

フードサプライチェーンにおける
脱炭素化技術・可視化（見える化）に関する紹介資料

【第2版】

令和4（2022）年6月

農林水産省

大臣官房環境バイオマス政策課

目次

1. はじめに	・ ・ ・ 3
2. 脱炭素化技術の紹介	・ ・ ・ 8
(1) 脱炭素化技術の例一覧（ロングリスト）	・ ・ ・ 9
(2) 脱炭素化技術の紹介	・ ・ ・ 20
3. 温室効果ガス排出削減量等の定量評価・可視化に関する制度の紹介	・ ・ ・ 35
(1) J-クレジット制度	・ ・ ・ 36
(2) カーボンフットプリント（CFP）制度	・ ・ ・ 41

1. はじめに

本資料のねらい・位置づけ

本資料は、脱炭素化を実践する農林漁業者、サプライチェーン全体で脱炭素化に取り組む食品事業者の環境対策・リスク管理を担当する実務者等を想定し、作成しています。

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて

- ✓ 2020年10月、日本は「2050年カーボンニュートラル」を宣言しました。
- ✓ 2050年カーボンニュートラルを実現するためには、フードサプライチェーン全体を通して脱炭素化を実践するとともに、その取組を可視化し、気候変動対策への資金循環や持続可能な消費行動を促すことが必要です。

脱炭素化技術の収集・整理

- ✓ 生産者、事業者等のステークホルダー（利害関係者）が脱炭素化技術に関する情報、実践するメリット等を共有し、意見交換、対話等を通じて連携を図り、より一層の取組を推進していくことが不可欠です。
- ✓ フードサプライチェーンにおいて既に導入されている技術や今後の導入が期待される新たな技術を収集・整理しましたので紹介します。

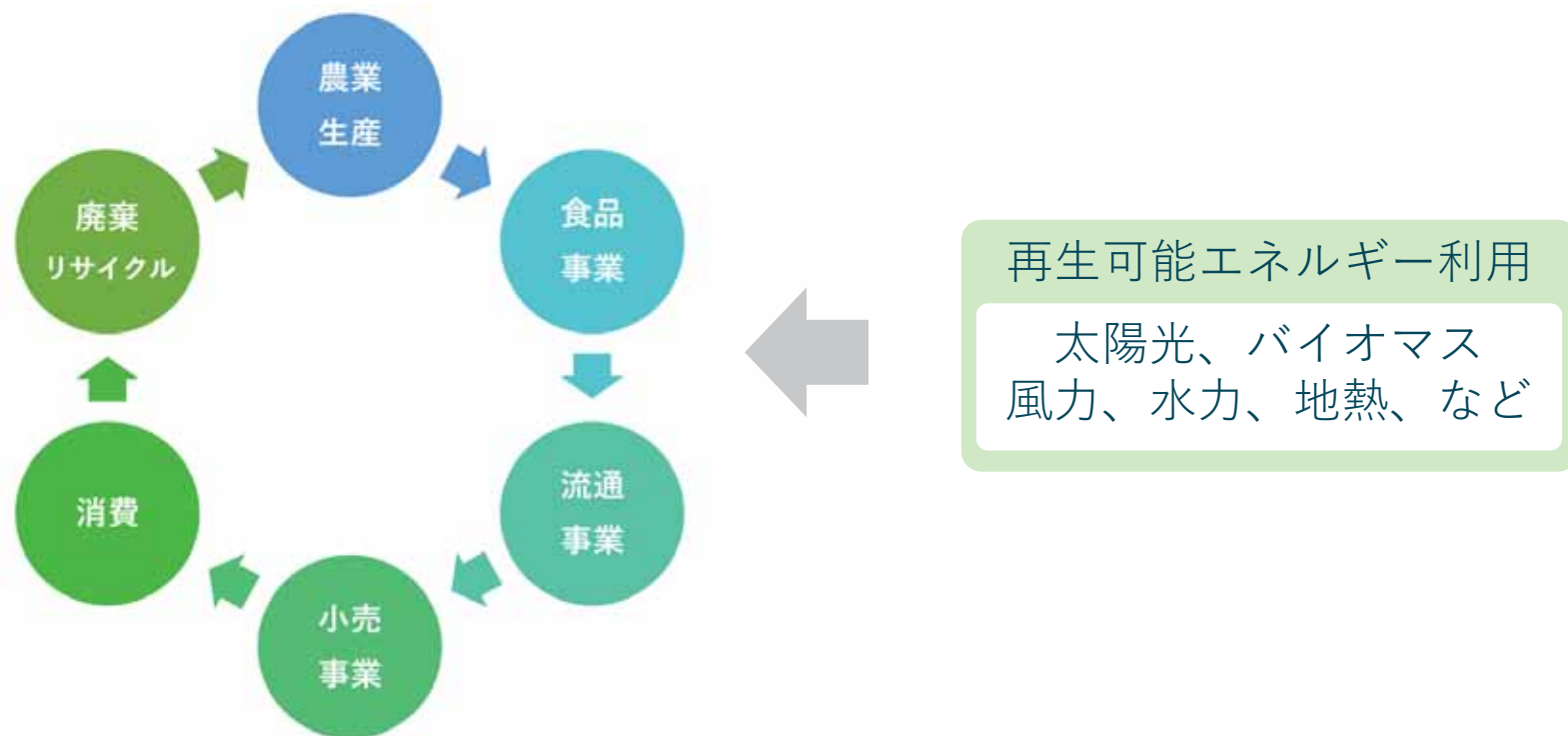
可視化に関する制度

- ✓ 温室効果ガス排出削減量等を定量評価し、取引先、消費者等へ脱炭素化の取組やその効果を可視化するJ-クレジットやカーボンフットプリント制度を紹介します。

(1) 持続可能なフードサプライチェーンの構築

フードサプライチェーンとは

フードサプライチェーンとは、農林水産物を生産し、食品加工、流通、販売により消費者に食品が届き、最終的に廃棄されるまでの一連の流れを指します。食料・農林水産業において脱炭素化を実現するためには、フードサプライチェーン全体で関係者が連携し、気候関連リスクを他人事ではなく自分事として認識し、課題解決に互いに取り組むことが重要です。



廃棄物の再利用・リサイクルによるサプライチェーンの循環や、再生可能エネルギーの利用により持続可能なサプライチェーンの構築が必要です。

(2) 食料・農林水産業の脱炭素化の実現に向けて

脱炭素化技術の導入の推進

現在、農林水産分野における温室効果ガスの排出削減・吸収技術の研究開発が進められています。既に排出削減効果を実証された技術の中には、普段の栽培や管理方法を工夫することで導入できる技術や、農作物の品質向上、農作業の省力化、コスト削減等が期待できる技術もあります。今後の脱炭素化技術の研究開発も踏まえ、積極的な技術導入が望まれます。

排出削減・吸収量の可視化

技術導入による温室効果ガスの排出削減・吸収を定量的に示し、可視化（見える化）することも重要です。削減努力の可視化は、消費者や投融資機関からの応援につながり、社会を巻き込んだ脱炭素化を促します。一方で、自然を相手に営まれる農林水産業は、栽培環境、気候条件等によって排出削減・吸収量がばらつきますので、科学的な知見の蓄積や適切な評価方法の検討を進めることも必要です。

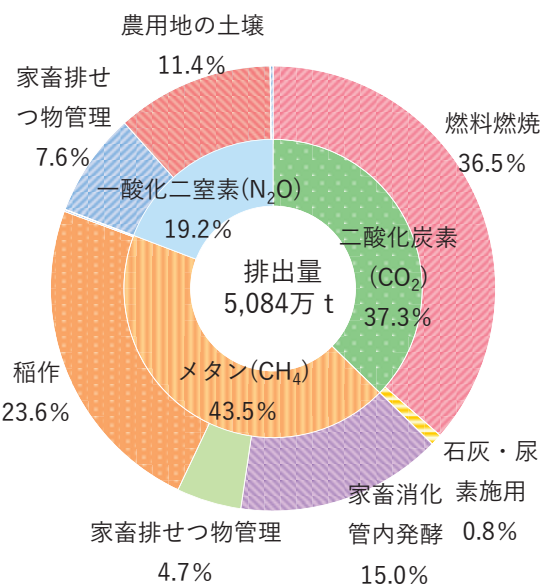


脱炭素化技術の導入を推進し、社会全体として脱炭素化の実現に取り組むことが求められています。

(参考) 食料・農林水産業からの温室効果ガスの排出量

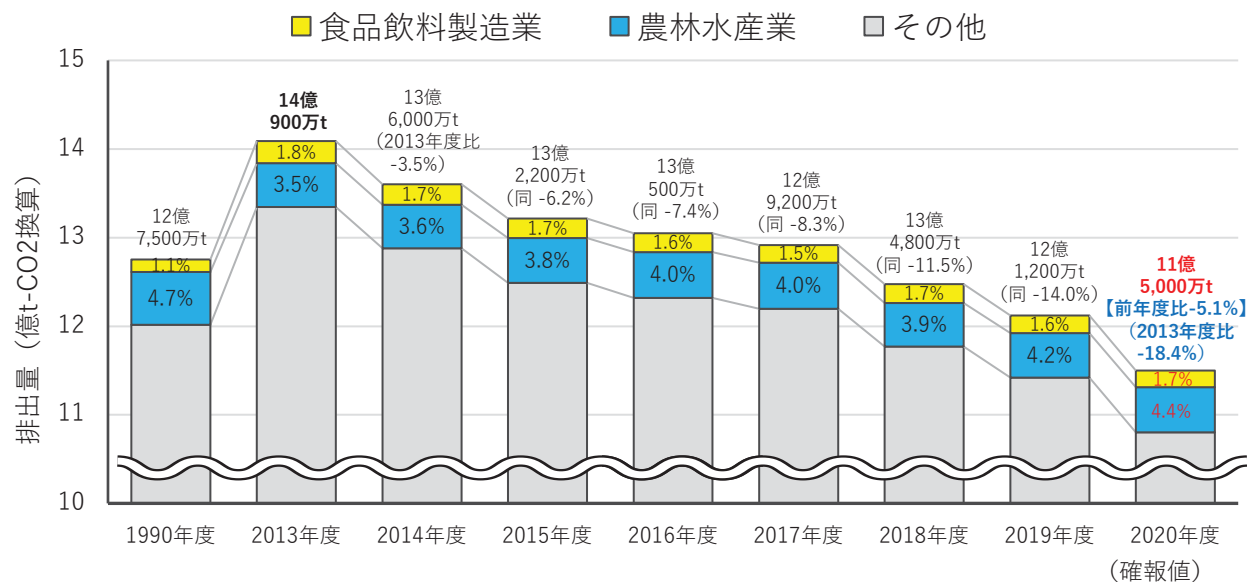
- 地球温暖化の要因である温室効果ガスは、自動車、工場、火力発電所等における化石燃料の燃焼によって多くが発生していますが、農林水産業において、燃料の燃焼、稲作、家畜の消化管内発酵（げっぷ）など営農活動に伴い温室効果ガスが排出されています。
- 令和2(2020)年度の我が国の温室効果ガス排出量は11.50億トン(二酸化炭素換算)です。そのうち、
 - ・ 農林水産業 : 5,084万トン(総排出量の4.4%)
 - ・ 食品飲料製造業 : 1,905万トン(総排出量の1.7%)となっています。

農林水産分野の温室効果ガス排出の現状
(令和2(2020)年度)



資料：国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス「日本の温室効果ガス排出量データ」を基に農林水産省作成
注：1) 令和2(2020)年度の数値
2) 排出量は二酸化炭素換算

我が国の温室効果ガス排出動向



注：「食品飲料製造業」は温室効果ガスのうち、CO₂のみの数値である。

(出典) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス「日本の温室効果ガス排出量データ」を基に農林水産省作成

(参考) 農林水産省は、「革新的環境イノベーション戦略」(2020年1月策定)に基づき脱炭素社会の実現に向け農林水産分野のイノベーションを創出するための新たな技術開発に取り組んでいます。

農地や森林、 海洋によるCO₂吸収

■ 目標コスト
■ CO₂吸収量

産業持続可能なコスト
119億トン～/年*

【技術開発】

- **バイオ炭**の農地投入や早生樹・エリートツリーの開発・普及等
- 高層建築物等の木造化や改質リグニンを始めとしたバイオマ
ス素材の低コスト製造・量産技術の開発・普及
- 海藻類の増養殖技術等、**ブルーカーボンの追求**

【施策】

- バイオ技術による要素技
術の高度化
- 先導的研究から実用化、
実証までの一貫実施



上：ブルーカーボン
右：エリートツリー
下：改質リグニン

農畜産業からの メタン・N₂O排出削減

■ 目標コスト
■ CO₂潜在削減量

既存生産プロセスと同等価格
17億トン/年**

【技術開発】

- **メタン発生**の少ないイネや家畜の育種、N₂Oの発生削減資材
の開発
- メタン・N₂Oの排出を削減する**農地、家畜の管理技術**の開発
- メタン・N₂Oの削減量を可視化するシステムの開発

【施策】

- 産学官による研究体制の
構築



GHG削減量可視化
システムのイメージ

再エネの活用& スマート農林水産業

■ 目標コスト
■ CO₂潜在削減量

エネルギー生産コストの大幅削減
16億トン～/年**

【技術開発】

- 農山漁村に適した**地産地消型エネルギーシステムの構築**
- 作業最適化等による燃料や資材の削減
- **農林業機械や漁船の電化、水素燃料電池化**

【施策】

- 産学官による研究体制の
構築



*削減量・吸収量は世界全体における数値をNEDO等において試算。

**潜在削減量は世界全体における数値を農林水産省において試算。

2. 脱炭素化技術の紹介

- フードサプライチェーンにおいて既に導入が進められている技術や今後の導入が期待される新たな技術を収集・整理し、一覧（ロングリスト）と「技術紹介」に分けて紹介します。
- 農業生産現場や流通段階における技術を中心に収集・整理しています。

技術の例一覧（ロングリスト）

サプライチェーン全体を俯瞰するものとして、脱炭素化の効果に関して、文献、マニュアル等がある技術を収集・整理しています。

- ✓ 脱炭素技術の効果や定量評価方法について実証・検証中のものも含まれます。
- ✓ フードサプライチェーン全体の脱炭素技術を把握する資料としてご参照ください。



抜粋

技術紹介

ロングリストから、技術の実証や普及、排出削減・吸収した温室効果ガスの定量評価等が進められている技術を紹介します。

- ✓ 温室効果ガスの排出削減・吸収量は、栽培環境、気候条件等により変動します。
- ✓ 技術導入の際は、栽培環境等の違いによる効果のばらつき、再現性等を確認する必要があります。

(1) 脱炭素化技術の例一覧

(ロングリスト)

No	削減対象	区分(大・中・小)			技術分類	技術名	主な導入段階	主な実施対象	概要	出典・参考情報
1	CH4	土壌・水田水管理	—	—	水田メタン排出抑制	水田の中干延長によるメタン発生量の削減	生産	水稻	中干し期間中にはメタン生成菌の活動が抑制される。このため、中干し期間を通常よりも延長することで、メタン排出量がより低減する。	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、(国研)農研機構(旧:農業環境技術研究所)) http://www.naro.affrc.go.jp/archive/ni_aes/techdoc/methane_manual.pdf 農林水産省(2022)「みどりの食料システム戦略」技術カタログ https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/midori_catalog_all.pdf
2	CH4	土壌・水田水管理	—	—	水田メタン排出抑制	水稻栽培における間断灌漑	生産	水稻	間断灌漑を実施することでメタン生成菌の活動が抑制され、メタン排出量が低減する。	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((国研)農研機構, 農業環境研究成果情報:第19集, 平成14年度成果) http://www.naro.affrc.go.jp/archive/ni_aes/sinfo/result/result19/result19_24.html
3	CO2	土壌・水田水管理	—	—	土壌への炭素貯留	バイオ炭の農地施用	生産 廃棄	農業	木炭や竹炭、鶏ふん炭など、有機物(バイオマス)を原料とした固形炭化物であるバイオ炭を農地に施用することで、難分解性の炭素を長期間地中に貯留することができる。	J-クレジット方法論 https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/AG-004_v1.0.pdf
4	CO2	土壌・水田水管理	—	—	土壌への炭素貯留	水田及び露地野菜畑における有機物施用による土壌炭素貯留量の増加と収量向上	生産	農業	農地に施用された堆肥や緑肥等の有機物は、多くが微生物により分解され大気中に放出されるものの、一部が分解されにくい土壌有機炭素となり長期間土壌中に貯留する。	土壌のCO2吸収「見える化」サイト https://soilco2.rad.naro.go.jp/ 農林水産省(2022)「みどりの食料システム戦略」技術カタログ https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/midori_catalog_all.pdf
5	N2O	土壌・水田水管理	—	—	微生物利用	土着微生物を利用した農耕地由来の温室効果ガスの削減	生産	畑作物(野菜等)	土着ダイズ根粒菌の利用により、収穫期のダイズ畑からの N2O 発生を削減する。	農研機構プレスリリース https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/niaes/071893.html
6	CH4 N2O	土壌・水田水管理	—	—	微生物解析と施肥の最適化	植物共生細菌群集を利用した持続的農業	生産	農業	土壌微生物叢の評価(メタゲノム解析)により適切な施肥量、施肥種類をコントロールすることにより土壌からの温室効果ガス削減する。	土と微生物(Soil Microorganisms)Vol. 70 No. 1, pp. 10~16(2016) https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssm/70/1/70_10/_pdf

No	削減対象	区分(大・中・小)			技術分類	技術名	主な導入段階	主な実施対象	概要	出典・参考情報
7	N2O	土壌・水田水管理	—	—	硝化抑制	一酸化二窒素の発生を抑制する茶園の土壌管理技術	生産	茶	茶の栽培において、茶園に硝化抑制剤入りの化学肥料又は石灰窒素を含む複合肥料を施肥し、それまで使用していた窒素含有化学肥料又は有機肥料の施肥量を減らすことで、土壌からの N2O 排出量を抑制する。	J-クレジット方法論 https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/AG-003_v2.pdf 農林水産省(2022)「みどりの食料システム戦略」技術カタログ https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kanky o/seisaku/midori/attach/pdf/midori_c atalog_all.pdf
8	CH4	家畜飼養	—	—	家畜の飼養管理	メタン発酵抑制のためのカシューナッツ殻液の給与	生産	乳牛 肉牛	乳牛、肉牛の飼料にカシューナッツ殻液含有製剤を添加することにより、第一胃中に生息する微生物に対し抗菌的に作用し、メタン発酵を抑制する。	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)農研機構畜産草地研究所成果情報,2012年)
9	N2O	家畜飼養	—	—	家畜の飼養管理	アミノ酸バランス改善飼料給与による温室効果ガス削減	生産	豚 鶏	慣用飼料に代えてアミノ酸バランス改善飼料を給餌することにより、排せつ物管理からのN2O排出量を抑制する。	J-クレジット方法論 https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/AG-001_v2.2.pdf 農林水産省(2022)「みどりの食料システム戦略」技術カタログ https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kanky o/seisaku/midori/attach/pdf/midori_c atalog_all.pdf
10	CH4 N2O	家畜飼養	—	—	バイオマス利用	メタン・N2O発生抑制のための家畜排せつ物管理方法の変更	生産	畜産業	家畜の飼養において、排せつ物の管理方法を変更することにより CH4 及び N2O 排出量を抑制する。	J-クレジット方法論 https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/AG-002.pdf
11	CO2	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	生産	施設野菜	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、成長や収量を確保する。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定 2 版)」PP.38-39
12	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	温度管理	外張りの固定2重被覆	生産	施設野菜 施設果樹	垂木などを用いてフィルムで屋根部や天井部を2重に固定張りし、加圧せずに断熱層を設ける。この場合、高い光線透過性があり、光線不足による作物への影響を抑制できる被覆資材を使用する。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定 2 版)」PP.26-28
13	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	温度管理	外張りの空気膜2重被覆	生産	施設野菜 施設果樹	温室の屋根面(または天井面)等の被覆資材を2重展張りし、その間にブロワーや送風ファンで空気を送り込んで空気の断熱層を形成することにより、温室の保温性を向上させる。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定 2 版)」PP.26-28

No	削減対象	区分(大・中・小)			技術分類	技術名	主な導入段階	主な実施対象	概要	出典・参考情報
14	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	温度管理	内張りカーテンの多層化	生産	施設野菜 施設果樹	温室における内張りカーテンの展開を多層被覆とする。多層化するほど光の透過性は低下するので、作物の生育特性とのバランスを勘案する必要がある。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定2版)」PP.26-28
15	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	温度管理	中空二重膜構造被覆フィルム	生産	施設野菜 施設果樹	中間に空気層をもつ中空二層構造軟質フィルム。フィルム間に断熱性を高める空気層があることにより、ポリエチレン1層カーテンに比べ1割程度は保温効果が高い。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定2版)」P.29
16	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	温度管理	新たな多層断熱資材「ナノファイバー断熱資材」	生産	施設野菜 施設果樹	中綿にナノファイバーを使用した資材。ナノファイバーは、従来の繊維に比べ極めて細いため、断熱性を維持しながら厚さを低減。このため、収束性も改善され、資材の影による日射の低下も、作物の生育に影響がない水準にまで改善する。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定2版)」P.30 農林水産省(2022)「みどりの食料システム戦略」技術カタログ https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kanky_o/seisaku/midori/attach/pdf/midori_catalog_all.pdf
17	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	温度管理	多段サーモスタット装置による変温管理	生産	施設野菜 施設果樹	複数の温度設定が可能な多段サーモ装置を活用することで作物の生理に合わせた一日の温度管理(変温管理)を行うことが可能。変温管理機能に日射演算機能を付加(日射演算機能付きの環境制御装置及び日射センサーが必要)させること、晴れの日と曇りや雨の日の転流促進時間帯の温度を変化させ、光合成の促進やさらなる省エネ効果が期待される。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定2版)」P.36
18	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	温度管理	園芸施設向け電気式ヒートポンプ	生産	施設野菜 施設果樹	電気モーターでコンプレッサーを駆動させ、ヒートポンプサイクルを利用して冷暖房を行うシステム。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定2版)」P.7-12
19	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	温度管理	園芸施設向けガスヒートポンプ	生産	施設野菜 施設果樹	ガスエンジンを使用し、ヒートポンプサイクルにより暖房・冷房(除湿)を行うシステム。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定2版)」P.7-12
20	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	低炭素エネルギーの活用	バイオマス(木質)利用	木質バイオマス暖房機器	生産	施設野菜 施設果樹	薪、木質チップ、木質ペレットなどの木質バイオマス燃料を用いる温風機やボイラー。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定2版)」PP.13-16

No	削減対象	区分(大・中・小)			技術分類	技術名	主な導入段階	主な実施対象	概要	出典・参考情報
21	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	低炭素エネルギーの活用	地中熱・流水熱利用	地中熱源ヒートポンプ	生産	施設野菜 施設果樹	深度100 m 程度までの地中に熱交換器を埋設し、パイプ等に水や不凍液を循環させて地中の熱を回収し、ヒートポンプで熱交換させる(クローズドループ方式)。深度10 m までの浅層熱源方式と深度 50 ～100 m 程度の深層熱源方式がある。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定 2 版)」P.18
22	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	低炭素エネルギーの活用	地中熱・流水熱利用	地下水熱源ヒートポンプ	生産	施設野菜 施設果樹	井戸から揚水した地下水をヒートポンプで熱交換(オープンループ方式)。	農林水産省生産局(2018)「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改定 2 版)」P.18
23	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	低炭素エネルギーの活用	トリジェネレーション	農業トリジェネレーション	生産	施設野菜	天然ガスやバイオガス発電設備によって発電された電気を施設内で利用するほか、発電時に発生する熱を温室の加温に利用、発電時に排出されるCO2を温室内に送気しCO2施用として利用。	JFEエンジニアリング, スマートアグリ https://www.jfe-eng.co.jp/products/life/sma01.html
24	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	低炭素エネルギーの活用	農機	農業機械の電化、水素化等	生産	農畜産業	小型・強靱・低価格な電池や合成燃料等の利用による農業機械の電化、水素化等。	クボタ, 開発中の電動トラクタと小型建機を公開 https://www.kubota.co.jp/news/2020/20-06j.html
25	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	低炭素エネルギーの活用	加工・流通(乾燥)	常温低湿乾燥システム(DAG)	生産	穀物	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。	ヤンマー, 乾燥工程 - 常温定湿乾燥システム(DAG) https://www.yanmar.com/jp/agri/products/facilities/rice/drying/dag.html
26	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	低炭素エネルギーの活用	太陽熱利用、加工・流通(乾燥)	太陽熱利用乾燥施設	生産	穀物	ガラスハウスの内部に吸引通風式乾燥箱を設置し太陽熱で暖められた空気を穀物に通気することによって乾燥させる。灯油燃料の乾燥機や除湿乾燥方式に比してCO2発生量が少ない。	農林水産省生産局, 大豆乾燥調製マニュアル https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_kansou/1_08/
27	CO2	廃棄物処理	—	—	作業効率化	生分解性マルチの導入	生産	野菜 果樹	作物生育期には通常のポリマルチと同様の機能を有するが、収穫後に土壌中にすき込むことで、土壌中の微生物により分解する資材。	農業生産における生分解性マルチの利用 https://www.maff.go.jp/j/seisan/pura-jun/attach/pdf/index-12.pdf 農林水産省(2022)「みどりの食料システム戦略」技術カタログ https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kanky/seisaku/midori/attach/pdf/midori_catalog_all.pdf

No	削減対象	区分(大・中・小)			技術分類	技術名	主な導入段階	主な実施対象	概要	出典・参考情報
28	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	サービス量の最小化	農機	トラクタ用エンジン回転自動低下機能	生産	農畜産業	作業負荷に余裕のある時に、走行速度を一定に保ちながらエンジン回転を自動で低下させる機能。	一般社団法人日本農業機械化協会(2016)「地球温暖化対策 農業機械の省エネ利用マニュアル—平成27年度版—」PP.17-18
29	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	サービス量の最小化	農機	トラクタ用軽負荷作業用PTO速度段(エコノミーPTO)	生産	農畜産業	施肥作業や防除作業などの比較的負荷の軽い作業において、低いエンジン回転に設定した場合でも540rpmのPTO回転が得られるPTO速度段(エコノミーPTO)。	一般社団法人日本農業機械化協会(2016)「地球温暖化対策 農業機械の省エネ利用マニュアル—平成27年度版—」PP.17-18
30	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	サービス量の最小化	農機	トラクタ用旋回時エンジン回転低下制御機能	生産	農畜産業	トラクタ旋回時にエンジン回転を自動的に下げる機能。本機能がない機種でも、運転者が手動で対応することも可能。	一般社団法人日本農業機械化協会(2016)「地球温暖化対策 農業機械の省エネ利用マニュアル—平成27年度版—」PP.17-18
31	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	温度管理	廃熱を利用したハウスでの加温システム	生産	施設野菜 施設果樹	工場での低温廃熱(100℃以下)を利用して乾燥させた吸着剤(ハスクレイ)をトラック等にて現地のビニールハウスに運び、吸着剤の入ったタンクにビニールハウスの湿度の高い空気を送り込むことにより、吸着剤に水蒸気が吸着され、乾燥した暖かい空気を供給する。	農林水産省大臣官房政策課, つながる農林水産技術サイト https://www.maff.go.jp/j/kanbo/needs/needs/attach/pdf/tsunagi_yasai2-57.pdf
32	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	低炭素エネルギーの活用	バイオマス(木質)利用、排熱利用	廃熱発電システム(バイナリー発電)	生産	施設果樹	剪定枝を燃料として再利用し、温水と電気を創出する。発電出力が10kWと小型であるため、収集量が少なく分散している場合に適合。創出した電気は、周辺設備に給電もしくは収穫ロボットや電動集荷車などの動力として活用し、作業環境を改善。温水は、周辺施設の加温や暖房などに利用可能。	農林水産省大臣官房政策課, つながる農林水産技術サイト https://www.maff.go.jp/j/kanbo/needs/attach/pdf/tsunagi_fruit-36.pdf
33	CO2	省エネルギー	製造時の低炭素化	資源循環	CO2施用	大気回収CO2施用装置にて回収したCO2の農作物への施用	生産	施設野菜 施設果樹	大気から回収したCO2を農作物に施用するCO2施用装置。	農林水産省大臣官房政策課, つながる農林水産技術サイト https://www.maff.go.jp/j/kanbo/needs/needs/attach/pdf/tsunagi_yasai2-72.pdf
34	CO2	省エネルギー	製造時の低炭素化	資源循環	CO2施用	CO2吸脱着剤利用によるCO2貯留・供給システム	生産	施設野菜 施設果樹	夜間に暖房機から排出されている排気ガスの一部から、吸脱着剤を利用することにより、有害成分を除去してCO2(二酸化炭素)を回収・貯留し、日中に光合成を促進させるために作物にCO2を施用。	農林水産省農林水産技術会議, 施設園芸における効率的かつ低コストなエネルギー供給装置及び利用技術の開発 https://www.affrc.maff.go.jp/docs/project/seika/2016/attach/pdf/seika2016-95.pdf

No	削減対象	区分(大・中・小)			技術分類	技術名	主な導入段階	主な実施対象	概要	出典・参考情報
35	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	光管理	補光用LED照明	生産	施設野菜 施設果樹	LEDは、蛍光灯と比較して耐周期間が長く、消費電力の少ない照明。植物工場や花き分野など幅広い品目で利用可能な他、育苗期間に限った利用や温室内の日照条件の悪い部分に限った利用も可能。	農林水産省大臣官房政策課技術政策室, スマート農業技術カタログ https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/smart_agri_technology/smartagri_catalog.html
36	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	サービス量の最小化	農機	トラクタ用省エネ運転指示装置	生産	農畜産業	燃料消費量及び排出ガス中の黒煙が少ないトラクタの運転条件(PTO速度段、走行速度段、機関回転速度)を、運転者に指示する装置。	農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター, トラクタ用省エネ運転指示装置 http://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/3010001739
37	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	温度管理	CO2ヒートポンプを利用した生乳の冷却加熱同時利用システム	生産	乳牛	生乳のプレクーリング用アイスビルダにCO2ヒートポンプを用いる本システムは氷生成時に廃熱を回収し、洗浄に利用可能な80℃の高温水が生成される。	農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター, 高温水が生成できるCO2ヒートポンプによる生乳のプレクーリングシステム https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/3010026445
38	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	エネルギー効率の向上	温度管理	ヒートポンプ給湯器の温水を熱媒体として利用した穀物乾燥システム	生産	水稻	ヒートポンプの熱源で加温した温水を熱媒体として循環させ、温水コイルを使った熱交換器により穀物乾燥に必要な熱を取り出す穀物乾燥機。	農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター, ヒートポンプ給湯器の温水を熱媒体として利用した穀物乾燥システム https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/3010025611
39	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	低炭素エネルギーの活用	地中熱・流水熱利用	発酵廃棄を活用した潜熱回収型熱交換器	生産	畜産業	発酵排気を発酵槽底面から直接回収する吸引通気式や密閉型の堆肥化施設において、排気中の高濃度のアンモニアガスを酸性の薬液で中和・回収した後、潜熱回収型熱交換器に導入して排気中の熱を回収し温水を得る。	農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター, 低温熱源である堆肥発酵熱を回収して温水へ変換するシステム https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/3010026840
40	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	サービス量の最小化	水管理	ICTを活用した農業用水の配水管理システム	生産	農業	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可能となり、節水、電気代の削減が可能。	農研機構, ICTを活用した、圃場と水利施設が連携した農業用水の配水管理システム(iDAS) http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/brain/sip/sip1_topix_1-2-02.pdf

No	削減対象	区分(大・中・小)			技術分類	技術名	主な導入段階	主な実施対象	概要	出典・参考情報
41	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	サービスの最小化	温度・湿度・照度管理	自立電源型IoT環境センサーシステム	生産	施設野菜	フィルム型ペロブスカイト太陽電池で発電した電気を、エネルギーハーベスト用低消費電流降圧DC-DCコンバータで降圧し、小形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昇降圧 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。	京都大学、リコー電子デバイス、ニチコン(2019)「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」 https://www.nichicon.co.jp/new/pdfs/2019_perovskite.pdf
42	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	低炭素エネルギーの活用	バイオマス(木質)利用	バイオディーゼル燃料(農機用)	生産	農畜産業	バイオマス由来の油脂(動植物油)を原料に化学処理されて製造された燃料の総称。	西崎邦夫(2006)「バイオ燃料の農業機械への利用」農業機械学会誌, 第68巻第2号, PP4-8
43	CO2	省エネルギー	利用時の低炭素化	サービスの最小化	作業効率化	スマート水耕施設	生産	施設野菜	水田の水位、水温、気温等の環境データを自動で計測するセンサを活用した水稻の各種生産技術。	農林水産省, 水田センサ×技術普及組織による農業ICT導入実証プロジェクト(平成27、28年) https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/181120.html
44	CO2	省エネルギー	製造時の低炭素化	資源循環	加工・流通(包装)	フレコンバッグ、シートパレット等の軽量化・薄肉化	流通 食品加工 販売	食料	フレキシブルコンテナは、米麦・大豆などの穀物や肥料等を保管・運送するために使用されている容器で、一般的にはフレコンバッグやフレコンと呼ばれている。 手荷役の無い物流への取組として、紙袋からフレコンへの転換をはかる等がなされている。	バイオマス資源総合利用推進協議会, 食品産業分野における温暖化対策の手引き https://www.maff.go.jp/form/pdf/syokuh-6.pdf
45	CO2	省エネルギー	製造時の低炭素化	資源循環	加工・流通(包装)	通い箱・通いプラコンの使用	流通 食品加工 販売	食料	梱包材の再利用。	国土交通省・標準化による物流の生産性向上の事例集 https://www.mlit.go.jp/common/001347068.pdf
46	CO2	省エネルギー	製造時の低炭素化	低炭素素材利用	加工・流通(包装)	バイオマスプラスチック製容器包装	流通 食品加工 販売	食料	バイオマスプラスチックとは、バイオマスを原料として作られるプラスチックのことで、現在、多種多様なバイオマスプラスチックが開発・実用化されている。バイオマスプラスチックは、プラスチック製品全体としても、実用化段階から普及段階に差し掛かったところである。	農林水産省, 食品産業リサイクル状況等調査委託事業(リサイクル進捗状況に関する調査)報告 https://www.maff.go.jp/j/shokusan/re-cycle/syokuhin/s_yosan/pdf/25itaku4.pdf

No	削減対象	区分(大・中・小)			技術分類	技術名	主な導入段階	主な実施対象	概要	出典・参考情報
47	CO2	省エネルギー	製造時の低炭素化	アウトプットの省資源化	加工・流通(廃棄)	需給最適化プラットフォーム	流通	食料	需要に基づく調達先の生産のコントロールと在庫に基づく需要のコントロールを通じて売れ残りや食品廃棄を低減。AIによる需要予測の精度向上により食品小売の発注の最適化を実現する。	農林水産省, 新技術を活用した食品ロス削減に効果的なビジネス https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/attach/pdf/business-4.pdf
48	CO2	省エネルギー	製造時の低炭素化	アウトプットの省資源化	加工・流通(輸送)	モーダルシフト	流通	食料	トラック等の自動車で行われている貨物輸送を環境負荷の小さいと想定される鉄道や船舶の利用へと転換がなされている。	日本貨物鉄道, コンテナのサイズ・種類 https://www.jrfreight.co.jp/service/container オズアンドテック, リノベーションコンテナ氷感SO庫 http://www.ostec.co.jp/hyokan/
49	CO2	再生可能エネルギー	利用時の低炭素化	低炭素エネルギーの活用	バイオマス(メタン発酵)	家畜排せつ物を原料とするバイオガス発電	生産	畜産業	密閉した発酵槽でふん尿を嫌気発酵し、得られたメタンガスを燃焼し発電。	河原林孝由基(2017)「再生可能エネルギーによる農業経営の多角化―畜産バイオマス発電の可能性―」『農林金融』70(10), 600-616
50	CO2 CH4 N2O	再生可能エネルギー	低コスト・設置制約	—	バイオマス(その他)利用	籾殻ガス化発電システム	生産	水稻	農業残渣である籾殻を活用したトリジェネレーション技術。籾殻を高温ガス化することで、電気と熱にエネルギー変換が可能。副産物のくん炭(肥料成分を含む)を土壤還元することでマテリアルリサイクルが可能。	農林水産省大臣官房政策課, つながる農林水産技術サイト https://www.maff.go.jp/j/kanbo/needs/attach/pdf/tsunagi_rice-62.pdf
51	CO2	再生可能エネルギー	低コスト・設置制約	—	バイオマス(メタン発酵)発電	小型バイオガス発電施設	生産 流通 食品加工 販売	施設野菜 施設果樹 畜産業	下水汚泥・食品廃棄物・畜産廃棄物・農業廃棄物等を原料に嫌気性発酵によってメタンガス化し、ガスエンジンや燃料電池で熱・電供給する。	高崎力也ら(2019)「中規模養豚農家における小規模普及型メタン発酵システムの導入効果」『廃棄物資源循環学会論文誌』30, 95-102
52	CO2	再生可能エネルギー	低コスト・設置制約	—	太陽光発電	営農型太陽光発電	生産	野菜	営農型太陽光発電とは、農地に支柱を立てて上部空間に太陽光発電設備を設置し、太陽光を農業生産と発電とで共有。	農林水産省食料産業局バイオマス循環資源課再生可能エネルギー室, 営農型太陽光発電について https://www.maff.go.jp/j/shokusan/renewable/energy/einou.html
53	CO2	再生可能エネルギー	低コスト・設置制約	—	燃料電池	微生物燃料電池(Microbial fuel cell; MFC)システム	生産	水稻	水田や池に設置できる安価で実用的な微生物燃料電池、およびその電力を効率的に回収するエナジーハーベスタ。気温やCO2濃度などを測定するセンサーの駆動に利用。	農研機構・旭化成エレクトロニクス, (研究成果) センサーを駆動できる微生物燃料電池システムの開発 https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nilgs/132388.html

No	削減対象	区分(大・中・小)			技術分類	技術名	主な導入段階	主な実施対象	概要	出典・参考情報
54	CO2	再生可能エネルギー	低コスト・設置制約	—	太陽光発電	光透過型有機薄膜太陽電池	生産	施設野菜 施設果樹	作物の光合成に有効な波長を透過させながら高い発電効率を有する(変換効率5%以上、光透過率30%)有機薄膜太陽光発電パネル。	環境省, 光透過型有機薄膜太陽電池を用いた施設園芸におけるCO2排出削減技術の開発 https://www.env.go.jp/earth/ondanka/cpttv_funds/pdf/db/180.pdf
55	CO2	再生可能エネルギー	発電効率向上	—	バイオマス(メタン発酵)発電	フリーバーン牛舎から排出されるふん尿を湿式メタン発酵に適用するための処理システム	生産	畜産業	畜舎から排出される敷料を含んだ乳牛ふん尿を、一度液体に溶かしてから固液分離し、固形分を堆肥化、液分を湿式メタン発酵で処理するシステムである。分離後の液分をふん尿を溶かすための液体として循環利用することにより、有機物濃度が高まり、メタン発生量が增加する。	農林水産省農林水産技術会議, フリーバーン牛舎から排出されるふん尿を湿式メタン発酵に適用するための処理システム http://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/3010029719
56	CO2	再生可能エネルギー	低コスト・設置制約	—	水力発電	開放型水力利用装置	生産	農山漁村	利用が困難であった勾配の緩やかな開水路内の流水のエネルギーを、大きな土木工事を行わずに取り出せる水車。幅0.9m、勾配1/500～1/300、流量236L/秒で、最大465W発電。	農研機構, 勾配の緩やかな水路で発電できる開放型水力利用装置-水車自体が水位差を作りエネルギーを取り出す- https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nkk/048545.html
57	CO2	再生可能エネルギー	低コスト・設置制約	—	風力発電	小型風力発電装置	生産	農山漁村	1～50kW未満で、風車の直径が7m以下と定義され、出力は20kW以下が主流の風力発電装置。小形風力発電機には、大型風力発電機や天候(積雪など)の問題から太陽電池も設置が難しい場所にも設置できるという利点がある。	NEDO, 世界最高性能の小形風力発電システム https://www.nedo.go.jp/hyoukabu/articles/201212zephyr/index.html
58	CO2	再生可能エネルギー	変動調整力	—	EMS	VEMS(ビレッジ・エネルギー・マネジメント・システム)	生産	農山漁村	農山漁村地域に広く賦存する再エネを活用し、低コストかつ効率的な利活用技術を開発することにより、農林水産業で消費される化石燃料由来のエネルギーの削減と地域経済が潤う持続的な地産地消型エネルギーシステム。	第3回 グリーンイノベーション戦略推進会議ワーキンググループ, 資料5-1「V.農林水産業・吸収源」の技術動向 https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/003_05_01.pdf
59	CO2	再生可能エネルギー	低コスト・設置制約	—	バイオマス(木質)発電	木質バイオマス熱電併給装置	生産	農山漁村	木質バイオマスのチップやペレット等を燃料とするコージェネレーション装置。発電方式には「蒸気タービン」「ORC」「ガス化」の3方式がある。	一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会(2017)「小規模木質バイオマス発電・熱電併給導入支援策に関する海外調査 成果報告書」P13

No	削減対象	区分(大・中・小)			技術分類	技術名	主な導入段階	主な実施対象	概要	出典・参考情報
60	CO2	再生可能エネルギー	低コスト・設置制約	—	温泉熱発電	地熱バイナリー発電	生産	農山漁村	水よりも沸点の低い熱媒体と熱交換することにより得られる蒸気を用いて発電。発電に使用した熱水を二次利用して農業用ハウスのボイラーとして代替可能。	国土交通省北海道開発局 開発連携推進課, 平成27年度地熱等の再生可能エネルギーを活用した持続可能な地域づくりに関する調査報告書(概要版), P4
61	CO2	海・森林管理	森林	—	森林整備	森林経営活動	—	森林	森林で、森林経営計画に基づく森林経営活動を実施することで、地上部・地下部バイオマスによる吸収量が増大する。J-クレジットによりカーボン・オフセット等に活用。	J-クレジット方法論 https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/FO-001_v2.4.pdf
62	CO3	海・森林管理	森林	—	森林整備	植林活動	—	森林	森林の定義を満たしていない土地で植林活動を実施することで、地上部・地下部バイオマスによる吸収量が増大する。J-クレジットによりカーボン・オフセット等に活用。	J-クレジット方法論 https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/FO-002_v2.2.pdf
63	CO2	海・森林管理	ブルーカーボン	—	藻場整備	藻場造成のための石炭灰重量ブロックの設置	—	海岸等	石炭灰と銅スラグ(いずれも産業副産物)を主原料とし、これに水とセメントを加えて製造したモルタル(石炭灰重量モルタル)を、コンクリートの代替品として使用できるか検討・評価し、原材料に起因するCO2削減を図る。さらに、「石炭灰重量モルタル」で製造したブロック等への海藻類の付着・促進効果を確認・評価し、藻場造成によるCO2吸収を図る。	チャレンジ・ゼロ, ブルーカーボン促進効果を有する石炭灰重量ブロック材料の開発 https://www.challenge-zero.jp/jp/casestudy/141
64	CO2	海・森林管理	ブルーカーボン	—	藻場整備	藻場造成のための鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材・ブロックの設置	—	海岸等	①鉄鋼スラグ水和固化体を藻礁ブロックに使うことで従来のセメントブロックと比較して資材製造時のCO2排出を低減すると共に、②当該藻礁で生育した海藻がCO2を吸収し、③その海藻類を樹脂・オイル化して利用することでCO2の長期固定化を図る。	JFEスチール, マリンブロック(藻場造成礁) https://www.jfe-steel.co.jp/products/construction/1mai_best/pdf/29.pdf
65	CO2	海・森林管理	ブルーカーボン	—	藻場整備	底質・水質環境の改善と浅場造成のためのカルシア改質技術	—	海岸等	軟弱な浚渫土砂とカルシア改質材(鉄鋼スラグを原料)を混合することで、カルシア(CaO)改質土をつくる技術。窪地の埋め戻しと海面のかさ上げを行うことができ、底質・水質環境の改善を図り、浅場を造成することが可能。	新日鉄住金, 海洋環境を改善して生態系サービスを高める鉄のチカラ, 季刊新日鉄住金, PP20-23

(2) 脱炭素化技術の紹介

(2) 脱炭素化技術の紹介①

- 技術の例一覧（ロングリスト）から、技術の実証や普及、排出削減・吸収した温室効果ガスの定量評価等が進められている農業生産現場や流通段階における脱炭素化技術を紹介します。
- 脱炭素化に取り組む農業者をはじめ、原材料の調達において排出削減等に取り組む食品事業者などサプライチェーンが連携して脱炭素化に取り組む際の参考情報としてご利用ください。

脱炭素化技術

主な実施対象

1 水稲栽培における中干し期間の延長・間断灌漑	水稲
2 バイオ炭の農地施用	農業全般
3 良質堆肥の生産	乳牛、肉牛、豚、鶏
4 アミノ酸バランス改善飼料給与による温室効果ガス削減	豚、鶏
5 農業トリジェネレーション	施設園芸（野菜、果樹）
6 農業用機械の電動化	農畜産業全般
7 常温低湿乾燥システム	穀物

(2) 脱炭素化技術の紹介②

脱炭素化技術	区分
8 梱包材の削減・減容化（フレコンの複数回使用等）	省資源・省エネルギー
9 通い箱・通いプラコン・通い容器の使用	省資源・省エネルギー
10 バイオマスプラスチック製容器包装	再生可能資源
11 モーダルシフト	省エネルギー
12 小型バイオガス発電施設	再生可能エネルギー

技術概要

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温室効果ガスであるメタンを発生させる。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。中干し期間を通常よりも延長することで土壌中により多くの酸素を供給するとメタン生成菌の活動が抑制され、メタン排出量が低減する。湛水と落水を繰り返す間断灌漑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。

技術導入・実装の可能性

中干し、間断灌漑自体は慣行栽培でも導入される既存技術である。滋賀県等の一部地域ではすでに一定程度普及・定着しており、実績を積み上げることでさらなる普及が期待される。

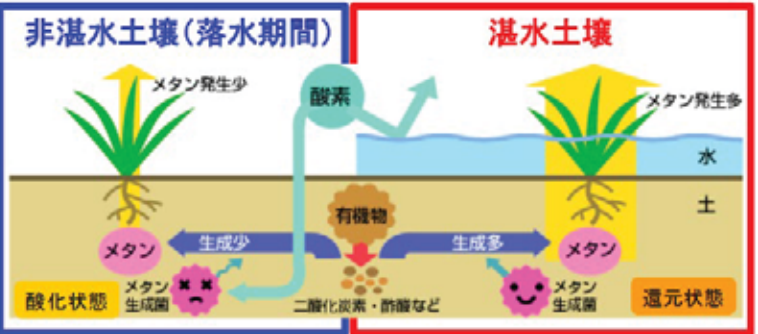


図 メタンが水田で発生するしくみ

技術導入による効果

1週間の延長でメタン発生量を30%削減

全国 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程度延長することでメタンの発生量が約 30%削減されることが示されている。

適切な延長によるコメの品質向上効果

中干し期間の延長・間断灌漑を適切に実施することで慣行栽培に比べて登熟歩合が向上し、タンパク質含量の低下が認められるなど、収穫したコメの品質の向上が示されています。また、本技術には、比較的、費用・労力負担が少なく、水を節約できるという大きな利点もある。

技術導入の課題・注意点

中干し期間の過度な延長には収量減が伴う。水田の状態、イネの生育状況など栽培地域の実情を踏まえ、適切な範囲での期間延長に留める必要がある。

その他

水稻栽培で中干し期間を1週間延長した場合の土壌のCO2吸収量を以下で計算することができる。

■土壌のCO2吸収「見える化」サイト

(国研)農研機構 農業環境変動研究センター

技術に関する詳細、出典情報

本技術の詳細については以下の出典情報を参考にしてください。

1. [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 \(\(国研\)農研機構 農業環境変動研究センター, 平成24年\)](#)
2. [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 \(\(国研\)農研機構, 農業環境研究成果情報: 第19集, 平成14年度成果\)](#)

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は以下の技術開発協力機関へお問合せください。

[国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 \(農研機構\)](#)

[農業環境研究部門](#)

〒305-8604
茨城県つくば市観音台3-1-3
電話 029-838-8148 (代表)
FAX 029-838-8199 (代表)
メール niaes@naro.affrc.go.jp (代表)

②バイオ炭の農地施用

水稻

野菜

果樹

乳牛

肉牛

豚

鶏

技術概要

バイオ炭とは、木炭や竹炭、鶏ふん炭などの有機物（バイオマス）を原料とした固形炭化物を指す。2019年改良IPCCガイドラインでは、「燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350℃超の温度でバイオマスを加熱して作られる固形物」と定義されている。バイオ炭を農地に施用することで、難分解性の炭素を長期間地中に貯留することができる。

技術導入・実装の可能性

日本では土壌改良等を目的とした粕殻くん炭等の施用は既に長い歴史を持っており、木炭は地力増進法（昭和59年法第34号）に基づき、主たる効果として「土壌の透水性の改善」を表示することが定められている。

オガ炭※



白炭



黒炭



紛炭



竹炭



※オガ炭は、鋸屑・樹皮を原料としたオガラライトを炭化したもの

図 様々なバイオ炭

技術導入による効果

2018年度のバイオ炭の炭素貯留効果による排出削減量は 約5,000トン-CO₂

2020年の日本国温室効果ガスインベントリ報告書からバイオ炭の農地施用にともなう炭素貯留量の算定・報告が開始された。バイオ炭の炭素含有率は0.35～0.77であり、使用原料よりばらつきがある。

土壌改良効果

バイオ炭の農地への施用は、**土壌の透水性、保水性、通気性改善などの効果**があるといわれている。酸性矯正を主目的とする場合には鶏ふん由来、保水性の改良には木質系や作物残渣由来バイオ炭が推奨されるなど、目的に応じた選択が必要である。

技術導入の課題・注意点

バイオ炭は種類により農地施用した際の土壌改良効果が異なるため、**栽培作物や土壌の物理性・化学性に応じた施用に注意**が必要である。

また、本技術は**J-クレジット制度において方法論化**されている。炭素貯留量をクレジット化する場合は、**対象となるバイオ炭や使用方法を確認した上で技術導入**する必要がある。

技術に関する詳細、出典情報

本技術の詳細については以下の出典情報を参考にしてください。

1. [バイオ炭の農地施用を対象とした方法論について\(農林水産省, 令和2年\)](#)
2. [バイオ炭の理化学的特徴を考慮した畑地基盤の改良技術 \(\(国研\)農研機構 農村工学研究部門 2015年成果情報\)](#)
3. [「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2020年4月](#)
4. [2019年改良IPCCガイドライン](#)

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は以下の技術開発協力機関へお問合せください。

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）

農業環境研究部門

〒305-8604

茨城県つくば市観音台3-1-3

電話 029-838-8148 (代表)

FAX 029-838-8199 (代表)

メール niaes@naro.affrc.go.jp (代表)

③良質堆肥の生産

水稻

野菜

果樹

乳牛

肉牛

豚

鶏

技術概要

家畜排せつ物を好気条件下で堆肥化（強制発酵）することで、嫌気条件下で発生するCH₄の発生を抑えつつ、低水分で良質な堆肥を生産する。また、低水分で良質な堆肥は成型してペレット化することで、減容化が可能となり、運搬の際の温室効果ガスも削減することが可能。

技術導入・実装の可能性

既存の自動攪拌機などの活用により、実装が可能。大規模な農家やJAの堆肥センター等で事例がある。

技術導入による効果

好気条件化で堆肥化することで、温室効果ガス排出量を削減

温室効果ガス排出量の算定に用いられる畜種ごとの排出計数は以下の通り。排出計数が大きいほど、温室効果ガス排出量も多い。

処理区分	メタン [g-CH ₄ /g有機物]					一酸化二窒素 [g-N ₂ O-N/g-N]				
	乳用牛	肉用牛	豚	採卵鶏	ブロイラー	乳用牛	肉用牛	豚	採卵鶏	ブロイラー
強制発酵（ふん）	0.052	0.054	0.08	0.08		0.25		0.16	0.16	
堆積発酵	3.8	0.13	0.16	0.13	0.02	2.4	1.6	2.5	0.54	0.08

出典：温室効果ガスインベントリ（環境省）

技術導入の課題・注意点

強制発酵や堆肥のペレット化のための設備導入のための追加的な投資が必要であることから、ペレット堆肥の販売収入なども含めた資金計画が必要。また、堆肥の広域的な流通に当たっては、単独の畜産農家では販路やロットの確保が難しい場合がある。

その他

家畜の飼養における排せつ物の管理方法を変更することによりCH₄及びN₂O排出量が抑制できることから、堆積発酵から強制発酵への転換により、温室効果ガスの排出削減量や吸収量を国が認証する「J-クレジット制度」の活用が可能となる。



ペレット成型機

技術に関する詳細、出典情報

本技術の詳細や支援策については以下の出典情報を参考にしてください。

1. [ペレット堆肥の広域流通に向けて（農林水産省、2020年）](#)
2. [広域流通を可能とする成型たい肥製造技術の開発と利用について（（独）農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター九州バイオマス利用研究チーム長 薬師堂謙二）](#)
3. [混合堆肥複合肥料の製造とその利用～家畜ふん堆肥の肥料原料化の促進～（農研機構、2020年）](#)
4. [畜産環境対策総合支援事業（農林水産省）](#)

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は以下の技術開発協力機関へお問合せください。

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）

九州沖縄農業研究センター

〒861-1192 熊本県合志市須屋2421

電話 096-242-7530/FAX 096-242-7543

E-mail : q_info@ml.affrc.go.jp

[お問い合わせフォーム（リンク）](#)

④ アミノ酸バランス改善飼料給与による 温室効果ガス削減

水稻

野菜

果樹

乳牛

肉牛

豚

鶏

技術概要

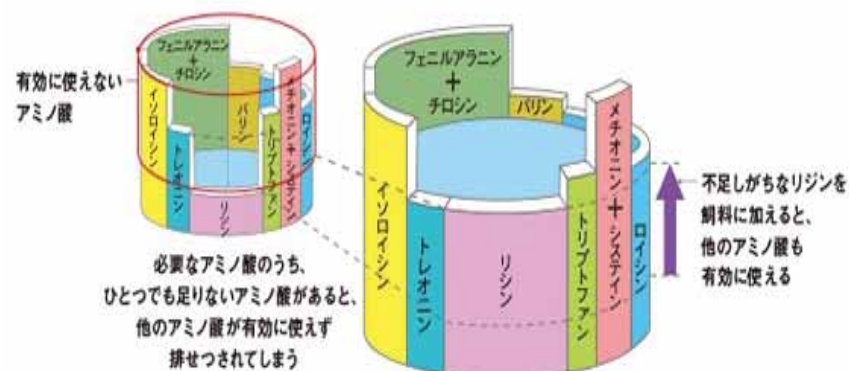
飼料として家畜体内に入ったものの余剰となったタンパク質やアミノ酸は、窒素化合物に変換され、糞尿として対外に排せつされ、排せつ物処理過程における温室効果ガス（一酸化二窒素(N₂O)）発生の要因となる。アミノ酸バランス改善飼料の給餌により、家畜体内で利用されないアミノ酸を減らすことがで、N₂Oの発生を抑制することが可能である。

技術導入・実装の可能性

飼料の公定規格「環境負荷低減型配合飼料(子豚育成用及び肉豚肥育用)」で定める粗タンパク質含量と同等若しくは低い粗タンパク質含量の飼料が国内数社から販売されている。

〈標準的な飼料〉

〈アミノ酸バランス改善飼料〉



技術導入による効果

養豚における温室効果ガス排出量を約40%削減

アミノ酸でバランス改善飼料を給与した肥育豚のふん尿と、慣用飼料を給与した肥育豚ふん尿の処理全過程で発生する温室効果ガス発生総量を比較した結果、肉生産量及び肉質に影響することなく、当該飼料の給与により温室効果ガスを約40%削減できることが確認された。

悪臭防止・水質改善効果と飼料コスト低減への期待

当該飼料の利用により、窒素排出の低減に伴う悪臭防止・水質改善効果も期待できる。また、当該飼料の価格は、その成分調整方法と原料価格から考えて、慣行飼料と同等か、少し安価になる可能性がある。

技術導入の課題・注意点

温室効果ガスの発生は糞尿処理の方法により大きく変化するため、技術導入の際は処理方法を含めて検討する必要がある。

その他

アミノ酸バランス改善飼料は温室効果ガス削減効果を持つことから、本飼料の導入により、温室効果ガスの排出削減量や吸収量を国が認証する「J-クレジット制度」の活用が可能となる。

技術に関する詳細、出典情報

本技術の詳細については以下の出典情報を参考にしてください。

1. [養豚におけるアミノ酸バランス改善飼料の設計と給与効果標準作業手順書（\(国研\)農研機構, 2020年）](#)
2. [アミノ酸バランスを改善した飼料により 養豚における温室効果ガス排出量を約40%削減（\(国研\)農研機構 畜産研究部門プレスリリース, 2011年）](#)
3. [アミノ酸バランス改善飼料の給与による豚舎汚水中の「硝酸性窒素等」低減効果の実証（\(国研\)農研機構 畜産研究部門, 成果情報, 2016年）](#)
4. [味の素グループ環境報告書2010 特集](#)

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は以下の技術開発協力機関へお問合せください。

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）

農業環境研究部門

〒305-8604茨城県つくば市観音台3-1-3

電話 029-838-8148（代表）/FAX 029-838-8199

メール niaes@naro.affrc.go.jp（代表）

味の素株式会社

<https://www.ajinomoto.co.jp/question/hp/>

技術概要

施設園芸の温室に設置される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CO₂を温室内に送気し、光合成による成長を促す。

このように、ガスエンジン発電機等から生じる電気・熱・CO₂の3つを利用することから「トリジェネレーション」と呼ばれる。

技術導入・実装の可能性

オランダを中心に広く普及し、国内でも導入実績がある。

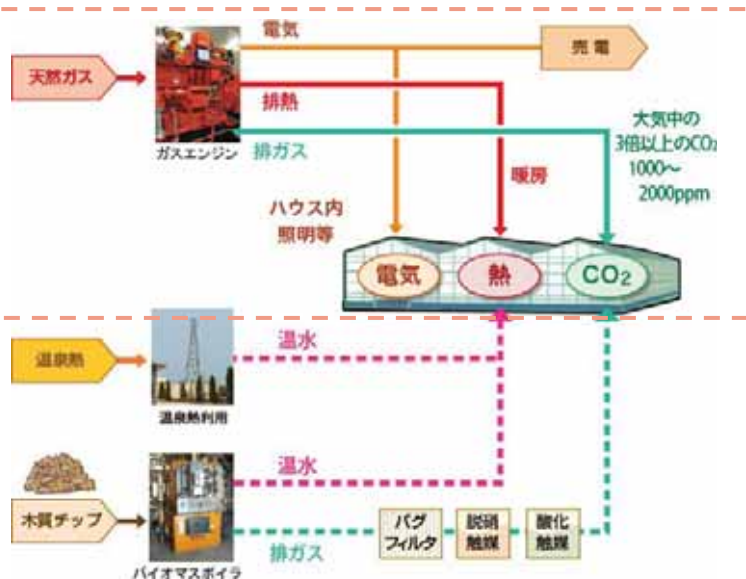


図 トリジェネレーションの概要

出所 JFEエンジニアリングウェブサイト「スマートアグリ」

技術導入による効果

CO₂削減効果

- 施設園芸におけるコージェネレーション（熱電併給）により、総合効率が上昇し、省エネ・省CO₂が可能。
- 従来の温室加温で使用するエネルギー源を石油から天然ガス・LPガスに転換することにより、CO₂排出量の削減が可能。
- 発電時に排出されるCO₂の6%を温室に送気し、植物に施用することで、トータルでのCO₂排出削減も可能。

CO₂施用による生産性向上

- CO₂施用により作物の成長促進や収量が増加（温室栽培のトマトの場合、従来の温室栽培と比べて8%程度の収量増が期待）。

技術導入の課題・注意点

- 発電機の小型化が進むものの、採算には一定の面積（1ha単位以上）が必要。
- 発電機のエネルギー源となるガス供給のインフラが必要。
- 余剰電力や排熱の有効利用、燃料の脱炭素化が課題である。

技術に関する詳細、出典情報

本技術の詳細については以下の出典情報を参考にしてください。

1. JFEエンジニアリング,スマートアグリ

<https://www.jfe-eng.co.jp/products/life/sma01.html>

2. 一般社団法人日本施設園芸協会(2016),大規模施設園芸・植物工場 実態調査・事例集

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は以下の技術開発機関へお問合せください。

JFEエンジニアリング株式会社 スマートアグリ事業部

メールでのお問合せ（JFEエンジニアリング株式会社ウェブサイトのお問い合わせフォームよりお願いします）
<https://www.jfe-eng.co.jp/form/toiawase.html>

電話： 045-505-7138（部門代表）

技術概要

動力となるガソリンエンジンやディーゼルエンジンを電気モーターとバッテリー（2次電池）にコンバートした農業用機械。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。

技術導入・実装の可能性

小型耕うん機や刈払機等の歩行型・可搬型機械や、荷役用の電動運搬機が実用化・商用化されている。

他方、所要動力の大きい乗用トラクタの電動化に向けて、大容量かつ小型なバッテリーの開発等、国内農機メーカーを中心に、2022～27年ごろの要素技術確立を目指している。



電動草刈機



電動ミニ耕うん機



バッテリー式動力噴霧器

技術導入による効果

CO₂削減効果

- 露地栽培における消費エネルギーは、収穫工程に係る割合が最も多く、乗用トラクタの電動化と再生可能エネルギー由来の電気を活用することにより、農作業時のゼロエミッション化が可能。
- また動力噴霧器や刈払機は台数も多く、これらの電動化を進めることで、さらなるゼロエミッション化が期待できる。

労働環境面等への効果

- 振動・騒音が大幅に低減し、作業者の身体負担も低減される。

技術導入の課題・注意点

- 農山村における給電施設の整備、メンテナンス体制の確保等が課題である。
- 乗用トラクタ等の農業機械向け大型バッテリーの生産コストの削減も求められる。
- 他方、トラクタは連続稼働を必ずしも必要としない等、農業者の運用実態を踏まえた性能要件の検討もポイントとなる。

技術に関する詳細、出典情報

本技術の詳細については以下の出典情報を参考にしてください。

1. 「特集 農業機械の電動化」『機械化農業』, pp.4-22
2. 宮原佳彦(2018)「農業用ロボットと農機電動化技術の開発動向」『農業電化』, 71(1), pp.11-15
3. 農林水産技術会議「令和2年度環境に配慮したスマート農機の市場性及びビジネスモデル検討調査委託事業」
4. [クボタ社\(2020\)「開発中の電動トラクタと小型建機を公開」](https://www.kubota.co.jp/news/2020/20-06j.html)
<https://www.kubota.co.jp/news/2020/20-06j.html>

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は以下の技術開発協力機関へお問合せください。

農機メーカー各社

技術概要

除湿乾燥の利用により、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。灯油を使用する火力乾燥とは異なり、乾燥時の化石燃料消費を抑制することが可能である。

技術導入・実装の可能性

すでに商用化され導入が開始されている。

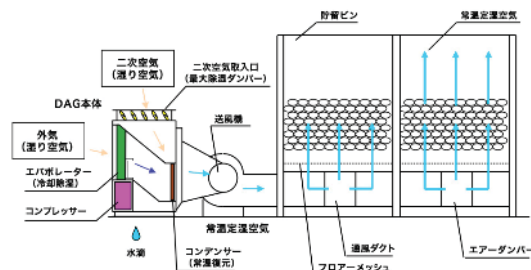


図 高付加価値型乾燥システム（ヤンマー）

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」

技術導入による効果

CO2削減効果

- 外気と同じ温度で一定湿度を作り出すことにより、平衡含水率をコントロールすることで、穀物を加温せずに、乾燥させることができる。
- 駆動用電源に再生可能エネルギーを採用することでゼロエミッション化が可能である。
- （参考） 粳の乾燥水分1kgの乾減に要するエネルギー消費量の平均値を見ると、コラム乾燥機による高温乾燥に比べ、除湿乾燥は約3分の1に抑制可能。

作物への効果等

- 自然に近い状態での乾燥により、腹割れを防ぐなど品質が維持できる。
- 無人運転が可能なため、人件費を含めると火力乾燥システムに比べランニングコストの低減が期待される。

技術導入の課題・注意点

- 一般的に穀物乾燥を行う時間帯が昼間であるため、本システム稼働時の電気代は、火力乾燥システムでの燃料代とほぼ同程度となる試算がある。
- 除湿機の駆動用電力について低炭素化を図る必要がある。

技術に関する詳細、出典情報

本技術の詳細については以下の出典情報を参考にしてください。

1. 黒田剛史「国内の穀物乾燥における「常温定湿乾燥システム」について」『エレクトロヒート』37(1), 33-36
2. 戸次英二 (1999) 「穀物水分1kgの乾減に要するエネルギー量」『農業施設』30(2), 193-203
3. 日高靖之 (2017) 「農業施設に関わる研究・技術の最近の展開：穀物関連の荷受・乾燥を担う施設について」『農業施設』48(1), 9-23

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は
以下にお問合せください。

ヤンマーグリーンシステム株式会社

電話 06-6376-6333

(受付時間 月曜日から金曜日)

AM 9:00~12:00 PM 13:00~16:00)

FAX 06-6371-8431

Webサイト

<https://www.yanmar.com/jp/agri/products/facilities/rice/drying/dag.html>

⑧梱包材の削減・減容化（フレコンの複数回使用等）

技術概要

フレキシブルコンテナは、米麦・大豆などの穀物や肥料等を保管・運送するために使用されている容器で、一般的にはフレコンバッグやフレコンと呼ばれている。

米穀の包装は、30Kgの紙袋と、約1トンのフレコンの2つに大別されるが、輸送において、紙袋は、作業者の手荷役の負担が大きいいため、近年、トラック運転手の確保が困難となっている。

JA全農は、安定供給のために、手荷役の無い物流への取組として、紙袋からフレコンへの転換をはかるとともに、フレコンは、2021年から「全農統一規格フレコン」の本格導入を開始し、産地への配布、農業倉庫等への入庫、販売先への納品、回収、清掃、再配布までの一貫した流通サイクルを確立し、コストダウンによる生産者所得の確保をすすめている。



技術導入による効果

CO2削減効果

- フレコンを複数回使用すること、また、規格を全国統一化することにより、回収・清掃・再配布の効率性を高め再利用を促進し、再利用によりフレコンを製造し使い終わるまでに発生するGHG発生量をワンウェイに比べ削減する効果が期待される。

コスト効果

- 米の物流等において深刻なトラック運転手不足が続くなか、フレコン輸送の拡大により輸送に係る手荷役を解消することにより輸送力確保とコスト増加の抑制に効果が期待される。

技術導入の課題・注意点

- フレコンとしての使用後に焼却処分ではなく材料リサイクルをおこなうことで、さらに環境負荷を低減することができる。そのために、同一素材の使用済フレコンをまとめた量で集めるインフラが必要であること、リサイクルに係る輸送距離を可能な限り抑制すること、回収フレコンを低エネルギーで洗浄すること等に注意が必要。

また下記も計画されている

1. フレコン充填機に全農統一フレコンを推進
2. 全農グループの全国23か所の広域集出荷施設を活用し、全農統一フレコンでの農産物検査、効率的な保管、空きフレコンの回収費用の削減
3. 精米工場での製造合理化に向けた販売先への普及推進

出所：JA全農リリース（2021年11月24日）より

技術に関する詳細、出典情報

本技術の詳細については以下の出典情報を参考にしてください。

1. バイオマス資源総合利用推進協議会、食品産業分野における温暖化対策の手引き
<https://www.maff.go.jp/form/pdf/syokuh-6.pdf>
2. 推奨フレコンに関する資料（令和元年度農林水産省農産物検査規格検討会（第4回））
https://www.maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/k_kento/

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は以下の技術開発協力機関へお問合せください。

JA全農 米穀部主食課

耕種資材部資材課

全農物流株式会社

⑨ 通い箱・通いプラコン・通い容器の使用

技術概要

通い容器とは「一定の企業または事業所などの間で、何回も繰り返し使用される輸送用容器」を指す。物流システムに利用されるコンテナから、各製品の容器まで様々である。

特に食品流通業界における通い箱はクレートと呼ばれる。

技術導入・実装の可能性

物流クレート標準化協議会等がクレートの標準化を行っている。

製品ごとの通い容器に関しては、プラットフォーム型ビジネスが開始されている。例えば、Loopは使い捨てではなく、耐久性があり繰り返し利用可能な容器で食品や日用品などを販売から洗浄、再充填を行うプラットフォームである。

4タイプの標準規格

タイプ別 概観	外 寸	内 寸	有効内寸
I 型	長さ 578mm × 幅 388mm × 高さ 132mm	長さ 534mm × 幅 345mm × 高さ 120mm	長さ 520mm × 幅 334mm × 高さ 110mm
II 型深	長さ 557mm × 幅 459mm × 高さ 148mm	長さ 509mm × 幅 419mm × 高さ 135mm	長さ 490mm × 幅 400mm × 高さ 126mm
II 型浅	長さ 557mm × 幅 459mm × 高さ 108mm	長さ 509mm × 幅 419mm × 高さ 99mm	長さ 490mm × 幅 400mm × 高さ 86mm
II 型ハーフ	長さ 459mm × 幅 277mm × 高さ 156mm	長さ 419mm × 幅 229mm × 高さ 146mm	長さ 400mm × 幅 210mm × 高さ 126mm

出所 国土交通省

技術導入による効果

CO2削減効果

- 効率的な再利用により、製造時・使用済容器の最終処分のGHG排出量を削減可能。

その他の効果

- コンテナそのものの仕分け負荷が軽減。
- 保管スペースの画一化・縮小、配送・物流機器の一元化、配送効率の向上。
- 仕分け人件費を削減可能。

技術導入の課題・注意点

- 普及率向上、インフラ整備の徹底が無ければ、GHG排出量や石油資源消費量が増えるリスクもある。



■ 通い液体コンテナ
(金属容器：醤油1Lコンテナ)
・金属容器は洗浄して帰りトラック便を活用して返却
・金属容器は半永久的に繰り返し使用
出所 味の素株式会社 (GC部)



システムイメージ図

出所 物流クレート標準化協議会

技術に関する詳細、出典情報

本技術の詳細については以下の出典情報を参考にしてください。

1. JIS Z0111 番号 1020「通い容器」
2. [物流クレート標準化協議会 \(2022\)](#)
3. [標準化による物流の生産性向上の事例集 \(国土交通省, 2019\)](#)
4. [～持続可能な資源循環型社会の構築を目指して～ 味の素\(株\)、循環型ショッピングプラットフォームLoopに参画、再使用容器を用いた調味料を発売 \(味の素株式会社, 2021\)](#)
5. [Loop HP\(2022\)](#)
6. [青果物流のLCI 通い容器と段ボール箱の比較 \(梶川 崇, 山川 肇, 2008\)](#)
7. [農産品物流の改善・効率化に向けて\(農産品物流対策官省庁連絡会議 中間とりまとめ\)\(農林水産省・経済産業省・国土交通省, 2017\)](#)

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は以下の技術開発協力機関へお問合せください。

メーカー各社、論文執筆者

⑩ バイオマスプラスチック製容器包装

技術概要

バイオマスプラスチックとは、バイオマスを原料として作られるプラスチックのことで、現在、多種多様なバイオマスプラスチックが開発・実用化されている。バイオマスプラスチックは、プラスチック製品全体としても、実用化段階から普及段階に差し掛かったところである。

バイオマス製品の利用普及を目指す「日本バイオマス製品推進協議会」（事務局：一般社団法人日本有機資源協会）では、協議会の参加事業者の情報等を集約し、2007 年より、我が国のバイオマスプラスチック国内市場規模を推計している。また、一般社団法人日本有機資源協会が運営するバイオマスマーク認定では、700件を超える登録が、物流・包装分野でなされている。

技術導入による効果

CO₂削減効果

- 大気中のCO₂がバイオマスとして固定化・貯留されることにより、石油資源で製造されるプラスチックよりもライフサイクルGHG排出量を低減する効果が期待される。

技術導入の課題・注意点

- 品質（仕様）と供給量が季節変動・産地変動・原油価格変動の影響を受ける可能性がある。
- 製造時等に石油エネルギーの消費の増大につながらないよう、本技術適用時にはカーボンフットプリント情報などに注意する。
- バイオマスの生産地における土地利用変化に起因したGHG排出などの環境へのインパクトが増大するリスクがある点に注意。

技術に関する詳細、出典情報

本技術の詳細については以下の出典情報を参考にしてください。

1. [バイオマスマーク認定商品一覧 物流・包装（一般社団法人日本有機資源協会, 2021）](#)
2. [バイオマスプラスチック入門（日本バイオマスプラスチック協会, 2021）](#)
3. [バイオマス利用技術の現状とロードマップについて（農林水産省, 2020）](#)
4. [プラスチック資源循環に資する食品容器包装事例集（農林水産省, 2021）](#)
5. [農林水産省, 食品産業リサイクル状況等調査委託事業（リサイクル進捗状況に関する調査）報告](#)



「小枝」バイオマスプラスチックフィルム使用の事例。内袋（三方シール袋）に使用するフィルムの一部に、バイオマス由来の原料に置き換えたプラスチックを採用。

出所 農林水産省

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は以下の技術開発協力機関へお問合せください。

メーカー各社

⑪ モーダルシフト

技術概要

モーダルシフトとはトラック等の自動車で行われている貨物輸送を環境負荷の小さいと想定される鉄道や船舶の利用へと転換することをいう。

技術導入・実装の可能性

トラック輸送から船舶・鉄道輸送への転換実績が複数ある。

キューピー株式会社、伊藤ハム米久ホールディングス株式会社は共同で、冷凍品を対象に31ft鉄道コンテナへの輸送転換を成功させている。

(一社)日本物流団体連合では、会物流事業者の自主的な取り組みの推奨や、取り組み意識の高揚等を図るため「モーダルシフト取り組み優良事業者公表・表彰制度」にて優良取組とその企業を紹介している。



31ft 鉄道冷凍コンテナの様子
出所 キューピー株式会社

技術導入による効果

CO₂削減効果

- 輸送単位当たりのGHG削減が、営業用トラックより大幅に削減される。出典1の例では、CO₂排出量が91%削減されたと報告されている。

社会的効果

- 道路交通の混雑解消に貢献する。
- 人材不足が懸念されるトラック運送業の負担を低減する。

技術導入の課題・注意点

- 速達性に劣りが出る可能性がある。
- 大量輸送でなければ却って高コストとなる。
- 鉄道へのシフトの場合、天候等により影響される。
- 鉄道へのシフトの場合、迂回ルートを取ることが出来ない。

技術に関する詳細、出典情報

本技術の詳細については以下の出典情報を参考にしてください。

1. [サプライチェーン イノベーション大賞 \(経済産業省, 2019\)](#)
2. [モーダルシフト取組優良事業者 \(一般社団法人日本物流団体連合会, 2021\)](#)
3. [コンテナのサイズ・種類 \(日本貨物鉄道株式会社, 2021\)](#)
4. [リノベーションコンテナ 氷感SO庫 \(S&Tec, 2021\)](#)

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は以下の技術開発協力機関へお問合せください。

物流メーカー各社

⑫小型バイオガス発電施設

技術概要

農畜産物の残渣や糞尿などの廃棄物をメタン発酵させ、生じたバイオマスガスを再利用しエネルギー化する。

中小規模の養豚農家などで実証実験がなされている。

ふん尿処理時に発生する臭気の抑制や放流水の水質基準を満たす側面からも本技術の活躍が期待される。

技術導入による効果

CO2削減効果

- メタン発酵において原料中の炭素の約50%がバイオガスに分解される。

コスト効果

- 約9,900kWh/月の発電も可能。
- 比較的廉価であり約11年で減価償却可能という試算もある。

技術導入の課題・注意点

- 技術普及により発電の買い取り価格低下のリスクがあるため、環境面等のメリットを重視した導入が必要。

技術に関する詳細、出典情報

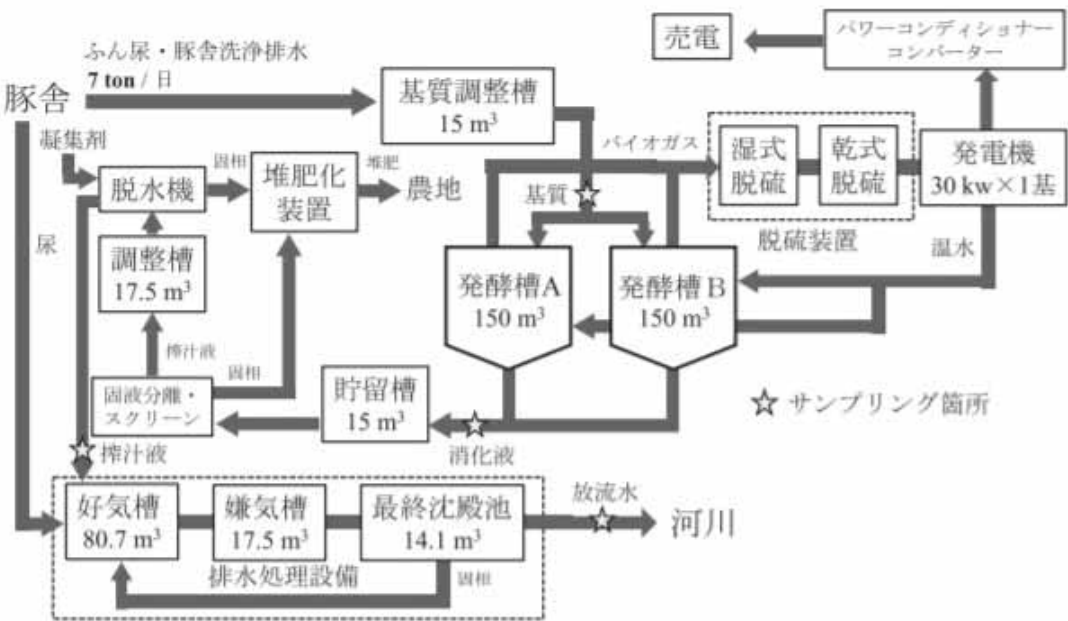
本技術の詳細については以下の出典情報を参考にしてください。

1. 中規模養豚農家における小規模普及型メタン発酵システムの導入効果（高崎力也ら, 2019, 廃棄物資源循環学会論文誌 vol.30, pp.95-102）
2. [第4回エコプロアワード 受賞事例発表](#)
[ゼネック株式会社/株式会社イーパワー/豊橋技術科学大学 小規模廉価型バイオガス発電システム（一般社団法人サステナブル経営推進機構 2021）](#)

技術に関する問い合わせ

本技術の詳細、導入についてのご相談は以下の技術開発協力機関へお問合せください。

論文執筆者、メーカー各社



小規模普及型メタン発酵システムの概要図