

携帯電話やノート型パソコンなどに広く使用されているリチウムイオン電池だが、高出力が要求される用途にはコストや性能の面で満足できるレベルが達成されていない。2009年3月、米国マサチューセッツ工科大学の研究グループは、安価で化学的にも安定なリン酸鉄リチウムを使用し、超高速充放電を可能にする正極材料の開発を報告した。リン酸鉄リチウムの微細化と、その表面を改質することでLiイオンの拡散速度と電子の伝導度を速くすることに成功した。この正極材料を用いた電池の容量は通常のリチウムイオン電池と同程度であり、出力パワー密度はこれまで得られていた値より2桁大きい。このような高出力電池はハイブリッド自動車などに用いることができると考えられる。

トピックス 3 超高速充放電のためのリチウムイオン電池正極材料

リチウムイオン電池 (LIB) は、蓄えられるエネルギー密度が高いことやメモリ効果がないことなどから、携帯電話やノート型パソコンなどに広く使われている。しかし、現在の LIB で正極材料に使用されているコバルト酸リチウム (LiCoO_2) は高価で、さらに 200°C 程度で酸素を放出するため発火の危険性があるなどの問題が残っている。また、Liイオンの移動速度の低さなどから、大出力かつ大容量を必要とするハイブリッド自動車などの用途には利用されていない。つまり、LIBの研究開発では、同じ重量あるいは容積の中にどれだけエネルギーを蓄えられるかというエネルギー密度だけではなく、どれだけ速くエネルギーを出力できるかという出力パワー密度や高速充電に耐える入力特性の向上も必要である。このような中、米国の研究者により、安価で安全性の高い材料を用いて、なおかつ二次電池で最高の出力パワー密度が実現されたとの報告があった。

2009年3月、米国マサチューセッツ工科大学 (MIT) の研究グループは、安価で化学的にも安定なリン酸鉄リチウム (LiFePO_4) を使用し、スーパーキャパシタ^{注)}に匹敵する超高速充放電を可能にする正極材料を開発したと報告した^{1, 2)}。この材料を用いて作られた電池の容量は 166mAh/g と通常の LIB と同程度の値を示した。また、18秒で全放電する高出力 (大電流) 条件でも 100mAh/g (60%)、さらに9秒で全放電する出力条件でも 60mAh/g (36%) と高い容量をそれぞれ示した。これらは、出力パワー密度としては 90kW/kg と 170kW/kg に相当し、これまで得られている値より2桁大きい。参考までに、市販のハイブリッド自動車であるトヨタ自動車 (株) のプリウスに搭載されているモーターの最高出力は 50kW である (2009年3月現在)。

リン酸鉄リチウムは、コバルトを含有しない材料であるため、低コストである。また、材料としての安定性ととも資源の供給や環境負荷の面からも、注目を集めている。これまでも一部では実用化されていたが、Liイオンの拡散速度や電子伝導度の面で十分ではなく、高出力化が課題であった。これまでの研究開発では、材料の微細化によりLiイオンの拡散距離を短くするなどの方法で改良がなされてきた。

しかし、近年同じ MIT の研究者らのコンピュータ計算により、Liイオンがリン酸鉄リチウムの表面から [010] 方向にのみ非常に速く内部に入ることができることがわかってきた。そこで、MIT の研究グループは、Liイオンがリン酸鉄リチウム表面で内部へ通じるトンネルの入口と言える (010) 面への拡散速度を上げることで、充放電の速度を改善できると考えた。そのために、リン酸鉄リチウムを粒径 50nm まで微細化し、さらにその表面を Liイオンの安定した良導体として知られているガラス質のリン酸リチウム (厚さ約 5nm) で被覆した。そのリン酸リチウムの非化学量論組成を制御することにより、Liイオンと電子の伝導性をともに改善でき、画期的な充放電特性が得られた。

今回の報告は、ハイブリッド自動車や太陽光発電の蓄電システムなど高出力用途への LIB の利用に期待を持たせるものである。

注：電気二重層と呼ばれる固体と液体との界面に正負の電荷が蓄えられることを利用した蓄電装置。構造が簡単で、寿命が長い。また、内部抵抗が小さく大電力の充放電が可能であるが、二次電池と比べて蓄えることのできるエネルギー密度が小さい。

参 考

- 1) Kang, B. and Ceder, G. "Battery materials for ultrafast charging and discharging" Nature Vol. 458, 190–193 (2009)
- 2) MIT News March 11, 2009 "Re-engineered battery material could lead to rapid recharging of many devices"