

米国イノベーションハブのエネルギー技術に関する取組

ハブ名称	人工光合成 (JCAP : Joint Center for Artificial Photosynthesis)		
概要			
実施体制	<p>【主務】</p> <ul style="list-style-type: none"> カリフォルニア工科大学 (California Institute of Technology : Caltech) <p>代表的な関係者は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Edward M. Stolper (取締役会議長, 専門は地質学) ✓ Joel W. Ager III (執行委員会委員長兼プロジェクトリーダー, 専門は電子材料) ✓ Nathan S. Lewis (統括ディレクター兼プロジェクト共同リーダー, 専門は光電気化学) <p>【連携機関】</p> <ul style="list-style-type: none"> 主務機関を除き、6 機関 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> (公的機関 : DOE 関連研究機関) <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lawrence Berkeley National Laboratory (LBL) ✓ Stanford Linear Accelerator Laboratory (SLAC) </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> (大学) <ul style="list-style-type: none"> ✓ Stanford Linier Accelerator (SLAC) ✓ University of California campuses at Berkeley (UCB) ✓ University of California Irvine (UCI) ✓ University of California San Diego (UCSD) </td> </tr> </table> <p>【管理体制】</p> <ul style="list-style-type: none"> 8 領域の研究プロジェクト別に担当 Director を設置。 JCAP 全体で取締役会 (Board of Directors) を設置して全体のマネジメントを実施。 取締役会とは別に、執行委員会 (Executive Committee) 、戦略アドバイザー (Strategic Advisory Board、企業出身者により構成) 、科学アドバイザー (Scientific Advisory Board、他大学の研究者により構成) を設置することで多角的な視点を担保。 毎月での内部進捗管理 (担当 Director レベル) 、3 ヶ月毎での組織内部の進捗報告 (執行委員会及び統括ディレクターレベル) 、半年毎での研究進捗レポート (DOE へ報告) 、1 年毎での成果検証 (外部研究者によるレビュー含む) を実施。 	(公的機関 : DOE 関連研究機関) <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lawrence Berkeley National Laboratory (LBL) ✓ Stanford Linear Accelerator Laboratory (SLAC) 	(大学) <ul style="list-style-type: none"> ✓ Stanford Linier Accelerator (SLAC) ✓ University of California campuses at Berkeley (UCB) ✓ University of California Irvine (UCI) ✓ University of California San Diego (UCSD)
(公的機関 : DOE 関連研究機関) <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lawrence Berkeley National Laboratory (LBL) ✓ Stanford Linear Accelerator Laboratory (SLAC) 	(大学) <ul style="list-style-type: none"> ✓ Stanford Linier Accelerator (SLAC) ✓ University of California campuses at Berkeley (UCB) ✓ University of California Irvine (UCI) ✓ University of California San Diego (UCSD) 		
実施期間	2010 年～2015 年 (予定)		
目標	地球上に豊富に存在する物質 (太陽光、水、二酸化炭素) を用いたシステムにより、自然の光合成と比較し、10 倍高効率の燃料生産を実現する ¹ 。		
予算	<p>2010 年からの 5 年間、エネルギーイノベーションハブからの予算は、1 億 2,200 万ドル²である。このほか、カリフォルニア州による以下の資金提供等を受けている。</p> <p>(1) 機器の売上税免除 (売上 1,200 万ドルの 9% ≒ 約 100 万ドル)</p> <p>(2) JCAP 傘下機関の大学生やポストクのトレーニング費用提供 (推定 200～300 万ドル)</p> <p>(3) 一般的な JCAP へのサポート (推定 300 万ドル)³</p>		
研究開発方法			

¹ DOE ウェブサイト <http://energy.gov/articles/fuels-sunlight-hub>

² DOE 科学部 JCAP ファクトシート http://science.energy.gov/~media/bes/pdf/hubs/jcap_fact_sheet.pdf

³ RCSA JCAP 資料 http://www.rescorp.org/gdresources/uploads/files/scialog/2011_Nate_Lewis_JCAP.pdf

<p>取組背景・経緯</p>	<p>本ハブの成立に対応するかたちで、JCAP (Joint Center for Artificial Photosynthesis) というコンソーシアムが組成された⁶。</p> <p>JCAP が研究拠点として整備され、研究資金を獲得できたのは、科学ディレクター兼プロジェクト共同リーダーである Nathan S. Lewis が、議長としてワークショップ (DOE が運営) を開催し、ここで取りまとめた白書 ”Basic Research Needs for Solar Energy Utilization” を受けて実施された施策の成果が大きい⁴。</p> <p>具体的には、本白書では、「水と太陽光から生成する燃料：光電極のための効率的な光電解」の項目「潜在的効果」に以下の記述がある。「高効率かつ安定的で費用対効果の高い光電極の研究の成功は、太陽エネルギーと水から水素を生成するという極めて重要な目標について大きな進歩となり、それゆえ、水素経済の実現を助けるだろう⁵」。このように、人工光合成の研究の促進が新たなパラダイムシフトを創出することに言及しており、こうした動きが本ハブ成立の要因のひとつと考えられる。</p>
<p>スケジュール</p>	<p>【公募スケジュール】</p> <p>DOE からの資金提供公募 (FOA: Funding Opportunity Announcement) が 2010 年 12 月に告知されて、その後約 3 ヶ月で提案書作成が実施された。その後、4 つの拠点候補に絞りこまれ、2011 年 6 月に各候補者による企画提案 (プレゼンテーション) が行われ、2011 年 8 月に正式に拠点が決定された。</p> <p>【研究スケジュール】</p> <p>今後 15 年間のプロジェクト計画 (5 年毎に目標を設定) は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 短期計画 (～5 年) : 人工光合成システムの要素として必要な材料 (堅牢かつ地球上で豊富に存在する光吸収体や触媒、リンカー、膜) およびスケールアップの手法を発見・開発する。 • 中期計画 (5～10 年) : 人工光合成システムを、完全に操作し、スケーラブルに生成するため、各要素の組立て手法、及び操作手法を開発する。 • 長期計画 (10～15 年) : 堅牢かつスケーラブルな人工光合成を高効率で実現するだけでなく、利用する燃料に選択性 (H₂, CH₃OH, C₄H₉OH, 液体炭化水素) を持たせる³。
<p>研究開発内容</p>	
<p>対象技術</p>	<p>以下 8 つの技術領域を対象としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> • ライトキャプチャーと変換：水および二酸化炭素を分解するための、十分な電圧を維持し、日光を吸収できる、安定した半導体材料を開発する。 • 電極触媒と光触媒のベンチマーキング：異なる条件で作成された電気触媒と光触媒性能を相互比較し、最も有望な材料を判別する。 • 不均一触媒：人工光合成に利用する燃料生成のための不均一触媒を開発する。 • ナノスケールインターフェース：ナノスケールにおいて、関連する個々のコンポーネントが完全に機能するための戦略とツールを確立する。 • 分子触媒：人工光合成の鍵となる反応に利用する触媒を発見・開発する。 • 膜およびメソスケール組み立て：メソスケールにおいて、各種触媒や光吸収体、マトリクスなどを組み立て、相互接続する手法を開発する。

⁴ 文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究領域略称「人工光合成」ニュースレター
http://artificial-photosynthesis.net/doc/newsletter/newsletter_02_05.pdf

⁵ DOE Basic Research Needs for Solar Energy Utilization (2005)
http://science.energy.gov/~media/bes/pdf/reports/files/seu_rpt.pdf

	<ul style="list-style-type: none"> ハイスループット実験：各種触媒や光吸収体として機能する、ハイスループットな材料を開発・発見する。 スケールアップとプロトタイプ：完全に機能する、マクロレベルの太陽光発電システムを構築する⁶。
成果	<p>2012年の時点で以下の成果が報告されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> 構造および組成のわずかに異なるバリエーションの数百万種の触媒を作成できるインクジェット印刷のプロセスを開発。 上記手法で作成できる試料は少量ではあるものの、そうした少量の試料の活性を迅速に（1年を数ミリ秒に短縮するレベル）で測定する装置を開発。 光吸収物質と触媒を内蔵しており、水を供給することで水素と酸素を分離回収できる3Dプリンターを試験導入し、プロトタイプを構築⁷。

⁶ JCAP ウェブサイト <http://solarfuelshub.org/index.html>

⁷ MIT ウェブサイト

http://www.technologyreview.com/news/429681/artificial-photosynthesis-effort-takes-root/?utm_campaign=newsletters&utm_source=newsletter-daily-all&utm_medium=email&utm_content=20121022

ハブ名称	エネルギー効率の良い建築システム設計 (EEB : Energy Efficient Buildings Hub/Consortium for Building Energy Innovation (CBEI))			
概要				
実施体制	<p>【主務】</p> <p>ペンシルバニア州立大学</p> <p>【連携機関】</p> <p>主務機関を除き、21 機関</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>(公的機関)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ben Franklin Technology Partners of Southeastern Pennsylvania ✓ Lawrence Livermore National Laboratory ✓ United Technologies Corporation ✓ Wharton Small Business Development Center <p>(大学)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Drexel University ✓ Morgan State University ✓ Princeton University - Plasma Physics Laboratory ✓ Rutgers University ✓ University of Pittsburgh </td> <td style="width: 50%;"> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Carnegie Mellon University ✓ New Jersey Institute of Technology <p>Purdue University (非営利組織)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Collegiate Consortium ✓ Philadelphia Industrial Development Corporation ✓ Delaware Valley Industrial Resource Center <p>(民間企業)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bayer Material Science ✓ IBM Research ✓ Lutron Electronics, Inc. ✓ PPG Industries ✓ Turner Construction Company </td> </tr> </table>		<p>(公的機関)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ben Franklin Technology Partners of Southeastern Pennsylvania ✓ Lawrence Livermore National Laboratory ✓ United Technologies Corporation ✓ Wharton Small Business Development Center <p>(大学)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Drexel University ✓ Morgan State University ✓ Princeton University - Plasma Physics Laboratory ✓ Rutgers University ✓ University of Pittsburgh 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Carnegie Mellon University ✓ New Jersey Institute of Technology <p>Purdue University (非営利組織)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Collegiate Consortium ✓ Philadelphia Industrial Development Corporation ✓ Delaware Valley Industrial Resource Center <p>(民間企業)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bayer Material Science ✓ IBM Research ✓ Lutron Electronics, Inc. ✓ PPG Industries ✓ Turner Construction Company
<p>(公的機関)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ben Franklin Technology Partners of Southeastern Pennsylvania ✓ Lawrence Livermore National Laboratory ✓ United Technologies Corporation ✓ Wharton Small Business Development Center <p>(大学)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Drexel University ✓ Morgan State University ✓ Princeton University - Plasma Physics Laboratory ✓ Rutgers University ✓ University of Pittsburgh 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Carnegie Mellon University ✓ New Jersey Institute of Technology <p>Purdue University (非営利組織)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Collegiate Consortium ✓ Philadelphia Industrial Development Corporation ✓ Delaware Valley Industrial Resource Center <p>(民間企業)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bayer Material Science ✓ IBM Research ✓ Lutron Electronics, Inc. ✓ PPG Industries ✓ Turner Construction Company 			
実施期間	2010 年～2015 年 (予定)			
目標	2020 年までにフィラデルフィア都市圏における建物のエネルギー効率を 20%向上させる ⁸ 。			
予算	2010 年からの 5 年間、複数機関 (NIST、SBA、EDA など) からの予算は、Energy Regional Innovation Cluster (E-RIC) 事業として 1 億 2,900 万ドル以上である。1 億 2,900 万ドルのうち、1 億 2,200 万ドルは、エネルギーイノベーションハブの資金配分である (年額 2,400 万ドル程度)。さらに、ペンシルバニア州が設備投資予算として追加的に 3 千万ドルの配分を予定している ⁹ 。			
研究開発方法				
取組背景・経緯	<p>本ハブの成立に対応するかたちで、ペンシルバニア州立大学が主導する GPIC (Greater Philadelphia Innovation Cluster) というコンソーシアムが組成された。GPIC には、11 の学術研究機関、2 つの DOE 傘下の研究所、6 つのグローバル企業がメンバーとして参加していた⁹。2011 年には、GPIC にかわり Energy Efficient Buildings Hub (EEB) を設立。2014 年には、コンソーシアムの名称を Consortium for Building Energy Innovation (CBEI) に変更している。</p> <p>ステークホルダーは、プラットフォームと呼ばれるグループに所属している。プラットフォームは、地域の市場と CBEI を結びつけるためのメカニズムを提供しており、研究者はプラットフォームから得られたフィードバックを CBEI の研究活動に活用する。このプラットフォームはステークホルダー別に、以下</p>			

⁸ CBEI ウェブサイト <http://research.cbei.psu.edu/>

⁹ ペンシルバニア州立大学ウェブサイト <http://www.research.psu.edu/>

	の6つ、「ビルオーナー、オペレーター、入居者」、「建築家、エンジニア、建設マネージャ」、「改築サプライヤ」、「教育者と学生」、「銀行・金融・不動産の専門家」、「ユーティリティー、取締法、政策のステークホルダー」に分かれている ⁸ 。
スケジュール	当初の長期目標は、エネルギー節約手法を低コストで大規模に展開し、建物の広範囲に適用することで、2014年までにエネルギー効率を50%向上することであった ⁹ が、この目標は後に下方修正された。2015年1月現在の長期目標は、2020年までにフィラデルフィア都市圏における建物のエネルギー効率を20%向上することである。
研究開発内容	
対象技術	<p>以下5つの技術領域を対象としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> 市場情報：精緻なエネルギー情報への容易なアクセスを可能にすることで、エネルギー効率改善の際に検知されるリスクを低減する。具体的には、不動産査定とクリーン・エネルギー投資の新規アプローチ、中小企業とのコラボレーションによるエネルギー利用のケーススタディなど。 モデル、情報とコントロール：建物のモデリング、検査、情報管理、コントロールについて、簡便かつ安価に利用できる、既存ツールの改善および新規ツールの開発。具体的には、建物のエネルギーシミュレーションのための無料ツール、インテリジェントビル操作のハイテクソリューションなど。 改築戦略：投資リスクを最小限に抑えながら、エネルギーの節約と建物の価値を最大化する手法を設計する。具体的には、屋根交換のためのベストプラクティス、屋内における環境のクオリティと生産性の研究など。 教育・労働力：建物のデザイン、建築、メンテナンス、利用に関する、省エネルギーの技術と戦略について、教育や訓練を実施する。具体的には、居住者の電力消費の可視化とシミュレーション、エネルギー節約のための商用ビルテナントのためのガイドなど。 デモンストレーション：すでに実施されたエネルギー利用高度化の手法を紹介し、今後の改修のためのモデルとして利用する。具体的には、海軍工廠ビル101の事例、子どものためのメソジスト・ホームの事例などである⁸。
成果	エネルギーサービスのプロバイダ(3社)は、エネルギー効率化の可能性を探るために、「海軍工廠ビル101」のオンサイト監視を実施し、これを踏まえ複数の省エネルギー対策を提示した。各社のエネルギー対策は、集光式ボイラの導入、外気エコノマイザの導入、コンパクト蛍光灯の導入、外気対策、出口標識のLED化、占有センサの導入などである。エネルギー分析企業であるFirst Fuelが、これらの対策について、建物のパフォーマンスデータをもとにエネルギー分析を実施したところ、22%の節電可能性と、ガス使用量の15%削減可能性が発見された ⁹ 。

ハブ名称	バッテリーおよびエネルギーの貯蔵 (JCESR : Joint Center for Energy Storage Research)			
概要				
実施体制	<p>【主務】</p> <ul style="list-style-type: none"> アルゴンヌ国立研究所 <p>代表的な関係者は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ George Crabtree (ディレクター, 専門は電気機械工学) ✓ Jeff Chamberlain (デベロップ&デモンストレーション調整官, 専門は物理化学) ✓ Venkat Srinivasan (インテグレーション調整官, 専門は化学工学) ✓ Nenad Markovic (リサーチ調整官, 専門は化学) <p>【連携機関】</p> <ul style="list-style-type: none"> 主務機関を除き、13 機関 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>(公的機関)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lawrence Berkeley National Laboratory ✓ Pacific Northwest National Laboratory ✓ Sandia National Laboratories ✓ SLAC National Accelerator Laboratory <p>(大学)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ University of Illinois at Chicago ✓ University of Illinois at Urbana-Champaign ✓ Northwestern University </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>(非営利組織)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Clean Energy Trust <p>(民間企業)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ University of Chicago ✓ University of Michigan ✓ Dow Chemical ✓ Applied Materials ✓ Johnson Controls Inc. </td> </tr> </table>		<p>(公的機関)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lawrence Berkeley National Laboratory ✓ Pacific Northwest National Laboratory ✓ Sandia National Laboratories ✓ SLAC National Accelerator Laboratory <p>(大学)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ University of Illinois at Chicago ✓ University of Illinois at Urbana-Champaign ✓ Northwestern University 	<p>(非営利組織)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Clean Energy Trust <p>(民間企業)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ University of Chicago ✓ University of Michigan ✓ Dow Chemical ✓ Applied Materials ✓ Johnson Controls Inc.
<p>(公的機関)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lawrence Berkeley National Laboratory ✓ Pacific Northwest National Laboratory ✓ Sandia National Laboratories ✓ SLAC National Accelerator Laboratory <p>(大学)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ University of Illinois at Chicago ✓ University of Illinois at Urbana-Champaign ✓ Northwestern University 	<p>(非営利組織)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Clean Energy Trust <p>(民間企業)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ University of Chicago ✓ University of Michigan ✓ Dow Chemical ✓ Applied Materials ✓ Johnson Controls Inc. 			
実施期間	2012 年～2017 年 (予定)			
目標	5 年以内に、標準的なリチウムイオンバッテリーの 5 倍のエネルギーを貯蔵できるバッテリーを、1/5 のコストで実現する ¹⁰ 。			
予算	2012 年からの 5 年間の、エネルギーイノベーションハブからの予算は、1 億 2,000 万ドルである ¹¹ 。			
研究開発方法				
取組背景・経緯	<p>本ハブの成立に対応するかたちで、JCESR (Joint Center for Energy Storage Research) というコンソーシアムが組成された。JCESR はアルゴンヌ国立研究所が中心となり構築したものである。上記の連携機関とは別に、関連団体としての登録が可能であり、年次ワークショップへの参加やニュースレターの受信が可能となる。2015 年 1 月時点で 53 の関連団体が存在する¹⁰。</p>			
スケジュール	—。			
研究開発内容				
対象技術	<p>本ハブのコンセプトとして、これまで電池分野が注力してきた既存の技術よりも、広範囲かつ包括的な視野を持つ、多原子価化合物、化学的形質転換、非水系レドックス・フロー電池という 3 分野に焦点</p>			

¹⁰ JCESR ウェブサイト <http://www.jcesr.org/>

¹¹ JCESR ファクトシート http://science.energy.gov/~media/bes/pdf/hubs/JCESR_Fact_Sheet.pdf

	<p>を当て、以下の技術領域を対象とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 分野横断的の科学：上記3分野について、新素材を作成し、原子レベルでの特性評価を行うため、最先端の基礎研究技術を適用する。 • システム分析：コンピュータ上に仮想の電池を設計し、その特性上の欠点を見つけ出す。 • セルの設計とプロトタイプ作成：グリッドや輸送アプリケーションのための商用プロトタイプを作成する¹⁰。
成果	<p>初年度において、JCESR は対象とする領域（発見科学、電池設計、研究試作および製造コラボレーション）において基礎研究の成果を上げた¹²。具体的には、以下のような例が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 微量の水がリチウム酸化反応において触媒として働くことの発見 • マグネシウムイオンの溶媒和セルの発見 • 多価インターカレーションの実装 • バッテリー材料についての新しい基準の確立 • 2つの相補的なフローバッテリーの概念および重力誘導流と無限終電体の開発 • バッテリー技術準備レベル（BTRL）の概念を導入

¹² George Crabtree "The Joint Center for Energy Storage Research: A New Paradigm for Battery Research and Development" <https://anl.app.box.com/s/wixxv7f3mg9ev3t926rc>

