

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月14日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560771

研究課題名（和文） 形状自由度の高い多機能金属基複合材料製造プロセスの開発

研究課題名（英文） Development of manufacturing process for multi-functional metal matrix composites with high shape flexibility

研究代表者

佐々木 元（SASAKI GEN）

広島大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：30192595

研究成果の概要（和文）：

形状自由度の高い高機能、高信頼性の金属基複合材料を得るため、低圧含浸法による複合材料の製造プロセスの確立を目指した。その結果、(1)プリフォーム中に低圧で溶湯を含浸させる手法の提案を行った。(2)含浸、凝固過程のモデリングと数値シミュレーションを開発し、鑄造欠陥のない製造条件を確立した。(3)製造した複合材料の機械的および機能的特性の評価と組織観察による発現機構の解明より、最適プロセスの提案を行った。

研究成果の概要（英文）：

In order to obtain the high performance metal matrix composites with good reliability and high shape flexibility, we have designed the fabrication process of composites by low-pressure infiltration method. Followings are result of this study; 1) Infiltration methods to porous preform with low-pressure were proposed. 2) Modeling and numerical simulation of infiltration and solidification processes was developed, and fabrication conditions of composites without casting defects were found. 3) Optimum process of composites was proposed by using the evaluation of mechanical and functional properties and the observation of microstructure of composites.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：金属材料学、生産加工学、機械材料学、電子顕微鏡学

科研費の分科・細目：材料工学・金属生産工学

キーワード：複合材料、アルミニウム合金、低圧含浸法、含浸シミュレーション、放電焼結法、機械的性質、微細組織

1. 研究開始当初の背景

アルミニウムやマグネシウムなどの軽合金をマトリックスとした複合材料は、軽金属の特徴を維持したままで強度や剛性、耐熱性、耐磨耗性などの優れた材料特性を付与できる。そのため、1980年代より精力的に研究開発が

行われ、その結果、製造法として、強化材である多孔質セラミックプリフォームに高圧で軽金属溶湯を含浸させる「高圧鑄造(含浸)法」が広く用いられるようになった。しかしながら、本手法は、加圧機構と型締機構を付置した大型の鑄造設備が必要であり、製品のコス

トアップにつながる、更には、複雑形状や大型の複合材料を作製することが難しく、製品の形状自由度が低いという欠点を有する。その為、軽合金基複合材料の応用範囲は限定されている。近年、プリメックス法と呼ばれる自発浸透法が開発、実用化されたが、本手法は、プリフォーム表面の反応による改質を利用しており、複合材料の製造時間が長く、大量生産には適していない。また、テルミット反応を利用した自発含浸法も研究されているが、材料系に制約があり、現状では汎用性に欠ける。一方、高圧を用いない製造法として低圧含浸法がある。本手法は、0.1~0.8MPa程度の重力铸造やダイカスト、砂型铸造で利用可能な圧力範囲でプリフォームに熔融金属を浸透させることにより、複合材料を作製する方法である。本手法は、広島大学、マツダ(株)、広島県西部工業技術センターなどのグループで、世界に先駆けて、精力的に研究開発を行ってきた経緯がある。本手法は、汎用の铸造法で複合材料が製造可能である。また、複雑形状、大型の複合材料も容易に作製することができる技術として期待され、複合材料のニーズを飛躍的に高める可能性を有する。しかしながら、多くのプリフォームは、熔融金属と濡れにくいいため、濡れやすいプリフォームの開発や、プリフォームの表面改質、高圧以外での外力の援用が必要となるが、その技術開発は全く進んでいるとは言えない。

一方、複合材料に求められる性質として、優れた機械的性質や機能的性質、金属単体と同レベルの信頼性が要求されるようになってきている。現在のアルミニウム合金やマグネシウム合金は、組織や組成の制御により、近年、飛躍的に特性を向上させている。その為、複合材料においても、これら合金の性質を減じることなく、マトリックスとして利用することが必要となる。従来の铸造技術においてもこれらの合金は、サブミクロンレベルまでの組織制御が行われている。高機能特性を有する複合材料を得る為には、このような制御をプリフォーム中で行う必要があるが、熱の制御は容易ではなく、開発には、多くの困難が伴う。また、低圧含浸の場合、気孔等の铸造欠陥が導入し、機械的性質の信頼性に影響を与える。その為、铸造欠陥の制御も重要な課題となっている。

2. 研究の目的

本研究では、従来の低圧含浸法の問題点を鑑み、形状自由度の高い高機能、高信頼性の金属基複合材料を汎用技術であるダイカスト法や重力铸造法、砂型铸造法で製造するために必要な最適プロセス設計の手法を得ることを目的とした。また、それにより高い生産性と従来にない優れた高機能特性と信頼性を具備したさまざまな形状（複雑、大型、

薄物等）をした複合材料を製造する為の要素技術の確立を目指す。具体的な研究目的は以下の通りである。に(1)プリフォーム中に低圧で溶湯を含浸させる手法を提案する。(2)プリフォームに溶湯を低圧で含浸させ、凝固するまでの挙動を成形のモデリングと数値シミュレーションにより予測するシステムを確立する。(3)铸造・凝固プロセスに於いて、湯流れ、凝固が複合材料の機械的・機能的性質に与える影響を明確化する。(4)欠陥のない提案を行う。(5)製造した複合材料の機械的および機能的特性の評価と組織観察による発現機構の解明より、最適プロセスの提案を行う。

3. 研究の方法

含浸シミュレーションの基礎的構築：低圧含浸を可能にする手法を模索する。また、シミュレーション構築のためのモデリング、基礎的データの収集、計算アルゴリズムの構築を行う。含浸挙動のシミュレーションは含浸から凝固までを考慮する。その為、含浸、熱伝導、凝固の各現象を含んだシミュレーションの開発を行う。これを、ある目的形状の部材を設定し、計算を行うが、本年度は、特に、熱の問題を考慮した単純形状の2次元モデルでのシミュレーションの完成を目指す。更に、シミュレーションに必要な、プリフォーム中の熔融金属の透過率、およびプリフォーム金属、複合材料の含浸プロセス時の熱伝導率を実験により求め、基礎的データの収集を行う。

含浸圧低減化の模索：含浸低減化法の模索を行う。(1)炭素繊維プリフォーム中の強化材表面にニッケル無電解めっきコーティングを行い、熔融金属との濡れを改善させる。プリフォーム内部に均一に付着させるため、めっき液に流れを与える、超音波を利用する、めっき液の種類、濃度を調整するなどして、プリフォーム内の強化材表面にサブミクロン厚程度の均一で薄いめっき層の付着を目指す。粉末分散法では、プリフォーム内に、銅の粉末を分散させる。以上で得られたプリフォームを用いて低圧含浸を試みる。

(2)濡れの良い強化材を選定する。強化材として、アルミナ-シリカ短繊維を検討する。アルミナ繊維中に SiO_2 を若干添加させると低圧含浸が可能になる。その原因を探るため、 SiO_2 量、アルミナ繊維の表面構造、結晶化率が含浸性に与える影響を明らかにする。更に、プリフォームを作製する際、バインダとして用いるアルミナゾル、シリカゾル、チタニアゾルの量、配合率をパラメータとし、含浸の低圧化に与える影響を明らかにする。これら

のプリフォームを低圧で、溶融金属を含浸させ、複合材料の製造を試みる。

4. 研究成果

平成 21 年度は、従来の低圧含浸法の問題点を鑑み、形状自由度の高い高機能、高信頼性の金属基複合材料を汎用技術であるダイカスト法や重力鋳造法、砂型鋳造法で製造するために必要な最適プロセス設計の手法を得ることを目的とし、主にシミュレーションの基礎的構築および含浸圧低減化の模索に関する研究のフレームワークの形成に関する研究を行った。得られた結果は以下の通りである。

1) 低圧含浸を可能にする手法を模索することと、シミュレーションを構築するためのモデリング、計算アルゴリズムの構築を行った。含浸挙動のシミュレーションは含浸から凝固までを考慮した。含浸挙動についてはダルシー流れに対する直接差分法を用いた。これを、ドーナツ形状の部材を想定して計算を行った。凝固中、プリフォームに接した部分でのアルミニウム溶湯の凝固を考慮する為、透過率を変化させた場合の熱移動を考えて、含浸、熱伝導、凝固の各現象を含んだ連性型のシミュレーションの開発を行い、熱の問題を考慮した単純形状の 2 次元モデルでのシミュレーションを完成させた。

2) 含浸低減化法の模索として、カーボン繊維を用いて低圧含浸用プリフォームの作製を行った。浸透を低圧化させるためにプリフォーム中の空隙表面中の改質を行った。まず、微細空孔に内部まで均一なニッケル薄膜を形成させるため、前処理の検討、めっき液への流れ付与、超音波の利用、めっき液の種類、濃度の調整により、プリフォーム内の強化材表面にサブミクロン厚程度の均一で薄いめっき層を付着できた。また、カーボン繊維と銅粉末を積層させながら放電焼結することにより、数気圧の含浸圧力に耐えられ、低圧含浸可能なプリフォームの作製できた。更に、アルミナ繊維にシリカを添加することにより、低圧含浸の可能性を調べた。その結果、シリカの添加は含浸圧の低減化に効果があることが分かった。

平成 22 年度は、前年度の結果を踏まえ、含浸シミュレーションの改良、新たな低圧含浸法の試みを行った。得られた結果は以下の通りである。

1) 溶融アルミニウムの多孔体プリフォーム中への、含浸シミュレーションの展開については、実用に耐えうるシミュレーションを構築する上で以下の項目について研究を実施した。①いくつかの単純形状のプリフォームモデルを用いて内部にガスが残存しないような一方向充填の最適プロセス条件を明らかにした。②圧力低減化可能な含浸条件の

最適化を試みた。また、実験による含浸挙動の解析を行った。プリフォーム中の各場所に、熱電対を設置し、低圧含浸時に溶融金属が到達した時に、温度が急激に変化することを利用し、プリフォーム中の溶融金属の含浸挙動を実験的に明らかにした。また、実験とシミュレーションの比較を行い、シミュレーションの妥当性を評価した。

2) 含浸圧低減化の模索および高速化手法の検討を行った。以前、検討した低圧含浸用プリフォームを用いて、アルミニウム合金の含浸性に対して検討を行った。銅粉末と炭素繊維から作製した低圧含浸用プリフォームを用いて、含浸挙動および緻密化についての検討を行った。また、作製した複合材料の熱伝導性、熱膨張係数を測定し、放熱板への展開を検討した。更に、シリカを含有したアルミナ粒子に対する低圧含浸性についても検討を行った。シリカ成分の含有は、マトリックスがアルミニウムの場合、濡れが良いという利点があるが、一方で反応の制御が問題となる。その為、含浸時の温度、含浸速度を制御する必要がある。そこで、鋳型内雰囲気、真空度制御の実験的検討と、シミュレーションによる最適化を行った。

平成 23 年度は、過去 2 年間の研究成果を踏まえ、最適プロセスで作製したカーボン繊維およびアルミナ繊維を用いたアルミニウム複合材料の特性評価およびその発現機構の解明を行った。

1) カーボン長繊維強化複合材料、カーボンナノ繊維強化複合材料の室温の機械的性質（引張強度、伸びおよび剛性）、熱伝導性、電気伝導性、および室温および高温（350℃以下）の熱膨張係数の評価を行った。また、アルミニウムと炭素繊維の反応が熱伝導性に与える影響を明らかにした。機械的、機能的特性に影響を与えるため、組織と諸特性の関係を学理的に明らかにし、製造方法、製造条件が組織や諸特性に与える影響を明らかにした。特に、Cu 粉末を添加した長繊維プリフォームに溶融アルミニウムを 0.8MPa で含浸させた複合材料は繊維分布の最適化、界面反応の抑制により、繊維軸方向に 280W/mK の優れた熱伝導性を有することを明らかにした。また、得られた複合材料の諸特性を向上させるため、カーボンナノ繊維強化複合材料について圧延による二次加工や熱処理の影響を調査した。その結果、圧延により繊維方向を制御出来ることを明らかにした。得られた結果を基に、放熱板、電気伝導部材、半導体や液晶などの製造装置に利用可能な精密構造材料への利用可能性を明らかにした。

2) アルミナ繊維強化複合材料については、輸送機器などのエンジン周りの部材への適用を念頭に、室温および高温（350℃以下）

での機械的性質（引張強度および剛性、伸び）の評価を行った。また、複合材料の微細組織を走査電子顕微鏡、透過電子顕微鏡を用いて観察し、諸特性の発現機構を考察した。特に、アルミナ繊維プリフォーム作製時に用いる結合材にシリカゾルを用いると機能特性向上に効果的であることを明らかにした。

得られた知見を基に、更に高機能を有する複合材料の組織のあり方を探り、高機能複合材料を作製する製造法および製造条件の指針を得た。

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 26 件）

1. Fabrication of Vapor Grown Carbon Fiber Reinforced Aluminum Composites by Spark Sintering, G. Sasaki, Z.F. Xu, Y. B. Choi, K. Sugio, K. Matsugi, Mat. Sci. Forum, 706-709 (2012) pp.699-703, 査読有
2. アルミニウム合金基複合材料, 佐々木元, 軽金属, 62 (2011), pp84-90, 査読有
3. Influence of interfacial reactant on the strength and fracture behavior of CF/Al composites, M.H. Lee, Y.B. Choi, K. Sugio, K. Matsugi, G. Sasaki, Proc. of 8th Korea-Japan Joint Symposium on Composite Materials, (2011) pp. 83-84, 査読有
4. Analysis of low pressure infiltration for molten aluminum to porous FeCrSi fiber, G. Sasaki, N. Nishimura, Y.B. Choi, K. Sugio, K. Matsugi, Proc. of 8th Korea-Japan Joint Symposium on Composite Materials, (2011) pp. 87-88, 査読有
5. Fabrication and characterization of unidirectional CF/Al composites, M.H. Lee, Y.B. Choi, K. Sugio, K. Matsugi, G. Sasaki, Sci. Eng. Compos. Mater. 18 (2011) 167-171, 査読有
6. Evaluation of Particle Spatial Distribution in Particle Dispersed Composites, K. Sugio, G. Sasaki, O. Yanagisawa, Proc. of 18th Int. Conf. on Composite Materials, (2011) pp.F24-2-AF1291-1-5, 査読有
7. Microstructure and mechanical properties of Al₂O₃/A336 composite by low pressure infiltration, T. Harimoto, Y. B. Choi, K. Matsugi, and G. Sasaki, Proc. of 18th Int. Conf. on Composite Materials, (2011) pp.P4-31-IF0554-1-4., 査読有
8. Fabrication of intermetallic compound dispersed aluminum matrix composites by porous nickel, S. Takiguchi, Y. B. Choi, K. Matsugi, G. Sasaki, W. J. Park and W. J. Lee, Proc. of 18th Int. Conf. on Composite Materials, (2011) pp.P4-29-AF0539-1-5., 査読有
9. Fabrication process and microstructure of VGCFs/Al composites by spark sintering, G.

Sasaki, Z. F. Xu, Y. B. Choi, K. Sugio, K. Matsugi, Proc. of 18th Int. Conf. on Composite Materials, (2011) pp.F12-3-AF0951-1-5, 査読有

10. Evaluation of thermal conductivity of Cf/Al composites fabricated by low pressure infiltration methods, M. H. Lee, Y. B. Choi, K. Matsugi, K. Sugio and G. Sasaki, Proc. of 18th Int. Conf. on Composite Materials, (2011) pp.T6-1-IF0532-1-5. 査読有

11. Simulation of Low-Pressure Infiltration for Fabrication Process of Aluminum Alloy Matrix Composites, G. Sasaki, Y.B. Choi, K. Sugio, K. Matsugi, Proc. of the JSME/ASME 2011 Int'l Conf. on Materials and Processing (ICM&P2011), CD-ROM Paper No. ICMP2011-51107, 査読有
12. Preparation of Unidirectional Carbon Fiber Preform for Aluminium Matrix Composites, M. H. Lee, Y. B. Choi, K. Sugio, K. Matsugi, G. Sasaki, Materials Transactions, 52, 05 (2011) 939-942, 査読有
13. Effect of Microstructure on Thermal Properties for VGCF/ Aluminum Composites fabricated by Spark Sintering Process, G. Sasaki, Z.F. Xu, K. Sugio, H. Fukushima, Y.B. Choi, K. Matsugi, Proc. 12th Int'l Conf. on Aluminium Alloys, (2010), pp. 873-877, 査読有
14. Preparation of Unidirectional Carbon Fiber Preform for Cf/Al Composites, M.H. Lee, Y.B. Choi, K. Matsugi, G. Sasaki, Proc. 12th Int'l Conf. on Aluminium Alloys, (2010) 867-872, 査読有
15. Fabrication and Characterization of Unidirectional Cf/Al Composites, M.H. Lee, Y.B. Choi, K. Sugio, H. Fukushima, K. Matsugi G. Sasaki, Proc. of 8th Joint of Canada Japan workshop on Composites, (2010) Mon.17h40 (CD-ROM) 査読有
16. Low Infiltration Process of Molten Aluminum Alloy to C/C Preform with Nickel Coating, G. Sasaki, M. Morioka, K. Sugio, H. Fukushima, Y. B. Choi, K. Matsugi, Proc. of 8th Joint of Canada Japan workshop on Composites, (2010) Mon.16h40 (CD-ROM) 査読有
17. Fabrication of Carbon Nano-Fiber / Aluminum Composites by Low-Pressure Infiltration Method, G. Sasaki, Y. Hara, Z. F. Xu, K. Sugio, H. Fukushima, Y. B. Choi, K. Matsugi, Materials Science Forum 654-656 (2010) 2692-2695 査読有
18. Effect of Interfacial Reaction on High Temperature Properties of Fe-Cr-Si Fiber Reinforced AC8A Aluminum Composites, N. Fuyama, A. Terayama, T. Fujii, T. Shiraishi, Y. Miyake, and G. Sasaki, Materials Science Forum, 654-656 (2010) 2696-2699
19. Mechanical and thermal properties of

vapor-grown carbon fiber reinforced aluminum matrix composites by plasma sintering, Z.F. Xu, Y. B. Choi, K. Matsugi, D.C. Li, G. Sasaki, Mat. Trans. 51, 3 (2010) 510-515, 査読有

20. Properties of Small Rotary Engine Housing Fabricated by Aluminum Alloy Matrix Composites, N. Fuyama, A. Terayama, T. Fujii, H. Tani, S. Danjo, G. Sasaki, Materials Science Forum, 638-642 (2010) 933-938, 査読有

21. Effects of Infiltration Conditions on Mechanical Properties of A1203 Fiber Reinforced Aluminum Alloy Composites by Pressure Casting, N. Fuyama, A. Terayama, T. Fujii, T. Hagiwara, Y. Omura, G. Sasaki, 17th international Federation for Heat Treatment and Surface Engineering Congress 2008, (2009.10.) 353-356, 査読無

22. 最近の鑄造法による軽金属基複合材料の開発, 佐々木元, こしき, 32 (2009) 31-34, 査読無

23. Densification of aluminum matrix composites by low-pressure infiltration method, G. Sasaki, Y. B. Choi, K. Matsugi, Proc. of 34th Symposium on Composite Materials (2009.9) pp.199-200, 査読無

24. Fabrication and Electrical Conductivity of Vapor Grown Carbon Fiber Reinforced Aluminum Composites, Z. F. Xu, Y. B. Choi, K. Matsugi, D. C. Li, G. Sasaki, Materials Transactions, Vol.50 No.09 (2009) pp.2160-2164, 査読有

25. Development of FeCrSi Fiber/ Aluminum Alloy Composites Fabricated by Gravity Casting, G. Sasaki, Y. B. Choi, K. Matsugi, O. Yanagisawa, Proc. of ICCM-17, (2009.8), CD-ROM, 査読無

26. Influence of Fiber Surface Structure on Interfacial Structure between Fiber and Matrix in Vapor Grown Carbon Fiber Reinforced Aluminum Matrix Composites, K.C. Chang, Z. F. Xu, K. Matsugi, G. Sasaki, Materials Transactions, Vol.50 No.06 (2009) pp.1510-1518, 査読有

[学会発表] (計 30 件)

1. 李沃鏜、張光智、崔龍範、杉尾健次郎、松木一弘、佐々木元, 高熱伝導性炭素/アルミニウム複合材料のための炭素材料の特性, 日本金属学会春期大会一般講演概要(2012.3.28-30),462, 横浜国立大学

2. 李文熙、崔龍範、杉尾健次郎、松木一弘、佐々木元, 一方向 CF/Al 複合材料の強度特性に及ぼす界面反応物の影響, 日本金属学会春期大会一般講演概要(2012.3.28-30),460, 横浜国立大学

3. 崔龍範、瀧口翔太、松木一弘、佐々木元, 低圧含浸法を用いた金属間化合物分散強化アルミニウム複合材料の開発, 日本金属学会春期大会

一般講演概要(2012.3.28-30),2, 横浜国立大学
4. 佐々木元、李文熙、杉尾健次郎、崔龍範、松木一弘, 低圧含浸法による炭素繊維/アルミニウム複合材料の組織と特性評価, 第 1 回 日本複合材料合同会議 JCCM-3 概要 (2012.3.7-9) 3204-3206, 京都市

5. 佐々木元、許哲峰、崔龍範、杉尾健次郎、松木一弘, 放電焼結法による VGCF/アルミニウム複合材料の焼結機構と微細組織, 軽金属学会第 121 回秋期大会講演概要(2011.11.12~13) 285-286, 早稲田大学

6. 李文熙、崔龍範、杉尾健次郎、松木一弘、佐々木元, 一方向 CF/Al 複合材料の熱伝導に及ぼす界面反応物の影響, 日本金属学会秋期大会ポスター講演概要(2011.11.7~9) CD-ROM, 那覇市

7. 崔龍範、瀧口翔太、佐々木元、松木一弘, ニッケル多孔体を用いた金属間化合物分散アルミニウム基複合材料の作製プロセスの開発, 日本金属学会秋期大会一般講演概要(2011.11.7~9) CD-ROM, 那覇市

8. 佐々木元、許哲峰、崔龍範、杉尾健次郎、松木一弘, 放電焼結法による VGCF/アルミニウム複合材料の製造プロセスの最適化と微細組織, 日本金属学会秋期大会一般講演概要(2011.11.7~9) CD-ROM, 那覇市

9. 佐々木元、李文熙、崔龍範、杉尾健次郎、松木一弘, 低圧含浸法により作製した炭素繊維/アルミニウム複合材料の熱伝導特性, 第 36 回複合材料シンポジウム講演要旨集(2011.10.20~21) 177-178, 仙台市

10. 佐々木元、李文熙、崔龍範、杉尾健次郎、松木一弘, 低圧含浸法による炭素繊維/アルミニウム複合材料の作製と特性評価, 軽金属学会第 120 回春期大会講演概要 (2011.5.21~22), 131-132, 名古屋大学

11. 李文熙、崔龍範、松木一弘、杉尾健次郎、佐々木元, 低圧含浸法により作製した CF/Al 複合材料の熱伝導特性評価, 九州大学応用力学研究所研究集会 22ME-S4 新エネルギーへの複合材料の応用および評価 (2011.1.7) 67-70, 九州大学

12. 佐々木元、李文熙、杉尾健次郎, 銅粉末を利用した低圧含浸炭素繊維/リフォームの作製と熔融アルミニウム合金の含浸, 日本機械学会第 18 回機械材料・機械加工技術講演会論文集 CD-ROM 213 (2010.11.27~28), 東京大学

13. 佐々木元、森岡真隆、崔龍範、杉尾健次郎、松木一弘、牛嶋裕次, 炭素繊維多孔体中への Ni めっきとアルミニウム合金含浸圧力の低減化, 第 35 回複合材料シンポジウム講演要旨集, (2010.11.13-14) 103-104, 広島県情報プラザ

14. 李文熙、崔龍範、松木一弘、杉尾健次郎、

佐々木元, 低圧含浸法による Cf/Al 複合材料の緻密化に及ぼす含浸圧力と銅粒径の影響, 第 35 回複合材料シンポジウム講演要旨集, (2010.11.13-14) 101-102, 広島県情報プラザ

15. 杉尾健次郎, 龍野正平, 佐々木元, 柳沢平, 粒子分散複合材料の粒子体積率を考慮した粒子分散度の評価, 第 35 回複合材料シンポジウム講演要旨集, (2010.11.13-14) 97-98, 広島県情報プラザ

16. 崔龍範, 播本武嗣, 佐々木元, 松木一弘, 低圧含浸法によるアルミ短繊維強化複合材料の鑄造最適化, 第 35 回複合材料シンポジウム講演要旨集, (2010.11.13-14) 93-94, 広島県情報プラザ

17. 李文熙, 崔龍範, 杉尾健次郎, 松木一弘, 佐々木元, 低圧含浸法による炭素繊維/アルミニウム複合材料の製造プロセス, 日本金属学会秋期大会一般講演概要(2010.9.27), 272, 北海道大学

18. 崔龍範, 播本武嗣, 佐々木元, 松木一弘, 低圧含浸法によるアルミナ-シリカ短繊維強化アルミニウム複合材料の鑄造プロセスの最適化, 日本金属学会秋期大会一般講演概要(2010.9.27), 272 北海道大学

19. 佐々木元, 西村奈津子, 崔龍範, 杉尾健次郎, 松木一弘, アルミニウム合金基複合材料作製プロセスにおける低圧含浸シミュレーション, 日本金属学会秋期大会一般講演概要(2010.9.27), 272, 北海道大学

20. 佐々木元, 許哲峰, 崔龍範, 松木一弘, 炭素繊維リフォームへ溶融アルミニウム合金の低圧含浸と複合材料の作製, 軽金属学会第 118 回春期大会講演概要(2010.5.22~23), 185-186, 関西大学

21. 佐々木元, 森岡真隆, 崔龍範, 松木一弘, 牛嶋祐次, C/C 多孔体へのアルミニウム合金の低圧含浸, 日本金属学会春期大会一般講演概要(2010.3.30), 273, 筑波大学

22. 崔龍範, 瀧口将太, 佐々木元, 松木一弘, 金属多孔体強化複合材料の低圧含浸プロセス開発, 日本金属学会春期大会一般講演概要(2010.3.30), 273, 筑波大学

23. 李文熙, 崔龍範, 松木一弘, 佐々木元, 放電焼結法による炭素繊維リフォームの作製と特性評価, 日本金属学会春期大会一般講演概要(2010.3.30), 272, 筑波大学

24. 佐々木元, 張光智, 崔龍範, 松木一弘, VGCF/アルミニウム複合材料における繊維とアルミニウムの界面構造, 第 1 回 日本複合材料合同会議 JCCM-1 概要 (2010.3.10) 123-124, キャンパスプラザ京都

25. 佐々木元, 許哲峰, 崔龍範, 松木一弘, カーボンナノファイバ/アルミニウム複合材料の組織が熱伝導、熱膨張に与える影響, 軽金属学会第 117 回秋

期大会講演概要(2009.11.14)109-110, 電気通信大学

26. 佐々木元, 崔龍範, 松木一弘, 低圧含浸法を用いた Al_2O_3/Al 複合材料の摩擦及び磨耗特性, 日本機械学会第 17 回機械材料・機械加工技術講演会論文集 CD-ROM 522(2009.11.6), 富山国際会議場

27. 佐々木元, 許哲峰, 崔龍範, 松木一弘, 放電焼結法で作製した VGCF/アルミニウム複合材料の作製と熱・電気伝導性の評価, 日本機械学会第 17 回機械材料・機械加工技術講演会論文集 CD-ROM 511 (2009.11.6), 富山国際会議場

28. 許哲峰, 崔龍範, 松木一弘, 佐々木元, 焼結法で作製したカーボンナノファイバ強化アルミニウム複合材料の特性評価, 日本金属学会秋期大会一般講演概要(2009.9.16), 295, 京都大学

29. 佐々木元, 原嘉優, 許哲峰, 府山伸行, 藤井敏男, 崔龍範, 松木一弘, 低圧含浸法によるカーボンナノファイバ/アルミニウム複合材料の開発, 軽金属学会第 116 回春期大会講演概要(2009.5.21), 99-100, 登別グランドホテル

30. 佐々木元, 原嘉優, 許哲峰, 崔龍範, 松木一弘, 低圧含浸法を利用したカーボンナノファイバ/アルミニウム複合材料の製造プロセス, 日本複合材料学会 2009 年度研究発表講演会講演集 (2009.5.18), 97-98, 東京大学

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐々木 元 (SASAKI GEN)
広島大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号: 30192595

(2) 研究分担者

松木一弘 (MATSUGI KAZUHIRO)
広島大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号: 30253115

崔 龍範 (CHOI YONGBUM)
広島大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号: 00457269

(3) 連携研究者

()

研究者番号: