

## 次世代を担う革新的なバイオマス生産・利活用技術の（農学学際）研究開発

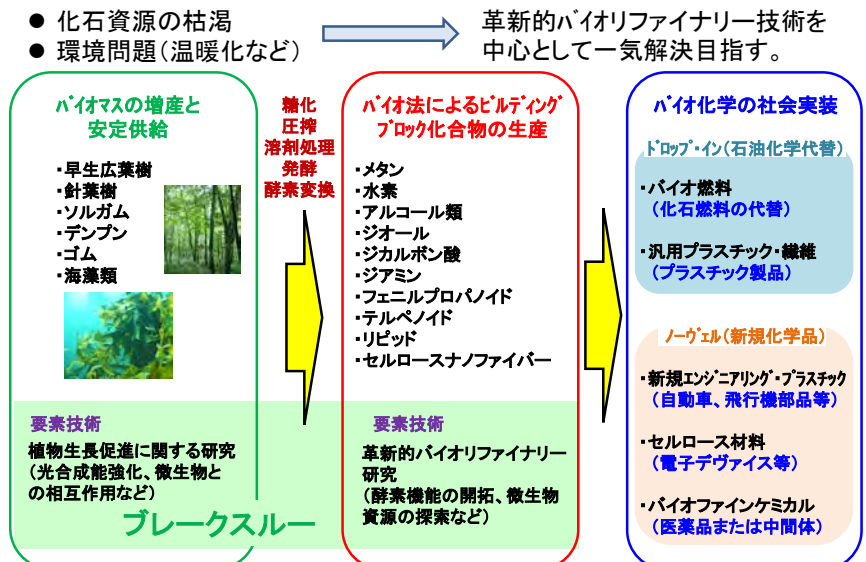
### ① 計画の概要

温室効果ガスの削減は世界規模の課題であり、石油資源依存のエネルギー・化成品からの脱却は課題解決策のひとつといえる。二酸化炭素は代表的な温室効果ガスであり、植物は光合成によりそれらを炭酸固定によりバイオマス資源を生み出す。食糧として利用されるバイオマス以外に非可食性のバイオマスも世界の地域によっては余剰存在する。これらバイオマス資源をバイオテクノロジー技術、特に微生物や酵素を利用してこれまでの化成品の代替材料あるいは新規機能性有機体へと変換できれば、環境・食糧・エネルギー分野におけるインパクトのある基盤技術に成り得る。このための大きな柱として、1) バイオマス資源の増産・開発、2) バイオリファイナリー技術およびターゲットの革新が挙げられる特に、これまで着目されている研究にとらわれず、15～30年後を見据えた萌芽的なアイデアに基づく研究や、既存の研究ではカバーしきれないニッチ分野や革新的な発想に基づく新シーズを生む可能性を秘めたチャレンジングな研究が重要である。「バイオマス増産・開発」研究拠点では、日本の気候に適したバイオマスの増産と世界的に活用が望まれる未利用バイオマスの活用について基盤研究を行う。「革新的なバイオオリファイナリー技術開発」研究拠点では、新規バイオ燃料の開発とバイオマスを活用した新規機能性素材の開発研究を行う。二酸化炭素の削減と資源化に関わる研究は学際分野であり、環境負荷の低減に資するバイオオリファイナリー技術を開発するには、農学、工学、理学分野の研究者や社会性評価（LCAなど）分野からの取り組みが不可欠である。本計画では、上記の2拠点を連動させることによって、これらを分野横断的に連携させ融合を推進する。

### ② 学術的な意義

バイオマス増産に関わる研究は植物の生命原理を分子レベルで解明されなければ達成できない課題である。バイオマス増産に関わる植物の生長、光合成、環境ストレス、貯蔵などの分子機構の解明は、極めて高い学術的な意義をもつと考えられる。一部の植物群で根圏における微生物との共生は知られているが、実際には根圏や葉面などにおいてすべての植物が微生物と相互作用をなしていると考えられる。植物と微生物間の情報伝達機構が解明されれば、バイオマス増産につながることを期待される。また、細胞壁の機能改変によるバイオマス易糖化性植物の開発、未利用な光合成微生物や海藻などのバイオマス化などは、バイオマス増産とバイオマス資源の多角化にとって重要であり、これらのバイオマスを生産するバイオオリファイナリーに活用することも重要である。バイオマス増産研究で得られる成果はさまざま作物への応用が期待されることから、農業や食品分野だけでなく、人への健康にも重要な意義をもつ。

一方、バイオマスの材料化においては、従来型のバイオオリファイナリー手法をさらに拡充することも重要であるが、学術的には酵素の高機能化や代謝工学分野の高い壁の乗り越えなくてはならないと予想される。酵素の高機能化には、従来のスクリーニングや変異導入だけでなく、メタゲノム解析やプロテオーム解析、休眠遺伝子活用などさまざまなアプローチが必要となる。代謝工学分野においては、近年注目されている人工ヌクレアーゼを活用した精密な代謝制御による組換え株による高効率変換を積極的に取り入れることも重要となる。農学、工学、理学分野独自の発想を融合し、世界的に進められているバイオマス利用によるバイオオリファイナリーを支える基礎基盤研究の成果は学術的には極めて高いといえる。ここで得られる成果は、汎用化成品や機能性材料を生み出す工学分野へ波及するだけでなく、環境負荷の小さい革新的技術となる。



### ③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

バイオオリファイナリーによるバイオエタノール生産は、既に一部の国外で実用化に至っており、近年では、燃焼効率の高い新たな有機酸の生産研究が取り組まれている。アメリカの EBI やベルギーの VIB などの研究機関では環境問題やエネルギー問題に多額の研究費を投じて問題解決に取り組んでいるのに対して、日本では個々の研究組織が独自性を有し連携が不十分であった。国内では、農学部(発酵・食・バイオ)、理学部(植物、基礎研究)、工学部(プロセス工学)が個々に当該分野の研究を行い、分野間の情報は寸断されている。国内学会では、日本農芸化学会や生物工学会にバイオマス増産やバイオオリファイナリーに関わる研究者が延べ1,000人以上所属し、当該研究分野のイノベーション上の重要な役割を担う。個別研究による我が

国のバイオリファイナリー分野の体制は世界に大きく遅れをとっており、日本の資源（早生広葉樹や海藻、メタンハイドレードなど）を活用したバイオリファイナリーによる新規バイオ素材（バイオ芳香族化合物、ナノセルロース、バイオコンポジット材料など）を国内で一貫して行うことは国策として重要であると考えられる。

#### ④ 実施機関と実施体制

中心実施機関：東京大学、筑波大学、京都大学、東京工業大学、名古屋大学、北海道大学、神戸大学、奈良先端科学技術大学院大学、富山県立大学理化学研究所、産業総合技術研究所、徳島大学。拠点となる革新的バイオマス利活用研究開発センターは東京大学大学院農学生命科学研究科に設置し、バイオマス増産開発センターは筑波大学生命環境科学研究科に設置する。東京大学大学院農学生命科学研究科では、酵素、遺伝子組換え、プロテオーム解析、ゲノム編集など多様な技術と実績があり、バイオリファイナリー研究も活発に行われている。また、筑波大学生命環境科学研究科では植物の生長促進、植物-微生物相互作用などに関わる研究も実施されていることや、植物培養に充てる土地も確保でき、東京大学とも近接していることから密なネットワークが実現できる。

各研究機関の部局名は以下の通りである。東京大学：大学院農学生命科学研究科、生物生産工学研究センター；筑波大学：生命環境科学研究科；京都大学：工学及び農学研究科；東京工業大学：資源化学研究所；名古屋大学：生命農学研究科；北海道大学：農学研究科；神戸大学：科学技術イノベーション、農学及び工学研究科；奈良先端科学技術大学院大学：バイオサイエンス研究科；富山県立大学：工学部；理化学研究所 BRC：バイオリソースセンター；産業総合技術研究所；徳島大学：生物資源産業学部

#### ⑤ 所要経費

総経費 159 億円（以下(1)～(5)の総計）

(1) 2 拠点 建設費 60 億円： ・革新的バイオマス利活用研究開発センターの建設 35 億円（内訳）6 階建て実験棟（鉄骨、延床面積 5,000㎡）（東京大学）； ・バイオマス増産開発センターの建設 25 億円（内訳）6 階建て実験棟（鉄骨、延床面積 5,000㎡）植物培養施設（ハウス、10,000㎡）（筑波大学）；(2) 開発設備・備品 35 億円（内訳）植物培養システム（照明機器他）5 億円；機能解析装置（精密分析装置他）20 億円；バイオテクノロジー関連機器（ゲノム解析機器他）10 億円；(3) 人件費 27 億円（内訳）特任教員（研究推進、拠点運営、若手育成）（30 名 x10 年）18 億円；研究員（研究推進）（20 名 x10 年）8 億円；技術職員（機器の管理）（3 名 x10 年）1 億円；(4) 消耗品費 36 億円（内訳）拠点研究推進費（2 億円 x10 年）20 億円；ネットワーク研究推進費（1.6 億円 x10 年）16 億円；(5) その他 2 億円（内訳）拠点運営経費など（0.1 億円 x10 年）

#### ⑥ 年次計画

##### 1. 研究推進

各拠点をコアとして、バイオマス増産、新規バイオマス利用性の開拓、新規バイオ燃料の開発、機能性素材の開発と評価に関わる研究を以下の計画で行う。

2020 年度-2029 年度：「バイオマス増産・開発」拠点では、(1) 植物光合成能の強化；(2) 植物・微生物複合系の解明；(3) 大型藻類の生長促進（非可食大型藻類含む）；(4) 光合成微生物機能の解明（微細藻類を含む）；(5) 新たなバイオマスの開拓；(6) 植物構成ポリマーの活用（リグニン含む）、に関する研究開発を行う。「革新的バイオリファイナリー技術開発」研究拠点では、(1) 新規バイオ燃料の開発（メタン、水素、燃料電池等）；(2) 機能性素材の開発（エンブレラ化成品、機能性材料など）；(3) バイオマスの効率的変換技術の開発；(4) 機能性素材の物性評価；(5) バイオプロセスに関わる酵素群の諸性質解明、に関する研究開発を行う。

2023 年度-2029 年度：両拠点の成果を融合し得られた新規素材を実験的にさまざまな研究機関や企業に提供し、用途開発を共同で推進する。上記の研究によって、バイオマス増産、温室効果ガス削減、新規素材開発が達成され、環境保全と経済の活性化に大きく貢献する。

##### 2. ネットワーク構築推進

すべての研究者が 2 拠点での研究成果や進捗状況を詳細に把握できるようなシステムの開発を行う。

2020 年度-2029 年度：(1) 革新的バイオマス利活用研究開発センターとバイオマス増産開発センターの設置準備・建設；(2) ネットワーク事務局の設置；(3) 研究設備の導入；(4) 共同研究体制の構築・教員研究員の配置支援；2023 年度-2029 年度：(5) 国際協力体制の構築；(6) 共同研究推進；(7) 評価体制の構築

#### ⑦ 社会的価値

世界規模で温室効果ガスの排出削減に向けた動きが求められている。石油に依存したエネルギー供給・化成品合成分野において、一部でも環境負荷の小さいシステムが利用されれば温室効果ガスの排出削減に貢献できることが期待される。植物は光合成により炭酸固定するだけでなく、エネルギー・食糧としてこれまで利用されている。当該研究で取り組むバイオマス増産とそれを利用したバイオリファイナリーによる食糧・エネルギー・化成品・医薬品の生産に向けた研究は人類の生活を大いに支える重要な基盤研究といえる。革新的な素材開発や新規バイオ燃料の活用や生産を達成することは、得られる成果が工業や医療の分野に応用されることから知的価値が高く、経済的・産業的波及効果も極めて大きいといえる。環境負荷の小さい資源の活用と産業の活性化という点で国民の理解を得ることができると予想される。

#### ⑧ 本計画に関する連絡先

吉田 稔（公益社団法人 日本農芸化学会）