農業の脱炭素の可能性と金融の役割

2023年7月19日
株式会社農林中金総合研究所
リサーチ＆ソリューション第1部
サステナビリティ・ソリューション・チーム
髙山航希

自己紹介

報告者について

- 2012年、博士（農学）を取得し、農林中金総合研究所に研究員として入社。
- 大学院では農業経済学を専攻。農業金融、農業投資、農業の生産性等について研究。
- 農中総研では、農業金融を含む「JAバンク」の事業環境についての調査・研究が主。
- 2022年からは「サステナビリティ・ソリューション・チーム」にも所属し、金融機関や農業の気候変動緩和やサステナブル経営に関する戦略の調査・研究も行う。

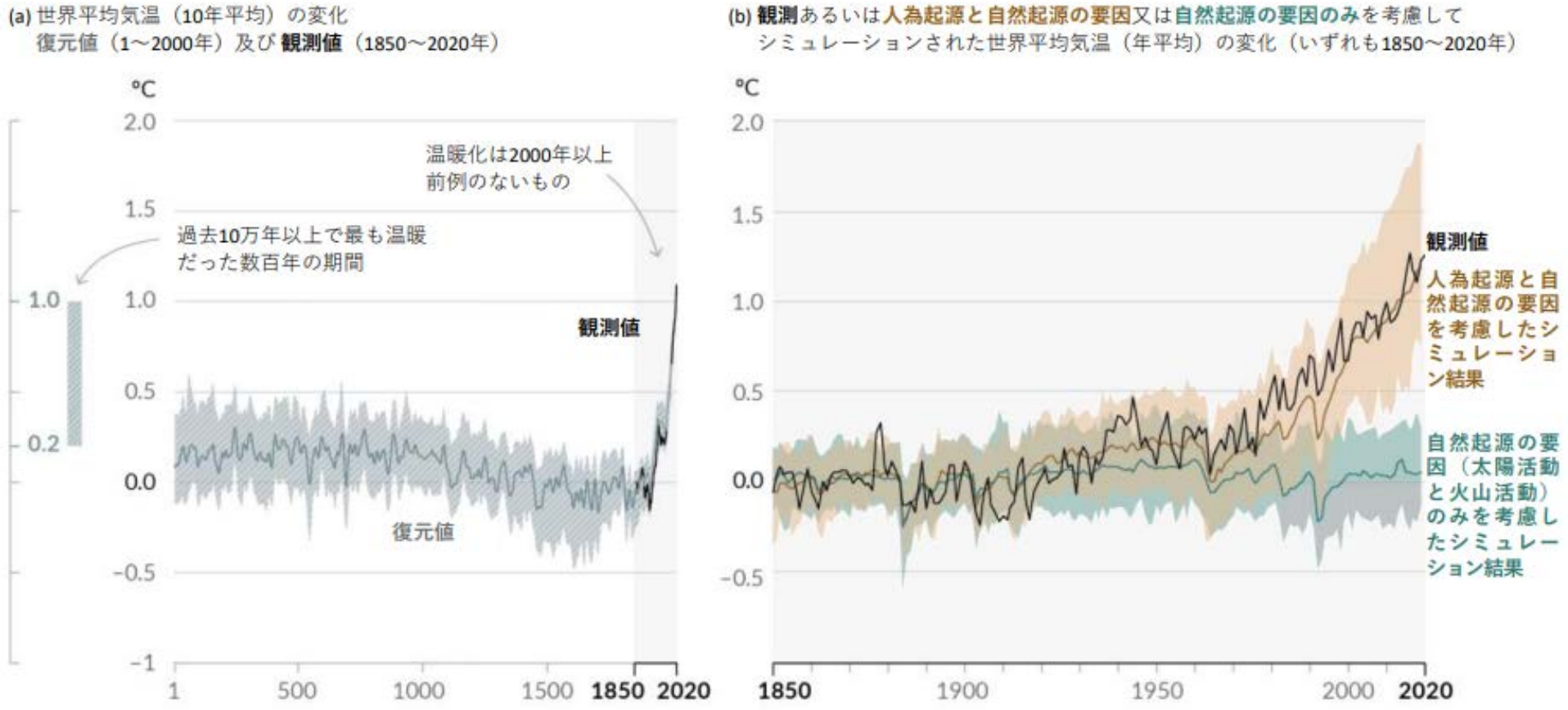
今日お話しする内容

- 世界と日本の農業部門の温室効果ガス（GHG、greenhouse gas）排出量は少なくない
- 一方、農業部門のGHG排出量削減策には様々なものがあり、削減のポテンシャルも大きい
- 農業部門におけるGHG排出量削減を促進する動機づけ策も、実施され始めている
- しかし課題もいくつか指摘されており、農業部門がGHGを削減するための資金はその一つ
- 海外の事例を見ると、政府や国際機関の資金をうまく使った仕組みを構築することで、民間資金を呼び込み、農業のGHG削減プロジェクトに資金を付けている
- 日本においてもこうした取組みが求められる。それが農業金融界のビジネスチャンスになる可能性もある

※主に文献調査から、「将来の可能性」や「あるべき方向性」を探ります

世界の平均気温は人為によって上昇してきた。

1850～1900年を基準とした世界平均気温の変化



資料　IPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 日本の気象庁による暫定訳
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WGI_SPM_JP.pdf

気候変動対応

気候変動対応には「緩和」（mitigation）と「適応」（adaptation）の2つがあるが、今日は主に「緩和」を対象にする。

緩和 mitigation

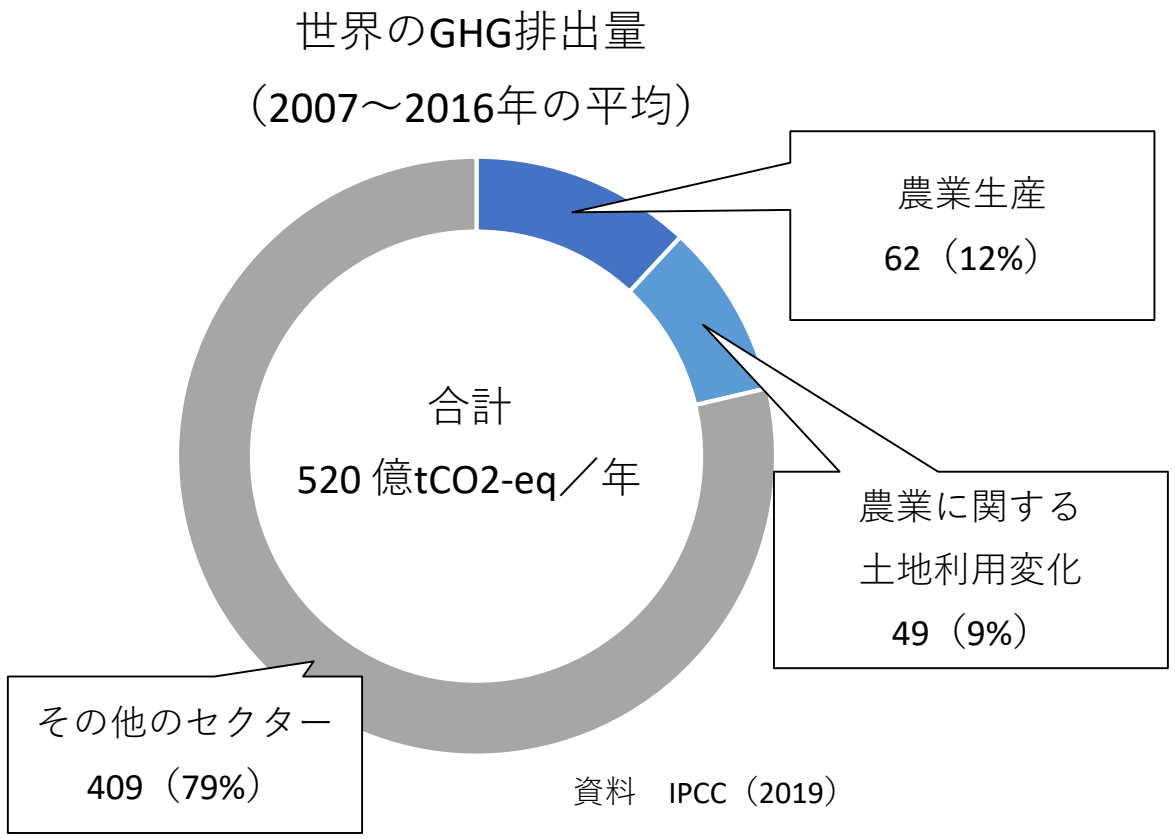
- 経済・社会のシステムを変えて、気候変動を遅らせる・止める・逆転させる。
- 例：温室効果ガス（GHG、greenhouse gas）排出量の少ない栽培技術を採用する。

適応 adaptation

- 起きてしまった・これから起こりそうな気候変動に経済・社会のシステムを合わせる。
- 例：高温に耐性のある品種を採用する。

世界の農業部門の温室効果ガス排出量

世界の温室効果ガス排出量のうち、農業部門は111億tCO_2-eq/年、全体の21%（土地利用変化を除いた農業生産のみでは62億t/年、12%）を占める。少なくとも無視はできない量。



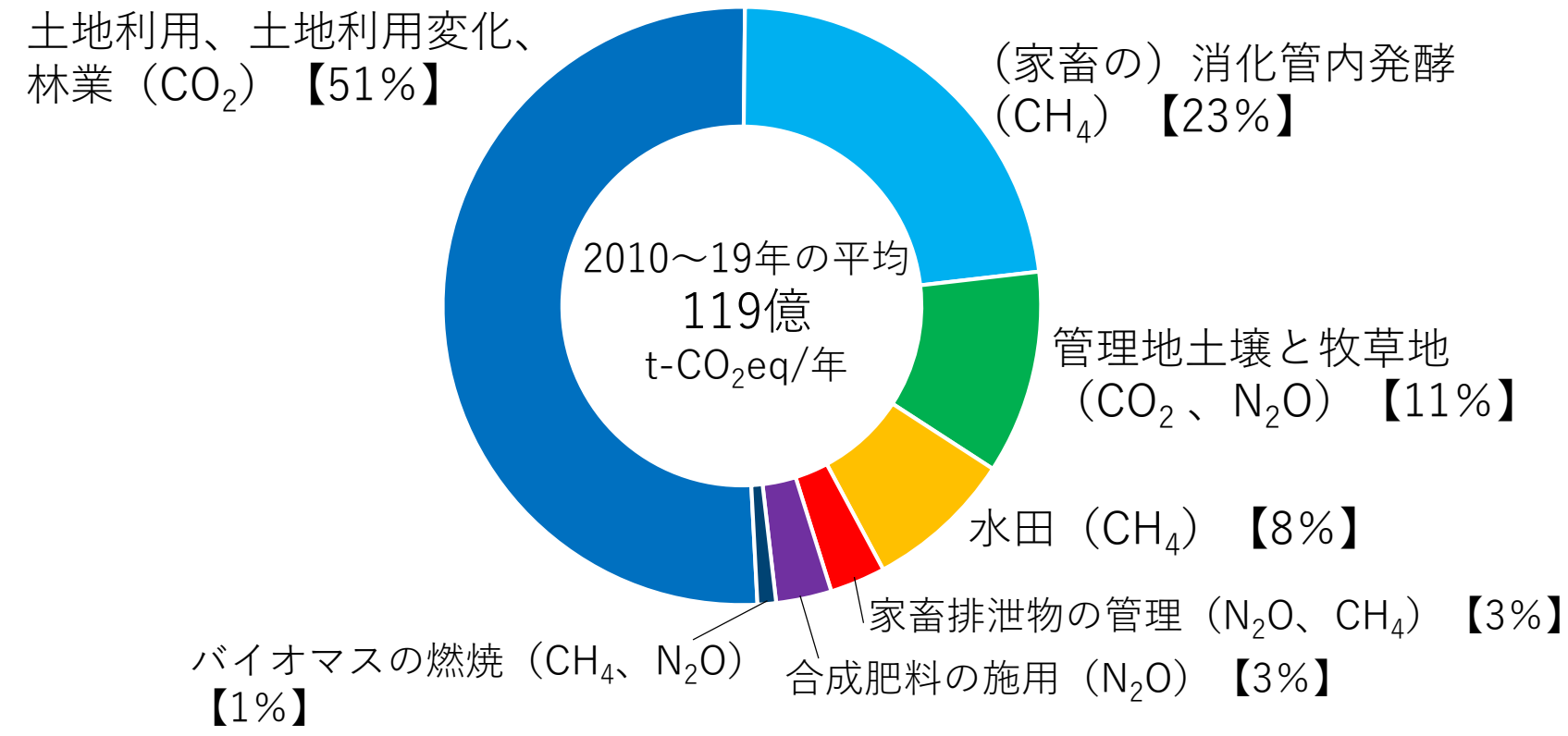
「tCO_2-eq」はGHG排出量の単位であり、重量を表す「t」（=1,000kg）に、二酸化炭素換算量であることを表す「CO_2-eq」が付属している（eqは、等価や同等といった意味の英単語equivalentの略）。GHGには二酸化炭素（CO_2）、メタン（CH_4）、一酸化二窒素（N_2O、亜酸化窒素とも）等がある。数値は研究によって若干異なり、例えばIPCC AR4ではメタンと一酸化二窒素にそれぞれ25倍と298倍、AR5では28倍と265倍、AR6では27倍と273倍が採用されている。こうした値を使い、二酸化炭素を標準として諸々のGHG排出量を換算したものがtCO_2-eqである。

（農業セクターのみに焦点をあてるため、第5次評価報告書の推計値を使用）

農業部門の温室効果ガス排出の内訳

内訳としては、「土地利用、土地利用変化、林業」が最多で半分以上を占める。「消化管内発酵」「管理された土壌と牧草地」「稲の栽培」までで9割を超える。

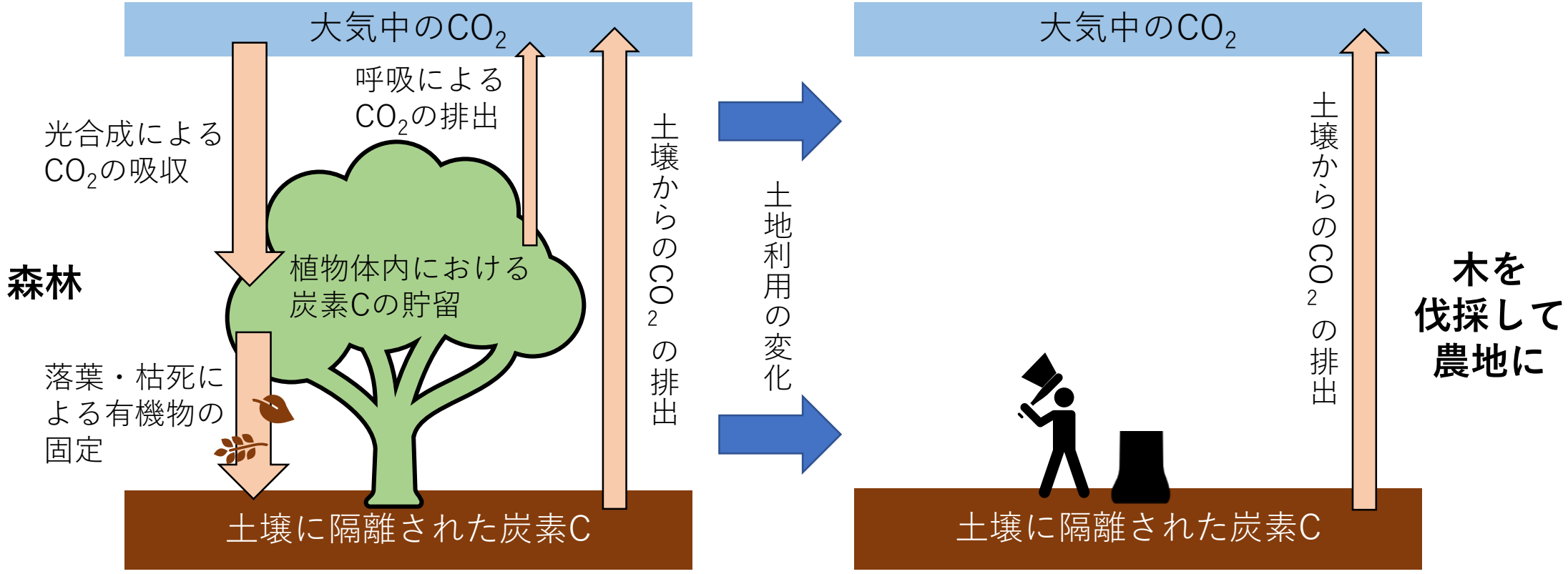
世界のAFOLU部門（農業、林業、その他の土地利用部門）のGHG排出量



資料　Nabuurs et al. (2022)（IPCC第6次評価報告書第3作業部会報告書の第7章「農業、林業、その他の土地利用」）

土地利用変化によるGHG排出

土地利用変化によるGHG排出とは、簡略化すると、下図のようなもの。森林以外では、泥炭地や湿地を排水して農地にした場合なども土壌から大気中へのCO_2排出が優勢となる。



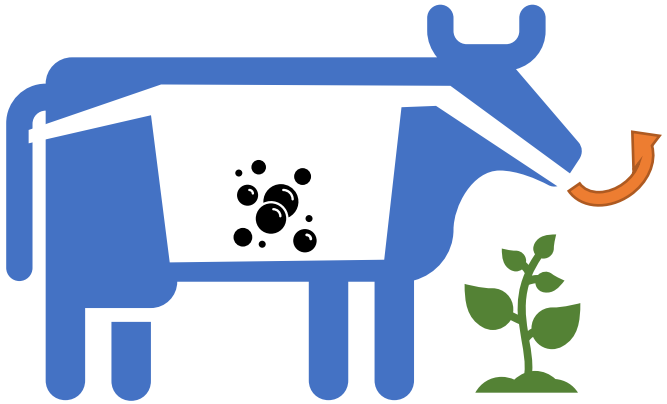
下向き矢印（炭素隔離）の量と
上向き矢印（炭素排出）の量の
バランス

森林がなくなると
上向き矢印（炭素排出）が
優勢となる

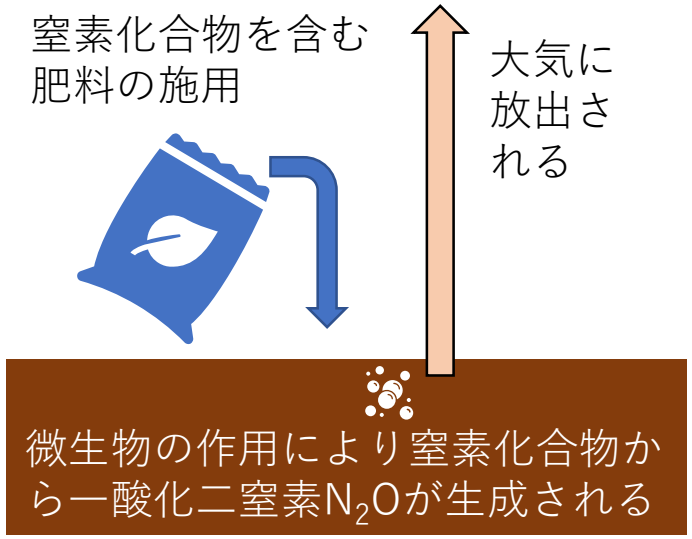
消化管内発酵、管理地土壌、水田による温室効果ガス排出とは、それぞれ次のようなもの。

消化管内発酵によるメタン（CH_4）排出（牛の例）

食べた物を消化する過程で
微生物による発酵を利用
→メタンが生成

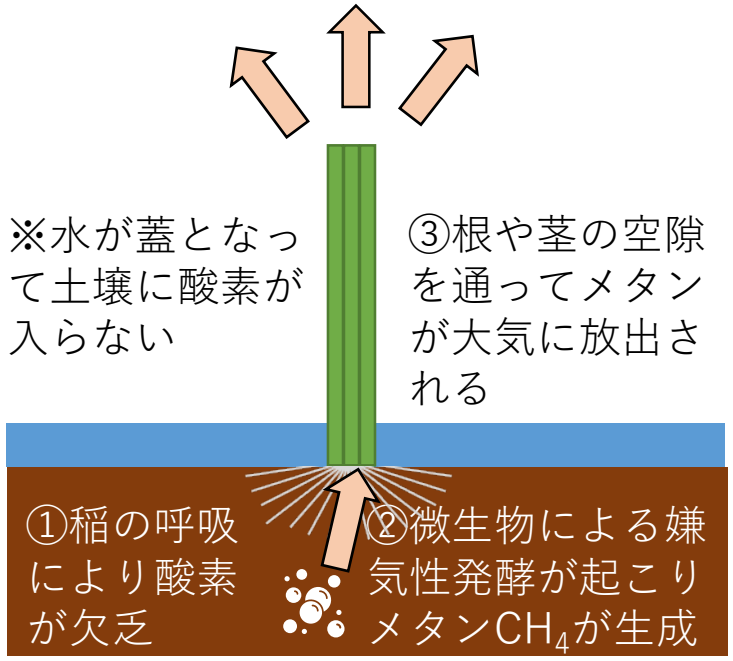


管理地土壌からの一酸化二窒素（N_2O）排出



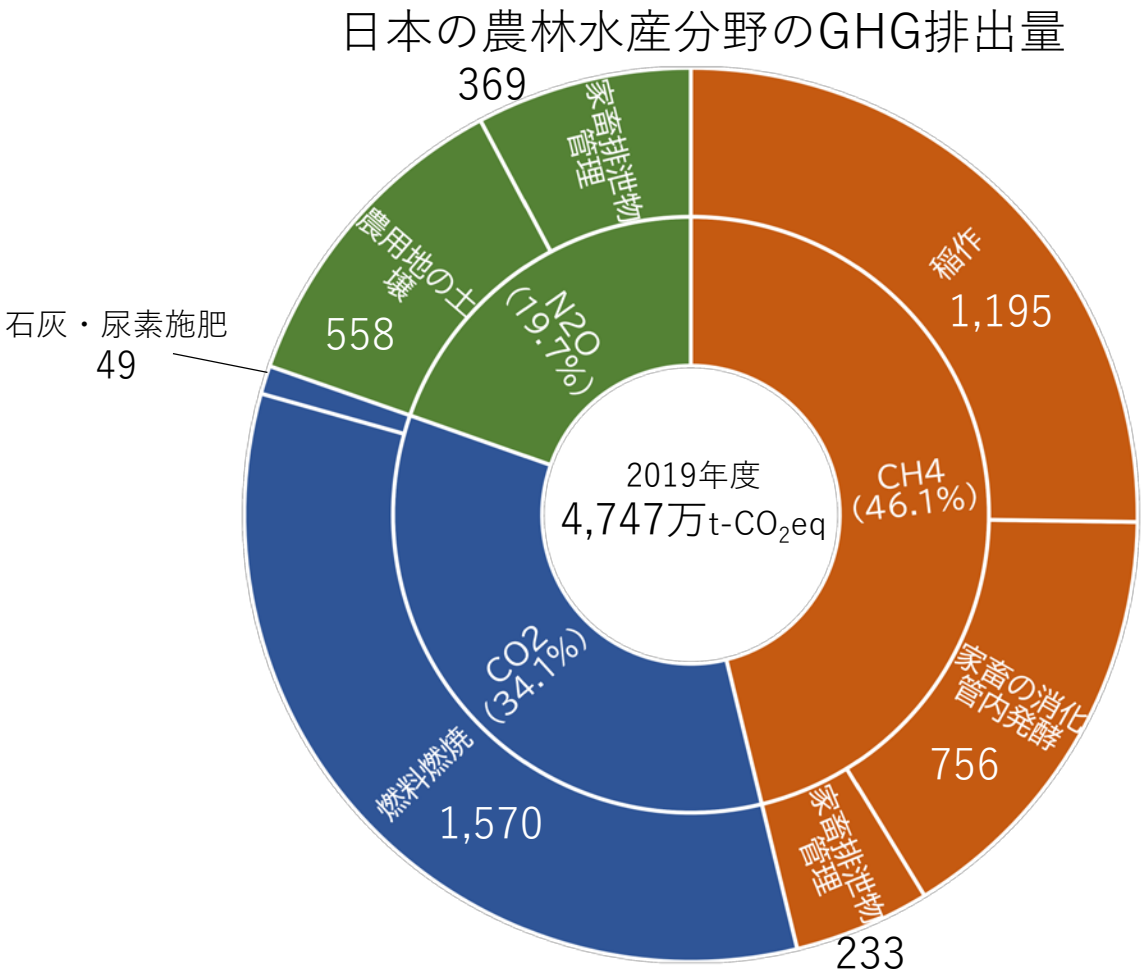
※窒素の人為的な供給源は肥料（化成、有機）以外にもある

水田からのメタン（CH_4）排出



日本の農林水産分野のGHG排出量

日本では、割合としては稲作のCH_4排出が多い。また、家畜に関するGHG排出も多い。



資料　農林水産省ウェブサイト「みどりの食料システム戦略参考資料」（データ出典　温室効果ガスインベントリオフィス、GIO）

農業部門のGHG削減の難しさ

- 世界人口はしばらく増え続けるため、食料生産は拡大させ続ける必要がある。
- しかし、気候変動を緩和するためにはGHG排出量を減らす必要がある。
- この2つの目的を同時に達成しなければならない。
- したがって、「緩和のために生産量を減らす」という戦略がない。

- また、農業生産過程で排出されるGHGは土地利用変化によるCO_2排出が多く、またメタンCH_4や一酸化二窒素N_2Oも多い。
- これらは排出量のMRV（測定measurement、報告reporting、確認verification）の難しさを生む要因となる。

農業部門の緩和戦略

農業部門の緩和戦略は大きく4つある。

土壌への炭素の隔離

土壌に隔離される炭素Cの量を増やす。→その分、大気中の二酸化炭素CO_2が減る。

GHG排出量の削減

農業生産過程で大気中に排出されるGHGの量を減らす。

バイオ燃料

使用する化石燃料をバイオ燃料で置き換える。

需要サイド対策

需要者に働きかける。

Nabuurs, et al. (2022)は、AFOLUセクターの緩和技術を次のように分類している。

農業部門向け

土壌への炭素の隔離
- 耕地における土壌炭素の管理
- 牧草地における土壌炭素の管理
- アグロフォレストリー（Agroforestry）
- バイオ炭の施用

GHG排出量の削減
- 消化管内発酵の削減
- 糞尿の管理
- 耕種の施肥管理
- 水稲管理の改善

バイオ燃料とBECCS

需要サイド対策
- フードロスと食料廃棄物の削減
- 持続可能で健康な食生活への移行
- 木製品利用の改善

森林とその他の生態系向け

防御
- 森林破壊と土地の劣化を減らす
- 沿岸湿地の変換を減らす
- 泥炭地の劣化と変換を減らす
- 牧草地とサバンナの劣化と変換を減らす

管理
- 森林管理の改善
- 火災の管理（森林や牧草地、サバンナ）

回復
- 森林化、再森林化、森林のエコシステムの回復
- 沿岸湿地の回復
- 泥炭地の回復

農業部門の緩和技術色々①

耕地における土壌炭素の管理

- 耕種の取扱い：土壌への炭素隔離量を増やす取組み（品種改良、輪作、カバークロップの利用、森林農業を含む多年生作付体系、（耕畜）統合生産システム、作物多様化、農業バイオテクノロジーなど）
- 土壌養分管理：有機資材や緑肥など
- 耕起の削減と作物残渣の保持
- 水管理の改善：鉱質土壌の排水、乾燥・半乾燥状態の作物への灌漑
- 水稲の取扱いの改善
- バイオ炭

牧草地における土壌炭素の管理

- 植生の管理：牧草の種類を増やす、芝生の構成の改善、深根性の牧草、生産性の向上、土壌養分の管理
- 動物の管理：適切な飼養密度、飼料バンク、飼料の多様化
- 火の管理：持続可能な牧草地管理に向けた火の使用の改善（火事の予防、野焼きの改善）

耕地および牧草地における土壌炭素管理を実施するうえでの課題等

- 課題は多くない。コストは低く、技術は世界中で利用可能であり、社会文化的あるいは制度的な障壁も低い。しかしモニタリングと評価の難しさは課題。
- 非常に乾燥した地域などでは効率性が落ちることなどが留意点。

資料　Nabuurs et al. (2022)

アグロフォレストリー（Agroforestry）

- 木（灌木を含む）を耕種の栽培や家畜と時間・空間的に統合する取組み。
- 木の植生が土壌に炭素を隔離する。
- コベネフィットとして、土地生産性の向上、生計の多様化、土壌浸食の減少、水質の改善、地域の気候が快適になることが挙げられる。
- 一方で、農業体系に木や灌木を導入することは、食料生産や生物多様性、地域の水資源に悪い影響を与えるおそれがあり、また社会の不平等を拡大するおそれもある。
- 生物物理学的・社会文化的な要素が障壁となりうる。水の利用可能性、土壌の肥沃度、種子や遺伝資源へのアクセス、農家の主体性に関わる農地政策や所有権、金融へのアクセス、その土地での最適な種を選ぶための情報など。
- その土地の生態系や社会や文化と適合した方法をとる必要があることが留意点。

資料　Nabuurs et al. (2022)

農業部門の緩和技術色々③

バイオ炭（biochar）

- バイオ炭は酸素を遮断した環境で有機物を熱すると得られる（熱分解とガス化）。原料は林業や製材所の残余物、わら、堆肥、下水汚泥など。バイオ炭は土壌に施用すると数十年～数千年、残留する。
- 土壌に施用するためのバイオ炭に加えてバイオ燃料を製造するシステムは、バイオ燃料単体やバイオ炭をその他の用途に使うのに比べて緩和効果が高く、CO_2削減戦略として認識されている。
- バイオ炭は土壌中の炭素や植物の根分泌物を安定させるため、追加のCO_2削減効果がある。
- さらに追加の緩和効果を生むものとして、熱分解によるガスを化石燃料の代わりに使えるほか、バイオ炭を施用した土壌はN_2O排出量が減少すること、土壌からの窒素の滲出や揮発が減少するため窒素肥料投入量が少なくて済むこと、バイオ炭をコンポストに混ぜるとGHG排出量が減ること、が挙げられる（水稲栽培でバイオ炭を施用するとN_2O排出量は平均20～40％減少、CH_4はやや減少）。
- コベネフィットとして、陽イオン交換容量が小さい（「やせている」）砂質土壌や酸性土壌に施用すると単収が増加することや、土壌の保水性や窒素利用効率や生物窒素固定の向上、有機汚染物質や重金属の吸着、堆肥の臭気の減少、森林燃料負荷の管理が挙げられる。
- バイオ炭を反芻動物の餌に混ぜるとメタン排出量が減る可能性がある。
- バイオ炭の利用拡大の課題は、投資が不十分なこと、大規模な生産施設が少ないこと、小規模では生産コストが高いこと、合意の取れたMRV（モニタリングと報告と検証、monitoring, reporting and verification）手法がないこと、そして知見と規格と品質管理が限られているために利用者からの信頼が制約されていること。
- バイオ炭の種類と使用する土壌によって効果が大きく変わることが留意点。

資料　Nabuurs et al. (2022)

消化管内発酵

- 家畜の消化管内発酵によるメタンCH_4生成を抑える方法としては、①飼料の改善（粗飼料を濃厚飼料に変える等）、②飼料にサプリメント・添加物・ワクチンを与える、③家畜の品種改良がある。
- コベネフィットとして、③品種改良には、気候変動への適応の強化とフードセキュリティの向上が挙げられる。
- 実施の課題としては、②サプリ等の場合、与え続ける必要があること、コストの高さ、動物に好まれるか、毒性の有無、消費者が受容してくれるか、法的な認可が得られるか、放牧しているとき動物がちゃんと摂取しているのを確認できるか（摂取させることができるか）、等が挙げられる。また、①粗飼料を濃厚飼料に変える場合、生態系へのネガティブなインパクトや濃厚飼料製造時のGHG排出がある。
- とくに②に関しては開発途上のものも多い。

資料　Nabuurs et al. (2022)

農業部門の緩和技術色々⑤

耕種栽培における養分管理

- 土壌の養分の管理を改善すると、一酸化二窒素N_2O排出量が減る。
- 具体的には、施肥の最適化、異なる肥料（有機堆肥、コンポスト、合成）を組み合わせて使うこと、緩効性の肥料や硝化抑制剤などが技術として挙げられる。
- 技術の個別の実践に加え、輪作や窒素の生物固定、不耕起、カバークロップ、堆肥や微生物肥料の利用、土壌検査や理解しやすい窒素管理計画といったものを組み合わせた、統合的な養分管理が、施肥の最適化、養分吸収の強化、潜在的なN_2O削減の中心であることが示唆されている。
- こうした取り組みの間接的な効果として、合成肥料の製造過程によるGHG排出量が減少する。
- 例えば「4R施肥推進運動」なども、こうした取り組みに含めて考えられる。
- コベネフィットとして、土壌の質の改善（特に堆肥や作物残渣やコンポストを使ったとき）、土壌やバイオマスへの炭素隔離、土壌の保水力、気候変動適応能力、単収、農家の収益、水質、空気の質といったものの向上・改善、さらに一部では農地の節約が挙げられる。
- 一方で、特定の条件で単収が低下するリスクも存在するため、実践する場合には土壌養分の現状を考慮することが求められよう。
- 加えて、場合によって、実践が難しかったり、費用が高かったり、専門性が必要なことがある。

資料　Nabuurs et al. (2022)

水田の管理

- 水田から排出されるGHGは酸素欠乏によるメタンCH_4が主だが、一酸化二窒素N_2Oもある。
- 緩和技術としては、①水管理の改善（間断灌漑や中干しなど）、②作物残渣（稲わら等）の管理、③施肥の適正化（緩効性肥料や、特定の栄養素に特化した肥料の施用など）、④土壌の改良（バイオ炭や有機資材）が挙げられる。
- コベネフィットとしては、水利用の効率化、水利用量の削減、旱魃への適応とレジリエンスの強化、単収の増加、種子・農薬・水のくみ上げ・労働に関する生産費の削減、農家収益の増加、米生産の持続可能性の促進が挙げられる。
- 留意点として、メタンCH_4排出量削減のために間断灌漑（や中干し）を実施すると、N_2O排出量は増えるため、緩和効果が一部相殺されてしまうことが挙げられる。
- 障壁としては、Ⓐ土壌の種類、水の浸透と漏出の率、降水量の変動、水路や灌漑インフラの状況、土壌表面の高さ、水田の面積といった、その場所特有の要因による制約（様々な条件によって緩和効果が大きく変わりうること）や、Ⓑ農家の理解、ポンプ場の所有権、水管理の仕方を近隣の農家やポンプ場で合わせることといった社会的な要素が挙げられる。

資料　Nabuurs et al. (2022)

農業部門の緩和技術色々⑦

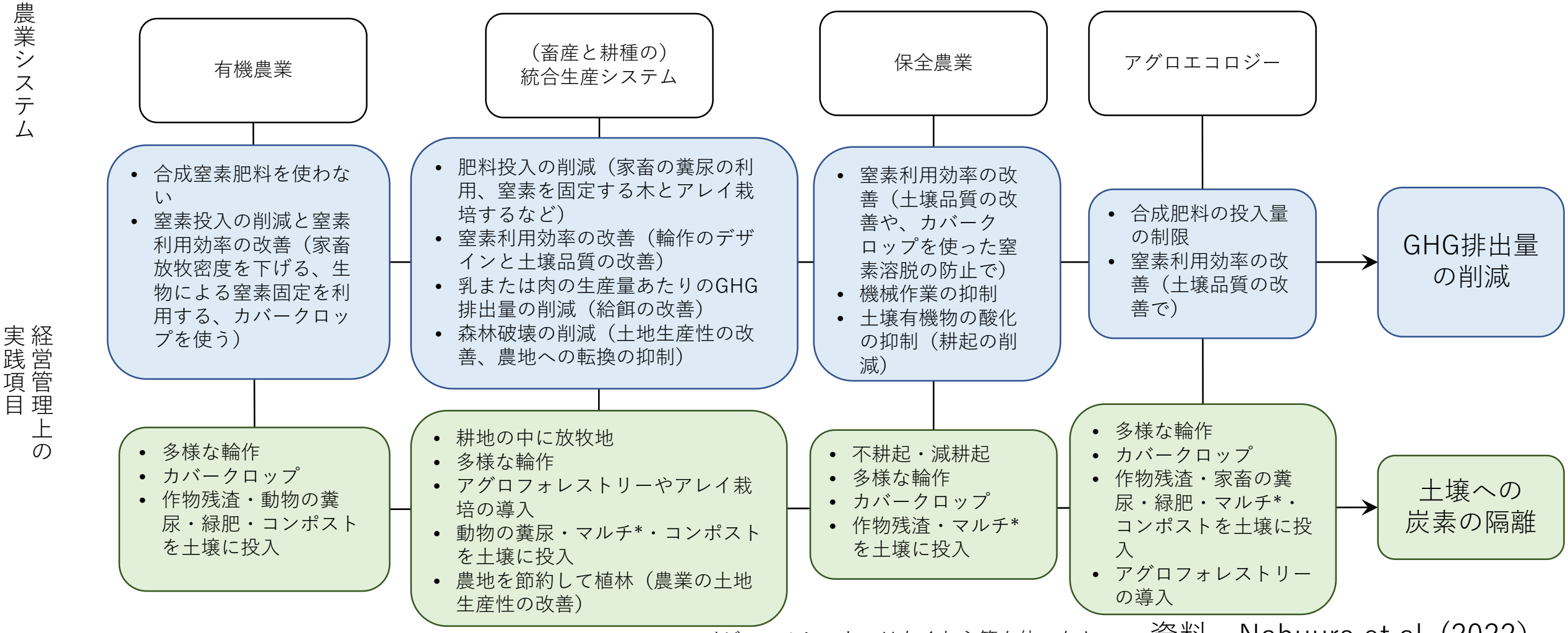
需要サイド対策

- 「持続可能で健康的な食生活」、フードロスの削減、木製品利用の改善の3つがある。
- 「持続可能で健康的な食生活」とは、個人の健康とウェルビーイングの全ての側面を増進する食事パターンのこと。環境への負荷とインパクトが低く、アクセス可能で、手ごろで、安全かつ公正であり、文化的に受容可能なもの。
- 端的に言うと、植物性食品の消費を増やし、動物性食品（特に反芻動物のもの）を減らす。具体的には、地中海食、ベジタリアン食、ヴィーガン食など。
- 気候変動の緩和に効果があるだけでなく、森林や土地に対する圧力を減らし、生物多様性や地球の健康（planetary health）の維持、途上国におけるある種の栄養不良（低栄養や微量栄養素の欠乏、肥満など）の改善にも有効である可能性がある。心血管疾患、2型糖尿病、食生活に起因する非感染性疾患にも効果ある。
- 一方で、こうした食生活への移行は、農業部門の経済的安定性を揺るがすおそれがある。
- そのため食生活の移行のためには、農業、健康、環境政策を統合した、フードシステムに向けた効果的な政策を必要とする。また、消費者行動を変えるためには、金銭的・非金銭的な動機付けと、意識向上のためのキャンペーンが必要。

資料　Nabuurs et al. (2022)

農業部門の緩和技術色々⑧

別の考え方として、「農業システムアプローチ」は、近代的な慣行農法を維持しつつ前頁のような緩和手法を取り入れるのではなく、慣行農法から新しい農業システムに移行するもの。

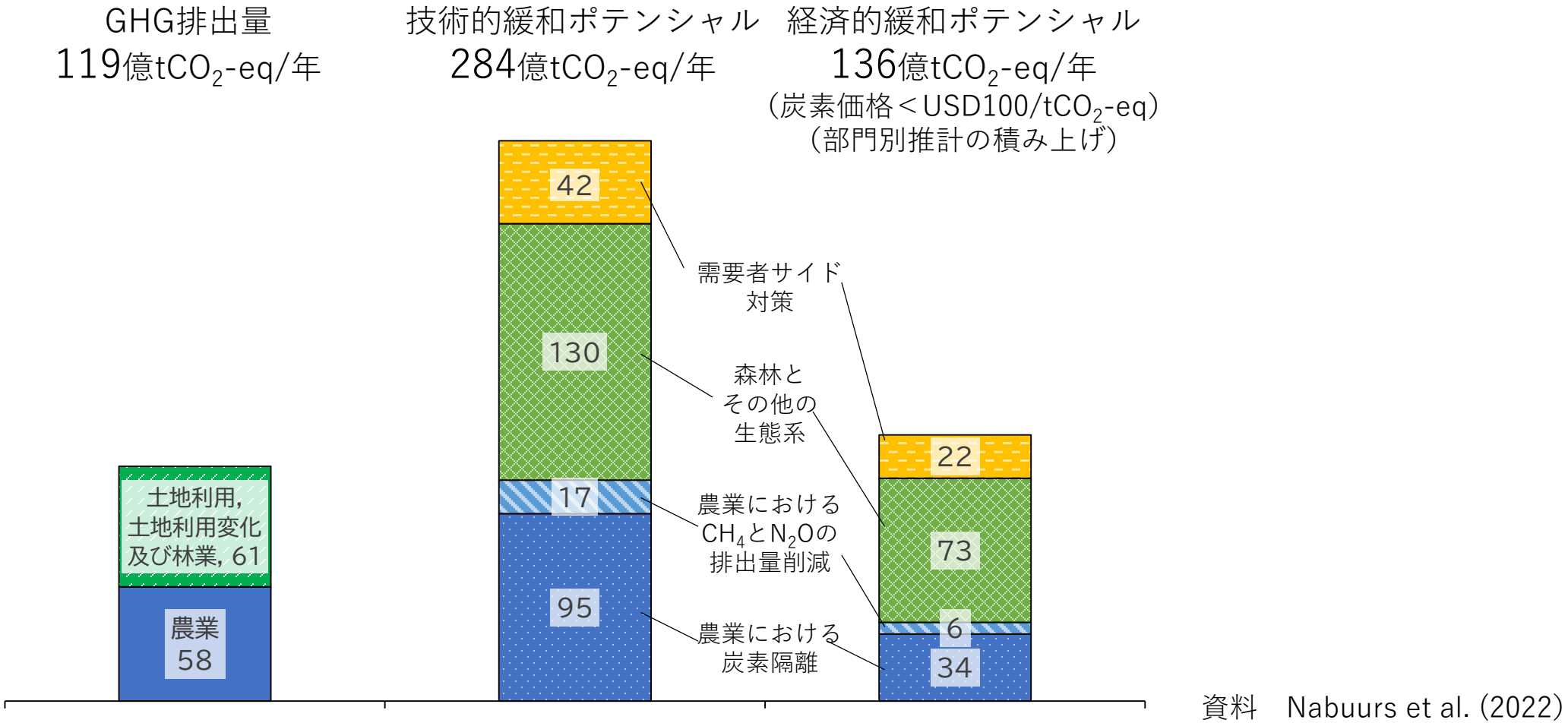


*ビニールシートではなくわら等を使ったもの　資料　Nabuurs et al. (2022)

AFOLU部門の緩和ポテンシャル

緩和技術をフル活用すると、AFOLU部門の緩和ポテンシャルは排出量を上回るという推計も。

AFOLU部門のGHG排出量と緩和ポテンシャル



資料　Nabuurs et al. (2022)

農業部門の緩和技術の小括

農業部門（AFOLU部門）の緩和技術について、以下のようなことが言えそう。

- 農業部門（AFOLU部門）の緩和ポテンシャルは大きい。
- とくに農業においては土壌への炭素隔離のポテンシャルが大きい。
- すぐに実践できそうな技術も少なくない。
- 最新の機械・施設や資材を必要としたり、高い費用がかかったりするとは限らない。
- コベネフィットとして、コスト削減や土地生産性向上により農家の収益を増やしうるもの、レジリエンスを高めるものもある。
- 注意点としては、その土地その土地の土壌の質や気候などの条件によって、効果が大きく異なる。

気候変動対応農業

なお、気候変動対応農業（Climate Smart Agriculture）という概念も考えられている

◘世界銀行やFAOなどの国際組織も提唱する。次の両立を目指す農業。

1. 生産性の向上
2. レジリエンスの向上
3. GHG排出量の削減

緩和策の動機づけ

緩和策を進めるためには何らかの動機づけが必要。そのメインとして考えられるのは、政策。

- 一般論として、産業からのGHG排出が気候変動を生んでいることは「市場の失敗」であるため、解決には政府による市場への介入が必要である。
- 政策手段には次のようなものがある。

カーボンプライシング	生産者への補助
需要者への働きかけ	（生産性の向上策）

など

カーボンプライシングとは

カーボンプライシングは、炭素排出の外部費用をとらえる仕組み。炭素排出によって社会が負担するコスト（地球温暖化）を、排出している事業者に価格を通じて転嫁するもの。

①排出量取引制度（ETS、emission trading system）

- 排出量取引制度とは、炭素を排出する事業者が割り当てられた排出量を排出量取引市場で売買できる制度。
- 主に「キャップ＆トレード」と「ベースライン＆クレジット」の2つのタイプがある。
- 前者では、ETS全体の排出量上限を設定し、それを各事業者に排出可能量として無料もしくはオークションによって割り当てる。割り当てられた排出量は市場を通して事業者間で売買できる。
- 後者では、各事業者に炭素排出量のベースラインを設定する。実際の排出量がベースラインを下回った事業者にクレジットを付与する。クレジットはベースラインを上回ってしまった事業者に市場を通して売ることができる。
- いずれの場合でも、政府は排出量を設定する。炭素価格は市場で決まる。

②炭素税

- 事業者が排出する炭素の量に課税する。
- 政府は排出量を設定するのではなく、炭素価格（排出量1tあたりの炭素税率）を設定する。

③RBCF（結果に基づく気候ファイナンス、results-based climate finance）

- 炭素排出量の削減に成功した事業者に対し、削減量に応じて政府がお金を支払う。

④インターナル・カーボンプライシング

- 事業者が内部において、気候変動のインパクトやリスク、機会に関する意思決定に使う炭素価格。

参考　世界銀行ウェブサイト「Carbon Pricing Dashboard」

ETSと炭素税のポイント

①ETSと②炭素税のポイント

- ポイントは、単一の炭素価格（ETSにおいては市場における排出量の価格、炭素税においては炭素税率、等）が存在すること。
- 単一の炭素価格（炭素税率）が存在したうえで、削減戦略・手法をどうするかは各生産者に委ねられている。生産者は各自にとって最適な戦略・手法を取ると期待される。
- 生産者は、炭素排出量を1t削減するのにかかる追加的コストが炭素価格を下回る技術の中から、最適なものを選んで採用する。そうでなければ、炭素価格を支払う。
- 生産者は、炭素排出量の多い品目の生産を縮小または中止して、排出量の少ない品目の生産を拡大または開始する。
- 炭素価格の支払い負担に耐えられないほど排出量の多い生産者は撤退し、排出量の少ない生産者に集約される。
- 炭素税は最終的に消費者価格に転嫁され、よりGHG排出量が多い品目の価格がより上がるため、GHG排出量が多い商品の需要量が減少し、少ない商品の需要量が増加する。

参考　OECD（2019）

①ETSと②炭素税の利点と欠点

利点

- 効果が高い
- 財政負担が小さい（炭素税の場合、税収が見込める）

欠点

- 生産者単位で炭素排出量を測定・推定する必要がある
- 全世界で一律に導入しないと効果が落ちる
- 生産構造に影響を与えるおそれがある
- 生産者や消費者からの反対が予想される（特に炭素税の場合）
- フードセキュリティが悪化するかもしれない（特に炭素税の場合）

参考　OECD（2019）

ETSと炭素税の導入状況

現状

- ①ETSも②炭素税も、様々な国や地域で導入されている。
- しかし、農業（や林業）に適用している例はない。
- ただし、米国カリフォルニア州で牛のメタン排出を規制する動きがあるほか、ニュージーランドでは農業に炭素税を適用する予定がある。

資料　Nabuurs, et al. (2022)

J-クレジット

「J-クレジット」などのクレジット制度もカーボンプライシングの一種として考えられる。

- J-クレジットとは、「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」（J-クレジットウェブサイト）
- 農業分野では、以下のようなGHG削減がJ-クレジットで認められている。

農業分野

牛・豚・ブロイラーへのアミノ酸バランス改善飼料の給餌
家畜排泄物管理方法の変更
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
バイオ炭の農地施用
水稲栽培における中干し期間の延長

その他、「ヒートポンプの導入」なども農業とかかわりがある。

資料　経済産業省J-クレジットウェブサイト

補助政策
…GHG削減の取組みの実施に対し、補助をする（補助金を出す）もの

- 現状では、森林の農地化を防ぐこと（conservation）や農地を森林に戻すことがメイン。
- 農地を増やさず生産量を拡大させる（生産性の高い土地に生産を集約する）「持続可能な集約化（sustainable intensification）」という発想。中国「退耕還林」など。

- ほか、農業生産において特定の削減技術を導入する生産者に補助金を出す、などが考えられる。
- 世界の農業分野への補助金の15～20％がグリーン・ペイメントであり、EUでは農家への直接支払いの最大30%がグリーン・ペイメントである。

以上、Nabuurs, et al.（2022）など参考。

- 補助政策は、ETSや炭素税ほどの緩和効果はないが、大きな欠点もなく、政治的にも導入しやすいと考えられる。

政策ではなく民間で取り組める動機づけ策としては、気候変動の緩和策を導入した農産物の消費を促すマーケティングが挙げられる。

- 気候変動の緩和策を導入した農産物の市場での価値を高めること。
- 有機農産物や減農薬・減化学肥料農産物は気候変動に対応した農業の一類型でもあり、消費者価格は高めである。
- 一方で、有機や減農薬・減化学肥料の認証を受けられない場合でも、気候変動に対応した取組みを行っているのであれば、市場において相応の評価を受けるべきである。
- 市場で高く評価されるのであれば、緩和策の導入が経済的に報われることになり、導入に前向きな農業者も増える。
- うまくいけば、農業部門における成長機会となる可能性がある。
- 農業者団体をはじめとして、農業・食料関連産業の取組みを期待したい。

農業部門（AFOLU部門）における緩和策導入の課題

様々な課題が挙げられる

①社会・経済的課題

- 資金不足…気候変動対応に経済的インセンティブを与える資金としても、気候変動対応に必要な投資の資金としても、不足している。AFOLU部門の緩和に年間4000億ドルが必要と見積もられているのに対し、現状、年間7億ドルしかない。
- リスクと不確実性
- 貧困
- 文化・社会的受容…特に消費者からの「持続可能で健康的な食生活」への反対が最大の障壁。また、農家からの農業の仕方を変えることへの反対もある。

②制度の課題

- 透明性が高く説明できるガバナンス
- 明確な土地所有権
- 制度の複雑さ

③生態系の課題

- 十分な土地と水
- 土地の条件、水の利用可能性、GHG削減ポテンシャル及び自然の多様性
- 適応の便益と生物多様性の保全

資料　Nabuurs et al. (2022)

資金も課題

- GHG排出量の低い農業を実践するためには資金が必要（政府の予算や民間による投資）
- しかし、緩和策に必要な資金量に対し、現状投じられている資金は少ない（前ページ）
- また、世界の気候変動対応資金のうち、農業セクター向けも少ない（数％という推計も）
- より多くの資金を農業セクターのGHG削減に向けさせるにはどうすればよいか

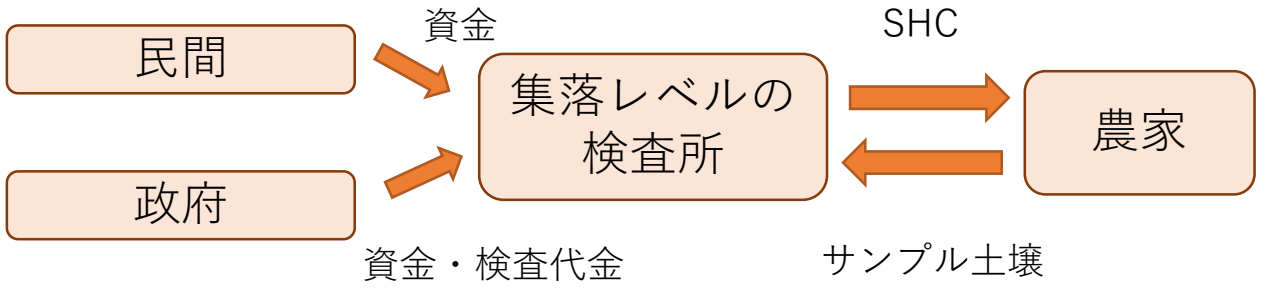
⇒次のページからの海外事例を通して考察する

開発途上国の事例

- Khatri-Chhetri et al. (2021)（「農業の気候変動緩和に資金を出す：投資事例の評価」）は、開発途上国の農業の緩和プロジェクトについて、その資金調達の課題とそれを乗り越える方策について考察したもの。
- そこで紹介されている事例から3か国を選び、そのポイントをみてみる。

インドのSHC（Soil Health Card）

目的	農地（畑）の土壌検査と施肥量の最適化 ⇒ インドは過剰施肥が問題。費用削減、生産性向上のほか、GHG排出量の削減も見込める
何をやったか	土壌健康カード（Soil Health Card）というスキームを導入した
具体的な内容	• 農家が土壌サンプルを検査所に持ち込むと、検査後、窒素、リン酸、カリウム、pHなどのデータが記されたカードがもらえる • その農地での栽培に適した品目が分かる • 施肥量の推奨値が分かる • 土壌改善に向けたアドバイスも印刷されている
資金の出し手	政府（中央および地方）、民間
ポイント	• 検査料は無料 • 集落レベルの検査所は、民間と政府の共同出資形態 • 検査所が開業や検査の実行で負担する費用は、政府からの支払いでカバーされる

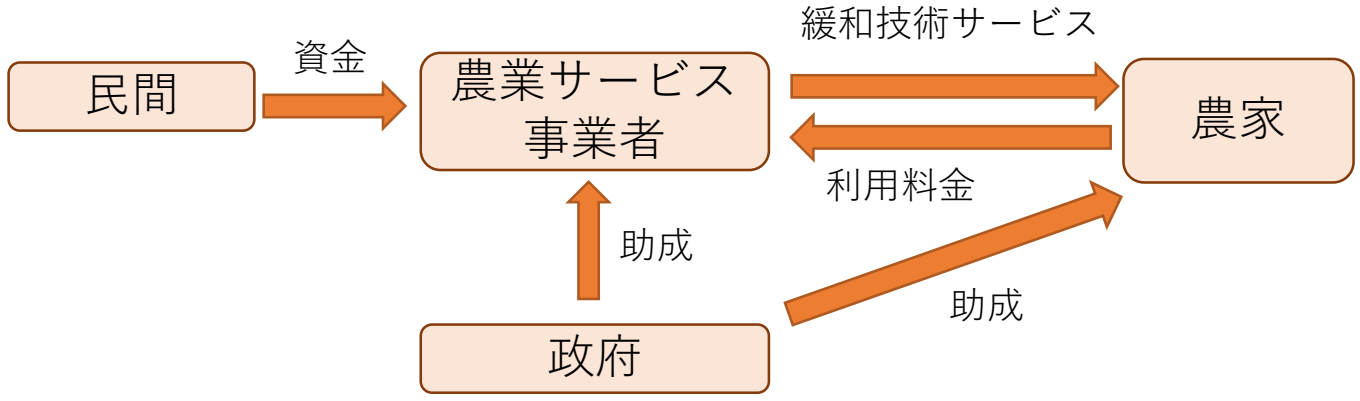


資料 Khatri-Chhetri et al. (2021)、インド政府SHCウェブサイト

投資額	5年間で1億750万USD
対象農業者数	1億4千万
GHG緩和効果（推定値）	・合成肥料使用量を8～10%削減すると考えると、推定734～918万tCO_2eq/年 ・効率的な肥料管理が実現できるとすると、推定1,752万tCO_2eq/年

タイ

目的	水稲作のGHG削減（NAMA、Nationally Appropriate Mitigation Action）
何をやったか	稲作農家と農業サービス事業者への緩和技術の普及を進め、金銭的なサポートも行った
具体的な内容	以下の技術を普及 • レーザーレベラーを使った土壌の均平化 • 間断灌漑 • 場所特異的養分管理 • 稲わらを焼却しない
資金の出し手	政府、民間
ポイント	• レーザーレベラーなどの導入にはお金がかかる。農業サービス事業者に導入費の半額を補助し、農家は事業者からサービスを利用する仕組みとした。農家が支払う利用料金にも助成を付けた。



投資額	5年間で9,260万USD
対象農業者数	10万（＋420のサービス事業体）
GHG緩和効果（推定値）	5年間で166万t-CO_2eq

資料 Khatri-Chhetri et al. (2021), GIZ Thailand Food and Agriculture Clusterウェブサイト

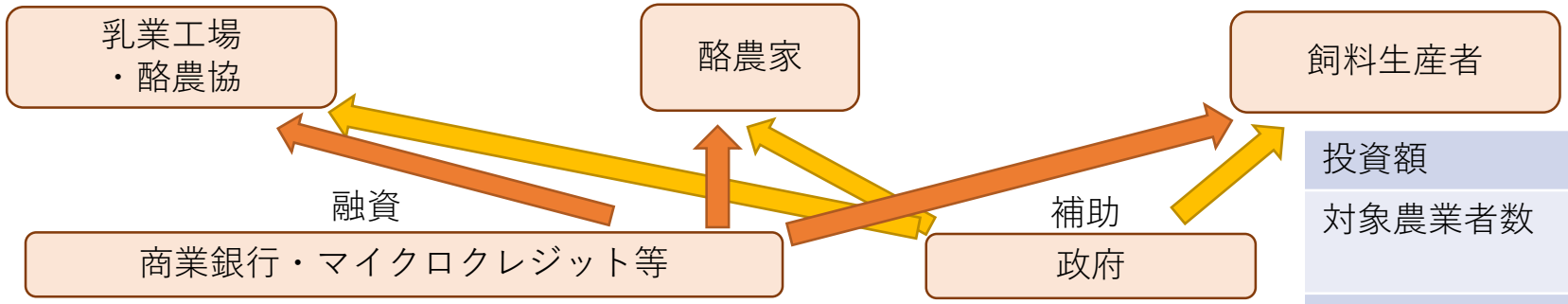
（参考）NAMA

NAMA（Nationally Appropriate Mitigation Action、開発途上国による適切な緩和行動）とは

- 以下、環境省の「炭素市場エクスプレス」より引用。【】内は髙山による補記。
  - http://carbon-markets.env.go.jp/mkt-mech/climate/nama.html
  - 【NAMAとは】開発途上国の自主的なGHG排出緩和活動のことをさし、また途上国での排出削減を促進するための重要な概念にもなっています。NAMAにおいては国の気候変動に関する分野での持続可能な低炭素社会の構築に活動の焦点が当てられています。先進国は財政、技術そして人材育成の分野でNAMAへの支援をしています。UNFCCCに対してNAMAsに関する情報を提出している国は55カ国（2013年12月1日現在）となっており、セクター毎の緩和行動や排出削減目標値が示されると共に、具体的な活動の検討や準備がすでに始まっています。
  - COPにおける一連の決定によって、NAMA策定のための必要要素が形成されています。それらの要素とは主に以下の5つです。
    - NANA策定はMRV【温室効果ガス排出量の測定、報告及び検証】に従って行う。
    - 非付属書国I（開発途上国）は、技術、財政および人材援助の支援を受けることができる。
    - 2020年時点での成り行きシナリオ（BAU）よりも低いGHG排出量となることを目標値として設定。
    - 非付属書Ｉ国の緩和行動に係る隔年報告書（BUR）では定量的な目標と進捗状況を報告する必要がある。
    - 低炭素開発戦略および計画に即して活動が行われることが望ましい。
- つまり、開発途上国が進める自主的なGHG削減のことである。進捗の報告義務がある。先進国がそれを支援する。

ケニア

目的	酪農業のGHG排出量削減（NAMA）
何をやったか	酪農家、乳業工場、飼料生産者への緩和技術の普及
具体的な内容	以下を進めた • 改善された飼料の普及（飼料生産者と酪農家の双方に） • 糞尿から発生するバイオガスの利用 • よりよい乳牛品種の人口受精 • 乳業工場の効率改善 • 冷却センターや酪農協（集乳を行う）でのロスの削減
資金の出し手	民間、政府
ポイント	• 政府資金は触媒的投資として比較的少なく、民間資金が多く、国際基金も活用 • 主に商業金融機関やマイクロクレジットが、乳業工場、飼料生産者、酪農家に融資 • 乳業工場、飼料生産者、酪農家は、政府からの無利子融資や補助金も使える • よりよい牛乳管理を普及する活動にも補助金が出る



資料 Khatri-Chhetri et al. (2021)

投資額	10年間で2億2300万USD
対象農業者数	15.3万の酪農家（＋151の加工場、2万の家庭用バイオガス設備）
GHG緩和効果（推定値）	・10年間で808万t-CO_2eq

開発途上国の事例のポイント

- 農業セクターにおける大きな規模での緩和プロジェクトは実行可能
- 実現には、政府の予算に加えて、国際的な開発投資に関する資金や、気候変動対応資金、あるいは国内や地域の民間の資金を組み合わせて資金制約を乗り越えている
- 特に民間資金を呼び込むためには、農業セクターへの緩和策導入は広く知られていない部分が大きい分野であるため、そのプロジェクトにはリスクを低減するような仕組みが求められる。
- 取り上げた事例は、政府資金をうまく使って民間資金を呼び込む仕組みを作っている。

米国の事例

米国の気候変動対応農業（Climate Smart Agriculture、CSA）

- 気候変動対応農業とは…農業の気候変動への対応力を高めるための取組み。次の3つが目標。
  - 農家の生産性と収入のサステナブルな成長
  - 気候変動への適応
  - GHG排出量の削減
- USFRA（2021）（「気候変動対応農業への移行的な投資：米国のネット・ゼロ経済の実現に貢献するために私たちの土壌のポテンシャルを解放する」）は、気候変動対応農業のなかでも特に土壌健全化（soil health practices）に重点をおきつつ、導入の効果と課題を検討したもの。

資料　USFRA（2021）

土壌健全化

- 土壌健全化は、米国農務省もPRしている取組みで、次のような原則からなる。
  - 土壌の保護
  - 土壌の攪乱の最小化
  - 植物の多様性の最大化
  - 生きた植物とその根が継続的に土壌に存在すること
  - 家畜の導入
- 具体的な技術・農法としては、次のようなものがある。
  - 耕起を全く行わない不耕起栽培や極力減らす省耕起栽培
  - カバークロップ・緑肥の利用
  - 輪作
  - 堆肥の利用
  - 管理放牧
  - 耕種と畜産の統合生産システム（耕種を栽培している農地に家畜を放牧するなど）
- 土壌健全化の取組みは、土壌への炭素の隔離量を増やす効果がある
  - USFRA(2021)によれば、現状、米国のGHG排出量の9.9％を農業が占めている
  - 土壌健全化を含むCSAを実践することで、1～5年で3.8％まで削減可能と分析
  - さらに「フロンティア技術」も動員すれば5～15年で△4％、ネット・ネガティブも可能とする

資料　USFRA（2021）

資金に関する課題を乗り越えるための金融①：On-Bill Financing

- USFRA (2021)は、担保のない農家が気候変動対応農業のための資金を借り入れるのに、OBF（On-Bill Financing）が使えるのではないか、と述べている。
- OBFは、主に省エネルギー化や再エネ発電設備を導入したいがその資金がない個人や事業者が利用する金融商品。
- 電力会社やガス会社といった公益企業に支払う光熱費に借入の返済金を上乗せして支払う。
- 電力やガスなどのサービス利用履歴や料金支払い履歴から信用力を判断できる。
- また支払いが滞った場合にサービス供給を止められる。

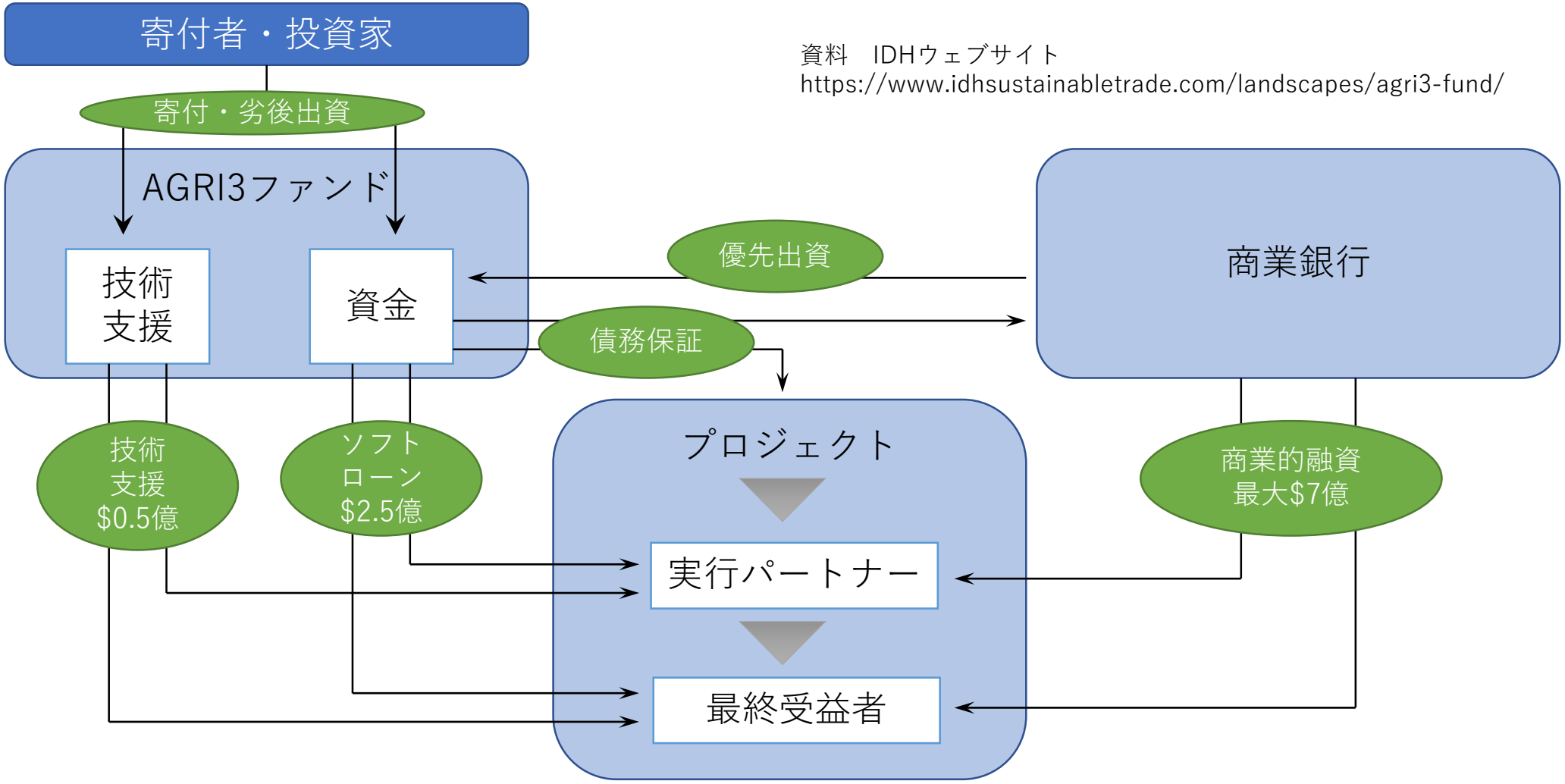
金融②：ファンド

- ファンドの中には、投資家から調達した比較的高いリスクに耐えられる資金と、ファンドが運用する資金とは別枠として銀行等から調達したリスク許容度の低い資金を組み合わせ、農業者の気候変動対応に融資しつつ、生産者に対する技術サポートもファンドの予算で行うものが存在する。

資料　USFRA（2021）

農業部門の気候変動対応ファンドの例

たとえば「AGRI3ファンド」は、商業銀行の営利的かつリスク許容度の低い資金に政府資金などを組み合わせ、農業の気候変動対応に資金と技術支援を提供している。



資料　IDHウェブサイト
https://www.idhsustainabletrade.com/landscapes/agri3-fund/

日本農業への示唆①：これから求められること

日本農業への示唆①…農業部門における緩和を加速させるためには何が求められるか？

- 緩和技術の検証・普及
  - 農業の緩和策の難しさは、立地や気候など条件が変われば効果も大きく変わりうること
  - したがって、各地、各作目、各品種で緩和技術を実験し、その効果や帰結を科学的（農業経営への効果も含む）に検証することが重要
    - 農林水産省「みどりの食料システム戦略技術カタログ」
    - ＪＡ全農「グリーンメニュー」
    - 農林水産省「グリーンな栽培体系への転換サポート事業」
  - その結果を発信すること、普及すること
  - 農業者による実践を後押しするだけでなく、投資の呼び水にもなる
- 生産者の動機づけ：政府による緩和促進政策や農業・食料関連産業によるマーケティング
- 資金の確保、必要ならば様々な性格の資金を組み合わせる仕組みなどの工夫
  - 民間の資金、政府の資金、国際組織の資金
  - 特に民間資金の場合、リスク・リターン特性も様々
  - 「農業向け資金を気候変動対応に使う」だけでなく、「サステナビリティ・リンク・ローンやグリーンボンドなど近年広まっている気候変動対応資金を農業向けに使う」ことも考える
  - 民間の資金に政府からの補助金や融資、出資、債務保証などのツールを組み合わせて、様々な性格の資金が役割を果たし、十分な金額が得られるような仕組み作りが求められる

⇒ 気候変動対応への資金提供や仕組み作りは、農業金融界のビジネスチャンスになる可能性がある

日本農業への示唆②：気候変動対応と集約化

日本農業への示唆②…集約化にどう向き合うか？

- 気候変動対応を農業部門で進める際、「集約化」が選択肢の一つに浮かびあがる。
- 農業生産量を拡大しても農地を増やさない「集約化」や、生産性の高い土地に生産を集中させる「集約化」がありうる。

> 日本国内で大きな割合を占めるコメ農業では，過剰生産が心配されることが多い。そのため， EUと同様，生産性を維持しながらの環境負荷削減，つまり集約化ではない粗放化(extensification) が目指されている。具体的には，減農薬・減化学肥料などの環境保全型農業の導入が，その手段になる。こうした粗放化が中心となるとしても，国内農業で集約化の考え方が全く必要ないわけではない。例えば，青果物や肉類・飼料の「持続可能な集約化」の可能性については，輸入分も含め考えることが必要であろう。
>
> 土屋一彬「持続可能な農業から都市の食までをつなげる」（『ランドスケープ研究』2017年10月号）

- 補助政策の発想としてそうなりうるし、仮にカーボンプライシングが農業に導入されたとして、その帰結として集約化が起こる可能性もある。
- 気候変動対応を進めると、集約化がこれまで以上に加速する可能性がある。
- 先手を打って集約化に頼らない緩和を進めるのか、集約化に適応するのか？

参考文献リスト

- IPCC (2019), Summary for Policymakers Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, eds. P R Shukla, J Skea, E C Buendia, V Masson-Delmotte, H O Pörtner, D C Roberts, P Zhai, R Slade, S Connors, R van Diemen, M Ferrat, E Haughey, S Luz, S Neogi, M Pathak, J Petzold, J P Pereira, P Vyas, E Huntley, K Kissick, M Belkacemi and J Malley. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SummaryForPolicymakers.pdf
- Khatri-Chhetri, A., T. B. Sapkota, B. O. Sander, J. Arango, K. M. Nelson and A. Wikes (2021), Financing climate change mitigation in agriculture: assessment of investment cases, Environmental Research Letters, 16 12404. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac3605
- Nabuurs, G-J., R. Mrabet, A. Abu Hatab, M. Bustamante, H. Clark, P. Havlík, J. House, C. Mbow, K.N. Ninan, A. Popp, S. Roe, B. Sohngen, S. Towprayoon (2022), Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU), in IPCC (2022), Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.009
- OECD (2019), Enhancing Climate Change Mitigation through Agriculture, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/e9a79226-en.
- U.S. Farmers and Ranchers in Action (2021), Transformative Investment in Climate-Smart Agriculture - Unlocking the potential of our soils to help the U.S. achieve a net-zero economy https://usfarmersandranchers.org/wp-content/uploads/2021/02/USFRA-Transformative-Investment-Report.pdf.
- 髙山航希（2023）「農業セクターの脱炭素化と金融に関する論点整理―文献レビューによるアプローチ―」『農林金融』2月号、農林中央金庫・農林中金総合研究所

ご清聴ありがとうございました