グリーンイノベーション基金事業

「食料・農林水産業の CO_2 等削減・吸収技術の開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画

令和４年８月 18 日

農林水産省

農林水産技術会議事務局

林野庁

水産庁

目次

1. 背景・目的……3

2. 目標……11

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援……21

4. 実施スケジュール……30

5. 予算……36

1. 背景・目的

- 農林水産業・食品産業に期待される役割と課題解決の方向性
  - 農林水産業・食品産業は、国民に良質な食料を安定供給すると同時に、農地や森林、海洋の適切な管理・保全により、大気や水源の涵養を促し、生物多様性を保全するなどの多面的な役割が期待されている。
  - しかしながら、昨今、化学肥料・農薬の多投等により、世界的に農地土壌の劣化や地下水の汚染・枯渇化が進行し、農地・家畜に由来する一酸化二窒素（N_2O）やメタン（CH_4）の大量放出[1]、森林・海洋資源の乱開発等も深刻化するなど、正にプラネタリー・バウンダリー[2]（地球の限界）が迫りつつあることへの危機感が世界的に高まりをみせている。
  - また、2050 年には世界人口が 1.3 倍（2019 年比）[3]に増加し、今後、大幅な食料の増産が不可避となる中で、食料生産による環境負荷を引き下げ、農地や森林、海洋が果たすCO_2等の吸収・固定能力を最大限に高めることが、食料の増産及び地球環境保全の両面において喫緊の課題となっている。
  - こうした状況を踏まえ、農林水産省では、2021 年５月に食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現するため「みどりの食料システム戦略」を策定した。農地及び森林等が吸収・固定する温室効果ガス（GHG）は、年間 4,450 万トン（2020 年度）にも達することから、本戦略では、食料・農林水産分野における 2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、これらの吸収源対策を一層強化するため、バイオ炭による農地炭素貯留、高層木造建築物の拡大、海藻類による CO_2固定化（ブルーカーボン）等の技術に係る研究開発及びその社会実装を加速化すること等の方針を明らかにしたところである。
  - さらに、2022 年４月には、「みどりの食料システム法（環境と調和のとれた食料システムの確立のための環境負荷低減事業活動の促進等に関する法律（令和４年法律第 37 号））が可決、成立し、同年７月に施行された。本法律に規定する基本理念や国が講ずべき施策に基づき、国は必要な技術開発等を推進するとともに、「見える化」を始め、消費者の行動変容を促す施策を総合的に講ずることとしている。

- 本プロジェクトを取りまく現状と課題解決の具体的な方策
  - 本プロジェクトでは、特に、農林水産業に期待される CO_2等の吸収・固定技術を中心に、将来の成長産業の創出につながるインパクトの大きな課題を対象として、これまでの発想や技術

---

[1] 世界の温室効果ガス（GHG）排出量の 23%は、農業・林業・その他の土地利用に由来する。また、我が国では、全 GHG 排出量の 4.4%（年間約 5,084 万トン、2020 年度）が農林水産分野に由来し、CO_2 が約 37%、メタン（CH_4）が約 44%（CO_2 換算相当）、一酸化二窒素（N_2O）が約 19%（同左）を占める。

[2] 地球上で人間が安全に生存できる限界を表す概念であり、2009 年ストックホルムレジリエンスセンターのヨハン＝ロックストロームら環境科学者グループが考案。

[3] United Nations Department of Economic and Social Affairs PopulationDynamics https://population.un.org/wpp2019/

的な限界を打ち破るような野心的な研究開発を重点的に推進する。

- また、そのような野心的な研究開発の中には、未だ技術的な成熟度が低く、現状では民間主導による研究開発・社会実装の推進が困難な課題も存在するため、他の関連する研究開発プロジェクト（内閣府ムーンショット型研究開発制度[4]等）の活用や分担・連携を図りつつ、今後、それら関連プロジェクトで得られた研究成果等の取り込みも視野に、適宜、本プロジェクトにおける研究開発内容の見直し・追加を行うこととする。
- 以上の考え方に基づき、当面重点的に推進すべき課題等を以下のとおり整理した。

＜農地炭素貯留の推進＞

- 世界的に農地土壌の劣悪化が進行する中で、欧米では土壌の肥沃度や健全性を取り戻し、農業活動による炭素固定能力を高める対策が重視されつつある。

  米国では、2020 年 2 月、農務省が「農業イノベーションアジェンダ」を発表し、2050 年までに土壌の健全性と農業における炭素貯留を強化し、農業部門の現行カーボンフットプリントを純減させるとの方針を示している[5]。また、EU では、2021 年からの 7 カ年の科学技術プログラム「Horizon Europe」（投資予定総額 955 億ユーロ）において、「健康な土壌・食料」の実現に向けた挑戦的な研究開発を強化することとしている[6]。さらに、フランスでは、農地炭素貯留を推進する「４パーミルイニシアティブ」構想を提唱している[7]。
- 土壌の肥沃度や健全性を高める取組としては堆肥の利用があり、堆肥は、土壌中の有機物含有量を高め、土壌の物理構造を改善させたり、肥料として農作物の生育を活性化させることができるが、地域によって調達が難しく、実際には多くの農地で実践できていない現状にある。
- こうした中で、最近、もみ殻等の有機物資源を炭化させ、保管や輸送性を高めたバイオ炭を投入する取組がいくつかの自治体で開始され、2020 年からは国の Ｊ－クレジット制度の対象に加えられた[8]。また、農林水産省の環境保全型農業直接支払交付金では、一部府県の地域特認取組として、化学肥料・化学合成農薬を原則 5 割低減する取組と合わせて行う「炭の投入」の取組を支援している[9]。

  バイオ炭に関しては、全世界的に注目を集めており、特に 2000 年代には、バイオ炭の農業利用に関する学術論文は 2010 年の 100 編程度から 2021 年には 17,000 編にも達している。バイオ炭には、土壌炭素貯留による気候変動緩和の効果とともに、農地施用による土

---

[4] https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/gaiyo.pdf

[5] https://www.usda.gov/aia

[6] https://ec.europa.eu/info/horizon-europe_en

[7] 仮に農地の炭素貯留量を年間 0.4%ずつ増やすことができれば、大気中に放出される CO_2 の純増分（年間約 140 億トン）を相殺することができるとの考え方。（https://www.nature.com/articles/d41586-017-09010-w）

[8] 農林水産省「バイオ炭の施用量上限の目安について」：https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/biochar01.html

[9] https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/kakyou_chokubarai/mainp.html

壌の物理構造の改善効果やそれに付随してメタン等の排出削減効果が知られているが、肥料としての効果はなく、作物の生育促進等を図るためには他の資材との併用が必要となる。また、バイオ炭の原料は、基本的に同国内で調達されるため海外情勢による価格変動のリスクは少ないが、原料となるバイオマスによって幅があり、国際的にみて痩せた土壌で農業をする貧しい国のほとんどでは、バイオ炭の導入は難しいとされている。今後、バイオ炭を活用した農地への炭素貯留を推進するためには、新たに微生物機能を付与するなどして農作物生産における収量性を高め、バイオ炭を施用するコストに見合うだけの収入の増加が見込まれる技術体系を確立する必要がある。

- また、生産者の農地炭素貯留等の活動にインセンティブを与えるため、バイオ炭を含む農地炭素貯留の取組によって生産された農産物の「環境価値」を評価する指標を確立することも必要である。なお、他の施策により、それらを消費者に効果的に伝達し、価値に見合った取引を推進するための流通システムを構築するなど、消費者と関連事業者が共に支え合う食料システムを、世界に先駆けて確立することとしている。
- 世界では、オーストラリアやドイツ、フィンランド等の企業においても、農業や林業の廃棄物等のバイオマスを原料とするバイオ炭製造装置等が製造・販売されており、いずれの国でもバイオ炭は、炭素貯留効果のほか、土壌の健康増進や廃水のろ過など環境負荷低減の観点からも評価されている。また、有機農業の盛んな地域では、バイオステュミラントのような農業資材も注目されており、その市場は、年間平均成長率（CAGR）10%以上で成長を続けている。植物は高温障害や乾燥などに代表される環境ストレスによりダメージを受けており、甚大な減収に至る事例は少なくない。バイオスティミュラントは植物、根圏等に作用することで、これらのストレスを軽減し植物の健全な生育に寄与し、結果として減収を抑える（収量向上）ことが期待される資材である。本資材は、肥料・農薬と同様に生育促進による CO_2 吸収促進には関与するが、生分解性であるため CO_2 貯留への寄与は期待できない。その意味で、CO_2 貯留に大きく寄与するバイオ炭や炭素固定効果が高い有機物（以下、「バイオ炭等」という。）に微生物機能を付与するなどして農作物の収量や品質がより高まる「高機能バイオ炭等(いわゆる「人工土壌」)」の開発は日本の優位性を確保するうえでも必要である。
- 今後の国際競争や海外展開にあたっては、海外企業の動向を把握するとともに、技術開発と並行して早い段階で国際標準化に向けた議論を進める必要がある。なお、市場としては、農地炭素貯留の推進機運が高い欧米や、農作物の主要な販路が輸出であるアジア地域の生産者が想定されるプロジェクトに参加する企業や研究機関等との連携のもと、本プロジェクトでの成果を活用し、バイオ炭高機能化のための微生物の選定、高機能バイオ炭等の効率生産、施用のための栽培技術体系の確立までの技術をパッケージとして、現地にあわせた形で迅速に提供する仕組みの構築が必要である。特に輸出を主体とする生産者に対しては、今後、サプライチェーンにおいて、環境に配慮した農法であることやその証明を求められることが想定されるため、上記技術パッケージとカーボンクレジットの方法論とをセットで提供する仕組みの構築が不可欠である。

- なお、高機能バイオ炭等の普及には、未利用バイオマス資源の調達が最も重要であり、現地で環境負荷を与えず調達可能な未利用バイオマス資源を確保できるかが課題である。

＜森林吸収量の回復と HWP の増加のための新たな木材需要の創出＞

- 我が国の 2019 年の森林吸収量は約 4,290 万 CO_2トン（このうち伐採木材製品（HWP[10]）は約 379 万 CO_2トン）であり、吸収量全体の 9 割以上を森林が直接的に吸収しているが、人工林の高齢化によって森林吸収量は年々減少傾向にある。これを反映して、2016 年 5 月の地球温暖化対策計画においては、2030 年の森林吸収量の目標値は 2,780 万トン（このうち HWP は 560 万トン）となっていたが、2021 年 10 月に閣議決定された現行の地球温暖化対策計画では、再造林の推進や木材利用の拡大等の追加的な活動を見込み、同目標値が 3,800 万トン（このうち HWP は 680 万トン）に引き上げられている。
- 2021 年 6 月に閣議決定された森林・林業基本計画においても、「カーボンニュートラル実現への貢献」を政府が講ずべき施策の一つとして掲げ、年間の国産材供給量（丸太材積）を現在の 3,100 万 m^3 から 2030 年に 4,200 万 m^3 まで増加させることを目標としている。国産材供給量の増加を通じ、主伐後の確実な再造林、人工林の若返りによって森林吸収量を回復するとともに、国産材の有効活用により、HWP による炭素貯蔵量の増加を図ることが必要となっている。この際、特に建築物など貯蔵期間の長い用途での木材利用を図ることが重要である。
- 国産材の多くは建築用の製材・合板等として使用されているが、住宅ストックの充実が進み、また戸建住宅はもともと木造率が 9 割以上であることから、国産材需要の拡大を図るには、木造率が低い共同住宅や非住宅分野（オフィスビル、商業施設等）への国産材の利用を促進することが最も効果的である。2010 年の公共建築物等木材利用促進法を受け、新築の公共建築物の木造率は 1 割を上回るようになり、特に 3 階建以下では 3 割弱にまでに上昇した。2021 年 10 月に施行された改正木材利用促進法では、脱炭素社会の実現に資するため、公共建築物に加えて民間建築物においても政府一体となって木材利用の促進を図ることが明記されている。近年、大手ディベロッパーやスーパーゼネコンによるものも含め、木造のオフィスビル、マンション、ホテル等が計画、着工、竣工されたという報道が目立つようになってきており、2021～2023 年非住宅木造の新築床面積は、前年比 2%程度で増加するとの予測もある [11]。部材調達の効率化、設計手法の普及等により、さらに本格的な建築物の木造化が進むと見込まれる。高層建築物を含む非住宅分野の木造化等により、森林・林業基本計画に掲げられた供給量目標に応じ、国産材の年間需要量を現在より 1,100 万 m^3 増加さ

[10]「Harvested Wood Products」の略。京都議定書第二約束期間以降、搬出後の木材における炭素量の変化を温室効果ガス吸収量又は排出量として計上することができる。HWP の算定ルールが適用されるのは、国内の森林のうち「森林経営」を行っている育成林から生産された「製材」、「木質パネル」、「紙」。

[11] 矢野経済研究所：https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2669

せることは、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて設定された、2030 年森林吸収量目標の達成にとって欠くことのできない最重要課題である。

- なお、輸出した国産材製品は我が国の HWP に計上できることから、国産材の輸出促進も重要な施策の一つである。 我が国の丸太、製品を含めた木材輸出額は、中国等における木材需要の増加及び韓国でのヒノキ人気の高まり等を背景に、2001 年の 73 億円から 2020 年には 357 億円と増加傾向にある。 政府は、農林水産物・食品の輸出額を 2030 年に 5 兆円にする目標を掲げており、このうち林産物は同年に 1,660 億円を目標としている。輸出重点品目である製材、合板をはじめ、現状で輸出の 5 割を占める丸太よりも付加価値が高く、競争力のある木材製品の輸出拡大が求められている。直交集成板の世界市場規模が 2021 年から 2028 年にかけて年平均成長率 13.6%で拡大するとの予測もあり [12]、直交集成板に限らず、世界的な木造ビルの普及に伴う、付加価値の高い大断面部材の輸出市場拡大が見込まれる。

＜ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発＞

- 農地土壌や森林に続く CO_2吸収源として、海洋生態系が吸収する炭素であるブルーカーボンについて、2009 年に UNEP(国連環境計画)、FAO（国連食糧農業機関）等がその重要性を訴える文書を共同で発表し、国際的な関心が集まっているが、ブルーカーボン生態系の一つである藻場等は衰退や減少の懸念が国内だけでなくヨーロッパ、北米、オーストラリアなど世界各地から報告されている。その原因のひとつに、地球温暖化に伴う海水温の上昇による海藻の生育環境の悪化が考えられることから、藻場の回復のためには、従前の藻場の保全技術に加えて、新たな取組が必要となる。
- 我が国においては、水産資源の維持・増大に重要な役割を有する藻場の回復のため、各地の実情を踏まえた藻場の保全・創造対策を推進するための基本的な考え方をまとめた「藻場・干潟ビジョン」を 2016 年に策定しているほか、具体的な保全対策をまとめた「磯焼け対策ガイドライン」を 2021 年 3 月に公表している。これらは、藻場造成に取り組む地方公共団体や漁業者等を対象としたものである。それらを基に各地において藻場回復のための取組が進められているが、藻場の衰退に歯止めがかからない状況にある。
- こうした状況を踏まえ、効果的に藻場を回復させるための方策として、品種改良種の導入等により自然環境に攪乱をもたらすことがないよう配慮しつつ、海域環境に適した海藻種を選択した上で、植食動物による食害や台風等による被害を防止しやすい漁港において、母藻を効率的に生育させ、さらにそこから周辺海域に海藻を効率的に移植させるための、海藻の着生、生育促進機能を持たせた基盤ブロック等のハードウェア技術を活用した「海藻育成システム」の構築が考えられる。こうした技術開発は、藻場造成に係る既存の特許等とは、海藻の成長促進、全国を視野に入れた多様な海藻種への適用、短期間で広い海域の藻場を回復させる展開

[12] Grand View Research, Inc. : https://www.gii.co.jp/report/grvi1042921-cross-laminated-timber-market-size-share-trends.html

力の発揮を総合的に実現するといった点で大きく異なり、世界にも例を見ない技術である。

- このシステムが構築されれば、藻場減少の流れを止め、藻場を成育の場とする水産資源の増大のメリットを活用した自立的な藻場創造につながり、カーボンニュートラルを目指す世界的な流れとともに、世界的な過剰漁獲が指摘されている水産資源の維持・回復が求められている中で、CO_2 吸収と水産資源の維持・増大効果が見込まれるこの技術に対する世界的な需要が高まるものと考えられる。国内のみならず、海外においても漁場環境保全と漁業経営の安定を両立させながら、ブルーカーボンの CO_2吸収機能を維持・増大させる好循環が期待される。また、温暖化による自然災害の深刻さが増す中で、防波堤や護岸等の強化が世界的にも進むことが考えられる。その際に本技術を活用したブロックを使用することにより、防災とともに CO_2 吸収の促進と水産資源の維持・増大といった付加価値を持たせることが可能となることから、そうした面でも本技術に対する市場価値が高まることが見込まれる。これをより確実な市場の拡大に繋げるためにも、本プロジェクトで開発した技術による藻場回復の成功事例を農林水産省が主体となり各国へ紹介するとともに、ODA での活用を含め当該技術の世界的な展開を図ることが必要である。

- 関連基金プロジェクトと既存事業
  - 既存事業
    - ○ 内閣府ムーンショット型研究開発制度において、農地土壌及び家畜に由来するメタン（CH_4）・一酸化二窒素（N_2O）削減プロジェクトを実施。土壌微生物機能・動態解析技術の研究は先進しているところであり、これらの知見も活かしつつ、本プロジェクトでは、肥料成分の供給や生育促進等を助ける有用微生物の機能を付加した高機能バイオ炭等を開発し、バイオ炭等の施用農法の収量性改善を目指す。
    - ○ 森林・木材に関しては、以下の予算事業等を通じて CLT・LVL の木造建築の部材開発、スギ・ヒノキ等の第 2 世代の品種開発等を実施してきた。

      本プロジェクトでは、これらの成果も踏まえ、高層建築物等の木造化に資する新部材等の開発を実現することとする。
    - ○ ブルーカーボン生態系である藻場の保全・創造に関しては、以下に掲げる水産基盤整備事業及び水産多面的機能発揮事業により、ハード、ソフト面からの補助及び支援を行ってきたところである。

      一方、本プロジェクトは、これまで得られた知見を活用しつつ、民間事業者が主体となり海藻育成システムの開発に取り組むものであり、漁港整備や漁場造成にノウハウのある民間事業者の土木技術等をベースに、海水温等の海洋環境の変化を踏まえつつ、海藻の着生や生育を促進する機能を付加した資材を開発することにより、効率的な藻場再生を実現する汎用性のあるシステム開発を目指すものである。

【予算事業】

＜バイオ炭等による農地炭素貯留等＞

○ 内閣府ムーンショット型研究開発制度[13]（2021 年度予算額 10.8 億円）

○ 農林水産研究推進事業（委託プロジェクト研究）[14]（2021 年度予算額 1.7 億円）

＜森林吸収量の回復と HWP の増加のための新たな木材需要の創出＞

○令和元年度補正事業「木質新素材による新産業創出事業」[15]

＜ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発＞

○ 水産基盤整備事業[16]（2021 年度予算額 726 億円の内数）：藻場の造成も事業対象 とするハード事業

○ 水産多面的機能発揮事業[17]（2021 年度予算額 18 億円の内数）：漁業者等による藻場回復のための取組も補助対象とするソフト事業

● グリーン成長戦略の実行計画における記載（抜粋）

（９）食料・農林水産業

② CO_2吸収・固定

＜現状と課題＞

我が国の CO_2吸収量のうち、93%（2019 年度実績）を占める森林は、吸収源として地球温暖化防止に貢献している。また、森林から生産される木材は、炭素を長期的に貯蔵することに加えて、製造時等のエネルギー消費が比較的少ない資材であるとともに、エネルギー利用により化石燃料を代替することから、CO_2排出削減にも寄与する。

森林・木材による吸収や排出削減の効果を最大限発揮するため、利用期を迎え、高齢級化に伴い吸収量が減少傾向にある人工林について、「伐って、使って、植える」という循環利用を確立し、木材利用を拡大しつつ、成長の旺盛な若い森林を確実に造成していくことが重要である。その際、高層建築物等の木造化や木質系新素材の開発など、大量の炭素を長期間貯蔵する木材利用技術を開発・実装する必要があるとともに、林業者等にとって費用や労力の負担が大きい主伐後の再造林について、新たな技術を取り入れ、省力化・低コスト化を進めていくことが必要である。

また、近年、農地が果たす炭素貯留効果にも大きな期待が寄せられている。農作物等の CO_2 固定能力を高め、農作物残渣やバイオ炭等の形で積極的に地中に投入することにより、農地が果たす炭素貯留効果を高め、あわせて土壌の肥沃度を回復させようとする取組が各地で始まっている。特に、バイオ炭については、2019 年改良版 IPCC ガイドラインに「バイオ炭施用による農地・草地

[13] https://www.microbe-soil.sci.waseda.ac.jp/

[14] https://www.affrc.maff.go.jp/docs/project/pdf/jisseki/2020/seika2020-10.pdf

[15] https://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/yosankesan/attach/pdf/2kettei-6.pdf

[16] https://www.maff.go.jp/j/budget/pdf/r3kettei_pr86.pdf

[17] https://www.maff.go.jp/j/budget/pdf/r3kettei_pr89.pdf

土壌での炭素貯留効果の算定方法」が新規に追加され、2020 年の条約インベントリより農業用途の木炭等生産量を用いて報告を実施したことを受け、我が国で J-クレジット制度におけるバイオ炭の農地施用の方法論が策定されたところである。我が国の農地面積は 437 万 ha と広大であることから、バイオ炭の投入による炭素貯留など、炭素吸収源としての農地は極めて高いポテンシャルを持つと言える。今後は、研究開発、ブレークスルー技術の確立等を通じて、この能力を最大限引き出していくことが必要となる。

ブルーカーボン（海洋生態系による炭素貯留）については、吸収源としての大きなポテンシャルが期待されており、2013 年に追加作成された IPCC 湿地ガイドラインには含まれていない海藻藻場を対象として、藻場タイプ別の CO_2吸収量評価手法の開発を進めている。また、藻場・干潟の造成・再生・保全技術の開発を実施中である。

＜今後の取組＞

2050 年カーボンニュートラルの実現には、ゼロエミッション化が困難な排出源をカバーするネガティブエミッションが不可欠であり、森林及び木材・農地・海洋における炭素の長期・大量貯蔵を実現する必要がある。

また、木材利用については、建築物の木造化や暮らしの木質化を図るとともに、高層建築物等の木造化に資する木質建築部材の開発・工法の標準化等を図り、2040 年までに高層木造の技術の確立を目指すことに加え、改質リグニン・CNF 等の新素材の幅広い利用やそれに続く木質由来新素材等の開発・実用化等を進め、木材による炭素の長期・大量貯蔵を図る。

農地における炭素貯留については、バイオ炭の高機能化を図り、炭素貯留効果と土壌改良効果を併せ持つ新しいバイオ炭資材等の開発やバイオ炭規格の整備を進めるとともに、土壌中に残留する有機物の分解制御技術を開発する。あわせて、農地への炭素貯留を効率的かつ効果的に行うため、土壌中の有機物含有量や肥沃度を自動計測し、高機能化したバイオ炭等を精密に施用することができるスマート農機を開発し、炭素貯留量の増大と肥沃度の向上の両立を図る。また、CO_2固定能力の高い農作物の開発に向けたバイオデータ基盤の整備を行う。このほか、もみ殻ガス化発電システムを開発し、地域バイオマス由来のバイオ炭を活用した持続的かつ高付加価値の営農モデルの確立を目指す。

ブルーカーボンについては、2023 年度までに海藻藻場による CO_2の吸収・貯留量の計測方法を確立し、国連気候変動枠組条約等への反映を目指すとともに、産・官・学による藻場・干潟の造成・再生・保全の一層の取組を推進する。このことは、沿岸域での生物多様性の回復にも寄与する。

2. 目標

- アウトプット
  - 研究開発の目標
    1. 全国各地で生産者が農地炭素貯留に取り組み得るよう、2030 年までに農作物の収量性が概ね 2 割程度向上する高機能バイオ炭等を開発することにより、農地 1 ha 当たり年間 3 トン程度（バイオ炭量換算で 1.9 トン/ha 程度）の CO_2を持続的に農地炭素貯留できる営農技術及び農地炭素貯留の取組によって生産された農産物の「環境価値」を客観的に評価する手法を確立する。
    2. 2030 年までに、国産材を原料として支点間距離 8m、耐火 2 時間の等方性大断面部材を開発し、10 万円/m^3 以内で製造する技術を確立するとともに、開発した部材の日本農林規格（案）と、開発した部材を用いた一般的設計法の案を提示する。
    3. ブルーカーボン推進のため、2030 年までに栄養塩を溶出し 10～18N/mm^2の強度（従来からの一般的なブロック強度範囲）を有する基盤ブロック、従来の 1 / 4 の 5kg 程度の海藻移植用カートリッジを開発し、広域な藻場の造成と回復を実現する海藻供給システムを構築する。

（目標設定の考え方）

1. 賦存資源によるバイオ炭の CO_2固定ポテンシャル量は、別表のとおり年間約 1,432 万トンと推計される。全国の農地約 440 万 ha を対象に、高機能バイオ炭等の施用により、生産性向上・生産環境の保持を図り、1ha 当たり平均 3 トン程度（バイオ炭量として平均 1.9 トン程度 [18]）の CO_2を固定できる営農技術の確立を目指す。また、農地炭素貯留の取組によって生産された農産物の環境価値（CO_2固定量等）を客観的に評価する指標を確立することにより、生産者がバイオ炭等の農地施用など、農地炭素貯留に主体的に取り組むための条件を整備する。
2. 我が国の人工林の若返りに寄与し、また HWP に計上可能な国産材を原料とすることを必須条件とし、オフィス、商業施設等に必要な寸法及び構造性能、建築法令に基づく耐火性能の目標を設定した。製造コストの目標は、高層建築物等への幅広い普及を目指した水準に設定した。木造ビルの普及には部材開発と同時に、設計・施工方法の一般化が重要であり、社会実装に不可欠な JAS 規格案、建築基準法告示案の作成も目標として明記した。
3. 近年、地球温暖化等により世界的に藻場が減少し、ブルーカーボン（海洋生態系により貯留される炭素）による CO_2吸収源機能が減退している。そこで、漁業者が

[18] J-クレジット制度では、バイオ炭に含まれる 100 年後の炭素残存率等を基に土壌中への CO2 貯留量が算出されていることから、農作物の生産に悪影響を及ぼすことのない施用量として概ね 200 トン／ha（黒ぼく土、Yamamoto et al., 2017）の 1 ／100 相当量が毎年（連年）施用できる許容量になる。

管理する藻場の回復だけでなく、防波堤や護岸整備でも活用される技術とするため、海藻類の生育促進のための栄養塩を溶出し大型藻類が着生しても剥離しないよう10～18N/mm^{2}の強度（従来からの一般的なブロック強度範囲）を有する基盤ブロック、移植の適期を逸することなく短期間での移植が可能となるよう従来の１/４の5kg 程度にまで軽量化し移植の効率性を高めた海藻移植用カートリッジを開発し、漁港内で安定的に海藻を育成してそれを周辺海域に移植することにより、広域に藻場を回復させる海藻供給システムを開発する。

（目標達成の評価方法）

提案者の柔軟性を確保する観点から、各目標の個別の評価方法については、現時点で特定せず、その方法について考え方を示すに留め、今後案件の採択時により具体的に決定する。

1. 概ね 2027 年以降に予定される大規模営農実証等の結果を踏まえ、目標達成を評価する。具体的には、バイオ炭等１トン当たりの製造コスト、１プラント当たりの年間の製造能力、高機能バイオ炭等による農作物の単収や品質向上効果、農地炭素貯留効果等を総合的に勘案して評価を行う。
2. 試作品の寸法及び構造性能、耐火性能、実証製造ラインにおける製造コストの目標達成状況、また JAS 及び建築基準法告示の案を提示できたか否か、によって評価する。ただし、製造コストには二次加工（防腐、防耐火性付与、プレカット）は含めず、また原木や接着剤の価格等の外的因子がプロジェクト開始時に比べて大きく変動した場合は、これを考慮して目標達成状況を評価する。
3. 漁港内の海藻バンクでの母藻の生育具合とカートリッジへの海藻種苗の着生状況、カートリッジによる移植の作業性と移植した海藻の生育具合を評価し、目標達成に必要な藻場の回復・創造のための海藻育成システムが構築されたか否かを判断する。

（目標の困難性）

1. 高機能バイオ炭等の開発に当たっては、肥料成分の供給等に関わる微生物機能の付与が不可欠になるが、天然に存在する有用微生物等を広く探索・同定し、それら微生物等の固定・培養法を確立し、大量培養を行う必要がある。土壌中の有用微生物を活用して土中の有用成分を効率的に作物に吸収させたり、微生物間の拮抗作用を利用して特定の土壌病害を抑制する研究は以前から行われているが、微生物種によっては大量培養が困難で、技術が確立されていない。また、活動できる環境が限定され、条件のあった圃場でしか有用性を発揮できないといった土壌での定着性に課題があるなど、これら一連の資材化プロセスは極めて困難度が高い。また、バイオ炭に微生物を定着・機能化させる取組も過去に前例がなく、極めて

挑戦的な取組である。さらに、一般的にバイオ炭は、アルカリ性（pH8～10 程度）の性質を示すため、農作物の生育に悪影響を及ぼすことが心配されるほか、農地 1 ha 当たり年間 1.9 トン程度（CO_2 量換算で 3 トン/ha 程度）ものバイオ炭等を連年施用した場合の、農作物の生産や土壌への影響を中長期的に評価する必要があるため、農業団体等の協力を得て、様々な農作物や各地の土質の違い等に応じた実証試験を全国的に行い、それらの結果に基づき慣行の栽培技術体系を根本的に見直すリスクが生じる。こうした、いわゆる「人工土壌」の創生につながる取組は未だ海外でも前例がなく、研究開発における不確実性・リスクが存在する。

また、生産者に導入インセンティブを与えるには、バイオ炭等の施用に伴う追加的なコストを農産物の販売価格で相殺できることが必要である。農地施用に係る追加的なコストを J-クレジット制度等で補償しつつ、農地炭素貯留の取組によって生産された農産物に付加価値を与えるための評価手法の確立が不可欠であるが、これまでの CO_2 の固定量に関する評価のみならず、一酸化二窒素（N_2O）やメタンの排出削減、生物多様性への貢献など、栽培地周辺の環境への影響も勘案した総合的な「環境価値」の評価手法は世界的にも前例がない。

以上のように、本取組は、研究開発だけでなく、多くの生産者・関連事業者の協力・連携なくして実現できないリスクの高い取組であり、目標の困難性は高いと言える。

2．木材は、繊維方向とその直交方向で強度が異なり、強度の異方性を前提とした建築設計が必要である。直交集成板や合板では異方性が緩和され、中高層建築物を含めて建築用資材として活用されている。一方で、これらの資材は、積層接着後のねじれを避けるために奇数層になっているため、等方性は不完全である。
本研究項目は、新たな発想と革新的な技術開発により、等方性大断面部材を世界で初めて、高層建築物等への幅広い普及が期待できる製造コスト、寸法、性能で実現しようとするもので、上記アウトプット目標の困難性は高い。

3．藻場面積は地球温暖化等の影響によって減少傾向にあり、こうした環境変化に適応するためには、既存の藻場造成手法のみでは不十分である。このため、食害や台風等の被害を排除しやすい漁港内において、高温耐性のある海藻種等を対象に、長期にわたり育成促進効果のある基盤ブロック等を用いた藻場育成技術を開発し、育成した海藻を、カートリッジなどを用いて漁港から周辺海域へ効率的に移植し、さらにそこで藻場が形成されることが有効と考えられるが、基盤ブロックやカートリッジの技術開発においては、海域条件や海藻種に応じて、適切な栄養塩やアミノ酸等が溶出されるよう混合比率や配合調整を行うとともに、海藻が強固に固着できる表面の形状や耐久性等を確保する必要がある。しかしながら、これまでも企業レベルで製品開発の努力を続けてきたが、配合できるアミノ酸は 1 種で、微細藻類向けの製品開発

一つに止まっており、大型藻草類に適した製品開発のためには、アミノ酸等の混合による容積膨張や固化の際のコンクリート強度の低下、表面の凹凸や空隙率の調整による表面強度の低下などの技術的課題があり、機能性と耐久性を両立させる必要があるため、困難性が高い。

- アウトカム

農林水産業・食品産業のそれぞれの実情を踏まえ、本プロジェクトで得られた研究成果の社会実装の見通しや国内外の市場動向等を踏まえ、以下の考え方により算出した。

➢ CO_2削減効果（ポテンシャル推計）

A）53 万トン／年（2030 年）

【算定の考え方】

（１）バイオ炭等による農地炭素貯留に関しては、現在、温室効果ガスインベントリ調査において年間約 5,000 トンの CO_2固定量を見積もっているが、今後、J－クレジット制度等の政策支援の後押しを受け、2030 年には 100 倍程度に増加すると見込む（50 万トン）。

（２）等方性大断面部材の開発については、新たな部材を開発し 10 年以内に製造実証を行う過程において、延べ床面積 5 万 m^2 に開発した部材が活用されたと仮定すると、国産材 3 万 m^3（丸太換算）が使用され、それに相当する面積の人工林の若返りが促進される。その結果、森林吸収量が潜在的に 2.5 万トン/年回復するとともに、床材等に 8000 トンの CO_2が貯蔵されると推計される（3.3 万トン）。

（３）ブルーカーボンについては、本研究開発項目では漁港を母藻供給の核とし、その周辺に藻場を形成する海藻育成システムを開発し 10 年以内に実証を行う想定であり、そこでの藻場造成による CO_2固定量は、約 290 トンと見込まれる。

【利用したパラメータ】

（１）バイオ炭等による農地炭素貯留

① 2020 年度温室効果インベントリ調査報告[19]におけるバイオ炭の炭素貯留効果：約 5,000 トン（CO_2排出削減量相当）

② 10 年後のバイオ炭等導入見込み：現行の 100 倍

計算式：①×②＝50 万トン

（２）等方性大断面部材の開発

① 等方性大断面部材を活用する高層建築物等の新築床面積 5 万 m^2（想

[19] https://www.nies.go.jp/whatsnew/20211210/20211210.html

定）

② 床面積あたり等方性大断面部材使用量 0.3m^3 /m^2（想定）

③ 等方性大断面部材の生産量 ①×②=1.5 万 m^3

④ 容積密度 0.3 トン/m^3（想定）

⑤ 炭素含有率 0.5

⑥ CO_2換算係数 44/12

⑦ 等方性大断面部材の原木歩留り 50%（想定）

⑧ 等方性大断面部材による国産材の需要増 ③÷⑦＝3 万 m^3

⑨ 森林吸収量の引き上げ目標 3,120-2,220＝900 万トン（地球温暖化対策計画）

⑩ ⑨の達成に係る国産材供給量の増加 4,200-3,100=1,100 万 m^3（森林・林業基本計画）

計算式：森林吸収量の回復 ⑨×⑧÷⑩=2.5 万トン、建築物への貯蔵量 ③×④×⑤×⑥=0.8 万トン

（３）ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発による炭素貯留効果：約 290 トン（CO_2排出削減量相当）

①実証海域で造成される藻場面積：67.5ha

②我が国周辺藻場の単位面積当たりCO_2吸収量：4.3 CO_2/ha/年（桑江ほか 2019 による試算値）

計算式：①×②＝290 トン

B）4,661 万トン／年（2050 年）

【算定の考え方】

（１）バイオ炭等による農地炭素貯留については、農山漁村地域において利用可能なバイオマス資源量から、バイオ炭等の年間供給可能量を推計し、CO_2固定量を J-クレジットの算定式を用いて計算（別表参照、1,432 万トン）。また、バイオ炭等製造プラントの海外輸出規模を国内製造プラント建設と同規模と見込み、バイオ炭等製造プラントの海外輸出による CO_2固定量も国内の固定量と同程度と推計する（年間 1,432 万トン）。したがって、国内外での CO_2固定量は、合計年間約 2,900 万トンと見積もられる。

（２）新たな等方性大断面部材を高層建築物等の新築床面積のうち 500 万 m^2 に活用し、また新築面積が日本の 30 倍以上の中国等に向けて、国内むけと同量を輸出することで、国産材の新規需要 600 万 m^3/年（丸太換算）が創出され、人工林の若返りが促進される。その結果、491 万トン/年の森林吸収量が回復するとともに、高層建築物等に 165 万トン/年の CO_2が貯蔵されると推計される。

（３）藻場等のブルーカーボンによる現在の CO_2吸収量（約 132 万トン／年、桑江ほか

2019 による試算値）を維持するとともに、世界的に藻場の消失が懸念されるところ、本技術の海外展開により藻場の回復を図り、世界的な CO_2吸収に貢献する。したがって、国内外での CO_2吸収量は、合計年間 1,141 万トンと見積もられる。

【利用したパラメータ】

（１）バイオ炭等による農地炭素貯留

農地炭素貯留による年間 CO_2吸収量：1,432 万トン

計算式：Σ（バイオ炭供給量×炭化物炭素含有率×100 年後の炭素残存率×CO_2換算係数（44/12））

（別表）農山漁村地域に賦存するバイオマス資源量を活用したバイオ炭の CO_2吸収量の試算

	国内利用可能量（万トン）	炭化物収量（%）	バイオ炭生産量（万トン）	炭化物炭素含有率	100年後炭素残存率	CO2固定量（万トン）
木材（林地残材等）	750 1)	40 6)	300	0.77	0.89	763
竹	256 2)3)	27 7)	69	0.439		113
稲わら	751 4)	50 8)	376	0.49	0.65	439
もみ殻	200 5)	50 9)	100	0.49	0.65	117
合計	1,957		845			1,432

１）2018 年の数値「バイオマス種類別利用率の推移（R2 年農林水産省）」

２）竹林面積 16 万 ha（2012 年の数値）「竹の利活用推進に向けて（H30 年林野庁）

３）竹の乾物生産量（16 トン/ha/年）孟宗竹を 5 年ごとに皆伐した時の値「平成 22 年カーボンオフセット年賀寄附金配分事業（竹林の CO_2 吸収量を最大化する管理竹林育成及び普及啓発事業）」

４）飼料用を除く H30 年産の数値「国産稲わらをめぐる状況（農林水産省）」

５）もみ殻ガス化発電技術（農林水産省）

６）スギ材を 400℃で炭化した時の数値「栗山(1979)」

７）400℃で炭化した時の数値「鹿児島県林業技術研究成果集（2004）」

８）梶浦らの研究成果 [20]

９）バイオ炭の農地施用を対象とした方法論について（Ｊ－クレジット制度におけるバイオ炭の農地施用にかかる方法論に関する説明会資料　（令和２年１１月

[20]Kajiura et al., J. Environ. Qual. 44:228–235(2014). doi:10.2134/jeq2014.06.0279

9日））

（２）等方性大断面部材の開発

① 等方性大断面部材を活用する高層建築物等の新築床面積 500 万 m^2（想定）

② 床面積あたり等方性大断面部材使用量 0.3m^3 /m^2（想定）

③ 等方性大断面部材の生産量（輸出を含む）
①×②×2=300 万 m^3

④ 容積密度 0.3 トン/m^3（想定）

⑤ 炭素含有率 0.5

⑥ CO_2換算係数 44/12

⑦ 等方性大断面部材の原木歩留り 50%（想定）

⑧ 等方性大断面部材による国産材の需要増 ③÷⑦＝600 万 m^3

⑨ 森林吸収量の引き上げ目標 3,120-2,220＝900 万トン（地球温暖化対策計画）

⑩ ⑨の達成に係る国産材供給量の増加 4,200-3,100=1,100 万 m^3（森林・林業基本計画）

計算式：森林吸収量の回復 ⑨×⑧÷⑩=491 万トン、建築物への貯蔵量
③×④×⑤×⑥=165 万トン

（３）ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発

ブルーカーボンによる CO_2吸収量：1,141 万トン／年

① 2020 年におけるコンブ類の藻場面積 147 万 km^2 （Jayathilake ほか 2020 によるモデルに基づく推計値）

② 藻場の減少率 年率 0.8% （都道府県からの報告による我が国の藻場減少率と同等と仮定）

③ 2050 年までの藻場消失面積は、①、②より
147 万 km^2－(147 万 km^2×（１－0.008）30 乗)＝31.48 万 km^2
＝3,148 万 ha

④ 消失面積のうち５%を本プロジェクトによる技術により回復させることを想定

⑤ アラメ場とコンブ場の平均吸収係数 7.25 トン CO_2/ha/年（桑江ほか 2019 による試算値）

計算式：③×④×⑤＝1,141 万トン／年

➢ 経済波及効果（市場規模推計）

A）年間 544 億円（2030 年時点）

【算定の考え方】

（１）バイオ炭等による農地炭素貯留については、先導的な取組が 10 市町村程度で始まることを見込み、バイオ炭等の製造のためのプラントの建設費、バイオ炭等の輸送や農地施用等による経済効果を推計（510 億円①＋②＋③＋④）。

① バイオ炭等、微生物資材の輸送、販売　180 億円

② バイオ炭等製造プラント建設費　60 億円

③ バイオ炭等製造プラント補修修繕費　100 億円

④ バイオ炭等施用による国内耕種農業生産額の増加　170 億円

（２）新たな等方性大断面部材の国内販売により、年間 16.5 億円の経済波及効果、また国産材供給量の増加にともなう再造林面積の拡大により 2.4 億円の経済波及効果（林業従事者の雇用拡大、苗木販売量の増大等）を創出。

【利用したパラメータ】

① 等方性大断面部材の生産量 1.5 万 m^3（前出）

② 等方性大断面部材の価格 11 万円/m^3（製造コスト+利益）

③ 等方性大断面部材による国産材の供給増 3 万 m^3（前出）

④ 人工林の面積あたり立木材積 324m^3/ha（森林資源現況）

⑤ 造材歩留り 70%（想定）

⑥ 再造林初期費用 180 万円/ha（標準歩掛）

計算式：国内販売①×②=16.5 億円、再造林費用③÷④÷⑤×⑥=2.38 億円

（３）ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発については、技術開発が順調に進んだ場合、5 漁港程度で先行して整備が行われることを見込み、海藻育成システムの製造販売効果を推計（15 億円　①×②）。

① 1 漁港当たり製造販売額　3 億円

②先行整備漁港　5 漁港

B）年間 2.0 兆円（2050 年時点）

【算定の考え方】

（１）バイオ炭等による農地炭素貯留については、2030 年以降の 20 年間で、高機能バイオ炭等による栽培技術体系が順次、全国（1,741 市町村）に普及することを見込み、設備の建設費や補修修繕費、バイオ炭等の高機能化のための微生物資材費の販売等の経済効果を推計（年間 8, 440 億円①＋②+③＋④+⑤億円）。また、海外においても同程度（年間 40 基）の製造プラント輸出を見込むほか、高機

能バイオ炭等が世界の農地面積の 1%相当に普及することを見込み、高機能化のための微生物資材の輸出額等を見積もった（年間 6,846 億円⑥+⑦+⑧+⑨）。

【国内】

① バイオ炭等の国内販売　2,535 億円

② バイオ炭等製造プラント建設 914 億円

③ バイオ炭等製造プラント補修修繕費　1,741 億円

④ 微生物資材の国内販売　400 億円

⑤ バイオ炭等施用による国内耕種農業生産額の増加　2,850 億円

【海外】

⑥ バイオ炭等製造プラントの海外建設　850 億円

⑦ バイオ炭等の海外生産　3,600 億円

⑧ バイオ炭等製造プラント補修修繕費　1,000 億円

⑨ 微生物資材の海外販売　1,396 億円

（２）新たな等方性大断面部材の国内販売と輸出により年間 3,300 億円の経済波及効果、また国産材供給量の増加にともなう再造林面積の拡大により 476 億円の経済波及効果（林業従事者の雇用拡大、苗木販売量の増大等）を創出。

【利用したパラメータ】

① 等方性大断面部材の生産量 300 万 m^3（前出）

② 等方性大断面部材の価格 11 万円/m^3（製造コスト+利益）

③ 等方性大断面部材による国産材の供給増 600 万 m^3（前出）

④ 人工林の面積あたり立木材積 324m^3/ha（森林資源現況）

⑤ 造材歩留り 70%（想定）

⑥ 再造林初期費用 180 万円/ha（標準歩掛）

計算式：国内販売・輸出額①×②=3,300 億円、再造林費用

③÷④÷⑤×⑥=476 億円

（３）ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発については、約 1,213 億円/年（2050 年）

① 海藻育成システムの全国普及に伴う経済効果：900 億円

・ 海藻を利活用した新商品の製造販売効果：114 億円（既往調査及びメーカー等からのデータ提供、聞き取りに基づくセルロースナノファイバー、リチウムイオン電池、化粧品及び健康サプリメント等に係る市場規模の将来見込み）

・ 水産資源の増産効果：563 億円（生態的に藻場に依存する水産資源の漁獲量を 2010 年と同程度の 21 万トンまで回復することとし、藻場による増産効果として、コンブ類、その他の海藻類、アワビ、サザエ、ウニ類等にかかる水揚

金額の増分を試算）

- 基盤ブロック等の製造販売・更新需要：15 億円（2050 年までに全国 100 箇所で海藻育成システムを導入しており、1 箇所あたりの製造販売額は 3 億円/漁港。漁場施設の耐用年数を 20 年とすると、2050 年時点で平均して年間 1.5 千万×100 箇所＝15 億円の更新需要が発生）
- 藻場の造成:18 億円（年間 36ha の藻場整備（現行の藻場ビジョンより推定）が推進されるものと想定）
- 老朽化した防波堤改修における根固めブロックとしての活用：190 億円（漁港防波堤累積延長 3,000km のうち 50 年超となる防波堤が年に 2%発生（根固めブロック設置面積 120 万 m²）、このうち藻場が消失しているとする都道府県（沿海都道府県 37 のうち 31）で実施する防波堤の改修工事で、根固めブロック（3.75 m² 単価 71,040 円）として本プロジェクトで開発した製品を使用。

② その他（一時的な効果）：

- 新型カートリッジの生産体制の整備 13 億円（工場の改修、型枠の製作等）
- 海藻育成システムの製造販売効果 300 億円（全国で約 2,800 ある漁港のうち 100 か所でシステムを導入。製造販売額は 3 億円/漁港×100 漁港）

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援

- 【研究開発項目１】高機能バイオ炭等の供給・利用技術の確立
  - 目標：農作物の収量性が概ね２割程度向上する高機能バイオ炭等を開発することにより、農地１ha 当たり年間３トン程度（バイオ炭量換算で 1.9 トン/ha 程度）の CO_2を持続的に農地炭素貯留できる営農技術及び農地炭素貯留の取組によって生産された農産物の「環境価値」を客観的に評価する手法を確立する。
  - 研究開発内容：

    ① 高機能バイオ炭等の開発

    【（9/10 委託→2/3 補助→1/2 補助）＋（1/10 インセンティブ）】

    大量のバイオ炭等を毎年農地に施用し、農作物の収量等に悪影響が生じないようにするためには、土壌の pH を作物に応じた適正範囲に維持することが重要であるほか、農地土壌が果たしている微生物の機能（土壌中の窒素やリンなどの養分を肥料成分として作物に供給する、作物の健全な生育を助長する等）をバイオ炭等に付与することが必要になる。このため、バイオ炭等を高機能化するための有用微生物資材を開発し、バイオ炭等と融合した高機能バイオ炭等を開発・実用化する。開発に当たっては、天然に存在する有用微生物等を広く探索・同定し、それら微生物等の固定・培養法を確立するとともに、それら微生物の大量培養法を確立する必要がある。しかしながら、実際には、農作物が生育する土壌の状態等に応じ、様々な微生物が関与していることが予想され、その全容を解明することは極めて難しい状況にある。

    そこで、本プロジェクトでは、日本を代表する農作物として水稲（水田作）とダイズ・野菜類（畑作）を対象に、肥料成分の供給や生育促進等を助ける有用微生物を特定し、それら微生物の固定・培養法を確立するとともに、バイオ炭等との同時施用により、実際の農作物への肥料供給効果や生育促進効果等を確認・実証する。また、微生物資材として実用化するため、大規模培養法を確立するための高機能バイオ炭等製造プラント（微生物資材製造機・高効率バイオ炭等資材製造機・微生物資材/バイオ炭等混合機）を試作・開発する。さらに、開発する微生物資材に関しては、農作物の特性等に応じ、有用微生物を単体若しくは複数組み合わせることにより、慣行栽培と比較して概ね２割程度の単収向上が可能となるものを３資材以上開発する。

    ② 高機能バイオ炭等による CO_2固定効果の実証・評価等

    【（9/10 委託→2/3 補助→1/2 補助）＋（1/10 インセンティブ）】

    バイオ炭等の農地施用は、各地で試行的な取組が開始されたばかりであり、現状では大量のバイオ炭等を製造・供給する設備等が整備されておらず、原料バイオマスの調達（収集・輸送）に伴う環境負荷の程度や製造コストへの影響も不明点が多い。また、バイオ炭等の施用に伴う農作物の収量、品質に対する影響や圃場の土壌環境に与える影

響についても未だ整理されていない。このため、本プロジェクトでは取組地域に賦存する地域バイオマス資源（米のもみ殻、剪定枝等）にターゲットを置き、これらを効率的に収集する技術やバイオ炭等を効率的に製造する設備等を開発し、バイオ炭等の農地施用技術等と合わせて確立することにより、LCA も含め、原料収集からバイオ炭等の製造・流通、施用、営農までの一連の実用化プロセスを実証・評価する。

なお、本プロジェクトにおいて、バイオ炭の原料として想定しているもみ殻や剪定枝等は、それぞれライスセンターや果樹園等から一定量に発生するものであり、通常、産業廃棄物等としてコストをかけて処分される。まずはそれらを有効利用するほか、林地残材・放棄竹林、家畜排せつ物・食品廃棄物等についても、現在、農林水産研究推進事業において炭化物として生産可能な未利用バイオマス量のポテンシャル評価を実施中であるため、将来はこれらの知見も生かし、各地域で調達可能な未利用資源を有効活用する予定。

具体的には、地域バイオマス資源であるもみ殻等を対象としたバイオ炭等製造から、上記①で開発された微生物資材を合わせて農地に施用するまでの一連の実用化プロセスを想定し、農地 1 ha 当たり年間 3 トン程度（バイオ炭量換算で 1.9 トン相当）の CO_2 を固定できる栽培技術体系（目標収量が慣行栽培の概ね 2 割程度向上）を確立する。また、ICT 技術をフル活用することにより、原料バイオマスの収集方法やバイオ炭の施用、原料バイオマスやバイオ炭等の一時貯留の効率化、追加的なコストの試算等に関し、現地実証を通じて評価する。なお、実証試験の実施に当たっては、代表的な農作物 10 種類程度を対象として、土質の違いや年々の気候変動等の影響も考慮し、保肥力や保水力のほか、土壌病害のまん延防止の観点なども含めた総合的な実証試験を複数年度行い、バイオ炭等の連年施用が可能な栽培技術体系を確立する。また、高機能バイオ炭等の施用など、農地炭素貯留の取組により生産された農産物の「環境価値」を客観的に評価する手法を確立するため、水稲、畑作物、野菜、果樹、飼料作物、牧草の主要 40 品目について、農作物の収量・品質等に及ぼす影響も総合的に勘案し、生産された農作物の「環境価値」を相対的に評価する指標化技術（CO2 固定量評価手法等）を開発し、生産者等がインターネット上から容易にアクセスできる Web システムを構築する。

（委託・補助の考え方）

- 研究開発内容①の高機能バイオ炭等の開発に関しては、農地の状態（水田・畑地の違いや土壌特性の違い等）に応じて適切な微生物種を特定し、それらの培養や増殖法を確立する必要がある。また、現行 5～10 万円/トンのバイオ炭製造コストを 3 万円/トン以下とする技術を確立する他、微生物資材をバイオ炭等に定着させた上で、微生物機能を安定的に発揮させる技術が必要であり、研究開発における不確実性及び困難性が伴う。このため、TRL は 3～4 に相当し、原則委託とする。その後、特定された有用微生物資材の製造機や高効率バイオ炭等製造機、微生物資材とバイオ炭等の混合機を含む高機能バイオ炭等製造実証プラントの仕様決定・設

計の段階（TRL5 相当）においては、補助率を 2/3 とし、その後の実証プラントの導入・改良段階（TRL6～7 相当）では、リスクの低減に応じて補助率を 1/2 とする。

- 研究開発内容②の CO_2固定効果の実証・評価に関しては、初めに、バイオ炭等の大量施用、連続施用が農作物に与える影響等の基礎データの収集と、研究開発内容①で開発する高機能バイオ炭等の 10 作物以上の農作物への影響調査及び、高機能バイオ炭等を用いた農地施用体制の構築を行う。本データが後のテスト圃場での効果実証試験のベースとなるため、TRL は 3 ～ 4 相当となり、委託とする。その後の圃場での高機能バイオ炭等を用いた本格的な実証においては、多数の生産者等の協力が必要になるため、減収リスクの大きい実証初期の段階（TRL5）は補助率 2/3 とし、その後、減収リスクの低減に応じ、全国規模の高機能バイオ炭等製造プラントの整備や施用コスト等に係る補助率は 1/2 に逓減する（TRL6～7）。また、環境価値の評価指標の開発に関しては、社会的な新たな価値基準を創設するという、協調領域に該当する研究開発であり、関係する国立研究開発法人や大学、農業団体等の多くの関係者の協力が必要になるため委託事業とし、その後の実証・運用段階（TRL6～7）では 1/2 補助とする。
- なお、目標達成の可否は、②の実証・評価により最終判断されるため、上記①から②の一連の提案に当たっては、②を行う企業が単独若しくは他の企業や大学等とコンソーシアムを組むことを原則とする。ただし、提案内容として部分的に優れた技術アイデア等が見込まれる場合には、採択者との優良な協力関係が見込まれることを条件として、コンソーシアム参画者や関係機関の了承の上で当該コンソーシアムに参画させることとする。

- 【研究開発項目２】高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発
  - 目標： 2030 年までに、国産材を原料として支点間距離 8m、耐火 2 時間の等方性大断面部材を開発し、10 万円/m^3 以内で製造する技術を確立するとともに、開発した部材の日本農林規格（案）と、開発した部材を用いた一般的設計法の案を提示する。
  - 研究開発内容：木材や木造建築はコンクリートや鉄骨に比べ、加工性、軽量性、居住性、意匠性、環境優位性、工期の短さなど多数の利点がある。しかし木材は、繊維方向とその直交方向で強度が異なり、強度の異方性を前提とした建築設計が必要である。直交集成板や合板では異方性が緩和され、中高層建築物を含めて建築用資材として活用されている。一方で、これらの資材は、積層接着後のねじれを避けるために奇数層になっているため、等方性は不完全である。等方性大断面部材が実現すれば、横架材なしでオフィスや商業施設の床の構築が容易になるなど、さらなる工期短縮、躯体の軽量化、設計や意匠の自由度拡大が図られる。本研究開発項目では、熱帯広葉樹材、ロシア材から国産材への原料転換に短期間で成功したわが国の高度な合板製造技術を土台として、以下①～③の研究開発内容を

相互の連携のもとに実施し、アウトプット目標の達成に向けて取り組む。

① 等方性大断面部材の製造要素技術の開発

【（2/3 補助→1/2 補助）＋（1/10 インセンティブ）】

原木歩留りが高く製造コストが低い大断面部材を実現する方法として、既存の合板をさらに多層化した場合、接着層数が多くなるため、加工性が高く、軽量で適度な弾力性を持つという木材の長所が失われるとともに、オフィス、商業施設等の大スパンの建築に必要な寸法と性能を両立させることができない。既存の合板は、丸太を 3mm 程度の厚さにかつら剥きした「単板」を積層接着したものであるが、研究開発内容①では、単板の厚さを現状より数倍厚くする、厚さの異なる単板を組み合わせる、単板の一部を「ひき板」に置き換える等、従来とは異なる発想の層構成を持つ合板の試作を重ね、研究開発内容③による性能評価を踏まえて、性能と製造効率のバランスがとれた層構成を特定し、世界初の等方性大断面部材を実現する。またその等方性大断面部材を商用生産するため、厚剥き可能なロータリーレースの開発、木裏（内側）に亀裂の入り易い厚い単板を短時間で乾燥し、選別、面内接着（単板は製品寸法よりも小さいため、パッチワーク状に組み合わせて接着する）をし、加熱して積層接着する各工程を効率的に実行するための要素技術の開発を行う。

② 等方性大断面部材の連続製造技術の確立

【（1/3 補助）＋（1/10 インセンティブ）】

我が国の既存の合板製造ラインは、原料となる丸太の投入から加工、製品の完成、検査までが一連の流れとして高度に効率化されている。しかし前述のとおり等方性大断面部材は、厚剥き単板を使用すること、高層建築物等に使用するために従来の構造用合板よりも格段に寸法（厚さ、面積）が大きくなること、単板の厚さが一律ではなく厚さの異なる単板を組み合わせる可能性、単板とひき板の併用可能性などから、既存ラインの部分改良ではない新たな製造ラインの開発が必要である。研究開発内容②では、①および③と連携し、特に部材の大型化に伴う技術開発を要する工程について製造装置を開発し、構造性能とのバランスを考慮しつつ、原木歩留りが高く効率的な実証製造ラインを構築する。低コスト化を視野に、研究開発内容①と連携して個別工程の合理化と製造プロセス全体の最適化に取り組む。

③ 等方性大断面部材の規格化・告示化のための性能評価と設計法の提案

【9/10 委託＋（1/10 インセンティブ）】

開発される等方性大断面部材の社会実装を進めるには、日本農林規格（JAS）や建築基準法に基づく告示に規定することが必須条件となる。このため、研究開発内容①と②から試験体や実大試作品の提供を受け、部材単体および部材を用いた実物大構面の性能評価、数十年単位の耐久性を推定するために国が告示した方法による長期荷重試験、防腐性・防耐火性の評価と付与技術の開発、また、環境負荷分析ならびに接着の機構解明と環

境負荷化軽減技術の開発、 さらには性能評価に基づく研究開発内容①と②への技術的助言を行う。あわせて、設計や製造過程等におけるデジタル技術の応用に取り組む。また、等方性大断面部材を用いた建築物を、国土交通大臣の個別認定によらずに通常の建築確認によって建築可能とするため、建築基準法告示を目指した一般的設計法の提案や、設計用の性能データベースの構築を行う。さらに社会実装の促進のため、等方性大断面部材の JAS や建築基準法告示を解説し、設計に必要なデータ集を収録した設計・施工者向け普及マニュアルを作成するとともに、試設計による建築コストや環境優位性、温熱特性等居住性の評価及び施工方法の検討を行う。

（委託・補助の考え方）

- 研究開発内容①については、現時点では TRL3～４相当で発展途上にあり、また輸入材と比べ、強度の平均値やばらつき、調達の安定性等で不利な面もある国産材を原料とする技術開発を推進するため、国として積極的な支援を講じる必要があることから、事業開始段階の補助率は 2/3 とし、研究開発の進捗に伴って補助率を 1/2 とする。
- 研究開発内容②については、大型の部材を連続製造できる実証ラインを構築し、商用利用を目指すものとなることから、TRL6～7 に相当するため補助率は 1/3 とする。
- 研究開発内容③については、等方性大断面部材を JAS や建築基準法に位置付けるための客観的なデータや一般的設計法の案を国に対して提供するもので、その成果は木造高層建築物等の施主、設計者、施工者に活用される。等方性大断面部材の社会実装とともに他の木質材料と組み合わせた木造建築物の普及拡大にも資するもので、受託者自身の裨益が小さい協調領域の取組であるため、委託で事業を実施する。
- なお、研究開発内容①、②、③は相互に連携しながら技術開発と部材の社会実装を進める必要があるため、上記①から③の一連の提案に当たっては、複数の企業や大学等で構成されるコンソーシアムによる提案とする。

- 【研究開発項目３】ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発
  - 目標：ブルーカーボン推進のため、栄養塩を溶出し 10～18N/mm^2 の強度を有する海藻育成用基盤ブロックを用いて、漁港を海藻バンクとして機能させ、そこで得られた海藻種苗を従来の１/４の 5kg 程度の海藻移植用カートリッジを用いて周辺海域に効率的に移植することにより、広域な藻場の造成と回復を実現する海藻供給システムを構築。
  - 研究開発内容：ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発

    【（9/10 委託→2/3 補助→1/2 補助）＋（1/10 インセンティブ）】

    海域から海藻が長期に消失する磯焼けといった現象が全国に見られ、海藻を餌とするアワビや、ヒジキをはじめとする海藻の不漁等が沿岸漁業に深刻な影響を与えている。こうした状況から、アイゴ等の植食動物の食害を防止するために藻場の一部を網で囲む取組や、ウニ等の除去などが各地で行われているが、設置した網が台風等により流される、温暖化により従来の海藻が

育ちにくいなどの要因により藻場の減少に歯止めがかからない状況にあり、藻場を回復させるために必要な母藻の確保が難しくなる状況も生じている。こうした状況を踏まえ、食害や台風等による影響を排除しやすい漁港内において、周辺海域の特性や藻場構成種に適合するよう、高温耐性を持つ藻類を効率的に育成し、漁港の海藻バンクから周辺海域へ海藻の安定供給を実現するための技術開発を行う。そのために、事業実施者は、我が国は島国であり、周辺海域は、様々な暖流と寒流が流れ、海域環境が地域により大きく異なり、そこに生育する海藻種も異なることを踏まえ、海流、内海、外海等による海域環境の違いに配慮し、まず、全国 5 か所（原則として、北海道沿岸、本州日本海側、本州北部太平洋側、本州南部・四国・九州太平洋側、九州東シナ海側から各 1 か所）を選定し実証を開始し、その結果を踏まえ、さらに 5 か所を追加し本プロジェクトを実施する。なお、実施地区の選定にあたって、水産庁の指導がある場合にはそれに従うこととする。具体的な技術開発としては、①漁港の水域内で種苗となる海藻を育成し、母藻を効果的に育成できるよう着底基盤から栄養塩等を溶出させつつ対象となる海藻の生長を促進する基盤ブロック、人工石材等の高機能化のための技術開発を行う。それにより漁港内において生殖能力を有するまで海藻を生育させる機能を持たせる。また、②漁港内で育成した種苗、母藻等を漁港から周辺海域に効率的に展開するため、海藻種に適する海藻カートリッジを着底基盤等に効率的に移植し、漁港の海藻バンクからコストをかけずに大規模に海藻を移植する技術を確立する。海藻バンクから漁港の周辺海域に移植した海藻は、藻場を形成し成熟することで、ここが核となってその周辺にさらに藻場を繁茂させる（核藻場としての機能）ことにより、海域全体の藻場の効率的な回復・造成に寄与し、藻場のブルーカーボン生態系を確保する。

なお、本技術開発で求める性能要求として、水産基盤整備事業等のおける活用を見据えて、十分な費用対効果を発揮する製品とするほか、①基盤ブロック等については、栄養塩やアミノ酸等を海藻種に応じて効果的に添加し、広範囲な用途に活用されるよう土木構造物として必要な設計強度（10～18N/mm^2）を確保するとともに、海藻が着底・生育しやすい空隙率の確保や藻類付着部分の表面劣化の課題を解決し、機能性と耐久性を兼ね備えた一定の規格を確保するものとする。また、②海藻カートリッジについては、既存の消波ブロックや岩礁等に強固に固着可能かつ容易に着脱できる構造とし、大型海藻を含む多種類の海藻に適応し、さらに従来の製品に比較し重量を 4 分の 1 程度（５kg程度）に軽量化することにより、大量の海藻苗を効率的に移植可能な着床具とする。さらに、海洋環境、水産資源に悪影響を与えることのないよう十分に配慮するものとする。

また、本技術開発において、事業実施者は、基盤ブロックやカートリッジの性能を客観的に的確に把握できるよう、漁港内及びその周辺の実証フィールドの環境をモニタリングするとともに、水温の上昇など漁港内とその周辺の環境の差異が大きい場合には適切な実証環境となるよう必要な対策を講じることとする。また、実証海域においては植食動物の影響を受けることも考えられるところ、それらを適切に排除するか、影響を加味して基盤ブロックやカートリッジ上に発生した海藻の状況（通常の生育・成熟状況との比較）を基に適切に性能を評価する。また、移植し

たカートリッジ周辺への海藻の拡がり状況（範囲、生育状況）についても把握する。なお、環境モニタリングや性能評価において一部業務を漁協等に再委託することは妨げない。このほか、技術開発、及びその後の円滑な普及にも資するよう、効率的な進捗管理、藻場管理に応用が可能な ICT・AI を活用したモニタリング技術の導入等も積極的に検討するとともに、沿岸環境は住民の関心も高いことを踏まえ、住民への情報提供にも努めることとする。

また、本プロジェクトで開発された製品は、藻場再生等を目的とした公共事業での活用が想定されるが、自主財源のみで藻場の再生を図ろうとする漁協や、ESG 投資の取り込み等も念頭に環境に配慮した施設整備を指向する臨海地域に立地した企業による積極的な活用が促進されるよう、本製品を使用した場合のカーボンクレジット制度の活用方策を示しつつ、訴求力のある効果の高い製品の開発を目指すものとする。

このほか、漁港内海藻バンクによる海藻供給システムは、我が国の海域環境や生育する海藻の多様性を考慮し、全国 5 海域で基礎的な技術開発を進めることとしており、こうして開発された多様な海藻種に対応する技術を基に世界に技術展開を図り、海外市場の開拓を進めることとする。近年、日本のみならず東アジアのほか、欧州、北米及び南米、豪州など 16 か国で海藻藻場再生に向けた動きがみられ、海藻藻場への関心が高まっている。世界の藻場面積に係る統計データはないが、モデルに基づくコンブ類の藻場面積は 147 万 km^2 とされており、都道府県からの報告に基づく我が国の藻場面積の減少と同等のペースで今後も減少するとすれば、2050 年までに約 31.5 万 km^2（日本の藻場面積の約 1.5 倍）が消失することとなり、その回復に向けた市場が今後形成されるものと考えている。

なお、具体的な研究開発内容は上記を想定するが、目標の達成に向けては、様々な方法が考えられるため、具体的な達成方法は提案者の創意工夫に委ねる。

（委託・補助の考え方）

- ブルーカーボン推進に資する藻場再生の技術開発は、CO_2吸収に加え水産資源の回復といった国の重要施策の推進を図る上で極めて重要である。これまで国、地方公共団体において藻場再生のための取組を進めてきたが、効果は局所的で広域にわたる藻場回復には至っていない。こうした状況において、着底基盤等からの栄養塩の溶出などによる効果的な母藻の確保と海藻の移植を実現する本技術開発は、今後の藻場の保全・回復のための革新的かつ中核的な技術となることが期待される。しかし、海藻の生育を促進する栄養塩等を溶出する基盤ブロック等にかかる技術的知見は乏しく、事業開始後当面は、実証フィールドとその海域に適した海藻種の選定、基盤やカートリッジに求められる機能性の追求など効果発現に向けた基盤領域の研究・評価、分析、調査となることから先行して実証を行う 5 漁港の海域調査、基本設計等の実証準備を含む基礎的技術開発等は委託により実施することとする。

なお、藻場の保全、回復を広範囲により確実に進めるためには、温暖化により分布を拡大した植食性魚類による食害等の防止対策を併せて実施することが有効であるが、こうした対策は、製品を導入した地方公共団体や漁協にその取組を求めることとなる。また、製品の性質上、実

験室内ではなく、自然環境下で機能を発揮することが必要であるが、実証段階において、変化する自然環境による影響を完全に排除することはできず、また、海藻の寿命は数年のものも多いため、実証期間内に対象となる海藻が世代交代を繰り返すことを確認する上でも限界があることから、製品性能を十分に確認することが技術的に難しい。さらに、製品自体が直接的な収益をもたらすものではないため、本プロジェクトの実施者が高い収益性をもたらす製品として位置づけることは困難であり、裨益は小さいものとならざるを得ない。一方、本技術開発は、先に述べたように CO_2の吸収や水産物の安定供給に向けた資源回復を目的とした公益性の高いものである。加えて、水産資源の回復といった効果の測定では実証フィールド周辺を利用する漁業者等の協力の下に効果測定を行う必要がある。こうした事情を踏まえ、最初の実証段階における補助率は 2/3 とし、一定程度の開発の進捗が見込まれ、実施箇所を追加する時点からの補助率は先行 5 漁港の継続的な効果調査等も含めて 1/2 とする。

実施体制に関しては、コンソーシアムを構成するなど本項目の内容を全て実施できる体制とするとともに、公有水面の使用、水面利用の調整や藻場等の管理の観点から、実施地区の地方公共団体、漁業協同組合等との連携、協力関係を確保し、水面利用や藻場等の管理に支障がない体制を構築することとする。

- 社会実装に向けた支援
  - 高機能バイオ炭等の供給・利用技術の確立、高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発、ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術開発はそれぞれ、「みどりの食料システム戦略」（2021 年農林水産省策定）における具体的な取組課題の「バイオ炭の農地土壌への投入技術の開発」、「森林吸収源対策（再造林や木材利用による人工林資源の循環利用の確立、高層建築物等の木造化）」、「海藻類による CO_2固定化（ブルーカーボン）の推進」の実現に必要な取組である。
  - バイオ炭等の製造方法については農林水産研究推進事業での知見も活かし、日本産業規格化する。また、農地炭素貯留法、農地における CO_2固定評価方法、生産された農産物の環境価値の評価方法については規格化する内容や、国内/国際規格化のどちらを先にするかなどの戦略が必要であるため、標準化戦略プラットフォームを 2025 年度までに構築し、農林水産省も参加して、研究開発と並行して新たな規格の制定（日本農林規格、ISO 等を想定）に向けた活動を行う。なお、バイオ炭等の製造や品質、施用方法については、世界的にクレジット取引量の多い制度との親和性も考慮の上、決定する。また、農業以外の産業分野における用途開拓に関する探索も視野に入れることで、社会全体での低炭素化を推進する。
  - 提案される等方性大断面部材の日本農林規格（案）や、建築基準法にもとづく一般的設計法の案が速やかに審議、告示されるよう、国土交通省とも連携して取り組むとともに、官公庁舎などにおける利用をはじめとする公共調達における初期需要の創出を図る。また、需要拡大のため、新築に限らず既設建築物の改築・修復への活用も視野に入れて取り組みを進める。加えて、プロジェクト開始時から海外進出を見据えて輸出相手国の法規等へ対応できるよう経営

アドバイザー等を含めた専門家が実施者と伴走できる仕組みを継続的に検討し、2028 年度までに構築した上で、部材の新たな ISO 規格の制定に向けた活動を行う。また、一般的設計法の提案においては、これまで木材を扱っていない鉄筋コンクリート造や鉄骨造分野の建設業者や設計者などを含む幅広い意見を踏まえる。国内技術を基に構築した部材規格と地震国発の一般的設計法を信頼性の証とし、国内・海外における将来の建築部材の需要に柔軟に対応できるよう、社会実装の姿から逆算した性能・価格調整が可能となるよう取組を進める。さらに、CO_2 排出削減・固定量の評価、認証等を活用し、海外のカーボンクレジットの動向にも留意して、需要拡大に向けた活動を行う。

- ブルーカーボンの推進については、発現する効果を踏まえ、関連する水産基盤整備事業等の事業実施に際して「藻場・干潟ビジョン」に即して本プロジェクトで開発された新技術が活かされるよう促す。また、2023 年度までに海藻藻場による CO_2 吸収・貯留量の計測方法を確立し、国連気候変動枠組条約等への反映を目指す。加えて、藻場の効果的な把握方法を確立するほか、ブルーカーボンのカーボンクレジットの活用を推進するなどにより 202 7 年度までに市場環境が整備されるよう後押しする。このほか、ブルーカーボンの活用のさらなる拡大に向け、環境省や国土交通省、経済産業省との連携を推進する。更には、海外のカーボンクレジット制度の対象化に向け、開発された製品とそれによる藻場再生事例を、65 か国、約 450 法人が加盟する国連の諮問機関である PIANC（国際航路協会、海洋の温暖化問題なども扱っている。）などで周知・普及を図るほか、国際競争力の確保に向けて、国際特許の取得や国際標準化の取組に適する技術的強みについても戦略的に検討・具体化することで世界市場の開拓を図り、社会実装の確度を高める。
- なお、すべてのプロジェクトにおいて、大学等の異分野技術やビジネスアイデアを積極的に取り込むため、スタートアップ/ベンチャー企業等による研究開発・社会実装への取り組みを機動的に支援する。
- 上記の各研究開発項目における取り組みについては、関係機関と連携を図り、プロジェクト担当原課である農林水産省が遅滞なく進捗させる上で必要な各種対応を実行する。そのため、必要に応じ、専門的な知見を有する有識者・アドバイザー・コンサルタント等との連携を行い、確実且つ遅滞なき進捗を確保するための必要な対策を行う。
- また、社会実装に向けては、地方公共団体や農業団体といった地域との協業が不可欠である。これについては、「みどりの食料システム戦略」に基づき、資材・エネルギーの調達から、農林水産物の生産・流通・消費に至るまでの環境負荷低減と持続的発展に向けた地域ぐるみのモデル的先進地区を創出し、関係者の行動変容と相互連携を促す環境づくりを支援するための新たな交付金を 2022 年度より創設したところであり、このような取組とも連携しながら、各フェーズに応じて必要な意見交換を行う。

4. 実施スケジュール

- プロジェクト期間
  - 【研究開発項目１】高機能バイオ炭等の供給・利用技術の確立

    高機能バイオ炭等による農地炭素貯留の実現には、様々な農作物種を対象として、高機能バイオ炭等の施用コストに見合う農産物の収益向上が実現されることが前提条件となる。このため、農産物の単収向上が可能となる高機能バイオ炭等の開発（研究開発内容①）には少なくとも５年間は要すると見込まれるほか、40 品目以上の農産物を対象とした環境価値の評価指標の開発（研究開発内容②）には５年以上を要する。その後、それら成果を用いて、実際の農業生産現場で実証・検証（研究開発内容②）等には、2030 年度までの最長 9 年間のプロジェクト期間を想定する。ただし、このスケジュール例よりも早期の目標達成を目指す提案を妨げるものではない。

  - 【研究開発項目２】高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発

    要素技術の開発から実機製造実証、性能評価、規格・告示案の提案までの一連の取組を順を追って確実に実施するため、最長９年間を想定するが、実施者の創意によりこれよりも短い期間で達成できる可能性もあると考えている。研究開発内容①～③は相互の連携が必要であり、ほぼ全期間同時並行での実施を想定する。ただし、研究開発内容に応じて、事業費の重点的な配分が必要な時期は異なると想定される。

  - 【研究開発項目３】ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発

    ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発に関しては、実証フィールドや対象海藻種の選定、基盤ブロック等の基本設計など、フィールド実証に向けた準備を 2024 年度までに完了し、その後 5 か所で母藻の生育の状況や移植作業の円滑さや移植後の効果を把握しつつ、改善等を加えながら実証を進める。さらにそれらの実証結果等を踏まえ、5 か所を追加し、実証を行い、2030 年度までに技術を開発する。なお、このスケジュールは一つの例であり、事業者の提案において、早期の目標達成のために最適なスケジュールを組むことは妨げない。

- キーマイルストーン・ステージゲート設定

  研究開発目標の達成には、様々な技術的なアプローチが想定されるため、具体的な達成方法は提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、以下のとおり、研究開発のステージに応じた節目でステージゲートを設定し、プロジェクトの進捗状況や実現可能性等を見極め、継続の可否を判断する。また、追加公募の必要が生じた場合には、その都度判断する。

  なお、社会実装に向けた取り組みについては、WG や各種委員会等において進捗状況を定期的にモニタリングすると共に、適宜目標や方向性の見直しに向けた検討を実施する。以降のモニタリ

ングなどで対応状況を確認し、十分な進捗・改善が見られない場合は、プロジェクトを継続しない判断を行う。

- 【研究開発項目１】高機能バイオ炭等の供給・利用技術の確立

（研究開発内容①）高機能バイオ炭等の開発

・ バイオ炭等と親和性があり、肥料成分の供給や生育促進等を助ける有用微生物を１菌体以上特定（2025 年頃に事業継続判断）
・ バイオ炭等の製造コストを３万円/トン以下とする技術の確立（2025 年頃に事業継続判断）
・ ３作物以上に適用可能な高機能バイオ炭等（試作品）を３資材以上開発（2026 年頃に事業継続判断）
・ 高機能バイオ炭等資材製造実証プラントの仕様・設計（2027 年頃に事業継続判断）

（研究開発内容②）高機能バイオ炭等による CO_2固定効果の実証・評価等

・ 高機能バイオ炭等による農作物影響調査と農地施用体制検討の試験の基礎となる、バイオ炭等の大量施用、連続施用が農作物へ与える影響等の基礎データの収集（2025 年頃に事業継続判断）
・ 10 作物以上を対象に、バイオ炭施用による影響等の基礎データを収集し、2028 年度から開始する高機能バイオ炭等のテスト圃場での施用実施に必要な栽培技術体系を地域条件も加味して 10 体系以上確立（2027 年頃に事業継続判断）
・ 実証地区の対象区（実証を予定している地区内の慣行栽培の区画）と比較して、収量が２割程度向上する高機能バイオ炭等の施用技術を確立（2028 年頃に事業継続判断）
・ 農地の状態（水田・畑等）に応じ、農地炭素貯留の取組に係る GHG（CO_2 の他、CH_4、N_2O を含む）の削減量や、CO_2 固定量を総合的に評価できるシステムを確立（2025 年頃に事業継続判断）
・ 農地炭素貯留の取組に係る地下水への影響や生態系への影響等を上記システムに組み込み、農地炭素貯留の取組によって生産された農作物の環境価値を総合的かつ客観的に評価できるシステムを確立（2027 年頃に事業継続判断）

- 【研究開発項目２】高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発

（研究開発内容①）等方性大断面部材の製造要素技術の開発

・ 層構成と厚さ（最大 300mm）の異なる試験体 20 種類以上の作製（2024 年頃に事業継続判断）
・ 層構成、積層接着や継手方法等の要素技術の確立（2026 年頃に事業継続判

断）

（研究開発内容②）等方性大断面部材の連続製造技術の確立

・ 支点間距離 8m の実大試作品の完成（2026 年頃に事業継続判断）

（研究開発内容③）等方性大断面部材の規格化・告示化のための性能評価と設計法の提案

・ 建築基準法施行令第 85 条の規定に基づく床用積載荷重 1,800N/m2 以上を負担可能な断面構成の確立（2024 年頃に事業継続判断）
・ 設計用性能データベース構築に必要なパラメータの特定（2026 年頃に事業継続判断）
・ 実大試作品の建築基準法施行令第 107 条の規定に基づく 2 時間耐火性能及び AQ 認証に基づく防腐性能 K3 相当の達成（2028 年頃に事業継続判断）

➢ 【研究開発項目３】ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発

・ 実証フィールドや対象海藻種が選定され、開発する基盤ブロック及びカートリッジの試作品が、対象となる海藻種、波浪等の海域特性に対応した性能（栄養塩等の溶出や海藻の定着しやすい物理形状、耐久性）を発揮することが確認されるとともに、対象となる海藻種について実証に必要な量的な確保は可能か、母藻まで育成可能な水域環境が漁港内に創出できているか、母藻から種苗を採取する設備が整備されているか、カートリッジによる種苗の移植先が整備されているか、実証海域を含めたモニタリング体制が整備されているか等、実証に必要な漁港内外等の環境整備が整い、もしくは実証期間移行後に、実証に支障のない期間内の整備が見込まれるなど、実証への移行が可能と判断された時点（2024 年度に事業継続判断）
・ 先行する 5 か所での 3 年間の実証事業において、基盤ブロックについて 10～18N/mm^2 の強度の実現、海藻移植用カートリッジについて 5 kg 程度までの軽量化とともに、漁港内の海藻バンクで育成された母藻を用いて、大量の海藻カートリッジに海藻の種苗を着生させる量産化を見込むことができるか、もしくは 1 ～ 2 年後にはそれが十分に見込まれる程度に技術開発が進捗した時点（2027 年度に事業継続判断）

【研究開発項目１】高機能バイオ炭等の供給・利用技術の確立

表１：プロジェクトの想定スケジュール

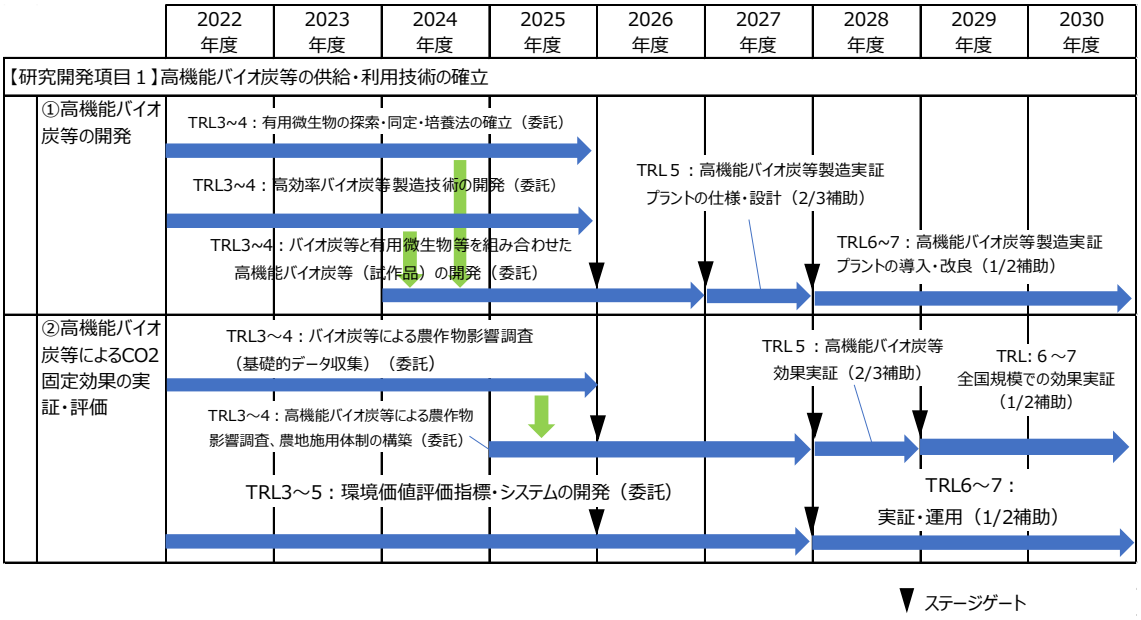
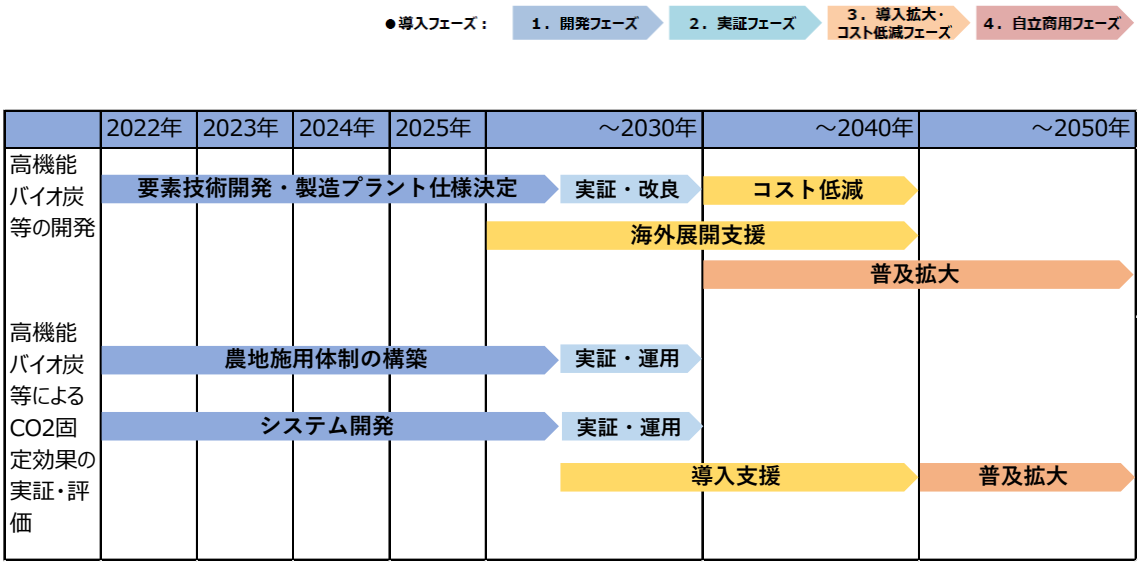


表２：社会実装スケジュール



【研究開発項目２】高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発

表１：プロジェクトの想定スケジュール

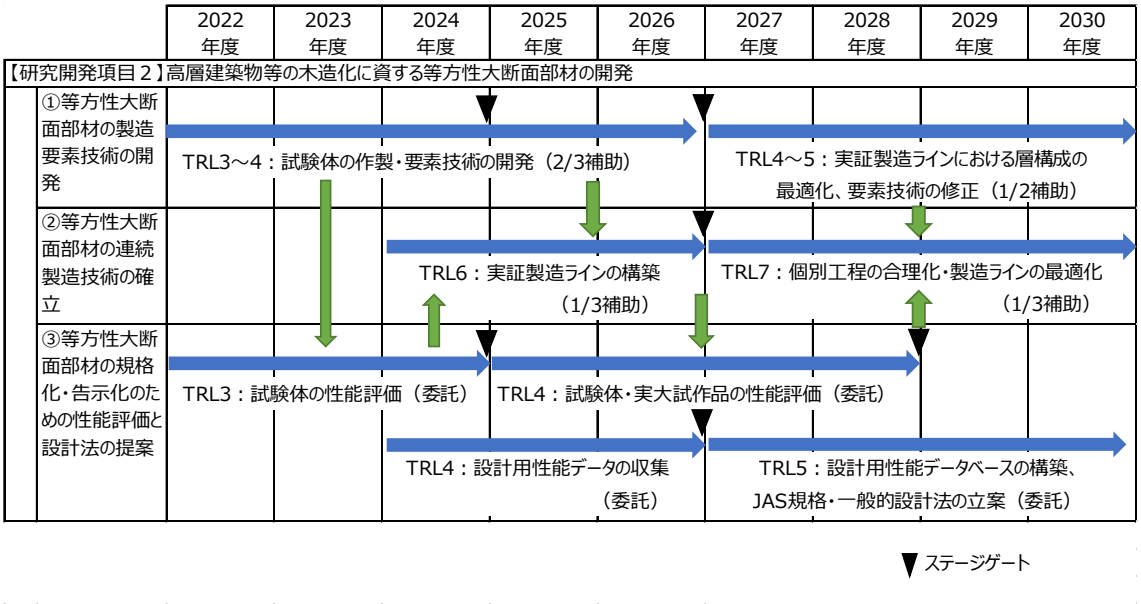
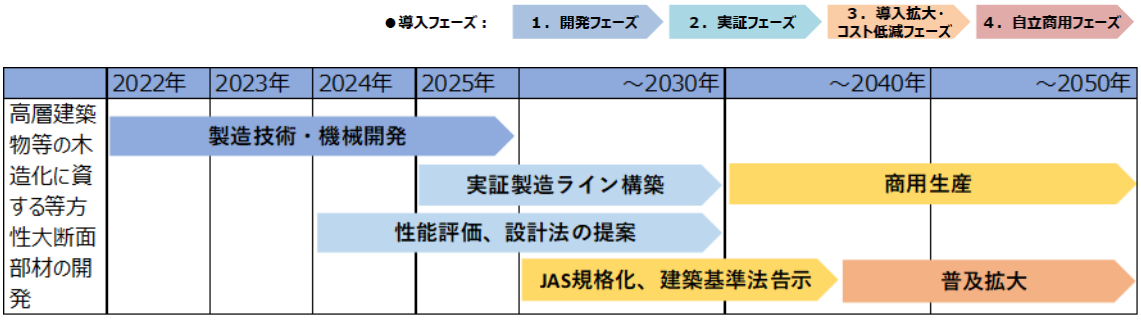


表２：社会実装スケジュール



【研究開発項目３】ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発

表１：プロジェクトの想定スケジュール

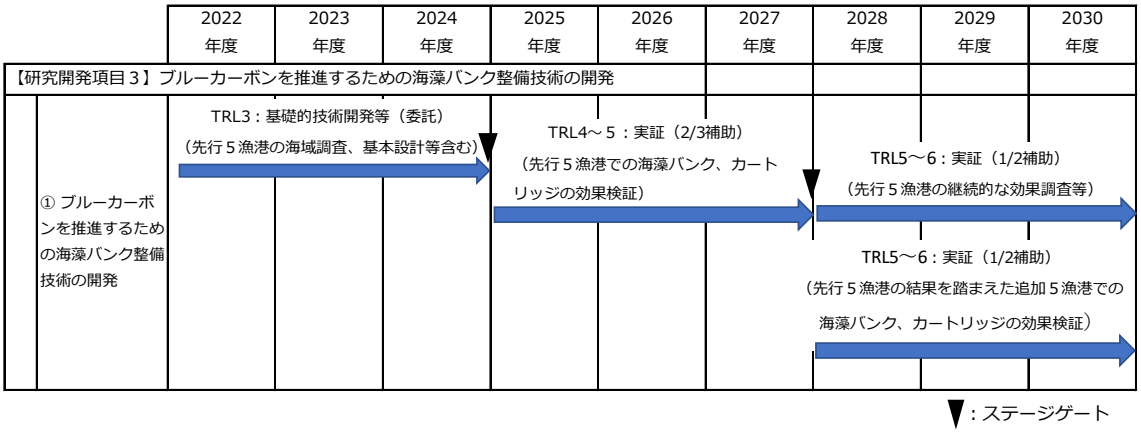
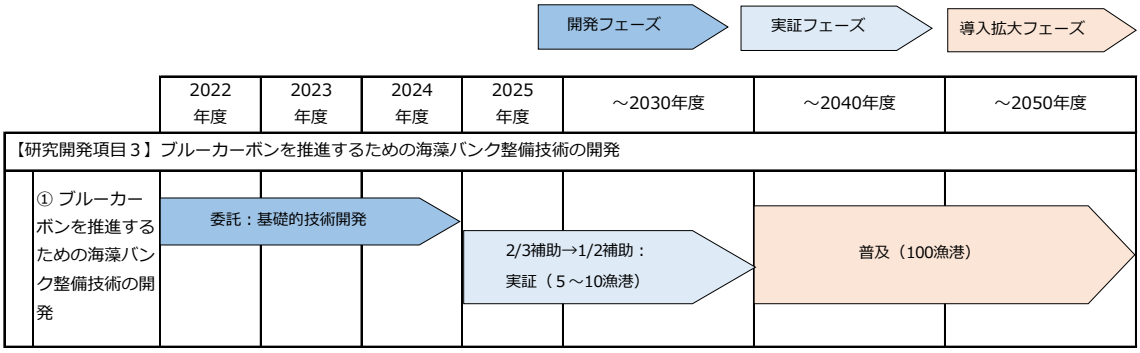


表２：社会実装スケジュール



5. 予算

●プロジェクト総額（国費負担額のみ。インセンティブ分を含む額）：159.2 億円

【研究開発項目１】高機能バイオ炭等の供給・利用技術の確立

- 予算額：上限 94.6 億円

（研究開発内容①）高機能バイオ炭等の開発

- 予算額：上限 35.5 億円

予算根拠：高機能バイオ炭等の研究開発を行うため、実施中の事業（農林水産省「農林水産研究推進事業（委託プロジェクト研究）」（５年間））の開発費用や、研究機関・企業等へのヒアリングを参考にし、必要な予算額を算出。※分析・評価・設計等について、共同で実施可能な大学や研究機関等への委託を想定。

（研究開発内容②）高機能バイオ炭等による CO_2 固定効果の実証・評価

- 予算額：上限 59.1 億円
- 予算根拠：バイオ炭等の営農モデルの全国実証・評価や、環境価値の評価指標の開発を行うため、研究機関・企業等へのヒアリングを参考にし、必要な予算額を算出。※分析・データ収集・評価等について、共同で実施可能な大学や研究機関等への委託を想定。

【研究開発項目２】高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発

- 予算額：上限 51.6 億円

（研究開発内容①）等方性大断面部材の製造要素技術の開発

- 予算額：上限 23.2 億円
- 予算根拠：要素技術の開発、試作品製造、効率的施工法の開発に要する原木量を積み上げ、それに必要な接着剤その他消耗品、光熱水費を既存の合板工場から聞き取りによって得た製造単価を根拠に算出。製造機械の開発に係る費用についても合板工場に聞き取りをして得た価格を根拠に算出。

（研究開発内容②）　等方性大断面部材の連続製造技術の確立

- 予算額：上限 12.6 億円
- 予算根拠：3m×8mの部材を連続製造できる実証製造ラインを想定。一部既存設備を改造・転用することを前提とし、大型化に伴う技術開発を要する設備について、通常サイズの合板製造装置の相場価格を根拠に試算。試作品に要する原木量、必要な接着剤その他消耗品、光熱水費を計上。製造ラインは既存の建屋内に構築される想定であり、建屋の新築費用は含んでいない。

（研究開発内容③）等方性大断面部材の規格化・告示化のための性能評価と設計法の提案

- 予算額：上限 15.8 億円
- 予算根拠：強度、防腐防蟻性、防耐火性、荷重に対する長期耐久性、断熱性、調湿性等の評価を占有して実施するのに必要な、設備費、試験評価に必要な薬品やセンサー類などの消耗品費、および、旅費を、大学・研究機関へのヒアリングを参考にして必要な経費を算出。また建築基準法告示を目指した一般的設計法の立案、設計用の性能データベースの構築、普及マニュアルの作成等に必要な事業費を計上。

【研究開発項目３】ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発

- 予算額：上限 13.0 億円
- 予算根拠：種苗着生施設と海藻育成施設（海藻バンク）は、水産庁委託事業や水産試験場等の小規模建屋や水槽等に係る費用の実績、類似施設の実績を有する民間会社からの見積りより算出。海藻基盤の製作設置費及び、藻場調査・分析・計測費、海藻カートリッジの取付等は「漁港漁場関係工事積算基準　令和３年度版」（水産庁）、「積算資料　電子版」（経済調査会）や魚礁メーカーからのヒアリング・見積りを参考に、必要な補助率等を加味して予算額を算出。

- 取組状況が不十分な場合の国費負担額の返還率：返還が決定した時点における目標達成度を考慮し、WG において、「10%、30%、50%」の３段階で評価

（参考）改訂履歴

・2022 年８月　制定