


低エントロピー-高分子網目材料の設計と機能創出

	研究代表者	北海道大学・大学院先端生命科学研究院・教授 グン 剣萍 (ぐん ちえんぴん) 研究者番号：20250417
	研究課題情報	課題番号：22K21342 研究期間：2022年度～2028年度 キーワード：ソフトマター、高分子、低エントロピー、ゲル

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）

●ソフトマターとは？

ソフトマターとは、液晶・水ゲル・生体組織などの構造柔軟性を有する物質群であり、金属・セラミックスなどのハードマターとはその構造・性質を全く異にする。ソフトマターは約30年前に確立した若い材料概念であり、既存の物理・化学・生物を超えた学際的学問分野である。ソフトマターは、その構造柔軟性から次世代の動的機能材料・生体調和材料として工業的・医学的に注目されており、各国で高性能ソフトマターの研究開発が盛んである。またソフトマターの社会的需要・価値が高まる中、学際的なソフトマター開発を広い視野で推進出来る研究者の育成が世界的に喫緊の課題であり、実際に各国で取り組みが始まっている。以上のことから、ソフトマター分野を国際的にリードする研究者の組織的養成は、日本の科学的プレゼンスを高めるために、高い優先度を持って取り組むべき課題である。

●低エントロピー-高分子網目材料（LeNet）とは？

ゲル・エラストマーは、運動性が高い網目状の高分子からなる、高い柔軟性を持ったゴムのような材料である。一般的なゲル・エラストマーは、その網目鎖がコイル状に縮んだ高エントロピー材料である。この高エントロピー状態では、材料の本質的な力学特性が化学構造に依存しないため、その本質的な力学機能を化学の視点から制御することは難しい。一方で本研究では、網目鎖が極度に伸長されたゲル・エラストマーを、新規ソフトマター「低エントロピー-高分子網目材料」(Low entropy polymer network, LeNet)として定義する(図1)。本材料は、網目鎖が大きく伸長された低エントロピー状態にある。この低エントロピー状態に由来し、LeNetの本質的な力学特性はその化学種に大きく依存するようになる。本研究では、このような特異な特性を有する高分子網目材料であるLeNetの合成法を確立する。さらに、化学構造を基に設計された強靱ゴム様材料・力誘起化学反応によって機能化する材料・マイクロ構造が制御されたソフト複合材料など、多様な革新的機能性LeNetを創出し、社会に提供することを目指す(図2)。

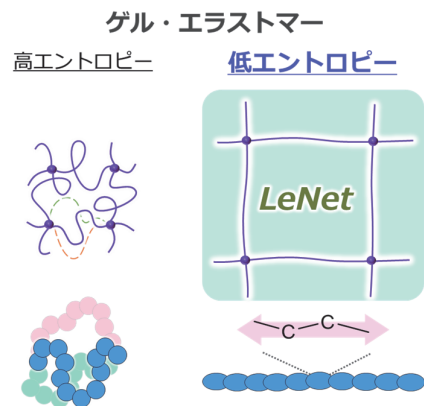


図1 LeNetとは、網目鎖が大きく伸長した高分子網目材料のことである

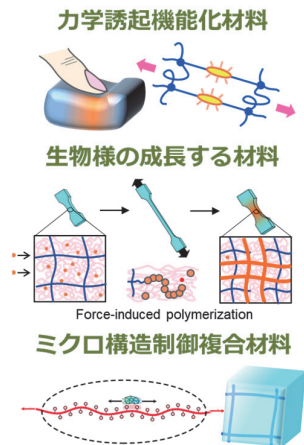


図2 本研究で生み出される多様な機能性LeNetの例示

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）

本共同研究は、北海道大学グループらによって開発されてきた優れた高分子網目材料群の設計原理を基に、米国チーム(Duke大学等)、欧州チーム(パリ市立工業物理化学学校(ESPCI)等)の最先端技術・理論を取り入れて行われる。米国、欧州チームはそれぞれ、メカノケミストリー、ソフトマター力学の第1人者によって率いられた極めて強力なチームである。ソフトマター研究には分野横断的な知見が必要であるが、これら日米欧グループはソフトマター分野において以前から国際共同教育研究体制を構築し、多くの成果を残してきた。日本チームは材料設計・構造解析・医療応用に、米国チームは高分子理論・化学に、欧州チームは力学物性の測定と解析に卓越しており、各拠点はこれら知見を本研究遂行のために提供する。この多様な知見の結集により、ソフトマターの合成、解析、機能化、応用を全て網羅した強固な共同研究組織の構築が期待出来る。

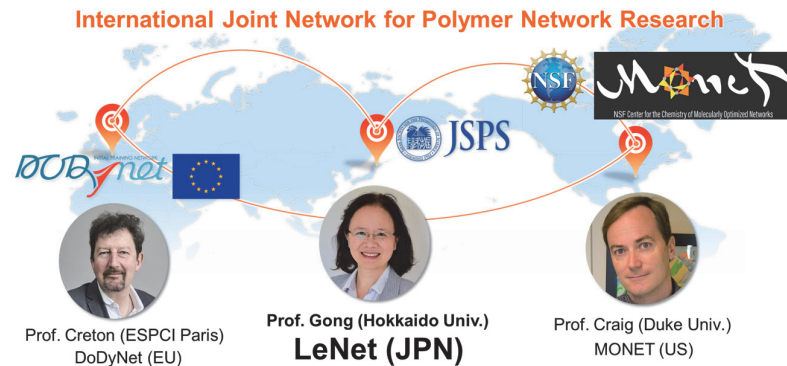


図3 本国際共同研究は、日本、米国、欧州チームの優れた知見を結集して行われる

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）

日米欧の3拠点が異なる得意分野を有することを活かし、ソフトマターの合成・測定・解析を網羅的に理解する研究者を、日本・海外の教員による学際的体制で育成する。日本では主に材料設計原理・構造解析を、海外ではその精密物性測定・モデル化・化学的機能化を習得する。海外研究先は、米国チームでは既存の共同研究ネットワークを通して10大学を、欧州チームでは同様に7大学を選定可能である。

日本から海外へは、期間内に16名程度の若手学生・研究者の派遣を想定している(図4)。博士課程(DC)では日本で新規材料を創製し、在学中の短期海外派遣で海外拠点の技術を学ぶ。博士研究員(PD)では、日本で得られた材料を海外拠点での技術により解析・高機能化する。育成期間中は研究実施場所にかかわらず、リモートシステムを最大限に活用し、日本・海外の教員による共同指導を行う。このようなプログラムにより、ソフトマターの合成・解析・応用の全てに高いレベルで精通した、将来のソフトマター学問分野をリードする研究者グループを育成し、国際的なプレゼンスを示す。

海外からの若手研究者受け入れも期間中に多数行う(これまでに受け入れ実績多数)。海外拠点の事情に応じ、1～3か月の短期インターンシップからより長期の滞在まで柔軟に対応可能である。

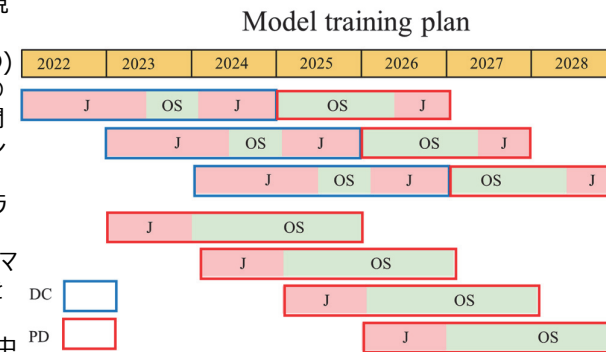


図4 研究者育成計画。図中のJは日本での研究、OSは海外機関での研究を意味する。派遣期間は個々の事情に合わせて柔軟に変更する。