

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2022

課題番号：21K18920

研究課題名（和文）高温蓄熱による変動再エネ安定化および導入拡大に関する研究

研究課題名（英文）Study of stabilization and penetration of renewable energy by using thermal energy storage at high temperature

研究代表者

郷右近 展之（Gokon, Nobuyuki）

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：20361793

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：太陽日射が豊富に得られるサンベルト地域では、大型太陽集光システムにより得られる高温太陽熱を熱源とする集光型太陽熱発電が実用化し、世界各国への導入が進んでいる。近年建設される多くのCSPプラントには日没後も発電が可能となるように蓄熱システムが組み込まれており、現在に至るまで様々な蓄熱技術が研究され、一部実用化している。また、太陽電池の低価格化に伴う大規模導入が国内外において急速に進み、低コストで大規模な蓄エネルギー技術が求められている。本研究では、再生可能エネルギーと親和性の高い高温蓄熱技術について各国の研究動向調査と独自技術開発に必要な諸条件の調査研究・試験を行った。

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の導入拡大は低炭素社会の創出に加え、エネルギー関連の新しい産業創出・雇用拡大の観点からも重要であり、その普及が強力に推進されている。国内における変動性再生可能エネルギーは太陽電池と風力発電がほとんどであり、安定した再エネ電力供給には大容量化が容易な蓄エネルギーが必須となる。本研究の成果は低コストで大規模化が可能な高温蓄熱技術について要素技術の調査試験を行ったのものである。

研究成果の概要（英文）：In the Sunbelt region where abundant solar radiation is available, concentrating solar thermal power generation that uses high-temperature solar heat as a heat source, has been commercialized. Many CSP plants constructed in recent years incorporate thermal storage systems to enable power generation even after sunset, and to date, various thermal storage technologies have been studied.

With the rapid introduction of solar cells on a large scale both in Japan and abroad due to their low cost, low-cost, and large-scale energy storage technologies are needed. In this study, we surveyed research trends in various countries regarding high-temperature thermal storage technologies that are highly compatible with renewable energy, and conducted research and testing on various conditions necessary for the development of proprietary technologies.

研究分野：エネルギー学

キーワード：高温蓄熱 相変化材料 潜熱蓄熱 化学蓄熱 太陽熱発電 蓄熱発電

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2050年カーボンニュートラルに向けて、温室効果ガス排出の8割以上を占めるエネルギー分野の取組が特に重要である。電力部門の脱炭素化は大前提であり、再生可能エネルギーは最大限導入することとなる。電力部門の脱炭素化に加えて、産業・民生・運輸部門の需要サイドにおいて徹底した省エネを進めることが重要となる。

平成29年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査によると、産業部門の業種別熱需要は低温帯から高温帯まで多岐にわたっており、未利用熱の有効利用における主な課題は、排熱の発生・需要間の不均衡であり、熱エネルギー貯蔵・利用技術の開発・導入により、一次エネルギー消費量の削減が期待されている。

海外では、太陽日射が豊富に得られるサンベルト地域において、大型太陽集光システムにより得られる高温太陽熱を熱源とする集光型太陽熱発電(CSP)が実用化し、世界各国への導入が進んでいる。多くのCSPプラントには日没後も発電が可能となるように蓄熱システムが組み込まれており、現在に至るまで様々な蓄熱材料が研究され、一部実用化している。また、太陽電池の低価格化が国内外において急速に進み、低コストで大規模な蓄エネルギー技術が求められている。高温蓄熱は大規模かつ長期間におけるエネルギー貯蔵の有力技術であり、国外を中心に研究開発・実用化が求められている。

2. 研究の目的

本研究では他の再生可能エネルギーと親和性の高い高温蓄熱技術について下記国内外の研究動向調査と独自技術開発に必要な諸条件の調査研究・試験を行う。

3. 研究の方法

- (1) SolarPACES 国際会議を中心とした海外の蓄熱システムの調査研究
- (2) 日本エネルギー学会における日本国内企業の蓄熱システムの実証試験最前線
- (3) 論文等で発表された公開文献に基づくアジア・オセアニア地域の商用太陽熱発電プラントの開発状況調査
- (4) 高温蓄熱材料の探索・試験

4. 研究成果

- (1) SolarPACES 国際会議を中心とした海外の蓄熱システムの調査研究
2021年度および2022年度の太陽熱発電およびその関連技術について、国際エネルギー機関主催のSolarPACES国際会議における研究発表論文や近年発表された研究論文を中心に技術開発状況および研究動向を調査した。現在の太陽熱発電よりも高温で作動する次世代太陽熱発電の開発が欧州・豪州・米国主導で進展していることが浮き彫りとなってきた。研究開発動向の詳細は、(一財)エネルギー総合工学研究所が主催する太陽熱・蓄熱技術研究会にて、国内企業様および参加する大学研究者に講演した。

2021年9月2日「SolarPACES2020 報告-化学蓄熱を含む固体粒子蓄熱について-」

2022年3月30日「太陽熱発電における点集光関連技術 - SolarPACES2021における研究動向 -」

2023年2月17日(第4回研究会)「化学蓄熱関連技術 - SolarPACES2022における研究動向 -」

2023年3月30日(第5回研究会)「点集光関連技術 - SolarPACES2022における研究動向 -」

- (2) 日本エネルギー学会における日本国内企業の蓄熱システムの実証試験最前線
日本エネルギー学会が発行する機関誌「えねるみくす」に、日本国内企業様及び国立研究所様の蓄熱システムの実証試験最前線について特集記事を企画立案した(2022年101巻6号 p. 688-)。本特集では、熱エネルギー貯蔵・利用技術開発の最前線におられる技術者・研究者に執筆をお願いし、蓄熱システム実証試験の最新動向について解説をいただくこととした。本特集記事では100未満の低温排熱の利用技術について、400以上の排熱を回収・利用技術についてご紹介いただいている。本特集記事は、蓄熱システムを専門としない研究者・技術者を対象とすることを意識してご執筆をお願いしたものであり、学会員の皆様にとって蓄熱システム技術に対する理解の一助となることを目指した。

(3) 論文等で発表された公開文献に基づくアジア・オセアニア地域の商用太陽熱発電プラントの開発状況調査

海外で進む商業規模の太陽熱発電プラントの建設および関連技術の動向について、アジア・環太平洋地域の技術動向についての調査結果を総説論文にまとめ、投稿した。投稿誌はSpringerのCurrent Sustainable/Renewable Energy Reportsであり、2023年6月現在査読中である。

- (4) 高温蓄熱技術の探索・試験
次世代太陽熱発電・蓄熱発電のための探索・試験結果の海外の動向や最近の蓄熱技術の進歩・

試験結果を(一財) エネルギー総合工学研究所が発行する季報「エネルギー総合工学」(第45巻第3号)に投稿した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 N Gokon, K Hayashi, H Sawaguri, F Ohashi	4. 巻 15
2. 論文標題 Long-Term Thermal Cycling Test and Heat-Charging Kinetics of Fe-Substituted Mn2O3 for Next-Generation Concentrated Solar Power Using Thermochemical Energy Storage at High Temperatures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 4812
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.est.2020.101420	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 H Sawaguri, N Gokon, K Hayashi, Y Iwamura, D Yasuhara	4. 巻 10
2. 論文標題 Two-Step Thermochemical CO2 Splitting Using Partially-Substituted Perovskite Oxides of La0.7Sr0.3Mn0.9X0.1O3 for Solar Fuel Production	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Energy Research	6. 最初と最後の頁 872959
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fenrg.2022.872959	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 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 澤栗大樹, 安原大智, 林広佑, 岩村禎一, 郷右近展之
2. 発表標題 La0.7Sr0.3Mn0.9X0.1O3ペロブスカイト酸化物を用いた二段階熱化学サイクルによるCO2分解
3. 学会等名 日本エネルギー学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安原大智, 澤栗大樹, 岩村禎一, 郷右近展之
2. 発表標題 LaSrCrMn系ペロブスカイト酸化物の A, B サイトイオン置換による二段階水熱分解反応の反応性向上に関する研究
3. 学会等名 日本エネルギー学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大橋 史弥, 郷右近 展之
2. 発表標題 次世代太陽熱発電のためのナノ粒子混合によるマンガン酸化物系化学蓄熱材料のサイクル性に関する研究
3. 学会等名 日本太陽エネルギー学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshikazu Iwamura, Nobuyuki Gokon, Hiroki Sawaguri, Hyun-seok Cho, Tatsuya Kodama, Selvan Bellan
2. 発表標題 Thermochemical Two-step H ₂ O/CO ₂ Splitting Using La _{0.7} Sr _{0.3} XO _{3-d} of Perovskite Oxides for Solar Fuel Production
3. 学会等名 SolarPACES2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroki Sawaguri, Nobuyuki Gokon, Hyun-seok Cho, Tatsuya Kodama, Selvan Bellan
2. 発表標題 Temperature Impacts on Reactivity of La _{0.7} A _{0.3} Mn _{0.9} Cr _{0.1} O _{3-d} of Perovskite Oxides in a Thermochemical Two-step H ₂ O/CO ₂ Splitting
3. 学会等名 SolarPACES2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Sasada, Nobuyuki Gokon, Hiroshi Seto, Tatsuya Kodama, Selvan Bellan
2. 発表標題 Effect of Heating Rate on Thermochemical Pyrolysis of Spent Coffee Ground in a Windowed Internally-Circulating Fluidized Bed Reactor
3. 学会等名 SolarPACES2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡崎匠吾, 中野裕也, CHEW SHUN JIE, 郷右近展之, 旗町剛, 児玉竜也, Selvan Bellan
2. 発表標題 太陽熱発電の蓄熱システム高度化のための金属系潜熱蓄熱体に関する研究
3. 学会等名 日本エネルギー学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林 広佑, 旗町 剛, Selvan Bellan, 郷右近 展之
2. 発表標題 次世代太陽熱発電のためのCaMnO3系ペロブスカイト酸化物による化学蓄熱に関する研究
3. 学会等名 日本太陽エネルギー学会
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------