

## 《目次》

リチウムイオン電池開発物語・・・1～3 p	Formnext 2019・・・4～5 p
EU PVSEC 2019・・・6～8 p	SDGs 3E トリレンマ・・・9～12 p
蠟梅 Now・・・13 p	

### リチウムイオン電池開発ものがたり（2019年ノーベル化学賞受賞テーマ）

#### ～日本オリジナルの高性能蓄電池はいかにして誕生したか～

神鋼リサーチ（株）大西 隆

2019年のノーベル化学賞はリチウムイオン電池が受賞テーマになり、この研究に携わった日本人（吉野 彰 氏）がノーベル化学賞を受賞した。このニュースはホットな話題であり、ノーベル賞授賞式が行われた2019年12月の第111回テクノセミナーにおいて、リチウムイオン電池の開発史を紹介した。

筆者は2010年から電池関係の学会、国際会議、セミナーに参加し、テクノセミナーの場で高性能蓄電池に係わる最新の技術動向について情報発信を行ってきた。そこで、過去にセミナー等で聴講した内容をまとめ直した資料を作成して講演を行った。講演では、蓄電池（二次電池）の種類、特徴、原理、リチウムイオン電池の開発の流れを解説するとともに、リチウムイオン電池が実用化されるまでに至った経緯を詳しく説明した。今回のノーベル化学賞は「J. B. Goodenough 氏」「M. S. Whittingham 氏」「吉野 彰 氏」の3名が受賞した。これら受賞者がリチウムイオン電池の実現にどのように関わったかについても詳しく解説した。現在、リチウムイオン電池は様々な電気製品に使用されており、需要拡大が続いているが、特に車載用蓄電池としての需要拡大が期待されている。そこで、リチウムイオン電池のさらなる性能向上に向けた今後の展望も考察した。

リチウムイオン電池は従来の蓄電池（鉛蓄電池、ニッケル・カドミウム電池、ニッケル・水素電池など）開発の流れから生み出された電池ではなく、リチウム一次電池を二次電池化させるという思想から生まれた電池である。リチウムイオン電池は従来の蓄電池に比べて下記の点で優れている。

- (1) 電圧が高い
- (2) エネルギー密度が大きい
- (3) 重量が小さい
- (4) サイクル寿命が長い
- (5) メモリ効果がない

これらの特徴はリチウムイオン電池の原理によるものである。リチウムイオン電池は正極に  $\text{LiCoO}_2$ （一例）、負極に C：グラファイト（一例）、 $\text{LiPF}_6$  などの支持電解質を有機溶媒に溶かした電解液で構成されている。この状態は放電状態であり、充電すると  $\text{LiCoO}_2$ （正極）から  $\text{Li}^+$  が遊離し、C（負極）の層間に  $\text{Li}^+$  が侵入する。

正極 :  $\text{LiCoO}_2 \rightarrow \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$   
負極 :  $\text{C} \rightarrow \text{Li}_x\text{C}$   
電池全体 :  $\text{LiCoO}_2 + \text{C} = \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + \text{Li}_x\text{C}$

一方、放電時には C (負極) の層間にある  $\text{Li}^+$  が脱離し、 $\text{LiCoO}_2$  に戻る。リチウムイオン電池では、充放電に伴って Li が正極と負極間を移動するだけであり、従来の電池と異なり、正極、負極での酸化還元反応は起こらない。このような電池はインサージョン型と呼ばれ、従来のコンバージョン型とは電池の原理が大きく異なっている。前記リチウムイオン電池の特徴 (4) ~ (5) は、主にリチウムイオン電池がインサージョン型電池であることに起因している。このインサージョン型電池は Michael Stanley Whittingham (米国の化学者：ニューヨーク州立大学ビンガムトン校教授) が発見し、 $\text{Li/TiS}_2$  電池としての実用性を提唱したことから、今回ノーベル化学賞を受賞した。

リチウムイオン電池の開発は 1981 年に旭化成において始められた。当時、旭化成では筑波大学の白川教授 (2000 年ノーベル化学賞受賞者) が開発した導電性ポリマーであるポリアセチレン (PA) の研究を進めており、PA を二次電池負極に応用することが検討された。この際、正極材料には 1980 年に J. B. Goodenough (米国の化学者：テキサス大学教授) が報告した  $\text{LiCoO}_2$  が候補材料になり、1983 年に吉野 彰が PA/ $\text{LiCoO}_2$  電池を提唱した。しかしながら、PA/ $\text{LiCoO}_2$  電池は実用化されなかった。PA には化学的不安定性があり、結局は負極材料には使用されず、1985 年にカーボン/ $\text{LiCoO}_2$  系新型二次電池を完成させ、リチウムイオン電池が誕生した。J. B. Goodenough が正極材料、吉野 彰 (日本の技術者：旭化成名誉フェロー) が正極材料と負極材料の組み合わせを提唱したことから、今回ノーベル化学賞を受賞した。

リチウムイオン電池の開発は 1986 年頃から、ソニーや三洋電機などの電池メーカーでも開始され、1992 年にソニーからハードカーボン/ $\text{LiCoO}_2$  電池が上市され、リチウムイオン電池が世界で初めて実用化されるに至った。その後、リチウムイオン電池は車載用蓄電池として進化を遂げるようになり、用途に応じて様々な正極材料 ( $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ 、 $\text{LiFePO}_4$  など)、負極材料 ( $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 、Si など) が使用されている。

現在は、リチウムイオン電池の性能向上に向けた開発とともに、リチウムイオン電池の性能限界を超える革新的蓄電池 (次世代二次電池) の開発も行われている。次世代二次電池には「全固体電池」「金属・空気電池」「ナトリウムイオン電池」「多価カチオン電池」「リチウム硫黄電池」どの種類があるが、いずれの電池開発も困難を極めており、これら次世代二次電池の実用化はまだまだ先になると予想される。そのような中であって、全固体電池が最も実用に近い次世代二次電池に位置付けられている。全固体電池は、リチウムイオン電池の電解液を固体電解質に置き換えただけの電池であるが、コンパクト化、高電圧化、高速充電化が図れることから、HEV (ハイブリッド自動車)、PHEV (プラグインハイブリッド自動車) 用の蓄電池としての実用化が期待されている。

2019 年のノーベル化学賞は J. B. Goodenough (正極材料の発見者)、吉野 彰 (負極材料を選定し、リチウムイオン電池の原型を考え出した研究者)、M. S. Whittingham (リチウムイオン電池の原理であるインターカレーション型電池の開発者) の 3 氏が受賞した。日

本人がノーベル化学賞を受賞したことは喜ばしい限りであるが、リチウムイオン電池が日本オリジナルの高性能蓄電池であることを考慮すると、日本人受賞者が1人であったことに寂しさも感じる。LiCoO<sub>2</sub>については、1980年に水島 公一（日本の化学者：オックスフォード大学研究員）も正極材料としての実用性を報告しており、リチウムイオン電池の実用化には西 美緒（日本の技術者：ソニー上席常務）をはじめとする多くの日本人が大きな役割を果たしている。これらの研究者が受賞対象にならなかったことに対しては、残念な気もする。

いずれにしても、リチウムイオン電池はこれまでに無い高性能蓄電池であり、世の中にもたらした貢献は計り知れない。リチウムイオン電池のポテンシャルは大きく、「将来においてリチウムイオン電池はどこまで進歩するか？」「次世代二次電池はどのタイプの電池が実用化されていくか？」を見届けていきたいと考える。

以上