

CFRPとアルミニウムの接合強化 に向けたコーティング剤

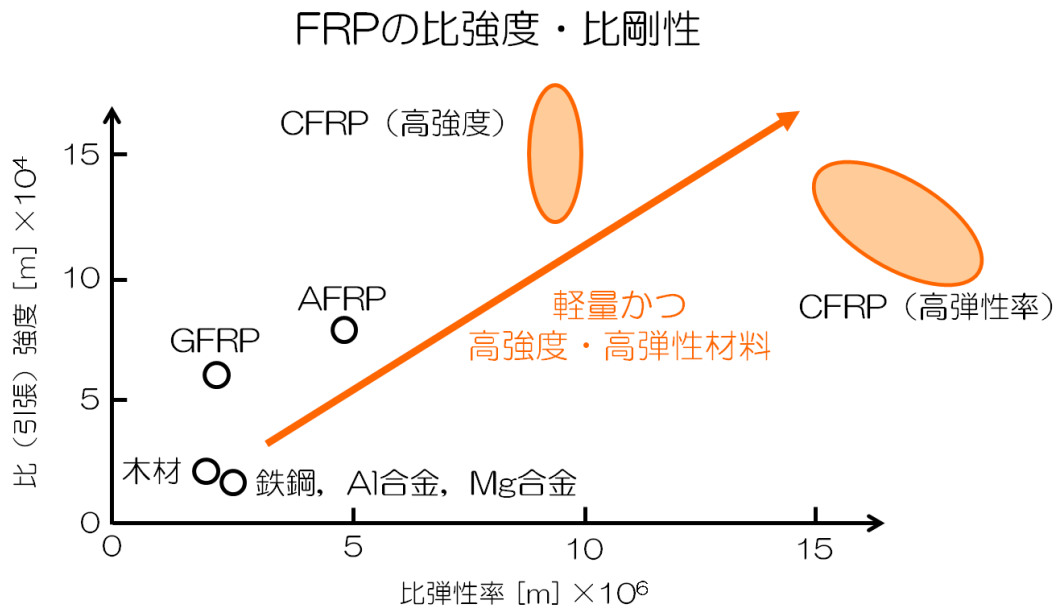
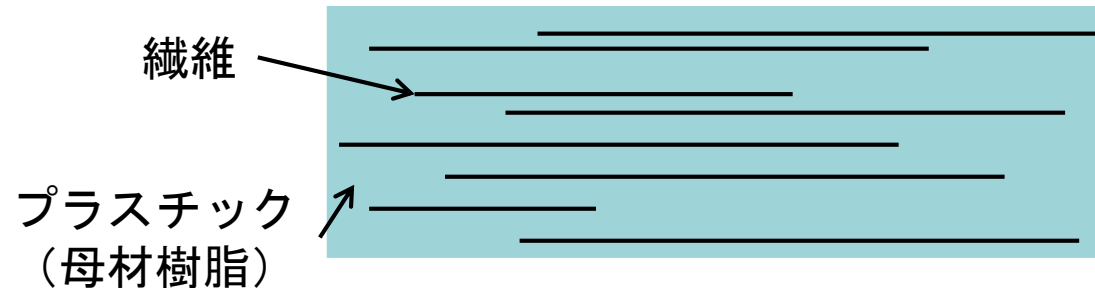
東京都立産業技術研究センター
事業化支援本部 地域技術支援部 城東支所 主任研究員

小野澤 明良

FRPとは？

繊維強化プラスチック

F : fiber (繊維)
R : reinforced (強化)
P : plastics (プラスチック)



(語句) 比強度：材料の機械的強さをその密度で除した値、比剛性：材料の弾性率をその密度で除した値

ガラス繊維強化プラスチック

GFRP : 一般・汎用FRP

使用例) 生活用品 (浴槽など)、移動体内装

アラミド繊維強化プラスチック

AFRP : 高耐衝撃・高じん性FRP

使用例) 屋根補強、自動車

炭素繊維強化プラスチック

CFRP : 軽量・高強度FRP

使用例) 航空機、自動車、スポーツ分野

課題 : コスト、生産性、切断・穴あけ、接合の加工法

CFRPと異種材料との接合

最近ではCFRPと異種材料を接着・接合（マルチマテリアル化）し、コストを抑え、軽量化を図る需要が増加

→接着・接合方法が課題

代表的な接合方法

接合機構	接合形状		
	点接合	線接合	面接合
冶金的接合	抵抗スポット溶接 レーザースポット溶接など	アーク溶接 レーザー溶接など	-
機械的接合	ボルト・ナット かしめ リベットなど	ヘミング（かしめ加工）	-
化学的接合	-	接着	接着

化学的接合：重量増加を抑えながら接合できることから着目

代表的なFRPと異種材料の接合方法①

①表面研磨による方法(一般的な方法)

金属表面を粗し、アンカー効果で接着強度を向上させる



②薬品処理による方法

金属に薬品処理し、表面に凹凸形状をつくり、接着強度を向上させる

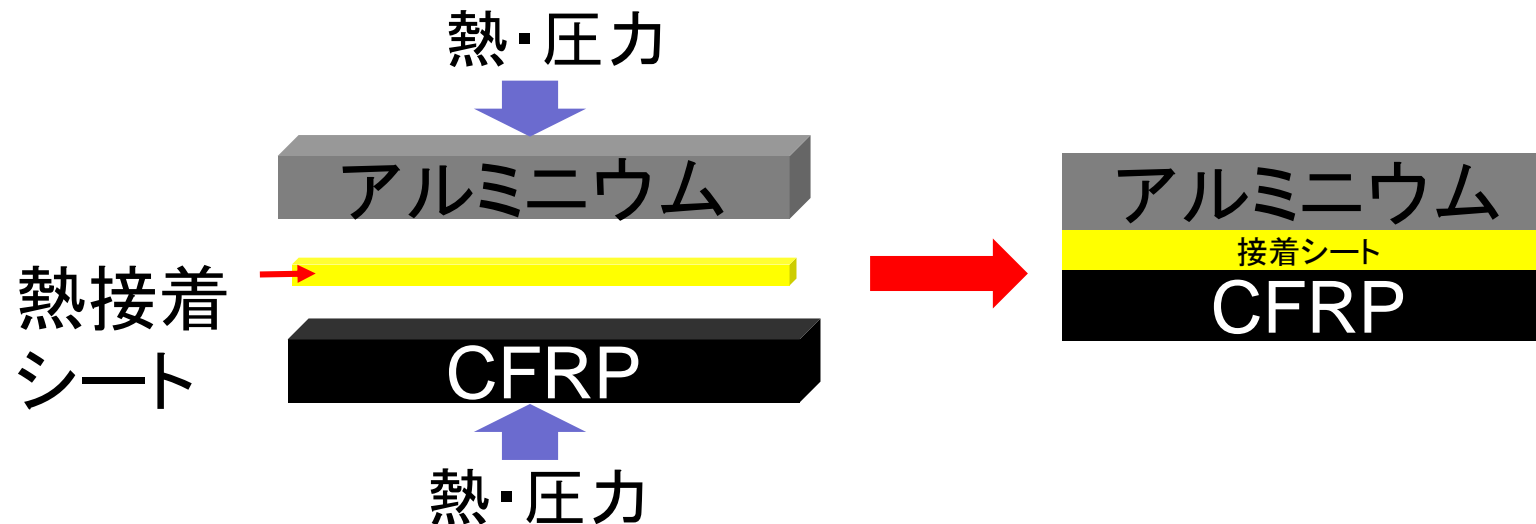


課題: 環境負荷の課題および薬品処理する設備導入が必要

代表的なFRPと異種材料の接合方法②

③熱接着フィルムを用いた方法

金属材料に処理を施さず、熱接着シートを被接合材の間に挟んで
圧力、温度をかけて接着強度を向上させる



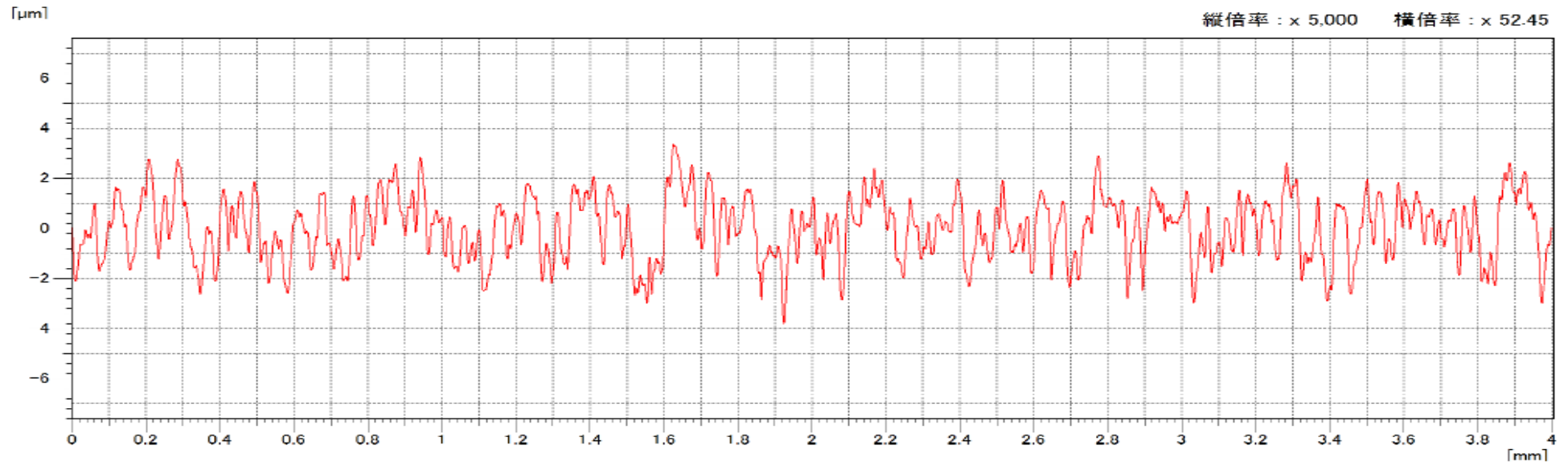
課題: 新規に設備導入が必要

CFRPと異種材料の接合強度向上に向けた手法が各社で開発
→ 金属表面に着目している接合方法が多い

CFRP表面にあまり着目されていない

市販品CFRP

熱硬化形エポキシ樹脂CFRP板
(株)O-KEI樹脂製
(表層:平織り、中層:0° /90° 一方向材)



市販品CFRP板の表面粗さ曲線図

CFRP板の表面は平滑ではなく凹凸あり

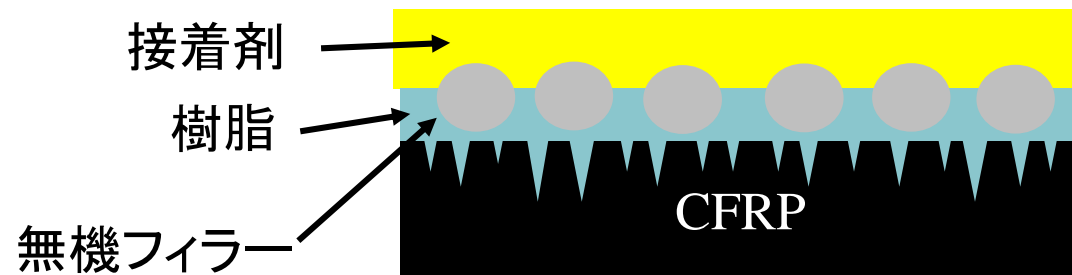
研究課題および解決方法



CFRP表層



接着剤が溝に入り込まない
→点接触する可能性あり



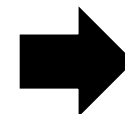
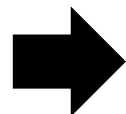
コーティング剤でしっかり溝に入る
→接着剤の点接触から面接触へ

表面にフィラーを隆起させ、アンカー効果をもたらし、接合強化が期待

コーティング剤のイメージ図

CFRPへ表面処理を施すことにより、接合強化を図ることが可能

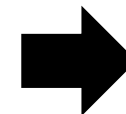
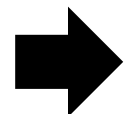
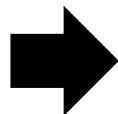
試験用CFRP板の作製



サイズ: 450 × 450 × 2mm
熱硬化形エポキシ樹脂CFRP板
(株)O-KEI樹脂製
(表層: 平織り、中層: 0° / 90° 一方向材)

タイルカッター

サイズ: 約115 × 約210 × 2mmに切断



湿式型切断機

コーティング剤評価用試験片
サイズ: 100 × 150 × 2mmに切断

引張試験片用
サイズ: 25 × 約115 × 2mmに切断

コーティング剤の樹脂選定および配合比率

		硬化剤	
		A脂肪族ポリアミン アミン価: 345~385	B酸無水化合物 中和当量: 114~120
主剤	①エポキシ樹脂 分子量: 約370 エポキシ当量: 184~194	100:50	100:120
	②エポキシ樹脂 分子量: 約900 エポキシ当量: 450~500	100:15	100:36

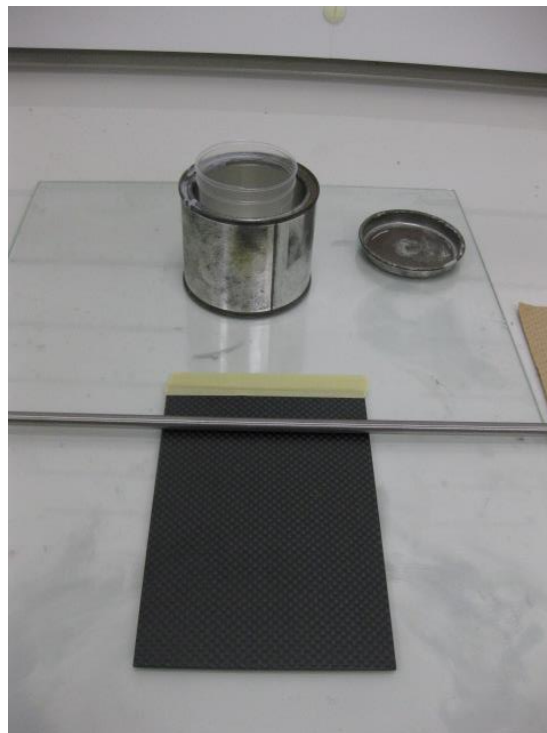
硬化条件
 硬化剤A: 室温24時間→80°C 3時間
 硬化剤B: 80°C 3時間→120°C 6時間

上記の組み合わせで液を作製

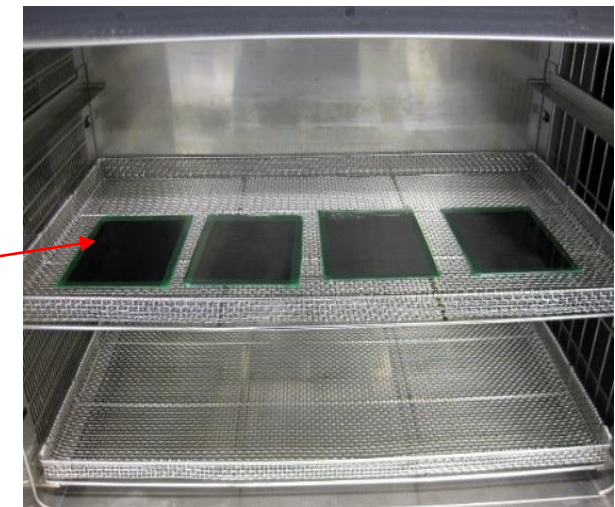
初期付着性(1次付着性)、長期耐久性(冷熱衝撃試験)試験後の2次付着性を確認

1次・2次付着性の評価方法

被塗物:CFRP板、塗布:バーコーター法
 使用したバーコーター種類:No9
 評価:初期(1次)および2次付着性
 付着性試験:クロスカット試験(カット幅2mm)
 2次付着性:冷熱衝撃試験後の付着性



バーコーター法

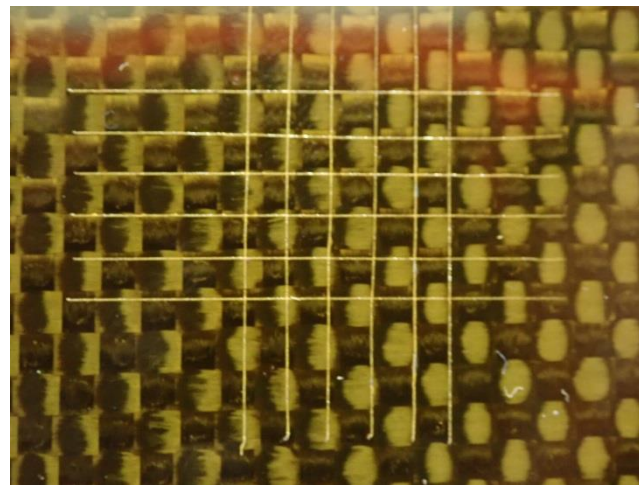
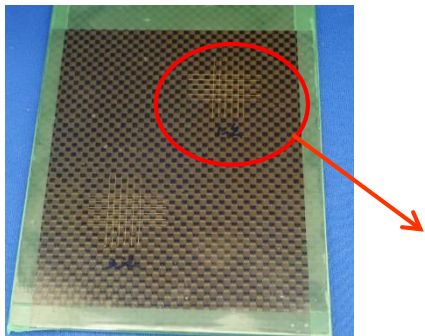


冷熱衝撃試験機

条件: 高温150°C、30分 低温:-40°C、30分
 試験時間:500時間

1次・2次付着性の評価結果

		硬化剤	
		A脂肪族ポリアミン アミン価: 345~385	B酸無水化合物 中和当量: 114~120
主剤	①エポキシ樹脂 分子量: 約370 エポキシ当量: 184~194	1次: 分類0 2次: 分類0	1次: 分類0 2次: 分類0
	②エポキシ樹脂 分子量: 約900 エポキシ当量: 450~500	1次: 分類0 2次: 分類0	1次: 分類0 2次: 分類0



クロスカット試験結果一例(分類0)

クロスカット試験による付着性の判定

分類	説明	はく離(はがれ)が生じているクロスカット部分の表面の状態(6種の並行カットの例)
0	カットの縁が完全に滑らかで、どの格子の目にもはがれがない。	—
1	カットの交差点における塗膜の小さなはがれ。クロスカット部分で影響を受けるのは、明確に5%を上回ることはない。	
2	塗膜がカットの縁に沿って、及び/又は交差点においてはがれている。クロスカット部分で影響を受けるのは明確に5%を超えるが15%を上回ることはない。	
3	塗膜がカットの縁に沿って、部分的又は全面的に大はがれを生じており、及び/又は目のいろいろな部分が、部分的又は全面的にはがれている。クロスカット部分で影響を受けるのは、明確に15%を超えるが35%を上回ることはない。	
4	塗膜がカットの縁に沿って、部分的又は全面的に大はがれを生じており、及び/又は数か所の目が部分的又は全面的にはがれている。クロスカット部分で影響を受けるのは、明確に35%を超えるが65%を上回ることはない。	
5	はがれの程度が分類4を超える場合。	

コーティング剤分散の検討

材料		配合		
エポキシ樹脂	①	分子量: 約370 エポキシ当量: 184~194	20	—
	②	分子量: 約900 エポキシ当量: 450~500	—	20
アルミナ粒子 (粒径: 1.0 μm)		20	20	
エポキシシンナー		60	60	
分散度		1.5 μm	12 μm	



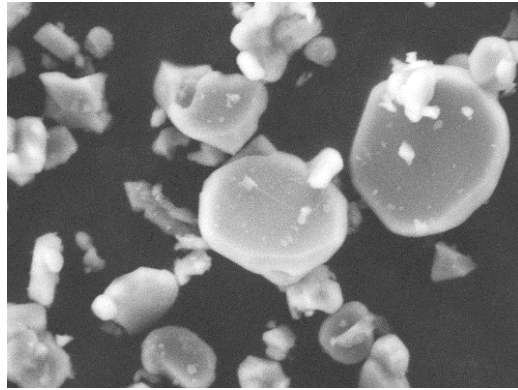
ペイントシャーカ



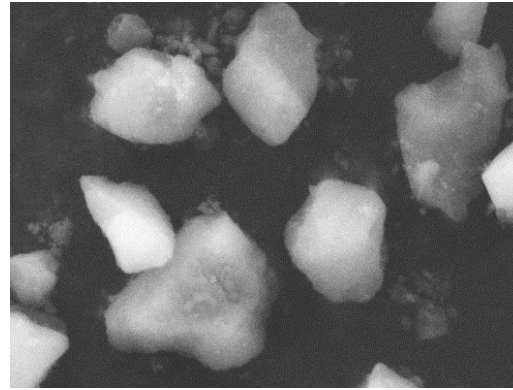
JIS K5600-2-5 分散度測定

→分散度の結果、樹脂①をコーティング剤用樹脂として選定

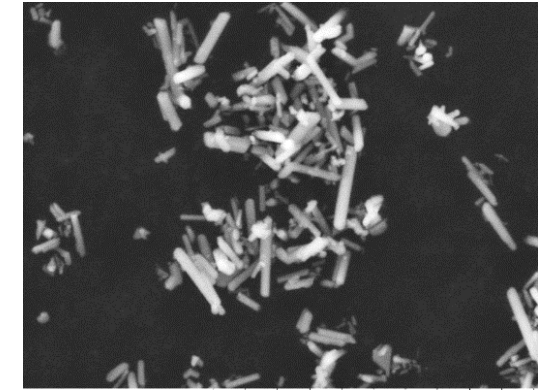
各種フィラーの選定およびコーティング剤の配合



20 μ m
アルミナ (Al)



20 μ m
二酸化ケイ素 (Si)



20 μ m
酸化チタン (Ti)

材料	配合 (%)			
	フィラーなし	Al	Si	Ti
エポキシ樹脂	40	40	40	40
アルミナ	—	20	—	—
二酸化ケイ素	—	—	20	—
二酸化チタン	—	—	—	20
塩基系高分子型分散剤	—	1	1	1
エポキシシンナー	60	39	39	39
硬化剤 (脂肪族ポリアミン)	20	20	20	20

各フィラーを分散させた物性試験結果

使用したフィラー	分散度 (μm)	粘度		クロスカット試験	
		初期 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	1ヶ月後 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	1次付着性	2次付着性
アルミナ (Al)	6	9	9	分類0	分類0
二酸化ケイ素 (Si)	9	402	405	分類0	分類0
酸化チタン (Ti)	3	11	11	分類2	分類0

付着性: 良 分類0 ← → 分類5 悪

※参考: 2液型エポキシ接着剤: $1700\text{mPa}\cdot\text{s}$ (カタログ値)

被塗物: CFRP板

塗布: バーコーター法 (No4)

クロスカット試験: カット幅2mm

2次付着性: 冷熱衝撃試験500時間後の付着性

冷熱衝撃試験条件

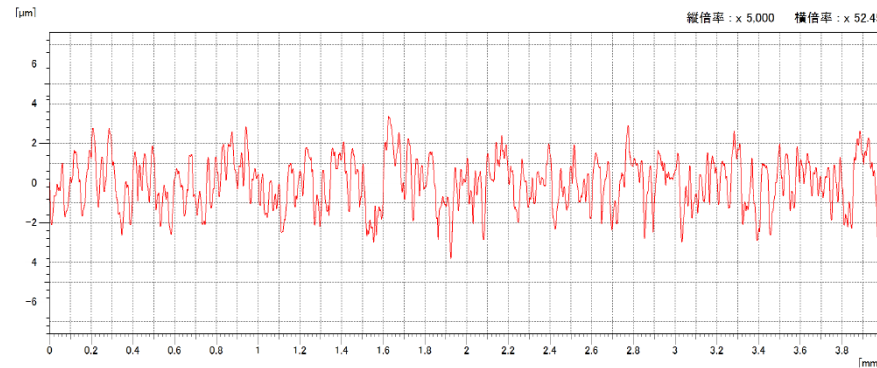
高温 150°C 、30分 低温: -40°C 、30分



振動粘度計

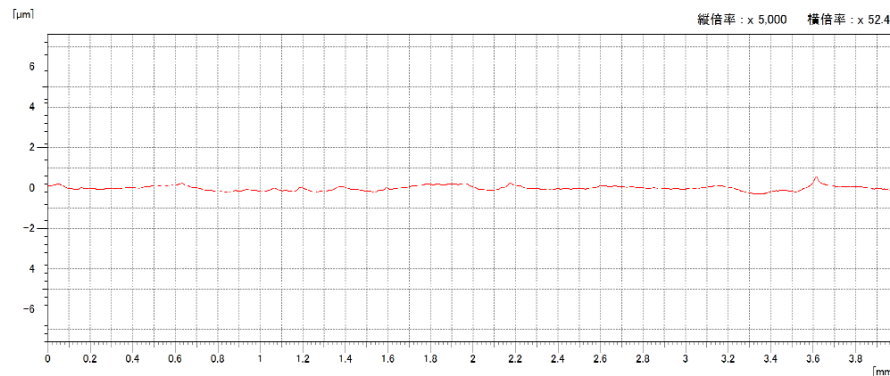
表面粗さ測定結果およびイメージ図

CFRP単体



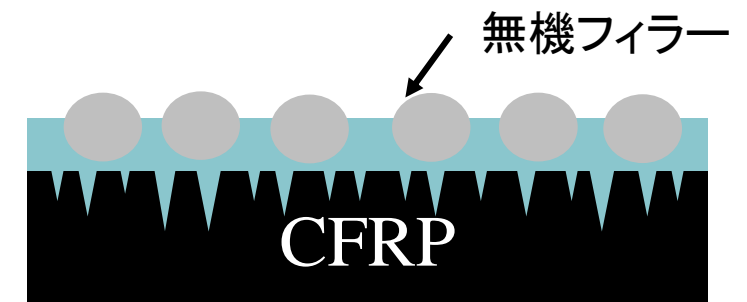
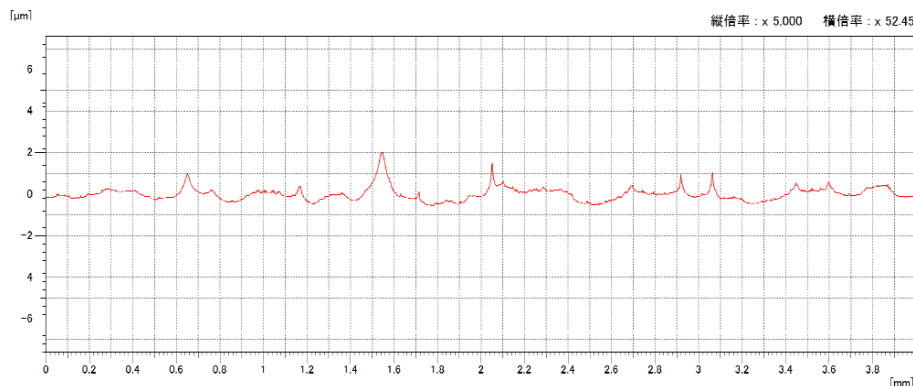
凹凸がある

フィラーなし



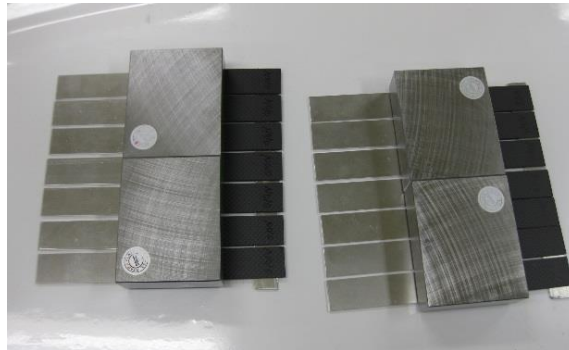
コーティング剤で溝が埋まる

アルミナ (Al)

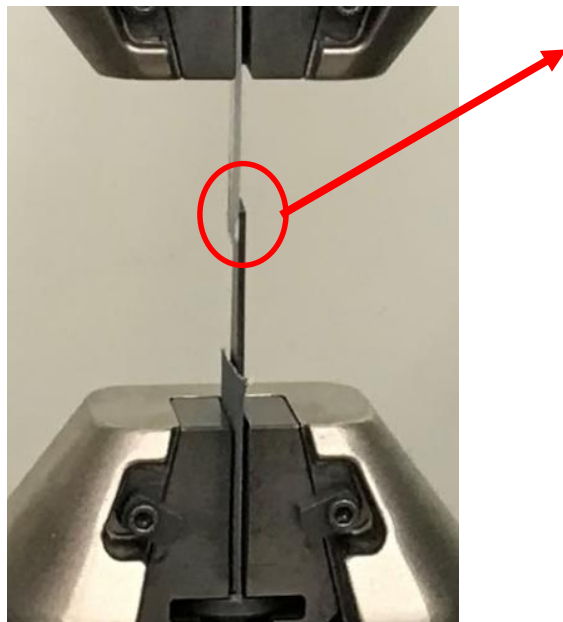


表面にフィラーが隆起

引張り試験片の層構成



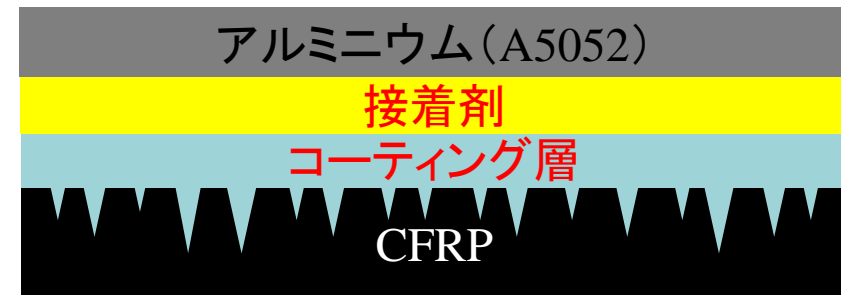
引張り試験片の作製
(アルミニウム表面は#400で研磨)



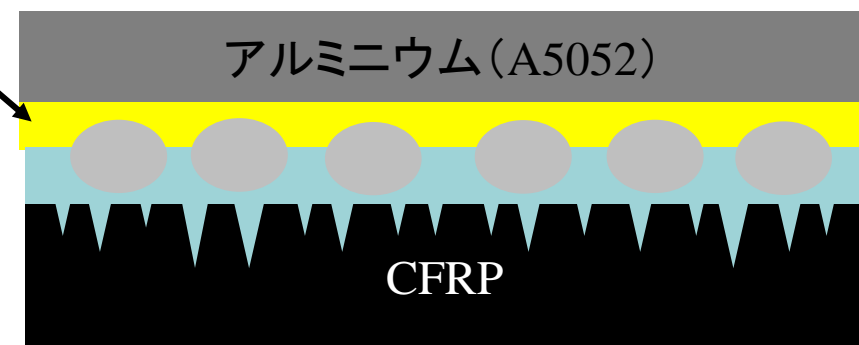
構成1
(ブランク)



構成2
コーティング剤のみ
(フィラーなし)

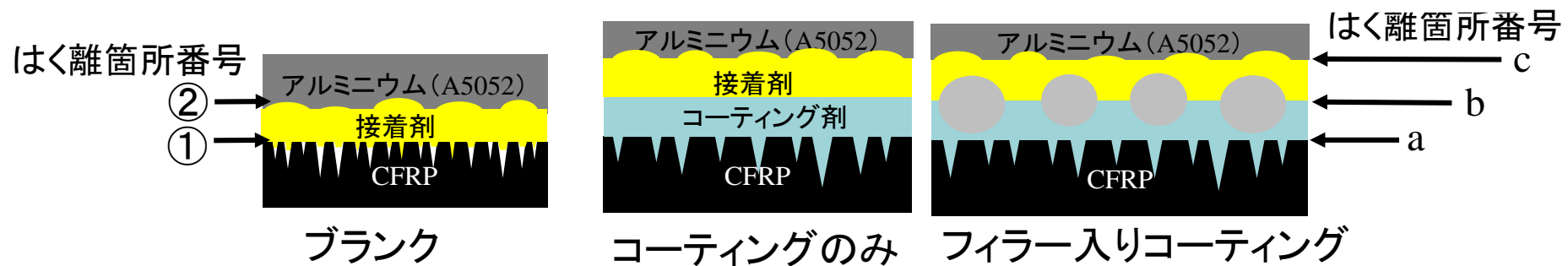
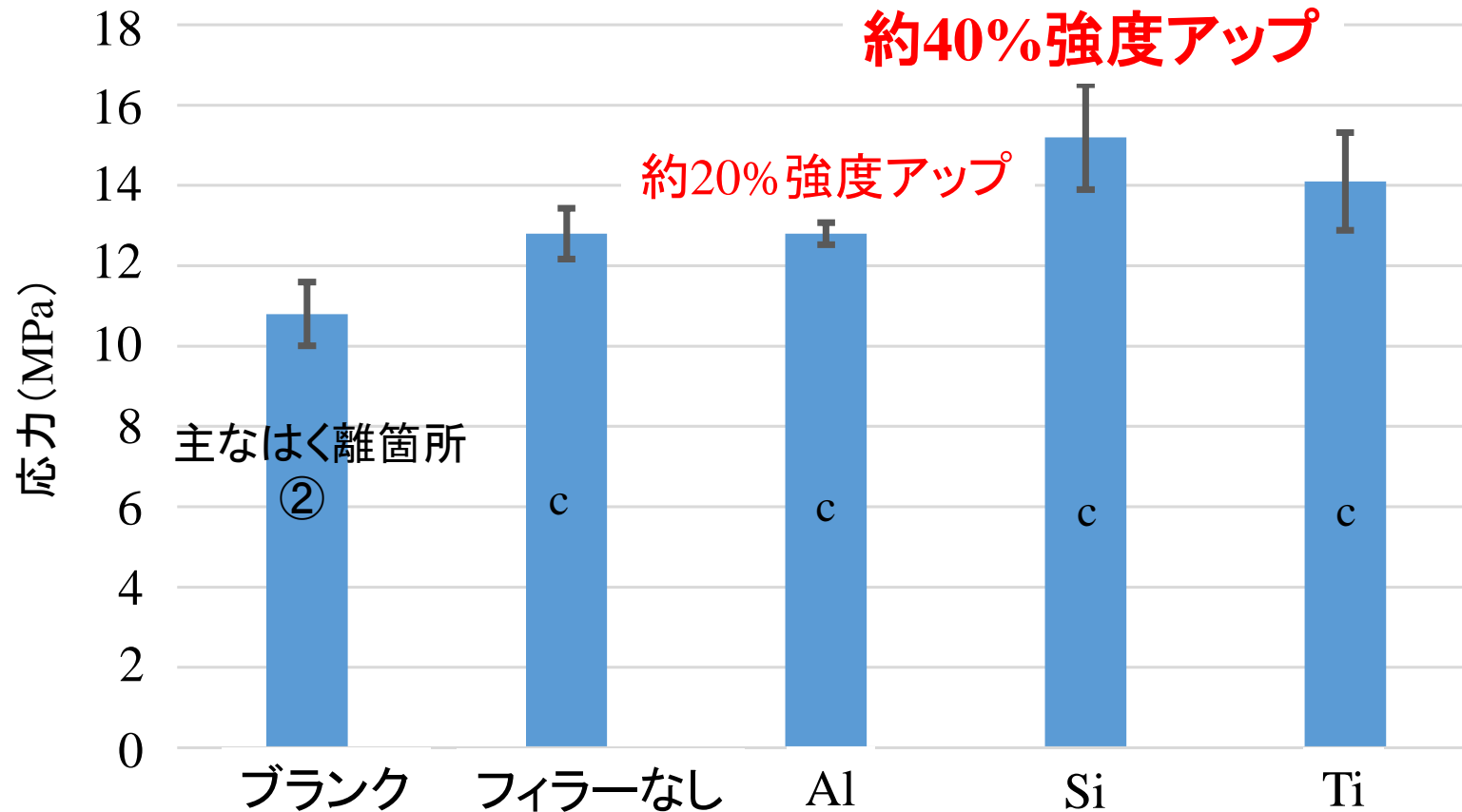


構成3
フィラー入り
コーティング剤
(Al、Si、Ti)

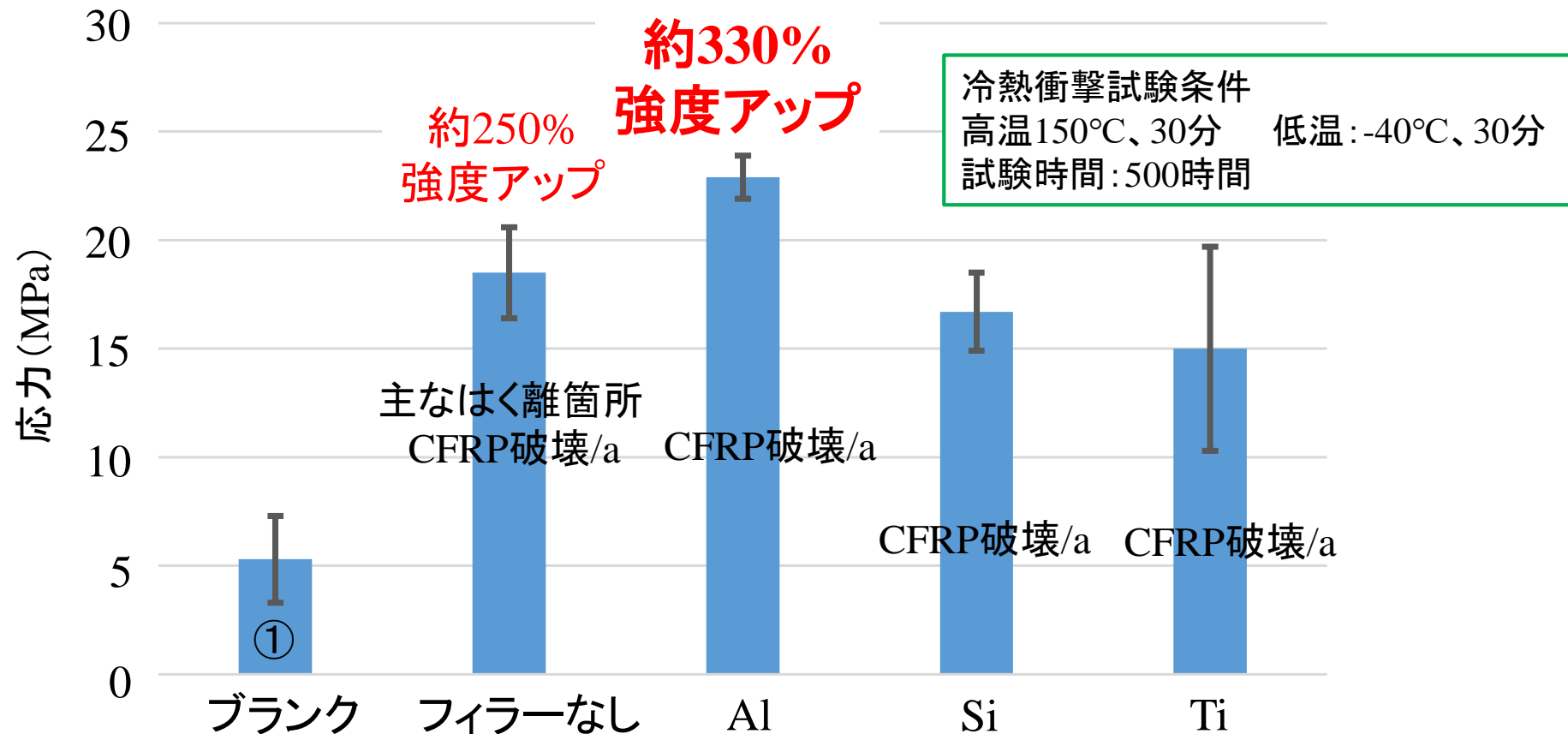


使用した接着剤: 市販品2液型エポキシ接着剤

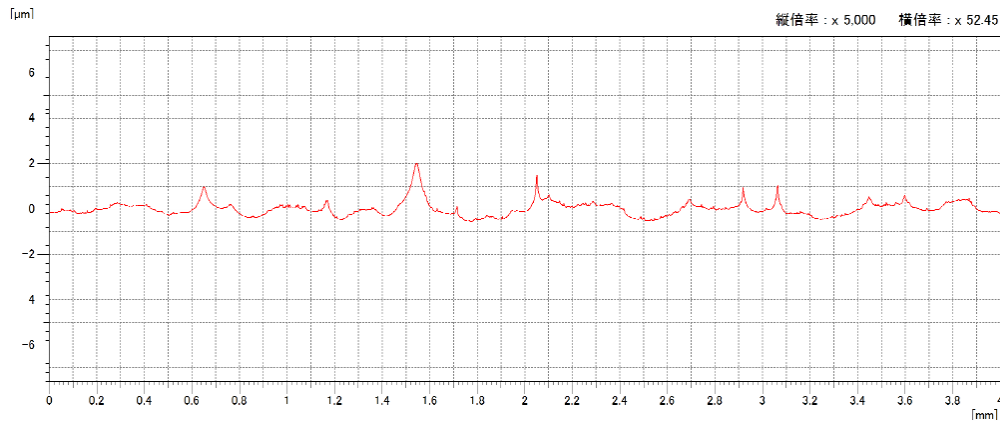
1次付着性引張り試験結果 (フィラー別、含有量:20%)



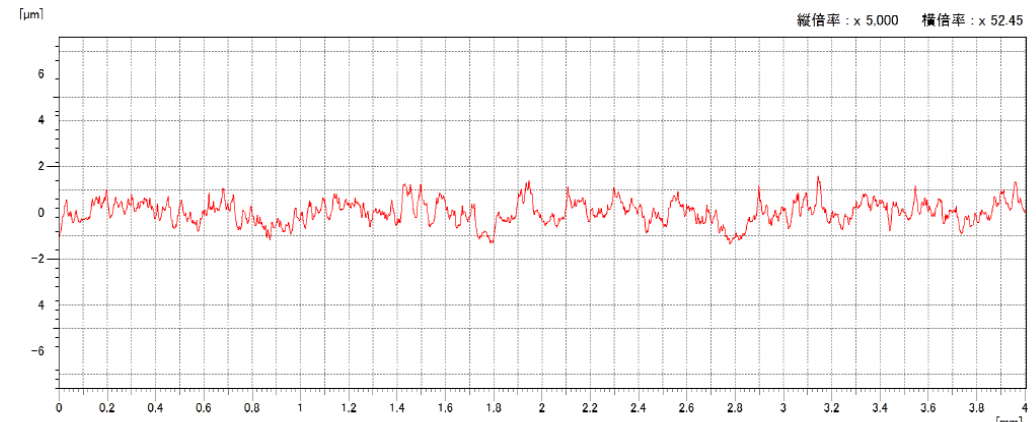
長期耐久試験後(2次付着性)の引張り試験結果 (フィラー別、含有量:20%)



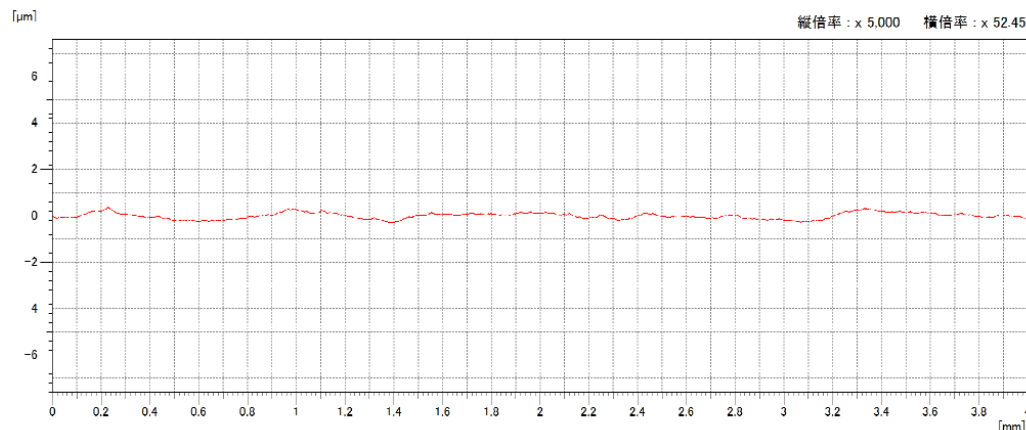
各フィラーの表面粗さ測定結果



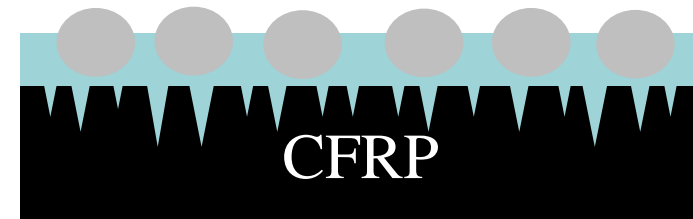
アルミナ (Al)



フィラー: 二酸化ケイ素 (Si)



フィラー: 酸化チタン (Ti)



コーティング剤塗布後のイメージ図

フィラーの種類によって、隆起の仕方が異なる
→ 接合強化に影響していると考えられる

研究成果のまとめ

- ①コーティング剤によりCFRP／アルミニウムの接合強度向上に向けた接着が可能
- ②コーティングなしの場合と比べ、1次付着性の接合強度が**最大40%向上**
- ③コーティングなしの場合と比べ、長期耐久性試験後(2次付着性)の接合強度が**最大330%向上**



コーティング処理の有効性を見出した
メカニズムの解明は今後の課題

想定用途①



引用: 木崎健太郎、近岡裕:特集1 売れる! 使える! 異種材料接合, p50, November 2015 NIKKEI MONOZUKURI

接着例(ドローンの骨格)

- ・軽量、接合強化、耐久性

想定用途②



接着例(イヤホン)

- ・軽量、デザイン性、接着

企業への期待

- 本技術でCFRPと異種材料の接合強度向上に向けた接着が可能
- CFRPと異種材料の接着技術は注目されており、今後、市場規模の拡大が見込めるので興味ある企業様との共同研究を希望

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 樹脂金属複合部材及び樹脂金属複合部材の製造方法
- 出願番号 : 特願2018-185076
- 公開番号 : 特開2020-055118
- 出願人 : 地方独立行政法人
東京都立産業技術研究センター
- 発明者 : 小野澤明良 西川康博

お問い合わせ先

東京都立産業技術研究センター
経営企画部 交流連携室

TEL 03-5530-2134

FAX 03-5530-2318

e-mail sangakuko@iri-tokyo.jp