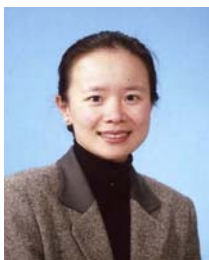


【基盤研究(S)】

理工系(化学)



研究課題名 犠牲結合原理が導く戦略：金属を凌駕するソフト・ハード複合強靱材料の創製と機能開拓

北海道大学・大学院先端生命科学研究院・教授 **ぐん ちえんびん**
ゲン 剣 萍

研究課題番号：17H06144 研究者番号：20250417

研究分野：高分子科学

キーワード：複合材料、高分子材料、ソフトマター、ゲル、高強度

【研究の背景・目的】

申請者らはこれまでに、ゲル、エラストマーなどのソフト材料を格段に強靱化出来る「犠牲結合原理」を発見し、本原理を基に多様な強靱ソフト材料を創製している。例えば、90%もの水を含んでいながら工業用ゴム並みに強靱なダブルネットワークゲルを開発している。一方、異種の材料を組み合わせ得られる複合材料は両材料の優れた特性を併せ持ち、例えば軽量・高強度な繊維強化プラスチックなどとして社会で広く使われている。

申請者らは近年、上記の強靱ソフト材料を一般的なハード材料と複合させると、両者の性質の相乗効果による犠牲結合原理の発現により、極めて強靱なソフト/ハード複合材料が創製されることを見出した。そこで本研究では、「犠牲結合原理」をソフトマターとハードマターとの複合材料に拡張し、金属、繊維強化プラスチックなどの既存のハード高靱性材料を凌駕した破壊耐性を有する「世界最強のソフト/ハード複合材料」を創製する。またその強靱化メカニズムを理解、一般化し、ソフト/ハード複合材料に関する学理を構築する。

【研究の方法】

強靱なソフト/ハード複合材料を、以下の2通りの方法で開発する。1. ソフト相を犠牲結合とする場合：犠牲結合原理に基づく強靱なソフト材料を、ハード材料である繊維、金属などの構造体と複合させる。2. ハード相を犠牲結合とする場合：ハード材料から構築された脆い網目構造を、強靱なソフト材料と複合させる。

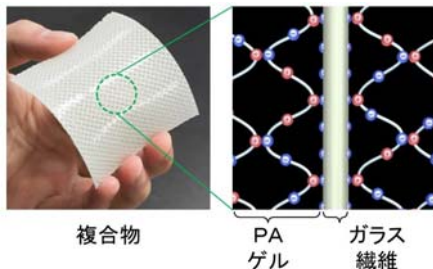


図1 ソフト相を犠牲結合とするソフト/ハード複合材料のプロトタイプ

犠牲結合原理によると、高靱性材料の力学挙動には三つの特徴がある。それは、引張試験で見られる応力降伏現象、弾性率の低下を伴う力学的ヒステリ

シス現象、および引裂試験で見られる亀裂周辺の降伏領域(内部破壊領域)の形成である。この三つの特徴を評価することによってソフト/ハード複合材料の靱性及びその高靱性化機構を解明する。

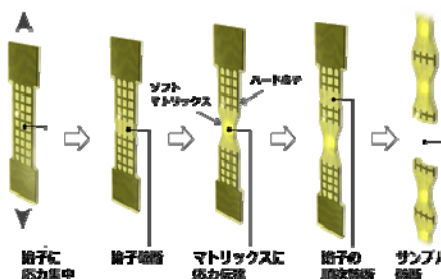


図2 ハード相を犠牲結合とするソフト/ハード複合材料の設計

【期待される成果と意義】

従来のハード複合材料の研究は、主に各成分の微小変形下における弾性率に注目して展開されている。本研究の特色と独創的な点は、ソフト/ハード複合材料の場合、弾性率の検討のみでは不十分で、大変形時の犠牲結合効果によるエネルギー散逸こそが複合材料の強靱化に重要であると着目したところにある。大変形、非線形、緩和などの効果を考慮に入れたソフト/ハード複合材料の研究は、殆ど未開拓な領域である。「犠牲結合による高靱性原理」を複合材料でも展開できれば、強度と靱性の両方において、既存のハード系複合材料を超える高分子複合材料を創製する可能性があり、材料イノベーションに繋がる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Y. Huang, D. R. King, T. L. Sun, T. Nonoyama, T. Kurokawa, T. Nakajima, J. P. Gong, *Adv. Funct. Mater.*, 27(9), 1605350 (2017).
- D. R. King, T. L. Sun, Y. Huang, T. Kurokawa, T. Nonoyama, A. J. Crosby, J. P. Gong, *Mater. Horiz.*, 2(6), 584-591 (2015).

【研究期間と研究経費】

平成29年度-33年度 157,000千円

【ホームページ等】

http://altair.sci.hokudai.ac.jp/g2/p_gong@sci.hokudai.ac.jp