

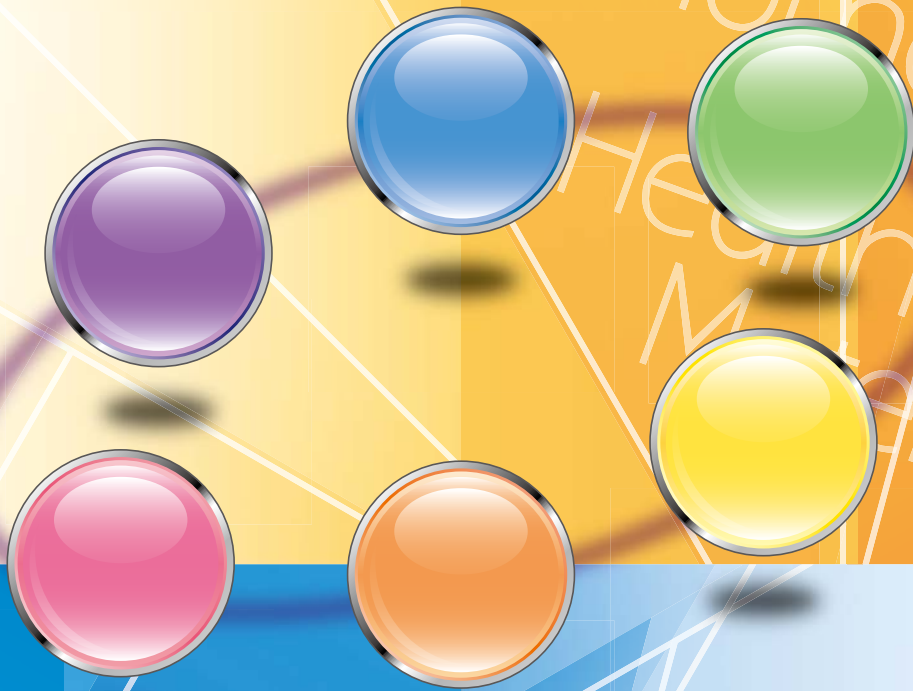
Component  
Materials  
and  
Technology

# NEWS LETTER

2017.3  
Vol.1 No.2

## 6大学連携プロジェクトニュース

学際・国際的高度人材育成ライフイノベーション材料創製共同研究プロジェクト(文部科学省)



Environment  
and  
Sustainable  
Materials

Publication contents

「6大学連携研究の展望」	1
プロジェクトの成果	2
平成28年度行事リスト	5
国際会議ILIMの報告	5
受賞など	6
平成28年度6大学連携プロジェクト研究課題	6

学際・国際的高度人材育成  
ライフイノベーション材料創製  
共同研究プロジェクト拠点

# 6大学連携研究の展望

平成28年4月から始まった「学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」が早くも一年が過ぎようとしております。

昨年7月8日には名古屋大学においてキックオフ公開討論会を開催し、各大学研究所から学生を含め100名以上の方々にご参加いただきました。開会挨拶として、文部科学省学術機関課学術研究調査官石崎宏明氏に激励のお言葉をいただきました。また、前エコトピア科学研究所所長である田中 信夫氏に基調講演、さらには各分野の先生方には「環境保全・持続可能材料分野」、「生体・福祉材料分野」、「要素材料・技術開発分野」それぞれの研究分野における動向や成果、今後の展望を示していただきました。その後の研究発表会においても活発な議論が行われ、プロジェクトのよい幕開けとなりました。

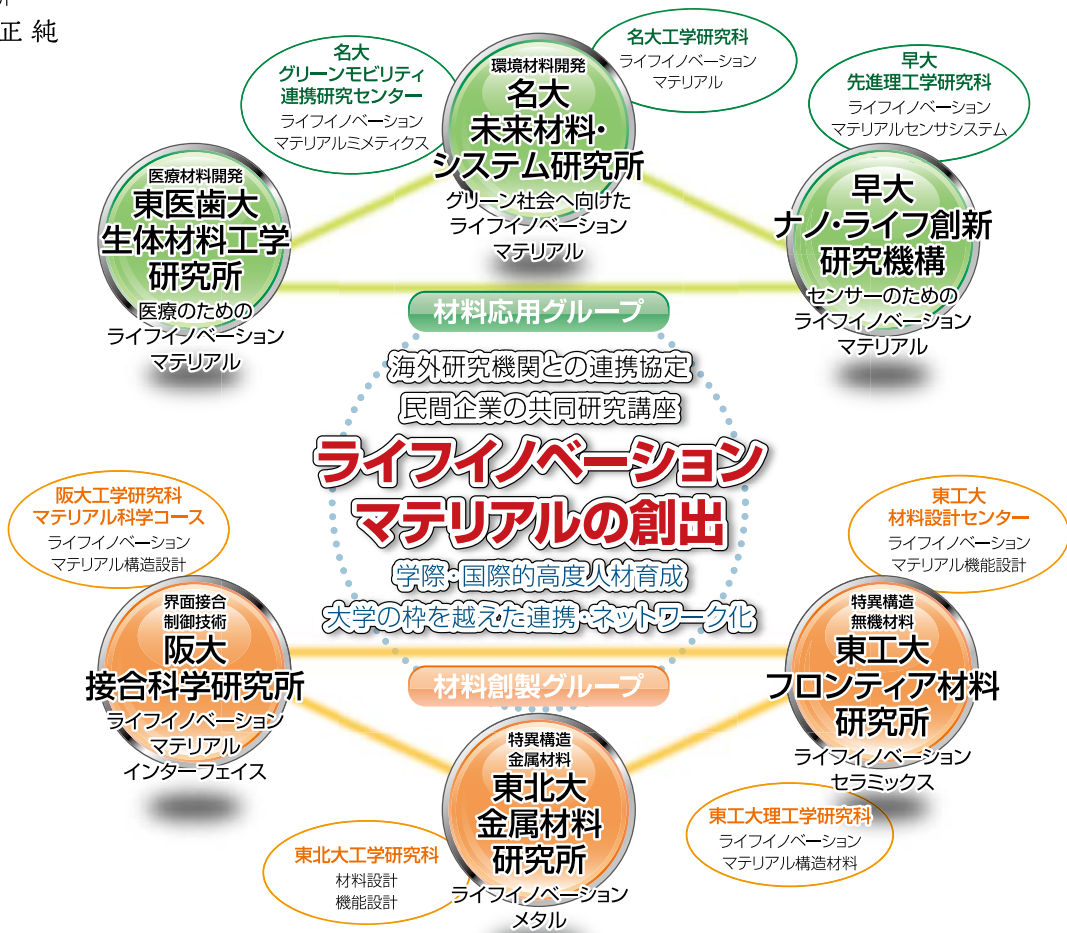
その後、各分野、各大学研究所において研究会や講習会などを精力的に行っており、公開討論会から半年で多くの共同研究が芽生えました。前6大学連携の「特異構造金属・無機融合高機能材料開発共同プロジェクト」で培われた成果や連携研究ネットワークを、若手研究者が中心となり発展させる形ともなっており、本プロジェクトの展開がより大きなものになると確信しております。

共同研究においては、異なる分野との融合、さらには企業や海外の大学へと広がりを見せるなど、新しい連携研究ネットワークの構築が進んでおります。これは、我々が掲げる「新しい異分野横断的新学術分野の構築」の礎となると考えられます。また、その研究には多くの学生や若手研究者が関わるように工夫されております。本プロジェクトは、材料研究を共通の基盤とし、さらに国際交流や大学・企業等との連携を通じて、今後の日本および世界の産業を担っていく高度な知識、経験を持つ若手研究者の育成に最適な場であると自負しております。

また、これらはすべて関係者の皆様方のお力添えのお蔭でありますことを深く感謝申し上げます。6大学連携プロジェクトはまだ芽吹いたばかりですが、新産業の牽引役となるべく鋭意努力していく所存ですので、引き続きご支援ご協力並びにご指導ご鞭撻を賜りますよう、お願い申し上げます。



名古屋大学  
未来材料・  
システム研究所  
所長 興戸 正純



## 環境・医療・基盤材料の機関間連携研究プロジェクト

## 海外研究機関との連携協定

### 国際交流

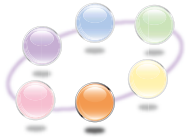
- 世界的連携研究強化 海外との学術交流促進・グローバル化・ワークショップなどの集中開催

### 学内連携・大学機能強化

### 人材育成

### 企業連携

- 活性型人材交流 6大学間、民間企業、外国研究機関からの研究者の人材交換配置・民間企業の共同研究講座開設



生体・医療  
福祉材料  
分野

東北大学  
金属材料研究所

## 3Dプリントされた人工関節用コバルト合金の高性能化

東北大学金属材料研究所加工プロセス工学研究部門では、先進的金属用3Dプリンターである電子ビーム積層造形法(Electron Beam Melting: EBM)を用いた、種々の合金の造形や新材料創製の研究を行っています。その一例として、インプラント用Co-Cr-Mo(CCM)合金のEBM造形に関する研究について紹介します。CCM合金はその優れた強度、耐食性、耐摩耗性、生体為害性の低さから、人工関節や義歯などの骨代替インプラント用材料として使用されています。中でもその強度や耐摩耗性は、チタン合金等他のインプラント用材料と比べて特に高いことから高負荷加重部や摺動部分には欠かせない材料となっています。一方、EBMは、形状・サイズを患者毎に最適化したカスタムインプラント製造技術として注目されています。しかしながら、EBMで造形したCCM合金が、部位により結晶粒径・方位、構成相が異なる不均一な組織を有し、強度が低くなる場合のあることが問題でした。私達はこの問題の解決のため、高温相と低温相の間の固相変態を適切に制御することで造形後に形状やサイズを変化させずに組織を均一微細化し、安定して高強度を発現させる熱処理技術を開発しました。現在は、東北大学大学院工学研究科、東京医科歯科大学生体材料工学研究所、名古屋大学未来材料研究所との共同研究により、更なる高強度化に繋がる微細組織の解析や耐食性の評価を行うとともに、生体活性化による新しい機能性付与を目指した研究を展開しています。



図1 EBMにより製造されたCCM合金製人工関節と人工股関節

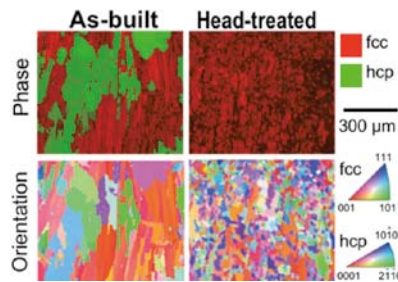


図2 EBM造形ままと熱処理後のCCM合金の組織(電子線後方散乱回折相分布像と結晶方位像)

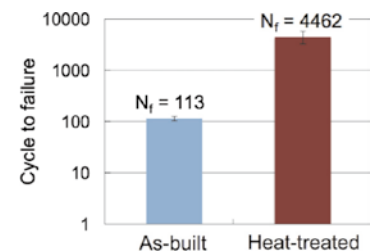
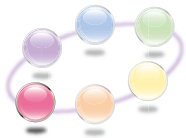


図3 疲労寿命への熱処理の効果(加速試験 $\Delta\sigma = \pm 600\text{MPa}$ ,  $R = -1$ での評価)



生体・医療  
福祉材料  
分野

大阪大学  
接合科学研究所

## 生体適用を目指した完全固溶型高強靱性チタン焼結材の基礎物性評価

大阪大学・接合科学研究所の近藤教授のグループでは、粉末冶金法(固相焼結)により生体親和性を維持し、高強度と高延性を両立できる新たなチタン(Ti)材の創製を目指しています。これまでに $\alpha$ -Tiが酸素原子や窒素原子に対して大きな固溶限を有することに着目し、酸化物や窒化物の熱分解後に解離した酸素や窒素の原子固溶現象による $\alpha$ -Ti焼結材の強化法を確立しました(図1:Ti+TiO<sub>2</sub>混合粉末を用いた酸素固溶Ti焼結材Ti(O)の例)。そこで、Tiに対して全率固溶型元素であり、生体親和性に優れたジルコニウム(Zr)に着目し、ZrO<sub>2</sub>粒子と純Ti粉末の混合体を出発原料とした完全固溶型Ti焼結材(Ti(Zr,O))を作製しました。ZrO<sub>2</sub>粒子添加量を0~2wt%としたTi(Zr,O)焼結材について引張試験を行った結果、伸び値の低下を抑え、耐力値が著しく増大することを確認しました(図2:応力-歪み線図)。Zr原子の置換型固溶およびO原子の侵入型固溶による $\alpha$ -Ti結晶格子歪みの増減に関して、X線回折および第一原理計算による解析の結果、本Ti焼結材の高強度化は主にO原子の固溶強化によることを明らかにしました(図3:XRD結果に基づく格子定数変化)。なお、医療機器等への適用を見据え、今後、疑似体液中での耐腐食性や金属アレルギー反応などの基礎物性評価に関して他の研究機関との共同研究を通じた実施を計画しています。

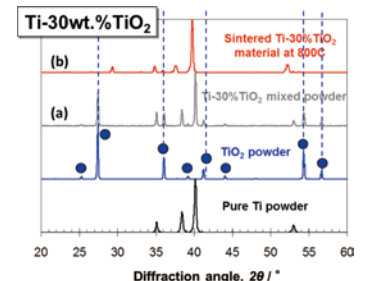


図1 Ti+TiO<sub>2</sub>混合粉末を出発原料とした $\alpha$ -Ti(O)固相焼結材のX線回折結果

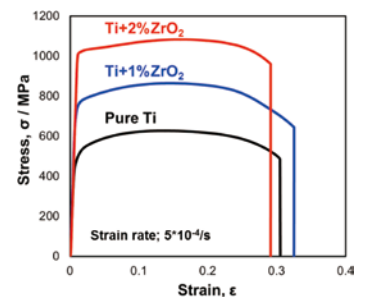


図2 Ti+ZrO<sub>2</sub>混合粉末から作製したTi焼結材の常温での引張試験結果

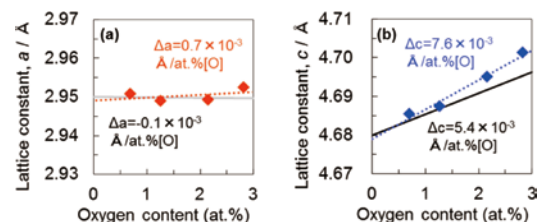
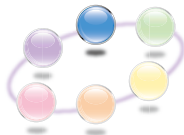


図3 Ti(O)焼結体(実線)およびTi(Zr,O)焼結体(◆)の $\alpha$ -Ti結晶におけるa軸方向(a)とc軸方向(b)への格子定数変化の酸素含有量への依存性



要素材料・  
技術開発  
分野

名古屋大学 未来材料・システム研究所

## 負の熱膨張を利用したグラフェン化に成功

名古屋大学大学院工学研究科の乗松 航助教、名古屋大学未来材料・システム研究所の楠 美智子教授らの研究グループは、グラフェンの負の熱膨張率を利用して、炭素原子バッファ層を900℃から液体窒素温度(-196℃)に急冷することによるグラフェン化に成功しました(図1)。

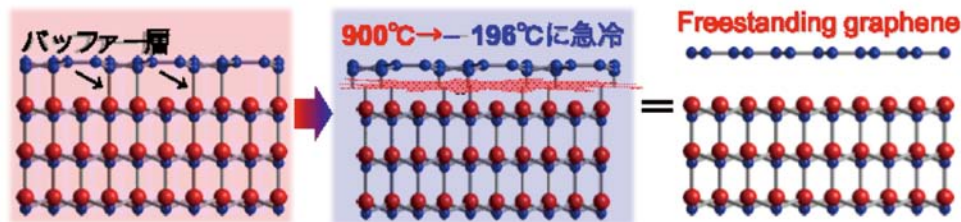
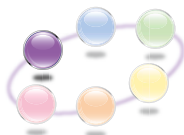


図1 バッファ層の急冷によるグラフェン化。青が炭素、赤がシリコン原子を表し、左図の炭素原子のみから成る層がバッファ層である。

原子一層分の炭素材料であるグラフェンは、究極的な高キャリア移動度を持つことから、次世代半導体材料として期待され、その発見者には2010年ノーベル物理学賞が授与されました。

グラフェンは負の熱膨張係数を持つことが知られています。すなわち、加熱すると収縮し、冷却すると膨張します。一方で、典型的な基板材料であるSiCは、正の熱膨張係数を持ちます。このことは、SiC上に形成した、グラフェンとほとんど同じ構造を持つバッファ層を冷却すると、バッファ層は膨張し、SiC基板は収縮することを示唆しています。この変化を急激に起こす、すなわち900℃に加熱したバッファ層試料を、-196℃の液体窒素中に投入して急冷することで、バッファ層がグラフェン化することを見出しました。図2の角度分解光電子分光スペクトルにおいて、バッファ層試料はバンド分散を持たず、急冷グラフェン(RCG)は明瞭な単一のバンドを持つことがわかります。これは、得られた急冷グラフェンが、5×5mm<sup>2</sup>の基板全体にわたって非常に均一な単層グラフェンで、正孔伝導を示すことが示しています。

本手法では、絶縁性基板であるSiCウェハ全面に、基板との結合を持たないグラフェンを作製することができます。従って、グラフェンのエレクトロニクス応用には非常に大きな貢献を果たすことが期待されます。この研究成果は、2016年11月8日に米国科学雑誌「Physical Review Letters」に掲載され、Editor's Suggestionに選ばれました。

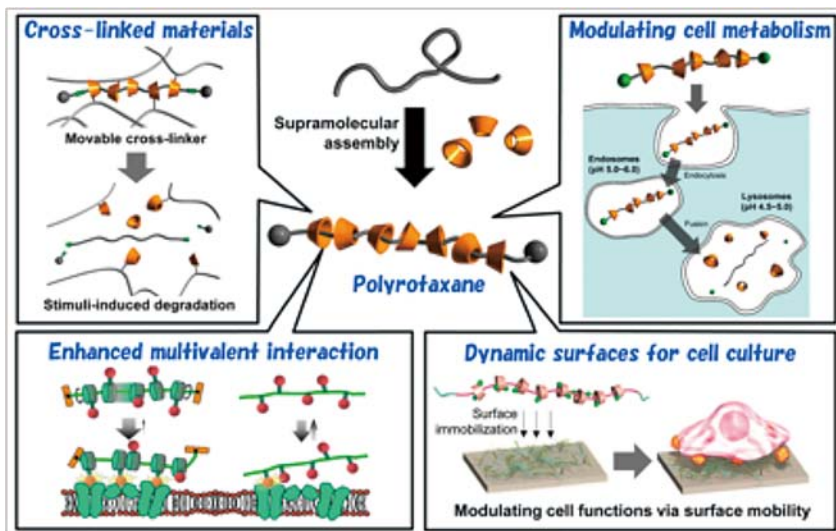


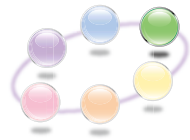
生体・医療  
福祉材料  
分野

東京医科歯科大学 生体材料工学研究所

## 超分子骨格の特性を活かしたバイオマテリアル

東京医科歯科大学生体材料工学研究所有機生体材料学分野の由井教授のグループでは、ポリロタキサンの構造的特性に着目して、生体内外で活用可能なバイオマテリアルの構築を推進しています。このポリロタキサンは多数の環状分子の空洞部を貫通した線状高分子鎖の両末端に封鎖基となる嵩高い置換基を修飾した超分子化合物であり、環状分子は線状高分子鎖と非共有結合的に共存しています。そのようなポリロタキサンの構造的特性を活かして、タンパク質吸着や細胞接着、細胞分化といった生体応答を調節するバイオ界面の構築を行っています。またポリロタキサンの封鎖基と線状高分子鎖間に分解性結合を導入することにより、細胞内でポリロタキサン骨格を崩壊させることに成功しています。このポリロタキサンの分解によって遊離した環状分子が細胞内の脂質などを包接するため、脂質代謝異常の疾患治療を目的とした医薬品応用への展開を進めています。さらに細胞受容体のリガンドをポリロタキサンに導入することによる受容体への多価相互作用の亢進や重合性官能基を導入した新規超分子型架橋剤による動的三次元構造体の構築を行っています。今後もポリロタキサンの構造的特性を最大限に発揮し、ポリロタキサンでなければ実現できない機能を有した新たなバイオマテリアルの創製を目指していきたいと考えています。





## 高密度・高配向カーボンナノチューブ上への ナノポーラス電析膜形成検討

早稲田大学ナノライフ創新研究機構では、大阪大学・接合科学研究所、名古屋大学・未来システム研究所と共同で放熱特性に優れた新しい電極構造を研究しており、カーボンナノチューブ(CNT)に注目しています。これは、CNTが鋼の10倍の強度、銅の10倍の熱伝導度、Siの1.5倍の電子移動度を有し情報・エネルギー・バイオ産業への応用に適した材料であるからです。具体的には半導体のパッケージや3次元LSIの配線材料への応用が検討されていますが、実用化に向けてCNTと放熱材料及び電気配線との間の接触抵抗低減が課題です。このため本研究では、上記CNT上にAu電析膜および大阪大学と共同開発のデアロイ(Agの選択溶解)法を用い表面をAuナノポーラス構造としたAu-Ag電析膜を積層します。Auナノポーラス構造の表面活性により他の配線材料に対し低温での接合や強度に優れた接合を可能とし、CNTの優れた熱伝導性とあわせて放熱特性に優れた電極の創生が期待できます。なお、Au電析膜はAu-Ag電析膜とCNTの接着性を改善します。今回、名古屋大学で開発したSiC基板の真空高温表面分解法により形成した高密度・高配向CNT層の表面上記Au電析膜・Au-Ag電析膜を積層することに成功しました(図1)。図2に同Au-Ag電析膜の低倍率・高倍率のFE-SEM像を示します。同高倍率像においては、Auナノポーラス構造を明瞭に見取れます。今後はCNT上における電析・デアロイのメカニズム解明と粒子のさらなる微細化を目指します。

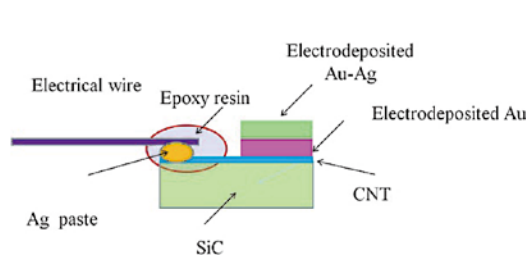


図1 CNT上にAu電析膜・Au-Ag電析膜(表面はAuナノポーラス構造)積層構造を形成した試料の概略図

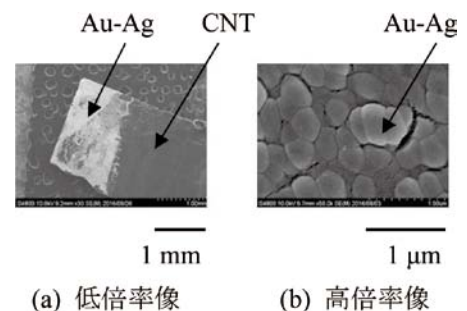
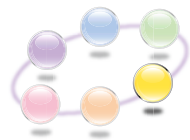


図2 形成した試料のFE-SEM像



## 抗菌作用を示す 生体活性Naチタネートナノメッシュ層

東京工業大学フロンティア材料研究所を兼務する同大学物質理工学院材料系の松下伸広准教授、生駒俊之准教授らによるグループは、Ti基金属ガラス表面の生体活性ナノメッシュ酸化鉛層上に酸化亜鉛ナノ粒子を形成し、抗菌作用を持つ亜鉛イオンを長期間放出させることに成功しました。

骨に比較的近いヤング率をもち、インプラント等への応用が期待されるTi基金属ガラス( $Ti_{40}Zr_{10}Cu_{36}Pb_{14}$ )は骨に接合し難いという問題がありましたが、松下准教授らは水熱電気化学法によって表面に生体活性をもつアモルファスのNaチタネートナノメッシュ構造を形成する技術を確立し、擬似体液によるアパタイト誘導能評価や細胞実験による生体外における評価を行ってきました。しかしながら、この細かなナノメッシュ構造が細菌の繁殖を促し、インプラント表面にバイオフィームが生成する可能性が懸念されます。

そこで松下准教授らは生体活性をもつNaチタネートナノメッシュ層の上に、反応温度、反応時間、溶液成分を調整した水熱処理により様々な形状の酸化亜鉛ナノ粒子を形成しました。その中でも特にタンポポ形状の酸化亜鉛ナノ粒子(図1)が高い亜鉛イオン溶出能を持ち、イオン溶出は42日間以上も継続するとともに、低栄養状態下の大腸菌に対してであれば十分な抗菌性を示すことを明らかにしました(図2)。

今後は抗菌性の作用機序を詳細に解明するとともに、抗菌作用が長時間継続する酸化亜鉛ナノ粒子の特長を活かした材料設計等を進めて行く予定です。(本研究テーマは、東北大学金属材料研究所の加藤秀実教授・和田武准教授、名古屋大学未来材料・システム研究所の黒田健介准教授との共同研究です。)

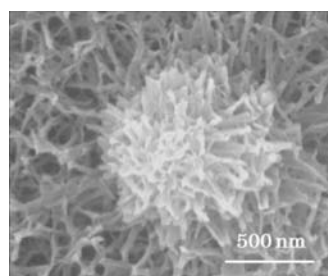


図1 タンポポ形状ZnOナノ粒子

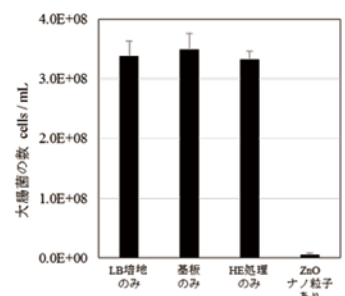


図2 各種試料の示す抗菌作用

2016年 =====

- ・7月8日  
第1回 運営協議会  
キックオフ公開討論会 ..... 〈名古屋大学〉
- ・7月8日  
生体医療・福祉材料分野第1回代表者会議 ..... 〈名古屋大学〉
- ・8月1日  
材料設計討論会 ..... 〈東京工業大学〉
- ・8月30-31日  
国際ワークショップ「11th International Workshop on Biomaterials in Interface Science」 ..... 〈東北大学〉
- ・9月1日  
東北大学金属材料研究所  
早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構  
連携協定締結記念シンポジウム ..... 〈東北大学〉
- ・9月26日  
東北大学金属材料研究所共同研究ワークショップ・  
日本バイオマテリアル学会東北地域講演会  
「バイオマテリアル研究 若手交流会」 ..... 〈東北大学〉
- ・10月17日  
国際会議  
Visual-JW & iLim ..... 〈ホテル阪急エキスポパーク〉

- ・10月17日  
生体医療・福祉材料分野  
第2回 代表者会議 ..... 〈ホテル阪急エキスポパーク〉
- ・11月16-18日  
第6回 次世代ものづくり基盤技術産業展  
TECH Biz EXPO ..... 〈吹上ホール〉
- ・12月1-2日  
東北大学金属材料研究所共同研究ワークショップ  
「通電焼結技術による新材料開発と実用化」 ..... 〈東北大学〉

2017年 =====

- ・1月6日  
生体医療・福祉材料分野全体会議 ..... 〈東京医科歯科大学〉
- ・1月7日  
細胞・動物実験講習会 ..... 〈東京医科歯科大学〉
- ・3月  
生体医療・福祉材料分野第3回代表者会議 ..... 〈名古屋大学〉
- ・3月30日  
第1回6大学連携プロジェクト公開討論会 ..... 〈名古屋大学〉

## Visual-JW2016&iLIM-1

日程: 2016年10月17日(月) 場所: ホテル阪急エキスポパーク

学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト(6大学連携プロジェクト)の国際会議(The 1st International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development(iLIM-1))が、大阪大学接合科学研究所主催の国際会議(The International Symposium on Visualization in Joining & Welding Science through Advanced Measurements and Simulation(Visual-JW2016))と共同で、2016年10月17日(月)にホテル阪急エキスポパークにおいて開催されました。

まず、興戸先生(名古屋大学)より「Life Innovation Materials Project / Surface Modification for Biomaterials」というタイトルで基調講演が行われました。講演の中では、6大学連携プロジェクトの新展開として今年度からスタートした「学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト」について、その概要と新しい生活革新材料の開発コンセプトが紹介されました。また、金属等のさまざまな素材をインプラント材料に適用するための表面改質技術について述べられました。次に、本プロジェクトを通じての人材育成を念頭において、講演者ならびに座長ともに優れた若手研究者をノミネートした招待講演セッションを実施しました。講演者はGasik先生(Aalto University Foundation)、



基調講演(興戸先生)



ポスターセッション

稲邑先生(東京工業大学)朝日先生(早稲田大学)、Wunderlich先生(東海大学)、千星先生(東北大学)、大原先生(大阪大学)、堤先生(東京医科歯科大学)、Yoon先生(早稲田大学)、桐原先生(大阪大学)、Wei先生(東北大学)、安井先生(東京工業大学)、黒澤先生(名古屋大学)で、闊達な議論が交わされました。その後、ポスターセッションが行われ71件の発表がありました。活発な議論はその後のバンケットまで引き続き行われ、ライフイノベーションマテリアル創製のための大変有益な機会となりました。参加者は全体で約270名で、国際会議ILIM-1は成功裏に終了しました。

祝受賞

- ・ 文部科学大臣表彰 科学技術賞研究部門 / 早稲田大学 川原田 洋(平成28年4月)
- ・ 公益財団法人腐食防食学会 貢献賞 / 名古屋大学 興戸 正純(平成28年5月)
- ・ 一般社団法人粉体粉末冶金協会 研究功績賞 / 名古屋大学 小澤 正邦(平成28年5月)
- ・ 公益財団法人日本セラミックス協会 日本セラミックス大賞 / 東京工業大学 細野 秀雄(平成28年6月)  
東京工業大学 神谷 利夫(平成28年6月)

平成28年度6大学連携プロジェクト  
各分野研究課題

○生体・医療福祉材料分野

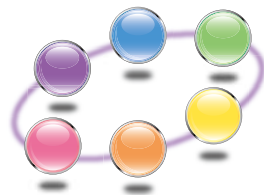
1. Co-Cr-Mo合金の電子ビーム積層造形と生体活性化表面処理(東北大—医科歯科大—名大)
2. PEEK樹脂への新しいHAコーティング法の開発(東北大—名大)
3. フェムト秒レーザーを用いてナノ構造化チタン金属表面の生体適合性評価(医科歯科大—阪大)
4. 電子ビーム積層造形した人工関節用Co-Cr-Mo合金の材料組織と力学特性(東北大—医科歯科大—名大)
5. 金属・セラミックスナノクリスタルの高次構造制御(阪大—名大—医科歯科大)
6. 表面微細構造形成による高度生体材料創製(阪大—医科歯科大—名大)
7. 高圧ねじり加工によるCo-Cr-Mo合金の微細組織制御と力学的特性の改善(阪大—東北大—医科歯科大)
8. マイクロカンチレバービーム試験片を用いた先端セラミックスと生体材料のナノスケールき裂抵抗(東工大—医科歯科大)
9. 生体活性ナノ構造酸化層を持つTNTZ合金表面上への金ナノ粒子の付与(東工大—名大—東北大)
10. 遺伝子デリバリーへの応用を目指したナノ粒子の開発(名大—医科歯科大)

○環境保全・持続可能材料分野

1. 欠陥制御による新規アモルファス酸化物半導体の開発(東工大—阪大—早大)
2. k-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>型構造強誘電体薄膜の作製と構造評価(東工大—東北大)
3. Pd系金属ガラスの電気化学エッチングによるナノポーラスPdの調製(名大—東北大)
4. 3次元造形法を利用した固体酸化物燃料電池の開発(名大—阪大)
5. ZrPdPt系金属ガラスから誘導された材料の組織制御と触媒特性(名大—東北大)
6. NiPd系金属ガラスを用いた新奇触媒開発(名大—東北大)
7. CVDによりナノ粒子を高分散担持した高活性触媒の開発(名大—東北大)
8. 垂直磁化Mn基層状化合物薄膜の作製と磁気特性(東工大—東北大—早大)
9. 特徴的な電子構造により創発する革新的電子機能の開拓:トポロジカル絶縁体、トポロジカル超伝導体(東工大—東北大)

○要素材料・技術開発分野

1. 高品質機能性薄膜の低温形成に向けたプラズマプロセス技術の開発(阪大—東工大)
2. 核融合炉用先進高機能異材溶接・接合継手の照射特性に関する基礎的研究(阪大—東北大)
3. アモルファス酸化物半導体の緻密化とそのトランジスタ特性(東工大—阪大—早大)
4. 単結晶ポロンドープダイヤモンド超伝導量子干渉計の作製と特性評価(早大—東工大)
5. カーボンナノチューブ膜の電気伝導機構(名大—早大)
6. デアロイによる高配向CNTsへのナノポーラス電極形成(早大—阪大—名大)
7. 高密度・高配向CNTへのAu-Ag電析膜形成(早大—阪大—名大)
8. MnBi電析膜の作製と磁気特性(東北大—早大)
9. 高磁気異方性材料MnAlGeの磁気特性に及ぼすCr置換効果(東北大—早大—東工大)
10. ZnO/BiFeO<sub>3</sub>積層構造薄膜の合成とその光誘起特性(名大—早大)



学際・国際的高度人材育成  
ライフノベーション材料創製  
共同研究プロジェクト拠点

**東北大学 金属材料研究所**  
東北大学 [片平キャンパス]  
〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1  
URL <http://www.imr.tohoku.ac.jp/>

**東京工業大学 フロンティア材料研究所**  
東京工業大学 [すすかけ台キャンパス]  
〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町4259  
URL <http://www.msl.titech.ac.jp/>

**大阪大学 接合科学研究所**  
大阪大学 [吹田キャンパス]  
〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1  
URL <http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/>

連絡先  
**名古屋大学**  
[未来材料・システム研究所]  
学際・国際的高度人材育成  
ライフノベーション材料創製  
共同研究プロジェクト

**名古屋大学 未来材料・システム研究所**  
名古屋大学 [東山キャンパス]  
〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町  
URL <http://www.imass.nagoya-u.ac.jp/>

**東京医科歯科大学 生体材料工学研究所**  
東京医科歯科大学 [駿河台地区]  
〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台2-3-10  
URL <http://www.tmd.ac.jp/i-mde/www/>

〒464-8603 名古屋市千種区不老町  
Tel: 052 (789) 5382 Fax: 052 (788) 6065  
URL <http://www.imass.nagoya-u.ac.jp/>  
Email [rokken@imass.nagoya-u.ac.jp](mailto:rokken@imass.nagoya-u.ac.jp)

**早稲田大学 ナノ・ライフ創新研究機構**  
早稲田大学 [早稲田キャンパス]  
〒162-0041 東京都新宿区早稲田鶴巻町513  
URL <https://www.waseda.jp/inst/nanolife/>