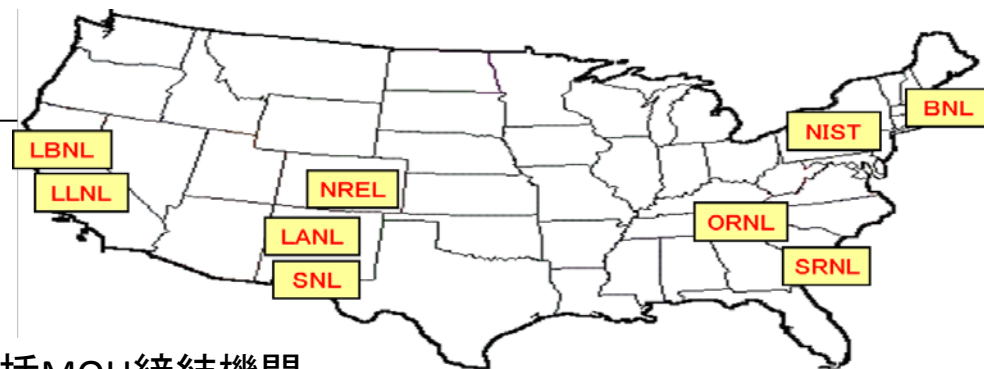


日米等エネルギー技術開発協力事業 ー産総研における実施概要ー

1. 実施概要、実施体制
2. 研究テーマと内容、成果
3. 米国等との連携状況
4. 今後の展開

本事業に関する日米国研間協力・アウトライン

- ・クリーンエネルギーに関する日米アクションプラン(2009. 11)の実行
→低炭素社会の早期実現のための研究開発加速を共同で実施する
- ・産総研の研究者が研究協力のため米国研究機関に長期滞在
- ・日米双方の研究者の連携強化を目的に、日米ワークショップを毎年度開催
 - 第1回:2010年6月、ニューメキシコ州サンディア国立研究所
 - 第2回:2012年2月、カリフォルニア州ローレンスリバモア国立研究所
 - 第3回:2013年3月、コロラド州国立再生可能エネルギー研究所
 - 第4回:2013年12月、カリフォルニア州サンディア国立研究所
 - 第5回:2015年2月、福島県郡山市
- ・包括的研究協力覚書:
事業開始当初からの包括MOU締結先(LANL、SNL、NREL、LLNL、LBNL、NIST)に加え、
SRNL、ORNLと包括MOUを締結(2015年5月にはBNLとも締結)
- ・LANLとは、日米が対等な共同研究契約
(ショート・フォームCRADA)を締結



包括MOU締結機関

事業の目的・概略

目的: 低炭素社会の早期実現を加速するための国際協力

- ・ 日米クリーンエネルギーアクションプランの実施
- ・ 日米等で互いの強みを活かし、協力することにより、この分野で世界をリード

基礎分野における、国際共同研究の構築と加速

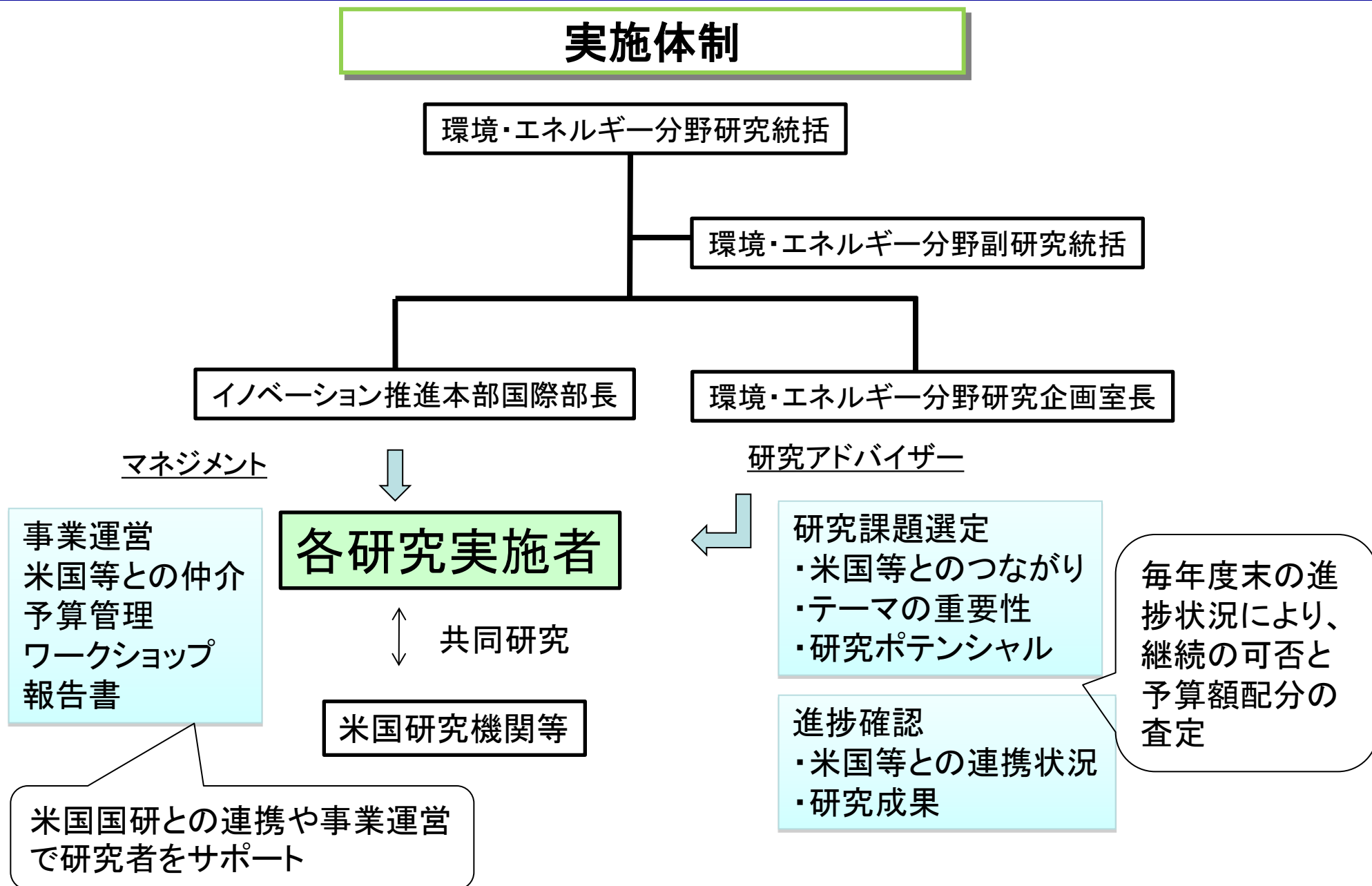
- 
- ・ 比較的協力しやすい基礎研究での協力構築からスタート
 - ・ 研究者を海外研究機関に派遣した上での共同研究の実施
 - ・ 単独では難しい研究を、日米等の得意な技術を合わせて研究を実施
 - ・ 国際標準化につながる成果の創出

2010～2014fy

将来的な協力体制の発展



- ・ **グリーンイノベーションの加速**
世界における新エネルギー産業の急速な発展への貢献
- ・ **持続型社会構築への貢献**



研究課題

◎研究課題の選定

- ・日米アクションプランに対応する内容で、産総研が米国等と相補的に取り組むことが可能な、クリーンエネルギー技術に関する、基礎的、先進的な技術分野
- ・米国国立研究所へ研究者を長期派遣し、共同で実験を行えるもの。
- ・選定基準: ①米国との連携状況②長期派遣③研究実績④実施計画の妥当性
- ・目標: 各テーマごとに個別目標を設定(資料6参照)

◎進捗確認

- ・毎年度末に進捗評価の上、追加・継続可否を議論

→H22年度17件、H23年度27件、H24年度25件、H25年度30件、H26年度29件



日米等エネルギー技術開発協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）

カテゴリー① 人工光合成

1	高効率CO ₂ 還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究	BNL
2	高圧二酸化炭素の光還元に関するプロセス化技術の開発	BNL
3	多核金属錯体のCO ₂ 多電子還元機構の解明	BNL

カテゴリー② 太陽光から水素を生成する色素増感太陽電池

4	色素増感起電力を利用した水分解水素製造	BNL
5	重水素化増感触媒の耐久性に関する研究	BNL

光触媒に関して、ブルックヘブン国立研究所（BNL）と組織的連携を実施。

カテゴリー③ ナノテクノロジーを利用した革新的エネルギー貯蔵または変換デバイス

6	共用施設相互利用によるナノエレクトロニクス、ナノ材料開発に関する研究	SNL
7	蓄電デバイス用ナノ電極材料の開発と電子状態解析	LBNL
8	ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料	ANL
9	ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発	ANL SNL
10	クラスター化学に基づく(光)エネルギー変換システムの研究	LBNL LLNL ANL

加速器など米国の研究装置・施設を活用し、相乗効果を創出

カテゴリー④ 燃料電池

11	高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究	LANL
12	クリーンアップ石炭ガス化ガスのためのSOFC燃料極開発	NETL

カテゴリー⑤ エネルギー関連材料の計算科学

13	水素生成光触媒電極の耐久性向上に関する研究	LLNL LBNL
----	-----------------------	--------------

カテゴリー⑥

先進バイオ燃料のための生物化学的および熱化学的変換プロセスの研究開発

14-1	非可食性バイオマスを原料とするバイオリファイナリー研究 ①細胞壁脆弱化・機械的ナノ解繊処理と糖化酵素によるセルロース分解挙動の研究	ORNL
14-2	非可食性バイオマスを原料とするバイオリファイナリー研究 ②糖化酵素生産糸状菌及び糖化酵素の高機能化研究	NREL
14-3	非可食性バイオマスを原料とするバイオリファイナリー研究 ③糖化酵素及び発酵阻害物質の効率的除去に関する研究	LBNL
15	脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究	PNNL
16-1	バイオ燃料の高度利用・標準化技術開発 ①新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析	LLNL
16-2	バイオ燃料の高度利用・標準化技術開発 ②バイオ燃料の物理的特性が噴霧発達機構に及ぼす影響解析	ANL

米国のバイオマス研究ネットワークとの連携

カテゴリー⑦ その他の再生可能エネルギー関連技術

17	再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究	SRNL
18	再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化物の活性化技術に関する研究	PNNL
19	水素容器・蓄圧器の特性評価・技術指針・規格化に関する共同研究	SNL

再生可能エネルギー導入加速につながる日米研究協力、および国際標準化への貢献

日米等エネルギー技術開発協力事業(クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発)

1	地熱エネルギー抽出量増大のための革新的技術の開発	LBNL,USGS(米),GFZ(独)
2	太陽電池の耐久性・信頼性と発電効率向上のための評価技術の開発	NREL,ヘルムホルツ研究所(独),フラウンホーファー研究所(独)等
3	再生可能エネルギー発電システム最適化のための評価技術の開発	NREL,SNL,産業科学技術研究所(SINTEF)(ノルウェー)等
4	熱電変換モジュールの性能評価技術の開発	ORNL,航空宇宙センター(独)等
5	大規模蓄電池に適した低インピーダンス計測技術の開発	NIST,LBNL
6	水素インフラ実用化に向けた高圧水素計量管理技術の開発	NIST,PTB(独)
7	バイオディーゼル燃料認証標準物質の開発	NIST等

国際共同研究プロジェクトにより、先進的なクリーン・エネルギー技術の迅速な確立を推進

これまでの主な研究成果

主要業績（2010～2014fy合計）

	総計
学会発表・講演	487
論文発表	245
特許出願(国内)	27
特許出願(外国)	5
1ヶ月以上の米国滞在者数(のべ人数)	43

- ◎米国への長期滞在等を通じ、緊密な協力体制のもとインパクトの高い成果を発表
- ◎当初の目標に対して十分な成果が得られ、全体としてはおおむね目標値を達成

【代表的研究成果①】

高効率CO₂還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究

【代表研究者】エネルギー技術研究部門 姫田 雄一郎【米国研究所】ブルックヘブン国立研究所

【目的】「CO₂固定化反応」と「水分解による水素発生」を組み合わせた人工光合成構築のために、常温常圧で作用する高性能な二酸化炭素還元触媒を見出す。



CO₂とギ酸の相互変換による水素貯蔵技術のイメージ

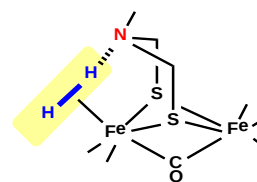
【成果】

「水中常温常圧でCO₂を還元し水素を貯蔵」かつ「高圧水素を供給」可能な新規高性能触媒を開発。これにより、従来触媒に比べてギ酸生成および分解反応速度がそれぞれ10倍以上向上。

【プレス等】Nature Publishing Group、産総研、BNLよりプレス発表され、新聞(朝日新聞(1面、38面)、日刊工業新聞、化学工業日報、日刊自動車新聞)、一般科学雑誌(Nature Highlight、Newton、現代化学、ガスレビュー、OHM)に掲載、原著論文が国際学術雑誌Nature Chemistry(IF:25.3)に掲載、ブルックヘブン国立研究所と共同で出願した国際特許が成立した。その他原著論文4、特許2、など、人工光合成の分野で日米で世界をリードできる極めて高いインパクトの成果を上げている。

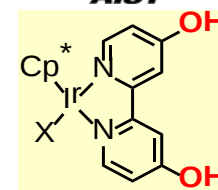
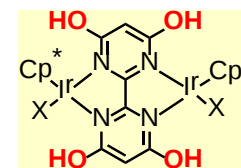


MOU締結



水中常温常圧で水素を貯蔵・高圧水素の供給可能な触媒を開発

両所の知見の融合



産総研の持つ基本特許

BNLとの共願特許

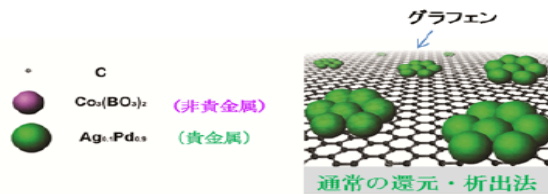
【代表的研究成果②】

再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化物の活性化技術に関する研究

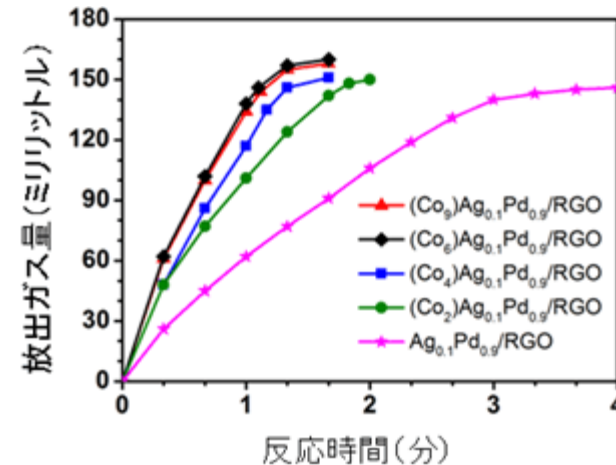
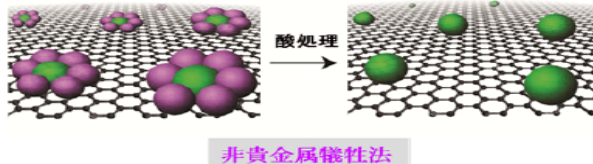
【代表研究者】電池技術研究部門 徐 強【米国研究所】パシフィックノースウェスト国立研究所

【目的】再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化物の活性化技術の高度化・高性能化を目指して、超微細な金属ナノ粒子触媒の固定化法を開発する。

【従来法】



【非貴金属犠牲法】



グラフェン上へ貴金属ナノ粒子触媒の固定化法

固定化された触媒によるギ酸分解・水素放出速度

【成果】

- 二溶媒法や非貴金属犠牲法を開発し、超微細な金属ナノ粒子触媒の均一な固定化に成功。
- アンモニアボランやギ酸からの水素発生反応において、触媒の活性・耐久性が大幅に向上。ギ酸において、不均一系触媒で最も高い触媒活性を実現。

【プレス等】日経産業新聞、財経新聞で報道され、研究成果は米国化学会誌 Journal of the American Chemical Society に掲載され、産総研第1回論文賞を受賞し、注目を集めた。

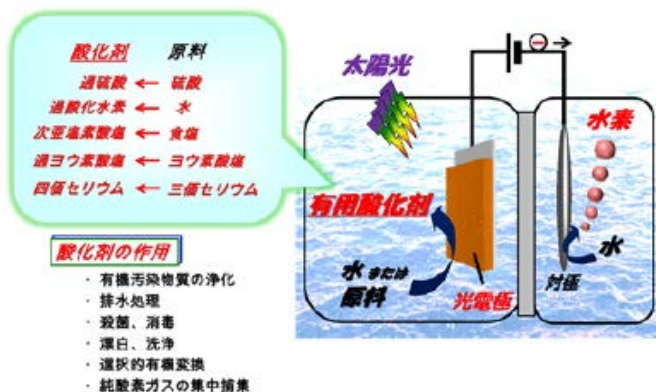
【今後】本研究で開発された技術は、水素エネルギー社会実現に寄与し、さらに環境やエネルギー技術に応用可能な多様な材料に展開することが期待される。

【代表的研究成果③】

色素増感起電力を利用した水分解水素製造

【代表研究者】エネルギー技術研究部門 佐山 和弘【米国研究所】ブルックヘブン国立研究所

【目的】半導体光電極水素製造と安価な色素増感セルを一体化したタンデムシステム「色素増感水素製造システム」の性能向上の研究開発を行う。



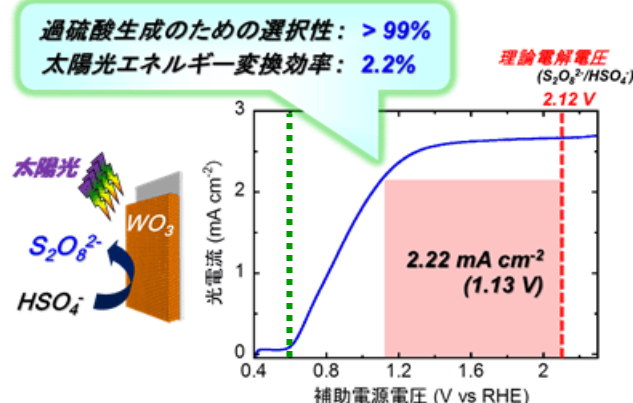
太陽光と光電極による高付加価値な酸化剤と水素の製造

【成果】

- 一体型システムで、水素への太陽エネルギー変換効率(STH効率)として世界最高の4%を達成。
- 水素製造と同時に、さまざまな高付加価値の化学薬品を効率良く製造する技術を開発。
- ほぼ100 %の選択性で過硫酸へ変換。太陽光エネルギー変換効率(ABPE効率=2.2 %)を達成。

【プレス等】日刊工業新聞等で報道され、研究成果は学術論文誌ChemSusChem (8, 1593–1600, 2015)に掲載され、注目を集めることができた。

【今後】太陽光エネルギーを利用することで水の電気分解の電解電圧を著しく低減しながら、水素と多様な有用化学薬品を同時に製造できる技術であり、有機汚染物質の浄化、排水処理、漂白、殺菌、選択的有機変換等の様々な分野で、経済性の高い新規プロセスとしての実用化が期待できる。



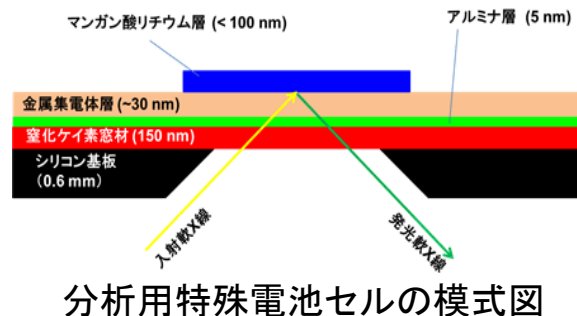
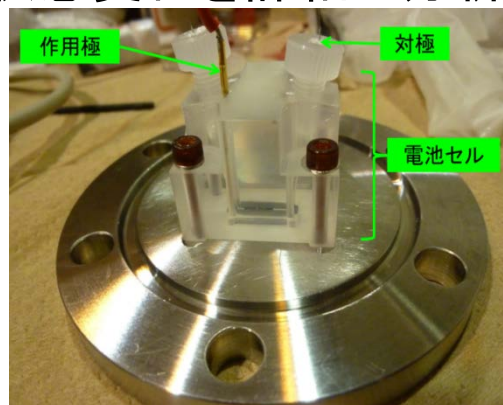
WO₃光電極による水素と過硫酸製造の電流電圧特性

【代表的研究成果④】

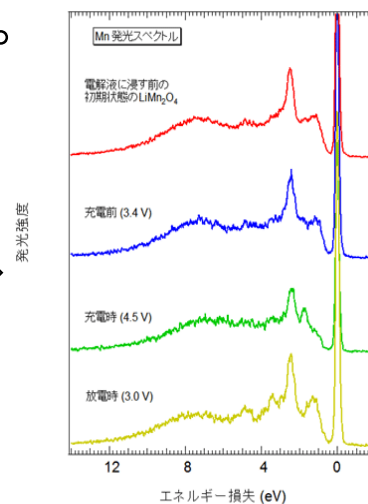
蓄電デバイス用ナノ電極材料能の開発と電子状態解析

【代表研究者】エネルギー技術研究部門 周豪慎【米国研究所】ローレンス・バークレー国立研究所

【目的】ナノ電極材料の詳細な電子状態解析を実施し、さらに、得られた知見を基に高性能材料の開発を目指す。さらに、リチウムイオン電池が充放電しているときの電極材料の電子状態変化を詳細に分析することが可能な測定手法を確立する。



● 充放電動作中分析



マンガン軟X線発光分光法の結果

開発した動作中分析用特殊電池セル

【成果】

- 充放電反応に対して不活性な原子サイトを特定し、元素置換によって新規高容量電極材料を創出。
- 動作中分析用特殊電池セルを開発し、充放電中の正極材料の詳細な電子状態を詳細に解明。

【プレス等】化学工業日報、日刊工業新聞で報道され、研究成果は国際電気化学会の速報誌 Electrochemistry Communications (50, 93–96, 2015) に掲載され、注目を集めることができた。

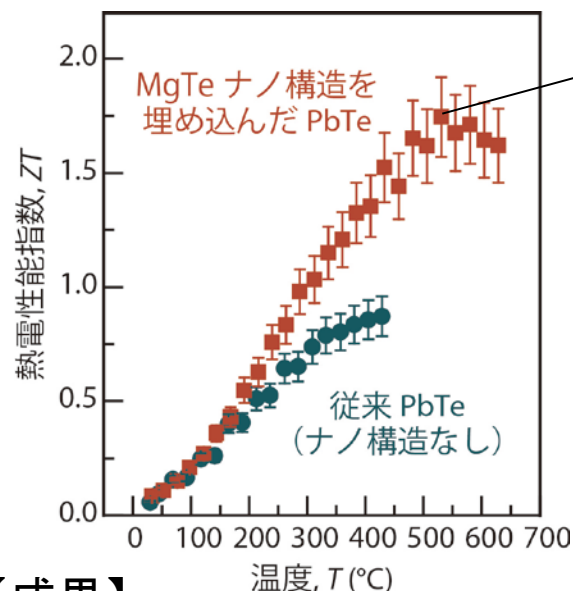
【今後】本技術によって得られる電子状態の情報から、電極材料の大容量化、高電位化、低コスト化、サイクル特性の改善に向けた開発指針が効率的に導かれると期待される。

【代表的研究成果⑤】

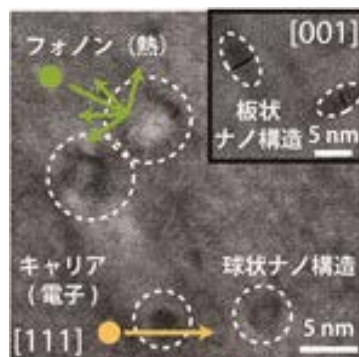
ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料

【代表研究者】省エネルギー研究部門 山本 淳 【米国研究所】アルゴンヌ国立研究所

【目的】未利用熱エネルギーの電力活用技術として、ナノ構造制御による高性能熱電変換材料の開発を行う。

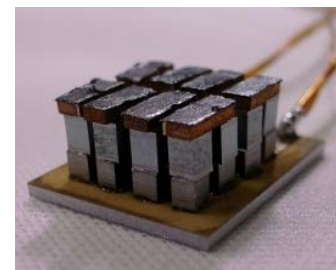


ナノ構造の埋め込みにより
 $ZT = 0.9 \Rightarrow 1.8$ に向上



メカニズム

モジュール化技術開発



変換効率11 %を達成

【成果】

- ナノサイズのマグネシウム・テルライドを鉛テルライド焼結体に埋め込む形成技術確立。
- ナノ構造形成により、材料の熱電性能指数 $ZT = 1.8$ 、熱電変換モジュールの変換効率11 %を達成。

【プレス等】日刊工業新聞、日刊産業新聞、化学工業日報、電気新聞で報道され、研究成果が学術論文誌Energy & Environmental Science, (Impact Factor 20.523)のオンライン版に掲載された。

【今後】開発した熱電変換モジュールの長期耐久性と機械的特性の向上に関する研究開発と産業界での実証実験を実施して、5年以内に実用化を目指す。

米国等との連携の具体的状況

①(本事業予算による)研究者の往来状況

日本からの派遣人数 → 329名

日本への招へい人数 → 38名

・長期*派遣機関数: 11国立研究所

(ロスアラモス、ローレンスバークレー、ローレンスリバモア、ブルックヘブン、国立再生可能エネルギー、サバンナリバー、パシフィックノースウエスト、エネルギー技術、サンディア、オークリッジ、アルゴンヌ)

* 1ヶ月以上

双方向の共同研究体制
構築の取り組み

②米国研究機関の日米協力用予算獲得への働きかけ

- ・米国研究者のDOEへの予算申請(White Paper作成)への協力
- ・米国研究者の各研究所内での予算獲得にも協力

研究者間の情報収集ネット
ワーク、信頼関係を構築

③日米ワークショップ

- ・日米研究者の新規マッチング
- ・各テーマの進捗確認

各テーマの研究協力推進
のための取り組み

ワークショップの開催と連携構築

毎会計年度、米国または日本において、日米双方の研究者(本事業の日本側実施研究者およびそのカウンターパートである米国研究者を主とする)が集うワークショップを開催。

目的：研究協力の円滑な進行と進捗の確認、連携の強化を全体で行う

- 第1回 【開催日】 2010年6月2日～4日
【開催地】 ニューメキシコ州アルバカーキ
【米国側ホスト研究機関】 サンディア国立研究所
- ・事業発足直後の方向性の確認
 - ・新規(追加)での協力構築のための日米研究者のマッチング
- 第2回 【開催日】 2012年2月13日～15日
【開催地】 カリフォルニア州プレザントン
【米国側ホスト研究機関】 ローレンスリバモア国立研究所
- ・各共同研究テーマの進捗状況の確認
 - ・招待講演者を交えての、今後のクリーンエネルギーに関する全体討論と意見交換



Group Photo of LLNL WS
(Feb.14, 2012)

ワークショップの開催と連携構築

- 第3回** 【開催日】 2013年3月12日
【開催地】 米国コロラド州ゴールデン
【米国側ホスト研究機関】 米国国立再生可能エネルギー研究所
- ・ショートフォームCRADAの締結状況を確認
- 第4回** 【開催日】 2013年12月13日
【開催地】 米国カリフォルニア州リバモア
【米国側ホスト研究機関】 サンディア国立研究所
- ・今後のCRADA締結に向けた日米両国の意見交換を継続することで合意
 - ・2015年度以降に日米で新たな後継プロジェクトを立ち上げるための議論継続で合意
- 第5回** 【開催日】 2015年2月26日
【開催地】 福島県郡山市
【日本側ホスト研究機関】 産業技術総合研究所(福島再生可能エネルギー研究所)
- ・再生可能エネルギー関連技術の研究開発を中心に、来年度以降の日米クリーンエネルギー研究協力の深化に向けた協力のあり方について議論

共同研究体制の整備

問題点 米国国研との共同研究契約(CRADA)では、成果の扱いが非対称になってしまう



共同研究を円滑かつ**対等**にすすめるための枠組みを整備

米国優先の条項を修正し、対等な共同研究契約となる

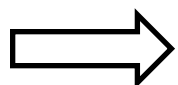
“Short Form CRADA”として、本国研間協力のために新規策定

2013年3月1日～2013年8月31日の間、LANLの間でショート・フォームCRADAを締結。

→ 締結にはDOE地域オフィスの承認が必要などの課題

①経済産業省とDOE間で、日米科学技術協力協定第2条第3項に基づく**IA(実施取決め: Implementing Arrangement)**を締結し、

②その下で、産総研とDOE研の間で**PA(プロジェクト取決め: Project Arrangement)**の締結を目指す



2015年4月にIAを締結

本事業の出口イメージ

◎ 日米双方向の本格的な国際共同研究へ発展

- 国際連携強化により、クリーンエネルギー新技術に関する基礎科学分野の研究を実施
- 双方向の人材交流により研究体制を構築

◎ 対等な立場での国研間協力の構築

- 対等なCRADA整備により、将来の国内外技術移転を模索
- IA締結(2015.04)

◎ 低炭素社会の早期実現のために有意義な成果を多数創出

- 基礎科学分野で世界をリードする研究成果の創出

◎ 革新的エネルギー技術国際共同研究開発事業に発展

- 本事業からの発展テーマとして8件が採択され、さらなる国際連携強化を実施

地熱、リチウムイオン電池、熱電変換材料、太陽電池、水素・有用化学品、グリッド

事業実施に伴う波及効果

本事業の実施に伴い生じている波及効果(実施研究者の声)

- ・欧米の研究機関との連携が予想以上に深まり、国際標準の共同提案に至った。
- ・当初予定していなかった新分野を開拓し、新規事業へのシーズを創出できた。
- ・国際的な視野・ネットワークの拡大、国際交流に対する苦手意識の払拭。
- ・カウンターパートとの連携から、さらに他の研究機関・大学との連携にも発展。
- ・最先端技術の知識獲得、研究開発手法の向上。
- ・海外の研究動向を直接的に知ることができた。

本事業の実施により、将来期待できる波及効果

- ・新規基盤技術の確立
- ・国際競争力強化
- ・企業との共同研究や技術供与
- ・新事業創出 ・国際標準
- ・海外研究機関とのコネクション強化
- ・長期間の国際共同研究
- ・外部研究資金の獲得

- ・互いの強みを組み合わせたことによる相乗効果
- ・対等な共同研究体制構築の成果