

低温プラズマの学術とイノベーション推進のための研究戦略

① ビジョンの概要

低温プラズマ科学は、超低消費電力高機能半導体製造、環境・エネルギー、医療、農水産業、航空、宇宙開発など未来産業の学術基盤である。プラズマおよび物質との相互作用の学術的理解を基に超省エネ工程を実現、多様な分野融合による科学構築を推進し、新たな価値を創成し、社会システムの変革を目指す。(図1)

② ビジョンの内容

プラズマ科学はSDGsの「豊かで持続可能な社会」の実現に必要な革新をもたらす基盤学術である。本構想では低温プラズマ科学の深化と革新的技術の創出に取り組む。

最先端半導体デバイス製造プロセスは、Society5.0実現に必須である。デバイスの低消費電力化は進展しつつも、製造エネルギーは危機的に増大している。また、CO₂排出削減に革新的な省エネ技術が不可欠である。そのために、エネルギー消費に関する各種ラジカル生成、異常輸送現象、電子移動反応活性化など、未開拓領域の学術的理解と工学的制御方法を探索する。将来の量子コンピュータでの超高速アルゴリズム開発や機械学習に必須の高信頼性データ(EAD: Evaluated Authorized Dataset)の組織的な集積、国際連携のバーチャルラボ構築を行う。こうしたDX推進により2030年以降の研究を加速し超省エネ技術を実現する。グリーンエネルギー(Power-to-X)を稼働し、ネットゼロ化を2050年までに目指す。

③ 学術研究構想の名称

低温プラズマの学術とイノベーション推進のための研究戦略

④ 学術研究構想の概要

プラズマ科学は、核融合の「高温プラズマ」と産業応用の「低温プラズマ」に大別される。高温プラズマでは、水素同位体を使い、温度が約1億度の核融合発電を目指す。一方、低温プラズマは温度が室温から数百度の多様な化学種を有する。応用は大規模集積回路、機能材料の製造プロセスの他、水の浄化、CO₂分解、ウイルス滅菌などの環境応用など多岐で、この50年間に亘り様々な分野を支え発展させてきた。最近では、がん治療、再生医療、プラズマ農業など、既存分野で新たな価値を創造している。特に、SDGsの17目標の内、15に低温プラズマが関与し、波及効果が注目される。また、当分野の進展がIoT、AI、ロボット、DXを推進し、未来社会を拓く戦略的科学である。しかし、学術領域はプラズマエレクトロニクス、量子・電子工学、材料工学を始め、理工学領域全体にまたがり、その牽引には、人文社会学との融合や国際的に人材育成を推進する産学官連携の新たなスキームが必要である。本提案では、プラズマ誘起の非平衡物理化学反応のデータをプラズマインフォマティクスとして集積、体系化し、多様な変革システムを創成し、未来社会への羅針盤となる学術を構築する。

⑤ 学術的な意義

2050年を見据えた「豊かで持続可能な社会」実現のための技術革新、及びこれを支える学術基盤創成が必須で、工学が取り組むべき喫緊の課題である。低温プラズマ科学は低温プラズマの生成と制御、低温プラズマ中で生成された荷電粒子を含む化学種と物質の相互作用に関する学術であり、多様な物質(気体、固体、液体、生体ほか)を対象とすることで学術領域や応用分野が益々広がっている。これらの発展には、低温プラズマ誘起の非平衡物理化学の解明と高度な制御が不可欠である。本構想では、プラズマと物



図1 低温プラズマの学術とイノベーション推進のための研究戦略の全体像

質との相互作用が創出する「非平衡・物理化学反応場」において、1) 反応活性種生成、2) 表面反応、3) 選択反応・自己組織化、4) 共通基盤技術(時空間計測技術、シミュレーション)、5) 原子分子素過程・表面反応基礎データベースの集積、を通して、学術としての「低温プラズマ科学」の体系化と深化を進める。これらは各種応用の鍵となる学術基盤であり、未来社会技術の創生を支える。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

SDGs に関する研究が全世界で推進されている。多くは大気圧プラズマや液体関与プラズマ技術の社会実装が期待される。半導体デバイス製造の減圧プラズマも、環境負荷低減への研究開発投資が本格化した。インテルのグリーンボンド発行や米国予算の先端製造技術への投資に表れている。我が国ではマスタープラン2020により産官学連携による先導的研究が推進された。本構想は、次段階である社会実装を進め、人文科学者や市民の意見も加え、社会の大変革をもたらすものと位置付ける。

⑦ 社会的価値

低温プラズマ科学技術は、持続可能で安全安心な未来社会の創造に必須である。IT の高度化や省エネ化、CO₂の資源化などの環境負荷の低減、環境浄化、エネルギー、医療、農水産業など持続可能で安全安心な社会の実現に不可欠である。国力を高めるイノベーション創生の土壌や、人材育成の環境としても価値が高い。

⑧ 実施計画等について

<実施計画> 領域(1) 低温プラズマ科学、(2) バイオ、(3) グリーン DX、(4) 半導体プロセス、(5) 航空・宇宙を設定し、社会学者とも協働、新たな学術基盤を構築し、新価値創成に取り組む。(図2)

2025 年～2030 年 世界を先導する低温プラズマの計測手法と装置を開発する。各機関の研究者が遠隔利用するシステムを整備し、自動データ取得を進め、高信頼データを大規模に蓄積する。AI 解析で信頼度を高め、モデリングを高精度化し、仮想実験を可能にする。

2030 年～2035 年 国際共同活動を推進し、文科省国際共同利用・共同研究拠点としての認定を目指す。国際標準データ蓄積、オープンデータベース構築、人材育成に注力する。

Society5.0 実現に向け、革新的半導体プロセス技術の創出、製造の省エネ化 30%削減(2020 年比)を目標とする。

2035 年以降 プラズマによる発芽や成長促進からプラズマ食料増産システムで 2040 年に 30%増産(2020 年比)、プラズマ照射液による細胞再生、がん細胞選択死の発見から、難病治療、副作用のない薬など、未来医療の構築(2060 年)を目指す。

<実施機関> 名古屋大学低温プラズマ科学研究センター(2019 年より文科省・全国共同利用・共同研究拠点「低温プラズマ科学研究拠点」に認定(以下、共共拠点))を中心に、5 大学(九州、東北、東京、岐阜、滋賀県立)と自然科学研究機構の各関連センターと連携した「最先端プラズマ科学グローバルイノベーション拠点(PGI)」を構築する。共共拠点参画 27 機関、学術交流 29 機関及び産学官協働 40 社とネットワークを構築し、国際連携による低温プラズマ科学の世界一の研究機能を有する体制を構築する。

本 PGI では学生や一般・シニアを含め、様々な分野の交流の場のプラズマソサエティ(2022 年 6 月発足)と連携、海外 29 校との学術交流、企業・研究機関 40 社との産学官連携を実施する。

<所要経費> 前記 5 領域で 10000m² の環境整備に 60 億円(坪単価 60 万円)、職員・URA の雇用、装置群をネットワーク共有するインフラに 20 億円、運営費 80 億円とし、10 年間の総経費は総額 160 億円である。

⑨ 連絡先

堀 勝(名古屋大学)

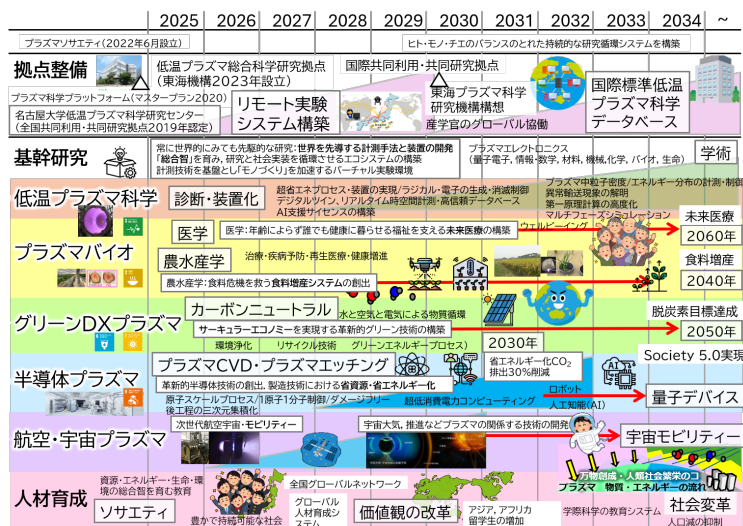


図2 拠点のロードマップ：注力する機関研究分野と拠点整備