

高高度滞空型無人航空機システム技術基盤確立と利用分野創成

① 計画の概要

我が国の国土と周辺海域を昼夜・天候によらず常時見守ることのできる高高度滞空型無人航空機システムを実現するため、従来の航空機を遥かに凌ぐ高高度・長時間飛行を可能とする機体/エンジン技術、無人の航空機を安全に飛行させるための運航技術、センサやデータ伝送等のミッション技術の研究開発を総合的に進めてその技術基盤を確立するとともに、災害監視、海洋監視等、様々なミッション（アプリケーション）の研究を想定ユーザと連携して進め、広範な利用分野を創成する。7年の研究期間に、これらの成果を統合して高度16.5km以上に72時間滞空可能な無人航空機システムを開発、様々なミッションの実証実験（利用実証）を行ってシステムの有用性を検証・評価し、10年以内の社会実装を目指す。

本研究は、東京帝国大学航空研究所が設計し、1938年に1万キロ以上を2日半かけて（低高度で）連続飛行して国際長距離飛行記録を作った「航研機」の現代版ともいえる。「航研機」が当時の日本の航空技術を飛躍させる契機となったように、極限的な飛行に挑戦する本研究は、無人航空機という航空宇宙分野における新たな技術革新を先導するとともに、従来の衛星/航空機のミッション能力を補完・補強する新たな観測/通信プラットフォームとして航空宇宙利用の世界を切り拓き、防災や安全保障、地球環境問題等の社会的課題/リスクへの対応能力を向上して安心・安全で豊かな社会の実現に貢献する。

② 目的と実施内容

我が国は、巨大地震、火山噴火、台風等の自然災害や、周辺海空域における近隣諸国の活動の拡大・活発化など、国民生活の安全に係る脅威・危機に晒されている。これらに的確に対応するためには迅速かつ正確な情報収集が必要であり、衛星や航空機による観測・監視の有用性が広く認識されてきた。しかし、衛星はその軌道によって観測機会が限られる。また、広域を観測できる反面、空間分解能が不足することもある。一方、航空機によれば詳細な情報を得られるが、悪天候によって飛行できない場合も多い。このような衛星/航空機のミッション能力を補完・補強し、危機対応における時間的・空間的な情報空白を埋めることのできる新たな観測・監視プラットフォームとして、天候の影響を受けない高高度に長時間滞空できる無人航空機システムの実現が期待される。本研究ではその開発～実用化を可能とするための技術基盤の確立と利用分野の創生に挑む。

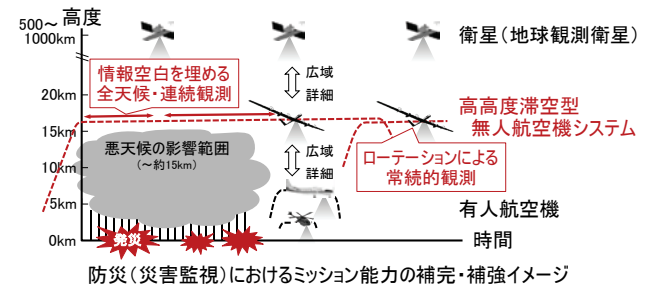
研究開発課題は大きく3分野に類別することができる。第1は、従来の航空機に比べて遥かに高い高度を長時間飛行するための機体/エンジン技術（高高度滞空技術）であり、低抵抗かつ軽量の機体構造や、大気の希薄な高高度まで高い効率を維持できる推進システムの開発などが主な課題である。第2は、無人の航空機を安全に運航させるための技術（無人機運航技術）で、既存の航空交通システムに統合するための運航ルールや安全技術の開発・整備が課題である。第3は、ミッションに応じたセンサやデータ伝送、処理等の技術（ミッション技術）であるが、併せて新しいプラットフォームのミッション能力を最大限に活用するための運用コンセプトの構築が求められる。これらの技術開発及び利用研究を並行して進めるとともに、研究期間後半にはその成果を統合して実証システムを開発、複数のミッションに対する試験的運用を実施して有用性を検証・評価し、実運用にまで発展させる。

③ 学術的な意義

無人航空機はこれまで主に軍事用途に開発・利用されてきたが、近年その民生利用に注目が集まっている。既に空撮や農薬散布などで実用化されているが、今後更に様々な分野に利用され、社会安全や産業振興に貢献することが期待される。本研究は、無人航空機という航空技術/航空宇宙工学分野における新領域を切り拓き、その利用拡大・発展を支える技術基盤の構築を目指すものであるが、これに加え、従来の航空機の高効率化すなわち燃費・環境負荷低減への寄与、航空機/航空交通システムの安全性向上への寄与が期待される。すなわち本研究を通じて従来の航空機・航空技術全体の発展を先導する革新的な技術成果の創出が期待される。

また、高高度環境における飛行技術、自律的な誘導制御技術等は、火星探査航空機とも共通のキー技術であり、宇宙探査分野/コミュニティとの連携によって相互の波及効果が期待される。

利用の観点では、従来の衛星や航空機とは異なる特性を持ったリモートセンシング（または直接観測）プラットフォームとして新たな観測手段/データを提供し、防災・減災学や大気・水圏科学など様々な学術分野への貢献が期待される。



④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

高高度を長時間飛行する無人航空機の構想は古くからあり、NASA の太陽電池動力による環境観測航空機プログラムなど様々な研究開発が行われてきた。しかしこれまでに実用化されたのは米空軍による RQ-4 グローバルホーク無人偵察機とその派生機に限られ、現在 NASA はこの機体を運用してハリケーン観測などの科学ミッションを行っている。

本研究は、ジェットエンジンを用いた無人偵察機に飛行速度では劣るものの、より高高度かつ長時間の飛行能力を有し、大気観測や災害監視など民生利用に求められる一定範囲の常続的観測に適したシステムを目指している。また、行政機関や研究機関、産業界等が、一般の空港や空域を使用して恒常的かつ柔軟に運用するための運航技術/環境の開発整備にも取り組んでおり、早期に実用化できればこの分野で世界をリードすることが可能となる。

⑤ 実施機関と実施体制

本研究において取り組む技術開発は、航空機の機体、エンジン、運航システムから、観測センサ、通信、データ解析・利用まで広範な領域にわたる。また、技術開発成果を統合してシステムを開発、運用する体制が必要であり、産学官の総力を結集、連携して取り組む。

研究プログラム全体の統括・運営は、東京大学、東北大学と宇宙航空研究開発機構（JAXA）が担当する。

無人航空機システムの技術開発は、我が国唯一の航空技術に関する総合研究機関であり主要な研究設備を有する JAXA 航空技術部門と、同分野において多くの研究実績を有する東京大学、東北大学が中心となり、広く大学や産業界の協力を得て実施する。また、無人機運航技術については、東京大学、JAXA に加え、電子航法研究所（ENRI）、情報通信研究機構（NICT）、産業技術総合研究所（AIST）が連携して取り組む。

ミッション技術の開発/利用研究には、観測センサや測位、通信など中核的基盤技術を有する JAXA 宇宙技術部門と連携し、ミッション（利用分野）ごとに利用機関を含む研究チームを組織して取り組む。既に、土砂災害防災に対して、国土技術政策総合研究所、国土地理院、気象庁、気象研究所、防災科学研究所等の専門家から成る研究会を立ち上げ、気象観測と地盤監視による防災利用の運用コンセプトを具体化した。海洋監視については、東京大学を中心に大学、研究機関、民間企業からなるグローバル・オブザベーション・システム研究会において、衛星や地上設備と組合せた統合的な監視システムの研究を行っている。今後は、地震/火山防災、気象/大気科学など様々な分野との連携を進め、利用研究を実施する計画である。

⑥ 所要経費

総予算 165 億円

・基盤技術研究開発：35 億円〔内訳：高高度滞空技術（軽量機体構造、高空推進システム等）10 億円、無人機運航技術（遠隔操縦/自律飛行制御、通信技術等）10 億円、利用研究/ミッション技術（合成開口レーダー、高速データ伝送等）5 億円、飛行実証（実証機開発及び飛行試験）10 億円〕

・システム開発及び利用実証：130 億円〔内訳：機体システム/関連技術開発 85 億円、運航システム/関連技術開発 15 億円、利用システム/関連技術開発 25 億円、システム利用実証 5 億円〕

⑦ 年次計画

全体計画：平成 29～35 年度（7 年間）

技術開発フェーズ；平成 29～31 年度（前半 3 年間）は、システム研究の他、要素技術（高高度滞空技術、無人機運航技術、ミッション技術）の研究開発を並行して進めるとともに、キー技術の飛行実証を行う。飛行実証では、太陽電池をエネルギー源とする電動システムを用いた 150kg 級のスケール機を低コストかつ短期間で開発し、合成開口レーダーによる観測技術等を成層圏における巡航環境で実証する。これによりシステム開発における技術リスク低減を図るとともに、成層圏飛行実証をフラッグ（求心力）として利用分野毎の研究体制/コミュニティを拡大し、利用研究を促進する。

利用実証フェーズ；平成 32～35 年度（後半 4 年間）には、技術開発フェーズで得られた成果を統合して高度 16.5km 以上に 72 時間滞空可能な実証システムを開発し、利用コミュニティと共同で複数ミッションの試験的運用（利用実証）を行い、その有用性を検証・評価する。また、これと並行して更なるミッション能力向上のための先進的な技術開発を進めるとともに、平成 32 年に策定される国際的な運航ルール・技術基準に対応する運航技術の開発・実装を行い、実運用に向けた障壁を取り除く。

計画期間以降は、定常的な運用体制を構築して利用実証を継続しながらシステムの改善を図り、段階的に実運用に移行する。

⑧ 社会的価値

高高度滞空型無人航空機によれば、昼夜天候によらない連続的かつ詳細な情報収集が可能となる。特に、巨大地震に伴う地震火災や津波、火山噴火や豪雨による土砂災害などの進行性災害では、時々刻々変化するその被害状況を逐次把握することが可能となり、迅速な避難行動や効率的な救援活動によって被害を低減できる。観測データは直接または衛星通信によって地上に伝送するが、無人航空機間は光空間通信が可能であり、災害時にはこれをバックボーンとする通信ネットワークを提供することもできる。平時（発災前）には、火山や地殻変動のモニタリング、台風の追跡観測による予報精度向上などの予防的な災害対策に活用できるほか、違法な海上活動（領海侵入、不審船、違法操業漁船、違法な調査活動等）や海難事故、海洋汚染等の常続的な監視などによって、広く安全・安心な社会の実現に貢献することができる。また、低コストでフレキシブルに利用できる新たなリモートセンシング手段として、国土管理、環境保全、農林漁業、資源探査など様々な分野で行政や産業の効率化に寄与し、新しい産業創出や海外展開などによる経済効果も期待される。

⑨ 本計画に関する連絡先

原田 賢哉（国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構）

新しい時代の科学技術立国を支える放射光科学の高輝度光源計画

① 計画の概要

放射光は、物質・生命科学、工学から文化財研究に至る広範な学術分野で常に研究の次世代を切り拓いてきたツールである。これまで、放射光先端計測により物質の構造やダイナミクスに関する学術研究領域が切り拓かれ、物質や生命に対する理解を深めると共に、応用面での利用も広がってきた。

本計画は、物質・生命科学の更なる発展を目指し、高輝度放射光施設の早急な建設・運転開始を提案するものである。本計画の高輝度放射光施設は、原子・分子の集団の振舞いを可視化することで、複雑な物質構造とその時間発展の理解を可能にする。これによって、これまで手が届かなかった実用材料、実デバイスや実際の生体などの複雑系の動作原理の解明が可能となる。このため、本計画の実現は、基礎科学、応用技術のみならず、産業界におけるイノベーションにも直接貢献でき、社会的、文化的、経済的な全ての面での波及効果が期待できるものである。

世界では、3GeVクラス高輝度光源が建設され、供用が始まっており、我が国が優位性を維持できなくなる危機に直面している。一方で、その必要性から、我が国総体で、建設に必要な概念設計、利用ニーズ調査が実施され、科学者コミュニティはもちろん、今後の利用が期待される幅広い科学技術コミュニティの合意の下、実施可能な計画となっている。



② 目的と実施内容

放射光は、理学、工学から文化財研究に至る広範な学術分野で常に研究の次世代を切り拓いてきたツールである。30年以上の共同利用実績のある高エネルギー加速器研究機構 (KEK) フォトンファクトリー (PF) や19年前に供用を開始したSPring-8では、産学官がコミュニティを形成し、先端的研究の推進のみならず、新規利用者が研究分野を開拓している。これまでの放射光先端計測により物質の構造やダイナミクスに関する学術研究領域が切り拓かれ、物質や生命への理解の深化と共に、応用面での利用も広がってきた。放射光利用者は、全国で約1万人にのぼり、限られた研究者が利用する施設ではなく、学術・産業に広く使われるユーザー施設となっている。

本計画は、これら利用者に応えるべく、物質・生命科学の更なる発展を目指し、高輝度放射光施設の早急な建設・運転開始を目的とする。実現される高輝度放射光施設は、階層化された原子・分子の集団の振舞いを可視化することで、複雑な物質構造とその時間発展の理解を可能にする。更に、将来的な回折限界光源の実現を見据え、究極のイメージング技術の活用へ向け、高輝度放射光施設を使って新世代の物質・生命科学を創成する。これにより、我が国が、物質・生命科学の分野で世界をリードすることが可能となる。

本計画は、先端的研究の実施を可能とする仕様と低コスト建設、省エネルギー運転を両立する設計思想に基づく計画である。具体的には、1) 先端研究に必須の高輝度放射光を、低エミッタンス運転と挿入光源により発生する、2) 相当数のビームライン設置が可能な施設規模とし、ナノビーム先端計測を回折・散乱・分光・イメージングの手法で標準化する、3) 加速器・挿入光源・光学系・計測系における我が国独自のR&Dにより完成した最新技術を結集し、建設は3年以内で行う、の3項目を基本設計指針とするものである。

③ 学術的な意義

物質・生命科学分野においては、物質・生命が示す機能性と多様性の起源の理解を可能にする新しい概念を提唱し、それに基づき新しい物質・材料の創出に貢献することが求められている。これを実現するための先端的研究プロンプとして、3GeV程度の加速エネルギーを持つ高輝度放射光施設は必須である。この光源は、比較的低エネルギーのX線領域から軟X線領域において高い強度を持ち、物質の構造および電子状態を研究するのに適している。この光源から得られるナノビームを利用すれば、局所領域または微小サンプルの解析が可能となり、これまで対象を均一な系として解析をしていた放射光利用研究を、実態に即した複雑かつ不均一な解析研究へと進化させる。その結果、将来の回折限界光で達成される究極の時間・空間イメージング情報と、従来の比較的低エネルギーの物質構造情報を結ぶメゾスコピック領域の物質・生命科学を切り拓く事が可能となる。更に、このような学術領域は、「京」に代表される大型計算機のシミュレーション技術と相まって、これまで手が届かなかった複雑系の動作原理の解明を達成することが期待される。具体的には、電子集団の理解に基づく新量子物質相の創成、タンパク質集団 (超分子複合体) の機能メカニズムに基づいた細胞機能の予測、光エネルギーの変換効率を飛躍的に向上させる新原理の発見など、階層構造を有する不均一系において、現象の記述を超えた新しい学理の構築を目指す。また、産業界への技術移転により、産学官連携のプロジェクトでの研究基盤拠点としての役割を担うことも期待されている。

このように本施設は、次世代の放射光利用の礎となり、新しい学術研究領域の創成、新産業育成にも貢献する。人材育成においても、様々な研究領域の集う放射光施設は学融合の起点となり、リーダーシップ教育、リーダー研究者のネットワークの中核拠点としての役割も果たし、社会的意義も大きい。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

PF および SPring-8 は、これまでに我が国の物質科学、生命科学を牽引するとともに、世界の放射光科学をもリードしてきた。しかし、前項目「学術的な意義」で述べたような複雑系の理解を進め、新しい学術分野を切り拓くためには、高輝度なナノビーム利用を前提とした放射光施設が是非とも必要である。対象とする 3GeV クラス高輝度光源は我が国には存在しないが、スイス、フランス、英国、オーストラリア、中国、スペイン、台湾、米国、スウェーデン、ブラジルでは、高性能な中型放射光源の建設、供用が開始されている。このように放射光をツールとした研究開発における国際競争が激化しており、我が国が優位性を維持できなくなる危機に面している。提案する中型高輝度放射光源は、ナノアプリケーションの利用を進めることによって最先端計測・解析技術が高度化され、基礎科学分野、産業応用分野の双方において X 線領域の回折限界光の利用を望む要求が高まってくることを見据えた計画である。国際競争力の観点での技術革新に加え、光源としてのパフォーマンスだけでなく、建設費用、運転・施設運用費用など総合的に考えた我が国独自の計画である。

⑤ 実施機関と実施体制

高輝度 3GeV 光源建設は、世界のトップランナーである SPring-8 の建設、高度化で実績のある理化学研究所（理研）や PF、PF-AR の建設、高度化で長年の経験と実績がある KEK が中心となって、我が国総体として建設・運営を行う。ビームライン建設は、理研、KEK に加え、全国の学術界、産業界から志願した組織が、学術的共同利用、産学先端研究開発利用、産業基盤利用等のミッションを分担し、ビームライン建設を実施する。

運営に関しては、学術利用と産業利用との棲み分け・役割分担を明確化することで、学術・産業界のそれぞれが求める利用形態を実現する。この際、データ解析まで含めた一貫した利用支援や産業界の開発時間スケールに即した柔軟なビームタイム配分など、新しい放射光利用形態の整備が必要不可欠である。そして、学術界・産業界が抱える様々な課題解決に、積極的かつ柔軟に放射光を活用できる仕組みを確立する。

放射光施設は専門性が高いという特殊性があるため、これまで、放射光専用電子蓄積リング（SOR-RING）、PF、UVSOR、PF-AR、SPring-8 の施設建設においては時代に応える運営体制をその都度構築してきた。本計画においても、実施主体、実施体制は、建設地、建設計画に合わせて構築する。

⑥ 所要経費

所要経費は総額で 300 億円である。その内訳は中型放射光施設建設 250 億円（3 年間）、ビームライン施設整備 30 億円、運営費 20 億円/年、計画期間：2016 年～2021 年を予定する。ただし、土地取得の経費は含まれていない。

⑦ 年次計画

2016 年：SPring-8 や KEK で放射光源の設計、建設に関わった専門家集団が中核となり、我が国総体での設計・建設体制を組織し、デザインコンセプトを決定し、それに基づいて最適候補地を選定する。

2017 年～2019 年：放射光施設の建設を完成する。また、建設ビームライン検討のための産学官ユーザーコミュニティを組織し、ビームライン建設を開始する。

2020 年：加速器コミッショニングとともに 10 本程度の初期ビームライン設置を完了させる。

2021 年：供用試験開始する。その後、数年間をかけて次期ビームラインの整備を行っていき、2020 年代前半には 30 本程度のビームラインの整備をすべて完了する。

⑧ 社会的価値

放射光は、既に述べてきた新しい学術分野を切り拓くのみならず、現代社会が直面しているエネルギー問題や環境問題に対して挑む課題解決型の研究開発において極めて有用な情報を提供し、国民生活の安心・安全を支える基盤的なツールでもある。本計画の高輝度 3GeV 放射光源が提供する「ナノアプリケーション技術」は、微小試料あるいは不均一試料中の極微細領域の分析を実現し、原子・分子レベルでの物質の理解を可能とし、物質材料や医薬品の基礎科学的理解に基づいた「科学的根拠に立脚したものづくりの実用化」を実現させる。既存材料への付加価値の創出、さらには新規材料や医薬品の創成を強力に後押しすることで、国内産業の国際的な優位性と競争力を強化する。科学技術的側面から国内産業の国際競争力の向上を支援することで、新たな市場の創出や社会的価値を創出し、経済的効果に結び付けるものとなる。一方で、放射光は、はやぶさが持ち帰った小惑星イトカワの微粒子の構造解析により太陽系誕生の謎に迫るなど、国民の知的好奇心をも満たす情報を提供するものでもある。このため広く国民からの支持が得られると考える。

⑨ 本計画に関する連絡先

石川 哲也（日本放射光学会）

分散型放射光施設プラットフォームの構築による高分子科学の分野融合を加速する 産学連携イノベーション・エコシステムの創成

① 計画の概要

化学、物理学にとどまらず、工学、生命科学、農学など、高分子材料の用途は、その時空間構造の階層性を活かした特性をもとに、産業応用も含め急速に拡がりつつある。その際に、高分子化学とそれらの異分野及び、産業とをつなぐ共通の先端研究基盤科学としての「放射光」は、高分子材料特有の構造の階層性をナノからメゾ領域までマルチスケールに観察し、構造機能相関を可視化するために必須のツールとして、その需要と高度化への要望が高まっている。SPRING-8、佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター（SAGA-LS）に加えて、新規施設として東北に建設を計画中の「3GeV 中型放射光施設」を用いて、九州、西日本、東日本に分散する先端放射光施設をハブとし、お互いの光源性能（たとえば波長レンジ）を相補しながら、しかも近傍の大学と地域産業の産学連携型研究ネットワークを構築する（「3GeV 中型放射光施設」は、放射光コミュニティから東北放射光施設 SLiT-J 計画をもとに提案されマスタープラン 2014 に採択された）。そして、研究開発における産業界のニーズ・シーズを開拓し、高分子化学の課題を理学・工学および生命科学・農学との分野融合によりさらに深化することで、製造プロセスまで含めたイノベーションを誘起させる。最終目標は、優れた研究開発の成果が、高分子材料を中心とする新分野・新産業の参入を導く好循環を生みだし、分野融合・産学連携のイノベーション・エコシステムを創成することである。

② 目的と実施内容

高分子材料の機能化に関する学術研究を、産業界におけるニーズ・シーズの課題へと整理し、製品開発のイノベーション・パートナーとの協働で産学連携のスタートアップ・システムを「高次構造制御を支配する製造プロセスまで視野に入れた研究開発」と「高分子化学を超えて新しい概念創出」による分野融合の仕組みとして以下の3つの観点から実施する。

- 1) 高分子材料の階層構造をマルチスケールに nm 分解能で可視化する。
- 2) 企業の製品開発と高分子化学をつなぐ、産学連携の課題のマッチングを行う。
- 3) 課題解決のために理学・工学分野、さらに生命科学・農学との融合をコーディネートする。

1) では、SPRING-8、計画中の SLiT-J、SAGA-LS の放射光施設間の強力な連携により、高分子材料をマルチスケールで構造可視化できる先端放射光計測プラットフォームを構築する。

2) は高分子学会、繊維学会と高分子同友会が、担当機関と協力して行う。

3) は担当機関である東北大学、大阪大学、九州大学に放射光イノベーションセンターを設置し分野融合を加速する。

③ 学術的な意義

高分子材料の研究開発は、構造階層性と機能との相関を精緻に制御することにある。高分子材料の分野で、基礎研究と製品開発の間にある『死の谷』を埋めた一つの成功事例が、SPRING-8 の「エコタイヤ」の開発である。学術の研究者と一対一のパートナーとしてユニットを組み、それぞれ放射光活用の基礎で協奏しながら、企業の製品開発で競争をしている高分子材料関連の企業 19 社からなるフロンティアソフトマター産学連合体（FSBL）による成果である。ここで、産と学の研究開発をつなぐ重要な役割を果たしたのが、放射光というナノの可視化ツールである。加えて、計算科学シミュレーションとの協働が製品開発実現に結実している。すなわち、理学・工学の分野融合が死の谷の橋渡しの役割を果たしている。この成功モデルのスキームを他の分野にも展開し、3つの放射光施設を分散型プラットフォームとして連携させながら、近隣の主要大学とネットワークを構築することで、産学連携の学術的深度を高める。

さらに、高分子化学と他の理学・工学、生命科学・農学などとの分野融合も加速する。たとえば、タンパク質などの生体高分子や様々な超分子の機能発現や DDS 特性の制御には、ナノスケールの構造階層性が重要な役割を果たしている。また、バイオベースの高分子材料やセルロースナノファイバーは、高分子材料の中でも新しい分野を開拓しつつある。放射光を利用し、伝統的な高分子化学の学理を産学連携だけでなく他の基礎科学分野に適用することで、それぞれの学術が深化し、高分子化学と他分野の境界領域における新しい融合分野の誕生とその発展に寄与することができる。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

SPRING-8 で活動を展開する FSBL は、先導役として放射光活用による産学連携のロールモデルを社会に示し、世界から注目されてきた。また光・量子融合連携研究開発プログラム（文科省）では、九州大学が中核機関となり、京都大学、北九州市立大学、東京大学などが SPRING-8、SAGA-LS をプラットフォームとして連携し、高分子材料研究開発のネットワークを構築したことで高い評価を得ている。さらに、内閣府革新的研究開発推進プログラム「超薄膜化・強韌化「しなやかなタフポリマー」の実現」



でも、SPring-8 が産学連携の基盤ツールとしてその中核をなしている。しかし、分野融合を戦略的に組み込んだプラットフォーム構想は、国の内外にいまに存在しない。本計画では、分散型放射光施設ネットワークを活用し、分野融合と産業活用の出口までプログラムした戦略的分野融合・産学連携の統合スキームを創成する。海外ではFSBLを模倣した連携が現在進行している。

⑤ 実施機関と実施体制

[実施機関]

国立大学法人 東北大学 多元物質科学研究所
 国立大学法人 九州大学 シンクロtron光利用研究センター
 研究開発法人 理化学研究所 放射光科学総合研究センター
 国立大学法人 大阪大学 蛋白質研究所
 国立大学法人 東京大学放射光連携研究機構

[参画機関]

国立大学法人 山形大学
 内閣府革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) 伊藤プログラム
 フロンティアソフトウェア開発産学連合体 (FSBL)

⑥ 所要経費 総計 30 億円

1) 分散型放射光プラットフォームの整備 計 20 億円

SPring-8 阪大生体高分子科学ナノビームプラットフォーム整備 8 億円
 SLiT-J ナノビーム小角・イメージング・分光ビームライン整備 8 億円
 SAGA-LS 九大シンクロtron光利用研究センターソフトマテリアルプラットフォーム高度化整備 4 億円

2) イノベーションシステム整備 計 4 億円

プラットフォーム間での共通に利用できる実験ベンチシステム (イノベーションベンチ) の標準化を行う。

3) 放射光イノベーションセンターの整備 計 6 億円

それぞれのプラットフォームで産学連携を担う担当機関として、大阪大学 (SPring-8)、東北大学 (SLiT-J)、九州大学 (九州大学シンクロtron光利用研究センター) に、放射光イノベーションセンターを設置。

⑦ 年次計画

●初年度～2 年度

1) 分散型放射光プラットフォームの整備 (光源性能に最適化した計測プラットフォームの設置/既存施設の整備)

SPring-8 硬 X 線ナノアプリケーション / 阪大生体高分子科学ナノビームプラットフォーム整備
 SLiT-J 軟 X 線ナノアプリケーション / ナノビーム小角・イメージング・分光ビームライン整備
 SAGA-LS 高分子構造物性分析 / 九大シンクロtron光利用研究センターソフトマテリアルプラットフォーム高度化整備

●2 年度～3 年度

2) イノベーションシステム整備

プラットフォーム間で共通に利用できる実験ベンチシステム (イノベーションベンチ) の標準化を行う。イノベーションベンチは、既存の放射光計測では対応できない、様々な産業活用・分野融合を目的とした放射光に組み込む実験装置であり、各大学の放射光イノベーションセンターがニーズを発掘する。

●初年度～5 年度

3) 放射光イノベーションセンターの整備

大阪大学 (SPring-8)、東北大学 (SLiT-J)、九州大学 (九州大学シンクロtron光利用研究センター) が、学融合・産学連携プログラムの中核を担う放射光イノベーションセンターを設置する。高分子学会、繊維学会ならびに高分子同友会は、センター間の連携を図りながら、産業界と学術のイノベーション・パートナーのマッチングをコーディネートする。

●5 年度以降

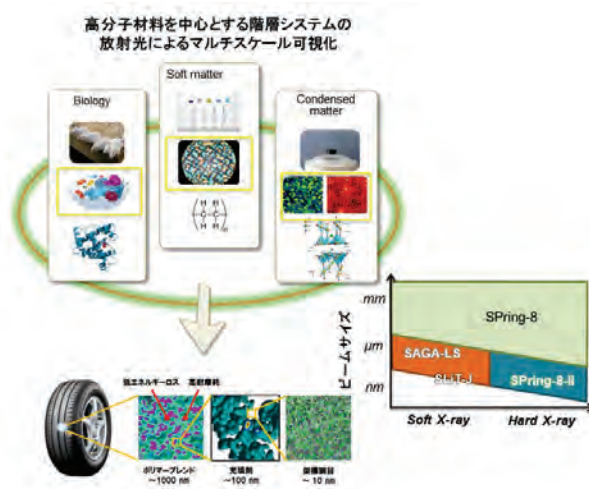
完成したプラットフォームに、他の参画機関、及び電子顕微鏡、NMR、中性子施設 (J-PARC)、スパコン等の他の研究基盤とのネットワークを構築し、放射光イノベーションセンターが有機的に連結していく。

⑧ 社会的価値

学術研究と産業界の戦略的な連携にむけて、産学のニーズとシーズのマッチングと課題設定をコーディネートし、放射光という基盤ツールのネットワーク化により、企業の研究開発を飛躍的に加速する。エコタイヤの成功例は、放射光とスーパーコンピュータの活用と産学連携が、エナセーブ、エコピア、ブルーアースといった製品開発に結実している。燃費の節約の経済効果の試算は、上限で年間 7000 億円、ライフサイクルで 10% の CO2 削減という社会貢献に対応する。その他にも、放射光は炭素繊維、有機太陽電池など様々な製品開発に貢献し、本計画の達成が社会に与える影響はきわめて大きい。

⑨ 本計画に関する連絡先

吉江 尚子 (東京大学・生産技術研究所)



文理融合／医工連携・計算科学シミュレーション先端基盤国際共同拠点

① 計画の概要

文部科学省 HPCI 戦略プログラムなどでは、分野 1（生命科学）、分野 2（新物質・エネルギー）、分野 3（防災・減災）、分野 4（ものづくり）、分野 5（物質と宇宙）と 5 つの戦略分野を設け、それぞれを牽引する戦略機関を中心に並列処理技術やマルチスケール・マルチフィジクス解析技術の開発が進められている。これらは別個に進められ、それぞれの成果をお互いに利用しようという試みはあるものの、共通基盤は数学・数理科学や情報科学がベースとなるため、計算科学にこれらの専門家が本格的に加わらない限り困難な面がある。分野 1～分野 5 で別個に縦系的に開発されてきた手法を、数学・数理科学、情報科学の観点から、評価し改良して進める横系的組織の文理融合／医工連携・計算科学シミュレーション先端基盤国際共同拠点を構築する。この構築により計算科学推進のマトリクス組織が得られることから、現在の分野 1～分野 5 は勿論、人間の集団行動、意思決定、安全・安心・リスク、株価など景気変動などの分析にも強力な手段となり得る状況となっている計算科学の新しい分野においても飛躍的な効率向上を目指すものである。

② 目的と実施内容

現状の計算科学推進のための社会システムの延長では、物づくりの時と同様、医工連携、文理融合で利用される計算科学ソフトも欧米製という状況になりかねない。本提案の、数学・数理科学や情報科学の研究者やエンジニアがこれまで以上に計算科学にコミットできる横系的組織作りにより、これまでの分野 1～分野 5 それぞれの深掘りだけではなく計算科学分野のマトリクス組織を確立することができる。これにより各分野で開発されている手法の共通化と改良を得て、最適なものを各分野で活用できるようにすることを可能とし、分野 1～分野 5 のみならず、医工連携、文理融合分野における計算科学の世界最先端を実現する。これにより、世界に先駆け新たな価値の創出を目指すとともに、我が国の、これまで以上の計算科学での世界への貢献を実現する。

③ 学術的な意義

(1) 基盤のアプリケーション・ソフトウェア科学、(2) アプリケーション・ソフトウェアのカスタマイズ化のためのアルゴリズム、ソフトウェア科学、(3) 設計システムを駆使して得られる製品のブレークスルーや減災や災害を未然に防ぐためのサイエンス、(4) シミュレーションソフトウェアの維持・改良・発展を効率良く行うための新しいプログラミング言語学、(5) 品質保証に基づく体系化と標準化のサイエンス、(6) 化学あるいは物理あるいは生物と数理及び計算機科学との真のコラボに依って得られるマルチスケール・マルチフィジクスのシミュレーション技術が得られ、分野 1～分野 5 における計算科学の深みと広がりが得られる。更に、言語学、心理学、社会学、経済学など、人文社会学に関連する文理融合、更に医工連携の計算科学も大いなる進展をもたらす。以上、本計画は特に第 3、第 4 の科学の学術の深みと広がりに本質的かつ多大な貢献が期待される。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

計算科学推進の組織として、我が国同様、欧米も、上述の通り縦系としての組織が中心である。HPC インフラの着実な整備のため、欧州では PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) が、米国においても INCITE program などがある。これらにおいても上述の五つの分野を設けて進められており、文部科学省戦略プログラムに近い。一方、本提案は、5 つの戦略分野共通の基盤技術を、数学・数理科学、統計学、情報科学をバックボーンに持つ研究者と計算科学分野の研究者との協働によって構築する。すなわち、これまでの縦系に対し横系の組織づくりを目指すものである。更に、日本の強みである現象数理学と精度保証技術を組み合わせ、新たに、文理融合、医工連携を推進する計算科学シミュレーションの恩恵を得るための組織づくりを目指すものであり、このような発想のもとでのセンターやプロジェクトなどは国内外ともに見られない。

⑤ 実施機関と実施体制

下図に示すように、本計画の文理融合／医工連携・計算科学シミュレーション先端基盤国際共同拠点と現在の計算科学コミュニティである、分野 1～分野 5 からなる文部科学省 HPCI 戦略プログラム、理化学研究所計算科学研究機構 (AICS)、一般社団法人 HPCI コンソーシアムと協力して進める。また、国内各大学、更に、有力な国外組織ともネットワークで進める。本計画拠点のミッションは、各分野から得られた成果を基に、数学、数理科学や情報科学をベースにして最適化した共通基盤を作り上げ、文理融合／医工連携まで含めた全分野に共通のものとして、戦略機関のみならず、全国の大学・研究機関に提供することにより、計算科学の先進化と大衆化に貢献することである。この過程で、マルチスケール・マルチフィジクスのシミュレーションを成功に導くための、化学、物理、生物と数理モデリング、計算スキーム、計算機科学（ソルバーの開発、並列計算実装、計算性能最適化、ハードウェア等）に亘る広いスペクトルの範囲で連携できる能力を備えた研究者やエンジニアを育てることもミッションとする。

⑥ 所要経費

総予算：88 億円。初期投資 32 億円：拠点整備費（建築改造費、ネットワーク、計算機計 20 億円、研究費：6 億円 X 2 年）、

運営費等 56 億円：（人件費 6 億円、コンピュータ費：1 億円）X 8 年

⑦ 年次計画

（1）第 1 年度～第 2 年度：（1）陣容の整備、設備導入計画及びローテーション計画の作成、（2）国内外の「基盤的アプリケーション・ソフトウェア」の調査と開発計画及びアプリケーション・ソフトウェアのカスタマイズ計画の作成、

（2）第 3 年度～第 5 年度：（1）基盤的アプリケーション・ソフトウェア開発、アプリケーション・ソフトウェアのカスタマイズ化、（2）シミュレーションソフトウェアの維持・改良・発展させるための方法論の開発、（3）製品のブレークスルーや減災や災害を未然に防ぐために必要なシステムなど課題システムの構築、（4）各種モデリング技術の開発、（5）それぞれの人材育成。

（3）第 6 年度～第 10 年度：（1）上述の開発や資料作成の継続、（2）国内外への成果の情報発信、（3）海外からの実習生、研究者の受け入れ、（4）計算科学に関する重要なソフトウェア、システムの体系化、（5）国内外の委託計算の受注、（6）世界の研究機関との連携

⑧ 社会的価値

ips 細胞や鉄系の超伝導など、最近の世界に先駆けた、我が国からの大きな発見はいずれも実験から得られたものである。このような状況は、海外も同様であるが、今後は、第 3 の科学である計算科学や第 4 の科学である超ビッグデータ分析からの発見・展開の到来が期待される。この実現を他国に先駆け得られる基盤づくりが得られる。

⑨ 本計画に関する連絡先

萩原 一郎（明治大学 研究・知財戦略機構）

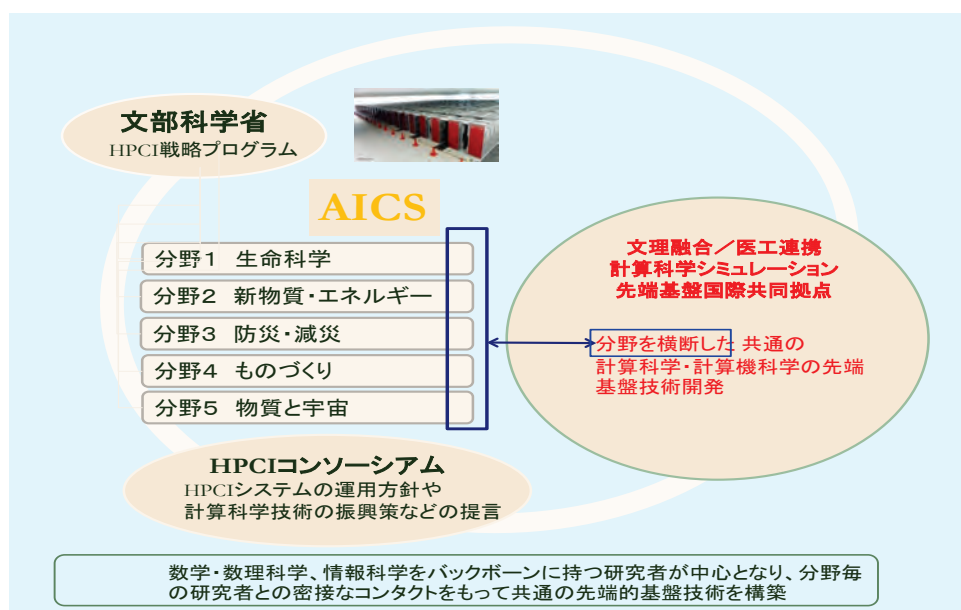


図 1. 文理融合／医工連携計算科学シミュレーション先端基盤国際共同拠点の位置付け

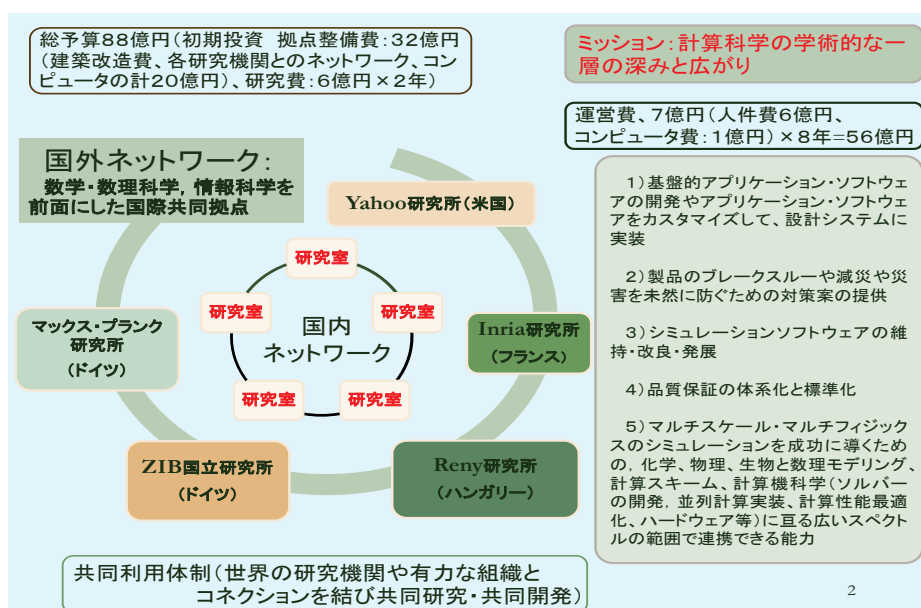


図 2. 計画の概要と文理融合／医工連携計算科学シミュレーション先端基盤国際共同拠点のミッション

統合的生命科学研究推進プラットフォーム

① 計画の概要

ゲノミクス、プロテオミクス、グライコミクスなどのオミクス研究が躍進する今、本来ならこれらは統合され生命の真の姿（例えば、がんや感染症の成り立ち、発生や神経活動の仕組み）が捉えられて然るべきである。ところが、1970年代以降、ゲノミクス、プロテオミクスの急速な研究技術開発とグライコミクスの技術革新とのギャップが広がり、統合的な生命科学の実現の足かせとなっている。換言すると、糖鎖を自在に研究に取入れることができれば、他のオミクスとの統合により飛躍的な科学の進展が望める（図1）。

統合的生命科学の実現には、まず、すべての研究室で容易に気軽に糖鎖を解析できる（核酸でいえば、PCRやシーケンシングのような）技術革新が必要である。さらに、糖鎖の基本を知る人材を育て、糖鎖研究技術がすべての研究室に浸透する工夫がなくてはならない。そして、糖鎖機能について深掘が必要である。この取組みによって統合的生命科学のみならず、疾病の予防、早期診断、革新的治療が実現する。何故ならば、糖鎖は細胞の最表層にあり細胞間コミュニケーションの最前線で決定的な機能を発揮するからである（図1）。また、糖鎖は最も敏感に細胞環境の変化を表出しマーカーとしても有用だからである。さらに、糖鎖は地球上最多のバイオマスでもある。糖鎖技術革新は、天然糖鎖を利用する材料科学を進展させ、究極的には脱原油・脱CO₂への社会システム転換をも後押しする（図1）。

我が国はこれまで世界の糖鎖科学をリードしてきた。糖鎖研究技術革新を牽引する力を有する。そこで、「統合的生命科学研究推進プラットフォーム」を設置し、「研究コンサルテーション・人材育成」、「基盤技術の革新」、「統合的生命科学への転換」の3つの柱で糖鎖科学への注力を図る。我が国が世界に誇る学術分野を強化し、それを統合的生命科学へと繋げ、医療、食品、工学産業の大転回をめざす（図2）。

② 目的と実施内容

本マスタープランの目的は（1）すべての生命科学研究室で自在に糖鎖を取り込んだ統合的生命科学を研究できる、（2）疾病予防・早期診断・革新的治療が実現する、（3）脱原油・脱CO₂へ社会システムが転換する、の3つである。そのために、次の3つの柱を遂行する（図1、図2）。

【柱1】 技術・人材の他学術分野への浸透→「研究コンサルテーション・人材育成」：ここでは、すべての研究室で容易に気軽に糖鎖を解析できるようにするために、教科書執筆、トレーニングや糖鎖解析ガイドなどを行うとともに、資材提供・受託解析とOne stop コンサルテーションを行う。

【柱2】 糖鎖研究技術の長足の進展→「基盤技術の革新」：ここでは、技術革新によって生命科学・材料科学の進歩を促す。

【柱3】 糖鎖機能の深掘→「統合的生命科学への転換」：ここでは、糖鎖機能の深掘を行い、その先に糖鎖機能の予知、糖鎖医薬品、機能性食品のパラダイムシフトを目指す。

③ 学術的な意義

本マスタープランの推進は、ゲノム・プロテオームを基盤とする生命科学与医工薬学に深遠な革新（統合的生命科学の実現）をもたらす。糖鎖はタンパク質や脂質に多様性と個性を与え、その結果細胞にも個性が付与される。従って、糖鎖を包含した統合的生命科学は、分子と細胞の理解を大幅に前進させる。例えば、発生学の深い理解に繋がる。また、細胞の最表層で細胞間コミュニケーションを担う糖鎖は、ウイルスや細菌の感染の窓口にもなる。統合的生命科学は新興感染症の機構をこれまでより早く正確に解明するであろうし、画期的な薬剤開発に繋がる。

また、糖鎖は多種の酵素によって、鋳型なしで作られるため、細胞環境の影響を最も敏感に捉え、表出する。従って、統合

図1

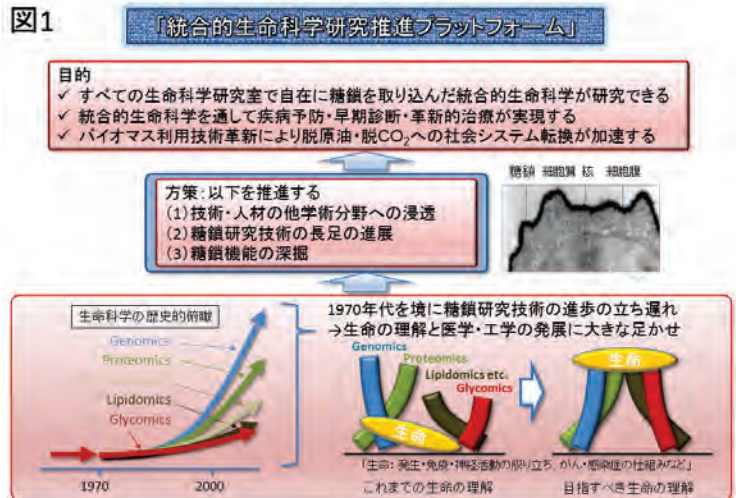
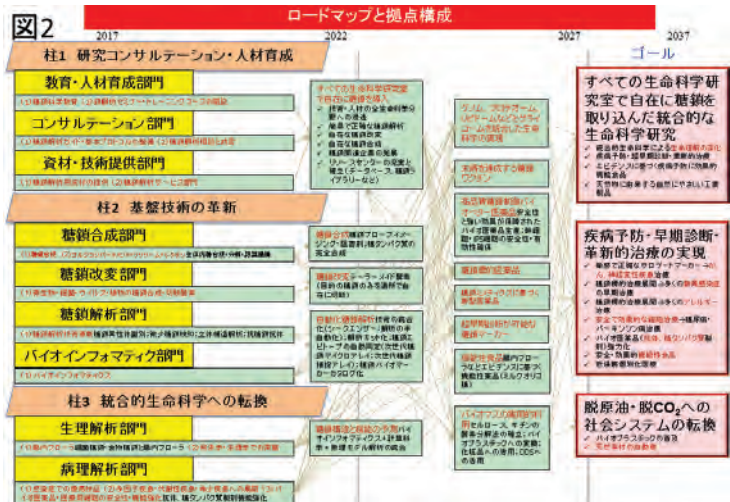


図2



的生命科学はがんなどさまざまな病的変化を鋭敏に捉えるマーカーの創出に貢献する。さらに未解決の疾病、例えば、筋ジストロフィーのような希少疾患、糖尿病などに代表される多因子疾患についても精確な診断と安全・効果的治療が開発される。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

米国ではNIHにより機能グライコミクス拠点形成が進められ、糖鎖がんマーカー、iPS細胞等の糖鎖マーカー開発の国策が進行している。さらに、2012年にアカデミー諮問機関が糖鎖研究に関するレポートをまとめ、国家的な支援体制の構築を謳い、2015年からさらなる大型研究費投資が始まった。また、2016年1月のAMEDとNIHとの連携覚書締結に際しても、「NIHは、日本が世界に先駆けている糖鎖研究の分野での連携に強い関心を持っている」と報じられた。現在世界で使用されている標準的な糖鎖解析法は日本発であり、また60%以上の糖鎖遺伝子のクローニングやその機能解析が我が国の研究者によってなされており、糖鎖科学は我が国が世界をリードしてきた分野である。低分子医薬品分離キラル分離材料、ディスプレイ用トリアセチルセルロース薄膜等も、世界に誇れる日本の技術である。このリーダーとしての優位性を維持できる状況下、糖鎖科学を包含する統合的生命科学研究プラットフォームの推進は重要である。

⑤ 実施機関と実施体制

名古屋大学、自然科学研究機構、理化学研究所を3拠点とし、ヘッドクォーターを名古屋大学に置く。ロードマップ(図2)に示す3つの柱、9部門を設け、各部門には1~3研究室を置く。各研究室には2~3名の研究員を配置する。研究者の3割程度は糖鎖科学外の分野から招き、技術研究の革新を企図する。また、全国の特徴ある糖鎖研究室をブランチとして、その総力をヘッドクォーターに集約する。

ヘッドクォーターは、リーダーシップを発揮し厳格な進行管理を行う。外部委員を加えた成果評価を定期的に行い、全体のプランを柔軟かつ効果的にデザインする。各研究室はロードマップ(図2)に沿って各々のマイルストーンを含めた計画を提示する。研究室については、5年単位で厳しく見直し、3年目の中期評価を行い、細やかに指導する。

特に共同利用研究施設としての機能を有する岡崎市の自然科学研究機構に、「柱1 研究コンサルテーション・人材育成」の3部門を置く。さらに、同所には「柱2 基盤技術の革新」の4部門を置く。利用者はOne stopで技術相談ができる一方、研究技術の革新を各部門が日常的に切磋琢磨できる。名古屋大学と理化学研究所には「柱3 統合的生命科学への転換」2部門を置く。これらの部門は糖鎖機能の深掘りに注力する。

⑥ 所要経費

2017~2026年度:1,300,000千円/年x10年(予算内訳:人件費611,000千円、研究開発費564,000千円、運営費125,000千円)

2017年度初期投資:3,800,000千円(質量分析器(400,000千円)、NMR(3,000,000千円)、電子顕微鏡(400,000千円))

⑦ 年次計画

2017年度、3つの柱からなるプラットフォームのもと、下記部門を設置する(図2)。

「教育・人材育成部門」は、若手育成や産官学人的交流のプラットフォームとして機能する。糖鎖を知る研究者育成のために、高等教育活動を行う。他分野研究者・産業界・外国人研究者のために、糖鎖解析セミナー、トレーニングコースを開催する。「コンサルテーション部門」は糖鎖解析プロトコルの整備、糖鎖解析の助言を行う。「資材・技術提供部門」では糖鎖解析資材提供、受託解析を行う。以上を継続し、10年後を目処に、すべての研究室で容易に糖鎖解析ができ、ゲノミクスなどと統合した生命研究ができる時代を築く。

「糖鎖合成部門」では、分岐した糖鎖、長い糖鎖を平易に大量に化学合成できる技術革新を推進する。「糖鎖改変部門」は細胞上に完成した糖鎖を自在に改変する技術を開発する。そのために、まず基盤となる生体内での糖鎖生成・分解過程を完璧に理解し、微生物・植物などの糖鎖生成・分解過程から新たな知見を得る。これを、5年後完了を目指して進める。「糖鎖解析部門」では質量分析などによる微量糖鎖解析、NMR/X線による糖鎖立体構造解析の技術革新を行う。「バイオインフォマティクス部門」では現在推進しているJSTの統合データベースプロジェクトと連携して糖鎖情報を生命科学情報に統合し、糖鎖機能の予測可能な時代を拓く(図2)。

「生理解析部門」と「病理解析部門」では腸内フローラ、発生学・生理学、感染症、多因子疾患・代謝性疾患・希少疾患などを対象に糖鎖機能を掘り下げる。また、バイオ医薬品・細胞治療などの安全性と機能強化を図る技術開発を行う(図2)。

⑧ 社会的価値

「医療」「食品」「工学産業」に深遠な革新をもたらす。既述の治療、早期診断に加えて、iPS細胞等の細胞治療では、糖鎖が適切な細胞の規格化に決定的役割を果たし、糖尿病等に対して安全で効果的な細胞治療が可能となる。さらに、糖鎖改変は、タンパク質工学では不可能な100倍ものADCC活性を賦与したポテリジェント抗体や半減期を飛躍的に伸長したEPOなどを生んだ。今後さらにバイオ医薬品の品質管理と活性強化に糖鎖は重要となるであろう。機能性食品は統合的生命科学の進展(ミルクオリゴ糖の腸内細菌叢への影響などの研究)があっちはじめて安全で効果的なものに成長すると思われる。

糖鎖は地球上最多のバイオマス(セルロース:1兆トンの蓄積;キチン・キトサン:毎年1000億トン生産)でもある。微生物・植物酵素研究等による糖鎖研究基盤技術の革新は天然糖鎖の加工技術の革新に繋がる。例えば、上記天然素材から、鋼鉄の様に強く、ガラスの様に熱膨張が小さく、プラスチックの様に柔らかい素材の開発を通して天然素材による自動車が作られるであろう。

⑨ 本計画に関する連絡先

門松 健治(名古屋大学大学院医学系研究科)