

令和2年度脱炭素型フードサプライチェーン可視化（見える化）推進委託事業
フードサプライチェーンにおける脱炭素化の実践とその可視化のあり方等検討会（第1回）

5.フードサプライチェーンにおける脱炭素化と その可視化に向けた調査等の進め方について

（2）脱炭素化技術について

（農林水産分野における新たな脱炭素化技術及びその温室効果ガス排出削減量の定量化に関する調査）

2020.9.16



一般社団法人サステナブル経営推進機構

Sustainable Management Promotion Organization

Deloitte.
デロイト トーマツ

1. 農林水産分野における脱炭素化の現状

(1) 国内の温室効果ガスの排出状況

- 国内の2018年度における温室効果ガスの総排出量は、12億4,000万トン（二酸化炭素（CO₂）換算）で、製造業（3億7,300万トン）、運輸（2億1,000万トン）、業務その他（1億9,600万トン）、家庭（1億6,600万トン）で総排出量の4分の3以上を占める。
- 農林水産業からの排出量は4,990万トンで、全体の4.0%

(2) 農林水産分野からの温室効果ガスの排出状況

- 国内の2018年度の農林水産業からの温室効果ガスの排出量4,990万トンの内訳は、二酸化炭素1,720万トン（34.4%）、メタン2,340万トン（46.9%）、一酸化二窒素940万トン（18.7%）。
- 最大の発生源は燃料燃焼による二酸化炭素（1,670万トン）、次いで稲作に伴うメタン（1,360万トン）、家畜消化管内発酵に伴うメタン（750万トン）、農地土壌からの一酸化二窒素（540万トン）。
- 農地土壌及び森林吸収源対策による吸収量はCO₂換算で5,360万トン。

(3) 農林水産分野における温室効果ガス排出削減対策

- 地球温暖化対策計画（平成28年5月）において、2030年度削減目標（2013年度比）が以下とおり設定されている。

温室効果ガス	排出削減対策	削減（吸収）目標（t-CO ₂ ）
二酸化炭素（CO ₂ ）	省エネルギー性能の高い設備・機器の導入（施設園芸、農業機械、漁業分野）	140万
メタン（CH ₄ ）	稲わらすき込みから堆肥施用への転換等	64～243万
一酸化二窒素（N ₂ O）	施肥量の低減、分施、緩行性肥料の利用	10万
二酸化炭素（CO ₂ ）	農地土壌及び森林吸収源対策	約3,570万

現行の2030年度に向けた削減計画を継続した場合、2050年度の農林水産分野の排出量は13%の削減に留まる

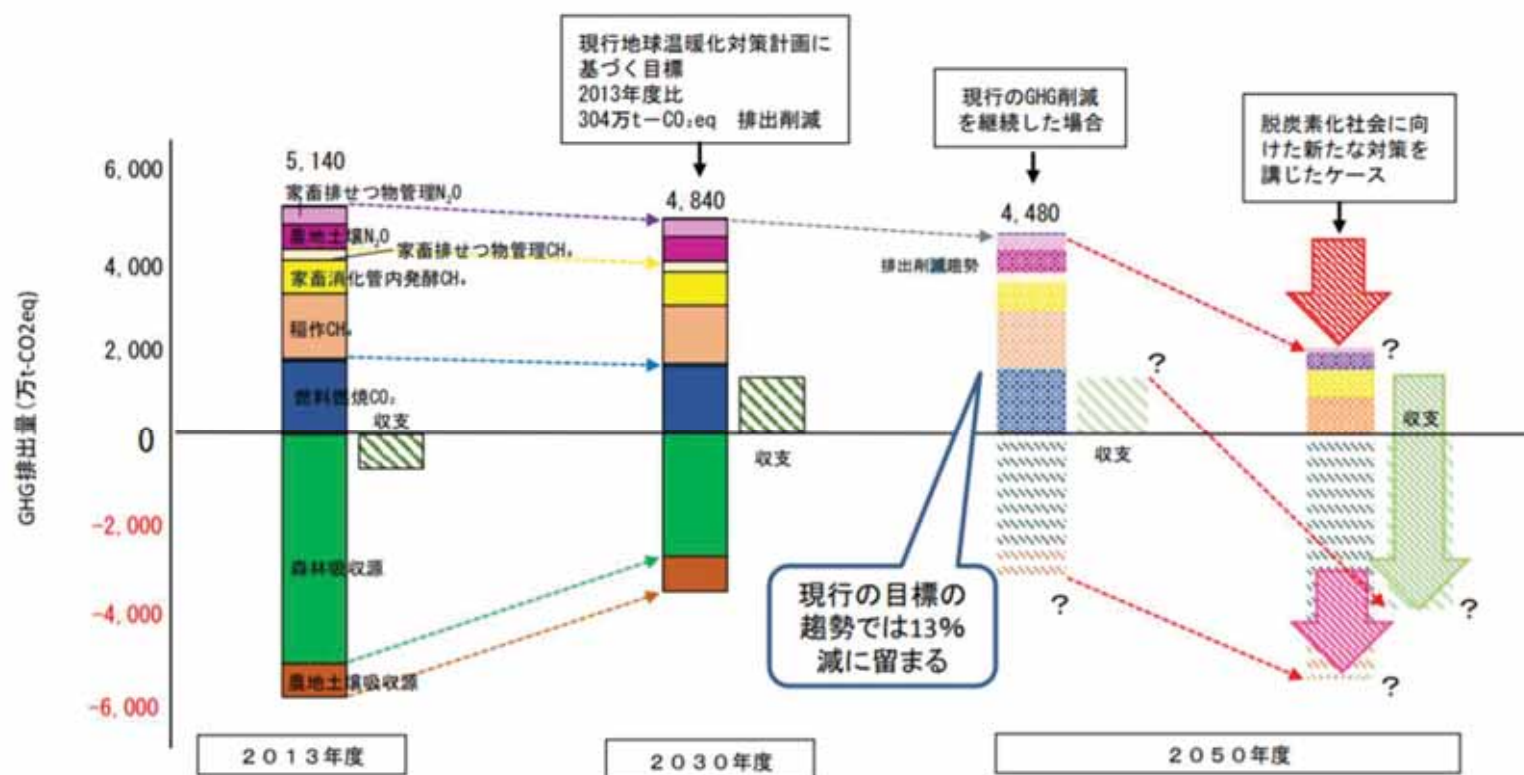
出所：日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2018年度）確報値

2.農林水産分野における脱炭素化に向けて

脱炭素化社会に向けた2050年のビジョンとして「脱炭素化社会に向けた農林水産分野の基本的考え方（平成31年4月）」において、以下の取組方針により、2050年に向けて、農林水産分野における排出削減や吸収源対策を徹底的に促進する等が挙げられている。

脱炭素化社会に向けた取組方針

1. 再生可能エネルギーのフル活用及び生産プロセスの脱炭素化
2. 農畜産業からの排出削減対策及び温室効果ガス削減量の見える化等による消費者理解の推進
3. 炭素隔離・貯留の推進とバイオマス資源の活用
4. 海外の農林水産業の温室効果ガス排出削減への貢献及びクレジットの獲得



出所：農林水産省地球温暖化対策計画の見直し関連資料（令和2年3月）

第28回食料・農業・農村政策審議会企画部会地球環境小委員会 林政審議会施策部会地球環境小委員会 水産政策審議会企画部会地球環境小委員会 合同会議

3. 目的と調査の概要

2050年ビジョンの達成に向け、以下について取り組む必要がある。

- 農林水産分野における脱炭素化技術の定量評価と推進
- 温室効果ガス削減量の見える化による消費者・企業・投資家を巻き込んだコミュニケーション

上記の実現を目指し、本項では以下3つについて調査及び検討を行う。

実施項目		内容	目的
1	農林水産分野における脱炭素化技術の整理	① 技術選定の考え方の整理 ② 複数要件に基づく技術の全体像の整理 ③ 定量化及び普及の可能性が高い技術の選定	脱炭素化技術の現状把握と定量評価・推進に向けた技術選定
2	農林水産分野の削減貢献の評価に向けた枠組みの検討	① 評価に向けた課題の整理 ② Jクレジット制度※を含む評価の枠組みの検討	コミュニケーションに有効な評価の枠組みの構築
3	事業者向け技術紹介資料の作成	① 作成方針の整理 ② 掲載内容の検討及び作成 ③ 技術推進に向けた資料の活用に関する検討	脱炭素化技術の推進

※省エネルギー機器の導入や森林経営などの取組による、CO₂などの温室効果ガスの排出削減量や吸収量を「クレジット」として国が認証する制度。

4. 農林水産分野における脱炭素化技術の整理

4.1 技術選定の考え方の整理

以下の選定プロセスを第1回検討会で確認する。

1. 農林水産分野の脱炭素化に貢献する技術の選定に係る要件として①GHG削減ポテンシャル、②国内における普及の可能性（コストを含む）、③定量評価の可能性の観点から各技術の概要を調査
2. 上記の要件に基づき現状での脱炭素化技術をロングリスト化し、全体像を把握
3. 本検討会における議論を踏まえて、定量化及び普及の可能性が高い技術を選定

技術の選定要件の整理

✓ 技術の選定に係る要件を整理

要件	水準
削減ポテンシャル	➢ 2030年度の削減量・吸収量の見込みが10万t-CO₂以上（△）、100万t-CO₂以上（○）（注）
普及の可能性	➢ 技術自体が、モデル事業等で実証が可能なレベル（△）、商用ベースで採用されているレベル（○）
定量評価の可能性	➢ 国内の環境下でも一定の研究蓄積が存在しているレベル（△）、評価基準策定の検討が可能なレベル（○）

（注）農林水産分野の2030年度排出削減・吸収量目標の該当項目の目標値より推定

技術の全体像（ロングリスト）の整理

- ✓ 左記の技術要件に適合する脱炭素技術をリスト化
- ✓ 各技術は農林水産省や農研機構のこれまでの蓄積をベースに、他のDBからも積極的に追加

【参考文献等】

- ・農林水産省「脱炭素化社会に向けた農林水産分野の基本的考え方について」「農林水産省環境政策の基本方針について」
- ・農林水産技術会議「農林水産研究イノベーション戦略2020」「農林水産研究推進事業 脱炭素・環境対応プロジェクト」
- ・統合イノベーション戦略推進会議「革新的環境イノベーション戦略」
- ・農研機構DB
- ・科研費DB
- ・DTC所有データベース 等

調査対象技術の選定

- ✓ 左記でまとめた要件整理及びロングリストより、定量化及び普及可能性の高い技術を5件程度選定

技術分野	技術名	実施対象	削減対象	概要
農業	中干延長 間断灌漑	水稲栽培	メタン (CH ₄)	・中干（水田から一時的に水を抜く）により水田土壌に酸素共有 ・水田土壌に生息する嫌気性のメタン生成菌の活動を抑制
	カシューナッツ酸液の給与	畜産（牛）	メタン (CH ₄)	・乳牛の飼料へのカシューナッツ酸液含有製剤の添加 ・第一胃中に生息する微生物に対し抗菌的に作用し、メタン発酵を抑制
廃棄物	バイオ炭の農地施用	農地土壌	二酸化炭素 (CO ₂)	・土壌中の二酸化炭素を炭素化することによって安定化させ、土壌改良と二酸化炭素の封じ込めを行う技術
	作物残渣の農地施用	農地土壌	二酸化炭素 (CO ₂)	・大気中の二酸化炭素を固定した作物の残渣等のすき込みにより土壌に炭素を貯留
省エネ	電動農機の導入	農業全般	二酸化炭素 (CO ₂)	・使用段階のエネルギー起因の温室効果ガス排出量を削減
再エネ	施設栽培への太陽光パネル導入	施設栽培	二酸化炭素 (CO ₂)	・使用段階のエネルギー起因の温室効果ガス排出量を削減
その他	石灰灰重量ブロックの設置（ブルーカーボン）	海岸等	二酸化炭素 (CO ₂)	・海中のバイオマスとして大気中の二酸化炭素を固定化する技術

議論を踏まえ
技術を選定

4. 農林水産分野における脱炭素化技術の整理

4.2 ロングリストの作成

①GHG削減ポテンシャル、②国内における普及の可能性（コストを含む）、③定量評価の可能性に基づき、技術選定のベースとなるロングリストを整理。

< 定量評価の可能性について >

J-クレジットの方法論化：「日本国温室効果ガス排出インベントリ報告書」はJ-クレジット方法論作成時の根拠資料としても用いられるため、同報告書に算定方法の記載がある技術についてはJ-クレジット方法論化の可能性があるものとした。ただし、方法論化に当たっては、実データのモニタリングの実施可能性や追加性の有無についても併せて検討が必要。

CFP※における評価：CFPについては比較的客観性が高い文献値データを用いることで評価可能であることを踏まえ、査読あり文献等において何らかの算定方法が定められている技術についてはCFP評価の可能性があるものとした。

農林水産分野における脱炭素化技術（ロングリスト：一部抜粋）

区分1	区分2	区分3	技術分類タグ	技術名	実施対象	削減対象	概要	削減ポテンシャル	コスト	開発見通し	J-クレジット方法論化	CFP評価	備考
農業	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
肥料	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
土壌	排出源対策	---	土壌管理	中干延長	水田	CH4	中干（水田から一時的に水を抜く）により水田土壌に酸素共有	（要試算）	低コスト	普及地域有	---	---	---
土壌	排出源対策	---	土壌管理	間断灌漑	水田	CH4	水田土壌に生息する嫌気性のメタン生成菌の活動を抑制	（要試算）	低コスト	普及地域有	---	---	---
土壌	排出源対策	---	土壌管理	硝化抑制剤によるN2O低減	農耕地	N2O	肥料中のアンモニアが土壌微生物の働きにより硝化に変化する過程である「硝化」を抑制する薬剤を添加した肥料を施用 ・硝化の過程からもN2Oが発生するため、硝化を抑制することでN2Oの発生を抑制	（要試算）	?	研究段階	---	---	---
土壌	排出源対策	---	土壌管理	土着微生物を利用した農耕地由来の温室効果ガス削減	農耕地	N2O	土着ダイズ根粒菌の利用により、収穫期のダイズ根からのN2O発生を削減 さとうきびバガス等バイオマスを炭化するることによって安定化させ、土壌改良と二酸化炭素の封じ込めを行う技術。	（要試算）	低コスト	研究段階	---	---	---
廃棄物	利用時の低炭素化	炭素の隔離・貯留の定量化	バイオマス利用	バイオ炭の農地施用	農耕地	CO2	大気中の二酸化炭素を固定した作物の残渣等のすき込みにより土壌に炭素を貯留	（要試算）	?	研究段階	---	---	---
廃棄物	利用時の低炭素化	炭素の隔離・貯留の定量化	バイオマス利用	作物残渣の農地施用	農耕地	CO2	・乳牛の飼料へのカシュナッツ発酵含有製剤の添加 ・第一胃中に生息する微生物に対し抗菌的に作用し、メタン発酵を抑制	（要試算）	低コスト	研究段階	---	---	---
畜産	排出源対策	---	---	カシュナッツ発酵の給与	畜産（牛）	CH4	専用水耕ポットに特殊肥料を注入し、専用水耕パネルを用いた、液肥もビニールハウスも不要な栽培方法を開発	（要試算）	?	商用化済	---	---	---
省エネルギー	利用時の低炭素化	サービス量の最小化	作業効率化	スマート水耕施設	施設栽培	CO2	園芸作物の株元を送風ダクトや温湯パイプ等により局所的に加温し、暖房効率を向上し、成長や収量を確保	（要試算）	N/A	商用化前	---	---	NTTドコモ、セプトアグリ
省エネルギー	利用時の低炭素化	サービス量の最小化	温度管理	施設園芸作物の株元温度制御	施設栽培	CO2	クラウド、低消費電力無線通信であるWi-SUN等のICTを活用して、農家が行う圃場水管理と土地改良区や水利組合が行う配水管理とが連携した配水管理システム。水理解析に基づいた配水制御プログラムやスケジュール管理により、水需要に応じたポンプ場からの配水が行え節水、電気代の削減が可能。	（単位あたりでは、約4割の節電・省エネ効果）	N/A	商用化前	---	---	---
省エネルギー	利用時の低炭素化	サービス量の最小化	温度・湿度・照度管理	自立電源型IoT環境センサシステム	施設栽培	CO2	フィルム型ペロブスカイト太陽電池で発電した電気を、エナジーハーベスティング低消費電流降圧DC-DCコンバータで降圧し、小型リチウムイオン二次電池に蓄電。そして、蓄電したエネルギーを低消費電流降圧降圧DC-DCコンバータで昇降圧し、温度、湿度、気圧、照度を測定できるセンサーと無線モジュールを駆動させることで、センサーが感知した情報をBluetooth(BLE)で送信し、データ収集ができる。	（要試算）	N/A	商用化前	---	---	京都大学、リコー電子デバイス、ニチコン

※Carbon Footprint of Productsの略称で、商品やサービスの原材料調達から廃棄・リサイクルに至るまでのライフサイクル全体を通して排出される温室効果ガスの排出量をCO₂に換算して、商品やサービスに分かりやすく表示する仕組み。

4. 農林水産分野における脱炭素化技術の整理

4.3 技術選定（案） 1/2

ロングリストに基づき、ある程度技術開発が進み、かつ、普及及び定量評価の可能性が比較的高いと思われる技術をピックアップし、ショートリストとして再整理した。

※Jクレジット方法論化に関しては、各技術の追加性や削減量算定に係る実データのモニタリング可能性についても検討を加え、実現可能性の精緻化を図る。

農林水産分野における脱炭素化技術（ショートリスト）

技術分野	技術名	実施対象	削減対象	概要	参考情報	定量評価の可能性	
						Jクレジット方法論化	CFP評価
農業	中干延長	水稻栽培	メタン (CH ₄)	・水田から一時的に水を抜くことにより水田土壌に酸素共有 ・水田土壌に生息する嫌気性のメタン生成菌の活動を抑制	1週間の延長で3割削減。 一部地域で一定程度普及済み。 温室効果ガスインベントリリストに灌漑水田（間断灌漑水田（中干し）、常時湛水田）からのCH ₄ 排出の算定方法あり	△	○
	間断灌漑						
	カシューナッツ殻液の給与	畜産（牛）	メタン (CH ₄)	・乳牛の飼料へのカシューナッツ殻液（CNSL）含有製剤の添加 ・第一胃中に生息する微生物に対し抗菌的に作用し、メタン発酵を抑制	商品化済。 乾乳牛で20%、泌乳牛で約6%低減。 CNSL製剤を購入する必要有	△	○
廃棄物	バイオ炭の農地施用	農地土壌	二酸化炭素 (CO ₂)	バイオマスを炭化することによって安定化させ、土壌改良を目的とし農地施用することで二酸化炭素を土壌貯留する。	木炭について施用後4年間でほとんど分解されないとの報告有。一定程度普及済み。自作も可能。 （追記）2020年9月30日にJ-クレジット制度運営委員会にて方法論を策定済み。	○	○
	作物残渣の農地施用	農地土壌	二酸化炭素 (CO ₂)	作物の残渣を農地へのすき込み等により土壌中に投入することで、炭素を土壌中に蓄積させる。	モデル推定の結果、有機物未投入時に比べて25年間で1100万トンの炭素が余分に蓄積。一定程度普及済み。自己調達可能。	△	○

4. 農林水産分野における脱炭素化技術の整理

4.3 技術選定（案） 2/2

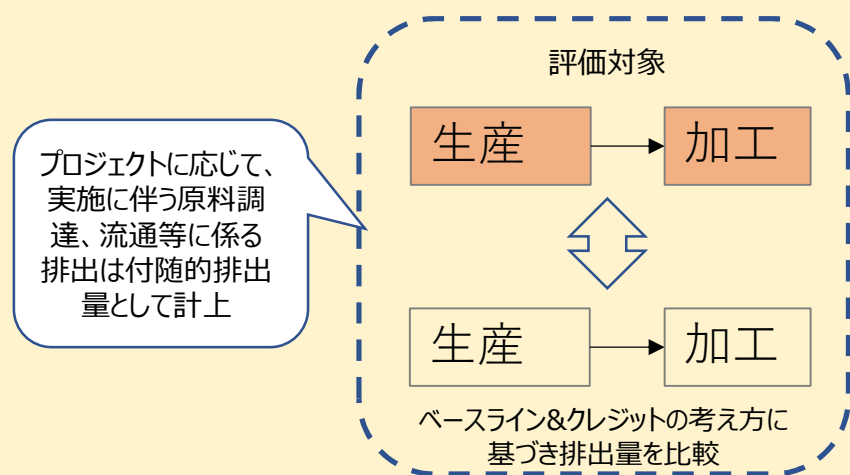
農林水産分野における脱炭素化技術（ショートリスト）

技術分野	技術名	実施対象	削減対象	概要	参考情報	定量評価の可能性	
						Jクレジット 方法論化	CFP 評価
省エネ	施設園芸作物の株元温度制御	施設栽培	二酸化炭素 (CO ₂)	園芸作物の株元を送風ダクトや温湯パイプ等により局所的に加温し、暖房効率を向上し、成長や収量を確保	温度制御機器は市販されており、イチゴを中心に全国各地で普及。燃料消費の削減が可能	△	○
省エネ	自立電源型IoT環境センサーシステム	施設栽培	二酸化炭素 (CO ₂)	太陽電池および小型リチウムイオン電池による自立電源を有し、温度、湿度、気圧、照度を測定できるセンサーと無線モジュールを駆動させ、データ収集が可能	センサー本体、設置コスト、給電方法が近年解消されつつあり、園芸施設での普及が期待	△	○
再エネ	農業トリジェネレーション	施設栽培	二酸化炭素 (CO ₂)	天然ガスあるいはバイオガス発電設備から発電される電気や、同時に発生する排熱および排CO ₂ を温室加温等に活用する	オランダを中心に広く普及し、国内でも導入実績あり。ガスエンジン発電機の小型化により、更なる普及が期待	△	○
再エネ	電動農機	農業全般	二酸化炭素 (CO ₂)	リチウムイオン電池を駆動力とした、電動コンパクトトラクター。低炭素エネルギーの活用により、使用段階のエネルギー起因の温室効果ガス排出量を削減	2030年に小型トラクターにて商用化の見通し。再エネ由来の電源を用いることでカーボンフリーの走行が可能	△	○
再エネ	常温低湿／太陽熱利用乾燥システム	加工	二酸化炭素 (CO ₂)	従来の火力を使う乾燥ではなく、熱風を使わず、空気中の水分を除去して一定の乾いた空気を送り、自然でゆるやかに乾燥するシステム	穀類生産において乾燥工程は直接エネルギー消費が大きい。本技術により燃料消費の削減が可能	△	○
吸収源対策	石炭灰重量ブロックの設置	海岸等	二酸化炭素 (CO ₂)	産業副産物である石炭灰と銅スラグを主原料とする石炭灰重量モルタルによって製造したブロック。本ブロックは海藻類の付着効果が高く、海中の二酸化炭素の固定化を促す	従来のコンクリート製消波ブロックと比較し、海藻の付着・生育促進効果があることを実証試験結果で確認	△	△

5.脱炭素化技術の定量評価に向けた枠組みの検討

事例：生産段階と加工段階にまたがる脱炭素技術の評価方法

Jクレジットにおける削減効果の評価範囲のイメージ例

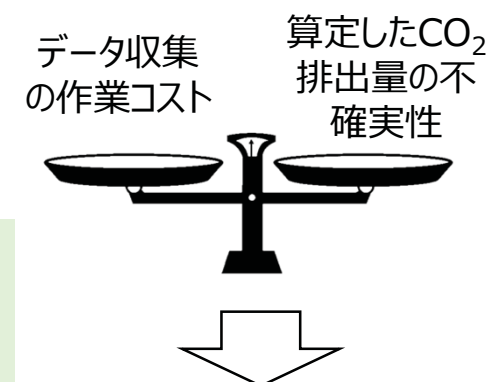


新たな脱炭素技術の定量評価の可能性について二つの観点から検討する。

ポイント2
評価スキームに応じたデータ収集の度合

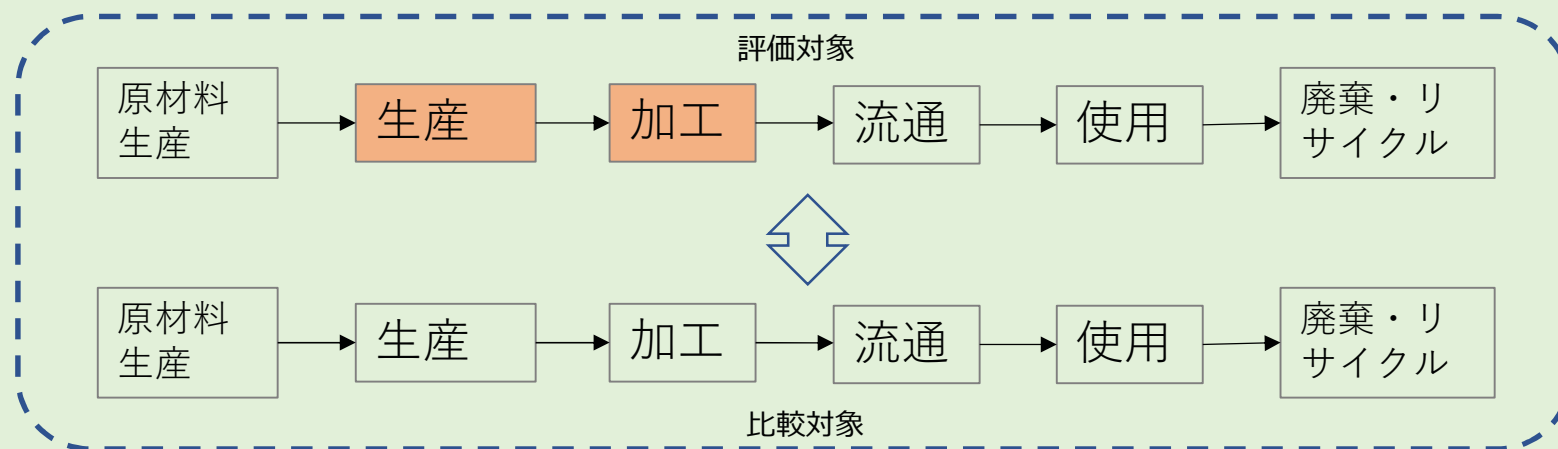
ポイント1
評価スキームに応じた評価範囲の決定

より精緻な評価により合理的保証水準を確保



全体最適化の視点に立ち、目的に応じて詳細度を制御した限定的保証水準

CFP制度を活用した削減効果（削減貢献量）の評価範囲



* 評価するプロセスが同一の場合は算定を省略しても削減効果は変わらない

<参考> 脱炭素化技術定量化調査 / 主要な海外動向

調査にあたっては主要な海外の脱炭素化技術の評価に関わる動向を念頭に整理を行う。

EU Circular Economy Action Plan

欧州委員会は、2019年12月に循環経済行動計画を発表し、2020年3月に採用している。循環経済行動計画はすべての部門の移行を導くものだが、行動は特に資源集約的な部門に焦点を当てており、食料についても提示されている。

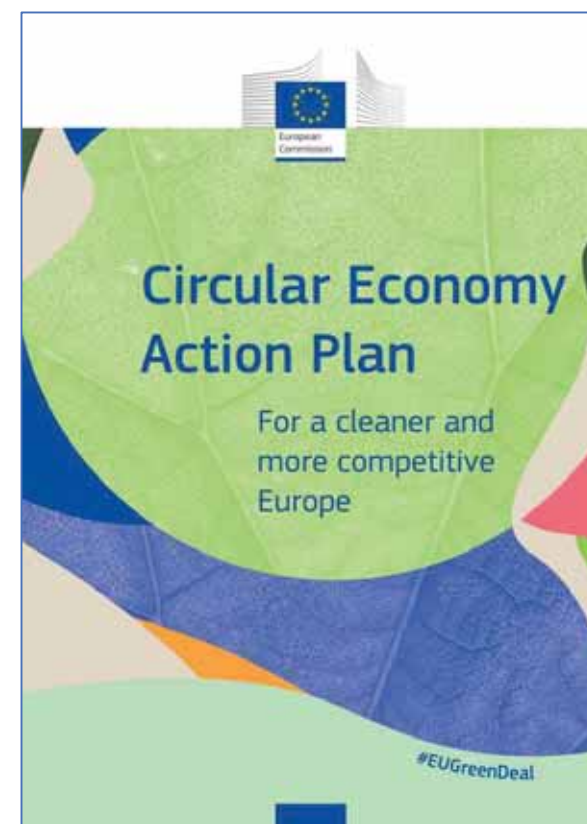
3.7. Food, water and nutrients



The circular economy can significantly reduce the negative impacts of resource extraction and use on the environment and contribute to restoring biodiversity and natural capital in Europe. Biological resources are a key input to the economy of the EU and will play an even more important role in the future. The Commission will aim at ensuring the sustainability of renewable bio-based materials, including through actions following the Bioeconomy Strategy and Action Plan.

サーキュラー・エコノミーは、資源の採取と利用が環境に与える負の影響を大幅に軽減し、欧州の生物多様性と自然資本の回復に貢献することができる。生物資源はEUの経済にとって重要な投入物であり、将来的にはさらに重要な役割を果たすことになるだろう。欧州委員会は、バイオエコノミー戦略と行動計画に沿った行動を含め、再生可能なバイオベースの材料の持続可能性を確保することを目指す。

(その他、食品廃棄物削減・外食産業における包装/食器等の再利用・水の再利用と効率化・栄養素のより持続的な利用などに言及)



<参考> 脱炭素化技術定量化調査 / 主要な海外動向

調査にあたっては主要な海外の脱炭素化技術の評価に関わる動向を念頭に整理を行う。

欧州委員会/環境フットプリント/農業モデリングWG（2019年11月）資料抜粋

<農業分野の環境負荷の定量評価の課題>

- 土壌、気候、農業実施に大きく依存しばらつきが大きい。
- 広範囲から発生するため直接測定できない。
- 改善の選択肢に焦点をあててモデルの精度を検討する必要。
- 農業従事者は家族営農から国際企業まで多岐にわたりデータ入手性は多様。
- 比較の範囲の設定が多様。例えば（ヨーグルトA / ヨーグルトB）から（水/ ソーダ / 牛乳）まで。

<検討課題（温暖化に関わる箇所を抜粋）>

- 農薬・農薬のLCIモデリング、穀物消化・糞の処理、農業サイトにおけるデータ収集の要件整備
⇒2020年から3か年計画で検討

出所：V. Colomb, ADEME & A.D. Schryver, EC “Agricultural Modeling Working Group”

< 参考 > 脱炭素化技術定量化調査 / 主要な海外動向

調査にあたっては主要な海外の脱炭素化技術の評価に関わる動向を念頭に整理を行う。

フランスの環境エネルギー管理庁（ADEME）が運営するAGRIBALYSEは、食品の環境ラベル開示に必要なLCA原単位データ等の情報を提供し、また、農業従事者のために環境負荷の定量化手法（LCA手法）の構築を目的とするプログラムである。同プログラムでは耕地、園芸、家畜製品に関わる136のLCAデータセットを提供している。このデータベースを作成するための方法論がレポートとしてまとまっており、評価方法（CFP-PCR）検討時の参考資料となる。

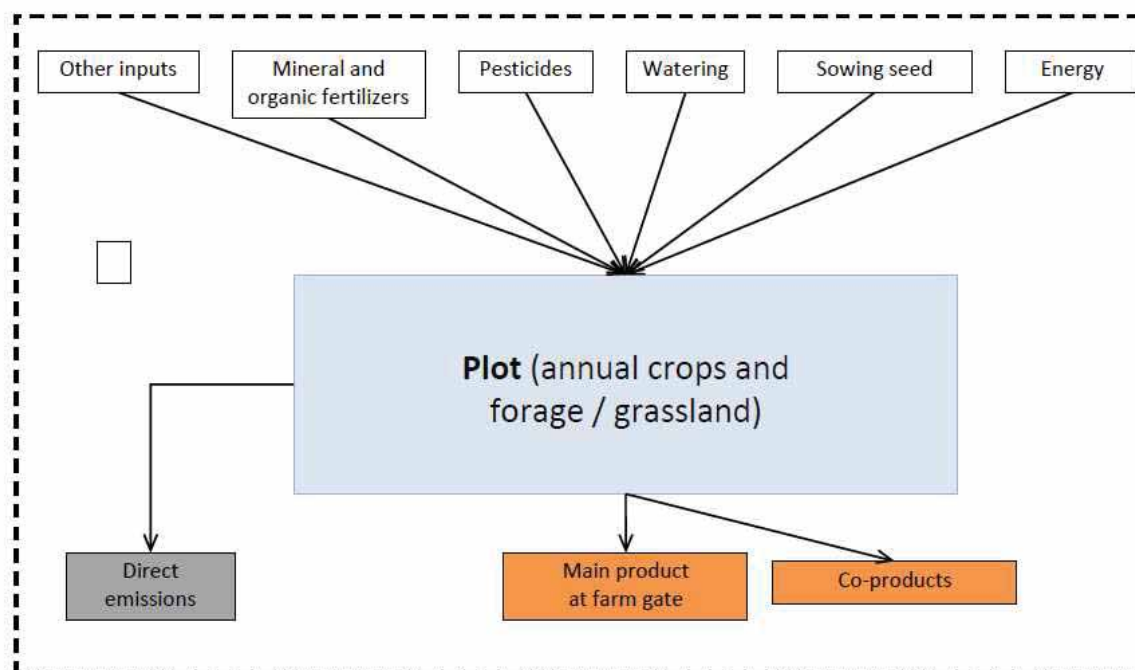


図1 評価範囲例（年間の作物と飼料/草地）

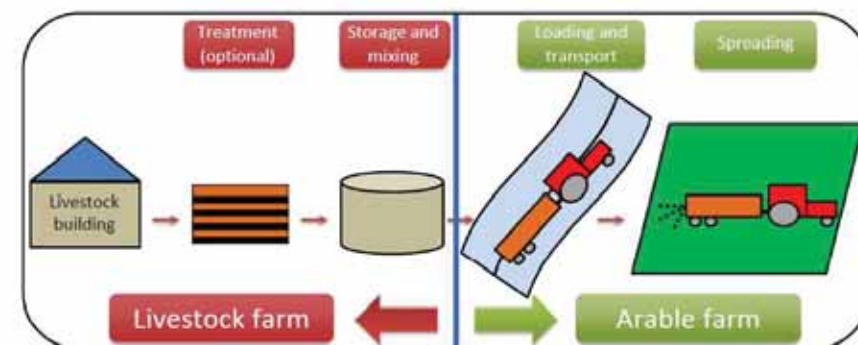


図2 評価範囲の設定

（家畜の糞尿管理に関わる負荷を家畜農家と畑作農家の間で配分する考え方を示す例）

出所：“Agribalyse : Methodology Ver 1.3 (2016)

<https://www.ademe.fr/en/expertise/alternative-approaches-to-production/agribalyse-program>

6.事業者向け技術紹介資料の作成

■資料作成方針の整理

事業者（農業生産者、食品事業者）の積極的な脱炭素化技術の導入に資するため、技術紹介資料には脱炭素（排出抑制）以外のメリット（省エネによるランニングコスト削減、生産労力の削減、生産物の品質向上、PR効果等）を含める。

■資料を活用した脱炭素化技術の推進に向けた検討

技術の協力機関紹介などの情報を入れ、関心を持った農業生産者が技術開発機関と協働して技術導入検討を進めるきっかけづくりに資するものとする。

■展開

資料の展開にあたっては農林水産省担当官との相談のうえ「令和2年度SDGsを活用した農山漁村と企業等の連携促進委託事業」との連携を検討する。

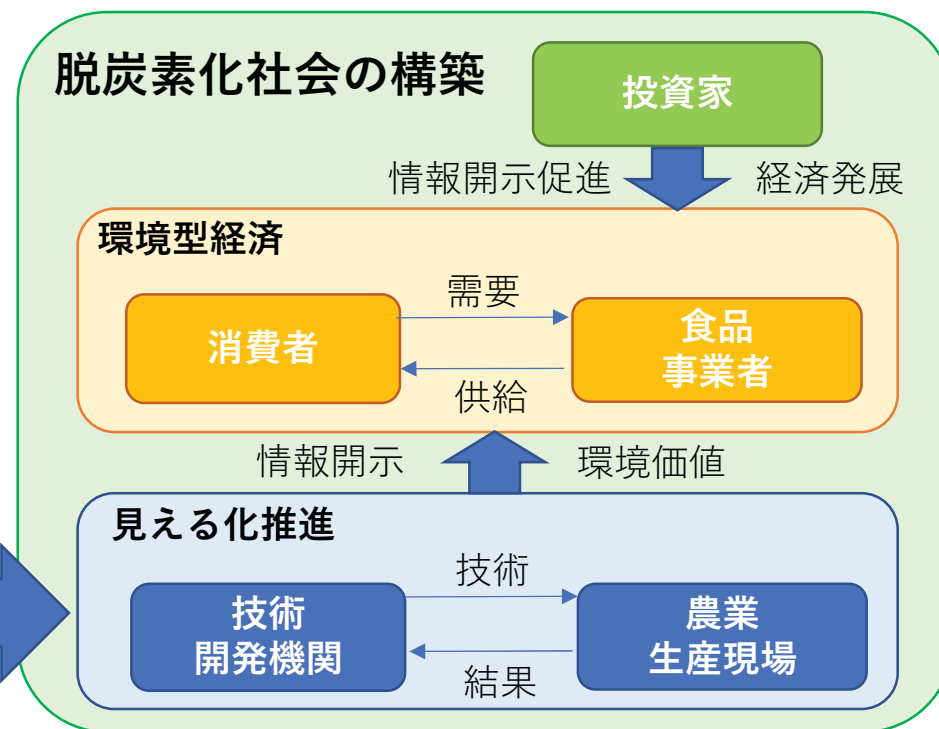
技術紹介資料

-農林水産分野における脱炭素化技術-

目次

1. はじめに
2. 農業分野における温暖化対策技術
 - 2.1 水稻
 - 2.2 畑作
 - 2.3 果樹
3. 事例紹介
4. 協力機関紹介
-

脱炭素化社会の構築



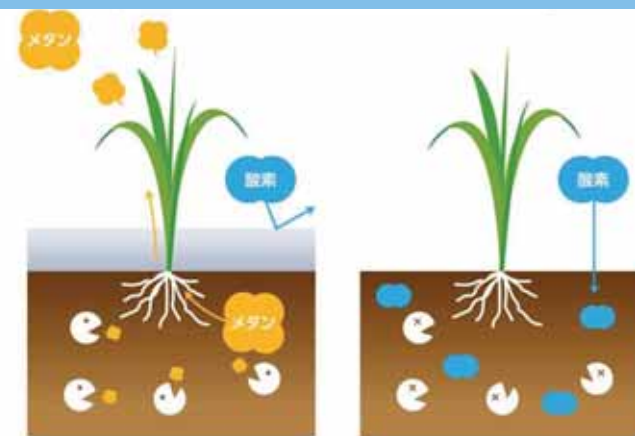
補足資料

水稻栽培における中干しの延長

- 水田土壌内にはメタン生成菌が存在し、嫌気条件下で稲わらなどの有機物をエサにメタンを発生させる。2018年度の国内におけるメタン排出量の内訳は、稲作からの排出が45%と最も多かった※1。
- 中干しとはイネの生育調整を目的として一時的に水田から水を抜く従来からの水管理技術である。中干しにより土壌中に酸素を供給することでメタン生成菌によるメタンガス排出を抑制できる。

導入領域		水田（水稻栽培）
原理・しくみ		中干期間を通常よりも延長することで水田土壌をより乾燥させ、土壌中に酸素を供給することでメタン生成菌の活動を抑制し、メタン排出量を低減させる。
脱炭素化に向けた貢献可能性	削減ポテンシャル	8県の試験結果から、慣行の日数に対して中干しを一週間延長するとメタンの発生量が約30%削減されることが示されている※2。
	コスト	慣行栽培と同等
	普及可能性	滋賀県等の一部地域では既に一定程度普及
	J-クレジット方法論化	○
	CFP方法論化	○
農水省目標		農地土壌に係る温室効果ガス削減対策 2030年度目標 メタン 64～243万t-CO ₂ (農林水産省地球温暖化対策計画)

中干しの効果※3



中干しによりひび割れる水田土壌



※1 日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2020年）

※2 水田メタン発生抑制のための新たな水管理技術マニュアル（平成24年8月、（独）農業環境技術研究所）

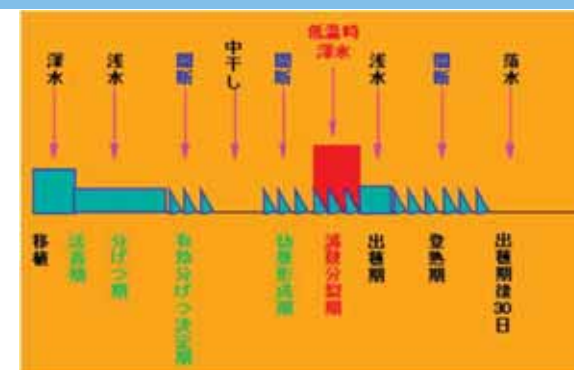
※3 農業で地球温暖化に立ち向かう～水田からのメタン抑制と高温体制のイネ育種～（国立研究開発法人 科学技術振興機構、サイエンスウィンドウ、2020年4月30日）

水稻栽培における間断灌漑

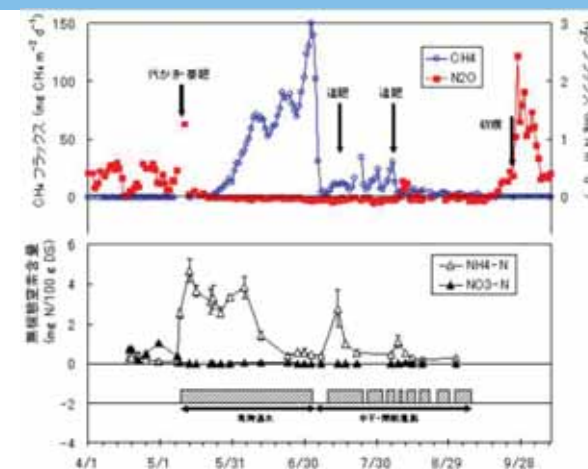
- 間断灌漑とは湛水と落水を数日ごとに繰り返す水管理技術であり、中干しと同様、イネの生育調整を目的とした従来技術である。落水することで土壤中に酸素が供給され、メタン生成菌によるメタンガス排出を抑制できる。費用や労力があまりかからず、水を節約できるという大きな利点もあるため、日本だけでなくアジア諸国での普及が期待されている※1。

導入領域		水田（水稻栽培）
原理・しくみ		湛水と落水を繰り返し土壤中に酸素を供給することでメタン生成菌によるメタンガス排出を抑制する。中干し延長と組み合わせることでより効果的にメタン発生量の削減が可能である。
脱炭素化に向けた貢献可能性	削減ポテンシャル	平成 21 年に鹿児島県農業開発総合センターで行った、水田中干し延長によるメタン削減実証試験結果によると、慣行（5 日間中干し）でメタン発生量 18.1（単位：gCH ₄ /m ² ）に対し、間断灌水を加えたときは 15.5 であり、水管理の改良で 14%のメタン削減効果が認められた※2。
	コスト	慣行栽培と同等
	普及可能性	慣行栽培でも導入される既存技術であるため一定程度の普及は可能と思われる
	J-クレジット方法論化	○
	CFP方法論化	○
農水省目標		農地土壌に係る温室効果ガス削減対策 2030年度目標 メタン 64～243万t-CO ₂ （農林水産省地球温暖化対策計画）

水稻栽培における一般的な水管理体系※3



水管理とメタン発生抑制※4



※1 メタン：水田から出る温室効果ガス（常陽新聞連載「ふしぎを追って」（独）農業環境技術研究所）

※2 水田メタン発生抑制のための新たな水管理技術マニュアル（平成24年8月、（独）農業環境技術研究所）

※3 図説：東北の稲作と冷害 生育時期別の一般的な水管理（（国研）農業・食品産業技術総合研究機構）

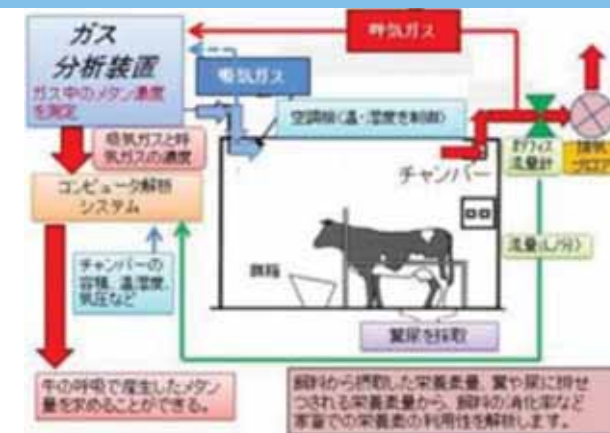
※4 水田の間断灌漑水管理・慣行施肥管理は水稻栽培期間中のメタンと亜酸化窒素の発生を共に抑制する（農業環境研究成果情報：第19集（平成14年度成果））

カシューナッツ殻液の給与による牛胃内のメタン生成抑制

- ウシに代表される反芻動物が摂取した飼料は第一胃（ルーメン）に取り込まれ、そこに生息する微生物によりエネルギーとして利用可能な状態まで分解・発酵される。一方、ルーメン発酵に由来するメタンガスは、2018年度の国内におけるメタン排出量のうち25%を占める。
- カシューナッツ殻液(Cashew Nut Shell Liquid, CNSL)はルーメンに生息する一部の微生物に対する抗菌成分を含んでいる。CNSLを含む製剤を反芻家畜に給与すると、飼料消化率を落とすことなく、ルーメン発酵に由来するメタンを低減できる。

導入領域		畜産（ウシ）
原理・しくみ		ルーメン内に生息する微生物に対する抗菌作用を持つカシューナッツ殻液製剤をウシに給与することにより、ルーメン発酵由来メタンを低減させる。
脱炭素化に向けた貢献可能性	削減ポテンシャル	・カシューナッツ殻液を含む製剤を乾乳牛の飼料に添加することで、飼料の消化率を低下することなくメタン発生量を約20%抑制することが可能である※1。 ・泌乳牛の飼料にカシューナッツ殻液含有製剤を添加すると、乾物消化率ならびに乾物摂取量あたりの乳生産量を低下させることなく、メタン産生量を平均で約6%低減できる※2。
	コスト	CNSL含有製剤や配合飼料を購入する必要がある。
	普及可能性	商用化済
	J-クレジット方法論化	△
	CFP方法論化	○
農水省目標		N/A

カシューナッツ殻液を用いた乾乳牛のメタン抑制※3



カシューナッツ殻と殻液※4



※1 カシューナッツ殻液は乾乳牛のメタンを大幅に抑制できる（（国研）農業・食品産業技術総合研究機構 成果情報）

※2 カシューナッツ殻液の給与は泌乳牛のメタン産生量を低減させる（（国研）農業・食品産業技術総合研究機構 成果情報）

※3 カシューナッツ殻液を用いた乾乳牛のメタン抑制（（国研）農業・食品産業技術総合研究機構 気候変動対応プログラム(2011-2016) 技術情報）

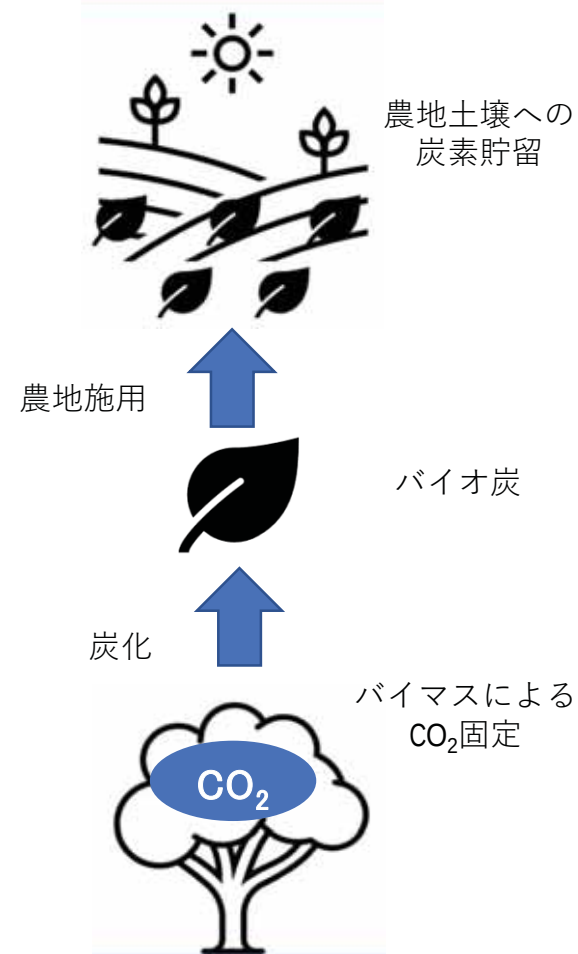
※4 牛のげっぷ低減プロジェクト（北海道大学大学院農学院 生物資源科学専攻 家畜生産生物学講座 動物機能栄養学研究室Webページ）

バイオ炭の農地施用

- バイオ炭とは、有機物（バイオマス）を原料とした炭化物である。日本において、土壌改良等を目的とした籾殻くん炭等の施用は長い歴史を持っている※1。
- 炭化物は無定形炭素を多く含み微生物に分解されにくい。農地に施用したバイオ炭中の炭素は分解しないまま土壌中に留まるため、長期的かつ安定的な土壌貯留が可能となる※2。

導入領域		農地土壌
原理・しくみ		大気中の二酸化炭素に由来するバイオ炭を農地施用することにより、長期的に土壌中へ炭素貯留する。
脱炭素化に向けた貢献可能性	削減ポテンシャル	- 原料および炭化方法によってもばらつくが、バイオ炭1重量トンの全炭素率は450～850kgとなり、CO₂換算で3.666倍（モル重量比44/12）となり、1,650～3,117kgとなる※3。 - 木炭について施用後4年間でほとんど分解されないとの試験結果が方向されている※2。
	コスト	- 購入する場合は費用が発生する - 籾殻等の作物残渣を利用し自作も可能
	普及可能性	慣行栽培でも導入される既存技術であるため一定程度の普及は可能と思われる。
	J-クレジット方法論化	○
	CFP方法論化	○
農水省目標		農地土壌吸収源対策 2030年度目標 696～890万t-CO ₂ （農林水産省地球温暖化対策計画）

バイオ炭の農地施用による炭素貯留



※1 温暖化緩和策としてのバイオ炭の有効性（（独）農業環境技術研究所 農業と環境 No.172（2014年8月1日））

※2 黒ボク土畑への木炭施用による土壌炭素貯留効果（（国研）農業・食品産業技術総合研究機構 成果情報）

※3 地域振興のためのバイオマス簡易炭化と炭素貯留野菜COOL VEGE TM（柴田 晃、高温学会誌第37巻第2号 2011年3月）

作物残渣の農地施用

- 作物が収穫された後などに農地に残存する茎や葉などの作物残渣については、有効利用されない場合廃棄物となり処理が必要になる。
- 農地管理の工夫により土壌炭素量を増加させると、大気中のCO₂を吸収した勘定になり地球温暖化の緩和に役立つ。作物残渣をすき込み等により農地に還元することでCO₂を土壌中に蓄積させることができる※1。

導入領域		農地土壌
原理・しくみ		作物残渣を農地施用することで、植物が吸収・固定した炭素を土壌中に蓄積させる。
脱炭素化 に向けた 貢献 可能性	削減 ポテンシャル	RothCモデルを使用し、現在の水田がすべて水稻単作と仮定したうえで、全ての水田で裏作に麦を作付し、麦の残渣として0.7tC ha ⁻¹ 年 ⁻¹ を投入した場合、有機物未投入時に比べて25年間で1100万トンの炭素が余分に蓄積されるという結果が報告されている※1。
	コスト	・基本的に自己調達による ・施用面積によっては購入調達も考えられる
	普及可能性	慣行栽培でも導入される既存技術であるため一定程度の普及は可能と思われる。
	J-クレジット 方法論化	△
	CFP方法論化	○
農水省目標		農地土壌吸収源対策 2030年度目標 696～890万t-CO ₂ (農林水産省地球温暖化対策計画)

すき込みによる土づくり※2



籾殻をマルチとして利用※2



※1 有機物施用が及ぼす農地土壌への炭素蓄積効果を全国推定（（国研）農業・食品産業技術総合研究機構 成果情報）

※2 とやまGAP規範項目36 作物残さ等の有機物のリサイクル（富山県）

施設園芸作物の株元温度制御

- 温室全体の管理温度は低めに設定し、作物の根圏や生長点を局所的に加温することにより、燃料消費量の低減を図る

導入領域		施設園芸（加温栽培）
原理・しくみ		送風ダクト、温湯パイプ、テープヒーターなどにより株元を加温。局所的に加温することで温室内設定温度を下げる事が可能。
脱炭素化に向けた貢献可能性	削減ポテンシャル	条件により異なる（単位当たり約4割のエネルギー削減の報告事例あり）
	コスト	N/A（イニシャル・ランニング共に設備・条件によって異なる）
	普及可能性	商用化済（量産化・水平展開）
	J-クレジット方法論化	△
	CFP方法論化	導入前後の燃料消費量の測定により可
農水省目標		ヒートポンプ等の省エネ設備導入などの省エネルギー対策により、2030年度までに2013年度と比較して124万トンのCO ₂ 排出を削減（農林水産省地球温暖化対策計画）

ナスの株元加温技術



イチゴの株元加温技術



出所 農林水産省生産局「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル（改定 2 版）」（平成30年）、

自立電源型IoT環境センサーシステム

- 農業（施設栽培）のスマート化においてセンサーへの給電や配線が課題であったが、自立電源と無線通信により解消。収集されるデータを分析し、植物が成長しやすい最適環境を作り出すことが可能

導入領域		施設園芸（温度・湿度・照度管理）
原理・しくみ		太陽電池・低消費電流 DC-DC コンバータ・小型リチウムイオン電池による自立電源を有し、温度、湿度、気圧、照度を測定できるセンサーと無線モジュールを駆動させ、データ収集が可能
脱炭素化に向けた貢献可能性	削減ポテンシャル	N/A
	コスト	N/A（イニシャル・ランニング共に設備・条件によって異なる）
	普及可能性	商用化前（フィールド実証）
	J-クレジット方法論化	△
	CFP方法論化	導入前後の燃料消費量の測定により可
農水省目標		施設の環境計測・制御装置の実用化・普及に着手済（農林水産イノベーション戦略2020）



出所 京都大学「世界初フィルム型ペロブスカイト太陽電池を活用した自立電源型IoT環境センサーシステムを開発」（2020年9月閲覧）

農業トリジェネレーション

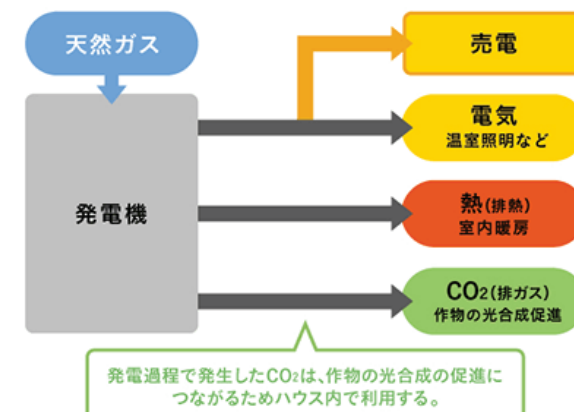
- 温室内に設置してある大型発電機から発生したCO₂を、作物の光合成促進のためにハウス内で利用

導入領域		施設園芸（電気・熱・CO ₂ 利用）
原理・しくみ		施設園芸の温室に設置される大型発電設備にて発電した電気を施設内で利用するほか、発電で発生する熱を温室加温に利用、発電時に排出されるCO ₂ を温室内に送気し、光合成による成長を促す
脱炭素化に向けた貢献可能性	削減ポテンシャル	N/A
	コスト	N/A（イニシャル・ランニング共に設備・条件によって異なる）
	普及可能性	商用化済（量産化・水平展開）
	J-クレジット方法論化	△
	CFP方法論化	導入前後の燃料消費量の測定により可
農水省目標		N/A

オランダの施設農園の写真



トリジェネレーションのフロー



出所 マイ大阪ガス「CO₂や排熱をムダなく利用するオランダの「スマート農業」、新エネルギー財団「CO₂利用、CO₂濃厚農業」（2020年9月閲覧）

農業用機械の電動化

- リチウムイオン電池を駆動力とした、電動コンパクトトラクター。低炭素エネルギーの電源利用により、運転時のエネルギー起源GHG排出量を削減

導入領域		農業全般
原理・しくみ		駆動部のディーゼルエンジンをモーターとバッテリー（2次電池）にコンバートした農機。化石燃料を使用せず、電力をエネルギー源とすることが可能。農作業は負荷がかかり電池の消費量が大きいため大型化が課題
脱炭素化に向けた貢献可能性	削減ポテンシャル	化石燃料からの切り替え
	コスト	N/A
	普及可能性	商用化前 （フィールド実証。2030年の商用化目標）
	J-クレジット方法論化	△
	CFP方法論化	電池、エネルギー種を選択により可
農水省目標		2022年度より高負荷農機の電動化に向けた研究開発に着手、2025年度までに電化農業機械製品の試作に着手（農林水産イノベーション戦略2020）

開発中の電動小型トラクタ（クボタ）



電動ミキサーワゴン車（ドイツ）



出所 日本経済新聞「クボタ、電動トラクター商用化 3年後めど」、クボタ「開発中の電動トラクタと小型建機を公開～脱ディーゼルの進む欧州で事業性を検証し、製品化を目指す～」(2020年9月閲覧)、国際IT財団「イノベーションリーダーズ・プログラム(ILP)」「ビッグデータとAIが変える産業分野：農業を事例に」調査研究 報告書(平成31年3月)

常温低湿／太陽熱利用乾燥システム

- 太陽熱利用の空気集積等により、ガラスハウスあるいはビニールハウスの内部を、外部よりも平衡含水率の低い環境にし、食品を乾燥させる
- 除湿乾燥に温室による太陽熱の利用を組み合わせることで、省エネと環境負荷のさらなる低減を両立

導入領域		加工
原理・しくみ		除湿乾燥および太陽熱等の利用により、ガラスハウスあるいはビニールハウスの内部を外部よりも平衡含水率の低い環境にし、食品を乾燥させる
脱炭素化に向けた貢献可能性	削減ポテンシャル	化石燃料からの切り替え
	コスト	N/A
	普及可能性	商用化済
	J-クレジット方法論化	△
	CFP方法論化	エネルギー種を選択により可
農水省目標		N/A

常温除湿乾燥の原理



空気から直接水分だけを取り、絶対湿度の低い乾いた空気を作る

高付加価値型乾燥システム（ヤンマー）



出所 ヤンマー「乾燥工程 - 高付加価値型乾燥システム アグリモンスター」、「太陽熱食品倉庫 Ecochan」（2020年9月閲覧）

石炭灰重量ブロックの設置

- 火力発電所の産業副産物である石炭灰と銅スラグを主原料とする石炭灰重量モルタルを用いてブロックを製造。製造したブロックは海藻類の付着効果が高く、海中の二酸化炭素の固定化を促す

導入領域		海洋
原理・しくみ		石炭灰と銅スラグ（産業副産物）を主原料とし、少量のセメントを加えたモルタルを、コンクリートの代替品として使用。通常のコンクリートブロックと比較して海洋藻類の付着・促進効果が高く、本ブロックを用いた藻場造成によりCO ₂ 吸収を図ることが可能
脱炭素化に向けた貢献可能性	削減ポテンシャル	海中のCO ₂ 固定
	コスト	2～3割減（通常のコンクリート比、目標）
	普及可能性	商用化済（量産化・水平展開）
	J-クレジット方法論化	△
	CFP方法論化	機能単位の設定が必要
農水省目標		ブルーカーボンについては2022年度よりGHGインベントリの推進に着手（農林水産イノベーション戦略2020）



1年2ヶ月経過後のブロックへの藻類付着程度は、20年経過した通常コンクリートブロックと同程度

ブルーカーボン生態系	面積[万ha]		吸収量[万t-CO ₂ /年]	
	基準年(2013年)	2030年	基準年(2013年)	2030年
海草藻場	6.2	8.3	36	48
海藻藻場	17.1	18.3	71	83
マングローブ林	0.27	0.30	18	21
干潟	4.9	5.4	48	52
計	28.5	32.3	173	204

2013年度比でCO₂吸収量12万tCO₂増加に寄与する可能性有