

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	高温太陽集熱による水熱分解ソーラー水素製造システムの開発
研究機関・ 部局・職名	新潟大学・自然科学系・教授
氏名	児玉 竜也

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	126,000,000	126,000,000	0	126,000,000	126,000,000	0	0
間接経費	37,800,000	37,800,000		37,800,000	37,800,000	0	0
合計	163,800,000	163,800,000	0	163,800,000	163,800,000	0	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	1,260,000	7,438,010	35,297,491	60,540,967	104,536,468
旅費	195,270	2,923,930	1,791,352	1,026,642	5,937,194
謝金・人件費等	0	0	0	0	0
その他	0	6,444,470	6,156,830	2,925,038	15,526,338
直接経費計	1,455,270	16,806,410	43,245,673	64,492,647	126,000,000
間接経費計	0	16,197,300	7,900,500	13,702,200	37,800,000
合計	1,455,270	33,003,710	51,146,173	78,194,847	163,800,000

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
流体解析ソフトウェア「FLUENT」	ANSYS Academic Research CFD(1 Task)	1	1,260,000	1,260,000	2011/3/28	新潟大学
精密加湿装置	(株)テクネ計測製 me520f	1	3,780,000	3,780,000	2011/9/30	新潟大学
実験用反応器断熱材パーツ	オーダーメイド	1	730,800	730,800	2012/1/18	新潟大学
ヘリオスタット	CIO-AAIN型	1	16,800,000	16,800,000	2012/4/19	宮崎大学
精密定露点発生装置	マイクロ・イクイップメント(株)製 me-40DP-95HS	1	2,992,500	2,992,500	2012/7/31	新潟大学
熱分析装置	(株)リカク製 ThermoPlusEV O II	1	3,990,000	3,990,000	2012/9/28	新潟大学
ハイパフォーマンス・コンピュータ	HPC3000-XS108TS-Silent-SIP	2	590,730	1,181,460	2012/12/21	新潟大学
精密加湿装置	(株)テクネ計測製 me2020F	1	4,515,000	4,515,000	2013/3/29	新潟大学
30kWソーラーシミュレーター熱流量測定装置	三鷹光器(株)製	1	3,507,000	3,507,000	2013/3/29	新潟大学
光濃縮装置(CPC/MSC)	三鷹光器(株)製	1	7,455,000	7,455,000	2013/6/26	宮崎大学
ソーラー反応器用N ₂ /H ₂ O供給システム	構築 (株)アヅマテクノス	1	13,885,200	13,885,200	2013/11/29	宮崎大学
100kWh流動層ソーラー反応器	アトハンエン(株)	1	15,552,600	15,552,600	2014/1/31	新潟大学
クセノンランプ	ウソコ電機(株)製 UXL-70SC	1	777,000	777,000	2014/1/28	新潟大学
高速・小型ガス分析系	ジーエルサイエンス(株)製 400GC Dual Channel	1	4,441,500	4,441,500	2014/2/28	新潟大学

様式20

ドーム型石英窓	日東光器(株)製 直径50cm	1	2,142,000	2,142,000	2014/2/28	新潟大学
スプレードライヤー式粒子製造装置	東京理化工機 (株)製 SD-1000	1	2,094,750	2,094,750	2014/2/26	新潟大学
100kWth流動層ソーラー反応器コールドモデル	アドバンエンジニアリング(株) アクリル製試験機	1	1,428,000	1,428,000	2014/2/28	新潟大学
ジルコニア式酸素濃度系	東レエンジニアリング (株)製 SA25NW/LD-300	1	609,000	609,000	2014/2/24	新潟大学
ポータブル燃焼排ガス分析系	(株)テクト製 テアト350	1	1,995,000	1,995,000	2014/2/27	新潟大学
スクリーコンプレッサ	北越工業(株)製 SAS4SD-5A(トライ ヤー内蔵)屋内形	1	861,000	861,000	2014/2/28	新潟大学
エア供給装置	構築 (株)アヅマ テクノス	1	3,990,000	3,990,000	2014/3/27	宮崎大学

5. 研究成果の概要

本研究では、太陽集熱による水熱分解水素製造サイクルについて、独自に開発した2つのタイプの反応器(発泡体デバイス式反応器及び内循環流動層式反応器)を応用したソーラー水素製造システムの原型を開発することを目指した。まず、これら反応器の原理で水素製造ができることを、小型反応器(3~5kW)試験で立証した。さらに30~100kW級の反応器を作製し、大型化の検討を行った。発泡体デバイス式については、45kW太陽炉で試験し水素製造に成功した。内循環流動層式については、発泡体デバイス式よりも高い水素製造能を有することが見出されたが、大型化に際しては反応器材の高温耐久性が問題となった。そこで、この点を解決する設計を考案した。この成果は、太陽日射の豊富な海外のサンベルト地域において太陽集熱で水から水素を製造して日本へタンカー輸送する技術への応用が期待される。

課題番号	GR043
------	-------

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	高温太陽集熱による水熱分解ソーラー水素製造システムの開発
	Development of Thermochemical Water-Splitting Hydrogen Production System utilizing Concentrated Solar High-Temperature Heat
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	新潟大学・自然科学系・教授
	Niigata University, Institute of Natural Science, Professor
氏名 (下段英語表記)	児玉 竜也
	Tatsuya Kodama

研究成果の概要

(和文): 太陽日射が豊富な世界のサンベルト地域で太陽集熱によって水を分解して水素を製造する反応システムのプロトタイプの開発を目指し, 金属酸化物(反応性セラミック)を媒体とする2段階水熱分解サイクルを用いた2つのタイプのソーラー反応器(発泡体デバイス式反応器および内循環流動層式反応器)を考案, 検討した. これらソーラー水熱分解反応器の原理で水素製造ができることを, 小型反応器(3~5kW)の試験で立証し, 30~100kWへ大型化して両反応器の性能を比較した. その結果, 内循環流動層式反応器の水素製造能が, 大きく優れていることが見出された. さらに, 得られた成果を総合し, MW級実用化へのプロトタイプ反応システムの設計案の提案を行った.

(英文): In order to develop the prototype reactor system for water splitting to produce hydrogen by utilizing concentrated solar radiation in world sun-belt regions with abundant insolation, two types of the solar reactors (the foam device reactor type and the internally-fluidized beds reactor type) by two-step thermochemical water splitting cycle using metal oxide redox pair (reactive ceramics) are proposed and examined. In this work, it has been proven that the two reactor concepts can split water to produce hydrogen in the small-scale lab reactors (3-5 kW), and the two reactor concepts have been up-scaled to 30-100 kW system in

order to compare their performances for hydrogen production. The results show that the internally-fluidized beds reactor type has a greater performance for hydrogen production. Finally, the design of MW-level industrial prototype reactor system has been proposed.

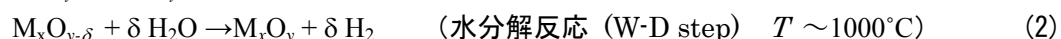
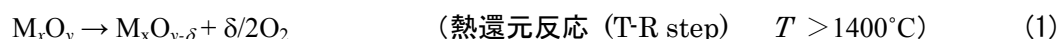
1. 執行金額 163,800,000 円

(うち、直接経費 126,000,000 円、間接経費 37,800,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

3. 研究目的

本研究は、次世代技術として世界のサンベルト地域(太陽日射量の豊富な地域)で得られる高温太陽集熱を水素へ転換する技術開発を目指し、太陽熱水分解サイクルとして最も有望視される“鉄酸化物(フェライト)あるいはセリウム酸化物を反応媒体(反応性セラミック)とする2段階水熱分解サイクル”を太陽集光熱で運転できるソーラー反応器を開発し、これと集光系を組み合わせた“水熱分解ソーラー水素製造システムのプロトタイプ”を開発することとする。2段階水熱分解サイクルは下記の2段階反応で進行する。



具体的には、研究代表者が考案した2つの異なるソーラー水熱分解器のコンセプト、すなわち「発泡体デバイス式ソーラー水熱分解器」と「内循環流動層式ソーラー水熱分解器」の作動原理を小型反応器で実証した後、反応器を30～100 kW級に大型化して太陽集光系と組み合わせて試験し、その性能を比較、その結果からMW級実用化のプロトタイプとなる「太陽集熱水分解水素製造システム」を構築することを目的とする。

4. 研究計画・方法

本研究は、上記目的のため、下記の研究課題を遂行する。

- ① 反応器のソーラー試験による作動原理の実証
- ② 水熱分解セラミック粒子/デバイスの化学組成・粒子径・担持量の最適化による高活性化・高安定化
- ③ ソーラー水熱分解器の熱移動・物質移動解析が可能なコンピュータシミュレーションツールの開発
- ④ 熱移動・物質移動解析とソーラー実証試験の連携による反応器の熱損失の大幅な低減
- ⑤ ソーラー水熱分解器の最適な反応運転条件の決定
- ⑥ 問題点・改良点の抽出とMW_{th}級プロトタイプのソーラー水熱分解システムの設計案の構築

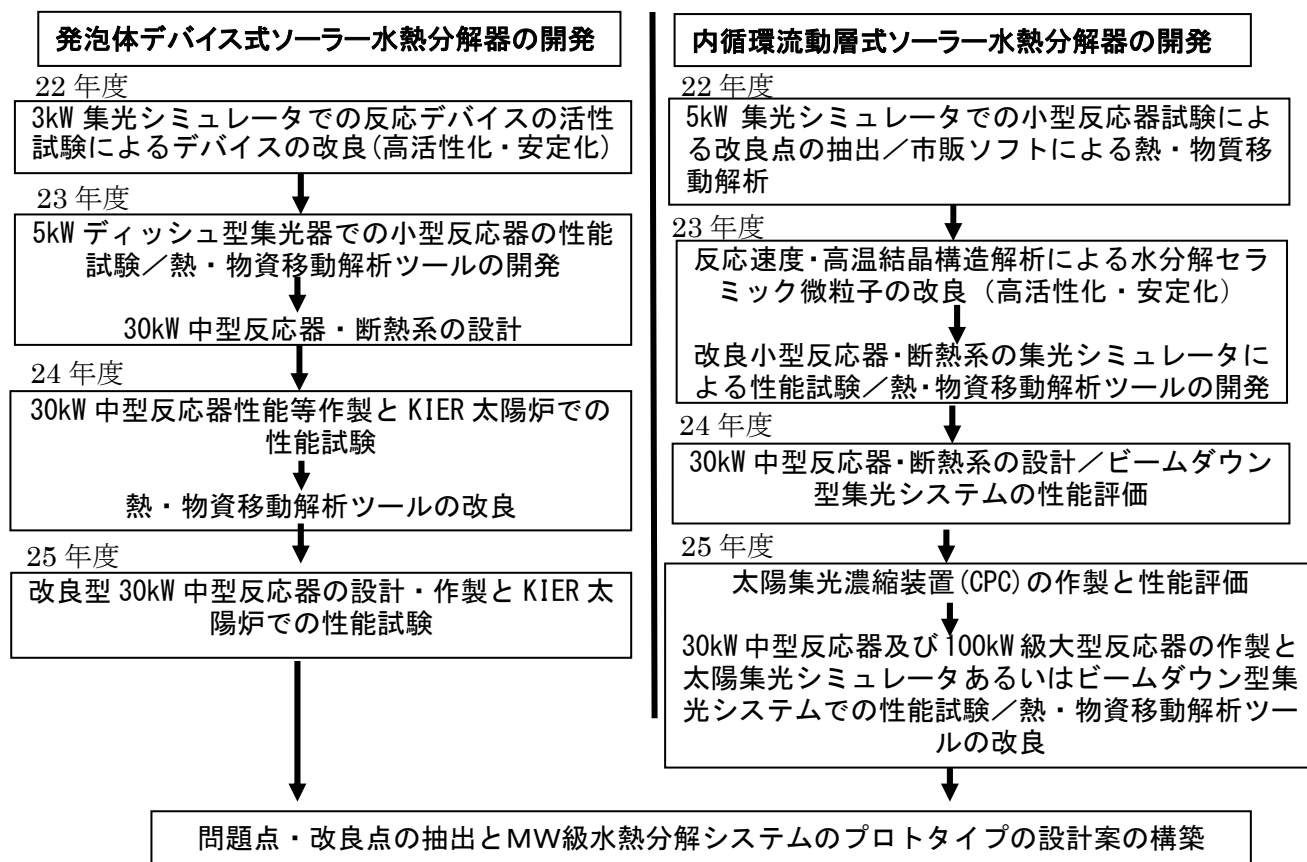
これら研究課題を、研究代表者が考案した「発泡体デバイス式ソーラー水熱分解器」と「内循環流動層式ソーラー水熱分解器」について下記のように実施する。

発泡体デバイス式ソーラー水熱分解器の開発については、3kW太陽集光シミュレータ及び5kWディッシュ型集光器で、小型反応器を試験し、作動原理の実証を行うと共に、当反

応器を使って反応デバイスの活性試験によるデバイスの改良(高活性化・安定化)を行う。これと並行して、熱・物資移動解析ツールの開発を行う。次に、これらの成果を基に 30kW 中型反応器を作製し、これを韓国エネルギー研究所(KIER)の太陽炉を用いてソーラー性能試験を行い、その結果から熱・物資移動解析ツールの改良を行う(この時点で、現反応器設計及び操作方法では、下記の内循環流動層式ソーラー水熱分解器の水素製造能に及ばないことが明らかになったので、これ以上の大型化は行わず、残りの研究期間では中型反応器での改良を行うことに計画を変更した)。反応器設計及び操作方法を改良し、30kW 中型反応器の KIER 太陽炉でのソーラー性能試験を再び行う。以上の結果から、MW級プロトタイプ反応器の設計案と問題点・改良点の抽出を行う。

内循環流動層式ソーラー水熱分解器の開発については、5kW 集光シミュレータで小型反応器を試験し、作動原理の実証を行うと共に、当反応器を使って水分解性セラミック微粒子の改良(高活性化・安定化)を行う。これと並行して、熱・物資移動解析ツールの開発を行う。次に、これらの成果を基に 30kW 中型反応器を作製し、太陽集光シミュレータで試験すると共に、これと並行して、得られた結果を参考に 100kW 級大型反応器の作製を行い、ビームダウン型集光システムでの性能試験を行う。以上の結果から、MW級プロトタイプ反応器の設計案と問題点・改良点の抽出を行う。

下記に研究計画をフローチャートで示した。



5. 研究成果・波及効果

発泡体デバイス式ソーラー水熱分解器の開発について:

研究代表者が考案した発泡体デバイス式ソーラー水熱分解器のコンセプトを図1に示す。石英透明窓を通して太陽集光を、鉄酸化物(フェライト)あるいはセリウム酸化物の反応媒体(反応性セラミック)を担持したセラミック(ジルコニア製)発泡体に照射し、光の照射量を制御することによって反応デバイスの温度を1400~1550°C⇔1000°Cにスイングさせると共に、流通ガスを窒素ガス(酸素を反応器から除去するためのキャリアガス)と水蒸気に切り替え、熱還元反応と水分解反応の反応ステップを交互に行うことで、水蒸気を分解し、酸素、水素を交互に得る。

研究代表者が考案したNiFe₂O₄系およびCeO₂系の小型発泡体水熱分解デバイスの合成条件を最適化し、これらを3kW太陽集光シミュレータ用小型反応器、及び5kWディッシュ型集光器用小型反応器の2つの反応器で試験した。どちらの反応器についても、水素を製造することができ、本反応器原理で2段階水熱分解サイクルが行える作動原理が立証された。

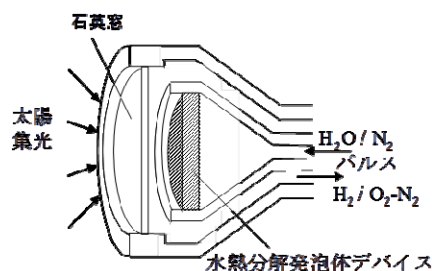


図1 発泡体デバイス式ソーラー水熱分解器のコンセプト

次に、このシステムを30kW_{th}中型反応器へ大型化し(図2)、ソーラー試験をKIERの45kW_{th}太陽炉で行った(図3)。

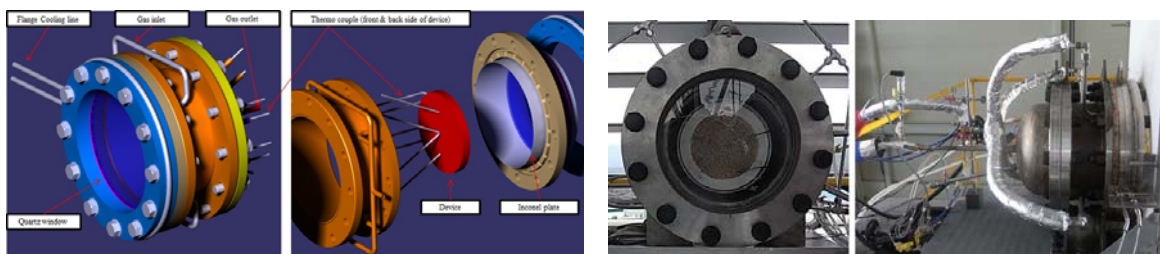


図2 30kW 中型発泡体デバイス式ソーラー水熱分解器

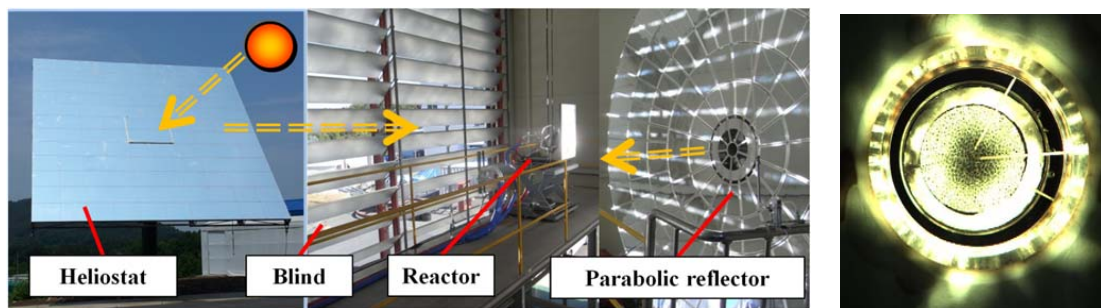


図3 KIER 太陽炉での中型発泡体デバイス式ソーラー水熱分解器のソーラー性能試験

その結果、CeO₂系水熱分解デバイスにより連続サイクルで水素を製造することに成功した。図4に代表的な水素生成プロファイルを示す。しかし、1サイクルあたりの水素製造能を下

記の内循環流動層式ソーラー水分解器と比較すると、小型流動層反応器にも劣ることが見出された。現状の設計のまま大型化しても内循環流動層式反応器の性能を上回ることはできないと判断されたので、これ以上の大型化ソーラー試験は行わず、中型反応器で水素製造能向上のための改良を行うこととした。すなわち、反応デバイスの改良とガス流通法、及び光照射法を改善することで、水素発生量を2倍以上に向上させることができたが、それでも小型(5kW)の内循環流動層式反応器の水素製造能の1/3程度であった。大幅に水素製造能を向上させるためには、デバイスの形状を大きく改良(円錐型)して光照射面

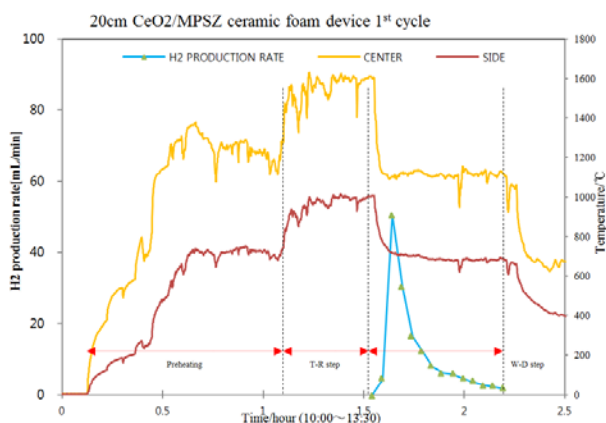


図4 ソーラー試験による水素生成プロフィール

を大きく拡大すると共に、タワー型集光システムと組み合わせ、デバイスへの集光のエネルギー照射量を均一化することが重要であると結論した。

以上の研究成果と開発した本反応器用の熱・物資移動解析ツールによる数値解析から、MW級水熱分解システムのプロトタイプ的设计案を下記のように構築した。ソーラー反応器は反応デバイス形状を“円錐型”(図5)にし、反応デバイスの受光面積をこれまでの平面型と比べて4倍に拡大する。9器の

反応器を図6のように9ブロックに配置する。これをタワー型集光システムと組み合わせ、地上反射鏡(ヘリオスタット)群を、9ブロックにそれぞれ均等に光照射できるようにグループ分けして制御する。反応器1器は0.5~1MWまでが最適であり、一基のタワー型集光システムで4.5~9MWの反応システムが構築できる。

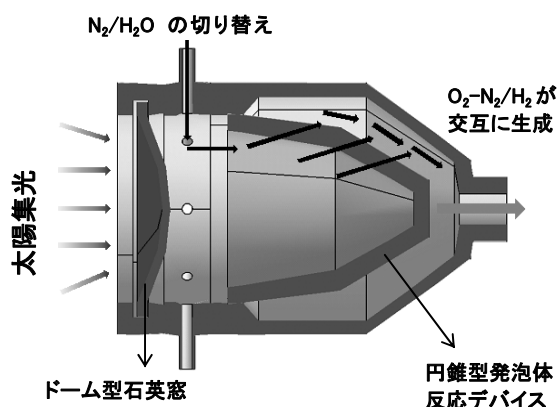


図5 0.5~1MW級反応器の設計案(9器をクラスター化)

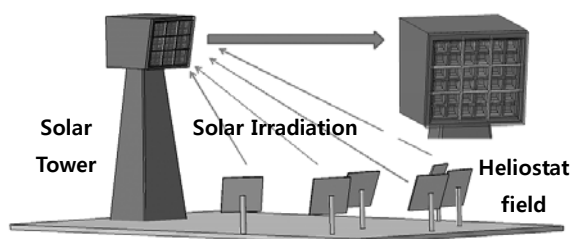
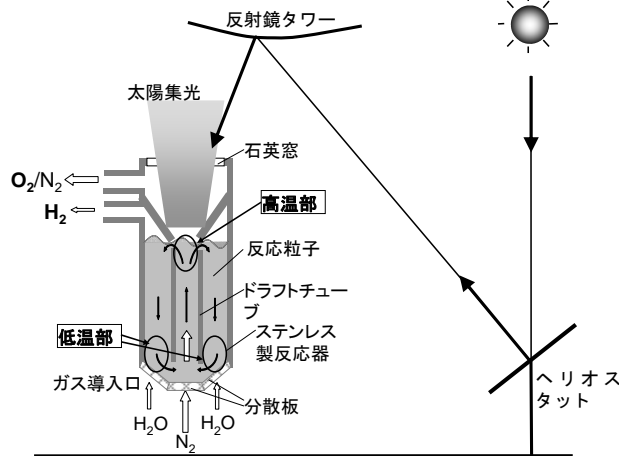


図6 タワー型集光システムと組み合わせた4.5~9MW級発泡体デバイス式水熱分解システムのプロトタイプ

内循環流動層式ソーラー水熱分解器の開発について:

上記の発泡体デバイス式の反応器には反応性セラミックの充填量と反応表面積に限界があるという欠点のあることが指摘される。研究代表者は、この問題を克服する反応器として「反応性セラミック粒子による内循環流動層式ソーラー水熱分解器」(図7)を並行して検討した。この反応器では反応性セラミック“粒子”を反応体とすることで反応性セラミックの充填量・反応表面積が大きくなり、水素製造能力を格段に向上させることが期待できる。また、内循環流動層により上部で太陽集光照射によって加熱された粒子の下部への流動を促進し、流動層内の伝熱を向上させる工夫がされている。



この反応器コンセプトに関しては、まず、2つのタイプを5kW小型反応器(図8, 図9)によって太陽集光シミュレータで試験し、CeO₂系反応セラミック微粒子(粒径 100~700μm)を用いて本作動原理で水熱分解サイクルにより水素・酸素が生成できることを立証した。一つは原案に基づいたタイプで、熱分解反応室と水分解反応室を持つ二塔式反応器であり、それぞれの反応室に窒素と水蒸気を同時供給し、反応セ

図7 内循環式ソーラー水熱分解器のコンセプト

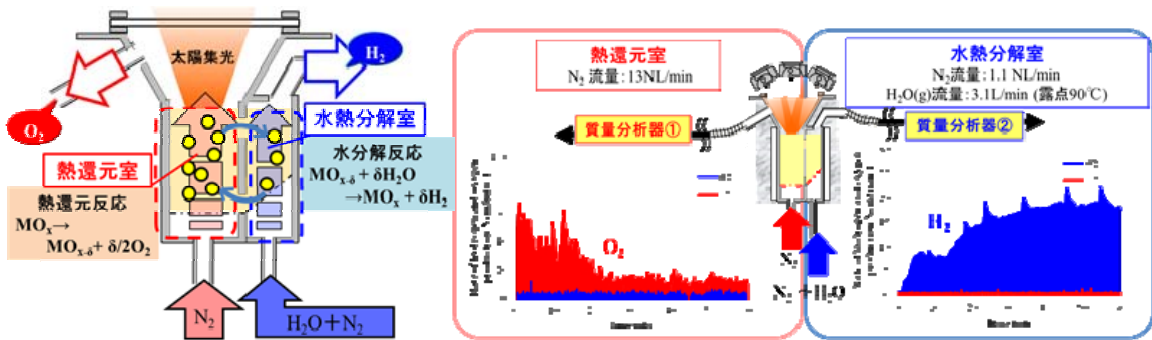


図8 水素・酸素同時生成型内循環流動層ソーラー反応器(二塔式)と太陽集光シミュレータによる性能試験

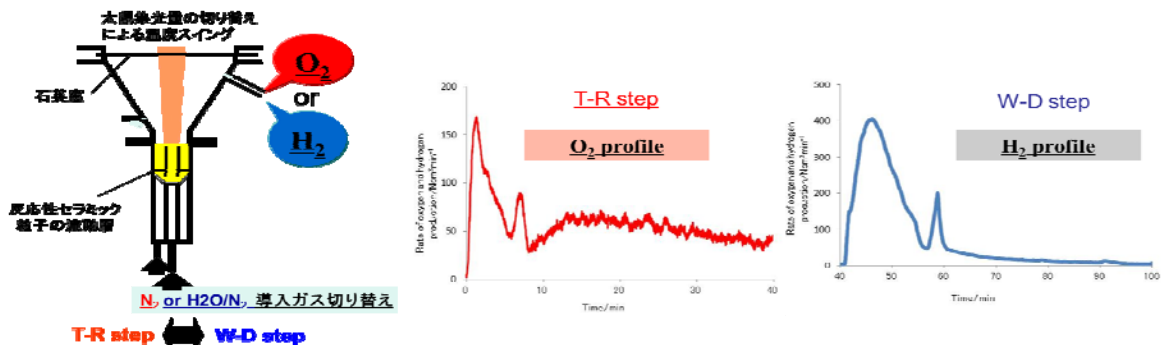


図9 導入ガス切り替え型内循環ソーラー反応器(一塔式)と太陽集光シミュレータによる性能試験

ラミック粒子が両室を流動循環することで二段階反応を反応器内で同時に進行させる方式である(図8:左)。もう一つのタイプは、ガス切り替え方式による一塔式の内循環流動層反応器(図9:左)であり、図8の方式と比較すると、2つの反応それぞれの反応時に安定な粒子の流動状態を達成し易い、急激な太陽光の変化にも追従しやすい等の利点がある。太陽集光シミュレータによる小型反応器性能試験の結果を比較すると、時間当たりの水素製造能は「導入ガス切り替え型一塔式反応器」が上回ることが分かった。また、その水素製造能を前述の発泡体デバイス式の中型反応器の結果と比較した結果、小型反応器でも三倍の水素製造能を有することが見出された。以上の結果から、中型及び大型反応器の性能試験は「導入ガス切り替え型一塔式反応器」で実施した。

この反応器と組み合わせる集光システムとしてはビームダウン型太陽集光システムが必要だが、研究代表者は、宮崎県、宮崎大学、三鷹光器(株)と連携して、楕円2次反射鏡を使った新型のビームダウン型太陽集光システムを宮崎大学敷地内に建設した。本研究経費からは地上反射鏡(ヘリオスタット)の増設を行い、100kWの集熱量を得られるように改良した。しかし、その集熱量を測定した結果、大型反応器を作動させる反応器内の反応性セラミック流動層で1400~1500℃を得るには太陽光の集光強度(500kW/m²)が十分でないことが分かった。そこで反応器の上部に設置する太陽集光濃縮器(CPC)を設計、作製し(図11:左)、その集熱量試験を行ったところ、必要な集光強度(1400kW/m²)が得られ(図11:右)、本研究のビームダウン太陽集光システムと太陽集光濃縮器(CPC)を用いれば、反応温度を達成できることが見出された。



図10 ビームダウン太陽集光システム(宮崎大)

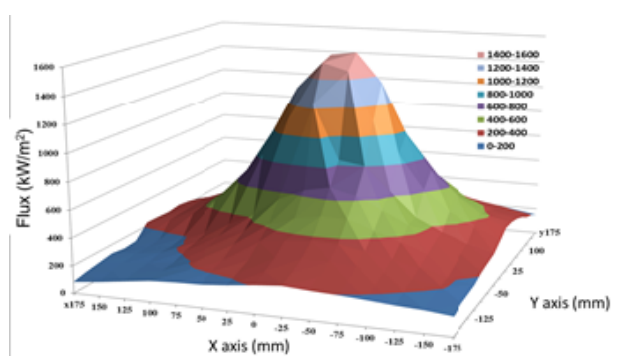
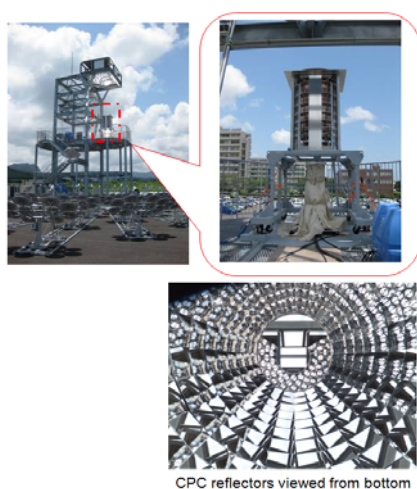


図11 開発した太陽集光濃縮器(CPC)(左)と宮崎ビームダウン太陽集光システムでの集熱放射量の測定結果(右)

「導入ガス切り替え型一塔式反応器」について 30kW 中型反応器を作製し、太陽集光シミュレータで試験した結果(図 12)、流動層底部の円錐型分散板(ステンレス製発泡体)の溶接部が、大型化に伴う熱応力の増大等で温度が 1000℃以上になると脆弱になり、高温で破損することが見出された。溶接部を減らすため、平面分散板への設計変更し、材質を熱耐久性の高いインコネルに変更する方針を立てた。



図 12 30kW 中型反応器(左)と太陽集光シミュレータによる性能試験(右)

以上の結果を踏まえて、ビームダウン太陽集光システム試験用の大型反応器(図 13: 左)を設計、作製し、試験を行った結果、インコネル製発泡体分散板も大型化に伴う熱応力の増大と高温での空気酸化でガス流通性を失って破損することが問題となることを見出された。すなわち、この問題に対策すれば、大型反応器として真に内循環流動層式ソーラー水熱分解器が有望であると結論できる。そこで分散板を発泡体ではないスパージャー方式(約 0.5mmの複数のホールを多重円周状に配置)による平面板に改良し、さらに高温における熱応力を逃がす工夫を加えた設計を考案した。この設計による大型反応器のコールドモデル(図 13: 右)を作製し、試験を行ったところ、良好な反応セラミック微粒子の内循環流動を得ることができた。



図 13 100kW 大型反応器(左)とコールドモデル(右)

以上の研究成果と開発した本反応器用の熱・物資移動解析ツールによる数値解析から、MW級水熱分解システムのプロトタイプ的设计案を下記のように構築した。ソーラー応器(図 14)を7器の反応器を図 15 のようにクラスター化する。これをビームダウン太陽集光シス

テムの焦点に置き、それぞれの反応器上部にはCPCを配置する。反応器1器は2~5MWが最適であり、円周上の6つの反応器には2MW、中央の反応器には5MWを配置すれば、一基のビームダウン型集光システムで最大17MWの反応システムが構築できる(図16)。

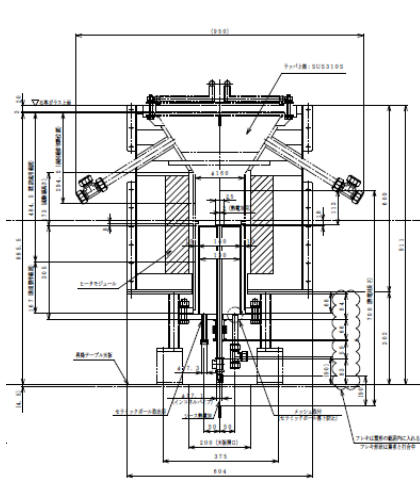


図14 2~5MW級反応器の設計案

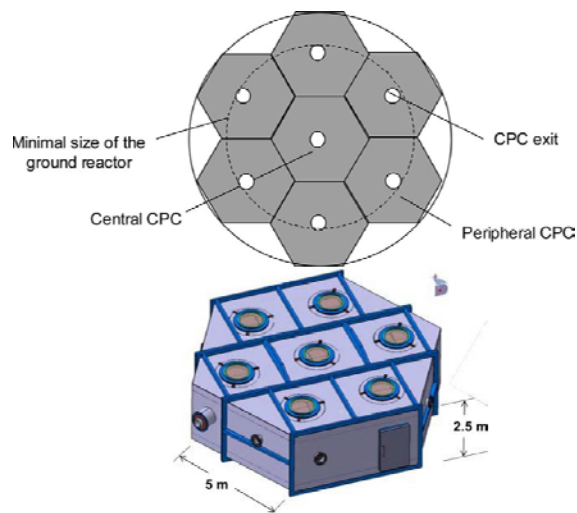


図15 2~5MW級反応器のクラスター化

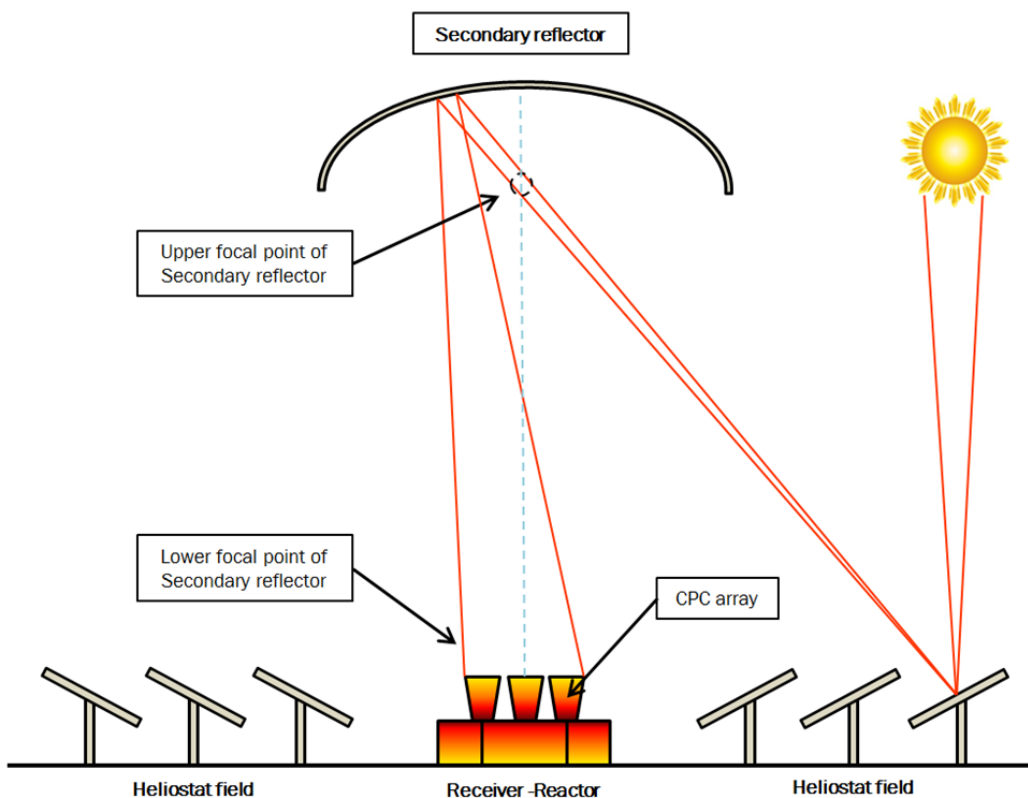


図16 ビームダウン集光システムと組み合わせた17MW内循環流動層式水分解システムのプロトタイプ

また、本内循環流動層式水熱分解システムに関しては、従来の文献等を参考に水素製造コストの概算を行った結果、本技術は3～6 \$/kg水素でソーラー水素の製造を行えるポテンシャルを有しており、3 \$/kg水素への低コスト化には、下記の3つのパラメータが効果的であることが分かった。

1. 反応性セラミック微粒子の高活性化・低温化
2. 高温反応からの熱回収
3. ビームダウン太陽集光システム建設の低コスト化

以上、本研究では、太陽集熱による水熱分解水素製造サイクルについて、独自に開発した2つのタイプの反応器(発泡体デバイス式反応器及び内循環流動層式反応器)を応用したソーラー水素製造システムのプロトタイプを開発することを目指した。これら反応器の原理で水素製造ができることを、小型反応器(3～5kW)試験で立証、さらに 30～100kW 級の反応器を作製し、大型化の検討を行った。発泡体デバイス式については、45kW 太陽炉で試験し水素製造に成功した。内循環流動層式については、発泡体デバイス式よりも高い水素製造能を有することが見出されたが、大型化に際しては反応器材の高温耐久性が問題となった。そこで、この点を解決する設計を考案した。これらの成果から、両タイプに対し MW 級水熱分解水素製造システムのプロトタイプ設計案を構築した。内循環流動層式水熱分解システムについては水素製造コストの概算を行った結果、1)反応性セラミックの高活性化・低温化、2. 高温反応からの熱回収、3. ビームダウン太陽集光システム建設の低コスト化の3つが低コスト化に効果的であり、今後の研究課題であることが見出された。

本研究の成果は、太陽日射の豊富な海外のサンベルト地域において、太陽集熱で水から水素を製造して日本へ大量かつ経済的にタンカー輸送する技術(図 17)への応用が期待される。

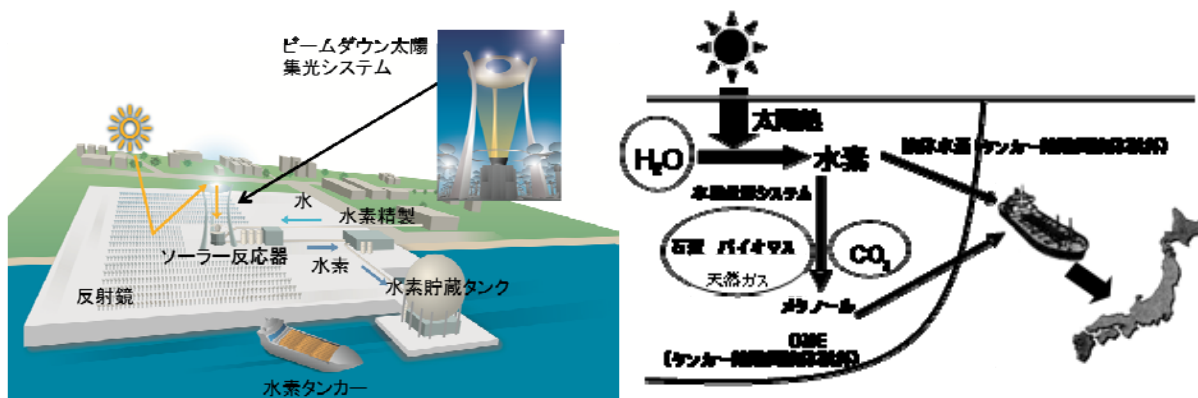


図 17 サンベルトでの水素製造プラントイメージ(左)と日本へのタンカー輸送のコンセプト(右)

6. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 17 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 11 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nobuyuki Gokon, Yuhei Yamawaki, Nakazawa Daisuke and Tatsuya Kodama, “Kinetics of methane reforming over Ru/γ-Al₂O₃ catalyzed metallic foam at 650-900°C for solar receiver-absorbers”, <i>International Journal of Hydrogen Energy</i>, 36[1] (2011) 203-215. 2. Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, Nobuki Imaizumi, Jun Umeda, Taebeom Seo”, Ferrite/Zirconia coated foam device prepared by spin coating for a solar demonstration of thermochemical water-splitting”, <i>International Journal of Hydrogen Energy</i>, 36[3] (2011) 2014-2028. 3. Nobuyuki Gokon, Tetsuro Mataga, Nobuyuki Kondo and Tatsuya Kodama, “Thermochemical two-step water splitting by internally circulating fluidized bed of NiFe₂O₄ particles: Successive reaction of thermal-reduction and water-decomposition steps”, <i>International Journal of Hydrogen Energy</i>, 36[8] (2011) 4757-4767. 4. Nobuyuki Gokon, Ryuta Ono, Tsuyoshi Hatamachi, Li Liuyun, Hee-Joon Kim, Tatsuya Kodama” CO₂ gasification of coal cokes using internally circulating fluidized bed reactor by concentrated Xe-light irradiation for solar gasification”, <i>International Journal of Hydrogen Energy</i>, 37[17] (2012) 12128-12137. 5. Nobuyuki Gokon, Ken Kondo, Tsuyoshi Hatamachi, Mineo Sato, Tatsuya Kodama, “Oxygen-releasing step of nickel ferrite based on Rietveld analysis for two-step thermochemical water-splitting”, <i>International Journal of Hydrogen Energy</i>, 38(2013) 4935-4944. 6. Nobuyuki Gokon, Sachi Sagawa and Tatsuya Kodama, “Comparative study of activity of cerium oxide at thermal reduction temperatures of 1300–1550 °C for solar thermochemical two-step water-splitting cycle”, <i>International Journal of Hydrogen Energy</i>, 38[34] (2013) 14402-14414. 7. Nobuyuki Gokon, Shohei Nakamura, Koji Matsubara, Tatsuya Kodama, “Carbonate Molten-Salt Absorber/Reformer: Heating and Steam Reforming Performance of Reactor Tubes”, <i>SolarPACES 2013, Energy Procedia</i>, 49 (2014) 1940-1949. 8. Tomoya Ishida, Nobuyuki Gokon, Tsuyoshi Hatamachi, Tatsuya Kodama, “Kinetics of Thermal Reduction Step of Thermochemical Two-step Water Splitting Using CeO₂ Particles: Master-plot method for analyzing Non-Isothermal Experiments”, <i>Energy Procedia</i>, 1970-1979. 9. Shintaro. Kawakami, Takuya Myojin, Hyun-Seok Cho, Tsuyoshi Hatamachi, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, “Thermochemical Two-step Water Splitting Cycle Using Ni-ferrite and CeO₂ Coated Ceramic Foam Devices By Concentrated Xe-light Radiation”, <i>Energy Procedia</i>, 49 (2014) 1980-1989. 10. Tatsuya Kodama, Nobuyuki Gokon, Koji Matsubara, Kazuo Yoshida, Shoji Koikari, Yoshinori Nagase, Katsushige Nakamura, "Flux Measurement of a New Beam-Down Solar Concentrating System in Miyazaki for Demonstration of Thermochemical Water Splitting Reactors", <i>Energy Procedia</i>, 1990-1998. 11. Cho Hyun Seok, Takuya Myojin, Shintaro Kawakami, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, Yong Heack Kang, Sang Nam Lee, Khwan Kyo Chai, Hwan Ki Yoon, Hyun Jim Lee, "Solar Demonstration of Thermochemical Two-step Water Splitting Cycle Using CeO₂/MPSZ Ceramic Foam Device by 45kWth KIER solar furnace", <i>Energy Procedia</i>, 49 (2014) 1922-1931. <p>(掲載済み一査読無し) 計 6 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 郷右近展之, 児玉竜也, “高温太陽集熱によるソーラー水素製造技術”, <i>日本エネルギー学会誌</i>, 90 (2011) 339-350. 2. 児玉竜也, 郷右近展之, “高温太陽集熱による水熱分解水素製造”, <i>化学工学</i>, 75[1] (2011) 1-4. 3. 郷右近展之, 児玉竜也, “高温太陽集熱によるソーラー水素製造技術”, <i>季報エネルギー総合工学</i>, 34[1] (2011) 1-13. 4. 児玉竜也, “高温太陽集熱による水熱分解ソーラー水素製造システムの開発”, <i>化学工学</i>, 75[4] (2012) 197-200. 5. 郷右近展之, 児玉竜也, “高温太陽集熱による二段階水熱分解ソーラー水素製造システムの開発”, <i>月刊ファインケミカル</i>, 42[7] (2013) 12-19. 6. 児玉竜也, 郷右近展之, “太陽熱エネルギーによる水素製造における最近の動向”, <i>応用物理</i>, 83[2] (2014) 103-107.
------------------------	---

	(未掲載) 計 0 件
会議発表 計 45 件	<p>専門家向け 計 40 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 近藤 建, 田中 良樹, 佐藤 祐輔, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, “リートベルト解析による二段階水分解セラミックの反応性向上に関する研究”, 第 20 回日本エネルギー学会大会, 大阪, (2011 年 8 月 9-10 日), 関西大学. 2. 青柳 大樹, 掛布 綾香, 今泉 伸樹, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, “セリウム酸化物による二段階水分解サイクル”, 第 20 回日本エネルギー学会大会, 大阪, (2011 年 8 月 9-10 日), 関西大学. 3. 又賀 哲郎, 伊藤 博人, 星野 愛美, 今泉 伸樹, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, “内循環流動層反応器による二段階水分解サイクルの一段階システム化に関する研究”, 第 20 回日本エネルギー学会大会, 大阪, (2011 年 8 月 9-10 日), 関西大学. 4. 田中 良樹, 近藤 建, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, “反応性セラミックによる水の熱分解 (22) 二段階水熱分解サイクルの熱還元反応におけるセリウム酸化物のリートベルト解析”, 第 92 回日本化学会春季年会, 神奈川, (2012 年 3 月 26-29 日), 慶応大学. 5. 佐藤 祐輔, 近藤 建, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, “反応性セラミックによる水の熱分解 (23) 二段階水熱分解サイクルにおける CeO₂ の熱還元反応の速度解析”, 第 92 回日本化学会春季年会, 神奈川, (2012 年 3 月 26-29 日), 慶応大学. 6. 佐川 幸, 青柳 大樹, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, “反応性セラミックによる水の熱分解 (24) 二段階熱化学サイクルにおけるセリウム酸化物の水熱分解活性”, 第 92 回日本化学会春季年会, 神奈川, (2012 年 3 月 26-29 日), 慶応大学. 7. 大森 圭, 齋藤 恵, 又賀 哲郎, 郷右近 展之, 児玉 竜也, “反応性セラミックによる水の熱分解 (25) 内循環流動層の光照射による新型反応システム- VI”, 第 92 回日本化学会春季年会, 神奈川, (2012 年 3 月 26-29 日), 慶応大学. 8. Tatsuya Kodama, Nobuki Imaizumi, Nobuyuki Gokon, Tsuyoshi Hatamachi, Daiki Aoyagi, Ken Kondo, “Comparison Studies of reactivity on nickel-ferrite and cerium-oxide redox materials for two-step thermochemical water splitting below 1400°C”, 2011 Energy Sustainability Conference & Fuel Cell Conference, Washington DC, USA, August 7-10, 2011. 9. Nobuyuki Gokon, Ryuta Ono, Tsuyoshi Hatamachi, Li Liuyun, Hee Joon Kim, Atsushi Sakurai, Koji Matsubara, Tatsuya Kodama, “3kW_{th} Internally circulating fluidized bed reactor for solar gasification of coal cokes”, SolarPACES 2011, Granada, Spain, 20-23 September, 2011. 10. Tatsuya Kodama, Tetsuro Mataga, Nobuki Imaizumi, Tsuyoshi Hatamachi and Nobuyuki Gokon, “Continuous hydrogen production by an internally-circulating fluidized particle bed reactor for thermochemical water splitting”, SolarPACES 2011, Granada, Spain, 20-23 September, 2011. 11. Nobuki Imaizumi, Naoki Sato, Tsuyoshi Hatamachi, Taebeom Seo, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, “Activity test of a ferrite foam device reactor for solar thermochemical two-step water-splitting”, SolarPACES 2011, Granada, Spain, 20-23 September, 2011. 12. Atsushi Sakurai, So Sakuma, Nobuyuki Gokon, Koji Matsubara, and Tatsuya Kodama, “FUNDAMENTAL STUDY OF RADIATIVE TRANSFER ANALYSIS OF INTERNALLY CIRCULATING FLUIDIZED BED SOLAR REACTOR”, SolarPACES 2011, Granada, Spain, 20-23 September, 2011. 13. Tatsuya Kodama, “Solar Thermo-Chemistry R&D and Roadmap in Japan”, Current Status on CSP, International Green Energy Business Conference 2011, Daegu, Korea, 8th April, 2011. 14. Tatsuya Kodama, “CSP & Solar Chemistry R&D in Japan”, International Workshop on Concentrated Solar Power (CSP), Daegu, Korea, 22-23 November, 2011. 15. Tatsuya Kodama, “Solar thermochemical hydrogen Production project at Niigata-Miyazaki”, KSES 2012 Spring Annual Conference, Daegu, Korea, 29-30 March, 2012. 16. Tatsuya Kodama, “R&D on CSP and Solar Thermochemical Fuels Production in Japan”, International Workshop on Concentrated Solar Power (CSP), Daegu, Korea, 30 March, 2012. 17. Tatsuya Kodama, “High-temperature Solar Thermochemical Hydrogen Production”, 2011 International Conference on Hydrogen Production, Thessaloniki, Greece, 19-22 June, 2011. 18. “太陽集熱による燃料製造技術の現状と将来展望”, 第 59 回応用物理学関連連合講演会, 東京, (2012 年 3 月 15-18 日), 早稲田大学 19. Nobuyuki Gokon, Ryuta Ono, Kei Omori, Tsuyoshi Hatamachi, Li Liuyun, Hee Joon Kim, Tatsuya Kodama, “Steam gasification of coal cokes using fluidized bed reactor for solar thermochemical conversion”, SolarPACES 2012, Marrakech, Morocco, September 11-14, 2012. 20. Kei Omori, Nobuyuki Gokon, Tsuyoshi Hatamachi, Tatsuya Kodama, “Two-step switching test of water-splitting process using internally-circulating fluidized bed reactor”, SolarPACES 2012, Marrakech, Morocco, September 11-14, 2012. 21. Tatsuya Kodama, Nobuyuki Gokon, Kei Omori, Yoshinori Nagase and Katsushige Nakamura, “Solar Demonstration Project on a Novel Fluidized Bed Reactor for “Single-processed”

	<p>Thermochemical Water-splitting Cycle with a Beam-Down Concentrating System at Miyazaki”, SolarPACES 2012, Marrakech, Morocco, September 11-14, 2012.</p> <p>22. Atushi Sakurai, So Sakuma, Nobuyuki Gokon, Koji Matsubara and Tatsuya Kodama, “Heat Transfer Characteristics of Internally Circulating Fluidized Bed Solar Reactor”, SolarPACES-2012, pp.487-488, 2012.</p> <p>23. Liuyun Li, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, Tadaaki Shimizu and Hee Joon Kim, “The basic study about reforming biomass-tar using catalysts for solar energy biomass gasification”, SolarPACES 2012, Marrakech, Moroco, USB publication (2012).</p> <p>24. Atsushi Sakurai, So Sakuma, Nobuyuki Gokon, Koji Matsubara, Tatsuya Kodama, “Experimental and numerical investigation for the development of high-efficiency fluidized bed solar reactor”, The 3rd International Forum on Heat Transfer, Nagasaki, Japan, 13-15 November, 2012.</p> <p>25. 佐藤 直樹, 川上 慎太郎, 明神 卓弥, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, SEO Taebeom, ” 発泡体反応デバイスによる水熱分解サイクル試験” 第21回日本エネルギー学会大会, 東京, 2012年8月6日~7日, 工学院大学.</p> <p>26. 高橋 将吾, 栗田 慎二, 旗町 剛, 櫻井 篤, 郷右近 展之, 児玉 竜也, ” $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{MgO}$ 溶融塩ソーラーレシーバー反応管に関する研究” 第21回日本エネルギー学会大会, 東京, 2012年8月6日~7日, 工学院大学.</p> <p>27. 小野 龍太, 伊沢 拓耶, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, ” 石炭コークス流動層によるソーラー水蒸気ガス化反応器の研究” 第21回日本エネルギー学会大会, 東京, 2012年8月6日~7日, 工学院大学.</p> <p>28. 嶋脇 一賢, 中村 彰兵, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, ” ソーラー改質用 $\text{Ni/MgO-Al}_2\text{O}_3$ 触媒デバイスの開発” 第21回日本エネルギー学会大会, 東京, 2012年8月6日~7日, 工学院大学.</p> <p>29. 伊沢 拓耶, 小野 龍太, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, ” 太陽光照射による石炭ガス化 (12)石炭コークスによる内循環流動層の水蒸気ソーラーガス化” 第93回日本化学会春季年会, 滋賀, 2013年3月22日~25日, 立命館大学.</p> <p>30. 石田 知也, 佐藤 祐輔, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, ” 反応性セラミックによる水の熱分解(26)CeO_2 を用いた二段階水熱分解サイクルの反応速度解析” 第93回日本化学会春季年会, 滋賀, 2013年3月22日~25日, 立命館大学.</p> <p>31. 川上 慎太郎, 明神 卓弥, 佐藤 直樹, Cho Hyun Seok, Kang Youg Heack, 郷右近 展之, 児玉 竜也, ” 反応性セラミックによる水の熱分解 (27) 発泡体反応デバイスの45kW 太陽炉による水熱分解ソーラー試験” 第93回日本化学会春季年会, 滋賀, 2013年3月22日~25日, 立命館大学.</p> <p>32. 中村 彰兵, 嶋脇 一賢, 旗町 剛, 郷右近 展之, 児玉 竜也, ” 太陽熱化学反応によるメタンのソーラー改質(25)Ni系触媒セラミック発泡体デバイスを用いたソーラー水蒸気改質” 第93回日本化学会春季年会, 滋賀, 2013年3月22日~25日, 立命館大学.</p> <p>33. Nobuyuki Gokon, Shohei Nakamura, Koji Matsubara, Tatsuya Kodama, “Carbonate Molten-Salt Absorber/Reformer: Heating and Steam Reforming Performance of Reactor Tubes”, SolarPACES 2013, Las Vegas, Nevada, September 17-20, 2013.</p> <p>34. Tomoya Ishida, Nobuyuki Gokon, Tsuyoshi Hatamachi, Tatsuya Kodama, “Kinetics of Thermal Reduction Step of Thermochemical Two-step Water Splitting Using CeO_2 Particles: Master-plot method for analyzing Non-Isothermal Experiments”, SolarPACES 2013, Las Vegas, Nevada, September 17-20, 2013.</p> <p>35. Shintaro Kawakami, Takuya Myojin, Hyun-Seok Cho, Tsuyoshi Hatamachi, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, “Thermochemical Two-step Water Splitting Cycle Using Ni-ferrite and CeO_2 Coated Ceramic Foam Devices By Concentrated Xe-light Radiation”, SolarPACES 2013, Las Vegas, Nevada, September 17-20, 2013.</p> <p>36. Tatsuya Kodama, Nobuyuki Gokon, Koji Matsubara, Kazuo Yoshida, Shoji Koikari, Yoshinori Nagase, Katsushige Nakamura, "Flux Measurement of a New Beam-Down Solar Concentrating System in Miyazaki for Demonstration of Thermochemical Water Splitting Reactors", SolarPACES 2013, Las Vegas, Nevada, September 17-20, 2013.</p> <p>37. Cho Hyun Seok, Takuya Myojin, Shintaro Kawakami, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, Yong Heack Kang, Sang Nam Lee, Khwan Kyo Chai, Hwan Ki Yoon, Hyun Jim Lee, "Solar Demonstration of Thermochemical Two-step Water Splitting Cycle Using CeO_2/MPSZ Ceramic</p>
--	---

	<p>Foam Devices by 45kWth KIER”, SolarPACES 2013, Las Vegas, Nevada, September 17-20, 2013.</p> <p>38. Koji Matsubara, Yuuki Kazuma, Atsushi Sakurai, Sho Suzuki, Lee Soon-Jae, Tatsuya Kodama, Nobuyuki Gokon, Cho Hyun Seok and Kazuo Yoshida, “High-temperature fluidized receiver for concentrated solar radiation by beam-down reflector system”, SolarPACES 2013, Las Vegas, Nevada, September 17-20, 2013.</p> <p>39. Shunta Tokunaga, Naoya Watanabe, Kei Omori, Tatsuya Kodama, Nobuyuki Gokon, Shoji Koikari, Kazuo Yoshida, Yoshinori Nagase and Katsushige Nakamura, “Solar flux distribution of new beam-down solar concentrating system at Miyazaki for solar thermochemical processes”, International Symposium on Fusion Tech 2013 at Korea, Seoul, Korea, January 15-17, 2014.</p> <p>40. Takuya Myojin, Shintaro Kawakami, Hyun Seok Cho, Nobuyuki Gokon, Tatsuya Kodama, Yong Heack Kang, Sang Nam Lee, Khwan Kyo Chai, Hwan Ki Yoon, Hyun Jim Lee, “Solar Hydrogen Production Via Thermochemical Two-Step Water Splitting Cycle Using CeO₂/MPSZ Ceramic Foam device by KIER Solar Furnace”, International Symposium on Fusion Tech 2013 at Korea, Seoul, Korea, January 15-17, 2014.</p> <p>一般向け 計 5 件</p> <p>1. Tatsuya Kodama, “Solar Thermo-Chemistry R&D and Roadmap in Japan”, International Green Energy Business Conference 2011: Current Status on CSP, Daegu, Korea, April 8, 2011.</p> <p>2. Tatsuya Kodama, “CSP & Solar Chemistry R&D in Japan”, International Workshop on Concentrated Solar Power (CSP) 2011, Daegu, Korea, November 22-23, 2011.</p> <p>3. 児玉竜也, “High-temperature Solar Thermochemical Hydrogen Production” 第 11 回日伊科学技術宮崎国際会議 2011 日伊共同シンポジウム, 宮崎市 (2011 年 10 月 28 日), 宮崎大学.</p> <p>4. Tatsuya Kodama, “R&D on CSP and Solar Thermochemical Fuels Production in Japan”, International Green Energy Business Conference 2012: International Workshop on Concentrated Solar Power(CSP), Daegu, Korea, March 30, 2012.</p> <p>5. Tatsuya Kodama, “R&D activities on Solar Fuels in Japan”, International Workshop on Concentrated Solar Power (CSP) 2013, Seoul, Korea, October 24-25, 2013.</p>
<p>図 書 計 1 件</p>	<p>1. 吉田一雄, 児玉竜也, 郷右近展之 “太陽熱発電・燃料化技術—太陽熱から燃料をつくる—” 日本エネルギー学会編 シリーズ 21 世紀のエネルギー 10, 2012 年, 174 ページ, コロナ社.</p>
<p>産 業 財 産 権 出 願 ・ 取 得 状 況 計 2 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件</p> <p>(出願中) 計 2 件</p> <p>1) 産業財産権の名称 : 内循環流動層を用いた水熱分解装置及び水熱分解法 発明者 : 児玉竜也、郷右近展之、櫻井篤、松原幸治 権利者 : 国立大学法人 新潟大学 産業財産権の種類 : 特許 産業財産権の番号 : 出願番号 PCT/JP2013/052211 PCT 出願年月日 : 2013/1/31 国内・外国の別 : 外国 (PCT 出願)</p> <p>2) 産業財産権の名称 : 太陽光を利用した集熱蓄熱装置 発明者 : 児玉竜也、郷右近展之、松原幸治、櫻井篤 権利者 : 国立大学法人 新潟大学 産業財産権の種類 : 特許 産業財産権の番号 : 出願番号 PCT/JP2013/073693 PCT 出願年月日 : 2013/9/3</p>

	<p>国内・外国の別：外国（PCT 出願）</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>1) 新潟大学>研究・産学連携・国際交流>研究トピックス 「最先端・次世代研究開発支援プログラムに本学の教員2名が採択されました！」 http://www.niigata-u.ac.jp/research/10_research_010/230211.html</p> <p>2) 新潟大学>ピックアップ 「自然科学系の児玉竜也教授らが開発した「水熱分解水素製造装置」を利用した実証試験が行われます」 http://www.niigata-u.ac.jp/top/pickup/240928_01.html</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>1) 平成23年10月3日 新潟県社会経済生産性本部主催「地球環境特別講演会」 標題：太陽集熱による発電と燃料製造技術の現状と将来展望 場所：クロスバルにいがた（新潟市）対象者：一般市民 参加者：30名 内容：太陽集熱による発電と燃料化技術の現状を概説するとともに最先端・次世代研究支援プログラムで実施中の本研究「高温太陽集熱による水熱分解ソーラー水素製造システムの開発」の内容と将来展望について紹介した。</p> <p>2) 平成23年10月29日 日伊市民フォーラム「未来に向けての食と健康とエネルギー」 標題：太陽集熱による発電と燃料製造技術の現状と将来展望 場所：南九州大学（宮崎市）対象者：一般市民 参加者：100名 内容：太陽集熱による発電と燃料化技術の現状を概説するとともに最先端・次世代研究支援プログラムで実施中の本研究「高温太陽集熱による水熱分解ソーラー水素製造システムの開発」の内容と将来展望について紹介した。</p> <p>3) 平成24年8月6日 太陽熱エネルギー講演会 標題：ビームダウン集光システムによる太陽熱の燃料転換技術の開発 場所：宮崎大学工学部（宮崎市） 対象者：一般市民 参加者：100名 内容：最先端・次世代研究支援プログラムで実施中の本研究「高温太陽集熱による水熱分解ソーラー水素製造システムの開発」の内容と将来展望について紹介すると共に、その他のビームダウン集光システムによる燃料製造技術についても紹介した。</p> <p>4) 平成25年1月～3月 文部科学省 情報ひろば 新潟大学ブース 標題：次世代〈水素〉エネルギー社会へ向けた水素製造・インフラの構築の研究 場所：文部科学省（東京都）情報ひろば 新潟大学ブース 対象者：一般市民 参加者：見学者 内容：文科省の情報ひろばの新潟大学ブース（25年1月～3月）に、研究紹介のポスター、及びビームダウン太陽集光システムとソーラー反応器のレプリカ（模型）、システムの作動原理を示すパネル等を展示すると共に、研究紹介ビデオを上映し、見学者に対して、最先端・次世代研究支援プログラムで実施中の本研究「高温太陽集熱による水熱分解ソーラー水素製造システムの開発」の研究内容を紹介した。また、研究紹介のパンフレットも作成した。</p> <p>5) 平成25年6月27日 （株）技術情報センターセミナー「集光型太陽熱技術の最新動向」 標題：太陽集熱の燃料化技術開発の動向 場所：東京・お茶の水・連合会館 対象者：一般市民 参加者数：50名 内容：最先端・次世代研究支援プログラムで実施中の本研究「高温太陽集熱による水熱分解ソーラー水素製造システムの開発」の研究内容・成果を含む、世界の太陽集熱燃料化技術の開発状況を講演した。</p> <p>6) 平成26年3月1日 最先端研究開発支援プログラム FIRST シンポジウム「科学技術が拓く2030年」へのシナリオ 標題：高温太陽集熱による水熱分解ソーラー水素製造システムの開発 場所：ベルサール新宿グランド（東京都新宿） 対象者：一般市民 内容：最先端・次世代研究支援プログラムで実施中の本研究「高温太陽集熱による水熱分解</p>

様式21

	ソーラー水素製造システムの開発」の研究成果をポスター形式で発表した。
新聞・一般 雑誌等掲 載 計10件	<p>1) 読売新聞 (2011年6月17日) 宮崎県、太陽光による水素製造を研究</p> <p>2) 宮崎日日新聞 (2011年6月05日) 太陽熱と水素研究へ 県、国内初の拠点づくり</p> <p>3) 日本経済新聞 (2011年8月22日) 太陽熱使い水素精製 宮崎県、新潟大などと研究</p> <p>4) 新潟日報 (2011年8月22日) 新大、宮崎県などと研究 太陽熱利用水素を製造</p> <p>5) 新潟日報 (2011年9月05日) 太陽熱で水素製造へ前進</p> <p>6) 読売新聞 (2012年8月7日) 太陽光で水素製造装置完成</p> <p>7) 宮崎日日新聞 (2012年8月7日) 太陽集光装置が完成 国内最大級ビームダウン式水素精製活用へ</p> <p>8) 西日本新聞 (2012年8月7日) 太陽光濃縮し水素精製 高効率にクリーンエネ</p> <p>9) 南日本新聞 (2012年8月7日) 太陽光利用の蓄熱装置 産学官で宮大に完成 シラス加工や水素生成</p> <p>10) 読売新聞 (2013年1月5日) 光の鳥</p>
その他	<p>(国際イベントでのパネル展示)</p> <p>1) AUTM Asia 2013 Kyoto ・日程:2013年3月20日～22日 ・場所:国立京都国際会館 ・展示物等:Next generation solar hydrogen production system for massive storage & transportation of solar energy (パネル)</p> <p>2) AUTM 2014 Annual Meeting ・日程:2014年2月19日～22日 ・場所:アメリカ、San Francisco Marriott Marguis ・展示物等:Next generation solar hydrogen production system for massive storage & transportation of solar energy (パネル)</p> <p>3) 日中大学フェア&フォーラム ・日程:2014年3月14日～20日(北京)及び3月21日～24日(上海) ・場所:中国、北京及び上海 ・展示物等:Next generation solar hydrogen production system for massive storage & transportation of solar energy (パネル)</p>

7. その他特記事項