

B3-07 高分子精密分解:高分子材料と高分子鎖の精密分解科学

沼田圭司(京都大学大学院工学研究科材料化学専攻)

プラスチックをはじめとした高分子材料は、その優れた物性と加工性から、幅広い材料分野に利用されている。その一方で、多様な使用環境において、高分子素材の利用中もしくは利用後の分解が深刻な問題を引き起こす例が報告されてきている。例えば、プラスチック製品が完全に分解されずに微小な欠片となったマイクロプラスチックが、多様な海洋生物に対して長期的に悪影響を及ぼすことが、最近の調査において明らかとなってきている。また、生体内において利用されている高分子材料の分解産物が炎症を引き起こすことが多くの症例で顕在化している。これらの課題を解決するために、ストローを海洋分解性高分子により製造する試みや、網膜剥離を治療する生体材料の分解過程における力学物性変化を精密に制御することにより、炎症反応を劇的に抑制する試みがなされている。これらは、全く異なる高分子材料が異なる環境下で利用される例であるが、どちらも高分子の分解挙動もしくは分解過程の力学物性変化を制御することで、優れた材料として利用できる可能性を明示している。しかし、このような例は非常に限定的であり、系統的な理解に基づき一般的な高分子の分解を精密に設計及び予測することは未だ困難である。これは、高分子の機能性および物性向上に偏重した長年の研究開発により、高分子の分解に関する系統的な学術的研究が停滞したことが一因である。

同時に、劣化や分解を抑制し、高分子の安定性を向上させることも容易ではなく、主要な構造材料としての立ち位置を鉄から奪えない科学的な要因である。これらの諸問題は、高分子の分解をマクロレベルから、メソスケールを経由して、分子レベルまで多階層的に理解し、学問的に体系化していないことに起因する。様々な分野で、学理に基づいた高分子設計や高分子材料の安定性・分解性の予測が求められているにも関わらず、高分子分解の系統的な研究の欠如から、直ぐには実現できない状況に追い込まれている。

本学術変革領域「高分子精密分解」では、高分子の分解を物理劣化、化学分解、生物代謝に分割することで、高分子の分解機構が、材料の階層構造と物性に与える影響を明らかにする。さらに、分解性を考慮した新しい高分子設計指針を、国内外そして産業界に対しても示すことを長期の目標とする。具体的には、高分子材料が利用される幅広い環境を考慮し、生体内、自然環境下、および利用条件下で物理破壊、化学分解、および生分解・生物代謝がどのように進行し、どの分子的要素が物性や機能に動的に影響するか、実験的に明らかにすることを目指す。実験ではアプローチできない分子論については、実験から得られた情報を基に粗視化のレベルを判断し、計算科学を導入することで明らかにする。本学術変革領域が達成された暁には、環境へ流出しても安全な高分子、安心して長期間生体内で利用できる材料、さらにクローズド・ループでリサイクル可能な高分子材料など、分解性を精密に設計・制御した高分子を合成・創出する大規模な学術領域へと展開することが期待される。

PROFILE

沼田圭司(京都大学工学研究科材料化学専攻)

東京工業大学高分子工学科卒業、同大学院総合理工学研究科博士後期課程終了、JSPS 海外特別研究員、理化学研究所上級研究員、同チームリーダーを経て、京都大学大学院工学研究科材料化学専攻高分子材料化学講座教授(現職)。理化学研究所環境資源科学研究センターバイオ高分子研究チーム チームリーダー兼務。専門は生体高分子の構造物性、生合成と分解。最近の授賞は、繊維学会賞、The 2020 ACS Macro Letters/Biomacromolecules/Macromolecules Young Investigator Award、高分子学会 旭化成賞、日本植物細胞分子生物学会 奨励賞、The BEPS Outstanding Young Scientist Award、文部科学大臣表彰若手科学者賞など。