

**研究拠点形成事業**  
**平成 29 年度 実施報告書**

A. (平成 26～29 年度採択課題用) 先端拠点形成型

**1. 拠点機関**

日本側拠点機関：	九州大学
(英国) 拠点機関：	インペリアルカレッジロンドン
(スイス) 拠点機関：	ポールシェラー研究所
(米国) 拠点機関：	マサチューセッツ工科大学

**2. 研究交流課題名**

(和文)： 高速イオン輸送のための固体界面科学に関する国際連携拠点形成  
(交流分野： 複合化学 )

(英文)： Solid Oxide Interfaces for Faster Ion Transport (SOFIT)  
(交流分野： Applied Chemistry )

研究交流課題に係るホームページ：<http://soifit.net>

**3. 採用期間**

平成 29 年 4 月 1 日 ～ 平成 34 年 3 月 31 日

( 1 年度目 )

**4. 実施体制****日本側実施組織**

拠点機関：九州大学

実施組織代表者 (所属部局・職・氏名)：九州大学・総長・久保千春

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授・松本広重

協力機関：東京工業大学

事務組織：国際部国際課

**相手国側実施組織** (拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。)

(1) 国名：英国

拠点機関：(英文) Imperial College London

(和文) インペリアルカレッジロンドン

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

(英文) Faculty of Engineering・Professor・KILNER John Anthony

協力機関：(英文) None

(和文) なし

経費負担区分 (A型)：パターン 1

(2) 国名：スイス

拠点機関：(英文) Paul Scherrer Institut

(和文) ポールシェラー研究所

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文) Material Group・Head of Group・  
LIPPERT Thomas

協力機関：(英文) None

(和文) なし

経費負担区分 (A型)：パターン 2

(3) 国名：米国

拠点機関：(英文) Massachusetts Institute of Technology

(和文) マサチューセッツ工科大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

(英文) School of Engineering・Associate Professor・YILDIZ Bilge

協力機関：(英文) None

(和文) なし

経費負担区分 (A型)：パターン 1

## 5. 研究交流目標

### 5-1. 全期間を通じた研究交流目標

イオン伝導性固体酸化物の界面 (Solid oxide interfaces) の構造・機能の解明を課題として、高速イオン輸送の実現を目指した国際研究交流を行う。今後のエネルギー社会において中心的な役割を果たす固体酸化物燃料電池や水蒸気電解、全固体電池に供するエネルギー材料科学に関する拠点形成を目指す。

『界面』は固体内の陽イオン・陰イオンの輸送の障害となり、エネルギー変換デバイスのパフォーマンスを律速する。しかし、界面の組成や構造がイオン輸送に与える影響は体系的には全く理解されていない。界面や表面の組成や構造の基本的な理解を先進的な実験・理論的テクニックによって明らかにし、材料中のイオンの輸送への影響や加速の可能性を明らかにすることが研究目標である。

これまでに築いてきた協力関係、および、イオン伝導性固体界面の分析・実験研究の先進性の観点からヨーロッパおよび米国の3機関をパートナーとして選択した。それぞれ特徴のある世界的に一線級の分析装置と材料の合成・実験施設を備え、その強力な連携により上記の複雑で難しいゴールの達成に挑む。

九州大学、特に WPI 拠点であるカーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 (I<sup>2</sup>CNER) が日本側の拠点となり本研究交流を実施する。若手研究者を派遣、滞在させる形で共同研究を進め、多機関での実験を体系的に行うことにより、共同研究の効率よい進捗とともに、若手研究者の国際的な経験と研究スキルの育成を図り、かつ、プロジェクト終了後の若手人材を主体とした国際研究拠点の形成を研究交流の目標とする。

## 5-2. 平成29年度研究交流目標

初年度においては、まず、具体的な研究協力体制や共同研究の内容と進め方、学術および拠点形成の観点からの最終目標などについて事前に行ってきた議論を進め、本拠点形成事業の研究期間を通じた活動内容について確認するとともに、活動を開始する。上記の議論は、九州大学において開催するキックオフ会議（平成29年6月）および月例会議において進める。日本側から3名の若手研究者をそれぞれ3ヶ月、交流相手国期間に派遣し、共同研究を進める。キックオフ会議に合わせて6月に日本においてセミナーを開催する。国内外から関連する研究者を招聘し、本事業の学術テーマである「界面イオニクス」に関する拠点形成の開始の周知を図る。

### <研究協力体制の構築>

交流相手国・拠点期間である英国・インペリアルカレッジ、スイス・ポールシェラー研究所、米国・マサチューセッツ工科大学に、日本側若手研究者をそれぞれ3ヶ月間派遣する（具体的な派遣先と研究内容は<学術的観点>に記す）。「固体酸化物セル材料」および「全固体リチウム電池」に関する共同研究を始動する。セミナー、会議を通じて、これらの研究方針・成果を参加5拠点の間、および、関連するコミュニティーとも共有し、「界面固体イオニクス」において世界をリードするグループの形成を図る。

### <学術的観点>

英国・インペリアルカレッジおよび米国・マサチューセッツ工科大学とは、固体酸化物セル（燃料電池、水蒸気電解）に用いる固体電解質・電極の界面（表面、粒界）に関する共同研究を開始する。学術研究員1名がインペリアルカレッジに派遣され、表面の精密分析の実験を実施する。もう一名の学術研究員がマサチューセッツ工科大に派遣され、粒界に関する電気化学的および分光学的実験を実施する。

英国・インペリアルカレッジおよびスイス・ポールシェラー研究所とは、全固体リチウム電池に関する共同研究を開始する。学術研究員1名をインペリアルカレッジに派遣し、固体電解質の電気化学的性質の解析を行うとともに、ポールシェラー研究所において放射光を使った分光測定を行う。

九州大学においては、上記テーマに関して、DFTによる計算機シミュレーションを実施し、界面構造の再現を試みる。

6月に九州大学においてセミナーを開催し、上記研究に関する基本方針や期待される成果

についての発表を行う。

以上により、共同研究に関してはまず、本事業で扱う研究内容や着眼点を明確にする。セミナーにおいては、本事業「界面イオニクス」の基本的概念やアプローチを内外に対して明確化する。

#### <若手研究者育成>

上述の通り、3名の若手研究者を交流相手国拠点機関に派遣する。若手研究者は、日本と相手国の双方で研究を実施し、また、セミナーや会議に主体的に関与する。このような活動を通じて、本事業の期間を通じては、若手研究者を主体とした、国内外にまたがる研究拠点の形成を目標とするが、まず初年度においては、若手研究者が、実際に相手国とともに研究活動を実施していく体制を形成する。

#### <その他（社会貢献や独自の目的等）>

本事業の実施に当たり、国内においては（一社）日本固体イオニクス学会との連携を図る。本事業の研究概念・テーマや研究内容、成果をセミナーおよび学会発表、日本固体イオニクス学会主催のセミナーを通じて発表していくことで、当該学会を通じた社会への成果発信を行う。

本事業の主体となる九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所（I<sup>2</sup>CNER）において、本事業をその中心的な活動の一つと位置づけ、他の国際共同研究活動（たとえば、米国 NSF-JSPS-PIRE プログラム、オーストラリアニューサウスウェールズ大学との大学間交流、他）とも相互に研究や連携状況を共有することで、総合的な国際研究連携を社会に発信し、土壌の形成を図る。

## 6. 平成29年度研究交流成果

(交流を通じての相手国からの貢献及び相手国への貢献を含めてください。)

### 6-1 研究協力体制の構築状況

本事業の全体会議を、6月(唐津)、11月(ロンドン)、2月(福岡)に合計3回開催し、本事業に参加する研究者の個別の研究内容、実験技術・装置・施設などに関する情報の共有と若手研究者の派遣を含む具体的な研究協力体制や共同研究の内容と進め方について合意、調整を図った。その結果、「固体酸化物セル材料」および「全固体リチウム電池」に関する拠点間の共同研究が開始され、「界面固体イオニクス」において世界をリードするグループの形成に向けた、研究協力体制の構築が確立されつつある。

共同研究の実際の進捗を図るために、交流相手国・拠点機関への若手研究者の派遣を行った。具体的には、当初計画した英国・インペリアルカレッジ、米国・マサチューセッツ工科大学への若手研究者の派遣を行った。また、6月に実施した全体会議(キックオフ会議)における討議の結果、「固体酸化物セル」の研究においてスイス・ポールシェラー研究所との間でも共同研究を行うことが有効であるとの結論に至り、ポールシェラー研究所に若手研究者の派遣を行った。さらに、本事業における研究の土台として「粒界・表面の構造モデルの構築」を九州大学で進め、次年度以降の研究協力における界面(粒界・表面)の統一した基礎的な洞察の確立に取り組んだ。

### 6-2 学術面の成果

「固体酸化物セル」に関しては主に以下の3つの共同研究が開始・進捗し、初期的な成果が得られた。英国・インペリアルカレッジとの共同研究においては、九州大学より Thoreton が派遣され、種々の温度条件および処理時間を経た(La,Sr)CoO<sub>3</sub>等の電極材料における表面の分析が実施された。その結果、ストロンチウム偏析に関して深さ方向の濃度分布の情報が得られた。一方、インペリアルカレッジにおいては、Kilner と Niania により、同電極材料の in-situ SEM(その場電子顕微鏡)観察が実施され、実際にストロンチウムの偏析が粒界→表面の順番で起きることが可視的に明らかにされた。これらの知見は、固体酸化物セルが作動時にさらされる高い温度、およびその経過時間により電極材料がどのように変化するかに関する情報を与えるものである。

スイス・ポールシェラー研究所との共同研究においては、九州大学より Ghuman が派遣され、プロトン伝導性酸化物の界面ひずみに関する実験、計算研究を進められた。すなわち、ポールシェラー研究所の Lippert はプロトン伝導性ペロブスカイトと酸化チタンを薄膜状に交互に積層した材料を合成し、その電気化学的特性がバルクとは異なることを見いだした。一方、九州大学から派遣された Ghuman はこの結果をもとに、同材料のヘテロ界面のコンピュータシミュレーションによる再現の手法検討を始めた。同年度においては、シミュレーションのパラメータ調整までが実施され、シミュレーションにおいて同界面の初期的なモデル構造の構築にこぎ着けている。次年度以降に実験との比較を行きから、実際の

な界面構造（原子配列・組成・金属の酸素配位数など）の構築を目指すベースを得ることができた。

米国・マサチューセッツ工科大学とは、九州大学より Klotz が派遣され、固体酸化物のインピーダンス分光法測定およびその光応答測定のセットアップを行った。測定システムの構築が完了し、テスト的測定に成功している。次年度以降、これを用いて粒界を持つ試料の評価を進める。

以上の長期派遣に加え、Staykov、Ghuman、博士課程学生の藤崎がマサチューセッツ工科大学を短期訪問し、金属酸化物粒界に関する実験および計算手法に関する共同研究を開始した。

「全固体リチウム電池」に関しては、東京工業大学より八島と博士課程学生の白岩がインペリアルカレッジにおいて、電解質となる金属酸化物を調べるうえで基礎となる結晶構造に関する研究に関する議論を行い、この議論をもとに、現在、東京工業大学において試料の結晶構造解析が進められている。インペリアルカレッジでは Kilner を中心としてガーネット等の電解質試料の原子レベルでのイオン伝導経路の特定に関する研究が開始された。今後、東京工業大学の八島らと共同で、バルクおよび粒界におけるリチウムイオン伝導の研究（特にイオン伝導パスの可視化）を進め同電解質の特性解明および界面の寄与の理解を図る。

「固体酸化物セル材料」および「全固体リチウム電池」共通の研究の土台として、九州大学では、安定化ジルコニアをモデル材用としてその粒界の電子顕微鏡観察を実施するとともに DFT・分子動力学による計算機シミュレーションを試みた。特に前者においては、多結晶における粒界の原子レベルでの像が得られ、界面構造の再現とモデル化という課題への第一歩が踏み出せた。今後、各拠点が扱う各材料に関する界面の構造モデル化に拡張を図る。

### 6-3 若手研究者育成

上述の通り、学術研究員である Thoreton、Ghuman、Klotz および博士課程学生である白岩、藤崎らの若手研究者の海外連携機関への派遣を行い、若手研究者の育成を図った。また、国内および英国において開催された全体会議にも若手研究者を参加させ、積極的な議論への関与を図った。

### 6-4 その他（社会貢献や独自の目的等）

国内においては（一社）日本固体イオニクス学会との連携、具体的には、同学会内における部会形成を計画したが、関係者より、まず、一般的な科学としての初歩的な成果を示すことが必要であるとの考えが示されたことから、上記成果をもとに連携に向けた準備を引き続き行う。セミナーを6月（唐津）および2月（福岡）において開催した。2月には、各拠点からの本事業の参加メンバーが、同時期に開催された九州大学カーボンニュートラ

ル・エネルギー国際研究所 (I<sup>2</sup>CNER) のシンポジウムに参加し、I<sup>2</sup>CNER および他の国際共同研究活動の成果発表に触れる機会を設けた。セミナーには、本事業メンバー以外の参加もあり、国際研究連携の形成に向けて、本事業の趣旨やそれに関するこれまでの知見や今後期待される成果が発信、共有できた。

#### 6-5 今後の課題・問題点

以上の取り組みを通じて本事業の目的である「イオン伝導性固体酸化物の界面 (Solid oxide interfaces) の構造・機能の解明」に向けた国際的連携拠点の形成について、連携体制の構築および学術的な取り組みにおいて、意義のある初年度の活動ができたと考えている。一方、初年度に整えた体制や実験手法の構築をより確実なものにしていくとともに、顕著な研究成果につなげて行くことが今後の課題である。

#### 6-6 本研究交流事業により発表された論文等

- |                               |     |
|-------------------------------|-----|
| (1) 平成29年度に学術雑誌等に発表した論文・著書    | 2本  |
| うち、相手国参加研究者との共著               | 0本  |
| (2) 平成29年度の国際会議における発表         | 3件  |
| うち、相手国参加研究者との共同発表             | 1件  |
| (3) 平成29年度の国内学会・シンポジウム等における発表 | 10件 |
| うち、相手国参加研究者との共同発表             | 3件  |
- (※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。)
- (※ 詳細は別紙「論文リスト」に記入してください。)

## 7. 平成29年度研究交流実績状況

### 7-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成29年度	研究終了年度	平成33年度
研究課題名	<p>(和文) 固体酸化セル高性能化に向けたイオン伝導への表面・粒界の影響に関する研究</p> <p>(英文) Effect of surface and grain boundary on ionic conduction toward high performance solid oxide cells</p>				
日本側代表者 氏名・所属・職	<p>(和文) 松本 広重・九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授</p> <p>(英文) Hiroshige MATSUMOTO・International Institute for Carbon-Neutral Energy Research・Professor</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・職	<p>(英文) YILDIZ Bilge・Massachusetts Institute of Technology・Professor</p>				
29年度の 研究交流活動 計画	<p>英国・インペリアルカレッジおよび米国・マサチューセッツ工科大学と、固体酸化セル（燃料電池、水蒸気電解）に用いる固体電解質・電極の界面（表面、粒界）に関する共同研究を開始する。蛍石型およびペロブスカイト型酸化物を選定し、その表面組成、粒界組成・構造と電極、電解質特性との相関を解明し、高速イオン輸送・反応の要因を明らかにする。</p> <p>学術研究員1名がインペリアルカレッジに派遣され、表面の精密分析の実験を実施する。もう一名の学術研究員がマサチューセッツ工科大に派遣され、粒界に関する電気化学的および分光学的実験を実施する。</p>				
29年度の研究 交流活動から得 られた成果	<p>英国・インペリアルカレッジとの共同研究において、種々の温度条件および処理時間を経た(La,Sr)CoO<sub>3</sub>等の電極材料における表面の分析によりストロンチウム偏析に関して深さ方向の濃度分布の情報が得られ、また、同電極材料のin-situ SEM（その場電子顕微鏡）観察によりストロンチウムの偏析が粒界→表面の順番で起きることが可視的に明らかにされた。これらの知見は、固体酸化セルが作動時にさらされる高い温度、およびその経過時間により電極材料がどのように変化するかに関する情報を与えるものである。</p> <p>スイス・ポールシェラー研究所との共同研究において、プロトン伝導性ペロブスカイトと酸化チタンを薄膜状に交互に積層した材料の電気化学的特性がバルクとは異なることが明らかとなった。この結果をもとに、同材料のヘテロ界面のコンピュータシミュレーションによる再現の手法検討が行われ、同界面の初期的なモデル構造の構築にこぎ着けた。</p>				

米国・マサチューセッツ工科大学との共同研究では、固体酸化物のインピーダンス分光法測定およびその光応答測定のセットアップを行った。測定システムが構築され、テスト的測定に成功している

**R-2** と共通の成果として九州大学において、安定化ジルコニアをモデル材用としてその粒界の電子顕微鏡観察を実施するとともに **DFT**・分子動力学による計算機シミュレーションを試み、特に前者においては、多結晶における粒界の原子レベルでの像が得られた。界面構造の再現とモデル化という課題への第一歩が踏み出せた。

整理番号	R-2	研究開始年度	平成29年度	研究終了年度	平成33年度
研究課題名	<p>(和文) 全固体二次電池に向けたリチウムイオン伝導への表面・粒界の影響に関する研究</p> <p>(英文) Effect of surface and grain boundary on lithium ion conduction toward high performance all solid secondary battery</p>				
日本側代表者 氏名・所属・ 職	<p>(和文) 石原 達己・九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授</p> <p>(英文) Tatsumi ISHIHARA・International Institute for Carbon-Neutral Energy Research・Professor</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職	(英文) KILNER John Anthony・Imperial College London・Professor				
29年度の 研究交流活動 計画	<p>英国・インペリアルカレッジおよびスイス・ポールシェラー研究所と、全固体リチウム電池に関する共同研究を開始する。固体電解質材料として期待されるガーネットを対象とし、学術研究員1名をインペリアルカレッジに派遣し、固体電解質の電気化学的性質の解析を行うとともに、ポールシェラー研究所において放射光を使った分光測定を行う。</p>				
29年度の研 究交流活動か ら得られた成 果	<p>インペリアルカレッジと東京工業大学は、電解質となる金属酸化物を調べううえで基礎となる結晶構造に関する研究に関する議論を行い、この議論をもとに、東京工業大学において試料の結晶構造解析が進められている。</p> <p>インペリアルカレッジでは <b>Kilner</b> を中心としてガーネット等の電解質試料の原子レベルでのイオン伝導経路の特定に関する研究が開始されており、今後、東京工業大学の八島らと共同で、バルクおよび粒界におけるリチウムイオン伝導の研究（特にイオン伝導パスの可視化）を進め同電解質の特性解明および界面の寄与の理解を図る。</p> <p><b>R-1</b> と共通の成果として九州大学において、安定化ジルコニアをモデル材用としてその粒界の電子顕微鏡観察を実施するとともに <b>DFT</b>・分子動力学による計算機シミュレーションを試み、特に前者においては、多結晶における粒界の原子レベルでの像が得られた。界面構造の再現とモデル化という課題への第一歩が踏み出せた。</p>				

## 7-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「第1回高速イオン輸送のための固体界面科学に関するワークショップ」 (英文) JSPS Core-to-Core Program “1 <sup>st</sup> Workshop/seminar on Solid Oxide Interfaces for Faster Ion Transport”
開催期間	平成 29 年 6 月 29 日 ~ 平成 29 年 7 月 1 日 ( 3 日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、福岡市、九州大学 及び唐津市、唐津ロイヤルホテル (英文) Japan, Fukuoka, Kyushu, Kyushu University and Japan, Karatsu, Karatsu Royal Hotel
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 松本広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授 (英文) Hiroshige MATSUMOTO・International Institute for Carbon-Neutral Energy Research・Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文) なし

### 参加者数

派遣先 派遣元	セミナー開催国 ( 日本 )	
	A.	B.
日本 〈人／人日〉	9 / 27	2
	1 / 3	1
スイス 〈人／人日〉	0 / 0	1
	10 / 30	4
英国 〈人／人日〉		
合計 〈人／人日〉		

A. 本事業参加者(参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者(参加研究者リスト以外の研究者等)

※日数は、出張期間(渡航日、帰国日を含めた期間)としてください。これによりがたい場合は、備考欄を設け、注意書きを付してください。

<p>セミナー開催の目的</p>	<p>スタートアップ会議と同時に開催し、本事業の中心的研究テーマである「界面イオニクス」に関する研究の方向性、研究拠点形成の意思を内外に示す。当該テーマに関してこれまでに研究を行ってきた研究社を国内外より招き情報の交換を行い、本事業の出発点を明らかにする。</p>		
<p>セミナーの成果</p>	<p>「界面イオニクス」は、これまでも様々なアプローチで検討されてきているが、未だ明確に確立されたものはなく、これまでの知見を集めること、本事業のアプローチを示すことで、本事業の出発点と目標やその妥当性を明らかにすることを企図して本セミナーを開催した。</p> <p>Fisher 博士 (JFCC)、多田准教授 (東工大)、雨澤教授 (東北大) を講師に迎えてそれぞれが講演を行った。本事業メンバーからは松田助教 (九州大) が講演を行った。内容は、粒界構造に関する MD シミュレーション (Fisher)、触媒反応に関するマルチスケールシミュレーション (多田)、固体酸化物電極反応に関する電気化学および XAFS 検討 (雨澤) およびジルコニア等双晶界面の TEM 観察 (松田) であり、本事業の前提となる研究内容やその可能性についての情報が集められ、また、これらの発表をもとに事業メンバーの間でも詳細な議論が行われた。全体を通して、当初の目的を十分達成し、本事業の方向性として粒界や表面の構造を知ることの必要性や、それと粒界・界面のイオン移動や表面反応との相関を調べることの妥当性がより明確となった。</p>		
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所がセミナーを主催した。</p>		
<p>開催経費 分担内容 と金額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容 セミナー開催経費 国内旅費</p>	<p>金額 644,664 円</p>
	<p>(スイス) 側</p>	<p>内容 外国旅費</p>	

整理番号	S-2
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「第2回高速イオン輸送のための固体界面科学に関するセミナー」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “Core-to-Core 2 <sup>nd</sup> Seminar/Workshop on Solid Oxide Interfaces for Faster Iron Transport (SOIFIT)”
開催期間	平成 30 年 2 月 7 日 ~ 平成 30 年 2 月 7 日 ( 1 日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、福岡市、九州大学
	(英文) Japan, Fukuoka, Kyushu, Kyushu University
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 松本広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授
	(英文) Hiroshige MATSUMOTO・International Institute for Carbon-Neutral Energy Research・Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文) なし

#### 参加者数

日本 〈人／人日〉	A.	21 / 26
	B.	2
英国 〈人／人日〉	A.	4 / 17
	B.	0
スイス 〈人／人日〉	A.	1 / 3
	B.	0
スペイン 〈人／人日〉	A.	0 / 0
	B.	1
ドイツ 〈人／人日〉	A.	0 / 0
	B.	1
合計 〈人／人日〉	A.	26 / 46
	B.	4

A. 本事業参加者（参加研究者リストの研究者等）

B. 一般参加者（参加研究者リスト以外の研究者等）

※日数は、出張期間（渡航日、帰国日を含めた期間）としてください。これによりがたい場合は、備考欄を設け、注意書きを付してください。

<p>セミナー開催の目的</p>	<p>当初、セミナーの開催は S-1 のみであったが、本抛定形成事業に関する情報収集、および本事業の国内外への周知に対して大変有効であり、特に立ち上げ時期の一年目の本年度においては、このようなセミナーをさらに開催し、さらに多くの研究者の間で、本事業の理念や目標を共有することが有意義であると考えられたことから、本セミナーを開催した。前セミナーでは、粒界や表面に関する基礎的な研究を集めたことから、本セミナーにおいては主に、本事業の出口となる応用面および新しい分析・測定手法に関する講演を集めた。</p>	
<p>セミナーの成果</p>	<p>佐多博士（ドイツ航空宇宙センター）、橋爪教授（九州大）、Serra 教授（バレンシア大）、山口教授（東京大）を講師として招き講演を行っていただいた。また、事業メンバーからは松田助教（九州大）および Skinner 教授（インペリアルカレッジ）が講演を行った。現状の最新の固体酸化燃料電池の性能やプロセッシング（佐多博士）、本事業で扱っているプロトン伝導性酸化物を用いた膜反応器の研究成果（Serra 教授）の講演は、これらのデバイスの有用性が示されるとともに、やはり電解質の界面が性能を押し下げている現状がよく理解され、本事業の有用性が確かめられた。山口教授の低温での界面プロトン伝導性の発表は界面の有効利用の点から興味深く、本事業の参考となった。また、松田助教、Skinner 教授からは、本事業で取り組んでいる粒界の観察および表面反応に関する研究進捗状況が報告され、本事業が順調に進んでいることとそのインパクトを発信できた。</p>	
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所がセミナーを主催した。</p>	
<p>開催経費 分担内容 と金額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容 招へい研究者に係る旅費、 金額 1,550,564 円 セミナー開催経費</p>
	<p>(英国) 側</p>	<p>内容 外国旅費</p>
	<p>(スイス) 側</p>	<p>内容 外国旅費</p>

7-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

共同研究、セミナー以外でどのような交流（日本国内の交流を含む）を行ったか記入してください。

日数	派遣研究者		訪問先・内容		派遣先
	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	内容	
1 日間	雨澤 浩史・東北大学多元物質科学研究所・教授	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	有識者として第1回ワークショップに参加	福岡
1 日間	多田 朋文・東京工業大学元素戦略研究センター・准教授	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	有識者として第1回ワークショップに参加	福岡
1 日間	Fisher Craig・ファインセラミックスセンター・主任研究員	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	有識者として第1回ワークショップに参加	福岡
3 日間	Thomas Lippert・Paul Scherrer Institut・Professor	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	今後の共同研究内容等について打ち合わせ	福岡
3 日間	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	有識者を含めての研究打ち合わせ	福岡
3 日間	石原 達己・工学研究院・教授	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	有識者を含めての研究打ち合わせ	福岡
3 日間	酒井 孝明・工学研究院・教授	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	有識者を含めての研究打ち合わせ	福岡
3 日間	渡邊源規・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・准教授	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	有識者を含めての研究打ち合わせ	福岡
3 日間	Ji Wu・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	有識者を含めての研究打ち合わせ	福岡
3 日間	八島 正知・東京工業大学理学院・教授	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	有識者を含めての研究打ち合わせ	福岡

日数	派遣研究者		訪問先・内容		派遣先
	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	内容	
3 日間	丹羽 栄貴・東京工業大学理学院・助教	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	有識者を含めての研究打ち合わせ	福岡
3 日間	Vincent Thoretton・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	有識者を含めての研究打ち合わせ	福岡
3 日間	Ghuman Kulbir・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	雨澤氏、多田氏、Fisher氏	有識者を含めての研究打ち合わせ	福岡
5 日間	Ghuman Kulbir・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員			MRS2017で” Doped Amorphous TiO2 as a Photocatalyst for Water Splitting” を発表	Boston, USA
5 日間	Thoretton Vincent・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員	John Kilner・Imperial College London・Professor	John Kilner・Imperial College London・Professor	Imperial Collge Londonでの全体会議に参加	London, UK
5 日間	Staykov Aleksandar・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・准教授	John Kilner・Imperial College London・Professor	John Kilner・Imperial College London・Professor	Imperial Collge Londonでの全体会議に参加	London, UK
5 日間	渡邊源規・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・准教授	John Kilner・Imperial College London・Professor	John Kilner・Imperial College London・Professor	Imperial Collge Londonでの全体会議に参加	London, UK
5 日間	Ji Wu・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員	John Kilner・Imperial College London・Professor	John Kilner・Imperial College London・Professor	Imperial Collge Londonでの全体会議に参加	London, UK
5 日間	松田潤子・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・助教	John Kilner・Imperial College London・Professor	John Kilner・Imperial College London・Professor	Imperial Collge Londonでの全体会議に参加	London, UK

日数	派遣研究者		訪問先・内容		派遣先
	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	内容	
5 日間	八島 正知・東京工業大学理学院・教授	John Kilner・Imperial College London・Professor	John Kilner・Imperial College London・Professor	Imperial Collge Londonでの全体会議に参加	London, UK
5 日間	藤井 孝太郎・東京工業大学理学院・助教	John Kilner・Imperial College London・Professor	John Kilner・Imperial College London・Professor	Imperial Collge Londonでの全体会議に参加	London, UK
5 日間	白岩 大裕・東京工業大学理学院・博士課程学生	John Kilner・Imperial College London・Professor	John Kilner・Imperial College London・Professor	Imperial Collge Londonでの全体会議に参加	London, UK
3 日間	Klotz Dino・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員	鹿園直毅・東京大学生産技術研究所・教授		研究打ち合わせ	東京、日本
5 日間	Klotz Dino・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員			MRS Fallに参加、情報収集	Boston, USA
5 日間	Perry Nicola Helen・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・助教			MRS Fallに参加、情報収集	Boston, USA
3 日間	松本広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授			第43回固体イオニクス討論会に出席	山形、日本
3 日間	Kwati Leonard・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員			第43回固体イオニクス討論会に出席、発表	山形、日本
1 日間	松本広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	八島正知・東京工業大学・教授		プロジェクトで扱っている材料であるの界面プロトン伝導体に関して研究打ち合わせ	東京工業大学

日数	派遣研究者		訪問先・内容		派遣先
	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	内容		
1 日間	寺山友規・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員	八島正知・東京工業大学・教授	プロジェクトで扱っている材料であるの界面プロトン伝導体に関して研究打ち合わせ		東京工業大学
1 日間	土師崇雅・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・博士課程学生	八島正知・東京工業大学・教授	プロジェクトで扱っている材料であるの界面プロトン伝導体に関して研究打ち合わせ		東京工業大学
1 日間	野村宗光・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・博士課程学生	八島正知・東京工業大学・教授	プロジェクトで扱っている材料であるの界面プロトン伝導体に関して研究打ち合わせ		東京工業大学
1 日間	松本広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	里川重夫・成蹊大学・教授	ゼオライトについて測定した導電率、IRの各データの理解に関して打ち合わせ		成蹊大学
1 日間	寺山友規・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員	里川重夫・成蹊大学・教授	ゼオライトについて測定した導電率、IRの各データの理解に関して打ち合わせ		成蹊大学
1 日間	土師崇雅・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・博士課程学生	里川重夫・成蹊大学・教授	ゼオライトについて測定した導電率、IRの各データの理解に関して打ち合わせ		成蹊大学
1 日間	野村宗光・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・博士課程学生	里川重夫・成蹊大学・教授	ゼオライトについて測定した導電率、IRの各データの理解に関して打ち合わせ		成蹊大学
1 日間	八島 正知・東京工業大学理学員・教授		公益社団法人日本セラミックス協会 2018年年度に参加		東北大学
1 日間	藤井 孝太郎・東京工業大学理学員・助教		公益社団法人日本セラミックス協会 2018年年度に参加		東北大学
1 日間	白岩 大裕・東京工業大学理学員・博士課程学生		公益社団法人日本セラミックス協会 2018年年度に参加		東北大学

日数	派遣研究者		訪問先・内容		派遣先
	氏名・所属・職名	氏名・所属・職名	内容		
9 日間	Staykov Aleksandar・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・准教授	YILDIZ Bilge・Massachusetts Institute of Technology・Associate Professor	今後の共同研究内容等について打ち合わせ	MIT	
9 日間	Kulbir Ghuman・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・学術研究員	YILDIZ Bilge・Massachusetts Institute of Technology・Associate Professor	今後の共同研究内容等について打ち合わせ	MIT	
9 日間	藤崎 貴也・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・博士課程学生	YILDIZ Bilge・Massachusetts Institute of Technology・Associate Professor	今後の共同研究内容等について打ち合わせ	MIT	
1 日間	Tuller Harry・Massachusetts Institute of Technology・Professor	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	今後の共同研究内容等について打ち合わせ	福岡	
2 日間	John Kilner・Imperial College London・Professor	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	今後の共同研究内容等について打ち合わせ	福岡	
5 日間	Aguadero Ainara・Imperial College London・Assistant Professor	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	今後の共同研究内容等について打ち合わせ	福岡	
5 日間	Skinner Stephen・Imperial College London・Assistant Professor	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	今後の共同研究内容等について打ち合わせ	福岡	
2 日間	Thomas Lippert・Paul Scherrer Institute・Professor	松本 広重・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・教授	今後の共同研究内容等について打ち合わせ	福岡	

#### 7-4 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

(※B. アジア・アフリカ学術基盤形成型は記載不要)

該当無し

## 8. 平成29年度研究交流実績総人数・人日数

### 8-1 相手国との交流実績

派遣先 派遣元	四半期	日本	英国	スイス	米国	合計
日本	1		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	2		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	3		8/49 (0/0)	1/48 (0/0)	3/80 (0/0)	12/177 (0/0)
	4		1/21 (0/0)	0/0 (0/0)	3/27 (0/0)	4/48 (0/0)
	計		9/70 (0/0)	1/48 (0/0)	6/107 (0/0)	16/225 (0/0)
英国	1	0/0 (1/2)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (1/2)
	2	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	3	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	4	4/17 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	4/17 (0/0)
	計	4/17 (1/2)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	4/17 (1/2)
スイス	1	1/3 (1/2)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	1/3 (1/2)
	2	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	3	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	4	1/2 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	1/2 (0/0)
	計	2/5 (1/2)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	2/5 (1/2)
米国	1	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)
	2	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)
	3	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)
	4	1/1 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		1/1 (0/0)
	計	1/1 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		1/1 (0/0)
スペイン (S-2有識者)	1	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	2	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	3	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	4	1/6 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	1/6 (0/0)
	計	1/6 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	1/6 (0/0)
ドイツ(S-2有識者)	1	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	2	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	3	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	4	1/5 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	1/5 (0/0)
	計	1/5 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	1/5 (0/0)
合計	1	1/3 (2/4)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	1/3 (2/4)
	2	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	3	0/0 (0/0)	8/49 (0/0)	1/48 (0/0)	3/80 (0/0)	12/177 (0/0)
	4	8/31 (0/0)	1/21 (0/0)	0/0 (0/0)	3/27 (0/0)	12/79 (0/0)
	計	9/34 (2/4)	9/70 (0/0)	1/48 (0/0)	6/107 (0/0)	25/259 (2/4)

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流した人数・人日数を記載してください。(なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。)

※相手国側マッチングファンドなど、本事業経費によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。

### 8-2 国内での交流実績

1	2	3	4	合計
12/30 (2/4)	0/0 (0/0)	3/9 (0/0)	15/26 (2/2)	30/65 (4/6)

## 9. 平成29年度経費使用総額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	2,747,097	
	外国旅費	5,742,903	
	謝金	42,000	
	備品・消耗品 購入費	1,001,392	
	その他の経費	4,318,702	
	不課税取引・ 非課税取引に 係る消費税	547,906	
	計	14,400,000	
業務委託手数料		1,440,000	
合 計		15,840,000	

## 10. 平成29年度相手国マッチングファンド使用額

相手国名	平成29年度使用額	
	現地通貨額[現地通貨単位]	日本円換算額
英国	26,961 [ポンド]	3,644,587 円相当
スイス	1,200 [スイスフラン]	133,728 円相当
米国	5,000 [米ドル]	548,850 円相当

※交流実施期間中に、相手国が本事業のために使用したマッチングファンドの金額について、現地通貨での金額、及び日本円換算額を記入してください。