

## 学位論文審査の結果の要旨

報告番号	先端科学技術	号	氏名	山内 賢太郎
論文題目	接着剤と低表面自由エネルギー被着体との接着強度に関する研究			
論文審査委員会	委員 (主査)	教授	齋藤 博之	
	委員 (副査)	教授	五味 健二	
	委員 (副査)	教授	柳田 明	
	委員 (副査)	教授	田村 昌一	

### 研究の背景

高精度金型の離型剤や防汚抗菌性材料の開発においては、固体の表面自由エネルギーと接着強度の関係が指針となる。接着強度の表面自由エネルギー依存性については接着剤の研究を中心に表面自由エネルギーが大きい領域、特に  $20\text{mN/m}$  を超える領域で線形関係があることが示されてきたが、これに満たない低表面自由エネルギーでの相関についてはこれまで明確にはされていなかった。近年になって離型・防汚といった機能面で表面自由エネルギーの低い材料が注目されるにともない、低表面自由エネルギー領域での接着強度との相関を明らかにすることが重要となってきた。

### 研究の目的

本研究においては、 $20\text{mN/m}$  に満たない低表面自由エネルギー領域での接着強度の表面自由エネルギー依存性に着目し、これを破壊力学や表面工学の観点から理論的および実験的な面より解明し実用に資することを目的としている。具体的にはエポキシ樹脂接着剤と各種低表面自由エネルギーポリマーの接着を取りあげて解析している。

### 研究の内容

本研究は2つの内容から構成されている。

第1にそれまでは試験片レベルで作製が困難とされていた  $20\text{mN/m}$  以下の表面自由エネルギーを示す被着体を作製することに成功し、他の比較材料となるポリマー試験片と共に表面自由エネルギーの測定、せん断試験によるエポキシ樹脂接着材との間の接着強度測定を行っている。この結果から各種材料の接着強度についての表面自由エネルギー依存性を  $20\text{mN/m}$  以下の領域まで拡張して実験的に明確化した。特に、従来より直線関係として報告されてきた接着強度と表面自由エネルギーの相関が  $20\text{mN/m}$  以下の表面自由エネルギーの領域では直線関係からはずれることを見出した。さらに、この依存性を説明するため、エポキシ樹脂とポリマーの接着体を両者の平均的な物性を有する物体としてモデル化し、その物体に対し破壊力学における Griffith の理論を適用し結果を説明することに成功した。

このうちの従来理論を第1章、実験結果を第2章、モデル化と理論の展開を第3章で示し、原著論文 [1] として材料技術研究協会に発表している。

[1] 山内賢太郎, 塩谷勇来, 齋藤博之, “エポキシ樹脂と低表面自由エネルギー被着体の接着強度と自由エネルギーについて,” 材料技術, 41, pp.18-23 (2023).

この際の接着強度に関してエポキシ樹脂と各種ポリマー試験片の端部での応力特異場について、その強さと特異性の指数を求めることにより、応力特異場の強さと特異性の指数の表面自由エネルギーへの相関が異なるという結果を得ている。この結果を第4章としている。

第2に、これまで明らかにした接着剤と被着体の接着強度についての表面自由エネルギー依存性を応用して、光触媒分散材料が抗菌性を向上するメカニズムを解明している。低表面自由エネルギー表面では接着力が弱くなることからランダムウォークする動的接着現象において平均移動距離が増大することを示して抗菌性の向上をシミュレーションで示した。この成果は原著論文 [2] として材料技術研究協会に発表されている。

[2] 山内賢太郎, 塩谷勇来, 齋藤博之, “抗菌性に及ぼす光触媒と PTFE の相乗効果,” 材料技術, 41, pp.25-30 (2023).

これは大同大学において光触媒分散材料により大腸菌に対する抗菌性が向上したと報告されている現象に理論的根拠を与えるものである。

また、英語に関しては、日本・韓国・中国・オーストラリア各国の機械系学会が共催している国際会議 Asia-Pacific Conference on Fracture and Strength の第17回プロシーディングス [3] により十分な英語の実力があると判定できる。

[3] Kentaro Yamauchi, Yuki Shiotani, Hiroyuki Saito, “Deviation from linear relationship between adhesion strength and surface free energy on a low energy surface,” Procedia Structural Integrity, 45, pp.127-131 (2023).

以上、本論文において著者が検討して得た結論に記された事柄は、固体の表面自由エネルギーと接着強度の関係を解明した点で極めて有用であると判断できることから、本論文の価値は工学的、工業的な観点からも十分に評価できる。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。