

2050年カーボンニュートラルに向けた若手有識者研究会

「食料・農林水産業のCO₂等削減・吸収 技術の開発」プロジェクトの今後の取組み に関する提案

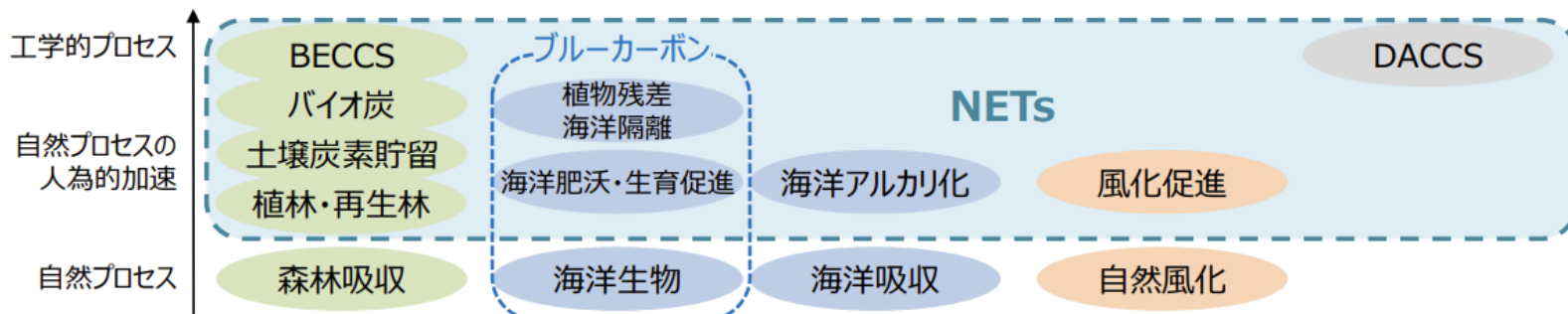
2023年2月2日

北川力氏	(AQUONIA)
城戸彩乃氏	(sorano me)
白石晃将氏	(京都大学)
鈴木はるか氏	(東北大学)
坪井俊輔氏	(サグリ)
矢島猶雅氏	(早稲田大学)

ネガティブエミッション技術の位置づけ

- 2050年カーボンニュートラルを実現するためには、どうしても避けられないGHG排出を吸収するネガティブエミッション技術（NETs）が不可欠。
- ネガティブエミッション技術には以下のようなテーマがあり、自然科学を応用したNETsテーマも多数存在する

植林・再生林	植林は新規エリアの森林化、再生林は自然や人の活動によって減少した森林への植林	
土壌炭素貯留	バイオマスを土壌に貯蔵・管理する技術（自然分解によるCO ₂ 発生を防ぐ）	
バイオ炭	バイオマスを炭化し炭素を固定する技術	
BECCS	バイオマスの燃焼により発生したCO ₂ を回収・貯留する技術	
DACCS	大気中のCO ₂ を直接回収し貯留する技術	
風化促進	玄武岩などの岩石を粉砕・散布し、風化を人工的に促進する技術。風化の過程(炭酸塩化)でCO ₂ を吸収	
カブール ボーン	海洋肥沃・生育促進	海洋への養分散布や優良生物品種等を利用することにより生物学的生産を促してCO ₂ 吸収・固定化を人工的に加速する技術。大気中からのCO ₂ の吸収量の増加を見込む。
	植物残差海洋隔離	海洋中で植物残差に含まれる炭素を半永久的に隔離する方法（自然分解によるCO ₂ 発生を防ぐ）ブルーカーボンのみならず外部からの投入を含む
海洋アルカリ化	海水にアルカリ性の物質を添加し、海洋の自然な炭素吸収を促進する炭素除去の方法	



グリーンイノベーション基金事業での研究支援

- 2.3兆円のGI基金のうち、2022/12/7時点で1兆838億円をプロジェクトに対して拠出決定
- 現状、農林水産業分野への支援は全体の約0.87%（=159.2/18338）に留まる
- また、他の事業と比較し、「食料・農林水産業」は事業の範囲が広すぎる

グリーンイノベーション基金プロジェクトの進捗状況（2022/12/7時点）	億円
①洋上風力発電の低コスト化	1195
②次世代型太陽電池の開発	498
③大規模水素サプライチェーンの構築	3000
④再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造	700
⑤製鉄プロセスにおける水素活用	1935
⑥燃料アンモニアサプライチェーンの構築	688
⑦CO ₂ 等を用いたプラスチック原料製造技術開発	1262
⑧CO ₂ 等を用いた燃料製造技術開発	1152.8
⑨CO ₂ を用いたコンクリート等製造技術開発	567.8
⑩CO ₂ の分離回収等技術開発	382.3
⑪廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現（準備中）	準備中
⑫次世代蓄電池・次世代モーターの開発	1510
⑬電動車等省エネ化のための車載コンピューティング・シミュレーション技術の開発	420
⑭スマートモビリティ社会の構築	1130
⑮次世代デジタルインフラの構築	1410
⑯次世代航空機の開発	210.8
⑰次世代船舶の開発	350
⑱食料・農林水産業のCO ₂ 等削減・吸収技術の開発	159.2
⑲バイオものづくり技術によるCO ₂ を直接原料としたカーボンリサイクルの推進	1767
合計	18337.9

海外諸国と比較した日本の強みと食料・農林水産業のポテンシャル

- 日本は地理的・環境的に自然科学を活かしたカーボンニュートラルに優位な環境
 - 世界的にプレゼンスを増している中国、インドに加えて成長著しいASEAN諸国をはじめとするアジア地域に位置するという地理的な優位性
 - ③世界有数の森林・海洋資源（森林率が国土の68.5%）は世界3位、排他的経済水域（EEZ）の面積（447万km²）は世界8位）（下記図参照）
- 日本の農林水産業における伝統文化
 - 丹精込めた食・ものづくりの技術と伝統（UNESCO無形文化遺産、FAO世界農業遺産など：FAO世界農業遺産*は、世界で23ヶ国72地域、日本では13地域が認定）
 - 世界に評価される日本食とおもてなしの心

*社会や環境に適応しながら何世代にもわたり継承されてきた独自性のある伝統的な農林水産業と、それに密接に関わって育まれた文化、ランドスケープ及びシースケープ、農業生物多様性などが相互に関連して一体となった、世界的に重要な伝統的農林水産業を営む地域

参考：OECD加盟国森林率上位10か国，2020年

順位	国	森林面積 [1,000 ha]	森林率[%]
1	フィンランド	22,409	73.7
2	スウェーデン	27,980	68.7
3	日本	24,935	68.4
4	韓国	6,287	64.5
5	スロベニア	1,238	61.5
6	エストニア	2,438	56.1
7	ラトビア	3,411	54.9
8	コロンビア	59,142	53.3
9	オーストリア	3,899	47.3
10	スロバキア	1,926	40.1

表4：世界の森林率上位10か国・領土，2020年

順位	国	森林面積 [1,000 ha]	森林率[%]
1	スリナム	15,196	97
2	仏領ギアナ	8,003	97
3	ガイアナ	18,415	94
4	ミクロネシア連邦	64	92
5	ガボン	23,531	91
6	ソロモン諸島	2,523	90
7	パラオ	41	90
8	赤道ギニア	2,448	87
9	米領サモア	17	86
10	パプアニューギニア	35,856	79

※ 2020年7月時点のOECD加盟国37か国で計算

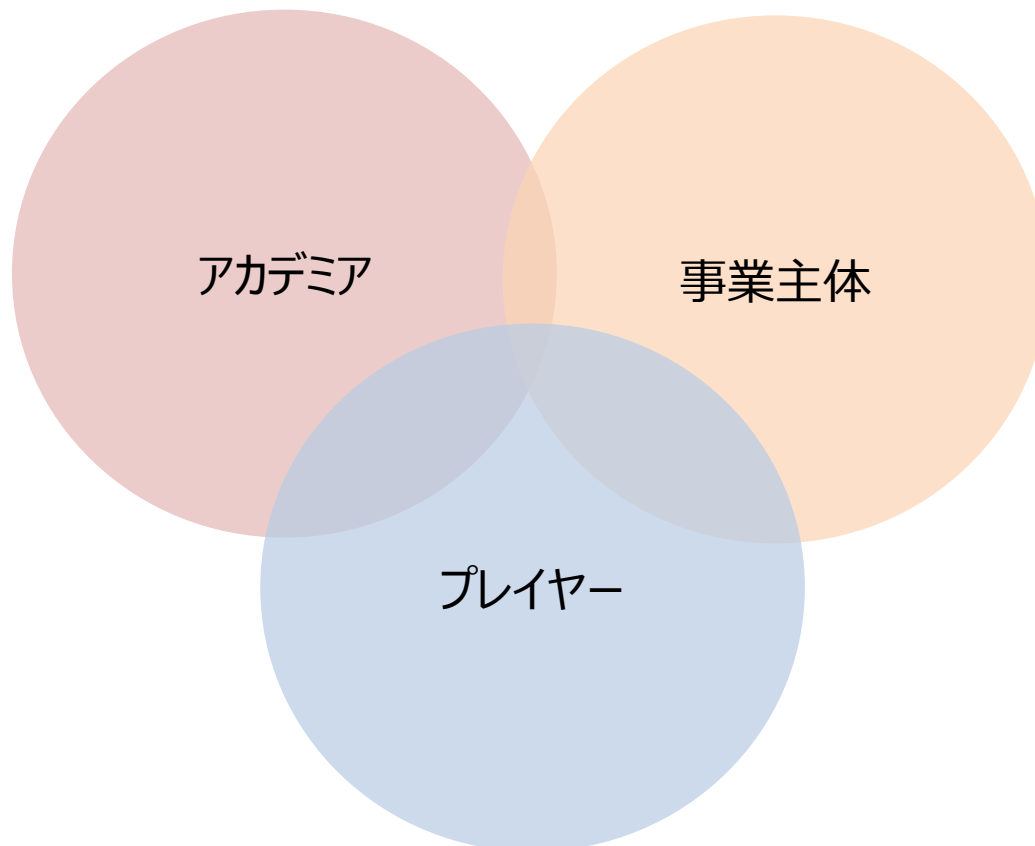
（出所）林野庁「世界森林資源評価（FRA）2020 メインレポート 概要」

国名	EEZ km ²
フランス	11,691,000
アメリカ	11,351,000
オーストラリア	8,505,348
ロシア	7,566,673
イギリス	6,805,586
インドネシア	6,159,032
カナダ	5,599,077
日本	4,479,388
ニュージーランド	4,083,744
中国	3,879,666

（出所）Sea Around Usを基に作成

食料・農林水産業の研究開発分野の特徴

- 食料・農林水産業の研究開発分野はほとんど自然科学系の研究と密接に関わるテーマで、変数が多く効果検証に時間がかかる
- そのため、社会実装にはアカデミアで行っている長期的な研究成果とそれを理解し市場にスピーディに実装していく事業主体の連携が不可欠
- さらに、実際に農林水産業を営む農家・林家・漁師など各プレイヤーの連携も重要



本研究会からの提案サマリ

前提

- 自然科学系の技術はそれを研究開発するアカデミア・社会実装を試みる事業主体・実際に技術を導入して農林水産業を営む農家・林家などのプレイヤーが全員動いてはじめて社会実装されるもの



提案

1. アカデミアの研究開発テーマに対しても投資できる体制づくりが必要
2. アカデミアと、社会実装を試みる事業主体の連携を強化できる施策が必要
3. 技術を実際に導入して農林水産業を営むプレイヤーへのインセンティブや導入ハードルの押し下げが必要
4. さらにこれらで培った技術を国内から海外に輸出できるような事業者を支援していくことで、企業競争力の向上に資する

1.アカデミアの研究開発テーマに対しても投資できる体制づくり

本研究会からの提案サマリ

前提

- 自然科学系の技術はそれを研究開発するアカデミア・社会実装を試みる事業主体・実際に技術を導入して農林水産業を営む農家・林家などのプレイヤーが全員動いてはじめて社会実装されるもの



提案

1. アカデミアの研究開発テーマに対しても投資できる体制づくりが必要
2. アカデミアと、社会実装を試みる事業主体の連携を強化できる施策が必要
3. 技術を実際に導入して農林水産業を営むプレイヤーへのインセンティブや導入ハードルの押し下げが必要
4. さらにこれらで培った技術を国内から海外に輸出できるような事業者を支援していくことで、企業競争力の向上に資する

食料農林水産業分野における自然科学系技術テーマの特性


- 自然科学系のNETsは効果検証に数十年単位の時間を要するテーマが多く、すぐにビジネス化しにくい
- 特に、食料農林水産業分野における自然科学系技術テーマについては、天候や自然災害等の不確定要素の影響を受けやすく、データのばらつきも大きい
- 他技術と比べて、時間軸を考慮したテーマ選定とマイルストーン設定が重要

例：微生物製剤を利用した米の増収

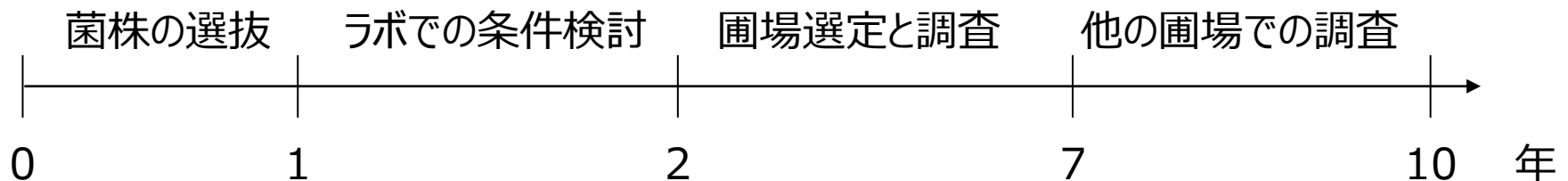
microbial biotechnology

Open Access

Methanol bioeconomy: promotion of rice crop yield in paddy fields with microbial cells prepared from natural gas-derived C₁ compound

Hiroya Yurimoto^{1,*,#}  Hiroyuki Iguchi,^{1,2,#}
Do Thi Di Thien,¹ Akio Tani,³ Yutaka Okumoto,^{4,†}
Atsushi Ota,⁵ Takahiro Yamauchi,⁵ Takahiro Akashi⁵
and Yasuyoshi Sakai¹

spraying of PPFMs. After selection of PPFM strains and rice cultivars by the *in vitro* seedling growth test, we further conducted paddy field experiments. The crop yield of the sake-brewing rice *Oryza sativa*



既存技術の効果検証・モニタリング及び長期化への対策

- 効果検証が未実施の項目も多数あるが、現在の農水省の取り組みでは長期スパンではテーマとして採択されていないものも多数ある
- 効果検証を行いモニタリングと合わせた技術開発を進める必要がある

■ 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

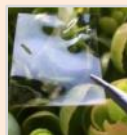
光合成能力の高い植物の作出



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
藻場の回復、造成

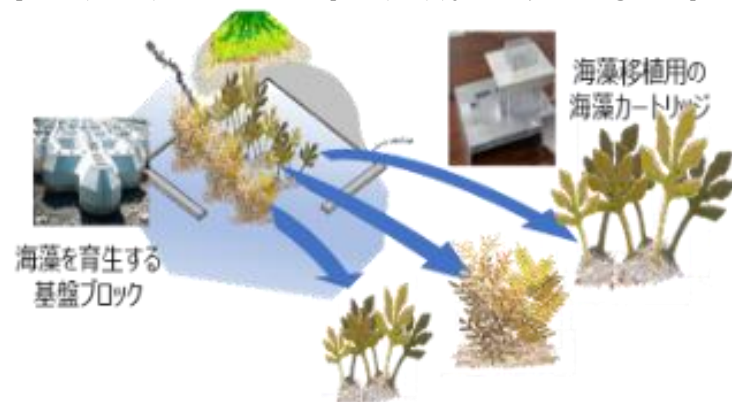
・ブルーカーボン

藻場・干潟における炭素貯留増大



■ グリーンイノベーション基金で取り組む研究開発内容

(例) ブルーカーボン：藻場造成ブロックによる藻場の造成



藻場造成に影響を及ぼす要因

- 海況の変化
- 栄養塩の欠如
- 淡水流入
- 天候の異変
- 植食動物の食害
- 海底基質の占有 等

藻場造成には地域ごとの現状に対応した実効性の高い取り組みが必要である。現状把握のためのモニタリングや効果検証には長期間かかり、地域特有の課題が研究開発内容と合致しない場合がある。

(出所) 経済産業省「第6回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト 部会 産業構造転換分野ワーキンググループ」(2022年2月17日開催) 資料6

(出所) 水産庁「第3版 磯焼け対策ガイドライン」(令和3年3月)

自然科学研究テーマの効果検証における課題

- 農林水産業における効果検証は長期間に渡り、検証の主体が農林水産業者となる場合が多い
- 検証の途中でのマイルストーン設定に関わる工夫及び他省庁の関連事業との連携が必要となる

例：藻場造成の例

大分県佐伯市名護屋地区の事例（水産多面的機能発揮対策交付金等を活用）
漁業者自らがモニタリング等を行い、藻場再生に向けた取り組みを行っている

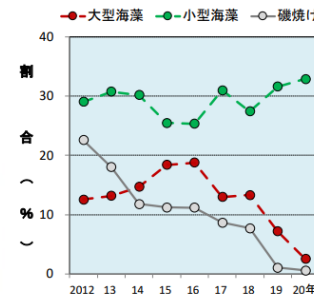


図 8-3-2 再生藻場の変遷

藻場造成に関わる事業例

- 水産庁
水産基盤整備事業
水産多面的機能発揮対策事業
水産業強化支援事業
- 環境省
自然環境保全基礎調査
豊かさを実感できる海の再生事業

（出所：上図）水産庁「第3版 磯焼け対策ガイドライン」（令和3年3月）

（出所：下図）環境省「豊かな海を目指した取組の事例集」

自然科学研究テーマの効果検証における解決案

- 長期間（7-10年間）かつ予算規模が多様な効果検証ができる研究費の創設
 - － 探究研究フェーズ（3年）＋本格研究フェーズ（最大7年）などフェーズをわけ、優良な研究のみ本格研究フェーズへの移行を可能とする（文科省担当－JST未来社会創造事業など参照）
 - － 効果検証の期間を必ず設定させる（例：1年後に実際に海藻が育ったか、別の圃場でも米の増収が確認されたか）
 - － 長期間にわたる研究費は大型が一般的、若手研究者も応募が可能な比較的少額の支援も必要
 - － 検証の主体となる可能性の高い農林水産業者を巻き込む（企業や組合を介して）研究費

配分機関	制度名	1件当たりの研究費額及び研究開発期間（研究費は1年あたり）
農林水産省関連の競争的研究費の例		
農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター	イノベーション創出強化研究推進事業	①イノベーション創出強化研究推進事業－大型 【基礎研究ステージ】1,000-5,000万円,1-3年以内 【応用研究ステージ】3,000-5,000万円,3-5年以内 【開発研究ステージ】3,000-15,000万円,3-5年以内 ②スタートアップへの総合的支援－若手スタートアップ（合計6年以内） 【フェーズ0（発想段階）】1,000万円,2年以内【フェーズ1（構想段階）】1,000万円,1年以内 【フェーズ2（実用化段階）】1,000万円,2年以内【フェーズ3（事業化段階）】3,000万円,1年以内
	戦略的スマート農業技術等の開発・改良	5,000-10,000万円程度,3年以内
	ムーンショット型農林水産研究開発事業	研究開発プロジェクトの内容に基づいた最も適切な研究開発費、最大10年間
農林水産省	連携研究スキームによる研究（農林水産政策研究調査委託費）	980万円,2年もしくは3年
	国益に直結した国際連携の推進に要する経費（戦略的国際共同研究推進事業）	【二国間国際共同研究事業】400-1,000万円程度、最長5年間 【地球規模の課題解決に向けた国際共同研究推進事業】1,200-2,800万円程度、最長5年間
	みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究）	研究費：課題ごとに設定、～5年以内
	農林水産分野の先端技術展開事業	【研究開発】2,700-3,500万円程度程度,3-5年程度 【実施実証研究】5,600-11,000万円,3-5年程度 【社会実装促進業務】1,480-4,100万円,5年
	安全な農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進事業	【課題解決型プロジェクト研究】研究費：課題ごとに設定、原則5年 【短期課題解決型研究】3,000万円以内/年、原則3年
産学官共同研究関連の研究費の例		
科学技術振興機構	研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）	【産学共同】 育成型 1,500万円以内,最長3年度 本格型 1億円以内,最長6年度
	大学発新産業創出プログラム（START）	【プロジェクト推進型起業実証支援】 大学等 2,700万円以内,3年以下 【プロジェクト推進型事業プロモーター支援】 民間企業等 770万円以内,5年 【プロジェクト推進型ビジネスモデル検証支援】 大学等 450万円以内,単年度

2. アカデミアと、社会実装を試みる 事業主体の連携強化施策

本研究会からの提案サマリ

前提

- 自然科学系の技術はそれを研究開発するアカデミア・社会実装を試みる事業主体・実際に技術を導入して農林水産業を営む農家・林家などのプレイヤーが全員動いてはじめて社会実装されるもの



提案

1. アカデミアの研究開発テーマに対しても投資できる体制づくりが必要
2. アカデミアと、社会実装を試みる事業主体の連携を強化できる施策が必要
3. 技術を実際に導入して農林水産業を営むプレイヤーへのインセンティブや導入ハードルの押し下げが必要
4. さらにこれらで培った技術を国内から海外に輸出できるような事業者を支援していくことで、企業競争力の向上に資する

人・技術・情報等の流動性の向上が必要

- 情報関連を中心とした産業界に近い他分野に比べて、食品農林水産分野の研究機関は社会実装への意識が向きづらい状況にあった。
- 社会実装への意識向上に向けて人・技術・情報等の流動性の向上が必要

	政府	アントレプレナー（イントレプナー）	食品農林水産系研究機関
狙い	カーボンニュートラル達成 グリーン関連産業の創出	ビジョン実現 市場獲得	研究テーマの発見 研究予算の獲得
役割	予算 お墨付き 規制緩和	社会実装への推進力 ビジネス展開 巻き込み力	研究成果の提供 研究支援
リソース	予算・与信 規制緩和	ビジネス人材 巻き込み力	研究成果 技術
課題	産業の軸となる支援対象企業の発見	コア技術不足 予算・与信・実績不足 規制による制限	予算不足 社会実装の意識・経験不足 企業への与信判断力の不足

（出所）各所ヒアリングを元に作成

アントレプレナーは人・技術・知識等の流動性を高める

- イノベーションを狙うアントレプレナーは、他者を巻き込んでいくことで機会を創出していく
- アントレプレナーの動きが人・技術・知識等の流動性を高めるキッカケになる可能性が高い

アントレプレナーシップの定義

ハーバードビジネススクールの定義
「コントロール可能な資源を超越して機会を追求すること」

他者を巻き込んだ資源獲得によって機会を創出

イノベーションの定義

ヨゼフ・シュンペーターの定義
「これまでない組み合わせの新結合によって新たな価値を創造すること」

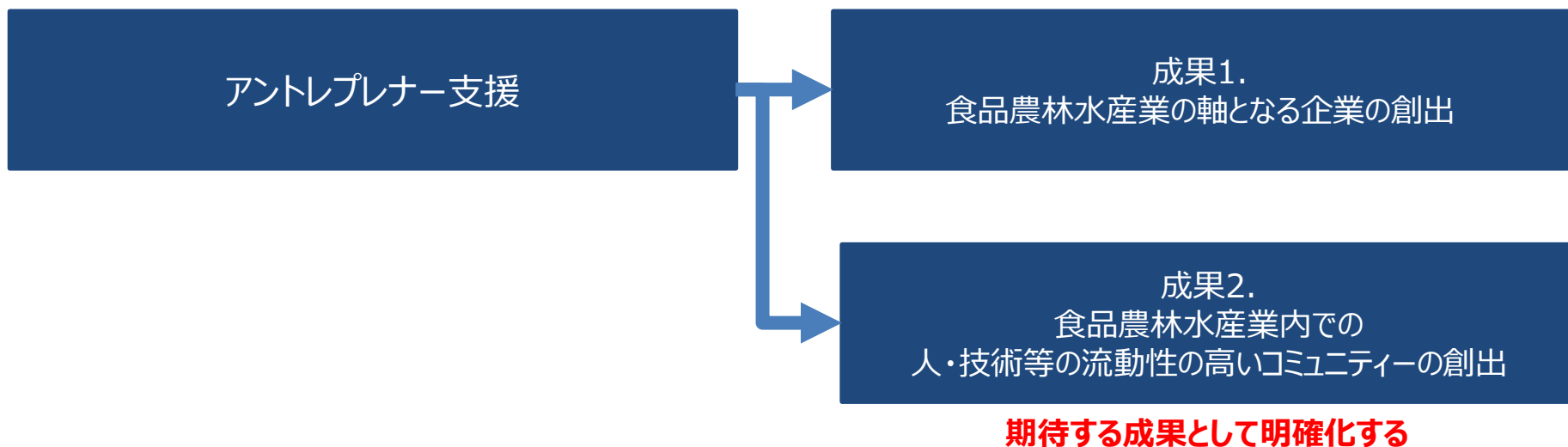
新しい組み合わせによる市場の創出

他者を巻き込んで様々な資源獲得を行い、
それらを組み合わせる機会が多いアントレプレナーはイノベーションに近づける可能性が高い

動き回るアントレプレナーはカタリストとして、人・技術・知識等の流動性を高めるキッカケになりうる

アントレプレナー支援の目的にコミュニティの創出を追加

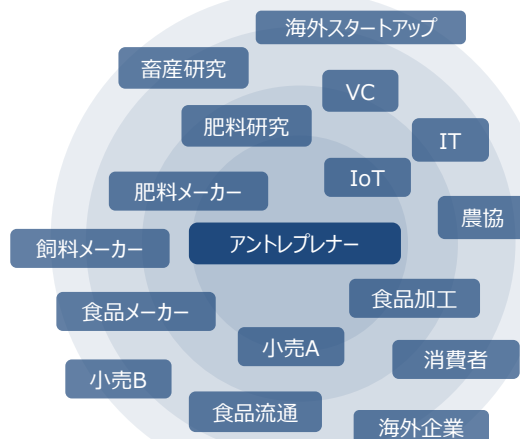
- アントレプレナーを支援する成果として、産業の軸となる企業の創出に加えて、食品農林水産業内での人・技術等の流動性の高いコミュニティの創出も成果とし加える。
- 産業の軸となる企業の創出の成果が出ない場合でも、流動性の高いコミュニティが生まれることで次の機会発見に繋げる。



人・技術等の流動性の高いコミュニティの創出

- アントレプレナーは、社会実装に向けてバリューチェーンの各ステークホルダーを巻き込んでいく必要がある
- 各ステークホルダーは、アントレプレナーと共に社会実装に向けた知識・ノウハウを獲得
- アントレプレナー関係なく各ステークホルダー間同士でも交流することで更に流動性を高める機会に繋がる

食品農林水産業コミュニティの創出



コミュニティ形成から期待される成果

社会実装への意識向上

人材の流動性向上

社会実装への知識・ノウハウの伝搬

ステークホルダー間の課題共有

新たな機会の発見

支援対象アントレプレナーの枠組拡大

- 現在の支援対象は、技術を既に保有し、何かしらの民間支援を受けている企業
- 技術の目利きできるビジョンを持った若手を中心とした人材にも投資することで、人材育成もつなげる

従来の主な対象

具体的な技術シーズを活用し、
社会実証を目指す中小企業者や研究者の支援

経済産業省の起業前後における支援施策

	起業を目指す方	シード
補助金 委託費 懸賞金	①NEDO TCP	③NEDO STS
	②NEP	④SBIR

※経済産業省/カオスマップ：経済産業省の提供する支援策より作成

新しい枠組の追加

具体的な技術シーズの保有に関わらず、
技術の目利きできるビジョンを持った人も支援



- 理由1. リソース不足で動き回る必然性が高い
理由2. 経験・実績不足の若手も対象にできる
理由3. ビジョンありきの方が人を巻き込みやすい

参考:経済産業省の起業前後における支援施策

支援施策	概要・目的	対象・要件
NEDO TCP	起業家候補人材へビジネスプラン作成のための研修と、ビジネス プラン発表の機会を提供	経済産業省所管の鉱工業技術分野の 具体的な技術シーズを活用 し、それに基づく事業構想を有する起業家 参加時に起業していない個人、研究者又は研究チーム
NEP	外部有識者（カタライザー）の支援を得て起業家候補がビジネス プランを構築することを支援	経済産業省所管の鉱工業技術分野において、 具体的な技術シーズを活用 した事業構想を持つ起業家個人・チーム、法人。
STS	NEDOが認定したVCからの出資を受けたシード期のスタートアップによる、実用化開発、試作品製作等にかかる費用の一部を支援	経済産業省所管の鉱工業技術分野において、 具体的な技術 シーズを活用 した事業構想を持つシード期のスタートアップ
SBIR 推進プログラム	政府が設定する課題に取り組むスタートアップ・中小企業のFS（実現可能性調査）、研究開発を支援	経済産業省所管の鉱工業技術分野において、政府が設定 する課題に対する 技術シ ーズをもつスタートアップ・中小企業

課題の対策と支援案

- 技術シーズを持たないアントレプレナーが他企業や研究機関を巻き込みやすくなるための支援
- アントレプレナーは、アウトプットとして各ステークホルダー間での交流が促進

食品農林水産分野の課題

- ・食品農林水産分野の研究機関は社会実装への意識が向きづらい
- ・社会実装への意識向上に向けて人・技術・情報等の流動性の向上が必要

アントレプレナーの巻き込み力活用して
バリューチェーン上のステークホルダー間の
人・技術・情報等の流動性の向上を狙う

アントレプレナー支援の課題

課題1: 技術シーズを持たない起業家への支援不足

ビジョン・市場ニーズを把握してから技術シーズの開発や取り込みことで事業をおこすこと目指すアントレプレナーの支援施策が不足

課題2: 起業家の与信不足

産学連携の経験不足の研究機関や企業からのアントレプレナーへの与信判断の難しさ

課題3: 実証実験に自由度の高い予算不足

社会実装の解像度を高めるために各ステークホルダーを巻き込んだ実証実験を行うための予算がない。また、実証実験を進めるほど、課題の解像度が高まると、年度内でも当初予定と予算を使いたい内容が変わる。

概要目的

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて

- ①食品農林水産業分野における人材・企業の発掘や支援
- ②食品農林水産業分野における社会実装を目指したコミュニティの創出支援

支援対象・要件

カーボンニュートラルに実現に向けたビジョン及び事業構想や、技術に関する知識を持つ起業家個人・チーム

支援内容

- ①お墨付きの付与（J-startupの簡易版）
 - ・マッチング(研究機関・企業・省庁等への個別のつなぎ)
 - ・規制のサンドボックス相談
 - ・規制等に関する要望への対応
- ②調査・実証実験費用に関わる助成
- ③食品農林水産業分野コミュニティ構築のための支援

支援対象に求めるアウトプット

- ①調査・実証実験結果の報告
- ②食品農林水産業分野コミュニティ構築のためへの協力
- ③調査・実証実験に関係した各ステークホルダー間での交流が促進できる場の設定

3. 技術を実際に導入するプレイヤーの導入モチベーション向上

本研究会からの提案サマリ

前提

- 自然科学系の技術はそれを研究開発するアカデミア・社会実装を試みる事業主体・実際に技術を導入して農林水産業を営む農家・林家などのプレイヤーが全員動いてはじめて社会実装されるもの



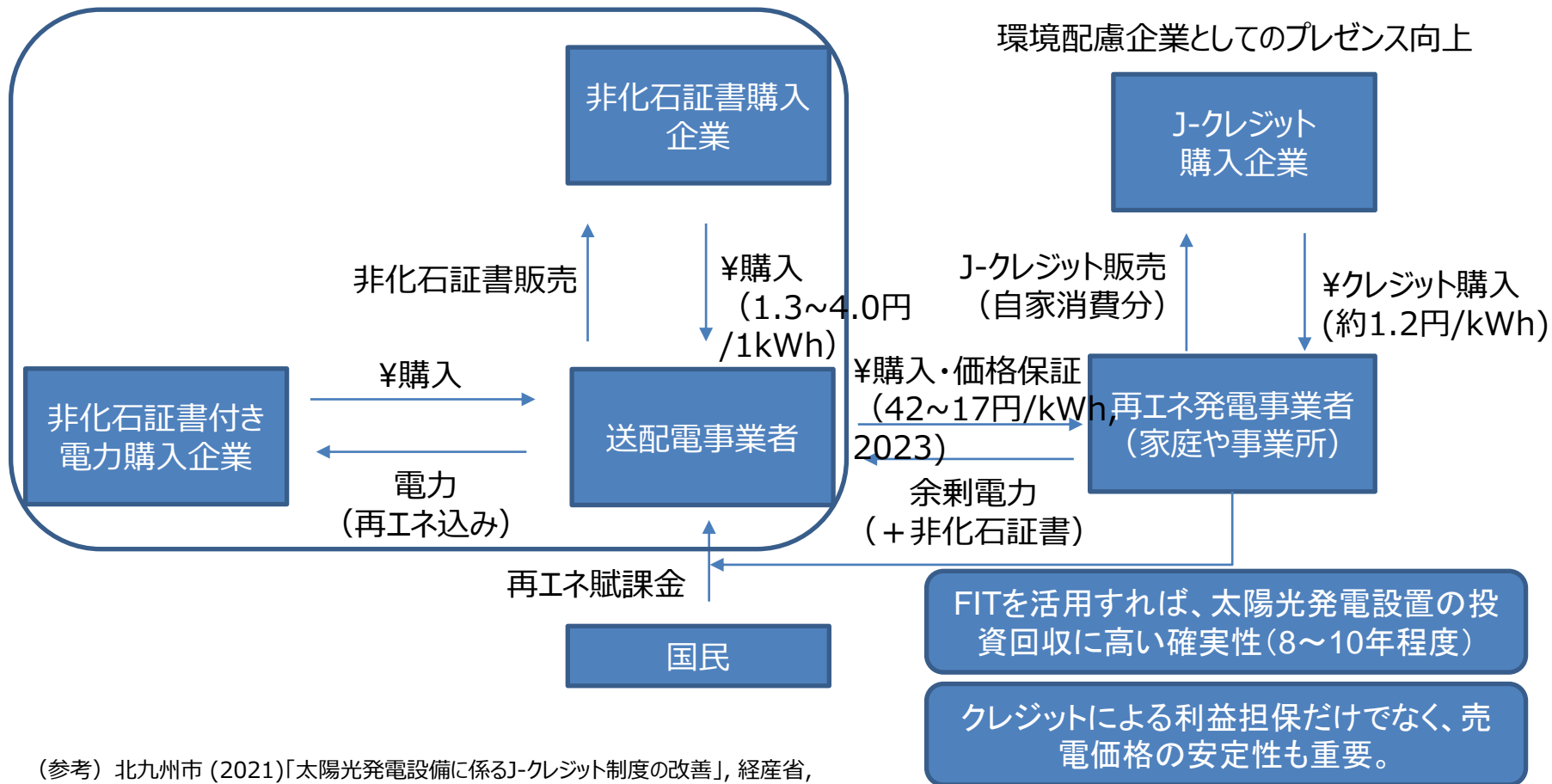
提案

1. アカデミアの研究開発テーマに対しても投資できる体制づくりが必要
2. アカデミアと、社会実装を試みる事業主体の連携を強化できる施策が必要
3. 技術を実際に導入して農林水産業を営むプレイヤーへのインセンティブや導入ハードルの押し下げが必要
4. さらにこれらで培った技術を国内から海外に輸出できるような事業者を支援していくことで、企業競争力の向上に資する

太陽光の導入が促進されるインセンティブ・循環

- 固定価格買い取り制度（FIT）によって、再生可能エネルギー発電の導入が加速
- 現在も、環境価値の明確化、制度の整備が進んでいる
- 農業・林業でも同様の設計が必要ではないか

再エネ由来電力の環境価値化、取引（2018年～）



（参考）北九州市（2021）「太陽光発電設備に係るJ-クレジット制度の改善」, 経産省,
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/kakaku.html

クレジット導入浸透による市場の拡大ポテンシャル

- クレジットの導入が広がることで、農業関連の産業市場規模は拡大
- Jクレジットの売買価格は1000～1500円/t程で推移。

2050年CO2削減量推計（バイオ炭）：約2900万t/年
内訳）国内バイオ炭供給量による炭素貯留：1432万t
バイオ炭製造プラント海外輸出：1432万t

J-クレジット販売収益想定
約290億円
（1000円/t程度を想定）

2050年CO2削減量推計（等方性大断面部材）：約656万t/年
内訳）人工林の若返りによる森林吸収量回復：491万t
新築建築物等への炭素貯留：165万t

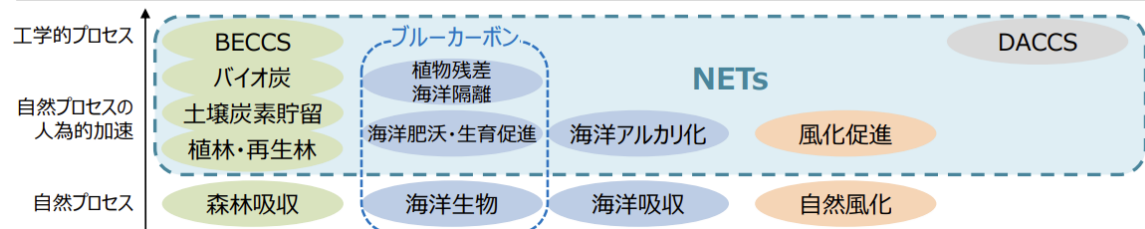
J-クレジット販売収益想定
約66億円
（1000円/t程度を想定）

（出所）経済産業省「第6回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 産業構造転換分野ワーキンググループ」（2022年2月17日開催）資料6を基に作成

農林水産分野でのNETs

- 農林水産分野のプレイヤーのNETs導入インセンティブとしてJクレジット制度がある
- 例えば林業分野では、植林・再生林の活動がクレジット化できる
- また自然プロセスを保護促進の観点で森林経営活動によるクレジット化も促進されている

植林・再生林	植林は新規エリアの森林化、再生林は自然や人の活動によって減少した森林への植林	
土壌炭素貯留	バイオマスを土壌に貯蔵・管理する技術（自然分解によるCO ₂ 発生を防ぐ）	
バイオ炭	バイオマスを炭化し炭素を固定する技術	
BECCS	バイオマスの燃焼により発生したCO ₂ を回収・貯留する技術	
DACCS	大気中のCO ₂ を直接回収し貯留する技術	
風化促進	玄武岩などの岩石を粉砕・散布し、風化を人工的に促進する技術。風化の過程(炭酸塩化)でCO ₂ を吸収	
カーボン	海洋肥沃・生育促進	海洋への養分散布や優良生物品種等を利用することにより生物学的生産を促してCO ₂ 吸収・固定化を人工的に加速する技術。大気中からのCO ₂ の吸収量の増加を見込む。
	植物残差海洋隔離	海洋中で植物残差に含まれる炭素を半永久的に隔離する方法（自然分解によるCO ₂ 発生を防ぐ）ブルーカーボンのみならず外部からの投入を含む
海洋アルカリ化	海水にアルカリ性の物質を添加し、海洋の自然な炭素吸収を促進する炭素除去の方法	



各種情報(文末参照)を元にTSCにて作成



J-クレジット制度

FO-001	森林経営活動
FO-002	植林活動
FO-003	再造林活動

林業事業者のJクレジット導入率

- 100ha以上の森林を有する国内森林経営体の数は、2020年時点で2829経営体（e-Statより）
- そのうち、登録PJ数は65件
- 導入率は全体の2.3%程度にとどまる

方法論名（番号）	対象となる活動	登録PJ数
森林経営活動（FO-001）	森林経営計画 に沿って施業される森林の経営	65
植林活動（FO-002）	2012年度末時点で森林でなかった土地での植林 （クレジット認証までに 森林経営計画 の策定が必要）	0
再造林活動（FO-003）	土地所有者により無立木のままとされている林地での 第三者による再造林（ 森林経営計画は不要 ）	0

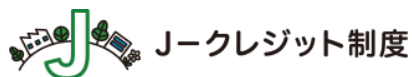
（出所）J-クレジット制度事務局「J-クレジット制度について～森林管理プロジェクトを中心に～」
https://japancredit.go.jp/data/pdf/credit_004.pdf

林業分野でのクレジット認証方法論

- 一方で、VERRAのVCSでは以下の様な森林クレジット認証方法があり、Jクレジットと比較し様々な森林のパターンに適用可能
- NETsはもちろん、自然プロセス保護の観点での認証方法の多様化により取り組みやすい方法論をプレイヤーに提示していくことが必要ではないか



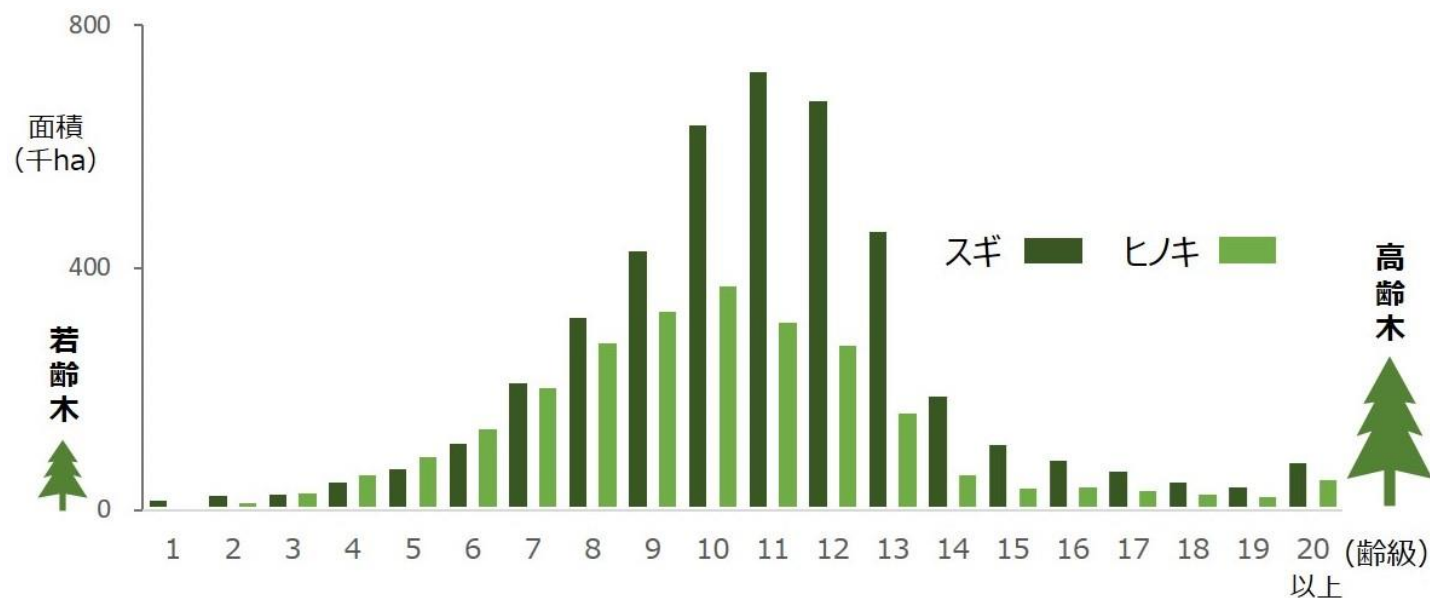
VM0003	回転年数の延長による森林管理改善のための方法論 (v1.2)
VM0004	泥炭湿地林における計画的土地利用転換を回避する保全プロジェクトのための方法論 (v2.0)
VM0005	低収益林から高収益林への転換のための方法論 (v1.2)
VM0007	REDD+方法論フレームワーク(REDD-MF),
VM0010	森林管理改善のための方法論。伐採された森林から保護された森林への転換、v1.3
VM0012	温帯林および寒帯林における改善された森林管理 (LtPF) 、v1.2
VM0015	計画外森林伐採回避のための方法論、v1.1
VM0029	火災管理による森林劣化回避のための方法論v1.0
VM0034	ブリティッシュコロンビア森林カーボンオフセット方法論 (v2.0)
VM0035	影響の少ない伐採による森林管理改善のための方法論
VM0037	モザイク状の森林減少と劣化の影響を受けた土地におけるREDD+活動実施のための方法論 v1.0
VM0045	国有林インベントリからの動的マッチドベースラインを用いた森林管理手法の改良,



FO-001	森林経営活動
FO-002	植林活動
FO-003	再造林活動

例) 林齢の古い樹木の伐採による排出量減

- 採算の取れない荒れた森に関しては、森林経営計画を立て再生させることへのハードルの高さから導入を渋る現状がある
- 従来は吸収源とされていた森林・土地・農業に関しても、排出源の一部として影響が懸念されており、SBT(科学に基づくO2削減目標)ガイダンスも完成
- 海外と比較して日本では林齢が古い。海外で「輪伐樹齢を延長することで土地の炭素蓄積量を増加」させることがクレジット化の方法論となっているが、逆に日本の場合に林齢が古いものをしっかりと伐採することにより「炭素排出」を削減しクレジットにすることはできないか







(出所) 林野庁ウェブサイト「スギ・ヒノキ林に関するデータ」
(https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/kafun/data.html)より抜粋

農業分野における排出量削減と吸収量評価

- 農地活用において、Jクレジット制度ではバイオ炭が主な認証。
- 他の排出量削減の取り組みや吸収量評価の承認がされていない現状であり、早急に他の方法論も検討すべき。

農業

方法論NO.	方法論	概要版	Ver.	更新日
AG-001	牛・豚・ブロイラーへのアミノ酸バランス改善飼料の給餌		3.0	2022/08/10
AG-002	家畜排せつ物管理方法の変更		1.2	2022/08/10
AG-003	茶園土壌への硝化抑制剤入り化学肥料又は石灰窒素を含む複合肥料の施肥		2.2	2022/03/09
AG-004 NEW	バイオ炭の農地施用		1.5	2022/12/19

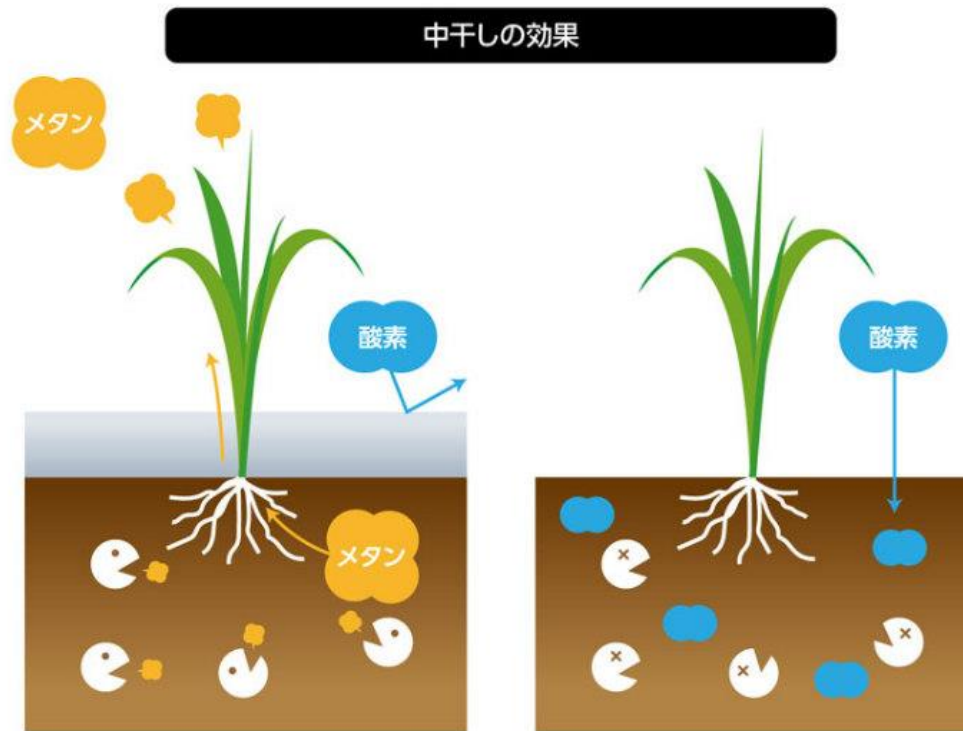
(出所) J-クレジット制度ウェブサイト「方法論一覧」

海外での事例をもとに、以下を早急に搭載していく必要性がある。

- 水田における中干し期間の延長によるメタンの排出削減
- 化学肥料の使用量削減による一酸化二窒素の排出削減
- カバークロップ（緑肥）の投入
- 堆肥の継続投入

例) 水田の中干し期間の延長によるメタンの排出削減

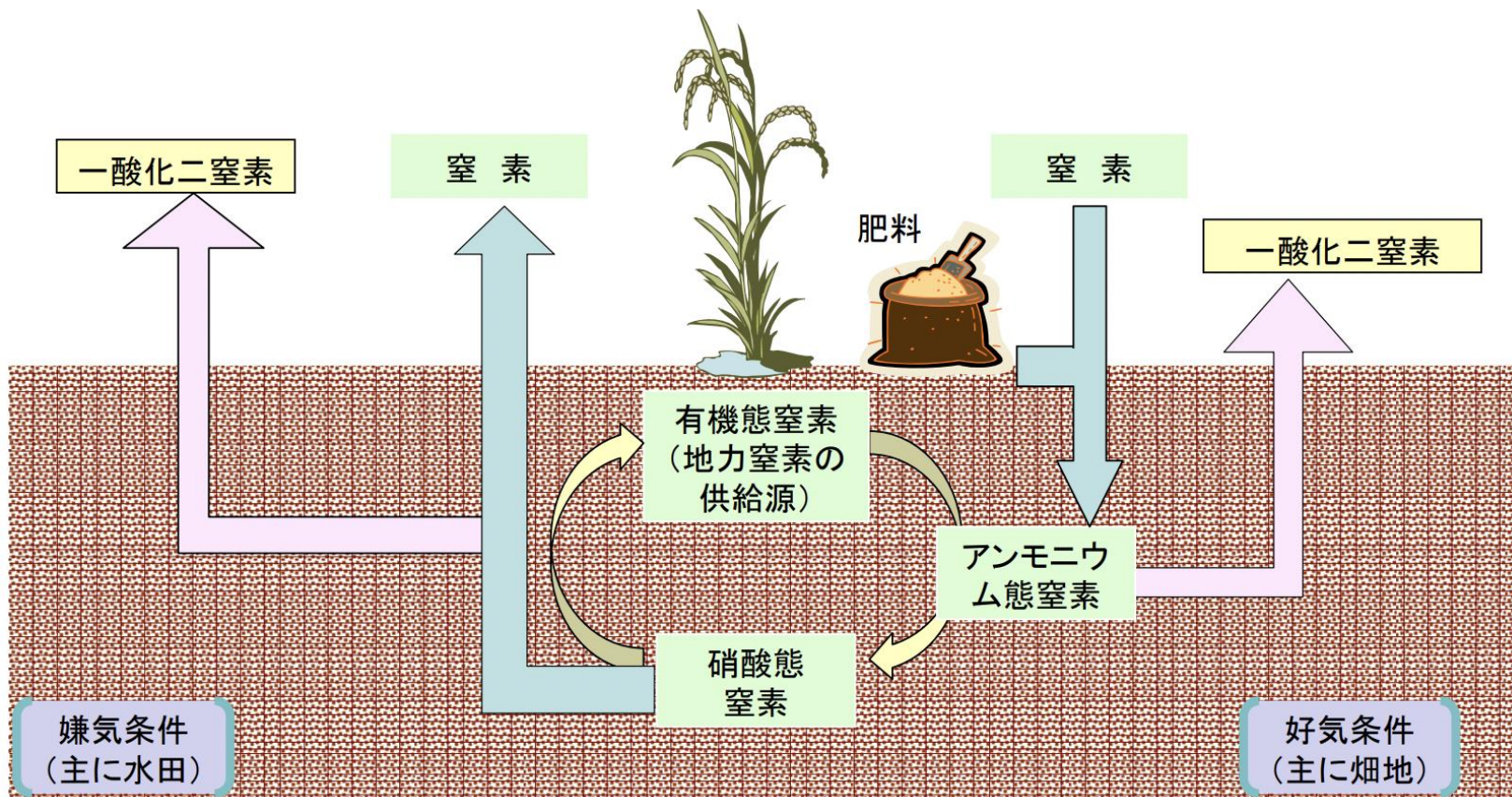
- 中干しとは水稻の開花期前に、イネの生育向上のために水切りを行うこと。
- 農研機構によって、メタンガスの発生抑制効果あることが確認されている。
- 中干し期間を3日から1週間延期することで、30%程度のメタン発生を抑制。
- 国内稲作からのメタンの発生量は全体で1,363万tでCO₂の25倍の温室効果がある。



(出所) JST Science Portal 「農業で地球温暖化に立ち向かう ～水田からのメタン抑制と高温耐性のイネ育種～」(2020年4月30日掲載)

例) 化学肥料削減による一酸化二窒素の排出削減

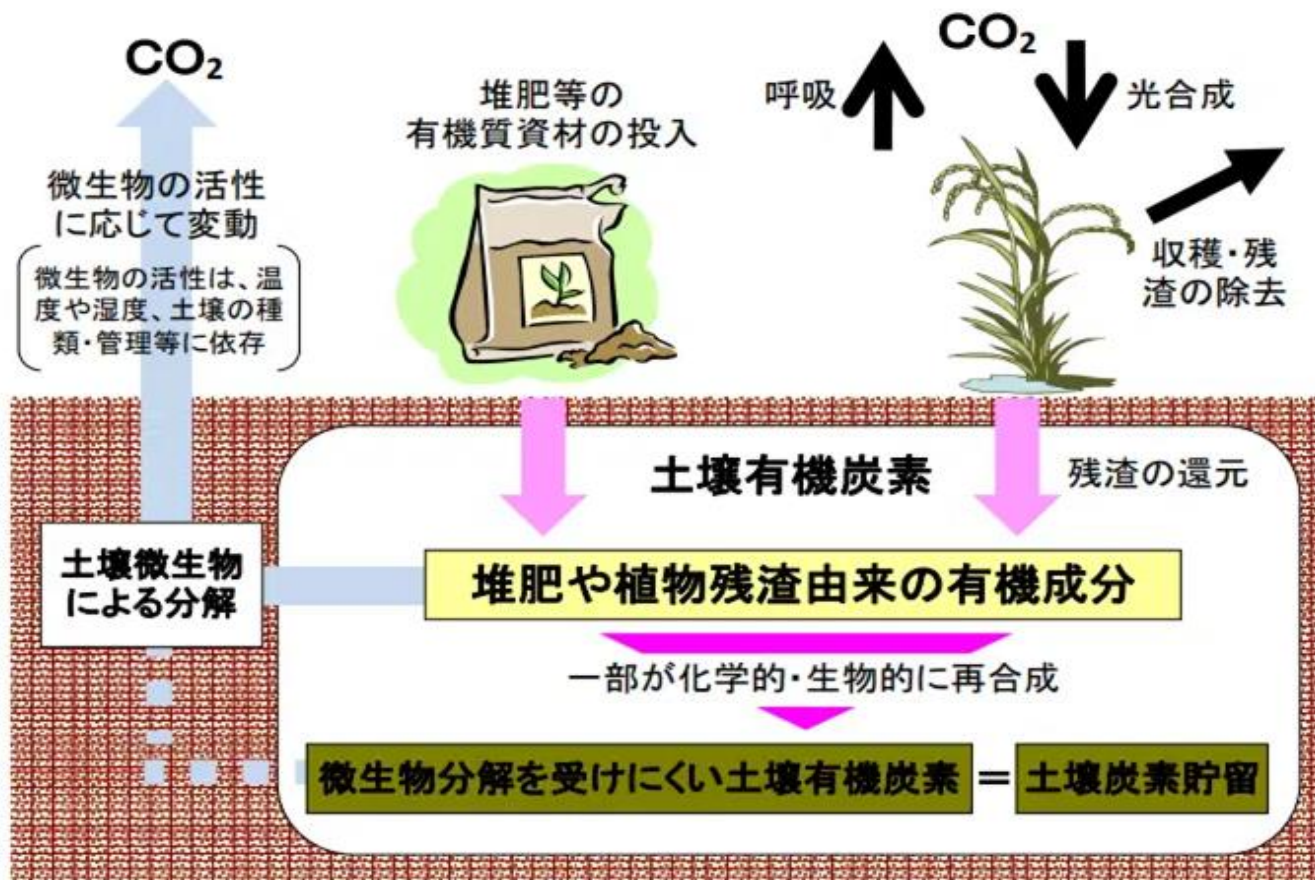
- 国内において化学肥料は全体99.5%の使用割合に上る。
- 脱窒により、一酸化二窒素が発生する。肥料の削減を通じて削減可能。
- 国内農地からの発生量は全体で541万tで、CO₂の298倍の温室効果がある。



(出所) 農林水産省「企画部会地球環境小委員会 (第2回)」(2007年11月30日開催) 資料1

例) 緑肥や堆肥の投入による炭素貯蓄

- 緑肥（カバークロップ）により、土壌炭素貯蓄が報告されている。
- 継続的な堆肥による土壌炭素貯蓄が報告されている。



(出所) 経済産業省「第6回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト 部会 産業構造転換分野ワーキンググループ」(2022年2月17日開催) 資料6

例) 緑肥や堆肥の投入による炭素貯蓄

- 投入する緑肥、堆肥で炭素貯蓄量を測れるようモデル認証を促進できないか。

$$ST_{total} = ST_{PJ} - ST_{BL} - EM_{PJ} \quad (\text{式 1})$$

記号	定義	単位
ST_{total}	貯留量	tCO2
ST_{PJ}	プロジェクト実施後貯留量	tCO2
ST_{BL}	ベースライン貯留量	tCO2
EM_{PJ}	プロジェクト実施後排出量	tCO2

$$ST_{PJ} = \sum_i BC_{total,i} \times F_{C,i} \times F_{perm,i} \times \frac{44}{12} \quad (\text{式 2})$$

記号	定義	単位
ST_{PJ}	プロジェクト実施後貯留量	tCO2
$BC_{total,i}$	土壌に投入された <input type="text"/> の量	tC
$F_{C,i}$	種類 i の <input type="text"/> の炭素含有率	%
$F_{perm,i}$	種類 i の <input type="text"/> の 100 年後の炭素残存率	%
$44/12$	炭素重量 (tC) を CO2 重量 (tCO2) に変換するための係数	—
i	<input type="text"/> の種類 (品名、又は原料及び製炭温度により特定)	

本研究会からの提案サマリ

前提

- 自然科学系の技術はそれを研究開発するアカデミア・社会実装を試みる事業主体・実際に技術を導入して農林水産業を営む農家・林家などのプレイヤーが全員動いてはじめて社会実装されるもの



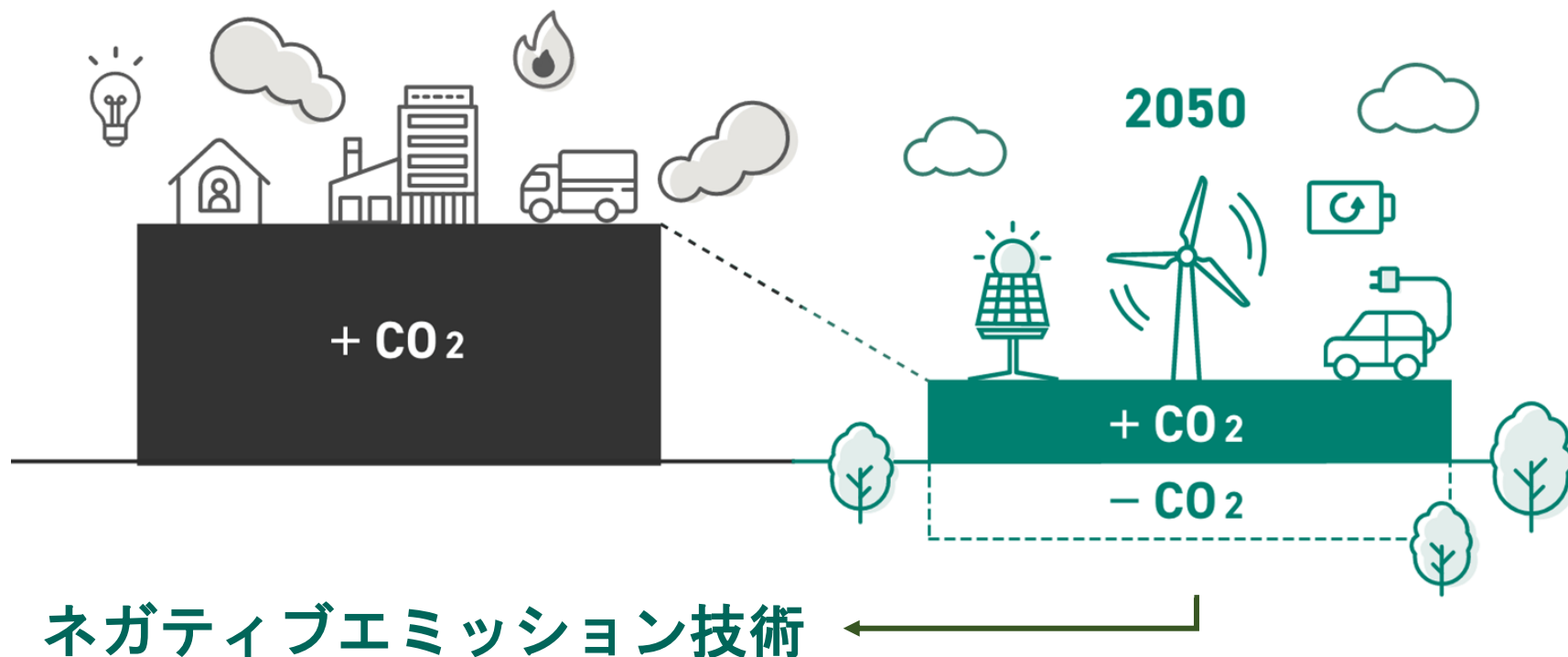
提案

1. アカデミアの研究開発テーマに対しても投資できる体制づくりが必要
2. アカデミアと、社会実装を試みる事業主体の連携を強化できる施策が必要
3. 技術を実際に導入して農林水産業を営むプレイヤーへのインセンティブや導入ハードルの押し下げが必要
4. さらにこれらで培った技術を国内から海外に輸出できるような事業者を支援していくことで、企業競争力の向上に資する

農林水産分野からカーボンニュートラルの実現へ貢献

- 農林水産分野はネガティブエミッション技術の大部分を占めている。

カーボンニュートラル
温室効果ガスの排出量と吸収量がイコールとなること



(出所) 環境省脱炭素ポータル「カーボンニュートラルとは」

認証方法論をもっと増やしていくことが必要ではないか？

- VERRAのVCSでは以下の様な農業クレジット認証方法が存在する。

農業分野

- VN 0017 (承認) 持続可能な農地管理
- VM 0021 (保留) 土壌炭素の定量化手法
- VM 0022 (承認) 窒素施肥量削減による農作物N₂O排出量削減の定量化
- VM 0026 (承認) 持続可能な草地管理 (SGM) のための方法論
- VM 0032 (承認) 焼き畑と放牧の調整による持続可能な草地導入のための方法論
- VM 0042 (承認) 農地管理改善のための方法論
- VM 0042 REV (開発中) 農地管理改善のための方法論



Jクレジット制度以外にも様々な評価制度や機関が存在。

- 国内ではJクレジット制度が主だが、海外は民間主導のクレジット機関も存在。

クレジット種類の大まかな分類

クレジット活用例

政府主導	国連主導	京都メカニズムクレジット (JI、CDM)	京都議定書達成 旧自主行動計画達成等々 ※2015年までは温対法にも使用可
	二国間	二国間クレジット制度 (JCM)	温対法への活用 パリ協定におけるNDCの達成 に活用される予定 ※パリ協定第6.2条で調整中
	国内制度	J-クレジット制度 CCER(中国) ACCUs(豪州)等	各国規制(温対法・ETS規制・ セーフガード措置等)への活用、 企業による自主的な活用
民間主導 (ボランタリークレジット)		VCS、Gold Standard CCB Standard、 ACR、CAR等	企業による自主的な活用 ※一部の国・地域では、排出量取引や 炭素税等の規制に対しても使用可能。 ※GHGプロトコルの検討内容次第で、 Removalクレジットに限りSBTネットゼロ 認定にも活用される可能性あり

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ「オピニオン：今、注目を集める、ボランタリー・クレジット」(2021年2月掲載)

クレジット市場としての成長率について

- ボランタリークレジット市場は民間認証機関として最も世界で成長率が高い。

項目	国際	国内・地域	ボランタリー
発効主体	国際機関	各国政府・自治体	NGOなど
代表的クレジット	CDM	EU-ETS、カリフォルニア州ETS、Jクレジット	Verra(Verified Carbon Standard)、Gold Standard
発行残高 (MtCO ₂ 、2020年) カッコ内は前年比伸び率	2,948(3%増)	488 (25%増)	803 (30%増)

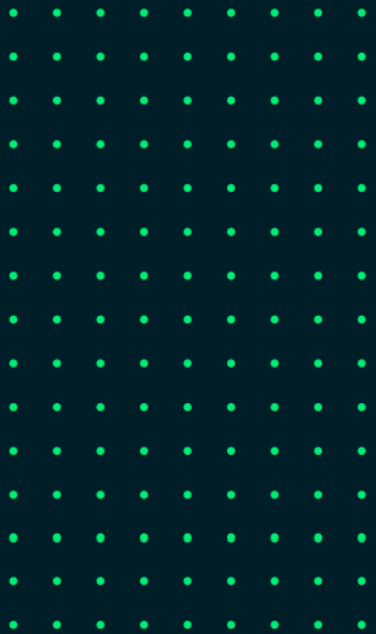
(出所) World Bank 「State and Trends of Carbon Pricing 2021」を基に作成

米国のカリフォルニア大学バークレー校公共政策大学院ゴールドマンスクールのデータベースによると、2021年12月時点で最も多くボランタリークレジットが発行された国は、米国（3億9,539万6,035二酸化炭素（CO₂）削減量トン相当）、第2位はインド（2億3,317万6,821CO₂削減量トン相当）、第3位は中国（1億4,456万4,270CO₂削減量トン相当）、第4位がブラジル（9,278万4,499 CO₂削減量トン相当）。

(出所) ジェトロビジネス短信「ボランタリーカーボン市場のクレジット発行量、ブラジルは世界4位」（2022年05月27日掲載）

CAD Trustの構築に日本が貢献し、信用取引の蓄積基盤を

- デジタル地図やデジタル台帳（ベース・レジストリ）を基盤とし、リモートセンシング技術とブロックチェーン技術を融合させたCAD Trustの構築を日本政府として貢献すべき。
- 国内認証制度のみならず、ボランタリークレジット制度など複数制度での二重認証等を防ぎ、クレジットや取引の透明化を図ることが可能となる。
- シンガポール政府はCAD Trustの構築を昨年11月に発表した。



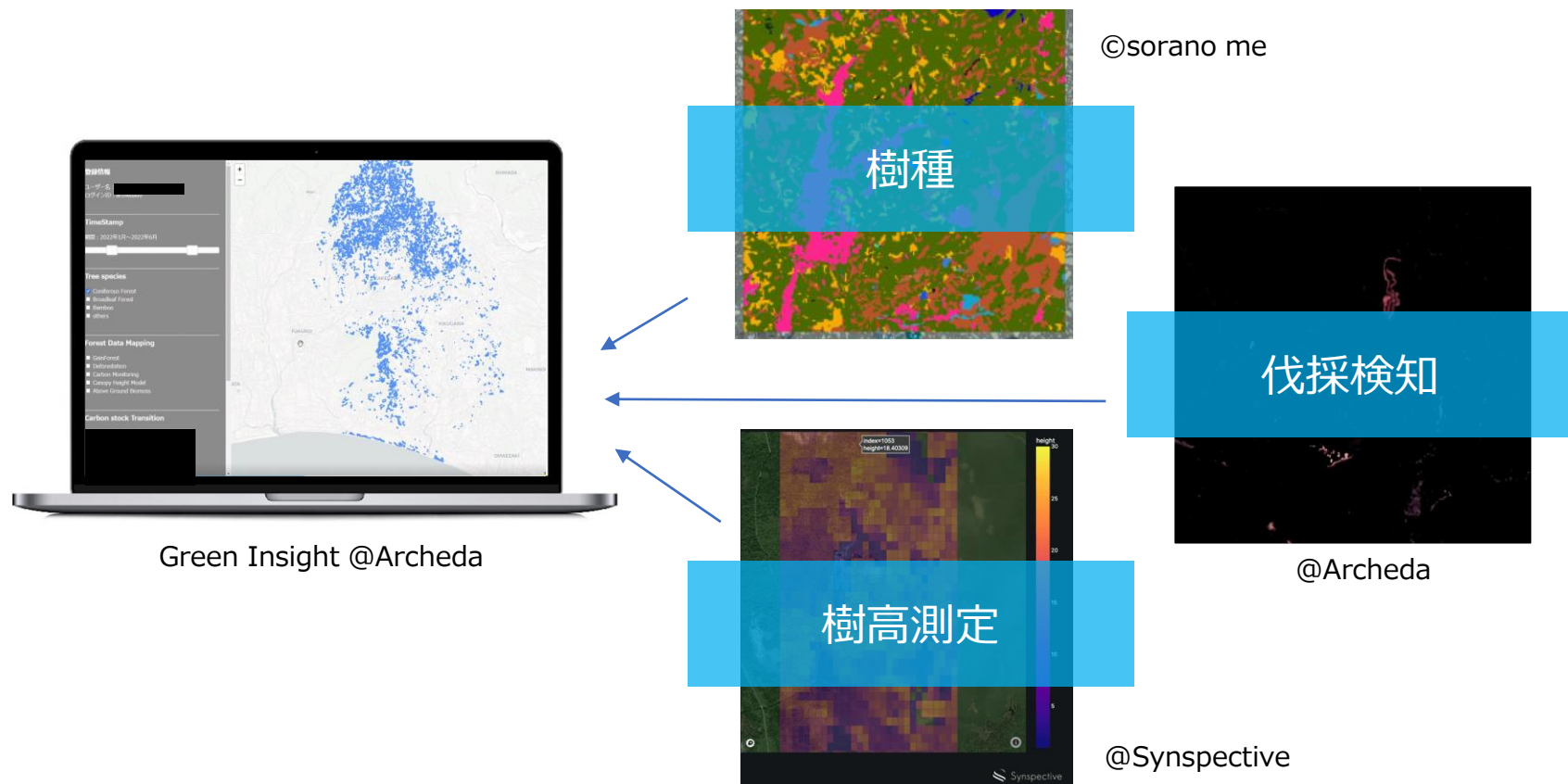
Connecting carbon
markets through
open data



Climate Action
Data Trust

リモセンによる材積/森林モニタリング技術

- Jクレジットだけでなく、海外で中心となっているボランタリークレジットの方法論に対して日本からの進出を支援していくことで、日本の事業者が世界で活躍することを狙う
- たとえば、削減効果の評価技術として「リモートセンシングを用いた炭素固定量算出」に関しては、日本で林野系のリモセンプレイヤーの技術が多数ある。それらの輸出のために、ボランタリーへの方法論提示に向けた実証を行っていくべきではないか。
- 日本の事業者では技術があっても、申請～承認までのハードルが高く投資できない



本研究会からの提案サマリ

1. アカデミアの研究開発テーマに対しても投資できる体制づくりが必要

農林水産関連の技術は実装から効果検証までの期間が長期に渡るため、期間を考慮した制度改善が必要
長期間（7-10年間）かつ予算規模が多様な効果検証ができる研究費の創設

2. アカデミアと、社会実装を試みる事業主体の連携を強化できる施策が必要

連携強化に向けたスタートアップCXOとアカデミアをマッチングし支援する枠組みを作る

3. 技術を実際に導入して農林水産業を営むプレイヤーへのインセンティブや導入ハードルの押し下げが必要

Jクレジットだけでなく導入インセンティブを提供する必要がある

Jクレジット制度では以下のような新たな方法論の検証を早急に進めるべきである

- ・林齢の古い樹木の伐採（林業）
- ・環境中の微生物を有効活用したCO₂・メタン削減の技術開発（農林業）
- ・水田の中干し期間延長（農業）
- ・化学肥料削減による一酸化二窒素の排出削減（農業）
- ・緑肥や堆肥の投入による炭素貯蓄（農業）

4. さらにこれらで培った技術を国内から海外に輸出できるような事業者を支援していくことで、企業競争力の向上を目指す

世界的に成長しているボランタリークレジット市場への進出をねらう企業の支援

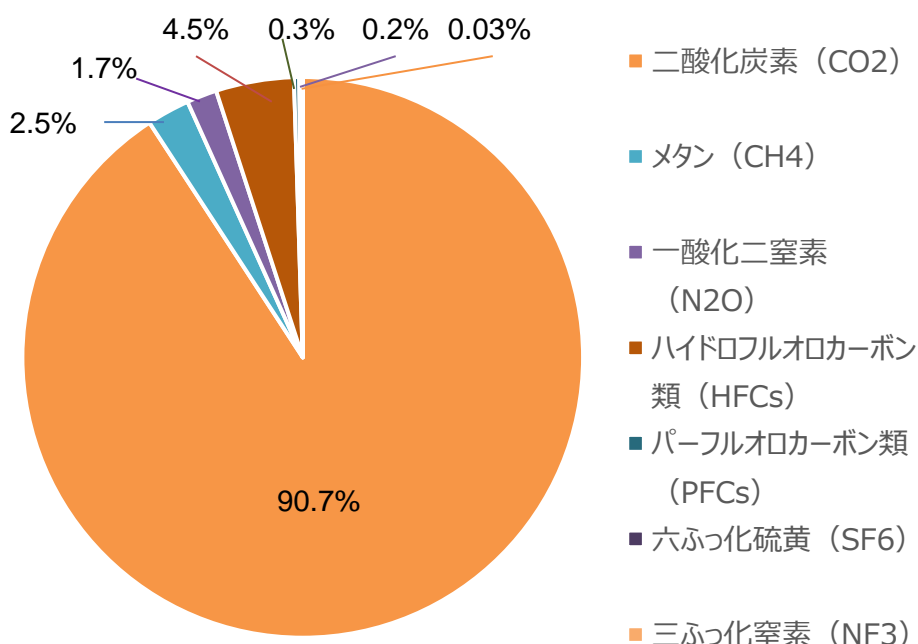
- ・デジタル台帳技術を基盤としてリモセン＋ブロックチェーン技術を融合させたCAD Trustによる二重認証の抑止
- ・リモセンによる材積/森林モニタリング技術

参考

効果検証の研究開発テーマ案

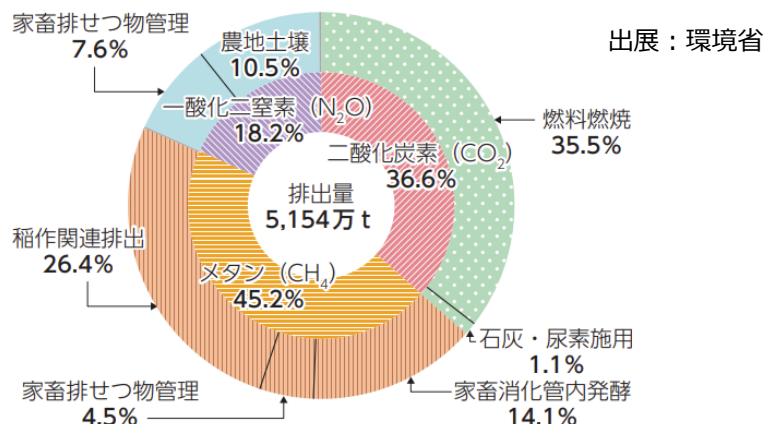
- 日本全体ではCO₂が全体の温室効果ガス排出量の約90%を占めるが、農林水産分野ではメタンや一酸化二窒素の排出量割合が多く、それらの温室効果ガス係数はそれぞれCO₂の約25、300倍。
- CO₂と合わせて、メタン・一酸化二窒素の削減技術の開発を進めるべき。

日本の温室効果ガス排出量（2020年度）



(出所) 全国地球温暖化防止活動推進センター「日本における温室効果ガス排出量の推移（1990-2020年度）」を基に作成

図表 2-7-2 農林水産分野の温室効果ガス排出の現状（平成29（2017）年度）

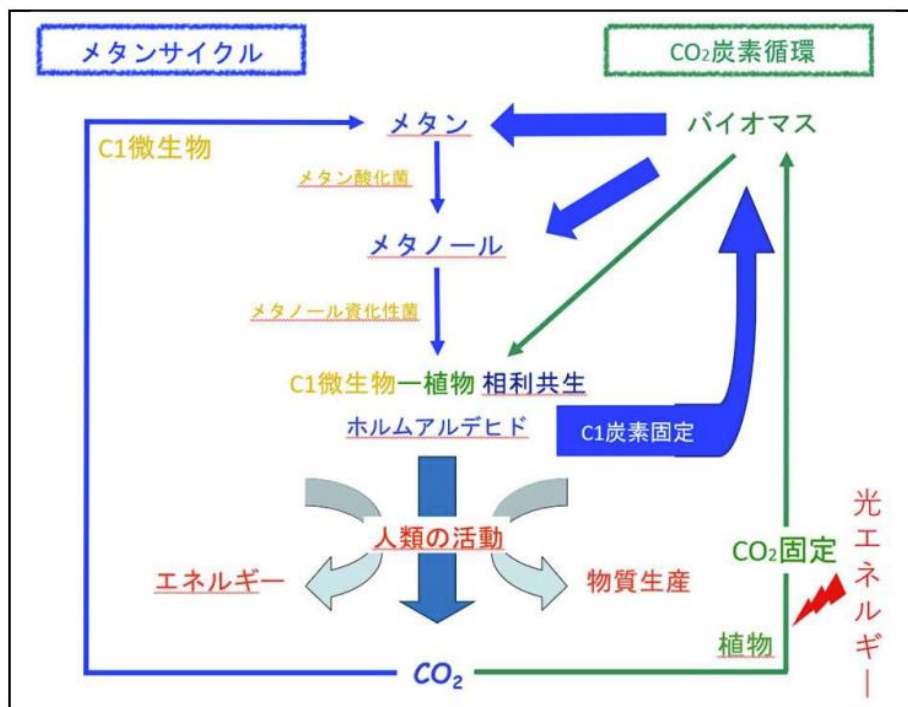


温室効果ガス	地球温暖化係数
二酸化炭素 (CO ₂)	1
メタン (CH ₄)	25
一酸化二窒素 (N ₂ O)	298

効果検証の研究開発テーマ案続き

- メタン排出量の多い農林水分野でのカーボンニュートラル達成に向けては特に、CO₂に加え、メタンの排出削減も同時に考える必要がある

自然界にはメタンやメタノールなどのC1化合物を炭素源・エネルギー源として利用するC1微生物が普遍的に存在し、二大温室効果ガスであるメタン-CO₂間の炭素循環（メタンサイクル）を駆動している。近年の研究より、C1微生物と植物間の相利共生関係が明らかとなるにつれ、古典的炭素循環とメタンサイクルが互いに独立するのではなく、密接に関わり共役している炭素循環像が明らかとなってきた。



バイオマス→メタン：約～1億t / 年

(Kepler *et al.*, 2006, Bakkaloglu *et al.*, 2022, Bastviken *et al.*, 2023)

メタン→メタノール：約1億t / 年

(Kirschke *et al.*, 2013)

(出所) 一般財団法人バイオインダストリー協会 (JBA) 「C1バイオエコノミー勉強会」資料

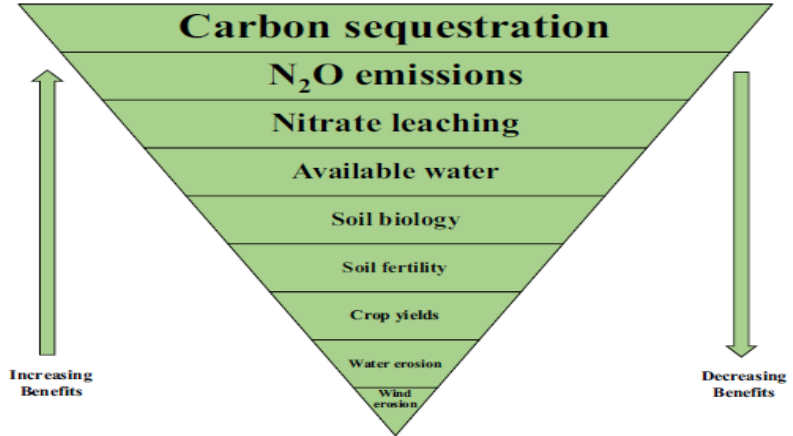
効果検証の研究開発テーマ案

- バイオ炭を活用した財の環境価値を含めた市場価値の検証

- ・マネタイズしていくうえで、市場でどの程度の評価をされ得るかの見通しが必要。

- ・社会から見たバイオ炭活用の価値

- ・炭素貯留 > N₂O排出削減 > 窒素溶脱低減 > 保水性 > 土壌生物性 > 土壌肥沃度 > 作物収量 > 浸食 > 風食 (Blanco-Canqui, 2021)



- ・バイオ炭が活用された財（農作物、培養土など）の価値はどの程度か？

- ・消費者の「バイオ炭活用」に対する支払意思額の算定が進んでいない

- ・バイオ炭が活用された財に対する購買意欲が高い層はどこか？

※支払意思額は、消費者が財の属性に対して、「これくらいなら支払ってもよい」と思える金額。

亀岡クルベジファーマーズ, <https://kameokacoolvege.earth/about-kameokacoolvege/>

Blanco-Canqui, H. (2021). Does biochar improve all soil ecosystem services?. GCB Bioenergy, 13(2), 291-304.



(参考)

- 想定1：バイオ炭等による炭素貯留は、2030年に500,000tCO₂程度（100倍）
- 想定2：バイオ炭を用いた栽培技術が1741市区町村に普及したことを想定
- 想定3：木材・竹・稲わら・もみ殻から発生するバイオ炭を算定
- 想定4：海外では、バイオ炭が世界農地面積の1%相当に普及することを想定

2050年経済効果推計：約1.5兆円/年

内訳：国内）バイオ炭国内販売：2535億円

バイオ炭製造プラント建設：914億円

バイオ炭製造プラント補修修繕費：1741億円

微生物資材の国内販売：400億円

バイオ炭施用による国内耕種農業生産額の増加：2850億円

内訳：海外）バイオ炭製造プラントの海外建設：850億円

バイオ炭の海外生産：3600億円

バイオ炭製造プラント補修修繕費：1000億円

微生物資材の海外販売：1396億円

(参考)

- 想定1：等方性大断面部材の生産量300万m³
- 想定2：等方性大断面部材の価格11万円/m³
- 想定3：人工林の面積当たり立木材積324m³/ha
- 想定4：造材歩止り70%
- 想定5：再造林初期費用180万円/ha

2050年経済効果推計：

内訳：国内販売・輸出額3300億円
再造林費用476億円