

目標 5 における 研究開発の進め方等について

令和 2 年 9 月 14 日

生物系特定産業技術研究支援センター



千葉 一裕（農学博士）
国立大学法人 東京農工大学 学長

【専門分野】
生物有機化学、有機電解反応等

【主な経歴】
2013年7月 東京農工大学大学院農学研究院副院長として、日本の国立大学としては初めて国連食糧農業機関（FAO）と包括的連携協定の締結を主導するなど、国際的な研究活動、人材育成に積極的に取り組む
2020年4月 東京農工大学学長に就任

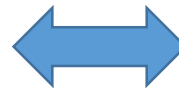
自らの研究成果に基づく**スタートアップ企業（JITSUBO（株））を創業**しており、**研究成果の社会実装に関する豊富な知見・経験**を有する

目標設定の背景

今後、世界の食料需要が1.7倍とも見込まれるが、生産効率のみを重視した従来の方式では地球の自然循環機能が破綻

食料需要の増大

- 世界人口が1.3倍に
・66億人(2010年) 86億人(2050年)
- 食料需要が1.7倍に
・34億トン(2010年) 58億トン(2050年)
・中所得国等を中心とした畜産物需要、飼料穀物需要の増大
- 先進国を中心に大量の食料廃棄
・2011年度の総廃棄量は16億トン



農業による地球環境への負荷

- 化学肥料等由来の反応性窒素過剰による河川、海洋等の汚染
・人為由来の反応性窒素生成量のうち、農業由来が約7割
- 温室効果ガスの発生
・総排出量の約1/4が農林業その他の土地利用に起因

ムーンショット目標 5

2050年までに、未利用の生物機能等のフル活用により、地球規模でムリ・ムダのない持続的な食料供給産業を創出

ターゲット

- 2050年までに、微生物や昆虫等の生物機能をフル活用し、完全資源循環型の**食料生産システム**を開発する。
- 2050年までに、食料のムダを無くし、健康・環境に配慮した合理的な**食料消費**を促す**解決法**を開発する。
- ・ 2030年までに、上記システムのプロトタイプを開発・実証するとともに、倫理的・法的・社会的（ELSI）な議論を並行的に進めることにより、2050年までにグローバルに普及させる。

（イメージ）



公募等に関する基礎情報（１）



1. プロジェクトマネージャー（PM）の公募期間

令和2年5月11日～7月20日12時

2. 審査・採択スケジュール

令和2年7月27日～8月3日	書類選考（37件）
8月18日～19日	面接審査（16件）
9月	採択
9月～11月	作り込み
12月	契約・研究開始

3. 応募者 37件

* 社会的受容性や事業化の観点も踏まえて審査するため、専門分野の研究者のほか、ベンチャーキャピタル、メディア、食品流通、若手農業者を審査員とした。

4. 採択候補

10件（大学9件、大学共同利用機関法人1件）
30代1名、40代1名、50代4名、60代4名

5. その他

面接審査は全てオンラインで実施

公募等に関する基礎情報（2）

1. 応募件数37件の総額

1～5年目	6～10年目	合計
449億円()	354億円	803億円

予算措置されているのは50億円。

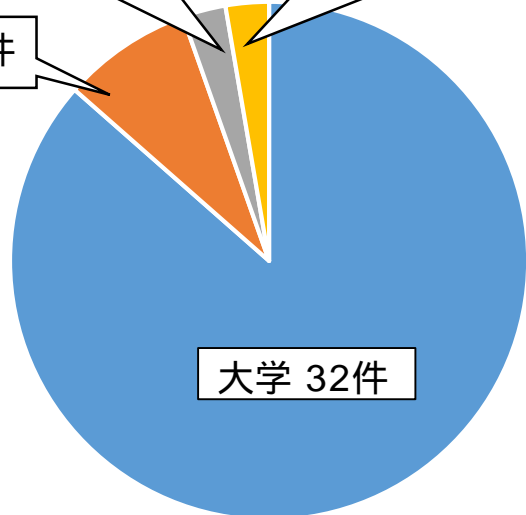
2. 代表機関別内訳

国立研究開発法人1件

大学共同利用機関法人1件

企業3件

大学32件



3. 海外の研究機関の参画状況 (共同研究機関又は協力機関)

37件中13件(35%)

- PMの審査に当たり、PDから以下のチェックポイントを審査委員に説明し、審査に反映。

PDのチェック・ポイント

- これまでの研究開発手法による**限界の認識**と、新たな提案の**革新性、強み、生みだされる新たな価値が明確**になっているか
- 提案の目標を達成したとき、**社会にもたらされるメリットについて定量的に示**されているか
- 提案が今後の**社会から求められるニーズに合致**しているか、そこに向けて**起業や事業化による開発の加速スキーム**が描けているか
- **事業化に向けた課題点の認識が複眼的な観点から示**されているか。一定の段階で民間等からの**資金提供や投資を受け研究開発、事業開発を進める体制の構築**が見込まれるか
- **事業開発に必要なスキーム**について十分な計画が立てられているか
- 提案された技術や手法の**問題点の把握とその克服方法、類似の方法、既存の別の方法との違いや優位性**が明らかであるか
- PMは研究開発にとどまらず、**当該提案の事業開発を牽引**できることが期待できるか

研究開発の進め方等について（１）

１．プロジェクト構成の考え方（承認・助言事項）

農林水産省研究開発構想に基づき、ムーンショット目標の達成に資する技術開発、かつ挑戦的な課題を対象とし、科学的な検証がなされているものを幅広く取り上げ、**ステージゲート**を設けて実施する（＝F S的採択を多くする。）。

< 食料供給の拡大と地球環境保全を両立する食料生産システム >

地球環境に追加の負荷をかけずに**食料増産**を行う上で、特に必要かつ成果が期待ができる、**作物自体の機能向上**と、未解明の部分が多い**土壌微生物機能の解明・発揮**について、1名ずつPMを採択。

また、実効性、採算性、技術面等で精査が必要ではあるが、システムの実現に必要な**かつ挑戦的**と考えられる、**細胞培養による食料生産システム**、**シロアリによる未利用木材の飼料化**、**化学農薬に依存しない害虫防除**、**メタン発生削減と生産性向上を両立する家畜生産システム**について、1名ずつF S的採択。

< 食品ロス・ゼロを実現する食料消費システム >

ロスの**食料化**と**ロスの抑制**により実現を目指す。

ロスの食料化として効率性の高い**昆虫食**と**食品残渣等の3Dフードカートリッジ化**について1名ずつPMを採択。

また、実効性、採算性、技術面等で精査が必要ではあるが、**ロス**を抑制するための方法として**必要かつ挑戦的**と考えられる、**地球規模のロス発生状況の解明**、**AI Nutritionによる未来型食品の開発**について、F S的採択とする。

これら10名のPMによるコア研究の推進 + 不足要素の追加等により目標達成を目指す。

研究開発の進め方等について（２）

１．プロジェクト構成の考え方（承認・助言事項）


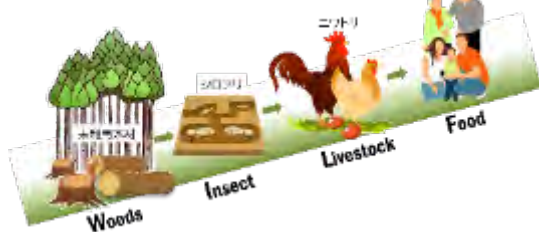
< 食料供給の拡大と地球環境保全を両立する食料生産システム >

プロジェクト概要	期待されるインパクト（案）	作り込み等の方針（案）
<p>ゲノム編集技術による作物の新品種育成</p> <p>サイバー空間で作物をデザインするサイバーフィジカルシステム (CPS)を開発し、劣悪な環境でも栽培できる強靱な作物を開発</p>  <p>大澤良 筑波大学教授</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 厳しい干ばつや塩害でも安定した食料供給を可能にする品種を迅速に開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 化学肥料ゼロを可能とする窒素利用効率の高い作物の開発を追加
<p>土壌微生物機能の解明・発揮</p> <p>土壌微生物叢と作物の生育情報、環境要因との相互作用を解析し、土壌健康度モデルを開発</p>  <p>竹山春子 早稲田大学教授</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌健康度に基づく環境制御（土壌改善等）による収量アップ、化学肥料等の低減 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 社会実装に向け、農業関係者、企業等の参画を促す ・ EU・H E との連携の具体化（Soil Health and Food）

研究開発の進め方等について（３）

１．プロジェクト構成の考え方（承認・助言事項）

< 食料供給の拡大と地球環境保全を両立する食料生産システム >

プロジェクト概要	FSで解明すべき課題（案）	FS後の展開（案）
<p>【FS】細胞培養による食料生産</p> <p>藻類、動植物細胞を用いた循環型の細胞培養、立体組織化による食品化技術の開発</p>  <p>清水達也 東京女子医科大学教授</p>	<ul style="list-style-type: none"> • どれだけ食料生産ができるか • 採算性 	<ul style="list-style-type: none"> • 生産段階のロスゼロで、栄養バランスの取れた食料生産技術の開発 • 環境負荷を劇的に低減（土地、水、温室効果ガス等）する技術の開発
<p>【FS】シロアリによる未利用木材の飼料化</p> <p>残材を利用してシロアリの大量増殖方法を開発し、鶏の飼料化技術を開発</p>  <p>松浦健二 京都大学大学院教授</p>	<ul style="list-style-type: none"> • どれだけの残材からどれだけのシロアリを増殖できるか • 残材や増殖したシロアリの回収方法 • 採算性 	<ul style="list-style-type: none"> • シロアリを投与した鶏の品質及び機能性評価 • 新たな食料生産システムの設計と経営モデル評価

研究開発の進め方等について（４）

１．プロジェクト構成の考え方（承認・助言事項）

< 食料供給の拡大と地球環境保全を両立する食料生産システム >

プロジェクト概要	FSで解明すべき課題（案）	FS後の展開（案）
<p>【FS】化学農薬に依存しない害虫防除</p> <p>先端的な物理的手法（青色半導体レーザー光）や生物学的手法（共生微生物）を駆使した害虫防除技術を開発</p>  <p>小型レーザー照射装置によるピンポイント殺虫</p> <p>レーザー光散乱ファイバーによる殺虫</p> <p>日本典秀 京都大学大学院教授</p>	<ul style="list-style-type: none"> 青色LD、共生微生物の生殖操作を利用した害虫の防除技術開発の可能性 採算性 	<ul style="list-style-type: none"> 物理的防除手法と生物防除手法を組み合わせ、害虫発生前に害虫被害ゼロを可能にする防除体系を提示
<p>【FS】メタン削減と生産性向上の両立</p> <p>牛第一胃内のマイクロバイオームの完全制御により微生物機能をフル活用し、メタン削減と生産性向上を両立できる生産システムの開発</p>  <p>第一胃 (R1) 制御</p> <p>ルーメン微生物による消化発酵</p> <p>小林泰男 北海道大学大学院教授</p>	<ul style="list-style-type: none"> メタン抑制素材候補の探索、飼料化 どれだけ生産性向上できるか 採算性 	<ul style="list-style-type: none"> 第1胃微生物のメタゲノム解析や第1胃内環境データ等の統合解析手法の確立による最適飼養管理技術の開発

研究開発の進め方等について（５）

１．プロジェクト構成の考え方（承認・助言事項）

< 食品ロスゼロを目指す食料消費システム >

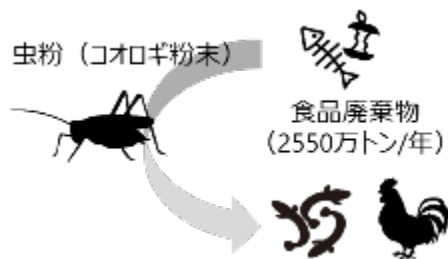
プロジェクト概要

期待されるインパクト（案）

作り込み等の方針（案）

食品残渣等を活用した昆虫の食品化、飼料化

コオロギの新品種作出、食品残渣を活用した生産・飼料化等、高品質コオロギの生産システムを開発



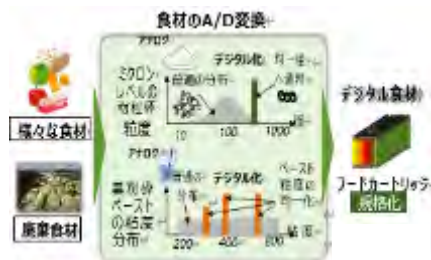
由良敬 お茶の水女子大学教授

- ・環境負荷の低い新たなタンパク源の創出（食品、飼料）

- ・昆虫食の社会的受容性を高めるため、3Dフードプリンティング等の研究との連携（候補等）
- ・飼料向けにミズアブの研究機関の参画を促す
- ・モナーシュ大学、CSIRO等（豪州）と連携
- ・アジア諸国と連携

3Dフードカートリッジ化

規格外農産物等の粒度や粘度等を均質化させた粉粒体やペースト素材をカートリッジ化し長期保存を可能とする



中嶋光敏 筑波大学特命教授

- ・年間1億トンのフードロスの削減

- ・ワーヘニンゲン大学等との連携支援
- ・どれだけ食品残渣等を食料化できるか検討
- ・食品残渣等を回収する方策の検討
- ・カートリッジ化でどれだけ長期保存可能かを検討

研究開発の進め方等について（6）

1. プロジェクト構成の考え方（承認・助言事項）

< 食品ロスゼロを目指す食料消費システム >

プロジェクト概要	FSで解明すべき課題（案）	FS後の展開（案）
<p>【FS】地球規模の食品ロス状況の把握</p> <p>世界のフードチェーン全体の食品ロスの解明によるロス削減に向けた農家や消費者向けのアプリの開発</p>  <p>金本圭一郎 総合地球環境学研究所准教授</p>	<ul style="list-style-type: none"> • どれだけ食品ロスを減らせるか • 食品残渣を回収する方策 • 在庫、備蓄等フードチェーン以外のロスの把握 	<ul style="list-style-type: none"> • 食品在庫、備蓄状況など、インプットデータを網羅的に集める手法の開発
<p>【FS】AI Nutritionによる未来型食品の開発</p> <p>最適栄養化食品の開発</p>  <p>高橋伸一郎 東京大学大学院教授</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 食品残渣など未利用資源を活用した未来型食品の開発可能性 • どれだけ食料増産に寄与するか • 採算性 	<ul style="list-style-type: none"> • 栄養素利用効率の向上による食料不足に貢献する未来型食品の開発

（共通事項）

2．資金配分方針（承認・助言事項）

各々の課題で研究開発の進捗状況をよく見極め、上市の可能性が高まったものについては、重点的に資金配分を行い、早期の起業化（スピンアウト）を支援する。

全てのプロジェクトにマイルストーン（定量的なKPI）を設定し、毎年度の進捗状況評価を踏まえて資金配分を見直していく。特に3年目には廃止も含めて厳しく資金配分を見直す（FS型研究については、1年目に解明すべき事項を見極め）。

3．社会実装等の方策（橋渡し、民間との連携、民間投資）（助言事項）

PDのチェックポイントやポートフォリオに沿って、社会実装に向けたマネジメントを行う。社会実装に向けた有識者、企業等の意見を取り入れる仕組みを築く。

4．国際連携促進（助言事項）

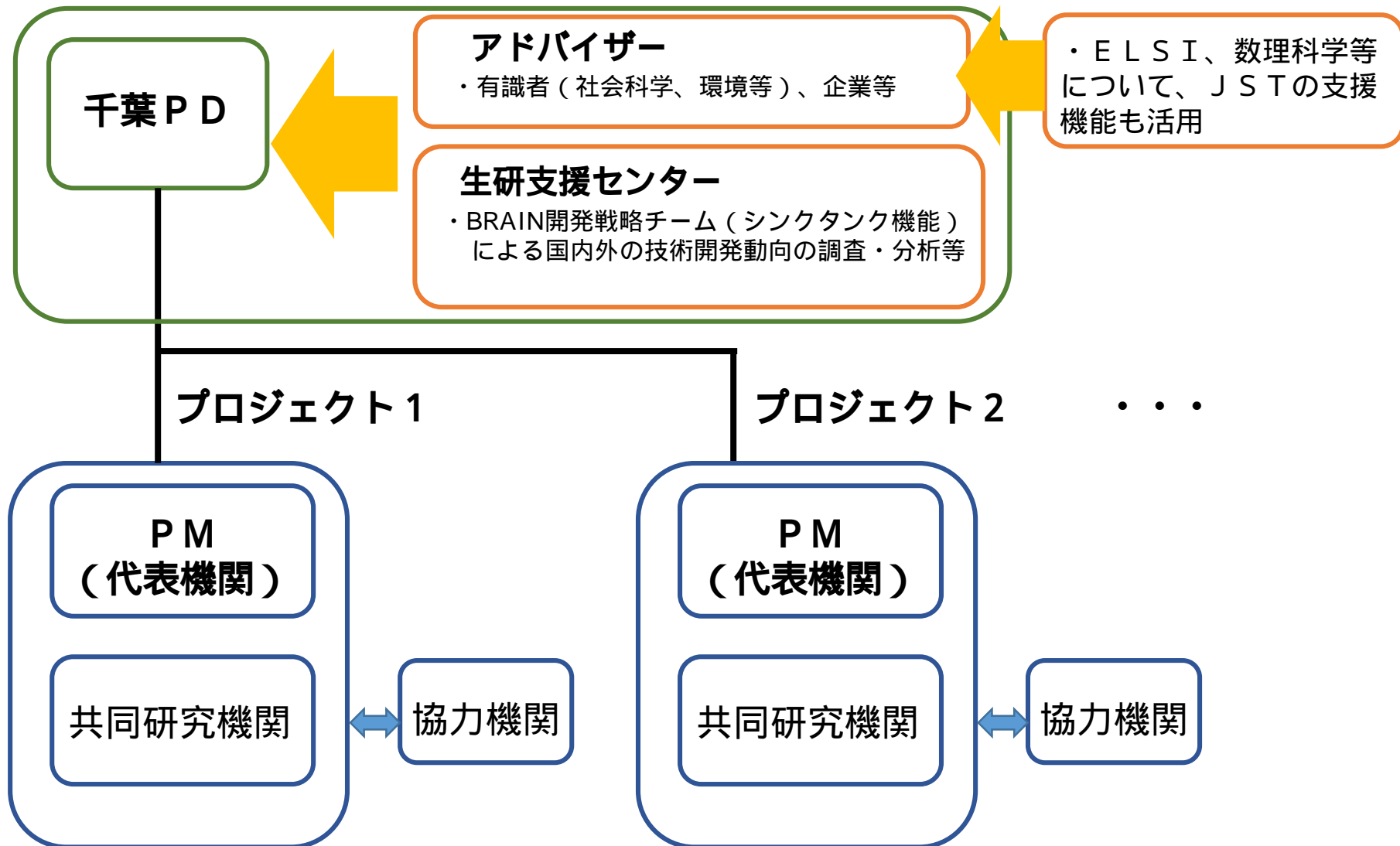
BRAIN内の国際共同研究経験者によるフォローや、外部専門家の派遣など、積極的な支援を行う。

国際連携の促進を図るため、BRAINのWebページ（英語対応）の拡充を進める。

5．その他

倫理的、制度的な課題のある植物育種や食品としての安全性や環境影響に課題のある昆虫食等については、ELSI研究者の支援を受ける体制を築く。

5 . その他 事業の推進体制（検討中）



研究開発の進め方等について（9）（調整中）



研究開発項目	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
--------	--------	--------	--------	--------	--------

食料供給の拡大と地球環境保全を両立する食料生産システム

ゲノム編集技術による作物の新品種育成	筑波大学	大澤 良			
土壌微生物機能の解明・発揮	早稲田大学	竹山 春子			
MS目標4の関係事業と連携					
EU-HE (ホライズンヨーロッパ)等との連携			EU-HE等との共同研究		
細胞培養による食料生産【FS】	東京女子医科大学 清水 達也		生産段階のロスゼロで、栄養バランスの取れた食料生産技術の開発、環境負荷を劇的に低減（土地、水等）する技術の開発		
シロアリによる未利用木材の飼料化【FS】	京都大学	松浦健二	シロアリを投与した鶏の品質及び機能性評価 新たな食料生産システムの設計と経営モデル評価		
化学農薬に依存しない害虫防除【FS】	京都大学	日本 典秀	物理的防除手法と生物防除手法を組み合わせ、害虫発生前に害虫被害ゼロを可能にする防除体系を提示		
メタン削減と生産性向上の両立【FS】	北海道大学	小林 泰男	第1胃微生物のメタゲノム解析や第1胃内環境データ等の統合解析手法の確立による最適飼養管理技術の開発		

食品ロス・ゼロを目指す食料消費システム

食品残渣等を活用した昆虫の食品化、飼料化	お茶の水女子大学	由良 敬			
オーストラリア(モナーシュ大学、CSIRO)等との連携			オーストラリア等との共同研究		
アジア諸国と連携					
3Dフードカートリッジ化	筑波大学	中嶋 光敏			
地球規模の食品ロス状況の把握【FS】	総合地球環境学研究所	金本 圭一朗	食品在庫、備蓄状況など、インプットデータを網羅的に集める手法の開発		
AI Nutritionによる未来型食品の開発【FS】	東京大学	高橋 伸一郎	栄養素利用効率の向上による食料不足に貢献する未来型食品の開発		

(参考) 採択案 (PM候補) について

PM候補 (氏名・役職)	研究内容	研究体制 (調整中) (主な委託先候補) 提案時の委託先を記載 ただし、FS課題は代表機関のみ記載
大澤 良 (筑波大学教授)	<p>【ゲノム編集技術による作物の新品種育成】</p> <p>サイバー空間で作物をデザインする世界初のサイバーフィジカルシステム(CPS)を開発し、劣悪な環境でも栽培できる強靱な作物を開発</p>	筑波大学/東京大学/農業・食品産業技術総合研究機構/国際農林水産業研究センター/理化学研究所/京都大学/神戸大学
竹山 春子 (早稲田大学教授)	<p>【土壌微生物機能の解明・発揮】</p> <p>土壌微生物叢と作物の生育情報、環境要因との相互作用を解析し土壌健康度モデルを開発</p>	早稲田大学/株式会社堀場製作所/産業技術総合研究所/マリンオープンイノベーション機構/東京農工大学/太平洋セメント株式会社/佐賀大学/理化学研究所/アグリオープンイノベーション機構
【FS】 清水 達也 (東京女子医科大学教授)	<p>【細胞培養による食料生産】</p> <p>藻類、動植物細胞を用いた循環型の細胞培養、立体組織化による食品化技術の開発</p>	東京女子医科大学等
【FS】 松浦 健二 (京都大学大学院教授)	<p>【シロアリによる未利用木材の飼料化】</p> <p>残材を利用してシロアリの大量増殖方法を開発し、鶏の飼料化技術を開発</p>	京都大学等

(参考) 採択案 (PM候補) について

PM候補 (氏名・役職)	研究内容	研究体制 (調整中) (主な委託先候補) 提案時の委託先を記載 ただし、FS課題は代表機関のみ記載
<p>【FS】 日本 典秀 (京都大学大学院教授)</p>	<p>【化学農薬に依存しない害虫防除】 先端的な物理的手法 (青色半導体レーザー光) や生物学的 手法 (共生微生物) を駆使した害虫防除技術を開発</p>	<p>京都大学等</p>
<p>【FS】 小林 泰男 (北海道大学大学院教授)</p>	<p>【メタン削減と生産性向上の両立】 牛第1胃内のマイクロバイオームの完全制御により微生物 機能をフル活用し、メタン削減と生産性向上を両立できる 生産システムの開発</p>	<p>北海道大学等</p>
<p>由良 敬 (お茶の水女子大学教授)</p>	<p>【食品残渣等を活用した昆虫の食品化、飼料化】 コオロギの新品種作出、食品残渣を活用した生産・飼料化 等、高品質コオロギの生産システムを開発</p>	<p>お茶の水女子大学/東京農工大学/徳 島大学/長浜バイオ大学/早稲田大学</p>
<p>中嶋 光敏 (筑波大学特命教授)</p>	<p>【3Dフードカートリッジ化】 規格外農産物等の粒度や粘度等を均質化させた粉粒体や ペースト素材をカートリッジ化し長期保存を可能とする</p>	<p>筑波大学/農業・食品産業技術総合研 究機構/山形大学/宮城大学/東京海洋 大学/北海道大学/東京大学/信州大学 /順天堂大学/九州大学/産業技術総合 研究所/医薬基盤・健康・栄養研究所 /大阪大学/東京電機大学/慶応義塾大 学/株式会社電通</p>

(参考) 採択案 (PM候補) について

PM候補 (氏名・役職)	研究内容	研究体制 (調整中) (主な委託先候補) 提案時の委託先を記載 ただし、FS課題は代表機関のみ記載
<p>【FS】 金本 圭一郎 (総合地球環境学研究所准教授)</p>	<p>【地球規模の食品ロス状況の把握】 世界のフードチェーン全体の食品ロスの解明によるロス削減に向けた農家や消費者向けのアプリの開発</p>	<p>総合地球環境学研究所等</p>
<p>【FS】 高橋 伸一郎 (東京大学大学院教授)</p>	<p>【AI Nutritionによる未来型食品の開発】 最適栄養化食品の開発</p>	<p>東京大学等</p>

参考資料 1 マイクロバイオーーム農業ビジネス

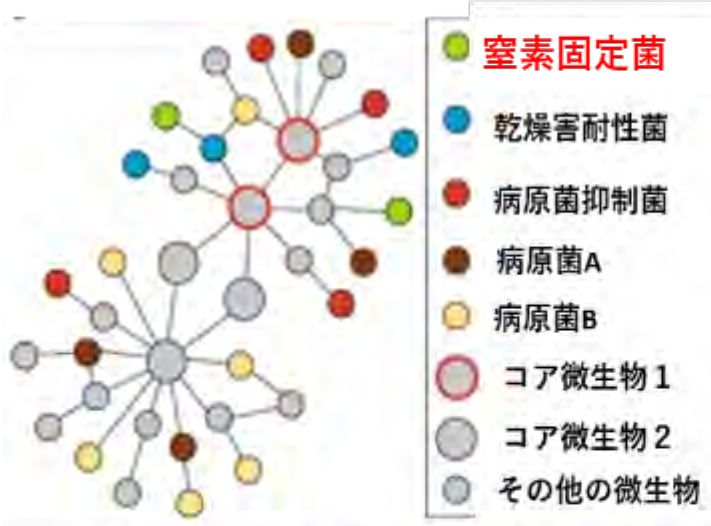
○マイクロバイオーーム農業ビジネス（MBAB）とは、ほ場の『微生物-植物-土壌の相関ネットワーク』を解析し、ほ場に最適な 根粒菌等の有用微生物資材の販売、最適な微生物叢のパターンの同定、栽培マネジメント技術の提示等により収益をあげるビジネス・モデル

○MBAB関連の市場規模は、全世界で 生物肥料が約 2 千億円、 生物農薬が約 4 千億円、 土壌診断関連が約460億円

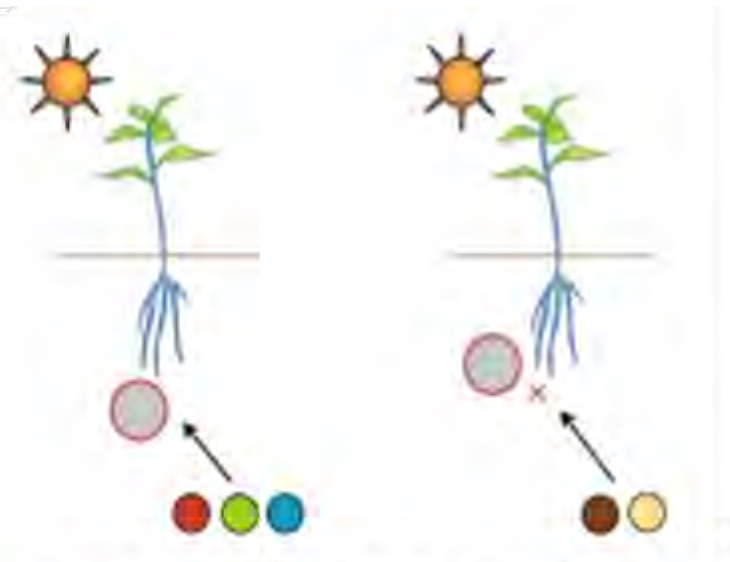
○MBAB市場は、今後、化学農業資材の市場である約 2 6 兆円規模に成長すると予測

【出典：Singh, BK (2017) microbial biotechnology】

土壌微生物間の相関ネットワーク解析によるコア微生物同定により、健全な土壌環境実現が可能



微生物間の相関ネットワーク解析



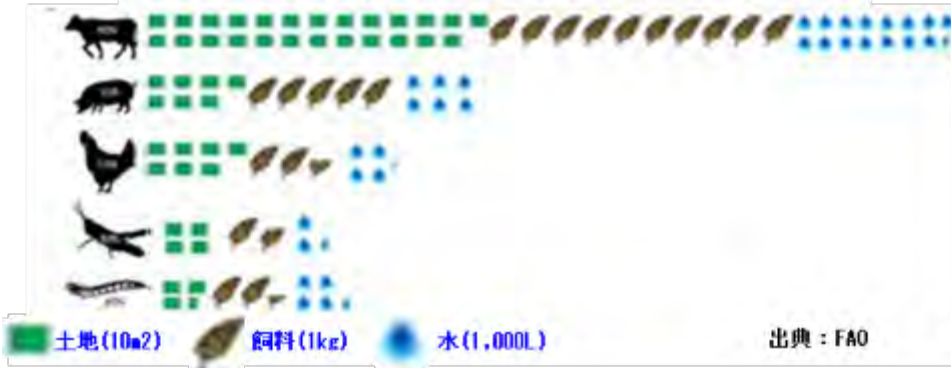
コア微生物 1 を施用すると、有用菌は誘引されるが、病原菌は忌避される。

参考資料 2 昆虫ビジネス

- 昆虫ビジネス市場は、2019年から2030年までの予測期間において年平均24.4%成長。その市場規模は、約9千億円に達し、その後も急成長を予測。（出典：「Global Information, Inc.予測」）
- FAOは昆虫食に関するレポートを公表（2013）。その冒頭で「2050年までに世界の人口は90億人になり、その人口を養うためには現在の食糧生産量をほぼ倍増させる必要がある。しかし、農業に割かれる面積を拡大することは、実行可能で持続可能な選択肢にはなりえない」として、昆虫食の普及拡大を訴えている。（訳責：生研支援センター）

昆虫と牛の生体重 1 kg 増加に要する資源を比較すると、昆虫生産は 土地の利用で約 7 倍、 飼料の利用で約 6 倍、 水の利用で約 5 倍高効率

生体重を 1kg の増加させるために必要な土地、飼料、水資源



昆虫と家禽・家畜の栄養価の違い

	コオロギ	鶏	豚	牛
可食部比率 (%)	80	55	55	40
エネルギー (kcal/100g可食部)	153	152	186	169
たんぱく質 (g/100g可食部)	20.1	19.9	20.1	20.6
脂質 (g/100g可食部)	5.1	7.2	12.0	9.3

van Huis, 2013; Payne et al., 2016

コオロギは雑食性で食品残渣で飼育が容易。一方、アメリカミズアブの幼虫は家畜ふん等で飼育が容易であり、養殖魚や養鶏用のエサとして利用可能。

コオロギ

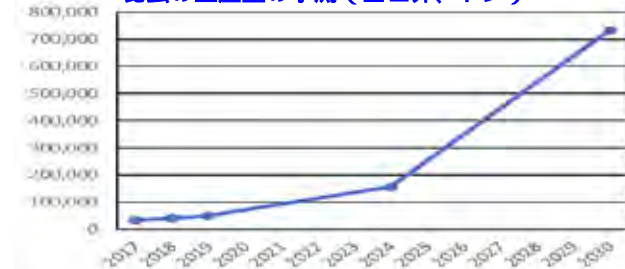


アメリカミズアブ



昆虫ビジネスは急拡大中。2030年には全世界で生産量は70万トン超。

昆虫の生産量の予測 (全世界、トン)



参考資料 3 革新的食品加工

- 世界の食肉代替食品市場は、2018年から2023年までの予測期間で年平均6.8%成長。その市場規模は、2023年には7152億円と予測。主要市場は、欧州、北米、アジア太平洋。
- 代替たんぱく源は、植物由来食肉用食品（PBM）、細胞培養肉、新規たんぱく源に分類。PBM、細胞培養肉は現在開発が進行中。
- 代替肉市場の成長の背景には、健康志向、人口増加と環境問題意識の高まり、代替肉自体の味の改良等がある

(出典:「MARKETS AND MARKETS」、畜産の情報、新たなJAS規格調査委託事業)

近年の代替肉(第3世代)は、肉のテクスチャー解析等の進展により、肉独特のテクスチャー再現に成功



第1世代



第2世代



第3世代

2015年の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」において、食料の損失・廃棄の削減を目標に設定

○2030年までに稼売・消費レベルにおける世界全体一人の当たりの食料の廃棄を半減させ、収穫後損失などの生産・サプライチェーンにおける食料の損失を減少させる

○2030年までに廃棄物の発生防止、削減、再生利用及び再利用により、廃棄物の発生を大幅に削減する

個人情報を利用した3Dプリンタによるテーラーメイド食品開発

