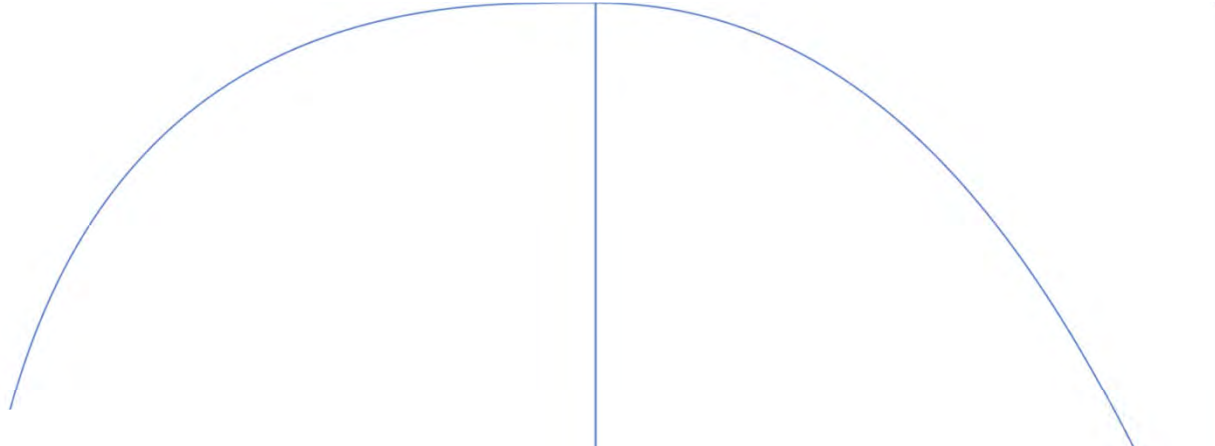




Ⅱ みどりの食料システムのKPIに係る 技術の国内外の最新動向調査

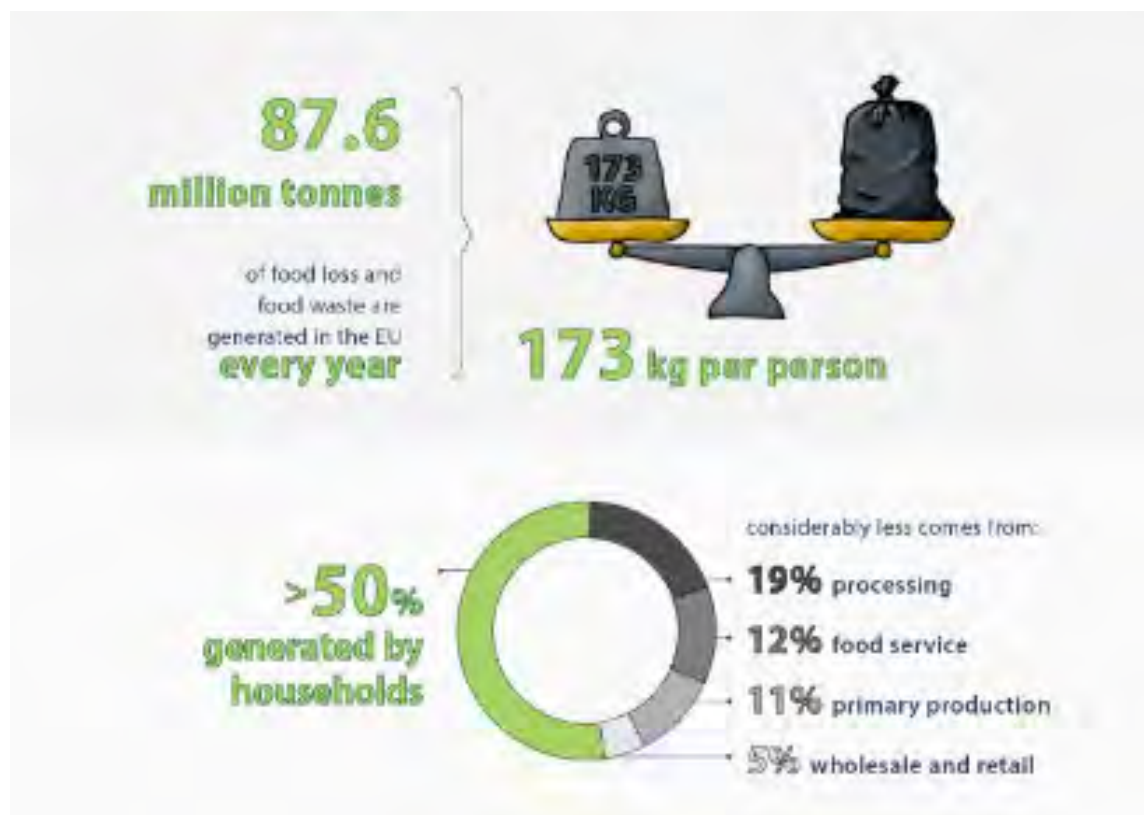
Ⅱ- 2. 研究内容に関する調査 e. 食品産業

e. 食品産業 1. 事業系食品ロスの削減

食品ロスについての議会結論：EU

- 2016年6月にEU理事会は食品ロスと食品廃棄に関する結論を採択。その際、勧告された内容を定期的に進捗を評価されるべきであると言及。2018年、2020年に進捗状況を評価。
- 「賞味期限」表示を免除する食品のリストの拡大、食品の寄付の奨励、廃棄物分類に関する新しい規則の導入など、廃棄物を削減するために国レベルで講じられる措置について記載。
- 加盟国の廃棄物管理ヒエラルキー（防止、再利用、リサイクル、回収）の採用と実施も監視。

食品廃棄：防止、再利用、リサイクルの模式図



出典:EU理事会および欧州理事会 WEBサイト
<https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/food-loss-and-food-waste/>

2023年農業法案での食品ロス削減機会：米国

- 2023年の農業法案（2023 Farm Bill）に向けて、米国議会が食品廃棄物削減を目的とした循環型食品システムを採択するよう22の推奨事項を概説。
 - 食品廃棄物の防止、食品回収の促進、堆肥化又は嫌気性消化による生ゴミのリサイクル及び食品廃棄物削減の取組への支援を議会へ提唱予定。
-
- 具体的な推奨事項として、一貫性のない規制の明確化、食品廃棄物のリサイクルに対するインセンティブの提供、消費者教育キャンペーンの開始が含まれる。
 - これを実施することで、年間730億ドルの純経済的利益を生み出し、食料不足の個人のために40億食相当を回収、4兆ガロンの水を節約し、年間7,500万トンの温室効果ガス排出を回避する可能性があると記載。

出典:Harvard Law School Food Law and Policy Clinic, NRDC, ReFED, World Wildlife Fund Inc. <https://chlpi.org/wp-content/uploads/2022/04/2023-Farm-Bill-Food-Waste.pdf>

e. 食品産業 1. 事業系食品ロスの削減

植物由来コーティング剤による食品保存期間延長技術：Akorn Technology（米国）

- 米国の非GMOトウモロコシ副産物を使用した、植物タンパク質ベースの食品用コーティング剤。
- 水分損失抑制、酸素交換の制御、光沢付与、硬さ・質感維持、食味改善、栄養改善、微生物増殖抑制等に対する効果。
- モモ、リンゴ、ナシ、トマト、キュウリ、ナッツ類など幅広い作物の収穫後のロス削減が可能。

Akornコーティング処理されるマンゴー**コーティング処理・未処理のナシの比較**出典: Akorn Tech. WEBサイト <https://akorn.tech/> , Youtube

グripperやビジョンセンサ技術の進歩と協働ロボットの導入が成長を促進

- 一次食品加工で扱う食材は様々な形状とサイズがあり、ロボット導入の障害。
- 人の手の動きを模したグripper技術の進歩により、一次食品加工でのロボット使用が増加。
- ソフトグリップにより繊細な食材にも利用可能。真空グリップは、食品との直接接触を最小限に抑え、様々な形状やサイズの食材に対応。ロボットに内蔵されたビジョンセンサやスキャン機能により、製品の形状の違いをより高い精度で判別可能。

スマートパッケージングによる品質・安全性の担保、製品の追跡

- スマートパッケージングは、製品保護に有益な包装手法で、アクティブ包装と、インテリジェント包装に大別。
- アクティブ包装は、脱酸素剤、防腐剤、抗菌パッケージ等により保存期間を延長。
- インテリジェント包装は、賞味期限の延長や鮮度管理を行うセンサや、製品の品質、温度、pH値、水分量などを表示する電子ディスプレイなどのこと。代表的な例として、無線周波数識別（RFID）タグによる荷物追跡、盗難防止、サプライチェーン管理。

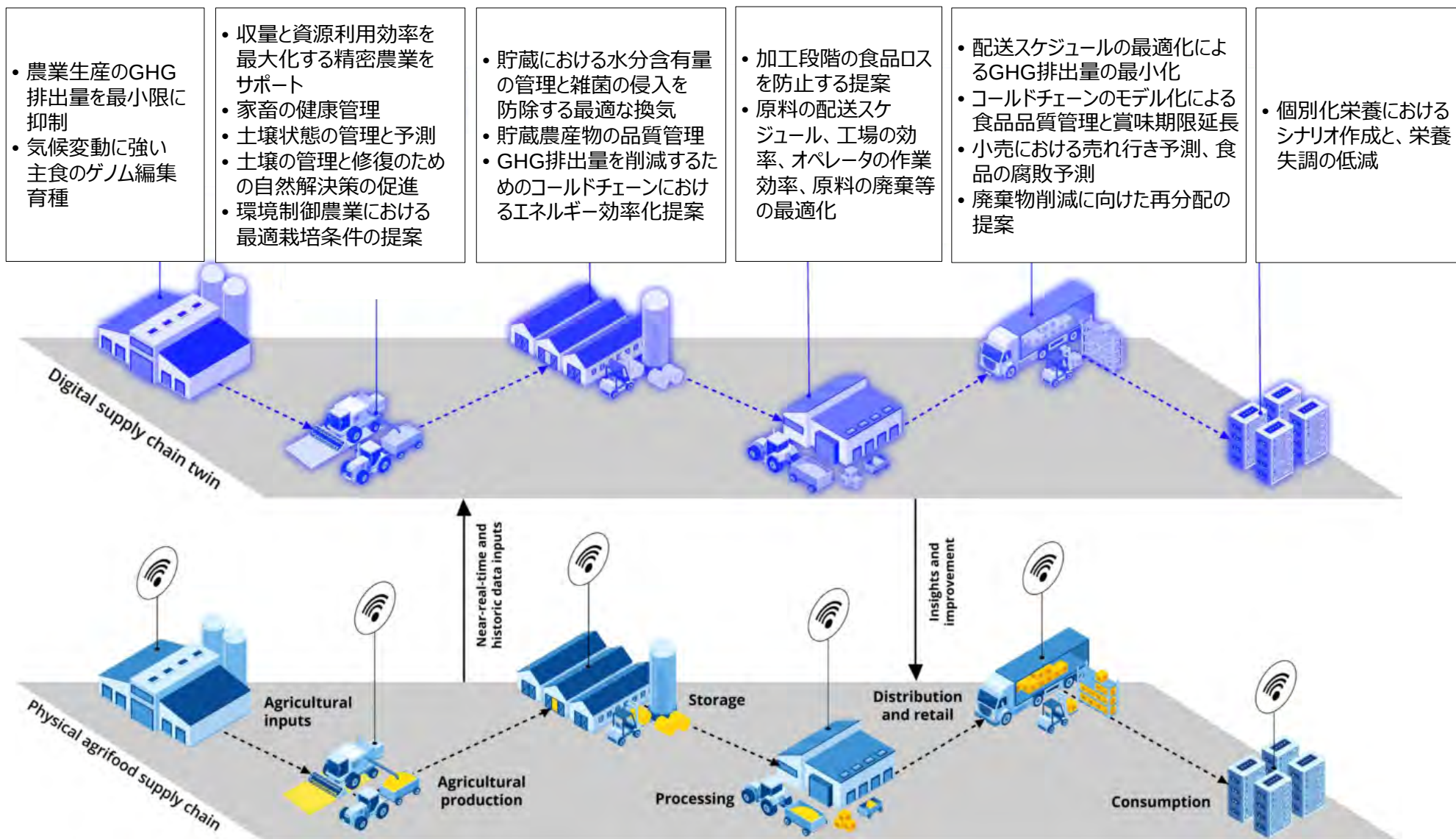
物流領域での主要課題と変化

- 各種ロボットの導入により物流のスマート化が進行。
- 情報の活用により、ピッキング自動化や、配送・倉庫手配のマッチングによる稼働改善などの動きが出てきている。

e. 食品産業 3. 食品製造業の経費削減（2）事例

農業食品サプライチェーンにおけるデジタルツインの利点と課題（英国）

- 英国ケンブリッジ大学アサフらは、農業食品サプライチェーンデジタルツイン事例において、温室効果ガスの排出、食品廃棄物の抑制などが、目的化されていないことを指摘。実現に向けたタスクを整理。



出典:npj食の化学,6,47,2022

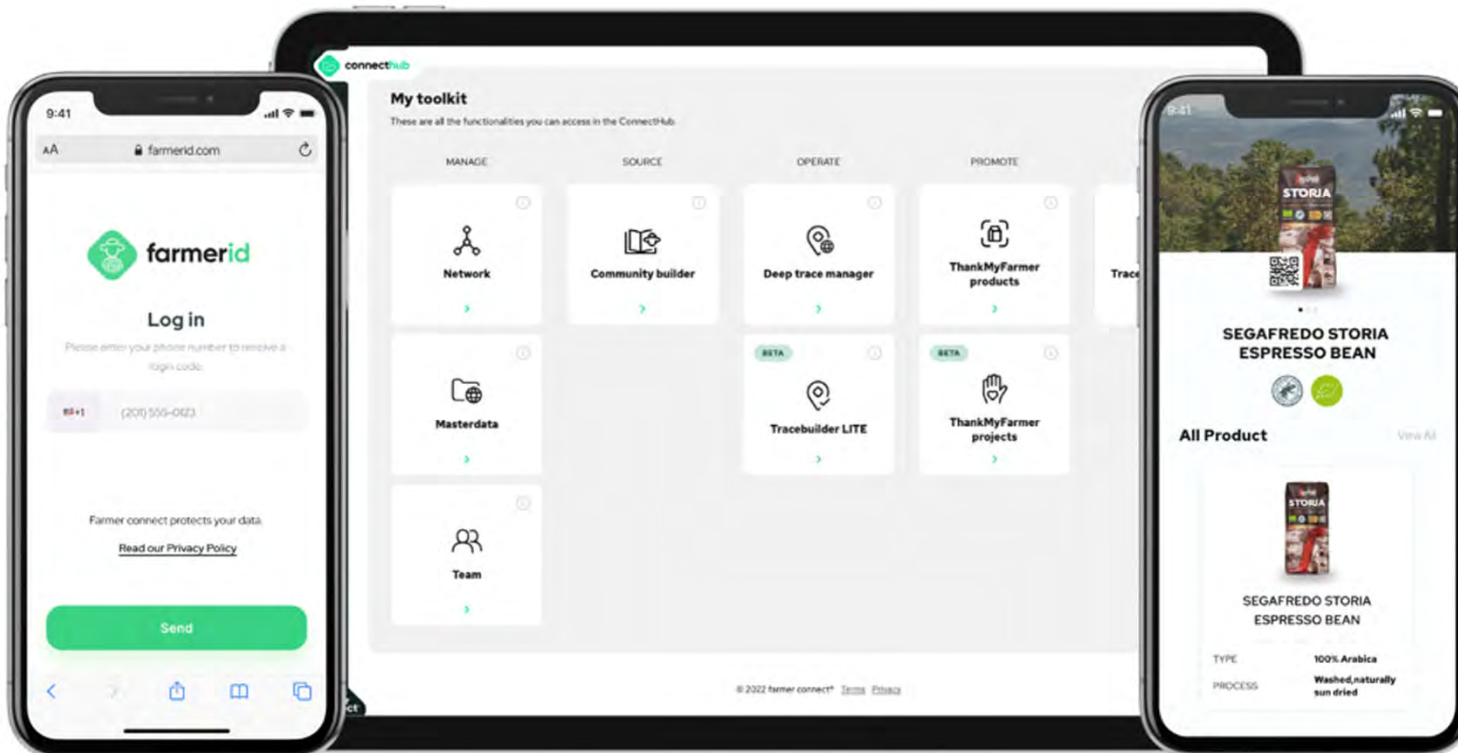
出典:Springer Nature Limited WEBサイト <https://www.nature.com/articles/s41538-022-00162-2#Fig1>

e. 食品産業 4. 持続可能性に配慮した輸入原材料調達の実現

ブロックチェーンを活用したコーヒー豆のトレーサビリティシステム：Farmer Connect（スイス）

- ブロックチェーンにより原材料の生産・加工・流通・販売までを記録するトレーサビリティシステムに注目。
- 「Farmer Connect」は、2019年創業したスタートアップ。コロンビアのコーヒー生産者連盟（FNC）において、Farmer Connectのトレーサビリティシステムを活用した認証商品を開発。
- Farmer Connectには、IBMブロックチェーンを採用。

Farmer Connectのトレーサビリティプラットフォーム



- コロンビア産コーヒー豆100%の商品には、パッケージに記載されたQRコードから、コーヒー豆が生産された農場、焙煎工場などの確認が可能。
- 生産地認証された商品を消費者が適正価格で購入することは、現地の生産者が正当な報酬を得るためのフェアトレードにも有用。
- シリーズAの資金調達ラウンドで900万ドルの調達（2021/3）

出典:Farmer Connect WEBサイト <https://www.farmerconnect.com/>

e. 食品産業 4. 持続可能性に配慮した輸入原材料調達の実現

ブロックチェーンを活用したトレーサビリティシステム：SBIトレーサビリティ（日本）

- 「SHIMENAWA（しめなわ）」は、産地、加工、流通についてトレースした情報を提供するサービス。
- コンビニ大手ローソンが、上海の店舗で販売するおにぎりに使用される米の生産地情報を証明する取組の中で、SHIMENAWAを利用（2021年12月）。
- 米国のR3社が開発したブロックチェーン「Corda（コルダ）」を採用。

SHIMENAWA



- ブロックチェーン基盤のCordaと、NFC/RFID技術とのデジタルペアリングなどで共有される情報の真正性を担保するシステムで、信頼性の高いエンド・ツー・エンドのトレーサビリティを実現。
- 「日本産の食品（加工品を含む農畜水産物）」に着目し、「日本ブランド」や「SDGsへの貢献」について証明するソリューションを提供。
- 「農畜水産業所得の向上、事業の拡大」や「地方創生」が目標。

出典:SBIトレーサビリティ WEBサイト <https://www.sbitraceability.co.jp/service/>

e. 食品産業 4. 持続可能性に配慮した輸入原材料調達の実現

サプライチェーンでの持続可能性向上に向けた取組：TESCO（イギリス）

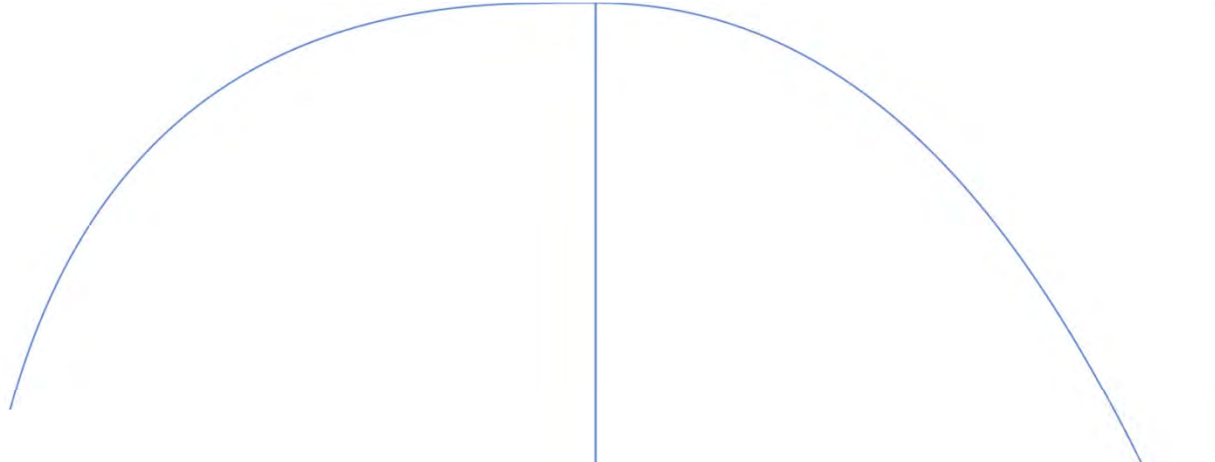
- イギリス小売大手TESCOとWWFはイギリスの食糧安全保障を支えるサプライチェーン上のサステナビリティ向上のため、アクセラレータープログラムを実施。受賞企業には15万ポンドの資金援助。
- またTESCOでは同社サプライチェーン上の全てのイギリスの青果物生産者に対する環境認証「LEAF Marque」取得を推進し、完了。次のステップとして、全世界の生産者全てでの認証取得を目指し、取組を開始。

アクセラレータープログラム「イノベーション・コネクションズ」の最終選考選出者

環境認証「LEAF Marque」取得

応募者名	概要
AgriSound & AM Fresh	生体音響で農場の受粉媒介者や害虫のレベルをモニタリング。農家の生物多様性保護と農産物収量増加を支援する技術を開発
Aurea & Adrian Scripps	果樹の健康状態と実の付き具合を個別に管理し、肥料等の投入量を最小限に抑え、収量改善が可能な技術を開発
ai & Hilton	科学的根拠に基づく生物多様性指標として、鳥のさえずりを活用する牧草地農業のモニタリングシステムを開発
CCm, Andermatt, FCT & Branston	低炭素肥料によるジャガイモ生産の二酸化炭素排出量削減の実証
FCT & ProduceWorld	園芸での二酸化炭素排出量分析・削減を行い、農地の炭素固定量の増加、コスト削減と効率性モニタリング可能なソフトウェア開発
Future by Insects & Hilton	生ごみから微細藻類を育て、魚の餌とするサーキュラーエコノミー型魚餌の生産
Harbro & Muller	酪農場の栄養効率の精密測定を行う技術の開発
InsPro & Prepworld	昆虫で生ごみを鶏の飼料に転換し、鶏卵サプライチェーンでの大豆飼料の使用量を削減する携帯型バイオコンバージョン機器の製造

認証概要	・ 持続可能な農業推進 Linking Environment and Farmingの略称。 ・ 自然、気候変動、社会、経済の多岐にわたり、遵守基準を設定。 ・ 進捗状況をモニタリングしつつ、改善にコミットすることで取得可能。
取得状況	・ イギリス国内の青果物生産者の48%が認証取得済み。 ・ TESCOの取引先であるイギリス国内の成果物生産者は100%取得済み。今後はTESCOの全世界の生産者（8,000以上）でも取得予定。



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

Ⅱ- 2. 研究内容に関する調査 f. 林業分野

超厚合板（MPP）：米国

- Mass Plywood Panel (MPP) は、従来の建築材料の代替材料として使用され、市場が大幅に拡大。
 - Cross-Laminated timber（CLT）と同様に耐荷重目的で使用。薄い層を何枚も張り合わせた合板で、厚みを増すことで強度と性能が向上。
 - 日本に持ち込むためには、新たな技術開発、基準整備などが必要。米国の超厚合板の単板構成や、縦継ぎなどは、日本のJASで定められていないため、性能試験や規格を整備することが必要。
-
- ベニヤを原材料として使用することで、MPPは20%少ない木材でクロス ラミネート ティンバー（CLT）パネルと同じ構造的特徴を実現可能。
 - MPPは比較的軽量であるため、建設現場への輸送及び物流コストを削減可能。
 - 米国ではMPPの需要が高く、2020年は寡占状態。

<世界でMPPを展開している企業>

- Freres Lumber Co. Inc.（米国）
- CENTURYPLY（インド）
- Boise Cascade（米国）
- DIXIE PLYWOOD AND LUMBER COMPANY（米国）
- BlueLinx（米国）

f. 林業分野 1. エリートツリー、高層木造技術、木材の炭素貯蔵海外動向（2）事例

超厚合板（MPP）：Freres Lumber社（米国）

- 同社のMASS PLY PRODUCTSは、特許取得済みの単板ベースの複合木材製品。Freres Structural Composite Lumber (SCL)で構成。
 - 認定している製品はMass Ply Panels、Mass Ply Lams、Mass Ply Industrial。
-
- 各マスパライ製品の構成要素は、密度が段階的に変化するダグラスファー単板の複数の層で構成されるフレール構造複合材（SCL）。
 - ベニアは、さまざまな組合せと向きで接着及びプレスされ、最終的に結合されて 1 インチの層（ラメラと呼ばれる）が作成。

出典: reres Engineered Wood.WEBサイト
<https://frereswood.com/products-and-services/mass-ply-products/>

f. 林業分野 1. エリートツリー、高層木造技術、木材の炭素貯蔵海外動向 (2) 事例

超厚合板 (MPP) : オレゴンの大学等による共同研究 (米国)

- オレゴン大学 (University of Oregon) とオレゴン州立大学 (Oregon State University) が Tall Wood Design Institute (TDI) を通して協働し、木造建設物の経年劣化、熱効率の悪さ、非耐震性等の課題に対して、Mass Plywood Panel (MPP) の研究開発中。

MPPを使用したモデル建造物

- 2022年2月現在、HomeWork のJessy Ledesma氏と協力して、「手頃な価格でレジリエントなネットゼロハウジングのためのシステムとテクノロジーの新しい組合せ」を開発中 (Energy Trust of Oregon. Net Zero Fellowship 2021)。
- パネル化されたシステムの開発をテスト中、生産プロセスをスピードアップし、コストを削減するためにデジタル化された壁パネルを製造予定。

f. 林業分野 1. エリートツリー、高層木造技術、木材の炭素貯蔵海外動向（2）事例

高層木造建築：ノルウェー

- 2019年3月に竣工した、ノルウェー（ブルムンドダール（Brumunddal））の18階建て木造建築物。

高層木造建築の外観写真



- 世界で最も高い木造建築物として承認。
- 地元の資源、地元のサプライヤー（木造建築材料を納入したMoelven LimtreAS社）、持続可能な木材を使用して高層ビルを建設(2019年3月竣工)。
- オフィス、集合住宅、ホテル、レストランとして使用。

出典:Business Norway WEBサイト
<https://www.theexplorer.no/ja-jp/stories/architecture-and-construction/norway-is-home-to-the-worlds-tallest-timber-building/>

f. 林業分野 1. エリートツリー、高層木造技術、木材の炭素貯蔵海外動向（2）事例

高層木造建築：オーストラリア

●オーストラリアにて2026年開業予定の、木造ハイブリッド構造として世界で最も高い「アトラシアン・セントラル」。

- 地上39階、高さ182m
- 構造：RC造（地下～7階）、鉄骨とCLTを採用した木造ハイブリッド構造（7階以上）
- 用途は高層部が事務所、低層部が宿泊・店舗施設。
- 大林組がオーストラリアのBuilt Pty Ltdと共同企業体として工事を受注。

工期2022年8月～2026年

f. 林業分野 1. エリートツリー、高層木造技術、木材の炭素貯蔵海外動向（2）事例

生物多様性モニタリング：EUROPABON（欧州）

- EUの2030 年生物多様性戦略を含む欧州グリーンディール政策に沿い、ヨーロッパ各国の生物多様性モニタリング活動を調整する機関。
- 生物多様性と生態系サービスを監視するための新しい構造を設計し、様々なレポート・データを統合するために必要な変数をモデル化。

- ・ モデルを通じて現場データとリモートセンシングデータを統合し、より完全で偏りの少ない生物多様性情報を提供。
- ・ 一般的な必須生物多様性変数（EBV）と必須生態系サービス変数（EESV）及びそれらの特性（空間的、時間的、生物学的実体、範囲、解像度）を適用。

全予算3百万ユーロ／EU負担3百万ユーロ

EU助成金プログラム 2020年12月～

2023年11月

EU HORIZON プロジェクト助成金

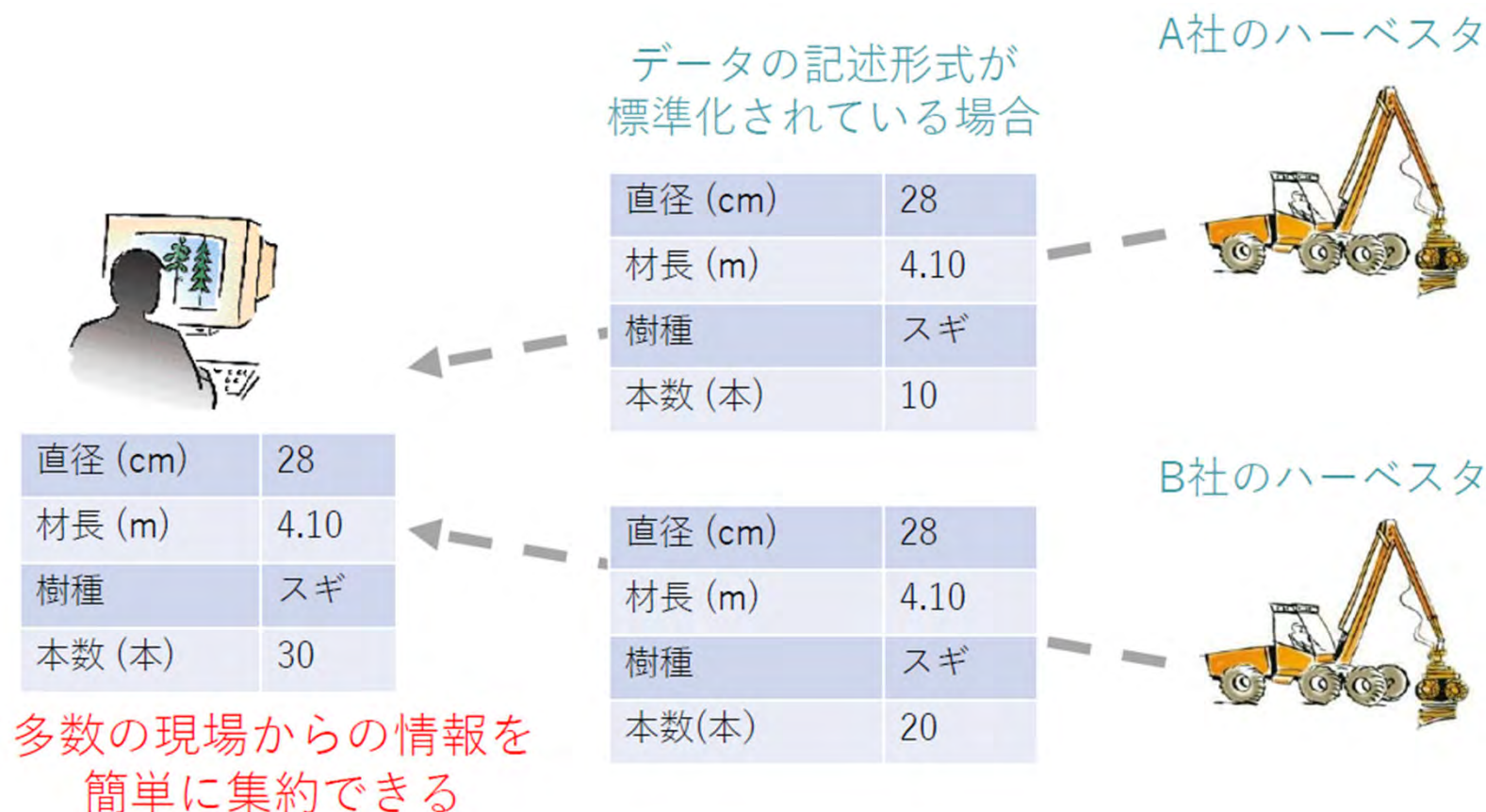
出典:europabon.org WEBサイト https://europabon.org/?page_id=1858

出典:コーディス WEBサイト <https://cordis.europa.eu/article/id/436289-europe-s-fragmented-biodiversity-data-landscape-under-the-microscope>
<https://cordis.europa.eu/project/id/101003553>

f. 林業分野 2. スマート林業 (1) 技術概要

林業機械における情報連携のためのデータ規格：StanForD

- StanForD(Standard for Forest machine Data communication)は、生産管理者と現場の林業機械との間でやり取りする情報の記述形式を定めたデータ規格。
- スウェーデンで定められ、欧州、北米、オーストラリア、ニュージーランドで活用。
- 日本ではR3年度までの林野庁事業で日本版StanForDを作成。

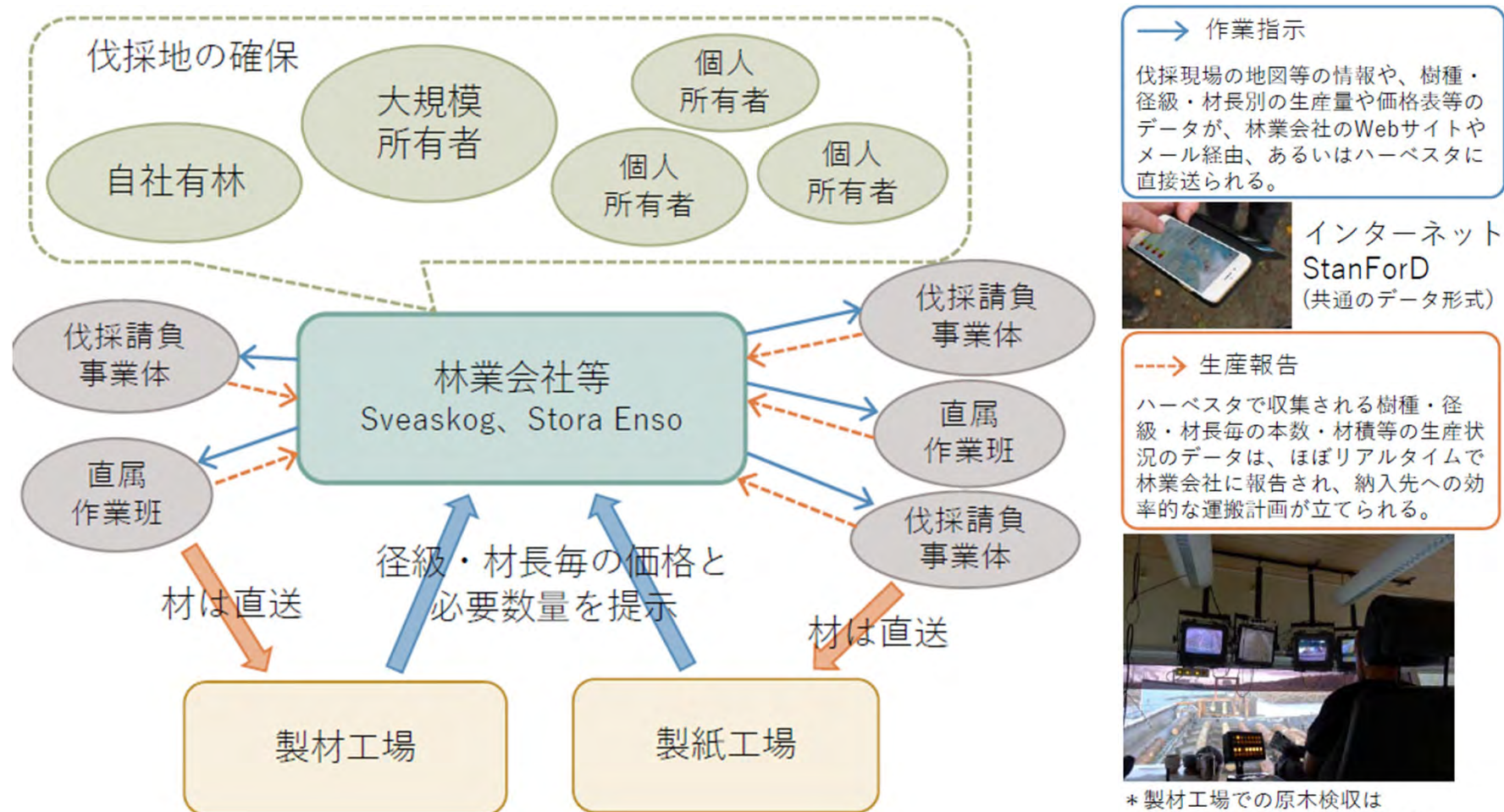


出典:2022年10月17日(月) 森林総研 林業工学研究領域 収穫システム研究室 室長 中澤昌彦氏 ヒアリング資料

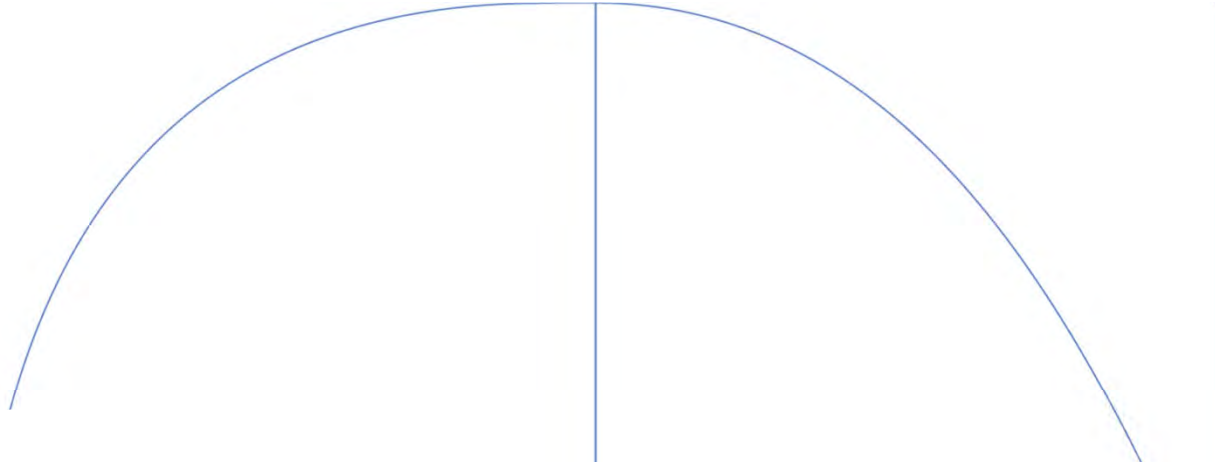
f. 林業分野 2. スマート林業（2）事例

StanForDを利用した原木流通：スウェーデン

- 仕組みの構築は2000年頃から開始、2010年より実用化。
- 林業会社は伐採地を確保し、地理条件や資源量等から、どの現場でどの工場向けの原木を生産するかを調整、作業を指示。
- 日本で実現する場合、森林内での通信確保が課題。



* 製材工場での原木検収は
独立企業により行われている。



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

Ⅱ- 2. 研究内容に関する調査 g. 水産分野

g. 水産分野 1. 養殖魚の人工種苗、飼料海外動向

代替タンパク養殖飼料：より持続可能で競争力のあるEU水産養殖戦略的ガイドライン（EU）

- Strategic guidelines for a more sustainable and competitive EU aquaculture for the period 2021 to 2030（より持続可能で競争力のあるEU水産養殖戦略的ガイドライン2021-2030）の中で、代替タンパク養殖飼料について言及。
- 文中では「2.2.1 水産養殖飼料を、魚粉や魚油から藻類や昆虫、他の産業の廃棄物などの代替タンパク質成分を利用したものへ。水産遺伝資源の維持・向上と養殖資源の品種改良の利用を支援する。」と記載。

持続可能な水産養殖イメージ



- Farm to Fork 戦略に呼応する、持続可能な水産養殖を目指すガイドラインを2021年5月に公表。

出典:欧州委員会 WEBサイト
https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/news/blue-farming-new-strategic-vision-sustainable-aquaculture-now-available-all-eu-languages-2022-02-04_en

g. 水産分野 1. 養殖魚の人工種苗、飼料海外動向

大西洋における持続可能で収益性の高い水産養殖：ASTRALプロジェクト（EU、ノルウェイ）

- EU が資金提供する ASTRAL プロジェクトでは、大西洋市場向け統合多栄養水産養殖（IMTA）生産チェーンの開発が進行中。
- 異なる栄養レベルの複数の水生種と一緒に養殖されるIMTAにおいて、種間の栄養サイクルを用いて、単一養殖のベースライン水産養殖と比較して循環性を50～60%程度高め、養殖生産者の収益の多様化を促進。

アイルランドのバートラフボーイ湾の
IMTAオープンオフショアシステム



- 統合多栄養水産養殖（IMTA）生産のための、持続可能で、収益性が高く、弾力性のある新しいバリュー チェーンを開発。
- 地域の課題に基づく観点から、4つの費用対効果の高いIMTAプロセスを検証するために既存技術と新技術の組み合わせを行う。例えば、二枚貝バイオセンサーやUV-IS蛍光分光計、リアルタイム監視システムなど。
- 北及び南大西洋地域（アイルランド、南アフリカ、スコットランド、ブラジル）の潜在的な環境及び気候リスクを特定し、リスクを最小化する。
- 全予算8百万ユーロ／EU負担8百万ユーロ。

出典:the Marine Institute Ireland

g. 水産分野 1. 養殖魚の人工種苗、飼料海外動向

養殖魚のゲノム編集技術及び精密処方給餌の研究：AquaIMPACTプロジェクト（EU）

- Horizon Europeの一環で、養殖の高度化に向けた様々な研究を実施するプロジェクト。
 - 企業の養殖魚のゲノム編集支援のため、形質記録と遺伝子型決定のための表現型、遺伝子型、魚のサンプリング設計のコスト効率の改善に取り組む。
 - 養殖魚のためのプレシジョン栄養学を用いた給餌をするため、持続可能な原材料で魚に適した栄養・給餌戦略を実証。
-
- AquaIMPACTでは大西洋サケ、ニジマス、金目鯛、ヨーロッパシーバスの養殖をターゲットに、高い競争力と食品と栄養の安全を確保するための研究・実証を実施。
 - 水産養殖育種産業向けのゲノム選択に基づいて新しい成分、必須栄養素、適切な添加物を組み込み、繁殖プログラムで改良した魚に合わせて、新しい給餌を行うシステムを開発。
 - 魚種繁殖プログラムから得られた優れた遺伝子型に特に適合した、調整された飼料・サプリメントを処方し、給餌戦略を実証。
 - 全予算7百万ユーロ／EU負担6百万ユーロ。

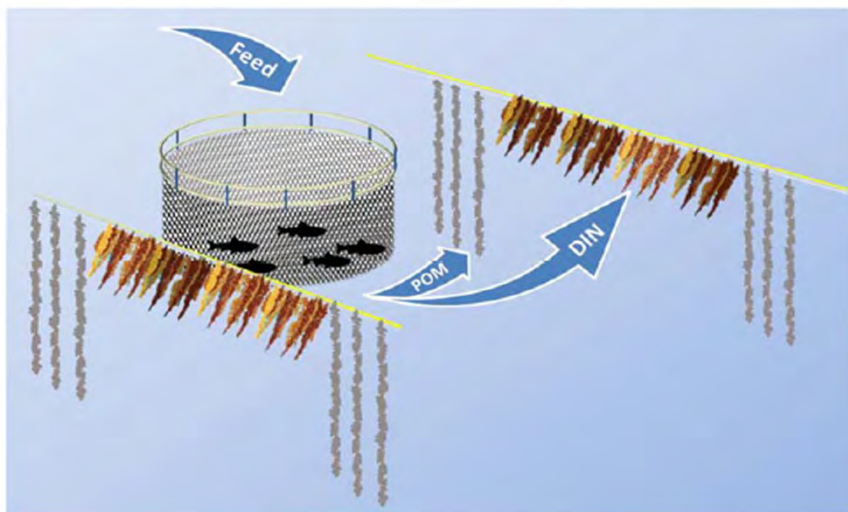
出典:AquaIMPACT WEBサイト
<https://projects.luke.fi/aquaimpact/partners/>

g. 水産分野 1. 養殖魚の人工種苗、飼料海外動向

複合養殖による海藻、貝類、魚類の生育：NOAA（米国）、中国

- 米国NOAAでは海藻と魚を同じ場所で養殖し、栄養供給する研究を実施。魚の糞が海藻に養分として取り込まれるため、複合養殖が海藻の成長に寄与。海藻は、バイオ燃料の原料として活用。
- 中国では、牡蠣と海藻を複合養殖した場合、CO₂の排出量よりも吸収量がプラスになったという成果が論文発表された。特にカキと海藻のバランスが、重量比4:1以上だと良いと指摘。

生態系を活用した海藻養殖（NOAA）



牡蠣と海藻の複合養殖（中国）

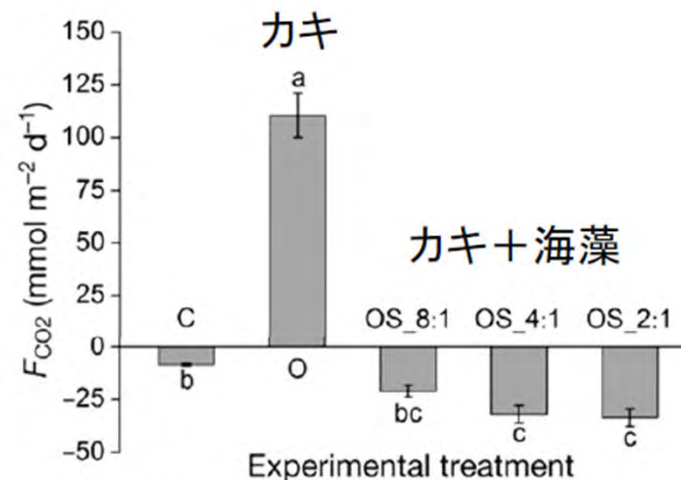


Fig. 6. Variations in air-sea CO₂ flux (F_{CO_2}) among different experimental mesocosms. C: control; O: oyster only; OS_8:1, OS_4:1, and OS_2:1: oyster co-cultured with seaweed at ratios of 8:1, 4:1, and 2:1, respectively. Bars with different lowercase letters are significantly different (ANOVA, $p < 0.05$)

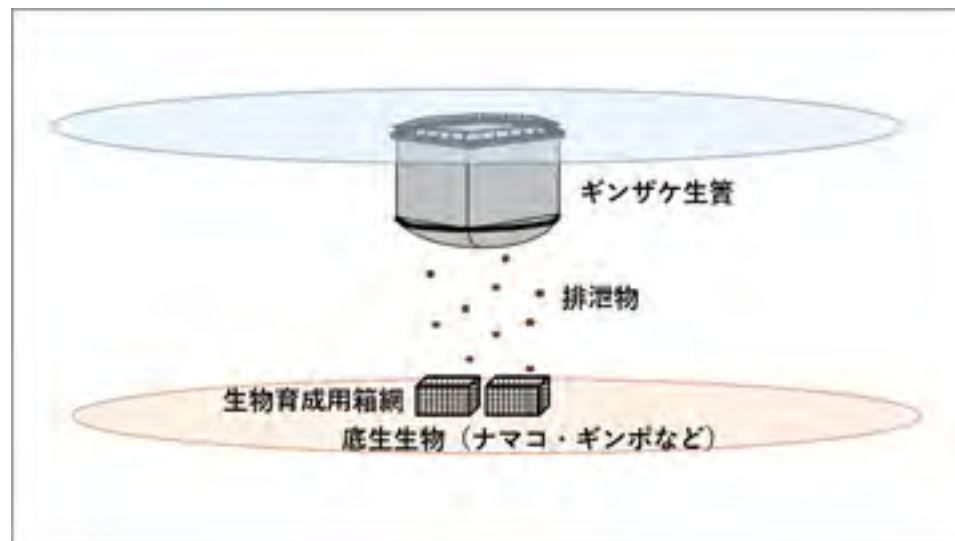
出典: An Ecosystem Approach to the Culture of Seaweed
 出典: NOAA <https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/TMSPO195.pdf>

出典: Aquacult Environ Interact, Han et al, 2017
<https://www.int-res.com/articles/aei2017/9/q009p469.pdf>

g. 水産分野 1. 養殖魚の人工種苗、飼料海外動向

養殖海域の底生生物による環境負荷低減効果に関する研究：東京海洋大（日本）

- 東京海洋大学では、東京大学との共同研究で養殖海域の環境保全のため養殖海域の底生生物による環境負荷低減効果を調査（2021年度～）。
- 養殖場は自家汚染が生産性を低下させる可能性があることから、養殖場の底生生物（ナマコなど）によって養殖魚の排泄物を吸収させることによって、沿岸養殖場の環境負荷を低減し生産性の低下リスクを抑制する効果を検討。

複合養殖のイメージ**底生生物の生育用箱網**

出典:公益財団法人国際エメックスセンター WEBサイト
<https://www.emecs.or.jp/topics/edu2021>