

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03185

研究課題名(和文) 燃料電池モジュールの超コンパクト化に資する排熱その場回収法

研究課題名(英文) Study on heat recovery process within anode for downsizing fuel cell module

研究代表者

白鳥 祐介 (Shiratori, Yusuke)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：00420597

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：ペーパー触媒(PSC)配列により、改質反応場の反応・温度分布を制御する手法を確立した。PSCを充填した触媒プレート単セルに積層させたモジュールを開発し、10%加湿模擬バイオガスを供給して、電気炉温度800°Cにおいて、定電流試験(0.2 A cm^{-2})を行った。その結果、異なるPSCを燃料流れ方向に配列した均一な温度分布が得られる傾斜触媒反応場を適用することで、均一触媒反応場適用時に比べ、モジュール電圧の低下率を半減させることに成功した。上記成果を2つのセル間に触媒プレートを配置した2セルモジュールに拡張し、電流密度 0.8 A cm^{-2} 、燃料利用率70%において発電効率41%を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球規模での燃料電池の普及には、既存インフラを使用可能な炭化水素燃料で作動するシステムの開発が不可欠である。本研究では、ペーパー触媒技術を応用し、改質反応場の温度分布を自在に調整できる手法を確立し、改質機能をスタック内部に押し込めた新コンセプトの固体酸化物形燃料電池(SOFC)モジュールを開発したが、これにより、発電効率が高められると同時にコストも低減されるため、社会受容性の高い燃料電池システムの創出が期待される。特に、開発途上国や新興国にはバイオマス賦存量に富む地域が多く、バイオマス廃棄物由来のバイオガスを直接電気に変換できる燃料電池システムが開発されれば、世界の低炭素化に大きく貢献できる。

研究成果の概要(英文)：A method to control the reaction rate in a reforming domain for getting a desired temperature distribution was established by using the paper-structured catalyst (PSC) technology. Aiming at the development of a compact and highly-efficient solid oxide fuel cell (SOFC), one-cell module (single cell integrated with plate-type reformer) was designed and developed. PSC segments with uniform or graded arrays were packed in the reformer, and power generation tests of the one-cell module were conducted by feeding simulated biogas at the furnace temperature of 800°C and 0.2 A cm^{-2} . Graded PSC arrays leading to the uniform temperature distribution resulted in the twofold durability of the module compared to the uniform PSC arrays which caused strong temperature gradient at the fuel inlet side. This achievement was applied to the two-cell module (PSC-packed plate-type reformer sandwiched by two cells), and power generation efficiency of 41% was recorded at 0.8 A cm^{-2} (Fuel utilization 70%).

研究分野：工学

キーワード：エネルギー工学 固体酸化物形燃料電池 燃料改質 傾斜触媒反応場 内部改質 改質一体型モジュール

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球規模での燃料電池の普及には、既存インフラを使用可能な炭化水素燃料で作動するシステムの開発が不可欠である。作動温度が 600~800°C の固体酸化物形燃料電池 (SOFC) においては、Fig. 1(a)のように炭化水素燃料から水素を製造する改質器をスタックと同じ筐体内に収めた発電効率 45~50%を示す間接内部改質 (IIR) 型の SOFC システムがエネファームとして実用化されているが、さらなるコンパクト化とそれに伴う低コスト化を目指さねばならない。そこで、本研究では、改質機能をスタック内部に押し込めた Fig. 1(b)のコンセプトを提案した。当コンセプトが可能になったのは、研究代表者グループが紙形状の触媒構造体“ペーパー触媒 (Paper-Structured Catalyst (PSC))”の開発に成功したためである[1,2]。当コンセプトにより、発電時のスタックからの排熱を、その場で効率良く吸収して燃料改質に使用することができるようになり、発電効率が高められると同時にコストも低減されるため、社会受容性の高い燃料電池システムの創出が期待される。

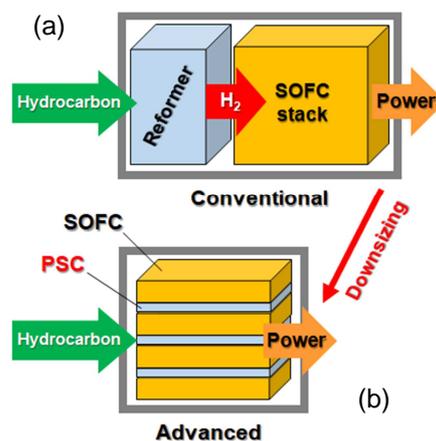


Fig. 1: Schematic illustration of SOFC system; (a) conventional, (b) concept of this study.

2. 研究の目的

燃料電池スタック部で発生する排熱を化学的に回収する手法を開発し、地球規模で普及可能なコンパクト SOFC モジュールの創出を目指す。炭化水素供給時に改質反応場に発生する温度分布や分圧分布を精度良く予測できる熱流体モデルを構築することで、熱の化学的吸収剤として局所的に適用することができる PSC 充填触媒プレートを開発し、これを、放熱分布を考慮して効率良く排熱回収できるようにスタックに取り付けた新コンセプト SOFC モジュールを得る。これらの取り組みにより、モジュールのダウンサイジングと発電効率 50%を達成する。

3. 研究の方法

ペーパー触媒 (PSC) の作製: Fig. 2(a)に示した Ni 担持ハイドロタルサイト (HT) 分散 PSC (Ni/HT-PSC) を作製し[2]、これを、改質一体型燃料電池コンセプト (Fig. 1(b)) の試験に用いた。

SOFC 単セル: 多孔質アノード支持体 (Ni-8% イットリア安定化ジルコニア (YSZ)) 上に電解質薄膜 (YSZ) を焼成した Fig. 2(b)の矩形型 SOFC セル (Elcogen 社製、セル面積: 30 x 60 mm²、電極面積: 20 x 50 mm²) を発電試験に用いた。

単セルモジュール: Fig. 2(b)の SOFC 単セルに PSC を充填した触媒プレートを重ね合わせた単セルモジュール (本研究で開発) の構成を Fig. 3 に示す。発電方式としては、IIR 型となる。触媒プレート (Fig. 3(b)) 内の PSC は、燃料流れ方向に 4 つのセグメントに分かれており、等間隔に配置した 17 本の熱電対により、改質時に発生する温度分布を測定できるようにした。ガスシールは、モジュールの構成部材間にマイカシートを挿入し、20 本のボルトにより締め付けることで行った。供給された燃料は、触媒プレートを通過し、生成した改質ガスが、折り返すようにセルのアノードに供給される。セル部において、燃料と空気は対向流となっている。

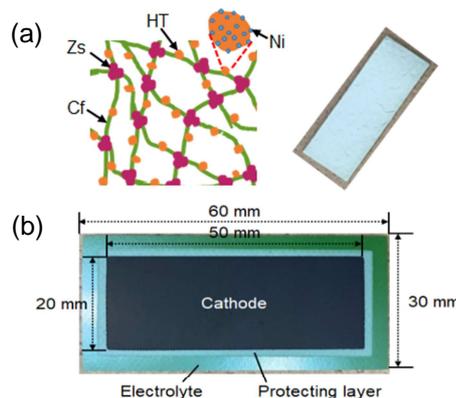


Fig. 2: (a) Ni-loaded HT-dispersed paper structured catalyst (Ni/HT-PSC) and (b) single cell of SOFC (anode-supported cell) used in this study.

2セルモジュール: スタック内に改質器を押し込めた構造を模擬するために、PSC を充填した触媒プレートの上に SOFC 単セルを設置した 2セルモジュールを開発した。モジュールの構成部材間にマイカシートを挿入し、4 つのセラミックスプリングにより締め付けることでガスシールを行った。供給された燃料は、触媒プレートを通過し、生成した改質ガスが 2 方向 (Top cell 側と Bottom cell 側) に分かれて折り返し、アノードに供給される。単セルモジュールと同じく IIR の発電方式であり、セル部において燃料と空気は対向流となっている。

発電試験: 上記の単セルモジュールあるいは 2セルモジュールを電気炉内に配置し、セル付近の温度が 800°C となるように電気炉温度を調節し、模擬バイオガス (CH₄/CO₂ = 1) 供給時の PSC 充填触媒プレートの温度分布およびメタン転化率の測定、四端子法による電流-電圧曲線 (I-V 曲線) の測定および定電流下での電圧モニタリングを行った。実験は、燃料流れ方向に同種の PSC を 4 つ配列した場合 (均一触媒反応場) と、異なる PSC を配列した場合 (傾斜触媒反応場) に対して行った。

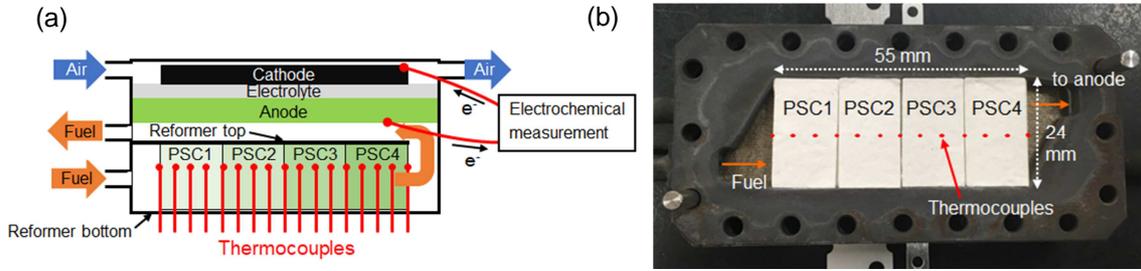


Fig. 3: One-cell module of Indirect Internal Reforming (IIR)-SOFC; (a) schematic illustration and (b) the reforming domain packed with paper-structured catalyst (PSC).

4. 研究成果

本研究では、SOFC に供給する燃料としてバイオガスを想定しており、メタン改質反応としてドライリフォーミング (DR) 反応 ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{H}_2 + 2\text{CO}$, $\Delta H_{298} = 247 \text{ kJ mol}^{-1}$) を考慮した。反応速度式は、Langmuir-Hinshelwood モデルの競争吸着式 (**Eq. (1)**) で表される[3]。

$$v = \frac{k_0 K_{\text{CO}_2} K_{\text{CH}_4} P_{\text{CO}_2} P_{\text{CH}_4}}{(1 + K_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2} + K_{\text{CH}_4} P_{\text{CH}_4})^2} \quad (1)$$

K_{CO_2} , K_{CH_4} は、 CO_2 および CH_4 の吸着平衡定数であり、温度のみの関数として与えられる。 P_{CO_2} , P_{CH_4} は分圧である。 k_0 は、**Eq. (2)** で表される反応速度定数である。

$$k_0 = A_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (2)$$

E_a , R , T および A_0 は、それぞれ、DR 反応の活性化エネルギー、気体定数、温度および頻度因子である。 E_a は、DR 反応の温度依存性から 77 kJ mol^{-1} と決定した。 A_0 は、PSC への Ni 担持量に依存するため、 A_0 と Ni 担持量の関係を実験的に求めておけば、**Fig. 3** の各 PSC セグメントの反応速度が等しくなる A_0 (すなわち各 PSC への Ni 担持量) を決定することができる。

A_0 と Ni 担持量の関係を取得するために用いた実験装置の模式図を **Fig. 4** に示す。PSC を充填した触媒プレート内に、17 個の熱電対を等間隔に設置し、模擬バイオガス ($\text{CH}_4/\text{CO}_2 = 1$) 供給時のプレート内部の温度分布を測定するとともに、電気炉上部に設置した熱画像カメラにより、プレート表面の温度分布も測定した。熱画像カメラにより取得した温度分布は、触媒プレート表面に設置した熱電対温度により補正した。**Fig. 4** の装置による実測結果を検証するために、本研究では、有限要素法 (FEM) ベースの汎用物理シミュレーションソフトウェア COMSOL Multiphysics (5.3a) を用いて、計算モデルを構築した。物質輸送は、拡散および対流を考慮した Stefan-Maxwell 式でモデル化し、それぞれのガス種 (CH_4 , CO_2 , CO , H_2 および N_2) に対して、自由流れの領域および多孔質体 (PSC) 内部で計算を行った。上記物質収支に加え、運動量保存を、自由流れの領域に対しては Navier-Stokes 式でモデル化した。PSC の領域に対しては、多孔質内流れで発生するせん断応力 (多孔質体の空隙率および透過率) を考慮した Brinkman 式を適用した[4]。**Fig. 4** の触媒プレートは、ステンレス (SUS316) 製のホルダー内に PSC を充填したものであり、熱バランスのモデル化の際は、流体および当ホルダー内の熱伝導およびホルダー表面からの輻射熱を考慮した。発熱項としては DR 反応の吸熱を考慮した。

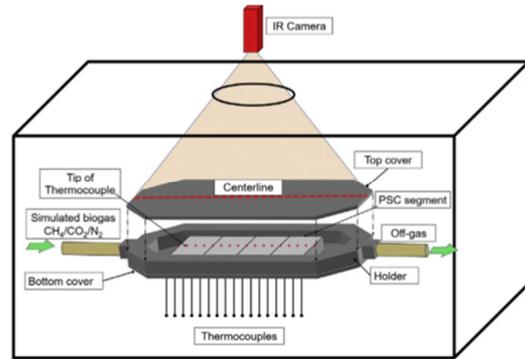


Fig. 4: Schematic illustration of the experimental setup to measure the temperature distribution inside and surface of the plate-type reformer packed with PSCs [4].

Fig. 4 の装置のホルダー内に、0.88 wt%Ni 担持の PSC (0.88 wt%Ni/HT-PSC) を 4 枚配列 (第 1~第 4 セグメント) して均一触媒反応場を形成した。当反応場に模擬バイオガス ($\text{CH}_4/\text{CO}_2 = 1$) を流してドライリフォーミング (DR) 試験を行った際の温度分布を **Fig. 5** に示す。(a)は、触媒プレート内部 (PSC 充填部) の温度分布、(b)は、触媒プレート表面の温度分布である。図には、上記のモデルによる計算結果も示したが、実測した温度分布に最も一致するよう A_0 を調整して得た結果である。燃料入口から 15 mm 以降で、触媒プレートの表面温度 (b) がプレート内部 (a) に比べて低くなるのは、電気炉上部に設置した熱画像撮影用のガラス窓から大気中への放熱が大きいためである。図のように、異なる 2 つのバイオガス供給量に対して、触媒プレートの内部および表面のいずれにおいても、計算モデルは、実測に一致する温度分布を出力した。燃料入口側の大きな温度低下は、DR 反応が入口側で集中的に生じていることを示しており、燃料入口から約 3 mm の地点で触媒プレート内の温度が極小となった。

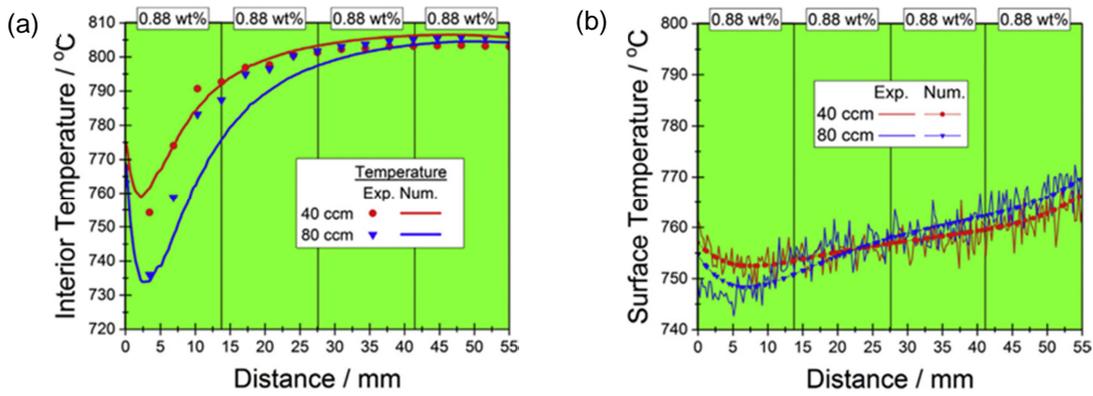


Fig. 5: Distributions of (a) interior and (b) surface temperatures of plate-type reformer packed with 0.88 wt% Ni/HT-PSC for every segments for 40 ccm ($\text{CH}_4/\text{CO}_2/\text{N}_2 = 40/40/100$ ccm) and 80 ccm ($\text{CH}_4/\text{CO}_2/\text{N}_2 = 80/80/20$ ccm) along fuel flow direction. The numerical mole fractions were extracted from the geometric centerline of the reformer [4].

異なる Ni 担持量に対して実験と計算を比較することで、PSC への Ni 担持量と A_0 の関係を得たが、この関係を用いることで、改質反応場に渡って反応速度が均一となるよう、各 PSC セグメントへの Ni 担持量を決定することができる。 $\text{CH}_4/\text{CO}_2/\text{N}_2 = 80/80/20$ ccm の燃料条件において、4 つの PSC セグメントで、同じ温度を得ようとする場合、第 1 から第 4 セグメントの Ni 担持量は、0.13 wt%、0.17 wt%、0.35 wt%、1.05 wt% と見積もられたので、実際に、これらの担持量で作製した Ni/HT-PSC を触媒容器内に配列して DR 試験を行った。結果を Fig. 6 に示す。触媒プレートの内部 ((a)) および表面 ((b)) のいずれにおいても、計算での予測にほぼ一致する温度分布が実測された。

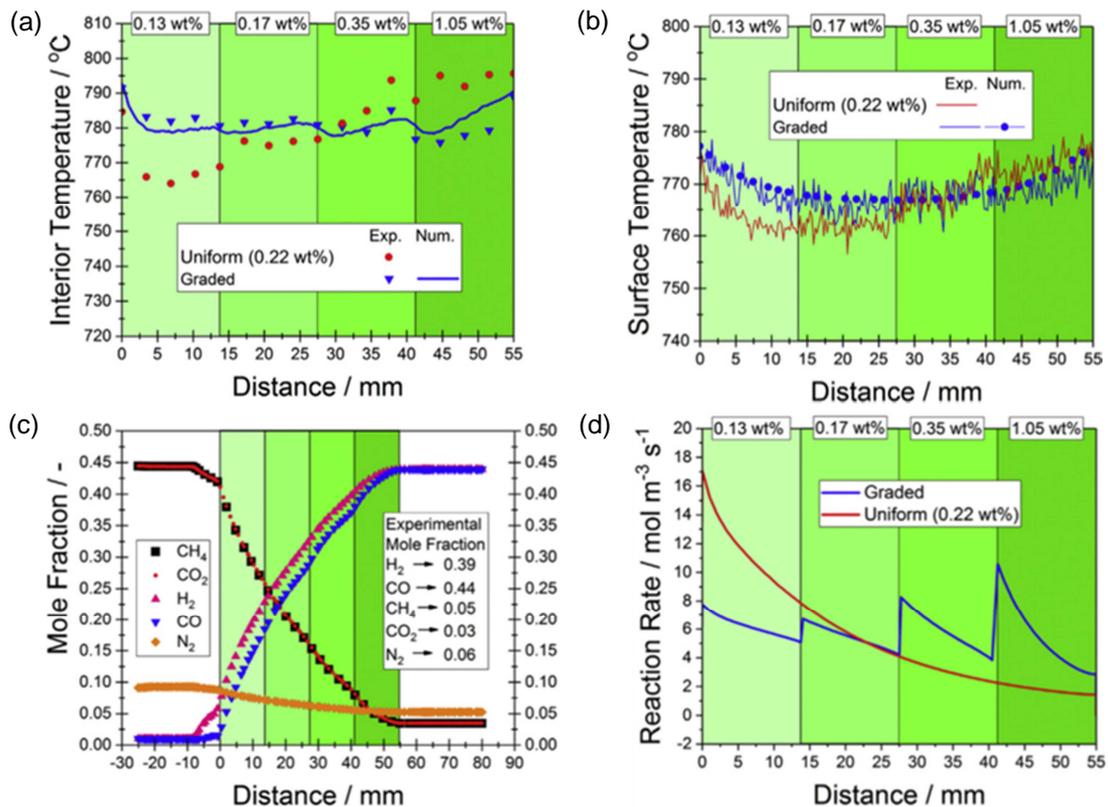


Fig. 6: Distributions of (a) interior and (b) surface temperatures of plate-type reformer packed with catalyst-graded Ni/HT-PSC segments (0.13 wt%-0.17 wt%-0.35 wt%-1.05 wt% from inlet to outlet), (c) mole fractions of gaseous species and (d) reaction rate of DR for 80 ccm ($\text{CH}_4/\text{CO}_2/\text{N}_2 = 80/80/20$ ccm) along fuel flow direction [4].

均一触媒反応場において平衡論的なメタン転化率を得るためには、少なくとも 0.22 wt% の Ni 担持が必要であることが分かっており、Fig. 6(a) および (b) の温度分布にはこの結果も示したが、PSC 技術を利用して傾斜触媒反応場を形成することにより、温度分布を均一化させることに成功した。温度分布を均一にすることは、Fig. 6(c) のように、反応物のモル分率の流れ方向の変化を直線的にすることに他ならないが、4 セグメントの場合は、反応速度分布を (d) のように制御することで、直線的な分圧分布を得ることができる。Fig. 6 の結果では、各セグメントの入口で温度が振動しているが、セグメント数を増やせば滑らかな温度分布を得ることができる。

以上、ペーパー触媒 (PSC) を充填した触媒プレートを開発し、PSC 配列を自在に調整することにより、望みの温度分布を得る手法を確立することができたので、評価対象を、触媒プレートから、触媒プレートに SOFC 単セルを積層させた Fig. 3 の単セルモジュールに拡張し、発電中の温度分布が均一になるような PSC 配列を採用した単セルモジュール発電試験を実施した。17 本の熱電対により、Fig. 6(a)と同様に、モジュール内部の温度分布の均一化を確認したが、供給した燃料が触媒プレートを通過後、折り返してセルに供給される箇所でもガスリークが生じていたため、内部構造の改善を行った。さらに、炭素析出を抑制する対策を施し (模擬バイオガス (CH₄/CO₂ = 1) を 10%加湿)、単セルモジュールの耐久試験を行った。模擬バイオガス (CH₄/CO₂/N₂/H₂O = 40/40/82/18 ccm) 供給時、電気炉温度 800°C における定電流試験 (@0.2 A cm⁻²) の結果を Fig. 7 に示す。“Uniform” は、均一触媒反応場 (4 つのセグメントすべてが 0.22 wt% Ni/HT-PSC)、“Graded” は、傾斜触媒反応場 (ガス入口側から、0.088 wt%-0.176 wt%-0.396 wt%-0.88 wt%) 適用時の結果である。傾斜触媒反応場の Ni 担持量が Fig. 6 と異なるのは、燃料を加湿したことによる。尚、10%加湿をしても、温度分布は無加湿状態からほとんど変化せず、DR 反応による温度分布の発生をモニタリングできることを確認済みである。Fig. 7(b)のように、発電試験開始から約 20 時間経過後、Uniform の電極過電圧が Graded に比べ緩やかに増大して行き、IR 損 (Fig. 7(c)) は、Uniform の場合にのみ、初期の約 10 時間で急激に増大し、その後も緩やかに増大し続けた。24~200 時間の劣化率 (セル電圧の低下率) は、Uniform の場合に 13.0%/1000 h であったが、Graded の場合には、6.04%/1000 h となり、半分以下に抑えられていた。定電流試験後、モジュールを解体して目視観察を行ったところ、Uniform の場合 (均一触媒反応場適用時) は、触媒プレートの改質ガス出口付近およびアノードの改質ガス入口付近において、局所的に酸素分圧が上昇したと思われる変化が見られ、セルの変形も生じていたことから、モジュール内部に強い温度勾配が発生してシールが破壊され、燃料・空気の混合が生じ、それにより過電圧や IR 損失が増大したと考えられる。一方、触媒機能を傾斜化した場合 (Graded) は、これらの事象は生じておらず、熱機械的な安定性の向上を確認した。

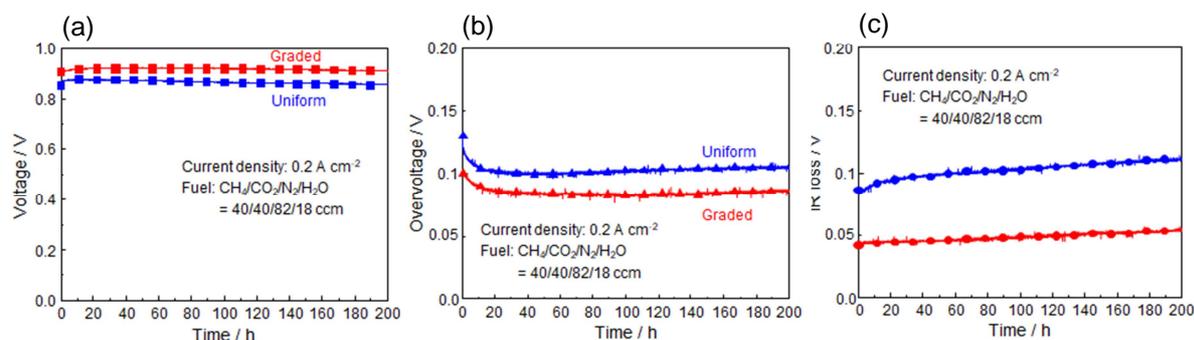


Fig. 7: Durability test of one-cell module of Indirect Internal Reforming (IIR)-SOFC for the uniform (0.22 wt% nickel loading) and graded reforming domains (0.088 wt%-0.176 wt%-0.396 wt%-0.88 wt% nickel loading from inlet to outlet); (a) cell voltage, (b) overvoltage and (c) IR loss [5].

触媒プレートを単セルに積層した改質一体型の SOFC を、触媒プレート内に充填した PSC の触媒機能を傾斜化することで、安定して作動できることを実験的に示すことができたので、当コンセプトを、2 つのセル間に PSC 充填触媒プレートを配置した 2 セルモジュールに拡張した。10%加湿模擬バイオガスを供給し、作動温度 800°C において、電流電圧特性を測定したところ、PSC 充填触媒プレートをセル間に配置することで、これを配置しなかった場合に比べて燃料利用率 (U_f) を高めることができることを確認し、 $U_f = 70\%$ において発電効率 41% を得た。この結果は、一般的な SOFC 実システムにおける定格電流密度 300 mA cm⁻² よりもはるかに高い 800 mA cm⁻² において得たものであり (本研究で使用したセルがラボスケールの小型セルであることに起因)、適切なセルサイズを選択して 300 mA cm⁻² 程度で作動し、過電圧ロスを低減させれば、目標の 50% を超える発電効率を達成できる成果である。以上、開発した単セルモジュールの構造上の課題を解決してスタックに拡張し、触媒プレート内部の PSC 配列、プレート配置位置およびスタック構造のデザインを行って革新的 2 セルモジュールを開発し、模擬バイオガス供給時に十分高い発電効率を得るに至ったので、今後は、システム化に向けた研究開発を進めて行く。

参考文献

- [1] Y. Shiratori, M. Sakamoto, *J. Power Sources* 332 (2016) 170-179.
- [2] Y. Shiratori, M. Sakamoto *et al.*, *Int. J. Hydrogen Energy* 40 (2015) 10807-10815.
- [3] N. Gokon, Y. Osawa, D. Nakazawa, T. Kodama, *Int. J. Hydrogen Energy* 34 (2009) 1787-1800.
- [4] Ö Aydın, Y. Shiratori *et al.*, *Int. J. Hydrogen Energy* 43 (2018) 17431-17443.
- [5] Ö. Aydın, Y. Shiratori *et al.*, *J. Electrochem. Soc.* 167(6) (2020) 064512.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 O. Aydin, G. Matsumoto, A. Kubota, D.L. Tran, M. Sakamoto, Y. Shiratori	4. 巻 167(6)
2. 論文標題 Performance and durability of one-cell module of biogas-utilizing SOFC equipped with graded indirect internal reformer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 64512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/1945-7111/ab812c	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
1. 著者名 O. Aydin, G. Matsumoto, A. Kubota, D.L. Tran, M. Sakamoto, Y. Shiratori	4. 巻 91 (1)
2. 論文標題 Indirect internal reforming SOFC accommodating graded-catalytic domain fabricated by paper-structured catalyst	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 1631-1640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/09101.1631ecst	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
1. 著者名 K. Sasaki, H. Nakajima, T. Kitahara	4. 巻 91(1)
2. 論文標題 Influence of carbon deposition on the current distribution in an anode-supported planar solid oxide fuel cell in-situ assessed by segmented electrodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 549-554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/09101.0549ecst	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 O. Aydin, A. Kubota, D.L. Tran, M. Sakamoto, Y. Shiratori	4. 巻 43
2. 論文標題 Designing graded catalytic domain to homogenize temperature distribution while dry reforming of CH ₄	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal Hydrogen Energy	6. 最初と最後の頁 17431-17443
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijhydene.2018.07.084	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9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 O. Aydin, G. Matsumoto, A. Kubota, D.L. Tran, M. Sakamoto, Y. Shiratori
2. 発表標題 Indirect internal reforming SOFC accommodating graded-catalytic domain fabricated by paper-structured catalyst
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVI) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本 豪、Ozgur Aydin、久保田 篤、D. L. Tran、坂本 美緒、白鳥 祐介
2. 発表標題 SOFCの小型化に向けたペーパー触媒一体型モジュールの開発
3. 学会等名 第28回SOFC研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笹木 康平、中島 裕典、北原 辰巳
2. 発表標題 分割電極によるアノード支持平板型SOFCの乾燥メタン直接供給加速劣化評価
3. 学会等名 第28回SOFC研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Sasaki, H. Nakajima, T. Kitahara
2. 発表標題 Electrochemical impedance spectroscopy analysis of carbon deposition in an anode-supported planar solid oxide fuel cell by segmented electrodes
3. 学会等名 236th ECS Meeting, Atlanta (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 O Aydin, A. Kubota, D. L. Tran, M. Sakamoto, Y. Shiratori
2. 発表標題 Functionally-graded catalytic domain for homogenizing temperature distribution along a plate-type dry CH4 reformer
3. 学会等名 Hydrogen Power Theoretical & Engineering Solutions International Symposium (HYPOTHESIS XIII) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本 豪、Ozgur Aydin、坂本 美緒、佐々木 一成、白鳥 祐介
2. 発表標題 ペーパー触媒一体型SOFCモジュールの開発
3. 学会等名 第27回SOFC研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笹木 康平、中島 裕典、北原 辰巳
2. 発表標題 分割電極測定によるアノード支持平板型SOFCの各部交流インピーダンス解析
3. 学会等名 第27回SOFC研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久保田 篤、Long Dang Tran、Ozgur Aydin、坂本美緒、佐々木一成、白鳥祐介
2. 発表標題 SOFCのコンパクト化と高出力化を目指した改質触媒プレートの開発
3. 学会等名 電気化学会第85回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久保田 篤、Long Dang Tran、坂本 美緒、佐々木 一成、白鳥 祐介
2. 発表標題 SOFC用改質触媒プレートの開発に向けた基礎研究
3. 学会等名 第26回SOFC研究発表会及び創立30周年記念講演会
4. 発表年 2017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	中島 裕典 (NAKAJIMA Hironori) (70432862)	九州大学・工学研究院・助教 (17102)	
研究協力者	アイディン エズギル (Aydin Ozgur)	Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, Abdullah Gul University	