

[ 環境材料工学科 ]

[ 区 分 A ]

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\*1、南埜宜俊\*2、平澤英之\*1、大内忠司\*3

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 大阪大学大学院工学研究科機能創成工学専攻、

\*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

軽金属、第 63 巻、pp41-48、(2013. 2)

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、 $V_2O_5$  が生成・熔融することにより、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

Ternary diffusion and thermodynamic interaction in the  $\beta$  solid solutions of Ti-Al-Fe alloys at 1423K

Tomoshi Takahashi \*1, Yoritoshi Minamino \*2

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*2 大阪大学大学院工学研究科機能創成工学専攻

Journal of Alloys and Compounds, Vol. 545, pp168-175, (2012)

The binary interdiffusion coefficients  $\tilde{D}_{(Ti-Fe)}$  in  $\beta$  Ti-Fe alloy and  $\tilde{D}_{(Ti-Al)}$  in  $\beta$  Ti-Al alloy, Fe impurity diffusion coefficients  $D_{Fe(Ti-Al)}^*$  in  $\beta$  Ti-Al alloys, and ternary interdiffusion coefficients  $\tilde{D}_{AlAl}^{Ti}$ ,  $\tilde{D}_{FeFe}^{Ti}$ ,  $\tilde{D}_{AlFe}^{Ti}$  and  $\tilde{D}_{FeAl}^{Ti}$  in Ti-rich  $\beta$  Ti-Al-Fe alloys were determined at 1423K using binary and ternary diffusion couples by ordinary and extended Matano methods and Hall's one. The  $\tilde{D}_{(Ti-Al)}$  values increase with Al concentration, and the  $\tilde{D}_{(Ti-Fe)}$  values show almost no concentration dependence. The  $D_{Fe(Ti-Al)}^*$  values in  $\beta$  Ti-Al alloys steeply decrease with Al concentration up to 7at%Al and become almost constant over about 7at%Al. In the ternary  $\beta$  Ti-Al-Fe alloys, the  $\tilde{D}_{AlAl}^{Ti}$ ,  $\tilde{D}_{FeFe}^{Ti}$ ,  $\tilde{D}_{AlFe}^{Ti}$  and  $\tilde{D}_{FeAl}^{Ti}$  values are positive, and the  $\tilde{D}_{FeFe}^{Ti}$  and  $\tilde{D}_{FeAl}^{Ti}$

values are larger than the  $\tilde{D}_{AlAl}^{Ti}$  and  $\tilde{D}_{AlFe}^{Ti}$  ones, respectively. They show the complicated dependence on concentrations of Al and Fe elements. The positive ratios of  $\tilde{D}_{FeAl}^{Ti} / \tilde{D}_{FeFe}^{Ti}$  and  $\tilde{D}_{AlFe}^{Ti} / \tilde{D}_{AlAl}^{Ti}$  indicate that the repulsive interactions exist between Al and Fe atoms in the ternary alloys, but the negative ratios of converted interdiffusion coefficients  $\tilde{D}_{FeTi}^{Al} / \tilde{D}_{FeFe}^{Al}$  show the attractive interactions between Ti and Al and between Ti and Fe atoms in this alloy. These diffusion coefficients and data suggest that Al diffusion occur by vacancy diffusion mechanisms and Fe diffusion takes place by some kind of interstitial diffusion mechanism in  $\beta$  Ti-Al-Fe alloys.

### 平澤 英之

#### High Generation Properties in AC Magnetic Field for Ferrimagnetic $R_3Fe_5O_{12}$ (R=Y, Sm, Gd, Dy, Ho, Er) Powder Materials Synthesized by Reverse Coprecipitation Method

Tadahiko NISHIMORI\*1, Takashi NAOHARA\*1, Tsunehiro MAEHARA\*1, Hideyuki HIRAZAWA\*2, Hiromichi AONO\*1

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

Journal of Iron and Steel Research, International, Suppl. 1, 19, pp.600-603, (2012)

$R_3Fe_5O_{12}$  (R=Y, Sm, Gd, Dy, Ho, Er) powders synthesized by a reverse coprecipitation method were investigated for their heat generation ability in an AC magnetic field. The heat generation ability in an AC magnetic field was strongly influenced by the particle size, i. e., calcination temperature of the precursor. The highest heat generation ability was obtained for the  $Y_3Fe_5O_{12}$  sample calcined at 1100 °C. The heat generation ability (W·g<sup>-1</sup>) can be estimated using a  $3.6 \times 10^{-4} f \cdot H^3$  (frequency (f/kHz) and the magnetic field (H/kA·m<sup>-1</sup>)) for the  $Y_3Fe_5O_{12}$  sample calcined at 1100 °C.

### 平澤 英之

#### Improvement of Heat Generation Ability in AC Magnetic Field and Magnetic Properties for Spinel Type $MgFe_2O_4$ Ferrite by Cu Substitution and Beads Milling

Hideyuki HIRAZAWA\*1, Hiromichi AONO\*2, Takashi NAOHARA\*2, Tsunehiro MAEHARA\*2, Yuji WATANABE\*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

Journal of Iron and Steel Research, International, Suppl. 1, 19, pp.596-599, (2012)

$Mg_{1-x}Cu_xFe_2O_4$  type spinel ferrite was prepared by solid reaction method in order to discuss the heat generation ability in AC magnetic field. The cubic type ferrite structure was obtained for X=0-0.6 samples calcined at 1200°C, and the mixture phase of cubic and tetragonal structures were obtained for X=0.7, 0.8 samples from XRD result. The highest lattice parameter and highest hysteresis loss value were also shown at X=0.6 sample, the crystal distortion was increased with increase the Cu<sup>2+</sup> substitution in cubic type ferrite structure. The sized nano  $Mg_{0.4}Cu_{0.6}Fe_2O_4$  powder was prepared by physical milling method using beads milling. The highest heat generation in the AC magnetic field was obtained for the 6 h milled samples using 0.1mm beads. The Cu<sup>2+</sup> substitution for  $MgFe_2O_4$  ferrite and the beads milling were very effective for the improvement of their heat generation ability in AC magnetic field.

## 平澤 英之

### High-frequency induction heating of needle-shaped Mg-ferrite for ablation therapy of human cancer

NAOHARA Takashi\*1, AONO Hiromichi\*1, MAEHARA Tsunehiro\*1, HIRAZAWA Hideyuki\*2, MATSUTOMO Shinya\*3, WATANABE Yuji\*4

\*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 新居浜工業高等専門学校電子制御工学科、\*4 愛媛大学院医学系研究科

Journal of Iron and Steel Research, International, Suppl. 1, 19, pp.735-738, (2012)

For application as a novel ablation therapy of human cancer, the heating property of a needle-shaped Mg-ferrite prepared by a sintering technique was studied in a high-frequency induction field at 370kHz. When inserted into cylindrical clay, the increase in temperature ( $\Delta T$ ) was 31.2°C for the specimen with a 1.5 mm diameter, while the 1.0mm diameter specimen exhibited a  $\Delta T$  value of 15.7°C after the induction time of 1200s. The  $\Delta T$  exhibited a high value of 57.9°C during the simultaneous insertion of 3 1.5mm diameter specimens. In the computer simulation images, the relatively lower magnetic flux density and concurrent negligibly low current density were observed from the surface to the internal regions, being different from the behavior of a ferromagnetic Ni-rod with the same size.

## 平澤 英之

### High Heat Generation Ability in AC Magnetic Field of Nano-Sized magnetic $Y_3Fe_5O_{12}$ Ferrite Powder Prepared by Physical Bead Milling

H. Aono\*1, T. Naohara\*1, T. Maehara\*1, and H. Hirazawa\*2

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

Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 324, 12, pp.1985-1991, (2012)

Nano-sized magnetic  $Y_3Fe_5O_{12}$  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 mm 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  $Y_3Fe_5O_{12}$  ferrites. The highest heat ability in the AC magnetic field was for the fine  $Y_3Fe_5O_{12}$  powder with a 15-nm crystallite size (the samples were milled for 4h using 0.1mm beads). The heat generation ability of the excessively milled  $Y_3Fe_5O_{12}$  samples decreased. The main reason for the high heat generation property of the milled samples was ascribed to an increase in the Neel relaxation of the superparamagnetic material. The heat generation ability was not influenced by the concentration of the ferrite powder. For the samples milled for 4h using 0.1mm beads, the heat generation ability ( $Wg^{-1}$ ) was estimated using a  $3.58 \times 10^{-4} fH^2$  frequency ( $f/kHz$ ) and the magnetic field ( $H/kA m^{-1}$ ), which is the highest reported value of superparamagnetic materials.

## 平澤 英之

### Effect on Heat Generation Ability in AC Magnetic Field for Particle Growth of Nano-sized Magnetic $Y_3Fe_5O_{12}$ Powder Prepared by Bead Milling

Nishimori Tadahiko\*1, Yusuke Akiyama\*1, Takashi Naohara\*1, Tsunehiro Maehara\*1, Hideyuki Hirazawa\*2, and Hiromichi Aono\*1

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

Journal of the Ceramic Society of Japan, 121, 1, pp.13-16 (2013)

A superparamagnetic magnetic  $Y_3Fe_5O_{12}$  ferrite of 20.5nm in particle size was prepared by bead milling using 0.05mm $\phi$  beads for 10 h. The heat generation ability in an AC magnetic field (370 kHz, 1.77 kA $\cdot$ m $^{-1}$ ) was 0.34 W $\cdot$ g $^{-1}$  for the bead-milled sample and was improved by calcination at low temperature. The main reason for this heat generation property of the milled samples was ascribed to a Néel relaxation of the superparamagnetic material. The maximum ability of 0.46 W $\cdot$ g $^{-1}$  in an AC magnetic field (370 kHz, 1.77 kA $\cdot$ m $^{-1}$ ) was obtained for the sample (36.8nm in particle size) calcined at 700 $^{\circ}$  C. The heat generation ability was decreased with particle growth when the calcination temperature was higher than 700 $^{\circ}$  C. For the sample calcined at 600 $^{\circ}$  C, the heat generation ability (W $\cdot$ g $^{-1}$ ) was proportional to the square of the magnetic field (H/kA $\cdot$ m $^{-1}$ ). In the case of the calcination at 700 $^{\circ}$  C, the heat generation ability (W $\cdot$ g $^{-1}$ ) depended on the cube of the magnetic field. The heat generation mechanism would change from superparamagnetic to ferrimagnetic due to the particle growth at 700 $^{\circ}$  C.

## 平澤 英之

### High-frequency induction heating of Ti-coated mild steel rod for minimally invasive ablation therapy of human cancer

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

\*1 愛媛大学大学院理工学研究科、\*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電子制御工学科、\*4 愛媛大学大学院医学系研究科

Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 331 pp.168-173 (2013)

For application as a novel ablation therapy of human cancer, the heating property of a Ti-coated mild steel rod was studied in an AC magnetic field at 300 kHz. When the Ti-tube thickness was as low as 0.1 mm, the specimen, when placed parallel to the magnetic flux direction ( $\theta = 0$ ), exhibited a significant increase in temperature; however, its value gradually decreased with the increasing Ti thickness. In computer simulation images, the high magnetic flux concentration and on current large current density were observed around the interface between the mild steel rod and the Ti-tube. The heating property was drastically different at the three inclination angles ( $\theta = 0, 45,$  and  $90$ ) to the magnetic flux direction. However, the effect of the inclination angle was markedly reduced in the mild steel rod surrounded by a 0.3mm thick Ti-tube, suggesting that the non-oriented heating property will be achieved for the prototype ablation needle coated with a Ti layer having the optimum thickness.

## 平澤 英之

### 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\*1・南埜宜俊\*2・平澤英之\*1・大内忠司\*1

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学、\*2 大坂大学

軽金属第・63 巻 2 号・pp. 41-48 (2013. 2)

[概要は前掲]

### 平澤 英之

#### Heat Generation and Transfer Behaviors of Ti-coated Carbon Steel Rod Adaptable for Ablation Therapy of Oral Cancer

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

\*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 新居浜工業高等専門学校電子制御工学科、\*4 愛媛大学院医学系研究科

Journal of Functional Biomaterials, 4(1), pp.27-37 (2013)

For the purpose of developing a novel ablation therapy for oral cancer, the heat generation and transfer properties of a Ti-coated carbon steel rod with 20-mm length and 1.8-mm outer diameter were investigated by means of a high-frequency induction technique at 300 kHz. The heat generation measurement performed using water (15 ml) revealed that the difference of the inclination angles ( $\theta = 0^\circ, 45^\circ, \text{ and } 90^\circ$ ) relative to the magnetic flux direction only slightly affects the heating behavior, exhibiting the overlapped temperature curves during an induction time of 1200 s. These results suggest that the effect of the shape magnetic anisotropy is almost eliminated being convenient for the precise control of the ablation temperature in clinical use. In the experiments utilizing a tissue mimicking phantom, the heat transfer concentrically occurred in the lateral direction for both the planar surface and a 10-mm deep cross-section. However, the former exhibited a considerably lower increase in temperature ( $\Delta T$ ), probably due to the effect of heat dissipation to the ambient air. No significant heat transfer was found to occur to the lower side of the inserted Ti-coated carbon steel rod, which is situated in the longitudinal direction.

### 平澤 英之

#### Heat generation ability of nanosized $\text{Mg}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ferrite in an AC magnetic field

S. Utsunomiya\*1, H. Hirazawa\*2, H. Aono\*3, T. Naohara\*3, T. Maehara\*3, and Y. Watanabe\*4

\*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、\*3 愛媛大学大学院理工学研究科、\*4 愛媛大学院医学系研究科

Journal of Magnetics Society of Japan, (2013) in press

$\text{Mg}_{0.4}\text{Cu}_{0.6}\text{Fe}_2\text{O}_4$  ferrite with the highest heat generation ability in AC magnetic field for the  $\text{Mg}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$  ( $X=0-1.0$ ) series was prepared by the solid reaction method, and then bead milled to examine the effect of particle size on the heat generation ability. Nanosized  $\text{Mg}_{0.4}\text{Cu}_{0.6}\text{Fe}_2\text{O}_4$  was obtained by bead milling using 0.3 mm and 0.1 mm diameter  $\text{ZrO}_2$  beads. The heat generation ability increased with decreasing particle diameter to ca. 16.1 nm. However, the heat generation ability decreased with decreasing particle diameter below 14.6 nm.

### 平澤 英之

#### Heat generation ability in an AC magnetic field of nano-sized La2.5wt% added $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ prepared by beads milling

S. Yoshikawa\*1, H. Hirazawa\*2, H. Aono\*3, T. Naohara\*3, T. Maehara\*3, and Y. Watanabe\*4

\*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、\*3 愛媛大学大学院理工学研究科、\*4 愛媛大学院医学系研究科

Journal of Magnetics Society of Japan, (2013) in press

The fine magnetic materials having a high heat generation ability in an AC magnetic field have been studied for use in new thermal coagulation therapy. The fine ferrite powder about  $\text{La}^{3+}$  added  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  was prepared by beads milling. The highest heat generation properties of the  $\text{La}^{3+}$  added  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  was obtained at milled for 240min using 0.1 mm  $\phi$  beads. The maximum heat generation ability and hysteresis loss value were obtained for ca. 8.6nm in crystal size. A physical milling method using bead milling was very effective for preparing the nano-sized  $\text{La}^{3+}$  added  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  powder.

## 〔 区 分 B 〕

### 松英 達也

高等専門学校制度50周年を迎えて 新居浜工業高等専門学校

松英 達也

新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

表面技術・vol. 63 (No. 7)・47・2012

(社)表面技術協会の高等専門学校制度50周年を迎えて組まれた小特集に対して、新居浜工業高等専門学校の紹介として寄稿文の投稿依頼があり執筆した。

## 〔 区 分 E 〕

### 高橋 知司

大気中での Ti-6Al-4V 合金の高温酸化とその速度論的考察

高橋知司\*1

\*1 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 年秋期講演学会(第 151 回) (愛媛大学) (2012 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。Ti-6Al-4V 合金はすぐれた強度と延性の組み合わせを有し、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)等温酸化実験における本系合金の酸化増量は放物線則に従う。(2)等速酸化実験での酸化増量は、加熱速度が大になるにつれて高温側へ移行する。(3)本系合金の TG 実験後の酸化表面には、微細な針状と粒状の酸化物が形成している。(4)等温および等速酸化(TG)での本系合金における酸化の活性化エネルギーは、それぞれ、205 kJ/mol および TG : 202 kJ/mol であった。、

### 新田 敦己

Anatase 型  $\text{TiO}_2$  を含む結晶化ガラスの光触媒特性評価

新田敦己\*1、坂本祐規\*1、堤 主計\*3、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

\*3 新居浜工業高等専門学校生物応用化学科

日本セラミックス協会 2013 年年会 2013 年年会講演予稿集 G22 (2013)・2013 年 3 月

We succeeded in making the glass-ceramics containing an anatase-type  $\text{TiO}_2$  crystal from  $\text{B}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SrO}$  glasses. Photocatalytic properties of these glass-ceramics containing an anatase-type  $\text{TiO}_2$  crystal were evaluated by means of photodecomposition methods with a methylene blue. The most of methylene blue was decomposed by irradiation of ultraviolet rays for 2 hours. It is seen that the glass-ceramics prepared in this study have enough a photocatalytic property. The above result shows that it is possible to make a bulk glass-ceramics having a photocatalytic property.

## 志賀 信哉

### メカニカルアロイング及び放電プラズマ焼結を利用した $\text{Mg}_2\text{Si}$ の作製

高木健汰\*1、秋山真一\*2、志賀信哉\*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(現 香川大学)、\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

第 21 回日本材料科学会四国支部講演大会 (愛媛大学)、2012 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  $\text{Mg}_2\text{Si}$  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 (Spark Plasma Sintering : SPS) による固化成形を行った。MA することで結晶粒が微細になることが知られている。結晶粒が微細になるとフォノン散乱効果が高まるため熱伝導率が低下し、結果として熱電性能の向上が期待できる。本研究は、MA および SPS で  $\text{Mg}_2\text{Si}$  固化成形体を得るための基礎的知見を得ることを目的とするものである。ボールミルの回転数は 95rpm とし、50, 100, 200, 300 時間の各時間ミリングした。SPS 条件は保持時間 10min, 焼結温度  $600^\circ\text{C}$  or  $700^\circ\text{C}$ , 加圧力 30MPa とした。得られた焼結体の密度測定、硬度測定、 $\text{CuK}_\alpha$  線による X 線回折を行った。得られた主な結果は次の通りである。(1) MA 粉末の X 線回折パターンより MA 中に  $\text{Mg}_2\text{Si}$  が合成され始めることが確認できた。(2) MA100h 以下の短時間 MA 焼結体は脆くなることが分かった。(3) 焼結体の作製結果および MA 粉末の X 線回折パターンより、MA 時間は MA200h 程度が適切であることが明らかとなった。

## 松英 達也

### Thermal Stress Estimation of Tungsten Fiber Reinforced Titanium Composite by In-situ X-ray Diffraction Method

Masayuki NISHIDA\*1, Masashi HANEOKA\*2, Tatsuya MATSUE\*3, Tian JING\*4 and Takao HANABUSA\*5

\*1 Department of Mechanical Engineering, Kobe City College of Technology, Kobe, Japan

\*2 Student of Advanced Course, Kobe City College of Technology, Kobe, Japan

\*3 Department of Environmental Materials Engineering, Niihama National College of Technology, Ehime, Japan

\*4 Harbin Institute of Technology, Harbin, China

\*5 The University of Tokushima, Tokushima, Japan

ISEM-ACEM-SEM-7th ISEM' 12-Taipei Exhibition, 9-10 November 2012 (The Grand Hotel, Taipei, Taiwan).

Titanium is one of the useful materials in industrial fields because of the good properties of light weight, high temperature resistance and so on. In this study, the tungsten fiber reinforced titanium composite (W/Ti) was produced by the spot welding method. This manufacturing method used only a simple spot welding system, and it did not need a vacuum chamber and a high temperature furnace such as existing common methods. The arranged tungsten fibers were held between titanium plates

(thickness 0.5mm) and fixed by the spot welding. Therefore, this W/Ti composite produced by the spot welding did not joint in the whole position between the tungsten fiber and the titanium matrix because of the partial welding in the spot welding point. The coverage, a rate of welding area to the whole plate area, became in 150% for the sample in this study, because it should make up for the partial welding by this method. X-ray stress measurement is the most useful non-distractive method for estimating residual stresses on material surface. It is inferred the W/Ti sample included thermal stresses generated from the thermal expansion mismatch between the titanium matrix and the tungsten fiber. These thermal stresses of the W/Ti composite were measured by x-ray stress measurement. Furthermore, the alteration of thermal residual stress under the thermal cycling was measured by the in-situ x-ray stress measurement technique. These results were discussed from the viewpoint of the thermal expansion coefficient between fiber and matrix.

### 松英 達也

#### タングステン繊維強化チタン複合材料のX線3軸応力評価

西田真之\*1 羽子岡督祥\*2 松英達也\*3 英 崇夫\*4

\*1 神戸市立工業高等専門学校機械工学科、\*2 神戸市立工業高等専門学校専攻科、\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*4 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

第46回X線材料強度に関するシンポジウム 2012年7月

Titanium is one of the useful materials in industrial fields because of the good properties of light weight, high temperature resistance and so on. In this study, the tungsten fiber reinforced titanium composite (W/Ti) was produced by the spot welding method. This manufacturing method used only a simple spot welding system, and it did not need a vacuum chamber and a high temperature furnace such as existing common methods. The arranged tungsten fibers were held between titanium plates (thickness 0.5mm) and fixed by the spot welding. Therefore, this W/Ti composite produced by the spot welding did not joint in the whole position between the tungsten fiber and the titanium matrix because of the partial welding in the spot welding point. The coverage, a rate of welding area to the whole plate area, became in 100% for the sample in this study, because it should make up for the partial welding by this method. X-ray stress measurement is the most useful non-distractive method for estimating residual stresses on material surface. It is inferred the W/Ti sample included thermal stresses generated from the thermal expansion mismatch between the titanium matrix and the tungsten fiber. These thermal stresses of the W/Ti composite were measured by x-ray stress measurement. Furthermore, the tri-axial stress state in W/Ti composite was measured by the tri-axial x-ray stress measurement technique. These results were discussed from the viewpoint of the thermal expansion coefficient between fiber and matrix.

### 松英 達也

#### 高密度ポリエチレンにおけるX線の弾性定数の回折面依存性

西田真之\*1 鳴瀬隆志\*2 松英達也\*3 英 崇夫\*4

\*1 神戸市立工業高等専門学校機械工学科、\*2 神戸市立工業高等専門学校専攻科、\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*4 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

第46回X線材料強度に関するシンポジウム 2012年7月



X-ray stress measurement with  $\sin^2\phi$  method is employed to estimate residual stresses in crystalline polyethylene. The transmission diffraction method was used in this study, because the diffraction peak appeared in the  $2\theta$  low angle region. The x-ray elastic constants of the crystalline phase were measured for a high density polyethylene 110 plane and 200 plane respectively. The results of  $\sin^2\phi$  diagram with transmission method showed good linearity under the several tensile loading in the both of 110 diffraction and 200 diffraction. The x-ray elastic constants were proportional to the both of crystalline degrees and diffraction plane. The setting condition of parallel beam slits on the diffractometer was estimated to be a high precision measurement.

## 松英 達也

### MOD法によるTiO<sub>2</sub>薄膜の形成

岡田知広\*1 松英達也\*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22回 日本材料科学会四国支部講演大会(愛媛) 2012年6月

アナターゼ型の二酸化チタンは光触媒と呼ばれ環境浄化材料として利用されている。光触媒効果は二酸化チタンに紫外線を照射することで得られるが、紫外線は太陽光全体でも約3%しか含まれていない。そこで、可視光でも反応する光触媒の研究が進んでおり、これまでの研究1)においてTiN薄膜を出発材料としTi-O-N系の可視光応答型光触媒薄膜が形成できることが確認されている。しかし、一般的にTiN 薄膜の形成には高価な設備が不可欠である。一方、二酸化チタンとグラファイトとの混合物をマイクロ波により加熱すると、グラファイトによる還元と大気中の窒素により窒化チタンが形成されることがわかっている。そこで、簡便な薄膜形成手法であるMOD 材料を用いたスピコーター法により二酸化チタンを形成し、黒鉛による二酸化チタンの還元反応を利用した薄膜内への窒素ドーピングによる可視光応答型光触媒薄膜の開発を試みた。

## 朝日 太郎

### Ce:YAG 結晶含有ガラス蛍光体における発光特性のCe 濃度依存性

宮田 剛\*1, 矢木正和\*2, 朝日太郎\*3, 中山 享\*4, 岩田哲郎\*5, 荒木 勉\*6

\*1 高知工業高等専門学校、\*2 香川高等専門学校、\*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生物応用化学科、\*5 徳島大学、\*6 大阪大学  
第 73 回応用物理学会学術講演会 2012 年 9 月

Ce:YAG 結晶含有ガラス (glass ceramic: GC) 蛍光体は、Ce:YAG 結晶質とガラス質を共存した完全無機固体であり、耐熱性、機械的特性および成形性に優れていることから、ハイパワーLED 用蛍光体、シンチレーション検出器用材料や標準蛍光試料として有用であると考えられる。これまでに我々は、作製した試料の蛍光寿命にCe濃度依存性があることを報告してきた。本研究では、Ce:YAG-GC 蛍光体の光励起過程におけるCe濃度依存性について検討を行った。

## 朝日 太郎

### スカンジウム安定ジルコニアの電気特性

高田 慎\*1、徳永龍志郎\*1、朝日太郎\*2、中山享\*1

\*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19回 ヤングセラミスト・ミーティング in 中四国 2012年11月

高温域で高い酸化イオン導電性を有する立方晶系の  $ZrO_2-10mol\%Sc_2O_3$  の  $550^\circ C$  付近の相転移（立方晶系→菱面体晶系）を防ぎ、全温度領域で立方晶系の高い導電率を実現できる添加元素の検討を行った。

## 日野 孝紀

### $[(SrTiO_3)_m/[Ba(Zr_{0.25}Ti_{0.75})O_3]_n]$ 薄膜の誘電特性に及ぼす超格子条件の影響

水野智裕\*1, 近藤佑哉\*2, 藤田隼人\*2, 宮崎佳代\*2, 日野孝紀\*2

\*1 新居浜工業高等専門学校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18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. 20-21 (2013.3)

誘電特性に及ぼす超格子条件の影響について検討した。

## 高見 静香

### 4-メトキシフェニル基をもつアリアルブタジエン誘導体のフォトクロミズム

高見静香\*1, 清水麻由\*1, 三好涼太\*1, 佐伯裕紀\*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

日本化学会第93春季年会 2013年3月24日 立命館大学くさつキャンパス

本発表では、光安定な黄色に発色するフォトクロミック化合物を開発するために、オレフィン部位に4-メトキシフェニル基を導入した1-チアゾリル-2-ビニルシクロブタジエン誘導体を合成し、そのフォトクロミック挙動および熱安定性についてメチル基をもつ誘導体と比較検討した。

## 高見 静香

### 水素置換したシクロペンテン環を有するジアリアルエテンのフォトクロミズム

保坂学\*1, 尾関徹\*1, 高見静香\*2, 森本正和\*3, 山口忠承\*1

\*1 兵庫教育大学、\*2 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*3 立教大学理学部

日本化学会第93春季年会 2013年3月24日 立命館大学くさつキャンパス

水素原子をもつシクロペンテン環の誘導体では、チオフェン環をもつ誘導体で化学安定性に欠けるものが報告されている。そのため、フッ素置換したジアリアルエテン誘導体の特徴を知る意味からも、水素置換したジアリアルエテンの合成の意義は高い。本発表では、水素置換したジアリアルエテン誘導体の合成法の開発と、合成した化合物の光反応性の検討を紹介した。

## 平澤 英之

### 磁性材料の発展とがん治療への応用

平澤英之\*1

\*1 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科

新居浜高専市民講座 2012年5月

磁石の起原・応用分野について説明し、磁性材料を用いたがんの誘導焼灼治療法に関する研究内容を紹介した。

## 平澤 英之

### ビーズミル粉碎により得た $Y_3Fe_5O_{12}$ 系フェライト微粒子の低温焼成による粒子成長とその発熱機構

秋山祐輔\*1、西森忠彦\*1、青野宏通\*1、猶原 隆\*1、前原常弘\*1、平澤英之\*2

\*1 愛媛大学大学院理工学研究科、\*2 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25回秋季シンポジウム 2012年9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で優れた発熱特性を示すことを報告している。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。粒子成長を阻害する介在物として $Gd_3Fe_5O_{12}$ または $Sm_3Fe_5O_{12}$ 混合させた試料の場合、発熱特性の向上がみられた。

## 平澤 英之

### 癌焼灼療法の3次元熱伝導シミュレーションによる検討

高橋宏至\*1 松友真哉\*2 平澤英之\*3 猶原隆\*4 青野宏通\*4

\*1 新居浜工業高等専門学校電子工学専攻、\*2 新居浜工業高等専門学校電子制御工学科、\*3 新居浜工業高等専門学校環境材料工学科、\*4 愛媛大学大学院理工学研究科

電気関係学会四国支部連合大会 2012年9月

癌治療において、患部に針状磁性材料を突刺して誘導加熱により針状磁性材料を発熱させ、癌細胞を焼灼する治療法の検討を行っている[1]。この治療法では、針状磁性材料が体内でどの程度発熱し患部を加熱できるかを実験やシミュレーションを通じて十分に把握しておくことが重要である。本研究では、三次元の人体データを利用し、人体内部に磁性材料を突刺した際の臓器の温度上昇・温度分布を熱伝導シミュレーションによって検討している。

## 平澤 英之

### Improvement of Heat Generation Ability in AC magnetic field and Magnetic Properties for Spinel Type $MgFe_2O_4$ ferrite by Cu Substitution

Hideyuki HIRAZAWA\*1, Hiromichi AONO\*2, Takashi NAOHARA\*2, Tsunehiro MAEHARA\*2, Yuji WATANABE\*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  
7th International Conference on Electromagnetic Processing of Materials (EPM2012) 2012年10月

$Mg_{1-x}Cu_xFe_2O_4$  type spinel ferrite was prepared by solid reaction method in order to discuss the heat generation ability in AC magnetic field. The cubic type ferrite structure was obtained for  $X=0-0.6$  samples calcined at  $1200^\circ\text{C}$ , and the mixture phase of cubic and tetragonal structures were obtained for  $X=0.7, 0.8$  samples from XRD result. The highest lattice parameter and highest hysteresis loss value were also shown at  $X=0.6$  sample, the crystal distortion was increased with increase the  $Cu^{2+}$  substitution in cubic type ferrite structure. The sized nano  $Mg_{0.4}Cu_{0.6}Fe_2O_4$  powder was prepared by physical milling method using beads milling. The highest heat generation in the AC magnetic field was obtained for the 6 h milled samples using 0.1mm beads. The  $Cu^{2+}$  substitution for  $MgFe_2O_4$  ferrite and the beads milling were very effective for the improvement of their heat generation ability in AC magnetic field.

## 平澤 英之

### High-frequency Induction Heating of Needle-shaped Mg-ferrite for Ablation Therapy of Human

## Cancer

NAOHARA Takashi\*1, AONO Hiromichi\*1, MAEHARA Tsunehiro\*1, HIRAZAWA Hideyuki\*2, MATSUTOMO Shinya\*3, WATANABE Yuji\*4

\*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 新居浜工業高等専門学校電子制御工学科、\*4 愛媛大学院医学系研究科

7th International Conference on Electromagnetic Processing of Materials (EPM2012) 2012年10月

For application as a novel ablation therapy of human cancer, the heating property of a needle-shaped Mg-ferrite prepared by a sintering technique was studied in a high-frequency induction field at 370kHz. When inserted into cylindrical clay, the increase in temperature ( $\Delta T$ ) was 31.2°C for the specimen with a 1.5 mm diameter, while the 1.0mm diameter specimen exhibited a  $\Delta T$  value of 15.7°C after the induction time of 1200s. The  $\Delta T$  exhibited a high value of 57.9°C during the simultaneous insertion of 3 1.5mm diameter specimens. In the computer simulation images, the relatively lower magnetic flux density and concurrent negligibly low current density were observed from the surface to the internal regions, being different from the behavior of a ferromagnetic Ni-rod with the same size.

### 平澤 英之

Heat Generation Properties in AC Magnetic Field for Ferrimagnetic  $R_3Fe_5O_{12}$  (R=Y, Sm, Gd, Dy, Ho, Er) Powder Materials Synthesized by Reverse Coprecipitation Method

Tadahiko NISHIMORI\*1, Takashi NAOHARA\*1, Tsunehiro MAEHARA\*1, Hideyuki HIRAZAWA\*2, Hiromichi AONO\*1

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

7th International Conference on Electromagnetic Processing of Materials (EPM2012) 2012年10月

$R_3Fe_5O_{12}$  (R=Y, Sm, Gd, Dy, Ho, Er) powders synthesized by a reverse coprecipitation method were investigated for their heat generation ability in an AC magnetic field. The heat generation ability in an AC magnetic field was strongly influenced by the particle size, i.e., calcination temperature of the precursor. The highest heat generation ability was obtained for the  $Y_3Fe_5O_{12}$  sample calcined at 1100 °C. The heat generation ability ( $W \cdot g^{-1}$ ) can be estimated using a  $3.6 \times 10^{-4} f \cdot H^3$  (frequency (f/kHz) and the magnetic field (H/kA·m<sup>-1</sup>)) for the  $Y_3Fe_5O_{12}$  sample calcined at 1100 °C.

### 平澤 英之

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

S. Utsunomiya\*1, H. Hirazawa\*2, H. Aono\*3, T. Naohara\*3, T. Maehara\*3, and Y. Watanabe\*4

\*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、\*3 愛媛大学大学院理工学研究科、\*4 愛媛大学院医学系研究科

ICAUMS 2012 (International Conference of the Asian Union of Magnetism Societies) 2012年10月

$Mg_{0.4}Cu_{0.6}Fe_2O_4$  ferrite with the highest heat generation ability in AC magnetic field for the  $Mg_{1-x}Cu_xFe_2O_4$  (X=0-1.0) series was prepared by the solid reaction method, and then bead milled to examine the effect of particle size on the heat generation ability. Nanosized  $Mg_{0.4}Cu_{0.6}Fe_2O_4$  was obtained by bead milling using 0.3 mm and 0.1 mm diameter  $ZrO_2$  beads. The heat generation ability increased with decreasing particle diameter to ca. 16.1 nm. However, the heat generation ability decreased with decreasing particle diameter below 14.6 nm.

## 平澤 英之

### Effect of La<sup>3+</sup> addition on heat generation ability in AC magnetic field of MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> powder prepared by solid reaction method

Y. Wakae\*1, H. Hirazawa\*2, H. Aono\*3, T. Naohara\*3, T. Maehara\*3, and Y. Watanabe\*4

\*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、\*3 愛媛大学大学院理工学研究科、\*4 愛媛大学院医学系研究科

ICAUMS 2012 (International Conference of the Asian Union of Magnetism Societies) 2012年10月

Magnetic materials having high heat generation ability in an AC magnetic field have been studied for the application of thermal coagulation therapy. We found that the MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ferrite powder showed the highest heat generation ability and hysteresis loss value in various commercial ferrite samples (MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: M=Mg, Cu, Fe, Ni, Mn, Sn, Co). In this study, La<sup>3+</sup> added MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> was prepared by solid reaction method in order to discuss the effect of La<sup>3+</sup> addition on heat generations in an AC magnetic field. The heat generation ability for MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> was improved with increase the La<sup>3+</sup> added amount 2.5wt% or less. Especially, the highest heat generation ability was obtained for La<sup>3+</sup> 2.5wt% added samples. However the hysteresis loss value was decreased for La<sup>3+</sup> 2.5wt% added samples.

## 平澤 英之

### Heat generation ability in an AC magnetic field nano-sized La2.5wt% added MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> prepared by beads milling

S. Yoshikawa\*1, H. Hirazawa\*2, H. Aono\*3, T. Naohara\*3, T. Maehara\*3, and Y. Watanabe\*4

\*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、\*3 愛媛大学大学院理工学研究科、\*4 愛媛大学院医学系研究科

ICAUMS 2012 (International Conference of the Asian Union of Magnetism Societies) 2012年10月

The fine magnetic materials having a high heat generation ability in an AC magnetic field have been studied for use in new thermal coagulation therapy. The fine ferrite powder about La<sup>3+</sup> added MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> was prepared by beads milling. The highest heat generation properties of the La<sup>3+</sup> added MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> was obtained at milled for 240min using 0.1 mm  $\phi$  beads. The maximum heat generation ability and hysteresis loss value were obtained for ca. 8.6nm in crystal size. A physical milling method using bead milling was very effective for preparing the nano-sized La<sup>3+</sup> added MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> powder.