

リチウムイオン・ニッケル系電池入門講座

NO1

リチウムイオン・ニッケル系
電池とは何か？

執筆 / 東京理科大学 湯浅 真



コガク

目次

| | |
|--|-----------|
| 学習のねらい..... | 1 |
| 第1週 リチウムイオン・ニッケル系電池とは..... | 3 |
| 1.1 新たなエネルギーデバイス・技術としてのリチウムイオン・ニッケル系電池..... | 4 |
| 1.2 様々な電池の中におけるリチウムイオン・ニッケル系電池 | 11 |
| 1.3 リチウムイオン・ニッケル系電池の誕生とその生い立ち..... | 18 |
| 1.4 リチウムイオン・ニッケル系電池とそのシステム | 23 |
| 『まとめと練習問題』..... | 28 |
| | |
| 第2週 リチウムイオン・ニッケル系電池の原理と特性..... | 31 |
| 2.1 電池（一次電池）とは何か：酸化還元反応と電池 | 32 |
| 2.2 二次電池とは何か：正・逆反応と可逆反応..... | 37 |
| 2.3 電池性能における基本的な用語と定義：電極電位，起電力， 容量，エネルギー，出力，自己放電，分極（過電圧）など..... | 42 |
| 2.4 二次電池性能における基本的な用語と定義：充放電， 充放電曲線，過充放電，自己放電，時間率，効率，寿命など | 50 |
| 『まとめと練習問題』..... | 58 |
| | |
| 第3週 リチウムイオン・ニッケル系電池の分類と特徴..... | 61 |
| 3.1 二次電池の分類と比較..... | 62 |
| 3.2 リチウムイオン二次電池 | 64 |
| 3.3 ニッケル系二次電池 | 69 |
| 3.4 その他の二次電池..... | 76 |
| 3.4.1 鉛蓄電池（酸系蓄電池）..... | 76 |
| 3.4.2 その他の二次電池(高温型二次電池, 電解液循環型二次電池など) | 78 |
| 『まとめと練習問題』..... | 82 |

| | |
|--|------------|
| 第4週 リチウムイオン・ニッケル系電池の利用とその進展 | 85 |
| 4.1 携帯用としてのリチウムイオン・ニッケル系電池 | 86 |
| 4.2 移動体用としてのリチウムイオン・ニッケル系電池..... | 89 |
| 4.3 定置用などとしてのリチウムイオン・ニッケル系電池..... | 93 |
| 4.4 その他の利用とリチウムイオン・ニッケル系電池の今後の進展 | 97 |
| 4.4.1 その他の利用 | 97 |
| 4.4.2 リチウムイオン・ニッケル系電池の今後の進展 | 99 |
| 『まとめと練習問題』 | 101 |
| STEP UP | 104 |
| 参考文献 | 106 |
| 練習問題の解答 | 108 |
| 索引 | 114 |

■ 第 1 週 ■

リチウムイオン・ニッケル系電池とは

【学習のポイント】

第1週は、「リチウムイオン・ニッケル系電池とは」と題して、高性能二次電池であるリチウムイオン・ニッケル系電池について、新たなエネルギーデバイス・技術としての意義、様々な電池の中におけるこの電池の位置付け、この電池の誕生とその生い立ち歴史などを概説し、リチウムイオン・ニッケル系電池、そのシステムなどの基礎知識について学びます。そして、リチウムイオン・ニッケル系電池の基礎事項を理解してもらいます。

1.1 新たなエネルギーデバイス・技術としてのリチウムイオン・ニッケル系電池

二次電池とは、一次電池とは異なり、充電を行うことにより電気を蓄え電池として使用でき、さらに電池内の電気が無くなればまた充電を繰り返して使用することができる電池（化学電池）のことで、蓄電池あるいは充電式電池とも言い、古くからある鉛蓄電池（鉛二次電池）、ニッケル-カドミウム二次電池（ニカド電池）やニッケル-金属水素化合物二次電池（Ni-MH 電池）のニッケル系二次電池、リチウムイオン二次電池（Li-ion 電池、LIB）などがあり、特にリチウムイオン電池やニッケル系電池に注目が集まっています。現在、携帯電話、ビデオカメラ、パソコンなど、二次電池を内蔵している電子機器は今や私たちの生活において必需品となっています。このような二次電池が高性能化すれば、さらなる軽薄短小化が進むとともに、長い使用時間や短い充電時間なども達成され、利便性は大幅に向上します。さらに、エネルギー消費の増大による環境負荷の増大への対処、エネルギーの有効利用を目指した電気自動車（広義の意味で EV）電源や電力負荷平準化および電力貯蔵のための大型高性能二次電池などに大きな期待が寄せられています。この 20～30 年間に於いて二次電池の用途が増加し、高性能な二次電池の開発に対する要請が非常に強くなりました。例えば、日本の電池産業はこれまで絶えず世界をリードしてきましたが、日本における電池生産は図 1.1^{23, 31)} に示すように増加し、2009 年の電池の総生産（経済産業省機械統計）も図 1.2^{26, 31)} のように総数で 43.4 億個、総額で 6341 億円に及んでいます。また、二次電池の性能向上は、体積エネルギー密度を指標にして図 1.3^{16, 23, 29)} に、および、単位体

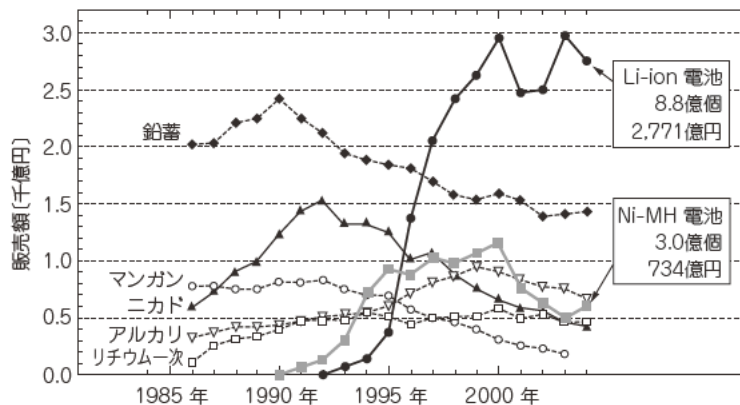


図 1.1 国内電池生産額の推移^{23,31)}

第1週 リチウムイオン・ニッケル系電池とは

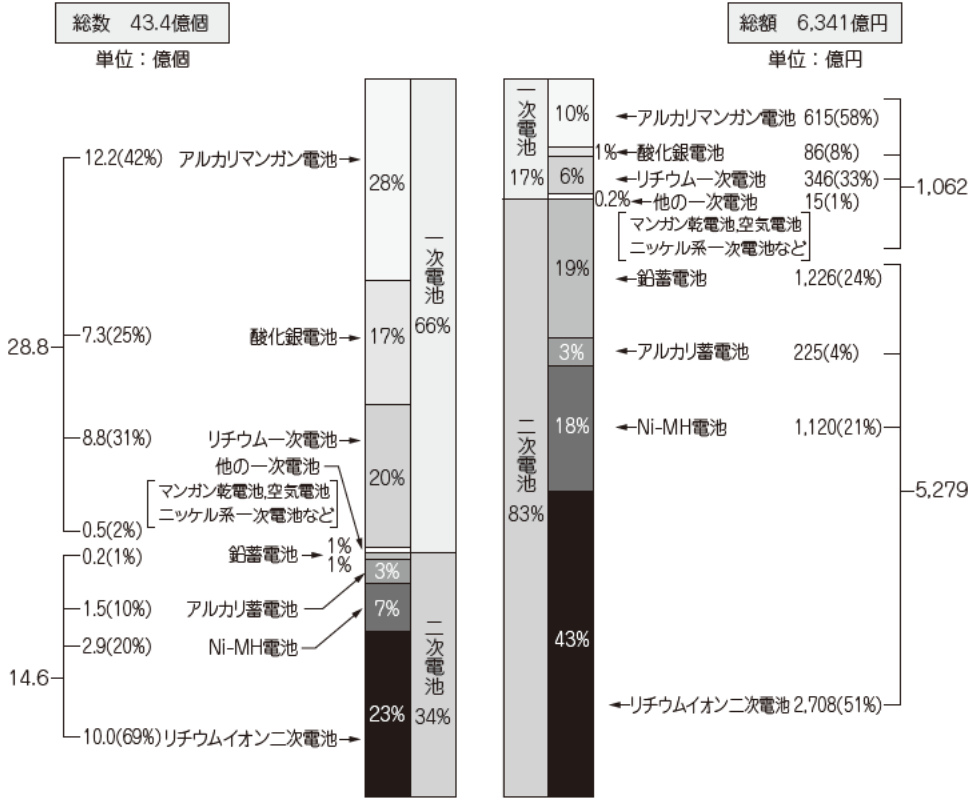


図1.2 電池の総生産 (26,31)

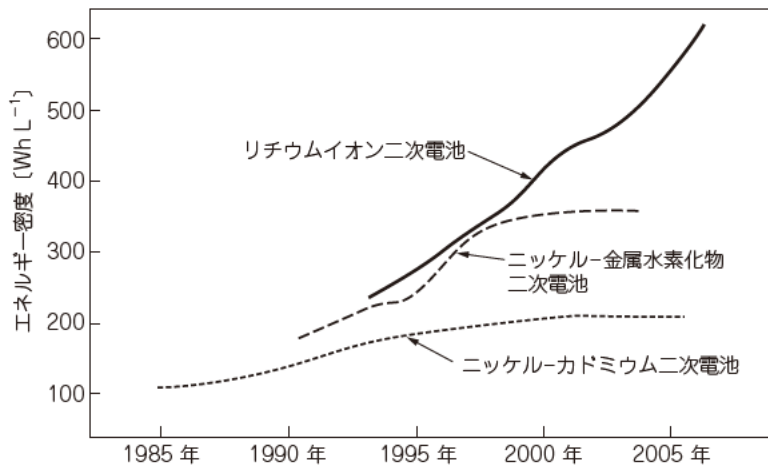


図 1.3 二次電池の体積エネルギー密度の推移^{16,23,29)}

第1分冊 リチウムイオン・ニッケル系電池とは何か？

積ならびに単位重量当たりのエネルギー密度を双指標にして図1.4^{19, 23, 29)}に示すように推移し、リチウムイオン二次電池やニッケル系二次電池が注目されている理由がここにもあります（体積エネルギー密度、重量エネルギー密度などは第2週で詳説します）。また、これらの社会的要請に応えることを目指して、米国、ヨーロッパ諸国、日本など、さらには、中国、韓国などでは高性能二次電池の研究開発に向けて大きなプロジェクトが生まれ、各国の産業界でもその開発・研究に熱心に取り組んでいます。このような背景には、地球環境問題への取り組み、エネルギー有効利用などの大きな命題があるからです。

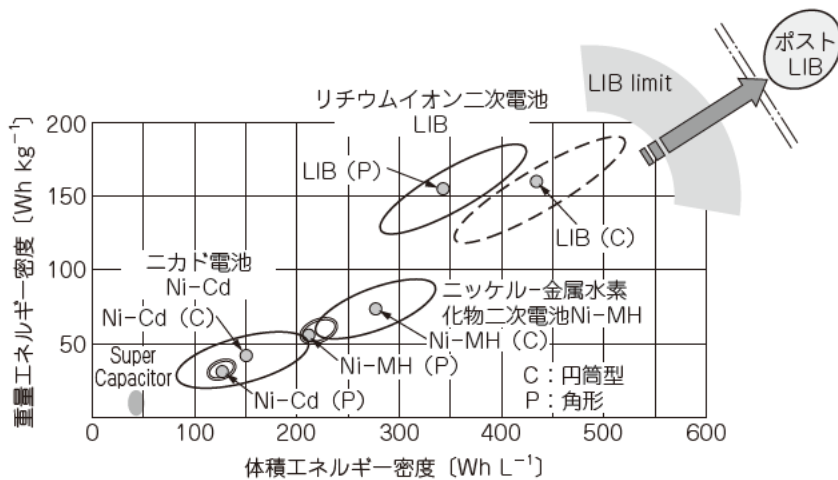


図1.4 二次電池の単位体積ならびに単位重量当たりのエネルギー密度^{19, 23, 29)}

現在、我々の地球上のエネルギー資源としては、(1) 在来型化石資源（石油、石炭、天然ガスなど）、(2) 非在来型化石資源（オイルサンド、オイルシュール、ヘビーオイル、コールベッドメタン、タイトサンドガス、メタンハイドレートなど）、(3) 核資源（ウラン鉱物、トリウム鉱物など）および(4) 自然エネルギー（太陽エネルギー、バイオマス、風力、海洋、地熱など）に分類され、主に化石資源を主要なエネルギー資源としています。これにより電気、ガス、ガソリン、重油などといった我々が利用する形態のエネルギーが生み出されます。しかしながら、化石資源、さらに核資源といったエネルギー資源は、有限で枯渇の危険性を有するものでもあり、これらを採掘しつくせば得ることはできなくなります。例えば、化石資源の可採残量はあと数100年とされています。このように、化石資源に依存した文明は持続可能性がないとも言われており、持続可能な（サステナブル）代替エネルギー資源として自然エネルギーが注目されています。また、化石資源、核資源などのエネルギーに対して、自然エネルギーは自然環境の中で繰り返

返し起こる現象から取り出すエネルギーなので、再生可能なエネルギーでもあります。さらに、化石資源、核資源などによる化石燃料や原子力エネルギーの利用は、大気汚染物質や温室効果ガスの排出、廃棄物の処理などの点で環境への負荷が大ききことも懸念され、地球環境と言った規模でのクリーンなエネルギーとしての自然エネルギーの利用が叫ばれ、「持続可能な（サステナブル）社会」へ向けての取り組みが行われています（なお、温室効果ガス排出削減にはカーボンオフセット^{*1)}という考え方もありますが、自分たちの排出分を直接削減できる自然エネルギーの導入拡大を積極的に進めるべきです）。この取組みとして、1972年「第1回国連人間環境会議（ストックホルム）」が開催されて以来、1992年「環境と開発に関する国連会議（リオ・サミット）」、1997年「第3回気候変動枠組条約締約国会議（地球温暖化防止京都会議、COP3）」、2002年「持続可能な開発に関する世界首脳会議（ヨハネスブルグ・サミット）」、2009年「第15回気候変動枠組条約締約国会議（COP15）」などへ継承され、「環境、経済、人間社会」の3要素のバランスが取れた社会を世界全体で目指していこうと訴え続けているのです。なお、温室効果ガス排出削減には、日常生活や経済活動により排出される二酸化炭素（CO₂）をクリーンエネルギーの開発、森林保護、植林と言った事業のような別手段を用いて相殺しようというカーボンオフセット^{*1)}という考え方もあります。しかしながら、カーボンオフセットの考え方では、CO₂排出量は目標値に対して増加はないのですが、減少もないということになります。そのためにも、自分たちの排出分を直接削減できる自然エネルギーの導入拡大を積極的に進めるべきです。

図 1.5^{28, 30)} に地球温暖化根拠となる過去 140 年間の気温の偏差（1961～1990 年

*1) カーボンオフセットの考え方では、CO₂排出量は目標値に対して増加はないが減少もないということです。日本が世界に約束した CO₂ 排出削減目標の達成のためにはこの考え方だけでは不足だと思われます。この手法の真価は、自力では CO₂ 排出削減への取組みが困難な中小・零細企業や個人が、クレジットの購入などの方法を通じて参加できる仕組みを提供しているところにあります。日本の CO₂ 排出増加が著しい分野は家庭分野と商業・サービス・事業所分野です。中小・零細企業や個人が多い分野で、この多数の人たちが CO₂ 削減に参加する意義はとても大きいものがあります。カーボンオフセットの取組みには大きく分けて (1) 直接的な CO₂ 固定化、(2) 間接的な CO₂ 削減、(3) 温室効果ガス削減プロジェクトがあります。(1) は、植物の光合成や固定化技術により大気中から CO₂ を分離・回収することです。(2) は、例えば開発途上国が排出する CO₂ を先進国の技術で削減することです。このことは CO₂ のみならず CH₄ (メタン)、CFC (フロン) などの全温室効果ガスを対象とした削減を目指しています。COP3 で採択された京都議定書では、炭素クレジットや排出権を設定して経済取引ができる「クリーン開発メカニズム(CDM)」という仕組みを導入しました。CDM が効果的に機能するためには、納得できる排出削減量の目標値の設定と評価が必要です。この仕組みも検討されており、現在は国連が認証する CER と第三者が認証する VER があります²⁸⁾。