

グリーンイノベーション基金事業

「食料・農林水産業の CO₂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（案）

令和 4 年○月○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.....	10
3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援.....	19
4. 実施スケジュール.....	26
5. 予算.....	31

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・農林水産業の生産性向上と持続性の両立をイノベーションで実現する「みどりの食料システム戦略」を策定した。本戦略では、2050年のゼロエミッション社会の実現に向け、農地及び森林が吸収・固定する CO_2 は、年間5,590万トン（2018年度）にも達することから、これら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。
- 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的な限界を打ち破るような挑戦的な研究開発を重点的に推進する。
 - また、そのような挑戦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

¹ 世界の温室効果ガス（GHG）排出量の24%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%（年間約5,001万トン、2018年度）が農林水産分野に由来し、 CO_2 が約34%、 CH_4 が約47%（ CO_2 換算相当）、 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 Population Dynamics
<https://population.un.org/wpp2019/>

⁴ <https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/gaiyo.pdf>

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 年間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。

- 堆肥等の利用で土壌中の有機物含有量を高めることは、土壌の物理構造を改善し、保水力・保肥力・通気性を高め、農作物の生育を活性化させることができるが、実際には、堆肥等の調達が難しく、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。

バイオ炭の農地施用に関しては、土壌の物理構造の改善効果やそれに付随したメタン等の排出削減効果が知られているが、既存の土壌改良資材と比べて割高にならざるを得ないため、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、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。

- このため、今後は、バイオ炭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（いわゆる「人工土壌」）」を開発する。また、農業者の農地炭素貯留等の活動にインセンティブを与え、消費者や関連事業者が共に支え合う社会システムづくりも

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 CO₂ 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

合わせて検討する。

今後、こうした技術を世界に先駆けて確立できれば、農地炭素貯留の推進機運が高まる海外の荒廃地等をターゲットとして、バイオ炭プラント（インフラ輸出）とセットにした世界展開が可能となり、新たな成長産業を生み出すことができる。

<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 CO₂トン、このうち伐採木材製品（HWP¹⁰）は約 379 万 CO₂トンであり、吸収量全体の 9 割以上を占めているが、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、再生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 m³ から 2030 年に 4,200 万 m³ 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、主伐後の確実な再生林、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より木造率が 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向けて、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、ホテル等が各地で計画、着工、竣工されており、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、

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

国産材の年間需要量を現在より 1,100 万 m³ 増加させることは、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 億円を達成することを目標としている。そのため、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 CO₂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、各地域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」を平成 28 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」を令和 3 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、それらを基に各地で藻場の回復のための取組が進められているが、藻場の衰退には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、各海域の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」の構築が有効と考えられる。

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

- 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律的な藻場創造につながることを期待される。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、CO₂ 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。実際に導入が進めば、国内のみならず、海外においても漁場環境の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 CO₂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と考えられるが、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 CO₂ 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ものと思われ、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各国の紹介することにより、当該技術の世界的な展開を図る。

- 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 CH₄・N₂O 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バイオ炭に付加した「高機能バイオ炭」を開発し、バイオ炭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的なシステム開発を目指すものである。

【予算事業】

＜バイオ炭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（2021 年度予算額 10.8 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」

＜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（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（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り組み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 CO₂吸収・固定

＜現状と課題＞

我が国の CO₂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、CO₂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 CO₂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 年改定版 IPCC ガイドラインに「バイオ炭施用による農地・草地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、ブレイ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 CO₂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、CO₂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 CO₂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

全国各地で農業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」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 CO₂を持続的に農地炭素貯留できる営農技術等を確立する。

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/m³ 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。

ブルーカーボン推進のため、栄養塩を湧出し 10～18N/mm² 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 5.0kg 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 CO₂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、バイオ炭の施用により、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¹³）の CO₂を固定できる営農技術の確立を目指す。また、当該農地から生産された農産物の環境価値（CO₂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、農業者がバイオ炭の農地施用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。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 CO₂吸収源機能が減退している。そこで、海藻類の生育促進のための栄養塩を湧出し大型藻類が着生しても剥離しないよう 10～18N/mm² 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移植が可能となるよう従来の 1 / 4 の 5.0kg

¹³ 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。

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 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が、これら一連の資材化プロセスは極めて困難度が高く、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。また、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）もの CO₂を連年施用し、農作物の生産や土壌への影響を中長期的に評価した事例は存在しないため、生産者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必要性も生じ得る。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いため、研究開発における不確実性・リスクが存在するといえる。

また、実際に導入を拡大する上では、農業者に対する導入インセンティブも必要と

なるため、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、当該農地から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。しかしながら、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。

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あるため、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するとともに、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、さらなる藻場の形成を促すことが有効と考えられる。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湧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、配合できたアミノ酸は未だ 1 種で、微細藻類向けの製品開発も 1 件に止まっており、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を克服し、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。

➤ CO₂削減効果（ポテンシャル推計）

A) 50 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 千トンの CO₂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、本研究項目では新たな部材を開発し 10 年以内に製造実証を行う想定であり、新たな部材の製造販売が本格化し活用が進むのは 2031 年以降となるため、2050 年のアウトカム目標を設定する（2050 年の CO₂削減効果を参照）。

- （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、こうしたシステムが本格化し活用が進むのは 2031 年以降となるため、2050 年のアウトカム目標を設定する。（2050 年の CO₂削減効果を参照）。

【利用したパラメータ】

- （1）バイオ炭による農地炭素貯留等

① 2020 年度温室効果インベントリ調査報告¹⁴におけるバイオ炭の炭素貯留効果：約 5,000 トン（CO₂排出削減量相当）

② 10 年後のバイオ炭導入見込み：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については、2050 年の CO₂削減効果を参照。

- （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、2050 年の CO₂削減効果を参照。

B) 4,656 万トン／年（2050 年）

【算定の考え方】

- （1）バイオ炭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、バイオ炭の年間供給可能量を推計し、CO₂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、バイオ炭製造プラントの海外輸出による CO₂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 CO₂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 m² 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 m³/年（丸太換算）が

¹⁴ <https://www.nies.go.jp/whatsnew/20211210/20211210.html>

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 CO₂が貯蔵されると推計される。

(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 CO₂吸収量：1,141 万トン/年

藻場等のブルーカーボンによる現在の CO₂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 CO₂ 吸収に貢献する。

【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 農地炭素貯留による年間 CO₂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×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 CO₂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	CO ₂ 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（16t/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 CO₂ 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) 籾殻ガス化発電技術（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¹⁵
- 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 m²（想定）
 - ② 床面積あたり等方性大断面部材使用量 0.3m³/m²（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 m³
 - ④ 容積密度 0.3 トン/m³（想定）
 - ⑤ 炭素含有率 0.5
 - ⑥ CO₂換算係数 44/12
 - ⑦ 等方性大断面部材の原木歩止り 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 m³
 - 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 m³（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 CO₂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km²（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km²－(147 万km²×(1－0.008) 30 乗)=31.48 万km²
=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

¹⁵Kajiura et al., J. Environ. Qual. 44:228–235(2014). doi:10.2134/jeq2014.06.0279

- ⑤ アラメ場とコンブ場の平均吸収係数 7.25 トン CO₂/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）

1. 年間 510 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、バイオ炭の輸送や農地施用等による経済効果を推計（510 億円）。
- （２） 等方性大断面部材の開発については、2050 年の経済波及効果を参照。
- （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、2050 年の経済波及効果を参照。

2. 年間 1.5 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、バイオ炭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バイオ炭の国内販売 2535 億円
②バイオ炭製造プラント建設 914 億円
③バイオ炭製造プラント補修修繕費 1741 億円
④微生物資材の国内販売 400 億円
⑤バイオ炭施用による国内耕種農業生産額の増加 2850 億円

【海外】

- ⑥バイオ炭製造プラントの海外建設 850 億円
⑦バイオ炭の海外生産 3600 億円
⑧バイオ炭製造プラント補修修繕費 1000 億円

⑨微生物資材の海外販売 1396 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 324 m^3 /ha（森林資源現況）
- ⑤造材歩止り 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げ金額の増分を試算）

・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 m^2 ）、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 2800 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」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 CO₂を持続的に農地炭素貯留できる営農技術及び当該農地から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 高機能バイオ炭の開発

- 【（委託→補助）＋（1/10 インセンティブ）】

- 大量のバイオ炭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）をバイオ炭に付与することが必要になる。このため、バイオ炭を高機能化するための有用微生物資材を開発し、バイオ炭と融合した高機能バイオ炭を開発・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稻（水田作）とダイズ・野菜類（畑作）を主な対象に、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、バイオ炭との同時施用により、実際に農作物に肥料を供給できることを確認・実証する。また、微生物資材として実用化するための大規模培養法を確立するためのプラントを試作・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、有用微生物単体若しくは複数の有用微生物の組み合わせにより、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資材を 3 種類以上開発する。

- ② 高機能バイオ炭による CO₂固定効果の実証・評価等

- 【（委託→補助）＋（1/10 インセンティブ）】

- バイオ炭の農地施用は、各地で試行的な取り組みが開始されたばかりであり、現状では大量のバイオ炭を製造・供給する設備等が整備されていないほか、バイオマス原料の確保や集荷システム及びそれらのコスト面、加えて農作物の収量等に対する影響についても未だ不確実な状況にある。このため、もみ殻等の地域バイオマス資源をバイオ炭に効率的に製造する設備等を開発し、原料バイオマスの効率的な収集技術やバイオ炭の農地施用

技術等を合わせて確立することにより、原料収集からバイオ炭の製造・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。

具体的には、地域バイオマス資源である稲ワラ、もみ殻を対象としたバイオ炭製造から、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（バイオ炭の 1.9 トン相当）の CO₂を固定できる栽培技術体系（目標収量が慣行栽培の 2 倍）を確立する。また、原料バイオマスの収集方法やバイオ炭の施用方法、原料バイオマスやバイオ炭の一時貯留の方法、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象変動等の影響も考慮し、複数年度の実証試験を行い、バイオ炭の連年施用が可能な栽培技術体系を確立する。

また、高機能バイオ炭を施用した農地から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、水稻、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の開発を行う。

（委託・補助の考え方）

- ①高機能バイオ炭の開発に関しては、農地の状態（水田・畑地の違いや土壌特性の違い等）に応じ、適切な微生物種を特定し、それら培養・増殖法を確立する必要がある等、研究開発における不確実性及び困難性が伴う。このため、原則委託事業とし、その後、特定された有用微生物の増殖プラント等の開発段階においては、リスクの低減に応じ、補助率を低減する。
- ②CO₂固定効果の実証・評価に関しては、原料集荷や農地施用体制の構築において多数の農業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は委託事業とし、その後、減収リスクの低減に応じ、バイオ炭製造装置の整備や施用コスト等に係る補助率を逡減する。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、大学・研究機関、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、①に関しては、優れた技術アイデア等を有する者による単独提案を妨げないものとし、②の採択者との協力関係が見込まれる場合には追加採択を行う。

● 【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/m³ 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

【（補助）＋（1/10 インセンティブ）】

原木歩止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、研究開発項目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

【（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。研究内容②は、①および③と連携し、

構造性能とのバランスを考慮しつつ、原木歩止りが高く効率的な実証製造ラインを構築し、コスト目標を実現するための製造プロセス全体の最適化を行う。

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★

【委託（企業等の場合は 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から試作品や試験体の提供を受け、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、防腐蚀性・防耐火性の評価と付与技術の開発、また、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。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を行う。

（委託・補助の考え方）

- 研究開発内容①と②については、現時点では TRL3 または 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 とする。他方、実機実証段階では、そのリスクに応じて、補助率を逡減させる。
 - 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。
 - 【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、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
- 【委託→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するとともに、それら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。我が国は島国であり、周辺海域に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、実施者は、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こととする。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湧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当該資材に持たせる。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、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を持つことになり、海域全体の藻場の効率的な回復・造成と、藻場のブルーカーボン生態系の確保に寄与する。

なお、本技術開発で求める性能要求として、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、土木構造物として必要な設計強度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。

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、それらの影響を加味して適切に性能を評価する。なお、環境モニタリングや性能評価において一部業務を再委託することは妨げない。

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まず想定されるが、自主財源のみで藻場の再生を図ろうとする漁協や、ESG 投資の取り組み等

も念頭に環境に配慮した施設整備を指向する、臨海地域の立地企業による積極的な活用が促進されるよう、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。

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、CO₂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蓄積に乏しく、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、調査が中心となり得ることから、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 CO₂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、水産資源の回復を始めとした効果の測定では、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、実証段階では補助とする。

● 社会実装に向けたその他の取り組み

- 高機能バイオ炭の供給・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である、「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 CO₂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。
- バイオ炭の農地土壌への投入技術の開発については、高機能バイオ炭等の製造方法、農地炭素貯留法、農地における CO₂固定評価方法、生産された農産物の環境価値の評価指標等を規格化し、民間による海外展開を支援するための国際標準戦略プラットフォームを構築する（委託事業）。

- 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。
- ブルーカーボンの推進については、関連する整備事業の事業採択に際して用いられる費用対効果分析において、藻場が形成されることによる水産資源の増殖効果や海藻等の生物資源による水質浄化効果等が計上できることから、本プロジェクトで技術開発する商品についてもこうした仕組みを十分に活用し、水産基盤整備事業等を活用しながら、社会実装を促進する。このほか、ブルーカーボンのさらなる活用拡大に向け、環境省や国土交通省、経済産業省との連携を推進する。
- また、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んで社会実装を加速するため、ベンチャー企業等による追加的な研究開発等を機動的に支援する。

4. 実施スケジュール

● プロジェクト期間

➤ 【研究開発項目 1】高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立

高機能バイオ炭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、バイオ炭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の開発（①）には少なくとも5年間を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（②）にも5年以上を要する。その後、それら成果を用いた、実際の農業生産現場で実証・検証（②高機能バイオ炭によるCO₂固定効果の実証・評価）等には、2030年度までの最大10年間の期間を想定する。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、実施者の創意によって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、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か所で母藻の生育状況や移植作業の円滑さ、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か所を追加して実証を行い、2030年度までに技術を確立する。なお、このスケジュールは一例であり、事業実施者の提案において、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、追加公募の必要性が生じた場合には、その都度判断する。

➤ 【研究開発項目 1】高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立

(研究開発内容①) 高機能バイオ炭の開発

- ・ 有用微生物の探索・同定時 (2025 年頃に事業継続判断)
- ・ 微生物資材及び高機能バイオ炭の仕様決定時 (2027 年頃に事業継続判断)
- ・ 微生物資材製造プラントの仕様・設計時 (2028 年頃に事業継続判断)

(研究開発内容②) 高機能バイオ炭による CO₂固定効果の実証・評価等

- ・ 2026 年頃までは、地域バイオマス資源を活用したバイオ炭大量製造技術を確立し、バイオマス原料集荷や、有用微生物資材を含む圃場での農作物種や土地、立地、時期等の条件の違いに応じた施用技術や施用効果の評価方法等を開発し、試験フィールドにおける予備的な調査も行いつつ (2026 年頃に事業継続判断)、その後、現地ほ場における大規模試験の開始を想定し、2 作程度の試験結果が得られた時点 (2028 年頃に事業継続判断)
- ・ 評価指標の開発時 (2026 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

- ・ 厚さ 300mm の試作品の完成、試作品の曲げ、せん断、圧縮強度等の基礎物性データの導出 (2023 年頃に事業継続判断)
- ・ 支点間距離 8m の実大試作品の完成、実大試作品による設計用データ項目の同定 (2025 年頃に事業継続判断)
- ・ 実証製造ラインの完成、実証ライン製品の性能把握 (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) を一定程度備え、現地実証のための基礎的技術開発、実証に必要な漁港内等の環境整備が整い、実証への移行が可能と判断される場合 (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、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と判断される場合 (2027 年度に事業継続判断)

【研究開発項目 1】高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立

表 1：プロジェクトの想定スケジュール

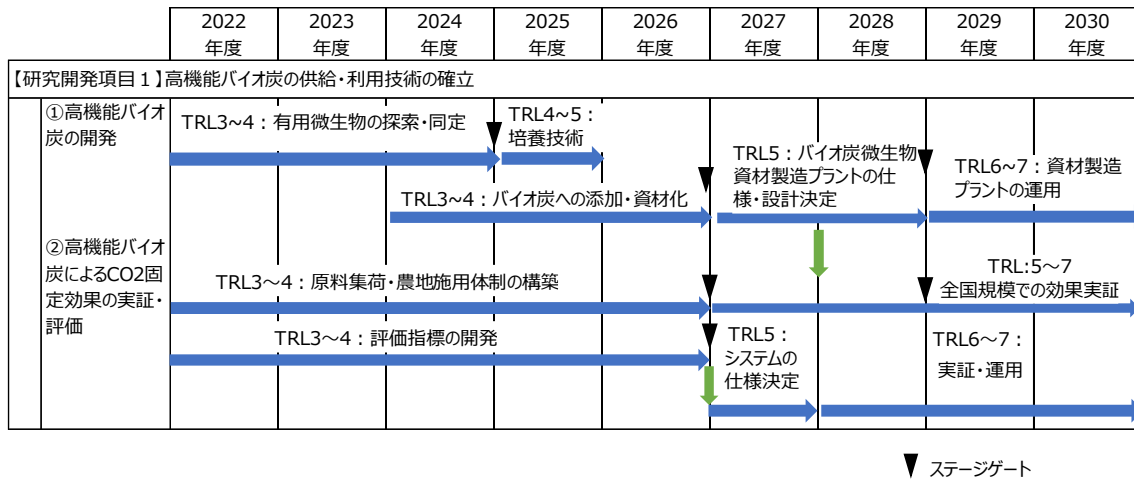
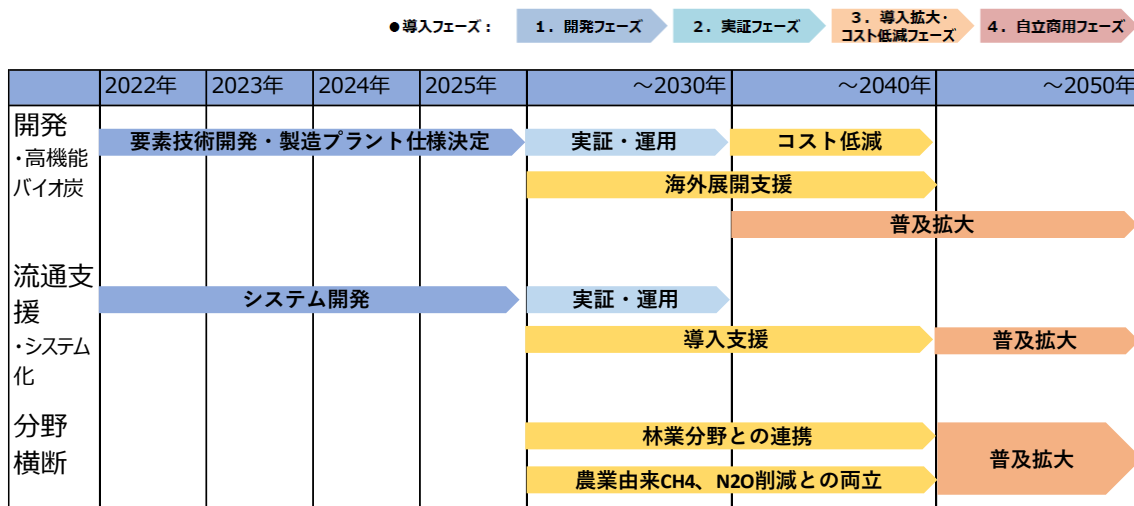


表 2：社会実装スケジュール



【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 3：プロジェクトの想定スケジュール

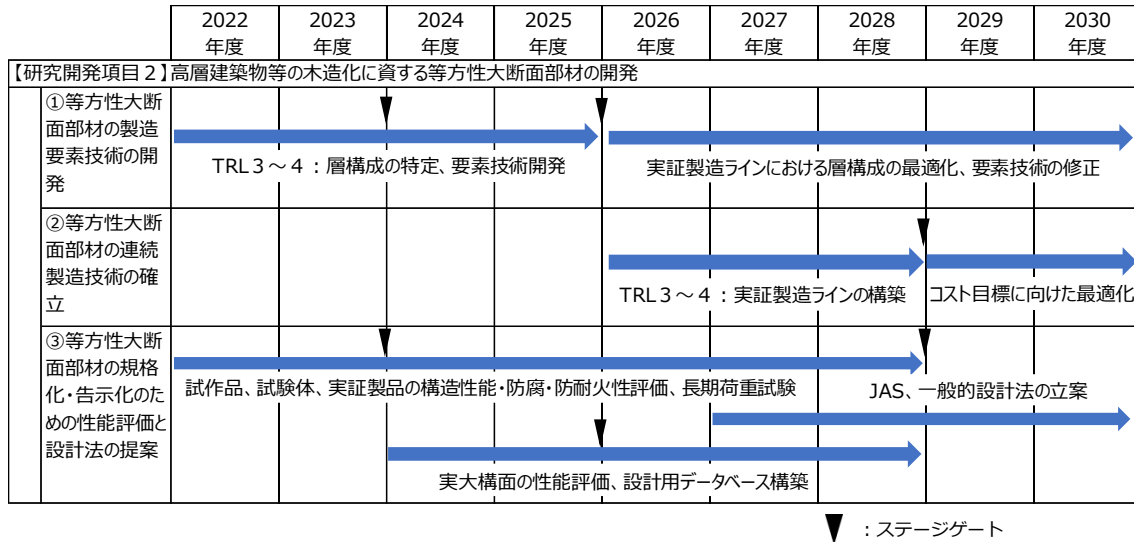
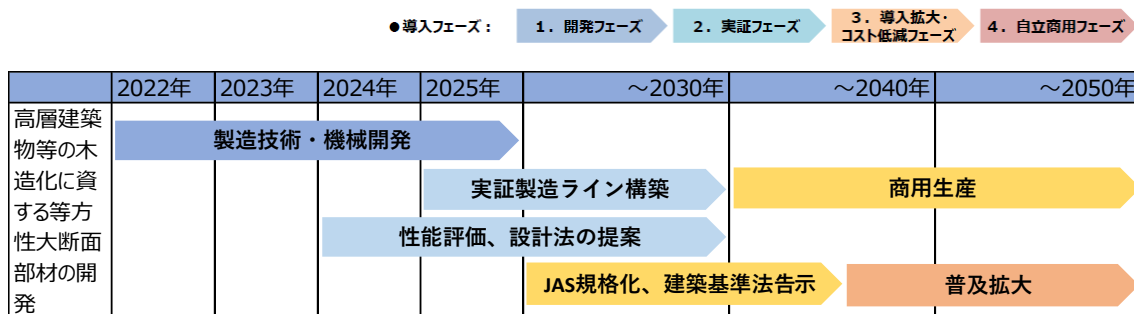


表 4：社会実装スケジュール



【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 5 : プロジェクトの想定スケジュール

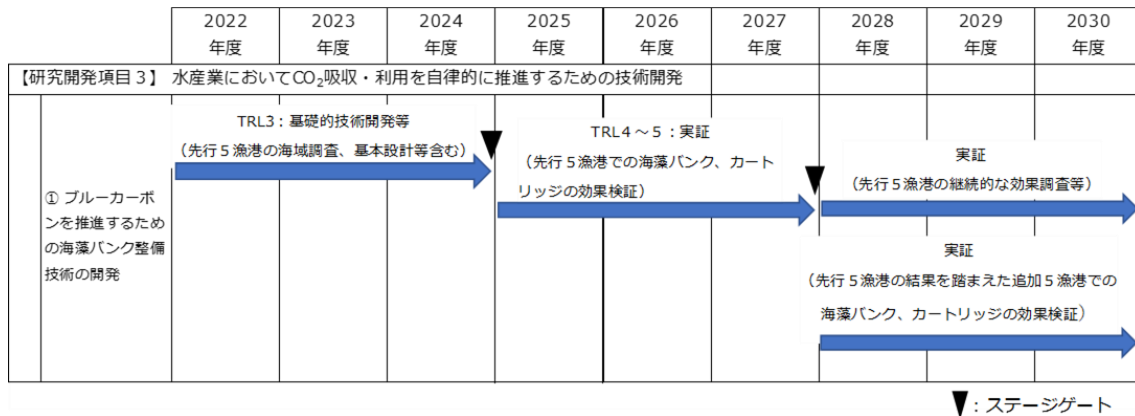
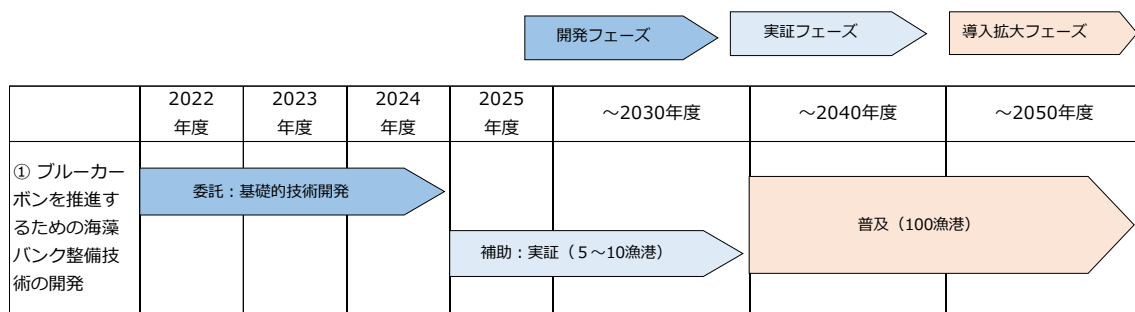


表 6 : 社会実装スケジュール



5. 予算

（分野別ワーキンググループでの審議結果を踏まえ、研究開発項目及び研究開発内容等を必要に応じて修正した後、今後の分野別ワーキンググループにおいて、各項目の予算額と予算根拠を提示予定）

（参考）改訂履歴

・2022 年〇月 制定