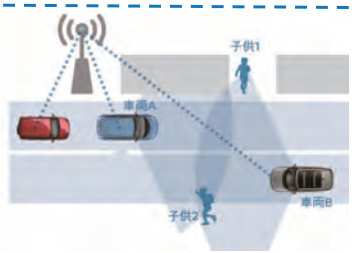
量子化学計算で複雑な
化学現象の解明を目指す



情報システム研究室

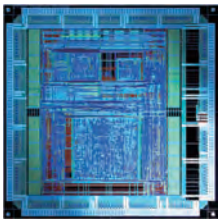
材料的アプローチとアーキテクチャの
両面から、ノイズ問題に取り組む





IoT時代における、
快適につながる情報通信技術の
開発を目指す

情報通信研究室



低消費電力で、高速・複雑な
計算処理を可能とするLSI設計に
取り組む

アーキテクチャ研究室

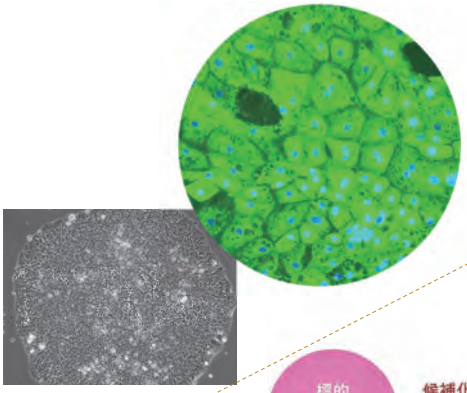
Advanced Medical Science

先端医療学分野

先端医療学分野

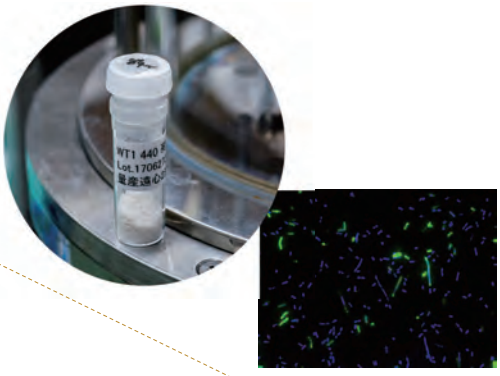
iPS細胞応用医学研究室

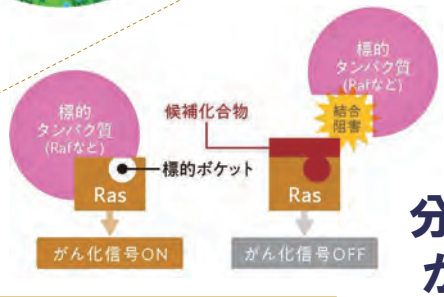
ヒトiPS細胞研究技術や
人工がん幹細胞作製技術を駆使し、
がん治療への貢献を目指す



バイオロジクス探索研究室

生物製剤を利用した
次世代医薬品の開発研究





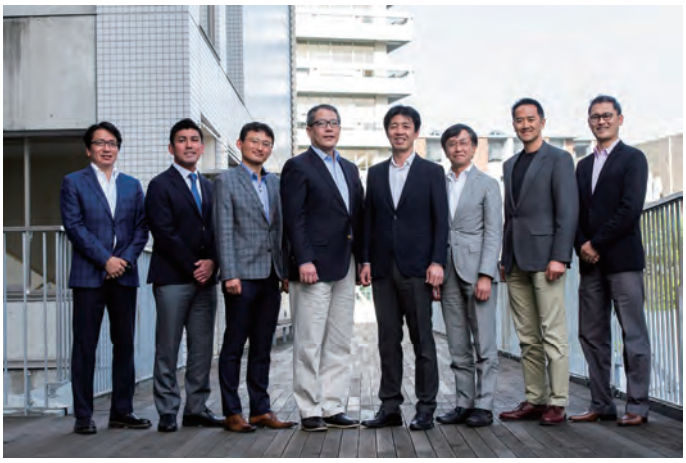
創薬科学研究室

分子の“ポケット”に結合して
がんを防ぐ革新的ながんの
分子標的薬を開発

Entrepreneurship

アントレプレナーシップ分野

文理融合型大学院であることのメリットを活かし、先端科学技術分野のシーズを基にして、グローバルな視点で競争力のある事業創造を行える理系人材（理系出身の戦略的企業家）の養成を目指す



経営学、法学、ビジネス界等で実績のある経験豊富な教員が結集して指導にあたる。

博士課程前期課程の取り組み

アドミッションポリシー

博士課程前期課程における人材養成の目標

先端科学の研究開発能力とともに、学術的研究成果の事業化プロセスをデザインできるアントレプレナーシップを兼ね備えた理系人材を養成すること

当研究科（博士課程前期課程）が求める学生像

- 工学、情報学、農学、理学、医療、薬学のいずれかの分野における基礎的研究能力を有し、研究に強い意欲を持つ学生
- 自ら選んだ研究分野における基礎研究や応用研究に止まらず、生産技術開発から事業化までを目指すことに強い興味と意欲を持つ学生

当研究科（博士課程前期課程）が養成する具体的な人材像

研究開発能力と事業化プロセス・デザイン能力を兼備した人材

- 科学技術イノベーションの実現を目指す既存企業やベンチャー企業（スタートアップ）で活躍できる人材
- 科学技術イノベーションの実現に関わる多種多様な企業・組織（金融機関、商社、コンサルティング会社、マスコミ、行政機関等）で活躍できる人材
- 科学技術イノベーションを実現するアントレプレナー（独立企業家、社内企業家）や、科学技術イノベーションに関する研究教育を実践する研究者・教育者を目指す人材

就職先・進学先（一期生）

分　　野	修了者数	進学	就職	就職先業界等
バイオプロダクション分野	16	2	14	化学（4）、製薬（4）、食品（3）、機械（1）、繊維（1）、検査（1）
先端膜工学分野	7	0	7	化学（3）、電機（1）、機械（1）、鉄鋼（1）、自動車（1）
先端IT分野	11	0	11	電機（5）、情報通信（3）、機械（1）、自動車（1）、コンサルティング（1）
先端医療学分野	5	0	5	医療（3）、食品（1）、薬品（1）
合計	39	2	37	

進学先：本研究科博士課程後期課程（１）、本学他研究科（１）

就職先・進学先（二期生）

分　　野	修了者数	進学	就職	就職先業界等
バイオプロダクション分野	15	5	10	化学（3）、コンサルティング（2）、情報通信（1）、機械（1）、自動車（1）、印刷（1）、海外の大学（1）
先端膜工学分野	8	0	8	化学（4）、プラント（1）、繊維（2）、住宅関連（1）
先端IT分野	12	0	12	電機（6）、情報通信（3）、機械（2）、商社（1）
先端医療学分野	4	0	4	医療（2）、電機（1）、情報通信（1）
合計	39	5	34	

進学先：本研究科博士課程後期課程（４）、他大学大学院（１）

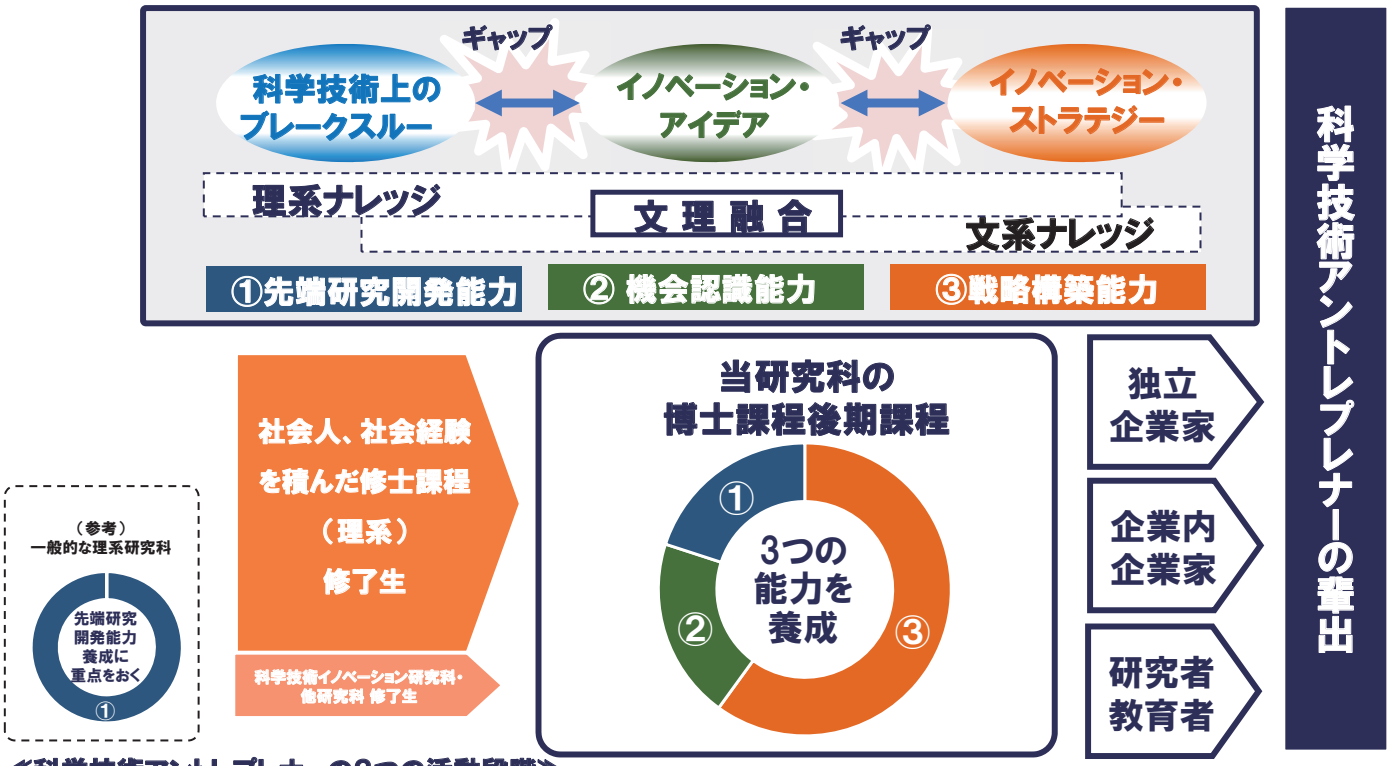
内定先（三期生）

分　　野	在籍人数	進学	就職	内定先業界等
バイオプロダクション分野	17	2	12	鉄鋼（2）、化学（2）、食品（2）、石油（1）、化粧品（1）、重工（1）、電機（1）、商社（1）、マスコミ（1）
先端膜工学分野	7	0	7	化学（4）、繊維（1）、電機（1）、電子部品（1）
先端IT分野	12	3	8	電機（3）、情報通信（2）、重工（1）、電力会社（1）、自動車部品（1）
先端医療学分野	5	0	4	製薬（1）、CRO（1）、電機（1）、化学（1）
合計	41	5	31	

進学志望者：本研究科博士課程後期課程（５）、公務員志望者（２）

博士課程後期課程の取り組み

当研究科の博士課程後期課程



≪科学技術アントレプレナーの3つの活動段階≫

①	高度な先端科学技術と研究開発能力を発揮して、科学技術上のブレークスルーを起こす。
②	科学技術上のブレークスルーをもとにして、価値創造につながるイノベーションの機会（イノベーション・アイデア）を認識する。あるいは、イノベーション・アイデアにつながるブレークスルーのテーマをデザインする。
③	イノベーション・アイデアを具体化するために必要な研究開発と戦略（イノベーション・ストラテジー）を構築する。

博士課程後期課程で養成する人物像

博士課程後期課程で養成する科学技術アントレプレナーの人材像

- 新たにベンチャー企業を立ち上げることによって科学技術イノベーションを実現する「独立企業家」となる人材
- 既存企業や研究機関等において科学技術イノベーションの創出に取り組む「企業内企業家」となる人材

（独立企業家と企業内企業家を総称して広義の「企業家」という）

- 文理融合・分野融合の視点から科学技術イノベーションに関する研究教育を実践できる研究者・教育者となる人材

博士課程後期課程 第1期生のプロファイル

分野	所属会社・所属機関等
バイオプロダクション	大手食品
バイオプロダクション	大手化学
バイオプロダクション	バイオベンチャー（代表取締役）
バイオプロダクション	バイオベンチャー（事業開発マネージャー）
バイオプロダクション	大手化学
バイオプロダクション	バイオベンチャー（代表取締役）
先端膜工学	大手化学
先端膜工学	大手繊維
先端IT	大手エレクトロニクス
先端IT	大手エレクトロニクス
先端IT	大手高機能材料
先端IT	ハイテクベンチャー（代表取締役）
バイオプロダクション	本研究科からの進学者
ｱﾝﾄﾚﾌﾟﾚﾅｰｼｯﾌﾟ	国費留学生

赤字は企業派遣

博士課程後期課程 第2期生のプロファイル

分野	所属会社・所属機関等
バイオプロダクション	大手食品
バイオプロダクション	大手製薬
バイオプロダクション	大手化学
バイオプロダクション	大手製薬
バイオプロダクション	バイオ関係団
先端膜工学	大手繊維
先端IT	大手電機
バイオプロダクション	内部進学者
バイオプロダクション	内部進学者
バイオプロダクション	内部進学者
バイオプロダクション	内部進学者

赤字は企業派遣

先端バイオ工学研究センターとの連携

先端バイオ工学研究センターとの連携

研究科を超えた全学体制

工学研究科

理学研究科

科学技術イノベーション研究科

農学研究科

- 産産学によるオープンイノベーションの場の形成
- 先端バイオ工学に関する人材育成の推進

バイオエコノミーを牽引する多様な有用物質のバイオプロダクションに関する先端研究開発の推進とプラットフォーム化

EGBRC Engineering Biology Research Center Kobe University
神戸大学先端バイオ工学研究センター

連携

OEB Organization for Engineering Biology

BCRET

世界的に競争が激しいバイオプロダクションに係る研究領域の急速な拡大

バイオマス　バイオ燃料　化学品　機能性食品　食料　バイオ医薬品

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科
Graduate School of Science, Technology and Innovation, Kobe University

項目別評価：教育

設置背景

社会的要求

- 「科学技術・学術審議会」や「経団連」等の提言
  - 最先端の研究成果を実用化に結び付ける**イノベーション・エコシステム構築**
  - **企業家精神（アントレプレナーシップ）**を有する**理系人材育成**

神戸大学・社会系リソース×理系リソースを活かし、
日本初の文理融合型大学院として設置

- 2016年4月：修士課程
- 2018年4月：博士課程前期課程、博士課程後期課程

研究科の特色

世界最先端の研究分野の集結（分野融合）

- 世界水準、事業化シーズ、地域的特色を有する自然科学系4分野（バイオプロダクション、先端膜工学、先端IT、先端医療学）

アントレプレナーシップ教育の導入（文理融合）

- 神戸大学が誇る社会系学術教員と起業家支援などのノウハウを持つ実務家教員によるアントレプレナーシップ教育

パイロットプラントの活用（産学協同）

- 企業から実務家教員を招聘、先進的パイロットプラントを活用し、研究成果の事業化において重要な生産プロセスの現場教育

研究科の組織構成

専攻・センター	講座	教育研究分野（専任教員数）
科学技術イノベーション専攻	バイオ・環境	バイオプロダクション（8）
		先端膜工学（3）
	先端IT	先端IT（4）
	先端医療学	先端医療学（4）
	アントレプレナーシップ	アントレプレナーシップ（8）
研究科内センター（教育）	科学技術イノベーション推進室	
研究科内センター（研究）	オープンイノベーション人材センター	

- 専門分野を考慮した専攻教員組織
  - 科学技術に関する研究教育を行う自然科学系重点4分野（バイオプロダクション分野、先端膜工学分野、先端IT分野、先端医療学分野）
  - アントレプレナーシップに関する教育研究を行うアントレプレナーシップ分野
- 科学技術イノベーション推進室（教育担当）
  - 実務系教員による、事業化プロデュース、M学生就職支援、D入学生リクルート、D学生事業化支援

博士課程前期課程

博士課程前期課程のアドミッションポリシー

当研究科（博士課程前期課程）が求める学生像

- 工学、情報学、農学、理学、医療、薬学のいずれかの分野における基礎的研究能力を有し、研究に強い意欲を持つ学生
- 自ら選んだ研究分野における基礎研究や応用研究に止まらず、生産技術開発から事業化までを目指すことに強い興味と意欲を持つ学生

博士課程前期課程における人材養成の目標

- 先端科学の研究開発能力とともに、学術的研究成果の事業化プロセスをデザインできるアントレプレナーシップを兼ね備えた理系人材の養成

博士課程前期課程のカリキュラム

アントレプレナーシップを兼ね備えた理系人材の養成

専門科目（先端科目）
選択12単位

【バイオ・環境先端科目】
- ●先端バイオ技術概論
- ●先端環境技術概論
- ●先端食品技術特論
- ●産業バイオ技術特論
- ●農業バイオ技術特論
- ●エネルギー技術特論
- ●バイオプロセス工学特論

【先端IT先端科目】
- ●先端IT社会学概論
- ●先端ネットワーク特論
- ●集積システム論
- ●先端計算学特論
- ●社会ソリューション特論

【先端医療学先端科目】
- ●先端医療学概論
- ●再生医療学特論
- ●分子標的薬・抗体医薬学特論
- ●バイオロジクス開発学特論

先端研究開発プロジェクト研究科目
必修10単位
- ●産業技術実習
- ●プレゼンテーション演習
- ●先端研究開発プロジェクト研究

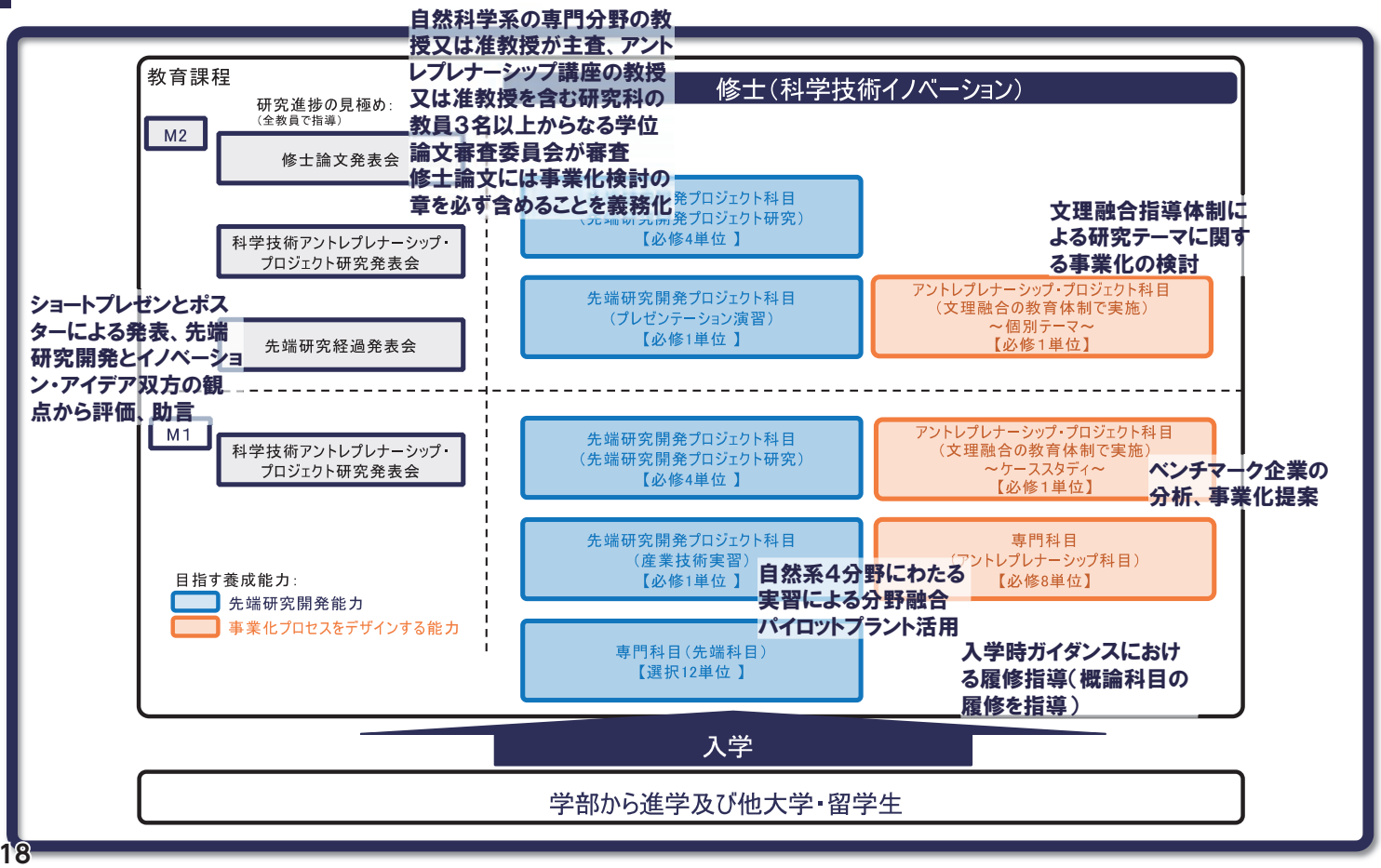
アントレプレナーシップ・プロジェクト研究科目
（文理融合の教育体制で実施）
必修2単位
- ●科学技術アントレプレナーシップ・プロジェクト研究

専門科目（アントレプレナーシップ科目）
必修8単位
- ●デザイン×システム思考と科学技術の商業化
- ●起業とベンチャー経営
- ●ベンチャー企業の事業戦略
- ●ベンチャー企業のイノベーション戦略
- ●コーポレート・ファイナンス
- ●アントレプレナー・ファイナンス
- ●科学技術アントレプレナーシップと法
- ●知的財産法実務

先端研究開発能力　**事業化プロセスをデザインする能力**

- **先端研究開発能力の育成**
  - 先端科学の4分野（バイオプロダクション、先端膜工学、先端IT、先端医療学）の専門性を高める**特論**と他分野学生への導入科目である**概論**からなる先端科目（全16科目）
  - 先端研究開発プロジェクト科目（全3科目）（**パイロットプラント**の活用）
- **事業化プロセスをデザインする能力の育成**
  - アントレプレナーシップ科目（全8科目）
- **事業化プロセスをデザインする能力と先端研究開発能力育成**
  - **文理融合指導体制**によるアントレプレナーシップ・プロジェクト科目（1科目）

博士課程前期課程における履修プロセス



博士課程後期課程

博士課程後期課程のアドミッションポリシー

当研究科（博士課程後期課程）が求める学生像

- 工学，情報学，農学，理学，医療，薬学等の専門分野における博士課程前期課程修了相当の研究能力に加えて多様なバックグランドを持った**アントレプレナーシップ**を志向する**社会人**学生
- 本学や他大学の理科系の研究科の博士課程前期課程を修了し，工学，情報学，農学，理学，医療， 薬学のいずれかの専門分野における研究能力を有し，**科学技術イノベーションの達成**につながる研究に強い意欲を持つ**学生**

博士課程後期課程における人材養成の目標

- **科学技術上のブレークスルー**から経済的・社会的な価値を生み出す**イノベーション・ストラテジーを構築**し、自らそれを**実践できる人材**の養成

博士課程後期課程で養成する人材像

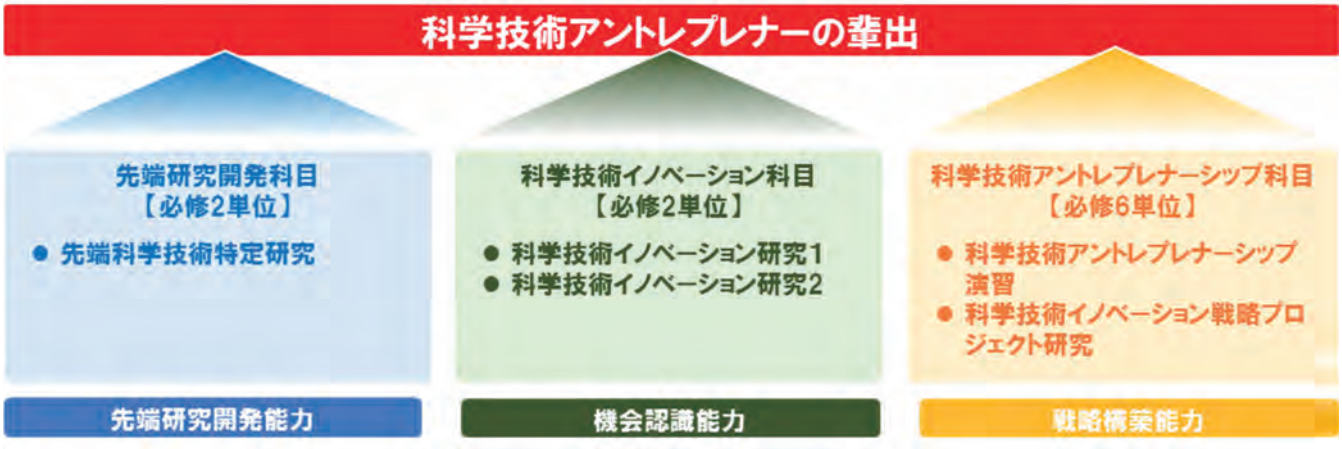
博士課程後期課程で養成する科学技術アントレプレナーの人材像

- 新たにベンチャー企業を立ち上げることによって科学技術イノベーションを実現する「独立企業家」となる人材
- 既存企業や研究機関等において科学技術イノベーションの創出に取り組む「企業内企業家」となる人材

（独立企業家と企業内企業家を総称して広義の「企業家」という）

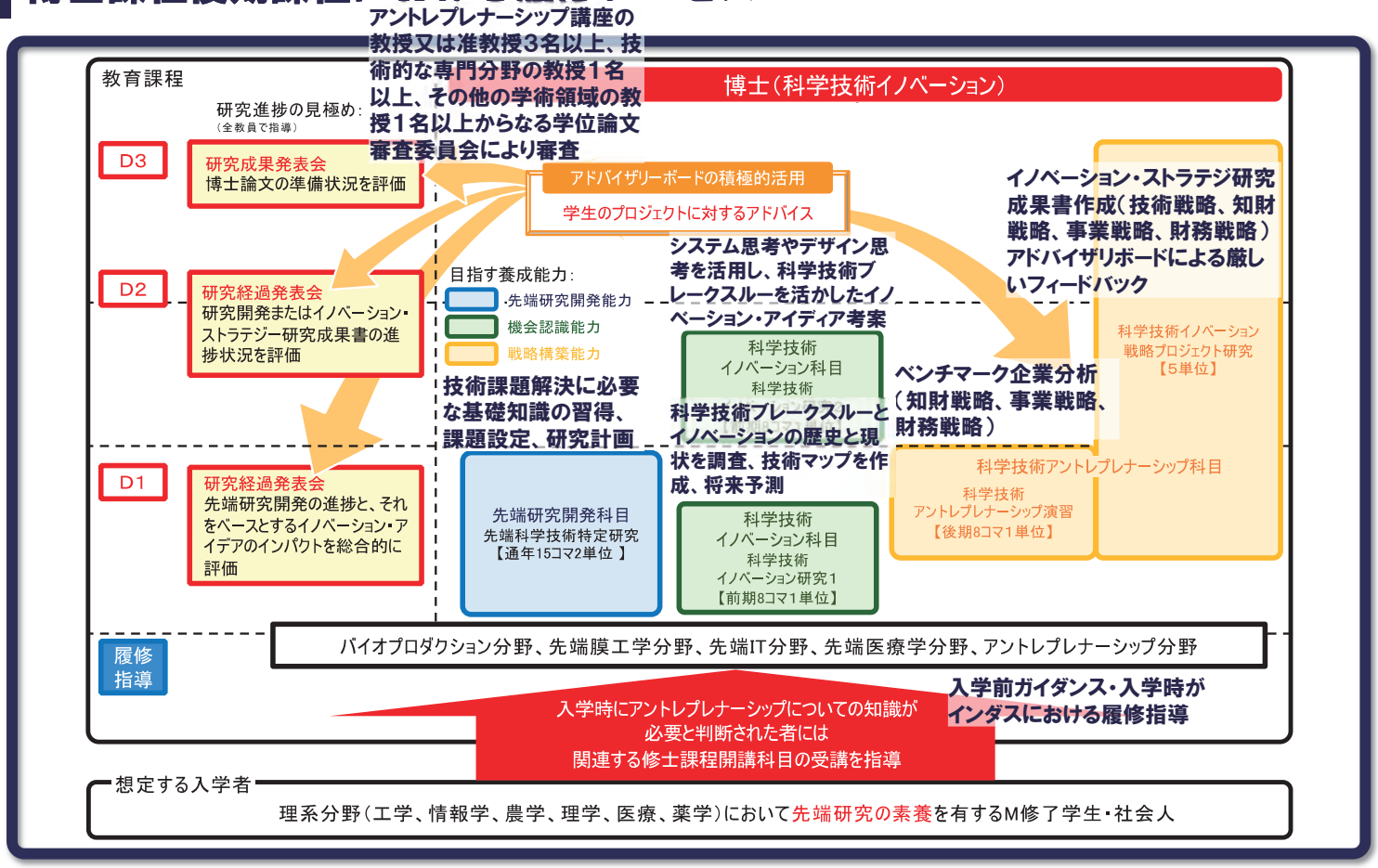
- 文理融合・分野融合の視点から科学技術イノベーションに関する研究教育を実践できる研究者・教育者となる人材

博士課程後期課程のカリキュラム



- 先端研究開発科目
  - 科学技術上のブレークスルーに不可欠な専門能力の養成
- 科学技術イノベーション科目
  - イノベーション・アイデアのデザイン能力の養成
- 科学技術アントレプレナーシップ科目
  - イノベーション・アイデアを具現化する研究開発力と戦略的企業家活動の実践能力の総合的な養成

博士課程後期課程における履修プロセス



入学試験実施状況

博士課程前期課程の入試実施状況

- 積極的な広報：入試説明会（学内）の実施、入学案内の送付
- 高専からのインターンシップ受け入れ

⇨ **定員充足**、本学：学外 = 3:1（2019入学）

入学年度	入学定員	性別	志願者数		受験者数		合格者数		入学者数	
2019（平成31）	40	男	51	(3)	51	(3)	37	(1)	34	(1)
		女	12	(1)	12	(1)	12	(1)	10	(1)
		計	63	(4)	63	(4)	49	(2)	44	(2)
2018（平成30）	40	男	49	(1)	49	(1)	38	(1)	34	(0)
		女	7	(1)	7	(1)	7	(1)	7	(1)
		計	56	(2)	56	(2)	45	(2)	41	(1)
2017（平成29）	40	男	48	(0)	48	(0)	38	(0)	35	(0)
		女	7	(1)	7	(1)	6	(1)	6	(1)
		計	55	(1)	55	(1)	44	(1)	41	(1)
2016（平成28）	40	男	41	(1)	38	(1)	31	(1)	31	(1)
		女	12	(1)	11	(1)	11	(1)	11	(1)
		計	53	(2)	49	(2)	42	(2)	42	(2)

()内は外国人留学生内数

博士課程後期課程の入試実施状況

- 大阪・東京での入試説明会、訪問リクルート活動
- 社会人に配慮した開講日設定（最低月1回程度の登校）

⇨ **定員充足**、入学（社会人）：進学 = 7:4（2019入学）

入学年度	種別	入学定員	性別	志願者数		受験者数		合格者数		入学者数		うち社会人		総入学者数
2019（平成31）	入学	10	男	5	(0)	5	(0)	5	(0)	5	(0)	5	(0)	11
			女	2	(0)	2	(0)	2	(0)	2	(0)	2	(0)	
			計	7	(0)	7	(0)	7	(0)	7	(0)	7	(0)	
	進学		男	4	(0)	4	(0)	4	(0)	4	(0)	0	(0)	
			女	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	
			計	4	(0)	4	(0)	4	(0)	4	(0)	0	(0)	
2018（平成30）	入学	10	男	10	(0)	10	(0)	10	(0)	10	(0)	10	(0)	14
			女	3	(1)	3	(1)	3	(1)	3	(1)	3	(1)	
			計	13	(1)	13	(1)	13	(1)	13	(1)	13	(1)	
	進学		男	1	(0)	1	(0)	1	(0)	1	(0)	0	(0)	
			女	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	
			計	1	(0)	1	(0)	1	(0)	1	(0)	0	(0)	

() 内は外国人留学生内数

進路状況（博士課程前期課程のみ）

博士課程前期課程の養成する人材像

- 研究開発能力と事業化プロセス・デザイン能力を兼備した人材
  - 科学技術イノベーションの実現を目指す**既存企業やベンチャー企業（スタートアップ）**で活躍できる人材
  - 科学技術イノベーションの実現に関わる**多種多様な企業・組織**（金融機関、**商社**、**コンサルティング会社**、マスコミ、行政機関等）で活躍できる人材
  - 科学技術イノベーションを実現するアントレプレナー（独立企業家、企業内企業家）や、科学技術イノベーションに関する研究教育を実践する**研究者・教育者**を目指す人材

博士課程前期課程における進路

● 養成する人材像に則した卒業生の輩出

平成31年3月 修士課程修了者

分野	修了者数	進学	就職	就職先業界等
バイオ プロダクション	15	5	10	化学（3）、コンサルティング（2）、 情報通信（1）、機械（1）、自動車（1）、 印刷（1）、海外の大学（1）
先端膜工学	8	0	8	化学（4）、プラント（1） 繊維（2）、住宅関連（1）
先端IT	12	0	12	電機（6）、情報通信（3）、 機械（2）、商社（1）
先端医療学	4	0	4	医療（2）、電機（1）、情報通信（1）
合計	39	5	34	

・進学者進学先：科学技術イノベーション研究科（４）、他大学大学院（１）

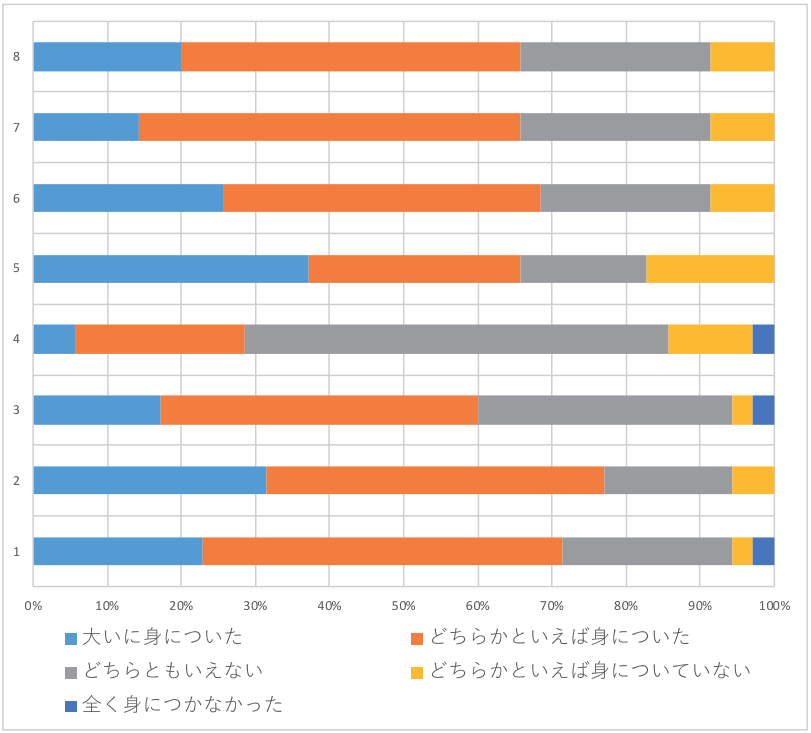
アンケート調査結果

博士課程前期課程における修了時アンケート（1/2）

● アントレプレナーに必要な能力の修得に対し肯定的回答（66%≦）

問1　あなたは，次の能力等（1～8）がどの程度身についたと思いますか。回答欄の選択肢番号から１つを選択してください。

8	コミュニケーション・プレゼンテーション能力（外国語を含む）
7	事業立案能力（科学技術アントレプレナーシップ・プロジェクト研究）
6	分野横断型理科系知識（産業技術実習・他分野理系専門科目）
5	理科系専門分野研究能力（先端研究開発プロジェクト研究）
4	法律関連知識（知的財産法実務など）
3	ファイナンス関連知識（コーポレートファイナンスなど）
2	ベンチャー関連知識（ベンチャー企業の事業戦略など）
1	事業創造に取り組むアントレプレナーシップ（企業家精神）

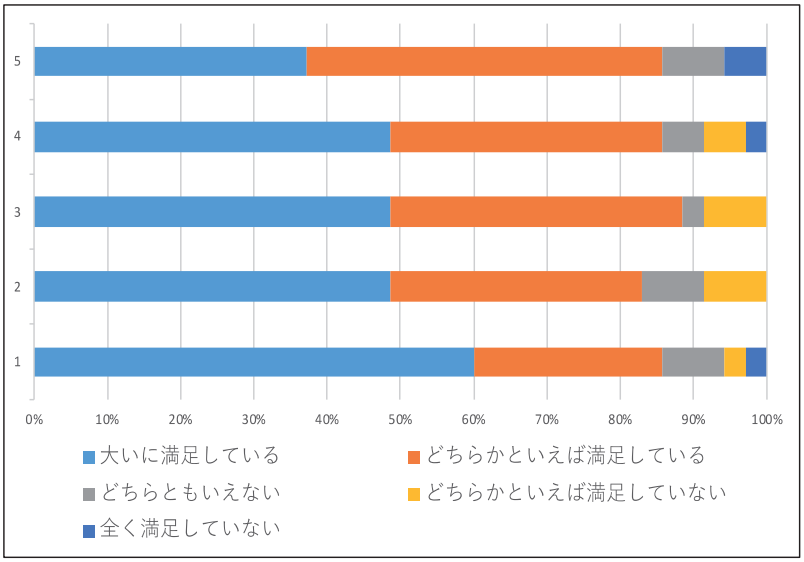


博士課程前期課程における修了時アンケート（2/2）

● 研究科で受けた教育について高い満足度（85%≦）

問2　科学技術イノベーション研究科の教育（1～5）に関する満足度について，回答欄の選択肢番号から１つを選択してください。

5	科学技術イノベーション研究科で受けた教育全般について
4	研究室の研究設備や環境
3	修士論文研究のテーマ
2	研究活動と事業化検討を行って修士論文等を作成したこと
1	理科系の指導教員とアントレプレナーシップ系教員から直接指導を受けたこと

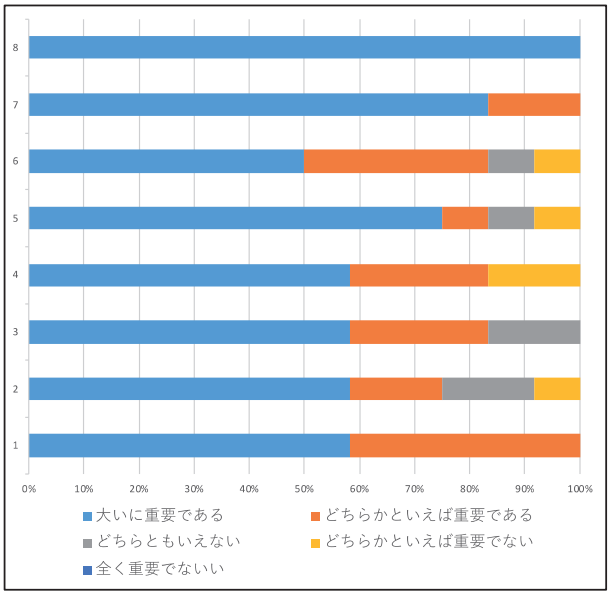


博士課程前期課程における修了後アンケート（1/2）

- 修士修了生12名（企業就職者11名、進学者1名）に対して実施
- アントレプレナーに必要な能力について重要との回答（90%≦）

問1　あなたは，科学技術イノベーション研究科で身につけた次の能力等（1～8）について，社会経験に基づいてどの程度重要であると思いますか。

8	コミュニケーション・プレゼンテーション能力（外国語を含む）
7	事業立案能力（科学技術アントレプレナーシップ・プロジェクト研究）
6	分野横断型理科系知識（産業技術実習・他分野理系専門科目）
5	理科系専門分野研究能力（先端研究開発プロジェクト研究）
4	法律関連知識（知的財産法実務など）
3	ファイナンス関連知識（コーポレートファイナンスなど）
2	ベンチャー関連知識（ベンチャー企業の事業戦略など）
1	事業創造に取り組むアントレプレナーシップ（企業家精神）

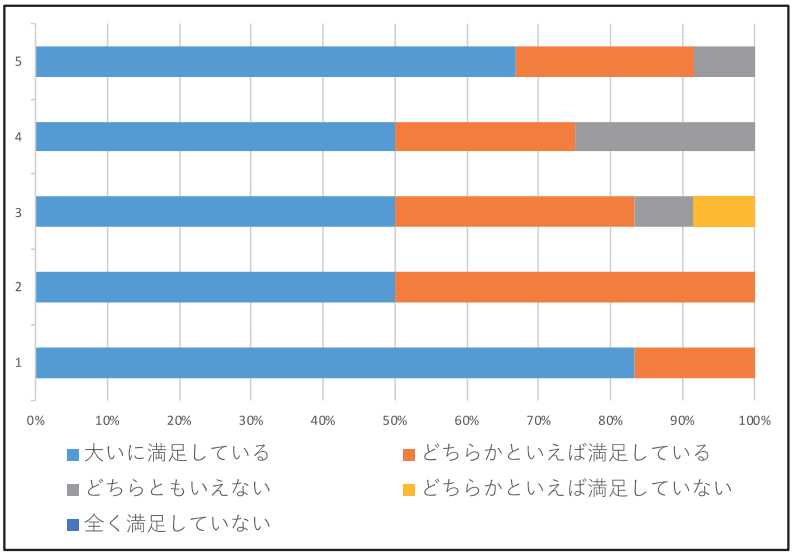


博士課程前期課程における修了後アンケート（2/2）

- 研究科で受けた教育について高い満足度（90%≦）

問2　これまでの社会経験等に照らして，科学技術イノベーション研究科の教育（1～5）に関する満足度について，回答してください。

5	科学技術イノベーション研究科で受けた教育全般について
4	研究室の研究設備や環境
3	修士論文研究のテーマ
2	研究活動と事業化検討を行って修士論文等を作成したこと
1	理科系の指導教員とアントレプレナーシップ系教員から直接指導を受けたこと



博士課程前期課程修了者に対する企業アンケート（1/1）

● ディプロマポリシーに記載する能力の修得、重要性を高く評価

DPに掲げる各能力	企業1		企業2	
	(1)	(2)	(1)	(2)
① 様々な場面において、状況を適切に把握し主体的に判断する力	2	1	2	1
② 専門性や価値観を異にする人々と協働して課題解決にあたるチームワーク力	2	1	2	1
③ 他の学問分野の基本的なものの考え方を学び、自らの専門分野との違いを理解する力	1	3	2	2
④ 能動的に学び、新たな発想を生み出す力	1	1	2	1
⑤ 複数の言語で異なる文化の人々と意思を通じ合うことができる力	3	2	3	1
⑥ 文化、思想、価値観の多様性を受容し、地球的課題を理解する力	3	3	2	2
⑦ 幅広い知識とそれを基盤とした専門的能力（学士課程）	1	3	2	2
深い学識と高度で卓越した専門的能力（大学院の各教育課程）	2	3	2	3

(1) 1. 身に付けている
2. どちらかといえば身に付けている
3. どちらともいえない
4. どちらかといえば身に付けていない
5. 身に付けていない

(2) 1. 非常に重視する
2. どちらかといえば重視する
3. どちらともいえない
4. どちらかといえば重視しない
5. 重視しない

企業1：大手製薬会社
企業2：大手半導体メーカ

①～⑦以外で重視する能力

企業1：上記①②④に関連するが、チームワーク力としてはリーダーシップがより重要と考える。加えてコミュニケーションおよび課題を見抜く力を重視する。企業2：上記①⑤に関連するが、主体的に判断する力（課題設定の力）である。また、複数の言語で異なる文化の人々と意思を通じ合う力は極めて重要。

卒業（修了）生の特徴や具体的な活躍の事例等

企業1：多くの現場で活躍している。企業2：神戸大学の出身者としてイメージは、どちらかといえば身に着けている(2)印象である、ものおじせずに手を挙げる。

その他特筆すべき活動

教育の質向上に向けた取り組み

Faculty Development（FD）活動

- FDに関する検討、講演会を頻繁に実施
  - アントレプレナーシップ教員による FD講演会「大学発ベンチャーによる事業創造」など
- ピアレビューの実施
  - 「科学技術アントレプレナーシップ・プロジェクト研究」など

年度	FD		ピアレビュー	
	実施回数	参加者数	実施回数	参加者数
2016（平成28）	1	27	0	0
2017（平成29）	6	152	2	106
2018（平成30）	5	189	2	58

教育の国際性を高める取り組み

研究科所属学生の海外渡航支援制度

- 本研究科に所属する学生が海外の大学と行う共同研究の打合せや共同実験の実施などに対して渡航費を助成

外国人教員のサポートによる実習の国際化

- 産業技術実習・先端IT分野実習における、グループ開発作業、授与式での講評などにおける客員教授Yang博士のサポート

学生国際競技会への参加支援

- 国際的な合成生物学学生競技会である「iGEM2017」へ参加する学生の研究と成果報告を指導、世界大会で銀メダル獲得

リカレント教育の推進

Membrane Business Academy・Global Water Schoolの開催

- 膜工学関連の新規事業創造を目指したワークショップ（MBA：Membrane Business Academy）を全8回開催、世界のビジネスを含めた水事情を理解するためのシンポジウムGWS（Global Water School）を全6回開催

成膜スクール

- 企業入社後5～6年目の社会人を対象に、膜分離・膜工学に関する知識を学ぶワークショップを開催

一般社団法人バイオロジクス研究・トレーニングセンター（BCRET）

- 日本におけるバイオ医薬品の品質管理などに関わる教育プログラムを開発、製薬系業界（約55社）から、座学プログラム（総8回開催）に約202名、実習プログラム（総6回開催）に58名が参加

地域連携による教育活動

市民公開講座の実施

- 一般市民に向け神戸大学公開講座「科学技術とイノベーション」を開催（2018年9月25日と10月2日）

JSTリサーチコンプレックス推進プログラムにける人材育成事業

- ①オープンイノベーション人材、②アントレプレナーシップ人材、③起業入門人材を対象にした教育プログラムを運営、セミナー・講義を計184回開催、延べ810名が受講（2019年6月末現在）

高大連携のための出張講義

- 兵庫県立長田高等学校への出張講義（座学・ワークショップ）、兵庫県立小野高等学校からの研究室見学受け入れ等を実施

まとめ

まとめ

- 教育目的に即したカリキュラム構成
- 安定した入学生確保
- 養成する人材像に則した卒業生の輩出
- 期待される教育効果
- 教育改善への持続的取り組み
- 教育機関としての社会貢献

以上

科学技術イノベーション推進室

科学技術イノベーション推進室の概要

理系バックグランドの実務系教員を中心にした正式な組織

- 室長：山本　□ 室員：新谷、森、内田、李、幸田、三宅
- アドバイザリーボード（アントレプレナー、ベンチャーキャピタリスト、弁護士、公認会計士・税理士、弁理士等の外部専門家：9名）

ミッション

① 科学技術上の発見、発明（ブレークスルー）を経済的・社会的価値の創造（イノベーション）につなげるべく、当研究科と産業界・金融界等を橋渡しして、具体的な事業化をプロデュースする。

② 博士課程後期課程（博士課程）学生に対して、実務家の観点から事業化支援を行う。

③ 博士課程前期課程（修士課程）学生の就職支援を行う。

④ 博士課程後期課程（博士課程）学生のリクルートを行う。

実務系教員の略歴

山本　一彦（室長）	大手メーカー、ITベンチャー等を経て、創業期専門のベンチャーキャピタルを創業し、約20年間代表取締役を務めた後、神戸大学大学院教授となる。現在、神戸大学発バイオベンチャー3社と、神戸大学発ベンチャーの投資育成を行うシード・アクセラレーター（STE社）の取締役を兼任している。
新谷　卓司	約30年以上に渡り、大手膜メーカーにおいて逆浸透（RO/NF）膜および膜プロセスの研究開発に従事した後、現職。
森　一郎	外資系大手製薬にて創薬研究に長年従事した後、現職。創薬ベンチャーや外資系CROにおける事業開発等の経験も有する。
内田　和久	大手製薬にて抗体医薬品の研究、開発、承認申請やバイオ医薬品ビジネス等に従事した後、現職。
李　仁義	大手製薬の薬事担当スペシャリストとして、国内及び海外で開発される多数のバイオ医薬品の国内及び海外当局への承認申請に従事した後、現職。
幸田　徹	大手食品メーカーにて、発酵技術開発、味嗅覚研究、新事業開発の他、経営企画、研究開発企画等に従事した後、現職。
三宅　秀昭	大手メーカー、外資系コンサル、ベンチャーキャピタル等を経て、STE社代表取締役（現任）。2019年4月から神戸大学大学院特命准教授（現職）。

アドバイザリーボード・メンバー

- 松田 一敬（合同会社SARR　代表執行社員）アントレプレナー
- 丸　　幸弘（(株)リバネス　代表取締役 グループCEO）アントレプレナー
- 村瀬 祥子（(株)バイオパレット　代表取締役）アントレプレナー
- 松本 真尚（(株)WiL 共同創業者　ジェネラル・パートナー）キャピタリスト
- 多賀谷 実（日本ベンチャーキャピタル(株)　代表取締役社長）キャピタリスト
- 石川 太郎（石川特許商標事務所　所長　弁理士）
- 高畑 豪太郎（弁護士法人御堂筋法律事務所　パートナー　弁護士）
- 越本 幸彦（弁護士法人御堂筋法律事務所　パートナー　弁護士）
- 安原　　徹（安原公認会計士事務所　所長　公認会計士）

具体的な取り組み成果

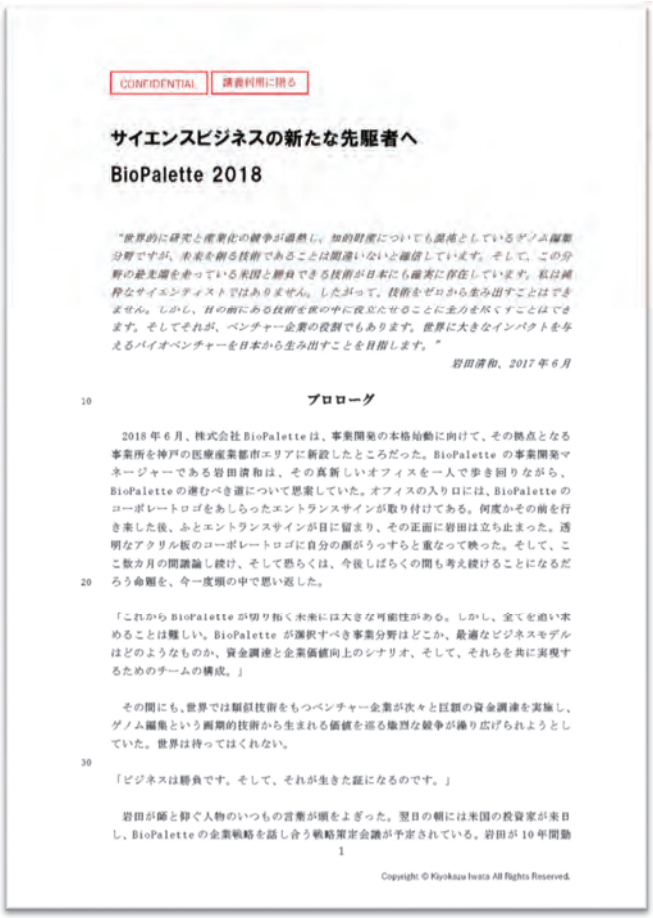
事業化関連の具体的成果

- 当研究科発の**事業化をプロデュース**する取り組みとして、イノベーション推進室が中心になり、アドバイザリーボード・メンバーや神戸大学発ベンチャーを投資育成するシードアクセラレーター(（株）科学技術アントレプレナーシップ)等と密接に連携し、これまでに**5社の当研究科発バイオベンチャーの創業・育成支援**を行った。
- 当研究科と台湾・成功大學の研究成果を活用する**微細藻類関連バイオベンチャー**（アルジー・ネクサス(株)）の**代表取締役**に**博士課程の学生が就任**した。
- 合成化学と合成生物学を融合させる新たな**バイオベンチャー**（（株）シンアート)を、**博士課程の学生**が、**自らの研究成果を事業化するべく起業**した。

事業化プロデュース　～産業界・金融界等との橋渡しの実績（１）～

株式会社バイオパレット	株式会社シンプロジェン	ViSpot株式会社
2017年2月設立	2017年2月設立	2017年9月設立
ゲノム編集ベンチャー	DNA合成ベンチャー	ウイルス安全性評価機関
代表取締役 村瀬祥子	代表取締役 菅原潤一	代表取締役 森定栄人 代表取締役 小谷知子
役職員数：15名	役職員数：13名	役職員数：15名
■2017年5月、米系超一流VCに約4億円の第三者割当増資を実施。 ■2018年6月、米国超一流VCに約1.5億円の第三者割当増資を実施。 ■2019年5月、超有力バイオベンチャー（米国）と独占的クロスライセンス契約を締結。 ■本年中にシリーズAの資金調達（20億円）を行う予定。	■2018年9月、大手バイオベンチャーに対して、資本業務提携を前提とした第三者割当増資（1億円）を実施。 ■2019年5月、シリーズAの資金調達（約10億円）を実施。 ■2020年4月稼働を目指し、神戸において、わが国初・世界最先端の長鎖DNA自動化技術を導入した本格的な商業用ラボ立ち上げる計画。	■神戸大学の技術と人材、大手消費財グループの資金と人材を活かしたジョイントベンチャー。 ■大手消費財グループが出資金及び無担保・無保証の貸付金約4億円を提供。 ■2018年夏、神戸医療イノベーションセンターに商用ラボを開設し、本格的なマーケティング・セールス活動と、サービス提供している。

事業化プロデュース　～教育へのフィードバック～



CONFIDENTIAL　講義利用に限る

サイエンスビジネスの新たな先駆者へ

BioPalette 2018

"世界的に研究と産業化の競争が過熱し、知的財産についても混沌としているゲノム編集分野ですが、未来を創る技術であることは間違いないと確信しています。そして、この分野の最先端を走っている米国と勝負できる技術が日本にも確実に存在しています。私は純粋なサイエンティストではありません。したがって、技術をゼロから生み出すことはできません。しかし、目の前にある技術を世の中に役立たせることに全力を尽くすことはできます。そしてそれが、ベンチャー企業の役割でもあります。世界に大きなインパクトを与えるバイオベンチャーを日本から生み出すことを目指します。"

岩田清和、2017年6月

プロローグ

2018年6月、株式会社BioPaletteは、事業開発の本格始動に向けて、その拠点となる事業所を神戸の医療産業都市エリアに新設したところだった。BioPaletteの事業開発マネージャーである岩田清和は、その真新しいオフィスを一人で歩き回りながら、BioPaletteの進むべき道について思索していた。オフィスの入り口には、BioPaletteのコーポレートロゴをあしらったエントランスサインが取り付けてある。何度かその前を行き来した後、ふとエントランスサインが目に留まり、その正面に岩田は立ち止まった。透明なアクリル板のコーポレートロゴに自分の顔がうっすらと重なって映った。そして、ここ数カ月の間議論し続け、そして恐らくは、今後しばらくの間も考え続けることになるだろう命題を、今一度頭の中で思い返した。

「これからBioPaletteが切り拓く未来には大きな可能性がある。しかし、全てを追い求めることは難しい。BioPaletteが選択すべき事業分野はどこか、最適なビジネスモデルはどのようなものか、資金調達と企業価値向上のシナリオ、そして、それらを共に実現するためのチームの構成。」

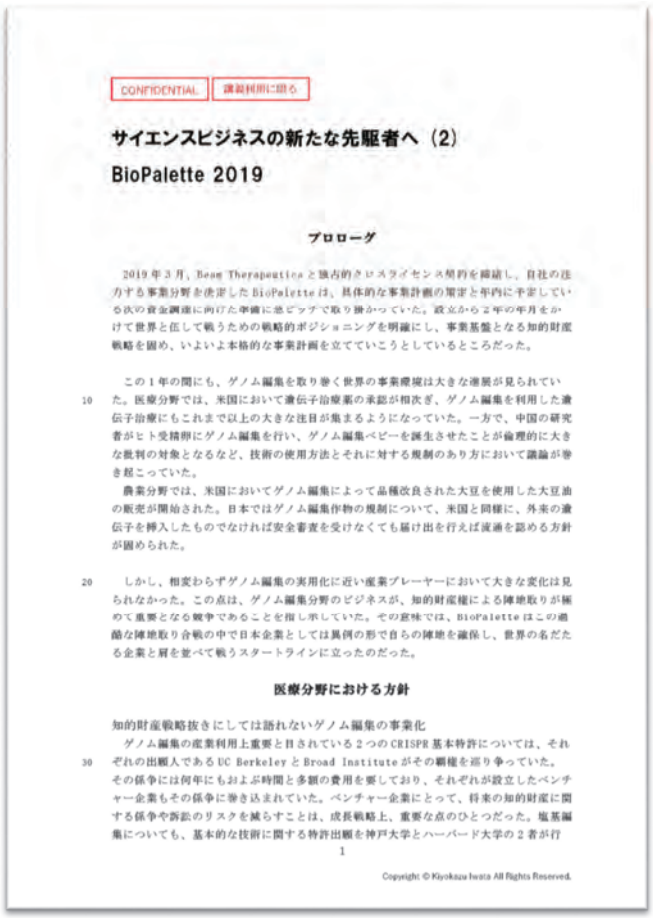
その間にも、世界では類似技術をもつベンチャー企業が次々と巨額の資金調達を実施し、ゲノム編集という画期的技術から生まれる価値を巡る熾烈な競争が繰り広げられようとしていた。世界は待ってはくれない。

「ビジネスは勝負です。そして、それが生きた証になるのです。」

岩田が師と仰ぐ人物のいつもの言葉が頭をよぎった。翌日の朝には米国の投資家が来日し、BioPaletteの企業戦略を話し合う戦略策定会議が予定されている。岩田が10年間勤

1

Copyright © Kiyokazu Iwata All Rights Reserved.



CONFIDENTIAL　講義利用に限る

サイエンスビジネスの新たな先駆者へ（2）

BioPalette 2019

プロローグ

2019年3月、Beam Therapeuticsと独占的ロイヤリティ契約を締結し、自社の注力する事業分野を決定したBioPaletteは、具体的な事業計画の策定と年内に予定している次の資金調達に向けた準備に急ピッチで取り掛かっていた。設立から2年の年月をかけて世界と伍して戦うための戦略的ポジショニングを明確にし、事業基盤となる知的財産戦略を固め、いよいよ本格的な事業計画を立てていこうとしているところだった。

この1年の間にも、ゲノム編集を取り巻く世界の事業環境は大きな進展が見られていた。医療分野では、米国において遺伝子治療薬の承認が相次ぎ、ゲノム編集を利用した遺伝子治療にもこれまで以上の大きな注目が集まるようになっていた。一方で、中国の研究者がヒト受精卵にゲノム編集を行い、ゲノム編集ベビーを誕生させたことが倫理的に大きな批判の対象となるなど、技術の使用方法とそれに対する規制のあり方において議論が巻き起こっていた。

農業分野では、米国においてゲノム編集によって品種改良された大豆を使用した大豆油の販売が開始された。日本ではゲノム編集作物の規制について、米国と同様に、外来の遺伝子を挿入したものでなければ安全審査を受けなくても届け出を行えば流通を認める方針が固められた。

しかし、相変わらずゲノム編集の実用化に近い産業プレーヤーにおいて大きな変化は見られなかった。この点は、ゲノム編集分野のビジネスが、知的財産権による陣地取りが極めて重要となる競争であることを指し示していた。その意味では、BioPaletteはこの過酷な陣地取り合戦の中で日本企業としては異例の形で自らの陣地を確保し、世界の名だたる企業と肩を並べて戦うスタートラインに立ったのだった。

医療分野における方針

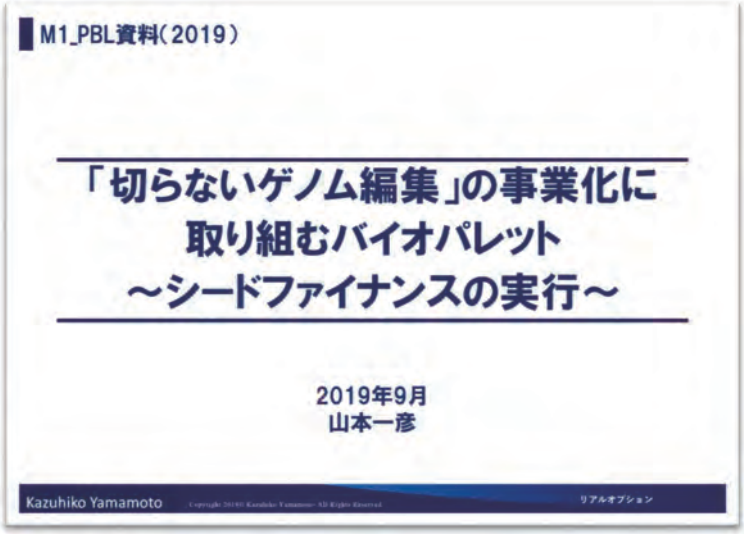
知的財産戦略抜きにしては語れないゲノム編集の事業化

ゲノム編集の産業利用上重要と目されている2つのCRISPR基本特許については、それぞれの出願人であるUC Berkeley と Broad Institute がその覇権を巡り争っていた。その係争には何年にもおよぶ時間と多額の費用を要しており、それぞれが設立したベンチャー企業もその係争に巻き込まれていた。ベンチャー企業にとって、将来の知的財産に関する係争や訴訟のリスクを減らすことは、成長戦略上、重要な点のひとつだった。塩基編集についても、基本的な技術に関する特許出願を神戸大学とハーバード大学の2者が行

1

Copyright © Kiyokazu Iwata All Rights Reserved.

事業化プロデュース　～教育へのフィードバック～

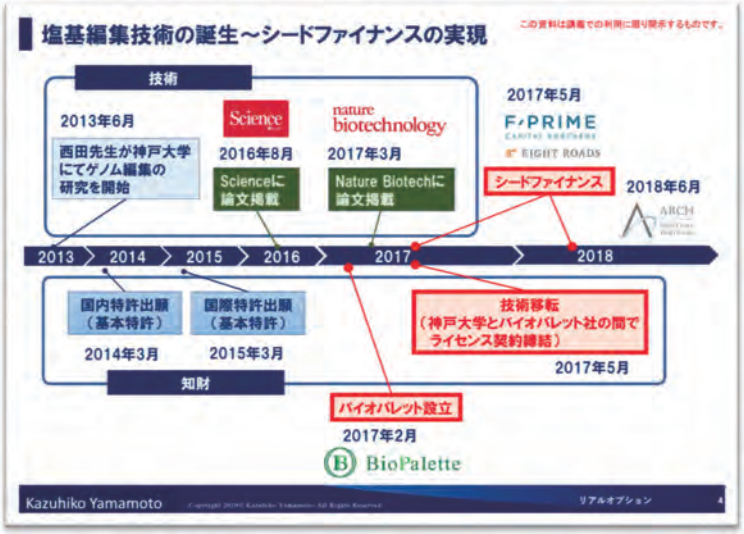


M1_PBL資料（2019）

「切らないゲノム編集」の事業化に
取り組むバイオパレット
～シードファイナンスの実行～

2019年9月
山本一彦

Kazuhiko Yamamoto　リアルオプション



塩基編集技術の誕生～シードファイナンスの実現

この資料は講義での利用に限り開示するものです。

技術

2013年6月
西田先生が神戸大学にてゲノム編集の研究を開始

Science
2016年8月
Scienceに論文掲載

nature biotechnology
2017年3月
Nature Biotechに論文掲載

2017年5月
F-PRIME
EIGHT ROADS
シードファイナンス
2018年6月
ARCH

2013 2014 2015 2016 2017 2018

国内特許出願（基本特許）
2014年3月

国際特許出願（基本特許）
2015年3月

技術移転（神戸大学とバイオパレット社の間でライセンス契約締結）
2017年5月

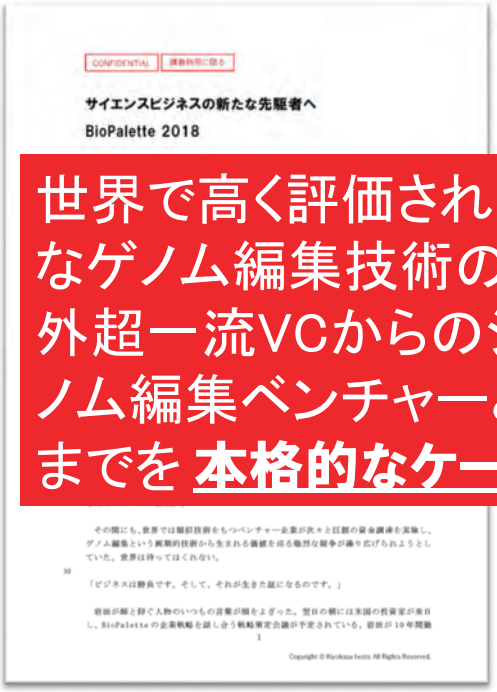
知財

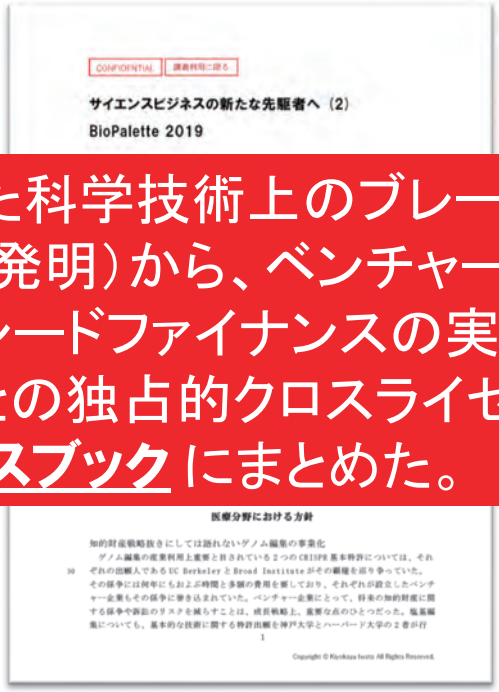
バイオパレット設立
2017年2月
BioPalette

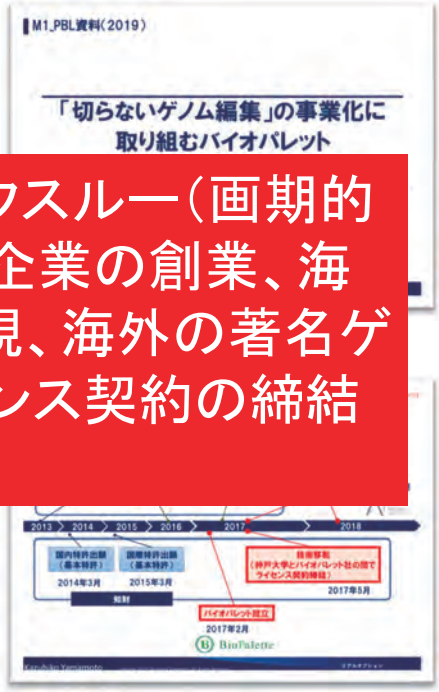
Kazuhiko Yamamoto　リアルオプション　4

事業化プロデュース　～教育へのフィードバック～

プロジェクトラーニング形式（演習）科目で有効活用



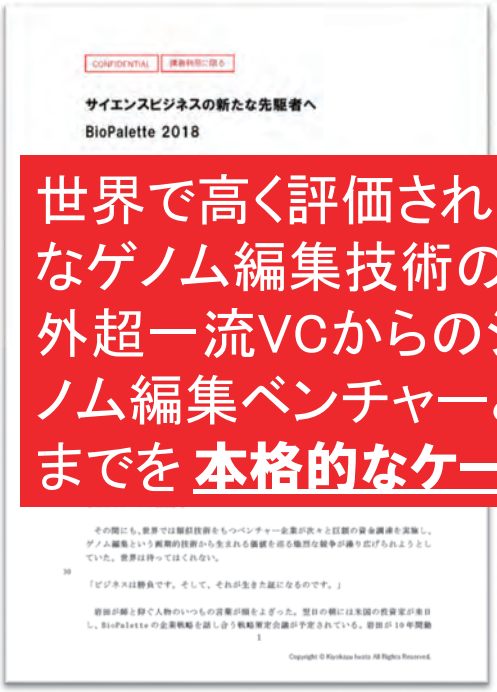


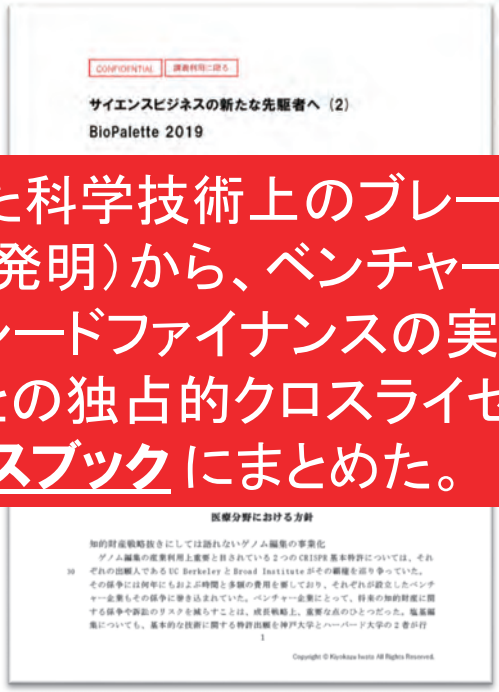


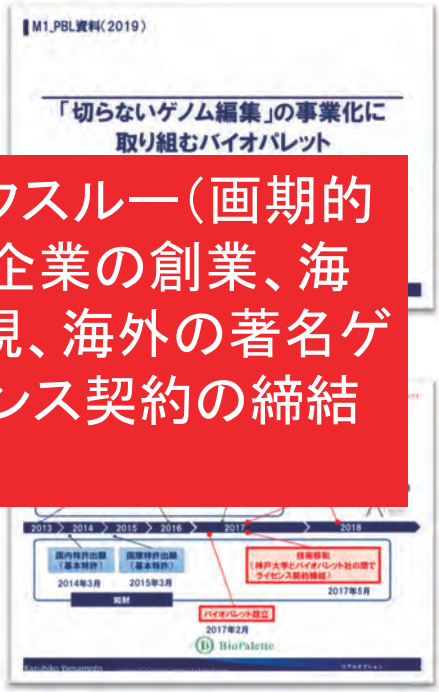
世界で高く評価された科学技術上のブレークスルー（画期的なゲノム編集技術の発明）から、ベンチャー企業の創業、海外超一流VCからのシードファイナンスの実現、海外の著名ゲノム編集ベンチャーとの独占的クロスライセンス契約の締結までを**本格的なケースブック**にまとめた。

事業化プロデュース　～教育へのフィードバック～

科学技術アントレプレナーシップ・プロジェクト研究（修士課程）







世界で高く評価された科学技術上のブレークスルー（画期的なゲノム編集技術の発明）から、ベンチャー企業の創業、海外超一流VCからのシードファイナンスの実現、海外の著名ゲノム編集ベンチャーとの独占的クロスライセンス契約の締結までを**本格的なケースブック**にまとめた。

事業化プロデュース　～産業界・金融界等との橋渡しの実績（２）～

株式会社バイオパレット	株式会社シンプロジェン	ViSpot株式会社
2017年2月設立	2017年2月設立	2017年9月設立
ゲノム編集ベンチャー	DNA合成ベンチャー	ウイルス安全性評価機関
代表取締役 村瀬祥子	代表取締役 菅原潤一	代表取締役 森定栄人 代表取締役 小谷知子
役職員数：15名	役職員数：13名	役職員数：15名
■2017年5月、米系超一流VCに約4億円の第三者割当増資を実施。 ■2018年6月、米国超一流VCに約1.5億円の第三者割当増資を実施。 ■2019年5月、超有力バイオベンチャー（米国）と独占的クロスライセンス契約を締結。 ■本年中にシリーズAの資金調達（20億円）を行う予定。	■2018年9月、大手バイオベンチャーに対して、資本業務提携を前提とした第三者割当増資（１億円）を実施。 ■2019年5月、シリーズAの資金調達（約10億円）を実施。 ■2020年4月稼働を目指し、神戸において、わが国初・世界最先端の長鎖DNA自動化技術を導入した本格的な商業用ラボ立ち上げる計画。	■神戸大学の技術と人材、大手消費財グループの資金と人材を活かしたジョイントベンチャー。 ■大手消費財グループが出資金及び無担保・無保証の貸付金約4億円を提供。 ■2018年夏、神戸医療イノベーションセンターに商用ラボを開設し、本格的なマーケティング・セールス活動と、サービス提供している。

事業化プロデュース　～産業界・金融界等との橋渡しの実績（３）～

株式会社バイオパレット	株式会社シンプロジェン	ViSpot株式会社
2017年2月設立	2017年2月設立	2017年9月設立
ゲノム編集ベンチャー	DNA合成ベンチャー	ウイルス安全性評価機関
代表取締役 村瀬祥子	代表取締役 菅原潤一	代表取締役 森定栄人 代表取締役 小谷知子
役職員数：15名	役職員数：13名	役職員数：15名
■2017年5月、米系超一流VCに約4億円の第三者割当増資を実施。 ■2018年6月、米国超一流VCに約1.5億円の第三者割当増資を実施。 ■2019年5月、超有力バイオベンチャー（米国）と独占的クロスライセンス契約を締結。 ■本年中にシリーズAの資金調達（20億円）を行う予定。	■2018年9月、大手バイオベンチャーに対して、資本業務提携を前提とした第三者割当増資（１億円）を実施。 ■2019年5月、シリーズAの資金調達（約10億円）を実施。 ■2020年4月稼働を目指し、神戸において、わが国初・世界最先端の長鎖DNA自動化技術を導入した本格的な商業用ラボ立ち上げる計画。	■神戸大学の技術と人材、大手消費財メーカーの資金と人材を活かしたジョイントベンチャー。 ■大手消費財グループが出資金及び無担保・無保証の貸付金約4億円を提供。 ■2018年夏、神戸医療イノベーションセンターに商用ラボを開設し、本格的なマーケティング・セールス活動と、サービス提供している。

事業化のプロデュース　～博士課程学生の事業化支援（１）～

アルジー・ネクサス株式会社	株式会社シンアート
2019年1月設立	2019年3月設立
微細藻類 関連バイオベンチャー	合成バイオ・合成化学 関連ベンチャー
代表取締役 金本昭彦 （博士課程後期課程学生）	代表取締役 庄司信一郎 （博士課程後期課程学生）
役員数：4名	役員数：2名、技術顧問：2名
■神戸大学及び海外の他大学における微細藻類関連の研究成果の事業化を目指す。 ■資本・業務提携による戦略的アライアンス構築に向けたビジネスプランを策定中。	■合成バイオと合成化学の融合する分野において、神戸大学等で生まれた独自技術を活かしたプラットフォーム型ビジネスを目指す。 ■2019年4月、神戸大学、大手化学メーカーとの共同研究契約を締結。 ■知財ポートフォリオ強化への取り組みを進めている。

事業化のプロデュース　～博士課程学生の事業化支援（２）～

アルジー・ネクサス株式会社	株式会社シンアート
2019年1月設立	2019年3月設立
微細藻類 関連バイオベンチャー	合成バイオ・合成化学 関連ベンチャー
代表取締役 金本昭彦 （博士課程後期課程学生）	代表取締役 庄司信一郎 （博士課程後期課程学生）
役員数：4名	役員数：2名、技術顧問：2名
■神戸大学及び海外の他大学における微細藻類関連の研究成果の事業化を目指す。 ■資本・業務提携による戦略的アライアンス構築に向けたビジネスプランを策定中。	■合成バイオと合成化学の融合する分野において、神戸大学等で生まれた独自技術を活かしたプラットフォーム型ビジネスを目指す。 ■2019年4月、神戸大学、大手化学メーカーとの共同研究契約を締結。 ■知財ポートフォリオ強化への取り組みを進めている。

当研究科博士課程後期課程における研究テーマ（成果）をシーズとして、在学中にベンチャー企業を立ち上げた。

修士課程学生の就職支援

- 当研究科で身につけた能力を活かせて、アントレプレナーシップを兼ね備えた理系人材が活躍できる**進路（企業や職種等）を学生が自主的に選び、できる限り各人の希望をかなえるための支援と指導**を、イノベーション推進室の実務系教員が積極的に行っている。
- 科学技術イノベーションの実現を目指す**大手企業**や**ベンチャー企業**、科学技術イノベーションの実現を支援する**コンサルティングファーム**、**商社**、**マスコミ**への就職、当研究科**博士課程への進学**など、**多彩な方面に就職・進学**している。
- 当研究科が**養成を目指す人材像に則した卒業生の輩出に貢献**している。

博士課程学生のリクルーティング

- **入試説明会（東京・大阪）**や社会人学生の派遣元（候補）企業の**経営トップ訪問**等を通じて、当研究科（博士課程）が求める人材像に則した**学生を積極的にリクルーティング**している。
- その結果、**受験生及び入学生を安定的に確保**している。

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科
Graduate School of Science, Technology and Innovation, Kobe University

項目別評価：研究

研究科の組織構成

専攻・センター	講座	教育研究分野（専任教員数）
科学技術イノベーション専攻	バイオ・環境	バイオプロダクション（8）
		先端膜工学（3）
	先端IT	先端IT（4）
	先端医療学	先端医療学（4）
	アントレプレナーシップ	アントレプレナーシップ（8）
研究科内センター（教育）	科学技術イノベーション推進室	
研究科内センター（研究）	オープンイノベーション人材センター	

研究活動の状況

1. 研究の実施体制及び支援・推進体制
2. 研究活動に関する施策／研究活動の質の向上

- インセンティブ経費
- 科学技術イノベーション研究科学生海外派遣支援制度
- アドバイザリーボードの設置
- シンポジウムの開催
- 株式会社科学技術アントレプレナーシップ（STE社）

3. 論文・著書・特許・学会発表など
4. 研究資金

- 論文・著書等の研究業績や学会での研究発表等
- 特許出願件数等
  - 事業化による社会実装に向けたライセンス契約や譲渡契約を締結（3年間で発明届71件中の11件）
- 競争的外部資金の獲得状況
  - 科学研究費助成事業
    全5分野からバランス良く受託
  - 共同研究、受託研究等
    文部科学省、内閣府、JST、NEDO、AMEDなどから研究を受託

5. 総合的領域の振興

- バイオプロダクション次世代農工連携研究の推進
- （一社）先端膜工学研究推進機構との連携による研究推進
- （一社）バイオロジクス研究・トレーニングセンター（BCRET）の設立

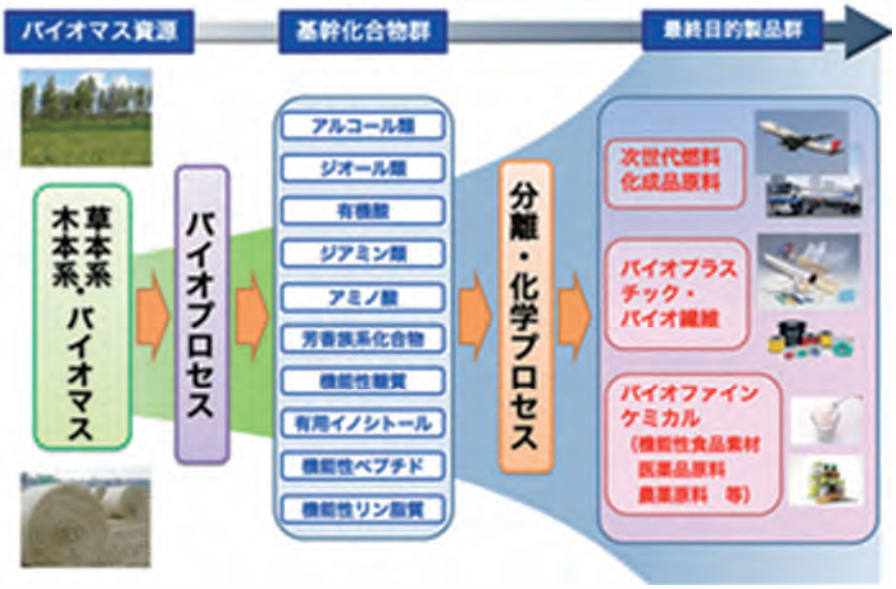
5. 総合的領域の振興

バイオプロダクション次世代農工連携研究の推進

- 再生可能な資源バイオマスから様々なバイオベース製品の生産を行なう「バイオプロダクション技術」の確立を目的とする

文部科学省イノベーションシステム整備事業・先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム:『バイオプロダクション次世代農工連携拠点』

★総合事後評価「S」



6. 地域連携による研究活動

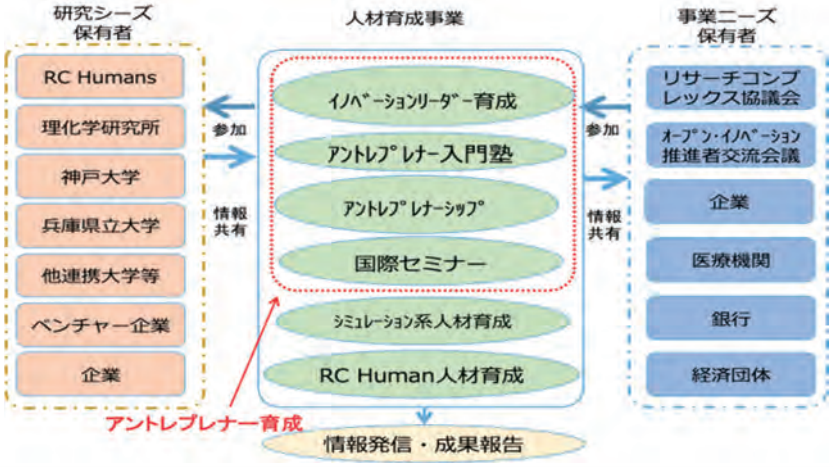
- 地域イノベーション・エコシステム形成プログラムによる研究事業化活動
- 科学技術振興機構(JST)「リサーチコンプレックス」人材育成事業

地域イノベーション・エコシステム形成プログラムによる研究事業化活動

- 神戸市と本学との連携により、日本型イノベーション・エコシステムの形成と地方創生を実現することを目的とする
- 主な活動内容は、本学の基盤的研究成果であるゲノム編集と合成技術を基としたベンチャー事業化である（バイオパレット社とシンプロジェン社の設立）

科学技術振興機構（JST）「リサーチコンプレックス」人材育成事業

- 「健康“生き活き”羅針盤リサーチコンプレックス」（理化学研究所、兵庫県、神戸市、京都大学、兵庫県立大学、阪急阪神ホールディングスなど当初45組織）
- 本学は人材育成グループのリーダーとして、①イノベーションリーダー育成、②アントレプレナーシップ教育、③アントレプレナー入門塾の3事業を企画運営



7. 国際的な連携による研究活動

- Global Biofoundry Allianceの締結
  - 成生物学分野の世界中の主要大学・公的機関が集まり、バイオファウンドリー基盤を相互利用するための非営利かつグローバルな協力体制が構築されている
  - 神戸大学統合研究拠点にてGlobal BioFoundry Meeting 2019を開催
- Asian Graduate student Symposium on Membrane Engineering
  - 日本、台湾、中国、韓国のアジア4ヶ国の研究者と大学院生が膜に関して意見交換を行うシンポジウムの設立と開催

8. 研究成果の発信／研究資料等の共同利用
9. 学術コミュニティへの貢献

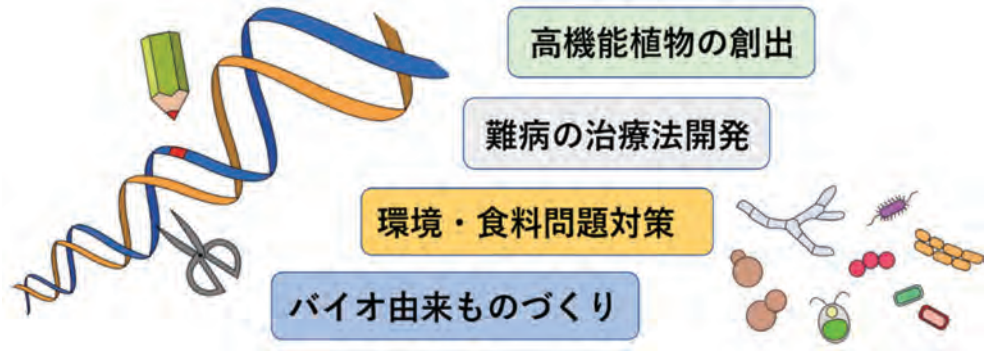
- マスコミを通じた発信
  - A）本研究科発ベンチャー企業の動向
  - B）ゲノム編集の研究成果
- 研究科HPを通じた発信
- セミナー、シンポジウムによる発信
- 国際会議の開催

研究成果の状況

研究成果：バイオプロダクション分野

切らないゲノム編集技術開発の研究

- DNAを切らずに遺伝情報を直接書き換える技術、既存のゲノム編集技術より安全で信頼度も高く、かつ正確で精密な編集が可能
- 平成28年のScience誌に採択され、世界的に高い評価。「科学技術への顕著な貢献2017」(ナイスステップな研究者／文部科学省)を受賞
- 本研究科発ベンチャー：バイオパレット社を創設、大規模資金調達に成功



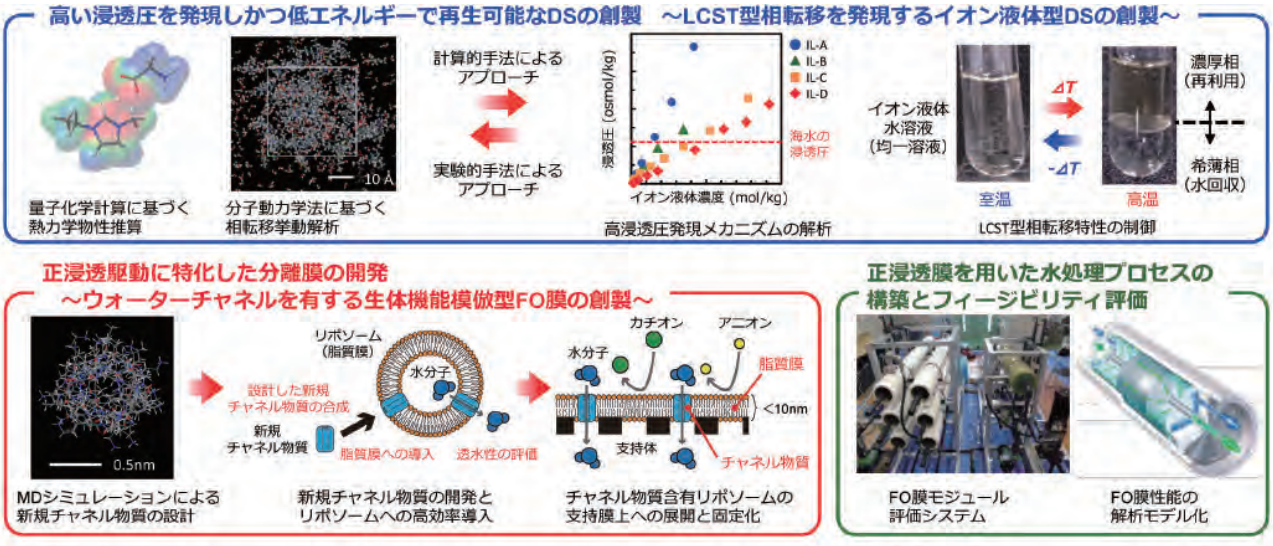
研究成果：バイオプロダクション分野

ゲノム合成技術

- 独自に開発した枯草菌の遺伝子集積法（OGAB法）により、従来は合成困難だった100 kbまで任意の配列を有する長鎖DNAを合成することに成功
- 材料となるDNAの化学合成から長鎖DNAの大量精製まで、一貫して生産できる体制を本学インキュベーションセンター内に整備
- 本研究科発ベンチャー：株式会社シンプロジェンに技術移転

研究成果：先端膜工学分野

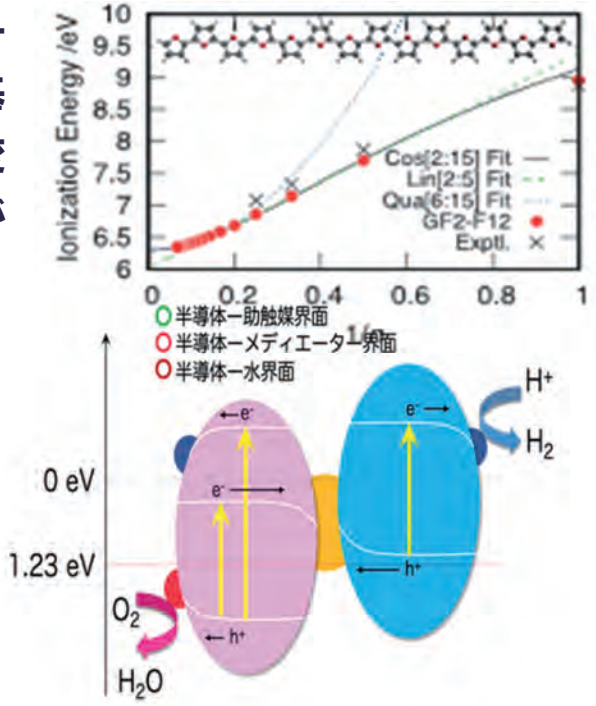
分離膜を用いた新規海水淡水化水プロセスの研究



- 正浸透膜（Forward Osmosis Membrane, FO膜）法による革新的水処理プロセスにより、低品位排熱や地熱などの未利用熱エネルギーによる水の再生を可能にする

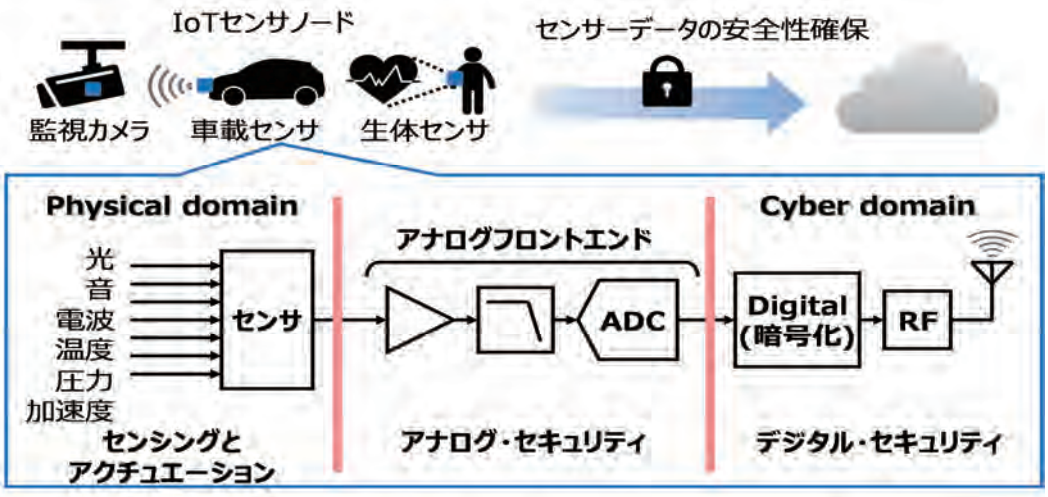
人工光合成シミュレータにおけるソルバーの開発

- ポスト「京」(「富岳」)の重点課題⑤「エネルギーの高効率な創出，変換・貯蔵，利用の新規基盤技術の開発」では、高効率光エネルギー変換を可能にする人工光合成シミュレータ開発が主要な研究目標
- 人工光合成シミュレータを構成するソルバーの開発における顕著な成果
  - ✓ 高精度F12電子状態理論を用いたグリーン関数法の開発
  - ✓ 完全結合クラスター(FCC)展開から選択的にスクリーニングを行うFCCR法の開発



ICチップレベルのハードウェアセキュリティの研究

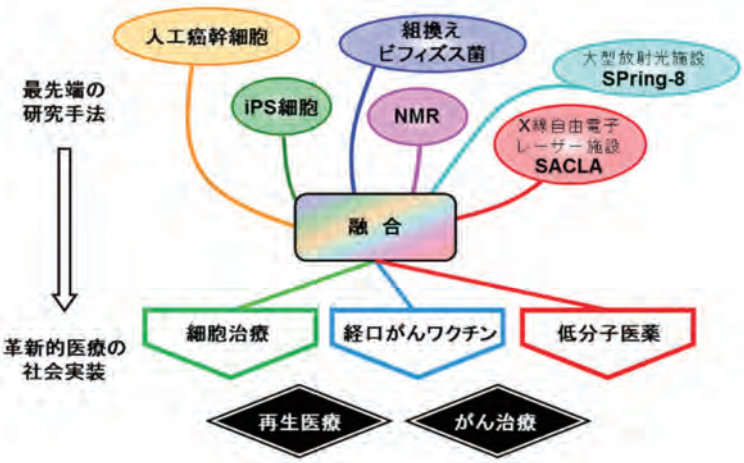
- デジタル技術を主体とする情報セキュリティ分野において、アナログ技術の活用によるハードウェアセキュリティの確保を探求する技術分野の開拓
- ハードウェアセキュリティ研究専門委員会を新規に設立(電子情報通信学会)



研究成果：先端医療学分野

先端技術を駆使した革新的医療の社会実装に向けた研究開発

- がん遺伝子産物（Ras）とその支配するシグナル伝達系を標的とした分子標的薬の開発
- ビフィズス菌をプラットフォームとした経口がんワクチン開発
- 幹細胞生物学の医学応用に関する研究
- 知財化、臨床展開、製薬企業との共同研究

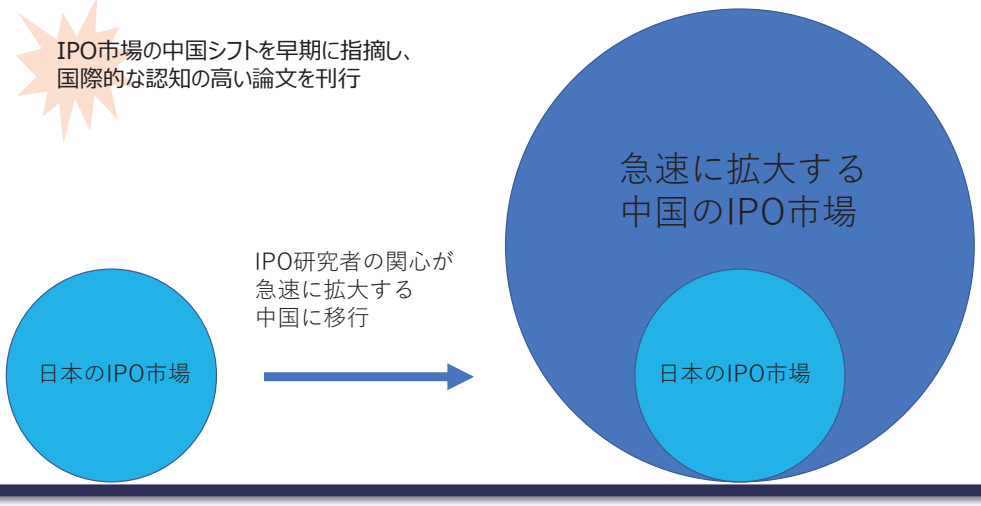


研究成果：アントレプレナーシップ分野

新規株式公開（IPO）市場の利用可能性と価格形成に関する研究

- 日本および中国の新規株式公開（IPO）市場を対象に、ベンチャー企業にとってのIPO市場の利用可能性や価格形成を考察
- ファイナンス研究における世界的評価の高い論文誌に掲載

世界のIPO市場規模の変遷：中国市場の急激な成長



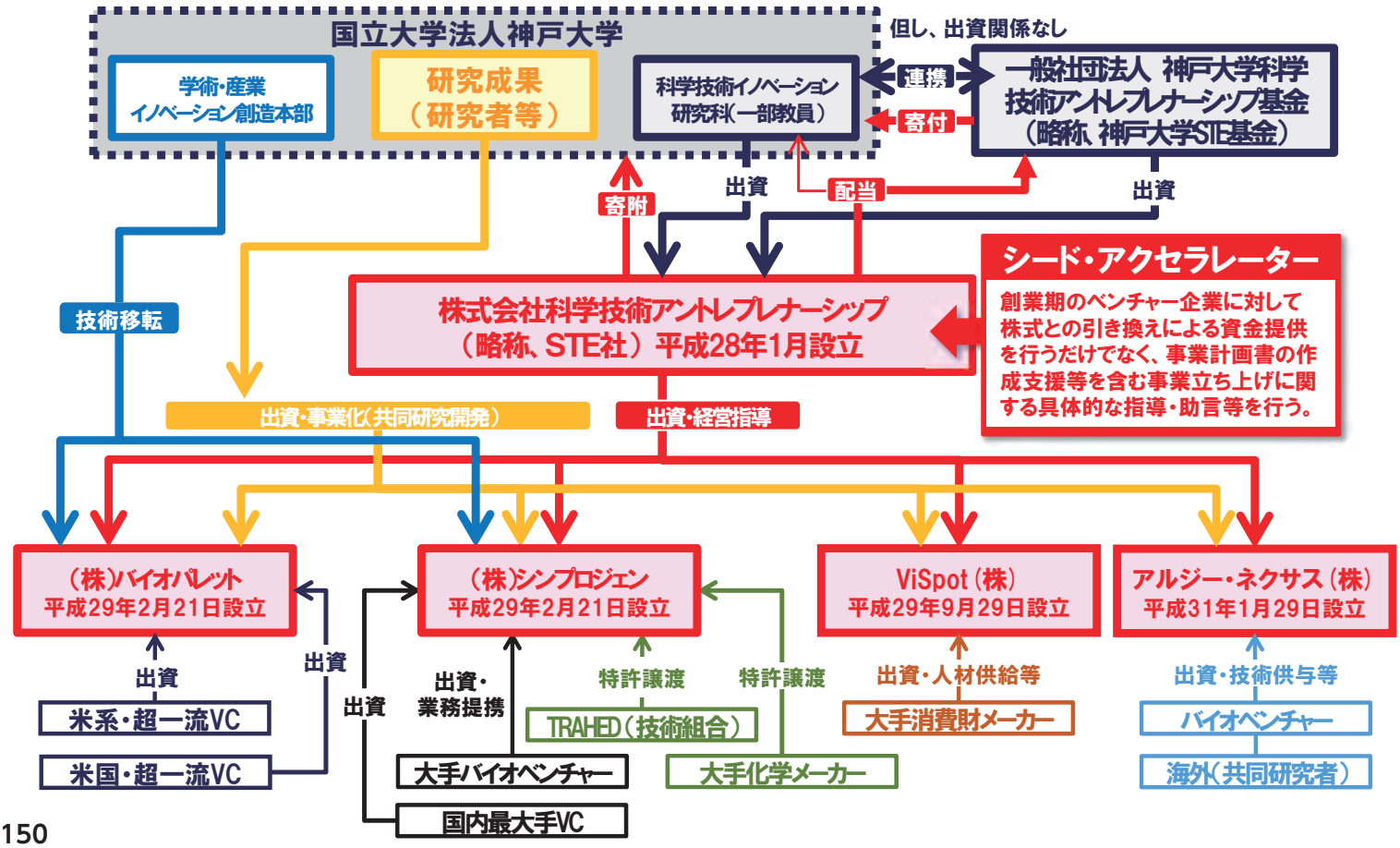
社会実装：神戸大学スキーム

STE社、STE基金、神戸大学発ベンチャー

- 本学発ベンチャー企業の創業支援を行う株式会社科学技術アントレプレナーシップ（STE社）と、一般社団法人神戸大学科学技術アントレプレナーシップ基金（STE基金）を平成28年に設立、神戸大学発ベンチャーの成長を支援する体制を構築
- 平成31年3月末時点（創業から3年）で、当研究科教員の研究シーズを基に4社のバイオベンチャーを設立

社名	資本金等	事業内容等
（株）バイオパレット 設立：2017年2月	5億4,933万円 （資本準備金含む）	ゲノム編集ベンチャー （米系大手VCを中心に約5.5億円を資金調達、米国の超有力ゲノム編集ベンチャーと独占的クロスライセンス契約締結）
（株）シンプロジェン 設立：2017年2月	11億1,800万円 （資本準備金含む）	DNA合成ベンチャー （大手バイオベンチャーとの戦略的資本・業務提携、シリーズAの資金調達（約10億円）の実現）
ViSpot（株） 設立：2017年9月	4,000万円	ウイルス安全性評価 （大手消費財メーカーとのジョイントベンチャー）
アルジー・ネクサス（株） 設立：2019年1月	400万円	微細藻類関連バイオベンチャー （神戸大学と台湾・成功大學の研究成果を事業化）

神戸大学スキーム　（全体像）



まとめ

まとめ

- 先端科学技術の基礎研究・応用研究はもとより、技術開発から事業化までを視野に入れたイノベーションの創出を目的とした研究の実践
- 自然科学系分野と社会科学系分野を教育研究の柱とし、**分野融合**により新たな科学技術や学問領域を生み出し、**文理融合**により人材育成・研究開発・事業化が効率よく循環するイノベーション・エコシステムを構築
- 当研究科教員の研究シーズを基に3年間で4社のバイオベンチャーを設立

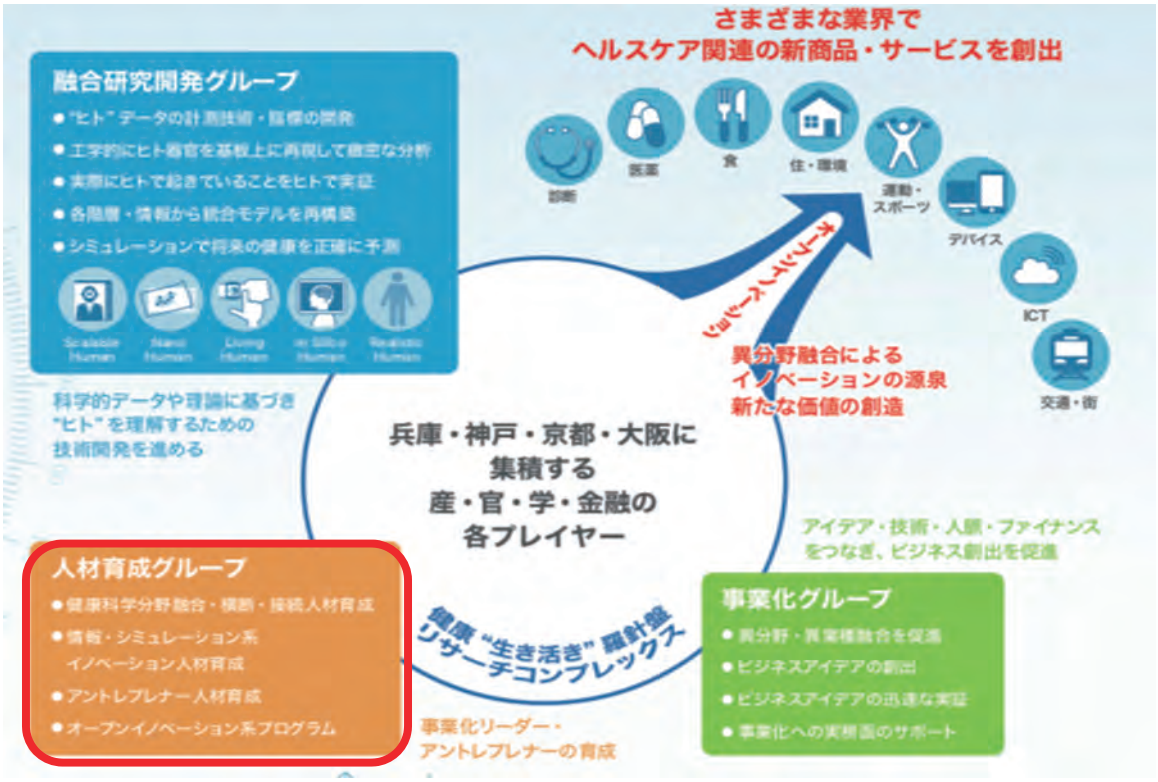
以上

オープンイノベーション人材センター（OIP）

2019年9月13日

神戸大学科学技術イノベーション研究科
尾崎　弘之

リサーチコンプレックス(リサコン):JST事業



オープンイノベーション人材センター(OIP):活動目的

「神戸版」OI人材育成モデル

OI: オープンイノベーション

開発

事業ニーズの発信
研究シーズの探索

大企業

OI人材情報

ベンチャー企業

研究シーズの提供
事業パートナーの探索

OI人材育成プラットフォーム構築

OIP構成メンバー

＊所属はいずれも神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科、括弧内は専門分野

（センター長）	尾崎 弘之	同研究科教授（技術ベンチャー経営）
（副センター長）	瀧 和男	同研究科客員教授（先端IT）
（副センター長）	森 一郎	同研究科特命教授（先端医療学）
	青井 貴之	同研究科教授（先端医療学）
	坂井 貴行	同研究科教授（産学連携）
	新谷 卓司	同研究科特命教授（先端膜工学）
	永田 真	同研究科教授（情報システム）
	吉田 健一	同研究科教授（バイオプロダクション）

OIPの活動全体像

リサコンの人材育成グループ「オープンイノベーション系プログラム」の実行組織。3つのユニット・9つの活動を通して、オープンイノベーション（OI）に関わる人材のプラットフォーム構築を目指している

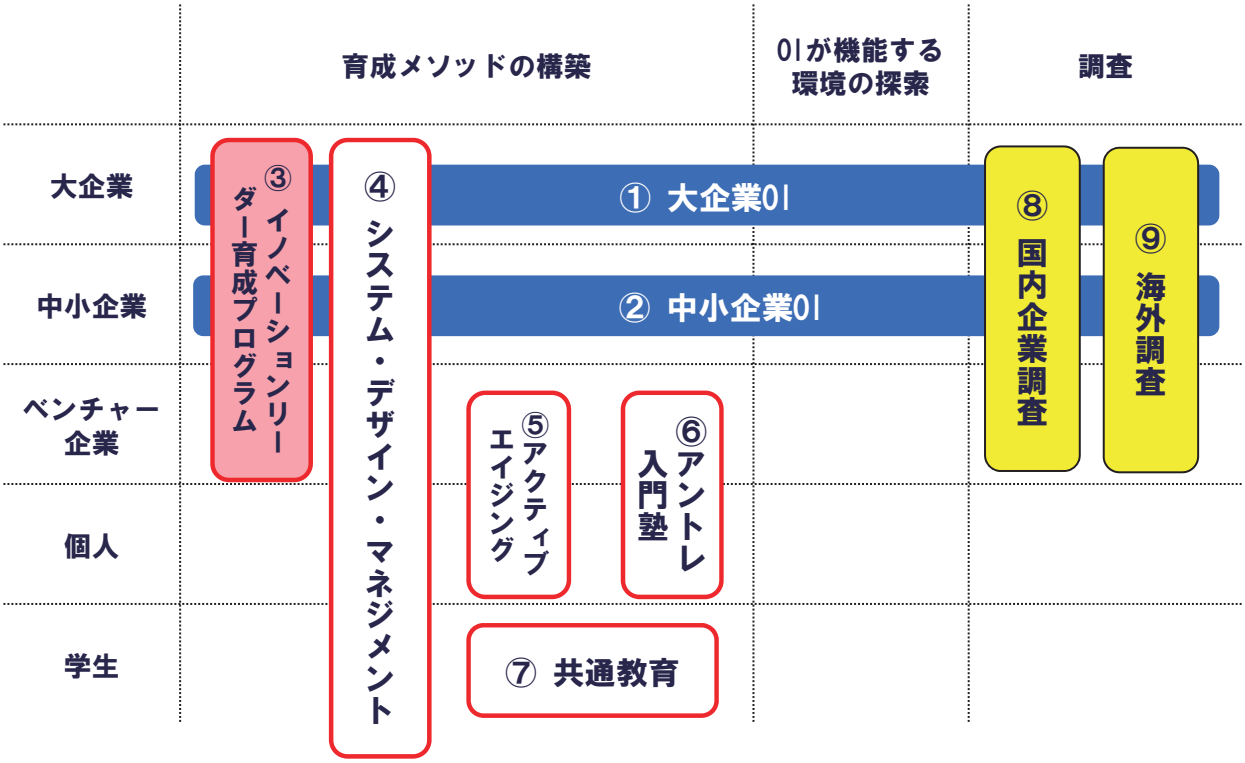
活動の全体像

ユニット１ 企業内でOIが機能するための人材開発基盤の探索

ユニット２ オープンイノベーション人材育成メソッドの構築

ユニット３ 先進動向・事例の基礎調査

センター活動の全体像

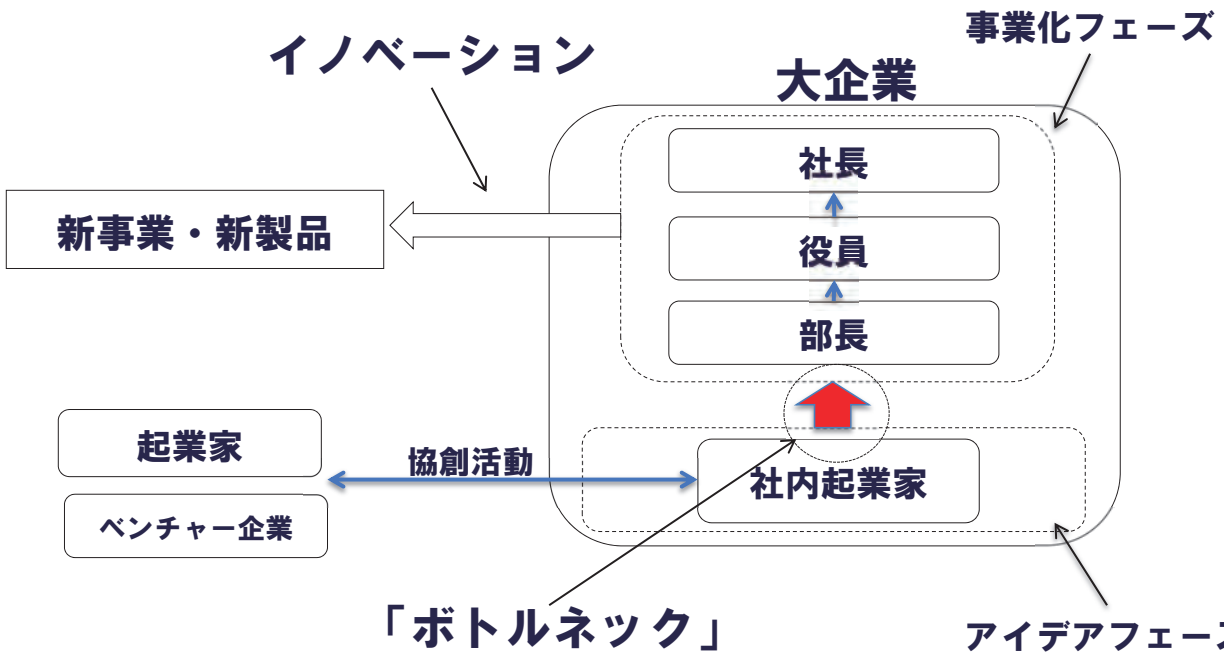


「イノベーションリーダー育成プログラム」：目的

大企業のイノベーション人材に求められる能力と行動
⇒明確化

大企業に不可欠なイノベーション人材
⇒「イノベーションリーダー」

イノベーション実現のための「ボトルネック」



社内で優れたアイデアが提案されても、事業化フェーズになかなか移行できない「ボトルネック」が存在する。結果的に、イノベーション実現の確率が下がる。

人材ごとに異なるスキルセット

主なスキル	研究者	開発担当者	社内起業家	イノベーションリーダー
技術	主要	補完	主要	主要
市場に関する知見		（主要）	主要	主要
政治力・説得力				主要
プロジェクト*推進力		主要		補完

＊ プロジェクト：目的、予算、期限などが決まっている事業を指す。それらの要素が決まっていない新規事業とは異なる

アビー・グリフィンら(2014)「シリアル・イノベーター：『非シリコンバレー型』イノベーションの流儀」プレジデント社に着想を得て作成

イノベーションリーダーに必要な能力と行動

Issue Driven

課題の設定と修正

- 課題と自社ビジョンとの整合性を確保する
- 「他人事」でなく「自分事」で課題設定する
- 環境変化に合わせて課題を柔軟に修正する
- お手軽な問題解決に走らない

Empathy

共感と感情移入の獲得

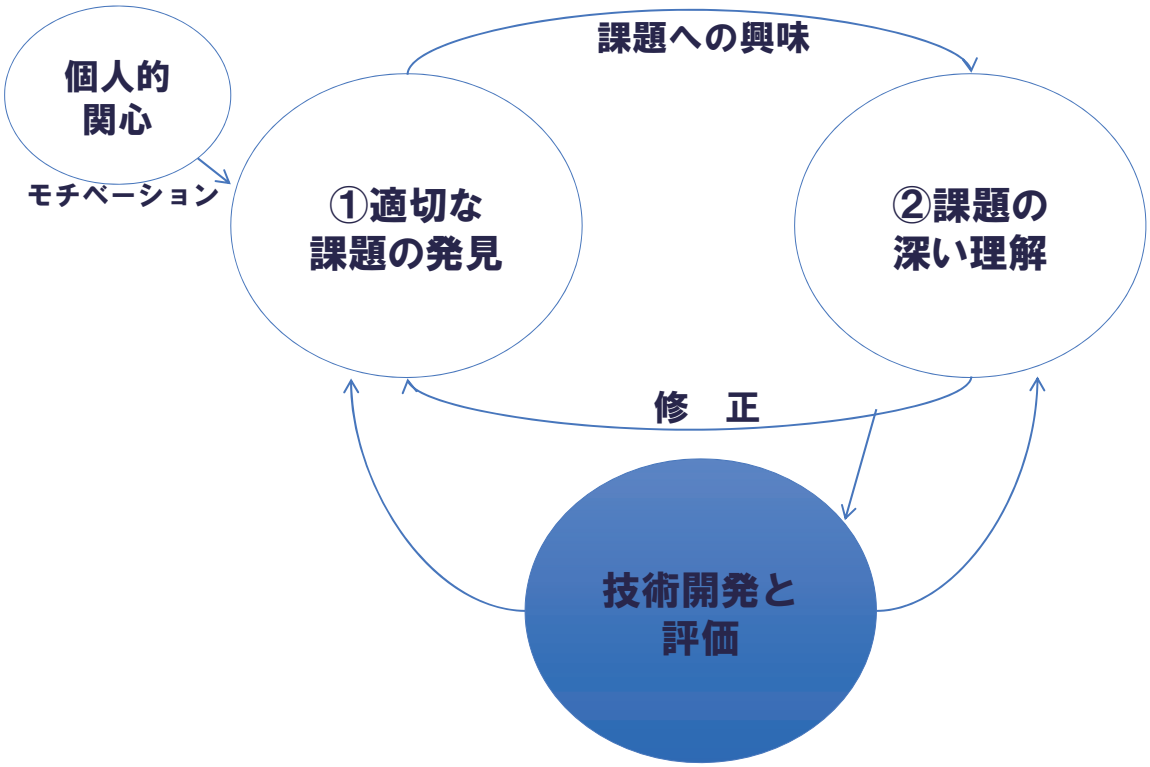
- 人の心を動かすコミュニケーションを行う
- 聞く人に新鮮な「気づき」を与える
- 「感動的」なストーリーを作る
- 論理と感性をつなぐ

Consistency

解決までの論理的整合性

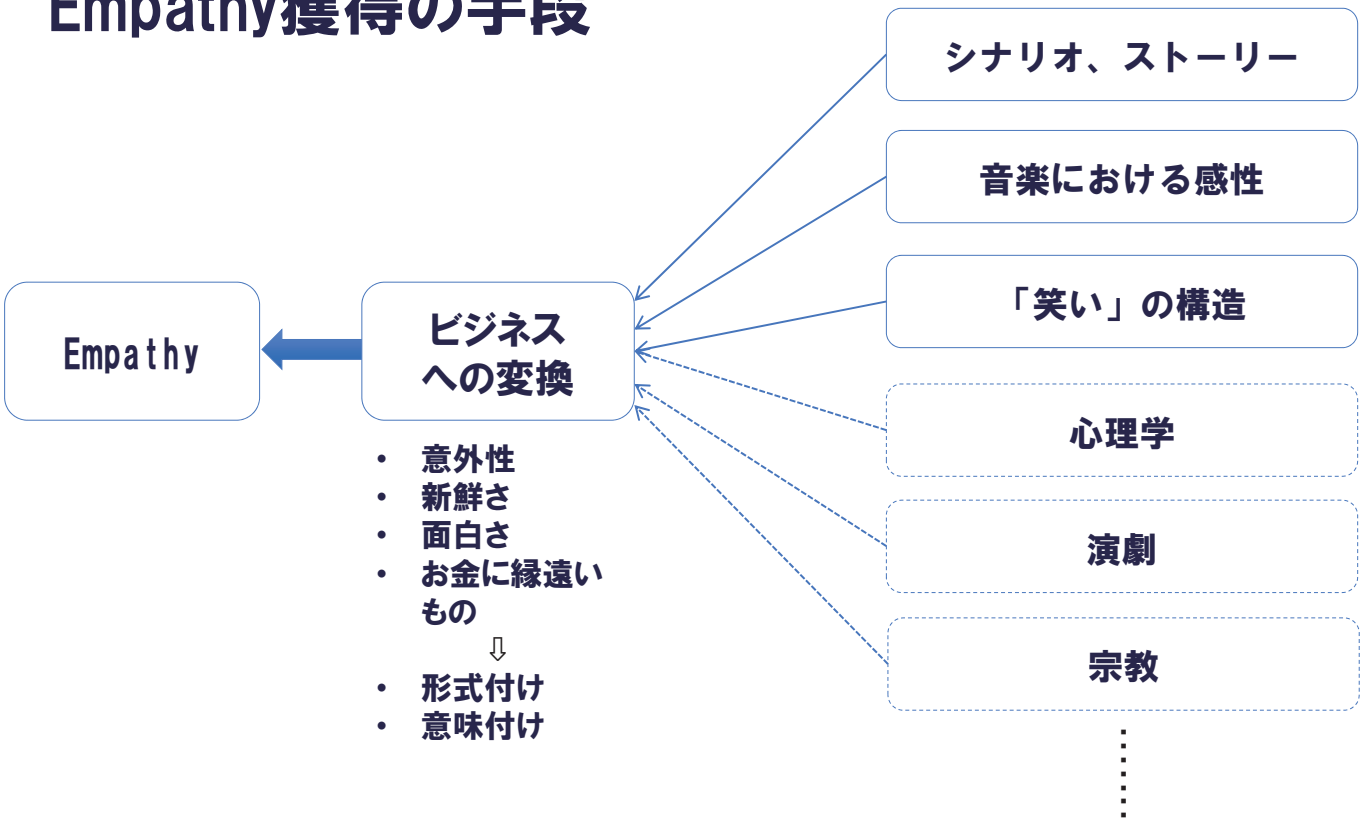
- 解決策の論理的整合性をチェックする
- 論理や現象の裏にある事実を「読む」
- 会社などの「枠を越えて」行動する
- 経営層と現場を論理によってつなぐ

イノベーションリーダーの課題管理プロセス



出典：Vojak et al.(2010) et al. “Corporate Innovation” The Oxford Handbook of Interdisciplinarityを基に作成

Empathy獲得の手段



外部評価委員会委員　意見書

外部評価委員会委員　意見書

科学技術イノベーション研究科の外部評価を 2019 年 9 月 13 日（金）に実施した。外部評価委員（5 名）には外部評価書資料を事前に送付し、また、外部評価の当日に研究科長、教務・入試委員長、広報・評価委員長、等による概要説明を行い、質疑応答および審議を行った。以下、外部評価委員による評価内容を取りまとめて報告する。

〇外部評価委員による評価書のまとめ

1. 科学技術イノベーション研究科の「教育」について

先端科学技術分野の研究開発能力およびアントレプレナーシップを備える理系人材の育成を目的として、独自性の高い教育カリキュラムを体系的に構築し、運営している。現代社会の要請に応える新分野として、文理融合のもとで野心的な教育を実践しているといえるが、その効果は、研究科設置完了の後、修了生の 10～20 年後の活躍により評価されるだろう。アントレプレナーシップを身につけた修了生のロールモデルを、博士後期課程のみならず前期課程の学生にも伝える必要がある。また、研究科として学生・教員のダイバーシティについて現況を分析する必要があるとともに、ジェンダーバランスや国際性の獲得に向けたアクションプランを提示すべきであろう。

2. 科学技術イノベーション研究科の「研究」について

神戸大学において優れた研究実績を有する教員集団として、研究活動は高い水準にある。研究成果の社会展開として、既に、ベンチャー企業複数社の創出や起業支援活動の実績があり、また、外部資金の獲得状況は抜群である。他方、分野融合・文理融合の研究活動について、現状の取組みと成果を具体的に示すとともに、さらなる異分野融合の深化に向けた研究プロジェクト等の施策と実践が求められよう。また、研究科が国際的ハブとして機能するべく強みや優位性をアピールすること、および、個々の教員による貢献の定量化・見える化についても取組むべきである。

3. 科学技術イノベーション推進室（教育に関する研究科内センター）の活動について

研究科のアントレプレナーシップ教育の柱として、研究成果の事業化プロデュースの役目を担いながら、実践的な知見を教育に生かしており、ユニークな組織である。教員による組織体制と役割分担及び教育体系の関連付けを明確にする必要がある。今後、意欲的な学生の獲得と就職支援、および、産業界との一層の交流に向けた活動に期待が持たれよう。

4. オープンイノベーション人材センター（研究に関する研究科内センター）の活動について

オープンイノベーション人材教育メソッドの構築を通して地域連携を中心とした社会的展開に貢献していると評価できる。教員による組織体制と役割分担及び教育体系の関連付けを明確にする必要があるとともに、その活動を外部に公開すること、またオープンイノベーション人材育成の効果を評価することにも重点を置くべきである。

5. 全体を通しての講評

科学技術イノベーション研究科の創設は、国の施策である「先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム（文部科学省）」の推進とともに、神戸大学の大学改革の一つとして実現したと理解される。今回の外部評価において、研究科設置完了に至る段階で、目覚ましい成果を達成し、今後の進展に多大の期待を寄せるに相応しいとの印象を強くした。一方、分野融合と文理融合を標榜する研究科としての「挑戦」を明確にするビジョンを掲げるとともに、今後 10 年を見据えた事業ロードマップを定め、公開すべきである。加えて、ブランドイメージを確立すべくウェブサイト等の広報にも力を注ぎ、国際的なアピール力を高めることが求められよう。今後は、科学技術イノベーション研究科の自己点検・自己評価を実施し、これを踏まえて外部評価を行うべきである。

○外部評価委員会委員（2019 年 9 月 13 日）

相澤　益男　委員（国立研究開発法人科学技術振興機構・顧問）
小笠原直毅　委員（国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学・名誉教授）
尾野　俊二　委員（株式会社みなと銀行・特別顧問）
長谷川博和　委員（早稲田大学大学院ビジネススクール・教授）
平尾　公彦　委員（国立研究開発法人理化学研究所・顧問）

以上

あとがき

科学技術イノベーション研究科は国立大学法人神戸大学の新設研究科として 2016 年 4 月に博士前期課程、そして 2018 年 4 月に博士後期課程を設置し、2021 年 3 月に設置完了を予定しています。本研究科の設置構想・準備から完成に至る全期間は本学の第三期中期計画に含まれています。今回、その中間評価の時期にあたり、新設研究科として初めての外部評価を実施しました。研究科の完成する以前のタイミングではあるものの、初期の運営状況をまとめ、教育研究活動の現状を確認するとともに、組織の構造やカリキュラム実施等の取組みが正しい方向にあるのか、あるいは修正の必要性があるか、設置完了に向けて見定める良い機会と考え、我が国の学界・産業界において顕著な経験と豊富な見識を持たれる評価委員をお招きして、忌憚のないご意見を戴きました。

ご多忙の中、相澤益男先生（国立研究開発法人科学技術振興機構・顧問）、小笠原直毅先生（国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学・名誉教授）、尾野俊二先生（株式会社みなと銀行・特別顧問）、長谷川博和先生（早稲田大学大学院ビジネススクール・教授）、平尾公彦先生（国立研究開発法人理化学研究所・顧問）に評価委員をお努め頂きました。外部評価資料の事前精査、研究科執行部のヒアリングとご議論、さらには評価コメントのご提出を頂きました。研究科の強みや特徴をご理解頂きつつ、アントレプレナーシップ教育研究と人材育成のさらなる深化、あるいはダイバーシティの確保やブランドイメージの確立、および自己点検・自己評価のあり方やロードマップの提示など、研究科として取り組むべき課題と方針について多面的かつ多大なご示唆を賜り、心から感謝致しております。

本研究科は、近藤昭彦研究科長のリーダーシップのもと、文理融合と分野融合の研究科運営方針に基づき、社会科学系教員と理系教員が一体となり、理系の学生にアントレプレナーシップの学理と精神を育む独自性の高い教育カリキュラム及び研究プログラムを実践しています。国立大学のミッション再定義に挑戦するべく、本研究科の自然科学系分野（バイオプロダクション、先端膜工学、先端 IT、先端医療学）における世界最先端の研究成果に基づく科学技術イノベーションの創出を目指して、教育研究に邁進していきます。

令和 2 年 3 月

神戸大学 大学院科学技術イノベーション研究科
広報・評価委員会委員長

永 田　　真

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科
外部評価検討WG委員名簿

委員長	永田　真	広報・評価委員会委員長
委　員	太田　能	教務・入試委員会委員長
委　員	吉田健一	広報・評価委員会委員
委　員	青井貴之	広報・評価委員会委員
委　員	尾崎弘之	広報・評価委員会委員
委　員	高松　肇	広報・評価委員会委員
委　員	吉岡朋久	バイオ・環境講座主任
委　員	山本一彦	科学技術イノベーション推進室長
委　員	三宅秀昭	科学技術イノベーション推進室員

****

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科　外部評価報告書 2019

令和　２　年　３　月

編　集：神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科外部評価検討ＷＧ

発　行：神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科

〒657-8501　神戸市灘区六甲台町 1-1

TEL：078-803-6495　　FAX：078-803-5349

http://www.stin.kobe-u.ac.jp/

印　刷：一印刷

〒657-0837　神戸市灘区原田通１－２－１４

TEL：078-801-1241　FAX：078-801-1263

****

STIN
Breakthrough & Innovation