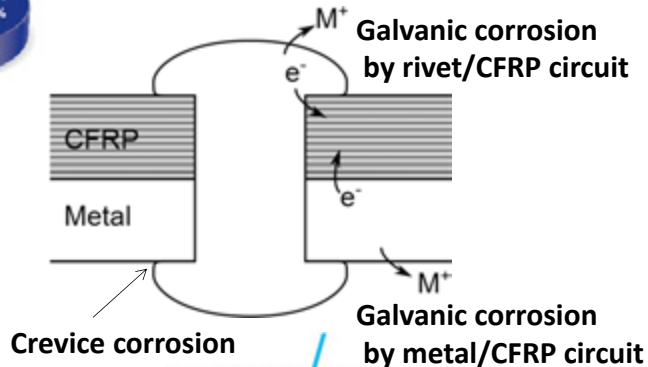
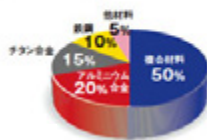
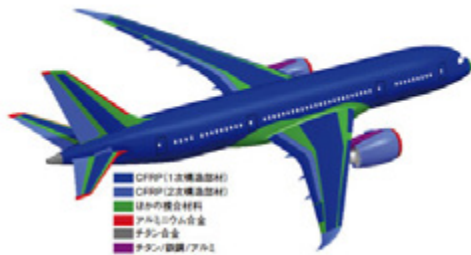


炭素繊維強化材／軽量合金継手の耐食性評価

池庄司敏孝
東京工業大学



炭素系複合材と軽金属の接合体の電解腐食



CFRP製航空機におけるリベット接合

• CFRPの補修

- スカーフ継手による補修
 - CFRPの厚み・重量は変化しない.
 - パッチが大きくなる.
- リベットと当て金による補修
 - 厚みのあるCFRPの場合でもパッチは小さい.
 - リベット接合は実績がある.

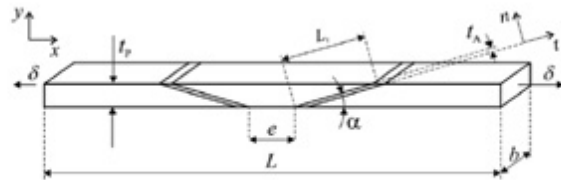
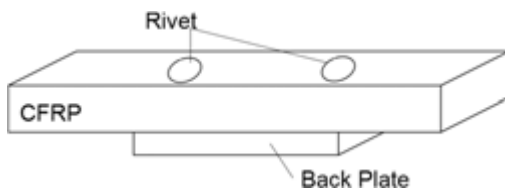
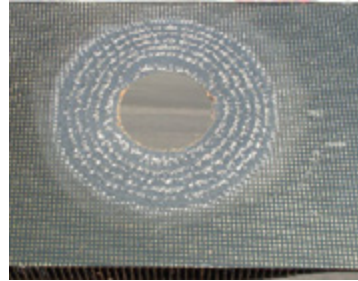


Fig. 2. Scarf repair geometry.



研究目的

CFRP / 軽金属のリベット接合部において

1. 接合部の耐食性の評価

- 腐食の種類の見極め
- 腐食する成分・材料組織の同定
- 腐食量の測定

2. 防食方法の開発

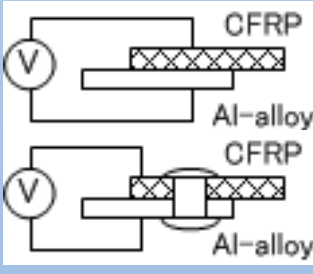
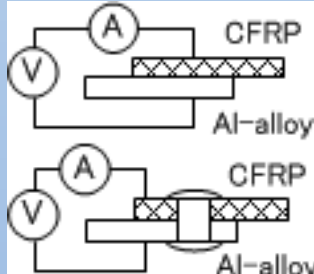
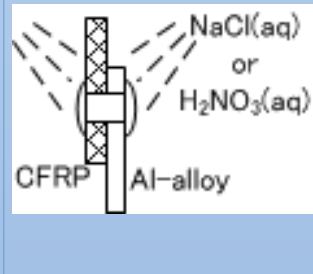
- 犠牲電極法

• 対象

- AI合金リベット： A2000系, A5000系, A7000系
- TI合金リベット： CP-Ti, Ti-6Al-4V
- ステンレス鋼リベット： SUH660 (A286)
- 環境： 塩水, 硫酸, 硝酸

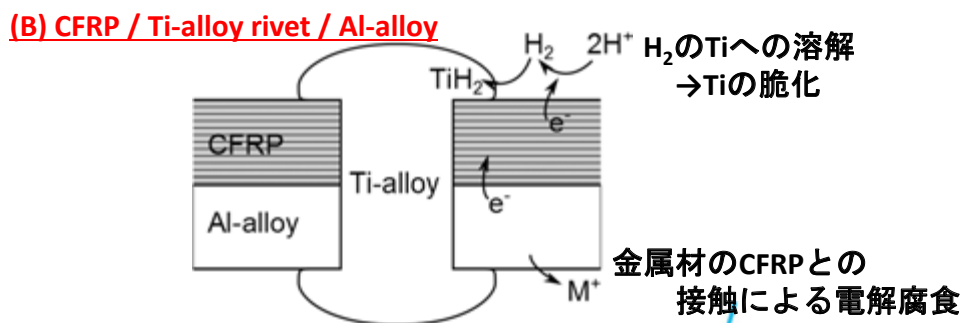
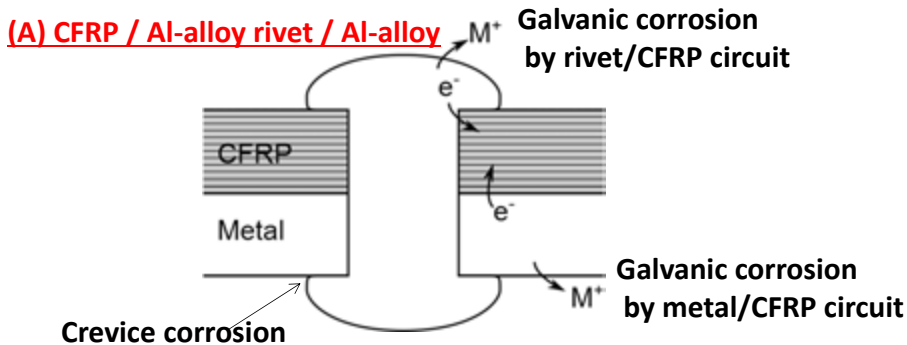


研究手法

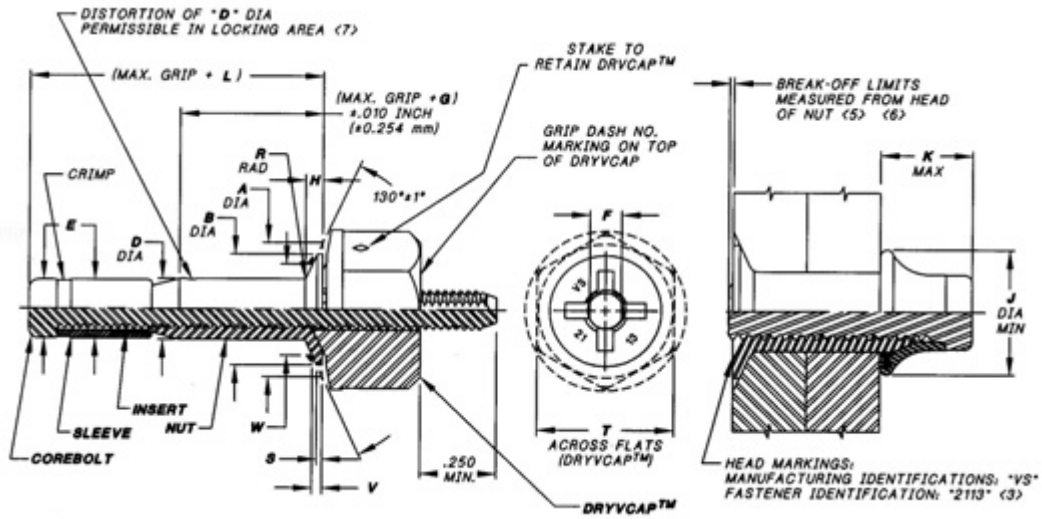
(イ) 自然電位測定	(ロ) アノード分極曲線測定	(ハ) 腐食試験
		
<p>接合継手の自然電位を測定することにより、腐食が進行する度合いの優劣を大まかに推定する。</p>	<p>電位を印加・走査し、継手に流れる電流を測定する。このアノード分極曲線の測定を行うことで、金属表面で起こっている電気分解反応を推定することができる。</p>	<p>NaCl溶液中、硝酸溶液中、硫酸溶液中に接合体を浸漬し、一定期日のちに、減肉量等を測定する。</p>



リベット接合部の腐食



ブラインドボルト



Alcoa Accu-Lok™ II



航空機用ファスナの材質

Material			Strength	Ductility	Corrosion Resistance
Al-alloy	Pure Al	A1050, A1080	Moderate	Excellent	Good
	Al-Cu	A2017-T, A2024-T, A2117-T	Good	Good	Moderate / Bad Precipitation hardened
	Al-Mg	A5056-T		Hard	Good
	Al-Zn-Mg-Cu	A7075-T	Excellent	Hard	Moderate
Ti-alloy	αTi alloy	CP-Ti, 55Ti-45Nb (Ti/Cb)	Good	Moderate	Good, Firm oxide layer, Hydrogen embrittlement
	βTi alloy	Ti15-3-3-3 (15V-3Al-3Cr-3Sn)	Good	Moderate	
	α-βTi alloy	Ti-6Al-4V	Excellent	Hard	
Steel	Fe-25Ni-15Cr-1Mo	A286 (JIS SUH660)	Excellent at high temp.	Moderate	Good, SCC
Monel	63Ni-Cu		Moderate	Good	Good



CFRPの耐薬品性

アクリルの耐薬品性

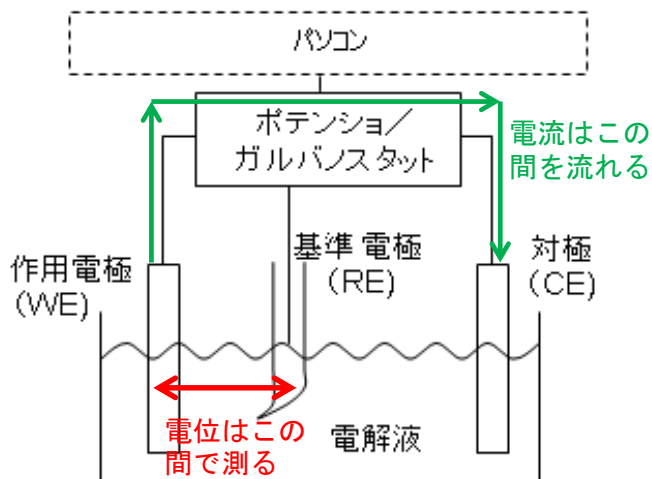
薬品	(濃度)	条件	状態
硫酸	30%	常温浸漬	異常なし
〃	98%	〃	膨張軟化
塩酸	30%	〃	異常なし
塩酸	36%	〃	侵される
硝酸	10%	〃	異常なし
沸化水素	40%	〃	膨潤
クロム酸	40%	〃	異常なし
蟻酸	90%	〃	一週間で侵される
氷酢酸	98%	〃	溶解
クエン酸	20%	〃	異常なし
乳酸		〃	三年間でやや侵される
砒酸		〃	異常なし
無水酢酸		〃	浸される

- マトリクス
 - アクリル
 - 耐薬品性は高い。
- 炭素繊維
 - 腐食は殆どしない。
- 強酸の存在下ではCFRPは劣化するとの研究もある。
- Mueller et.al, "Anodized titanium and stainless steel in contact with CFRP," Wiley InterScience, 2,Mar.(2007)



分極曲線測定

- ポテンショ・ガルバナスタットを用いて測定を行う。



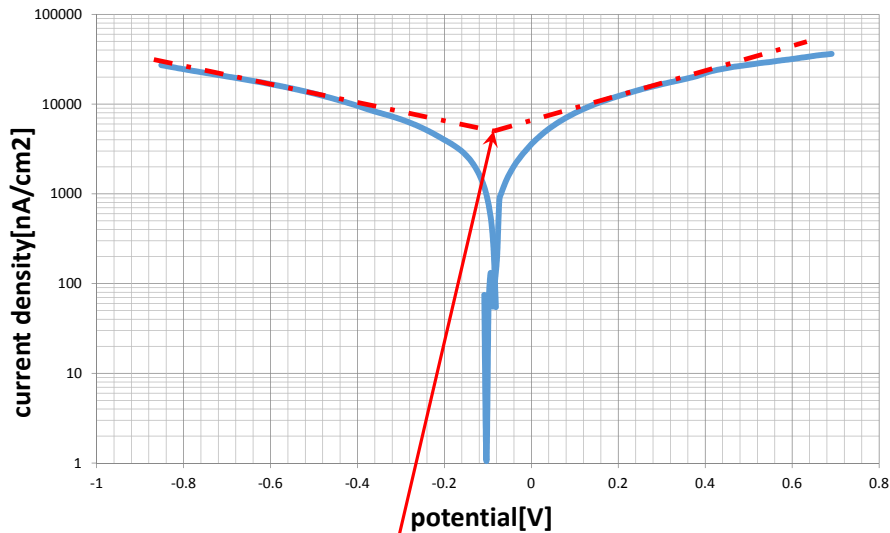
①自然電位測定
作用電極に電圧も電流も印加していない状態で、基準電極に対する作用電極それぞれの電位の値 (自然電位) を測定。

②分極曲線測定
その後、作用電極に電圧を印加・走査し、流れる電流を測定し、分極曲線を得る。

- 基準電極 Ag/AgCl sat. KCl (aq)
- 対極 Pt
- 試験溶液 3%NaCl水溶液
- 作用電極
 - チタン合金Ti-6Al-4V
 - アルミ合金A2024
 - オーステナイトステンレス鋼SUH660
 - CFRP



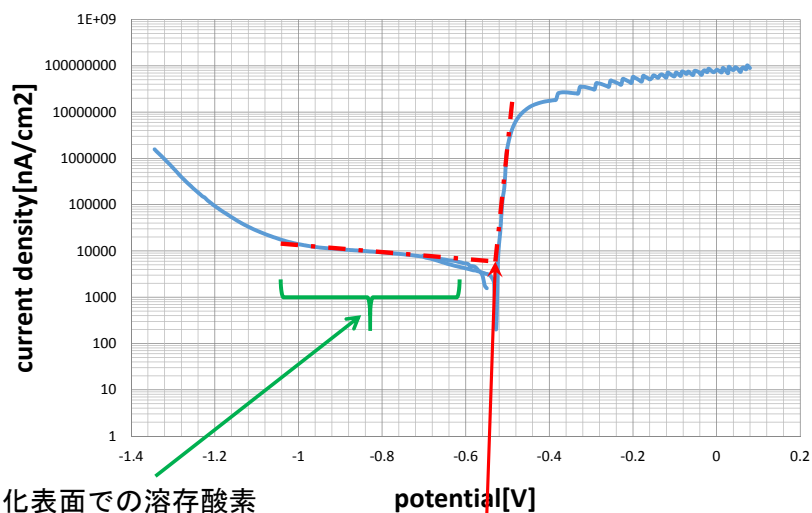
自然電位・分極曲線測定 作用電極 Ti-6Al-4V



自然電位 : -0.08V

TOKYO TECH
Pursuing Excellence
TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

自然電位・分極曲線測定 作用電極 A2024

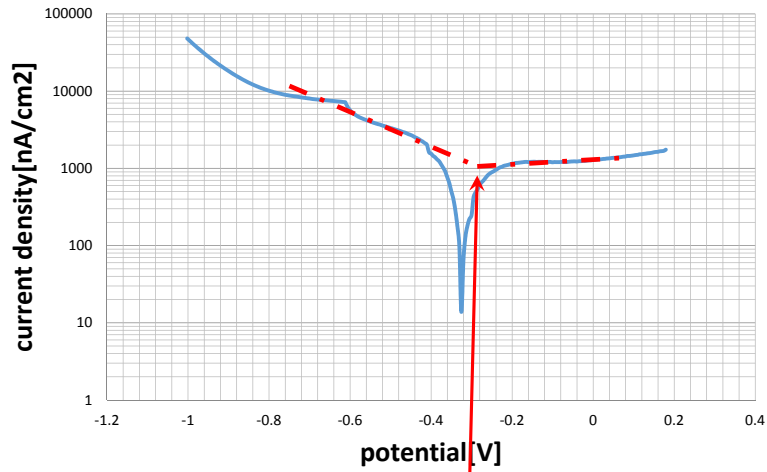


不動態化表面での溶存酸素の還元反応などのカソード反応が不活発なため

自然電位 : -0.54V

TOKYO TECH
Pursuing Excellence
TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

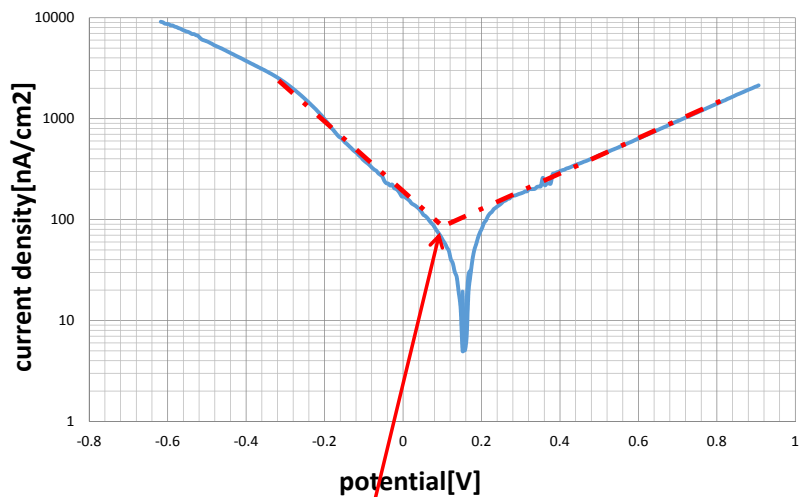
自然電位・分極曲線測定 作用電極 SUH660



自然電位 : -0.28V



自然電位・分極曲線測定 作用電極 CFRP

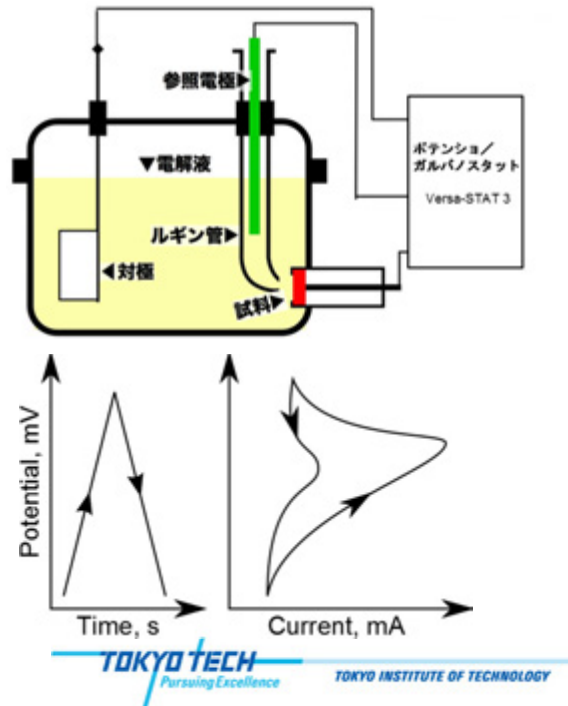


自然電位 : +0.12V

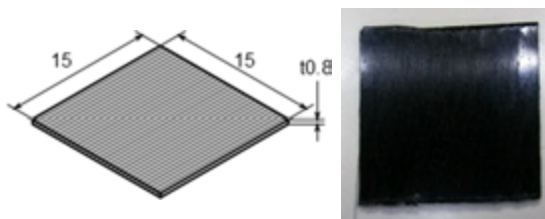


電気化学的性質の測定

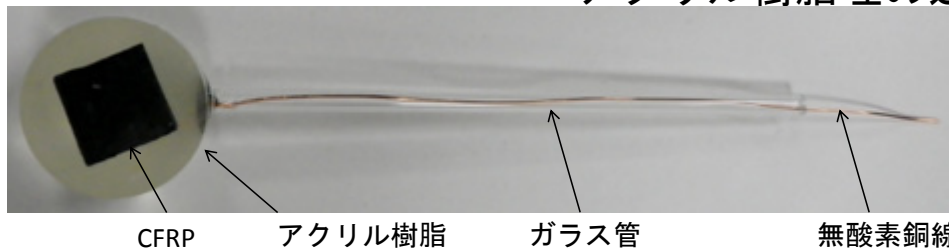
- 作用極
 - 純Ti (TP340)
 - アルミ合金 (A2024)
 - オーステナイトステンレス鋼SUH660 (Fe-15Cr-26Ni-Mo-Ti-Al-V)
 - 試験面は研磨 (#1500)
- 0.5mol/l H₂SO₄ 水溶液
- 測定
 1. 自然電極電位
 2. CV測定 (動的分極測定)
 3. ガルバニック腐食測定
 4. 定常分極測定



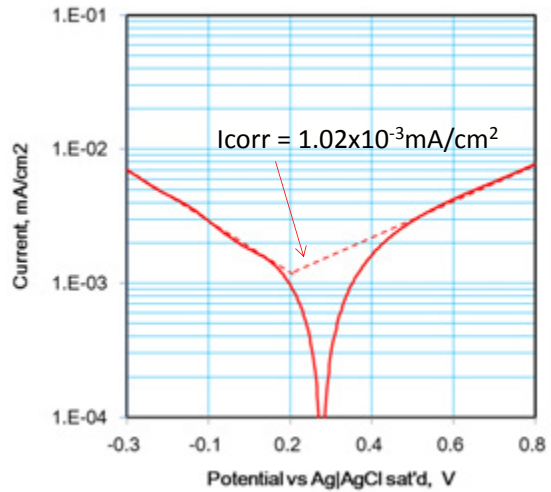
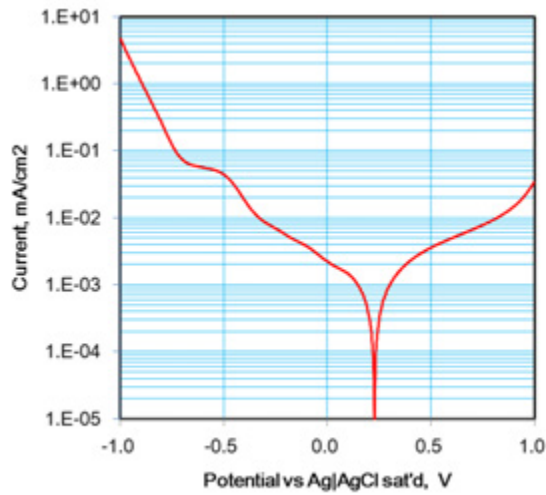
CFRP対極の作製



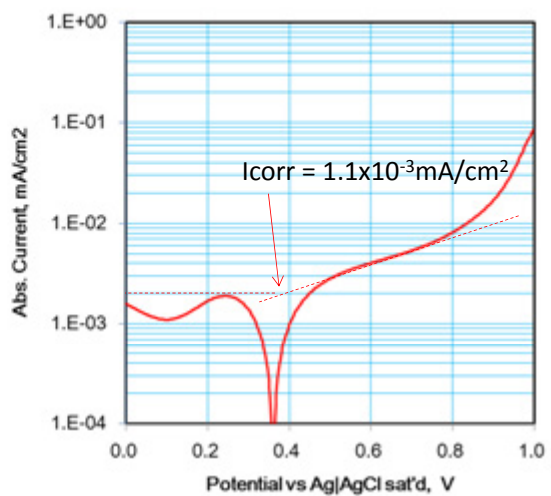
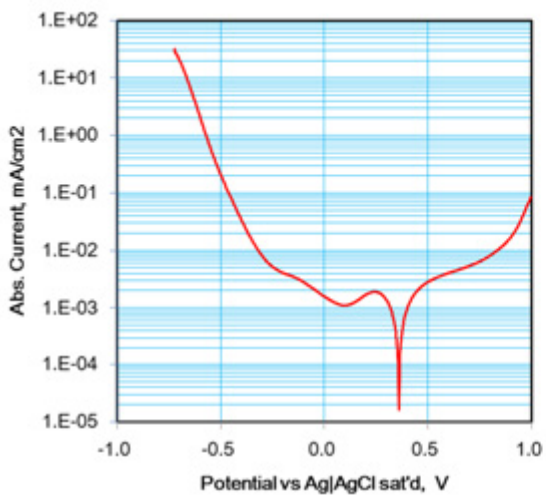
- V f ≒ 70%
- 裏面にAl蒸着
- 裏面に銅線をはんだ付
- アクリル樹脂埋め込



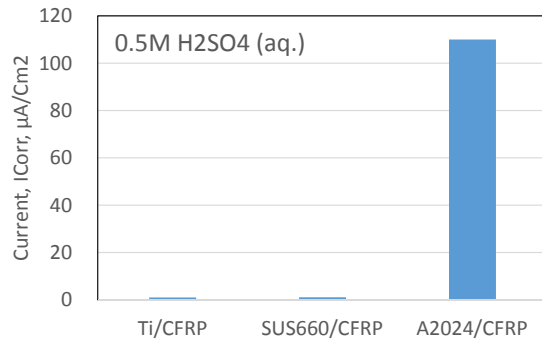
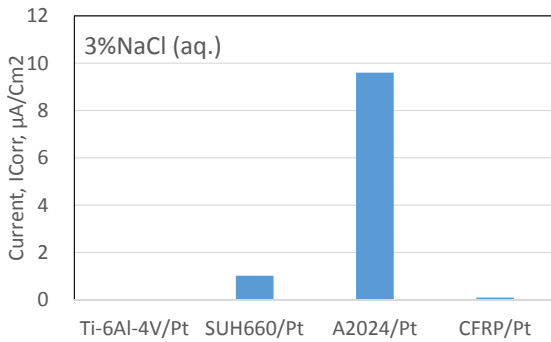
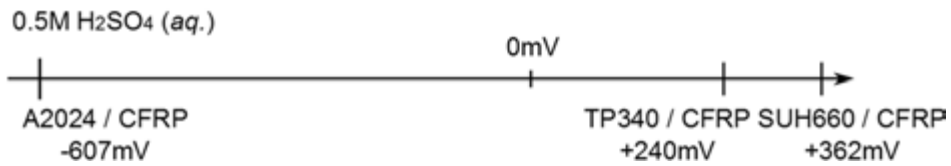
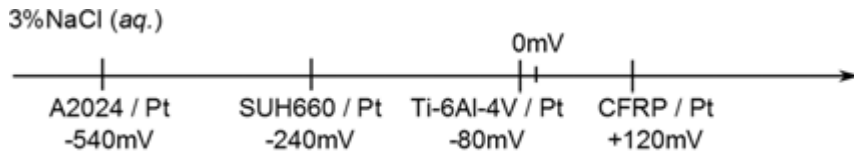
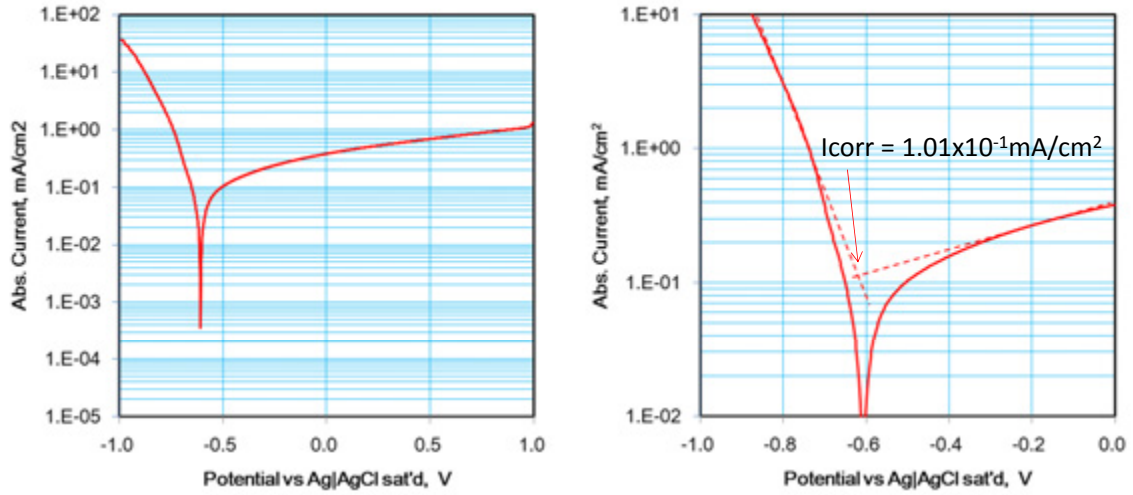
定常分極曲線 TP340



定常分極曲線 SUH660 (A286)



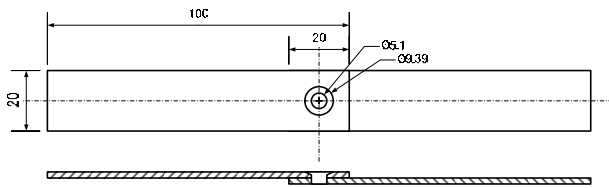
定常分極曲線 A2024



腐食試験

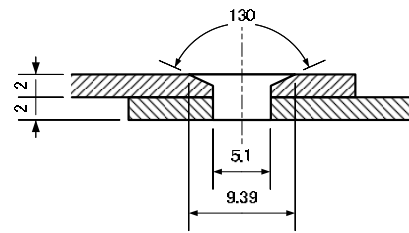
塩水噴霧試験

- 塩水噴霧試験 (JIS Z 2371)
 - NaCl (aq.) 50g/l, pH 6.5-7.2
 - 噴霧量
水平面積 80cm²当たり 1.5±0.5ml/h.
 - 暴露時間
24h, 96h, 240h,
...腐食が発現するまで.

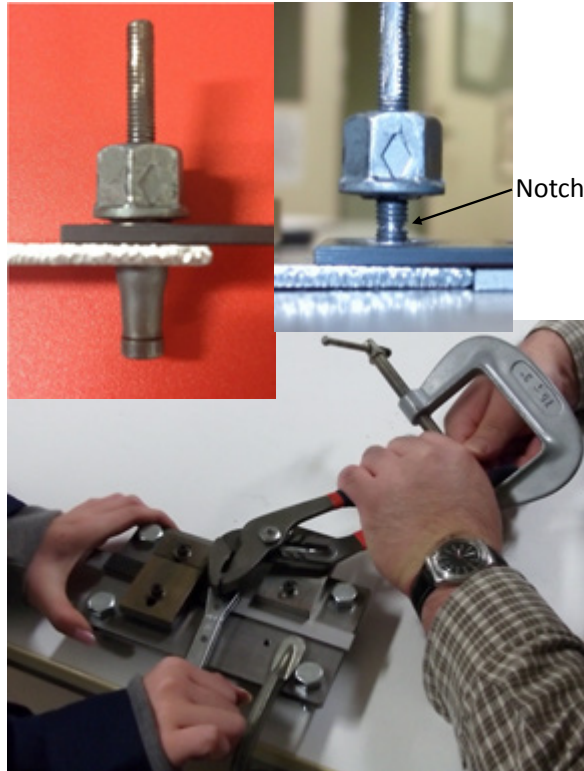
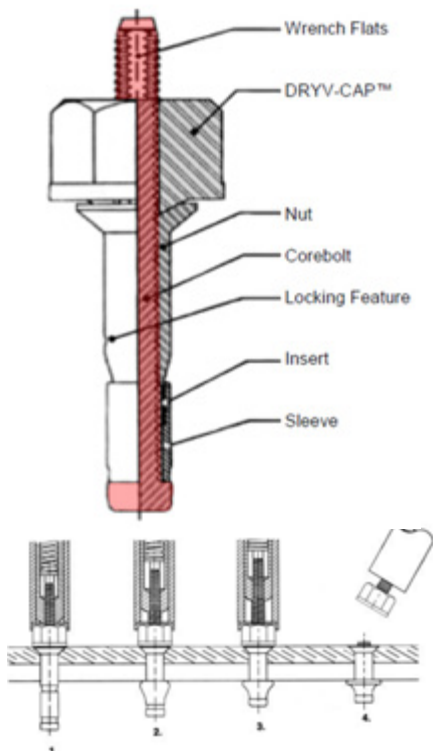


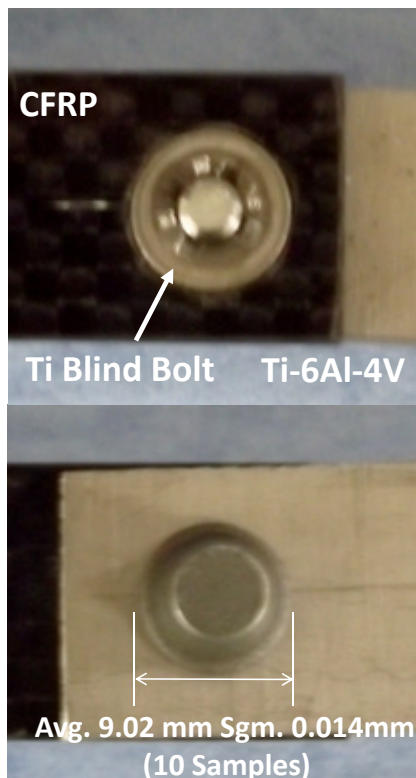
浸漬試験

- 3%塩水腐食試験
 - 24h浸漬×7
- 65%硝酸腐食試験
 - 48h浸漬×5
- 50%硫酸浸漬試験
 - 24h浸漬



ACCU-LOCK II® Blind Bolt





3%NaCl (aq.) 24h @30°C浸漬試験

締結後トルク(仕様値) :

0.170 Nm

コアボルト : No.6-32 左巻き

→ 圧縮荷重 : 0.214 N

締結後の飛び出し部分

Break-off Limits

.000 — 0.100mm



TOKYO TECH
Pursuing Excellence
TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

塩水噴霧試験



TOKYO TECH
Pursuing Excellence
TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

まとめ

1. CFRP/軽量合金のブラインドボルトによる結合を想定し、純チタン、チタン合金 (Ti-6Al-4V)、アルミ合金 (A2024)、耐熱鋼 (SUH660) について、分極曲線測定を行った。
 1. 3%NaCl(aq.)中において対極をPtとした場合、
A2024 >> SUH660 > Ti-6Al-4V
の順で腐食しやすい。
 2. 0.5M H₂SO₄(aq.)中において対極をCFRPとした場合、
A2024 >> SUH660 > Ti-6Al-4V
の順で腐食しやすい。
2. 塩水噴霧試験 (準備中)
3. 浸漬試験 (準備中)

