

国際・産学連携インヴァースイノベーション  
材料創出プロジェクト  
(6 大学連携プロジェクト)

令和 3 年度研究成果報告書

東北大学金属材料研究所

## 目次

6大学連携プロジェクト令和3年度研究成果報告書に寄せて . . . . .	1
6 大学連携プロジェクト概要 . . . . .	2
東北大学金属材料研究所令和3年度プロジェクト組織および研究課題 . . . . .	3
研究概要 . . . . .	5
業績リスト . . . . .	18
6 大学連携共通行事 . . . . .	32
会議・行事報告 . . . . .	33
ニュースレター . . . . .	35



## 6 大学連携プロジェクト令和3年度研究成果報告書に寄せて

東北大学金属材料研究所 所長 古原 忠

令和2年度で「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」が終了し、今年度より新たに「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト」が新たな6大学連携プロジェクトとしてスタートしましたことは喜ばしい限りです。本所でも皆様とさらに密な連携ができることを期待しています。

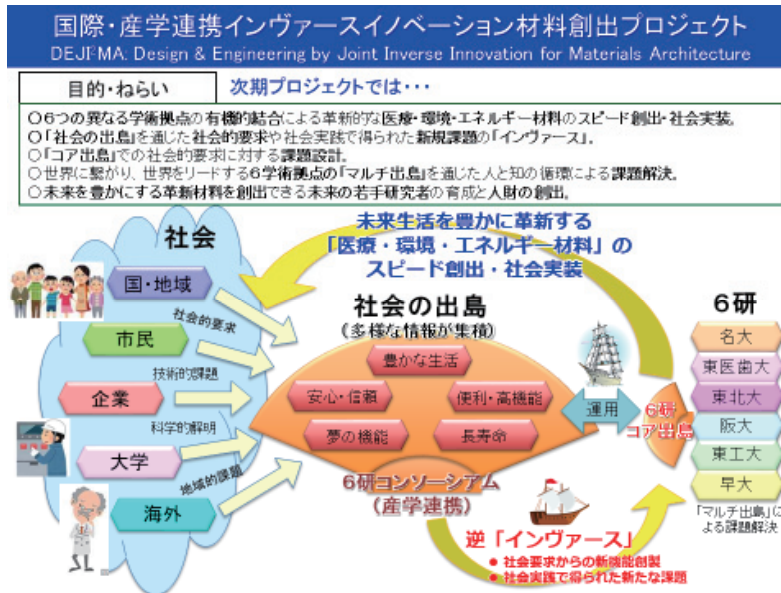
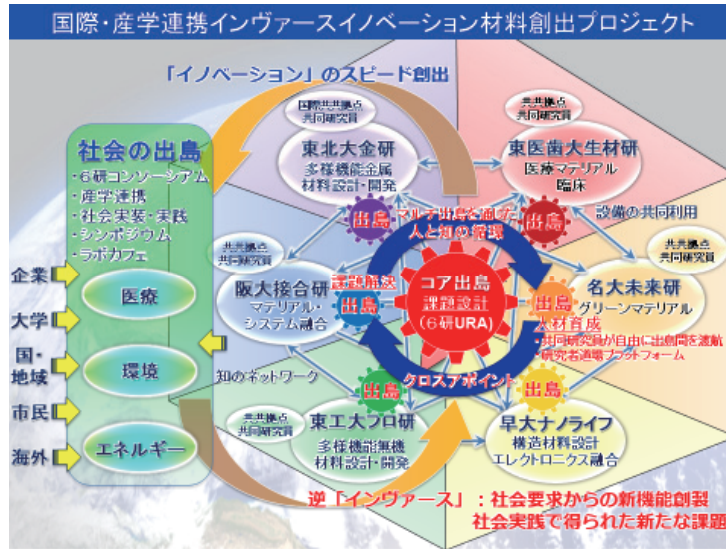
今年度も、金属材料研究所（金研）では、加藤秀実教授をプロジェクトリーダーに、専任教員1名（目代貴之特任助教）、兼任教員6名（千葉晶彦教授、梅津理恵教授、和田武准教授、山中謙太准教授、魏代修助教）、学内連携教員4名（工学研究科：成島尚之教授、上田恭介准教授、電気通信研究所 平野愛弓教授、歯学研究科 金高弘恭教授）といった体制で取り組んできました。新プロジェクトでは、「環境・エネルギー材料」、「バイオ・医療機器材料」、「情報通信材料」の3つに研究分野が再定義されていますが、本所では、今年度をプロジェクト本格化に向けた準備期間と位置付けてライフイノベーションプロジェクトの分野分けを継続した形をとって、環境保全・持続可能材料分野7件、生体・医療福祉材料分野13件、情報通信材料分野3件、要素材料・技術開発分野1件の各連携研究を活発に進めています。来年度は今後の予算措置も踏まえて、体制の再構築を行う予定です。

今年度は、年度当初の第4波、夏場の第5波、そして新年に始まった第6波という断続的なコロナ禍のため、昨年度と同様本プロジェクトの活動も大きく影響されました。本学としての行事である The 16th International Workshop on Biomaterials in Interface Science（2021年9月28日）、金研ワークショップ・日本バイオマテリアル学会東北ブロック講演会（2021年9月29-30日）は、残念ながらともにオンライン開催となりました。しかしながら、それぞれ75名、86名と多くの参加者があり、活発な議論がなされました。新たな取り組みとしては、主幹校の大阪大学と東北大学の間での研究橋渡しが1件、また社会課題解決・産学連携の観点で、企業からの課題相談が1件あったことを報告いたします。

来年度から始まる第4期中期目標期間では、第3期までの共同利用・共同研究拠点の機能強化から大学の機能強化のための組織改正を踏まえた事業形式になります。過去3期に渡る拠点間連携とは異なるスタンスでの取り組みが求められることかと思いますが、今まで培った成果を確固たる足場として、本プロジェクトにおいて新たな6大学の連携活動が発展することを祈念いたします。

今後とも皆様のますますのご協力とご指導ご鞭撻をお願い申し上げます。

## 6 大学連携プロジェクト概要



## 東北大学金属材料研究所令和3年度プロジェクト組織

### 環境・エネルギー材料分野

- 加藤 秀実 教授（兼） プロジェクトリーダー
- 梅津 理恵 教授（兼）
- 千星 聡 准教授（兼）
- 和田 武 准教授（兼）

### バイオ・医療機器材料分野

- 目代 貴之 特任助教
- 千葉 晶彦 教授（兼）
- 山中 謙太 准教授（兼）
- 魏 代修 助教（兼）
- 成島 尚之 教授，工学研究科，医工学研究科（学内連携）
- 平野 愛弓 教授，電気通信研究所，材料科学高等研究所（学内連携）
- 金高 弘恭 教授，歯学研究科，医工学研究科（学内連携）
- 上田 恭介 准教授，工学研究科，医工学研究科（学内連携）

### 情報通信材料分野

- 加藤 秀実 教授（兼）
- 梅津 理恵 教授（兼）
- 千星 聡 准教授（兼）
- 和田 武 准教授（兼）

## 東北大学金属材料研究所令和3年度連携研究課題

### 環境・エネルギー材料分野 (7件)

#### 東北大一名大 (5件)

- 酸化処理した Zr-Ce-Pd-Pt 系金属ガラス触媒の PM (すす) 燃焼活性
- ZrPdPt 系金属ガラスから作製した複合材の水素吸蔵性と触媒活性
- 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 の調整
- 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
- NiPd 系金属ガラスを用いた新奇触媒開発

#### 東北大一東工大一早大 (1件)

- 強磁性 FeRh 薄膜におけるスピン波伝播特性

#### 東北大一阪大 (1件)

- 高機能複相銅合金創製のための基礎的・実践的研究

### バイオ・医療機器材料分野 (13件)

#### 東北大一医科歯科大 (3件)

- 可視光応答型酸化チタンの開発および医療応用
- 水酸アパタイトの骨結合機構の解明
- ナノチタン酸化物の高次構造・集積制御

#### 東北大一東工大一阪大一医科歯科大 (2件)

- 表面処理による Ti 基インプラント合金の生体活性化と抗菌化
- 深部がん血管内温熱治療用磁性微粒子の創成

#### 東北大一名大一阪大一医科歯科大 (3件)

- セラミック人工歯の光造形アディティブ・マニファクチャリング
- 歯科用セラミック部材の精密アディティブ・マニファクチャリング
- 高機能性セラミック人工歯材の光造形アディティブ・マニファクチャリング

#### 東北大一早大 (2件)

- マイクロ加工表面を用いた培養神経回路の構造機能制御
- 基板表面加工・改質を用いた神経細胞回路の構築と数理解析

#### 東北大一東工大 (2件)

- Ti 基金属ガラスの表面改質と生体材料応用
- 生体用形状記憶合金の開発と機能評価

#### 東北大一医科歯科大一名大 (1件)

- 可視光応答型抗菌性・骨結合性チタンの創成

### 情報通信材料分野 (4件)

#### 東北大一早大一東工大 (1件)

- 高磁気異方性材料 MnAlGe の磁気特性

#### 東北大一早大 (2件)

- MnBi 電析膜の作製と磁気特性
- Mn-Bi 電析膜作製検討とその磁気特性

#### 東北大一阪大 (1件)

- 熱インプリント加工による金属ガラスの熱伝導現象

## 研究概要

研究課題リスト（研究概要は当該項を参照）

### **“Decoupling between calorimetric and dynamical glass transitions in high-entropy metallic glasses”**

東北大学金属材料研究所 ○ジャン ジン、和田 武、加藤 秀実  
ジョンズ・ホプキンス大学 陳 明偉

P 6-7

### **“Spreading mechanism of Ti-48Al-2Cr-2Nb powders in powder bed fusion additive manufacturing process: experimental and discrete element method study”**

東北大学金属材料研究所  
○任 勝均、卞 華康、青柳 健大、山中 謙太、千葉 晶彦

P8-9

### **“Searching fully compensated ferrimagnets with half-metallic electronic state”**

東北大学金属材料研究所 ○梅津 理恵、千星 聡  
九州大学大学院工学研究院 吉年 規治 海洋研究開発機構 川人 洋介  
東京大学物性研究所 赤井 久純

P 10-11

### **「高機能複相銅合金創製のための基礎的・実践的研究」**

東北大学金属材料研究所 ○千星 聡、大阪大学接合科学研究所 堤 成一郎

P 12-13

### **「多点電極アレイ上での神経細胞ネットワークのマイクロパターン培養」**

東北大学電気通信研究所 ○佐藤 有弥、山本 英明、竹室 汰貴、佐藤 茂雄  
早稲田大学理工学術院 谷井 孝至  
東北大学電気通信研究所・材料科学高等研究所 平野 愛弓

P 14-15

### **「窒素ドーパ酸化チタンの機能性評価」**

東北大学金属材料研究所 ○目代 貴之  
東北大学歯学研究科 常 理、金高 弘恭、佐々木 啓一  
東北大学工学研究科 上田 恭介、成島 尚之  
東京医科歯科大学学生体材料工学研究所 川下 将一

P 16-17



# Decoupling between calorimetric and dynamical glass transitions in high-entropy metallic glasses

東北大学金属材料研究所 ○ジャンジン、和田 武、加藤 秀実  
 ジョンズ・ホプキンス大学 陳明偉

by ○Jing Jiang, Takeshi Wada, Hidemi Kato, Mingwei Chen

## 1. Research Object

Owing to the disordered atomic structures and out-of-equilibrium states, metallic glass (MG) exhibits unique and divergent thermodynamic and dynamic characteristics, especially when approaching the glass transition temperature ( $T_g$ ) [1].  $T_g$  is defined as the temperature at which the specific heat has an abrupt jump, which is commonly determined by calorimetric or thermal-mechanical approaches. Conventionally, the traditional MGs design strategy is based on a principal element with adding of secondary and more elements, which restrict the discovery of numerous combinations with unique and divergent physical and mechanical properties. Recently, an intriguing alloying approach was developed to design a new type of near-equiatomic solid solution metallic alloys, defined as multiple-principal-element alloys or high entropy alloys (HEAs), which breaks the conventional metallurgy development strategy, and exhibits great potential for developing advanced structural and functional materials<sup>22-32</sup>. HEAs have distinctive physical and mechanical properties<sup>26-32</sup> arising from the effects of high configurational entropy, large lattice distortion, sluggish diffusion as well as cocktail effect<sup>27,33</sup>. Inheriting the distinct properties of MGs and HEAs, the new combinative glass-formed systems termed as “high entropy metallic glasses (HEMGs)” present high thermostabilities with depressed crystallization kinetics and superior magnetic properties, which reflect the theme of “more is different”<sup>34-36</sup>. However, the core critical behaviors of HEAs, especially the effect of sluggish diffusion on the thermodynamic and dynamic properties of HEMGs have not been systematically studied. Here, we utilized the strategy of the equivalent substitution elements to design La(Ce)-based, Pd(Pt)-based, and Ti(Zr)-based MGs and HEMGs, to investigate the high entropy effect on the structure and dynamics of glass-forming alloys.

## 2. Experimental Results

Three types of prototypical MGs, viz.  $\text{La}_{55}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{25}$  ( $\text{Ce}_{55}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{25}$ ),  $\text{Pd}_{42.5}\text{Cu}_{30}\text{Ni}_{7.5}\text{P}_{20}$  ( $\text{Pt}_{57.5}\text{Cu}_{14.7}\text{Ni}_{5.3}\text{P}_{22.5}$ ), and  $\text{Zr}_{50}\text{Cu}_{20}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{10}$  ( $\text{Ti}_{50}\text{Cu}_{20}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{10}$ ) with different relaxation behaviors were prepared.  $\text{La}_{27.5}\text{Ce}_{27.5}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{25}$ ,  $\text{Pd}_{20}\text{Pt}_{20}\text{Cu}_{20}\text{Ni}_{20}\text{P}_{20}$ , and  $\text{Ti}_{25}\text{Zr}_{25}\text{Cu}_{20}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{10}$  HEMGs were obtained by the partial replacement of the primary elements in the MGs and are denoted as LaCe-HEMG, PdPt-HEMG, and TiZr-HEMG. Fig. 1a shows the enthalpy of mixing values of the different atomic pairs in these representative MGs systems<sup>37</sup>. The value of zero for the La-Ce pair and similar values for La and Ce with Ni and Al suggest that elemental substitution caused negligible changes in terms of the chemical effect on the relaxation behaviors<sup>38</sup>. Fig. 1b presents the entropy of mixing of the three MGs systems. Differential scanning calorimeter (DSC) traces of  $\text{La}_{55}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{25}$ ,  $\text{Ce}_{55}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{25}$ , and LaCe-HEMG obtained at a heating rate of 20 K/min are shown in Fig. 1c. The obvious glass transition and crystallization signals confirm the glassy state of the three samples. Calorimetric  $T_g$  is determined from the intersection of the tangent lines of the onset of transformation and is indicated by arrows (Fig. 1c). LaCe-HEMG with the highest mixing entropy yields an intermediate  $T_g$ , with similar tendencies for PdPt-HEMG and

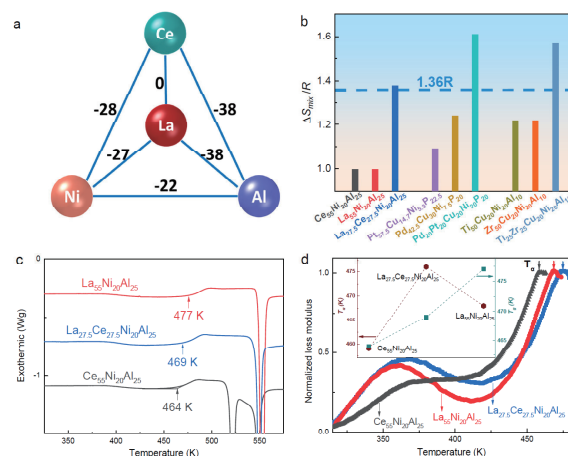


Fig. 1 (a)  $\Delta H^{mix}$  (kJ/mol) for the constituting atomic pairs in the La(Ce)NiAl system. (b) Calculated mixing entropy for the three MGs systems. (c) DSC traces (heating rate of 20 K/min) of the La(Ce)NiAl system, the arrows indicate the calorimetric  $T_g$ . (d) Temperature dependence of the loss modulus of the LaCe MGs system at 1 Hz with a heating rate of 3 K/min, normalized by the maximum peak value.

TiZr-HEMGs, which are consistent with the rule of mixture. The MGs exhibit multi-complex relaxation dynamics. The  $\alpha$ -relaxation as the main relaxation mode is directly related to viscous flow and the glass transition<sup>3,41</sup>. Fig. 1d presents the temperature dependence of the loss modulus ( $G''$ ) of  $\text{La}_{55}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{25}$ ,  $\text{Ce}_{55}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{25}$ , and LaCe-HEMG at 1 Hz with a constant heating rate of 3 K/min (normalized by the maximum peak value). Two relaxation modes are exhibited, which are termed the  $\beta$ -relaxation and  $\alpha$ -relaxation, from the low to high temperatures, respectively. The  $\beta$ -relaxation peak shifts to high temperatures with Ce replaced by La, which agrees with previous reports and suggests that activation of the  $\beta$ -relaxation mode follows a monotonous evolution according to the mean chemical affinity between the constituent elements<sup>16,38</sup>. However, with half of La replaced by Ce, LaCe-HEMG exhibits the highest  $\alpha$ -relaxation temperature ( $T_\alpha$ ), which is not synchronous with the calorimetric  $T_g$  (Fig. 1c). According to conventional wisdom, a glass with a higher calorimetric  $T_g$  always poses higher difficulty in activating  $\alpha$ -relaxation and thus has a larger value of  $T_\alpha$ <sup>15,42</sup>. Besides,  $T_\alpha$  presents a monotonous tendency in the case of regular element substitution<sup>15</sup> and follows the rule of mixture, the same as the calorimetric  $T_g$ . Nevertheless, LaCe-HEMG, with a modest thermodynamic devitrification behavior, exhibits the uppermost dynamic glass transition process (inset of Fig. 1d). Therefore, our findings indicate a decoupling between the calorimetric and dynamical glass transitions of HEMGs.

Fragility and viscosity are the most fundamental properties, reflecting the temperature-dependent relaxation and dynamic heterogeneity of glasses in supercooled liquid regions. Therefore, the divergent thermodynamic and dynamical glass transition behaviors of the HEMGs are expected to be disclosed by fully understanding the kinetic behaviors near the glass transition. Fragility can be determined by the variation in  $T_g$  as a function of heating rate<sup>42,43</sup>. Fig. 2a shows the DSC traces with the heating rates ranging from 25 to 600 K/s for LaCe-HEMG.  $T_g$  and the crystallization temperature ( $T_x$ ) shift to higher temperatures with the increase of heating rate, which arises from the involvement of thermal activation in these kinetic processes. Fig. 2b presents the heating rate dependence of  $T_g$  for  $\text{La}_{55}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{25}$ ,  $\text{Ce}_{55}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{25}$ , and LaCe-HEMG. The  $m$  values for  $\text{La}_{55}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{25}$ ,  $\text{Ce}_{55}\text{Ni}_{20}\text{Al}_{25}$ , and LaCe-HEMG were calculated as 42, 39, and 35, respectively. In comparison with other MGs, LaCe-HEMG exhibits a strong glass behavior in terms of the lowest fragility. Fig. 2c presents the nonequilibrium viscosity of the three MGs as a function of temperature, which was measured by TMA. As the temperature increases above  $T_g$ , the viscosity decreases rapidly. While, the viscosity of LaCe-HEMG is obviously higher than the others, suggesting the higher dynamic stability and more sluggish dynamic behavior upon heating. Therefore, a plausible origin of the retarded  $\alpha$ -relaxation for LaCe-HMG could be sluggish diffusion from the high entropy effect in HEAs.

In summary, we found that the HEMGs present a depressing dynamical glass transition phenomenon, i.e. HEMGs with moderate calorimetric  $T_g$  represent the highest  $T_\alpha$  and the maximum activation energy. These decoupled glass transitions from thermal and mechanical measurements reveal the effect of high configurational entropy on the structural and dynamics of supercooled liquids and metallic glasses, which are associated with sluggish diffusion and decreased dynamic and spatial heterogeneities from high mixing entropy.

### 3. References

- (1) Debenedetti, P.G., Stillinger, F.H. Supercooled liquids and the glass transition. *Nature* **410**, 259-267 (2001).
- (2) J.W. Yeh, S.K. Chen, S.J. Lin, et al. Nanostructured high-entropy alloys with multiple principal elements: novel alloy design concepts and outcomes. *Adv. Eng. Mater.* **6**(5), 299-303 (2004).
- (3) J. Jiang, Z. Lu, J. Shen, T. Wada, H. Kato, M. Chen. Decoupling between calorimetric and dynamical glass transitions in high-entropy metallic glasses. *Nature Comm.* **12**, 1-10 (2021).

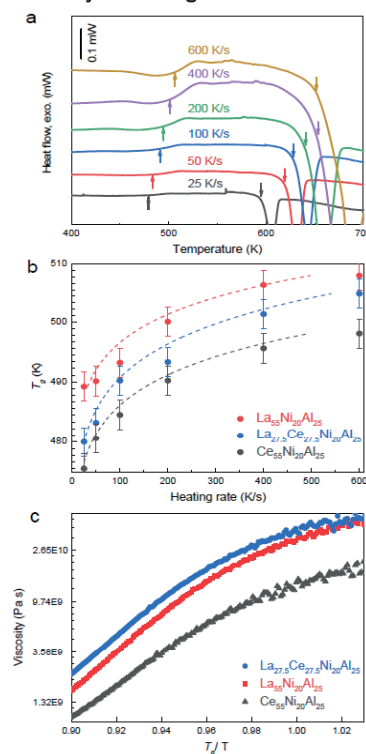


Fig. 2 The fragility and viscosity behavior of the La(Ce)NiAl system. (a) DSC traces of LaCe-HEMG for heating rates ranging from 25 to 600 K/s. (b) Heating rate dependence of  $T_g$  for the La(Ce)NiAl MG system and corresponding VFT fitting trace (dashed lines). (c) Non-equilibrium viscosity near the glass transition region for the La(Ce)NiAl MGs.

# Spreading mechanism of Ti-48Al-2Cr-2Nb powders in powder bed fusion additive manufacturing process: experimental and discrete element method study

東北大学金属材料研究所 ○任 勝均, 卞 華康, 青柳 健大, 山中 謙太, 千葉 晶彦

by ○Seungkyun Yim, Huakang Bian, Kenta Aoyagi, Kenta Yamanaka, Akihiko Chiba

## 1. Research Object

The properties of the powder bed, such as packing density, homogeneity, and surface roughness, can significantly influence heat conduction, radiation, and emissivity in the powder bed fusion-additive manufacturing (PBF-AM) process [1,2]. Thus, the powder bed properties are a key factor governing the quality of the alloy component manufactured by PBF-AM. Several studies have been conducted to characterize the powder properties using standardized methods, such as tap density, Hall flowmeter, rotary drum, and FT4 powder rheometer. Although the flowability of the powder can be accurately measured, it does not match the spreadability of the powder during the spreading process owing to different stress conditions. Therefore, to improve the powder bed properties, it is crucial to determine the powder spreading behavior and the factors influencing it. However, direct observation of the powder spreading process is difficult to realize owing to the discrete nature of the numerous particles and limited observation resolution. An alternative approach is to use numerical simulations based on the discrete element method (DEM). Thus, the aim of this study is to investigate spreading mechanisms using two types of Ti-48Al-2Cr-2Nb powder in PBF-AM processes based on experiments and DEM modeling.

## 2. Experimental Results

Figure 1 shows the particle size distribution (PSD) and particle morphology distribution (PMD) of the powders produced by plasma rotating electrode process (PREP) and gas atomization (GA). The PREP powder showed a narrow spread of the PSD ranging from 40 to 110  $\mu\text{m}$ , while the GA powder showed a broader distribution ranging from 20 to 120  $\mu\text{m}$ . In the PMDs maps, the particle morphology can be represented by shape classification chart (Fig. 1e). The majority of the PREP powder particles had a spherical shape ( $\psi_S > 0.8$ ) and a smooth surface ( $\psi_R > 0.8$ ), while the GA powder contained a higher fraction of non-spherical particles ( $f_S \approx 0.164$ ) with a broad range of  $\psi_R$  indicating rougher surface.

Figure 2 shows the computed displacement of the particles in the powder spreading process by developed DEM model. When the blade moves along the y-axis, the particles that are in contact with the blade climb up, while the particles near the slope fall onto the base plate (Fig. 2b). Irregular movement of particles was observed near the gap region owing to shear stress supplied by the blade and inter-particle friction. As the blade proceeds, the particles near the blade climb up to the maximum height location, and then flow along the recoating slope ultimately getting deposited on the base plate because of gravitational force (Fig. 2c). Based on the spreading DEM model, three types of particle flow regimes were identified: (1) vortex region,

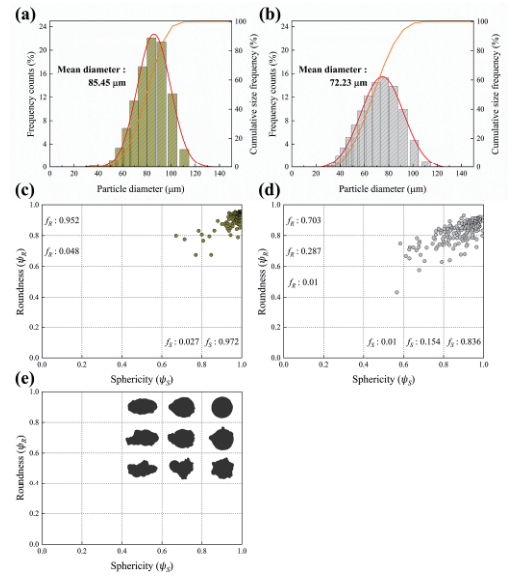


Figure 1 Particle size distribution and particle morphology distribution maps; (a), (c) PREP powder, whereas (b), (d) GA powder, (e) shape classification chart.

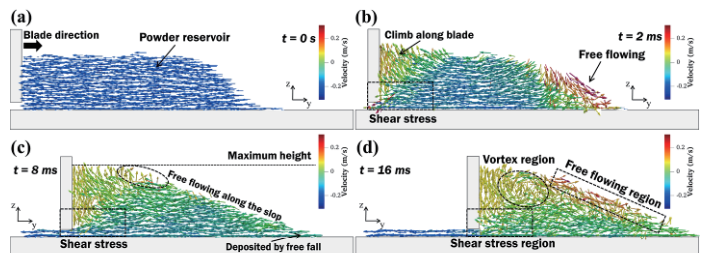


Figure 2 Snapshot image of the powder spreading simulation of PREP powder after (a) 0 s, (b) 2 ms, (c) 8 ms, and (d) 16 ms.

(2) free flowing region, and (3) shear stress region (Fig. 2d). This result indicates that the powder spreading process is combination of multiple stress condition, and conventional flowability assessment cannot represent the powder bed properties.

Figure 3 shows the snapshot of powder spreading process with contact force chains. With applied shear stress, the particles in front of the blade shifted and formed a strong contact force chain that resembled a bridge shape, which is also known as force-arches [3]. The formation of force-arches was accompanied by the formation of a local pore because strong force chain can effectively restrict particle flow through the force-arches region. During the spreading process, force-arches was frequently observed, causing numerous pores in the PREP powder. This result indicates that large particles with a narrow PSD tend to form a strong contact force chain compared to small particles with a broad PSD owing to limited stress dissipation between the particles [4].

Figure 4 shows the spread powder bed of PREP and GA powders from the DEM simulation. The particles in the powder bed were well deposited without large voids, and their packing density changed slightly depending on the sectioned y-axis position (Fig. 4a and b).  $\rho_{PB}$  of the GA powder (47.4%) was observed to be higher than that of the PREP powder (45.5%), which agrees with the trend of experimental data (55.9% and 54.7%). The height variation of the GA powder was much lower than that of the PREP powder, while both powders showed a low packing density at the end of the powder bed (Fig. 4c and d). The average particle size depending on the y axis position reveals that the fine particles in the powder pile tend to segregate early during the spreading process. Thus, the low packing density of the last region could be due to the unavailability of finer particles. Therefore, we can conclude that the critical factor to governing the powder bed properties in spreading process was PSD, and the high flowability with broad PSD is suitable as a PBF-AM feedstock to obtain a high packing density and low surface roughness.

### 3. References

- (1) Y. Zhao, K. Aoyagi, Y. Daino, K. Yamanaka, A. Chiba, *Addit. Manuf.* 34 (2020) 101277.
- (2) J.S. Weaver, J. Whiting, V. Tondare, C. Beauchamp, et al., *Addit. Manuf.* 39 (2021) 101851.
- (3) H. Chen, Q. Wei, Y. Zhang, F. Chen, Y. Shi, W. Yan, *Acta Mater.* 179 (2019) 158–171.
- (4) Y. Shimada, S. Hatano, S. Matsusaka, *Adv. Powder Technol.* 29 (2018) 3577–3583.

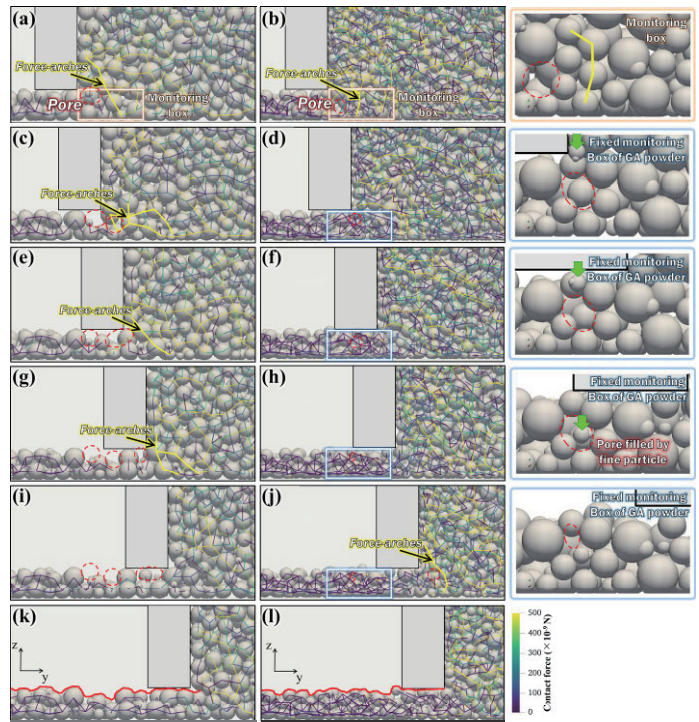


Figure 3 Snapshot of powder spreading process with contact force chains; (a), (c), (e), (g), (i), and (k) correspond to the PREP powder, whereas (b), (d), (f), (h), (j), and (l) correspond to the GA powder with the magnified images.

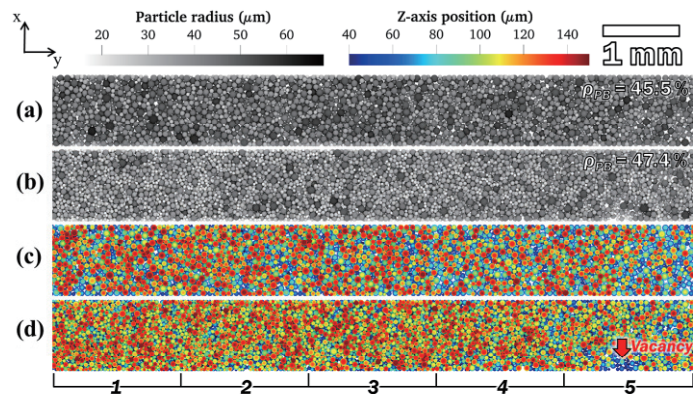


Figure 4 Snapshot of deposited powder bed by powder spreading model. (a) PREP and (b) GA powders color-coded according to radius of the particles. (c) PREP and (d) GA powders color-coded according to z-axis position of the particles.

## Searching fully compensated ferrimagnets with half-metallic electronic state

東北大学金属材料研究所  
九州大学大学院工学研究院  
海洋研究開発機構  
東京大学物性研究所

○梅津 理恵、千星 聡  
吉年 規治  
川人 洋介  
赤井 久純

by ○Rie Umetsu, Satoshi Semboshi, Noriharu Yodoshi, Yosuke Kawahito, Hisazumi Akai

### 1. Research Object

Most of half-metals that have been reported thus far are ferromagnets. However, half-metals with other magnetic characteristics could lead to the development of new spintronic devices. One such case, proposed by van Leuken and de Groot in 1995 [1] is half-metallic fully compensated ferrimagnets (HM-FCFM). Several kinds of materials have been predicted to be HM-FCFM from theoretical calculations in perovskite oxides ( $\text{La}_2\text{M}'\text{M}'\text{O}_6$ ) [2,3], double perovskites ( $\text{LaAVRuO}_6$ ) [4] and full- and half-Heusler alloys ( $\text{CoCr}_2\text{Al}$ ,  $\text{Cr}_2\text{MnSb}$ ,  $\text{CrMnZ}$ )[5-7]. Akai and colleagues [8,9] predicted the possible existence of pnictide and chalcogenide HM-FCFM materials with NiAs-type crystal structure.

Recently, several materials having a potential as HM-FCFM have been reported experimentally, such as  $\text{Mn}_{1.5}\text{V}_{0.5}\text{FeAl}$  bulk Heusler alloys [10] and  $\text{Mn}_2\text{V}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{Al}$  melt-spun ribbons [11]. They indicate  $L2_1$ -type crystal structures and exhibits  $N$ -type ferrimagnets as defined by Néel [12]. In the present study, some kinds of pnictide and chalcogenide materials were fabricated in order to search new HM-FCFM materials except Heusler alloys.

### 2. Experimental Procedure

Nominal compositions of  $(\text{Cr}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{100-x}\text{Z}_x$  ( $Z = \text{Sb}$  and  $\text{Te}$ ),  $(\text{V}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_{100-y}\text{S}_y$  were synthesised by a powder-metallurgy process. Raw elemental powders were weighed to achieve the nominal composition and mixed well using a rotating mixer. This powder was packed into a die made of high-speed steel, and then compressed by cold uniaxial pressing under a pressure of >300 MPa at room temperature. High-density cylindrical compacts were obtained with a 10 mm diameter and a 10 mm height, and then encapsulated in a quartz tube under an Ar atmosphere. The compacts were sintered at 1173 - 1273 K for 24 h and quenched in water.

The structure of the sample was identified by powder x-ray diffractometer (XRD) experiments at room temperature with Cu-K $\alpha$  radiation. The phase stability of the sample was examined by differential scanning calorimetry (DSC) from room temperature to 1100 K at heating and cooling rates of 10 K/min. Magnetic measurements were performed at a heating rate of 2 K/min using a superconducting quantum interference device magnetometer and a vibration sample magnetometer equipped with a physical property measurement system by Quantum Design Ltd.

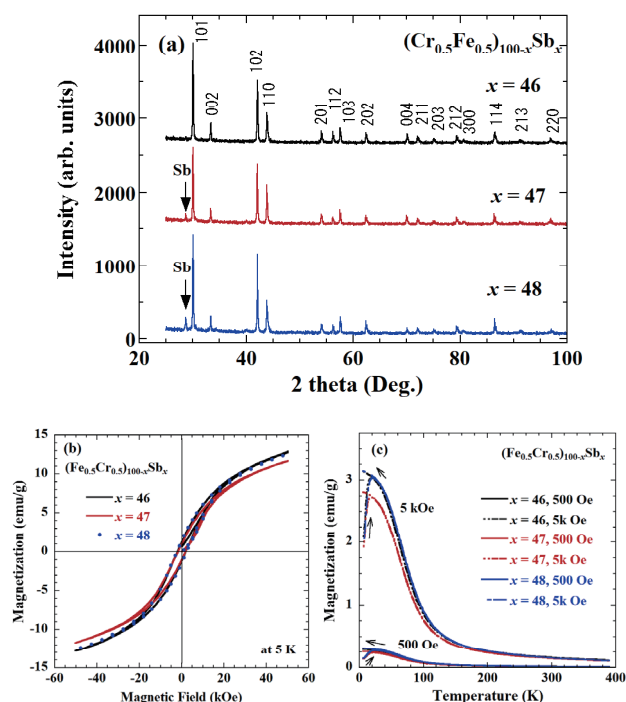


Figure 1 (a) XRD patterns for  $(\text{Cr}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{100-x}\text{Sb}_x$  ( $x = 46, 47$  and  $48$ ). (b) and (c) M-H and M-T curves, respectively, for  $x = 46, 47$  and  $48$ .

### 3. Experimental Results

Figure 1(a) shows the XRD patterns of the samples for  $(\text{Cr}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{100-x}\text{Sb}_x$  ( $x = 46, 47$  and  $48$ ). The observed peaks for  $x = 46$  are indexed as that for NiS-type structure (space group  $P6_3/mc$  (No. 186)), where the Cr and Fe atoms occupy the Wyckoff 2a positions (0, 0, 0) and the Sb atoms occupy the 2b sites ( $1/3, 2/3, 0.2632$ ). For the patterns of  $x = 47$  and  $48$ , excess peaks attributed to pure Sb are confirmed. The lattice parameters,  $a$  and  $c$  for  $x = 46$  are 0.4125 and 0.5367 nm, respectively, showing almost no concentration dependence. Figure 1(b) and (c) indicate magnetization vs magnetic field (M-H curve) and temperature dependence of the magnetization (M-T curve), respectively, for  $x = 46, 47$  and  $48$ . The M-H and M-T curves are almost overlaid, that is, no concentration dependences of the magnetic properties are seen, as connecting to the XRD results. It is said that the phase state for  $x = 46$  with the NiS-type structure is significantly stable, and additional Sb cannot be substituted.

The series of the  $(\text{Cr}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{100-x}\text{Te}_x$  were synthesized in wide composition range ( $x = 48, 50, 52, 54, 56, 58,$  and  $60$ ). From the XRD analyses (Figures are not shown here), the phase state was identified as two or three mixed phase state, such as, NiAs-type  $(\text{Cr,Fe})\text{Te}$ ,  $(\text{Cr,Fe})_2\text{Te}_3$  and/or  $(\text{Cr,Fe})_{2.25}\text{Te}_2$  with other crystal structures.

The XRD patterns of the samples for  $(\text{V}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_{100-y}\text{S}_y$  ( $y = 50,$  and  $52$ ) are shown in Fig. 2(a). The observed peaks for  $y = 50$  are indexed as the single phase of NiAs-type structure (space group  $P6_3/mmc$  (No. 194),  $a = 0.3380$  and  $c = 0.5520$  nm), while that for  $y = 52$  slightly includes extra peaks associated to the precipitates. The M-H and M-T curves for these specimens are indicated in Figs. 2(b) and (c), respectively. From the results, it is seen that  $y = 50$  and  $52$  specimens exhibit very weak ferromagnetism or paramagnetism. The behaviour of the M-T curves is different from that of fully compensated ferrimagnetism, which has been observed in  $(\text{Cr}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_{100-x}\text{S}_x$  series (13). Further investigations for searching new materials of HM-FCFM are required.

### 3. References

- (1) H. van Leuken and R. A. de Groot, *Phys. Rev. Lett.* **74**, 1171 (1995).
- (2) W.E. Pickett, *Phys. Rev. Lett.* **77**, 3185 (1996).
- (3) W.E. Pickett, *Phys. Rev. B* **57**, 10613 (1998).
- (4) J.H. Park, S.K. Kwon, and B.I. Min, *Phys. Rev. B* **65**, 174401 (2002).
- (5) H.-Z. Luo et al., *Physica B*, **403**, 1797 (2008).
- (6) I. Galanakis, K. Özdoğan, E. Şaşıoğlu, and B. Aktaş, *Phys. Rev. B* **75**, 172405 (2007).
- (7) E. Şaşıoğlu, *Phys. Rev. B* **79**, 100406(R) (2009).
- (8) M. Ogura, C. Takahashi, and H. Akai, *J. Phys.: Condens. Matter* **19**, 365226 (2007).
- (9) N. H. Long, M. Ogura, and H. Akai, *J. Phys.: Condens. Matter* **21**, 064241 (2009).
- (10) R. Stinshoff, et al., *AIP Adv.* **7**, 105009 (2017).
- (11) P. V. Midhunlal, et al., *J. Magn. Magn. Mater.* **489**, 165298 (2019).
- (12) L. Néel, *Ann. Phys.* **12**, 137-198 (1948).
- (13) S. Semboshi, et al., *arXiv:2107.00258*.

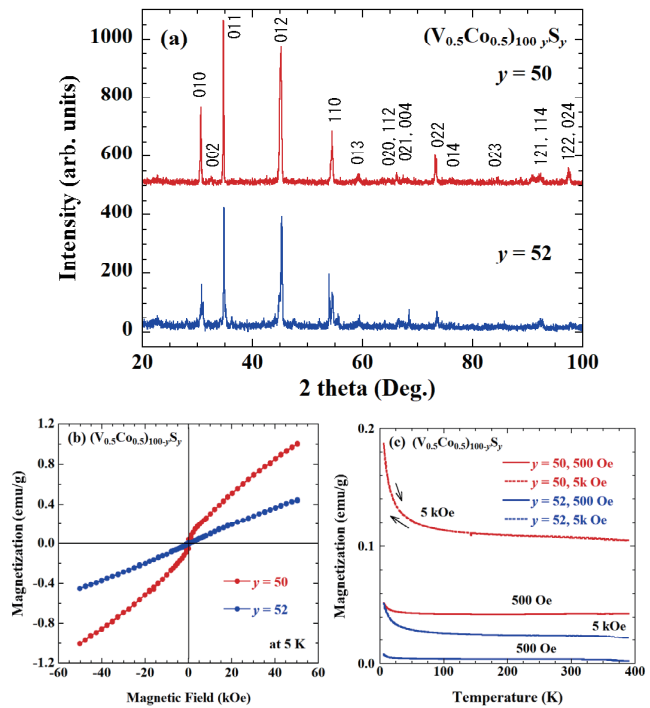


Figure 2 (a) XRD patterns for  $(\text{V}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_{100-y}\text{S}_y$  ( $y = 50$  and  $52$ ). (b) and (c) M-H and M-T curves, respectively, for  $y = 50$  and  $52$ .

## 高機能複相銅合金創製のための基礎的・実践的研究

東北大学金属材料研究所      ○千星 聡  
大阪大学接合科学研究所      堤 成一郎

Study on high-performed multi-phase alloys via optimized thermo-mechanical procedure  
by ○Satoshi SEMBOSHI, Seichiro TSUTSUMI

### 1. 研究目的

本研究では、熱処理工程と成形加工工程を適切に組み合わせた加工熱処理によって高機能複相合金を開発するための基礎的・実践的研究を遂行する。本年度は、過時効—冷間圧延の工程によって強度と導電性の両特性を向上させた複相 Cu-Ti 合金薄板材の開発に取り組んだ。研究背景および目的は下記の通りである。

近年の電子機器の革新的な発展にともない、その内部に使用される構成部材・素子では高機能化、小型化が求められている。特に、電子部材通電接点部品などで使用される銅合金では強度やばね性、耐久性など機械的特性の向上が切望されている。このような背景の下、実用銅合金の中でも強度特性に優れた時効析出型チタン銅 (Cu-Ti) 合金が普及し始めており、更なる特性改善を目指した研究開発が進められている。

時効析出型 Cu-Ti 合金は溶体化—時効処理によって微細組織および特性が制御される。時効初期では微細な準安定相  $\beta'$ -Cu<sub>4</sub>Ti (正方晶) が銅母相中に連続析出する。その後、板状の安定相  $\beta$ -Cu<sub>4</sub>Ti (斜方晶) と銅固溶体相が積層したラメラ組織が結晶粒界から不連続析出し、最終的にラメラ組織が全体を占有する。時効初期では微細分散した準安定相が析出強化粒子として機能するために強度が向上する。時効後期ではラメラ組織の発達によって、銅母相中の固溶 Ti 量が減少するため導電性が向上するが、微細な準安定相が減少するため強度が低下する。このため、Cu-Ti 合金を強度重視の用途で使用する場合は、微細な  $\beta'$ -Cu<sub>4</sub>Ti が十分に分散し、ラメラ組織が生成する前のピーク時効条件の適用が常套である。

一方で、安定相と銅固溶体相が積層したラメラ組織が全体を占有する過時効材を強伸線加工すると、板状であった安定相がナノファイバー状に形状変化し、ピーク時効材と同等以上の硬さを示すとの報告がある(1,2)。過時効材はピーク時効材より導電性に優れるために、過時効—強伸線加工材はピーク時効線材より強度—導電性バランスに優れる。この知見を薄板製造に展開すれば、過時効—強圧延の工程によって強度—導電性バランスが改善された Cu-Ti 合金薄板材が作製できる期待がある。本研究では、高強度—高導電性の Cu-Ti 合金薄板材の開発を目指し、ピーク時効および過時効した Cu-Ti 合金を冷間強圧延したときの加工にともなう強度、導電性、組織の変化を調べた。

### 2. 研究成果

#### 2. 1 過時効—強冷間圧延にともなう組織の変化

組成が Cu-4.2 at.% Ti となる厚さ 10.0 mm の板材を出発材とした。これを 900 °C で溶体化後に急冷し、その後ピーク時効 (450 °C 24 h) および過時効 (600 °C 3h/ 550 °C 3h/ 500 °C 3h/ 450 °C 12h の計 21 h) の条件で熱処理した。これらを室温にて板厚 0.08 mm まで圧延した。冷間圧延した試料の力学特性をビッカース硬さ試験および引張試験にて評価した。室温での抵抗率を四端子法にて測定し、導電率を算出した。試料の組織を電界放出型走査電子顕微鏡 (FESEM) により観察した。

Fig. 1 に過時効材および冷間圧延材の断面 FESEM 像を示す。過時効材では試料全体を板状  $\beta$ -Cu<sub>4</sub>Ti と銅固溶体相が積層したラメラ組織が占有した。ラメラ組織中の  $\beta$ -Cu<sub>4</sub>Ti 相の体積分率は 17%、銅固溶体相は固溶 Ti 量が 0.37 at.% と分析できた。ラメラ組織の配向はランダムで、平均セル間隔は約 200 nm であった (Fig. 2(a))。過時効材では、圧延加工初期にラメラ組織が圧延方向に揃い (Fig. 2(b,c))、その後、板状だった  $\beta$ -Cu<sub>4</sub>Ti が小片化し、それらが緻密に折り合わされた帯状の領域を形成した (Fig. 2(c-f))。過時効—強冷間圧延にともなう組織変化の機構については有限要素法を用いたシミュレーションにより解析を進めているところである。

#### 2. 2 過時効—強冷間圧延にともなう強度と導電率の変化

Fig. 2 に溶体化、ピーク時効、過時効した Cu-4.2 at.% Ti 合金を冷間圧延したときの加工度 (真ひずみ  $\epsilon$ ) にともなうビッカース硬さおよび導電率の変化を示す。導電率 (%IACS: International annealed copper standard) は万国標準軟銅の導電性を 100 %とした相対割合) である。溶体化材は圧延前の硬さが 127 Hv であり、圧延加工初期に硬さが 270 Hv 程度まで大きく増加し、それ以上の加工度ではほぼ一定となった。この硬化挙動は

加工硬化に起因する。導電率は加工度によらず 4%IACS 程度で一定となった。これは加工ひずみによる導電率への影響が小さいことを示している。

ピーク時効材は圧延前の硬さが 291 Hv であり銅合金の中では高強度といえるレベルにある。圧延によりさらに硬さは増加して 355 Hv 程度で飽和した。導電率は圧延前で 14 %IACS 程度であった。導電率は加工度とともに低下し、 $\epsilon = 4.6$  では 6 %IACS 以下となった。これは圧延加工によって  $\beta'$ -Cu<sub>4</sub>Ti の一部が分解し、銅固溶体中に Ti が再固溶したためであると考えられる。これは組織観察においてピーク時効材を強圧延すると  $\beta'$ -Cu<sub>4</sub>Ti の体積分率が減少したと矛盾がない。

過時効材の圧延前(板厚 10 mm)の硬さは 157 Hv であるが、圧延によって硬さは大きく増加し、最高硬さは 320 Hv 程度となった。導電率は圧延前で 30 %IACS 程度であり、板厚 3.6 mm ( $\epsilon = 1.0$ ) まではわずかに増加した。これは圧延加工初期において、ランダムだったラメラ組織の積層方向が圧延方向に揃うことに起因する。その後、加工度とともに導電率は低下したが、板厚 0.08 mm ( $\epsilon = 4.8$ ) でも 18 %IACS 程度であり、ピーク時効材の導電率の最大値よりも大きい値を保った。このように、過時効材(10 mm)を 0.08 mm ( $\epsilon = 4.8$ ) 以下まで冷間強圧延することで、ピーク時効材よりも強度は約 10%小さいが、導電率は約 3 倍向上した薄板材が作製できた。

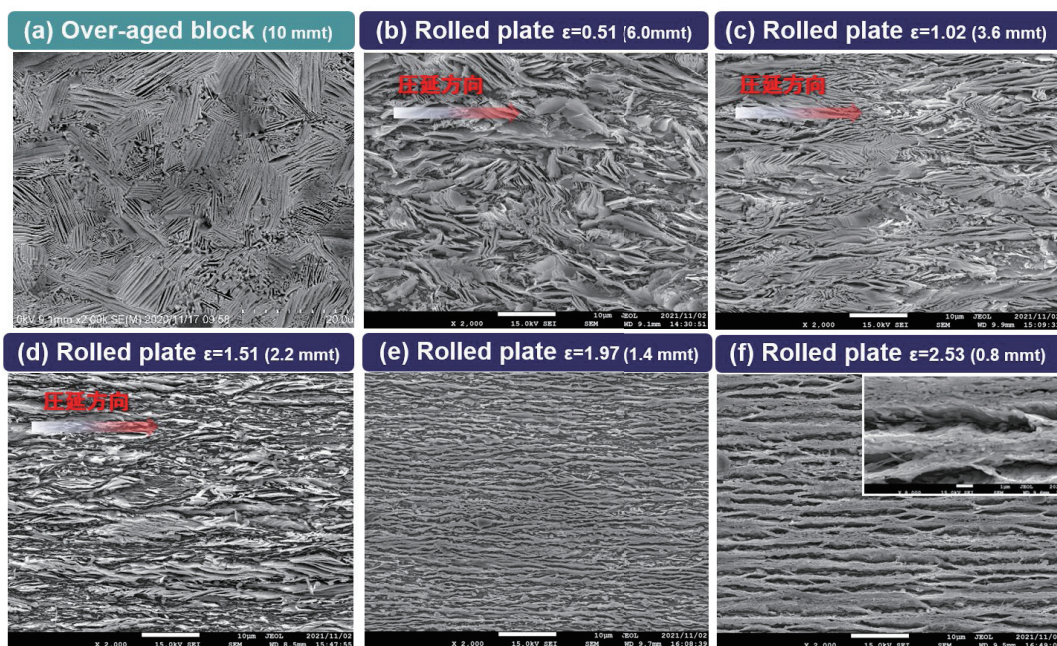


Fig.1 Cross-sectional FE-SEM images of Cu-4.2 at.% Ti sheets, which were over-aged and cold-rolled to a true strain  $\epsilon$  of (a) 0 (10 mm), (b) 0.51 (6.0 mm), (c) 1.0 (3.6 mm), (d) 1.5 (2.2 mm), (e) 2.0 (1.4 mm), and (f) 2.5 (0.8 mm).

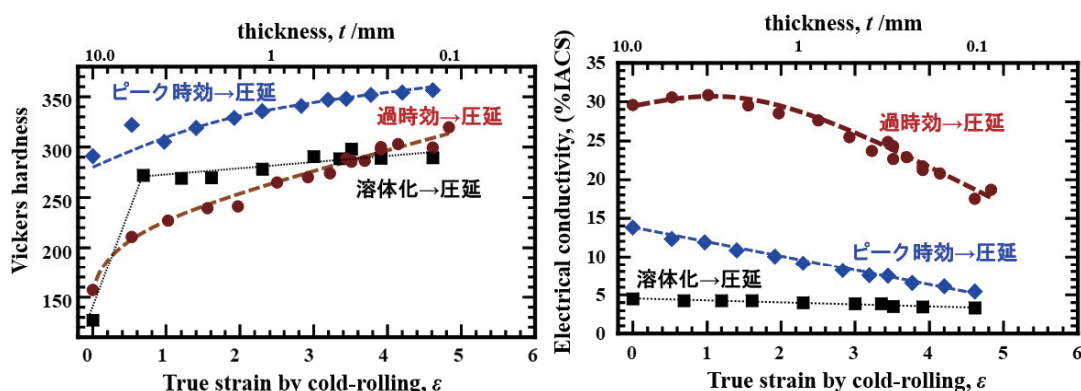


Fig. 2 Variations in Vickers hardness (left) and electrical conductivity (right) of Cu-4.2 at.% Ti sheets cold-rolled from as-quenched, peak-aged, and over-aged blocks as a function of a true strain  $\epsilon$ .

### 3. 参考文献

- (1) S. Semboshi, Y. Kaneno, T. Takasugi, N. Masahashi: *Metall. Mater. Trans. A*, **49** (2018) 4956-4965.
- (2) Semboshi, Y. Kaneno, T. Takasugi, S.Z. Han, N. Masahashi: *Metall. Mater. Trans. A*, **50** (2019) 1389-1396.



## 多点電極アレイ上での神経細胞ネットワークのマイクロパターン培養

東北大学電気通信研究所 ○佐藤有弥、山本英明、竹室汰貴、佐藤茂雄  
早稲田大学理工学術院 谷井孝至  
東北大学電気通信研究所・材料科学高等研究所 平野愛弓

Micropatterned culture of neuronal networks on multi-electrode arrays  
by ○Yuya SATO, Hideaki YAMAMOTO, Taiki TAKEMURO, Shigeo SATO,  
Takashi TANII and Ayumi HIRANO-IWATA

### 1. 研究目的

神経細胞の培養系は生体脳の研究とその理論研究を結ぶ実験系として重要である[1,2,3]. しかし、神経細胞は分散培養系ではランダムに相互接続し、生体内とは異なる発火パターンで活動するため、回路網の階層における細胞培養系の活用は限定的であった. 私たちは、マイクロ加工技術を応用することで、生体神経回路で見られる神経活動を持つモジュール構造型神経回路を培養系に再構成し、その神経活動を、蛍光カルシウムイメージング法を用いて計測してきた[4,5,6]. しかし、蛍光カルシウムイメージング法を用いた活動計測では、時間分解能が数 100 Hz に制限されてしまうという問題が存在していた. 本研究では、高密度多点電極アレイ上にモジュール構造型培養神経回路を再構成し、その活動を高時間分解能で計測し、均質な培養神経回路と比較をしたので、その結果を報告する.

### 2. 研究成果

#### 2. 1 薄膜型マイクロ流路の作製

マイクロ流路を形成する際のモールドは、洗浄したシリコン基板にフォトレジスト(SU-8 3010 および 3050)をパターンニングして形成した. このモールドにゲル状のポリジメチルシロキサン (PDMS) を挿入し、熱硬化した後に剥離することにより、薄膜型マイクロ流路を作製した (Fig. 1). PDMS マイクロ流路は、その安定性と再現性の高さから、細胞パターンニングを含むバイオエンジニアリング研究に広く用いられている[7,8]. 従来、マイクロ流路と溶液を結ぶ貫通孔はパンチャなどを用いて作製されることが多く、数十から百個程度の細胞から構成される微小神経細胞回路をパターン培養するためのデバイスはあまり提案されてこなかったが、我々は、百  $\mu\text{m}$  単位の微小貫通孔アレイを持つ薄膜型マイクロ流路をドロップキャスト法に基づいて簡便に作製する独自の作製プロセスによりこの問題を解決した[5].

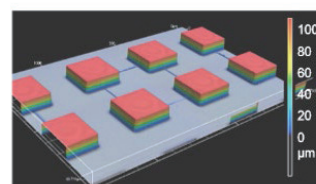


Fig. 1 鑄型モールドの共焦点顕微鏡像 (上) と PDMS マイクロ流路の模式図 (下).

#### 2. 2 細胞培養と活動計測の方法

高密度多点電極アレイは Maxwell Biosystems 社の MaxOne MEA を用いた[9]. 初めに、計測電極領域の表面を poly-D-lysine でコーティングした後、ポリジメチルシロキサン (PDMS) を用いて作製した薄膜型マイクロ流路を張り付けることで、神経細胞の接着可能領域を制御した. マイクロ流路のパターン形状は  $200 \times 200 \mu\text{m}^2$  の正方形 4 つを直線でつないだモジュール型構造パターンを使用した. ここに、胎生 18 日ラット大脳皮質から採取した神経細胞を播種し、培養 14, 21 日目に構成された回路の自発活動を計測した. 計測はサンプリングレート 20 kHz で行った.

#### 2. 3 結果と考察

モジュール構造型培養神経回路とパターンニングを施していないランダム培養神経回路における自発的神経活動の計測結果を Fig. 2 に示す. ランダム回路ではネットワーク全体が強く同期した活動が支配的であるのに対し、モジュール回路ではモジュールごとの発火と複数モジュールの同期発火が混在していた. これを定量するために同期発火時の発火率を比較したところ、モジュール回路ではランダム回路と比較して値が約 30 倍に低くなっており (モジュール回路: 0.08 Hz (14 div), 0.22 Hz (21 div); ランダム回路: 6.3 Hz (14 div)), 過剰

な同期がモジュール回路で抑制されていることが分かった。また、バースト発火の間隔の変動係数もモジュール回路で大きくなっており、発火パターンの時間的な複雑性も上昇したことが分かった（モジュール回路: 0.76 (14 div), 0.71 (21 div); ランダム回路: 0.6 (14 div)）。

このように、多点電極アレイを用いることにより、細胞パターンニングによる構造制御が神経活動パターンに及ぼす影響を詳細に解析することが可能になった。

### 3. 参考文献

- (1) K. Hattori, H. Kurakake, J. Imai, T. Hashimoto, M. Ishida, K. Sato, H. Takahashi, S. Oguma, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata and T. Tanii, Selective stimulation of a target neuron in micropatterned neuronal circuits using a pair of needle electrodes, *Electrochemistry*, **89**, 348–354 (2021).
- (2) 山本英明, 平野愛弓, 微細加工表面を用いた培養神経回路の構造機能制御—多細胞システムにおける情報処理の理解と応用を目指して—, *電子情報通信学会論文誌 C*, **J102-C**, 340–347 (2019).
- (3) M. J. Aebbersold, H. Dermutz, C. Forró, S. Weydert, G. Thompson-Steckel, J. Vörös and L. Demkó, “Brain on a chip” : Towards engineered neural networks, *Trends Anal. Chem.*, **78**, 60–69 (2016).
- (4) H. Yamamoto, S. Moriya, K. Ide, T. Hayakawa, H. Akima, S. Sato, S. Kubota, T. Tanii, M. Niwano, S. Teller, J. Soriano and A. Hirano Iwata, Impact of modular organization on dynamical richness in cortical networks, *Sci. Adv.*, **4**, eaau4914 (2018).
- (5) T. Takemuro, H. Yamamoto, S. Sato and A. Hirano-Iwata, Polydimethylsiloxane microfluidic films for in vitro engineering of small-scale neuronal networks, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **59**, 117001 (2020).
- (6) R. Hasani, G. Ferrari, H. Yamamoto, T. Tanii and E. Prati, Role of noise in spontaneous activity of networks of neurons on patterned silicon emulated by noise-activated CMOS neural nanoelectronics circuits, *Nano Express* **2**, 020025 (2021).
- (7) L. J. Millet and M. U. Gillette, New perspectives on neuronal development via microfluidic environments, *Trends Neurosci.*, **35**, 752–761 (2012).
- (8) B. Zhang and M. Radisic, Organ-on-a-chip devices advance to market, *Lab Chip*, **17**, 2395–2420 (2017).
- (9) M. Ballini, J. Müller, P. Livi, Y. Chen, U. Frey, A. Stettler, A. Shadmani, V. Viswam, I. L. Jones, D. Jäckel, M. Radivojevic, M. K. Lewandowska, W. Gong, M. Fiscella, D. J. Bakkum, F. Heer and A. Hierlemann, A 1024-channel CMOS microelectrode array with 26,400 electrodes for recording and stimulation of electrogenic cells in vitro, *IEEE J. Solid-State Circuits*, **49**, 2705–2719 (2014).

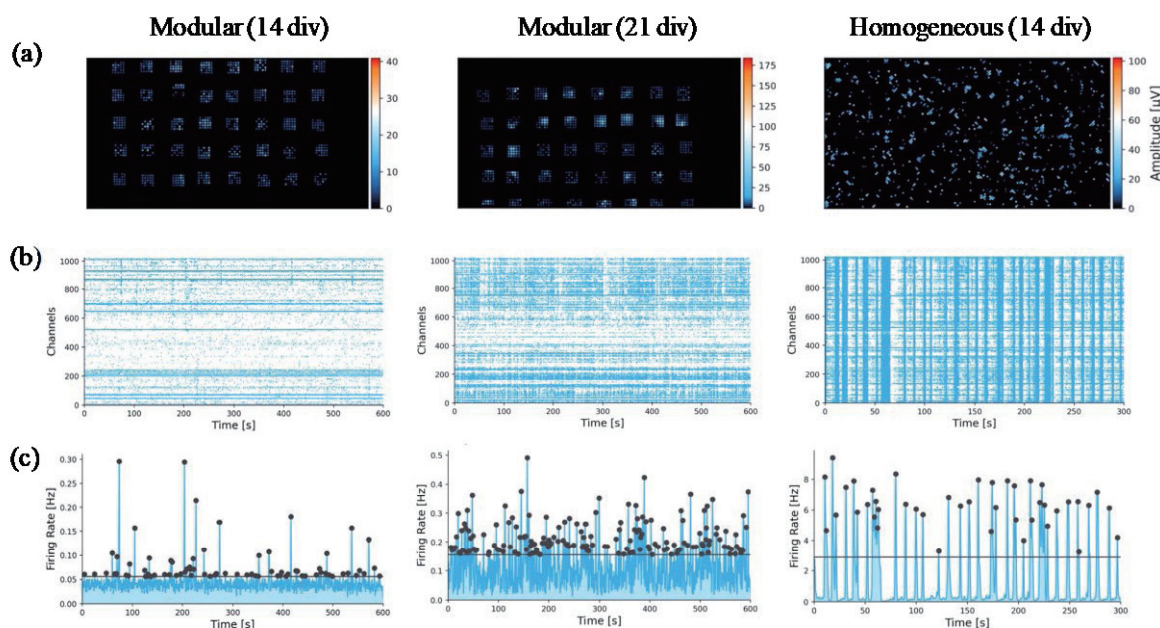


Fig. 2 モジュール構造型培養神経回路 (modular) とランダム培養神経回路 (homogeneous) の自発活動パターンの計測. (a) 活動電位の細胞外電位振幅. (b) ラスタープロット. (c) 平均発火率.

## 窒素ドーピング酸化チタンの機能性評価

東北大学金属材料研究所

東北大学歯学研究科

東北大学工学研究科

東京医科歯科大学学生体材料工学研究所

○目代貴之

常理、金高弘恭、佐々木啓一

上田恭介、成島尚之

川下将一

Functional evaluation of nitrogen-doped titanium dioxide under visible light irradiation  
by ○Takayuki MOKUDAI, Chang LI, Kyosuke UEDA, Takayuki NARUSHIMA,  
Hiroyasu KANETAKA, Keiichi SASAKI and Masakazu KAWASHITA

### 1. 研究目的

チタンは、優れた耐食性や生体適合性から、生体材料としても広く応用利用されている<sup>1</sup>。さらに化学活性が高く、表面に二酸化チタンが形成されることにより生体親和性に関与する。さらに、良好なオッセオインテグレーションを示すとされている。また、二酸化チタンは紫外線照射によって高い光触媒活性を発揮し、酸素や水と反応することで活性酸素種を生成させる<sup>2</sup>。二酸化チタンには、結晶構造の違いにより、正方晶系に属するアナターゼ型、正方晶系に属するルチル型、斜方晶系に属するブルッカイト型の3種類あるが、アナターゼ型二酸化チタンは、ルチル型に比べて高い光触媒活性を示すことが知られている。その理由としては、エネルギー構造の違いにある。電子に満たされたエネルギーバンド（価電子帯）と電子が少ないエネルギーバンド（伝導体）との間に存在するバンドギャップである、アナターゼ型のバンドギャップは3.2 eV、ルチル型は3.0 eVであり、バンド構造から考えて、波長が400 nm以下の紫外線に限られている。従って、通常の二酸化チタンは紫外光照射下でしか機能を発揮することはない。しかしながら、生体応用を考えた場合、紫外光を利用する光触媒反応は細胞毒性を引き起こすことが懸念される。

一方、二酸化チタンの構造を変化させることより、バンドギャップが小さくなることで、可視光 ( $\lambda \geq 400$  nm) 照射下において光触媒活性が得られる報告がある<sup>3,4</sup>。そのため、我々は可視光照射で光触媒活性を得る方法として、二酸化チタンに窒素ドーピングを行う研究に着目した。

我々はこれまで可視光で応答する窒素ドーピング酸化チタン(N-doped TiO<sub>2</sub>)を作製し、可視光照射による光触媒活性により生成される活性酸素種を確認すると共に、活性酸素種の生成にともなう抗菌効果を報告してきた<sup>5</sup>。本研究では、これまでの研究に引き続き、N-doped TiO<sub>2</sub>の作製条件を検討、特に焼成温度を変化させることで、表面状態、活性酸素種の生成などを確認することを目的とする。

### 2. 研究成果

#### 2-1 窒素ドーピング酸化チタンの作製と表面観察

純チタンを研磨して、水酸化ナトリウム処理後、温水加熱処理を行った。その後、電気環状炉を用いてアンモニア雰囲気下にて300°Cで3時間(300°C-3h)処理を行い、N-doped TiO<sub>2</sub>を作製した。作製したN-doped TiO<sub>2</sub>を用いて表面観察を行い比較した。表面観察は走査電子顕微鏡(SEM)にて観察を行った。その結果、Fig.1に示すように、作製したサンプルでは多孔質の網目構造が観察された。これは、水酸化ナトリウムと熱処理によって形成された特有なものであり、他の研究からも同様な報告がある<sup>6</sup>。今回も同様に、Fig.1に示すように網目構造はできていた。しかしながら、これまでの研究結果の焼成温度500°C、600°C処理とは構造が異なっており、この網目状の構造の緻密さは処理温度の違いにより異なることが示唆された。



Fig.1 SEMで得られた表面画像 (a)純チタン窒素ドーピング未処理 (b)300°C-3h窒素ドーピング処理

## 2-2 生成する活性酸素種

可視光照射により生成する活性酸素種の測定を行うべく、電子スピン共鳴 (ESR) 装置を使用した。方法としてトラップ剤を用いるスピントラッピング法にて測定を行った。トラップ剤には DMPO (5,5-Dimethyl-1-pyrroline N-Oxide) を用いて行い、可視光照射時間は 15 分とした。

その結果、活性酸素種であるヒドロキシルラジカル ( $\text{HO}\cdot$ ) が確認できた。しかしながら、処理した  $300^\circ\text{C}$ -3h サンプルと未処理の純チタンとサンプルにおける生成量はほぼ同等であった。これまで、 $500^\circ\text{C}$  と  $600^\circ\text{C}$  で焼成温度の場合では、 $\text{HO}\cdot$  量に違いがみられたが、本実験での  $300^\circ\text{C}$  ではラジカル量に有意な差はみられなかった。

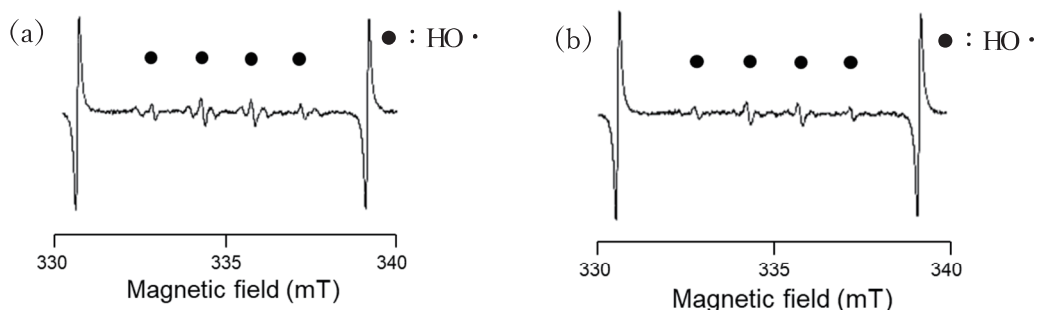


Fig.2 ESRにて得られた  $\text{HO}\cdot$  の信号図  
(a)純チタン窒素ドーブ未処理 (b)  $300^\circ\text{C}$ -3h 窒素ドーブ処理

## 2-3 抗菌試験

抗菌試験は JIS R1752 に基づき、サンプルに可視光を照射し行った。細菌は *Escherichia coli* (JCM 5491) を用いて前培養を行い懸濁液の濃度が約  $10^6$  CFU/mL となるよう菌液を調製した。サンプル上に、調製した菌液を滴下後、フィルムをかぶせた。可視光である  $400\text{ nm}$  以上の波長域で照射時間 15 分として行った。照射後、回収した菌は寒天培地に播種し  $37^\circ\text{C}$  で 24~48 時間培養した。培養後、コロニー数をカウントし、生菌数を求めた結果を Fig.3 に示した。 $300^\circ\text{C}$ -3h のサンプルでは、純チタンサンプルと比較して、大腸菌生菌数に大きな差は生じなかった。これは活性酸素生成量と関連する結果となった。

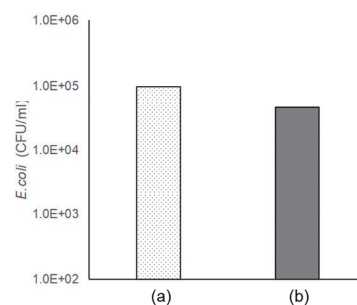


Fig.3 抗菌試験で得られた結果  
(a) 純チタン窒素ドーブ未処理  
(b)  $300^\circ\text{C}$ -3h 窒素ドーブ処理

## 3. まとめ

チタンを水酸化ナトリウム水溶液に浸漬後、アンモニア雰囲気中にて加熱処理を行った  $300^\circ\text{C}$  で 3 時間処理での基板表面では、SEM 観察から網目状構造を有していることが示された。この網目状構造の緻密さはこれまでの研究より焼成温度により異なることがわかった。ESR 測定結果からは  $\text{HO}\cdot$  が確認できたが、処理していない純チタンサンプルと今回処理した  $300^\circ\text{C}$ -3h サンプルでは  $\text{HO}\cdot$  量には差がみられなかった。抗菌試験の結果に関しても、顕著な差がみられなかったが、活性酸素の生成量と関連する結果となった。以上より、本条件の焼成温度と時間では、光触媒活性の効果は大きく反映されなかった。現在、より詳細な表面状態の情報を得るため結晶構造や組成分析を薄膜 X 線回折装置 (TF-XRD) と X 線光電子分光分析装置 (XPS) を用いて行っており、これまでの異なる条件により作製した得られた N-doped  $\text{TiO}_2$  の結果と比較する予定である。また、光触媒活性を効率よく得られる条件の確立に関しても引き続き進めていく予定である。

## 4. 参考文献

1. T Narushima, *et al.*, Titanium and its alloys as biomaterials. Journal of Japan Institute of Light Metals, 2005. 55(11): p. 561-565.
2. A Fujishima, *et al.*, Titanium dioxide photocatalysis. Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews, 2000. 1(1): p. 1-21.
3. S Sato., Photocatalytic activity of  $\text{NO}_x$ -doped  $\text{TiO}_2$  in the visible light region. Chemical Physics Letters, 1986. 123(1-2): p. 126-128.
4. R Asahi, *et al.*, Visible-light photocatalysis in nitrogen-doped titanium oxides. Science, 2001. 293.
5. M Iwatsu, *et al.*, Visible Light-Induced Photocatalytic and Antibacterial Activity of N-doped  $\text{TiO}_2$ . Journal of Biomedical Materials Research : Part B - Applied Biomaterials, 2019
6. M. Uchida, *et al.*, Effect of Water Treatment on the Apatite-Forming Ability of NaOH-Treated Titanium Metal J. Biomed. Mater. Res. 63 (2002) 522.

## 【論文】

1. Effect of the synthesis conditions of Ce<sub>0.9</sub>Gd<sub>0.1</sub>O<sub>1.95</sub> powder on its morphology and characteristics of the oxygen-ion-conducting ceramics obtained by spark plasma sintering  
D.V.Maslennikov, A.A.Matvienko, A.A.Sidelnikov, D.V.Dudina, M.A.Esikov, R.V.Belosludov, H.Kato, *Ceramics International*, 47(2), (2021), 2557-2567
2. Novel Co-Cu-Based Immiscible Medium-Entropy Alloys with Promising Mechanical Properties  
Sujung Son, Jongun Moon, Hyeonseok Kwon, Peyman Asghari Rad, Hidemi Kato and Hyoung Seop Kim, *Metals* 2021, 11(2), (2021), 238
3. Experimental and molecular dynamics studies of phase transformations during cryogenic thermal cycling in complex TiNi-based crystalline/amorphous alloys  
J.Jiang, W.-S.Ko, S.-H.Joo, D.X.Wei, T.Wada, H.Kato, D.V.Louzguine-Luzgin, *Journal of Alloys and Compounds*, 854, (2021), 155379
4. Inelastic deformation of metallic glasses under dynamic cyclic loading  
Duan Y.J., Qiao J.C., Wada T., Kato H., Wang Y.J., Pineda E., Crespo D., *Scripta Materialia*, 194, (2021), 113675
5. Anomalous compliance of interpenetrating-phase composite of Ti and Mg synthesized by liquid metal dealloying  
Okulov I.V., Wilmers J., Joo S.-H., Bargmann S., Kim H.S., Kato H., *Scripta Materialia*, 194, (2021), 113660
6. Detailed structural analysis of amorphous Pd<sub>40</sub>Cu<sub>40</sub>P<sub>20</sub>: Comparison with the metallic glass Pd<sub>40</sub>Ni<sub>40</sub>P<sub>20</sub> from the viewpoint of glass forming ability  
Hosokawa S., Berar J.-F., Boudet N., Pilgrim W.-C., Pusztai L., Hiroi S., Kohara S., Kato H., Fischer H.E., Zeidler A., *Journal of Non-Crystalline Solids*, 555, (2021) 120536
7. Microstructure refinement of a transformation-induced plasticity high-entropy alloy  
Hailong Yi, Daixiu Wei, Renyi Xie, Yifan Zhang and Hidemi Kato, *Materials* 2021, 14(5), (2021), 1196
8. Relaxation Behavior and Heterogeneous Structures of Metallic Glasses  
Hiroshi TANIMURA, Tomoki HAYASHI, Martin LUCKABAUER, Tomoya KAWAGUCHI, Masato WAKEDA, Hidemi KATO, Tetsu ICHITSUBO, *Journal of the Society of Materials Science, Japan*, 70(5), (2021), 374-380
9. Elemental partitioning as a route to design precipitation-hardened high entropy alloys  
He F, Han B, Yang Z, Chen D, Yeli G, Tong Y, Wei D, Li J, Wang Z, Wang J, Kai J.-J, *Journal of Materials Science and Technology*, 72, (2021 May), 52-60
10. Decoupling between calorimetric and dynamical glass transitions in high-entropy metallic glasses  
Jing Jiang, Zhen Lu, Jie Shen, Takeshi Wada, Hidemi Kato & Mingwei Chen, *Nature Communications*, 12(1), (2021), 3843
11. Vapor phase dealloying kinetics of MnZn alloys  
Lu Z, Zhang F, Wei D, Han J, Xia Y, Jiang J, Zhong M, Hirata A, Watanabe K, Karma A, Erlebacher J, Chen M, *Acta Materialia*, 21215, (2021), 116916
12. Temperature- and strain-dependent thermally-activated deformation mechanism of a ferrous medium-entropy alloy  
Jungwan Lee, Jongun Moon, Jae Wung Bae, Jeong Min Park, Hyeonseok Kwon, Hidemi Kato, Hyoung Seop Kim, *Intermetallics*, 134, (2021), 107202
13. A strategy for enhancing the mechanical property of the precipitation-strengthened medium-entropy alloy  
Hai-Long Yi, Daixiu Wei, Ren-Yi Xie, Yi-Fan Zhang, Hidemi Kato, *Materials Science and Engineering: A*, 819, (2021), 141390
14. Dynamic mechanical relaxation behavior of Zr<sub>35</sub>Hf<sub>17.5</sub>Ti<sub>5.5</sub>Al<sub>12.5</sub>Co<sub>7.5</sub>Ni<sub>12</sub>Cu<sub>10</sub> high entropy bulk metallic glass  
L.T. Zhang, Y.J. Duan, T. Wada, H. Kato, J. M. Pelletier, D. Crespo, E. Pineda, J.C. Qiao, *Journal of Materials Science & Technology*, 83, (2021), 248-255
15. Electrochemically synthesized liquid-sulfur/sulfide composite materials for high-rate magnesium battery cathodes  
Shimokawa, Kohei; Furuhashi, Takuya; Kawaguchi, Tomoya; Park, Won-Young; Wada, Takeshi; Matsumoto, Hajime; Kato, Hidemi; Ichitsubo, Tetsu, *Journal of Materials Chemistry A*, 9(30), (2021), 16585-16593

16. Identifying the high entropy characteristic in La-based metallic glasses  
Zhang L, Duan Y, Crespo D, Pineda E, Wada T, Kato H, Pelletier J.-M, Qiao J., *Applied Physics Letters*, 119(52), (2021), 051905
17. In situ observation of liquid metal dealloying and etching of porous FeCr by X-ray tomography and X-ray diffraction  
Mokhtari M, Le Bourlot C, Adrien J, Bonnin A, Ludwig W, Geslin P.-A, Wada T, Duchet-Rumeau J, Kato H, Maire E, *Materialia*, 18, (2021), 101125
18. New Ti/ $\beta$ -Ti alloy laminated composite processed by powder metallurgy: Microstructural evolution and mechanical property  
Zhang W, Yang P, Cao Y, Li X, Wei D, Kato H, Wu Z, *Materials Science and Engineering A*, 8223, (2021), 141702
19. Stress relaxation in high-entropy Pd<sub>20</sub>Pt<sub>20</sub>Cu<sub>20</sub>Ni<sub>20</sub>P<sub>20</sub> metallic glass: Experiments, modeling and theory  
Y. J. Duan, J. C. Qiao, T. Wada, H. Kato, E. Pineda, D. Crespo, Yun Jiang Wang, *Mechanics of Materials*, 160, (2021), 103959
20. Strain partitioning enables excellent tensile ductility in precipitated heterogeneous high-entropy alloys with gigapascal yield strength  
He F, Yang Z, Liu S, Chen D, Lin W, Yang T, Wei D, Wang Z, Wang J, Kai J.-J, *International Journal of Plasticity*, 144, (2021), 103022
21. Unusual two-step dealloying mechanism of nanoporous TiVNbMoTa high-entropy alloy during liquid metal dealloying  
Soo-Hyun Joo, I.V.Okulov, H.Kato, *Journal of Materials Research and Technology*, 14, (2021), 2945-29532
22. Evolution of 3D interconnected composites of high-entropy TiVNbMoTa alloys and Mg during liquid metal dealloying  
Soo-Hyun Joo, Hidemi Kato, Ilya Vladimirovich Okulov, *Composites Part B: Engineering*, 222, (2021), 109044
23. Microstructure and corrosion study of Fe-based bulk metallic glass obtained by spark plasma sintering  
L. Zarazua-Villalobos, N. Mary, J. Soo-Hyun, K. Ogawa, H. Kato, Y. Ichikawa, *Journal of Alloys and Compounds*, 880, (2021), 160399
24. Superior phase transformation-assisted mechanical properties of a metastable medium-entropy ferrous alloy with heterogeneous microstructure  
Haftlang, Farahnaz; Asghari-Rad, Peyman; Moon, Jongun; Lee, Sunghak; Kato, Hidemi; Kim, Hyoung Seop, *Materials Letters*, 302, (2021), 130391
25. Beyond strength-ductility trade-off: 3D interconnected heterostructured composites by liquid metal dealloying  
Yeon Beom Jeong, Takeshi Wada, Soo-Hyun Joo, Jeong-Min Park, Jongun Moon, Hyoung Seop Kim, Ilya Vladimirovich Okulov, Sung Hyuk Park, Jeong Hun Lee, Ki Buem Kim, Hidemi Kato, *Composites Part B: Engineering*, 225, (2021), 109266
26. 2.3 GPa cryogenic strength through thermal-induced and deformation-induced body-centered cubic martensite in a novel ferrous medium entropy alloy  
Kwon, Hyeonseok; Sathiyamoorthi, Praveen; Karthik, Gangaraju Manogna; Asghari-Rad, Peyman; Zargaran, Alireza; Do, Hyeon-Seok; Lee, Byeong-Joo; Kato, Hidemi; Kim, Hyoung Seop, *Scripta Materialia*, 204, (2021), 114157
27. Hierarchical heterostructured FeCr-(Mg-Mg<sub>2</sub>Ni) composite with 3D interconnected and lamellar structures synthesized by liquid metal dealloying  
Yeon Beom Jeong, Takeshi Wada, Soo-Hyun Joo, Jeong-Min Park, Hyoung Seop Kim, Ilya Vladimirovich Okulov, Ki Buem Kim, Hidemi Kato, *Journal of Materials Research and Technology*, 15, (2021), 4573-4579
28. Soft X-ray absorption spectroscopy and magnetic circular dichroism under pulsed high magnetic field of Ni-Co-Mn-In metamagnetic shape memory alloy  
R.Y. Umetsu, H. Yasumura, Y. Narumi, Y. Kotani, T. Nakamura, H. Nojiri, and R. Kainuma, *J. Alloys Compounds* 890 (2021) 161590
29. Magnetic-field-induced Decomposition in Cu<sub>2</sub>MnAl Heusler alloys  
S. Nakagawa, Y. Mitsui, R. Kobayashi, R.Y. Umetsu, K. Takahashi, and K. Koyama, *J. Magn Magn. Matet.*, 540 (2021) 168411
30. Seeded growth of Type-II Na<sub>24</sub>Si<sub>136</sub> Clathrate Single Crystals  
H. Morito, H. Yamane, R.Y. Umetsu, K. Fujiwara, *Crystals* 11 (2021) 808
31. Perpendicular magnetic anisotropy in ultra-thin Cu<sub>2</sub>Sb-type (Mn-Cr)AlGe films fabricated onto thermally oxidized

silicon substrates

T. Kubota, K. Ito, R.Y. Umetsu, and K. Takanashi, Appl. Phys. Lett. 118 (2021) 262404, Editor's Pick

32. Microstructure, morphology and magnetic property of (001)-textured MnAlGe films on Si/SiO<sub>2</sub> substrate  
R.Y. Umetsu, S. Semboshi, Y. Mitsui, H. Katsui, Y. Nozaki, I. Yuitoo, T. Takeuchi, M. Saito and H. Kawarada, Mater Trans. 62 (2021) 680-687
33. MgO template effect for perpendicular magnetic anisotropy in (001)-textured poly-crystalline MnAlGe films  
T. Kubota, K. Ito, R.Y. Umetsu, M. Mizuguchi, and K. Takanashi, AIP Advances 11 (2021) 015124
34. Dual acceleration of  $\epsilon$ - $\tau$  transformation in Mn-Al induced by Zn-substitution and in-magnetic-field annealing  
R. Kobayashi, A. Takaki, Y. Mitsui, R.Y. Umetsu, K. Takahashi, M. Mizuguchi, and K. Koyama, Mater Trans. 62 (2021) 124-129
35. Synthesis of Ferromagnetic  $\tau$ -Mn-Al-C by Reactive Sintering  
R. Kobayashi, Y. Mitsui, R.Y. Umetsu, M. Mizuguchi, and K. Koyama, Mater Trans. 62 (2021) 130-134
36. Effect of atomic configuration on magnetic properties and electronic state of CoVMnAl quaternary Heusler alloy  
R.Y. Umetsu, K. Saito, K. Ono, T. Fukushima, F. Kuroda, T. Oguchi, and T. Ishigaki, J. Alloys Compd. 855 (2021) 157389
37. Mn 基ホイスラー合金の磁気特性と電子状態—猿橋賞受賞によせて—  
梅津理恵, 斉藤耕太郎, 小野寛太, 佐藤和則, 福島鉄也, 黒田文彬, 小口多美夫, まてりあ 第 60 卷 (2021) 205–211
38. Photoactivity of an anodized biocompatible TiNbSn alloy prepared in sodium tartrate / hydrogen peroxide aqueous solution  
N. Masahashi, Y. Mori, H. Kurishima, H. Inoue, T. Mokudai, S. Semboshi, M. Hatakeyama, E. Itoi, S. Hanada, Applied Surface Science, 543 (2021) 148829.
39. Low Young's modulus of cold groove-rolled  $\beta$  Ti-Nb-Sn alloys for orthopedic applications  
S. Hanada, N. Masahashi, S. Semboshi, T.K. Jung, Materials Science & Engineering A, 802 (2021) 140645.
40. Age-induced precipitating and strengthening behaviors in a Cu–Ni–Al alloy  
S. Semboshi, R. Hariki, T. Shuto, H. Hyodo, Y. Kaneno, N. Masahashi, Metallurgical and Materials Transactions A, 52A (2021) 4934-4945.
41. Fabrication of the Casting Products in Cu-Zn-Mn-Ni Medium-Entropy Brasses  
T. Nagase, A. Shibata, M. Matsumuro, M. Takemura, S. Semboshi, Materials Transactions, 62 (2021) 856-863.
42. エッチング加工性に優れた Cu-Ni-Co-Si 系高強度銅合金の開発  
姜婉青, 兵藤宏, 渡辺宏治, 成枝宏人, 千星聡銅と銅合金, 60 (2021) 256-261.
43. Elucidating the effect of preheating temperature on melt pool morphology variation in Inconel 718 laser powder bed fusion via simulation and experiment  
Q. Chen, Y. Zhao, S. Strayer, Y. Zhao, K. Aoyagi, Y. Koizumi, A. Chiba, W. Xiong, A.C. To, Addit. Manuf. 37 (2021) 101642.
44. Effect of multi-stage heat treatment on mechanical properties and microstructure transformation of Ti–48Al–2Cr–2Nb alloy  
S. Yim, H. Bian, K. Aoyagi, A. Chiba, Mater. Sci. Eng. A 816 (2021) 141321.
45. Thermal properties of powder beds in energy absorption and heat transfer during additive manufacturing with electron beam  
Y. Zhao, Y. Koizumi, K. Aoyagi, K. Yamanaka, A. Chiba, Powder Technol. 381 (2021) 44–54.
46. Quantifying the dislocation structures of additively manufactured Ti–6Al–4V alloys using X-ray diffraction line profile analysis  
K. Yamanaka, A. Kuroda, M. Ito, M. Mori, H. Bian, T. Shobu, S. Sato, A. Chiba, Addit. Manuf. 37 (2021) 101678.
47. Controlling factors determining flowability of powders for additive manufacturing: A combined experimental and simulation study  
Y. Zhao, Y. Cui, Y. Hasebe, H. Bian, K. Yamanaka, K. Aoyagi, T. Hagsiawa, A. Chiba, Powder Technol. 393 (2021) 482-493.
48. The microstructure and mechanical properties of selective electron beam melting manufactured 9–12Cr

- ferritic/martensitic steel using N- and Ar-atomized powder  
T. Lee, K. Aoyagi, H. Bian, K. Yamanaka, S. Sato, A. Chiba, *Addit. Manuf.* 45 (2021) 102075.
49. Critical factor triggering grain boundary cracking in non-weldable superalloy Alloy713ELC fabricated with selective electron beam melting  
Y. Lei, K. Aoyagi, K. Aota, K. Kuwabara, A. Chiba, *Acta Mater.* 208 (2021) 116695.
  50. Thermal effects in Sn coating on a carbon fiber-reinforced plastic by cold spraying(Invited)  
Ji. Sun, S. Zhou, K. Yamanaka, Y. Ichikawa, H. Saito, K. Ogawa, A. Chiba, *J. Therm. Spray Technol.* 30 (2021) 1254–1261.
  51. Effect of niobium addition on tensile properties and oxidation resistance of a titanium-based alloy  
Y. Cui, K. Aoyagi, Y. Koizumi, C. Yang, H. Bian, Y. Hayasaka, T. Fujieda, A. Chiba, *Corros. Sci.* 180 (2021) 109198.
  52. Effects of process parameters and cooling gas on powder formation during the plasma rotating electrode process  
Y. Cui, Y. Zhao, H. Numata, K. Yamanaka, H. Bian, K. Aoyagi, A. Chiba, *Powder Technol.* 393 (2021) 301–311.
  53. Smoke suppression in electron beam melting of inconel 718 alloy powder based on insulator–metal transition of surface oxide film by mechanical stimulation  
A. Chiba, Y. Daino, K. Aoyagi, K. Yamanaka, *Materials* 14 (16) (2021) 4662.
  54. 塑性加工から Additive Manufacturing へ - 加工プロセスに基づく組織・特性制御 -  
山中 謙太, ふらすとす, 4 (2021) 231–236.
  55. Formation of carbon-added anatase-rich TiO<sub>2</sub> layers on titanium and their antibacterial properties in visible light  
T. Ueda, N. Sato, R. Koizumi, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara, T. Narushima, *Dent. Mater.*, 37 (2021) e37–e46.
  56. Improvement of mechanical properties by microstructural evolution of biomedical Co–Cr–W–Ni alloys with the addition of Mn and Si  
K. Ueki, S. Yanagihara, K. Ueda, M. Nakai, T. Nakano, T. Narushima, *Mater. Trans.*, 62 (2021) 229–238.  
DOI: <https://doi.org/10.2320/matertrans.MT-M2020300>
  57. Improvement of strength and ductility by combining static recrystallization and unique heat treatment in Co-20Cr-15W-10Ni alloy for stent application  
K. Ueki, S. Yanagihara, K. Ueda, M. Nakai, T. Nakano, T. Narushima, *Mater. Sci. Forum*, 1016 (2021) 1503–1509.  
DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1016.1503>
  58. Effect of precursor deficiency induced Ca/P ratio on antibacterial and osteoblast adhesion properties of Ag-incorporated hydroxyapatite: Reducing Ag toxicity  
O. Gokcekaya, C. Ergun, T.J. Webster, A. Bahadir, K. Ueda, T. Narushima, T. Nakano, *Materials*, 14 (2021) 3158.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14123158>
  59. Development of low-yield stress Co-Cr-W-Ni alloy by adding 6mass% Mn for balloon-expandable stents  
S. Yanagihara., K. Ueki, K. Ueda, M. Nakai, T. Nakano and T. Narushima, *Metall. Mater. Trans. A*, 52 (2021) 4137–4145.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11661-021-06374-7>
  60. チタン合金の抗菌化表面処理  
成島尚之, 上田恭介, 古泉隆佑, *表面技術*, 72 (2021) 616–621.
  61. Parallel Recordings of Transmembrane hERG Channel Currents Based on Solvent-Free Lipid Bilayer Microarray  
R. Miyata, D. Tadaki, D. Yamaura, S. Araki, M. Sato, M. Komiya, T. Ma, H. Yamamoto, M. Niwano, A. Hirano-Iwata  
*Micromachines* 12 (2021) 98
  62. Selective Stimulation of a Target Neuron in Micropatterned Neuronal Circuits Using a Pair of Needle Electrodes  
K. Hattori, H. Kurakake, J. Imai, T. Hashimoto, M. Ishida, K. Sato, H. Takahashi, S. Oguma, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, T. Tanii, *Electrochemistry* 89 (2021) 348–354
  63. Advances in Artificial Bilayer Lipid Membranes as a Novel Biosensing Platform: From Drug-screening to Self-assembled Devices  
T. Ma, M. Sato, M. Komiya, X.-y. Feng, D. Tadaki, A. Hirano-Iwata, *Chem. Lett.* 50 (2021) 418–425
  64. Bactericidal Activity of Bulk Nanobubbles through Active Oxygen Species Generation  
M. Yagamuchi, T. Ma, D. Tadaki, A. Hirano-Iwata, Y. Watanabe, H. Kanetaka, H. Fujimori, E. Takemoto, M. Niwano  
*Langmuir* 37 (2021) 9883–9891
  65. Lateral voltage as a new input for artificial lipid bilayer systems



- T. Ma, M. Sato, M. Komiya, K. Kanomata, T. Watanabe, X.-y. Feng, R. Miyata, D. Tadaki, A. Hirano-Iwata, Faraday Discussions (in press)
66. Fabrication and evaluation of ascorbic acid phosphate-loaded spherical porous hydroxyapatite/octacalcium phosphate granules  
M. Kamitakahara, A. Ishii, H. Matsubara, M. Kawashita, M. Furuya, H. Kanetaka, Journal of the Ceramic Society of Japan 129(1) (2021) 60-65
  67. In-vitro heat-generating and apatite-forming abilities of PMMA bone cement containing TiO<sub>2</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>  
M. Kubota, T. Yokoi, T. Ogawa, S. Saito, M. Furuya, K. Yokota, H. Kanetaka, B. Jeyadevan, M. Kawashita, Ceram Int. 47(9) (2021) 12292–12299
  68. Hydrothermal synthesis and preliminary cytotoxicity assessment of gadolinium borate nanoparticles for neutron capture therapy  
K. Mikami, H. Kanetaka, M. Furuya, K. Yokota, Y. Saijo, T. Yokoi, M. Kawashita, J Nanopart Res. 23 (2021) Article number: 201
  69. Cytotoxicity evaluation of iron nitride nanoparticles for biomedical applications  
M. Shibata, H. Kanetaka, M. Furuya, K. Yokota, T. Ogawa, M. Kawashita, Wiley 109(10) (2021) 1784-1791
  70. Proteomic identification of serum proteins to induce osteoconductivity of hydroxyapatite  
Y. Wang, Y. Yoshida, J. Kamiie, Y. Shiwaku, O. Suzuki, M. Furuya, K. Yokota, H. Kanetaka, T. Yokoi, M. Kawashita, Dent Mater J. 40(6) (2021) 1428–1436
  71. Mechanical property enhancement of the Ag–tailored Au–Cu–Al shape memory alloy via the ductile phase toughening  
A. Toriyabe, W.T. Chiu, A. Umise, M. Tahara, K. Goto, H. Kanetaka, T. Hanawa, H. Hosoda, Intermetallics 139 (2021) Article number: 107349
  72. Antibacterial properties of Cu-doped TiO<sub>2</sub> prepared by chemical and heat treatment of Ti metal  
K. Suzuki, T. Yokoi, M. Iwatsu, M. Furuya, K. Yokota, T. Mokudai, H. Kanetaka, M. Kawashita, Journal of Asian Ceramic Societies 9(4) (2021) 1448-1456
  73. Mechanical properties and corrosion resistance of powder metallurgical Mg-Zn-Ca/Fe bulk metal glass composites for biomedical application  
K. Li, L. Luxin, P. Du, Z. Cai, T. Xiang, H. Kanetaka, H. Wu, G. Xie, J Mater Sci Technol. 103 (2021) 73-83

#### 【国際会議】

1. The effect of cryogenic thermal cyclic processing on the mechanical properties of TiNi based crystalline/amorphous alloy  
Jing Jiang, Hidemi Kato, Dmitri Louzguine, Thermec'2021, 2021.06.1-5 (Online)
2. Beating Thermal Coarsening in Nanoporous Materials via High-Entropy Design  
T. Wada, S.-H. Joo, H. Kato, LyonSE&N & ELYT workshop 2021/JSPS Core to core 1st symposium, 2021.06.21-25 (Online)
3. Development of strong and ductile high entropy alloys (Invited)  
Daixiu Wei, Hidemi Kato, International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA), 2021.11.4-6 (Online)
4. Fabrication of porous metals by Liquid metal dealloying (Invited)  
T. Wada, H. Kato, Nanoporous Materials by Alloy Corrosion, 2021.12.02 (Online)
5. Liquid Metal Dealloying Toward Nanoporous Mo-Based Intermetallic Compounds for Efficient Hydrogen Production (Poster)  
R. Song, J. Han, M. Okugawa, T. Wada, H. Kato, 2021 MRS Fall Meeting & Exhibit, 2021.12.6-8 (Online)
6. Electronic structures of Heusler alloys as functional magnetic materials (Invited)  
Rie Umetsu, Asia-Pacific Conference on Condensed Matter Physics 2021 (AC2MP2021), Nov. 1-3, 2021 (Online)
7. Detecting electronic structures of half-metal-type Heusler alloys by resonant inelastic soft X-ray scattering under magnetic fields (Oral)  
R.Y. Umetsu, H. Fujiwara, F. Kuroda, J. Miyawaki, A. Sekiyama, T. Oguchi, Y. Harada, and S. Suga, 5th Symposium for The Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics, 4th Symposium on International Joint Graduate Program in Materials Science, 25-28, October 2021 (Online)
8. Searching fully compensated ferrimagnets with half-metallic electronic structures (Poster)  
R.Y. Umetsu, S. Semboshi, N. Yodoshi, Y. Kawahito, and H. Akai, 5th Symposium for The Core Research Clusters for

- Materials Science and Spintronics, 4th Symposium on International Joint Graduate Program in Materials Science, 25-28, October 2021 (Online)
9. XMCD Study under Pulsed Magnetic Field for Ni-Co-Mn-In Metamagnetic Shape Memory Alloy (Invited)  
R.Y. Umetsu, H. Yasumura, Y. Narumi, Y. Kotani, T. Nakamura, H. Nojiri R. Kainuma, 7th International Conference on Superconductivity and Magnetism, 7th ICSM 2021, Milas-Bodrum, Turkey, 21-27 October, 2021 (Online)
  10. X-ray magnetic circular dichroism under high magnetic field for ferromagnetic shape memory alloy (Invited)  
R.Y. Umetsu, H. Yasumura, Y. Narumi, Y. Kotani, T. Nakamura, H. Nojiri and R. Kainuma, THERMEC'2021, International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials, June 1-5, 2021 (Online:)
  11. Recent study on high-strength and high-electrical conductive Cu alloys (Invited)  
S. Semboshi 2021 4th Joint Symposium of Taipei Tech. University—Tohoku University, 2021. 11.30. (Online)
  12. Modification of critical current density properties in high-Tc superconductors by tuning columnar defect morphologies in different directions  
T. Sueyoshi, T. Ozaki, S. Semboshi, H. Sakane, N. Ishikawa, 27th International Conference on Magnet Technology, 2021. 11. 15-19, Fukuoka (Online)
  13. Effect of 2 and 10 MeV Au-ion irradiation on superconducting properties in GdBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> coated conductors  
T. Ozaki, T. Kashihara, T. Okada, S. Awaji, I. Kakeya, S. Semboshi, H. Okazaki, H. Koshikawa, S. Yamamoto, T. Yamaki, T. Sueyoshi, and H. Sakane, 27th International Conference on Magnet Technology, 2021. 11. 15-19, Fukuoka (Online)
  14. Relationship between the solidification behavior and porosity in gas-atomized powders and electron beam melted Co-Cr-Mo alloys(Invited)  
Kenta Yamanaka, Shoya Aota, Jérôme Adrien, Eric Maire, Damien Fabrègue, Akihiko Chiba, TMS2022, 2022.2.27-3.3, Anaheim, USA(Online)
  15. Rapid solidification behavior of cast Ni-based superalloy IN-100 by EBM process  
Yusaku Hasebe, Takehito Hagisawa, Satoru Ohsaki, Kazuya Kubo, Cheng Yang, Kenta Aoyagi, Kenta Yamanaka, Akihiko Chiba, TMS2022, 2022.2.27-3.3, Anaheim, USA(Online)
  16. Precipitation strengthening mechanism of a Ti-based alloy manufactured by electron beam melting  
Yujie Cui, Kenta Aoyagi, Kenta Yamanaka, Tadashi Fujieda, Akihiko Chiba, TMS2022, 2022.2.27-3.3, Anaheim, USA(Online)
  17. Optimal Alloy Powder Characteristics for Electron Beam Additive Manufacturing(Invited)  
Akihiko Chiba, Yufan Zhao, Kenta Aoyagi, Kenta Yamanaka, International Conference on Materials and Systems for Sustainability (ICMaSS2021), 2021.11.5, Nagoya, Japan(Online)
  18. Significant alloy powder characteristics for powder-bed fusion type electron beam additive manufacturing(Invited)  
Akihiko Chiba, 2021 JAPAN-TAIWAN Advanced Materials and Semiconductor Technology Workshop, 2021.10.28(Online)
  19. Influence of Thermal Treatments on the Microstructure and Mechanical Properties of Ti-6Al-4V Built by Electron Beam Melting (EBM)  
K.S.N. Sessa, Kenta Yamanaka, Kenta Aoyagi, Akihiko Chiba, Materials Science and Technology 2021 (MS&T21), 2021.10.22, Columbus, USA(Online)
  20. Antibacterial functionalization of titanium surface by the formation of visible light responsive photocatalytic TiO<sub>2</sub> layer  
R. Koizumi, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara, M. Furuya, H. Kanetaka, T. Narushima, The 16th International Workshop on Biomaterials in Interface Science, 2021.9.28, (Online)
  21. Formation of Visible-light-Responsive TiO<sub>2</sub> Layers on Practical Dental Titanium Alloys by Two-step Thermal Oxidation and their Antibacterial Properties  
Kyosuke Ueda, Ryusuke Koizumi, Takatoshi Ueda, Naoki Sato, Koyu Ito, Kouetsu Ogasawara, Takayuki Narushima Joint Symposium on Society for Biomaterials and Japanese Society for Biomaterials, 2022.1.8-10, Hawaii, USA(Online)
  22. Ultrasoft silicone elastomer as a biomimetic scaffold for neuronal cultures (Invited)  
H. Yamamoto, T. Sumi, S. Sato, A. Hirano-Iwata, European Materials Research Society (E-MRS) 2021 Spring Meeting, 2021.5.31-6.3, Strasburg, France (Online)

23. Ultrasoft polydimethylsiloxane as a biomimetic scaffold for neuronal cultures (Invited)  
H. Yamamoto, T. Sumi, S. Sato, A. Hirano-Iwata, 8th Japan-China Nanomedicine Meeting, 2021.6.11-13 (Online)
24. Tuning synchrony in living neuronal networks through neuroengineering (Invited)  
M. Montalà-Flaquer, K. Ide, C. Fernández-López, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, J. Soriano, DynamicsDays 2021, 2021.8.23-27, Nice, France (Online)
25. Polydimethylsiloxane microfluidic films for in vitro engineering of mesoscale neuronal networks (Invited)  
H. Yamamoto, T. Takemuro, N. Monma, S. Sato, A. Hirano-Iwata, 14th International Symposium on Nanomedicine (ISNM2021), 2021.11.17-19, Shimane, Japan (Online)
26. Photoresponse mechanism of a free-standing lipid bilayer membrane doped with fullerene derivatives  
T. Ma, X. Feng, D. Tadaki, A. Hirano-Iwata, The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9), 2021.11.28-12.1, Takamatsu, Japan (Online)
27. Development of Solvent-free Lipid Bilayer Microarray for Parallel Recordings of Transmembrane hERG Channel Activities  
R. Miyata, D. Tadaki, D. Yamaura, S. Araki, M. Sato, M. Komiya, T. Ma, H. Yamamoto, M. Niwano, A. Hirano-Iwata  
The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9), 2021.11.28-12.1, Takamatsu, Japan (Online)
28. Lateral voltage as a new input for artificial lipid bilayer systems (Invited)  
A. Hirano-Iwata, 2021 Next Generation Nanoelectrochemistry Faraday Discussion, 2021.11.29-12.1, United Kingdom (Online)
29. Development of a bio-device for the analysis of ion channel activities based on artificial bilayer lipid membranes (poster)  
M. Komiya, R. Yokota, M. Sato, D. Tadaki, H. Yamamoto, Y. Tozawa, M. Niwano, A. Hirano-Iwata, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021), 2021. 12.16-12.21, Hawaii, USA (Online)
30. The construction of a novel analytical system for ion channels using artificial lipid bilayer based on intramembrane electric fields (poster)  
M. Sato, M. Komiya, K. Kanomata, T. Ma, D. Tadaki, F. Hirose, A. Hirano-Iwata, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021), 2021. 12.16-12.21, Hawaii, USA (Online)
31. Optical manipulation of low index contrast nanoparticles with a nanofiber  
A. Suda, R. Matsuyama, M. Shimura, M. Sadgrove, M. Komiya, A. Hirano-Iwata, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021), 2021. 12.16-12.21, Hawaii, USA (Online).
32. Visible-light-induced photocatalytic activity of nitrogen-doped TiO<sub>2</sub> and functionality (Poster)  
Takayuki MOKUDAI, Misato IWATSU, Hiroyasu KANETAKA, Masakazu KAWASHITA, Keiichi SASAKI, The 5th Symposium for The Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics, and the 4th Symposium on International Joint Graduate Program in Materials Science, 2021.10.25-28 (Online).

#### 【国内会議】

1. Decoupling between thermodynamic and dynamical glass transitions in high-entropy metallic glasses (ポスター)  
Jing Jiang, Zhen Lu, Takeshi Wada, Hidemi Kato, 第140回 金属材料研究所講演会、2021年5月26日 (オンライン)
2. Development of high performance non-equiatomc high entropy alloys (ポスター)  
Daixiu Wei, Tomohito Tsuru, Norihiko L. Okamoto, Tetsu Ichitsubo, Hidemi Kato, 第140回 金属材料研究所講演会、2021年5月26日 (オンライン)
3. 金属液体中の脱成分現象を応用した医療用金属材料の開発 (招待)  
加藤秀実, 3大学医工連携オンラインセミナー ～メタマテリアル・革新的センサー・基礎代謝測定・医療用金属材料, 2021年5月28日 (オンライン)
4. 金属溶湯脱成分におけるポーラス構造粗大化の金属溶湯依存性解明  
黒岩 優太, 和田 武, 加藤 秀実, 第4回 構造材料研究部会, 2021年8月31日 (オンライン)
5. Intermetallic Effect” on Ligament Coarsening during Liquid Metal Dealloying  
Ruirui Song, Jihui Han, Masayuki Okugawa, Takeshi Wada, Hidemi Kato, 第4回 構造材料研究部会、2021年8月31日 (オンライン)
6. Zr-Cu-基バルク金属ガラスのハイエントロピー化がガラス形成能・結晶化・フラジリティに及ぼす影響  
大橋 勇介, 和田 武, 加藤 秀実, 第4回 構造材料研究部会, 2021年8月31日 (オンライン)
7. ハイエントロピー金属ガラスのガラス形成能と動力学的性質 (招待)

- 和田 武, 大橋 勇介, ジャン ジン, 加藤 秀実, 公益社団法人日本セラミックス協会 第 34 回秋季シンポジウム, 2021 年 9 月 1-3 日 (オンライン)
8. 金属溶湯脱成分におけるポーラス構造粗大化の金属溶湯依存性解明  
黒岩 優太, 和田 武, 加藤 秀実, 日本金属学会 2021 年秋期講演大会(第 169 回), 2021 年 9 月 14-17 日 (オンライン)
  9. Intermetallic Effect' on Ligament Coarsening during Liquid Metal Dealloying  
Ruirui Song, Jiuhui Han, Masayuki Okugawa, Takeshi Wada, Hidemi Kato, 日本金属学会 2021 年秋期講演大会(第 169 回), 2021 年 9 月 14-17 日 (オンライン)
  10. Zr-Cu-基バルク金属ガラスのハイエントロピー化がガラス形成能・結晶化・フラジリティに及ぼす影響  
大橋 勇介, 和田 武, 加藤 秀実, 日本金属学会 2021 年秋期講演大会(第 169 回), 2021 年 9 月 14-17 日 (オンライン)
  11. Zr-Cu 基ハイエントロピー金属ガラスのガラス形成能に対する熱力学および速度論的考察  
大橋勇介, 和田武, 加藤秀実, 日本材料学会「材料シンポジウム」第 7 回材料 WEEK, 2021 年 10 月 12-13 日 (オンライン)
  12. Decoupling between thermodynamic and dynamical glass transitions in high-entropy metallic glasses  
Jing JIANG, Hidemi Kato, 粉体粉末冶金協会 2021 年度秋季大会 (第 128 回講演大会), 2021 年 11-9-11 日 (オンライン)
  13. ハイエントロピー合金における塑性変形挙動の温度依存性  
魏 代修, 加藤 秀実, 粉体粉末冶金協会 2021 年度秋季大会 (第 128 回講演大会), 2021 年 11-9-11 日 (オンライン)
  14. Pd20Pt20Ni20Cu20P20 ハイエントロピー金属ガラスのガラス形成能に対する熱力学・速度論的考察  
大橋 勇介, 和田 武, 加藤 秀実, 粉体粉末冶金協会 2021 年度秋季大会 (第 128 回講演大会), 2021 年 11-9-11 日 (オンライン)
  15. 金属溶湯中におけるポーラス FeCr リガメント粗大化の溶湯成分依存性 (ポスター)  
黒岩優太, 和田武, 加藤秀実, 第 141 回金属材料研究所講演会, 2021 年 11 月 30 日-12 月 1 日 (オンライン)
  16. ナノ結晶ハイエントロピー合金薄膜の作製とその結晶粒成長の評価 (ポスター)  
野崎翔吾, 魏代修, 和田武, 加藤秀実, 第 141 回金属材料研究所講演会, 2021 年 11 月 30 日-12 月 1 日 (オンライン)
  17. Zr 基金属ガラス過冷却液体の結晶化挙動に及ぼすハイエントロピー化の影響 (ポスター),  
太田桂介, Jing Jiang, 和田武, 加藤秀実, 第 141 回金属材料研究所講演会, 2021 年 11 月 30 日-12 月 1 日 (オンライン)
  18. Nanoporous Mo-M Alloys Fabricated by Liquid Metal Dealloying for Efficient Hydrogen Evolution Electrocatalysts (ポスター)  
R. Song, J. Han, M. Okugawa, T. Wada, H. Kato, 第 141 回金属材料研究所講演会, 2021 年 11 月 30 日-12 月 1 日 (オンライン)
  19. 金属のポーラス化技術開発とその応用に関する研究  
和田 武, 日本金属学会 2022 年春期大会, 2022 年 3 月 (予定)
  20. ハイエントロピー金属ガラスのガラス形成能と動的機械的性質 (招待講演)  
和田 武, 大橋 勇介, ジャン ジン, 加藤 秀実, 日本金属学会 2022 年春期大会, 2022 年 3 月 (予定)
  21. 磁性材料研究から軟 X 線発光分光に期待するもの (依頼公演)  
梅津理恵 第 35 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム、放射光学会企画講演 (軟 X 線発光分光) 2022 年 1 月 8 日 (オンライン)
  22. Co effect in the precipitation behavior in Cu-Ni-Si alloy  
E.-A. Choi, S.Z. Han, J.H. Ahn, S. Semboshi, J. Lee, S.H. Lim, 日本銅学会, 2021 年 10 月 23-24 日 (オンライン)
  23. 等原子組成比 CuSnZn, CuSnAl, CuSnZnAl 合金の構成相と凝固組織  
永瀬丈嗣, 柴田彰弘, 松室光昭, 武村守, 千星聡, 日本銅学会, 2021 年 10 月 23-24 日 (オンライン)
  24. VCM 板ばね向け超高強度 Cu-Ni-Al 系合金の高強度発現メカニズム  
笠谷周平, 首藤俊也, 兵藤宏, 渡辺宏治, 成枝宏人, 千星聡, 宮本吾郎, 日本銅学会, 2021 年 10 月 23-24 日

(オンライン)

25. Cu-Ni3Al 擬二元系状態図の作成  
安野利希, 千星聡, 金野泰幸, 日本銅学会, 2021年10月23-24日 (オンライン)
26. 高強度-高導電性 Cu-In 合金線材の開発  
阿部泰寛, 千星聡, 正橋直哉, 日本銅学会, 2021年10月23-24日 (オンライン)
27. マグネシウムをドーブしたチタン銅合金の不連続析出挙動  
齋藤嘉一, 鈴木牧生, 千星聡, 佐藤勝彦, 早坂祐一郎, 竹中佳生, 日本銅学会, 2021年10月23-24日 (オンライン)
28. レーザーメタルデポジション法によって作製した炭化物粒子分散型 Ni3(Si,Ti)合金肉盛層の熱処理による組織変化  
神谷咲良, 山口拓人, 萩野秀樹, 千星聡, 金野泰幸, 日本金属学会 2021年秋期大会, 2021年9月14-17日 (オンライン)
29. Ta を添加した Co3Ti 合金の組織と機械的特性  
大西智也, 千星聡, 金野泰幸, 日本金属学会 2021年秋期大会, 2021年9月14-17日 (オンライン)
30. Ni3(Si,Ti)合金の組織と機械的特性に及ぼす合金元素 X (X: Co, Ni, W) 添加の影響  
上村魁, 千星聡, 金野泰幸, 日本金属学会 2021年秋期大会, 2021年9月14-17日 (オンライン)
31. Cu-Ni3Al 擬二元系実験状態図の検討  
安野利希, 千星聡, 金野泰幸, 日本金属学会 2021年秋期大会, 2021年9月14-17日 (オンライン)
32. 高温変形した Ni 基超々合金の微細組織観察  
西山慶太朗, 竹中佳生, 千星聡, 今野豊彦, 金野泰幸, 日本金属学会 2021年秋期大会, 2021年9月14-17日 (オンライン)
33. Cu を含むハイエントロピー合金の偏析現象  
永瀬丈嗣, 田村卓也, 柴田顕弘, 松室光昭, 武村守, 千星聡, 日本金属学会 状態図・計算熱力学研究会 第一回研究会, 2021年6月28日 (オンライン)
34. Cu-20 at.% Ni-6.7 at.% Al 合金における時効析出挙動  
千星聡, 日本金属学会 状態図・計算熱力学研究会 第一回研究会, 2021年6月28日 (オンライン)
35. 50 MeV Kr イオン照射した高温超伝導体の臨界電流密度特性  
末吉哲郎, 山口裕史, 藤吉孝則, 尾崎壽紀, 千星聡, 坂根仁, 西寄照和, 石川法人, 応用物理学会, 2021年9月10-13日 (オンライン)
36. ラメラ組織を有する Cu-Ti 合金の引抜き加工による高強度-高導電性線材の作製  
千星聡, 正橋直哉, 金野泰幸, 日本塑性加工学会, 2021年6月3-5日 (オンライン)
37. An ensemble machine-learning approach for predicting and understanding the characteristics of ball milled powders for PBF-EB process  
Yunwei Gui, Kenta Aoyagi, Akihiko Chiba, 粉体粉末冶金協会 2021年度秋季大会, 2021年11月9-11日 (オンライン)
38. Correlation between microstructure and mechanical properties of water quenched Ti-6Al-4V built by electron beam melting (EBM)  
Sri Naga Sesha Karri, Kenta Yamanaka, Kenta Aoyagi, Akihiko Chiba, 粉体粉末冶金協会 2021年度秋季大会, 2021年11月9-11日 (オンライン)
39. 金属ペーストを用いたレーザー積層造形プロセスにおける溶融挙動と品質に及ぼすバインダーの影響  
衡 威丞, 青柳 健大, 千葉 晶彦, 粉体粉末冶金協会 2021年度秋季大会, 2021年11月9-11日 (オンライン)
40. BMD 法を用いた金属 Additive Manufacturing における緻密化挙動に及ぼすプロセスパラメータの影響  
島 遼翔, 山中 謙太, 卞 華康, 袁 承力, 新田 賢司, 千葉 晶彦, 粉体粉末冶金協会 2021年度秋季大会, 2021年11月9-11日 (オンライン)
41. ボールミリングのガスアトマイズ Ti-48Al-2Cr-2Nb 粉末の電氣的と粉末床特性に対する影響及び PBF-EBM プロセスにスモークメカニズムの解明  
任 勝均, 卞 華康, 柳原 圭司, 青柳 健大, 山中 謙太, 千葉 晶彦, 粉体粉末冶金協会 2021年度秋季大会, 2021年11月9-11日 (オンライン)
42. プラズマ回転電極法における粉末形成に及ぼす電極回転速度と冷却ガスの影響

- 崔玉傑, 沼田春子, 趙宇凡, 山中謙太, 卞華康, 青柳健大, 千葉晶彦, 粉体粉末冶金協会 2021 年度秋季大会, 2021 年 11 月 9-11 日 (オンライン)
43. 電子ビーム積層造形における粉末特性と造形品質の関係  
趙宇凡, 王昊, 青柳健大, 雷雨超, 卞華康, 崔玉傑, 山中謙太, 千葉晶彦, 粉体粉末冶金協会 2021 年度秋季大会, 2021 年 11 月 9-11 日 (オンライン)
  44. プラズマ回転電極法におけるプロセス条件と Ti-6Al-4V 合金の粉末形成との関係  
崔玉傑, 沼田春子, 趙宇凡, 山中謙太, 千葉晶彦, 第 9 回チタン研究者・技術者 研究交流会/第 1 回日本チタン学会 講演大会, 2021 年 11 月 4 日 (オンライン)
  45. Additive Manufacturing により作製した Ti-6Al-4V 合金の量子ビーム組織解析  
山中謙太, 森真奈美, 小貫祐介, 菖蒲敬久, 佐藤成男, 千葉晶彦, 日本塑性加工学会 第 72 回塑性加工連合講演会, 2021 年 10 月 30 日 (オンライン)
  46. 電子ビーム積層造形における粉末特性と溶質トラッピング  
趙宇凡, 卞華康, 王昊, 青柳健大, 崔玉傑, 雷雨超, 山中謙太, 千葉晶彦, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 17 日 (オンライン)
  47. Effects of plasma and atmospheric gases on powder formation during the plasma rotating electrode process (PREP)  
崔玉傑, 沼田春子, 趙宇凡, 山中謙太, 卞華康, 青柳健大, 千葉晶彦, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 17 日 (オンライン)
  48. EBM シングルビード試験で形成した Ni 基超合金 IN-100 の凝固挙動  
長谷部優作, 萩沢武仁, 大崎智, 久保和也, 楊程, 青柳健大, 山中謙太, 千葉晶彦, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 17 日 (オンライン)
  49. Bound Metal Deposition 法を用いた金属 Additive Manufacturing における緻密化挙動とプロセスパラメータの影響  
島遼翔, 山中謙太, 卞華康, 袁承力, 新田賢司, 千葉晶彦, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 17 日 (オンライン)
  50. PREP 粉体を出発原料として製造された EBM-Ti-6Al-4V 合金材の恒温鍛造特性  
榎本流, 松本洋明, 青柳健大, 山中謙太, 千葉晶彦, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 17 日 (オンライン)
  51. AlSi10Mg 電子ビーム積層造形における Mg 濃度と造形物特性の関係  
石神健太, 青柳健大, 卞華康, 千葉晶彦, 橋詰良樹, 田中昭衛, 村上勇夫, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 16 日 (オンライン)
  52. The effect of mechanical ball milling on electrical and powder bed properties of gas atomized Ti-48Al-2Cr-2Nb for suppressing smoke in EBM-AM process  
任勝均, 卞華康, 青柳健大, 山中謙太, 千葉晶彦, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 16 日 (オンライン)
  53. Single bead study on a refractory high-entropy alloy HfMoNbTaTi using PBF-EB  
楊程, 青柳健大, 山中謙太, 長谷部優作, 萩沢武仁, 千葉晶彦, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 16 日 (オンライン)
  54. Mechanical Surface Treatments on Inconel 718 Powders for Controlling the Powder Bed Charging in PBF-EB  
劉方舟, 青柳健大, 柳原圭司, 伊藤桂介, 千葉晶彦, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 16 日 (オンライン)
  55. 実験とシミュレーションによる積層造形用金属粉末の流動性評価  
趙宇凡, 崔玉傑, 卞華康, 山中謙太, 青柳健大, 千葉晶彦, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 16 日 (オンライン)
  56. An influence of superheating on the microstructure of cast Al-Si alloy  
卞華康, 青柳健大, 山中謙太, 千葉晶彦, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 16 日 (オンライン)
  57. 積層造形用電子ビームによる TiB<sub>2</sub> 粒子分散型高剛性鋼の溶融凝固挙動  
松尾優太郎, 青柳健大, 卞華康, 山中謙太, 鴨雄貴, 前田千芳利, 千葉晶彦, 日本金属学会 2021 年度秋期講演大会, 2021 年 9 月 15 日 (オンライン)
  58. 電子ビーム積層造形における合金粉末床のボールミル処理による”スモーク”抑制効果

- 千葉 晶彦, 青柳 健大, 台野 洋平, 工藤 貴浩, 粉体粉末冶金協会 2021 年度春季大会, 2021 年 6 月 1-3 日 (オンライン)
59. 実験と離散要素法による積層造形用インコネル 718 合金粉末の流動性評価  
趙 宇凡, 崔 玉傑, 卞 華康, 山中 謙太, 青柳 健大, 千葉 晶彦, 粉体粉末冶金協会 2021 年度春季大会, 2021 年 6 月 1-3 日 (オンライン)
  60. AlSi10Mg 電子ビーム積層造形条件の検討  
石神 健太, 青柳 健大, 卞 華康, 千葉 晶彦, 橋詰 良樹, 田中 昭衛, 村上 勇夫, 粉体粉末冶金協会 2021 年度春季大会, 2021 年 6 月 1-3 日 (オンライン)
  61. プラズマ回転電極法における粉末形成に及ぼすプロセス条件の影響  
崔 玉傑, 趙 宇凡, 沼田 春子, 若生 公郎, 卞 華康, 青柳 健大, 山中 謙太, 千葉 晶彦, 粉体粉末冶金協会 2021 年度春季大会, 2021 年 6 月 1-3 日 (オンライン)
  62. コールドスプレー法を用いた炭素繊維強化プラスチックの Metallization とマルチマテリアル構造の創製 (基調)  
山中 謙太, マルチマテリアル研究拠点第 4 回シンポジウム, 2022 年 1 月 24 日, 東北大学 (オンライン)
  63. Bound Metal Deposition 法による金属積層造形 (招待)  
山中 謙太, 2021 年度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ブロック講演会, 2021 年 9 月 29 日 (オンライン)
  64. Additive Manufacturing を用いた高機能金属材料の開発 (招待)  
山中 謙太, 日本材料学会東北支部 第 1 回材料工学サマーセミナー, 2021 年 9 月 24 日 (オンライン)
  65. 高温酸化反応から見るチタン・チタン合金の熱力学  
成島 尚之, 日本チタン学会・日本チタン協会産学連携委員会共同主催行事 2021 年度第 1 回 WEB 教育講演「チタンの基礎・応用に関する教育講座」, 2021 年 6 月 18 日 (オンライン)
  66. チタン表面に作成した炭素含有 TiO<sub>2</sub> 膜の短時間可視光照射条件における抗菌性評価  
古泉 隆祐, 島田 啓太, 上田 恭介, 伊藤 甲雄, 小笠原 康悦, 古谷 真衣子, 金高 弘恭, 成島 尚之, 日本金属学会第 169 回大会(2021 年秋期), 2021 年 9 月 14-17 日 (オンライン)
  67. チタンの表面処理による抗菌機能化 (基調講演)  
成島 尚之, 2021 年度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ブロック講演会 バイオマテリアル研究の深化: セオリーとアプリケーション, 2021 年 9 月 29-30 日 (オンライン)
  68. スtent用 Co-Cr 合金チューブの機械的特性 (ポスター)  
武田 春星, 植木 洗輔, 上田 恭介, 成島 尚之, 2021 年度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ブロック講演会 バイオマテリアル研究の深化: セオリーとアプリケーション, 2021 年 9 月 29-30 日(オンライン)
  69. チタンの二段階熱酸化法による可視光応答型 TiO<sub>2</sub> 膜の作製とその抗菌性評価  
上田 恭介, 古泉 隆祐, 成島 尚之, 第 9 回日本チタン協会「チタン研究者・技術者研究交流会」、第 1 回日本チタン学会講演大会, 2021 年 11 月 4 日(オンライン)
  70. Change in microstructure of biomedical Co-Cr-W-Ni alloys with C addition (ポスター)  
Sukma Suci Friandani, Kyosuke Ueda, Takayuki Narushima, 第 4 回 日本金属学会第 7 分野講演会「金属系バイオマテリアルサイエンスの新展開(III)」, 2021 年 12 月 11 日(オンライン)
  71. 生体用 Co-Cr-Mo 合金の析出挙動に及ぼす加工熱処理の影響 (ポスター)  
橋本 航, 上田 恭介, 成島 尚之, 第 4 回 日本金属学会第 7 分野講演会「金属系バイオマテリアルサイエンスの新展開(III)」, 2021 年 12 月 11 日(オンライン)
  72. X 線造影性を有するステント用 Co-Cr-W-Pt 系合金の微細組織 (ポスター)  
本田 有作, 上田 恭介, 成島 尚之, 第 4 回 日本金属学会第 7 分野講演会「金属系バイオマテリアルサイエンスの新展開(III)」, 2021 年 12 月 11 日(オンライン)
  73. ステント用 NiTi 合金の微細組織に及ぼす希土類添加の影響 (ポスター)  
柴崎 大侑, 上田 恭介, 成島 尚之, 令和 3 年度 第 20 回日本金属学会東北支部研究発表大会, 2021 年 12 月 17 日(オンライン)
  74. 二段階法により作製した TiO<sub>2</sub> 膜の構造および光触媒活性に及ぼす酸化処理条件の影響  
古泉 隆祐, 上田 恭介, 伊藤 甲雄, 小笠原 康悦, 成島 尚之, 日本金属学会第 170 回大会, 2022 年 3 月 15-17 日

75. Microstructure of Biomedical Co-Cr-W-Ni Alloys with Carbon Addition during Heat Treatment  
Sukma Suci Friandani, Kyosuke Ueda, Takayuki Narushima, 日本金属学会第 170 回大会, 2022 年 3 月 15-17 日
76. 神経回路機能の *in vitro* 操作のためのバイオ界面制御技術 (招待)  
山本 英明, 竹室 汰貴, 住 拓磨, 佐藤 有弥, 守谷 哲, 平野 愛弓, 佐藤 茂雄, Jordi Soriano, 第 44 回日本神経科学大会, 2021 年 7 月 28-31 日, 神戸コンベンションセンター (ハイブリッド)
77. マイクロパターン培養神経回路に対する光摂動系の構築  
竹室 汰貴, 山本 英明, 脇村 桂, 住 拓磨, 金野 智浩, 佐藤 茂雄, Jordi Soriano, 平野 愛弓, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 2021 年 9 月 10-13 日 (オンライン)
78. 多点電極アレイ上でのモジュール構造型培養神経回路のパターニング (ポスター)  
佐藤 有弥, 山本 英明, 竹室 汰貴, 住 拓磨, 酒井 原一守, 谷井 孝至, 佐藤 茂雄, 平野 愛弓, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 2021 年 9 月 10-13 日 (オンライン)
79. ナノバブル溶液における核スピン-格子緩和時間  
岩田 一樹, 馬 騰, 但木 大介, 平野 愛弓, 庭野 道夫, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 2021 年 9 月 10-13 日 (オンライン)
80. 金属細線電極を用いた PVDF 圧力マッピングセンサの作製  
但木 大介, 松本 晋太郎, 山宮 慎, 馬 騰, 今井 裕司, 平野 愛弓, 庭野 道夫, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 2021 年 9 月 10-13 日 (オンライン)
81. リポソームの合体・融合現象  
庭野 道夫, 山口 政人, 岩田 一樹, 馬 騰, 小宮 麻希, 但木 大介, 平野 愛弓, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 2021 年 9 月 10-13 日 (オンライン)
82. 人工脂質二重膜内電界制御に基づく新規イオンチャネル機能評価システムの構築  
佐藤 まどか, 小宮 麻希, 鹿又 健作, 馬 騰, 但木 大介, 廣瀬 文彦, 平野 愛弓, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 2021 年 9 月 10-13 日 (オンライン)
83. 帰還接続における伝搬遅延による STDP シナプスの選別 (ポスター)  
望月 直樹, 石田 実穂子, 鞍掛 碧流, 池田 翔, 山本 英明, 平野 愛弓, 谷井 孝至, 第 31 回日本神経回路学会全国大会, 2021 年 9 月 21-23 日 (オンライン)
84. 人工神経回路への 2 針電極による刺激と応答計測 (ポスター)  
鞍掛 碧流, 望月 直樹, 池田 翔, 岸野 颯馬, 小熊 奏一郎, 藤原 彩, 山本 英明, 平野 愛弓, 谷井 孝至, 第 31 回日本神経回路学会全国大会, 2021 年 9 月 21-23 日 (オンライン)
85. リザーブ計算に基づく人工神経細胞回路のパターン分類特性の評価 (ポスター)  
住 拓磨, 山本 英明, 守谷 哲, 竹室 汰貴, 金野 智浩, 佐藤 茂雄, 平野 愛弓, 第 31 回日本神経回路学会全国大会, 2021 年 9 月 21-23 日 (オンライン)
86. 膜内電圧制御に基づく新たな人工細胞膜イオンチャネル解析系の構築 (ポスター)  
小宮 麻希, 佐藤 まどか, 鹿又 健作, 渡辺 恭也, 安藤 大貴, 陰山 弘典, 馬 騰, 横田 滯央, 但木 大介, 山本英明, 戸澤 譲, 廣瀬 文彦, 庭野 道夫, 平野 愛弓, 日本分析化学会第 70 年会, 2021 年 9 月 22-24 日 (オンライン)
87. マイクロパターン培養神経回路のリザーブ計算特性の解析  
住 拓磨, 山本 英明, 守谷 哲, 竹室 汰貴, 金野 智浩, 佐藤 茂雄, 平野 愛弓, 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング(NC)研究会, 2021 年 10 月 28-29 日 (オンライン)
88. ナノバブルの界面構造と粒径分布  
庭野 道夫, 岩田 一樹, 馬 騰, 但木 大介, 平野 愛弓, 表面真空学会 2021 年学術講演会, 2021 年 11 月 3-5 日 (オンライン)
89. 人工脂質二分子膜系の新入力としての膜平行電圧の導入  
渡辺 恭也, 佐藤 まどか, 小宮 麻希, 鹿又 健作, 馬 騰, 但木 大介, 廣瀬 文彦, 平野 愛弓, 表面真空学会 2021 年学術講演会, 2021 年 11 月 3-5 日 (オンライン)
90. 人工脂質二分子膜内電界のイメージングプラットフォームの構築 (ポスター)  
陰山 弘典, 安藤 大貴, 佐藤 まどか, 小宮 麻希, 馬 騰, 鹿又 健作, 廣瀬 文彦, 平野 愛弓, 表面真空学



会 2021 年学術講演会, 2021 年 11 月 3-5 日 (オンライン)

91. バイオ界面制御による神経回路機能の人工再構成 (招待講演)  
山本 英明, 平野 愛弓, 佐藤 茂雄, 薄膜材料デバイス研究会第 18 回研究集会, 2021 年 11 月 11-12 日 (オンライン)
92. Dynamical richness defined by modular organization in engineered neuronal networks (招待講演)  
山本 英明, 平野 愛弓, 佐藤 茂雄, 第 99 回日本生理学会大会, 2022 年 3 月 16-18 日, 東北大学
93. 口唇裂手術後の口唇領域に関する体性感覚誘発磁界  
北山 ちひろ, 日原 大貴, 菅野 彰剛, 中里 信和, 五十嵐 薫, 金高 弘恭, 第 77 回東北大学歯学会, 2021 年 6 月 11 日 (オンライン)
94. スイッチ磁界に対する磁性ナノ粒子の応答性を利用した多菌種検出  
高橋 隼之介, 小野寺 英彦, 村山 徹, トンタット ロイ, 沖田 和彦, 桑波田 晃弘, 藪上 信, 大坪 和香子, 横田 琴音, 古谷真衣子, 金高 弘恭, 三浦 由則, 高橋 英樹, 第 45 回日本磁気学会学術講演会, 2021 年 8 月 31 日-9 月 2 日 (オンライン)
95. 水熱合成した中性子捕捉療法用ホウ酸ガドリニウムナノ粒子の構造と細胞毒性  
三上 敬太, 金高 弘恭, 古 谷真衣子, 横田 琴音, 西條 芳文, 横井 太史, 川下 将一, 日本セラミックス協会第 34 回秋季シンポジウム, 2021 年 9 月 1-3 日 (オンライン)
96. ナノバブルの殺菌作用  
馬 騰, 山口 政人, 渡部 芳彦, 但木 大介, 平野 愛弓, 金高 弘恭, 庭野 道夫, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 2021 年 9 月 10-13 日 (オンライン)
97. Label-free identification of bacterial species and their culture phases using autofluorescence lifetime measurements (ポスター)  
幡本 拓哉, 梶本 真司, 炭谷 双葉, 古谷 真衣子, 横田 琴音, 金高 弘恭, 中林 孝和, 化学系学協会東北大会/Joint Meeting of the Tohoku Area Chemistry Societies, 2021 年 10 月 3 日 (オンライン)
98. 口蓋形成術後の片側性唇顎口蓋裂患者の口蓋電気刺激による体性感覚誘導磁界反応 (ポスター)  
島田 栄理遣, 日原 大貴, 北山 ちひろ, 菅野 彰剛, 中里 信和, 五十嵐 薫, 金高 弘恭, 第 80 回日本矯正歯科学会学術大会&第 5 回国際会議, 2021 年 11 月 3-5 日, パシフィコ横浜 (ハイブリッド)
99. 刺激時の疼痛における電気刺激に対する磁気刺激の優位性 ~刺激皮膚面積の影響~  
阿部 玄治, Jia Xiaoqing, Lina Tuerxun, 森 仁, 八島 建樹, 金高 弘恭, 出江 紳一, 第 51 回日本臨床神経生理学会学術大会, 2021 年 12 月 16-18 日, 仙台国際センター (ハイブリッド)
100. 矯正学的歯の移動による疼痛に対する脳機能学的評価  
島田 栄理遣, 金高 弘恭, 日原 大貴, 菅野 彰剛, 中里 信和, 五十嵐 薫  
第 51 回日本臨床神経生理学会学術大会, 2021 年 12 月 16-18 日, 仙台国際センター (ハイブリッド)
101. 体性感覚誘発磁界を用いた歯科インプラント触圧覚受容の検討  
日原 大貴, 金高 弘恭, 菅野 彰剛, 島田 栄理遣, 北山 ちひろ, 中里 信和, 佐々木 啓一  
第 51 回日本臨床神経生理学会学術大会, 2021 年 12 月 16-18 日, 仙台国際センター (ハイブリッド)
102. 室内空間における pH 調整電解水噴霧による殺菌効果  
目代 貴之, 岩井 邦雄, 白土 翠, 中村 圭祐, 菅野 太郎, 庭野 吉己, 日本防菌防黴学会第 48 回年次大会  
9 月 8-9 日(オンライン)

#### 【受賞】

1. 金属材料研究所第 141 回講演会 優秀ポスター賞  
「ナノ結晶ハイエントロピー合金薄膜の作製とその結晶粒成長の評価」  
野崎翔吾, 魏代修, 和田武, 加藤秀実, 2021 年 12 月 1 日
2. 日本銅学会 第 61 回講演大会 第 55 回 論文賞  
「エッチング加工性に優れた Cu-Ni-Co-Si 系高強度銅合金の開発」  
姜婉青, 兵藤宏, 渡辺宏治, 成枝宏人, 千星聡, 2021 年 10 月 23 日
3. 東北大学 研友会「本間記念賞」千星 聡, 2021 年 5 月 21 日
4. 2021 年度日本塑性加工学会東北・北海道支部若手研究発表会 優秀ポスター発表賞,  
松尾 優太郎, 2021 年 12 月 13 日

5. 第 80 回日本矯正歯科学会学術大会 & 第 5 回国際会議 優秀演題賞  
「口蓋形成術後の片側性唇顎口蓋裂患者の口蓋電気刺激による体性感覚誘導磁界反応」  
島田栄理遣, 日原大貴, 北山ちひろ, 菅野彰剛, 中里信和, 五十嵐薫, 金高弘恭, 2021 年 11-5 日
6. 令和 3 年度 第 20 回日本金属学会東北支部研究発表大会 優秀ポスター賞  
「ステント用 NiTi 合金の微細組織に及ぼす希土類添加の影響」  
柴崎大侑, 上田恭介, 成島尚之, 2021 年 12 月 17 日
7. 第 4 回 日本金属学会第 7 分野講演会「金属系バイオマテリアルサイエンスの新展開(III)」 最優秀ポスター賞  
“Change in microstructure of biomedical Co-Cr-W-Ni alloys with C addition”  
Sukma Suci Friandani, 上田恭介, 成島尚之, 2021 年 12 月 11 日
8. 第 4 回 日本金属学会第 7 分野講演会「金属系バイオマテリアルサイエンスの新展開(III)」 優秀ポスター賞  
「生体用 Co-Cr-Mo 合金の析出挙動に及ぼす加工熱処理の影響」  
橋本航, 上田恭介, 成島尚之, 2021 年 12 月 11 日
9. 第 4 回 日本金属学会第 7 分野講演会「金属系バイオマテリアルサイエンスの新展開(III)」 優秀ポスター賞  
「X 線造影性を有するステント用 Co-Cr-W-Pt 系合金の微細組織」  
本田有作, 上田恭介, 成島尚之, 2021 年 12 月 11 日
10. 非線形ワークショップ 2021 夏合宿 優秀ポスター賞  
「FORCE 法によって訓練された再帰的ニューラルネットワークのグラフ理論的解析」藤本ありさ, 山本英明, 守谷 哲, 佐藤茂雄, 2021 年 9 月 1 日

#### 【プレスリリース】

1. 「ガラス形成の謎に迫る 金属ガラスのハイエントロピー化に伴う 2 つのガラス遷移温度のデカップリング現象を観測」  
Decoupling between calorimetric and dynamical glass transitions in high-entropy metallic glasses,  
Jing Jiang, Zhen Lu, Jie Shen, Takeshi Wada, Hidemi Kato & Mingwei Chen, Nature Communications, 12(1), (2021), 3843,  
2021 年 6 月 23 日
2. 「Society 5.0 実現への材料探索に！スピントロニクス材料の電子構造を可視化する新たな測定技術」  
藤原秀紀, 関山明教授, 梅津理恵, 菅滋正, 小口多美夫, 黒田文彬, 入澤明典, 原田慈久, 宮脇淳,  
“Detecting halfmetallic electronic structures of spintronic materials in a magnetic field”, H. Fujiwara, R.Y. Umetsu,  
F. Kuroda, J. Miyawaki, T. Kashiuchi, K. Nishimoto, K. Nagai, A. Sekiyama, A. Irizawa, Y. Takeda, Y. Saitoh, T. Oguchi, Y. Harada, and S. Suga, Scientific Reports, 2021 年 9 月 21 日

#### 【特許】

1. 銅-チタン-マグネシウム合金およびその製造方法  
【出願人】 斎藤嘉一, 鈴木牧生, 佐藤勝彦, 千星聡, 早坂祐一郎, 竹中佳生  
【出願番号】 特願 2021-091681 (2021 年 5 月 31 日)

## 6 大学連携共通行事

### 六研連携プロジェクト「キックオフシンポジウム」

開催日：令和3年7月19日

開催形式：オンライン開催（大阪大学主催）

### **ICMaSS2021 国際会議 (International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA))**

開催日：令和3年11月4-5日

開催形式：オンライン開催（名古屋大学主催）

発表者および題目：

招待講演

- 千葉 晶彦  
“Optimal Alloy Powder Characteristics for Electron Beam Additive Manufacturing”
- 魏 代修  
“Development of strong and ductile high entropy alloys”

## 会議・行事報告

### The 16th International Workshop on Biomaterials in Interface Science (主催)

開催日：令和3年9月28日

開催形式：オンライン開催

参加者：75名

発表件数：招待講演4件、口頭発表16件

令和3年9月28日に国際研究会“The 16th International Workshop on Biomaterials in Interface Science”を開催しました。本研究会は、生物-非生物間の現象解明を通してインプラントや人工骨などの生体材料研究の発展を目的とし、これまで東北大学金属材料研究所、歯学研究科、医工学研究科が連携し開催してきました。前年度に引き続き、新型コロナウイルスの影響により国内外の研究者にはオンラインで参加していただきました。

The University of Sydney の Qing Li 先生、National Dental Research Institute Singapore の Bee Tin GOH 先生、Universiti Malaysia Perlis の Ruslizam DAUD 先生、University of Turku Finland の Miho NAKAMURA 先生に招待講演を行っていただきました。

参加者数75名のうち海外からの参加者は4名、六研関係者(医科歯科大)は11名、女性研究者は13名でした。“Oral Health Care”, ”Bioengineering”, “Young investigators”, “Biomaterials”と4つのセッションに分かれ活発な議論が行われました。

**Schedule at a Glance**

28 Sep. 2021			
Chair	Time	No.	Speaker
<b>Opening Reception</b>			
8:30 - 9:15	Opening address		Takanori FUJIKURA
<b>Session I: Oral Health Care</b>			
9:30 - 9:45	1-01	Invited Lecture	Qing LI
9:45 - 9:50	1-02	Invited Lecture	Bee Tin GOH
10:10 - 10:15	0-01	Oral talk	Ruslizam DAUD
10:20 - 10:25	0-02	Oral talk	Shin YUKIYAMA
10:30 - 10:35	0-03	Oral talk	MIHO NAKAMURA
<b>Session II: Bioengineering</b>			
10:45 - 10:50	1-03	Invited Lecture	Chang Tsung SAUJAN & Tetsuya KODAMA
11:00 - 11:10	0-04	Oral talk	Ruslizam DAUD
11:15 - 11:25	0-05	Oral talk	MIHO NAKAMURA
11:30 - 11:40	0-06	Oral talk	Masahiko AKIYOSHI
11:45 - 11:55	0-07	Oral talk	Takanori FUJIKURA
12:00 - 12:05	0-08	Oral talk	Ruslizam DAUD
12:30 - 12:35	0-09	Break	
<b>Session III: Young Investigators</b>			
13:15 - 13:25	0-10	Oral talk	Chang Tsung SAUJAN & Tetsuya KODAMA
13:30 - 13:40	0-11	Oral talk	MIHO NAKAMURA
13:45 - 13:55	0-12	Oral talk	MIHO NAKAMURA
14:00 - 14:10	0-13	Oral talk	MIHO NAKAMURA
14:15 - 14:25	0-14	Oral talk	MIHO NAKAMURA
14:30 - 14:40	0-15	Oral talk	MIHO NAKAMURA
<b>Session IV: Biomaterials</b>			
14:50 - 15:00	1-04	Invited Lecture	Chang Tsung SAUJAN & Tetsuya KODAMA
15:05 - 15:15	0-16	Oral talk	MIHO NAKAMURA
15:20 - 15:30	0-17	Oral talk	MIHO NAKAMURA
15:35 - 15:45	0-18	Oral talk	MIHO NAKAMURA
15:50 - 16:00	0-19	Oral talk	MIHO NAKAMURA
<b>Closing Reception</b>			
16:30 - 17:15	Closing address		Takanori FUJIKURA

**Interface Summer Seminar 2021**  
The 16th International Workshop on Biomaterials in Interface Science

Sponsored by Graduate School of Dentistry, Biomedical Engineering, Engineering, Institute for Materials Research, Tohoku University  
Tokyo Medical and Dental University  
Global Institute for Materials Research Tohoku (GIMRT)

**Date and Time**  
Sep. 28, 2021 (Tue.) 9:00 - 16:30  
Online meeting (held at Webinar)

**Topics**  
① Oral Health Care  
② Bioengineering  
③ Biomaterials  
④ Young investigators

Online registration

Please register by **Sep. 26, 2021 (Sun.)**, Japan standard time.  
※We will send the URL for participating in the seminar to all the applicants by the date of the seminar.

URL: <https://forms.gle/ohavRqnbJnXxuerM6>

Contact: Division for Interdisciplinary Integration,  
Liaison Center for Innovative Dentistry, Tohoku University  
Email: [kanetaka@dent.tohoku.ac.jp](mailto:kanetaka@dent.tohoku.ac.jp)

# 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 東北ブロック講演会(協賛)

開催日：令和3年9月29-30日

開催形式：オンライン開催


参加者：123名

発表件数：招待講演4件、基調講演6件

令和3年9月29-30日にバイオ・医療機器材料分野の連携強化と若手研究育成を目的とした「バイオマテリアル研究の深化：セオリーとアプリケーション」が開催され、本プロジェクトも協賛しました。

本会議の金属バイオマテリアルのセッションでは、本プロジェクト連携教員である成島尚之教授が基調講演を山中謙太准教授が招待講演をそれぞれ行いました。また、特別セッションでは6研メンバーである塙隆夫先生(東京医科歯科大学)に基調講演を行っていただきました。

教職員52名、学生47名、企業からの参加者24名が参加し、学生によるポスター発表も行われ、活発な意見交換の場となりました。



**2021年度 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ブロック講演会**

## バイオマテリアル研究の深化：セオリーとアプリケーション

**基調講演・招待講演**  
(9/29(水) 9:00~15:50, 9/30(木) 9:05~9:50)

**金属バイオマテリアル**  
基調講演 成島尚之(東北大院 工 教授), 基調講演 市坪 哲(東北大 金研 教授),  
招待講演 山中謙太(東北大 金研 准教授)

**セラミックスバイオマテリアル**  
基調講演 松永亮志(名大院 工 教授), 基調講演 山本 修(山形大 学術研究院 教授)

**高分子バイオマテリアル**  
基調講演 石原一彦(大阪大 特任教授・東大 名誉教授)

**歯科領域における組織学・バイオマテリアル**  
招待講演 長谷川哲吾(北大院 歯 助教), 招待講演 山田智博(東北大院 歯 准教授)

**日本バイオマテリアル学会 会長講演** (9/29 (水) 15:05~15:50)  
山岡哲二(国立循環器病研究センター 生体医工学部 部長・日本バイオマテリアル学会 会長)

**特別セッション** (9/30(木)9:50~11:50)  
「バイオマテリアルの深化：セオリーとアプリケーション」  
基調講演 塙 隆夫(東京医科歯科大 生材研 教授)  
招待講演 筒井 生(花王株式会社 パーソナルヘルスケア研究所)  
パネル討論 (30分) Keynoteコメント 中岡竜介(国立医薬品食品衛生研究所 医療機器部 室長)

**学生発表** (15件程度, 9/29(水)16:00~17:30)  
**ポスター発表・審査**

**開催日** 令和3年(2021年)9月29日(水)~9月30日(木)

**会場** Zoomによるオンライン開催(live) **参加費** 無料

**参加申込先** 東北大学 大学院歯学研究科 顎口腔機能創生学分野 濱井 瞭  
Email: ryo.hamai.a3@tohoku.ac.jp  
氏名, 所属, メールアドレスを明記のこと, 申込締切 9/22(水)

**主催**：東北大学金属材料研究所共同研究ワークショップ 共催：日本金属学会東北支部  
日本バイオマテリアル学会東北ブロック 軽金属学会東北支部

**協賛**：国際・産学連携インヴァージョン材料創出プロジェクト  
日本鉄鋼協会東北支部

**東北ブロックの学生ポスター発表募集 (申込締切: 8/30(月))**

東北ブロックの学生ポスター発表を募集いたします。本ワークショップ・講演会から、優れた発表を優秀ポスター発表賞として表彰いたします。

申込：上記申込先にて 1. 発表者・共著者氏名, 2. 所属, 3. 演題, 4. 連絡先 明記のこと



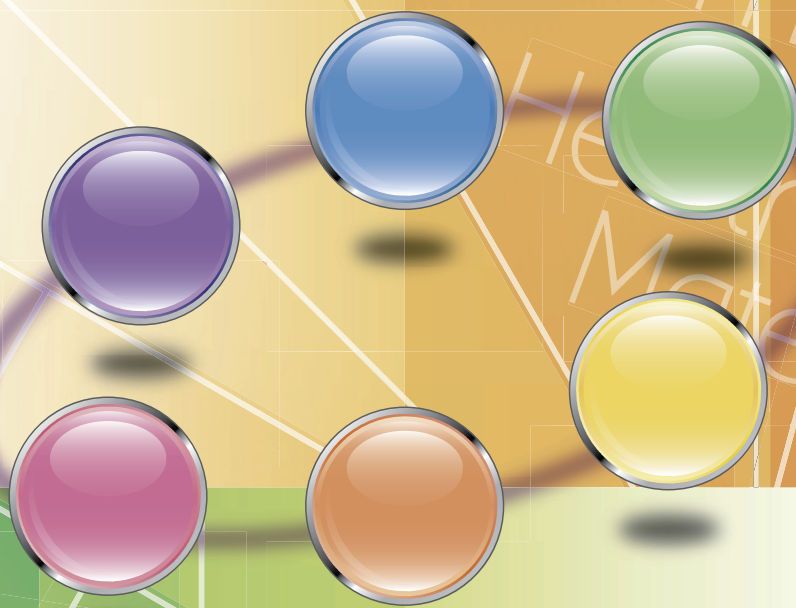
# NEWS LETTER

2021.9  
Vol.1 No.1

## 6大学連携・出島プロジェクトニュース

国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト(出島プロジェクト)

Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture(DEJ<sup>2</sup>MA Project)



### Publication contents

次代のマテリアル研究開発に向けた新概念「インヴァースイノベーション」に 基づく出島プロジェクトの挑戦	1
プロジェクトの成果	2
令和3年度行事リスト	5
受賞など	5
キックオフシンポジウム	5
令和3年度6大学連携プロジェクト研究課題	6

国際・産学連携  
インヴァースイノベーション  
材料創出プロジェクト

# 次代のマテリアル研究開発に向けた新概念「インヴァースイノベーション」に基づく出島プロジェクトの挑戦



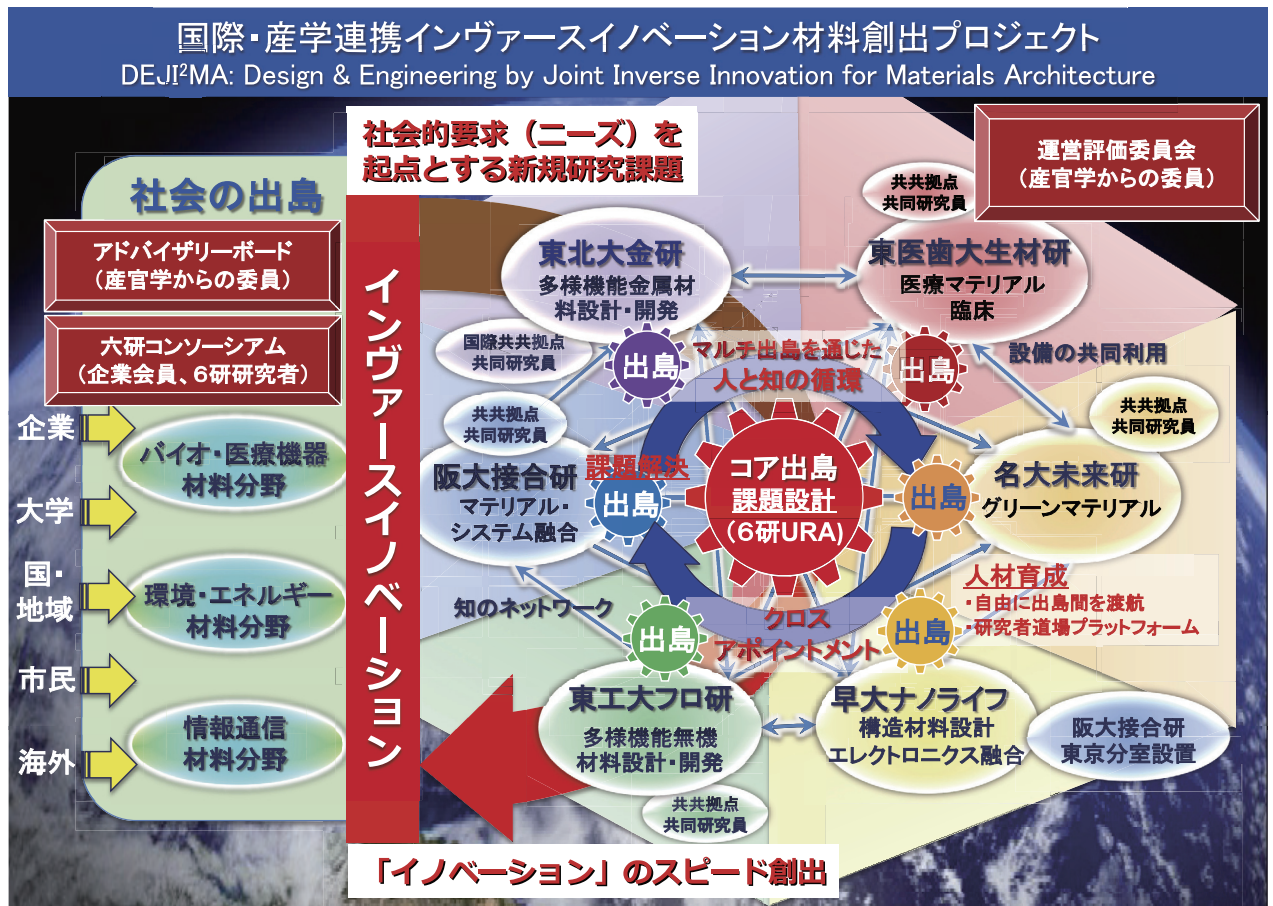
大阪大学  
接合科学研究所  
所長 田中 学

令和3年4月1日より「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト-DEJI<sup>2</sup>MA: Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture-」がスタートしました。新型コロナウイルス感染症COVID-19のパンデミックにより、天気晴朗とは言えない荒波の中、6研究所の有志が政府戦略「マテリアル革新力強化」に資するべく、次代のマテリアル研究開発と人材育成の在り方を形づくるとい志を実現するために、いま出帆しました。

本プロジェクトは、「出島プロジェクト」を愛称として、東北大学金属材料研究所、東京工業大学フロンティア材料研究所、名古屋大学未来材料・システム研究所、東京医科歯科大学生体材料工学研究所、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構、そして大阪大学接合科学研究所の6つが連携して取り組みます。先の「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」の実績を踏まえながらも、6大学6研究所の連携研究体制を格段に発展・強化し、3分野（バイオ・医療機器材料分野、環境・エネルギー材料分野、情報通信材料分野）での課題解決とイノベーション創出の加速化と社会実装の迅速化を通じて、マテリアル革新力の強化を図ると共に、我が国が世界を先導する新材料技術の創成を目指します。

具体的には、新概念「インヴァースイノベーション」に基づいて、社会的要求を起点に「コア出島」で課題設計し、6大学6研究所の専門性の垣根を越えた「マルチ出島」を通じて人と知の循環で課題解決を図ることで、上記3分野における課題解決と国家的・社会的課題の解決に資するイノベーション創出を加速化し、社会実装を迅速化するものです。すなわち、本プロジェクトは、国立大学共同利用・共同研究拠点を含む全国的な拠点間ネットワーク連携によって、先鋭的な研究力を有する各々の単独拠点のメリットを生かしながら、拠点間の学際融合・異分野融合による「知」のネットワーク連携によって初めて、単独拠点だけでは課題設定すら困難であった社会からの要望を研究課題として設定し、多様な社会ニーズに対してスピード感をもって応える、新しいスタイルの共同研究プロジェクトです。

大阪大学接合科学研究所は、本プロジェクトの主幹校として、材料をつなぐ溶接・接合分野と産学共創の強みを生かしながら社会の出島を意識して、イノベーションのスピード創出に繋がるように鋭意努めてまいり所存です。皆様のご協力とご支援を何卒よろしく申し上げます。





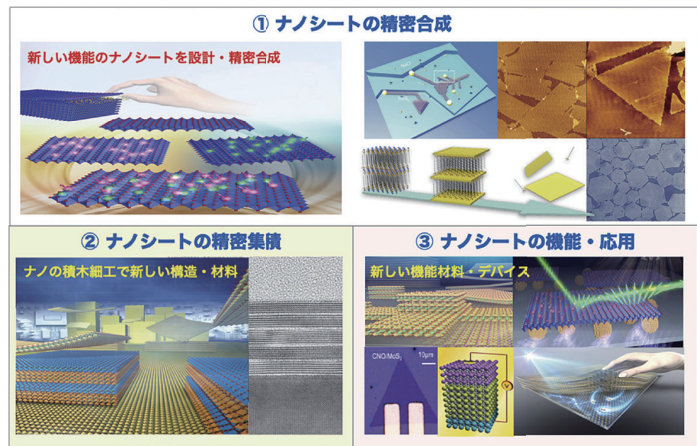
環境・  
エネルギー材料  
分野

名古屋大学 未来材料・システム研究所

## ナノマテリアルが拓く新しい環境・エネルギー材料技術

AI、バイオ、量子などの先端技術分野の強化、SDGsの達成、資源・環境制約など、あらゆる領域からマテリアル革新力強化が求められており、そのコア技術として次世代ナノマテリアルへの期待は大きい。名大グループでは、資源・エネルギー・環境問題の解決に寄与する新しいナノ材料技術の創製を目指した研究を進めています。こうした目的のため、名大グループでは、材料設計からプロセス、機能、応用までをシームレスに連携できる体制をとっており、計算流体力学の内山知実教授、多孔質材料の中西和樹教授、環境浄化触媒の小澤正邦教授、スピエレクトロニクスの水口将輝教授、ナノ材料化学の長田(名古屋大学未来材料・システム研究所 材料創製部門 部門長・教授、名大PL)がコアメンバーとして参画しています。本稿では、我々、長田研究室の取り組みを紹介します。

長田研究室では、厚さ約1nmの2次元物質(ナノシート)を対象に、精密合成、高次構造体の構築、機能開拓などを行い、新しい環境調和型電子材料や環境・エネルギー材料の開発を進めています。特に、多彩な機能を有する無機ナノシートを対象に、ナノシートの精密合成と機能開拓を行い、グラフェンを凌駕する新材料の開拓を目指した研究を進めています。また、ナノシートの応用展開も進めており、異種材料接着・接合技術によるマルチマテリアル化、高速・液相コーティング技術、スマートラボラトリアによる省エネ薄膜製造などに取り組み、従来材料を凌駕する創電・蓄電材料の開発とそのデバイス応用を進めています。



環境・  
エネルギー材料  
分野

大阪大学 接合科学研究所

## ナノキューブを用いた低温作動固体酸化物形燃料電池 (新規平板空気極支持型セル構造)

大阪大学接合科学研究所の大原特任教授のグループでは、金属やセラミックスナノクリスタルの高次構造制御に取り組んでいます。水熱反応場に有機分子を共存させ、そのキャッピング接合によりナノクリスタルのサイズ・形状・結晶面・結晶構造等を制御するものです(図1)。本研究では高活性な(100)面を有するガドリニウムドーパセリアナノキューブ(図2)を固体酸化物形燃料電池の電極や電解質に適用し、現状の発電性能を凌駕する次世代の低温作動固体酸化物形燃料電池の開発を目指します。具体的には名古屋大学未来材料・システム研究所の小澤教授グループと共同で、ナノキューブ(図2)の低温焼結機能を活用し、これまでに作製が不可能であった新規平板空気極支持型セル構造(図3)の作製を試み、革新的高出力密度(500°C作動で1W/cm<sup>2</sup>以上)の実現に取り組めます。本発電性能が達成できれば低温作動固体酸化物形燃料電池の実用化にブレークスルーを引き起こすことが大いに期待できます。

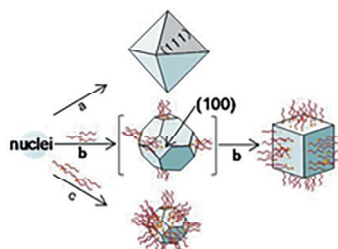


図1 セラミックスナノクリスタルの高次構造制御

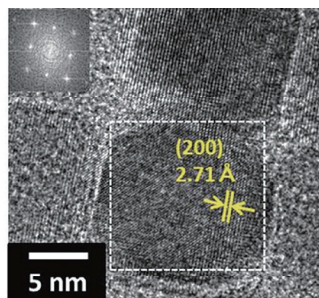


図2 ガドリニウムドーパセリアナノキューブ

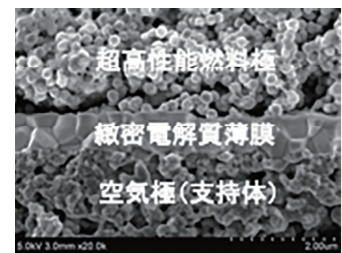
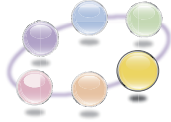


図3 新規平板空気極支持型セル構造





環境・エネルギー材料分野

東京工業大学フロンティア材料研究所

## ギャップ長20nmのナノギャップガスセンサ

ガスセンサは、大気または環境内のガスの存在や、その濃度を検出するデバイスである。そのうち抵抗変化型ガスセンサは、ガスの濃度に応答してガス検出材料である酸化物半導体の抵抗が変化することを対向する一対の電極を利用して測定し、ガスの種類と濃度を検出する一般的な種類のガスセンサである。商業的に実用化されている抵抗変化型ガスセンサのギャップ長は、マイクロメートルオーダーである。東京工業大学では、電子線リソグラフィ(EBL)を用いて白金のナノ構造を自在に作製する技術をこれまでに開発してきた。今回、ガスセンサの電極間距離に相当するギャップ長を可能な限り狭くすることにより、高性能化することを思い至った。抵抗変化型ガスセンサにナノギャップ電極を導入すると、既存のガスセンサよりも応答速度が高速化し、感度が向上した。ギャップ長が1マイクロメートルの10分の1の100nmとなると、応答速度は50倍高速化し、さらに35nm以下となると300倍高速化する。ギャップ長を狭くするだけで、これほどの高速化が図れることから、今後我々の白金ナノギャップ電極は、抵抗変化型ガスセンサの新たなプラットフォームとして広く利用されることが期待される。

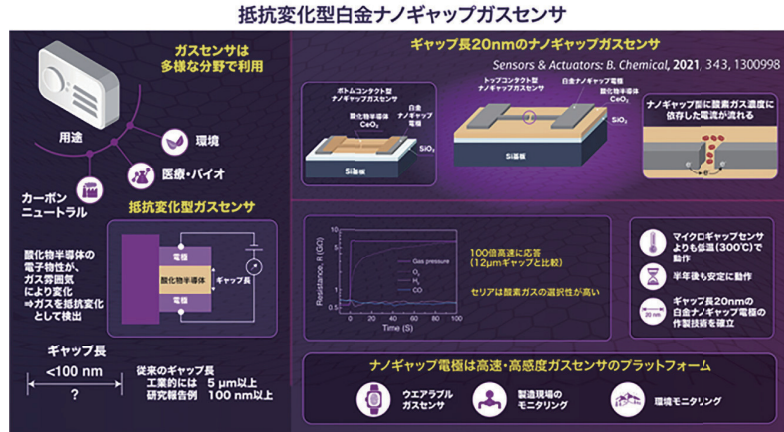


図1 ナノギャップガスセンサの概要



バイオ・医療機器材料分野

東北大学金属材料研究所

## プラズマ技術により創傷治癒を実現する 新規治療技術への取り組み

プラズマ技術は、金属表面加工など材料加工においても使用されるなど幅広く利用されている。大気圧プラズマは、ガス中の分子を原子に解離し原子を電子やイオンに電離した状態を大気圧下で安定して発生させる技術である。我々はこの技術を用いて皮膚の治療、特に創傷治癒における創傷環境を改善する新しい治療技術の構築を目指している。傷の治癒においては細菌による感染が発症すると膿瘍、蜂巣炎などの症状が発現する。創部の細菌感染は、治療過程において影響を及ぼすとされ創傷環境の改善が望まれる。そこで、本研究では大気圧プラズマを用いて、活性酸素種を生成させ創部へ照射することで、殺菌や細胞を活性化させ、正常な状態へのリカバリーを促すことで創面環境を整えることを想定している。ガスにおけるプラズマ照射から生成される活性酸素種計測において電子スピン共鳴(ESR)装置を用いたスピントラッピング法と間接方にて実施した。その結果、スピントラッピング法を用いた方法からはヒドロキシルラジカルと水素原子(図1)、間接方からは一重項酸素(図2)が検出できた。また、大気圧プラズマでは発生させるガス種や印加電圧などの条件を変更することでラジカル量に違いが生じ、ガス成分によって主要なラジカル種が異なることが明らかになった。現在は、細胞実験や動物実験を進めている。

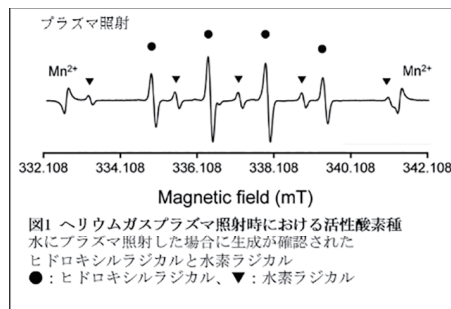


図1 スピントラッピング法にて検出できた活性酸素種

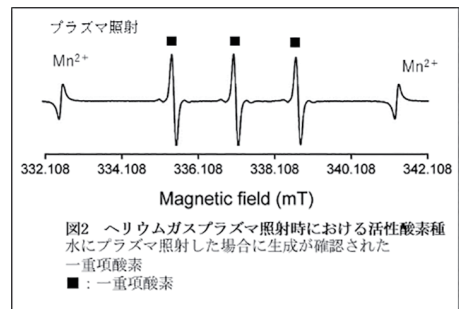


図2 間接法にて検出できた活性酸素種



バイオ・医療機器材料分野

東京医科歯科大学 生体材料工学研究所

## タンパク質吸着に着目した水酸アパタイトの骨結合機構の解明

水酸アパタイト( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2:\text{HAp}$ )は骨欠損部に埋入されると周囲の骨と結合します。このHApの骨結合性は1970年代後半に見出され、その機構は細胞レベルではかなり解明されてきましたが、分子レベルでは十分には解明されていません。一方、体内に埋入された人工材料の表面で最初に起こるイベントは、タンパク質の吸着です。そこで我々は「HApに特異的に吸着するタンパク質が骨結合性に関与している」との仮説を立て、骨と結合しないアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )を比較対象物質として、HApの骨結合機構の分子レベルでの解明に取り組んでいます。これまでに、フィブロネクチン(Fn)等の種々のタンパク質のHApや $\text{Al}_2\text{O}_3$ への吸着特性や細胞応答に関する研究により、タンパク質の吸着量だけでなく、HApに吸着する際のHApの帯電状態の異なる結晶面との局所的な静電相互作用による、タンパク質の高次構造の制御が骨結合性に関与している可能性(図1)が見出されました。さらに最近では、HApと $\text{Al}_2\text{O}_3$ に吸着するラット血清タンパク質のプロテオーム解析により、HApに吸着した肝細胞増殖因子(HGF)やアンジオポエチン様タンパク質-3(ANGPTL3)が骨結合性発現に寄与する可能性(図2)も見出されました。今後は、HGFやANGPTL3を吸着させたHAp上での細胞応答などを明らかにし、最終的にはHApの骨結合性発現機構をその結晶構造とタンパク質吸着の観点から解明して、それを革新的なバイオマテリアルの開発に繋げたいと考えています。

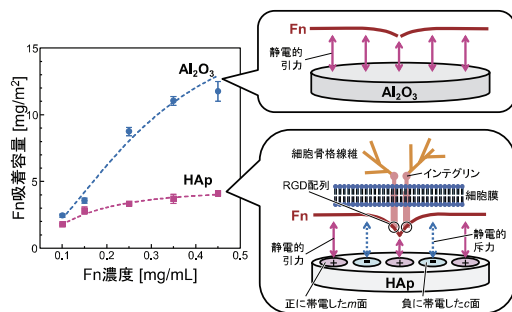


図1 HApおよび $\text{Al}_2\text{O}_3$ のFn吸着特性とFnの吸着形態の模式図

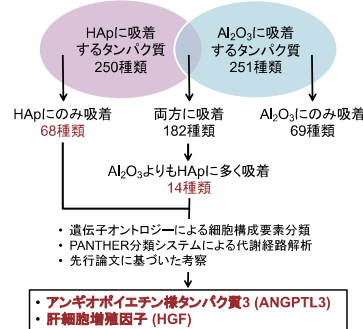


図2 HApおよび $\text{Al}_2\text{O}_3$ に吸着する血清タンパク質のプロテオーム解析



情報通信材料分野

早稲田大学 ナノライフ 創新研究機構

## Ru(0001)面上のダイヤモンド(111)のヘテロエピタキシャル成長

(001)面のダイヤモンドはIr(001)上でのヘテロエピタキシャル成長で2インチ以上の単結晶が作成されるようになった。一方、(111)面のダイヤモンドヘテロエピタキシャル成長はあまり進展していない。しかし、(111)面のダイヤモンドは、応用上、(001)面より以下の点で優れている。

1. 原子レベルでの平坦な表面: 高移動度、高キャリア密度の2次元正孔ガスによるパワー高周波デバイス、N-V中心軸の[111]高配向による量子シミュレータ等の期待。
2. GaN用ヘテロエ基板: (111)面は対称性と整合性から六方晶ナイトライドのヘテロエピタキシャル基板となる。物質中最高の熱伝導率にてGaN高電子移動度トランジスタの電力密度向上が可能。
3. ダイヤモンドへの高濃度不純物導入: (111)面での成長で、ボロン: 高濃度  $1 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$  p型低抵抗  $10^{-3} \Omega \text{ cm}$  以下(室温)、超伝導発現(10K)。リン: 高濃度  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$   $100 \Omega \text{ cm}$ (室温)までn型低抵抗化、窒素:  $4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 、高密度のN-V中心。不純物濃度は(001)面の10倍以上。

我々は、希少性の高いIrよりも約1/10安価なRu膜上での(111)ダイヤモンドヘテロエピタキシャル成長を初めて確認した。基板はc-サファイア上にヘテロエピタキシャル成長したRu(0001)で、この上に滑らかな(111)表面の平坦なダイヤモンド結晶粒が成長する。(図1(a)(b))。エピタキシャル関係は、[111]ダイヤモンド// [0001] Ruおよび[112]ダイヤモンド// [1010] Ru(図1(c)、図2)である。Ru(0001)上の早い横方向成長により連続膜にし、今後、大口径ダイヤモンド(111)基板を作製する。

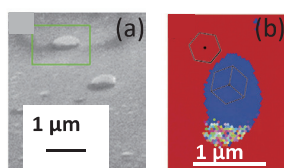


図1 Ru(0001)上に成長したダイヤモンド結晶粒。(a) SEM像。(b) (a)の枠内の結晶粒のダイヤモンド(111)に対応する領域(青色)。(c) (a)の枠内の結晶粒に対するダイヤモンドおよびRuに対応するEBSDパターン。

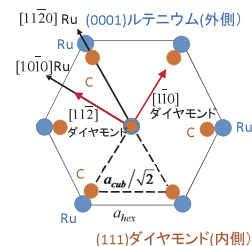


図2 ダイヤモンド(111)とRuの間のエピタキシャル関係。[111]ダイヤモンド// [0001] Ruおよび[112]ダイヤモンド// [1010] Ru。

2021年 =====

- ・6月21日 ..... (早稲田大学)  
2021年ナノテクノロジーフォーラム総会
- ・7月19日 ..... (大阪大学・オンライン)  
キックオフシンポジウム
- ・9月28日 ..... (東北大学)  
The 16th International Workshop on Biomaterials in Interface Science
- ・9月29日-30日 ..... (東北大学)  
金研ワークショップ・日本バイオマテリアル学会東北ブロック講演会
- ・11月5日(予定) ..... (名古屋大学・オンライン)  
国際会議「International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021 (ICMaSS 2021) & International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI<sup>2</sup>MA) :http://www.icmass.imass.nagoya-u.ac.jp/2021/」

2022年 =====

- ・3月(予定) ..... (大阪大学・オンライン)  
第1回公開討論会
- ・3月(予定) ..... (東京工業大学)  
2021年度 年度末報告会

祝  
受  
賞

- ・令和3年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰  
科学技術賞(研究部門)  
「アモルファス酸化物半導体の電子物性に  
関する研究」  
東京工業大学・教授 神谷 利夫  
(令和3年4月)
- ・令和4年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰  
若手科学者賞  
「遷移金属化合物の非単結晶構造を活かした  
デバイスの研究」  
東京工業大学・准教授 片瀬 貴義  
(令和3年4月)
- ・令和3年度 本間記念賞  
「チタン銅合金線材およびチタン銅合金線  
材の製造方法」  
東北大学・准教授 千星 聡  
(令和3年5月)

- ・第31回 型技術協会  
(型技術ワークショップ 2020) 奨励賞  
「医療用チタン合金の最適鍛造条件探索の  
ためのシミュレーションシステムの構築」  
東北大学・准教授 山中 謙太  
教授 千葉 晶彦  
(令和3年6月)
- ・日本セラミックス協会賞学術賞  
「2次元酸化物の精密合成と新機能創製」  
名古屋大学・教授 長田 実  
(令和3年6月)
- ・日本セラミックス協会賞進歩賞  
「多孔質モノリス材料の細孔構造制御と  
その応用に関する研究」  
名古屋大学・特任准教授 長谷川 文二  
(令和3年6月)

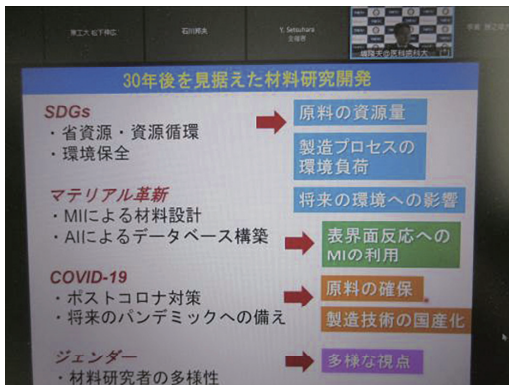
- ・日本バイオマテリアル学会賞(科学)  
「がん治療用/抗菌性セラミック高機能微  
粒子の創製」  
東京医科歯科大学・教授 川下 将一  
(令和3年7月)
- ・2021年度 あすなる研究奨励金支援探択者  
「分散相による欠陥極小化NiMnGa合金粒子/  
ポリマー複合材料の変形特性の向上」  
東京工業大学・助教 邱 琬婷  
(令和3年7月)
- ・東工大挑戦的研究賞 未松特別賞  
「形状記憶合金の応力誘起相変態に関する研究」  
東京工業大学・准教授 田原 正樹  
(令和3年7月)

- ・第5回 フォノンエンジニアリング研究会  
講演奨励賞  
「Effect of Cluster Size on Local  
Mode Intensity in SiGe Alloys」  
早稲田大学・博士課程3年 Sylvia Y. Y. Chung  
(令和3年7月)
- ・第5回 フォノンエンジニアリング研究会  
優秀ポスター賞  
「分子動力学法を用いたSiGe中の  
低エネルギーフォノンモードの変位解析」  
早稲田大学・次席研究員 富田 基裕  
(令和3年7月)
- ・「通信ソサエティにおけるフォトリックネット  
ワーク研究専門委員会運営等に関する献身的  
活動による学術交流活性化への寄与」  
電子情報通信学会活動功労賞  
早稲田大学・教授 宇高 勝之  
(令和3年9月)

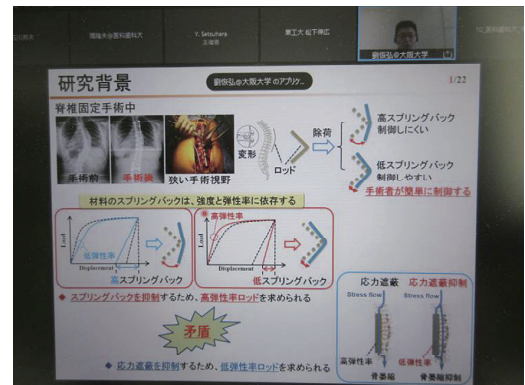
会  
議  
報  
告

キックオフシンポジウム

国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト(DEJI<sup>2</sup>MA プロジェクト)を本年度より開始するにあたり、2021年7月19日(月)にキックオフシンポジウムをオンラインで開催しました。幹事校である大阪大学接合科学研究所の田中 中学所長の開会挨拶の後、文部科学省学術機関課の山本武史課長補佐様からもご挨拶を頂きました。次に6研究所の各所長から本プロジェクトへの抱負が、また外部評価委員の加藤一実先生(産業技術総合研究所)と石川邦夫先生(九州大学)からはインヴァースイノベーションへの期待が述べられました。幹事校の節原裕一プロジェクトリーダーからプロジェクト概要の紹介があり、その後、塙隆夫先生(東京医科歯科大学)より「インヴァースイノベーションで実現する新材料創出と技術革新」と題して基調講演が行われました。講演ではイノベーションに果たす材料の役割、医療イノベーションに果たすバイオマテリアルの役割等が述べられ、インヴァースイノベーション推進にあたり非常に有意義な内容でした。更に劉恢弘先生(大阪大学)より「脊椎固定手術用ロッドの高品質化に向けた連携研究」と題して若手招待講演が行われ、これまで行われてきた共同研究成果と本プロジェクトで取り組む更なる展開について具体的に説明されました。参加登録者は258名(企業20名含む)で、キックオフシンポジウムは無事、成功裏に終了しました。



塙先生基調講演



劉先生招待講演

○環境・エネルギー材料分野

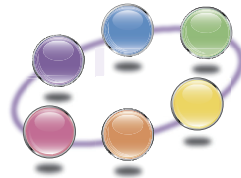
1. 室温ナノシート集積技術の高度化とセラミックス製造の革新 (名大-阪大-東工大)
2. 熱分解誘起相分離を用いた機能性セラミックス粒子の創成 (名大-東工大)
3. 多孔性ナノシート化の合成基盤確立と革新的熱電材料の創成 (名大-早大)
4. 計算科学の援用による発光機構の理解と革新的照明の創成 (名大-東工大)
5. スピン熱磁気現象による高効率熱電変換素子の創成 (名大-東北大-東工大)
6. 高品質酸化物薄膜デバイスの低温形成に向けたプラズマプロセス技術の開発 (阪大-東工大)
7. ワイドギャップ半導体の特性を引き出す高耐熱高放熱接合技術の構築 (阪大-早大)
8. 低温作動固体酸化物形燃料電池のナノ・ミクロ・マクロ高次構造制御 (阪大-名大)
9. 最新溶接・接合技術による低放射化材料異材接合技術確立と革新的核融合炉発電システム技術の創成 (阪大-東北大)
10. 低温で高活性を示すアンモニア合成触媒の開発 (東工大-名大)
11. 高難度酸化反応を可能とする金属酸化物触媒の開発 (東工大-名大)
12. 非貴金属ヒドリド種形成を鍵とした触媒的変換反応の開発 (東工大-名大)
13. ナノギャップガスセンサ (東工大-名大)
14. 特異な電子・フォノン状態を利用した革新的電子・熱機能性材料の開発 (東工大-名大)
15. アモルファス酸化物半導体の新規応用の開拓 (東工大-阪大)
16. 計算科学に立脚した新規無機材料の設計・探索 (東工大-名大)
17. 第一原理計算に基づく新材料探索手法の開発とその応用 (東工大-阪大)
18. 半導体産業が抱える致命的課題の解決に向けた革新的半導体デバイスの創成 (東工大-名大)
19. 新規機能性窒化物電子材料の探索 (東工大-名大)
20. 酸化処理したZr-Ce-Pd-Pt系金属ガラス触媒のPM(すす)燃焼活性 (東北大-名大)
21. ZrPdPt系金属ガラスから作製した複合材の水素吸蔵性と触媒活性 (東北大-名大)
22. 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の調整 (東北大-名大)
23. 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 (東北大-名大)
24. NiPd系金属ガラスを用いた新奇触媒開発 (東北大-名大)
25. 化学気相析出法を用いたアルミナ担持遷移金属触媒の開発 (東北大-名大)
26. 強磁性FeRh薄膜におけるスピン波伝播特性 (東北大-東工大-早大)
27. 破壊誘起アモルファス化に起因する高剛化機構を示す新規無機材料・金属材料の合成と評価 (東北大-東工大)
28. IV族系プレーナ型スケラブル熱電デバイスの開発 (早大-名大)
29. カーボン材料高性能化の研究 (早大-阪大)
30. 異種材料間低温接合技術の研究 (早大-阪大-名大)

○バイオ・医療機器材料分野

1. 深部がん血管内温熱治療用磁性微粒子の創成 (医科歯科大-東北大-阪大-東工大)
2. 可視光応答型抗菌性・骨結合性チタンの創成 (医科歯科大-東北大-名大)
3. 水酸アパタイトの骨結合機構の解明 (医科歯科大-東北大)
4. 超高靱性人工骨の開発 (医科歯科大-阪大)
5. リン酸カルシウム系バイオイメージングプローブの創製 (医科歯科大-名大)
6. 気流制御と深紫外線LEDの融合技術による省エネルギー・ウイルス高不活化エアカーテン装置の創出 (名大-早大)
7. 光触媒科学の基盤確立と革新的ウイルス不活化コーティングの創成 (名大-阪大-東工大)
8. 抗菌・ウイルス不活化作用を有する銅のコーティングと表面構造制御 (阪大-医科歯科大-東工大)
9. 高機能性セラミック人工歯材の光造形アディティブ・マニファクチャリング (阪大-東北大-医科歯科大-名大)
10. 金属ガラスの温間インプリント加工に関する数値解析と実験検証 (阪大-東北大)
11. ナノチタン酸化物の高次構造・集積制御 (阪大-医科歯科大-東北大)
12. 生体用途を指向したチタン合金とステンレス鋼の異材摩擦接合 (阪大-東北大-医科歯科大)
13. インプラント表面のマテリアルデザイン-生体活性と抗菌性の両立- (東工大-東北大-阪大-医科歯科大)
14. 運動機能・咀嚼機能再建に向けた治癒促進性複合材料の創成 (東工大-医科歯科大)
15. 血管治療機器用AuCuAl生体用形状記憶合金の開発 (東工大-医科歯科大-東北大-阪大)
16. 生体用Ti-Nb系合金の力学的生体適合性及び酸素の影響 (東北大-阪大-名大)
17. Cr添加生体用低弾性率Ti-Nb合金の開発 (東北大-阪大-名大)
18. ポリマー表面の親水化ならびにタンパク質吸着能評価 (東北大-名大)
19. PEEK樹脂への新しいHAコーティング法の開発 (東北大-名大)
20. Ti基金属ガラスの表面改質と生体材料応用 (東北大-東工大)
21. 電子ビーム積層造形で作成されたCo-Cr-Mo合金の耐食性に関する研究 (東北大-医科歯科大)
22. 可視光応答型酸化チタンの開発および医療応用 (東北大-医科歯科大)
23. マイクロ加工表面を用いた培養神経回路の構造機能制御 (東北大-早大)
24. 基板表面加工・改質を用いた神経細胞回路の構築と数値解析 (東北大-早大)
25. 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)
26. 生体用途を指向したTi-6Al-4V/SUS316Lにおける異材摩擦圧接 (東北大-医科歯科大-阪大)
27. 生体用形状記憶合金の開発と機能評価 (東北大-東工大-阪大-医科歯科大)
28. 表面処理によるTi 基インプラント合金の生体活性化と抗菌化 (東北大-東工大-阪大-医科歯科大)
29. セラミック人工歯の光造形アディティブ・マニファクチャリング (東北大-名大-阪大-医科歯科大)
30. 歯科用セラミック部材の精密アディティブ・マニファクチャリング (東北大-名大-阪大-医科歯科大)
31. Mg合金表面への保護層形成による生分解性速度制御 (東工大-東北大-阪大-名大-医科歯科大)
32. 基板表面加工・改質を用いた神経細胞回路の構築と数値解析 (早大-東北大)

○情報通信材料分野

1. トポロジカル量子コンピュータの実現に向けた材料・素子の開発 (東工大-早大-名大)
2. 新規酸化物リチウムイオン電解質の開発 (東工大-東北大)
3. レーザ照射による機能性複相金属材料の組織制御 (東北大-阪大)
4. 熱インプリント加工による金属ガラスの熱伝導現象 (東北大-阪大)
5. レーザを用いたNi基超々合金の単結晶化に関する基礎研究 (東北大-阪大)
6. 局所塑性化および疲労性能に及ぼす介在物特性と加工誘起マルテンサイト変態の影響 (東北大-阪大)
7. 高磁気異方性材料MnAlGeの磁気特性 (東北大-早大-東工大)
8. アニオン制御による機能性セラミックスの創成 (東北大-東工大)
9. MnBi電析膜の作製と磁気特性 (東北大-早大)
10. Mn-Bi電析膜作製検討とその磁気特性 (早大-東北大)
11. ダイヤモンドを用いた高性能・高信頼素子および同素子用基盤技術の開発 (早大-東工大-名大)
12. ワイドバンドギャップ半導体素子用高性能・高信頼誘電体膜の開発 (早大-名大-東工大)
13. ダイヤモンド超伝導を利用したAFMプローブの開発 (早大-東工大)



国際・産学連携  
インヴァースイノベーション  
材料創出プロジェクト  
(出島プロジェクト)

**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/>

**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/ibb/>

連絡先  
**大阪大学**  
 [接合科学研究所]  
 国際・産学連携  
 インヴァースイノベーション  
 材料創出プロジェクト  
 〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1  
 Tel: 06 (6879) 4370 Fax: 06 (6879) 4370  
 URL [http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/research/research06\\_3.html](http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/research/research06_3.html)  
 Email [ohara@jwri.osaka-u.ac.jp](mailto:ohara@jwri.osaka-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/>

## 報告書の発行にあたって

令和3年度は「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出（DEJI<sup>2</sup>MA）プロジェクト」がスタートしました。本プロジェクトは、6大学研究所間の金属、無機材料、環境・エネルギー、生体・医療、エレクトロニクスにおける世界屈指の研究開発基盤を融合し、各研究所の学術研究を基軸に、従来の研究開発アプローチ（学術的成果から応用開発を志向）とは逆に、社会的要求を出発点とした新概念「インヴァースイノベーション」に基づいて社会的要求を起点に課題設計し、6研究所がもつ専門性の垣根を越えた人と知の循環で課題解決を加速化すると共に、イノベーション創出を加速化するものであります。これらの概念をもとに、本プロジェクトでは、基礎から応用までを含む「インヴァースイノベーション」という新学術概念に基づく学術システムの確立を目指しています。具体的には、環境・エネルギー材料分野、バイオ・医療機器材料分野材料、情報通信材料分野と3つの研究活動分野において、社会的要求から専門性をもった大学での研究を融合することで新たな課題を再設計して課題の解決を目指します。ゆえに、本プロジェクトでは、更なる産学連携活動の強化や民間企業との共同研究の促進、若手研究者および学生の高度人材育成を期待するところであります。未だ世界的に蔓延している新型コロナウイルス感染症（COVID-19）は収束しない状況ではありますが、6大学と共に協力し研究の灯を絶やすことのないよう邁進していく所存であります。

本報告書には東北大学金属材料研究所での研究概要ならびに研究成果や活動内容を収録いたしました。本報告書が、本プロジェクトに携わる6大学研究所研究者の皆様の連携を一層強め、研究発展の一助となること願う次第です。本プロジェクト関係者一同、次年度も精進してまいりますので、今後ともご支援を賜りますようお願い申し上げます。

国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト  
東北大学金属材料研究所プロジェクトリーダー 加藤 秀実

令和3年度 東北大学 金属材料研究所  
国際・産学連携インヴァースイノベーション  
材料創出プロジェクト  
研究成果報告書

---

発行日	令和4年（2022年）3月
編集責任	加藤 秀実、目代 貴之、亀岡 景子
発行所	東北大学 金属材料研究所 〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2丁目1番1号 共同研究プロジェクト棟2F TEL: 022-215-2712, FAX: 022-215-2381

---