



配布先: 文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会

2024年9月24日

報道機関 各位

構造用接着剤の耐衝撃性が飛躍的に向上 ～自動車の軽量化や走行安定性につながる脱炭素技術～

【本研究のポイント】

- ・名古屋大学らが独自開発した水素結合^{注1)}性エラストマー^{注2)}を含む次世代構造用接着剤^{注3)}をアイシン化工株式会社と共同開発。
- ・開発した接着剤の衝撃強度^{注4)}は、ゴム成分未添加のエポキシ樹脂系接着剤^{注5)}と比較して約22倍。
- ・スチールやアルミ、樹脂などの異種材料を適材適所で接合でき、自動車の軽量化や走行安定性、燃費改善に大きく貢献する脱炭素技術。

【研究概要】

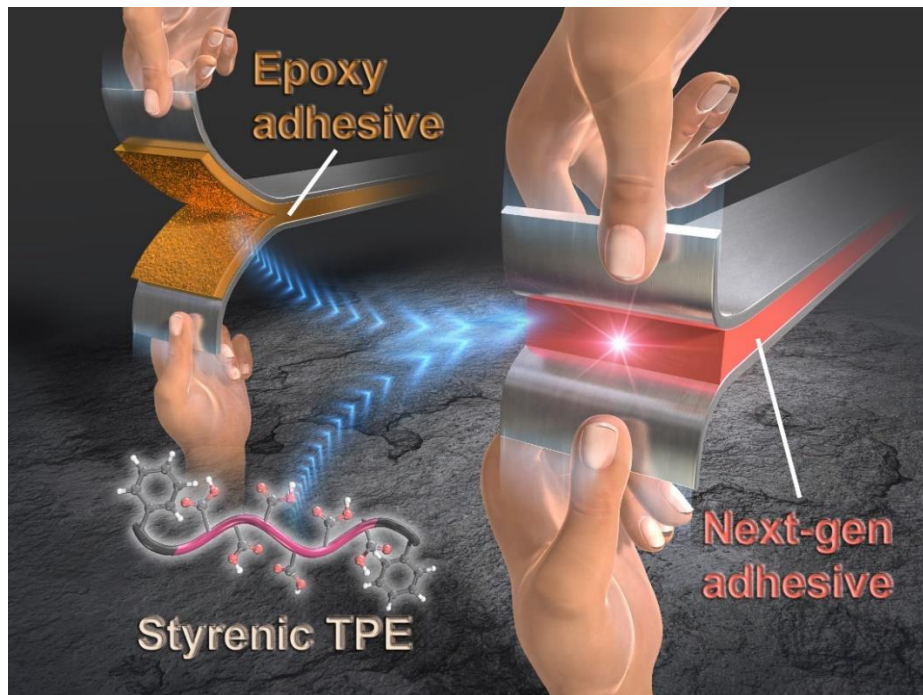
名古屋大学大学院工学研究科の野呂 篤史 講師(未来社会創造機構 マテリアルイノベーション研究所および脱炭素社会創造センター兼務)らの研究グループは、アイシン化工株式会社との共同研究において、優れた衝撃強度や剥離強度^{注6)}を有する次世代構造用接着剤を開発しました。

エポキシ樹脂^{注7)}に対しスチレン系熱可塑性エラストマー^{注8)}を添加して作製した接着剤は、ゴム成分添加のないエポキシ樹脂系接着剤と比較して衝撃強度が約11倍となることが確認されました。さらに、名古屋大学が独自に開発した水素結合性スチレン系熱可塑性エラストマーを添加した接着剤では、ゴム成分未添加のエポキシ樹脂系接着剤の約22倍にまで向上しました。

今回開発した接着剤技術を、自動車やその他の車両に適用することで、車両軽量化や走行安定性向上に寄与することが期待されます。ゆえに本技術は、燃費改善や排出ガス削減にも大きく貢献する、重要な脱炭素技術です。

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「官民による若手研究者発掘支援事業」から助成を受けて進めました。また本研究は、「大学の知」を産学共同研究を通じて社会実装につなげるオープンイノベーション活動の一環です。

なお、本研究成果は、2024年9月21日付で米国化学会雑誌「ACS Applied Materials & Interfaces」のオンライン版に掲載されました。



【研究背景と内容】

近年、強度と耐久性が求められる構造用接着剤が、自動車、航空機、建築物等の組み立てにおいて注目されています。特にエポキシ樹脂系接着剤は、優れた機械的強度と耐久性を持つため、最も広く使用されています。自動車産業では、燃費向上や排出ガス低減が求められており、構造用接着剤を使用することで、異種材料を適材適所で接合できるため、車両軽量化や走行安定性向上に寄与することが期待されています(図1)。

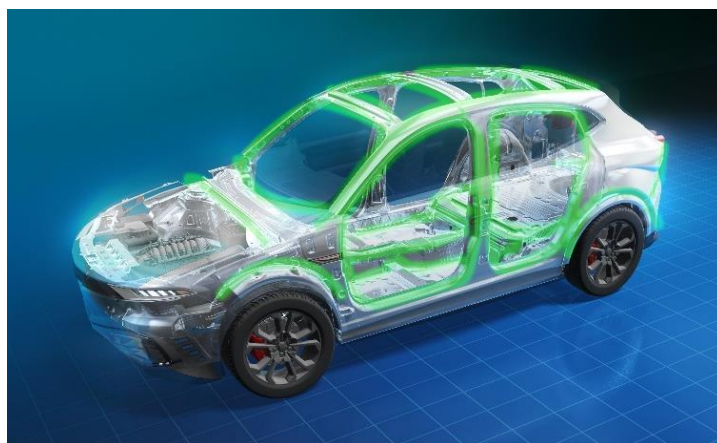


図1. 自動車で構造用接着剤が使用される箇所(緑色の線).

しかし、エポキシ樹脂系接着剤の硬化物は一般的に硬く、柔軟性に乏しいため、衝撃強度や剥離強度は低く、外力に対して破損しやすいものです。優れたエポキシ樹脂系接着剤を実現するには、柔らかいゴム成分を添加し、均一に分散させるのが効果的と考えられています。しかし、ゴム成分は通常エポキシ樹脂には溶解しないため、その分散が難しいのが現状です(図2)。

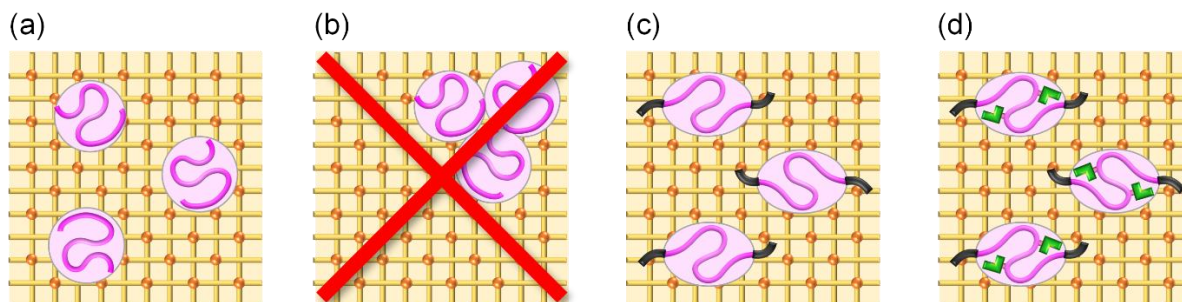


図 2. エポキシ樹脂中でのゴム成分の分散のイメージ. (a) ゴム成分の理想的な均一分散. (b) ゴム成分の凝集. (c) SIS の分散. (d) 水素結合性 SIS の分散. 黄色の線とオレンジのドットは硬化したエポキシ樹脂, ピンクの曲線はゴム成分, 黒色の線はエポキシ樹脂に可溶性高分子成分, 緑色の L 字は水素結合性官能基を表す.

このような課題を解決するためには、エポキシ樹脂に不溶性ゴム成分と可溶性成分とを分子レベルで結合させた添加剤を使用すれば良いと考えられます。そうすることでゴム成分をエポキシ樹脂中に均一に分散させることができ、結果として、硬化後の接着剤に柔軟性や耐衝撃性を付与できると考えられます。

【成果の意義】

本研究では、エポキシ樹脂に不溶性ゴム成分と可溶性成分を分子レベルで結合させた添加剤として、室温でゴムのように機能し、一方でプラスチックのような加工性もあわせ持つスチレン系熱可塑性エラストマーの一種であるポリスチレン-b-ポリイソプレン-b-ポリスチレン(SIS)^{注 9)}ブロックポリマー^{注 10)}を使用しました。SIS を添加したエポキシ樹脂系接着剤は、ゴム成分未添加のエポキシ樹脂系接着剤と比較して、衝撃強度が約 11 倍、剥離強度が約 1.3 倍向上しました。さらに、名古屋大学らが独自に開発した水素結合性 SIS を添加することで、衝撃強度は約 22 倍、剥離強度は約 2.1 倍にまで向上し、ゴム成分添加のないエポキシ樹脂系接着剤と比べて大幅な性能向上が確認されました(図 3)。

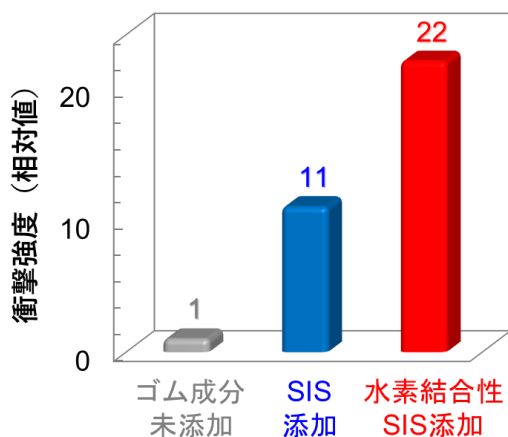


図 3. 従来接着剤と開発接着剤の衝撃強度(相対値).

アイシン化工株式会社と共同で開発した、SISもしくは水素結合性 SIS を添加したエポキシ樹脂系接着剤は、ゴム成分未添加のエポキシ樹脂系構造用接着剤と同様に異種材料接合が可能であり、衝撃強度や剥離強度などの接着性能では大きく上回っています。このような技術を適切に車両に適用していくことで、車両軽量化や走行安定性向上、燃費改善や排出ガス削減に大きく寄与するはずで、ゆえに本技術はカーボンニュートラル社会の実現に貢献する重要な脱炭素技術です。今後も本技術の社会実装を目指し、研究開発を進めていきます。

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が実施する「官民による若手研究者発掘支援事業」からの助成を受けて進めました。

また、本研究は、「大学の知」を産学共同研究を通じて社会実装につなげるオープンイノベーション活動の一環です。

【用語説明】

注 1)水素結合:

水素原子と酸素原子、水素原子と窒素原子などの間で生じる引力相互作用。強い結合として共有結合が知られているが、本結合は共有結合ではない、弱い結合の一種。

注 2)エラストマー:

ゴムのような弾性挙動を示す材料。

注 3)構造用接着剤:

構造を担う材料(骨組み部材)を接合する接着剤。

注 4)衝撃強度:

衝撃試験によって材料を割裂させるのに必要な力。引き裂き強度。

注 5)エポキシ樹脂系接着剤:

ビスフェノール A 型エポキシ樹脂などを加熱硬化させることで接着性能を発揮する材料。

注 6)剥離強度:

剥離試験によって接着された試験片を引き剥がす際に必要となる力。

注 7)エポキシ樹脂:

加熱によって硬化する熱硬化性樹脂の一種であり、エポキシ基を有するもの。硬化して樹脂化する前の液状のものを指すことも多い。代表的なものにビスフェノール A 骨格を有するものが挙げられる。

注 8)スチレン系熱可塑性エラストマー:

プラスチック成分であるポリスチレンを含有した熱可塑性エラストマー。熱可塑性エラストマーとは、プラスチック成分とエラストマー成分(ゴム成分)の両方を化学結合で繋いだポリマーからなる、熱可塑性(加熱時に物体を変形させ、その後力を除いてももとの形に戻らない性質)を示すエラストマー材料のこと。

注 9)ポリスチレン-b-ポリイソプレン-b-ポリスチレン(SIS):

プラスチック成分であるポリスチレンと、ゴム成分であるポリイソプレンとを共有結合で ABA 型でつないだブロック型のポリマー(ブロック共重合体)。SIS はその略称。名古屋大学が独自開発した水素結合性 SIS については、2023 年 5 月、名古屋大学の野呂らは日本ゴム協会より第35回日本ゴム協会賞を受賞している。

注 10) ブロックポリマー:

異なるポリマー成分を共有結合で繋いだポリマー。ブロック共重合体。最も単純なものとしては AB 型のブロックポリマーがある。ABA 型のブロックポリマーは熱可塑性エラストマーとしてよく利用される。

【論文情報】

雑誌名: ACS Applied Materials & Interfaces

論文タイトル: Next-Generation Structural Adhesives Composed of Epoxy Resins and Hydrogen-Bonded Styrenic Block Polymer-Based Thermoplastic Elastomers

著者: 山田紗椰(元名古屋大学大学院生)、梶田貴都(名古屋大学研究員)、西本実緒(名古屋大学研究員)、堀内純子(名古屋大学技術補佐員)、藤井吉朗(アイシン化工株式会社)、坂口和優(アイシン化工株式会社)、服部和男(アイシン化工株式会社)、田村博(アイシン化工株式会社)、加納達弥(アイシン化工株式会社)、酒井武信(名古屋大学特任教授)、野呂篤史(名古屋大学講師)

DOI: 10.1021/acsami.4c12540

URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsami.4c12540>