

直面するリスクと限界を事業の機会に

Turning risks and limitations into business opportunities



東京農工大学

学長 千葉一裕

《 アジェンダ 》

1. **大加速と地球規模リスク**
2. **ネイチャーポジティブなSAF事業の価値を創出**
3. **日本の勝ち筋はどこに？**
4. **大学が果たすべき新たな役割**

《 アジェンダ 》

- 1. 大加速と地球規模リスク**
2. ネイチャーポジティブなSAF事業の価値を創出
3. 日本の勝ち筋はどこに？
4. 大学が果たすべき新たな役割

大加速時代の渦中で

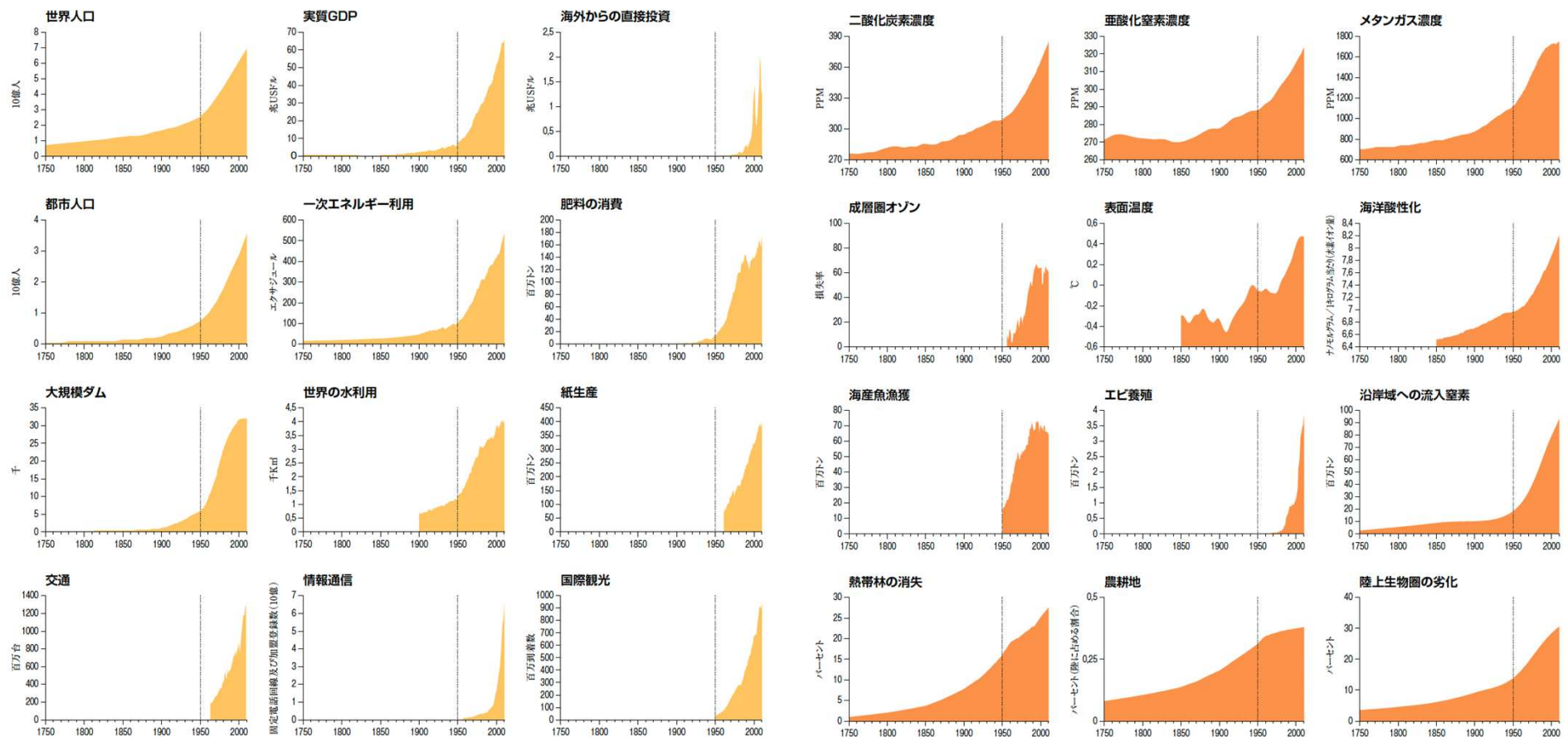
生物多様性に支えられた自然は、現代社会の基盤を形成する豊かなサービスを提供しているが、自然と生物多様性は、急速に失われ続けている。

温暖化の防止による気候の安定と、持続可能な開発を実現する約束の達成には、自然と生物多様性が消失し続ける今の流れを逆転させることが重要である。

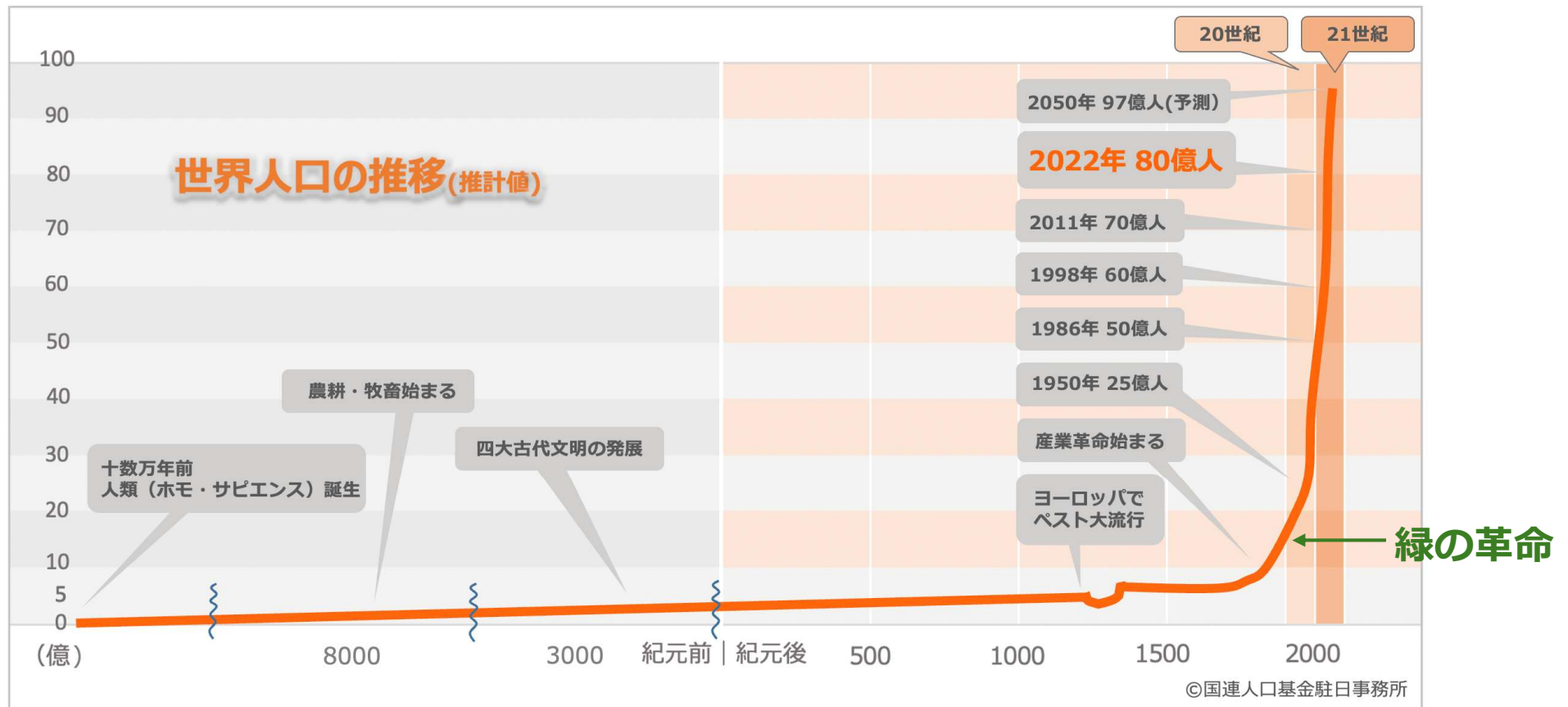
生きている地球レポート2018

社会経済学的傾向

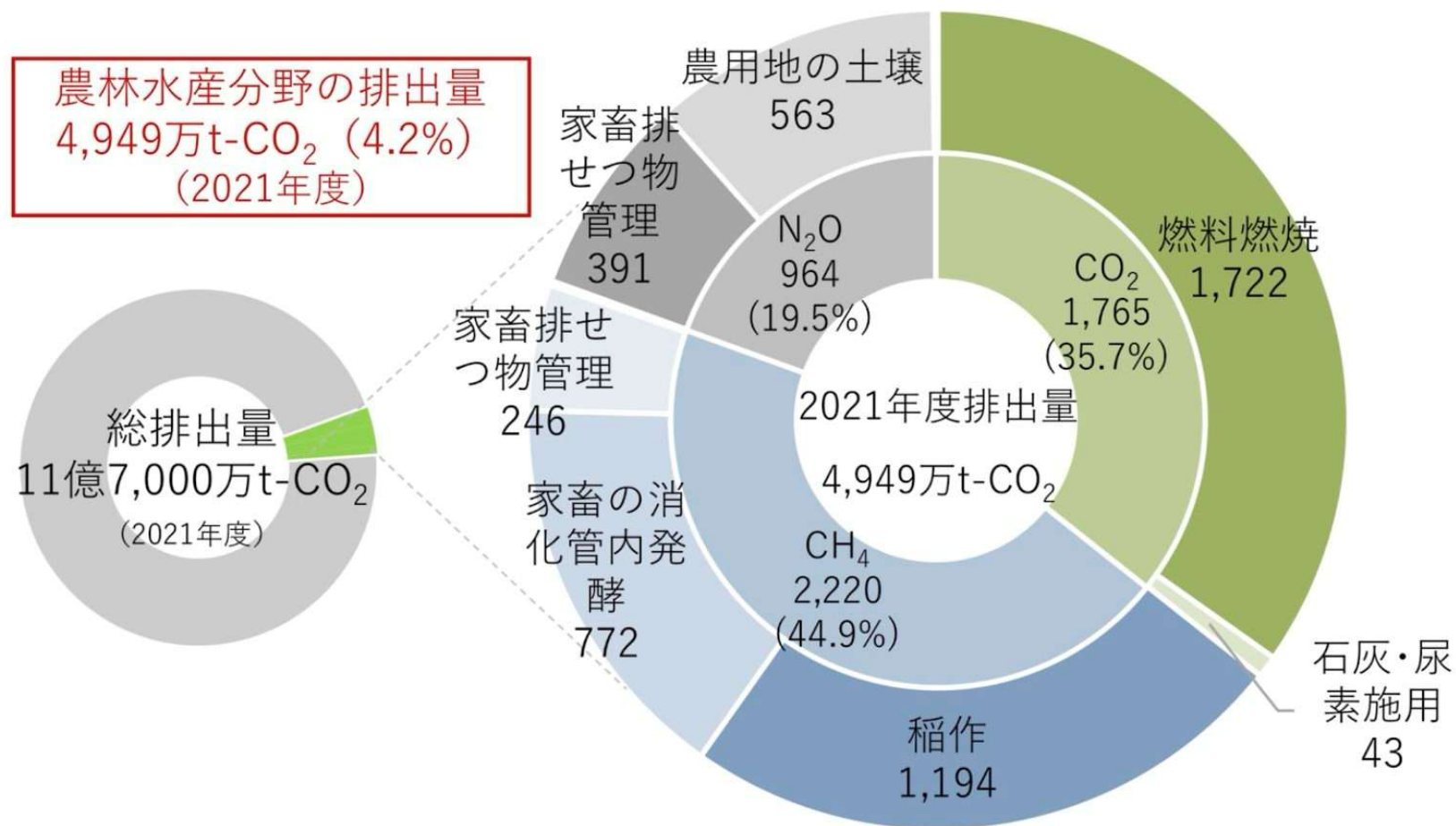
地球システムの動向



「食」の技術革新「緑の革命」から 世界人口の急激な増加へ



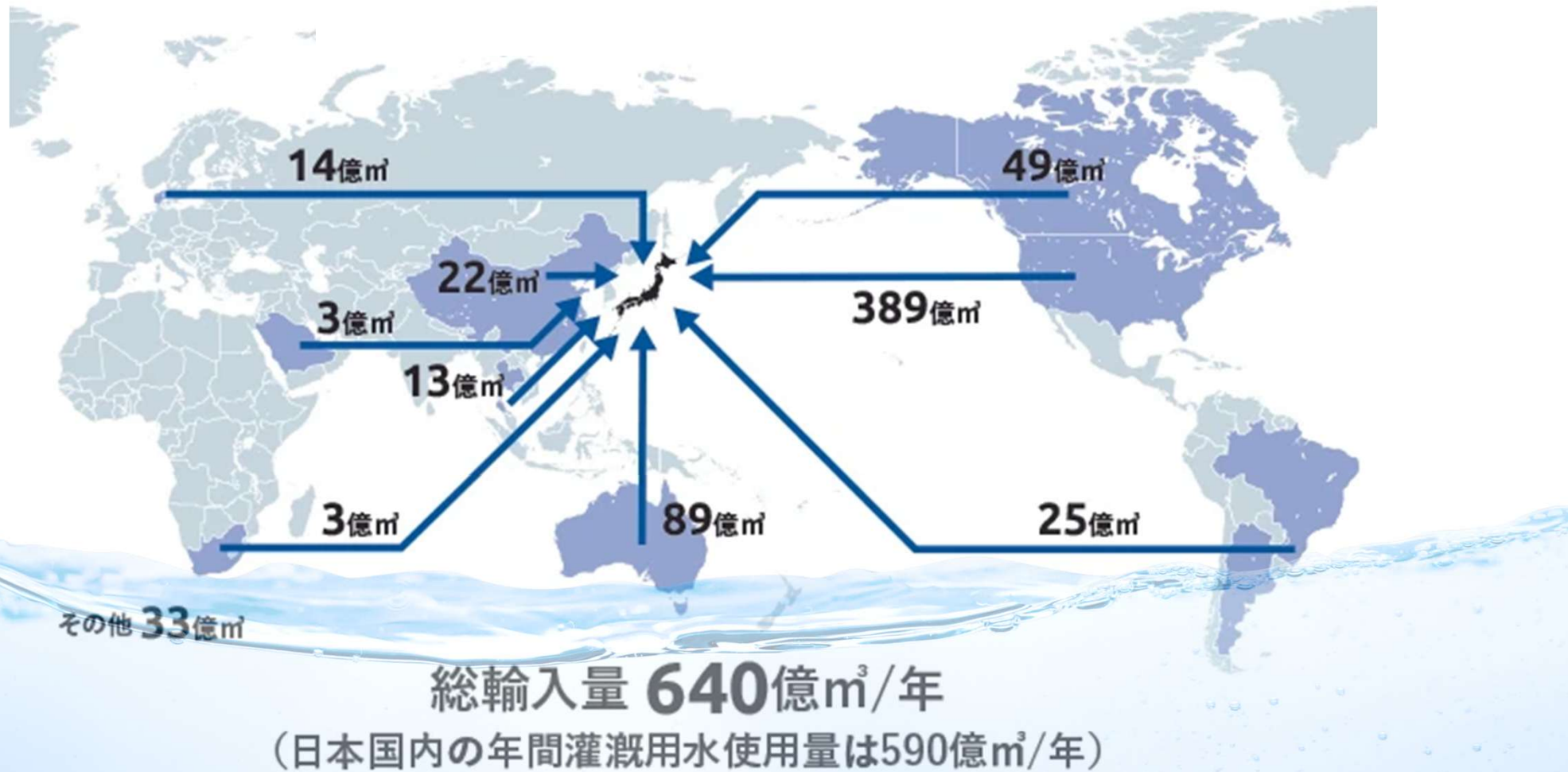
国内の農林水産分野におけるGHG排出量



単位：万t-CO₂換算

出典：みどりの食料システム戦略の実現に向けて - 環境省

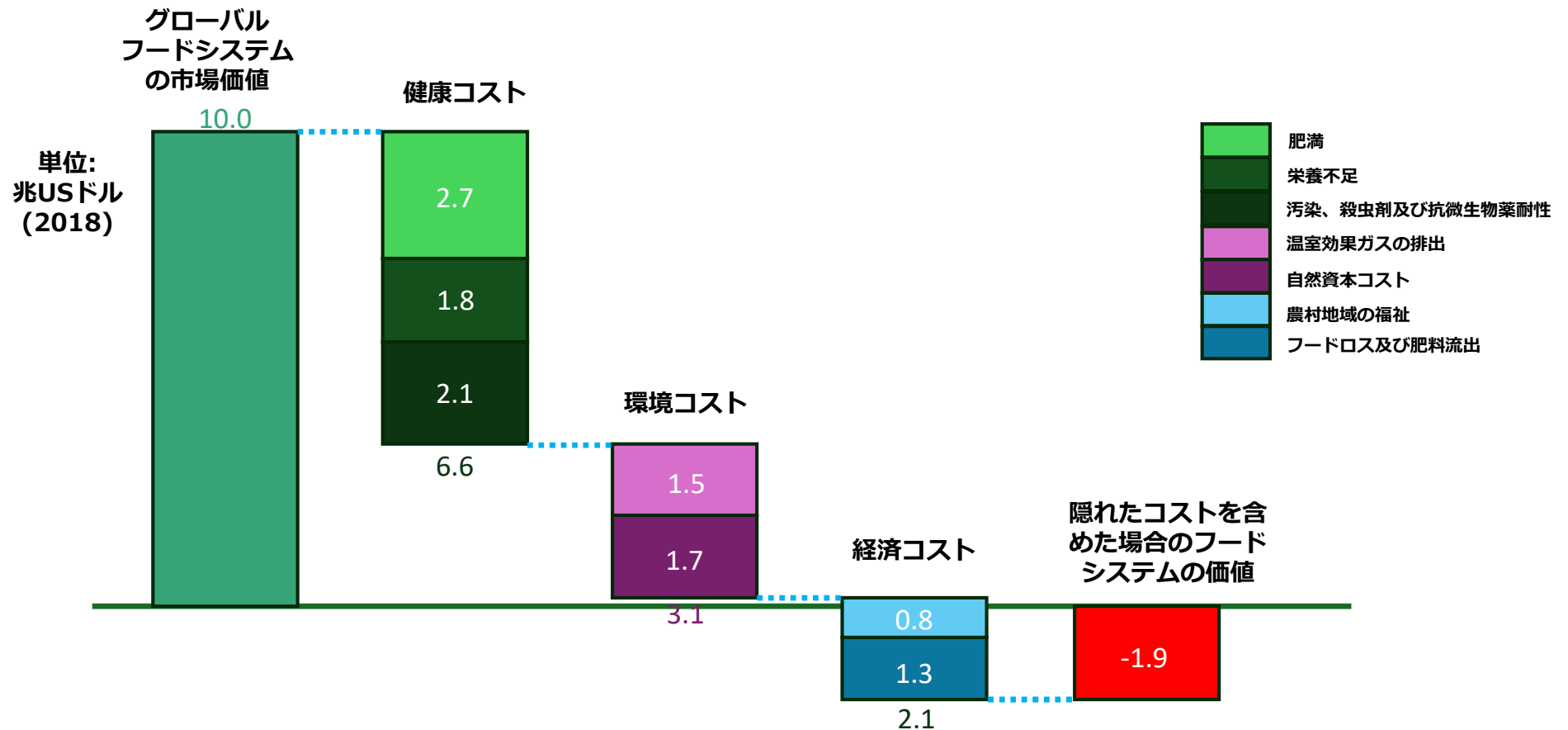
日本のバーチャルウォーター総輸入力



<https://cococolor-earth.com/virtual-water/>

世界の飲食料市場規模は10兆ドル

ただし、課題とすべきは
負の外部性 (Negative Externalities)



出典 : Growing Better: Ten Critical Transitions to Transform Food and Land Use

食料海外依存の実態

それに加えて・・・エネルギーはどうするのか？

2024年の 日本への農林水産物・
食品の輸入額は 約13兆円



輸入

自然資本価値
科学技術
遺伝資源
化石燃料
炭素固定
フードマイル
バーチャルウォーター

種豚の血統的自給率はほぼゼロ

種鶏の大部分は輸入

農業用燃料はほぼ100%輸入

肥料・飼料など農業資材

化学肥料 飼料穀物 農薬原料

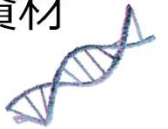
種苗・生物資材

種子 接ぎ木台 微生物資材

農業機械

トラクター・コンバイン

農業用ドローン

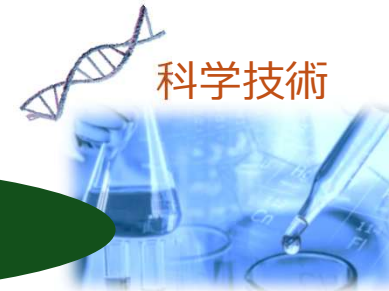


自然資本・環境

食・健康・安全保障

輸出

農業生産国



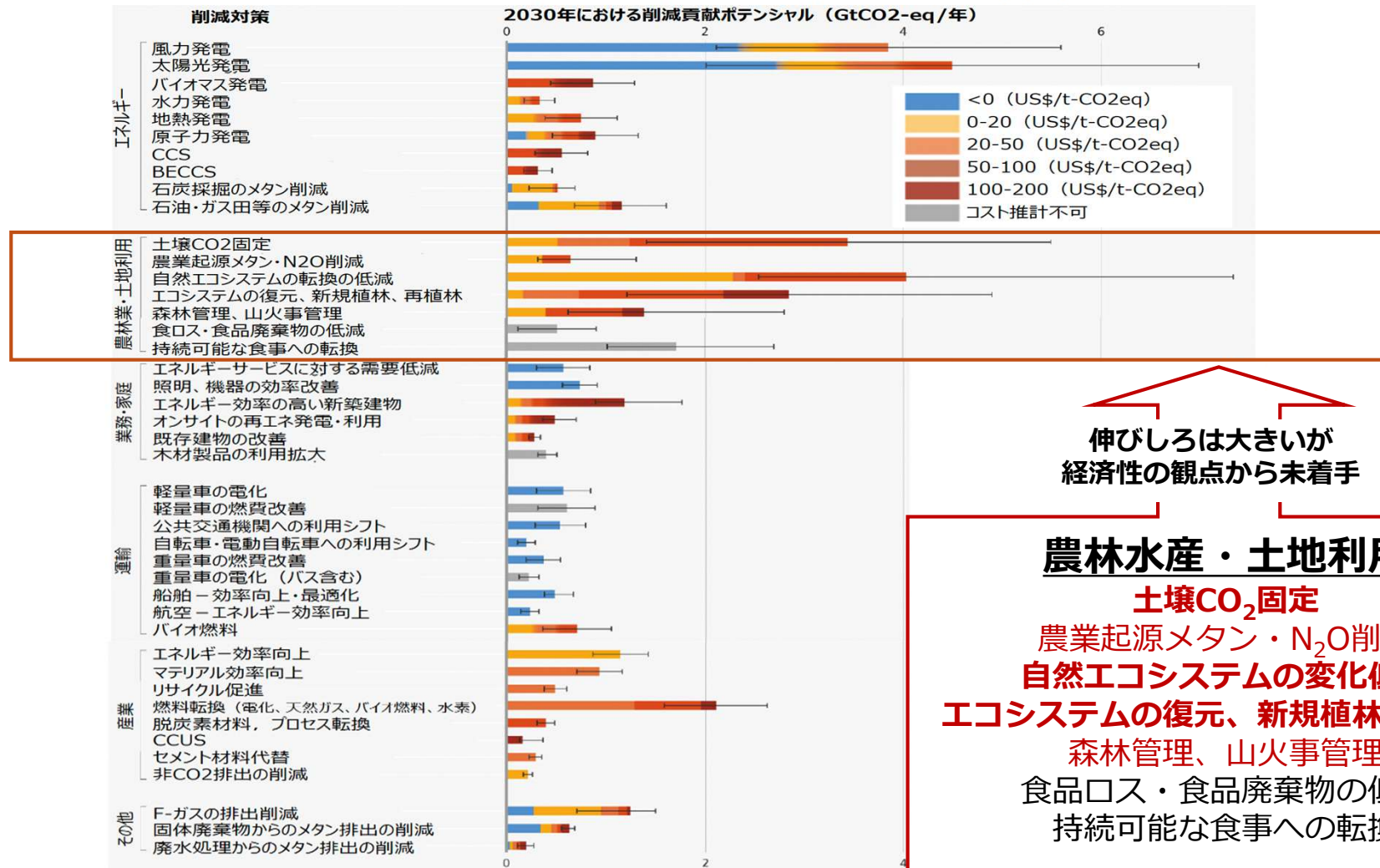
科学技術

カーボンクレジット



GHG排出削減対策と効果の見積

2030年における排出削減対策と削減費用別の削減ポテンシャル



(出所) IPCC AR6 WG3 SPM Figure SPM.7

森林土壌とそこに生きる微生物

森林土壌と微生物叢の自然資本としての価値

炭素貯留と気候安定化
水資源の浄化と保持
生物多様性の基盤



森林土壌には1グラムあたり10億個以上の微生物が含まれている
植物共生菌、病害抑制剤などを含む

カーボンファームिंग

植物は根から分泌される物質（炭素）で土壌微生物を養う
陸上の生命の95%は地下に生息している
腐植土と団粒構造の形成が進行中



土壌の健康に関する五つの原則

土壌を耕さない
土壌を覆う
多様性を高める
土壌に生きている根を保つ
動物を取り入れる

表土に蓄積された3兆トンの二酸化炭素



朝日新聞

The Asahi Shimbun GLOBE 2022年(令和4年)9月18日(日)

Prof. Shoichi Komatsuzaki
Without plowing, carbon sequestration increases significantly.

農地における炭素固定は世界中の企業の注目を集めている。生態系サービス市場コンソーシアムは炭素クレジットの排出権取引市場を創設した。
(抜粋)

注目すべきは面積あたりの収益

《 アジェンダ 》

1. 大加速と地球規模リスク
- 2. ネイチャーポジティブなSAF事業の価値を創出**
3. 日本の勝ち筋はどこに？
4. 大学が果たすべき新たな役割

ネイチャーポジティブな事業価値を実装する

健康的な生活と環境保護の両立を目指す

- 生産～消費まで、生態系への正負の影響が見える化
- カーボンの他、水・土地・生物多様性への貢献スコア導入
- ESG投資や地域通貨と連動した「自然再生食」のインセンティブ設計





「航空」が自然資本をつくり出す

自然資本IRR評価軸の設定

自然資本IRR（NC-IRR）とは、従来の経済的内部収益率（IRR）に加え、以下の要素を統合的に加味した新たな投資評価指標

土地・水・空気等の自然資源の消費/再生可能性

生態系サービスの正負影響

生物多様性・炭素固定効果

地域社会・農業との共生ポテンシャル

「脱炭素×持続可能性」

- 単なるCO₂削減ではなく、**自然と人間の共存に根ざしたエネルギー設計**
- その視点から見れば、**HEFAはSAFの本質に近い解**である
- 投資・政策・研究は、**自然資本IRRという新しい指標で統一的に評価**されるべき

**植物油の価値は「原料供給」だけでなく、
「土地・人材・知的資本・外交資源」の総合戦略要素とみなすべき**

現 状

世界の輸送システムが石油に依存する最大の理由 「圧倒的なエネルギー密度」

1. 炭素あたりの結合解離エネルギー

- CO₂ : 1598 kJ/mol (炭素あたり)
- 石油 (炭化水素) : 約 1200–1300 kJ/mol (炭素あたり)

➡ CO₂ の方が結合が強く非常に安定。石油 (炭化水素) との「差」がエネルギー

2. 石油のエネルギー密度

質量エネルギー密度 : 43–46 MJ/kg

体積エネルギー密度 : 33–35 MJ/L (= 約 9–10 kWh/L)

3. 芳香族化合物の体積エネルギー密度はさらに高い

ベンゼン : 35.2 MJ/L

トルエン : 36.1 MJ/L

- π - π stacking により分子間力が強く、密度が高い



SAFに関する現状認識と課題

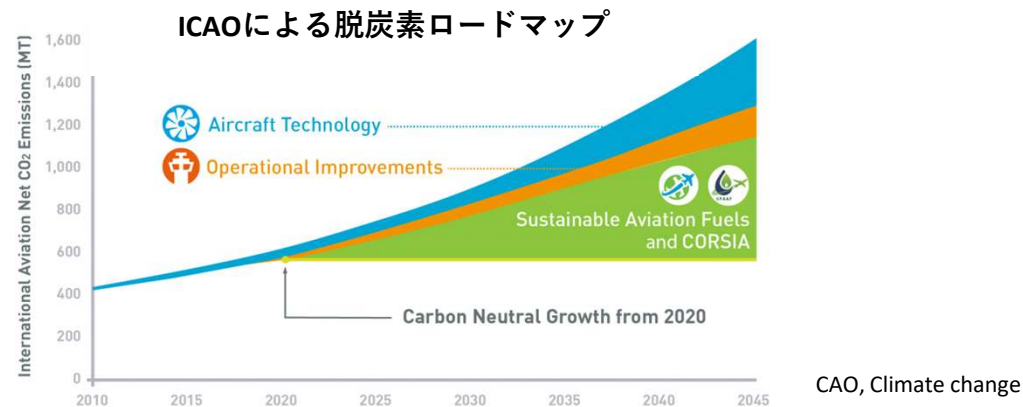
国内SAF需要の急拡大 — 日本政府は 2030 年までにジェット燃料の **10 %**をSAFで代替する義務化方針を2024 年に最終決定

https://japan.influencemap.org/policy/SAF-mandate-5480?utm_source=chatgpt.com

廃食油（UCO）だけでは供給が追いつかない — 需要に対しUCOは早くもタイト化し、国内各社が調達競争を強めている

https://www.argusmedia.com/ja/news-and-insights/latest-market-news/2658036-japan-s-euglena-to-enhance-uco-procurement-after-2024?utm_source=chatgpt.com

インパクト：2030年に必要なSAFは約170万 kL（国内ジェット燃料の10 %）と推計されるのに対し、2025年時点の確定生産量は3-5 万 kL規模。UCO依存のままだでは「量」と「コスト」の両面でボトルネックが顕在化する。



安定的なSAF供給の実現のために、原料の確保が急務

SAFの実装で「持続可能な空」へ

**従来型SAFのジレンマ（資源争奪・自然毀損）を回避
自然資本の再生、人的資本の育成、エネルギー安全保障を同時達成
地域主導型の「ネイチャーポジティブ航空燃料産業」の基盤形成**

TNFD型自然資本開示義務化と補助金・税制優遇との連動

LEAP分析と自然資本会計の導入をSAF事業支援の条件に

GX基金等の活用による初期投資と技術開発の加速

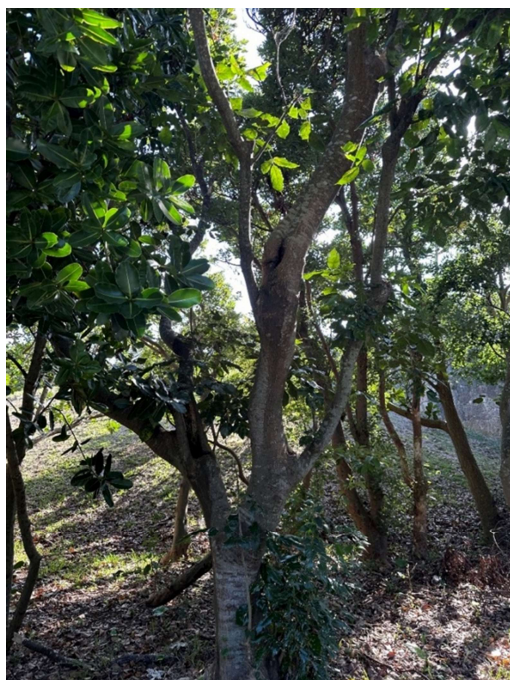
国内外での実証支援、触媒開発、精製技術、e-SAF技術との統合を支援



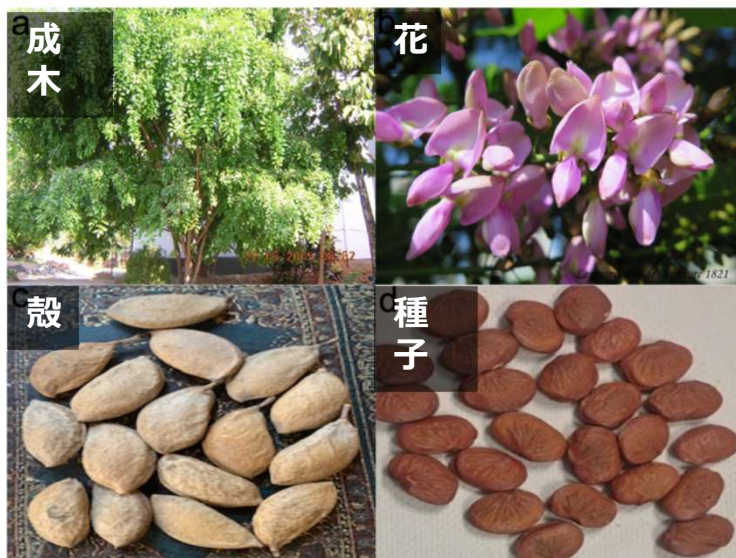
HEFAに向けた非可食油脂植物原料：ポンガミア

Hydroprocessed Esters and Fatty Acids

高さ15～25m程度に成長するマメ科の亜熱帯性樹木。カラジン（毒性物質）を含むため、食用に不適。樹齢100年程の樹木も確認されており、長寿。オイル生産量は、パームと同等の約5 t/ha。



沖縄に自生している
ポンガミア樹木



E. Degani et al., *J Environl Manage*
(2022)

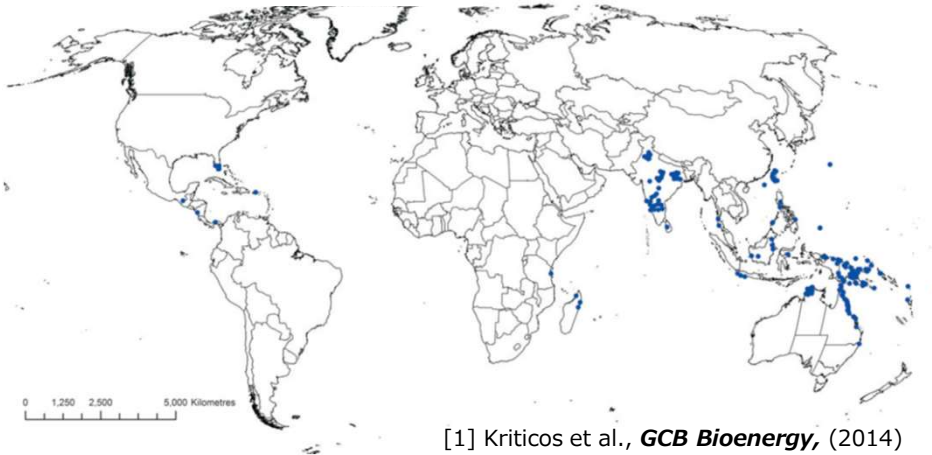
油脂植物のオイル生産量^[1] ※非可食

Crop	kg-oil/ha
Oil palm	5,000
Pongamia ※	3,750-4,700
Coconut	2,260
Avocado	2,217
Brazil nuts	2,010
Macadamia nuts	1,887
Jatropha ※	750-2,000
Jojoba, Pecan nuts	1,500
Rapeseed, Olives, Castor beans	1,100
Peanuts, Cocoa	900
Sunflower, Tung oil	800
Rice, Safflow	650
Sesame	600
Camelina, Mastard, Coriander, Pumpkin seed, Euphorbia	450-500

[1] Filemon A Uriarte Jr, Biofuels From Plant Oils, Chapter 2, Asean Foundation, (2010)

ポンガミアの生育環境

◆ポンガミアの自生域 [1]



[1] Kriticos et al., *GCB Bioenergy*, (2014)

青印：ポンガミアが自生している地域

▶沿岸部にも自生しており、塩存在下でも生育可能(好塩性)。

乾燥地や荒地での栽培例もあり、乾燥耐性を持つことや、金属イオンの吸収など土壌修復効果も期待される。

◆ポンガミアの活用フロー



殻 (50%)

種子 (50%)



バイオ炭やバイオマス発電、将来的には液体燃料化も期待

オイル (25~45%) 搾りかす (55%~)



SAF等の原料

畜産飼料等

ポンガミア油脂収量の向上



- エリート根粒菌の探索,微生物機能の活用（岡崎教授ら）
- 新たな栽培体系の構築（伴准教授ら）
- 土壌整備・管理技術の構築（杉原教授ら）

中四国に於けるユーカリを活用した エネルギーの森実証事業

木質バイオマス燃料等の安定的・効率的な供給・利用システム構築支援事業
新たな燃料ポテンシャル(早生樹等)を開拓・利用可能とする
“エネルギーの森”実証事業



エリートツリーの開発



前生草に負けた？



鹿・鹿・鹿（1頭）



雪にも負けず



同じ山塊なのに・・・



完璧



雪にも負けず1年後

国際標準化交渉の場への参画 認証取得のノウハウを蓄積

SAFの事業化における障壁となる国際認証取得においてアカデミアとして貢献

CORSIA認証取得まで

1. GHG排出量算定に係るデータの収集
2. ICAOへ原料・製法の登録 (FTGへ申請)
3. CORSIA適格燃料 (CEF) としての認証取得



国土交通省・調査委託事業として、R6年度より農工大が受託。専門家を配置・派遣。
(村田 特任助教)



国土交通省・航空局
SAF製造事業者



国際民間航空機関 (ICAO)

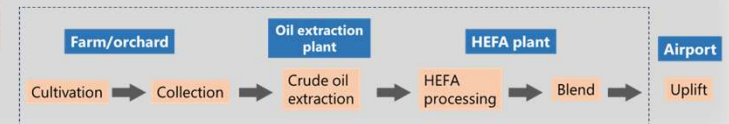
CEF認証取得まで：約3～4年

第4回SAFの導入促進に向けた官民協議会 (国土交通省、2024年1月)において、専門的な知識を以て議論に参加・助言する専門家を大学に配置する必要性を強調。

ポンガミアSAFの事業開発に向けて



- 大学独自にGHG排出量算定のためのデータ整理を実施
- LCAに用いるシステム境界を検討



産学官連携による新規原料由来SAFに関する事業開発



原料調達

最適地選定

海外地域連携

外国政府連携

知財確保

生産安定化

国際環境認証

「国際航空のためのカーボン・オフセットおよび削減スキーム」
(CORSIA)

ICAOが各航空会社に対し、
2019年比で15%のCO₂排出削減
を要請するスキーム



国内市場：約 2千億円（10%代替）～1.3兆円（100%代替）

持続可能な航空燃料に関する
産学連携プラットフォーム (SAF-OP) を設立

持続可能な航空燃料に関する国際環境認証及び
新規原料開発に関するオープンプラットフォーム

ENEOS株式会社等、計7社が参画（2025年8月時点）

NOMURA

HK HANWA

NSK 南国殖産株式会社

SINCE 1995
REVO
INTERNATIONAL

FOUR PRIDE

TUAT
Tokyo University of Agriculture and Technology

大学100%出資の
子会社の設立

Dejima Intelligence
東京農工大学

国内外の大学・政府機関との連携

国土交通省、
新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)



TRADE +
INVESTMENT
QUEENSLAND



THE UNIVERSITY
OF QUEENSLAND
AUSTRALIA



QUT
Queensland
University
of Technology

多機関国際連携によるエネルギー分野（特に、SAF）の事業開発を推進

《 アジェンダ 》

1. 大加速と地球規模リスク
2. ネイチャーポジティブなSAF事業の価値を創出
- 3. 日本の勝ち筋はどこに？**
4. 大学が果たすべき新たな役割

事業投資・開発に向けた懸念事項

- **ポンガミア等のHEFAは国内で大規模生産できないのでは？**
(寒冷地での生育不適、生産見込不明、・・・)
- **いずれATJが主流になるのでは？**
- **農林業非依存型 e-SAFの開発が進むのでは？**

日本の勝ち筋はどこに？

ATJの構造的な課題：エネルギー消費と自然資本負荷

原料は“農林業起源の糖質・デンプン質”が主流



サトウキビ、トウモロコシ、木質バイオマス

アルコール発酵 酵母または化学合成

エチレン化→C8-C16への重合

蒸留 分別

農薬・灌漑・化学肥料、土地競合

酸素管理・温度制御・CO₂排出

高圧・高温・大量の水使用

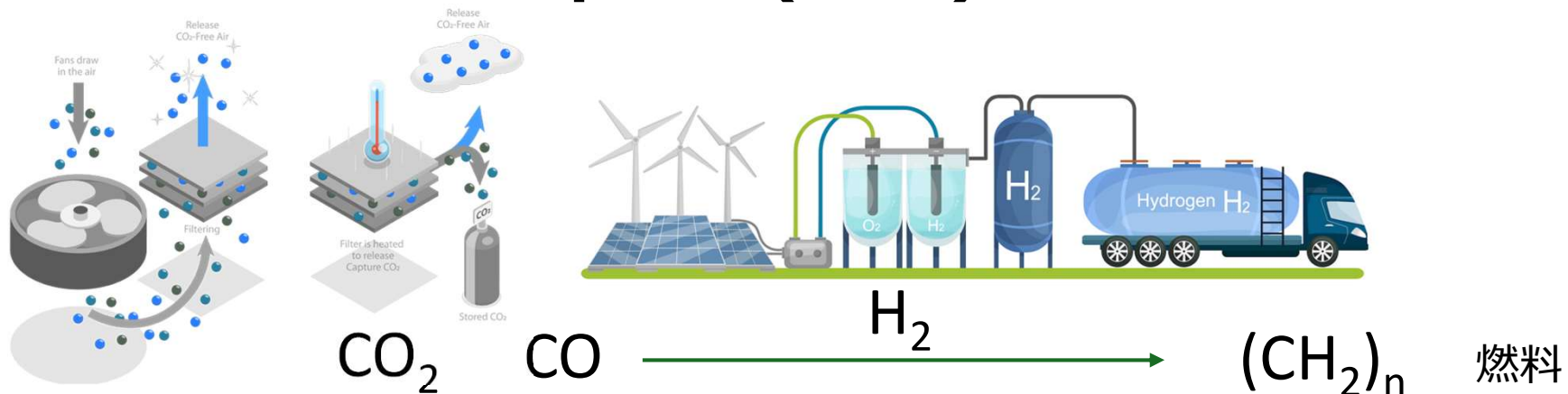
エネルギー消費、装置コスト

- エネルギー収支（EROEI）やLCAベースでは、条件によっては石油と大差ない場合もある
- 農地を犠牲にしてまで作物→アルコール→燃料へという流れは、自然資本IRRでは低評価

**ATJ系はその前段階から複雑な工業的プロセスを必要とし、
TNFD型自然資本やLCAでは見落とされがちなコストと負荷を抱えている**

★困難をどう乗り越えるか★

Direct Air Capture(DAC)・e-SAFの展開は？



「石油代替燃料をCO₂から大量生産して、世界の化石燃料を置き換える」というビジョンは、エネルギー・LCAの両面から見て、**現時点では極めて困難**

- ・ 「CO₂由来燃料」は、再生可能エネルギーを“高密度な液体燃料”に変換したものと解釈
- ・ DACを“主役”にするには、世界のクリーンエネルギー設備をほぼ倍増させる必要がある
- ・ 製造規模拡大により他の用途（食料生産・水利用）との競合も無視できなくなる

(CO₂ → 大気) 混合エントロピーを逆転させる「最小仕事量」

0.5–0.76 GJ/t-CO₂

(約140–210 kWh/t-CO₂)

実際には10倍の4–9 GJ/t-CO₂のエネルギーを要すると推定

Li S. and Zhang Z. (2024). Prospects for direct air capture. The Innovation Energy 1(1): 100010. <https://doi.org/10.59717/j.xinn-energy.2024.100010>

★困難をどう乗り越えるか★

HEFAの「完成済み炭素構造」という 現時点における優位性

○ 自然由来C-C結合

光合成を通じて固定された炭素が油脂として貯蔵されている（例：オレイン酸など）

○ 加工ステップの少なさ

脱酸素・水素化などの比較的単純な精製工程でジェット燃料に転換可能

○ 副産物の有用性

油粕、バイオ炭、グリセリンなど、非燃料用途にも転用可能

○ 土地の回復力と併用可能

ポンガミア等では塩害地や低肥沃地のグリーン復元と同時進行可能

- ・ 自然資本との親和性が高く、農業再建やカーボンファーマーミング戦略にも貢献可能
- ・ 短中期ではHEFAの「自然完了型の炭素」がSAFの本質的な持続可能性に最も近い

日本全国への展開に対する制約・限界の突破策

「ポンガミア×テルペン二層型 SAF供給モデル（自然資本IRR付き）」

- ① 地域限定型クラスター構築（日本版「ポンガミア特区」）
 - ・沖縄・奄美・九州南部（南大隅・指宿・種子島・屋久島など）
 - ・平地・休耕地・沿岸部を活用し、分散型栽培・抽出拠点モデル
- ② 本州・東北ではテルペン樹種（ユーカリ、クロモジ、モミ等）に切り替え
 - ・ポンガミアと並行して、冷涼地向けの非食SAF資源としてテルペン樹種を推進
 - ・全国展開可能な二層型SAF資源基盤を構築
 - ・一部のテルペンから誘導される芳香族化合物は「100%SAF」実現への鍵物質
- ③ 育種・ゲノム改良による耐寒性品種の開発（大学の役割）
 - ・大学や農研機構との連携により、ゲノム選抜・CRISPR型改良
 - ・低温ストレス耐性に関わる遺伝子の探索・導入により将来的な温帯対応品種の確立へ

HEFAが“過渡期的”に見えても、それを“未来の知的資産・地域活性の仕組み”に転換できる戦略設計が鍵

- ATJ拡大は進むが、植物油の価値は「原料供給」だけでなく、「土地・人材・知的資本・外交資源」の総合戦略要素とみなすべき
- 日本は**分散型資源活用と自然資本外交に強み**を持ち、ATJ主流時代にも「地域多様性と適応的供給網」で補完可能
- ポンガミア等に対する投資は、**燃料としての出口戦略＋自然資本資産形成としての意義**を両立させる必要がある

「予測」に変化をもたらす社会的要因も視野に

- “炭素フローの支配”が経済支配になる（企業価値＝供給の安定性）
- 炭素の起源識別をエビデンスと共に重視（生物由来/化石由来）
- SAFのサプライチェーンの完全透明化（トレーサビリティを科学的に保証）
- エネルギー貯蔵の大転換（“電気”より“蓄える能力”の価値）

HEFA-ATJ 相乗型戦略への転換

A. 短期（～2035）：地域限定型ポンガミアHEFAによる即効性のある地域経済活性化

雇用創出（沖縄・奄美）、油抽出副産物（飼料・バイオ炭）も活用
SAF供給の「多様性・レジリエンス」確保

B. 中期（2030～）：ポンガミアを「遺伝資源・ゲノム育種資産」として蓄積 将来的な温帯対応品種の開発 脱炭素×生物資源の知的財産基盤形成

C. 長期（2040～）：ATJとのハイブリッド供給モデル構築 精製設備共有化（油脂→ATJ中間体との複合プロセス） CO₂再固定型技術（DAC×植物油）との連携

「予測」に変化をもたらす社会的要因も視野に

- AI、量子コンピュータの進展による急速な電力需要の増加
- 温暖化の急進・食料争奪戦激化・自然資本重点化の加速
- 水を使わない、レアメタルを使わない技術に大きな価値が
- 人の健康と安全、ゾーニングされた森が国防レベルの課題に

《 アジェンダ 》

1. 大加速と地球規模リスク
2. ネイチャーポジティブなSAF事業の価値を創出
3. 日本の勝ち筋はどこに？
- 4. 大学が果たすべき新たな役割**

大学の役割：投資価値の「知的再設計」

生物資源科学

耐寒性・耐病性のポンガミア品種
開発（ゲノム育種）

化学工学

HEFA→ATJ中間体への変換反応、
芳香族付加設計

経済・政策科学

SAF原料ポートフォリオ自然資本
IRR比較分析

国際連携

生物資源外交：アジア諸国との
原料共創・輸出モデル

- 「プロセスエネルギー収支 × 土地負荷 × LCA × 自然資本IRR」
の統合評価体系の開発
- 産業別最適SAF戦略マトリクスの提示

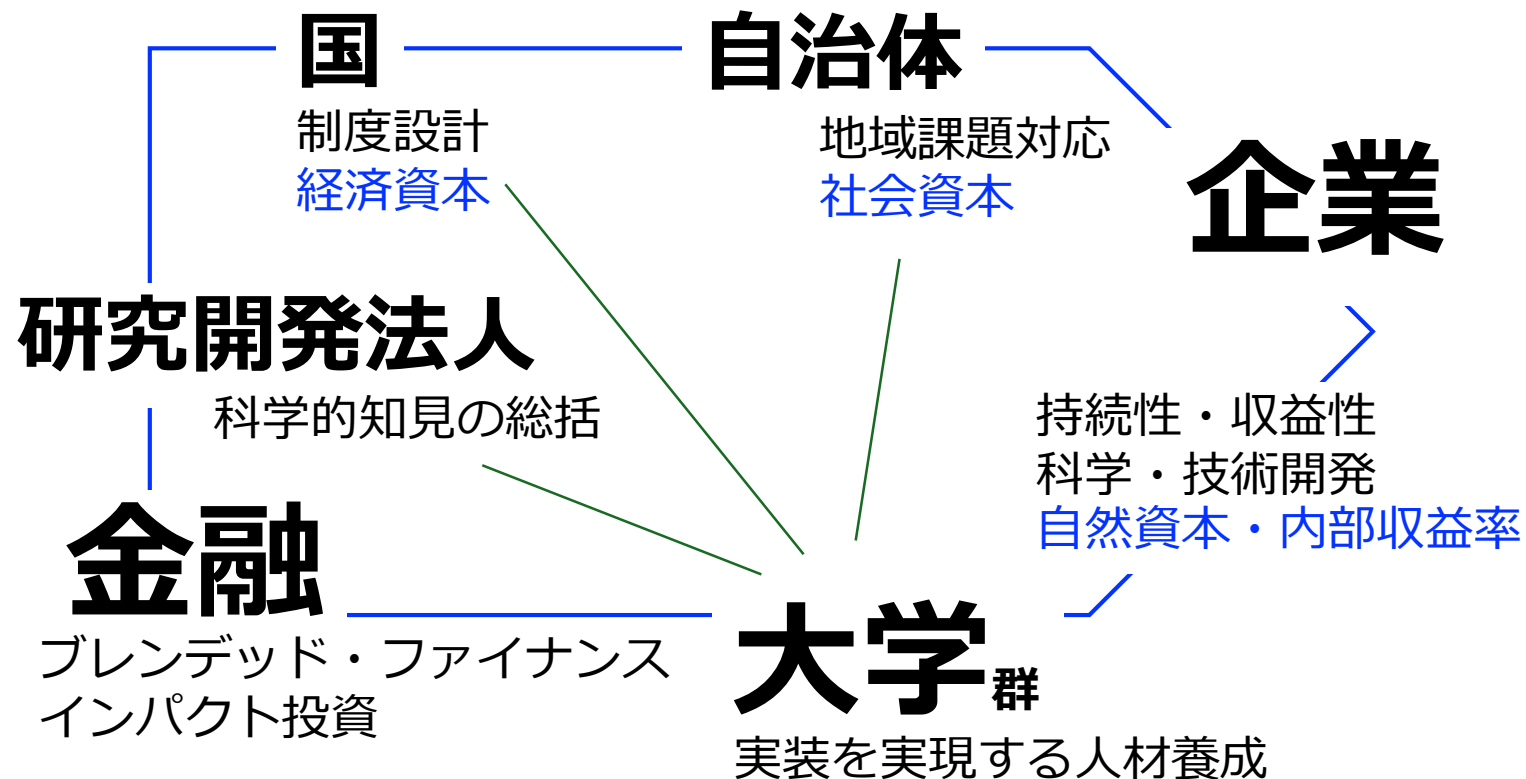
大学は科学の専門性をもって、 国家の交渉力を支える“知的外交機関”の役割を果たす

東京農工大学が国土交通省の委託を受け、
CORSIA認証に関わる国際交渉に研究者・職員を
交渉役として派遣

LCA評価・GHG削減メカニズムなど高度な科学的検証が不可欠

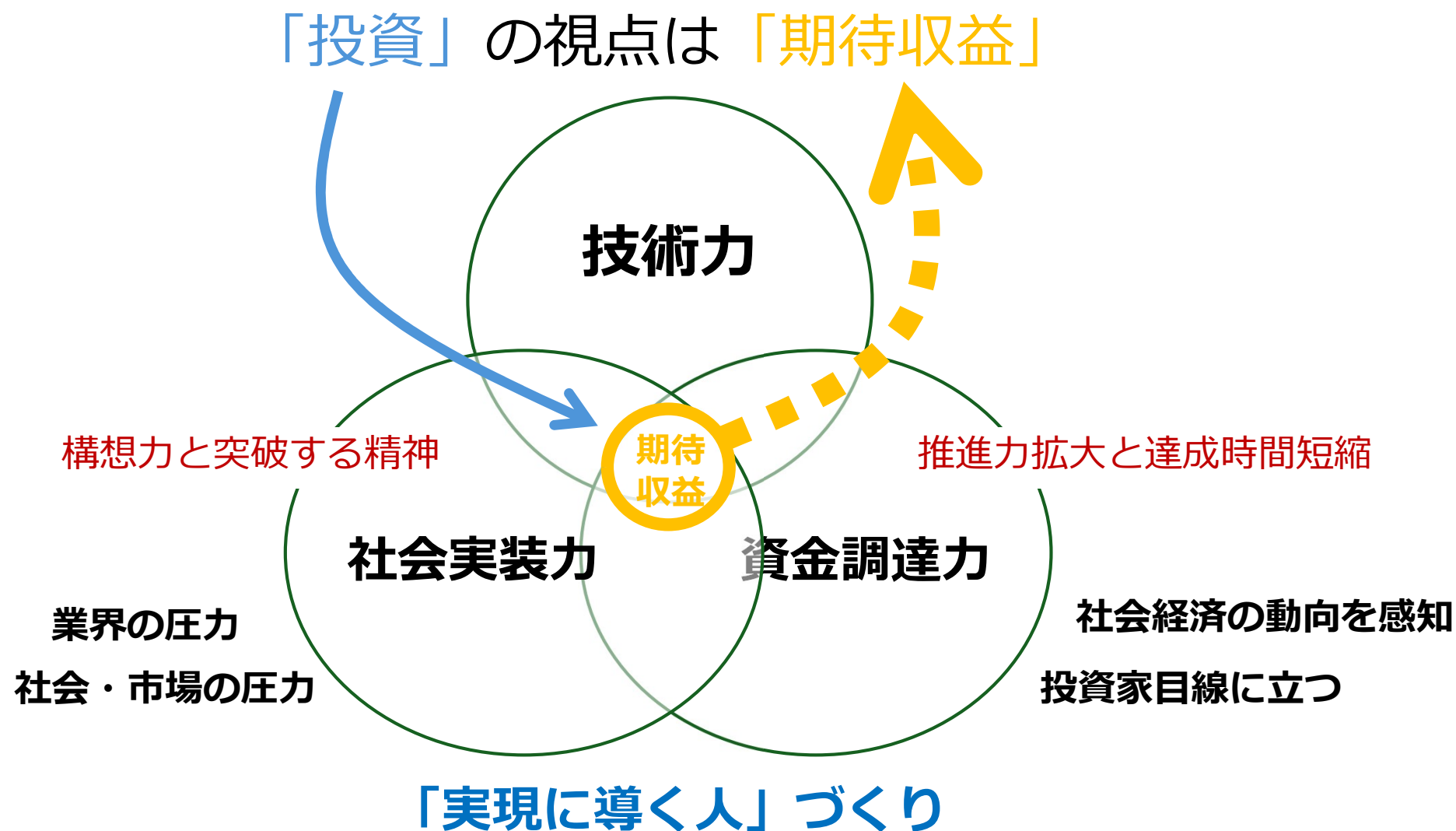
国家代表知としての「外交的中立性 × 科学的正統性」

国民の安心と地政学的安定に資する 経済・科学・金融インフラの強化へ



科学・資本・制度をつなぐ**設計者**
企業・大学・自治体をつなぐ**事業家** } → **駆動力**

未来の創出価値を定量化・数値化する



Enablers

自らの強い意志と洞察力で見出した課題について、
挑戦・実行・完遂できる人



重要事項を選別し、自ら手を上げて挑戦する
これまでとの違いを出したいと考える
部署、組織を越えて仕事を展開する
人を惹きつけチームを作り上げる
展望を持ち、交渉に臨む

ご清聴ありがとうございました