

バイオプロダクション次世代農工連携拠点

実施予定期間：平成 20 年度～平成 30 年度

総括責任者：武田 廣（神戸大学・学長）

協働機関：旭化成（株）、江崎グリコ（株）、
（株）カネカ、月桂冠（株）、
（株）ダイセル、帝人（株）、長瀬産業（株）、
日東電工（株）、（株）日本触媒、日本製紙（株）、
Bio-energy（株）、フジッコ（株）、三井化学（株）

I. 概要

本拠点では、バイオプロダクションを実用化してグリーン・イノベーションを達成し、持続可能な低炭素社会の実現を目指す。農学と工学の融合による先端融合領域において、神戸大学が優位性と独自性を誇る 6 つのコア研究領域「リサーチエンジン」を、産・産・学連携で発展させ確立する。バイオマス増産から、スーパー微生物（細胞工場）を用いた一貫バイオプロセスによる基幹化学品生産、分離・化学プロセスによる製品化までプロセスイノベーションを達成してバイオベース製品を実用化するとともに、新規物質を生み出すプロダクトイノベーションに展開する。

1. 機関の現状

神戸大学は各分野での日本の“強み”を有機的に融合し、本拠点化構想をもとに国際的なレベルの研究開発拠点としてわが国でも唯一の地位を築いてきた。特に、神戸大学は国内大学機関において唯一「統合バイオリファイナリーセンター」を設置し、バイオリファイナリー研究拠点として国内随一のポテンシャルを持つ。これまでバイオ燃料開発やバイオベース化学品生産を目指す多くの大型研究開発を主導した実績があり、その細胞表面提示技術や合成生物学技術の開発成果は、世界的に高く評価されている。また、神戸大学先端膜工学センターは膜分離分野に特化した日本で唯一の研究拠点であり、膜工学とバイオリファイナリー技術の有機的な統合を可能としている。更に、バイオフィンケミカルの製造にも対応するため、農学研究科の「食の安全・安心科学センター」や他研究科の様々な領域とも組織的に連携した体制を構築しており、これらは国内に例を見ない拠点である。更に、当該分野を代表する国内有力企業群が集結しており、国内でも類を見ない拠点を形成するに至っている。本拠点では企業研究者や大学の若手研究者を養成する教育機関としての拠点化も進め、今後の日本のバイオリファイナリー産業の発展を担う人材を育成している。農と工が連携して、独自技術を有する有力企業群と協働研究体制を整備して実用化を目指している先端的な研究拠点は、国際的にも先例はない。

2. 拠点化の対象とする先端融合領域及び研究開発

バイオリファイナリーは、巨大な市場を創出して工業や農林水産業を活性化しながら、化石資源への全面依存から脱却して低炭素社会を構築することで、資源・エネルギー安全保障を確保するとともに、地球温暖化防止に大きく貢献する重要性の高い研究分野である。このためには、バイオマス増産や有用生物資源の取得を得意とする「農学」と、物質生産の効率化やプロセス化を得意とする「工学」の広範囲な学術領域を融合して、バイオプロダクションを実現することが極めて重要であり、先端融合領域として取り組む必要がある。

3. 拠点化構想の内容

神戸大学は 3 つの学内研究施設を協働機関に提供し、協働研究を円滑に行える環境を整えるとともに企業経験者や外国人研究者などの多様な人材を雇用し、世界的規模でのネットワーク構築を行っている。また、人材の流動化に向け、特命教員やポスドクの年俸制を導入しており、より優れた研究者の確保と育成に努めていく。

参画する 14 協働機関からは、多数の技術者・研究者が本事業に参加し、本拠点化の推進に十分なコミットメントを確保している。拠点長・副拠点長の強いガバナンスにより、各協働機関が拠点内でベクトルを共有しつつ補完的で明確な役割を担っている。独自の知財システム「バイオレストラン」の下に、技術移転などを含めた産・産・学の連携を円滑に行える体制を構築する。

4. 具体的な達成目標

a. 絞り込み期間終了時（3 年目）における具体的な目標

- (1) 総括責任者、研究拠点長の責任の下に拠点運営を「統合バイオリファイナリーセンター」と共同で行う。
- (2) 海外の研究機関との提携を最低 2 箇所以上行う。バイオマス資源が豊富な東南アジアの国との連携を強化する。
- (3) 3 種類以上の目的物質に関し、物質生産を醗酵装置や反応装置において段階的に装置容量の規模を拡大する。そのため、3 年目までには実験台（ベンチ）に設置可能規模の醗酵装置や反応装置（ベンチスケールプラント）を「統合バイオリファイナリーセンター」内に設置する。

b. 中間時（7 年目）における具体的な目標

- (1) 本拠点の運営と「統合バイオリファイナリーセンター」の運営を一本化し、様々な企業の本研究拠点への参画を広く受ける相談窓口を設ける。
- (2) 海外の研究機関との提携を 5 つ以上行い、1 つ以上のナショナルプロジェクトへと発展させる。
- (3) 6 つ以上の目的物質に関して、バイオマスからの工業的物質生産のスケールアップ技術確立を目指す。3 種類に関しては装置規模の大きいパイロットスケールプラント、新規の 3 種類以上に関してはベンチスケールプラントの装置を設置する。
- (4) 農学・工学が融合した「クロスラボ」の活用と、「バイオリファイナリー研究科（仮称）」の設立により、農工連携を担う人材を育成する。

c. 終了時（10 年目）における具体的な目標

- (1) 参画した全ての協働機関においてバイオマスからの目標物質の工業生産を実行する。
- (2) 新たに 3 社程度の協働企業を受入れ、3 つ以上の新しい目標物質の設定を行う。
- (3) 本研究拠点の終了時には、「バイオリファイナリー研究科（仮称）」が中核となり、最低 10 以上の研究機関との間で国際研究プロジェクトを推進する。
- (4) 「バイオリファイナリー研究科（仮称）」での人材育成、及び継続的な国内インターンシップ（協働機関）・海外インターンシップ（連携研究機関）による実践経験などにより、「農工連携」融合領域の産業界への継続的な人材を輩

出させる。

5. 実施期間終了後の取組

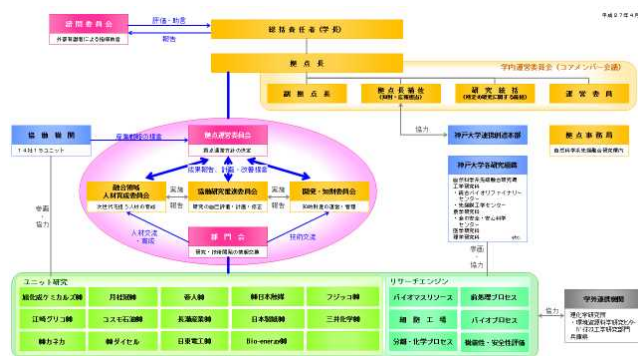
本研究拠点では、参画した協働機関から創出される知的財産に関しては、企業における事業化の際にロイヤリティとして本拠点に一部還付することを付帯する。また、共同研究に関する協働企業を更に広く受入れ、「バイオプロダクション」イノベーション拠点を継続的に持続する。

6. 期待される波及効果

大学を核とした14協働機関によってバイオプロダクションを統合的に実施する研究拠点は、日本国内で唯一である。今世紀の潮流になるバイオマスを用いたグリーン・イノベーションを本拠点から世界的に発信できれば、環境技術面で世界をリードすることが可能となり、学術的、経済的な波及効果は極めて大きい。また、温暖化防止の観点からも、大幅な温室効果ガスの排出量削減が期待でき、その社会的波及効果は大きい。また、工業に加えて農林水産業も活性化するため、波及効果が幅広い。更に、本拠点の特徴である産・産・学連携によるプラットフォーム構築をもって、世界的潮流の技術革新における激しい開発競争に打ち勝てれば、新しい産・学連携システムとしても高く評価されるため、本拠点構想の波及効果は計り知れない。

7. 実施体制

本拠点では、神戸大学「統合バイオリファイナリーセンター」を中核に、農学研究科、工学研究科、及び関連研究領域（理学研究科、医学研究科など）より選抜された研究者によって研究拠点を運営する。拠点長の下、拠点運営委員会を協働機関14社と組織し、諮問委員会の助言を反映させながら拠点の運営方針を決定する。更に3つの委員会を設置し、人材育成、研究開発、知財等の取扱いに関して運営と協議を継続して行う。4つの研究部門を設置し、継続的な拠点運営と研究展開を行う。



氏名	所属部局・職名	当該構想における役割
◎武田 廣	学長	総括責任者としての全体総括
近藤 昭彦	科学技術イノベーション研究科・教授	拠点長としての全体総括
吉田 健一	科学技術イノベーション研究科・教授	副拠点長としての総括補助及び微生物細胞工場の創製とバイオベース製品生産に関する研究
松山 秀人	工学研究科・教授	膜分離によるバイオプロダクトの高効率精製に関する研究
芦田 均	農学研究科・教授	機能性安全性評価技術を用いたバイオフィンケミカル探索に関する研究
大澤 朗	農学研究科・教授	バイオフィンケミカルの機能性・安全性評価に関する研究
富永 圭介	理学研究科・教授	先端的分子分光法による酵素反応における水と酵素活性、分子認識に関する研究
大西 洋	理学研究科・教授	生体関連物質を水中計測するプローブ顕微鏡技術の開発に関する研究
林 昌彦	理学研究科・教授	水含有系での直接重合可能な化学触媒プロセスに関する研究
今石 浩正	バイオシグナル総合研究センター・教授	微生物細胞工場の創製のための新規高機能酵素の探索に関する研究
蓮沼 誠久	科学技術イノベーション研究科・教授	微生物細胞工場の創製のための代謝解析及び in silico デザインに関する研究
荻野 千秋	工学研究科・教授	バイオマス前処理プロセス、微生物細胞工場の創製とバイオベース製品生産に関する研究
田中 勉	工学研究科・准教授	前処理プロセスの開発と細胞工場の創製及びバイオプロセスの最適化に関する研究
金丸 研吾	農学研究科・准教授	植物活性化剤となるフィンケミカルの開発に関する研究
吉田 優	医学研究科・准教授	メタボロミクスを用いた機能性食品素材、医薬品機能評価
石井 純	科学技術イノベーション研究科・准教授	細胞工場を用いた次世代燃料・化成品原料の生産に関する研究
西田 敬二	科学技術イノベーション研究科・教授	微生物合成生物学基盤の構築

白井 博史	旭化成 (株)・ 執行役員 研究開発本部 化学・プロセス研究所 所長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画
加藤 仁一郎	旭化成 (株)・ 研究・開発本部 研究開発センター センター長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画
栗木 隆	江崎グリコ (株) 取締役 常務執行役員	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画
満田 勝	(株) カネカ・ Pharma & Supplemental Nutrition S.V.医薬研究グループ グループリーダー	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画
秦 洋二	月桂冠 (株)・ 常務取締役 総合研究所長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画及び麹菌による物質生産技術開発
西村 久雄	(株) ダイセル・ 取締役 常務執行役員 研究開発本部長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画
内山 昭彦	帝人 (株)・執行役員 マテリアル技術 本部 基盤技術開発センター長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画及び高性能バイオプラスチックの開発
劉 曉麗	長瀬産業 (株)・ ナガセ R&D センター センター長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画及びバイオマスからの有用ファインケミカル (石油代替) の研究開発と工業化
正田 位守	日東電工 (株)・メンブレン事業部 開発部 部長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画及び膜アプリケーション技術の開発
長砂 欣也	(株) 日本触媒・ 常務執行役員 事業創出本部長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画
山崎 和文	日本製紙 (株)・ 副社長執行役員 研究開発本部長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画
野田 秀夫	Bio-energy (株)・代表取締役社長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画及び有用物質生産の工学的検討
福井 正一	フジッコ (株)・ 代表取締役社長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画
高井 敏浩	三井化学 (株)・合成化学品研究所長	協働機関の代表として拠点運営委員会の運営に参画及び微生物を宿主とした有用化学品製造実用化触媒の研究開発
井阪 光二	旭化成 (株)・ 化学・プロセス研究所 グループ長	バイオマスを原料とする高級アルコールの生産プロセスの開発
山本 浩明	(株) ダイセル・研究開発本部 コーポレート研究センター上席技師	バイオコンバージョンによる有用物質の生産
戸田 登志也	フジッコ (株)・研究開発室 室長	食品機能成分の研究開発

(注) 協働機関の参画者については、実施責任者及び研究代表者を記載した。

8. 各年度の計画と実績

a. 平成 20 年度

(1) 計画

(a) 化成品原料・次世代燃料部門

- (1. 水製造技術におけるバイオファウリングの機構解明と防止策の開発

- (2. バイオマスからの次世代燃料生産に関する研究

- (3. バイオマスからの次世代燃料類の製造技術

(b) バイオプラスチック・バイオ繊維部門

- (1. バイオマスからの高性能バイオプラスチック原料の生産技術の構築
- (2. 細胞表層工学を用いたバイオマスからの乳酸生産

(c) 機能性食品部門

- (1) 酵母細胞表面技術を用いた医薬品・機能性食品のバイオ生産技術の構築
- (2) 麹菌を宿主とするタンパク質・ペプチド関連物質生産技術の開発
- (3) 機能性リン脂質の製造技術に関する研究
- (4) 機能性ポリフェノール含有食品素材の開発
- (5) ダイズ、イネ、コムギを原料とする有用イノシトール類のバイオプロダクション

(d) 医薬品・農薬部門

- (1) テトラピロール合成系化合物等の産業利用及び新規植物バイオマスの開発
- (2) 新規シンバイオティクスの開発

(2) 実績

上記4部門それぞれにおいて、標的化合物の発酵生産及び実用化に向けた一貫プロセスの基盤となるための研究開発を行った。合成生物学及び細胞表面提示技術をそれぞれの標的化合物に対して最適化するための指針を見出すことに成功し、バイオプロダクション研究における基礎技術を開発した。また、拠点運営委員会をもとに拠点運営を進め、知財システムであるバイオレストランの導入を図った。更に、多様な人材を参画させ、研究開発及び人材育成の両方を進めた。

b. 平成 21 年度

(1) 計画

ベンチスケールへのスケールアップを行うことでプロセスイノベーションを推進し、また新規標的化合物を新たに開発してプロダクトイノベーションを進める。また、拠点の運営方法を改善することで産・産・学連携をより深め、企業間での連携をもとにイノベーションを加速する。

(2) 実績

標的化合物の発酵生産及び実用化に向けた一貫プロセスの基盤となるための研究開発を行った。フラスコスケールからベンチスケールへの移行を開始し、実用化に向けた開発フェーズを進めた。更に、拠点運営委員会をもとに拠点運営における問題点を抽出し、研究開発、知財システムを含めて改良を行った。また、企業と大学の研究者の交流をより深め、多角的な視野を持った人材を育成するとともに、海外から多数の研究者を招聘し、情報交換及び研究交流を通して世界的な拠点となるための基盤を構築した。

c. 平成 22 年度

(1) 計画

バイオプロダクションに関する研究開発を進める。スケールアップへ移行する化合物の種類を増やすとともに、プロセスイノベーションを進める。拠点のコア技術であるリサーチエンジンを、イノベーションの達成のために活用しやすい基盤技術として整備する。拠点長の強いガバナンスの下、各協働機関が拠点におけるそれぞれの役割を再度明確にし、大学、企業が有機的に連携することで世界をリードする拠点へと発展させる。

(2) 実績

20 種類の標的化合物の発酵生産に成功し、更にその中で 5 種類がベンチスケールでのバイオリクターを用いた発酵生産に成功した。更に、1,000L 規模以上でのスケールアップ実証に 2 つの化合物が成功している。更に、複数の企業と大学が連携することで達成できる一貫プロセスの開発にも成功し、世界をリードするための拠点となりつつある。リサーチエンジンを活

用することで研究開発のスピードアップが顕著に見られている。

d. 平成 23 年度

(1) 計画

これまでの研究成果及び世界の情勢をもとに、実用化研究を加速させるため研究部門を「次世代燃料・化成品原料」、「バイオプラスチック・バイオ繊維」、「バイオフィンケミカル」、「基盤技術開発」へと改変する。また、拠点のコア技術である「リサーチエンジン」を更に充実させ、バイオプロダクションを実用化してイノベーションを起こしていく。更に、この拠点でしかない得ない産・産・学連携を押し進め、バイオマスを活用した低炭素産業の育成の足がかりとする。

(2) 実績

拠点のコア技術であるリサーチエンジンの確立に成功し、それらを用いたバイオプロダクション技術の開発に成功した。それぞれの研究部門における標的化合物では、リサーチエンジンを活用して世界最高レベルの生産性を達成し、新しい産・産・学連携をもとにした一貫プロセスの構築に成功した。

e. 平成 24 年度

(1) 計画

これまでの成果及び世界の情勢をもとに、拠点としてのバイオプロダクション実用化研究を加速することでイノベーションを創出する。それぞれの化合物に適した一貫プロセスを産・産・学連携で確立し、更にバイオリファイナリーを担う人材を育成・輩出することで、本拠点の波及効果を大幅に拡張する。

(2) 実績

リサーチエンジンの技術をもとに、バイオプロダクション研究を加速させ、実用化に向けた生産性を向上させた。これまで構築した基盤に基づいてバイオリファイナリーを専門とする人材育成の仕組みを構築し、切磋琢磨し合う人材を育てつつある。

f. 平成 25 年度

(1) 計画

引き続きバイオリファイナリーを担う人材を育成し、その人材を通して本拠点の成果を国内外に波及させ、イノベーションを起こす。また、そのイノベーションをもとにバイオプロダクションを実用化へと展開し、新産業分野を開拓する。

(2) 実績

グローバルな視野を持ったバイオリファイナリーを担う人材育成を、大学および企業の双方においてすすめた。この人材を通して拠点の成果を展開し新しいイノベーションを起こしつつある。また事業化へ向けた仕組みづくりも着実に進めている。

g. 平成 26 年度

(1) 計画

バイオコンビナートの形成に向けた人材育成とともに、その仕組みづくりを進めることでグリーン・イノベーションを作り出す。

(2) 実績

バイオコンビナート WG を中心に事業化へ向けた検討、及び大学及び企業の人材育成を並行して進めることで、バイオプロダクションを担う人材育成を継続して行うための基盤を構築した。

h. 平成 27 年度

(1) 計画

新研究科の設置のための準備を進め、研究と教育を融合したシームレスな人材育成を行う仕組みをつくることでグリーン・イノベーションを生み出す。

(2)実績

各協働機関と連携し、社会科学と自然科学を融合させ事業創造に焦点を当てた新研究科の設置の準備を進め、バイオプロダクションを担う人材育成としての拠点を確立した。

i. 平成 28 年度

(1) 計画

新研究科と協力しつつ研究と教育を融合したシームレスな人材育成を行う仕組みをつくり、継続的なグリーン・イノベーションを生み出す。

(2)実績

本拠点構想をもとに本年度から設置された科学技術イノベーション研究科各協働機関と連携し、継続的にイノベーションを生み出しつつバイオプロダクションを担う人材育成を行う拠点を確立した。

j. 平成 29 年度

(1) 計画

上記の研究開発を進め、プロセスイノベーションとプロダクトイノベーションの両方を達成することでバイオプロダクションを実現し、グリーン・イノベーションを達成する。また、プログラム終了後の拠点の発展に向けた取り組みを具現化させる。

(2)実績

科学技術イノベーション研究科から産業界へ人材を輩出し、継続的にバイオプロダクションを担う人材育成を行いつつ、研究開発に伴いイノベーションを実現した。また、プログラム終了後のセンター設置の構想・準備を進めた。

k. 平成 30 年度

(1) 計画

継続的な運営を可能とする拠点の設立を目指した仕組みづくりを完成させる。これまでの成果をさらに発展させ、継続的なイノベーションを創出する。並行して日本から世界に向けたイノベーションの発信と低炭素産業に貢献できる広い視野を持った人材の育成を図る。

9. 年次計画

項目	1年度目	2年度目	3年度目	4年度目	5年度目	6年度目	7年度目	8年度目	9年度目	10年度目
◎機関全体としての拠点化構想 拠点化に向けた委員会設置	←									→
「バイオリファイナリー専攻及び研究科」の設置			←		専攻の設置	→	←	研究科の設置		→
本拠点の統合バイオリファイナリーセンターとの融合							←			→
◎調整費充当計画 委員会設置に向けた特命教授の雇用	←									→
研究費及び旅費	←									→
若手研究者の雇用と留学費用	←									→
実レベルの発酵装置及び反応装置の試作			←							→

10. 諮問委員会

委員	所属
(研究実施者) ○近藤 昭彦 吉田 健一 芦田 均 松山 秀人 三輪 俊明	(拠点長) 科学技術イノベーション研究科 教授 (副拠点長) 科学技術イノベーション研究科 教授 (開発・知財委員会・委員長) 農学研究科 教授 (融合領域人材育成委員会・委員長) 工学研究科 教授 (知財コーディネーター) 科学技術イノベーション研究科 非常勤講師

(外部有識者)

上野川 修一

公益財団法人日本ビフィズス菌センター 顧問(東京大学名誉教授)

小林 猛

中部大学 客員教授 (名古屋大学名誉教授)

清水 昌

一般財団法人バイオインダストリー協会代表理事会長 (京都大学名誉教授)

篠崎 一雄

理化学研究所 環境資源科学研究センター長

新名 惇彦

奈良先端科学技術大学院大学 教授

Colin Webb

Professor, The University of Manchester, Department of Chemical Engineering and Analytical Science (England)

Pierre Monsan

Professor, Department Genie Biochimique et Alimentaire ERA CNRS 879, INSA (France)

Virendra S. Bisaria

Professor, Department of Biochemical Engineering and Biotechnology, Indian Institute of Technology Delhi (India)

Johan Schnurer

Professor, Swedish University of Agricultural Sciences (Sweden)