

[ 環境材料工学科 ]

[ 区 分 A ]

日野 孝紀

**Diffuse Phase Transition in Ba(Sn<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub> Ceramics and Thin Films**

T. Hino\*1, T. Sugioka\*2, S. Tamura\*3, M. Nishida\*4 and T. Araki\*4

\*1 Environmental Materials Science and engineering, Niihama National College of Technology

\*2 Graduate School of Engineering, Ehime University

\*3 Advanced Engineering Course, Niihama National College of Technology

\*4 Department of Materials Science and Engineering, Ehime University

Journal of Laser Micro/Nanoengineering Vol. 6, No. 2, 2011, 119-123

We carried out an investigation on the perovskite material Ba(Sn<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub>, whose B-site ions comprise elements from different periodic table groups but have the same valence state of 4+. We fabricated and evaluated ceramics, single layer solid solution (SS) thin films, and order-controlled superlattice (SL) thin films. The influence of the order-disorder transition on diffuse phase transition (DPT) was clarified.

平澤 英之

**New heat generation material in AC magnetic field for Y<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>-based powder material synthesized by reverse coprecipitation method**

Hiomichi Aono\*1, Kenji Moritani\*1, Takashi Naohara\*1, Tsunehiro Maehara\*1, Hideyuki Hirazawa\*2, and Yuji Watanabe\*3

\*1 Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, \*2 Department of Environmental Materials Engineering, Niihama National College of Technology, \*3 Department of Surgery, Graduate School of Medicine, Ehime University

Materials Letters, Vol.65, Issue10, pp1454-1456, (2011.5)

We found the most promising powder material for the application of the thermal coagulation therapy for the treatment of cancerous tissues. The maximum heat generation ability ( $\Delta T = 40-77^\circ \text{C}$ , 370 kHz,  $1.77 \text{ kA} \cdot \text{m}^{-1}$ ) was obtained for the powder materials by the calcination at  $1100^\circ \text{C}$  for the Y<sub>3-x</sub>Gd<sub>x</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> system. This  $\Delta T$  value is higher than ca.  $\Delta T = 30^\circ \text{C}$  in same magnetic field for fine FeFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> particles as the candidate material for this type of therapy. The particle growth with the formation of the cubic single phase might influence to the high heat generation. As an unexpected result, the Gd<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> (X = 3) has no heat generation ability in an AC magnetic field.

平澤 英之

**Heat generation ability in AC magnetic field of needle-type Ti-coated mild steel for ablation cancer therapy**

Takashi Naohara\*1, Hiromichi Aono\*1, Hideyuki Hirazawa\*2, Tsunehiro Maehara\*1, Yuji Watanabe\*3, and Shinya Matsutomo\*4

\*1 Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, \*2 Department of Environmental Materials Engineering, Niihama National College of Technology, \*3 Department of Organ Regenerative Surgery, Ehime University Graduate School of Medicine, \*4 Department of Electronic Control Engineering, Niihama National College of Technology

The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering Vol. 30 No. 5, pp. 1582-1588 (2011.8)

**Purpose** - The purpose of this paper is to develop a ferromagnetic needle adaptable for a novel ablation cancer therapy; the heat generation ability of the mild steel rod embedded into the Ti-tube having a different thickness was investigated in a high-frequency output at 300 kHz.

**Design/methodology/approach** - The outer diameter and length of the Ti-tubes were 1.8 and 20 mm, respectively, while the inner diameter was varied from 1.6 to 0 mm. The mild steel rod was embedded in a Ti-tube for preparing the needle-type specimen. Their heat generation ability was examined by changing the inclination angle to the magnetic flux direction in a high-frequency coil.

**Findings** - When the thickness of the Ti surrounding the mild steel rod was as low as 0.1 mm, the heat generation ability was drastically different among the three inclination angles (0°, 45°, and 90°) to the magnetic flux direction due to the effect of the shape-induced magnetic anisotropy. However, the effect of the inclination angle was almost eliminated in the specimen surrounded by the 0.4mm thick Ti, suggesting that the non-oriented heat generation property is achieved for the needle-type mild steel rod coated with Ti having the optimum thickness.

**Originality/value** - The prototype ablation needle having a complete non-oriented heat generation ability was fabricated to use in subsequent animal experiments. It is considered that the newly designed Ti-coated device is useful in ablation treatments using a high-frequency induction heating.

## 平澤 英之

### Effect of bead milling on heat generation ability in AC magnetic field of $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ powder

Hiromichi Aono\*1, Yusuke Watanabe\*1, Takashi Naohara\*1, Tsunehiro Maehara\*1, Hideyuki Hirazawa\*2, and Yuji Watanabe\*3

\*1 Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, \*2 Department of Environmental Materials Engineering, Niihama National College of Technology, \*3 Department of Surgery, Graduate School of Medicine, Ehime University

Materials Chemistry and Physics, Vol.129, Issue3, 3, pp1081-1088, (2011.10)

Nano-sized  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$  ferrite powder having a heat generation ability in an AC magnetic field was prepared by bead milling for a thermal coagulation therapy application. A commercial powder sample (non-milled sample) of ca. 2.0  $\mu\text{m}$  in particle size showed a temperature enhancement ( $\Delta T$ ) of 3 °C in an AC magnetic field (powder weight 1.0 g, 370 kHz, 1.77 kA m<sup>-1</sup>) in ambient air. The heat generation ability in the AC magnetic field improved with the milling time, i. e., due to a decrease in the average crystallite size for all the examined ferrites. The highest heat ability ( $\Delta T = 26$  °C) in the AC magnetic field in ambient air was for the fine  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$  powder with a 4.7 nm crystallite size (the samples were milled for 6 h using 0.1 mm $\phi$  beads). However, the heat generation ability decreased for the excessively milled  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$  samples having average crystallite sizes of less than

ca. 4.0 nm. The heat generation of the samples showed some dependence on the hysteresis loss for the  $B$ - $H$  magnetic property. The reasons for the high heat generation properties of the milled samples would be ascribed to an increase in the Néel relaxation of the superparamagnetic material. The hysteresis loss in the  $B$ - $H$  magnetic curve would be generated as the magnetic moment rotates (Néel relaxation) within the crystal. The heat generation ability ( $\text{W g}^{-1}$ ) can be estimated using a  $1.07 \times 10^{-4} fH^2$  frequency ( $f$ , kHz) and the magnetic field ( $H$ ,  $\text{kA m}^{-1}$ ) for the samples milled for 6 h using 0.1 mm  $\phi$  beads. Moreover, an improvement in the heating ability was obtained by calcination of the bead-milled sample at low temperature. The maximum heat generation ( $\Delta T = 59^\circ \text{C}$ ) ability in the AC magnetic field in ambient air was obtained at ca. 5.6 nm for the sample calcined at  $500^\circ \text{C}$ . The heat generation ability ( $\text{W g}^{-1}$ ) for this heat treated sample was  $2.54 \times 10^{-4} fH^2$ .

### 平澤 英之

#### **High Heat Generation Ability in AC Magnetic Field of $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ Powder Prepared Using Bead Milling**

Hirromichi Aono\*1, Hiroki Ebara\*1, Ryota Senba\*1, Takashi Naohara\*1, Tsunehiro Maehara\*1, Hideyuki Hirazawa\*2, and Yuji Watanabe\*3

\*1 Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, \*2 Department of Environmental Materials Engineering, Niihama National College of Technology, \*3 Department of Surgery, Graduate School of Medicine, Ehime University

Journal of the American Ceramics Society. Vol.94, Issue12, pp 4116-4119, (2011.10)

We found that the nano-sized  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  powder prepared by bead milling has the highest heat generation ability in an AC magnetic field of reported superparamagnetic materials. The heat generation ability in an AC magnetic field was strongly improved by a decrease in the average crystallite size of the bead milled samples. The highest heat ability in the AC magnetic field was for the fine  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  powder with ca. 15 nm crystallite size (the samples milled for 4 h using 0.1 mm  $\phi$  beads). The reasons for the high heat generation properties of the milled samples are ascribed to an increase in the Néel relaxation of the superparamagnetic material. The heat generation ability ( $\text{W g}^{-1}$ ) can be estimated using a  $3.58 \times 10^{-4} f \cdot H^2$  frequency ( $f/\text{kHz}$ ) and the magnetic field ( $H/\text{kA} \cdot \text{m}^{-1}$ ) for the sample milled for 4 h using 0.1 mm  $\phi$  beads.

### 平澤 英之

#### **The heat generation ability for $\text{Mg}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ferrite in an AC magnetic field**

Syohei UNO\*1, Hideyuki HIRAZAWA\*2, Hirromichi AONO\*3, Takashi NAOHARA\*3, Tsunehiro MAEHARA\*3, and Yuji WATANABE\*4

\*1 Advanced Course of Environmental Materials Engineering, Niihama Niihama National College of Technology, \*2 Department of Environmental Materials Engineering, Niihama National College of Technology, \*3 Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, \*4 Department of Organ Regenerative Surgery, Ehime University Graduate School of Medicine,

Proc. of the 28th Japan-Korea International Seminar on Ceramics, pp 294-295, (2011.11)

Magnetic materials having a high heat generation ability in an AC magnetic field were investigated for new thermal coagulation techniques. Up to now, the most candidate material in this type of therapy was powdered  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , however the heat generation ability was insufficient in an AC magnetic field. We then reported that  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  shows the highest heat generation in the various ferrite powders [1],

and the heating ability was improved by Ca<sup>2+</sup> ion substitution to the MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> [2]. The highest heating property for series of Mg<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> was obtained at X=0.5 sample prepared by reverse co-precipitation method and calcined at 800°C. Reason for this high heat generation was increasing the hysteresis loss due to the phase separation ca. cubic MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and orthorhombic CaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> from cubic single phase, and then the crystal distortion was caused by Ca<sup>2+</sup> substitution.

In this study, we prepared the series of samples with composition Mg<sub>1-x</sub>Cu<sub>x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> where X=0–1.0 by solid reaction method in order to discuss the effect of crystal distortion for hysteresis loss, and investigated the mechanism of improving the heat generation ability in an AC magnetic field.

### 平澤 英之

#### **Development of Ti-Coated Ferromagnetic Needle, Adaptable for Ablation Cancer Therapy by High-Frequency Induction Heating**

Takashi Naohara\*1, Hiromichi Aono\*1, Tsunehiro Maehara\*1, Hideyuki Hirazawa\*2, Shinya Matsutomo\*3, and Yuji Watanabe\*4

\*1 Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, \*2 Department of Environmental Materials Engineering, Niihama National College of Technology, \*3 Department of Electronic Control Engineering, Niihama National College of Technology, \*4 Department of Organ Regenerative Surgery, Ehime University Graduate School of Medicine

Journal of Functional Biomaterials, Vol.3, pp 163–172, (2012.1)

To develop a novel ablation therapy for human solid cancer, the heating properties of a ferromagnetic carbon steel rod and a prototype Ti-coated needle using this carbon steel rod, were investigated in several high-frequency outputs at 300 kHz. In the former, the heating property was drastically different among the three inclination angles ( $\theta = 0^\circ$ ,  $45^\circ$  and  $90^\circ$ ) relative to the magnetic flux direction as a result of the shape magnetic anisotropy. However, the effect of the inclination angles was completely eliminated in the latter. It is considered that the complete non-oriented heating property relative to the magnetic flux direction allows the precise control of the ablation temperature during minimally invasive thermotherapy without a lead-wire connected to a fiber-optic thermometer. This newly designed Ti-coated device will be suitable for clinical use combined with its superior biocompatibility for ablation treatments using high-frequency induction heating.

### 平澤 英之

#### **High heat generation ability in AC magnetic field for nano-sized magnetic Y<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> powder prepared by bead milling**

Hiromichi Aono\*1, Hiroki Ebara\*1, Ryota Senba\*1, Takashi Naohara\*1, Tsunehiro Maehara\*1, Hideyuki Hirazawa\*2, and Yuji Watanabe\*3

\*1 Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, \*2 Department of Environmental Materials Engineering, Niihama National College of Technology, \*3 Department of Surgery, Graduate School of Medicine, Ehime University

Journal of Magnetism and Magnetic Materials, in press (2012)

Nano-sized magnetic Y<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub> ferrite having a high heat generation ability in an AC magnetic field was prepared by bead milling. A commercial powder sample (non-milled sample) of ca. 2.9  $\mu\text{m}$  in

particle size did not show any temperature enhancement in the AC magnetic field. The heat generation ability in the AC magnetic field improved with a decrease in the average crystallite size for the bead-milled  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  ferrites. The highest heat ability in the AC magnetic field was for the fine  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  powder with a 15-nm crystallite size (the samples were milled for 4 h using 0.1 mm $\phi$  beads). The heat generation ability of the excessively milled  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  samples decreased. The main reason for the high heat generation property of the milled samples was ascribed to an increase in the Néel relaxation of the superparamagnetic material. The heat generation ability was not influenced by the concentration of the ferrite powder. For the samples milled for 4 h using 0.1 mm $\phi$  beads, the heat generation ability ( $\text{W g}^{-1}$ ) was estimated using a  $3.58 \times 10^{-4} fH^2$  frequency ( $f/\text{kHz}$ ) and the magnetic field ( $H/\text{kA m}^{-1}$ ), which is the highest reported value of superparamagnetic materials.

## [ 区 分 B ]

### 松英 達也

#### より良い工学教育のための3つの取り組み

松英達也\*

\*新居浜工業高等専門学校

工学教育・vol. 59 (No. 6)・2011/11

工学教育を行う上で必要と考える「学生の学習意欲の向上」、「教員の教授能力の研鑽」、さらに「地域の科学技術に対する関心の高揚」という3つの柱に関する取り組みについて紹介している。

### 高見 静香

#### 黄色に光発色するフォトクロミック分子の開発

高見静香\* (分担著書)

\*新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

フォトクロミズムの新展開と光メカニカル機能材料 シーエムシー出版 2011年11月30日

最先端のフォトクロミック化合物の研究内容を紹介した本である。大学、高専の60数名の研究者が各自の研究内容を分担して作製した。

## [ 区 分 C ]

### 松英 達也

#### Influence of nitrogen gas pressure during deposition of TiN films on their oxidation behavior when annealed in air

Tatsuya MATSUE\*1, Masayuki NISHIDA\*2, Takao HANABUSA\*3

\*1 Niihama National College of Technology

\*2 Kobe City College of Technology

\*3 School of Eng., The Univ. of Tokushima

The 11th International Symposium on Sputtering & Plasma Processes 2011 (ISSP2011) Proceedings, pp. 159-162 (2011).

The effect of the deposition conditions of TiN films produced using arc ion plating on their oxidation behavior during annealing in air was investigated. The substrates used were quartz glass plates, and an arc current of 60 A, a bias voltage of 0 V and nitrogen gas ( $\text{N}_2$ ) pressures of 0.5, 1.0, 3.0 and 6.0 Pa were used during deposition. At  $\text{N}_2$  pressures of 0.5 and 1.0 Pa, the as-deposited

TiN films appeared gold in color, whereas at 3.0 and 6.0 Pa they appeared dark brown. The ratios of nitrogen and oxygen to titanium at the film surface were estimated using X-ray photoelectron spectroscopy. In the as-deposited state, the N/Ti ratio was about 1.15 for the film deposited at 0.5 Pa, and decreased to about 0.83 as the N<sub>2</sub> pressure was increased to 6.0 Pa. After annealing at 650 C in air, all of the films became transparent and had a O/Ti ratio of 1.5.

## 朝日 太郎

### 還元溶融による鉛含有ガラスからの鉛分離

朝日太郎\*1、中山 享\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 新居浜工業高等専門学校生物応用化学科  
新居浜工業高等専門学校紀要、第48巻、p.19-22、2012.

還元溶融法や乾式試金法に基づいて、酸化鉛 (PbO) が高温で還元されやすい性質を利用して、鉛含有ガラスに各種還元剤を添加して、還元溶融による鉛分離を行うことを目的とした。鉛含有ガラスに添加剤を加えて溶融したガラスを分析し、Pbの除去率と還元剤の添加効果について検討した。

## 高見静香

### オキサゾリル基をもつアリールブタジエンの合成とフォトクロミズム

高見静香\*1、山口忠承\*2、入江正浩\*3

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 兵庫教育大学、\*3 立教大学理学部  
新居浜工業高等専門学校紀要、第48巻、p23-26、2012

1-アリール-2-ビニルシクロペンテン誘導体は、分子の共役長が短いため紫外光照射により短波長領域の黄色から橙色の発色が報告されている。近年、オキサゾールをアリール部位にもつビスオキサゾリルエテンはビスチアゾリルエテン、ビスチエニルエテンよりも紫外光照射により橙色（吸収極大波長462 nm）に発色することが確認されている。本研究ではオキサゾールをアリール部位にもつ1-オキサゾリル-2-ビニルシクロペンテンのフォトクロミック挙動を検討するため、化学修飾の異なる2種の化合物1および2を合成した。双方は、ビニル部位にメチル基かフェニル基を有する分子構造である。化合物1のヘキサン溶液に紫外光を照射すると淡い黄色に着色し、その時の可視領域での吸収極大波長は375 nmであった。一方、ビニル部位にフェニル基をもつ化合物2のヘキサン溶液に紫外光を照射すると黄色に着色し、極大吸収波長は395 nmであり、化合物1と比較して20 nmの長波長シフトが観測された。これらの黄色の溶液に可視光を照射し無色に戻ることを確認した。しかし、紫外可視吸収測定により不可逆なフォトクロミズムが示唆され、アリール部位の置換基に依存することが明らかとなった。

## [ 区 分 E ]

## 高橋 知司

### 大気中での Ti-Al-Zr 合金の高温酸化

山本雄士\*1、高橋知司\*2、平澤英之\*2、大内忠司\*3

\*1 新居浜工業高等専門学校専攻科生産工学専攻環境材料工学コース

\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*3 新居浜工業高等専門学校ものづくり教育支援センター技術室  
第20回 日本材料科学会四国支部講演大会(高知工大)・2011年6月

TiAl合金は高温における強度・耐クリープ性について優れた軽量耐熱材料であるが、更なる高温での耐酸化性の良好な材料の開発のためには、その合金の酸化特性に関する基礎的データの蓄積や高温酸化の速

度論的考察が必要である。本研究では、大気中、1123K~1273KでTi-Al-Zr合金を酸化させた場合の酸化皮膜の成長などを重量変化、SEMおよびEPMA観察などで調べ、本合金の酸化挙動と特徴を明らかにし、高温酸化の速度論的考察を行った。

## 高橋 知司

### 二酸化炭素の吸収・固定化とその材料の熱的特性

小野誘紀\*1、高橋知司\*2、日野孝紀\*2、平澤英之\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校専攻科生産工学専攻環境材料工学コース

\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

第20回 日本材料科学会四国支部講演大会(高知工大)・2011年6月

発電所や工場などのプラントから大量に発生し続ける二酸化炭素を効果的に回収するため、セラミックスによる二酸化炭素吸収材料が開発されている。しかし質量あたりの吸収量は十分とはいえず、二酸化炭素をより多く吸収でき、尚かつ低コスト材料の開発が期待されている。本研究では金属粉末を用い、メカニカルリング法(以下MM法と略す)により、二酸化炭素吸収能とその材料の熱的特性を調べたので、それらの結果を報告した。得られた結果は以下のとおりである。(1)鉄スクラップ材(S45C, SUS304)はCO<sub>2</sub>雰囲気ではメカニカルリングを行うことによってCO<sub>2</sub>を吸収・固定化することができる。(2)S45CとSUS304ではCO<sub>2</sub>放出量(重量減少)はS45Cの方が多い。(3)カルシウム(CaO)においてもCO<sub>2</sub>の吸収・固定化が可能である。

## 高橋 知司

### Ti-Al-V合金の高温酸化とその速度論的考察

高橋知司\*

\*新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

軽金属学会 中国四国支部60周年講演大会(松山)(2011年9月)

チタンおよびチタン合金は比強度が高く、耐食性に富み、かつ耐熱性に優れているので、航空宇宙材料やその他の高性能材料として広く用いられている。なかでもTi-6Al-4Vを基本組成とする合金は、中高温での機械的性質に優れていることから航空機用エンジン部材として使用されている。このため、これまで本系合金についての材料組織ならびに材料強度に関する研究は多く行われている。しかしながら、本系合金の高温酸化とその速度的研究はまだ少ないようであるので、それらの研究結果を報告した。

## 高橋 知司

### 大気中でのTi-AlおよびTi-V合金の高温酸化とその速度論的考察

高橋知司\*

\*新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

日本金属学会2011年秋期講演学会(第149回)(沖縄)(2011年11月)

Ti-6Alを基本組成とする合金は、中高温での機械的性質に優れていることから航空機用エンジン部材として使用されている。このため、これまで本系合金についての材料組織ならびに材料強度に関する研究は多く行われている。しかしながら、本系合金の高温酸化とその速度的研究はまだ少ないようであるので、それらの研究結果を報告した。得られた結果は以下の通りである。(1)Ti-V合金はTi-Al合金に比べて高温酸化されやすい。これはTi-V合金では加熱中、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が生成・溶融することにより、加速度的に酸化が起こると考えられる。(2)Ti-6Al合金(TG実験後)の酸化表面には粒状の酸化物が形成し、Ti-4V合金では不

規則形状の酸化物が形成する。(3)Ti-Al 合金および Ti-V 合金の酸化の活性化エネルギーは、それぞれ、253 kJ/mol, 212 kJ/mol であった。

## 高橋 知司

### 金属粉末を用いた二酸化炭素の吸収・固定化とその材料の熱的特性

高橋知司\*1、日野孝紀\*1、平澤英之\*1、大内忠司\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

\*2 新居浜工業高等専門学校ものづくり教育支援センター技術室

日本金属学会 2012 年春期講演学会(第 150 回) (横浜) (2012 年 3 月)

発電所や工場などのプラントから大量に発生し続ける二酸化炭素を効果的に回収・固定化するため、セラミックスによる二酸化炭素吸収材料が開発されている。しかし吸収量、コストの面で課題点が多い。本研究では金属粉末を用い、メカニカルミリング(MM)法により、二酸化炭素吸収材料を作製し、それらの X 線の性質や熱的特性により、二酸化炭素吸収・固定化能を調査した。得られた結果は以下の通りである。(1)Fe および Mn 粉末において、CO<sub>2</sub> 吸収・固定化が可能である。(2)メカニカルミリング(MM)を行うことにより、Fe および Mn は粒状組織から角張った塊状組織に変化する。(3)速度論的解析 (Ozawa 法)により FeCO<sub>3</sub>, MnCO<sub>3</sub> の CO<sub>2</sub> 脱離のみかけの活性化エネルギー は Mn の場合の方が大であり、この傾向は熱力学的性質の傾向と一致している。

## 志賀 信哉

### La-Fe-Sb 系 MA 粉末の放電プラズマ (PAS) 焼結

高木健汰\*1、三谷俊裕\*2、志賀信哉\*1

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科(現 株式会社コベルコ 科研)

第 20 回日本材料科学会四国支部講演大会 (高知工科大)、2011 年 6 月

従来の熱電材料に比べて環境負荷が小さくて比較的安価な LaFe<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub> を取り上げて、メカニカルアロイング(MA)およびその後の放電プラズマ焼結(Plasma Activated Sintering : PAS)による固化成形を行った。La, Fe, Sb 純元素粉末を LaFe<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub> に対応する組成割合で秤量しアルゴンガス雰囲気の高圧ミル容器に投入した後、95±1[rpm]の回転数で 50、100、200、400h の各時間ミリングした。放電プラズマ焼結(PAS)は、昇温開始から最初の 10 分間、パルス通電を行った。パルス幅 100ms、電圧 50V、電流 200A である。焼結温度 550°C、保持時間 10min、加圧力 50MPa とした。MA100h 粉末では Fe, Sb の XRD 回折強度が低下するとともに、新たに Sb<sub>2</sub>Fe に対応するピークが現れ始めていることから、ミリング中に Sb<sub>2</sub>Fe が合成されたことが明らかとなった。MA 時間の増加に伴って、Fe, Sb の回折強度は次第に小さくなり、代わって Sb<sub>2</sub>Fe の回折強度が大きくなる。MA400h では Sb<sub>2</sub>Fe が主たる相となる。MA50h、100h、400h 粉末を PAS 焼結した試料の XRD パターンから、いずれの焼結体も Sb<sub>2</sub>Fe および Sb の混在したものが主たる相であることが分かる。また、少量ではあるが LaFe<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub> の回折ピークが認められるものの、目標である LaFe<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub> 単相を得るには至らなかった。これは、MA 中に Sb<sub>2</sub>Fe が合成されることに起因すると考えられる。

## 志賀 信哉

### 発想を用いた創成学習の効果と評価方法に関する検討

松英達也\*1、志賀信哉\*1、平澤英之\*1、大内忠司\*2、吉良 真\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 新居浜工業高等専門学校ものづくり教育支援センター技術室

平成 23 年度独立行政法人国立高等専門学校機構主催全国高専教育フォーラム教育研究活動発表会(鹿児島)、2011 年 8 月

新居浜工業高等専門学校環境材料工学科は、平成 19 年に材料工学科から現在の名称に変更した。この際、本学科の教育目標として新たに「環境との調和を考慮した材料に関する工学的基礎知識・技術を身につける」ことを挙げた。これを満足するには材料が使用される環境と求められる性能を明確に捉え、学んだ知識や新たな情報を整理し、設計を行う課題発見・問題解決能力および創造力が必要と考えられる。そこで、これらの育成を目的に 4 学年の後期に発想法を軸とした創成科目を設定した。本論文では平成 22 年度に実施した創成科目「材料創成デザイン演習(以下、デザイン演習)」に関する活動内容とそこで生じた問題点について報告する。

## 志賀 信哉

### 環境エネルギー実験！

志賀信哉\*

\*新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

平成 23 年度 新居浜生涯学習大学 新居浜高専おもしろ実験・ものづくり講座 平成 23 年 12 月 10 日

本講座を受講している一般市民を対象にして演示実験を織り交ぜながら、次の四つの内容で講演および実験を行った。①環境問題と電気エネルギー、②発電の原理、③LED の魅力、④環境に優しい発電(太陽電池、熱電発電、スターリングエンジン、燃料電池)。参加者の中には高齢の方もいらっしやっただが、全員熱心に聴講し実験にも積極的に参加してくれた。講演後には多くの質問が出され、参加者の関心の高さがうかがえた。

## 松英 達也

### タングステン繊維強化チタン複合材料のX線応力測定

西田真之\*1、松英達也\*2、英 崇夫\*3

\*1 神戸市立工業高等専門学校機械工学科、\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、

\*3 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

第45回X線材料強度に関するシンポジウム・2011年7月

チタンは耐熱性、耐食性、耐細菌性、比強度の大きさなどに優れた材料であり、その利用分野は強度部材としての機械、自動車などの分野はもとより、医療、航空、宇宙開発など広範囲で用いられている。チタンの成型は鍛造が主流であるが、繊維強化材の場合は繊維の断線を避けるために鋳造法もしくはHIP法などが用いられる。しかしこれらの方法には問題点も多くあるため、本研究では単純なスポット溶接を用いてW/Ti複合材料を製作し、W/Ti複合材料の残留/熱応力をX線その場応力測定法を用いて測定し評価した。

## 松英 達也

### TiN薄膜の大気中における熱処理に対する残留応力の影響

松英達也\*1、西田真之\*2、英 崇夫\*3

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 神戸市立工業高等専門学校機械工学科

\*3 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

第45回X線材料強度に関するシンポジウム・2011年7月

窒化チタンは硬質であり、耐熱性に優れることから、工具や金型の強化被膜として多方面で活用されている。ところが近年、可視光応答型の光触媒薄膜の製法においてTiN薄膜を出発材料とする手法が報告されており、TiN薄膜の新たな活用に向けた取り組みが行われている。これまでの研究において熱環境における薄膜の残留応力の変化について検討している。すなわち、薄膜内部には形成時に薄膜と基板の熱膨張係数の違いによって発生する熱残留応力よりも遙かに大きな真応力が存在し、この残留応力が熱処理によって

熱残留応力レベルまで緩和されることを明らかにしている。しかしながら、これらの熱処理は真空中で行っており、実際の使用環境である大気中における薄膜の状態については検討を行っていない。本研究では、アーク・イオンプレーティング法によって成膜されたTiN薄膜を大気中にて熱処理することにより、TiN薄膜の酸化に関して薄膜の色、表面形態、結晶状態、元素組成および初期残留応力がどのように変化するか検討を行った。

## 松英 達也

### 結晶性高分子材料の相応力評価

西田真之\*1、松英達也\*2、英 崇夫\*3

\*1 神戸市立工業高等専門学校機械工学科、\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、

\*3 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

第45回X線材料強度に関するシンポジウム・2011年7月

現在実用化されている繊維強化材料は高分子材料を母材とした繊維強化プラスチック材料が代表的であり、これらの応力評価が強く期待されている。本研究では繊維強化プラスチック材料の応力評価の第一段階として母材として広く利用されているポリエチレンの応力評価を試みた。その結果、高密度ポリエチレンおよび低密度ポリエチレンに透過回折線を用いたX線応力測定法を適用することが可能であることがわかった。

## 松英 達也

### 大気中での熱処理により形成したTi-O系薄膜に関する研究

松英達也\*1、西田真之\*2、英 崇夫\*3

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 神戸市立工業高等専門学校機械工学科

\*3 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

第21回 日本材料科学会四国支部講演大会（高知）、2011年6月

近年、可視光応答型の光触媒薄膜の製法においてTiN薄膜を出発材料とする手法が報告されており、TiN薄膜の新たな活用に向けた取り組みが行われている。本研究では、アーク・イオンプレーティング法によって成膜されたTiN薄膜を大気中にて熱処理することにより、TiN薄膜の酸化に関して薄膜の色、表面形態、結晶状態、元素組成および光吸収スペクトルがどのように変化するか評価し、可視光応答型光触媒の生成手法について検討を行った。

## 松英 達也

### 発想を用いた創成学習の効果と評価方法に関する検討

松英達也\*1、志賀信哉\*1、平澤英之\*1、大内忠司\*2、吉良 真\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 新居浜工業高等専門学校ものづくり教育支援センター技術室  
平成 23 年度独立行政法人国立高等専門学校機構主催全国高専教育フォーラム教育研究活動発表会（鹿児島）、2011年8月

〔 概要は前掲 〕

## 朝日 太郎

### Ce:YAG 結晶含有セラミックス-ガラス複合体の作製と蛍光特性評価

久保絢二郎\*1、朝日太郎\*1、中山 享\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 新居浜工業高等専門学校生物応用化学科

第18回 ヤングセラミスト・ミーティング in 中四国 2011年12月

Ce:YAG 微結晶をガラスマトリックス中に分散させた完全無機固体型セラミックス-ガラス複合体（：結晶化ガラス）の開発を目指し、セラミックス-ガラス複合体をできるだけシンプルな組成と工程で作製する

ことをコンセプトに、作製条件の探索を行い、作製した試料の白色 LED 用蛍光体としての適応性について検討した。

## 朝日 太郎

### ゲート動作 APD を用いた Ce:YAG 結晶化ガラス蛍光体の蛍光寿命測定

宮田 剛\*1、朝日太郎\*2、中山 享\*2、岩田哲郎\*3、荒木 勉\*4

\*1 高知工業高等専門学校、\*2 新居浜工業高等専門学校、\*3 徳島大学、\*4 大阪大学

2011 年度 計測自動制御学会四国支部学術講演会 2011 年 11 月

ハイパワー発光ダイオード (LED) の普及に伴い、耐熱性や機械的特性に優れている Ce:YAG 結晶化ガラス蛍光体が期待されている。一方で、強い蛍光強度とナノ秒オーダーの蛍光寿命を有することから機器校正用の標準蛍光試料にも有用である。本研究では、ガラスマトリックス中に析出する蛍光結晶中の Ce 濃度制御を目的として、Ce 偏析挙動を蛍光寿命の Ce 濃度依存性から考察した。

## 朝日 太郎

### Li<sub>3</sub>YSi<sub>4</sub>O<sub>11</sub> ガラスを用いた全固体型 pH 電極の応答特性

飯尾歩美\*1、原亜沙美\*1、中山 享\*1、桑田茂樹\*1、朝日太郎\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校生物応用化学科、\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

第 17 回高専シンポジウム 2012 年 1 月

Li<sub>3</sub>YSi<sub>4</sub>O<sub>11</sub> ガラスを用いた固体電極と Nafion 膜でコーティングした Ag/AgCl 基準電極からなる全固体型 pH 電極を作製し、pH 変化に伴う起電力の応答性や再現性について検討した。その結果、Li<sub>3</sub>YSi<sub>4</sub>O<sub>11</sub> ガラスを用いた固体型電極に電解処理を施すと、pH 変化に対する応答感度は低下するものの再現性は非常に良くなることがわかった。また、水蒸気処理を施すと感度の低下も見られず、再現性の向上が確認できた。

## 朝日 太郎

### ゲート動作 APD を用いた Ce:YAG 結晶化ガラス蛍光体の蛍光寿命測定

宮田 剛\*1、朝日太郎\*2、中山 享\*2、水野孝彦\*3、岩田哲郎\*3、荒木 勉\*4

\*1 高知工業高等専門学校、\*2 新居浜工業高等専門学校、\*3 徳島大学、\*4 大阪大学

第 59 回 応用物理学会連合後援会 2012 年 3 月

Ce:YAG 結晶化ガラス (Glass ceramic: GC) 蛍光体は、Ce イオンをドープした Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 三成分系ガラスを熱処理して Ce:YAG 結晶相を析出させた完全無機固体である。蛍光結晶中の Ce の濃度変化は蛍光強度および蛍光寿命に大きく影響するため、Ce:YAG-GC 蛍光体を開発する上で、Ce 濃度制御と均一な結晶粒析出は重要である。本研究では、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 三成分系から作製した Ce:YAG-GC 蛍光体を用いて、YAG 相中の Ce 濃度を蛍光寿命から推定する手法について検討した。

## 日野 孝紀

### Al 合金と Mg 合金の爆発接合

安藤孝晃\*1、吉良 真\*2、日野孝紀\*1、水口勝志\*3

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 新居浜工業高等専門学校ものづくり教育支援センター技術室、\*3 愛媛大学工学部機能材料工学科

第 17 回四国地区材料関連学協会支部・研究会連合講演会 講演概要集 p. 1-2 (2012. 3)

A1 合金と Mg 合金の爆発接合に及ぼす装薬比の影響について検討した。

## 日野 孝紀

### SPS 法を用いた A6061 と AZ31 の接合条件の検討

和田 仁\*1、日野孝紀\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校生産工学専攻、\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

第 17 回四国地区材料関連学協会支部・研究会連合講演会 講演概要集 p. 3-4 (2012.3)

SPS 法を用いた A6061 と AZ31 の接合強度に及ぼす接合条件と状態図の関連について報告した。

## 日野 孝紀

### プラント排出ガスに含まれる CO<sub>2</sub> ガス回収と再エネルギー化の検討

鈴木智也\*1、吉良 真\*2、日野孝紀\*1

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 新居浜工業高等専門学校ものづくり教育支援センター技術室

第 17 回四国地区材料関連学協会支部・研究会連合講演会 講演概要集 p. 41-42 (2012.3)

CO<sub>2</sub> 吸収時に水素ガスが発生することについて報告した。

## 日野 孝紀

### Ba(Zr<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>)O<sub>3</sub> 人工超格子薄膜の誘電特性

水野智裕\*、日野孝紀\*

\*新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

第 17 回四国地区材料関連学協会支部・研究会連合講演会 講演概要集 p. 43-44 (2012.3)

表面電極の回路パターンと静電容量の関係について報告した。

## 日野 孝紀

### マイクロチューブセラミックスの作製

萩尾拓也\*、日野孝紀\*

\*新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

第 17 回四国地区材料関連学協会支部・研究会連合講演会 講演概要集 p. 45-46 (2012.3)

カーボン繊維を成形型に用いたセラミックチューブの作製方法について提案した。

## 日野 孝紀

### 二酸化炭素の吸収・固定化とその材料の熱的特性

小野誘紀\*1、高橋知司\*2、日野孝紀\*2、平澤英之\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校専攻科生産工学専攻、\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

第 20 回 日本材料科学会四国支部講演大会(高知工大)・2011 年 6 月

[ 概要は前掲 ]

## 日野 孝紀

### 金属粉末を用いた二酸化炭素の吸収・固定化とその材料の熱的特性

高橋知司\*1、日野孝紀\*1、平澤英之\*1、大内忠司\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 新居浜工業高等専門学校ものづくり教育支援センター技術室  
日本金属学会 2012 年春期講演学会(第 150 回) (横浜) (2012 年 3 月)

[ 概要は前掲 ]

## 高見 静香

### 黄色に光発色するフォトクロミック分子の開発と光および熱安定性の制御

高見静香\*

\*新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

文科省科学研究費補助金 特定領域 最終研究成果発表 2011 年 11 月 30 日 立教大学池袋キャンパス

ビニル部位にフェニル基とペンタフルオロフェニル基を導入した誘導体 **1a** および **2a** を合成しそのフォトクロミック挙動を検討した。**1a** および **2a** のトルエン溶液に紫外光 313 nm を照射すると無色から黄色に着色し、極大吸収波長はそれぞれ 424 nm と 428 nm であった。また、いずれの誘導体も紫外、可視光照射により可逆なフォトクロミズムを示し、**1a** および **2a** の光転換率はそれぞれ 95% と 97% であった。また、**1b** と **2b** の光開環反応量子収率はいずれも  $10^{-3}$  オーダであり、室内光では容易に光退色しにくいことがわかった。これら光着色体は熱的に安定であり、80 °C において 100 時間後も変化は認められなかった。本実施期間では、アリアル部位にオキサゾリル基を導入した誘導体を合成したが、可逆なフォトクロミック反応は確認されなかった。しかし、①適切な分子修飾を行うと可逆なフォトクロミズムが起こることを見出し、②ビニル部位に導入する置換基がフォトクロミック挙動に影響を与えることがわかった。また、③着色体は熱的に安定であることがわかった。

## 平澤 英之

### 置換型 $Mg_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ の作製と交流磁場中での発熱特性

宇野将平\*1、平澤英之\*2、青野宏通\*3、猶原 隆\*3、前原常弘\*3、渡部祐司\*4

\*1 新居浜工業高等専門学校専攻科生産工学専攻、\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、

\*3 愛媛大学大学院理工学研究科、\*4 愛媛大学大学院医学系研究科

日本材料科学会四国支部第 20 回講演大会 2011 年 5 月

癌は現在の日本人の死因の第一位であり、年間 35 万人の人が癌により亡くなっている。この病に対して現在確立されている最も有効な治療法は外科手術による切除法であるが、患部の位置や合併症を併発している場合、切除することは不可能である。また、不可視な微小癌や転移先の癌すべてを切除することも不可能であるため、完全な治療法とは言えない。そこで現在注目されているのが、熱による腫瘍の壊死を目的とした交流磁場焼灼法であり、交流磁場中で高い発熱特性を示す磁性材料の開発が切望されている。本研究では、様々な市販品のフェライトの中で最も高い発熱を示す  $MgFe_2O_4$  に注目し、 $Mg^{2+}$  の一部を  $Cu^{2+}$  イオンで置換した  $Mg_{1-x}Cu_xFe_2O_4$  系フェライトの作製と交流磁場中での発熱能力の向上を目的として実験を行った。

## 平澤 英之

### 二酸化炭素の吸収・固定化とその材料の熱的特性

小野誘紀\*1、高橋知司\*2、日野孝紀\*2、平澤英之\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校専攻科生産工学専攻、\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

日本材料科学会四国支部第20回講演大会 2011年5月

[ 概要は前掲 ]

## 平澤 英之

### 癌の高周波誘導焼灼療法に用いるチタン被覆磁性体針の発熱特性

猶原 隆\*1、青野宏通\*1、前原常弘\*1、渡部祐司\*2、平澤英之\*3、松友真哉\*4

\*1 愛媛大学大学院理工学研究科、\*2 愛媛大学大学院医学系研究科、

\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*4 新居浜工業高等専門学校電子制御工学科

日本金属学会 2011年度秋季大会 2011年7月

筆者らは、生体内に留置した磁性体針を高周波誘導加熱することで腫瘍を焼灼する、新しい癌治療法の確立を目指している。しかし、実際の治療における問題点として、誘導コイル中の腫瘍の位置や深さによって、磁性体針の穿刺角度が異なることが挙げられる。この場合、磁束方向との角度によって発熱特性に著しい相違が生じて、焼灼温度の厳密な制御が困難となる。したがって、生体適合性を有するチタンで完全に被覆され、しかも磁束方向に対して無方向性の発熱特性を有する焼灼用磁性体針の開発が必要不可欠である。本研究では、炭素鋼丸棒を被覆するチタン管の厚さを変えることにより、発熱特性と磁束方向の角度との関連性を調べた。そして、得られた結果を踏まえて、高周波磁場中での無方向性発熱特性を有する、動物実験用チタン被覆磁性体針の試作を行った。

## 平澤 英之

### 交流磁場焼灼療法への応用を目的とした磁性材料の開発

平澤英之\*1、青野宏通\*2、猶原 隆\*2、前原常弘\*2、渡部祐司\*3

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 愛媛大学大学院理工学研究科、

\*3 愛媛大学大学院医学系研究科

四国地区高専シーズ発表会 2011年8月

フェライトは鉄を主成分として含む酸化物磁性体であり、合金系の磁性体と比べ電気抵抗が大きいこと、化学的に安定で腐食や錆の発生がないなどの性質をもつ。このような性質から、フェライトは高周波帯域での低損失材料として使用されるが、近年では逆に損失を高め、交流磁場を印加することによりフェライトを発熱させ、医療に用いることを目的とする新しい『交流磁場焼灼療法』が提案されている。そこで本研究では、特にがんの焼灼療法への応用を目的とした発熱フェライト微粒子の作製と、その諸特性について評価を行った。

## 平澤 英之

### 化学的合成および物理的粉碎により作製したマグネタイト超常磁性微粒子の交流磁場中における発熱機構

渡部祐輔\*1、青野宏通\*1、猶原 隆\*1、前原常弘\*1、渡部祐司\*2、平澤英之\*3

\*1 愛媛大学大学院理工学研究科、\*2 愛媛大学大学院医学系研究科、

\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

日本セラミックス協会 第24回秋季シンポジウム 2011年9月

交流磁場焼灼療法の発熱材料として $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ が期待されている。我々はこれまでに、市販の $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ を

ビーズミルを用い物理的粉碎することにより交流磁場中での発熱能が著しく向上し、一方逆共沈法により化学的合成した $\text{FeFe}_2\text{O}_4$  がほぼ同等の発熱能を示すことを報告している。本研究では、それらの方法より作製した $\text{FeFe}_2\text{O}_4$  について磁場強度と周波数との関係を調べ、発熱機構について検討した。さらにこれらを低温で焼成する効果についても報告する。

## 平澤 英之

### ガーネット系 $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ フェライトのビーズミル粉碎による微粒子化とマイクロ球体の作製

仙波亮太\*1、江原弘規\*1、青野宏通\*1、猶原 隆\*1、前原常弘\*1、渡部祐司\*2、平澤英之\*3

\*1 愛媛大学大学院理工学研究科、\*2 愛媛大学大学院医学系研究科、

\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

日本セラミックス協会 第24回秋季シンポジウム 2011年9月

交流磁場中で高い発熱特性を示す磁性材料を利用する交流磁場焼灼療法が期待されている。我々はこれまでにビーズミルによって物理的粉碎することで微粒子化した $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  が交流磁場中で高い発熱特性を示すことを報告している。塞栓法では、血管を傷つけずに塞栓させるために、塞栓剤を球状かつ $20\sim 30\ \mu\text{m}$ 程の大きさにする必要があるとされている。そこで本研究では、微粒子化することで交流磁場中で優れた発熱能を示す $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  粉末を用いてスプレードライ法によって $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  フェライトマイクロ球体を作製し、発熱特性の検討を行った。

## 平澤 英之

### 逆共沈法による $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ フェライト磁性体粉末の合成と交流磁場中における発熱機構

西森忠彦\*1、江原弘規\*1、青野宏通\*1、猶原 隆\*1、前原常弘\*1、渡部祐司\*2、平澤英之\*3

\*1 愛媛大学大学院理工学研究科、\*2 愛媛大学大学院医学系研究科、

\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

日本セラミックス協会 第24回秋季シンポジウム 2011年9月

交流磁場焼灼療法が癌の新しい治療法として注目されており、交流磁場中での優れた発熱特性を持つ磁性材料の開発が期待されている。我々はこれまでにフェリ磁性体である $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 系フェライトが優れた発熱特性を持つことを報告した[1]。今回、 $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  フェライトを逆共沈法により作製し交流磁場中での発熱特性を検討するとともに磁場強度との関連性についても検討を行った。

## 平澤 英之

### 固形癌の焼灼療法に用いるチタン被覆磁性体針の開発

猶原 隆\*1、青野宏通\*1、前原常弘\*1、渡部祐司\*2、平澤英之\*3、松友真哉\*4

\*1 愛媛大学大学院理工学研究科、\*2 愛媛大学大学院医学系研究科、

\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*4 新居浜工業高等専門学校電子制御工学科

軽金属学会 60周年記念事業講演会 2011年9月

筆者らは、腫瘍に磁性体針を留置して、交流磁場中での誘導加熱により焼灼する、新しい癌治療法の確立を目指している[1]。しかし、この治療法を固形癌（肝癌など）に適用する場合、患部は大型コイルに挿入された状態となる。実際の治療では、腫瘍の位置や深さによって、磁性体針の穿刺角度が異なる可能性がある。その際、形状磁気異方性の効果により、磁束方向と磁性体針間の角度が、交流磁場中での発熱特性に著しい影響を与える。この問題を解決できないと、焼灼治療における温度制御が精度良く行えず、臨床応用は実質的に不可能となる。さらに、温度制御技術の確立に不可欠な、シミュレーションによる熱解

析データの蓄積も重要な課題と見なされる。

本研究では、焼灼用磁性体針の発熱特性とその機構に関するデータを得るため、交流磁場中での発熱実験とシミュレーション解析を行った。そして、得られた成果を踏まえて、無方向性の発熱特性を有する、動物実験用のチタン被覆磁性体針を試作した。

## 平澤 英之

### The heat generation ability for $Mg_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ ferrite in an AC magnetic field

Syohei UNO\*1, Hideyuki HIRAZAWA\*2, Hiromichi AONO\*3, Takashi NAOHARA\*3, Tsunehiro MAEHARA\*3, and Yuji WATANABE\*4

\*1 Advanced Course of Environmental Materials Engineering, Niihama Niihama National College of Technology, \*2 Department of Environmental Materials Engineering, Niihama National College of Technology, \*3 Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, \*4 Department of Organ Regenerative Surgery, Ehime University Graduate School of Medicine,

The 28th Japan-Korea International Seminar on Ceramics 2011年11月

Magnetic materials having a high heat generation ability in an AC magnetic field were investigated for new thermal coagulation techniques. Up to now, the most candidate material in this type of therapy was powdered  $FeFe_2O_4$ , however the heat generation ability was insufficient in an AC magnetic field. We then reported that  $MgFe_2O_4$  shows the highest heat generation in the various ferrite powders [1], and the heating ability was improved by  $Ca^{2+}$  ion substitution to the  $MgFe_2O_4$  [2]. The highest heating property for series of  $Mg_{1-x}Ca_xFe_2O_4$  was obtained at  $x=0.5$  sample prepared by reverse co-precipitation method and calcined at  $800^\circ C$ . Reason for this high heat generation was increasing the hysteresis loss due to the phase separation ca. cubic  $MgFe_2O_4$  and orthorhombic  $CaFe_2O_4$  from cubic single phase, and then the crystal distortion was caused by  $Ca^{2+}$  substitution.

In this study, we prepared the series of samples with composition  $Mg_{1-x}Cu_xFe_2O_4$  where  $x=0-1.0$  by solid reaction method in order to discuss the effect of crystal distortion for hysteresis loss, and investigated the mechanism of improving the heat generation ability in an AC magnetic field.

## 平澤 英之

### イットリウム鉄ガーネット粉末の逆共沈法による合成と交流磁場中における発熱機構

西森忠彦\*1、青野宏通\*1、猶原 隆\*1、前原常弘\*1、渡部祐司\*2、平澤英之\*3

\*1 愛媛大学大学院理工学研究科、\*2 愛媛大学大学院医学系研究科、

\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

日本セラミックス協会 2012年年会 2012年3月

交流磁場焼灼療法が癌の新しい治療法として注目されている。我々はこれに用いる磁性材料の開発を行っており、これまでにフェリ磁性体であるイットリウム鉄ガーネット  $Y_3Fe_5O_{12}$  が優れた発熱特性を持つことを報告した[1]。今回、 $Y_3Fe_5O_{12}$  を逆共沈法により作製し交流磁場中での発熱特性を検討するとともに磁場強度や  $Y_3Fe_5O_{12}$  の濃度との関連性について検討を行った。

## 平澤 英之

### 希土類鉄ガーネット $R_3Fe_5O_{12}$ ( $R=Y, Sm, Gd, Dy, Ho, Er$ ) 粉末の交流磁場中における発熱特性

田村一将\*1、青野宏通\*1、猶原 隆\*1、前原常弘\*1、渡部祐司\*2、平澤英之\*3

\*1 愛媛大学大学院理工学研究科、\*2 愛媛大学大学院医学系研究科、  
\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

日本セラミックス協会 2012 年年会 2012 年 3 月

癌の新しい治療法として交流磁場焼灼療法が注目されており、交流磁場中での優れた発熱特性を持つ磁性材料が期待されている。我々はこれまでにフェリ磁性体である  $Y_3Fe_5O_{12}$  系フェライトが優れた発熱特性を持つことを報告した[1]。しかし、この希土類鉄ガーネット  $R_3Fe_5O_{12}$  では、 $R=Sm, Gd$  などのランタノイドの方が大きい磁気モーメントを有しているためより大きい発熱特性が期待できる。今回、様々な希土類元素( $R=Y, Sm, Gd, Dy, Ho, Er$ )についてのフェライトを逆共沈法により作製し、さらにこれらの試料をビーズミル粉碎し交流磁場中での発熱特性の検討を行った。

## 平澤 英之

### ビーズミル粉碎により得た $Y_3Fe_5O_{12}$ フェライト微粒子の粒子成長による発熱機構への影響

秋山祐輔\*1、青野宏通\*1、猶原 隆\*1、前原常弘\*1、渡部祐司\*2、平澤英之\*3

\*1 愛媛大学大学院理工学研究科、\*2 愛媛大学大学院医学系研究科、  
\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

日本セラミックス協会 2012 年年会 2012 年 3 月

癌の新しい治療法の一つとして磁性材料を用いた交流磁場焼灼療法が期待されている。その材料として我々はこれまでにビーズミルにより物理的粉碎することで微粒子化した  $Y_3Fe_5O_{12}$  が超常磁性体となり、Néel 損失により交流磁場中で優れた発熱特性を示すことを報告している[1]。本研究では、 $Y_3Fe_5O_{12}$  フェライトを先述の方法で微粒子化し、焼成することで粒子成長させ、それぞれの粒子径での発熱特性を検討した。また、各々の発熱量と磁場強度の関係を調べることで超常磁性とフェリ磁性の境界の検討も行った。

## 平澤 英之

### 大気中での Ti-Al-Zr 合金の高温酸化

山本雄士\*1、高橋知司\*2、平澤英之\*2、大内忠司\*3

\*1 新居浜工業高等専門学校専攻科生産工学専攻、\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、  
\*3 新居浜工業高等専門学校ものづくり教育支援センター技術室

第 20 回 日本材料科学会四国支部講演大会(高知工大)・2011 年 6 月

[ 概要は前掲 ]

## 平澤 英之

### 金属粉末を用いた二酸化炭素の吸収・固定化とその材料の熱的特性

高橋知司\*、日野孝紀\*、平澤英之\*

\*新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

日本金属学会 2012 年度春期大会 2012 年 3 月

[ 概要は前掲 ]

## 平澤 英之

### Ti を被覆した炭素鋼丸棒の生体等価ファントム中での高周波誘導発熱特性

樋口貴文\*1、猶原 隆\*1、青野宏通\*1、前原常弘\*1、渡部祐司\*2、平澤英之\*3、松友真哉\*4

\*1 愛媛大学大学院理工学研究科、\*2 愛媛大学大学院医学系研究科、  
\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*4 新居浜工業高等専門学校電子制御工学科  
日本金属学会 2012 年度春期大会 2012 年 3 月

癌の焼灼療法に用いる磁性体針を開発するため、チタンで被覆した炭素鋼丸棒の高周波磁場中での発熱特性を調べた。生体等価ファントムを用いた伝熱実験とシミュレーションによって、臨床応用に不可欠な焼灼可能範囲を把握することができた。

## 平澤 英之

### 発想を用いた創成学習の効果と評価方法に関する検討

松英達也\*1、志賀信哉\*1、平澤英之\*1、大内忠司\*2、吉良 真\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 新居浜工業高等専門学校ものづくり教育支援センター技術室  
平成 23 年度独立行政法人国立高等専門学校機構主催全国高専教育フォーラム教育研究活動発表会(鹿児島)、2011 年 8 月

[ 概要は前掲 ]