

エネルギー先端研究計画局

2010 年度アニュアルレポート

米国エネルギー省

本稿は、Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E)の 2010 年度アニュアルレポート
(http://arpa-e.energy.gov/Portals/0/Documents/About/ARPAE_Annual_Report_2010.pdf) の試訳
(※未訳箇所－i-iii, p59-60, p66) である。

目次

第1章 エネルギーイノベーション：国家的優先課題	1
第2章 エネルギー研究の新パラダイム	3
第3章 イノベーションを行動に移す	8
■ ARPA-E プログラム：公開資金提供募集とその他のプロジェクト	10
■ ARPA-E プログラム:迅速な送電技術(Agile Delivery of Electrical Power Technology: ADEPT)	34
■ ARPA-E プログラム: 輸送用電気エネルギー貯蔵用の蓄電池(BEEST)	44
■ ARPA-E プログラム: 革新的熱デバイスによるビルの省エネ (BEETIT)	53
■ ARPA-E プログラム：電気燃料	62
■ ARPA-E プログラム：ランピング・断続的送電が可能なグリッド規模の電力貯蔵(Grid-Scale Rampable Intermittent Dispatchable Storage: GRIDS)	71
■ ARPA-E プログラム：先進的な炭素回収技術のための革新的な材料およびプロセス(IMPACCT)	81
<付録>	
B リーダー組織の所在地別プロジェクト一覧	91
<図表リスト>	
図表 1 ARPA-E の資金提供に先立つプロジェクト TRL	2
図表 2 テクノロジープッシュとマーケットプル	3
図表 3 ARPA-E プログラムの作成基準	4
図表 4 ARPA-E プログラムの開発過程	6
図表 5 リーダー組織の種類別による ARPA-E プロジェクトの割合	9

第1章 | エネルギーイノベーション: 国家的優先課題

Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E)は、エネルギーの製造法、貯蔵法、使用方法に関する施策によって国家安全保障を強固なものにしつつ、エネルギー安全保障と経済安全保障を向上させるために、2007年に米国議会によって設立された。

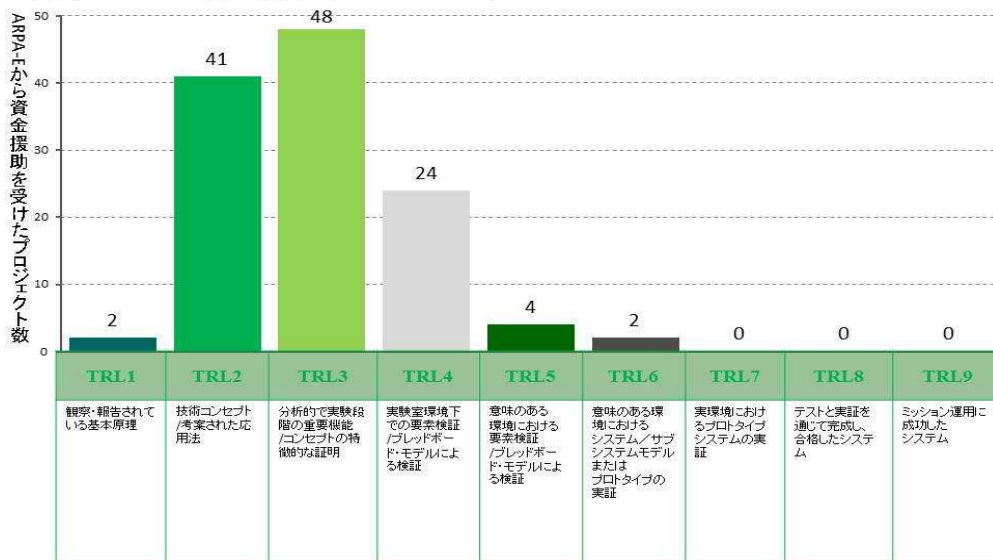
2005年に議会の超党派グループのメンバーは、米国アカデミーに対して、「科学技術の主要な領域においてリーダーシップを発揮し続けるために、米国が直面している最も緊急性の高い課題の特定」を要求した。この反応として、米国アカデミーは「Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future (暗雲の上へ浮上する: より明るい経済の未来のための米国の活性化と雇用創出)」と題したレポートを編集し、その中で米国の経済的、技術的競争力の現状に関する重大な懸念が示された。レポートでは、米国はイノベーションを活性化し、クリーンで安価で信頼性のあるエネルギーを開発する必要があるとの認識を示し、ARPA-Eを設立し、変革をもたらすようなエネルギー技術の開発を加速させる触媒とすることを勧告した。成功事例である DARPA にならい、ARPA-E はエネルギー分野でのイノベーションのために、ハイリスクでハイインパクトなアプローチを採用することを意図されている。ロシアの人工衛星スプートニクが 1958 年に打ち上げられたことに反応して DARPA が設立されたように、米国が特にエネルギー分野においてその技術的優位性を失いつつあるという現実を鑑みて、ARPA-E は設立された。バラク・オバマ大統領は 2011 年一般教書演説で次のように述べた。「これは我々の世代のスプートニク・モーメントだ。」

2007年、議会は米国競争力強化法 (America COMPETES Act) を可決することで、ARPA-E の設立を認可した。2009 年度には、イノベーションの速度を加速させ、変革をもたらすようなエネルギー研究に資金援助するために 4000 億ドルの当初予算が ARPA-E に対して割り当てられた。対象となる研究は、技術的および財源的な不確実性のために産業界が自ら資金を割り当てる見込みの低い初期段階の研究である。ARPA-E が支援するタイプのプロジェクトには固有のリスクがあり、資金援助しているすべてのプロジェクトが成功するわけではない。しかしながら、それらのプロジェクトの内、市場に展開されるに至るものは、新しい産業と雇用、よりコストパフォーマンスの良いエネルギー技術、そして国家のエネルギー政策のゴール達成の前倒しを通じ、多大な利益を米国にもたらす。

ARPA-E は米国のエネルギーの現状を根本的に変化させるポテンシャルのある変革的エネルギー技術に対してのみ投資、管理を行なっている。変革的技術は、既得権益を揺さぶる技術のことである。それらは漸進的な改善を追求するものではなく革命的な変化を引き起こすものである。単に既存の技術より優れているわけではなく、既存の技術を廃れさせる

ものである。ARPA-E は技術の開発サイクルの初期段階において変革的エネルギー技術の開発を加速させることを目的としている。ARPA-E が支援しているプロジェクトの大半は技術コンセプト (TRL 2)、実験室レベルでの要素検証 (TRL 4) の範囲にあるものである。TRL とは、技術の成熟度を評価するために広く用いられている尺度体系である (図 1)。TRL 2 から TRL 4 までの間は技術開発において「死の谷」として知られている。それは、多くの民間および公共セクターの投資家がこのような開発の初期段階は有望な技術的可能性を秘めたコンセプトであっても投資の対象としてリスクが高すぎると判断するためである。このようなリスクを軽減するために、ARPA-E は資金援助するプログラムが商業的な意義を有するように留意している。具体的には、まず、新プログラムを構築した場合の潜在的な市場インパクトを検討し、次に、市場関連のコストとパフォーマンスの判断基準を資金援助の申請の応募に組み込み、審査にあたって考慮している。ARPA-E はこのリスクを前提とし、慎重に管理できるように特に設計されている。多様なプロジェクトのポートフォリオのために、財務上、技術上、商用化上の支援を行う。また、ARPA-E はアクティブプログラムマネジメントを行なっている。これは、プロジェクトの四半期ごとの技術的マイルストーンをモニタしたり、プロジェクト拠点を頻繁に訪れたり、プロジェクトの展開に関して可決・否決を決定することが含まれる。ARPA-E は、民間又は公共セクターの投資家が投資をコミットし、市場展開へ持って行く段階にまで技術を急ピッチで開発する支援を行うことを目的としている。ARPA-E の資金援助により、プロジェクトは通常、意味のある環境における要素検証 (TRL 5) から実環境におけるプロトタイプシステムの実証 (TRL 7) の段階にまで進むことになる。

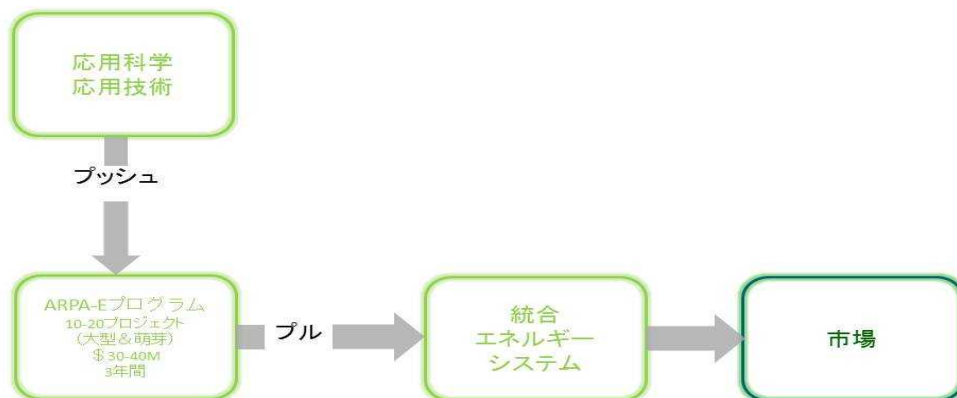
図表 1 : ARPA-E の資金提供に先立つプロジェクトTRL



第2章 | エネルギー研究の新パラダイム

ニーズのある技術領域を見つける

ARPA-E の基礎となっているのは科学、技術、ビジネスに関するオープンな議論である。ARPA-E プログラムは研究領域の技術的および科学的メ리트と克服すべき課題についての厳格な議論を通じて決定される。プログラムは「テクノロジーブッシュ」すなわちエネルギーシステムに応用できる革新的プラットフォーム技術としてのメ리트があり、「マーケットプル」すなわち潜在的な市場インパクトがあり、コストパフォーマンスの良い技術であること、の両方が求められる（図2）。



図表2: テクノロジーブッシュとマーケットプル

詳細なプログラムの作成プロセスは、「ディープ・ダイブ（深い潜行）」に始まる。これは、プログラムの開発に適切な潜在的トピックを把握するために、エネルギー問題の特定側面を徹底的に探ることである。ARPA-E プログラムディレクターは技術ワークショップを開催し、最先端の技術や輪郭を現しつつある新しい技術に詳しい世界トップクラスの専門家を呼んで情報を収集する。科学、技術、ビジネスのすべての分野から専門家を招集することにより、ARPA-E は分野間の隔たりを無くすようにしている。この分野横断的な探索は、基礎研究と技術的な応用をつなぐ上で重要なものとなる。ARPA-E ワークショップは最良の人材を動員して技術的な課題と機会を見極めるものである。科学が成し得ること、技術的に達成可能なこと、市場のニーズそれぞれについての知識を結びつけることによって科学、技術、市場を接続する。今日までに、ARPA-E は主催又は共催の形で 13 の技術ワークショップを開催している。（過去の ARPA-E ワークショップの詳細は付録 A を参照。）

各ワークショップののち、プログラムディレクターは新しいプログラムを提案し、プログラムの新設のための基準群に照らした妥当性を論じる。ARPA-Eのプログラムディレクターを巻き込んだ、激しく「建設的な対立」と議論ののち、プログラムディレクターは内外からのフィードバックを踏まえてプログラムを改良し、ディレクターからの承認を求める。もしそれに成功すれば、新しい ARPA-E プログラムが創設され、プロジェクト提案書の募集のために、資金提供告知 (FOA) が発表される。

プロジェクト提案書に対して、ARPA-E ピアレビューのプロセスはプロジェクトの成功に資金援助を行うことになるよう設計されている。提案書のレビュー期間中、ARPA-E は最も目的に適った技術、外部からの意見を収集している。ARPA-E は、より深い提案書の審査を行うために、当該分野の世界の第一人者数十名からの専門的知見を得ている。世界的科学者やエンジニア、技術コミュニティのリーダーたちの関与によって、プロセスに専門的意見と知識がもたらされる。ARPA-E の審査員たちは数週間かけて申請書を評価し、その後に審査パネルのために集まる。

ARPA-E の評価プロセスの特筆すべき点は、申請者が審査員のコメントを読み、反証する機会が用意されていることである。この反証は資金調達に関する決定を行う前に ARPA-E によって検討される。申請者の回答期間があることで、プロジェクト選別プロセスにおいて ARPA-E が最も豊富な情報を得たうえで決定を行うことができ、最も強力で支援する価値の高いアイデアを見極められるように、疑問点を明確にすることによって ARPA-E による申請に対する誤解を回避することを可能とする。

図表3: ARPA-Eプログラムの作成基準

プログラムの 技術的ゴール	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 当該分野の世界的状況はどのようになっているか—科学、技術、市場、プレイヤー ➤ 成功した場合、特に技術的に何が達成されるのか ➤ DOEとの連携は
ミッションのインパクト	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 技術が広く使用されるようになった場合、ARPA-Eのミッションにどのようなインパクトを与えるか ➤ 既存の技術と比べて定量的にどの程度優位性があるか
技術的アプローチ	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 主要な技術的課題は何か、それらを乗り越えるためのアイデアは何か
移行	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 移行戦略は何か(リスクプロファイルと対象期間) ➤ 移行に関する非技術的課題は何か(政策、市場)、技術はコスト的・量的にスケールするか ➤ 顧客は誰か、技術を使うのは誰か、潜在的なプレイヤーは誰か
プログラムの評価指標	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 評価指標、マイルストーン、スケジュールはどのようになっているのか ➤ コストはどの程度かかるか、それはなぜか

ARPA-E は迅速さの確保を意図して組織され、運営されており、効率性と有効性の両方の改善のために、手続き面の変更を素早く導入できるようになっている。未来志向の運営スタイルによって、ARPA-E は米国政府内の小規模機関としての秀逸なモデルとなるべく取り組んでいる。

ARPA-E はプログラムディレクターとして、科学、エンジニア、ビジネスの分野からトップレベルの人材を期限付きで雇用している。そして、担当するプロジェクトに関する技術面、プログラム内容面の決定を行う権限を与えている。その上には Deputy director（副長官）と Agency director（長官）がおり、エネルギー省長官に直接報告を行っている。このフラットな組織構造によって、ARPA-E は大胆なアクションを素早く実行することが可能となっている。

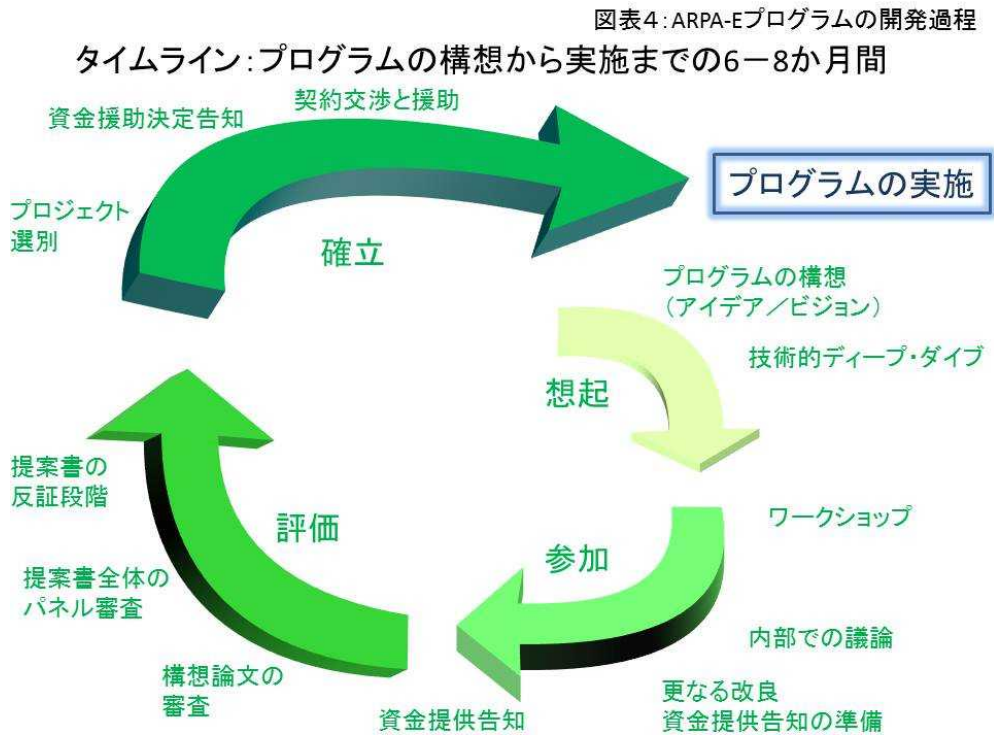
ARPA-E には、エネルギー省にはない運用上の慣行がいくつかある。これらのイノベーションは、厳しい時間的制約の中で運営・任務の成功を目指しつつも、プロジェクトの質や一貫性を損なうことなく、プログラムの展開やプロジェクトの選抜プロセスを加速させている。例えば、資金提供形式に関する素早い交渉は、ARPA-E のプロセスの特徴となっている。機関の中に設置されている専属の調達チームと法律チームは、効率を改善する。機関内チームの存在によって、ARPA-E は、資金援助決定の告知から資金提供協定の調印までを、平均して約 2 か月間で行うことができる。このプロセスのスピードと効率性は ARPA-E に成功と肯定的評価をもたらしている。資金提供の交渉段階の間、プログラムのために開発された一般的な費用と効果の測定基準は、選ばれた各実行者とともに具体化される。ARPA-E の費用と効果測定基準はとりわけ意欲的で、普及技術の既存の学習曲線を上昇させるだけでなく、むしろ潜在的に変革的エネルギーの開発を行いうるまったく新しい学習曲線の確立を迫っている。これらの費用・効果測定基準は、選ばれたプロジェクトにとって技術的な成果物やマイルストーンとなり、資金提供協定において成文化されている。

国家の知的馬力の利用

ARPA-E プロジェクトは、以下の選別基準（differentiating characteristics）に基づいて選定され、資金援助を受けている。

- 高いインパクト：米国の経済・エネルギー面での安全保障を高める；開発途中、もしくは普及途中にある先進的エネルギー技術についての米国の技術的優位性を確保する；米国国民にとって重要な経済的インパクトがあり、社会の改善につながる。
- 技術的ブレークスルー：現在のエネルギー技術を陳腐化させるような破壊的技術を ARPA-E は特定する。

- 付加価値：プログラムの分野と選ばれた個別プロジェクトは、他の主体では進展させられないような初期段階にある変革的技術の研究と開発を進展させる。
- ベスト・イン・クラスなチーム：科学、技術、経営等の協同の機会がない様々な分野の人材を結集させるとともに、エネルギーの急速な技術的イノベーションの進展という観点から、科学者とエンジニアとの協同でプロジェクトの発展をはぐくむ。



ARPA-E の最初の公開 FOA は 2009 年 4 月に公表され、潜在的な破壊的エネルギー技術に対して開かれた。当初 500 から 800 件の構想論文の応募を予想していたが、およそ 3700 件という圧倒的な量の応募が寄せられた。構想論文の審査のために、ARPA-E は全米の学会や産業界、政府関係者から専門家を招待し、数百名の審査員が参加することとなった。効率的な運営によって、ARPA-E は判定交渉に選ばれたプロジェクトの発表を半年以内に行った。この公開 FOA から、ARPA-E は 36 のプロジェクトを選定し、総額 1 億 5000 万ドルの拠出を行った。資金調達先に選定されたプロジェクトは、エネルギー貯蔵、バイオマスエネルギー、二酸化炭素回収、再生可能電力、ソーラー燃料、自動車技術、廃熱回収、高エネルギー効率建物、従来エネルギー、水の分野を含み、広い範囲のエネルギー対策をカバーすることになった。注目され、またコラボレーションする機会を更に提供するため、ARPA-E

は最初の FOA で資金拠出が行われなかったプロジェクトの、様々な技術の専門家に対して、ARPA-E が主催するワークショップへの参加を呼びかけた。ここでは次回の資金調達ラウンドに向けて、大きなインパクトを持つプログラム分野についてのブレインストーミングを行った。最初のオープン FOA とは異なり、2009 年 12 月に公表された FOA の第二ラウンドは、輸送機械用バッテリー、二酸化炭素回収の為の革新的素材・プロセス、Electrofuels という、新しい 3 つの分野に焦点を当てている。2010 年 4 月には、ARPA-E はこれらのプログラム分野のプロジェクトの選定を公表した。38 のプロジェクトが選定され、総額 1 億 1300 万円の資金が拠出された。

2010 年 3 月、ARPA-E は第三回の資金調達ラウンドを公表し、グリッドスケールの、供給量の急変に対応可能かつ断続的供給可能なエネルギー貯蔵技術「Grid-Scale Rampable Intermittent Dispatchable Storage (GRIDS)」、革新的熱デバイスによるビルの省エネ「Building Energy Efficiency Through Innovative Thermodevices(BEETIT)」、迅速な配電技術「Agile Delivery of Electrical Power Technology(ADEPT)」として知られるプログラムを創設した。プロジェクトの選定は、2010 年 7 月に公表され、これら 3 つのプログラムの 42 のプロジェクトに対して総額 9400 万ドルが拠出された。

2010 年 8 月、ARPA-E は 5 つのプロジェクトを追加的に選定した。資金拠出に選定されたプロジェクトは、高エネルギー効率建物、自動車技術、再生可能エネルギー、エネルギー貯蔵の分野に属するものであった。ARPA-E は 2010 年 9 月に選定プロジェクトを公表し、総額 900 万ドルを拠出した。

第3章 | イノベーションを行動に移す

近年 ARPA-E は、以下の分野の 121 のプロジェクトを支援している。

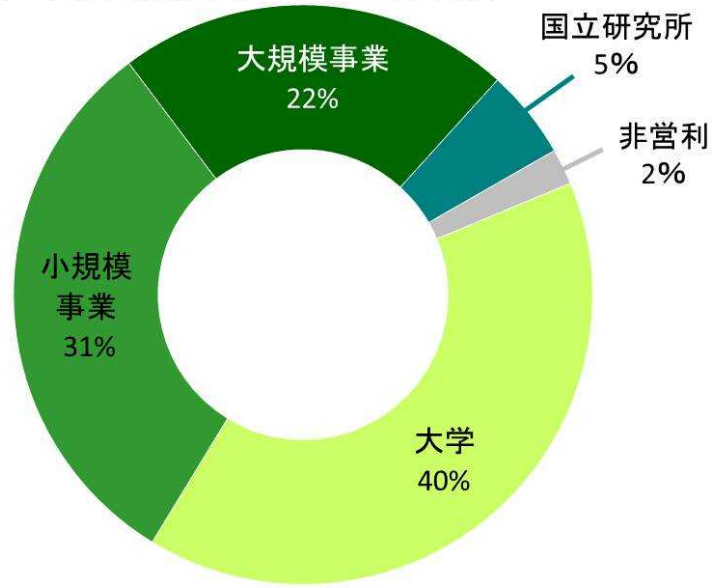
- 公開資金提供募集とその他のプロジェクト
- 迅速な配電技術 (ADEPT)
- 輸送機械用バッテリー (BEEST)
- 革新的熱デバイスによるビルの省エネ (BEETIT)
- Electrofuels
- グリッド連結可能な再生可能エネルギー貯蔵技術 (GRIDS)
- 炭素回収技術のための革新的材料とプロセス (IMPACCT)

ARPA-E は、既存の調査研究所や国立研究所、大学、小規模事業者、大規模事業者、非営利組織で行われている研究開発の資金を拠出することを通じて、その使命を達成する (図 5)。

プログラムディレクターを中心として、ARPA-E は多様なプロジェクトからなるポートフォリオを管理している。資金を拠出されたプロジェクトの実施者とともに、プログラムディレクターはプロジェクトに参加し、技術的な問題の解決や、プロジェクトの進展を手助けしている。プロジェクトが技術的なマイルストーンを達成できなかった場合、プログラムディレクターは業績改善のための方策を注意深く検討し、最終的にはプロジェクトの中止を勧告し、より見込みのあるプロジェクトへ資金を移転させる決定を行うこともありえる。長官ならびに副長官は、プログラムディレクターに説明責任を課し、プログラム管理のレビューを定期的に行なっている。これらを通じて、ARPA-E は納税者から委託された財政資源の責任ある管理者として業務を遂行している。

以下のセクションでは、各プログラムが解決しようとしている国家的なエネルギー分野の課題と、そのために提案された変革的技術について述べ、各プログラムのエリアについて詳述している。各プログラムに関する記述に続いて、その分野で選ばれたプロジェクトそれぞれの概略を述べる。ここではとりわけ社会に対して与える可能性のある実質的影響に着目している。ARPA-E のプログラム分野のなかの各プロジェクトは、主要項目と簡単な説明とともに一覧になっている (ARPA-E より資金拠出を受けている 121 プロジェクトの州別一覧については、付属資料 B を参照のこと)。

図表5: リーダー組織の種類別によるARPA-Eプロジェクトの割合



■ARPA-E プログラム：公開資金提供募集とその他のプロジェクト

ARPA-E の初回の資金提供募集 (FOA) は公開で行われ、特定の技術的ゴールを設定しなかった。むしろこの FOA はすべてのエネルギーに関するアイデアと技術に対して開かれたもので、潜在的に高い影響力を持つ概念や新しい技術に向けて、適正に形式化された研究開発計画をすでに有している応募者に焦点を当てたものであった。周到な審査プロセスを経て、10 トピックの分野にまたがるプロジェクトが選定された。それらは、ARPA-E の使命や米国のリーダーシップの獲得の機会に影響を持つか否かといった点、革新的な技術的アプローチや実行チームの実績、そして他のエネルギー省の部署や民間部門の取り組みが不十分な技術に関する研究かを考慮して選ばれた。もし成功すれば、これらの技術は諸産業の勢力図を大きく変動させ、米国のビジネスと雇用に新しい機会をもたらすものになりうる。

公開 FOA とその他のプロジェクトのハイライト：

- ダイレクトウエハー技術：テラワット規模の太陽光発電の実現 (Direct Wafer: Enabling Terawatt Photovoltaics)
- ウェーブディスクエンジン (Wave Disk Engine)
- センサー、フィードバック、情報技術による大規模なエネルギー削減 (Large-Scale Energy Reductions through Sensors, Feedback, & Information Technology)

公開 FOA のハイライト: :ダイレクトウエハー技術:テラワット規模の太陽光発電の実現

リーダー組織	1366 Technologies, Inc. (マサチューセッツ州レキシントン)
資金提供額	\$4,000,000
資金提供期間	2010年3月1日から2011年8月31日まで
主要分野	太陽光発電/サーマル

1366 テクノロジーズ社の開発チームは、本社がマサチューセッツ州レキシントンに設置されている。開発チームは、革新的なダイレクトウエハー技術によって太陽光を直接低コストの電気へと変換する取り組みを行なっている。現在まで、太陽光発電は他の電力源と比較してコストが高いため、その普及は限られていた。1366 テクノロジーズ社は ARPA-E の支援によって、溶融シリコンからウエハーを直接採取する新しい太陽光ウエハー製造工程を開発している。これにより太陽光ウエハーのコストを劇的に削減することができる。1366 テクノロジーズ社は、もし開発が成功すれば、この技術によってシリコンウエハーのコストを 80%削減することができ、キロワット時あたり 0.15 ドルの太陽光発電のコストを 2020 年までに 0.07 ドル以下と半分以下にまで引き下げることができると試算している。そのような大幅なコスト削減は、太陽光発電のコストを米国の電力の 45%を生み出している石炭による火力発電と同等レベルに近づけることになる。この改善によって、米国の太陽光発電量は 2009 年の 640MW から、2025 年には 50 万 MW へと増加する可能性がある。この発電容量は、米国の 2009 年の発電容量の総量のおよそ半分 (45%) に匹敵する。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

今日購入され、設置されている太陽光パネルのほとんどは、主にアジアをはじめとする海外製である。この技術が計画通りに実現するようになれば、米国はソーラーウエハーの輸出者になることができ、年間 100 億ドルのシリコンウエハー市場の大部分を獲得することができる。80%のコスト削減や、必要とされる資本レベルの低さ、既存のサプライチェーンとの適合性という好条件は、ダイレクトウエハーの急速な商業化を促し、給与の高い国内雇用をより創出しうるだろう。

プロジェクトニュース

新しいウエハー製造技術の開発のために、ARPA-E より 400 万ドルの資金拠出を受けて以来、1366 テクノロジーズ社は従業員数を増やし、溶鋳炉を完成させることが可能となった。溶鋳炉は、現在産業標準であるフルサイズシリコンウエハーを製造している。新しいウエハー工程の成功に基づき、1366 テクノロジーズ社は新規投資家と既存の投資家、そして関心のある二つの顧客から株式投資を 3000 万ドル以上増やすことができた。現在 1366 テクノ

ロジーズ社は年間 20MW 分のウエハーをこれら第一世代の顧客に供給するため、マサチューセッツの研究開発施設の近くに商用製造プラントを着工する計画である。



米国エネルギー省長官スティーブン・チュウ博士と ARPA-E ディレクターのアレン・マジュムダー博士が 1366 テクノロジーズ社を訪問し、同社の革新的なダイレクトウエハー技術について学ぶ。この技術は太陽光パネルのコストを 80%削減できるものである。出典：エネルギー省

公開 FOA プロジェクトハイライト: ウェーブディスクエンジン

リーダー組織	ミシガン州立大学 (Michigan State University) (ミシガン州イーストランシング)
資金提供額	\$2,540,631
資金提供期間	2010年1月15日から2012年1月14日まで
主要分野	自動車技術

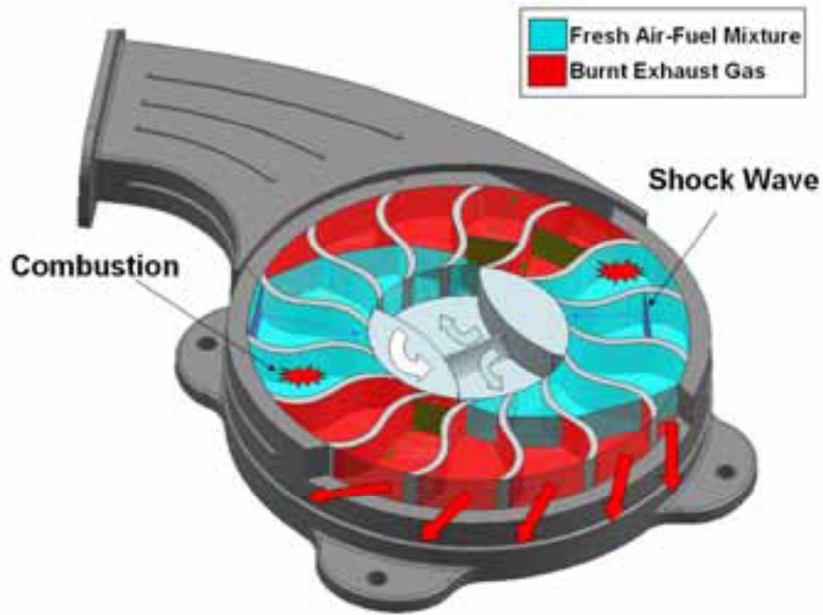
ミシガン州立大学 (MSU) の研究者たちは現在、ハイブリッド自動車で使用される新しいエンジンの開発を行なっている。開発が成功すれば、輸送燃料をより効率的に使用することができるようになる。エネルギー省と環境保護庁によると、今日自動車の消費する燃料の内推進の為に使用される燃料は15%であり、85%近くの燃料は浪費されている。MSUの革新的なウェーブディスクエンジンのプロジェクトは、エンジンによって浪費される燃料割合を著しく減少させ、燃料の60%が推進に使われるような自動車を実現できる予定である。ウェーブディスクエンジンのサイズは小さく、だいたい調理鍋と同じ程度のサイズであるが、エンジン、トランスミッション、冷却システムから成る約1000ポンド分を置きかえることになる。この技術はハイブリッド自動車をおよそ30%軽量化させ、30%割安にすることができる。MSUは予想している。コストと重量の障害を乗り越え、定められた燃料内での走行範囲を拡大できるため、自動車会社はこの新技術を用いることでより軽量で燃料効率の良いハイブリッド自動車を製造することが可能になるだろう。ミシガン州のプロジェクトは2011年2月にポピュラー・サイエンス誌の記事でとりあげられた。

本技術はいかに変革をもたらさうか

ハイブリッド自動車の30%の軽量化と30%のコスト削減が見積もられている回転ディスクエンジンは、近年のハイブリッド自動車の高コストと重量制限の障害を乗り越え、ガソリンエンジンを使用していたときの自動車の効率性を改善する。それに加えて、この新しいエンジンはスケールさせることができ、スクーターのように小さい乗り物から、輸送トラックのように大きい乗り物まで使用することができる。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

回転ディスクエンジンの成功は、乗り物の燃料消費効率を劇的に改善する。この技術は潜在的に自動車の二酸化炭素排出量を90%まで削減することができ、実質的に米国の海外からの化石燃料輸入量を減少させることができる。



ミシガン州立大学の斬新なウェーブディスクエンジンは 500 マイル以上の走行距離を持つより軽量で低コストのハイブリッド型自動車を可能にする。出典：ミシガン州立大学

公開 FOA プロジェクトのハイライト: センサー、フィードバック、情報技術による大規模なエネルギー削減

リーダー組織	スタンフォード大学(Stanford University)
資金提供額	\$5,006,011
資金提供期間	2010年1月12日から2012年4月15日まで
主要分野	行動科学

近年、スタンフォード大学は人々がどのようにエネルギーに関する決定を行なっているのかについて調査している。スタンフォードの研究は、家庭でより人々がエネルギーを効率的に使用するように後押しするため、行動科学的アプローチや、プロダクトデザイン、計算、技術を結びつけ、平均的な住宅でのエネルギー使用量を 20%以上削減することを長期的な目標としている。この研究者と産業界のリーダーたちの領域横断的なグループは、追加導入や購買、エネルギー効率の高い技術の適切な使用を促すために、スマートメーターやインタラクティブなメディア（例えば、携帯機器やマルチプレイヤーゲーム）を通じたセンサーデータや、魅力的なデータの可視化、新しいインセンティブのシステム、革新的なコミュニティプログラム（例えば、米国のガールスカウトとの参加型プログラム）と人々をつなげつつ、当該分野の幅広いスケールでシステムソリューションの構築、テストを行っている。このプロジェクトのウェブサイトやデータベース、その他の技術プラットフォームは、行動科学の研究チームの研究に利用されている。

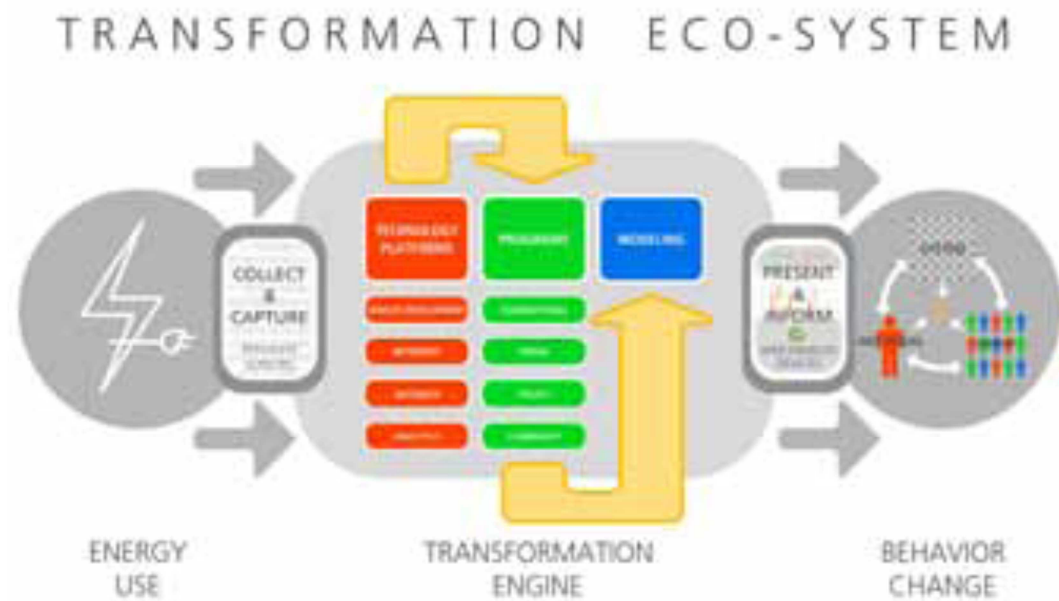
本技術はいかに変革をもたらさうか

エネルギー使用の減少やシフトのための行動科学的手法の可能性は、スタンフォードの研究者によっていくつかの革新的な形で実現されつつある。まず本イニシアティブによって、エネルギーの消費者を引き込む新しい方法や、エネルギー消費のプログラムの効果を素早く、簡単に、低コストで、大規模に評価するためのデータを収集する新しい方法を試すための、情報プラットフォームが作り出された。このプラットフォームはパーソナライズされた診断や推奨を行うため、エネルギー料金を最も大きく変化させる行動がどれであるかについて、利用者は推測に頼る必要がない。エネルギー削減推奨の有効性は、多くの学問や公益事業者、企業、非営利のパートナーの知見を元に開発されたメディアやインセンティブ、そしてコミュニティプログラムをとり入れることによって高められている。次に、このプラットフォームと大規模データ収集によって、人間行動を織り込んだ形でデマンドサイド・レスポンス・モデルを改善することが可能である。これは将来の政策決定に有益な情報となる。最後に、本イニシアティブは、ハードウェアとオープンで柔軟性のあるホームエリアネットワークのコミュニケーションプロトコルを開発することによって、エネルギー管理と省エネのための新しいサービスやツール、そしてソフトウェアの進歩を可能

にする。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

本イニシアティブは、国内の重要なエネルギー節減を作り出し、エネルギー効率の高い製品やサービスの需要を高めることによって経済を立ち直らせることを目的としている。この試みが成功すれば、スタンフォードのチームの研究は、公開ウェブサイトと、詳細な解析のための高解像度データ、そして他の技術的プラットフォームを生み出す。省エネルギーが最小の労力や、場合によってはむしろ熱意によって実現されている世界を想像してみたい。



スタンフォード大学による省エネプログラム開発への学際的アプローチはコミュニケーション研究、工学、経済学、心理学、医学、コンピュータサイエンスの研究者の協力によって進められる。出典：スタンフォード大学

技術分野ごとのすべての公開資金提供募集とその他のプロジェクト

バイオマスエネルギー

バイオマスエネルギーは光合成プロセスを通じて植物に蓄積される太陽光エネルギーを指す。バイオマスエネルギープロジェクトは、化学技術やバイオ技術、もしくは熱処理技術（thermal techniques）を通じて作物を他の産業の植物性廃棄物とともに、エネルギーに転換し、持続可能なエネルギーや燃料を産み出すことに焦点を当てている。

新型の Short-Contact Time Reactor による触媒性バイオ原油製造 (Catalytic Biocrude Production in a Novel, Short-contact Time Reactor)

RIT International | ノースカロライナ州、リサーチ・トライアングル・パーク | \$3,111,693

触媒性バイオマス熱分解のような変革的なバイオ燃料技術は、豊富な国内のバイオマス資源を炭化水素が豊富に含まれた熱分解液に作り替え、輸送用液体燃料へアップグレード可能なものにするすることで、米国の経済とエネルギー安全保障を実質的に向上させる可能性を秘めている。RTI は ARPA-E の拠出金をバイオ原油製造のための独自の工程の開発に利用している。様々な産業界のパートナーと共同で RTI は、酸素含有率が低く安定したバイオ原油の製造のため、高い炭素変換効率を持つシングルステップの触媒性バイオマス熱分解工程の開発に焦点を当てる予定である。このプロジェクトでは、既存の石油精製インフラを活用できる高濃度の炭化水素液（バイオ原油）の産出が期待されている。もしこのプロジェクトが成功すれば、再生可能な輸送燃料の国内生産高を増加させるとともに、外国の化石燃料への依存度を減少させ、新しい雇用を創出することができる。

セルロース系エネルギー作物で発現させた、特定条件で活性化される酵素

Agrivida, Inc. | マサチューセッツ州メドフォード | \$4,565,800

Agrivida は、植物バイオマスをバイオ燃料製造に有用な原料へと変換させる新しい方法の開発のために、ARPA-E の拠出金を利用している。植物細胞の細胞壁の分解に固有の問題から、バイオ燃料製造のための原料としての植物バイオマスの使用は今日まで限られたものになっていた。Agrivida は植物内部において高濃度で製造できる細胞壁分解酵素の開発を目的としている。作物を収穫した後は、バイオ燃料製造工程の条件を調節することで、この人工酵素を活性化させることができる。活性化された酵素は植物の細胞壁を、バイオ燃料やその他のバイオ製品の製造に使用できる発酵性糖に作り替える。もしこのプロジェクトが成功すれば、再生可能な輸送燃料の国内生産高を増加させるとともに、国内の化石燃料の対外依存度を減少させることができる。

本格的なバイオエネルギー産業を実現できる高バイオマスで低投入型の専用エネルギー作

物

Ceres, Inc. | カリフォルニア州サザンオークス | \$5,089,144

先進的な植物の品種改良とバイオ技術の利用によって、Ceres 社はバイオ燃料製造の原料として利用するエネルギー・グラス（特にスイッチグラス、茅、モロコシ）の新種を開発している。これらの品種群は、自然発生する牧草に比べて収穫高が高く、農業に必要な投入物資（例えば窒素肥料）も少なくすむ。ARPA-E の拠出金により、Ceres 社はこれらの品種群を実地にテストすることができ、事業を商業化へ近づけることが可能となる。この技術を全面的に展開させる Ceres 社の推計では、2020 年から 2030 年までの間で、12 億 6000 万バレルの石油に 5800 万トンの石炭、120 万トンの窒素肥料、6 億 8200 万トンの二酸化炭素、そして 8200 万ポンドの窒素酸化物の排出を削減することができるだろう。実際、スイッチグラスや茅などの多年生植物の根に隔離されている炭素は、これらの牧草をカーボンネガティブにする可能性がある（すなわち、それらの牧草は、牧草からの燃料製造と燃焼のライフサイクルを通して放出される二酸化炭素よりも多く、大気から二酸化炭素を隔離することができる）。このプロジェクトが成功すれば、再生可能な輸送燃料の国内生産高を増加させるとともに、化石燃料への対外依存度を減少させ、新しい雇用を創出することができる。

大型藻類ブタノール

E.I. du Pont de Nemours and Company | デラウェア州ウィルミントン | \$8,884,698

ARPA-E からの支援によって、E.I. du Pont de Nemours and Company (DuPont) 社は海藻から先進的なバイオ燃料であるイソブタノールを製造するための、商業的に実行可能な工程を開発中である。陸地の使用を減らし、イソブタノール製造の原料として海藻を使用することは、重要な利点である。イソブタノールはエタノールのような代替燃料よりも大きな利点を持っている。例えば、イソブタノールはパフォーマンスの点でエタノールというよりも、ガソリンと同程度である。また自動車や既存の精製基盤や流通基盤を変化させることなく使用可能で、エタノールよりも高いレベルでガソリンと混ぜ合わせることができる。DuPont は、海藻中の糖分をイソブタノールに効率的に作り替える微生物の開発を目的としている。DuPont の推定では、イソブタノールは温室効果ガス排出量を化石燃料由来のガソリンと比較して 90%削減することができるとしている。海藻由来のイソブタノールによって、米国だけで年間 680 万バレルのガソリンを代替できる可能性がある。もし成功すれば、このプロジェクトは国内の再生可能エネルギー生産量を増加させ、米国の化石燃料資源の対外依存度を低下させるとともに、温室効果ガスの排出量を減少させることができるかもしれない。

藻類収穫技術のスケーリングと事業化

Algaeventure Systems, Inc. | オハイオ州メアリーズビル | \$5,992,676

ARPA-E の財政支援を受け、Algaeventure Systems は機械-電気デバイスの低エネルギー界面化学的性質を利用した新しい、安価の藻類収穫手法を開発している。藻類は食物、飼料、化学薬品、プラスチック、医薬品生産など幅広い潜在用途がある。より重要なのは、藻類がバイオ燃料の原料を豊富に生み出す可能性である。バイオ燃料といった商品での藻類使用に対する障壁はおもに、藻類に含まれるエネルギー貯蔵分子(脂質)抽出のための藻類収穫・脱水費用の高さである。現在まで、藻類を脂質抽出に十分な濃密なスラッジに変えるには、藻類養殖の総コストの 30~50%を費やす多段階でエネルギー効率の低いプロセスが必要であった。Algaeventure Systems は、既存技術をエネルギー効率ではるかに上回る革新的な藻類収穫脱水・乾燥システムを設計・製造した。もし成功すれば、藻類の収穫、脱水、乾燥に必要なコストが大幅に削減でき、藻類ベースのバイオ燃料生産の経済性変革とともに新たな雇用創出にもつながる。

Building Efficiency(ビル効率)

Building Efficiency のプロジェクトは、持続可能かつ無駄のない手段によるビルの暖房、電力、メンテナンス技術を中心とする。

エネルギー効率の高い照明用の熱アンモニアパルク GaN 結晶成長

Momentive Performance Materials, Inc. | オハイオ州ストロングスビル | \$4,519,259

照明はエネルギー総生産量の消費の多くの部分を占める。Momentive は発光効率がより高く、無駄な熱を最小限にとどめる固体式照明用の窒化ガリウム基質を開発している。MPM は、欠陥が少なく、本質的に大量生産に対応可能な単結晶窒化ガリウム物質を成長させる高圧高温プロセスを実証予定である。ARPA-E の資金提供により、Momentive は同技術をさらに改良し、事業化に近づけることが可能であろう。成功すれば、このプロジェクトは低コスト高効率の固体式照明デバイスの実用展開につながる。

センサー、フィードバック、IT による大規模なエネルギー削減

スタンフォード大学 (Stanford University) | カリフォルニア州スタンフォード | \$5,006,011

スタンフォード大学は現在、エネルギー関連の意思決定がいかにかに下されるかを調査中である。スタンフォードの研究は行動的アプローチ、製品デザイン、計算、テクノロジーを融合し、人々に家庭でのエネルギー効率を高めるよう奨励するとともに、住宅のエネルギー使用量平均を 20%超削減という長期目標を設けている。この学際的な研究者、業界リーダー

一の集団はフィールド規模で試験装置の各ソリューションを構築・試験する予定である。双方向メディアや魅力的なデータ視覚化、斬新な報奨制度、革新的なコミュニティプログラムを介して、人々をスマートメーターなどのセンサーデータと結びつける。その目的は、エネルギー効率の高いテクノロジーのレトロフィット、購買、そして正しい利用を奨励することである。成功すれば、スタンフォードのチームの研究は公共のウェブサイトや離解用の高解像度データなどの技術プラットフォームに活用されるであろう。

ネットゼロエネルギービルのプラスチック用低コスト、エレクトロクロミックフィルム

ITN Energy Systems, Inc. | コロラド州リトルトン | \$4,886,155

ITN Energy Systems は、あらゆる種類の建物において熱やエネルギー損失を大幅に抑える窓、すなわちプラスチック基板の固体エレクトロクロミックフィルム用のフィルムコーティングを開発している。いわゆる「スマートウィンドウ」の展開に対する障壁はおもに、エネルギー節約フィルムのコストの高さである。ARPA-E の資金提供は、生産品質を監視するコスト効果の高い製造工程とインテリジェントかつセンサーベースのプロセス制御の開発に使われる予定。フィルムコーティング製造の革新的なアプローチを採り入れることで、ITN Energy Systems はコスト削減と、より広範囲の製品採用を狙っている。成功すれば、このプロジェクトは建物内のエネルギー使用を最大 40%削減し、電力需要がピークに達する時間帯の光熱設備へのプレッシャーを大幅に緩和できる。

ナノ構造高分子膜を介して水分子を直接扱う斬新な膜ベースの除湿システム

Dais Analytic Corporation | フロリダ州オデッサ | \$681,322

温暖かつ湿気の多い気候では、空調の効率が著しく低下する。これは水分を空気から取り除かなければならないためである。このプロジェクトは、水分は透過するが空気は透過しないナノ構造固体ポリマーを使った空気の湿気除去を提案する。温度を変えずに水蒸気を空気から引き離す膜の後ろに真空を作るシステムである。蒸気は、制御環境の外にある別の膜を通して環境中に出される。このテクノロジーは、冷却テクノロジーの効率を高め、大きなコスト節約につながる。

Carbon Capture(炭素回収)

Carbon Capture (炭素回収) および Sequestration (隔離) 技術は、石炭や天然ガス、石油といった従来の化石燃料源から大気中への二酸化炭素放出を防ぐ。この分野で ARPA-E が資金提供する各プロジェクトは新たな炭素回収方法の創出と、二酸化炭素の回収・隔離におけるエネルギー需要の大幅な削減を模索している。

エネルギー効率の高い炭素隔離のためのカーボンナノチューブ膜

Porifera, Inc. | カリフォルニア州ハイワード | \$1,153,975

ARPA-E の財政支援を得て、Porifera は二酸化炭素を工場煙突の排出物から効率的に分離する高流量、高選択性カーボンナノチューブ膜の開発を目標としている。現在、排出物からの二酸化炭素除去について各企業は化学吸収に依存している状態だが、化学吸収は費用が高くエネルギー集約的で、独立した、またネガティブな影響を環境におよぼす。同プロジェクトの目標は現行の化学ベースの二酸化炭素分離技術を膜ベースの技術に代えることである。このプロジェクトが成功すれば、二酸化炭素分離膜によって高効率、低費用の隔離、そしてエネルギー消費削減が実現するであろう。

酵素の合成類似物を使った CO₂ 回収

United Technologies Research Center | コネチカット州イーストハートフォード | \$2,263,898

United Technologies Research Center (UTRC) は ARPA-E の資金提供を利用して、石炭火力発電所から排出される二酸化炭素を回収する新たなプロセスを開発している。UTRC の研究活動の中心は、地球上のほぼ全ての生物が二酸化炭素量の管理に使う自然発生型の酵素である。この自然発生型の形態は煙突の環境内では生存できない。したがって UTRC は、触媒機構の各側面の研究に利用できる酵素の合成類似物の開発に取り組んでいる。同研究の最終目的は、発電所の煙突において二酸化炭素を他の気体から分離する選択性の膜として働く酵素類似物/ポリマーナノコンポジット薄膜の創出である。提案されたテクノロジーは可動式の部品や消耗品を伴わず、既存のものよりも設置しやすく信頼性が高い。このテクノロジーが成功すれば、石炭火力発電所は増分費用を大幅に下げたうえで炭素を最大 90% 回収できる。

炭素回収用途の電界スイング吸着

リーハイ大学 (Lehigh University) | ペンシルベニア州ベスレヘム | \$560,809

ARPA-E の財政支援を得て、リーハイ大学は石炭火力発電所の煙突の中で二酸化炭素を他の気体から分離する革新的な手法を開発している。リーハイ大学は、電界を利用して高表面積かつ固体状の吸収物質の二酸化炭素への親和性を可逆的および選択的に高めるよう試みている。スイッチ 1 つで石炭火力発電所は、各材料が二酸化炭素を吸収するか回収用に放出するかをコントロールが可能になる。ARPA-E の資金提供は、適切な材料の開発と吸着プロセスの最適化に使われる予定。成功すれば、炭素回収に要する時間とエネルギーがこのテクノロジーによって大幅に短縮・削減できる、

石炭煙道ガスから CO₂ をエネルギー効率の高い形で回収

Nalco Company | イリノイ州ネイパービル | \$2,250,486

ARPA-E の財政支援を得て、Nalco Company は石炭火力発電所の煙突での斬新な炭素回収プロセスを開発している。Nalco Company の電気化学プラットフォームは二酸化炭素を迅速に回収し、加熱や真空あるいは消費的な化学製品の使用なしに大気圧で脱着させる。このテクノロジーが成功すれば、炭素回収の増分費用が最大 50%削減でき、石炭火力発電所にとっては煙突排出物を清浄する経済的な余裕ができる。

カーボンネガティブかつ製品柔軟性の高い合成ガス・ケミカルルーピングのパイロット実験

オハイオ州立大学 | オハイオ州コロンバス | \$5,000,000

オハイオ州立大学(OSU)は、石炭やバイオマスなどの炭素質燃料をゼロあるいはマイナスの二酸化炭素排出で電気、水素および/または液体燃料に効率的に変換する、合成ガス・ケミカルルーピング (Syngas Chemical Looping: SCL) という革新的なプロセスを開発した。OSU は ARPA-E の資金提供を利用して、SCL プロセスを実証する 250 kWth のパイロット規模の工場を建設予定である。バイオマスと石炭の混合物を、水素や電気など二酸化炭素が 100%回収できるクリーンなエネルギー担体に変換する。OSU は様々な企業と協力して産業面での懸念に対応すると同時に、事業化のためのテクノロジーを準備している。いったん事業化されれば、このプロセスはゼロまたはマイナスの二酸化炭素排出量で、低コストの電気、水素および/または合成液体燃料の産出に利用できる。これが成功すれば温室効果ガス排出量が大幅に削減でき、石炭やバイオマスといった原産のエネルギー源の使用が効率化できると OSU チームは推測している。

Conventional Energy (従来型エネルギー)

ARPA-E が資金提供する Conventional Energy プロジェクトは従来の化石燃料エネルギー産生の効率を大幅に高め、この用途による廃棄物を削減するよう努めている。

製油所のオフガスをハイオクタンアルキレートに改良

Exelus, Inc. | ニュージャージー州リヴィングストン | \$1,000,000

米国の製油業の規模ゆえに、一見ささいな非効率でも潜在的燃料の大量損失につながる。浪費燃料の最も重要な原因に挙げられるのが製油所のオフガスである。オフガスの有益な元素を分離するのは困難かつ費用がかかるため、製油所はオフガスを生産的に利用するよりも燃やしてしまうのが通常である。ARPA-E の財政支援を得て、Exelus Systems は製油所

オフガスの有益な元素(オレフィンなど)を分離する斬新なプロセスを開発している。Exelusの推測では、同社のプロセスによって製油所のオフガスの42%が年間で約4600万バレルのガソリンに変換できる。製油所のオフガスを生産的に活用することで、オフガスを燃焼する製油所からの排出物を大幅に削減できる。このプロジェクトが成功すれば、ガソリンの国内生産が増え、炭素排出削減につながるであろう。

直接ソーラー燃料

直接ソーラー燃料のテクノロジーは光合成微生物を利用し、太陽エネルギーから直接液体燃料や燃料の前駆体を生成する。大半のケースにおいて、これらの微生物は生体触媒として機能し、液化炭化水素などの燃料を継続的に生成する。

先端バイオ燃料生産用の、遺伝子学的に扱いやすい微細藻類プラットフォーム

アイオワ州立大学 | アイオワ州エイムズ | \$4,416,852

ARPA-Eの財政支援を得て、アイオワ州立大学(ISU)はバイオ燃料の原料を生成するために水生微生物クラミドモナスを改造している。クラミドモナスは炭素を吸収し、太陽光からエネルギーを生み出す分子(脂質)を生成し、工業規模での生産に耐用するために簡単に管理・改造できる汎用性の高い微生物である。このプロジェクトは、幅広い条件や最終製品に適応し、多様な好ましい特徴を遺伝子的に組み合わせる(すなわち育てる)変形能力を持つ新たなバイオ燃料生産能力を生み出すであろう。成功すれば、このプロジェクトはバイオ燃料のもう1つの再生可能なソースを提供し、米国の化石燃料の国外ソース依存度を軽減するであろう。

水や太陽光からの手頃なエネルギー

Sun Catalytix Corporation | マサチューセッツ州ケンブリッジ | \$4,085,346

ARPA-Eの財政支援を得て、Sun Catalytixは汎用性が高く低価格で効率的、自己修復型、スケラブルな再生可能エネルギー貯蔵方法を開発している。Sun Catalytixは水道水やきれいな海水から水素や酸素を産生するために、地球上に豊富に存在する元素を使った斬新な水酸化触媒を開発する予定である。ARPA-Eの資金提供によってSun Catalytixは、斬新な触媒技術を学校の研究室から、実用化に向けた商業的環境に移行できるようになった。Sun Catalytixは特に、低価格な100ワットの電解槽や直接のSolar to Fuel(太陽光燃料生成)PECモジュールなど新しい電解槽デバイスや光電気化学電池(PEC)デバイスの設計・開発に取り組んでいる。いずれのデバイスも、大量生産をサポートする材料から作られ、利用しやすい水道水を使うことで効率的に作動し、革新的な新製品の丈夫な試験台として役立つと予測されている。このプロジェクトが成功すれば、原料として水を使った再生可能なエネルギー

ギー供給からの経済的かつ分散型エネルギー貯蔵が可能になり、現在のテクノロジーよりもはるかに低いコストでオフグリッド(独立型電源システム)の場所に継続的に電力を供給できる。

太陽光発電高効率バイオ燃料生産用のシアノバクテリア

アリゾナ州立大学 (Arizona State University) | アリゾナ州テンペ | \$5,205,706

ARPA-E の財政支援を受けて、アリゾナ州立大学(ASU)はシアノバクテリア(シネコシステイス)を使い、カーボンニュートラルかつ持続可能なバイオ燃料を生産予定。シネコシステイスは非耕作地に育つため、食用作物とは競合しない。ASU はシネコシステイスを改造した、太陽光と二酸化炭素の遊離脂肪酸(捕獲後、液体ジェット燃料に変換される)への継続的変換に取り組んでいる。このプロジェクトが成功すれば、国内の再生可能バイオ燃料生産量が増え、外国産の化石燃料への米国の依存度が軽減するであろう。

炭化水素バイオ燃料生産の理想的基盤としてのシュワネラ

ミネソタ大学 (University of Minnesota) | ミネソタ州セントポール | \$2,200,000

ARPA-E の財政支援を受け、ミネソタ大学はシュワネラ菌を使った炭化水素燃料生産に取り組んでいる。炭化水素燃料はエタノールなどの代替燃料よりも大きな利点がある。たとえば、エタノールと違い炭化水素燃料は米国の既存の製油・流通インフラを利用できる可能性がある。ミネソタ大学は既に、自然発生型のシュワネラ菌が炭化水素を生成することを証明した。このプロジェクトは、光合成生物をシュワネラと結びつけ、二酸化炭素を炭化水素に変換する新しいバイオリクターの開発を目指している。この提案された研究は、炭化水素の継続的捕獲を可能にする革新的なバイオ生産方法も模索する予定である。これによって、従来のバッチ発酵と比べてコストが大幅に節約できるであろう。この斬新な手法から生まれた炭化水素の原料は、1 世紀におよぶ石油精製の歴史から得られた知識を駆使して化学的に処理される。このプロジェクトが成功すれば、再生可能輸送燃料の国内生産量が増え、外国産の化石燃料に対する米国の依存度を軽減できるであろう。

Energy Storage (エネルギー貯蔵)

エネルギー貯蔵技術は大幅な効率改善のために、電池や蓄電器などのエネルギー貯蔵方法の変革を目指している。

Electroville: 高電流エネルギー貯蔵デバイス – 地域エネルギー貯蔵

マサチューセッツ工科大学 (Massachusetts Institute of Technology) | マサチューセッツ州ケンブリッジ | \$6,949,584

病院や製造施設、住宅地域への途切れのない、高品質な電力供給は国全体の問題である。まして再生可能エネルギー源への配電網の依存度が高まる状況であれば尚更である。この問題への対処法の1つは電力が使われる場所付近への大規模な電池の設置である。しかし、これに必要な性能条件(大きな放電深度(>80%)、きわめて高い電流、きわめて低いコスト(キロワット時当たり 50 ドル未満)の何千サイクル分におよぶ長い耐用寿命)を満たす電池はまだ発明されていない。マサチューセッツ工科大学の研究者らは地域エネルギー貯蔵用の世界初の完全液体式金属電池開発に取り組んでいる。この電池の活性物質は液体であるため、電池のサイズと能力は貯蔵する地域におけるニーズ変化に対応可能である。また、このデバイスは安価かつ国内で豊富に得られる物質を利用し、必要な性能要件を満たす。また、再生可能エネルギーへの依存度を高めるより安定性の高いグリッドを実装する米国の能力向上が加速する。

高エネルギー密度リチウム電池

Envia Systems | カリフォルニア州ヘイワード | \$4,000,000

Envia Systems は ARPA-E の資金提供を使い、きわめてエネルギー密度の高い(現在の最新式電池の約 150 Wh/kg に対して 400 Wh/kg 超、長距離電気自動車を作動可能)リチウムイオン電池を開発している。このプロジェクトは先進の高容量シリコンカーボン・ナノコンポジット陽極と補足的な高容量陰極開発を伴う。さらに、Envia Systems は陽極・陰極物質両方の生成を高容量に対応させるプロセスを開発予定。これらの物質のスケーリングは、高性能だけでなく品質や一貫性にも優れた物質の再現性を伴う。このプロジェクトはもし成功すれば、先進式電池の分野における米国のリーダーシップを高め、ハイブリッド/電気自動車への移行を加速させ、外国産の化石燃料に対する米国の依存度を軽減するであろう。

低コスト、高エネルギー、高出力密度のナノチューブ強化ウルトラキャパシタ

FastCAP Systems Corporation | マサチューセッツ州ボストン | \$5,349,932

FastCAP Systems は ARPA-E の資金提供を使い、独自のエネルギー貯蔵技術を開発している。これは、ウルトラキャパシタと電池の利点全てを、それぞれの不利益なしにまとめる技術である。特に FastCAP Systems は、カーボンナノチューブ(高エネルギー密度、高電力、極端な温度での信頼性をもたらす、非常に小型で高性能な炭素のチューブ)で作られたウルトラキャパシタの生産を目指している。さらに、このウルトラキャパシタは漏れや爆発に対し

て安全である。このプロジェクトが成功すればハイブリッド／電気自動車のコストを大幅に削減でき、その安全性と信頼性が高まるであろう。

再生可能な一体化とグリッド用の平面状ナトリウム β 電池

EaglePicher Technologies, LLC | ミズーリ州ジョプリン | \$7,200,000

大規模、低コストのエネルギー貯蔵は再生可能エネルギー普及とグリッド信頼性向上に欠かせない。高温ナトリウム β 電池が長きにわたって有望なグリッドスケール・エネルギー貯蔵技術となっている一方で、現在のナトリウム β 電池技術はコストが高く信頼性が低い。Eagle Picher Technologies (EPT)はパシフィック・ノースウェスト国立研究所(Pacific Northwest National Laboratory)と協力し、ARPA-E の資金提供を使って全く新しい平面状のナトリウム β 電池を開発・実証している。これは高価な管状のデザインをベースとした現在の構造からの大きな脱却である。斬新かつ安価な積層構造を使うことで、EPT は低温および低コストでの大幅な性能向上を目指している。EPT のデザインは製造工程を単純化させ、既存デザインの半分のコストでスケーラブルなモジュラー電池の生産を可能にする。この積層電池の作用面積が増える一方で拡散距離は縮み、エネルギー密度が 30%、出力密度が 100%増える。このプロジェクトが成功すれば、雇用創出と配電網での大規模な電池貯蔵が現実化し、グリッドがより安定するとともに再生可能エネルギー技術とグリッドとの一体化が簡易化する。

リチウムイオン陽極としてのシリコン塗布式ナノファイバーペーパー

Inorganic Specialists, Inc. | オハイオ州マイアミズバーグ | \$1,999,447

Inorganic Specialists はリチウムイオン電池用のシリコン塗布式カーボンナノファイバーペーパーを開発している。このペーパーは既存の陽極技術の 4 倍の容量を持つ。画期的なエネルギー貯蔵、低い不可逆容量、安定したサイクリング、低コスト、実行可能な製造性の基準を全て満たしている点でユニークな素材である。ARPA-E の資金提供は、製造工程や設備の開発と工業的規模のシリコンペーパー製造の実現可能性確立に使われる予定。このプロジェクトが成功すれば、ハイブリッド／電気自動車や風力／太陽光発電システムの展開が加速するであろう。

持続可能、高エネルギー密度、低コストの電気化学エネルギー貯蔵 – 金属-空気イオン液体 (MAIL)電池

アリゾナ州立大学 | アリゾナ州テンペ | \$5,133,150

ARPA-E の財政支援を受け、アリゾナ州立大学の金属-空気イオン液体(MAIL)電池プログラ

ムは地球上に豊富に存在する物質を一体化する安全でエネルギー密度がきわめて高くコストの低い電池技術の創出に取り組んでいる。開発が成功すれば、MAIL 電池は電池自動車の走行距離を約 1000 マイル(1609 km)に上げ、電気自動車のコストを大幅に下げる潜在能力を秘めている。現在まで、エネルギー密度の低さやコストの高さ、安全性の問題、信頼性の低い外国産の地球上に稀に存在する(earth-rare)物質への依存によって先進電池技術の使用は制限されてきた。MAIL 電池は国内で入手可能な、地球上に豊富に存在する物質を活用し、コスト削減とともに原料供給の信頼性を高めるであろう。さらに MAIL 電池は他に類を見ない安全性が期待される。これは、主要化学物質が同じスペースには保存されないためである。仮にハイブリッド/電気自動車の衝突事故が起きても壊滅的なエネルギー放出や発火のリスクは少なくなる。もしくは全く無くなる。このプロジェクトが成功すれば、長距離型で低コストのプラグインハイブリッド/電気自動車の急速かつ広い展開、さらに輸入化石燃料に代わる輸送エネルギー源としての米国配電網の利用が可能になるであろう。

超臨界流体による熱エネルギー貯蔵

カリフォルニア大学ロサンゼルス校(University of California, Los Angeles) | カリフォルニア州ロサンゼルス | \$2,420,802

2タンク式熔融塩は、太陽光発電所用の最先端の熱エネルギー貯蔵手段として現在好まれている。この UCLA が率いるチームは、コストを大幅に削減し体積エネルギーと質量ベースの(mass-based)エネルギー密度を高める熱エネルギー貯蔵システムを開発予定。同チームは、モジュール式単一タンクのデザインで中温(100°C~200°C)と高温(300°C~550°C)の両方で作動するように設計された超臨界流体ベースの熱エネルギー貯蔵システムを開発・実装する。超臨界状態での高密度と同システムの高温貯蔵能力によって、体積エネルギー密度を高くする。上記のチームは高比貯蔵能力を持った流体を識別・開発し、コスト効果が高く設置面積の小さい太陽光発電貯蔵を実現するタンクを設計する。高温貯蔵のため、体積エネルギーの密度は2タンク式熔融塩システムの70%を下回るコストで、熔融塩システムの2倍以上に増えるであろう。

再生可能電力(Renewable Power)

再生可能電力のプロジェクトは、きわめて効率的な太陽熱収集器や風力タービン、地熱エネルギーといった多くの持続可能エネルギー分野で、革新的な技術に取り組んでいる。

1366 のダイレクトウエハー: テラワットの光起電力を実現

1366 Technologies Inc. | マサチューセッツ州レキシントン | \$4,000,000

結晶シリコンウエハーは太陽光を捕獲し生産的なエネルギーに変換する太陽電池に一般的

に使われている。現在まで、太陽電池の利用はシリコンウェハー製造のコストの高さゆえに制限されてきた。ARPA-E の財政支援を得て、1366 Technologies はウェハーを熔融シリコンから直接抜き出す新しいウェハー製造プロセスを開発している。1366 の推測によれば、このプロセスによってウェハーのコストが 80%削減でき、設置した太陽光システムのコストを半減できる。太陽電池のコストを大幅に下げることによって、この製造プロセスは米国の太陽エネルギー産出量を 500 GW 増やし、年間の二酸化炭素排出量を 2025 年までに約 5 億メートルトン節約すると考えられる。このプロジェクトが成功すれば国内エネルギー生産量が増え、太陽光発電産業で多くの雇用が創出されるであろう。

順応型タービブレード: 低コスト風力発電を実現するブローン・ウイング技術

Caitin, Inc. | カリフォルニア州ペタルーマ | \$3,000,000

ARPA-E の財政支援を得て、Caitin は 100 キロワットレベルの「ブローン・ウイング(blown wing)」(循環制御)風力タービン試作品を開発・建設予定である。「ブローン・ウイング」技術は風力タービンの製造・操作を大きく単純化する可能性を秘めている。固定翼と違い、「ブローン・ウイング」は力学的に調整することで、様々な風の条件に応じてパワーを最大限に発揮できる。面倒で高精度な製造を要する固定翼と違い、効果的なブローン・ウイングはわずかな費用で国内製造可能なスロット式押出パイプから生み出すことができる。ブローン・ウイング技術は米国陸軍の固定翼および回転翼航空機で実証済だが、風力タービンのブローン・ウイング技術実証の試みはない。このプロジェクトが成功すれば、分散式中規模風力タービン技術の経済的普及が可能になり、米国全土で超大型タービン設計に大きな影響を与える可能性がある。

空中風力タービン

Makani Power, Inc. | カリフォルニア州アラメダ | \$3,000,000

Makani の空中風力タービンは、タービンを装備した繫留式で高性能な翼を使い、風力エネルギーをグリッド品質かつ実用規模の電気に変換する。電力はこの動作から翼搭載式タービンによって引き出され、導電性のテザーを通して地上に送られる。しかし、強制的に翼をハブ周囲を回転させるものではないので、空中スイープ範囲は従来の風力タービンを大きく上回り、風が強く一定している場合は、より高く飛行可能である。その結果、従来の風力タービンが展開不可能な地域でも展開可能になる。Makani の推測によれば、同社の技術によって設備利用率 60%が達成でき、全体的質量がはるかに低いシステムができる。Makani が開発予定の試作品は原寸システムの設計および独立飛行モードのバリデーションに使われる。これによって電気コストが従来の水平軸風力タービンよりも削減できるであろう。

画期的な高効率遮蔽式風力タービン

FloDesign Wind Turbine Corp. | マサチューセッツ州ウィルブラハム | \$8,325,400

ARPA-E の財政支援を得て、FloDesign は既存の水平軸風力タービンや現在のダクト増強式風力タービンを翼当たり直径のエネルギー供給量で大幅に上回る遮蔽式軸流風力タービンを開発している。ジェットエンジンのデザインにインスピレーションを受けた FloDesign の風力タービンは既存のデザインと比べて製造や操作が大幅に安価だけでなく、潜在的用途も幅広い。よりコンパクトなデザインによって風力タービンを都市環境など、より広範囲の場所に設置できる。このプロジェクトが成功すれば米国内で風力発電が展開しやすくなり、再生可能エネルギー源への移行が加速するであろう。

経済的な EGS(強化地熱システム)井戸を可能にする低接触掘削技術

Foro Energy, Inc. | コロラド州リトルトン | \$9,141,030

地熱エネルギーは米国でも巨大なカーボンフリー発電源となる可能性を秘めている。現在まで、超硬質結晶基盤岩への貫通の困難さによって地熱エネルギーの利用は妨げられてきた。従来のドリルビットではこの基盤岩への貫通が遅く、磨耗が早い。そのために掘削作業は遅く、また多くの費用を要する。Foro Energy は ARPA-E の資金提供を使い、掘削速度を従来の掘削技術と比べて最高で 10 倍速める熱機械的掘削技術を開発予定。この掘削効率向上によって、掘削費用が大幅に削減できる。このプロジェクトが成功すれば、地熱エネルギー利用が普及し、再生可能エネルギー源への移行が加速するであろう。

光流体太陽集光器

Teledyne Scientific & Imaging, LLC | カリフォルニア州サウザンドオークス | \$1,000,272

Teledyne は、電気湿潤をもとに革新的な光流体システムを使った太陽集光器を開発している。現在、集光型太陽光発電システムの日射追跡は複数の可動部を伴う機械的手段によって行われているが、これは信頼性の面で不安を抱えている。また、これらのシステムは嵩が張る。このプロジェクトは、集光式太陽光発電(CPV)用に太陽の軌道の毎日および季節ごとの変化を追跡する電気湿潤ベースの動的液状プリズムを開発予定。この電気湿潤効果は電界の応用を通じて、疎水性表面上の液体の接触角を制御する。嵩の張る機械的追跡を取り除いて操作効率を高めることで、資本費が削減できるであろう。最も重要なことは、嵩の張る追跡用ハードウェアの排除やノイズの少ない操作によって、集光型太陽熱発電が住宅に幅広く展開できる点である。

車両技術(Vehicle Technologies)

ARPA-E の資金提供を受ける車両技術は、車両の効率を高める幅広い草分け的な技術を網羅している。これには新たなハイブリッドエンジン技術の創出から車内廃熱を電気に変換する技術まで全てが含まれる。

先進式電力半導体と包装

Delphi Automotive Systems, LLC | インディアナ州ココモ | \$6,733,386

Delphi Automotive Systems は、既存のシリコンベースの技術よりも効率面で 50%上回る新しい電気エネルギー変換モジュールを開発している。このモジュールは、先進的接続部分や冷却と結合してより多くの電流を流す高電圧半導体デバイスによって構成される。また、このユニークなデザインによってモジュールのサイズ、コスト、エネルギー損失も削減できる。Delphi Automotive Systems は ARPA-E の資金提供を利用して、このデバイスを低コスト高電圧商用生産に近づけるよう取り組んでいる。このプロジェクトが成功すれば、ハイブリッド/電気自動車のエネルギー効率や費用効果が改善するであろう。

ハイブリッド車両と代替エネルギー用の高エネルギー永久磁石

デラウェア大学(University of Delaware) | デラウェア州ニューアーク | \$4,475,417

高エネルギー永久磁石は電気、電子、自動車、通信、IT 各産業の多くの用途に欠かせない。現在、永久磁石の需要はハイブリッド/電気自動車、風力電力システム、発電システム、エネルギー貯蔵システムといった新興市場において高まっている。生産者がアジアに移ってしまった現在、米国はこの重要な技術分野における主導権を失っている。米国がこの重要な物質の科学、テクノロジー、事業化のリーダーとしての地位を再構築するうえで、デラウェア大学の研究開発がもたらすイノベーションやブレイクスルーは役立つ。このプロジェクトの目標は、エネルギー密度(最大エネルギー積)が現在最も強い Nd-Fe-B 磁石の 2 倍の次世代の永久磁石を米国で作り上げるための物質の開発である。このプロジェクトが成功すれば、様々なクリーンエネルギー技術に展開可能な低コスト、高エネルギー効率で電力密度の濃い磁石ができる。

軽量熱エネルギー回収(LighTER)システム

ゼネラルモーターズ・カンパニー(General Motors Company) | ミシガン州ウォーレン | \$2,698,935

毎年、米国は 2 兆ワットに相当する膨大なエネルギーを廃熱(機械、電気機器、工業プロセスから生まれ、有益な目的に使われず周辺環境に消失する熱)という形で損失する。ゼネラ

ルモーターズ(GM)は ARPA-E の資金提供を使い、自動車廃熱回収システムを開発している。廃熱を回収することで GM は燃料経済性を高めるであろう。この新システムは、熱で変形し冷やすことで元の形に戻る形状記憶合金(SMA)を活用する。GM は SMA を機械デザインと組み合わせて、既存技術の 10 倍の発電を実現する予定。このプロジェクトの潜在用途は無限であり、交通手段や住宅、建物、自然界の熱源に応用できる。すなわち、温度差が存在する全ての場所が有用エネルギー産出に利用できる。このプロジェクトが成功すれば燃料効率が最大 10%高まり、米国の年間燃料消費が最大 3.8 億バレル削減できる。

第四ホスホニウムベースの水酸化物交換膜

カリフォルニア大学リバーサイド校(University of California, Riverside) | カリフォルニア州リバーサイド | \$763,745

カリフォルニア大学リバーサイド校(UC Riverside)は ARPA-E の資金提供を使って新しい燃料電池を開発している。現在まで、プロトン交換膜燃料電池(PEMFCs)の利用はそのコストの高さに妨げられてきた。これは白金などの高価な物質を触媒として使うためである。UC Riverside が開発予定の新しい水酸化物交換膜(HEMs)は燃料電池で白金を使わず、それに代わってニッケルや銀などの安価な金属を利用して、燃料電池技術を経済的に可能にするうえで必要なブレイクスルーを実現する。これらの燃料電池は高い水酸化物伝導性、アルカリ安定性、寸法安定性などの利点も持つ。このような燃料電池はゼロ排出車両や太陽・風力エネルギー保存にも即利用できる。このプロジェクトが成功すれば、自動車での燃料電池利用が促進され、米国における外国産化石燃料の需要が低減できる。

変形ナノ構造永久磁石

ゼネラルエレクトリック・カンパニー(General Electric Company) | ニューヨーク州ニスカナ | \$2,249,980

このプロジェクトでは、電気機械の効率と出力密度を高めつつ原料コストを削減するコスト競争力が高い次世代永久磁石をゼネラルエレクトリック・グローバルリサーチ(General Electric Global Research: GE)が開発予定である。これらの次世代永久磁石の磁石エネルギー積は 80 メガガウス・エルステッド(Megagauss Oersteds: MGOe)以上で、希土物質含量は 80%となる。磁石のエネルギー積を増やすために、GE は独自バルク(bulk proprietary)のナノ構造で連結式の濃密な微小構造物を開発し、バルク交換スプリング・ナノコンポジット永久磁石を初めて大規模実証する予定である。この磁石によってハイブリッド車や風力タービン発電機の市場浸透が進むと同時に希土ミネラルベースの製品における米国の競争力が高まるであろう。

ウェーブディスクエンジン

ミシガン州立大学(MSU: Michigan State University) | ミシガン州イーストラランシング | \$2,540,631

ミシガン州立大学の研究者らは現在、輸送燃料をより有効活用するハイブリッド車用の新しいエンジンを開発している。米国エネルギー省(Department of Energy)および環境保護庁(Environmental Protection Agency)によれば、燃料のうち約 85%が現在走行する大半の車両によって浪費される一方で、車の駆動に使われるのは燃料のわずか 15%に過ぎない。MSU の推測では、同大学の斬新なウェーブディスクエンジンによって燃料の 60%が駆動に使われる車両が実現し、浪費される燃料のパーセント数が大幅に減る。ウェーブディスクエンジンはサイズこそ小さいが、約 1,000 ポンド(約 453.6 kg)分のエンジン、変速装置、冷却システムに取って代わる。MSU の推測によれば、同大学の技術によってハイブリッド車が 30%軽量化し 30%安価になる。コストや重量の問題が克服され、所定の燃料量での走行距離が広がるため、自動車メーカーはこの新しい技術を使ってより軽量で燃料効率の高いハイブリッド車を生み出せる。このプロジェクトが成功すれば、燃料消費効率が著しく上がり、自動車の排出量が最大 90%削減でき、米国の化石燃料輸入量が大幅に軽減し、新たな雇用創出につながるであろう。

廃熱回収(Waste Heat Capture)

廃熱回収技術は、石炭の煙突といった従来の工業プロセスから出た熱エネルギーを回収し、熱を効率的に電気に変換する。

高効率熱電気デバイス用の先進式半導体物質

Phononic Devices, Inc. | ノースカロライナ州ローリー | \$3,000,000

現在まで、米国は石炭燃焼あるいは原子分裂と、熱を生み出すことで大半の電気を産出している。熱は蒸気を生み出し、これがタービンを回して電気を作る。このプロセスは熱の約 60%が浪費されるため、非常に効率が悪い。Phononic Devices の狙いは、この廃熱を再回収し有用な電力に変換する、あるいは、熱源によっては冷房・冷却効果を生み出すことである。この「熱電気(thermoelectric)」のコンセプトはマイクロプロセッサや太陽電池と同様の先進式半導体物質を駆使した、ナノスケールでの電子の方向操作による熱管理である。コンピューターチップに似た熱電気デバイスはノイズがなく、可動部分や有害な排出物もない。Phononic Devices の推測によれば、同社の設計コンセプトによって熱電気の効率が現状の 10%未満から 30%超に大きく改善し、発電や冷却に多くのエネルギーを節約できる。このプロジェクトが成功すれば、米国エネルギー経済に存在する大量の廃熱から国内発電の新たなチャンスが開ける。

経済的に印刷を施した(Economically Printed)柔軟なナノ構造式積層熱電接点を使った低品質熱の捕獲

イリノイ大学(University of Illinois) | イリノイ州シャンペーン | \$1,715,752

イリノイ大学は ARPA-E の資金提供を使い、シリコン・ナノチューブで構成される柔軟性の高い熱電気モジュール、さらにそのモジュールを作る経済的かつスケーラブルな手法を開発している。その構造的柔軟性によって、同モジュールは熱交換器のカスタマイズを最小限におさえ、土地利用によって多様な場面で展開可能になるであろう。たとえば、このモジュールは発電所、データセンター、自動車で使用できる。成功すれば、この熱電気モジュールは炭素排出やノイズを増やさずに米国内の電気生産量を最大 23%増やすことができる。

水

ARPA-E はエネルギーと水との相互依存を、私たちの国家のおよび経済的安全保障にとってきわめて重要と認識している。概していえば、ARPA-E の水技術は電気や燃料セクターの水強度軽減と、相互的な水セクターのエネルギー強度の軽減を模索している。

エネルギー効率が高く低コストの逆浸透用のカーボンナノチューブ膜エレメント

NanOasis Technologies, Inc. | カリフォルニア州リッチモンド | \$1,750,072

ARPA-E の財政支援を受け、NanOasis はカーボンナノチューブを利用して、脱塩や排水再利用を変容させ、著しいエネルギー節約効果を生み出す可能性を秘めた産業的にスケーラブルな逆浸透(RO)膜の創出に取り組んでいる。逆浸透は、3つの主要なインプットウォーター(input water)の源(内陸の汽水、都市下水、海水)を脱塩することで飲用水を供給する際に使う手法である。NanOasis が開発する RO 膜は、既存の膜よりも浸透性で 10 倍上回ると同社が予測するものである。この新しい膜は既存の脱塩プラントの改造を一切要さない。NanOasis の膜は、既存のプラントで置き換えて使用できるように業界水準の形状係数で包装される。NanOasis の膜技術が成功すれば、古い RO 膜エレメントを NanOasis の超低圧エレメントに置き換えることで既存の脱塩プラントの逆浸透エネルギー消費を 30~50%削減できる。NanOasis 膜技術で最適化した新しい脱塩プラントでは、エネルギー節約や膜の節約、さらには同じ水供給量が実現可能な小型かつ簡易で低コストの施設によって水の総コストが最大 40%削減できる。このプロジェクトが成功すれば、脱塩と排水再利用という分野を変革し、10年間でエネルギーを 290 兆ワット節約可能(二酸化炭素 1.77 億トンに相当)と NanOasis は推測している。

■ ARPA-E プログラム: 迅速な送電技術(Agile Delivery of Electrical Power Technology: ADEPT)

米国エネルギー省傘下の配電・電力信頼性局(The Office of Electricity Delivery and Energy Reliability)は、今後 20 年以内に米国で使われる電気の 80%がパワーエレクトロニクスを介して供給されると推測している。パワーエレクトロニクスは電気エネルギーの形態を修正(電圧、電流あるいは周波数を変える)したもので、固体式照明やインテリジェントモーター、電気自動車、よりスマートな電力供給網といった様々な用途に使われる。先進のパワーエレクトロニクスを使うことで電気消費量が最大 30%、あるいは米国全体のエネルギー使用量の 12%が削減できる。パワーエレクトロニクスのイノベーションによってコストが大幅に削減でき、技術的リーダーシップによって米国企業の成長が促進できる。

ARPA-E の ADEPT プログラムはおもに 2 つの分野を中心としている。それは世界初のキロボルト単位の集積回路創出と、13 キロボルトを超えるグリッドレベルの電圧で動くトランジスタスイッチの開発である。集積回路の革命を電力に応用することで、ほぼあらゆる種類の電気部品の性能が改善すると同時に電力系統の製造基盤が再定義される。グリッドスケールの個別のトランジスタ開発は、変圧器を動的に再設定できるアクティブ制御の電力網を生み出す可能性がある。ADEPT プログラムを構成する 14 のプロジェクトはトランジスタやインダクター、変圧器から蓄電器に至るまで、用途の幅広い基本的な回路構成要素の再発明に取り組んでいる。

ADEPT プロジェクトのハイライト

- グリッドスケール電力変換用の 15 kv 炭化珪素(SiC)絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT)電力モジュール
- 迅速なパワーエレクトロニクス用の高性能窒化ガリウム(GaN)高電子移動度トランジスタ(HEMT)モジュール

ADEPT プロジェクトのハイライト: グリッドスケール電力変換用の 15 kV 炭化珪素(SiC)絶縁ゲートバイポーラトランジスタ (IGBT)電力モジュール

リーダー組織	Cree (ノースカロライナ州ダーラム)
資金提供額	\$5,200,003
資金提供期間	8/20/2010～8/31/2013
主要分野	半導体

Cree(ノースカロライナ州ダーラム)の科学者らは、先進の炭化珪素(SiC)電力トランジスタがもたらす、変電所などの送電網の既存技術を超える大きなエネルギー効率の利点の実証に取り組んでいる。現在の電力供給に使われる変圧器は約 8,000 ポンド(3628.8 kg)と非常に重い。Cree が開発中の先進の炭化珪素技術は、これらの重たい変圧器に代わって、はるかに軽量な高周波変圧器を利用可能にする。これは現在の変圧器の約 1/80 と、スーツケースほどのサイズである。この新しい、高電圧 SiC 電力トランジスタは既存の電気変換技術と比べ、電力損失を 50%削減できる。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

このプロジェクトの成功は、大型かつ目障りで高価な変電所が、より小型で効率的な変電所にとって代わられることを意味する。このような高周波変電所はエネルギー効率を大幅に高めることで、電力網を近代化する。

プロジェクトニュース

炭化珪素(SiC)電源デバイスの業界リーダーとして、Cree は SiC 電力トランジスタ新製品 CMF20120D を最近発売した。同様の定格を持つ他の市販電力トランジスタと比べて、この SiC 電源デバイスは操作切替に必要な最低限のゲート駆動エネルギーを持ち、伝導損は 20 アンペアの電流で 2 ボルト未満の順電圧降下で最小限に抑えられる。電圧のはるかに高い SiC 電源デバイスを ARPA-E プロジェクト技術が実現する一方で、Cree が発売する SiC 電力トランジスタは小型かつ効率的で実用的な変電所の未来の開発における SiC 電力技術の可能性を実証している。



Cree が開発する先進の炭化珪素電力トランジスタは、電力網用の電力変換システムのエネルギー損失量半減を目指している。写真提供: Cree, Inc.

ADEPT プロジェクトのハイライト: 迅速なパワーエレクトロニクス用の高性能窒化ガリウム(GaN)高電子移動度トランジスタ(HEMT)モジュール

リーダー組織	Transphorm, Inc. (カリフォルニア州ゴレタ)
資金提供額	\$2,950,000
資金提供期間	9/1/2010~2/28/2013
主要分野	半導体

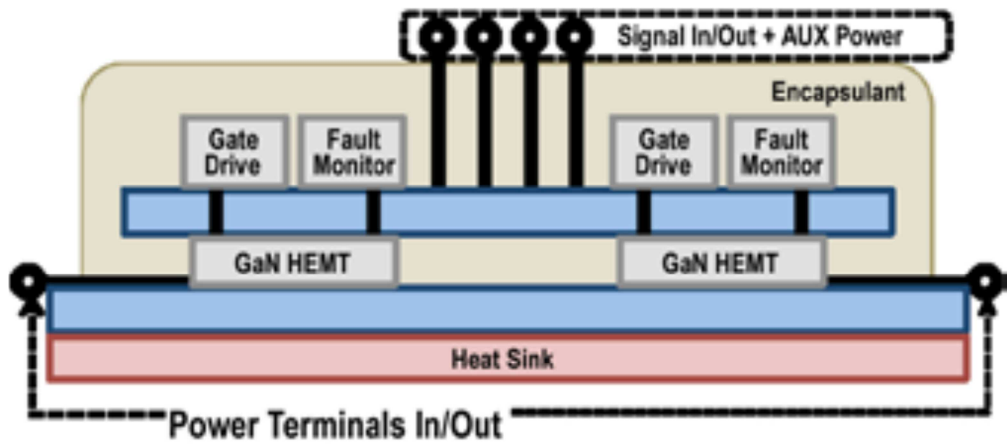
カリフォルニアに本拠を置く Transphorm, Inc. は、エネルギー効率の高いモータードライブ、電源装置、太陽光発電インバーターの設計・生産を可能にすることで電力浪費の大幅削減を目指す。同社の画期的技術は、クリーンエネルギー経済の原動力としてエネルギー効率が浮上したタイミングと一致している。このプログラムで Transphorm が開発しているのは、キロボルト(kV)クラスの窒化ガリウム(GaN)固体式スイッチとキロワット(kW)クラスのモータードライブ用の整流器を使った、1メガヘルツ(MHz)で動くインバーター/コンバーター用の初の電力モジュールを構築する物質、デバイス、回路、ソリューションである。現在の高電圧電力半導体デバイスは低スイッチング損失を実現できるスピードには到達せず、モータードライブ用の十分な駆動波形を生み出すこともないため、駆動およびモーターシステム全体の性能を損ねてしまう。Transphorm が開発する高電子移動度 GaN トランジスタは、伝導やスイッチング損失の低減によって操作のスピードと効率を高め、またシステムを簡易化・小型化する。

本技術はいかに変革をもたらさうか

現在、窒化ガリウムトランジスタは窒化ガリウムや炭化珪素基板で作るには非常に費用がかかる。Transphorm が開発中の新技術はコストの低い、シリコン基板を使った窒化ガリウムトランジスタ製造を目指している。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

Transphorm のトランジスタは、米国のモータードライブに革命を起こす可能性がある。Transphorm が開発する高効率・高速の操作デバイスは使いやすさの向上やエネルギーコスト低減、電気モーターの寿命延長を実現する。また、これらのデバイスは電気モーターに応用可能なコンパクトで無段変速のモータードライブを実現させる。このような先進式電力半導体技術を展開することで、効率アップによってエネルギー消費を 25~30%削減し、最先端のモータードライブ製造において米国にリーダーシップをもたらす。GaN ベースのソリューションの優れた特徴もまた、この技術をハイブリッド/電気デバイスや再生可能エネルギー(風力・太陽光)設備といった幅広い電力変換用途に最適にする。



Transphorm, Inc.が開発中の高性能窒化ガリウム半導体デバイスは使いやすさの向上やエネルギーコスト低減、電気モーターの寿命延長を実現する。

全ての ADEPT プロジェクト

グリッドスケール電力変換用の 15 kV SiC IGBT 電力モジュール

Cree, Inc. | ノースカロライナ州ダーラム | \$5,200,003

Cree の科学者らは、先進の炭化珪素(SiC)電力トランジスタがもたらす、変電所などの送電網の既存技術を超える大きなエネルギー効率の利点の実証に取り組んでいる。現在の電力供給に使われる変圧器は約 8,000 ポンド(3628.8 kg)と非常に重い。Cree が開発中の先進の炭化珪素技術は、これらの重たい変圧器に代わって、はるかに軽量な高周波変圧器を利用可能にする。これは現在の変圧器の約 1/80 と、スーツケースほどのサイズである。Cree の予測によれば、この新しい、高電圧 SiC 電力トランジスタは既存の電気変換技術と比べ、電力損失を 50%削減できる。

一体型パワーエレクトロニクス用の先進技術

マサチューセッツ工科大学 | マサチューセッツ州ケンブリッジ | \$4,414,003

このプロジェクトは 10~100 ワットという電力レベルのグリッドスケール電圧(100 ボルト超)を伴うインターフェイス用の回路を中心に、高効率固体式照明のパワーエレクトロニクスのサイズ改善、一体化、性能をターゲットとしている。特に同プロジェクトでは、シリコン上の窒化ガリウム(GaN-on-Si)電源デバイスやナノ構造式磁石物質、微細加工磁気部品、超高周波数電力変換回路を開発予定である。さらに、これらの新しいエレメントが高性能を達成するための共同最適化にも取り組む予定。

直接 AC コンバーター電池を使ったグリッドアセットの動的制御

Georgia Tech Research Corporation | ジョージア州アトランタ | \$998,619

ARPA-E の支援を得て、Georgia Tech はスマートグリッド実装において大幅なコスト削減を可能にし、トランスミッションやディストリビューションのアップグレード費用を最大 80%削減することで再生可能エネルギー資源を普及させる技術を開発している。既存のグリッドアセットの直接・動的制御を実現するために、実用規模かつ低コストの転嫁式 DC リンクコンバーター電池を開発予定。このプロジェクトではいくつかの開発(スイッチの数を最小限に抑えた AC/AC 機能を実現する新たなコンバータートポロジー)が行われ、システム内の DC エネルギー貯蔵が撤廃される予定。

双方向式電池-グリッド充電用の窒化ガリウム交換技術

HRL Laboratories, LLC | カリフォルニア州マリブ | \$5,058,752

このプロジェクトの目的は、自動車セクター用の高効率、高電力、高費用効果の電力コンバーターの開発である。より具体的には、メガヘルツの周波数で動く低コストのシリコン基板スイッチの高電圧窒化ガリウム(GaN)を利用する。この革新的なデザインによって、自動車セクター用のグリッド・インタラクティブな分配エネルギーシステムを中心に効率的かつ費用効果の高い電力管理を可能にする電気-グリッド双方向充電器ができる。

迅速なパワーエレクトロニクス用の高性能 GaN HEMT モジュール

Transphorm, Inc. | カリフォルニア州ゴleta | \$2,950,000

Transphorm 社は、エネルギー効率の高いモータードライブ、電源装置、太陽光発電インバーターの設計・生産を可能にすることで電力浪費の大幅削減を目指す。Transphorm が開発しているのは、キロボルト(kV)クラスの窒化ガリウム(GaN)固体式スイッチとキロワット(kW)クラスのモータードライブ用の整流器を使った、1メガヘルツ(MHz)で動くインバーター/コンバーター用の初の電力モジュールを構築する物質、デバイス、回路、ソリューションである。現在の高電圧電力半導体デバイスは低スイッチング損失を実現できるスピードには到達せず、モータードライブ用の十分な駆動波形を生み出すこともないため、駆動およびモーターシステム全体の性能を損ねてしまう。Transphorm が開発する高電子移動度 GaN トランジスタは、伝導やスイッチング損失の低減によって操作のスピードと効率を高め、またシステムを簡易化・小型化する。このような先進式電力半導体技術を展開することで、効率アップによってエネルギー消費を 25~30%削減し、最先端のモータードライブ製造において米国にリーダーシップをもたらす。

パワーエレクトロニクス用の高電力チタン酸蓄電器

ケース・ウェスタン・リザーブ大学(Case Western Reserve University) | オハイオ州クリーブランド | \$2,254,017

このプロジェクトは、ハイブリッド電気自動車や家庭用電化製品市場のパワーエレクトロニクス用の新しい蓄電器を開発予定。この蓄電器は新素材、電解質チタン酸を使い、自然自己修復機能を内蔵予定である。薄い棘状の電極が低い直列抵抗、インダクタンスと高い出力密度を可能にする。これによってエネルギー密度が最新鋭の蓄電器よりも大きく改善され、高周波の利用やキロワット当たりの価格の面でも改善される。電力用蓄電器市場は年間 16 億ドルの規模を誇り、大きな機会を示している。

電力変換装置に使うオンチップインダクター用の積層飽和磁束密度磁心

Georgia Tech Research Corporation | ジョージア州アトランタ | \$1,016,017

Georgia Tech は、家庭用電化製品の電源供給に使うラップトップ式電源装置などの充電器や部品の大幅なサイズ縮小およびコスト削減と効率化に取り組んでいる。これを実現するにあたり、単一チップ電力変換装置用の低損失、高磁束密度、金属磁性物質を開発する予定。新たな製造技術を駆使し、積層式のきわめて薄い鉄合金炉心板を作り、インダクターや変圧器にするとともに、これらを専用の電子部品と一体化させて、きわめて小規模の電力変換装置を製造する。

固体式照明用の一体型パワーチップコンバーター

Teledyne Scientific & Imaging, LLC | カリフォルニア州サウザンドオークス | \$3,439,494

Teledyne は白色固体式照明の採用促進を意図した、チップ上の変換式 25 ワット交流/直流電流(AC/DC)電源を開発している。この電源は、新しい高エネルギー密度のチップスケール蓄電器、メガヘルツの周波数の低損失低コスト磁気学、製造費や組立費の低いチップスケール統合技術から生まれる。固体式照明のライフサイクルコストを削減し、その採用を促進する。固体式照明の普及によって、商業、住宅、インフラ、産業の各セクターにおける照明需要での省エネルギーにつながる。

一体型受動デバイス(Integrated Passives)と低材料応力の孤立型コンバーター

バージニア工科大学(Virginia Polytechnic Institute and State University) | バージニア州ブラックスバーグ | \$1,000,000

Virginia Tech は、ネットブックといったモバイルアプリケーション用の効率的な電源アダプターに使うモノリシック電力変換装置を開発している。変圧器、超高密度蓄電器、そして低コストのインクジェット印刷によって高精度で代替可能なナノマグネシウム物質がチップコンバーターに一体化される。エネルギー貯蔵が 3 倍改善した磁性構造の導入で、変圧器の容量を最小限に抑える。その結果生まれる高出力密度の高効率コンバーター(90%超)はノートパソコンやネットブックの年間エネルギー消費を 15 テラワット/時削減するであろう。

プラグインハイブリッド用の低コスト、高度統合型炭化珪素(SiC)マルチチップ電力モジュール(MCPMs)

Arkansas Power Electronics International, Inc. | アーカンソー州ファイエットビル | \$3,914,527

プラグインハイブリッド電気自動車(PHEVs)用の充電モジュールはグリッドタイ・パワーエレクトロニクスである。電気自動車の普及とともに、充電を迅速化する電力レベルのアップ

ブが要求される。このプロジェクトは、電力変換技術に破壊的影響をおよぼす変換型、高効率、超小型、低コストの炭化珪素 PHEV 充電器を開発・実証予定。

メタキャパシタ

ニューヨーク市立大学(The City University of New York : CUNY)エネルギー研究所(Energy Institute) | ニューヨーク州ニューヨーク | \$1,568,278

このプロジェクトは小規模グリッドタイ式光起電力と固体式照明用の低コスト、高効率インバーターを可能にする、新種の蓄電器のナノスケール工学誘電体を開発予定。この薄膜蓄電器は高生産性、低コストの微細加工を実現するために印刷可能である。電子スイッチとパワーエレクトロニクス制御式集積回路をこれらの蓄電器フィルムに結びつけて密閉し、メタキャパシタを作る。その結果生まれるメタキャパシタは負荷管理、電力変換用の高出力密度、低損失技術基盤となる。

中電圧電力変換用のモノリシックな炭化珪素陽極スイッチサイリスタ

GeneSiC Semiconductor, Inc. | バージニア州ダレス | \$2,530,958

GeneSiC Semiconductor は、13,000 ボルトおよび 50 アンペアの炭化珪素固体式スイッチと商用電力用の整流器を作る半導体物質、デバイス、回路の開発を目指している。現在の電流電力半導体デバイスは、商用電力を直接扱うに十分な電圧に到達しない。その代わりに電流物質を積み重ねて、嵩の張る絶縁・冷却ハードウェアを要する複雑な回路を生み出す必要がある。このような炭化珪素デバイスは、たとえば 10 倍の電圧と 100 倍の電流を動作温度で扱う能力において従来のシリコンをはるかに超える性質を持ち、ハイブリッド／電気自動車、再生可能エネルギー(風力・太陽光)設備、配電網制御システムといった高電力用途に最適になる。これらの効率的かつ制御可能なデバイスは伝送路を有効活用してトランスミッションの効率を高めエネルギー費用を低減するだけでなく、米国経済にとって大きな損害となる停電の減少にもつながる。

ナノ構造式でスケラブルな厚膜磁気

ゼネラルエレクトリック・カンパニー | ニューヨーク州ニスカユナ | \$949,533

磁性部品は、固体式照明から再生可能エネルギーのグリッドタイ式インバーターまで多様な用途の高性能電力変換装置のサイズ、重量、コストの大半を占めることが多い。ゼネラルエレクトリック社は、キロワットレベルの用途に使うきわめて高効率(97%)の電力磁性部品試作品の開発に取り組んでいる。光起電力用の新世代の小型、効率的、低コスト電力変換装置の先進式ナノコンポジットコア材料を可能にする厚膜磁性技術を同社は開発予定。

新しいナノ構造式かつミリメートル単位の磁性物質を開発するため、スケーラブルで低コストの先進式物理的気相成長プロセスを使う予定。

チップ上の電源装置(PSOC)

バージニア工科大学 | バージニア州ブラックスバーグ | \$1,000,000

Virginia Tech は未来のマイクロプロセッサ、グラフィックカード、メモリデバイスの電源供給用に、現在の電力管理電圧調整器に取って代わる技術を開発している。新世代のシリコンデバイス上の窒化ガリウム(GaN)と新しい高周波数軟磁性材料のチップスケール統合を利用し、チップ上の 3D 一体型電源装置(PSOC)を開発予定。磁性部品のサイズを大幅に縮小し、大半のバルクキャパシタを排除することで、Virginia Tech は電圧調整器で現在占められているマザーボード上のスペースの最大 90%(マザーボードの 25%)が同社の高密度 PSOC によってフリーにできると予測している。

■ ARPA-E プログラム: 輸送用電気エネルギー貯蔵用の蓄電池(BEEST)

米国の交通セクターは石油燃料にほぼ独占的に依存状態で、そのために経済原価が高く、また増え続けている。交通セクターは、米国の輸入石油依存や大気汚染の大きな要因である。このような影響を緩和する 1 つの方法は、ガソリンではなく電気を使う自動車(車内の大型充電式バッテリーに電気を貯蔵)の利用促進である。これに対する大きな障壁はバッテリーそのものである。プラグインハイブリッド電気自動車(PHEV)と電気自動車(EV)用のバッテリーは現在、通常の軽量自動車で 100 マイル(160.9 km)未満の走行距離に限られる。この制約によって多くの米国人の間で「走行距離不安症(range anxiety)」が生じ、「EV では行きたい時に行きたい場所に行けない」という恐れから、EV の採用が停滞するであろう。

BEEST プログラムを構成する 10 件のプロジェクトは、走行距離 300~500 マイル(482.8~804.7 km)の電気自動車を現実化する PHEV および EV 用のバッテリーを開発している。このようなバッテリーの開発が成功すれば、PHEV や EV はより多くの人にとって価値あるものとなり、交通手段における輸入石油依存を大幅に軽減できる。このプログラムでは、ARPA-E は現在の EV 車の最短走行距離を倍化するデバイスから単一電荷で最大 500 マイル(804.7 km)走行できるハイリスクのリチウムエア電池に至るまで、「ゲームの流れを変える」技術を支援している。

BEEST プロジェクトのハイライト:

- 半固形充電式電源 - 超低コストの車両用の柔軟かつ高性能の貯蔵
- 被保護リチウム金属電極をベースにした超高比エネルギー充電式リチウムエア電池の開発

BEEST プロジェクトのハイライト: 半固形充電式電源: 超低コストの柔軟かつ高性能の貯蔵

リーダー組織	24M Technologies, Inc. / マサチューセッツ工科大学(マサチューセッツ州ケンブリッジ)
資金提供額	\$5,975,331
資金提供期間	9/1/2010~8/31/2013
主要分野	エネルギー貯蔵

マサチューセッツ州ケンブリッジに本拠を置く 24M の科学者らは、画期的な流動性ペーストを貯蔵物質として使うことで大量のエネルギーを比較的小さなスペースに貯蔵する、輸送およびグリッド用の新しい種類のリチウムベースの電池を開発している。電気自動車、携帯電話、ラップトップコンピューターに広く使われる現在のリチウムイオン電池は最もエネルギー密度の濃い電池の部類に入るが、その容量は依然として少ない。たとえば最近発売された電気自動車は、ガソリンで動く従来の自動車の走行距離の何分の 1 か走っただけで充電が必要になる。さらにリチウムイオン電池は生産に費用が掛かり、現在の電気自動車のバッテリーパックは生産に 15,000 ドル超を要する。フロー電池の原理をもとに開発された 24M のリチウムベースの電池は端子を通して専用のペースト材料をコンスタントに流すことによって、現在の電池よりもエネルギー保存能力ははるかに高くなる。この電池設計によって、ペーストを増やすだけで容量が増えやすくなる。充電はチャージモードにおいて端子間でペーストを動かすという、放電と同じ方法で行う。

本技術はいかに変革をもたらさうか

専用のペーストを活性物質とし、この電池は現在のリチウムイオン電池より低い費用で、はるかに多くのエネルギーにアクセスでき、またそれを貯蔵できる。モデリングと初期の実験結果から、この新しい貯蔵コンセプトがキロワット時当たり 100 ドル未満のコストでシステムレベルのエネルギー密度を大幅に増やすことが証明されている。さらに、この電池は米国の電力供給網にエネルギー貯蔵を加え、再生可能電源の非均等な出力の管理に役立つ可能性がある。

プロジェクトニュース

MIT に勤める発明者イェット・ミン・チャン(Yet-Ming Chiang)が優良電池企業 A123 Systems (2009 年最大の新規株式公開)と協力し本プロジェクト実施の ARPA-E 補助金を受けてから、同チームはこの技術のための新興企業として 24M の創設を決定し、その運営には優良な連続起業家を任用した。この新しいベンチャー企業はすぐにベンチャーキャピタル 2 社から 1 千万ドルのシリーズ A 資金提供を受けた。



24M のリチウムベースのフロー電池は、電気自動車の走行距離を大幅に増やす画期的なペースト材料を利用している。出典：24M Technologies, Inc.

BEEST プロジェクトのハイライト: 被保護リチウム金属電極をベースにした超高比エネルギー充電式リチウムエア電池の開発

リーダー組織	PolyPlus Battery Company (カリフォルニア州バークレー)
資金提供額	\$4,996,311
資金提供期間	7/1/2010~6/30/2012
主要分野	エネルギー貯蔵

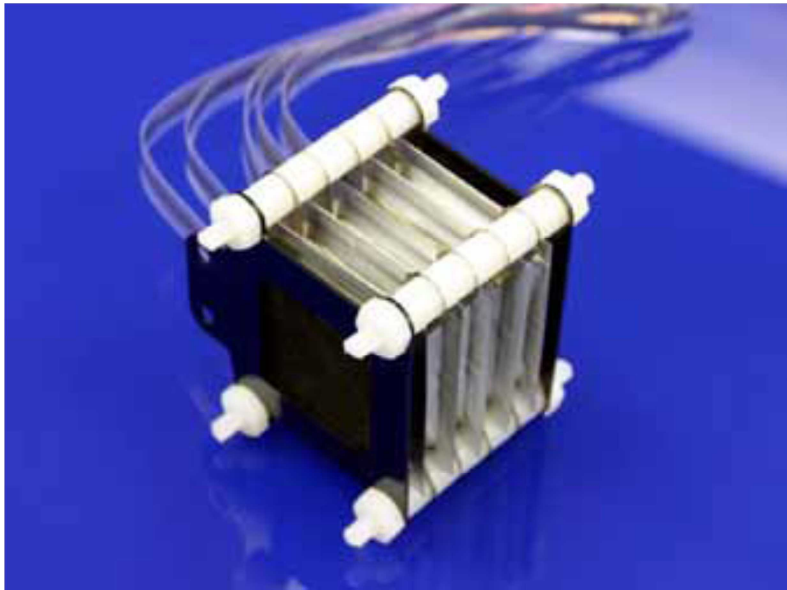
電気自動車は単一電荷で 500 マイル(804.7 km)走行し、5 秒未満で時速 0~60 マイル(96.6 km)まで上がる世界を想像してみよう。ガソリンスタンドに行く必要のない、またはオイル交換が要らない世界を想像してみよう。そのような電気自動車を現実化する、世界初の真に充電可能なリチウムエア電池の試作品製作が本プロジェクトの目的である。現在の、また当面の電気自動車は大半が、携帯電話やラップトップコンピューターに使われるリチウムイオン電池を使ってエネルギーを保存する。これらの、より従来型の電池はセパレーターフィルムで分割した固体粉末によって構成される。リチウムを電池の片側から反対側に移し、また戻すことで充電・放電を行う。この自己閉鎖型システムは効果が実証済であるが、必要な材料が多いため 1 つの電池に貯蔵可能なエネルギーの量が非常に限られる。しかしリチウムエア電池は大気中の空気を電池内の活性物質として使い、電池重量を大幅に軽くする。対照的に現在のバッテリーは、バッテリー内で全てを運ばなければならない。

本技術はいかに変革をもたらさうか

本プロジェクトが成功すれば、この充電式リチウムエア電池は全く新しい電気自動車(EV)用電池への道を開く。PolyPlus の推測によれば、現在最高のリチウムイオン電池技術と比較しても同社の充電式リチウムエア電池は単一電荷でのエネルギー貯蔵量が 5 倍超になる。このような車は単一電荷で 500 マイル(804.7 km)走る。

プロジェクトニュース

リチウムエア電池のコンセプトは長い間存在しているものの、その複雑な包装・吸気用部品を設計する能力の限界ゆえにリチウムエア電池は長年、充電式システムに進化できなかった。しかし昨年、リチウムエア電池の新たな膜・セラミック技術が、8~15 年以内に商用製品を発売できる大きな可能性を示した。



PolyPlus が開発中のリチウムエア電池は、電気自動車を単一電荷で 500 マイル(804.7 km)走行させる。出典：PolyPlus Battery Company

BEEST の全プロジェクト

電気自動車用の高エネルギーリチウム-硫黄電池開発

Sion Power Corporation | アリゾナ州ツーソン | \$5,000,000

Sion Power Corporation は、500 ワット時/kg(現在のリチウムイオン電池の 3 倍)のエネルギー密度で電気自動車の充電間の走行距離を 300 マイル(482.8 km)超アップさせる超高エネルギーリチウム-硫黄電池を開発予定。リチウム-硫黄のエネルギーポテンシャルの高さはよく知られているが、リチウム陽極防食の製造可能なアプローチに焦点を当て 6 種類の物的障壁層を使った Sion Power 独自の戦略は、他のあらゆるリチウム-硫黄関連の取り組みから同社を大きく差別化する。この戦略はサイクル寿命や安全性に直接対応する一方でエネルギーをも高める。本プロジェクトが成功すれば、電気自動車用超高エネルギー電池における米国の技術・事業化面での主導権を明確にアピールできる。

被保護リチウム金属電極をベースとした超高比エネルギー充電式リチウムエア電池開発

PolyPlus Battery Company | カリフォルニア州パークレー | \$4,996,311

PolyPlus Battery Company と Corning, Inc.は両者の協力のもと、充電式リチウムエア電池技術を変革的に改善する予定。専有の被保護リチウム電極をベースとした PolyPlus のリチウムエア電池と、ガラスやセラミック、研究所から製造への技術移管記録における Corning の専門技術の合体は、ガソリンのエネルギー密度に匹敵する潜在能力を秘めたリチウムエア技術の進展に大きな可能性を示している。事業化への道筋が明確になれば、この技術は電気自動車用リチウムエア電池に革命を起こすことが期待される。

高エネルギープリズム式リチウムイオン電池用の、一体型セパレーターと製造ツールセット付きの新しい陰極電極デザイン

Applied Materials, Inc. | カリフォルニア州サンタクララ | \$4,373,990

Applied Materials は、破壊的な新しい製造プロセスによる超高エネルギー、低コストのリチウムイオン電池開発の取り組みを主導している。Applied Materials によれば、3D 電流コレクター上の高エネルギー密度、多孔性傾斜陰極、一体型セパレーター、そしてリチウムイオン電池製造技術を変容させる可能性を持つ一連のモジュラー製造プロセスの開発を中心に、同社の斬新なアプローチを進める予定。この高エネルギー陰極に新しい高容量陽極を組み込み、エネルギー密度が 400 ワット時/kg を超えるきわめて低コストの高エネルギーリチウムイオン電池試作を実証予定。本プロジェクトが成功すれば電気自動車用の高エネルギー、低コストの先進式リチウムイオン電池技術の製造において米国の主導権が確立できる

であろう。

リチウムエア電池用の高性能陰極

ミズーリ工科大学(Missouri University of Science and Technology) | ミズーリ州ローラ | \$1,200,000

ミズーリ工科大学の研究者らは学際的チームを率い、超高エネルギーリチウムエア電池開発を可能にする破壊的な新しい空気陰極を開発する予定。高容量のリチウム陽極と空気中の酸素を使うため、リチウムエア電池の理論的エネルギー密度はきわめて高く、ガソリン内燃機関のそれに近い。しかし既存のリチウムエア技術は空気陰極での性能制約が厳しいゆえに、電力や往復効率、サイクル寿命が非常に低い。このプロジェクトでは、研究者らは空気からの酸素拡散を促進する新しい階層的電極構造と新しい高性能二機能性酸素還元・発生触媒の開発によって、リチウムエア陰極性能の大幅な改善を目指す。本プロジェクトが成功すれば、長距離全電気式自動車用のこの破壊的な電池技術において米国は技術的主導権を再確立できる。

高エネルギー密度の低コスト充電式マグネシウムイオン電池

Pellion Technologies, Inc. | マサチューセッツ州ケンブリッジ | \$3,204,080

MIT のスピンアウト企業 Pellion Technologies は現在の電気自動車・ハイブリッド電気自動車用エネルギー貯蔵技術を破壊する可能性を秘めた、安価でエネルギー密度の高い充電式マグネシウムイオン電池を開発予定。「ゲームの流れを変える」マグネシウムイオン電池を開発するため、Pellion はハイスループットの計算材料設計と加速性物質合成、電解質最適化を組み合わせ、新しい高エネルギー密度マグネシウム陰極物質と、それに対応する電解質の化学的性質を同定する。本プロジェクトが成功すれば、初の商用マグネシウムイオン電池の開発となり、電気自動車用のこの胸躍るような新しい高エネルギー電池化学において米国は技術的主導権を確立できる。

高エネルギー密度の蓄電器

Recapping, Inc. | カリフォルニア州メンロパーク | \$1,000,000

Recapping とその提携先であるペンシルベニア州立大学の研究者らは、実効キャパシタンスの非常に高い機能性酸化物との3Dナノコンポジット構造をベースとした斬新なエネルギー貯蔵デバイスを開発している。誘電性物質・デバイスの基本製造は、電池のソリューションに対して費用効果の高い代替物を提供する従来型の多層式セラミック製造方法を利用する。さらに、高い循環を維持し、出力密度の高い電荷を送れるメカニズムの利用という利

点もある。この技術では、新しくまた関連性の高いクリーンテクノロジー産業に触媒作用をおよぼし温室効果ガスや石油輸入削減に寄与する、循環型かつ経済的競争力のあるエネルギー貯蔵デバイスの創出が期待される。

半固体充電式電源：超低コストの柔軟、高性能貯蔵

24M Technologies, Inc. / マサチューセッツ工科大学 | マサチューセッツ州ケンブリッジ | \$5,975,331

24M の研究者らは MIT およびラトガース大学と協力し、充電式電池と燃料電池の最高の性質を融合した、変革的で新しい交通用電気エネルギー貯蔵コンセプトの開発を目指す。この技術は半固体、高エネルギー密度、充電式、再生可能、再生利用可能な電気化学燃料を、電力を貯蔵エネルギーから分離するフローシステムに組み込む。初期段階の研究結果では、高いエネルギー密度とキロワット時当たり 100 ドル未満というシステム費用の可能性が示唆されている。これが実現すれば電気自動車の普及が加速するであろう。

固定式全無機充電式リチウム電池

Planar Energy Devices, Inc. | フロリダ州オーランド | \$4,092,727

Planar Energy Devices は、低コスト非真空式製造技術を使って製造可能な超高エネルギーかつサイクル寿命の長い全固体式リチウムイオン電池の開発に取り組んでいる。キログラム当たり 400 ワット時およびリットル当たり 1,080 ワット時のエネルギー密度、キロワット時当たり 200 ドルのシステム費用、そしてサイクル寿命 5000 を目指す。Planar Energy Devices は、これらの破壊的な新しい電池の試験的製造を実証予定。それにあたり、周囲環境での低コストのロールツーロール工程、全無機物質、そして既存の液体電解質と同様のイオン伝導率を持つ固体式電解質を利用する。本プロジェクトが成功すれば米国は、電気自動車用電池における先進式高エネルギー電池技術と低コスト製造プロセスのリーダーとしての地位を確立できる。

全電子電池：エネルギー貯蔵の飛躍的前進

スタンフォード大学(Stanford University) | カリフォルニア州スタンフォード | \$1,501,742

スタンフォード大学の研究者らは、電気自動車用の全く新しい電気エネルギー貯蔵デバイスを可能にする「全電子電池」の開発を目指している。この全電子電池は超高エネルギーや電力密度と同時に、きわめて高いサイクル寿命を実現する可能性がある。この斬新な電池はイオンではなく電子を動かしてエネルギーを貯蔵し、二重層の容量性分極ではなく電子/孔レドックスを利用する。この技術で使われる新しいアーキテクチャは電荷分離と破

壊強度という蓄電器の 2 つの機能を分断するため、エネルギー密度が非常に高くなる可能性がある。本プロジェクトが成功すれば、電気自動車用エネルギー貯蔵において、電気自動車産業を変革する全く新しいパラダイムが生まれるであろう。

交通用の次世代エネルギー貯蔵、空気亜鉛フロー電池(ZFAB)

ReVolt Technology, LLC | オレゴン州ポートランド | \$5,000,335

ReVolt Technology は、長距離プラグインハイブリッドおよび全電気自動車用の新しい大型かつ高エネルギーの空気亜鉛フロー電池開発に取り組んでいる。この高エネルギー電池コンセプトのベースとなる閉ループ系システムでは、貯蔵タンクでスラリーとして懸濁される亜鉛(陽極)が空気吸い込み式反応管(陰極)を介して運ばれ、電池の充放電を促進する。空気電極における ReVolt の根本的なブレイクスルーによって、燃料電池や電池の各フィールドの主要なイノベーションを融合した新種の高エネルギー充電式電池が生まれるであろう。

■ **ARPA-E プログラム: 革新的熱デバイスによるビルの省エネ (BEETIT)**

住宅および商業用建造物は現在、米国の一次エネルギー消費量の 40%、また米国内の二酸化炭素総排出量の約 39%を占める。建物内での主要エネルギー用途の 1 つが冷房であるが、冷房に使われる基本的手法は何十年も変わらぬままである。新しく、より効率的な冷房方法は、特に従来型の冷媒や建物のエネルギー消費削減の大きな機会を示している。

BEET-IT プログラムで資金提供される 16 件のプロジェクトは、建物の暖房、換気、空調 (HVAC) 設備や冷凍で使われる冷房装置用の新しい手法・技術開発に取り組んでいる。これらのプロジェクトは現在の技術に匹敵するコストで建物内のエネルギー効率の大きな改善を目指す。BEETIT のプロジェクトで開発中の技術は新しいビル建設に適しており、古い建物の既存の冷却システムにも据え付けられる。これによって米国は既存のインフラを有効活用できる。

BEETIT プロジェクトのハイライト:

- コンパクトかつ効率的な空調とイオン液体ベースの冷媒
- 非平衡非対称熱電(Non-Equilibrium Asymmetric Thermoelectric: NEAT)デバイス

BEETIT プロジェクトのハイライト: コンパクトかつ効率的な空調とイオン液体ベースの冷媒

リーダー組織	ノートルダム大学(University of Notre Dame) (インディアナ州ノートルダム)
資金提供額	\$2,817,926
資金提供期間	10/1/2010~9/30/2013
主要分野	建物の効率性

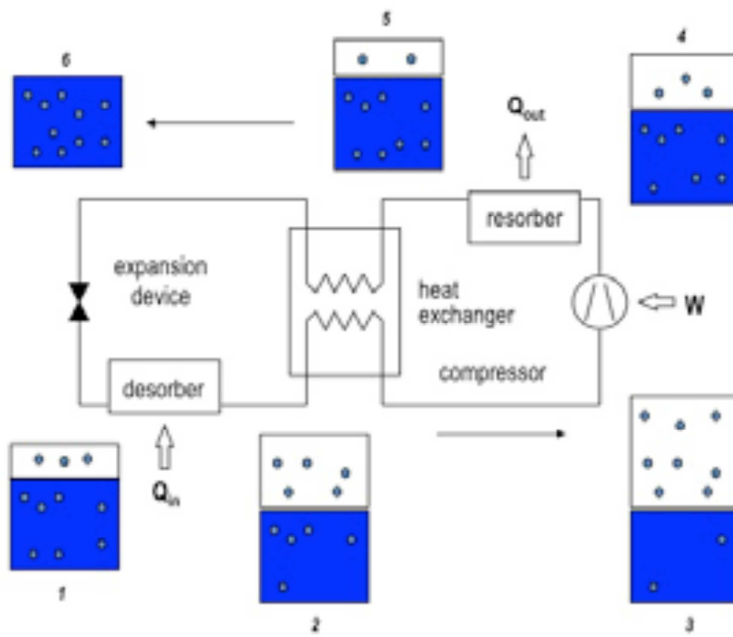
ノートルダム大学の研究者らは、既存の暖房、換気、空調装置に取って代わる可能性を秘めた、二酸化炭素とイオン液体をベースとした共液(co-fluid)蒸気圧縮サイクルの開発に取り組んでいる。現在の蒸気圧縮冷凍システムは、一定量の温室効果ガスが地球温暖化に寄与する程度を示す地球温暖化係数(GWP)が高いヒドロフルオロカーボン(HFC)冷媒に依存している。二酸化炭素の GWP は HFC の GWP の 1000 分の 1 未満であるため、二酸化炭素は冷媒として非常に魅力的である。しかし二酸化炭素ベースの冷凍システムは大気圧の約 100 倍の圧力を操作に要し、冷媒としての二酸化炭素の利用可能性を制約している。ノートルダム大学の斬新なアプローチによって、共液蒸気圧縮システムを操作しつつ二酸化炭素を可逆的に吸収でき、はるかに低い圧力条件でシステムを作動可能になるであろう。このプロジェクトはシステムモデルを拡張して最適なイオン液体共液の特徴を見つけ、原子論的シミュレーションと実験によってこれらの液体を発見し、最終的には HFC-410a 冷媒システムを使った既存の空冷と同等もしくはそれを超える効率を持った二酸化炭素-イオン液体システムの動作を実証する。

本技術はいかに変革をもたらさうか

二酸化炭素の冷媒としての利用は、その圧力要件の高さゆえに商業的に不可能であったが、二酸化炭素を可逆的に吸収できるイオン液体を使うことで、同プロジェクトは二酸化炭素を使った蒸気圧縮冷凍システムの圧力要件を緩和する。この技術は、GWP 値が二酸化炭素のそれを 1000 倍超も上回るヒドロフルオロカーボン冷媒を使った現在の蒸気圧縮システムに取って代わる可能性がある。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

本プロジェクトが成功すれば効率アップにつながり、空調に使う電気・エネルギーの量が削減できる。この環境にやさしい暖房、換気、空調システムは著しいコスト節約効果を消費者にもたらすであろう。



ノートルダム大学は、ヒドロフルオロカーボン冷媒を使った現在の蒸気圧縮システムに取って代わる、二酸化炭素とイオン液体ベースの冷媒を使った共液蒸気圧縮サイクルを開発している。出典：ノートルダム大学

BREETIT プロジェクトのハイライト: 非平衡非対称熱電(NEAT)デバイス

リーダー組織	Sheetak, Inc. (テキサス州オースティン)
資金提供額	\$1,223,400
資金提供期間	9/1/2010~8/31/2012
主要分野	建物の効率性

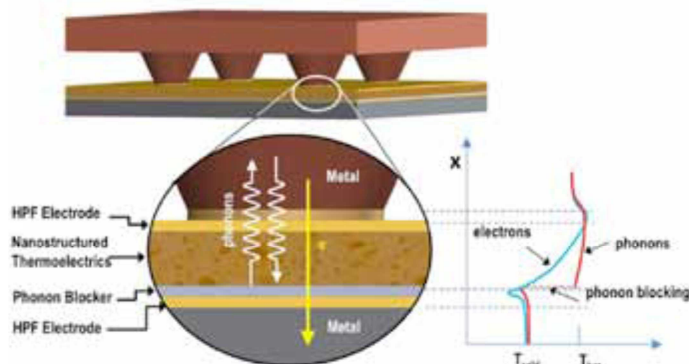
エアコンや冷蔵庫の冷気生成に使われるような従来型の蒸気圧縮冷凍システムは、蒸発器や凝縮器、膨張弁、そして地球温暖化係数(GWP)の高い冷媒に依存する。テキサス州オースティンに本拠を置く Sheetak 社の研究者らはエネルギー使用量を抑えつつ、GWP の高い流体を使わずに冷気を生み出す熱電気冷凍システムを開発している。Sheetak の非平衡非対称熱電(NEAT)冷凍システムは、厚膜と非平衡輸送効果の利用による冷却エンジン効率の改善を目指している。さらに Sheetak の製品は軽量で、可動部品や特別なハードウェアを装備しない予定。これらの改善によってコストが低減されシステムの信頼性が高まる。NEAT による熱電冷却エンジンの効率化は、空調市場に変革をもたらすであろう。

本技術はいかに変革をもたらさうか

Sheetak は、熱電気動作や電気・熱伝導性における同社の知識を駆使した、現在のコンプレッサーシステムを超えた冷凍エンジンの効率化を計画している。Sheetak によれば、蒸発器、凝縮器、膨張弁を装備する従来のコンプレッサーシステムと比べて同社製品はエネルギー需要を抑えながら冷気を生む完全なシステムとなり、操作にかかる費用も抑えられる。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

Sheetak の非平衡非対称熱電(NEAT)冷凍システム開発が成功すれば、家庭やオフィス、車内の冷蔵庫やエアコンのエネルギー需要が削減できるであろう。



Sheetak の斬新な熱電冷凍システムは冷却技術のエネルギー効率化を目指しており、環境に有害な冷媒を使わない。出典：Sheetak, Inc.

BEETIT の全プロジェクト

新世代の太陽光・廃熱電源式吸収冷凍機

フロリダ大学(University of Florida) | フロリダ州ゲインズビル | \$1,000,531

このプロジェクトが開発予定の次世代太陽光発電吸収冷凍機は既存機器よりも 1/10 小型で、製造コストも大幅に低くなる。次世代の小型かつ安価な太陽光・廃熱電源式吸収冷凍システムの開発により、既存技術を大幅に超えた性能面での改善が見込まれる。さらに太陽光発電の吸収式冷凍機は暖房、換気、空調にかかるエネルギー消費と炭素排出を有意義な形で削減する。地球温暖化に寄与する可能性が吸収式冷凍システムの流体に認められないのも、この技術のポジティブな点である。

磁気冷凍を使った効率的で環境にやさしい小型冷却システム

Astronautics Corporation of America | ウィスコンシン州ミルウォーキー | \$2,889,676

Astronautics Corporation of America は、エネルギー効率を大幅に高めシステム操作コストを従来の蒸気圧縮システムよりも低減する固体式磁気冷凍冷却システムの製造を提案している。この磁気冷凍システムは温室効果ガスやオゾン層破壊ガスを使わず、よって地球温暖化に寄与する可能性もない。Astronautics Corporation of America は回転ベッドのアーキテクチャを駆使した、理論的にモデル化された設計を実装する予定。これは 16 のベッドの輪が磁石組立の隙間を通して回転するというものである。それぞれのベッドは、結合粒子再生器(connected-particle regenerator)の中に 14 層の LaFeSiH を含む。Astronautics Corporation of America の推測によれば、このプロジェクトによって効率性への影響を最小限に抑えた形で冷却電力を 3.5 キロワットから 1.0 キロワットに削減できる。またエントロピー変化が大きく遷移が激しい磁気熱量物質を使うことで、システムの著しいサイズ縮小も期待できる。

イオン液体ベースの冷媒によるコンパクトで効率的な空調

ノートルダム大学 | インディアナ州ノートルダム | \$2,817,926

現在の冷媒の地球温暖化係数は二酸化炭素の地球温暖化係数の 1000 倍を超える。したがって二酸化炭素は冷媒として非常に魅力的であるが、二酸化炭素ベースの冷凍システムは大気圧の約 100 倍の圧力を操作に要する。ノートルダム大学が率いるチームは、二酸化炭素とイオン液体をベースとした共液蒸気圧縮サイクルを開発予定。これによって、二酸化炭素を可逆的に吸収する共液を使った二酸化炭素蒸気圧縮システムが動きやすくなり、圧力の需要が大幅に軽減される。このプロジェクトはシステムモデルを拡張して最適なイオン液体共液の特徴を見出し、原子論的シミュレーションや実験でこれらの液体を発見し、最

最終的には、HFC-410a 冷媒システムを使った既存の空冷を効率性の面ではるかに超える二酸化炭素-イオン液体システムの動作を実証する。

小型 MEMS 電気熱量冷却モジュール

カリフォルニア大学ロサンゼルス校 | カリフォルニア州ロサンゼルス | \$520,547

UCLA は、最近発見された誘電熱量効果から小型冷却システムの商用製造を可能にする新しい固体式冷却技術を開発予定。UCLA はマイクロ/ナノスケールの製造技術を利用し、冷却モジュールの性能と信頼性を上げるとともに物理的モデルを開発して主要部品の最適な設計を見出し、ナノスケール現象を利用して調節可能かつ熱的および熱力学的性質を持った材料を開発し、信頼性の高い熱界面を開発して冷却能密度を達成し、精密な微細加工技術を使って信頼性の高い機械部品の設計・製造を可能にする。この技術は、建物空間の冷却におけるエネルギー消費量を削減し冷媒使用を避ける効率的な冷却技術の開発を目指す。

斬新な有機金属熱媒体を使った高効率吸着式冷凍

Pacific Northwest National Laboratory | ワシントン州リッチランド | \$2,513,827

Pacific Northwest National Laboratory の研究者チームは有機金属熱媒体吸着剤、ナノ細孔構造物質とともに利用可能な調節式結合エネルギーを使った新種の吸着式冷凍機を開発し、商用暖房や換気、空調、冷凍システムにおいて高効率を実現する冷媒を選ぶ。このプロジェクトが開発予定の 5 トン式最低冷却能力試作品は 1.5 以上の目標性能係数で設計し、組み立て、試験する。これは吸着式冷凍機技術の性能におけるブレイクスルーである。

温暖多湿気候用の賢い冷却を可能にする高効率のオンライン膜空気除湿器

Advance Materials Products, Inc. | オハイオ州ハドソン | \$3,269,965

温暖多湿気候では空気から水分を除去するためにエネルギーを使うため、空調の効率が著しく低下する。ADMA が率いるこのチームは、水分子を湿った気流から分離できる空冷・除湿式金属フォイル状膜シートを開発予定。Pacific Northwest National Laboratory は molecule sieve(分子のふるい)という特殊なセラミック物質の非常に薄い層の沈殿によって、1 枚の紙ほどの厚さの多孔式金属板の上に膜を作る。この膜は高流量において水蒸気を浸透させる一方で空気分子を遮断する。ADMA はその専門技術を駆使して、この製品を低コストで製造するロールツーロール式製造プロセスを開発する。成功すれば、この技術によって高温多湿気候における空冷のエネルギー消費量が大幅に削減でき、将来的には熱、換気、空調セクターからの二酸化炭素排出量増加を抑えられる。

革新的な建物一体型換気エンタルピー回復

Architectural Applications | オレゴン州ポートランド | \$458,265

Architectural Applications と各チームメンバーが、冷却および除湿効果を建物排気から回収・再利用して、入ってくる新鮮な空気を部分的に整える膜ベースのエンタルピー交換器を開発予定。従来のエンタルピー回復システムとは対照的に、このシステムはビル構内の奥深くに設置され、表面積を広く取ることができ、そこを通る空気の流れが非常に遅くなり、その結果、わずかな扇風機電力追加でエンタルピー回収の効率を高める。壁と一体化させることで空調装置の需要とサイズが縮小できる。また既存の建物の改修にも大いに役立つであろう。このシステムによって性能係数が従来の空調装置と比べ 25~40%上がることが期待される。

建物、冷暖房、水加熱用のモジュラー式熱ハブ

Georgia Tech Research Corporation | ジョージア州アトランタ | \$2,399,765

Georgia Tech の研究者チームは燃焼、低度廃熱あるいは太陽エネルギーからの熱エネルギーで作動する、建物のモジュール式かつスケラブルな分散式冷暖房用の熱活性化ハブを開発予定。このプロジェクトは微小経路によって可能な結合加熱と質量移動の、数倍分に相当する改良を利用する。部品ジオメトリの拡大によって、何百から何万ワットまでの冷却能力が可能となる。この大量生産可能な小型システムは住宅用建物・商用建物の両方において一体型のフルシステムパッケージあるいは個別で分散型の温水循環結合部品として包装できる。この可逆的操作によって水加熱とともに空間の冷暖房から 2.5~8.3 相当の電気エネルギーベースの性能係数が達成でき、一次エネルギー使用量が 51%削減できると同時に地球温暖化係数ゼロの流体を使う。

ナノ工学的かつ多孔式中空繊維膜を使った空調システム

United Technologies Research Center | コネチカット州イースト・ハートフォード | \$3,098,883

United Technologies Research Center(UTRC)と Pall Corporation は温暖湿潤気候での用途に最適化され、効率が従来の空調装置の 50%以上の空調システムを開発・実証予定。UTRC は液体乾燥システムの現在の障壁である腐食とキャリーオーバーを克服するために液体乾燥剤と蒸気圧縮サイクルを一体化する。このコンセプトは新システム 1500 ドル/トン、改造部品は 1000 ドル/トンという ARPA-E のコスト目標において、主要性能係数が従来の空調システムの 0.75 に対し 1.13 と推測される。このプロジェクトに含まれるのは膜物質と構造の識別と特徴づけ、熱や湿気の除去に必要な伝熱・物質移動モジュールの設計、そして一体化に必要な部品や制御装置の開発である。

非平衡非対称熱電(NEAT)デバイス

Sheetak, Inc. | テキサス州オースティン | \$1,223,400

Sheetak は、固体式冷凍圧縮機において高性能を実現できる非平衡非対称熱電(NEAT)と呼ばれる新しい熱電気物質システムの開発を提案している。Sheetak は、熱電気動作や電気・熱伝導性における同社の知識を駆使した、現在の圧縮機を超えた冷凍エンジンの効率化を計画している。蒸発器、凝縮器、膨張弁を装備する従来の圧縮機と比べて Sheetak 製品は地球温暖化係数のある流体を使わず、またエネルギー需要を抑えながら冷気を生む完全なシステムとなる。

1 トン式熱音響エアコン

ペンシルベニア州立大学(Pennsylvania State University) | ペンシルベニア州ステートカレッジ | \$2,908,239

ペンシルベニア州立大学が率いるチームは既存の熱音響スターリング冷却システムのスケールアップによる、高振幅音とヘリウムガスで音響出力を冷却用に再利用する 1 トン式空調装置の製造を提案する。このプロジェクトは、高効率可動磁石リニアモーターが作り出す音響出力をリサイクル電力と組み合わせて「ふいごの跳ね返り(bellows bounce)」式熱音響冷却装置で有益な冷却効果を生み出す、Ben & Jerry's 向けのアイスクリーム冷凍機をスケールアップする。コストを増やす特殊材料や耐用年数を制限する往復動シールを使わないプロジェクトである。

フォノンニック熱ポンプ

Material Methods, LLC | カリフォルニア州アーバイン | \$399,800

Material Methods の研究チームは、音波で熱を送る冷蔵庫を実証予定。連結や特殊物質がなくシンプルな構造による高い熱効率性と機械的簡易性で低コストと高い信頼性が実現できる。環境にやさしく安全な作動流体を利用する。

小型冷却用のスターリング型エアコン(Stirling Air Conditioner: StAC)

Infinia Corporation | ワシントン州ケネウィック | \$3,000,617

Infinia は、スターリングサイクルと画期的な伝熱結合を組み合わせる小型冷却を改善させるスターリング型エアコン(StAC)試作品の開発・実証を提案する。このプロジェクトは温室効果ガスを使わず、4 を超えるシステム性能係数を達成でき、従来の蒸気圧縮システムを超えるシステム寿命で費用効果の高い形で大量生産可能である。この他の利点としては幅広い

環境温度や湿気条件において効率的に作動する能力、様々なスピードの扇風機で出力を調節する能力、そして市場のニーズに対応し多様なサイズに合わせる能力が挙げられる。

吸収浸透冷却サイクル

Battelle Memorial Institute | オハイオ州コロンバス | \$400,000

冷房の 90%超は圧縮機を使った蒸気圧縮システムによって生まれる。Battelle Memorial Institute は、冷却サイクルで再利用する吸収式食塩水から冷媒水を冷凍用に分離するカスケード式逆浸透技術の実証を提案している。このプロジェクトによって、現在利用可能な逆浸透膜を使った効率的な液体ポンピングおよび膜分離プロセスが従来の冷凍吸収サイクルにおける冷媒蒸気圧縮および／または冷媒の熱蒸留に取って代わる。この吸収式浸透サイクルは蒸気圧縮サイクルよりも 86%効率的で、エネルギーやコストの節約につながるが、Battelle のモデリングで証明済である。また、カスケード式 RO は逆浸透の適用性を現在の浄水での用途を超えたところまで広げるため、独自技術としても水処理に多大な影響をおよぼす。

熱弾性冷却

メリーランド大学(University of Maryland) | メリーランド州カレッジパーク | \$500,001

メリーランド大学率いるチームは、熱弾性的な形状記憶合金をもとにし、熱弾性冷却の商業的実現性確立を目標とした、冷却用の 0.01 トン式試作品の実証を提案している。熱弾性冷却システムは、現在米国の空間冷却の 90%を占める従来の蒸気圧縮技術よりも効率面で 175%上回ると考えられる。蒸気圧縮技術から熱弾性冷却に切り替えることで、米国の一次電気消費が年間最大 2.2 x 4 倍削減できる。これは二酸化炭素排出量年間 250 メートルトンに相当する。熱弾性冷却冷媒は固体式技術で、地球温暖化係数の高い冷媒を不要とし、操作に要する設置面積も小さい。

水を使った HVAC システム

United Technologies Research Center | コネチカット州イースト・ハートフォード | \$2,855,795

United Technologies Research Center は、性能係数 4 以上で、水を冷媒とし、単一段階で高い圧縮比を可能にする新種の超音速圧縮を利用して既存設計よりも低いコストを実現する容積 1 トンの空調システムの開発を提案している。二次性循環ループとの直接接触など多くの熱交換器オプションが模索される予定。水は自然冷媒であり、地球温暖化係数の高い合成冷媒の利用を削減する可能性を秘めている。

■ ARPA-E プログラム：電気燃料

米国のエネルギー分布を見ると、液体燃料が偏在している。米国エネルギー情報局(Energy Information Administration)によれば、プラグインハイブリッド車や電気自動車の普及が進んだとしても、今後 20 年間は米国の液体燃料への依存度は変わらない見込みである。同国の運輸セクターはほとんど石油系液体燃料のみに頼っているのが現状であり、それに伴って多大な経済的費用が発生するとともにその経済的費用はますます増大している。

国内でバイオ燃料を生産すれば、国家のエネルギー安全保障を強化することができる。しかし、既存の燃料精製・供給インフラに組み入れることのできる次世代型再生可能燃料に対するニーズも依然として大きい。現在開発が進められているバイオ燃料の生産方法は、大半がバイオマスや廃棄物の変換によるもの、あるいは太陽光や二酸化炭素から直接燃料を生成するものであるが、これらのアプローチは全体的な効率がいまだ低い水準にとどまっている。電気燃料プログラムを構成する 13 のプロジェクトは、石油やバイオマスではなく微生物を活用して化学的・電氣的エネルギーにより二酸化炭素を液体燃料に変換するという、既存のインフラに適応可能な再生可能液体燃料の新たな生産方法を検討することを目的としたものである。

電気燃料プロジェクトのハイライト：

- 微生物を利用した逆燃料電池でのアンモニア酸化細菌による二酸化炭素からのバイオ燃料生産
- 画期的な水素および二酸化炭素のバイオディーゼルへの直接的な生物学的変換

電気燃料プロジェクトのハイライト：微生物を利用した逆燃料電池でのアンモニア酸化細菌による二酸化炭素からのバイオ燃料生産

リーダー組織	コロンビア大学(Columbia University) (ニューヨーク州ニューヨーク)
資金提供額	\$543,394
資金提供期間	7/1/2010～6/30/2012
主要分野	バイオ燃料

コロンビア大学では、ニトロソモナス・ユーロピア(*Nitrosomonas europaea*)と呼ばれる細菌を用いて二酸化炭素とアンモニアの輸送用液体燃料への最適な変換に取り組んでいる。バイオ燃料の生産プロセスにおいて動力源となるのは、大量かつ安価に手に入るアンモニアから生物学的に抽出されたエネルギーである。これは再生可能な電力による再生が可能で、細菌が使い果たすと再びバイオ燃料生成システムにこのエネルギーが送られる。この独自の技術的アプローチは、現在の光合成によるバイオ燃料生産システムに比べ高い効率が期待でき、また場所も取らない。本プロジェクトが成功すれば、バイオ燃料の生産は地理的に特定の場所に制限されることがなくなり、国内各地への分散が進む。開発中の技術によって生成されるイソブタノールはエタノールよりもさらにガソリンに近い性能特性を持つアルコールであり、これもこの燃料の既存インフラへの展開を加速させると考えられる。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

科学者や技術者たちは、さまざまなものから生産されたバイオ燃料が従来の石油系燃料に比べ、大気中の温室効果ガス削減につながるということを証明してきた。環境に優しいバイオ燃料の生産プロセスでは、燃料の燃焼で生じた二酸化炭素を原則として燃料に再利用する技術を想定している。ARPA-Eによるそのような特別な技術への投資は国内における次世代のバイオ燃料に関する知的財産の保護につながるステップであり、それはさらに国内での新しい産業の創出と国際的な普及に向けた他国への輸出拡大に生かされる。

プロジェクトニュース

コロンビアチームは、ニトロソモナス・ユーロピアが100%に近い効率でアンモニアをエネルギーに変換することができることを示すデータについて評価を行っており、このデータが同チームの力となっている。



コロンビア大学は、細菌を利用してアンモニアの輸送用液体燃料への変換を行っている。
出典：エイリーン・バロツソ(Eileen Barroso)およびコロンビア大学

電気燃料プロジェクトのハイライト：画期的な水素および二酸化炭素のバイオディーゼルへの直接的な生物学的変換

リーダー組織	OPX Biotechnologies, Inc.(コロラド州ボルダー)
資金提供額	\$5,997,490
資金提供期間	7/12/2010～7/11/2013
主要分野	バイオ燃料

コロラド州ボルダーに本社を置く OPX Biotechnologies, Inc.は、水素ガスからエネルギーを効率的に抽出し、1 ガロン当たり 2.50 ドル未満のコストで二酸化炭素を輸送用液体燃料変換するという持続可能な燃料生産に向けた生物学的手法の開発に取り組んでいる。現在はバイオ燃料のほとんどが光合成を利用して生産されているが、この技術はそうではない。つまり、同チームが開発する新しい手法を用いれば、光合成の利用によって生じるさまざまな非効率を回避でき、原料となる植物を集めることも糖の生産や植物油、太陽光からエネルギーを収集するための広大な土地や大量の水も不要になる。本プロジェクトは、OPX Biotechnologies 独自のゲノミクス技術と国立再生可能エネルギー研究所(National Renewable Energy Laboratory: NREL)が持つ水素の生物学的利用に関する専門知識を組み合わせで行われる。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

本プロジェクトが成功すれば、数十億ガロンのバイオ燃料生産能力が生まれ、食料・飼料用の土地や農産物を奪い合うことがなくなる。また、この技術を活用すれば、土壌や太陽、水といった資源の制約なく、地理的により広い地域でバイオ燃料を生産することができるようになる。次世代の人々は、化石燃料に代わって、生物学的に生産された独自の持続可能な米国産燃料を自動車の燃料とすることができる。

プロジェクトニュース

OPX Biotechnologies チームは、細菌にとって最適な発酵環境を作り出すことに成功し、商業的プロセスに必要とされる細胞濃度の目標値を達成した。細菌の操作による水素と二酸化炭素からのバイオ燃料生産に向け、大きく前進している。



OPX Biotechnologies の新しい生物学的バイオ燃料生産方法では、水素ガスを利用して二酸化炭素をバイオ燃料に変換する。出典：OPX Biotechnologies, Inc.

全ての電気燃料プロジェクト

通性独立栄養性水素細菌による二酸化炭素のバイオ燃料への生物学的変換

オハイオ州立大学(The Ohio State University)| オハイオ州コロンバス |\$3,977,349

オハイオ州立大学は、光合成を利用せず、二酸化炭素をインフラに適合する液体燃料であるブタノールに生物学的な方法で効率的に変換するための技術を提案している。プロジェクトには、代謝により二酸化炭素、酸素、水素からブタノールを生成する細菌の遺伝子組み換え、工業的に拡大可能なバイオリクターシステムの開発、バイオリクターからブタノールを回収するための新たなアプローチも含まれる。チームは、生産性を少なくとも現在の 2 倍に高め、コストをガソリンと対抗できる水準まで削減できると見込んでいる。プロジェクトには、廃棄バイオマスを二酸化炭素と水素に変換してバイオリクターに供給することにより廃棄原料からブタノールを生成するという独自のプロセスも含まれる。

微生物を利用した逆燃料電池でのアンモニア酸化細菌による CO₂ からのバイオ燃料生産

コロンビア大学(Columbia University)| ニューヨーク州ニューヨーク |\$543,394

コロンビア大学のプロジェクトチームは、ニトロソモナス・ユーロピア(Nitrosomonas europaea)と呼ばれる化学合成独立栄養性アンモニア酸化細菌を用いて二酸化炭素からイソブタノールを生成する。チームは、微生物の遺伝子操作を行い、亜硝酸塩から電気化学的に生成あるいは廃水から回収できるアンモニアを二酸化炭素の固定に効率的に利用することができることを証明する。

バイオ燃料の生産における炭素の完全利用に向けたバイオプロセスおよび微生物操作

マサチューセッツ工科大学(Massachusetts Institute of Technology : MIT)| マサチューセッツ州ケンブリッジ |\$3,863,563

本プロジェクトは、第一段階の二酸化炭素を固定する嫌気性微生物と第二段階の油を生成する好気性微生物を組み合わせたプロセスを開発するものである。嫌気性有機物は水素と二酸化炭素から酢酸塩などの有機化合物を生成し、好気性微生物がそれを利用して成長するとともに理論収量に近い量の油を生産する。最終的には、二酸化炭素と水素からバイオディーゼルとなる油が生まれるか電気が生産されることになる。MIT で操作された好気性微生物はさまざまな有機化合物を油に変換することができ、その油からバイオディーゼルの生産することができる。プロジェクトは、対象となる代謝工学と総合的なバイオプロセス開発に基づく(酢酸塩の)容積生産性の飛躍的な向上を目的とする。

CO₂ から液体バイオ燃料を生産するための統合的な微生物電極触媒(Microbial-Electro Catalytic: MEC)システムの開発

ローレンスバークレー国立研究所(Lawrence Berkeley National Laboratory)| カリフォルニア州バークレー |\$3,439,507

ローレンスバークレー国立研究所チームは、水素と二酸化炭素を高エネルギーのバイオ燃料に変換するための画期的な微生物・電気化学統合触媒システムを開発する。ラルストニア・ユートロファ(*Ralstonia eutropha*)という土壌中に一般的に見られる細菌を遺伝子操作することにより、石油由来燃料を代替するブタノールとアルケンを含むバイオ燃料を生産する。細菌には水素を生成するための新規金属錯体を結合させる。プロジェクトは、ブタノールをジェット燃料に転換するための化学的手法の開発を目的とする。

燃料生産用多目的プラットフォームとしてのロドバクター(Rhodobacter)の開発

ペンシルベニア州立大学(Pennsylvania State University)| ペンシルベニア州ユニバーシティパーク|\$1,500,000

本プロジェクトは、電気を使用して二酸化炭素から最終的にガソリンを生成することができる有機体を生産するものである。ペンシルベニア州立大学チームは、油を生成する藻類の炭化水素生合成遺伝子を操作し、バイオ燃料を効率的に生産できる水素消費細菌を作り出す。プロジェクトには、微生物燃料電池とバイオリクターシステムの設計に関する革新的な構想も含まれている。

電気的アルコール生成：CO₂ のブタノールへの生物電気化学的削減

サウスカロライナ医科大学(Medical University of South Carolina)| サウスカロライナ州チャールストン |\$2,342,602

本プロジェクトは、(太陽光発電などから得られる)電気を使用して二酸化炭素を液体アルコール燃料に変換する微生物触媒による電解セルを開発するものである。このプロセスではブタノールが生成されるが、エタノールも生産することが可能である。研究チームは当該研究分野において Microbial Fuel Cell Technologies, LLC と強いつながりを持つ。

高アルコールの電気独立栄養的合成

ロサンゼルス・カリフォルニア大学(University of California, Los Angeles)| カリフォルニア州ロサンゼルス |\$4,000,000

ロサンゼルス・カリフォルニア大学のプロジェクトチームは、太陽光の代わりに電気を

いて生物学的二酸化炭素固定と燃料合成を行うことを目的として、合成生物学および代謝工学技術を活用した微生物の開発を行う。このプロセスでは、二酸化炭素を再利用して、ハイオクガソリンの代替品としてそのまま使用できる液体燃料を生産する。

電極から微生物への直接的な電子移動による電気燃料の生成

マサチューセッツ大学アマースト校(University of Massachusetts, Amherst) | マサチューセッツ州アマースト | \$3,468,000

本プロジェクトは、微生物電気合成における生産性を向上させることを目的とするものである。微生物電気合成は、微生物が(太陽光発電などから得られる)電流を直接使用して水と二酸化炭素を燃料およびその他の有機化合物に変える技術で、従来の光合成をはるかに上回る効率が期待できるのに加え、生産される廃棄物と水の使用量を削減でき、耕作地の使用も必要ない。すでに微生物電気合成によるブタノールの生産が可能な微生物を最大限に活用することがプロジェクトの短期的な目標である。セルから排出されるブタノールは、燃料処理の促進に使われる。

微生物を利用した逆燃料電池の設計

ハーバード大学医学部ワイス研究所(Harvard Medical School – Wyss Institute) | マサチューセッツ州ボストン | \$4,194,125

ハーバード大学医学部ワイス研究所が提案している研究は、電流を投入エネルギーとして吸収し、それをバイオ燃料という形で化学エネルギーに変換する細菌を設計することを目的とするものである。電子を電流として受け取り、二酸化炭素を固定し、バイオ燃料、特にオクタノールを生成する細菌を設計する。最終的には、電気化学電池と微生物発酵槽の特徴を兼ね備えた装置を開発する。

イソオクタン生産用電気燃料シャーシとしての大腸菌の操作

Ginkgo BioWorks, Inc. | マサチューセッツ州ボストン | \$6,668,000

Ginkgo BioWorks では、組み換え大腸菌を使用して二酸化炭素と電気エネルギーをその他の既知の生合成経路では生産することができない短分岐鎖アルカンに変換する「電気燃料シャーシ」の開発を進める。対象とする液体燃料は、米国における既存の輸送燃料システムに適合するイソオクタンである。

二酸化炭素と水素、酸素から自動車用燃料イソブタノール(IBT)を生産するためのラルストニア・ユートロファ(*Ralstonia Eutropha*)の操作

マサチューセッツ工科大学(Massachusetts Institute of Technology) | マサチューセッツ州ケンブリッジ | \$1,771,404

マサチューセッツ工科大学では、水素を使用して二酸化炭素を輸送用液体燃料に変換する微生物を活用したプロジェクトに取り組んでいる。チームは、ラルストニア・ユートロファによって炭素フラックスを画期的な高性能バイオリクターシステムでのブタノール生産に向ける予定である。

超好熱性古細菌を利用した水素による二酸化炭素の液体電気燃料変換

ノースカロライナ州立大学(North Carolina State University) | ノースカロライナ州ローリー | \$2,749,976

本プロジェクトは、75°C付近を最適な成長温度とする極限環境微生物の新たな炭素固定回路から得られる酵素を別の極限環境古細菌から得られる水素を利用するヒドロゲナーゼ酵素と組み合わせて合成酵素経路を構成するものである。この画期的な経路により、水素を用いて、二酸化炭素をブタノールを初めとするバイオ燃料の前駆物質とすることができるC2およびC4化合物に変換する。

画期的な水素および二酸化炭素のバイオディーゼルへの直接的な生物学的変換

OPX Biotechnologies, Inc. | コロラド州ボルダー | \$5,997,490

OPX Biotechnologies では、1 ガロン当たり 2.50 ドル未満のコストで、再生可能な水素および二酸化炭素からバイオディーゼルと同等の燃料を作り出す独自の組み換え微生物を開発および最適化する。主な副産物は水である。プロジェクトは、OPX 独自のゲノミクス技術と NREL が急速な新陳代謝操作のための水素利用と炭素固定に適するよう改良した微生物を利用して行われる。微生物由来バイオディーゼルの燃料分子、特にジェット燃料へのさらなる触媒転換について研究を行う。

■ ARPA-E プログラム：ランピング・断続的送電が可能なグリッド規模の電力貯蔵(Grid-Scale Rampable Intermittent Dispatchable Storage: GRIDS)

環境に優しい再生可能エネルギーの活用が進むなか、電力を貯蔵し、それを適時に転換する能力がますます重要になっている。再生可能な発電と言う場合、一般的に連想されるのは風力および太陽光である。しかし、太陽が陰り風が止めば、それらは断続的に停止し、時に不安定かつ送電不可能になる。貯蔵を行えば、公益企業等のエネルギー生産者は、余った電気を貯蔵設備に送ることができる。風力や太陽光が利用可能な状態から利用不可能な状態になった場合または電力需要が増大した場合には、貯蔵設備から電力を取り出して、電力を必要とするユーザーに届けることが可能となる。

現在、サプライヤーから消費者に電気を送る相互接続ネットワークである電力網では、実質的には全く貯蔵は行われていない。貯蔵設備が存在しないわけではないが、それらは揚水発電を利用したものであり、余剰電力がある間に貯水池に水を汲み上げておき、電力が必要になると水を流してタービンを回転させ、発電を行うという仕組みである。揚水発電による電力貯蔵は、高い費用効率を実現し、うまく機能している例も多いが、国内の非常に限られた場所にしか設置することができない。GRIDS プログラムを構成する 12 のプロジェクトでは、揚水発電と同程度の費用で同程度の信頼性を確保でき、さらにモジュラー式で国内のどのような場所にも設置が可能な新しい電力貯蔵技術の開発を目指す。そのような新技術が実用化されれば、全国に広がる電力網の任意の地点で電気を貯蔵でき、余剰電力をその時点で最も必要としている地域に送ることができる。電力を確実に貯蔵および供給することができるか否かが、電力供給に対する高い信頼性を損なうことなく、再生可能な発電が普及するかどうかを決める鍵となろう。

GRIDS プロジェクトのハイライト：

- 水溶性鉛フロー電池技術
- ダイレクト・パワーエレクトロニクス・インターフェースを備えた超電導磁気エネルギー貯蔵システム

GRIDS プロジェクトのハイライト：水溶性鉛フロー電池技術

リーダー組織	General Atomics(カリフォルニア州サンディエゴ)
資金提供額	\$1,986,308
資金提供期間	9/1/2010～2/28/2013
主要分野	電力貯蔵

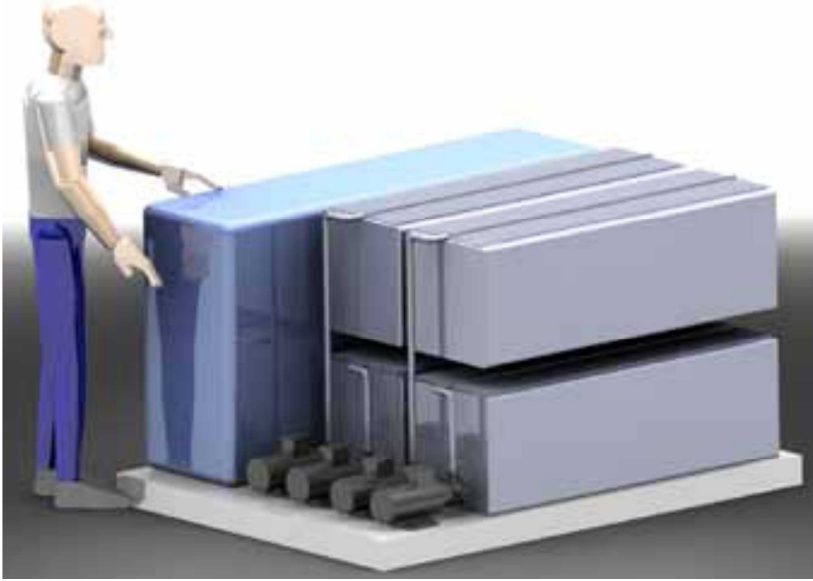
カリフォルニア州サンディエゴに拠点を置く General Atomics は、カリフォルニア大学サンディエゴ校(University of California, San Diego)と共同で、外付けのタンクに詰められた化学物質を利用して極めて大量の電力を貯蔵することが可能なフロー電池と呼ばれる電池の開発に取り組んでいる。従来の鉛酸電池は、もともとは 100 年以上前に開発されたもので、電池内にある化学物質を使って電気を作り出してそれを貯蔵するため、化学物質を使い切ってしまうと電力もなくなる。General Atomics の電池は、現在路上を走っているほぼ全ての自動車に搭載された鉛酸電池と類似のものになる予定だが、化学的性質およびフローに抜本的な改良を加え、電力網での使用に合わせて性能を向上させる。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

水溶性鉛フロー電池の開発が成功すれば、電力をより低コストで供給できるようになる。また、交換も 20 年に 1 度で済む。フロー電池は、電力網に接続して、電力を供給または断続的に提供される再生可能エネルギーを平滑化することができる。太陽光発電所や風力発電所で作られる再生可能な電力は、クリーンだが断続的なものである。しかし、現在の電力網では電力の貯蔵はほとんど行われていないため、再生可能な電力の普及が進むにつれ、電力網での電力貯蔵を促進するこのフロー電池のような電力貯蔵設備がますます重要になる。

プロジェクトニュース

General Atomics の水溶性鉛フロー電池技術は、ARPA-E からの助成金獲得後に、Forbes 誌の「Batteries that Go With The Flow」(2010 年 7 月 19 日)という記事で取り上げられた。レオ・ホランド(Leo Holland)(General Atomics の電池プログラム担当者)は、同記事中で、この技術は現在提唱されている他のどの技術よりも安価なものになると主張している。ホランドは、公共設備としては十分な 1 時間の継続使用が可能な非常に安価かつ極めて耐久性の高い電池を開発することを目標として掲げている。



General Atomics のフロー電池は化学物質を外部タンクに貯める設計となっており、現在の鉛酸電池よりもはるかに安いコストで大量の電力を貯蔵することが可能である。出典：**General Atomics**

GRIDS プロジェクトのハイライト：ダイレクト・パワーエレクトロニクス・インターフェースを備えた超電導磁気エネルギー貯蔵システム

リーダー組織	ABB(ノースカロライナ州ローリー)
資金提供額	\$4,200,020
資金提供期間	10/1/2010～9/30/2013
主要分野	電力貯蔵

超電導磁気エネルギー貯蔵(SMES)は、強磁場に電力を貯蔵するソリューションである。ノースカロライナ州ローリーに拠点を置く ABB は、Superpower、ブルックヘブン国立研究所(Brookhaven National Laboratory)、ヒューストン大学(University of Houston)で構成されるチームを率いて、すでに研究室レベルで実現している超伝導磁場エネルギー貯蔵システムよりもはるかに大量の電力を既存の貯蔵技術よりも潜在的に低いコストで貯蔵できる高度な超伝導磁場エネルギー貯蔵システムの開発を行っている。即時の機動的な対応とほとんど無限のサイクル寿命という SMES の利点を生かしながら、電力貯蔵技術として鉛酸電池に近いあるいは鉛酸電池を下回るコストを実現するシステムとなる見込みである。そのため ABB は、予定されている超電導磁気エネルギー貯蔵の個々のサブシステムについて、現在の最新技術よりもはるかに高度な性能を達成すべく取り組みを行っている。結果として、超電導磁気エネルギー貯蔵を数メガワット時の貯蔵電力を競争力のあるコストで供給できる技術へと前進させることになろう。

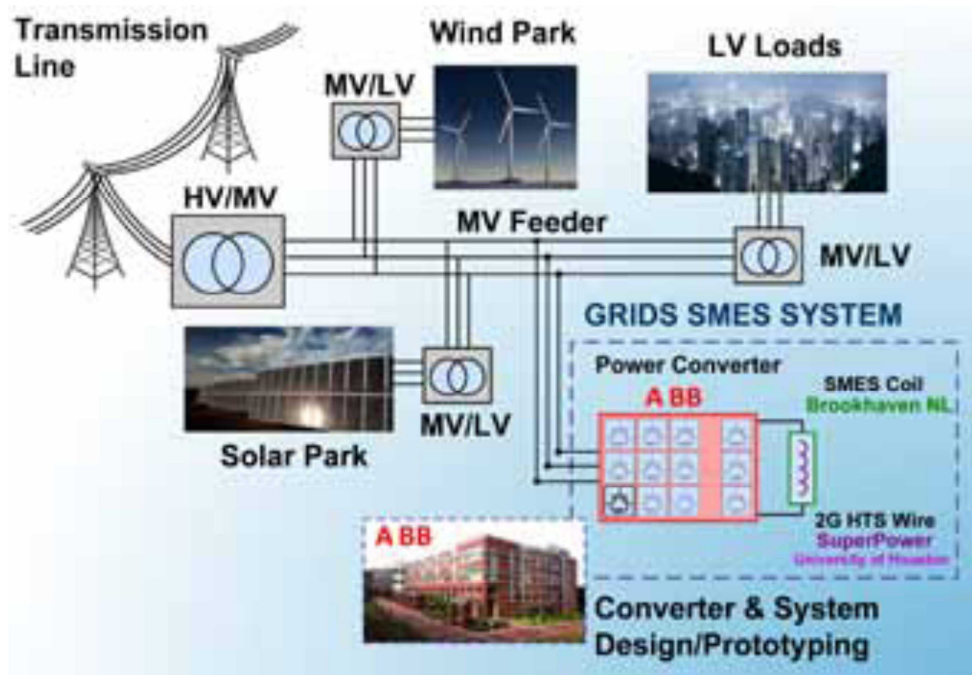
本技術はいかに変革をもたらさうか

超電導磁気エネルギー貯蔵システムは、開発が始まってから 30 年近くになる。しかし、これまでの SMES 装置は、通常は数分間にも満たない短時間だけ電力を供給する設計となっていた。チームは、これまでになく高磁場を持たせた SMES 装置を確立することにより、超電導磁気エネルギー貯蔵装置に蓄えることのできる電力を大幅に増大させ、電力の継続利用可能時間を延ばすことを目指す。本プロジェクトの超電導磁気エネルギー貯蔵装置は、成功すれば、1 時間にわたって大量の電力を極めて低コストで提供できる。そうなれば、電池やその他の電力貯蔵技術に対抗するものとして最終的な電力網での用途に最適な技術となる。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

現在の電力網では、貯蔵はほとんど行われていない。電力が必要なときにすぐに発電を行わなければならない、予測が不可能な風力や太陽光を利用した再生可能エネルギーは電力源として信頼できないという場合が少なくない。米国は、電力網に接続する再生可能な電力源を増やすことによって電力のクリーン化を図ろうとしているが、超電導磁気エネルギー

貯蔵であれば、電力網でのエネルギー貯蔵を増やし、よりクリーンで安価な信頼性の高い電力源を実現することが可能となる。



現在の超電導磁気エネルギー貯蔵(SMES)ではわずか数分間しか電力を継続供給できないが、ABB は鉛酸電池と競争できるコストでこれを 1 時間に延ばす高度な SMES の開発を進めている。出典：ABB

全ての GRIDS プロジェクト

電力網規模での電力貯蔵に向けた堅牢かつ安価な鉄空気充電電池

南カリフォルニア大学(University of Southern California)| カリフォルニア州ロサンゼルス | \$1,459,324

南カリフォルニア大学と米国航空宇宙局(National Aeronautics and Space Administration: NASA)のジェット推進研究所(Jet Propulsion Laboratory)は、再生可能なエネルギー源を電力網に統合するための高性能な大規模鉄空気充電電池の開発を共同で行っている。鉄空気電池は、極めて低いコストで豊富に手に入る鉄と周囲の大気から自由に得ることができる酸素という安価な活物質を利用するため、大量の電力を低コストで貯蔵できる能力を持つ。しかし、現在の鉄空気電池技術には、往復エネルギー効率が低く、サイクル寿命が短いという問題がある。本プロジェクトでは、鉄電極に添加剤を加えて非効率的な寄生損失を抑える、空気電極に触媒層薄膜で被覆したナノ構造電極を用いて損失を低減する、劣化に強く電池の寿命を延ばすことができる独自の陰極触媒担体を利用する、二酸化炭素が電池電解液に吸収されるのを防ぐ新技術を開発するといった画期的な戦略によって、そのような課題の克服を図る。本プロジェクトは、有望な低コスト電池化学の商業化に向けた第一歩として、概念実証用の鉄空気充電電池を開発するものである。

100 kWh/100kW フライホイール電力貯蔵モジュールの開発

Beacon Power Corporation | マサチューセッツ州チングズバロ | \$2,245,875

Beacon Power は、最もコストの低い最先端のフライホイールに比べてエネルギー当たり 8 分の 1 というコストで 4 倍の電力を貯蔵できる次世代フライホイール電力貯蔵モジュールの開発チームを主導する。計画では、システムには空中に浮動するリングを採用する。これは、繊維複合体を結合磁性材料と混合した軽量の円筒またはチューブを機構に搭載したものであり、このような構造を持たせることで中心のシャフトとハブを省略でき、混合材料の特性を最大限に生かすことができる。そのため、コストを削減でき、エネルギー密度も 1 キログラム当たり 76 ワット時まで高めることができる。また、極めて高いサイクル特性(40,000 回以上のフル充放電)と 20 年という寿命を実現でき、周波数調整や断続的な再生可能発電を安定させるための電力のランピングといったグリッド規模での電力貯蔵に関するさまざまな用途に同時に対応するのに最適な設計である。

拡張性と超低コストを実現する電力網相互運用性高度パワーエレクトロニクスを採用した改良型金属空気電力貯蔵システム

Fluidic Energy, Inc. | アリゾナ州スコッツデール | \$2,993,128

Fluidic Energy は、提携先の Satcon とともに、電力網上で断続的な再生可能エネルギーのランピングをサポートする画期的な低コスト電池を開発するハイリスク・ハイリターンのプログラムを提案している。両社が計画している高度な多機能型電力貯蔵原型装置は、拡張性が高く、さまざまな形態での運転が可能である。この高度多機能型電力貯蔵装置は、高効率電池化学を中心としながら、限られた再充電可能性、低い電力密度、低い往復効率といった電力網への貯蔵装置導入における従来の課題に対応する画期的な手法を採用するものである。一つには高度電池化学の分野において国内で調達可能で地質学的に豊富に存在する活物質を開発することにより、電力貯蔵を低コストで実現する。グリッド規模での電力貯蔵に必要なメガワット時レベルへの拡張が可能なシステムとなる予定である。

燃料不要のユビキタスな圧縮空気による電力貯蔵と電力調整

General Compression, Inc. | マサチューセッツ州ニュートン | \$750,000

General Compression は、化石燃料を必要としない高効率の画期的な圧縮空気電力貯蔵プロセス(GCAES™)の開発チームを主導する。本プロジェクトでは、産学界から研究者を集め、最大 75%の潜在的な往復電気効率を有し、反応時間が 1 秒未満のほぼ等温の CAES について研究を行う。提案されているプロセスは、従来の CAES 設備とは異なり膨張の段階で燃料を燃焼させる必要がないため、排出物と運転コストを大幅に削減できる。この革新的な圧縮空気電力貯蔵技術は、成功すれば、再生可能な電力源、特に風力の電力網への統合を加速させることが期待できる。

グリッド規模での電力貯蔵に向けた水素・臭素フロー電池

ローレンスバークレー国立研究所(Lawrence Berkeley National Laboratory)| カリフォルニア州バークレー | \$1,642,508

ローレンスバークレー国立研究所は、産業界のパートナー(DuPont, Bosch, 3M, Proton Energy)とともに、グリッドへの導入を目的とした水素・臭素フロー電池システムを開発する。水素・臭素電池は、高可逆性かつ動力学的に有利な 2 つの電極を用いて高い往復効率を実現するものである。さらに、提案されている技術には、高い電力供給能力、ひいてはスタック材料にかかるコストの削減が見込まれる。また、水素・臭素システムには、コスト、性能、寿命、安全性における最も厳しい要求を満たすことが期待される。ローレンスバークレー国立研究所チームは、本プロジェクトにおいて、これらの技術上の課題を達成すべく、画期的な技術的アプローチによりグリッド規模での電力貯蔵用途におけるこの化学の可能性を証明する概念実証用電池を制作する。

低コスト・高エネルギー密度フライホイール貯蔵グリッドの実証

Boeing | カリフォルニア州ハンティントンビーチ | \$2,264,090

本プロジェクトでは、先進繊維技術を用いて極めてエネルギー密度の高い低コスト・高効率の電力貯蔵向けフライホイール技術の開発を行う。フライホイールのエネルギー密度を電力網における再生可能エネルギーのランピング等の長期間にわたる用途で当該技術を実用化できるまでの水準に高める。Boeing は、エネルギー密度を高めるために、ローターチップの高速化を可能にする独自の繊維を新たに開発する。本技術開発プログラムはハイリスクではあるが、成功すれば、フライホイールシステムを公益事業規模の装置(約 100 キロワット時)へと拡大し、工場生産に適した低コスト(1 キロワット時当たり 100 ドル)のものをすることが可能となる。

低コスト・高効率 50 年電極

Primus Power Corporation | カリフォルニア州アラメダ | \$2,000,000

Primus Power は、フロー電池向けに耐久性に非常に優れた高活性・導電性の安価な金属電極を開発する。フロー電池は大規模な電力貯蔵用途に最適であるが、コストが高いことと電極に使用される炭素材料の耐久性が低いことが足かせとなる場合が少なくない。本プロジェクトは、他の化学製造業界で発表されているプロセスを利用して、フロー電池用の画期的で低コストの金属電極を開発するものである。また、金属電極の製造プロセスについても、金属業界で行われている大量生産プロセスを活用した開発を行う。電極の低コスト化と大量生産プロセスを組み合わせれば、計画されているフロー電池技術における電力貯蔵コストの大幅な削減とシステムの電力密度向上につながる。本プロジェクトは、再生可能エネルギーのランピングという課題への対応策として最適な拡張可能で低コストの電力貯蔵を実現する画期的なフロー電池システムを生み出すものである。

水溶性鉛フロー電池技術

General Atomics | カリフォルニア州サンディエゴ | \$1,986,308

General Atomics とカリフォルニア大学サンディエゴ校は、大幅なコスト削減と電池寿命の延長を実現する鉛酸化学に基づく革新的なフロー電池技術を開発する。鉛酸電池は、1 世紀にわたって電力貯蔵のさまざまな用途に利用されてきた。低コスト、高効率、安全性、確かな信頼性を兼ね備える鉛酸に匹敵する電池技術はほとんど存在しないが、鉛酸化学には本質的に、重放電を行った場合にサイクル寿命が短くなる、電気化学材料を十分に利用できないという問題がある。提案されているフロー電池では、画期的な電極材料を採用し、化学反応が行われる表面積を大幅に拡大することにより、電池内の過剰な鉛を最小限に抑

える。従来の鉛酸電池の場合、サイクル寿命を制限する主な原因は腐食であるが、この電極は腐食耐性も備える。このような革新で、グリッド規模での電力貯蔵に容易に拡張できる電池を実現する。コストも既存の技術よりも低く抑えることができるため、導入および統合が加速し、あるいは再生可能エネルギー源が促進されるとみられる。

ダイレクト・パワーエレクトロニクス・インターフェースを備えた超電導磁気エネルギー貯蔵システム

ABB, Inc. | ノースカロライナ州ローリー | \$4,200,020

ABB は、Superpower、ブルックヘブン国立研究所、ヒューストン大学で構成されるチームを率いて、既存の超伝導磁場エネルギー貯蔵装置よりもはるかに大量の電力を何分の 1 のコストで貯蔵できる高度な超伝導磁場エネルギー貯蔵システムの開発を行う。本プロジェクトでは、容量が 3.4MJ、磁場は 4.2K で最大 30T、往復効率 85%以上の 20 キロワットの超伝導超磁場エネルギー貯蔵システムの開発を目指す。システムには即時の機動的な対応とほとんど無限のサイクル寿命という超伝導磁場エネルギー貯蔵の利点が生かされるが、コストは鉛酸電池に近づくあるいは鉛酸電池を下回る可能性もある。これを達成するため、予定されているシステムを構成する個々のサブシステムの性能を現在の最新技術をはるかに上回る水準まで高める。結果として、超電導磁気エネルギー貯蔵を一気に大量のエネルギーを供給する高コストのソリューションから、数メガワット時の貯蔵電力を競争力のあるコストで供給し、再生可能な電力のランピングという課題に対応できる技術へと前進させることになる。

変換型電気化学フロー貯蔵システム

ユナイテッド・テクノロジーズ・リサーチ・センター(United Technologies Research Center) | コネチカット州イーストハートフォード | \$2,999,963

ユナイテッド・テクノロジーズ・リサーチ・センターは、テキサス大学(University of Texas) および Clipper Windpower と共同で、既存の最新フロー電池の 10 倍の電力密度を実現する画期的なセル設計によるフロー電池システムを開発する。これが成功すれば、フロー電池システムの最も高価な構成要素であるセルスタックのサイズとコストを大幅に削減できる。この新たなセルスタック技術の利点を最大限に引き出すため、システムにはその他にも多数の革新的な概念を取り入れ、グリッド上での再生可能エネルギーのサポートの必要に応じて定格電力で迅速な応答と長時間運転のどちらにも対応できる電力貯蔵装置へと転換する。本プロジェクトで開発する 20 キロワットの高度フロー電池の原型は、商業化が可能なグリッド規模の電力貯蔵ソリューションを開発するための科学的・技術的基盤となる。

中性水を利用した変換型再生可能エネルギー貯蔵装置

Proton Energy Systems, Inc. | コネチカット州ウォリングフォード | \$2,148,719

Proton Energy Systems とペンシルベニア州立大学は、再生電解槽と燃料セル、アルカリ膜を組み合わせた先進的な電気化学電力貯蔵装置を開発する。燃料セルには酸膜を利用したものが多く、その場合、導電性を維持するためにセルスタック内に高価な貴金属触媒と半貴金属部材が必要となる。計画されている再生電解槽と燃料セルではこれをアルカリ膜に変えることで、最もコストのかかる材料が不要となるとともに、高度なシステム設計によって高い効率が得られる。本プロジェクトでは、安価なアルカリ膜を開発し、水を燃料に変換しそれを水に戻すことによってグリッドレベルで電気エネルギーの貯蔵を行う 20 キロワットの可逆的な高度電気化学貯蔵システムにそのアルカリ膜を利用する。

Zn MnO₂ フローセル

ニューヨーク市立大学エネルギー研究所 | ニューヨーク州ニューヨーク | \$2,997,133

CUNY エネルギー研究所は、本プロジェクトで、産業界との連携の下、グリッド規模での電力貯蔵用の水流補助電池の開発および制作を行う。この画期的な電池は、まずは亜鉛・二酸化マンガン電池という一般消費者向けの使い捨てのアルカリ電池に使用されているのと同じ低コストの材料で制作し、その後完全な再充電が可能な長寿命のシステムへと発展させる。CUNY は当初、亜鉛による反復的な電力貯蔵を可能にする流量補助という概念の背景にある基礎科学を明らかにする亜鉛・酸化ニッケル電池の実証を行っていた。本プロジェクトでは、材料にもたらされた大きな革新を利用してニッケルを可逆電極に変えることにより、このアプローチを新たな方向に発展させる。その成果として、グリッド規模の電気エネルギー貯蔵用途におけるメガワットレベルへの高い拡張可能性を有するサイクル寿命 5,000 回、1 キロワット時当たりのコスト 100 ドル未満の 25 キロワットの充電システムが期待される。

■ ARPA-E プログラム：先進的な炭素回収技術のための革新的な材料およびプロセス(IMPACCT)

米国では、電力の約 45%が石炭火力発電所で作られている。石炭は安価で豊富に存在する天然資源である。しかし、石炭のエネルギー源としての利用には大気中への二酸化炭素放出が伴うため、これを続ければ温室効果ガスの増加につながる。排出された二酸化炭素を回収・貯蔵できれば、大気中への温室効果ガス放出量を減らしながら、国内の石炭資源を継続して利用することが可能になる。石炭火力発電所から排出される二酸化炭素の回収にかかるコストは現在は受け入れがたいほど高く、それが第一の課題である。

IMPACCT プログラムは、新材料、既存プロセスの改良、新しい回収プロセスの実証を組み合わせ、炭素の回収コストを大幅に削減することを目指すものである。ハイリスク・ハイリターンな 15 のプロジェクトが大学、企業、国の研究機関で進行中である。IMPACCT は、二酸化炭素を溶解させる新しい液体化学やジェットエンジンをヒントに生まれた二酸化炭素を気体から粒状のドライアイスに変える回収システムなどの技術を通して、炭素の回収に関する研究に新たな境地を開きつつある。IMPACCT プログラムが成功すれば、有害な温室効果ガスの排出量をこれ以上増加させることなく、国内の石炭インフラを使い続けることが可能になる。

IMPACCT プロジェクトのハイライト：

- 効率的な二酸化炭素(CO₂)の回収を実現する低コストの生物学的触媒
- エネルギー効率の高い燃焼後の二酸化炭素回収のための刺激応答性金属有機フレームワーク

IMPACCT プロジェクトのハイライト：効率的な二酸化炭素(CO₂)の回収を実現する低コストの生物学的触媒

リーダー組織	Codexis, Inc.(カリフォルニア州レッドウッドシティ)
資金提供額	\$4,657,045
資金提供期間	7/1/2010～6/30/2012
主要分野	炭素回収

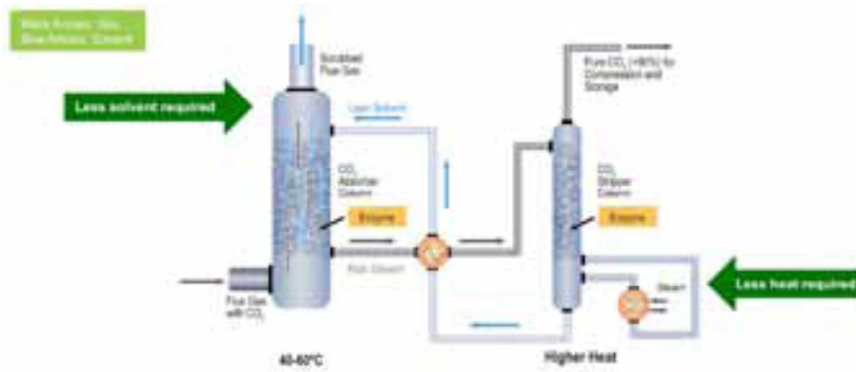
カリフォルニア州に拠点を置く Codexis, Inc.は、石炭火力発電所で石炭の燃焼に伴って発生する温室効果ガスである二酸化炭素の回収プロセスの改良に取り組んでいる。石炭火力発電所向けの炭素回収技術には現在、二酸化炭素と反応する化学溶媒が用いられているが、その溶媒の再生に過度のエネルギーが必要であるため、許容できないほどのエネルギー損失が生じている。Codexis は、炭素の効率的な回収に向けて低コストの触媒を開発すべく、溶媒中で二酸化炭素の吸収を促進する新しい炭酸脱水酵素の開発を進めている。安定的な炭酸脱水酵素を設計しようとさまざまな取り組みが行われてきたが、石炭火力発電所の過酷な化学的環境に対する耐性と経済性の両方を満たす酵素の開発に成功した例は過去にない。Codexis が新たな炭酸脱水酵素の開発に成功すれば、石炭火力発電所の厳しい条件下での二酸化炭素の回収が可能になり、利用できる最善の二酸化炭素回収プロセスの経済性が大幅に向上する。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

本プロジェクトは、石炭火力発電所から排出される炭素の回収を効率化することにより、発電所の経済的な継続性を高めるとともに、既存の石炭インフラの環境フットプリントを削減することを可能にするものである。Codexis の試算では、この種の炭素回収を導入した場合、電力コストの増加は 35%未満とごくわずかである。一方、現在利用可能な最善の商業プロセスを利用した場合、電力コストは 85%以上増加する。

プロジェクトニュース

2010年12月2日に Codexis は、特別に設計した酵素と温室効果ガスの排出量削減のために発電所で使用される特定の溶媒を用いた関連プロセスについて開発と試験を行うことを目的に、世界第3位の電力設備メーカーである Alstom SA のある部門と CO₂ Solution, Inc.との間で最大16カ月間にわたる提携契約を締結したと発表した。



Codexis は、石炭火力発電所の厳しい条件下で費用効率の高い炭素回収を実現するため、炭酸脱水酵素を触媒として用いる。

出典：Codexis, Inc.

IMPACCT プロジェクトのハイライト：エネルギー効率の高い燃焼後の二酸化炭素回収のための刺激応答性金属有機フレームワーク

リーダー組織	テキサス A&M 研究基金(Texas A&M Research Foundation) (テキサス州カレッジステーション)
資金提供額	\$1,019,874
資金提供期間	6/10/2010～6/30/2012
主要分野	炭素回収

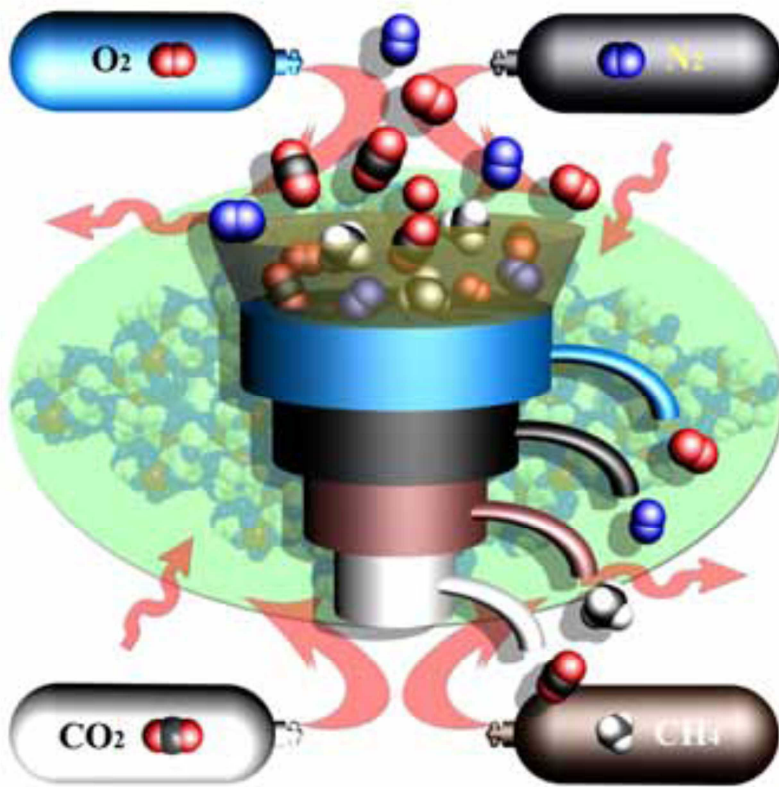
テキサス A&M 大学(Texas A&M University)チームは、石炭火力発電所からの二酸化炭素の回収および除去に有望な比較的新しい素材である革新的な金属有機フレームワークの開発を目指す。現在の技術では炭素回収には多額の費用がかかるが、その主な原因の 1 つとして挙げられるのが、二酸化炭素の放出に回収触媒の加熱が必要であるという点である。本プロジェクトでは、比較的わずかな温度変化で構造を変化させる精密制御金属有機フレームワークの開発を行う。金属有機フレームワークは構造を変化させることにより二酸化炭素の他の煙道ガスからの隔離をより効率的に行うことができるため、炭素回収コストの低減につながる。

本技術はいかに変革をもたらさるか

現在、二酸化炭素の溶解と隔離には高温加熱を要する腐食性の化学物質が用いられており、それが電力コストが許容できないほどに増加する要因となっている。本プロジェクトは、精密制御金属有機フレームワークを用いてわずかな温度変化で二酸化炭素を回収することにより、炭素の回収に伴うコストの大幅な削減に資することが期待できる。

このイノベーションが米国にとって重要な理由

本技術の開発が成功すれば、石炭火力発電所における炭素回収の費用効率を向上させることができる。石炭は世界的に見ても重要なエネルギー源である。したがって、温室効果ガス排出量をこれ以上増加させることなく石炭の利用を拡大させることができる技術は画期的だと言える。米国は、何十億トンという現在の二酸化炭素排出量をこれ以上増加させることなく、安価で国内にも比較的豊富に存在する石炭と既存の石炭発電所を利用し続けることができる。



テキサス A&M 大学が開発を進めている革新的な精密制御金属有機フレームワークは、現在の炭素回収技術と比べてわずかな温度変化しか必要としないため、炭素回収にかかるコストを大幅に削減できる。出典：テキサス A&M 大学

全ての IMPACCT プロジェクト

高効率の CO₂ 慣性抽出システム—ICES

Alliant Techsystems, Inc. | ニューヨーク州ロンコンコマ | \$999,544

ATK と ACENT は、収集および回収のために二酸化炭素を沈殿させる煙道ガスの急速な膨張および冷却について、超音速ノズルの利用に関する研究を行う。炭素回収用途としては画期的なロケットノズルと風洞を採用した本技術は、既存の風力発電所に容易に統合できる見込みである。

既存の石炭火力発電所向け溶媒・膜混合燃焼後 CO₂ 回収プロセス

ケンタッキー大学(University of Kentucky)—応用エネルギー研究センター(Center for Applied Energy Research) | ケンタッキー州レキシントン | \$2,011,578

ケンタッキー大学研究チームは、既存の石炭火力発電所への組み込みが可能な燃焼後の二酸化炭素回収プロセス向け混合吸収溶媒・触媒膜の開発を行う。これは、ナノ濾過分離と触媒作用を結びつけることにより高濃度の透過を実現する触媒分離膜で、アンモニア水および一部の代表的なアルキルアミン溶液との併用が可能である。本触媒膜リアクターは、二酸化炭素の回収におけるエネルギー損失を大幅に削減することができる。また、従来の炭素回収プロセスへの統合にも向く。

ゲル化イオン液体膜による 10,000 GPU の燃焼後炭素回収の実現

コロラド大学ボルダー校(University of Colorado at Boulder) | コロラド州ボルダー | \$3,142,071

コロラド大学ボルダー校では、通常は液体溶媒に機械的剛性を持たせ、極薄膜の形成を可能にする画期的なゲル化イオン液体膜の開発を行う。膜は薄ければ薄いほど透過率が高まり、高流量の二酸化炭素を選択的に通過させることができるようになる。そのため、煙道ガスの膜処理に関連するコストと規模の削減につながる。

溶媒回収システムにおける触媒の改良

ローレンス・リバモア国立研究所(Lawrence Livermore National Laboratory) | カリフォルニア州リバモア | \$3,632,000

合成小分子触媒は、二酸化炭素の液体溶媒への吸収を大幅に加速させ、CO₂ を緩やかに結合する溶媒についてエネルギー消費量を削減することができる。本プロジェクトでは、合成

小分子触媒の形成に関する科学的な経験と産業経験を結集し、その実用化を図る。また、さまざまなプロセス条件下での触媒の効果的な活用についても実証を行う。

画期的な炭素回収・貯蔵技術としての触媒による珪酸塩鉱物風化の化学的・生物学的加速
 コロンビア大学(Columbia University)| ニューヨーク州ニューヨーク |\$1,266,675

自然界では、二酸化炭素は長い時間をかけて珪酸マグネシウムなどの鉱物とエネルギー的に有利な反応をする。結果として得られるのは、安定した沈殿物である。本研究では主に、ブルーサイトおよびシリカ層に働きかけるキレート剤を使用してこの自然な反応を早め、風化を加速する。風化の加速は、貯蔵された炭素の監視、検証、計算を必要としない、炭素隔離に代わるものとなる。

相変化吸収剤を使用した CO₂回収プロセス

General Electric Company | ニューヨーク州ニスカユナ |\$3,017,511

General Electric が主導する本チームは、二酸化炭素に接触すると固体粉末に変化する液体吸収剤を用いた画期的でコスト効率に優れた二酸化炭素回収プロセスを開発する。その後、固体を隔離し、加熱すれば、二酸化炭素を放出できる。吸収剤は液状に戻して再利用することが可能である。固体吸収剤は二酸化炭素の含有率が高いため、現在の技術に比べてプロセスのエネルギー効率が改善され、圧縮および資本コストが低減される。90%の二酸化炭素回収で寄生電力負荷を 10%未満に抑え、二酸化炭素の回収コストを 1 トン当たり 25 ドル未満とすることが目標である。また、既存のプロセスに比べてフットプリントも小さく、既存の発電所に組み込むことも可能である。

相変化を伴うイオン液体による CO₂の回収

ノートルダム大学(Notre Dame University)| インディアナ州ノートルダム |\$2,559,562

ノートルダム大学の研究者たちによる最近の発見で、二酸化炭素と反応すると固体から液体への相変化が生じるイオン液体材料が特定された。この新しい化合物の詳細な合成研究を行うのは、燃焼後の回収用途に最適な材料を特定するためである。液体から固体への相変化中に発生する融解熱は、回収する二酸化炭素を放出するのに必要とされるエネルギー量を抑える働きをするため、この材料を使用すれば必要な再生熱を減らすことができる。

低温炭素回収

Sustainable Energy Solutions | ユタ州プロボ |\$748,990

低温炭素回収は、凝結によって二酸化炭素を煙道ガスから除去し、その後、凝縮相にある二酸化炭素を圧縮および輸送するというプロセスである。装置および設計について新しい概念を取り入れた低温炭素回収は、現在の溶媒ベースの二酸化炭素分離技術に比べて効率の向上とコストの削減が期待できる。Sustainable Energy Solutions は、画期的なプロセス構成要素の開発と実証を行い、石炭火力発電所での試験に適した低温炭素回収原型システムを設計する予定である。本アプローチでは、二酸化炭素の回収に要するエネルギーについて、アミン系溶媒を使用した最新のプロセスと比較して 50%の削減が見込まれる。

炭素の回収および緩和に向けた電気化学的媒介分離

マサチューセッツ工科大学(Massachusetts Institute of Technology : MIT)| マサチューセッツ州ケンブリッジ |\$1,000,000

MIT が主導するチームは、石炭火力発電所における燃焼後の二酸化炭素回収のための電気化学的媒介分離プロセスを開発する。二酸化炭素の回収におけるエネルギー効率の大幅な向上、既存石炭火力発電所の改造と新しい施設との一体化の簡素化がその成果として期待できる。プロジェクトには、担体構造の分子モデリングと実験的な最適化、原型分離装置の製作および評価が含まれる。

中空繊維担持特殊イオン液体スポンジによる高性能の CO₂ 洗浄

オークリッジ国立研究所(Oak Ridge National Laboratory)| テネシー州オークリッジ |\$887,609

オークリッジ国立研究所と Georgia Tech のチームは、煙道ガスから二酸化炭素を回収する新しい特殊イオン液体を強固な高表面積担体となる中空繊維膜に結合する。この捕獲・放出システムは、二酸化炭素の回収に関連するコストとエネルギーの削減、および全国の石炭火力発電所への拡張が可能なプラットフォームの設計を目的としたものである。

二酸化炭素回収用高性能金属有機フレームワーク・高分子複合膜

Georgia Tech Research Corporation |ジョージア州アトランタ |\$1,000,000

Georgia Tech は、炭素の回収に極めて有望な新しい化合物である金属有機フレームワークを中空繊維膜に結合し、二酸化炭素選択性を高める。中空繊維膜によって表面積が大きくなり、金属有機フレームワークを高分子マトリックスに選択的に組み込むことによって処理量と選択性が向上するため、回収コストの削減につながる。

CO₂ 回収のための堅牢な金属有機フレームワークの高効率な発見

ローレンスバークレー国立研究所(Lawrence Berkeley National Laboratory)| カリフォルニア州バークレー |\$3,867,851

ローレンスバークレー国立研究所率いるチームは、計測用ロボットツールと計算アルゴリズムを使用して、二酸化炭素回収用の金属有機フレームワーク材料の開発を加速する。形成可能な金属有機フレームワーク構造は多数存在するが、チームは核磁気共鳴信号を用いて有望な構造を素早く特定する。本研究は、選択性と堅牢性が向上した発電所での二酸化炭素回収に向けた大規模試験と商業化にふさわしい材料の開発につながるものと思われる。

効率的な CO₂ 回収を実現する低コストの生物学的触媒

Codexis, Inc. | カリフォルニア州レッドウッドシティ |\$4,657,045

Codexis は、石炭火力発電所からの炭素回収用に低コスト酵素の開発を計画している。二酸化炭素の水和を触媒する炭酸脱水酵素は、この酵素を使用しない限り緩やかな回収しか行わない溶媒の使用について、現在の技術に比べてエネルギー損失を大幅に削減することができる。現在の炭酸脱水酵素は、活性が低く、寿命が短く、また製造(発酵)コストが高いため、非常に高価である。Codexis は、進化分子工学技術の応用により、活性と安定性を高めた好熱性細菌由来の低コストの炭酸脱水酵素、および歪発展技術の応用により、酵素の低コスト製造プロセスを開発する。

エネルギー損失を大幅に低減した画期的な非水 CO₂ 溶媒ベースの回収プロセス

RTI International | ノースカロライナ州リサーチトライアングルパーク |\$2,200,000

RTI International と BASF は共同で、新たな可逆二酸化炭素溶媒化学を活用したこれまでにない非水溶媒の開発を進めている。再生温度が低くなり、二酸化炭素の放出に要するエネルギーを削減できるために、エネルギー損失を低減することができる。チームは、再生エネルギーを従来のアミン系溶媒を使用した最新プロセスと比較して 40%削減できると試算している。

エネルギー効率の高い燃焼後の二酸化炭素回収のための刺激応答性金属有機フレームワーク

テキサス A&M 研究基金(Texas A&M Research Foundation) | テキサス州カレッジステーション |\$1,1019,874

テキサス A&M は、網目サイズの管理によって吸収・脱着特性を細かく調整することができる、革新的な金属有機フレームワークを使用した分子篩の開発を行う。これにより、高二

酸化炭素負荷下における二酸化炭素・N₂ 選択性の向上と再生コストの大幅な低減を通して、二酸化炭素回収のエネルギー効率を高めるとともにそのコストを削減できる。チームは、必要な寄生電力を大幅に低減しながら煙道ガスにおける二酸化炭素の 90%の回収が可能であるとチームが試算するプロセスについて、実証を行う予定である。

添付書類 B | リーダー組織の所在地別プロジェクト一覧

州-市	ARPA-E 資金提供額	プロジェクト	リーダー組織
アーカンソー州- ファイエットビル		プラグインハイブリッド用の低コスト、高度統合型炭化珪素(SiC)マルチチップ電力モジュール(MCPMs)	Arkansas Power Electronics International, Inc.
アリゾナ州-スコ ッツデール		拡張性と超低コストを実現する電力網相互運用性高度パワーエレクトロニクスを採用した改良型金属空気電力貯蔵システム	Fluidic Energy, Inc.
アリゾナ州-テン ペ		太陽光発電高効率バイオ燃料生産用のシアノバクテリア	アリゾナ州立大学
アリゾナ州-テン ペ		持続可能、高エネルギー密度、低コストの電気化学エネルギー貯蔵 - 金属-空気イオン液体(MAIL)電池	アリゾナ州立大学
アリゾナ州-ツー ソン		電気自動車用の高エネルギーリチウム-硫黄電池開発	Sion Power Corporation
カリフォルニア州- アラメダ		空中風力タービン	Makani Power, Inc.
カリフォルニア州- アラメダ		低コスト・高効率 50 年電極	Primus Power Corporation
カリフォルニア州- バークレー		被保護リチウム金属電極をベースとした超高比エネルギー充電式リチウムエア電池開発	PolyPlus Battery Company
カリフォルニア州- バークレー		CO2 回収のための堅牢な金属有機フレームワークの高効率な発見	ローレンスバークレー国立研究所
カリフォルニア州- バークレー		CO2 から液体バイオ燃料を生産するための統合的な微生物電極触媒(Microbial-ElectroCatalytic: MEC)システムの開発	ローレンスバークレー国立研究所
カリフォルニア州- バークレー		グリッド規模での電力貯蔵に向けた水素・臭素フロー電池	ローレンスバークレー国立研究所
カリフォルニア州- ゴレタ		迅速なパワーエレクトロニクス用の高性能 GaN HEMT モジュール	Transphorm, Inc.
カリフォルニア州- ヘイワード		高エネルギー密度リチウム電池	Envia Systems
カリフォルニア州- ヘイワード		エネルギー効率の高い炭素隔離のためのカーボンナノチューブ膜	Porifera, Inc.
カリフォルニア州- ハンティントン ビーチ		低コスト・高エネルギー密度フライホイール貯蔵グリッドの実証	Boeing
カリフォルニア州- アーバイン		フォノン熱ポンプ	Material Methods, LLC
カリフォルニア州- リバモア		溶媒回収システムにおける触媒の改良	ローレンス・リバモア国立研究所
カリフォルニア州- ロサンゼルス		高アルコールの電気独立栄養的合成	カリフォルニア大学ロサンゼルス校
カリフォルニア州- ロサンゼルス		超臨界流体による熱エネルギー貯蔵	カリフォルニア大学ロサンゼルス校

州-市	ARPA-E 資金提供額	プロジェクト	リーダー組織
カリフォルニア州 -ロサンゼルス		電力網規模での電力貯蔵に向けた堅牢かつ安価な鉄空気充電電池	南カリフォルニア大学
カリフォルニア州 -ロサンゼルス		小型 MEMS 電気熱量冷却モジュール	カリフォルニア大学ロサンゼルス校
カリフォルニア州 -マリブ		双方向式電池-グリッド充電用の窒化ガリウム交換技術	HRL Laboratories, LLC
カリフォルニア州 -メンロパーク		高エネルギー密度の蓄電器	Recapping, Inc.
カリフォルニア州 -ペタルーマ		順応型タービンブレード: 低コスト風力発電を実現するブローン・ウイング技術	Caitin, Inc.
カリフォルニア州 -レッドウッドシティ		効率的な CO2 回収を実現する低コストの生物学的触媒	Codexis, Inc.
カリフォルニア州 -リッチモンド		エネルギー効率が高く低コストの逆浸透用のカーボンナノチューブ膜エレメント	NanOasis Technologies, Inc.
カリフォルニア州 -リバーサイド		第四ホスホニウムベースの水酸化物交換膜	カリフォルニア大学リバーサイド校
カリフォルニア州 -サンディエゴ		水溶性鉛フロー電池技術	General Atomics
カリフォルニア州 -サンタクララ		高エネルギーブリズム式リチウムイオン電池用の、一体型セパレーターと製造ツールセット付きの新しい陰極電極デザイン	Applied Materials, Inc.
カリフォルニア州 -スタンフォード		全電子電池: エネルギー貯蔵の飛躍的前進	スタンフォード大学
カリフォルニア州 -スタンフォード		センサー、フィードバック、IT による大規模なエネルギー削減	スタンフォード大学
カリフォルニア州 -サウザンドオークス		バイオエネルギー産業の本格化に向けた高バイオマス・低投入専用エネルギー作物	Ceres, Inc.
カリフォルニア州 -サウザンドオークス		固体式照明用の一体型パワーチップコンバーター	Teledyne Scientific & Imaging, LLC
カリフォルニア州 -サウザンドオークス		光流体太陽集光器	Teledyne Scientific & Imaging, LLC
コロラド州-ボルダー		画期的な水素および二酸化炭素のバイオディーゼルへの直接的な生物学的変換	OPX Biotechnologies, Inc.
コロラド州-ボルダー		ゲル化イオン液体膜による 10,000 GPU の燃焼後炭素回収の実現	コロラド大学ボルダー校
コロラド州-リトルトン		経済的な EGS(強化地熱システム)井戸を可能にする低接触掘削技術	Foro Energy, Inc.
コロラド州-リトルトン		ネットゼロエネルギービルのプラスチック用低コスト、エレクトロクロミックフィルム	ITN Energy Systems, Inc.
コネチカット州-イースト・ハートフォード		ナノ工学的かつ多孔式の中空繊維膜を使った空調システム	ユナイテッド・テクノロジーズ・リサーチ・センター

州ー市	ARPA-E 資金提供額	プロジェクト	リーダー組織
コネチカット州ー イースト・ハート フォード		変換型電気化学フロー貯蔵システム	ユナイテッド・テ クノロジーズ・リ サーチ・センター
コネチカット州ー イースト・ハート フォード		水を使った HVAC システム	ユナイテッド・テ クノロジーズ・リ サーチ・センター
コネチカット州ー イースト・ハート フォード		酵素の合成類似物を使った CO2 回収	ユナイテッド・テ クノロジーズ・リ サーチ・センター
コネチカット州ー ウォリングフォード		中性水を利用した変換型再生可能エネルギー貯蔵 装置	Proton Energy Systems, Inc.
デラウェア州ーニ ューアーク		ハイブリッド車両と代替エネルギー用の高エネル ギー永久磁石	デラウェア大学
デラウェア州ーウ ィルミントン		大型藻類ブタノール	E.I. du Pont de Nemours and Company
フロリダ州ーゲイ ンズビル		新世代の太陽光・廃熱電源式吸収冷凍機	フロリダ大学
フロリダ州ーオデ ッサ		ナノ構造高分子膜を介して水分子を直接扱う斬新 な膜ベースの除湿システム	Dais Analytic Corporation
フロリダ州ーオー ランド		固定式全無機充電式リチウム電池	Planar Energy Devices, Inc.
ジョージア州ーア トランタ		建物、冷暖房、水加熱用のモジュラー式熱ハブ	Georgia Tech Research Corporation
ジョージア州ーア トランタ		電力変換装置に使うオンチップインダクター用の 積層飽和磁束密度磁心	Georgia Tech Research Corporation
ジョージア州ーア トランタ		二酸化炭素回収用高性能金属有機フレームワー ク・高分子複合膜	Georgia Tech Research Corporation
ジョージア州ーア トランタ		直接 AC コンバーター電池を使ったグリッドアセッ トの動的制御	Georgia Tech Research Corporation
アイオワ州ーエイ ムズ		先端バイオ燃料生産用の、遺伝子学的に扱いやすい 微細藻類プラットフォーム	アイオワ州立大学
イリノイ州ーシャ ンペーン		経済的に印刷を施した(Economically Printed)柔軟な ナノ構造式積層熱電接点を使った低品質熱の捕獲	イリノイ大学
イリノイ州ーネイ パービル		石炭煙道ガスから CO2 をエネルギー効率の高い形 で回収	Nalco Company
インディアナ州ー ココモ		先進式電力半導体と包装	Delphi Automotive Systems, LLC
インディアナ州ー ノートルダム		イオン液体ベースの冷媒によるコンパクトで効率 的な空調	ノートルダム大学
インディアナ州ー ノートルダム		相変化を伴うイオン液体による CO2 の回収	ノートルダム大学
ケンタッキー州ー レキシントン		既存の石炭火力発電所向け溶媒・膜混合燃焼後 CO2 回収プロセス	ケンタッキー大学 応用エネルギー研 究センター

州-市	ARPA-E 資金提供額	プロジェクト	リーダー組織
マサチューセッツ州-アマースト		電極から微生物への直接的な電子移動による電気燃料の生成	マサチューセッツ大学アマースト校
マサチューセッツ州-ボストン		イソオクタン生産用電気燃料シャーシとしての大腸菌の操作	Ginkgo BioWorks, Inc.
マサチューセッツ州-ボストン		低コスト、高エネルギー、高出力密度のナノチューブ強化ウルトラキャパシタ	FastCAP Systems Corporation
マサチューセッツ州-ボストン		微生物を利用した逆燃料電池の設計	ハーバード大学医学部ワイス研究所
マサチューセッツ州-ケンブリッジ		Electroville: 高電流エネルギー貯蔵デバイス - 地域エネルギー貯蔵	マサチューセッツ工科大学
マサチューセッツ州-ケンブリッジ		半固体充電式電源: 超低コストの柔軟、高性能貯蔵	24M Technologies, Inc.
マサチューセッツ州-ケンブリッジ		一体型パワーエレクトロニクス用の先進技術	マサチューセッツ工科大学
マサチューセッツ州-ケンブリッジ		水や太陽光からの手頃なエネルギー	Sun Catalytic Corporation
マサチューセッツ州-ケンブリッジ		バイオ燃料の生産における炭素の完全利用に向けたバイオプロセスおよび微生物操作	マサチューセッツ工科大学
マサチューセッツ州-ケンブリッジ		高エネルギー密度の低コスト充電式マグネシウムイオン電池	Pellion Technologies, Inc.
マサチューセッツ州-ケンブリッジ		二酸化炭素と水素、酸素から自動車用燃料イソブタノール(IBT)を生産するためのラルストニア・ユートロファ(Ralstonia Eutropha)の操作	マサチューセッツ工科大学
マサチューセッツ州-ケンブリッジ		炭素の回収および緩和に向けた電気化学的媒介分離	マサチューセッツ工科大学
マサチューセッツ州-レキシントン		1366のダイレクトウエハー: テラワットの光起電力を実現	1366 Technologies Inc.
マサチューセッツ州-メドフォード		セルロースエネルギー作物に発現する条件的活性化酵素	Agrivida, Inc.
マサチューセッツ州-ニュートン		燃料不要のユビキタスな圧縮空気による電力貯蔵と電力調整	General Compression, Inc.
マサチューセッツ州-チングズバロ		100kWh/100kW フライホイール電力貯蔵モジュールの開発	Beacon Power Corporation
マサチューセッツ州-ウィルブラハム		画期的な高効率遮蔽式風力タービン	FloDesign Wind Turbine Corp.
メリーランド州-カレッジパーク		熱弾性冷却	メリーランド大学
ミシガン州-イーストランシング		ウェーブディスクエンジン	ミシガン州立大学
ミシガン州-ウオーレン		軽量熱エネルギー回収(LighTER)システム	ゼネラルモーターズ・カンパニー
ミネソタ州-セントポール		炭化水素バイオ燃料生産の理想的基盤としてのシュワネラ	ミネソタ大学
ミズーリ州-ジョプリン		再生可能な一体化とグリッド用の平面状ナトリウムβ電池	EaglePicher Technologies, LLC

州-市	ARPA-E 資金提供額	プロジェクト	リーダー組織
ミズーリ州-ローラ		リチウムエア電池用の高性能陰極	ミズーリ工科大学
ノースカロライナ州-ダーラム		グリッドスケール電力変換用の 15 kV SiC IGBT 電力モジュール	Cree, Inc.
ノースカロライナ州-ローリー		ダイレクト・パワーエレクトロニクス・インターフェースを備えた超電導磁気エネルギー貯蔵システム	ABB, Inc.
ノースカロライナ州-ローリー		高効率熱電気デバイス用の先進式半導体物質	Phononic Devices, Inc.
ノースカロライナ州-ローリー		超好熱性古細菌を利用した水素による二酸化炭素の液体電気燃料変換	ノースカロライナ州立大学
ノースカロライナ州-リサーチトライアングルパーク		画期的な短接触時間リアクターでの触媒によるバイオ原油生産	RTI International
ノースカロライナ州-リサーチトライアングルパーク		エネルギー損失を大幅に低減した画期的な非水 CO2 溶媒ベースの回収プロセス	RTI International
ニュージャージー州-リヴィングストン		製油所のオフガスをハイオクタンアルキレートに改良	Exelus, Inc.
ニューヨーク州-ニューヨーク		Zn MnO2 フローセル	ニューヨーク市立大学エネルギー研究所
ニューヨーク州-ニューヨーク		メタキャパシタ	ニューヨーク市立大学エネルギー研究所
ニューヨーク州-ニューヨーク		画期的な炭素回収・貯蔵技術としての触媒による珪酸塩鉱物風化の化学的・生物学的加速	コロンビア大学
ニューヨーク州-ニューヨーク		微生物を利用した逆燃料電池でのアンモニア酸化細菌による CO2 からのバイオ燃料生産	コロンビア大学
ニューヨーク州-ニスカユナ		相変化吸収剤を使用した CO2 回収プロセス	ゼネラルエレクトリック・カンパニー
ニューヨーク州-ニスカユナ		変形ナノ構造永久磁石	ゼネラルエレクトリック・カンパニー
ニューヨーク州-ニスカユナ		ナノ構造式でスケラブルな厚膜磁気	ゼネラルエレクトリック・カンパニー
ニューヨーク州-ロンコンコマ		高効率の CO2 慣性抽出システム-ICES	Alliant Techsystems, Inc.
オハイオ州-クリーブランド		パワーエレクトロニクス用の高電力チタン酸蓄電器	ケース・ウェスタン・リザーブ大学
オハイオ州-コロンバス		カーボンネガティブかつ製品柔軟性の高い合成ガス・ケミカルルーピングのパイロット実験	オハイオ州立大学
オハイオ州-コロンバス		通性独立栄養性水素細菌による二酸化炭素のバイオ燃料への生物学的変換	オハイオ州立大学

州ー市	ARPA-E 資金提供額	プロジェクト	リーダー組織
オハイオ州ーコロンバス		吸収浸透冷却サイクル	Battelle Memorial Institute
オハイオ州ーハドソン		温暖多湿気候用の賢い冷却を可能にする高効率のオンライン膜空気除湿器	Advance Materials Products, Inc.
オハイオ州ーメアリーズビル		藻類収穫技術のスケーリングと事業化	Algaeventure Systems, Inc.
オハイオ州ーマイアミズバーグ		リチウムイオン陽極としてのシリコン塗布式ナノファイバーペーパー	Inorganic Specialists, Inc.
オハイオ州ーストロングスビル		エネルギー効率の高い照明用の熱アンモニアバルク GaN 結晶成長	Momentive Performance Materials, Inc.
オレゴン州ーポートランド		交通用の次世代エネルギー貯蔵、空気亜鉛フロー電池(ZFAB)	ReVolt Technology, LLC
オレゴン州ーポートランド		革新的な建物一体型換気エンタルピー回復	Architectural Applications
ペンシルベニア州ーベスレヘム		炭素回収用途の電界スイング吸着	リーハイ大学
ペンシルベニア州ーステートカレッジ		1 トン式熱音響エアコン	ペンシルベニア州立大学
ペンシルベニア州ーユニバーシティパーク		燃料生産用多目的プラットフォームとしてのロドバクター(Rhodobacter)の開発	ペンシルベニア州立大学
サウスカロライナ州ーチャールストン		電気的アルコール生成：CO ₂ のブタノールへの生物電気化学的削減	サウスカロライナ医科大学
テネシー州ーオークリッジ		中空繊維担持特殊イオン液体スポンジによる高性能の CO ₂ 洗浄	オークリッジ国立研究所
テキサス州ーオースティン		非平衡非対称熱電(NEAT)デバイス	Sheetak, Inc.
テキサス州ーカレッジステーション		エネルギー効率の高い燃焼後の二酸化炭素回収のための刺激応答性金属有機フレームワーク	テキサス A&M 研究基金
ユタ州ープロボ		低温炭素回収	Sustainable Energy Solutions
バージニア州ーブラックスバーグ		チップ上の電源装置(PSOC)	バージニア工科大学
V バージニア州ーブラックスバーグ		一体型受動デバイス(Integrated Passives)と低材料応力の孤立型コンバーター	バージニア工科大学
バージニア州ーダレス		中電圧電力変換用のモノリシックな炭化珪素陽極スイッチサイリスタ	GeneSic Semiconductor, Inc.
ワシントン州ーケネウィック		小型冷却用のスターリング型エアコン(Stirling Air Conditioner: StAC)	Infinia Corporation
ワシントン州ーリッチランド		斬新な有機金属熱媒体を使った高効率吸着式冷凍	Pacific Northwest National Laboratory
ウィスコンシン州ーミルウォーキー		磁気冷凍を使った効率的で環境にやさしい小型冷却システム	Astronautics Corporation of America