

ノーベル化学賞 リチウムイオン電池の開発



吉野 彰 (よしの あきら)

旭化成名誉フェロー

1948年大阪府吹田市生まれ。70年京都大学卒業。同大学大学院修士課程修了後、72年旭化成工業(現旭化成)入社。2005年大阪大学で博士(工学)を取得。17年から現職。チャールズ・スターク・ドレイパー賞、日本国原研など受賞多数。17年より名城大学教授を兼任。



ジョン B. グッドイナフ

(John B. Goodenough)

テキサス大学オースティン校教授

1922年ドイツ・イエーナ生まれ。エル大学卒業後、52年にシカゴ大学で物理学のPh.D.を取得。75年オックスフォード大学教授。86年から現職。日本国原研、チャールズ・スターク・ドレイパー賞など受賞多数。



M. スタンリー・ウィットニングガム

(M. Stanley Whittingham)

ニューヨーク州立大学卓越教授

1941年英国生まれ。64年オックスフォード大学卒業。68年同大学でPh.D.を取得。スタンフォード大学、エクソン・リサーチ&エンジニアリング社などを経て88年からニューヨーク州立大学ビンガムトン校教授。2012年から現職。

2019年のノーベル化学賞は、スマートフォンやノートパソコンなどに使うリチウムイオン電池を開発し、モバイル時代を拓いた吉野彰・旭化成名誉フェローとグッドイナフ(John B. Goodenough)米テキサス大学教授、ウィットニングガム

(M. Stanley Whittingham) ニューヨーク州立大学卓越教授の3人に贈られる。ウィットニングガム氏は1976年にリチウムイオン電池の原型を世界で初めて作り、グッドイナフ氏はその電圧を2倍に向上して可能性を示した。さらに吉野

氏が安全性を格段に高めて実用化に道を開いた。スウェーデン王立科学アカデミーは、リチウムイオン電池は今後、電気自動車や再生エネルギーの貯蔵への利用を通じて「化石燃料のない世界を実現する」と環境面への貢献を高く評価した。物理学賞は現在のビッグバン宇宙論の基礎を築いた米プリンストン大学のピーブルス(James Peebles)名誉教授と太陽以外の恒星の周りを回る太陽系外惑星を初めて発見したスイス・ジュネーブ大学のマイヨール(Michel Mayor)名誉教授ら2氏に、生理学・医学賞は細胞が周囲の酸素レベルを感知し応答する仕組みを解明した米ジョンズ・ホプキンス大学のセメンザ(Gregg L. Semenza)教授ら3氏に贈られる。

2019年ノーベル賞

化学賞	リチウムイオン電池の開発	吉野彰(旭化成名誉フェロー) J. B. グッドイナフ(米テキサス大学オースティン校教授) M. S. ウィットニングガム(米ニューヨーク州立大学卓越教授)
物理学賞	現代宇宙論の確立と系外惑星の発見	J. ピーブルス(米プリンストン大学名誉教授) M. マイヨール(スイス・ジュネーブ大学名誉教授) D. ケロー(ジュネーブ大学教授・英ケンブリッジ大学教授)
生理学・医学賞	細胞の酸素応答の仕組みの解明	G. L. セメンザ(米ジョンズ・ホプキンス大学教授) P. J. ラトクリフ(英オックスフォード大学教授) W. G. ケーリン(米ハーバード大学教授)

電極革新が生んだ新電池

小型軽量、繰り返し充電が可能

二次電池の概念を変えたリチウムイオン電池はいかにして生まれたか

出村政彬/吉田 彩 (編集部)

リチウムイオン電池は現代社会のエネルギーインフラの1つだ。スマートフォンをはじめとするモバイル機器に幅広く搭載され、誰もが毎日使っている。1794年にイタリアのボルタ(Alessandro Volta)が初の電池を生み出して以来、数多くの電池が発明され、「現在もおそらく1週間に1回はどこかで新しい電池が発明されている。にもかかわらずリチウムイオン電池が30年間も使われ続けているのは、いかに筋のよい電池かを示している」と概内直明・横浜国立大学教授は話す。

リチウムイオン電池の最大の強みである「軽くて何度も充電できる」という特徴をもたらしたのは、リチウムイオンを「イオンのまま」貯める技術の開発だった。2019年のノーベル化学賞には、その開発の核となる発明をした3氏が選ばれた。

イオンを吸い込む材料

リチウムイオン電池の基本のアイデアを生み出したのはウィットニングガム氏だ。1972年に、米石油大手のエクソンに入社。「石油はあと30年で枯渇する」と言われていた時代で、同社は石油以外のエネルギーの研究を始めていた。ウィットニングガム氏は超電導材料の研究に携わり、層状構造を持つ材料の中に他の元素を入れる「インターカレーション」によって、電気特性

がどう変化するかを調べていた。

インターカレーションという現象は以前から知られていたが、元素を入れるには熱を加えたり、化学反応させたりする必要があると考えられていた。だがウィットニングガム氏は、金属と液体の間で起きる電気化学反応だけでインターカレーションが起きることを突き止めた。層状構造を持つ物質を電解液に入れて電子を注入すると、電解液中の陽イオンが物質の層の間に引き込まれる。逆に電子を引き抜くと、入った陽イオンが放出される。「とてもきれいな実験で、物質科学を電気化学と結びつけた点で画期的だった」と、東京工業大学の曾野了次教授は賞賛する。

ウィットニングガム氏は様々な物質とイオンの組み合わせを調べ、二硫化チタンにリチウムイオンを入れるとエネルギー密度が従来の電池より高くなることを見いだした。そして、これを二

次電池の正極に使おうと考えた。

電池とは、簡単に言うと、化学ポテンシャルの高い材料(負極)と低い材料(正極)の間に、イオンを通す電解液を挟んだものだ。放電時には負極の金属が電解液に溶けて陽イオンとなり、電解液を通してポテンシャルの低い正極へと移動する。放出された電子は負極から外部の抵抗回路を流れ、正極に達する。正極の金属は陽イオンと電子を受け取って還元される。つまり電池とは、陽イオンが電池内でポテンシャルの坂を下ることで、同数の電子を外部回路に流す仕組みなのだ。

ウィットニングガム氏は負極に金属リチウム、正極に二硫化チタンを用いた電池を考案した(次ページ上の図)。リチウムは金属の中で最も軽く、最もイオン化しやすいため、負極には最適の材料だ。正極の二硫化チタンで起きるインターカレーションは可逆反応で、

KEY CONCEPTS

暴れるリチウムを飼い馴らす

- 現代の生活に欠かせないリチウムイオン電池に使われるリチウムは、軽量でイオン化しやすいなど電池に向けた優れた特性を持つ一方で、発火の危険性が高く、実用化への壁になっていた。
- 反応性の高い金属リチウムを使わず、安定したリチウムイオンのままで吸い込んだり放出したりする優れた電極材料を開発したことが、安全なリチウム「イオン」電池の実現につながった。

真実と嘘と 不確実性

科学は真偽を決める客観的な物差しだと考えられている。だが実のところ、客観的な「真実」とは何かを決めるのは、科学にとっても難しい。物理学では実在とは何かを問う議論が決着せず、数学の扱う対象が人間と無関係に存在するの谁也判然としない。我々が知覚する世界は物理世界とは違ふし、我々が感じる危機感も実際の確率とは乖離している。不確実性に満ちた世界の中で我々は「真実」をどう捉えているのか、科学を通して考える。

第1部： 真実を問い直す

物理学におけるリアリティー…28

G. マッサー

数学は発明か発見か…35

K. ヒューストン＝エドワーズ

脳が「現実」を作り出す…41

A. K. セス



第2部：嘘という行為

嘘をつく動物たち…52

B.J. キング

デマ拡散のメカニズム…57

C. オコナー / J.O. ウェザオール

腐敗は伝染する…66

D. アリエリー / X. ガルシア-ラダ

選挙を狙う
ハッキング攻撃…71

J.A. ハルダーマン



Illustration by Paul Hood 2019

第3部： 深まる不確実性



過剰な心配, 過小な心配
リスク判断の心理学...78
B. フィッシュホフ

エラーバーの読み方...84
J. ハルマン

自己不確実感が社会を脅かす...88
M. A. ホッグ

情報操作社会に生きる...92
C. ウォードル