

II

みどりの食料システムのKPIに係る 技術の国内外の最新動向調査 概要調査結果

Ⅱ

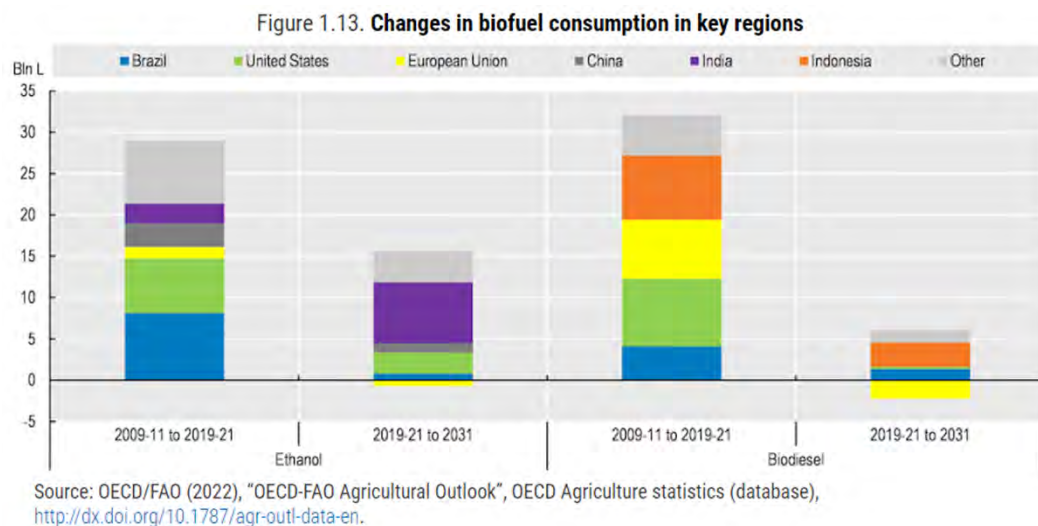
みどりの食料システムのKPIに係る 技術の国内外の最新動向調査 概要調査結果

Ⅱ- 1. 世界的な取組背景・動向

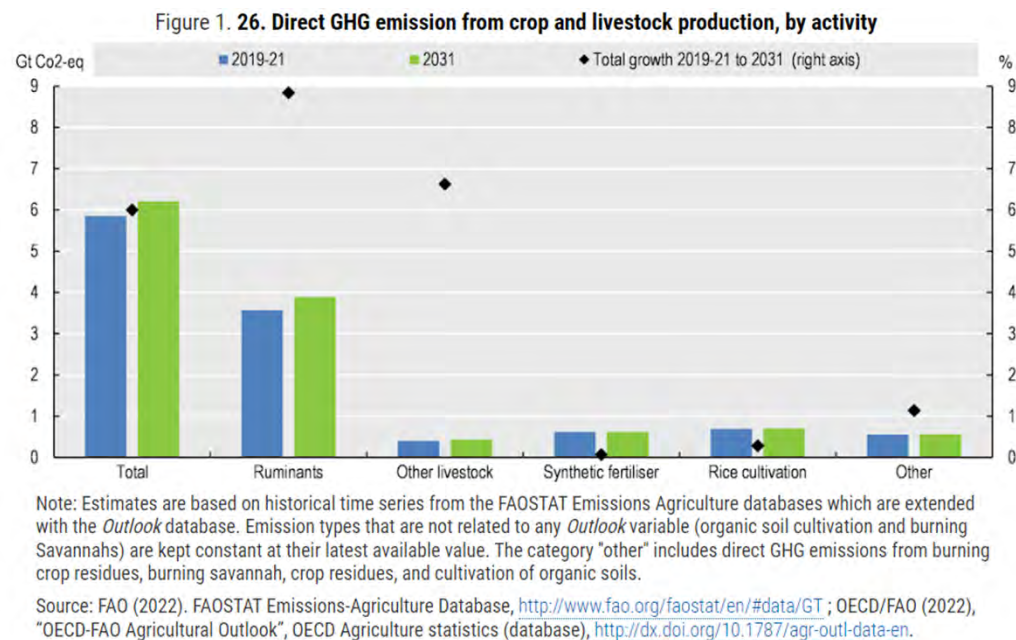
a. OECD-FAO農業見通し2022-2031 GHG増加分の9割が畜産との予想

- 国際連合食糧農業機関（FAO）と経済協力開発機構（OECD）は、2022-2031の農業見通しを発表（2022/6/29）。
- バイオ燃料の利用が増加するのは主にインドであり、EUでは燃料の使用量が減少するために、需要も減少すると予測。
- 農業からの直接的な温室効果ガス(GHG)排出量は、今後10年間で6%の増加が予測されており、増加分の90%は畜産と予想。

バイオ燃料の今後の増加予測



農業関連のGHG排出量の予測



b. EC Carbon Farming

カーボンファーマーミングメカニズムの設定と技術ガイダンスハンドブック

- ECは2年間の調査を経て、技術ガイダンスハンドブックを発行（2021/2/16）。
- 技術ガイダンスハンドブックや、EU が資金提供するプロジェクトやイベントからの情報に基づき、ECは 2021年にカーボン ファーマーミングイニシアチブを開始。
- 土壌中に除去・貯留できる炭素をEUレベルで測定・監視・検証する枠組を整えるため、欧州委員会は2022年11月に土壌における炭素除去の認証システム等に関する「炭素除去の認証枠組の導入に関する規則案」を発表。

技術ガイダンスハンドブック



- EU におけるカーボンファーマーミングの結果に対する支払いスキームの開発を支援することを目的としたハンドブック。
- カーボンファーマーミングイニシアチブの5つのケーススタディを基に作成。泥炭地の回復と再湿潤、アグロフォレストリー、草原での土壌有機炭素の管理、畜産農場の炭素管理など

EU における結果ベースのカーボン ファーマーミング メカニズムの設定と実施



- 炭素農業に取り組む農場に対する支払いには、行動ベースと結果ベース、ハイブリッドの3種類がある。
- **行動ベース**では、土地管理者が気候変動に配慮した農法を実施した場合に報酬が支払われる。
- **結果ベース**の方式では、土地管理者への支払いは、土地管理者が提供する気候変動への恩恵の測定可能な指標に直接リンクされる。

出典:欧州委員会、気候行動総局 WEBサイト

Radley, G., Keenleyside, C., Freluh-Larsen, A., 他、EU における結果ベースの炭素農業メカニズムの設定と実施:技術ガイダンス ハンドブック、出版物欧州連合事務局、2021年、<https://data.europa.eu/doi/10.2834/056153>

出典:欧州委員会、気候行動総局 WEBサイト

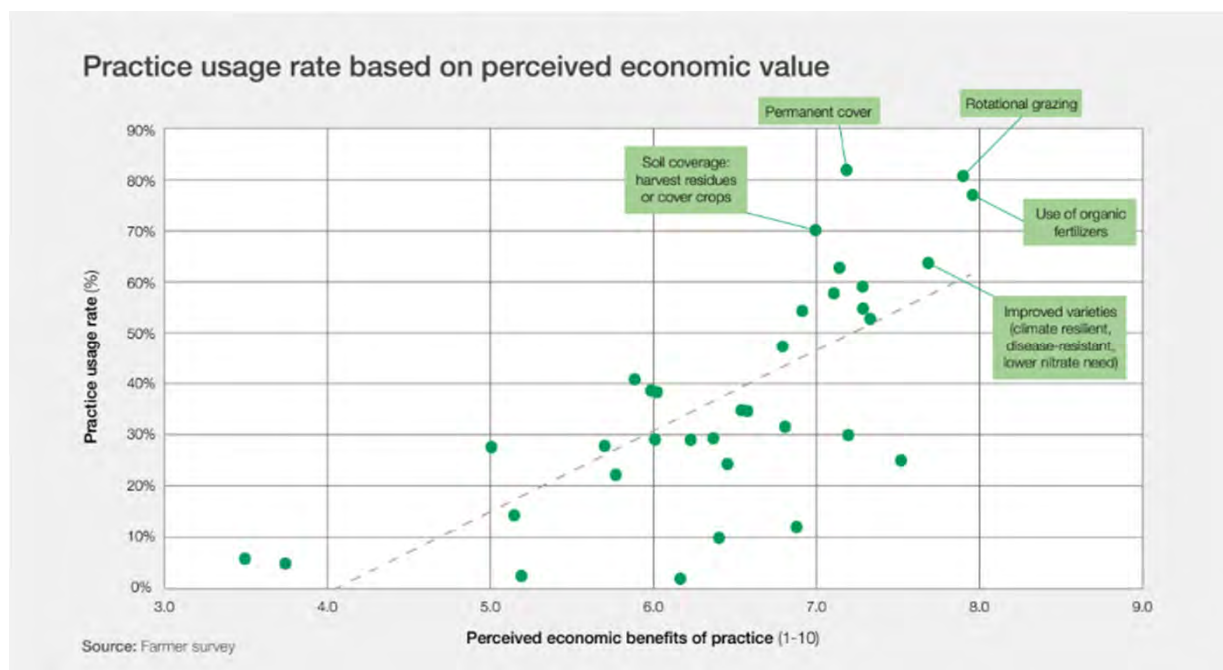
Radley, G., Keenleyside, C., Freluh-Larsen, A., 他、テクニカルガイダンスハンドブック: EUにおける結果ベースのカーボンファーマーミングメカニズムの設定と実施:エグゼクティブ概要、欧州連合出版局、2021年、<https://data.europa.eu/doi/10.2834/12087>

c. EU Carbon+ Farming Coalition

バイエル等が主導するカーボンファームिंगの取組

- 世界経済フォーラムには、EU Carbon+ Farming Coalitionが設立されており、Transforming Food Systems with Farmers: A Pathway for the EU（農民における食料システムの変革）というレポートを発表。（2022/4）
- 農業における気候変動対策を行うためのパイロットプログラムを実施していくことを表明。

経済的な価値に対するカーボンファームिंगの導入率



今後のパイロットプログラム

- 農家のためのナレッジ共有の強化
- 気候変動に配慮した調達ガイドラインの開発
- 革新的なリスク分散と資金調達メカニズムの設計
- 信頼できる炭素市場の構築に資する、コスト効率の高い測定・報告・検証（MRV）ソリューションの特定
- 特定の作物部門でのリジェネラティブ農業※の導入

※リジェネラティブ農業：土壌の回復を通じて生物多様性やGHGの排出削減、高品質な農産物の生産等に取り組む農法

出典:世界経済フォーラム European Carbon + Farming Coalition WEBサイト
<https://weforum.ent.box.com/s/kmdm5ehvldxlzpoo0uovcyvfu4b86vba>

d. グローバル・メタン・プレッジ

メタン排出量削減に向けたイニシアチブ

- 2021年9月17 日に開催された主要国経済フォーラム（MEF）において、バイデン大統領が言及。
- 世界のメタンの排出量を2030年までに2020年比30%削減することを目指し、米国と欧州連合が主導するイニシアチブで、日本を含め、120を超える国と地域が参加を表明。
- 各国に個別の目標やセクター別のコミットメントを求めるものではなく、世界全体での削減目標を設定するものである。
- 日本は既にメタン排出削減に成功している先進国として、ノウハウの共有等に期待。

農業分野の技術支援リスト

農業部門

一般的なガイドラインとツール

- [NDC の強化: 農業](#)、WRI、Oxfamにおける機会
- [嫌気性消化装置プロジェクトスクリーニングツール](#)、米国 EPA、GMI

家畜と肥料の管理

- [グローバル家畜環境評価モデル \(GLEAM\)](#)、FAO
- [食糧安全保障と生計を改善するための腸溶性メタンの削減](#)、FAO
- [バイオガスツールキット](#)、米国 EPA
- [肥料知識キオスク](#)、GRA
- [家畜からのメタン排出を削減するための新たな飼料添加物の評価](#)、CGIAR
- [家畜活動データガイダンス \(L-ADG\)](#) × FAO、GRA
- [ケニアの国家決定貢献 \(NDC\)](#)、CCACにおける酪農部門からのメタン緩和
- [コスタリカの国が決定する貢献 \(NDC\) の目標を畜産部門](#)、CCACを通じて強化する

米の生産

- [コメの温室効果ガス削減 - Information Kiosk](#)、IRRI
- [測定、レポート、検証ツールボックス](#)、IRRI

出典: Climate & Clean Air Coalition WEBサイト
<https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>

第3回 エネルギーと気候に関する主要経済国フォーラム

● 米国と欧州連合は、初期加盟国のアルゼンチン、カナダ、エジプト、ドイツ、イタリア、日本、メキシコ、ナイジェリア、ノルウェーとともに、新しいグローバル・メタン・プレッジ・エネルギーパスウェイを発表。

● 米国、欧州委員会、ノルウェー、ドイツ、オランダは COP27において、肥料不足と食糧不安に対処するための肥料効率と土壌健康プログラムとして1億3500万ドルを調達したことを発表。食料安全保障を強化し、農業の排出量を削減することを目指す**グローバル肥料チャレンジ**※への支持を表明。

※このイニシアチブは、肥料と天然ガスの供給に対する圧力を緩和し、亜酸化窒素の排出を削減し、肥料の利用可能性と農業生産性を高め、肥料の使用量と損失が多い国が効率的な栄養管理と代替肥料と作付システムを採用していくことを支援することにより、世界的に食糧不安を軽減することが目的。

出典: THE WHITE HOUSE <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/06/18/chairs-summary-of-the-major-economies-forum-on-energy-and-climate-held-by-president-joe-biden/>

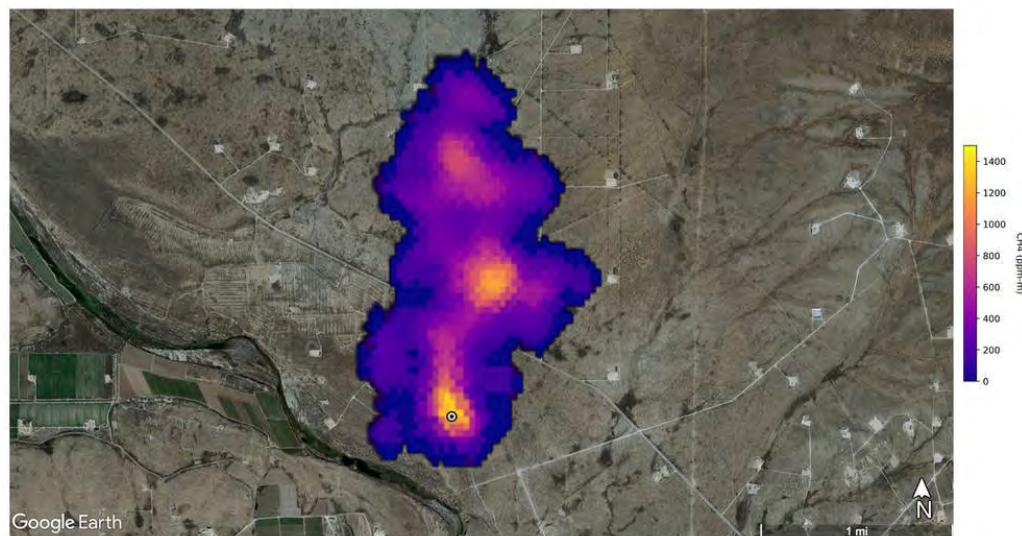
e. メタン・スーパーエミッター

地球上のメタン排出源50カ所以上を特定：NASA（米国）

- 米国NASAは、中央アジア、中東及び米国南西部で50以上の「スーパーエミッター」を特定。
- スーパーエミッターとは、化石燃料、廃棄物又は農業部門で、メタンを大量に放出する施設、機器及びその他のインフラ等。

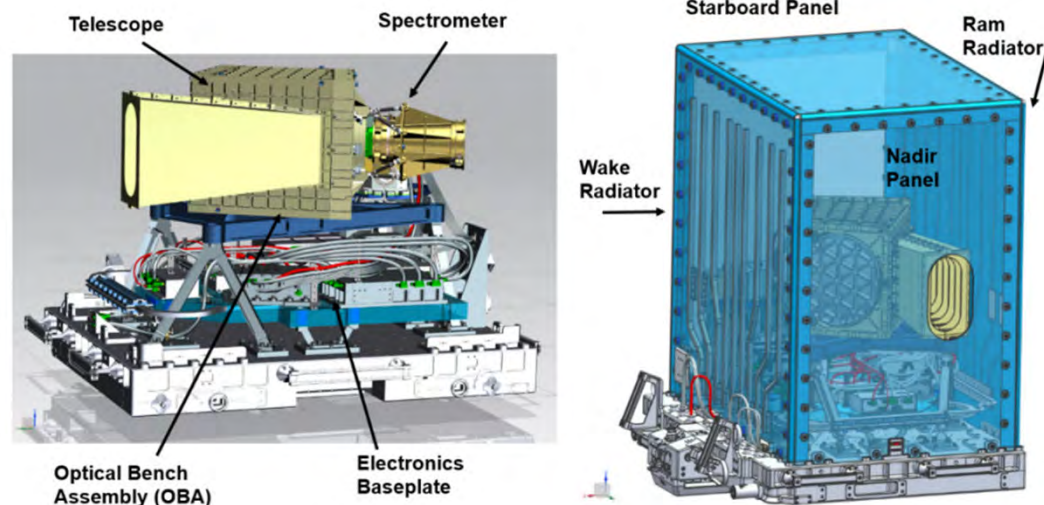
検出されたメタンブルームの例

ニューメキシコ州カールスバッドの南東



出典：NASAプレスリリース WEBサイト
<https://www.nasa.gov/feature/jpl/methane-super-emitters-mapped-by-nasa-s-new-earth-space-mission>

衛星に搭載された地表鉱物粉塵源調査（EMIT）装置

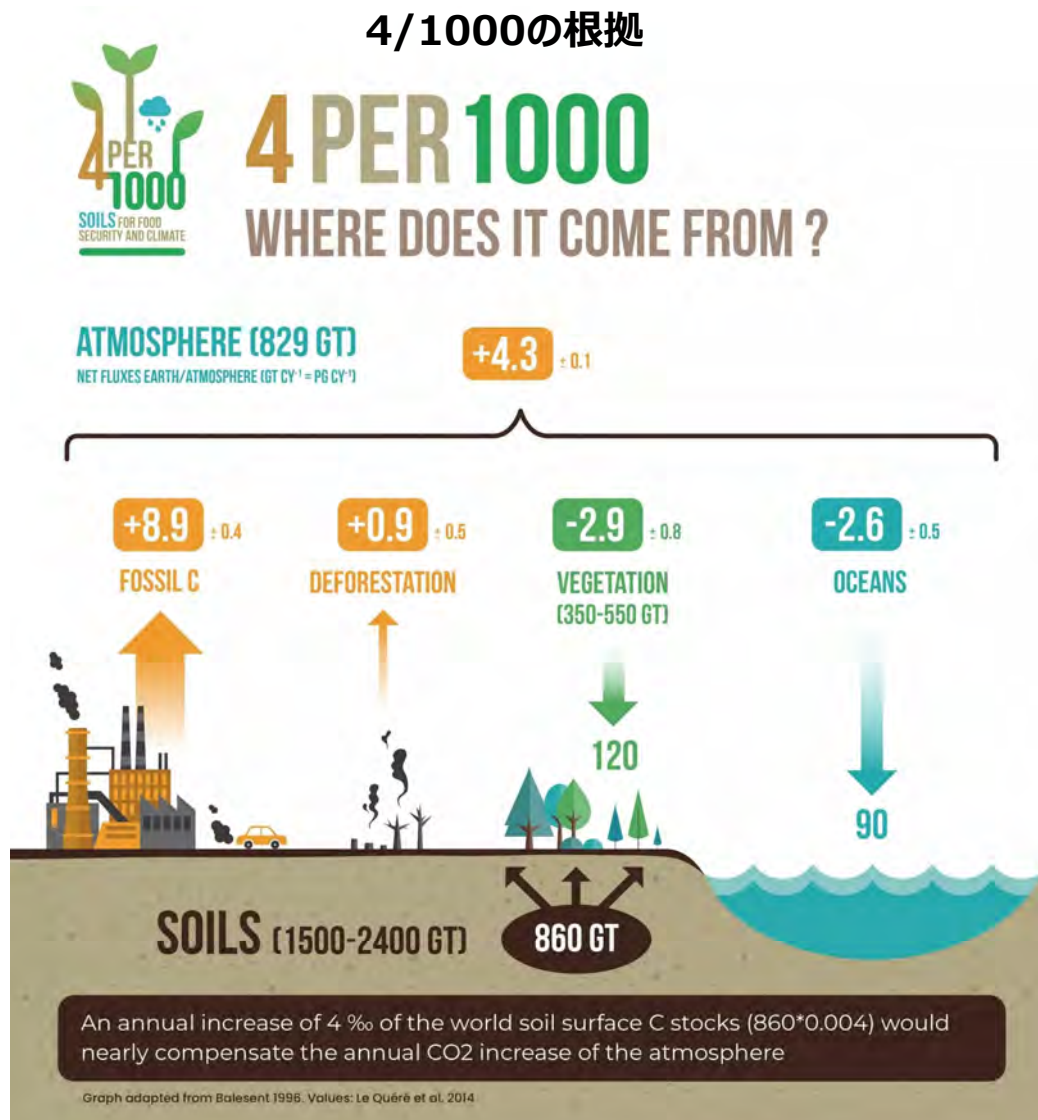


出典：NASAプレスリリース WEBサイト
<https://d2pn8kiwq2w21t.cloudfront.net/documents/EMIT-factsheet.pdf>

f. 4パーミルイニシアチブ

メタン排出量削減に向けたイニシアチブ

- 全世界の土壌中に存在する炭素の量を毎年4/1000増やすことができれば、将来の大気CO₂の増加量をゼロに抑えることができるという計算に基づき、2015年のCOP21で、フランス主導で始まった土壌管理技術などによる土壌炭素を増やす活動を推進する取組。



ビジョン2050

- 気候変動に対処し、飢餓をなくすために、世界中に健康で炭素の豊富な土壌を提供することが目標。
- 104か国より739の会員・パートナー、67の生産者団体が参加。
- 日本からは、14名の科学者からなる科学技術委員会のメンバーとして活動。

出典:4per1000イニシアチブ WEBサイト
<https://4p1000.org/discover/>

g. 各技術の状況分析

持続可能なフードシステムに関する技術レベル（TRL）

- 学術誌Agricultureによる技術レベル（TRL*）に関するシステムティックレビュー（Nawab Khanら、2021）。

フードシステム技術	研究開始	実験的証明	プロトタイプ	実装済み
食用の微細藻類とシアノバクテリア				H
革新的な養殖飼料				H
微生物タンパク質				H
食用昆虫				H
食用海苔				H
耐病害虫性				FPS
栄養強化作物				FPS
垂直農業				I
乾燥・安定化方法				I
ドローン			O	
電池技術			O	
家畜の追跡および閉じ込め技術			DA	
3Dプリント			DA	
気候予測の改善			DA	
トレーサビリティ技術			DA	
農場から農場への仮想市場			DA	
ロボティクス			DA	
病気・害虫の早期警戒			DA	
微生物			H	
マイクロ灌漑/ファーターゲーション			H	
家畜用食品添加物			H	
土壌添加剤			H	
微生物			H	
サーキュラーエコノミー			H	
水産養殖用オメガ3製品			H	
灌漑の拡大			I	
油糧作物			GT	
ゲノム選択			GT	
ゲノム編集			FPS	
持続可能な加工技術			FPS	
生分解性コーティング			FPS	
食品安全技術			FPS	
RNAi遺伝子サイレンシング			FPS	
植物フェノミクス			FPS	
ビッグデータ			DA	
スマホ食品診断			DA	
インテリジェントな食品包装			DA	
モノのインターネット			DA	
土壌センサー			DA	
高度なセンサー			DA	

フードシステム技術	研究開始	実験的証明	プロトタイプ	実装済み
ホロバイオミクス		H		
植物薬		H		
雑草に強い作物		GT		
GMによる家畜化		GT		
ナノエンハンサー		H		
効率性を高める肥料		H		
パーソナライズされた食品		H		
オミックデータの利用		DA		
データ統合		DA		
出生前の性別判定		DA		
現場用ロボット		DA		
人工フェノミクス		DA		
SERSセンサーデバイス		DA		
補助外骨格		DA		
害虫駆除ロボット工学		DA		
全ゲノムシーケンス		I		
微生物コーティング		I		
ナノコンポジット		I		
エレクトロカルチャー		I		
人工肉・人工魚		CA		
分子プリンティング		CA		
ゲノムワイドセレクション		FPS		
復活植物	FPS			
アポミクシス	FPS			
ナノドローン	DA			
ナノテクノロジー	DA			
ナノ農業	H			
人工物	CA			
ナノ肥料	RE			
生態学的生物防除	O			
光合成の再構成	GT			
新しい多年草	GT			
新規窒素固定作物	GT			
合成生物学	GT			

注：デジタル農業（DA）、細胞農業（CA）、食品加工と安全性（FPS）、遺伝子技術（GT）、健康（H）、インプット（I）、強化（In）、その他（O）、代替食品とフィード（RFF）、資源使用効率（RE）。

* TRL（Technology Readiness Level）：技術成熟度

出典：MDPI,Agriculture2021,11(10)984 WEBサイト
<https://www.mdpi.com/2077-0472/11/10/984/htm>

h. 各国の戦略（1）中国

「第14次5カ年計画」における農業のデジタル化を一層推進するための実施計画（中国）

- 中国では、第14次5カ年計画(2021-2025)に基づく農村のデジタル化を推進する実施計画を公表（2022/1）。
- 36Kr（中国最大のベンチャーメディア）によると、政府による農業DXに特化した予算が3兆元（約57兆6500億円）を超えるとの推計。

デジタルビレッジ開発アクションプラン（2022-2025）※一部抜粋

項目	概要
(1) デジタルインフラの高度化	- 農村地域で 4G 基地局の建設、ニーズに応じた5G等ネットワークの拡充 「農業、農村、農民」の特性に適合した情報端末、技術製品、モバイルアプリの開発を奨励
(2) スマート農業の革新と発展	- 農業及び農村の基本データベースの構築を加速し、国家農業及び農村データリソースの「1つのマップ」を構築 - 穀物、綿花、油、果物、野菜、茶、砂糖、豚、乳牛、水産物などの重要な農産物に焦点を当て、産業チェーン全体のビッグデータの構築を促進 - 宇宙と地上の農業観測ネットワークを構築。衛星データの活用とともに、UAVの飛行制御、管理データ高速処理により、地域の高精度観測、緊急対応能力の向上等に寄与 - 農業生産Dx。多くのスマート農場、スマート牧草地、スマート漁業を構築し、画像解析、データ分析、自動制御技術と設備の統合を促進。無人農場のパイロットプロジェクトを推進し、遠隔制御、半自動制御、または自律制御を通じて、農場運営の全プロセスのインテリジェントで無人の操作を実現。 デジタル育種技術の応用を強力に推進し、デジタル育種サービスプラットフォームを構築し、「体験育種」から「精密育種」への転換を加速し、徐々にデザイン育種を展開。 - 動植物の生育情報取得、生産制御機構モデルなどの重点共通技術研究を強化し、多様な使用環境に適応したスマート農業機械設備の研究開発を重点的に推進し、農業の総合研究とシステム実証を推進。農業機械設備の技術革新を強化し、200馬力の無人トラクター、大型油圧傾斜プラウ、精密播種機械、複合操作ツール等を開発

h. 各国の戦略（1）中国

「第14次5カ年計画」農業グリーン開発計画（中国）

- 農業農村部などの中国政府6部門は、2021年8月に「『第14次5カ年計画』農業グリーン開発計画」を公表。
- 生態改善の促進、農村振興の全面的な促進に向けて、重点分野における2025年までの数値目標を掲げ、科学技術及び政策の支援を強化。

「第14次5カ年計画」農業グリーン開発計画における主要指標

カテゴリ	主要指標	2020年実績	2025年目標	属性
農業資源	全国耕地品質等級（等級）	4.76 *1	4.58	予期性
	農業用水の有効利用係数	0.56	0.57	予期性
産地環境	主要作物の肥料使用率（%）	40.2	43	予期性
	主要作物の農薬使用率（%）	40.6	43	予期性
	藁の総合利用率（%）	86	>86	予期性
	家畜・家禽の糞の総合利用率	75.9	80	予期性
	廃プラスチックフィルムの回収率	80	85	予期性
農業生態	荒廃農地処理区の新設面積（万亩*2）	-	1,400	予期性
	東北部黒土地帯の新規保護利用面積（億畝）	-	1	拘束性
供給	グリーン、有機、産地表示農産物の認定数	50,000	60,000	予期性
	農産物の品質と安全性に関する定期モニタリングの合格率（%）	97.8	98	予期性

*1: 2019年のデータ、*2: 1畝 = 1/15ha

h. 各国の戦略（1）中国

「第14次5カ年計画」エコロジカル・ファーム建設促進指導意見（中国）

- 農業農村部は、エコロジカル・ファームの建設を加速し、グリーン農業を促進する低炭素農業への転換のために文書を公開（2022/1/28）。
- 2025年までに、科学的評価、追跡・監視指導サービスを通じて、全国で1000ヶ所の国家版エコ農場を建設し、各省で1万ヶ所の地方版エコ農場を建設し、現代的で効率の良いエコ農業市場の担い手を多数選定・育成し、エコ農業建設技術モデルを普及させることが記載。

エコロジカル・ファーム建設促進指導意見

項目	概要
(1) エコロジー農業の市場プレイヤーを多数育成	有力企業、協同組合、家族経営の農場などが自発的な宣言を行い、専門家の評価、現場の評価などを通じて総合的な評価を受けて、エコ農業市場のプレイヤーとして登録。グリーン・エコブランドの育成
(2) エコロジー農業技術モデルを推進	エコロジカル・ファームを主体として、農地の品質保護と改善、汚染回復、化学肥料と農薬の削減、有機肥料への転換、生物防除などの技術、エコロジカル・コリドー 稲藁、家畜・鶏糞、廃プラスチックフィルム等の農業廃棄物資源利用技術、農産物のクリーン加工、省エネ貯蔵、低炭素輸送等のグリーン貯蔵・輸送技術など、エコ農場をめぐる一連の技術市場を向上させモデルを形成
(3) エコロジー農業支援策を検討	エコロジカル・ファームを主体として、藁活用、有機肥料の施用、土壌再生、化学農薬の削減と効率化、家畜・鶏糞の削減と汚染軽減、水田のメタン、農地の亜酸化窒素、動物の腸からのメタン、家畜・鶏糞管理のメタン、亜酸化窒素排出の軽減を中心とした低炭素補助等を検討
(4) エコロジー農業のモニタリングシステムを構築	- 生態農場に生産と運営の全過程を正確に記録する台帳の整備を促進 - 化学肥料と殺虫剤の削減、わらの総合利用、家畜と鶏糞の資源利用、エコロジカル・ファームにおけるプラスチックフィルムのリサイクルの状況をタイムリーに確認。農業のインプットとアウトプットの収支を分析し、エコ農場の追跡と評価を強化

出典:「エコロジカル・ファーム建設促進指導意見」を基に仮訳・まとめ
http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-02/10/content_5672847.htm

h. 各国の戦略（２）シンガポール

30×30計画

- シンガポールは国内の食料自給率を現在の10%から、2030年までに30%に引き上げる「30×30計画」を表明（2019）。
- リム・チュ・カン地域をハイクテック農業食品ゾーンとして設計しモデル地域としていく計画や、南部の水域を養殖場に開放する計画、フードテックのスタートアップ育成支援等を実施。

ハイクテック農業食品ゾーン計画



再開発された Lim Chu Kang エリアがどのように見えるかの例。(クレジット: Ching Wai Lum、Temasek Polytechnic、School of Design)

出典:シンガポール政府 WEBサイト
<https://www.ourfoodfuture.gov.sg/master-planning-lck/ourvision>

h. 各国の戦略（3）イギリス

持続可能な農林業への転換促進支援政策（イギリス）

- イギリスでは、環境・食料・農村地域省が持続可能な農林業を営む農林家への新たな助成金制度を導入し、農家への農法転換を促進。
- ビジネス・エネルギー・産業戦略省は、CO₂排出量削減のためのAI活用を支援する新たなイノベーション・プログラム「脱炭素のためのAIプログラム」を開始。農業分野での排出量削減を可能にするAI活用等も拠出分野。

イギリスにおける持続可能な農林業関連政策

担当省庁	項目	概要
環境・食料・農村地域省	持続可能な農業奨励金（SFI）	- 排水改善、生物多様性、二酸化炭素排出量削減、動物福祉等を、持続可能な農業と定め、農家に助成。 - 助成支給は、申請参加が前提。今後助成金額を1ha当たり20ポンド、年間最大1,000ポンド（約16万円）まで増額させる方針。 - 現状の助成金額。（下記各レベルの金額はいずれも1ha当たり） ✓ 園芸農業地：初級レベル 22ポンド、中級レベル 40ポンド ✓ 草地：初級レベル 28ポンド、中級レベル 58ポンド ✓ 酸性土壌荒地：初級レベル 10.30ポンド、年間で追加で265ポンド
	カントリーサイド・スチュワードシップ（CS）	- イングランド地方の農家向け環境改善に活用可能な助成金で、大気汚染対策や水質改善、生物多様性保全等に3年間の設備投資に活用可能。 - SFI適用外の農地でも申請が可能。
	プロテクション&インフラストラクチャー助成金	10年間の森林計画策定で英国林業規格（UKFS）に準拠すると助成金を獲得可能。
ビジネス・エネルギー・産業戦略省	脱炭素のためのAIプログラム	- 政府の「ネットゼロ・イノベーション・ポートフォリオ」予算10億ポンドから、150万ポンドを振り分け。 2段階構成で、2025年3月までにAIとカーボンニュートラルに関して最大50万ポンドを拠出。次に、最大100万ポンドをカーボンニュートラル支援AI技術開発プロジェクトに提供。