

公開版

2023年度環境研究機関連絡会研究交流セミナー

令和6年1月24日



農業分野の脱炭素最前線
～バイオ炭の取り組み～

NARO

農研機構・農業環境研究部門 上級研究員
岸本(莫) 文紅

農地でできる取り組み

土壌炭素を増やし、温室効果ガス (N_2O , CH_4) の発生を減らす



残渣、堆肥、緑肥などの有機物投入や **バイオ炭** の施用で土壌炭素を増やす

J-クレジット AG-004



適正施肥・減肥などで N_2O 発生を減らす (水田以外の農地)

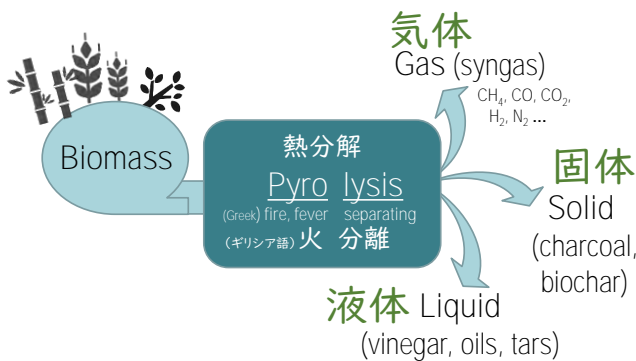


NAROチャンネル
解説動画

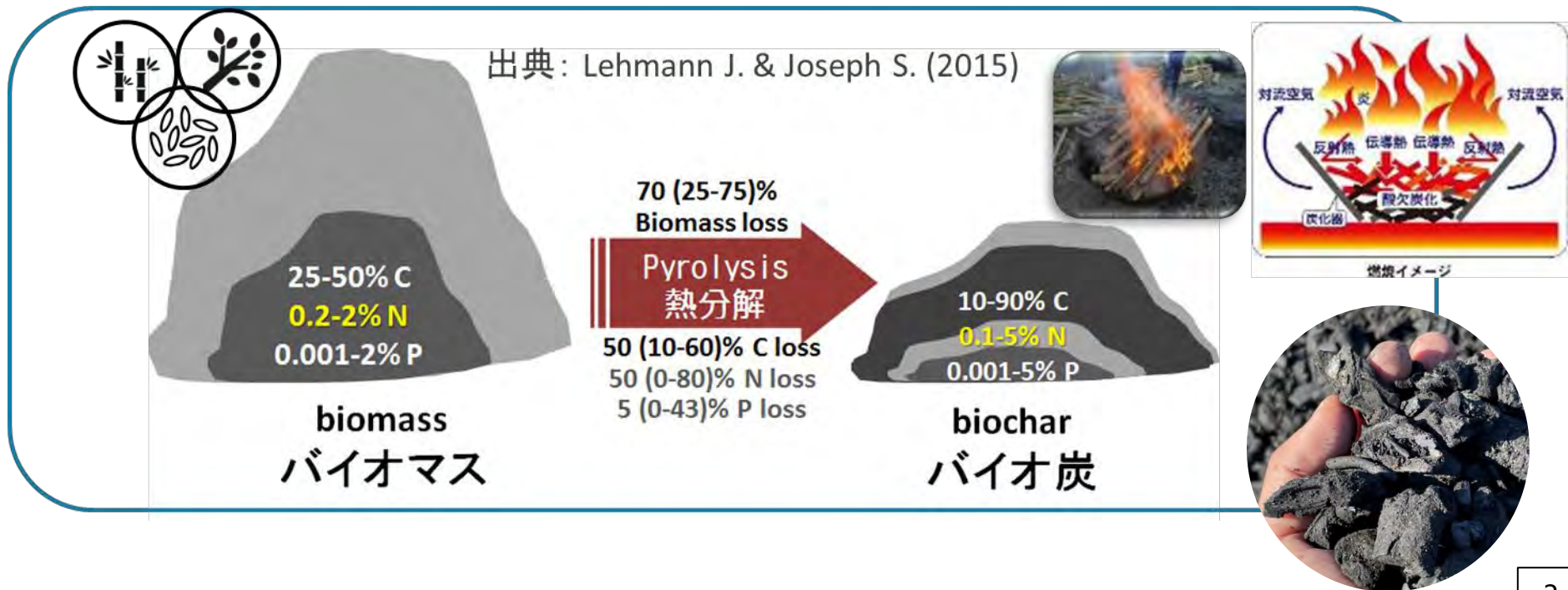


中干しを1週間延長でメタンの発生を30%減らせる (水田)

J-クレジット AG-005



- バイオ炭 (Biochar) とは、生物資源を無酸素または低酸素条件下で350°C以上熱分解反応で作られた、環境の改善に効果ある炭化物。
- バイオ炭の炭素は土壌中100~1000年以上安定的に存在できるため、炭素貯留の面で注目



二酸化炭素除去 (CDR) 技術としてのバイオ炭

バイオ炭による削減ポテンシャル (Global) : 年間0.3-2GtCO₂ = (3-20億トン)
 コスト: 100ドル/トンCO₂

IPCC-AR6-WG3-SPMより

CDRの分類

CO₂回収手段

光合成

化学



Minx et al. (2018) 「Negative emissions - Part 1: Research landscape and synthesis」

出典: 環境省資料 IPCC-AR6-WG3-SPM説明資料

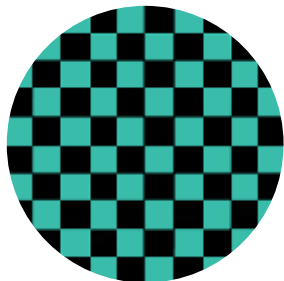
https://www-iam.nies.go.jp/aim/pdf/IPCC_AR6_WG3_SPM_230227.pdf

日本

世界



1697年(元禄10年) 土作り



竈門炭治郎
(大正時代)
薪炭

1970年代 高度成長期 炭の利用減少
岸本定吉先生、杉浦銀治先生、小川真先生

1970-1990年代
炭の科学(土壌改良など)
地力増進法による土壌改良資材の政令指定

1984年地力増進法施行令
(昭和59年10月1日政令第299号
最終改正:平成8年10月25日政令第306号)

日本は炭の
農業利用の先駆

2008年
日本バイオ炭普及会設立

2020年
J-クレジット方法論にバイオ炭登録

2019年IPCC改良ガイドライン
バイオ炭の算定法

アジア諸国は日本と同じ薪炭利用、土作りも

欧米について少なくとも150年前から農業利用の記録

1950年代 オランダの土壌学者が、アマゾンの地を旅し、驚くほど豊かで肥沃な土壌を発見
「Terra Preta (テラプラタ)」=黒い土
農業に不向きなはずの熱帯でも豊かな収穫をもたらす

2000年代に入って科学的に解明
先住民たちの炭焼きが作り出した人工土壌

2006年
IBI=国際バイオ炭イニシアチブ設立

バイオ炭ブーム

2020年 EU、USA 法整備に署名運動

2019年~2022年 C-sink, Puro.earth, Verra方法論

土壌中でのバイオ炭の効用

投入量×有機炭素含有率Fc×Fperm

※100年後の炭素残存率で担保

炭素貯留

(100年~数1000年)

吸収源としての
持続性



pH矯正

保水性/透水性

温室効果ガス
削減(CH₄, N₂O)

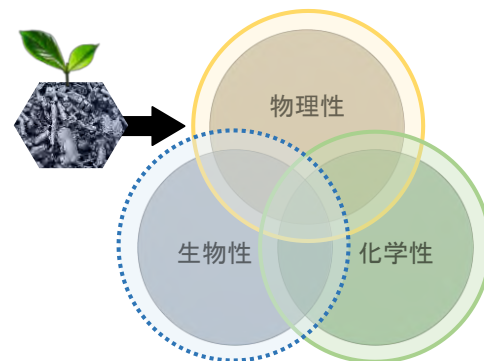
養分(リン、カリウムなど)
養分利用効率向上

土壌微生物
の活性化

土壌構造改善

陽イオン交換容量
(CEC)

Lopez-Capel et al.
(2016)を改編



多数な書籍、学術論文・
レビュー・メタ解析

(e.g. Schmidt et al. 2021; Xia et al. 2023)

土壌中のバイオ炭の効用

(Blanco-Canqui (2021) GCB-bioenergy, 13, 291-304)



効果確実性

図の出典：
岸本文紅 (2022) 日本LCA学会誌, Vol.18, No.1: 36-42.
岸本文紅 (2023) 作物生産と土づくり, Vol.55, No.574: 58-61.

バイオ炭の特性が
原料の種類、焼成温度と焼成時間
によって大きく異なる

(バイオ炭には優劣がない、利用目的と資源の持続性で選ぶべき)

炭素貯留の推定法



バイオ炭利活用の
マイルストーン

$$\Delta BC_{Mineral} = \sum_p (BC_{TOTp} \times F_{Cp} \times F_{perm_p})$$



https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch02_Ap4_Biochar.pdf



ipcc

投入量×有機炭素含有率 F_c × F_{perm}
※100年後の炭素残存率で担保

炭素貯留
(100年～数1000年)

吸収源として
の持続性



※投入年に一括計上する

2019 Refinement

2019年IPCC改良ガイドライン

2019年5月

IPCC総会(京都)で承認



Photo by IISD/Clean Wu
(enb.iisd.org/climate/ipcc49/images/9may/IPC_5724.jpg)

「農地・草地土壌に埋設されるバイオ炭の土壌炭素貯留推計の算定方法」
を新規追加

バイオ炭の日本での取り組み:

日本はいち早く「バイオ炭」をインベントリ報告・J-クレジット方法論整備



- クレジット量は、バイオ炭施用による貯留量から、プロジェクトに付随する排出量を差し引いて算出。
 - プロジェクトの対象となる各種バイオ炭(下表)

認証クレジット量 = 炭素貯留量 - 付随する排出量(原料運搬、炭化設備の利用等)

$$(\text{貯留量 (t-CO}_2\text{)}) = \sum_p (\text{バイオ炭施用量} \times \text{炭素含有率} \times 100\text{年後の炭素残存率} \times 44/12)$$

- 2023年版の「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」(2023年4月公表)および、2019年改良 IPCC ガイドライン (2019 Refinement to the 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories) の附属書4 (Appendix 4: Method for Estimating the Change in Mineral Soil Organic Carbon Stock from Biochar Ammendments) に基づき、以下の値を参照する。

出典:
https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/AG-004_v2.0.pdf

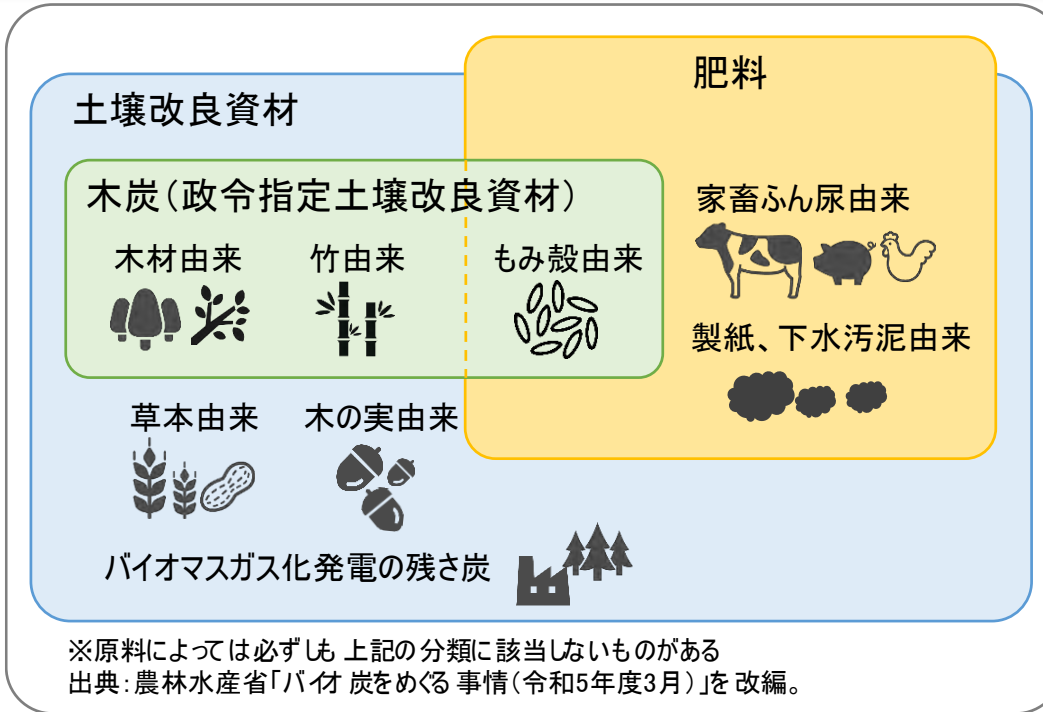
分類	種類/原料	炭素含有率	炭素残存率
インベントリ報告書 算定対象の バイオ炭	白炭	0.77	0.89
	黒炭		
	オガ炭		
	粉炭	0.8	
	竹炭	0.778	0.65
自家製造品 等その他の バイオ炭	家畜糞尿由来	0.38 (熱分解) / 0.09 (ガス化)	0.65
	木材由来	0.77 (熱分解) / 0.52 (ガス化)	
	草本由来	0.65 (熱分解) / 0.28 (ガス化)	
	もみ殻・稲わら由来	0.49 (熱分解) / 0.13 (ガス化)	
	木の実由来*	0.74 (熱分解) / 0.40 (ガス化)	
	製紙汚泥・下水汚泥由来	0.35 (熱分解) / 0.07 (ガス化)	

2021年
 バイオ炭のJ-クレジット申請開始
 2022年
 初申請・初認証
 (247トンCO₂)

* コーヒー滓を原料とする場合、「木の実由来」の係数を参照することとする。

バイオ炭の日本での取り組み:

バイオ炭の農地施用による炭素貯留量の試算(2050年時点)



※原料によっては必ずしも上記の分類に該当しないものがある
 出典: 農林水産省「バイオ炭をめぐる事情(令和5年度3月)」を改編。

https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/attach/pdf/tuchi_kanren-12.pdf

10アールあたり100kgCO₂削減に必要なバイオ炭の量(原料別)

- 53.9 kg炭 (竹)
- 54.5 kg炭 (果樹剪定枝)
- 85.6 kg炭 (もみ殻)
- 80.7kg炭 (ガス化発電残渣)

※付随的な排出量(原料やバイオ炭の運搬等による排出されるCO₂)を考慮していない。

J-クレジット方法論AG-004 Ver2.0による試算

バイオ炭の農地施用による年間CO₂吸収量の試算(利用可能量などは須藤(2023)公衆衛生 87(3): 233-240 による)

	利用可能量 (万t)	炭化物収量 (%)	炭化物 炭素含有率	100年後 炭素残存率	CO ₂ 吸収量 (万t)
木材(林地残材等)	750	40	0.77	0.89	754
竹	256	27	0.778	0.65	128
稲わら	751	50	0.49	0.65	439
もみ殻	200	50	0.49	0.65	117
合計					1,438

農業分野の排出量の約30%に相当する削減量

図の出典:
 岸本文紅
 (2023)作物生
 産と土づくり,
 Vol.55, No.574:
 58-61.

バイオ炭の日本での取り組み：進行中のプロジェクト

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
農林水産分野における炭素吸収源対策技術の開発
「農地土壌の炭素貯留能力を向上させるバイオ炭資材等の開発」

◆ 事業概要

- 農林水産業・食品産業の競争力強化に向け、国主導で実施すべき重要な研究分野について、戦略的な研究開発を推進
- 研究開発と研究成果の社会実装を効果的に行えるよう、知財マネジメントの強化等の環境整備を一体的に実施



◆ 研究内容

- ① 農地土壌の炭素貯留、肥効、N₂O排出削減に資する**バイオ炭混合資材等の開発**
 - ・N₂O低排出型バイオ炭資材の開発
 - ・鶏ふんを原料とするバイオ炭開発
- ② 地域で循環する**バイオ炭製造とその施用のモデル構築**
 - ・地域バイオマスによるバイオ炭製造技術の開発と日本版バイオ炭規格の作成
 - ・国内各地域でのバイオ炭施用試験（異なる栽培体系での実証試験）
- ③ **バイオ炭およびバイオ炭堆肥による土壌炭素貯留効果の総合評価**
 - ・バイオ炭生産資源評価
 - ・農地炭素貯留データベースとマッピング
 - ・J-クレジット組織化とLCA

農水委託プロ
(バイオ炭)

◆ 事業期間

- 令和2～6年度

◆ 実施体制

- 福井県、立命館大学、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 等

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
「農業副産物を活用した高機能バイオ炭の製造・施用体系の確立」

◆ 事業概要

- 2050年カーボンニュートラルの実現に向け、NEDO*1に2兆円の基金を造成
*1：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
- 野心的な目標にコミットする企業等に対して、最長10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援



◆ 取組内容

- バイオ炭の普及拡大を図るため、バイオ炭の製造・施用コストを削減するとともに、農作物の生育促進などを助ける有用微生物の機能を付与することにより、**農作物の収量性を向上させる高機能バイオ炭を開発**する
- **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**し、当該価値を取引価格に転嫁できるようにすることで、バイオ炭農法の収益性を改善し、農業者の導入インセンティブを付与する

GI基金
(高機能バイオ炭)

◆ 事業期間

- 令和4～12年度

◆ 実施体制

- 株式会社ぐるなび、片倉コープアグリ株式会社、ヤンマーエネルギーシステム株式会社、全国農業協同組合連合会、（高機能バイオ炭製造実証を行う）各地の農業協同組合、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

担当メンバー：秋田県立大学、和歌山県工業技術センター、立命館大学、農研機構（農環研）

原料や製炭温度の異なった多様なバイオ炭の炭素貯留量の算定（日本独自の算定係数）

背景

- 日本では、黒炭や白炭を生産する技術に優れ、科学的な品質管理を長年にわたり行ってきた。特に、工業分析により得られた固定炭素はデータの蓄積も多く品質規格にも指標として取り入れられている。


目的

- JIS M 8812:2004「石炭類及びコークス類－工業分析方法」あるいは、日本バイオ炭普及会規格「土壌炭素貯留用バイオ炭－測定法－」に基づき測定した“固定炭素”を用いた炭素貯留量の算出手法の開発する

試験設計


- 標準バイオ炭の作成および各種国内産バイオ炭の収集
- 2019年改良 IPCC ガイドラインに基づいた分析（有機炭素 F_c 、無機炭素、元素分析）と固定炭素 FC の関係を解析
- バイオ炭の100年後の炭素残存率 F_{perm} と固定炭素の関係を解析
- 炭素貯留量の算定式へ“固定炭素”を反映

標準炭の作製




試料の分析


工業分析:
水分・灰分・揮発分
固定炭素
= 100 - 灰分 - 揮発分
(JIS M 8812)




(ASTM D4373)



元素分析
全炭素 - 無機炭素 = 有機炭素
(IBI Test Method)



無機炭素の分析



成果概要：

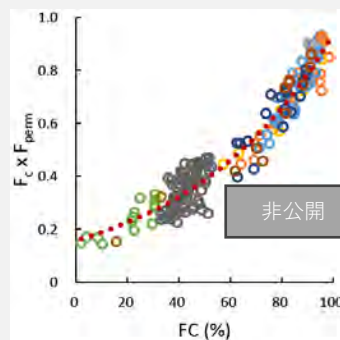
バイオ炭の農地施用に関して、2019年改良 IPCC ガイドラインに準じた炭素貯留量をバイオ炭の固定炭素を測定することで容易に算出することが出来ます。

プロジェクト実施後の貯留量の算出式

$$ST_{PJ} = \sum_i BC_{total,i} \times \text{非公開} \times \frac{44}{12}$$

記号	定義	単位
ST_{PJ}	プロジェクト実施後貯留量	tCO2
$BC_{total,i}$	土壌に投入されたバイオ炭の量	tC
非公開	有機炭素率と100年後の炭素残存率を含む係数をバイオ炭の固定炭素率から求める換算式（底eを用いた指数関数式）	—
44/12	炭素重量 (tC) を CO2 重量 (tCO2) に変換するための係数	—
i	バイオ炭の種類	

固定炭素と $F_c \times F_{perm}$ の関係



非公開
(バイオ炭の種類)

参考

$$\Delta BC_{Mineral} = \sum_p (BC_{TOTp} \times F_{Cp} \times F_{perm,p})$$

IPCC. Appendix 4: Method for estimating the change in mineral soil organic carbon stocks from biochar amendments

農水委託プロバイオ炭の研究成果：(例) バイオ炭を用いた水稻苗箱で軽労化

担当メンバー：福井県農業試験場

バイオ炭を利用した水稻苗で運搬作業が軽労化

背景

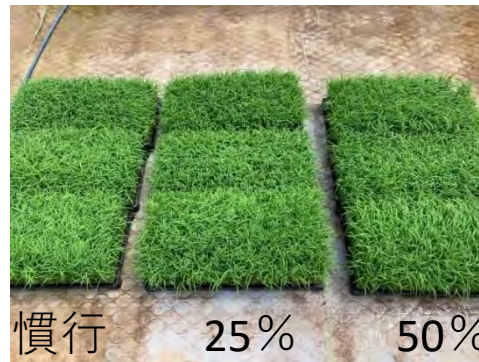
- バイオ炭を利用した水稻苗を作成、使用することで多くの人が利用する可能性が広がる。

目的

- 水稻苗への影響を把握し、育苗培土への混合・利用促進を図る。

試験設計：もみ殻炭の育苗培土へ施用

- 栽培期間 令和5年5月中旬～9月上旬（R4年度より継続試験）
- バイオ炭 もみ殻炭
- 炭施用量 25%、50%（育苗培土との体積比）
- 供試品種 いちほまれ
- 播種日 5月9日、無加温ハウスで育苗
- 移植日 5月25日



成果概要：

もみ殻炭を育苗培土に混用しても慣行どおりに苗が作成でき、苗箱重量も1割程度軽くなる。本田での生育・収量への影響はない。

表 もみ殻炭を混合した場合の育苗箱の重量

炭割合	播種前	種+覆土+水	生育後水やり	水やり4時間後
0%	非公開			
25%				
50%				

育苗箱込み、覆土は培土のみ
分散分析で5%の水準で有意差あり

単位：kg

R5バイオ炭を施用した苗の生育

試験区	草丈 cm	葉乾物重 g/100本	根乾物重 g/100本
対照	非公開		
もみ殻炭25%			
もみ殻炭50%			

表 バイオ炭施用苗の精玄米重（kg/10a）

	R4年	R5年
対照	非公開	
もみ殻炭25%		
もみ殻炭50%		



担当メンバー：農研機構(北農研)

バイオ炭(暗渠疎水材)施用による田畑輪換栽培圃場の排水性改善と土壌炭素貯留・温室効果ガス排出削減技術の開発

背景

- 北海道では圃場の排水性不良による機械作業への支障や作物生産性低下が問題となっている。また、排水性不良土壌では一酸化二窒素(N₂O)などの温室効果ガス発生が高まる懸念がある。

目的

- バイオ炭(もみ殻炭)を簡易暗渠の疎水材として利用し、土壌炭素貯留や排水性改善による作物の生産性維持・改善効果、温室効果ガス削減効果を明らかにする。

試験設計(圃場試験)

- 試験場所：農研機構 北海道農業研究センター 水田圃場(4-410)
- 栽培作物：小麦(2020-2021, 2021-2022), 水稻(2023, 2024)
- 処理区(8)：バイオ炭暗渠施工有無(2)×圃場区画(2)×反復(2)
- 供試バイオ炭：もみ殻炭



埋設前のもみ殻炭暗渠



試験圃場概要

成果概要：

一部の作付年次、試験区画において、バイオ炭(もみ殻炭)簡易暗渠施工による排水性の改善、小麦の増収、N₂O発生低減傾向が確認された。



図 転換畑小麦1作目における各試験区の一酸化二窒素(N₂O)発生量

表 転換畑小麦1作目における各試験区の収量

項目	圃場1		圃場2	
	暗渠施工	暗渠無施工	暗渠施工	暗渠無施工
全重(kg/m ²)	非公開			
製品子実重(kg/10a)				
千粒重(g)				
容積重(g/L)				

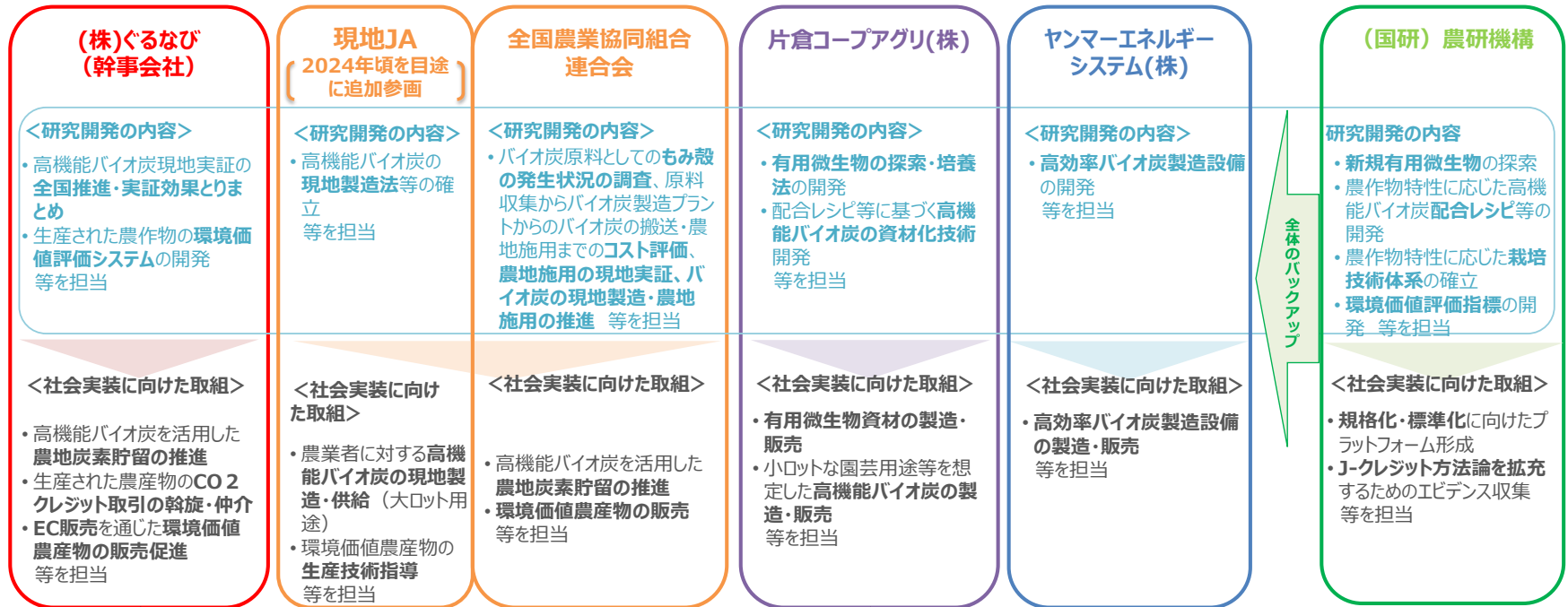
山根ら(未公表)

GI基金（高機能バイオ炭）事業の紹介：農研機構の役割



開発目標

バイオ炭施用に取り組む農業者の取組インセンティブを高め、農地炭素貯留（農地1ha当たり年間3トン程度のCO₂固定）と農業生産性2割向上を同時に実現
「カーボンクレジット × 農産物の生産性向上 × 環境価値農産物」の市場の形成



全体のバックアップ

一体となり高機能バイオ炭による農地炭素貯留を全国推進

技術移転

高機能バイオ炭を一体となって開発・製造

出典：
<https://green-innovation.nedo.go.jp/pdf/development-co2-agriculture-forestry-fisheries-industries/item-001/vision-gnavi-001.pdf>

高機能バイオ炭の農地施用による、農地炭素貯留と農業生産性2割向上の同時実現

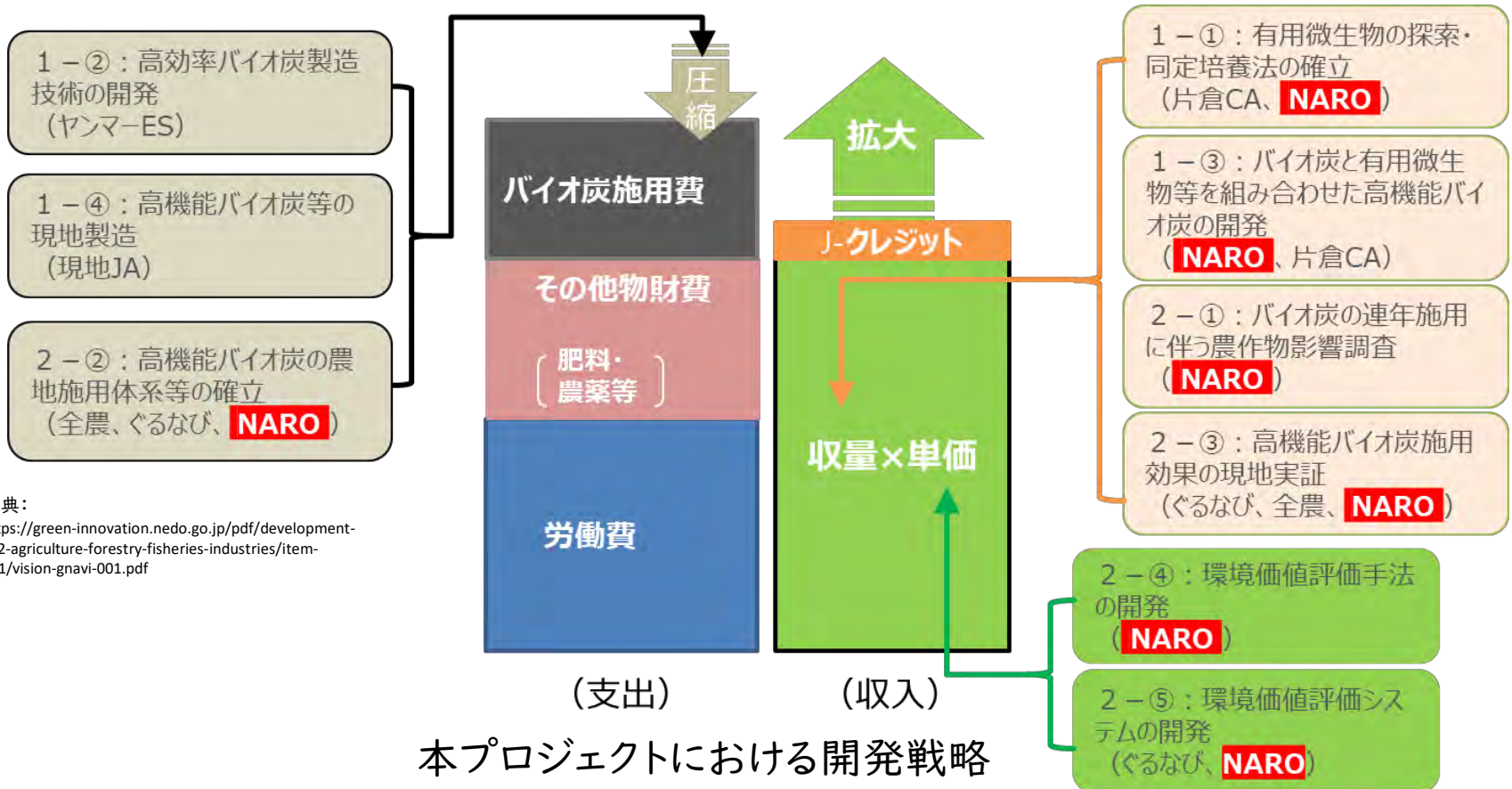
農研機構は、コンソーシアムの取組全体を技術開発面で支える。

GI基金（高機能バイオ炭）事業の紹介：農研機構の役割



本プロジェクトにおいて、農研機構は、3つの側面（バイオ炭施用農法のコスト縮減、高機能バイオ炭施用による収量性の向上、バイオ炭施用を通じた農産物の環境価値向上）において他のコンソメンバーと密接に連携して研究開発を牽引

➡ 本プロジェクトを通じて「農業の生産性向上と地球環境保全を両立」を実現



出典：
<https://green-innovation.nedo.go.jp/pdf/development-co2-agriculture-forestry-fisheries-industries/item-001/vision-gnavi-001.pdf>

本プロジェクトにおける開発戦略