

携帯電話をはじめとする種々のモバイル機器が急速に普及し、それらを駆動するための電池の需要が大幅に拡大している。その中心は、小型で充電可能な、いわゆる小型二次電池で、なかでもエネルギー密度の大きなリチウムイオン電池の需要が大幅に伸びている。

モバイル機器は、小型・軽量で長時間駆動が可能なほど高い付加価値を持つことになり、電池はそれを実現するための重要なデバイスとして、いっそうの高性能化が期待されている。一方、大型の二次電池は、電気エネルギーの貯蔵という観点から、21世紀の課題であるエネルギーと環境の問題解決に寄与する可能性を秘めている。

Many types of mobile devices such as cellular phones and notebook computers are becoming commonplace throughout the world, with vast numbers of batteries being used to drive those devices. Most of the batteries used for mobile devices are small-rechargeable types. The production and use of lithium-ion batteries has grown significantly in recent years due to the superior energy density that lithium-ion batteries offer over other rechargeable products.

Desirable features of those mobile devices are their small size and weight coupled with long operating times. Thus, batteries are expected to offer increasingly higher performance to fulfill those aspects. In contrast, larger rechargeable batteries can store and provide more electrical energy as it is needed. There is, therefore, clear potential for batteries to solve the problems of energy and environment, which will be primary issues in the 21st century.

電池需要は拡大の一途

近年における電子技術の急速な進展により、種々の小型・軽量の音響・映像(AV)機器やモバイル機器などが出現し、それらが生活の中に深く浸透している。その中でも、携帯電話の普及は目をみはるばかりで、このような携帯機器市場の大きな成長により、それらを駆動する電池の需要も大きく伸長している。とりわけ、充電可能な小型二次電池の需要増加は著しく、特に大きなエネルギーを持つリチウムイオン電池の市場は急速に拡大している。21世紀の最初の10年間は、携帯電話用のリチウムイオン電池市場を獲得することが電池事業にとって最大の焦点である。

一方、最近では、コードレスクリーナーも出現し、大電流使用が可能な二次電池の市場も活発化している。このような電池の先進的な応用として、エンジンと電池駆動モータから構成される推進系を搭載した、いわゆ

るハイブリッド電気自動車(HEV: Hybrid Electric Vehicle)が実用化されている。21世紀は環境とエネルギーの時代とも言われているが、この分野では、大型電池を応用したシステムの実現が期待されている。

このように、二次電池を中心とした電池需要は更に拡大し、その重要性が増すことは確実である。

ここでは、二次電池の中でもっとも重要な役割を果たすリチウムイオン電池を中心として、二次電池の技術、

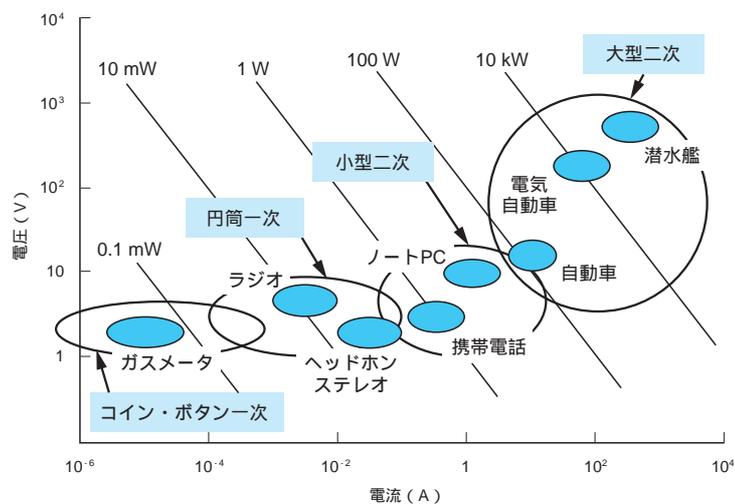


図1. 機器の作動領域と適用電池 機器の作動領域と適用される電池の種類を示す。100 mA から数 A 程度の電流を要する範囲にあるモバイル機器を中心に、小型二次電池が適用されている。
Working area of batteries for battery-driven applications

用途,市場について述べる。

電池技術の概要

電池の用途とエネルギー密度

電池は種々の機器の電源として幅広く使用されている。図1はそれを示したもので,10 mA 程度以下の小電流で作動する機器では一次電池が使用され,10 A を超えるような大電流を必要とする機器では二次電池が適用されている。そして,その中間の100 mA から数 A 程度の電流を要する範囲にあるのがモバイル機器を中心とした領域で,これらにはいわゆる小型二次電池が適用されている。

電池は,その中に化学物質の形でエネルギーを貯蔵し,必要なときにそれを電気エネルギー(直流)として供給するエネルギー変換デバイスである(囲み記事参照)。電池のエネルギーは電圧と電気容量の積で表され,単位はワット・アワー(Wh)である。電池のエネルギー貯蔵能力はエネルギー密度と呼ばれ,電池の重量当り,あるいは体積当りのエネルギー

(Wh/kgあるいはWh/L)で示されるが,これらは電池のもっとも重要な指標である。

代表的な一次電池及び二次電池のエネルギー密度を図2に示す。一般的には,一次電池のほうが二次電池

よりも大きなエネルギー密度を持っている。これは,一次電池はもともと大電流を流さない,充電をしない,などの理由により発電にかかわる物質を容器中に多く充填(じゅうてん)できるからである。充電が可能な二次電

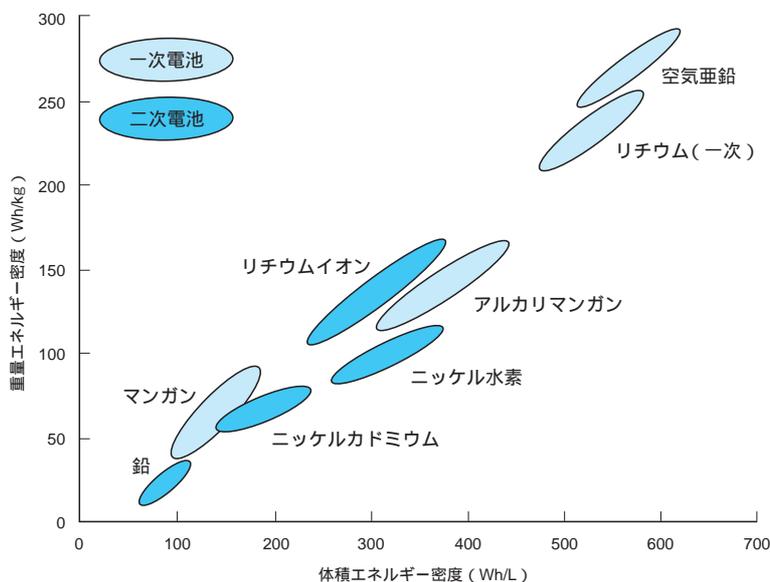


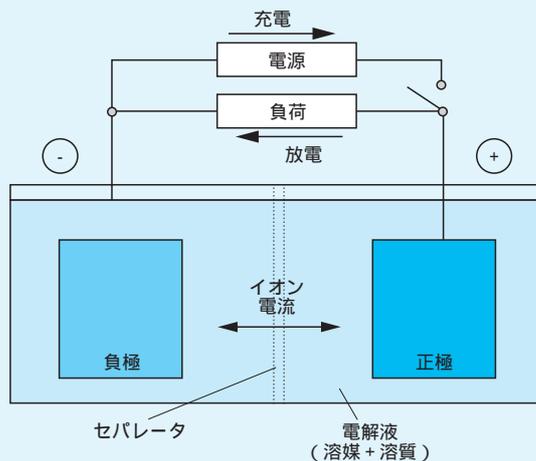
図2.電池のエネルギー密度 主要な一次及び二次電池の現状におけるエネルギー密度を示す。一般的には,一次電池のほうが二次電池より大きなエネルギー密度を持っている。
Energy density of batteries

電池の原理と構造

電池は,図に示すように,主として正極,負極,電解液,セパレータ,容器,などから構成される。このうち,発電に関係する化学物質は二つの電極(正極と負極)及び電解液(電解質を含む)で,電池の基本的性能はこの三つの要素でほぼ決まる。

電池のもっとも基本的な性能は,電圧と容量で表される。電圧は正負極端子間の電位差(単位はボルト(V))で,容量は電池の放電持続時間を示す電気量(単位は電流と時間の積であるアンペア・アワー(Ah)やミリアンペア・アワー(mAh))である。

高い電圧で,大きな容量を持つ電池が大きなエネルギーを保持しているこ



電池の基本構造と原理 電池の基本的な構造と原理を示す。電池の基本性能は二つの電極(正極と負極)と電解液でほぼ決まる。

とになる。エネルギー密度の観点からは,発電の三要素以外の部材,つまり

セパレータ及び電池容器の薄形・軽量・小型化が重要となる。

表1. 小型二次電池の種類と特長

Features of small rechargeable batteries

種類	正極	電解液	負極	主な特長	主な用途
ニッケルカドミウム (Ni-Cd)	NiOOH	アルカリ水溶液 (H ₂ O + KOH)	Cd	大電流充放電 1.2V系	シェーバー, クリーナー, 電動工具, 電動自転車
ニッケル水素 (Ni-MH)	NiOOH	アルカリ水溶液 (H ₂ O + KOH)	MH (水素吸蔵合金)	大電流充放電 体積エネルギー密度大 1.2V系	セルラー, PC, CD, MD, デジタルスチルカメラ, 電動工具, HEV
リチウムイオン (LIB)	Li _{1-x} CoO ₂	有機溶媒 + 溶質 (EC/DEC + LiPF ₆)	C (Li ⁺) (炭素材料)	高電圧放電 重量エネルギー密度大 3.7V系	セルラー, PC, PDA, ビデオカメラ, CD, MD, デジタルスチルカメラ
超薄形リチウムイオン / 溶液系	Li _{1-x} CoO ₂	有機溶媒 + 溶質 (EC/γBL + LiBF ₄)	C (Li ⁺) (炭素材料)	アルミラミネート外装 薄形, 軽量, 高安全 3.7V系	セルラー
超薄形リチウムイオン / ポリマー系	Li _{1-x} CoO ₂	ゲル状の有機溶媒 + 溶質 (ポリマーがゲル基体)	C (Li ⁺) (炭素材料)	アルミラミネート外装 薄形, 軽量 3.7V系	セルラー

EC: エチレンカーボネート DEC: ジエチルカーボネート γBL: ガンマブチロラクトン

池では, 鉛蓄電池, ニッケルカドミウム電池, ニッケル水素電池, リチウムイオン電池の順で, エネルギー密度が大きくなっている。これは, それぞれの電池を構成している化学物質の違いによるものである。モバイル機器は, 小型・軽量が重要な付加価値であるので, エネルギー密度の大きな比較的小さなサイズの二次電池, いわゆる小型二次電池が電源として多用されることになる。

■ 小型二次電池の特長

表1は小型二次電池の種類と特徴をまとめたものである。電池の特性は, 基本的に電極(正極と負極)及び電解液に使用している化学物質によって決まる。リチウムイオン電池は電解液に有機溶媒を使用して, 水溶液系では不可能な高電圧を実現している。

表中のリチウムイオン電池(LIB)の種類として“超薄形リチウムイオン / 溶液系”及び“超薄形リチウムイオン / ポリマー系”と記載したものは, いずれもアルミラミネートフィルムを外装(容器)としたことを特徴とする電池で, 基本的にリチウムイオン電池に分類されるものである。通常の電池は, 金属缶(鉄あるいはアルミニウム)を外装としたものであるが, それより

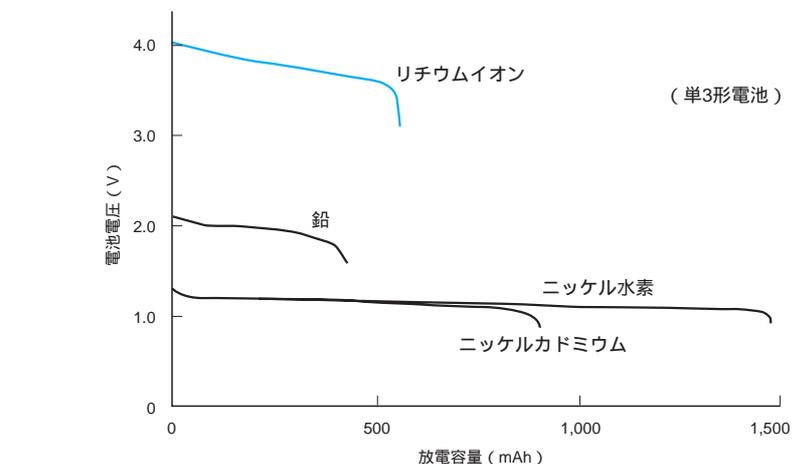


図3. 二次電池の放電曲線 二次電池を現状技術で単三形電池として製造した場合に得られる標準的な放電曲線を示す(なお, 鉛蓄電池については単三形は現実には製造されていない)。 Discharge curves of rechargeable batteries

も薄く, 軽く, しかも比較的自由に形状を決めることができるため, 携帯電話などに99年頃から使用され始めた新しい電池である。

このなかで, 超薄形リチウムイオン / 溶液系(以下, 超薄形LIBと略記)は当社が開発した電池で, 独自の電解液と電極構成を採用して高性能を実現しており, モバイル機器用電池として注力しているものである。また, 超薄形リチウムイオン / ポリマー系は, 電解質に薄いポリマー(通常は電解液を少量含ませたゲル状高分子フ

イルム)を使用した電池で, 超薄形LIBと同様の特長をねらっている。

二次電池の一般的な放電特性を図3に示す。リチウムイオン電池は3Vを超える高い放電電圧を示すこと, ニッケル水素電池は長い放電持続時間(高容量)にそれぞれ特長があり, それらが大きなエネルギー密度を獲得している理由になっている。

モバイル機器に使用されるリチウムイオン電池とニッケル水素電池(円筒形及び角形), 及び超薄形LIBの写真を図4に示す。



図4．小型二次電池 モバイル機器に使用されている代表的な小型二次電池である当社のリチウムイオン電池及びニッケル水素電池と、超薄形LIBを示す。
Appearance of small rechargeable lithium-ion and nickel-metal hydride batteries and ultrathin lithium-ion battery

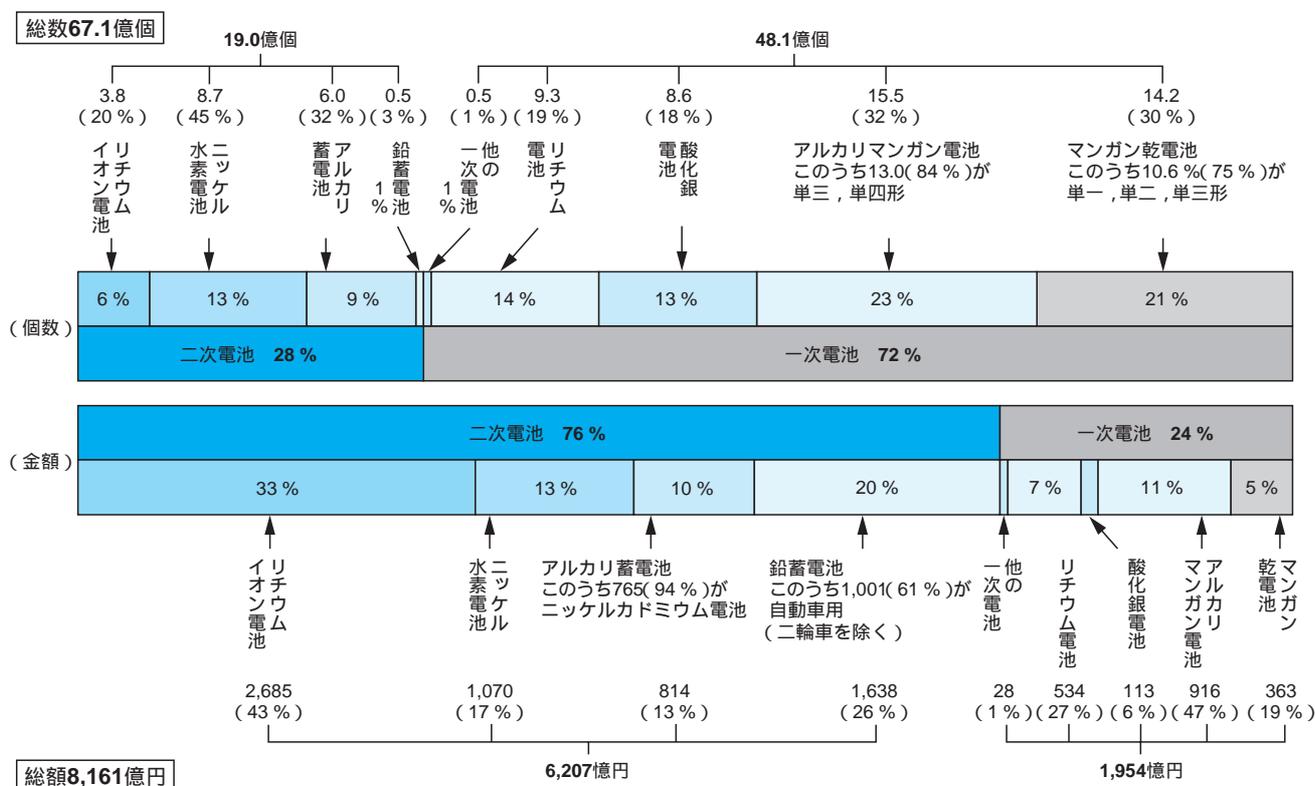
■ 電池の市場

■ これまでの電池市場

わが国における1999年度の電池総

生産高は、図5に示すように全体で8,200億円、数量で67億個を記録している。そのうち、二次電池が数量で

は76%、6,200億円と大きなものになっている。なかでも注目されるのは、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池及び大部分のニッケルカドミウム電



(社)電池工業会統計

図5．わが国の電池総生産高(99年) 99年にわが国における電池の総生産高を数量と金額ベースで示す。小型二次電池は金額で全体の56%を占めている。

Total battery production in Japan

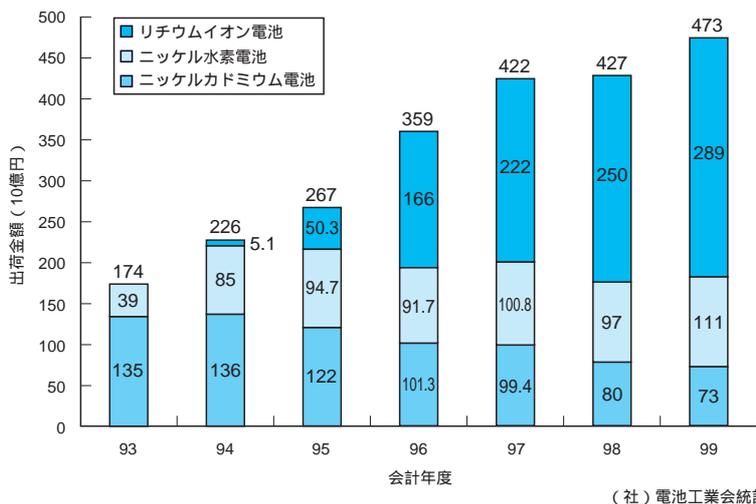


図6 日本での小型二次電池の出荷推移 わが国における最近の小型二次電池の出荷動向を金額ベースで示す。リチウムイオン電池の占める割合が急速に拡大している。
Shipment trends of small rechargeable batteries in Japan

池から構成されるいわゆる小型二次電池で、全体の56%、4,500億円を占めている。この傾向は、携帯電話などの種々のモバイルが出現して以降、加速している。その小型二次電池の金額ベースの出荷動向を図6に示す。その中で、リチウムイオン電池の占める割合が急速に大きくなっていること

がわかる。

実際にリチウムイオン電池が適用されている用途と製造されているサイズ(電池数量ベース)を99年の例で示したものが図7である。用途では、セルラーが52%、ノートパソコン(PC)が36%、ビデオカメラが8%という

(注1) (株)エヌ・ティ・ティ・ドコモグループの携帯端末による情報通信サービス。

順序であるが、やはりセルラー用途が増加しつつある。また、電池サイズとしては、円筒形と角形が半々の状況であるが、角形では厚さ8mm以下の電池が主体となっている。最新の状況は角形サイズの増加が顕著で、特に超薄形LIBを含めた6mm以下のサイズの需要が増えている。

モバイル機器の市場動向

モバイル機器として注目されるのは、携帯電話とPDA(Personal Digital Assistants: 携帯情報端末)、そしてノートPCである。その中でも、携帯電話はその生産数量と高機能化という点で、まさに電池市場を牽引(けんいん)するもっとも大きな分野である。

携帯電話は既に第二世代に入り、デジタル化した端末がiモード(注1)システムを搭載してインターネットにアクセスできるようになってますます普及し、2000年半ばには固定電話機の総数を超えた。そして、わが国では、世界に先駆けて2001年に第三世代(3G)の携帯電話システムがスタートしよう

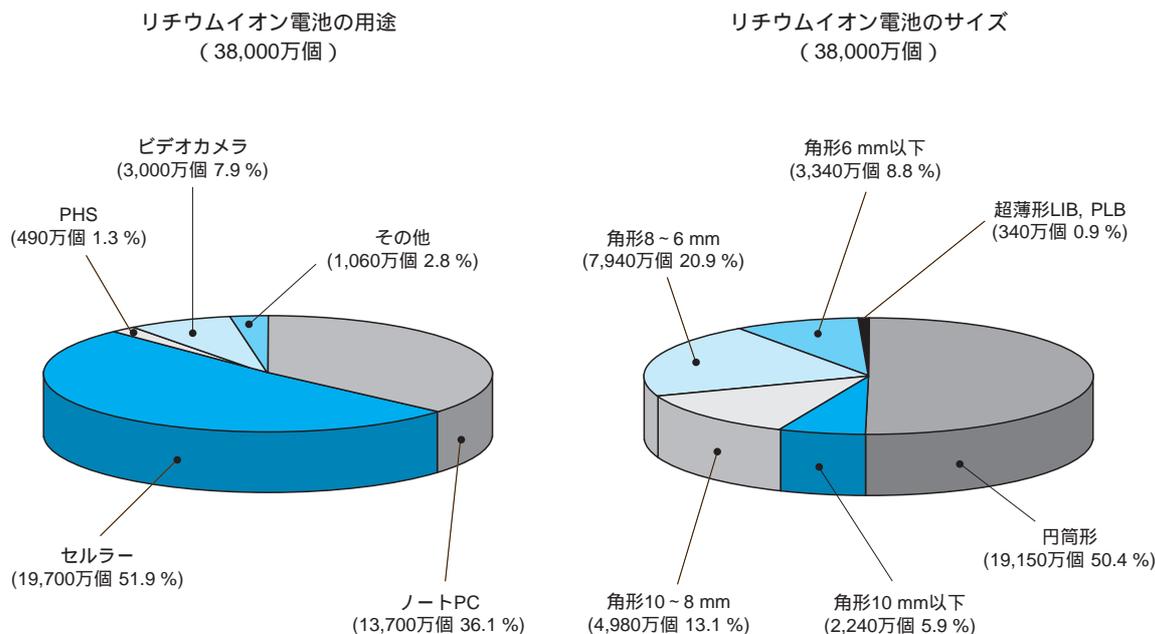


図7 リチウムイオン電池の用途とサイズ わが国で99年に出荷されたリチウムイオン電池の適用された用途ごとの数量とサイズごとの数量を示す。
Shipment numbers of lithium-ion batteries, by application and battery size

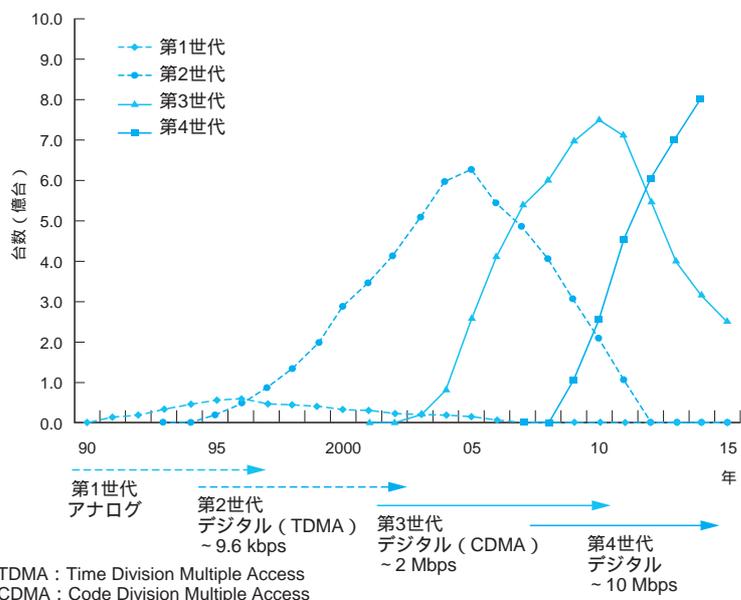


図8. 情報通信端末の世界市場予測 情報通信端末(携帯電話)の世界における毎年の生産数量予測を示す。今後もばく大な量の情報端末が生産されると予測されている。

Market estimates of information terminals in use worldwide

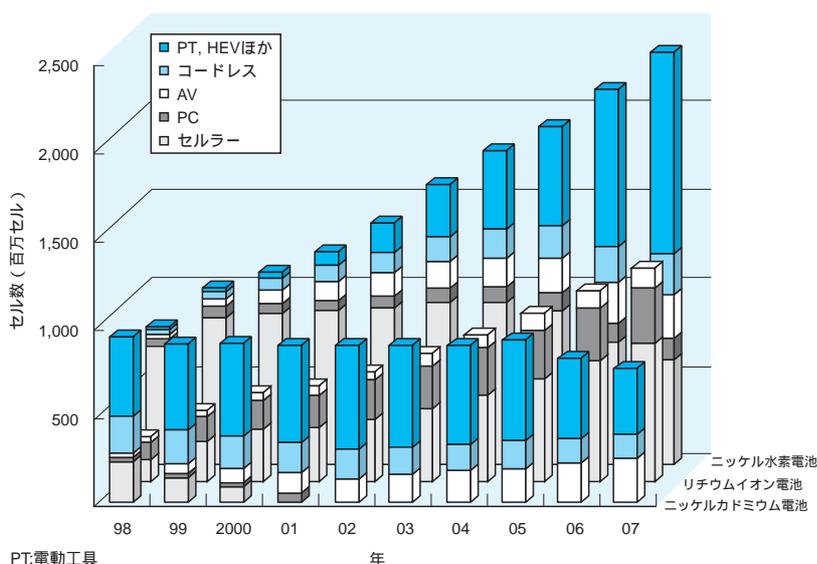


図9. 小型二次電池の世界市場予測 小型二次電池の世界における毎年の生産数量予測を示す。Market estimates of small rechargeable batteries in use worldwide

としているので、よりいっそうの爆発的な普及が予測される。これら情報通信端末の世界市場の予測を図8に示す。これは、各世代の毎年の生産数量を表している(2000年以降は予測値)が、この図からわかるようにこの先10年以上にわたって極めて大量

の情報端末が生産される。これらのシステムは、伝送速度の高速化が図られるため、動画伝送や、携帯テレビ電話のような機能が付加され、それだけ駆動する電池には今以上に大きなエネルギー(容量)が要求される。

一方、ノートPCは、それ自身の高

(注2) Bluetoothは、その商標権者が所有しており、当社はライセンスに基づき使用している。

機能化に加え、携帯電話との融合した情報端末への発展が予測される。また、周辺機器との通信には、BluetoothTMと^{注2)}と呼ばれる無線システムが近く現実のものとなる。また、PDAと呼ばれるノートPCよりもずっと小型の情報端末が大きく普及しそうである。これらはどれをとっても、今以上の電池の高容量化を必要としている。

これらのモバイル機器用に適用される小型二次電池の市場予測を図9に示す。上述したように、単に電池需要が増加するだけではなく、高エネルギー化(高容量化)を主体とした高性能化が求められ、これにこたえていくことが重要になる。

電池の高性能化に向けて

モバイル機器用電池

モバイル機器の重要な使命は、「いつでも、どこでも、だれとでも」、コミュニケーションできることであるが、電池の役割は、これに「いつまでも」という付加価値をつけることにある。したがって、電池には、ますます高エネルギー密度化(高容量化)、長寿命化が要請される。電池特性を向上させる方法は、電池構造や製造方式の技術改良と、より本質的な発電物質の高性能化あるいは新規物質の開発である。エネルギー密度で表したこれからの電池開発方向を図10に示す。すなわち、負極材料では、炭素材料自体、あるいは他物質との複合化による高容量化が期待される。正極材料では、容量の大きな有機系材料の採用が考えられる。そして、究極的には負極にリチウム金属自体を使用する技術の確立が期待されている。それには、まだ時間がかかるが、実現すれば、現状の2倍程度のエネルギー密度の向上が期待できる。

電池形状をより薄形にすることも、携帯電話のようなモバイル機器では重要である。電池を製造する場合、電池の厚さと充填できる構成物の体

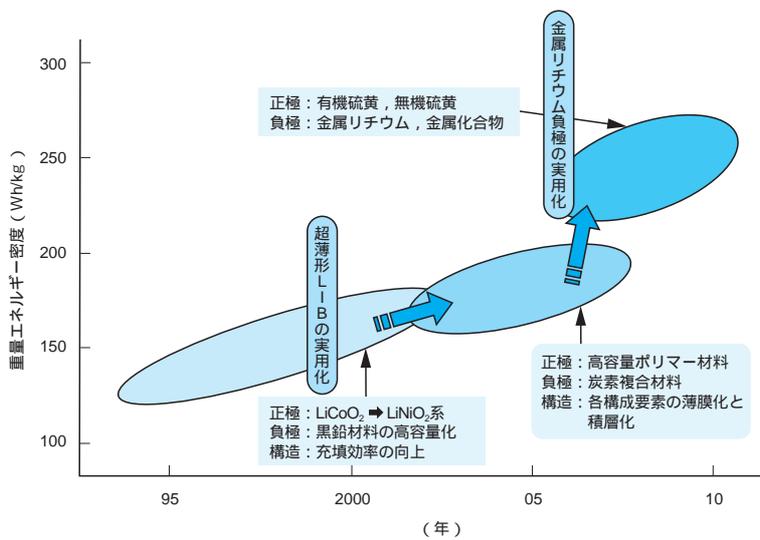


図10 . リチウムイオン電池の今後の技術展開 リチウムイオン電池が今後どのような技術変化で性能(エネルギー密度)を向上させていくかを示す。

Future technology trends in lithium-ion batteries

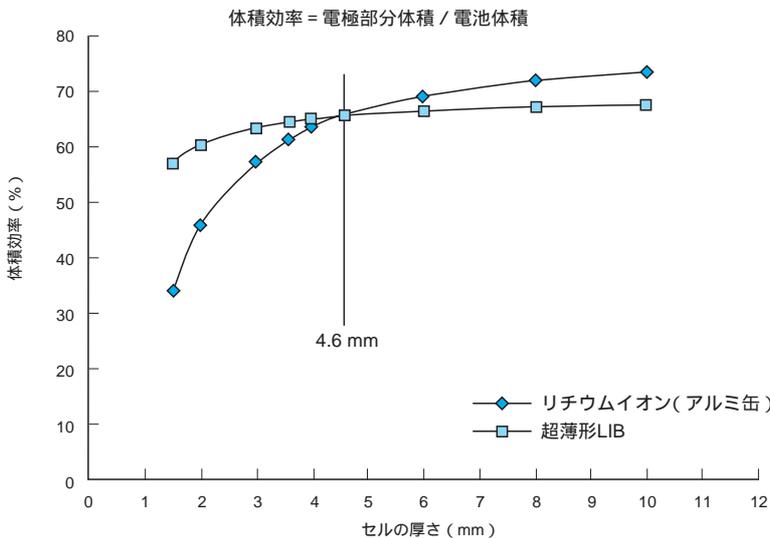


図11 . 電池厚さと体積充填効率の関係 金属ケース角形電池とアルミラミネート外装リチウムイオン電池における電池厚さと電池発電物質の充填効率の関係を示す。4.6 mm以下では超薄形LIBが有利になる。

Battery thickness versus volumetric packing ratio

積の関係は、ある一定の条件の下では図11のようになる。つまり、4.6 mm以上の厚さでは金属ケースの薄形電池が有利になり、それ以下の厚さではアルミラミネート外装の超薄形LIBにメリットがある。当社では、このようなコンセプトに基づき、ユーザーへの要望にこたえていく。超薄形LIBは、薄形の有利性を保持したまま、大面

積化(大容量化)が可能であり、この方向の開発も積極的に進めていく。

■ 高出力及び大型電池

今後の社会変化と電池応用商品の拡大分野を図12に示す。

環境とエネルギーの分野では、既に実用化したHEVに加え、IT(情報技術)機器用のバックアップ、電力貯

蔵などの重要なシステムが間もなく実現する可能性がある。身近には、より軽量のコードレスクリーナーの実用化や電動工具などの高性能・軽量化が期待される。また、高齢化社会では、電動アシスト車いすのような移動システムが普及しそうである。このような用途におけるシステム例を図13に示す。

電力貯蔵で、今後特に重要となるのは、電力品質を確保するためのUPS(無停電電源)機能を持ち、同時に負荷平準化も可能なシステムである。昼夜の区別なく情報をやり取りするこれらの社会においては、それを保証するシステムの構築が重要であり、まず、事務所やビルレベルから実用化されそうである。

一方、HEVは低排ガス自動車を実現する有力な技術であり、今後一つのスタンダードになる可能性がある。

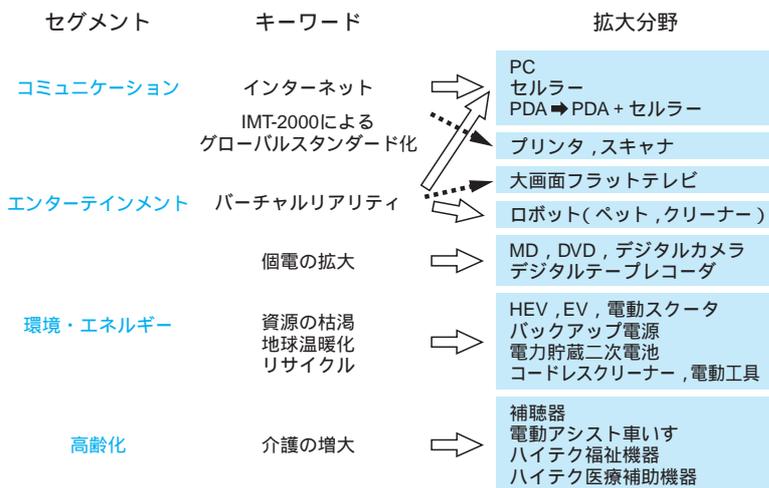
先進的なHEVシステムでは、夜間電力で電池を充電し、電池エネルギーだけで自動車を駆動する割合を増加させて、低排ガス化する方式が考えられている。

更には、エンジンに代えて燃料電池が搭載されれば、いっそう環境に配慮したHEVシステムが構築される。

これらのシステムの実現には、やや大型で高出力特性を持つ二次電池の実用化が必須で、この目標に沿ったりチウムイオン電池の開発が既に始まっている。この場合の最大の課題は、電池の安全性技術の確立である。

電池は大型になるほど保持するエネルギーが大きくなり、高出力になるほど内部抵抗が小さくなる。このため、例えば内部短絡や破損などの事故時には大きな破壊力を示す。したがって、電池特性はそのままに保ち、事故時でも破裂や発火が絶対に起こらないような技術の確立が重要になっている。

当社は、この技術開発をNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)が管掌する国家プロジェクト“分散型電池電力貯蔵開発”のなかで積極的



に進めている。

■ より優れた二次電池を目指して

以上のように, 21世紀の初頭は情報通信の核となるモバイル機器のいっそうの発展と, 環境・エネルギーを中心とした新システムが実用化する時期に当たる。これには, リチウムイオン電池を主体とした二次電池が重要な役割を果たすことになる。当社は, より優れた二次電池の開発に更に注力していく。

図12 . 社会変化と応用拡大分野 今後の社会変化による電池応用分野の拡大方向を示す。
Expansion of battery application areas due to social change

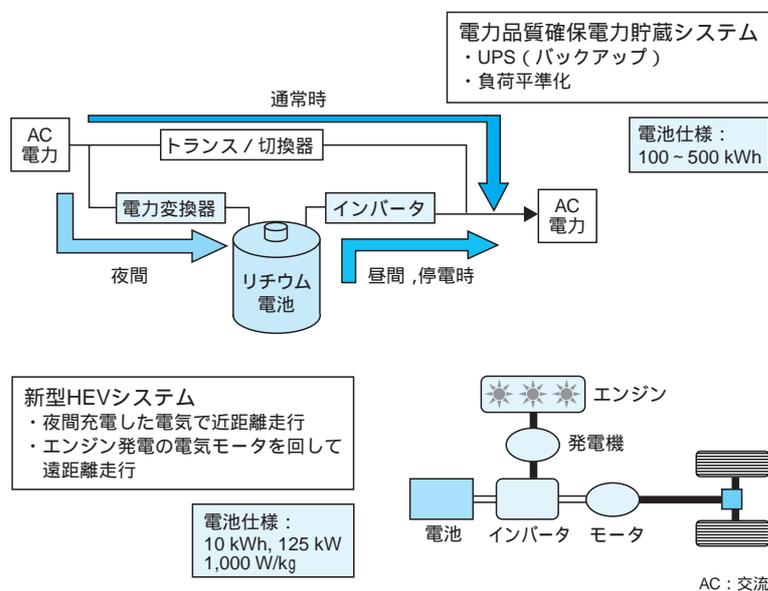


図13 . 高出力・大型リチウムイオン電池の将来像 高出力及び大型二次電池のアプリケーションを電力貯蔵とHEVの例で示す。
Future applications of high-power and large-scale lithium-ion batteries



神田 基
KANDA Motoya, D.Eng.

研究開発センター 給電材料・デバイスラボラトリー 技監, 工博。新規二次電池及び電極材料の開発に従事。電気化学会会員。
Power Supply Materials & Devices Lab.



上野 文雄
UENO Fumio, D.Sci.

ディスプレイ・部品材料社 バッテリーエネルギー 技師長, 理博。二次電池技術及び開発の統括を担当。日本化学会会員。
Display Device & Components Co.