

## ジオミクス創成：網羅的分子解析のための革新的分析技術開発による宇宙、地球、生命科学

## ① ビジョンの概要

人間社会を取り巻く全てを包括したシステムである【生態圏】における森羅万象を理解するには、構成する無数の原子・分子群の変化を総体的に捉える必要がある。その実現を目指した革新的分析技術開発を行い、生態圏の過去から現在までを包括的かつ系統的に理解する新たな学術【ジオミクス】(Geo+omics=GeoOMICS)を創成する。これにより気候変動・自然災害の予測や医療革新、生活の質の向上に寄与する。

## ② ビジョンの内容

人類にとって、「我々はどこから来たのか。我々は何者か。我々はどこへ行くのか。」(ゴーギャン)は、地球環境問題や世界規模の社会問題などの課題を抱える人間社会を将来にわたり持続的に発展させる上で、可及的速やかに取り組むべき大命題である。そのためには【生態圏】、すなわち、惑星間空間から、地球上の気圏、水圏、土壌圏、生物圏、人間圏、地球内部までを、網羅的・統合的に理解する必要がある。この生態圏を構成する物質は原子・分子の集合体であり、生態圏におけるあらゆる現象を理解するには、複雑に相互作用する無数の原子・分子群について、過去から現在、そして近未来までを時間軸にそって系統的かつ包括的に精査し、それらを空間的かつ時間的につなぐ必要がある。しかし現状では、各圏の原子・分子動態を包括的に理解する方法論が存在せず、その学術の構築が求められている。そこで我々は、生態圏に存在する分子を、総体として網羅的に解析(オミクス: omics)する「ジオミクス(Geo+omics=GeoOMICS)」を提唱し、「生態圏の未来はどうなっていくのか。」「生態圏と共存する、持続可能なより良い社会をどのように構築するのか。」という大命題を解決する学術を振興する。

このような新たな学術創成には、独創的かつ革新的な物質科学研究を推進する鍵となる計測技術の開発が必須となる。特に分子を同位体まで含めて網羅的に解析するオミクス研究において、質量分析をはじめとする最先端分子計測の技術革新が不可欠である。従来 of 学問分野の枠を超えて新たな技術開発を強力に推し進め、現在の様々な計測限界を突破することにより、20~30年後の社会を変革する学術振興をはかる。

## ③ 学術研究構想の名称

ジオミクス創成：網羅的分子解析のための革新的質量分析技術開発による宇宙、地球、生命科学

## ④ 学術研究構想の概要

高い測定感度・物質決定能力という優れた特性をもつ質量分析は、物理学、地球惑星科学、環境科学、化学、生命科学などで広く利用され、同位体を含め網羅解析するオミクス研究に不可欠な技術である。我が国には質量分析開発の長い歴史があり、大阪大学では1930年代後半に国内初の質量分析装置を開発して以来、マルチターン飛行時間型質量分析計『MUTLUM』のような世界に誇れる革新的な装置開発が継続的に行われてきた。

本構想の根幹となる「ジオミクス創成」には、独創的かつ革新的な物質科学研究を推進する鍵となる独自の計測技術と異分野融合が必要不可欠である。我々はこれまでに築き上げた質量分析技術をさらに進化させ、学術的に飛躍的な成果が期待できる高感度・高精度・高質量分解能を実現する。さらに誰もが簡便に高品質なデータを得られる可搬型装置の小型化、高信頼化を進める。これらと他のナノスケール分析や超高時間分解能分析、ビッグデータ解析等の最先端情報技術を組み合わせ、理学・工学・農学・医歯薬学のみならず、考古学・防災・まちづくり等を含む人文社会学まで幅広く展開する。そして人文・社会科学、生命科学、理工・工学の3分野を有機的に融合させてジオミクスを推進し、20~30年後の社会を変革する学術振興をはかる。

## ⑤ 学術的な意義

我が国の研究者が有する質量分析技術と、付随する試料サンプリング、前処理、分離、装置制御やデータ解析などの技術の結集により、各分野の研究者が思い描く「夢」を叶える機器が完成する。これにより世界に先駆けて新しいサイエンスで成果を出し、世界をリードしていくことが期待される。例えば、地球惑星科学分野では、日本に数多くある火山や活断層それぞれの同位体モニタリングが可能になる。これにより火山



図1 ジオミクスの概念図

噴火や地震、付随する各種現象への理解が進み、防災および社会の安全・安心への貢献が期待される。海洋資源探査もさらに高度化・緻密化し、我が国の死活問題である資源・エネルギー問題の解決に寄与できる可能性もある。また、小惑星探査機「はやぶさ1・2」、地球掘削船「ちきゅう」、南極探査など日本独自のサンプルリターン計画で得た貴重な試料を、日本独自の分析手法で高精度に分析することが可能となる。環境分野では、大気圏・土壌圏・水圏を巡る物質動態のリアルタイムかつ網羅的な解析が可能となり、地球規模の課題（地球温暖化、環境汚染等）に対し、将来予測と対処方確立が大いに期待される。医療分野では、診断精度の向上と迅速化による治療方針の明確化と早期の薬物療法の適正化、在院日数短縮や薬剤費低減を含む医療費抑制、さらには臨床現場即時検査（POCT）技術の革新による、予防医学や先制医療の革新が期待される。最終的には、各分野で得た革新技術とサイエンスを統合して人間活動をも内包する生態圏を網羅的に理解する新学術領域「生態圏惑星科学のジオミクス」を構築し、前述の命題「生態圏と共存する、持続可能なより良い社会をどのように構築するのか。」に挑み、その解を見出すことを目指している。

加えて、次世代の質量分析技術を担う人材を輩出することも、研究期間終了後に期待される成果として挙げられる。これは、日本のお家芸である「質量分析」を要とする本研究課題以外ではなし得ない人材育成であり、科学技術立国を掲げる我が国の科学政策の最重要課題の解決に寄与するものである。

#### ⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

現在、国内外の研究機関に質量分析装置が配備され重要なツールとなっているが、性能より使いやすさやスループットに軸足を置いた外国製の汎用装置が大勢を占めている。一方、我が国でも先端機器開発に投資されてはいるが、装置開発者と最先端サイエンスを追求する研究者の連携が希薄であり、研究者ニーズを踏まえない装置が開発されがちであった。本計画では、装置開発と計測現場の協働場において研究が行われるため、最先端研究を切り拓くために「真に求められている」装置を開発し、「これまで見ることはできなかったものを観る」ことを目指す点が最大の特徴である。

#### ⑦ 社会的価値

【国民の理解／知的価値】本計画は「宇宙・地球・生命という人類の好奇心（大命題）への挑戦」であり国民の理解は得られやすい。逆に、この人類古来の課題に実質的に切り込むには、本技術開発が不可欠である。

【経済的・産業的価値】開発した装置を実用化するなど、経済的・産業的な波及が期待される。今後の経済効果は、次世代シーケンサ開発ベンチャー企業の時価総額5兆円に匹敵する可能性もある。

【SDGsへの貢献等】本計画の技術は医療現場の疾病病態診断など生命科学分野に展開できる。（SDGs 3, 9, 12）

#### ⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール 最初の3年間は、質量分析装置研究開発コア拠点（大阪大学）で推進中の基礎技術開発をさらに発展させる。気圏（大阪大学、横浜市立大学）、水圏（北海道大学、鳥取環境大学）、地圏（東京大学、高知大学、名古屋大学）、土壌圏（北海道大学）、生物圏（京都大学）、人間圏（東北大学病院、九州大学、京都大学）を担う生態圏研究開発サテライト13拠点においては、生態圏を理解する「ジオミクス」に向けた予備的な実験・研究を、既存装置や市販装置を活用して進める。後半の7年間は、コア拠点と各サテライト拠点が連携し、装置開発（オンサイト環境計測用質量分析計、惑星探査用小型質量分析計、オンサイトに適したサンプリングや前処理など）を進め、開発された装置を活用して、前述の目標達成に向け研究を進める。

実施機関と実施体制 質量分析装置研究開発コアを1拠点、生態圏を構成する各圏研究開発サテライトを全国に13拠点設置する。イオン光学系は大阪大学でデザインし、試料に依存するサンプル処理部やイオン化部は地球化学会、質量分析学会に属する各機関が開発する。全国に張り巡らせたジオミクス拠点ネットワークと連携しながら全体として inclusive な研究体制を確立する。完成した新型装置は全国共同利用設備とし、地球惑星科学はじめ関連分野で広く享受するとともに、アナリティカル・テクニカルな知見も共有することで様々な科学分野の発展を支える「扇子の要」となる質量分析学コミュニティ全体の基盤向上に役立てる。

総経費 205億円（内訳）ジオミクス研究開発コアセンター：40億円、ジオミクス研究開発サテライト：10億円 x 13拠点、装置附帯設備の合計：10億円、新規建物：25億円

#### ⑨ 連絡先

豊田 岐聡（大阪大学大学院理学研究科附属フォアフロント研究センター）