

平成 29 年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「低温作動型 SORC 水蒸気電解セルとそれを用いた
赤外線利用型ソーラー水素蓄電システムの開発」

研究開発成果等報告書

平成 30 年 3 月

担当局 関東経済産業局

補助事業者 公益財団法人千葉県産業振興センター

目 次

第1章 研究開発の概要

1－1 研究開発の背景・研究目的及び目標

①研究開発の概要及び背景

②研究開発の目的及び目標

③研究開発の高度化目標と実施結果

1－2 研究体制

1－3 成果概要

1－4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

【1】固体酸化物可逆動作セル（SORC）の安定性及び低温域における水蒸気電解効率の向上

【1－1】SORC の作製

【1－2】SORC の構造評価

【1－3】SORC の性能評価

【2】赤外線（太陽熱）を活用した水蒸気発生技術及びそれを用いた水素製造技術の確立

【2－1】太陽エネルギーによる水素製造

【2－2】水素製造のエネルギー効率の検証

【3】ソーラー水素蓄電システムの試作・実証・評価

【3－1】ソーラー水素蓄電システムの構築

【3－2】屋外実証試験

第3章 全体総括

3－1 複数年の研究開発成果

3－2 研究開発後の課題

3－3 補助事業の成果に係る事業化展開について

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

①研究開発の概要及び背景

本研究開発は、特定ものづくり基盤技術高度化指針のうち、以下の項目に対応する。

(七) 表面処理に係る技術に関する事項

1 表面処理に係る技術において達成すべき高度化目標

(4) 川下分野特有の事項

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

① 川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

イ. 高効率化

東日本大震災やそれに続く原発事故を契機に、防災機能を備えたインフラの一つとして、環境に調和した自立型自然エネルギー利用施設のニーズが高まっている。また、それに関連した太陽光発電施設の急速な増加に従い、系統電力網への電力出力を平準化するための蓄電システムの整備が急務となっているが、大型で充放電効率の高い設備は高価であり、蓄電池(二次電池)の寿命も限られるため、導入が進んでいない。

そこで、より安価かつ長期間安定的に電力を貯蔵・供給できる施設として、自然エネルギーで生み出した電力で水(水蒸気)を電気分解し(図1①)、水素を製造してエネルギー媒体として貯蔵し(図1②)、必要に応じて燃料電池でその水素を燃料として発電を行い(図1③)電力を供給する水素型蓄電システム(図1. 点線内)の開発が求められている。

そのような水素型蓄電システムで最も理論効率が高いのが、**固体酸化物可逆動作セル(SORC)**を用いた水蒸気電解水素製造と燃料電池を組み合わせたシステムである。

現在、**固体酸化物形燃料電池(SOFC)**は実用化されているが、可逆的に動作できるセルを開発できると、自然エネルギーの有効利用、災害時などに向けたエネルギー蓄積などの観点で、重要な意義がある。しかし、現在までに電極の安定性や電解と発電効率などの観点で可逆動作型セル(SORC)は実用化されていない。**高効率な SORC を利用した水素製造装置及び燃料電池の開発を促進するために、より低温(500℃以下)で運用可能な SORC の実用化が望まれ、開発が進められているが、電極の劣化や、低温域における酸素イオン電導率が不十分である等の理由により実用化には至っていない。**

反応温度の低温化が実現すると、安価な材料が使用でき、また、可逆運転時の安定性が飛躍的に向上するので開発を加速することができる。低温作動型 SORC の開発はエネルギー利用の高効率化による省エネや自然エネルギーの利用拡大といった社会的な課題の解決に貢献することができる。

水素型蓄電システムの具体的なニーズとしては、大手ゼネコンや商社から、太陽光のみをエネルギー源として水素を製造・貯蔵し、非常時に継続的に電力を供給する、「防災用自立型ソーラー水素蓄電システム」の開発の要望をいただいている。

非常時・継続的に電力を供給する防災用電源は、全国 1718 自治体の各種庁舎や避難所、あるいは病院で必要とされている。しかし、現状は重油や軽油を燃料とする発電機を利用して4～6時間の電源供給可能なものが一般的であり、震災等でライフラインが止まった場合でも 72 時間以上継続して電源供給できる装置の開発・普及が強く望まれている。

さらに、自立型ソーラー水素蓄電システムは、今後積極的な活用が期待される水素を燃料電池車へ供給する水素ステーションとしても利用でき、これらを合わせると国内だけでも 5 万～6 万台程度の需要が見込まれる。従って、SORC の潜在的ニーズは非常に大きいと考えられ、その性能向上(高効率化、反応温度低温化、長寿命化)は非常に重要な課題である。

<課題のまとめ>

- ・少ないエネルギーでより多くの水素を製造したい。
- ・得られた水素でより効率良く発電したい。
- ・SORC の反応を低温化して水素蓄電システムの開発を促進したい。
- ・水素製造と発電の効率を高めたい。
- ・自然エネルギーの利用率を向上したい。

【研究開発の背景(これまでの取組)】

固体酸化物電解質の世界的権威である九州大学石原研究室では、世界最高レベルの性能を持つ SORC の研究が行われており、研究体制が充実している。また、産学協力の実績も豊富で、数々の成果(特許や商品)を生み出しており、現在、高酸素イオン伝導体薄膜を用いる円筒型 SORC(図2)の開発を行っている。

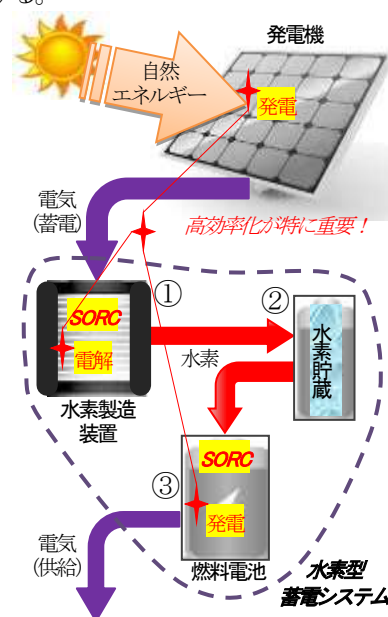


図1 水素が媒体の蓄電システム



図2 円筒型 SORC

一方、特殊技研金属㈱は、太陽追尾技術を利用したソーラーパネル全自動追尾式蓄電システム「SB シリーズ」(図 3)や投光型採光システム「トクテック SUN シリーズ」(図 4)を開発し、製造・販売するとともに、トップライト事業で培った、防雨構造や駆動装置、センサーに連動した制御技術等を活かして「究極の完全 ECO 環境システム」を目指し研究開発を続けている。これらの技術を応用して、今回の実証試験に用いるソーラー水素蓄電システムを開発する。



図 3 太陽追尾蓄電システム



図 4 採光を中心とした環境システム

また、国内シェアトップクラスのトップライト(図 5)に用いる金属材料の表面処理のノウハウを応用して、低温(500℃以下)作動型 SORC 小型組セルの開発に九州大学と共同で取り組む。



図 5 Tokutek 3D トップライト施工例(ROKI 研究棟)

【特許関連】

九州大学と特殊技研金属㈱は、平成 28 年に今回の開発に関連する 3 件の特許を共同で取得した。

- ・特許 第 6042385:「太陽光を利用した自動車用水素燃料供給器と電気自動車用充電器を備えた独立型のエネルギー供給施設」(国際特許も出願中:PCT/JP2015/053048)
- ・特許 第 5989036:「太陽光の集光パネル」
- ・特許 第 6042375:「太陽光エネルギーを利用した集光熱ボイラー装置」

また、同社は過去に下記特許を取得しており、今回の開発でも防水構造等で部分的に応用する。

- ・特開平9-111988:「手摺支柱方立て金具」
- ・特開平11-293796:「ガasket、パネル取付構造およびパネル取付方法」
- ・特開2000-336784:「パネル板材の防水取付構造」
- ・特開2000-336785:「パネル板材の枠材における組成連結構造」
- ・特開2000-336935:「パネル板材の取付枠によるパネル板材の搬送構造」
- ・特開2002-256661:「トップライト」
- ・特開2013-104261:「太陽光の採光システムを備えたトップライト」
- ・特開2013-104262:「太陽光の採光システム及び発電パネルを備えたトップライト」

②研究開発の目的及び目標

【目的】

低温作動型 SORC と赤外線利用型ソーラー水素蓄電システムを開発することで、防災インフラの充実・省エネ・自然エネルギー利用率向上を実現し、災害に強く環境にやさしい、より良い社会の構築に貢献する。

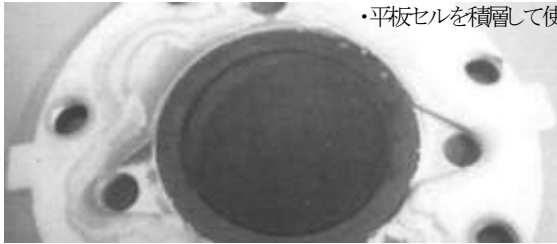
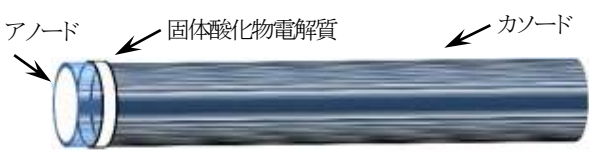
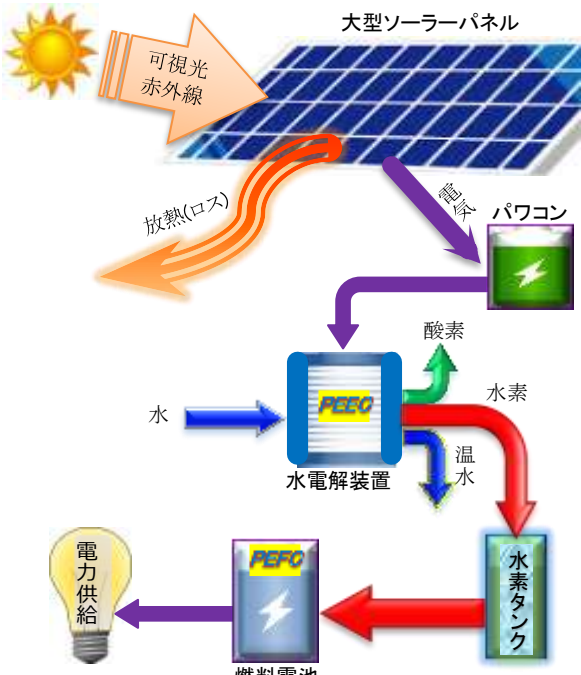
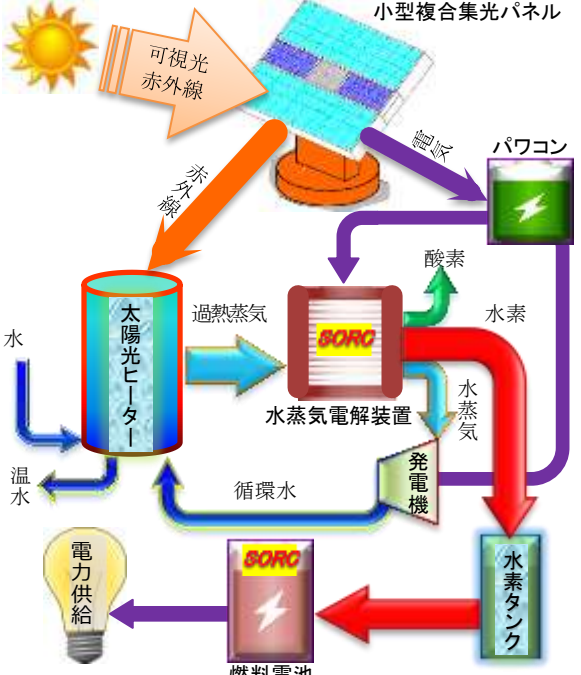
【目標】

下記開発により、エネルギー変換の高効率化による省エネや自然エネルギーの利用拡大、社会基盤の強化による防災体制の整備といった社会的課題の解決に貢献することを目指す。

- 【1】500℃以下で実用的な水蒸気電解が可能な SORC を開発し、省エネ機器の開発を容易にする。
- 【2】日射量の 12%以上を水素に変換して蓄積する技術を開発し、太陽エネルギー利用率を向上する。
- 【3】導入容易な高効率自立型ソーラー水素蓄電システムを開発し、防災用電源インフラの整備を促進する。

【従来技術との比較】

表1 従来技術と新技術の比較

水蒸気電解用 SORC 従来技術	水蒸気電解用 SORC 新技術
 ・平板セルを積層して使用	 ・円筒型セルを直列に接続し、配管と兼ねる ・セル形状による不均一な熱応力の抑制／シール性向上 ・電解質の潮気化等による電解性能の向上
従来技術の課題: ・低温域における電解効率が低い ・実用反応温度が高温(800℃)かつシールも困難で水素漏洩しやすいため、危険性が高く、高価な材料が必要	新技術の特長: ・低温域においても電解効率が低い ・実用反応温度が低く(500℃以下)、円筒形でシール容易なため、危険性が低く、安価な材料が採用可能
自立型水素蓄電システム従来技術	自立型水素蓄電システム新技術
 大型ソーラーパネル 可視光 赤外線 放熱(ロス) 電圧 パワコン 酸素 水素 温水 水電解装置 水素タンク 燃料電池 電力供給	 小型複合集光パネル 可視光 赤外線 赤外線 太陽光ヒーター 過熱蒸気 水蒸気電解装置 酸素 水素 水蒸気 温水 循環水 発電機 水素タンク 燃料電池 電力供給
従来技術の課題: ・赤外線を利用できないためエネルギー損失が大きく、日射量に対し水素の製造効率が低い(可視光による太陽光発電のみ利用し、太陽熱は放熱) ・電解効率が低く、水素製造の効率が低い	新技術の特長: ・赤外線と可視光を同時に有効利用でき、水素製造に対する太陽エネルギー利用効率が高い(19%向上) ・水蒸気電解装置と燃料電池に高効率な低温作動型 SORC を使用しており水素製造と発電の効率が低い

【新技術を実現するために解決すべき技術的課題】

1. 固体酸化物可逆動作セル(SORC)の安定性及び低温域における水蒸気電解効率の向上
2. 赤外線(太陽熱)を活用した水蒸気発生技術及びそれを用いた水素製造技術の確立
3. ソーラー水素蓄電システムの試作・実証・評価

③研究開発の高度化目標と実施結果

特定ものづくり基盤技術高度化指針のうち、以下の項目に対応。

(七) 表面処理に係る技術に関する事項

1 表面処理に係る技術において達成すべき高度化目標

(4) 川下分野特有の事項

2) 環境・エネルギー分野に関する事項

②高度化目標

イ. エネルギー効率及び信頼性の向上

固体酸化物可逆動作セル(SORC)は、セラミックスの固体酸化物電解質(酸素イオン電導層)の片面には水素極、反対側には酸素極を形成した3層構造を基本とする複合材料である(図6)。SORCの性能については、セルを構成する各層(水素極、電解質、酸素極)の材質によるところが大きく、その改良により低温域における電解・発電性能の向上が図られてきたが、更なる性能向上が求められている。

特に低温作動に向けては電解質の薄膜化は重要である。また、酸化雰囲気と還元雰囲気に晒されても失活しない電極材料の開発も求められる。今回の研究開発における高度化の目標は、500℃以下でも十分な電解効率を達成できる信頼性の高い小型円筒型セルの開発を行い、それを用いたソーラー水素蓄電システムを開発することで、従来よりもエネルギー効率を向上させる。

今回は、開発したSORCで組セルを完成させ、下記の目標を達成した。

表2 SORCの性能目標と成果

SORC 性能項目	従来技術	今回の目標	今回の成果
反応温度	800℃	500℃以下	500℃
電解電圧	1.6V	1.5V	1.5V
電流密度	0.4A/cm ²	0.5A/cm ²	0.3A/cm ²
電解効率	90%	90%	75%

このセルを組込むソーラー水素蓄電システムについては、水素製造に関わる性能(エネルギー源である太陽光の熱利用と発電の効率、及びそれらを用いた水素製造の効率)を、以下のように向上することを目指した。

今回、ソーラー水素蓄電システムを完成させ、下記の目標を達成した。

表3 ソーラー水素蓄電システムの性能目標と成果

蓄電システムの性能	従来技術	今回の目標	今回の成果
赤外線(太陽熱)利用率	0%	15%	10%
太陽光発電効率	18%	33%	25%
水素製造エネルギー効率	4%	12%	8%

1-2 研究体制 (研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

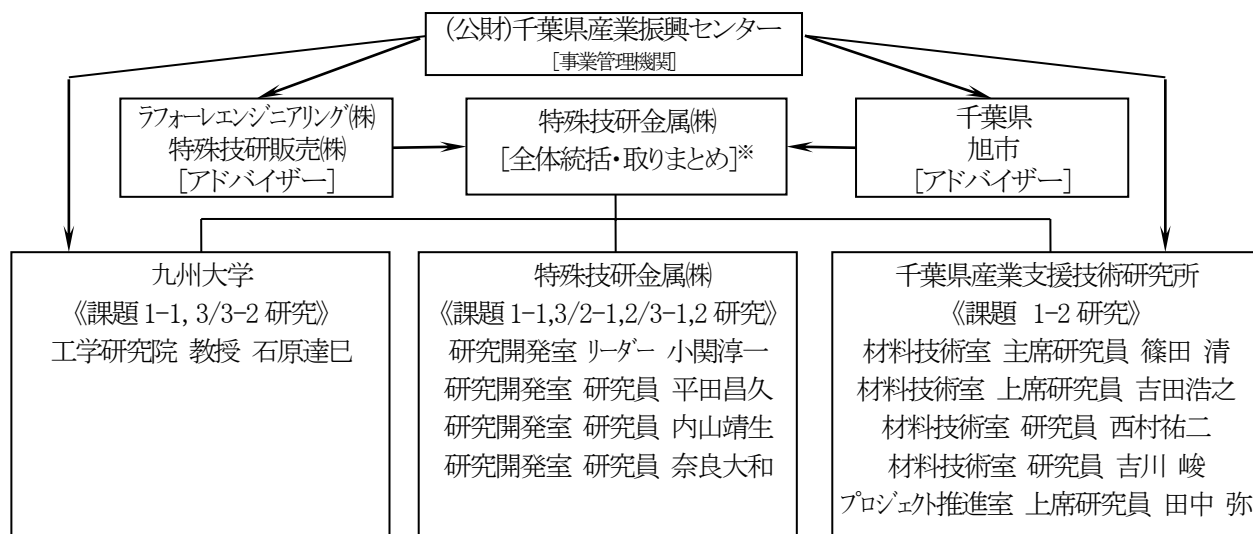


図7 実施体制図

※協力パートナー: 集光パネル(クラレ、藤光樹脂等)、太陽光ヒーター(太陽)、基体管(岩尾磁器工業)、水素貯蔵システム(日本製鋼所)、他

1-3 成果概要

下記のとおり、3 項目の研究課題に対して、スケジュールどおり研究を行い、概ね目標とする研究成果を達成することができた。

【1】固体酸化物可逆動作セル(SORC)の安定性及び低温域における水蒸気電解効率の向上

- 【1-1】SORC の作製 (平成27・28・29年度実施、平成29年度完了)
- 【1-2】SORC の構造評価 (平成27・28・29年度実施、平成29年度完了)
- 【1-3】SORC の性能評価 (平成27・28・29年度実施、平成29年度完了)

水蒸気電解反応温度 500℃以下において、従来の 800℃と同等の水蒸気電解性能を概ね実現した。

表 4 研究課題【1】の技術的目標に対する成果

SORC の性能	従来	H27 実績	H28 実績	H29 目標	H29 実績	備考
反応温度	800℃	800℃	600℃	500℃以下	500℃	下記性能が可能な温度
電解電圧	1.6V	1.6V	1.45V	1.5V	1.5V	基準電流密度にて
電流密度	0.4A/cm ²	0.4A/cm ²	0.5A/cm ²	0.5A/cm ²	0.3A/cm ²	基準温度・電圧にて
水蒸気電解効率	90%	-	-	90%	75% ^{*1}	変電ロス等含まず ²
水素発生量	14mg/cm ² h	-	-	17mg/cm ² h	8mg/cm ² h	
熱応力耐性	1 回	-	-	100 回以上	一部測定 ^{*2}	起動・運転・停止によるクラック等無し
電解質の厚み	280 μm	-	-	50 μm	50 μm	必要な酸素イオン電導特性が得られる薄さ
酸素イオン電導度	56 mS/cm	-	-	65 mS/cm	67 mS/cm	各反応温度における値

*1 熱ロスを無視 *2 酸化還元耐性は 100 サイクル達成

【2】赤外線(太陽熱)を活用した水蒸気発生技術及びそれを用いた水素製造技術の確立

- 【2-1】太陽エネルギーによる水素製造 (平成27・28年度実施、平成28年度完了)
- 【2-2】水素製造のエネルギー効率の検証 (平成28・29年度実施、平成29年度完了)

発電に利用していない赤外線を水蒸気発生に利用するなどして、太陽エネルギー利用率を向上した。

表 5 研究課題【2】の技術的目標に対する成果

ソーラー水素製造装置の性能	従来	H28 実績	H29 目標	H29 実績	備考
赤外線(太陽熱)利用率	-		20 %	10 %	赤外線出力／日射量
太陽光発電効率	18 %		33 %	25 %	発電量／日射量
赤外線による水蒸気発生量	-		182 g/kWh	100 g/kWh	水蒸気発生量／日射量
水素発生量	0.84 g/kWh		3 g/kWh	2 g/kWh	水素発生量／日射量
水素製造エネルギー効率	3.6%	単セル 12%	組セル 12%	組セル 8%	水素エネルギー(HHV)／日射量

【3】ソーラー水素蓄電システムの試作・実証・評価

- 【3-1】ソーラー水素蓄電システムの構築 (平成28・29年度実施、平成29年度完了)
- 【3-2】屋外実証試験 (平成29年度実施、平成29年度完了)

1000 時間以上のシステム稼働と、燃料電池による 72 時間連続給電試験を行った。

表 6 研究課題【3】の技術的目標に対する成果

水素蓄電システムの性能	従来	H29 目標	H29 実績	備考
蓄電効率	2.5 %	7 %	5 %	燃料電池発電量／日射量
充放電効率	40 %	80 %	75 %	
充電時間(72kWh 相当)	-	60h (15 日)	90h (21 日)	日射量 1kW/m ² 相当にて

1-4 当該研究開発の連絡窓口

所属・氏名 : 特殊技研金属株式会社 研究開発室 小関 淳一
 電話番号 : 0479-64-2070
 FAX : 0479-63-4955
 E-mail : koseki@tokteck.co.jp

第2章 本論

前章で述べた研究課題に対し、以下のとおり3年に渡り研究を推進した結果、一定の成果を得ることができ、当初の目標を概ね達成した。

【1】固体酸化物可逆動作セル（SORC）の安定性及び低温域における水蒸気電解効率の向上

九州大学のこれまでの研究成果とノウハウを応用し、石原教授の学術的指導の下、水蒸気電解用低温作動型 SORC の開発に取り組んだ。

開発サイクル(設計→試作→性能評価／耐久試験→構造評価→検証→改良)をできる限り多く繰り返し、SORC の安定性及び低温域における水蒸気電解効率を向上させた。

【1-1】SORC の作製（平成27・28・29年度実施：特殊技研金属㈱、九州大学）

平成27年度は、九州大学のノウハウを活用して、SORC の作製方法(機能層各層の組成・構造・形成方法、及び塗付材料の合成方法)を設計した(図 8)。また、電解質層の塗付材料である LSGM 仮焼成結晶の微粉碎、塗付工程の改良、焼成条件の調整及び収縮率のマッチングにより電解層の性能改善を図り、プロセスを改良(図 9)しながらチューブ型 SORC の試作(図 10)を繰り返して行った。



図 8 SORC の作製方法(電解質の合成方法および機能層の形成方法)



- ①塗布材料の微粉碎: LSGM 仮焼成物を微粉碎し、低めの焼成温度で電解質層を緻密・薄膜化。
- ②塗付工程の改良: 塗付回数、引き上げ速度、乾燥時間、その他諸条件を調整し、成膜品質を向上。
- ③焼成条件の調整: 塗付材料と塗付セルの焼成温度や保持時間を調整し、焼結具合を調整。
- ④収縮率のマッチング: 塗付材料と仮焼基体の焼成時収縮率を合わせ、塗膜の剥離や亀裂を改善。

また、SORC 製造装置を設計・開発し(図 11～図 13)、塗付・焼成プロセスを確立した。

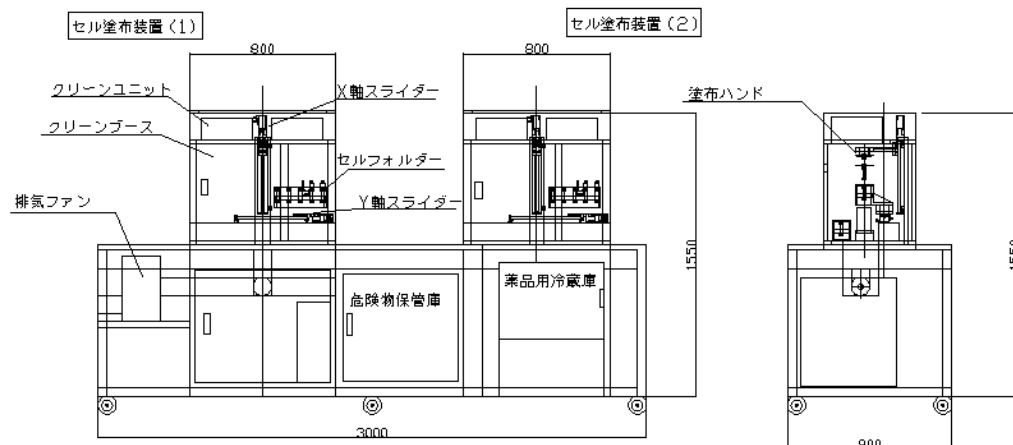


図 11 SORC セル塗付装置 設計図

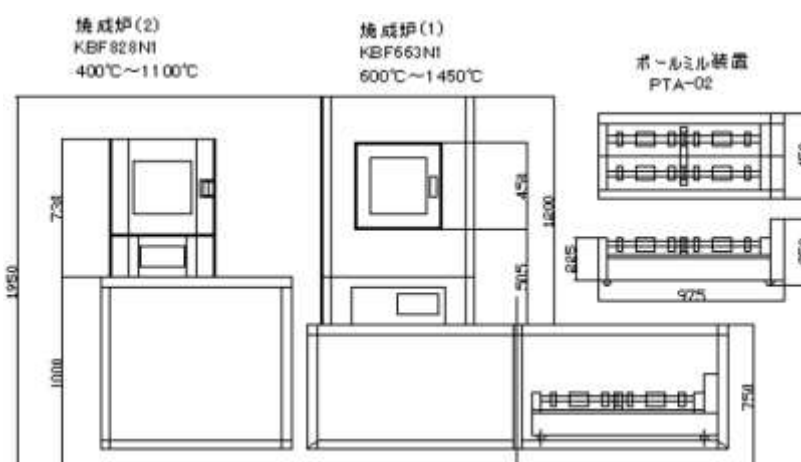


図 12 焼成炉およびポットミル回転台(ボールミル装置) 設計図



図 13 SORC 製造装置

平成28年度は、平成27年度の結果を基に、SORC の効率及び安定性の向上を目指して改良を行った(図 14)。具体的には、塗布材料の微粒子化や粒度の最適化、塗付・乾燥過程を考慮したスラリー配合の見直し、焼成中の化学反応を考慮した塗布・焼成プロセスの見直しを行った。それにより、電極の高活性化と電解層の緻密化を達成した(図 15)。



図 14 SORC の効率及び安定性の向上を目指した改良

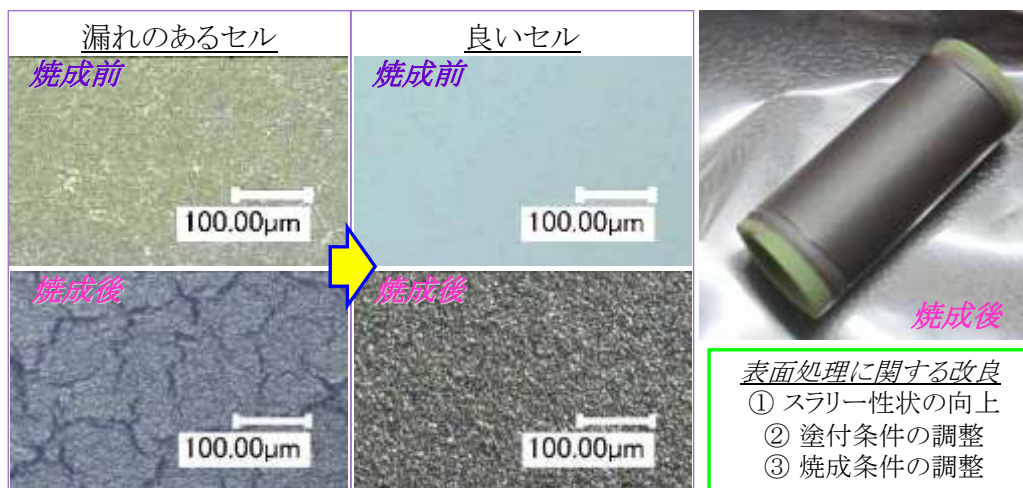


図 15 平成 28 年度の SORC 試作結果

平成29年度は、平成28年度の結果を基に、SORC の低温域効率及び耐久性の向上を目指して、SORCとその作製プロセスを改良し(図 16)、SORC 製造装置を改造した(図 17)。それにより、SORC の性能が向上させるとともに、長尺管の作製に成功した(図 18)。

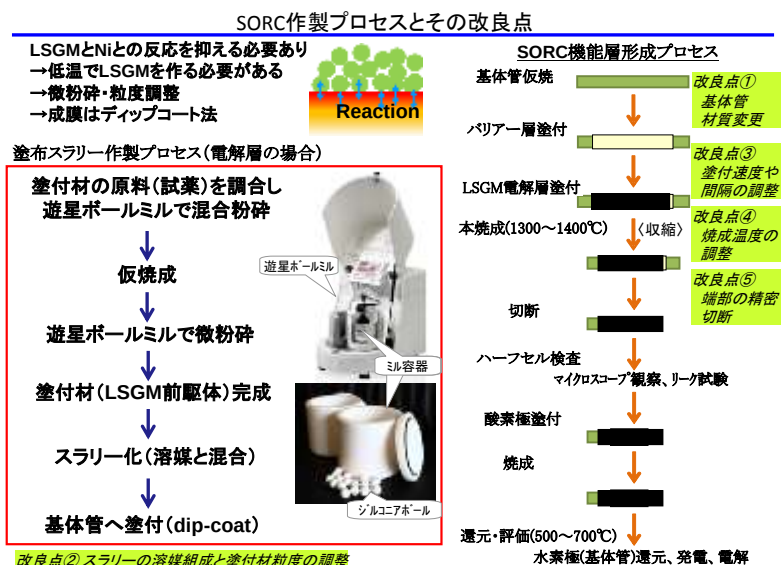


図 16 SORC 作製プロセスとその主な改良点

- ① 基体管:材質を GDC から YSZ へ変更し、セル還元時の機能層剥離を低減。
- ② スラリー: 溶媒組成や塗付材粒度を調整し、焼成時の剥離やクラックを防止。
- ③ 塗付: ディップ速度や塗付間隔を調整し、層状空隙の解消と長尺管の塗付に成功。
- ④ 焼成: 収縮測定や SEM 観察に基づいて焼成温度を調整し、塗膜の焼結品質を向上。
- ⑤ 切断: セルの自動切断を導入し、切断面の精度向上。

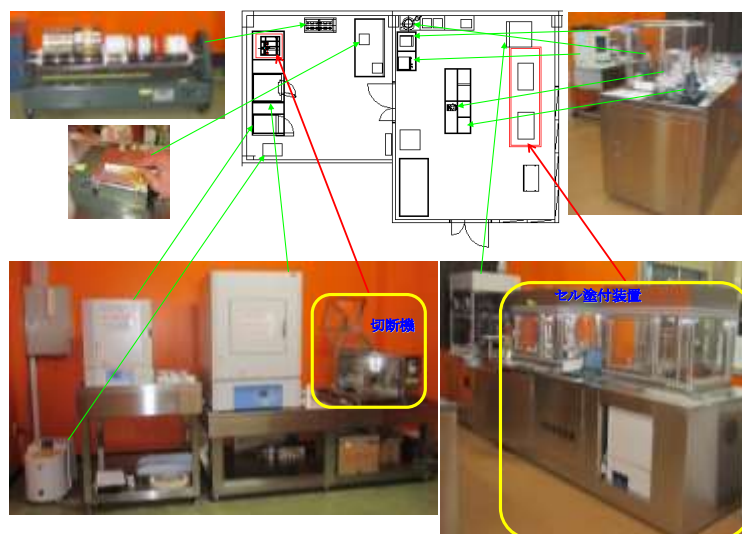


図 17 SORC 製造装置

- 改造④ 切断機: 自動送りの切断機を設計・開発して、切断精度を向上させ、SORC のガスリークの低減を達成した。
- 改造⑥ 塗付装置: 吊下げ金具と制御プログラムを改造し、長尺管の複数連続塗付に対応した。

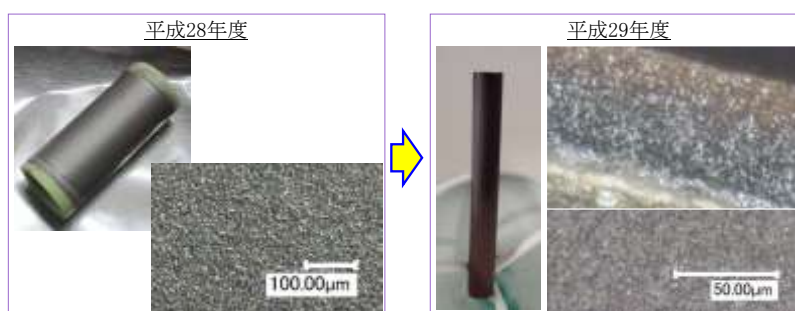


図 18 最終年度の SORC 試作結果

【1－2】SORC の構造評価（平成27・28・29年度実施：千葉県産業支援技術研究所）

平成27年度は、既存の SORC を用いて断面及び表面の評価手法を検討し、評価に必要な項目を決定した。それに基づいて SEM、EDX、及び XRD により試作品や材料の評価が行えることを確認した。確認した結果は下記の通り。

評価項目① 混合し仮焼成後粉碎した粉末のXRDチャート結果から、目的とする化合物ができていることを評価できることを確認した。(図 19)

※ XRD (X-ray Diffraction:X線回折)

試料にX線を照射し、回折の結果を解析して、化合物の種類や、結晶の大きさ(秩序性)・配向・残留応力を調べる装置。

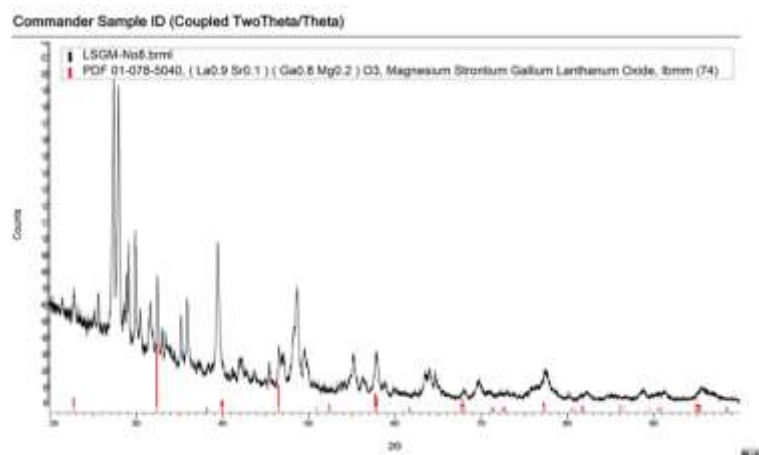


図 19 混合し仮焼成後粉碎した粉末の XRD チャート

評価項目② 試作したSORCの断面をSEMで観察することで、層ごとの状態を評価できることを確認した。(図 20)

※ SEM (Scanning Electron Microscope:走査型電子顕微鏡)

電子線の照射位置を走査させながら、二次電子または反射電子を検出器で捉え、表面形状を観察する装置。

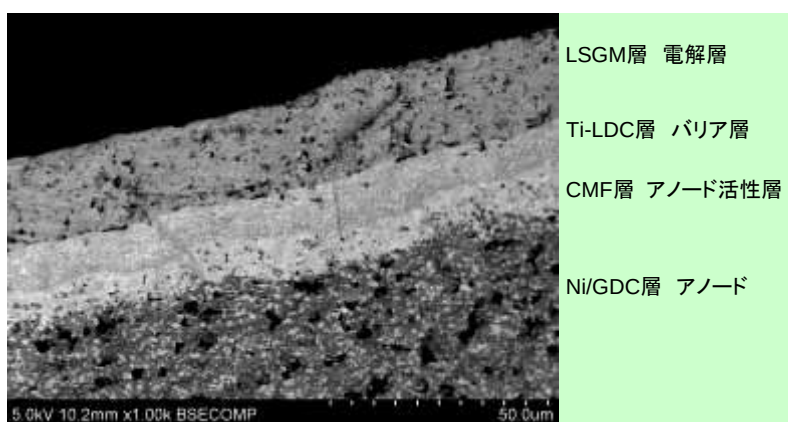


図 20 SORC の断面 SEM 写真

評価項目③ SORC の断面 SEM-EDX 元素マッピングから元素の分布を評価できることを確認した。(図 21)

- ※ EDX (Energy Dispersive X-ray micro analyzer:エネルギー分散型 X 線分析装置)
電子線や X 線を照射して試料に当てることで、励起される特性 X 線や蛍光 X 線のエネルギーを測定し、得られるスペクトルから試料表面のどこに、どのような元素が、どれぐらいの量含まれているかを分析する装置。

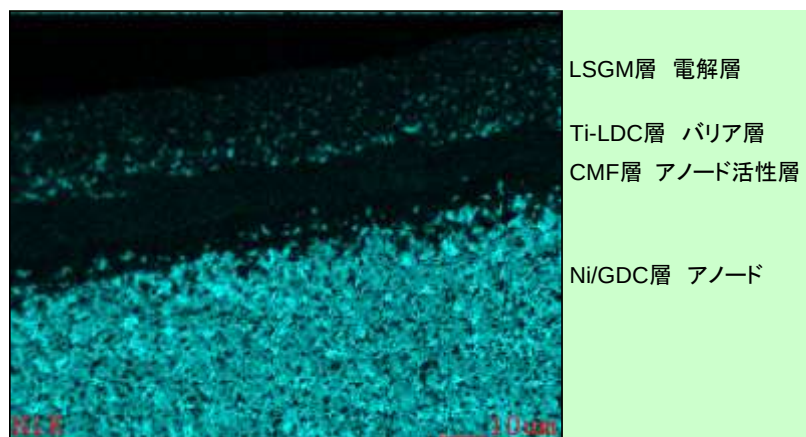


図 21 SORC の評価項目と評価方法

平成28年度は、平成27年度の結果を基に、【1-1】及び【1-3】の性能評価後試料の構造変化を観察・評価するとともに、評価手法を確立した。

平成 28 年度は、平成 27 年度よりも評価手法を高度化した。(図 22)

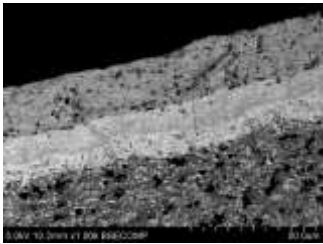
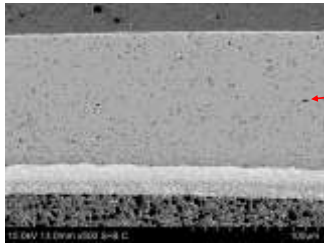
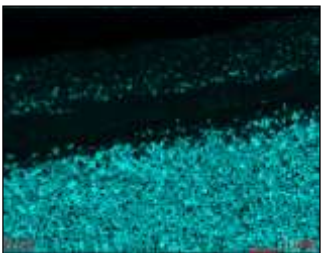
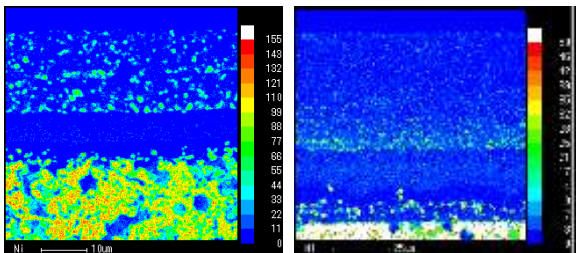
	平成27年度	→	平成28年度
構造観察(SEM)		断面作製方法の改良	
	不鮮明		微細な構造まで観察可能
元素分布(EDX)		分析装置の変更	
	細かい分布状況は不鮮明		正確な元素の分布を把握 低濃度域の検出

図 22 SORC の評価手法の高度化

平成29年度は、テーマ【2】の検証実施後の SORC 及び改良後 SORC を観察評価した(図 23)。またテーマ【3】の屋外実証試験後 SORC を観察・評価した(図 24)。

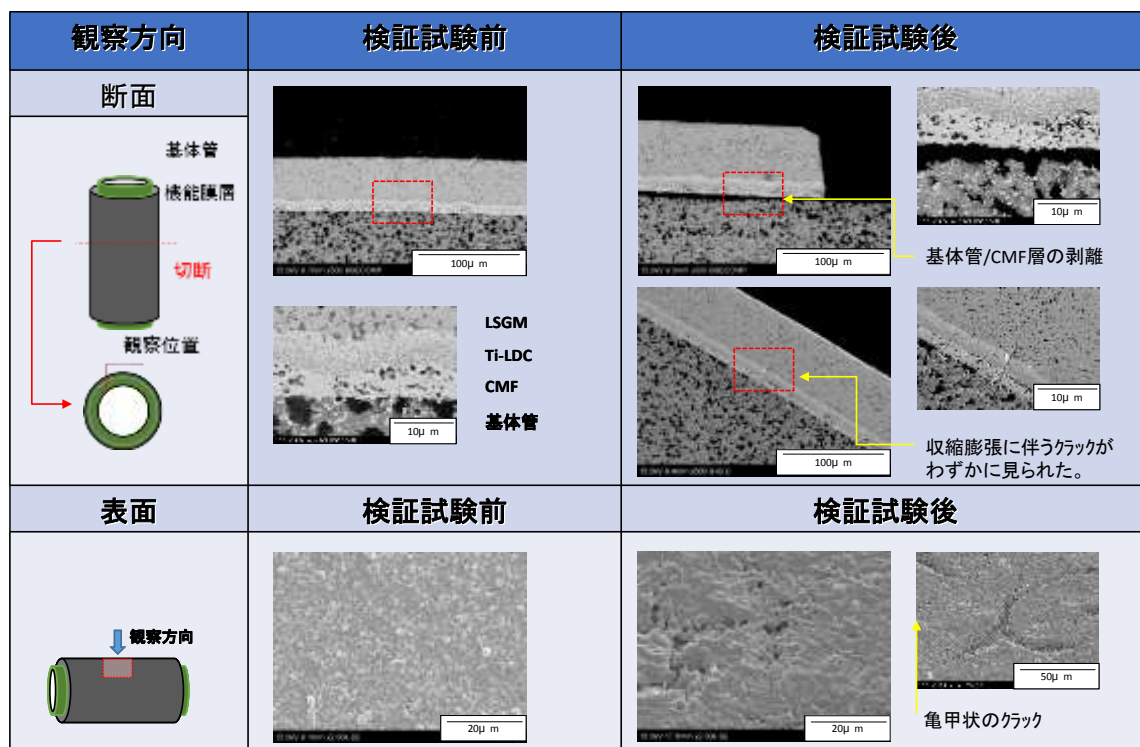


図 23 検証試験前後の SORC の構造分析

この分析結果を【1-1】にフィードバックすることにより、SORC 作製過程の高度化を図った。

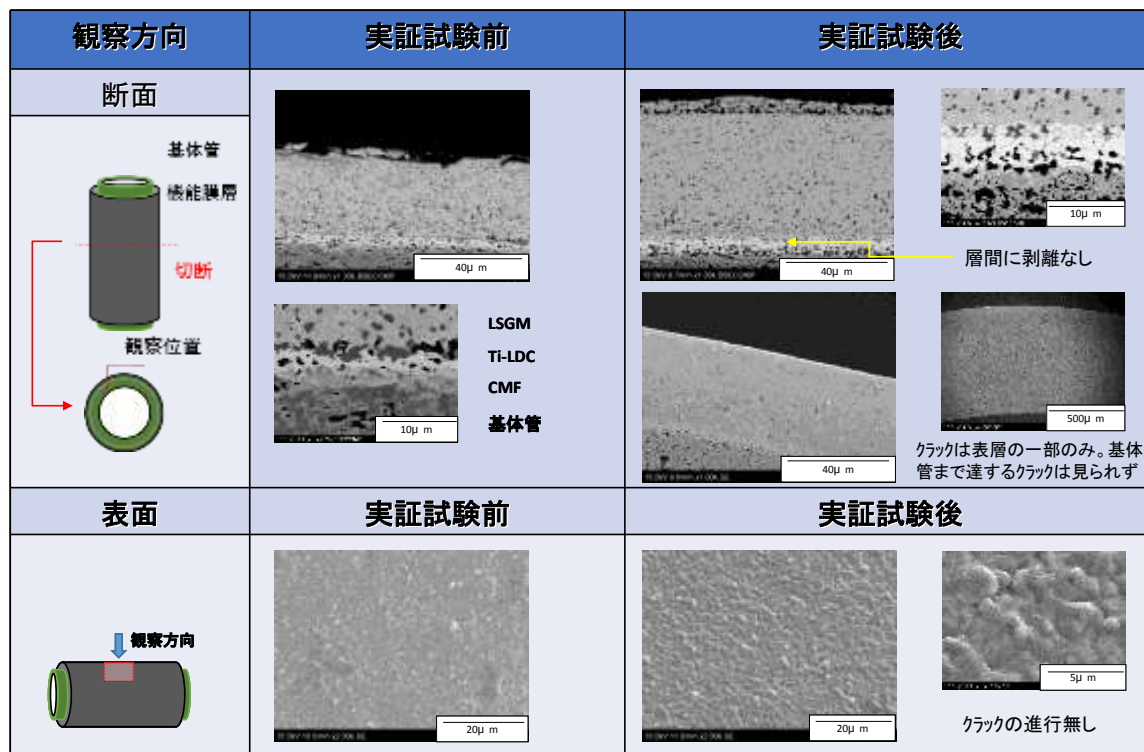


図 24 実証試験前後の SORC の構造分析

SEM により実証試験前後の SORC の表面及び断面の構造を分析し、試験後も大きな亀裂、剥離がないことを確認した。

【1－3】SORC の性能評価（平成27・28・29年度実施：九州大学、特殊技研金属株）

平成27年度は、試作した SORC について、水蒸気電解温度 800℃にて性能評価を行った。評価結果としては、当初の目標は達成した。

また、翌年度の準備として、電解温度700℃において、電解特性を測定した(図25)。電流密度は十分ではないが、水蒸気電解を行うことができ、反応温度の低温化についてよい感触が得られた。

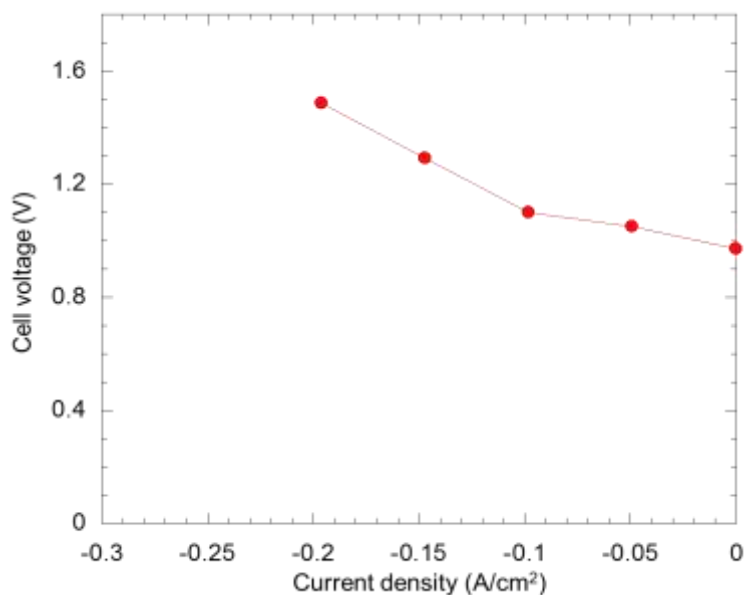


図 25 水蒸気電解温度 700℃における SORC の水蒸気電解特性(700℃、2.8% $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2$ の電解)

平成28年度は、試作した SORC について特性を調べ、水蒸気電解温度600℃における性能評価を実施した。評価結果は下記のとおりで、当年の目標である 600℃において従来の 800℃と同等の水蒸気電解特性が出ることを確認した(図 26)。

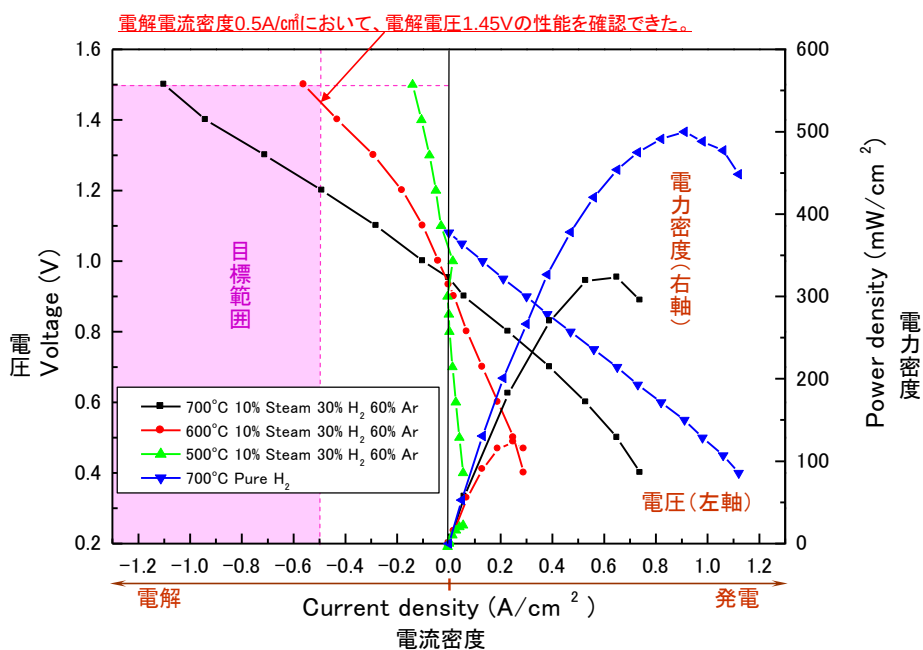


図 26 当年度 SORC の水蒸気電解特性と発電特性

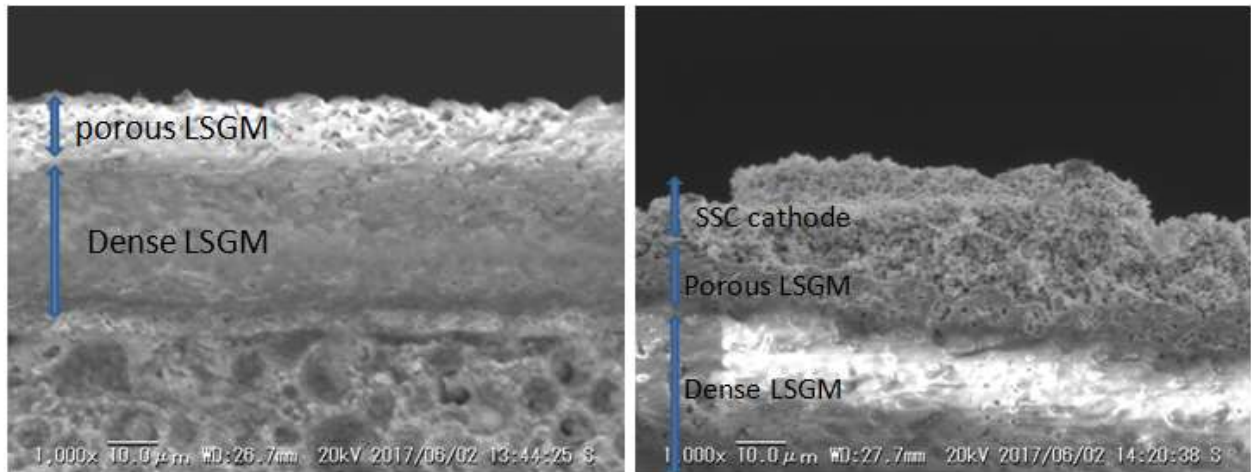
平成29年度は、最終成果の SORC を用いて特性を調べ、水蒸気電解温度 500℃における性能評価を行った。当初の性能目標を達成するために下記の性能改善と耐久性評価を行い、当初の目標を達成できる目処がついた。

(A) 性能改善への対応

改良点① 電解質層最外表面への LSGM 多孔層の導入

これまでは、緻密な電解質層 (LSGM) のすぐ外側に多孔質の空気極 (SSC カソード) の層を形成していたが、接触が不十分のため電極抵抗が大きく、剥離も生じやすかった。

そこで、電解質層の最外表面に多孔質の LSGM 層を形成し、空気極との接触が良くなるよう改良した (図 27)。その結果、高温 (700℃) での電解電流は向上したが、500℃での電解電流は十分向上しなかった (図 28)。



緻密な電解質層の外側に LSGM 多孔層を形成

LSGM 多孔層の外側にさらに SSC カソードを形成

図 27 性能向上のための対策1：電解質層最外表面へ LSGM 多孔層を導入した SORC 機能層の断面 (SEM 写真)

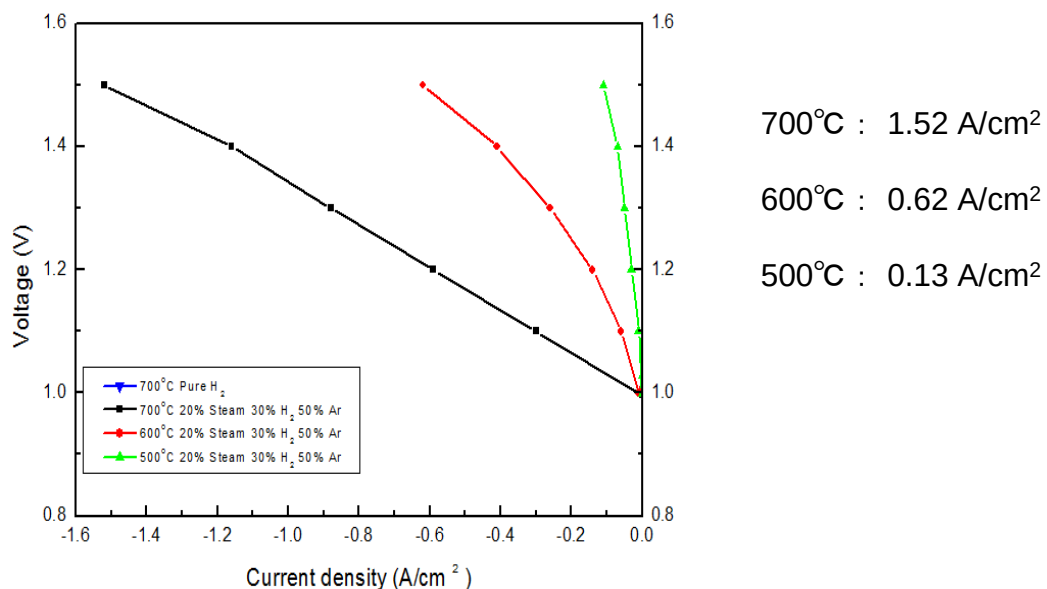
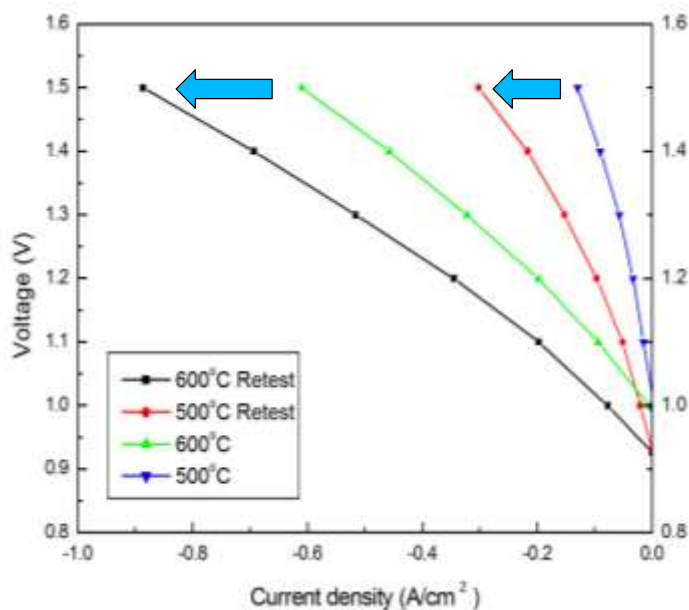


図 28 LSGM 多孔層を導入した SORC の水蒸気電解特性

改良点② 窒素雰囲気エージング処理

SORC を還元後に、窒素ガス雰囲気中で一晩ホールドすることにより、性能が大幅に改善でき、500℃における電解電流が、 $0.13\text{A}/\text{cm}^2$ から $0.31\text{A}/\text{cm}^2$ に向上した(図 29)。



0.609 and $0.129\text{A}/\text{cm}^2$ at 1.5V
at 600°C and 500°C

エージング後（再テスト）
 0.886 and $0.301\text{A}/\text{cm}^2$ at 1.5V
at 600°C and 500°C

開発の状況(A/cm^2 at 1.5V)

	700°C	500°C
H27	0.2	-
H28	1.1	0.11
H29	1.52	0.13
		0.31 (エージング後)

図 29 性能向上のための対策2: 窒素雰囲気エージング処理による水蒸気電解特性の向上

改良点③ 基体管上への Ni-SDC 層の挿入

SORCの基体管(Ni-YSZ)の上へNi-SDC層を挿入することで、課題であった500℃での内部抵抗を低減できることが分かった。とくに大きな拡散抵抗を低減でき、500℃の出力が $46\text{mW}/\text{cm}^2$ から $68\text{mW}/\text{cm}^2$ に向上した(図 30)。当初の目標(水蒸気電解温度500℃以下において電解電圧1.5V以下かつ電流密度 $0.5\text{A}/\text{cm}^2$ 以上)を達成できる目処がついた。

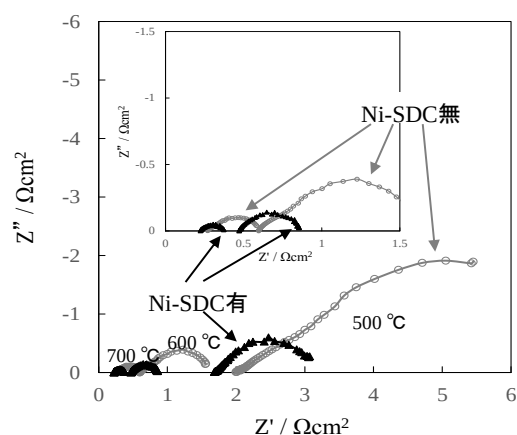
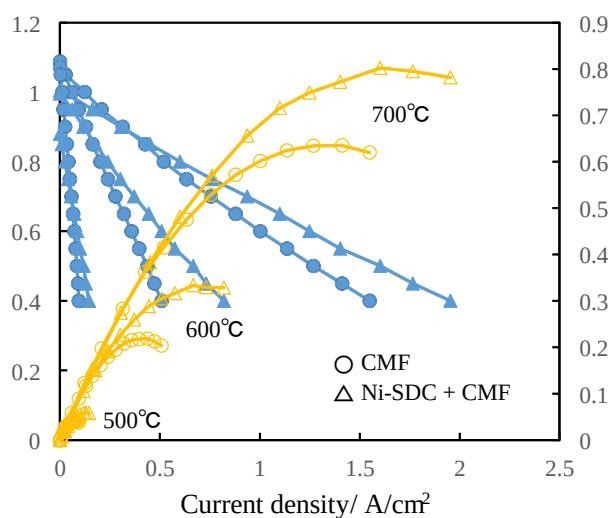


図 30 性能向上のための対策3: Ni-SDC 層の挿入による発電特性およびインピーダンス特性の向上

(B) 耐久性評価: SORC の酸化還元耐性の評価

SORC の特徴である、電解(EC)モードと燃料電池(FC)モードのサイクル運転の評価を行った。
600℃にて、 $\pm 100 \text{ mA/cm}^2$ のサイクルを 100 回繰返し、酸化還元サイクル試験を行った(図 31)。
サイクル試験前後に SORC の電解・発電特性を測定し、問題ない結果を得た(図 32)。

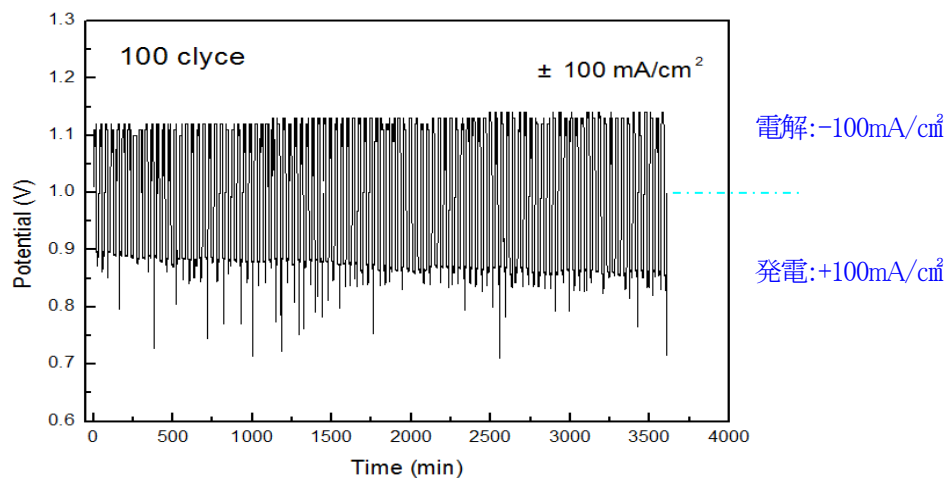


図 31 酸化還元サイクル試験

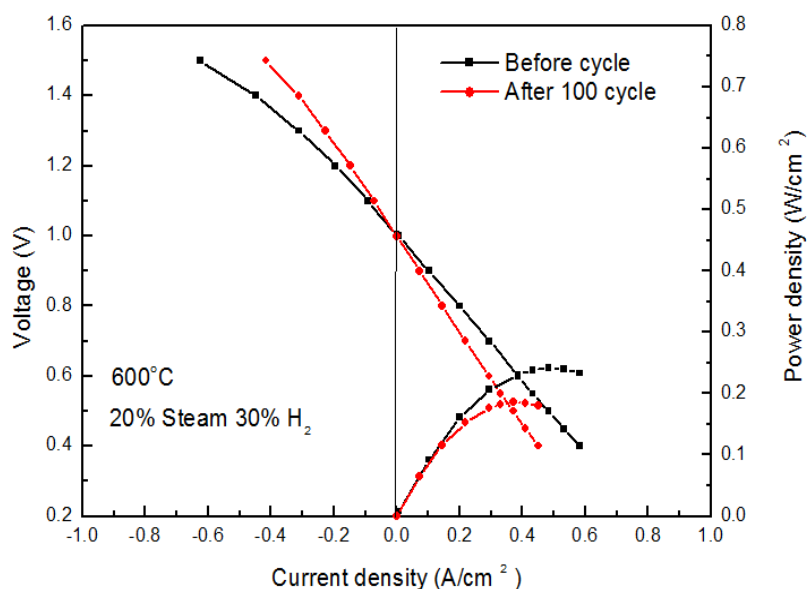


図 32 酸化還元サイクル試験前後の SORC の I-V 特性(EC/FC)

《結果》

上記の研究を行うことで、水蒸気電解反応温度 500℃において、従来の 800℃と同等の水蒸気電解性能を概ね実現することが確認できた。

表 7 研究課題【1】の技術的目標に対する成果

SORC の性能	従来	H27 実績	H28 実績	H29 目標	H29 実績	備考
反応温度	800℃	800℃	600℃	500℃以下	500℃以下	下記性能が可能な温度
電解電圧	1.6V	1.6V	1.45V	1.5V	1.5V	基準電流密度にて
電流密度	0.4A/cm ²	0.4A/cm ²	0.5A/cm ²	0.5A/cm ²	0.3A/cm ²	基準温度・電圧にて
水蒸気電解効率	90%	—	—	90%	75% ^{*1}	変電ロス等含まず [*]
水素発生量	14mg/cm ² h	—	—	17mg/cm ² h	8mg/cm ² h	
熱応力耐性	1 回	—	—	100 回以上	一部測定 ^{*2}	起動・運転・停止によるクラック等無し
電解質の厚み	280 μm	—	—	50 μm	50 μm	必要な酸素イオン電導特性が得られる薄さ
酸素イオン電導度	56 mS/cm	—	—	65 mS/cm	67 mS/cm	各反応温度における値

*1 熱ロスを見無視

*2 酸化還元耐性は 100 サイクル達成

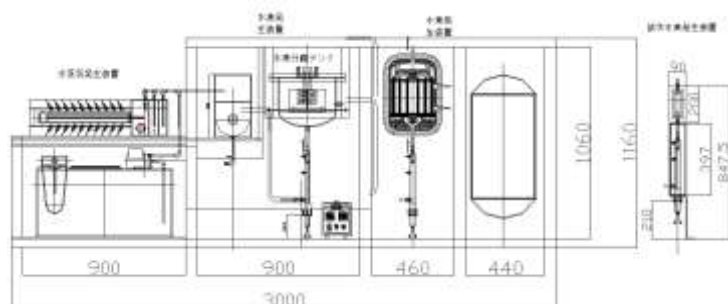
【2】赤外線（太陽熱）を活用した水蒸気発生技術及びそれを用いた水素製造技術の確立

赤外線を活用した水素製造技術を確立するために、実証試験において太陽追尾、太陽光発電、過熱蒸気発生、及び水蒸気電解の各機能の性能を評価し、日射に対する水素製造エネルギー効率 12%を目標に改良を行った。

【2-1】太陽エネルギーによる水素製造（平成27・28年度実施：特殊技研金属株）

上記【1】で作製した SORC を用いて、SORC 水蒸気電解装置を設計・開発した。また、太陽追尾複合集光パネルと太陽光ヒーターについても設計・開発し、太陽光のみをエネルギー源として得た電気及び過熱水蒸気を SORC へ供給する仕組みを構築した。

平成27年度は、SORC 水蒸気電解装置と太陽光ヒーターを設計・開発し(図33～図34)、水素製造技術を確立するための準備を行った。



太陽光ヒーター SORC 水蒸気電解装置

図33 太陽光ヒーターと SORC 水蒸気電解装置の試作設計図



太陽光ヒーター



SORC 水蒸気電解装置

図34 太陽光ヒーターと SORC 水蒸気電解装置

平成28年度は、太陽追尾複合集光パネル、太陽光ヒーター、及び SORC 水蒸気電解装置を改造して、SORC を利用した、太陽エネルギーによる水素製造システムを構築し(図 35～図 36)、【2-2】水素製造のエネルギー効率の検証の準備を行った。

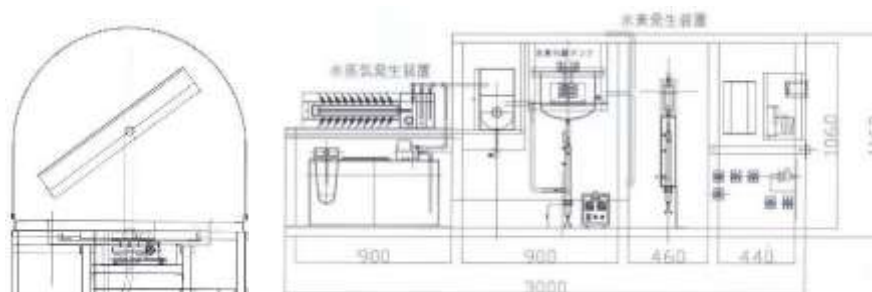


図 35 太陽追尾複合集光パネル、太陽光ヒーター及び SORC 水蒸気電解装置 設計図



太陽追尾複合集光パネル

太陽光ヒーター

SORC 水蒸気電解装置

蓄電・制御装置

図 36 太陽エネルギーによる水素製造システム

【2-2】水素製造のエネルギー効率の検証（平成28・29年度実施：特殊技研金属株）

太陽追尾複合集光パネルと太陽光ヒーターによるエネルギーで発生した水素の量を測定し、日射量に対する水素製造エネルギー効率及び赤外線の利用率を検証した。各部材あるいは機構ごとにエネルギー効率を算出し、改善の必要性和その方法を検討し、効果の高い改善項目については【2-1】にフィードバックして改良を行った。

また、屋外実証試験（【3-2】）においても計測を継続し、検証が随時行えるようにした。

平成28年度は、テーマ【2-1】で構築した水素製造システムを用いて、下記の機構別エネルギー効率の測定と検証を行った。検討の結果、重要度や効果の高い改善項目を明確にした。その結果、単セルで、日射に対する水素製造エネルギー効率 12%を概ね達成した。

表 8 機構別エネルギー効率

測定項目	目標 [%]	実績 [%]	備考
太陽光発電効率	33	31	CPV 出力／日射
変電効率	85	96	充電電力／CPV 出力
蓄電池効率	70	92	鉛バッテリー単体の充放電効率
電解効率	90	90	水素エネルギー(HHV)／電解電力
太陽熱利用率	15	9	赤外線出力／日射
熱利用率	28	20	有効発熱量／赤外線出力
システム効率	55	45	上記に含まれないロスを考慮
日射に対する水素製造エネルギー効率	12	12	水素エネルギー(HHV)／日射

平成29年度は、前年度に引き続き、測定と改良を実施した（図 37）。組セルで、日射に対する水素製造エネルギー効率 12%を目標に改良した。



図 37 実証試験用ソーラー水素蓄電システムと主な改良点

《結果》

上記の研究を通して、発電に利用していない赤外線を水蒸気発生に利用するなどして、太陽エネルギー利用率を向上させた。

表 9 研究課題【2】の技術的目標に対する成果

ソーラー水素製造装置の性能	従来	H28 実績	H29 目標	H29 実績	備考
赤外線(太陽熱)利用率	-		20 %	10 %	赤外線出力／日射量
太陽光発電効率	18 %		33 %	25 %	発電量／日射量
赤外線による水蒸気発生量	-		182 g/kWh	100 g/kWh	水蒸気発生量／日射量
水素発生量	0.84 g/kWh		3 g/kWh	2 g/kWh	水素発生量／日射量
水素製造エネルギー効率	3.6%	単セル 12%	組セル 12%	組セル 8%	水素エネルギー(HHV)／日射量

【3】ソーラー水素蓄電システムの試作・実証・評価

屋内に設置した実証試験環境を活用しつつ、屋外用の試験環境を構築し、屋外実証試験を実施した。今回の成果を他方面の分野に活用するために、例えば廃熱利用、太陽光発電の高度化、赤外線熱利用、ヒーターの高度化等のニーズも調査し、機器改造に反映させた。

【3-1】ソーラー水素蓄電システムの構築（平成28・29年度実施：特殊技研金属株）

平成28年度は、上記【2-1】にて構築した太陽エネルギーによる水素製造システムに燃料電池などを加え、実証試験用のソーラー水素蓄電システムを設計・開発した(図 38)。各構成機器単独で正常動作を確認し、最終年度へ向けた準備を実施した。



図 38 ソーラー水素蓄電システム(屋内用)

平成29年度は、前年度に開発したソーラー水素蓄電システム(屋内用)(図 38)を改造してシステム全体を完成させ、屋内用の実証試験環境を整えた。

また、屋外実証試験用のソーラー水素蓄電システムを設計・開発・構築し(図 39～図 40)、【3-2】屋外実証試験の準備を整えた。



図 39 ソーラー水素蓄電システム(屋外用) 設計図



図 40 ソーラー水素蓄電システム(屋外用)

【3-2】屋外実証試験（平成29年度実施：九州大学、特殊技研金属株）

ソーラー水素蓄電システムを屋外に設置し(図 41～図 42)、連続実証試験を実施した。水素による蓄電と電力供給が継続的に運用可能であることを実証した。



図 41 ソーラー水素蓄電システム屋内実証試験風景



防災用ソーラー水素蓄電システム

内部(水蒸気電解装置等)

図 42 ソーラー水素蓄電システム屋外実証試験風景

《結果》

上記の実証試験を通して、1000 時間以上のシステム稼働と、燃料電池による 72 時間連続給電試験を行い、概ね目標を達成した。

表 10 研究課題【3】の技術的目標に対する成果

水素蓄電システムの性能	従来	H29 目標	H29 実績	備考
蓄電効率	2.5 %	7 %	5 %	燃料電池発電量／日射量
充放電効率	40 %	80 %	75 %	
充電時間(72kWh 相当)	-	60h(15 日)	90h(21 日)	日射量 1kW/m ² 相当にて

第3章 全体総括

本プロジェクトの推進にあたっては、以下のプロジェクトメンバーの協力体制により、無事、研究開発を完了し、目標どおりの成果を達成することができた。

平成27年度より3年間に渡り、九州大学と千葉県産業支援技術研究所との産学官連携により学術的な技術支援を頂きながらSORCの安定性及び低温域における水蒸気電解効率の向上を実現させることができた。それを基に赤外線(太陽熱)を活用した水蒸気発生技術及びそれを用いた水素製造技術の確立を行った。また、最後にソーラー水素蓄電システムの設計・開発・設置を行い、無事に実証試験を完了した。

3-1 複数年の研究開発成果

【1】固体酸化物可逆動作セル(SORC)の安定性及び低温域における水蒸気電解効率の向上

本事業の研究開発における具体的な目標である500℃以下でも十分な電解効率を達成できる小型円筒型組セルの開発をした。加えて塗布・焼成プロセスにおいても、SORC製造装置の設計・開発・改造を行い完成させた。また、評価手法を確立してSORCの評価を行い、その結果をフィードバックしつつ試作を繰り返すことで水蒸気電解反応温度500℃において、従来の800℃と同等の水蒸気電解性能を概ね実現することが確認できた。

【2】赤外線(太陽熱)を活用した水蒸気発生技術及びそれを用いた水素製造技術の確立

上記【1】で作製したSORCを用いて、SORC水蒸気電解装置を設計・開発した。また、太陽追尾複合集光パネルと太陽光ヒーターについても設計・開発し、太陽光のみをエネルギー源として得た電気及び過熱水蒸気をSORCへ供給する仕組みを構築した。また、太陽追尾複合集光パネルと太陽光ヒーターによるエネルギー供給と、発生した水素の量を測定し、日射量に対する水素製造エネルギー効率及び赤外線の利用率を検証した。その結果、従来の水素発生量0.84 g/kWhであったものを2 g/kWhまでに向上させた。

【3】ソーラー水素蓄電システムの試作・実証・評価

上記【2】にて構築した太陽エネルギーによる水素製造システムに燃料電池などを加え、実証試験用のソーラー水素蓄電システムを設計・開発した。また、ソーラー水素蓄電システムを屋内と屋外に設置し、1000時間以上のシステム稼働と、燃料電池による72時間連続給電試験を行い、概ね目標を達成した。

以上の結果より、本研究にて開発した低温作動型SORCと赤外線利用型ソーラー水素蓄電システムの有効性が、証明された。

3-2 研究開発後の課題

今後は、本事業の成果に基づき、次の課題の解決を行う追加研究を実施し、確実に事業化につなげる。

○事業化に向けての課題

- ・量産化に向けて、更なるSORCの品質の安定化と高性能化
- ・太陽追尾複合集光パネルの更なる効率化の実施
- ・量産化へ向けて、ソーラー水素蓄電システム全体のコストダウンの実施
- ・工場の廃熱などの他のエネルギーを活用するための技術開発

3-3 補助事業の成果に係る事業化展開について

補助事業の成果に係る事業化展開について、九州大学と千葉県産業支援技術研究所は、補助事業終了後においても、特殊技研金属㈱へ引き続き技術支援を行う。

事業化展開については、以下のように計画している。

【研究開発成果に係る製品】

表 11 研究開発成果に係る製品とその概要

製品等の名称	製品等の概要（用途、特徴等）
ソーラー水素蓄電システム 	[用途]防災用自立型電源装置 [特徴]太陽光のエネルギーにより SORC で水素を製造・貯蔵し、必要に応じて SORC で発電して電力供給を行う。商用電源や燃料補給は不要で、水と太陽光があれば水素を貯められる(蓄電)。 [仕様]太陽追尾複集合集光装置7台と水素蓄電システムを一つのユニットとして販売する。最大充電速度1.4kW(水素発生63g/h)、標準蓄電量1kW×72h相当(水素3.24kg)。
SORC 製造技術に係る特許権	この事業で開発する SORC 製造技術に係る特許権を取得し、ライセンス付与を行う。
赤外線利用技術に係る特許権	この事業で開発する赤外線活用技術に係る特許権を取得し、ライセンス付与を行う。

【研究開発の成果(波及効果も含む)】

想定される具体的な効果:

- ・今回開発する自立型ソーラー水素蓄電システムは、太陽エネルギーで自立的に蓄電し、非常時に電力を供給する防災用電源装置である。同様の機能を持つ東芝の自立型エネルギー供給システムと比較する。

表 12 自立型水素蓄電システムの従来製品との比較

比較項目	従来の自立型水素蓄電システム(東芝)	今回の自立型ソーラー水素蓄電システム
コンセプト	 コンテナ型の自立型エネルギー供給システム。300人に1週間分の電気と温水を供給。	 コンパクトな自立型防災用電源。電力供給1kW×72h相当を貯蔵(100人×3日分)。晴天時は連続運転可能
最大利用エネルギー	25kW(太陽光発電電力)	4.8kW(太陽光発電電力+赤外線太陽熱)
太陽光発電容量	30kW	3.1kW
太陽光発電効率	△推定最大15~25%	◎太陽追尾集光型発電で最大30~40%
赤外線利用	×無し	◎有り(1.7kW)
集光面積	△大(推定150㎡)	◎小(10㎡)
水素製造速度	最大1 m ³ /h(90g/h)	最大0.7 m ³ /h(63g/h)
水素製造方式: 効率	△水電解: 電力比14.4%、日射比3.6%	◎水蒸気電解: 電力比74%、日射比30%
水素貯蔵容量	大(33 m ³ 、24.3kg、0.8MPa)	小(4.4 m ³ 、3.24kg、0.8MPa)※拡張可能
電力貯蔵量	350kWh(一人当たり167Wh)	72kWh(一人当たり240Wh)※拡張可能
燃料電池出力	最大3.5kW、平均2kW	最大3kW、平均1kW
燃料電池方式: 効率	△固体高分子膜型(推定): 36.3%	◎SORC: 56%
用途	防災用電源、温水供給	防災用電源(温水・酸素・過熱蒸気追加可能)
設置面積	240 m ² (推定)	40 m ²
導入コスト	△高い	○安い
導入のしやすさ	△(広い設置面積、高コスト)	◎(高効率なので省スペース、低コスト)

※東芝「H₂O₂」の各種効率等は、同製品webサイトに公表されている仕様から推測した。

- ・低温作動型 SORC については、その実用化により、水素発生あるいは燃料電池が応用可能な様々な機器でエネルギー効率を向上できる。事業面での優位性を下表に記す。

表 13 SORC の従来製品との比較

比較項目	従来の SORC	低温作動型 SORC
反応温度	△800℃:高温による危険性	○500℃以下:従来に比べ取り扱いが容易
効率	◎	◎
導入のしやすさ	△(高温による設計上の各種障害)	○

波及効果(川下産業の競争力に貢献、産業への波及効果、他の技術など)：

表 14 今回の研究開発の波及効果

川下産業への貢献	川下産業である建設業界に、自然エネルギーを利用した自立型のライフラインという 新たな分野の市場を形成 するとともに、 インフラ整備の付加価値を高める ことができる。
仕入・取引先への貢献	仕入先の部材メーカーやその他取引先とのつながりが強化され、利益還元できる。
産学連携や先端技術への貢献	技術的な協力をいただく九州大学には、研究費とロイヤリティの形で利益を還元でき、 新たな研究開発の推進により水素関連技術の高度化 に貢献できる。
環境問題解決(地球温暖化防止)への貢献	低温作動型 SORC の技術提供により、高効率なエネルギー機器の開発が促進され、 省エネを推進 できる。それにより、温室効果ガスの排出を抑制し、地球温暖化対策に貢献する。経済的にも、排出権購入等、対策にかかる余分なコストを削減できる。
余剰電力有効活用とエネルギー備蓄への貢献	水素蓄電システムの長期安定な蓄電能力により、他の発電設備で過剰発電により無効となっている電力(余剰電力)を活用したエネルギー備蓄が可能となり、エネルギー安全保障の観点からも好ましい効果を生むことができる。
自然エネルギーの課題解決への貢献	ソーラー水素蓄電システムを、風力発電等他の自然エネルギー発電設備と連携することにより、自然エネルギーの難点である発電量の変動を容易に平準化することができ、スマートグリッドや系統連系の拡大を促進し、自然エネルギーの利用を推進できる。
国際経済への貢献	新技術の社会的信用が増し、採算性が認知され、国際的に採用されるようになれば、現地企業による設置工事やライセンス生産により、現地経済を活性化できる。
社会への貢献	日本発、世界初の完全自立型ソーラー水素システムが、日本国内、さらには、全世界に普及することにより、防災機能が強化されるとともに、エネルギー需給が安定化し、災害に強く豊かで快適な環境にやさしい平和な社会の構築に貢献できる。

【新たな事業展開の可能性】

自立型ソーラー水素蓄電システムは、電気に加えて、水素、温水、過熱蒸気、高濃度酸素を供給する機能を付加することが容易であり、非常用電源のみならず、水素ステーションやエネファーム、非常用医療機器(滅菌/医療酸素)としても利用可能な「**完全自立型ソーラー水素システム**」として市場展開できる(図 43)。

今後、FCV(燃料電池自動車)の普及拡大が予想され、また、防災用やFCV所有者(事業所も含む)向けの自家用水素供給設備として小型化した水素製造システムの需要が過疎地も含めた全国規模で生じると予測されることから、このような機能を有する装置は、広く市場に浸透すると見込まれる。

さらに、自立型のため、インフラ未整備地域でも構築でき、国内はもちろん、海外でも多くの地域に導入が可能である。この製品の販売により、ゼネコンとの連携が強化され、新たなインフラ整備の方向性が見出されるものと期待される。

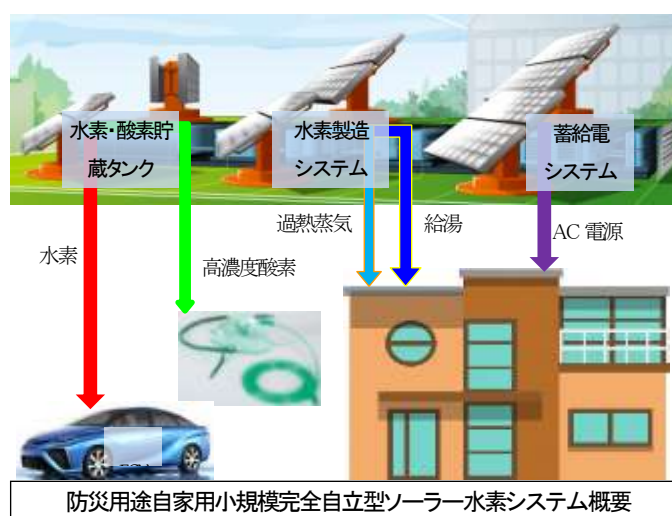


図 43 非常時医療にも役立つソーラー水素システム

【その他】

①地域経済への貢献と雇用創出

特殊技研金属㈱は東日本大震災の被災地である旭市に立地しており、その経済の活性化に寄与できると考えられる。増産に合わせて雇用の大幅な増加も見込んでいる。

アドバイザーである旭市役所には、過去に防災倉庫の常用/非常用電源として太陽追従式蓄電システム SB-3000 を寄贈しており、今回の完全自立型ソーラー水素システムと併せて防災システムのモデルケースとして知名度を上げ、観光や名産品の PR とタイアップすることにより、地域の活性化につながる。

②競争力強化につながる経営資源の蓄積

中小企業である特殊技研金属㈱は現在、生産量の時期的変動が大きい。それは、売上のほぼすべてをトップライト事業に依存しており、受注量が建築業界の動向に大きく左右されるとともに、受注のタイミングや建築現場の進捗状況に合わせて生産を行う必要があるためである。

今回開発する商品は、導入が容易で用途も広く、建築業界のみならず幅広い顧客に販売できることから、トップライト事業と太陽光水素事業の2本柱による相乗効果で、安定した売上拡大と工場稼働率(生産量)の平準化が見込まれる。さらに、完全自立型ソーラー水素システムの製品化に伴い新たな製造技術を導入するため、製造可能な製品の幅が一層広がり、景気に左右されにくい強固な経営基盤が構築される。また、高度な技術開発により会社のブランド力が上がり、自社製品全体の信頼性向上による売上拡大が見込まれる。

【想定する市場(現状、今後の動向)】

特殊技研金属㈱の完全自立型ソーラー水素システムは、水と太陽光だけで水素と電気を供給できる小型設備という特徴を持ち、輸入資源に依存しない、クリーンな水素供給を実現する、次世代エネルギーインフラである。

ターゲットとなるのは、防災用自然エネルギー市場及び水素供給市場であるが、今後どちらの市場も共に拡大する見込みである。

太陽光をはじめとする自然エネルギーについては、災害等の非常時における必要最低限のエネルギー供給源として活用されることが期待され、震災を受け複数の自治体で、防災拠点への導入を支援する取り組みが進められている。また、世論調査によれば、「今後、最も増やすべきエネルギー」として、国民的コンセンサスも得られており、市場拡大に追い風が吹いている。

(市場の規模と今後の見通し)

水素供給については、2020年の国内需給規模予測が10～100億N_m³/年(小売100円/N_m³として、0.1～1兆円/年)とされており、FCVの普及とともに急速に市場拡大すると予測されている。世界的にも、水素インフラの市場規模は急成長し、2040年には80兆円に達し、その後10年でさらに2倍に拡大すると予測されている(図44)。

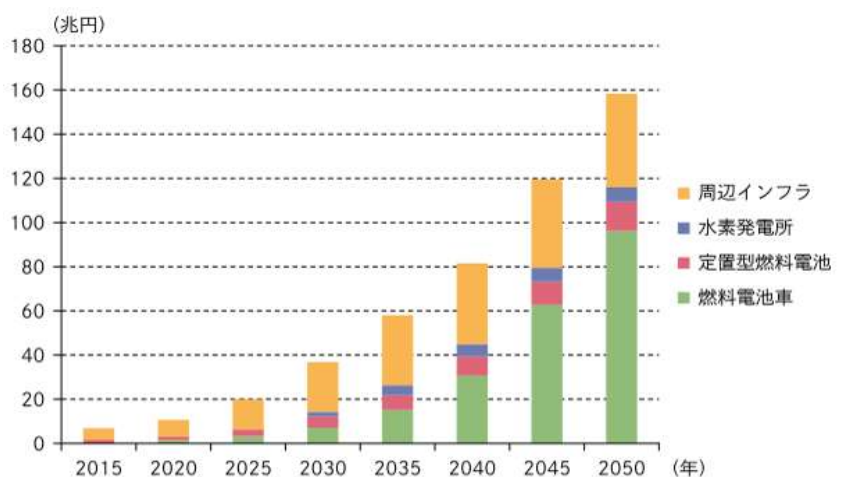


図 44 世界水素インフラ市場規模予測(水素エネルギー白書より)

【川下企業(顧客)ニーズの状況と対応方針】

(ターゲットとする川下企業(顧客)からのニーズ)

具体的なニーズとしては、大手ゼネコンや大手商社より、以下のような要望をいただいている:

- ・常用も可能な防災用電源: 自治体等の庁舎や防災倉庫、高速道路のパーキングエリア／サービスエリア(PA/SA)、入院施設のある病院・水素供給原(水素ステーション): ガソリンスタンドや大型駐車場に併設

表 15 ソーラー水素蓄電システムに関する顧客ニーズ

施設	ニーズ
病院	ライフラインが止まっても、止められない
避難所	災害時にも電力を確保したい
計画停電地域	生産を止めたくない
僻地(インフラの無いところ)	オンサイトで得られるエネルギーを独立して継続的に使いたい
通信インフラ	災害時にも安定稼働させたい
高速のゲート	非常時も稼働可能にしたい
工場・オフィス	電力供給調整時にも電力を確保したい／基本料を節約したい
自然エネルギー発電	発電した電力を無駄にしないよう、蓄電により出力変動等の問題を回避したい。

(対応方針)

上記の各ニーズに対応できるソーラー水素蓄電システムあるいは完全自立型ソーラー水素システムを提供することで、災害時への対応と、自然エネルギーを活用した安心、安全な社会を構築すること貢献する。

大手ゼネコンや設計事務所と協力して製品の性能やオプション機器を充実し、各施設のニーズに合った仕様(水素製造能力、蓄電量、発電容量、付帯設備等)の設備を柔軟に提供できる体制を構築する。

【事業化担当者(所属・役職)】

小出重憲(特殊技研販売株式会社 専務取締役)

【事業化体制図】

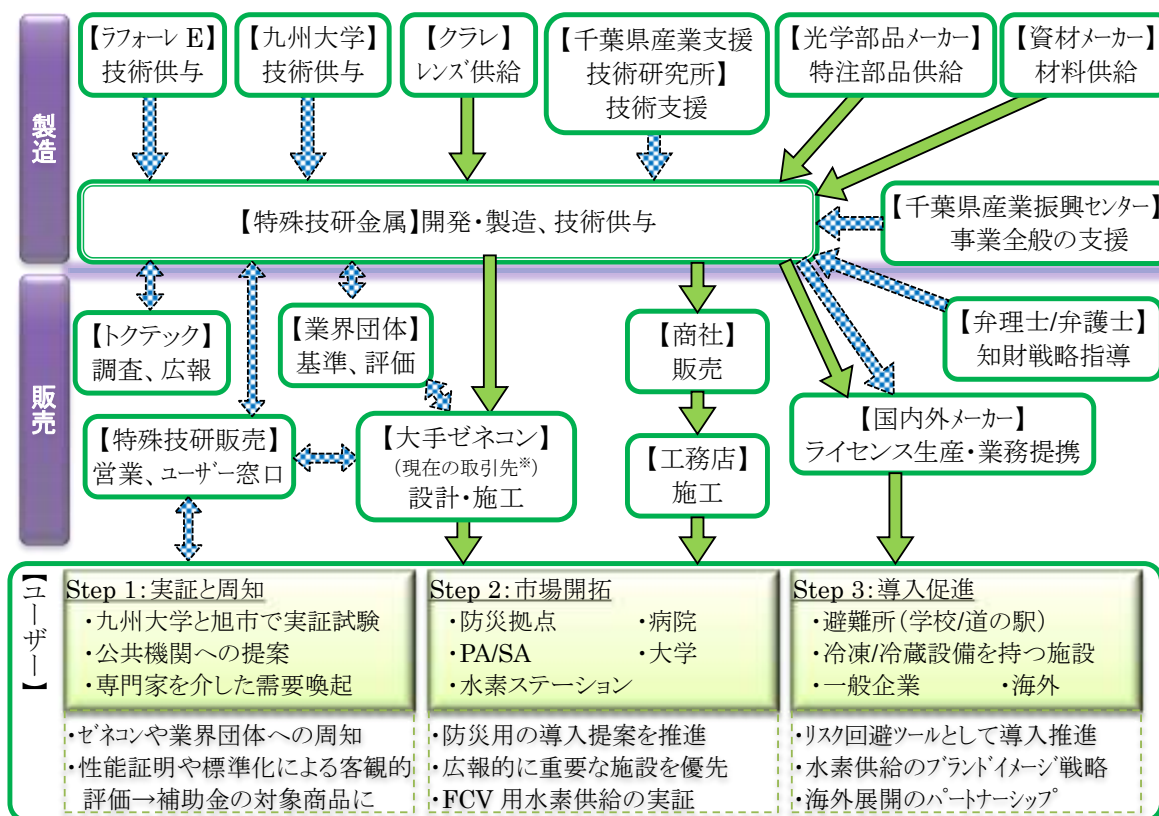


図 45 ソーラー水素蓄電システム 事業化体制図 (実線: 物の流れ、破線: 情報の流れ)

※取引先の大手ゼネコン: 大成建設株、清水建設株、(株)大林組、鹿島建設株、(株)竹中工務店、戸田建設株、他

【販売促進戦略】

今回開発するSORCを利用したソーラー水素蓄電システムに係る事業化体制を図45にまとめる。販売戦略は次のように考えている。

ステップ1:新技術の実証と周知(2018年度)

九州大学と旭市にて、常用可能な防災設備として実証試験を行い、その成果を用いて他機関へ売込む。営業活動は特殊技研販売網が行う。エンドユーザーとのパイプ役となるゼネコンやコンサルタントにもシステムの特長を周知し、インフラ整備に活用していただけるよう、展示会出展(2018年2月28日～3月2日開催の「第14回 国際水素・燃料電池展」に「防災水素電気ステーション」を出展済み)に続き、業界誌掲載、実証試験見学会等を行う。

また、アドバイザーの千葉県と旭市にも、地域ブランド品として各方面への紹介を依頼する。

ステップ2:市場開拓(2018～2020年度)

特に防災ニーズが高い東北地方や千葉県を中心に、国や自治体の防災拠点や通信設備への設置提案を、特殊技研販売網がゼネコン等と協力して行う。非常時医療用の機能を充実し、病院への売込みも開始する。

大学等の研究機関や高速道路のPA/SAへの設置を積極的に推進し、実績を築くとともに、webサイトも活用することで、ソーラー水素システムの特長が世間一般に正しく理解されるよう努める。

また、将来的に大きな設置数量が見込まれる水素ステーションや高機能エネファームとしての市場投入も、実証的に開始する。省エネや自然エネルギーの導入補助金の対象となるために必要な各種認証も取得する。

ステップ3:(2020年度以降)

導入実績を元に、全国に向けて売込みを本格化する。ゼネコン等と協力して、様々なユーザーニーズに合わせたオプションを開発し、提案を行う。特に、自立型水素ステーションとしての販売を充実し、ブランドイメージを確立する。高機能防災用インフラとして、避難所となる学校等や道の駅への導入も推進する。また、大型冷凍設備を持つ施設(食品工場やショッピングセンター)へも、長時間停電による冷凍食品等の商品毀損リスク回避ツールとして提案する。一般企業や海外への販売も、商社を通じて行う。技術利用を希望するメーカーへのライセンス提供や、業務提携による製造販売も行う。

【事業化への実現性】

販売計画としては、ソーラー水素蓄電システム(あるいは完全自立型ソーラー水素システム)の、初期の販売ターゲットと販売見込みを、表16に示す。2025年頃までの導入件数についてシェア10%程度を目指している。これまで既に、大手ゼネコン等から防災用自立型電源設備の要望をいただいており、当初はそれに沿って公共施設やPA/SAへの導入を進めていく。また、防災用に使える自立型水素ステーションの要望にも応じていきたい。

2020年代以降は、国内だけでなく世界的にも販売が伸び、2030年代以降は本格的な普及期が訪れると予想している。特許戦略を堅実にを行い、自立型水素製造設備で一定の世界シェア(5%以上)獲得を目指したい。

表 16 ソーラー水素蓄電システムの販売ターゲットと販売件数

ターゲット	全国	導入率	シェア	獲得	2019	2020	2021	2022	2023	～2025
自治体等	3300*	10%	20%	66	1	5	7	12	16	25
PA/SA	764	20%	10%	15	1	1	1	3	3	6
学校等	12247	1%	10%	12			1	1	1	9
道の駅	1040	20%	10%	20			1	2	2	15
SC**等	3134	10%	10%	31			1	5	8	17
病院	8540	5%	10%	42		2	3	5	7	25
大学等	775	5%	20%	8	1	1	1	1	1	3
HS***	34706	10%	10%	347		7	14	33	56	237
合計	61206	5063 件	10.7%	541	3	16	29	66	90	337
売上 [百万円]				10820	60	320	580	1320	1800	6660

* 自治体等は、拠点数の根拠として平成11年合併前の市町村数を採用 / ** SC:ショッピングセンター / *** HS:水素ステーション

【事業化に至るまでのスケジュール】

表 17 事業化スケジュール

製品等の名称		ソーラー水素蓄電システム				
開発事業者		特殊技研金属株式会社				
想定するサンプル出荷先		ラフォーレエンジニアリング(株)、大手ゼネコン(清水建設等)、自治体、公共団体				
スケジュール	事業年度	平成 30 年度	平成 31 年度	平成 32 年度	平成 33 年度	平成 34 年度
	サンプルの出荷					
	追加研究					
	設備投資※1					
	製品等の生産					
	製品等の販売					
	特許出願	平成 26 年に特許 3 件を出願し、平成 28 年にすべて登録済み				
	出願公開					
	特許権設定					
	ライセンス付与					
売上見込	売上高(千円)	0	60,000	320,000	580,000	1,320,000
	販売数量(単位を記載)		3 セット	16 セット	29 セット	66 セット
	売上高の根拠	※1: 量産化に向け、最終年度の成果を踏まえて量産設備を導入する。 ○売上根拠、理由 製品化当初は、実証試験の形で旭市と九州大学に設置する。2年ほどかけて有用性を実証しつつ、国や県を中心に、公共機関の防災設備として導入を提案する。実績作りを最優先し、当初より量産を意識した価格で販売する。 2020 年代にパネル月産 100 台(システム 15～30 セット)、利益率 20%程度の達成を目標とする。 ライセンス付与については、今後条件を検討するので、現時点では含めない。 特殊技研金属(株)では、事業拡大に伴う生産体制の整備のため、2018～2019 年度に設備投資 2500 万円と雇用 10 名及び社員研修の実施を予定している。				

【補助事業の成果に係る知的財産権等について】

今回得られた成果については、顧問弁理士と相談して、権利化が有効であると考えられる技術については届け出を行い、特許等が得られれば積極的にライセンス供与を行う方針である。

今回の SORC 開発に関しては、権利化されている特許は無いが、ソーラー水素蓄電システムに関するものとして、特殊技研金属(株)と九州大学が共同で、平成 26 年に下記 3 件の特許を申請し、平成 28 年にすべて登録された。

- ・特許第 6042385 号:「太陽光を利用した自動車用水素燃料供給器と電気自動車用充電器を備えた独立型のエネルギー供給施設」(国際特許も出願中:PCT/JP2015/053048)
- ・特許第 5989036 号:「太陽光の集光パネル」
- ・特許第 6042375 号:「太陽光エネルギーを利用した集光熱ボイラー装置」