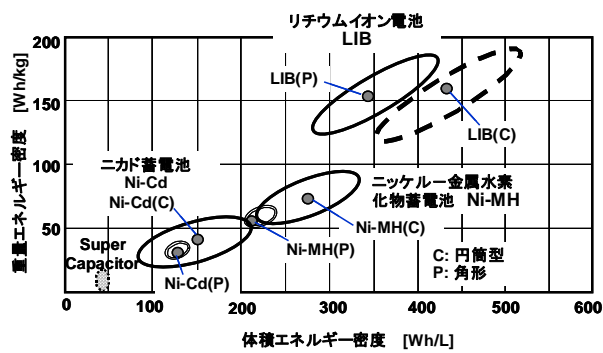


ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料科学

大項目	4. ナノ機能・応用
中項目	4-3. エネルギー
小項目	4-3-2. 電池

概要（200字以内）

この10年あまりの間に二次電池は携帯電源として飛躍的な発展を遂げた。1990年代初めにニッケル水素蓄電池とリチウムイオン電池が開発された。リチウムイオン電池は 200 Wh kg^{-1} を超すエネルギー密度が達成されている。グラファイトと LiCoO_2 を用いる現行リチウムイオン電池技術の成熟度が高いが、電極活物質、電解質材料に多様性があり、ナノ粒子、ナノ繊維のような活性化形態とすることによって、これまで考えられなかった種々の材料が次世代リチウム二次電池の活物質材料として研究されている。



小型二次電池のエネルギー密度とその将来

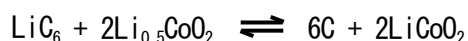
現状と最前線

二次電池は情報端末をはじめとするポータブル電子機器の電源としてなくてはならないものとなっている。1990年代初めに開発されたリチウムイオン電池は古くからある鉛蓄電池、ニカド電池や、同じ頃に開発されたニッケル水素蓄電池に比べるとエネルギー密度が高いため、先端電子機器の電源として我が国だけで年間十億個以上が生産されている。

リチウムイオン電池の負極にはグラファイトを中心とする炭素材料が、正極には層状化合物である LiCoO_2 が中心に用いられている。負極の電位が低いのでエチレンカーボネートに代表される環状炭酸エステルにジエチルカーボネートのような直鎖状炭酸エステルを混合した有機溶媒に LiPF_6 などのリチウム塩を溶解した電解質が用いられる。水分、酸素は分解されるので封口に工夫がされ、炭酸ガスレーザー溶接技術なども用いられている。

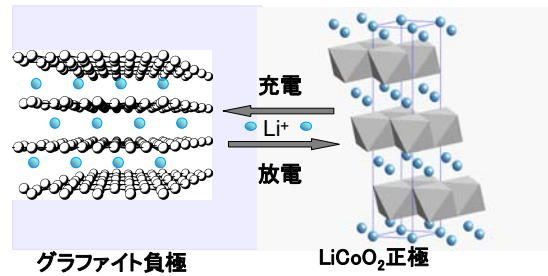
サブ μm ～数 μm 程度の粒径の活物質に導電材と結着剤を混練してアルミ箔（正極）か銅箔（負極）に厚さ $20\sim 150 \mu\text{m}$ で均一に塗布した薄膜電極を捲回した後、スチールやアルミの缶、あるいはラミネートフィルムを用いた容器に入れて注液、封口して作製される。

現行のリチウムイオン電池の反応は次のようになり、正極と負極の活物質への Li^+ のインターカレーション、デインターカレーション反応を利用している。



サイクル特性の優れた二次電池となるためには。放電（右向き反応）と充電（左向き反応）

が結晶の構造・形態変化も含めて可逆でなければならぬ。LiCoO₂からLi⁺を0.5以上引き抜くと結晶形が崩れて充電時に元に戻らなくなる。そこで構造を安定化させるために金属イオンを置換することが行われている。この組み合わせのリチウムイオン電池の活物質だけで計算される理論的なエネルギー密度は395 Wh kg⁻¹程度である。実際の電池では電解液、セパレータ、容器などが必要であるので、その1/3~1/2程度のエネルギー密度が限界である。現行電池は200 Wh kg⁻¹を超すエネルギー密度が達成されており、技術の成熟度が非常に高い。



グラファイト-LiCoO₂リチウムイオン電池の反応

リチウムイオン電池の反応は図に示すように、正極と負極の間でLi⁺が移動するだけであり、単純な反応であるが、電池反応過程は十分には理解されていない。電極/電解質界面反応、Li⁺の移動などを解明し、速度論的な取り扱いを行うことが必要である。

リチウムイオン電池の活物質は多様性に富み、正極では現行のLiCoO₂の他にLiNiO₂や、LiMn₂O₄などが次世代材料として研究され、部分的に実用化されている。負極についても、リチウム合金や遷移金属窒化物、低級酸化物などが研究されている。電解質も有機電解液が用いられているが、ポリマー電解質、ガラスあるいは結晶の無機電解質などが研究されている。

携帯電子機器向けに発展して来たリチウムイオン電池はハイブリッド自動車や電気自動車の駆動源として、また、風力発電や太陽光発電のような自然エネルギーの貯蔵のためにも高性能電池の開発が待たれている。これらの用途には、エネルギー密度以外に、出入力密度、電池寿命などの性能が重要であり、また、これらの用途ではサイズも小型電池では不十分で、中型、大型の電池の開発が望まれている。電池が大きくなると安全性の確保が極めて重要となるが、現行の有機電解液を用いるリチウム電池では安全性が大きな課題となっている。酸素を解離しにくい正極活物質としてLiFePO₄がパワーと安全性の点で注目を集めている。大規模な電池システムになると10~20年の寿命が要求されるが、これを満足させるためには電池系から見直すことが必要になりつつある。

将来予測と方向性

・5年後までに解決・実現が望まれる課題

- ① LiCoO₂に代わる安価でサイクル特性のよい安定な正極活物質の開発
- ② 高出入力の電池を開発するための固体内物質移動を含む電池内反応の解明
- ③ 正極・負極と電解質の界面における反応の解明と安定な電解液の開発

・10年後までに解決・実現が望まれる課題

- ① 熱暴走を防ぎ、安定な電極電解質界面を構築できるポリマーあるいは固体電解質の開発
- ② エネルギー密度>400 Wh kg⁻¹、エネルギー>100Whの安全な二次電池。

キーワード

二次電池、リチウムイオン電池、電気自動車、電力貯蔵、活物質

(執筆者：小久見善八)