

ディビジョン番号	11
ディビジョン名	電気化学

大項目	1. エネルギー変換
中項目	1-1. 電池・燃料電池
小項目	1-1-1. リチウム電池

**概要（200字以内）**

リチウム電池は二次電池が現在活発に研究されている。特に携帯機器の電池では、エネルギー密度の向上とともに安全性の確保が急務となっている。一方で、電動工具などの電池も徐々にリチウム二次電池に置き換えられつつある。さらには、電気自動車やハイブリッド自動車などのエコカーのニーズに応えるために、大型リチウム二次電池の研究開発が活発になっている。自動車用電池にはさらに大きなエネルギー密度と出力密度が要求されるため、新規材料に関する研究が活発に行われている。

年次	市場規模 (Mn Ah/10Y)
05CY	~5,000
06CY	~7,000
07CY	~9,000
08CY	~11,000
09CY	~13,000
10CY	~15,000
11CY	~17,000
12CY	~19,000
13CY	~21,000
14CY	~23,000
15CY	~25,000

図 リチウムイオン電池の市場予測（野村総合研究所）

**現状と最前線**

現在携帯電話やノート型パーソナルコンピュータに搭載されているリチウム二次電池はリチウムイオン電池と呼ばれ、 $\text{Li}^+$ イオンがモデル図（図1）のように正極と負極の間を行き来する単純な反応により電気エネルギーを取り出したり蓄積したりしている。この電池では単位体積当たりあるいは単位重量当たりのエネルギー密度が他の電池に比較して大きくすることができ、携帯機器に搭載されてきたが、今後この優れた特徴を活かし、電気自動車やハイブリッド自動車あるいはその他のコードレス機器にリチウムイオン電池を搭載することが考えられている。携帯電話やノートパソコンなどの電源は、機器の高性能化に伴って、今後さらに高いエネルギー密度を有する電池が必要となってくる。また、電気自動車などに用いる電池では、携帯機器よりもさらに大きなエネルギー密度とともに、大きな出力密度が要求されている。このような背景の中、種々の新規材料に関する研究が行われている。正極材料の領域では、主にリチウム金属を含む遷移金属酸化物に関する研究が進められ、最近では、電池の安全性なども含めた視点から遷移金属のリン酸塩化合物の研究も行われている。遷移金属酸化物では、 $\text{LiMn}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z\text{O}_2$  ( $x + y + z = 1$ ) なる組成の材料に関する研究が非常に多い。これらの材料はこれまで用いられてきた  $\text{LiCoO}_2$  に比較して大きなエネルギー密度を有する材料である。一方、負極材料に関する研究として、炭素材料から、より大きなエネルギー密度を有する材料としてリチウムと合金化する Si や Sn に関する研究が増加している。また、リチウム一次電池に用いられているリチウム金属を負極として使用する研究も行われ始めている。

このように、大きなエネルギー密度と出力密度を有する電池へのチャレンジが続けられている。エネルギー密度と出力密度の競争の一方で、大きな問題となっているのが電池の安全性である。電池が大きなエネルギーを蓄積できるように

図1 リチウムイオン電池の作動原理のモデル

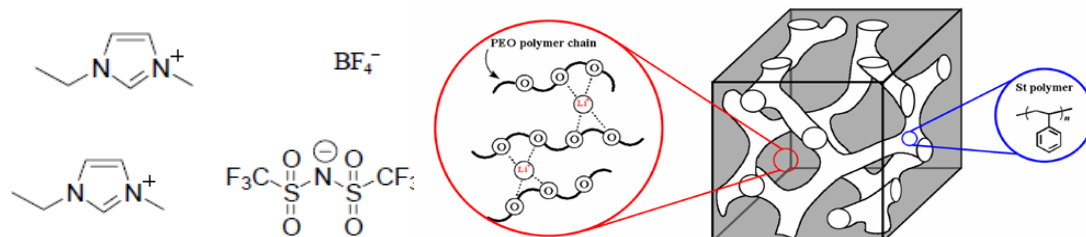


図2 イオン性液体の化学構造式の例(左)、ナノ相分離構造を有するポリエチレンオキシド系高分子固体電解質のこうぞうモデル

なればなるほど電池の安全性が重要になる。実際に、携帯電話やノートパソコンなどの電池が不具合を起こしていることが報道されている。電池の安全性の確保には、電池を信頼性高く製造することが非常に重要となる。しかし、電池の安全性を真の意味で確保することにはならない。最も安全な電池は、最も安定な材料を用いて作製されるが、現在用いている材料のいくつかは電池の安全性を低下させるものである。特に電解質として用いられる有機溶媒にリチウム塩を溶解したものは可燃性であり電池が加熱された場合に危険な状態になる。このため、電解質を可燃性でないものに置き換えるための研究が行われている。例えば、イオン液体と呼ばれる、アニオンとカチオンのみからなる液体は蒸気圧がなく電池が加熱された場合にも容易に燃焼することはない。あるいは、リチウム塩を高分子マトリクスに溶解させた高分子固体電解質も可燃性がなく安全なリチウム電池を作製する上で適した材料である。これらの電解質を用いてリチウム電池が作製され充放電が可能であることが証明されている。図2 イオン液体の化学構造式およびポリマー電解質の構造モデルを示す。また、セラミックス系固体電解質に関する研究も行われている。酸化物あるいは硫化物の中には高い  $\text{Li}^+$  イオン伝導性を示す材料がある。例えば、 $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  や  $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ti}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$  などは比較的高いリチウムイオン伝導性を示す材料である。硫化物では  $\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5$  ガラス、 $\text{Li}_{4-x}\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x\text{S}_4$  などの物質が高い  $\text{Li}^+$  イオン伝導性を示すことが報告されている。これらのセラミックス系材料を用いて  $\text{LiCoO}_2$  正極と合金負極からなる電池や  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  負極に用いた電池の作製が行われている。これらの電池はすべてがセラミックスで作製されており、完全に安全な電池と言える。もちろん、すべてをセラミックスで作製するには、いろいろな工夫が必要であり、簡単に電池にすることはできず、構造形成技術に関する研究が必要とである。電池の安全性を低下させる要因に酸化物正極が挙げられる。そこで、酸化物ではなくリン酸塩や硫酸塩などの遷移金属化合物が注目されている。 $\text{LiFePO}_4$  は既に実用化されようとしている材料であり、今後、酸化物電極と競合する材料となる可能性がある。この他にも  $\text{LiMnPO}_4$  や  $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  などの新規リン酸塩化合物の研究も活発になっている。

#### 将来予測と方向性

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題 高分子固体電解質に関する研究およびセラミックス固体電解質に関する研究は、10年前から比較すると数段進歩した研究が行われており、5年後には何らかの形で技術課題が解決される可能性が高い。また新規負極材料や正極材料はもっと短い期間に実用化される可能性がある。
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題 セラミックス系電解質や高分子固体電解質を用いた電池が大型化され電気自動車などに搭載されていることが期待される。このためには構造形成技術の大きな進展が望まれる。イオン液体の使用も可能となっているであろう。

#### キーワード

- ・ リチウム電池 安全性 電気自動車 構造形成 不燃性電解質

(執筆者： 金村 聖志 )