

○戦略目標「資源循環の実現に向けた結合・分解の精密制御」の下の研究領域

持続可能な材料設計に向けた確実な結合とやさしい分解

研究総括：岩田 忠久 （東京大学 大学院農学生命科学研究科 教授）

研究領域の概要

本研究領域では、資源の有効利用や持続可能な材料生産システムの構築を目指して、「確実な結合とやさしい分解」を兼ね備えたサステイナブル材料の創製に向けた独創的な基盤技術の研究開発を目的とします。確実な結合とは、使用中は優れた機能や性能を安定的に発揮するための結合や構造で、やさしい分解とは、使用後は再利用可能な材料に変換するために、温和な条件下で原子・分子レベルあるいは中間・部分構造に速やかに分解することです。

具体的には、高分子、有機、生体、無機および金属材料ならびにそれらの複合材料を対象とし、高性能なサステイナブル材料の設計・開発を目指した、結合と分解に関する精密制御技術の研究開発を行います。物性や構造を分解性と共に制御可能な結合を導入した材料合成、分解性セグメントを導入した材料設計、選択的に結合を切断できる触媒の開発、外部刺激等による有機・無機化合物における結合形成と開裂を自在に制御する技術、異種材料の接着界面における結合と分解を制御する界面制御技術、複合材料における分解リサイクル手法の確立を目指した相分離構造や階層構造などの高次構造制御技術の開発などを目指します。また、超小角X線散乱、3次元トモグラフィー、透過型電子顕微鏡などの手法を用いた複合材料におけるナノ・メソ・高次構造の可視化、理論化学およびコンピュータシミュレーションによる結合および分解の予測など、本分野で必要とされる計測および解析技術の開発にも合わせて取り組みます。さらに、材料学と生物学の融合を目指し、従来の触媒にとらわれず、生体触媒である酵素にも焦点をあて、水系・常温・常圧などの温和な条件下での結合と分解の実現に向けた研究も推進します。複合材料や製品の分解では、物理的な手法による材料間の分離や化学工学的な手法による効率的な分解を目指します。確実な結合の自在な制御と再利用を念頭に入れたやさしい分解手法の確立を通じて、持続可能な社会の実現に貢献します。

募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針

1. 背景

人類の生活を豊かにしてきた20世紀の最大の産物であるプラスチックは、軽くて・丈夫で・長持ちする性質から、生活用品分野のみならず、医療分野、電子機器分野、自動車・航空・宇宙産業分野、建築分野など、数多くの場所で用いられています。しかしながら、近年、

材料の使い捨てによる海洋プラスチック問題やこれまで日本の廃棄プラスチックを再生原料として輸入してきた中国をはじめとする各国における輸入制限の影響から大きな社会問題となっています。また、電気自動車の普及によるリチウムイオン電池の増産、電子機器に含まれる金属や半導体の回収、軽量かつ安定性の高さから航空機および自動車用途として使用量が増大している炭素繊維複合材料などの使用後の処理が今後、社会問題になると予想されます。複合材料を始めとするこれらの材料も、高強度、高耐熱性、長期安定性が強く求められ、使用中に分解すると困ることから、分子構造も強固で強直であるとともに、接着を始めとする複合化においても非常に強固に結合することが求められています。

しかし一方で、資源の乏しい我が国においては、製品寿命が尽きた後には原材料あるいは中間部材に分解し、再利用することが強く求められており、要求性能を満たすために加えられた強化材料の分離の困難さ、製品の複雑化や多層化などによる難分解性も大きな課題となっています。従って製品寿命が尽きた後に原料または中間材料などへ戻すことのできるサステナブル材料の設計・開発が望まれます。強固な材料を分解するためには、非常に大きなエネルギーが必要であり、高温、高圧、強酸、強アルカリなどの過酷な条件下で分解されて得られる分解生成物は、残念ながら再利用に耐えうる素材とは言えません。しかしながら、これまでの材料開発においては、安定性や機能性を求める動きが強く、分解や分離についての研究は未発展のままです。サステナブル材料の創製に向けた分解、分離に関して、ナノレベルからマクロレベルまで多階層的に理解し、分解を科学として進展させることが急務となっています。本研究領域で目指している「確実な結合とやさしい分解」は二律背反であり、材料分野においては、最も解決することが困難な課題であると考えられますが、見方を変えると、今こそ英知を結集して本気で取り組まねばならない非常に重要でチャレンジングなテーマです。若き研究者の自由な発想による画期的で革新的な研究テーマを募集します。

2. 募集・選考の方針

(1) 募集方針

- (ア) 本領域では工業製品を構成する全ての材料(高分子、有機、生体、無機および金属材料ならびにこれらの複合材料など)を対象とします。ただし、薬剤や植物、動物、微生物そのものを主題とした提案を除きます。
- (イ) 各種材料を再利用可能な原子・分子レベルまたは中間・部分構造に速やかに分解するための研究、構造・界面計測および可視化技術を進化させる研究および結合・分解のシミュレーション、研究をサポートする計算、寿命予測手法を進化させる研究提案を募集します。

具体的には、物性や構造を分解性と共に制御可能な結合を導入した材料合成、分解性セグメントを導入した材料設計、選択的に結合を切断できる触媒の開発、外部刺激等による有機・無機化合物における結合形成と開裂を自在に制御する技術、異種材料の

- 接着界面における結合と分解を制御する界面制御技術、複合材料における分解リサイクル手法の確立を目指した相分離構造や階層構造などの高次構造制御技術の開発など。
- (ウ) 分解と安定な結合(構造)を共存させるための提案も歓迎します。
 - (エ) 材料学と生物学の融合を目指し、従来の触媒にとらわれず、生体触媒である酵素を用いた研究提案も歓迎します。
 - (オ) 材料の正確なキャラクタリゼーションを主題とした提案も歓迎いたします。

(2) 選考方針

- (ア) 提案者の独創的なアイデアに基づく挑戦的／魅力的な提案であること。
- (イ) サステイナブル材料の創製に資する提案であること。
- (ウ) 材料合成のみを目的とする提案が散見される。自身が合成した材料の物性評価や部材化を念頭に入れた提案であること。
- (エ) これまでの採択研究分野にとらわれることなく、優れたチャレンジングな研究提案を採択する予定である。
- (オ) 今年度は、多様な共同研究の形成を目指し、大学・国研・地域・ジェンダーに偏りが出ないように配慮した選考を行う予定である。

3. 研究期間と研究費

研究期間は 2023 年度から 2026 年度（3 年半以内）とし、当初研究費は 1 課題あたり、総額 4,000 万円（直接経費）を上限とします。

4. 領域運営の方針

本領域は、研究総括、領域アドバイザー、採択研究者間の意見交換を重視しながら、個人の独創的で魅力的なアイデアに基づき分解を中心としたサステイナブル材料の創製に資する基礎研究を推進します。得られた成果については積極的な論文発表を推奨していくとともに、ワークショップやシンポジウム等の開催を通して、同じ戦略目標の下で実施する CREST「分解・劣化・安定化の精密材料科学」との連携や学術交流を進めます。