

平成 30 年 9 月 11 日現在

機関番号：82108

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04163

研究課題名(和文)革新的特性を有するホウ化物系超高温セラミックスの創製

研究課題名(英文)Fabrication of ultra-hightemperature boride ceramics with novel properties

研究代表者

目 義雄 (Sakka, Yoshio)

国立研究開発法人物質・材料研究機構・機能性材料研究拠点・特命研究員

研究者番号：00354217

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：強磁場中でのコロイドプロセスによるセラミック配向体作製法およびSPSによる共晶組織の複相化手法をホウ化物系超高温セラミックスに適用し、高性能化を図った。Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>系の強度と靱性の向上手法を参考に、Zr(Hf)B<sub>2</sub>系配向体について、優れた特性を得る為の添加元素、界面および微構造の要件を検討した。また、遷移金属ホウ化物 (MeB<sub>2</sub>:Me=Ti, Zr, Ta, Nb, V) とB<sub>4</sub>Cの混合粉末をSPSにより液相生成温度前後で加熱することで、遷移金属ホウ化物 B<sub>4</sub>C系の共晶複層組織の高次構造体の作製に成功した。この共晶複相組織構造体は、高強度・高靱性を示し、微構造と強度の関係を体系的に検討した。

研究成果の概要(英文)：The emphasis is on the processing approaches, especially colloidal processing in a strong magnetic field and SPS of transition metal diboride (MB<sub>2</sub>)-based composites, and SPS consolidation of eutectic composites of transition metal borides (MeB<sub>2</sub>:Me=Ti, Zr, Ta, Nb, V) and B<sub>4</sub>C. Considering the success of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> ceramics in the field of structural ceramics, the potential MB<sub>2</sub>-based ceramic composites with abundant elongated MB<sub>2</sub> grains and textured structures have succeeded to possess improved fracture toughness and reliable high-temperature strength. Consolidation of in situ synthesized B<sub>4</sub>C/MeB<sub>2</sub> eutectic composites by SPS has been successfully conducted for fabricating multicomponent eutectic composites. The composites show both good strength and good fracture toughness and the relationship among the microstructure and mechanical properties have been systematically examined.

研究分野：セラミックスプロセス

キーワード：ホウ化物セラミックス 複合材料 配向体 共晶組織 力学特性

1. 研究開始当初の背景

Si 系の炭窒化物 SiC および Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> は、エンジニアリングセラミックスとして長い研究、実用化実績がある。一方、Zr(Hf)系の炭窒化物およびホウ化物は超高温セラミックスとして注目されているが微構造制御を含め、まだ特性向上への試みは限定されている。

高次構造制御に関して材料の異方性の制御が注目されている。従来、セラミックスの配向制御方法は、テープキャストなどで配向させた形状異方性粒子をシードとして粒成長させる、ホットフォージする、一軸押し出し成形する等が行われている。しかしながら、これらの配向手法では、基本的には剪断力等を用いるために形状が限定され、シードとなる結晶粒子が必要などの欠点があった。一方、この 15 年程の間超伝導技術の進歩により、液体 He を必要としない超伝導マグネットが手軽に利用できる状況になってきた。従来ならば非磁性体と呼ばれていた常磁性体や反磁性体に及ぼす様々な現象が強磁場で研究され、我々のグループでは常磁性・反磁性セラミックスでも強力な磁場とコロイドプロセスを用いることにより結晶磁気異方性による配向制御が可能であることを見出し、このプロセスを用いれば、上記欠点を克服した複雑形状成形体での任意方向への配向制御が可能となり、アルミナ、炭化ケイ素、窒化アルミ等の非立方晶構造の弱磁性材料への適用が可能であることを世界で初めて示してきた。c 軸が磁化容易軸な アルミナ粒子は、静磁場印加で一軸配向を示したが、a,b 軸が磁化容易軸の Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 粒子は、回転磁場を用いることにより、一軸配向体の作製に成功した。図 1 は、作製した c 軸配向 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 一軸配向体の SEM 写真と X 線回折パターンで、c 軸方向に発達した針状結晶 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 配向体は、報告されている最高の熱伝導度を c 軸方向で示した。B<sub>4</sub>C, BN, Zr(Hf)B<sub>2</sub> などのホウ化物系セラミックスは、2000 以上の超高温環境での使用が検討されているが、これ

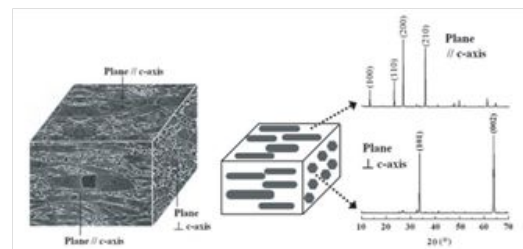


図1 c軸配向 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> の微構造と各面での X 線回折パターン。針状、板状結晶により、優れた特性の配向体が得られる。

らの特性向上には、針状結晶を有する Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 一軸配向体の研究例、および後述する TiB<sub>2</sub>-B<sub>4</sub>C 系共晶組織が参考になる。本研究は、これらの手法を Zr(Hf)B<sub>2</sub> 基超高温セラミックスに適用することにより、針状結晶を有する共晶組織を有する配向体を作製し、高温力学特性、耐酸化特性、熱伝導特性などの特性の組織および方位依存性を検討し、革新的

特性を有する超高温セラミックス創製を目指す。

2. 研究の目的

材料の高機能化あるいは新機能の発現には、高次の構造制御が不可欠である。本研究では、我々が開発した強磁場中でのコロイドプロセスによるセラミック配向体作製法および共晶組織の複相化手法をホウ化物系超高温セラミックスに適用し、高性能化を図ることを目的とする。そのため、粉体プロセスの高度化、特に外場制御コロイドの高度化、共晶組織を利用した新規コンポジットの作製、パルス通電加熱やミリ波焼結利用による高次構造制御を行い、微構造と様々な特性との関係を明らかにし、優れた特性を有するホウ化物系超高温セラミックス作製の指針を示す。

3. 研究の方法

磁場配向の要件は、1) 単結晶粒子を溶媒中で分散させること、2) 結晶磁気異方性を利用するため非立方晶系の粒子であること、3) 磁気トルクが溶液の粘性に比べて大きく粒子が回転できること、4) 粒状粒子を用いる場合粒成長させること、である。本研究で対象とする B<sub>4</sub>C, BN, Zr(Hf)B<sub>2</sub> は、非立方構造であるため、本研究では、1) 3) の要件を満たすために、粒子が溶媒中に高分散したサスペンションの作製、4) のためには Zr(Hf)B<sub>2</sub> は共有結合性が強く、難焼結であるため、パルス通電加熱やミリ波加熱焼結を高度化するとともに Zr(Hf)B<sub>2</sub> 系では焼結温度を下げるためには SiC などの適当な焼結助剤の添加が必要である。さらに、配向体の特性の方位依存性を顕著にさせるためには、等軸焼結体ではなく、針状や板状結晶を作製する必要がある。

また、我々のグループでは、キエフ工科大との共同研究で TiB<sub>2</sub>-B<sub>4</sub>C, LaB<sub>6</sub>-ZrB<sub>2</sub> 系などの共晶組織の一方凝固体の作製との力学特性評価を行っているが、B<sub>4</sub>C と (TiB<sub>2</sub>-B<sub>4</sub>C) の複合組織は共晶組織と B<sub>4</sub>C が複相構造化し、靱性 7.76 MPa\*m<sup>1/2</sup>、高温まで高い強度 (1600 まで 400MPa) を示した。ここで、B<sub>4</sub>C と (TiB<sub>2</sub>-B<sub>4</sub>C) 粉末を SPS やミリ波で短時間液相焼結することで作製した。これは MGC 材料 (Melt Growth Composites: 融液成長複合材料) において、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 共晶組織のそれぞれの相が鎖状構造を有し、結晶粒界すべりが起こりにくく高い降伏応力を示す材料設計に繋がる。これを Zr(Hf)B<sub>2</sub> 系に適用すると、Zr(Hf)B<sub>2</sub> 粉末と ZrB<sub>2</sub>-SiC 共晶組織の粉末を混合し、パルス通電加熱あるいはミリ波焼結により短時間液相焼結することで作製でき、母相の Zr(Hf)B<sub>2</sub> を成形段階で配向すれば、共晶組織を含んだ配向体という新規な複合組織が創製できる。

4. 研究成果

ZrB<sub>2</sub>粉末およびB<sub>4</sub>C, SiCなどの添加相粉末に対して、それぞれ、pHと表面電位、高分子(ここではPEI)添加量と粘性、表面電位の関係を水系およびエタノール系に対して検討し、その最適化を図り、固分量30Vol%の高分散サスペンションを作製した。ついで、強磁場(1.2T)中でスリップキャスト、CIP処理後、パルス通電加熱により焼結し、緻密配向体を作製する手法を確立した。

配向Zr(Hf)B<sub>2</sub>および第2相としてB<sub>4</sub>C, SiC, WCを添加した系の硬度、曲げ強度(室温と高温)、韌性、酸化特性、熱伝導などの方位依存性を明らかにした。

第2相として、カーボンナノチューブの添加効果について検討し、SPS短時間焼結のメリットを示した。また、SPSによるクリーン効果に着目し、酸化物不純物の低減効果および高温強度への効果を検討するため、ホットプレス(HP)と比較し、SPSで作製した方がHPより強度、韌性とも向上することを示した。特に、高温強度を示すには粒界不純物除去に効果があるSPSが優れていることが示唆された。

ZrB<sub>2</sub>-SiC系の破壊靱性値向上のため、BN添加を試み、30vol%添加まで上昇し、その値は5.3±0.2 MPa·m<sup>1/2</sup>であった。強度は、5vol% BN添加まで上昇し(602 MPa)、その後減少した。また、HfB<sub>2</sub>-SiCおよび5 vol%WCを添加した系において、HPにより緻密焼結体を作製し、曲げ強度を測定した。焼結中に原料粉末表面の酸化物が除去されることを熱力学的考察から明らかにし、1600において強度は、WC未添加系で389±82 MPa、添加系で658±69 MPaと大きな値を示した。特に、WC添加系では、(Hf,W)B<sub>2</sub>、(Hf,W)CおよびWBが析出し大きな高温強度を示すと解釈された。

これらの成果は、総説として、J. Europ. Ceram. Soc.に発表した(雑誌論文)。

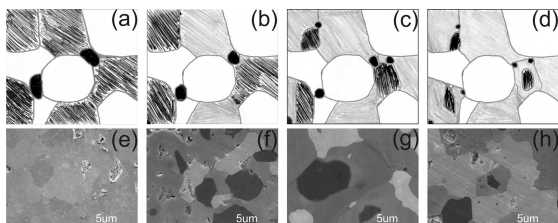


図2 TaC-TiB<sub>2</sub>系の反応 SPS 中の微構造の変化: (a)無反応 SPS 後の微構造、(b)-(d)CとTaのTiB<sub>2</sub>(黒の部分)へのSPS反応により(Ti,Ta)C、(C,B)(灰色部分)の生成、(c)と(d) (Ti,Ta)C、(C,B)へのTiB<sub>2</sub>の部分的固溶、SPS温度は(e)1600、(f)1800、(g)1900、(h)2000

TiB<sub>2</sub>-TaC、TiB<sub>2</sub>-NbC、ZrB<sub>2</sub>-TaB<sub>2</sub>系において、パルス通電加熱により共晶組織を作製し、系統的に組織と力学特性の関係を検討した。10 wt% TaC-TiB<sub>2</sub>の室温および1600の曲げ強度は、それぞれ533 MPa、480 MPaであった。NbC-TiB<sub>2</sub>系では、2000、5分間のパルス通電加熱により、(Nb,Ti)Cと(Ti,Nb)B<sub>2</sub>

の2相組織が得られ30 wt% NbC-TiB<sub>2</sub>において、優れた硬度(24 GPa)と破壊靱性値(6.8 MPa·m<sup>1/2</sup>)が得られた。図2にその微構造変化の様子を模式図とSEM写真を示す。

遷移金属ホウ化物(MeB<sub>2</sub>:Me=Ti,Zr,Ta,Nb,V)とB<sub>4</sub>Cの混合粉末をSPSにより液相生成温度前後で加熱することで、遷移金属ホウ化物

B<sub>4</sub>C系の共晶系複層組織の高次構造体を作製し(図3参照)、高強度・高靱性セラミックスの構成に成功した。

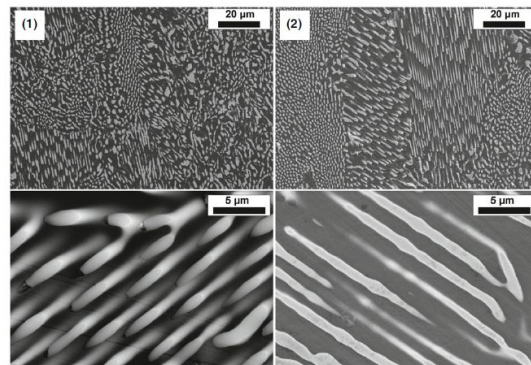
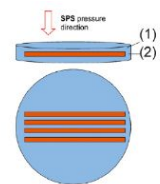


図3 B<sub>4</sub>C-TaB<sub>2</sub>系共晶組成を右上図の方向でSPSにより加圧焼結したのちの(1)と(2)の部分の微構造

Nb<sub>2</sub>単体などの遷移金属ホウ化物のSPSでは、炉内の窒素ガスとホウ化物表面の酸化物の反応により六方晶BNが生成し、遷移金属ホウ化物の曲げ強度が1600まで室温と同等な値を示し、1700ではBNの消失によりNb<sub>2</sub>の曲げ強度は450 MPaと高い値を示した。

これらの結果を基に、ホウ化物系超高温セラミックスの微構造と様々な特性との関係を明らかにし、優れた特性を有するホウ化物系超高温セラミックス作製の指針を示した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計21件)

Y. Sakka: Fabrication of Ceramics with Highly Controlled Microstructures by Advanced Fine Powder Processing, KONA Powder and Particle Journal (2019), (査読付き論文) <https://doi.org/10.14356/kona.2019007>

G.-J. Zhang, D. Ni, J. Zou, H.-T. Liu, W.-W. Wu, J.-X. Liu, T.S. Suzuki, Y. Sakka: Inherent anisotropy in transition metal diborides and microstructure/property tailoring in ultra-high temperature ceramics—A review, Journal of the European Ceramic Society, 38(2018)371-389 (査読付き論文) DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2017.09.012

D. Demirskyi, I. Solodkyi, T. Nishimura,



Y. Sakka, O. Vasykiv: High-temperature strength and plastic deformation behavior of niobium diboride consolidated by spark plasma sintering, *Journal of the American Ceramic Society*, 100(2017) 5295-5305 (査読付き論文) DOI: 10.1111/jace.15048

D. Demirskyi, H. Borodianska, Y. Sakka, O.Vasykiv: Ultra-high elevated temperature strength of TiB<sub>2</sub>-based ceramics consolidated by spark plasma sintering, *Journal of the European Ceramic Society*, 37 (2017) 393-397(査読付き論文) DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2016.08.009

W.-W. Wu, M. Estili, G.-J. Zhang, Y. Sakka: Dispersion and structural evolution of multi-walled carbon nanotubes in ZrB<sub>2</sub> matrix, *Ceramics International*, 43 (2017) 10533-10539 (査読付き論文) DOI: 10.1016/j.ceramint.2017.05.111

D. Demirskyi, O. Vasykiv: Flexural strength behavior of a ZrB<sub>2</sub>-TaB<sub>2</sub> composite consolidated by non-reactive spark plasma sintering at 2300 ° C, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 66 (2017) 31-35 (査読付き論文) DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2017.02.003

D. Demirskyi, O. Vasykiv: Spark plasma sintering and high-temperature strength of B<sub>6</sub>O - TaB<sub>2</sub> ceramics, *Journal of the European Ceramic Society*, 37 (2017) 3009-3014 (査読付き論文) DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2017.02.052

D. Demirskyi, O. Vasykiv: Analysis of the high-temperature flexural strength behavior of B<sub>4</sub>C-TaB<sub>2</sub> eutectic composites produced by in situ spark plasma sintering, *Materials Science and Engineering A*, 697 (2017) 71-78 (査読付き論文) DOI: 10.1016/j.msea.2017.04.093

M. ESTILI, Y. SAKKA: Dispersion and Reinforcing Mechanism of Carbon Nanotubes in a Ceramic Material. *JOURNAL OF THE JAPAN SOCIETY OF POWDER AND POWDER METALLURGY*. 63 [11] (2016) 955-964 (査読付き論文) 10.2497/jjspm.63.955

B.-N. KIM, A. DASH, Y.-W. KIM, K. MORITA, H.YOSHIDA, J.-G.LI, Y.SAKKA: Low-temperature spark plasma sintering of alumina by using SiC molding, *JOURNAL OF THE CERAMIC SOCIETY OF JAPAN*. 124 [10] (2016) 1141-1145 (査読付き論文) 10.2109/jcersj2.16082

D. Demirskyi, I. Solodkyi, Y. Sakka, O. Vasykiv: High-Temperature Strength of Boron Suboxide Ceramic Consolidated by Spark Plasma Sintering, *JOURNAL OF THE AMERICAN CERAMIC SOCIETY*. 99 [8] (2016) 2769-2777(査読付き論文) 10.1111/jace.14308

D. Demirskyi, Y. Sakka, O. Vasykiv:

High-Strength B<sub>4</sub>C-TaB<sub>2</sub> Eutectic Composites Obtained via in situ by Spark Plasma Sintering. *JOURNAL OF THE AMERICAN CERAMIC SOCIETY*. 99 [7] (2016) 2436-2441 (査読付き論文) 10.1111/jace.14235

O. Vasykiv, D. Demirskyi, P. Badica, T. Nishimura, A.I.Y. Tok, Y. Sakka, H. Borodianska. Room and high temperature flexural failure of spark plasma sintered boron carbide. *CERAMICS INTERNATIONAL*, 42 [6] (2016) 7001-7013 (査読付き論文) 10.1016/j.ceramint.2016.01.088

O.VASYLKIV, D. DEMIRSKYI, H. BORODIANSKA, Y. SAKKA, P.BADICA: High temperature flexural strength in monolithic boron carbide ceramic obtained from two different raw powders by Spark Plasma Sintering. *JOURNAL OF THE CERAMIC SOCIETY OF JAPAN*. 124 [5] (2016) 587-592 (査読付き論文) 10.2109/jcersj2.15289

O.VASYLKIV, O. BEZDOROZHEV, Y. SAKKA: Synthesis of iron oxide nanoparticles with different morphologies by precipitation method with and without chitosan addition. *JOURNAL OF THE CERAMIC SOCIETY OF JAPAN*. 124 [4] (2016) 489-494 (査読付き論文) 10.2109/jcersj2.15288

I. Solodkyi, D. Demirskyi, Y. Sakka, O. Vasykiv: Hardness and toughness control of brittle boron suboxide ceramics by consolidation of star-shaped particles by spark plasma sintering. *CERAMICS INTERNATIONAL*. 42 (2016) 3525-3530 (査読付き論文) 10.1016/j.ceramint.2015.10.157

D. Demirskyi, T. Nishimura, Y. Sakka, O. Vasykiv: High-strength TiB<sub>2</sub>-TaC ceramic composites prepared using reactive spark plasma consolidation " *Ceram. Int.* 42[1-B] (2016) 1298-1306 (査読付き論文) DOI:10.1016/j.ceramint.2015.09.065

D. Demirskyi, Y. Sakka, O. Vasykiv: High-temperature reactive spark plasma consolidation of TiB<sub>2</sub>-NbC ceramic composites " *Ceram. Int.* 41[9A] (2015) 10828-10834 (査読付き論文) DOI:10.1016/j.ceramint.2015.05.022

J. X.Liu, G. J.Zhang, F. F.Xu, W.W. Wu, H.-T. Liu, Y. Sakka, T. Nishimura, T.S. Suzuki, D. Ni, J. Zou: Densification microstructure evolution and mechanical properties of WC doped HfB<sub>2</sub>-SiC ceramics, *J. European Ceram. Soc.* 35[10] (2015) 2707-2714(査読付き論文) DOI:10.1016/j.jeurceramsoc.2015.04.009

D. Demirskyi, Y. Sakka, O. Vasykiv: Consolidation of B<sub>4</sub>C - TaB<sub>2</sub> eutectic ceramics composites by spark plasma sintering " *JOURNAL OF ASIAN CERAMIC SOCIETIES* 3[4] (2015) 369-372(査読付き論文)

文) DOI:10.1016/j.jascer.2015.08.001  
②1 D. Demirskyi, Y. Sakka, O. Vasylykiv: Consolidation of B4C-VB2 eutectic ceramics by spark plasma sintering, J. Ceram. Soc. Jpn. 123[11] (2015) 1051-1054 (査読付き論文) DOI:10.2109/jcersj2.123.1051

[学会発表](計 31 件)

Y.SAKKA, M. ESTILI, T. NISHIMURA, G.-J. Zhang: Preparation of highly Carbon Nanotube (CNT) dispersed ZrB2 and textured Zr(Hf)B2-based UHT ceramics by SPS. J-K International Ceramic Seminar-34. (浜松) 2017.11/22-24

W.W.WU, M. ESTILI, G.-J. ZHANG, Y. SAKKA: Processing and characterization of multi-walled carbon nanotube-ZrB2 ceramic matrix composite, JSPM International Conference on Powder and Powder Metallurgy. (京都) 2017/11/7-9

Y.SAKKA, M. ESTILI, T. S. SUZUKI: Fabrication of highly structure-controlled ceramics by advanced powder processing, CICC-10 (中国、南昌) 2017/11/4-7(招待講演)

Y.SAKKA: Pulsed electro-discharged pressure sintering and Flash sintering. Workshop on Advanced Inorganic Materials (WAIM 2017). (中国、上海) 2017/10/19-22(招待講演)

Y.SAKKA: High Performance of Ceramics and Manufacturing Process Innovation. MS&T 2017 (米国、ピッツバーク) 2017/10/8-14(招待講演)

目 義雄: パルス通電加圧焼結とフラッシュ焼結, セラミックス総合研究会 (高知) 2017/9/29-30(招待講演)

目 義雄: セラミックスの高機能と製造プロセスの革新, 日本セラミックス協会秋季シンポジウム(神戸) 2017/9/19-21(招待講演)

打田雄一, 森田孝治, 鈴木達, 藤本憲次郎, Guo-Jun Zhang, 目 義雄, Al2O3 及び SiC 添加 Ti3SiC2 配向体の作製とその力学特性, 日本セラミックス協会秋季シンポジウム(神戸) 2017/9/19-21

Y.SAKKA, Y. UCHIDA, K. MORITA, T. S. SUZUKI, Guo-Jun Zhang: FABRICATION AND SOME PROPERTIES OF MAX PHASE CERAMICS. 5th International Symposium on SiAlONs and Non-oxides(札幌) 2017/8/27-31(招待講演)

Y.SAKKA: Texturing and mechanical properties of MAX phase ceramics and Zr(Hf)B2-base ultra-high temperature ceramics, International Conference of European Ceramic Society 2017 (ハンガリー、ブタベスト) 2017/7/9-13(招待)

Y.SAKKA: Development of Electric current activated/assisted sintering

(ECAS). PACRIM2017 (米国、ハワイ) 2017/5/23-26(招待講演)

目 義雄: セラミックスの高機能化と製造プロセスの革新を目指して, 2017 年度 産学連携シンポジウム(東京) 2017/5/16-17(招待)

目 義雄: ECAS(SPS)による先端セラミックスの作製. 第 21 回通電焼結研究会(仙台) 2016/12/1-2(招待講演)

M. ESTILI, W.-W. Wu, Guo-Jun ZHANG, 目 義雄: Uniform Dispersion and Structural Evolution of Multi-Walled Carbon Nanotubes in ZrB2 Matrix, JSPM Autumn Meeting (仙台) 2016/11/9-11

M. ESTILI, Y. SAKKA: Carbon Nanotube Ceramic Matrix Composites: Processing and Characterizations, HTC MC 9 (カナダ、トロント) 2016/10/26-30(招待講演)

Y.SAKKA: Development of Electric current activated/assisted sintering (ECAS), WAIM2016(中国、上海) 2016/10/16-18(招待講演)

M. ESTILI, Y. SAKKA: Water-dispersible Carbon Nanostructures to Fabricate Advanced Composite Materials, 2nd Workshop on Advanced Inorganic Materials (WAIM 2016) (中国、上海) 2016/10/16-18(招待講演)

Y.SAKKA: Fabrication of Textured Non-Oxide Si-Based ceramics and their properties, ISASC2016(韓国、釜山) 2016/9/25-28(招待講演)

目 義雄: 微粉体プロセスの高度化による先端セラミックスの創製, 日本セラミックス協会秋季シンポジウム(広島) 2016/9/7-9(招待講演)

O. Vasylykiv, 目 義雄, D. Demirskyi: Boron Carbide Based Bulk Composites by Reactive Spark Plasma Sintering. Spring Meeting of Japanese Powder & Powder Met. Society(京都) 2016/5/24-26

② M. ESTILI, 目 義雄. SPS Processing to Fabricate Defect-Free Carbon Nanostructure-Dispersed Ceramic Matrix Composites, JSPM Spring Meeting 平成 28 年度春季大会(第 117 回講演大会) (京都) 2016/5/24-26

③ Y.SAKKA, T. S. SUZUKI, T. UCHIKOSHI: Texture developing and some properties of feeble magnetic ceramics, ICCPS-13 (奈良) 2016/5/8-11(招待)

④ 目 義雄: 強磁場を利用したセラミック配向体の作製とその特性. 第 16 回バルクセラミックス研究会(東京) 2016/3/14(招待講演)

⑤ O. Vasylykiv, H. Borodianska, Y. Sakka, D. Demirskyi: Engineering of lightweight ceramic composites by spark plasma sintering, Electric Field Assisted Sintering and Related Phenomena Far From From Equilibrium (Tomar, Portugal)

2016/03/06-11

②⑤ O. Vasylykiv, H. Borodianska, Y. Sakka, D. Demirskyi: Growing larger: Scaling up during spark plasma sintering of high temperature ceramics, Electric Field Assisted Sintering and Related Phenomena Far From From Equilibrium ( Tomar, Portugal ) 2016/03/06-11

②⑥ Y. Sakka: Texture developing and some properties of feeble magnetic ceramics, EMN Meeting/Ceramics(香港) 2016/01/25-28 (招待講演)

②⑦ Y. Sakka: Development of Electric current activated/assisted sintering (ECAS)、32nd International Japan-Korea Seminar on Ceramics (長岡)2015/11/18-21

②⑧ Y. Sakka, G. Salvatore: Development of electric current activated/assisted sintering (ECAS SPS), PACRIM 11(韓国、濟州島)2015/08/30 - 2015/09/04(招待講演)

②⑨ Y. Sakka : Texture developing and some properties of feeble magnetic ceramics by colloidal processing in a strong magnetic field, European Ceramic Society 2015 (スペイン、トレド) 2015/06/21-26(招待講演)

③⑩ 目義雄, W. W. WU, M. ESTILI, 西村聡之, 鈴木達: SPSによるZrB<sub>2</sub>基超高温セラミックスの作製と力学特性” 粉体粉末冶金協会春季大会(東京)2015/05/26-28

③⑪ Y. Sakka, M. Estili, C. Hu, K. Sato, G. Salvatore: Fabrication of advanced ceramics by electric current activated/assisted sintering, Engineering Ceramics 2015 (Slovakia) 2015/05/10-14(招待講演)

〔図書〕(計 1 件)

Y. Sakka: 4.5.7 Fabrication of Nanoceramics by Colloidal Processing; 234-239, Fabrication of Ceramics with Highly Controlled Microstructures by Advanced Powder Processing, 801-807, Nanoparticle Technology Handbook, Tird Ed. Ed M. Naito, T. Yokoyama, K. Hosokawa, K. Nogi, Elsevier (2018)

〔その他〕

ホームページ等

[http://samurai.nims.go.jp/SAKKA\\_Yoshio-j.html](http://samurai.nims.go.jp/SAKKA_Yoshio-j.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

目義雄 (SAKKA Yoshio)

(国研)物質・材料研究機構・機能性材料  
研究拠点・特命研究員

研究者番号：00354217

### (2) 研究分担者

バジルクフ オレグ (VASYLKIV Oleg)

(国研)物質・材料研究機構・機能性材料  
研究拠点・主任研究員

研究者番号：00469785

### (3) 連携研究者

鈴木 達 (SUZUKI Toru)

(国研)物質・材料研究機構・機能性材料研  
究拠点・グループリーダー

研究者番号：50267407

### (4) 連携研究者

西村 聡之 (NISHIMURA Toshiyuki)

(国研)物質・材料研究機構・構造材料研  
究拠点・グループリーダー

研究者番号：50354428