

## 先端技術キーワード解説

## 知っておきたい最新の動き

## [強相関電子系]

今月（2011年10月）、いくつかのメディアで、強相関電子系（あるいは強相関電子量子化学など）なる用語が目に入りました。これまで、全くと言ってもよいほど馴染みのない用語ですが、今後のエレクトロニクスの世界を一変させる可能性のあるものです。今月は、この強相関電子系を取り上げてみたいと思います。

従来のエレクトロニクスは、電子1個を独立した存在として扱ってきましたが、「強相関電子系」では多くの電子が高密度に詰め込まれた状態の中で、強く相互作用している電子の集団に注目します。通常の半導体や金属では、電子はほぼ自由に振る舞います。しかし、電子の密度が十分に高い場合、電子同士がお互いに強く作用し合い、結果として電子が集団としてかろうじて動くような状態が出現します。このような状態にある電子を強相関電子と呼びます。強相関電子系は、個別の電子とは異なった性質を持つことが分かってきています。詳細は省きますが、これにより、いろいろな応用が期待されます。

その一つは、太陽電池です。強相関電子系を応用すれば、太陽電池の発電効率は大幅に高めることができます。電子が高密度に集まると、マイナス同士の電荷で反発し合いながら、結晶状に並び、強い安定状態となります。これを「モット (Mott) 状態」と呼びますが、この“電子の固体”ともいえる結晶に温度、磁場、電場、光などの刺激を与えると、一瞬にして電子が“液体化”して安定が崩れ、別の物質に変わることが分かっています。太陽電池でこの性質を利用すると、高い光エネルギーが当たったときに過渡的に半導体を金属状に変え、電子と正孔を数多く発生させて発電効率を上げることが可能になるとされています。

二つ目は、熱電素子の高効率化です。熱電素子とは熱エネルギーと電気エネルギーを変換する素子です。例えば、ペルチェ素子は電流を流すと、片面から熱を奪い反対面が発熱する機能があり、冷却装置などに利用されています。現状では、電力効率が低く応用は制限されています。もし、強相関電子系により、電子が多く熱を運ぶことができれば、冷蔵庫などが少ない電力で騒音・振動も出さず、小型化できます。

三つめは、高温超伝導材料（絶対温度70ケルビン程度より高い温度で超伝導現象を起こす物質）です。高温超伝導は強相関電子系でのみ現れる現象とされています。そのメカニズムが解明されれば、常温で超伝導を示す材料を実現できる可能性もあります。

強相関電子系の研究において、世界の第一人者である理化学研究所 基幹研究所、東京大学大学院 工学系研究科 十倉 好紀教授は強相関電子系理論を活用した画期的なエネルギー革命を4つの分野に絞り、「イノベーション“4”」と命名しています。それらは以下のものです。

- (1) 太陽電池の発電効率を40%以上にする
- (2) 熱電変換性能指数を4以上にする
- (3) 高温超伝導となる温度を室温以上の400ケルビン（摂氏127度）以上にする
- (4) 蓄電池のエネルギー密度をキログラム当たり400Wh以上にする

なお、イノベーション“4”以外に、一部、実用化に向けた動きもあります。それは、不揮発性メモリの次世代型として注目されている「ReRAM」です。フラッシュメモリーより、消費電力が小さく、高密度化が可能で、処理速度もDRAM並に高速です。これは、強相関電子系の「超巨大磁気抵抗効果」を利用しています。絶縁体に磁場を与えて金属に変えれば電気抵抗が1000分の1以下に減少します。この

性質を活用し抵抗の違いで情報を記録します。このため、消費する電流は微小となります。

強相関電子系が実用化されていくと、電力やエネルギーに対する考え方や利用法が革命的に変わります。これからの進展に期待したいと思います。

(理化学研究所ホームページ <http://www.riken.go.jp/r-world/research/lab/asi/cor/index.html>

日経エレクトロニクス 2011 年 10 月 17 日号などを参考)

(注)

本解説は、執筆当時の状況に基づいて解説をしております。ご覧になる時には、状況が変わっている可能性がありますので、ご注意をお願いします。

Copyright (C) Satoru Haga 2011, All right reserved.

<p><b>技術・経営の戦略研究・トータルサポータ</b></p> <p><b>ティー・エム研究所</b></p>	<p>工学博士 中小企業診断士 社会保険労務士(登録予定) 代表 <b>芳賀 知</b></p>
<p>E-Mail: <a href="mailto:info_tm-lab@mbn.nifty.com">info_tm-lab@mbn.nifty.com</a>      URL: <a href="http://tm-lab@a.la9.jp/">http://tm-lab@a.la9.jp/</a></p>	