

地球規模のマイクロプラスチック問題を解決する未来型高分子材料分野の創成

① 計画の概要

高分子材料は、自動車、航空機、電子・電気、建築、情報、食品、医薬分野など広範な産業分野で主に金属・無機材料の代替材料として開発され多量に利用されている。近年、地球環境保全の見地から CO2 排出量の削減や資源循環型社会構築などに対する配慮が材料開発の段階で求められるようになり、ポリ乳酸やヒドロキシ酪酸/ヒドロキシヘキサン酸共重合体のような生物資源（バイオマス）由来のバイオベース材料や生分解性高分子が開発された。一方で、マイクロプラスチック（大きさが 5mm 以下のプラスチック片）による海洋汚染が注目されるようになり、地球レベルでの環境保全に対して一層高いレベルの取り組みが求められている。このため、使い捨てプラスチック使用量の抑制や、既に自然界に放出されたプラスチックごみの回収・リサイクルシステムの構築だけでなく、マイクロプラスチック化しない高分子材料の開発と実用化を加速させる必要がある。本大型研究では、従来のマクロレベル並びに分子レベルでの各種解析に加えて、著しい進展を見せるメソスケール構造解析技術を駆使することにより、紫外線、熱、海水などが複合要因となり進む高分子材料の化学的分解・劣化のメカニズムを理解する。加えて、高分子科学の既存の枠組みを越えて、海洋学、環境学、農学などの自然環境に対する知を有する分野と連携することにより、自然環境中での高分子材料の動態を解き明かし、プラスチック細分化メカニズムを明らかにする。さらに、これらの知見に基づき、劣化や細分化を抑制もしくは大幅に遅延させた超長寿命高分子材料や、分解時間を正確に制御した生分解性高分子を開発し実用化することで、プラスチックによる海洋汚染の根本的な解決に貢献することを目指す。併せて、化石資源に依存しないバイオベース高分子や製品の省エネ化・軽量化に資する高靱性材料の開発も推進し、未来型高分子材料分野を創成する。

② 学術的な意義

環境低負荷型高分子の分子設計と合成は、グリーンケミストリー（環境にやさしい持続可能な発展が望める化学と化学技術）として、化学分野や高分子科学分野において議論がなされてきた。新規なバイオマス由来の高分子材料や生分解性ポリマーが開発され、ポリ乳酸やヒドロキシ酪酸/ヒドロキシヘキサン酸共重合体 (PHBH) のように実用化されているものもある。しかし、PHBH は土壌と海洋で生分解性を示すが、ポリ乳酸は土壌でしか生分解されない。土壌と海洋の両方で生分解性を示すポリマー材料で実用化されているものは極めて少なく、広範な産業分野で使用することができない。本計画では、実海洋環境条件下で汎用高分子材料が示す階層構造変化とそれに伴う化学・物理的性質の変化を分子スケールで解明し、AI とシミュレーションを用いて高分子材料の環境負荷を地球レベルで予測する。予測された環境負荷と高分子材料の構造・物性との相関性を検討し、得られた知見を分子設計と構造・物性制御技術に反映させる。環境低負荷型高分子の研究・開発でこのような良循環を生み出すコア技術を構築する未来型高分子材料分野は、高分子化学、工学、農学、海洋学、環境学の分野融合により創成する。さらに、超長寿命、制御分解、バイオベース、高靱性、自己修復、疲労回復などの環境負荷低減に貢献する特性を有する高分子材料も併せて検討することにより、当該分野を加速度的に発展させるものである、環境低負荷型高分子の実用化のための新たな概念の創出と技術開発が協力的に推進されることが期待される。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

EU は地球環境保護の観点からグリーンケミストリーに対する取り組みが進んでおり、社会的注目度が高い。海洋プラスチック汚染についても、例えば、本年 1 月に Science Advice for Policy by European Academies から“A Scientific Perspective on Microplastics in Nature and Society”と題した報告書が出されている。そのほか全世界で 50 カ国がプラスチック汚染について社会学及び環境学に基づきなんらかの対策を講じるもしくは始めようとしている。日本国内では、高分子学会が材料のリサイクル技術も含めてグリーンケミストリーとして一つの学問分野としてまとめてきた実績があり、本年 3 月に日本学術会議主催で開催したサイエンス 20 (S20) でも、「海洋生態系への脅威と海洋環境の保全—特に気候変動及び海洋プラスチックごみについて—」と題した共同声明が採択された。本計画は、国内外の動向を踏まえて、未来の海洋プラスチック汚染を回避するための新素材とコア技術を開発するための学問分野を新たに創成する。

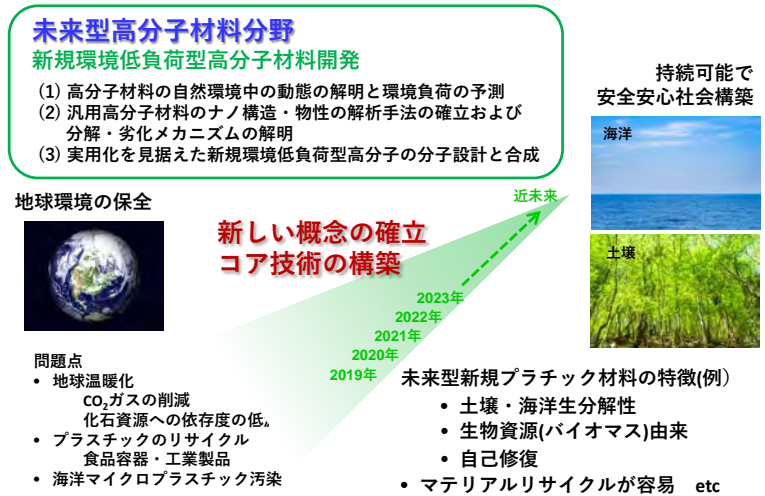


図1 地球規模のプラスチック問題を解決する未来型高分子材料分野の創成

④ 実施機関と実施体制

東京大学、東北大学、京都大学、九州大学、京都工芸繊維大学、理化学研究所
SPring-8、佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター(SAGA-LS)、東北放射光施設 SLit-J(予定)
現在のところ、各機関に所属する研究グループメンバー間で企画立案を進めている段階である

⑤ 所要経費

放射光施設 SPring-8 と Slit-J でマイクロビーム X線ビームラインの建設 20 億円/2 本
走査型電子顕微鏡など大型分析装置等整備費 12 億円
経常経費 25 億円 (設備保守費：1 億円/年、消耗品費：2 億円/年、人件費：1.5 億円/年、その他(旅費、事務経費等):0.5 億円/年)

⑥ 年次計画

1 年次～2 年次

大型設備の整備(放射光施設でのビームライン建設、分析装置導入)、連携グループの形成およびコア技術開発

2 年次～4 年次

自然環境中における廃棄プラスチックの動態(細分化、拡散)の解析、実海洋環境条件下(紫外線、熱、海水等)でのその場計測、新規低環境負荷型高分子の開発

3 年次～5 年次

新規環境低負荷型高分子の実用化のための構造・物性研究と高機能化、及び成型加工技術の確立

5 年次

研究の総括

⑦ 社会的価値

プラスチックによる環境汚染は、全世界的に大きな注目を集めていることから、我が国が積極的にこの問題解決に向けて行動し、情報発信することは、社会的価値が高いことは言うまでもない。本研究では実用的な材料開発の推進も主要目標としており、得られる成果の産業的な価値も高い。SDGs については、目標 14 (海の豊かさを守ろう) はもとより、目標 15 (陸の豊かさを守ろう)、目標 12 (つくる責任、つかう責任)、目標 9 (産業と技術確認の基盤を作ろう) などにも貢献するものである。

⑧ 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)