

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01371

研究課題名(和文)超臨界プラズマ流動制御による有機修飾複合ナノ粒子のワンステップ合成プロセスの開発

研究課題名(英文)Development of one-step synthesis of organic-modified nanopowder by supercritical plasma flow control

研究代表者

茂田 正哉 (Shigeta, Masaya)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：30431521

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、超臨界プラズマという特異物質相の流れを利用して、有機修飾複合ナノ粒子の生成量・サイズ・組成を制御しながらワンステップで大量合成するという新手法を流体力学的立場から確立することを目的とした。超臨界流体とプラズマを同時生成し、消耗電極を原料としてナノ粒子を形成する実験システムを構築した。実験と理論の両面から、高速のプラズマ流に逆らう金属イオン輸送メカニズムや、プラズマ外縁の流体力学的不安定性に起因する揺らぎとナノ粒子分布の相関を明らかにした。また、機能性合金ナノ粒子が集団形成する過程、異材コアシェル電極が混合液滴を形成しながら溶融離脱する現象なども数値解析的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機修飾により病変部位への送達性を付与した抗菌性光触媒ナノ粒子のワンステップでの高速合成が可能となり、工学的なブレイクスルーによる医療分野発展の一助となる。また学問的観点から本プロセスを構成する個々の物理過程を見ると、電磁流体力学・熱工学・化学工学・材料工学にわたる分野横断型研究であるため、本研究を通して得られる学問的知見は、機能性ナノ材料合成システムの設計指針を与えるのみならず、各種工学分野と共有できる基礎資料を提供することになり、高い学術的貢献度が付随する。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study is to develop one-step mass-production of deliverable nanoparticles by a supercritical plasma flow controlling the nanoparticles' yield, size, and composition on the basis of fluid mechanics. An experimental system that simultaneously generated supercritical plasma and nanoparticles from electrode erosion was developed. The experimental and theoretical studies elucidated the mechanism of metal ion transport through the plasma and the correlation between fluid dynamic instability at the plasma fringe and the nanoparticle distribution. Furthermore, numerical analyses revealed a collective growth of functional alloy nanoparticles and a detachment process of a mixed metal droplet from a dissimilar core-shell electrode.

研究分野：流体力学

キーワード：流体力学

1 . 研究開始当初の背景

最近の医療・バイオ分野の劇的な進歩の中、人体内において薬剤送達を担うことができる生体親和性の高いナノ材料の開発が強く求められている。例えば、癌などの病変部位の血管は数十ナノメートル程度に広がっていることが知られており、それよりも小さな有機修飾ナノ粒子を用いれば、通常の有機分子とは異なり体内で失活することなく、病変部位への選択的な送達が可能となる。しかしながら、依然としてナノ粒子の合成や機能化には液相法が用いられるため多段階的な手順と時間を要する上に、大気中への有機溶媒の揮発といった環境悪化を招く。これらの問題をワンステップかつクリーンに解決できる流体工学プロセスの創成に期待が高まっている。

2 . 研究の目的

本研究は、超臨界プラズマという特異物質相の流れを利用して、生成量・サイズ・組成(機能)を制御しながら生体親和性の高い機能性ナノ粒子をワンステップかつクリーンに大量合成するという新手法を流体工学的立場から確立することを目的とした。実験的研究と理論的研究の両面から課題解決に臨み、ナノ粒子の合成反応経路とプラズマの電磁熱流体的特性、およびそれらの相関を明らかにしながら、プラズマ特性の計測手法の開発およびメカニズム解明のための数理モデル構築を行うことも同時に達成すべき目的とした。

3 . 研究の方法

実験的研究では、図 1 に示す耐压実験セル、超臨界流体を生成・維持するための加圧ポンプ、耐压チャンバーとプラズマ生成用の電力供給ユニットを組み合わせた実験システムの改良を行った。プラズマの生成および維持のためには高電圧を要するため、液中においてもプラズマ生成の可能な高電圧パルス放電用電源を組み入れた。活性ガス環境にあるアークプラズマおよびプラズマ内で共存する鉄やクロム等の金属蒸気からの放たれる高強度の光を高速ビデオカメラによって面情報として捉えた。その際に、分光器を通して化学種に固有の輝線スペクトルを画像データとして取得しアーベル逆変換を施すことで、プラズマの動的な挙動とプラズマ内で共存する鉄やクロム等の金属ラジカルおよびイオンの空間分布を個別に得た。さらに局所熱平衡状態の仮定の下、化学種の温度や電離状態の動的変化も捉えた。また、アークプラズマと相互作用する電極の消耗現象に関する基礎知見を得るために、使用後の電極に対してエネルギー分散型 X 線分析 (Energy dispersive X-ray spectroscopy; EDS) および電子線マイクロアナライザー (Electron Probe Micro Analyzer; EPMA) による元素マッピングを行った。

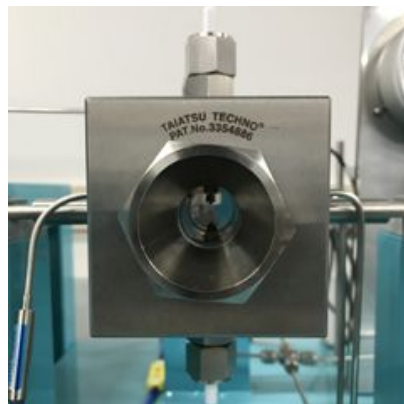


図 1 耐压実験セル

数値シミュレーションを活用した理論的研究では、研究代表者が考案・開発してきた数理モデルと数値計算手法を用いて、プラズマ環境下でナノ粒子が核生成・凝縮・凝集により集団成長しながら対流・拡散輸送されるプロセスを再現し、不可視の現象を可視化した。得られた数値データを解析し、プラズマ外縁の温度変動と下流域におけるナノ粒子数の変動の相関を調査した。さらには異組成ナノ粒子の集団形成過程について、熱化学的に表現される二元系核生成理論・共凝縮理論を組み合わせ、エアロゾル動力学を基に粒子間衝突・合体による集団成長も同時に表現できる方程式系を組み上げ、数値計算によって定量的解析を行った。また拡張した粒子法シミュレーション技術を用いて、アークプラズマと相互作用する異材コアシェル電極が混合液滴を形成しながら溶融離脱する過程の物理メカニズムを調べた。

4 . 研究成果

図 2 に示すように、上述の複数種同時イメージング分光計測法とプラズマ物理学に基づく定量評価法を組み合わせることで、大気圧ヘリウム雰囲気中でのアークプラズマの原料ラジカルとイオンがプラズマ内部から境界領域にかけて二層の青い発光領域を発生する実験的エビデンスを得ることに成功し、輸送機構を明らかにした。上方からの流れがあるにもかかわらず、強発光する金属イオンが電気泳動により電極近傍からの高速流に逆らってプラズマコアを避けながら遡上し、電子再結合によって中性ラジカルになった後に外方向へ拡散、プラズマ境界領域での温度低下にともなって濃化して定常的に分布するメカニズムを明らかにした。この濃化現象はナノ粒子の初生に大きな影響を及ぼすものである。また図 3 に示すように、濃化領域と電極の接触によって表面での合金化が進むことで融点が降下して溶け落ちるという電極変形メカニズムも明らかにした。

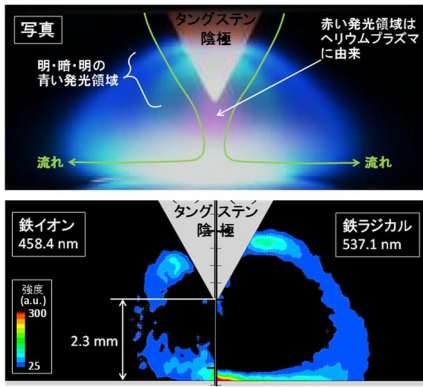


図2 アークプラズマの写真と鉄イオン・鉄ラジカルの分布

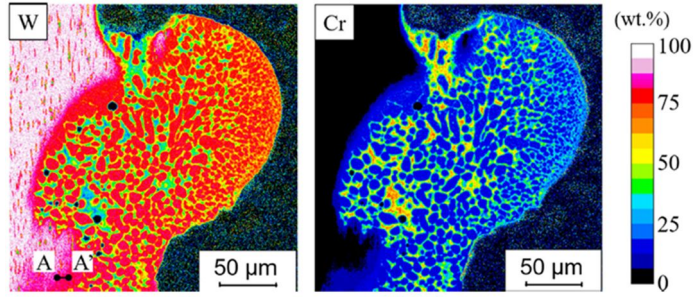


図3 溶融した電極表面近傍の元素マップ

数値シミュレーションを活用した理論的研究においても有意義な成果が得られた。図4に示すように、タングステンの針状電極と鉄の板状電極の間に生成・維持されるAr アークプラズマとその周囲の非電離気体、および鉄電極から発生するFe 蒸気原子からナノ粒子が核生成・凝縮・凝集により集団成長しながら対流・拡散輸送されるプロセスを再現した。アークプラズマ外縁の流体力学的不安定性に起因する揺らぎが低温の下流域におけるナノ粒子の空間分布と強い相関を示すことも明らかにした。

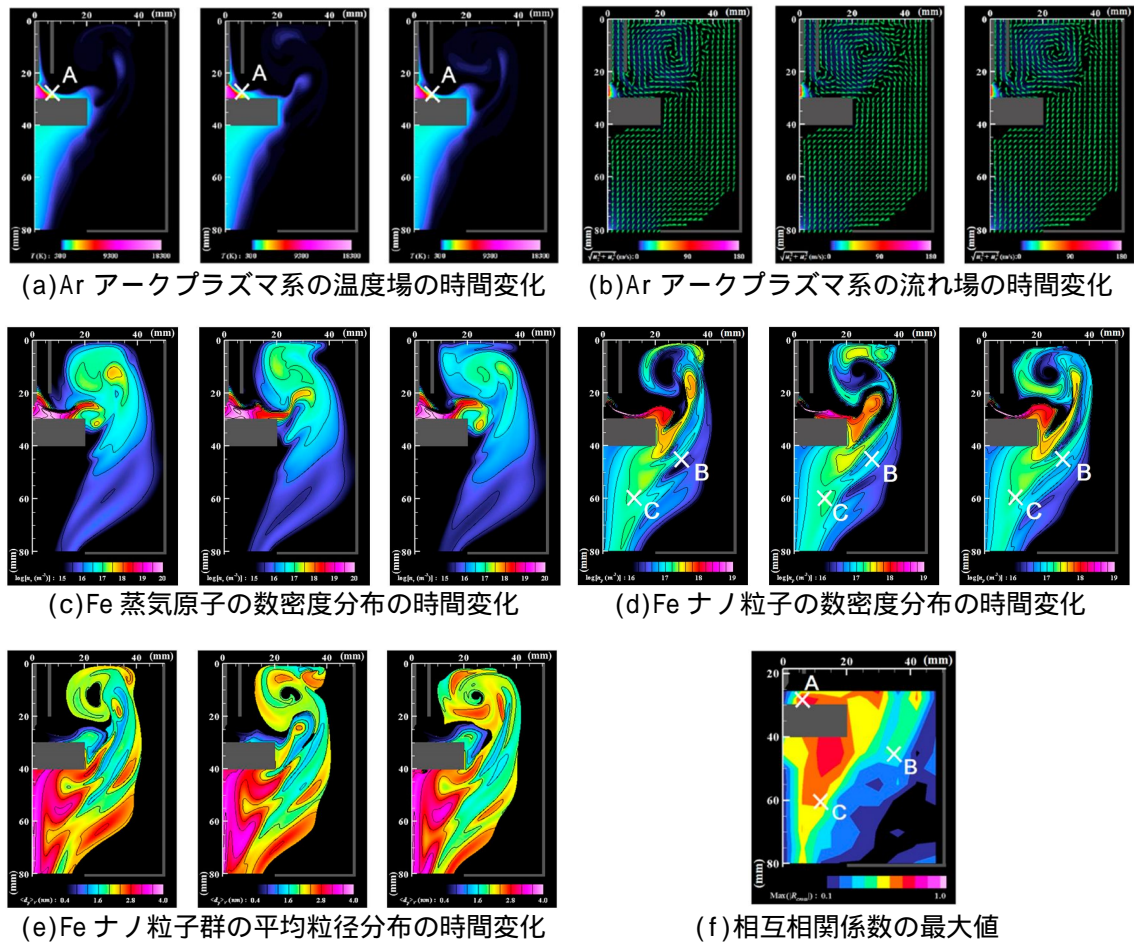
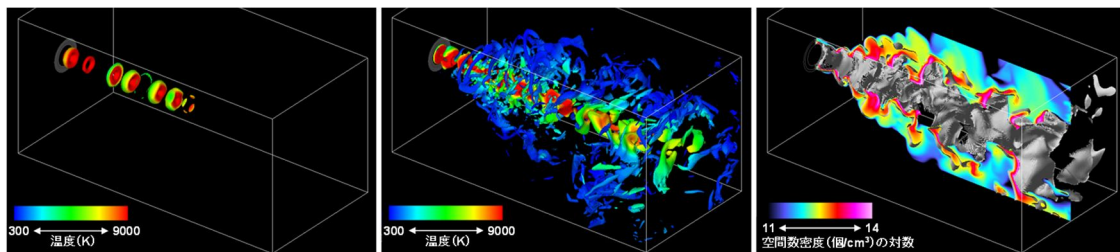


図4 Ar アークプラズマ系における Fe ナノ粒子生成・成長・輸送過程および相互相関

図5に示すように、非移行式 Ar アークプラズマジェット、非電離気体、Si ナノ粒子群が共存する乱流場を捉えるための数値計算手法を開発し、非定常3次元数値シミュレーションに成功した。長年未解明であったプラズマジェット遠方の渦誘発現象は従来の計算手法では再現されないが、開発した新手法によって誘発渦が再現され、その原理に迫る知見を得ることができた。また、プラズマジェットと非電離気体の境界領域において Si 原子が核を形成し、それに続く核への凝縮によってナノ粒子へと成長、さらに粒子間凝集によって粒子数が減少しながら粒径が増大する、同時に誘発渦によって輸送されるといった非平衡系の集団形成過程によって Si ナノ

粒子群が複雑な空間分布を示すことも明らかになった。



(a)従来法による誘発渦 (b)新手法により再現される渦群 (c)Si ナノ粒子群の空間分布
図5 Si ナノ粒子を含む非移行式 Ar アークプラズマジェット - 非電離気体共存系の瞬間像

さらに、図6に示すように、プラズマ下流の急冷却環境で Fe-Nd 合金ナノ粒子が二元系核生成・二元系共凝縮・粒子間衝突合体により集団形成する過程も数値解析的に明らかにした。冷却過程で 2300 K となった際に Fe と Nd が混合核を形成し、それに追従して共凝縮が起こる。約 1800 K で凝縮による蒸気消費率は最大値を示し、その大きさは核生成による蒸気消費率の 10^5 倍に及ぶ。また、その時点で約 70%の金属蒸気原子がナノ粒子を形成していることがわかる。ほぼ 100%の金属蒸気原子がナノ粒子となった 1600 K では、ナノ粒子群は数 nm から 280 nm にわたる幅広い粒径分布を示しているが、その多くは 10~70 nm であり、9~14at.%の Nd を含有することが示された。

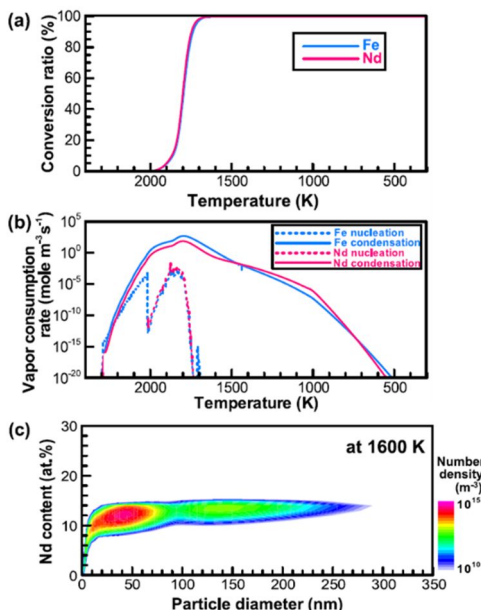


図6 Fe-Nd 合金ナノ粒子の集団形成過程

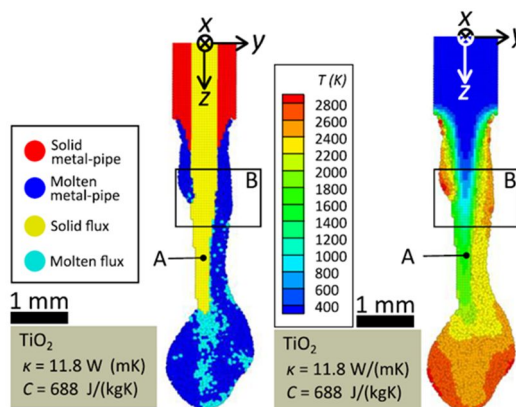


図7 TiO₂ コア-Fe シェル構造電極の溶融過程

また、図7に示すように、TiO₂ コア-Fe シェル構造電極がアークプラズマと相互作用する中で混合液滴を形成しながら流動し、離脱する現象を粒子法シミュレーションの拡張によって再現することができた。TiO₂ と Fe には熱伝導率と比熱のそれぞれに差があるため、TiO₂ の温度上昇は緩やかで溶融が遅延する。そのことが溶融液滴の混合比率にも影響することが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Shigeta Masaya	4. 巻 40
2. 論文標題 Simulating Turbulent Thermal Plasma Flows for Nanopowder Fabrication	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plasma Chemistry and Plasma Processing	6. 最初と最後の頁 775 ~ 794
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11090-020-10060-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 UENO Ryo, KOMEN Hisaya, SHIGETA Masaya, TANAKA Manabu	4. 巻 38
2. 論文標題 Numerical Simulation of Droplet Transfer with TiO ₂ Flux Column During Flux Cored Arc Welding by 3D Smoothed Particle Hydrodynamics Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 QUARTERLY JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY	6. 最初と最後の頁 84s ~ 88s
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2207/qjws.38.84s	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Tanaka Keigo, Shigeta Masaya, Tanaka Manabu, Murphy Anthony B	4. 巻 53
2. 論文標題 Investigation of transient metal vapour transport processes in helium arc welding by imaging spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 425202 ~ 425202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ab9ce4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Xiang Junting, Tanaka Keigo, Chen Fiona F., Shigeta Masaya, Tanaka Manabu, Murphy Anthony B.	4. 巻 65
2. 論文標題 Modelling and measurements of gas tungsten arc welding in argon/helium mixtures with metal vapour	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Welding in the World	6. 最初と最後の頁 767 ~ 783
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40194-020-01053-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Komen Hisaya, Shigeta Masaya, Tanaka Manabu, Abe Yohei, Fujimoto Takahiro, Nakatani Mitsuyoshi, Murphy Anthony B.	4. 巻 171
2. 論文標題 Numerical Investigation of Heat Transfer During Submerged Arc Welding Phenomena by Coupled DEM- ISPH Simulation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Heat and Mass Transfer	6. 最初と最後の頁 121062 ~ 121062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121062	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tanaka Keigo, Shigeta Masaya, Komen Hisaya, Tanaka Manabu	4. 巻 26
2. 論文標題 Electrode contamination caused by metal vapour transport during tungsten inert gas welding	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science and Technology of Welding and Joining	6. 最初と最後の頁 258 ~ 263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13621718.2021.1893024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hirayama Y., Shigeta M., Liu Z., Yodoshi N., Hosokawa A., Takagi K.	4. 巻 873
2. 論文標題 Anisotropic Nd-Fe ultrafine particles with stable and metastable phases prepared by induction thermal plasma	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 159724 ~ 159724
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2021.159724	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Komen Hisaya, Abe Yohei, Fujimoto Takahiro, Shigeta Masaya, Nakatani Mitsuyoshi, Tanaka Manabu	4. 巻 36
2. 論文標題 Visualization of Submerged Arc Welding Phenomena by X-ray Observation and Direct Observation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 QUARTERLY JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY	6. 最初と最後の頁 9WL ~ 12WL
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2207/qjws.36.9WL	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Komen Hisaya, Shigeta Masaya, Tanaka Manabu	4. 巻 6
2. 論文標題 Numerical Simulation of Molten Metal Droplet Behavior in Gas Metal Arc Welding by Three-Dimensional Incompressible Smoothed Particle Hydrodynamics Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Flow Control, Measurement & Visualization	6. 最初と最後の頁 66 ~ 81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/jfcmv.2018.62007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shigeta Masaya, Tanaka Manabu	4. 巻 59
2. 論文標題 Visualization of electromagnetic-thermal-fluid phenomena in arc welding	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SA0805 ~ SA0805
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab4e63	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Keigo, Shigeta Masaya, Tanaka Manabu, Murphy Anthony B	4. 巻 52
2. 論文標題 Investigation of the bilayer region of metal vapor in a helium tungsten inert gas arc plasma on stainless steel by imaging spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 354003 ~ 354003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ab2441	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tanaka Keigo, Yamada Tetsuo, Shigeta Masaya, Tanaka Manabu, Nakabayashi Seiji	4. 巻 37
2. 論文標題 The Relation Between Electrode Lifetime and Additive Consumption During TIG Welding	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 QUARTERLY JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY	6. 最初と最後の頁 4WL ~ 6WL
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2207/qjws.37.4WL	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Xiang Junting, Chen Fiona F., Park Hunkwan, Tanaka Keigo, Shigeta Masaya, Tanaka Manabu, Murphy Anthony B.	4. 巻 79
2. 論文標題 Numerical study of the metal vapour transport in tungsten inert-gas welding in argon for stainless steel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Mathematical Modelling	6. 最初と最後の頁 713 ~ 728
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apm.2019.11.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Xiang Junting, Park Hunkwan, Tanaka Keigo, Shigeta Masaya, Tanaka Manabu, Murphy Anthony B	4. 巻 53
2. 論文標題 Numerical study of the effects and transport mechanisms of iron vapour in tungsten inert-gas welding in argon	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 044004 ~ 044004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ab51f3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 TANAKA Keigo, SHIGETA Masaya, TANAKA Manabu, MURPHY Anthony B.	4. 巻 38
2. 論文標題 Imaging Spectroscopy for Transient Transport of Chromium Vapor During Helium TIG Welding	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 QUARTERLY JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY	6. 最初と最後の頁 21s ~ 24s
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2207/qjws.38.21s	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 茂田 正哉
2. 発表標題 溶接プロセスシミュレーションの手法・適用例・活用法
3. 学会等名 溶接学会 2020年度 秋季全国大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaya Shigeta
2. 発表標題 Modelling and Simulation of Turbulent Thermal Plasma Flows for Nanopowder Mass Production
3. 学会等名 7th Plasma Science & Entrepreneurship workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 茂田 正哉
2. 発表標題 高エンタルピープラズマ流による材料プロセッシングの数値解析的研究
3. 学会等名 第37回プラズマ・核融合学会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keigo Tanaka, Masaya Shigeta, Manabu Tanaka, Anthony B. Murphy
2. 発表標題 The relation between TIG electrode consumption and a light emitting region near electrode
3. 学会等名 73rd IIW Annual Assembly and International Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keigo Tanaka, Masaya Shigeta, Manabu Tanaka
2. 発表標題 Identification of Light Emitting Elements near Electrode During TIG Welding
3. 学会等名 Seventeenth International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryo Ueno, Masaya Shigeta, Manabu Tanaka
2. 発表標題 Three-dimensional SPH Simulation of Droplet Transfer with Flux column During Flux Cored Arc Welding
3. 学会等名 Seventeenth International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 茂田 正哉
2. 発表標題 熱プラズマ流体・材料プロセス研究を主軸として歩み得てきたもの
3. 学会等名 2021年第68回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaya Shigeta, Manabu Tanaka
2. 発表標題 To see thermofluid dynamics in arc welding processes
3. 学会等名 12th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (IC-PLANTS2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaya Shigeta, Manabu Tanaka
2. 発表標題 Modelling and simulation of growth-transport processes of fume nanoparticles in TIG welding
3. 学会等名 The Symposium of Thailand Welding and Inspection Technology 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaya Shigeta
2. 発表標題 Modelling and Simulation of Nanoparticles' Growth and Transport during Arc Welding
3. 学会等名 HORIZON 2020, NanoDome User-Conference and project closure meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keigo Tanaka, Masaya Shigeta, Manabu Tanaka, A. B. Murphy
2. 発表標題 Investigation of the Relation Between Chromium Vapor and Iron Vapor During TIG Welding by Imaging Spectroscopy
3. 学会等名 Joint Intermediate Meeting of IIW Comm. I, IV, XII and SG212 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 HISAYA KOMEN, MASAYA SHIGETA, MANABU TANAKA, YOHEI ABE, TAKAHIRO FUJIMOTO, MITSUYOSHI NAKATANI
2. 発表標題 THREE-DIMENSIONAL NUMERICAL SIMULATION OF MOLTEN METAL CONVECTION DURING SUBMERGED ARC WELDING USING DEM- ISPH METHOD
3. 学会等名 ISER 404th International Conference on Heat Transfer and Fluid Flow (ICHTFF) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Tanaka, M. Shigeta and M. Tanaka
2. 発表標題 Experimental Investigation on Surface Condition of Tungsten Electrode with Metal Vapor from Weld Pool during TIG Welding
3. 学会等名 71st IIW Annual Assembly and International Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Shigeta, M. Tanaka
2 . 発表標題 Numerical analysis of correlation between arc plasma's fluctuation and fume particles' growth-transport in TIG welding
3 . 学会等名 71st IIW Annual Assembly and International Conference (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Abe, T. Fujimoto, M. Nakatani, H. Komen, M. Shigeta, M. Tanaka
2 . 発表標題 Fundamental Study on Welding Phenomena of Submerged Arc Welding with X-ray Observation
3 . 学会等名 71st IIW Annual Assembly and International Conference (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Masaya Shigeta, Manabu Tanaka, Emanuele Ghedini
2 . 発表標題 NUMERICAL INVESTIGATION OF CORRELATION BETWEEN ARC PLASMA FLUCTUATION AND NANOPOWDER DISTRIBUTION
3 . 学会等名 The Second Pacific Rim Thermal Engineering Conference (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Keigo Tanaka, Masaya Shigeta, Manabu Tanaka, Anthony B. Murphy
2 . 発表標題 Imaging Spectroscopy for Dynamic Transport of chromium Vapor During a Helium TIG Welding
3 . 学会等名 The 5th International Symposium on Visualization in Joining & Welding Science through Advanced Measurements and Simulation & The 8th International Conference of Welding Science and Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Ueno, Hisaya Komen, Masaya Shigeta, Manabu Tanaka
2. 発表標題 Numerical Simulation of Droplet Transfer with Flux Column During Flux Cored Arc Welding by Three-dimensional Smoothed Particle Hydrodynamics Method
3. 学会等名 The 5th International Symposium on Visualization in Joining & Welding Science through Advanced Measurements and Simulation & The 8th International Conference of Welding Science and Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 茂田 正哉
2. 発表標題 アーク溶接を観て診る
3. 学会等名 高速度イメージングとフォトリクスに関する総合シンポジウム2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keigo Tanaka, Masaya Shigeta, Manabu Tanaka
2. 発表標題 Effect of metal vapor transport on melting and deformation of tungsten electrode during TIG welding
3. 学会等名 The Symposium of Thailand Welding and Inspection Technology 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuya Tatsumi, Hisaya Komen, Masaya Shigeta, Manabu Tanaka
2. 発表標題 Particle method simulation of slag transport and formation process during MAG welding
3. 学会等名 The Symposium of Thailand Welding and Inspection Technology 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Tanaka, M. Shigeta and M. Tanaka
2. 発表標題 Effect of Metal Vapor Transport on Tungsten Electrode Consumption During TIG Welding
3. 学会等名 72st IIW Annual Assembly and International Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Shigeta, T. Sugai, M. Tanaka, H. Komen, N. Mukai and Y. Inoue
2. 発表標題 Computational study of droplet detachment mechanism in flux-cored arc welding by SPH method
3. 学会等名 72st IIW Annual Assembly and International Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaya Shigeta
2. 発表標題 To simulate turbulent thermal plasma flows for nanopowder fabrication
3. 学会等名 24th International Symposium on Plasma Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	田中 学 (Tanaka Manabu) (20243272)	大阪大学・接合科学研究所・教授 (14401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	渡邊 隆行 (Watanabe Takayuki) (40191770)	九州大学・工学研究院・教授 (17102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
オーストラリア	オーストラリア連邦科学産業研究機構			
イタリア	ポローニャ大学			