

東日本大震災からの復興農学拠点

① 計画の概要

大震災後5年が過ぎ、津波被災地域では除塩の手を尽くし、復興の先にある将来の組織・経営革新の展望を得た地域もあれば、冠水のため復旧の遅れている地盤沈下海岸地域もある。原発事故による放射能汚染地域の除染と物理減衰により、避難指示解除準備区域に相当する年間20mSv未満の地区は多くなった。しかし、高線量スポットが多数存在し、帰還者の営農・生活の復興を妨げる以前に帰還自体を妨げている。除染のための表土除去で発生する大量の廃土の処理は依然として大きな問題である。学術・技術に対するニーズは極めて高い。

本計画は、第一に、被災地域の実態に照らしてニーズの分析と整理を行い、新たな学術の課題に対応する「拠点」として、産学官で復興支援の研究を実施している農学研究者で構成される「復興農学センター」を設置し、農学各分野による学術研究、産学官による技術開発を重点的に推進する。第二に、総体としてはきわめて多岐にわたる個別の学術が必要であり、現場からの多様な要請に応え、政策、行政、地域の自主的努力を支援する。第三に、復興に至る経過に沿った学術の貢献を分析して世界に発信し国際貢献を図る。

② 目的と実施内容

東日本大震災による農業被害を大まかに区分すると、(1) 大津波による被害と(2) 原発事故による放射性能汚染である。震災後5年を経過し、産学官による調査研究が行われ、緊急を要する課題のいくつかが成果をあげた。一方、新しい知見を開拓しながら、対策を進めざるを得ないものについては時間を要している。当計画の目的として第一にあげられるのは、「復興の担い手」に的確な技術を提供するとともに放射能汚染が将来どのように変化するかについての納得できる予測を未除染地からの影響を含めて示すこと(流域や農地生態系における放射性セシウムの動態シミュレーション)、野生鳥獣への対応、林地への対応である。第二に、表土除去により発生した多量の廃土の減容化技術の開発と実用化である。

本計画のもう一つの目的は大津波による被害、原発事故による放射性物質汚染の発生以来の現場データ、調査研究、農業農村の復興に至る経過に関する学術の貢献を記録・保存・分析し、世界への発信と国際貢献を図ることである。

当拠点には、農学のみならず、異分野の研究と情報を結集するセンター機能をもたせ、異分野の研究者にオープンラボ形式の施設を提供することを構想している。

③ 学術的な意義

住民の利害・主張を合意に導きつつ公共性・将来性の充足を図るため、農村計画学、農業・農村工学、防災学、環境科学、地理学、地質学、土壌学、情報科学など、多岐にわたる学術を現場本位に体系化し、専門人材と知識体系を整備し、現場からの要請に迅速に応える。

防災・減災のための農地の氾濫解析モデルの開発や海岸林地再生・造成・維持、木質瓦礫の処理、荒廃地の雑草管理、流失・損傷した多数のダム、用排水路、排水施設など、水利施設の修復、再建に関し、新たな学術・技術研究が進む。さらに、被災一荒廃―復旧―復興のプロセスを結合した大規模なフィールド研究が進む。

高濃度放射能汚染地域における土壌などに局在する放射性セシウムを焼却や化学的手法による分離濃縮処理に関する産官学の学術・技術の開発が進むとともに、林地および動植物相からなる生態系の放射線量の実態が長期モニタリングによって解明され、林地の除染、低度汚染丸太の利用法の開発と林業経済学研究を伴って汚染された森林の長期的な管理対策に必要な科学的根拠を提供できる。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

放射能汚染についてはチェルノブイリ事故に関する研究が参考にされたが、農地除染、水田稲作に関しては、(国研) 農業環境技術研究所などによるセシウムの挙動の研究などを基に、現地での調査・研究が加えられ、表土除去、反転耕、粘土分離などの一時的除染技術が作られた。また、粘土による固定、特異的に生ずる作物への吸収などの機作の解明(東京大学、京都府立大学)が進んだ。森林、家畜・鳥獣、廃土を出さない除染技術などの開発も取り組まれている((国研) 森林総合研究所、(国研) 物質・材料研究機構、民間企業)。廃土の減容については粘土分離の効率化、放射性セシウムの昇華分離などの技術が開発され、実用化が期待されている(大学、国研、民間企業)。本拠点はセンター機能によって異分野研究を結集し、復興への学術の貢献をすすめるとともに復興の経過と学術の貢献を記録・保存・分析し世界に発信することによって、国際的貢献を果たすものである。

⑤ 実施機関と実施体制

過去5年間に多くの大学や試験研究機関で1次産業に対する津波被災、放射能汚染の影響とその克服に関する研究が行われてきた。復興農学センターでは、それらの研究成果を総合化すると共に個別研究・共同研究の更なる進展を促すようオープンラボ等を含む運営を図る。

東京大学、東京農工大学、東北大学、千葉大学、つくば大学、岩手大学、岡山大学、宮城大学、福島大学、東京農業大学などの国・公・私立大学と(国研) 農業・食品産業総合技術研究機構、(国研) 農業環境技術研究所、(国研) 産業技術総合研究所、(国研) 物質・材料研究機構、(国研) 日本原子力研究開発機構などの政府研究機関、宮城県農業・園芸総合研究所、岩手

県農業研究センター、福島県農業総合センターなどの公立研究機関および企業などの民間研究機関で多くの研究者により、幅広い課題に取り組まれている。

復興農学に関する研究成果の海外発信には、オープンアクセスの英文書籍発行、国際会議でのシンポジウムの実施、放射能汚染に関する和書の海外報道機関による紹介などがある。

研究推進に加えて、復興農学に関する研究成果を含めた教育コースを社会人にも公開実施している事例に、東京大学(アグリコケーン：農における放射線影響)と東北大学(東北復興農学センター)などがある。

⑥ 所要経費

総経費：150億円

内訳

「復興農学センター」の設置経費 30億円

宮城県と福島県にオープンラボ方式の拠点の設置を構想している。復興農学関連の研究を進める大学または公立試験研究機関におけるオープンラボの借用または増設を行う。そして、研究に必要な最新の機器と設備を備え、共同利用に供する。

研究運営経費 12億円×10年

組織運営、情報整理・発信、サーバー運営、研究会の企画運営等の作業を担当する人件費、復興農学に関する重点研究の充実した支援などを想定している。

⑦ 年次計画

平成29～30年度 「復興農学センター」設立と内部組織、研究計画の作成を行う。

平成31～36年度 第1期計画実施

ニーズの分析と整理に基づき、津波被災地においては、復旧の遅れている地域の課題解決を進めると共に、震災後整備された新圃場における塩分、養分、水分の動態モニタリングによる設備の評価、モニタリング結果のモデル化とモデルの実証、モデルの適用範囲の拡大と他地域への応用、情報技術を駆使した遠隔農地の管理法開発、農業者コミュニティの再構成などを推進する。放射性物質による汚染被災地においては、避難民の帰還の促進と帰還者による農業等の1次産業の推進による復興の本格化を目指し、「復興の担い手」に的確な技術を提供するとともに放射能汚染が将来どのように変化するかについての予測を、未除染地からの影響、魚介類への影響を含めて示す。野生鳥獣への対応、林地への対応を進める。表土除去により発生した多量の廃土の減容化技術の開発と実用化を進める。

平成37年度末 中間評価と計画見直しを行う。

平成37年度～39年度 第2期計画実施

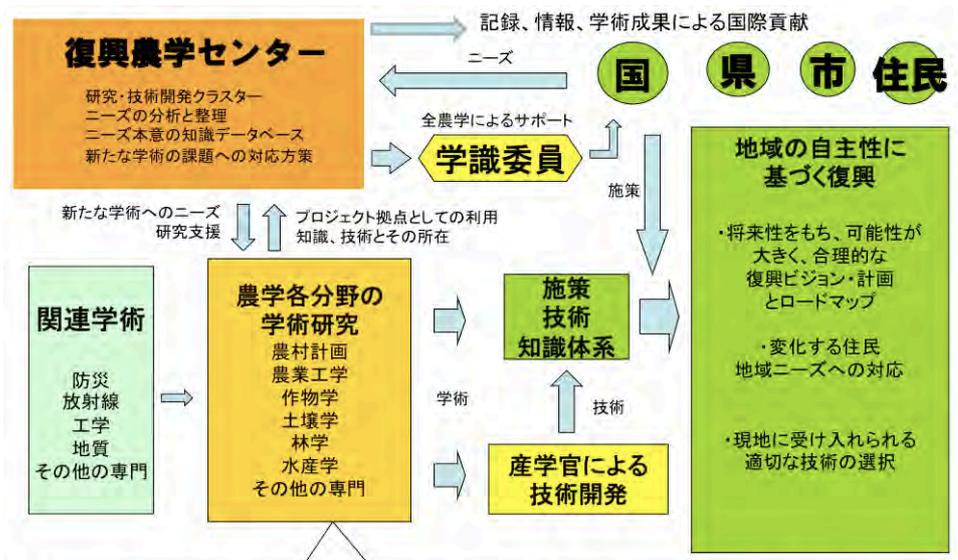
中間評価と計画見直しに基づいて計画を進める。

平成39年度 取りまとめと最終評価、成果公表・刊行を行う。

⑧ 社会的価値

東日本大震災からの復興が我が国の農学の取り組みにより道程に乗ることは、被災地の復興に直接的に貢献するだけでなく、東日本大震災が日本のトラウマとして経済社会全般に暗い影を落としている現状において将来への展望を切り開く効果をもつ。

森林も含め、被災地の大部分は農業関連の地域である。その被災地における居住地・農地の再生と避難住民の帰還、そして、農畜水産業の復興を進めるためには、被害の状況と今後の安全対策に関する科学的な理解に基づき、今後の農畜水産業発展をどのように進めることができるのかに関する見通しを「復興農学」の知識体系として作り上げることが望まれる。我が国土はモンスーン地域にあり、生態系サービス機能に富む一方、様々な自然の厳しさと共存せざるを得ない側面もある中で、「復興農学」の知識体系が社会的価値の一つとなることを期待する。



防災・減災のための排水路網の影響を組み込んだ農地の氾濫解析モデルの開発、海岸林地再生・造成・維持、荒廃地の雑草管理、流失・損傷した多数のダム、用排水路、排水施設など、水利施設の修復、新たに整備された圃場における塩分、養分、水分の動態モニタリングによる設備の評価、モニタリング結果のモデル化と適用範囲の拡大、再建に関し、新たな低コスト工法の学術・技術、既存の農地所有と利用の拘束を排した担い手による経営体における生産基盤の整備と経営技術、機械・エネルギー利用、作物導入、大規模低コスト栽培、次世代植物工場
高濃度放射能汚染地域における土壌などに局在する放射性セシウムの分離濃縮処理と汚染土の減容化、高線量地域森林の長期的な管理対策と政策、放射性物質の生物濃縮、野生鳥獣、家畜、魚介類における放射性物質のフローと安全性、汚染された牧草地の利用、リスクコミュニケーション手法の開発他

⑨ 本計画に関する連絡先
南條 正巳 (東北大学大学院農学研究科)

化学とバイオテクノロジー融合技術によるトータルフードデザイン研究拠点

① 計画の概要

地球規模で食糧の量を確保して、さらに健康生活を見据えた質の高い食品の創造を合わせたトータルフードデザイン研究拠点を構築する。現在の農業は灌漑や肥料と比較して炭酸ガス排出量の低減という点ではより効率的な食料生産技術である。一方、遺伝子組み換え作物は、この点においては農業以上に効率的である。両者は先端的2大技術であり、これまでは、それぞれ個別に焦点が当てられて研究が進んできたが、今後は両有用技術が相乗的効果を生むような協調的に機能する新しいコンセプトを持った薬剤や組換え体の開発を進める。また質を高め健康に寄与する食品を創造するために、化学技術を基盤として生物学的な知見を加えて価値を見出したビタミン類やファイバー類のような物質を効率的に生産する植物・微生物を育種・遺伝子組換えで作成する。以上を目的とした「化学とバイオテクノロジーの統合による健康科学推進のためのトータルフードデザイン研究」を遂行する。

この目的のために、化学者や生物学者各々が興味対象の研究材料が容易に入手できる、もしくは試験できる共通のプラットフォームを作り、これに、見出した化合物を高活性体へと誘導化する機能と同時に、酵素系、細胞系で見出した活性化化合物の活性を植物体レベル、作物レベルで評価できる機能を持たせる。本マスタープランでは、より新しい化学技術を応用できる新品種の創出し、また質を高め健康に寄与する食品を創造する。

② 目的と実施内容

地球規模での食糧問題解決という量の確保と健康生活を見据えた質の高い食品の創造を合わせたトータルフードデザイン研究拠点を構築する。健康科学の推進に役立つ質の高い食品をデザインしその量を確保するためには食品、飼料の生産から消費そしてその社会的影響までを俯瞰できる包括的研究が必要である。そのために化学技術を応用した安定的食糧生産と食品開発を統合する研究拠点を設立する。

農業と遺伝子組み換え作物は農業における先端的技術であり、今後は両有用技術が相乗的効果を生むような協調的に機能する新しいコンセプトを持った薬剤や組換え体の開発を進める必要がある。そこでより新しい化学技術を応用できる新品種の創出を行う。また質を高め健康に寄与する食品を創造するためには、化学技術を基盤として生物学的な知見を加えて価値を見出したビタミン類やファイバー類のような物質を効率的に生産する植物・微生物を育種・遺伝子組換えで作成する必要がある。続いてこれら植物の食品や飼料としての有効性、そして安全性、社会性を含めて、設計・評価を行う。以上を目的とした「化学とバイオテクノロジーの統合による健康科学推進のためのトータルフードデザイン研究」を遂行する。

③ 学術的な意義

バイオテクノロジーと化学技術の組み合わせは、新しい農業技術、例えば広汎なストレスからの保護技術や植物成長そのものを促進的に制御し二酸化炭素固定能を高める技術を実現化する可能性を有している。このような組み合わせを積極的に展開するためには、植物・昆虫・微生物制御遺伝子の機能解明と制御物質の発見・応用、さらに植物・昆虫・微生物機能を制御する人工物質の創製、他生物との相互作用制御方法、害虫・病害菌・雑草の農業抵抗性への対応が一体となって進歩する必要がある。現在の化学の進展により食品中の有用物質が次々と明らかにされている。一方ゲノム科学の進歩により、それら有用物質の生合成に関わる遺伝子も明確になっている。これら両技術を合わせた戦略を用いることにより、あたらしい機能性食品の創出が可能となる。21世紀前半には、最高水準の植物・昆虫・微生物研究から得られる生物学的知見を利用できる化学物質の創製と、最高水準の化学研究から得られる生物学的知見を利用できる生物研究の両者を核とすることにより、食糧の質と量を確保するためのトータルフードデザインを創出する新しい化学・生物学融合分野の学術水準を大きく向上・強化できる。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

既に遺伝子組み換え作物研究で先駆ける米国モンサント社は化学に強いBASF社と共同体制を組んで、組換え体と有用化合物の組み合わせを画策している。また世界では組換え高機能性食品の開発もモンサント社を中心に行われているが、日本では消費者の意向から積極的ではなく、高いレベルの生合成研究や機能探索研究の成果を生かせない状況である。しかし今後の高齢化社会、食糧問題の対応策となるだけでなく、産業的にも社会的にも重要であり、他国の占有を防ぐ上でも科学者の準備が必要な緊急の課題である。また世界文化遺産に指定された日本の食文化を活用できる強みもある。

⑤ 実施機関と実施体制

本マスタープランのコンセプトに基づく実施体制を示す。

1) 融合管理・企画実施部門 東京大学大学院農学生命科学研究科(東大)、理化学研究所ケミカルバイオロジー研究基盤施設(理研CB)、理化学研究所バイオリソースセンター(理研バイオ)、農業生物資源ジーンバンク(農水GB)

2) 化合物を生み育むグループ 東大・理研CB

化合物のデザインや合成展開、大規模ケミカルスクリーニング、低分子タンパク質間相互作用解析等の化学を中心とした研究技術開発および有望活性化合物の誘導体化を推進し他のグループと共同研究を展開する。有用天然物質の探索を行う。

3) 植物を育てるグループ 東大・理研バイオ・農水GB

食糧増産や環境保持に関係する成長に関連した植物が有するポテンシャルを、新たな作用概念から多面的・協調的に制御す

る化合物の設計・合成・選抜を行い、それら活性化合物の作用機構を明解し、化学物質を活用した融合的成長調節技術の創出を進める。また有用物質高生産性植物の作出と効率的生産法の確立を行う。

4) 植物を護るグループ 東大・理研バイオ・農水GB

病害虫などの生物的ストレスや乾燥、塩害などの非生物的ストレス等の外界の関係について細胞内シグナルから化学生態学までの広い視野で解析し、種々の環境適応を促進的に制御する化合物の探索と創製を進め、それらの知見をもとにして、植物保護のための次世代型の生物機能制御技術の創出を進める。

⑥ 所要経費

通算で合計35億円程度 3.5億/年 を予定している。

遺伝子情報データベース、遺伝子資源バンク 既存の施設を増強 (研究員 2人 技術員2人)

化合物情報データベース、化合物資源バンク 既存の施設を増強 (研究員2人 技術員2人)

化合物設計 (企業外注) 化合物合成 (研究員4人 技術員4人) メタボローム解析 (研究員2人 技術員2人)

生体内ネットワーク解析 (研究員3人 技術員3人)

(バイオインフォマティクス1人+1人、タンパク質ネットワーク解析1人+1人、遺伝子発現プロファイル解析1人+1人) リスク管理 (研究員1人) 高機能食品作出 (研究員2人 技術員2人) 高機能食品評価 (研究員2人 技術員2人)

研究員 計18人 技術員計18人 180,000千円

消耗品費 60,000千円

備品費、運営費 100,000千円

その他 (会議費、旅費、印刷費等) 10,000千円

⑦ 年次計画

化学的・生物学的に植物自身の成長を促進すること、生物的・非生物的ストレスへの抵抗性を高めること、健康に資する有用物質の可食部への高蓄積化、を目指す。各形質が相互に拮抗する欠点を解決するために各形質について統合的な研究を行う。

(1-3年目)

化合物の探索と創製を進めつつ、その作用を相補できる遺伝子組換え体の作出を図り、新規化合物を利用した植物成長・ストレス適応機構の効率的制御技術の創出を目指す。同時に既存の有用変異体の欠点を相補する化合物の探索を網羅的に行う。また生合成経路既知の有用物質の高生産性植物を作出する。

(4-6年目)

前年度までの成果を基盤として、組換え体や変異体と化合物を併用した植物成長・ストレス適応機構の効率制御技術の実用性について温室レベルでの検討を行う。3年目までの知見を総合し、新しい化合物を生み出すために必要な生物学的知見の集積を行い、高活性化と実用化の向上を図る。新規有用物質の生合成経路を解明し、高蓄積作物を作出する。

(7-10年目)

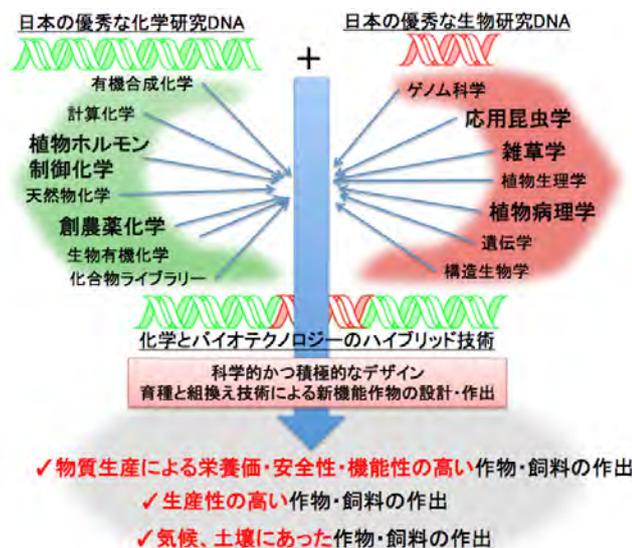
6年目までに見出した活性化合物と組換え体の組み合わせについて、実用性の向上を図る。また有用物質蓄積型作物の実用化に向けた評価を行う。

⑧ 社会的価値

世界的展開の必要性が高いにもかかわらず巨大外国企業との市場競争の故に閉塞感の高い日本の農薬関連業界の圧倒的な支持を得ている。新しいコンセプトの農業テクノロジーには当然知財権が伴うことから国益にも適う。本マスタープランを遂行した場合には研究の進展段階に応じて企業を含めたコンソーシアム設立とその積極的な活動への企業サイドからの期待が大きい。一方、日本では物質の同定に引き続いての生合成研究のレベルが非常に高い。この基盤を高機能性有用物質蓄積型作物へと応用することで、既に巨大化している健康食品やサプリメントの市場に食い込む事が可能である。

⑨ 本計画に関する連絡先

上田 一郎 (北海道大学)



マリンビジョン・ネットワーク計画：地球環境変動に対応するビッグデータ解析システム利用の広域沿岸水域生態系解析と海洋生物資源の持続的利用のための研究拠点の形成

① 計画の概要

〔背景〕 食料自給率が低いわが国では、海洋生物資源の効率的、持続的利用が喫緊の課題である。さらに、近年地球温暖化、人為汚染、巨大自然災害などが海洋環境の攪乱を引き起こしていることから、海洋環境と生物群集の両者をモニタリングし、そこから海洋生物および生態系の変動機構を解明するとともに、適切な漁業と資源管理のあり方を導き出し、海洋生物資源利用戦略を確立するための研究拠点の確立が必須である。

〔目標〕 わが国沿岸の海洋環境および海洋生物資源の経時変化を常時監視するモニタリングシステムを開発し、得られるビッグデータの管理、解析から海洋生態系、とりわけその生物資源の変動予測システムを確立し、海洋生物資源利用戦略を立てるための研究拠点を形成する。この戦略に基づき、健全な海洋環境と海洋生物多様性を維持し、海洋生物資源の持続的利用を図る。

〔具体的計画〕 わが国に3つの研究拠点と、約50カ所の観測定点基地を設ける。研究拠点での第一の課題は環境モニタリングおよび遺伝子解析に基づく新たなモニタリングシステムの開発、第二にそれらから得られるビッグデータの集積、管理、利用、公開に関する研究開発、第三にそれらのビッグデータから日本列島の全沿岸海洋環境と海洋生物の多様性および資源量を推定するためのアルゴリズムの開発である。すなわち、第一課題によって検討、構築された50カ所のモニタリングシステムから海洋生態系と生物に関する情報が取得される。それらのデータは第二課題の検討結果に基づいて管理されるとともに、リアルタイムで研究者、漁業関係者、地方自治体、学校などに常時配信される。第三課題ではこれらのデータに、気象、衛星データ、海洋生物および遺伝子データベースなどを加え、最終的に海洋生物資源および海洋生態系を把握し、その変動予測システムを確立して沿岸生態系の保全と海洋資源生物の持続的利用を図る。

② 目的と実施内容

本計画では、研究拠点を首都圏、北方、南方に設置し、各地の研究機関を中心に全国約50カ所に観測定点基地を設ける。これらの観測定点基地には、本計画で開発するDNAを解析できる小型高性能DNAシーケンサを搭載し、海洋環境をモニターできる自立型装置を設置する。この観測定点から海洋環境観測データとメタゲノム配列データを研究拠点へ送信するための高速ネットワーク網の構築を行う。研究拠点ではこれらのビッグデータを解析するシステムの構築を行う。さらに、全国の研究機関にある海洋資源生物のゲノム解析あるいは魚類行動学を行う研究チームの連携を目指し、研究拠点が連携機能のサービスを行うネットワークシステムを構築する。また、主要水産市場から各種魚種のサンプル提供を受ける態勢を整える。さらに、各地域に特徴的な海洋生物資源のゲノム解析あるいはバイオロギングを用いる生態解析を行い、先述の高速ネットワーク網を利用して解析データを研究拠点に格納し、海洋環境、水産資源動態、環境情報・メタゲノム情報などとの関連を解析する。

③ 学術的な意義

〔期待される研究成果〕 農業が、人に管理された場で行われ、その生産量の推定も可能であるのに対し、漁業では対象生物の分布と量、その量の変動要因という基本的な情報が欠落しているため、しばしば非効率的あるいは非計画的な漁獲が行われてきた。資源量のより正確な見積もりと科学的データに基づいた持続的漁業の導入は今後食料資源を確保する上で、喫緊の課題である。本研究は、最新の解析技術と数千キロスケールに渡る広域データ収集システム、さらに新規のアルゴリズムを用いてこの課題に抜本的に取り組む初めての総合研究である。本研究は国家の食料戦略を立てる上で必須で、多くの島嶼と広大な沿岸域を有する我が国の海洋環境を保全しつつその多面的利用を可能にし、地域経済を活性化することが期待される。

〔学術的な意義〕 第一に、本研究では、海水の連続的現場自動ろ過システムを用いて、メタゲノム、環境DNA、微生物遺伝子構造から海洋生態系を評価する手法、さらにクロスリンク分析による生物資源推定法などの新たな手法を導入して遺伝子情報を統合し、ゲノムデータベース情報と比較しつつ海洋生物を遺伝子情報という切り口から包括的に把握するものである。このように、遺伝子情報に基づいて海洋資源生物さらには海洋生物全体の多様性を解明する手法は極めて斬新であるだけでなく、海洋生態系を理解してそれを継続的に利用することを可能にし、様々な学術領域にインパクトを与えるものである。第二に、本研究では遺伝子情報に加えて海洋の物理、化学的データを取得し、それらのデータを一挙に収集、保管、解析、転送、開示する新たなシステムの構築を目指す。このようなビッグデータの扱い自体は様々な領域で進んでいるが、環境中の物理、化学、生物学のデータを含み、かつそのデータを一般に公開するようなシステムはまだなく、世界に先駆けて行うものである。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

〔国内外の研究動向〕 海洋の生態系解析においても次世代シーケンサを利用した環境DNA解析と称される手法が普及してきた。わが国でも赤潮発生を海洋微生物叢の解析で予測する試みが行われているが、広域な沿岸域の生態系をモニタリングするまでには至っていない。また、魚介類の個体群解析では海洋資源生物で頻繁に生じている大きな個体群変動の原因を突き止めるまでには至っていない。個体群解析には個体の行動解析が有効と考えられるが、そのためにはバイオロギングを利用した研究が必要となる。一方、諸外国でも各種魚介類のゲノム解析を大々的に進めていることから資源管理や漁業交渉においてもわが国独自の基盤情報が必要で、このことから本研究の成果が期待される。

〔当該計画の位置づけ〕 本計画では、沿岸域の海洋環境の経時変化、沿岸生態系を常時監視するシステムを構築する。一方、

海洋生物種の生態的特性や遺伝的特性を評価する研究も実施し、得られるビッグデータを研究拠点に集積し解析する。このようなビッグデータ解析を利用した海洋生態系の変動予測と海洋資源生物の持続的利用を図る研究は世界で初めての試みである。

⑤ 実施機関と実施体制

中心機関：東京大学、北海道大学、東京海洋大学、長崎大学、鹿児島大学など高等教育機関、水産研究・教育機構、海洋研究開発機構、各県水産試験場など。東京大学の気象海洋研究所と大学院農学生命科学研究科が下記の中心的な役割を果たす。

- ・東京大学【実施内容】海洋研究体制の構築、海洋ビッグデータ解析システムの構築、海洋微生物叢・魚介類・鯨類の遷移動態の解析・研究、ゲノムワイド関連解析、バイオロギング利用研究の高度化、国際コンソーシアム体制の構築
- ・水産研究・教育機構【実施内容】DNA解析機能を搭載した自立型観測装置の開発、日本沿岸域の観測定点設置と定点での時系列海洋観測データの収集、観測データを基にした海洋環境遷移予測研究、水産資源データの収集
- ・北海道大学・東北大学・東京海洋大学【実施内容】沿岸・外洋域微生物叢および植物プランクトンの生物多様性研究、海洋環境モデルの構築、ゲノムワイド関連解析、バイオロギング利用研究
- ・広島大学・九州大学、長崎大学・北里大学【実施内容】内湾、閉鎖域の海洋微生物叢の遷移動態の解析・研究、有毒プランクトン叢の動態解析と海洋環境モニタリング、ゲノムワイド関連解析
- ・その他、愛媛大学、日本大学、近畿大学など高等教育機関【実施内容】沿岸・外洋域の観測定点の物理化学的データの収集と海洋環境・評価の研究、海洋資源生物のゲノム解析と評価
- ・理化学研究所【実施内容】海洋ビッグデータ解析システムの構築、高速海洋メタゲノム解析のためのパイプラインの構築、高速ネットワーク通信網の構築
- ・海洋研究開発機構【実施内容】海洋環境およびDNA解析機能を搭載した自立型観測装置の開発、海洋観測データに基づくシミュレーションによる海洋環境遷移推定法の研究、海底微生物叢の動態解析研究
- ・各県水産試験場【実施内容】定点における沿岸物理・化学的環境、プランクトン、魚介類のモニタリング

⑥ 所要経費

総予算：200億円

初期投資：20億円

研究拠点施設設置：首都圏、北方、南方の3カ所

所：拠点建設費、ネットワーク形成費：5億円

海洋予報データバンク構築：海洋環境ビッグデータベースの開発・構築：2億円

施設整備・測定機器の購入：スーパーコンピュータ：8億円

自立型海洋観測装置の開発：5億円

運営費等：180億円（18億×10年）：

全国で約50カ所の観測定点維持費：15億円

備品費：1億円

消耗品費：1億円

人件費：1億円

⑦ 年次計画

平成28年度～30年度：研究拠点設置、高速ネットワーク構築、国際海洋環境変動研究コンソーシアム構築、海洋資源生物のゲノム解析、海洋資源生物行動モニタリング手法の構築

研究拠点を首都圏、北方、南方に設置し、全国約50カ所に観測定点基地を設ける。DNAを解析できる小型高性能DNAシーケンサを搭載し、海洋環境をモニターできる自立型装置の開発を行う。この装置を観測定点に敷設して、海洋環境観測データとメタゲノム配列データを研究拠点へ送信するための高速ネットワーク網の構築を行う。全国の海洋資源生物のゲノム解析あるいは魚類行動学を行う研究チームの連携を目指し、研究拠点が連携機能のサービスを行うネットワークシステムを構築する。各地域に特徴的な海洋生物資源のゲノム解析あるいはバイオロギングを構造解析を行い、解析データを研究拠点に格納する。

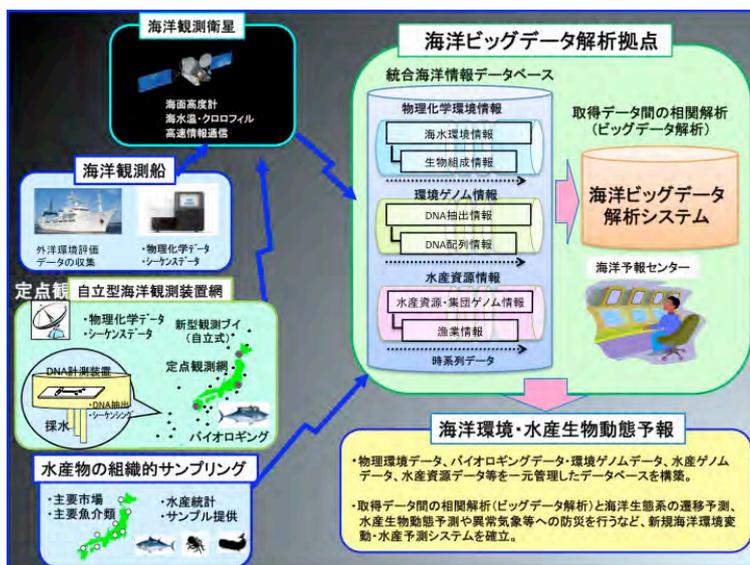
平成31年度～38年度：定点観測データ収集・登録、海洋微生物叢動態解析研究、海洋環境の評価マーカー抽出・評価法の標準化、海洋予報法の開発、海洋生物資源の行動解析・個体群変動解析、持続的高度利用に適した海洋資源生物機能の探索

⑧ 社会的価値

海洋環境のモニタリングおよび最新技術を用いた海洋生物資源の機能評価は、海洋の多元的機能、すなわち沿岸域が持つ社会文化経済的価値の保全や海洋生物資源の持続的利用など、いわゆる生物多様性によって支えられている海洋の生態系サービスを維持するに当たって喫緊の課題である。本計画で、沿岸海洋環境の変動機構が明らかになり、沿岸水域や隣接する沿岸地域の保全が図れるとともに、沿岸海洋有用生物の持続的利用が可能となり、沿岸地域の経済が活性化して地元住民の生活安定化が図られ国土の安全保障につながる。また、先の東日本大震災で生じたような沿岸域における不測の大規模災害においても、迅速な海洋環境のモニタリングが可能で、環境改善対策の方向性を早期に決定できる。

⑨ 本計画に関する連絡先

渡部 終五（北里大学海洋生命科学部）



One Health アニマルサイエンス研究拠点形成

① 計画の概要

One Healthとは、ヒトと動物の健康は互いに類似および密接に関連していることから一つの学問領域として総合的かつ協調的に発展させることが必要であるという国際的に認知された概念である。我が国ではその概念を明確にした学術領域の樹立は遅れている。そこで、One Healthの学問的基盤を整備するために、ヒトと動物の共通感染症やヒトと類似した動物疾患の研究を中心に、関係する動物生態系も含めて、動物の健康を統括的に科学する新たな学術研究拠点を設立する。

中核研究拠点を東京大学農学生命科学研究科に置いて、全国の獣医系および農学系大学と協働し、学協会や国内外の関連機関とも連携してOne Health 統括研究を推進する。また、ヒトの橋渡し研究 (TR) 拠点である東京大学医科学研究所に、最先端獣医臨床試験センターを構築し、動物疾病研究の知見を直接生かしてヒトの疾患の研究推進につなげる。

② 目的と実施内容

ヒトと動物間で類似した病気は数多く、特に感染症では密接に関わるが、その学問は医学と動物医学と別個に発展してきた。しかし、病気の成り立ちは高等ほ乳類で極めて共通性が高く、蓄積される科学的知見の共有は重要との考えが生じてきた。また、ヒト疾患の動物モデルとしての高等動物の研究の必要性も高まっていることから、ヒトを含む高等動物の健康に関する学術は一つの領域として協調的かつ総合的に発展させることが不可欠との概念、One Health が生まれた。本計画は、One Health を実現するために、「ヒトと動物の健康を統括的に俯瞰する学術領域」の創成を目的とする。

以下の4つ研究部門を持つ研究拠点を置く。

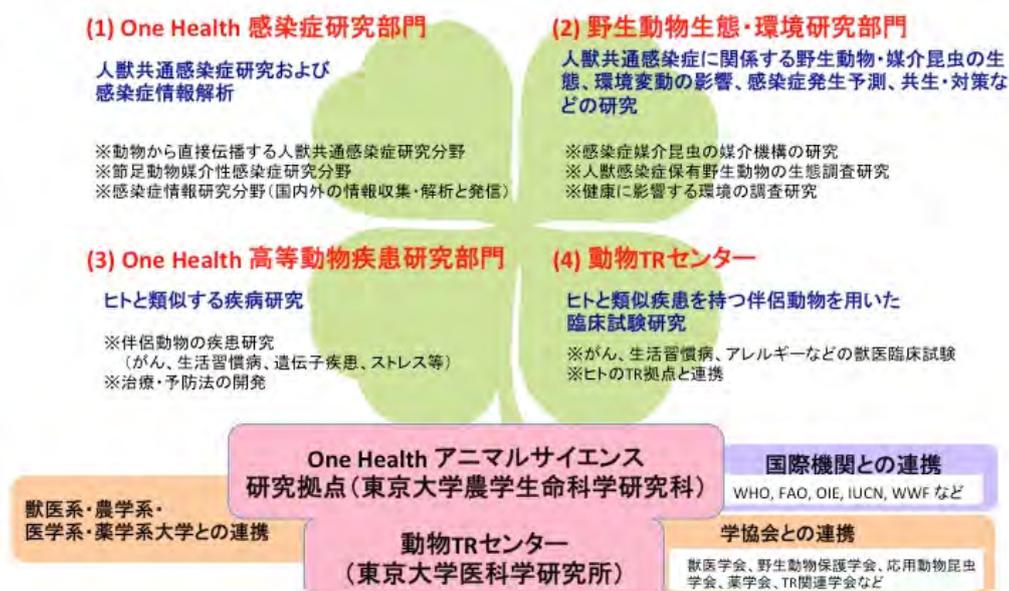
(1) One Health 感染症部門：野生動物からヒトに伝播する重篤な感染症や節足動物媒介性感染症の研究を実施する。国内外の人獣共通感染症情報の収集や分析、配信も行う。

(2) 野生動物生態・環境研究部門：人獣共通感染症に関係する野生動物や媒介昆虫の媒介機構、生態、環境変動の影響、感染症発生予測、共生・対策などの研究を行う。

(3) One Health 高等動物疾患研究部門：ゲノム解析と疾患例の比較病態研究から、特にヒトと類似する疾患が多いイヌで、ヒトと近似した疾病を対象に、病態の発現機構や免疫抵抗性の研究を行う。また、動物で先行する治療・予防法の研究システムも構築する。

(4) 動物 TR センター：ヒト疾患と酷似したイヌの癌などを対象に、ヒトの TR 機構と連携して獣医臨床試験を実施する。病態や免疫反応などの基礎的研究知見も集積し、ヒトの治療製剤開発研究等に重要な情報を提供する。

実行組織・研究の内容



③ 学術的な意義

本計画は、One Health 研究領域を確立するための初の中核拠点の形成である。近年多発する人獣共通感染症に対しては、獣医学、医学を中心に多領域が協働して行うことにより迅速かつ包括的な対策を講ずることが可能になる。その他の多様な疾患に

においても、伴侶動物疾患研究の格段の進展により、ヒトと類似する病態の存在が分かって来ており、集積する知見がヒトの医学にも貴重な情報をもたらす。さらに、ヒトの疾患研究のモデル動物として最も用いられているマウスでは、ヒトの病態を完全に再現する例はほとんどない。それに対し、イヌでは、ゲノム解析から極めてヒトに類似した自然疾患を数多く持つこともわかってきた。ヒト医療への橋渡し研究においても、マウスでは解析不可能であった宿主本来の免疫応答の影響も解析できる優れた新規非臨床動物試験法が確立できる。「臨床試験第II相脱落」は製薬企業にとって最大のリスクであり、これの早期予測が可能になり、開発経費の大幅な削減も期待できる。ヒトのTR拠点のある東京大学医科学研究所に、先端的TR動物センターを整備することにより、革新的なリスクヘッジをもたらすと期待できる。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

One Healthの重要性は欧米を中心に認識され、特に米国では米国医師会、米国公衆衛生学会、米国獣医師会等のサポートにより、One Health Commissionと呼ばれるNPOが設立され、科学アカデミーと共に研究活動を展開している。これらの活動では人獣共通感染症の監視と制御を生態系の健全性という観点から実施することも提唱している。2014年3月、ビルゲイツ財団はOne Healthに関する公募研究事業を開始した。我が国では、「21世紀のOne Health動物研究拠点」を構築し、ヒトの健康につなげることを目指す統合的な取り組みは初めてであり、我国もこの分野のリーダーとなることを目指す。

⑤ 実施機関と実施体制

中核拠点として東京大学農学生命科学研究科(本郷キャンパス)に附属One Healthアニマルサイエンス研究拠点を設置する。その一部門として東京大学医科学研究所(白金キャンパス)に附属動物TRセンターを設置し、医科学研究所附属病院のヒトのTR拠点と連携して、TRを実施する。この2つがわが国におけるOne Health研究の中核施設としての役割を果たす。参加予定機関として、獣医系・農学系大学、特に北海道大学人獣共通感染症研究リサーチセンター、国立感染症研究所、国立・独法研究機関、さらに全国の医学系TR拠点等とも連携して研究を行う。

⑥ 所要経費

総額100億円程度：初年度42億円(One Health研究拠点整備費および設備費)、運営費として総額58億円程度を計上し、10カ年で計画を完了させる。

(1) One Health中核研究拠点整備(東京大学農学生命科学研究科内)、(2) 先端動物TRセンター整備(東京大学医科学研究所内)、(3) 設備・備品(上記2施設)：大型機材として以下のものを想定している；超高感度LSOクリスタル、搭載型PET/CT装置、1.5T磁気共鳴断層撮影装置、次世代バイオイメージングシステム、64マルチスライスX線CT装置、放射線治療装置、実験動物用PET、実験動物用蛍光CT、質量分析装置、FACSセルソーター、実験動物用MMCT、次世代シークエンサー、微量物質同定機器システム、手術室整備、(4) 北海道大学人獣感染症センター設備経費、(5) 研究部門運営経費(4部門合計5億円x10年)、(6) 動物TRセンターでの獣医臨床試験経費(0.5億円x10年)、(7) 北海道大学人獣感染症センター運営経費

⑦ 年次計画

(1) 平成29年度～30年度

1. One Health研究拠点の整備：東京大学農学生命科学研究科(本郷キャンパス内)に整備して設置する。One Health感染症部門、野生動物生態・環境研究部門、One Health高等動物疾患研究部門の3部門を配置する。VMC(動物病院)とも連携できるように整備する。2. 先端TR動物病院を併設する動物TRセンター：東京大学医科学研究所(白金キャンパス内)に整備して設置する。獣医臨床試験を行える動物病院を併設する1研究部門を配置する。

(2) 平成31年度～38年度：研究活動の本格実施：4研究部門が上述の研究課題に即して研究を本格化する。中間(前期5カ年の終了時点)で外部評価を行い、事業展開を見直し、後期5カ年計画をたてる。

(3) 平成38年度

1. 事業終了後の研究継続計画を策定する。2. 最終評価ならびに成果発表

⑧ 社会的価値

動物界全般とヒトの健康、環境の調和を包括的にとらえ、持続可能な発展に繋げようとする統合型研究はこれまでに存在せず、完成後には獣医学・農学・医学という領域・範疇を超えて発展する大型学術研究分野となる。社会に及ぼす変革は大きい。具体例：(1) 人獣共通感染症の対策研究を加速する。特に昆虫媒介性感染症に対しては、異分野との連携が効果的であることは論を待たず、総合的学問領域の誕生により、対策研究の大きな進展が望まれる。(2) がん、感染症、再生医療などの分野で様々な治療法・治療薬の開発研究が進められているが、マウスでの動物実験ではヒトの病態を再現できない。極めて類似の自然発症疾病を持つイヌなどを利用した獣医臨床試験は、これを解決できる優れた動物実験手法を与えるもので、米国では既に積極的に進められている。我が国でこれを可能にする初めての優れた動物TR研究拠点を提供できれば、ヒトのTR研究の動物試験の概念を大きく変えるものとなる。

⑨ 本計画に関する連絡先

甲斐 知恵子(東京大学・医科学研究所、日本学術会議 食料科学委員会、獣医学分科会、基礎医学委員会)

超高効率な微生物探索による生物機能開発イノベーションの革新

① 計画の概要

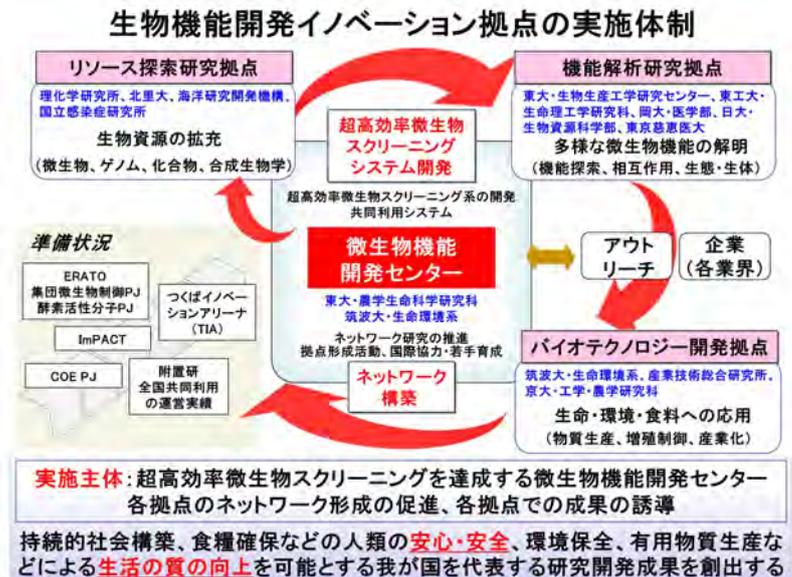
有史以前の醸造から始まり、人類は微生物の機能を活用して産業振興と生活の質の向上を達成してきており、近年では、様々なバイオテクノロジーの分野が切り開かれた。現在でも 99.9%以上の微生物は未知であることから、微生物に新たな機能を求めることにより基礎科学とイノベーションの革新的な成果を得ることへの期待は大きい。また、主として農学分野の研究者が担ってきた微生物機能の探索と利用の研究を、医歯薬学、理学、工学分野とのオープンイノベーションによる技術革新に導くことが重要である。そこで、本事業は、日本の微生物分野の優れた個別研究を学際的な大規模ネットワーク拠点として連結することで、微生物の新たな機能の開拓を加速させ、優れた研究開発成果を世界に発信する。具体的には、微生物・遺伝子資源の拡充と整備を行うリソース探索研究、微生物の有用機能の探索と開発を展開させる機能解析研究、新規機能のイノベーションを達成するバイオテクノロジー開発研究を行う。一方、これまでの微生物・遺伝子資源の開拓は、有用な微生物や化合物を求めた地道な努力、即ち、スクリーニングによって成し遂げられてきた。本拠点では、これまでの取り組みとあわせて、イメージング、セルソーティング、マイクロデバイス等の近年の革新技術を取り入れることにより、有益な微生物機能・遺伝子資源の探索のための超高効率スクリーニング技術を構築する。このために微生物機能開発センターを設立し、ネットワーク拠点の研究者へ革新探索技術を提供することで、基礎研究とイノベーションの革新を導く。そもそも実学としての起源を有する本研究領域の進展は、学産によるバイオマス、エネルギー生産、環境浄化、医創薬などの重要課題研究分野の新技術開拓の爆発的な拡大に貢献し、イノベーションにも大きく貢献する。本拠点によって得られる波及効果は極めて大きい。

② 目的と実施内容

微生物を対象とする研究領域は、環境保全、生物多様性、生物遺伝資源、バイオテクノロジー、食の安全、感染症、バイオテロなど多くの課題を包含しており、人類の安心・安全と生活の質の向上にとって重要かつ必須である。それぞれの課題の重要性を反映して、現在では、個々の微生物研究者がこれらの研究を分担し別々に進める状況となっているが、これはイノベーションのための大きな障害を生んでいる。本事業では、(1)リソース探索研究、(2)機能解析研究、(3)バイオテクノロジー開発拠点を構築する。真菌、アーキア、細菌等、対象とする微生物ごとに進められてきた研究を集積する効果とともに、応用微生物学分野で多くの成果を挙げてきた異分野研究者の密接な連携により、微生物機能のイノベーションに関する分野横断的な大規模研究を進める。「リソース探索研究」拠点では、新規微生物のスクリーニングとともに微生物酵素や遺伝子の探索を行い、微生物資源の拡充を図る。「機能解析研究」拠点では、人類が快適に生活し、地球環境をよりよくするための有用機能を微生物から探索し、その発現機構を解析する。「バイオテクノロジー開発」拠点では、上記の2拠点で得られる成果について、主に生命・環境・食料の3つの観点からの実証を行い、科学の最先端を切り開く研究を推進する。「微生物機能開発センター」では、近年の革新技術を取り入れた革新的・高効率な微生物スクリーニング系を構築し、多様な微生物機能を発掘に資する。

③ 学術的な意義

現存の動物・植物を含む全ての生物は、微生物として確立された細胞基盤を基に進化した。従って、全ての生命に共通する基本原理の解明のためには、微生物の研究が不可欠である。一方、全ゲノムが決まった生物種は地球上の生物種の 0.1%にも満たず、最新のゲノム情報科学の技術を駆使しても機能が解明できない未知遺伝子・タンパク質が多い。したがって、この機能の解明を進めることにより、未活用な莫大な数の有用機能の活用が拡大され、生物多様性の理解にも貢献する。また、自然界では、微生物やその機能は様々な物理化学的環境下に置かれ、同種異種の微生物、動植物などとの相互作用により多様な生理的機能を発揮する。この詳細な機構が明らかになれば、生命・環境・食料に関する多くの社会問題の解決に資する微生物の有用機能が現前すると期待される。微生物研究は、②に示した幅広い領域と密接に関わっていることから、これらの地球規模での課題解決にも重要である。即ち、微生物は、先端生命科学研究の対象として重要であるとともに、迫り来る人類の危機を救うメシアとして人類の未来にとって非常に重要である。従って、本事業の学術的意義は基礎・応用の両面において極めて大きいと考えられる。これらは、科研費等で行う個別研究とは本質的に異なっており、大規模かつ長期的に行う本提案の研究によって初めて得られる。



④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

我が国の応用微生物学分野は、世界を代表する大きなイノベーション（アミノ酸・抗生物質生産、アクリルアミド生産等）を産んできた我が国のプレゼンスであり、2015年大村先生らによるノーベル賞受賞もこの例である。この分野を支える日本農芸化学会や生物工学会がそれぞれ1000人以上の微生物研究者と100以上の賛助企業を有することは、本分野が基礎分野およびイノベーションにおいて重要であることを示す。一方、これまでの国策は、微生物が関わる個別の課題に対する支援に留まっている。諸外国では、微生物学部が俯瞰的な視野で研究を担うのに対し、我が国には微生物学部が存在しないために、農・医歯薬・理・工学部がばらばらに微生物を研究しており、分野間の情報は寸断されている。海外では米国微生物学連盟や欧州微生物学連盟などの大組織を中心とした微生物関連の大規模研究（バイオ燃料やシステム生物学等）が国策として推進されており、我が国の新たな学術大型研究として微生物学領域の体制を構築することは重要である。

⑤ 実施機関と実施体制

中心実施機関：東京大学 大学院農学生命科学研究科・生物生産工学研究センター、筑波大学 生命環境系、東京工業大学 資源化学研究所、国立感染症研究所、北里大学薬学研究科、京都大学 工学および農学研究科、岡山大学 医学部、理化学研究所 BRC バイオリソースセンター、産業総合技術研究所、日本大学 生物資源科学部。拠点となる微生物機能開発センターは筑波大学と東京大学に共同設置する。

⑥ 所要経費

- (1) 微生物機能開発センターの建設 35億円（内訳）6階建て実験棟（鉄骨、延床面積5000m²。拠点事務室、公開会議室を含む）（筑波大学）
- (2) 微生物機能開発設備・備品 35億円（内訳）微生物リソース維持・管理システム（観察用光学機器、保管庫他）5億円；超高効率スクリーニング装置（超解像度顕微鏡、高速セルソーター、高解像度NMR他）20億円；バイオテクノロジー関連機器（ゲノム解析機器、試作装置他）10億円
- (3) 人件費 27億円（内訳）特任教員（研究推進、拠点運営、若手育成）（30名x10年）18億円；研究員（研究推進）（20名x10年）8億円；技術職員（機器の管理）（3名x10年）1億円
- (4) 消耗品費 36億円（内訳）拠点研究推進費（2億円x10年）20億円；ネットワーク研究推進費（1.6億円x10年）16億円
- (5) その他 1億円（内訳）拠点運営経費、成果公開、研究打合せおよび調査旅費、その他（0.1億円x10年）

⑦ 年次計画

1. 研究推進

以下の計画に従い、各拠点をコアとした有用物質生産、環境浄化、食料増産、健康に関わる研究を行う。

平成28年度～35年度：「リソース探索研究」拠点と「機能解析研究」拠点では、(1) 開発すべき有用機能の調査、(2) 微生物・遺伝子・酵素資源の調査・探索、(3) 微生物の動態解析と環境モニタリング系の構築、(4) 複合微生物・微生物・タンパク質・遺伝子・生体低分子の機能解明、(5) 複合微生物解析・制御・利用技術の構築の基礎研究を推進する。「微生物機能開発センター」では、超高効率の微生物スクリーニング技術の開発を目指し、(1) 先進顕微鏡（超解像度、ラマン分光等）とイメージング技術、(2) マイクロ流体デバイスによる微生物の微小培養系、(3) 各種セルソーティング技術を微生物のスクリーニング用にチューンし活用することを目指す。

平成32年度～37年度：「リソース探索研究」拠点と「機能解析研究」拠点では引き続き基礎研究を推進する。イノベーションに資する「バイオテクノロジー開発」拠点での研究を推進する。本提案で開発される超高効率微生物スクリーニング技術の活用によって、有用物質の高生産、新規機能性微生物の単離、微生物生育制御などの革新的な進歩が導かれる。

2. 微生物ネットワーク構築推進

微生物の機能・構造上の多様性を反映して、個々の微生物の解析・利用技術も多様であることから、これらを補い合うための研究者間のネットワークが極めて重要である。微生物機能開発センターは、このためのハブとして機能させる。

平成28年度～29年度：(1) センターの設置準備・建設、(2) ネットワーク事務局の設置、(3) 微生物機能研究設備の導入、(4) 共同研究体制の構築・教員研究員の配置支援

平成30年度～37年度：(5) 国際協力・評価体制の構築、(6) 共同研究推進

⑧ 社会的価値

本事業によって、微生物に関連する学術上重要な知見が得られ、また応用面でも、社会的に高い価値に繋がる成果を挙げることが期待される。例えば、微生物はアミノ酸や抗生物質を始めとする有用物質生産のためのマシナリーとしても現在利用され、将来も大きく期待されており、これらに貢献する。有用物質生産に特化した微生物をデザインする合成生物学やバイオファインナリーへの技術応用にも貢献しうる。さらに、人の健康に大きな影響を与える腸内微生物の制御技術の開発はQOLの向上に大きな意味をもつ。また、一般に微生物は単独では生育できない場合が多く、他の生物との相互関係下でのみ生存可能である。そうした微生物も潜在的な有用機能を有していることから、複合生態系での微生物の増殖制御技術の開発が望まれている。例えば、本技術は排水、汚水処理の向上や植物病原菌による作物病害低減に応用できる。本事業により、多岐にわたるニーズに合致した微生物研究由来のシーズを社会に供給しうる。

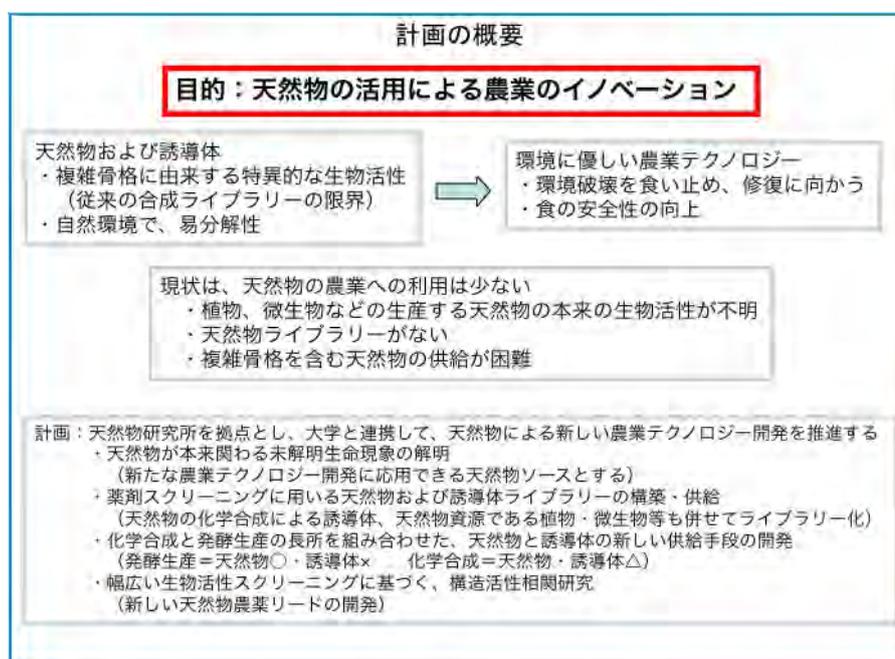
⑨ 本計画に関する連絡先

高谷 直樹（筑波大学・生命環境系）

天然物の活用による農業イノベーション：リードソース再構築と革新的生産手段の開発

① 計画の概要

植物や微生物の生産する天然物質は、医薬、農薬、香料等の有用物質として人類の安定した生活に多大な貢献を成すとともに、化学、生命科学等の基礎学問に強烈なインパクトを与え続けて来た。2015年の大村博士のノーベル賞受賞に表徴されるように、天然物質の有効利用は今後も人類にとって必須であり、世界に秀でた天然物化学研究の学術的基盤を築きあげてきた我が国では、さらなる発展を持って推進されるべき研究領域である。しかし、従来の新しい物質や生物活性を求める研究スタイルのままでは天然物の有用性を十分に発揮できない。天然物質は人知の及ばない多種多様な構造や強力な生物活性を有することより、様々な誘導体を生む薬剤リードソースとして重要である。1つの天然物質の有用性が示されれば、その基本骨格に基づく様々な誘導体を、各々の目的に沿った形で作り出すことが出来る。また、天然物であれば必然的に土壌等の環境で分解され易く、環境に優しいことを特徴としており、新しい活用法を見出すための無限の可能性を秘めている。即ち、農業分野に天然物を積極的に活用することにより、食の安全を守り環境破壊を食い止める新しいテクノロジーの開発が可能になる。そこで本研究では、発想を転換した天然物由来の薬剤ソースを再構築し、天然物及びその誘導体を農業に活用することで、環境に優しい農業を構築し人類の安定した生活に貢献する。そのために、研究の拠点となり天然物由来の薬剤ソースの開発および管理と、その利用法モデルを提示できる天然物研究所を設立し、国内の大学と連携をとりながら新しい農業テクノロジー開発研究を推進する。



② 目的と実施内容

本研究の大きな目的は、天然物の活用による農業イノベーションにある。現状においては、天然物の農業への利用は少ない。その原因となっている理由は、植物、微生物などの生産する天然物の本来の生物活性が不明、天然物ライブラリーがない、複雑骨格を含む天然物の供給が困難、などがある。そこで、本研究では、環境に優しい農業テクノロジーおよび食の安全性の向上をめざして、天然物および誘導体のライブラリーを充実させた天然物研究所を設立する。研究所では、天然物に関する基礎研究を行い薬剤ソースとして有用な天然物を見出し、他の研究者が基礎研究や薬剤開発を行うために十分な量の化合物を提供することができる薬剤ソースのライブラリーを構築するとともに、モデル植物を対象とした農業への活用法の検討と活用モデルの提示を行う。同時に大学との連携により、各化合物から派生する数多くの誘導体の構造活性相関研究を通じて、農業への利用に有効な天然物の数を飛躍的に増やし、新しい活性化化合物としての開発を可能にする。一方、天然物質の供給源を生物資源に求め続けることは現実的でない部分もあり、そのため、リードとなる天然物質及びその誘導体の合成化学、インシリコ技術を用いた天然物質の構造展開、また発酵生産による大量生産法の確立も急務であり、本研究ではこれらも積極的に実施する。

③ 学術的な意義

天然物の農業利用の基礎研究では、植物、微生物、昆虫等の種々の生物の生産する物質の、生産する生物での生理機能、生物間での役割、環境に対する作用、医薬品等として有用な生物活性等が分子レベルで調べられる。それらは全て最先端の研究であり、学術的価値は高い。特に、植物、微生物、昆虫の生産する二次代謝産物の生理機能や環境での役割については現在ほとんど分かっておらず、本研究では既知天然物の生理活性についても包括的に解明を行うことで、天然物の農業、環境への新たな利用方法が見出されると考えられる。これらの研究と薬剤ソースの構築研究を含めて、新たな骨格や生物活性を持つ物質

が見出された場合、有機化学や生命科学の基礎研究に与える学術的意義は従来通り極めて大きい。またこれら生体内成分の積極的な応用技術、そして制御技術の開発モデル提示することで新しい農業技術開発の先駆けとなる。こうして見出された天然物および誘導体の実用化には大量供給手段が必要となり、複雑骨格を含む天然物の大量供給には発酵生産手段が適し、誘導体の供給には化学合成法が好ましい。しかし、化学合成法では誘導体を自在に供給できるが、長工程となり効率が悪く環境への負荷も大きい。天然物の生物変換と化学合成による誘導体は既に実用化されているが、その逆に天然物の生合成中間体の誘導体を生物変換する手段は独創的であり、学術的にも極めてセンセーションなものになる。すでに述べたように、新たな構造や生物活性を持つ天然物質は、化学、生物学、生命科学等の基礎、応用両面において大きなインパクトを与える。将来的に天然物を用いた農業が一般化すると農学全般、環境科学に大きな影響を与える。天然物の薬剤ソースが充実すると、天然物を用いた創薬が画期的に活性化されることが期待できる。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

天然物を農業に積極的に利用するとの姿勢は世界的な動向であり、近年農業登録される物質の中での天然物質やその誘導体の割合は合成化合物を凌いでいる。しかし、現時点では、実際に農業に使用される薬剤は合成化合物が未だ主流である。今後天然物の農業への利用技術の開発競争が世界中で行われることが予想されるが、現在天然物化学研究および発酵生産技術が世界で最も充実している我が国において、本大型研究を推進し基盤となる研究を世界に先駆けて行い、実用化することは国益として極めて重要である。有用薬剤開発において化合物ライブラリーは必要不可欠である。現在、合成化合物ライブラリーを用いた薬剤開発が主流である。前述のように天然物は多くの利点を持つが、合成化合物に対してライブラリーを作製するのが難しく、利用したくてもできないのが現状である。理化学研究所が天然物ライブラリーを作製し一般に提供しているが、多くの合成化合物を含み、スクリーニングを行うためには有用であるが実際の薬剤開発に適したライブラリーとはなっておらず、本研究で構築できるライブラリーの価値は非常に高い。

⑤ 実施機関と実施体制

天然物の農業への利用を目的とし、種々の生物に関する研究が行われることより、農学関係の研究機関が主となる。拠点となる天然物研究所は東京大学大学院農学生命科学研究科に設置する。研究員は種々の生物に関して天然物を研究している研究者を中心に構成するが、天然物の応用を可能とするために生命科学、環境科学等の研究者も加わる。国内の多くの大学で天然物に関する研究が行われており、京都大学、名古屋大学、北海道大学、神戸大学、九州大学、東京大学、東京農工大学、岡山大学等の関連研究科と密に連携をとりながら研究を推進する。

⑥ 所要経費

天然物研究所の建設経費	2.5億円
各種分析機器の設備費	1.5億円
研究員等の人件費	1.4億円
消耗品費・旅費等	2.0億円
その他：拠点運営費など	1億円
総計	7.5億円

⑦ 年次計画

10年間の計画とする。現在ほとんど行われていない植物、微生物の生産する二次代謝産物の分布を、化合物および生合成遺伝子を分析することで調べる。その情報をもとに薬剤ソースのライブラリーの構築を行う。天然物の農業への利用に当たっては、個々の研究者が鍵となる天然物をもとに、それぞれの生命現象を解析することが基本となる。また、発見された天然物及び誘導体の化学合成による幅広いライブラリー化を行う。これまでは、研究者個人が調べることができる生命現象が限られていたため、手がかりを得ることが難しい場合が多かったが、本研究では拠点となる研究所において、種々の生物を対象とする研究者が連携して研究を行うことで、画期的な研究の前進が見込まれる。

平成29年～33年：天然物および天然物生産能の分布を調べる。薬剤ソースとする微生物、植物、昆虫等を選択する。薬剤ソースとなるライブラリーを構築する。生理活性の作用機構研究のための天然物を選択する。天然物の化学合成および誘導体化を行う。個々の天然物について、生産者自身、他の生物、環境への影響を調べて作用機構の手がかりを得る。生理活性の作用機構について分子レベルで解析する。

平成34年～38年：薬剤ソースライブラリーの利用を開始する。天然物およびその誘導体ライブラリーを用いて、幅広い生物活性スクリーニングを行う。ライブラリーの維持および拡大に必要な天然物の効率的な取得方法を確認する。農業利用に有望な化合物を取得し、応用に向けた基礎研究を行う。

⑧ 社会的価値

現在主流となっている「平面的な構造の」合成農業から「3次元的な構造の」天然物にシフトすることは、生物活性のダイバーシティーを生み出し、農業に限らず医薬方面での新規薬剤開発に繋がる。環境での物質代謝を調節する天然物を利用することで環境破壊を修復することも可能であると考えられる。天然物を用いる創薬が活発になることで、人類の生活に重要な医薬、農業等の開発に新たな展開をもたらすことが期待できる。

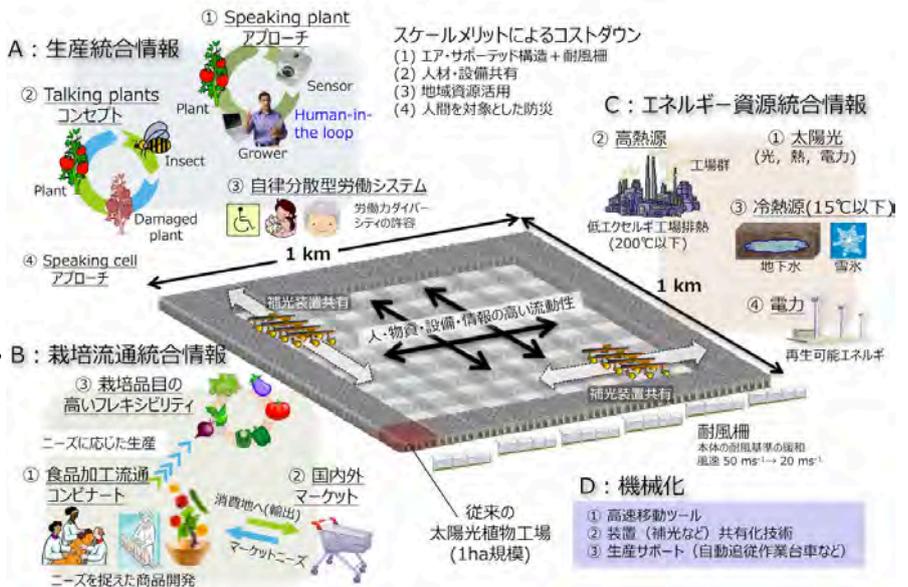
⑨ 本計画に関する連絡先

東原 和成（東京大学大学院農学生命科学研究科）

統合情報を駆使したスマート・メガスケール植物工場ネットワークによる国際競争力のある農作物生産

① 計画の概要

わが国独自の国際競争力を有する農作物生産システムの構築とその国際展開を目標とした研究開発環境の整備を行う。具体的には、栽培面積が1,000,000m²(100ha)級(20ha 超級を含む)のメガスケール植物工場と、そこでの農作物生産を支える統合情報システムの研究開発を行う。本研究計画は、(1)メガスケール植物工場関連設備の研究開発、(2)統合情報システム群の研究開発、(3)統合情報システムメガスケール植物工場の高性能農作物生産パッケージとしての国際展開の3スキームで構成される。(1)のメガスケール植物工場は、従来の約100倍の栽培面積を有し、内部が1~2haの密閉性の高い小室(Areola)に区分されており、Areola毎に高精度の環境調節が行われ、多品目を多様な作型で周年生産する。なお、従来に無い建物構造により強度向上と低コスト化を同時に達成すると共に、労働力・物資・設備をAreola間で共有する。これらは、(2)の統合情報システム群(生産統合情報、栽培流通統合情報、エネルギー資源統合情報)により管理され、植物工場の利益を最大化するように一定時間間隔で再配置される。なお、わずかに異なる環境条件を設定したAreola間で生育状態を比較することで、環境調節最適化のための自動チューニングを可能にする。本研究計画の遂行にはメガスケール植物工場を想定した実証試験施設の新たな整備が不可欠であるが、植物工場研究拠点(千葉大学、大阪府立大学、愛媛大学等)および全国の次世代施設園芸拠点等をつなぐ植物工場ネットワークを形成することで、より円滑な遂行が期待される。また、(3)については、地球温暖化による北方地域への農業生産適地拡大を見据え、北海道に高緯度植物工場研究拠点を整備する。



② 目的と実施内容

太陽光植物工場は、太陽光を活用して大規模な農作物生産を行う施設であり、様々な環境要因を制御することで、通年の高生産性維持が可能である。ヨーロッパの高緯度地域で発達した生産技術であるが、近年では、競争力強化を目的とした超大規模化が進行しており、太陽光植物工場先進国のオランダでは、栽培面積が50ha超の生産者数が増加している。そこで本研究計画では、従来の太陽光植物工場の約100倍の栽培面積を有するメガスケール植物工場における作物生産を前提とし、その生産性(商業的な成功)を最大化させるための各種技術開発や社会基盤整備について、全国的な植物工場ネットワークを活用した学術的検討を行い、世界をリードするナンバーワン施設生産技術の確立を目的とする。設備としては、メガスケール植物工場と高緯度植物工場(北海道大学)を建設する必要がある。ただし、メガスケール植物工場については、栽培面積が100haの太陽光植物工場を想定した実証研究が可能な規模(20ha超)であれば十分である。また、メガスケール植物工場を中心として、植物工場研究拠点(千葉大学、大阪府立大学、愛媛大学、北海道大学)と全国10箇所の次世代施設園芸拠点(北海道、宮城県、埼玉県、静岡県、富山県、兵庫県、高知県、大分県、宮崎県)等をネットワークで結び、環境・生育・栽培管理・流通・経営に関する情報を共有することで、効率的な研究開発と全国的な生産性向上を同時に実現する。また、メガスケール植物工場に集積された膨大なデータは、植物工場における作物生産の知識基盤として広く活用される。なお、メガスケール植物工場の運営は、参画研究機関および企業が人的もしくは経済的負担を共有した研究統括組織が行い、創出された新技術の早期の社会実装を担うとともに、メガスケール植物工場の国際展開の主体となる。

③ 学術的な意義

本学術研究領域において最重要と位置づけられるのが、(2)の統合情報システム群の研究開発であり、これは生産統合情報、栽培流通統合情報、エネルギー資源統合情報から成る。生産統合情報については、Speaking Plant Approach (SPA: 植物生体情報計測に基づいた最適環境制御)とTalking Plant Concept (TPC: 植物-植物や植物-昆虫の揮発性有機化合物を用いたコミュニケーション)の融合と自律分散型労働システムの開発に新規性がある。生産性最大化のためには、SPA技術の実装は不可欠であり、植物生理生態学・園芸学・計測工学を融合した植物診断計測工学を構築する。なお、植物診断に基づいた最適環境制御の知能化を加速するために、制御ループに人間の判断を介在させるHuman-in-the-Loop型SPAを確立する。生態学分野における最新の知見であるTPCについても、生産統合情報に取り入れる。また、最新の植物細胞生理や代謝生理を取り入れたオミクス情報を活用した環境制御であるSpeaking Cell Approach (SCA)技術の基礎研究も並行して進める。栽培流通統合情報のポイントは、従来変更不可能であった栽培品目や作型までもマーケットニーズに対応して柔軟に変更する点である。このような生産

方式は、メガスケール植物工場だからこそ実現可能な新しい機能であり、その効率的栽培方法の検討は園芸学の新しい研究課題となる。エネルギー資源統合情報では、風力発電と太陽光発電をベースに、工場排熱や冰雪などの地域熱源利用を推進する。なお、Areola 間で意図的に異なる環境条件を設定し生育状態を比較解析して最適環境制御を行う仕組み(自動チューニング)が太陽光植物工場における環境調節ストラテジとして新規性が高く、本学術研究領域の発展に寄与する。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

国内では植物工場研究拠点および次世代施設園芸拠点における研究開発や生産実証を通じて、基礎的生産技術が確立されつつあるが、これらが想定する1ha規模の生産は従前の個人経営レベルの延長線上に過ぎず、わが国の施設園芸の国際競争力の飛躍的向上への寄与は小さい。国外については、ワーゲンゲン大学(オランダ)が大規模な実験実証施設を整備し、実証研究を活発化させている。本研究計画では、従来の国内外の研究設備では考慮されていなかった太陽光植物工場の利益を最大化するための統合情報システム群と生産場を提供する。これは従来の農業生産の思考とは全く異なる新しい概念を提案するものであり、わが国の今後100年間の農業生産の国家戦略の基礎となりうる生産システムの確立を目指すものである。

⑤ 実施機関と実施体制

本研究計画で新たに整備する高緯度植物工場研究拠点および既存の植物工場研究拠点が中心的な研究実施機関となる。

[研究拠点] 植物工場設備を必要とする研究開発を担当(◎は統括機関)

北海道大学(高緯度植物工場)、千葉大学(既存植物工場研究拠点)、大阪府立大学(既存植物工場研究拠点)、愛媛大学◎(全体統括、メガスケール植物工場、統合情報システム研究開発)

[実施機関] 研究内容別に区分(*は中心機関)

次世代植物工場の基礎学術研究と各種試作: 北海道大学*, メガスケール植物工場実証施設: 愛媛大学*・北海道大学・愛媛県・他数企業, 生産統合情報システム: 愛媛大学*・京都大学・東京農工大・名古屋大学・他数企業, 栽培流通統合情報システム: 千葉大学*・東京大学・京都大学・九州大学・宮崎大学・他数企業, 機械化: 北海道大学*・京都大学・岡山大学・愛媛大学・他数企業, 地域・コミュニティ貢献: 大阪府立大*・千葉大学・他数企業, 国際展開: 北海道大学*・愛媛大学・千葉大学・他数企業, 植物工場ネットワーク: 愛媛大学*・千葉大学・大阪府立大・北海道大学・次世代施設園芸10拠点

⑥ 所要経費

総経費: 330億円(研究期間10年)

- (1) メガスケール植物工場実証施設整備と管理運営費(200億円)[施設建設(100億円), 設備等共有化技術(10億円), 機械化(20億円), エネルギー資源利用技術開発(20億円), 栽培技術開発(20億円), 人件費(20億円), 管理運営費(10億円)], 既存植物工場研究拠点における基礎的生産技術研究開発費(20億円)
- (2) 統合情報システム群研究開発費(80億円): 生産統合情報(40億円)(SPA, TPC, SCA 基礎研究, 労働管理システム, 植物工場ネットワーク), 栽培流通統合情報(20億円), エネルギー資源統合情報(20億円)
- (3) 高緯度植物工場研究拠点(30億円): 施設整備(24億円), 人件費(6億円)

⑦ 年次計画

[平成29~31年度(200億円)]研究組織・施設の整備, 実証試験と研究開発の開始

- (1) 研究組織整備: 既存の植物工場研究拠点(千葉大学, 大阪府立大学, 愛媛大学)と新たに整備する高緯度植物工場研究拠点(北海道大学)を中心とした研究統括組織を構成する。また, 各研究拠点と次世代施設園芸拠点を結ぶネットワークを構築する。研究統括組織は, 参画研究機関および企業が人的もしくは経済的負担を共有した独立系組織とするのが望ましい。
- (2) 実証研究施設の整備: メガスケール植物工場および高緯度植物工場の建設
- (3) 実証試験と研究開発の開始: 各研究拠点における実証試験の開始, 統合情報システム群研究開発等の開始

[平成32~34年度(90億円)]研究成果の蓄積と海外展開のための環境整備

- (1) 研究成果の蓄積: 統合情報システム群, 設備共有化技術, 機械化の研究開発成果を蓄積し, メガスケール植物工場・高緯度植物工場・既存植物工場研究拠点における生産技術との融合を進める。
- (2) 海外展開のための環境整備: 国際特許戦略を明確化し, 国際共同研究機関(オランダ等)との連携を強化する。

[平成35~38年度(40億円)]メガスケール植物工場の確立と国際展開

- (1) 研究開発を継続し, 統合情報システムメガスケール植物工場を確立する。
- (2) 開発した植物工場を高性能農産物生産パッケージとして国際展開する。

⑧ 社会的価値

太陽光植物工場は、高い生産性を周年維持できる生産システムである。メガスケール植物工場は、統合情報システムベースの農作物生産システムとしての知的価値を有するだけでなく、100億円規模の農作物生産を可能にする。また、1500~5000人規模の雇用を創出するが、大都市圏で急増する高齢者(アグリスローライフ: ドイツのクラインガルテンの植物工場版)、子育て女性や身体障害者などの人材活用が有効である。これらは、多様な労働動機と働き方(労働力ダイバーシティ)を許容する自律分散型労働システムがサポートする。クオリティ・オブ・ライフの充実や高齢者の生産活動参加による健康維持を通じた健全なコミュニティ構築にも貢献し、植物工場「場下町」の形成による地域活性化も期待される。

⑨ 本計画に関する連絡先

高山 弘太郎(愛媛大学大学院農学研究科)