

「一次電池」 使い切りの電池

紀元前2500年頃〜

バグダッド電池

世界最古の電池。電極は銅の筒に鉄棒、電解質はワインか酢。金や銀のメッキをするのに使用したといわれる。

ボルタ電池

アレッシェンドロ・ボルタイタリアが發明。正極に銅板、負極に亜鉛板、電解質に硫酸。



ル克蘭シェ電池

マンガン電池の原型。ジオルジュ・ル克蘭シェ（フランス）が發明。正極に二酸化マンガンを炭素の混合物、負極に亜鉛棒、電解質にゲル状にした塩化アンモニウム。

マンガン乾電池

屋井先蔵が炭素棒にバロフィンを含浸させて液漏れを防止、乾電池の開発に成功。同じ頃、ガスナー（ドイツ）とヘレセン（ドイツ）も開発。3人がマンガン乾電池の始祖とされる。

マンガン乾電池
国内生産開始

屋井乾電池合資会社が製造を開始。明治末までに5社が創業。



アルカリ乾電池

アメリカで発売。正極に二酸化マンガン、負極に亜鉛。電解質に水酸化ナトリウムまたは水酸化カリウムを使用。

日東電気工業、筒形乾電池製造開始

日東電気工業（日立マクセルの前身）、乾電池製造開始。積層乾電池主体。



マクセル電気工業「トランジスタラジオ用積層形「006P」発売

一品種で生産販売1億個を達成。

高性能マンガン乾電池
国内発売

アルカリ乾電池国内生産開始（マクセル電気工業製64年に日立マクセル）



容量は同一サイズのマンガン乾電池の約2倍。

超高性能マンガン乾電池「塩化亜鉛形乾電池」商品化（日立マクセル）

空気亜鉛電池

フェリー（フランス）が考案。正極は空気中の酸素を使用するため、負極の亜鉛を多く結めることができる。

リチウム一次電池

アメリカの宇宙開発関係で使用開始される。金属のうち最大のイオン化傾向をもつリチウムを負極に使用することで、高い電圧を得る。

酸化銀電池

アメリカ・エバレディ社が商品化。電圧が安定しており、寿命直前まで最初の電圧を保つ。

「二次電池」 充電して繰り返し使える電池

鉛蓄電池

ガストン・ブランテ（フランス）が發明。正極に二酸化鉛、負極に鉛。希硫酸中で充放電を繰り返す。

ニカド電池

ユングナー（スイス）デンが發明。正極にオキシ水素酸ニッケル、負極にカドミウム。電解液にアルカリ溶液。

鉛蓄電池国内
第一号納入

ニカド電池国内商品化

大容量、高電圧、そして軽量小型化

電池イノベーション

その他の電池

太陽電池

太陽の光エネルギーを電気エネルギーに変換する装置。

燃料電池

水素と酸素を反応させ、電気エネルギーに変換する発電装置。

アルカリ乾電池 [LR]

用途：デジタルカメラ、CDラジカセ、電動玩具、リモコンなど



「脱炭力」「大電力」「持久力」の長持ちトリプルパワーを実現。

アルカリ乾電池「ボルテージ」発売（日立マクセル）

高性能アルカリ乾電池「ダイナミック」シリーズ発売（日立マクセル）

アルカリボタン電池 [LR]

用途：携帯ゲーム機など



アルカリボタン電池国内生産開始

塩化チオニルリチウム電池 [ER]

用途：メモリーバックアップ電源、メーター（水道、電気、ガス）の電源、各種計測器など



マンガン乾電池 [R]

用途：懐中電灯、時計、リモコンなど



二酸化マンガンリチウム電池（コイン形） [CR]

用途：各種電子機器、家電、メモリーバックアップ電源、自動車（キーレスエントリー）など



二酸化マンガンリチウム電池（円筒形） [CR]

用途：セキュリティ機器、電子メーター（水道、電気、ガス）、火災警報器など



塩化チオニルリチウム電池国内生産開始（日立マクセル）

正確に塩化チオニルを使用。無機材料を用いているため長期使用に適する。

コイン形「酸化マンガンリチウム電池商品化（日立マクセル）」

リチウム一次電池国内生産開始

補聴器専用ボタン形空気亜鉛電池 [PR]



ボタン形空気亜鉛電池国内生産開始

世界最小径（直径4.8mm）の酸化銀電池を商品化（日立マクセル）

ボタン形空気亜鉛電池開発（アメリカ・グールド社が開発。）

酸化銀電池国内商品化（日立マクセル）

水銀・鉛の使用ゼロの酸化銀電池を商品化（日立マクセル）



酸化銀電池 [SR]

用途：腕時計、電卓など

二酸化マンガンリチウム電池（耐熱コイン形） [CR]

用途：TPMS（タイヤ空気圧監視システム）のセンサー用電源、ETCなど



2008 2007 2005 2004 2003 1999 1997 1996 1991 1990 1987 1986 1983 1981 1977 1976

ニッケル水素電池

世界で初めて日本で商品化。

リチウムイオン電池

世界で初めて日本で商品化。

ニッケル水素電池商品化（日立マクセル）

ボタン形チタン酸カーボンリチウム二次電池生産開始（日立マクセル）

リチウムイオン電池生産開始（日立マクセル）

「コイン形」酸化マンガンリチウム二次電池生産開始（日立マクセル）

ボタン形チタン酸カーボンリチウム二次電池 [TC]

用途：腕時計、携帯電話などのバックアップ電源など



超小型リチウムイオン電池開発（日立マクセル）

大容量タイプポリマーリチウムイオン電池商品化（日立マクセル）

ハイパワータイプ円筒形リチウムイオン電池開発（日立マクセル）



ハイパワータイプ円筒形リチウムイオン電池

用途：電動工具、電動アシスト自転車、コードレス家電など

リチウムイオン電池

用途：携帯電話、デジタルカメラ、ポータブルAV機器など



コイン形二酸化マンガンリチウム二次電池 [ML]

用途：PC、携帯情報端末、デジタルカメラ、電卓など



日本人一人が使う電池は 年間約30個

日立マクセル株式会社では、磁気テープや光ディスクのような記憶媒体、そして電池の開発・生産が事業の約8割を占める。

そのマクセルの電池のうち、二次電池（充電できる電池）を生産している京都事業所は、山崎の合戦で知られる京都府山崎にある。戦国の歴史のあとを横切る東海道本線と東海道新幹線からほど近い工場でつくられているのは、最新のデジタル化社会を支える栄養分ともいえる各種の二次電池だ。

「社会の栄養分？ そのとおりかもしれませんね」と、電池開発の歴史にも詳しい、長井龍 開発本部 主管技師長は語る。

「実際、使い切りタイプの一次電池を含めれば、その消費量は驚くほどです。電池工業会資料によりますと、日本では、2007年度には国内の総数として約57億個の電池がつくられています。金額にすると約7725億円。ここ数年の統計でも総生産数は年間ほぼ60億個前後で推移し、これに輸出入の個数を加味すると、年間の国内消費量はおよそ35億個といったところです。もちろん業務用も含めてですが、単純に計算すると、現在の日本では年間一人30個程度

電池を使っていることになります。日々、消費する食品のようなものを除けば、現在の日本でこれほどまでに大量に使われ、消費されている製品はほかにあまりないでしょう」

日立マクセルの前身は、1961（昭和36）年に設立された「マクセル電気工業株式会社」。さらにさかのばれば、18（大正7）年に創業された日東電気工業株式会社（現 日東電工株式会社）に至る。絶縁材やビニルテープなどを主力商品とする日東電気工業は、1950年に乾電池製造を開始、またオーディオ用の磁気テープの開発にも取り組み、この二つの部門が分社化されたのがマクセル電気工業である。

「マクセル」とは、「MAXELL (Maximum Capacity Dry Cell) 最高の性能をもった乾電池」を意味する造語で、創業の時点から電池部門を看板板としていたことがうかがえる。

「日東電気工業がまず取り組んだのは、構成ユニットを積み上げて高い電圧を得る積層タイプのマンガン乾電池です。分社化後、マクセル電気工業の最初のヒットとなったのは、006Pと呼ばれる1.5V、6個分を箱に入れたタイプのマンガン乾電池で、9Vの出力が得られました。'60年代の初めに使われていたトランジスタラジオではこれだけの電圧が必要とされていた。それにフィットしたわけで、6Pならマクセルということでは会社の知名度もぐんと上がりました」(長井)

ぐその後に訪れた。'63年、国産としては初のアルカリ乾電池の商品化に成功したのだ。同じ年、マクセル電気工業は日立製作所の系列会社となり、その名も翌'64年には「日立マクセル」と改められる。画期的なアルカリ乾電池の開発・生産は、「日立マクセル」の名を広く世に知らしめることになったと言えよう。

では、そのアルカリ乾電池のどこが画期的だったのだろうか？ それを知るためにはまず、「電池」一般の歴史を知る必要がある。

亜鉛の微粒子化によって 電池を変えたアルカリ乾電池

電池は漢字からも知れるように、電気を取り出すための一種のプール。そのプールを満たしているのはイオン性の物質（電解質）を含んだ電解液で、電解質を介して正負の電極が電気分解するために電流が生じる。世界最古の電池は紀元前250年頃のバグダッド電池ともいわれており、構造はきわめてシンプルではあるが、その原理が理解され、広く使われるようになったのは19世紀になってからだった。

乾電池は、こうした初期の電池を密閉式の容器に封じ込め、電解液が漏れないようにしたもの、液を糊状にするなどの加工が施されているが、中身まで完全にドライというわけではない。

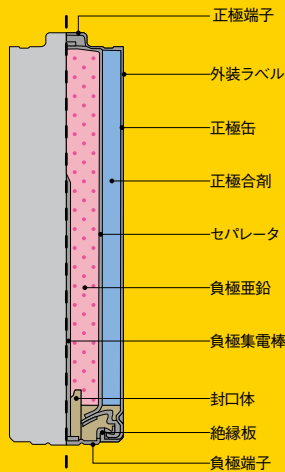


日立マクセル株式会社京都事業所には、創業当時のマンガン乾電池の生産設備が保存されている。



開発本部 主管技師長、長井龍。電池開発の歴史に詳しく、事業所の生き字引的存在だ。

アルカリ乾電池の構造



乾電池の発明については諸説あるが、現在では、旧来の湿式電池の難点に不満を抱いた日本の屋井先蔵が1885(明治18)年に考案したものという説が有力である。

乾電池はやがて、マンガン乾電池の普及とともに規格化され、使い切りタイプの一次電池の代名詞となった。旧来の湿式電池は、

自動車のバッテリーのように充電可能な二次電池として生き残ったが、二次電池の世界では「乾電池」「湿電池」という呼び方はせずに、開放型、密閉型として区別している。つまり、現在では乾電池はほぼ一次電池とイコールといつてよい。

アルカリ乾電池は、広く普及したマンガン乾電池の規格に合わせたため、形からはマンガン乾電池と区別できない。また、使われている材料も、正極に二酸化マンガン、負極に亜鉛と変わらない。ただし、正極と負極の配置は完全に逆転している。

「マクセルが1963年に国内生産に成功したアルカリ乾電池は、電解質にアルカリ性の溶液を用いました。しかし、マンガン乾電池と違うのはむしろ、その構造のほうです。円筒の中心軸に正極の二酸化マンガンを配置したマンガン乾電池に対して、アルカリ乾電池ではその内壁部に二酸化マンガンの正極を配置し、中心部分には亜鉛の微粒子をペースト状にしたものを詰め込んで負極にしたのです。正極と負極は逆転していますが、アルカリ乾電池では缶の部分を二重にし、電流の向きを入れ替えて、外見は従来と変わらない凸部をプラス、底面をマイナスにしています」(長井)

その結果、どのような違いが生まれたかという点、亜鉛缶を用いるマンガン乾電池では缶の内壁の面積しか負極に使えなかったのが、微粒子化することによって、それら粒子の表面積すべてを使えるようになった。このため、アルカリ乾電池では一挙に大きな電流が流せるようになったのだ。

「この微粒子化という方法論はのちのリチウムイオン電池にも生かされることになり

ます」(長井)

ただし、これでマンガン乾電池が駆逐されたわけではない。マンガン乾電池は電気の容量は少ないものの、間欠的に使うと、休んでいる間に起電力が回復するという特質があり、用途によってアルカリ乾電池とすみわける形で現在も使われている。

そして、この後の電池の歴史は、どれだけの量の電流を、どれだけの電圧で取り出すか用途に応じて使い分けていく、という発想から、いろいろなタイプの電池が開発され商品化されるという方向で進んでいく。

「しかし、それだけでは追いつかない分野もあります。アルカリ乾電池よりも大きな電流を流せる、つまり、電気容量が大きく、しかも、サイズ的にも重量で比較してもよりコンパクトな電池。そこで浮上してきたのが新種の二次電池、つまり、充電を繰り返して行える小型の蓄電池でした」(長井)

磁気テープで培った技術で、リチウムイオン電池の品質を向上

その革新は、1990年代に日本国内から起こった。新種の二次電池、「リチウムイオン電池」が実用化されたのである。

実は、似た名前をもつ「リチウム電池」ならそれ以前に商品化されていた。

リチウム電池は電極にリチウム金属かその

合金を用いる。その代表ともいえるコイン形の二酸化マンガンリチウム電池をマクセルが商品化したのは'81年のことだった。この電池は負極にリチウム、正極に二酸化マンガンを用いていて、デジタルウォッチや電卓、メモリーのバックアップに活用されている。というよりも、「CR」という呼び名で今も多用されている方式といったほうが早いだろう。

また、'83年にはマクセルにより、小さい電流しか流せないものの、蓄えられるエネルギーの量がきわめて多い塩化チオニルリチウム電池も日本で初めて生産が開始された。「ER」と呼称されるこの電池は自己放電によるエネルギーの損失が少ないことが特質で、無機材料しか用いず、完全な密閉構造となつているため10年程度の長期間の使用が可能となっており、ガスや電気のメーターに使われている。

当然、こうした技術進歩の延長として、リチウムを使った繰り返し充電のできる二次電池の開発が試みられた。しかし、充電と放電のサイクルの再現性が難しく、一部では商品化もされたものの、結局、今ではまったく使われていない。

ところがここで発想の転換が行われた。二次電池の開発に携わってきた松本和伸(次電池事業部 電池設計部 副技師長)は次のように語る。

「商品化に先立って、その技術を開発したのは別の日本企業のグループですが、いずれ



二次電池事業部 電池設計部 副技師長、松本和伸。一貫して二次電池の開発に携わってきた。

にしてもリチウムイオン電池という新種の電池は、純然たる日本発の技術です。

そのどこが発想の転換だったのかというと、使い切りのリチウム電池は、電極に金属リチウムかその合金を用いていました。ところが、リチウムイオン電池では、金属ではなくリチウムイオンを用いたのです〔松本〕

この新方式が実現するにあたって最初の鍵となったのは正極に二酸化コバルトリチウム〔コバルト酸リチウム、 LiCoO_2 〕という物質が使えることの発見だった。二酸化コバルトリチウムは充電すると Li を正の電気を帯びたイオンとして放出する。後に残るのは二酸化コバルトという物質だが、これは自然な状態ではほとんど存在できない物質だ。逆に二酸化コバルトリチウムは安定しており、充電されない限り、電池としては機能しない放電状態にある。このため LiCoO_2 は、その製造にあたって

てもきわめて安定しており、かつ安全でもあるのだ。

「次の問題はリチウムイオンを受け取る負極のほうです。これには炭素が面状に結晶したグラファイト、黒鉛を用います。黒鉛には水素やリチウムなどの物質を中に取り込む、つまり吸蔵する性質があります。六角形に炭素がびっしりと結合しているのですが、これら炭素原子6個に一つずつリチウムを取り込むことができるのです。

この二つの発見、考案を組み合わせることによって、リチウムイオン電池は実現されました〔松本〕

先行は許したものの、リチウムイオン電池が市場で一定の評価を得るにいたるまでにはタイムラグがあり、'96年に生産を開始したマクセルも、折からのリチウムイオン電池市場の急速な拡大も手伝って、2000年までに



リチウムイオン電池のケースはアルミニウムの絞り加工。写真の製品は、厚さ約4.5mm。

は遅れを取り戻し、シェア拡大に成功した。

ここで決め手となったのは、「一見すると畑違いの磁気テープの世界で、マクセルが培ってきた技術の蓄積〔松本〕だったという。

はて、磁気テープと電池とどのような関係があるのだろうか？

その疑問はリチウムイオン電池の中身を実際に見て氷解した。見せてもらったのは携帯電話などに用いる角形のもので、ケースはアルミニウムの絞り加工。その中に納められていたのは、まるでひしゃげたバウムクーヘンのように折りたたまれたフィルム状のテープの束だった。

「正負の電極を構成する二酸化コバルトリチウムと炭素は、それぞれアルミ箔と銅箔の上に塗布されています。

箔とその両面に塗られた電極材で構成されるシートの厚さは薄い紙ほど。その間に



リチウムイオン電池の中身。下からアルミ箔に塗布された二酸化コバルトリチウム（正極）、セパレータのポリエチレン、銅箔に塗布された炭素（負極）。この三重構造が幾重にも巻かれて、ケースに納められる。

細かな穴が開いたポリエチレンがはさまっています。この三重構造が、もう一つのセパレータを挟んで重ねられ、さらに幾層にもぐるぐる巻きにされているのです。

その塗布のための技術は磁気テープでアセテートフィルムに磁性粉を塗るのとはほぼ同じです。

オーディオテープ、ビデオテープ、コンピュータテープと、テープの記録密度の向上を支えてきた最先端の塗布技術の蓄積がリチウムイオン電池の電極生産に生かされました。

こうした技術の蓄積があればこそ、マクセルは先行企業に追いつき、そして、品質の点では凌駕するにいたったのです〔長井〕

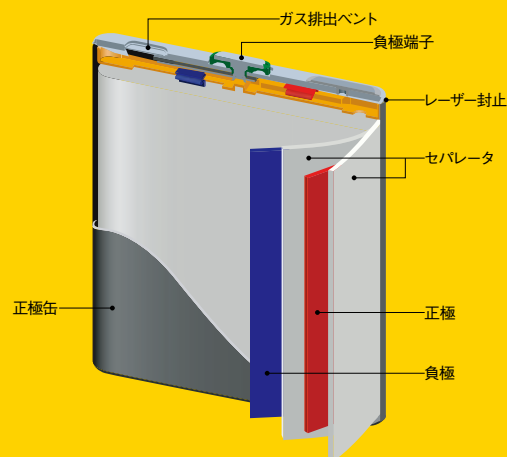
小さな小さなケースに納められた、ミクロン単位の厚みのテープでできた渦巻き状のバウムクーヘン。その厚みがそのまま、膨大

永瀬唯(ながせ・ただし)
1952年生まれ。東京都立大学
理学部卒業。理工学系出版社
の編集を経て、科学技術ライ
ターとなる。1987年、サイバ
ーバンクムーブメントを契機とし
て、技術文化史、SF思想史
を中心とした評論活動を開始。
明治大学理工学部講師。著書
『宇宙世紀科学読本 スペー
ス・コロニーとガンダムのでき
るまで』(角川書店)、『腕時計
の誕生』(廣済堂出版)、『京極
夏彦の世界』(青弓社)、『欲望
の未来 機械じかけの夢の文
化誌』(水声社)ほか。



二次電池事業部 事業企画グループ グループリーダー、高石季也。安全を第一に考えている、と言う。

リチウムイオン電池の構造



な数のマンガン乾電池やアルカリ乾電池を並列でつないだのと同じ役割を果たしているのだ。

絶対品質に支えられた安全性が求められている

とはいえ、開発に立ち会った松本たちにとつても、リチウムイオン電池の市場がこれほど巨大なものになるとはとても思えなかつたらしい。

というのは、ある意味でライバルといえる、やはり新方式の小型二次電池「ニッケル水素電池」が、リチウムイオン電池に先駆けて1990年には実用化されていたからである。

この二つの新方式以前の二次電池というと、自動車でおなじみの鉛蓄電池やニカド電池があった。しかし、鉛蓄電池の発明は1859年。ニッケルとカドミウムを電極に用いたニカド電池が商品になったのは20世紀の半ばで、そのあとにはぼつかりと数十年の空白が続くことになった。その空白が立て続けに破られることになったのだ。

だが、ニッケル水素電池はあとからやってきたリチウムイオン電池によって潜在的な市場を奪われ、現在では旧来の乾電池と同じ形態で同様に使える二次電池として、また、ハイブリッド車用の大型二次電池として、つ

まり、リチウムイオン電池への需要の一種の隙間産業として生き延びることとなった。

リチウムイオン電池が急速に市場を拡大したのは理由があった。とにかく軽く、またコンパクトで、大量の電気を蓄えることができたのである。

「同じ二次電池で比較すると、ニカド電池の電気容量1に対してニッケル水素電池は2に相当します。一方、リチウムイオン電池はニカド電池と同じ1に相当しますが、電圧は3倍と高く、ニッケル水素よりもそれだけ長持ちするのです。また、重さで比較すると鉛蓄電池のキログラムあたり30W時に対して、ニカドやニッケル水素は60W時くらい。ところが、リチウムイオンのほうの中間値をとると100W時以上。また、同じ容積ならニカドやニッケル水素の3〜4倍の電気容量が得られるため、携帯電話などでも同じ倍數だけ長持ちすることになります」(松本)

ただ、きわめて高密度なエネルギーを蓄積できるだけに、発熱による事故の可能性も高くなる。これを防ぐために、一定の温度以上になると、ポリエチレンのセパレータが溶けて電解反応が起こらなくなるようにしてあり、さらに異常電流を感じずる保護回路など三重四重の安全策がとられているという。それでも、安全対策には「やり過ぎ」はない、と言うのは高石季也(二次電池事業部 事業企画グループリーダー)だ。

「リチウムイオン電池の需要拡大の大きな要因となった携帯電話の場合、世界の販売台数は年間で11億台にもなり、ppm(100万分の1)で事故が起こってもかなりの数になる計算です。マクセルの場合、電解液に添加剤を加え、異常状態では保護被膜が自動的に形成されるようにするなど、独自の対策を施していますが、より万全を期すための研究開発は怠っていません」

大容量、軽量でコンパクト、そして安全性……。では、そのリチウムイオン電池の次に来るものは何だろうか？

リチウムイオン電池の電気容量をさらに向上させるための第一の策として、3人が挙げたのは、六つの原子に対して一つのリチウムイオンをつかまえる炭素に代わって、一つの原子で四つのリチウムを取り込める、つまり同じ密度でもより多くのリチウムイオンを取り込めるシリコンの採用だった。もちろん、使い道と単価を考えればアルカリ乾電池の需要は変わらず、今もなお性能の向上が追求されている。一方で、今回は取り上げなかったが、燃料電池の開発も進んでいる。

デジタル化、モバイル化、そしてますますコンパクト化する各種の機器。電池はもはや目に見えない社会の隅々にまで浸透している。そして、いつその進化によって、社会の栄養分としての役割はさらに広がろうとしている。