

第15回 GSC 賞 奨励賞

「低炭素社会の実現に資する次世代蓄電池のための酸化物系負極」

国立大学法人 鳥取大学 薄井 洋行 氏

低炭素社会を実現する鍵のひとつは、定置用蓄電池による再生可能エネルギーの有効利用や、電気自動車の普及である。これらに用いるリチウムイオン電池には、一層の高速充放電化や高容量化が求められている。新しい負極材の一つであるチタン酸リチウム ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) は、従来の黒鉛負極に比べ優れた高速充放電性能を有するため、最近、定置用蓄電池や電気自動車などに採用されてきているが、コストが高い難点がある。定置用蓄電池や電気自動車の価格の半分以上は電池で占められるため、これらの普及には電池の低コスト化が必須である。

ルチル型酸化チタン (TiO_2) は、チタン酸リチウムに比べ約 50 分の 1 もの低いコストで入手でき、その c 軸方向に Li^+ 移動に非常に適した拡散経路を有するが、 ab 面内方向には拡散しにくい性質を持つ。そのため、このまま負極に用いても遅い充放電反応のため乏しい性能しか得られず、負極材料としての検討はこれまでほとんど行われていなかった。これに対し、受賞者は、 TiO_2 の形態制御によりその潜在的な Li^+ 拡散能が発揮されれば、既存の負極を遥かに上回る性能が得られるとの着想から、異方的な Li^+ 拡散能の高さに注目し研究を行った。

鳥取大坂口研究室の薄井氏は、実用化を前提として、安価かつ工業化が容易な合成法であるゾルーゲル法を用いて種々の形態を有するルチル型 TiO_2 を調製し、その負極特性を調べた結果、 TiO_2 の粒子サイズを 30 nm、結晶子サイズを 13 nm とした場合に、粒子内部まで容易に Li^+ が拡散でき充放電性能が大幅に向上することを見出した。また、 TiO_2 への Nb のドーピングにより電子伝導性が 1000 倍以上に高まることで、大電流密度 (50C) での高負荷試験においても 120 mA h g^{-1} の可逆容量を維持する高速充放電性能が得られることも見出した。これは、容量の面で実用の黒鉛やチタン酸リチウムの性能をも上回る。この Nb-doped TiO_2 負極は、1000 回の充放電サイクルを経た後でも約 90% の容量を維持し、次世代負極材に相応しい極めて優れた耐久性を有することも実証した。

一方で、この負極は Li^+ より 2.4 倍も大きい体積をもつ Na^+ を可逆的に吸蔵・放出することが世界で初めて発見した。リチウムイオン電池よりも低コストで、資源の心配が無い材料で構成できるナトリウムイオン電池は魅力的な次世代蓄電池であるが、受賞者はルチル型 TiO_2 がナトリウムイオン電池負極としても有望な活物質であることを見出した。

以上により、薄井氏の研究成果は、低炭素社会の実現に資する安価な次世代蓄電池の開発と普及を促すものであり、今後の GSC への貢献が期待できることから、GSC 賞奨励賞にふさわしいと認められる。