

令和元年6月20日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06969

研究課題名(和文) 高熱伝導性蓄熱体を備えたソーラー天然ガス改質反応システムの開発

研究課題名(英文) Development of solar reforming system using high thermal conductivity storage material

研究代表者

旗町 剛 (Hatamachi, Tsuyoshi)

新潟大学・工学部・技術専門職員

研究者番号：40456356

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：変動熱源である高温太陽集熱を水素エネルギーに転換することを目的として、天然ガス改質システムに高熱伝導性の潜熱蓄熱体を組み込んだ水素製造システムの開発を最終目的としている。本研究では高熱伝導性の潜熱蓄熱体として、熱力学平衡計算により高転換率が得られる高温度域に大きな潜熱の蓄放熱が可能な合金系について、潜熱蓄熱性能・熱応答性・蓄熱容器との高温反応性を評価した。高温熱物性が不確定であった潜熱蓄熱合金系について熱物性を明らかにした。更にこれら実験結果に基づき、数値計算による熱伝達解析を実施し、融解プロセス数値解析モデルを新たに作製した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

再生可能エネルギーは変動するエネルギー源であり、安定した利活用にはエネルギー貯蔵との組み合わせが不可欠である。本研究では太陽日射を集光して得られる高温太陽熱の水素エネルギー転換法である天然ガス改質システムの高性能化を目的として、高い熱伝導性能を有する変動熱源対応型の共晶合金系の潜熱蓄熱材料の開発とシステム設計を行った。その結果、従来の硝酸系溶融塩による顕熱・潜熱蓄熱と比べて、本研究で開発した共晶合金系潜熱蓄熱体は蓄熱性能・熱応答性・蓄熱容量共に優れていることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：With a aim of energy conversion of a concentrated solar heat with fluctuant property into hydrogen energy, the authors are developing a promising solar reforming system using new latent heat storage material with high thermal conductivity. In the present study, some metal alloys of phase change material were newly designed, developed and evaluated experimentally and theoretically in order to combine the storage system with a reforming reaction system. The latent storage performances, thermal response, and high-temperature compatibility with container materials are evaluated. Unknown thermophysical properties of alloy PCM was measured and evaluated for latent heat storage system in the present study. As the results, heat transfer analysis using numerical simulation was performed for alloy PCM capsuled in SiC, and compared with experimental results. Melting process numerical model was developed in this study.

研究分野：エネルギー学

キーワード：太陽熱発電 相変化材料 共晶合金 潜熱蓄熱 水素

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

再生可能エネルギーの導入拡大は日本国内におけるエネルギー安全保障の強化や低炭素社会の創出に加え、新しいエネルギー関連の産業創出・雇用拡大の観点からも重要であり、その普及が推進されている。再生可能エネルギー最大の問題点は経時変動に起因する不安定性であり、蓄エネルギーは再生可能エネルギーの利活用を推進するにあたって必須の技術と考えられる。

太陽日射が豊富な海外のサンベルト（日本では主に九州）では、太陽からの直達日射をヘリオスタット等で反射・集光することにより焦点部分で 800～1500 の高温太陽集熱が得られる。高温太陽集熱をエネルギー源とし、吸熱化学反応を行うことで、太陽エネルギーを化学エネルギーに転換できる。

太陽エネルギーの水素エネルギー転換法として、天然ガス改質の吸熱プロセスに太陽熱をプロセスヒートとして熱供給することで、太陽集熱の一部が吸熱され、水素と一酸化炭素との合成ガスに転換される。このソーラー改質プロセスに変動熱源である太陽熱を供給するにあたって、蓄熱体の相変化を利用した潜熱蓄熱型のソーラー改質プロセス化によって、変動熱源に起因する触媒失活を回避し、反応プロセスの連続運転が可能となる。

### 2. 研究の目的

高熱伝導性の相変化材料を潜熱蓄熱体として組み入れた変動熱源利用型の新規ソーラー天然ガス改質反応システムの開発を最終目的としている。本研究では、高熱伝導性の共晶合金系を潜熱蓄熱体として利用する可能性に着目し、反応プロセスへの組み込み可能な潜熱蓄熱系の構築を行った。これらの潜熱蓄熱系の蓄熱性能の評価を行い、潜熱蓄熱系を反応システム化するにあたって必要な蓄熱容器との高温親和性について調査した。

### 3. 研究の方法

1) 金属系の潜熱蓄熱材料の選定と熱応答・蓄熱/放熱サイクル試験・試験雰囲気の影響

2) 高温熱物性に基づく共晶合金蓄熱系と硝酸系溶融塩の融解プロセスに関する理論的・実験的研究

3) 共晶合金蓄熱系における高温熱物性の温度依存性の調査と蓄熱容器との高温親和性試験および潜熱/化学蓄熱システム試験装置の設計・製作

### 4. 研究成果

1) 熱力学平衡計算によると、天然ガス改質における転換率は 750 以上においてはほぼ 100% となることから、相変化を伴う金属蓄熱材料として共晶温度が 800 付近にある Cu-Si 系と、共晶温度は 600 付近であるが過共晶組成を選択することで 750 以上の融解潜熱を利用できる可能性がある Al-Si 系を選定した。これらの合金系蓄熱体について、比熱測定による顕熱蓄熱性能を評価、また共晶組成および過共晶 Si の融解による潜熱蓄熱性能を調査した。さらに、太陽熱の熱供給変動における蓄熱・放熱応答性を検討することを目的として、電気炉加熱/放冷による蓄熱・放熱サイクル性能を実験的に検討した。これらの実験的検討において、蓄熱放熱サイクルにおける蓄熱体の雰囲気により蓄熱・放熱応答性が変化し、特に空気雰囲気においては、合金系蓄熱体の表面に酸化膜を形成させることで、蓄熱体内部の酸化を抑制でき、蓄熱体内部は蓄熱・放熱性能を有する相変化型潜熱蓄熱体として機能することを見出した。

2) Al-Si 系については、共晶組成と過共晶組成の 4 種類の合金を作製した。熱物性が比較的報告されている Al-12wt%Si 合金を SiC セラミックカプセルに充填し、本研究室において SiC/Al-Si 潜熱蓄熱複合体を調製した。SiC/Al-Si 複合体を高温空気流通下での蓄熱・加熱試験により、カプセル内の Al-Si 合金が非平衡融解することを実験的に明らかにした。実験結果に基づき、数値計算による熱伝達解析を実施し、融解プロセス数値解析モデルを作製した。また、比較対象として SiC/NaNO<sub>3</sub> 潜熱蓄熱複合体についても同様な解析を行い、融解プロセス数値解析モデルを作成した。その結果、SiC/Al-Si 潜熱蓄熱複合体が優れた熱応答性・潜熱蓄熱性能を有していることを理論的および実験的に明らかにした。Cu-Ge 合金系については、比熱測定による顕熱蓄熱性能を評価し、共晶組成および過共晶 Si の融解による潜熱蓄熱性能を調査した。さらに、太陽熱の熱供給変動条件下における蓄熱・放熱応答性の検討を目的として、電気炉加熱/放冷による蓄熱・放熱サイクル性能を実験的にラボスケールで検討した。これらの実験的検討により、蓄熱放熱サイクルにおける蓄熱体の雰囲気により蓄熱・放熱応答性が変化した。特に空気雰囲気においては、表面に形成した酸化膜が蓄熱体内部の酸化を抑制し、酸化カプセル型潜熱蓄熱複合体として潜熱蓄熱体として機能することを見出した。

3) 600 以上に融解潜熱を有する合金系として、Al-Si 合金と Cu-Ge 合金に着目した。潜熱蓄熱性能を評価するにあたって、これらの高温熱物性は未解明な点が多くほとんどわかっていない。特に、液相における熱物性である比熱・密度・熱伝導率については論文等による報告値がないか、もしくは温度依存性について未確定であった。本研究ではこれらの合金系について高温熱物性の温度依存性を明らかにした。

潜熱蓄熱系を反応システム化するにあたって、蓄熱容器との高温親和性が問題となる。本研究では蓄熱容器候補材料との高温腐食反応性について実験的に評価した。Cu-Ge 合金についてステンレス系耐熱合金は PCM 潜熱蓄熱材料との高温反応が観察されたのに対し、アルミナや SiC は 800、60 日の連続腐食反応試験においても、高温反応しないことが明らかとなった。これ

らの金属系の相変化型潜熱蓄熱系は変動する熱供給下において優れた熱応答性・蓄熱容量を有することから変動熱源利用型の新規ソーラー天然ガス改質反応システムの蓄熱系として従来の溶融塩利用と比べて優れていることを明らかにした。  
以上の研究結果を基に高温空気を熱媒体とする潜熱/化学蓄熱システム試験装置をラボスケールで設計し、製作した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 7 件)

- 1) Selvan Bellan, Nobuyuki Gokon, Koji Matsubara, Hyun Seok Cho, Tatsuya Kodama, “Heat transfer analysis of 5kWth circulating fluidized bed reactor for solar gasification using concentrated Xe light radiation”, Energy 160 (2018) 245-256.
- 2) Selvan Bellan, Nobuyuki Gokon, Koji Matsubara, Hyun Seok Cho, Tatsuya Kodama, “Numerical and experimental study on granular flow and heat transfer characteristics of directly-irradiated fluidized bed reactor for solar gasification”, International Journal of Hydrogen Energy 43[34] (2018) 16443-16457.
- 3) Selvan Bellan, Koji Matsubara, Cho Hyun Cheok, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, “CFD-DEM investigation of particles circulation pattern of two-tower fluidized bed reactor for beam-down solar concentrating system”, Powder Technology 319 (2017) 228–237.
- 4) Tatsuya Kodama, Selvan Bellan, Nobuyuki Gokon, Hyun Seok Cho, “Particle reactors for solar thermochemical processes”, Solar Energy, 156 (2017) 113-132.
- 5) Selvan Bellan, Koji Matsubara, Hyun Seok Cho, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, A “CFD-DEM study of hydrodynamics with heat transfer in a gas-solid fluidized bed reactor for solar thermal applications”, International Journal of Heat and Mass Transfer, 116, (2018), 377-392.
- 6) Mitsuho Nakakura, Koji Matsubara, Hyun-Seok Cho, Tatsuya Kodama, Nobuyuki Gokon, Selvan Bellan, Kazuo Yoshida, “Buoyancy-opposed volumetric solar receiver with beam-down optics irradiation” Energy 141 (2017) 2337-2350.
- 7) Nobuyuki Gokon, Tomoya Yamaguchi, and Tatsuya Kodama, “Cyclic thermal storage/discharge performances of hypereutectic Cu-Si alloy in vacuum for solar thermochemical process”, Energy, 113 (2016) 1099-1108.

〔学会発表〕(計 45 件)

- 1) 宮口陽輔, 熊木聡, 倉田夏希, 児玉竜也, 籙町剛, 郷右近展之, “10 k w 石英窓型ソーラーガス化反応器の設計および温度分布測定・バッチ式反応器試験”日本化学会第 99 春季年会 2019, 兵庫, (2019), 甲南大学.
- 2) 熊木聡, 宮口陽輔, 倉田夏希, 児玉竜也, 籙町剛, 郷右近展之, “10kWth 石英窓型流動層ソーラーガス化反応器による石炭コークスの連続供給ガス化試験” 日本化学会第 99 春季年会 2019, 兵庫, (2019), 甲南大学.
- 3) 大畑陽向, 志田円造, 斉勝拓海, 郷右近展之, 籙町剛, 児玉竜也, “熱重量分析を用いたコバルトドーブセリアによる二段階熱化学サイクルの水分解性能に関する研究” 日本化学会第 99 春季年会 2019, 兵庫, (2019), 甲南大学.
- 4) 西澤碧生, 八幡岳宏, 籙町剛, 児玉竜也, 郷右近展之, “太陽熱発電における化学蓄熱材料としての金属ドーブ Mn 酸化物の検討” 日本化学会第 99 春季年会 2019, 兵庫, (2019), 甲南大学.
- 5) 郷右近展之, 兼子茉美, 齋藤由貴子, Selvan Bellan, 籙町剛, 児玉竜也, Cho Hyun-seok, “太陽熱発電における潜熱蓄熱システム設計のための Al-Si 合金融解プロセスの数値解析”, 平成 30 年度 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会, 松江, (2018), くにびきメッセ.
- 6) 児玉竜也, Hyun Seok Cho, 郷右近展之, Selvan Bellan, 井上紘輔, 齋藤達也, 渡邊彰太, “金属酸化物流動層式ソーラー反応器による二段階水熱分解サイクル試験”, 平成 30 年度 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会, 松江, (2018), くにびきメッセ.
- 7) 齋藤達也, 井上紘輔, 籙町剛, 曹賢石, Selvan Bellan, 郷右近展之, 児玉竜也, 金子宏, “石英窓型流動層ソーラー反応器の反応条件検討と照射試験”, 第 27 回日本エネルギー学会大会, 東京, (2018), 日本大学.
- 8) 渡邊彰太, 籙町剛, 曹賢石, Selvan Bellan, 郷右近展之, 児玉竜也, 横田 昌久, “流動層ソーラー反応器による水熱分解サイクルのための球状セリア微粒子の合成”, 第 27 回日本エネルギー学会大会, 東京, (2018), 日本大学.
- 9) 齋藤由貴子, Selvan Bellan, 郷右近展之, 児玉竜也, 籙町剛, Cho Hyun Seok, “太陽熱発電における潜熱蓄熱システム設計のための溶融塩融解プロセスの数値解析”, 第 27 回日本エネルギー学会大会, 東京, (2018), 日本大学.
- 10) 井上 紘輔, 瀬沼 和也, 籙町 剛, 曹 賢石, Selvan Bellan, 郷右近 展之, 児玉竜也, 金子 宏, “30kW サンシミュレータによる石英窓型流動層式ソーラー反応器の水熱分解試験”, 第 26 回日本エネルギー学会大会, 名古屋, (2017), ウィンクあいち.
- 11) 志田 円造, 内藤 喜子, 籙町 剛, Selvan BELLAN, 曹 賢石, 郷右近展之, 児玉 竜也” マンガンドーブセリアによる二段階水熱分解サイクルの低温化に関する研究”, 第 26 回日本工

エネルギー学会大会, 名古屋, (2017), ウィンクあいち.

12) 八幡 岳宏, 籠町 剛, 曹 賢石, Selvan Bellen, 郷右近 展之, 児玉 竜也, “化学蓄熱サイクルにおけるペロブスカイト系酸化物の反応性に関する研究”, 第26回日本エネルギー学会大会, 名古屋, (2017), ウィンクあいち.

13) 鶴間 一成, 山田 愛美, Cho Hyun-Seok, 郷右近 展之, 児玉 竜也, “高温太陽炉によるCeO<sub>2</sub>/MPSZ 反応デバイスの二段階水熱分解サイクル”, 平成29年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会, 長岡, (2017), アオーレ長岡.

14) 白井 麻斗, 兼子 茉美, セルヴァン ベラン, チョ ヒュンソ, 籠町 剛, 郷右近展之, 児玉 竜也, “太陽熱発電用の新規金属合金蓄熱体の蓄熱/放熱サイクル性能に関する研究”, 平成29年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会, 長岡, (2017), アオーレ長岡.

15) 杉山 雄太, 籠町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, “LaSrAlMnO<sub>3</sub>- の二段階水熱分解サイクルにおける反応性に関する研究”, 第25回日本エネルギー学会大会, 東京, (2016), 工学院大学.

16) 内藤 喜子, 籠町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, “他金属ドーブセリアの二段階水熱分解サイクルの高活性化に関する研究”, 第25回日本エネルギー学会大会, 東京, (2016), 工学院大学.

17) 瀬沼 和也, 横田 伸乃資, 伊藤 澄江, 曹 賢石, 籠町 剛, 郷右近 展之, 児玉竜也, 金子 宏, “宮崎ビームダウン太陽集光システムによる石英窓型粒子流動層式ソーラーレシーバー/反応器の開発”, 第25回日本エネルギー学会大会, 東京, (2016), 工学院大学.

18) Enzo Shida, Kiko Naito, Tsuyoshi Hatamachi, Selvan Bellan, Cho Hyun-Seok, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, “Reactivity of Mn-Doped Ceria for a Thermochemical Two-Step Water-splitting cycle at low temperature”, The 6th International Symposium on Fusion Technology, Niigata University, Niigata, Japan, January 26-28, 2018.

19) Kosuke Inoue, Kazuya Senuma, Tsuyoshi Hatamachi, Hyun Seok Cho, Selvan Bellen, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, “Thermochemical test of quartz window type fluidized bed solar reactor by 30 kW sun simulator”, The 6th International Symposium on Fusion Technology, Niigata University, Niigata, Japan, January 26-28, 2018.

20) Asato Shirai, Mami Kaneko, Selvan Bellan, Hyun Seok Cho, Tsuyoshi Hatamachi, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, “Research on thermal charge / discharge cyclic performance of new thermal storage materials for solar thermal power generation”, The 6th International Symposium on Fusion Technology, Niigata University, Niigata, Japan, January 26-28, 2018.

21) Shimpei Takagi, T. Hatamachi, S.Vellan, C. Hyunseok, N. Gokon, T. Kodama, “Solar gasification of coals by a windowed fluidized bed reactor with beam-down optics”, The 6th International Symposium on Fusion Technology, Niigata University, Niigata, Japan, January 26-28, 2018.

22) Issei Tsuruma, Manami Ymada, Hun-Seok Cho, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, “Thermochemical two-step water-splitting cycle of the CeO<sub>2</sub>/MPSZ reactive foam device by the high temperature solar furnace”, The 6th International Symposium on Fusion Technology, Niigata University, Niigata, Japan, January 26-28, 2018.

23) Takehiro Yawata, Tsuyoshi Hatamachi, Vellan Selvan, Hunseok Cho, Tatsuya Kodama, Nobuyuki Gokon, “Study on the reactivity of perovskite oxides in thermochemical storage cycle”, The 6th International Symposium on Fusion Technology, Niigata University, Niigata, Japan, January 26-28, 2018.

24) Hyun-Seok Cho, Issei Tsuruma, Manami Yamada, Tatsuya Kodama, Nobuyuki Gokon, “Development of Thermochemical Two-Step Water Splitting Cycle of the CeO<sub>2</sub>/M-CeO<sub>2</sub> Foam Device by the 3 kW Sun-simulator”, The 6th International Symposium on Fusion Technology, Niigata University, Niigata, Japan, January 26-28, 2018.

25) Nobuyuki Gokon, Aoi Nishizawa, Takehiro Yawata, Selvan Bellan, Tatsuya Kodama, Hyun-seok Cho, “Fe-doped Manganese Oxide Redox Material for Thermochemical Energy Storage at High-Temperatures”, SolarPACES 2018, Casablanca, Morocco, October 02 - 05, 2018.

26) Selvan Bellan, Tatsuya Kodama, Koji Matsubara, Nobuyuki Gokon, Hyun Seok Cho, “Heat transfer and fluid flow analysis of a fluidized bed reactor for beam-down optics”, SolarPACES 2018, Casablanca, Morocco, October 02 - 05, 2018.

27) Tatsuya Kodama, Hyun Seok Cho, Nobuyuki Gokon, Selvan Bellan, “Particles Fluidized Bed Receiver/Reactor with a Beam-Down Solar Concentrating Optics: First Performance Test on Two-Step Water Splitting with Ceria Using a Miyazaki Solar Concentrating System”, SOLARPACES 2018, Casablanca, Morocco, October 02 - 05, 2018.

28) Nobuyuki Gokon, Yukiko Saito, Selvan Bellan, Tsuyoshi Hatamachi, Tatsuya Kodama and Hyun-seok Cho, “EXPERIMENTAL AND NUMERICAL SIMULATION OF MELTING PROCESS OF PHASE CHANGE MATERIAL FOR LATENT HEAT STORAGE SYSTEM DESIGN IN CONCENTRATED SOLAR POWER”, 3rd Japanese-German Workshop on Renewable Energies (JGWQ 2018), October 17-19, 2018, Tokyo, Japan.

29) Tatsuya Kodama, Selvan Bellan, Koji Matsubara, Nobuyuki Gokon and Hyun-Seok,

“DEVELOPMENT AND PROTOTYPE TESTING OF THERMAL ENERGY STORAGE SYSTEM AND THERMOCHEMICAL FLUIDIZED BED RECEIVER/REACTOR FOR UTILIZATION OF CONCENTRATED SOLAR RADIATION: RESEARCH ACTIVITIES IN NIIGATA UNIVERSITY,” 3rd Japanese-German Workshop on Renewable Energies (JGWQ 2018), October 17-19, 2018, Tokyo, Japan.

30) Yuta Sugiyama, Nobuyuki Gokon, Hyun-Seok Cho, Selvan Bellan, Tsuyoshi Hatamachi, Tatsuya Kodama, “THERMOCHEMICAL TWO-STEP WATER-SPLITTING USING PEROVSKITE OXIDE FOR SOLAR HYDROGEN PRODUCTION”, Asian Conference on thermal sciences 2017, ICC JEJU, JEJU ISLAND, KOREA, March 26-30, 2017.

31) Kiko Naito, Nobuyuki Gokon, Hyun-Seok Cho, Selvan Bellan, Tsuyoshi Hatamachi, Tatsuya Kodama, “HYDROGEN PRODUCTIVITY AND REPEATABILITY FOR THERMOCHEMICAL TWO-STEP WATER-SPLITTING CYCLE USING MN-DOPED CERIUM OXIDES” , Asian Conference on thermal sciences 2017, ICC JEJU, JEJU ISLAND, KOREA, March 26-30, 2017.

32) Kazuya Senuma, Nobuyuki Gokon, Hyun-Seok Cho, Selvan Bellan, Tsuyoshi Hatamachi, Tatsuya Kodama, “SOLAR RECEIVER/REACTOR OF FLUIDIZED BED WITH MIYAZAKI BEAM-DOWN SOLAR CONCENTRATING SYSTEM”, Asian Conference on thermal sciences 2017, ICC JEJU, JEJU ISLAND, KOREA, March 26-30, 2017.

33) Manami Yamada, Issei Tsuruma, Hyun-Seok Cho, Nobuyuki Gokon, Selvan Bellan, Tsuyoshi Hatamachi, Tatsuya Kodama, “Investigation of reaction temperature of cerium oxide in two-step carbon dioxide splitting cycles”, Asian Conference on thermal sciences 2017, ICC JEJU, JEJU ISLAND, KOREA, March 26-30, 2017.

34) Selvan Bellan, Shunichi Tazawa, Tomohiro Nakamata, Cho Hyun Cheok, Nobuyuki Gokon, Koji Matsubara and Tatsuya Kodama, “HEAT TRANSFER ANALYSIS OF AN OVAL CERAMIC CONTAINER ENCAPSULATED BY PHASE CHANGE MATERIAL FOR THERMAL ENERGY STORAGE SYSTEM”, Asian Conference on thermal sciences 2017, ICC JEJU, JEJU ISLAND, KOREA, March 26-30, 2017.

35) M. Nakakura, K. Matsubara, S. Kawagoe, S. Bellan, H. S. Cho, N. Gokon, T. Kodama, “NUMERICAL SIMULATION OF VOLUMETRIC AIR RECEIVER FOR BEAM DOWN REFLECTOR”, Asian Conference on thermal sciences 2017, ICC JEJU, JEJU ISLAND, KOREA, March 26-30, 2017.

36) Selvan Bellan, Shunichi Tazawa, Koji Matsubara, Cho Hyun Seok, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama. “Melting process of PCM in ceramic capsule for solar thermal storage.” SOLARIS Conference 27 - 28 Jul 2017, London, UK.

37) Koji Matsubara, Atsushi Sakurai, Takahiro Suzuki, Selvan Bellan, Nobuyuki Gokon, Cho Hyun-Seok, Tatsuya Kodama. “Heat Transfer Analysis of Fluidized Bed Particle Receiver for High-Temperature Solar Concentration.” SOLARIS Conference 27 - 28 Jul 2017, London, UK.

38) Mitsuho Nakakura, Koji Matsubara, Yuki Aoki, Selvan Bellan, Cho Hyun-Seok, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama. “Discrete ordinates simulation of volumetric solar receiver with beam-down irradiation and its verification using big sun simulator.” SOLARIS Conference 27 - 28 Jul 2017, London, UK.

39) Nobuyuki Gokon, Shinpei Takagi, Hyun-seok Cho, Selvan Bellan, Tatsuya Kodama, “Preliminary Tests of Batch Type Fluidized Bed Reactor for Development of Continuously-Feeding Fluidized Bed Reactor - an Elevated Temperature and Gasification Processes –”, SolarPACES 2017, Santiago, Chili, September 26-29, 2017.

40) Selvan Bellan, Koji Matsubara, Hyun Seok Cho, Nobuyuki Gokon, and Tatsuya Kodama, “CFD-DEM Investigation on Flow and Temperature Distribution of Ceria Particles in a Beam-Down Fluidized Bed Reactor” , SolarPACES 2017, Santiago, Chili, September 26-29, 2017.

41) Tatsuya Kodama, Nobuyuki Gokon, Hyun Ceok Cho, Selvan Bellan, Koji Matsubara, Kazuya Senuma and Kousuke Inoue, “Particles Fluidized Bed Receiver/Reactor with a Beam-Down Solar Concentrating Optics: 30-kWth Performance Test on Two-Step Water Splitting with Ceria Particles Using a Big Sun-Simulator” , SolarPACES 2017, Santiago, Chili, September 26-29, 2017.

42) Nobuyuki Gokon, Tomoya Yamaguchi, Hyunseok Cho, Tsuyoshi Hatamachi, Tatsuya Kodama, “Thermal storage/discharge performances of Cu-Si alloy for solar thermochemical process”, SolarPACES 2016, Abu Dhabi, United Arab Emirates, October 11-14, 2016.

43) Selvan Bellan, Cho Hyun Cheok, Nobuyuki Gokon, Koji Matsubara and Tatsuya Kodama, “Numerical analysis of fluid flow and heat transfer during melting inside a cylindrical container for thermal energy storage system”, SolarPACES 2016, Abu Dhabi, United Arab Emirates, October 11-14, 2016.

44) Tatsuya Kodama, Nobuyuki Gokon, Hyun Seok Cho, Koji Matsubara, Hiroshi Kaneko, Kazuya Senuma, Sumie Itoh and Shin-nosuke Yokota, “Particles Fluidized Bed Receiver/Reactor with a Beam-Down Solar Concentrating Optics: Quartz Sand Particles Receiver Test Using an 100-kWth Solar Concentrating System at Miyazaki”, SolarPACES 2016, Abu Dhabi, United Arab Emirates, October 11-14, 2016.

45) Hyun Seok Cho, Tatsuya Kodama, Nobuyuki Gokon, Jong Kyu Kim, Sang Nam Lee, and Yong Heack Kang, "Development and experimental study for hydrogen production from the thermochemical two-step water splitting cycles with a CeO<sub>2</sub> coated new foam device design using solar furnace system", SolarPACES 2016, Abu Dhabi, United Arab Emirates, October 11-14, 2016.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：郷右近 展之

ローマ字氏名：Gokon Nobuyuki

所属研究機関名：新潟大学

部局名：自然科学系

職名：准教授

研究者番号(8桁)：20361793

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。