



海外技術情報(2022年12月28日号)

技術戦略研究センター
Technology Strategy Center (TSC)

《本誌の一層の充実のため、ご意見、ご要望など下記宛お寄せください。》
E-mail : q-nkr@ml.nedo.go.jp
NEDO は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の略称です。

情報管理番号	国・機関	分野・タイトル・概要	公開日
【ナノテクノロジー・材料分野】			
144-1	アメリカ合衆国・パデュー大学	<p>車両での使用に理想的な世界一白く薄い塗料 (World's whitest paint now thinner than ever, ideal for vehicle)</p> <ul style="list-style-type: none"> パデュー大学が、世界で最も薄く軽量で白く、熱放射に優れた塗料を開発。 同大学が過去に開発した硫酸バリウムのナノ粒子による世界で最も白い塗料は、昨年ギネスブックにも掲載され、宇宙船メーカーや衣料・靴のアパレルメーカーより販売場所や塗膜の薄膜化の可能性について問い合わせを受けていた。 過去の白色塗料は太陽光の98.1%を反射し、屋外の表面を周囲温度の4.5℃超低下できる。家屋の屋根に塗装すれば、空調の利用を低減しながら冷却効果が得られるが、塗料の薄さが課題。 周囲温度以下の放射冷却レベルに達するには、最低でも400 μmの層を塗布する必要がある。定置用の頑丈な構造物であれば問題はないが、サイズや重量の要件が厳密なアプリケーションでは、より薄くより軽量の塗料が必要となる。 新白色塗料は、潤滑剤に使用される六方晶窒化ホウ素(h-BN)を色素としたナノ多孔質塗料で、僅か150 μmの単一層で97.9%の日射反射率を達成。多孔質性が材料密度を低下させ、薄さ、重量も低減させる。以前の硫酸バリウム塗料よりも80%軽量となる。 高い屈折率を提供するh-BNの粒子は、ナノプレートレットと呼ばれる特殊な形態を有し、太陽光を強かに散乱する。コンピューターシミュレーションでは、以前の塗料の球状のナノ粒子に比べ、これらのナノプレートレットがより効果的に太陽光を反射させることを確認した。 より軽量な新塗料を航空機、自動車や列車等に使用することで、優れた冷却効果が得られ、エネルギーコストと消費量、さらには温暖化ガスの削減の効果が期待できる。他の冷却方法とは異なり、新塗料はすべての熱を宇宙空間に放射して地球を直接冷却する効果をもたらす。 Purdue Research Foundation Office of Technology Commercialization を通じて新塗料の特許を出願済み。商業化に向けた課題解決や議論を進めている。本研究は、米国立科学財団(NSF)とNSFのGraduate Research Fellowshipが支援した。 <p>URL: https://www.purdue.edu/newsroom/releases/2022/Q4/worlds-whitest-paint-now-thinner-than-ever,-ideal-for-vehicles.html</p>	2022/10/3
	関連情報	<p>Cell Reports Physical Science 掲載論文(フルテキスト)</p> <p>Thin layer lightweight and ultrawhite hexagonal boron nitride nanoporous paints for daytime radiative cooling</p> <p>URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666386422003526?via%3Dihub</p>	

144-2	アメリカ合衆国・ デューク大学	<p style="text-align: right;">2022/10/11</p> <p>航空宇宙技術に革新をもたらす高耐熱性のケオティックなカーバイド (Heat-Proof Chaotic Carbides Could Revolutionize Aerospace Technology)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ デューク大学、イタリア・CNR-NANO Research Center およびペンシルベニア州立大学(PennState) から成る研究グループが、チューナブルなプラズモニック特性に加え、硬度、安定性、高温耐性を備えた新しい種類の高エントロピーカーバイド(炭化物)を実証。 ・ タantal(Ta)を含む新カーバイドは、熔融塩を攪拌できる硬さで、7,000F(約 3,870°C)を超える高温(太陽の表面から数百マイル離れた場所の温度)を耐久する。プラズモニック効果により、人工衛星通信や極超音速機の熱調整機能の向上が期待できる。 ・ プラズモニクスは、金属表面の自由電子による集団振動に光のエネルギーを捉える技術。入射光と相互に作用する強力な電磁場を発生させて、デバイスによる広範囲な電磁波スペクトルの特定周波数の吸収、放出、制御を可能にするもの。 ・ プラズモニクス研究に使用される金、銀、銅等の標準的な金属は比較的低い温度で熔融し、外気からの保護が必要となるため、ロケットや人工衛星等の航空宇宙アプリケーションに使用できない。 ・ 新材料は、2018年に同大学が開発した、炭素と5種類の金属元素から構成される高エントロピーカーバイドがベース。規則的な結晶構造で安定した材料を形成する従来方法に代わり、様々なサイズの多種類の元素を組み合わせ安定性を向上させたケオティック(無秩序)な構造のセラミクスを発見している。 ・ それ以降、米国国防総省(DoD)の Multidisciplinary University Research Initiative (MURI) コンペの750万ドルの助成金を受け、アプリケーションに適する特性を持たせた材料をオンデマンド設計する、AI材料設計ツール開発を進めている。 ・ 本研究では、熱力学的無秩序の計算モデルと時間依存密度汎関数理論(TDDFT)による経時的な特性評価を通じ、14種類の高エントロピーカーバイドで近赤外・可視光スペクトルでのプラズモニック特性を実証。オプティカルとテレコミュニケーションの両アプリケーションに適した材料の候補となる。 ・ 今後もさらに新しい材料の組合せを試行し、アンテナ、光・熱制御や超高温下で使用するデバイス等の様々なアプリケーションでの利用の可能性を探る。 ・ 本研究は、米国海軍研究室(ONR)が支援した。 <p>URL: https://pratt.duke.edu/about/news/heat-proof-chaotic-carbides-could-revolutionize-aerospace-technology</p>
	関連情報	<p>Nature Communications 掲載論文(フルテキスト)</p> <p>Plasmonic high-entropy carbides</p> <p>URL: https://www.nature.com/articles/s41467-022-33497-1</p>

144-3	アメリカ合衆国・カリフォルニア大学サンタバーバラ校 (UCSB)	<p>次世代の驚異的な半導体 (The Next Wonder Semiconductor)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ UCSB とヒューストン大学が、次世代半導体材料としての立方晶ヒ化ホウ素(c-BAs)単結晶の可能性を提示する、光励起キャリア輸送特性の可視化を実証。 ・ 高分解能を提供する走査型顕微鏡(SEM)とフェムト秒の超高速レーザー(高速シャッターの役割を担う)を組み合わせた超高速・超高解像度カメラの走査型超高速電子顕微鏡(SUEM)を用い、同半導体の光励起電荷の発生とその輸送プロセスの「動画」を作製した。 ・ シリコンを代替する半導体として注目されるⅢ-V族半導体材料のc-BAsは、シリコンを超える電荷輸送で導電性に優れ、その10倍の伝熱性を持つ。熱の滞留はデバイス性能に影響するため、熱伝導・拡散能力の管理は電子機器の微細化と高密度化において特に重要となる。 ・ c-BAsの高い伝熱性を生じさせる要因は、例えば太陽電池での光キャリア(光で励起された電荷)の輸送特性にも通じている。このことの実証により、光起電や光検出アプリケーションの可能性も期待できるが、c-BAsの高品質サンプルのサイズが小さく、光励起キャリア輸送の直接観察が難しかった。 ・ 本研究では、ヒューストン大学による高品質の結晶成長技術とUCSBの撮像技量を統合。カリフォルニア工科大学(Caltech)が発明したSUEMをUCSBが一から改良し、米国の大学で稼働する唯一のSUEMとなっている。 ・ SUEMによる「動画」では、ホットキャリアの励起状態が従来の半導体材料よりも長い200ピコ秒超維持されることを確認。c-BAsの高い伝熱性に関与する特性の「ホットな」電子の長時間の保持には重要な意味がある。 ・ 一般的な太陽電池では、光励起した電子のエネルギーは不均一であり、長寿命の低エネルギー電子のみが効率的に集められ、高エネルギー電子はエネルギーを熱として急速に失うため寿命が短い。電子の励起状態をより長く維持するc-BAsを太陽電池として利用すれば、エネルギーを効率的により多く獲得できる。 ・ 電子移動、熱伝導とホットキャリア輸送の3特性でシリコンを超越するc-BAsは、次世代半導体としての可能性を提供するが、高品質結晶の大量製造が課題。シリコンが1930~40年代から長年の投資を経て普及したように、c-BAsの可能性の認識による実用化に向けた研究開発の活発化が期待される。 ・ 本研究は、米国エネルギー省(DOE)基礎エネルギー科学局(BES)、米国陸軍研究局(ARO)および米国海軍研究室(ONR)が支援した。 <p>URL: https://www.news.ucsb.edu/2022/020753/next-wonder-semiconductor</p>
	関連情報	<p>Matter 掲載論文(アブストラクトのみ:全文は有料)</p> <p>Persistent hot carrier diffusion in boron arsenide single crystals imaged by ultrafast electron microscopy</p> <p>https://www.cell.com/matter/fulltext/S2590-2385(22)00581-</p> <p>URL: 1?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2590238522005811%3Fshowall%3Dtrue</p>

144-4	英国・ケンブリッ ッジ大学	<p style="text-align: right;">2022/10/25</p> <p>低炭素技術の希土類元素依存を低減する「コズミックマグネット」の新しい作製手法 (New approach to ‘cosmic magnet’ manufacturing could reduce reliance on rare earths in low-carbon technologies)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ケンブリッジ大学、オーストリア科学アカデミー(OeAW)およびレオーベン鉱山業大学が、高性能磁石のテトラターナイトを合成する新技術を実証。 ・ 高性能磁石は、ゼロカーボン経済の確立において不可欠な技術。現在最も高性能の永久磁石では希土類元素を利用しているが、世界の希土類生産を中国がほぼ独占している(2017年では81%)。 ・ オーストラリアでも採掘されているが、中国との地政学的な緊張が高まる中、供給リスクが懸念される。また、極めて破壊的な採掘プロセスを通じた大量採掘に対し、得られる希土類は少量に限られる。環境への影響と中国への依存への対処において、希土類が不要な代替材料の開発が急がれる。 ・ 鉄とニッケルの合金で規則的な結晶構造を持つ「コズミックマグネット」のテトラターナイトは、希土類による磁石の代替が期待できる材料の一つ。天然の隕石が徐々に冷えることで鉄とニッケルの原子が特定の順序に積層して形成され、希土類の磁石に匹敵する磁気特性を持つようになる。 ・ 1960年代に開発された、鉄-ニッケル合金に中性子を照射してその原子を規則的に配列させる方法は大量生産には適さず、それ以降に開発された技術も産業規模の作製レベルに達していない。 ・ 本研究では、微量のリン(隕石にも含まれる元素)を含んだ鉄-ニッケル合金の機械特性の調査中に樹木の枝のようなデンドライト(樹状突起)構造を確認。リンが鉄とニッケルの原子を迅速に移動させ、数百年を待たずとも規則的な積層構造の形成を促すことを発見した。 ・ 適切な分量の鉄、ニッケルとリンの混合により、テトラターナイトの合成速度が11~15桁向上し、溶融して型に注ぎ込むシンプルなキャスティングで数秒内に完成する。隕石でのテトラターナイトの形成に数百年間を要することの信憑性に疑問を投げかけざるを得ない研究結果となった。 ・ ただし、高性能磁石としての適性の特定にはさらに研究を進める必要があるため、磁石メーカーとの共同研究を希望する。ケンブリッジ大学の商業化部門の Cambridge Enterprise と OeAW が本合成技術の特許を出願済み。 ・ 本研究は、欧州連合(EU) Horizon 2020 研究・イノベーションプログラム下、欧州研究会議(ERC)、第7次欧州研究開発フレームワーク計画(FP7)およびオーストリア科学基金(FWF)が支援した。 <p>URL: https://www.cam.ac.uk/research/news/new-approach-to-cosmic-magnet-manufacturing-could-reduce-reliance-on-rare-earths-in-low-carbon</p>
	関連情報	<p>Advanced Science 掲載論文(フルテキスト)</p> <p>Direct Formation of Hard-Magnetic Tetraenaite in Bulk Alloy Castings</p> <p>URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/advs.202204315</p>

144-5	アメリカ合衆国・マサチューセッツ工科大学(MIT)	<p>ナノ粒子でナノ構造をボトムアップ製造 (Building with nanoparticles, from the bottom up)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ MIT が、ナノ粒子の配列と位置を精確に制御して材料表面の損傷等の無いナノ構造をボトムアップ作製する、ナノ粒子コンタクトプリンティング技術を開発。 ・ トランジスタ等のナノスケールデバイスは、材料のエッチング処理でナノ構造を形成するトップダウンの方法で製造されているが、最高性能と新機能が獲得できる超微細なナノ構造の作製には高価な機器を要し、高度な精密度での達成が難しい。 ・ 例えば、ナノ粒子を「成長」させた化学物質の溶液をテンプレートに配置し、別材料の表面に転写する方法があるが、これには数千個ものナノ粒子をテンプレート上で効率的に処理する必要がある。また、転写の際に化学接着剤や高圧力・高温度を要するため、転写先のデバイスの表面を損傷・汚染し、性能を損失させる可能性がある。 ・ ナノ構造をボトムアップ作製する新技術では、これらの制約を克服。まず、特定のサイズと形状のナノ粒子を溶液中で作製し、次にナノ粒子の配置を決定するナノサイズのガイド(トラップ)で覆ったフレキシブルなテンプレートを作製する。 ・ 僅か 50nm の無数のナノ粒子を含んだ溶液をテンプレートに流し込むと、毛管引力がナノ粒子を適正な位置に移動させ、ファン・デル・ワールスカ(分子間引力)がそれらを保持し、転写可能なナノ構造が完成する。 ・ それぞれの引力が協働できるよう、テンプレートガイドを適切なサイズ、形状、配置に設計することで、ナノ構造に不利となるそれらの引力を高精度に制御する。溶液や表面処理、高温度等を使わずにこれらのナノ粒子を様々な表面に転写できるため、クリーンな表面を保持し、95%超の転写収率が達成できる。 ・ アルファベット文字等の形状にナノ粒子を配置し、高い位置精度でのシリコンへの転写を実証。様々な形状と材料のナノ粒子を、金をはじめ次世代電子・光デバイスのフレキシブルな基板等の様々な表面に効果的に転写できる。 ・ 新技術はスケーラブルで、実用デバイス製造への利用に拡大が可能。新しいタイプの電子・光デバイスの開発に向け、より複雑なナノ構造の作製とその転写での新技術の活用を試みている。 ・ 本研究は、米国立科学財団(NSF)と NSF Graduate Research Fellowship Program が支援した。 <p>URL: https://news.mit.edu/2022/nanoparticles-printing-silicon-1026</p>
	関連情報	<p>Science Advances 掲載論文(フルテキスト)</p> <p>Nanoparticle contact printing with interfacial engineering for deterministic integration into functional structures</p> <p>URL: https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abq4869</p>

144-6	アメリカ合衆国・マサチューセッツ工科大学(MIT)	<p>エッジデバイスでの AI モデル学習 (Learning on the edge)</p> <ul style="list-style-type: none"> MIT と MIT-IBM Watson AI Lab が、スマートフォンやセンサー等のエッジデバイスでのニューラルネットワーク(NN)機械学習(ML)モデルの継続的な学習を可能にする、アルゴリズムとシステムの協調設計フレームワークを開発。 IoT での膨大な数のコネクテッドデバイスのベースとなるマイクロコントローラーは、安価で低エネルギーだがメモリ容量に限りがあり、OS を持たない。エッジデバイスでの AI モデルの利用には、データセンターのパワフルなコンピューターの使用が不可避であり、高コストに加え、中央のサーバーへのユーザーデータの送信によるプライバシーリスクの懸念もある。 新フレームワークでは、アップデート対象の最も重要なウェイト(ニューロン間の結合強度)を訓練毎に特定するアルゴリズムのスパースアップデート(sparse update)と、訓練の量子化とウェイトの簡易化により訓練・推論のメモリを低減し、ウェイト勾配間の比率を調整して訓練の量子化による精度の低下を回避する、量子化を考慮したスケールリング(quantization-aware scaling: QAS)のアルゴリズムを利用する。 また、OS を持たないシンプルなマイクロコントローラーでこれらのアルゴリズムの動作を可能にする小規模訓練エンジン(tiny training engine)が、エッジデバイスでモデルを利用する前に、コンパイルの段階で作業をより多く完了させるよう訓練プロセスの順番を変更する。 このようなフレームワークにより、わずか 157KB のメモリによるマイクロコントローラーでの ML モデルの訓練が可能に。軽めの訓練用に設計した他の技術では 300~600MB を要する。 新フレームワークによる、画像中の人物を特定するコンピュータービジョンモデルの訓練の試験では、僅か 10 分間の訓練によるタスクの完了を学習。他の技術の 20 倍超の速度でのモデルの訓練を実証した。 コンピュータービジョンモデルでの成功を踏まえ、言語モデルや時系列データ等への適用を試みる予定。また、精度を維持したモデルの縮小化によるカーボンフットプリントの削減も目指す。 本研究には、米国立科学財団(NSF)、MIT-IBM Watson AI Lab、MIT AI Hardware Program、Amazon、Intel、Qualcomm、Ford Motor Company および Google が資金を提供した。 <p>URL: https://news.mit.edu/2022/machine-learning-edge-microcontroller-1004</p>
	関連情報	<p>Conference on Neural Information Processing Systems 発表論文(フルテキスト) On-Device Training Under 256KB Memory URL: https://arxiv.org/pdf/2206.15472.pdf</p>

144-7	アメリカ合衆国 国立標準技術研究所 (NIST)	<p style="text-align: right;">2022/10/6</p> <p>ニューロモーフィックコンピューティングをスケールアップする NIST の超伝導ハードウェア (NIST's Superconducting Hardware Could Scale Up Brain-Inspired Computing)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ NIST が、超伝導ナノワイヤー単一光子検出器とジョセフソン接合(SIS 接合)をモノリシックに統合した、超伝導オプトエレクトロニックシナプスを開発。 ・ 脳の構造を模倣したコンピューターハードウェアであるニューロモーフィックチップの開発が進んでいるが、従来のデジタル電子技術を使用するため複雑さと速度が制限されている。 ・ 人間の脳では、シナプスを介して繋がる約 860 億個のニューロンのネットワークで、ニューロン同士がスパイク(短い電気パルス)を使って情報を伝達し、経時的に変化する膨大な活動パターンを創出して認識作用の基盤を形成する。 ・ NIST は、2018 年に光信号を利用する NN 設計を開発。本研究では、光子の利用で信号を送受信して生体のシナプスのように作動する回路を初めて実証した。 ・ 超伝導材料を薄膜絶縁体で隔てた 3 層構造の SIS 接合では、構造を流れる電流が特定のしきい値を超えるとフラクソン(微小な電圧パルス)が発生し、超伝導ループに電流として蓄積される。SIS 接合の一つにバイアス(回路への外部電源)を加えると、光子毎にループに追加される電流量(シナプス荷重)を調整できる。 ・ 生体のシナプスと同様に、蓄積された電流は短期メモリとしてニューロンによる直近のスパイク生成回数を記録。このメモリの処理時間は、超伝導ループでの電流の減衰時間によって決定する。 ・ この処理時間には数百ナノ秒～数ミリ秒を超える幅があり、高速の産業用制御システムから人間とのゆったりとした会話まで、様々なタイムスケールで起こる問題への新シナプスハードウェアの適用可能性を提示する。 ・ SIS 接合へのバイアスを変えることで荷重が調整できることは、ネットワークをプログラマブルにする長期メモリに加え、同一のネットワークでの多様な問題解決の実現に貢献するもの。 ・ 次の目標は、これらのシナプスとオンチップ光源とを組合せた、完全な超伝導オプトエレクトロニックニューロンの実証。単一チップへの全構成要素の搭載が課題となる。また、より大規模なニューロモーフィックチップでシナプス荷重を実行する技術についても検討している。 ・ 本研究には、米国防高等研究計画局(DARPA)が一部資金を提供した。 <p>URL: https://www.nist.gov/news-events/news/2022/10/nists-superconducting-hardware-could-scale-brain-inspired-computing</p>
	関連情報	<p>Nature Electronics 掲載論文(アブストラクトのみ:全文は有料)</p> <p>Superconducting optoelectronic single-photon synapses</p> <p>URL: https://www.nature.com/articles/s41928-022-00840-9</p>

<p>144-8</p>	<p>フィンランド・アールト大学</p>	<p style="text-align: right;">2022/10/21</p> <p>隠れた視覚情報をキャッチ:数千種類の光波に向けたオールインワン検出器 (Tapping hidden visual information: An all-in-one detector for thousands of colours)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アールト大学率いる国際研究チームが、高い波長精度を備えた高感度なマイクロチップサイズのスペクトロメーター(分光計)を開発。 ・AIを備えた光電子的なラボオンチップとして、分光や光透過のための大型の構成部品等のハードウェアを不要にし、高波長精度、高分解能と幅広い作動波長領域を提供する。 ・指先に乗せられるサイズで、可視光スペクトルを超える各波長の光の強度を計測する。チップ、インプラントアプリケーションでの利用に加え、電気で完全制御できるためスケラビリティや集積化の可能性が期待できる。 ・スマートフォン等のポータブルデバイスに直接組み込むことで、カラーカメラの機能を上回るハイパースペクトルカメラの実現も考えられる。 ・光のスペクトルの強度を計測するスペクトロメーターは、材料等を特定・解析する重要なツールとして産業や研究活動で広く利用されているが、その性能と使いやすさの向上が求められている。 ・近年、フィンランドとアールト大学はフォトニクスの研究に尽力しており、フィンランド・アカデミー(AF)の量子技術研究拠点(CoE)、フォトニクス研究とイノベーションのフラッグシップ(PREIN)、InstituteQやOtanano Infrastructureより多大な支援を受けている。 ・今回のスペクトロメーターの開発は、このような共同研究の成果。分解能と効率性をさらに向上させることで、量子情報処理の新たなツールとしての役割が期待できる。 ・国際研究チームには、中国・上海交通大学、浙江大学、四川大学、韓国・延世大学および英国・ケンブリッジ大学が含まれる。 <p>URL: https://www.aalto.fi/en/news/tapping-hidden-visual-information-an-all-in-one-detector-for-thousands-of-colours</p>
	<p>関連情報</p>	<p>Science 掲載論文(アブストラクトのみ:全文は有料) Miniaturized spectrometers with a tunable van der Waals junction URL: https://www.science.org/doi/10.1126/science.add8544</p>
<p>144-9</p>	<p>スイス連邦材料試験研究所(EMPA)</p>	<p style="text-align: right;">2022/10/25</p> <p>赤外線検出器の超小型化 (Miniaturized infrared detectors)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・EMPA、チューリッヒ工科大学(ETH Zurich)、スペイン・サラマンカ大学や欧州宇宙機関(ESA)等から成る国際研究チームが、量子ドット(QD)ベースの赤外線分光計(IR spectrometer)の概念実証に成功。 ・コスト効果的な微細化プロセスにより、単一チップに集積可能なIR検出器を作製。次世代の消費者家電、ウェアラブル電子機器や超小型人工衛星へのIR検出器の統合には超微細化が鍵となるが、現行の材料・技術は大型で高コスト。 ・IR検出器の微細化により、スマートフォンでの食品管理、有害な化学物質の検出や大気汚染観測に加え、ウェアラブル電子機器での幅広いアプリケーションが期待できる。また、偽造医薬品やメタン、CO₂等の温暖化ガスの検出にも利用できる。 ・新IR分光計は、テルル水銀(HgTe)によるコロイド状QDのサブ波長光検出器を光センサーとして統合したフーリエ変換型導波路分光器で、相補型金属酸化膜半導体(CMOS)技術にも適合する。100 μm × 100 μm × 100 μmを下回る体積で、広範囲のスペクトルバンド幅と50cm⁻¹のスペクトル分解能を提供する。 ・電子機器や宇宙探査デバイスへのサブ波長のIR検出器のモノリシックな統合は、フーリエ変換型導波路分光器のスケールアップに多大な効果をもたらすもの。微細化したラーマン分光器、バイオセンサーやラボ・オン・チップデバイスに加え、高分解能ハイパースペクトルカメラの開発での利用にも有効となる。 <p>URL: https://www.empa.ch/web/s604/miniaturized-infrared-detectors</p>
	<p>関連情報</p>	<p>Nature Photonics 掲載論文(フルテキスト) Integrated photodetectors for compact Fourier-transform waveguide spectrometers URL: https://www.nature.com/articles/s41566-022-01088-7</p>

144-10

アメリカ合衆国・マサチューセッツ工科大学(MIT)

光を使った深層学習

(Deep learning with light)

- ・ MIT、MIT Lincoln Laboratory および Nokia Corporation が、エッジデバイスと機械学習(machine learning: ML)モデル間の演算処理のレイテンシ(通信遅延)を大幅に低減する、ニューラル・ネットワーク(NN)アーキテクチャの「Netcast」を開発。
- ・ 他技術の 100 倍を超えるエネルギー効率の向上や、サーバーへのユーザーデータ送信不要によるセキュリティ強化の効果を提供。インターネットで 1 ミリ秒毎に長編映画を送信する速さでデータ送信・演算を実行する。
- ・ より少ないエネルギー消費での自動運転車のリアルタイム操作判断や、スマートホームデバイスとのレイテンシーフリー通信、また、セルラーネットワークでのライブビデオ処理や、地球から数百万マイル離れた宇宙探査機での高速画像分類を可能にする。
- ・ 結合したノード(人工ニューロン)の階層を利用してパターン認識やタスクを実行する ML モデルの NN には、数十億もの重みのパラメータ(入力したデータを変換する数値)が含まれ、これらをメモリに格納する必要がある。
- ・ また、データ変換プロセスでの膨大な量の代数演算では、エネルギーを大量に消費する。メモリから重みを移動させて演算を実行するプロセスは、処理速度とエネルギー効率を制限する主な要因の一つとなっている。
- ・ 「Netcast」では、重みデータを中央サーバーのメモリに格納し、親指サイズのチップのスマート・トランシーバーがそれらを読み出して光波に書き込む。トランシーバーは重みを電気信号として受け取り、ビットでエンコードされた重みのデータをレーザーのオン(1)・オフ(0)切り替えで変換する。これらの光波を光ファイバーネットワークを通じてエッジデバイスに周期的に送信する。
- ・ 光波がエッジデバイスに到着すると、エッジデバイスの入力データ(センサー情報等)が重みにエンコードされ、マツハツエンダ変調器が超高速アナログ演算を実行し、続いてレーザーに個々の波長が送信され、演算結果を測定する。
- ・ 86km の光ファイバーでの重み送信試験の結果、画像分類では 98.7%の、数字認識では 98.8%の精度での ML の高速作動を確認。今後はスマート・トランシーバーチップの性能向上と、靴箱大のレーザーのチップサイズへの小型化を目指す。
- ・ 本研究には、NTT Research、米国立科学財団(NSF)、米国防空軍科学研究所(AFOSR)、空軍研究所(AFRL)および陸軍研究局(ARO)が資金を提供した。

URL: <https://news.mit.edu/2022/optics-deep-learning-computations-1020>

関連情報

Science 掲載論文(アブストラクトのみ:全文は有料)

Delocalized photonic deep learning on the internet's edge

URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abq8271>

【バイオテクノロジー分野】	
144-11	<p style="text-align: right;">2022/10/11</p> <p>ムラサキコウキクサからバイオ燃料やバイオ製品の油脂を作る (Engineering Duckweed to Produce Oil for Biofuels, Bioproducts)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ BNL とコールドスプリングハーバー研究所(CSHL)が、遺伝子操作したムラサキコウキクサの一品種の <i>Lemna japonica</i> による高収率の油脂生産を実証。 ・ BNL が特定した、脂肪酸合成を「プッシュ」する遺伝子と、脂肪酸分子をトリアシルグリセロール (TAG)へと「プル」する遺伝子、そして植物細胞の脂肪滴を覆うタンパク質を生産して劣化から油脂を「プロテクト」する遺伝子をウキクサに追加。プッシュ、プル、プロテクト技術は、植物組織への TAG 蓄積促進に広く利用されているアプローチ。 ・ ウキクサは細い茎と根を持ち、葉のような部分(フロンド)のバイオマスの大部分に油脂を蓄積する最も生育の速い水生植物の一つ。遺伝子操作したムラサキコウキクサの大量育成・収穫と油脂の抽出は、再生可能・持続可能な油脂生産の効率的な手段となる。食用作物とも競合せず、養鶏場等からの農業排水でも生育できるため、油脂生産と共に農業排水を浄化することも可能となる。 ・ BNL が 1970 年代に開始したムラサキコウキクサの研究を端緒に、CSHL の研究者らがウキクサ自身による遺伝子発現抑制技術と共に、別品種の遺伝子を高効率に発現する技術を開発した。 ・ BNL では、2 年間をかけて植物の油脂生産と蓄積を促進する生化学的なファクターを特定。油脂生産改変に向けたそれらの知識と遺伝子ツールの活用を目標に、本研究ではムラサキコウキクサの油脂生産ファクターを制御する遺伝子进行操作し、それらの遺伝子の組み合わせによる発現の効果を調査した。 ・ プッシュ遺伝子による高い脂肪酸レベルが植物の生育に悪影響を及ぼすため、同遺伝子の発現を抑えるプロモーターを追加。また、優れたプッシュ、プル、プロテクトのファクターを発現する遺伝子を構築し、個別、ペア、または全部の組み合わせによる発現試験の結果、3 ファクターの相乗作用により乾燥重量バイオマスで最大 10%の TAG 蓄積(天然物の 100 倍)を確認した。 ・ 今後は、多様なソースからの 3 ファクターの試験、油脂生産誘発遺伝子の発現レベルの最適化と発現タイミングの改善に加え、産業レベルの生産へのスケールアップを目指す。大型の培養容器の設計、大規模生育条件の最適化や油脂を効率的に高レベル抽出する技術の開発が主な課題となる。 ・ 本研究には、米国エネルギー省(DOE)の科学局が資金を提供した。 <p>URL: https://www.bnl.gov/newsroom/news.php?a=120813</p>
	<p>関連情報</p> <p>Plant Biotechnology Journal 掲載論文(フルテキスト) Engineering Triacylglycerol Accumulation in Duckweed (<i>Lemna japonica</i>)</p> <p>URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pbi.13943</p>

144-12	アメリカ合衆国・オークリッジ国立研究所 (ORNL)	<p>カスタムメイドの微生物をプラスチックのリサイクルビジネスに活用 (Bringing custom microbes to the business of recycling plastic)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 国立再生可能エネルギー研究所(NREL)の率いる BOTTLE (Bio-Optimized Technologies to keep Thermoplastics out of Landfills and the Environment) コンソーシアム下のプロジェクトで、混合廃プラをバイオ製品に変換する化学的・生物学的プロセスによる 2 段階のアップサイクル技術を開発。 ・ 廃プラのアップサイクルとリサイクルを前提とした次世代プラスチック開発を目指す BOTTLE コンソーシアム下の同プロジェクトには、マサチューセッツ工科大学(MIT)、ウイスコンシン大学マディソン校および ORNL が参加している。 ・ 選別されたクリーンなプラスチックを要する煩雑で高コストの現行システムにより、米国における廃プラのリサイクルは約 5%にとどまっている(86%は埋め立処理、残りは焼却して発電に利用)。 ・ 新技術では、ポリスチレン(PS)、ポリエチレンテレフタレート(PET)および高密度ポリエチレン(HDPE)の 3 種類のプラスチックの混合廃プラの処理が可能。PS は使い捨てコーヒーカップに、PET はシングルユースの飲料用ボトル等に、また HDPE は牛乳の容器等にそれぞれ使用されている。ポリプロピレン(PP)やポリ塩化ビニル(PVC)を含めることも可能とされ、今後の研究課題として対処する。 ・ 第一段階のプロセスでは、触媒による化学的酸化法で PS、PET と HDPE の混合廃プラを安息香酸、テレフタル酸、ジカルボン酸の混合化合物に分解。この物質を不純物のない製品に転換するには、高度・高コストな分離技術が必要。 ・ そこで、次の段階では遺伝子操作した土壌微生物の <i>Pseudomonas putida</i>(シュードモナス・プチダ)を利用し、それら中間体の混合化合物を新興の生分解性バイオプラスチックのポリヒドロキシアルカノエート(PHAs)、または高機能のナイロン材料に使用できる β ケトアジピン酸に変換する。 ・ このプロセスは、ORNL と NREL 開発の PET を高品質のナイロン製品に変換するバクテリアプロセスがベース。両研究所は、リグニンを高度なバイオ製品に変換する <i>P.putida</i> の研究において、リグノセルロール系バイオマスの構成成分を分解する微生物を 2020 年に開発している。 ・ 今後の BOTTLE プロジェクトでは、多種類のプラスチックや添加物を含んだプラスチックの分解に向けて、<i>P.putida</i> が分解できる分子の種類を拡大を目指す。 ・ 本研究には、DOE の先進製造業室(AMO)とバイオエネルギー技術局(BETO)が資金を提供した。 <p>URL: https://www.ornl.gov/news/bringing-custom-microbes-business-recycling-plastic</p>
	関連情報	<p>Science Advances 掲載論文(アブストラクトのみ:全文は有料) Mixed plastics waste valorization through tandem chemical oxidation and biological funneling URL: https://www.science.org/doi/10.1126/science.abo4626</p>
	関連情報	<p>NREL(国立再生可能エネルギー研究所)発表記事 BOTTLE Project Outlines New Strategy for Valorization of Mixed Plastic Waste URL: https://www.nrel.gov/news/press/2022/bottle-project-outlines-new-strategy-for-valorization-of-mixed-plastic-waste.html</p>

144-13	スウェーデン王国・王立工科大学(KTH)	<p style="text-align: right;">2022/10/25</p> <p>循環型の家具や建築材料を実現する木質系プラスチック (Wood-based plastic may enable circular home furnishings and building materials)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ KTH が、新しい種類の木質系生分解性プラスチック材料を開発。 ・ 再生可能な複合木材開発における目標の一つは、浴室のキャビネットや壁材等の住宅用建材や、家具に使用されている化石ベースの材料を代替できるような強度を獲得すること。 ・ プラスチックの分解後に繊維を回収し、プラスチックの化学的構成要素を再利用することで、資源循環の構築につながる。例えばガラス繊維のような材料では、その強度の鍵は繊維の高含有量となるが、熔融混練のようなプロセスによる著しい熱損傷を回避した生分解性複合木材の作製は難しい。 ・ 新プラスチック材料は、高い繊維含有量と生分解性の両特性を初めて提供するもの。炭素繊維複合材料に使用されるプロセスと同様な技術に高分子化学を組み合わせることで、繊維の高含有を達成した。 ・ 安価で豊富な原材料を使用し、材料分解後は環境への影響無く再利用できる「完全な循環型製品のコンセプト」の実現を可能にする。また、木質繊維のリサイクルで材料を再形成できるため、樹木の利用量を節約できる。ただし、商業化には材料組成の最適化が必要となる。 ・ 本研究は、スウェーデン戦略的研究財団(SSF)、クヌート・アンド・アリス・ウォーレンバーグ財団(KAW)のバイオコンポジットプロジェクトおよびスウェーデン環境・農業科学・地域計画研究会議(Formas)が支援した。 <p>URL: https://www.kth.se/en/om/nyheter/centrala-nyheter/wood-based-plastic-may-enable-circular-home-furnishings-and-building-materials-1.1202336</p>
	関連情報	<p>Nature Communications 掲載論文(フルテキスト)</p> <p>Highly reinforced and degradable lignocellulose biocomposites by polymerization of new polyester oligomers</p> <p>URL: https://www.nature.com/articles/s41467-022-33283-z</p>

【環境・省資源分野】

2022/10/3

アメリカ合衆国・
イリノイ大学
アーバナ・シ
ャンペーン校

144-
14

温暖化ガスを低減するプラスチックのアップサイクル技術が Science 誌掲載技術を進展させる
(Scientists crack upcycling plastics to reduce greenhouse gas emissions, advancing a recent Science study)

- ・ イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校、カリフォルニア大学サンタバーバラ校およびダウ・ケミカルから成る研究チームが、ポリプロピレン(PE)をポリプロピレン(PP)に変換するアップサイクルプロセスを開発。
- ・ 従来のプラスチックリサイクル技術で得られているのは低価値のプラスチック分子であるため、過去数十年間に蓄積されている大量の廃プラのリサイクル実施への動機付けが難しい。
- ・ ポリエチレンのアップサイクル技術の概念化から始め、理論モデリングを通じてその有効性を実証。本研究では、スケーラブルで現在の産業需要に見合うようなプロセスの実証実験に成功。フローリアクターでの化学反応により、95%の高選択性でポリエチレンをプロピレンに継続的にアップサイクルする概念実証を確立した。
- ・ 新プロセスでは、PE の長いポリマー鎖をより小さなプロピレン分子に切断する。まず、1 番目の触媒を使って PE から水素を除去し、その長鎖に反応性部位を作製。2 番目の触媒により、その部位で長鎖を分断して末端にエチレンで蓋をする。3 番目の触媒で PE の長鎖の反応部位を移動させてこのプロセスを繰り返すと、最終的に大量のプロピレン分子のみが残る。
- ・ 本研究は、先般 Science 誌で報告された、PE をプロピレンに変換する技術を補完するもの。両研究にて類似した化学反応とバージンプラスチックを利用しているが、Science 誌掲載の研究では高圧力を要する閉鎖型のバッチリアクタを使用するためエネルギーを大量に消費し、また、エチレンをより多量にリサイクルする必要がある。
- ・ 世界の PE の 20%を回収して処理した場合、自動車 300 万台に匹敵する温暖化ガスの削減が見込めることを予備解析が提示。今後は、スケールアップを目指してより高速で生産性の高い触媒を開発し、同プロセスの効率向上に取り組む。

URL: <https://chbe.illinois.edu/news/stories/plastic-upcycling-JACS-2022>

関連情報

Journal of the American Chemical Society(JACS)掲載論文(アブストラクトのみ:全文は有料)
Chemical Recycling of Polyethylene by Tandem Catalytic Conversion to Propylene
URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.2c07781>

関連情報

Science 掲載論文(アブストラクトのみ:全文は有料)
Catalytic deconstruction of waste polyethylene with ethylene to form propylene
URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.add1088>

【蓄電池・エネルギーシステム分野】

2022/10/12

144-
15

アメリカ合衆国・
ペンシルベニア
州立大学
(PennState)

手頃な価格の EV 大量導入への活路を開くバッテリー技術のブレイクスルー

(Battery tech breakthrough paves way for mass adoption of affordable electric car)

- ・ PennState とそのスタートアップ企業の EC Power が、一般的な EV バッテリーを 10 分間で高速充電するバッテリー設計を開発。
- ・ 小型の高速充電電池の需要が高まる中、特に国内生産の電池や重要な原材料の不足により対応が難しくなっている。カリフォルニア州大気資源委員会(CARB)は、今年 8 月に州内でのガソリン車の利用制限と最終的な販売禁止の規制の採用を決定しており、米国最大の自動車市場は 2035 年までに内燃機関の使用から退くことになる。
- ・ 新車販売が電池駆動の EV へと移行する場合、充電に時間がかかること、また大型のため効率性に欠け、高コストであることの 2 つの主要な課題に対処する必要がある。
- ・ 新高速充電技術は、ほとんどのエネルギー高密度の電池に適用が可能。ドライバーに航続距離の不安感を与えることなく、EV 電池を 150kWh から 50kWh にダウンサイズする可能性を提供する。小型の高速充電電池は、コバルト、グラファイトやリチウム等の重要な原材料の利用量やコストを大幅に低減し、手頃な価格の EV の大量導入を可能にする。
- ・ 電池は適度な高温下で最も効率的に作動するため、適度な温度を継続的に維持することが主要な課題。外部の大型な冷暖房装置の利用の例もあるが、反応が遅くエネルギーを大量に損失する。
- ・ 新設計は、電池の最高性能を引き出す能動的な温度制御方法の電池内部の熱変調に基づくもの。アノード、電解質、カソードに続く第 4 の構成部品として電池構造に追加したニッケル(Ni)の超薄膜箔が電池温度と化学反応の自己制御を促し、ほとんどのタイプの EV 用電池を 10 分間で高速充電する。
- ・ EC Power が手頃な価格の持続可能な自動車電化の未来に向けて、高速充電電池の製造と商業化を進めている。
- ・ 本研究は、米国エネルギー省(DOE)、米国国防総省(DoD)、米国空軍(USAF)および William E. Diefenderfer 基金が支援した。

URL: <https://www.psu.edu/news/research/story/battery-tech-breakthrough-paves-way-mass-adoption-affordable-electric-car/>

関連情報

Nature 掲載論文(アブストラクトのみ:全文は有料)

Fast charging of energy-dense lithium-ion batteries

URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-022-05281-0>

関連情報

EC Power ウェブサイト

URL: <https://ecpowergroup.com/>

【新エネルギー分野(燃料電池・水素)】		
		2022/10/20
144-16	アメリカ合衆国・ライス大学	<p>高価なイリジウムが不要な水電解用触媒 (Rice lab advances water-splitting catalysts)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ライス大学、ピッツバーグ大学、バージニア大学、アルゴンヌ国立研究所(ANL)および中国科学技術大学から成る研究チームが、二酸化ルテニウム(RuO₂)とニッケルを使用した水電解用触媒の正極(アノード)を開発し、室温条件下で数千時間にわたる水素生成を実証。 ・ 固体高分子型(PEM)水電解装置のアノードに使用される高価なイリジウムの代わりに資源量のより豊富なルテニウムを採用し、クリーン水素のより持続可能な生産手段の水電解における酸性環境下での酸素発生触媒作用の課題に対処する。イリジウムはルテニウムの 8 倍超高価であり、特に将来の商用デバイスの大規模な展開では製造コストの 20~40%を占める可能性がある。 ・ 触媒の分極が水分子を再配列して酸素と水素を放出する水電解の反応(OERとHER)では、負極(カソード)での水素生成と同時に、アノードでは荷電の平衡のために水の酸化により酸素を生成する。 ・ 酸性の電解質を使用している場合では、マンガン、鉄、ニッケルやコバルト等の遷移金属を使用したアノードは腐食しやすい。このため、商用の PEM 水電解装置のアノードには、非常に高価だが数万時間安定するイリジウムが使用されている。 ・ 本研究では、ニッケルのドーパントを添加した RuO₂ の超微細・高結晶質ナノ粒子によるアノード設計により、200mA/cmの電流密度で 1,000 時間超の安定した水電解反応を確認。この結果は実用化の可能性を示唆するもの。 ・ 現行の産業プロセスへの導入に向けて、研究成果と同レベルの安定性を維持しながら 5~10 倍の電流密度の向上を目指す。 ・ 本研究は、ウェルチ財団、デイヴィッド・アンド・ルシール・パッカー財団、Roy E. Campbell Faculty Development Award、米国立科学財団(NSF)、ピッツバーグ大学 Center for Research Computing および ANL の先端放射光施設(APS)が支援した。 <p>URL: https://news.rice.edu/news/2022/rice-lab-advances-water-splitting-catalysts</p>
	関連情報	<p>Nature Materials 掲載論文(アブストラクトのみ:全文は有料)</p> <p>Non-iridium-based electrocatalyst for durable acidic oxygen evolution reaction in proton exchange membrane water electrolysis</p> <p>URL: https://www.nature.com/articles/s41563-022-01380-5</p>

【新エネルギー分野(太陽光発電)】

<p>144-17</p>	<p>スイス連邦工科大学ローザンヌ校(EPFL)(ローザンヌ工科大学)</p>	<p style="text-align: right;">2022/10/27</p> <p>「グレッツェル」太陽電池が新記録を達成 (“Gratzel” solar cells achieve a new record)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ EPFL が、新設計の色素増感型太陽電池(Dye-sensitized solar cells: DSCs)で、直射日光下で 15% 超、環境光下で 30%のエネルギー変換効率を達成。 ・ DSCs は、1999 年に米国の化学者のブライアン・オレガン氏と EPFL の化学者のマイケル・グレッツェル氏が共同で発明し、後者の名前をとって「グレッツェルセル」とも呼ばれている。 ・ DSCs では、ナノ結晶性のメソポーラス(多孔質)な酸化チタン(TiO₂)のフィルムの表面に吸着させた増感色素による光励起で電子が発生し、酸化物のナノ結晶アレイに注入されて発電する。 ・ 光増感剤や他構成要素の進展により、直射日光と環境光の両方の条件下での性能が改善されているが、エネルギー変換効率の向上には TiO₂ ナノ粒子フィルム表面で電荷発生を促進する色素分子のアセンブリの理解とその制御が重要。 ・ 補完的な光吸収能力を持つ 2~3 種類の色素を使用した共増感は、変換効率向上方法の一手段。光スペクトルの全領域より光を吸収することで大幅な向上が可能だが、色素の適切な組合せの特定には煩雑な分子の設計、合成やスクリーニングを要する。 ・ 本研究では、新設計の 2 種類の色素分子の充填構造を改良することで、可視域の光を定量的に捕獲して DSCs の光起電性能を向上させる方法を開発。ヒドロキサム酸誘導体の単一層を TiO₂ フィルムの表面に予め吸着させて 2 種類の色素分子の吸着速度を低減し、整列集めた高密度の増感層を TiO₂ 表面に形成する。 ・ これにより、500 時間を超える作動安定性と共に標準的なエアマス(AM)1.5 照射条件下で 15.2%のエネルギー変換効率を初めて達成。有効面積を 2.8 cm²に拡大した場合は、様々な環境光下で 28.4%~30.2%の極めて安定した作動を確認した。 ・ DSCs は多様な色味に低コストで製造できることから、天窓、温室やガラスのファサード等に利用されている。また、軽量・フレキシブル型の DSCs は、イヤホンや電子リーダー等のポータブルな電子機器、また、環境光を利用する IoT で大規模に商用展開されている。より高性能の DSCs は、環境光を利用する低エネルギー電子デバイスの電源や電池の代替として期待できる。 ・ 本研究には、Horizon 2020 研究・イノベーションプログラムおよびスイス国立科学財団(SNSF)が資金を提供した。 <p>URL: https://actu.epfl.ch/news/gratzel-solar-cells-achieve-a-new-record-2/</p>
	<p>関連情報</p>	<p>Nature 掲載論文(アブストラクトのみ:全文は有料)</p> <p>Hydroxamic acid preadsorption raises efficiency of cosensitized solar cells</p> <p>URL: https://www.nature.com/articles/s41586-022-05460-z</p>

おことわり

本「海外技術情報」は、NEDO としての公式見解を示すものではありません。

記載されている内容については情報の正確さについては万全を期しておりますが、内容に誤りのある可能性もあります。NEDO は利用者が本情報を用いて行う一切の行為について、何ら責任を負うものではありません。

本技術情報資料の内容の全部又は一部については、私的使用又は引用等著作権法上認められた行為として、適宜の方法により出所を明示することにより、引用・転載複製を行うことができます。ただし、NEDO 以外の出典元が明記されている場合は、それぞれの著作権者が定める条件に従ってご利用下さい。