

事業者からの発表資料

地球環境産業技術研究機構

テーマ②

「高炭素収率を特徴とするセルロース系バイオマスからのバイオ燃料ブタノールの製造」

【テーマ名】 高炭素収率を特徴とするセルロース系バイオマス からのバイオ燃料ブタノールの製造に関する研究開発

【所属・代表研究者名】 (公財)地球環境産業技術研究機構 バイオ研究グループ・乾 将行

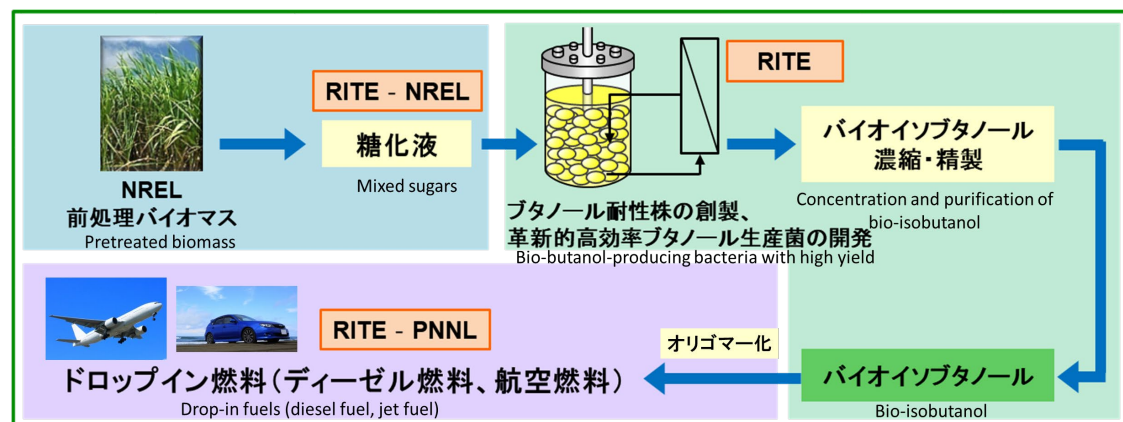
【海外連携機関】 (米)国立再生可能エネルギー研究所(NREL)
(米)パシフィック・ノースウエスト国立研究所(PNNL)

【概要】NRELのバイオマスの前処理・糖化技術と、地球環境産業技術研究機構(RITE)の増殖非依存型バイオプロセス、及びPNNLのアルコール類をオリゴマー化して航空燃料などのドロップイン燃料化する技術等を融合させ、セルロース系バイオマスからガソリン代替燃料やジェット燃料素材として利用可能なブタノールを生産する革新的な要素技術の開発を推進。

【特筆すべき成果】NRELから提供されたコーンストーバーの糖化液から高収率で高速な省エネ型ブタノール生産技術に目処(収率80%、生産速度2.1 g/L/hを達成し、回収エネルギー 4 MJ/kg達成)。
PNNLと連携しドロップイン燃料製造の化学触媒と反応最適条件の選定に成功。

【本プロジェクト成果の応用実績】

RITEが創製したブタノール高生産株を用いた国産初のバイオジェット燃料が完成し、これを搭載した国内フライトを実施(2021年2月4日のJAL319便(羽田発、福岡行))。



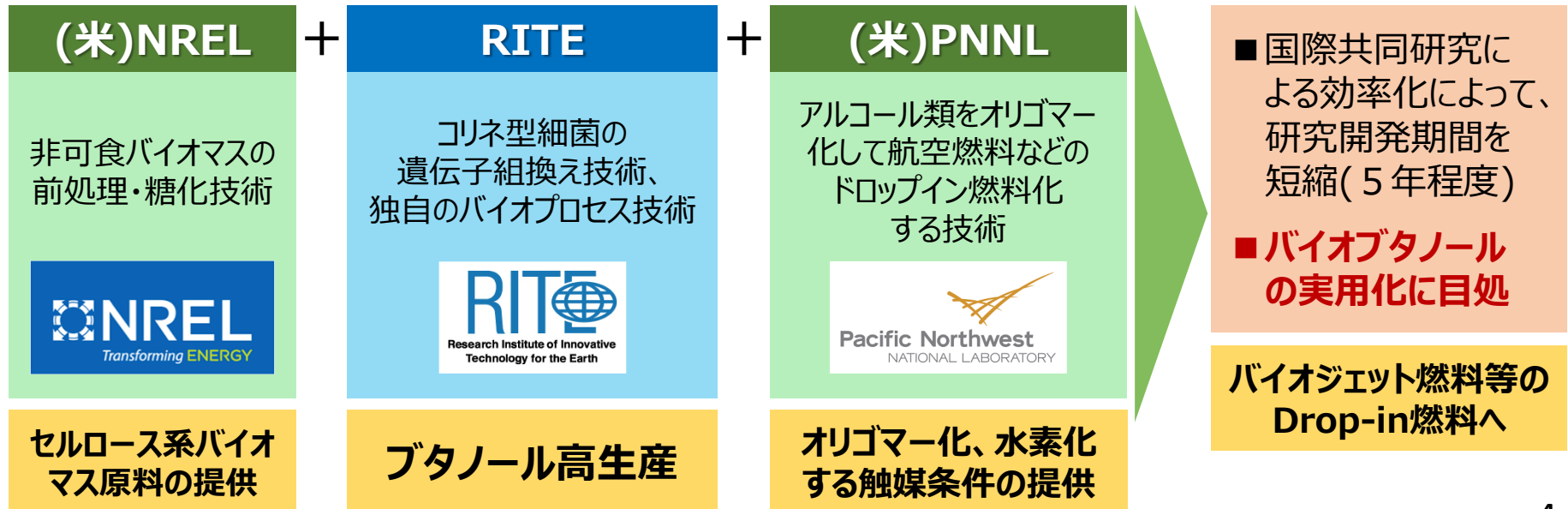
国際共同研究の果たした役割

■ (米)国立再生可能エネルギー研究所(NREL)

NRELからセルロース系バイオマス(コーンストーバー)由来の前処理物や実糖化液の提供を受け、これを用いたブタノールの生産を検証し、ブタノールの高生産を達成でき、研究を大きく加速できた(5年程度の期間短縮)。

■ (米)パシフィック・ノースウェスト国立研究所(PNNL)

NRELとの協力を通じてブタノールとエタノールが混在していてもドロップイン燃料化が可能であると判明した。非可食バイオマスに含まれる未利用酢酸からエタノールを生産させ、ブタノールとエタノールの混合物をオリゴマー化、水素化してドロップイン燃料化するための触媒反応条件に関する情報の提供を受け、研究を大きく加速できた(5年程度の期間短縮)。



国際共同研究事業で得られた経験・知見など

- それぞれの研究機関が保有する基盤技術や知財を融合・活用することで加速して一貫生産プロセスを構築できた。
- 両米国機関からは、今後、CO₂原料の直接バイオ利用技術や海洋プラスチック生分解技術等への新たな展開について提案をいただいた。
- 米国の研究機関(NREL, PNNL)から本事業に関わる有用な情報の他、今後の共同研究に繋がりうる上記の情報も得ることができ、本事業は非常に有益であった。

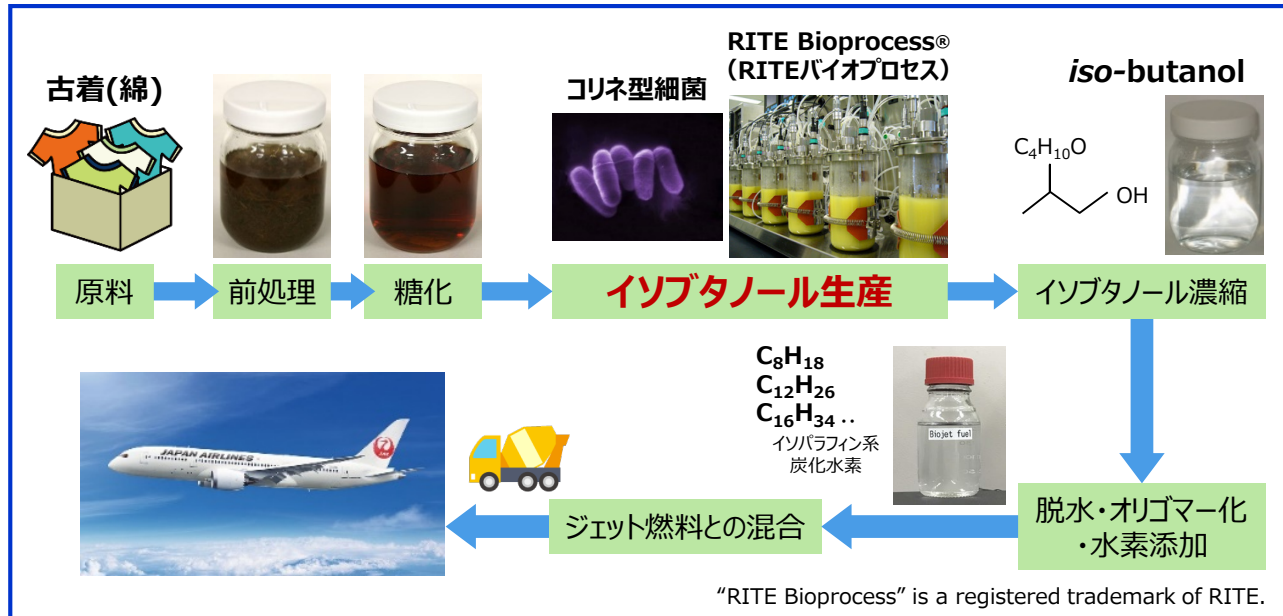
社会実装に向けた具体的取り組み状況

10万着で飛ばそう！

Fly for it!
一着なら、もっと飛べる。

JALバイオジェット燃料フライト

古着(綿)を原料とした、バイオジェット燃料の製造に挑戦



RITEの技術を利用し、古着から製造した日本初の純国産バイオジェット燃料を搭載したフライトが実施された (2021年2月4日 JAL319便 (羽田空港発、福岡空港行き))



産業技術総合研究所

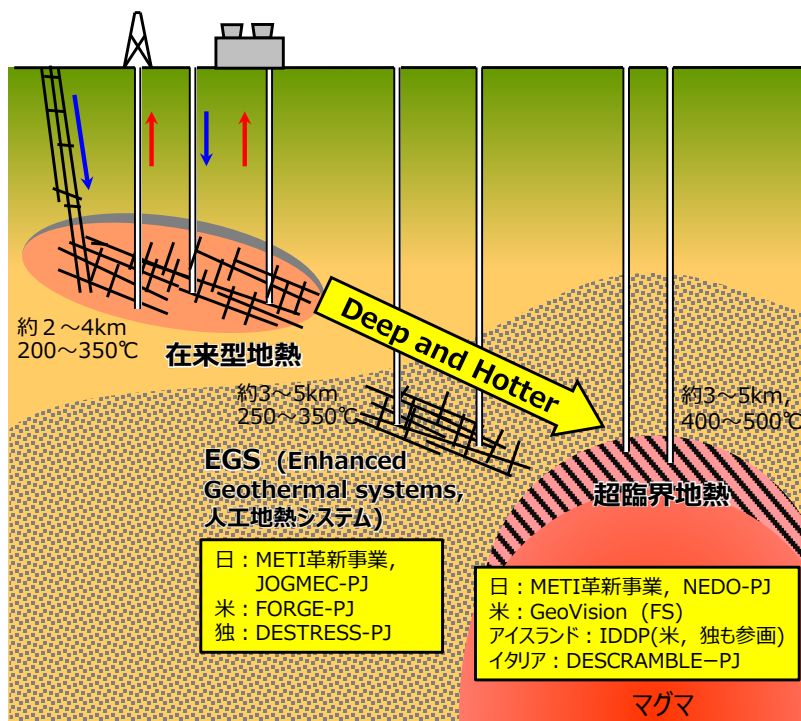
テーマ⑧

「超臨界地熱資源による革新的発電のための
坑内機器基礎技術・素材の開発」

テーマ⑨

「EGS設計技術による地熱発電可能地域の飛躍
的拡大」

地熱関連 2 課題の概要

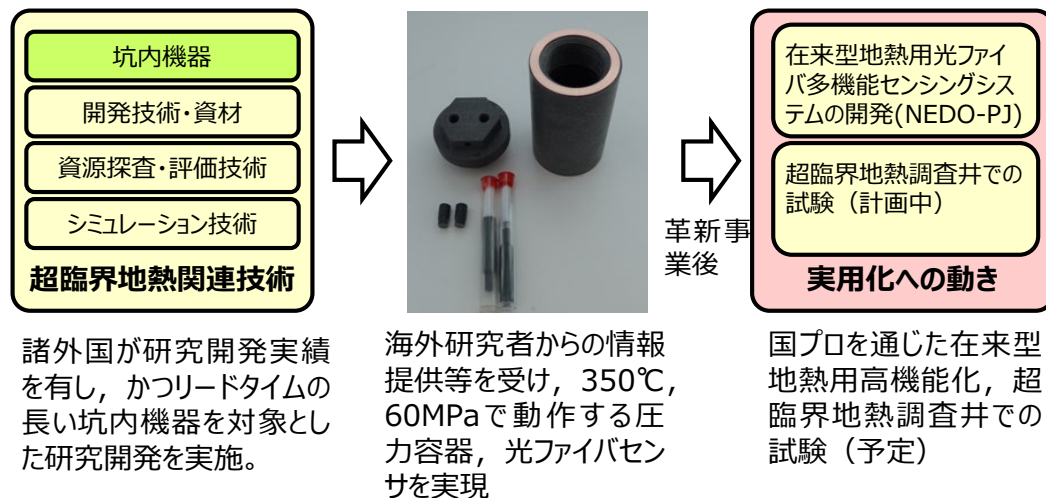


各国で研究開発されている地熱発電量を飛躍的増大可能な手法
① 高温の岩体中に人工的な地熱システムを造成し、開発可能地域を拡大する方式（EGS: Enhanced Geothermal Systems）

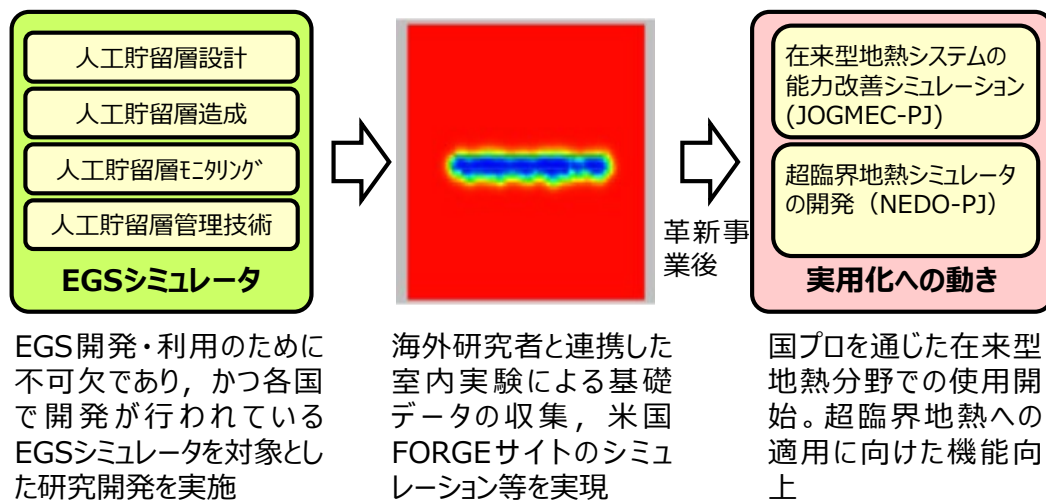
② 浅部マグマ上部に存在すると考えられている高温（400～500℃）の地熱システム（超臨界地熱システム）を開発する方式

→本事業ではEGSおよび超臨界地熱開発に実績を有する諸外国の研究者と連携し、研究開発を実施

テーマ⑧：超臨界地熱資源による革新的発電のための坑内機器基礎技術・素材の開発



テーマ⑨：EGS設計技術による地熱発電可能地域の飛躍的拡大



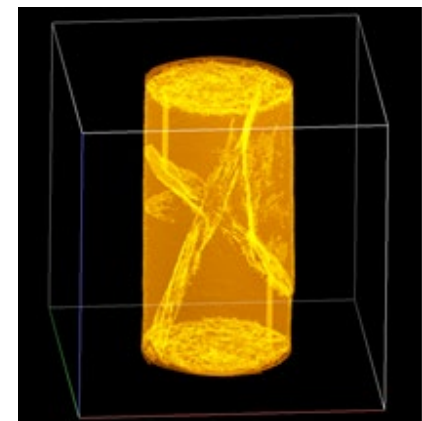
革新事業のメリット

テーマ⑧：超臨界地熱資源による革新的発電のための坑内機器基礎技術・素材の開発

- * 各国の国研等が実施した高温坑内機器開発に関する情報を入手できた（含：失敗経験）
- * 各国の高温地熱流体の物性に関する情報を入手できた
- * 高温用光ファイバ、シール材等の国外製造業者を紹介され、新たなコネクションができた（うち1社より光ファイバを購入）
- * 実証試験時における光ファイバの取扱い等に関する助言を得た

テーマ⑨：EGS設計技術による地熱発電可能地域の飛躍的拡大

- * 各国の国研等で実施してきた岩石滑り試験に関するノウハウを入手できた（産総研研究員が現地訪問し、共同実験・解析を実施）
- * 各国の国研等が開発してきたEGSシミュレータに関する情報、ノウハウを入手できた（一部からソースコードの提供有）
- * 他国で開発されたEGSシミュレータとの性能比較を行うことができた
- * 米国FORGEプロジェクトに関する最新情報を入手できた
- * 超臨界地熱シミュレータへの展開に関する助言を得た

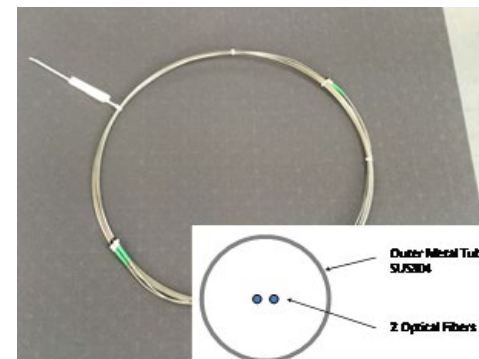


樹脂を使った破碎試験の結果
（米国研究者からの助言有）

地熱関連革新事業実施時に生じたトラブルと解決法

テーマ⑧：超臨界地熱資源による革新的発電のための坑内機器基礎技術・素材の開発

- * DOE, 米国国研との共同研究契約を締結できず, 相互に開示できる情報に制約が加えられた
→ 現場の研究者が最大限の柔軟性を発揮し尽力して実施した
- * 予算・納期の都合上, 400mの高温用光ファイバしか用意できなかった。
また, 米国FORGEプロジェクトの遅れにより, FORGEサイトでの坑内試験を実施できなかった
→ METIとも協議し, 国内地熱事業者の協力を得て, 国内で代替実験を行った



高温用メタルチューブ光ファイバ

テーマ⑨：EGS設計技術による地熱発電可能地域の飛躍的拡大

- * DOE, 米国国研との共同研究契約を締結できず, 相互に開示できる情報に制約が加えられた
→ 現場の研究者が最大限の柔軟性を発揮し尽力して実施した
- * 予算・坑井所有者からの許可等により, 国内地熱地域での実証試験を実施できなかった
→ METIとも協議し, FORGEサイトでのシミュレーション等により開発したシミュレータの妥当性を評価した
- * FORGEプロジェクトの遅れにより, 当該サイトに関する十分な情報の入手を行えなかった
→ 論文, 学会発表資料, 聞き取り等をもとに最大限情報を収集し対応した

国際共同プロジェクトに関する研究者サイドからの希望（一般論として）

- * 当該共同研究にかかる先方の費用（特にポスドク雇用費，旅費）を日本側で持てるような仕組みがあると，より迅速に大きな成果が得られると感じている（国内で外国人研究者を雇用し，長期出張という形で派遣するという選択肢もあったのかもしれない）
- * DOE国研との共同研究契約の課題が解消されれば，多くの成果が得られた可能性がある
- * 海外での状況の変化に応じて，予算を繰越しできる制度があれば，より柔軟にプロジェクトを遂行できると感じている
- * 事業受託者全者を含めた情報共有の場があれば，DOEへの対応等への解決策を見出せたかもしれないと感じている

東京大学

テーマ⑫

「革新的新構造太陽電池の国際共同研究開発」

革新的新構造太陽電池の国際共同研究開発

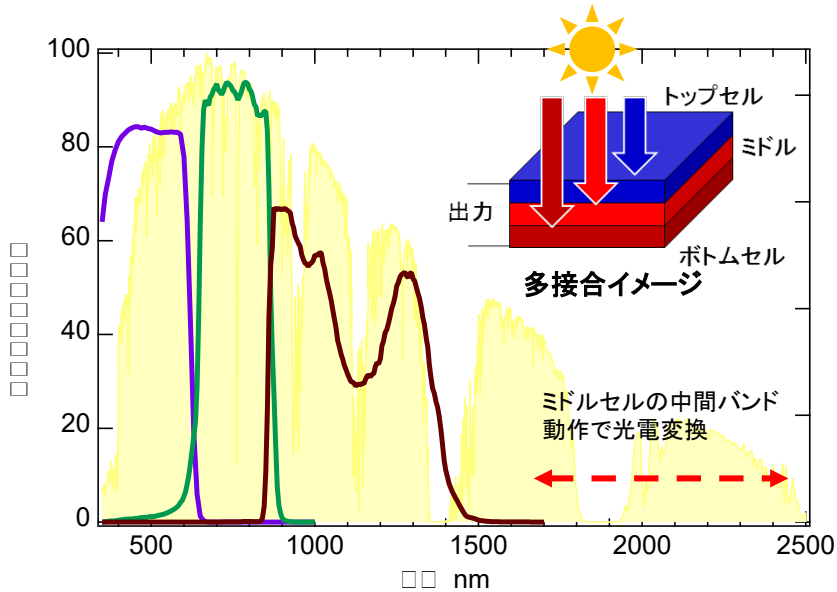
日本側:東京大学先端科学技術研究センター／フランス側:フランス国立科学研究センター(CNRS)・ボルドー大学

概要

軽量、フレキシブル化が可能な太陽電池で、多接合太陽電池(目標効率:30%)を構築し、移動体、建物、航空・宇宙など、従来よりも多様な環境で発電できるようにし、脱炭素社会への貢献を目指す。相手国の量子構造太陽電池評価技術や、ペロブスカイト太陽電池用有機材料技術などを活用し、研究開発を加速する。

狙い

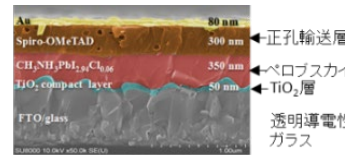
太陽スペクトルの波長域をうまく分割し、3種類のサブセル(ペロブスカイトセル, 量子構造化合物セル, コロイド量子ドットセル)で光電変換



開発したサブセルの分光感度(実測)

—:ペロブスカイト、—:化合物セル、—:コロイド量子ドット

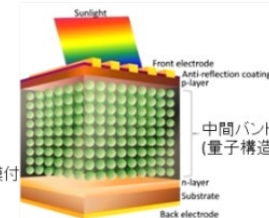
トップセル



(a) ペロブスカイトセル

ペロブスカイトセル
室温塗布で作製

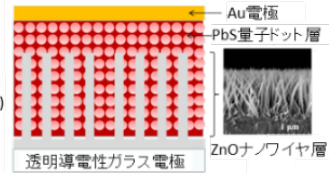
ミドルセル



(b) 量子構造セル

化合物(量子構造)セル
薄膜化技術で低コスト化

ボトムセル

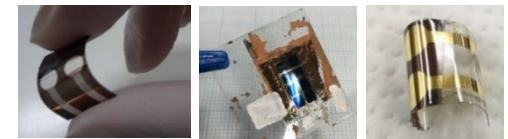
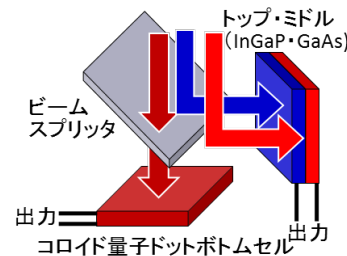


(c) コロイド量子ドットセル

コロイド量子ドットセル
室温塗布で作製

成果

- 理論計算で最適化した吸収領域で光電変換が可能なペロブスカイトセルとコロイド量子ドットセルを構築
- 化合物太陽電池とコロイド量子ドット太陽電池を用いた分光タンデムセルで、変換効率30%を実現
- 量子ドットで形成した中間バンドを組込んだ化合物セルで世界最高効率(31%)を実現

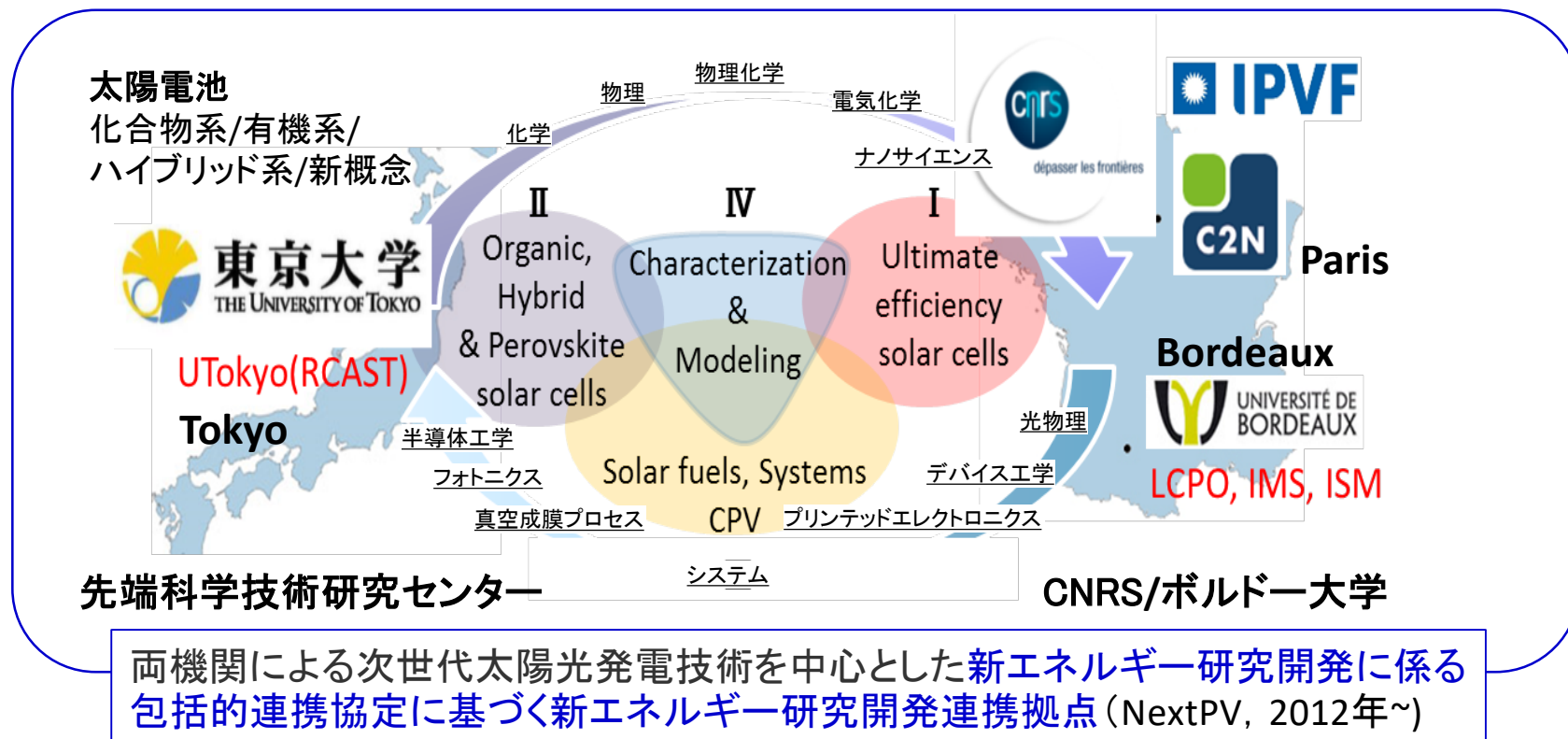


トップセル ミドルセル ボトムセル

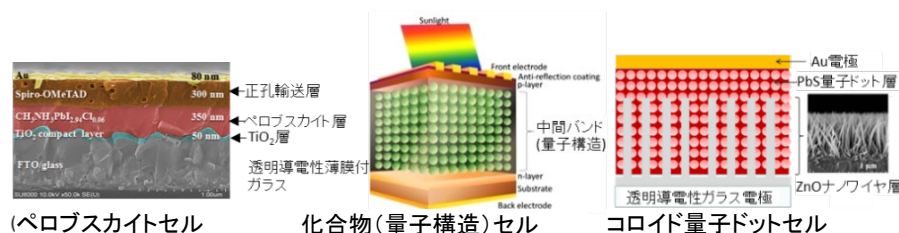
コンセプト検証用分光タンデムセル

作製した3種類のフレキシブルセル13

国際共同研究体制の特徴



- ◆ 包括的連携協定に基づく新エネルギー研究開発連携拠点 (NextPV)の一部を、本事業の枠組みとして活用できた。知的財産管理についても連携協定に準じた。
- ◆ 複数の異なる太陽電池分野の垣根を越えた研究開発が、本事業推進の鍵となった。



研究開発の加速

- ◆ 本事業により、異なる分野が参画できる横断的なテーマ構築
- ◆ 研究員の中長期派遣を実施でき、研究開発が効率的に進んだ。相手国からの研究員の中長期派遣を活性化。議論の場所を共有することの重要性を確認。

【例】

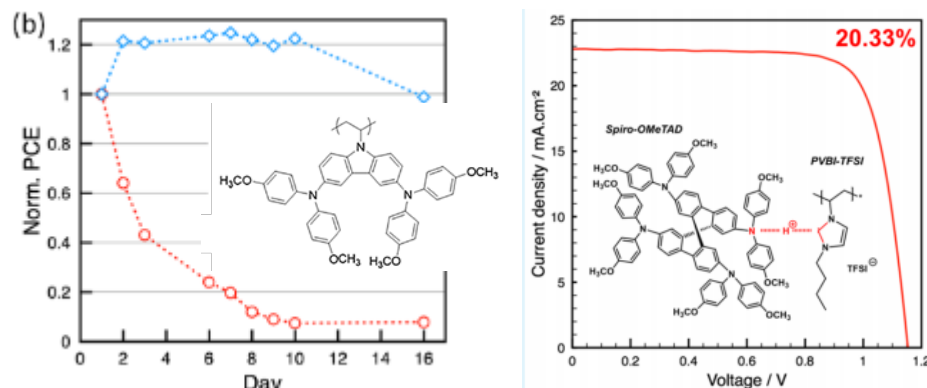
薄膜化合物太陽電池の高性能化

CNRS-IPVFが独自開発したフォトルミネセンスとエレクトロルミネセンスを用いたハイパースペクトルイメージング技術を利用した太陽電池性能の評価手法とノウハウを活用

ペロブスカイト太陽電池の高性能化/

コロイド量子ドット太陽電池の高性能化

有機半導体合成技術とフレキシブルデバイスの電気物性評価技術を活用



ペロブスカイトセルの高効率と高耐久化を目指した材料開発
(CNRS-LCPO、ボルドー大)

その他

- ◆ 国際共同研究の過程で、新しい研究開発テーマなどの発想効果
- ◆ 事業のアピール／Frédérique Vidal (Minister of Higher Education, research and innovation) 一行、仏科学技術高等研究院一行、vice-president of Bordeaux University 一行など

九州大学

テーマ①⑦

「高効率な水蒸気電解セルの開発と可逆動作可能な固体電解質燃料電池への展開」

International Institute for Carbon-Neutral Energy Research



高効率な水蒸気電解セルの開発と可逆動作可能な固体電解質燃料電池への展開

石原達己 ・ 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 (I²CNER)



KYUSHU UNIVERSITY



wpi

World Premier International
Research Center Initiative



JÜLICH
FORSCHUNGSZENTRUM

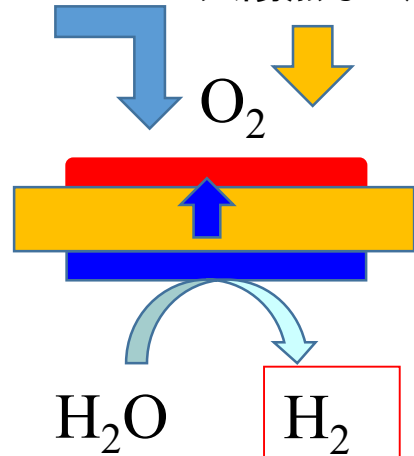
研究背景と成果の概要

社会的背景

水素は電気と同様にクリーンなエネルギーキャリアとして利用の拡大が期待されており、CO₂の削減効果が期待。水蒸気電解技術は、熱を利用する高効率な電解技術であるが、現状では800℃以上の過度に高い作動により、劣化や高温の熱源が必要などの課題が多い。本研究では起動が容易で、熱が得やすく、劣化しにくいと期待される中温作動型水蒸気電解セルを国際共同で開発。

本研究

再生可能エネルギー
未利用熱 (社会排熱、太陽熱など)



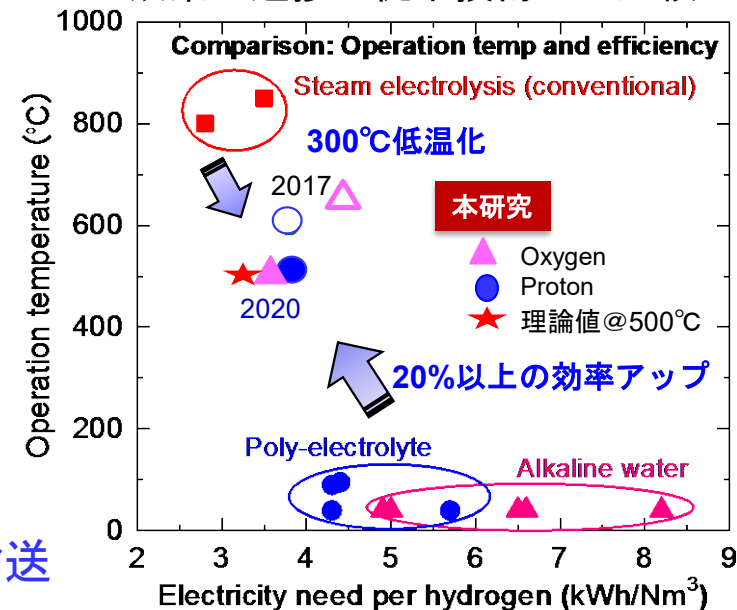
平準化・蓄エネ

中温作動では、内部抵抗が大きくなりやすく、高い効率を維持しながら温度の低下には、電解質の薄膜(Juelichと開発)と高性能電極材料が必要

時間と空間を超えて輸送

CO₂削減量(余剰電力使用)
1300~2000万トンCO₂削減

成果の進捗と従来技術との比較



Juelichとの共同研究で、酸素イオン、酸化物プロトン伝導セルともに10μm程度の薄膜作成に成功し、優れた電解性能の達成に成功(10年以上の期間短縮)。

国際共同の良かった点、メリット



ユリッヒ国立研究所



5900人以上が働くドイツのエネルギー関係の国立研究所で、産業界との強い連携の下での、実用化を視野に入れた燃料電池や太陽電池の研究を強力に推進

- ・より産業化に近い技術を、基礎的な視点で開発しており、今回は成膜に関して多くのノウハウを教えてもらえた。

- ・カウンターパートナーのIEK-1のメンバーが比較的、協力的で、派遣研究者を快く引き受けてくれるとともに、研究の推進に協力してくれた。

- ・通常では10年以上かかるとされる湿式法での成膜を行うことができ、研究が大きく加速できた。

- ・先方の研究所との人物交流を多く行うことができ、I²CNERとの組織連携にも有効であった。

湿式法によるセルの作成法と評価技術



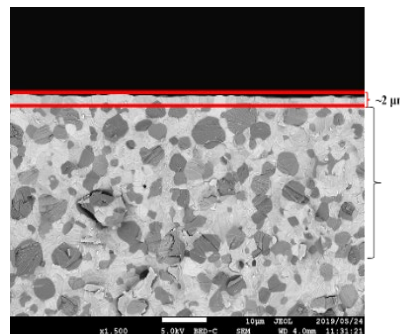
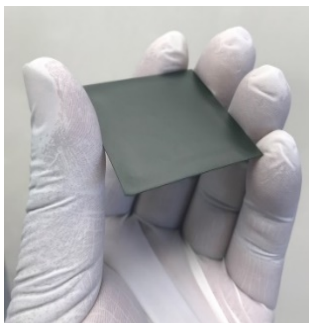
湿式法を用いるセルの作成にノウハウが豊富



訪問及び派遣の様子

トラブルと工夫

- ・大きなトラブルはなかったが、先方が国立研究所なので、研究員を派遣して、受け入れてもらうまでの、各種の誓約書等の提出が求められ、大変であった。とくに安全教育が1カ月近くあり、研究の進捗に遅れを生じた。
- ・サンプルの調製のための試薬の送付が、安全の管理のために大変であった。
- ・共同研究契約を結ぶために、交渉に時間を要し、実際の研究開始までにすこし時間を要した。双方の事務処理に時間がかかることを痛感した。
- ・先方の研究所が比較的、田舎にあったので、派遣された研究員は住居から研究所までの毎日の通勤が、比較的、大変であった。とくに実験で遅くなる時には、帰宅が大変であった。 自転車を購入して、何とかしのいだ。



今回の共同研究で作成した
BZCY薄膜セル

図スプレー法により作製したハーフセルの外観および断面SEM観察結果

この事業の良かった点など

- ・ある程度の期間、研究員を先方に派遣でき、短い訪問では得られない各種の技術や成膜に関するノウハウを得ることができた点は良かった。これはやはりある程度の派遣を可能にする資金の提供があったからと思う。
- ・研究費は主に、日本側のみであり、先方には提供が無かったので、派遣研究者が消耗品等を持参することが必要になり、試薬などの送付に時間がかかった。できれば、先方にも少なくてよいので、研究費を送ることができるにより強固な関係を築けたと思う。
- ・3回の訪問と2回の招聘を経て、先方との良好な信頼関係を築けたことは良かった。招聘にも経費を使えた点は良かった。今後、今回のプロジェクトを契機に、さらに発展的な関係を築けると考えている。
- ・できれば、せっかく始めた国際共同研究ではあるが、研究期間が3年と短いので、ステージゲートがあっても良いので、5年間は最低でも実施できるとさらによいと思う。また、研究費ももう少しあると、さらに長期の派遣も可能となり、まとまった研究を実施できて、さらに良いと思う。
- ・年度をまたいでの滞在が、難しく、年度を挟んでの経費の継続的な使用ができるとよいと思う。先方との経理年度がずれている点も、考慮がいるようである。

- ・これからは国際的な協働関係をいかに築けるかであり、この点で本制度は非常に有用であった。

また、若手研究員に海外の生活を経験させることができたのは人材育成の観点でも良かった。

- ・ドイツは安全教育に長い時間が必要で、また先方の経費で消耗品を買うと時間もかなりかかり、研究の進捗が遅れがちであった。

できれば、研究期間を少し長く取れると、滞在期間を長く取れるので、よいと考える。また継続性からも、研究期間がある程度、長いほうが良いと考えている。

- ・貴重な機会を頂け、Juelichの研究グループとの信頼関係が築けたことは、今後に向けて非常に有用であり、感謝します。

今後は、成果の論文としてのoutputを行っていく予定である。