

普遍的価値と集合的記憶を踏まえた国際和解学の探究



研究代表者	早稲田大学・政治経済学術院・教授 浅野 豊美 (あさの とよみ) 研究者番号：60308244
研究課題 情報	課題番号：23K20033 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：ナショナリズム、和解、人権、集合的記憶、感情

この国際共同研究の重要性・面白さは何か（研究の目的と意義）

● **集合的記憶と普遍的価値のダイナミズムを読み解く**
東アジアにおいては、経済発展による民主化が成功しても、なお歴史をめぐる紛争はやまない。それどころか悪化することさえある。世界でも大衆に支持される紛争は拡大しつつある。それは、これまで国際関係学において主権の主体とされてきた「国民」という集団が共有し、その集団を構成する要素（集合的記憶・感情・価値）を検証する理論の必要性を示唆している。豊かさを手に入れた東アジアをヒントに、現在の政治の紛争において、国内のポピュリズム・ナショナリズムに内在する紛争原因を、国内世界と国際政治という分析レベルの境界を超えて検証する必要がある。

● **さまざまな「和解」を意識した集合的記憶の力学を諸学に織り込む**
「和解」とは、個人や集団などの主体を構成する要素が、相互的なコミュニケーション・対話のもとで変容するプロセス、そしてそれと並行して新たな関係が育まれる行為そのものである。しかし、そうした和解は、常に「現実界」での財の配分・そして労働と生産活動にさらされ、他方、制度や団体など重層的社会の中で公共財の創出や配分を意味づける「象徴界」を介して展開される。現実界と象徴界という心理学から流用した概念を使いながら、集合的記憶と感情を社会科学の土台に接合し、行為や意味をめぐる紛争を、三つのレイヤーで深く思考できる研究者を育成する。



図1 記憶研究の重要性を考えるキャロル・グラック教授（2022年）

● **国際和解学会との連携、アジェンダセッティングのできる人材の育成による、高い社会的波及効果**

アカデミア方面において、英語で発信能力のある人材を育成する。代表者も発起人となった国際和解学会の Journal of Reconciliation Studiesは、紛争予防、紛争変革、紛争解決のための関係的、つまり感情的・認知的側面に重点を置く。英国のケンブリッジ大学、米国のジョージ・メイソン大学、ドイツのイェーナ大学と連携しながら、国際共同研究を組織し得る能力、英語での発信能力のある若手研究者を育成する。その延長に、集合的記憶と絡まる和解を国際社会でのアジェンダとして設定できる人材育成にも貢献する。つまり、研究を土台として、国際機関やNPOなどの実務分野でリーダーシップを発揮する道もあり得る。普遍的価値と国民的な集合的記憶をめぐる紛争に、しなやかな感性を持って取り組める人材を育成する。

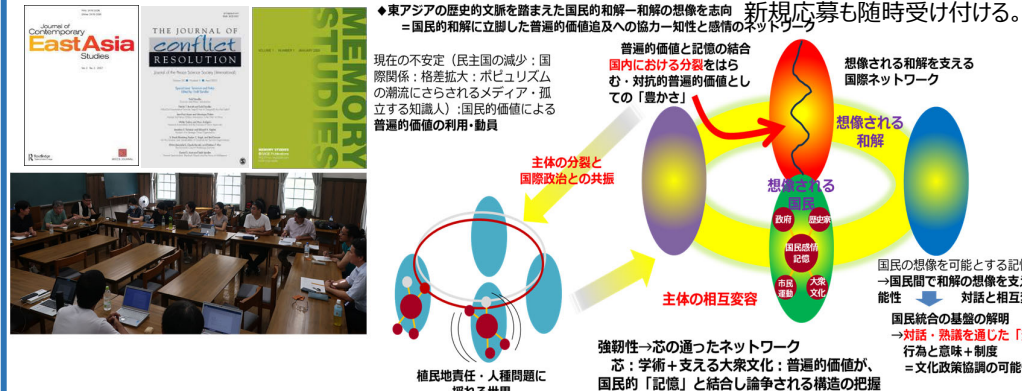


図2 育成される知的共同体による国際和解への貢献——分裂と変容の力学解明

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

- **早稲田大学地域地域間研究機構・国際和解学研究所を中心とする若手研究者のグループ**
 - ・日本側の研究チームの若手研究協力者は1～3年の間、海外のケンブリッジ大学、イェーナ大学、ジョージ・メイソン大学における以下の海外研究協力者、及び、そのもとにある若手研究者と連携して、国際共同研究を推進していく。
 - ・ **Karina V. Korostelina教授（ジョージ・メイソン大学）**はウクライナ出身・アメリカ在住30年の経歴を有し、2018年以降、和解学創成プロジェクトに海外研究協力者として貢献してきた。彼女はアイデンティティ論の観点から紛争と和解を専門とする。従来のナショナリズム研究および紛争解決学を、本プロジェクトで探求する国際和解学へと繋ぐ問題意識を共有する。
 - ・ **Barak Kushner教授（ケンブリッジ大学）**は、すでに数年前から訪問教授として早稲田大学夏期集中講義（東アジアにおける戦争裁判と正義の問題）を担当し、哲学・思想・移行期正義・性暴力と多岐に亘るテーマに地域研究的考察を行っている。
 - ・ **Martin Leiner教授（フリードリッヒシュー・イェーナ大学）**は、共に国際和解学会を組織し、現在同学会の会長を務める。ドイツ・日本・米国・ルワンダでの4つの世界大会を開催してきた。その本部を支える和解学センターを同大学で世界最初に発足させ、南米・中東・アフリカ・北欧・中東欧から毎年研究者を受け入れ、活発に活動している。

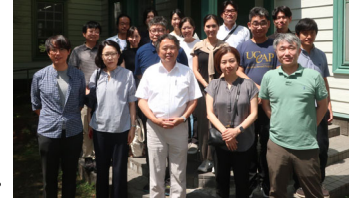


図3 研究会での集合写真（グリーンハウス前）

どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

- **多様な分野の若手研究者と共通の手法・問題意識**
政治学・歴史学・国際関係学に加え、人間の内面やモラル・規範・価値の問題を細密に扱う哲学・思想・心理学研究者、それに社会とのインターフェースとなる教育学研究者、さらに地域研究者・人類学研究者などが参加する。
- **感情的問題群から5班を構成、3つの分析レイヤー—哲学班**
比較と学際的アプローチで、グローバルに国際和解学を発展させる。哲学的心理学的整理により、感情的紛争を呼び起こす5争点と、青、緑、赤で示される3つの分析レベル意識、記憶や感情の対立する「紛争と分裂」、他方の「変容と和解」、両極のダイナミズムを、共通の枠組みで議論。
- **5研究班での連携・継続的議論と在外研究・夏合宿**
1人2つの研究班に所属し、チームとしての一体性を高める。著名講師を招き夏合宿開催。在外研究にジョージ・メイソン大学に18名、ケンブリッジ大学に17名、イェーナ大学に6名の若手研究者を1-2年の期間派遣見込み。次席研究員6-8名、RA 10名程度を雇用予定。

図4 集合的記憶・価値・感情へのアプローチ

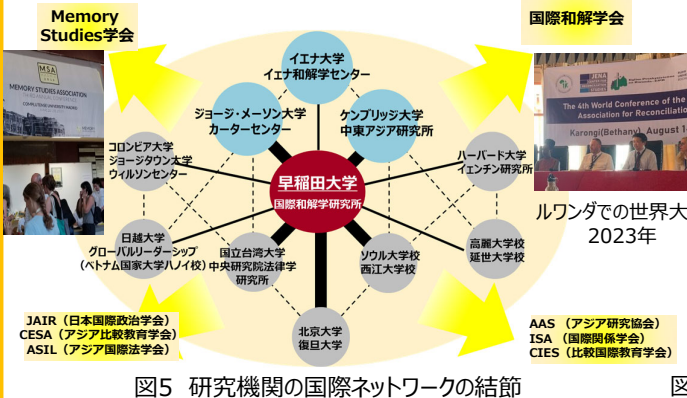
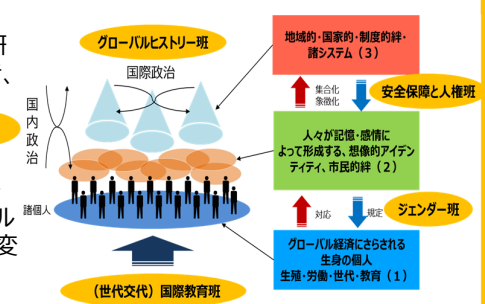



図5 研究機関の国際ネットワークの結節

Present Position	2024	25	26	27	28	29
Waseda Univ. DC	9					
Doshisha Univ. DC	9					
Yasuda Univ. DC			J	C		
Yasuda Univ. DC						C
Tokyo Univ. DC						
High School Instructor			G			
Kyoto Univ. DC						
Osaka Univ. DC						
Tsukuba Univ. DC					G	
Waseda Univ. Asst. Prof.						
Osaka Univ. DC						
Doshisha Univ. DC						
ASPC PD Fellow						
Yasuda Univ. DC						
Part-Time Lecturer						
Waseda Univ. DC						

C: Cambridge G: George Mason J: Jena

図6 若手研究者の海外への派遣計画

カーボンニュートラルを志向した作動状態解析に基づく固体触媒設計

	研究代表者	東北大学・大学院工学研究科・教授 富重 圭一（とみしげ けいいち） 研究者番号：50262051
	研究課題情報	課題番号：23K20034 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：カーボンニュートラル、二酸化炭素、バイオマス、触媒、作動状態解析

この国際共同研究の重要性・面白さは何か（研究の目的と意義）

地球温暖化の最大の要因は、化石資源（石炭、石油、天然ガス）の使用に伴って発生する二酸化炭素であるため、カーボンニュートラル（以下CN）の実現には脱化石資源が不可欠である。脱化石資源のためのコンセプトを図1に示す。これまで液体燃料や化学品中の炭素のほとんどを石油に依存してきた。そのため、この炭素源を化石資源以外から供給することは電力以上に大きなイノベーションを必要とする。脱化石資源は、この炭素源を石油などの化石資源から、二酸化炭素やバイオマスへとシフトさせることを意味する。しかし、この原料転換は、変換方法の転換を意味している。すなわち、石油系の原料を用いた従来の化学品製造プロセスは、酸化や水合といった酸素原子を原料炭化水素に導入する方法で含酸素化学品を合成するため、酸化反応などが主として用いられてきた。しかし、バイオマスや二酸化炭素を原料として用いる場合には、酸素原子を多く含む化合物から酸素含有量を下げる還元反応が主として用いられることになる。これは、原料転換により、キーとなる化学反応が酸化反応から還元反応に、すなわち、完全に「逆方向」の反応になることを意味する。これは、従来型プロセスをそのまま用いることが非常に難しいことを示しており、燃料や化学品製造のCN実現に向けた大きなイノベーションが求められている本質であり、新しい触媒の開発がカギとなっている。そして、CN実現は世界共通のターゲットであり、2050年CN実現は、今の若手世代が担うことになる。そこで本国際先導研究を通じて、若手研究者を世界のトップレベル研究者のもとに派遣し、共同研究を展開することで触媒開発のエキスパートを育成することを目的とする。本研究では、二酸化炭素の還元的・非還元的変換、バイオマスの還元的・非還元的変換、という4つの変換のための固体触媒の開発を目的とする（図2）。

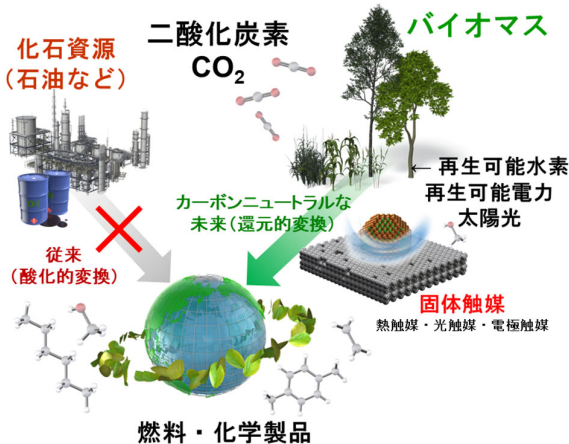


図1 二酸化炭素とバイオマスの触媒変換による脱化石資源化

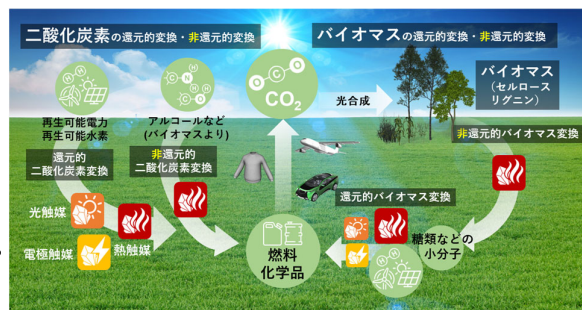


図2 二酸化炭素とバイオマスの還元的または非還元的触媒変換

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

二酸化炭素・バイオマス変換のための触媒開発において、極めて高い実績をもち、有望な触媒シーズや分析技術を持った国内の研究者が集結し、欧州、米国、アジアのトップレベル研究者のもとへ博士後期課程大学院生および博士研究員を派遣して、国際共同研究を実施し、CN実現に向けた高性能触媒の開発を加速させる（図3）。

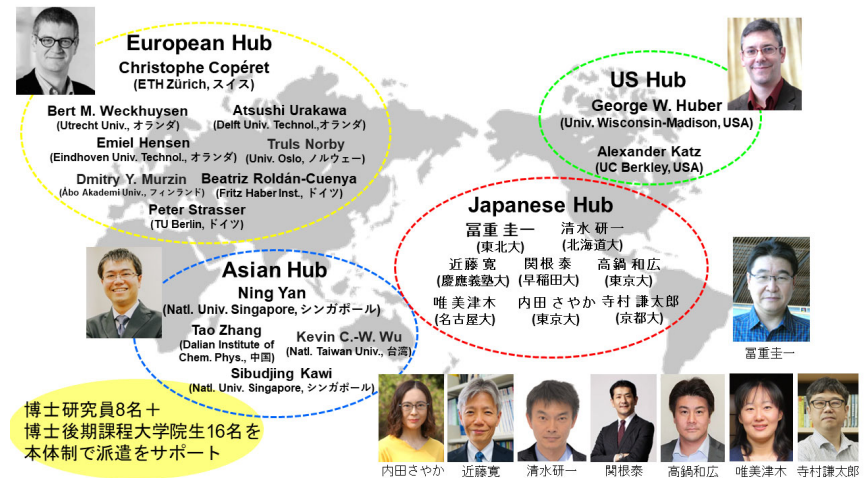


図3 カーボンニュートラルを志向した作動状態解析に基づく固体触媒設計のための国際共同研究体制

どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

カーボンニュートラル実現に向けて触媒開発が必要となり、それを担うエキスパートが求められる。重要な点として、触媒は反応進行（作動状態）中、加熱、光照射、電圧・電流、反応物質共存などにより、構造・状態が反応前と異なっていることが多い。そのため、作動状態での触媒構造解析を行い、それを踏まえた上で、さらなる高性能な触媒の開発を進める。具体的には、参画研究者がこれまで見出ししてきた触媒シーズについて最先端分光を駆使した作動状態の構造解析を行う（図4）。若手研究者（博士研究員8名＋博士後期課程大学院生16名）を派遣先し、海外研究者がそれぞれ独自に所有する解析アプローチを活用する経験を活かし、触媒開発のエキスパートへの若手研究者の成長が期待される。

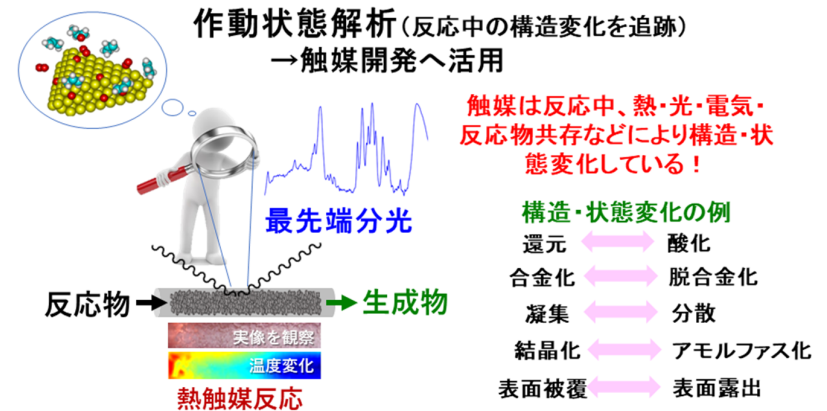



図4 触媒の作動状態解析のイメージ

超伝導工学・大規模数値計算・データ科学で解明する宇宙最初期の重元素生成過程

	研究代表者 河野 孝太郎 (この こうたろう) 研究者番号：80321587
	研究課題 情報 課題番号：23K20035 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：輝線強度マッピング、集積超伝導分光、疎性モデリング、深層学習、サブミリ波

この国際共同研究の重要性・面白さは何か（研究の目的と意義）

●本研究の背景：宇宙における隠された星形成活動

宇宙における星生成活動が、138億年の歴史の中で、いかに変化してきたか、また、その変遷を司る物理過程は何か、を理解することは、星の中で生成され私たちの世界と生命を構成するに至った元素や物質の起源を知るために極めて重要である。今や赤方偏移が10を超える初期宇宙での銀河の候補がハッブル宇宙望遠鏡やジェームズウェーブ宇宙望遠鏡による可視光から中間赤外線での観測により見出され、研究できる時代となった。一方、重元素からなる固体微粒子(ダスト)に隠された星生成活動を探るためには、アルマをはじめとするサブミリ波帯での観測が鍵となる。現在までのところ、個々に検出可能な明るい銀河の詳細な観測に基づく研究は劇的に進展している。しかし、より暗く、より多数存在する銀河、すなわち、より一般的・代表的な銀河において、こうしたダストに隠された星生成活動を広く探ることは、アルマをもってしても容易ではないことが明らかになってきた。このため、宇宙におけるダストに隠された星生成活動の重要性について、観測的な決着はいまだについていない。

●本研究の目的と意義：サブミリ波輝線強度マッピングで迫る重元素の生成集積過程と暗黒物質

この解決の決定打と期待されているのが、「輝線強度マッピング」と呼ばれる手法に基づく、ミリ波サブミリ波帯での広域分光撮像観測である。この手法では、個々の銀河を分解するのではなく、空間方向・奥行き（赤方偏移）方向に平均化した銀河からのスペクトル線の放射エネルギーを測定することにより、個別には検出が困難な、暗い銀河、すなわち、その時代における一般的で大多数を占める銀河の情報を、スペクトル線強度の揺らぎ（パワースペクトル）として得ることが出来る。本研究は、宇宙最初の約20億年（赤方偏移が約4から8の時代）の銀河における炭素イオンからの[C II] 158 μ m輝線に着目した輝線強度マッピングを行う(図1左)。その実現のため、大規模化に適した超伝導集積分光技術に基づく分光撮像カメラTIFUUNの開発(図1右上)と、その真価を十分に引き出すためのデータ科学を駆使した観測・解析手法(図1右下)の開発も行う。サブミリ波望遠鏡ASTEでの大規模観測により、宇宙最初の20億年における隠された星生成活動の全貌を明らかにすると共に、炭素をはじめとする重元素が、宇宙のいつの時代にどの程度集積されてきたか、明らかにする。提案する超伝導検出器技術とデータ科学的手法との融合によりもたらされる、より広く高感度な次世代輝線強度マッピング観測は、将来的には、酸素イオン [O III] 88 μ m輝線を活用して、さらに初期(宇宙再電離期より以前)の宇宙への観測的な手がかりを与えることにもつなげる。また、高赤方偏移宇宙における銀河の大域的な分布を探ることで、暗黒物質モデルや初期宇宙物理に新たな制限を与えるなど、宇宙論の重要課題に迫ることもできると期待されている。

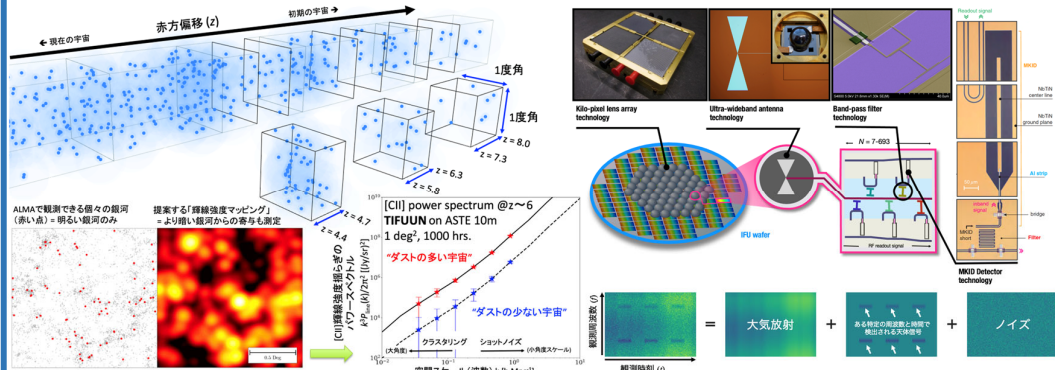


図1 輝線強度マッピング概要(左)・超伝導分光撮像カメラ(右上)・データ科学を使った大気放射分離(右下)

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

●超伝導ナノエレクトロニクス・数理科学・宇宙物理学および観測天文学をつなぐ国際共同研究

日本側は、アルマでの大型プログラムや炭素・酸素など重元素からのスペクトル線の観測および理論研究で世界第一線の業績を有するほか、データ科学と天文学との先駆的な融合研究を主導する数理科学の研究者、またサブミリ波観測装置開発で優れた実績を持つ工学部の研究者が参画する。世界に先駆けて集積超伝導分光技術を提唱し、天体信号の検出による実証を成功させたデルフト工科大学・オランダ宇宙研究所との長年にわたる国際共同研究をさらに強化・発展させる。加えて、輝線強度マッピングを含む理論研究及び観測とモデリングで国際的に知られた米国（ペンシルベニア大）とフランス（マルセイユ天体物理学研究所）の研究者が参画する。

●日欧での大型予算協力により実現する次世代のサブミリ波分光撮像カメラTIFUUNの開発

集積超伝導分光器をアレイ化しサブミリ波帯分光撮像カメラTIFUUNの実現に向けた開発研究予算がオランダ側で獲得されている。本研究で雇用される優秀な若手研究者や大学院生が、この貴重な次世代大型装置の開発に初期段階から参画できる。メキシコの大型ミリ波望遠鏡LMTを活用した観測研究・若手育成なども行う。

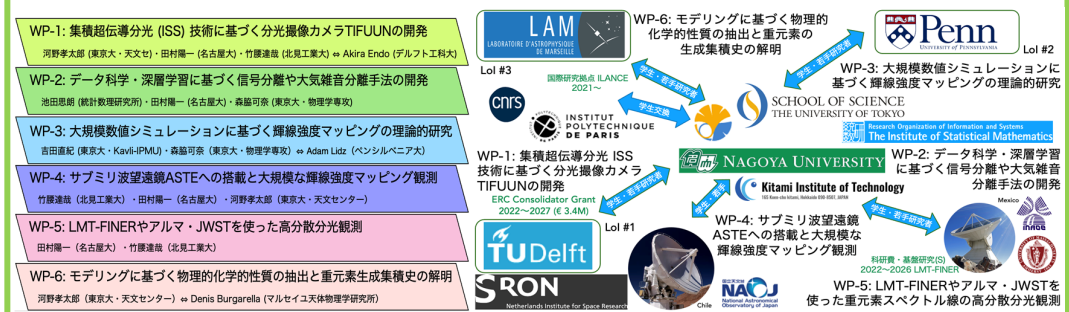


図2 研究項目とその実行体制(左)及び国際共同研究体制(右)

どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

大学院生および若手研究者、合計約20名が本計画に参画する（研究開始時点）。これに加え、CNRSと東大が設置した国際共同研究拠点等も活用して毎年数名の海外留学生・若手研究者も受け入れる予定である。人材育成計画の特色、また大学院生・若手研究者からみた魅力は、以下のようにまとめられる。

●多様な分野のエキスパートとの国際共同研究による幅広い視野の獲得・境界領域への挑戦

観測天文学・理論宇宙物理学の研究者、天文学との分野融合を主導するデータ科学分野の研究者、また光学や超伝導デバイスとそのデータの扱いに精通する工学部の研究者など、多様な分野のエキスパートが集う国際共同研究への参画を通して、幅広い人脈形成はもちろん、分野横断的な視野の獲得、ひいては境界領域への挑戦の機会が豊富に得られる。これまでに進めてきた分野連携・分野融合での研究、たとえばスパースモデリングを活用した大気雑音と天体信号の新しい分離手法、また、深層学習を用いた前景天体からの混入輝線情報の新しい分離手法など、更なる発展・展開が期待される具体的なテーマも多い。

●腰を据え自由な発想で研究に取り組むことのできる環境の提供

最長6年に及ぶ任期で、各分野のエキスパートと腰を据えて国際共同研究に取り組むことのできる特任助教ポストが用意される。研究のフェーズに応じて、短期から長期まで、必要な海外研究機関渡航・滞在を支援する。また、将来に向けた鍵となる超伝導技術やデータ科学のスキルを、より高い自由度で習得し、研究に取り組みやすくする。たとえば極低温冷却システムや関連計測器の整備などにより、大学院生・若手研究者が、他のプロジェクトの都合などに気兼ねすることなく、自由な発想で存分に実験できる環境を提供する。


●海外での活躍を後押しするキャリア・セミナーの実施

本研究に参画するデルフト工科大学の遠藤光博士らを講師として、海外で活躍し研究拠点を築くまでの貴重な経験を若手に直接伝えるキャリア・セミナーを実施する。学生を指導する教員にも、海外機関に向けた有効な推薦書の書き方など、若手の海外での活躍を後押しするセミナーを行う。

●超伝導チュートリアル・データ科学チュートリアルの実施

本研究に興味を持つ大学院生・若手研究者への導入となるチュートリアルを実施する。量子科学人材・データ科学人材の育成や分野を超えた若手人材交流にも貢献する。

デトネーションエンジンの物理解明：宇宙飛行実証国際共同研究

	研究代表者	名古屋大学・未来材料・システム研究所・教授 笠原 次郎 (かさはら じろう) 研究者番号：60312435
	研究課題情報	課題番号：23K20036 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：デトネーションエンジン、推進工学、航空宇宙工学、観測ロケット、デトネーション

この国際共同研究の重要性・面白さは何か（研究の目的と意義）

● 斬新なデトネーションエンジンの要素・システム・フライト研究で世界を先導

回転デトネーションエンジンは、極めて高い周波数（1～100kHz以上）でデトネーション波を発生させることが可能になりつつあり、宇宙用高性能軽量エンジンとして、実用化を視野に入れた研究が日欧米、アジアで活発である。2021年7月27日には、JAXA宇宙科学研究所の観測ロケットS-520-31号機を用いて、本研究グループはデトネーションエンジンシステムの世界初の宇宙飛行実証試験に成功した（図1）。本研究グループは、デトネーションエンジン研究分野で世界を牽引している。しかしながら、本研究グループの飛行実験の影響によって、他研究グループの追い上げは苛烈を極めており、本研究グループは世界トップの座を奪われかねない。本申請グループが生き残るためには、米国（Purdue大：先導的PGCガスタービン研究を実施）、欧州（ベルリン工科大：先導的PGC解析研究を実施）と国際共同研究で強く連携し、より斬新な研究を展開するとともに、志ある若手の育成を行う必要がある。

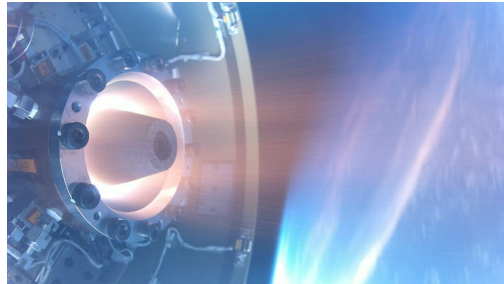


図1 世界初のデトネーションエンジンの宇宙での作動の様子（観測ロケットS-520-31号機実験）

本研究では、回転デトネーションエンジンの主要課題（動的な回転デトネーションエンジン、液体推進剤回転デトネーションエンジン、システムインテグレーション、宇宙飛行実証）の研究を実施し、その主要物理を解明する。

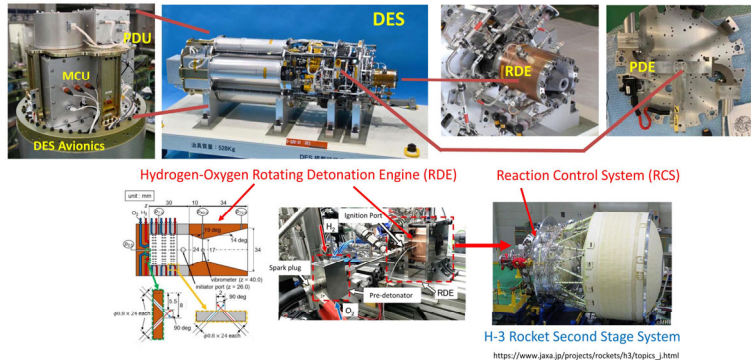


図2 観測ロケットへのシステムインテグレーション（上）、H3での宇宙飛行実証（下）

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

● 20年かけて構築したデトネーションエンジン国際ネットワークを活用

回転デトネーションエンジンは、宇宙用高性能エンジンとして、実用化を視野に入れた研究が日欧米、アジアで活発である。2015年から、本研究グループと米国Purdue大をはじめとする多数の大学、ドイツベルリン工科大他でAIAA内にPressure Gain Combustion (PGC) 技術委員会を組織し、活発に研究を展開中である。本研究グループの成果は米国宇宙学会のYear in Review 2016、2017、2019、2021でPGC技術委員会を代表する実験写真として掲載されている（図3）。また、2018年には米国機械学会 Mechanical Engineering magazine で見聞き紹介されている。2021年7月27日には、JAXA宇宙科学研究所の観測ロケットS-520-31号機を用いて、本研究グループ（図4）はデトネーションエンジンシステムの世界初の宇宙飛行実証試験に成功し、5件の学会賞が授与され、8件の国際招待講演、8件の国内招待講演と多数の国内外の報道記事にて紹介されている。



図3 Aerospace America's Year in Review 2021

研究体制			
①動的Dynamic回転 デトネーションエンジン 実験 名大・Purdue U TU Berlin 数値解析所・大 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員	②液体推進剤回転 デトネーションエンジン 実験 名大・Purdue U TU Berlin 数値解析所・大 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員	③観測ロケット 実験 名大・Purdue U TU Berlin 数値解析所・大 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員	④H3・イソロン等 推進システム 実験 名大・Purdue U TU Berlin 数値解析所・大 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員 研究協力者：特任教員
共同研究・ワークショップ（半年毎）		S-520観測ロケット飛行実験WG	
MHI・Hitachi	Caltorch	JAXA研究本部	デトネーションエンジンWG
国際共同研究		観測ロケット軌道投入実証WG (JAXA宇宙研)	
<ul style="list-style-type: none"> • Caltech J. E. Shepherd 教授 • JAXA研究本部 川島博士、丹野博士、沖田ユウコ氏 • MHI 佐藤グループ長（社会人博士を派遣） • Hitachi 長尾博士、伊藤博士 		<ul style="list-style-type: none"> • 名大 菅原教授、松岡教授、川崎教授 • 慶大 松岡教授 • JAXA宇宙研 松岡教授、引生教授、山田(昭)教授、丸山教授、野内東教授、戸部教授、菅内教授、増田氏 • 室蘭工大 中田海教授、内海教授 • 広島大 滝澤教授、横田博士、石井教授 • 九州工大 北川進教授 • 埼玉工大 福地教授 	
AIAA 特別委員会ワークショップ		AIAA 特別委員会ワークショップ	
<ul style="list-style-type: none"> • NASA D. Pearson 博士 • GE V. Tangirala 博士 • Aereset Rocketdyne S. Clavin博士 • 研研工科大学 G. Zhou博士 • MBDA F. Faloutsos博士 • 慶山大学 J.-Y. Choi教授 • 中米工大 F. Lu教授、他（総数約50名程） 		<ul style="list-style-type: none"> • Purdue U • TU Berlin • 数値解析所・大 • 研究協力者：特任教員 • 研究協力者：特任教員 • 研究協力者：特任教員 • 研究協力者：特任教員 	

図4 本研究での国際共同研究体制

どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

● 日本(アジア)ー米国(北米)ードイツ(欧州)をコアにプロフェッショナルな若手コミュニティを育成

全期間を通じて、若手研究者を36名（特任助教3名、ポスドク3名、博士後期課程10名、博士前期課程の養成が20名）を育成する。博士後期課程の養成者の内5名は期間の後期では特任助教ないしはポスドクとして雇用する。全期間を通じて、3名の特任助教、3名のポスドクを雇用し、日本（名大、慶應大、JAXA、室蘭工大）、米国（Purdue大（図5））、ドイツ（ベルリン工科大（図6））へ【常時各国1名以上滞在】させる。基本的に、本研究内容を各機関の特性を生かしながら実施する。

以下の(1)～(8)を実施し、国際的なプロフェッショナルなコミュニティを先導する。(1)AIAA Short Course (Pressure Gain Combustion)の受講、(2)AIAA SciTechへの参加・発表、(3) IWDP/ICVDCWへの参加・発表、(4) Marie Curie Innovative Training Network INSPIREの若手研究者と交流する。(5)Detonation Young Researcher Forumへの参加・発表、(6)日本のデトネーション研究会若手夏の学校を運営し国際フォーラム化、(7)ICDERS(2029年に日本開催誘致中)への参加・発表、(8)国際燃焼シンポジウムに参加・発表を行う。

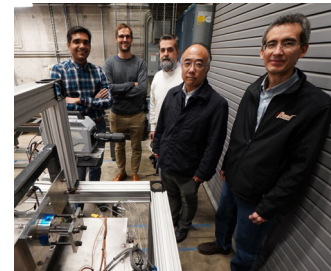



図5 Purdue大での国際共同研究推進



図6 ベルリン工科大でのIWDP/ICVDCW2022

変形機構の高次制御による超高強度・高延性金属の創成：実験+計算二刀流人材の育成

	研究代表者 辻 伸泰 (つじ のぶひろ) 研究者番号：30263213
	研究課題 情報 課題番号：23K20037 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：金属、超高強度、ナノ組織制御、変形機構、変形理論、原子シミュレーション

この国際共同研究の重要性・面白さは何か (研究の目的と意義)

●本研究の背景と目的

金属は、工業材料の中で唯一、高い強度 (つよさ) と大きな延性・靱性 (ねばさ) を併せ持つことから、力学機能を担う安全な構造材料として社会で幅広く用いられている。建築構造物の巨大化やカーボンニュートラルを旨とした輸送機器の軽量化などを背景に、金属には従来の強度レベルをはるかに上回る超高強度化が近年求められている (図1)。一方で、災害・事故時の安全性を確保するために「ねばさ」も重要であるが、一般にあらゆる材料は高強度化するほど延性・靱性が低下し、「つよさ」と「ねばさ」の両立は挑戦的な課題である。本研究では、金属・合金のナノ組織化を通じて超高強度と高延性・靱性の両立を実現することを目的とする。

●本研究の新しさ面白さ

金属材料は、原子が金属結合をして規則正しく配列した結晶構造を有する。しかし金属は原子が完全無欠に並んだ単一の結晶を構成しているわけではなく、種々の格子欠陥により構成される、数nm (ナノメートル=0.000000001メートル) から数十mmに及ぶスケールの様々な内部組織 (マイクロストラクチャ) を有する。研究代表者は、マイクロストラクチャの最も基本的な単位である結晶粒のサイズを1 μ m (マイクロメートル=1000nm) 以下に超微細化したバルクナノメタル (図2) に関する研究を長年行ってきた。そして、ある種の金属・合金のバルクナノメタルでは、高強度と大きな延性・靱性の両立が例外的に実現されることを見出した。これらバルクナノメタルでは、金属における通常の変形機構である転位すべりが抑制され、普通は生じない他の変形機構 (双晶変形、マルテンサイト変態など) が活性化されることも分かってきた。こうした新しい理解をもとに、本研究ではナノ組織化した金属の変形中に異なる変形機構 (素過程を) 順次活性化することによって、「つよさ」と「ねばさ」を両立した夢の構造用金属材料を実現する独自の戦略 (図3) を立てた。バルクナノメタルは従来金属より高い強度を示すとはいえ、理論的な理想強度の10分の1程度にまだとどまっている。世界をリードする研究者からなる国際チームが最先端の実験技術と計算手法を用いて変形機構の活性化や強度・延性への影響などを原子スケールで解明し、理想強度に迫る超高強度と高延性・靱性を両立した金属・合金の設計原理を獲得することを目標として、本研究を遂行する。



図1 構造物の巨大化、軽量化と安全性確保の要求

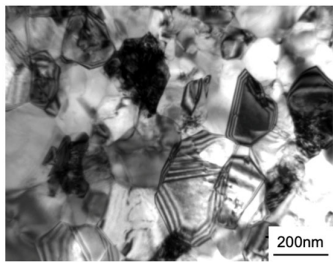


図2 バルクナノメタルの組織例 (透過電子顕微鏡像)

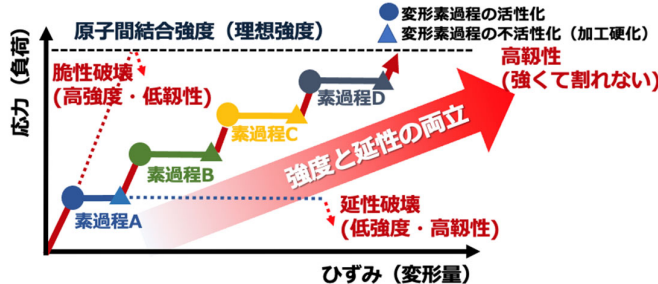


図3 超高強度と高延性・靱性両立の戦略

誰がこの国際共同研究を行うのか (優れたグループによる国際共同研究体制)

本計画の国際共同研究体制を図4に示す。京都大学・辻研究室、大阪大学・尾方研究室、米国・カリフォルニア大学バークレイ校・A.Minor研究室、米国・マサチューセッツ工科大学・J.Li研究室、フランス・リオン大学・D.Rodney研究室、中国・重慶大学・X.Huang研究室が一体となり、強い連携のもとで実験と計算の両面にわたって目標達成のための先導的な国際共同研究を遂行する。各研究室を率いる研究者は、いずれも多数のTop 10%論文を継続的に発表するなど、金属材料科学をリードする国際的研究者である。辻研、Minor研、Huang研が最先端の材料創製プロセス、先端電子顕微鏡法によるマイクロストラクチャ観察・解析、最先端の変形解析手法などを提供して実験研究を遂行し、尾方研、Li研、Rodney研が最先端の力学変形理論、転位論、第一原理計算、原子スケール分子動力学計算などの手法を提供して計算研究を遂行する。本研究を主体的に担うのは、博士課程学生、ポスドク研究者などの若手研究者たちである。若手研究者たちには実験研究と計算研究の両方を日本と海外で経験してもらい、材料科学の未来を担う実験・計算二刀流人材を輩出して行く。

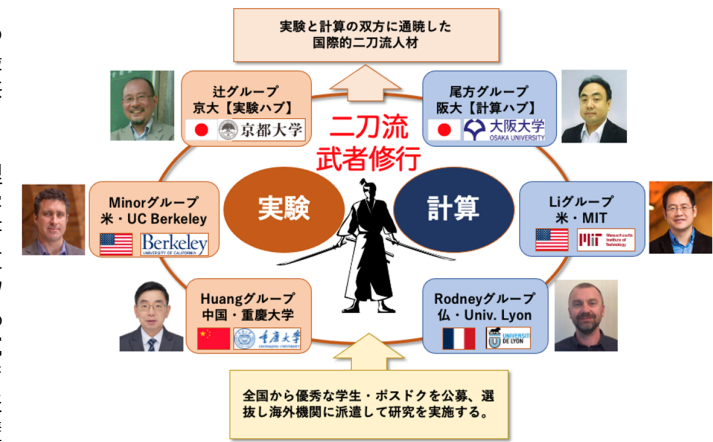


図4 本計画の国際共同研究体制

どのように将来を担う研究者を育成するのか (人材育成計画の内容)

●実験・計算二刀流人材の育成

本国際先導研究の重要な目的は、前述の課題に関する国際共同研究を通じて次世代を担う材料研究者を育成することである。特に本計画では、実験と計算の両方に通じた「二刀流人材」を育成する。米国のメジャーリーグで大谷翔平選手が投手および打者の二刀流選手として優れた成績を挙げてベースボールの常識を変えたように、本計画で養成された二刀流人材が、金属材料科学の常識を変えていくことを期待している。図5に、博士学生 (DCコース)、ポスドク (PDコース) のプログラム概要を示す。博士課程学生およびポスドクを日本国内の大学・機関から広く公募し、公平な審査によって選抜して、海外研究機関に長期間派遣し、本課題に関する共同研究を遂行する。選抜された若手研究者を、実験および計算の両サイトに派遣し、それぞれの研究を経験させて様々な二刀流人材を育成する。研究テーマに応じて図4に示した海外4研究室以外にも派遣先を広げ、また辻研・尾方研以外の学生等の指導教員も本プログラムのメンターとして加わっていただき、二刀流育成コンソーシアムを徐々に拡大して行く。博士学生の海外滞在期間は数ヶ月～2年間、ポスドクは2～3年間とし、本プログラムの6.5年間の研究機関に、博士学生・ポスドクをそれぞれ12名以上海外に派遣することを計画している。

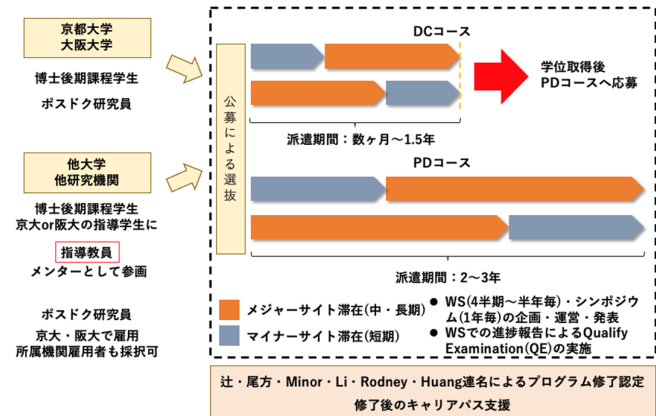


図5 実験+計算二刀流人材養成海外派遣プログラムの概要

パワーレーザー極限状態の固体とプラズマにおける物質と場の構造変化に関する学理探究



研究代表者	大阪大学・レーザー科学研究所・所長/工学研究科・教授 兒玉 了祐 (こだま りょうすけ) 研究者番号：80211902
研究課題情報	課題番号：23K20038 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：パワーレーザー、高エネルギー密度状態、非平衡状態、構造変化、エネルギー散逸機構

この国際共同研究の重要性・面白さは何か（研究の目的と意義）

パワーレーザー光を髪の毛の半分程度の小さな領域に集めると、瞬間的（ 10^{-9} ～ 12 秒程度）に10万～1千万気圧の固体や1千万～数億気圧のプラズマ状態のような極限状態を地上に創り出すことができる。その結果、レーザーにより生成される高いエネルギー密度状態は、比較的小さなエネルギーで恒星や巨大惑星内部の物質状態や超新星爆発の物理を理解することなどに役立っている。また、この高エネルギー密度状態の理解は、レーザー加工やレーザーピーニングなどの産業応用や、超小型加速器や核融合などの先進的な技術開発に重要な物理課題となっている。このため、世界では、急速に進展しているパワーレーザー技術を駆使して、この学際的かつ多様な出口の可能性のある高エネルギー密度科学に関する研究が精力的に進められている。

この多様なテーマや出口に対して、現在、世界のほとんどの取り組みは、それぞれ出口に対応した独立のアプローチとなっている。これに対して、本計画では、高エネルギー密度状態の“もの”や“場”の構造変化に着目し、多様な状態に共通する一般性を明らかにし、学際分野における普遍性の探求に挑戦する。その結果、宇宙から物質材料まで幅広い極限的な高エネルギー密度状態の学理を探求できるとともに、応用技術の効率的な発展にもつながる。

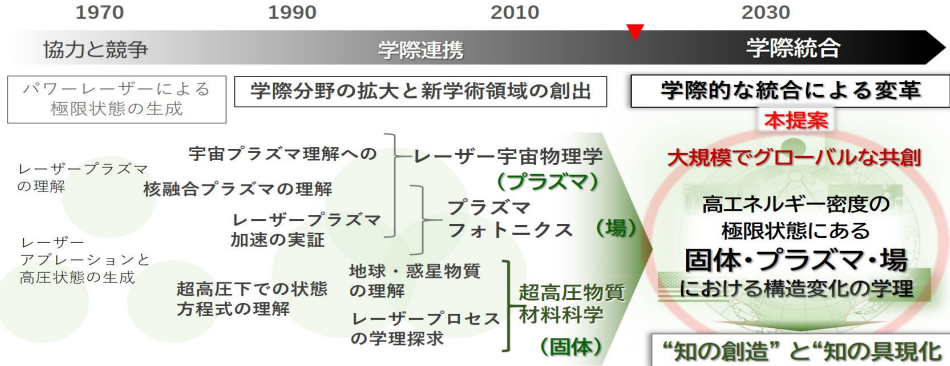


図1 学際連携から学際統合へ

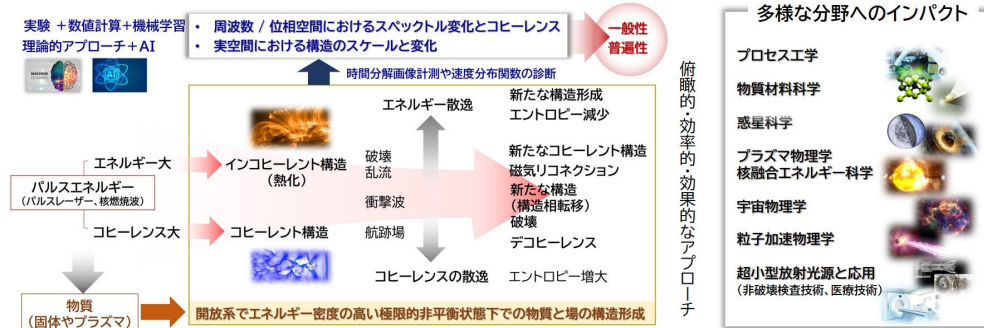


図2 多様な極限状態に共通する普遍性を探求した統合的な取り組み

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

高いエネルギー密度状態の3領域に対して、国際共同研究の経験が豊富な3人の分担者が、領域内並びに領域間の連携を推進・コーディネートする。各領域に2つの研究課題を設定し、中心となる若手グループリーダーが、他の若手研究者や大学院生と連携し国際共同研究を実施する。最終的に、3領域において実績ある研究代表者のもと、全ての参加者により、高エネルギー密度状態における物質と場の多様な構造変化の現象を議論し、その背後にある共通の物理を解明する。さらに、多様な状態を実現できる世界のパワーレーザー施設や研究者との連携が不可欠であるため、欧米の主要施設の長であり、各地域における国際的なネットワークの要である3名を、海外共同研究者としている。

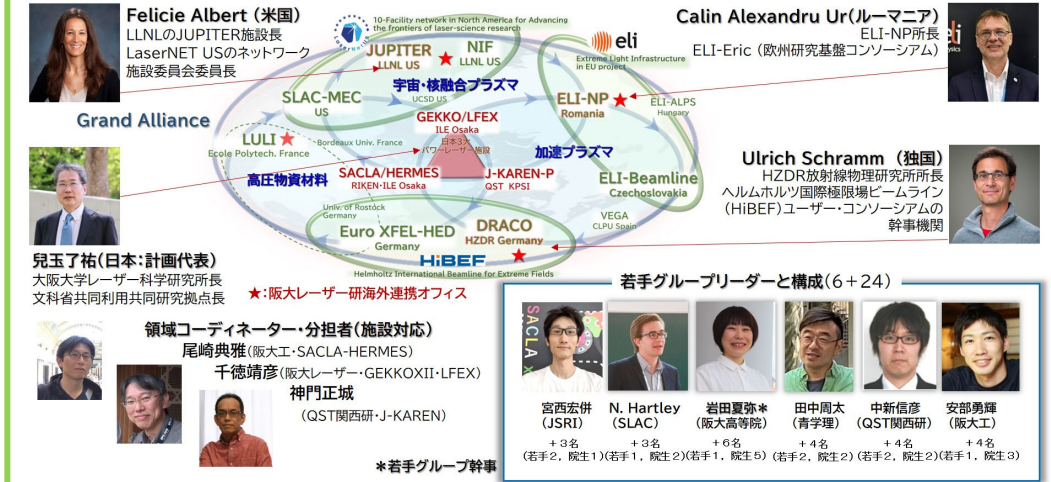



図3 国際ネットワークと研究体制

どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

- 概要
 - 若手研究者と大学院生が中心となったチームが、既存の国際連携ネットワークや連携オフィスを活用するとともに、より大規模なGrand Allianceを見据えた国際共同研究を主導する。
 - 多様な高エネルギー密度状態の物質や場における類似性や一般性を探求する独自の取り組みで世界を先導できる学術研究を推進する環境の下で、以下の人材育成計画を実施する。
- 若手研究者・院生派遣プログラム（Y2024-2029）
 - 若手研究者長期派遣計画（2年間）：毎年1名新規で2年
 - 博士後期課程学生の中期派遣計画（6ヶ月）：（院生1名、若手研究者3名）/年
 - 博士課程学生・若手研究者の短期派遣計画（3ヶ月）：（院生3名、若手研究者3名）/年
- 若手研究者の自立支援：TASUプログラム
 - 実践トレーニングプログラム（T）：海外で共同研究を実施する実践的な教育や国際共同研究の企画を支援し、競争的資金、外部資金、マシントime獲得のための提案書・申請書作成方法をトレーニング。
 - アカデミア・スタートアップ・プログラム（AS）：若手研究者や大学院生が、計画する国際共同研究をコンペ形式で選定し支援すると共に国際連携ネットワーク形成を支援する。
 - フロンティア・セミナーU30（U）：定期的な（月1回）遠隔国際連携セミナー並びに各年もしくは隔年にサマースクール、ウィンタースクールを開催する。
- その他の取り組み
 - 4つの海外連携オフィスを活用し、共同研究のコーディネート、現地生活支援、海外採用支援
 - 次世代の国際連携ネットワークの育成として、若手研究者を中心としたオールジャパンのネットワークを強化し、既存の米国、西欧、東欧、日本の地域ネットワークを結び新たな多国間グランドアライアンスを構築する。

先端材料化学と量子物性物理の融合による量子分子エレクトロニクスの創製

	研究代表者	九州大学・工学研究院・教授 安達 千波矢 (あだち ちはや) 研究者番号：30283245
	研究課題情報	課題番号：23K20039 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：量子分子エレクトロニクス、有機CT、ナノ分光計測、超高速分光

この国際共同研究の重要性・面白さは何か（研究の目的と意義）

●本国際共同研究が目指すところ

過去30年間において、有機エレクトロニクスはOLEDの実用化に牽引され、学理の深化と共に工業的にも大きな発展を遂げてきた。今後、OLEDの成功に引き続き、有機レーザー、有機太陽電池、有機トランジスタ、メモリ、熱電デバイス、超伝導素子などの多彩な有機デバイスの可能性の開拓が期待できる状況にある。同時に有機CTの学理においては、電荷移動、励起子生成、電荷分離、積層薄膜状態における電子分極からスピン状態制御まで、幅広い物性物理の深化と新分子の創製が期待できるステージにある。そして、有機CTはマクロなデバイス展開に加え、分子エレクトロニクスや量子エレクトロニクスの視点、さらには、有機分子が本質的に親和性の高い生体適合性などの視点から機能を再構築することで、斬新な切り口から次世代エレクトロニクスの発展をもたらすと期待される。すなわち、一時代を築いたOLEDを足がかりとし、更なる飛躍として、新しい有機分子による多種多様な新奇デバイスの創成に取り組むステージにきている。無限の分子設計を基礎とする有機エレクトロニクスは、分子集積化学等の先端材料化学との融合、ならびに、量子現象を基礎とした物性物理と融合した新たな研究学問領域の創成が期待されている。

本国際先導研究では、有機化学研究者と量子物性研究者を融合し、有機CTの科学技術の深化と次世代量子分子エレクトロニクスの創成を進める。本提案の第一の着目点は、CT現象を軸に、新しい発光分子の創製と発光デバイスへの応用、有機センシングデバイス、メモリ、熱電素子、超伝導等への展開、また、基礎的な視点から超高速分光、1分子計測技術等による分子の本質的な光電子物性の解明である。第二の着目点は、ウェアラブルデバイスや生体内への埋め込みなど、様々な環境下における有機デバイス（アンビエントエレクトロニクス）技術の本質的な確立である。有機デバイスは現在、水・酸素等の影響を完全に排除した厳密な環境が必要であるが、今後、その適用範囲を広げるためには、封止技術によらず、本質的に水・酸素等との親和性の高い材料・デバイスの構築が必須である。これが実現できれば、自然エネルギー・環境エネルギーで動作するデバイスや自己修復・回復の実現等により、メンテナンスフリーで長期間動作する低環境負荷のデバイス実現への可能性が広がる。これらの研究を通して、既存の有機エレクトロニクスの研究分野を一段高め、量子分子エレクトロニクスへと研究分野を発展させて行く。



図1 本研究が目指す量子分子エレクトロニクスの研究全体像

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

●先端材料化学と量子物性の融合

九大の安達らはTADF-OLEDの開拓によって有機CTの新基軸を開拓してきた。恩田らは超高速分光技術による分子の緩和ダイナミクスの研究において、理研の金らはSTMによる1分子計測による分光から、京大の畠山らはBN化合物の分子設計に取り組み、多重共鳴材料の創出に成功し、分子レベルでの多彩なCT状態の可能性を切り拓いてきた。これらの先進的な研究成果を基礎に、量子物性で世界をリードしている物性研究と有機分子設計・合成グループを融合し、次世代の量子分子エレクトロニクス(QME)を開拓して行く。海外研究チームとは、様々な量子現象を核とした物性を中心に据え、革新的な有機材料の創製によって新奇量子デバイスの創出を目指す。先端OLED (St. Andrews大)、低閾値有機レーザー (Paris13大、U. Queensland大)、ポラリトンレーザー (Montreal理工大)をはじめ、メモリデバイス、熱電デバイス、有機超伝導 (St. Andrews大)、有機量子センシング、量子ビット、超伝導デバイスなどの課題を通して、分子レベル、量子レベルで有機CT学理の深化を同時に進める。所望のデバイス機能を発現させるために、有機分子の多様な分子構造の検討が必須であり、超分子 (CNRS)、多重共鳴材料 (京大)等の多彩な分子骨格の検討を進める。また、AI、MI分子設計もToronto大、香港城市大学と連携して、網羅的な分子骨格の検討を進める体制を構築する。



図2 国際共同研究体制図


どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

本プロジェクトでは、11名の研究代表者・分担者に加え、ポスドクが8名、大学院生が10名程度参加する予定である。材料化学と物性物理の研究者をグローバルに組織化することで、異分野の視点から統合的にQMEの研究開発を推進できる大学院生・若手研究者の育成を進めて行く。特に光・電子機能材料化学を専攻する有機化学系と量子物性物理・デバイス物理を専攻する物理系の院生・若手研究者との積極的な交流を図り、QMEの研究分野を開拓できる人材育成を図る。また、基礎科学の学理の深掘りと先端デバイス工学の両分野を包括的に推進できる研究者の養成を進める。分野横断的な研究テーマを設定し、国際交流型の研究プロジェクトを立ち上げる。物性理論と分子設計・合成の研究者でアライアンスを組み、所望の物性を発現させるための分子設計を明確にし、合成と物性解析を繰り返すことで、新しい機能を発現する新分子の創出を実現する。異分野研究者の交流を進めるために、定期的なミーティングに加え、サマースクール等を企画する。研究成果に対して、学術成果の発表に対して多面的なサポートを行う。多彩なキャリアパスを準備し、アカデミックのみならず、グローバル企業でのインターンシップ、海外研究機関での就職など、国際的に活躍できる人材を輩出して行く。また、将来の量子分子エレクトロニクスの実用化を念頭に、アントレプレナーシップ教育を進める。



図3 QMEにおけるグローバル人材育成

レドックス超分子の生命機能解明に向けたグローバルな研究先導

	研究代表者 赤池 孝章 (あかいけ たかあき) 研究者番号：20231798
研究課題 情報	課題番号：23K20040 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：レドックス超分子、超硫黄分子、酸化ストレス、レドックス超分子生命科学

この国際共同研究の重要性・面白さは何か (研究の目的と意義)

●「レドックス超分子生命科学」の創成

近年、レドックス超分子による生命機能制御の視点から生命原理を理解しようとする世界的な潮流が高まってきた。生体内のレドックス超分子は量子すなわち電子エネルギー動態により支配されており、我々はこれを「レドックス超分子の先端科学」という新しい枠組みとして捉えて、国際的な共同研究を精力的に展開してきた。自然界に普遍的に存在する酸素分子や活性分子種[活性酸素や酸化窒素種等]をはじめ、生体内で活発に産生・代謝されている一連の物質を「レドックス超分子(Redox supermolecules)」と総称する(図1)。

一方、地球の生命進化を牽引してきたもう一つの重要なレドックス超分子として、超硫黄分子が挙げられる。最近の国際共同研究により、世界ではじめて、単一の硫黄が連鎖した超硫黄分子が生物種普遍的に大量に産生され、エネルギー代謝や酸化ストレス制御などの多彩な生命現象に関わることが分かってきた(図2)。

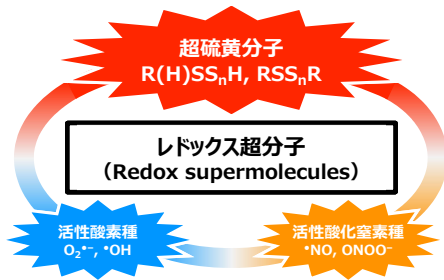


図1 レドックス超分子

●研究の目的

本研究事業では、研究代表者と国内連携拠点の各研究分担者が築き上げてきた、レドックス超分子研究分野におけるグローバルネットワークの強化と拡張・推進に向けて、緊密な共同研究と人材育成体制を整備・拡大し、長期的な視点からのグローバルな展開を図る。当該事業推進を契機に、これまで世界各国に散在していたグローバルなレドックス超分子の学術体系を融合・深化させた「レドックス超分子生命科学」を創成するものである(図3)。このことにより世界規模の研究共創を学術と若手人材育成の観点から俯瞰し戦略的に推進することで、生命科学のみならず基礎および臨床医学さらには人類の健康福祉の向上に大きく貢献することが期待される。

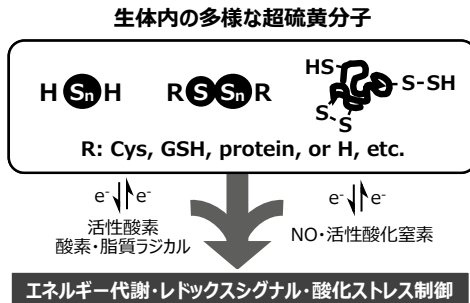
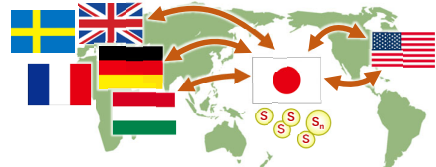


図2 レドックス超分子生命科学の開拓

日本発の超硫黄研究と海外の関連研究との融合



次世代レドックス生命科学の若手研究者の育成



図3 レドックス超分子生命科学の創成

誰がこの国際共同研究を行うのか (優れたグループによる国際共同研究体制)

国内のレドックス超分子研究を牽引してきた9名の先導的な研究者を中心としたレドックス研究連携ハブ拠点として、東北大学にリエゾンオフィスを設置し、国内拠点メンバーによる大学院生やポスドクの海外派遣や研修、共同研究を管理・運営する(図4)。



図4 レドックス超分子の生命機能解明に向けたグローバルな研究先導

どのように将来を担う研究者を育成するのか (人材育成計画の内容)

●人材育成計画

2～3年間の長期派遣(全期間中15名)と3ヶ月の短期派遣(年間5名)を予定し、また、短期研修支援として年間15名の若手研究者を海外学会等に派遣する(図4,5)。定期的なウェブミーティングを通じて国内外の研究室で意思疎通を図り、研究の迅速な遂行と予想と異なる事態の速やかな対応を図る(図6)。

●若手研究者の自発・自立的な研究の支援

優れた研究成果を上げた若手研究者には、自ら立案した研究の推進を奨励し、研究費支援を行う。また、各拠点機関の若手研究者支援プログラムを利活用し、独立特任助教以上の待遇で研究室を主宰する機会と環境を整備する(図7)。レドックス超分子のグローバルネットワーク形成を通じて卓越した若手研究者を育成する(図8)。

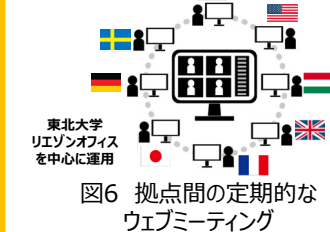


図6 拠点間の定期的なウェブミーティング



図7 帰国発展プログラム

Gordon Research Conference (2024年7月, バルゼロナ) 第13回国際NO学会 (2024年, スtockホルム)

13th International Conference on the Biology, Chemistry, and Therapeutic Applications of Nitric Oxide 2024 Karolinska Institute, Stockholm


Gordon Research Seminar Thiol-Based Redox Regulation and Signaling (GRS) Chair: Uladzimir Barayeu 海外武者修行

図5 レドックス超分子関連国際学会と若手派遣



図8 レドックス超分子研究の卓越した若手人材育成

ポストコロナ時代を見据えた学際ウイルス学研究の推進

	研究代表者	東京大学・医科学研究所・教授 佐藤 佳 (さとう けい) 研究者番号：10593684
	研究課題情報	課題番号：23K20041 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：パンデミック、学際ウイルス研究、マクロスケール、メゾスケール、ミクロスケール

この国際共同研究の重要性・面白さは何か（研究の目的と意義）

●本国際研究の目指すところ

新型コロナウイルスの世界的大流行（パンデミック）は、ウイルス感染症の脅威を白日のもとに晒した。感染による疾患そのものの脅威はもとより、社会の分断や経済・産業に与える影響など、パンデミックの脅威は論を待たない。本研究では、研究代表者・佐藤が主宰する国内の学際的な研究コンソーシアム「The Genotype to Phenotype Japan (G2P-Japan)」をベースとする国際研究を展開し、マクロスケールからミクロスケールまでのウイルス研究を、日本、イギリス、フランス、および、アメリカの研究チームで構成された国際的なチームで実施することで、次のパンデミックへの備えとなる基礎的知見を提供する。コンソーシアム研究によって、マクロスケールからミクロスケールまで、ウイルス感染症の学際研究を展開する枠組みは国際的に前例がなく、研究領域の底上げと発展に資する、先進性と将来性に満ちた取り組みである。新たなパンデミックにつながる恐れのあるウイルス感染症に即応するためには、海外のウイルス学者や公衆衛生学者らとの連携と情報共有が必須である。他方、パンデミックには至らないものの、ダニ媒介性脳炎や重症熱性血小板減少症候群はそれぞれ、マダニを介して伝播するウイルスの感染によって引き起こされる感染症であり、国内でエンデミックとなっている。さらに、地球温暖化の進行に伴い、本邦の亜熱帯化が進行している。そのため、デング熱などの熱帯ウイルス感染症が日本国内でも発生するリスクは年々高まっている。この状況を踏まえ、ポストコロナ時代の次に来たるべき感染症リスクに備えるために、国内外の研究者と有機的に連携し、新たな脅威となるウイルスを早期に捕捉し、その性状を解明することは、基礎学術のみならず、安寧な社会生活の維持のためにも必須である。本邦主導でアウトブレイク発生時に即応できるマルチスケールなウイルス学の持続的な基盤学術構築と、研究体制維持のために、ウイルス学分野への意欲ある若手研究者の継続的な参画と国際的な活躍を支持する体制構築に取り組む。

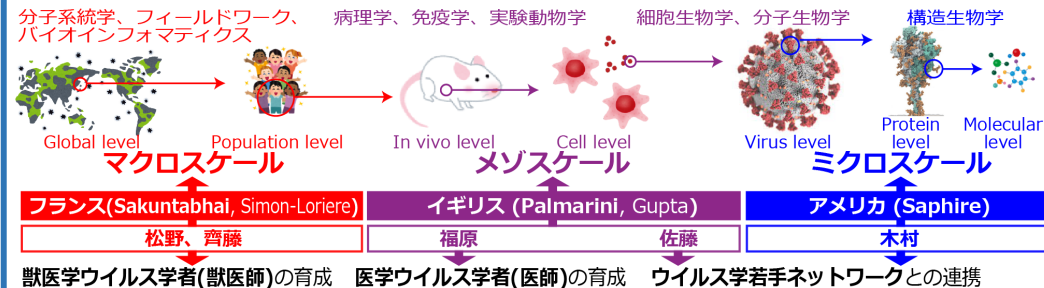


図1 マクロからミクロまでのマルチスケールな学際ウイルス学研究

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

●平均41.2歳の若手研究者による学際研究グループの構築と発展

イギリス、フランス、アメリカとの国際共同研究の展開に向け、本課題では、G2P-Japanの中心メンバー（佐藤、福原、松野、齊藤）を中心に、海外連携と学際を頑健化する。代表者・佐藤は、分担者・福原、松野、齊藤らとともに新型コロナ研究コンソーシアムG2P-Japanを牽引し、本課題の海外カウンターパートらとの密接な国際共同研究も展開することで、本邦の新型コロナウイルス研究を先導してきた実績がある。さらに、これまで手薄だったミクロスケールについて、構造生物学を専門とする京大医生研・木村が分担者として参画することで、ウイルスタンパク質の構造的な理解を深め、次のパンデミック・エピソードの原因となりうるウイルスの研究基盤創出を目指す。

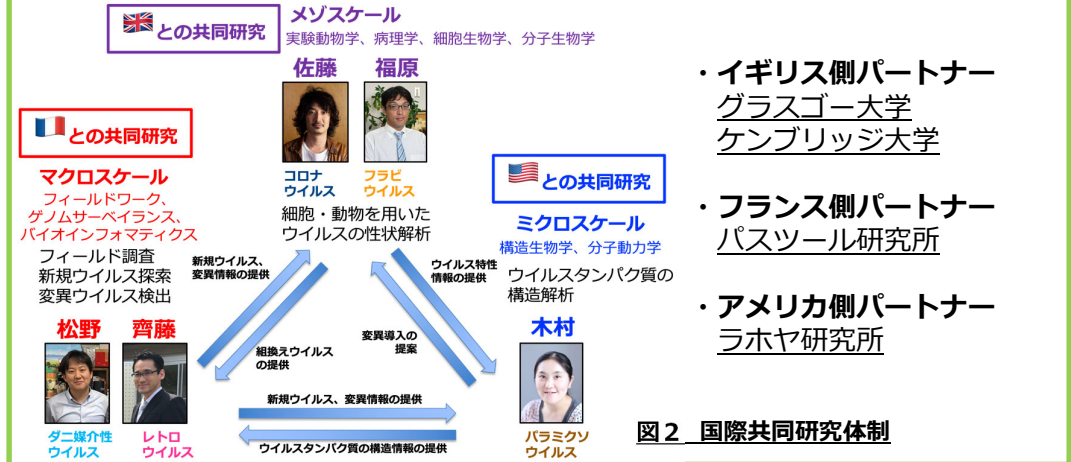


図2 国際共同研究体制

どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

●国内インターン制度（3～5名/年、数週～数ヶ月）

- ✓ 若手研究者の技術習得を支援
- ✓ 大学院生・ポスドクを自身とは異なるスケール（階層）の研究を行う研究室に派遣
- ✓ ミクロ・メゾ・マクロスケール、およびウエット・ドライを横断する専門性を身につけたジェネラリストを育成



図3 国内インターン制度

●海外渡航支援&ダブルメンター制度

（12名：うち半数は女性を予定、半年～数年）

- ✓ 自身の専門とするスケール（階層）の研究をさらに発展させるため、世界トップクラスの専門家に指導を仰ぐ
- ✓ 高い専門性を持つスペシャリストを育成
- ✓ 「国内インターン制度」でジェネラリストを育成した後はスケール（階層）をまたいだ派遣も実施



図4 海外渡航支援&ダブルメンター制

●国際ウイルス学サマーキャンプの開催（30名、毎年1回）

- ✓ 国内外の大学院生・ポスドクが主体となって企画する、「国際ウイルス学サマーキャンプ（若手主体の研究会）」を開催
- ✓ 国際的なリーダーシップ、コミュニケーション能力、マネジメント能力を向上させ、国際社会で活躍できる人材を育成
- ✓ 将来PIとなる若手研究者どうして、国際的な人脈ネットワークを構築することを支援



図5 国際ウイルス学サマーキャンプの開催

NLR生物学の基礎的理解による作物耐病性増強

	研究代表者	京都大学・農学研究科・教授 寺内 良平 (てらうち りょうへい) 研究者番号：50236981
	研究課題情報	課題番号：23K20042 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：作物、病原菌、耐病性、抵抗性タンパク質

この国際共同研究の重要性・面白さは何か（研究の目的と意義）

世界の作物生産にとって、植物病害は重大な脅威である。作物病害防除の最も有効な手段は、抵抗性遺伝子（R-gene）を保有する抵抗性品種の利用である。抵抗性遺伝子の多くは、Nucleotide-binding leucine-rich repeat 受容体（NLR）をコードしている。獲得免疫のない植物において、NLRは、多様な病原菌を認識して耐病性を発揮する主要な役割を担う。NLR遺伝子は、多くの植物種のゲノムにおいて高度に増幅している。単独NLRが機能する場合、複数のNLRがペアーやネットワークを構成して機能する例などが知られてきた（図1）。高次構造解明により、NLR抵抗性の活性化機構が明らかになりつつあるが、その機能は多くが未解明である。本研究では、重要作物イネ、コムギ、ウリ科作物とそれらの病害（図2）を対象として、日本の植物耐病性研究の専門家が、英国の世界最先端の研究者らと共同研究を展開する。NLR生物学の基礎を理解し、得られる知識を応用して作物の耐病性増強を図り、世界の食糧安全に寄与することを目的とする。そのために、(1) NLR遺伝子の探索、(2) NLR活性化機構の解明、(3) NLRによる病原菌因子認識機構の解明、(4) NLR生物学の応用による作物抵抗性付与の4課題（図3）に取り組み、本重要学術分野を牽引する若手研究者の人材育成を進める。

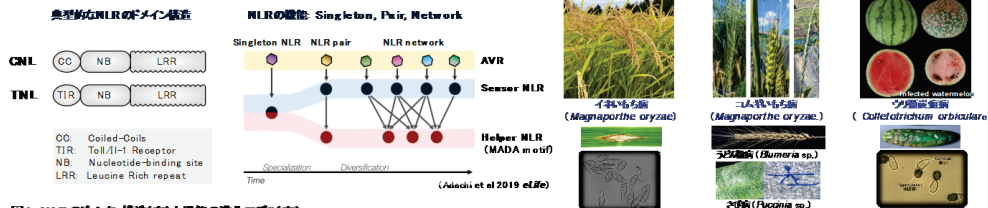


図1 NLRのドメイン構造(左)と機能の進化モデル(右)。

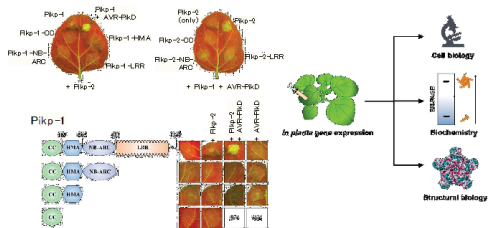
図2 研究対象とする作物のNLR遺伝子数と主な病害。

(1) イネ、コムギ、ウリ科のゲノム配列からNLRome (NLR全体) の抽出

Crop	Species	Ploidy	Number of NLRs	Notes
Rice	<i>Oryza sativa</i>	2x	358	cv. Nipponbare
	<i>Oryza glaberrima</i>	2x	326	cv. CG14
Wheat	<i>Triticum aestivum</i>	6x	2426	cv. Chinese apritag
	<i>Triticum durum</i>	4x	1976	cv. Svevo
Cucurbit	<i>Cucumis melo</i>	2x	53	cv. Piyazawat
	<i>Cucumis sativus</i>	2x	30	cv. Chinese Long
Cucurbit	<i>Cucumis melonifolius</i>	2x	90	Wild relative
	<i>Cucumis hystera</i>	2x	81	Wild relative

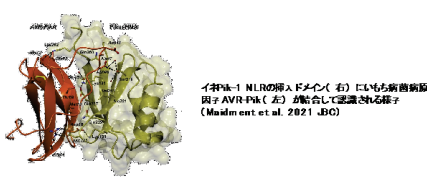
各作物の種名、倍率性、ゲノム上のNLR遺伝子数の表

(2) ベンザミナタキを用いた迅速なNLR機能解明



ベンザミナタキを用いた迅速なNLR機能解明実験により、NLRの構造解明(左: Zdrzask et al. 2020, Plos One)、細胞内局在、NLRの活性化によるシグナル伝達経路の解析(右)を実施。

(3) NLRによる病原菌因子の認識機構解明



(4) NLRエンジニア、NLR集積による、病害抵抗性作物品種

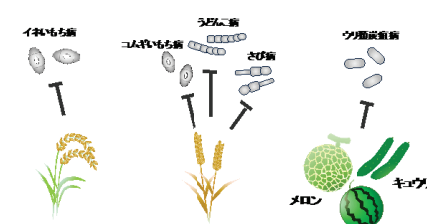


図3 NLR生物学研究全体の流れ

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

本研究に参画する日本側メンバーは、いずれも植物耐病性研究において世界トップレベルの業績を上げている専門家である。英国側メンバーは、The Sainsbury LaboratoryのSophien Kamoun教授をはじめ、世界の植物-病原菌相互作用研究の第一人者が集結している。各作物のNLRome解析、遺伝学的解析は主に日本で実施し、生化学、細胞生物学、構造生物学的解析を英国、日本の研究者が共同で実施する。

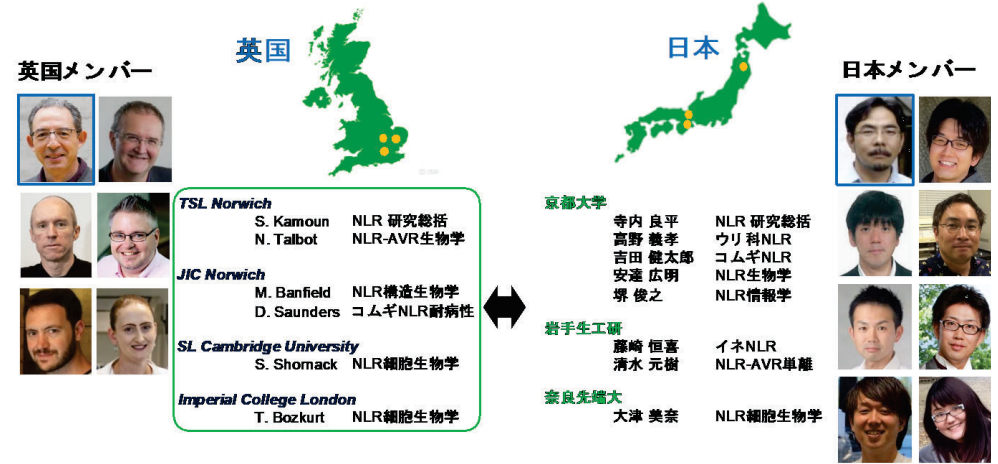


図4 NLR生物学国際共同研究のメンバーと役割分担

どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

予算全体の70%を人材育成に充当する。日本側の5研究グループ(寺内研、吉田研、高野研、岩手生工研、奈良先端大植物共生学研究室)から、計8名のポスドク(PD)および計8名の博士課程学生(PhD student)が研究に参画する。計画の進行にあわせてPD、PhDの数を4-5人増員することも考慮する。この中から12名を選抜し、短期派遣プログラム(3-6ヶ月間)および長期派遣プログラム(1-2年間)として、英国共同研究者6名の世界先端研究室への留学支援を実施する。ポスドクの雇用経費、英国渡航経費および英国滞在経費を本課題の人材育成費から支出する。また、日英両グループ共同で実施する定期ミーティング、所属グループのローテーションや滞在型研究(合宿)も取り入れ、共同研究推進に貢献するとともに、若手研究者自身のキャリアアップにつなげる。さらに、本プロジェクトからスピニングアウトするような研究計画の立案・実施に裁量を与えると同時に本課題から予算配分し、若手研究者の自立した研究推進を促す。

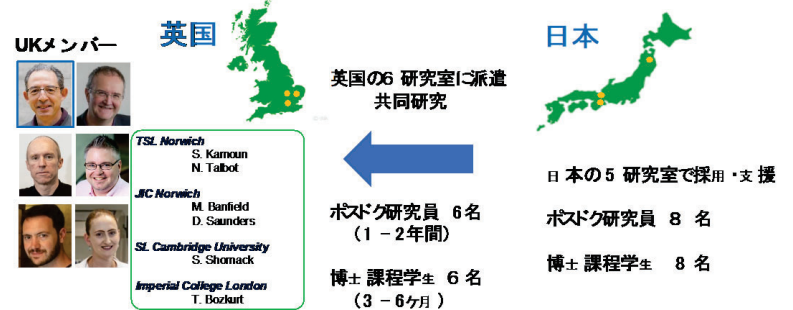


図5 英国の先端研究室にポスドク・博士課程学生を派遣して人材育成

次世代ART：哺乳類生殖工学の新展開を支えるグローバルネットワークの構築

研究代表者	大阪大学・大学院医学系研究科・教授 林 克彦（はやし かつひこ） 研究者番号：20287486
研究課題情報	課題番号：23K20043 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：配偶子、受精、凍結、生殖補助医療

この国際共同研究の重要性・面白さは何が（研究の目的と意義）

●次世代ART（生殖補助技術）の開発

配偶子（卵子や精子）の機能の低下はヒトの不妊の原因となるほか、産業動物の生産性の低下や野生動物の絶滅を加速させている（図1）。これらの解決策として体外受精や配偶子の凍結保存などのART（生殖補助技術）が開発されてきたが、その効果はもたに限定的である。そこで本研究では、新たに配偶子形成過程の細胞の操作や保存を目的とした次世代ARTを開発するとともに、それらを普及させる人材を育成することを目的とする。これらの技術開発は個体を産生するための新たな選択肢を提供して、医療・産業・環境にまたがる妊孕性の低下に起因する問題の解決に貢献する。また次世代の人材育成を通して、日本がこれまで担ってきた生殖細胞研究分野における国際先導的な役割を長期にわたり維持する基盤を形成する。

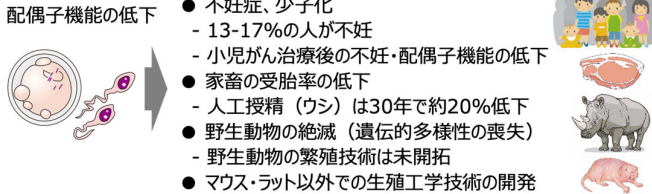


図1 配偶子機能の低下が引き起こす様々な問題

具体的には本研究では国際研究チームが協力して、生殖細胞を「つくる」、「保存する」、「操作する」ための研究を推進する（図2）。まず生殖細胞をつくるために、様々な動物種の多能性幹細胞（あらゆる細胞に分化できる幹細胞）から配偶子をつくる培養方法を開発する。次に生殖細胞を保存するために、様々な動物の精子幹細胞（無限に増殖して精子になる能力をもつ幹細胞）の樹立、移植、凍結技術の開発に加えて、効率的な精巣・卵巣組織の凍結技術を開発する。最後に生殖細胞を操作するために、配偶子の分化や機能を亢進させる小分子化合物のスクリーニングを行い、その効果を体外培養系と生体で評価する。これらの研究テーマ間において、材料の提供や解析の効率化などのシナジーをつくりだし、次世代ARTの開発を加速させる。

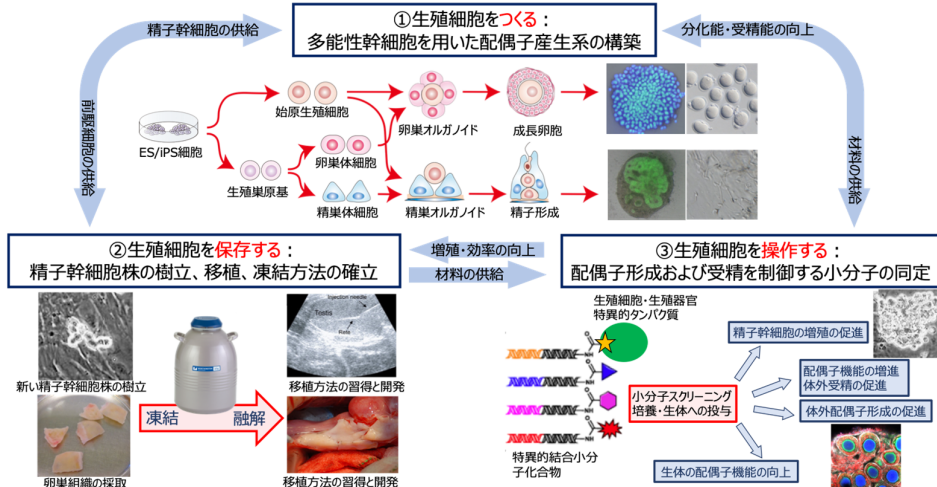


図2 研究の全体像：国際研究チームが協力して、生殖細胞を「つくる」、「保存する」、「操作する」

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

●独自の高い技術をもつ日本人研究者と独自の生物資源・研究システムをもつ海外研究者との連携
本国際共同研究を推進する日本の研究者は実験動物分野において高い生殖工学技術を有する林克彦、伊川正人（ともに大阪大学）、篠原隆司（京都大学）、三浦恭子（熊本大学）、小林俊寛（東京大学）である。海外の研究者は生殖細胞研究を背景にもち、世界でも卓越したヒトおよび動物の資源と技術を有するThomas Hildebrandt（ライプニッツ研究所、ドイツ）、Kyle Orwig（ピッツバーグ大学、米国）、Martin Matzuk（ペイラー医科大学、米国）である（図3）。林、小林はマウス・ラットの多能性幹細胞から配偶子をつくる特殊な技術を有している。篠原はマウス精子幹細胞を世界にさきがけて樹立した。伊川は精巣に発現する遺伝子について世界最多の遺伝子欠損マウスを作製・解析している。三浦はハダカデバネズミの遺伝子改変のための特殊な技術を有している。一方、Hildebrandtは野生動物保護分野において欧州トップレベルのライプニッツ



図3 国際先導研究を推進するチーム構成

どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

本研究では日本の研究チームに19人の若手研究者が参画するほか、研究の進展に応じて継続的に若手研究者を追加する。これらの若手研究者に（1）人的ネットワーク、（2）キャリアパス形成、（3）日本国内へのフィードバック、を可能にする環境を提供する（図4）。人的ネットワークでは若手研究者を海外の研究機関や教育コースに派遣するとともに、必要に応じて海外の若手研究者を招聘して、双方向的な人的交流を実現する。また、若手研究者を加えた研究グループ全体の研究成果報告会を年に一度開催し、研究の活性化を図る。キャリアパス形成では本研究に参画した若手研究者が期間中または期間後に独立したポジションを獲得して、一貫した研究の継続を可能にすることを旨とする。国際先導研究内で若手研究者のための研究基金を創設し、新しい研究課題の立案や実行を行う能力を涵養する。研究グループ内で人材募集の情報を共有し、応募書類の査読や模擬面接の実施により独立・昇進を支援する。また独立後も本研究のネットワークの中で研究材料・情報を共有して継続的に支援する。本研究に参画した若手研究者が以下のような分野において活動することにより、国内へのフィードバックを実現する。医療分野では妊孕性保存技術の普及に貢献する。特に癌治療の副作用による不妊症は深刻であり、欧米と比較して日本では癌患者の妊孕性を保存する技術の普及は著しく遅れている。各大学病院において新しい技術や制度を導入する準備を始めているが、日本では妊孕性保存技術はまだ浸透していない。本研究に参画した医師や研究者が海外の最先端の技術や制度を導入することにより、その発展に貢献する。動物科学分野では産業動物や野生動物の繁殖分野に貢献する。特に国内において欠乏する野生動物の資源を本研究で形成された海外研究機関とのネットワークにより補い、本研究に参画した研究者が動物園や大学の野生動物研究センターにおける繁殖促進や配偶子バンクの発展・運用に貢献する。

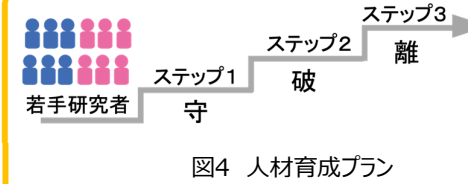



図4 人材育成プラン

オートファジーに関する学際的研究：作動原理から病態生理まで

	研究代表者	順天堂大学・大学院医学研究科・教授 小松 雅明 (こまつ まさあき) 研究者番号：90356254
	研究課題情報	課題番号：23K20044 研究期間：2023年度～2029年度 キーワード：オートファジー、選択的オートファジー、神経変性疾患、代謝性疾患

この国際共同研究の重要性・面白さは何か（研究の目的と意義）

●日本が先導してきたオートファジー研究のさらなる拡大・発展

オートファジーは、栄養飢餓などの細胞の非常事態に応じて誘導される細胞内分解経路である。細胞質の一部を取り囲んだオートファゴソームが種々の分解酵素を内包したリソソームと融合することにより細胞成分は構成要素、タンパク質の場合はアミノ酸にまで分解される（図1）。大隅博士らの酵母オートファジーの発見とオートファジー関連遺伝子の同定と解析により、「オートファジーの分子機構」の理解が、また、関連遺伝子の破壊が生物にもたらす変化を解析することにより「分解による材料提供」や「分解による品質管理」といった基本的生理作用の理解が進んだ（図1）。

近年オートファジーにより、タンパク質液滴や凝集体、ミトコンドリアや小胞体といった細胞小器官などが選択的に認識、隔離、分解されること、それら選択的オートファジーの異常がさまざまな加齢性疾患と関連すること、つまり、選択的オートファジーによるプロテオスタシス（タンパク質品質管理）、オルガネロスタシス（細胞小器官品質管理）が細胞の恒常性維持、そして個体としての健康維持に重要な役割を担うことがわかってきた。さらに、オートファジー活性が加齢とともに減弱することも明らかになってきた。しかし、選択的オートファジーの作動原理もその異常と加齢性疾患発症の分子メカニズムの理解もほとんど進んでいない。

そこで、本研究ではこれまで本邦を中心に行われてきたオートファジー研究を選択的オートファジーに特化、液滴、タンパク質凝集体、ミトコンドリアや小胞体の選択的オートファジーの作動原理および生理機能を様々なモデル生物を用いて解明する。さらに、加齢に伴う選択的オートファジー低下のメカニズム、それに伴う代謝性疾患、がん、神経変性疾患発症機構を明らかにすることを旨とする（図2）。本研究の意義は、本邦が先導してきたオートファジー研究を若手研究者を中心にさらに拡大・発展させ、新たなステージに押し上げるとともに国際拠点を形成することにある。

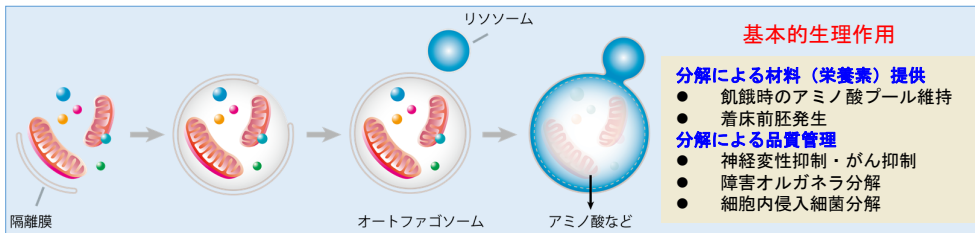


図1 オートファジーとは

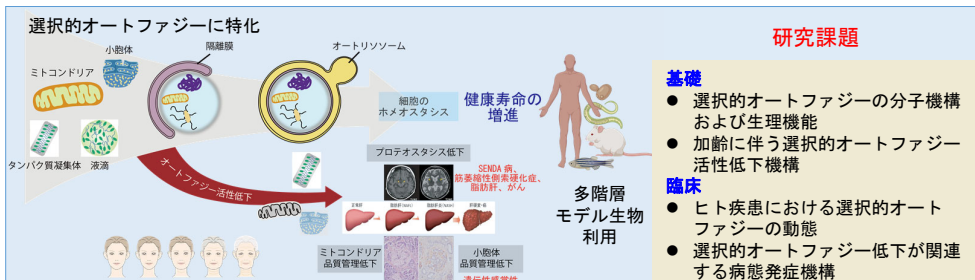


図2 研究の概要

誰がこの国際共同研究を行うのか（優れたグループによる国際共同研究体制）

●多面的、多階層なオートファジー研究を可能とする共同研究体制

世界を先導するオートファジー研究6グループ（国内4グループ、海外2グループ）に、バイオイメージングや組織透明化による蛍光三次元イメージングを専門とする2グループ、血液がん、内分泌代謝疾患、神経変性疾患を専門とする臨床3グループを加え、オートファジーによるプロテオスタシス、オルガネロスタシスの分子メカニズムに迫るとともに、個体におけるそれらの生理機能、その破綻による病態発症機序の解明を行う（図3）。

本研究では、オートファジーと関連する「プロテオスタシス」、「オルガネロスタシス」について基礎から臨床まで幅広く研究を推進するが、各研究項目は分子機構の観点から密接に関連しており、オートファジーや選択的オートファジーに関する作動因子の情報やマテリアルの共有を通じて、領域内研究を有機的に連携させる。また、各グループは、酵母、線虫、ゼブラフィッシュ、マウスなど様々なモデル生物を用いて研究を展開する。多様なモデル生物からの情報を共有することにより、プロテオスタシスあるいはオルガネロスタシスの機能進化や新しい生理機能の解明に結びつける。また、個体レベル（マクロ）から細胞レベル（メゾ）、さらには微細構造レベル（ミクロ・ナノ）までをカバーできる

マルチスケールイメージング技術を整備し、複合的な階層システムを包括的に解析する基盤を形成する。さらに、構造生物学グループが分子構造的基盤の解明に積極的に関与するとともに、ファシリティーが有する高度なプロテオーム、メタボローム、リポドーム、イメージング質量分析を融合させ、多階層分子基盤に基づく統合的理解に向けた体制になっている。

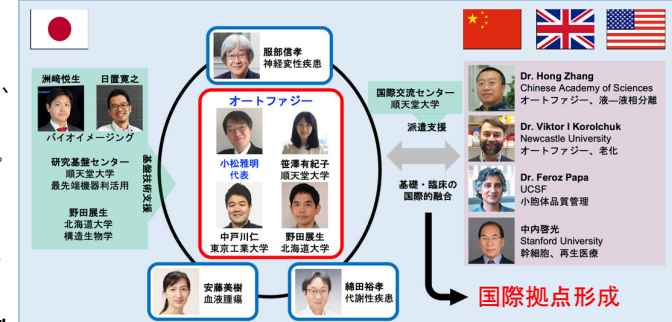


図3 共同研究体制

どのように将来を担う研究者を育成するのか（人材育成計画の内容）

●オートファジーを超える新たな学術創生のために

国内拠点において、世界と渡り合える「研究基礎力」の育成と「幅広い視野」の育成に努める。「研究基礎力」の育成については、若手研究者一名に対し基礎グループと臨床グループから一名ずつメンターを配置するダブルメンター制度を導入し、若手研究者の特性に応じたきめ細かい指導体制を構築する。また、年に一回リトリートを開催して研究課題の進捗状況を発表する場を設けることで、研究者に求められるプレゼンテーション能力の向上を図る。「幅広い視野」については、基礎と臨床研究室循環、若手主導の基礎と臨床との合同セミナーなど活発な交流促進と若手研究者の主体性育成を推進する。また、学会や学術領域の若手の会合と既存の枠組みを積極的に活用して、異分野及び他研究機関の若手研究者との交流も促進する（図4左）。

高い研究能力を習得した若手研究者には積極的に海外留学を勧める。国内拠点PIは順天堂大学国際交流センター、教務課と協力し、若手研究者のニーズを把握、海外研究者とのマッチングを行うことで海外トップレベルの研究チームへの参画を的確に支援する。帰国後には、独立志向の高い若手研究者に対して「オートファジーに留まらない独自の視点による研究推進」を支援する（図4右）。これらにより、若手研究者による新しい学術創生が可能となり、独立する機会も飛躍的に増える。

現在、大学院生7名、博士研究員11名が参加しており、今後も大学院生、博士研究員を募集する予定である。

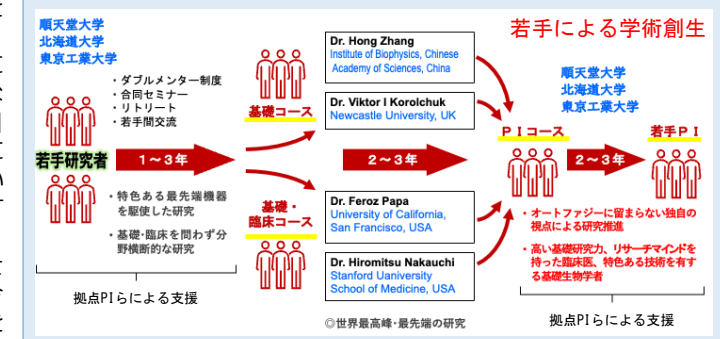


図4 若手育成計画