

持続可能な社会の実現を支える高機能材料

Role of High Function Materials in Achieving Sustainability

赤星 晴夫 宮内 昭浩
Akahoshi Haruo Miyauchi Akihiro

グリーンイノベーション推進の本格化

「平成24年（2012年）版科学技術白書」は、日本のみならず世界にとって、エネルギーの安定確保と気候変動問題が喫緊の課題であるとしたうえで、それらへの対応のためにグリーンイノベーションの強力な推進が必要であると強調している¹⁾。さらに、日本が強みを持つ環境・エネルギー技術の一層の革新を促すことにより、世界最先端の低炭素社会をめざすとともに、持続的な成長を実現すると述べている。このように、持続可能な社会の実現には、従来の環境・エネルギー技術を革新するグリーンイノベーションが不可欠となっている。

政府は、このような目標を達成するため、(1) 安定的なエネルギー供給と低炭素化の実現、(2) エネルギー利用の効率化およびスマート化、(3) 社会インフラのグリーン化の3つを重要課題とし、研究開発を推進している。日本のエネルギー生産量・消費量は、中国や米国と比較して生産量が $\frac{1}{3}$ 以下である一方、消費量は $\frac{1}{3}$ 程度と、生産量に対する消費量の比率は世界の中でも突出している（図1参照）。また、国内のエネルギー利用効率を見ると、活用されているのは36%であり、残りの64%が排熱によって失われている（図2参照）。こうしたことから、日本国内では特にエネルギー分野での技術革新が急務となって

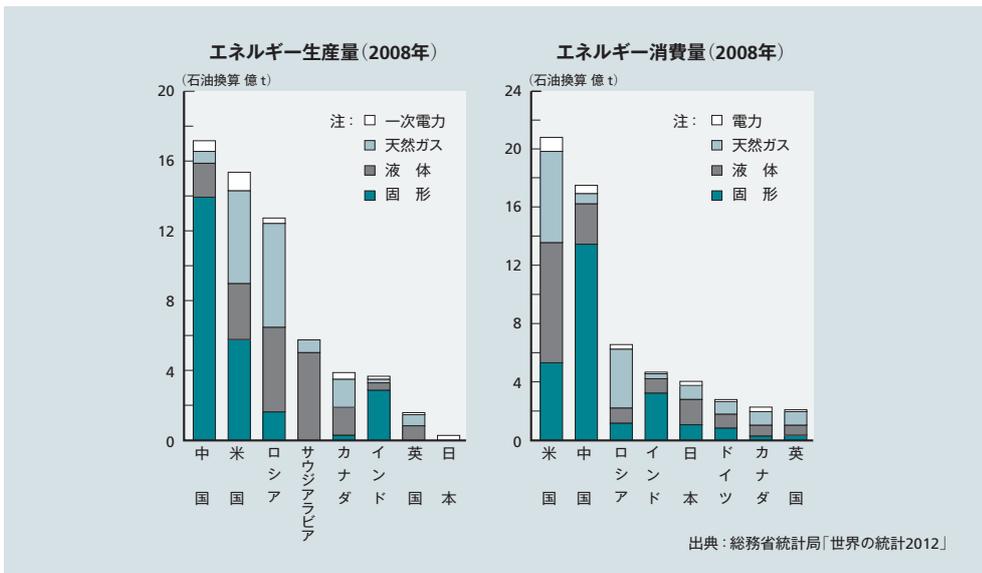


図1 | 世界のエネルギー生産量と消費量
日本は、エネルギー生産量に対するエネルギー消費量の割合が突出して大きい。

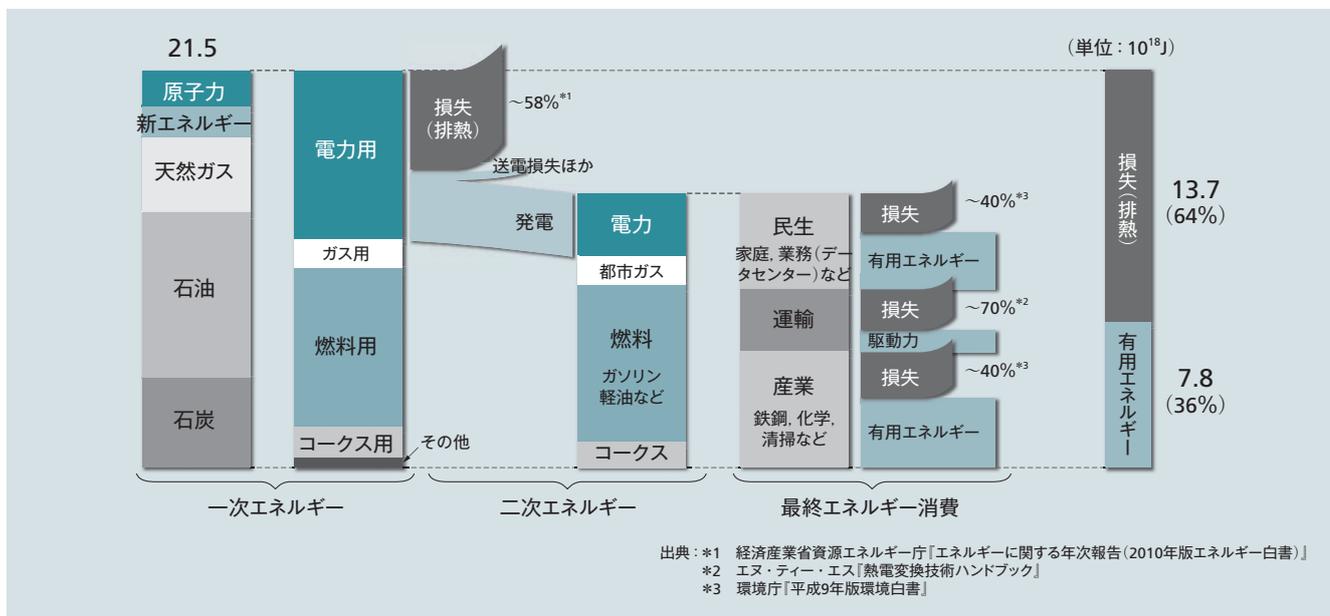


図2 | 日本国内のエネルギー生産と損失の状況

日本国内のエネルギー利用効率を見ると、活用されているのは36%であり、残りの64%が排熱によって失われている。

いることが明らかである。

グリーンイノベーションを推進する研究開発には、エネルギー分野を所管する経済産業省、科学技術分野を所管する文部科学省などの省庁、独立行政法人物質・材料研究機構、独立行政法人理化学研究所といった国の研究機関など多数が関わっている。また、民間においても製造業を中心にさまざまな企業が取り組んでいるほか、グリーンイノベーションに関する研究に携わっている大学も多く、産官学によって進められている。

日立グループにおける材料開発の位置づけ

環境戦略を支える材料イノベーション

グリーンイノベーション推進の目的は、地球温暖化の防止をはじめとする環境問題に対する貢献であり、それがひいては持続可能な社会の実現につながる。日立グループは、持続可能な社会を環境経営のめざすべき姿とする環境ビジョンを掲げ、「地球温暖化の防止」、「資源の循環的な利用」、「生態系の保全」の3つを柱に、地球環境問題の解決に向けて取り組んでいる。具体的な事業を通じた取り組みでは、例えば、「地球温暖化の防止」のために、「CO₂排出量の少ないエネルギーインフラをつくる」こ

と、「エネルギー消費の少ない製品をつくる」ことをめざしている。また、日立グループの長期計画「環境ビジョン2025」では、2025年度までに製品を通じて年間1億トンのCO₂排出抑制に貢献することを目標としている。

より環境負荷の少ない製品やサービスを実現するには、それらの製品に用いられる材料のイノベーションが必要不可欠である。例えば、CO₂排出量を削減するための火力発電の高効率化や環境負荷を低減した自動車などは、高耐熱材料や革新的なカーボン材料など、数多くの高機能材料に支えられている。このような高機能材料をはじめ、日立グループは、人体に有害な物質を含まない材料、リサイクル可能なバイオ素材など、環境負荷の低減に寄与するさまざまな材料の開発に取り組んでいる。

材料分野の研究開発体制

日立グループは、現在、IT (Information Technology) で高度化された社会インフラをグローバルに提供する社会イノベーション事業に注力している。情報・通信システム、電力システム、産業・交通・都市開発システムなどの主要事業分野があり、材料・キーデバイスはそれらを支える技術・製品分野として位置づけている(図3参照)。

材料の研究開発は、日立製作所日立研究所の材料研究センターや、日立金属株式会社、日立電線株式会社、日立化成株式会社など、グループ各社が中心となって推し進めている。日立研究所材料研究センターは、中長期的な視野で新材料の研究開発に取り組みながら、グループ各社の研究開発部門を橋渡しするハブとしての役割も担っている。また、グループ各社は、日立製品への材料提供とともに、日立グループ外の顧客への材料提供も行っている。それぞれが顧客のニーズを的確に把握しながら、緊密に連携し合って研究開発に取り組んでいる。

また、2013年4月に、日立(中国)研究開発有限公司は、「日立中国材料技術創新センター」を設立した。このセンターは、中国で調達可能な材料の分析・評価および製造プロセス技術の開発などを通じ、中国における日立グループ向けに、材料に関わるソリューションを提供することを目的として活動する。日立グループは、日立中国材料技術創新センターの設立により、中国での材料の活用に関連する研究開発活動を現地化し、中国での事業活動に使用される材料の課題を解決していくとともに、中国での現地主導の研究開発体制を加速させ、さらなる事業拡大に取り組んでいく。

グリーンイノベーションを支える材料開発

グリーンイノベーションの推進につながる新材料・新デバイスの研究開発には、多様な領域がある。本特集では、社会インフラに関わる基幹エネルギー・新エネルギー向けの材料開発、製品に関わる省エネルギー・省資源などの環境負荷低減につながる材料開発、それらの基盤となる高機能材料の研究開発を支える計測・シミュレーション技術などの観点から、日立グループが取り組んでいる材料開発の動向について紹介する。

基幹エネルギー・新エネルギー向けの材料

(1) 高効率タービン材料

東日本大震災以降、エネルギー供給にお

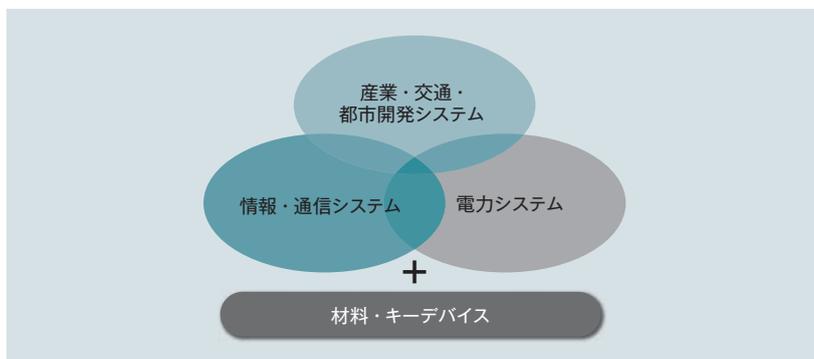


図3 | 日立グループの社会イノベーション事業における位置づけ
材料・キーデバイスは、主要事業分野を支える技術・製品として位置づけている。

ける火力発電の比重が高まる中、CO₂排出量削減のため、火力発電プラントの高効率化が求められている。

日立グループは、高温強度に優れたタービン材料の研究開発に取り組んでいる。蒸気タービン材料では、高温部材にニッケル基合金を用いた700°C級のA-USC^(a)発電プラントの開発を推進中である。また、耐用温度を800°Cまで向上させることをめざした新しいニッケル基合金を開発している。

ガスタービン材料では、耐熱性が求められるタービン動翼やタービンディスクに用いる材料として、それぞれ単結晶動翼材料とニッケル基鍛造^(b)ディスク材料の開発を進めている(図4参照)。さらに、CO₂を回収・貯蔵するCCS(Carbon Capture and Storage)技術のためのCO₂固体吸着材などの材料開発にも取り組んでいる。

(2) リチウムイオン電池

HEV(Hybrid Electric Vehicle)やEV(Electric Vehicle)などの環境対応車の需要が世界的に拡大する中、リチウムイオン電池は、低炭素社会を支える重要なキーデバイス

(a) A-USC

Advanced Ultra-supercriticalの略。先進超々臨界圧発電。石炭火力発電は、石炭の燃焼によってボイラで発生させる蒸気を高温・高圧にするほど効率が高くなる。蒸気条件によって、亜臨界圧発電(主蒸気圧力が臨界圧22 MPaより低い蒸気条件)、超臨界圧発電(臨界圧22 MPaより高い蒸気条件)、超々臨界圧発電(超臨界圧発電の中で蒸気温度が593°C以上の蒸気条件)に区分されている。蒸気温度700°CクラスになるとA-USCと呼ばれる。

(b) 鍛造

金属に打撃加圧することで、成形とともに金属組織を強くする加工法。金属の内部組織が緻密で均質になるため、引張強度や硬さなどの機械的性質が改善される。また、機械加工が省略される、もしくは最小限で済むことから、材料の節減につながる。



図4 | ニッケル基合金を用いて製造した大型鋼塊(左)と試作したタービンロータシャフト鍛造素材(右)
火力発電プラントの高効率化のため、高温強度に優れたタービン材料の研究開発に取り組んでいる。

イスとなっている。こうした自動車向け蓄電池としてだけでなく、出力変動が大きい太陽光・風力などの再生可能エネルギーの出力平準化のため、リチウムイオン電池を活用した電力貯蔵技術にも注目が集まっている。

日立グループは、材料から電極・電池まで一貫した技術を持っていることを強みに、車載用では小型軽量・高出力化、産業用では高信頼・長寿命化など、それぞれの用途に応じた要求特性の実現に向け、黒鉛系負極材をはじめ、セパレータ^(c)、バインダ^(d)、高安全化添加剤などの電池を構成するさまざまな材料の開発を進めている。

(3) 太陽電池材料

太陽光や風力、地熱など、資源が枯渇しない再生可能エネルギーは、持続可能な社会の実現には極めて重要である。再生可能エネルギーの活用拡大には、発電効率の向上とコスト低減が必要とされる。そのために太陽電池、熱電変換モジュールの素子を構成する材料のイノベーションが求められている。

日立グループは、太陽電池の製造コストを低減できる高機能ペースト材をすでに製品化している。また、超高効率な太陽電池を実現するシリコン(Si)ナノ構造材料などの革新技术の開発や、低コストで環境負荷の小さい熱電変換材料の開発を推進している。

環境負荷低減につながる材料

(1) 高性能磁性材料

国内の消費電力のおよそ半分は、電車や自動車、家電製品などに使用されるモータ

によるものであり、エネルギーを有効活用するうえでモータの高効率化は不可欠である。モータの効率には、磁性材料や巻線材料などが大きく関わる。また、モータの磁性材料には、レアアースであるネオジムやジスプロシウムが多く用いられているが、資源問題を背景に、レアアース使用量の削減や、レアアースを用いずに高効率のモータを実現することが重要な課題となっている。

日立グループは、アモルファス金属^(e)とフェライト磁石を組み合わせることによってレアアースを含有した磁石を代替する、高効率アキシシャルギャップモータの開発に取り組んでいる(図5参照)。また、アモルファス金属の優れた磁気特性を生かして効率を向上させた変圧器を提供し、受変電設備の省エネルギー化に貢献している。

(2) 高性能パワーモジュール材料

自動車のハイブリッド化や再生可能エネルギーなどの電力変換に用いられるパワーモジュールにおいても、小型・軽量化とともに、高効率化が求められている。パワーモジュールの素子接合には、高い耐熱性や放熱性が必要であり、従来は鉛を含む高温はんだが使われてきた。しかし、高鉛の高温はんだは、RoHS指令^(f)によって規制物質に指定される可能性が高く、それに代わる材料が求められている。

日立グループは、環境に配慮したパワーモジュール材料として、鉛フリー対応の耐熱性接合材料や高強度セラミックス材料、および高熱伝導の樹脂シートの開発を進めている。パワーモジュールを構成するパワーデバイスに関しては、小型・低損失・高耐圧用デバイス材料として注目されるSiC(炭化ケイ素)やGaN(窒化ガリウム)などの研究開発を進め、高効率な電力変換用デバイスの実用化にも取り組んでいる。

(3) バイオマス由来樹脂と樹脂リサイクル技術

樹脂材料は、炭素が主たる構成元素であるため、非化石資源であり再生可能な植物を炭素源とした樹脂材料の開発が盛んに進められている。また、樹脂およびその複合

(c) セパレータ

電池の中で正極と負極を隔離し、電解液を保持して正極と負極の間のイオン伝導性を確保する材料。

(d) バインダ

電池の正極と負極において、異なる材料どうしを結着する役割を持つ材料。

(e) アモルファス金属

ガラスのように結晶構造のない金属材料。合金を溶融した状態から超急冷(毎秒100万℃以上)して製造する。強靱(じん)性、耐食性、軟磁性に優れ、損失が低減できることから、電子部品の材料として注目されている。

(f) RoHS指令

RoHSは、Restriction of Hazardous Substancesの略。2006年7月からEU(欧州連合)で開始された電気・電子製品における特定有害物質の使用制限。使用が制限されるのは、鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、特定臭素系難燃剤(ポリブロモビフェニル、ポリブロモジフェニルエーテル)の6物質群。

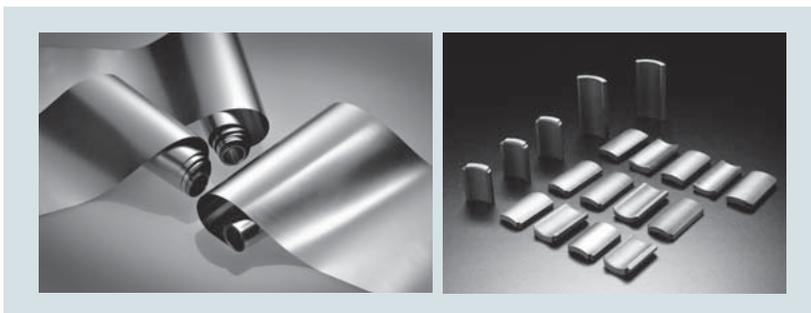


図5 | アモルファス金属(左)とフェライト磁石(右)

レアアースの使用量削減や受変電設備の省エネルギー化などに貢献できる。

材料においても、リユース、リサイクルなどの循環利用技術が求められている。

日立グループは、再生可能な炭素源である植物を利用した樹脂材料や、代表的な植物由来樹脂であるポリ乳酸の製造プロセスを開発している。また、従来は困難であった、樹脂と金属・無機材料との複合材料から各種構成要素を分離回収する技術、低エネルギーで架橋型樹脂材料をリサイクルする技術も開発している。これらの環境に配慮した新たな樹脂材料技術の創生により、持続可能な循環型社会の実現をめざしている。

計測・シミュレーション技術

高機能材料の研究開発において、試作評価を繰り返すという従来の方法では、新しい材料の開発までに膨大な時間を要していた。これに対して、計測・シミュレーション技術は、物性などを予測することで効率的な材料設計を可能にし、材料開発に欠かせないものとなっている。

日立グループは、これまで培ってきた計測・シミュレーション技術を基に、化学的性質や物理的性質、機械的性質を総合的に予測できる先端シミュレーション技術に加え、電子・原子レベルの詳細な分析ができる高度計測技術を開発している。これらの

技術を融合させて、CO₂排出量削減と低燃費化に貢献する高性能リチウムイオン電池の電極材料や水素貯蔵材料の製造触媒、人の健康や生態系に有害となる鉛を含まないはんだ材料、樹脂を使用後に分解してリサイクルするためのプロセス材料などの設計に取り組んでいる。

グリーンイノベーションを加速させるために

省エネルギー化や地球環境保全の動きが世界的に加速する中、エネルギーのより効率的な利用に加えて、地球温暖化防止のため、CO₂排出量の少ないエネルギー技術を開発していく必要がある。これまで述べてきたように、新材料や新デバイスの研究開発は、こうしたグリーンイノベーションに向けた取り組みを促進させる原動力となる。また、さまざまな製品に用いられる材料には、人体や生態系に悪影響を及ぼす有害物質を含むものもあれば、枯渇が懸念されるレアアースのような貴重な物質を含むものもある。それらの課題への対応を図りながら、日立グループは、高い信頼性の確保を前提に、グリーンイノベーションに寄与する高機能材料の研究開発を推し進めていく。

参考文献

- 1) 文部科学省、平成24年版科学技術白書

執筆者紹介



赤星 晴夫

1981年日立製作所入社、日立研究所 所属
現在、材料分野全般の研究開発指導に従事
工学博士
電気化学会会員、The Electrochemical Society会員、
International Society of Electrochemistry会員、IEEE会員



宮内 昭浩

1986年日立製作所入社、日立研究所 材料研究センタ 所属
現在、ナノインプリント技術の研究と事業化に従事
工学博士
応用物理学会会員