

第2回 革新的環境イノベーション戦略検討会

令和元年9月18日

農林水産省

1. 脱炭素化社会に向けた2050年ビジョン①

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

(平成31年4月22日、農林水産省)

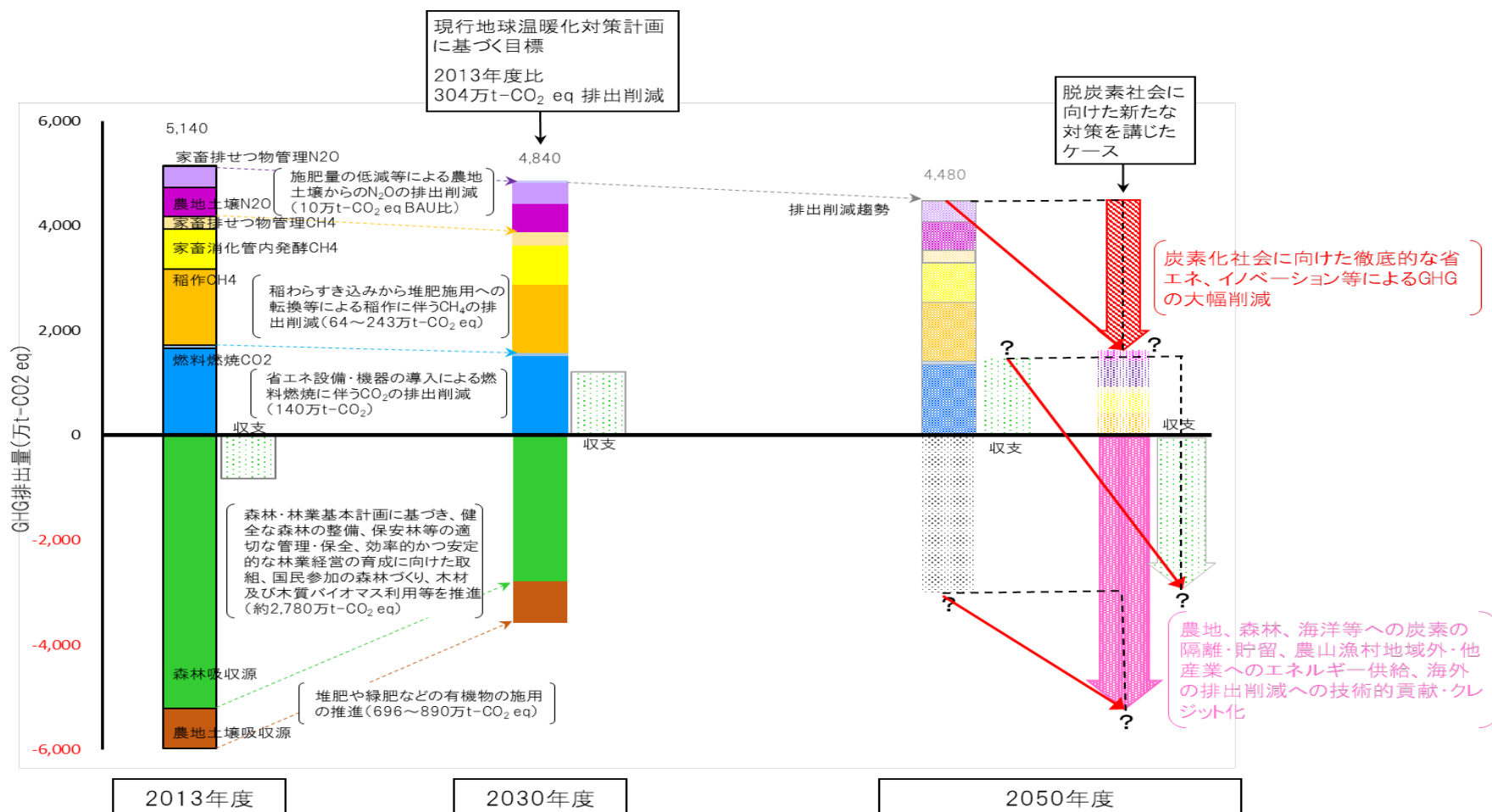
農業・林業・その他土地利用部門からのGHG(温室効果ガス)排出量は世界の排出量の約4分の1を占めており、世界に先駆けて、我が国の農林水産業、農山漁村発の脱炭素化のモデルを構築、発信し、国際社会に貢献。

脱炭素化社会に向けた2050年ビジョン

- 1 農山漁村における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**
→農山漁村に賦存する資源の活用技術とスマート農林水産業技術のイノベーションにより、農林水産業のエネルギーの100%再生可能エネルギーへの転換(RE100)の実現、農林水産業のCO₂ゼロエミッションの達成を目指す。
- 2 農地・畜産からの排出削減対策の推進とGHGの削減量の見える化等による消費者の理解増進**
→排出削減にかかる技術イノベーションと排出削減の可視化により、農畜産業に由来するメタン、N₂Oの排出削減を目指す。
- 3 農山漁村における炭素隔離・貯留の推進とバイオマス資源の活用**
→農地土壌・森林・海洋への炭素隔離・貯留と、そのバイオマス資源としてのフル活用により、「炭素循環型社会」の構築を目指す。
- 4 海外の農林水産業のGHG排出削減の貢献**
→農林水産技術の環境イノベーション技術の海外への移転により、世界のGHG排出削減に貢献する。

1. 脱炭素化社会に向けた2050年ビジョン②

- 現行のGHGの排出削減努力を続けた場合、2050年の排出は13%の削減に留まる。
- 2050年に向けては徹底的なGHG排出の削減、再生可能エネルギーのフル活用、地域外へのエネルギー供給、海外の排出削減の支援等が必要。このため、革新的な環境イノベーションを推進する。



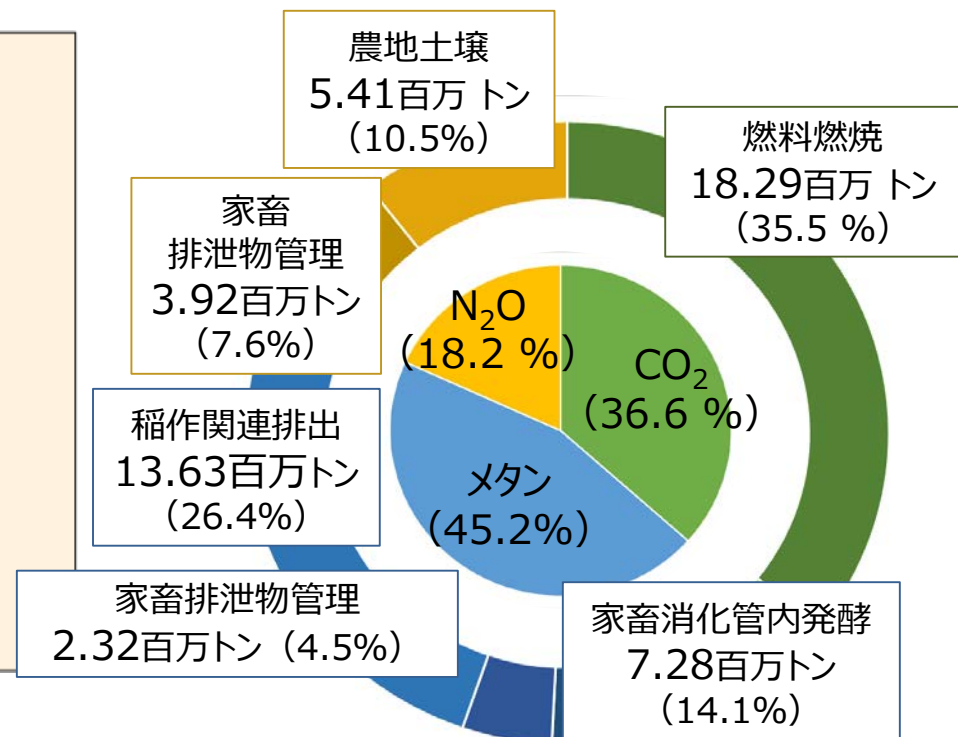
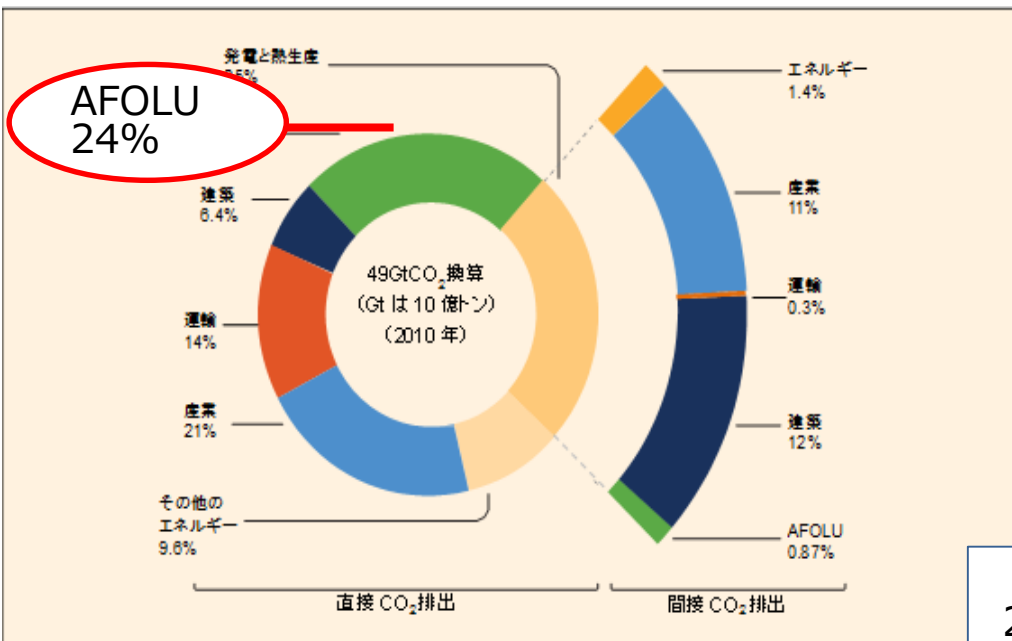
2050年に向けたGHG排出削減イメージ

(参考1)世界全体の農業由来のGHGの排出

- 世界のGHG排出量は、490億トン(CO₂換算)。このうち、農業・林業・その他土地利用の排出は世界の排出全体の1/4。
* 温室効果は、CO₂に比べメタンで25倍、N₂Oでは298倍。
- 農業における排出は、家畜消化管内発酵と水田からのメタン、農地土壌、肥料、排せつ物管理等からのN₂Oの排出がある。
- 日本の排出量は12.9億トン(世界比3.5%)。このうち、農林業分野は約0.5億トン(日本の全排出量の4.0%)。

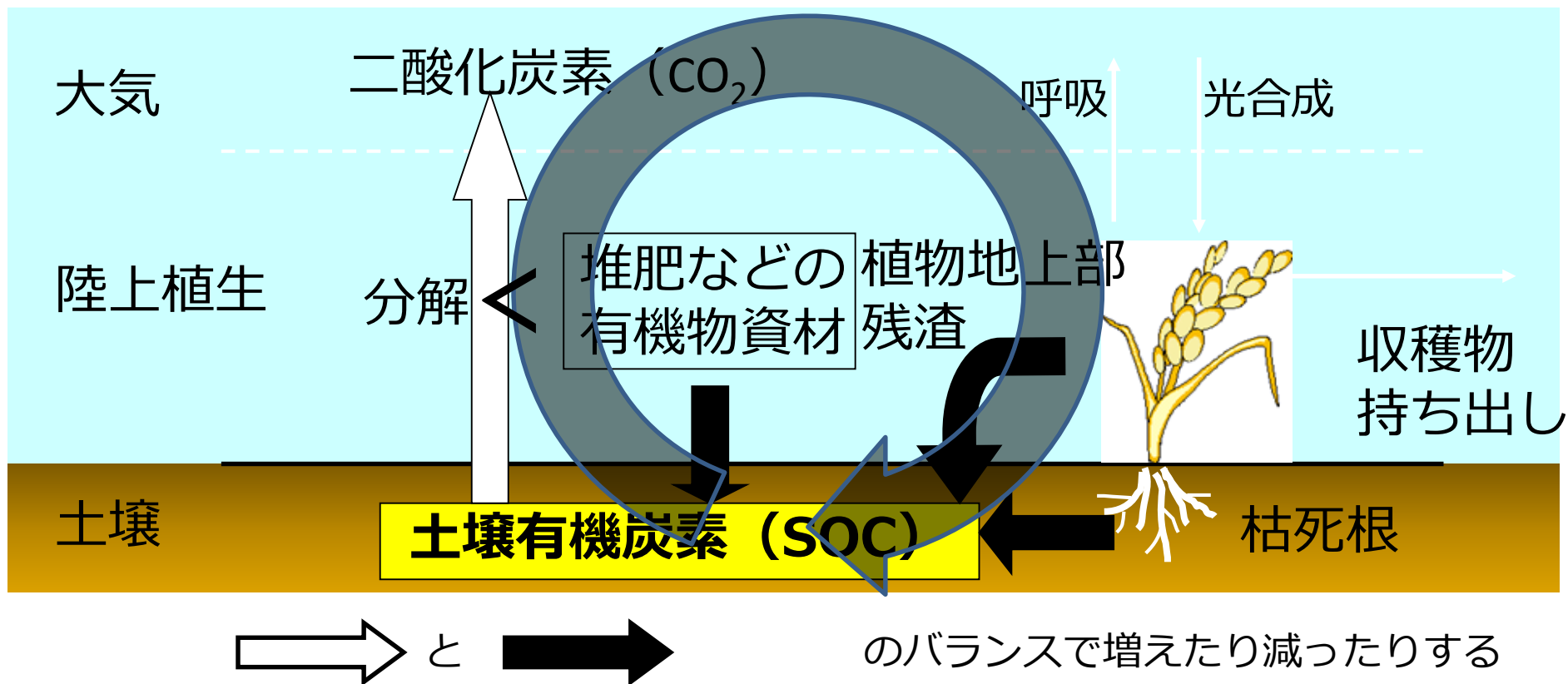
■ 世界の経済部門別のGHG排出量

■ 日本の農林業分野のGHG排出量(2017年)



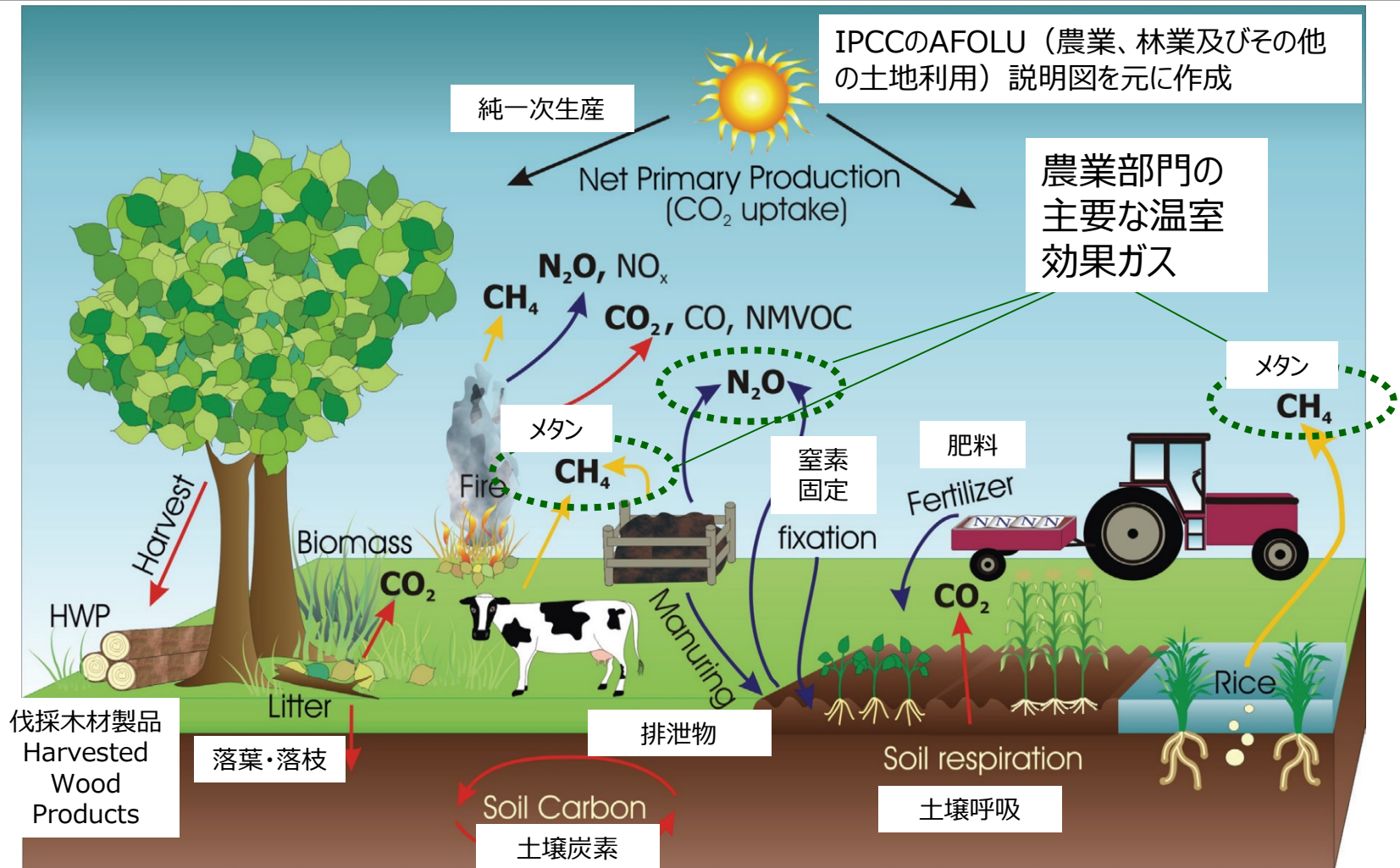
(参考2) 土壌の炭素循環

- 堆肥や有機物資材の投入による土壌への炭素の供給量はその分解量を上回れば、土壌炭素が増える。
- 栽培されている作物の炭素量は変わらないと仮定すれば、土壌有機炭素が増えた分は、大気中のCO₂が吸収されたと考えることが可能。



(参考3) 農林水産業におけるGHGの排出

➤ 農業・林業・その他土地利用部門の主要なGHGの発生源、吸収源及びその挙動プロセス



2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use

Figure 1.1 The main greenhouse gas emission sources/removals and processes in managed ecosystems.

2. 農林水産分野の脱炭素化に向けた環境イノベーションの推進①

世界の潮流

国際的枠組による取組

- UNFCCC: 2017年のCOP23で「農業に関するコロンビア共同作業」を採択。気候変動に対応した技術開発やその普及を推進。
- G20首席農業研究者会合(MACS): 2019年4月、我が国でG20MACSを東京で開催。席上、気候変動をテーマとした研究連携を合意。本年11月、研究連携にかかるワークショップを東京で開催予定。

海外での技術・研究開発や社会実装の動向

(再生可能エネルギーのフル活用)

- 「RE100」: 事業運営を100%再生可能エネルギーで行うことを目標に掲げる企業が加盟する国際的取組の広がり。
- 中国: ドイツ政府と共同で、養豚場から出るふん尿を用いたバイオマス発電の実証実験を実施。

(農地・畜産からの排出削減対策)

- 豪州、米国: 牛の消化管内のメタン発酵を抑えるため、海藻の「カギケリ」を餌に混ぜる技術を開発。
- NZ、欧州: 消化管内でのメタン発酵の少ない羊や牛系統を育種するDNAマーカーの研究を推進中。
- UAE: エミレーツ航空が、ドバイに世界最大規模の植物工場(無農薬野菜を生産)を建設中。

2. 農林水産分野の脱炭素化に向けた環境イノベーションの推進①

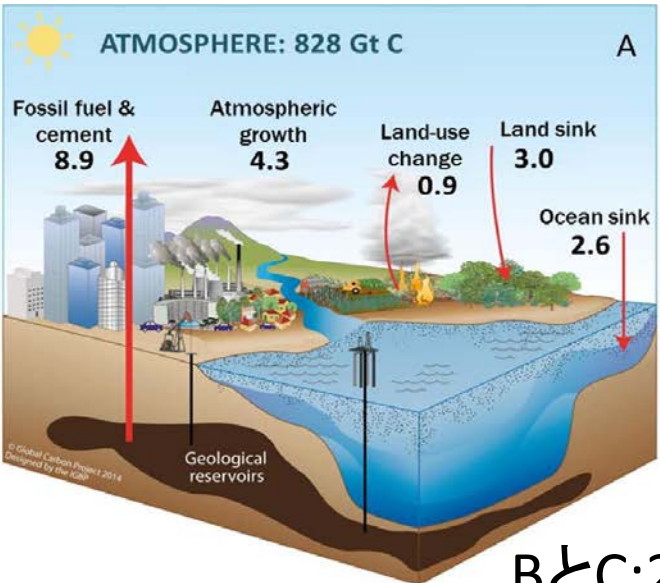
世界の潮流

海外での技術・研究開発や社会実装の動向

(炭素隔離・貯留とバイオマスの活用)

- 「4パーミルイニシアチブ」: フランス政府が提唱し、283の国や国際機関等が登録(2018年11月時点)する活動。1年間で土中の炭素を0.4%ずつ増やせば、人為的CO₂排出の影響を帳消しにできるとして、技術を普及拡大。
- 豪州、米国: 「ブルーカーボン」の算定に着手。
- 北米、欧州: 木造高層建築の実現により、大量の炭素隔離が可能として、「マスティンバー(Mass Timber)※」を活用するための研究開発、規制緩和の動きが進行中。
※マスティンバー(Mass Timber): 高層の木造建築物を建築する際に用いられるCLTや集成材等の木質材料。
- 米国: 炭素貯留に資する多年生の穀物の新品種「カーンザ(Kernza)」を開発。
- 米国: カリフォルニア州が、堆肥の施用等により、農地土壌への炭素貯留を促進する取組を行う農業者等に対する補助制度を導入。

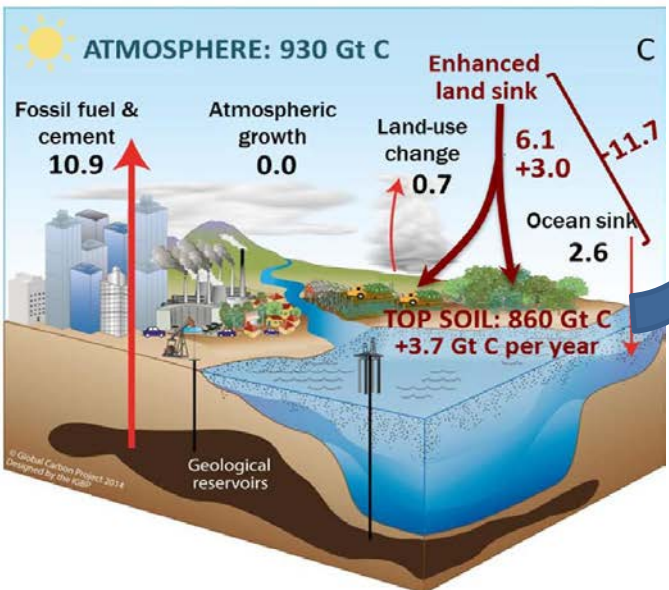
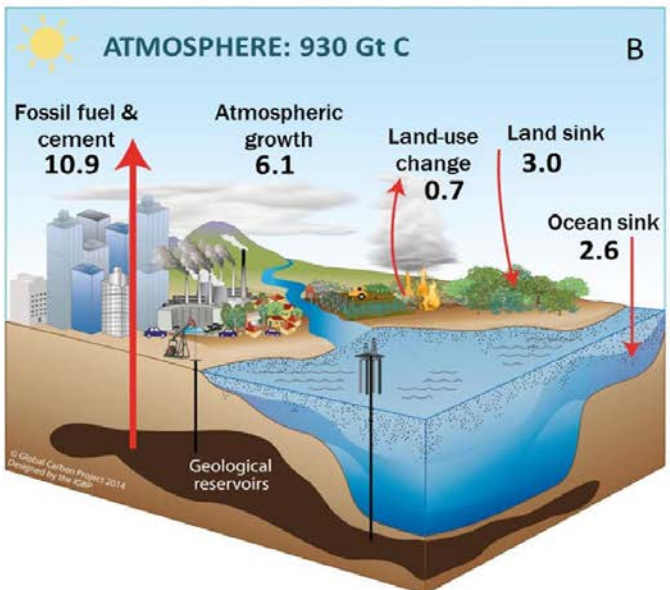
(参考)4/1000(4パーミル)イニシアチブについて



A:2011年の全球の炭素循環

$3.7/860 \doteq 0.004 (4\text{‰})$

BとC:2030-40年の炭素循環



資料: Soussana et al. (2019)に加筆

2. 農林水産分野の脱炭素化に向けた環境イノベーションの推進②

我が国の強み

水田先進国

- 東南アジアをはじめとする途上国に、GHGの排出削減と食料安全保障の双方を実現する技術を提供可能。

スマート農業先進国

- 我が国農業の高齢化・人手不足を背景に、農研機構を中心にスマート農業技術にかかる研究が進行。これにより、農業機械作業の効率化によるCO₂の削減や適正施肥によるN₂Oの発生の削減。
- 全国の土壌データを有するなど、農研機構の環境研究に関するポテンシャルが高い。
- さらに林業・水産業でもスマート化を進めており、AI等を活用した漁船の最適航路予測による省エネ化や養殖作業の自動化等の研究開発が進行。

豊富な資源

- 国土の8割を占める農地・森林のほか、国土の12倍に及ぶ排他的経済水域等を有し、巨大なCO₂吸収源として期待。
- これらから生み出される豊富なバイオマス資源はカーボンニュートラルとして、排出削減に貢献。
- 古来より、木材を適材適所で多用する「木の文化」を有しており、宮大工等木組み技術を有しているとともに、あらゆるものに木を活用。

地方における生産インフラと生産組織の充実

- 農山漁村において、農業水利施設、林道、漁港等の生産インフラが整備されているほか、農協、森林組合、漁協など地域の生産組織が機能しており、環境技術の導入や共同活動が展開しやすい。

3. 農林水産分野における革新的技術の開発①

農林水産分野の2050年ビジョンを踏まえ、以下の技術開発を強力に推進。

(1) 再生可能エネルギーのフル活用

→農山漁村に賦存する資源の活用技術とスマート農林水産業技術のイノベーションにより、農林水産業のエネルギーの100%再生可能エネルギーへの転換(RE100の実現)、再生可能エネルギーの都市及び他産業への供給を目指す。

(2) 生産・流通プロセスの脱炭素化

→スマート農林水産業の推進による生産プロセスからの化石燃料消費を削減、農林業機械、漁船等の電化、水素燃料電池化、データに基づく、効率的な流通システムの構築等により、生産流通プロセスの脱炭素化及び農林水産業のCO₂ゼロエミッションの達成を目指す。

(3) 農地・畜産からの排出削減対策の推進

→メタンの発生が少ないイネ品種、N₂Oの発生を削減する資材等の排出削減にかかる技術を開発する。排出削減の可視化により、農畜産業に由来するメタン、N₂Oの排出削減を目指す。

(4) 炭素隔離・貯留の推進

→農地土壌・森林・海洋への炭素隔離・貯留により、「炭素循環型社会」の構築を目指す。

(5) バイオマス資源のフル活用

→バイオマス資源のフル活用により、「炭素循環型社会」の構築を目指す。

3. 農林水産分野における革新的技術の開発② (1)再生可能エネルギーのフル活用

- 農山漁村の豊富な資源を活用し、**農林水産業のエネルギーの100%再生可能エネルギーへの転換(RE100の実現)**を図る。
- 農山漁村における再エネや水素の創出・活用により、**地産地消型エネルギーシステムを構築**するとともに、**他地域へも供給**することにより、我が国のGHG削減に貢献する。

【現状・課題】

- **バイオマスプラントの開発、資源作物や林地残材等からのバイオ燃料開発。**
→ バイオマス収集コストや施設メンテナンスの労力コストの低減、需給ミスマッチの解消等が課題。
- **小水力発電の技術開発。**
→ 現在利用できていない条件不利な水力からもエネルギーを取り出す技術開発が課題。



バイオガス発電



小水力発電

【方向】

- 農山漁村に未だ賦存する**未利用資源**を効率的に**利活用**するための研究開発。
- 農山漁村に適した**持続的な「地産地消型エネルギーシステム」**の構築。
- 再生可能エネルギーを**他地域へ供給**するための**効率的・安定的な供給システム**の構築。

【今後の革新的技術の開発】

再エネの低コスト安定供給技術

- 低コストかつ効率的な再エネ(電気・熱)の生産・利活用技術の開発。

地産地消エネルギーシステム・他地域への供給システムの構築

- VEMS(ビレッジ・エネルギー・マネジメント・システム)の構築(VPP等)。
- 再エネを他地域に供給するグリッドに依存しないシステムの構築(MCH利用等)。

《開発の例》

- 水利施設からの採熱等、再エネ熱の効率的利活用技術の開発



用水路からの採熱

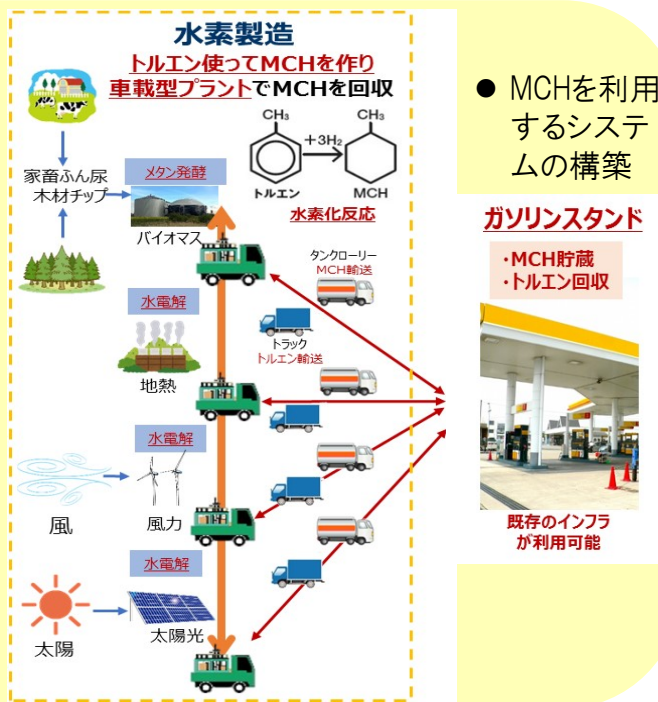
- 再エネ電気の地域内での効率的利活用システムの開発



EVでの電気デリバリー



スマート農業への活用

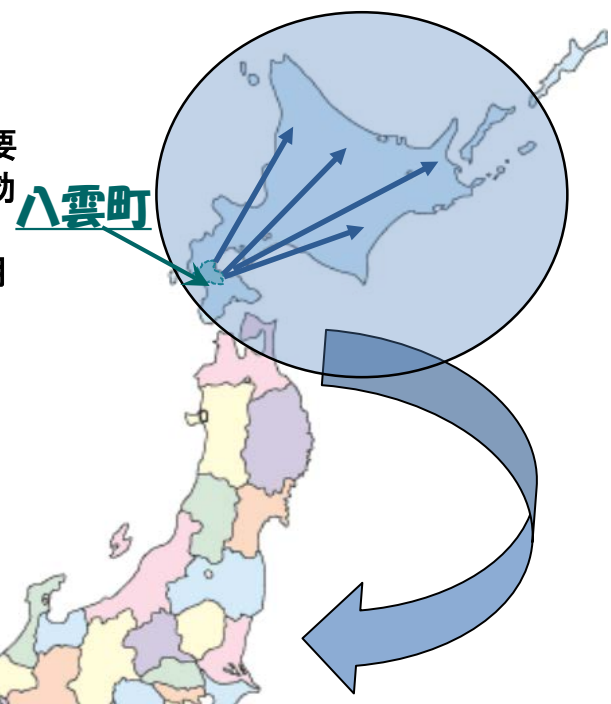


(参考資料) ロバスト地方型水素社会構想の全国展開

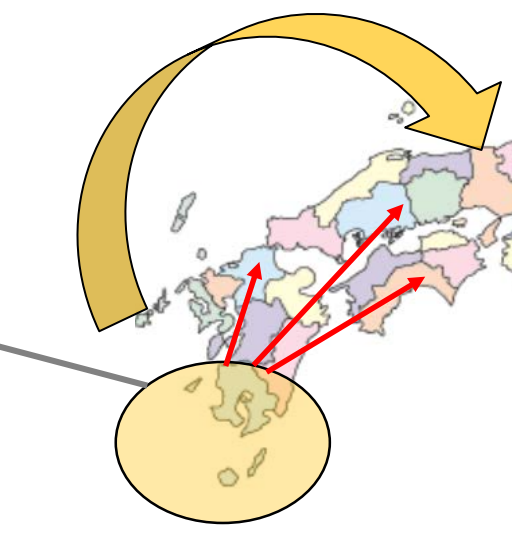
○再生可能エネルギーの賦存量が豊富であり、また、その農林水産業・食品産業での利用が期待される北海道(八雲町)において、まず地方型水素社会の構築を図る。
(地域の多様な課題に応える脱炭素型地域づくりモデル形成事業(環境省))

○一方、農山漁村を中心とする地方においては、再生可能エネルギーの供給側、需要側の距離がかけ離れていることから、これらをつなぐ水素キャリアとしてMCHが有効であり、北海道八雲町・鹿児島県薩摩川内市から取組開始を検討している。
北海道及び鹿児島県には、いずれも豊かな再生可能エネルギーがあり、これを活用したCO₂排出削減、地域経済循環による「地方型水素社会」構築の効果は高い。

○地方型水素社会構想について、北海道・鹿児島県という、象徴的な南北の自治体から全国展開を図っていくことを考えている。

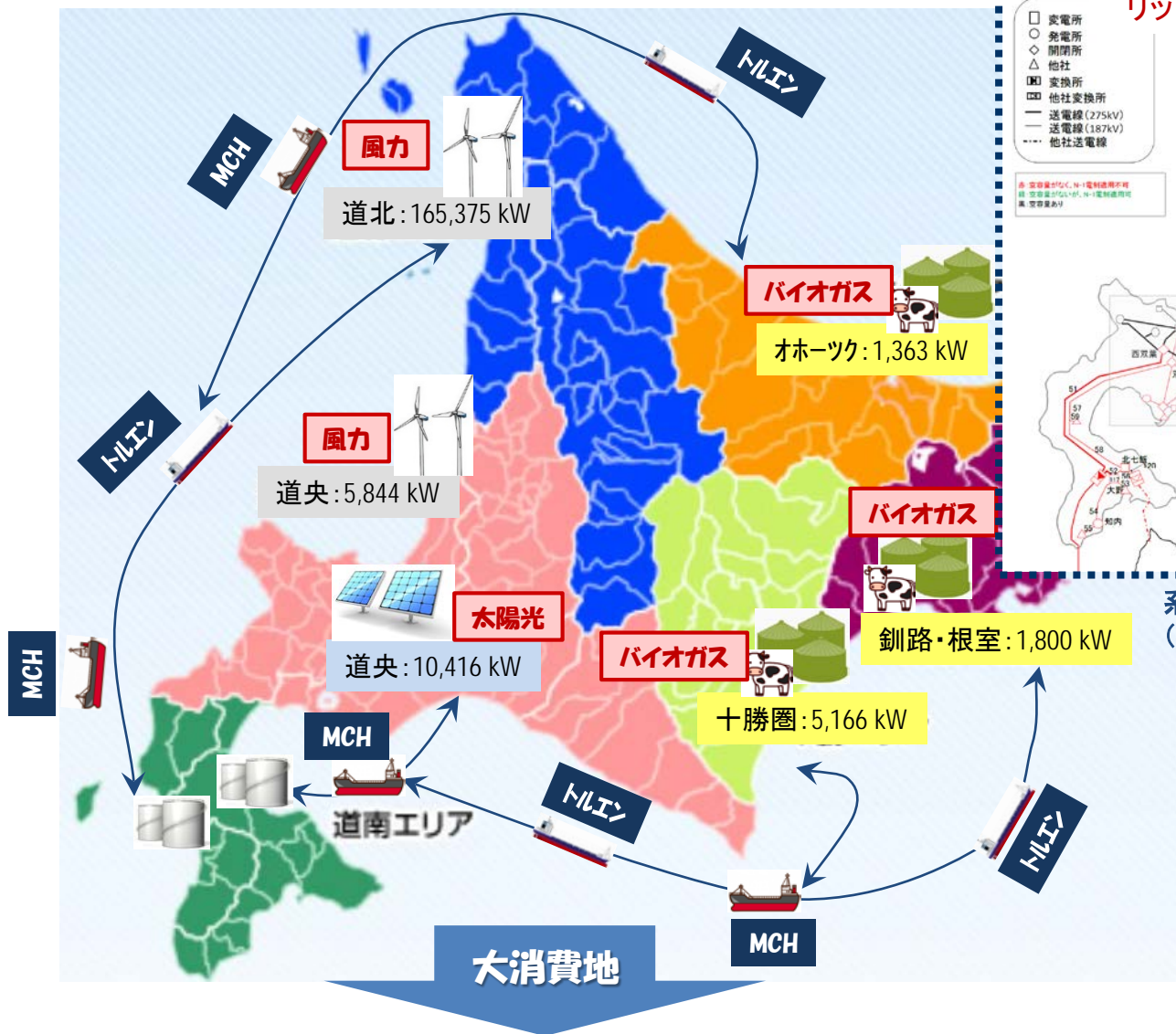


maps-for-free.com **薩摩川内市**



参考) 物産展人気
1位: 北海道
2位: 鹿児島県

(参考資料) FITや送電網利用に依存しない地方型再生可能エネルギー利用推進



系統空き容量マップ(2019年6月6日更新)
(北海道電力株式会社 ホームページより抜粋)

スマート農林水産業の
事業最適地に再生可能
エネルギーの安定供給
が可能となる。また、災
害時に対してロバスト性
を有する。

(参考資料) Black outなど災害時にロバスト性を有する地方型水素社会

災害時やブラックアウト時でも、住宅に併設の灯油タンク程度のMCHで、一般家庭規模で約2週間自給を可能に。

自立型電源供給施設
(街灯、誘導灯、電気供給
獣害予防など)



MCHを安全に長期で貯蔵



既設のガソリンスタンド



MCH



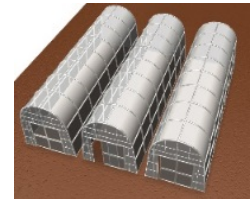
トルエン



MCH



トルエン



MCH

H₂

反応器



燃料電池

電気と熱



MCH

H₂

反応器



電気と熱

燃料電池



3. 農林水産分野における革新的技術の開発② (2)生産・流通プロセスの脱炭素化

▶ **スマート農林水産業**の加速、農林業機械、漁船の**電化、燃料電池化**等生産プロセスのほか、サプライチェーン全体での脱炭素化により生産・流通プロセスで発生する**GHGをゼロ**に近づけることが必要。

【現状・課題】

- 施設園芸では、化石燃料の使用によるCO₂が発生。
→施設園芸の経営費の2~3割は重油代。
- 水産業では、ディーゼルエンジンの漁船やディーゼル発電による機械の稼働など、化石燃料の消費により操業。
- 農業機械は、ほぼ化石燃料を使用。各種の農作業は農家の経験・勘に頼って実施されており、効率の改善が必要なものがある。
- 農産物の需給等の情報が共有されていないこと等による非効率な物流により、トラック等の輸送が増加し、GHGが増加。

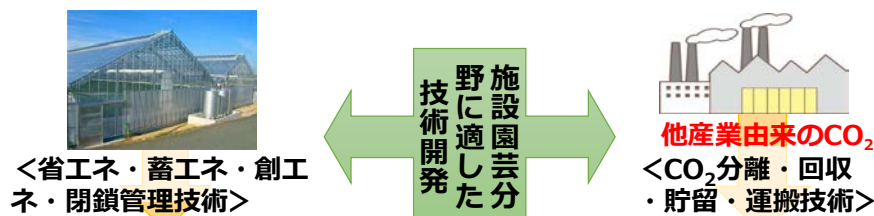
【方向】

- **スマート農林水産業**の推進による生産プロセスにおける化石燃料消費を削減。
- 農林業機械、漁船等の**電化、水素燃料電池化**を進め、生産プロセスの脱炭素化を推進。
- 農産物・食品の需給等のデータに基づく、**効率的な流通システム**の構築により、食品の運搬・冷蔵等にかかる化石燃料や電力の消費を削減。

【今後の革新的技術の開発】

スマート農林水産業

- 園芸施設の精密な管理により、CO₂ゼロエミッションの実現。



化石エネルギーの使用量ゼロと収量・品質の向上の実現

- スマート技術による作業の効率化と最適化を図り、燃料や資材の削減を実現。

農林業機械・漁船の電化・燃料電池化

- 常時、負荷の高い農林業機械、漁船について、モーターや燃料電池による安定した作業を実現。

データ駆動型スマートフードチェーン

- フードチェーン全体でのデータ連携の下、共同物流等による流通の最適化を実現。



3. 農林水産分野における革新的技術の開発② (3) 農地・畜産からの排出削減対策の推進

- 農地・畜産からの排出削減にかかる**イノベーション**と**排出削減の可視化**により、農畜産業に由来するメタン、 N_2O の排出削減を目指す。

【現状・課題】

- 水田の湛水と落水を繰り返す間断灌漑におけるメタン発生の抑制効果を解明。
- 家畜排せつ物管理に伴う N_2O 排出を抑制するアミノ酸バランス飼料を開発。
- 2019年に土づくりコンソーシアムを設立し、土壌管理・施肥管理のオーダーメイド化、スマート化により適正施肥を推進することで、GHGの発生削減を目指す。

【方向】

- メタンの発生が少ない**イネ品種**、**家畜系統**の育種、土壌や畜産廃棄物からの N_2O の発生を削減する**資材**の開発。
- メタン、 N_2O の排出を削減する**水田**、**家畜の管理技術**の開発や食品残渣等の**廃棄物処理システム**の構築
- メタン、 N_2O の削減に向けた取組を支援する社会を構築するため、**削減量を可視化**するシステムの開発。

【今後の革新的技術の開発】

GHG発生抑制品種等の開発

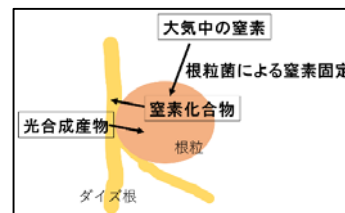
- 水田からのメタン排出を抑制する低メタンイネ品種の開発。

GHG排出削減技術の開発

- 農地土壌中のメタン生成菌の活動を抑制する資材と、施用技術の開発。
- 家畜消化管内発酵に伴うメタン排出を抑制する海藻等を活用した飼料の開発。
- 畑地からの N_2O 排出を抑制する根粒菌等を用いた資材と、施用技術の開発。



ダイズの根粒
(農研機構HPより)



根粒と根粒菌
(農研機構HPより)
根粒菌は、マメ科植物の根に根粒と呼ばれる瘤(こぶ)を形成し、根粒中で大気中の窒素ガスを植物に利用可能なアンモニア態窒素に変換し、植物に供給する土壤微生物。

物質循環型産業イノベーション

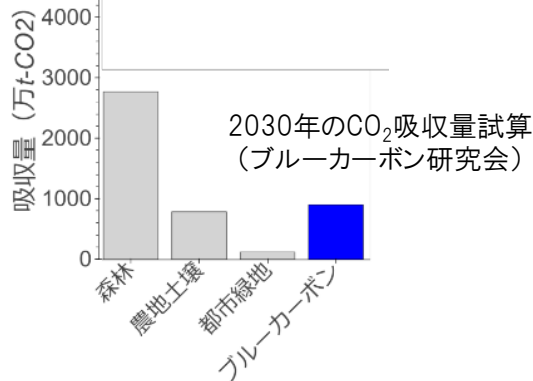
- 物質循環型食品産業等の実現による廃棄物由来のメタンのゼロ・エミッション化。

3. 農林水産分野における革新的技術の開発③ (4)炭素の隔離・貯留①

- 海洋(藻場・干潟)に大気中のCO₂の炭素を有機物として隔離・貯留するため、藻場・干潟等による炭素固定(ブルーカーボン)技術等の開発を行うとともに、CO₂固定量の算定等を推進。

【現状・課題】

- ブルーカーボンによるCO₂吸収
2030年の日本沿岸域のブルーカーボンのCO₂吸収量を約1千万と試算。



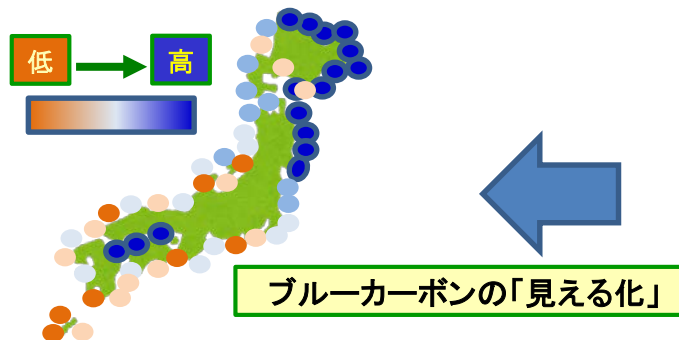
【方向】

- 効率よく海中のCO₂を吸収する水生植物の探索と高度な増養殖技術の開発による炭素隔離量の増大。
- 水生植物を新素材・資材として活用することによる炭素の長期・大量貯留の実現。

【今後の革新的技術の開発】

ブルーカーボンの創出

- 評価法の確立
藻場・干潟による炭素隔離・貯留が吸収源として認知されるよう評価法を確立。

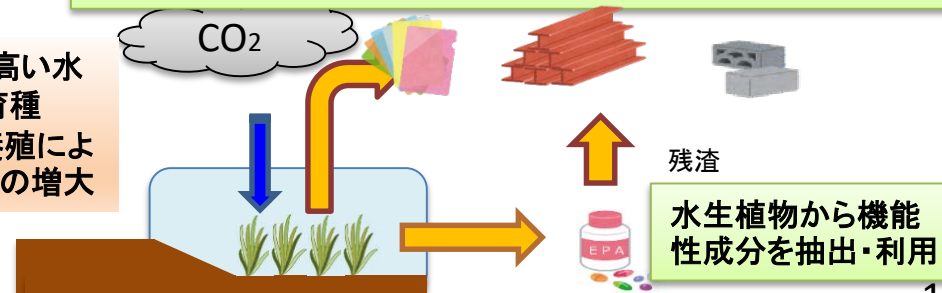


省庁横断、研究機関、民間企業も参画するブルーカーボン研究会の開催

- ブルーカーボンによる炭素隔離量の増大
藻場・干潟の維持・拡大技術の確立。

水生植物を新素材・資材として有効活用し、CO₂を長期貯留

- ・CO₂の吸収能の高い水生植物の探索、育種
- ・水生植物の増養殖によるブルーカーボンの増大



3. 農林水産分野における革新的技術の開発③ (4)炭素の隔離・貯留②

- 農地や森林において、大気中のCO₂の炭素を有機物として隔離・貯留するため、農地土壌へのバイオ炭等の投入技術、エリートツリー等育林技術等の開発を行うとともに、CO₂固定量の算定等を推進。

【現状・課題】

- 堆肥や緑肥等の有機物施用によって炭素が貯留されるが、近年、有機物の投入は減少。
- IPCCガイドラインにバイオ炭の炭素貯留量の算定方法が採用(2019年)、バイオ炭の農地投入による炭素固定量を試算。
- 成長に優れた林木品種及び育林技術の開発が進展。



【方向】

- 農地をCO₂の吸収源にするため、新たな吸収源として算定可能な**バイオ炭**を活用。
- 優れた形質を有する**樹木選抜**の効率化、高速化及び育種基盤技術の高度化を推進。
- 農地での炭素貯留を確実に増やす「**見える化システム**」を構築。

【今後の革新的技術の開発】

農地への炭素貯留

- 炭素貯留資材の開発
農業生産と調和した堆肥等の投入により発生するメタン等の発生抑制技術の開発。

バイオ炭 堆肥



利便性と農業生産性も 圃場からの温室効果ガス排出を抑制するバイオ炭・堆肥確保するバイオ炭資材

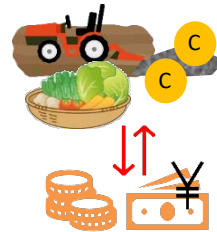
炭素貯留の可視化技術の確立

- 農地への炭素貯留等の活動が評価され支援対象となる取組の「見える化」を推進。



(農研機構 農業環境変動研究センター)

土壌のGHG吸収量の「見える化」

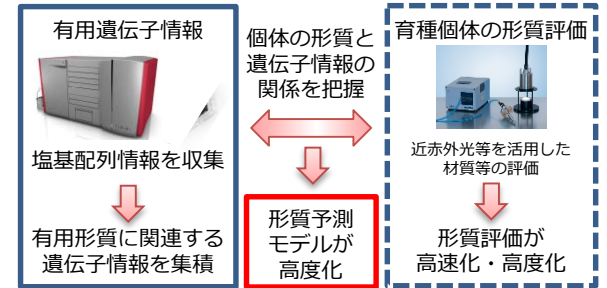


農産物生産に伴う「J-クレジット」算定等の促進

CO₂固定能力が高い樹木育種

- ゲノム育種等による成長に優れた品種(エリートツリー)等の開発を加速化。

ゲノム育種に関する技術開発

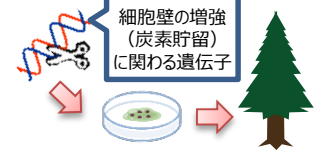


早生樹の育種



早生樹の育種等の技術開発

ゲノム編集技術



ゲノム編集による炭素貯留能に優れた品種の開発

早生樹の安定生産技術

- 成長が旺盛なコウヨウザン等の早生樹の生産技術を確立。

3. 農林水産分野における革新的技術の開発③ (5) バイオマス資源のフル活用

➤ エネルギーを大量に消費して製造される資材を木材及び**バイオマス由来マテリアル**へ転換する等バイオマス資源のフル活用による「**炭素循環型社会**」の構築を目指す。

【現状・課題】

バイオマスフル活用に関連する以下の技術開発が進行中。

- 木質バイオマス成分のマテリアル利用技術
改質リグニン、セルロースナノファイバー。
- 高バイオマス量サトウキビ品種および「砂糖・エタノール」複合生産プロセス。
- 稲わら等のカスケード利用技術。
- CLT等の新たな木質建築部材の開発。



改質リグニンの利用例

社会実装、炭素循環モデル構築が課題



高バイオマス量サトウキビ品種

【方向】

- 石油や金属等のエネルギーを大量消費する素材から、**農林水産物由来バイオマス素材**への完全転換。
- ゼロエミッションを実現可能にするバイオマスの徹底カスケード、**リサイクル利用技術**の開発。
- 農山漁村を食料だけでなく、**クリーンな工業素材やエネルギーの生産拠点**としてフル活用。

【今後の革新的技術の開発】

バイオマス高度活用イノベーション

- 量産・低コスト製造技術の開発による生産量・用途拡大。

改質リグニン、セルロースナノファイバー等



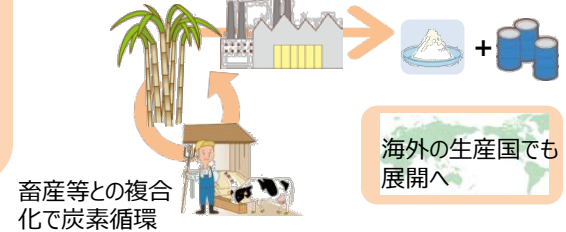
本体も燃料もオールバイオマス製ビークル

バイオマス最大化・炭素循環イノベーション

- 乾燥ややせた土壌でも生産が可能なC4光合成型植物の活用促進と技術の海外展開。

栽培や収穫に有利なC4植物の開発

食料と資源の生産を最大化するプロセスの構築

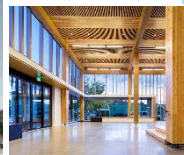


畜産等との複合化で炭素循環

海外の生産国でも展開へ

高層建築木造化イノベーション

- 都市部での木材需要の拡大に資する木質建築部材の開発。



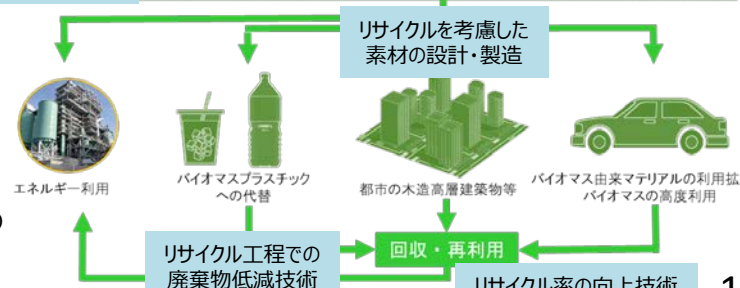
耐火性、耐久性の向上→木材のあらゆる仕上げを可能に

バイオマスフル活用イノベーション

- バイオマス資源を100%使いつくし、多段階で繰り返し使用するカスケードシステムの構築。

各種バイオマスの利用率向上

バイオマス (バイオマス資源を100%使い尽くすと共に多段階で繰り返し使用するカスケードシステムの構築)



エネルギー利用

バイオマスプラスチックへの代替

都市の木造高層建築物等

バイオマス由来マテリアルの利用拡大等バイオマスの高度利用

リサイクル工程での廃棄物低減技術

回収・再利用

リサイクル率の向上技術

4. 革新的環境イノベーションのまとめに向けて(農林水産分野)

1. 技術開発の方向

- (1)再生可能エネルギー利活用型の農山漁村の実現！！
- (2)生産・流通プロセスの完全脱炭素化の実現！！
- (3)動植物の生理・生態を活用した排出源の削減！！
- (4)GHGの完全吸収源化の実現！！
- (5)バイオマテリアルによる炭素循環型社会の実現！！

2. 技術開発の進め方

- (1)農業分野の開発ポテンシャルの高い農研機構を中心に、多種多様な知を融合させる。
- (2)分野横断的なイノベーション、サプライチェーン全体の課題が山積していることから、関係府省、農林水産業以外の産業、研究機関との間にプラットフォームを構築し、強力な連携を図ることが必要。
- (3)挑戦的な研究課題であることから、国は、明確なビジョンを示し、目標等のフラッグを立てて、関係者一体となってプロジェクトを実践していくことが必要。
- (4)「着実に取り組むことにより実現できる技術開発」と「大きなイノベーションを伴う技術開発」を峻別して、ロードマップを作成していくことが必要。
- (5)挑戦的な研究課題にあっても、定量的な数値目標等を設定することが重要。

3. 社会実装に向けた考え

- (1)社会実装するための環境整備や国際展開の戦略等について、活発に議論していくことが必要。
- (2)研究開発だけに終始せず、社会実装・実用化に結びつための産業界等との連携を常に図ることが必要。

～農林水産業のゼロエミッションを達成し、農山漁村の炭素貯留とエネルギー供給基地を目指して～

