

生物の適応戦略研究のための大学連携研究拠点ネットワークの形成

① 計画の概要

生物は、過酷な環境変化に適応し、遺伝子とその制御機構を進化させることによって生命を継承してきた。環境適応戦略に関わる遺伝子を同定、解析する研究は世界各国で広く進められており、我が国としても早急な対応が必要である。環境適応戦略研究は、これまでは少数のモデル生物を安定環境下で研究する事例がほとんどで、優れた環境適応能力を持つ非モデル生物を用いた研究や、生物が本来生育する変動環境下での研究は大きく遅れている。とりわけ、以下の技術や施設の不足が研究推進の大きな障害である。(1) 環境適応戦略に関わる遺伝子の効率的な単離技術、(2) 安定環境と変動環境の両方の実験を行える高度生育培養施設、(3) 1細胞のパラメタを基盤に集合体である組織や器官の環境適応戦略を研究する階層間連携経時計測技術と、遺伝子機能を生体内で実証的に研究する生体内遺伝子制御技術、(4) 大量の遺伝子やタンパク質、画像データを解析するための大量データ解析技術。本大規模研究計画では、これら4つの問題点を、大学共同利用機関と大学サブセンターが連携して一挙に解決することを目指す。適応戦略に関わる遺伝子は直接的に作物や家畜の改良に利用でき、変動した環境下でも安定して子孫を残しうる発生安定性や恒常性維持の機構は育種において根本的に重要である。生物生存に重要な遺伝子の発見、機能の同定と解析は、生命の本質の理解を深めるのみならず、農水産業・バイオマス生産・創薬・医療など、多方面の新たな研究分野の創成と技術革新につながると期待される。

② 目的と実施内容

生物は、過酷な環境変化に適応し、多くの遺伝子とその制御機構を進化させることによって、自らとその子孫を維持してきた。生物の保持するさまざまな特性を利用して人間生活の質の向上を目指す研究は世界各国で競争が激化し、日本においても緊急に研究を推進する必要がある。生物の環境変化に対する適応戦略は、その内在的かつ根本的な性質である可塑性、頑強性、適応性と深く関連しているが、研究の基盤は極めて脆弱である。本大規模研究計画では、大学共同利用機関をコアとした研究ネットワークを構築し、(1) モデル生物の高価値化と新規モデル生物の開発、それらの保存保管技術の確立、(2) 地球上のさまざまな環境を再現できる高度生育培養施設の設置、(3) 先端的分析機器システムの開発・運営・研究支援、(4) 解析データ情報の統合・抽出・統計解析・モデリングを行い、生物の環境適応戦略研究を総合的かつ飛躍的に進展させることを目指す。技術開発と施設整備は連関しており、複数の新規機器を開発し、大型あるいは多岐にわたる施設を複合的に運用できる技術者を必要とする。このため、大学共同利用機関が施設・設備を国内外共同利用として運営し、国内外の研究者と緊密な共同利用・共同研究ネットワークを形成して、効率的に研究を推進する体制を構築する。

③ 学術的な意義

生物の環境適応戦略研究は、これまでは少数のモデル生物を安定環境下で研究する事例がほとんどであり、優れた環境適応能力を持つ非モデル生物を用いた研究や、生物が本来生育する変動環境下での研究は大きく遅れをとっている。とりわけ、以下の技術や施設の不足が研究推進の大きな障害となっている。(1) 環境適応戦略に関わる遺伝子の効率的な単離技術、(2) 安定環境と変動環境の両方の条件下で実験が行えるような高度生育培養施設、(3) 1細胞のパラメタを基盤に集合体である組織や器官の環境適応戦略を研究する階層間連携経時計測技術と、遺伝子機能を生体内で実証的に研究する生体内遺伝子制御技術、(4) 大量の遺伝子やタンパク質、画像データを解析するための、実験生物学と数理・情報生物学を融合した大量データ解析技術。本大規模研究計画では、これら4つの問題点を大学共同利用機関と大学サブセンターが連携して一挙に解決することで、これまで困難であった環境適応戦略に関わる遺伝子の同定および作用機作の解析が大きく進展し、応用研究への道筋が切り開かれることが期待できる。

上述の施設の整備と共同研究体制の運営は、科研費規模の予算や個々の大学の運営費交付金で対処することは難しく、大規模研究計画に基づいたオールジャパン体制で当たるのが適切である。さらに、本提案に参加する全ての研究組織においては、実験材料に応じた微調整と最適化、最新機器の独自開発が必要であり、共同研究ネットワークによる実験情報の蓄積と連携した取り組みが重要な鍵となる。ここに本大規模研究計画を行う高い意義がある。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

生物の環境適応戦略に関わる研究は、基礎研究として重要であるとともに、応用にも直結することから、世界各国で広く研究が進められており、我が国としても早急な対応が必要である。本提案のように、環境適応戦略に関わる遺伝子の同定と作用機作の解析を目標とし、(1) モデル生物開発、(2) 高度環境制御生物育成、(3) 先端的分析機器開発、(4) 大量データ解析を統合的に行う共同研究ネットワークは国際的にも未だ例を見ない。本研究を国際的レベルで推進するために、海外の



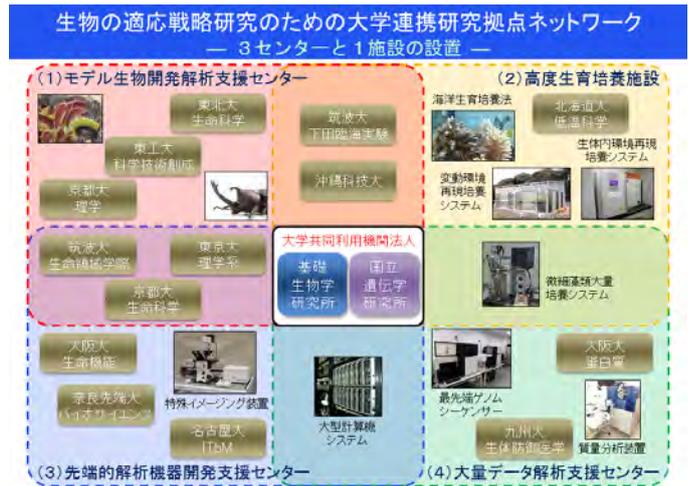
主要な研究拠点との連携を目指す。海外研究者とも共同研究ネットワークを形成し、先端的解析について情報交換と共同研究を行うとともに、学生・大学院生・ポスドクの交流を通して国際性のある若手研究者育成を図っていく。

⑤ 実施機関と実施体制

大学共同利用機関の基礎生物学研究所と国立遺伝学研究所は、共同研究のためのセンター・施設運用の実績を持ち、ネットワーク型研究組織の中核となるに相応しい運営経験と組織力がある。基生研には(1)モデル生物開発解析支援センター〔基生研分室〕、(2)高度生育培養施設、(3)先端的解析機器開発支援センターを設置する。遺伝研には(1)モデル生物開発解析支援センター〔遺伝研分室〕、(4)大量データ解析支援センターを設置する。

中核機関と協力して本研究計画を推進する大学連携サブセンターを設置する。(1)東北大生命科学研究所、筑波大生命領域学際研究センター、同下田臨海実験センター、東大理学系研究科、東工大科学技術創成研究院、京大理学研究所、同生命科学研究所、沖縄科技大に非モデル生物研究の連携サブセンターを設置する。

(2)北大低温研に低温条件、筑波大下田センターと沖縄科技大に海洋条件を対象とする連携サブセンターを設置する。(3)東大理学系、名大トランスフォーマティブ生命分子研究所、京大生命科学、奈良先端大、大阪大生命機能研究科に特殊バイオイメージング技術の連携サブセンターを設置する。(4)東大理学系、大阪大蛋白研、九大生体防御医学研究所に核酸・タンパク質・画像イメージングデータ解析を行う連携サブセンターを設置する。中核機関と連携サブセンターは大学共同利用機関・大学共同利用拠点の共同利用システムを活用し、国内外の生命科学研究者を広く支援する体制を構築する。



⑥ 所要経費

1. 初期投資 (1-5年度) 90億円 内訳 (1)モデル生物開発解析支援: 20億円 モデル生物適応遺伝子単離システム(基生研・遺伝研)、非モデル生物適応遺伝子単離解析システム等(東北大、筑波大、東大、東工大、京大、沖縄科技大) (2)高度環境制御生物育成施設: 20億円 生体内環境・変動環境再現培養施設(基生研)、低温・海洋環境制御生物解析施設(北大、筑波大、沖縄科技大) (3)先端的解析機器開発支援: 30億円 階層間連携経時解析システム、遠赤外線照射遺伝子誘導装置、補償光学オプトジェネティクス装置(基生研)、超分解能光学顕微鏡システム(東大、京大、阪大)、多チャンネル検出器搭載顕微鏡(名大)、質量顕微鏡イメージングシステム(京大)、光頭-電頭融合イメージングシステム(阪大)、細胞シグナルタンパク質統合解析システム(奈良先端)等 (4)大量データ解析支援: 20億円 ビッグデータ解析用計算機等(遺伝研、東大、阪大、九大)

2. 運営費 (1-10年度) 各年度 20億円 内訳: 装置運転更新経費、施設・データベース運営経費、物件費、人件費、共同研究経費等

⑦ 年次計画

(初年度) 高度生育培養施設の設計・建設、機器開発の着手

(2-5年度) 高度生育培養施設の建設・運用開始、機器開発の推進 (1)モデル生物開発解析支援センターにおいて、モデル生物・非モデル生物の新規ゲノムを短時間に解析するシステム、ハイスループットの1細胞解析システム、効率的な適応遺伝子単離システム等の開発。(2)高度生育培養施設において、生体内環境再現培養システム、変動環境再現培養システム、低温生育培養法、海洋生育培養法等の開発。(3)先端的解析機器開発支援センターにおいて、多細胞体のDNA、RNA、タンパク質を1細胞レベルで解析する階層間連携経時解析システム、1細胞の遺伝子発現を可能とする遠赤外線照射遺伝子誘導装置、補償光学レーザーを搭載したオプトジェネティクス装置等の開発、複数の遺伝子発現を同時にモニタリングする多チャンネル検出器搭載顕微鏡、質量顕微鏡イメージングシステム、細胞間シグナルタンパク質統合解析システム、超解像ライブイメージング顕微鏡システム、超分解能光学顕微鏡システム、光頭-電頭融合イメージングシステム等の開発。また、微弱な蛍光画像から情報を抽出する画像解析・画像処理技術の開発。(4)大量データ解析支援センターにおいて、大量の遺伝子、タンパク質等のデータ集積・解析法、画像データ解析法、生物システム解析法等を開発。

(2-10年度) 共同研究を通じた研究解析の推進、画像データ等の新規データベースの構築。

⑧ 社会的価値

いくつかのモデル生物でゲノム解読が終了し、遺伝子のカタログができたが、半数以上の遺伝子は機能未知である。その中には変動環境下における生物の適応戦略の鍵を握る因子があると考えられているが、実験的制約や設備が無いために、これまで十分な研究が行われてこなかった。適応戦略に関わる遺伝子は、作物や家畜の改良に直接的に利用できるものが含まれる。また、変動する環境化でも安定して子孫を残しうる発生安定性や恒常性維持の機構は、育種において根本的に重要である。これら遺伝子の発見、機能の同定と解析は、21世紀に必要なとされる農水産業・バイオマス生産・地球温暖化対策・創薬・医療・生活環境対応など、多方面の新たな研究分野の創成と技術イノベーションへの展開につながると期待される。

⑨ 本計画に関する連絡先

山本 正幸 (大学共同利用機関法人自然科学研究機構 基礎生物学研究所)

海洋バイオフィロンティア研究ネットワークの構築 —海洋に潜む生命機能の解明—

① 計画の概要

日本は国土の12倍の面積に達する排他的経済水域（EEZ）を持ち、亜熱帯から冷帯に至る多様な海洋環境と高い生物多様性を有している。これらの生物資源の活用は、日本が海洋国家として持続的発展をとげる上で不可欠であり、またその海洋環境の適切な管理は国際上の責務でもある。日本における海洋生物の多様性研究・生物資源探査は長い歴史があるが、深海を含む多くの海洋生物群については大部分が未知であり、海洋生物学が先端科学の恩恵を利用できない要因のひとつになっている。一方、近年の遺伝子解析技術と解析法の発展により海水中や海底下の環境 DNA からその海域に生育する生物種の特定や、未知の生物種の存在の推定が可能になっている。すなわち実体は不明であっても今後の生物資源として有望な種が海洋に多く存在する。

本計画は、多様な海洋環境に生息する生物群を対象に、メタゲノム解析による網羅的な遺伝子情報の活用、多様な海洋環境下での飼育・繁殖、革新的な培養、プロテオーム解析、グライコーム解析など、最先端の生命科学分析・解析を行うことにより、生物多様性を基盤とする新規生理活性物質と生理機能を解明し、海洋産業と医薬産業のイノベーションを目的とする。

この目的達成のため、研究実施の中核となる海洋バイオフィロンティア研究センター（Ocean Bio-Frontier Center, OBF）を国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）に開設する。そして JAMSTEC、東京大学大気海洋研究所、水産総合研究センター、環境研究所、臨海・水産実験所を OBF のサテライト機関とし、OBF ネットワークを構築する。さらに海外の海洋科学研究機関とは国際 OBF ネットワークとして共同研究を実施する。

② 目的と実施内容

本計画は、深海・極限環境を含む多様な海洋環境に生息する生物群を対象に、メタゲノム解析による網羅的な遺伝子情報の活用、多様な海洋環境下での飼育・繁殖、革新的な培養施設による培養と、プロテオーム解析、グライコーム解析などの先端的な生体内物質解析機器による分析を行うことにより、生物多様性を基盤とする新規生理活性物質と生理機能を解明し、海洋産業と医薬産業のイノベーションに資することを目的とする。この目的達成のため、研究実施の中核となる海洋バイオフィロンティア研究センター（Ocean Bio-Frontier Center, OBF）を国立研究開発法人海洋研究開発機構の中に開設し、海洋生物学および生命科学を推進する研究機関をサテライトとして、それぞれの特徴を機能的かつ実質的に結ぶ研究ネットワーク機構を構築する。機構の運営主体は、海洋研究開発機構になるが、利用機関との間に運営組織を作り、研究成果の共有と迅速な発信でさらなる国際競争力の向上を目指す。

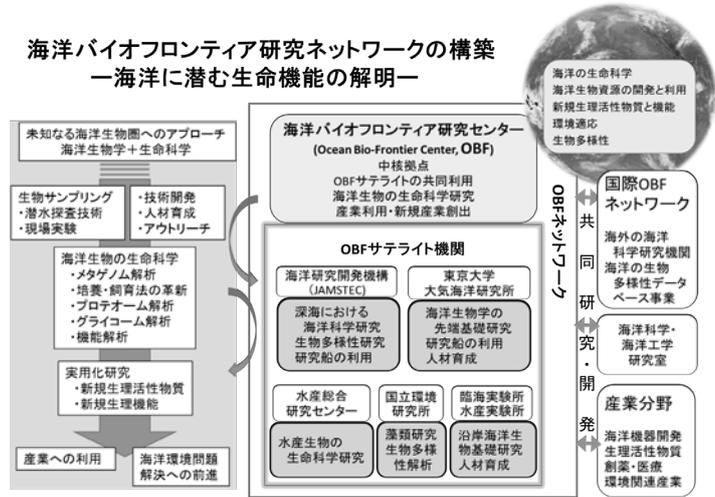
③ 学術的な意義

本計画の海洋バイオフィロンティア研究センター（OBF）は、海洋探査を担う海洋工学、生理・生態を調べる海洋生物学、分子レベルで分析する生命科学の融合を目指している。現在、日本の海洋探査の力は、海洋表層から深海底、さらには海底下 3000m にまでおよぶ。しかし深海に生育する生物群については未知である。さらに培養が困難で、形態観察だけでは十分認識できなかった藻類や原生生物や微細な生物群については発見が続き、解明が待たれている。一方、メタゲノム解析、高精度の元素分析、ナノスケール微小領域での分析、大容量データの高速度処理など生命科学を支える技術は進化を続けている。そして我が国の海洋科学研究は、地球深部探査船「ちきゅう」、潜水調査船、海底係留型環境変動モニター、全自動走行型水中ロボット（AUV）、バイオリギングなどの世界に誇る技術水準をもっている。これらの技術を統合し、深海や熱水鉱床などを含む多様な海洋環境から最適な状態で生物試料を収集し、最先端の技術により培養・飼育し、分析・解析できる体制を整備すれば、深海はもとより全海洋における海洋生物の研究分野は格段に発展する。

OBF による研究体制を利用した共同利用の基盤ができれば、海洋生物圏における研究分野の裾野を広げ、新たな産業創出の牽引にもつながる。次世代育成では、大学生・大学院生の海洋実習と研究の場である臨海実験所と水産実験所が OBF のネットワークを利用することにより、海の現場で先端の海洋生物学を学ぶ機関としての効果が期待できる。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

海洋生物学研究は、日、米、英、仏、独、露などの海洋先進国によって推進されている。英国のサザンプトン研究所と米国のスクリプス研究所は大規模な海洋科学の総合研究所であるが、海洋生物学の先端研究でも海洋無脊椎動物や藻類などのゲノミクスを展開し始めており、OBF とは国際共同研究の連携が見込まれる。日本が先んじていることは、世界に先駆けて 1997 年



に 6500m級の有人潜水船「しんかい 6500」を開発し、世界各国と共同して国際プロジェクトの潜航調査を展開していること、さらに地球深部探査船「ちきゅう」が最深の海底下の微生物研究を可能としていることである。一方、水産国である日本は国立研究開発法人水産総合研究センターを中心に魚類および海産無脊椎動物の基礎研究で成果を出し、それに基づく増養殖技術の発展は著しい。

このように、日本は分類・生態によるマクロ生物学からメタゲノム解析まで、海洋生物への生命科学の導入にリーダーシップを取る位置にあり、OBFはその国際拠点となる。

⑤ 実施機関と実施体制

海洋バイオフィロンティア研究センター（OBF）は、海洋研究開発機構（JAMSTEC）に設置し、JAMSTECを含むサテライト研究機関との間で機能的ネットワークを構成する。OBFを持つJAMSTECに、生命科学研究の最新設備を集中し、研究ネットワークの運営を担う責任を十分に果たせる。成果のアウトリーチと産業界との共同開発で社会への還元も期待できる。東京大学大気海洋研究所は、海洋科学の基礎研究を担う重要な組織である。海洋の生物移動と物質循環を柱として生命科学との融合を進めるほか、全国共同利用施設として学術研究船での海洋研究の中心であり、海洋科学の共同研究と人材育成を進める。水産総合研究センターは水産生物の先端研究で世界に誇る機関である。さらなる生命科学の導入と共同研究により世界をリードする。臨海実験所と水産実験所は、沿岸の海産生物に関する豊富な知識を蓄積し、機動力のある小型・中型船による生物採集・調査を実施している。基礎生物学分野においてOBFネットワークでの共同研究を進める。またいくつかの臨海実験所と水産実験所は、大学・大学院の教育関係共同利用拠点である。沿岸海洋生物の提供および人材育成の現場としてOBFの研究推進を支援する。国立研究開発法人国立環境研究所は、多様な海洋環境に対応する培養設備を備え、藻類では神戸大学とナショナルバイオリソースを含めた世界的研究を進める。また、OBFは国内の海洋関連研究室との共同研究を図る。海外の主要海洋研究所および海洋科学研究室との間では国際OBFネットワークを作り、国際共同研究の活性化を図る。

⑥ 所要経費

総経費 220 億円

内訳

・海洋バイオフィロンティア研究センター（OBF）の研究設備と開発費：100 億円

遺伝子解析関連設備、海洋生物培養・飼育設備、タンパク質・糖など生理活性物質の分析機器、元素分析装置など

・海洋調査機器と開発費：50 億円

深海生物採集装置、現場培養装置、水中顕微鏡カメラ装置、海底リモートモニタリング設備、音響ロガー追跡装置など。

・OBF中核—サテライトのネットワーク構築・維持・人件費：20 億円

・海洋バイオフィロンティア研究センター（OBF）の運営費：50 億円

⑦ 年次計画

平成29～38年度の10年間で3期に分ける。

第1期 平成29～31年度（3年間）「OBFの立ち上げと特にゲノミクスによる成果」

海洋研究開発機構（JAMSTEC）の海洋バイオフィロンティア研究センター（OBF）に集中設置した大型設備の利用を開始し、OBFとサテライト機関との交流で海洋生物のゲノミクス解析を進める。生物採集装置や藻類・微生物培養・飼育装置、水中顕微鏡カメラ装置などの海洋仕様の特殊装置は、既存装置で研究を開始しつつ、世界市場を視野に入れた日本発の装置開発を国内メーカーとの産学官での共同開発で目指す。

第2期 平成32年～34年度（3年間）「生理活性物質の探求と共同研究施設としての発展」

OBFの国内外の海洋科学コミュニティの共同研究利用施設としての機能を充実させる。OBFの第1期のメタゲノム解析結果から生理活性物質の構造解析まで進める。一方、現場での海洋観測にも力を入れ、特殊な生命現象をもつ海洋生物の探求と採集・培養を国際OBFネットワークで実施する。

第3期 平成35年～38年度（4年間）「生理機能の解明と社会・産業への貢献」

新規生理活性物質から新しい代謝系や解毒作用などの発見が予想される。さらに生理機能の解明を創薬・医療および新素材の開発と利用に繋げる。海洋の生物種は約200万種以上と予想され、新規藻類の系統・構造解析を含めて海洋の生物多様性と生物分類に貢献する。生物多様性データでOBISをさらに充実させる。海域と深度を広げ、水産資源の新しい利用、海底鉱物資源と生態系保全など、地球環境の管理に貢献する。

⑧ 社会的価値

21世紀の科学は可視化とともに発展し、宇宙望遠鏡、大型加速器LHCによるヒッグス粒子探索、原子間力顕微鏡で見るDNAなど可視化は発見のシーズである。しかし、海中の可視化は未だ難しく、深海はロボットが行くことさえ困難であり、海洋の理解は遅れている。そこで海洋バイオフィロンティア研究センター（OBF）は、海洋研究が国民の生活を脅かす地球環境問題と資源問題の解決に直結する重要な課題であることを海洋生物の研究成果から発信し、国民の海洋の理解を深めることに貢献できる。海洋研究は21世紀最後のフロンティアである。海底鉱物資源、海水中の元素、海洋生物の連鎖、海流や乱流など、海洋科学の未知の領域は多い。海洋生物学は個体の科学から総合的な海洋科学まで、その発展に供せられる。海洋環境での生命科学は、新たな自動解析・分析装置や現場での観測・実験機器の開発という工学的発想を刷新することで、海洋産業の発展につながり、新規生体物質による創薬と医療への貢献は経済的・産業的価値を生む。

⑨ 本計画に関する連絡先 窪川 かおる（東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター）

新世代生物多様性・生態系モニタリングのネットワークと拠点形成：変動環境下における生態系機能の 応答機構の解明とレジリエンスの向上を目指して

① 計画の概要

現在、土地利用の変化や地球温暖化を原因とする生物多様性・生態系の急激な変化が、生態系サービスの劣化を招き、人間生活に大きな影響を予測困難な形で与え始めている。この問題の解決には、生物多様性・生態系の準リアルタイム観測網を整備し、不確実性を考慮したモデルやシナリオ分析によって生態系サービスを的確に評価した上で、自然資源を持続的に利用するレジリエントな自然共生社会を実現することが急務である。本計画では、これまで我が国の生態学関係機関が構築してきた観測ネットワークの充実と先端環境計測の開発を行い、地球上で最も高い生物生産と生物多様性を有するアジアグリーンベルト（AGB）における高山から海に分布する重要生態系を網羅する準リアルタイム観測網を確立する。また、既存の大学演習林等において生態系の人為操作を可能とする大型実験施設を導入することにより、地球温暖化や土地利用変化に付随して起こるさまざまな自然現象が生態系・生物多様性に及ぼす影響を検証する。

② 目的と実施内容

本計画では、上記の目標を達成するため、(1) AGBにおける長期・学際的生態系観測網の構築、(2) AGBの生態系・生物多様性の生態系サービスの評価、(3) 大規模生態系操作実験による検証、(4) 次世代育成を行うことを目的とする。この目的を達成するために、国内外の観測サイト（大学演習林等）について最先端の観測機器等を整備して観測体制の高度化を行うと共に、大型実験施設の整備（土壌加温・冷却システムや林内河川の流量調節施設等）や土地利用変化区画も整備し、温暖化や生物多様性劣化に伴う生態系サービスの劣化を予防するために、生態系プロセスの詳細と予測精度をあげるための操作実験や野外実験を行う。また、中核となる拠点を京大生態学研究センターに設け、先端環境計測部門、生元素・分子解析部門、オミックス研究部門、エコインフォマティクス研究部門、レジリエンス・シナリオ研究部門を発足させる。



③ 学術的な意義

モンスーンアジア地域は、東南アジアから日本付近にかけて降水量が多く、季節変化の大きさは世界的にも類を見ない。この地域を中心に、豊かな生態系、植生の地域が赤道のインドネシア付近から北はタイ、中国、日本、シベリア、南はオーストラリア、ニュージーランドまでつながっている。これは、アジアグリーンベルト（AGB）と呼ばれ、地球上で唯一、森林帯が北半球から南半球までつながっている。AGBでは、極めて高い生物多様性が維持されており、例えば維管束植物では日本には約5,600種の固有種があり、中国・雲南省だけでも約14,000種の固有種が報告されている。これらに対して、ヨーロッパ諸国ではアジアの3分の1程度である。AGBは、気候変動による生態系の変化について、地球上の他の生態系よりも迅速かつ顕著に現れることが、湖沼堆積物を用いた年縞研究から明らかとなっている。また、AGBには人口が集中し、現在、世界全人口の約60%以上がモンスーンアジアあるいはAGBに住んでいる。つまり、AGBは人口密集地域で経済発展著しいアジア諸国を抱えているために、極めて豊かで貴重な生態系・生物多様性が危機に瀕しており、これらの実態を地球上で最も迅速・鋭敏にかつ顕著に検知できる、科学的に貴重な地域である。この地域に生物多様性・生態系の準リアルタイム観測網を整備すれば、世界のどの地域よりも正確かつ精緻な生態系・生物多様性の変化を迅速に把握することができ、主に人間活動に起因する地球環境変化に対する生態系応答、希少・絶滅危惧生物種の動向、気象学的フィードバック現象などについて、世界のリーダーシップを取ることができる。さらに、実際の自然生態系を用いた大規模操作実験を行うことにより、人為的な環境変化が生態系・生物多様性に及ぼす影響について検証的な研究を進め、人間社会が抱える諸環境問題等にも対応することが可能となる。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

米国では、全米20サイトにおける環境連続観測と現地踏査とバイオリギング等による試料採集・観測データを基に、自然資源と生物多様性に対する環境変化の影響を大陸レベルで長期評価するThe National Ecological Observatory Networkが、国により運営されている。欧州にもこれと類似のNatura2000 Networkがある。しかし、これら2つがカバーする気候帯はAGBに比べて小さいこと、およびこれら2つのいずれも十分な予算で運営されているものではない。一方、南北に長く珊瑚礁からアルプス高山帯までを有する我が国は、豊かで多様な生態系を自国内でモニタリング出来る希少な国の1つである。我が国には、大学や国立研究所等によって運営される全国の56サイトからなる日本長期生態学研究ネットワーク（JaLTER）があり、AGB諸国の観測サイトとも学術交流がある。今回提案する計画は、これらのネットワークを駆使し、欧米よりも広くかつ多様な生態系における長期・学際的生態系観測網を構築し、環境変化に最も鋭敏かつ社会・経済的に最も重要な生態系を扱う点で、国際的リーダーシップを取れる。

⑤ 実施機関と実施体制

全体調整・総括は、京大生態学研究センターと JaLTER が担う。前者は、共同利用・共同研究拠点であり、本計画の管理運営面を担う。後者は、これまで日本各地の生態系において長期生態学研究を継続しており、本計画の学術的側面を担う。前者に設置する5つの研究部門は、以下の機能を有する。

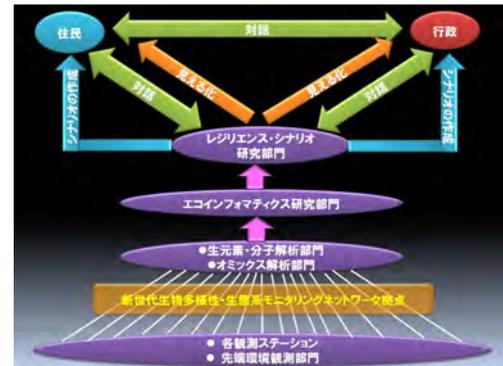
●先端環境計測部門：各観測サイトが測定した気象・水文等の物理・化学環境要因、生物多様性や生態系機能の情報、近接リモートセンシング等の生物学的情報を、従来にないハイスループットで収集する。また、これらの観測をさらに高度化するための技術開発を推進する。

●生元素・分子解析部門：生物学的あるいは生態学的諸過程に関わる元素や分子の動態を、種々の先端的な分析機器を用いて収集したサンプルの分析を行い、総合的なデータ収集を行う。この部門では、生物多様性・生態系サンプルの長期貯蔵施設も維持管理する。さらに、分析手法・項目に関わる新たな技術開発も行う。

●オミックス研究部門：次世代シーケンサー等の分子生物学的先端機器を用いた、ゲノミクス、トランスクリプトミクス、プロテオミクス、メタボロミクス、フェノミクスなどのオミックス解析を行い、生物多様性や生態系機能について遺伝子レベルでの研究を行う。この部門では、遺伝子発現を用いた環境モニタリング方法の開発を進め、技術革新を目指す。

●エコインフォマティクス研究部門：上記3つの部門で得られた情報を一括管理しながら、バイオインフォマティクスの先端技術を用いた高度な解析を行うと共に、大量のデータを用いた新たな解析技術の開発も行う。また、この部門はデータセンターとして効率的なデータマネジメントを行う。

●レジリエンス・シナリオ研究部門：上記4つの部門から得られたデータ群に基づき、社会的ニーズに応じた問題対応のためのモデリング、シナリオ分析や政策決定支援システムを開発する。



⑥ 所要経費

総額229億円。内訳は、(1)国内の重要生態系観測サイト(森林、耕地、沿岸などの複合生態系を含む流域、概ね10か所)の整備(生物多様性・生態系機能のリアルタイムモニタリングシステム(各サイトに一式)5億円、近接リモートセンシングシステム(各サイトに一式)3億円、植物由来揮発性物質モニタリングシステム(各サイトに一式)3億円)、(2)拠点の整備(建物建設費用25億円、次世代シーケンサー(PacBio RSII)5基7億円、安定・放射性同位体分析システム5億円、生態系情報データベースシステム8億円)、(3)AGBの観測サイト整備(30サイトで60億円)、(4)生態系人為操作施設導入費(国内2か所で合計3億円)、(5)野外大規模人為操作実験経費(8年間で10億円)、(6)これら全ての施設の人件費・運営費(10年間で100億円)である。

⑦ 年次計画

●平成29年度：主として国内外の観測サイトの整備および生態系人為操作施設の導入と、拠点の整備を行う。各観測サイトは、従来の観測は継続しながら、新規観測設備が整い次第、新たな環境・生物項目の観測を開始する。いくつかの大学演習林等について、土壌加温・冷却システムや林内河川の流量調節施設を導入すると共に、土地利用改変区画の整備も行う。拠点については、新規建造建物の建築に入る。

●平成30年度：各観測サイトでは、拠点によるコーディネートの下、均質なデータ収集が行われ、得られたデータは拠点によって管理される。拠点は、各種生態系サンプルの生物・物理・化学項目の分析を行い、得られたデータを管理するとともに、重要で革新的な分析手法の開発をリードしながら分析手法の標準化を進める。

●平成31年度以降：前年度に、拠点の建物が完成し、平成30年度中に大型研究機器等の購入と設置を完了させる。平成31年度から38年度にかけて、検証的な研究を行うための、野外における大規模人為操作実験を行う。平成31年度は実験計画の年度とし、平成32年度から36年度まで実験を行ない、平成37年度から38年度まではデータの解析と取りまとめを行う。

●平成29～38年度の人件費・運営費：各年度10億円。アジアのネットワークの高度連携を図るため、毎年度、国際シンポジウムを開催し、アジア各国との共同研究を進め、アジアの若手研究者育成のためのキャパシティ・ビルディングも行う。

⑧ 社会的価値

生物多様性は、2010年に名古屋で開催された生物多様性条約(CBD)第10回締約国会議をきっかけに、全国各地で関連の様々な取り組みが現在も行われているなど、我が国では国民の関心が大変高いトピックである。また、本年1月に閣議決定された第5期科学技術基本計画にも、生態系モニタリングを含む生物多様性の研究開発が盛り込まれている。地球規模での異常気象が最大の関心事である今日、AGBでは気候変動による生態系の変化が地球上のどの生態系よりも迅速かつ顕著に表れる。AGBでは、高い生物多様性に由来する貴重な生態系サービスが失われており、これらの生態系サービスに依存している主に発展途上国の経済・産業に深刻な打撃となっている。これらの現状に鑑み、生物多様性の価値を科学的知見に基づいて政策提言を行う「生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム(IPBES)」も2012年から活動している。

⑨ 本計画に関する連絡先

中野 伸一(京都大学・生態学研究センター)

日本列島人の成立にいたる人類進化史の解明

① 計画の概要

本研究計画は、「日本列島人進化研究機構」を新たに設置し、近年世界的に目覚ましい進展を遂げている古代ゲノム解析と、急速に膨大化しつつある現代人ゲノム解析の双方を国際水準の精度で実施し、さらには、同様に新知見が目覚ましい遺跡出土の化石・人骨や古環境コンテキストなど自然科学的情報と、人工遺物や言語、民俗資料など文化情報の双方とを有機的に統合し、ユーラシアにおける人類の拡散史全体の中での日本列島への移住と集団変遷史を解明し、その背景のもとに現在の日本列島人の本質的理解の向上を達成することを目的としている。

「日本列島人進化研究機構」のもとに、「古代ゲノム解析センター」と「日本列島人ゲノム解析センター」を置き、国際競争環境が急速に増している古代と現代双方のゲノム解析研究について、国内研究体制を格段に向上する。また、ゲノム情報の正しい理解には、時間軸をさかのぼる実証的検証データも必須となる。そこで、「進化コンテキスト研究センター」を設置し、既に一定の実績のある諸分野をさらに活性化し、その競争力を国際水準においてさらに高める。また、ゲノムとコンテキスト研究双方の先端研究体制と有機的に連携し支援するために「古人骨コンソーシアム」を設立する。全体を統括する「日本列島人進化研究機構」は、国内外の諸研究教育機関からなる新たなネットワークのハブとして機能する。

本研究計画は、自然人類学を中心に、人類遺伝学、霊長類学、文化人類学、民族学、民俗学、歴史学、考古学、先史学、年代学、気候学、人口学、古生物学、地理学、進化学など多様な分野によって協力的に推進する。その高い学際性により、ヒトゲノムと、マイクロからマクロまでの様々な表現型から文化現象までの幅広い関わりについて、理解を深めることが可能となる。

② 目的と実施内容

以下の4種の手法を用いて、日本列島人の成立に焦点をしばった人類進化史を解明するのが目的である。

(1) 古代ゲノム解析：日本列島を中心とする遺跡出土の人骨や歯に残存している DNA を抽出し、ゲノム塩基配列を決定し、解析する。栽培植物や家畜の古代 DNA 解析も含む。

(2) 現代人ゲノム解析：日本列島現代人の DNA 提供をうけ、ゲノム塩基配列を決定し、日本列島人のゲノム史を解明する。遺伝的近縁関係を推定する一方、CT スキャンなどを用いて表現型データも取得し、諸形態を決定するゲノム領域特定も行う。

(3) 遺跡出土人骨の形態学的解析を行い、古環境のコンテキストおよび古代ゲノム解析と合わせ、ユーラシアにおける人類の拡散史全体の中で日本列島への移住史を解明する。

(4) 遺跡出土の人工遺物、言語・民俗資料などの文化的データとゲノムデータとの比較解析を行う。

具体的には、ハブとなる「日本列島人進化研究機構」を設置して、国内外の諸研究教育機関のネットワークを構築する一方、本機構に巨大データサーバーを設置し、そこに集積される膨大なデータを共有して利用する。手法(1)と(2)を推進するために「古代ゲノム解析センター」と「日本列島人ゲノム解析センター」を、より古い時代をも対象とする「進化コンテキスト研究センター」を設置する。なお、これらを支援するための「古人骨コンソーシアム」も設立する。

③ 学術的な意義

本研究計画は、日本列島に現在生きているわれわれ自身にいたる人類進化の過程を、古代人と現代人双方のヒトゲノムの配列決定および解析を中心とした4種類の手法で研究を進めるという全く新しい視点に基づいている。これにより、多様な研究分野の研究者がつどい、各自の研究成果を統合できるという大きな意義がある。

4種類の手法で期待される研究成果とその意義は以下のとおりである：(1) アジアの基層集団の一部をなす南西諸島更新世後期人や縄文人の出現過程と日本列島への移住史を、ホモ属全体の進化史のもとに解き明かす。採集狩猟をしていたそれら基層日本列島人と、稲作農耕をもたらしたとされる弥生時代以降の人々との身体特性および文化特性の違いと変遷を、年代測定や古気候、古代ゲノム、古代人口などの多面的な視点から総合的に比較解明することが大きな意義である。(2) 現代人のゲノム配列決定から得たゲノム多型データをもとに、最低でも数十世代をさかのぼる類縁関係を推定する。ゲノム多型と個人間の文化的、地理的関係との相関が明らかになることで、歴史時代における日本列島の人間の移動パターンとそれらと対応する文化的社会的要因を解明できる。(3) DNA提供者からはMR I スキャンなどを用いた形態学的形質を含む多数の大規模表現型データを取得し、これらの表現型に影響するゲノム配列を解明する。(4) 本研究の中核である生物学分野だけでなく、古気候学、考古学、先史学、年代学、歴史学、方言学、言語学、人口学、文化人類学、民族学、民俗学など多様な分野の研究者が結集し、文理融合により、過去数十万年にわたる人類史の解明を進める。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

日本列島人のゲノム多様性については、ゲノム規模の SNP (単一塩基多型) データを用いた研究がいくつかあり、世界全体では、多くの人類集団についてゲノム多様性が調べられており、今後急速に多数個体のヒトゲノム配列決定が進むと予想される。古代ゲノムについては、国内では縄文時代人やオホーツク文化人のゲノム決定が進んでいるが、世界的にはネアンデルタール人やデニソワ人といった旧人段階のゲノムや、古代人集団の 100 個体以上のゲノム決定が進められている。表現型データの収集については、日本の研究グループが世界にさきがけて 2011 年に X 線 CT で生体の頭骨形態データを得ている。本計画と関連する学際的大型研究はいずれもすでに終了しており、ヒトゲノムデータを基盤とした、まったく新たな研究の進展が望まれる。

⑤ 実施機関と実施体制

日本列島人進化研究機構および古代ゲノム解析センター、日本列島人ゲノム解析センター、進化コンテキスト研究センターのコアとメンバー機関：国立科学博物館、東京大学総合研究博物館、国立遺伝学研究所、東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻、京都大学大学院理学研究科動物学専攻、金沢大学大学院医薬保健研究域医学系環境医科学専攻。

<他の主な実施機関>

- ・ 古人骨コンソーシアムのメンバー機関：札幌医科大学、聖マリアンナ医科大学、京都大学霊長類研究所、九州大学（総合研究博物館・アジア埋蔵文化財研究センター・比較社会文化研究院）、沖縄県立博物館・美術館
- ・ 考古学、歴史学、民俗学、民族学、言語学、人口学、古環境学、年代学などのデータ解析：人間文化研究機構（国立歴史民俗博物館・総合地球環境研究所・国立民族学博物館）、国立国語研究所、お茶の水女子大学、金沢大学文学部
- ・ 古代ゲノムおよび現代人ゲノムデータの解析：東京大学大学院医学系研究科、北里大学医学部、総合研究大学院大学先端科学研究科、山梨大学医学部、琉球大学医学部、東海大学医学部

⑥ 所要経費

総額：100億円（10年間の総額）。

- ・ 日本列島人進化研究機構と古代ゲノム解析センター、進化コンテキスト研究センター、日本列島人ゲノム解析センター、古代ゲノム解析センター、古人骨コンソーシアムの設置と運営（60億円）
- ・ 古代ゲノム配列決定、現代人のゲノム配列決定（20億円）
- ・ 進化コンテキスト解析、日本国内外での遺跡発掘（10億円）
- ・ ゲノム多型と言語資料などの文化的社会的データとの相関研究、表現型データの解析（10億円）

⑦ 年次計画

2017年度

日本列島人進化研究機構と、古代ゲノム解析センター、進化コンテキスト研究センター、日本列島人ゲノム解析センターを開設。現代人のゲノム配列決定を開始、DNA提供者の表現型データおよび食生活などの環境情報を収集、古代人ゲノム配列決定を開始、国内外での発掘を開始、古気候、古代人口、および考古学的解析を開始。国際シンポジウムおよび一般公開講演会を開催（以降奇数年度に開催）

2018年度以後

現代人と古代人のゲノム配列決定をスケールアップ。本研究で発見された遺跡出土物を中心に年代測定を開始。ゲノム多型と文化的社会的データとの相関研究を開始

2024年度と2025年度

研究成果の統合。研究成果を統合し、モノグラフシリーズを刊行。総括となる国際シンポジウムおよび一般公開講演会を開催。「人類進化学研究所（仮称）」への改組拡充と開設準備。

⑧ 社会的価値

日本列島人の来歴という、わたしたち自身の過去をさぐる研究は、まぎれもなく高い社会的価値があり、納税者たる国民の理解を得ることは容易であろう。本研究計画で収集される膨大なデータをもとにした研究結果を日本の国内外に広く発信することにより、国民の知的好奇心を満たすことができる。また多様な学問分野を横断した研究計画であるため、その成果がもたらす知的価値はきわめて大きいことも容易に予想できる。一方、経済的・産業的価値については、肉眼形態に影響するヒトゲノムの領域が明らかになれば、そこから医学・医療および保健・健康の分野を中心とした産業応用も可能になる。

⑨ 本計画に関する連絡先

諏訪 元（東京大学総合研究博物館）

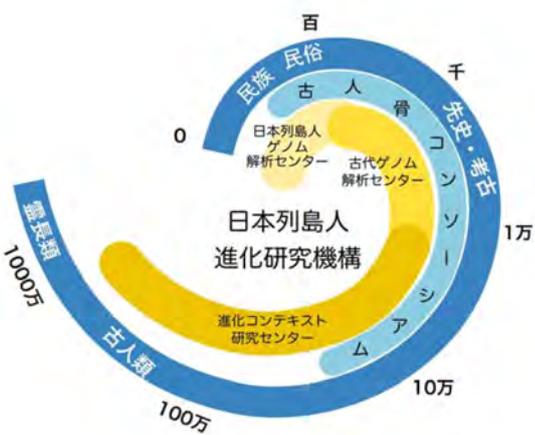


図1. 本プロジェクトの研究体制

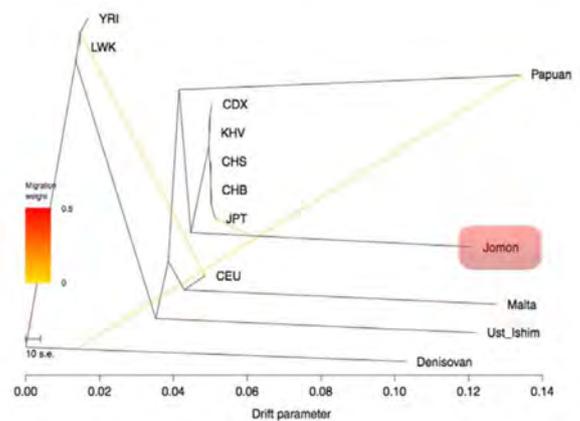
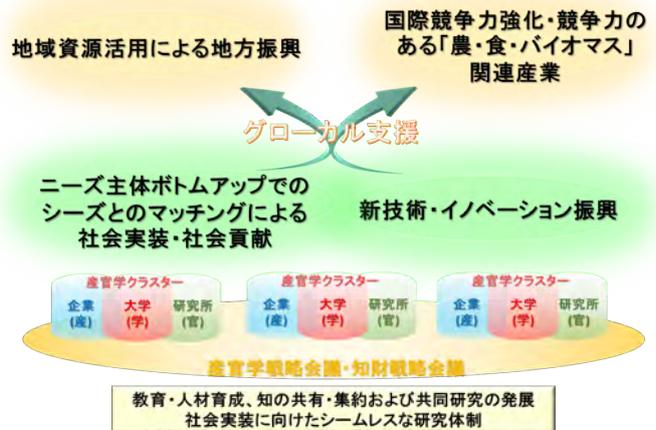


図4. 系統樹における縄文人ゲノムの位置（神澤ら、未発表より）

産官学協働研究のためのクラスター構築と知の集積による「食・農・バイオマス」地域資源利活用による地方振興ネットワーク形成

① 計画の概要

世界規模での人口増加による食料不足や、地球温暖化等による栽培適地の変化が顕在化しつつある中、わが国の食料の安定供給を確保することは喫緊の課題である。一方、TPPの大筋合意を受け、わが国の農林水産業の生産性向上や関連産業の活性化が課題である。地方振興には、高齢化対応、福祉環境保全や持続性など多機能性を考慮した農林水産業の活性化が必要である。ただ、科学技術の利用と現場とのつながりが弱いと、競争力の低下の一要因となっている。そのため、問題解決型・地域連携の研究開発体制および行政単位を超えた近隣都府県・市町村の融合的協力が重要である。これらの橋渡しを行い「食・農・バイオマス」研究開発を推進することで持続的な発展をもたらす仕組みが必要となる。本計画では農・食、健康、バイオマスエネルギー及び産業原料について再生可能な持続性あるシステムの基盤を構成するために、現場のボトムアップでのニーズを主体として研究開発の産官学クラスター体制を構築する。その産官学協働の知の市場拠点による知の利活用を推進することで、大学や研究所がもつシーズの橋渡し、応用展開、社会実装へと加速化することを目的とする。また、革新的な地域資源利活用を行い、イノベーション創出へとつなげることで、地域産業の活性化につなげる。関東甲信越でのリージョナルな地域拠点クラスターを設置し、これと対応した日本各所のリージョナルな地域拠点施設の設置を企画する。これら、施設の起動とともに、産業化のグローバルな展開の支援を拠点施設で行う。この計画により、植物科学研究の知見を迅速に社会実装に繋げる突破口を生み出し、将来の持続可能な経済社会の確立および地域資源の世界展開を含めたグローバル支援による地域振興と多様な起業推進と雇用促進への仕組みを構築する。



② 目的と実施内容

本計画の目的は、地縁を重視し、地元ニーズに合わせて、産官学のもつ知の共有・集約による共同研究の発展、産業界が得意とする社会実装に向けたシームレスな研究開発クラスターの構築、情報収集・共有と知財管理の促進とベンチャー立ち上げのためのインキュベーションを充実させることを目的とする。わが国は南北に長いことから、地域ごとの特色、地域資源を活用するクラスターを設置し、地域振興につなげるとともに、国際競争力を強化させるグローバル支援を行う。これらのクラスターを産官学戦略組織にて統括し、情報の共有を円滑に進め、各クラスター間をネットワークで繋ぐ。情報収集・分析能力が必要なため、シーズとニーズをマッチングさせるコーディネーターチームの編成と人材育成を行う。

③ 学術的な意義

本計画により、ビッグデータを用いた栽培管理技術や消費者嗜好ビッグデータを用いた分析によりニーズ指向型研究開発が促進され、スマート生産・流通のソフトウェア等の開発につながる。また、ドローンやセンサー等を用いた栽培環境におけるフェノミクス情報からもたらされるビッグデータを用いて、気候や環境に適応した植物の開発が促進される。モニタリングやセンサリングの技術開発により、省力型栽培技術の開発につながる。ゲノム解析やメタボローム解析といったオミクス解析による次世代型育種が促進される。育種への適用としてはエキソーム等による迅速なSNPの同定やゲノム編集のガイドライン整備が必要となる。栄養科学の面からは、メタボローム解析の充実が必要である。特にレファレンスやバイオマーカーの充実による詳細な代謝産物の同定と、環境条件と代謝産物の関連性を明らかにできる。NPBTの促進と社会実装に向けたプロトコルの確立が促進される。植物におけるゲノム編集は現状、形質転換体を作製してからヌルセグレガントを得るという方法であるが、迅速な育種素材の開発には、直接導入によるゲノム編集技術が必要となる。直接導入法の開発および改良を行うことで、遺伝子破壊等の植物作出が短時間で可能となるとともに、様々な素材への適応が可能となる。迅速な育種素材の提供とともに、遺伝子の機能解析といった学術的な研究も促進され、植物ゲノム編集技術における日本のプレゼンスを發揮することに繋がる。なお新規の科学技術とその産業産物の安全性の担保の為の法制は、中央集権型で決められており、逆に産業振興への足かせになる可能性もある。そのためリスクのおそれのない産業産物の研究開発が必要であるが、これらについての地域の産物のニーズを反映し、経済社会の要求を幅広く調査把握し、ニーズの実態の応じた産業産物の利用を推進する方策の提言が必要である。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

北米等の大陸型農業生産と異なり、EUにおいても農業経済の脆弱性のため、農村産業は崩壊しつつある。そのため、地域資源を活用した農村イノベーションの誘発や6次産業化といった農村経済の多角化等が推進されている。こうしたなか、クラ

スター（ある特定の分野における相互に関連した企業や諸機関による地理的な集積）によるイノベーション創出を行っている。例えば、オランダではワーヘニンゲン大学を中心としたフードバレーと呼ばれる一大食品研究開発クラスターを形成し、世界第二位の農産物輸出額を誇るオランダ農業の躍進に貢献している。ベルギー、特にゲントにおいては同じ敷地内に、大学、フランダースバイオテクノロジー研究機関、企業の研究機関を配置し、植物科学研究を応用、社会実装へと橋渡しする取り組みが行われており、グリーンバイオテククラスターとして機能している。

⑤ 実施機関と実施体制

〔本部機能・研究企画・事務局〕産官学戦略室設置：筑波大学、農研機構

〔形質転換植物、ゲノム編集植物作出拠点〕筑波大学、農研機構、種苗企業：望ましい形質を導入した植物作出を短期間でできる技術を開発することで、育種素材を短時間で提供でき、ニーズに則した品種開発が簡便となる。

〔ゲノム解析拠点〕理化学研究所、農研機構、かずさDNA研究所、種苗企業：次世代シーケンサーによりマーカー開発を行う。これらのマーカーと形質をリンクさせたデータベースを構築し、種苗企業への提供を行う。

〔メタボローム解析拠点〕理化学研究所、筑波大学、農研機構、食品関連企業：メタボローム解析により農林水産物・食品の成分を明らかにし、保健機能食品制度による認可取得へ貢献する。

〔植物工場研究拠点〕千葉大学、農研機構、建設企業：閉鎖型のみならず、太陽光型植物工場の改良を行うことで、単位面積当たりの増収を行い、国際競争力をもった栽培技術を確立する。

〔スマートマシン研究拠点〕農研機構、農機企業、筑波大学：農業機器や作業支援装具といった工学的要素技術を洗練させることで、省力型、高齢者対応農業へと貢献する。

〔農業ICT研究拠点〕東京大学、東京農工大学、IT企業：ドローン、センサー技術の改良により省力型栽培技術を確立する。

〔ビッグデータ分析拠点〕流通企業、IT企業：消費者動向調査によるニーズの把握による課題の抽出を行い、研究開発方針に貢献することで、全体の統合を行う。



⑥ 所要経費

総経費は10年間の25億円（施設整備と管理運営費14億円、人件費4億円、情報関連施設3億円、調査・研究費等4億円）である。施設整備と管理運営費として、研修施設、インキュベーション設備及びその管理費（11億円）、研修機器設備費及びその管理費（3億円）、人件費として産官学コーディネーターおよびネットワーク化支援人件費、海外調査担当人件費や弁理士等の契約費用を計上する。情報関連施設としてサーバー等の設置及びその維持費、その他調査・研究費を計上する。

⑦ 年次計画

研究期間：10年間（平成29～38年度）。最初の2年間で、事務局・研修施設、インキュベーション設備、温室等の設置、メタボローム解析機器、物理サーバー、クラウドサーバー等の設置による研究組織・施設の整備を行う。また、研究前半5年間で、海外も含めた国際調査を行うとともに、産官学コーディネーターを中心としたマッチングにより産官学共同研究事業を推進する。サーバーを充実させることでデータベースを構築するとともに、研修を充実させることで人的ネットワークを構築する。後半5年間では、海外提携先への研究室設置も含めた海外展開を行うとともに、知財戦略を充実させるため弁理士等による調査を行う。また、ネットワーク化により頭脳循環と国際キャリアパスの充実をはかる。

⑧ 社会的価値

TPP大筋合意を受け、食料自給率低下が懸念されている。また、国外の人口増加により、世界の食市場は2010年の340兆円から2020年には680兆円に倍増すると見られており、食料の確保が難しくなりつつある。こうした、食料安全保障に関する国民の関心は高まっており、農政改革による規制緩和により多くの民間企業が農業関連ビジネスへの参画を検討している。一方、わが国は食料輸入超大国であり、輸出額はわずかに約6000億円である。こうした中、攻めの農林水産業のもと、農林水産・食品の輸出額拡大が掲げられた。輸出拡大を目標としたニーズの開拓と新たな商品化・事業化が求められている。南北に長く多様な地域をもつ日本の特徴を活かし、中央集権的でなく地域型農業と輸出を支援するグローバルな取り組みにより、地域経済の発展と地方振興につながると期待される。一方、省力型品種の開発によるアグリスローライフなどQOLの向上や、地産地消型バイオマスエネルギーによる地域経済への貢献が見込まれる。また、地域における高齢者の生産活動参加による健康維持を通じた医療費削減につながると期待される。

⑨ 本計画に関する連絡先

江面 浩（筑波大学遺伝子実験センター長）

グローバル環境資源研究基盤構築と食・エネルギー・資源開発国際研究拠点形成

① 計画の概要

生存圏における生物間相互作用は、すべての動植物で見られ、植物、動物、昆虫、小動物、細菌、ウイルス間の共生、寄生、感染などの相互作用は、生物の生存にとって不可欠な要素である。一方、近年の地球環境、生産環境の劣化は、人口増加とともに動植物の生存・生産に大きな打撃を与えている。これらの状況を打開し、食料およびバイオエネルギーの増産、生産環境の大規模改善を達成するため、未利用の生物共生力とより広い生物間相互作用全体のシステムと能力を解明し、利用しようとするのが本提案の骨子である。

植物・微生物・昆虫・小動物間の相互作用ネットワークの全体像を知る事は、何よりも生物学、農学等の基礎知識を飛躍的に広げ、広範な分野への波及効果が期待される。このため、まずは生産環境全体のメタゲノム解析で全生物の存在様式や量比を解析するための方法論が必要である。有効な解析手法を確立し、相互作用ネットワークの実態を知る事が第一歩である。実態の基盤データをもとに、有効微生物同定、培養技術の確立、植物との組み合わせの最適化等を行なうことにより、食料・エネルギー植物の増産と生産環境の改善維持の両者の達成を目指す。

この目標達成のため、計画全体の遂行を強力に進める拠点本部を設置し、メタゲノム解析から最適化植物や微生物系統の選抜・改変と、これらのフィールド栽培への適用等の研究を推進する。本提案研究の進展により、地球規模の問題解決に貢献できる事を期待する。

② 目的と実施内容

近年の地球の温暖化・気候変動による砂漠化、大洪水等の自然災害の頻発は人類生存の驚異である。現在 70 億の人口は 2050 年に 90 億を上回ると予想され、その生活基盤である食糧の増産は必須である。地球と人類の安定的生存にとって食料・エネルギー植物の増産、生産環境の改善・保持は喫緊の課題である。

本提案では、わが国の先進的な植物科学と生命科学研究をこの課題解決に結びつけるための植物環境科学研究拠点形成を行い、基盤研究と応用研究を推進する。このため、(1)植物生育圏の相互作用生物叢全体のメタゲノム解析手法の確立、(2)植物環境基盤としての植物、昆虫、微・小生物等の共生、寄生による相互作用実態のメタゲノム解析、(3)共生生態系における相互作用メカニズム解明、(4)共生系相互作用能力の判定と最適化システムの開発、(5)劣悪環境での生物改変のための研究基盤構築、(6)共生・相互作用系を利用した高度環境適応農産物資源の探索・開発と育成研究を行なう。これらの研究で、共生・相互作用の実態とメカニズムの解析から、生産環境および植物・微生物資源の改変や高効率組み合わせまでを連続的に行ない、効果的農産物増産と環境育成・復元力の両方を達成する研究を推進・展開する。

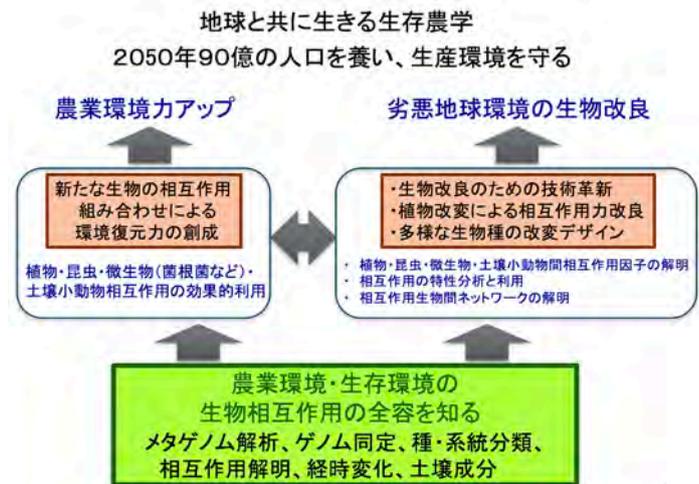
③ 学術的な意義

生存圏における生物間相互作用は、すべての動植物で見られ、植物、動物、昆虫、小動物、細菌、ウイルス間の共生、寄生、感染などの相互作用は、生物の生存にとって不可欠な要素である。しかしながら、現存する多様な生物間の相互作用やその効果、それらの農業環境や生存環境における意義については、病原菌・害虫と宿主間作用や根粒・菌根菌の共生などの限定的研究しかない。農業環境における生物間相互作用のメタゲノム解析、および実験的相互作用解析は、これまで未知であった多様な生物種の存在形態、生物間相互作用の種類・範囲・実態を解き明かし、広範な生物存在基盤としての基礎情報を提供する。土壌および植物内部環境における大規模なゲノムと生物種の解析、生物間の親和性や忌避性因子の研究、さらに生物間相互認識機構の解明は、今後の生存圏生物学の発展と利用には不可欠で、学術的にも高い価値を持つ。その内容から、ゲノム学、土壌学、微生物学、植物生理学、作物学、育種学、生態学、進化遺伝学、など幅広い分野への波及効果が極めて高い課題である。本研究は、環境が悪化をたどり、生態系が侵されつつある現在、緊急に着手すべき研究としての意義がある。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

近年ゲノム解読を基盤として多様性や進化研究が世界中で展開され、地上や海洋の生態系のメタゲノム解読が進んでいる。しかし、膨大なデータ処理と解釈は未だ未熟状態で、メタゲノムデータの世界標準仕様も決定されていない。また、生存環境におけるメタゲノム解析は、EU およびアメリカでは多くの研究観測地点があるが、アジアにおける研究地点は確立されていない。さらに、土壌メタゲノム解析はほとんど土壌微生物叢に限られ、植物生育層丸ごとを扱うホログゲノム解析は例がない。

本提案は、環境中の生物多様性解析と同時に、生物間相互作用の実態を解き明かすもので、このような植物内部・表層・土壌圏全域にわたるホログゲノム研究は世界的にも始まっていない。本提案は、植物と微小生物間の相互作用の全体像を理解し、



有効な組み合わせの微生物を生物肥料や生物防除剤として導入するものである。生産力が高く、環境負荷を最小限にできる回復力の高い方法や生物システムを利用する試みで、生存圏生物学としても質の高い成果が期待できる。

⑤ 実施機関と実施体制

[本部機能・研究企画・サブプロジェクト間連携]・本部運営機能(コアメンバー+PDの運営会議設置):東京大学。

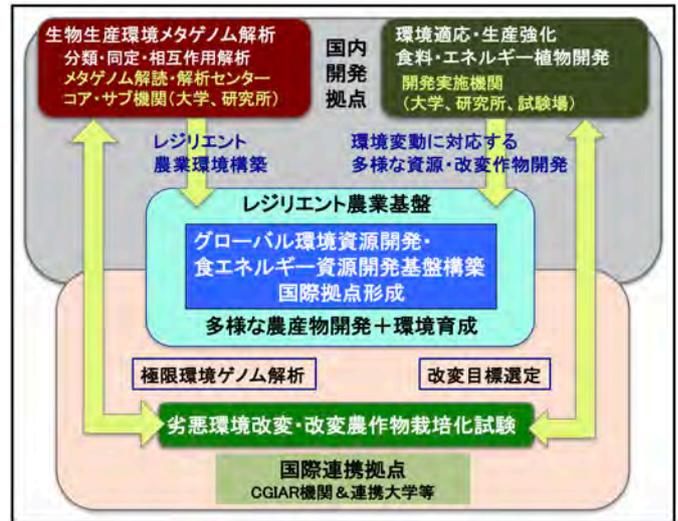
[環境メタゲノム・生物間相互作用解析]・メタゲノム解析・情報センター:国立遺伝学研究所、(サブ拠点)かずさDNA研究所、東京農業大学・生物同定、相互作用解析:理化学研究所、東北大学、基礎生物学研究所、農業・食品産業技術総合研究機構(農研機構)

[生物間相互作用環境開発]・生物間相互作用に基づくレジリエント農業環境開発、保全:農研機構、東京大学、京都大学。

[環境耐性植物・植物資源の開発と育成]・高効率生物改変システムおよび改変植物デザイン:筑波大学、農研機構。

・環境耐性作物の育種および資源植物開発:イネ、ムギ、マメ、など:名古屋大学、東北大学、農研機構、東京大学等。

[国際拠点の形成および研究・運営]・国際連携サイトにおける連携研究・現地試験:九州大学、名古屋大学、鳥取大学、JIRCAS等を通じた、現地機関との提携の立ち上げ、研究員派遣、研究推進を行う。対象機関候補:ミャンマー、ベトナム等の拠点大学、国際農業研究協議グループ(CGIAR)の国際研究機関;国際イネ研究所(フィリピン)、国際乾燥地農業研究センター(レバノン)、国際半乾燥熱帯作物研究所(インド)など。



⑥ 所要経費

植物・微小生物共生環境応用科学研究拠点整備:総額:212億円

初期投資:32億円 1、拠点整備7億円(本部:事務局・本部機能設置、解析情報集約機能の設置。拠点大学および国際機関:3~5カ所) 2、ネットワーク構築10億円(メタゲノム解析 情報統合、データサーバーなど) 3、施設設備の設置15億円(メタゲノム解析センター& 形質転換温室整備、土壌・植物・昆虫・微生物相互作用解析・栽培・培養施設)。運営費:180億円(180億円×10年間)

1、解析手法の開発と確立 2、メタゲノム解析、生物種同定 3、共生・寄生相互作用解析、土壌・環境の生物的改良 4、劣悪環境適応植物の作成、フェノーム解析、5、国際拠点運営:メタゲノムサンプリングから適用試験まで

⑦ 年次計画

10カ年計画初年度:初期整備。

(1)本部機能の拠点設置と、運営体制確立。(2)国際連携拠点大学、CGIAR各機関との協定締結。(3)研究対象・地域・種類の絞り込み、年次進行計画策定。(4)農業環境基盤メタゲノム解析センター・情報センター開設。

2年-5年目:メタゲノム解析により、植物・微生物・昆虫・土壌小動物間における環境相互作用情報を収集・解析。相互作用実験による植物・動物の環境耐性・高適応性等の特性情報の整備と、生物改変ターゲットの探索・計画。

(1)多様な環境下(場所、季節、植物種、作物種・品種、栄養状態)における生物種・系統の同定、分類と、相互作用のデータベース化。(2)生物間相互作用の実態解析:植物種と相互作用生物をゲノム情報および発現遺伝子、タンパクレベル情報から解析。相互作用因子解析。(3)土壌および植物内生微生物、線虫等の難培養微小生物の単離培養、生体間相互作用培養技術の開発。(4)多様な農業生物、環境資源生物のゲノム改変技術を用いた最適化生物資源の開発研究。(5)高効率の農業環境育成のための環境生物相互作用組み合わせ検定を開始。

6年-10年目:地域特性別生物資源の継続的解析、それらを用いたレジリエント動植物農業環境試験、最適化植物および相互作用組み合わせによる持続的高収量実現のプロセス化を行なう。高収量作物、エネルギー植物、高機能生物資源の開発研究では、効率的農業環境、農業生物育成のための生物種組み合わせ能力検定、改変生物の開発を行う。生物相互作用における生物科学的基盤および農学的意義を、ゲノム、発現遺伝子、タンパクレベルで多くの例を解明する。劣悪環境や多様な環境下で、環境生物相互作用、改変植物などの適用試験を国内外の試験区域で継続的に実施する。

⑧ 社会的価値

農業環境やそれを取り巻く人類生存圏の環境は、自然再生力を利用する形で安定的維持が図られてきた。一方、農作における多肥栽培、病害虫駆除剤、除草剤の使用や、農業大規模化に伴う土壌劣化、森林伐採などによる農業と生存環境の破壊は拡大の一途である。加えて人間活動がもたらす炭素化合物や大気汚染物質による気候・環境変動は農業に多大な影響をもたらしている。これらの問題を解決し、近未来の人口爆発に備えるため、幅広い環境復元力(レジリエンス)を持ち、かつ大きく生産を増大させる農業環境を作るための基盤を提供する事は、研究者の責務とも言える。本研究は、生物相互作用による生物農薬、生物肥料の実現を可能にし、さらに微生物による積極的な炭素利用による地球環境の維持、改善を行う事も可能にする。

⑨ 本計画に関する連絡先

倉田 のり(大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所)