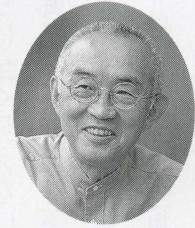


誰かに教えたくなる 科学技術の話 27

環境問題の解決に 貢献する「電池」



東京大学名誉教授 月尾 嘉男

リチウムイオン電池でノーベル賞

昨年は吉野彰博士がノーベル化学賞を受賞され、日本全体を元気にする話題になった。科学分野のノーベル賞には物理学、化学、生理・医学の三分野があるが、一九四九年に湯川秀樹博士がノーベル物理学賞を受賞されてから吉野博士で日本人受賞者は二十二名になり、戦後だけで比較すると、アメリカ、イギリス、ドイツよりは少数であるものの四位であり、日本は科学大国といっても過言ではない。

吉野博士の業績は「リチウムイオン二次電池」の開発への貢献である。この電池の市場規模は二〇一六年には二兆五〇〇〇億円であったが今年には五兆五〇〇〇億円になると予想されている。この急速な成長はリチウムイオン二次電池が社会で重用されていることの証明である。しかし、世界では様々な電池が利用されており、その現状を紹介するが、そのために電気の歴史から開始したい。

発電装置の発明

紀元前七世紀の古代ギリシャの学者タレスは松脂など天然樹脂の化石である琥珀

を布片で摩擦すると糸屑などが吸着されることを発見した。これは人類が電気を発生させた最初とされる。琥珀はギリシャの言葉で「エレクトロン」で、これが英語で電気を「エレクトリシティ」という由来である。それから二百年が経過した紀元前四世紀の学者プラトンも同様の経験を記録している。

しかし、人間が自身で電気を発生する装置を発明するのにはタレスの発見から二千三百年近い時間が必要であった。イタリアの動物学者L・ガルバーニがカエルの解剖をしているとき、二種の金属をカエルの筋肉に接触させると、筋肉が収縮することを発見し、動物電気を発見したと発表した。一七八〇年代のことであるが、これが本物の発電装置の発明への契機となった。

ガルバーニの実験に刺激されたイタリアの物理学者A・ボルタは亜鉛と銅板の電極を硫酸溶液を充滿したガラス容器に挿入すると電気が発生することを証明し、電池を最初に発明した人物となった(図1)。ボルタはイタリア北部の都市コモから五十キロメートルの距離にあるミラノまで電線を敷設し、コモから通電して

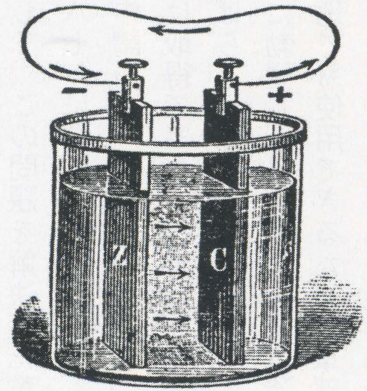


図1 ボルタ電池

ミラノのピストルを発射することにも成功している。遠隔操作の最初である。

一旦突破されると次々と発明が登場するのは数多くの技術の歴史に共通であるが、ボルタの発明から三十年後の一八三一年にイギリスの学者M・ファラデーは電線を螺旋にしたコイルの付近で永久磁石を移動させると電気が発生する**電磁誘導**の原理を発見し、液体を使用しない発電装置を開発した。そして二個の磁石の隙間で金属の円盤を回転させると連続して発電ができる装置に発展させた。

一次電池の発明

このようにして人間は十九世紀前半に

は必要とするときに電気を発生させる技術を獲得したが、問題は発生させた電気を蓄積できないことであった。そこで目標は電気を蓄積できる装置「電池」の発明となった。その電池は原理によって二種に大別される。大半の電池は物質の化学反応によって電気を発生させる「**化学電池**」であるが、もう一種が化学反応を利用しない「**物理電池**」である。

物理電池の代表は**太陽電池**であり、詳細は省略するが、二種の半導体を一体にした素材に光線を照射すると、半導体間に電流が発生する仕組みである。これは日照さえあれば簡単に発電できるので、宇宙を飛翔する人工衛星の電源から家庭の電源にまで利用されているが、温室効果ガスを発生しないために急速に普及しており、過去二十年間の生産規模は毎年四〇%の増加である。

化学電池は電解質溶液に正極と負極の二種の素材を挿入すると、正極から負極に電流が発生する仕組みであるが、電解質溶液の能力が枯渇すれば寿命になるのが**一次電池**、寿命になっても充電すれば使用できるのが**二次電池**である。両者はさらに二分され、水系の電解液を使用す

るのが「**水系電解液電池**」、水ではない溶媒に電解質を溶解させた物質を使用するのが「**非水系電解液電池**」である(図2)。

前述したボルタが一八〇〇年頃に発明したボルタ電池は水系電解液一次電池であるが、正極周辺に水素が発生して発電能力が急速に減衰するので実用は困難であった。そこでイギリスの物理学者J・**ダニエル**はボルタ電池を改良した**ダニエル電池**を一八三六年に開発した。しかし二個のガラス容器に液体を充滿させて使用するのを移動しながら使用することは

図2 電池の種類

	水系電解液電池	非水系電解液電池
一次電池	マンガン乾電池 アルカリ乾電池	金属リチウム電池
二次電池	ニッカド電池 ニッケル水素電池	リチウムイオン電池

困難であった。

そこで溶液を固体に浸透させ、炭素棒などの電極を密封する乾電池が発明されるようになったが、意外なことに世界最初の乾電池は明治時代の日本で発明された。江戸末期の一八六四年に長岡藩士の子供として誕生した屋井先蔵(いんげい せんぞう)は父親が死亡したため明治になった七五年に東京の時計商店の丁稚になるが、病気になったため帰郷して独学で永久自動機械などを研究していた。

発明の才能があつたため八五年にダニエル電池で作動する電気時計を発明したが、電池の溶液を交換する手間がかかるうえ、冬場になると溶液が凍結して使用できないという問題があつた。屋井は東京物理学校の職工となり、学内の学者と相談して、この問題を解決した乾電池を一八八七年に発明した(図3)。しかし、特許申請の費用が工面できなかったため特許は取得できなかった。

しばらくは需要がなかったが、一八九四年に勃発した日清戦争では寒冷な満州の戦地でも使用できるように軍部から大量の注文があり、一九一〇年に合資会社屋井乾電池を設立し、浅草に工場を建設



図3 屋井乾電池

して金属でできた円筒の乾電池の大量生産を開始した。これによって屋井は乾電池王として有名になったが、二七年に六十三歳で急逝したため、後継不在で会社も消滅してしまつた。

これ以後、様々な一次電池が開発されるが、大量に使用されるようになったのはリチウム一次電池である。一九五〇年代からアメリカの宇宙開発分野で使用されて有名になったが、デジタル腕時計用の電池として一気に需要が拡大した。それ以前は寿命が三年程度の硬貨の形状の酸化銀電池が使用されていたが、リチウ

ム一次電池は二倍以上の寿命となり、現在では完全に代替している。

二次電池の発明

しかし本命は何度でも充電ができる二次電池である。この最初は一八五九年にフランスの大学教授G・プランテが発明した鉛蓄電池で、相互に絶縁された二枚の鉛板を希硫酸溶液中に設置した装置である。これは液体を使用しているが、密封した容器に封入することで安全に使用できるように、現在でも自動車のエンジン始動の電源などとして使用されて



図4 自動車用鉛蓄電池

いる(図4)。

しかし、電動工具やコードレス電話などの電気機器が登場し、小型の二次電池が必要とされるようになってきた。最初に発明されたのがニッケルカドミウム(ニッカド)電池で、一八九九年にスウェーデンのW・ユングナーが発明した。正極はニッケル化合物、負極はカドミウムであり、一九六〇年代のアメリカで商品となり、日本では三洋電機や松下電器産業が大量生産するようになった。

一九九〇年代になると携帯電話、デジタルカメラ、ゲーム機器、小型コンピュータなどが登場し、その電源として開発されたのがニッケル水素電池である。これは正極にはニッケル酸化化合物、負極には水素吸蔵合金、電解液にはアルカリ溶液を使用し、一九九〇年に松下電池工業と三洋電機が世界最初の商用生産をした。これは有害物質のカドミウムを使用しないことで評価されている。

本命の登場

そしてついに登場したのが吉野博士の多大な貢献によるリチウムイオン二次電池である(図5)。電池の構造は古代か



図5 リチウムイオン二次電池

ら変化なく、正極、負極、電解質の三種で構成されるが、それぞれに最適の素材を発見し開発することが研究の主題である。昨年のノーベル化学賞は三人の学者が受賞しているが、それは三人の業績が集積されてリチウムイオン二次電池が実現しているからである。

一九七五年にリチウムイオンが出入りする現象が電池に利用可能だと提案したのがS・ウイティンガム博士、八〇年に正極としてコバルト酸リチウムを発見したのがJ・グッドイナフ博士、八五年に負極としてVGC Fというカーボン材料

を発見したのが吉野彰博士である。リチウムイオン電池の構想が発表されたのは一九五六年であるが、以後三十年間の多数の努力が誕生させた電池である。

環境問題への切札

現在の日常生活を概観すると、目覚まし時計にはアルカリ乾電池、電動ハブラシや電動シェーバーにはニッケル水素電池、テレビジョンのリモコン装置にはマングン乾電池、自動車には鉛蓄電池、携帯電話やノートパソコンにはリチウムイオン二次電池という具合に、電池が使用されていない電化製品を発見することは困難である。社会全体としても電池なしの生活は想像できない時代である。

さらに重要な電池の役割は地球環境問題への貢献である。吉野博士のノーベル受賞講演では、世界全体の目的である持続可能な社会の実現にリチウムイオン電池は重要な役割を期待されていると強調されている。そのような発想が研究開発の初期から存在していたかは疑問であるが、結果としては事実である。電池を便利な技術としてだけではなく、広範な視点から理解することが重要である。