

機能性セラミック-金属複合材料の 高速コーティング

東京工業大学 工学院 機械系
准教授 赤坂 大樹

2023年11月28日

機能性材料でコーティングした
金属粒子から金属基複合材料皮膜を
コールドスプレー法によって作製する

金属の摺動性能を向上させた複合材料
炭素材料(ダイヤモンド状炭素(DLC))+金属

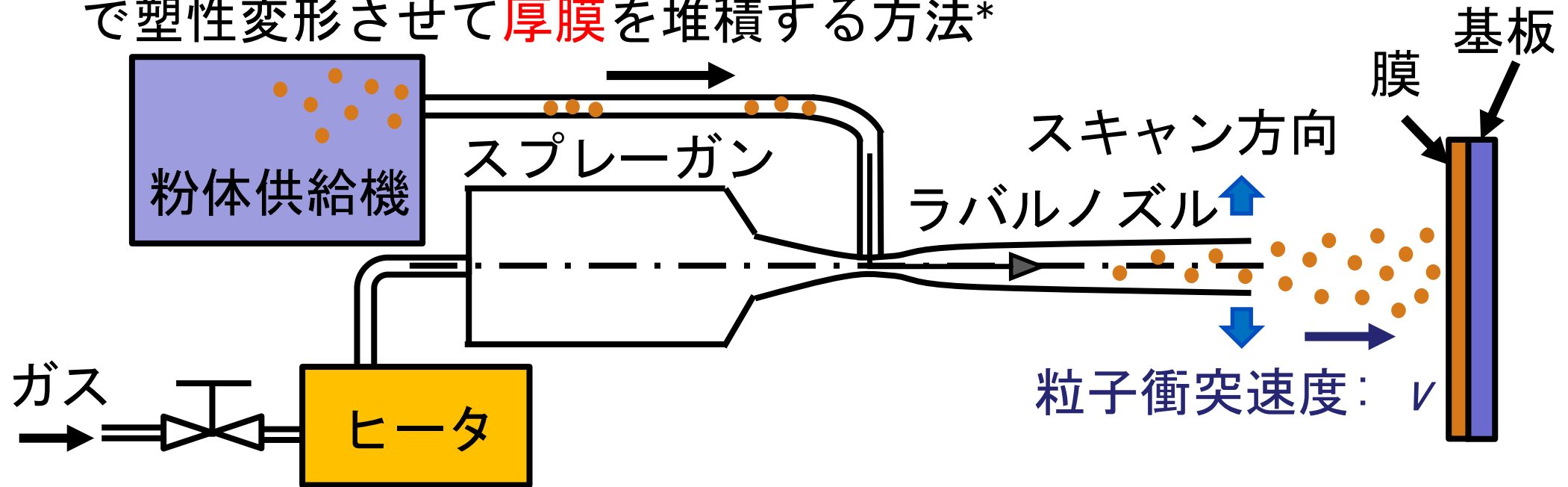
生体骨との親和性を上げた人工骨向け複合材料
アパタイト+チタン

機能性材料でコーティングした
金属粒子から金属基複合材料皮膜を
コールドスプレー法によって作製する

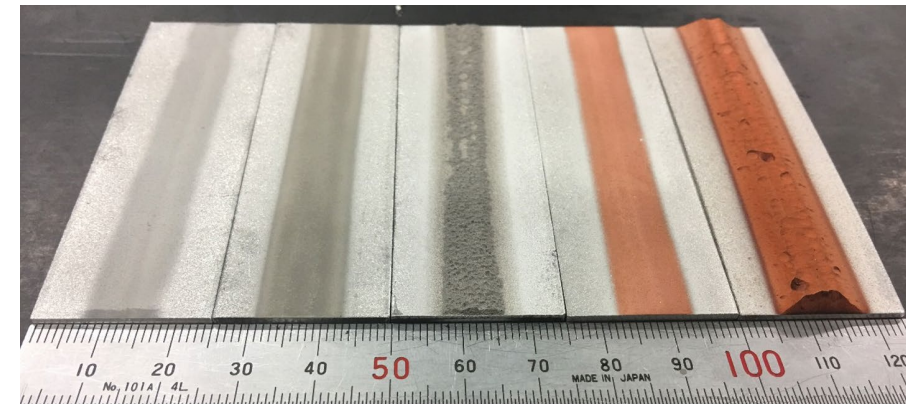
金属の摺動性能を向上させた複合材料
炭素材料(ダイヤモンド状炭素(DLC))+金属

生体骨との親和性を上げた人工骨向け複合材料
アパタイト+チタン

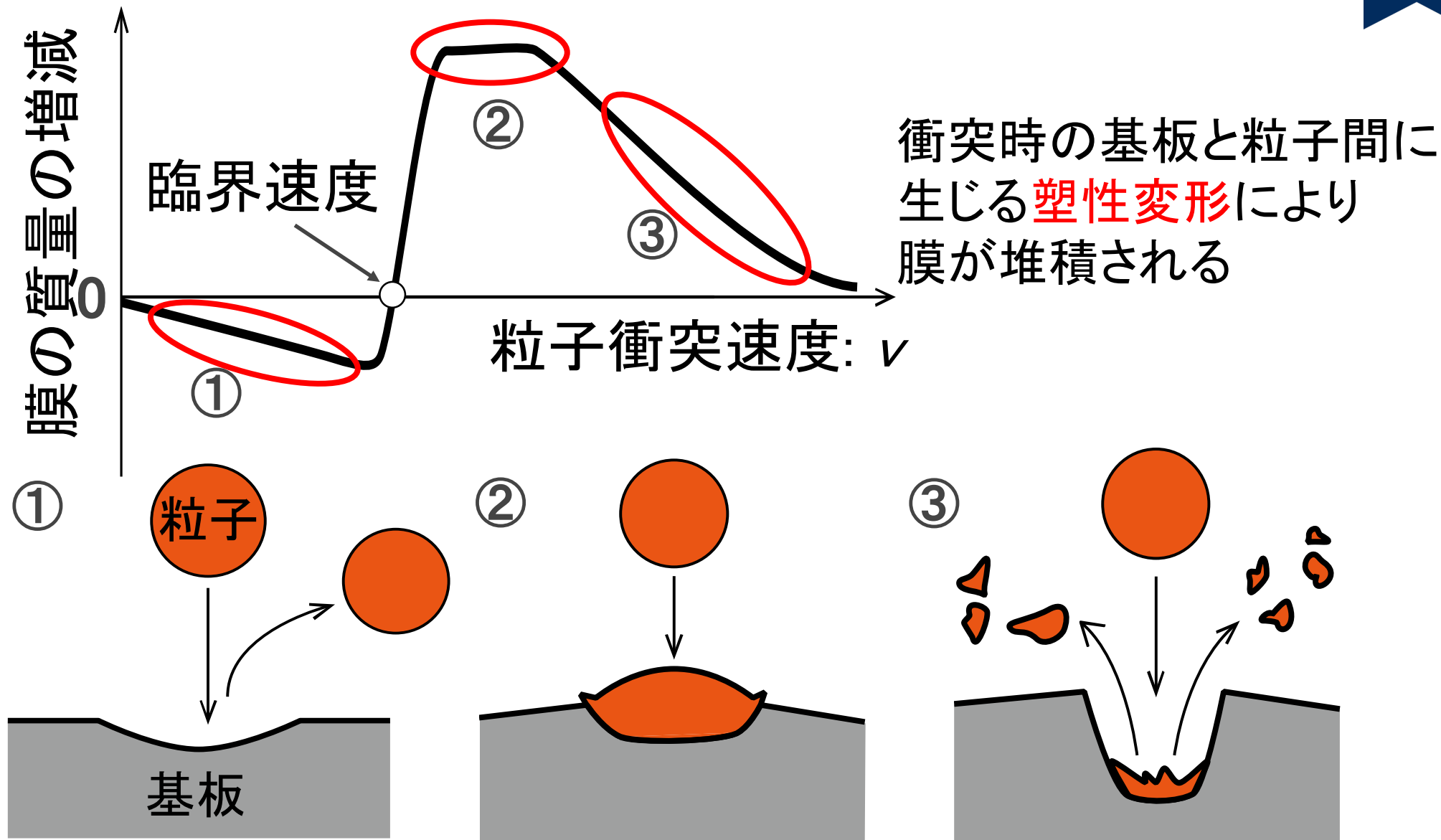
粉体を高速で基板に衝突させ、衝突時の基板と粒子の界面で塑性変形させて**厚膜**を堆積する方法*



ガス温度400℃で銅膜の堆積が可能
→ 溶射などに比べて基板への
熱の影響を抑えられる



SUS, Ni, Ti, Cu (10 min), Cu (40 min)



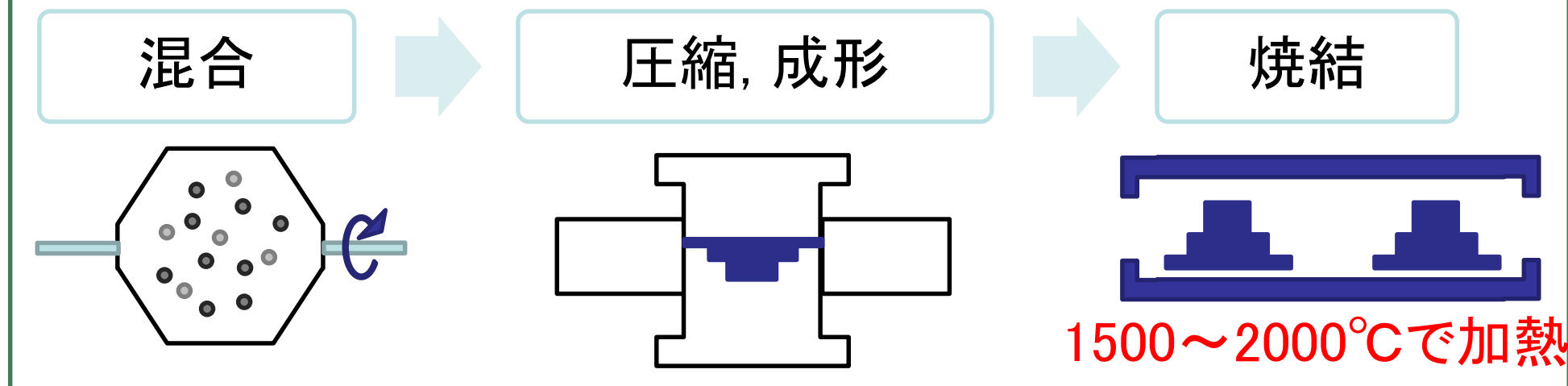
衝突時の基板と粒子間に生じる**塑性変形**により膜が堆積される

炭素材料は**脆性材料**のため、塑性変形せず衝突時に跳ね返る
→ 金属粒子表面に**担持**させることで、膜中への包埋が可能

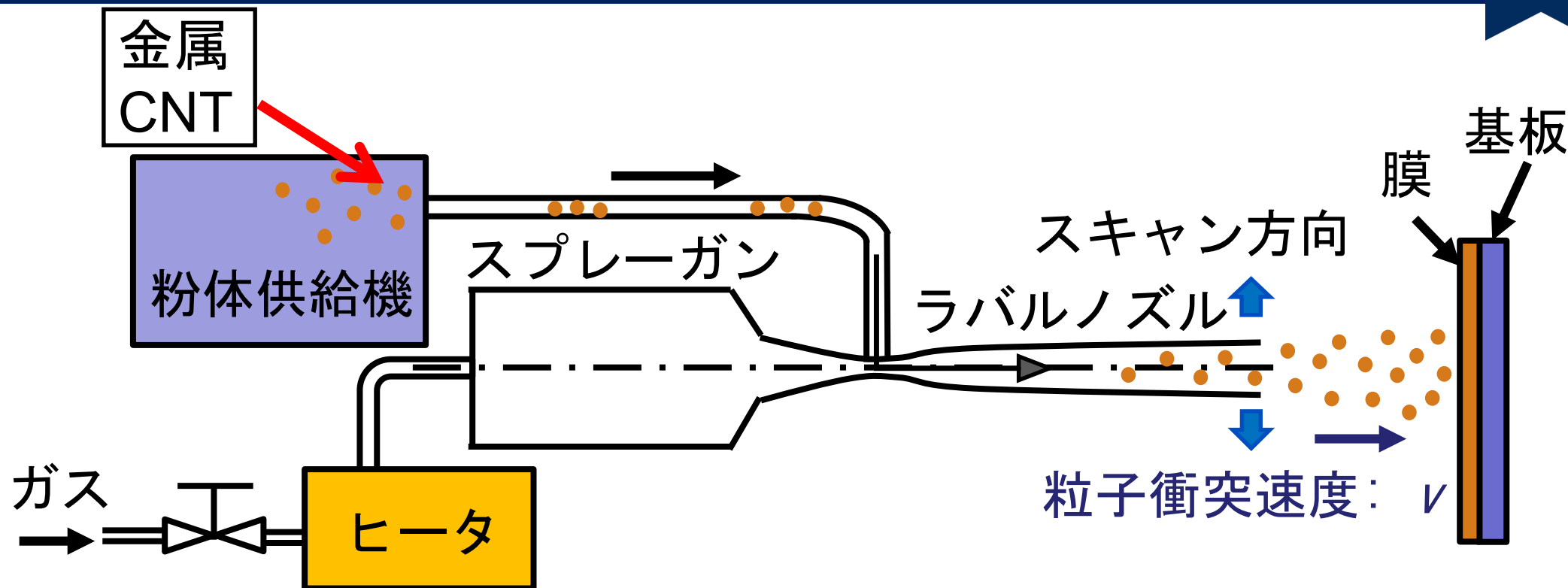
機能材料を導入した金属基複合材料*

機能材料 … 高い硬さや化学安定性などの機能を持つ
→ 大概が脆性材料

従来の金属基複合材料作製手法では**加熱を要する**
粉末冶金法**

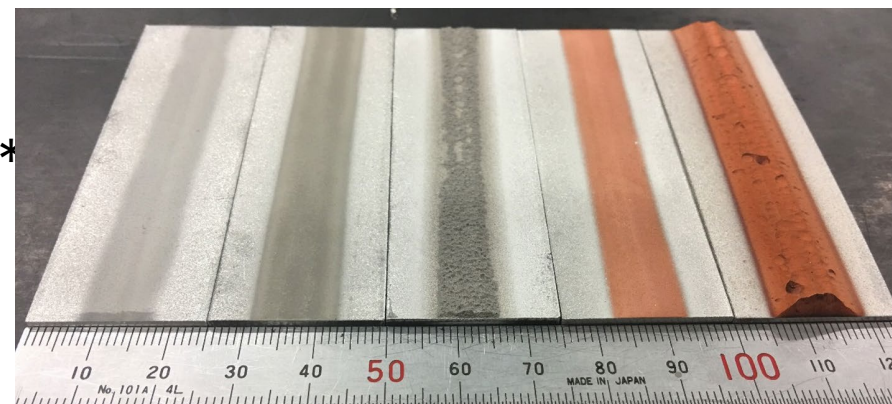


機能性材料の内、無機炭素材料は熱に弱い400~800°Cでグラファイト化
アパタイトが1000°C程度で変性する
→ この温度以下での作製が望ましい



複合材料膜の作製方法として応用可能**

ガス温度400℃で銅膜の堆積が可能
→ 炭素材料等への**熱の影響**を抑えられる



SUS, Ni, Ti, Cu (10 min), Cu (40 min)

+
CNT

* 東北大学 小川・市川 研究室: <http://www.ogawa.rift.mech.tohoku.ac.jp/>

** 榑 和彦 コールドスプレーの概要と最新動向 溶射学会 47 (2010) 113-119

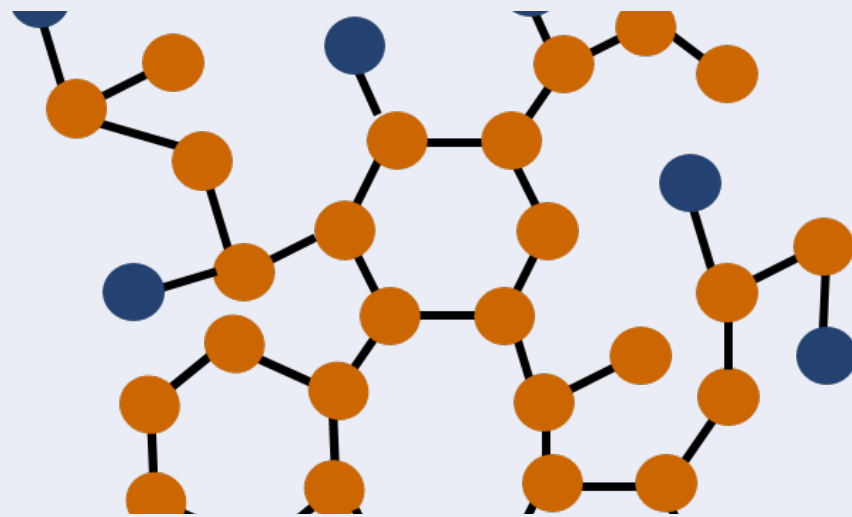
機能性材料でコーティングした
金属粒子から金属基複合材料皮膜を
コールドスプレー法によって作製する

金属の摺動性能を向上させた複合材料
炭素材料(ダイヤモンド状炭素(DLC))+金属

生体骨との親和性を上げた人工骨向け複合材料
アパタイト+チタン

DLC(Diamond-like Carbon)膜*

sp^2 , sp^3 結合性炭素と水素を有するアモルファス膜



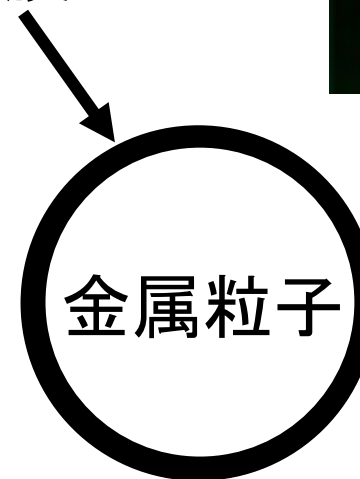
● : 炭素

● : 水素

・低摩擦係数, 耐摩耗性



DLC膜



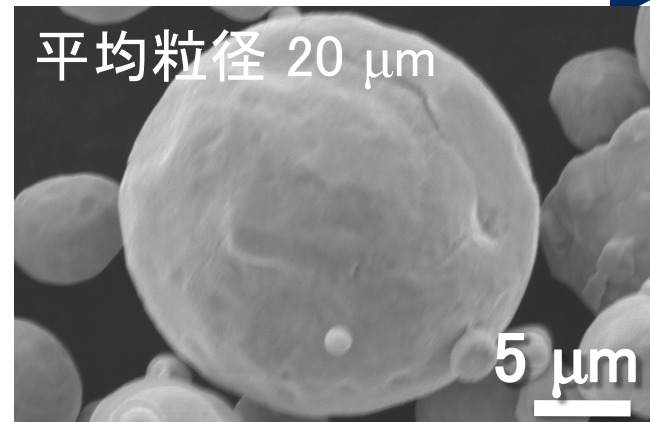
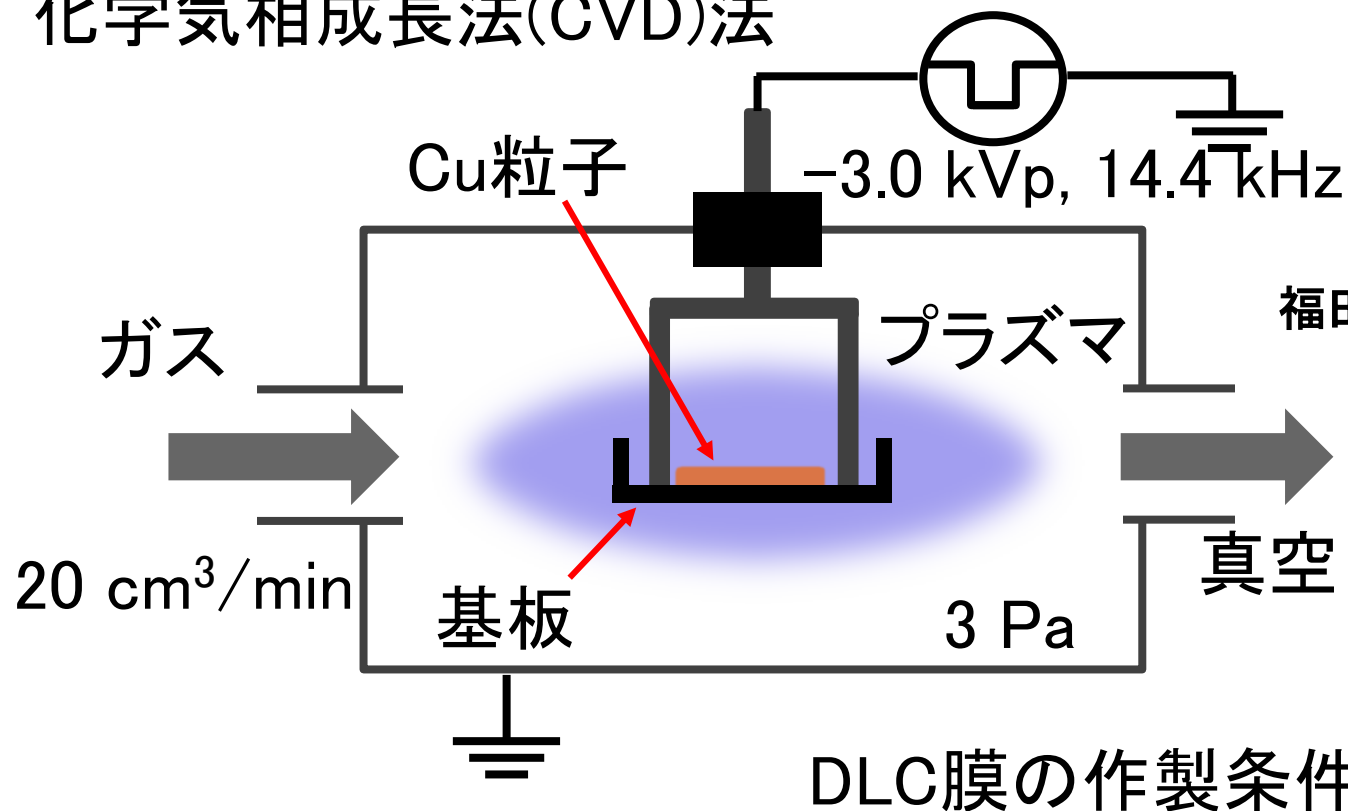
* J. Robertson, Surface and Coatings Technology, 50(1992), 185-203

**M. Allen, et al., Chemical Reviews, 110(2010), 132-145

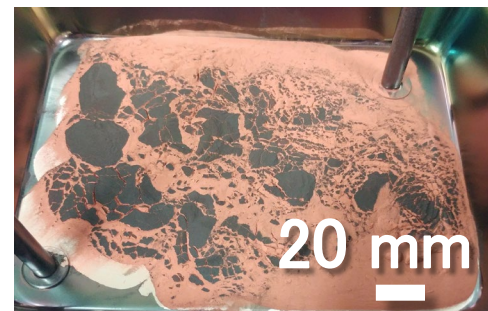
Cu粒子

原料粉体の調整

化学気相成長法(CVD)法



福田金属箔子工業社製(Cu-HWQ-20)



DLC堆積後のCu粉体

エッチング

DLC膜作製

Cu-DLC_C₂H₂

Cu-DLC_C₂H₄

原料ガス

Ar

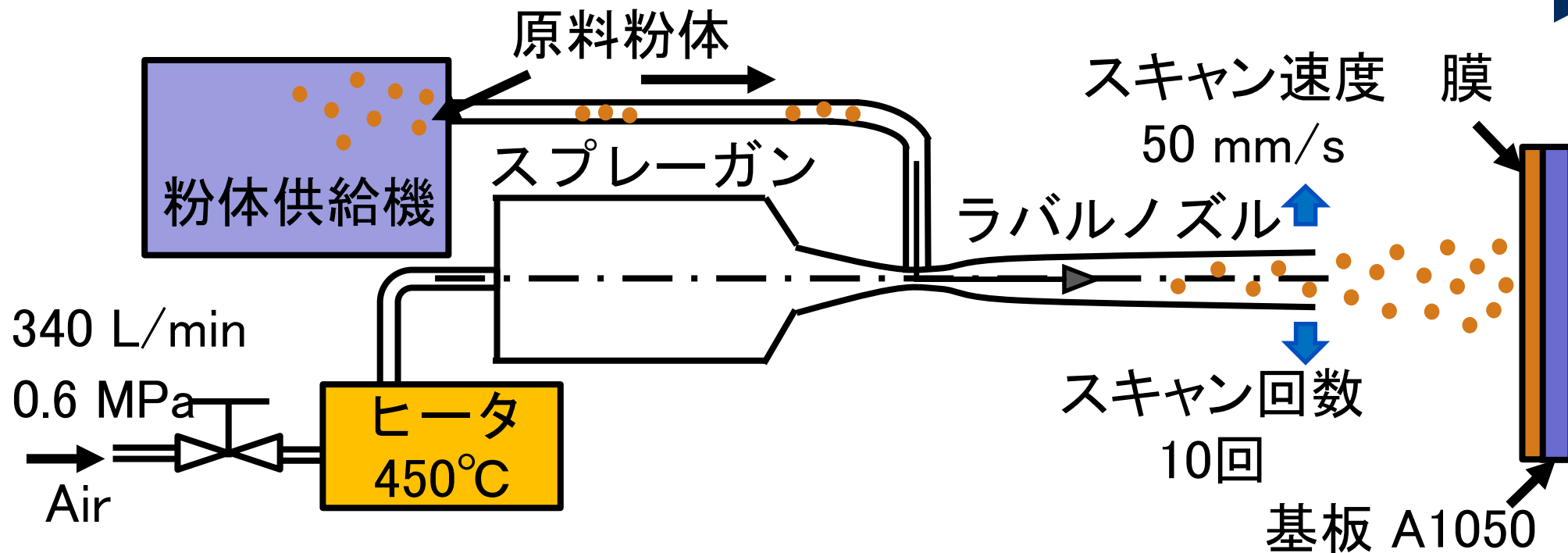
C₂H₂

C₂H₄

堆積時間 [min]

5

30



基板表面は#46ホワイトアルミナ
でサンドブラスト処理を行った

膜の外観

Cu-DLC_ C₂H₂複合材料膜

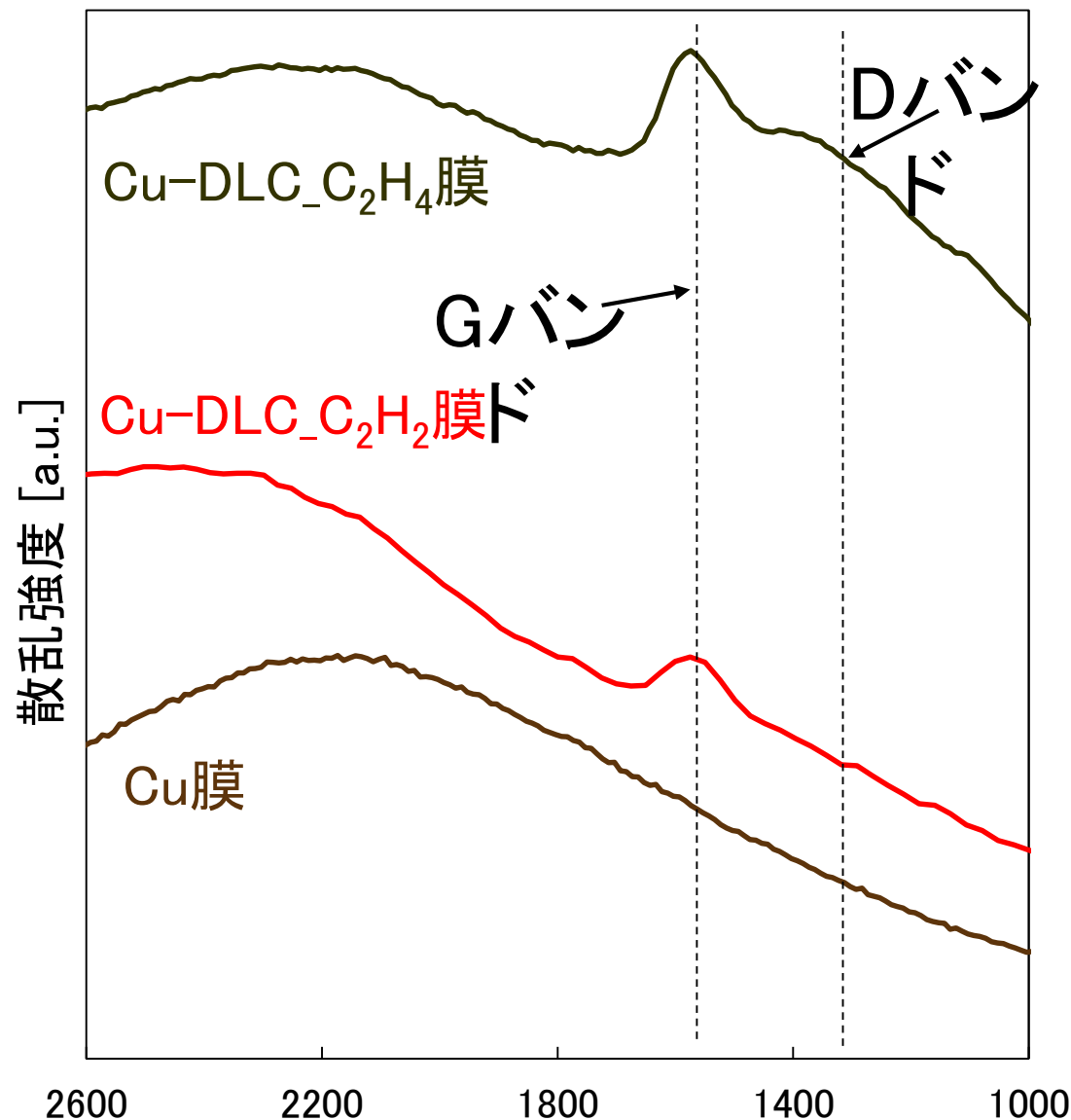


炭素濃度 [wt. %]

Cu-DLC_ C ₂ H ₂ 膜	0.044
Cu-DLC_ C ₂ H ₄ 膜	0.052

グロー放電発光分光分析 (GD-OES)

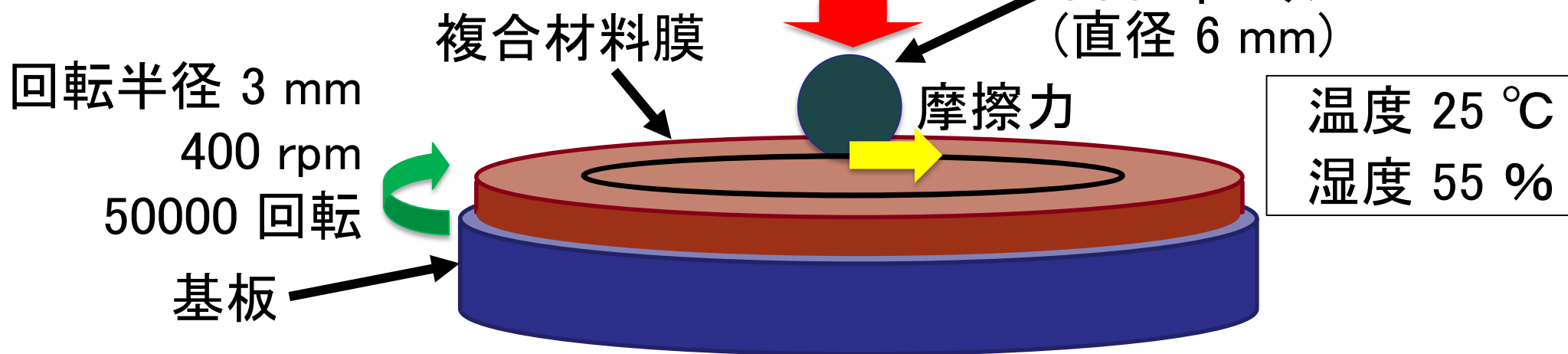
ラマンスペクトル



ラマンシフト

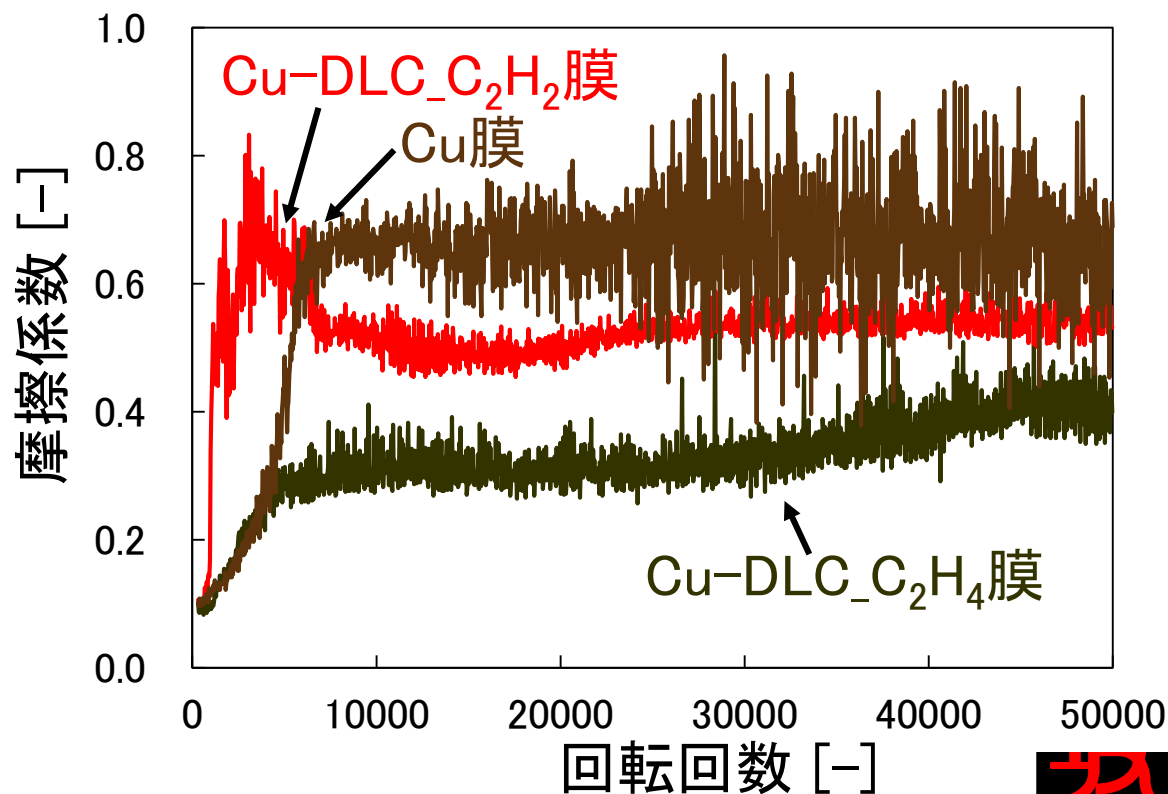
DLCの導入が示され、CS法によるDLCへの熱の影響は「小さい」と考えられる

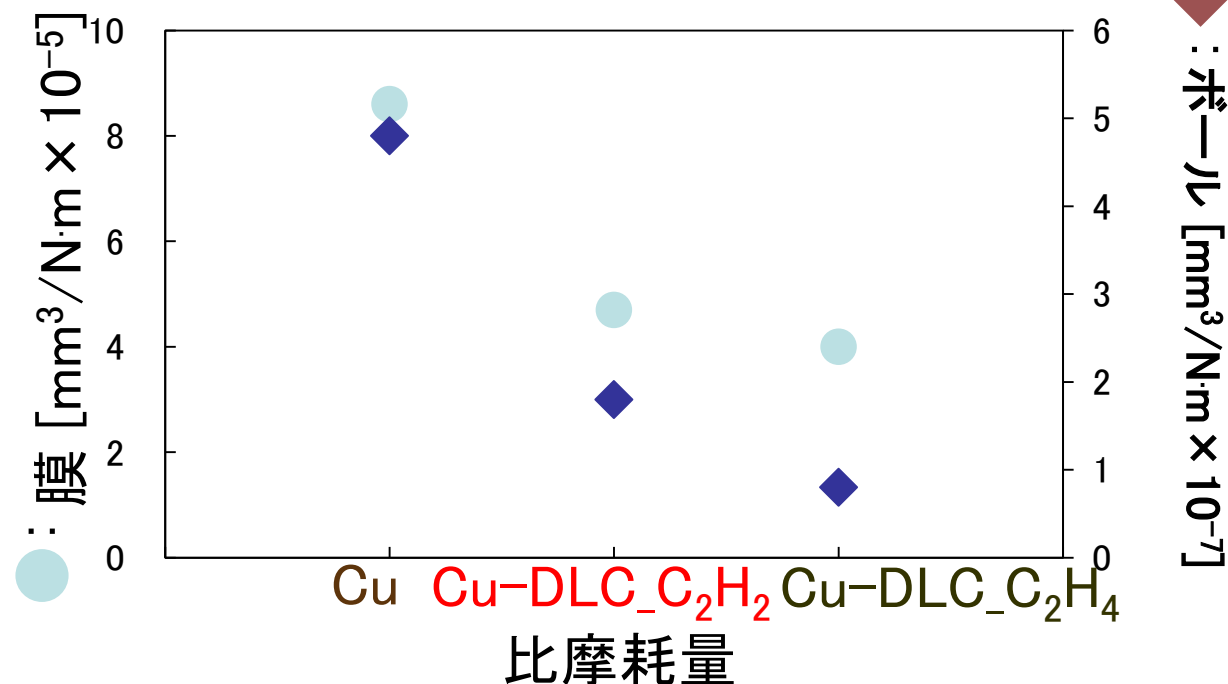
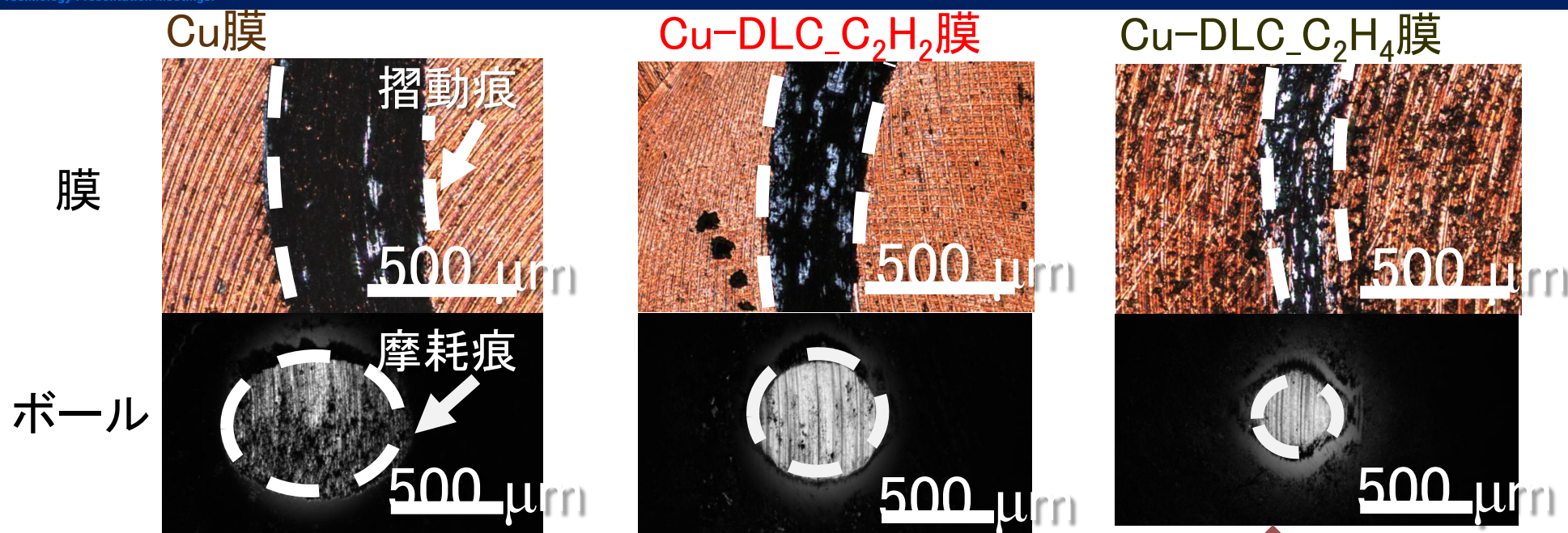
ボールオンディスク試験



フライスで膜表面を平滑にした

Cu膜へのDLCの導入
により摩擦係数が低下
↓
低摩擦係数が付与された





DLCの導入により比摩耗量が減少 → 耐摩耗性が付与された

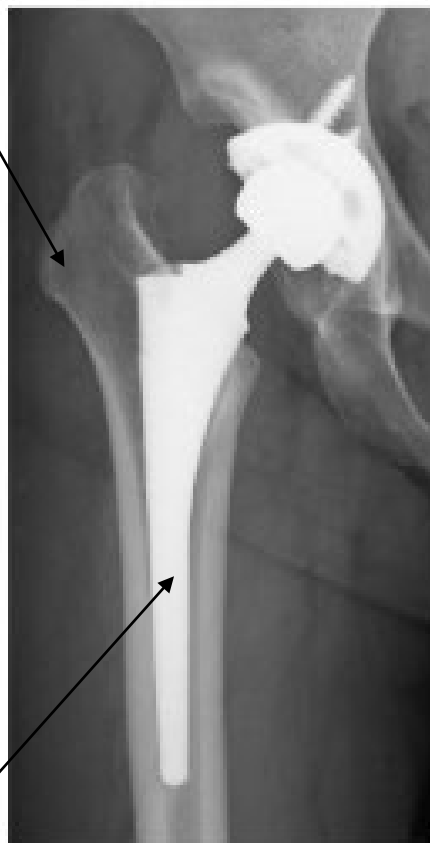
機能性材料でコーティングした
金属粒子から金属基複合材料皮膜を
コールドスプレー法によって作製する

金属の摺動性能を向上させた複合材料
炭素材料(ダイヤモンド状炭素(DLC))+金属

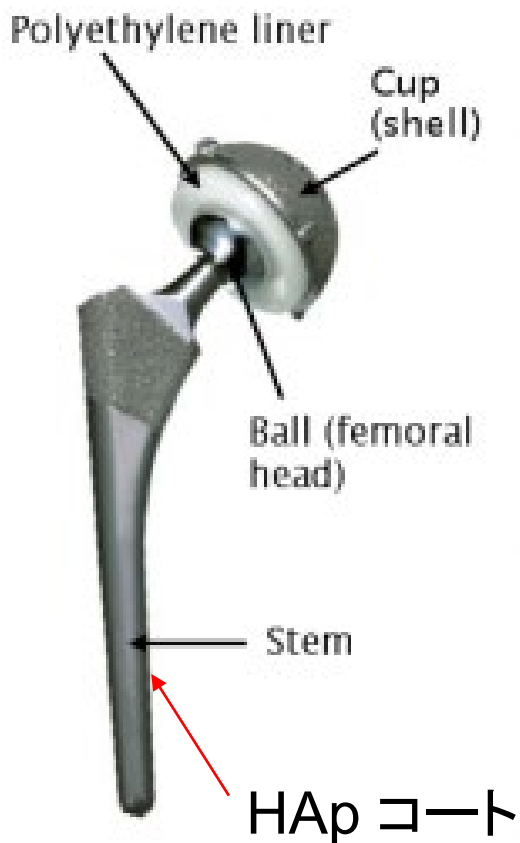
生体骨との親和性を上げた人工骨向け複合材料
アパタイト+チタン

アパタイト(HAp)は骨形成を誘導し、人工骨と人の骨(生体骨)に迅速に
接合

生体骨



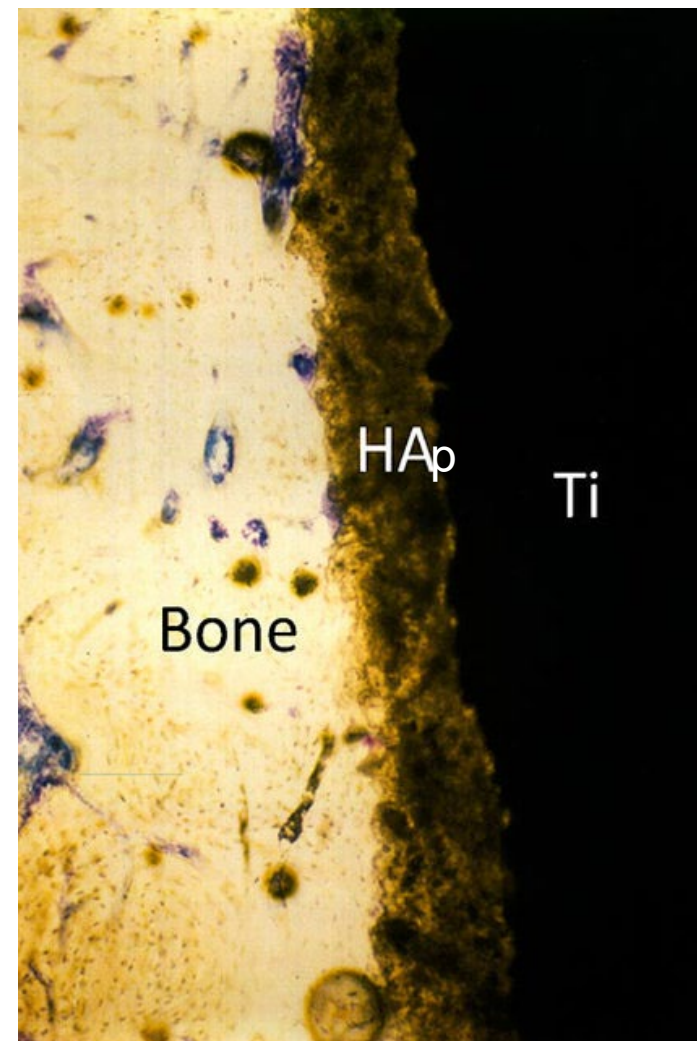
人工骨



人工股関節

*

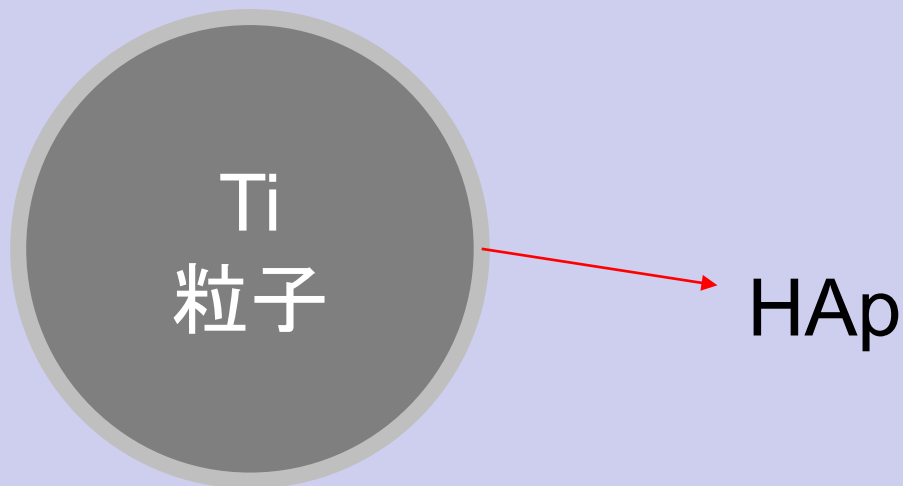
**



*https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/en/features/f_00001.html

**<https://www.lasak.com/about-company/company-history>

HAp コーティングされたチタン粒子からCS法を使用して、均一な分布を持つアパタイト-チタン複合コーティングを形成



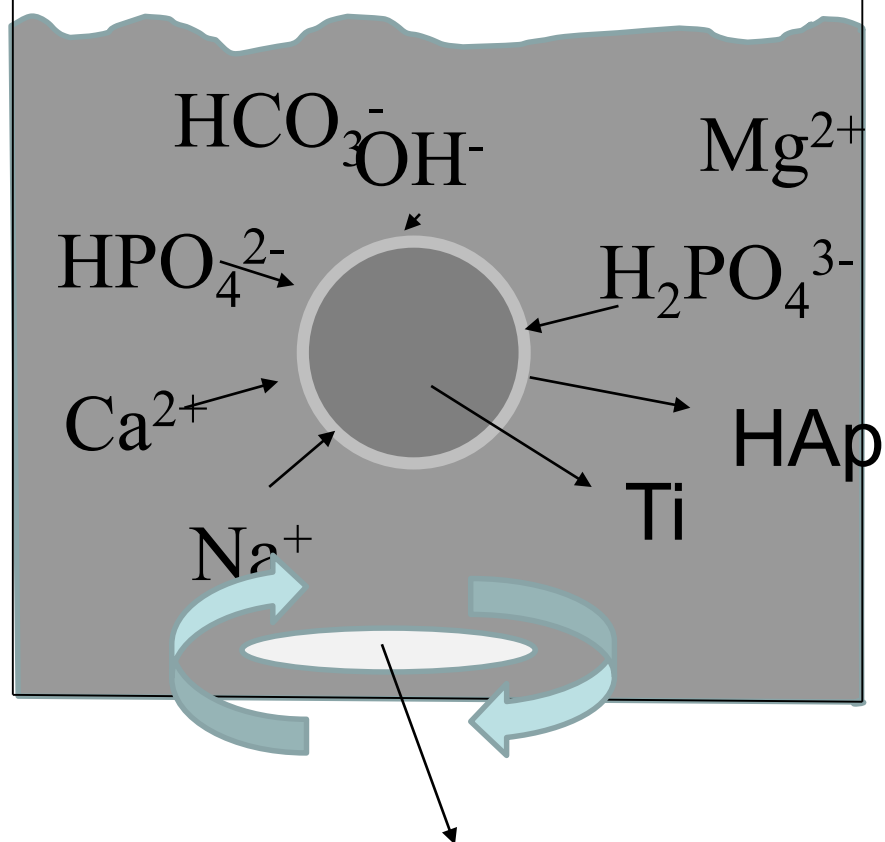
期待できること

- Ti-アパタイト 傾斜組成による強度上昇
- 骨を生成する骨芽細胞を選択的に促進

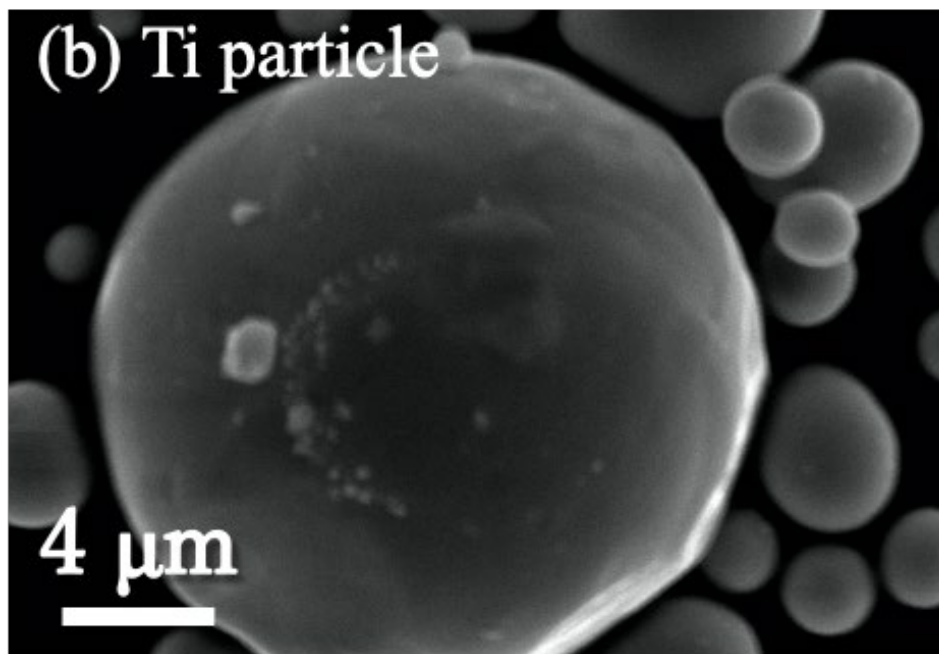
(平均 ϕ 45 mm)

疑似体液

人間の体液を模した溶液



マグネティックスターラ

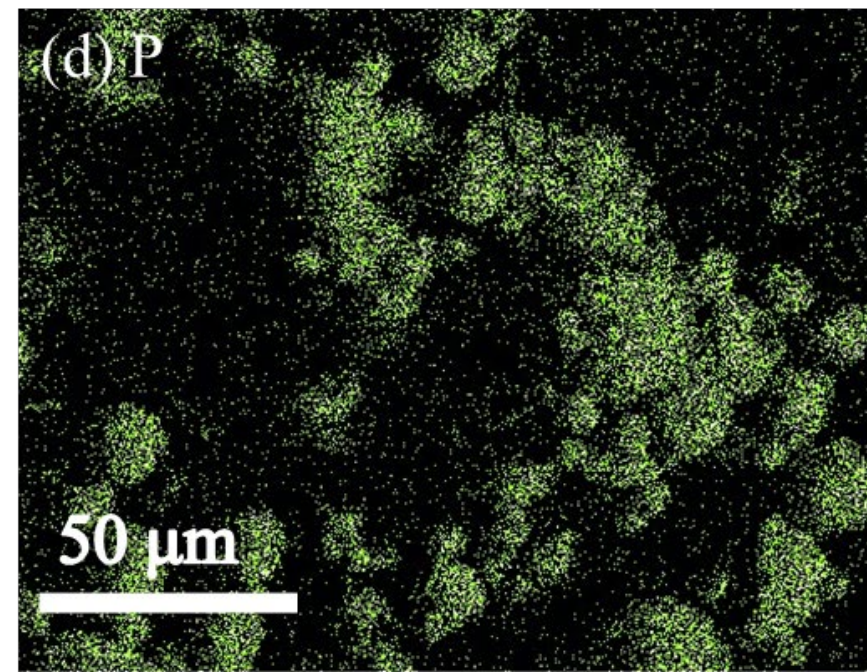
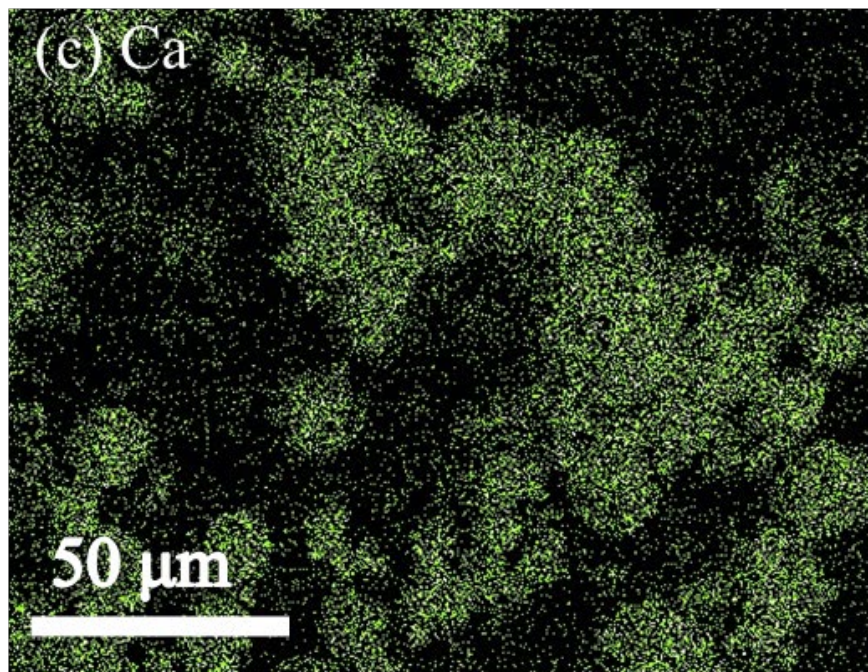
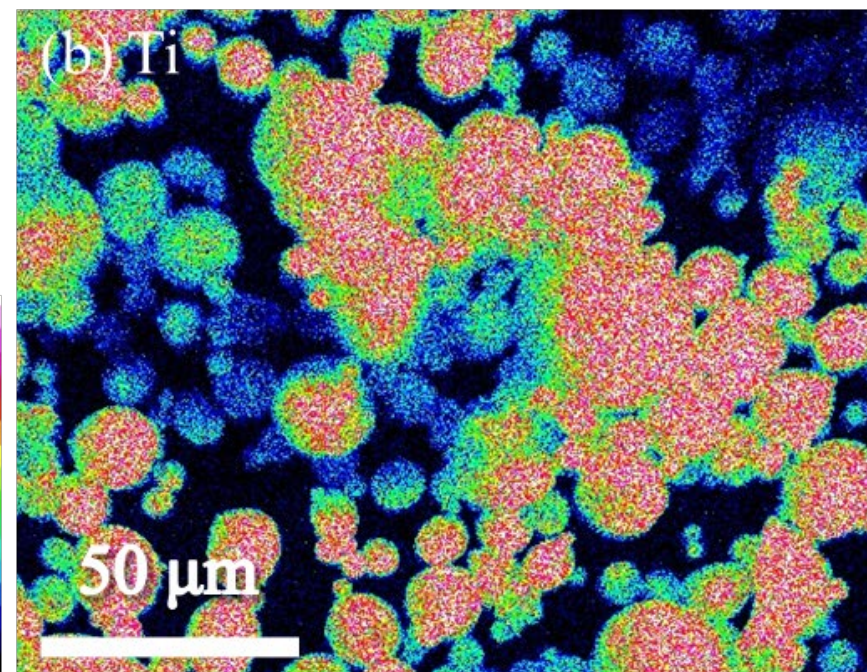
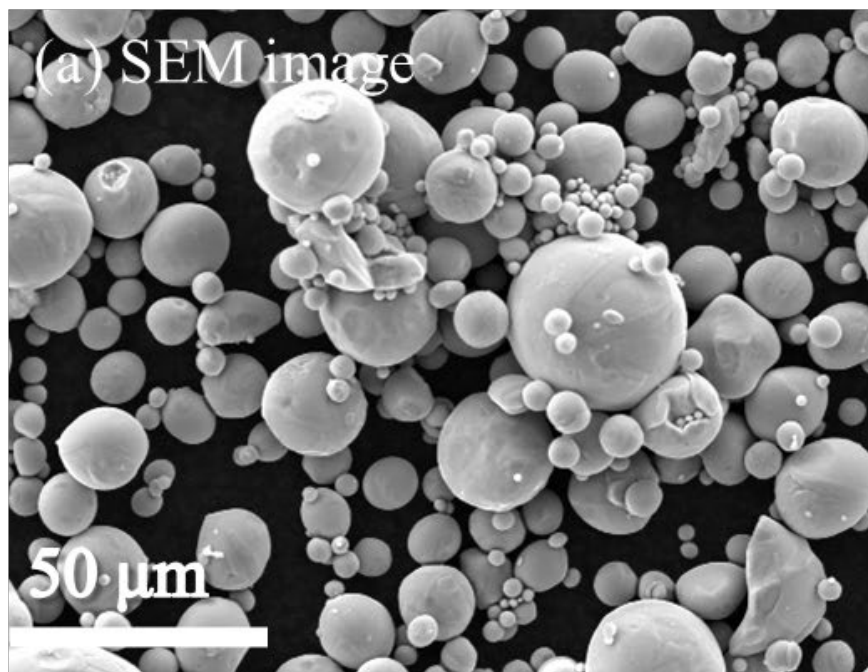


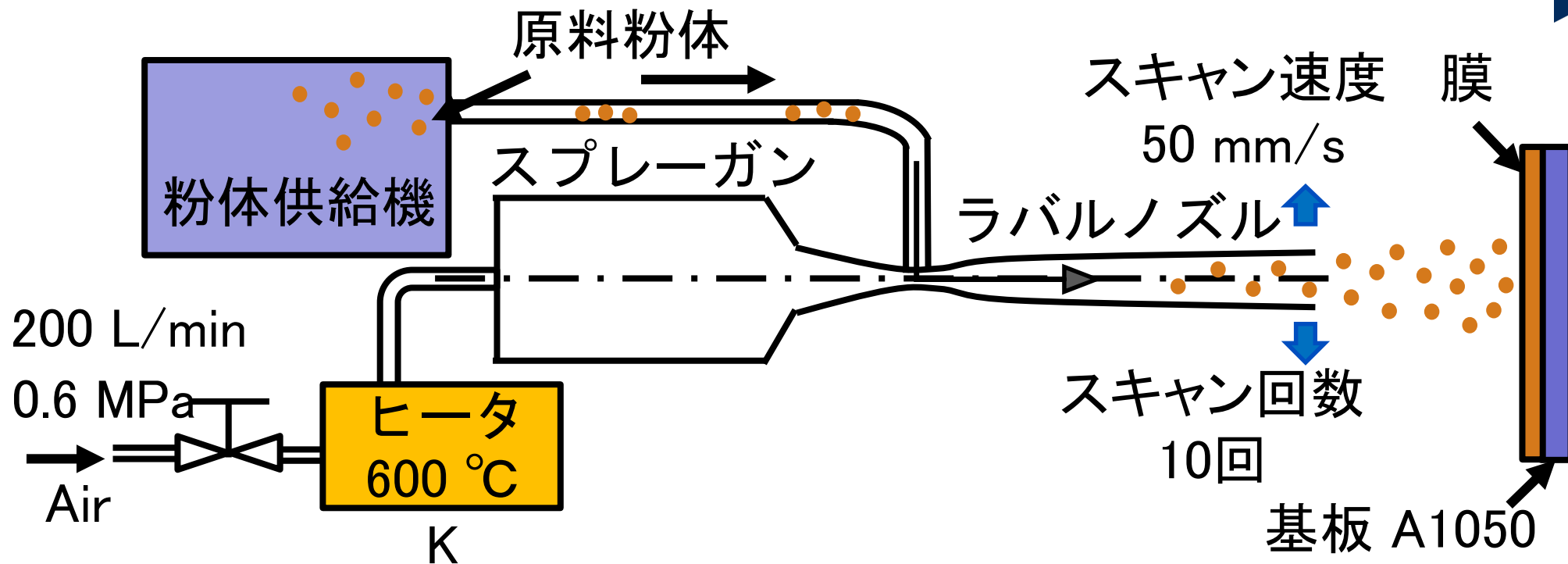
Ti粒子のSEM像

Ti-HAp 粒子

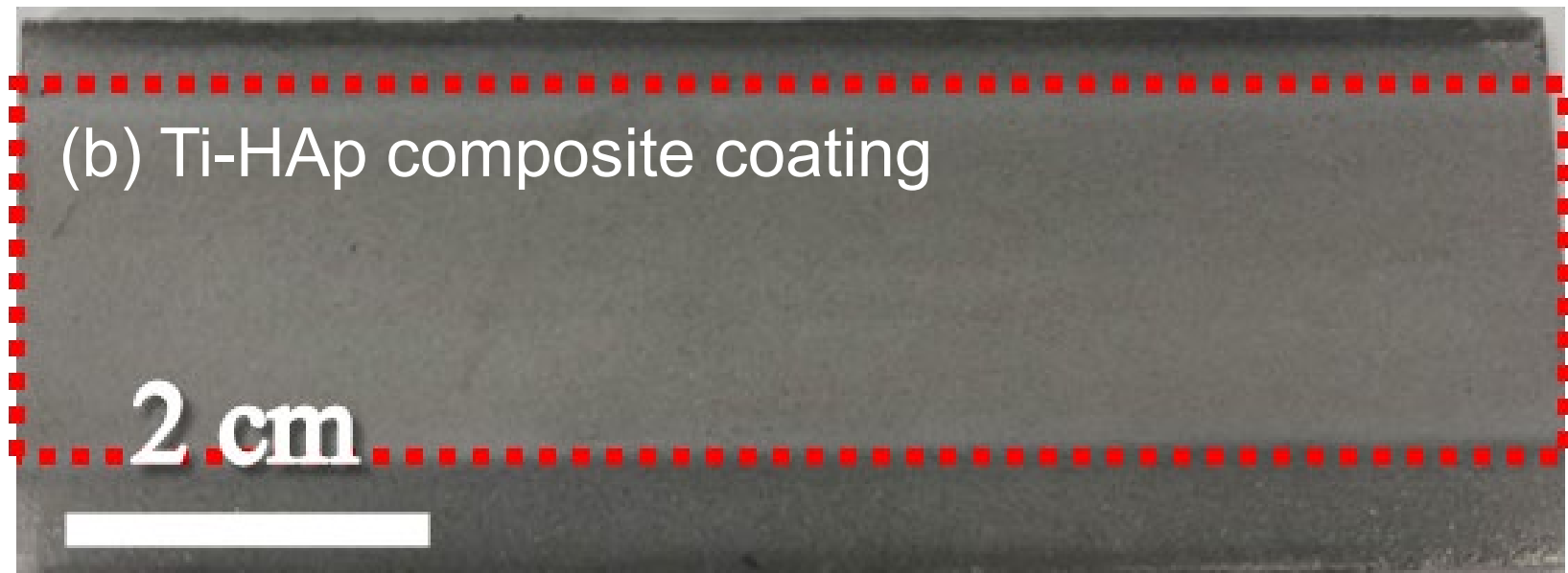
Temperature [$^{\circ}\text{C}$] 37

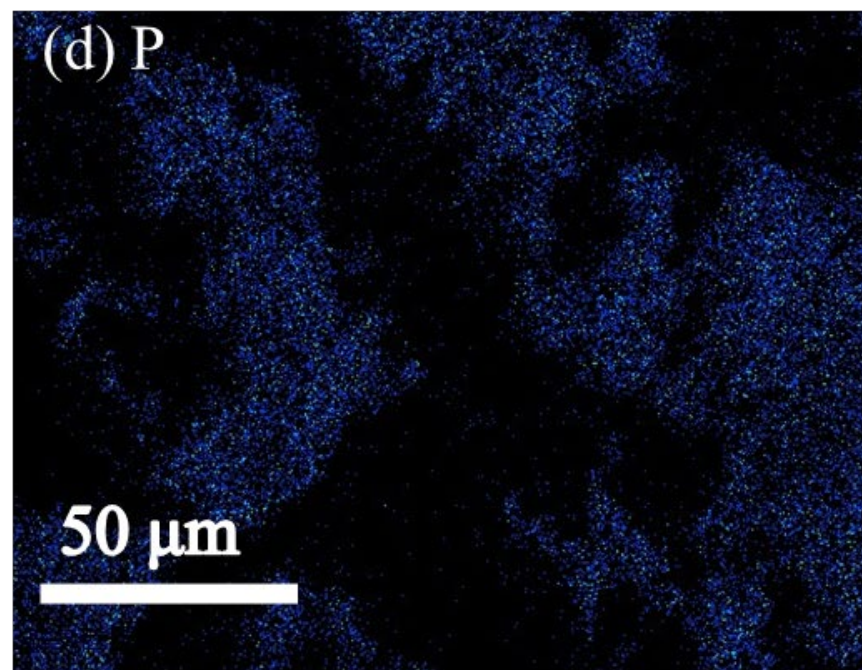
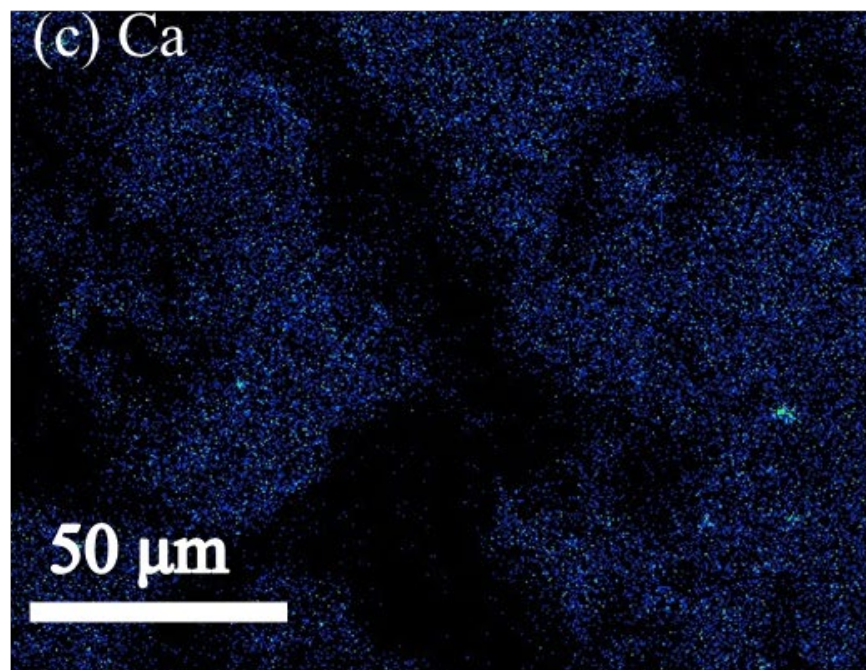
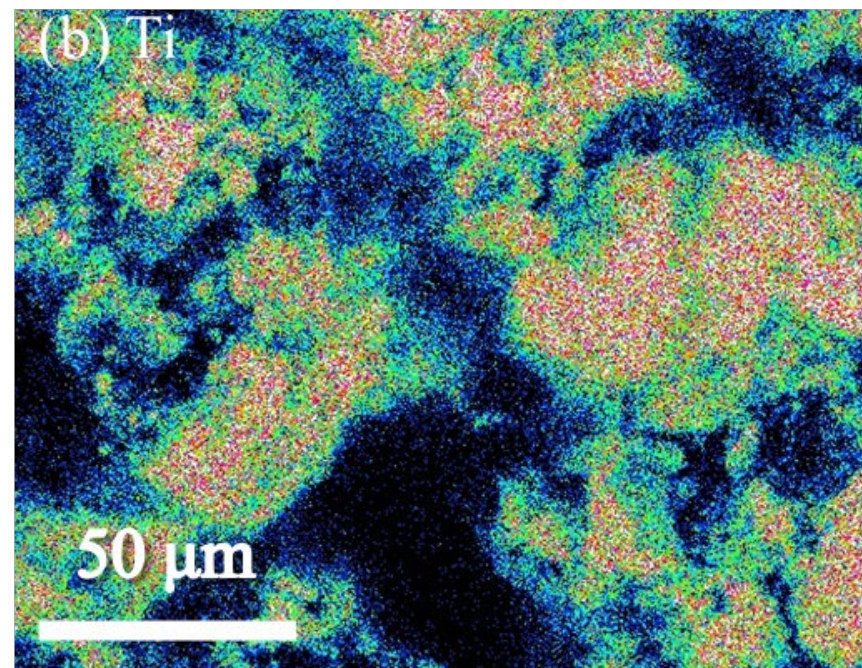
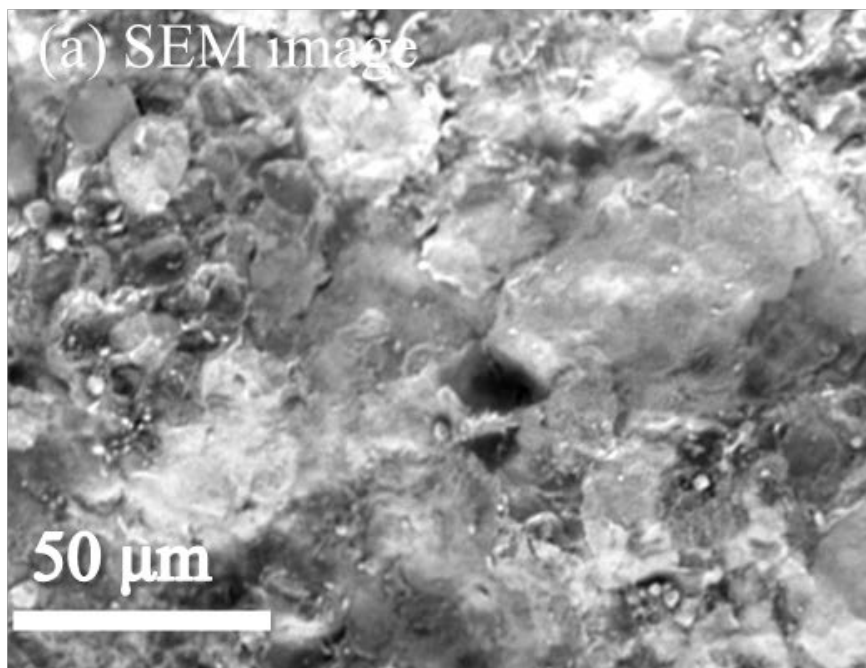
Time [h] 48

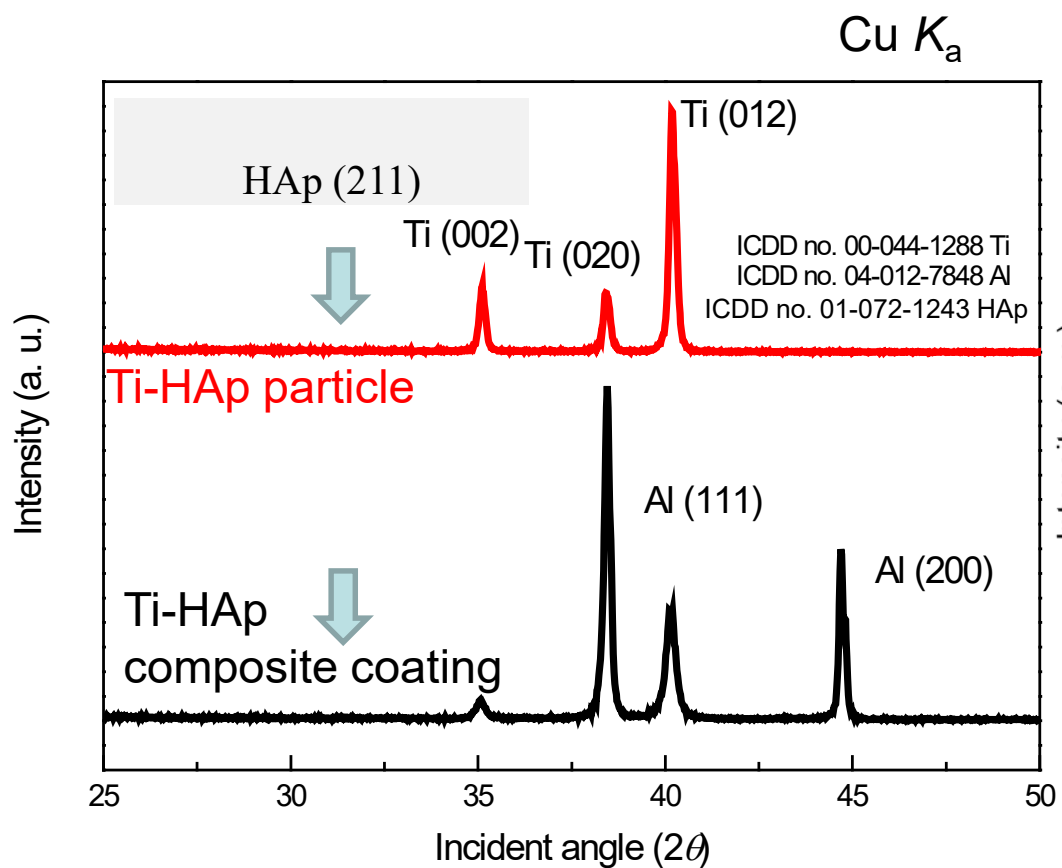




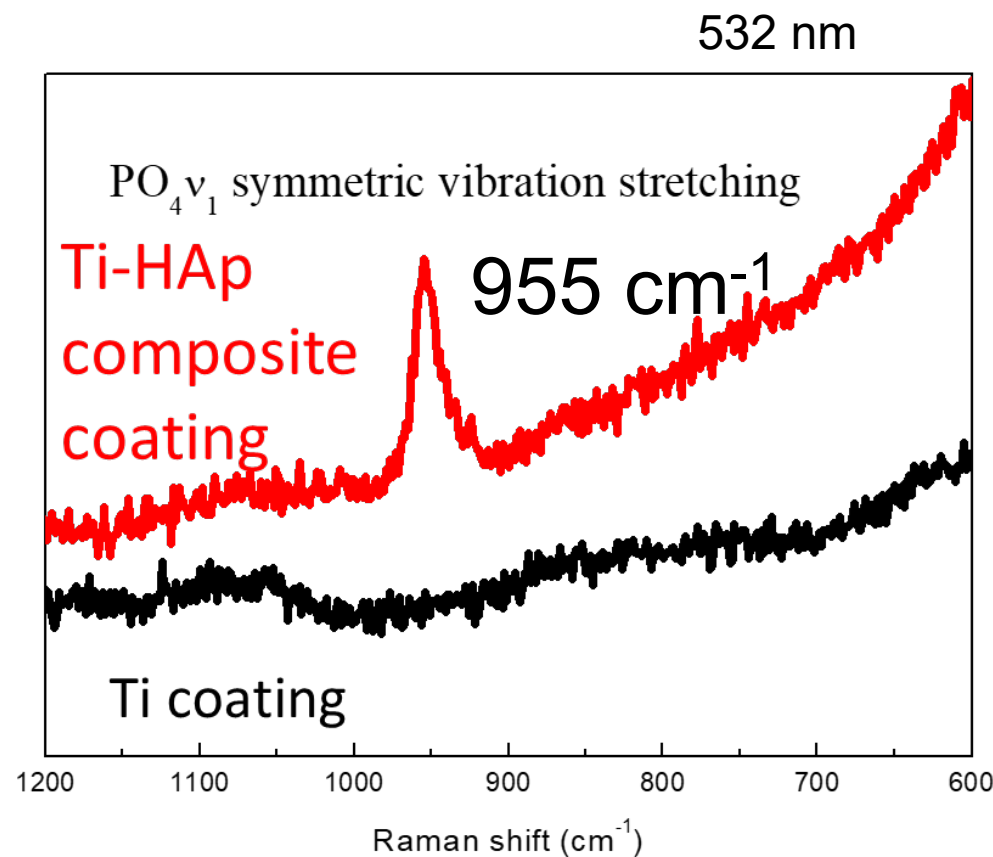
基板表面は#46ホワイトアルミナ
でサンドブラスト処理を行った





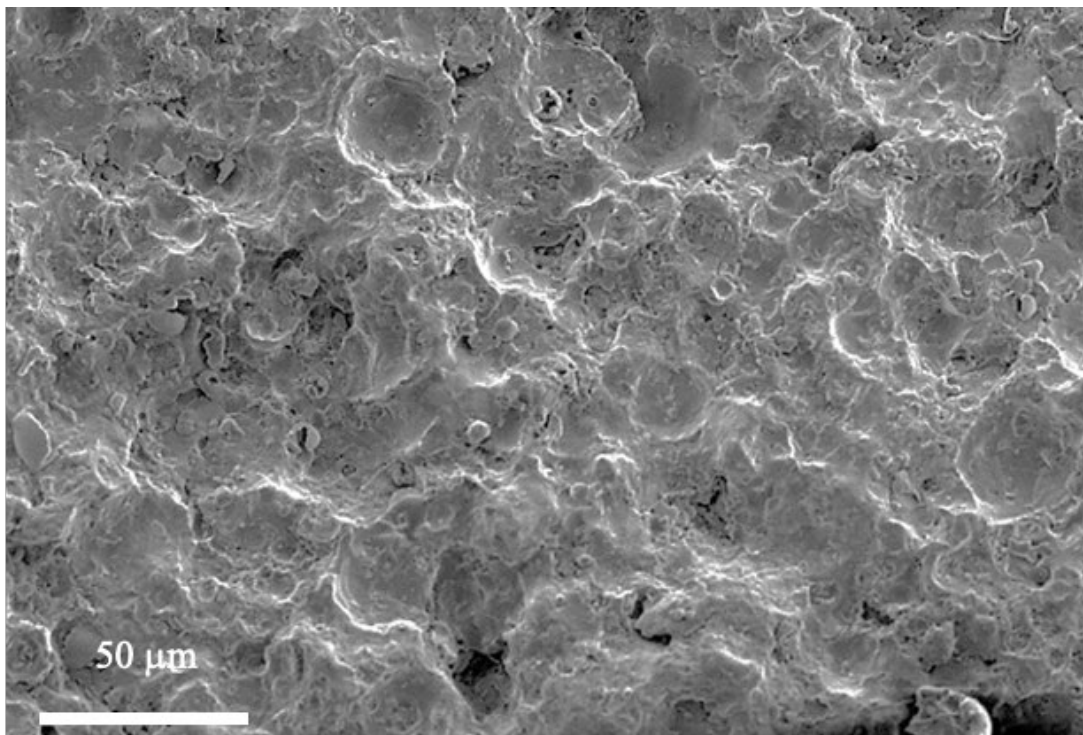


XRD patterns

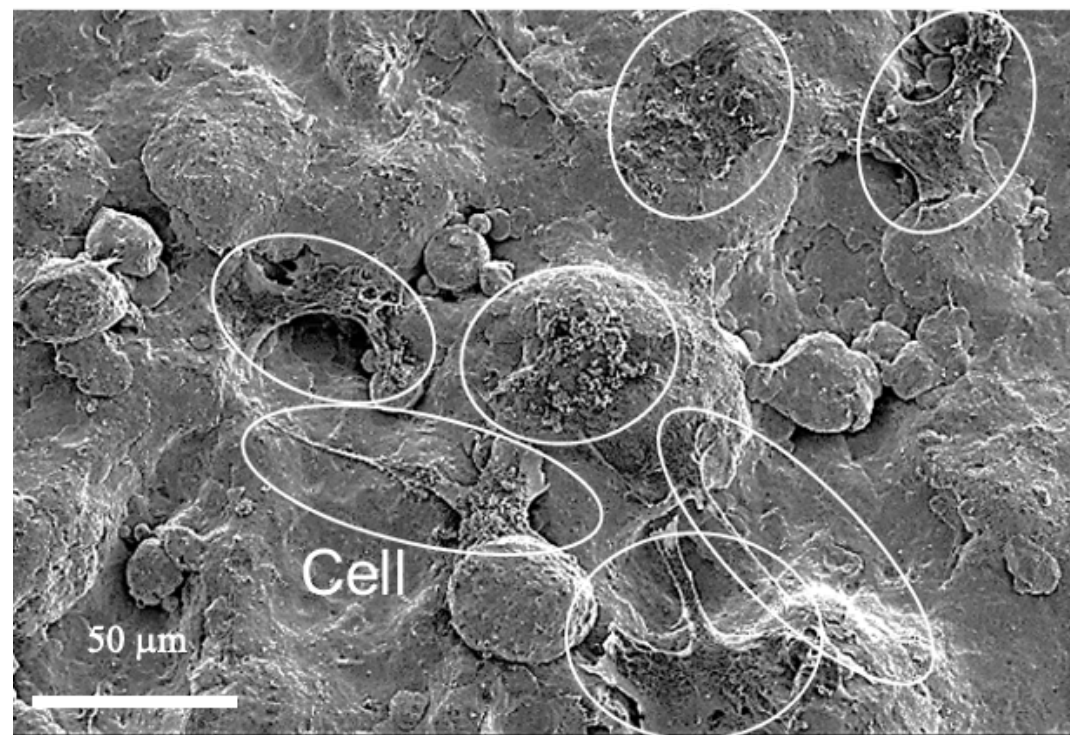


Raman spectra

空気中に 5% CO₂ を含む加湿インキュベーター、37° C で 3 日間



チタン



チタン-アパタイト複合材料膜



想定される用途

- 本技術の特徴は、熱の影響を排除しながら表面に厚い複合材料膜を形成できるところにある。
- 上記以外に、熱に弱い他の材料についても同様の製造プロセスを取ることができる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : コールドスプレー法並びに摺動性物品及び人工骨等
- 出願番号 : 特願2018-17315
- 出願人 : 国立大学法人東京工業大学
- 発明者 : 赤坂 大樹、阿多 誠久
沖村 奈南

お問い合わせ先

東京工業大学

研究・産学連携本部 知的財産部門

T E L 03-5734-2445

F A X 03-5734-2482

e-mail sangaku@sangaku.titech.ac.jp