

「分子接合技術による革新的ものづくり 製造技術の研究開発」

発表者：平原英俊（岩手大学）

提案の概要

自動車、航空機、半導体、医療関連機器など幅広い産業機器類の部材において利用される**異種材料の接合および複合材料の試作・評価**に関する研究開発は極めて重要

岩手大学SIPプロジェクトは異種材料の接合を実現する
「トリアジンチオール誘導体による分子接合技術」

3つの観点

1. 分子接合技術の解明
2. 材料の表面機能化・表面改質
3. 接合性の新規材料・複合体の開発

日本のものづくり産業の競争力強化とイノベーション創出

①ー1 技術シーズ(分子接合技術)

技術の背景

接着しにくい困難な材料

プラスチック

- ポリエチレン
- ポリプロピレン
- ポリアセタール
- ナイロン
- テフロン
- 各種エンブラ etc.

ゴム

- シリコンゴム
- フッ素ゴム
- ウレタンゴム
- EPDM
- ブチルゴム
- TPE etc.

接着しにくい困難な組み合わせ

- ポリエチレンと金属
- シリコンゴム同士
- プラスチックとセラミックス

多機能化、軽量化技術ではマルチマテリアル化が進んでおり、
構造材料間の接合技術が必須

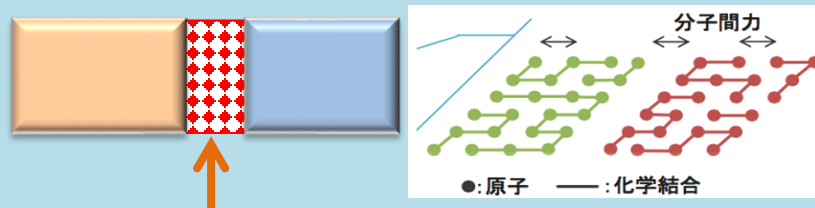
我が国を支える製造業が発展するためには
接合技術が重要

①ー2 技術シーズ(分子接合技術)

接着剤を使わず化学結合により高強度に接合

接着剤接合技術(従来技術)

2つの材料を分子間力によって接合する技術



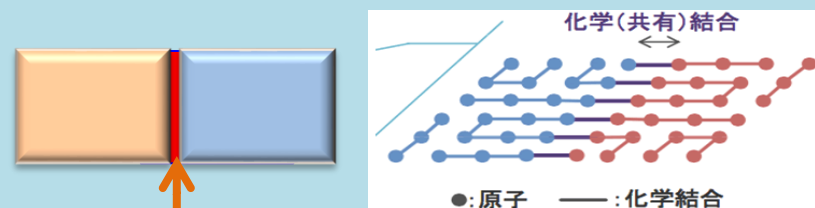
接合部厚さ:接着剤数10~100 μ m

分子間力 1~40kJ/mol

- プロセス多数
- 高環境負荷
- 界面粗さ大
- 寸法精度(接着剤厚さに依存)

分子接合技術

2つの材料を化学結合によって高強度に接合する技術



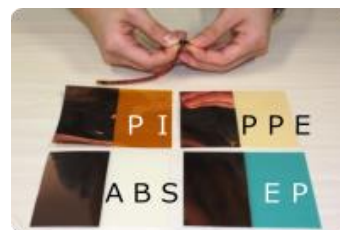
接合部厚さ:分子数nm

化学(共有)結合 200~800kJ/mol

- 高密着力
- 高信頼性
- 省プロセス
- 低環境負荷
- 低界面粗さ
- オールマイティ
- 精密寸法精度(部材に依存)

優位性

- ・接合する材料を限定しない
- ・接合方法が単純(エッチング不要)
 - ・高い品質信頼性
 - ・処理面の選択性



金属と異種材料結合

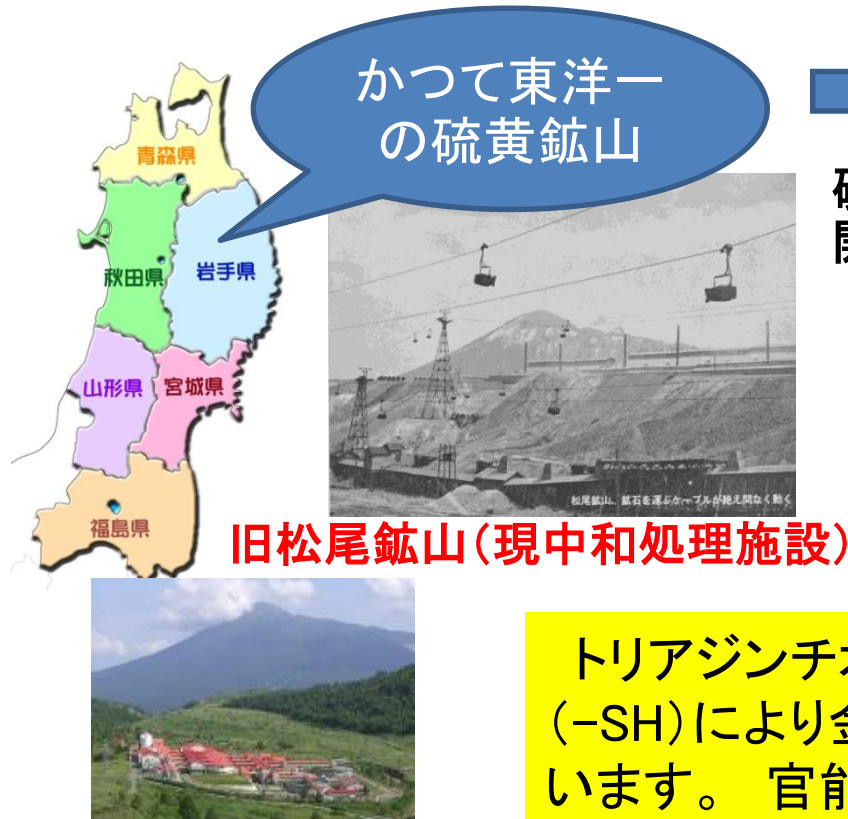


樹脂への金属めっき

高い信頼性を得て、実用化済み

(参考①) ～トリアジンチオール化合物とは～

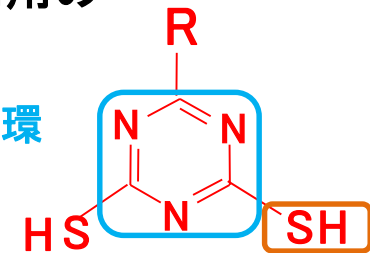
硫黄の活用研究として岩手大学で開発



岩手大学
IWATE UNIVERSITY

硫黄化合物の有効利用の
開発研究

トリアジン環



チオール基

トリアジンチオール系化合物

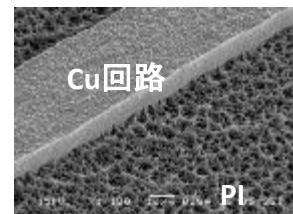
トリアジンチオールは有機化合物で、そのチオール基(-SH)により金属表面と分子吸着する機能性を有しています。官能基(-R)により様々な特性を発揮します。

岩手オリジナル技術として岩手大学を中心に研究

(参考②) トリアジンチオール化合物による表面処理や分子接合技術を利用した製品応用例

岩手大学に研究蓄積があり、広い産業分野への利用展開実績を持つ

分子接合技術



平滑面に回路接合することで
高周波特性が改善

高速通信が必要な
機器への採用



繊維表面への
処理実績あり

従来は接着が困難であった
シリコンゴム同士の接合

マイクロ流路
への応用



培養液自動交換システム

架橋ポリ塩化ビニル
～新幹線の床材～



メンテナンスフリー
金型

フッ素ゴム
燃料ホース



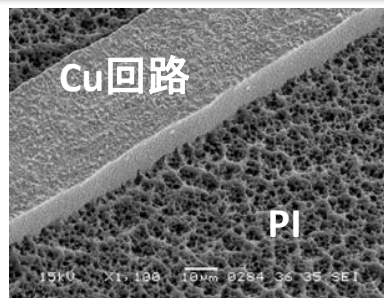
医療用ゴム



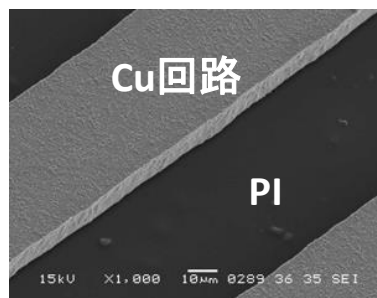
部材の性能向上に貢献

(参考③) 分子接合技術の製品応用例

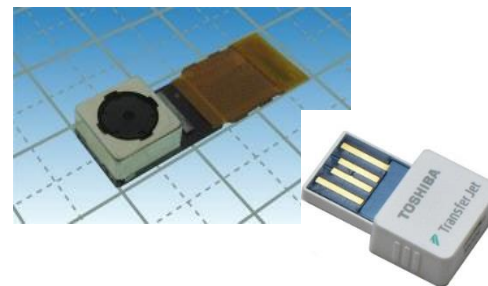
エッチングレス接合 → 平滑な面への接合によりで高周波特性が改善した製品提供



従来の接合技術(機械的)

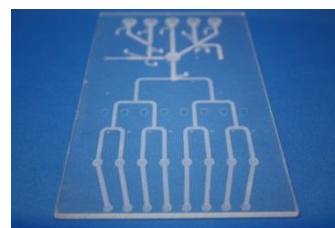
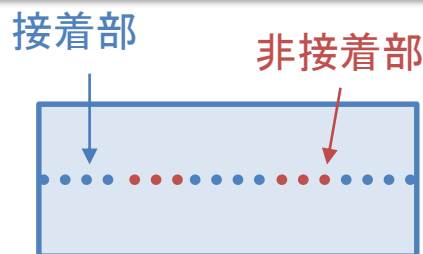


分子接合技術

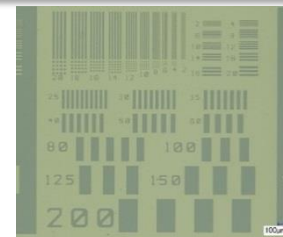


高速通信が必要な機器への採用

接合選択性 → 接着／非接着部の作り分けが可能

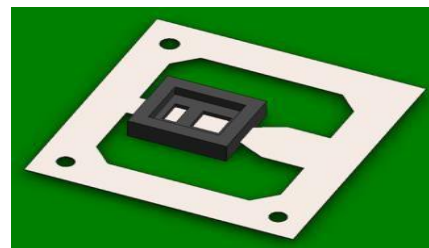
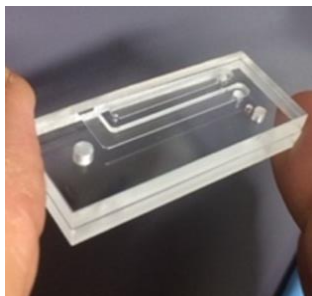


マイクロ流路形成



選択めっき

接合強度信頼性・難接着材料への接合



②ー1 現在のプロジェクト

■SIP(戦略的イノベーション創造プログラム) 革新的設計生産技術(内閣府、H26～H30)

<事業の目的・概要>

- 政府の総合科学技術・イノベーション会議が府省・分野の枠を超えて自ら予算配分し、基礎研究から出口(実用化・事業化)までを見据えて規制・制度改革を含めた取組を推進する国家プロジェクト。「革新的設計生産技術は」現在、全国で実施中の11テーマのひとつ。

<実施体制>

- (学)岩手大学、●(官)岩手県工業技術センター、●(産)(株)いおう化学研究所、アルプス電気(株)

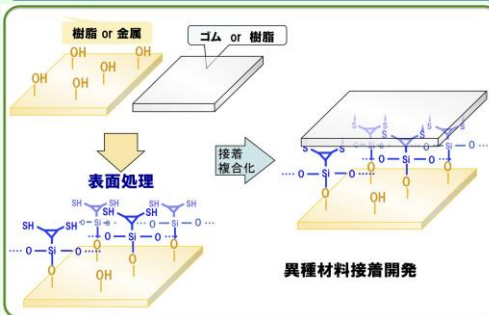
■<採択プロジェクト>

「分子接合技術」による革新的ものづくり製造技術の研究開発

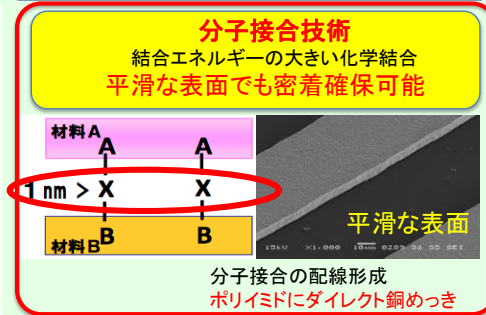
- 接合メカニズムの探究、新たな分子接合剤等開発、次世代部材として重要な放熱性、気密性、ノイズ低減、電磁シールド性等を付与した革新的複合部材の創生など、分子接合技術のポテンシャルを最大限発揮した研究開発を総合的に進めることで、イノベーション創出を目指す。

<主な開発テーマ>

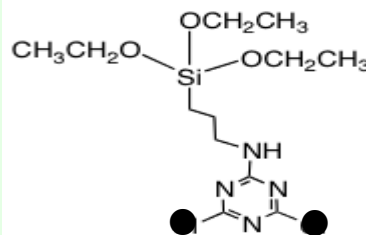
分子接合メカニズムの探求



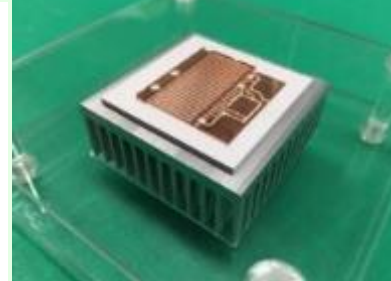
革新的めっき技術の開発



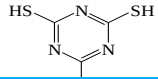
新たな分子接合剤等の開発



革新的放熱体の開発

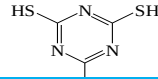


シリコンゴム同士の接合の例



材料A

=



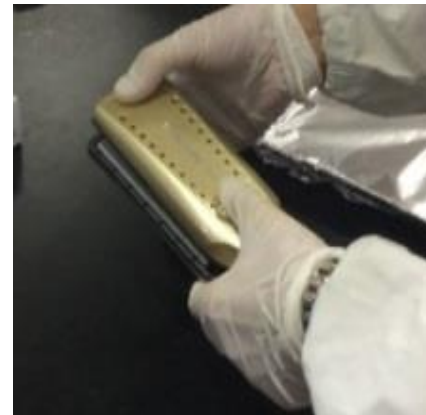
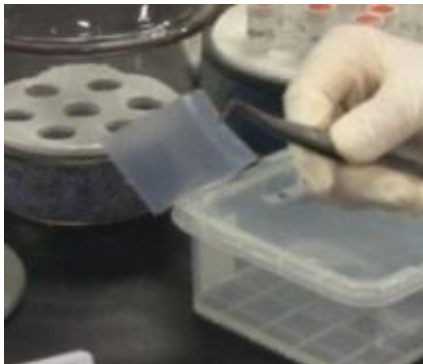
材料B

表面同一化により

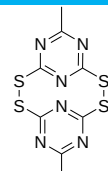
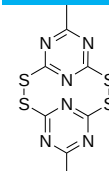
1. 材料依存性
2. 接合条件依存性
3. 環境依存性を解消



接合していない部分から破壊



材料A



化学結合

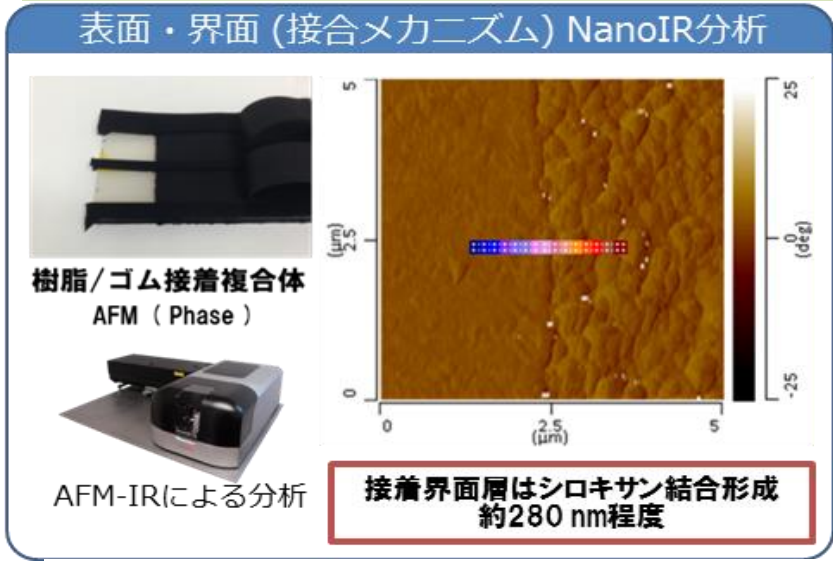
材料B

分子接合法は2つの材料を化学結合によって高強度に接合する技術⁸

②-2 SIP事業における成果例

● 実施内容

分子接合剤による表面制御・界面制御・接合技術の開発と応用技術



分子接合による金属と樹脂の射出成形

金属	接合処理 無し	接合処理有り				
	未処理 銅	銅	エッチング処理銅			
粗さ (μm)	0	0	2	4	8	12
PPS						
せん断強度 (N/5 mm)	0	240	240	230	245	260
PA9T						
せん断強度 (N/5 mm)	0	270	100	240	280	220

● 成果

・ 接合柔軟性熱伝導性複合体の創製
P Iフィルム+シリコン放熱体

シリコンゴムマトリックス
に対して2000倍 (重量比)
の導電性フィラーを添加する
技術を開発。

・ 分子接合技術を用いたマイクロ流路

(株)アイカムスラボ
培養液自動交換システム
「CytoAuto」

・ 岩手県漆を活用した漆製品 (タンブラー)
【地域伝統産業との融合】
飲み口、持ち手部分に浄法寺漆を施工。
下地処理に分子接合技術を利用。

エッチングレス金属めっき

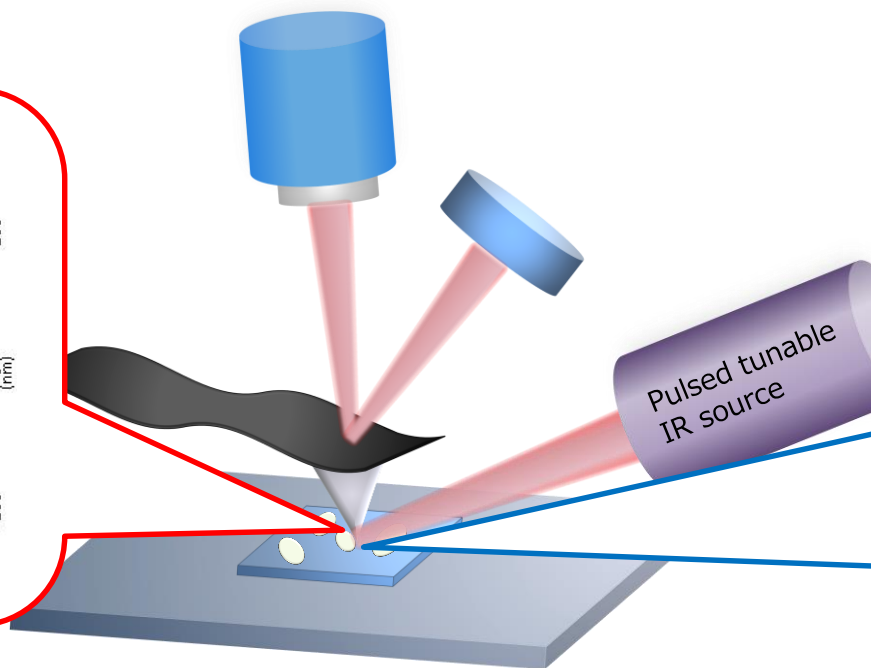
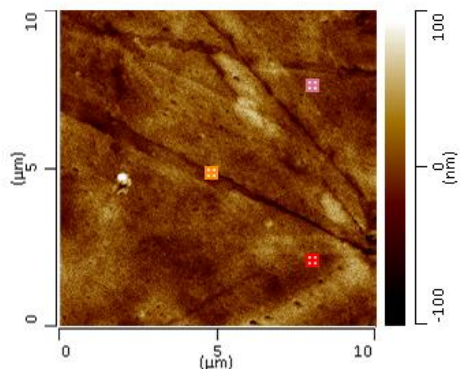


接合界面分析 接合メカニズムの解析

AFM複合型赤外分析(AFM-nanoIR)

トップダウン照射方式

AFM像



IRスペクトル

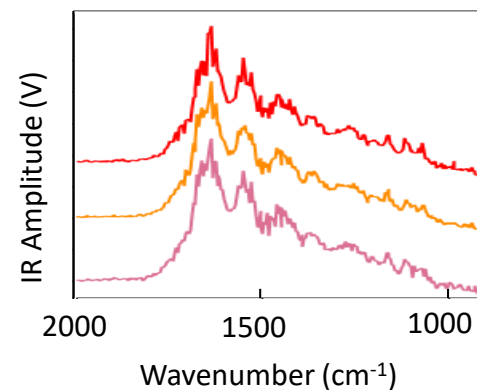


Fig. 6 AFM-nanoIRの測定イメージ

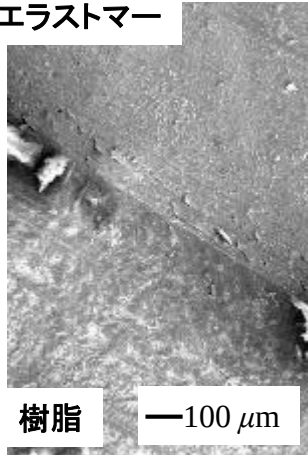
IRレーザー照射 → サンプルの熱膨張 → 固有のリングダウンの検出
→ フーリエ変換 → AFM-nanoIRスペクトル

樹脂/エラストマー接着界面のAFM-nanoIR測定

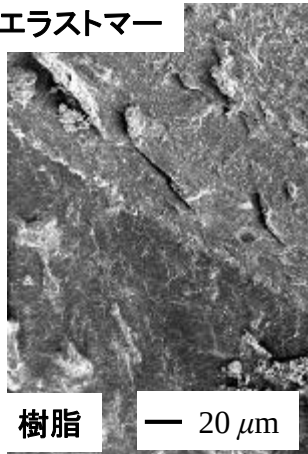
AFM-nanoIR

(a) SEM像

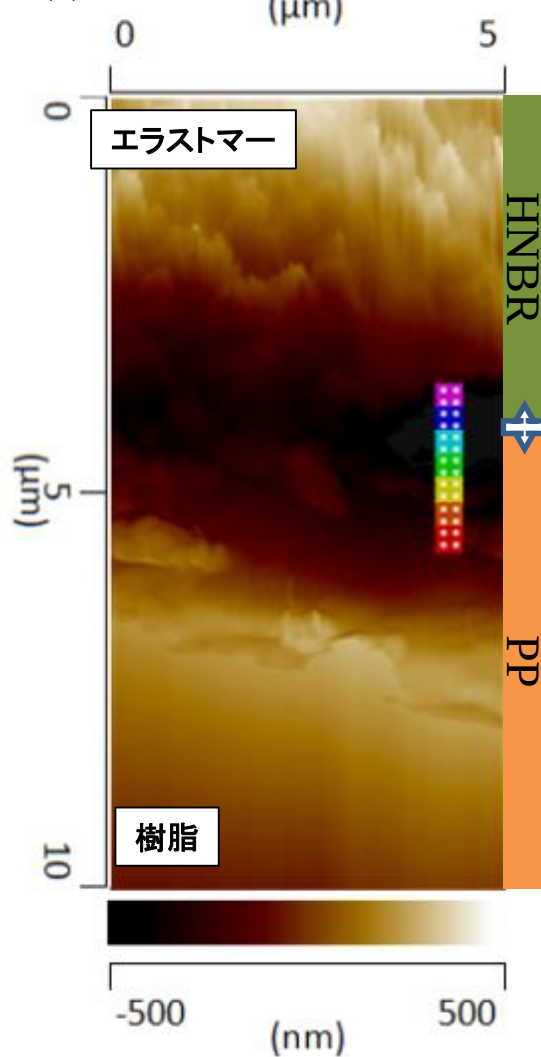
エラストマー



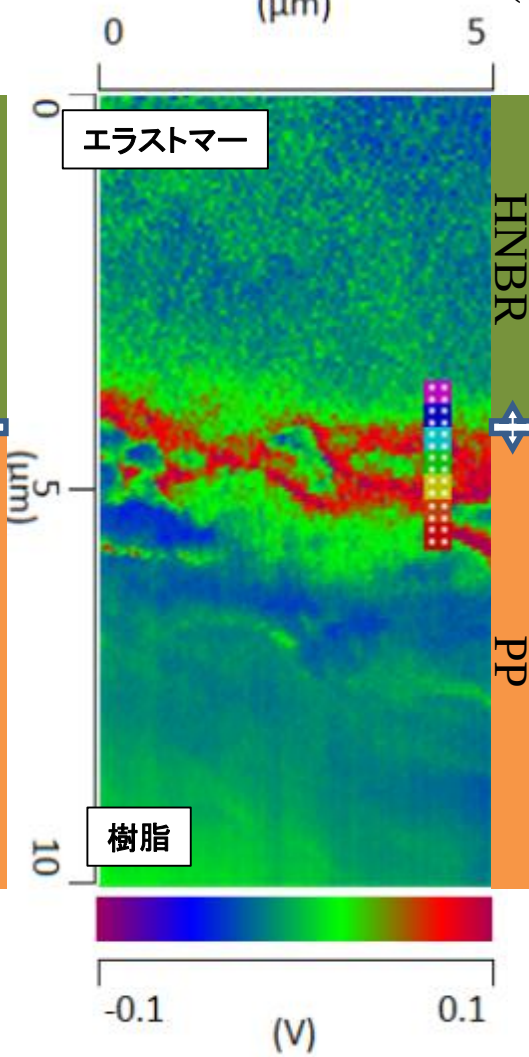
エラストマー



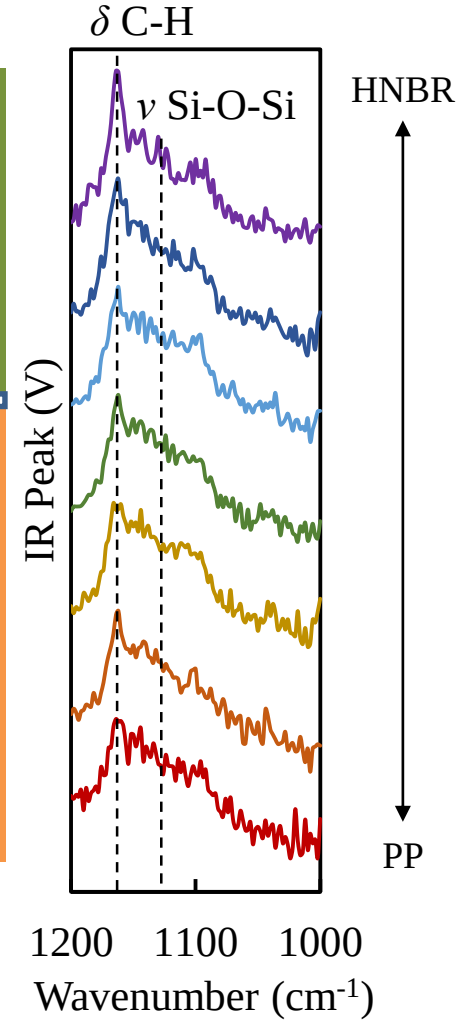
(b) AFM高さ像



(c) IR吸収イメージ

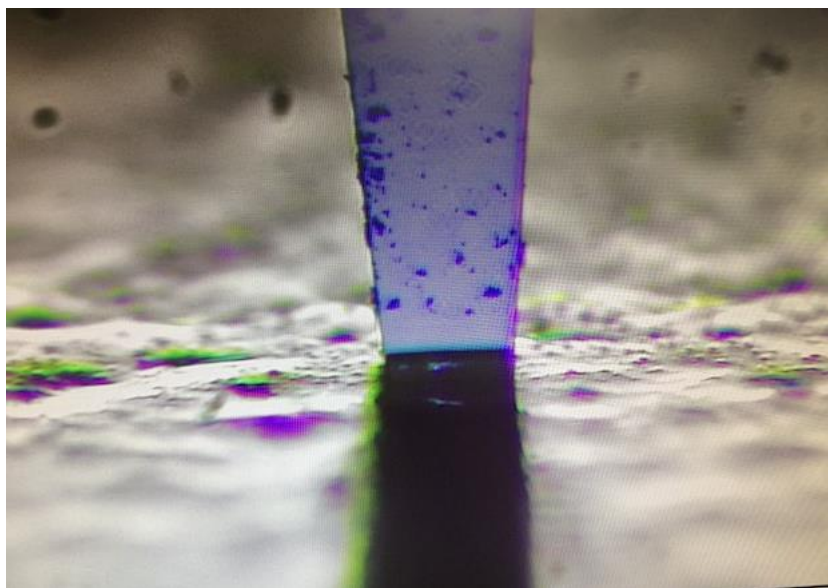
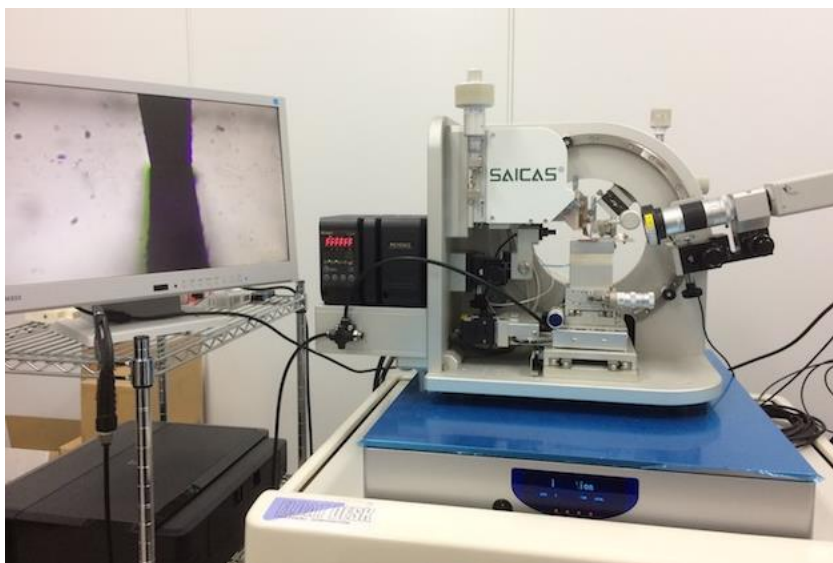


(d) AFM-nanoIRスペクトル



接着界面のSEM像、AFM像、1140 cm^{-1} のIR吸収イメージ、AFM-nanoIRスペクトル

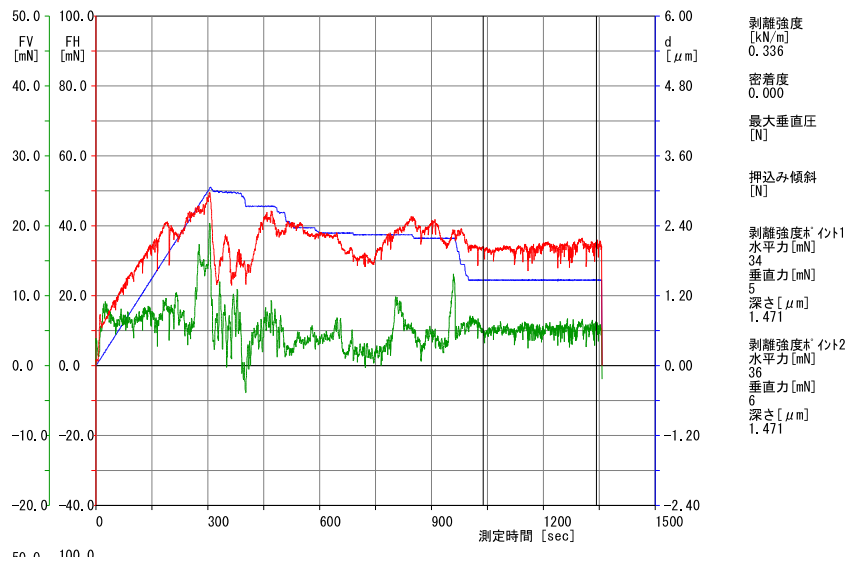
Surface And Interfacial Cutting Analysis System (SAICAS) により塗膜の剥離強度評価



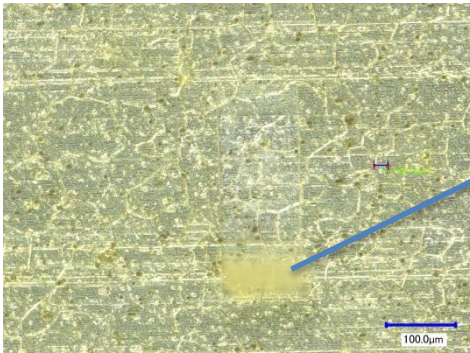
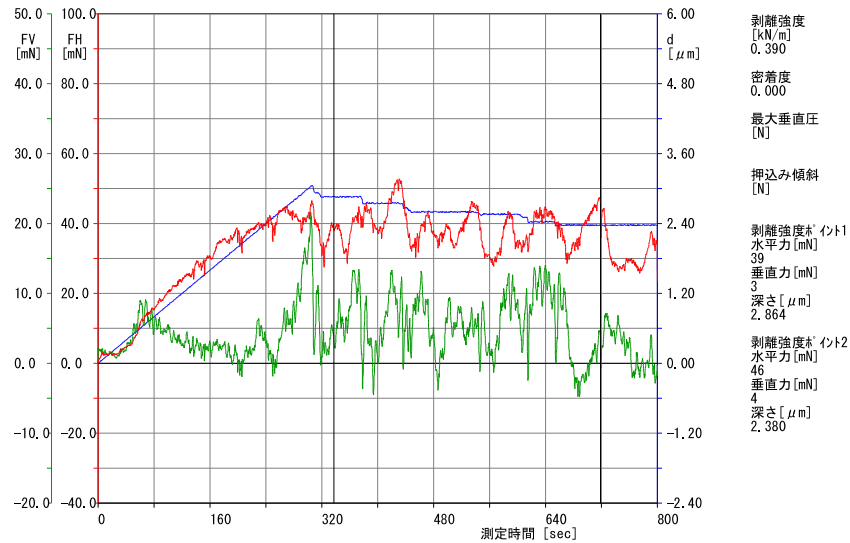
SAICASにより塗膜の剥離強度

測定条件	水平速度[nm/sec]	200
	垂直速度[nm/sec]	10.0
	1クリックの移動量[nm]	10
	刃幅[mm]	0.10
	切刃の種類	C.DIA 20 10
	せん断角[°]	45.0
	Kp Pゲイン	0.100
	Ki Iゲイン	0.100
	刃先調整荷重[N]	0.005
	刃先調整速度[nm/sec]	10
	初期接触荷重(垂直)[N]	0.002

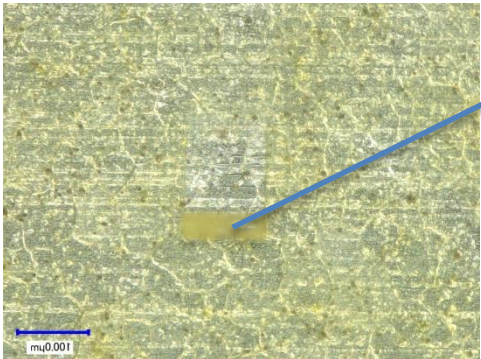
Sample A



Sample B TES処理



切り屑



切り屑

産業界に向けた提供可能な 組織的対応の概要

- 岩手大学は平成30年5月、企業と連携し実証研究を行う拠点「**銀河オープンラボ**」を新設しました。
- この施設は文部科学省の平成28年度補正「地域科学技術実証拠点整備事業」に採択された全国22事業の一つで、岩手大学が持つシーズのうち、分子接合技術に代表されるような実用化可能性が高いテーマについて、**参画企業と研究開発から実証までを行う拠点施設**となります。
- 分子接合技術を活用した製品開発について通常の大学研究室に比べて、より**現場スケール近い実証研究が可能**です。

③ー1 共同研究のさらなる拡大に向けて

本学は文部科学省補正事業 地域科学技術実証拠点整備事業の採択を受け、企業との共同研究をさらに促進するための施設を整備しました。(30年5月開所)

岩手大学次世代技術実証研究ラボ(銀河オープンラボ)

建設費:5億円(設備・施設)、設置場所:岩手大学理工学部、施設:約1000m²

⇒「分子接合技術」や「視覚再生技術」等、岩手大学における事業化可能性の高いシーズを軸に、参画企業とともに研究開発から実証までを行う拠点を整備し、社会的インパクトを有する事業化を促進する。



<施設のポイント>

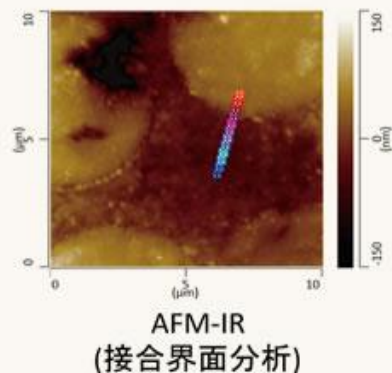
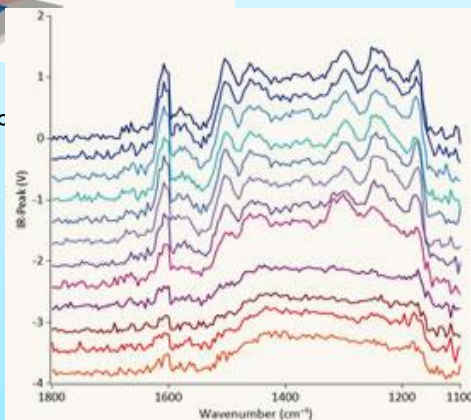
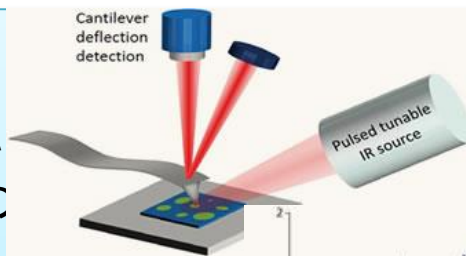
- 事業化一歩手前の「実証研究」を行う施設です。
- 通常の研究室に比べて、より現場スケールに近い実証研究が可能です。
- 最新鋭の分析機器等を整備しています。
- セキュリティに配慮しつつ、企業の皆様に使い勝手の良い施設に致します。

③ー2 共同研究のさらなる拡大に向けて

岩手大学次世代技術実証研究ラボにおける導入設備例

AFM-IR

nanoIRとも呼ばれ、官能基の情報を得るためには不可欠であった従来の赤外(IR)分光法に比べ、100倍の100nm空間分解能を持つ画期的な分析装置です。



AFM-IR
(接合界面分析)

表面・界面物性解析装置 SAICAS®

試験片に特別な前処理無しに、薄膜試料のせん断強度や剥離強度を数値化することによって、接着メカニズム、接着界面解析の研究、加工技術を究明することが可能となります。



SIP革新的設計生産技術
公開シンポジウム2019では、
分子接合技術の製品開発例を
更に詳しく御説明するとともに、
岩手大学に建設した**民間企業との共同研究拠点**
(銀河オープンラボ)について、ご紹介いたします。

＜お問い合わせ先＞

岩手大学三陸復興・地域創生推進機構

担当：小川、伊藤

◆TEL 019-621-6294 FAX 019-621-6892

◆E-mail sipmono@iwate-u.ac.jp