

フロギストン

熱電材料

thermoelectric materials

熱電材料とは、熱エネルギーと電気エネルギーの間の直接変換を実現する材料のことを言い、熱電変換材料とも呼ばれる。その多くは半導体であり、特に、キャリア濃度が $10^{19} \sim 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ において高い性能つまり高いエネルギー変換効率が現れることが知られている。熱電変換には、主に、ゼーベック効果を利用して温度差から発電する熱電発電と、ペルチェ効果を利用して電流を流すことで強制的に温度差を生み出す熱電冷却がある。熱電冷却に関しては既に産業応用がなされているが、熱電発電に関しては惑星探査機用の電源に代表されるような特別な事例においてのみ実用化されているだけで広範な産業応用には至っていない。既存の熱電材料には、その性能を發揮する温度域別に大きく四つの代表物質がある。低温側から、Bi-Sb 合金 (室温以下)、 Bi_2Te_3 (室温付近)、PbTe (700 K 付近)、Si-Ge 合金 (1000 K 以上の高温域) である。自動車や工場からの排熱を回収して発電しようとする場合、広く見積もって室温から 700 K 付近までの温度域で高い性能を示す熱電材料が求められるが、現時点でこれに応えることができるのは、 Bi_2Te_3 と PbTe に限られる。これらの材料は有害かつ希少金属を含み、また熱電変換材料の無次元性能指数も十分に高いとは言えず、このことが熱電発電の大規模な産業応用を阻む一つの要因となっている。このため、無害で安価な材料で、 Bi_2Te_3 や PbTe の性能を凌駕するような新規高性能熱電材料の開発が望まれている。 (大阪大学 黒崎 健)

ナノ構造制御

nanostructure control

熱電材料の性能向上を図るために導入されている手法の一つであり、材料組織をナノスケールで精密に制御することで、熱と電気の輸送特性の制御、ひいては熱電特性の向上にまで結びつける。ナノ構造制御された材料の具体例としては、ボールミル等によりナノスケールにまで微細化された粉末を粒成長させることなく放電プラズマ焼結等によってバルク体に形成したものなどが挙げられる。熱電材料の性能は、大雑把には、電気伝導率と熱伝導率の比に比例する。材料中にナノスケールで何らかの障壁が存在すれば、電子とフォノンの平均自由行程の差により、電子はその障壁を素通りするがフォノンのみが散乱される場合があり、このとき、熱電特性は向上する。加えて、単なるナノ構造制御に留まらず、ナノ構造の形状を 0 次元 (ナノドット)、1 次元 (ナノワイヤー)、2 次元 (ナノシート) とすることで、量子閉じ込め効果によりゼーベック係数の増大も期待できる (これも熱電特性の向上に直結する)。これまで

に実験的に実証されてきたナノ構造制御による熱電材料の性能向上の多くは、前者の効果によるものがほとんどであるが、後者の効果によって性能向上が図られたとする報告もいくつかは存在する。 (大阪大学 黒崎 健)

熱電変換材料の無次元性能指数

dimensionless figure of merit of thermoelectric conversion materials

熱電材料の性能を示す指標であり、 ZT と表記される。 ZT は、材料のゼーベック係数 S [V K^{-1}], 電気伝導率 σ [S m^{-1}], 熱伝導率 κ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$], 絶対温度 T [K] を用いて、 $ZT = S^2 \sigma T / \kappa$ で表され、無次元数となる。既存のバルク熱電材料の ZT は 1 程度であり、材料にかかる温度差にも依存するが、 $ZT = 1$ で変換効率 7~8% に相当する。熱電発電の実用化の目安を変換効率 15% 以上であるとすると、熱電材料の性能として $ZT > 1.5$ が求められる。 (大阪大学 黒崎 健)

アセチリド acetylide

アセチリド・金属アセチリドとは、炭素 3 重結合の C_2 分子ユニットを含んだカーバイドの一種である。一般の金属カーバイドでは炭素原子が単独で混合していることが多いのに対し、アセチリドでは、炭素 2 原子が 3 重結合で強く結合し、金属と混合しているところに特徴がある。炭化カルシウム CaC_2 、銅アセチリド Cu_2C_2 、銀アセチリド Ag_2C_2 、金アセチリド Au_2C_2 などが代表的な金属アセチリドである。1 価の銀イオン水溶液や 1 価の銅イオン水溶液にアセチレンガス C_2H_2 を導入することで銀アセチリドや銅アセチリドはそれぞれ簡単に合成することができる。そのため、アセチレン C_2H_2 の水素原子を銀原子や銅原子で置換した分子として捉えることもでき、アセチレン分子と同様に爆発性も有する。また、アセチレン分子の片側の水素原子のみを銀原子などで置換し、反対側の水素原子の位置に様々な置換基を導入したアセチリド化合物も数多く合成されている。 (日本大学 十代 健)

GバンドとDバンド G-band and D-band

炭素材料の評価にラマン分光法は広く利用されており、炭素のラマン測定で代表的なピークが、 1590 cm^{-1} 近傍の G バンドと 1350 cm^{-1} 近傍の D バンドである。アモルファスカーボンの評価に古くから利用されているが、近年はカー

ボンナノチューブやグラフェンの評価にもラマン分光法が利用され、GバンドとDバンドのピーク位置・ピーク幅・ピーク強度比が検討されている。Gバンドは、 sp^2 炭素由来の六員環構造であるグラフェンシートに由来したピークであり、高純度の sp^2 炭素であるグラファイト結晶でもラマン活性な高強度で観測されるフォノンモードである。一方、Dバンドは、DisorderやDefectのDであり、本来はラマン禁制のフォノンモードである。グラファイト結晶が小さくなった際の端の部分や点欠陥などで、欠陥構造に由来してラマン信号を与える。そのため、結晶ドメインサイズを見積もるために使用されたり、結晶の質を評価することに使用されたりする。
(日本大学 十代 健)

両方の性が機能するようになる。魚類は基本的に雌雄異体で、一部が雌雄同体へと進化したと考えられている。魚類の性転換は、それによりその種の繁殖が有利になることが理由で行われている。どのような場合に有利になるかは体の大きさ、生息場所や環境、生息密度などによって種ごとに異なる。また、自然界では機能的でない雌雄同体現象もまれにしかしながらかなりの種で観察されている。この場合は生殖器官に卵巣と精巣の組織の両方が存在する場合でどちらの働きも完全ではない形態異常と捉えられる。

(近畿大学 澤田 好史)

イオンチャネル ion channel

吸脱着等温曲線 (BET 法) adsorption-desorption isotherm (BET theory)

活性炭などのアモルファスカーボンや粉体・多孔質材料に対して表面積を測定するために吸脱着等温曲線の測定がしばしば行われる。加熱脱離処理を行った試料を、真空中で液体窒素温度まで冷却し、窒素分子の吸着・脱離過程を観測する。定容量法と呼ばれる実験原理では、一定容積内の圧力変化から窒素分子の吸着量を見積もる。BET法とは表面積を解析するための理論であり、固体表面への窒素分子の一層目の吸着熱は別扱いにするが、分子二層目以上の吸着熱は一定であると仮定し、また、吸着熱が表面の被覆率に依存しないと仮定して計算する多層吸着モデルである。BET法による仮定は、圧力が低い条件では正しい固体・気体の平衡状態を予測し、当理論により、表面第一層への吸着量が計算できる。その第一層吸着量と窒素分子の断面積から、比表面積を求めることができる。さらに、窒素圧力を大気圧近傍まで上昇させていった時の吸着量と、逆に、圧力を下げながら測定した脱離時の吸着量が異なる場合があり、その違いから、比較的大きな細孔の情報を得ることもできる。
(日本大学 十代 健)

細胞の生体膜（細胞そのものや細胞小器官を包む膜）に存在し、イオンを透過させる膜タンパク質である。生体膜の他の部分はほとんどイオンを通過させず、イオンチャネルが細胞でのイオンの出入りを担う。神経細胞など電気的興奮性細胞での活動電位の発生、感覚細胞での受容器電位の発生、細胞での静止膜電位の維持などに関与する。

(近畿大学 澤田 好史)

分子シャペロン molecular chaperon

タンパク質は、その構成単位であるアミノ酸が多数結合したものであるが、それが機能するためには折りたたまれて、アミノ酸の配列に特有の立体構造を形成する必要がある。分子シャペロンは、細胞内でタンパク質が折りたたまれるのを助ける働きをするタンパク質である。分子シャペロンには、その他にも、タンパク質が産生されて分解されるまでさまざまな過程に関与するものがある。

(近畿大学 澤田 好史)

魚類の性転換 sexual conversion in fishes

魚類では機能的な雌雄同体現象（1個体が雄としても雌としても機能する）として、発育途中で性が変わる性転換現象が広く知られている。そのうち先に雌として機能した後に雄として機能する場合を雌性先熟（protogyny）、その逆の場合を雄性先熟（protandry）と称するが、雌性先熟に比べて雄性先熟の種類は少ない。魚類の雌雄同体現象には同時に雌としても雄としても機能する雌雄同時成熟（synchronous hermaphroditism）も知られている。この場合はどちらかの性が多少早く機能することも多いが、その後