

「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・社会実装の 方向性

令和4年2月

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. 食料・農林水産分野における研究開発・社会実装モデル創出の意義

- (1) 2050年カーボンニュートラルの実現に向けて農林水産業に期待される役割①
- (2) 2050年カーボンニュートラルの実現に向けて農林水産業に期待される役割②
- (3) 2050 年カーボンニュートラル実現に向けた日本の農林水産分野の位置付け
- (4) 農林水産業におけるネガティブエミッションの現状と技術開発の方向性
- (5) グリーンイノベーション基金における農林水産業の取組み

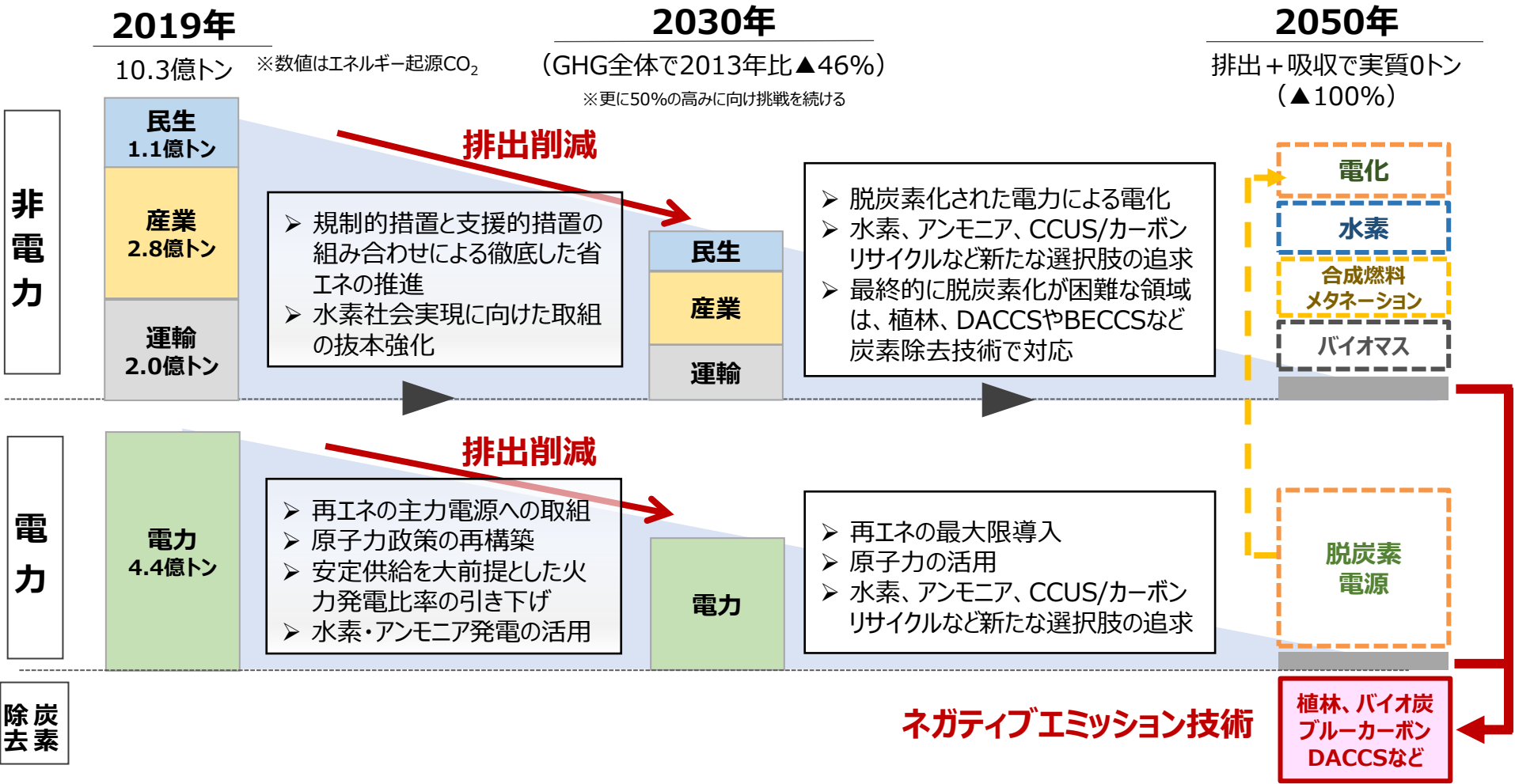
2. グリーンイノベーション基金で取り組む研究開発内容

- (1) 農地土壌炭素吸収源対策
高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立
- (2) 森林吸収源・排出削減対策
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
- (3) 水産業においてCO₂吸収・利用を自律的に推進するための技術開発
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

1. 食料・農林水産分野における研究開発・社会実装モデル創出の意義

(1) 2050年カーボンニュートラルの実現に向けて農林水産業に期待される役割①

- 現在の産業構造では2050年GHG排出ゼロにはならず、カーボンニュートラル実現のためには、GHGを回収・吸収し、貯留・固定化する**ネガティブエミッション技術が不可欠**。



※「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」概要資料を改変

(2) 2050年カーボンニュートラルの実現に向けて農林水産業に期待される役割②

- 農林水産業は食料の安定供給のみならず、農地や森林、海洋の管理・保全により、**それ自身が巨大なCO₂等の吸収源となる重要な産業**。
- 世界的な農地土壌の劣化や森林・海洋資源の乱開発による地球環境への影響が深刻化する中、農林水産業に期待される、**農地や森林、海洋が果たすCO₂等の吸収・固定能力を最大限に高める技術開発**が必須。
- 世界でもカーボンニュートラルに向けて、農林水産分野に関連する様々な政策、プロジェクトが進められているところ。

■ 主な国、地域でのCNに向けた政策・プロジェクト

エリア	政策の概要
欧州 	● EUが森林・草地など「炭素吸収源」の拡張計画を策定（2021年7月）。 ● 英国の気候変動目標達成と雇用促進にむけた大規模助成プログラム（2021年12月）。DACCS、BECCS、海洋アルカリ化、CO₂鉱物化（風化促進）などのプロジェクトを選定。
米国 	● 既存の石炭やフラッキング産業を新エネルギー化推進と共に転換図る狙い。採掘跡のCCS転用と化石燃料の将来有効活用に重点化、DACCS/BECCS/海藻類炭素固定を国のプロジェクトとして推進
中国 	● 中央政府による強力な政策推進に加え、海洋沿岸の省でも独自に計画を策定。風化促進を含むCCUSや海洋におけるネガティブエミッションを推進。

■ 農林水産分野のネガティブエミッション技術

光合成（CO₂吸収）のフル活用と固定・貯留技術

・バイオ炭

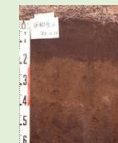
バイオ炭（もみ殻、木質など）の農地施用



モキ式無煙炭化器

・土壌炭素貯留

緑肥や堆肥など有機物の農地施用



畑地土壌の断面

・スーパー作物

光合成能力の高い植物の作出



エリアンサス

・原料転換

高機能バイオ製品・備蓄



熱に強い有機ガラス

・植林・再生林

エリートツリーの普及と木材由来の新素材



早生樹・エリートツリー

・ブルーカーボン

藻場・干潟における炭素貯留増大

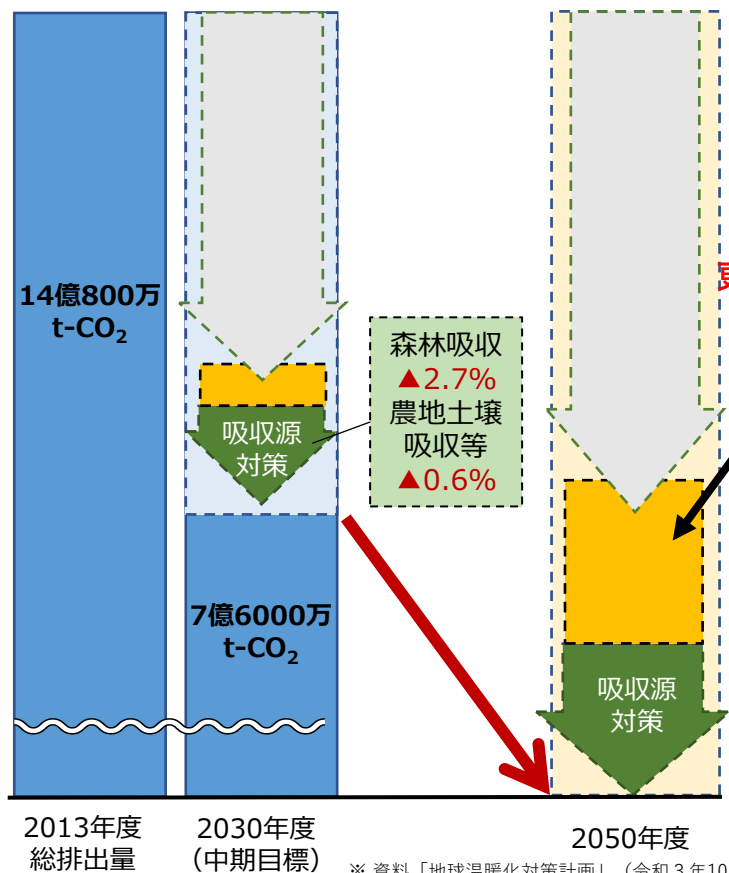


藻場の回復、造成

(3) 2050年カーボンニュートラル実現に向けた日本の農林水産分野の位置付け

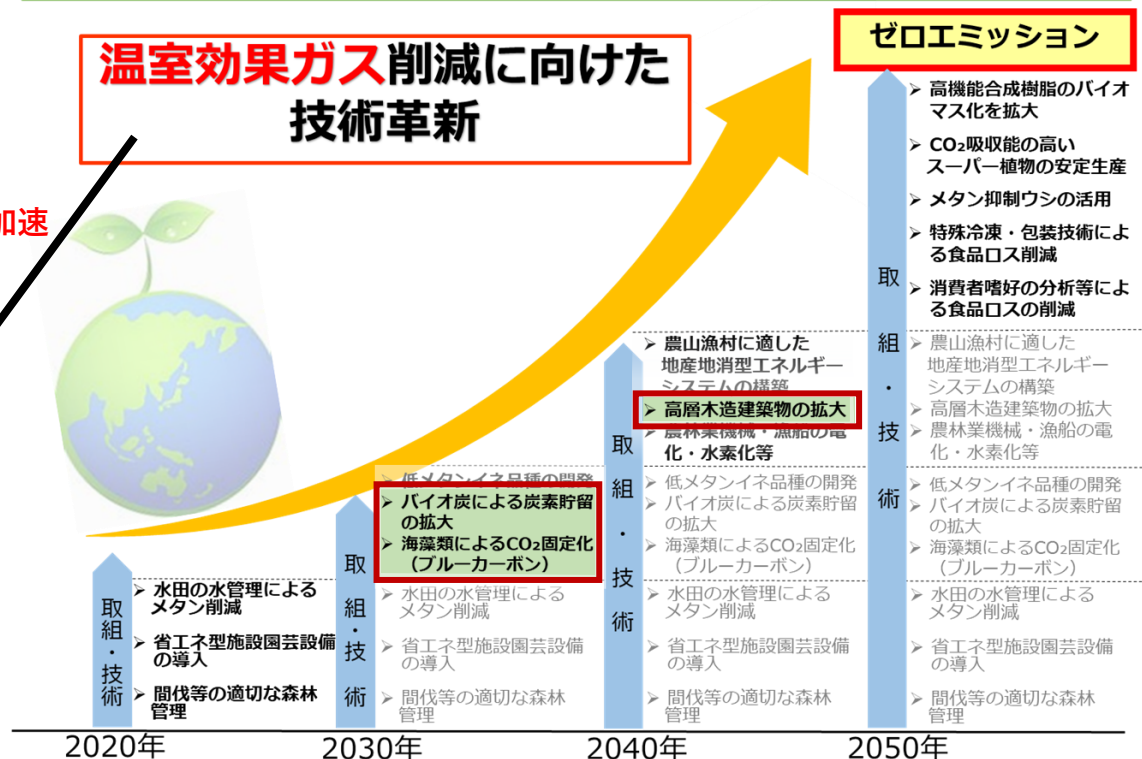
- 日本では、2050年カーボンニュートラル実現に向けた中長期の戦略的取組として「地球温暖化対策計画」（2021年10月22日閣議決定）を策定。吸収源として、森林や農地土壌のCO₂吸収量の中期目標（2030年度時点）を設定。
- 農林水産省では、「**みどりの食料システム戦略**」を策定（2021年5月）。吸収源対策を一層強化するため、**バイオ炭による農地炭素貯留**、**高層木造建築物の拡大**、**海藻類によるCO₂固定化（ブルーカーボン）**の技術開発及びその社会実装を加速化すること等の方針を明らかにしたところ。

■ 地球温暖化対策計画でのGHG削減目標



■ みどりの食料システム戦略

農林水産分野でのゼロエミッション達成に向けた取組



※ 農林水産業における化石燃料起源のCO₂ゼロエミッション化の実現(KPI)とともに、農畜産業からのメタン・N₂O排出削減、農地・森林・木材・海洋における炭素の長期・大量貯蔵等による吸収源対策を推進。

※ 資料「地球温暖化対策計画」（令和3年10月22日閣議決定）

(4) 農林水産業におけるネガティブエミッションの現状と技術開発の方向性

生産過程でCO₂を吸収する唯一の産業としての強みを活かし、「農業・林業」における吸収・固定に関する技術開発を加速化。さらに、「水産業・海洋」全体を視野に入れた吸収源対策（ブルーカーボン）に果敢に挑戦。

農地

- 土壌の健全性に資する技術として、土壌炭素貯留を高める施策が世界的潮流
・米「農業イノベーションアジェンダ」
・仏「4パーミルイニシアティブ」構想
- 国内でもJ-クレジットの対象になるなど、バイオ炭の農地施用の動きはあるが、供給面、施用コスト等で拡大が難しい。

バイオ炭による炭素貯留強化・ 土壌健全化

バイオ炭施用に伴う追加的なコストを相殺し、高収益性を実現する「高機能バイオ炭」等が開発できれば、農地炭素貯留に向けた農業者の取組インセンティブが高まり、国内外での拡大・普及が期待。

森林

- 人工林の高齢化により我が国の森林吸収量は年々減少傾向。
- 「伐って、使って、植える」ことで人工林の若返りを図ることが重要。
- 「使う」の部分では、木造率が低い共同住宅、オフィス、商業施設などに新規需要の期待大。

大断面部材による木材需要拡大・ 森林の循環利用促進

国内外での木造ビル拡大の動きに対応し、新たな部材を開発することにより、新規木材需要の創出、人工林の若返りを通じて森林吸収量の回復に貢献。

海洋

- 海水温の上昇による海藻の生育環境の悪化により水産資源を支える藻場等の生態系は減少傾向。
- 藻場の回復のためには、従前の藻場の保全技術に加えて、新たな取り組みが必要

ブルーカーボンによる藻場回復促進・ 炭素固定強化

藻場の回復により、漁場保全、漁業経営の安定化とともに、炭素貯留機能の維持・増大に期待。
本技術の海外展開により、世界的な藻場消失懸念の払しょくにも貢献。

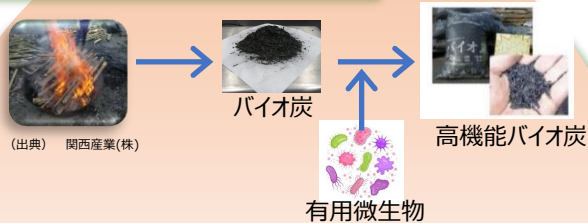
我が国のGHG削減と国内の農林水産業の発展を両立する。
さらに、国内での知見・成果を海外展開することにより、国際貢献と市場獲得を果たす。

(5) グリーンイノベーション基金における農林水産分野の取組み

(1) 農地

高機能バイオ炭の供給・利用
技術の開発

▲2,900万トン (GHG削減効果)



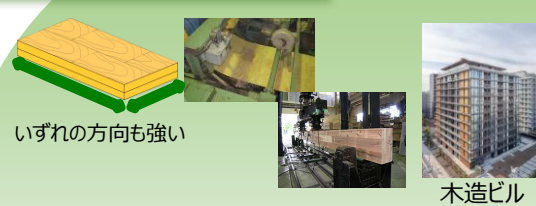
- 高機能バイオ炭を開発し、**GHG削減と生産性向上とを両立**させる新たな栽培技術体系を確立。
- バイオ炭農産物の「**環境価値**」評価手法を確立し、国内外に拡大・普及。将来的には国際標準に。

1.5兆円
(経済効果)

(2) 森林

等方性大断面部材の開発

▲656万トン (GHG削減効果)



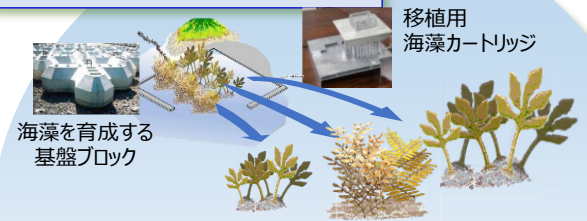
- 性能と製造効率を高次元で両立した、**世界初の等方性大断面部材**を実現。
- 新材の**規格化、告示化**のための性能評価と設計法を提案。
- 資源の循環利用を進めるとともに、国内外で新市場の創出を図る。

3,800億円
(経済効果)

(3) 海洋

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

▲1,140万トン (GHG削減効果)



- 育成海藻を周辺海域に移植し、**藻場を回復させる海藻供給システム**を開発。
- 藻場における**CO₂の吸収増大**、藻場が育む**水産資源を活用**、漁業の振興。
- 国際展開により世界的な藻場の保全・創造に貢献。市場獲得に繋げる。

1,200億円
(経済効果)

約4700万トンのGHG削減、約2.0兆円の経済波及効果 (2050年)

2. グリーンイノベーション基金で取り組む研究開発内容

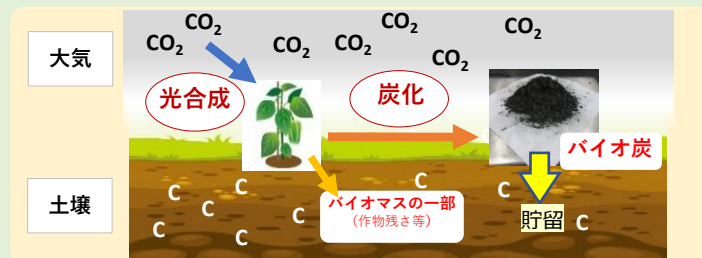
(1) 高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立

目的・目標

- 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**CO₂を持続的に農地貯留**できる営農技術等を確立する。
- バイオ炭に微生物機能を付与した「高機能バイオ炭(人工土壌)」を3種類以上開発し、バイオ炭施用農法の収量性を改善
- また、バイオ炭農産物の「環境価値」評価手法を確立し、**農業者の導入インセンティブを付与**
- これにより、**農地炭素貯留と生産性の向上を両立**

効果

- 農山漁村に賦存するバイオマス資源を活用した農地炭素貯留による**CO₂固定ポテンシャルは、約1,400万トン/年**
- 農地土壌の健全化等による農業生産性の向上、J-クレジット制度を活用した収入増加等による**経済効果(2050年)は1.5兆円/年**



取組内容・規模

- 土壌状態（水田・畑地）や栽培する農作物種等に応じ、**最適な微生物種を組み合わせた高機能バイオ炭**の供給・利用技術を開発
- 栽培地周辺の環境も勘案し、高機能バイオ炭によって付与された農産物の「**環境価値**」を相対的に評価する手法を確立



国内外の動向

- 我が国は、もみ殻のようなケイ素分の多い原料であっても効率的に炭化できる技術を有し、燃焼過程で生じる有害物質(クリストバライト等)を抑制する等の**技術的優位性**を持つ。
- 微生物の分野は、土壌中の有害病害の抑制や農作物の生育促進などの効果が認められる**200種類近くの有用微生物が確認**されており、それら**微生物資材の開発にも優位性**を有する。
- これら技術を融合した「高機能バイオ炭」を世界に先駆けて開発し、J-クレジット制度を活用した農地炭素貯留を主導することが可能。

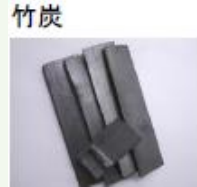
2. グリーンイノベーション基金で取り組む研究開発内容

(1) 高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立の困難性と革新性

現状と課題

- バイオ炭の施用により土壌の物理性（透水性、保水性、通気性）が改善できるものの、農産物の増収効果はない
- 自然界に存在する有用微生物の多くは培養増殖・資材化が容易ではない
- バイオマス資源からバイオ炭を効率的に製造する技術が未確立で高コストのため、供給面で課題

<主なバイオ炭の例>



農業者による施肥用途のハードルが高く
生産現場への導入は進んでいない

※オガ炭は、鋸屑・樹皮を原料としたオガライトを炭化したもの

GI基金を活用した取組（革新性）

- ① 高機能バイオ炭の開発
 - 複数の微生物の組み合わせや培養条件の最適化により、**有用微生物の大量培養・資材化を実現**し高機能バイオ炭を開発し、収量の増加に寄与
 - バイオ炭の製造技術を効率化し、安定供給につなげ、バイオ炭の供給コストを**大幅に低減**
- ② 高機能バイオ炭によるCO₂固定効果の評価・実証等
 - CO₂の固定に加え、施用に伴なう**環境価値の評価法を世界に先駆けて開発・標準化**

世界初

世界最高
水準

世界初

バイオ炭の大幅な低コスト化と収量向上を
同時に実現するとともに、**環境価値を明確に**することで、
新たな**ビジネスを創出**し現場への**導入を加速化**

(1) 高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立

①高機能バイオ炭の開発（委託→補助）

- バイオ炭の施用による収量の増加と、製造の効率化に伴うコスト削減を両立することで、**高収益性を実現する「高機能バイオ炭」を開発**する。
- これにより、農業者が大量のバイオ炭を連年施用したとしても、**慣行栽培以上の収量や品質が保証**され、バイオ炭の導入インセンティブが高まる。

バイオ炭の高機能化（微生物資材等の開発）

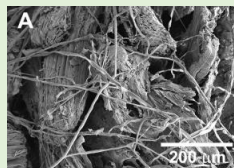


バイオ炭

+



肥料成分の供給や生育促進等を助ける有用微生物等



- バイオ炭を活発化させ高機能化する
- **高機能バイオ炭を高効率に製造**するプロセス等を構築



農地土壌の劣化が進み、農地炭素貯留の推進機運が高まる欧米市場にも展開

解決すべき技術課題

- 自然界には多様な有用微生物が存在するが、それらの**多くは以下の要因から増殖培養・資材化が困難**
 - 多くの微生物は活動できる環境が限定されている。
 - 特定の農地でしか機能しない可能性がある。



複数の微生物の組み合わせや培養（レシピ）の条件設定により、有用微生物の大量培養・資材化を実現

社会実装への道筋

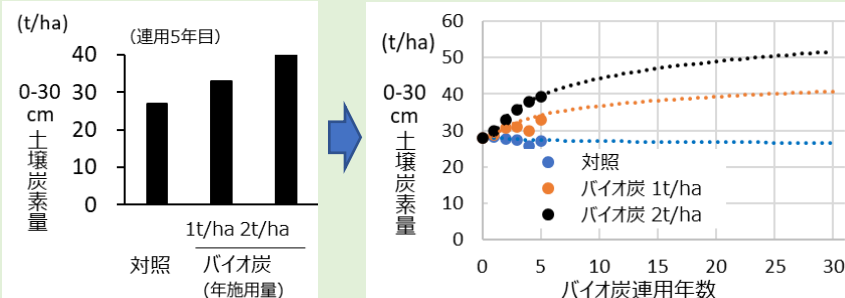
- バイオ炭と一体的に施用する生産資材として普及
- 微生物資材の**国内製造拠点を確立**した上で、海外の荒廃地等をターゲットとしてバイオ炭プラント（**インフラ輸出**）と**セットで世界展開**

(1) 高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立

②高機能バイオ炭によるCO₂固定効果の評価・実証等（委託→補助）

- 概ね2割の農作物収量増が実現され、**農地 1 ha当たり年間 3トン程度のCO₂を持続的に農地に貯留、またメタン・N₂O等の排出削減できる栽培技術体系を確立**するとともに、バイオ炭農産物の「**環境価値**」評価手法を**確立**し、農地炭素貯留の推進に向けた**国際標準化を主導**。

バイオ炭によるCO₂固定効果の実証・評価



実証圃場での実測

長期連用効果のモデルによる予測

- もみ殻等の地域バイオマス資源の収集からバイオ炭製造、農地施用、農作物生産までの**一連の実用化プロセスを実証・評価**
- 高機能バイオ炭施用農地から生産された農産物（**40品目**）の**環境価値評価指標を開発・展開**

1ha当たり1.9トン程度（CO₂相当量3トン）のバイオ炭を連年施用できる栽培技術体系を確立

解決すべき技術課題

- もみ殻等の地域バイオマス資源から**バイオ炭を効率的に製造する技術が未確立**
- 地域の生産者の協力を得つつ、農産物の種類や土質の違い等に応じた実証試験を全国各地で繰り広げ、**現行の栽培技術体系を抜本的に見直す必要**

社会実装への道筋

- 土質の違いや気象変動等の影響も考慮した栽培技術体系を確立し、**全国各地でのバイオ炭の施用を支援**。研究成果を活用して、海外での実証評価へと展開。
- バイオ炭農産物の環境価値評価手法の国際標準化等により、**農地炭素貯留を世界に先駆けて主導**し、関連産業（微生物生産資材、グリーン・ファイナンス等）を育成。
- 当該技術を、**農地炭素貯留の推進機運が高まる欧米や、アジアにおける農業生産企業等の顧客獲得に繋げる**。

(1) 高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立 農地炭素貯留等に関する海外動向等

国内外におけるビジネス動向

➤ 米国マイクロソフト社

2020年7月、マイクロソフト社は、米国内の農業協同組合等と提携し、「**農地炭素クレジット（排出枠）**」の排出枠取引を開始することを発表。マイクロソフトのクラウド技術や人工知能を活用することにより、**約6,000万haに及ぶ農地を対象**としたプロジェクトを予定。

マイクロソフト社公表資料より（Microsoft Carbon Removal - Lessons From an Early Corporate Purchase - January 2021）

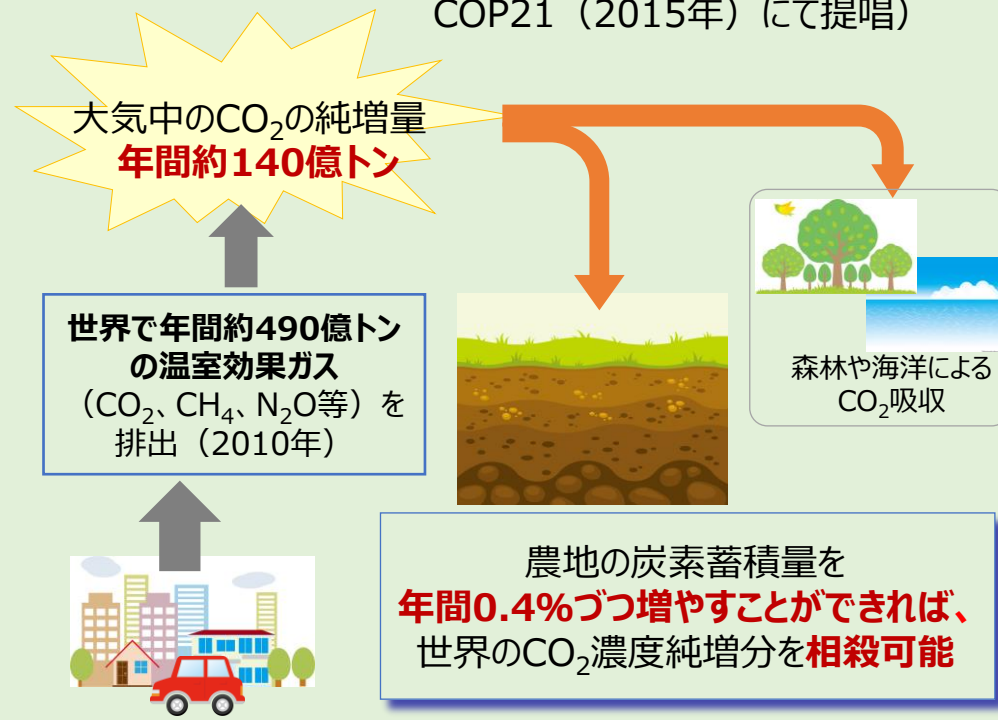
➤ 住友商事

2021年4月、住友商事は、米国Indigo Agriculture (マサチューセッツ州)との協業により、日本およびアジア地域を対象とした農地炭素貯留事業を推進する方針を表明。

Indigo社が環境保全型農業等に取り組む農業者の**農地炭素貯留量**を、**第三者認証付きの排出権**として買い取り、**企業などに販売**する仕組みを構築。

フランスによる「4パーミルイニシアティブ」

COP21（2015年）にて提唱



土壌微生物機能・動態解析技術は日本がリード

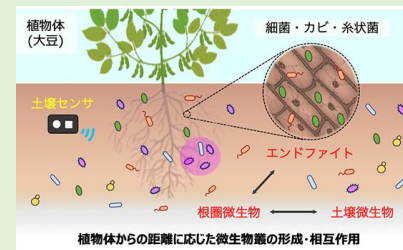
EUとの共同研究も検討中

➤ ムーンショット型農林水産研究開発事業

土壌微生物叢アトラスに基づいた環境制御による**循環型協生農業プラットフォーム構築**

土壌マイクロバイオームアトラスグループ

- ・土壌環境-マイクロバイオーム深層相互関係解析チーム
- ・土壌ミネラル循環システム開発チーム



<https://www.microbe-soil.sci.waseda.ac.jp/research/>

(1) 高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立

(参考) バイオ炭利用の現状、潜在的貯留量等

バイオ炭（木炭）の農業・環境分野の利用

- **バイオ炭**：生物由来有機物を炭化させたもの（原料：木、竹、もみ殻、家畜排泄物など）
- **農業上の用途**：「土壌改良資材」（地力増進法（昭59））に指定。古くから農業現場で有用性（土壌の保水性・透水性向上、ミネラル補充など）が認識されている。
- **その他の用途**：吸着能の活用（河川の水質浄化、家畜糞尿の消臭用など）

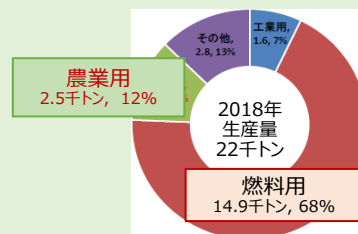
バイオ炭の生産量・販売価格の現状

- 農業用木炭の生産量は2500トン

➤ バイオ炭価格帯

木質炭：	800円/10kg
鶏ふん炭：	600円/10kg
汚泥炭：	数百円/10kg
もみ殻くん炭：	1000円/10kg

木炭の生産量の用途別内訳
(2018年)



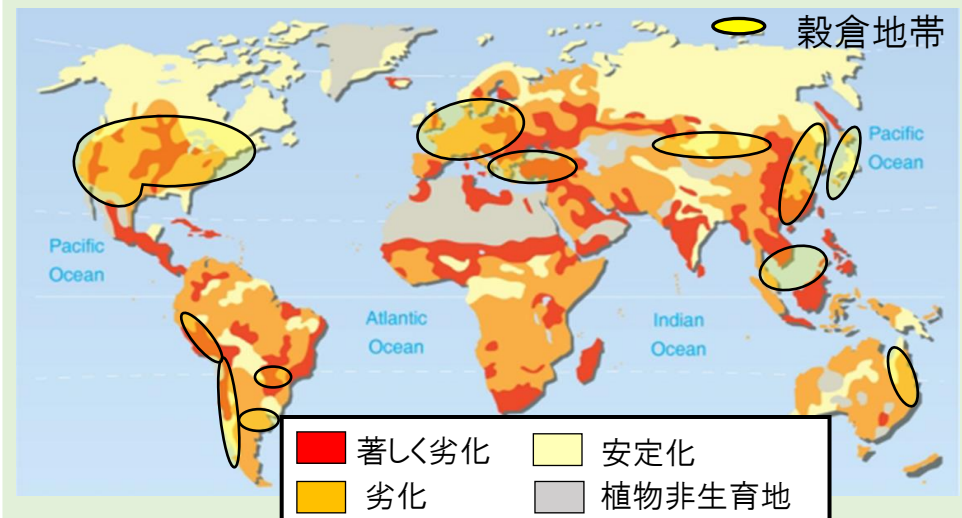
バイオ炭の潜在的炭素貯留量

	利用可能量 (万t)	バイオ炭生産量 (万t)	炭化物炭素 含有比	CO ₂ 貯留量 (万t)
木材 (林地残材等)	750	300	0.77	763
竹	256	69	0.44	113
稲わら	751	376	0.49	439
もみ殻	200	100	0.49	117
合計	1,957	845	—	1,432

バイオ炭の機能が発揮される土壌

乾燥地の酸性土壌で養分レベルが低く、粘度質の痩せた土地、または保水性の低い土地

○世界における土壌劣化の現状



出展：Global Soil Degradation. IAASTD-International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development. (2008年)

2. グリーンイノベーション基金で取り組む研究開発内容

(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

本事業の対象

- 森林はCO₂を吸収し、固定するとともに、木材として建築物などに利用することで炭素を長期間貯蔵可能。加えて、省エネ資材である木材や木質バイオマスのエネルギー利用等は、CO₂排出削減にも寄与。
- 人工林について、間伐等の着実な実施に加えて、「伐って、使って、植える」という資源の循環利用を進め、木材利用を拡大しつつ、成長の旺盛な若い森林を造成することにより、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献。

吸収源・貯蔵庫としての森林・木材

➤ 森林はCO₂を吸収

- ・樹木は空気中のCO₂を吸収して成長

➤ 木材は炭素を貯蔵

- ・木材製品として利用すれば長期間炭素を貯蔵

2019年度の森林吸収量実績は約4,290万t-CO₂
(うち木材分は約380万t-CO₂)

排出削減に寄与する木材・木質バイオマス

➤ 木材は省エネ資材

- ・木材は鉄等の他資材より製造時のエネルギー消費が少ない

木造住宅は、非木造(鉄筋コンクリートや鉄骨造等)に比べて
建築段階の床面積当たりのCO₂排出量が約3/5

➤ 木質バイオマスは化石燃料等を代替

- ・マテリアル利用により化石燃料由来製品(プラスチック)等を代替
- ・エネルギー利用(発電、熱利用)により化石燃料を代替

2019年の木質バイオマスエネルギーによる
化石燃料代替効果は約400万t-CO₂

- ・木質バイオマス燃料を2,000万m³利用(間伐材、製材残材、建築廃材等)
- ・A重油約120万klを熱利用した場合のCO₂排出量相当を代替



2. グリーンイノベーション基金で取り組む研究開発内容

(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

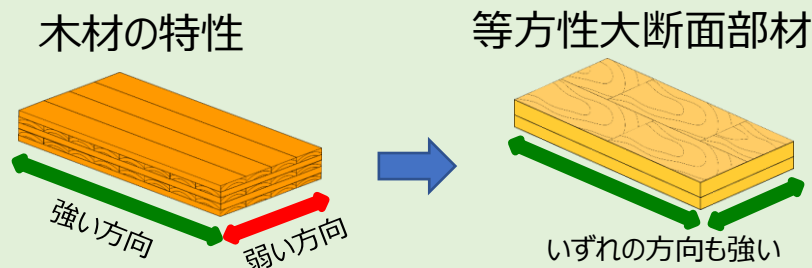
国内外の動向

- 木造ビルが欧米中心に広がりを見せており、2019年、ウィーンに24階建のホテル等複合施設が竣工
- 環境負荷のみならず、**工期の短さ**や**木の良さ**などにより国内でも木造ビルへの注目が集まっている
- 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、竣工されている
- こうした中、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**
- 2021～23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（矢野経済研究所）
- **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（Grand View Research, Inc.）
- ただし、**高層木造の標準的な設計、工法は未確立**であり、各種木質部材の強度特性に合わせて**各社・各国でさまざまな試みが行われている状況**

目的・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。

- 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**とすることを条件
- 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**を目標
- 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
- 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



(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

等方性大断面部材の取組内容・規模と革新性

取組内容・規模

① 等方性大断面部材の製造要素技術の開発（補助）

単板の厚さを既存合板の数倍に厚くする、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により、**性能と製造効率を高次元で両立した、世界初の等方性大断面部材**を実現

② 等方性大断面部材の連続製造技術の確立（補助）

既存合板とは大きく異なる層構成と寸法（厚さ、面積）に対応し、**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

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）

JAS規格案のための部材単体および実物大構面の性能評価、長期荷重試験、防腐性・防耐火性の評価と付与技術の開発、**建築基準法告示**を目指した一般的設計法の提案、設計用データベースの構築等の協調領域の取組

革新性

- 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（環境面に加え、**経済面でもメリット**）
- 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**
- 既存の合板等では異方性が緩和されるものの、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
- 本事業では国産材を原料として、木材による**世界初の等方性大断面部材を開発し、将来的には商用生産を実現**
- 熱帯広葉樹材、ロシア材から国産への原料転換に短期間で成功した**我が国の高度な合板製造技術を基盤として、世界に先んじて挑戦**
- 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が拡大、**国内外における木造ビル建設の需要創出に貢献**



(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

等方性大断面部材の技術的困難性と期待される効果

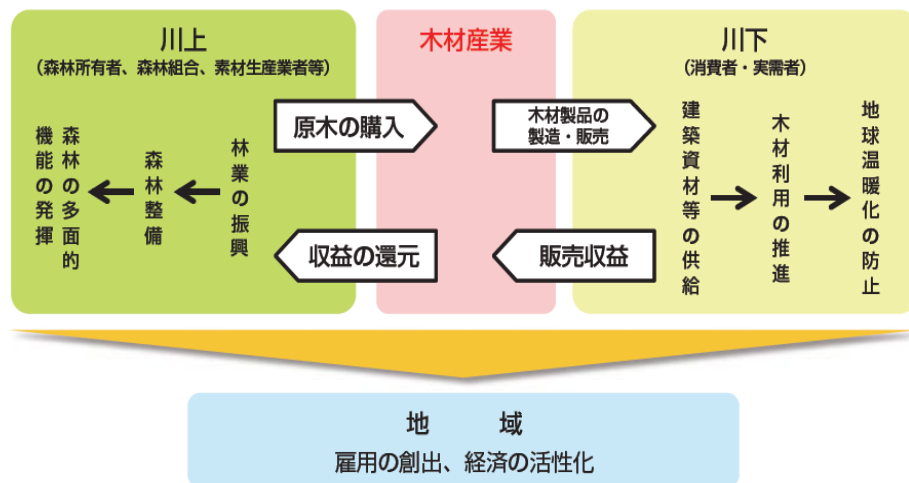
困難性

- 丸太品質の許容範囲が広く、**高い歩留り**（原料に対する製品の体積割合）により**コスト低減**が期待できる丸太の「かつら剥き」での実現を想定
- 既存合板での単板（かつら剥き）を、数倍に厚くすることによって等方性の大断面ができることが理論上は確認されているが、効率的な製造方法がないために実現できなかった
- 製造効率を高めるため、厚剥き単板に加え、厚さの異なる単板の組み合わせ、ひき板（鋸びきした板）との併用も含め、**新たな発想による層構成**で等方性を目指す
- かつら剥きを厚くすることで、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（単板をパッチワーク状に貼り合わせて大面積にすること）、積層接着する各工程を効率的に実行するための技術開発が必要
- また、耐久性の観点から防腐、防耐火性を付与するため、従来のように**圧力容器には収容できない大断面部材に対する薬剤注入法の開発**も課題
- 性能と価格の両面で選ばれる部材**を目指し、製造コスト10万円/m³を目標
- 材質にばらつきも多い国産材を用い、性能と製造効率を高次元で両立させるためには、多数のトライアンドエラーが不可避。また、数か月～年単位の**長期荷重試験**が必要なため、最長で9年間の取組を想定（受託者の創意により短縮可能性）

効果

- 国産材の新規需要600万m³/年が創出され、人工林の若返りが促進
- 若返りにより**491万トン/年の森林吸収量が回復**
- 高層建築物等に**165万トン/年が貯蔵**
- 国内メーカーによる**国内販売と輸出**により年間**3,300億円の経済効果**
- 国内の**再植林事業**により年間**476億円の経済効果**（林業従事者の雇用拡大、苗木の売上増など）

森林資源の循環利用と経済効果のイメージ



(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

等方性大断面部材の社会実装に向けて（JAS規格化、建築基準法に基づく一般的設計法の必要性）

（国土交通省「建築関係法の概要」より抜粋）

2. 建築基準法について

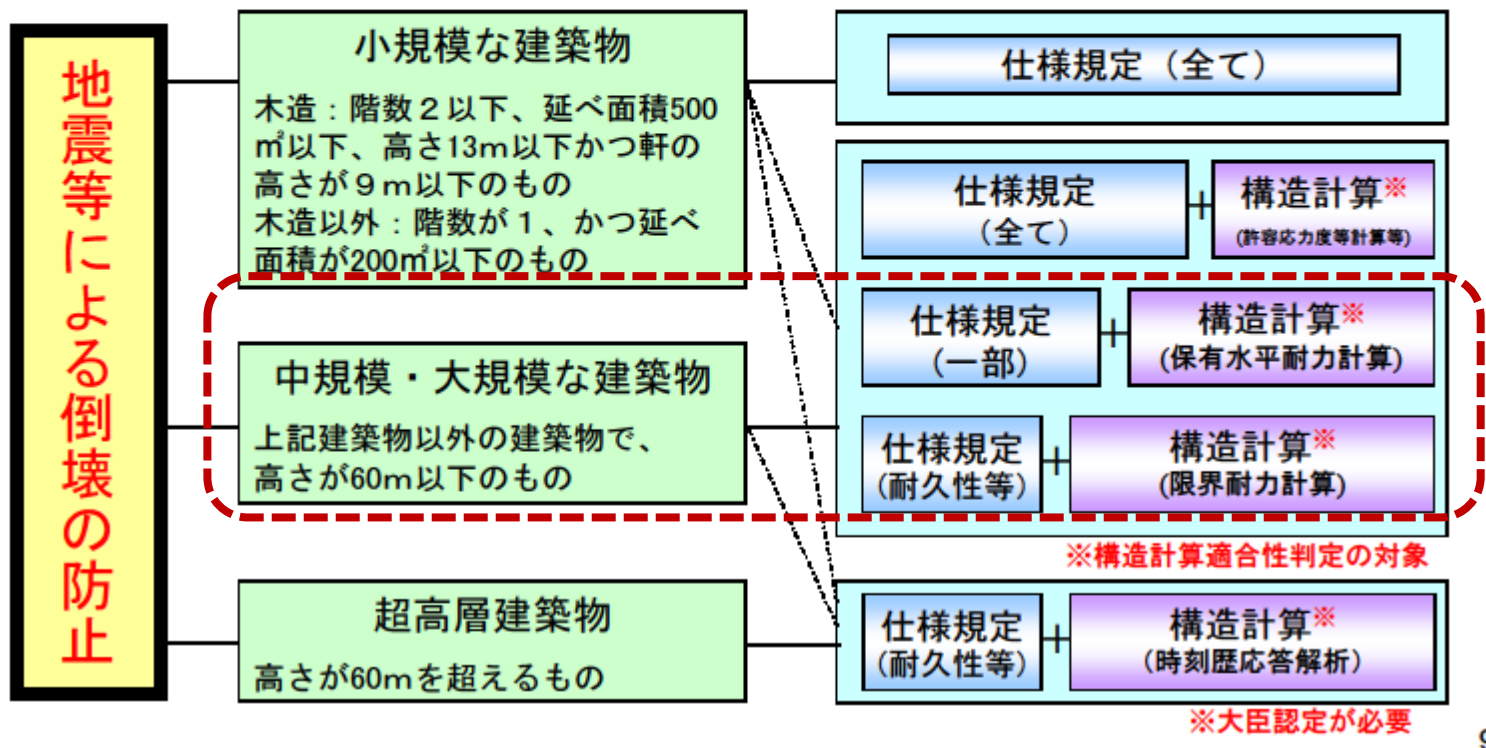
○構造関係規定の構成

構造規定の目的：積雪、風圧、地震等による倒壊の防止

【 目的 】

【 規模別分類 】

【 基準内容 】



本事業の目標

新たな木質部材は、JASによって材料性能を担保したうえで、構造計算の方法や壁・床などの仕様を建築基準法に基づく国土交通省告示で定めることで、個別の大臣認定によらずに、通常の建築確認によって建築が可能となり、新材の社会実装が進む

(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 等方性大断面部材の社会実装に向けて（参考事例）

（事例1）我が国における直交集成板（CLT）導入の流れ

- ・ 1990年代に欧州で開発
- ・ 我が国では2011年頃から国立研究機関を中心に実験・研究が進む
- ・ 2012年1月「日本CLT協会」設立（2014年4月一般社団法人に）
- ・ 2013年12月 CLTについてのJASが制定（農林水産省）
- ・ 2014年11月「CLTの普及に向けたロードマップ」（林野庁・国土交通省）
- ・ 2016年3、4月 CLTを用いた一般的な設計法等が告示（国土交通省）
- ・ 2017年1月、2021年3月「新たなロードマップ」（関係省庁連絡会議）

改正木材利用促進法が2021年 10月に施行

- ・ 対象を公共建築物だけでなく、民間を含む建築物一般に拡大
- ・ 目的として「脱炭素社会の実現」を明記
- ・ 省庁横断の木材利用促進本部を設置

（事例2）木材輸出促進に向けた官民の取組（対中国の例）

- ・ 中国の「木構造設計規範」（日本の建築基準法に相当）において、木造軸組構法や日本産スギ、ヒノキ及びカラマツの構造材としての規定がなく、日本産木材による建築が困難な状態になっていた
- ・ 2010年から日本の関係団体や国立研究開発法人の専門家が連携し、同規範の改定作業に参加
- ・ 2017年11月「木構造設計規範」改定が公告され、2018年8月に「木構造設計標準」として施行
- ・ 日本産のスギ、ヒノキ及びカラマツを構造材として使った木造軸組構法の住宅建設が中国で可能に

**研究開発、製造実証、JAS規格化、建築基準法告示、相手国の国内事情に合わせた輸出
促進等について、国土交通省を含む産学官で連携した一体的な取組が重要**

(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

(参考) 森林吸収源をめぐる欧米諸国の動き

国	カナダ	米国	ドイツ	フランス	英国
2050年削減目標	80%減 (2005年比) (国内65%減、国際15%減)	80%以上減 (2005年比)	80～95%減 (1990年比)	75%減 (1990年比)	80%以上減 (1990年比)
特 徴	課題とポテンシャル、施策の方向性 (森林部門は数値無し)	目標達成に向けた複数の道筋 (吸収源と除去技術で総排出量の30～50%をオフセット)	2050年のビジョンと2030年の削減目標と対策 (森林部門は数値目標なし)	2050年に向けた施策の方向性/2028年までの排出上限を設定 (森林部門で総排出量の15～20%をオフセット)	2050年に向けた施策の方向性/2030年までの排出上限を設定
森林部門 主要施策	・森林管理方法の改善 (伐採後の再造林等) ・新規植林 ・木材の長寿命製品 (高層建築等) への利用拡大 ・木材のエネルギー、先進素材・化学製品への利用拡大 ・BECCS、木材の新規用途の研究開発	・森林面積の拡大と転用抑制 ・森林管理方法の改善 (伐採後の再造林等) ・自然攪乱の影響抑制 (予防的火入れ等) ・木材による化石燃料やエネルギー集約的資材の代替	・森林面積の拡大 (在来樹種の植林等) ・認証木材の普及 ・木材のカスケード利用 ・革新的な木材用途の研究開発 ・建築物への木材利用規制の撤廃 ・土地開発を正味ゼロ	・木材製品による化石燃料やエネルギー集約型資材の代替 (木材需要を5倍) ・木材製品による炭素貯蔵 ・森林による炭素固定 (有用樹種への転換、定期的な更新等)	・森林面積の拡大 (農地の林地化) ・建築部門での国産材利用の拡大 ・技術革新による木材の化学製品等の用途開発 ・林業への民間投資拡大 ・林木の遺伝的形質やBECCS等吸収技術の研究開発
主なプレイヤー	Freres Lumber Co., Inc (USA), Structurlam Mass Timber Corporation (Canada), Smartlam NA (USA), APA(USA), Katerra (USA & India)		Stora Enso (Finland), Mayr Melnhof Holz Holding AG (Austria), Binderholz GmbH (Austria), HASSLACHER Holding GmbH(Austria), Pfeifer Group(Austria)		

2. グリーンイノベーション基金で取り組む研究開発内容

(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

目的・目標

- 藻場等の海洋生態系が吸収する炭素（ブルーカーボン）

海藻自体の寿命は短い、炭素を環境中（海底など）に長期にわたり貯留すると考えられている。

陸域や海洋は、地球表層における炭素の主要な貯蔵庫となっているが、陸域と比較して海洋が炭素貯蔵庫として重要なのは、堆積物中に貯留されたブルーカーボンが長期間（数千年程度）分解無機化されずに貯留される点である。（桑江ら「浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計」2019年より）



- 地球温暖化を遠因とした「磯焼け」等により藻場が衰退

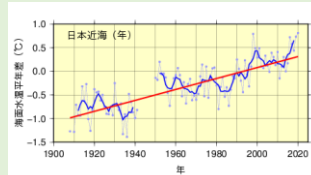
→2020年の都道府県向けアンケートにおいて、沿海39都道府県のうち、31道府県で「藻場の衰退が認められる」と回答
藻場の衰退により水産資源にも影響



例) 我が国のアワビ漁獲量は40年間で1/6に激減。（1980年4,878 t → 2019年819 t）



- 藻場消失の要因として、海水温の上昇に伴う海藻の生育環境の悪化、植食魚類等による食害、海藻のタネ不足などがあげられている。



日本近海では平均海面水温は、
+1.16℃/100年のペースで上昇
しているとの報告



植食魚類と食害を受けた藻場

こうした状況を踏まえ、環境変化に対応し、海藻の生育促進効果のある基盤ブロック、海藻を効率的に移植するカートリッジを開発

- 海藻類の生育促進のための栄養塩を湧出し、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程度まで軽量化した海藻移植用カートリッジの開発

日本の藻場を守るとともに、開発した技術の普及により世界の藻場保全にも貢献

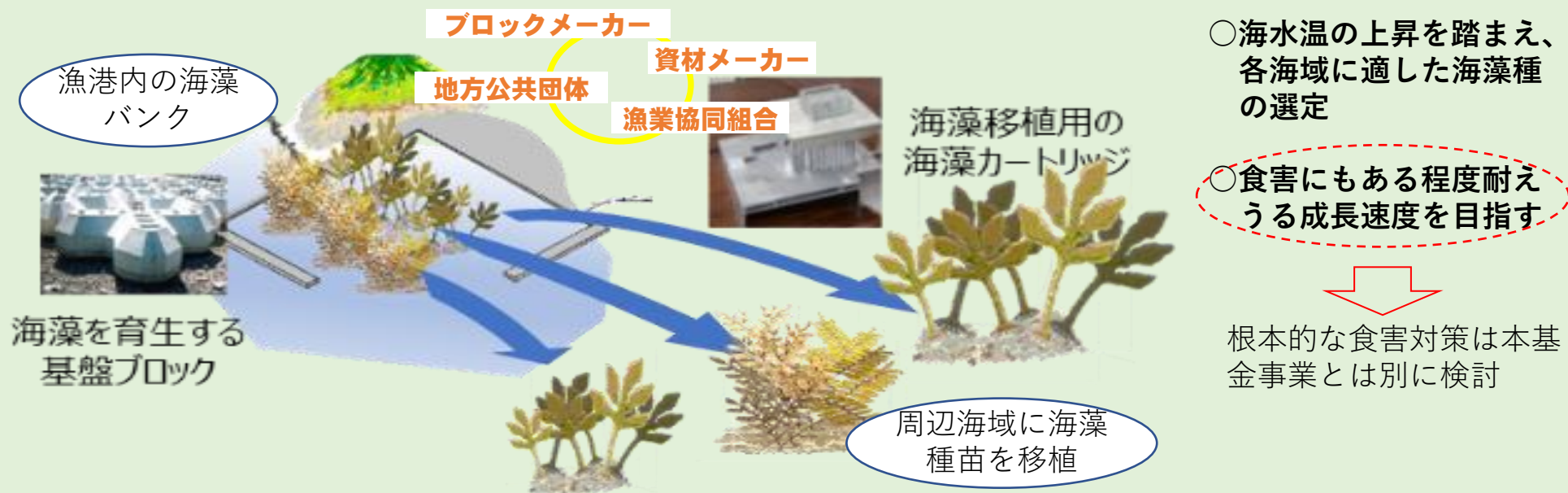
2. グリーンイノベーション基金で取り組む研究開発内容

(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

取組内容・規模

- 海藻の生育を促進する効果のある基盤ブロックを用いて漁港内で育成（漁港内海藻バンク）
- 漁港内で育成した海藻を、移植カートリッジを用いて効率的に周辺海域に移植する**海藻供給システム**を開発
（海藻利用に係るNEDOの先導事業との間では、その進捗に応じ、本事業で得られた海藻の生育情報の提供のほか、原料確保等について連携）

参画が想定される団体・メーカー



本事業では、海洋環境の違いを踏まえ、全国10か所程度で実証を予定
（各海域の環境に応じた効果の発現を目指す）

基盤ブロック、移植用カートリッジの開発、漁港内海藻バンク環境整備のノウハウの獲得については委託。実証は補助。

(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 技術開発によって期待される効果と解決すべき課題

効果

- 藻場のブルーカーボンによるCO₂の吸収のほか、藻場が育む水産資源を活用し、漁業振興



技術開発に向けて解決すべき課題

- 栄養塩等を溶出する鉄鋼スラグ、アミノ酸等の混合比率、配合調整
⇒容積膨張や固化後の強度低下が課題
- 海藻が着底・生育しやすい構造改良、軽量化
⇒空隙率確保や凹凸形状等による表面強度の低下、
藻類付着部分の劣化が課題

<困難性>

- 機能性と耐久性の両立
- 海域特性の類型化をもとに一定の規格を確保

(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

ブルーカーボンを巡る国内外の動向

国内外の動向

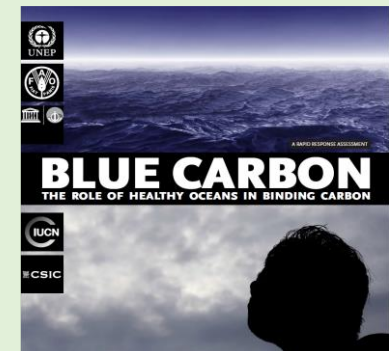
○2009年に、UNEP（国連環境計画）等による共同出版物として「BLUE CARBON」が公開。

Out of all the biological carbon (or green carbon) captured in the world, over half (55%) is captured by marine living organisms – not on land – hence it is called blue carbon.

Coastal waters account for just 7% of the total area of the ocean. However the productivity of ecosystems such as coral reefs, and these blue carbon sinks mean that this small area forms the basis of the world's primary fishing grounds, supplying an estimated 50% of the world's fisheries.



海洋生態系により炭素が吸収
特に沿岸域が大きな役割



○磯焼け（海藻が消失した状態）対策ガイドラインを作成するとともに、協議会等でノウハウの共有を図り、藻場の回復に取り組んでいるが、地球温暖化による海水温の上昇等もあり、全国的な磯焼けに歯止めがかからない状況。



磯焼け対策全国協議会の様子

○温暖化による海藻分布変化が世界的に懸念

海洋熱波の海中林への影響について、オーストラリア (Smale and Wernberg, 2013), ヨーロッパ北部 (Nepper-Davidsen et al ., 2019), 北大西洋岸 (Filbee-Dexter et al ., 2020), カルフォルニア (Lonhart et al ., 2020), バルト海 (Saha et al ., 2020) から報告

(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

開発成果の社会実装に向けた取組

➤ 漁港整備のほか、**藻場の保全・整備なども補助対象**としている**水産基盤整備事業等**を活用

地方公共団体等に本事業で開発した**海藻供給システム**を選択してもらい、**全国に普及（100カ所程度）**
耐震化や長寿命化を目的とした**防波堤・岸壁の整備に、本事業で開発した基盤ブロック等を積極的に選択**してもらう

海藻供給システムの普及

全国には、**海岸線に平均
12.5km間隔に漁港があり、
それらを活用し、海藻の供給
システムを全国展開**



全国の藻場を回復・保全し、
CO₂ 吸収・水産資源の安定化とともに、**漁村地域の活性化**につなげる

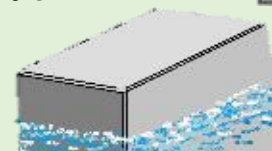
インフラ基盤への活用



災害発生時の物資輸送拠点となる
耐震強化岸壁の整備



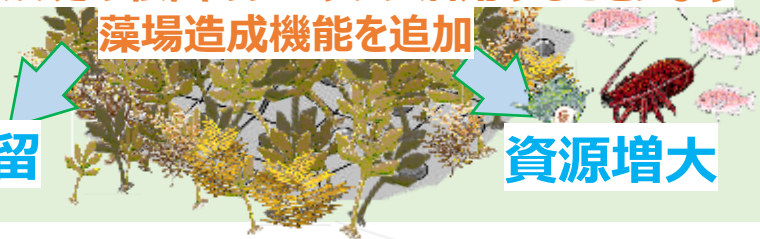
漁港施設の長寿命化対策



岸壁や防波堤の根固めブロックに活用することにより
藻場造成機能を追加

CO₂貯留

資源増大



藻場消失に起因する水揚げ減少等に悩む地方公共団体、漁業協同組合等が本事業で開発した技術を活用した藻場の回復対策を実施。成果の発現に伴い、**ブロックメーカーを軸に、効果の周知**を図ることにより、同様に藻場消失に悩む地域での**藻場造成を加速化**させ、開発した**基盤ブロック、移植用カートリッジの市場を拡大**

(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

(参考) 世界の藻場を取り巻く現状

世界の藻場衰退の懸念の報告 (潜在的な海外市場)

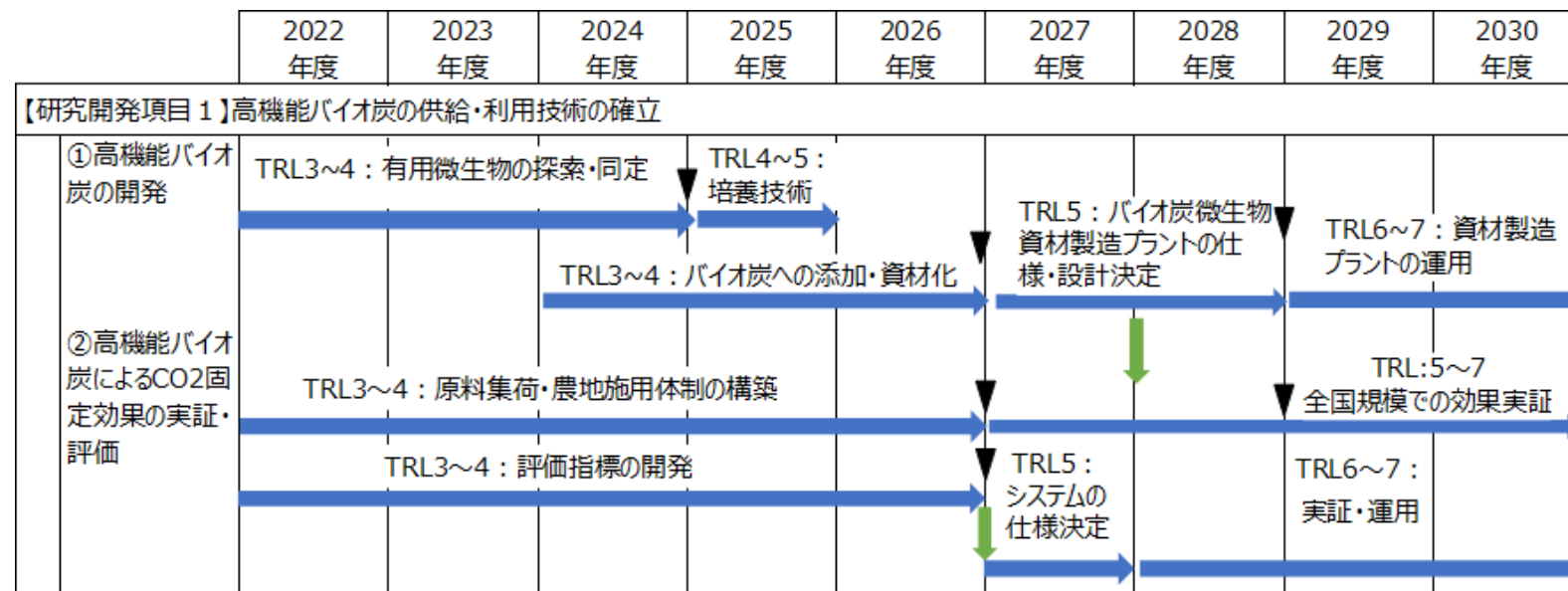


韓国は、昨年末、「ブルーカーボン」を利用して炭素を吸収するとし、2050年までに塩生植物などからなる540km²規模の海の森を造成すると発表。

想定実施スケジュール

(1) 高機能バイオ炭の供給・利用技術の確立

- 具体的なスケジュールは提案者の創意工夫にゆだねることを原則とするが、想定される一例は以下のとおり。
- ステージゲートを設定し、事業進捗を踏まえて、継続可否を判断。



①高機能バイオ炭の開発

- ・ 有用微生物の探索・同定時
- ・ 微生物資材及び高機能バイオ炭の仕様決定時
- ・ 微生物資材製造プラントの仕様・設計時

(2025年頃に事業継続判断)

(2027年頃に事業継続判断)

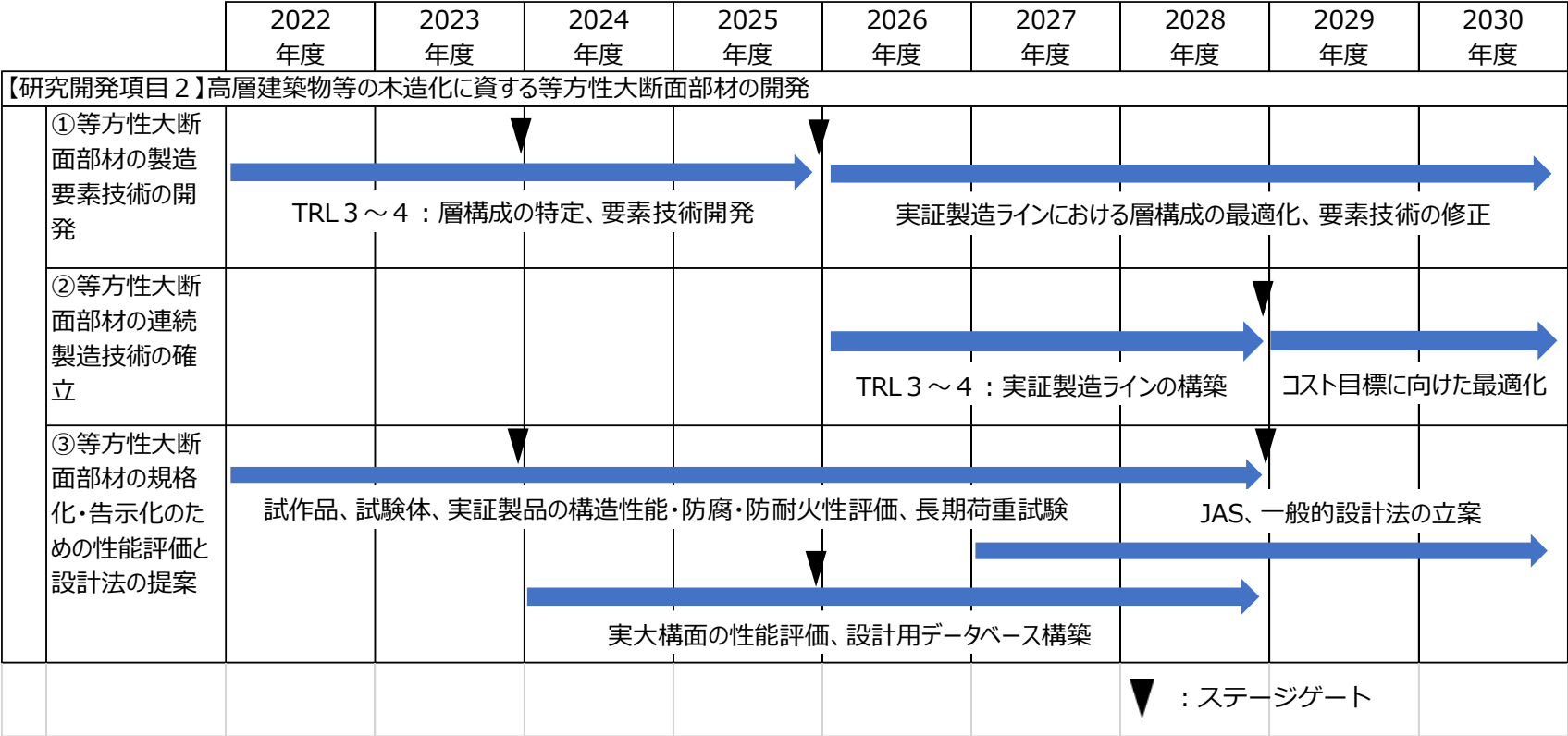
(2028年頃に事業継続判断)

▼ ステージゲート

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う
(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)

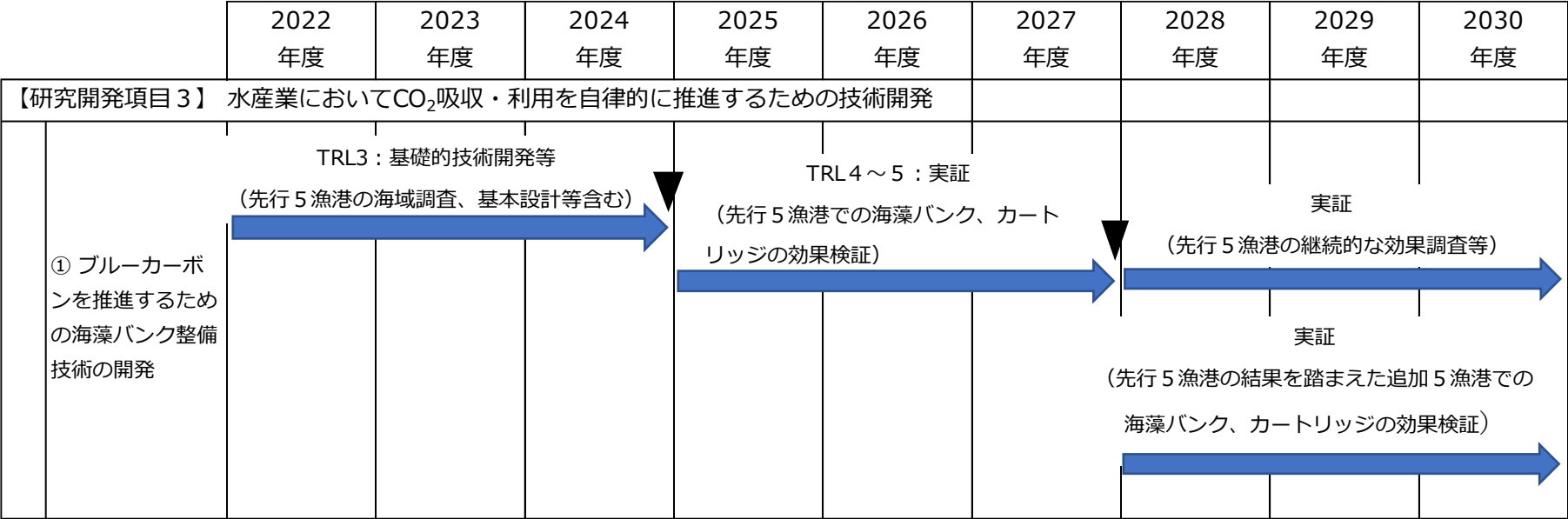
想定実施スケジュール (2) 高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発



- 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)

想定実施スケジュール

(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



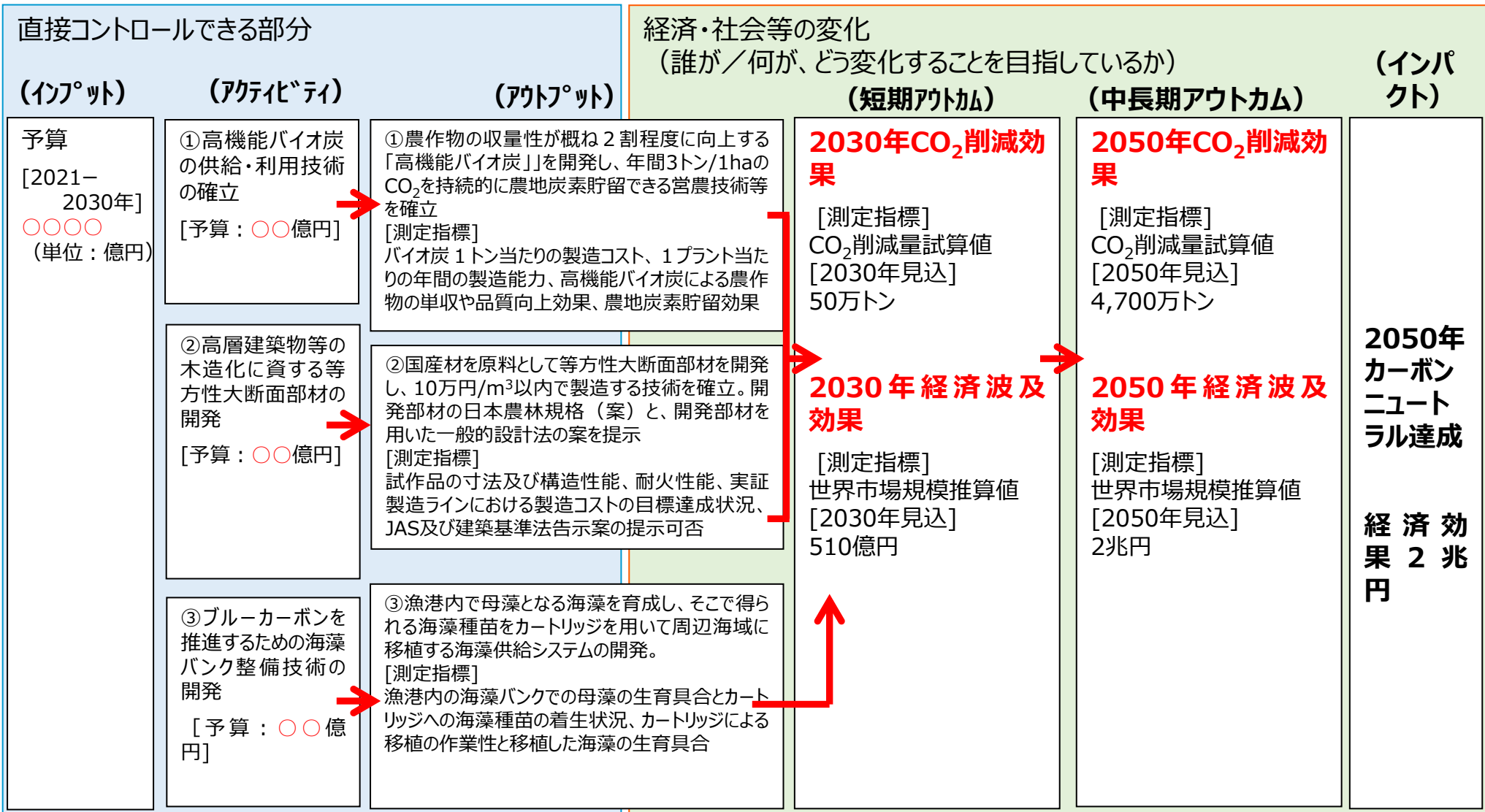
▼：ステージゲート

- 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)

「食料・農林水産業の温室効果ガス削減・吸収技術の開発プロジェクト」のロジックモデル



アウトプットの達成が、アウトカムの発現につながることを示すエビデンス

※レポートベースでのエビデンスを提示。FSを行った場合には結果に即した記載をする。